

中国船级社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

2016 年 7 月 1 日生效

北京

中国船级社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

第 1 篇　入级规则

目 录

第 2 章 入级范围与条件 3
第 3 节 入级符号与附加标志 3
第 9 节 船级的授予、保持、暂停、取消与恢复 3
第 11 节 船舶录与产品录 3
第 12 节 信息提供与保密 4
附录 1 海船附加标志一览表 6
附录 2 授予 ESP 附加标志的船舶的强制船型结构图 9
第 3 章 产品检验 9
第 1 节 一般规定 9
第 2 节 单件/单批检验 11
第 4 节 型式认可 11
第 5 节 工厂认可 12
第 7 节 检测和试验机构认可 12
第 8 节 产品附加标志 12
附录 1A 船舶入级产品持证要求一览表 12
附录 1B 船舶法定产品持证要求一览表 14
附录 2A 船舶入级产品部件持证要求一览表 14
附录 2B 船舶法定产品部件持证要求一览表 20
第 4 章 建造中检验 20
第 2 节 检验与试验 20
第 3 节 水密舱室试验程序 21
附录 1 新建船舶的船体检验 27
附录 2 船舶建造与修理质量标准 31
第 5 章 建造后检验 33
第 1 节 一般规定 33
第 4 节 船体与设备检验 37
第 5 节 普通干货船船体与设备检验补充要求 38
第 6 节 油船的船体与设备检验补充要求 39
第 7 节 散货船的船体与设备检验补充要求 40
第 8 节 化学品船的船体与设备检验补充要求 45
第 9 节 机械检验 46
第 12 节 螺旋桨轴与尾管轴检验 46
第 13 节 锅炉检验 54
第 14 节 不在 CCS 检验下建造船舶的初次入级检验 54
第 16 节 液化气体船的船体与设备检验补充要求 55
附录 1 船体结构换新衡准 55
附录 8 服务供应商认可程序要求 55
附录 11 ESP 检验报告原则 70
附录 13 油船、散货船等的测厚建议程序 72
附录 14 螺旋桨轴状态监控系统指南 75
附录 15 柴油机滑油状态监控系统检验指南 76
附录 17 S19 现有散货船第 1 货舱进水时，第 1 和第 2 货舱之间水密槽形横舱壁的尺寸评估 77
第 6 章 附加标志检验 77
第 2 节 特殊任务船舶附加标志检验 77
第 5 节 环境保护附加标志检验 77
第 7 节 EOM 附加标志检验 78

第 2 章 入级范围与条件

第 3 节 入级符号与附加标志

2.3.1.3 凡船舶的船体(包括设备)与轮机(包括电气设备)经 CCS 批准入级，将根据不同情况授予下列入级符号：

★CSA

★CSM

或

★CSA

★CSM

或

★CSA

★CSM

入级符号含义如下：

★ CSA ——表示船舶的结构与设备由 CCS 审图和建造中检验，并符合 CCS 规范的规定。

★ CSA ——表示船舶的结构与设备不由 CCS 审图和建造中检验，其后经 CCS 进行入级检验，认为其符合 CCS 规范的规定。

★ CSM ——表示船舶推进机械和重要用途的辅助机械由 CCS 进行产品检验，而且船舶轮机和电气设备由 CCS 审图和建造中检验，并符合 CCS 规范的规定。

★ CSM ——表示船舶推进机械和重要用途的辅助机械不由 CCS 进行产品检验，但船舶轮机和电气设备由 CCS 审图和建造中检验，并符合 CCS 规范的规定。

★ CSM——表示船舶轮机和电气设备不是由 CCS 审图和建造中检验，其后经 CCS 进行入级检验，认为其符合 CCS 规范的规定。

第 9 节 船级的授予、保持、暂停、取消与恢复

2.9.1 船级授予与保持

2.9.1.4 当CCS有合理理由认为船舶~~未充分符合入级规范规定各类检验要求时~~在两次定期检验期间存在影响船级保持可能性时，CCS 保留对船舶进行不定期检验的权力。不定期检验安排要求由 CCS 书面通知船东，船东应及时作出不定期检验安排，有义务支付相关费用。

第 11 节 船舶录与产品录[①]

2.11.1 船舶录

2.11.1.1 对 CCS 批准入级的船舶，当授予入级符号和附加标志后，CCS 将船舶的各主要特性要素和细节，编入 CCS ~~定期出版的~~船舶录中，为船舶有关方，如船厂、船东、保险商、货运方和租船方等提供信

[①] CCS 船舶录及产品录可在 CCS 网站 http//:www.ccs.org.cn 上获得。

息。

2.11.1.2 随后，若船舶或其某些特性要素发生变化时，CCS 将及时~~出版新~~更新~~的~~船舶录~~或其补录~~。

2.11.2 产品录

2.11.2.1 CCS 认可的工厂和船用产品，CCS 将其有关产品的名称及其主要性能要素和细节，及其制造厂的详细资料，编入 CCS ~~定期出版的~~船用产品录中，为船舶设计单位、船厂、船东、贸易商和出口商等提供信息。

2.11.2.2 随后，若认可船用产品的增加或性能变更，CCS 将及时~~出版新的~~更新船用产品录~~或其补录~~。

第 12 节 信息提供与保密

2.12.2 信息披露

2.12.2.1 除下列情况外，CCS 不会将入级得到的信息，披露给合同和表 ~~2.12.2.2~~2.12.2.2（1）及 2.12.2.2（2）规定以外的其他方：

(2) 按照 IACS 的工作规定，有关船舶录的更新数据、船级暂~~定~~停、检验状态数据以及船舶故障事故信息，应传递给 IACS；

2.12.2.2 有权获得相关信息的各有关方见表 ~~2.12.2.2~~2.12.2.2（1）及 2.12.2.2（2）。

相关各方可获得的信息[①] 表 2.12.2.2（1）

信 息 类 别	相关各方可获得的信息				
	船东	船旗国	港口国	保险公司*	船厂
1.CCS 的常规文件					
* 规范、指南(船级和法定要求)	1	1	1	1	1
* 验船师须知		1			
* 质量手册	1	1	1	1	1
* 船舶录	1	1	1	1	1
2.与船舶有关的信息					
A.新造船					
* 批准的图纸	6	1			7
* 正式批准函	1				7
* 重要设备证书	2				7
B.营运船					
* 船级服务					
—所有船级检验的日期(年月)	7	1	1	1	
—船级证书到期日期	7	7**	1	1	
—证书/报告	7	1	6	5	
—过期检验	7	7**	1	1	
—船级条件/遗留项目的内容	7	1	1	5	
—过期的船级条件/遗留项目的内容	7	1	1	1	
—船舶的状况评估报告	7	3	3	3	
* 法定服务					
—法定检验到期日期	7	7**	1	1	
—法定证书到期日期	7	7**	1	1	
—登记的法定遗留项目	7	7**	1	5***	

[①] 适用于除满足 SOLAS 第 II-1/3-10 条(散货船和油船目标型船舶建造标准)要求的油船和散货船以外的其他所有船舶。

信 息 类 别	相关各方可获得的信息				
	船东	船旗国	港口国	保险公司*	船厂
—过期的法定遗留项目	7	7**	1	1***	
3.其他信息					
* 同船厂和/或船东信函文件	6	6		5&6	
* CCS 的质量体系审核	4	4	4	4	
* 转级报告	7	7	7	7	
* 船级取消信息	7	7	7	7	

注：
* = 保险公司是指船东保赔协会和船体~~和轮机~~保险商
** = 如果在协议中注明
*** = 除非与船旗国的协议不允许
1.当要求时可获得
2.交船时从船厂获得
3.登船访问时可获得
4.当要求时可获得审核结果
5.当船东同意时—或通过保险合同中的特别条款
6.当船东(船长)或船厂(如适用)同意时
7.自动获得

相关各方可获得的信息[①] **表 2.12.2.2（2）**

信 息 类 别	相关各方可获得的信息				
	船东	船旗国	港口国	保险公司*	船厂
1.CCS 的常规文件					
规范、指南(船级和法定要求)	1	1	1	1	1
验船师须知		1			
质量手册	1	1	1	1	1
船舶录	1	1	1	1	1
2.与船舶有关的信息					
A.新造船					
批准的图纸	1	1			7
正式批准函	1	1			7
重要设备证书	2	1			7
SOLAS 第 II-1/3-10 条第 4 款要求的船舶建造文档（SCF）	2	8			7
与 SCF 有关的正式审核函	2	2			7
B.营运船					
船级服务					
—所有船级检验的日期(年月)	7	1	1	1	
—船级证书到期日期	7	7**	1	1	
—证书/报告	7	1	6	5	
—过期检验	7	7**	1	1	
—船级条件/遗留项目的内容	7	1	1	5	
—过期的船级条件/遗留项目的内容	7	1	1	1	
—船舶的状况评估报告	7	3	3	3	
法定服务					
—法定检验到期日期	7	7**	1	1	

[①] 适用于满足 SOLAS 第 II-1/3-10 条(散货船和油船目标型船舶建造标准)要求的油船和散货船。

信 息 类 别	相关各方可获得的信息				
	船东	船旗国	港口国	保险公司*	船厂
—法定证书到期日期	7	7**	1	1	
—登记的法定遗留项目	7	7**	1	5***	
—过期的法定遗留项目	7	7**	1	1***	
3.其他信息					
同船厂和/或船东信函文件	1	1		5&6	
SCF 的更新修改	7****	8			
CCS 的质量体系审核	4	4	4	4	
转级报告	7	7	7	7	
船级取消信息	7	7	7	7	

注：
* = 保险公司是指船东保赔协会和船体保险商
** = 如果在协议中注明
*** = 除非与船旗国的协议不允许
**** = 通过船东或船厂
1.当要求时可获得
2.交船时从船厂获得
3.登船访问时可获得
4.当要求时可获得审核结果
5.当船东同意时—或通过保险合同中的特别条款
6.当船东(船长)或船厂(如适用)同意时
7.自动获得
8.当要求时通过船东获得

2.12.2.3 尽管 CCS 根据其规范对其客户担负保密的一般责任，~~因此，~~但 CCS 客户将接受 CCS 参加 IACS 早期预报系统，该系统要求每个 IACS 成员~~和副会员~~向其他成员船级社提供该~~早期预报~~系统所定义的船体结构和机械系统损坏的有关技术信息(但不包括可能是另一方财产的任何与船舶有关的图纸)，以使这些有用的信息能够得到共享和利用，便于 IACS 早期预报系统得到适当的运行。CCS 向 IACS 成员~~和副会员~~发送的这类信息将书面提供其客户。

附录 1 海船附加标志一览表

7. 除特别说明，附加标志一般按下表 A~~J~~K 的次序排列：

分类	船舶类型	航区或航线限制	特殊任务	货物与装载特性	特殊性能	自动控制	特殊设备	特殊检验	环境保护	货物冷藏装置	其他
对应表格	表A	表B	表C	表D	表E	表F	表G	表H	表I	表J	表K

例如，一艘散货船由CCS按照其CSR规范进行建造检验，无限航区航行，按COMPASS-Structure软件系统进行船舶设计校核，小块漂流浮冰况区域航行，总强度、完整稳性和散装谷物计算装载仪，水下检验，机器处所周期性无人值班，螺旋桨轴状况监控。授予下列入级符号及附加标志：

★CSA Bulk Carrier；CSR；BC-A~~,~~ (Holds Nos.2,4&6 may be Empty)；COMPASS(R，D，F)；Grab(20)；Ice Class B；Loading Computer(S，I，G)；ESP；In-Water Survey

★CSM AUT-0；SCM

船舶类型附加标志 **表 A**

附 加 标 志	说 明		应满足技术要求
Livestock Carrier	牲畜运输船	专门设计和~~制~~建造用于运输牛、羊等牲畜的船舶	~~本规范第 2 篇第 2 章及其他章节的适用部分~~本规范第 8 篇第 2 章

附 加 标 志	说 明			应满足技术要求
Asphalt Carrier	石油沥青船	专门装运熔化的散装石油沥青的船舶，授予该船型附加标志，并标注如下标志： ①独立液货舱：Independent tank，或； ②整体液货舱：Integral tank ③ 最 高 货 物 温 度 ： ~~Maximum~~ Max. Cargo Temperature≤×××℃ ④闪点超过 60℃：F.P.＞60℃ 如满足本规范第 2 篇第 2 章第 24 节要求，可授予 Thermal stress calculation（温度应力计算）附加标志 对具有满足规范规定间距要求的双壳船舶，可加注标志“Double Hull”并用“，”与其分隔，如 Asphalt Carrier，Double Hull		本规范第 8 篇第 10 章
Surface Effect Ship	~~水面效应船~~ 高速水面效应船(侧壁气垫船)	借助浸在水中的永久性硬结构完全或部分保持气垫的高速船	HSC 系指最大航速不小于 $3.7\nabla^{0.1667}$ m/s 的船舶 符合《海上高速船入级与建造规范》2.1.3.1(18)定义的客船，在船型附加标志之后加注服务标志“Passenger A”，如果具有滚装处所或特种处所的 A 类客船，则加注 Ro-Ro Passenger A 符合《海上高速船入级与建造规范》2.1.3.1(19)定义的客船，在船型附加标志之后加注服务标志“Passenger B”。如果具有滚装处所或特种处所的 B 类客船，则加注 Ro-Ro Passenger B 高速货船，在船型附加标志之后，加“Cargo”标志	《海上高速船入级与建造规范》
Sand Carrier	沙船	专门设计和建造用于运沙的船舶		本规范第 2 篇第 19 章
Yacht	游艇	从事非营业性游览观光、休闲娱乐等活动的船舶		《游艇入级与建造规范》

特殊任务附加标志 表 C

附 加 标 志	说 明		应满足技术要求
LNG Bunkering Ship	液化天然气燃料加注船	具有加注液化天然气燃料功能的船舶	《液化天然气燃料加注船舶规范》

特殊性能附加标志 表 E

附 加 标 志	说 明		应满足技术要求
ACC（DST）	低气温环境下操作	普通防寒标志，适用于预期在低气温环境下操作的非极地航行船舶	本规范第 8 篇第 23 章
ACC-POLAR（DST）		极地防寒标志，适用于预期在低气温环境下操作的极地航行船舶	
H（DST）		船体防寒标志，适用于预期在低气温环境下操作的船舶的船体结构材料	
DE-ICE		除冰防寒标志，适用于偶尔在低气温环境下操作船上可能发生较为严重的积冰和积雪的船舶，也可适用于不在低气温环境下操作但同样可能有类似情形发生的船舶	

特殊设备和系统附加标志 表 G

附 加 标 志	说 明		应满足技术要求
DFD	双燃料发动机动力装置	装有符合指南要求的双燃料发动机动力装置的液化天然气（LNG）运输船~~舶~~，可加注该标志	《双燃料发动机系统设计与安装指南》(2007)
SPV	太阳能光伏系统	安装了太阳能光伏系统的船舶，可加注该标志	《太阳能光伏系统及磷酸铁锂电池系统检验指南》

特殊检验附加标志 **表 H**

附 加 标 志	说 明		应满足技术要求
ESP	加强检验程序	~~规定执行加强检验程序的油船、油/散、油/散/矿、化学品、散货船，在船型附加标志之后加注该标志~~ 对国际航行的油船、油/散、油/散/矿、化学品、散货船，该附加标志是必需的。接受加强检验程序的非国际航行油船、油/散、油/散/矿、化学品、散货船，该附加标志由船东自愿选择，并注意船旗国特殊要求	本规范第 1 篇第 5 章

环境保护附加标志 **表 I**

附 加 标 志	说 明		应满足技术要求
FTP（+）	燃油舱保护	对所有燃油舱设有双壳保护的船舶，可授予该标志	本规范第 8 篇第 8 章第 3 节
RSC	冷藏系统控制	~~控制~~制冷剂的臭氧消耗趋势(ODP)应为 0，全球变暖趋势(GWP)应小于 2000 的船舶可授予该标志	本规范第 8 篇第 8 章第 3 节
AFS	防污底系统	船舶防污底系统不含~~作为~~任何生物杀灭剂~~的有机锡化合物~~的船舶，可授予该标志	本规范第 8 篇第 8 章第 3 节
EEDI(I)	船舶设计能效	~~0.90RLV < Attained EEDI≤RLV，RLV 为船舶 EEDI 基准线值~~ 船舶的 Attained EEDI 值相当于 MARPOL 附则 VI EEDI Phase 0 阶段要求	《绿色船舶规范》第 2 章
EEDI(II)		~~0.70RLV < Attained EEDI≤0.90 RLV，RLV 为船舶 EEDI 基准线值~~船舶的 Attained EEDI 值相当于 MARPOL 附则 VI EEDI Phase 1 阶段要求	
EEDI(II+)		船舶的 Attained EEDI 值相当于 MARPOL 附则 VI EEDI Phase 2 阶段要求	
EEDI(III)		~~Attained EEDI≤0.70 RLV，RLV 为船舶 EEDI 基准线值~~船舶的 Attained EEDI 值相当于 MARPOL 附则 VI EEDI Phase 3 阶段要求	
IBTS	综合舱底水处理系统	船舶机舱舱底水的管理和排放布置符合 MEPC.1/Circ.642 通函（经 MEPC.1/Circ.676 和 MEPC.1/Circ.760 修订）的综合舱底水处理系统（IBTS）时，可授予该附加标志	本规范第 8 篇第 8 章
EAL	环保润滑油	船舶的油/水界面处使用的润滑油符合 CCS《美国环保署环保润滑油要求实施检验指南》关于环保润滑油的相关规定，可授予该附加标志	
Biofouling-C	生物污垢控制	持有一份按照 IMO 以 MEPC.207(62)决议批准的《2011 年为最大程度减少入侵水生物种转移的船舶生物污垢控制和管理指南》编写并经 CCS 批准的生物污垢管理计划的船舶，可授予该附加标志	

其他附加标志 **表 K**

附 加 标 志	说 明		应满足技术要求
EOM	船舶能效实时在线综合监控	通过采集船舶耗能设备、航行设备运行参数并与岸基同步，可实时监控船舶营运过程，并对营运能效管理与优化进行决策支持	本规范第 1 篇第 6 章第 7 节

附录 2 授予 ESP 附加标志的船舶的强制船型结构图

1 导言

1.3 检验要求包含在：

⑥根据结构构造，本篇第 5 章第 7 节适用于自卸散货船。

2 船型和加强检验计划(ESP)的附加标志

2.5 自卸散货船

船型附加标志“Self-Unloaders”或等同标志以及标志“ESP”，应授予在货物长度区域内一般设有单甲板、双层底、底边舱、顶边舱，以及单舷侧或双舷侧结构并主要用于装运自卸散装干货的机动海船。典型船中剖面参见图 2.6。

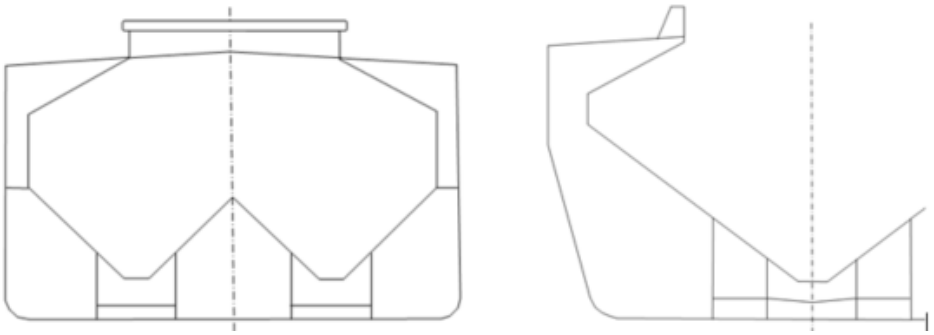


图 2.6

~~2.5~~2.6 化学品船

船型附加标志“Chemical tanker”或等同标志以及标志“ESP”，应授予一般采用整体液货舱构造，并主要用于装运散装化学品的机动海船。该船型附加标志应授予单壳和双壳船体结构，以及具备其他结构布置的液货船。典型船中剖面参见图 ~~2.6~~2.7。

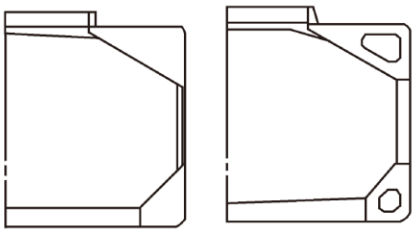


图 2.5

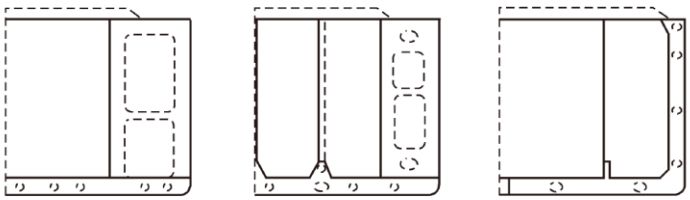


图 ~~2.6~~2.7

第 3 章 产 品 检 验

第 1 节 一 般 规 定

3.1.2 定义

3.1.2.1 本规范有关产品检验所涉及的名词术语如下：

(3) **设计认可(DA)**：系指 CCS 通过对产品图纸审查和~~型式~~原型试验，确认产品设计满足 CCS 规范要求和/或其他接受标准要求的评价过程。

(15) **不定期审核**：系指 CCS 根据特定需要而进行的审核。

(16~~5~~) **部件**：系指构成设备和/或系统的零件/组成部分。

(176) **设计**：系指所有描述产品的性能、安装和制造工艺的相关图纸、文件和计算报告。

(187) **文件**：系指描述设计、过程、产品或服务的所有必需的书面信息。

(198) **制造厂**：系指生产和/或装配最终产品，并对最终产品负有全部责任的组织。

(20219) **证件**：系指证明设计、产品、服务和过程符合规定要求的正式文件。

(210) **制造厂证明**：系指由制造厂独立行使职责所签发，对产品满足相应要求的声明或证件。

（22） 试验报告：系指由制造厂签发的文件，以证明已完成的从现有产品中抽样样品的检验和试验满足产品要求。

(231) **等效证明文件**：系指本身不以 CCS 名义出具的，但经 CCS 盖章和 CCS 验船师签署的用于证明产品按 CCS 要求经过检验并合格的证件、报告等文件。

(242) **附加标志**：系指在认可和/或产品证书上加注的标志，用于产品不同特点的分级表述，属自愿性。

(253) **附加标志认可**：系指 CCS 通过文件资料审查、认可试验和现场审核，以确认制造厂具备持续生产符合 CCS 附加要求的产品，属自愿性。

3.1.3 对制造厂的要求

3.1.3.7 制造厂在出现任何重大生产或产品质量问题时，应及时通知 CCS。

3.1.4 产品检验的基本要求

3.1.4.5 如产品业已获得 CCS 的一种或多种认可，则其规定的单件/单批产品检验要求，可采用下列要求替代：

(2) 由制造厂替代验船师进行部分或全部的现场检验和试验，验船师验证制造厂提供的产品生产和质量控制资料。

3.1.5 证件

3.1.5.2 产品证件

(1) 入级和法定产品经单件/单批检验完成后，由如下文件形式予以记录和证明：

① ~~CCS~~ 船用产品证书：

② 等效证明文件[①]：

由制造厂出具并经 CCS 盖章和验船师签署的文件，以证明：

d.产品的试验在验船师参加或 CCS 接受的公认独立第三方检测和试验机构或根据特别商定的情况下进行。

(2) 对于要求型式认可和/或工厂认可而不要求持有产品证书的入级和法定产品，应提供型式认可和/或工厂认可证书，同时由如下文件形式予以证明：

①制造厂证明：

由制造厂签发并证明：

e.产品的试验在制造厂授权部门代表在场的情况下进行并签署。

(3) 规范和法定要求以外的产品，经检验完成后，由如下文件形式予以记录和证明：

①船用产品检验证书：

②船用产品试验证书：

3.1.6 检验标志的使用和条件

3.1.6.3 检验标志应尽可能采用钢印，一般应标示在易查看的产品非工作面和/或产品铭牌上，如不可行，可采用 ~~CCS 防伪标志~~ CCS 防伪检验标贴或 CCS 同意的其他办法予以标识。用于检验标志的钢印或其他标志的发放应予以控制。

3.1.8 认可证书失效、暂停、撤消

3.1.8.1 发生下列情况之一，认可证书自动失效：

(3) 发生未经 CCS 批准的产品设计(见 3.1.2.1(1~~7~~6))和文件(见 3.1.2.1(1~~8~~7))的重大变更；

第 2 节 单件/单批检验

3.2.2 一般要求

3.2.2.5 ~~对于未认可~~对不需要认可的产品进行单件/单批检验时，应根据 CCS 批准的图纸和技术文件，逐件或逐批进行检验。

3.2.6 检验

3.2.6.3 如果检验过程中，CCS 发现制造厂证明（W）或试验报告（TR）不满足 CCS 接受的标准，相关部件或产品将被拒收。

第 4 节 型式认可

3.4.1 一般要求

3.4.1.3 制造厂应已获得认证机构颁发的基于 ISO9000 或等效标准的质量管理体系认证证书并保持有效；

3.4.1.4 制造厂的质量控制体系、图纸、规范和标准应覆盖其拟申请检验发证的产品；

3.4.1.5 对于申请 A 模式型式认可的制造厂，应具有涵盖符合 CCS 规范所有检验、试验和发证要求的质量管理体系或附加替代检验程序。如果包括分供方或分包方，分供方或分包方的质量管理体系应纳入制造厂的控制要求或分供方/分包方单独申请 A 模式型式认可。

3.4.1.6 对于申请 A 模式型式认可的制造厂，其检验和试验的可追溯性要求允许以下述两种方式实现：

（1）制造厂除标准质量控制以外，还应为满足规范要求，制定有相应的检验、试验和发证规定。部件应标有船级社所提供的检验标识或按船级社要求进行标识。

（2）制造厂具有涵盖符合规范所有要求的检验、试验和发证的标准质量控制体系。且可追溯性、部件或产品所要求的文件类型均在体系中进行了规定。

3.4.3 资料审查

3.4.3.1 图纸审查应按本章第 6 节规定执行。~~3.4.3.2 文件审查应按本章第 5 节 3.5.2 条规定执行。~~

3.4.3.2 文件审查应按本章第 5 节 3.5.2 条规定执行。

3.4.3.3 对于申请 A 模式型式认可的制造厂，还应提交如下文件资料供审查：

（1）要求检验和试验的范围及部分或全部替代验船师现场见证检验的检查和试验范围，包含分包部件；

（2）涵盖符合规范所有要求的检查、试验和发证的附加替代检验程序，包含部件应标有船级社所提供的检验标识或按船级社要求进行标识的程序；

（3）涵盖符合规范所有要求的检查、试验和发证的标准质量控制体系，包含规定可追溯性、部件或产品所要求的文件类型的程序；

（4）产品已持有的船级社认可证书；

（5）相关产品和部件相关的质量控制计划。相关计划应详述规范要求的检查和试验，并说明哪些检查和试验是委派给制造商，哪些应在船级社代表在场的情况下进行；

（6）负责下列工作的人员清单：

① 负责产品标记/标识的人员；

② 负责产品检验和试验的人员；

③ 负责提供数据和信息（例如制造厂证明，试验报告等）的人员。

（7）CCS 为评估制造过程和产品质量控制而可能要求的任何其他附加文件。

3.4.5 现场审核

3.4.5.1 验船师在制造厂的产品生产场所进行质量管理体系核查，应满足本章 9 节要求。

(2) 申请 A 模式型式认可的制造厂，质量管理体系核查应满足本章第 9 节 3.9.2.1、3.9.2.2 的要求。

3.4.6 型式认可证书签发和有效期

3.4.6.1 ~~按本节 3.4.3 至 3.4.5~~ 按 3.4.3、3.4.4 和 3.4.5 要求完成图纸审查、型式试验和现场审核的制造厂，且满足下列条件，将由 CCS 签发有效期不超过 5 年的型式认可 B 证书：

3.4.10 不定期审核

3.4.10.1 CCS 可自行决定对制造厂和/或分供商进行不定期审核。

第 5 节 工 厂 认 可

3.5.2 文件审查

3.5.2.1 申请方应提交经签署的工厂认可申请书，载明工厂认可所涉及的产品和生产场所范围，并提交如下文件资料供审查：

(1) 产品的技术特性，至少包含产品的用途、型式、型号和主要特性参数，以及所有采用标准最新版本；

(4) 产品原材料和主要零部件的供方清单，清单应注明材料/部件的船级社认可要求（根据规范要求）和在不同情况下各材料要求的证书类型及证书要求；

(5) 质量保证体系文件，可包括质量手册，以及与质量控制和检验及其方法、频率和发证相关的程序~~有关产品质量控制的程序~~、主要产品生产设备和检验及试验设备；

3.5.9 不定期审核

3.5.9.1 CCS 可自行决定对制造厂和/或分供商进行不定期审核。

第 7 节 检测和试验机构认可

3.7.9 不定期审核

3.7.9.1 CCS 可自行决定对检测和试验机构进行不定期审核。

第 8 节 产品附加标志

3.8.1 一般要求

3.8.1.4 船用产品适用的附加标志包括但不限于下表：

船用产品附加标志

附加标志	适用产品	说明	应满足技术要求
~~C-Noise~~	~~舱壁，甲板，门，窗等隔声结构~~	~~用于不同区域的隔声结构满足该区域的隔声指数要求~~	~~MSC.337(91)船上噪声级规则和 CCS《船舶及产品噪声控制与检测指南》要求~~
SLC1、SLC2、SLC3	船用计算机系统（包括可编程电子系统）	对船用软件进行安全及可靠性评估	CCS《船用软件安全及可靠性评估指南》

附录 1A 船舶入级产品持证要求一览表

序号	产 品 名 称	证件类别	认 可 模 式	审图	备 注

		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
材料									
2	非金属材料								
2.9	螺旋桨轴包裹材料	—	X	—	—	—	X	—	申请 SCM 附加标志的水润滑螺旋桨轴状态监控系统船舶
船体									
5	船体结构设备								
5.1	艏柱，尾柱，挂舵臂，~~尾轴支架~~尾轴支架、前轴承座等	X	—	—	—	—	X	X	适用于所有与船体构成整体的铸锻件，对粗加工铸钢件进行检验发证
5.3	~~舷窗和~~窗	X	—	—	—	—	—	X	
6	舾装设备								
~~6.10~~	~~登乘舷梯，跳板~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~适用于 2010 年 1 月 1 日以后建造的船舶人员登离~~
轮机（包括冷藏船轮机设备）									
10	轮机设备								
10.3	柴油机~~(单台)~~	X	—	O~~X~~	~~O~~X	O	—	X	~~缸径 300mm 及以上的柴油机。~~双燃料发动机和气体燃料发动机~~按~~参照本条执行。
~~10.4~~	~~柴油机(批量)~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~O~~	~~—~~	~~X~~	~~缸径 300mm 以下的柴油机。双燃料发动机和气体燃料发动机按照本条执行。~~
10.4~~5~~	空气压缩机	X	—	X	O	O	—	X	用于：1）启动/应急启动；2）气体控制系统；3）作为消防员装备备用充气瓶的替代的空压机
10.5~~6~~	分油机	X	—	X	O	O	—	X	
10.6~~7~~	燃油供油单元	X	—	—	—	—	—	X	
10.7~~8~~	风机	X	—	X	O	O	—	X	用于锅炉，~~主机~~，A 类机器处所、货泵舱及其他危险区域
10.8~~9~~	制冷装置	X	—	—	—	—	—	X	有货物冷藏附加标志时
10.9~~10~~	液压动力装置	X	—	—	—	—	—	X	用于：可调桨装置（CPP），舵桨，舵机、货舱盖启闭、驱动货泵等
10.10~~1~~	货物压缩机	X	—	—	—	—	—	X	包含气体燃料用压缩机，LNG、LPG 船用
10.11~~2~~	海水淡化装置	X	—	—	—	—	—	X	适用于主辅机淡水冷却系统运行用淡水的补充
10.12~~3~~	消防水炮，泡沫炮	X	—	—	X	O	—	X	~~适用于申请 FIFI1～FIFI3 入级附加标志消防船的对外消防~~ 适用于申请 Fire Fighting Ship N 入级附加标志消防船的对外消防
10.13~~4~~	舵机	X	—	X	O	O	—	X	
10.14~~5~~	减摇鳍装置	X	—	—	—	—	—	X	
12	轴系与螺旋桨								
12.5	~~尾轴管密封装置~~ 尾轴管密封装置	—	X	—	X	—	—	X	~~适用于油润滑的尾轴；~~ 适用于油润滑和水润滑的尾轴
14	自动化设备								
14.5	阀门遥控系统	X	—	—	X	O	—	X	包括应急操纵用手动阀门遥控系统

附录 1B 船舶法定产品持证要求一览表

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
3	防火材料、结构与消防设备								
~~3.33~~	~~深油烹饪设备灭火装置~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~O~~	~~—~~	~~X~~	
7	SOLAS II-1 设备								
7.2	登离船装置	X	—	—	—	—	—	X	SOLAS 第 II-1 章 A-1 部分适用于 2010 年 1 月 1 日以后建造的船舶人员登离
8	SOLAS 公约 II-2 章设备								
8.1	深油烹饪设备	O	X	—	X	O	—	X	
9	IBC、IGC 规则								
9.1	货物软管	O	X	—	X	O	—	X	

附录 2A 船舶入级产品部件持证要求一览表

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
7	锚泊及系泊设备								
7.5	锚机								
.10	主轴（圆钢）	X[2]	—	—	—	—	—	X[1]	
7.6	系泊绞车、绞盘								
.4	主轴（锻件）	X	—	—	—	—	X	X[1]	
.5	主轴（圆钢）	X[2]	—	—	—	—	—	X[1]	
7.7	作业用绞车或绞盘								
.4	主轴（锻件）	X	—	—	—	—	X	X[1]	
.5	主轴（圆钢）	X[2]	—	—	—	—	—	X[1]	
8	泵与管系								
8.19	挠性软管组件：用于 I、II 级管系且通径大于 50mm								
.1	管端配件	—	X	—	X	—	—	—	与软管组件共同进行型式试验的管端配件可以不单独申请型式认可
8.20	挠性软管组件：除上条以外								
.1	管端配件	—	X	—	X	—	—	—	与软管组件共同进行型式试验的管端配件可以不单独申请型式认可
10	轮机设备								
10.3	柴油机~~(单台)~~								
.1	焊接机座	X	—	—	—	—	X	X[1]	钢板、铸钢件材料应提供 C/E
.2	轴承座（铸钢）	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸钢件材料应提供 C/E
.3~~2~~	焊接机架	X	—	—	—	—	X	X[1]	钢板、铸/锻钢件材料应提供 C/E

序号	产品名称	证件类别		认可模式				审图	备注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
.4	焊接气缸体	X	—	—	—	—	X	X[1]	钢板、铸/锻钢件材料应提供 C/E
.5	机体（铸铁）	—	X	—	—	—	X	X[1]	铸件材料应提供 C/E（缸径＞300mm）
.63	曲轴箱安全阀	—	X	—	X	—	—	X	
.74	活塞顶	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E（缸径≥大于400mm）
.85	气缸套	—X	X	—	—	—	X	X[1]	铸件材料应提供 C/E（缸径＞300mm）
. 96	曲轴	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E
.10	曲柄	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E，适用于半组合式曲轴
.11	锻造主轴颈和带法兰的轴颈	X	—	—	—	—	X	X[1]	锻件材料应提供 C/E，适用于半组合式曲轴
.127	曲轴连接螺栓联轴器法兰（非整体式）及螺栓	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E（缸径大于400mm）
.138	活塞杆	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E（缸径大于400mm）
.149	连杆（包括轴承盖）	X	—	—	—	—	X	X[1]	锻件材料应提供 C/E
.150	十字头	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E（缸径大于400mm 适用于十字头发动机）
.161	气缸盖	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E（缸径＞300mm）
.172	贯穿螺栓	X	—	—	—	—	X	X[1]	毛坯材料应提供 C/E（适用于十字头发动机）
.13	十字头连接螺栓	X	—	—	—	—	X	X[1]	毛坯材料应提供 C/E
.184	连杆上/下螺栓	—X	X	—	—	—	X	X[1]	毛坯材料应提供 C/E（缸径＞300mm）
.195	主轴承螺栓	—X	X	—	—	—	X	X[1]	毛坯材料应提供 C/E（缸径＞300mm）
. 2016	主机地脚螺栓	X	—	—	—	—	X	X[1]	毛坯材料应提供 C/E（缸径＞300mm）
.217	缸盖螺栓	—X	X	—	—	—	X	X[1]	毛坯材料应提供 C/E（缸径＞300mm）
.18	齿轮	X	—	—	—	—	X	X[1]	铸/锻件材料应提供 C/E（缸径大于400mm）
.19	弹性减振器	X	—	—	X	O	—	X	
.220	高压燃油/伺服油管	X	—	—	X	O	—	X	含燃油管和液压油管也适用于其共轨管
.231	高压燃油喷射阀喷油器	—	X	—	—	—	—	X	
.242	高压燃油喷射泵	X	—	—	—	—	—	X	也适用于液压高压伺服油泵
.25	燃油或伺服油系统的蓄能器	X	—	—	—	—	X	X[1]	适用于其容量＞0.5 升
.26	用于液压驱动阀的管路、泵、执行器	X	—	—	—	—	X	X[1]	如适用，铸/锻件材料应提供 C/E
.27	机带泵（油、水、燃料、舱底水）	X	—	—	X	O	—	X	适用于功率＞800 kW/cyl

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
~~.23~~	~~燃油喷射控制单元~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~[1]	~~适用电控柴油机~~
~~.24~~	~~燃油共轨装置~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~[1]	~~适用电控柴油机，锻件材料应提供 C/E~~
~~.25~~	~~液压油控制单元~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~[1]	~~适用电控柴油机~~
~~.26~~	~~液压油共轨装置~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~[1]	~~适用电控柴油机，锻件材料应提供 C/E~~
.28~~7~~	主起动阀	X	—	—	—	—	—	X[1]	
.29~~8~~	启动空气管	X[2]	—	—	—	—	X	X[1]	
.30~~29~~	III 级管	—	X	—	—	—	X	X	
.31~~0~~	挠性软管组件：用于 I、II 级管系或通径大于 50mm	X	—	—	X	O	—	X	
.32~~1~~	挠性软管组件：除上条以外	—	X	—	X	—	—	X	
.33~~2~~	波形膨胀节	—	X	—	X	—	—	X	
.34~~3~~	机带空气瓶	X	—	—	—	—	—	X	
~~.34~~	~~应急鼓风机~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	
.35	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.36	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
.37	热交换器~~空气冷却器~~	X	—	X	O	O	—	X	包含：滑油冷却器、燃油冷却器、海淡水冷却器、空气冷却器
.38	增压器	X	—	X	O	O	—	X	适用于增压器旋转部件和壳体
.39	油雾浓度探测器	—	X	—	X	—	—	X	
.40	调速器	—	X	—	X	—	—	X	适用于电子调速器
.41	柴油机（机旁）控制与报警箱/柜	X	—	—	X	O	—	X	包含：安全报警系统
.42	电控系统	~~X~~—	—	—	X	O	—	X	适用电控柴油机
~~10.4~~	~~柴油机(批量)~~								
~~10.4.1~~	~~柴油机(批量)~~								~~缸径 300mm 以下的柴油机，功率≥300kW~~
~~.1~~	~~机体~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~X~~[1]	~~钢板、铸件材料应提供 C/E~~
~~.2~~	~~曲轴~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~X~~[1]	~~铸/锻件材料应提供 C/E~~
~~.3~~	~~连杆~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~X~~[1]	~~锻件材料应提供 C/E~~
~~.4~~	~~气缸套~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~X~~[1]	
~~.5~~	~~高压油管~~	~~—~~	~~X~~	~~—~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~含燃油管和液压油管~~
~~.6~~	~~热交换器~~	~~X~~	~~—~~	~~X~~	~~O~~	~~O~~	~~—~~	~~X~~	~~包含：滑油冷却器、燃油冷却器、空气冷却器~~
~~.7~~	~~增压器~~	~~X~~	~~—~~	~~X~~	~~O~~	~~O~~	~~—~~	~~X~~	
~~.8~~	~~调速器~~	~~—~~	~~X~~	~~—~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~适用于电子调速器~~
~~.9~~	~~柴油机（机旁）控制与报警箱~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~O~~	~~—~~	~~X~~	~~含安全报警系统~~
~~10.4.2~~	~~柴油机(批量，100≤功率<300kW)~~								
~~.1~~	~~机体~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~X~~[1]	~~铸件材料应提供 C/E~~

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
~~.2~~	~~曲轴~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~X[1]~~	~~铸/锻件材料应提供 C/E~~
~~.3~~	~~连杆~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~X[1]~~	~~锻件材料应提供 C/E~~
~~.4~~	~~高压油管~~	~~—~~	~~X~~	~~—~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~含燃油管和液压油管~~
~~.5~~	~~增压器~~	~~X~~	~~—~~	~~X~~	~~O~~	~~O~~	~~—~~	~~X~~	
~~.6~~	~~柴油机（机旁）控制与报警箱~~	~~X~~	~~—~~	~~—~~	~~X~~	~~O~~	~~—~~	~~X~~	~~包含：安全报警系统~~
~~10.4.3~~	~~柴油机(批量，功率＜100kW)~~								~~零部件持证要求基于认可后检验计划~~
10.4~~5~~	空气压缩机								
.1	空气瓶	O	X	—	—	—	X	X	＜0.7MPa &0.1～0.25m³-随 W 应提供 WA，≥0.7MPa or ≥0.25m³要求提供 C/E
.2	油气分离器	X[2]	—	—	—	—	—	X[1]	
.3	挠性软管组件：用于 I、II 级管系或通径大于 50mm	X	—	—	X	O	—	X	
.4	挠性软管组件：除上条以外	—	X	—	X	—	—	X	
.5	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.6	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
.7	柴油机	X	—	—	X	O	—	X	
.8	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	
10.5~~6~~	分油机								
.1	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.2	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
.3	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	
10.6~~7~~	燃油供油单元								
.1	热交换器	X	—	X	O	O	—	X	含电加热器
.2	压力容器	O	X	—	—	—	X	X	＜0.7MPa &0.1～0.25m³-随 W 应提供 WA，≥0.7MPa or ≥0.25m³-要求提供 C/E
.3	泵	X	—	—	X	O	—	X	
.4	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.5	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
.6	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	
10.7~~8~~	风机								用于锅炉，主机，A 类机器处所和危险区域
.1	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.2	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
10.8~~9~~	制冷装置								有货物冷藏附加标志时
.1	热交换器（蒸发器、冷凝器、中间冷却器）	X	—	—	—	—	—	X	
.2	压力容器	O	X	—	—	—	X	X	"＜0.7MPa &0.1～0.25m³-随 W 应提供

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
									WA，≥0.7MPa or≥0.25m³ -要求提供 C/E"
.3	制冷压缩机	X	—	—	—	—	—	X	
.4	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.5	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
.6	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	
10.9~~10~~	液压动力装置								
.1	挠性软管组件：用于 I、II 级管系或通径大于 50mm	X	—	—	X	O	—	X	
.2	挠性软管组件:除上条以外	—	X	—	X	—	—	X	
.3	蓄能器	O	X	—	—	—	X	X	＜0.7MPa &0.1～0.25m³ -随 W 应提供 WA，≥0.7MPa or ≥0.25m³ -要求提供 C/E
.4	液压泵	X	—	—	X	O	—	X	适用于可调桨装置、Z 型推进装置、喷水推进装置、齿轮箱、舵机和锚机、货舱盖启闭、驱动货泵等
.5	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.6	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
.7	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	
10.1~~01~~	货物压缩机								
.1	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.2	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
.3	柴油机	X	—	—	X	O	—	X	
.4	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	
10.1~~12~~	海水淡化装置								
.1	泵	X	—	—	X	O	—	X	
.2	电动机(50kW 及以上)	X	—	—	X	O	—	X	
.3	电动机(50kW 以下)	—	X	—	X	—	—	X	
10.1~~23~~	消防水炮								
10.1~~34~~	舵机								
.1	液压油缸	X	—	—	—	—	—	X	油缸本体为铸件时，材料应提供 C/E
.2	舵柄	X	—	—	—	—	X	X[1]	适用于铸/锻件材料
.3	缸体、端盖、转子	X	—	—	—	—	X	X[1]	适用于转叶式舵机
.4	液压动力装置	X	—	—	—	—	—	X	
.5	挠性软管组件：用于 I、II 级管系或通径大于 50mm	X	—	—	X	O	—	X	
.6	挠性软管组件:除上条以外	—	X	—	X	—	—	X	
.7	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
10.145	减摇鳍装置								
.1	鳍	X	—	—	—	—	—	X[1]	铸钢件、钢板应提供 C/E
.2	鳍轴	X[2]	—	—	—	—	X	X[1]	
.3	十字头	X[2]	—	—	—	—	X	X[1]	
.4	十字头本体铸钢件	X	—	—	—	—	X	X[1]	
.5	液压油缸	X	—	—	—	—	—	X	
.6	液压动力装置	X	—	—	—	—	—	X	
.7	电气控制箱	X	—	—	—	—	—	X	
12	轴系与螺旋桨								
12.10	侧推装置								
.6	其余零部件								参见 CCS《M16 侧推装置》检验指南要求
13	电气设备								
13.3	发电机组(50kVA 及以上)								
.4	弹性联轴器	—	X	—	X	O	—	X	
13.7	主配电板								
.9	继电器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
.10	熔断器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
13.8	应急配电板								
.5	继电器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
.6	熔断器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
13.9	组合起动屏								
.4	继电器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
.5	熔断器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
13.10	充放电板								
.5	继电器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
.6	熔断器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
13.11	电气控制箱(重要设备配套用)								
.4	继电器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
.5	熔断器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
13.20	高压岸电连接配电柜								
.5	继电器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
.6	熔断器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
13.21	高压岸电接入控制屏								
.3	继电器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
.4	熔断器	—	X	—	~~X~~ X[4]	—	—	X	
14	自动化设备								
14.5.7	执行器	O	X	—	X[3]	—	—	X	应急操纵用或阀门执行器布置在压载

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
									舱中人无法实现本地操纵等情况
14.7	EOM 系统计算机	—	X	—	X	—	—	X	适用于硬件，配备两台可互为备用计算机则不必进行型式认可，船舶申请 EOM 附加标志
14.8	轴功率仪	—	X	—	X	O	—	X	船舶申请 EOM 附加标志
14.9	流量计	—	X	—	X	O	—	X	船舶申请 EOM 附加标志

符号说明：

6）X[4]：经其他船级社认可且经 CCS 审核同意可减免。

附录 2B 船舶法定产品部件持证要求一览表

序号	产 品 名 称	证件类别		认 可 模 式				审图	备 注
		C/E	W	DA	TA-B	TA-A	WA	PA	
2	海上防污染								
2.13	原油洗舱机	X	—	—	X	O	—	X	
2.14	粉碎装置和消毒装置	X	—	—	X	O	—	X	
2.15	排放后处理装置、记录装置	X	—	—	X	O	—	X	
3	防火材料、结构与消防设备								
~~3.33~~	~~深油烹饪设备用灭火装置~~								
8	SOLAS 公约 II-2 章设备								
8.1	深油烹饪设备								

第 4 章 建造中检验

第 2 节 检验与试验

4.2.1 一般要求

4.2.1.2 船厂应按规范要求，结合本篇第 3 章~~附录 1～附录 3~~ 附录 1A~附录 2C，编制拟建船舶有关的产品持证清单，提交船舶现场验船师确认。

4.2.3 试验要求

4.2.3.3 倾斜试验：

(1) 所有船舶建造完成后应进行倾斜试验，以确定其稳性要素，以便提供给船长能在船舶各种营运状态下迅速而又简便的方法获得船舶有关稳性。倾斜试验的条件、要求和结果的评定，应符合~~本规范第 2 篇第 1 章的要求，或~~ IMO 相关规定的要求或船旗国政府主管机关的要求(如有时)。

第 3 节替换如下：

第 3 节 水密舱室试验程序

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 本试验程序旨在证实液舱和水密边界的水密性，以及构成船舶水密分隔液舱的结构适宜性。本程序也可用于验证结构和船上舾装的风雨密性。

4.3.1.2 所有船舶的液舱和水密边界的密性应在交船前，通过本试验程序，在新建和重大改装或修理[①]过程中的予以证实。

4.3.2 适用范围

4.3.2.1 所有重力液舱[②]和要求水密或风雨密的其他边界，应按本程序进行试验，并证实下列密性和结构适宜性：

（1）重力液舱的密性和结构适宜性；

（2）液舱边界以外的其他水密边界的水密性；

（3）风雨密边界的风雨密性。

4.3.2.2 液化气体船货物围护系统的试验应符合 CCS 认为合适的标准。

4.3.2.3 在表 1 或表 2 未列结构的试验予以特殊考虑。

4.3.3 试验类型和定义

4.3.3.1 本节要求规定以下两种类型的试验：

（1）结构试验：验证液舱构造的结构适宜性的试验。该试验可以是静水压试验或，如情况许可，也可以是静水压气动试验。

（2）渗漏试验：验证边界密性的试验。除非指明特定试验，否则，该试验可以是静水压试验/静水压气动试验或充气试验。冲水试验可认为是对某些边界的可接受渗漏试验形式，如表 1 注 3 所示。

4.3.3.2 每种试验类型的定义如下：

静水压试验： （渗漏和结构）	用液体充装处所并到达规定压头的试验
静水压气动试验： （渗漏和结构）	静水压试验与充气试验相结合，在处所充装部分液体并施加气压的试验
冲水试验 （渗漏）	通过对接缝冲水并在其反面观察验证接缝密性的试验
充气试验 （渗漏）	采用空气压力差和渗漏显示剂验证密性的试验，包括液舱充气试验和接缝充气试验，诸如压缩空气填角焊试验和抽真空试验
压缩空气填角焊试验 （渗漏）	将渗漏显示剂涂于角焊缝的 T 型接头填角焊充气试验
抽真空试验 （渗漏）	将一个盒子覆盖于接缝之上并在焊缝上涂渗漏显示剂，在盒内抽成真空查明泄漏情况
超声波试验 （渗漏）	采用超声波技术验证诸如舱口盖等关闭装置接缝密性的试验
渗透试验 （渗漏）	采用低表面张力液体，验证在舱室边界不存在显示其存在潜在持续渗漏的可见着色渗透剂的试验（也称，着色试验）

4.3.4 试验程序

4.3.4.1 试验应在验船师在场情况下，所有舱口、门、窗等安装和所有贯穿件包括管子连接件的装配等工程充分接近完工阶段，且任何天花板安装和水泥敷装工程应用于接缝之前进行。具体试验要求见 4.3.4.4 和表 1。涂层应用的时间和通往接缝的安全通道规定见 4.3.4.5、4.3.4.6 和表 3。

① 重大修理系指影响结构完整性的修理。

② 重力液舱系指蒸气压力不大于 70 kPa 的液舱。

4.3.4.2 结构试验程序

（1）试验的类型和时间

对于表 1 或表 2 中规定的结构试验，按 4.3.4.4（1）静水压试验将可以接受。如实际限制(如船坞强度、液体密度小等)妨碍静水压试验的执行，则可以接受 4.3.4.4（2）所述的静水压气动试验作为替代。

证实结构适宜性的静水压试验或静水压气动试验可以在船舶处于漂浮状态下进行，条件是船舶在漂浮之前，渗漏试验的结果得到确认并满意。

（2） 新建或重大结构改装试验安排

① 液舱边界应至少从其一侧进行试验。结构试验的液舱应予以选择，以便所有具有代表性的结构件进行预期的抗拉伸和抗压的试验。

② 在征得船旗国主管机关同意的前提下，每艘船舶具有相似结构的一组液舱（即，相同设计条件，仅有较小局部差异的相似结构构造，由现场验船师判定接受）中至少一个液舱应进行结构试验，条件是所有其他液舱通过空气试验进行渗漏试验。采用空气试验替代结构试验进行渗漏试验不适用于液货船和兼用船上邻接其他舱室的货物处所的边界，或其他类型船舶分隔货物或污染物的液舱边界。如结构试验发现渗漏试验未能探测出的结构薄弱点或严重缺陷，则所有液舱应作结构试验。

③ 如果在第一个液舱的结构试验后，认为有必要，可要求附加液舱进行结构试验。

④ 如果一艘船舶的液舱的结构适宜性业经表 1 所要求的结构试验验证，则该后续系列船舶（即，在同一船厂以相同图纸建造的姐妹船）可免除液舱结构试验，条件是：

a. 所有液舱边界的水密性业经渗漏试验验证，并经全面检查；

b. 每艘姐妹船的所有液舱的每种类型至少一个液舱业经结构试验；

c. 第一个液舱结构试验后，如有必要，或现场验船师认为有必要，可要求进行附加液舱结构试验。

对于液货船和兼用船上邻接其他舱室的货物处所的边界或其他类型船舶上分隔货物或污染物的液舱边界，应执行 4.3.4.2（2）②规定，替代 4.3.4.2（2）④b。

⑤ 在最后一艘系列船舶交船后 2 年或以上建造（即：安放龙骨）的姐妹船，经 CCS 判定，可按 4.3.4.2（2）④进行试验，条件是：

a. 常规工艺业经保持（即：经 CCS 判定，船厂未中断船舶建造，或建造方法或工艺技术未重大改变，船厂人员具有合适的资格并证明具有足够的工艺水平）和；

b. 对不进行结构试验的液舱实施加强的 NDT 程序。

⑥ 液舱以外处所的水密边界可免除结构试验，条件是被免除处所的水密边界的水密性通过渗漏试验和检查进行验证。如压载舱、锚链舱和代表的货舱用于在港压载，则对其结构试验不得免除，并 4.3.4.2（2）①至 4.3.4.2（2）⑤的液舱结构试验要求应予以执行。

4.3.4.3 渗漏试验程序

（1）对表 1 规定的渗漏试验，符合 4.3.4.4（4）至 4.3.4.4（6）的液舱空气试验、压缩空气填角焊试验、抽真空试验，或其组合，将予以接受。静水压试验或静水压气动试验也可接受作为渗漏试验，但应符合 4.3.4.5、4.3.4.6 和 4.3.4.7 的要求。根据 4.3.4.4（3），表 1 注 3 中规定的位置也可接受冲水试验。

（2）接缝的空气试验可在分段建造阶段进行，条件是所有可能影响接缝密性的工作均在试验之前业已完成。也见 4.3.4.5（1）(最终涂层施涂)、4.3.4.6（进入接缝的安全通道）和表 3 的汇总。

4.3.4.4 试验方法

（1）静水压试验

① 除非另一种液体得到认可，否则静水压试验应使用淡水或海水充注处所，视适合试验为准，试验压头的规定见表 1 或表 2。

② 如果高密度货物的液舱使用淡水或海水进行试验，试验压头应予以特殊考虑。

③ 被试验处所的所有外部表面应予以检查，确定其结构变形、凸出和屈曲，以及其他相关损坏和渗漏等情况。

（2）静水压气动试验

① 静水压气动试验，如认可，其试验条件应结合批准的液体压头和补充气压尽可能模拟实际载荷。4.3.4.3（4）④中液舱空气试验的要求和建议也适用于静水压气动试验。

② 被试验处所的所有外部表面应予以检查，确定其结构变形、凸出和屈曲，以及其他相关损坏和渗漏等情况。

（3）冲水试验

① 冲水试验应在冲水软管喷嘴处压力在试验过程中至少保持在 2×10^5 Pa 下进行。喷嘴内径应不小于 12mm，并距接头的垂直距离应不大于 1.5m。水柱应直接喷射在焊缝上。

② 如冲水试验，因可能损坏机械、电气设备绝缘或舾装件而不能进行，则可采用焊接接头仔细目视检查替代，必要时，采用着色渗透试验或超声波渗漏试验或等效的措施予以辅助支持。

（4）液舱空气试验

① 所有边界焊缝、装配接头和贯穿件，包括管子连接件，应按认可的程序，并在不小于 0.15×10^5 Pa 大气压力的稳定压差状态，采用涂刷渗漏指示液，诸如肥皂水/清洁剂或专用的渗漏显示剂，进行检查。

应布置一根内装水位高度足以与要求的试验压力一致的 U 型管。U 型管的横截面积应不小于液舱供气管的横截面积。可以接受采用两个经校准的压力表验证要求的试验压力，替代使用 U 型管。

被试验的焊缝应进行两次检查。第一次检查应在涂刷渗漏指示液后立即进行。第二次检查应在约 4 或 5 分钟后进行，以查明一些可能需时显露的较小渗漏。

（5）压缩空气填角焊试验

在这项空气试验中，在填角焊接头一端充注压缩空气，并在接头另一端用压力表验证压力。压力表的布置应能在试验部分范围内所有通路的每一端均能验证至少 0.15×10^5 Pa 的空气压力。

注：当涉及部分焊透焊缝的制作要求渗漏试验时， 对坡口钝边大的（即 6~8mm）的填角焊缝也可采用相同方法应用压缩空气试验。

（6）抽真空试验

配有空气接头、压力表、检查窗口的盒子(真空试验盒)放置在接头上方，并将渗漏指示液涂刷于焊缝周边。抽气泵将盒内抽成 0.20×10^5~0.26×10^5 Pa 的真空。

（7）超声波试验

舱室内部安置超声波回声发射器，同时在舱室外部安置接收器。接收器扫描舱室的水密/风雨密边界，探测超声波渗漏指示。接收器可探测声波的位置指示舱室密封渗漏。

（8）渗透试验

对接焊缝或其他焊缝接头的试验采用在舱室边界或结构布置一侧涂刷低表面张力液体方法进行。如在规定时间后，在边界的另一侧未出现液体，则说明边界具有密性。在某些情况，可在焊缝另一侧施涂或喷洒显影液，以辅助渗漏探测。

（9）其他试验

CCS 可考虑接受其他试验方法，但试验开始前，提交详细情况。

4.3.4.5 涂层施涂

（1） 最终涂层

对自动焊的对接焊缝，如果焊缝业经仔细目视检查并令验船师满意，最终涂层可以在接头边界的处所渗漏试验完成之前的任何时候施涂。

在自动合拢对接焊缝施涂最终涂层之前，验船师可以要求进行渗漏试验。

对所有其他接缝，最终涂层应在接缝渗漏试验完成之后进行施涂。也见表 3。

（2） 临时涂层

任何可能隐藏缺陷或渗漏的临时涂层应按最终涂层规定的时间予以施涂（见 4.3.4.5（1））。该要求不适用于车间底漆。

4.3.4.6 通往接缝的安全通道

对渗漏试验，通往所有受检查接缝的安全通道应予以提供。也见表 3。

4.3.4.7 静水压或静水压气动密性试验

如采用静水压或静水压气动试验替代特定的渗漏试验，被检查的边界必须无露水滴，否则细小渗漏难以观察到。

液舱和边界试验要求 **表 1**

	试验的液舱或边界	试验类型	试验压头或压力	备注
1	双层底液舱 [4]	渗漏和结构 [1]	取下列较大者： • 至溢流管顶端 • 至液舱顶部[2]以上2.4m，或 • 至舱壁甲板	
2	双层底空舱 [5]	渗漏	见 4.3.4.4（4）~（6）,如适用	包括 MARPOL 附则 I 要求的泵舱双层底和燃料舱保护双壳
3	双舷侧液舱	渗漏和结构 [1]	取下列较大者： • 至溢流管顶端 • 至液舱顶部[2]以上2.4m，或 • 至舱壁甲板	
4	双舷侧空舱	渗漏	见 4.3.4.4（4）~（6）,如适用	
5	除本表其他位置所列之外的深舱	渗漏和结构 [1]	取下列较大者： • 至溢流管顶端，或 • 至液舱顶部[2]以上2.4m	
6	货油舱	渗漏和结构 [1]	取下列较大者： • 至溢流管顶端 • 至液舱顶部[2]以上2.4m，或 • 至液舱顶部[2]，加上任何压力释放阀的设定压力	
7	散货船压载货舱	渗漏和结构 [1]	货舱舱口围板顶部	
8	尖（液）舱	渗漏和结构 [1]	取下列较大者： • 至溢流管顶端，或 • 至液舱顶部[2]以上2.4m	尾尖舱在尾轴管安装后试验
9	.1 有设备的艏尖处所	渗漏	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
	.2 艏尖空舱	渗漏和结构 [1, 9]	至舱壁甲板	
	.3 有设备的尾尖处所	渗漏	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
	.4 尾尖空舱	渗漏	见 4.3.4.4（4）~（6）,如适用	尾尖舱在尾轴管安装后试验
10	隔离空舱	渗漏	见 4.3.4.4（4）~（6）,如适用	
11	.1 水密舱壁	渗漏 [8]	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
	.2 上层建筑端壁	渗漏	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
12	位于干舷或舱壁甲板以下的水密门	渗漏 [6, 7]	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
13	双板舵叶	渗漏	见 4.3.4.4（4）~（6）,如适用	
14	深舱区域以外的轴隧	渗漏 [3]	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
15	舷门	渗漏 [3]	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
16	风雨密舱口盖及其关闭装置	渗漏 [3, 7]	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	不包括采用帆布和压条密封的舱口盖
17	液舱/干货舱兼用舱口盖	渗漏 [3, 7]	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	应补充第 6 或 7 项结构试验
18	锚链舱	渗漏和结构 [1]	锚链管顶端	
19	主机滑油循环舱和其他类似液舱/处所	渗漏	见 4.3.4.4（3）~（6）,如适用	
20	压载管道	渗漏和结构 [1]	取下列较大者： • 至压载泵最大压力，或 • 至任何压力释放阀的设定压力	
21	燃油舱	渗漏和结构 [1]	取下列较大者： • 至溢流管顶端 • 至液舱顶部[2]以上2.4m，或 • 至液舱顶部[2]加压力释放阀的设定压力，或 • 至舱壁甲板	

注：

1 参照第 4.3.4.2（2）。

2 液舱顶部系指构成液舱顶部的甲板，不包括任何舱口。

3 冲水试验也可作为一种试验的方式。见 4.3.3.2。

4 包括按 SOLAS 第 II-1/9.4 条规定布置的液舱。

5 包括分别按 SOLAS 第 II-1/11.2 条和第 II-1/9.4 条规定布置的箱形龙骨和干燥舱室，和/或分别按 MARPOL 附则 I 第 3 章，A 部分第 12A 条和第 4 章，A 部分第 22 条规定布置的燃油舱保护和泵舱底部保护。

6 如水密门的水密性未经原型试验证实，应进行水密处所的灌水试验，见 SOLAS 第 II-1/16.2 条和 MSC/Circ.1176 通函。

7 当冲水试验不切实际时，可接受 4.3.4.4（7）至 4.3.4.4（9）所列的其他试验方法，只要该种试验方法经验证是适当的。见 SOLAS 第 II-1/11.1 条。对于水密舱壁（第 11.1 项），只有在冲水试验不可行时，才能使用冲水试验的替代方法。

8 如拟进行港内压载，可对一个代表性的货舱进行一次“渗漏和结构试验”，见 4.3.4.2（2）。拟进行港内压载货舱试验时的充装水平要求应如装载手册所示在港内达到最大装载。

9 如果证实进行结构试验不切实际，CCS 同意免除。

特种业务船/液舱的附加试验要求 **表 2**

	船舶/舱室类型	试验结构	试验类型	试验压头或压力	备注
1	液化气体船	整体液舱	渗漏和结构	参照 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》	
		支撑薄膜或半薄膜液舱的船体结构			
		A 型独立液舱			
		B 型独立液舱			
		C 型独立液舱		参照 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》	
2	食用液体舱	独立液舱	渗漏和结构	取下列较大者： • 至溢流管顶端，或 • 至液舱顶部[1]以上0.9m	
3	化学品液货船	整体或独立液货舱	渗漏和结构	取下列较大者： • 至液舱顶部[1]以上 2.4m，或 • 至液舱顶部[1]加任何压力释放阀的设定压力	设计用于载运比重大于 1.0 货物的液货舱，应考虑适当的附加压头

注：

1 液舱顶系指构成液舱顶部的甲板，不包括任何舱口。

安全通道、涂层、渗漏试验在焊接接头类型上应用　　表 3

焊接接头类型		渗漏试验	涂层 [1]		安全通道 [2]	
			渗漏试验前	渗漏试验后，但在结构试验前	渗漏试验	结构试验
对接焊	自动	不要求	允许 [3]	不适用	不要求	不要求
	手工或半自动 [4]	要求	不允许	允许	要求	不要求
填角焊	包括贯穿件的边界	要求	不允许	允许	要求	不要求

注：

1 涂层系指内部(液舱/货舱涂层)，如应用，外部(外板/甲板)油漆。不涉及车间底漆。

2 验证渗漏试验的临时通道。

3 适用条件是焊缝业经仔细目视检查并使验船师满意。

4 如果仔细目视检查显示焊缝形状连续均匀，无需修理，且 NDE 试验显示无重大缺陷，则无需对药芯焊丝电弧焊（FCAW）半自动对接焊缝进行试验。

附录 1　新建船舶的船体检验

9　检验一致性的证据

9.2　除此之外，CCS 应保存按表 1 所要求及 2.1（3）所述的巡检时发现的缺陷记录。该记录应包括缺陷发现日期、缺陷描述以及缺陷消除日期。

船体检验项目表 **表 1**

序号	造 船 流 程	船级检验要求	船级检验方式	规范和IACS[①]要求	法定要求与有关文件	建造中需向验船师提供的文件	船舶建造档案文件	具 体 活 动	项 目 建 议
1.3c	焊接监督	具有足够数量的熟练监督员	审查和巡检	IACS Rec.20 和 Rec.47				确认监督有效性	
1.5	焊接—内部缺陷	有资质的操作者进行无损检测，能够确保无显著的重大缺陷	对 X 射线和超声波检测，审查文件以及巡回检查操作者的操作，检查 X 片	IACS Rec.20 和 Rec.47		船厂和公认标准以及规范(如适用)，焊接和无损检测计划，无损检测报告、操作者资质证明	无要求	确定无损检测部：平板对接焊缝、铸件与船体结构连接缝	
								验证按认可的适用计划进行无损检测	
								验证无损检测方法适宜性	
								验证操作者具有适当资质(特别是雇佣分包方时)	
								验证记录业已完成并符合公认标准，如：像质计(IQI)以及记录的敏感度	
								验证船厂已正确评价报告和 X 光照片，验船师系统地审	

[①] 本表所列的 IACS REC.不作为强制要求，IACS UI 见《法定要求实施指南(国际航行)》。

序号	造 船 流 程	船级检验要求	船级检验方式	规范和IACS~~2~~[①]要求	法定要求与有关文件	建造中需向验船师提供的文件	船舶建造档案文件	具 体 活 动	项 目 建 议
								查 X 光照片。	
								验证设备校准满意并符合制造商和公认标准要求	
								验证无损检测(~~NDE~~)符合可接受的程序	
5	密性试验，包括渗漏和冲水试验，静水压气动试验	无渗漏	~~过程巡检~~审查和现场见证试验	本规范第 1 篇第 4 章第 3 节	经修订的 SOLAS 第 II-1/11 条	批准的舱室密性试验计划、船厂检查记录	批准的舱室密性试验计划	确认舱室密性试验符合批准的图纸	
								确认渗漏试验的方法	
								确认保持的渗漏、冲水和静水压和静水压气动试验压力符合要求	
								验证适当的液舱试验记录是否得到保存	
6	结构试验	结构设计的适合性	审查和现场见证试验	本规范第 1 篇第 4 章第 3 节	经修订的 SOLAS 第 II-1/11 条	批准的舱室密性试验计划、船厂检查记录	批准的舱室密性试验计划	确认舱室密性试验符合批准的图纸	
								确认试验保持的压力符合要求	

序号	造 船 流 程	船级检验要求	船级检验方式	规范和 IACS 要求[①]	法定要求与有关文件	建造中需向验船师提供的文件	船舶建造档案文件	具 体 活 动	项 目 建 议
								验证适当的液舱试验记录是否得到保存	

附录 2　船舶建造与修理质量标准

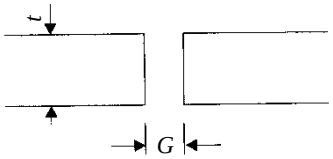
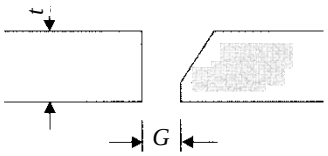
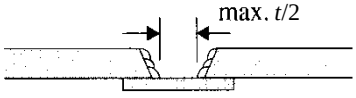
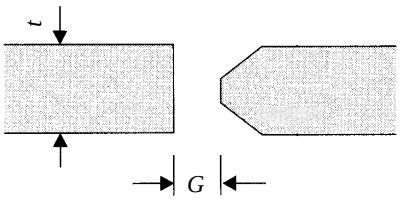
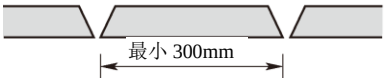
1　新船建造及修补质量标准

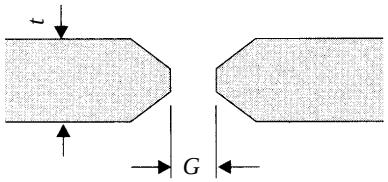
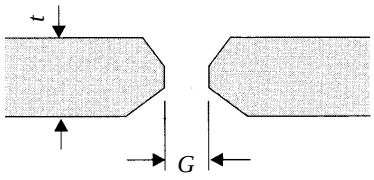
低温下船体钢焊接的预热　　**表 1.6.12**

项目		标准		限定值	备注
		底材需要预热的温度	最低预热温度		
普通强度钢	A, B, D, E	低于-5℃	20℃ 1)		
高强度钢 TMCP 工艺	AH32 – EH32 AH36 – EH36	低于 0℃	20℃ 1)		
高强度钢 常规工艺		低于 0℃	20℃ 1)		

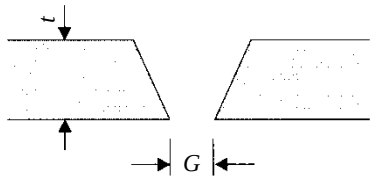
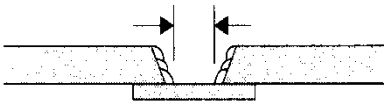
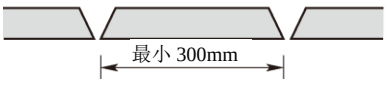
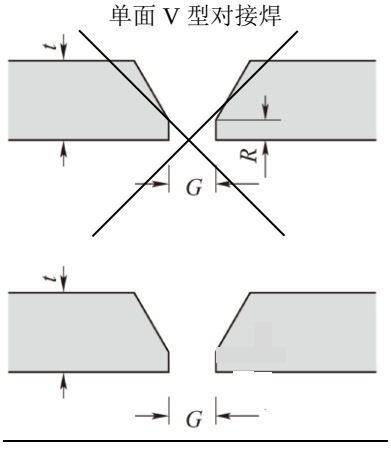
注：
1)应使用此预热的水平，除非认可的焊接工艺规定了更高的水平。

典型对接焊坡口加工修补(手工焊和半自动焊)　　**表 1.9.4**

详图	修补标准	备注
板对接(不开坡口) 	当 $G \leqslant 10$mm 时倒 45°角，并堆焊 当 $G > 10$mm 时，背面加垫板，背面开槽，封底焊 去掉垫板，背面开槽，封底焊 或嵌入最小 300mm 宽的板	
单面坡口对称 	当 $5\text{mm} < G \leqslant 1.5t$(最大 25mm)时， 在最大 $0.5t$ 的坡口一侧或两侧堆焊，填补间隙，按如必要，使用背垫板 如使用背垫板，背垫板在焊后应铲除，焊缝背面应开槽并实施封底焊 	
双面坡口对接 	基于适当的焊接工艺规程，可接受 CCS 认可的使用其他背垫材料的不同的焊接布置 当 $G > 25$mm 时或 $1.5t$，取小者，嵌入最小为 300mm 宽的板 	

对称双面 V 型坡口  		
不对称双面 V 型坡口  		

典型对接焊坡口的修补(手工焊和半自动焊)　　**表 1.9.5**

详图	修补标准	备　注
单面对接焊，单面 V 型坡口  	当 5mm＜G≤1.5t(最大 25mm)时，在加工的单面或双面焊坡口堆焊填补间隙，填补间隙为表 1.8.2 的“限定值”尺寸，最好是 “标准”尺寸 如采用垫板，焊后铲除掉垫板，在背面开槽并施封底焊 基于适当的焊接工艺规程，可接受 CCS 认可的使用背垫材料的不同的焊接布置 限定值 见表 1.8.2  当 G＞25 mm 或 1.5t 时，取小者，嵌入至少 300 mm 宽的板  	
单面 V 型对接焊  		

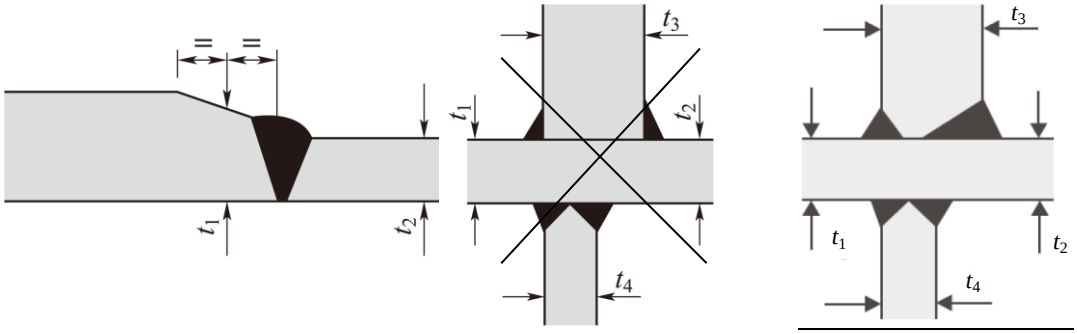


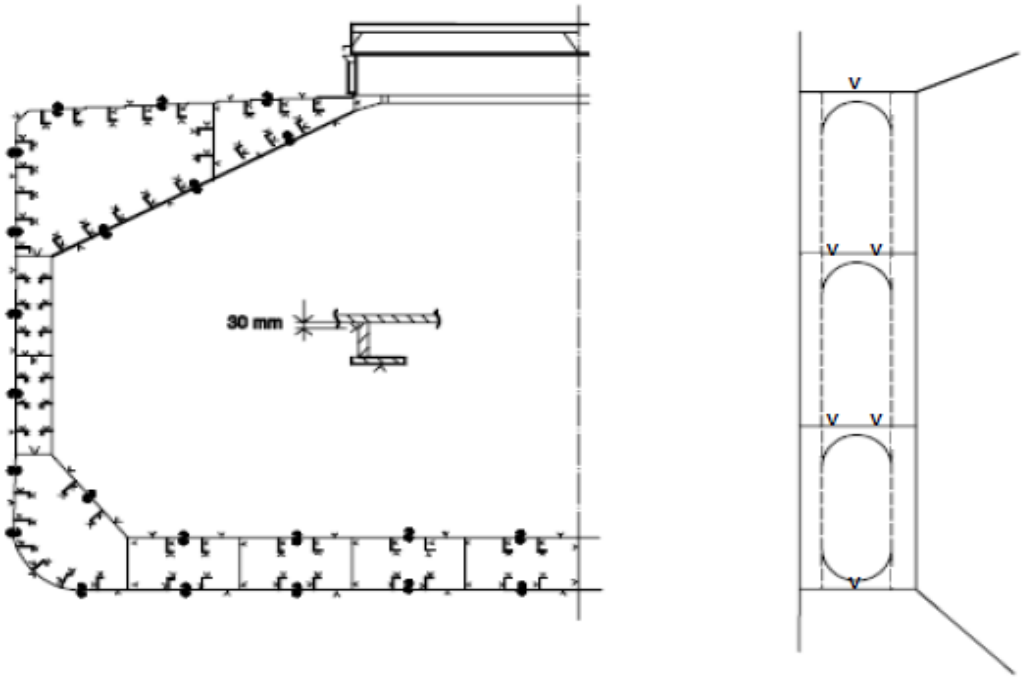
图 2.5.2　组合厚度

第 5 章　建造后检验

第 1 节　一 般 规 定

5.1.9　测厚程序

图 5.1.9.3(3)g、图 5.1.9.3(3)i、图 5.1.9.3(3)j 及图 5.1.9.3(3)k 替换如下：



双壳散货船

注：选定横剖面的左、右舷均应进行测量。

图 5.1.9.3(3)g　双壳散货船的横剖面

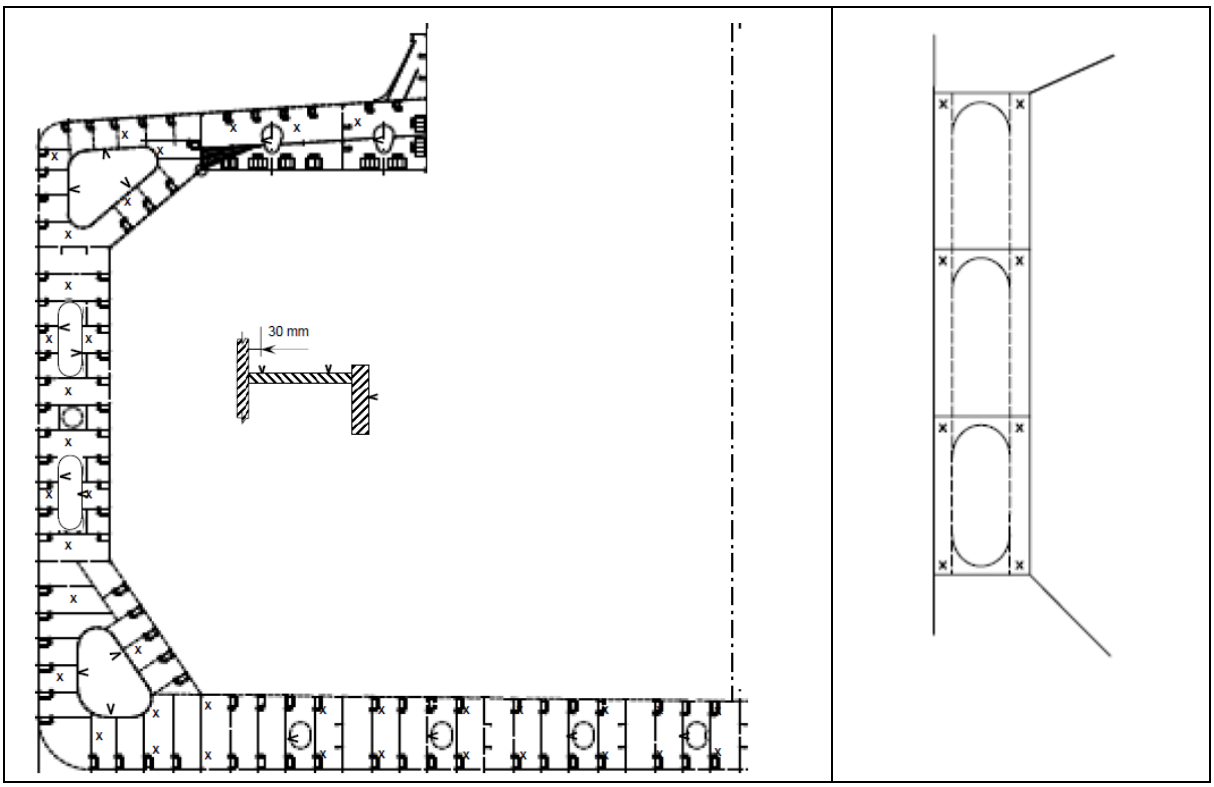
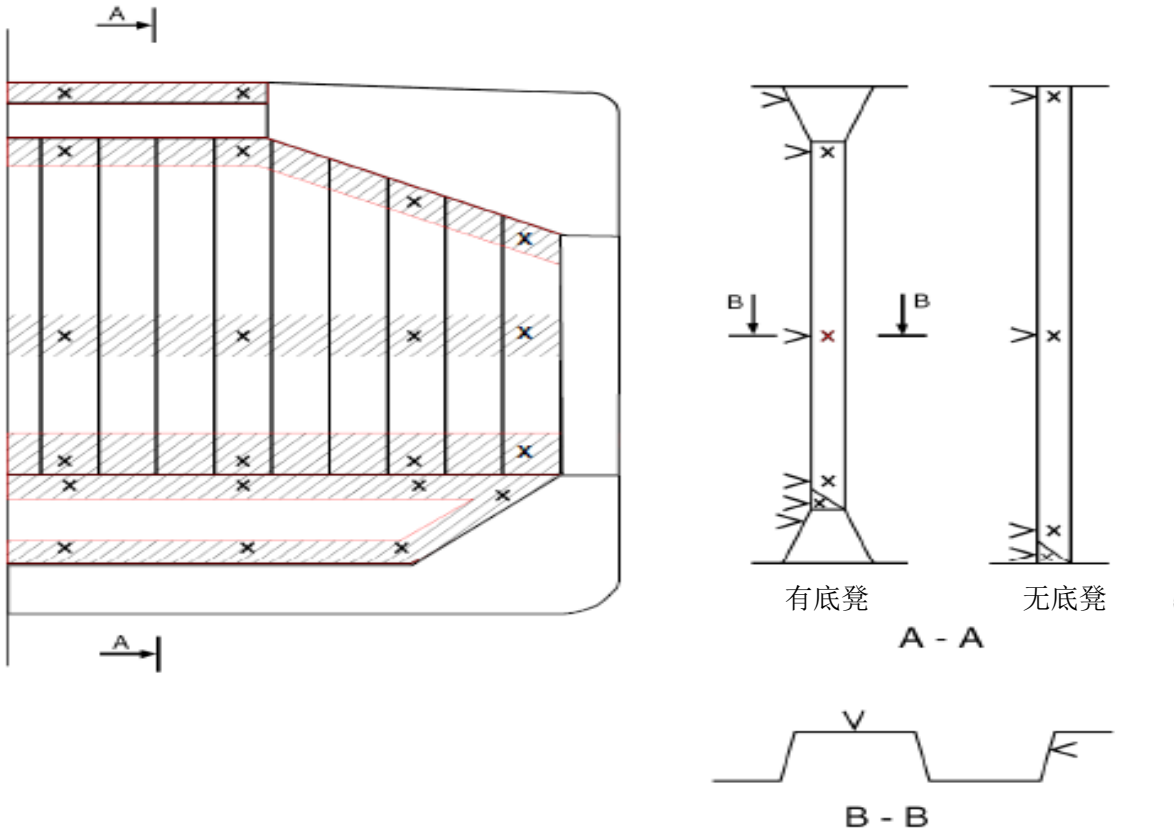
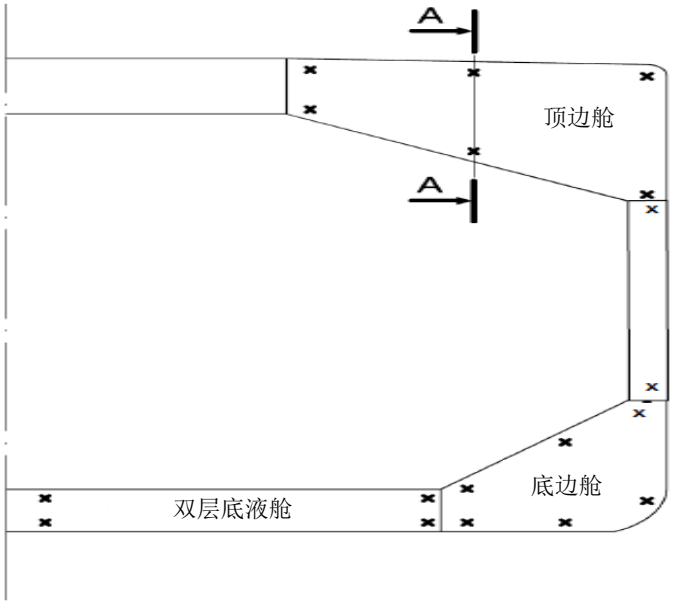


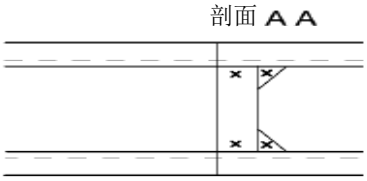
图 5.1.9.3(3) i　双壳散货船压载舱(顶边舱或底边舱或边舱)中构件上的测量位置



注：应在各阴影区域按 *A-A* 和 *B-B* 视图进行测量。

图 5.1.9.3(3) j　货舱横舱壁上的测量位置(增加顶凳和底凳内部结构的附加测量，例如在剖面 *A-A* 显示顶凳的两点和底凳的两点)





注：应在每个垂直剖面按图例 *A-A* 进行测量。

图 5.1.9.3(3)k　顶边舱、底边舱、双层底液舱横隔壁上的测量位置
（在跨距中点增加对双层底液舱内部结构的两点附加测量）

5.1.11　测厚与近观检验

~~5.1.11.1　任何种类的检验，即特别检验、中间检验、年度检验或包含这些检验范围的其他检验，对于要求实施近观检验的区域内的结构测厚应与近观检验同步进行。~~

5.1.11.1　在任何检验，即特别检验、中间检验、年度检验或包含前述检验范围的其他检验中，对于要求实施近观检验区域内的结构，当本章表 5.4.4.2（17）①、表 5.5.4.5（1）、表 5.6.4.4（1）①、表 5.7.4.5（1）①、表 5.8.4.4（1）a、表 5.16.4.5（1）要求测厚时，则测厚应与近观检验同时进行。

对非钢质材料船舶的替代测厚要求，CCS 根据需要另行考虑。

5.1.17　验收衡准

(1)　通则

①对于 CSR 船舶，验收衡准参见本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 9 篇第 12 节、第 10 篇第 13 章“营运船舶换新衡准”并如下述(2)~(4)所述。

②对于非 CSR 船舶，验收衡准按照本章相关规定。

(2)　CSR 船舶点腐蚀的验收衡准

①散货船舷侧结构

如果按本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 10 篇第 3 章第 5 节要求敷设涂层区域的点腐蚀

密度高于 15%(见图 5.1.5.1(20))，应进行测厚以检查点腐蚀的程度。15%仅指板一侧的锈点或凹槽。

如果锈点超过如上述定义的 15%，则在板上锈点最集中的部分取 300mm 或以上的区域，清除锈点直至裸露金属，并在清洁区域内取 5 个最深的锈点进行测厚。其中最小厚度应记录为板厚度。

锈点、凹槽或其他局部区域内的最小剩余厚度应大于以下厚度但不大于换新厚度(t_{ren})：

a. 对于肋骨和端肘板的腹板和折边，为建造厚度的 75%；

b. 对于和每个舷侧肋骨相连、两侧宽度超过 30 mm 的舷侧外板、底边舱斜板和顶边舱底板，为建造厚度的 70%。

②其他结构

对于点腐蚀密度小于 20%(见图 5.1.5.1(20))的板，任一次的测量厚度 t_m，应为以下衡准的较小值：

$$t_m \geqslant 0.7\ (t_{as\text{-}built} - t_{vol\ add})\ \text{mm}$$

$$t_m \geqslant t_{ren} - 1\ \text{mm}$$

式中：$t_{as\text{-}built}$ ——构件的建造厚度，mm；

t_{voladd} ——自愿增加厚度，即在 t_c 基础上，船东自愿增加的额外腐蚀余量，mm；

t_{ren} ——换新厚度，即最小许用厚度，mm，低于此值则结构构件应予以换新；

t_c ——本规范第 9 篇和第 10 篇规定的腐蚀增量，mm；

t_m ——测量厚度，即在船舶定期的营运检验过程中，在同一处进行的不同测量值的平均厚度，mm。

任何横剖面上，板的平均厚度应不小于本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 9 篇第 12 节 1.4.2.1 或~~本规范~~第 10 篇第 13 章所述的腐蚀换新衡准。

(3) CSR 船舶边缘腐蚀的验收衡准

①如果折边(或扁钢扶强材为腹板时)边缘腐蚀的总腐蚀高度小于扶强材折边宽度(或适用时，腹板高度)的 25%(见图 5.1.5.1(21))，测量厚度 t_m 应为以下衡准的较小值：

$$t_m \geqslant 0.7\ (t_{as\text{-}built} - t_{vol\ add})\ \text{mm}$$

$$t_m \geqslant t_{ren} - 1\ \text{mm}$$

②扶强材宽度或高度的平均测量厚度应不小于本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 9 篇第 12 节 1.4.2.1 或第 10 篇第 13 章定义的值。

③人孔、减轻孔等开口处的板边缘厚度可小于本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 9 篇第 12 节 1.4.2.1 或第 10 篇第 13 章规定的最小厚度，条件是：

a. 开口边缘折减的板厚度(小于本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 9 篇第 12 节 1.4.2.1 或第 10 篇第 13 章规定的最小厚度)的最大范围不大于开口最小尺寸的 20%且不超过 100mm；

b. 粗糙或不均匀的表面可予以切割，条件是开口最大尺寸的增加不超过 10%并且新边缘的剩余厚度不小于 t_{ren} − 1 mm。

(4) CSR 船舶凹槽腐蚀的验收衡准

①如果凹槽宽度最大为腹板高度的 15%，但不大于 30mm(见图 5.1.5.1(22))，凹槽区域的测量厚度 t_m 应为以下衡准的较小值：

$$t_m \geqslant 0.75\ (t_{as\text{-}built} - t_{vol\ add})\ \text{mm}$$

$$t_m \geqslant t_{ren} - 0.5\ \text{mm}$$

但不应小于

$$t_m = 6\ \text{mm}$$

②如果结构构件的凹槽区域大于上述①的值，应根据本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 9 篇第 12 节 1.4.2.1 或第 10 篇第 13 章定义的腐蚀衡准以板/扶强材的平均测量厚度进行评估。

第 4 节 船体与设备检验

5.4.2 年度检验

5.4.2.2 所有船舶的检验范围

(1) 船体

⑪检查单壳的单个货舱船的货舱水位探测器~~和~~及其声光报警器；

(6) 消防设备

⑮如适用，检查载运危险货物的特别布置，包括核查电气设备和布线、通风、防护服和便携装置的配备以及供水、舱底排水和任何水雾系统的试验。

5.4.4 特别检验

5.4.4.1 一般要求

(4) 本章第 11 节规定的水下部分的检查~~有关坞内检验的项目~~。但在此次特别检验到期前 15 个月内完成的~~坞内~~船底外部与有关项目检验，可接受为此次特别检验时同时进行的检验。

5.4.4.2 所有船舶的检验项目

(11) 舱口盖和舱口围板应按如下要求进行检查：

①5.4.4.2(3)所列项目的彻底检查，包括舱盖板及舱口围板的近观检验。对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则近观检验仅对舱盖易接近的结构；

②检查所有机械操作的舱口盖是否处于良好的操纵状况，包括：

a.开启状态下的存放和系固；

b.关闭状态下的准确定位和密封装置的有效性；

c.液压系统、动力部件、钢索、链子和驱动连接的操纵试验；

③通过冲水试验或等效方法检查所有舱口盖的密封装置的有效性。

特别检验时厚度测量的最低要求 表 5.4.4.2(17)①

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年<船龄≤10 年)	第 3 次特别检验 (10 年<船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄>15 年)
1) 全船可疑区域。	1) 全船可疑区域。	1) 全船可疑区域。	1) 全船可疑区域。
	2) 船中 0.5*L* 范围内选择 1 个货物处所的 1 个甲板横剖面。	2) 船中 0.5*L* 范围内选择 2 个不同货物处所的各 1 个横剖面。	2) 船中 0.5*L* 范围内货物处所至少 3 个横剖面。
		3) 所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)。	3) 所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)。

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年<船龄≤10 年)	第 3 次特别检验 (10 年<船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄>15 年)
		4) 首尖舱和尾尖舱内的构件。	4) 首尖舱和尾尖舱内的构件。
			5) 整个船长范围内的所有露天主甲板。
			6) 代表性的露天上层建筑甲板(尾楼、桥楼和首楼甲板)。
			7) 所有货舱横舱壁在中间甲板处的列板和最下列板及其内部构件。
			8) 全船左、右舷，所有舷侧干湿交变列板。
			9) 所有龙骨板及液舱后端、隔离舱和机器处所处的船底板。
			10) 海底阀箱的板和验船师认为需要的舷外排出口处的外板。

注：1. 测厚位置应选择最具代表性的腐蚀区域，并应考虑装卸货和压载的历史、以及保护涂层的布置和状况。

2. 如全硬保护涂层状态为“良好”，则对内部构件的测厚，验船师可予以作特别考虑。

3. 对于船长小于 100m 的船舶，第 3 次特别检验要求的横剖面数量可以减少至 1 个，且后续特别检验要求的横剖面数量可以减少到 2 个。

4. 对于长度大于 100m 的船舶，在第 3 次特别检验中，也可要求对船中 0.5*L* 范围内的露天甲板测厚。

5. 对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则测厚仅对舱盖易接近的结构。

第 5 节 普通干货船船体与设备检验补充要求

5.5.4.3 舱口盖和舱口围板：

(1) ~~本章 5.4.2.2(3)~~本节 5.5.2.3 规定的项目应作彻底检查。

(2) 所有机械操纵的舱口盖应检查下列操作状态满意：

①在开启状态下的存放和系固；

②在关闭状态下的定位准确和密封有效；

③液压和动力部件、钢索、链条和连接设施的操作试验。

(3) 应用冲水试验或其他等效方法检查所有舱口盖密封装置的有效性。

(4) 舱口盖和舱口围板及其扶强材的近观检验及测厚[①]按表 5.5.4.4（2）及表 5.5.4.5(1)进行。

普通干货船船体在特别检验时近观检验的最低要求 表 5.5.4.4(2)

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年＜船龄≤10 年)	3 次特别检验 (10 年＜船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄＞15 年)
(A) 前、后各一个货舱的底层舱及其甲板间舱中选择的肋骨。 (B) 一个选择的货舱横舱壁。 (D) 所有货舱舱口盖及舱口围板(板及扶强材)	(A) 所有货舱的底层舱和甲板间舱中选择的肋骨。 (B) 每个货舱中的一个横舱壁。 (B) 一个边压载舱的前后横舱壁包括扶强材系统。 (C) 每种类型的压载水舱(即顶边舱、底边舱、边舱或双层底舱)的 2 个代表性舱，每个舱一个横框架及附连的板和骨架。 (D) 所有货舱舱口盖和舱	(A) 一个前货舱底层舱的所有肋骨和每一剩余货舱的底层舱及其甲板间舱的 25%肋骨，包括其端部附件和邻接的外板。 (B) 所有货舱的横舱壁。 (B) 压载舱的所有横舱壁，包括扶强材系统。 (C) 每个水压载舱内的所有横框架及附连的板和骨架。 (D) 所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)。	(A) 所有货舱的底层舱及甲板间舱的所有肋骨，包括其端部附件和邻接的外板。 第 3 次特别检验中的(B)～(F)项

[①]对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则近观检验/测厚仅对舱盖易接近的结构。

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年＜船龄≤10 年)	3 次特别检验 (10 年＜船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄＞15 年)
	口围板(板和扶强材)。 (E) 货舱口间货舱开口线内所有甲板板和甲板下结构的选择区域。 (F) 内底板的选择区域	(E) 货舱口间货舱开口线内所有甲板板和甲板下结构。 (F) 所有内底板	

注：(A)：货舱(横向)肋骨；

(B)：货舱横舱壁板、扶强材和桁材；

(C)：压载水舱内的横向框架或水密横舱壁；

(D)：货舱舱口盖和舱口围板，对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则近观检验/测厚仅对舱盖易接近的结构；

(E)：货舱口间货舱开口线内甲板板和甲板下结构；

(F)：内底板。

第 6 节 油船的船体与设备检验补充要求

5.6.1 一般要求

5.6.1.3 总纵强度评估

(2) 如上述(1)中要求的，~~船舶总纵强度的评估最终结果是在~~结构构件~~的~~换新或加强~~工作~~后的船舶总纵强度的评估最终结果（如该换新或加强是由初次评估结果引起）~~初次评估的结果，则~~应作为《船体状况评估》报告的一部分~~进行报告~~。

5.6.2 年度检验

5.6.2.5 其他设备

(8) ~~检查其所有货泵舱内的应急照明，~~对于 2002 年 7 月 1 日以后建造的油船，检查其所有货泵舱内的应急照明~~，还应确认主电源照明和通风的联锁装置~~。

(10) 检查双壳~~底~~体处所和双层底处所内的气体测量设备，包括固定式气体取样管路的安装（如适用）；

5.6.3 中间检验

5.6.3.1 一般要求

(1) 中间检验范围按船龄在本节 5.6.3.2 至 5.6.3.4 及表 5.6.3 中规定。

双壳油船中间检验时近观检验和测厚的最低要求 表 5.6.3

中间检验到期日的船舶船龄		
5 年＜船龄≤10 年	10 年＜船龄≤15 年	船龄＞15 年
现场验船师选择的有代表性的压载舱的全面检验（见 5.6.3.2）	上次特别检验的要求（见 5.6.3.3）	上次特别检验的要求（见 5.6.3.4）
在以前的各检验时所确定的可疑区域应予检查（见 5.6.3.2）		

5.6.4 特别检验

5.6.4.5 液舱密性试验范围

(1) 压载舱密性试验的最低要求见本款(3)及表 5.6.4.5(1)的规定；货油舱密性试验的最低要求见本款(4)及表 5.6.4.5(1)的规定。如满足下述要求，则验船师可接受船员在船长指导下进行的货油舱密性试

验：

① 进行货油舱密性试验之前，船东已向 CCS 提交规定了充装高度、充装液舱和试验舱壁的货油舱试验程序并经审核同意；

双壳油船特别检验时近观检验的最低要求 表 5.6.4.3(2)②

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年＜船龄≤10 年)	第 3 次特别检验 (10 年＜船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄＞15 年)
1 根强肋骨(1) (在一个压载舱内(见注 1))	所有强肋骨(1) (在 1 个压载舱内(见注 1)) 一根强肋骨的船体折角区域和其上部(约 5m) (在剩余每个压载舱(6)内)	所有强肋骨(1) (在所有压载舱内)	同 10 至 15 年的特别检验。 如 CCS 认为必要，包括附加的横向构件
1 根甲板强横梁(2)(在 1 个货油舱内)	1 根甲板强横梁(2)(在 2 个货油舱内)	所有强肋骨(7) (1 个货油舱内)，包括甲板强横梁和横撑材(如设置)；1 根强肋骨(7) (在剩余的每个货油舱内)，包括甲板强横梁和横撑材(如设置)	
1 个横舱壁(4) (在一个压载舱(见注 1)内)	1 个横舱壁(4) (在每个压载舱(见注 1)内)	所有横舱壁(在所有货油舱(3)和压载舱(4)内)	
1 个横舱壁(5) (在 1 个中央货油舱内) 1 个横舱壁(5) (在 1 个货油边舱 (见注 2)内)	1 个横舱壁(5) (在 2 个中央货油舱内) 1 个横舱壁(5) (在 1 个货油边舱 (见注 2) 内)		

图 5.6.4.3(2) ②中的(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)和(7)为近观检验和厚度测量的区域：

(1) 压载舱内的强肋骨系指边舱内的垂直桁材，底边舱内的桁材、双层底舱内的肋板和双甲板舱内(如设置)的甲板强横梁，包括邻接构件。首尖舱和尾尖舱内的强肋骨系指 1 个完整的横向环形强框架，包括邻接构件；

(2) 甲板强横梁包括邻接甲板构件(或在液舱甲板上的外部结构，如合适)；

(3) 货油舱内的完整横舱壁，包括桁材系统、邻接构件(例如纵舱壁)和上下凳(如设置)的内部构件；

(4) 压载舱内的完整横舱壁，包括桁材系统、邻接构件(例如纵舱壁、双层底舱内的桁材、内底板、底边舱舷侧、连接肘板)；

(5) 货油舱内横舱壁的下部，包括桁材系统、邻接构件(例如纵舱壁)和底凳(如设置)的内部构件；

(6) 船体折角区域及其上部(约 5m)，包括邻接构件。船体折角区域系指底边舱斜板与内壳舱壁及与内底板连接处 2 m 范围的强肋骨区域；

(7) 货油舱内的强肋骨系指甲板强横梁、纵舱壁~~的垂直桁材~~结构构件和横撑材(如设置)包括邻接构件。

注 1.压载舱系指双层底舱加上双舷侧边舱加上双甲板舱(取适用者)，即使它们是分开的，也是如此。

2.不设置纵中油舱(例如设中纵舱壁)，边货油舱内的横舱壁应予检验。

第 7 节 散货船的船体与设备检验补充要求

5.7.3 中间检验

5.7.3.1 一般要求

双壳散货船在中间检验时全面检验、近观检验和厚度测量的最低要求

表 5.7.3.1(3)

5 年＜船龄≤10 年	10 年＜船龄≤15 年	船龄＞15 年
选择代表性压载舱(考虑到压载舱的总数和类型，选择应包括首尾尖舱和一些其他液舱)作全面检验	上次特别检验的要求（见 5.7.3.3）	上次特别检验的要求（见 5.7.3.4）

5 年＜船龄≤10 年	10 年＜船龄≤15 年	船龄＞15 年
以前检验确认的可疑区域作全面检验和近观检验		
所有货舱作全面检验		
以前检验发现的可疑区域应经受近观检验，同时该区域应经受足够范围的测厚，以确定该区域的总体腐蚀和局部腐蚀的程度。		

5.7.3.3 船龄为 10 年及以上至 15 年的散货船

（3）在应用（1）的要求时，可以考虑用水下检验来代替 ~~5.7.4.2~~5.7.4.1（5）的要求。

5. 7. 4 特别检验

5.7.4.3 舱口盖和舱口围板：

(4) 散货船和双壳散货船的舱口盖和舱口围板及扶强材的近观检验及测厚[①]分别按表 5.7.4.4(1)②、5.7.4.4(2)②以及表 5.7.4.5(1)①和②要求进行。

散货船在船体特别检验时近观检验的最低要求 表 5.7.4.4(1)②

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年<船龄≤10 年)	第 3 次特别检验 (10 年＜船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄＞15 年)
(A) 1 个前货舱内肋骨的 25%,在有代表性的位置处； (A) 剩余货舱内选择的肋骨。 (B) 每种形式的压载水舱(即顶边舱或底边舱)选 2 个代表舱，在每个代表性压载舱内检查 1 个横向强框架及附连的板和纵骨。 (C) 2 个选择的货舱横舱壁，包括上下凳的内部结构(当设有时)。 (D) 所有货舱舱口盖和围板(板和扶强材)	(A) 1 个前货舱内所有肋骨和每一个剩余的货舱内肋骨的 25%，包括其端部附件及邻接的外板。对于 100,000DWT 及以上的散货船，1 个前货舱内所有肋骨和每一个剩余的货舱内肋骨的 50%，包括其端部附件及邻接的外板[②]。 (B) 在每个压载舱内检查 1 个横向强框架及附连的板和纵骨； (B) 1 个压载舱内的前、后横舱壁，包括扶强材系统。 (C) 所有货舱的横舱壁，包括顶凳和底凳的内部结构(当设有时)。 (D) 所有货舱舱口盖和围板(板和扶强材)。 (E) 所有货舱口之间开口线内的所有甲板及其下方结构	(A) 1 个前货舱及选择的其他 1 个货舱的所有肋骨和其余的每个货舱肋骨的 50%，包括其端部附件和附连的外板。 (B) 在每个压载水舱内的所有横框架及附连的板和纵骨； (B) 压载水舱内所有横舱壁，包括扶强材系统。 以下同第 2 次特别检验中的(C)至(E)	(A) 所有货舱内的所有肋骨，包括其端部附件和邻接的外板。 以下同第 3 次特别检验中的(B)至(E)
注：(A)、(B)、(C)、(D)和(E)是近观检验和测厚的 区域(见图 5.7.4.4(2)) (A) 货舱横向肋骨； (B) 压载水舱内横向强框架或水密舱壁； (C) 货舱横舱壁板、扶强材和桁材； (D) 货舱舱口盖和围板，对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则近观检验/测厚仅对舱盖易接近的结构； (E) 货舱口之间开口线内甲板板和甲板下结构。 横舱壁的近观检验应对下列位置进行检查： a. 对无底凳船直接在内底板以上和在封槽板(如设有)以上以及在卸货板以上； b. 对有底凳船直接在底凳顶板以上及以下和卸货板以上； c. 大约在舱壁高度的一半处； d. 直接在上甲板以下和顶边舱附近及有顶凳船顶凳底板以下或顶边舱以下。			

① 对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则近观检验/测厚仅对舱盖易接近的结构。

② 本要求适用于 2007 年 7 月 1 日及以后对 100,000DWT 及以上散货船的检验。

双壳散货船在船体特别检验时近观检验的最低要求，不包括矿砂船

表 5.7.4.4(2)②

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年＜船龄≤10 年)	第 3 次特别检验 (10 年＜船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄＞15 年)
每种类型(应包括任何一边的最前面的顶边舱和双舷侧边水压载舱)2 个代表性水压载舱内各 1 个横向强框架及附连的板和纵骨(A)	如适用在每个水压载舱内 1 个横向强框架及附连的板和纵骨(A) 在船舶一舷(即左舷或右舷)的包括顶边舱、底边舱和双舷侧边压载舱在内的 1 个横剖面的前后横舱壁，包括其扶强材系统。(A)	如适用在每个水压载舱内所有横向强框架及附连的板和纵骨(A) 在每一水压载舱内的所有横舱壁，包括其扶强材系统(A)	如适用在每个水压载舱内所有横向强框架及附连的板和纵骨(A) 在每一水压载舱内的所有横舱壁，包括其扶强材系统(A)
	最前面的两舷边舱内，前、中、后部内、外壳板上的横骨架式普通横向~~框架~~肋骨的 25%或纵骨架式纵骨的 25% (B)	所有两舷边舱内，前、中、后部内、外壳板上的横骨架式普通横向~~框架~~肋骨的 25%或纵骨架式纵骨的 25% (B)	所有两舷边舱内，~~的~~前、中、后部内、外壳板上的横骨架式所有普通横向~~框架~~肋骨或纵骨架式所有纵骨(B)
选择 2 个货舱横舱壁，包括顶凳、底凳的内部结构(当设有)(C)	每个货舱内 1 道横舱壁，包括顶凳、底凳的内部结构(当设有)(C)	所有货舱横舱壁，包括顶凳、底凳的内部结构(当设有)(C)	以下与第 3 次特别检验中的(E)~(C)相同
所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)(D)	所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)(D)	所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)(D)	
	所有货舱口之间，货舱开口边线内的所有甲板板和甲板下结构(E)	所有货舱口之间，货舱开口边线内的所有甲板板和甲板下结构(E)	

注：(A)、(B)、(C)、(D)和(E)是近观检验和测厚的区域(见图 5.7.4.4(2))

(A)顶边舱、底边舱和两舷边压载舱内的横向强框架或水密横舱壁。首尾尖舱内的横向强框架，意味着 1 个完整的横向环状强框架，包括邻接的结构件

(B)两舷边舱内的普通横向框架肋骨

(C)货舱横舱壁板、扶强材和纵桁

(D)货舱舱口盖和舱口围板，对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则近观检验/测厚仅对舱盖易接近的结构；

(E)货舱口之间货舱开口边线内甲板板和甲板下结构

横舱壁近观检验应在以下 4 个水平面进行：

水平面(a)：对无底凳船直接在内底板以上、封槽板(如设有)以上和卸货板以上；

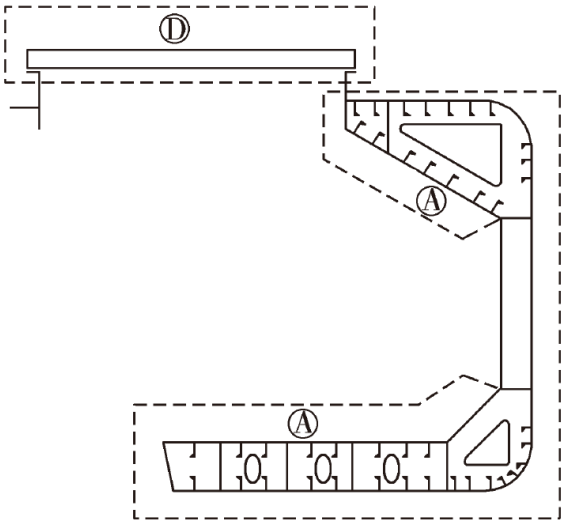
水平面(b)：对有底凳船直接在底凳顶板以上及以下和卸货板以上；

水平面(c)：大约在舱壁高度的一半处；

水平面(d)：直接在上甲板以下和顶边舱附近及有顶凳船的顶凳底板以下或直接在顶边舱以下。

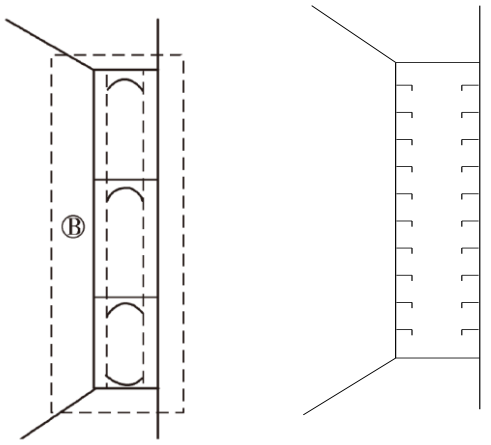
图 5.7.4.4(2)替换如下：

典型横剖面
区域 A 和 D



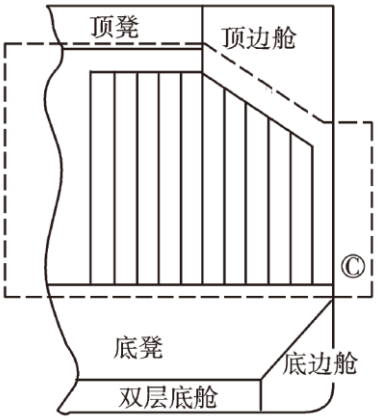
如合适，根据本章附录 13.4A 中 TM3-BC、TM4-BC、TM6-BC 和 TM7-BC 报告厚度

双壳液舱内的普通横向框架
区域 B



双壳液舱内的普通纵向结构
根据本章附录 13.4A 中 TM4-BC 报告厚度

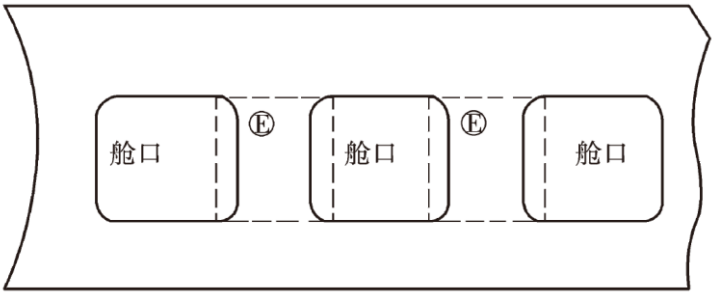
1 个货舱，横舱壁
区域 C



根据本章附录 13.4A 中 TM5-BC 报告厚度

货舱开口线内舱口间甲板板的典型区域

区域 E



根据本章附录 13.4A 中 TM6-BC 报告厚度

图 5. 7. 4. 4(2)　近观检验和测厚区域

矿砂船在船体特别检验时近观检验的最低要求 表 5.7.4.4(2)③

第1次特别检验 (船龄≤5年)	第2次特别检验 (5年＜船龄≤10年)	第3次特别检验 (10年＜船龄≤15年)	第4次及以后特别检验 (船龄＞15年)
1个边压载舱内的1个完整的强肋骨环，包括附连的构件(A) 1个压载舱内的1道横舱壁下部，包括纵桁材系统和附连的构件(A)	1个边压载舱内所有完整的强肋骨环，包括附连的构件(A) 每一剩余压载舱内的1个甲板横梁，包括附连的甲板构件(A) 1个边压载舱内完整的前和后横舱壁，包括纵桁材系统和附连的构件(A) 每一剩余压载舱内的1道横舱壁下部，包括纵桁材系统和附连的构件(A)	每个压载舱内所有完整的强肋骨环，包括附连的构件(A) 每个压载舱内所有完整的横舱壁，包括纵桁材系统和附连的构件(A) 每个边空舱内1道完整的强肋骨环，包括附连的构件(A) 如CCS认为必要，空舱的附加强肋骨环(A)	按10到15年的特别检验
选择2道货舱横舱壁，包括顶凳和底凳(如设置)的内部构件(C)	每个货舱的1道横舱壁，包括顶凳和底凳(如设置)的内部构件(C)	所有货舱的横舱壁，包括顶凳和底凳(如设置)的内部构件(C)	按船龄10至15年，(C)~(E)的区域
所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)(D)	所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)(D)	所有货舱舱口盖和舱口围板(板和扶强材)(D)	
	所有货舱口之间货舱开口边线以内的甲板板和甲板下构件(E)	所有货舱口之间货舱开口边线以内的甲板板和甲板下构件(E)	

注：(A)、(C)、(D)和(E)是近观检验和测厚的区域(见图5.7.4.4(2))：
(A)：边压载舱和空舱内的横向强肋骨或水密横舱壁。首尾尖舱内的横向强肋骨，意味着1个完整的横向强肋骨环，包括附连的构件；
(C)：货舱横舱壁板、扶强材和纵桁；
(D)：货舱舱口盖和舱口围板，对设计经过批准的货舱舱盖，如无法进入舱盖内部，则近观检验/测厚仅对舱盖易接近的结构；
(E)：货舱口之间货舱开口边线以内的甲板板和甲板下构件；
横舱壁近观检验应在以下4个水平面进行：
水平面(a)：对无底凳船直接在内底板以上、封槽板(如设有)以上和卸货板以上；
水平面(b)：对有底凳船直接在底凳顶板以上及以下和卸货板以上；
水平面(c)：大约在舱壁高度的一半处；
水平面(d)：直接在上甲板以下和顶边舱附近及有顶凳船的顶凳底板以下或直接在顶边舱以下

双壳散货船在船体特别检验时厚度测量的最低要求 表 5.7.4.5(1)②

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年＜船龄≤10 年)	第 3 次特别检验 (10 年＜船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄＞15 年)
可疑区域	可疑区域	可疑区域	可疑区域
	货物长度区域内： •货舱开口边线外甲板板的 2 个横剖面	货物长度区域内： •货舱开口边线外每块甲板板 •货舱开口边线外 2 个横剖面，其中一个剖面位于船中范围内 •所有舷侧干湿交变列板	货物长度区域内： •货舱开口边线外每块甲板板 •货舱开口边线外 3 个横剖面，其中一个剖面位于船中范围内 •每块船底板
	上述 2 个横剖面处的舷侧干湿交变列板 选择货物长度区域外的干湿交变列板	货物区域外选择的舷侧干湿交变列板	全长范围内所有舷侧干湿交变列板
	按本节表 5.7.4.4(2)②或	按本节表 5.7.4.4(2)②或	按本节表 5.7.4.4(2)②或

第 1 次特别检验 (船龄≤5 年)	第 2 次特别检验 (5 年＜船龄≤10 年)	第 3 次特别检验 (10 年＜船龄≤15 年)	第 4 次及以后特别检验 (船龄＞15 年)
	5.7.4.4(2)③（视何者适用）经受近观检验的构件的测量点,供总体评定并作记录腐蚀形式用	5.7.4.4(2)③（视何者适用）经受近观检验的构件的测量点,供总体评定并作记录腐蚀形式用	5.7.4.4(2)③（视何者适用）经受近观检验的构件的测量点,供总体评定并作记录腐蚀形式用

第 8 节 化学品船的船体与设备检验补充要求

双壳化学品船特别检验时近观检验的最低要求 表 5.8.4.3(2)②

第 1 次特别检验 船龄≤5 年	第 2 次特别检验 5 年<船龄≤10 年	第 3 次特别检验 10 年<船龄≤15 年	第 4 次及以后特别检验 船龄>15 年
(1) 1 个环形强框架(在用于压载的双壳液舱内)(见注 I) (2) 1 甲板强横梁(在 1 个液货舱内或甲板上) (4) 1 横舱壁(在 1 个压载舱内)(见注 I) (5) 1 横舱壁(在 1 个液货边舱内) (5) 1 横舱壁(在 1 个中央液货舱内)(见注 II)	(1) 所有环形强框架(在 1 个压载边舱内或者用于压载的双壳液舱内)(见注 I) (6) 1 个强框架的折角区域和其上部(约 3m)(在每 1 个余下的压载舱内) (2) 1 甲板强横梁(在 2 个液货舱内) (4) 1 横向舱壁(在每个压载舱内)(见注 I) (5) 1 横舱壁(在 2 个中央液货舱内)(见注 II) (5) 1 横舱壁(在 1 个液货边舱内)	(1) 所有环形强框架(在所有压载舱内) (7) 所有环形强框架(在 1 个液货边舱内) (7) 1 个环形强框架(在每个剩余液货舱内) (3) 所有横舱壁(在所有液货舱内) (4) 所有横舱壁(在所有压载舱内)	同第 3 次特别检验 CCS 认为必要的其他横向区域

(1)、(2)、(3)、(4)、(5)、(6)和(7)为近观检验和厚度测量的区域(参见图 5.8.4.3(2)②a~c)。

(1)：压载舱内的强肋骨系指边舱内的垂直桁材，底边舱内的桁材、双层底舱内的肋板和双甲板舱内(如设置)的甲板强横梁，包括邻接构件。首尖舱和尾尖舱内的强肋骨系指一个完整的横向环形强框架，包括邻接构件。

(2)：甲板强横梁包括邻接甲板构件(或在液舱甲板上的外部结构，如合适)。

(3)：液货~~油~~舱内的完整横舱壁，包括桁材系统、邻接构件(例如纵舱壁)和上下凳(如设置)的内部构件。

(4)：压载舱内的完整横舱壁，包括桁材系统、邻接构件(例如纵舱壁、双层底舱内的桁材、内底板、底边舱舷侧、连接肘板)。

(5)：液货~~油~~舱内横舱壁的下部，包括桁材系统、邻接构件(例如纵舱壁)和底凳(如设置)的内部构件。

(6)：船体折角区域及其上部(约 3m)，包括邻接构件。船体折角区域系指底边舱斜板与内壳舱壁及与内底板连接处 2m 范围内的强肋骨区域。

(7)：液货~~油~~舱内的强肋骨系指甲板强横梁、纵舱壁~~的垂直桁材~~结构构件和横撑材(如设置)，包括邻接构件。

注 I：双壳压载液舱系指双层底舱(或双甲板舱)加上两侧边舱(取适用者)，即使它们是分开的，也是如此。

注 II： 如未设置中央液货舱(即设置了中纵舱壁)，应检验边舱内的横舱壁。

化学品船特别检验时的测厚最低要求 表 5.8.4.4(1)a

第 1 次特别检验 船龄≤5 年	第 2 次特别检验 5 年<船龄≤10 年	第 3 次特别检验 10 年＜船龄≤15 年	第 4 次及以后特别检验 船龄＞15 年
1. 可疑区域	1. 可疑区域	1. 可疑区域	1. 可疑区域
2. 在货物区域内全船宽的 1 个甲板剖面(在 1	2. 在货物区域： a) 每块甲板板；	2. 在货物区域： a) 每块甲板板；	2. 在货物区域： a) 每块甲板板；

第 1 次特别检验 船龄≤5 年	第 2 次特别检验 5 年<船龄≤10 年	第 3 次特别检验 10 年＜船龄≤15 年	第 4 次及以后特别检验 船龄＞15 年
个压载舱处，如设置；或 1 个主要用于水压载的货舱内)	b) 1 个横剖面	b) 2 个横剖面(1)。 c)所有舷侧干湿交变列板	b) 3 个横剖面(1)； c) 每块船底板
	3. 货物区域以外选择的舷侧干湿交变列板	3. 货物区域以外选择的舷侧干湿交变列板	3. 全长范围内所有舷侧干湿交变列板
4. 按本节表 5.8.4.3(2)①或②（视何者适用）经受近观检验的结构构件的测量点，供总体评定并作腐蚀形式记录	4. 按本节表 5.8.4.3(2)①或②（视何者适用）经受近观检验的结构构件的测量点，供总体评定并作腐蚀形式记录	4. 按本节表 5.8.4.3(2)①或②（视何者适用）经受近观检验的结构构件的测量点，供总体评定并作腐蚀形式记录	4. 按本节表 5.8.4.3(2) ①或②（视何者适用）经受近观检验的结构构件的测量点，供总体评定并作腐蚀形式记录

注：(1) 在船中 0.5*L* 区域内至少应有 1 个剖面，该剖面应包含在 1 个压载舱内。

5.8.4.5 液舱试验范围

(1) 压载舱密性试验的最低要求见本款(3)及表 5.8.4.5(1)的规定；液货舱密性试验的最低要求见本款(4)及表 5.8.4.5(1)的规定。如满足下述要求，则验船师可接受船员在船长指导下进行的液货舱密性试验：

①进行液货舱密性试验之前，船东已向 CCS 提交规定了充装高度、充装液舱和试验舱壁的液货舱试验程序并经审核同意；

第 9 节 机 械 检 验

5.9.2.5 具有惰性气体系统(IGS)附加标志的附加检验要求

(1) 具有惰性气体系统(IGS)，应对下列项目进行检验和/或试验，确认其处于良好工作状态：

⑧尽可能对惰性气体系统的下列安全装置和报警器采用模拟条件进行检查/试验：

i. 气体~~压力~~调节阀的自动控制系统及惰性气体总管内~~的气体~~压力和含氧量~~高~~的连续显示~~器~~和长期记录仪的供电失效；

第 12 节替换如下：

第 12 节 螺旋桨轴与尾管轴检验

5.12.1 一般规定

5.12.1.1 适用范围

（1）除提供确保螺旋桨轴装配状况的替代措施外，本节要求适用于如下所有安装螺旋桨常规轴系的船舶：

① 2016 年 1 月 1 日或之后交付的船舶自 2016 年 1 月 1 日起实施；

② 2016 年 1 月 1 日之前交付的船舶，在 2016 年 1 月 1 日或之后第 1 次计划的螺旋桨轴与尾管轴检验后[①]。

5.12.1.2 本节适用术语定义如下，见图 5.12.1.2：

（1）轴：就本节要求而言，“轴”是通用定义，包括：

① 螺旋桨轴；

[①]在 2016 年 1 月 1 日或之后第 1 次计划的螺旋桨轴和尾管轴检验完成时，应基于本节要求确定下一次螺旋桨轴和尾管轴检验日期。

② 尾管轴。

但不包括构成船内推进轴系一部分的中间轴。

（2）螺旋桨轴：系指推进轴中安装螺旋桨的部分，也可称为尾轴。

（3）尾管轴：系指位于中间轴和螺旋桨轴之间的轴，通常布置在尾管内或在水中运转。

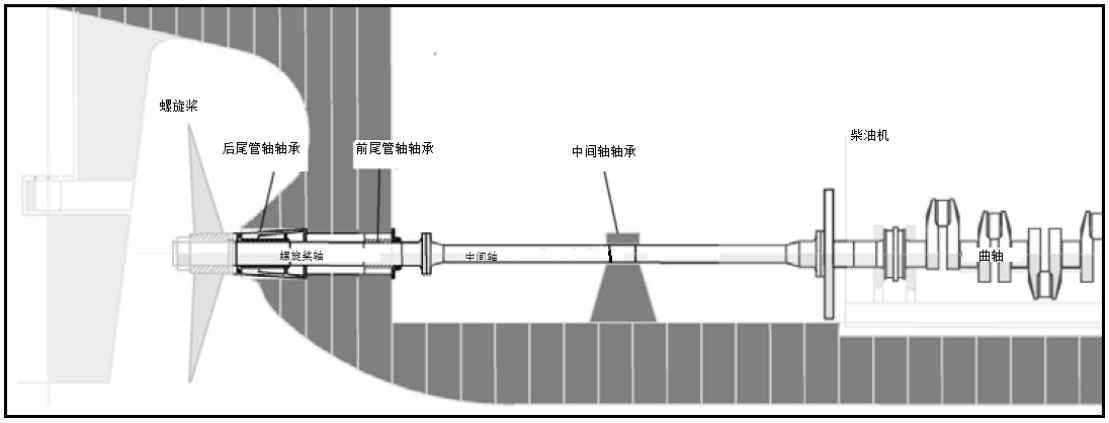


图 5.12.1.2 典型的轴系布置

（4）尾管：系指在船尾（或船舶后部）的船壳中安装的管子，其在水线之下，尾管轴或螺旋桨轴的最后部分穿过该管。尾管是尾轴轴承的防护外壳，尾轴轴承通常有 2 个（1 个在前，1 个在后），其支撑轴并使轴以较小的摩擦阻力旋转。尾管也装纳轴封装置。

（5）闭式循环（系统）油润滑轴承：闭式循环油润滑系统使用油润滑轴承，并采用适当的密封件/填料函装置密封环境（海水）。

（6）水润滑轴承：系指采用水（淡水或海水）冷却/润滑的轴承。

（7）闭式循环系统淡水润滑轴承：闭式循环水润滑系统使用淡水润滑轴承，并采用适当的密封件/填料函装置密封环境（海水）。

（8）开式系统（水）：开式水润滑系统使用水润滑轴承，并暴露于环境中。

（9）适当防腐装置：系指全面保护芯轴防止海水浸入及后续腐蚀损坏的认可装置。这类装置特别结合水润滑轴承使用，以防止普通钢质材料腐蚀。典型的防腐装置举例如下：

① 连续金属耐腐蚀衬套；

② 连续覆盖层；

③ 多层合成涂层；

④ 多层玻璃纤维；

⑤ 上述的组合；

⑥ 橡胶/弹性体覆涂层。

防腐装置应按 CCS 认可的程序安装/使用。

（10）耐蚀轴：系指由认可的耐蚀钢作为芯材制造的轴。

（11）尾管密封系统：系指安装在尾管的船内端和，闭式系统的船外端上设备。内轴封是设在尾管前部的装置，以防止润滑介质可能泄漏至船舶内部。外轴封是设在尾管后部的装置，以防止海水可能进入和润滑介质泄漏。

（12）运行记录：系指定期记录显示轴工作状态的数据，并可包括，如适用：润滑油温度、轴承温度和油耗记录（对于油润滑轴承）或水流、水温、盐度、酸碱度（pH）、补给水和水压（对于闭式循环淡水润滑轴承，取决于设计）。

（13）油样检查：系指在验船师见证下提取的尾管润滑油所作的关注水污染的目视检查。

（14）润滑油分析：系指在不超过 6 个月的时间间隔定期进行的润滑油分析，参见 IACS Rec.36。润滑油分析文档应能在船上获得。提交分析的油样应在工作状态下提取。

（15）淡水取样试验[①]：系指在不超过 6 个月的时间间隔定期进行的淡水取样试验。水样应在工作状

[①] 淡水取样程序，参见 IACS Rec.143《测定闭式淡水润滑系统尾轴管内金属及其他污染物含量的推荐程序》。

态下提取，并代表尾管内循环水。分析结果应保留在船上，可供验船师查验。在检验时，试验水样应在验船师在场下提取。淡水样品试验应包括下列参数：

① 氯含量；

② pH 值；

③ 轴承颗粒或其他颗粒的存在（仅对于实验室分析，验船师在场的情况下进行的试验无此要求）。

（16）无键连接：系指一种在轴和螺旋桨之间采用无键，通过螺旋桨毂在轴锥形端上的过盈配合，达到强迫耦合方法；

（17）有键连接：系指一种轴和螺旋桨之间采用键和键槽，通过螺旋桨毂在轴锥形端上的过盈配合，达到强强迫耦合方法；

（18）法兰连接：系指一种耦合方法，在轴和螺旋桨之间，通过用螺栓固定在轴后端桨毂上的法兰实现；

（19）替代方式：系指诸如批准的状态监控系统和/或其他经批准的可靠方法的轴系布置，但不限于此，用以评估和监测尾轴、轴承、密封装置和尾管轴润滑系统以确保螺旋桨轴装配状态与采用本节适用的检验方法达到等效的安全等级。

5.12.2 油润滑轴或闭式循环系统淡水润滑轴（闭式系统）

5.12.2.1 轴检验方法

（1）方法 1 应包括：

① 抽出轴并检查整个轴、密封系统和轴承。

② 对于有键和无键连接：

a. 拆除螺旋桨以暴露轴锥体前端；

b. 采用认可的表面裂纹探测方法，对轴锥体前部所有表面包括键槽（如设有）进行无损检测（NDE）。对于装有衬套的轴，NDE 应延伸至衬套后缘。

③ 对于法兰连接：

a. 当全面检查、修理或验船师认为需要拆除法兰连接轴任何种类的连接螺栓或使法兰过渡圆区域可接触到时，连接螺栓和法兰过渡圆区域应通过认可的表面裂纹探测法进行检查。

④ 核查和记录轴承间隙。

⑤ 确认螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

⑥ 确认轴和螺旋桨重新安装期间内和外轴封状况满意。

⑦ 记录轴承磨损测量值（在重新安装以后）。

（2）方法 2 应包括：

① 对于有键和无键连接：

a. 拆除螺旋桨以暴露轴锥体前端，

b. 采用认可的表面裂纹探测方法，对轴椎体前部所有表面包括键槽（如设有）进行无损检测（NDE）。

② 对于法兰连接：

a. 当全面检查、修理或验船师认为需要拆除法兰连接轴任何种类的连接螺栓或使法兰过渡圆区域可接触到时，连接螺栓和法兰过渡圆区域应采用认可的表面裂纹探测法进行检查。

③ 核查和记录轴承磨损测量值。

④ 目视检查轴系所有易接近部分。

⑤ 验证螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

⑥ 轴封套被发现或处于合格状态。

⑦ 确认螺旋桨的重新安装合格，包括验证内外轴封的状态合格。

为应用方法 2，满意验证的先决条件是：

① 检查使用记录。

② 检查下列的试验记录：

a. 润滑油分析（对于油润滑轴），或

b. 淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

③ 油样检查（对于油润滑轴），或淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

④ 确认没有采用打磨或焊接维修轴和/或螺旋桨的报告。

（3）方法 3 应包括：

① 核查和记录轴承磨损测量值。

② 目视检查所有轴系可达部分。

③ 验证螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

④ 轴封套被发现或处于合格状态。

⑤ 验证内外轴封的状态合格。

为应用方法 3，满意验证的先决条件是：

① 检查使用记录。

② 检查下列的试验记录：

a. 润滑油分析（对于油润滑轴），或

b. 淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

③ 油样检查（对于油润滑轴），或淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

④ 确认没有通过打磨或焊接维修轴和/或螺旋桨的报告。

5.12.2.2 轴展期检验—展期类型

（1）展期至 2.5 年的检验应包括：

① 尽实际可行核查和记录轴承磨损测量值。

② 目视检查所有轴系可达部分。

③ 验证螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

④ 验证内外轴封的有效性。

为应用展期至 2.5 年，满意验证的先决条件是：

① 检查使用记录。

② 检查下列的试验记录：

a. 润滑油分析（对于油润滑轴），或

b. 淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

③ 油样检查（对于油润滑轴），或淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

④ 验证没有通过打磨或焊接维修轴和/或螺旋桨的报告。

⑤ 向轮机长确认轴系布置处于良好的工作状态。

（2）展期至 1 年的检验应包括：

① 目视检查轴系所有易接近部分。

② 验证螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

③ 验证内外轴封的有效性。

为应用展期至 1 年，满意验证的先决条件是：

① 检查过去的磨损和/或间隙记录。

② 检查使用记录。

③ 检查下列的试验记录：

a. 润滑油分析（对于油润滑轴），或

b. 淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

④ 油样检查（对于油润滑轴），或淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

⑤ 验证没有通过打磨或焊接维修轴和/或螺旋桨的报告。

⑥ 向轮机长确认轴系布置处于良好的工作状态。

（3）展期至 3 个月的检验应包括：

① 目视检查轴系所有易接近部分。

② 验证内外轴封的有效性。

为应用展期至 3 个月，满意验证的先决条件是：

① 检查过去的磨损和/或间隙记录。

② 检查使用记录。

③ 检查下列的试验记录：

a. 润滑油分析（对于油润滑轴），或

b. 淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

④ 油样检查（对于油润滑轴），或淡水样品试验（对于闭式系统淡水润滑轴）。

⑤ 验证没有通过打磨或焊接维修轴和/或螺旋桨的报告。

⑥ 向轮机长确认轴系布置处于良好的工作状态。

5.12.2.3 油润滑轴

（1）检验间隔

对于轴检验到期日前 3 个月内完成的检验，下个周期将从轴检验到期日开始。

① 螺旋桨采用法兰连接

下列方法适用：

a.方法 1：每五年，或

b.方法 2：每五年（必需满足先决条件），或

c.方法 3：每五年（必需满足先决条件）。

② 螺旋桨采用无键连接

下列方法适用：

a. 方法 1：每五年，或

b. 方法 2：每五年（必需满足先决条件），或

c. 方法 3：每五年（必需满足先决条件）。根据方法 1 或方法 2 所进行的检验的最长间隔应不超过 15 年，允许一次不超过 3 个月的展期时除外。

③ 螺旋桨采用有键连接

下列方法适用：

a. 方法 1：每五年，或

b. 方法 2：每五年（必需满足先决条件）。

（2）检验展期

对于螺旋桨连接的所有类型，两次连续检验之间的间隔可在完成展期检验后予以延长：

① 展期至 2.5 年：最多允许一次展期。不允许其他类型的进一步展期。

② 展期至 1 年：最多允许两次连续的“一年展期”。如请求额外展期，应实行“2.5 年展期”的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 2.5 年。

③ 展期至 3 个月：最多允许一次“3 个月展期”。如请求额外展期，应实行“1 年展期”或“2.5 年展期”的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 1 年或 2.5 年。

展期检验应通常在轴检验到期日 1 个月内进行，并且展期从轴检验到期日开始计算。

如果展期检验在轴检验到期日前超过 1 个月进行，展期从展期检验完成日开始计算。

5.12.2.4 闭式循环系统淡水润滑轴

根据方法 1 所进行的两次检验之间的最长间隔应不超过 15 年。可允许一次不超过 3 个月的展期。

（1）检验间隔

对于轴检验到期日前 3 个月内完成的检验，下个周期将从轴检验到期日开始。

① 螺旋桨采用法兰连接

下列方法适用：

a. 方法 1：每五年，或

b. 方法 2：每五年（必需满足先决条件），或

c. 方法 3：每五年（必需满足先决条件）。

② 螺旋桨采用无键连接

下列方法适用：

a. 方法 1：每五年，或

b. 方法 2：每五年（必需满足先决条件），或

c. 方法 3：每五年（必需满足先决条件）。

③ 螺旋桨采用有键连接

下列方法适用：

a. 方法 1：每五年，或

b. 方法 2：每五年（必需满足先决条件）。

（2）检验展期

对于螺旋桨连接的所有类型，两次连续检验之间的间隔可在完成展期检验后予以延长：

① 展期至 2.5 年：最多允许一次展期。不允许其他类型的进一步展期。

② 展期至 1 年：最多允许两次连续的“一年展期”。如请求额外展期，应实行“2.5 年展期”的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 2.5 年。

③ 展期至 3 个月：最多允许一次“3 个月展期”。如请求额外展期，应实行“1 年展期”或“2.5 年展期”的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 1 年或 2.5 年。

展期检验应通常在轴检验到期日 1 个月内进行，并且展期从轴检验到期日开始计算。

如果展期检验在轴检验到期日前超过 1 个月进行，展期从展期检验完成日开始计算。

根据方法 1 所进行的两次检验之间的最长间隔应不超过 15 年。可允许一次不超过 3 个月的展期。

5.12.2.5 检验间隔表（闭式系统）

检验间隔（闭式系统）			
油润滑			
	螺旋桨采用法兰连接	螺旋桨采用无键连接	螺旋桨采用有键连接 [b]
每 5 年 [a]	方法 1 或方法 2 或方法 3	方法 1 或方法 2 或方法 3[c]	方法 1 或方法 2
展期 2.5 年	是 [d]	是 [d]	是 [d]
展期 1 年	是 [e]	是 [e]	是 [e]
展期 3 个月	是 [f]	是 [f]	是 [f]
闭式循环系统淡水润滑			
	螺旋桨采用法兰连接	螺旋桨采用无键连接	螺旋桨采用有键连接 [b]
每 5 年 [a]	方法 1[g] 或方法 2 或方法 3	方法 1[g] 或方法 2 或方法 3	方法 1[g] 或方法 2
展期 2.5 年	是 [d]	是 [d]	是 [d]
展期 1 年	是 [e]	是 [e]	是 [e]
展期 3 个月	是 [f]	是 [f]	是 [f]

通用注释：

对于轴检验到期日 3 个月前完成的检验（方法 1、或方法 2、或方法 3），下个周期将从轴检验到期日开始。

展期检验通常应在轴检验到期日 1 个月内进行，并且展期从轴检验到期日开始计算。如果展期检验在轴检验到期日前超过 1 个月进行，展期从展期检验完成日开始计算。

注释：

a: 除非在此期间申请展期类型（展期 2.5 年、展期 1 年、展期 3 个月）。

b: 不允许方法 3。

c: 根据方法 1 或方法 2 所进行的检验的最长间隔应不超过 15 年，允许一次不超过 3 个月的展期时除外。

d: 最多允许一次展期。不允许其他类型的进一步展期。

e: 最多允许两次连续展期。如请求额外展期，应实行“2.5 年展期”的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 2.5 年。

f: 最多允许一次 3 个月展期。如请求额外展期，应实行“1 年展期”或“2.5 年展期”的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 1 年或 2.5 年。

g: 根据方法 1 所进行的两次检验之间的最长间隔应不超过 15 年。

5.12.3 水润滑轴（开式系统）

5.12.3.1 轴检验方法

（1）方法 4

检验应包括：

① 抽出轴并检查整个轴（包括衬套、防腐蚀系统和减压功能，如设有）、内轴封系统和轴承

② 对于有键和无键连接：

a. 拆除螺旋桨以暴露锥体前端，

b. 通过经认可的表面裂纹检测方法对锥形截面前部的轴周围进行无损检测（NDE）,包括键槽（如设有）。对于装有衬套的轴，NDE 应延伸至衬套的后端。

③ 对于法兰连接：

a. 当全面检查、修理或验船师认为需要拆除法兰连接轴任何种类的连接螺栓或使法兰过渡圆区域可接触到时，连接螺栓和法兰过渡圆区域应通过认可的表面裂纹探测法进行检查。

④ 核查和记录轴承间隙。

⑤ 验证螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

⑥ 验证重新安装轴和螺旋桨期间内轴封的状态合格。

5.12.3.2 轴展期检验—检验类型

（1）展期至 1 年

检验应包括：

① 目视检查轴系所有易接近部分。

② 验证螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

③ 核查和记录轴承间隙。

④ 验证内外轴封的有效性。

为应用展期至 1 年，满意验证的先决条件是：

① 检查过去的间隙记录。

② 使用记录。

③ 验证没有通过打磨或焊接维修轴和/或螺旋桨的报告。

④ 向轮机长确认轴系布置处于良好的工作状态。

（2）展期至 3 个月

检验应包括：

① 目视检查轴系所有易接近部分。

② 验证螺旋桨没有可能导致其失衡的损坏。

③ 验证内外轴封的有效性。

为应用展期至 3 个月，满意验证的先决条件是：

① 检查过去的间隙记录。

② 使用记录。

③ 验证没有通过打磨或焊接维修轴和/或螺旋桨的报告。

④ 向轮机长确认轴系布置处于良好的工作状态。

5.12.3.3 轴检验间隔

（1）检验间隔

根据方法 4 所进行检验之间的检验间隔适用于螺旋桨连接的所有类型。对于螺旋桨采用无键连接，两次连续的抽轴和通过无损检测（NDE）的方式验证轴锥之间的最长间隔应不超过 15 年。对于轴检验到期日前 3 个月内完成的检验，下个周期将从轴检验到期日开始。

① 允许 5 年间隔的配置

a. 只在淡水中工作的单轴。

b. 设有适当防腐装置的单轴，耐腐蚀单轴。

c. 所有种类的多轴布置。

② 其他系统

不属于 3.3.1.1 所列配置之一的轴必须根据方法 4 每 3 年检验一次。

（2）检验展期

对于螺旋桨连接的所有类型，两次连续检验之间的间隔可在完成展期检验后予以延长：

① 展期至 1 年：最多允许一次展期。不允许其他类型的进一步展期。

② 展期至 3 个月：最多允许一次“3 个月展期”。如请求额外展期，应实行“一年展期”的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 1 年。

展期检验应通常在轴检验到期日 1 个月内进行，并且展期从轴检验到期日开始计算。

如果展期检验在轴检验到期日前超过 1 个月进行，展期从展期检验完成日开始计算。

5.12.3.4 检验间隔表（开式系统）

<table>
<tr><td colspan="4">检验间隔（开式系统）</td></tr>
<tr><td colspan="2">- 只在淡水中工作的单轴。
- 设有适当防腐装置的单轴，耐腐蚀单轴。
- 所有种类的多轴布置。</td><td colspan="2">其他轴布置</td></tr>
<tr><td colspan="2">所有类型的螺旋桨连接 [d]</td><td colspan="2">所有类型的螺旋桨连接 [d]</td></tr>
<tr><td>每 5 年 [a]</td><td>方法 4</td><td>每 3 年 [a]</td><td>方法 4</td></tr>
<tr><td>展期 1 年</td><td>是 [b]</td><td>展期 1 年</td><td>是 [b]</td></tr>
<tr><td>展期 3 个月</td><td>是 [c]</td><td>展期 3 个月</td><td>是 [c]</td></tr>
<tr><td colspan="4">通用注释：
对于轴检验到期日 3 个月前完成的检验（方法 4），下个周期将从轴检验到期日开始。
展期检验应通常在轴检验到期日 1 个月内进行，并且展期从轴检验到期日开始计算。如果展期检验在轴检验到期日前超过 1 个月进行，展期从展期检验完成日开始计算。

注释：
a: 除非在此期间申请展期类型（展期 1 年、展期 3 个月）。
b: 最多允许一次展期。不允许其他类型的进一步展期。
c: 最多允许一次展期。如请求额外展期，应实行一年展期的要求，并且上次展期之前的轴检验到期日延长最多 1 年。
d: 对于螺旋桨采用无键连接，两次连续抽轴和通过无损检测（NDE）的方式验证轴锥之间的最长间隔应不超过 15 年。</td></tr>
</table>

5.12.4 具有 SCM 附加标志的检验

5.12.4.1 按本章附录 14《螺旋桨轴状态监控系统指南》授予 SCM 附加标志的船舶，如按 5.12.4.3、5.12.4.4 和 5.12.4.5 规定的检验项目进行检验，并认为满意，则 5.12.2 或 5.12.3 规定的抽轴检查项目的时间间隔期可延长，但最长不超过 15 年。

5.12.4.2 尽管船舶具有 SCM 附加标志，其检验间隔期应符合 5.12.2 或 5.12.3 的规定。

5.12.4.3 对于油润滑螺旋桨轴，每次船舶年度检验，应验证螺旋桨轴状况监控(SCM)的状况，包括：

(1) 船上状况监控记录，包括滑油消耗记录、滑油工作温度记录、螺旋桨轴状态监控记录等；

(2) 确认船舶至少每 6 个月进行 1 次，将螺旋桨轴润滑油油样提交认可的滑油分析机构，进行水分含量、氯化物含量、轴承金属粒子含量和润滑油老化情况(抗氧化能力)的分析测试；

(3) 验证船上保存认可的滑油分析机构分析测试记录，并具有滑油状况及其适合性的结论；

(4) 验船师应验证最近 6 个月内的滑油分析报告。

5.12.4.4 对于水润滑螺旋桨轴，每次船舶年度检验，应验证螺旋桨轴状态监控(SCM)的状况，包括：

(1) 螺旋桨轴状态监控的记录，包括报警记录、检查和维护保养记录、润滑水取样/检测记录及闭式润滑水消耗记录等（如适用）；

(2) 确认船舶至少每 6 个月进行 1 次润滑水取样，并将水样提交符合国际标准（例如 ISO17025）或 CCS 接受的等效标准的实验室分析机构，按照制造厂家提供的检测技术及水样分析指标允许范围，进

行水样检测和分析,水质指标包括：

①悬浮物颗粒大小及比重；

②氯化物含量、轴承材料和金属粒子含量分析（适用于闭式水润滑系统）。

(3) 验证船上保存分析机构出具的水质分析报告及分析机构资质证明，确认报告具有水质状况及其适合使用的结论。验船师应验证最近 6 个月内的水质分析报告。

(4) 检查供应水处理系统（包括泵浦及过滤或分离单元）、报警系统以及轴起动联锁装置，确认都处于正常状态。

5.12.4.5 所有轴在 5.12.2 或 5.12.3 规定的检验时，除上述 5.12.4.3 或 5.12.4.4 项目外，尚应确认：

(1) 尾轴下沉量；

(2) 轴封装置密性。

5.12.4.6 有键安装的螺旋桨轴在 5.12.2 或 5.12.3 规定的检验周期时，尚应拆下螺旋桨，检查键，键槽和螺旋桨轴暴露部分，包括采用认可的裂纹探测方法(如磁粉或着色探测)进行无损检测。

5.12.4.7 对具有 SCM 附加标志的船舶，检验可以在不抽轴的情况下进行，并符合上述要求。如验船师对所提供资料不满意或存在怀疑，则螺旋桨轴应抽出足够长度作全面检查。

5.12.5 其他推进装置的检验

5.12.5.1 可调螺距螺旋桨应进行动作试验以检查渗漏，如认为必要时应拆开检查其工作部件和控制机构。

5.12.5.2 全方位推进装置(Z 型推进装置、Duck 推进装置、REX 推进装置和舵桨装置等)应拆开检查推进器、轴、齿轮机构和控制机构。

5.12.5.3 喷水推进装置应拆开检查叶轮、罩壳、轴、轴封、轴承、进水槽、出水槽、操舵喷嘴、换向机构和控制机构。

第 13 节 锅 炉 检 验

5.13.2 检验间隔期

5.13.2.1 主锅炉

(1) 所有炉龄 10 年及以下的主锅炉，应在每 5 年船舶特别检验期内至少进行 2 次内部检查。任何情况下任何两次检验间隔期最大不超过 36 个月。

(2) 炉龄大于 10 年的水管主锅炉：

①当船舶安装了 2 台或以上的水管主锅炉，所有锅炉应在每 5 年船舶的特别检验期内至少进行 2 次内部检查。任何情况下任何两次检验间隔期最大不超过 36 个月；

②当船舶仅安装 1 台水管主锅炉，则应每年进行 1 次内部检查。

(3) 炉龄大于 10 年的火管主锅炉，应每年进行 1 次内部检查。

5.13.2.2 重要用途辅助锅炉、过热器、热油加热器，以及工作压力超过 0.35MPa 和受热面积超过 4.5m^2 的非重要用途锅炉，应在每 5 年船舶的特别检验期内至少进行 2 次内部检查。任何情况下任何两次检验间隔期最大不超过 36 个月。

第 14 节 不在 CCS 检验下建造船舶的初次入级检验

5.14.3 建造后船舶初次入级检验

5.14.3.1 CCS 接受的船级社检验的船舶初次入级检验：

(1) 已取得 CCS 接受的船级社签发证书的船舶的初次入级检验：

①申请船舶初次入级检验时，船东应至少将下列图纸资料、计算书和其他技术文件至少 1 份送 CCS 核查，作为 CCS 签发长期入级证书的先决条件。

i. 替代设计和布置的批准文件（如有时）。

④ 除根据船龄和原船级社的检验状况进行外，检验内容还应对下列项目进行检查：

a. 船体部分：

(c) 船龄10年及以上但小于20年的船舶的检验应包括年度检验及适当数量的代表性压载舱和货物处所的检查；对液化气体船，以如下要求作为货物处所检查的替代：

ⓐ 货舱周边代表性处所的检查，包括尽可能对货舱及其支撑系统外部的检查；

ⓑ 货物日志及操作记录的审查，以验证货物围护系统的功能正常。

第 16 节 液化气体船的船体与设备检验补充要求

5.16.4 特别检验

液化气体船特别检验时近观检验的最低要求 表 5.16.4.4(2)

第 1 次特别检验(船龄≤5 年)	第 2 次特别检验(5 年 < 船龄≤10 年)	第 3 次特别检验(船龄>10 年)
1 个代表性顶边、底边和双舷侧形式的压载舱的 1 道强肋骨(1)	1 个双舷侧或顶边形式的压载舱的所有强肋骨，如果未设置该形式的压载舱，则选择另外的压载舱(1)	所有压载舱的所有强肋骨(1)所
1 道压载舱的横舱壁(3)	每一个剩余压载舱中 1 道强肋骨(1)	有压载舱的所有横舱壁(2)
	每个压载舱的 1 道横舱壁(2)	

(1) 完整的横向强肋骨，包括邻近构件；

(2) 完整横舱壁，包括桁材系统和邻近构件，和邻近的纵舱壁结构；

(3) 横舱壁下部，包括桁材系统和邻近构件，和邻近的纵舱壁结构；

注 1：压载舱包括顶边舱、双层底舱、底边舱，或任何上述舱的组合结构布置、和尖舱(如设有)；

2：对于舱内保护涂层处于“良好”状态的区域，近观检验范围可以予以特别考虑；

3：对具有 C 型独立液货舱，具有与普通干货船类似的中剖面结构的船舶，近观检验范围可以予以特别考虑[①]；

4：验船师考虑被检验的舱的维护、防腐蚀保护系统状况，以及如下情况，认为必要近观检验范围可以予以扩大：

①特别时，根据有关资料,与曾经存在缺陷的舱，或船舶具有类似的结构布置的舱；

②具有批准的减少构件尺寸的结构的舱。

附录 1 船体结构换新衡准

本附录不适用于按本规范第 9 ~~和 10~~ 篇建造的船舶。

1 总纵强度衡准

1.2 船长 130m 及以上的油船的船体梁的总强度衡准，见本章附录 2。

附录 8 替换如下：

附录 8 服务供应商认可程序要求

1 一般要求

1.1 对于提供诸如安全系统和设备的测量、试验或维护服务的公司，CCS 应根据本附录要求及附件 1 中所述的程序进行认可。

2 目的

[①] 近观检验范围可按普通干货船近观检验要求和鞍座及与其相邻舱室的近观检验。

2.1 本程序的目的在于设定对服务供应商认可和发证的，且适用于初次和换证审核的最低要求。

3 定义

3.1 制造商：制造需要进行定期服务和/或维护的设备的公司。

3.2 服务供应商（服务供应商或不同类别服务供应商可简称为“供方”）：非 IACS 成员雇佣的，由设备制造商、船厂、船东或其他与检查工作相关的客户要求的并为船舶或海上移动钻井平台提供诸如安全系统和设备的测量、试验或检修的，其结果影响到验船师对签发船舶入级或法定证书以及服务做出决定的个人或公司。

3.3 代理商：接受制造商或经批准/认可的服务供应商委托执行公务或代表制造商或经批准/认可的服务供应商的个人或公司。

3.4 分支机构：一家由制造商或经批准/认可的服务供应商部分或全部拥有的公司。

3.5 分包商：通过正式合同规定服务供应商承担义务的向制造商或经批准/认可的服务供应商提供服务的个人或公司。

4 适用范围

4.1 本程序适用于认可下列类别的服务供应商：

4.1.1 法定服务

（1）从事气胀式救生筏、气胀式救生衣、静水压力释放装置、气胀式救助艇和海上撤离系统维修的公司

（2）从事无线电通信设备检查和测试的公司

（3）从事自给式呼吸装备的检查和维护的公司

（4）从事船载航行数据记录仪（VDR）和简化航行数据记录仪（S-VDR）年度性能测试的公司

（5）从事船上公共广播系统和通用报警系统声压级测量的公司

（6）从事采用荧光材料的低位照明系统和用于替代低位照明系统的撤离引导系统检查的公司

（7）从事救生艇、降落设备、承载释放装置和吊架降落救生筏的自动释放钩检修和维护的公司

（8）从事自动识别系统（AIS）检验、性能测试和维护的公司

4.1.2 入级和/或法定服务：

（1）从事船舶测厚的公司，但不包括对如下船舶进行测厚的公司：

① 500 总吨以下的非加强检验程序船舶

② 所有渔船。

（2）开展船舶和海上移动装置水下检验的公司

（3）从事灭火设备和系统检查和维护的公司

（4）采用超声波设备对关闭装置诸如舱盖、门等进行密性测试的公司

（5）从事船上噪音级测量的公司

（6）检查滚装船首门、尾门、舷门和内门的公司

（7）从事符合经修订的 IMO MSC.215(82)决议和 IACS UI SC223 和/或经修订的 MSC.288(87)的涂层系统检测公司

（8）从事营运中具有薄膜货物围护系统的气体运输船的主次屏壁密性测试的公司。

4.1.3 如果 CCS 接受由其认可的第三方（如服务供应商）工作，则 CCS 应对这些服务绩效进行验证。对于法定服务，船旗国可以扩大适用于这些服务的验证范围。CCS 质量管理体系中应对该过程作出规定。为便于船旗国问责的目的，第三方（服务供应商）进行的工作可算作 CCS 的工作，并应遵照 RO 规则、IMO MSC.349(92)决议和 MEPC.237(65)决议中船级社应负责任的要求。

4.2 如果 CCS 验船师采用下述服务供应商的结果对船舶入级服务做出决定，该服务供应商必须经 CCS 的认可和验证。

— 从事船舶测厚的公司，但不包括对如下船舶进行测厚的公司：

（1）500 总吨以下的非加强检验程序船舶

（2）所有渔船。

— 开展船舶和海上移动装置水下检验的公司

采用超声波设备对关闭装置诸如舱盖、门等进行密性测试的公司

4.3 如果验船师采用这些服务对签发船舶法定证书和服务做出决定，该公司应由相关船旗国主管机关（即进行该服务的或采用服务设备的船舶的船旗）委托 CCS 进行认可和验证。就此项服务而言，CCS 可以接受如下机构的认可：

i. 船旗国主管机关

ii. 经正式授权的代表船旗国主管机关执行的组织

iii. 船旗国主管机关可接受的其他组织（如：其他政府等）。

4. 4 除非船旗国主管机关对签发法定证书有其他指令，下述服务不必强制使用经认可的服务供应商：

从事采用荧光材料的低位照明系统和用于替代低位照明系统的撤离引导系统检查的公司

从事船上公共广播系统和通用报警系统声压级测量的公司

从事船上噪声级测量的公司

从事符合经修订的 IMO MSC.215(82)决议和 IACS UI SC223 和/或经修订的 MSC.288(87)的涂层系统检测公司

检查滚装船首门、尾门、舷门和内门的公司。

4.5 对不同类别服务供应商的特别要求如附件 1 所述。国家和/或国际要求可以作为附加要求。这些国家和/或国际要求如附件 1 所列。

5 认可和发证程序

5.1 文件提交

5.1.1 应向 CCS 递交下列文件以供审核。相关供方的一般要求如 5.2 所述，相关的特殊要求，见附件 1。

— 公司简介，如组织和管理机构，包括拟认可/发证覆盖的分支机构；

— 指定的代理商、分支机构和分包商清单；

— 公司在申请认可的服务领域的从业经历；

— 对于要求从制造商处获得授权的不同类别的供应商，制造商应提供证据证明服务供应商已被授权或许可，可对需认可设备的特定产品和型号提供服务。

— 操作员、技术员、检验员在申请认可服务领域内的培训和工作经历，以及符合经认可的国家、国际或行业认可标准的资格情况；

— 用于申请认可服务的设备清单；

— 这类设备的操作指南；

— 操作员、技术员和检验员的培训程序；

— 附件 1 所述的用于记录提供服务结果的检查清单和记录格式；

— 覆盖 5.5 要求的质量手册和/或程序文件；

— 开始工作之前与船员沟通的文件记录程序，以便安全地停止使用所需维护的设备，并就地提供安全的工作系统；

— 其他机构的批准/认可证据(如有时)；

— 可能造成利害冲突的其他活动信息；

— 发证机构所要求的客户投诉和纠正措施的记录。

5.2 一般要求:

5.2.1 认可范围—按 5.2.2～5.2.11 的要求，供方应能证实其执行申请认可的服务的能力和必要的控制。

5.2.2 人员培训—供方应负责其人员的资格和培训，以符合适用的公认的国家、国际或行业标准。

如没有此类标准，供方应规定其与授权行驶职责有关的人员资格和培训标准。

人员也应具有足够经验并熟悉必要设备的操作。操作员/技术员/检验员应具有至少 1 年的在岗培训。如不能进行内部培训，可考虑接受外部培训计划。

5.2.3 监督—供方应对所有提供的服务予以监督。负责的监督员应具有在认可的供方内担任至少两年的操作员/技术员/检验员的工作经历。对于仅有一名人员组成的供方，该人员应满足监督员的要求。

5.2.4 人员记录—供方应保持认可的操作员/技术员/检验员的记录，记录应包含年龄、教育和认可的服务有关的培训和经验。

5.2.5 设备和设施—供方应为所提供的服务配备必要的设备和设施。使用的设备的记录应予以保持和可用。记录应包含有关维护以及校准和验证结果的信息。当发现设备不符合要求时，CCS 应对前次测量结果的有效性进行评估和记录。CCS 应对受影响的设备采取适当行动。

5.2.6 数据控制：

当采用计算机进行数据采集、处理、记录、报告、储存、测量评估和监控时，应由服务供应商证明用于满足拟应用的计算机软件的能力。确认应在初次使用前进行，并在必要时重新确认。

注：在其设计应用范围内通用的商用现成软件（如：文字处理、数据库和统计程序）可视作为经过充分的验证，且不要求任何的后续确认。

5.2.7 如果一家公司拥有几个检修站，除 5.5.3 所述之外，应对每个站进行评估和认可。

5.2.8 程序—供方应建立覆盖所有提供的服务的工作程序并形成文件。

5.2.9 分包方—如提供的服务部分进行分包，供方应提供协议和安排的信息。供方应注意对分包过程进行质量控制。分包方除设备外，也应满足 5.2 和 5.5 的要求。

5.2.10 验证—供方应验证所提供服务符合认可程序。

5.2.11 报告—报告应采用 CCS 接受的格式编制。报告应详述所进行的检查、测量、试验、维护和/或修理的结果。特定的导则如附件 1 所述。报告应包括认可证书的副本。

5.2.12 程序和须知文件应对检查和维修工作中发现的破损和缺陷的记录作出规定。本文件应根据需要提供。

5.3 供方审核—提交的文件经审查并认为满意后，应实施供方审核，以确定其组织和管理符合文件规定，并确认其具有提供所认可/发证服务的能力。

5.4 发证取决于执行特定服务的实践证明以及进行报告的满意程度。在换证审核中，执行服务的证明依据由船舶入级验船师进行验证，而前一次的审核足以满足此项要求。

5.5 质量体系

5.5.1 供方应具有至少覆盖如下要素的文件化的体系：

— 有关活动行为准则；
— 设备的维护和校准；
— 操作员/技术员/检验员的培训计划；
— 确保符合操作程序的监督与验证；
— 信息的记录和报告；
— 分支机构、代理商和分包商的质量管理；
— 工作准备；
— 工作程序、客户抱怨、纠正措施以及文件的发布、维护和控制的定期评审。

5.5.2 符合最新现行的 ISO9000 系列标准，并包括 5.5.1 所述要素的文件化的质量保证体系，可予以接受。

5.5.3 如果设备制造商（和/或其服务供应商）向 CCS 申请认可覆盖到其指定的代理商和/或分支机构，必须按照最新版的 ISO9000 系列标准对质量体系进行认证。质量体系必须覆盖制造商（和/或服务供应商）的代理商和/或分支机构的有效控制。指定的代理商/分支机构也必须具有符合最新版的 ISO9000 系列标准的等效的质量体系。这种认可应以母公司按照最新版的 ISO9000 系列标准进行的质量体系评估

为基础。CCS 可以要求按照最新版的 ISO9000 系列标准对代理商或分支机构进行追踪审核以确认遵守此质量体系。

5.6 与设备制造商有关的服务供应方

5.6.1 作为设备制造商的检修站(且作为该领域内的服务供方)工作的公司，应由制造商进行评估并被指定作为其代理。制造商应确保向其代理商提供适当的指导手册、材料等，以及对代理商的技术人员提供适当的培训。这样的供方应逐个认可，或按 5.5.3 进行认可。

6 发证

6.1 在完成对供方的审核和适用的示范试验后，CCS 可以签发认可证书，以证明供方服务操作体系处于满意状况，以及在该操作体系控制下的服务结果可以接受，并可用于 CCS 验船师决定签发入级或法定证书的依据。认可证书应清楚标明服务类型和范围以及任何限制条件，包括设备类型和/或设备制造商名称（如为限制条件）。供方可以登录于 CCS 认可服务供应商名录中。

6.2 证书换新或签注的间隔不超过 5 年，或者，如适用，在供方得到设备制造商认可期满时，取其早者，以验证其认可的条件得到保持。如为后一种情况，服务供应商应在适当的时候通知 CCS。CCS 可以要求证书的换新和签注间隔少于 5 年并要求进行中间审核。对于从事船舶厚度测量的公司，证书的换新/签注间隔应不超过 3 年以验证原有的条件得到保持。

7 关于核准服务操作体系变更的资料

7.1 如已核准的供方服务操作体系发生变更，应立即通知 CCS。如有必要，应予以重新审核。

8 认可取消

8.1 CCS 保留取消认可的权利并相应地通知 IACS 成员（从事船舶测厚的公司见 PR23）。

8.2 在下列情况中可取消认可：

8.2.1 服务未能妥善开展或结果报告不当。

8.2.2 验船师发现供方已批准的服务操作体系中存在缺陷，且没有采取妥善的纠正措施。

8.2.3 公司质量体系中有关服务供应商证书的变更没有向 CCS 发出书面通知。

8.2.4 6.2 中要求的中间审核未能进行。

8.2.5 经确认存在故意作为或不作为。

8.2.6 服务供应商的任何故意虚假陈述。

8.3 认可被取消后，如导致取消的不合格项得到纠正，并能使 CCS 确认纠正措施已经有效实施，取消认可的供方可申请重新认可。

8.4 如果按照 5.5.3 的要求进行认证，供方母公司认可期满或取消后，其所有代理商和分支机构的认可均视为自动失效。

9. 现有认可

在本附录实施之日前经 CCS 同意的对不同类别服务供应商的认可如相关证书所述在长达 3 年但不超过 3 年的时间之内仍为有效。此类证书的换新必须按照本附录的要求进行。

附件 1 不同类别的服务供方商的特别要求

1 船舶测厚公司

1.1 业务范围 — 从事船舶结构材料测厚的公司，除从事如下船舶测厚者之外：

(1) 500 总吨以下的非加强检验计划船舶；

(2) 所有渔船。

1.2 监督员—负责的监督员应具备国家或国际认可的行业无损检验标准的相应资质（如：经修订的 EN 473 II 级或经修订的 ISO9712 II 级）。

1.3 操作员—进行测量的操作员应获得国家或国际认可的行业标准(如经修订的 EN 473 第 I 级或经修订的 ISO 9712 第 I 级)的证书，并应具备船舶结构方面的适当知识，以选择各测量的代表位置。

1.4 设备—在涂层表面，可采用脉冲回声技术的仪器(采用示波镜或多回声单晶技术的数码仪器)。在经过清洁打磨的无涂层表面可使用单回声仪器。

1.5 程序—文件化工作程序应至少包含试验位置的检查准备、选择和辨别，表面准备，防腐保护涂层，校准检查以及报告制定及内容。

1.6 报告—报告应根据 URZ7、URZ7.1、URZ7.2、URZ10.1、URZ10.2、URZ10.3、URZ10.4 和 URZ10.5 中所述的相关导则。

1.7 审核—供方必须得到验船师对各项工作的验证并由参加验证的验船师签署报告文件。

2 采用超声波设备对关闭装置诸如舱盖、门等进行密性测试的公司

2.1 业务范围—关闭装置诸如舱盖、门等的超声波密性测试

2.2 操作员—操作员应具备下列资质：

— 具备各种关闭装置诸如舱盖、门等包括其设计、功能和密封特性的知识；

— 具备各种关闭装置诸如舱盖、门等操作和维修的经验；

— 能够制定特定超声波设备的船上理论和实践的培训文件。

2.3 应向验船师证明超声波设备适于发现关闭装置是否泄漏。

2.4 程序—供方应编制工作程序，包括特定的超声波设备的调整、维护、操作和认可标准的手册。

3 从事船舶和移动钻井装置水下检验的公司

3.1 业务范围—由潜水员或遥控潜水器进行的船舶和移动钻井装置的水下检验。

3.2 人员培训—供方负责潜水员和检查所需潜水设备的资质。应文件记录以下情况：

—船舶的水下结构和附属物、尾轴、螺旋桨、舵及舵轴承等；

—根据国家或国际认可的行业无损检验标准予以无损检测。该要求仅在水下检验公司进行无损检测时适用；

—舵和尾轴的轴承间隙测量；

—通过甲板监控器以及静态图监控水下图像；

—水下通信系统的操作；

—特殊设备和工具如船体清洁器、打磨器、切削器等。

3.3 报告系统的人员培训计划，应包括相关船型的最低规范要求、船舶水下结构、轴承间隙测量，腐蚀损坏、屈曲和涂层变质的确认等。

3.4 监督员—监督员的资质应满足供方的一般要求，并且应具备 2 年以上进行检查的潜水员的经验。

3.5 进行检查的潜水员—进行检查的潜水员应具备一年以上作为助理潜水员进行检查的经验(至少 10 次不同的任务)。

3.6 设备—包括下列设备：

—充足照明设备的闭路彩电；

—潜水员和水面人员的双向通信；

—连接在闭路电视上的录像设备；

—静态照相机；

—进行厚度测量、无损检测和有关测量(如间隙、凹陷等)的设备；

—船体清洁设备；

—遥控潜水器，如适用。

3.7 程序和指南—供方应就如何开展检查和操作设备制定操作程序和指南文件。其中包括：

—潜水员和水面人员的双向通信；

—录像和闭路电视操作；

—潜水员沿船体完成所有部位检查的指南；

—遥控潜水器的操作与维护指南，如适用。

3.8 验证—供方应得到验船师对各项工作的验证，并由参加验证的验船师签署报告文件。

4 从事灭火设备和系统检查和维护的公司

4.1 业务范围—灭火设备和系统诸如固定式灭火系统、手提灭火器以及探火和报警系统的检查和维护。

4.2 认可范围

—服务供应商应具备足够的消防理论知识，对消防和灭火设备进行维护和/或检查，以及对设备的状态进行必要的评估；

—在演示专业知识时，服务供应商应了解各种火灾的类型以及所使用的灭火介质；

—对于固定灭火系统，服务供应商应证明其了解所需认可相关的气体、泡沫、水淹、喷淋和水雾系统的原理。

4.3 程序

—服务供应商应具有程序文件和须知以规定如何维修设备和/或系统。这些文件包括或参考了制造商的检修手册、检修公告、须知和培训手册，如适用，以及国际要求。

—另外，这些文件还参考了其他要求（如：设备/系统应张贴的标志）。

4.4 参考文件—服务供应商应能获取下述文件：

—制造商的检修手册、检修公告、须知和培训手册，如适用；

—型式认可证书以表明在检修和/或维护期间灭火设备和系统的任何条件均为合适；

—SOLAS、MSC.1/Circular 1318(固定式二氧化碳灭火系统的维护和检验导则)、国际消防安全规则（FSS 规则）、ISO6406（无缝气体钢瓶的定期检验和测试），以及设备制造商授权或许可的任何文件；

—MSC/Circ.670（固定式灭火系统的高倍泡沫浓缩液的性能、试验衡准及检验指南）；

—MSC/Circ.798（固定式灭火系统的中倍泡沫浓缩液的性能、试验衡准及检验指南）；

—MSC/Circ.799 （化学品船固定式灭火系统用泡沫浓缩液的性能、试验衡准及检验指南）；

—MSC.1/Circ.1312（经 MSC/Circ.1312/Corr.1 修订的固定式灭火系统用泡沫浓缩液性能和试验衡准及检验指南）；

—MSC.1/Circ.1432(经修订的防火系统和设备维护保养和检查指南)；

—IMOA.951(23)决议—经改进的船用手提灭火器指南；

—MSC.1/Circ.1370—固定碳氢化合物气体探测系统的设计、构造和测试指南；

—IMO 通过的特别由服务供应商维修的灭火设备和系统的指南。

4.5 设备和设施

4.5.1 一般要求

—如果服务供应商承担岸基检查和维护，应保持和实施车间清洁、通风和布置的程序，并适当考虑所储存的备品和灭火介质以确保安全和有效的工作程序；

—承担船上设备和系统的检查和维修的服务供应商应提供合适的设施以在船上完成工作或将必要的设施移至其车间。

4.5.2 设备

如适用，应能获得足够的和适当的备件和工具，包括：

—各类称重工具；

—静水压试验部件/系统/储存瓶的方法；

—液体/气体流量表，如适合；

—压力表或压力计；

—如果为泡沫浓缩液和手提式灭火器，则分别需要化学分析设备和试验池；

—制造商规定的特定的设备/备件；

—储存瓶的液位测量设备；

—压力瓶、灭火器和火药筒的填充设施。

5 从事气胀式救生筏、充气式救生衣、静水压力释放装置、充气式救生艇和海上撤离系统服务的公司

5.1 业务范围

—气胀式救生筏、充气式救生衣、静水压力释放装置和/或充气式救生艇的服务；

—海上撤离系统的服务。

5.2 设备和设施—应遵守相关的经 MSC.55(66)修订的 IMO Res.A761(18)给出的有关气胀式救生筏检修站认可条件的建议案。如果气胀式救生筏的检修期限展期，则应遵守 MSC.1/Circ.1328 的要求。

5.3 程序和须知—供方应具备文件化的如何开展设备服务的程序和须知。如果气胀式救生筏的检修期限按照 SOLAS 第 III 章 20.8.3 条的要求进行展期，则除经 MSC.55(66)修订的 A.761(18)决议之外，还应遵守 MSC.1/Circ.1328 的要求。

5.4 供方应提供证据证明已经得到需认可设备的制造商的授权或许可，可对设备的特定产品和型号提供服务。

5.5 参考文件—服务供应商应能获取下述文件：

—IMOA.716(18)决议—关于气胀式救生筏检修站认可条件的建议案—（1993 年 11 月 4 日通过）经 MSC.55(66)决议的修订；

—IMO—MSC.55(66)决议；

—IMO—MSC.1/Circ.1328—延长检修期限不超过 30 个月的气胀式救生筏的认可指南；

—制造商检修手册、检修公告、须知和培训手册，如适用；

—型式认可证书，以表明在检修和/或维护期间气胀式救生筏、气胀式救生艇、充气式救生衣和静水压力释放装置的任何条件均为合适；

—LSA 规则第 IV 章，1995 年 SOLAS 大会决议 4 关于海上撤离系统。

6 从事无线电通信设备的检查和测试的公司

6.1 业务范围

—检验、检查、试验和/或测量船舶或移动钻井船上无线电设备是否符合 SOLAS 的要求；

—406MHz 卫星 EPIRBs 的年度测试，是否符合 SOLAS 第 IV 章 15.9 条的要求；

—本节的原则也适用于从事自动识别系统（AIS）检验、性能测试和维护的服务供应商。服务供应商应熟悉诸如作为设备制造商的服务代理所涉及的设备。

6.2 参考文件—供方应获取下列文件：

—经修订的 SOLAS 1974；

—IMO A.789(19)决议代表主管当局的授权组织行使检验和发证功能的细则；

—MSC/Circ.1040/Rev.1—406MHz 卫星 EPIRBs 的年度测试指南；

—MSC/Circ.1252—自动识别系统（AIS）年度测试指南；

—SN/Circ.227,SN/Circ.227/Corr.1 和 245—船载自动识别系统（AIS）的安装指南及其修正案；

—ITU 无线电规则；

—服务供应商需认可设备的 IMO 性能标准；

—船旗国主管机关的要求；

—CCS 规范和指南的相关部分(如有时)。

6.3 监督员—监督员应接受技术学校两年以上的教育并具备检验员的经验，持有 ITU 公认的通用操作员证书(GOC)或 GMDSS 无线电电子证书（REC），可操作或测试无线电广播发射机者尤佳。该监督员应能了解无线电信号传播、地区无线电站及其设施的局部条件以及 GMDSS 的通信基础设施。

6.4 无线电检验员—检验员应接受供方在无线电、GMDSS、初次和换证检验(如适用)等方面的内部培训。检验员也应接受技术学校 1 年以上的培训，或者提供证据证明其接受相关主管机关批准的技术课程教育，并具备 1 年以上的助理无线电检验员经验，以持有 ITU 公认的适合的国家无线电操作员证书，如 GMDSS 通用操作员证书（GOC）或 GMDSS 无线电电子证书（REC）尤佳。该检验员应能了解无线电信号传播、地区无线电站及其设施的局部条件以及 GMDSS 的通信基础设施。

6.5 设备和设施

6.5.1 供方应具备正确完成检查的主要和辅助的设备。使用设备的记录应保留。记录应包含设备制造商和设备类型以及维护和校准的日志；

6.5.2 应获取关于所测试无线电设备的标准，并在检查报告中引用；

6.5.3 对于使用试验/检查软件的设备，应详细说明并验证该软件。

6.6 仪器的最低要求：

—测量频率、电压、电流和电阻的设备；

—测量 VHF 和 MF/HF 输出和反射效果的设备；

—测量 MF/HF 和 VHF(AM、FM、PM)调制的设备；

—检查铅蓄电池特定重力的酸测试器；

—检查自浮式卫星 EPIRB 正确输出值的测试仪；

—测试自动识别系统（AIS）性能的设备。

6.7 程序和须知—供方应有就如何开展无线电设备试验和检查的文件化的程序和须知。操作各项试验/检查设备的程序和须知，应予以保留，随时可供查阅。

7 从事自给式呼吸装备的检查和维护的公司

7.1 业务范围—检查和维护自给式呼吸装备和紧急逃生呼吸装置（EEBD）。

7.2 认可范围

—供方应具备足够的设备和系统知识对自给式呼吸装置进行检查和/或测试，以识别标准并对设备的状态进行必要的评估；

—在演示专业知识时，服务供应商应了解自给式呼吸装置涉及的操作要求以及如何进行维护；

—另外，服务供应商应提供适用于这些设备的必要的安全要求。

7.3 程序

—服务供应商应具有程序文件和须知以规定如何维修设备和/或系统。这些文件包括或参考了制造商的检修手册、检修公告、须知和培训手册，如适用。

—另外，这些文件还参考了其他要求（如：设备/系统应张贴的标志）以及如何适用。

7.4 参考文件—服务供应商应能获取下述文件：

—制造商的检修手册、检修公告、须知和培训手册，如合适；

—型式认可证书以表明在检修和/或维护期间自给式呼吸装置的任何条件均为合适。

7.5 设备和设施

7.5.1 一般要求

—如果服务供应商承担岸基检查和维护，应保持和实施车间清洁、通风和布置的程序，并适当考虑所储存的备品和压力瓶以确保安全和有效的工作程序；

—承担船上设备和系统的检查和维修的服务供应商应提供合适的设施以在船上完成工作或将必要的设施移至其车间。

7.5.2 设备

—应能按照制造商的要求获得足够的和适当的自给式呼吸装置的修理、维护和检修的备件和工具；
—应自给式呼吸装置设备和/或系统制造商的要求，包括以下各项：
—各类称重工具；
—静水压试验部件/系统/储存瓶的方法；
—流量表；
—压力表或压力计；
—检查空气质量的设备；
—呼吸装置的充气设施。

8 从事滚装船首门、尾门、舷门和内门检查的公司

8.1 业务范围—检查固定和锁闭装置、液压操作系统、液压电路控制系统、电路指示系统以及支承、固定和锁闭装置并测试密性。

8.2 供方应按最新版的 ISO 9000 系列标准予以认证。

8.3 监督—除 5.2.3 之外，对于具有在本行业内担任至少两年的操作员/技术员/检验员的工作经历的要求，监督员应接受 2 年以上的技术学校的相关教育。

8.4 人员培训—进行无损探伤检查（NDE）的操作员应获得国家或国际标准认可方法的资质。

8.5 参考文件—供方应获取下列文件：
—IMO—经修订的国际海上人命安全公约（SOLAS 74/78）；
—ISO9002:1994—质量体系—生产、安装和服务的质量保证模式；
—UR Z24—滚装船首门、尾门、舷门和内门检验要求或 CCS 出具的等效文件。

8.6 要求的设备：

8.6.1 为检查支承、固定和锁闭装置、铰链和轴承：
—测量间隙的设备(如量隙规、游标、测微器等)；
—无损检测(如着色渗透剂、磁粉探伤检查等)。

8.6.2 密性试验：
—超声波裂纹探测器或等效设备。

8.6.3 对于液压操作系统的检查：
—压力表；
—分析液压流体质量的微粒计算。

8.6.4 对于电路控制系统和指示系统的检查：
—数码多用测量仪；
—接地勘误仪。

8.7 程序和须知

8.7.1 供方应获取图纸和文件，包括操作和检查手册；

8.7.2 供方应获取舱门的营运史；

8.7.3 供方应使用、填写并签署 CCS 认可的检查清单。

9 从事航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度性能测试的公司

9.1 业务范围—根据 SOLAS 第 V 章 18.8 条及 IMO-MSC.1/Circular.1222—航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度测试指南的要求，视情况，测试和检修航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）。

9.2 认可范围

9.2.1 供方应提供证据证明已经得到需认可的设备制造商的授权或许可，可对设备的特定产品和型号提供服务。

9.2.2 如果服务供应商就是航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）的制造商，并且全面选用 IMO-MSC.1/Circular.1222—航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度测试指南以作为一个从事年度性能测试的服务供应商，则适用于如下要求：

—制造商负责指定其授权的检修站进行年度性能测试；

—制造商被要求作为认可的服务供应商，并满足从事航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度性能测试的服务供应商的要求，如适用；

—制造商的授权检修站不必作为认可的服务供应商；

—制造商证明全面实施了 IMO-MSC.1/Circular.1222—航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度测试指南。

程序

服务供应商应具有程序和须知文件。

如果服务供应商就是航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）的制造商，并且全面选用 IMO-MSC.1/Circular.1222—航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度测试指南以作为一个从事年度性能测试的服务供应商，则适用于如下要求：

—制造商应具有程序文件以评估和授权拟进行年度性能测试的制造商授权检修站；

—制造商应具有程序文件以对制造商授权检修站的年度性能测试报告进行评估、对航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）12 小时记录进行分析及向业主/操作员签发性能测试证书；

—制造商应保留一份可应要求进行评估，（通过任何可用方法，如指定的联系点或从制造商网站）的授权检修站的清单。

参考文件

服务供应商应获取下列文件：

—IMO—国际海上人命安全公约（SOLAS74/78）第 V 章 18.8 条—航行系统和设备以及航行数据记录仪的认可、检验和性能标准；

—IMO-MSC.1/Circular.1222—航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度测试指南—（2006 年 12 月 11 日）；

—经 IMO MSC.214(81) 决议和 IMO MSC.333(90)决议修订—船载航行数据记录仪（VDR）性能标准；

—经 IMO A.214(81)决议修订的 MSC.163(78) 船载简化的航行数据记录仪（S-VDR）性能标准—（2004 年 5 月 17 日通过）。

服务供应商应获得下述适用的行业性能标准：

—IEC61996—海上航行和无线电通信设备和系统—船载航行记录仪（VDR）；

—IEC61996-2—海上航行和无线电通信设备和系统—船载航行记录仪（VDR）—第 2 部分：简化的航行记录仪（S-VDR）—性能要求、测试方法及要求的测试结果。

服务供应商还应获得设备制造商授权或许可中规定的文件。

9.5 设备和设施—此外，服务供应商应获得设备制造商授权或许可中规定的设备。

9.6 报告—测试报告

9.6.1 服务供应商应签发一份经修订的国际和海上人命安全公约（SOLAS 1974）第 V 章 18.8 条所规定的符合证明。

9.6.2 VDR 和 S-VDR 年度性能测试应由服务供应商以 MSC.1/Circular.1222 附录所规定的测试报告模本格式进行记录、签署和盖章，并附在年度性能测试证书之后。

9.6.3 如果服务供应商就是航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）的制造商，并且全面选用 IMO-MSC.1/Circular.1222—航行数据记录仪(VDR)和简化的航行数据记录仪（S-VDR）年度测试指南以作为一个从事年度性能测试的服务供应商，则制造商应安排好下述工作：

—评估制造商授权检修站的年度性能测试报告；

—分析记录仪的 12 小时记录内容；

—核查船长记录/记录仪数据。

9.6.4 在完成年度性能测试的 45 日之内向业主/操作员签发年度性能测试证书。

10 从事采用荧光材料的低位照明系统以及替代低位照明系统的撤离引导系统检查的公司

10.1 业务范围—船上较低位置采用荧光材料照明的照明度测量。

10.2 操作员—操作员应具备以下资质：

— 具备足够的适用国际要求(即 SOLAS 第 II-2 章 13.3.2.5 条、IMO A.752(18)决议—客船低位照明系统评估、测试和应用指南、ISO 15370-2010 和 FSS 规则第 11 章)的知识；

— 能够利用特定设备制定船上的理论和实践培训文件。

10.3 设备—测量仪器应包含带 CIE(国际照明协会)光度矫正的敏感光度计，测量范围至少在 10-4cd/m2 到 10cd/m2 内。

10.4 程序—文件化的工作程序应至少包含检查准备、试验位置的选择和辨别等信息。

10.5 报告—报告应符合 ISO 15370-2010 的附件 C。

10.6 验证—：供方应得到验船师对各项工作的验证，并由参加验证的验船师签署报告文件。

10.7 参考文件

服务供应商应获取下列文件：

—IMO—国际海上人命安全公约(SOLAS 74/78)第 II-2 章 D 部分，13.3.2.5 条—脱险通道的标志；

—IMO—消防安全系统（FSS 规则）第 11 章—低位照明系统；

—IMO A.752(18)决议—客船低位照明系统评估、测试和应用指南—（1993 年 11 月 4 日通过）；

—ISO 15370:2010—船舶和海洋技术—客船低位照明布置；

—MSC/Circ.1168—替代低位照明系统使用的撤离引导系统测试、认可和维护的临时导则。

11 从事公共广播和通用报警系统的声压级测量的公司

11.1 业务范围—船上公共广播和通用报警系统的声压级测量。

11.2 操作员—操作员应具备下列资质：

— 具备足够的现行国际要求的知识(SOLAS 第 III 章第 4 和 6 条、LSA 规则第 VII 章 7.2 条、1995 年 IMO 报警和指示器规则)；

— 能够利用特定设备制定船上的理论和实践培训文件。

11.3 设备—测量仪器应为带频率分析能力的综合声压仪，应符合 IEC(国际电子技术协会)60651 和 IEC61672 的规定，一类精确度应至少是符合 IEC 61260 的 A 类频率反射波和 1/3 倍频和 1 倍频带过滤器，并进行测量(如适用)。此外，麦克风应为符合 IEC 60651 的非指向型。

11.4 程序—文件化的工作程序应至少包含检查准备、校准、选择和辨别测试位置的信息。

11.5 报告—报告应至少介绍试验的环境条件以及各测试位置上，周围噪音等级或语音干扰等级，以便于开展测量。报告应符合 CCS 任何其他的特别要求。

11.6 验证—供方必须得到验船师对各项工作的验证，并签署报告文件。

11.7 参考文件

服务供应商应获取下列文件：

—SOLAS74/78 第 III 章 A 部分第 4 条—救生设备与装置的评估、测试和认可；

—SOLAS74/78 第 III 章 B 部分第 6 条—通信；

—国际救生设备（LSA）规则第 VII 章 7.2 条—通用报警和公共广播系统；

—IMO—经修订的 1995 年报警和指示器规则；

—IEC 60651 （2001-10） —声压计；

—IEC61672—电声学—声压计；

—IEC61260 —电声学—倍频带和分数倍频带过滤器。

12 从事符合经修订的 IMO MSC.215(82)决议和 IACS UI SC223 和/或经修订的 IMO MSC.288(87)决议的涂层系统检测公司

12.1 实验室

12.1.1 业务范围—按经 IMO MSC.1/Circ.1381 修正的和经 IMO 341(91)决议修订的 IMO MSC.215(82)和 IACS UI SC223 和/或经 IMO MSC.1/Circ.1381 修正的和经 IMO A.341(91)决议修订的 IMO MSC.288(87)决议进行涂层系统试验。

12.1.2 实验室应向 CCS 提供下列信息：

—按照经修订的 IMO MSC.215(82)决议和/或经修订的 MSC.288(87)决议要求的涂料认可的试验室试验设备清单；

—在经修订的 MSC.215(82)决议和/或经修订的 MSC.288(87)决议中所涉及的涂层认可实验室最低要求的参考文件清单；

—试板制备、试板标识程序、涂装、试验程序和测试报告样本的详细规定；

—涂底漆试验的风化场地和曝露方法详细规定；

—每天或每周日志/记录实验条件和观测情况的表格包括暴露周期的意外中断与纠正措施；

—分包合同的详细内容(如适用)；

—与已认可的涂层系统或试验室相比较的试验报告(如可用)。

12.1.3 报告—参考下述 IACS 建议案①：

—Rec.101：IMO MSC.215(82)决议附件 1“涂层合格评定试验程序”的 IACS 报告样式；

—Rec.102：IMO MSC.215(82)决议附件 1“涂层合格评定试验程序”，第 1.7 节交叉试验的 IACS 报告样式。

12.1.4 实验室的审核应根据本程序和经修订的 IMO MSC.215(82)决议和/或经修订的 MSC.288(87)决议所列的涂层认可标准进行。

13 从事救生艇、降落设备、承载释放装置和吊架降落救生筏的自动释放钩检修和维护的公司

13.1 业务范围—救生艇、降落设备、承载释放装置和吊架降落救生筏的自动释放钩检修和维护。

13.2 认可范围

13.2.1 当制造商同为服务供应商时，本程序的内容同样适用于制造商。

13.2.2 任何按照 SOLAS 第 III 章 20 条的要求从事救生艇、降落设备、承载释放装置和吊架降落救生筏的自动释放钩全面检查、操作测试、修理和大修的服务供应商应具有能操作其所提供服务的设备的每个产品和型号的资质，并且向制造商提供证据证明其已被授权或按照建立的培训体系得到认证及按照经修订的 MSC.1/Circ.1277 获得授权。

13.2.3 如果设备制造商不再从事本行业或不再提供技术支持，根据前次授权和/或长期经验并被证明为具备服务提供者的专业知识，服务供应商可以得到设备的授权。

13.3 人员资质和培训

服务供应商应接受其从事被授权的每个设备产品和型号服务方面的培训并获得资格。这种培训和资质应至少覆盖如下内容：

13.3.1 按照公认的国家、国际或行业标准，如适用，或者设备制造商所建立的认证计划对人员进行聘用和认证。无论哪种情况，认证计划应提供服务设备的每个产品和型号的以附录中所附指南为基础。

13.3.2 初次人员认证的教育和培训应至少记录并涉及如下方面：

—救生艇事故的案例；

—相关规范和规则，包括国际公约；

—救生艇的设计和构造，包括承载释放装置和降落设备；

—MSC.1/Circ.1206/Rev.1 附则 1 中所规定的需认证程序的教育和实践培训；

—救生艇、降落设备和承载释放装置的全面检查、操作测试、修理和大修的程序细则，如适用；及

—根据 MSC.1/Circ.1206/Rev.1（附则 1 第 15 段）的要求，签发检修报告和适用声明的程序。

13.3.3 人员的教育和培训应包含拟认证人员对采用的设备（救生艇、降落设备和/或承载释放装置）检查和维护的实践技术培训。技术培训应覆盖设备的拆卸、重新组装、正确操作和调整。在一位具有经验的高级认证人员的监督下进行的现场操作经历应作为认证课堂培训的补充。

13.3.4 在初次认证和每次换证认证时，服务供应商应提供文件以验证该人员使用了其认证所需的设备通过了能力评估。

13.3.5 服务供应商应要求合适的复修课程以更新认证。

13.4 参考文件—服务供应商应获取下了文件：

—经修订的 IMO MSC.1/Circ.1206/Rev.1，防止救生艇事故的措施；

—经修订的 IMO MSC.1/Circ.1277，关于救生艇、降落设备和承载释放装置服务商授权条件的临时导则；

—IMO A.689(17)决议，救生设备试验的建议案以及 1999 年 7 月 1 日之后安装的救生设备、MSC.81(70)建议案，经修订的救生设备试验的建议案；

—对于涉及承载释放机构的拆卸或调整的检修与修理工作，应获取设备制造商的规格书和须知；

—型式认可证书以表明在检修和/或维护期间救生艇、降落设备和承载释放装置的任何条件均为合适。

13.5 设备和设施—服务供应商应获得以下设备：

—足够的工具，尤其是设备制造商须知中所述的专用工具，包括船上工作所需的便携式工具；

—获得足够的设备制造商为修理救生艇、降落设备和承载释放装置而规定的材料、备品和辅助设备，如适用；

—对于涉及承载释放机构的拆卸或调整的检修与修理工作，应获取设备制造商规定的或提供的更换配件。

13.6 报告—报告应符合 MSC.1/Circ.1206/Rev.1（附则 1 第 15 段）的要求。在修理、全面检查和年度检修完成之后，服务供应商应立即签发一份确认救生艇设备保持适用的声明。

14 从事船上噪声级测量的公司

14.1 业务范围—船上噪声级的测量。

14.2 监督员

监督员应具备 2 年以上噪声级测量经历。

14.3 操作员

操作员应具备下列资质：

—噪声场、声音测量和测量设备操作的知识；

—足够的适用的国际要求（经修订的 SOLAS 第 II-1 章 3-12 条和经修订的 IMO 船上噪声级规则）的知识；

—至少 1 年的经历，包含作为助理操作员参与至少 5 个不同的测量任务；

—IMO 船上噪声级规则中规定的程序培训；

—能够制定使用声量计的船上理论和实践的培训文件。

14.4 设备

14.4.1 声量计

应采用精度声量计进行声压级的测量。这些声量计应按照经修订的 IEC61672-1（2002-05）1 类型/类别 1 标准，如适用，或主管机关接受的等效标准 2 制造。

1 声量计建议案。

2 按照 IEC 651/IEC 804 制造的声量计类别/类型 1 可以使用至 2016 年 7 月 1 日。

14.4.2 倍频带过滤器

单独使用或与声量计一起使用时，如适用，倍频带过滤器应符合经修订的 IEC 61260（1995）3 的要求或主管机关可接受的等效标准。

3 倍频带和分数倍频带过滤器。

14.4.3 声级校准器

声级校准器应符合经修订的 IEC60942 标准（2003-01），并应由所使用的声量计的制造商认可。

14.4.4 校准

声级校准器和声量计应在国家标准实验室或按照经修订的 ISO17025 标准（2005）认证具有资质的实验室至少两年进行一次验证。应保留一份所用设备完整的记录，包括校准日志。

14.4.5 扩音器防风屏

在室外采录读数时，如在桥楼翼台或甲板上，或在任何存在大量空气流动的甲板下，应使用扩音器防风屏。防风屏不应影响到大于无风状态下 0.5db(A)的相似声级的测量。

14.5 程序和须知

14.5.1 供方应具有程序和须知文件以进行设备的检修。

文件化的工作程序应至少包含检查准备、声级测量位置的挑选和识别、校准检查和报告编制。

14.5.2 供方应获取下列文件：

— 经修订的 SOLAS1988（第 II-1 章 3-12 条）；

— A.468(XII)决议和 IMO MSC.337(91)决议—船上噪声级规则；

— A.343(IX)决议—关于监听站噪声级测量方法的建议案；

— CCS 的规范和指南。

14.6 报告

每条船舶均应编制噪声检查报告。该报告应包含船上各个处所的噪声级的资料。报告中应标明每个具体测量点的读数。各个测量点应标注在报告后所附的总布置图或舱室图上，或应进行确定。

噪声检查报告的格式如 IMO 船上噪声级规则中的附则 1 所列，并可符合 CCS 任何其他的特定要求（参见 IMO 决议 MSC.337(91)）。

14.7 验证

供方应得到验船师对各项工作的验证，并在报告中进行签署。

15. 从事营运中具有薄膜货物围护系统的气体运输船的主次屏壁密性测试的公司

15.1 业务范围

公司进行下列测试工作：

— 主次屏壁的全真空试验；

— 声发射（AE）检测；

— 热成像试验。

15.2 对从事主次屏壁全真空测试的公司的要求

15.2.1 测试程序—按照由 CCS 批准的货物围护系统设计方的程序进行测试。

15.2.2 授权—供方应获得系统设计方的授权进行测试。

15.2.3 设备—设备应按照公认的国家或国际行业标准进行维护和校准。

15.2.4 报告—报告应包含以下内容：

— 测试日期；

— 测试人员的身份；

— 每个液罐的真空衰变数据；

— 测试结果的总结。

15.3 对从事声发射（AE）检测的公司的要求

15.3.1 测试程序—供方应具有根据公认的国家或国际行业标准编制的程序文件以采用 AE 传感器对薄膜货物围护系统的次屏壁进行超声泄漏试验。该程序应包括人员职责和资质、仪器、试验准备、试验方法、信号处理、评估和报告的详细资料。

注：测试中各个压力不应超过围护系统设计方的限值。

15.3.2 监督员—负责监督的人员应经公认的国家或国际行业标准（如 II 级，经修订的 ISO-9712 或经修订的 SNT-TC-1A）的认证，并具有 1 年的 II 级的工作经历。

15.3.3 操作员—进行声发射（AE）检测的人员应经公认的国家或国际行业标准（如 II 级，经修订的 ISO-9712 或经修订的 SNT-TC-1A）的认证，并具有适当的船舶结构专业知识以能确定传感器的安放位置。

15.3.4 设备—设备应按照公认的国家或国际行业标准或设备制造商的建议进行维护和校准。

15.3.5 声发射（AE）检测的评估—必须由监督员或经公认的国家或国际行业标准（如 II 级，经修订的 ISO-9712 或经修订的 SNT-TC-1A）的认证，并具有 1 年的 II 级的工作经历的人员进行。

15.3.6 报告—报告应包含下列内容：

— 检测日期；

— 监督员和操作员的证书；

— 每个检测周期的时间和压力的说明；

— 潜在缺陷的清单和详细位置图。

15.4 对于从事热成像试验的公司的要求

15.4.1 试验程序—按照由 CCS 批准的货物围护系统设计方的程序进行试验。

15.4.2 授权—供方应获得系统设计方的授权进行试验。

15.4.3 监督员—负责监督的人员应经公认的国家或国际行业标准（如 II 级，经修订的 ISO-9712 或经修订的 SNT-TC-1A）及附加的红外线/热测试方面的认证。供方认证不被许可，且必须通过独立认证机构的认证。

15.4.4 操作员—负责成像操作的人员应经公认的国家或国际行业标准（如 II 级，经修订的 ISO-9712 或经修订的 SNT-TC-1A）及附加的红外线/热测试方面的认证， 并具有适当的船舶结构的专业知识以能确定每一识别图像的位置，以及围护系统的专业知识以能了解试验的基础。供方认证不被许可，且必须通过独立认证机构的认证。

15.4.5 设备—热感照相机和传感器的感光度、精确度和分辨率应按照系统设计方的程序。

设备在危险区域（爆炸性气体环境）内使用的安全特性应按照认可标准（IEC 等），而其维护和校准则应按照制造商的建议进行。

15.4.6 热成像的评估—必须由监督员或经公认的国家或国际行业标准（如 II 级，经修订的 ISO-9712 或经修订的 SNT-TC-1A）的及附加的红外线/热测试方面的认证。供方认证不被许可，且必须通过独立认证机构的认证。

15.4.7 报告—报告应包含以下内容：

— 检测日期；

— 监督员和操作员的证书；

— 所有阶段的不同压力；

— 热指示的清单和详细位置图；

— 热指示测试各阶段的红外图像；

— 表明潜在泄漏的热成像的评估。

附录 11 ESP 检验报告原则

长度在 130m 及以上、船龄达到 10 年后~~在 10 年以上~~的油船船体梁总纵强度的评估结果

(对于以下第 1、2、3 节，只需完成其中适用的一节)

1. 本节适用于所有船舶而不考虑其建造日期：对船龄达到 10 年后的船舶，在最近一次特别检验期间，根据实际情况，利用构件的测量厚度或换新厚度或加强厚度，对船体梁的甲板处(甲板板和甲板纵骨)和船底处(船底板和船底纵骨)的横剖面面积进行计算，并发现其横剖面面积的减少未超出原建造时面积的 10%，如表 1 所列：

船体梁的横剖面面积 **表 1**

		测 量 值	建 造 值	减 少 量
横剖面 1	甲板处	cm^2	cm^2	cm^2 (%)
	船底处	cm^2	cm^2	cm^2 (%)
横剖面 2	甲板处	cm^2	cm^2	cm^2 (%)
	船底处	cm^2	cm^2	cm^2 (%)
横剖面 3	甲板处	cm^2	cm^2	cm^2 (%)
	船底处	cm^2	cm^2	cm^2 (%)

2. 本节适用于 2002 年 7 月 1 日或以后建造的船舶：根据本章附录 2 第 2.2.1.(1)款要求，对船龄达到 10 年后的船舶，在最近一次特别检验期间，根据实际情况，利用构件的测量厚度或换新厚度或加强厚度，对船体梁横剖面模数进行计算，发现其损耗值未超出 CCS 确定的极限折减值范围[①]，如表 2 所列：

船体梁的横剖面模数 **表 2**

		Z_{act} (cm^3) (1)	Z_{req} (cm^3) (2)	备注
横剖面 1	上甲板			
	船底			
横剖面 2	上甲板			
	船底			
横剖面 3	上甲板			
	船底			

注：(1) Z_{act} 系根据本章附录 2 第 2.2.1.1 款的规定，在特别检验期间，根据实际情况利用构件的测量厚度或换新厚度或加强厚度，所计算出的船体梁实际横剖面模数。

(2) Z_{req} 系指根据本章附录 2 第 2.2.1.1 款规定，所计算出的船舶总纵弯曲强度的最小极限 Z_{act} 的计算表应附于本报告。

3. 本节适用于 2002 年 7 月 1 日以前建造的船舶，根据本章附录 2 第 2.2.1.(2)款的要求，对船龄达到 10 年后的船舶，在最近一次特别检验期间，根据实际情况，利用构件的测量厚度或换新厚度或加强厚度，对船体梁横剖面模数进行计算，发现其符合~~船级社~~[②]CCS 要求衡准，并且 Z_{act} 不小于本篇附录 2 中附录 2 所述的 Z_{mc}(见表 3 注 2 的定义)，如表 3 所列：阐述~~船级社~~ CCS 所接受的营运船舶船体梁最小剖面模数的衡准。

[①]根据本章附录 2 第 2.2.1.1 款计算的油船船体梁的实际横剖面模数不得小于 IACS 统一要求 S7(本计算中采用 $C=1.0C_n$)或 S11 中规定的建造时横剖面模数的 90%，取大者。

[②] ~~“船级社”一词，系指“CCS”，以下同。~~

船体梁的横剖面模数　　表 3

		Z_{act} (cm^3) (1)	Z_{mc} (cm^3) (2)	备　　注
横剖面 1	上甲板			
	船底			
横剖面 2	上甲板			
	船底			
横剖面 3	上甲板			
	船底			

注：(1) 见表 2 注 1 的定义。

(2) Z_{mc} 系根据本章附录 2 第 2.2.1.2 款规定计算出的最小剖面模数的极限值。

附录 13　油船、散货船等的测厚建议程序①

13.3B　按本规范 2012 版及其 2013、2014 修改通报第 9 篇建造的双壳油船测厚的建议程序

表 7

TM3-DHT(CSR)　　纵向构件厚度测量报告 (1 个、2 个或 3 个横剖面)

船名_____　船级识别号_____　报告号_____

列板位置	第　号肋骨的第一个横剖面								第　号肋骨的第二个横剖面								第　号肋骨的第三个横剖面							
	编号或符号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm(b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)		编号或符号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm(a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)		编号或符号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)	
					P	*S*	*P*	*S*					*P*	*S*	*P*	*S*					*P*	*S*	*P*	*S*

测量者签名：_____

注解：

1. 本报告应用作记录以下测厚：
   横剖面的纵向构件；
   货物长度区域内 1 个、2 个或 3 个剖面包括典型横剖面图表中显示的适当结构项目 (10) ~ (29)，参见本文件的表 11 和表 12。
2. 应注明测量的确切肋骨站。
3. 所记录的测量值应能代表多次测量的平均值。
4. 应将测量厚度减去换新厚度后的结果作为剩余腐蚀增量进行记录。如果结果为负，该处结构应换新，并在右栏填入“*R*”。如果结果在 0 和 0.5mm 之间 (包括 0)，该处结构应额外测量，并在右栏填入“*S*”。

① 本附录仅是推荐性而非强制的。

表 7

TM3-DHT(CSR)　　纵向构件厚度测量报告 (1 个、2 个或 3 个横剖面)

船名_____　船级识别号_____　报告号_____

结构构件	第　号肋骨的第一个横剖面									第　号肋骨的第二个横剖面								第　号肋骨的第三个横剖面							
	项目编号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)			项目编号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)			项目编号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)	
					P	*S*	*P*	*S*							*P*	*S*	*P*	*S*						*P*	*S*	*P*	*S*

测量者签名：_____

注解：

1. 本报告应用作记录以下测厚：
   横剖面的纵向构件：
   货物长度区域内 1 个、2 个或 3 个剖面包括典型横剖面图表中显示的适当结构项目 (10) 到 (29)，参见本文件的表 11 和表 12。
2. 应注明测量的确切肋骨站。
3. 所记录的测量值应能代表多次测量的平均值。
4. 应将测量厚度减去换新厚度后的结果作为剩余腐蚀增量进行记录。如果结果为负，该处结构应换新，并在右栏填入“*R*”。如果结果在 0~0.5 mm(包括 0)，该处结构应额外测量，并在右栏填入“*S*”。

13.4B 双壳散货船的测厚建议程序

表 7

TM3–DSBC(CSR)　　**纵向构件厚度测量报告** (1 个、2 个或 3 个横剖面)

船名_____　船级识别号_____　报告号_____

结构构件	第　号肋骨的第一个横剖面									第　号肋骨的第二个横剖面								第　号肋骨的第三个横剖面							
	项目编号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm(b)		剩余腐蚀增量 mm (b)–(a)			项目编号		自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)–(a)			项目编号		自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)–(a)	
					P	*S*	*P*	*S*							*P*	*S*	*P*	*S*							*P*	*S*	*P*	*S*

测量者签名：_____

注解：

1. 本报告应用作记录以下测厚：
   横剖面的纵向构件：
   货物长度区域内 1 个、2 个或 3 个剖面包括本文件表 11 和 12 中典型横剖面图表中显示的适当结构项目 (8) ~ (20)、(31)。
2. 应注明测量的确切肋骨站。
3. 所记录的测量值应能代表多次测量的平均值。
4. 应将测量厚度减去换新厚度后的结果作为剩余腐蚀增量进行记录。如果结果为负，该处结构应换新，并在右栏填入“*R*”。如果结果在 0 和 0.5mm 之间 (包括 0)，该处结构应额外测量，并在右栏填入“*S*”。

表 7

TM3-DSBC(CSR)　　纵向构件厚度测量报告（1 个、2 个或 3 个横剖面）

船名_____　船级识别号_____　报告号_____

	第　号肋骨的第一个横剖面								第　号肋骨的第二个横剖面								第　号肋骨的第三个横剖面							
结构构件	项目编号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)		项目编号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)		项目编号	建造厚度 mm	自愿增加厚度 mm	换新厚度 mm (a)	测量厚度 mm (b)		剩余腐蚀增量 mm (b)-(a)	
					P	*S*	*P*	*S*					*P*	*S*	*P*	*S*					*P*	*S*	*P*	*S*

测量者签名：_____

注解：

1. 本报告应用作记录以下测厚：
   横剖面的纵向构件：
   货物长度区域内 1 个、2 个或 3 个剖面包括本文件表 11 和 12 中典型横剖面图表中显示的适当结构项目（8）到（20）和（31）。
2. 应注明测量的确切肋骨站。
3. 所记录的测量值应能代表多次测量的平均值。
4. 应将测量厚度减去换新厚度后的结果作为剩余腐蚀增量进行记录。如果结果为负，该处结构应换新，并在右栏填入“*R*”。如果结果在 0~0.5mm（包括 0），该处结构应额外测量，并在右栏填入“*S*”。

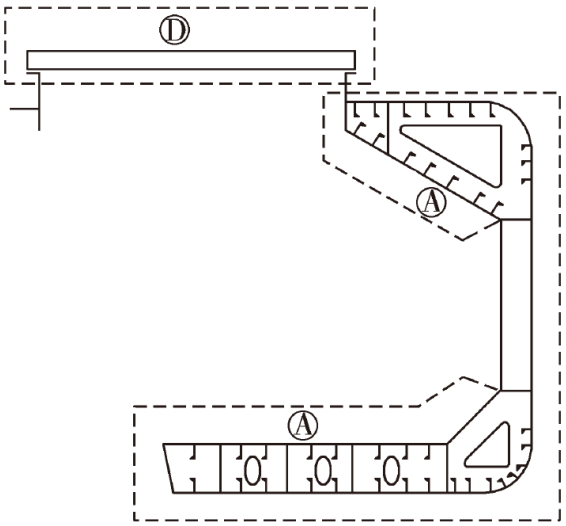
表 13 替换如下：

表 13

近观检验和测厚的区域

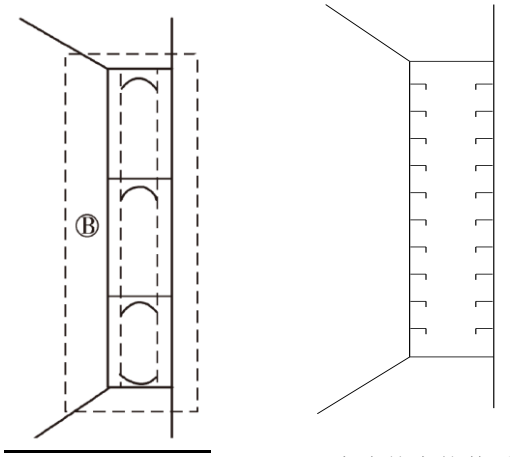
典型横剖面

区域 A 和 D



如合适，根据 TM3-DSBC(CSR)、TM4-DSBC(CSR)和 TM6-DSBC(CSR)报告厚度

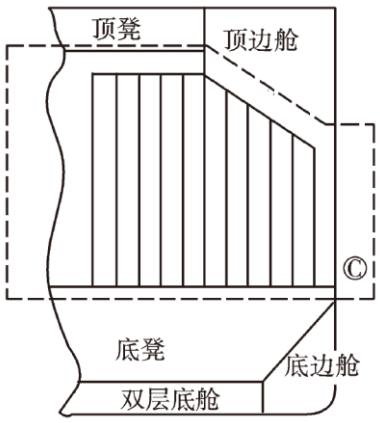
双壳液舱内的普通横向框架
区域 B



双壳液舱内的普通纵向结构

根据 TM4- DSBC(CSR)报告厚度

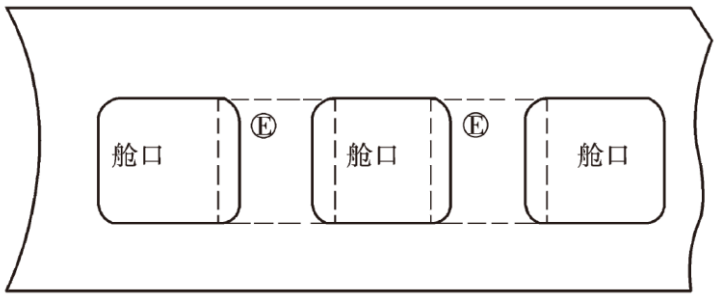
1 个货舱，横舱壁
区域 C



根据 TM5- DSBC(CSR)报告厚度

货舱开口线内舱口间甲板板的典型区域

区域 E



根据 TM6- DSBC(CSR)报告厚度

附录 14　螺旋桨轴状态监控系统指南

1　一 般 规 定

1.3　水润滑螺旋桨轴状态监控系统

1.3.2.1　螺旋桨轴应由防腐蚀材料制造，或者用由防腐蚀材料制成的轴套予以保护，或者由 CCS 认可的包覆层予以保护（系指两段轴承轴套之间使用涂料等物包覆轴身，防止被水侵蚀）。对于采取轴套或者涂层等包覆物的保护方法，船东须提交检查和评估其状况的措施（例如，在尾管轴管开口或者安装内窥镜等）且须得到 CCS 批准。

2　检　　验

2.1　初次检验

2.1.1　图纸和资料审查

2.1.1.4　现有船舶初次检验

(3)　提交最近 3 年期间有关螺旋桨轴状态监控(SCM)至少下列记录，并显示满意的结果：

④尾轴承间隙和尾轴下沉量测量记录；

3　油润滑螺旋桨轴状态监控程序

3.2　润滑油样品分析

3.2.1　一般要求

~~3.2.2.2 如分析机构仪器设备目前还不齐全，可先进行光谱分析或铁谱分析，但至少应进行油品理化分析。若对分析结果不能把握时，则 3 种析方法都应进行。分析机构应在尽可能短的时间内配齐仪器设备。~~

附录 15 柴油机滑油状态监控系统检验指南

1 一 般 规 定

1.1 适用范围

1.1.1 本指南适用于 CCS 入级船舶的柴油机滑油状态监控系统，其附加标志为：~~Engine Lub-Oil Condition Monitoring~~ ECM。

2 柴油机滑油状态监控系统检验

2.1 一般要求

2.1.1 对加注~~Engine Lub-Oil Condition Monitoring~~ ECM 附加标志的船舶，其柴油机的检验应符合本规范第 1 篇第 5 章的相关规定，除本节 2.1.2 要求外，可只作确认性检查及总体检查。

2.1.2 对本节 2.1.3 未包括的项目，其检验要求仍应符合第 1 篇第 5 章的相关规定。

2.1.3 滑油分析包括的检验项目：气缸、活塞、活塞环、活塞杆、活塞销、十字头、十字头销、导板、曲轴及所有轴承、连杆、活塞杆填料函。

2.2 初次检验

2.2.1 检查船东提出的申请及资料，确认是否具有~~Engine Lub-Oil Condition Monitoring~~ ECM 附加标志的适用条件。

2.2.2 对于新建船舶，自船东申请经批准并投入营运之日起，按规定的取样周期进行定期取样分析。

2.2.3 对于现有船舶，船东在提交申请的同时，应提交至少连续 3 次在规定的取样周期内、取样分析的润滑油分析记录及分析报告，要求：

(1) 对系统油应包括 3.2.2.1 中的所有分析项目，对气缸油按 3.2.1.3 执行；

(2) 最近一次的取样，至提交申请时应不超过 1 个取样周期，并按本节 2.3 要求进行一次确认性检查；

(3) 经批准后，授予~~Engine Lub-Oil Condition Monitoring~~ ECM 附加标志，然后按规定的取样周期进行定期取样分析，取样周期从最近一次滑油分析的取样之日算起；

(4) 若上次柴油机特别检验已满 5 年，建议在特别检验后，再开始执行柴油机的滑油状态监控。

2.2.4 对于原采用柴油机滑油状态监控系统检验的转级船舶，如船东申请保留，应按本节 2.3 要求进行一次确认性检查，合格后授予~~Engine Lub-Oil Condition Monitoring~~ ECM 附加标志。以后按柴油机原取样周期进行定期取样分析。

2.3 确认性检查

2.3.2 确认性检查要求如下：

(1) 润滑油分析机构及分析人员的认可证书或其他资格证明文件(分析机构向船东反馈润滑油分析报告的同时，应一并提交分析机构及人员的认可证书或其他资格证明文件的复印件)；

(2) 润滑油分析记录及分析结果报告，确认各监控参数值以及趋势分析在正常范围内；

(3) 查阅自上次确认性检查后的轮机日志、维修保养记录，~~解~~以及其他性能参数的记录情况，如润滑油温度、压力、排气温度、冷却水(油)温度等。

2.7 附加标志的取消

2.7.1 由船东申请或未按时进行润滑油取样分析的船舶，可取消其 ~~Engine Lub-Oil Condition Monitoring~~ ECM 附加标志，此时应恢复常规检验，并在最近一次中间检验或特别检验时进行整体拆检。

附录 17 S19 现有散货船第 1 货舱进水时，第 1 和第 2 货舱之间水密槽形横舱壁的尺寸评估

S19.2.4 非进水状态下装货舱散装货物的压力

舱壁各点的压力 P_c (kN/m^2) 按下式计算：

$$p_c = \rho_c g h_1 \tan^2\gamma$$

式中：ρ_c, g, h_1, γ ——如 S19.2.3.1 a) 所示。

作用在一个槽条上的力 F_c (kN) 按下式计算：

~~$F_f = \rho_c \cdot g \cdot s_1 \cdot \frac{(d_1 - h_{DB} - h_{LS})^2}{2} \cdot \tan^2\gamma$~~ $F_c = \rho_c \cdot g \cdot s_1 \cdot \frac{(d_1 - h_{DB} - h_{LS})^2}{2} \cdot \tan^2\gamma$

式中：ρ_c, g, s_1, h_{LS}, γ ——如 S19.2.3.1 a) 所示；

d_1, h_{DB}——如 S19.2.3.1 所示。

第 6 章 附加标志检验

第 2 节 特殊任务船舶附加标志检验

6.2.5 石油沥青船

6.2.5.1 一般要求

(1) 本条适用于具有如下附加标志的石油沥青船：

①独立液舱石油沥青船：

Asphalt Carrier (Independent tank, ~~Maximum~~ Max. cargo temperature ≤×××℃)[①], F.P.>60℃；

第 5 节 环境保护附加标志检验

6.5.1 CLEAN 标志

6.5.1.1 一般要求

(1) 本条要求适用于授予以下与环境保护系统有关的船级附加标志之一的船舶：

① CLEAN－洁净以及以下特殊标志：

a FTP (Fuel Tank Protection)——燃油舱保护；

FTP(+) (Fuel Tank Protection)——燃油舱保护；

[①] 附加标志中×××℃表示货物最高设计温度值。

b GWC (Grey Water Control)——灰水控制；
c NEC(II) (NO_x Emission Control)——NO_x 排放控制(第 II 级)
NEC(III) (NO_x Emission Control)——NO_x 排放控制(第 III 级)；
d SEC(I) (SO_x Emission Control) —SO_x 排放控制(I)；
SEC(II) (SO_x Emission Control) —SO_x 排放控制(II)；
SEC(III) (SO_x Emission Control) —SO_x 排放控制(III)；
e RSC (Refrigeration System Control)——冷藏系统控制；
f AFS (Anti-Fouling System)——防污底系统；
g GPR(Green Passport for Recycling)－绿色护照[①]；
GPR(EU)－绿色护照(欧盟)[②]；
h BWMS(Ballast Water Management System)——压载水管理系统；
i IBTS（Integrated Bilge Water Treatment System）——综合舱底水处理系统；
j EAL（Environmentally Acceptable Lubricants）——环保润滑油；
k Biofouling-C（Biofouling Control）——生物污垢控制。

第 7 节 EOM 附加标志检验

6.7.1 EOM 系统功能及组成

“EOM”（Online Comprehensive monitoring of Ship Energy Efficiency）系统为计算机化的船舶能效实时在线综合监控管理系统。该系统能够对船舶的主机、副机、锅炉等耗能设备的能耗、工况以及轴功率仪、全球卫星定位系统（GPS）、风速风向仪、计程仪、倾斜仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）、测深仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）等航行设备运行参数进行自动采集，并能够定时与岸基系统进行数据同步，实现对船舶耗能设备工况及能源消耗的在线监控，并通过对采集数据分析处理，实现船舶设备监控、能源管理和能效管理功能。

6.7.2 图纸审查

6.7.2.1 下列图纸资料应提交审图中心批准:
（1）EOM 系统电气系统图（包括系统供电、系统输入输出信号线路及参数列表）；
（2）轴功率仪电气系统图和布置图；
（3）主、副机及锅炉燃油供油管系图；
6.7.2.2 上述图纸经审图中心批准后，如发生非原则性修改，可由现场验船师审批。
6.7.2.3 EOM 系统系泊试验和航行试验大纲由现场验船师审批。

6.7.3 产品持证要求及现场核查

6.7.3.1 涉及硬件设备的持证要求见本篇第 3 章附录 1A。
6.7.3.2 交船日期在 2015 年 12 月 31 日前的申请“EOM”附加标志的船舶安装的流量计和轴功率仪，CCS 可接受已经具有的型式试验报告或其他等效的资料。

6.7.4 现场检验要求

6.7.4.1 EOM 系统应按照审批图纸和经 CCS 批准的设备安装工艺（如适用）完成设备安装、系统调试，并在系泊试验和航行试验阶段进行功能试验。现场验船师对 EOM 系统外围硬件的功能和接入到 EOM 系统信号进行检验确认后，按照经审批的试验大纲对 EOM 软件系统的船舶设备监控、能源管理、能效管理模块中的有关功能进行确认。
6.7.4.2 相关采集信号设备的安装与检验
下述所列设备中属于法定、船级范围的设备，除了应满足该设备的法定、船级检验要求外，还应按照下述检验要求进行检验。
（1）轴功率仪：

[①] 另见《船舶有害物质清单编制及检验指南》。

a) 按批准图纸和制造厂说明书的要求进行安装检验。

b) 考虑到船舶变形和局部振动对轴功率仪性能的影响，轴功率仪的定子安装底座应焊接牢固，一般焊接在船舶强构件上，不允许焊接于船体外板。

c) 见证轴功率仪的校核过程和结果。

（2）流量计

a）核查流量计检定报告。

b）按照批准图纸和制造厂说明书的要求进行安装检验，流量计的安装还应满足附录 1 的要求。

（3）电子倾斜仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）

a) 按照批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检查。

b) 效用试验时对电子倾斜仪进行校准，对 0°及其他倾斜角度输出结果进行确认。

（4）风速风向仪

a）按批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检验。

b）对效用试验进行检验。

（5）测深仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）

a）按批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检验。

b）对效用试验进行检验。

（6）全球卫星定位系统（GPS）

a）按批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检验。

b）对效用试验进行检验。

（7）计程仪

a）按批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检验。

b）对效用试验进行检验。

（8）机舱监测报警系统

a）按批准图纸的要求进行安装检验。

b）对效用试验进行检验。

c）核查输出到 EOM 系统的信号范围应满足附录 2 中关于船舶状态监控参数的最低要求。

（9）舱柜液位测量系统

a）按批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检验。

b）对效用试验进行检验。

（10）船舶吃水测量系统（若该设备信号接入 EOM 软件系统）

a）按批准图纸和厂家说明书的要求进行安装检验。

b）对效用试验进行检验。

6.7.4.3 核查采集信号设备的信号输出、输入：

（1）核查输入至 EOM 系统参数范围的完整性（详见附录 2）。

（2）核查 EOM 软件系统接收端参数数据与信号采集设备发送端参数数据的一致性。

6.7.4.4 EOM 软件功能验证：

验证 EOM 软件系统中船舶设备监控、能源管理、能效管理模块中的如下功能：

（1）设备监控：验证软件系统在采集周期内对下述参数数据的实时采集：

a)主机、副机、锅炉等耗能设备的功率、压力、温度参数（详见附录 2 中必选参数项）；

b)主机、副机、锅炉等耗能设备燃油流量计的流量参数；

c)主机轴功率仪的轴转速、扭矩、轴功率参数；

d)风速风向仪的风向、风力参数；

e)全球卫星定位系统（GPS）的船位、航向、航速参数；

f)计程仪的对水速度参数；

g)电子倾斜仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）的横倾角度；

h)测深仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）的深度值；

i)船舶吃水测量系统（若该设备信号接入 EOM 软件系统）的船舶吃水值；

（2）能源管理：验证软件系统对以下能耗指标显示：

a)燃油小时消耗量；

b)燃油日消耗量；

（3）能效管理：验证软件系统对以下主要能效指标参数计算：

a) EEOI；

b) 每海里油耗；

c) 每运输功油耗；

d) 每海里 CO2 排放；

e) 每运输单位 CO2 排放；

（4）以上软件功能验证可通过软件系统功能查看或输出报表的方式进行。

（5）船岸通信：验证 EOM 软件系统船端岸端数据传输是否通畅。

附录 1 流量计安装要求

1. 主机/副机燃油系统流量计安装位置要求

1.1 流量计的安装位置应满足实船布置要求。

1.2 进口流量计：若原供油单元信号可用时，可以使用原供油单元提供的流量信号；当原供油单元无法提供信号时，可以在原供油单元流量计附近加装流量计，该位置通常在燃油供应泵之后，燃油循环泵之前，以避免计量燃油循环量。

1.3 出口流量计：燃油系统常规布置方案中，主机回油经一个三通阀后，一路回空气分离器，这部分燃油不参与重复计量；一路回日用柜，回油流量计建议安装在回日用柜的管路上。

2. 主副机共用一套燃油系统流量计安装位置要求

2.1 流量计安装位置可参照 1 方案。为计量副机油耗，需要在副机燃油系统进出口总管上分别加装流量计，虽然部分燃油参与循环，因副机油耗低，计量的循环数据不大。

3.锅炉燃油系统流量计安装位置及数量要求

3.1 方案可参照主机流量计安装方案，如无回油或回油仅回空气分离器，则无需安装回油流量计。

4.流量计安装要求

4.1 流量计应设有旁通装置，以便流量计出现故障时保证燃油的正常供应。

4.2 流量计对于压力的要求一般为在仪表处的操作压力至少要大于介质闪蒸压力+3 倍仪表本体压损，其中操作压力是指仪表处操作压力，并非上游源头提供的操作压力（如下图 2）。



P_{out} = 出口压力

P_{dp} = 仪表处压损

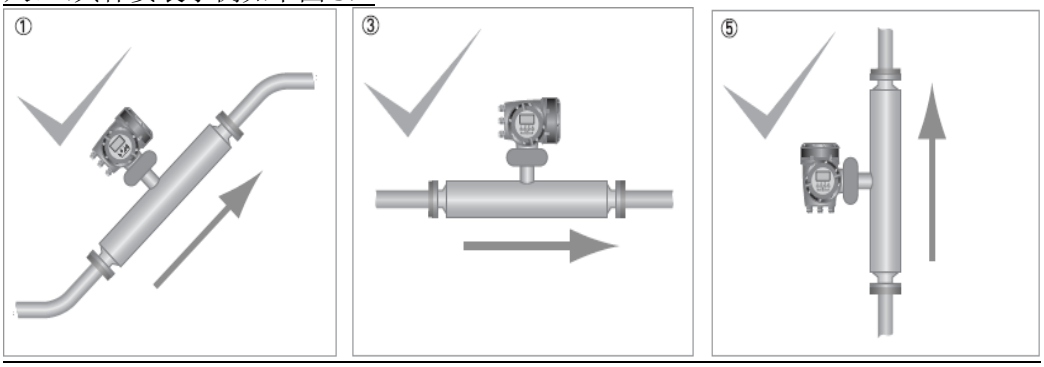
$\mathrm{P_{vp}}$ = 介质闪蒸压力

$$P_{\mathrm{out}} \geqslant (3 \times P_{\mathrm{dp}}) + \mathrm{P_{vp}}$$

图 2　流量计压力示意图

通常流量计本身会产生约 0.2bar 左右的压损，而这还不包含管线中其他部件例如弯头，缩颈等造成的压损；当流通介质粘度低时，可以精确计算压损，但使用 HFO 粘度较大时，就无法良好的控制管线及仪表内压损，这会造成实际使用中出现流量波动甚至不流通的情况。所以对于使用 HFO 介质时，为保证管路畅通和流量稳定就必须通过泵来提供操作压力。

4.3 流量计安装时应注意防止虹吸及气穴的产生，安装时应注意避免垂直向下或倾斜向下走向安装，这样安装的流量计可能会产生虹吸现象；另外水平安装流量计出口若有长管路垂直向下时有可能产生气穴。（具体安装示例如下图 3）



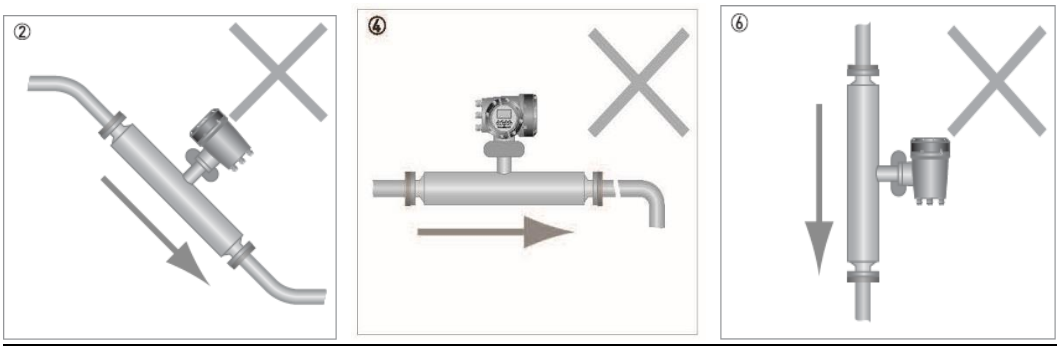


图 3　流量计安装示意图

4.4 流量计的安装除以上要求外，可以接受制造厂的安装要求。

附录 2 能效设备参数总表

1、报警系统

船舶主机、副机、锅炉等耗能设备工况常规监测参数可从下述参数汇总表中选取，带*号参数为 EOM 软件系统必选监测参数，其他参数为可选检测参数，基于船舶设计不同允许略有差异。标记带有“#X”为多设备编号，可根据设备数量增加对应参数。

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
主机参数				
1	M/E JACKET C F W INLET PRESS.*	主机缸套冷却水进机压力	MPa	
2	M/E C W IN AIR COOLER PRESS.	主机冷却水进空冷器压力	MPa	
3	M/E EXHAUST VALVE SPRING AIR INLET PRESS.	主机排气阀弹簧空气进口压力	MPa	
4	M/E CONTROL AIR INLET PRESS.	主机控制空气进口压力	MPa	
5	M/E JACKET C F W IN TEMP.*	主机缸套冷却水进机温度	℃	
6	M/E #X CYL C F W OUTLET TEMP.*	主机 X 号气缸冷却水出口温度	℃	
7	M/E C F W IN AIR COOLER TEMP.	主机冷却水进空冷器温度	℃	
8	L T F W PRESS.	低温冷却水压力	MPa	
9	L T F W TEMP.	低温冷却水温度	℃	
10	COOLING S W TEMP.	冷却海水温度	℃	
11	COOLING S W PRESS.	冷却海水压力	MPa	
12	M/E MAIN & THRUST BRG L O INLET PRESS.*	主机主轴承和推力轴承滑油进口压力	MPa	基于设计，监测点可通用或相互替代
13	M/E MAIN BRG L O INLET PRESS.*	主机主轴承滑油进口压力	MPa	
14	M/E THRUST BRG L O INLET PRESS.*	主机推力轴承滑油进口压力	MPa	
15	M/E L O &P C O INLET PRESS.*	主机滑油和活塞冷却油进口压力	MPa	
16	M/E P C O INLET PRESS.	主机活塞冷却油进口压力	MPa	
17	M/E T/C L O INLET PRESS.	主机涡轮增压器滑油进口压力	MPa	
18	M/E #X T/C L O INLET PRESS.	主机 X 号涡轮增压器滑油进口压力	MPa	
19	M/E T/C L O OUTLET TEMP.	主机涡轮增压器滑油出口温度	℃	
20	M/E #X T/C L O OUTLET TEMP.	主机 X 号涡轮增压器滑油出口温度	℃	
21	M/E MAIN BRG L O IN TEMP.*	主机主轴承滑油进口温度	℃	基于设计，监测点可通用或相互替代
22	M/E THRUST BEARING PAD TEMP.*	主机推力轴承温度	℃	
23	M/E L O & P C O IN TEMP.*	主机滑油和活塞冷却油进口温度	℃	
24	M/E P C O IN TEMP.*	主机活塞冷却油进口温度	℃	
25	M/E #X PISTON COOL O OUTLET TEMP.*	主机 X 号活塞冷却油出口温度	℃	
26	M/E F O INLET PRESS.*	主机燃油进机压力	MPa	
27	M/E F O IN TEMP.*	主机燃油进机温度	℃	
28	FO VISCOSITY	燃油粘度	cSt	
29	M/E T/C REVOLUTION	主机涡轮增压器转速	rpm	
30	M/E #X T/C REVOLUTION	主机 X 号涡轮增压器转速	rpm	
31	SHAFT REVOLTION COUNT	轴转数	10R	
32	SHAFT REVOLUTION*	轴转速	rpm	
33	FO IN SERVICE	使用重油		
34	MDO IN SERVICE	使用轻油		
35	M/E SCAV AIR PRESS.*	主机扫气压力	MPa	

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
36	M/E #X SCAV AIR BOX TEMP.*	主机 X 号扫气箱温度[3]	℃	
37	M/E SCAV AIR TEMP. BEFORE AIR COOLER	主机空冷器前扫气温度	℃	
38	M/E SCAV AIR TEMP. AFTER AIR COOLER	主机空冷器后扫气温度	℃	
39	M/E SCAV AIR RECEIVER TEMP.*	主机扫气箱温度	℃	
40	M/E #X CYL EXH GAS OUTLET TEMP.*	主机 X 号气缸排气温度[4]	℃	
41	M/E T/C IN EXH GAS TEMP.*	主机涡轮增压器废气进口温度	℃	
42	M/E #X T/C IN EXH GAS TEMP.*	主机 X 号涡轮增压器废气进口温度	℃	
43	M/E T/C OUT EXH GAS TEMP.*	主机涡轮增压器废气出口温度	℃	
44	M/E #X T/C OUT EXH GAS TEMP.*	主机 X 号涡轮增压器废气出口温度	℃	
轴系参数				
45	INTERMED SHAFT BRG TEMP.	中间轴承温度	℃	
46	S/T FORE BRG TEMP.	尾轴管前轴承温度	℃	
47	S/T AFT BRG TEMP.	尾轴管后轴承温度	℃	
48	S/T AFT BRG(P) TEMP.	尾轴管后轴承（左）温度	℃	
49	S/T AFT BRG(S) TEMP.	尾轴管后轴承（右）温度	℃	
锅炉参数				
50	COMP BLR STEAM PRESS.*	组合锅炉蒸汽压力	MPa	
51	COMP BLR F O TEMP.	组合锅炉燃油温度	℃	
52	BOILER F O PRESS.	锅炉燃油压力	MPa	
53	COMP FO IN SERVICE	锅炉使用重油		
54	COMP MDO IN SERVICE	锅炉使用轻油		
副机参数				
55	G/E F O IN TEMP.*	副机燃油进机温度	℃	基于设计，可与主机公用一个供油单元，用主机温度替代
56	#X G/E CONTROL AIR INLET PRESS.	X 号副机控制空气进机压力	MPa	
57	#X G/E CHARGE AIR PRESS.	X 号副机扫气空气进机压力	MPa	
58	#X G/E L O INLET PRESS.*	X 号副机滑油进机压力	MPa	
59	#X G/E F O INLET PRESS.*	X 号副机燃油进机压力	MPa	
60	#X G/E H/T F W INLET PRESS.*	X 号副机高温淡水进机压力	MPa	
61	#X G/E H/T F W IN TEMP.	X 号副机高温淡水进机温度	℃	
62	#X G/E L O IN TEMP.*	X 号副机滑油进机温度	℃	
63	#X G/E H/T F W OUTLET TEMP.*	X 号副机高温淡水出机温度	℃	
64	#X G/E #X CYL EXH GAS OUTLET TEMP.*	X 号副机第 X 号气缸排气温度	℃	基于气缸数确定，也可选用分组或排气总管温度替代
65	#X G/E #1,2,3 EXH G T/C IN TEMP.*	X 号副机第 1、2、3 缸排气进涡轮增压器温度	℃	
66	#X G/E #4,5,6 EXH G T/C IN TEMP.*	X 号副机第 4、5、6 缸排气进涡轮增压器温度	℃	

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
67	#X G/E EXH G T/C IN TEMP.*	X 号副机涡轮增压器废气进口温度	℃	
68	#X G/E L/T F W A/C INLET PRESS.	X 号副机低温淡水进空冷器压力	MPa	
69	#X G/E L/T F W A/C IN TEMP.	X 号副机低温淡水进空冷器温度	℃	
70	#X G/E EXH G T/C OUTLET TEMP.	X 号副机涡轮增压器废气出口温度	℃	
71	#X G/E CHARGE AIR IN TEMP.	X 号副机扫气温度	℃	
72	#X G/E BEARING TEMP.*	X 号副机轴承温度	℃	基于设计，可相互替代
73	#X G/E FORE BEARING TEMP.*	X 号副机前轴承温度	℃	
74	#X G/E AFT BEARING TEMP.*	X 号副机后轴承温度	℃	
75	#X G/E POWER*	X 号副机功率	kW	
76	G/E FO IN SERVICE	副机使用重油		
77	G/E MDO IN SERVICE	副机使用轻油		
燃油舱柜参数				
78	#X HFO SERV TK TEMP.	#X 重油日用柜温度	℃	
79	#X HFO SETT TK TEMP.	#X 重油沉淀柜温度	℃	
80	#X L S HFO SERV TK TEMP.	#X 低硫重油日用柜温度	℃	
81	#X L S HFO SETT TK TEMP.	#X 低硫重油沉淀柜温度	℃	
82	#X MDO /MGO SERV TK TEMP.	#X 轻油/柴油日用柜温度	℃	
83	#X MDO /MGO SETT TK TEMP.	#X 轻油/柴油沉淀柜温度	℃	
84	#X L S MDO /MGO SERV TK TEMP.	#X 低硫轻油/柴油日用柜温度	℃	
85	#X L S MDO /MGO SETT TK TEMP.	#X 低硫轻油/柴油沉淀柜温度	℃	
86	#X MDO/MGO TK （P/C/S）TEMP.	#X 轻油/柴油舱（左/中/右）温度	℃	
87	#X L S MDO /MGO TK（P/C/S）TEMP.	#X 低硫轻油/柴油舱（左/中/右）温度	℃	
88	#X HFO TK（P/C/S）TEMP.	#X 重油舱（左/中/右）温度	℃	
89	#X L S HFO（P/C/S） TK TEMP.	#X 低硫重油舱（左/中/右）温度	℃	
90	#X HFO SERV TK LEVEL	#X 重油日用柜液位	cm/m^3	
91	#X HFO SETT TK LEVEL	#X 重油沉淀柜液位	cm/m^3	
92	#X L S HFO SERV TK LEVEL	#X 低硫重油日用柜液位	cm/m^3	
93	#X L S HFO SETT TK LEVEL	#X 低硫重油沉淀柜液位	cm/m^3	
94	#X MDO /MGO SERV TK LEVEL	#X 轻油/柴油日用柜液位	cm/m^3	
95	#X MDO /MGO SETT TK LEVEL	#X 轻油/柴油沉淀柜液位	cm/m^3	
96	#X L S MDO /MGO SERV TK LEVEL	#X 低硫轻油/柴油日用柜液位	cm/m^3	
97	#X L S MDO /MGO SETT TK LEVEL	#X 低硫轻油/柴油沉淀柜液位	cm/m^3	
98	#X MDO/MGO TK （P/C/S）LEVEL	#X 轻油/柴油舱（左/中/右）液位	cm/m^3	
99	#X L S MDO /MGO TK（P/C/S）LEVEL	#X 低硫轻油/柴油舱（左/中/右）液位	cm/m^3	
100	#X HFO TK（P/C/S）LEVEL	#X 重油舱（左/中/右）液位	cm/m^3	

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
101	#X L S HFO（P/C/S） TK LEVEL	#X 低硫重油舱（左/中/右）液位	cm/m^3	
102	F O OVERFLOW TK LEVEL	燃油溢流柜液位	cm/m^3	
船舶吃水参数				
103	SHIP'S DRAFT (FORE)	船舶艏吃水	m	
104	SHIP'S DRAFT (PORT)	船舶舯吃水（左）	m	
105	SHIP'S DRAFT (STARBOARD)	船舶舯吃水（右）	m	
106	SHIP'S DRAFT (STERN)	船舶艉吃水	m	
燃油流量计				
107	M/E F O FLOW*	主机燃油流量	L	
108	M/E F.O.FLOW COUNTER	主机燃油流量计数器	L/h	
109	M/E & D/G COMM FO FLOW*	主、副机燃油流量	L	
110	M/E F O RETURN FLOW*	主机燃油回油量	L	如主副机共用进口流量计，此参数也可表示主副机共用回油
111	G/E F O FLOW*	副机燃油流量	L	
112	G/E F O RETURN FLOW*	副机燃油回油流量	L	
113	COMP BLR H F O FLOW*	锅炉重油流量	L	
114	COMP BLR D F O FLOW	锅炉轻油流量	L	
115	COMP BLR FO RETURN FLOW*	锅炉燃油回油流量	L	

1.风速风向仪

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
1	WIND SPEED*	风速	kts	
2	WIND DIRECTION*	风向	°	
3	WIND SPEED UNIT	风速单位		如有时
4	T/R FLAG	真风向、相对方向标志		
备注				

2.倾斜仪

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
1	X*	横倾斜角度	°	
2	Y*	纵倾斜角度	°	
备注	对倾斜仪安装进行校准，确保倾斜仪准确输出船舶倾斜状态			

3.轴功率仪

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
1	SHAFT REVOLUTION*	转速	rpm	
2	SHAFT TORQUE*	扭矩	kN·m	
3	SHAFT POWER*	功率	kW	
4	SHAFT THRUST	推力	kN	如有时
备注	此数据既可以独立信号接到驾驶台，也可以随机舱主信号一起接到驾驶台			

4.全球卫星定位系统

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
1	LATITUDE*	纬度值		
2	N/S	纬度半球 N(北半球)或 S(南半球)		
3	LONGITUDE*	经度值		
4	E/W	经度半球 E(东经)或 W(西经)		
5	SPEED OVER GROUND*	航速（对地）	knots	
6	COURSE OVER GROUND*	航向	°	
7	UTC*	UTC 日期		
备注				

5.计程仪

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
1	LONGITUDIAL WATER SPEED*	纵向对水速度	knots	
2	TRANSERSE WATER SPEED	横向对水速度	knots	如有时
3	LONGTITUDIAL GROUND SPEED	纵向对地速度	knots	如有时
4	TRANSVERSE GROUND SPEED	横向对地速度	knots	如有时
5	STERN TRANSVERSE WATER SPEED	船尾横向对水速度	knots	如有时
6	STERN TRANSVERSE GROUND SPEED	船尾横向对地速度	knots	如有时
7	TOTAL CUMULATIVE WATER DISTANCE	累计航行距离（对水）	NM	
8	WATER DISTANCE SINCE RESET	复位后累计航行距离（对水）	NM	
9	TOTAL CUMULATIVE GROUND DISTANCE	累计航行距离（对地）	NM	
10	GROUND DISTANCE SINCE RESET	复位后累计航行距离（对地）	NM	
备注	注 1 根据船舶主机气缸数量确定参数数量，#X 为气缸编号			

序号	接入参数英文名称	接入参数中文名称	单位	备注
1	WATER DEPTH RELATIVE TO TRANSDUCER*	相对换能器水深，以米为单位	m	
2	OFFSET FROM TRANSDUCER	换能器偏差，以米为单位	m	
3	MAXIMUM RANGE SCALE IN USE	最大测量量程	m	
备注				

6.测深仪

附录 3 EOM 软件系统功能检查表

验证 EOM 软件系统中船舶设备监控、能源管理、能效管理模块中的如下功能：

一、设备监控：验证软件系统在采集周期内对下述参数数据的实时采集：

序号	检验项目	结果
1	主机、副机、锅炉等耗能设备的功率、压力、温度参数	
2	主机、副机、锅炉等耗能设备燃油流量计的流量参数；	
3	主机轴功率仪的轴转速、扭矩、轴功率参数；	
4	风速风向仪的风向、风力参数；	
5	全球卫星定位系统（GPS）的船位、航向、航速参数；	
6	计程仪的对水速度参数；	

7	电子倾斜仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）的横倾角度；	
8	测深仪（若该设备信号接入 EOM 软件系统）的深度值；	
9	船舶吃水测量系统（若该设备信号接入 EOM 软件系统）的船舶吃水值；	

二、能源管理：验证软件系统对以下能耗指标显示：

序号	检验项目	结果
1	燃油小时消耗量；	
2	燃油日消耗量；	

三、能效管理：验证软件系统对以下主要能效指标参数计算：

序号	检验项目	结果
1	EEOI；	
2	每海里油耗；	
3	每运输功油耗；	
4	每海里 CO_2 排放；	
5	每运输单位 CO_2 排放；	

检验地点： 现场验船师：

检验时间：



中国船级社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

第 2 篇船体

简要编写说明

本篇修改主要涉及：

（1）纳入 IACSURS6(Rev.8 Dec 2015) 船长大于等于 90 米的各种船体构件用钢的要求；

（2）纳入 IACSURS11A(2015 June) Longitudinal Strength Standard for ContainerShips，并对相关内容作协调性修改；

（3）纳入 IACS URS10(Rev.4 2015Apr) Rudders, Sole Pieces and Rudder Horns，并对相关内容作协调性修改；

（4）纳入 IACSURS21A(Rev.1 May2015) Evaluation of Scantlings of Hatch Covers and Hatch Coamings and Closing Arrangements of Cargo Holds of Ships；

（5）执行 IACS URS34(May 2015) Functional Requirements on Load Cases forStrength Assessment of Container Ships by Finite Element Analysis 的要求，对集装箱船的直接计算要求进行修订和补充；

（6）增加船首底部砰击加强要求的直接计算评估方法；

（7）增加矿砂船极限强度要求；

（8）新增挖泥船挖泥设备支撑结构的要求；

（9）新增沙船的技术要求。

目录

第 1 章 通则.....1
第 1 节 一般规定.....1
第 3 节 材料.....1
第 5 节 结构强度直接计算.....3
第 7 节 船首甲板装置.....5
第 8 节 有限航区船舶.....6
第 12 节 结构布置.....6
第 2 章 船体结构.....6
第 2 节 总纵强度.....6
第 3 节 外板.....8
第 4 节 甲板.....9
第 6 节 双层底.....9
第 12 节 水密舱壁.....10
第 13 节 深舱.....10
第 14 节 首尾柱、球鼻首、尾轴架~~、挂舵臂~~.....11
第 15 节 船端加强.....12
第 18 节 直升机甲板.....12
第 20 节 舱口和舱口盖.....12
第 24 节 液货舱结构温度场及其热应力分析.....39
第 25 节 承载有木质支撑钢卷的内底.....40
附录 4 船首底部砰击强度评估方法.....41
第 3 章 舾装.....46
第 1 节 舵.....46
第 2 节 锚泊及系泊设备.....66
附录 1 弯矩及剪力分布计算指南.....66
第 5 章 双壳油船.....74
第 6 节 甲板骨架.....74
第 11 节 非油密舱壁和制荡舱壁.....74
附录 1 双壳油船结构强度直接计算.....74
第 6 章 单壳油船.....77
第 1 节 一般规定.....77
第 7 章 集装箱船.....77
第 2 节 总纵强度.....77
第 9 节 大型集装箱船的补充要求.....93
第 10 节 大开口船舶弯扭组合的总纵强度.....96
附录 2 集装箱船结构强度直接计算.....98
附录 3 剪流的计算.....103
附录 4 屈曲能力.....106
附录 5 船体梁极限弯曲能力.....124
第 8 章 散货船.....136
第 12 节 散货船协调附加标志与相应设计装载工况.....136

第 15 节 加筋构件的附加要求.....136
附录 1 散货船结构强度直接计算.....137
第 9 章 滚装船、客船、客滚船与渡船.....141
第 1 节 一般规定.....141
第 7 节 直接计算.....141
第 13 章 起重船.....142
第 8 节 强力甲板骨架.....142
第 14 章 挖泥船.....142
第 8 节 泥舱.....142
第 10 节 其他.....143
第 16 章 矿砂船.....144
第 1 节 一般规定.....144
第 2 节 总纵强度.....144
第 17 章 下水工作船.....145
第 4 节 局 部 强 度.....145
第 19 章 沙船.....145
第 1 节 一般规定.....145
第 2 节 泥沙舱区域结构的特殊要求.....146

第 1 章通则

第 1 节一般规定

1.1.2.27 **最大服务航速 V（kn）**：船舶按其设计在营运中以最深航行吃水、螺旋桨最大转速（RPM）和发动机的相应最大持续功率（MCR）所保持的最大航速。

第 3 节材料

1.3.4.2　最低压载水线(BWL)以上的暴露于低气温下的船体结构用钢应不低于表 1.3.4.2 的规定，对于 BWL 以上非暴露于低气温下的船体结构用钢(除了表 1.3.4.2 中注明的⑤)和 BWL 以下的船体结构用钢应满足本节 1.3.2 的要求。

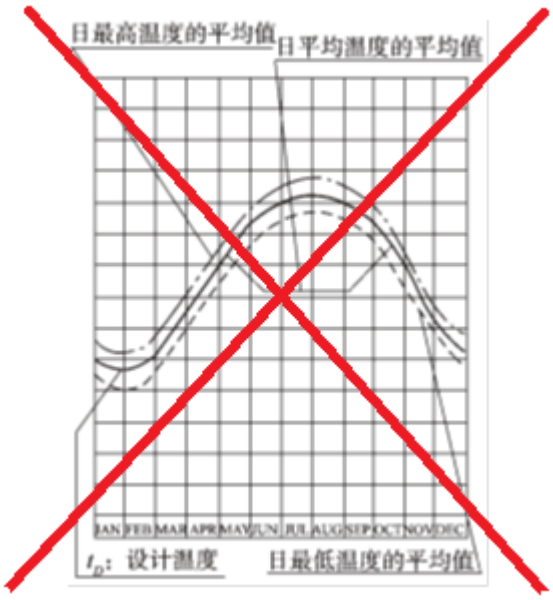
低气温下的材料级别　　表 1. 3. 4. 2

构件类别	构 件 名 称	材 料 级 别	
		船中 0.4*L* 内	船中 0.4*L* 外
次要类	通常的露天甲板板，BWL 以上的舷侧板，BWL 以上的横舱壁⑤	I	I
主要类	强力甲板板① 强力甲板以上的纵向连续构件(不包括舱口围板) BWL 以上的纵舱壁⑤ BWL 以上的顶边舱舱壁⑤	II	I
特殊类	舷侧顶列板，包括圆弧形舷板② 强力甲板边板② 纵舱壁处的甲板板③ 纵向连续的舱口围板④	III	II

注：①大开口角隅处的强力甲板板应作特殊考虑。凡可能发生局部高应力处的强力甲板板应按材料级别 III 或选用 E/EH 钢级。
②船长大于 250m 的船舶，在船中 0.4*L* 范围内，应选用不低于 E/EH 钢级。
③船宽超过 70m 的船舶，至少有 3 列甲板板应为材料级别 III。
④应选用不低于 D/DH 钢级。
⑤适用于与暴露在低气温下船体外板相连接的板材。至少有一列板被同样认为是暴露板，该板的宽度至少为 600mm。

1.3.4.6　设计温度 t_D 应为航区内的最低日平均温度的平均值，其中：
平均值：整个观测周期~~(至少 20 年)~~的统计平均。
平均：一昼夜内的平均。
最低：一年内的最低。
对季节性有限航区，适用营运期间的最低值。
图 1.3.4.6 为温度定义。

极地船证书应与极地规则保持一致，设计温度 t_D 不高于极地服务温度（PST）13℃。
在极地区域，整个观测周期的统计平均至少为 10 年。



~~图 1.3.4.6　通用温度定义~~

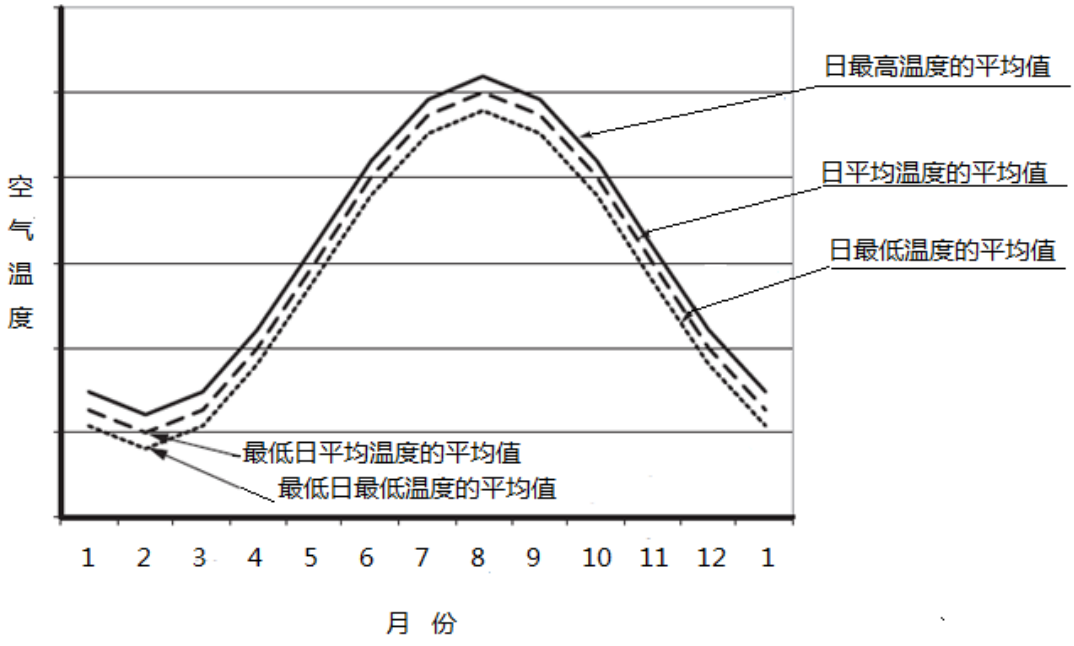


图 1.3.4.6　通用温度定义

焊接结构用铝合金　　表 1.3.5.3(1)

铝合金	~~$k_1\eta_1$~~	~~$k_2\eta_2$~~
未经加工硬化处理的铝合金(退火状态 O 或退火矫平状态 H111 下 5000 系列)	1	1
经加工硬化处理的铝合金（除 O 或 H111 状态外 5000 系列）	$R'_{p0.2}/R_{p0.2}$	R'_m/R_m
经热处理硬化的铝合金（6000 系列）(1)	$R'_{p0.2}/R_{p0.2}$	0.6

注：(1) 如无资料提供，系数 η_1 应取为表 1.3.5.3(2)所定义的金相效率系数 β；

$R'_{p0.2}$ —焊接状态下材料的最小可保证的屈服应力，N/mm^2；

R'_m —焊接状态下材料的最小可保证的抗拉强度，N/mm^2。

1.3.6.3　不锈钢的材料系数K应按下式计算：

$$K=\frac{235}{R_{eHT}}$$

式中：R_{eHT}——设计允许的最高货物温度下，不锈钢的最小屈服强度或规定非比例延伸强度，N/mm^2，应按下列各式计算：

~~$R_{eHT}=-40\ln T+127+R_{P0.2}$~~ $R_{eHT}=-40\ln(T)+127+R_{P0.2}$，对于不含氮奥氏体不锈钢；

~~$R_{eHT}=-48\ln T+142+R_{P0.2}$~~ $R_{eHT}=-48\ln(T)+142+R_{P0.2}$，对于含氮奥氏体不锈钢；

~~$R_{eHT}=-65\ln T+200+R_{P0.2}$~~ $R_{eHT}=-65\ln(T)+200+R_{P0.2}$，对于双相不锈钢。

T——设计允许的最高货物温度，℃；

$R_{P0.2}$——室温下，不锈钢的最小屈服强度或规定非比例延伸强度，N/mm^2，按 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 8 节规定。

对于双相不锈钢，材料系数 K 应不小于 0.68。

第 5 节　结构强度直接计算

1.5.4.2　干散货上表面应按下述要求确定：

(1)　对棱柱形货舱，当干散货装载至舱口围板顶部时，货物上表面应按货舱范围内相同货物体积等效确定。等效货物水平表面在内底以上 h_C 处，如图 1.5.4.2(1)所示，应按下式计算：

$$h_C = h_{HPU} + h_0 \qquad \text{m}$$

式中：h_{HPU}——从内底至顶边舱与舷侧外板或内壳板下交点的垂直距离，m，见图 1.5.4.2(1)；

h_0——从顶边舱与舷侧外板或内壳下交点至等效货物水平面的垂直距离，$h_0=\frac{S_A}{B_H}$，m；

$$S_A = S_0 + \frac{V_{HC}}{l_H}$$

S_0——从顶边舱与舷侧外板或内壳板下交点至上甲板水平面的阴影面积，m^2，见图 1.5.4.2(1)；

V_{HC}——由甲板至围板顶部范围内舱口围板所包围的容积，m^3；

l_H——货舱长度，m；

B_H——货舱的平均宽度，m。

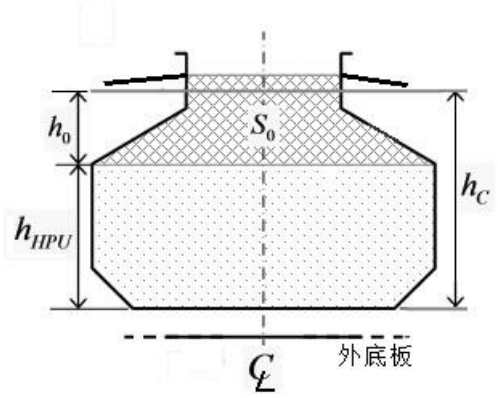


图 1.5.4.2(1) h_C、h_0、h_{HPU} 和 S_0 的定义

(2) 对棱柱形货舱，当干散货未装载至上甲板时，假定干散货上表面沿船体横向为抛物面，沿货舱长度方向的各横剖面形状相同，如图 1.5.4.2(2)所示。货物上表面形状的各参数根据货舱内的货物体积(取 M/ρ_C)确定，应按下列各式计算：

$$h_C = h_y + h_2 + h_{HPL} \quad \text{m} \qquad \text{当 } h_2 \geqslant 0 \text{ 时}$$

$$h_C = h_y + h_{22} \quad \text{m} \qquad \text{当 } |y| \leqslant \frac{B_2}{2} \text{ 且 } h_2 < 0 \text{ 时}$$

$$h_C = 0 \quad \text{m} \qquad \text{当 } |y| > \frac{B_2}{2} \text{ 且 } h_2 < 0 \text{ 时}$$

式中：h_2——距离，m，见图 1.5.4.2(2)，应按下式计算：

$$h_2 = \frac{M}{\rho_C B_H l_H} - \frac{B_H + B_{IB}}{2B_H} h_{HPL} - \frac{B_H}{6}\tan\delta + \frac{V_{TS}}{B_H l_H}$$

h_y——距离，m，见图 1.5.4.2(2)，应按下列各式计算：

$$h_y = h_1\left(1 - \frac{4y^2}{B_H^2}\right) \text{ 当 } h_2 \geqslant 0 \text{ 时}$$

$$h_y = h_1\left(1 - \frac{4y^2}{B_2^2}\right) \text{ 当 } h_2 < 0 \text{ 时}$$

B_2——当 $h_2 < 0$ 时的货物表面宽度，m，见图 1.5.4.2(2)，应按下式计算：

$$B_2 = \sqrt{\frac{\frac{6}{l_H}\left(\frac{M}{\rho_C} + V_{TS}\right) + \frac{3B_{IB}^2}{B_H - B_{IB}} h_{HPL}}{\tan\delta + \frac{3h_{HPL}}{B_H - B_{IB}}}}$$

h_{22}——当 $h_2 < 0$ 时的距离，m，见图 1.5.4.2(2)，应按下式计算：

$$h_{22} = h_{HPL}\left(\frac{B_2 - B_{IB}}{B_H - B_{IB}}\right)$$

h_{HPL}——从内底至底边舱与舷侧外板或内壳上交点的垂直距离，m，见图 1.5.4.2(2)。如无底边舱，h_{HPL}

取 0。

h_1——距离，m，见图 1.5.4.2(2)，应按下列各式计算：

$$h_1 = \frac{B_H}{4}\tan\delta \text{ 当 } h_2 \geqslant 0 \text{ 时}$$

$$h_1 = \frac{B_2}{4}\tan\delta \text{ 当 } h_2 < 0 \text{ 时}$$

M——货舱干散货质量，t；

V_{TS}——在货舱长度 l_H 范围内，横舱壁底凳的总体积，m^3。该体积不包括底边舱穿过横舱壁的部分；

B_H、l_H——见本条(1)；

B_{IB}——内底平均宽度，m，见图 1.5.4.2(2)；

ρ_C——干散货密度，t/m^3；

δ——货物的休止角，按下列情况确定：

$\delta = 35^\circ$，当货物为矿石和煤时；

=~~35°~~ 30°，当货物为盐、黄砂、石子、谷物时；

$=25^\circ$，当货物为散装水泥时；

y——计算点距中纵剖面的横向距离，m。

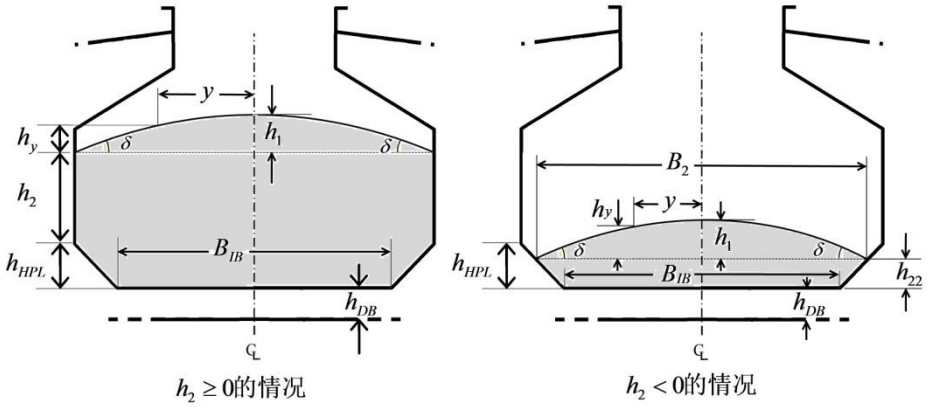


图 1.5.4.2(2) h_y、h_1、h_2、h_{22} 和 h_{HPL} 的定义

(3) 对非棱柱形货舱，干散货上表面可取在上甲板水平面处，密度取 M/V_H，其中 V_H 为货舱容积，不包括舱口围板包围的部分。

第 7 节船首甲板装置

1.7.1.8 对其他形式的空气管，载荷应按 1.7.1.3 和 1.7.1.4 计算，支撑形式应按 1.7.1.~~7~~6 的要求决定。如设有肘板时，应根据肘板垂向臂长确定适当的板厚与长度，管子壁厚应不小于表 1.7.1.7 标明的值。管子的壁厚应取为不小于 IACS UI LL36 的相关规定。

第 8 节有限航区船舶

1.8.3.2 按本篇第 2 章第 2 节或第 7 章第 2 节、第 10 节的要求校核船舶的总纵强度时，波浪弯矩和波浪切力可按下述要求减小

（1）在 1 类航区航行的船舶减小 10%；

（2）在 2 类航区航行的船舶减小 15%；

（3）在 3 类航区航行的船舶减小 20%。

第 12 节结构布置

1.12.12.5 对于载运闪点不超过 60℃的油船，货油舱的隔离应按照下述要求：货油泵舱、货油舱、污油水舱和隔离空舱应位于机器处所之前。主货物控制站、控制站、住舱和服务处所应位于货油舱、污油水舱和将货油舱或污油水舱与机器处所相隔离的处所之后，但不必在燃油舱和压载水舱之后。

第 2 章船体结构

第 2 节总纵强度

2.2.1.1 对于船长大于等于 65m 的船舶应按本节要求校核其总纵强度。对于船长小于 65m 的非常规船型或特殊装载的船舶，也可按本节要求校核其总纵强度。

对于船长大于等于 90m 的集装箱船或主要运载集装箱的船舶，其总纵强度应满足本篇第 7 章第 2 节和本节 2.2.5.1 的要求。

2.2.1.2 (2)对于具有甲板大开口的船舶，还应按本篇第 7 章第 ~~2~~10 节的要求校核弯扭组合的总纵强度；

2.2.3.1 船体梁各横剖面的中拱波浪弯矩 $M_W(+)$和中垂波浪弯矩 $M_W(-)$应按下列公式计算：

~~$M_W(+) = +190MCL_2BC_b \times 10^{-3}$~~ $M_W(+) = +190MCL^2BC_b \times 10^{-3}$ kN m

~~$M_W(-) = -110MCL_2B(C_b+0.7) \times 10^{-3}$~~ $M_W(-) = -110MCL^2B(C_b+0.7) \times 10^{-3}$ kN m

式中：M——弯矩分布系数，见图 2.2.3.1；

L——船长，m；

B——船宽，m；

C_b——方形系数，但计算取值不应小于 0.60；

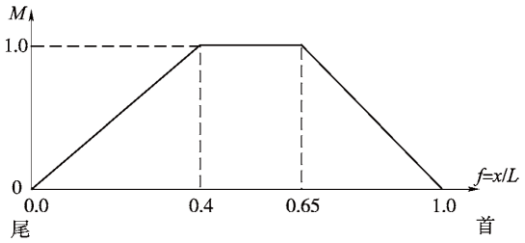
C——系数，按下列各式计算：

$C=0.0412L+4$， 当 $L<90$m 时；

$C=10.75-\left(\frac{300-L}{100}\right)^{3/2}$， 当 $90 \leqslant L \leqslant 300$m 时；

$C=10.75$， 当 $300<L<350$m 时；

$C=10.75-\left(\frac{L-350}{150}\right)^{3/2}$， 当 $350 \leqslant L \leqslant 500$m 时。



2.2.7.5　纵骨的理想弹性屈曲应力按下列各式计算：

(1)　横截面无转动的柱屈曲模式(垂直于板的平面)，纵骨的理想弹性屈曲应力 σ_E 应按下式计算：

$$\sigma_E=0.001E\frac{I_a}{Al^2}\quad \text{N/mm}^2$$

式中：I_a　——纵骨惯性矩，cm^4；包括带板，且按本节表 2.2.7.4 减薄后的厚度计算；

A　——纵骨横截面面积，cm^2；包括带板，且按本节表 2.2.7.4 减薄后的厚度计算；

l　——纵骨跨距，m。

(2)　扭转屈曲模式，纵骨的理想弹性屈曲应力 σ_E 按下式计算：

$$\sigma_E=\frac{\pi^2EI_W}{I_pl^2\times10^4}\left(n^2+\frac{K_B}{n^2}\right)+0.385E\frac{I_t}{I_p}\quad \text{N/mm}^2$$

式中：$K_B=\dfrac{Cl^4}{\pi^4EI_W}\times10^6$；

n——半波数，由表 2.2.7.5 给出；

半波数 *n* 值　　表 2.2.7.5

	$0<K_b\leqslant4$	$4<K_B\leqslant36$	$36<K_B\leqslant144$	$(n\text{-}1)^2n^2<K_B\leqslant n^2(n+1)^2$
n	1	2	3	n

I_t——剖面的圣维南惯性矩(不包括带板)，cm^4，应按下列各式计算：

$$I_t=\frac{h_wt_w^3}{3}\times10^{-4}\quad ,\qquad \text{对扁钢；}$$

$$I_t=\frac{1}{3}\left[h_wt_w^3+b_ft_f^3\left(1-0.63\frac{t_f}{b_f}\right)\right]\times10^{-4}\ ,\qquad \text{对有折边剖面；}$$

I_p——扶强材与板连接处的剖面极惯性矩，cm^4：

$$I_p=\frac{h_w^3t_w}{3}\times10^{-4}\quad ,\qquad \text{对扁钢；}$$

~~$I_p=(\frac{h_w^3t_w}{3}+h^2b_ft_f)\times10^{-4}$~~ $I_p=(\frac{h_w^3t_w}{3}+h_w^2b_ft_f)\times10^{-4}$，　　对有折边剖面；

I_w——扶强材与板连接处的剖面扇形惯性矩，cm^6：

~~$I_w=\frac{h_w^3t_w}{36}\times10^{-6}$~~ $I_w=\frac{h_w^3t_w^3}{36}\times10^{-6}$，　　对扁钢；

$I_w = \dfrac{t_f b_f^3 h_w^2}{12}$ $\times 10^{-6}$，　对 T 形剖面；

$I_w = \dfrac{b_f^3 h_w^2}{12\left(b_f + h_w\right)^2}\left[t_f\left(b_f^2 + 2b_f h_w + 4h_w^2\right) + 3t_w b_f h_w\right]$ $\times 10^{-6}$　，对角钢和球扁钢；

l ——纵骨跨距，m；

E ——材料弹性模量，N/mm^2；

h_w——腹板高度，mm；

t_w ——按本节表 2.2.7.4 减薄后的腹板厚度，mm；

b_f ——面板宽度，mm；

t_f ——按本节表 2.2.7.4 减薄后的面板厚度，mm，对球扁钢，可用球的平均厚度；

C ——由支持板格产生的弹簧刚度，按下式计算：

$$C = \frac{K_p E t_p^3}{3s\left(1 + \dfrac{1.33 K_p h_w t_p^3}{1000 s t_w^3}\right)} \times 10^{-3}$$

s ——纵骨间距，m；

t_p ——板格厚度，mm，按本节表 2.2.7.4 减薄后的厚度计算；

$K_p = 1 - \eta_p$ 取正值，对于折边剖面，K_p 取不小于 0.1；

$\eta_p = \dfrac{\sigma}{\sigma_{EP}}$；

σ ——工作压应力，按本节 2.2.5.5 计算，但取值应不小于 $30/K$，N/mm^2，其中 K 为材料系数；

σ_{EP} ——按本节 2.2.7.4 计算所得的支持板的理想弹性屈曲应力。

(3)　纵骨腹板和面板的屈曲：

①对纵骨的腹板，理想弹性屈曲应力 σ_E 应按下式计算：

$$\sigma_E = 3.8E\left(\frac{t_w}{h_w}\right)^2 \ N/mm^2$$

式中：t_w、h_w、E 见本条(2)。

②对于角钢和 T 形截面的纵骨，面板的屈曲可按下式要求校核：

$$\frac{b_f}{t_f} \leqslant 15$$

式中：b_f ——对角钢为面板的宽度，对 T 形截面为面板的半宽，mm；

t_f ——面板厚度，mm。

第 3 节　外　　板

2.3.4.3　舷侧为纵骨架式时，船中部 0.4*L* 区域内舷侧外板厚度 *t* 应符合下列规定：

(1)　距基线 $\frac{1}{2}D$ 以上的舷侧外板厚度 *t* 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$\sout{t_1=0.06s(L+110)\sqrt{F_dK}}\quad \underline{t_1=0.06s(L+110)\sqrt{\frac{F_d}{K}}}\qquad \text{mm}$$

$$t_2=4.2s\sqrt{(d+h_2)K}\qquad \text{mm}$$

(2)　距基线 $\frac{1}{4}D$ 以下的舷侧外板厚度 *t* 应不小于按下列两式计算所得之值：

$$\sout{t_1=0.06s(L+110)\sqrt{F_bK}}\quad \underline{t_1=0.06s(L+110)\sqrt{\frac{F_b}{K}}}\qquad \text{mm}$$

$$t_2=5.4s\sqrt{(d+h_1)F_bK}\qquad \text{mm}$$

式中：*s* ——纵骨间距，m，计算时取值应不小于纵骨的标准间距；

L ——船长，m，计算时取值不必大于 190m；

d ——吃水，m；

F_d、F_b ——折减系数，见本章 2.2.5.7；

h_1 ——见本节 2.3.1.2；

h_2 ——见本节 2.3.4.2；

K ——材料系数。

(3)　距基线 $\frac{1}{4}D$ 至距基线 $\frac{1}{2}D$ 区域内的舷侧外板厚度 *t*，根据上述(1)、(2)中的 t_2 用内插法求得，但不应小于上述(2)中的 t_1。

(4)　在计算 t_1 时，除本章第 2 节规定的高强度钢最小范围外，材料系数可取 1。

第 4 节　甲　板

2.4.2.2　在开口边线以内及离船端 0.075*L* 区域内的强力甲板，无论是纵骨架式或横骨架式，其厚度 *t* 应不小于按下式计算所得之值：

$$\sout{t=0.9s\sqrt{L+75K}}\ \underline{t=0.9s\sqrt{(L+75)K}}\qquad \text{mm}$$

式中：*s* ——骨材间距，m，计算时取值应不小于骨材的标准间距；

L ——船长，m；

K ——材料系数。

第 6 节双层底

2. 6. 1. 2 双层底中断处船底纵向骨架应保持连续性，中断区域的单底中内龙骨和旁内龙骨应为双层底中桁材和旁桁材的~~直接~~延续部分；而内底板应在不小于 3 个肋距内逐渐缩小为中内龙骨和旁内龙骨的面板，

此面板在双层底中断处的宽度应不小于旁内龙骨间距的一半。内底边板亦应向中断区域延伸不小于 3 个肋距；当内底边板为倾斜时，其延伸部分应有面板或折边，其宽度可逐渐减小。中断区域内，不与双层底旁桁材直接连续的旁内龙骨，应向双层底内延伸 3 个肋距，其高度可逐渐降低，其自由边应有折边。

2.6.1.6 双层底内肋板和桁材的最小厚度为 6mm。

2. 6. 4. 1 旁桁材的厚度应不小于按下式计算所得之值：~~可比本节 2. 6. 2. 2 规定的中桁材厚度减少 3mm。水密旁桁材厚度应较旁桁材厚度增厚 2mm。但旁桁材的厚度均应不小于相应的肋板厚度。~~

$$t = (0.0077h_0+1)\sqrt{K} \quad \text{mm}$$

式中：h_0——双层底计算高度，mm；

K——材料系数。

水密旁桁材厚度应较上式计算所得之值增厚 1mm。如双层底与边液舱或深隔离舱内部相连通时，水密旁桁材厚度还应符合深舱要求。

第 12 节水密舱壁

2.12.4.5 扶强材腹板的最小高度应满足本章 2.11.1.4 的要求，腹板的厚度 t 应符合下列要求：

对于有折边或面板的轧制或组合扶强材：$t \geqslant \dfrac{d_w}{60\sqrt{K}}$ mm

对于扁钢扶强材：$t \geqslant \dfrac{d_w}{18\sqrt{K}}$ mm

式中：d_w——扶强材腹板高度，mm；

K—材料系数。~~对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求(另见本篇第 1 章 1.14.9)，则可取较低强度等级的 K 值计算。~~

2.12.5.3 对称槽形舱壁板的厚度 t 应符合本节 2.12.3.1 的规定，且应符合下列要求：

在顶部：$t \geqslant \dfrac{a}{85\sqrt{K}}$ mm

在底部：$t \geqslant \dfrac{a}{70\sqrt{K}}$ mm

式中：a——槽型平面部分宽度，mm；

K——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料系数仍能满足板屈曲校核要求(另见本篇第 1 章 1.~~14~~5.9)，则可取较低强度等级的 K 值计算。

2.12.7.2 桁材腹板高度应不小于其支持的舱壁扶强材腹板高度的 2.5 倍，~~腹板厚度应不小于舱壁板在桁材平面处的厚度，~~面板宽度应不大于腹板高度或面板厚度的 35 倍。

第 13 节深舱

2. 13. 7. 2 支持舷侧纵骨的强肋骨的剖面模数 W，应不小于按下式计算所得之值：

$$W=11.7s\rho hl^2K\text{cm}^3$$

式中：s——强肋骨间距，m；

h——由强肋骨跨距中点量至深舱顶垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取较大者，m；

ρ——液体密度，t/m^3，计算时取值应不小于 1. 025；

l——强肋骨跨距，m~~，由肋板或内底上缘量至甲板的垂直距离~~；

K——材料系数。

第 14 节首尾柱、球鼻首、尾轴架、挂舵臂

2.14.7 挂舵臂

2.14.7.1 支承半悬挂舵的挂舵臂可采用钢板焊接或铸钢，其水平剖面形状可参照推进器柱的截面。挂舵臂应伸入船体，并与加强的主体结构牢固地连接。挂舵臂与船体外板相交处，应设置具有适当圆弧的过渡板。圆弧半径不小于$(0.8L+150)$mm，其中L为船长。

2.14.7.2 挂舵臂(如图 2.14.7.2 所示)上任一水平剖面的弯矩M_b、剪力Q和扭矩M_T应按下列各式计算：

$$M_b=PZ \quad \text{N}\cdot\text{m}$$

$$Q=P \quad \text{N}$$

$$M_T=Pe \quad \text{N}\cdot\text{m}$$

式中：Z和 e 见图 2.14.7.2，m，e为舵销孔中心点至所计算剖面中和轴线的距离；

P——挂舵臂的支持力，N，应按本篇 3.1.4.6 计算。

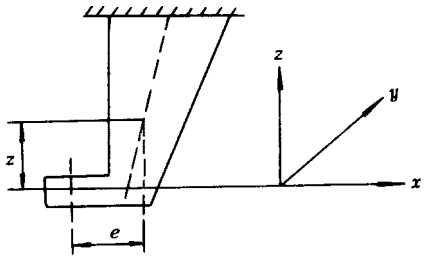


图 2.14.7.2

2.14.7.3 挂舵臂任一水平剖面对 x 轴的剖面模数W应不小于按下式计算所得之值：

$$W=\frac{K}{67}M_b \quad \text{cm}^3$$

式中：M_b——计算剖面处的弯矩，N·m，按本节 2.14.7.2 计算；

K——材料系数。对于钢板焊接的挂舵臂，K为按本篇 1.3.1.7 所取的材料系数；对于铸钢的挂舵臂，K为按本篇 3.1.1.5 所取的材料系数。

2.14.7.4 挂舵臂任一水平剖面上因切力产生的剪切应力τ，应不超过按下式计算所之值：

$$\tau=\frac{48}{K} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：K见本节 2.14.7.3。

2.14.7.5 挂舵臂任一水平面上的相当应力σ_e应不超过 $120/K$，N/mm^2(系数K见本节 2.14.7.3)。相当应力σ_e应按下式计算：

$$\sigma_e=\sqrt{\sigma^2+3\left(\tau^2+\tau_t^2\right)} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：$\sigma=\frac{M_b}{W}$，N/mm^2，其中M_b见本节 2.14.7.2，W为计算剖面对x轴的剖面模数，cm^3；

$\tau=\frac{P}{A_y}$，N/mm^2，其中P见本节 2.14.7.2，A_y为计算剖面在y轴方向上的有效剪切面积，mm^2；

$\tau_t=\frac{M_T\times10^3}{2A_Tt}$，$\text{N/mm}^2$，其中$M_T$见本节 2.14.7.2，$A_T$为计算剖面处由挂舵臂型线围住的面积，$\text{mm}^2$，$t$为挂舵臂板厚，mm。

第 15 节船端加强

2.15.3.6 ~~当船舶的最小首吃水小于 0.01*L* 时，对其首部船底的加强应按直接计算法确定，设计方应提供详细的直接计算资料。~~对符合以下任一条件的船舶，其首部船底的加强应按本章附录 4 规定的直接计算评估方法进行验证：

(1) 当船舶的最小首吃水小于 0.01*L* 时；

(2) 当主要构件的布置与本节 2.15.3 相关规定不符时。

第 18 节 直升机甲板

2.18.6.2 直升机甲板板、甲板骨架及其支撑结构的许用弯曲应力[σ]、许用剪切应力[τ]和受压构件的许用应力[σ_{cb}]如下：

(1) 许用弯曲应力[σ]按表 2.18.6.2 确定；

许用弯曲应力[σ] **表 2.18.6.2**

构件 / 设计工况	甲板板	甲板纵骨和横梁等甲板次要构件	甲板纵桁、甲板强横梁等甲板主要构件和平台支柱、撑杆等平台桁架构件
甲板均布载荷工况	$0.6R_{eH}$③	$0.6R_{eH}$	$0.6R_{eH}$①
直升机着陆冲击工况	R_{eH}②	R_{eH}	$0.9R_{eH}$①
直升机系留工况	R_{eH}	$0.9R_{eH}$	$0.9R_{eH}$①

表中：R_{eH} ——材料屈服应力，N/mm^2；对于铝合金结构，取 $R_{p0.2}$，见本规范第 1 章第 3 节；

①——对于承受轴向压缩的构件，应按许用弯曲应力和许用临界屈曲应力之小者进行校核；

②——对于直升机着陆冲击工况，直升机甲板板的应力若按承受垂向分布载荷的四边铰支板进行求解时，该项的许用应力可取 $1.1R_{eH}$。

③——对于甲板均布载荷工况，直升机甲板板厚应不小于 2.18.5 和本规范中的最小板厚规定；

(2) 许用剪切应力：~~[τ]=[σ]/$\sqrt{\ }$~~ [τ]=[σ]/$\sqrt{3}$；

(3) 许用压应力[σ_{cb}]按本章2.2.7.5(1)和2.2.7.6计算。

第 20 节舱口和舱口盖

2.20.2.1 一般要求

(1)本条适用于除第 1 篇第 2 章附录 2 定义的散货船、矿砂船和兼用船以外的船舶，并适用于所有露天甲板上的货舱舱口盖和舱口围板。

(2)强度要求适用于舱口盖和具有加筋板构造的舱口围板及舱口盖的封闭装置。

(3)本条要求适用于钢质舱口盖和舱口围板。舱口盖和舱口围板的材料应满足本篇第 1 章第 3 节的有关要求。舱口盖顶板、底板和主要支撑构件应为材料级别 I。若采用等效材料或新颖结构设计时，应提交 CCS 认可。

(4)舱口盖的主要支撑构件和扶强材在舱口盖的长度和宽度范围内应尽可能连续，如无法实现时，应采用适当的布置方式以确保舱口盖有足够的承载能力，但不应采用端部削斜的连接方式。

平行于扶强材方向的主要支撑构件的间距应不超过其跨距的 1/3。当强度评估采用平面应变或壳单元的有限元分析时，这项要求可适当放宽。

舱口围板的扶强材在舱口围板的宽度和长度范围内应连续。

(5)除另有规定外，本条规定中板厚 t 均为净板厚。

构件的净厚度要满足本节 2.20.2.3-2.20.2.6 以及 2.20.2.8 规定的最小净尺寸要求。

总厚度等于净厚度 t 加上腐蚀余量 t_s，腐蚀余量见本节 2.20.2.10 的要求。

采用~~梁理论、~~板架分析或有限元方法进行强度计算时应基于净尺寸。

2.20.2.2 舱口盖和舱口围板的载荷模型

舱口盖和舱口围板的结构强度评估采用的载荷应符合下列规定。

定义：

L =船长，m；

L_L =载重线船长，m；

x =结构构件中点至 L 或 L_L 后端的纵向距离；

~~T_{fb}~~D_{min}= ~~夏季载重线吃水~~最小型深，m，见载重线公约附则 I 第 3 条的规定；

h_N =标准上层建筑高度，m，按下式计算：

$$h_N = 1.05 + 0.01L_L \text{，且} 1.8 \leqslant h_N \leqslant 2.3 \text{。}$$

(1)垂向露天设计载荷

舱口盖的垂向露天设计载荷 p_H 由载重线公约给出，可按表 2.20.2.2(1)进行计算。垂向露天设计载荷不应与本条(3)、(4)中的货物载荷进行组合。

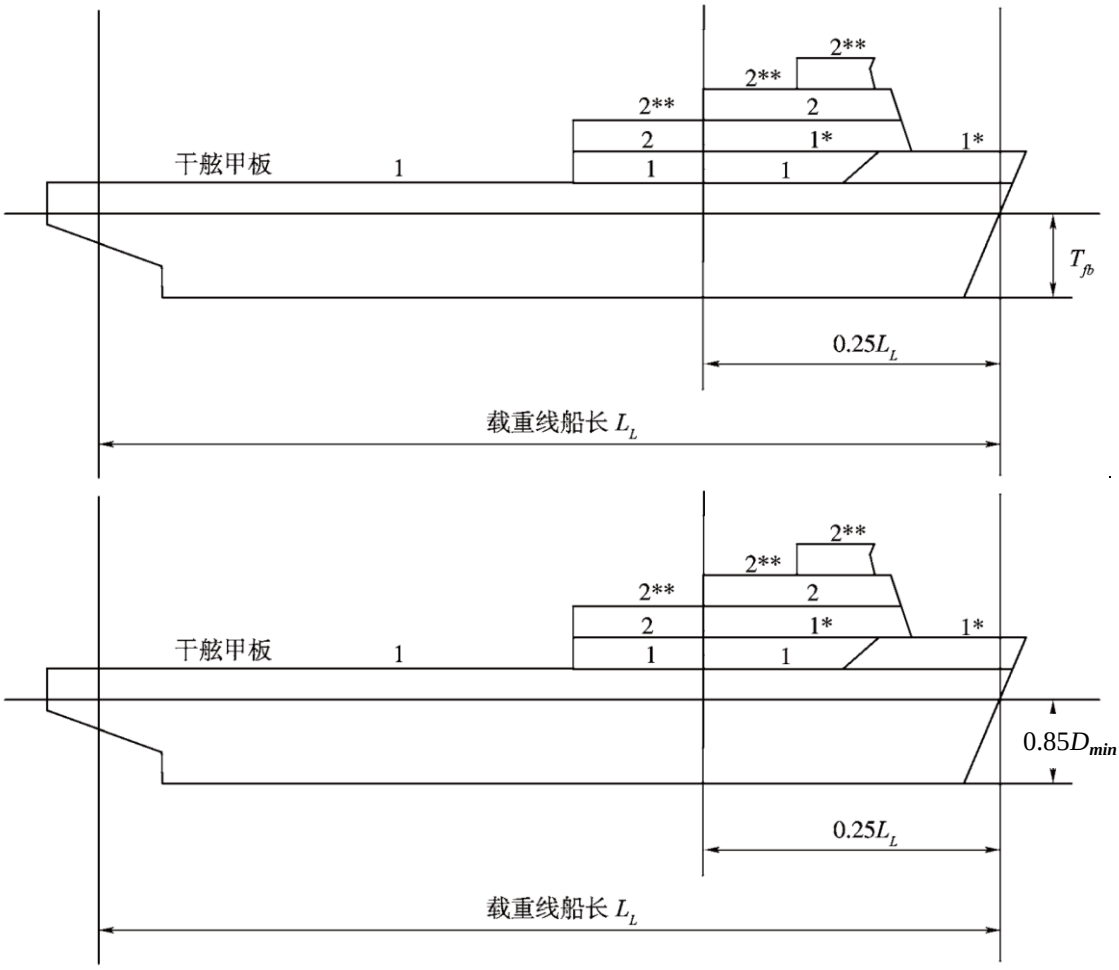
位置 1 和位置 2 见图 2.20.2.2(1)。

~~勘划增加干舷时实际干舷甲板上的舱口盖的设计载荷可按上层建筑甲板来进行计算，前提是夏季干舷对应的吃水应不超过基于假定干舷甲板计算的最小干舷，而假定干舷甲板应低于实际干舷甲板至少一个标准上层建筑高度 h_N~~对勘划增加干舷船舶，实际干舷甲板上的舱口盖的设计载荷可按上层建筑甲板来进行计算，前提是夏季干舷对应的吃水应不超过基于假定干舷甲板计算的最小干舷而确定的吃水，并且假定干舷甲板应低于实际干舷甲板至少一个标准上层建筑高度 h_N，如图 2.20.2.2(2)所示。

露天甲板舱口盖的垂向露天设计载荷　　表 2.20.2.2(1)

<table>
<tr><td rowspan="2">舱口盖位置</td><td colspan="2">垂向露天设计载荷 p_H，kN/m^2</td></tr>
<tr><td>$\frac{x}{L_L} \leqslant 0.75$</td><td>$0.75 < \frac{x}{L_L} \leqslant 1.0$</td></tr>
<tr><td rowspan="6">1</td><td colspan="2">对于 24m$\leqslant L_L \leqslant$100m</td></tr>
<tr><td rowspan="2">$\frac{9.81}{76}(1.5L_L + 116)$</td><td>干舷甲板上：$\frac{9.81}{76}\left[(4.28L_L + 28)\frac{x}{L_L} - 1.71L_L + 95\right]$</td></tr>
<tr><td>位于干舷甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上：
$\frac{9.81}{76}(1.5L_L + 116)$</td></tr>
<tr><td colspan="2">对于 L_L>100m</td></tr>
<tr><td rowspan="3">9.81×3.5</td><td>载重线公约规定的 B 型船舶的干舷甲板上：
$9.81\left[(0.0296L_1 + 3.04)\frac{x}{L_L} - 0.0222L_1 + 1.22\right]$</td></tr>
<tr><td>干舷小于载重线公约规定的 B 型船舶的干舷甲板上：
$9.81\left[(0.1452L_1 - 8.52)\frac{x}{L_L} - 0.1089L_1 + 9.89\right]$
L_1=L_L，且不大于 340m</td></tr>
<tr><td>位于干舷甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上：
9.81×3.5</td></tr>
<tr><td rowspan="2">2</td><td colspan="2">对于 24m$\leqslant L_L \leqslant$100m</td></tr>
<tr><td colspan="2">$\frac{9.81}{76}(1.1L_L + 87.6)$</td></tr>
</table>

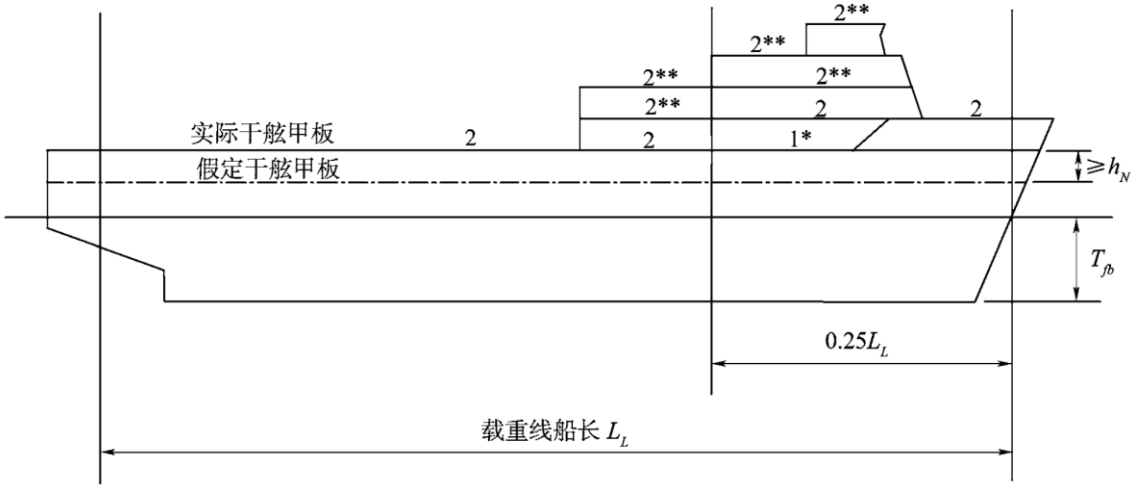
	对于 L_L>100m
	9.81×2.6
	位于最低位置 2 甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板： 9.81×2.1

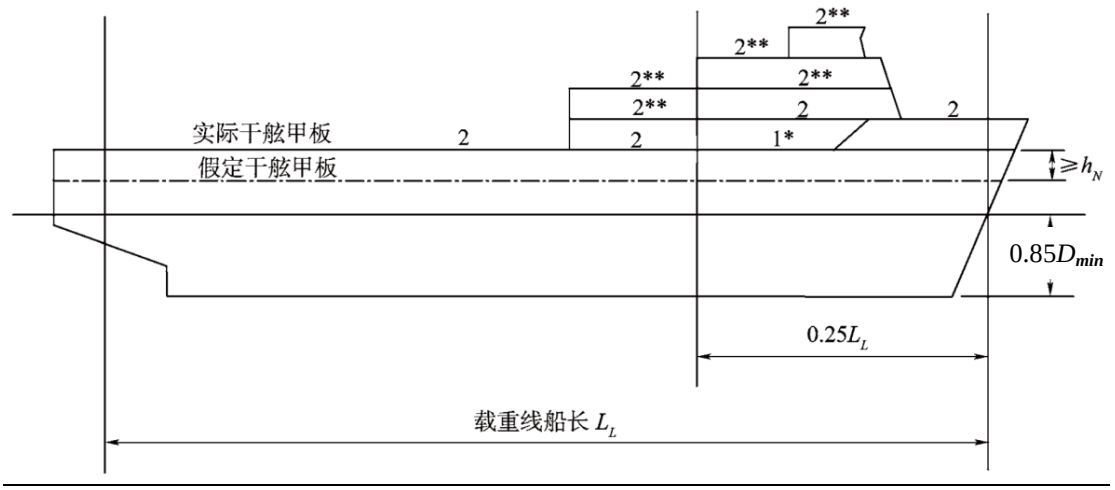


注：*——折减载荷，位于干舷甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上；

**——折减载荷，对于 L_L>100m，位于最低位置 2 甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上。

图 2.20.2.2(1)　位置 1 和位置 2





注：*——折减载荷，位于干舷甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上；

**——折减载荷，对于 L_L>100m，位于最低位置 2 甲板以上至少一个标准上层建筑高度的露天上层建筑甲板上。

图 2.20.2.2(2) 增加干舷的位置 1 和位置 2

(2)水平露天设计载荷

露天舱口盖的外侧裙板和舱口围板的水平露天设计载荷 p_A 应按下式计算：

$$p_A = ac(bfc_L - z)\ \text{kN/m}^2$$

式中：$f = \dfrac{L}{25} + 4.1$，　　对于 L<90 m；

$f = 10.75 - \left(\dfrac{300 - L}{100}\right)^{1.5}$，　　对于 $90\text{m} \leqslant L < 300\text{m}$；

$f = 10.75$，　　对于 $300\text{m} \leqslant L < 350\text{m}$；

$f = 10.75 - \left(\dfrac{L - 350}{150}\right)^{1.5}$，　　对于 $350\text{m} \leqslant L \leqslant 500\text{m}$；

$c_L = \sqrt{\dfrac{L}{90}}$，　　对于 L<90 m；

$c_L = 1$，　　对于 $L \geqslant 90\text{m}$；

$a = 20 + \dfrac{L_1}{12}$，对于无保护的前端舱口围板和舱口盖裙板；

$a = 10 + \dfrac{L_1}{12}$，对于位于实际干舷甲板到夏季载重线的距离超过载重线公约规定的最小未修正表列干舷至少一个标准上层建筑高度处且无保护的前端舱口围板和舱口盖裙板；

$a = 5 + \dfrac{L_1}{15}$，　对于两侧的舱口围板和舱口盖裙板、有保护的前端舱口围板和舱口盖裙板；

$a = 7 + \dfrac{L_1}{100} - \dfrac{8x'}{L}$，对于船中之后的后端舱口围板和舱口盖裙板；

$a = 5 + \dfrac{L_1}{100} - \dfrac{4x'}{L}$，对于船中之前的后端舱口围板和舱口盖裙板；

L_1=L，但不必大于 300m；

$b=1.0+\left(\dfrac{\dfrac{x'}{L}-0.45}{C_b+0.2}\right)^2$，当$\dfrac{x'}{L}<0.45$时；

$b=1.0+1.5\left(\dfrac{\dfrac{x'}{L}-0.45}{C_b+0.2}\right)^2$，当$\dfrac{x'}{L}\geqslant 0.45$时；

C_b——方形系数，$0.6\leqslant C_b\leqslant 0.8$，对于船中之前后端舱口围板和舱口盖裙板，取$C_b$不必小于0.8；

x'——所考虑的横向围板或舱口盖前后端裙板至船长L后端的距离，m；对于两侧的舱口围板和舱口盖裙板，在船长方向上划分为长度近似相等且不超过$0.15L$的若干部分，x'取每部分的中点至船长L后端的距离；

z——夏季载重线到扶强材跨距中点或板中点的垂直距离，m；

$c=0.3+0.7\dfrac{b'}{B'}$，其中$\dfrac{b'}{B'}$应取不小于0.25；

b'——所考虑位置处的舱口围板宽度，m；

B'——船舶的露天甲板在所考虑位置处的最大实际宽度，m。

水平露天设计载荷不得小于表2.20.2.2(2)规定的最小值。

最小水平露天设计载荷 P_{Amin}　　表 2.20.2.2(2)

L	P_{Amin} kN/m²	
	无保护前端处	其他位置
≤50m	30	15
>50m <250m	$25+\dfrac{L}{10}$	$12.5+\dfrac{L}{20}$
≥250m	50	25

注：舱口盖直接计算时不必包含水平露天设计载荷，除非用于根据2.20.2.9（2）③来设计的舱口盖水平支撑底部结构。

(3)货物载荷

①均布载荷

由纵摇和垂荡（例如船舶处于正浮状态）引起的作用于舱口盖上的货物均布载荷p_L应按下式计算：

$$p_L=p_C\left(1+a_V\right)\text{kN/m}^2$$

式中：p_C——货物均布载荷，kN/m²；

a_V——垂向加速度，按下式计算：

$a_V=Fm$；

$F=\dfrac{0.11v_0}{\sqrt{L}}$；

$m=m_0-5\left(m_0-1\right)\dfrac{x}{L}$，当$0\leqslant\dfrac{x}{L}\leqslant 0.2$；

$m=1.0$，当$0.2<\dfrac{x}{L}\leqslant 0.7$；

$m=1+\dfrac{m_0+1}{0.3}\left[\dfrac{x}{L}-0.7\right]$，当$0.7<\dfrac{x}{L}\leqslant 1.0$；

$m_0=1.5+F$；

v_0——夏季载重线吃水时的最大速度，且取值不小于$\sqrt{L}$，kn。

②集中载荷

由纵摇和垂荡（例如船舶处于正浮状态）引起的作用于舱口盖上的除集装箱载荷以外的货物集中载荷~~（如集装箱）~~P 应按下式计算：

$$P = P_s(1+a_V) \quad \text{kN}$$

式中：Ps——集中力，kN；

(4)

①当集装箱堆装在舱口盖上时，应采用②和④中所定义的载荷。

②由纵摇和垂荡（例如船舶处于正浮状态）引起的作用于舱口盖上集装箱堆垛的箱角处的载荷 P 应按下式计算：

$$P = 9.81\frac{M}{4}(1+a_V) \ \text{kN}$$

式中：a_V——（3）①中定义的垂向加速度

M——集装箱堆垛最大设计重量，t

③当集装箱堆装在舱口盖上，如图 2.20.2.2(~~3~~4)所示，由纵摇、垂荡和横摇运动产生的载荷按下列公式计算：

$$A_z = 9.81\tfrac{M}{2}(1+a_V)\left(0.45 - 0.42\frac{h_m}{b}\right) \ \text{kN}$$

$$B_z = 9.81\tfrac{M}{2}(1+a_V)\left(0.45 + 0.42\frac{h_m}{b}\right) \ \text{kN}$$

$$B_y = 2.4M \quad \text{kN}$$

式中：a_V——加速度，按本条(3)进行计算；

M ——~~最大设计集装箱堆垛质量~~集装箱堆垛最大设计重量，t；

h_m——在舱口盖~~支撑~~顶板以上的集装箱堆垛重心的设计高度，m，可看作集装箱堆垛高度的加权平均值，其中每个集装箱的重心取在集装箱中心位置，

$= \sum(z_i \cdot W_i)/M$ ；

z_i——集装箱顶板到第 i 个集装箱的中心距离，m

W_i——第 i 个集装箱的重量，t

b ——箱脚中心线间的距离，m；

A_z、B_z——集装箱垂向堆角支反力；

B_y——集装箱横向堆角支反力。

注：~~对于 M 和 h_m，建议选取货物系固(集装箱绑扎)计算时的值。如有其他假定值，设计者应证明在舱口盖结构的计算模型中，M 和 h_m 值不小于上述建议值。当按 2.20.2.4 采用壳或平面应变单元对舱口盖结构进行有限元分析时，h_m 可取为舱口盖顶板以上的集装箱堆垛重心设计高度。~~

当按 2.20.2.4 的交叉梁分析方法对舱口盖结构进行分析时，h_m 和 z_i 应从舱口盖支撑处算起，且不必考虑载荷 B_y。

舱口盖强度评估时 A_z ~~M~~ 和 B_z ~~h_m~~ 的值应在舱口盖图纸上标明。

注：建议在计算货物（集装箱）系固时考虑按上述计算的载荷作为集装箱堆垛箱脚的最大值。

~~当用绑扎桥或箱格导轨装置对集装箱的堆装进行系固时，舱口盖上的载荷可特殊考虑。~~

~~作为代替方法，集装箱载荷可采用基于用于绑扎系统的单独加速度分析所得的加速度。也可采用第 7 章附录 1 关于集装箱的受力与系固设备的计算的船舶运动和载荷计算公式。~~

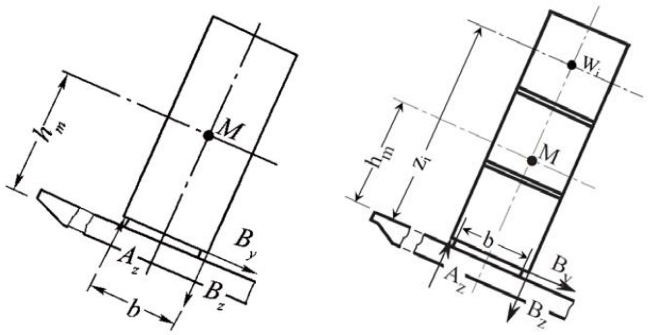
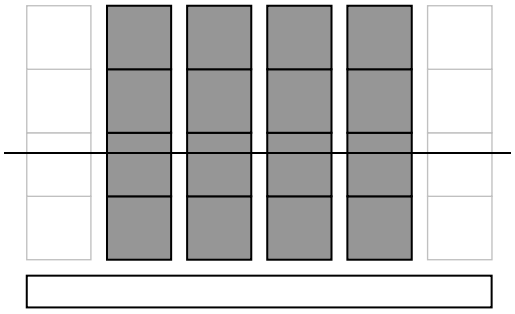


图 2.20.2.2(~~3~~4)

④部分装载工况

~~(5)~~上述②~~(3)~~、③~~(4)~~规定的载荷还应考虑实际运营中可能出现的非均匀装载状态，例如特定集装箱堆垛位置空载。对于部分装载工况中的每一个舱口盖，应考虑表 2.20.2.2（4）中的横倾方向。集装箱舱口盖部分装载工况可使用简单方法来代替，即最外层没有堆装集装箱且都全部都装载在舱口盖上的部分装载工况~~，如图 2.20.2.2(4)所示~~。如果集装箱堆垛由舱口盖和集装箱支柱共同支撑的，则这部分集装箱堆垛是可以忽略的，见表 2.20.2.2（4）集装箱舱口盖的部分装载。

另外，为了考虑舱口盖垂向支撑的最大载荷，在集装箱堆垛只由舱口盖和集装箱支柱共同支撑且左面为空置的工况是需要进行分析的。

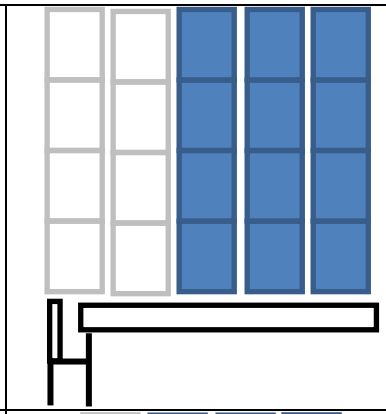
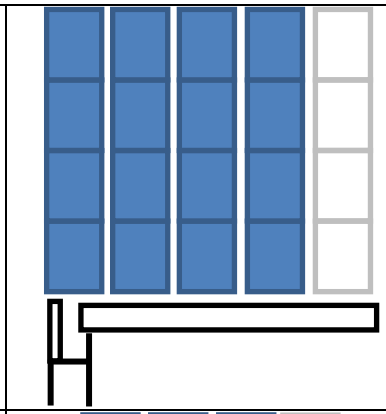
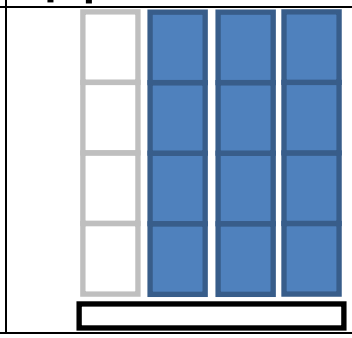
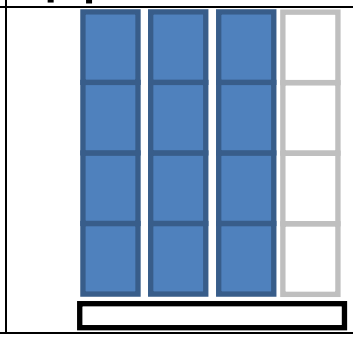


~~图 2.20.2.2(4)　集装箱舱口盖的部分装载~~

当更多或不同的集装箱堆垛为空置时可能需要考虑校核部分装载工况。因此 CCS 可能要求校核除表 2.20.2.2(4)以外的其它部分装载工况。

表 2.20.2.2(4) 集装箱舱口盖的部分装载

横倾方向	←	→
舱口盖由纵向舱口围板支撑且所有集装箱堆垛均放置在舱口盖上时		

舱口盖由纵向舱口围板支撑且最外层集装箱堆垛由舱口盖和集装箱支柱共同支撑时		
舱口盖不由纵向舱口围板支撑（沿船宽方向货舱中部舱口盖）		

⑤舱口盖上混装20’和40’集装箱

对于集装箱混装工况（20’和 40’集装箱），舱口盖盖板最外侧箱脚集中力不得大于 40’集装箱的设计堆重；舱口盖盖板中间位置处箱脚集中力不得大于 20’集装箱的设计堆重。

(~~6~~5)除上述(~~2~~1)~(~~5~~4)规定的载荷外，钢质风雨密舱口盖应考虑船体弹性变形引起横向载荷，且加载后的应力总和应不超过 2.20.2.5 中规定的许用应力。

2.20.2.3 钢质风雨密舱口盖结构净尺寸应符合下列规定：

(1)局部净板厚

舱口盖顶板局部净板厚应不小于按下列各式计算所得之值，且不小于 6mm：

$$t = 15.8F_p s\sqrt{\frac{p}{0.95R_{eH}}} \text{ mm}$$

$$t = 10s \quad \text{mm}$$

式中：F_p ——拉伸和弯曲组合因子，按下列公式计算：

$F_p = 1.5$，一般情况；

$F_p = 1.9\dfrac{\sigma}{\sigma_a}$，对于主要支撑构件带板，当 $\dfrac{\sigma}{\sigma_a} \geqslant 0.8$ 时；

s ——扶强材间距，m；

p —— p_H 和 p_L，按本节 2.20.2.2 进行计算，kN/m^2；

σ ——舱口盖顶板的最大正应力， N/mm^2，根据图 2.20.2.3 选取；

σ_a=0.8R_{eH}，N/mm^2；

R_{eH} ——材料的屈服应力，N/mm^2。

对于受压的翼板还应满足本节 2.20.2.6 对屈曲强度的要求。

~~注：舱口盖板正应力的选取位置为：1——毗邻的主要支撑构件腹板至与其平行的次要扶强材方向的距离为 $s/2$ 处或 2——毗邻的主要支撑构件腹板至与其垂直的次要扶强材方向的距离为 s 处，取两应力大者，如图 2.20.2.3 所示。两组平行桁材之间的正应力分配原则参照本节 2.20.2.6。~~

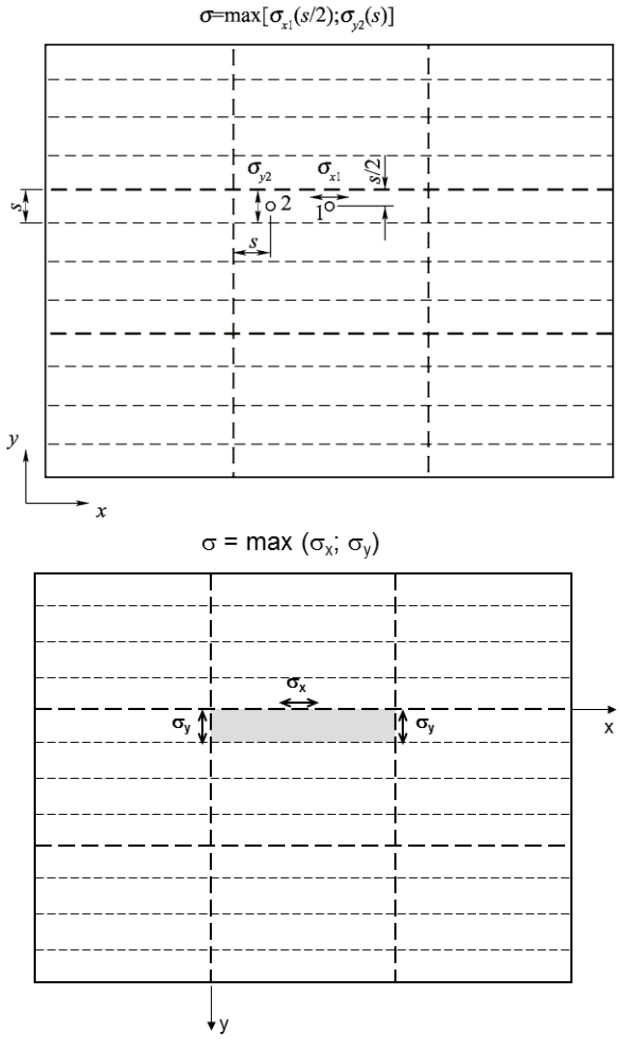


图 2.20.2.3

①当舱口盖承受轮印载荷时，舱口盖顶板的厚度还应满足本章第 21 节的有关要求。

双壳舱口盖和箱型桁材的底板板厚应通过本节 2.20.2.4 规定的直接计算来确定且应满足本节 2.20.2.5 规定的许用应力要求。当底板作为强力构件考虑时，底板的净尺寸应不低于 5mm。当舱口盖上装载大件货时，底板的净厚度不得小于按下式计算的值：

~~当底板作为强度构件考虑时，板的净厚度不小于按下列公式计算的值：~~

$$t=6.5s \quad \text{mm}$$

~~$t = 5$ mm~~

式中：s——扶强材间距，m；

当底板不作为强度构件考虑时，该舱口盖的底板总厚度应不小于 5mm。

注：大件货特指绑扎在舱口盖上大型或超大型货物。例如起重机、风力发电站和涡轮机等的货物部件。该载荷可看作均布载荷。木材、管子和钢卷不必看作为大件货物。

(2)舱口盖扶强材应符合下列规定：

在均布载荷作用下，两端固定的扶强材的净剖面模数 W、净剪切剖面面积 A_s 应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W=\frac{104}{R_{eH}}spl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$A_s=\frac{10}{R_{eH}}spl \quad \text{cm}^2$$

$$W=\frac{104}{R_{eH}}spl^2 \quad \text{cm}^3 \text{ 适用于 2.20.2.2(1)规定的设计载荷}$$

$$W=\frac{93}{R_{eH}}spl^2 \quad \text{cm}^3 \text{ 适用于 2.20.2.2(3)①规定的设计载荷}$$

$$A_s=\frac{10.8}{R_{eH}}spl \quad \text{cm}^2 \text{ 适用于 2.20.2.2(1)规定的设计载荷}$$

$$A_s=\frac{9.6}{R_{eH}}spl \quad \text{cm}^2 \text{ 适用于 2.20.2.2(3)①规定的设计载荷}$$

式中：l ——扶强材跨距，m，视适用情况，取主要支撑构件的间距或主要支撑构件与边缘支撑之间的距离；

s ——扶强材间距，m；

p —— p_H 和 p_L，按本节 2.20.2.2 进行计算，kN/m^2；

R_{eH} ——材料的屈服应力，N/mm^2。

对于双壳舱口盖底板的扶强材，由于不存在侧向载荷因此可不考虑上述要求。

扶强材（U 型材/吊架除外）腹板的净厚度，不得小于 4mm。

扶强材净剖面模数的计算基于带板宽度等于扶强材间距的假定。

对于扁钢扶强材和抗屈曲扶强材，h/t_w 不大于 $15k^{0.5}$，其中 h 为扶强材的高度，t_w 为扶强材的净厚度，$k=235/R_{eH}$。

对于平行于主要支撑构件且布置在按本节 2.20.2.4 规定的有效宽度之内的扶强材，在穿过主要支撑构件时应保持连续，同时可计入主要支撑构件剖面特性的计算。应验证扶强材上由主要支撑构件弯曲和侧向压力产生的组合应力不超过本节 2.20.2.5 规定的许用应力。当舱口盖底板不作为强度构件时，其扶强材可不必考虑此条要求。

对于受压的舱口盖扶强材，应按本节 2.20.2.6 的规定校核侧向和扭转屈曲强度。

~~当舱口盖承受轮印载荷时，舱口盖扶强材尺寸可通过直接计算来确定且应满足本节 2.20.2.5 规定的许用应力要求，也可按照本章第 21 节的有关要求确定。~~当舱口盖承受轮印载荷时应满足本章第 21 节的有关要求；当舱口盖承受集中载荷时，舱口盖扶强材尺寸可通过直接计算来确定且应满足本节 2.20.2.5 规定的许用应力要求。

(3)主要支撑构件的净尺寸应符合下列规定：

①主要支撑构件尺寸应按本节 2.20.2.4 规定的直接计算来确定且应满足本节 2.20.2.5 规定的许用应力要求。

主要支撑构件的所有部分应按本节 2.20.2.6 来验证其具有足够的安全性来抵抗屈曲。应验证本节 2.20.2.6(3)②规定的有效宽度以内的双向受压翼板的屈曲强度。

主要支撑构件腹板的净厚度应不小于按下列各式计算所得之值：

$$t=6.5s \quad \text{mm}$$

$$t=5 \quad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m；

②舱口盖裙板的净尺寸应符合下列规定：

应根据本节 2.20.2.4 对裙板的尺寸进行验证且应满足本节 2.20.2.5 规定的许用应力要求。

暴露于海水冲刷的外侧裙板的净厚度应不小于按下列各式计算所得之值：

$$t=15.8s\sqrt{\frac{p_A}{0.95R_{eH}}} \quad \text{mm}$$

$$t=8.5s \quad \text{mm}$$

$$t=6 \quad \text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m；

p_A ——水平露天设计载荷，按本节 2.20.2.2 进行计算，kN/m^2；

R_{eH} ——材料的屈服应力，N/mm^2。

裙板要有足够的刚度来支撑紧固装置之间的密封线压力，cm^4。裙板的惯性矩应不小于：

$$I = 6qs_{SD}^4$$

式中：q——密封线压力，N/mm，计算时最小取 5N/mm；

s_{SD}——紧固装置的间距，m。

2.20.2.4 强度计算

可采用~~梁理论、~~交叉梁分析或有限元方法来对舱口盖强度进行计算。双壳舱口盖或具有箱型梁的舱口盖应采用本节（2）规定的有限元方法进行计算。

(1)~~梁理论或~~交叉梁分析时的有效横剖面特性

横剖面特性的确定要考虑有效宽度。应计入有效宽度以内的平行于所考虑主要支撑构件的扶强材的横剖面面积，如本节图 2.20.2.6(2)所示。

考虑载荷类型，主要支撑构件的板的有效宽度 e_m 根据表 2.20.2.4(1)进行确定.翼板为单侧设置或非对称形式的，需进行特别计算来确定其有效宽度。

板的有效横剖面不得小于面板的有效横剖面。

对于具有与主要支承构件腹板垂直的扶强材的受压翼板，其有效宽度按本节 2.20.2.6(3)②来确定。

主要支撑构件的板的有效宽度 e_m **表 2.20.2.4(1)**

l/e	0	1	2	3	4	5	6	7	≥ 8
e_{m1}/e	0	0.36	0.64	0.82	0.91	0.96	0.98	1.00	1.00
e_{m2}/e	0	0.20	0.37	0.52	0.65	0.75	0.84	0.89	0.90

e_{m1}——适用于承受均布载荷或承受不少于 6 个等间距的单个载荷的主要支撑构件

e_{m2}——适用于承受 3 个或更少的单个载荷的主要支撑构件

中间值可通过插值计算获得

l——弯矩曲线上零点之间的长度

$l = l_0$ 对简支的主要支承构件

$l = 0.6 \cdot l_0$ 对于两端固支的主要支承构件

其中：l_0 是主要支承构件无支撑的长度

e——受支撑板材的宽度，mm，从其中心量至相邻未受支撑区域的中心。

(2)有限元计算方法的一般要求

舱口盖的有限元强度计算，应尽量按实际情况对舱口盖几何特性进行模拟。单元的大小要能合适地计及有效宽度。在载荷传递节点和开口处，网格划分要尽可能良好。单元的宽度应不大于扶强材的间距，且单元的长宽比应不大于 4。

主要支承构件腹板的单元高度不得超过腹板高度的 1/3，需对抵抗侧向载荷的扶强材和支撑板进行理想化模拟。扶强材可采用壳单元、平面应力单元或梁单元来进行模拟。应力分析时可不必对抗屈曲的扶强材进行模拟。

①坐标系统采用右手坐标系：

x 轴沿纵向，以船首为正方向；

y 轴沿横向，以左舷为正方向；

z 轴沿型深方向，向上为正方向。

②有限元分析时，结构尺寸应基于净厚度。

③有限元模型范围按如下要求确定：

(a)如舱口盖的桁材或载荷只对称于 x 轴或 y 轴一个轴，则可取舱口盖的 1/2 进行校核；

(b) 如舱口盖的桁材或载荷不对称于任何一个轴，则应取舱口盖整体进行强度校核，如图 2.20.2.4(1)。

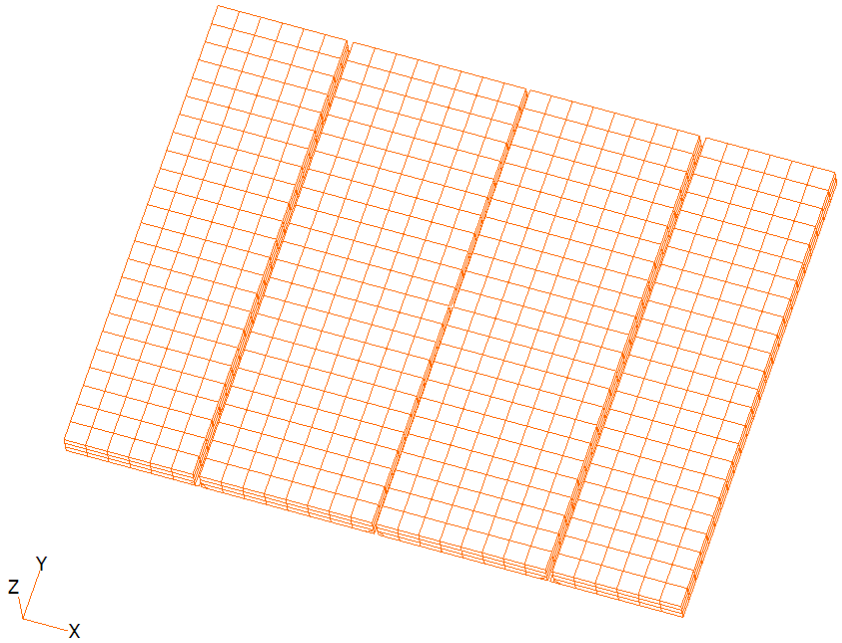


图 2.20.2.4(1) 舱口盖有限元模型

④模型单元应符合以下要求：

(a)舱口盖的所有板材、桁材和扶强材均应包含在有限元模型中。

(b)所有板材，如顶板、底板、肘板、主要支承构件的腹板、面板等用板单元模拟，且尽量避免采用三角形单元；

(c)所有扶强材用梁单元、杆单元或板单元模拟；

⑤单元网格尺寸控制如下：

(a)网格间距不应大于骨材间距；

(b)桁材在垂直方向上应布置不少于 3 个单元；

(c)三角形或四边形单元的角度不应小于 60 度也不应大于 120 度。

⑥边界条件按如下要求确定：

(a)如舱口盖的桁材和载荷对称于 x 轴，则对称面内节点的纵向位移为 0，绕 y、z 两个坐标轴的角位移为 0，即 $\delta_x = \theta_y = \theta_z = 0$(如图 2.20.2.4(2))；

(b)如舱口盖的桁材和载荷对称于 y 轴，则对称面内节点的横向位移为 0，绕 x、z 两个坐标轴的角位移为 0，即 $\delta_y = \theta_x = \theta_z = 0$(如图 2.20.2.4(2))；

(c)支承处的节点应约束 z 向的线位移，即 $\delta_z = 0$；

(d)应按照限位器限制的方向约束其线位移；

(e)如舱口盖是折叠式的，则铰链处应设置为 z 向位移刚性关联。

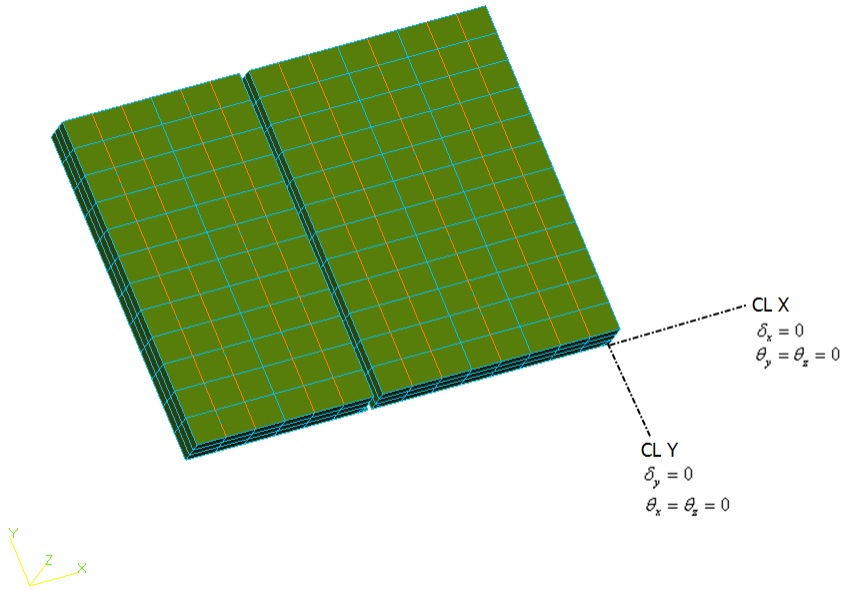


图 2.20.2.4(2) 舱口盖模型的边界条件

2.20.2.5 舱口盖结构强度屈服和变形衡准

(1)许用应力

基于净尺寸的舱口盖结构等效应力应不大于$0.8R_{eH}$，其中R_{eH}为材料的屈服应力，N/mm^2。对于本节2.20.2.2(2)~(6)规定的设计载荷，当采用~~平面应变或壳单元的~~有限元方法进行分析时，基于净尺寸的舱口盖结构等效应力应不大于$0.9R_{eH}$。

对于屈服应力为390 N/mm^{2}的钢材，计算时R_{eH}取368 N/mm^2。

当采用~~梁分析或~~交叉梁分析时，等效应力可按下式计算：

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2} \text{ N/mm}^2$$

式中：σ=正应力，N/mm^2

τ=剪切应力，N/mm^2

当采用有限元方法进行计算时，等效应力可按下式计算：

$$\sigma_V = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \cdot \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau^2} \text{ N/mm}^2$$

式中：σ_x = x 向的正应力，N/mm^2

σ_y= y 向的正应力，N/mm^2

τ = x-y 面内的剪切应力，N/mm^2

当采用有限元方法的平面应变或壳单元进行强度分析时，应力应从单元的中心处进行选取；需要特别关注的是，在非对称桁材的翼板处，应力从单元中心读取可能会导致偏于危险的结果。因此，在这种情况下网格需要足够细化，或从单元四边读取的应力不大于许用应力。当选用壳单元进行分析时，应选取单元中面应力。

结构应力集中的评估，根据实际情况进行控制。

(2)变形

主要支承构件由于本节 2.20.2.2 所规定载荷作用产生的垂向变形应不大于 $0.0056l_g$，其中 l_g 是主要支承构件的最大跨距。

注：舱口盖上安排载运集装箱且允许混合堆装时，即在两个 20′集装箱的上方堆装一个 40′集装箱，应注意舱口盖的挠度。还应考虑由于舱口盖变形与舱内货物发生可能的碰触。

2.20.2.6 舱口盖结构的屈曲要求

应证明舱口盖结构具有足够的屈曲强度。

舱口围板和舱口围顶板应按本条校核屈曲强度。

定义：

a——基本板格长边的长度，mm，(x 向)；

b——基本板格短边的宽度，mm，（y 向）；

α——基本板格的长宽比，取为：

$$\alpha = \frac{a}{b}$$

n——局部或整个板格内基本板格宽度的数量；

t——净板厚，mm；

σ_x——x 方向的膜应力，N/mm^2；

σ_y——y 方向的膜应力，N/mm^2；

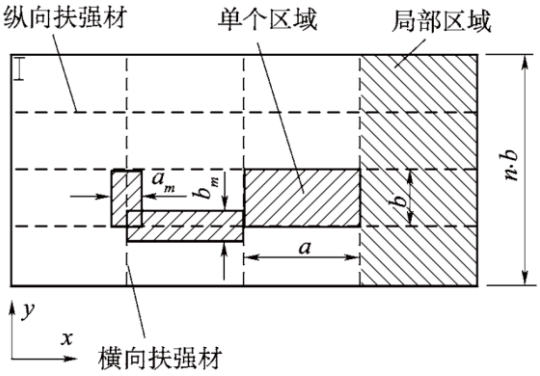
τ——x-y 平面的剪应力，N/mm^2；

E——材料的弹性模量，N/mm^2，

$= 2.06\times10^5\ N/mm^2$

R_{eH}——材料屈服应力，N/mm^2。

压应力和剪应力为正，拉应力为负。



纵向：长度 a 方向的扶强材

横向：宽度 b 方向的扶强材

图 2.20.2.6(1) 板格一般布置

注：如果 x、y 向的应力已经包含泊松效应(通过有限元方法计算)，则采用下面的修正后的应力。σ_x^* 和 σ_y^* 两者均为压应力，以应用于按下列公式进行的应力折减：

$$\sigma_x = (\sigma_x^* - 0.3\sigma_y^*)/0.91$$

$$\sigma_y = (\sigma_y^* - 0.3\sigma_x^*)/0.91$$

式中：σ_x^*，σ_y^*——含有泊松效应的应力

若压应力满足条件 $\sigma_y^* < 0.3\sigma_x^*$，则 $\sigma_y = 0$ 和 $\sigma_x = \sigma_x^*$

若压应力满足条件 $\sigma_x^* < 0.3\sigma_y^*$，则 $\sigma_x = 0$ 和 $\sigma_y = \sigma_y^*$

F_1——纵向扶强材处的边界条件修正系数，按表 2.20.2.6(1)进行选取；

修正系数 F_1 **表 2.20.2.6(1)**

两端削斜的扶强材	1.00	
当两端与邻近结构有效连接的指导值(1)	1.05	扁钢
	1.10	球扁钢
	1.20	角钢和 T 型材
	1.30	U 型材(2) 和高刚性的桁材
对于具有不同边缘扶强材的板格，应采用 F_1 的平均值。		
(1)精确值可通过直接计算来确定。 (2)当采用非线性有限元对局部板格进行屈曲强度验证时可采用大一点的值，应认定合适的值并提交 CCS 认可，但也不应大于 2.0。		

σ_e——参考应力，按以下确定：

$$\sigma_e = 0.9E\left(\frac{t}{b}\right)^2$$

Ψ——边缘应力比，取为：

$$\psi = \sigma_2/\sigma_1$$

式中：

σ_1——最大压应力

σ_2——最小压应力或拉应力

S——安全因子(基于净尺寸方法)，取为：

= 1.25　当舱口盖承受 2.20.2.2(1)所规定的垂向破浪载荷时

= 1.10　当舱口盖承受 2.20.2.2(2)-2.20.2.2(6)所规定的载荷时

λ——基准细长比，取为：

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{eH}}{K\sigma_e}}$$

K——屈曲因子，按 2.20.2.6(3)进行取值。

(1) 舱口盖顶板和底板的验证

每个基本板格均应符合以下条件：

$$\left(\frac{|\sigma_x|S}{\kappa_x R_{eH}}\right)^{e1} + \left(\frac{|\sigma_y|S}{\kappa_y R_{eH}}\right)^{e2} - B\left(\frac{\sigma_x\sigma_y S^2}{R_{eH}^2}\right) + \left(\frac{|\tau|S\sqrt{3}}{\kappa_\tau R_{eH}}\right)^{e3} \leqslant 1.0$$

此外，上述条件前两项和最后一项均应不大于 1.0。

折减因数 κ_x、κ_y 和 κ_τ 由 2.20.2.6(3)给出。

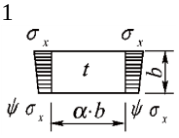
- 当 $\sigma_x \leqslant 0$ (拉应力)，$\kappa_x = 1.0$
- 当 $\sigma_y \leqslant 0$ (拉应力)，$\kappa_y = 1.0$

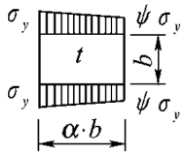
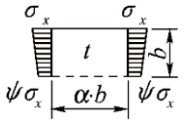
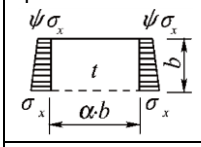
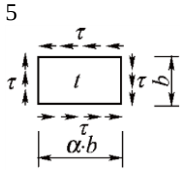
指数 e_1、e_2、e_3 以及系数 B 按表 2.20.2.6(2)中的定义。

系数 e_1、e_2 和 e_3 和系数 B　　**表 2.20.2.6(2)**

指数 e_1–e_3 和系数 B	板格
e_1	$1+\kappa_x^4$
e_2	$1+\kappa_y^4$
e_3	$1+\kappa_x\kappa_y\kappa_\tau^2$
B σ_x 和 σ_y 为正 (压应力)	$(\kappa_x\kappa_y)^5$
B σ_x 或 σ_y 为负 (拉应力)	1

基本板格的屈曲和折减系数　　**表 2.20.2.6(3)**

屈曲载荷工况	板边应力比 ψ	长细比 $\alpha = a/b$	屈曲系数 K	折减系数 κ
1 	$1 \geqslant \psi \geqslant 0$	$\alpha \geqslant 1$	$K = \dfrac{8.4}{\psi + 1.1}$	$\kappa_x = 1$ 当 $\lambda \leqslant \lambda_c$ $\kappa_x = c\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{0.22}{\lambda^2}\right)$ 当 $\lambda > \lambda_c$ $c = (1.25 - 0.12\psi) \leqslant 1.25$ $\lambda_c = \dfrac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \dfrac{0.88}{c}}\right)$
	$0 > \psi > -1$		$K = 7.63 - \psi(6.26 - 10\psi)$	
	$\psi \leqslant -1$		$K = (1-\psi)^2 \times 5.975$	

屈曲载荷工况	板边应力比 ψ	长细比 $\alpha=a/b$	屈曲系数 K	折减系数 κ
2  	$1\geqslant\psi\geqslant 0$	$\alpha\geqslant 1$	$K=F_1\left(1+\frac{1}{\alpha^2}\right)^2\frac{2.1}{(\psi+1.1)}$	$\kappa_y=c\left(\frac{1}{\lambda}-\frac{R+F^2(H-R)}{\lambda^2}\right)$ $c=(1.25-0.12\psi)\leqslant 1.25$ $R=\lambda\left(1-\frac{\lambda}{c}\right)$ 当 $\lambda<\lambda_c$ $R=0.22$ 当 $\lambda\geqslant\lambda_c$ $\lambda_c=\frac{c}{2}\left(1+\sqrt{1-\frac{0.88}{c}}\right)$ $F=\left(1-\frac{\frac{K}{0.91}-1}{\lambda_p{}^2}\right)c_1\geqslant 0$ $\lambda_p{}^2=\lambda^2-0.5$ 当 $1\leqslant\lambda_p{}^2\leqslant 3$ $c_1=\left(1-\frac{F_1}{\alpha}\right)\geqslant 0$ $H=\lambda-\frac{2\lambda}{c\left(T+\sqrt{T^2-4}\right)}\geqslant R$ $T=\lambda+\frac{14}{15\lambda}+\frac{1}{3}$
	$0>\psi>-1$	$1\leqslant\alpha\leqslant 1.5$	$K=F_1\left[\left(1+\frac{1}{\alpha^2}\right)^2\frac{2.1(1+\psi)}{1.1}-\frac{\psi}{\alpha^2}(13.9-10\psi)\right]$	
		$\alpha>1.5$	$K=F_1\left[\left(1+\frac{1}{\alpha^2}\right)^2\frac{2.1(1+\psi)}{1.1}-\frac{\psi}{\alpha^2}(5.87+1.87\alpha^2+\frac{8.6}{\alpha^2}-10\psi)\right]$	
	$\psi\leqslant -1$	$1\leqslant\alpha\leqslant\frac{3(1-\psi)}{4}$	$K=F_1\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^2\times 5.975$	
		$\alpha>\frac{3(1-\psi)}{4}$	$K=F_1\left[\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^2\times 3.9675+0.5375\left(\frac{1-\psi}{\alpha}\right)^4+1.87\right]$	
3  	$1\geqslant\psi\geqslant 0$	$\alpha>0$	$K=\frac{4\left(0.425+\frac{1}{\alpha^2}\right)}{3\psi+1}$	$\kappa_x=1$ 当 $\lambda\leqslant 0.7$ $\kappa_x=\frac{1}{\lambda^2+0.51}$ 当 $\lambda>0.7$
	$0>\psi\geqslant -1$		$K=4\left(0.425+\frac{1}{\alpha^2}\right)(1+\psi)-5\psi(1-3.42\psi)$	
4  	$1\geqslant\psi\geqslant -1$	$\alpha>0$	$K=\left(0.425+\frac{1}{\alpha^2}\right)\frac{3-\psi}{2}$	
5  	===		$K=K_\tau\times\sqrt{3}$	$\kappa_\tau=1$ 当 $\lambda\leqslant 0.84$ $\kappa_\tau=\frac{0.84}{\lambda}$ 当 $\lambda>0.84$
		$\alpha\geqslant 1$	$K_\tau=\left[5.34+\frac{4}{\alpha^2}\right]$	
		$0<\alpha<1$	$K_\tau=\left[4+\frac{5.34}{\alpha^2}\right]$	
边界条件说明 – – – – –板边自由 ————— 板边简支				

(2)主要支承构件的腹板和翼板

应按照 2.20.2.6(1)验证舱口盖顶板和底板的未经扶强的主要支撑构件的腹板和翼板具有足够的屈曲强度。

(3)局部和整体板格的屈曲验证

① 纵向和横向扶强材

局部和整体板格连续的纵向和横向扶强材应符合 2.20.2.6(3)③和 2.20.2.6(3)④的要求。

对于 U 型材，可不必进行 2.20.2.6(3)④规定的扭转屈曲强度计算。

除 U 型材以外，扶强材不允许单面焊。

②舱口盖顶板和底板的有效宽度

按 2.20.2.6(3)③和 2.20.2.6(3)④进行屈曲强度验证时，板的有效宽度按下式确定，见图 2.20.2.6(2)

$$b_m = \kappa_x b \quad \text{对于纵向扶强材}$$

$$a_m = \kappa_x a \quad \text{对于横向扶强材}$$

板的有效宽度应不大于按 2.20.2.4(1)所得之值。

主要支撑构件加筋翼板的有效宽度 e'_m 可按下述要求确定：

(a)平行于主要支撑构件腹板的加强，见图 2.20.2.6(2)

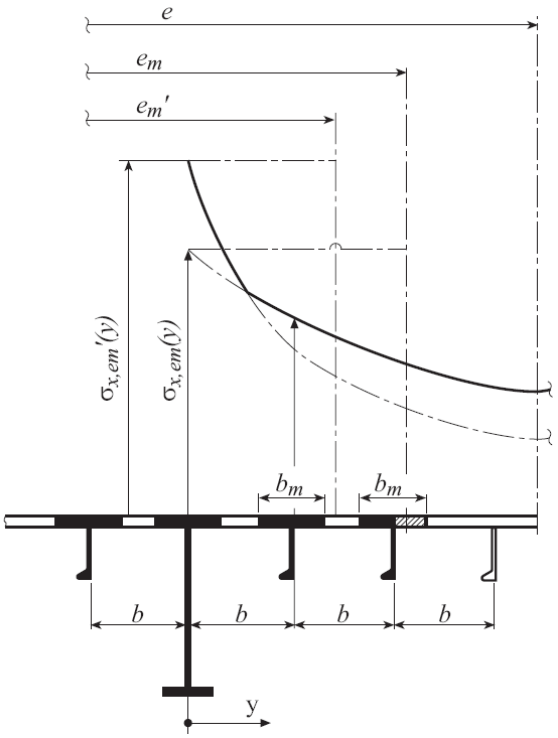


图 2. 20. 2. 6(2) 平行于主要支撑构件腹板的加强

$b<e_m$

$e'_m=nb_m$

n——根据 2.20.2.4(1)规定的有效宽度 e_m 内的扶强材间距 b 的个数，应为：

$$=\text{int}(\frac{e_m}{b})$$

(b)垂直于主要支撑构件腹板的加强，见图 2.20.2.6(3)

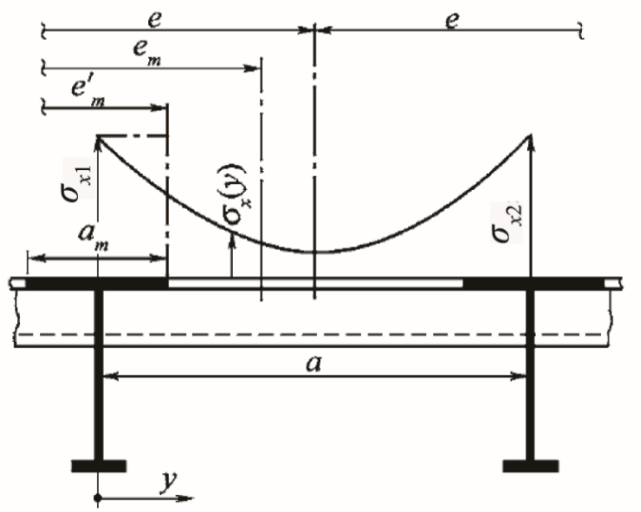


图 2.20.2.6(3)垂直于主要支撑构件腹板的加强

$a \geqslant e_m$

$e'_m = na_m < e_m$

$n = 2.7\frac{e_m}{a} \leqslant 1$

e——受支撑板材的宽度，mm，取 2.20.2.4(1)所得之值

对于 $b \geqslant e_m$ 或 $a < e_m$，b 和 a 应分别予以对换。

在确定翼板的 a_m 和 b_m 时，一般取 ψ 为 1.

注：板和扶强材的尺寸一般应分别按主要支撑构件的腹板和扶强材的最大应力 $\sigma_x(y)$ 来确定。对于平行于主要支撑构件的间距为 b 的受压扶强材，$\sigma_x(y=b)$ 应取为不小于 $0.25R_{eH}$。

两个相邻的主要支撑构件之间的应力分布通过下式获得：

$$\sigma_x(y) = \sigma_{x1}\left\{1 - \frac{y}{e}\left[3 + c_1 - 4c_2 - 2\frac{y}{e}\left(1 + c_1 - 2c_2\right)\right]\right\}$$

式中：$c_1 = \frac{\sigma_{x2}}{\sigma_{x1}}$ $0 \leqslant c_1 \leqslant 1$

$c_2 = \frac{1.5}{e}(e''_{m1} + e''_{m2}) - 0.5$

e''_{m1}——视适用情况，主要支撑构件 1 在距离 e 范围内的比例有效宽度 e_{m1} 或比例有效宽度 e'_{m1}，m

e''_{m2}——视适用情况，主要支撑构件 2 在距离 e 范围内的比例有效宽度 e_{m2} 或比例有效宽度 e'_{m2}，m

σ_{x1}——主要支承构件 1 的翼板处的正应力，基于考虑有效宽度 e_{m1} 或有效宽度 e'_{m1} 的剖面特性

σ_{x2}——e 范围内主要支承构件 2 的翼板处的正应力，基于考虑有效宽度 e_{m2} 或有效宽度 e'_{m2} 的剖面特性

y——所考虑结构到主要支承构件 1 的距离，m

e——相邻主要支撑构件的间距，m

翼板上的剪切应力分布可假设为线性。

③扶强材的侧向屈曲

$$\frac{\sigma_a + \sigma_b}{R_{eH}} S \leqslant 1$$

σ_a——扶强材轴向均匀分布的压应力，N/mm^2

$\sigma_a = \sigma_x$ 对于纵向扶强材

$\sigma_a = \sigma_y$ 对于横向扶强材

σ_b——扶强材弯曲应力，N/mm^2

$$\sigma_b = \frac{M_0 + M_1}{W_{st} \times 10^3}$$

M_0——由扶强材变形 w 引起的弯矩，N·mm，应为：

$$M_0 = F_{Ki} \frac{p_z w}{c_f - p_z} \text{ 且}(c_f - p_z) > 0$$

M_1——由侧向载荷 p 引起的弯矩，N·mm，应为：

$$M_1 = \frac{pba^2}{24 \times 10^3} \quad \text{对于纵向扶强材}$$

$$M_1 = \frac{pa(nb)^2}{c_s \times 8 \times 10^3} \text{ 对于横向扶强材}$$

对于横向扶强材，n 取 1

p——侧向载荷，kN/m^2；

F_{ki}——扶强材的理想屈曲力，N，应为：

$$F_{Kix} = \frac{\pi^2}{a^2} EI_x \times 10^4 \quad \text{对于纵向扶强材}$$

$$F_{Kiy} = \frac{\pi^2}{(nb)^2} EI_y \times 10^4 \quad \text{对于横向扶强材}$$

I_x，I_y——纵向或横向扶强材的净惯性矩，cm^4，包括按 2.20.2.6(3)②规定的带板的有效宽度。I_x 和 I_y 应符合下列衡准：

$$I_x \geqslant \frac{bt^3}{12 \times 10^4}$$

$$I_y \geqslant \frac{at^3}{12 \times 10^4}$$

p_z——由 σ_x、σ_y 和 τ 引起的扶强材名义侧向载荷，N/mm^2

$$p_{zx} = \frac{t}{b}\left(\sigma_{xl}\left(\frac{\pi b}{a}\right)^2 + 2c_y\sigma_y + \sqrt{2}\tau_1\right) \quad \text{对于纵向扶强材}$$

$$p_{zy} = \frac{t}{a}\left(2c_x\sigma_{xl} + \sigma_y\left(\frac{\pi a}{nb}\right)^2\left(1 + \frac{A_y}{at}\right) + \sqrt{2}\tau_1\right) \text{对于横向扶强材}$$

$$\sigma_{xl} = \sigma_x\left(1 + \frac{A_x}{bt}\right)$$

c_x，c_y——考虑垂直于扶强材轴线且沿扶强材长度呈变化分布应力的系数，应为：

$$= 0.5(1 + \psi) \text{ 当 } 0 \leqslant \psi \leqslant 1$$

$$= \frac{0.5}{1 - \psi} \text{ 当 } \psi < 0$$

A_x，A_y——不计带板的纵向或横向扶强材的净剖面积，mm^2

$$\tau_1 = \left[\tau - t\sqrt{R_{eH}E\left(\frac{m_1}{a^2} + \frac{m_2}{b^2}\right)}\right] \geqslant 0$$

m_1，m_2——系数，应为：

对于纵向扶强材

$$\frac{a}{b} \geqslant 2.0：\ m_1 = 1.47\ m_2 = 0.49$$

$$\frac{a}{b} < 2.0：\ m_1 = 1.96\ m_2 = 0.37$$

对于横向扶强材

$$\frac{a}{nb}\geqslant 0.5：\ m_1=0.37\ m_2=\frac{1.96}{n^2}$$

$$\frac{a}{nb}<0.5：\ m_1=0.49\ m_2=\frac{1.47}{n^2}$$

$w=w_0+w_1$

w_0——假定的缺陷，mm，取为：

$$w_{0x}\leqslant \min\left(\frac{a}{250},\frac{b}{250},10\right) \text{对于纵向扶强材}$$

$$w_{0y}\leqslant \min\left(\frac{a}{250},\frac{nb}{250},10\right) \text{对于横向扶强材}$$

注：对两端削斜的扶强材，w_0应不小于带板中点至计及带板有效宽度的扶强材中和轴的距离。

w_1——由侧向载荷 p 导致的扶强材在其跨距中点处的变形，mm。如为均布载荷，w_1 可用下列之值：

$$w_1=\frac{pba^4}{384\times 10^7 EI_x} \quad \text{对于纵向扶强材}$$

$$w_1=\frac{5ap(nb)^4}{384\times 10^7 EI_y c_s^2} \text{对于横向扶强材}$$

c_f——扶强材提供的弹性支持，N/mm^2，应为：

(a)对纵向扶强材

$$c_{fx}=F_{Kix}\frac{\pi^2}{a^2}\left(1+c_{px}\right)$$

$$c_{px}=\frac{1}{1+\dfrac{0.91\left(\dfrac{12\times 10^4 I_x}{t^3 b}-1\right)}{c_{xa}}}$$

$$c_{xa}=\left[\frac{a}{2b}+\frac{2b}{a}\right]^2 \qquad \text{当 } a\geqslant 2b$$

$$c_{xa}=\left[1+\left(\frac{a}{2b}\right)^2\right]^2 \text{当 } a<2b$$

(b)对横向扶强材

$$c_{fy}=c_s F_{Kiy}\frac{\pi^2}{(nb)^2}\left(1+c_{py}\right)$$

$$c_{py}=\frac{1}{1+\dfrac{0.91\left(\dfrac{12\times 10^4 I_y}{t^3 a}-1\right)}{c_{ya}}}$$

$$c_{ya}=\left(\frac{nb}{2a}+\frac{2a}{nb}\right)^2 \qquad \text{当 } nb\geqslant 2a$$

$$c_{ya}=\left[1+\left(\frac{nb}{2a}\right)^2\right]^2 \qquad \text{当 } nb<2a$$

c_S——计入横向扶强材边界条件的系数

c_S = 1.0 对于简支扶强材

c_S = 2.0 对于受部分约束的扶强材

W_{st}——纵向或横向扶强材的净剖面模数，cm^3，包括按 2.20.2.6(3)②规定的带板的有效宽度。

如果没有侧向压力，应在扶强材跨距中点处计算弯曲应力σ_b，因为这个位置的纤维能够得出最大应力

值；如果存在侧向压力，那么应该在扶强材剖面的两端纤维计算应力(如有必要对于在板边的双轴向应力区域)。

④扶强材的扭转屈曲

(a)纵向扶强材

纵向扶强材应符合以下衡准：

$$\frac{\sigma_x S}{\kappa_T R_{eH}} \leqslant 1.0$$

式中：κ_T ——系数，应为：

$$\kappa_T = 1.0 \qquad \text{对于 } \lambda_T \leqslant 0.2$$

$$\kappa_T = \frac{1}{\Phi + \sqrt{\Phi^2 - \lambda_T^2}} \quad \text{对于 } \lambda_T > 0.2$$

$$\Phi = 0.5(1 + 0.21(\lambda_T - 0.2) + \lambda_T^2)$$

λ_T ——基准细长比，应为：

$$\lambda_T = \sqrt{\frac{R_{eH}}{\sigma_{KiT}}}$$

$$\sigma_{KiT} = \frac{E}{I_P}\left(\frac{\pi^2 I_\omega \times 10^2}{a^2}\varepsilon + 0.385 I_T\right) \text{N/mm}^2$$

对于 I_p，I_T，I_ω 见图 2.20.2.6(4)和表 2.20.2.6(4)。

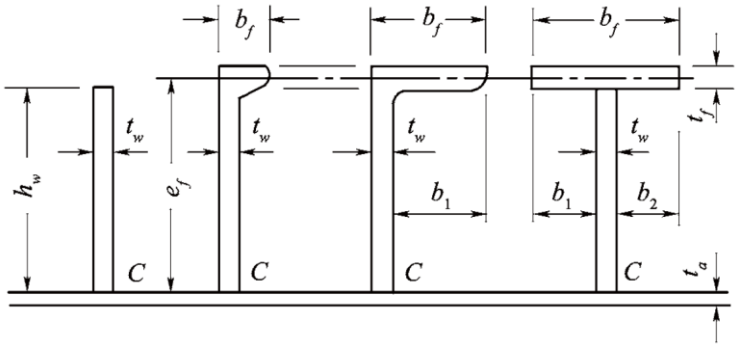


图 2. 20. 2. 6(4) 扶强材的尺寸

I_p——扶强材的净极惯性矩，cm^4，且与图 2.20.2.6(4)所示的点 C 相关

I_T——扶强材的净圣维南惯性矩，cm^4，

I_w——扶强材的净扇形惯性矩，cm^6，且与图 2.20.2.6(4)所示的点 C 相关

ε——固定程度，应为：

$$\varepsilon = 1 + 10^{-3}\sqrt{\frac{a^4}{\frac{3}{4}\pi^4 I_\omega\left(b/t^3 + 4h_w/3t_w^3\right)}}$$

h_w——腹板高度，mm

t_w——腹板净厚度，mm

b_f——翼板(面板)长度，mm

t_f——翼板(面板)的净厚度，mm

A_w——腹板净面积，为：$A_w = h_w t_w$

A_f——翼板净面积，为：$A_f = b_f t_f$

$e_f = h_w + \frac{t_f}{2}$，mm

惯性矩 **表 2.20.2.6(4)**

剖面	I_p	I_T	I_ω
扁钢	$\frac{h_w^3 t_w}{3\times10^4}$	$\frac{h_w t_w^3}{3\times10^4}\left(1-0.63\frac{t_w}{h_w}\right)$	$\frac{h_w^3 t_w^3}{36\times10^6}$
有球缘或折边的型材	$\left(\frac{A_w h_w^2}{3}+A_f e_f^2\right)\times10^{-4}$	$\frac{h_w t_w^3}{3\times10^4}\left(1-0.63\frac{t_w}{h_w}\right)$ + $\frac{b_f t_f^3}{3\times10^4}\left(1-0.63\frac{t_f}{b_f}\right)$	对球扁钢和角钢剖面：$\frac{A_f e_f^2 b_f^2}{12\times10^6}\left(\frac{A_f+2.6A_W}{A_f+A_W}\right)$ 对 T 型剖面：$\frac{b_f^3 t_f e_f^2}{12\times10^6}$

(b)横向扶强材

承受轴向压应力且不受纵向扶强材支撑的横向扶强材，应验证其近似地满足 2.20.2.6(3)④(a)的要求。

2.20.2.8 舱口盖的舱口围板应符合下列要求：

(1)舱口围板的净厚度应不小于按下列各式计算所得之值：

$$t=14.2s\sqrt{\frac{p_A}{0.95R_{eH}}}\ \text{mm}$$

$$t=6+\frac{L_1}{100}\qquad\text{mm}$$

式中：s——扶强材间距，m；

p_A——水平露天设计载荷，按本节 2.20.2.2(2)进行计算，kN/m^2；

R_{eH}——材料的屈服应力，N/mm^2；

$L_1 = L$，不必大于 300 m。

在船中 0.4L 区域内连续的纵向舱口围板，还应满足本章第 2 节的有关要求。

(2)舱口围板扶强材应满足下述要求：

舱口围板扶强材应在舱口围撑板处保持连续。

两端约束扶强材的净剖面模数 W、净剪切面积 A_s 应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W=\frac{83sl^2p_A}{R_{eH}}\ \text{cm}^3$$

$$A_s=\frac{10sl\ p_A}{R_{eH}}\ \ \text{cm}^2$$

式中：l——扶强材跨距，m，取为舱口围撑板间距；

s——扶强材间距，m；

p_A——水平露天设计载荷，按本节 2.20.2.2(2)进行计算，kN/m^2；

R_{eH}——材料的屈服应力，N/mm^2；

对于舱口~~围板~~角隅处削斜的围板扶强材，其固定支撑处的剖面模数和剪切面积应增加 35%，在削斜扶强材端部的围板总厚度应不小于：

$$t=19.6\sqrt{\frac{p_A s(l-0.5s)}{R_{eH}}}\ \text{mm}$$

在船中 0.4L 区域内连续的纵向舱口围板，其水平扶强材还应满足本章第 2 节的有关要求。

(3)舱口围撑板用来传递载荷，除满足本节 2.20.2.5 规定的许用应力要求外，还应满足下述要求：

①舱口围撑板剖面模数和腹板厚度

对位于甲板连接处的具有折边或面板的梁式舱口围撑板（如图 2.20.2.8（3）的 1 和 2），其净剖面模数 W 和总厚度 tw 应不小于按下式计算所得之值：

~~当撑板高度 h_s<1.6 且承受载荷 p_A 时，舱口围撑板净剖面模数应不小于按下式计算所得之值：~~

$$W=\frac{526eh_s^2p_A}{R_{eH}}\ \text{cm}^3$$

$$t_w=\frac{2}{R_{eH}}\times\frac{e\times h_s\times p_A}{h_W}+t_s\ \text{mm}$$

式中：e——舱口围撑板间距，m；

h_s——舱口围撑板的高度，m；

h_w——舱口围板撑板下端的腹板高度，m；

t_s——腐蚀余量，按本节 2.20.2.10 选取。

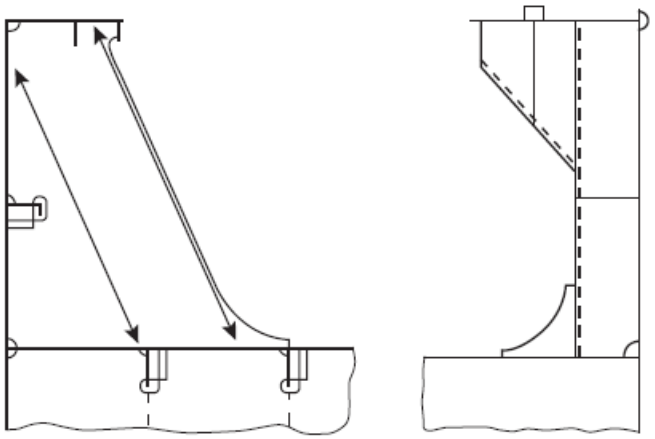
p_A——水平露天设计载荷，按本节 2.20.2.2(2)进行计算，kN/m^2。

~~舱口围撑板高度在 1.6m 及以上的应采用直接计算来进行设计，许用应力应满足本节 2.20.2.5 的规定。舱口围板的有效宽度应不大于本节 2.20.2.4(1)规定的有效宽度。~~

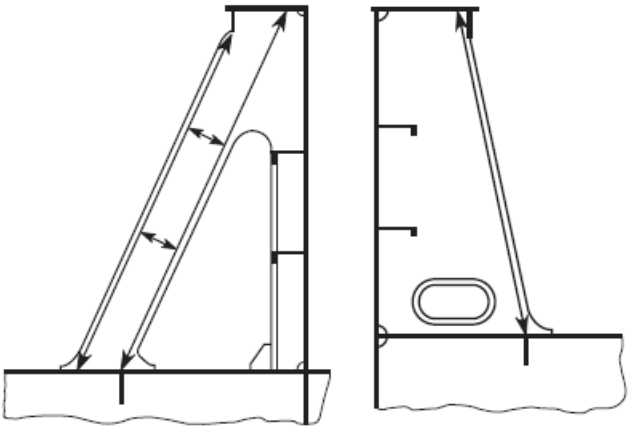
对于如图 2.20.2.8（3）3 和 4 的其它型式舱口围撑板，应采用交叉梁分析或有限元方法来确定其尺寸，并满足本节 2.20.2.5 的强度衡准。

舱口围撑板应由适当的支持结构支撑。计算舱口围撑板的剖面模数时，仅当撑板有适当的支持结构且焊接提供足够连接时，其面板面积方可计入。

腹板与甲板的焊接应采用双面连续焊，焊喉应不小于 $0.44t_w$。舱口围板撑板下端的腹板趾部焊喉大小应符合本篇第 1 章的有关要求。



例1　　例 2



例 3　　例 4

图 2.20.2.8（3）舱口围撑板举例

~~②舱口围撑板趾端处腹板的总厚度应不小于按下式计算所得之值：~~

$$t_w=\frac{2}{R_{eH}}\times\frac{e\times h_s\times p_A}{h_W}+t_s$$

~~式中：h_w——舱口围板撑板下端的腹板高度，m；~~

~~t_s——腐蚀余量，按本节 2.20.2.10 选取。~~

~~腹板与甲板的焊接应采用双面连续焊，焊喉应不小于 $0.44t_w$。舱口围板撑板下端的腹板趾部焊喉大小应符合本篇第 1 章的有关要求。~~

②~~③~~对于传递舱口盖支撑摩擦力的舱口围撑板，应~~具有足有的~~对其疲劳强度进行考虑。

(4) 舱口围板还应符合下述要求：

①作为船体纵向结构部分的舱口围板，在设计时应满足本章第 2 节总纵强度的有关要求。

②焊接到舱口围板上的结构构件和舱口围板上的顶部开口应具有足够的疲劳强度。

③在长度大于 $0.1L$ 的连续纵向舱口围板的两端应设置斜肘板或等效的过渡结构和相应的支持结构。在这些肘板的端部应采用长度为 300mm 的全焊透焊缝将其连接到甲板上。

④局部细节的设计应能将舱口盖上的载荷传递到舱口围板，并通过其传递到以下的甲板结构之上。舱口围板及其支撑结构应进行足够加强来承受来自舱口盖的纵向、横向及垂向载荷。应检查甲板下结构能承受撑板所传递的载荷。除非另外说明，焊接和材料应符合 CCS 的有关要求。

⑤对于在甲板上载运货物(例如木材、煤或焦炭)的船舶，撑板的间距应不大于 1.5m。

⑥舱口围板应延伸到甲板横梁的下边缘或舱口边桁材安装在甲板横梁的下边缘，延伸的舱口围板或舱口边桁材且应有折边或设置面板或半圆钢。见图 2.20.2.8(4)。

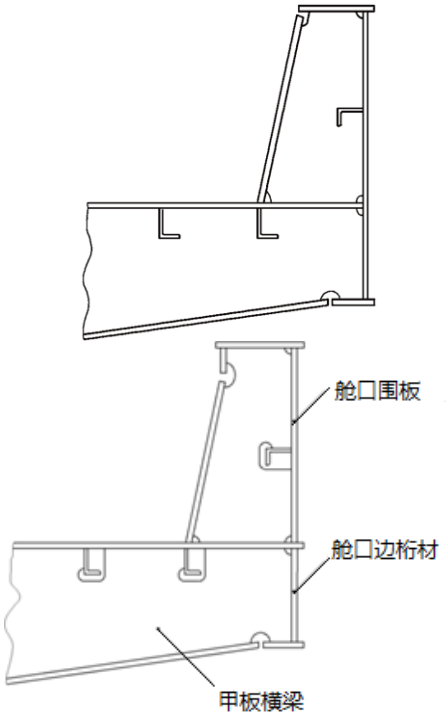


图 2. 20. 2. 8(4)舱口围板的延伸

⑦舱口围板的排水布置应符合以下要求：

如果通过布置排水挡板或将舱口侧围板和端围板沿垂向进行延伸，将排水沟布置在密封线以内，则应在排水沟的适当位置提供排水孔。

舱口围板的排水口的布置应与应力集中区域(如舱口角隅，起重机支柱过渡区域)保持足够的距离。排水口应布置在排水沟的端部，并应采用止回阀来防止水从外部倒流进去。另外，消防软管不能与排水口相连接。

如在舱口盖和船舶结构的钢材之间存在连续的外部接触面，则在钢材接触面与密封件之间的空间亦应有排水设施。

2.20.2.9 钢质风雨密舱口盖的封闭装置

(1)紧固装置

①一般要求

在舱口盖与舱口围板之间以及在交叉接头处，应通过紧固装置产生足够的密封线压力，以保持风雨密。紧固装置应能承受由于船体变形所引起的舱口盖与舱口围板间的相对位移。

紧固装置应保证结构可靠，并牢固地与舱口围板、甲板或舱口盖连接。每块舱口盖上的各紧固装置应具有大致相同的刚性。根据本节 2.20.2.3(3)②的要求，舱口盖(包括由多个部分组成的舱口盖)的每一侧都应配备足够数量的紧固装置。

限位块、紧固装置的材料以及其焊接材料均应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关要求。材料的技术规格应在舱口盖的图纸上标示出。

②杆状压紧器

如采用杆状压紧器，则应设置减振垫片或弹性垫块。

③液压式压紧器

如采用液压式压紧器，则应有可靠措施，以确保当液压系统出现故障时，在关闭位置处仍能保持机械锁紧。

④紧固装置的横剖面面积

紧固装置的实际横剖面面积应不小于：

$$A = 0.28qS_{SD}k_l \text{ cm}^2$$

式中：q——密封线压力，N/mm，不小于 5N/mm；

S_{SD}——紧固装置间距，m，应取不小于 2m；

$k_l = (\frac{235}{R_{eH}})^e$

R_{eH}——材料的屈服应力，N/mm^2，但 R_{eH} 应取不大于 $0.7R_m$；

R_m——材料的抗拉强度，N/mm^2；

e=0.75 当 $R_{eH} > 235$ N/mm^2；

e=1.00 当 $R_{eH} \leqslant 235$ N/mm^2；

舱口面积超过 5m^2 时，固定杆或螺栓的实际直径应不小于 19mm。

对于会产生显著弯曲和剪切应力的特殊设计的紧固装置，可按本条(1)⑤的止跳装置来设计。设计载荷为密封线压力 q 与紧固装置距离 S_{SD} 的乘积。

⑤止跳装置

对于其上系固货物的舱口盖的紧固装置，应根据本节 2.20.2.2(4)中载荷确定的提升力来进行设计，如图 2.20.2.9(1)。应考虑在实际中可能遇到的不对称载荷。在这些载荷作用下，紧固装置中的等效应力不能超过：

$$\sigma_V = \frac{150}{k_l} \text{ N/mm}^2$$

式中：k_l 同本条④。

注：对于防止舱口盖翻转，表 2.20.2.2(4)中的部分装载工况可能不能涵盖所有非对称装载的最危险情况。

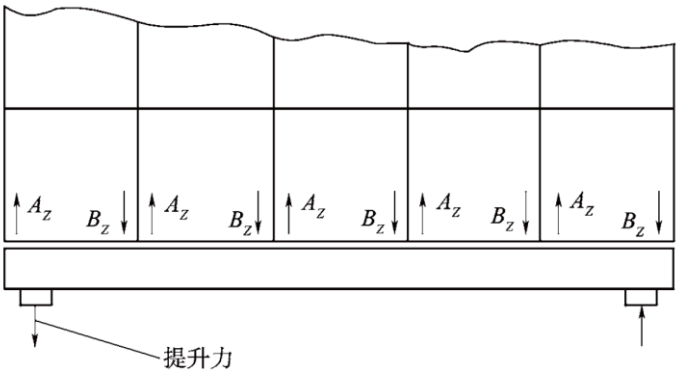


图 2.20.2.9(1)舱口盖的提升力

止跳装置的免除应参照以下要求：

如果没有由于船舶横摇造成的舱口盖的提升，则舱口盖的紧固装置可以免除。在这种情况下，应经过交叉梁分析或有限元分析证明舱口盖达到平衡状况，垂向的舱口盖支撑应使用只受压的边界单元。如果紧固装置被免除，横向舱口盖导轨的有效高度应达到在舱口盖支撑以上 h_E，如图2.20.2.9(2)，h_E 应不小于：

$$h_E = 1.75(2se + d^2)^{0.5} - 0.75d \quad \text{mm}$$

$$h_{E\min} = \text{舱口盖边板高度} + 150\,\text{mm}$$

式中：e——横向舱口盖导轨的内侧与舱口盖边板的最大距离，mm；

s——横向舱口盖导轨间的总间隙，$10 \leqslant s \leqslant 40$，mm；

d——横向限位块的上边界与舱口盖支撑的距离，mm；

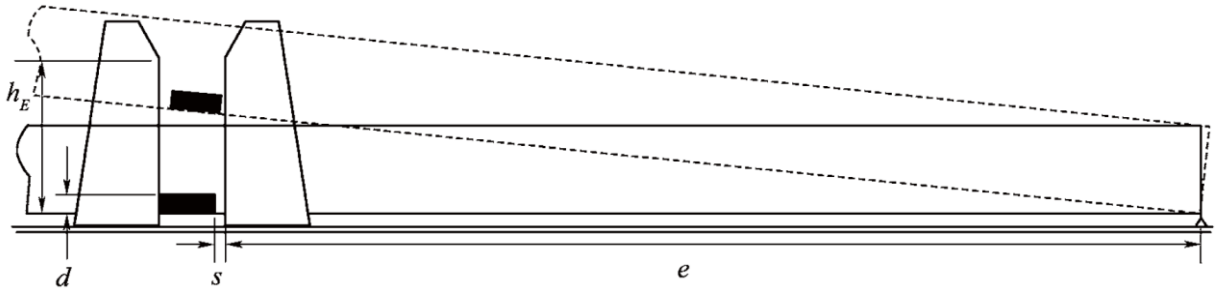


图 2.20.2.9(2)横向舱口盖导轨的高度

横向舱口盖导轨及其支持结构的尺寸应按照横向载荷作用在高度 h_E 计算。

(2)舱口盖支承、限位块及支持结构

①水平质量力

~~对用于防止舱口盖偏移的紧固装置~~出于舱口盖支撑结构设计，水平质量力应按下式计算：

$$F_h = ma$$

式中：F_h——水平质量力；

$a_X = 0.2g$ 纵向；

$a_Y = 0.5g$ 横向；

m——舱口盖上所系固货物的质量和舱口盖的质量总和；

纵向和横向加速度可不必同时考虑。

②舱口盖支承

为传递由本节 2.20.2.2 中工况以及本条(2)①中水平质量力所引起的支撑力，应保证支承的标称表面压力一般不超过下式计算所得之值：

$$p_{n\max} = dp_n \text{ N/mm}^2$$

式中：d=3.75−0.015L

$d_{\max} = 3.0$

$d_{\min} = 1.0$，一般情况

$d_{\min} = 2.0$，对部分装载工况，见本节 2.20.2.2(5)

P_n——许用标称表面压力，见表 2.20.2.9(2)。

许用标称表面压力 P_n　　表 2.20.2.9(2)

支承材料	如下作用力时的 P_n(N/mm^2)	
	垂向力	水平力(在限位块上)
船体结构钢	25	40
淬火钢	35	50
钢材上的塑料	50	—

对于不易发生相对位移的金属支承表面，其最大标称表面压力为：

$$p_{n\max} = 3p_n \text{ N/mm}^2$$

注：当设备商能够证明舱口盖垂向支撑结构的材料具有足够的能力承载更大的表面标称压力时，CCS可对许用标称表面应力进行放宽。其中载荷不但应包括静载荷还应考虑具有足够应力循环相对运动的动载荷。另外，需对垂向载荷和相关水平运动的长期分布谱进行假定并取得CCS批准。

支承的图纸应提交批准。支承的图纸中必须标明材料制造厂商所给出的~~长期应力时的~~最大许用压力。

如预期在支承表面会产生较大的相对位移，则建议采用具有低摩擦特性的材料。

~~如有必要，可通过试验验证支承表面的磨耗在营运中总位移距离为15000m/年时，每年不大于0.3mm，从而表明耐磨强度是足够的。~~

支承的支持结构的设计应使其压力均匀分布。

无论限位块如何进行布置，支承必须能在纵向和横向传递下述载荷 P_h：

$$P_h = \mu \frac{P_V}{\sqrt{d}}$$

式中：P_V——垂向支撑力；

μ——摩擦系数；

μ=0.5，钢对钢；

对于非金属，低摩擦特性的支承材料对钢之间的摩擦系数μ可以减少，但应不小于0.35，并需提交CCS认可；

支承、邻近结构以及支持结构的许用应力应不超过本节2.20.2.5中的要求。

对于承受水平力 P_h 的支承的支持结构和邻近结构，应对其~~进行~~疲劳强度~~分析~~进行考虑。

③舱口盖限位块

应对舱口盖进行充分地压紧来防止水平移动。对于其上装载货物的舱口盖，应设有限位块。

限位块及其支持结构的尺寸由本节2.20.2.2(2)产生的载荷和本条(2)①中载荷较大者确定。

舱口盖和舱口围板上的限位块及其支持结构的许用应力应根据本节2.20.2.5确定。另外，应考虑本条(2)②的要求。

2.20.2.10 腐蚀余量和换新

(1)舱口盖和舱口围板的腐蚀余量

舱口盖构件的尺寸要求采用下列一般腐蚀余量 t_S，见表 2.20.2.10

舱口盖和舱口围板的腐蚀余量 t_S　　**表 2.20.2.10**

适用	结构	t_S[mm]
集装箱船、汽车运输船、纸张	舱口盖	1.0

适用	结构	t_S[mm]
运输船以及客船的露天甲板舱口	舱口围板	1.5 当 $t \leqslant 10$
		$\frac{0.1t}{\sqrt{K}}+0.5$，但不大于 3 当 $t>10$
其他船舶的露天甲板舱口	舱口盖，一般情况	2.0
	双壳舱口盖的顶板和底部板	1.5
	双壳舱口盖和封闭箱型横梁的内部结构	1.0
	不作为船体纵向构件的舱口围板	1.5
	作为船体纵向构件的舱口围板	1.5 当 $t \leqslant 10$
		$\frac{0.1t}{\sqrt{K}}+0.5$，但不大于 3 当 $t>10$
	围板撑板和扶强材	1.5

注：t：规范要求的舱口围板的净厚度；
K：材料系数。

(2)换新

当测量厚度小于 t_{net} + 0.5 mm 时，以下结构构件需进行换新：

· 单壳舱口盖

· 双壳舱口盖的板

· 表 2.20.2.10 中给出腐蚀余量的舱口围结构

~~当测量厚度在 t_{net}+0.5mm 和 t_{net}+1.0mm 之间时，可通过采用涂装或年度测厚的措施替代换新。~~涂装应保持在“良好”状态，“良好”的定义见第 1 篇第 5 章 5.1.5.1(16)。

当 CCS 验船师根据舱盖板腐蚀和变形情况，对舱口盖顶板或底板换新或认为有必要时，应对双壳舱口盖的内部结构进行测厚，如测量厚度小于 t_{net}，内部结构应要求换新。

当腐蚀余量 t_S=1.0mm 时，钢材换新的厚度是 t_{net}，当测量厚度在 t_{net} 和 t_{net}+0.5mm 之间时，可通过采用涂装或年度测厚的措施替代换新。

对于表 2.20.2.10 中没有给出腐蚀余量的舱口围结构，钢板换新和涂装或年度测厚应符合 CCS 的相关规定。

第 24 节　液货舱结构温度场及其热应力分析

2.24.5.1　对整体液货舱模型，按本篇第 5 章附录 1 的规定；对独立液货舱模型的船体部分，按 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》附录 1；对石油沥青船的独立液货舱的构造材料，按本规范第 8 篇第 10 章 ~~10.2.3~~ 第 2 节。

2.24.5.3　对于未考虑船体梁总纵弯矩的有限元模型，其许用应力应在本篇第 5 章附录 1 ~~表 5.1.1~~ 的基础上作如下调整，其余规定不变：

对所有板材　　$[\sigma_e]=175/K$

对纵向板材　　$[\sigma_l]=110/K$

对纵桁　　$[\tau]=83/K$

对横向构件(包括肋板、横舱壁)　　$[\tau]=93/K$

式中：K——材料系数。

第 25 节　承载有木质支撑钢卷的内底

2.25.4.1　底边舱斜板和内壳板纵骨架式底边舱斜板和内壳的板材厚度应不小于按下式求得的值：

$$t = K_1\sqrt{\frac{a_{hopper}F_{SC}^{'}K}{\lambda_p R_{eH}}} + 2.5 \quad \text{mm}$$

式中：K_1——系数，定义见 2.25.3

K——材料系数；

R_{eH}——材料屈服强度；

~~λ_p~~ θ_h——内底板与底边舱斜板或内壳板之间的夹角，（°）；

a_{hopper}——系数，取为：

$$a_{hopper} = -a_R \sin\left(\tan^{-1}\left|\frac{y_{G-SC}}{R}\right| - \theta_h\right) + g\cos\left(\theta_h - \varphi_m\right)$$

a_R——切向加速度，定义见 2.25.2；

$y_{G\text{-}SC}$——横向重心位置，定义见 2.25.2；

R——系数，定义见 2.25.2；

$F_{SC}^{'}$——力，kg，取为：

$$F_{SC}^{'} = \frac{W_{SC}n_2C_k}{n_3} \text{ 对于 } n_2 \leqslant 10 \text{ 且 } n_3 \leqslant 5$$

$$F_{SC}^{'} = C_k W_{SC}\frac{l}{l_s} \text{ 对于 } n_2 > 10 \text{ 或 } n_3 > 5$$

λ_p——系数，见 2.25.3；

C_k——系数，取为：

$C_k = 2.2$，用于钢卷排为两层或两层以上的情况，或钢卷排为一层且锁紧钢卷位于底边舱斜板或内壳板起第二个或第三个的情况；

$C_k = 1.2$，在其他情况下。

2.25.5.1　内底板上的单跨普通扶强材的剖面模数W，（cm^3）和剪切剖面积A，（cm^2）应不小于按下列公式求得之值：

$$W = K_3\frac{\left(g + 0.5a_v\right)F_{SC}K}{12R_{eH}}$$

$$A=\frac{4\left(g+0.5a_v\right)F_{SC}K}{\tau_a\sin\phi}\times10^{-3}$$

式中：K_3——系数，定义见表 2.25.5.1，当 ~~n^2~~ n_2 大于 10 时，K_3 取 $2l/3$；

K——材料系数；

a_v——垂向加速度，m/s^2，应根据本篇第 1 章第 5 节 1.5.2 定义的公式计算；

F_{SC}——力，kg，定义见 2.25.3；

R_{eH}——材料屈服强度；

τ_a——剪切强度，取为：

$$\tau_a=\frac{R_{eH}}{\sqrt{3}}$$

~~f~~ ϕ——扶强材腹板与外板的夹角，度，在扶强材跨距中点量取。

系数 K_3　　表 2. 25. 5. 1

n_2	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
K_3	l	$l-\frac{l'^2}{l}$	$l-\frac{2l'^2}{3l}$	$l-\frac{5l'^2}{9l}$	$l-\frac{l'^2}{2l}$	$l-\frac{7l'^2}{15l}$	$l-\frac{4l'^2}{9l}$	$l-\frac{3l'^2}{7l}$	$l-\frac{5l'^2}{12l}$	$l-\frac{11l'^2}{27l}$

2.25.6.1　底边舱斜板或内壳上单跨普通扶强材的剖面模数 W，（cm^3）和剪切剖面积 A，（cm^2）应不小于按下列公式求得之值：

$$W=K_3\frac{a_{hopper}F'_{SC}K}{12R_{eH}}$$

$$A=\frac{4a_{hopper}F'_{SC}K}{\tau_a\sin\phi}\times10^{-3}$$

式中：K_3——系数，定义见表 2.25.5.1，当 ~~n^2~~ n_2 大于 10 时，K_3 取 $2l/3$；

K——材料系数；

R_{eH}——材料屈服强度；

τ_a——剪切强度；

a_v——垂向加速度，m/s^2，应根据本篇第 1 章第 5 节 1.5.2 定义的公式计算；

F'_{SC}——力，kg，定义见 2.25.4；

~~φ~~ ϕ——夹角，定义见 2.25.5。

附录 4　船首底部砰击强度评估方法

1　一般规定

1.1 本附录规定了单体船船首底部的砰击强度评估方法。

1.2 本方法规定的船首底部结构砰击强度评估是基于 Ochi-Mottor 理论进行砰击压力极值的计算预报，并采用抗塑性破坏方法进行板材和板架结构的砰击强度评估。

1.3 砰击压力计算所需的相对运动数据应通过三维线性耐波性运动程序求解给出。

2 砰击压力计算

2.1 计算位置

2.1.1 船首底部砰击压力直接计算纵向范围应与本篇第 2 章 2.15.3 规定的加强范围一致，计算结果为各站横剖面处的砰击压力极值。

2.2 评估工况

2.2.1 对船首底部结构的砰击强度直接计算评估，应根据装载手册确定具有航行状态下最小首吃水的装载工况。

2.3 海浪环境与计算条件

2.3.1 海浪的功率谱密度函数 $S(\omega)$ 采用双参数 P-M 谱，按下式计算：

$$S(\omega)=\frac{124H_S^2}{T_Z^4}\omega^{-5}\exp(-\frac{496}{T_Z^4}\omega^{-4})$$

式中：H_S ——有义波高，m；

T_Z ——平均跨零周期，s；

ω ——波浪圆频率，rad/s；

2.3.2 砰击压力计算采用短期海况极值预报，有义波高 H_S 按下式计算：

$$H_S=\begin{cases}8-0.6\left(\dfrac{300-L}{100}\right)^{1.5}, L<300\ \text{m}\\ 8+0.6\left(\dfrac{L-300}{100}\right)^{1.5}, L\geqslant 300\ \text{m}\end{cases}$$

平均跨零周期 T_Z 及计算航行时间 t_n 按表 2.3.2 选取，中间值可采用线性插值法求得。

海浪条件选取 **表 2.3.2**

有义波高 H_S (m)	6.0	7.0	8.0	9.0
平均跨零周期 T_Z (s)	8.703	9.400	9.990	10.503
计算航行时间 t_n (h)	41	35	35	35

2.3.3 计算航速采用 $0.75V$，V 的定义见第 1 章 1.1.2.27。

2.3.4 计算航向角取迎浪工况。

2.3.5 计算波浪频率范围取为 0.2 到 1.8rad/s，步长取 0.05rad/s。

2.4 砰击压力极值计算

2.4.1 砰击压力极值 P_B 按下式计算：

$$P_B(\alpha)=\begin{cases}\dfrac{1}{2}\rho k_1\left\{V_0^2-2E_v\ln\left[1-(1-\alpha)^{1/n}\right]\right\} & \text{kPa,}\quad \text{当}b_1/d_1\leq 5\text{时}\\ \dfrac{1}{2}\rho k_1\left\{V_0^{1.4}-1.625E_v^{0.7}\ln\left[1-(1-\alpha)^{1/n}\right]\right\} & \text{kPa,}\quad \text{当}b_1/d_1>5\text{时}\end{cases}$$

式中：d_1——$d/10$吃水，m，d的定义见第 1 章 1.1.2.4；

b_1——d_1吃水下的计算横剖面水线半宽，m；

ρ——海水密度，t/m^3，取为 1.025；

k_1——砰击系数，按下式计算：

$$k_1 = \exp\left(1.377 + 2.419a_1 - 0.873a_3 + 9.624a_5\right)$$

其中：a_1, a_3, a_5——d_1吃水下的计算横剖面按下式三参数保角变换方程映射到到单位圆的系数：

$$Z_0 = U(\zeta + \frac{a_1}{\zeta} + \frac{a_3}{\zeta} + \frac{a_5}{\zeta})$$

Z_0——剖面坐标，即$Z_0 = x + iy$；

ζ——圆的坐标，即$\zeta = \xi + i\eta$；

U——尺度比；

V_0——临界砰击速度，m/s，按下式计算：

$$V_0 = \begin{cases} 0.0925\sqrt{L}, & \text{对集装箱船} \\ 0.07\sqrt{L}, & \text{对其他船型} \end{cases}$$

E_v——计算横剖面的垂向船波相对速度方差，由本附录 2.3 谱分析计算结果确定；

α——保证率，取为 0.01；

n——砰击次数，用计算航行时间t_n小时内平均砰击次数N代替，按下式计算：

$$N = 3600\frac{t_n}{2\pi}\sqrt{\frac{E_v}{E_r}}\exp\left\{-\left(\frac{T_f^2}{E_r} + \frac{V_0^2}{E_v}\right)\right\}$$

其中：E_r——计算横剖面的垂向船波相对运动方差，由本附录 2.3 谱分析计算结果确定；

T_f——评估工况的首吃水，m。

3 强度评估

3.1 板的砰击强度

3.1.1 板的极限承载压力P_{cp}按下式计算：

$$P_{cp} = \frac{12\mathrm{R}_{eH}t_1^2}{a^2\left[3 - \frac{2}{\beta^2}\left(\sqrt{1+3\beta^2} - 1\right)\right]} \quad \text{MPa}$$

式中：R_{eH}——材料屈服应力，N/mm^2；

t_1——板厚度，mm；

a——板短边长度，mm；

b——板长边长度，mm；

β——板的边长比，$\beta = b/a$。

3.1.2 当板的极限承载压力P_{cp}与极值砰击压力P_B满足下述关系，则认为板具有足够抗砰击能力：

$$1000\frac{P_{cp}}{P_B} \geqslant 0.75$$

式中：P_B——砰击压力极值，kPa，见本附录 2.4.1。

3.2 纵骨的砰击强度

3.2.1 纵骨的极限承载能力按下式计算：

$$P_{cl}=\frac{16R_{eH}W_T}{al^2} \quad \text{MPa}$$

式中：R_{eH}——材料屈服应力，N/mm^2；

a——纵骨间距，mm；

l——纵骨跨距，mm；

W_T——包括带板的纵骨剖面模数，mm^3。

3.2.2 当纵骨的极限承载压力P_{cl}与极值砰击压力P_B满足下述关系，则认为纵骨具有足够抗砰击能力：

$$1000\frac{P_{cl}}{P_B}\geqslant 0.75$$

式中：P_B——砰击压力极值，kPa，见本附录 2.4.1。

3.3 板架的砰击强度

3.3.1 有限元结构模型

（1）模型的纵向范围应包括本附录 2.1.1 规定的计算范围并至少向前后延伸一个强框架距离；横向范围的选取应充分考虑降低边界条件对底部板架结构响应的影响，例如对油船应选取从底边舱在内底的折角处至船中线之间，其他船型类似选取。

（2）模型的单元选取和网格划分应符合本篇第 1 章第 5 节的要求。

（3）应对首部船底加强范围内的所有主要构件进行强度评估。

（4）当主要构件的开孔影响到构件的应力分布或刚度时，应按本篇第 1 章第 5 节的要求处理。

3.3.2 边界条件

模型边界处的肋板和纵桁刚性固定。

3.3.3 计算载荷

根据砰击原理，认为砰击压力是作用在中纵桁处的肋板上，其作用面积为边长S_1的正方形，S_1按下式计算：

$$S_1=\sqrt{1.1C_bLB\times 10^{-3}} \quad \text{m}$$

船首各站处的砰击压力的极限值不出现在同一时刻，所以必须对各站处作用极值砰击压力分别进行计算，求得底部板架的最大压力，砰击压力在肋板上的分布按下述三种情况确定：

(1) $S_1<S$：

砰击压力仅作用在一块肋板上，见图 3.3.3(1)，单位长度肋板上作用力Q按下式计算：

$$Q=P_BS_1 \quad \text{kN/m}$$

式中：S——肋板间距，m；

P_B——砰击压力极值，kPa，见本附录 2.4.1。

(2) $S<S_1<2S$：

砰击压力作用在二块肋板上，见图 3.3.3(2)，单位长度肋板上作用力Q按下式计算：

$$Q=0.5P_BS_1 \quad \text{kN/m}$$

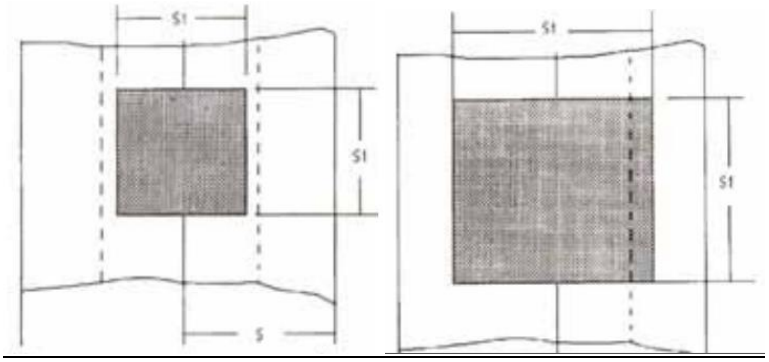
(3) $S_1>2S$：

砰击压力作用在三块肋板上，中间肋板单位长度肋板上作用力Q_C按下式计算：

$$Q_C=P_BS \quad \text{kN/m}$$

边肋板单位长度上的作用力Q_S按下式计算

$$Q_S=0.5P_B(S_1-S) \quad \text{kN/m}$$



(1) (2)

图 3.3.3

3.3.4 许用应力

板架砰击强度直接计算的许用应力按表 3.3.4 确定。

表 3.3.4

构件	内底板处正应力 σ（N/mm^2）	外底板处正应力 σ（N/mm^2）	剪切应力 τ（N/mm^2）	相当应力 σ_e（N/mm^2）
纵桁	122/*K*	112/*K*	108/*K*	180/*K*
肋板	132/*K*	132/*K*	98/*K*	196/*K*

注：表中*K*为材料系数。

第 3 章舾装

第 1 节舵整节修改如下:

第 1 节舵

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 基本假设

⑴本节规定适用于普通剖面型舵，以及部分为了提升舵力，采用特殊布置以剖面优化加强型的舵。对于剖面形状不包含在本节中的舵型，需要特殊考虑。

⑵本节规定适用于钢质舵。非钢质舵需要特殊考虑。

3.1.1.2 设计考虑

⑴应提供有效的方式以在不产生过度的舵承压力时支撑舵体的重量，例如采用在舵杆上部设置一个上舵承的方式。上舵承处的船体结构应适当地加强。

⑵应有合适的装置，以防止舵被抬升。

⑶通海的舵杆套筒，应在最大载重水线之上安装有密封装置或填料函，以防止海水进入舵机舱，导致舵承处的润滑剂被冲走。若舵杆套筒的顶部低于最大载重水线，应设有两个分开的填料函。

3.1.1.3 材料

⑴舵的焊接件材料应符合 CCS《材料与焊接规范》船体结构钢的有关规定。

⑵在每一条规范要求中，应考虑普通强度或高强度钢板的材料系数 K。如无特殊规定，材料系数应按本篇第 1 章第 3 节取值。

⑶舵及挂舵臂的钢板钢级应符合本篇第 1 章第 3 节的有关规定。

⑷舵杆、舵销、连接螺栓、键及舵的铸件应满足 CCS《材料与焊接规范》的轧制锻造或铸造碳锰钢。

⑸对于舵杆、舵销、键和螺栓，其所使用材料的最小屈服应力应不小于 200N/mm^2。本节的要求基于材料的屈服应力为 235N/mm^2。所用材料的屈服应力若不同于 235N/mm^2，材料系数 K 应按下式计算得到：

$$K=\left(\frac{235}{R_{eH}}\right)^{e}$$

式中：e=0.75 对于 R_{eH}>235N/mm^2；

e =1.00 对于 R_{eH} ≤ 235N/mm^2；

R_{eH}——材料的屈服应力，N/mm^2,应不大于 0.7R_m 或 450 N/mm^2, 取其小值；

R_m——材料的抗拉强度，N/mm^2。

3.1.1.4 焊接和设计细节

⑴应尽可能少用塞焊。在有大的面内应力垂直于塞焊处，以及半悬挂舵的缺口处，不可用塞焊。

当使用塞焊时，塞焊长度应至少 75mm，宽度为 2t，其中 t 为舵叶厚度，mm。塞焊端部的间距应不大于 125mm。应用适合的化合物填充绕孔边界填角焊后留下的塞焊孔，如采用环氧油灰。塞焊不应在孔内填满焊肉。

应使用连续对接焊代替塞焊。当采用连续对接焊时，应留根 6-10mm，坡脚应至少为 15 度。

⑵在半悬挂舵缺口处，舵板倒角圆弧半径应不小于 5 倍舵板厚度，且不小于 100mm。舵

旁板的焊接应避免焊到圆弧处。接近圆弧处的边以及焊脚应磨平。

⑶舵板与锻钢或铸钢承座实心体或者很厚的板焊接时，应采用全焊透。在高应力区域，比如半悬挂舵缺口处以及悬挂舵上部分，应采用铸钢或者焊接在隔板上。通常应采用双面全焊透。如果背面不可施焊，应焊接在陶瓷垫板或相当材料上。可采用钢质垫板，且应单面连续焊接在实体或厚板上。

⑷对于舵筒套杆的焊接以及设计细节的要求见本节 3.1.9.3。

⑸当舵杆与舵叶水平法兰连接时，对于其焊接以及设计细节的要求见本节 3.1.6.1⑷。

⑹对于挂舵臂的焊接以及设计细节的要求见本节 3.1.9.2⑶。

3.1.1.5 等效设计

⑴CCS 可以接受与本节要求不同的设计，如该设计具有与本节相当的要求。

⑵为了证明不同设计的等效性，可采用满足所有相关破坏模式的直接计算具体分析。这些破坏模式包括屈服、疲劳、屈曲、断裂。由于空蚀可能带来的破坏也应加以考虑。

⑶如 CCS 认为必要，可能需要提供试验结果，或者全尺度试验结果以证明等效的设计方法。

3.1.2 舵力和舵杆扭矩

3.1.2.1 无缺口舵叶

⑴舵力是舵尺寸计算的基础，舵力 C_R 应按下式计算：

$$C_R = 132K_1K_2K_3AV^2 \quad \text{N}$$

式中：C_R—— 舵力，N；

A——舵叶面积，m^2；

V—— 最大服务航速，kn。当航速小于 10kn 时，V 应被下式取代：

$V_{min} = (V + 20) / 3$

对于倒车工况，应采用最大倒车航速 V_{astern}，且该航速应不小于下式计算所得之值：

$V_{astern} = 0.5\,V$

K_1——系数，依据展舷比 λ 而定；

$K_1 = (\lambda + 2) / 3$，λ 的取值应不大于 2；

$\lambda = b^2 / A_t$；

b——舵面积的平均高度，m。舵的平均宽度和平均高度按如图 3.1.2.1 计算；

A_t——舵叶面积 A 以及高度 b 范围内可能设有的舵柱和挂舵臂面积，m^2；

K_2—— 依据舵的类型以及剖面形状选取的系数，见表 3.1.2.1；经 CCS 认可，可以采用试验提供数据；

K_3 =0.8 当舵位于螺旋桨尾流之外时

=1.15 当舵在螺旋桨导流管后面时

=1.0 其他情况。

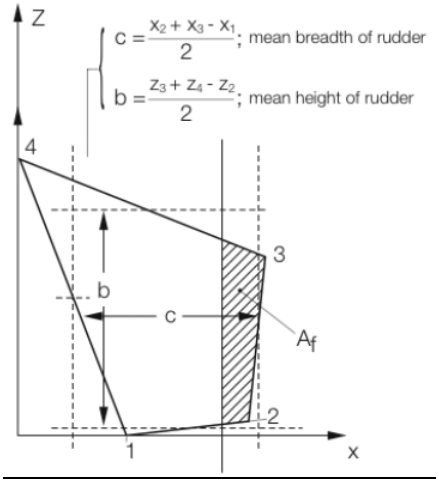
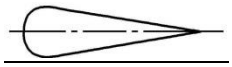
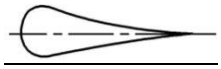
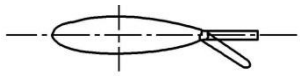
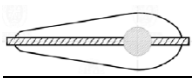


图 3.1.2.1

系　数　K_2　　表 3.1.2.1

翼型		K_2	
		正车时	倒车时
NACA-00 哥汀根翼型		1.1	0.80
平边翼型		1.1	0.90
中空翼型		1.35	0.90
高升力舵		1.7	应作专门考虑；如不可知：1.30
鱼尾型		1.4	0.8
单板型		1.0	1.0
混合翼型 （e.g. HSVA）		1.21	0.9

⑵对于正车和倒车工况，舵杆扭矩 Q_R 均应按下式计算：

$$Q_R = C_R r \quad \text{Nm}$$

式中：$r = c\,(\alpha\text{-}k)$，m；

c——舵面积的平均宽度，m,见图 3.1.2.1；

α——系数，正车时取 0.33，倒车时取 0.66。对襟翼舵可特殊考虑，如不能提供试验数据，正车时取 0.40，倒车时取 0.66；

$k=\frac{A_f}{A}$；

A_f ——位于舵杆前的舵叶部分面积，m^2;

对于正车工况，$r_{min}=0.1c$，m。

3.1.2.2 有缺口的舵叶（半悬挂舵）

总的舵力 C_R 应按本节 3.1.2.1⑴计算。压力在舵叶面积上的分布是确定舵杆扭矩和舵叶强度的依据，应由下述所得：

舵叶面积可分为两个矩形或两个不规则四边形部分，面积为 A_1 和 A_2，因此 $A=A_1+A_2$，见图 3.1.2.2。

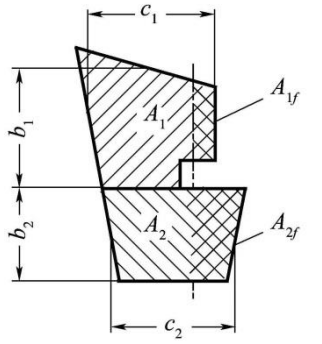


图 3.1.2.2 面积 A_1 和 A_2

力臂 r_1 与 r_2 应按下式计算：

$r_1=c_1(\alpha-k_1)$，m；

$r_2=c_2(\alpha-k_2)$，m；

式中：c_1，c_2——A_1 和 A_2 部分面积的平均宽度，依据图 3.1.2.1；

$$k_1=\frac{A_{1f}}{A_1};$$

$$k_2=\frac{A_{2f}}{A_2};$$

A_{1f}——位于舵杆中心线前的舵叶 A_1 部分面积，m^2;

A_{2f}——位于舵杆中心线前的舵叶 A_2 部分面积，m^2;

α= 0.33，对于正车工况；

α= 0.66，对于倒车工况；

对于舵位于挂舵臂之类固定结构之后的类型:

α= 0.25，对于正车工况；

α= 0.55，对于倒车工况；

各部分的合力可取为：

$$C_{R1}=C_R\frac{A_1}{A}\quad \text{N}$$

$$C_{R2} = C_R \frac{A_2}{A} \quad \text{N}$$

各部分的合成扭矩可取为：

$$Q_{R1} = C_{R1} r_1 \quad \text{N·m}$$

$$Q_{R2} = C_{R2} r_2 \quad \text{N·m}$$

对于正车工况和倒车工况下舵杆的总扭矩 Q_R，应按下式计算：

$$Q_R = Q_{R1} + Q_{R2} \quad \text{N·m}$$

对于正车工况，Q_R 应不小于下式计算所得之值：

$$Q_{R\min} = 0.1 C_R \frac{A_1 c_1 + A_2 c_2}{A} \quad \text{N·m}$$

3.1.3 舵强度计算

3.1.3.1 在本节 3.1.2 定义的舵力和舵杆扭矩引起舵叶弯矩和剪力，舵杆的弯矩和扭矩，舵销轴承、舵杆轴承的支持力，挂舵臂和尾框底骨的弯矩、剪力、扭矩。舵体应由水平和垂直的隔板支持以构成一个弯曲梁。

3.1.3.2 弯矩、剪力、扭矩以及支持力大小应由直接计算或者经 CCS 认可的近似简化方法得到。对于有尾框底骨和挂舵臂支撑的舵，为了反映准确的舵体弹性支持力，尾框底骨和挂舵臂这些结构均应包含在模型中。弯矩和剪力的分布可参考本章后的附录 1。

3.1.4 舵杆尺寸

3.1.4.1 传递舵杆扭矩的舵杆直径应满足扭转应力 τ_t 不超过下式计算所得之值：

$$\tau_t = 68/K \quad \text{N/mm}^2$$

传递舵杆扭矩的舵杆直径 d_t 应不小于下式计算所得之值：

$$d_t = 4.2\sqrt[3]{Q_R K} \quad \text{mm}$$

式中：Q_R——总的舵杆扭矩，N·m，定义见本节 3.1.2.1⑵和 3.1.2.2；

K——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

3.1.4.2 合成应力要求的舵杆尺寸

舵杆的等效弯曲和扭转合成应力应不超过 118/K，N/mm^2。

K——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

等效应力 σ_c 应按下式计算得到：

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau_t^2} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：弯曲应力 $\sigma_b = \dfrac{10.2M}{d_c^3} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$

剪切应力 $\tau_t = \dfrac{5.1Q_R}{d_c^3} \times 10^3 \quad \mathrm{N/mm^2}$ 。

舵杆直径 d_c 应不小于按下式计算所得之值：

$$d_c = d_t \sqrt[6]{1 + 4/3\left[M/Q_R\right]^2} \quad \mathrm{mm}$$

式中：M——考虑剖面的舵杆弯矩, N·m。

3.1.4.3 当使用屈服应力超过 235N/mm^2 的钢材而导致舵杆直径明显减小时，CCS 可要求对舵杆弹性变形进行评估。为防止在轴承处产生过大的边缘应力，应该避免较大的舵杆变形。

3.1.5 舵叶

3.1.5.1 许用应力

舵叶水平剖面的剖面模数和腹板面积应满足下述的系列应力不超过其后的应力许用值：

⑴一般

①弯曲应力 σ_b 110/ K N/mm^2

②剪切应力 τ 50/ K N/mm^2

③等效应力 $\sigma_e = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$ 120/ K N/mm^2

K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3⑵。

⑵半悬挂舵挂舵臂舵销处缺口处的应力

①弯曲应力 σ_b 75 N/mm^2

②剪切应力 τ 50 N/mm^2

③等效应力 $\sigma_e = \sqrt{\sigma_b^2 + 3\tau^2}$ 100 N/mm^2

Note：(2)使用高强度钢，许用应力也不可折减。

3.1.5.2 舵叶

舵旁板、顶板和底板的板厚 t 应不小于下式计算所得之值：

$$t = 5.5s\beta\sqrt{K}\sqrt{d + C_R 10^{-4}/A} + 2.5 \quad \mathrm{mm}$$

式中：d ——夏季载重线吃水，m；

C_R——舵力，N，见本节 3.1.2.1；

A ——舵叶面积，m^2；

$\beta = \sqrt{1.1 - 0.5(\dfrac{s}{b})^2}$，如 $\dfrac{b}{s}$ ≥2.5，则 β 最大取 1。

s——板格的短边长度，m；

b——板格的长边长度，m；

K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3⑵。

舵叶的导边板应不小于 1.2 倍的舵旁板厚度，但也不必大于 22mm。隔板厚度应不小于舵旁板厚度的 70%，且不小于 8mm。

与实心体连接处的舵板应按 3.1.5.3⑷加厚。

3.1.5.3 舵叶结构与实心锻件或铸钢件的连接

⑴舵杆或舵销的实心锻钢或铸钢承座，一般应设置凸缘。

当隔板厚度小于下值时，可不要求有凸缘：

-10 mm，对焊接于半悬挂舵下舵销承座的隔板和焊接于悬挂舵舵杆联接实体的垂直隔板；

-20 mm，对其他隔板。

⑵实心承座一般应通过两个水平隔板和两个垂直隔板与舵结构相连接。

⑶与舵杆承座连接结构的最小剖面模数。

与舵杆承座实心部分连接的舵叶结构由垂直隔板和舵板组成，其剖面模数 W_S 应不小于按下式计算所得之值：

$$W_S = c_s d_c^3 \left(\frac{H_E - H_X}{H_E} \right) \frac{K}{K_s} 10^{-4} \quad \text{cm}^3$$

式中：c_S——系数，应取：

c_S = 1.0，如舵板无开口或该开口由全熔透焊板封闭；

c_S = 1.5，如所考虑的舵横剖面有一开口；

d_c——按本节 3.1.4 计算的下舵承处舵杆直径，mm；

H_E——舵叶下缘和实心部件上缘之间垂直距离，m；

H_X ——所考虑横剖面和实心部件上缘之间垂直距离，m；

K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3⑵；

K_s——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

舵叶剖面的实际剖面模数应按舵叶对称轴计算。其计及剖面模数的有效舵叶宽度 b 应不大于按下式计算所得之值：

$$b = s_v + 2Hx/3 \quad \text{m}$$

式中：s_v——两垂直隔板的间距，m，见图 3.1.5.3。

舵杆螺母的通道开口如未用全熔焊接板封闭，则开口应相应扣除。

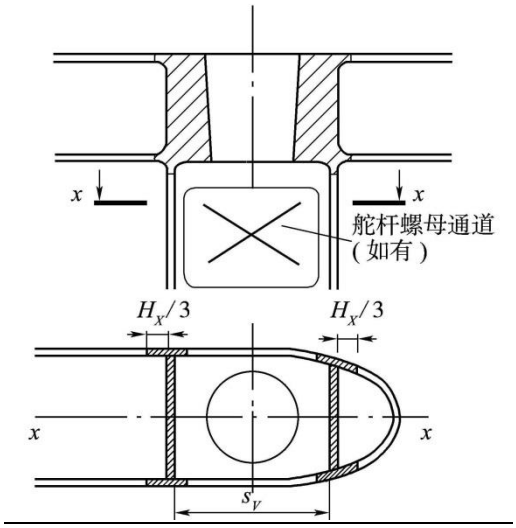


图 3.1.5.3 舵叶与舵杆承座连接处剖面

⑷承座附近的水平隔板厚度以及这些隔板之间的舵叶厚度 t_H 应不小于按下式计算所得之值的大者：

$$t_H = 1.2t \quad \text{mm}$$

$$t_H = 0.045 d_s^{\,2} / S_H \quad \text{mm}$$

式中：t ——见本节 3.1.5.2；

d_S ——直径，mm，应按如下取值：

$d_S = d_c$，见本节 3.1.4.2，承座与舵杆相连时

$d_S = d_p$，见本节 3.1.7.1，承座与舵销相连时

S_H——两个水平隔板间的距离，mm。

加厚水平隔板应延伸至至少实体前后一个垂直隔板。

⑸与舵杆承座焊接的垂直隔板和舵杆承座以下的舵旁板的厚度，mm，应不小于表 3.1.5.3 中的值。

舵旁板和垂直隔板的板厚表表 3.1.5.3

舵的型式	垂直隔板厚度(mm)		舵板厚度(mm)	
	无开口舵叶	有开口舵叶	无开口舵叶	有开口舵叶
由尾框底骨支承的舵	1.2 t	1.6 t	1.2 t	1.4 t
半悬挂舵和悬挂舵	1.4 t	2.0 t	1.3 t	1.6 t

表中：t 为舵板厚度，mm，定义见本节 3.1.5.2。

加厚水平隔板应延伸至实体之下至少一个水平隔板。

3.1.5.4 单板舵

⑴舵杆直径

舵杆直径应按本节 3.1.4.1 和 3.1.4.2 计算得到。对悬挂舵其下段的三分之一可向下过渡至下舵杆直径的 0.75 倍。

⑵舵叶厚度

舵叶厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t_b = 1.5 s V \sqrt{K} + 2.5 \quad \text{mm}$$

式中：s——加强筋间距，m，应不大于 1m；

V——航速，kn，见本节 3.1.2.1⑴；

K——舵叶材料系数，见本节 3.1.1.3⑵。

⑶加强筋

加强筋的厚度 t_a 应不小于舵叶厚度：

$$t_a = t_b \quad \text{mm}$$

加强筋的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 0.5 s C_1^{\,2} V^2 K \quad \text{cm}^3$$

式中：C_1——自舵后端至舵杆中心线的水平距离，m；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

3.1.6 舵杆连接

3.1.6.1 水平法兰连接

⑴连接螺栓直径 d_b 应不小于下式计算所得之值：

$$d_b = 0.62\sqrt{d_s^3 \mathrm{K}_b / n e_m \mathrm{K}_s} \quad \mathrm{mm}$$

式中：d_s——舵杆直径，按 3.1.4.1 及 3.1.4.2 要求的直径 d_t 与 d_c 取大值，mm；

n ——螺栓总数，应不小于 6；

e_m——螺栓中心与螺栓系统中心平均间距，mm；

K_s——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

K_b——螺栓材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

⑵连接法兰的厚度 t_f 应不小于按下式计算所得之值取大者：

$$t_f = d_b\sqrt{K_f / K_b} \quad \mathrm{mm}$$

$$t_f = 0.9 d_b \quad \mathrm{mm}$$

式中：K_f——连接法兰材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

K_b——螺栓材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

d_b ——按不超过 8 个螺栓数计算所得的螺栓直径，mm。

⑶螺栓孔与法兰边之间距离应不小于 $0.67d_b$。

⑷舵杆与法兰的焊接节点应满足下图 3.1.6.1 要求或者相当设计。

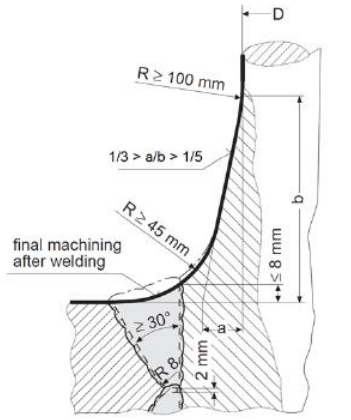


图 3.1.6.1 舵杆与法兰的焊接节点

⑸连接法兰的螺栓应为铰孔螺栓，螺母应有可靠的止动装置。

3.1.6.2 舵杆与舵叶的垂向法兰连接

⑴连接的螺栓直径 d_b 应不小于按下式计算所得之值：

$$d_b = 0.81 d_s / \sqrt{n} \times \sqrt{K_b / K_s} \quad \mathrm{mm}$$

式中：d_s ——连接法兰处的舵杆直径，mm；

n ——螺栓总数，至少应有 8 个；

K_b ——螺栓材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

K_s ——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸。

⑵螺栓面积对法兰中心的静矩 m 应不小于按下式计算所得之值：

$$m = 0.00043\, d_s^3 \quad \mathrm{cm}^3$$

⑶连接法兰的厚度应不小于螺栓直径，螺栓孔以外的材料宽度应不小于 $0.67d_b$。

⑷连接法兰的螺栓应为铰孔螺栓，螺母应有可靠的止动装置。

3.1.6.3 有键锥形连接

⑴锥度和连接长度

没有液压装置的锥形连接在直径方向上的锥度 c 应在 1:8~1:12 之间。

其中 $c = (d_0 - d_u) / l$，见图 3.1.6.3。

锥形连接应由螺母紧固。螺母应紧固，例如使用图 3.1.6.3 所示紧固板。

锥形应精确适配。连接长度 l 一般应不小于 $1.5d_0$。

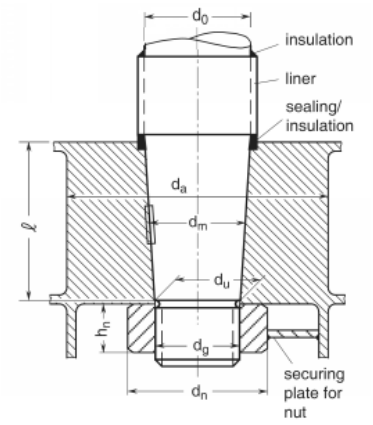


图 3.1.6.3 有键锥形连接

⑵键的尺寸

舵杆和舵之间的连接应设有一个键，其剪切面积 a_s 应不小于：

$$a_s = \frac{17.55Q_F}{d_k R_{eH1}} \quad \text{cm}^2$$

式中：Q_F——舵杆的设计屈服扭矩；

$Q_F = 0.02664 d_t^3 / K$ N·m

如实际直径 d_{ta} 大于计算要求直径 d_t，应取实际直径 d_{ta}，但不必大于 $1.145d_t$；

d_t——按本节 3.1.4.1 计算的舵杆直径，mm；

K——舵杆材料系数，见本节 3.1.1.3⑸；

d_k——舵杆锥体装键处的平均直径，mm；

R_{eH1}——键材料最小屈服应力，N/mm^2。

在键与舵杆或承座之间的(未打磨)键有效表面积 a_k，cm^2，应不小于：

$$a_k = \frac{5Q_F}{d_k R_{eH2}}$$

式中：R_{eH2}——键、舵杆或承座材料最小屈服应力，N/mm^2。

⑶螺母的尺寸应符合下列要求，见图 3.1.6.3⑴：

螺纹外径 $d_g \geq 0.65\, d_o$

螺母高度 $h_n \geq 0.6d_g$；

螺母外径 $d_n \geq 1.2\, d_u$ 或 $1.5d_g$，取较大者。

⑷应证明 50%设计屈服扭矩通过锥形连接摩擦传递。可按 3.1. 6.4⑵计算当扭矩 $Q'_F = 0.5Q_F$ 时所要求的推入压力和推入长度。

⑸除了 3.1. 6.3⑵和 3.1. 6.3⑷的要求，当舵杆与舵通过有键连接时，认为所有的扭矩都通过键传递，键的尺寸和压入力、压入长度应特殊考虑。

3.1. 6. 4 具有特殊拆装专用装置的锥形连接

⑴舵杆直径如超过 200mm，建议通过液压连接进行压入配合。在此情况下，锥部应更细长，锥度在 $c \approx 1:12$ 至 $\approx 1:20$ 之间。

如用液压方式连接，螺母应有效紧固于舵杆或舵销。

为使舵杆和舵体之间的连接能安全传递扭转力矩，推入压力和推入长度应由 3.1.6.4⑵和 3.1. 6.4⑶确定。

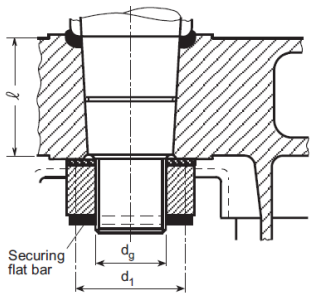


图 3.1. 6. 4 特殊拆装专用装置的锥形联接

⑵推入压力

推入压力应不小于以下两式计算所得之值的大者：

$$p_{req1} = \frac{2Q_F \times 10^3}{d_m{}^2 l \pi \mu_0} \quad \text{N/mm}^2$$

$$p_{req2} = \frac{6M_b \times 10^3}{l^2 d_m} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：Q_F——按本节 3.6.3.2 确定的舵杆设计屈服扭矩，N·m；

d_m——锥体平均直径，mm；见图 3.6.3.1；

l ——锥体长度，mm；

μ_0 ——摩擦系数，等于 0.15；

M_b——锥形连接弯矩(例如悬挂舵)，N·m。

应证明推入压力不超过锥体的许用表面压力。许用表面压力 p_{perm}，应按下式计算确定：

$$p_{perm} = \frac{0.8R_{eH}(1-\alpha^2)}{\sqrt{3+\alpha^4}} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：R_{eH}——舵枢材料最小屈服应力，N/mm^2；

$\alpha = \frac{d_m}{d_a}$；

d_m——直径，mm，定义见图 3.1.6.3；

d_a ——舵枢外径见图 3.1.6.3，mm，应不小于 $1.5d_m$。见图 3.1.6.3。

⑶推入长度

推入长度 Δl，mm，应满足下式：

$$\Delta l_1 \leqslant \Delta l \leqslant \Delta l_2$$

式中：$\Delta l_1 = \dfrac{p_{req} d_m}{E\left(\dfrac{1-\alpha^2}{2}\right)c} + \dfrac{0.8R_{tm}}{c}$ mm

$$\Delta l_2 = \frac{1.6R_{eH} d_m}{Ec\sqrt{3+\alpha^4}} + \frac{0.8R_{tm}}{c} \quad \text{mm}$$

R_{tm}——平均粗糙度，mm，等于 0.01；

c——直径锥度，见本节 3.1.6.4⑴。

无论如何，压入长度不小于 2mm。

注：如用液压方式连接，所要求的锥体推入力 P_e，N，可按下式计算：

$$P_e = p_{req} d_m \pi l \left(\frac{c}{2} + 0.02\right)$$

数值 0.02 是采用油压摩擦系数的基准。该值是变量，视机加工和粗糙度的具体细节而定。如在装配过程中，产生了因舵的重量引起的部分推入效应，可在确定所需的推入长度时予以考虑，并应经 CCS 批准。

3.1.7 舵销

3.1.7.1 舵销尺寸

舵销直径 d_p 应不小于：

$$d_p = 0.35\sqrt{BK_p} \quad \text{mm}$$

式中：B——支撑力，N；

K_p——舵销材料系数，见本节 1.1.3.5。

3.1.7.2 连接

⑴锥度

舵销如为锥形，直径方向锥度应符合以下规定：

1:8 至 1:12，对于有键或者其它手动安装舵销，如果由止动螺母锁定；

1:12 至 1:20，对与以油压和液压螺母装配舵销。

⑵舵销轴承的推入压力

所要求的舵销轴承推入压力 p_{req} 应按下式计算：

$$p_{req} = 0.4\frac{B_1 d_0}{d_m^2 l} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：B_1——舵销轴承的支撑力，N；

d_0——舵销直径，mm，见图 3.1.6.3。

推入长度应按本节 3.1.6.4⑶的类似方法计算，采用要求的舵销轴承推入压力和舵销轴承的属性。

3.1.7.3 螺母和螺纹的最小尺寸应依据 3.1.6.3⑶得到。

3.1.7.4 舵销承座

舵枢处舵销承座的长度应不小于舵销直径 d_p。d_p 应在衬套外径处量取。

舵销承座的厚度应不小于 $0.25d_p$。

3.1.8 舵杆、舵轴和舵销的轴承

3.1.8.1 衬垫和衬套

⑴舵杆轴承

轴承应有衬垫和衬套，衬垫和衬套的最小厚度 t_{min} 应取为：

t_{min} = 8mm 金属材料和合成材料

t_{min} = 22mm 木材

⑵舵销的轴承

任何衬套或衬垫的厚度 t，mm，应不小于下式及 3.1.8.1⑴定义的最小厚度。

$$t = 0.01\sqrt{P}$$

式中：P——相关轴承支撑力，N。

3.1.8.2 最小轴承表面积

应提供足够的润滑。

舵承表面 A_b(定义为投影面积：舵承高度 × 衬套外径)，应不小于：

$$A_b = \frac{P}{q_a} \quad \text{mm}^2$$

式中：P——舵承支持力，N，定义见本节 3.1.3.2；

q_a——按表 3.1.8.2 确定的许用表面压力。

各种不同材料最大表面压力 q_a 应按下表确定。如有许用表面压力大于表 3.1.8.2 数值，且已经由试验验证过，可按供应商说明书选取。

许用表面压力表 q_a 表 3.1.8.2

舵承材料	q_a (N/mm^2)
铁梨木	2.5
白合金，油润滑	4.5
邵氏硬度 D 级 60~70 的合成材料①	5.5②
钢材③、青铜和热压青铜-石墨材料	7.0

注：

①压痕硬度试验应在 23℃及具有 50%湿度情况下，应按公认的标准进行。合成材料应是认可型的。

②根据轴承供应商说明书与试验，表面压力超过 5.5N/mm^2 可能接受，但无论如何不超过 10 N/mm^2。

③不锈钢和耐磨钢，并以认可方式同舵杆衬套组合。

3.1.8.3 舵承尺寸

舵承长度与直径的比值应不大于 1.2。

舵承长度 L_P 应满足下式：$D_P \leqslant L_P \leqslant 1.2\ D_P$

式中：D_P=在衬套外面量取的舵销实际直径。

3.1.8.4 舵承间隙

金属材料舵承的直径方向间隙应不小于 $d_b/1000+1.0$mm。如采用非金属轴承，轴承的径向间隙应考虑材料的膨胀和热膨胀特性予以专门确定，除非生产商推荐并提供更小间隙的成功使用经验的报告，否则该间隙应不小于 1.5mm。

3.1.9 挂舵臂与舵杆围阱的强度

3.1.9.1 挂舵臂

支承半悬挂舵的挂舵臂可采用钢板焊接或铸钢，其水平剖面形状可参照推进器柱的截面。如挂舵臂与外板之间圆弧过渡，应充分考虑挂舵臂板抗弯曲的有效性以及横隔板的应力。圆弧半径不小于(0.8L+150)mm，其中 L 为船长。

有一个弹性支持的半悬挂舵和两个弹性支持的半悬挂舵的弯矩和剪力应由直接计算确定，或者可以依据附录 1 中 2.4 和附录 1 中 2.5 的指南。

水平 x 轴的剖面模数 W 应不小于：

$$W=M_bK/67 \quad \text{cm}^3$$

式中：M_b——计算剖面的弯矩，N·m。

剪应力 τ 应不大于：

$$\tau=48/K \quad \text{N/mm}^2$$

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

⑴等效应力

挂舵臂高度范围内任何位置的等效应力应不超过 $120/K$，N/mm^2。等效应力 σ_v 应按下式计算：

$$\sigma_v=\sqrt{\sigma_b^2+3\left(\tau^2+\tau_T^2\right)} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：$\sigma_b = M_b/Z_x$，N/mm^2；

$\tau=B_1/A_h$，N/mm^2；

B_1——舵销轴承的支持力，N；

A_h——挂舵臂 y 方向的有效剪切面积，mm^2；

$\tau_T=M_T10^3/2A_Tt_h$，N/mm^2；

M_T——扭矩，N·m；

A_T——挂舵臂围住的水平剖面面积，mm^2；

t_h——挂舵臂的板厚，mm；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

⑵挂舵臂板

挂舵臂的侧板厚度 t应不小于：

$$t = 2.4\sqrt{LK} \quad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

K——见本节 3. 1.1. 3⑵。

⑶与船体结构的焊接与连接

挂舵臂应有效地连接至船尾结构，例如板材与外板及横纵桁的连接，以实现力的合理传递，见图 3.1. 9.1。

挂舵臂内应在与外板对齐处设置肘板或者水平结构，如图 3.1.9.1 所示。

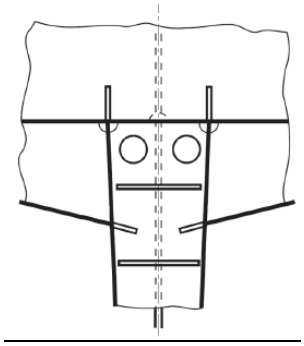


图 3.1.9.1 挂舵臂与船尾结构的连接

应有数量充足且厚度足够的挂舵臂横隔板向上装入船体，直至达到最近一层平台甲板。

应与横隔板一起安设加强肋板，以实现与船体充分连接。

尾尖舱的中纵舱壁(制荡舱壁)应与挂舵臂相连。

横隔板与外板连接处应避免扇形孔。

挂舵臂板与外板之间应全焊透。焊接半径应该尽可能的大，并且需要打磨。

3. 1. 9. 2 舵杆围阱

⑴材料，焊接以及与船体的连接

本要求适用于伸入艉柱以下和未伸入艉柱以下两种类型的舵杆围阱。

舵杆围阱的钢材应保证可焊性，熔炼分析的含碳量不超过 0.23%，碳当量 C_{EQ} 不超过 0.41%。

舵杆围阱的板材钢级一般不应低于本篇第 1 章第 3 节中材料级别 II 所对应钢级。

舵杆围阱与船壳或导流尾鳍底部的连接焊缝应为全焊透。

凸肩圆角半径 r, mm, 见图 3.1.9.2 应尽可能大并满足下式：

r=60　　当 $\sigma \geq 40/K$　N/mm^2

r=0.1d_c, 且不小于 30mm　　当 $\sigma < 40/K$　N/mm^2

式中：d_c——3.1.4.2 定义的舵杆直径

σ——舵杆围阱的弯曲应力, N/mm^2

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸。

弧形可用打磨方式制成。如用砂轮打磨，应在焊缝方向上避免砂轮划痕。应用模板核查弧形的精度。至少应核查四个，并应向验船师提交报告。

非钢质材料舵杆围阱应由 CCS 作特殊考虑。

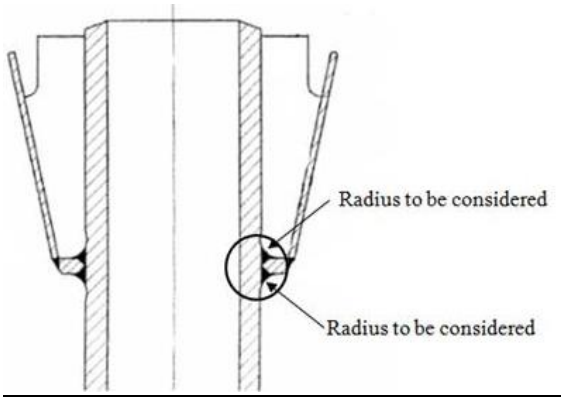


图 3.9.2.1

⑵结构尺寸

如果舵杆在舵杆围阱内，且舵的运动作用力使舵杆围阱产生应力，舵杆围阱的尺寸应使弯曲和剪切的合成应力不超过 $0.35R_{eH}$。

焊接的舵杆围阱弯曲应力 σ 应满足下式：

$$\sigma \leqslant 80/K \quad \text{N/mm}^2$$

式中：σ——舵杆围阱的弯曲应力，3.1.9.3⑴中定义；

K——材料系数，分别见本节 3.1.1.3⑵或 3.1.1.3⑸，应不小于 0.7；

R_{eH}——所用材料的屈服应力，N/mm²。

在计算弯曲应力时，所计跨距是下舵杆轴承高度中点与舵杆围阱在船壳或导流尾鳍底部的夹入点之间的距离。

3.1.10 其它

3.1.10.1 舵扇与舵柄

⑴舵柄在距舵杆中心的任一剖面对其垂直轴的剖面模数 W，应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 0.14(1-\frac{D_s}{R})D_t^3 \quad \text{mm}^3$$

式中：D_s——舵柄上计算剖面到舵杆中心线距离，不超过销轴孔径，见图 3.1.10.1，mm；

D_t——舵柄处的舵杆直径，按本节 3.1.4.1 计算，mm；

R——舵扇半径或舵柄长度，mm。

对于一个幅条以上的舵扇，各幅条的剖面数总和应不小于上式要求。

矩形舵柄剖面的宽度与高度之比应不大于 2。

⑵舵扇、舵柄毂的高度 $h \geqslant 1.0D_t$，外径 $D_O \geqslant 1.8D_t$，见图 3.1.10.1。当舵柄毂的高度 h 大于 D_t 时，外径 D_O 的要求可相应减少。应保证 $h \times D_O^2 \geqslant 1.8D_t^3$，且无论如何 D_O 不能小于

1.6D_t。

D_t定义同本条 3.1.10.1（1）。

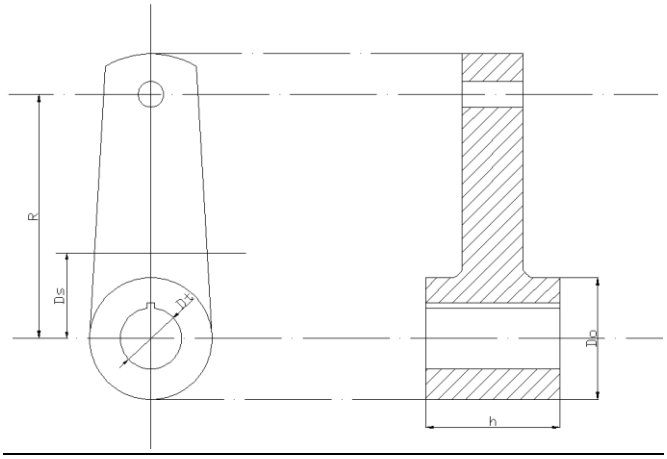


图 3.1.10.1

⑶若舵柄(舵扇)毂由两个半块对合组成，应至少安装一个键，且在每一端至少配置 2 个螺栓进行栓固。螺栓应进行预紧，每个螺栓的预紧力应对应螺栓材料许用应力的 70%，如使用双键，预紧力可适当降低。全部螺栓的总剖面积A_b应不小于下式计算所得之值：

$$A_b = 0.2 \times \frac{D_t^3}{b} \quad \text{mm}^2$$

式中：D_t——舵柄处的舵杆直径，按本节 3.1.4.1 计算，mm；

b——螺栓中心线至舵杆中心线距离，mm。

⑷舵柄(舵扇)与舵柄之间的连杆剖面积A_r和剖面惯性矩I_r应不小于按下式计算所得之值：

$$A_r = 0.12 \times \frac{D_t^3}{R} \quad \text{mm}^2$$

$$I_r = 6.6 \frac{D_t^3 l^2}{R} \quad \text{mm}^4$$

式中：D_t——被动舵舵柄处的舵杆直径，按本节 3.1.4.1 计算，mm;

l——连杆长度，mm；

R——被动舵的舵柄长度，mm。

⑸ 对于转叶式舵机，其转子和叶片应满足本条 3.1.10.1⑴和 3.1.10.1⑵中舵柄毂及舵柄

的要求。

3.1.10.2 舵柄与舵杆的连接

⑴ 舵柄与舵杆的连接应保证在任何操作情况下可将机械力由转舵机构传递到舵杆。舵柄与舵杆的连接传递的扭矩T_d应不小于 2 倍的舵机设计扭矩，但不必大于按本节 3.1.6.3⑵计算的舵杆设计屈服扭矩 $Q_F T_f$。舵机设计扭矩为与本规范第 3 篇第 13 章 13.1.6.5 中设计压力对应的舵机扭矩。

⑵如通过摩擦传递扭矩，舵柄与舵杆连接的平均表面压力p_r应不小于下式计算所得之值：

$$p_r \geqslant \frac{2T_{fr}}{\pi D_m^{\,2} l f} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$$

式中：T_{fr}——摩擦传递的扭矩，N m；

=T_d，无键连接；

=0.5T_d，有键连接；

T_d——舵柄与舵杆连接传递的扭矩，N m，按本节 3.10.2.1 确定；

D_m——舵杆直径或锥体的平均直径，mm；

l——与舵杆有效连接部分长度，mm；

f——摩擦系数，对于液压连接取 0.15，对于干式连接取 0.18。

⑶如为锥形连接，应使用螺母进行紧固防止发生轴向的位移。螺母的尺寸应满足本节 3.1.6.3⑶的要求。

⑷当舵柄与舵杆之间使用了多只胀紧套或锥形套筒连接，如图 3.1.10.2 所示，还应考虑轴向力的影响。

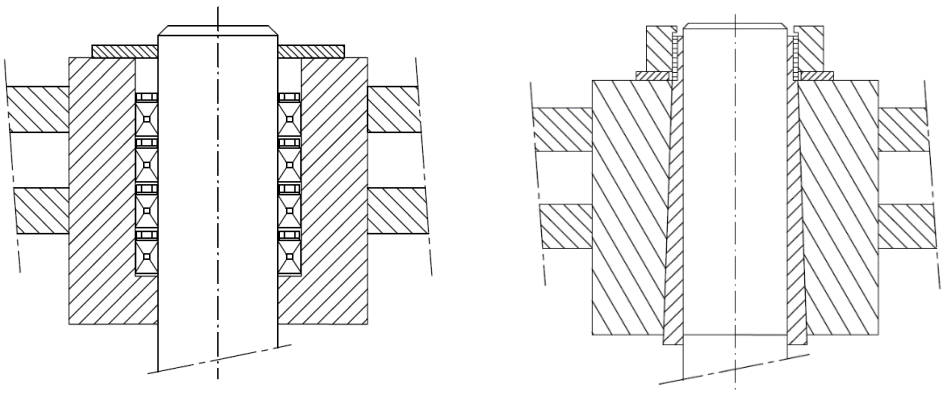
此时舵柄与舵杆的连接传递的扭矩T_{d1}应不小于下式计算所得之值。

$$T_{d1} = \sqrt{T_d^2 + (2 \cdot W \cdot D_m)^2 \cdot 10^{-4}} \quad \text{N} \cdot \text{m}$$

式中：T_d——扭矩，N m，按本节 3.1.10.2⑴确定；

W——舵以及舵杆的重量，kg；

D_m——舵杆直径，mm。



(a)胀紧套　　(b)锥形套筒

图　3.1.10.2

⑸无键锥形连接的直径锥度应不大于 1:15，有键锥形连接的直径锥度应不大于 1:10。

⑹如为有键连接，键的剪切面积 A_s 应不小于按下式计算所得之值：

$$A_s = \frac{70\left(T_d - k_{key}T_{fr}\right)}{D_k R_{eH}} \quad \text{cm}^2$$

式中：T_d——舵柄与舵杆连接传递的扭矩，N m，按本节 3.1.10.2 计算；

k_{key}——系数，按下列情况确定：

=0.7，舵柄毂由两块对合，并由螺栓进行夹紧；

=0.9，舵杆与舵柄进行液压装配；

=1.0，其他情况。

T_{fr}——摩擦传递的扭矩，N m，按以下公式计算：

$$T_{fr} = \frac{\pi p_r D_m^2 l f}{2} \times 10^{-3}$$

其中：p_r——舵柄与舵杆连接的平均表面压力，N/ mm^2，按本节 3.1.10.2⑴确定。当采用液压装配或冷缩配合的锥形连接时，应取为推入平均表面压力；

D_m，l，f 定义同本节 3.1.10.2⑵；

D_k——舵杆装键处的平均直径，mm；

R_{eH}——键材料的屈服应力，N/mm^2。

⑺如为有键连接，键的受挤压面积A_k (不计圆边部分)应不小于按下式计算所得之值：

$$A_k = \frac{22\left(T_d - k_{key}T_{fr}\right)}{D_k R_{eH}} \quad \text{cm}^2$$

式中：T_d，K_{key}，T_{fr}，D_k——同本节 3.1. 10.2⑺；

R_{eH}——键材料的屈服应力，N/mm^2。

⑻当安装两个键时，每个键的剪切面积A_s和受挤压面积A_k可取为按单键计算所得之值的 2/3。

⑼键槽应有足够的圆弧倒角，倒角的半径通常应不小于键厚度的 5%。舵杆及舵柄上键槽的挤压应力应不超过所用材料屈服应力的 90%。

⑽当采用液压装配或冷缩配合的锥形连接，应按下列要求确定推入长度和推入平均表面压力：

①推入长度 S 应满足下式要求：

$$S_1 \leqslant S \leqslant S_2$$

最小推入长度 $S_1 = \frac{1}{k_1}\left[\frac{2p_r D_m k_2^2}{E(k_2^{\ 2}-1)} + 0.02\right]$ mm

最大推入长度 $S_2 = \frac{1}{k_1}\left[1.4R_{eH}D_m \frac{k_2^2}{E\sqrt{3k_2^4+1}} + 0.02\right]$ mm

式中：p_r——舵柄与舵杆连接的平均表面压力，N/ mm^2，按本节 3.1.10.2⑵确定；

K_1——锥体的直径锥度；

$K_2 = \left(D_m + 2t_a\right)/D_m$；

D_m——锥体的平均直径，mm；

t_a——舵柄毂的平均厚度，mm；

R_{eH}——舵柄毂或舵杆材料的屈服应力，取小者；N/ mm^2；

E——弹性模量，取2.06×10^5，N/ mm^2。

②推入平均表面压力 P 应按下式计算：

$$P=\frac{SE(k_2^2-1)k_1}{2D_m k_2^2} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：k_1，k_2，D_m，E 同本条(1)；

S ——按本条(1)确定的推入长度，mm。

3.1.10.3 冰区加强

⑴具有冰级标志的船舶，舵的结构尺寸和布置应符合本篇第 4 章的有关规定。

第 2 节锚泊及系泊设备

设备配置　　表 3.2.1.1(1)

船 型	要求配置的设备
货船、散货船、油船、耙吸式挖泥船、渡船等	按 N 选取。
拖船	按 N 选取。~~拖索应足以承受最大系柱拉力，其安全系数≥2.0~~
近海供应船	按 N 选取，但锚链按 N 增大 2 档选取。
有人驳船	按 N 选取。
无人驳船	按 N 选取，但首锚可仅配 1 只，锚链可仅配一半长度。
起重船、打桩船或其他类似作业的船舶	按 N 选取，但起重机、打桩机等的侧投影面积应计入 N。若作业用锚满足本表的要求，可代替首锚。若用钢索代替锚链时，则其长度应不小于 1.5 倍相应锚链的值，其破断负荷应与相应锚链破断负荷相同。锚与钢索之间应装有短锚链，其长度为 12.5m 或锚存放位置至锚机的距离，取小者。在钢索与锚链的衔接处应加转环。

附录 1 弯矩及剪力分布计算指南

1 一 般 规 定

1.1 适用范围

1.1.1 本附录适用于一些基本舵型，其舵 – 舵杆系统的弯矩、剪力和支撑力应按本附录 2.1-2.5 进行估算。

2 舵－舵杆系统的受力

2.1 悬挂舵

分析数据

ℓ_{10} - ℓ_{30}=该系统各构件长度，m；

I_{10}-I_{30}=这些构件的惯性矩，cm^4。

舵叶的载荷 P_R：

$$P_R=C_R/(\ell_{10}\,10^3) \quad kN/m$$

弯矩和剪力

弯矩和剪力可按下式计算所得：

$$M_b=C_R\,(\ell_{20}+(\ell_{10}\,(2\,c_1+c_2)/3\,(c_1+c_2))) \quad N\cdot m$$

$$B_3=\frac{M_b}{l_{30}} \quad N$$

$$B_2=C_R+B_3 \quad N$$

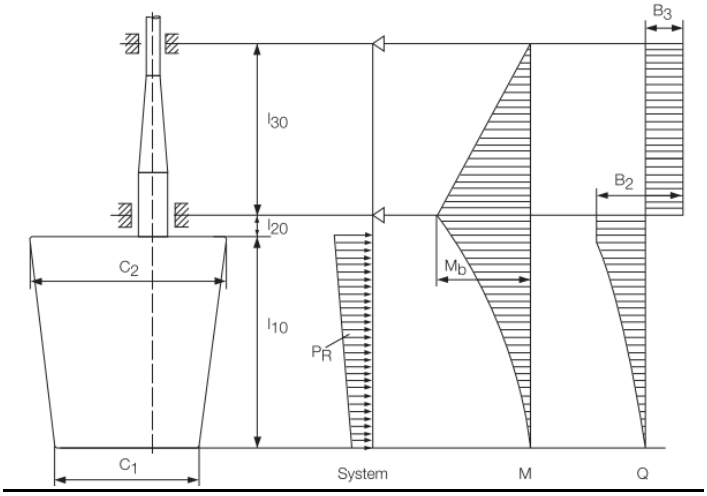


图 2.1 悬挂舵

式中：C_R——舵力，N；

2.2 有舵杆围阱的悬挂舵

分析数据

ℓ_{10} - ℓ_{30}——该系统各构件长度，m；

I_{10}-I_{30}——这些构件的惯性矩，cm^4。

舵叶的载荷 P_R：

$$P_R=C_R/((\ell_{10}+\ell_{20})10^3) \quad kN/m$$

弯矩和剪力

对于有舵杆围阱的悬挂舵，弯矩和剪力可按下式计算所得：

M_R 取以下公式计算所得值的大者:

$$M_R=C_{R2}(l_{10}-CG_{2Z}) \quad N\cdot m$$

$$M_R=C_{R1}(CG_{1Z}-l_{10}) \quad N\cdot m$$

式中：C_R——舵力，N；

C_{R1} ——舵叶面积 A_1 内的舵力，N；

C_{R2} ——舵叶面积 A_2 内的舵力，N；

CG_{1Z} ——舵叶面积 A_1 重心的垂直位置，m；

CG_{2Z} ——舵叶面积 A_2 重心的垂直位置，m。

$M_B = C_{R2}(l_{10} - CG_{2Z})$ N·m

$B_3 = (M_B + M_{CR1})/(l_{20} + l_{30})$ N

$B_2 = C_R + B_3$ N

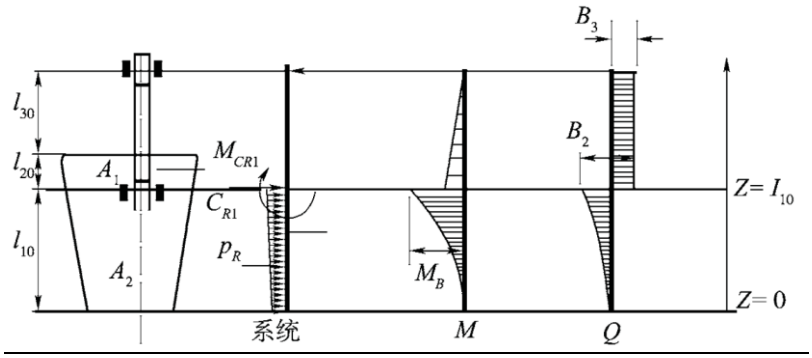


图 2.2　有舵杆围阱的悬挂舵

2.3 对尾框底骨支撑的舵

分析数据

ℓ_{10} - ℓ_{50}——该系统各构件长度，m；

I_{10}-I_{50}——这些构件的惯性矩，cm^4。

对尾框底骨支撑的舵，长度 ℓ_{20} 是舵体下缘至尾框底骨中心的距离，I_{20} 是尾框底骨中舵销的惯性矩。

I_{50}——底骨绕 z 轴的惯性矩，cm^4；

ℓ_{50}——底骨的有效长度，m。

舵叶的载荷 P_R：

$$P_R = C_R / (\ell_{10}\, 10^3) \quad \text{kN/m}$$

Z——底骨支撑处的弹簧常数

$$Z = 6.18 \times I_{50} / \ell_{50}^3 \quad \text{kN/m}$$

式中：C_R——舵力，N；

弯矩和剪力

弯矩和剪力见图 2.3。

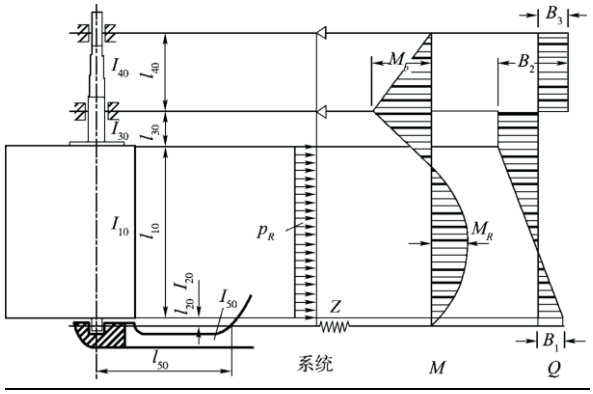


图 2.3 尾框底骨支撑的舵

2.4 单舵钮的半悬挂舵

分析数据

ℓ_{10} - ℓ_{50}——该系统各构件长度，m；

I_{10}-I_{50}——这些构件的惯性矩，cm^4；

Z——挂舵臂的支撑弹簧常数；

$$Z = 1/(f_b + f_t)$$，kN/m，对挂舵臂的支撑，见图 2.4.1:

f_b——作用于支承中心的 1 kN 单位力所造成的挂舵臂的单位位移，m/kN：

$$f_b = \frac{1.3d^3}{6.18I_n}$$ m/kN(指导值)

I_n ——挂舵臂水平剖面对 x 轴的惯性矩，cm^4，见图 2.4.1；

f_t ——因扭矩产生的单位位移，m/kN；

$$f_t = \frac{de^2 \sum u_i / t_i}{3.14 \times 10^8 F_T^2}$$ m/kN

F_T——挂舵臂的平均截面积，m^2；

u_i——形成挂舵臂平均截面积的各块板的宽度，mm；

t_i——各块板 u_i 宽度内的板厚，mm；

h——挂舵臂的高度，m，按图 2.4.1 定义。这个值是从挂舵臂上端曲线的切点处开始往下量至下挂舵臂销中线处。

e——按图 2.4.2 确定的距离，量至挂舵臂高度 h/2 处，m，

舵叶的载荷：

$$p_{R10} = \frac{C_{R2}}{l_{10} \times 10^3}$$ kN/m

$$p_{R20} = \frac{C_{R1}}{l_{20} \times 10^3}$$ kN/m

式中：C_R，C_{R1}，C_{R2}——定义见本附录 2.2。

弯矩和剪力

弯矩和剪力见图 2.4.1。

挂舵臂

挂舵臂的载荷见下式：

M_b——弯矩=$B_1 z$，N·m

M_{bmax}= $B_1 h$，N·m

Q——剪力=B_1，N

$M_T(z)$=扭矩= $B_1 e(z)$，N·m

B_1 的估值：

B_1= $C_R b/(\ell_{20} + \ell_{30})$，N

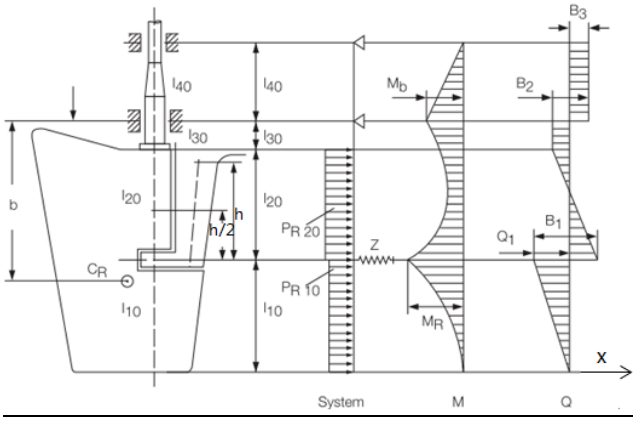


图 2.4.1 单舵钮的半悬挂舵

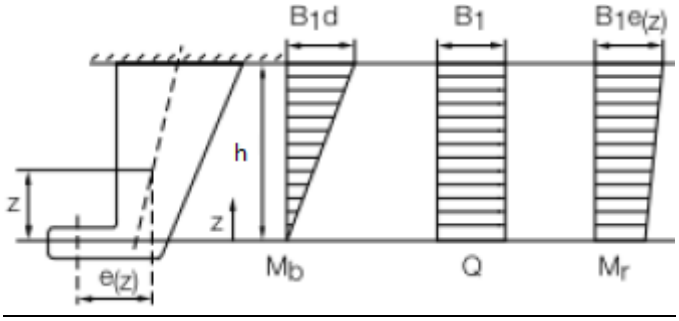


图 2.4.2 单舵钮的半悬挂舵的挂舵臂

2.5 有二个共轭弹性支点的半悬挂舵

分析数据

K_{11}，K_{22}，K_{12}——挂舵臂柔性常数，按有二个共轭弹性支点的挂舵臂计算，见图 2.5.1。这二个共轭弹性支撑在水平位移 y_i 方面由下式定义：

在挂舵臂下轴承处：

$$y_1=-K_{12}B_2-K_{22}B_1$$

在挂舵臂上轴承处：

$$y_2=-K_{11}B_2-K_{12}B_1$$

式中：y_1，y_2 ——挂舵臂上下轴承处水平位移，m；

B_1，B_2 ——挂舵臂上下轴承处水平支撑力，kN；

K_{11}，K_{22}，K_{12}——以 m/kN 计，按下式计算所得：

$$K_{11}=1.3\times\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}}+\frac{e^2\lambda}{GJ_{th}}$$

$$K_{22}=1.3\times\left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}}+\frac{\lambda^2(h-\lambda)}{2EJ_{1h}}\right]+\frac{e^2\lambda}{GJ_{th}}$$

$$K_{22}=1.3\times\left[\frac{\lambda^3}{3EJ_{1h}}+\frac{\lambda^2(d-\lambda)}{EJ_{1h}}+\frac{\lambda(h-\lambda)^2}{EJ_{1h}}+\frac{(h-\lambda)^3}{3EJ_{2h}}\right]+\frac{e^2\lambda}{GJ_{th}}$$

式中：h——挂舵臂高度，m，定义见图 2.5.1。此高度值从上挂舵臂端部的曲率过渡

点向下量至下挂舵臂
销的中线；

λ——长度，m，定义见图 2.5.2。此高度值从上挂舵臂端部的曲率过渡点向下；量至上挂舵臂轴承的中线。如果 $\lambda = 0$，则对于只有 1 个弹性支点的挂舵臂，以上公式收敛至弹簧常数 Z 的公式，且假定该部分为中空横截面；

e——挂舵臂扭转力臂，m，定义见图 2.5.1(在 $z = h/2$ 处取值)；

J_{1h}——在上挂舵臂轴承以上部位，挂舵臂对 x 轴的惯性矩，m^4。应注意 J_{1h} 是长度 λ 内的平均值，见图 2.5.1；

J_{2h}——在上下挂舵臂轴承之间部位，挂舵臂对 x 轴的惯性矩，m^4。应注意 J_{2h} 是长度 $h - \lambda$ 内的平均值，见图 2.5.1；

J_{th}——挂舵臂抗扭刚度因子，对任何薄壁封闭段：

$$J_{th} = \frac{4F_T^2}{\sum_i \frac{u_i}{t_i}} \quad m^4$$

F_T ——挂舵臂薄壁封闭段内外限界所封闭面积的平均值，m^2；

u_i ——构成挂舵臂平均截面积的各块板的长度，mm；

t_i ——上述各板厚度，mm。

应注意 J_{th} 取为平均值，在挂舵臂高度内有效。

舵叶的载荷：

$$p_{R10} = \frac{C_{R2}}{l_{10} \times 10^3} \quad kN/m$$

$$p_{R20} = \frac{C_{R1}}{l_{20} \times 10^3} \quad kN/m$$

式中：C_R，C_{R1}，C_{R2}——定义见本附录 2.2。

弯矩和剪力

弯矩和剪力见图 2.5.1。

挂舵臂弯矩

考虑剖面挂舵臂的弯矩，可按下式计算所得：

-下端和挂舵臂上支撑之间：

$M_H = F_{A1} z$ N m

-挂舵臂上支撑之上：

$M_H = F_{A1} z + F_{A2}（z - d_{lu}）$ N m

式中：F_{A1}——挂舵臂下支撑处支持力，N，应按图 2.5.1 得到，与 B_1 相等；

F_{A2}——挂舵臂上支撑处支持力，N，应按图 2.5.1 得到，与 B_2 相等；

z——距离，m，比 h 小，应按图 2.5.2 定义；

d_{lu}——距离，m，挂舵臂上下轴承之间，按图 2.5.1，$d_{lu}=h-\lambda$。

挂舵臂剪力

挂舵臂计算剖面剪力 Q_H 应按下式计算所得，

-下端和挂舵臂上支撑之间：

$$Q_H=F_{A1} \quad \text{N}$$

-挂舵臂上支撑之上：

$$Q_H=F_{A1}+F_{A2} \quad \text{N}$$

式中：F_{A1}，F_{A2}——支持力，N

挂舵臂计算剖面扭矩应按下式计算得到，

-下端和挂舵臂上支撑之间：

$$M_T=F_{A1}e_{(Z)} \quad \text{N m}$$

-挂舵臂上支撑之上：

$$M_T=F_{A1}e_{(Z)}+F_{A2}e_{(Z)} \quad \text{N m}$$

式中：F_{A1}，F_{A2}——支持力，N

$e_{(Z)}$——扭转力臂，m，按图 2.5.2 定义。

挂舵臂剪应力计算

对于位于上下轴承间的挂舵臂，应计算如下应力：

τ_s——剪应力，应按下式计算得到：

$$\tau_s=\frac{F_{A1}}{A_H} \quad \text{N/mm}^2$$

τ_T——扭转应力，对于中空的挂舵臂应按下式计算得到：

$$\tau_T=\frac{M_T 10^3}{2F_T t_H} \quad \text{N/mm}^2$$

对于实心的挂舵臂，τ_T 应由 CCS 在个案基础上考虑。

对于位于上轴承以上剖面的挂舵臂，应计算以下应力：

τ_s——剪应力，应按下式计算得到：

$$\tau_s=\frac{F_{A1}+F_{A2}}{A_H} \quad \text{N/mm}^2$$

τ_T——扭转应力，对于中空的挂舵臂应按下式计算得到：

$$\tau_T=\frac{M_T 10^3}{2F_T t_H} \quad \text{N/mm}^2$$

对于实心的挂舵臂，τ_T 应由 CCS 在个案基础上考虑。

式中：F_{A1}，F_{A2}——支持力，N；

A_H——挂舵臂在 y 方向的有效剪切面积，mm^2；

M_T ——扭矩，N·m；

F_T——被薄壁挂舵臂剖面内外边界围住区域的平均面积，m^2；

t_H ——挂舵臂板厚，mm。对于一个特定剖面的挂舵臂，当t_H 最小时，τ_T最大。

挂舵臂弯曲应力计算

对于长度 h 范围内的一般剖面挂舵臂，应计算以下应力：

σ_B——弯曲应力，应按下式计算得到：

$$\sigma_B = \frac{M_H}{W} \quad \mathrm{N/mm^2}$$

式中：M_H ——计算剖面弯矩，N·m；

W ——绕 X 轴的剖面模数，cm^3,见图 2.5.2。

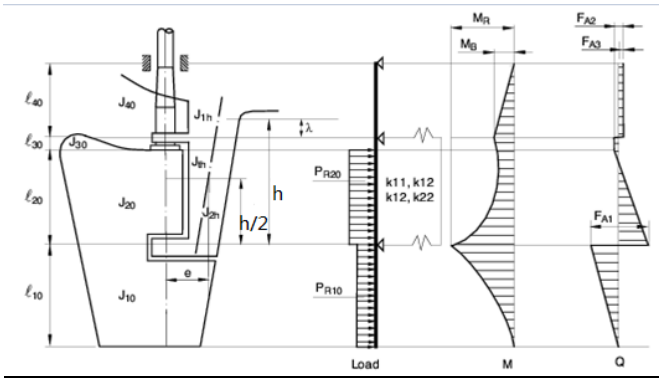


图 2.5.1

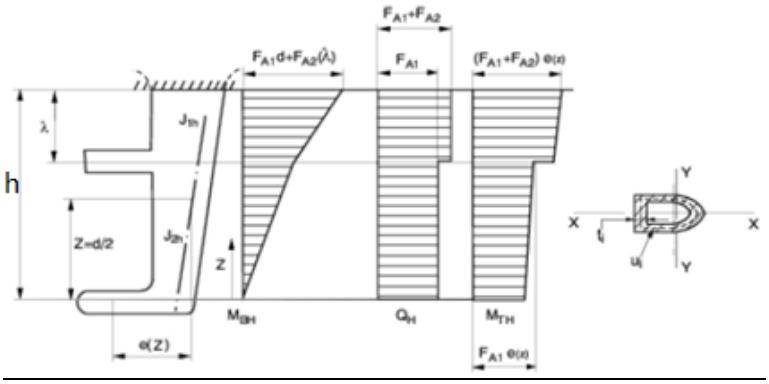


图 2.5.2

第 5 章双壳油船

第 6 节　甲 板 骨 架

5.6.2.4　强横梁腹板上应每隔 1 根甲板纵骨设置垂直于面板的加强筋，当强横梁腹板高度大于 $210t\sqrt{K}$ (t 为腹板厚度，K 为材料系数)时，应在距面板 1/4 腹板高度位置加设水平加强筋。加强筋的尺寸应满足本章 5.12.2.5 要求。

强横梁在端肘板趾端附近和其他部位一般应设置间距不大于 4.5m 或 20 倍面板宽度(取较小者)的防倾肘板。防倾肘板应满足本篇第 1 章 1.2.5.4 要求。

第 11 节　非油密舱壁和制荡舱壁

5.11.3.3　水平桁材剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$\sout{W=150bl^2\frac{l_x}{KL}}\quad W=150bl^2K\frac{l_x}{L}\qquad \mathrm{cm}^3$$

式中：b——支承宽度，m，为与桁材相交的扶强材上、下段长度之和的一半；

l ——桁材跨距，m；

K——材料系数；

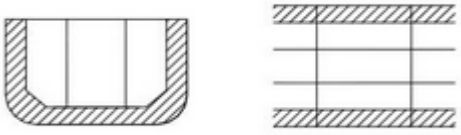
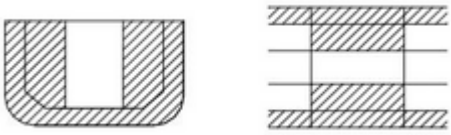
l_x——见本节 5.11.2.2；

L ——船长，m。

附录 1　双壳油船结构强度直接计算

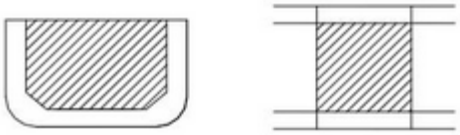
计 算 工 况　　表 3.2.2

工况	吃水	静水弯矩	波浪弯矩	装载模式
LC1	d	$\overline{M_s}$	M_w	

工况	吃水	静水弯矩	波浪弯矩	装载模式
LC2	d	$\overline{M}_s$	M_w	
LC3	d	$\overline{M}_s$	M_w	
LC4	0.25D	$\overline{M}_{sp}$	–	
LC5	0.25D	$\overline{M}_{sp}$	–	
LC6	0.35D	$\overline{M}_{sp}$	–	
LC7	0.35D	$\overline{M}_{sp}$	–	
LC8	压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w	
LC9	重压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w	

工况	吃水	静水弯矩	波浪弯矩	装载模式
LC10	重压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w	

计 算 工 况　　表 3.2.3

工况	吃水	静水弯矩	波浪弯矩	装载模式
LC1	d	$\overline{M}_s$	M_w	
LC2	0.35D	$\overline{M}_{sp}$	–	
LC3	压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w	
LC4	重压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w	

4.2.1.1　如果采用半宽模型，纵中剖面内节点的横向线位移、绕纵中剖面内两个坐标轴的角位移约束，即：~~$\delta_x=\theta_y=\theta_z=0$~~ $\delta_y=\theta_x=\theta_z=0$；

4.2.3.2　端面 A 与 B 内独立点 H 的横向线位移、垂向线位移、绕纵向轴的角位移约束，即：~~$\delta_x=\theta_y=\theta_z=0$~~ $\delta_y=\delta_z=\theta_x=0$；端面 A 内独立点 H 纵向线位移约束，即 $\delta_x=0$。

5 屈服强度评估

5.1.1 ~~应将局部载荷工况与总体载荷工况产生的应力合成后进行强度校核。~~应对舱段模型纵向范围内中部货舱(含舱壁)内的所有主要构件进行强度评估，评估应力为将局部载荷工况应力与总体载荷工况应力按照本篇第 1 章 1.5.1.9（2）进行合成后的应力。

许 用 应 力　　表 5.1.2

构件	许用应力(N/mm^2)	
	$[\sigma_e]$	~~[σ]~~ $[\tau]$
甲板	220/*K*	—
船底外板、内底板	220/ *K*	—
舷侧外板、内壳板、底边舱斜板、纵舱壁、双壳内平台	220/ *K*	115/ *K*
船底纵桁	235/ *K*	115/ *K*
双层底肋板	175/ *K*	95/ *K*
横舱壁	175/ *K*	95/ *K*
底凳、顶凳边板	195/ *K*	95/ *K*
横向强框架	195/ *K*	95/ *K*
其他	195/*K*	—

注：K ——材料系数。

第 6 章单壳油船

第 1 节一般规定

6.1.1.1 本章适用于~~本篇第 1 章第 12 节规定的~~单壳单底或单壳双底的油船货油舱结构及与货油舱邻接的泵舱、压载舱、隔离舱的结构，但不包括不邻接货油舱的舱壁。

第 7 章集装箱船

第 2 节整节修改如下：

第 2 节总纵强度

7.2.1 一般规定

7.2.1.1 适用范围

（1）适用范围

本节适用船长 90m 及以上的集装箱船和主要以集装箱载运货物的船舶。船长等于或大

于 65m 且小于 90m 的集装箱船，其总纵强度要求见第 2 章第 2 节。

（2）波浪载荷适用条件

本节 7.2.2.3 中给出的波浪载荷适用于满足下述条件的船舶：

船长　　90 m ≤ L ≤ 500 m

尺度比　　5 ≤L/B≤ 9;2 ≤B/d≤ 6

方形系数　　0.55 ≤ C_b≤ 0.9

对于不满足上述条件的船舶，CCS 可要求进行特殊考虑，例如采用直接计算方法。

（3）强度评估的纵向范围

应评估 0.2L~0.75L 船长范围的刚度、屈服强度、屈曲强度和船体梁极限强度，应校核船体横剖面显著变化的位置，如骨架形式变化处，双岛设计中前甲板室的前后端处。

此外，上述区域以外也应当进行强度评估，最少应包括最前部货舱的前端和最后部货舱的后端，进行屈服强度评估时，应满足 7.2.3.3（4）的要求。

（4）对于船长 90 米及以上的集装箱船和主要以集装箱载运货物的船舶，其船体梁的船中最小剖面模数 W_0 应满足本篇第 2 章第 2 节的要求。

7.2.1.2 符号和定义

（1）符号

L　　船长，m，见第 1 章 1.1.2

B　　型宽，m，见第 1 章 1.1.2

C　　波浪参数，见 7.2. 2.3(1)

d　　吃水,m，见第 1 章 1.1.2

C_b　　方形系数，见第 1 章 1.1.2

C_w　　吃水 d 处的水线面系数

$C_W=A_W/(LB)$

A_w　　吃水 d 处水的线面面积，m^2

R_{eH}　　材料最小屈服应力，N/mm^2

K　　材料系数

E　　杨氏模量，钢材 $E = 2.06*10^5$ N/mm^2

M_S　　航行工况中所考虑横剖面的垂向静水弯矩，kN m

M_{Smax}, M_{Smin}　　航行工况中所考虑横剖面的许用最大最小垂向静水弯矩，kN m，见 7.2.2.2(2)

M_W　　所考虑横剖面的垂向波浪弯矩，kN m

F_S　　航行工况中所考虑横剖面的垂向静水剪力，kN

F_{Smax}, F_{Smin}　　航行工况中所考虑横剖面的许用最大最小垂向静水剪力，kN，见 7.2.2.2(2)

F_W　　所考虑横剖面的垂向波浪剪力，kN

q_v　　所考虑横剖面处的剪流，按本章附录 3 计算

$f_{NL\text{-}Hog}$　　中拱非线性修正因子，见 7.2.2.3（2）

$f_{NL\text{-}Sag}$　　中垂非线性修正因子，见 7.2.2.3（2）

f_R　　折减因子，见 7.2.2.3（2）

t_{net}　　净厚度，mm，见 7.2.1.3（1）

t_{res}　　储备厚度，取 0.5mm

I_{net}　　所考虑横剖面的船体梁净垂向惯性矩，m^4，按 7.2.1.3 规定的净尺寸计算。

σ_{HG}　　船体梁弯曲应力，N/mm^2；定义见 7.2.2.5

τ_{HG}　　船体梁剪切应力，N/mm^2；定义见 7.2.2.5

x　　所考虑位置的纵向坐标，m

z　　所考虑位置的垂向坐标，m

z_n 水平中和轴距基线的距离,m

（2）首端与尾端

规范船长 L 的首端（FE），如图 7.2.1.2（1）所示，是首柱前端至结构吃水水线的垂线。

规范船长 L 的尾端（AE），如图 7.2.1.2（1）所示，是距离首端 L 处至结构吃水水线的垂线。

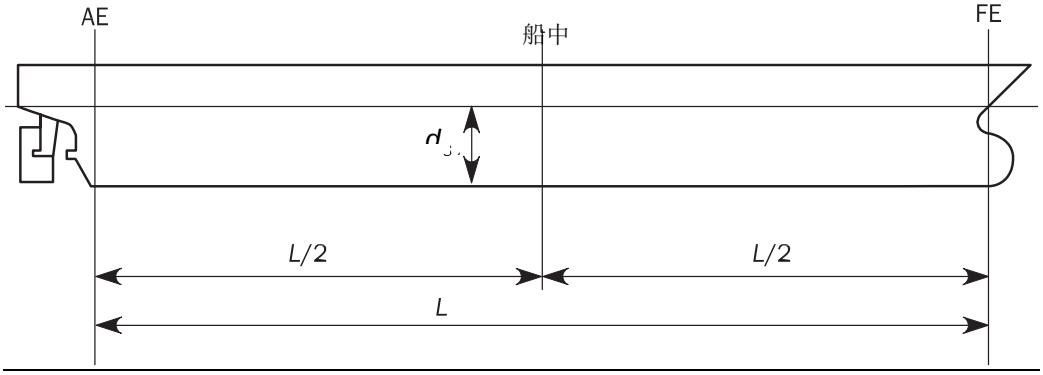


图 7.2.1.2（1） 船长 L 的端部

（3）参考坐标系统

船舶的几何尺寸、载荷以及载荷效应按下述右手坐标系统定义（见图 7.2.1.2（2））

原点：船舶对称纵剖面、船长 L 尾端和基线的相交处

X 轴：纵向轴，向前为正

Y 轴：横向轴，向左为正

Z 轴：垂向轴，向上为正

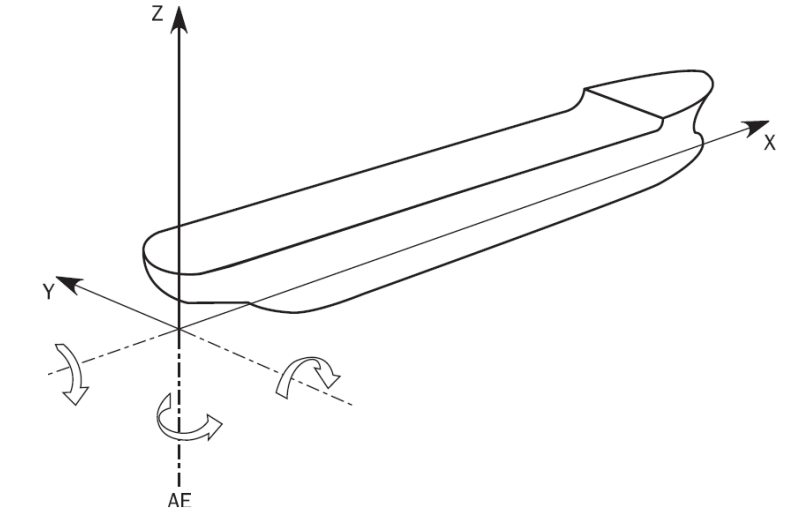


图 7.2.1.2（2） 参考坐标系统

7.2.1.3 腐蚀增量和净厚度

（1）净尺寸定义

强度评估采用所有构件的净尺寸。

板材、骨材腹板和面板的净厚度系指建造厚度减去自愿增加厚度t_{vol_add}和一定比例的腐蚀增量t_c后得到的厚度，按下式计算：

$$t_{net} = t_{as_built} - t_{vol_add} - \alpha t_c$$

其中：α是腐蚀增量因子，取值见表 7.2.1.3（1）。

如采用自愿增加厚度，应明确标示在图纸中。

腐蚀增量因子　　表 7.2.1.3（1）

结构要求	特性/分析类型	α
屈服强度 (7.2.3)	剖面特性	0.5
屈曲强度 (7.2.4)	剖面特性 (应力计算)	0.5
	屈曲能力	1.0
船体梁极限强度 (7.2.5)	剖面特性	0.5
	屈曲/崩溃能力	0.5

（2）腐蚀增量确定

表 7.2.1.3(2)规定了结构构件两侧的腐蚀增量，t_{c1}或t_{c2}。结构构件两侧的总腐蚀增量t_c，mm，按下式计算：

$$t_c = (t_{c1} + t_{c2}) + t_{res}$$

对舱室内部构件，总腐蚀增量t_c按下式计算：

$$t_c = (2t_{c1}) + t_{res}$$

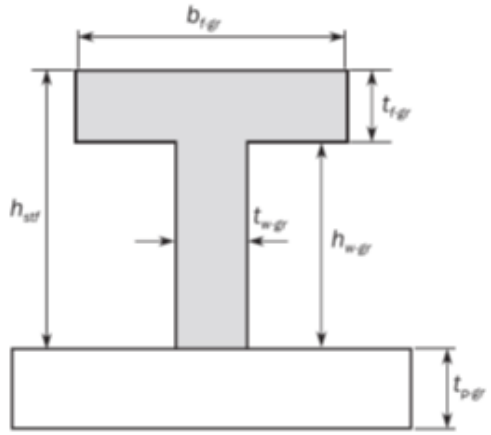
骨材的腐蚀增量由其与带板连接处的位置确定。

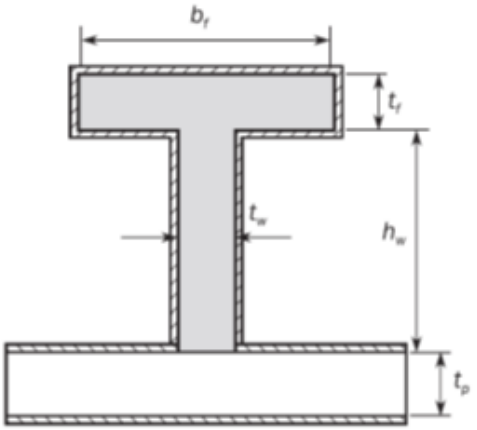
构件单侧的腐蚀增量　　表 7.2.1.3（2）

舱室类型	一侧的腐蚀增量，t_{c1}或 t_{c2}（mm）
暴露于海水	1.0
暴露于大气	1.0
压载水舱	1.0
空舱和干舱	0.5
淡水舱、燃油舱和滑油舱	0.5
居住处所	0.0
集装箱货舱	1.0
除上述外的其他舱室	0.5

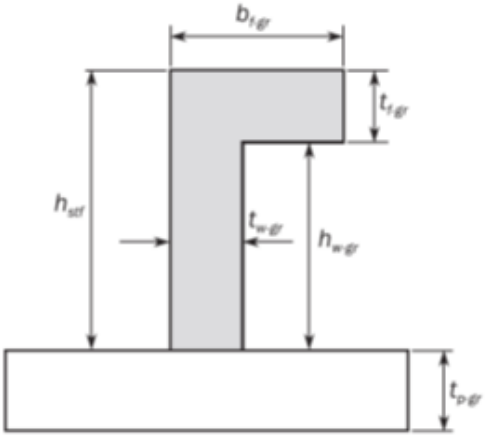
（3）净剖面特性确定

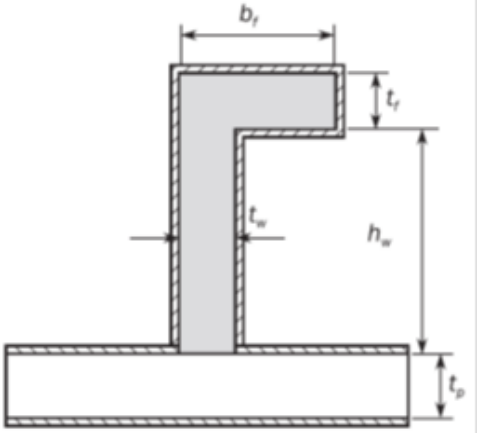
支撑构件的净剖面模数、净惯性矩和净剪切面积计算应采用带板、腹板和面板的净厚度，如图 7.2.1.3 所示。计算净剖面积、平行于带板方向的净惯性矩和相关中和轴位置时，应假设从型材剖面的表面扣除$0.5\alpha t_c$的腐蚀增量。


$b_{f\,gr}$
$t_{f\,gr}$
h_{stf}
$t_{w\,gr}$
$h_{w\,gr}$
$t_{p\,gr}$

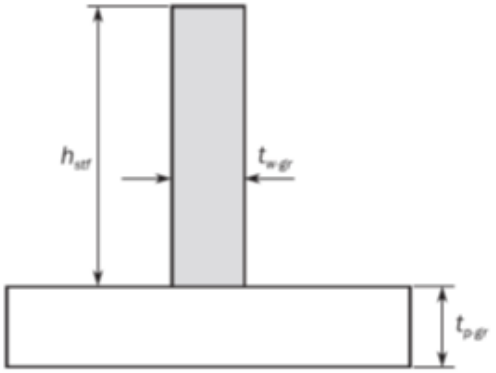

b_f
t_f
t_w
h_w
t_p

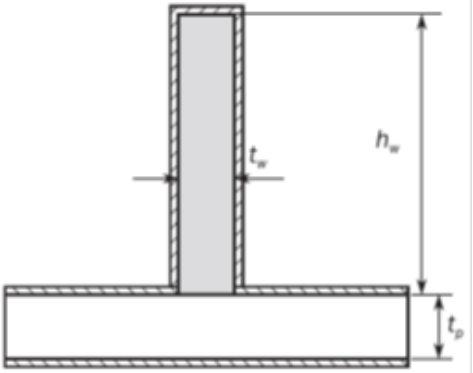
T型材


$b_{f\,gr}$
$t_{f\,gr}$
h_{stf}
$t_{w\,gr}$
$h_{w\,gr}$
$t_{p\,gr}$


b_f
t_f
t_w
h_w
t_p

角钢


h_{stf}
$t_{w\,gr}$
$t_{p\,gr}$


h_w
t_w
t_p

扁钢

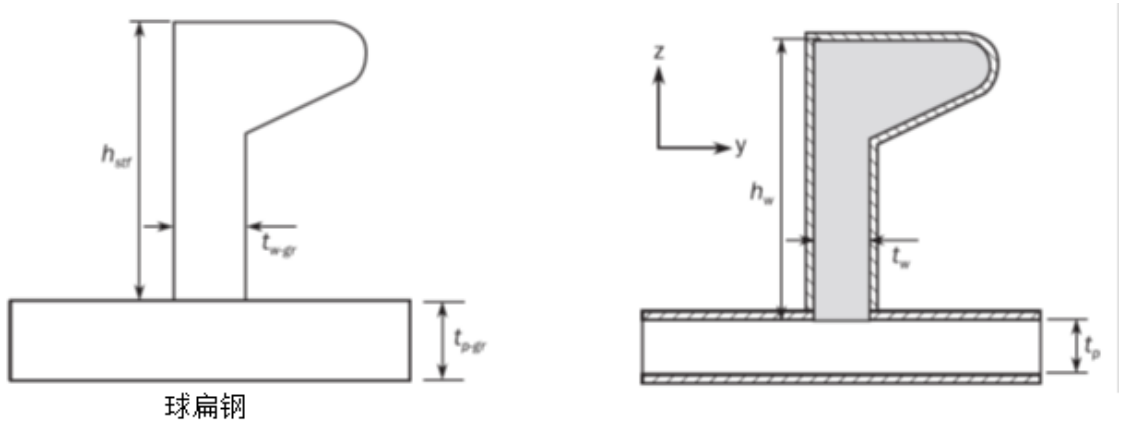


图 7.2.1.3 支撑构件的净剖面特性

7.2.2 载荷

7.2.2.1 船体梁载荷符号约定

船舶任意横剖面处的垂向弯矩、垂向剪力的符号约定如图 7.2.2.1，即：

- 垂向弯矩 M_S 和 M_W 在强力甲板产生拉应力（中拱弯矩）时为正；在船底产生拉应力（中垂弯矩）时为负
- 垂向剪力 F_S, F_W 在所考虑的横剖面之后作用的合力向下或在所考虑的横剖面之前作用的合力向上时为正，反之则为负。

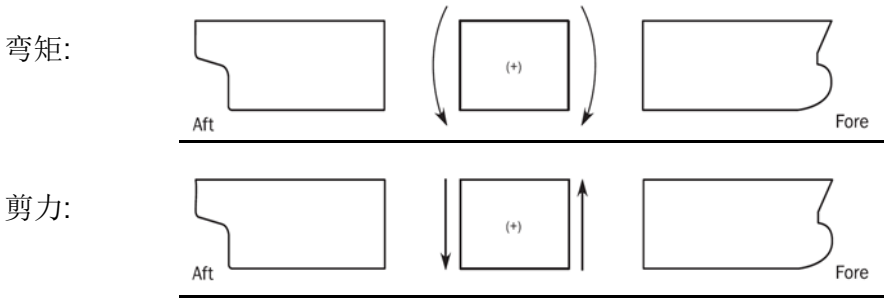


图 7.2.2.1：弯矩和剪力的符号约定

7.2.2.2 静水弯矩和剪力

（1）一般要求

应按 7.2.2.2（2）中规定的设计装载工况，计算船长范围内的各横剖面的静水弯矩（M_S，kN m）、静水剪力（F_S， kN）。

（2）设计装载工况

通常，基于出港和到港的燃料、淡水和备品数量的设计载货和压载工况，应在计算 M_S 和 F_S 时考虑。如果认为任一航行中间阶段的消耗品数量和配置更加不利，则除了出港和到港工况计算书外，还应提交该中间阶段的工况计算书。如拟在航行途中进行压制和排压载，应提交任一压载水舱和/或排压载前后的中间工况计算书，批准后应纳入装载手册中作为指导。

航行工况中在任意纵向位置处的许用垂向静水弯矩 M_{Smax} 和 M_{Smin}，许用垂向静水剪力 F_{Smax} 和 F_{Smin}，应包络：

装载手册定义的航行工况中最大、最小静水弯矩和剪力

·设计方给定的最大、最小静水弯矩和剪力

装载手册应包含相关的装载工况，包络航行工况以及第 2 章第 2 节 2.2.2.3 规定装载工况的船体梁静水载荷。

7.2.2.3 波浪载荷

（1）波浪参数

波浪参数定义如下：

$$C = 1 - 1.50\left(1 - \sqrt{\frac{L}{L_{ref}}}\right)^{2.2} \qquad 当L \leqslant L_{ref}时$$

$$C = 1 - 0.45\left(1 - \sqrt{\frac{L}{L_{ref}}}\right)^{1.7} \qquad 当L > L_{ref}时$$

式中：L_{ref}——参考船长， m，取：

$L_{ref} = 315C_w^{-1.3}$ 当按 7.2.2.3（2）计算垂向波浪弯矩时

$L_{ref} = 330C_w^{-1.3}$ 当按 7.2.2.3（3）计算垂向波浪剪力时

（2）垂向波浪弯矩

垂向波浪弯矩 M_W，kN m，沿船长分布如图 7.2.2.3（2），其中：

$$M_{w-Hog} = +1.5 f_R L^3 C C_w \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} f_{NL-Hog}$$

$$M_{w-Sag} = -1.5 f_R L^3 C C_w \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} f_{NL-Sag}$$

式中：f_R——折减因子，取：

$f_R = 0.85$

f_{NL-Hog}——中拱非线性修正因子，取：

$f_{NL-Hog} = 0.3\frac{C_B}{C_w}\sqrt{d}$ ，且不大于1.1

f_{NL-Sag}——中垂非线性修正因子，取：

$f_{NL-Sag} = 4.5\frac{1 + 0.2 f_{Bow}}{C_w\sqrt{C_B}L^{0.3}}$，且不小于 1.0

f_{Bow}——船艏外飘因子，取：

$$f_{Bow}=\frac{A_{DK}-A_{WL}}{0.2Lz_f}$$

A_{DK}——从0.8L到船首范围内最上层甲板水平投影面积，m^2，包括首楼甲板（如有时），如图7.2.2.3（1）所示，不包括平板舷墙等结构。

A_{WL}——吃水d处从0.8L到船首范围内的水线面面积，m^2

z_f——在FE处（如图7.2.2.3（1）所示），从吃水d处水线量至最上层甲板（或者首楼甲板）的垂向距离，m。不包括平板舷墙等结构。

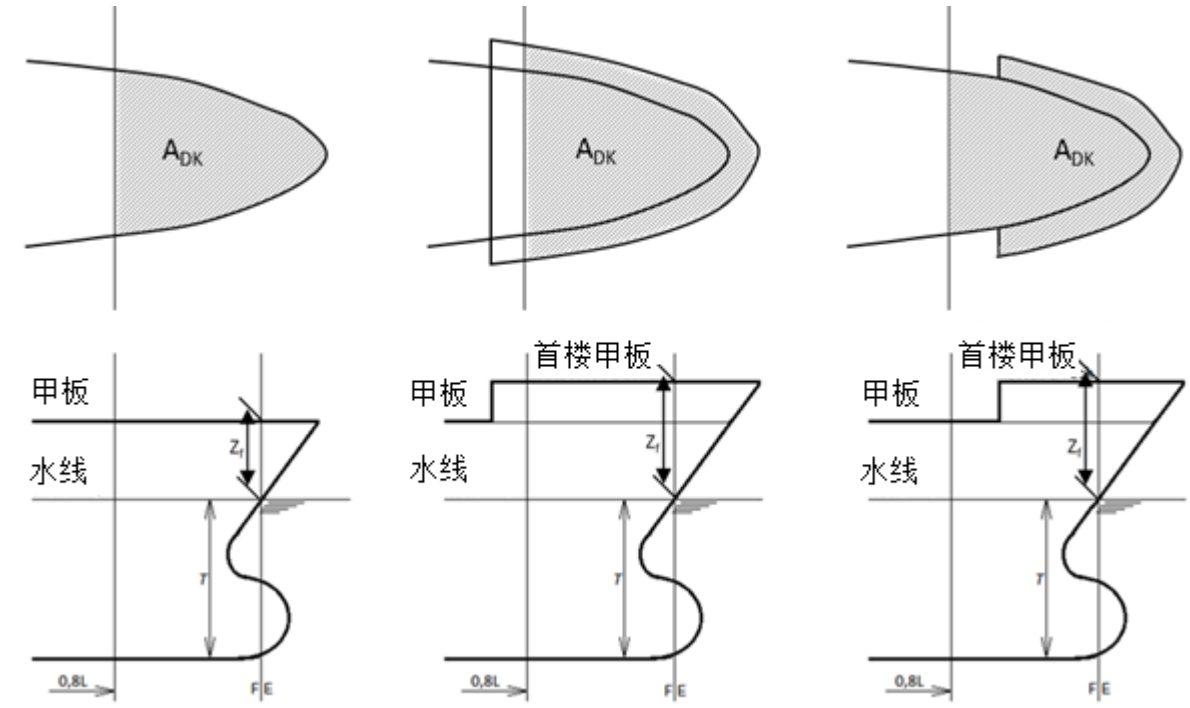


图 7.2.2.3（1） 投影面积 A_{DK}与垂向距离 z_f

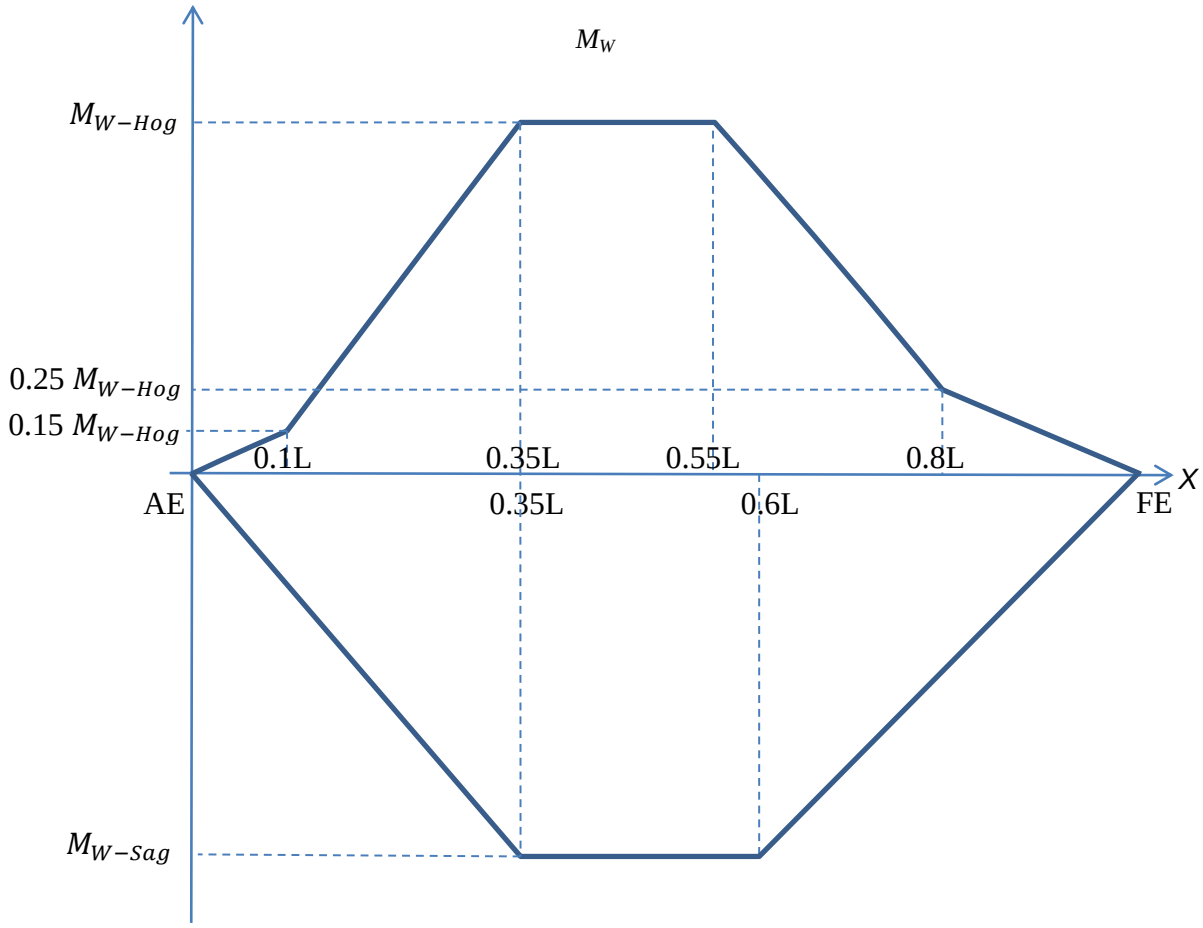


图 7.2.2.3（2）垂向波浪弯矩 M_W沿船长的分布

（3）垂向波浪剪力

垂向波浪剪力F_W，，kN，沿船长分布如图 7.2.2.3（3）所示，其中：

$$Fw_{Hog}^{Aft} = +5.2\, f_R L^2 C C_w \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} \left(0.3 + 0.7\, f_{NL-Hog}\right)$$

$$Fw_{Hog}^{Fore} = -5.7\, f_R L^2 C C_w \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} f_{NL-Hog}$$

$$Fw_{Sag}^{Aft} = -5.2\, f_R L^2 C C_w \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} \left(0.3 + 0.7\, f_{NL-Sag}\right)$$

$$Fw_{Sag}^{Fore} = +5.7\, f_R L^2 C C_w \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8} \left(0.25 + 0.75\, f_{NL-Sag}\right)$$

$$Fw^{Mid} = +4.0\, f_R L^2 C C_w \left(\frac{B}{L}\right)^{0.8}$$

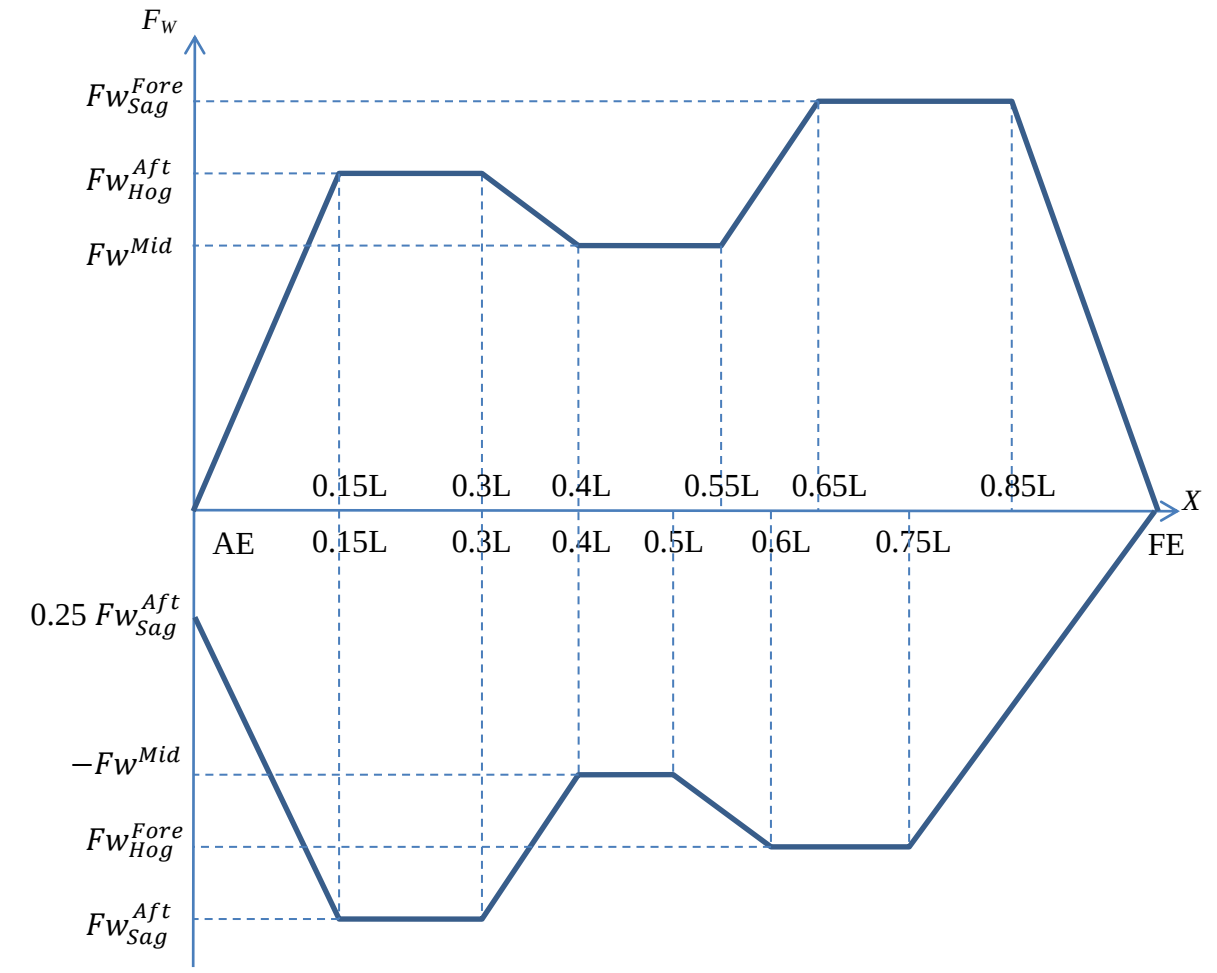


图 7.2.2.3（3） 垂向波浪剪力沿船长的分布

7.2.2.4 载荷工况

强度评估应校核表 7.2.2.4 给定的最大中拱与中垂工况。对于每一个载荷工况，任一横剖面应组合 7.2.2.2 规定的静水载荷与 7.2.2.3 规定的波浪载荷，参考图 7.2.2.4。

静水与波浪弯矩/剪力的组合 表7.2.2.4

载荷工况	弯矩		剪力	
	M_S	M_W	F_S	F_W
中拱	M_{Smax}	M_{WH}	F_{Smax}，当 $x \leqslant 0.5L$	F_{Wmax}，当$x \leqslant 0.5L$
			F_{Smin}，当$x > 0.5L$	F_{Wmin}，当$x > 0.5L$
中垂	M_{Smin}	M_{WS}	F_{Smin}，当$x \leqslant 0.5L$	F_{Wmin}，当$x \leqslant 0.5L$
			F_{Smax}，当$x > 0.5L$	F_{Wmax}，当$x > 0.5L$
M_{WH}：所考虑横剖面的中拱波浪弯矩，取正值，M_W见图7.2.2.3（2） M_{WS}：所考虑横剖面的中垂波浪弯矩，取负值，M_W见图7.2.2.3（2） F_{Wmax}：所考虑横剖面的最大波浪剪力，取正值，F_W见图7.2.2.3（3） F_{Wmin}：所考虑横剖面的最小波浪剪力，取负值，F_W见图7.2.2.3（3）				

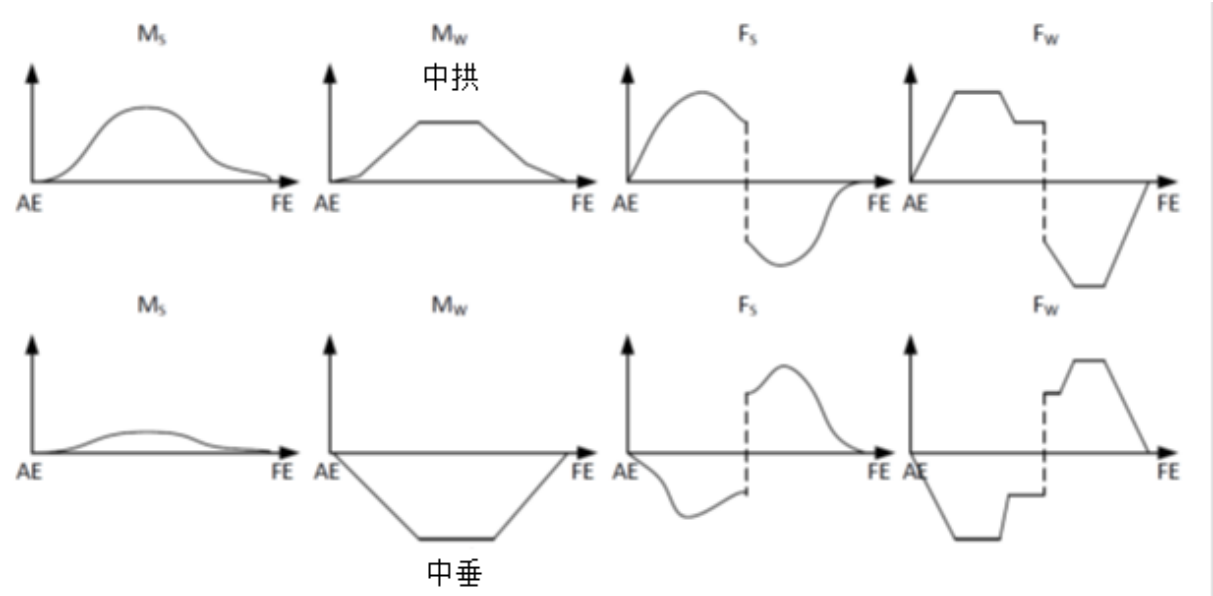


图7.2.2.4 最大中拱与中垂工况载荷的组合，见表7.2.2.4

7.2.2.5 船体梁应力

对于 7.2.2.4 中定义的中拱和中垂工况，船体梁应力， N/mm²，由所考虑的载荷计算点计算，如下：

弯曲应力

$$\sigma_{HG}=\frac{\gamma_s M_s+\gamma_w M_w}{I_{net}}\left(z-z_n\right)10^{-3}$$

剪切应力

$$\tau_{HG}=\frac{\gamma_s F_s+\gamma_w F_w}{t_{net}/q_v}10^{3}$$

式中：γ_s，γ_w——分项安全因子，取：

$$\gamma_s=1.0$$
$$\gamma_w=1.0$$

7.2.3 强度评估

7.2.3.1 一般要求

应在整个船长范围内保持结构的连续性。当结构布置发生显著变化时，应设置足够的过渡结构。

7.2.3.2 刚度衡准

应校核 7.2.2.4 所列的“中拱”和“中垂”2 种载荷工况。

净惯性矩，I_{net}，单位 m^4，应满足下式要求：

$$I_{net}\geqslant 1.55L\left|M_S+M_W\right|10^{-7}$$

7.2.3.3 屈服强度评估

（1）一般接受的衡准

应校核 7.2.2.4 中定义的“中拱”和“中垂”载荷工况的屈服强度，船体梁等效应力σ_{eq}，N/mm²，应小于许用应力σ_{perm}，N/mm²，如下：

$$\sigma_{eq} < \sigma_{perm}$$

式中：$\sigma_{eq} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3\tau^2}$

$$\sigma_{perm} = \frac{R_{eH}}{\gamma_1 \gamma_2}$$

γ_1——材料分项安全因子，取$\gamma_1 = \frac{R_{eH}}{235}$

γ_2——载荷组合和许用应力分项安全因子，取：

- $\gamma_2 = 1.24$，当按7.2.3.3（2）评估弯曲强度时
- $\gamma_2 = 1.13$，当按7.2.3.3（3）评估剪切强度时

（2）弯曲强度评估

应按 7.2.3.3（1）的要求评估下述位置横剖面的弯曲应力：

- 船底
- 甲板
- 舱口围板顶端
- 不同屈服强度钢材的交界处

应考虑下述船体梁应力组合，船体梁应力定义见 7.2.2.5：

$$\sigma_x - \sigma_{HG}$$

$$\tau = 0$$

（3）剪切强度评估

应按 7.2.3.3（1）的要求评估所有对剪切能力有贡献的构件的剪切应力。

应考虑下述船体梁应力组合，船体梁应力定义见 7.2.2.5：

$$\sigma_x = 0$$

$$\tau = \tau_{HG}$$

（4）首尾部的许用应力

对于0.2*L*-0.75*L*区域之外的区域进行屈服强度校核时，许用应力的取值如下：

$$\sigma_{perm} = \frac{R_{eH}}{\gamma_1 \gamma_2 \gamma_3}$$

式中，$\gamma_1 \gamma_2$——见（1），

γ_3——系数，取值如下：

- 0.2*L*和0.75*L*处，取值为1.0；
- 0-0.1*L*，0.9*L*-*L*，取值为1.36；
- 上述范围之间，线性差值。

7.2.4 屈曲强度

7.2.4.1 适用范围

本节要求适用于船体梁弯曲正应力和剪切应力作用下的板格和纵骨。对于船体梁弯曲引起的作用在板格及纵骨上的正应力，仅考虑该正应力为压应力时的屈曲强度。

7.2.4 使用的符号的定义见附录 4“屈曲能力”。

7.2.4.2 屈曲衡准

屈曲评估衡准定义如下：

$$\eta_{act} \leqslant 1$$

式中：η_{act}——最大利用因子，定义见7.2.4.3

7.2.4.3 屈曲利用因子

利用因子η_{act},系指失效时应力倍增因子的倒数γ_c，见图 7.2.4.3。

$$\eta_{act} = \frac{1}{\gamma_c}$$

失效极限状态定义见：

- 本章附录4的2，基本板格
- 本章附录4 的3，整体加筋板格
- 本章附录4 的4，纵骨

每一个失效极限状态被定义成一个方程，γ_c的取值应满足该方程。

图 7.2.4.3 说明了如何确定纵向应力和剪切应力组合作用下构件极限失效时的应力倍增因子γ_c。其中：

σ_x， τ——施加的屈曲应力组合，见7.2.4.4（1）

σ_c， τ_c——对应屈曲应力σ_x和τ的临界屈曲应力，按本章附录4计算.

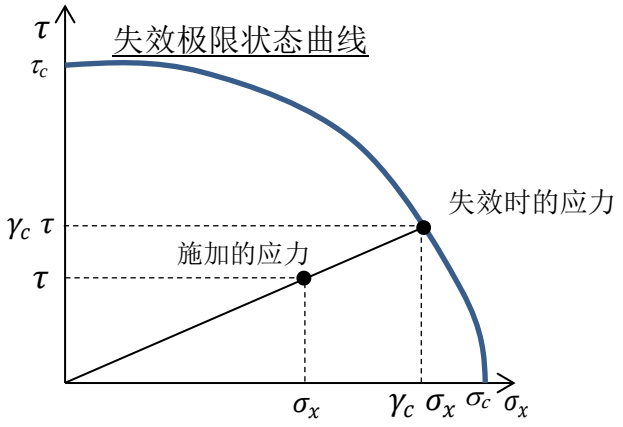


图 7. 2. 4. 3 失效极限状态曲线和失效时应力倍增因子示例

7.2. 4.4.应力确定

（1）屈曲评估的应力组合

按 7.2.2.4 中规定的“中拱”和“中垂”载荷工况考虑下述应力组合。应力在载荷计算点处求得，载荷计算点定义见 7.2.4.4（2）。

（a）纵向加筋布置

应力组合 1：

$$\sigma_x = -\sigma_{HG}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau = 0.7\tau_{HG}$$

应力组合2：

$$\sigma_x = -0.7\sigma_{HG}$$

$$\sigma_y = 0$$

$$\tau = \tau_{HG}$$

（b）横向加筋布置

应力组合1：

$$\sigma_y = 0$$

$$\sigma_y = -\sigma_{HG}$$

$$\tau = 0.7\tau_{HG}$$

应力组合2：

$$\sigma_y = 0$$

$$\sigma_y = -0.7\sigma_{HG}$$

$$\tau = \tau_{HG}$$

（2）载荷计算点

基本板格（EPP）的船体梁应力按表 7.2.4.4 中定义的载荷计算点计算。

板屈曲评估的载荷计算点（LCP）坐标　　表 7.2.4.4

LCP 坐标系	船体梁弯曲应力		船体梁剪切应力
	非水平布置板	水平布置板	
x 坐标	EPP长边中点		
*y*坐标	EPP上端和下端 (A1 和 A2 见图7.2.4.4)	EPP舷侧和舷内端 (A1 和 A2 见图7.2.4.4)	EPP中点 (B 点见图7.2.4.4)
*z*坐标	对应于x和y的值		

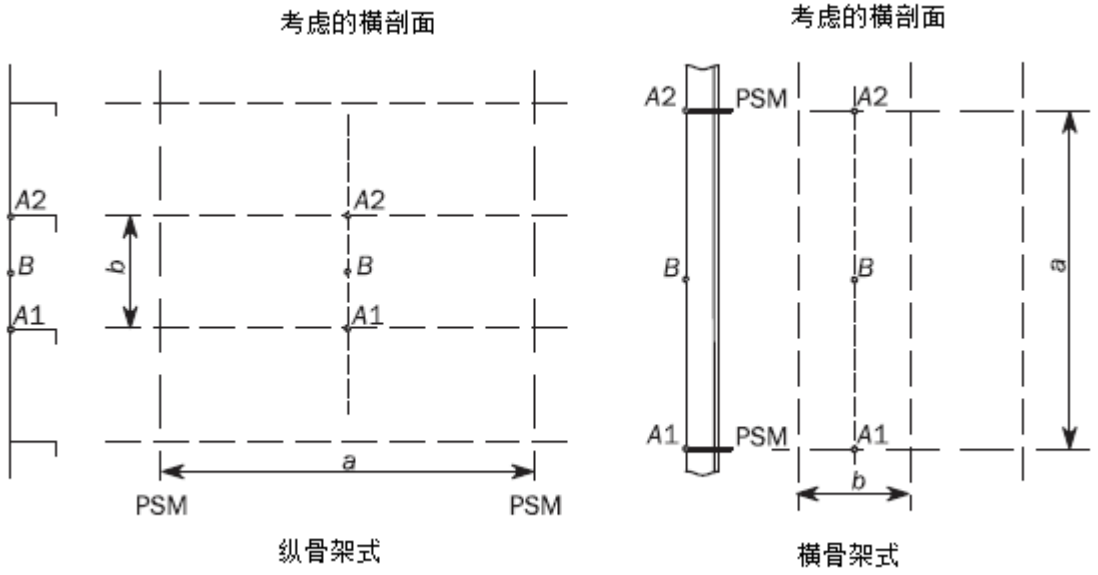


图7.2.4.4：板屈曲评估的LCP(PSM系指主要支撑构件)

纵向加强筋的船体梁应力按下述载荷计算点计算：

- 所考虑加强筋的跨中
- 加强筋与带板的交点处

7.2.5 船体梁极限强度

7.2.5.1 一般要求

船体梁极限强度适用于船长 L 150m 及以上的船舶。

7.2.5.4 中给出的衡准适用于完整船体结构。

应校核 7.2.2.4 中定义的中拱和中垂工况下船体梁极限弯曲能力。

7.2.5.2 船体梁极限弯矩

极限强度校核时，中拱与中垂工况所采用的船体梁垂向极限弯矩 M 取：

$$M = \gamma_s M_s + \gamma_w M_w$$

式中：M_s——许用静水弯矩，kN·m， 见7.2.2.2

M_w——垂向波浪弯矩，kN·m，见7.2.2.3

γ_s——静水弯矩的分项安全因子，取：

γ_s = 1.0

γ_w——垂向波浪弯矩的分项安全因子，取：

γ_w = 1.2

7.2.5.3 船体梁极限弯曲能力

（1）一般要求

船体梁横剖面的极限弯矩能力 M_U，系指船体梁发生崩溃失效时的最大弯曲能力。

（2）船体梁极限弯矩能力的确定

在中拱和中垂工况下，船体梁横剖面的极限弯矩能力，定义为所考虑横剖面的弯矩能力与曲率χ曲线的最大值（M_{UH}为中拱工况，M_{US}为中垂工况，见图 7.2.5.3）。曲率χ对于中拱工况为正值，对于中垂工况为负值。

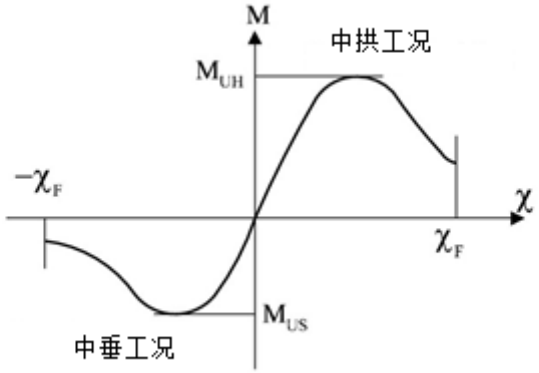


图 7.2.5.3　弯矩能力 M 与曲率 χ

船体梁极限弯曲能力 M_U 按本章附录 5 中的增量-叠代法计算，或采用附录 5 中的替代方法。

7.2.5.4 接受的衡准

任一横剖面的船体梁极限弯曲能力应满足下述衡准：

$$M \leqslant \frac{M_U}{\gamma_M \gamma_{DB}}$$

式中：M——垂向弯矩，kN·m，应按7.2.5.2计算

M_U——船体梁极限弯曲能力，kN·m，按7.2.5.3计算

γ_M——涵盖材料、几何及强度预报不确定性的船体梁垂向极限弯曲能力的分项安全

因子，取做：

$$\gamma_M = 1.05$$

γ_{DB}——涵盖双层底弯曲效应的船体梁垂向极限弯曲能力的分项安全因子。取做：

•对于中拱工况: $\gamma_{DB} = 1.15$

•对于中垂工况: $\gamma_{DB} = 1.0$

对于内底的双层底宽度小于船中处的横剖面，或双层底结构形式不同与船中处的横剖面（如机舱横剖面），中拱工况下γ_{DB}可以减小，但应取得 CCS 的同意。

7.2.6 大型集装箱船补充要求

7.2.6.1 一般要求

对于船宽 *B* 大于 32.26 米的集装箱船，除满足 7.2.3 到 7.2.5 的要求外，还应满足 7.2.6.2 和 7.2.6.3 的要求。

7.2.6.2 屈服与屈曲评估

应按本章第 10 节的要求校核船体弯扭组合的总纵强度。

应按本章附录 2 中 2 的要求进行屈服和屈曲强度校核。

7.2.6.3 颤振

进行船体梁极限强度评估时，应考虑颤振对于船体梁波浪弯矩的影响。

第 9 节大型集装箱船的补充要求

7.9.2 总纵强度

7.9.2.1 ~~弯扭载荷联合作用下的船体总强度应经直接计算验证。~~总纵强度应满足本章第 2 节的要求。

~~7.9.2.2 船体梁的总纵强度应满足本篇第 2 章第 2 节的要求。~~

~~7.9.2.3 船中剖面对水平中和轴的惯性矩 I 除应满足本篇第 2 章第 2 节的要求外，还应不小于按下式计算所得之值：~~

$$I = \frac{3\left|\overline{M_s} + M_w\right| L}{175} \times 10^3 \quad \text{cm}^4$$

~~式中：L ——船长，m；~~

$\overline{M_s}$ ~~——许用静水弯矩，见本篇第 2 章第 2 节；~~

M_w ~~——波浪弯矩，见本篇第 2 章第 2 节。~~

~~7.9.2.4 局部构件尺寸的折减系数应按下述要求确定：~~

~~（1）当强力甲板处和平板龙骨处的最大总纵弯曲应力小于许用弯曲应力［σ］时，则舯部 0.4L 内的局部构件尺寸可予折减，计算点处的折减系数~~ F_d ~~和~~ F_b ~~应按下列公式计算：~~

$$F_d = \frac{\max\left(K_d\sigma_d,\ K_c\sigma_{cu}\right)}{175}$$

$$F_b = \frac{\max\left(K_d\sigma_d,\ K_c\sigma_{cl}\right)}{175}$$

式中：σ_d——强力甲板处的总纵弯曲应力，N/mm^2；

σ_b——平板龙骨处的总纵弯曲应力，N/mm^2；

σ_{cu}——中和轴以上的计算点，计算点所处的相同材料区域的最大总纵弯曲应力，N/mm^2；

σ_{cl}——中和轴以下的计算点，计算点所处的相同材料区域的最大总纵弯曲应力，N/mm^2；

K_d——强力甲板处的材料系数；

K_b——船底处的材料系数；

K_c——计算点处的材料系数。

（2）对于外板和甲板，折减系数F_d和F_b应不小于0.7。

（3）对于骨材，折减系数F_d和F_b应不小于0.8。

7.9.7.4 当在按本篇第2章第2节2.2.5.7确定的高强度钢使用范围以外区域使用高强度钢时，在按本篇第2章第3节计算外板厚度t_1时，材料系数K可取1。

7.9.12.1 除另有规定者外，设计验证不能降低本节对船体结构的要求。对船体结构的设计验证包括：

（1）直接计算强度评估；

（2）疲劳强度评估；

（3）船体梁极限强度评估。

7.9.12.4 应对航行过程中、完整船体结构，船中0.4L区域内船体梁极限弯曲能力的进行评估，并满足以下要求：

（1）船体梁垂向极限弯曲能力应满足以下衡准：

$$\gamma_s\overline{M}_s + \gamma_w M_w \leqslant \frac{M_U}{\gamma_R}$$

式中：$\overline{M}_s$——许用静水弯矩，kN m；

M_w——波浪弯矩，kN m；

M_U——船体梁垂向极限弯矩，kN m；

γ_s、γ_w、γ_R——分项安全系数，取为：

γ_s=1.0

γ_w=1.2

γ_R=1.1

（2）$M-\chi$曲线

在中垂和中拱工况下，船体梁横剖面的极限弯矩能力，定义为所考虑的横剖面弯矩能力M与曲率χ曲线的最大值（见图7.9.12.4）。

曲率χ对中拱工况为正值，对中垂工况为负值。

$M-\chi$曲线按第10篇第5章附录1的规定，通过增量—叠代程序得出。

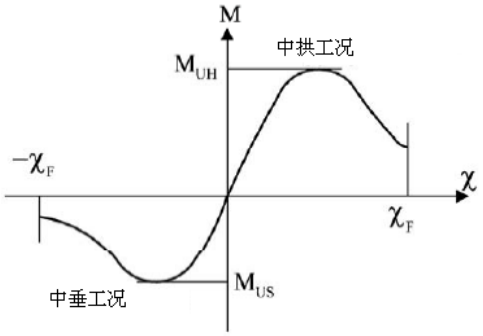


图7.9.12.4　弯矩能力M与曲率χ的对应曲线

（3）船体梁横剖面由对船体梁纵向强度起作用的结构单元构成，计算时应扣除表7.9.12.4所规定的标准减薄厚度。

标准减薄厚度表7.9.12.4

结构	标准减薄厚度（mm）
干舷甲板以上的舷侧外板	1
干舷甲板以下的舷侧外板	1.5
舭列板、船底板及平板龙骨	1.25
强力甲板	1.25
干舷甲板（二甲板）	1
舱口围板及其顶板	1
非液舱处的内壳纵舱壁板（包括货舱内台阶）	0.75
液舱处的内壳纵舱壁板（包括货舱内台阶）	1
内底板	1
双舷侧压载舱中的甲板或平台	1.5
双舷侧燃油舱中的甲板或平台	1
双舷侧空舱中的甲板或平台	0.5
双层底内的纵桁	1.5
双层底内的纵桁（一侧在管弄中）	1.25
双层底内的纵桁（管弄中）	0.5
液舱中的构件	1.5
干舱中的构件	0.5
其他	0.5

第 10 节大开口船舶弯扭组合的总纵强度

7.10.1 一般要求

7.10.1.1 对于具有甲板大开口的船舶，应采用下述方法校核船体弯扭组合的总纵强度：

（1）船长 L≤250m，本节规定的方法或本条（2）规定的方法；

（2）船长 L＞250，本章附录 2 规定的整船直接计算方法。

7.10.1.2 在货舱区域内，至少应计算下列 7 个横剖面处的应力：

(1) 机舱前端；

(2) 开口长度的前端，开口长度即为自机舱前的货舱舱口的后端至最前一个货舱舱口前端的距离；

(3) 在开口长度内应有 5 个剖面，其中，至少应有 3 个剖面位于船中 0.4L 范围内。在设置剖面时，应尽可能将剖面设置在纵向结构突变处。

7.10.1.3 在货舱区域内，还应计算除本节 7.10.1.2 要求外的其他任何纵向结构突变处的横剖面上的应力。

7.10.2 波浪弯矩

7.10.2.1 垂向波浪弯矩 M_v 应按下式计算：

$$M_v = 9.81MKFL^2B(C_b + 0.7)\times 10^{-2} \qquad \text{kN}\cdot\text{m}$$

式中： L——船长，m；

B——船宽，m；

M——弯矩分布系数，见本篇第 2 章第 2 节 2.2.3.1；

C_b——方形系数，当实际方形系数小于 0.6 时，取 0.6；

$$K = 4.47\left(\frac{L}{1000} - 0.230\right)^2 + 0.817$$

F——系数，取按下列各式计算所得之值：

F=9.4−0.95$\left(\dfrac{300-L}{100}\right)^{3/2}$，当 L≤300m 时；

F=9.4，当 300＜L＜350m 时；

F=9.4−0.45$\left(\dfrac{L-350}{100}\right)^{3/2}$，当 350≤$L$≤500m 时。

7.10.2.2 在船中剖面处的水平波浪弯矩 M_H 应按下式计算：

$$M_H = 0.431L^2B \qquad \text{kN}\cdot\text{m}$$

式中： L、B 见本节 7.10.2.1。

在船长两端处的 M_H 为零，沿船长的 M_H 为由船中向两端按直线分布。

7.10.3 扭矩

7.10.3.1 沿船长任一剖面处的水动力扭矩$M_{T(x)}$应按下式计算：

$$M_{T(x)}=9.81e^{-0.00295L}\frac{LB^3C_T}{20000}\left(1.75+1.5\frac{\varepsilon}{D}\right)\left(1-\cos\frac{2\pi}{L}x\right)\text{kN}\cdot\text{m}$$

式中：e——自然对数底；

L——船长，m；

B——船宽，m；

D——型深，m；

$C_T=13.2-43.4C_W+78.9C_W^{\,2}$；

其中C_W——水线面系数，不必大于$0.165+0.95C_b$；

ε——从船基线以下的剪切中心至船基线的距离，m；

x——从任一剖面至尾垂线的距离，m；

C_b——方形系数，同本节7.10.2.1。

7.10.3.2 货物扭矩是由于货物重量、消耗品或压载的横向分布不均匀所引起的。如无其他的指定装载情况，在船中剖面处的货物扭矩M_{TC}，按下式计算：

$$M_{TC}=15.7Bn_Bn_t\quad\text{kN}\cdot\text{m}$$

式中：B——船宽，m；

n_B——在船中部货舱内沿船宽方向的集装箱行数；

n_t——在船中部货舱内的集装箱层数，不包括甲板上和舱口盖上的集装箱。

在船长两端处的M_{TC}为零，沿船长的M_{TC}为由船中向两端按直线分布。

7.10.4 应力计算及衡准

7.10.4.1 静水弯曲应力σ_s应按下式计算：

$$\sigma_s=\frac{\overline{M_s}}{W_V}\times10^3\quad\text{N/mm}^2$$

式中：$\overline{M_s}$—许用静水弯矩，kN m；

W_V——甲板处或船底处的垂向弯曲剖面模数，cm^3，垂向弯曲剖面模数的计算应符合本篇第2章第2节的有关规定。

在强力甲板处和龙骨处的许用静水弯曲应力［σ_s］均为$88/K,\text{N/mm}^2$，其中K为材料系数。

7.10.4.2 船舶处于迎浪状态时的垂向合成弯曲应力σ_c应按下式计算：

$$\sigma_s=\frac{M_s+M_V}{W_V}\times10^3\quad\text{N/mm}^2$$

式中：M_s、W_V——同本节7.10.4.1；

M_V——垂向波浪弯矩，kN m，见本节7.10.2.1。

在强力甲板处的许用垂向合成弯曲应力［σ_c］为 157/*K*, N/mm^2；在龙骨处的许用垂向合成弯曲应力［σ_c］为 150/*K*, N/mm^2，其中 *K* 见 7. 10. 4. 1。

7. 10. 4. 3 船舶处于斜浪状态时的合成应力应为下述应力之和：

（1）垂向弯曲合成应力σ_c应按下式计算：

$$\sigma_c = \frac{M_s + 0.6M_V}{W_V} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$$

式中：M_s、W_V——同本节 7. 10. 4. 1；

M_V——见本节 7. 10. 2. 1。

（2）水平弯曲应力σ_H应按下式计算：

$$\sigma_H = \frac{yM_H}{I_H} \times 10^5 \quad \text{N/mm}^2$$

式中：M_H——水平波浪弯矩，kN·m，见本节 7. 10. 2. 2；

y——计算点距横剖面中心线的水平距离，m；

I_H——水平惯性矩，cm^4。

（3）由水动力扭矩M_T及货物扭矩M_{TC}所产生的翘曲正应力。

在强力甲板处和船底处的许用合成应力均为 157/*K*, N/mm^2，其中 *K* 见 7. 10. 4. 1。

附录 2　集装箱船结构强度直接计算

2 货舱区域主要构件强度直接计算

2.1.1 舱段直接计算适用于货舱区域主要构件在典型装载工况下的强度评估。主要构件包括：

(1)双层底结构；

(2)横向(横舱壁、强框架)结构；

(3)舷侧(纵舱壁)结构。

(4)甲板及舱口间甲板结构。

2.2.2 除本附录另有规定外，总体载荷工况下的静水弯矩取设计方提供的许用中拱静水弯矩$\overline{M}_s$；波浪弯矩M_w应按~~本篇第 1 章第 5 节 1.5.6.1（2）计算~~本章第 2 节计算。

2.2.4 舱口盖上集装箱载荷应按下述要求计算：

（1）应按舱口盖上堆高中点处加速度确定每舱口盖上集装箱的纵向力，由纵向力在每堆的基座处产生的力矩不计。

（2）集装箱的层数取最大装载层数，按装载手册或货物操作手册中集装箱允许的最大堆重和层数取值。

（3）甲板上位于舷侧至纵向舱口围板间的集装箱载荷不计。

~~（4）作用在舱口盖上的纵向载荷总量的15%以分布力的形式，作用在纵向和横向舱口围板顶部的节点上，以模拟舱口围板处支承块由纵向运动受到的摩擦力。~~

~~（5）舱口盖上其余 85%的纵向载荷，作用在舱口盖一端纵向止滑块对应（横向舱口围板顶端）的节点上。如止滑块位置未知，则假定为舱口盖后端宽度的 1/2 处，如舱口盖数未知，假定每一舱口由 3 块舱口盖覆盖。~~

~~2.2.5 除上述载荷外，还应计入船体结构自身重量。~~

2.2.5 除上述载荷外，还应计入船体结构和集装箱货物的自重、惯性力。

2.3.1 应按表 2.3.1 的适用工况进行校核。如装载手册中存在表 2.3.1 中计算工况以外的更为严重的装载工况，也应对此装载工况进行结构强度直接计算。

计算工况表 2.3.1

<table>
<tr><th rowspan="2">工况
描述</th><th rowspan="2">工况
识别号</th><th colspan="2">外部载荷</th><th colspan="4">货物(集装箱)载荷</th><th rowspan="2">边界条
件类型</th></tr>
<tr><th>静水载
荷</th><th>波浪载
荷</th><th colspan="2">货舱内</th><th colspan="2">舱盖上</th></tr>
<tr><td rowspan="6">中间一
40ft 箱位
空舱</td><td rowspan="2">工况 1(LC1)</td><td rowspan="2">d</td><td rowspan="2">P_W</td><td>空舱箱位处</td><td>—</td><td>空舱上方
舱盖</td><td>—</td><td rowspan="2">对称</td></tr>
<tr><td>其余箱位处</td><td>40ft</td><td>其余舱盖</td><td>40ft</td></tr>
<tr><td>工况
1G(LC1G)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">工况 2(LC2)</td><td rowspan="3">d</td><td rowspan="3">P_W</td><td>空舱箱位处</td><td>—</td><td>空舱上方
舱盖</td><td>40ft</td><td rowspan="3">对称</td></tr>
<tr><td>其余箱位处</td><td>40ft</td><td>其余舱盖</td><td>40ft</td></tr>
<tr><td>工况
2G(LC2G)</td></tr>
<tr><td rowspan="2">工况 3(LC3)</td><td rowspan="2">d</td><td rowspan="2">P_W</td><td>空舱箱位处</td><td>—</td><td>空舱上方
舱盖</td><td>20ft</td><td rowspan="2">对称</td></tr>
<tr><td>其余箱位处</td><td>20ft</td><td>其余舱盖</td><td>20ft</td></tr>
</table>

工况描述	工况识别号	外部载荷		货物(集装箱)载荷				边界条件类型
		静水载荷	波浪载荷	货舱内		舱盖上		
	工况3G(LC3G)							
船舶横倾，中间一40ft箱位空舱	工况 4(LC4)	*d*	—	空舱箱位处	—	空舱上方舱盖	—	非对称
				其余箱位处	40ft	其余舱盖	40ft	
船舶横倾	工况 5(LC5)	*d*	—	所有货舱	20ft	所有舱盖	20ft	非对称
船舶纵荡	工况 6(LC6)	—	—	所有舱内装载 40ft，由纵向加速度产生的纵向载荷		所有舱盖装载 40ft，由纵向加速度产生的纵向载荷		对称
船舶中垂	工况7G(LC7G)	0. 9*d*	P_W	所有货舱	20ft	所有舱盖	20ft	对称
轻箱	工况8G(LC8G)	*d*	P_W	所有货舱	40ft	所有舱盖	40ft	对称
满箱	工况9G(LC9G)	*d*	P_W	所有货舱	40ft	所有舱盖	40ft	对称

注：(1)*d*——吃水，m；

(2)P_W——舷外海水动压力，按本篇第1章第5节计算；

(3)横倾工况(LC4、LC5)中，~~横倾角为30°与 $tg^{-1}\left(2\left(D-d\right)/B\right)$ 中的小者~~横倾角按本篇第1章第5节计算；如有波浪载荷直接计算预报时，可接受直接计算预报的横倾角；

(4)对于舱内载荷(20ft，或40ft)，~~取集装箱的最大许用重量~~单个箱重取舱内许用堆重除以最大装箱层数得到；

(5)舱口盖上的~~载荷~~堆重，取许用堆重(20ft，或40ft)；

(6)工况6中，舱内及舱口盖上的载荷值的确定，见本附录2.2.3与2.2.4；

(7)~~工况 1G、2G 和 3G 为计及总体载荷的计算工况~~工况 1G、2G、3G、7G、8G、9G 为计及总体载荷的计算工况。

(8)工况 8G 集装箱载荷取法，货舱内：单个箱重为 55%的（4）所规定重量；舱口盖上：单个箱重为 90%舱盖上许用堆重除以最大装箱层数或 17 吨取小者。

(9)如出现一个货舱包含 2 个以上 40 ft 箱位，则每个箱位必须按空舱进行计算。

2.3.2 ~~工况 1、2、3 中，船底板、内底板、舷侧外板、纵舱壁与双层底纵桁除应进行局部强度校核外，还应考虑受到的船体梁总纵弯矩产生的应力与局部载荷产生的沿船长方向应力合成的强度校核。船体梁总纵弯矩作用下的应力响应应采用 2.4 规定的有限元模型来计算，其总体载荷边界条件见本附录 2.5.3 的规定。~~甲板板、船底板、内底板、舷侧外板、纵舱壁与双层底纵桁除应进行局部强度校核外（工况 1、2、3、4、5、6），还应考虑受到的船体梁总纵弯矩产生的应力与局部载荷产生的沿船长方向应力合成的强度校核（工况 1G、2G、3G、7G、8G、9G），评估衡准分别见本附录 2.6.2 和 2.6.1。船体梁总纵弯矩作用下的应力响应应采用本附录 2.4 规定的有限元模型来计算，其总体载荷边界条件见本附录 2.5.3 的规定。

2.3.5 工况 6 中，舱口盖上集装箱载荷应按下述要求计算：

（1）作用在舱口盖上的纵向载荷总量的 15%以分布力的形式，作用在纵向和横向舱口围板顶部的节点上，以模拟舱口围板处支承块由纵向运动受到的摩擦力。

（2）舱口盖上其余 85%的纵向载荷，作用在舱口盖一端纵向止滑块对应(横向舱口围板顶端)的节点上。如止滑块位置未知，则假定为舱口盖后端宽度的 1/2 处，如舱口盖数未知，假定每一舱口由 3 块舱口盖覆盖。

2.5.1.1对于结构形式、设计载荷均左右对称的工况(如工况1、2、3、6)，如采用半宽模型，纵中剖面内节点的横向线位移、绕纵中剖面内两个坐标轴的角位移约束，即：

$\delta_y = \theta_x = \theta_z = 0$~~，~~。

2.5.1.2 对于结构形式、设计载荷均左右对称的工况(如工况 1、2、3、6)，如采用全宽模型，中部货舱前后舱壁处纵中剖面与船底板的交点 *J* 的横向线位移约束，即：$\delta_y = 0$。

2.5.2 局部载荷工况边界条件（见表 2.5.2）

局部载荷边界条件 **表 2.5.2**

位置	线位移约束			角位移约束		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
纵中剖面(半宽模型)	—	固定	—	固定	—	固定
节点 *J*（全宽模型）	—	固定	—	—	—	—
端面 *A*、*B*	固定	—	—	—	固定	固定
交线 *EG*、*FH*	—	—	弹簧	—	—	—

2.5.2.2 端面 *A* 与 *B* 施加对称面边界条件，端面内节点的纵向线位移、绕端面内两个坐标轴的角位移约束，即：~~$\delta_y = \theta_x = \theta_z = 0$~~ $\delta_x = \theta_y = \theta_z = 0$。

2.6.1 ~~工况 1G、2G 与 3G 下~~工况 1G、2G、3G、7G ~~与~~、8G、9G 下，各主要构件的许用应力见表 2.6.1。

许用应力　　表 2.6.1

构件名称	许用应力(N/mm^2)	
	$[\sigma_e]$	$[\tau]$
甲板板	235/*K*	—
船底板、内底板	235/*K*	—
舷侧外板、纵舱壁	235/*K*	115/*K*
船底纵桁	235/*K*	115/*K*

注：*K*——材料系数。

2.7.2 板格屈曲安全因子 λ 应不小于表 2.7.2 中的最小屈曲安全因子。

最小屈曲安全因子　　表 2.7.2

结构	计算工况	最小屈曲安全因子
船底外板、内底板	LC1G，2G，3G，7G，8G、9G	0.8
舷侧外板、纵舱壁	LC1G，2G，3G，7G，8G、9G	0.8
双层底纵桁	LC1G，2G，3G，7G，8G、9G	1.0
双层底肋板、横向强框架	LC1，2，3，4，5	1.0
边舱纵向平台	LC1G，2G，3G，7G，8G、9G	1.0
横舱壁	LC1，2，3	0.8
横舱壁桁材	LC1，2，3	1.0
甲板横向抗扭箱	LC4，5	1.0

3.1.1 应采用整船结构强度直接计算在弯扭载荷联合作用下评估船体主要构件的总纵强度。计算时，可采用如下两种方法。

方法 1：船体梁载荷（垂向弯矩、水平弯矩、扭矩）直接施加于整船有限元模型。

方法 2：波浪载荷直接计算得到的载荷施加于整船有限元模型。

3.2.2.3 波浪载荷直接计算的主要载荷控制参数应为垂向波浪弯矩、水平波浪弯矩、波浪扭矩。预报在其寿命期内可能遭遇的最大波浪载荷应包括在世界各海域内航行时所历经的海况，用出现各种周期与波高的概率表示，建议采用 IACS 推荐的波浪散布图。主要载荷控制参数的概率水平一般取 10^{-8}，也可取最大垂向波浪弯矩预报值与~~本篇第 2 章~~本章第 2 节要求值相等所对应的概率水平。

3.3.4.2　船底平板龙骨(纵中剖面处)在船尾(本附录图 3.3.4.1 中节点 1)处沿横向的线位移约束，即：$\delta_y = 0$；船首(本附录图 3.3.4.1 中节点 2)处，沿纵向、横向和垂向的线位移约束，即：~~$\delta_x = \delta_y = \theta_z = 0$~~ $\delta_x = \delta_y = \delta_z = 0$。

3.5 整船结构有限元屈曲强度评估

3.5.1 整船结构有限元屈曲强度校核应符合本附录 2.7 的规定。

4 甲板舱口角隅疲劳强度评估

4.3.6.1 整船三维有限元粗网格分析模型的边界条件见本附录 ~~3.3.5~~3.3.4。

4.4.1 船体结构应力范围的长期分布假设为二参数 Weibull 分布，Weibull 分布的形状参数 ξ 应按下式计算：

$$\xi = 1.45 - 0.036 f\sqrt{L}$$

式中：L——船长，m；

$f = 1 - 0.08z/d_1$ 当 $z \leqslant d_1$ 时；

~~$f=0.91+0.08(z-d_1)(D-d_1)$~~ $f=0.91+0.08(z-d_1)/(D-d_1)$ 当 $z > d_1$ 时；

当计算点在横舱壁上时，$f = 0.92$；

D——型深，m；

d_1——计算工况下的吃水，m；

z——计算点距基线的高度，m。

附录 3 剪流的计算

1．一般规定

附录描述了由船体梁垂向剪力引起的作用于船舶横剖面的剪流的直接计算流程。横剖面每一处的剪流 q_v 按剖面在 Z 坐标方向上承受单位垂向剪力计算，1N。

每毫米的单位剪流 q_v，N/mm，可被认为等于：

$$q_v = q_D + q_l$$

式中： q_D——定剪流，如 2 定义；

q_l——环绕封闭单元的不定剪流，如 3 定义：

计算单位剪流 q_v 时，需计入纵向扶强材。

2．定剪流

横剖面每一处的定剪流 q_D，N/mm，可按以下线性积分求得：

$$q_D(s) = -\frac{1}{10^6 I_{y-net}} \int_0^s (z - z_n)\tau_{net} ds$$

式中：

s——沿横剖面的流动坐标的坐标值，m

$I_{y\text{-}net}$——横剖面的惯性矩，m^4

t_{net}——板的净厚度，mm

z_n——水平中和轴的垂向坐标，m

假设剖面由图 1 所示的线段组成，线段内的板厚为定值，定剪流可以根据下式计算：

$$q_{Dk} = -\frac{t_{net}\ell}{2 \cdot 10^6 I_{Y-net}}(z_k + z_i - 2z_n) + q_{Di}$$

式中：

q_{Dk}, q_{Di}——节点 k 和节点 i 各自的定剪流，N/mm；

l——线段的长度，m：

y_k, y_i——线单元端点的 Y 坐标，m，如图 1 定义；

z_k, z_i——线单元端点的 Z 坐标，m，如图 1 定义；

当横剖面包含闭合单元时，闭合单元应按图 2 所示采用虚拟缝隙进行切割，以获得定剪流。

然而，虚拟缝隙不允许设置在约束其它闭合单元的边界上。

分叉点处定剪流的计算可按图 2 所示的类似水流计算的方式进行。

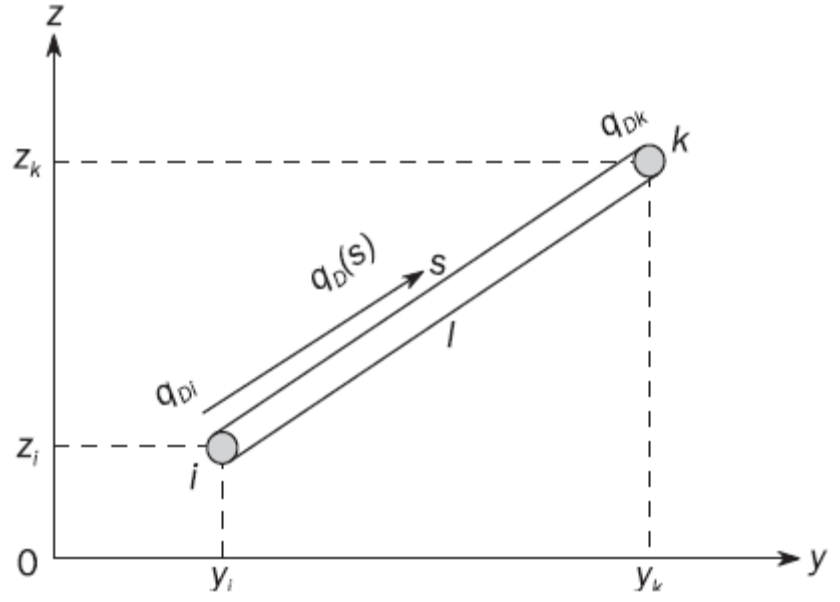


图 1 线段的定义

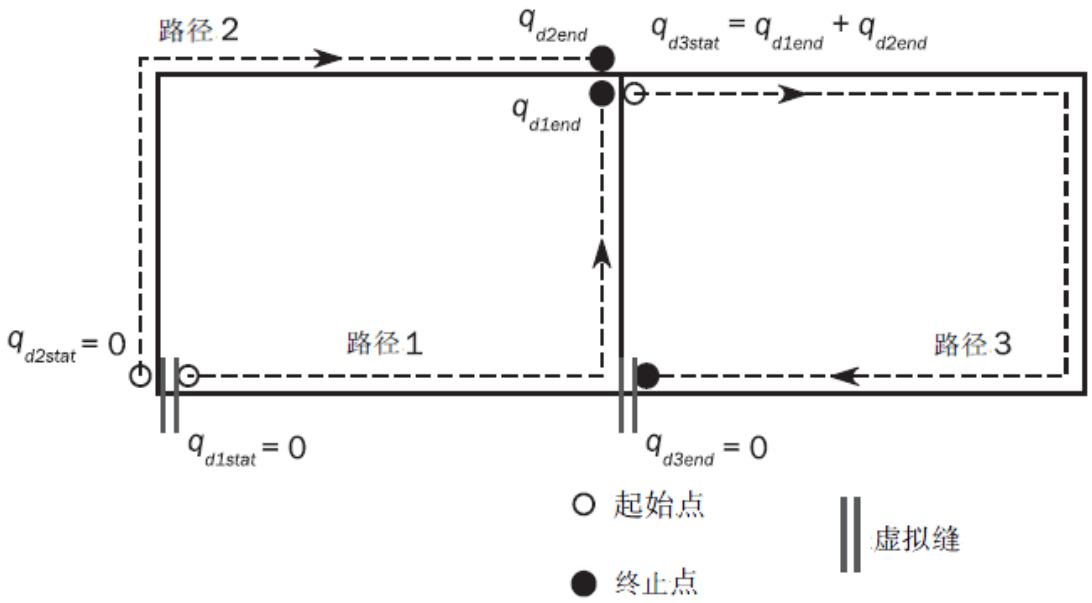


图 2 分叉点处定剪流的计算

3. 不定剪流

不定剪流环绕闭合单元起作用并可以在同一闭合单元中当做定值。可按下列等式系统确定不定剪流。在等式中，对多个参数环绕所有闭合单元进行边界积分。

$$q_{Ic}\oint_c \frac{1}{t_{net}}ds - \sum_{m=1}^{N_w}\left(q_{Im}\oint_{c\&m}\frac{1}{t_{net}}ds\right) = -\oint_c \frac{q_D}{t_{net}}ds$$

式中：

N_w——闭合单元 c 和其他单元间公共边界的数量

$c\&m$——闭合单元 c 和 m 的公共边界

q_{Ic}, q_{Im}——分别环绕闭合单元 c 和闭合单元 m 的不定剪流，N/mm；

假定由图 1 所示的线段组合而成，且每段内的板厚相同，上式可以表示为：

$$q_{Ic}\sum_{j=1}^{N_c}\left(\frac{\ell}{t_{net}}\right)_j - \sum_{m=1}^{N_w}\left\{q_{Im}\left[\sum_{j=1}^{N_m}\left(\frac{\ell}{t_{net}}\right)_j\right]_m\right\} = -\sum_{j=1}^{N_c}\phi_j$$

$$\phi_j = \left[-\frac{\ell^2}{6\cdot 10^3 I_{Y-net}}\left(z_k + 2z_i - 3z_n\right) + \frac{\ell}{t_{net}}q_{Di}\right]_j$$

式中：

N_c——闭合单元 c 的线段数量

N_m——闭合单元 c 和 m 的公共边界数量

q_{Di}——根据 2 计算的定剪流，N/mm；

需考虑 2 及本条所规定的流动坐标方向的差异。

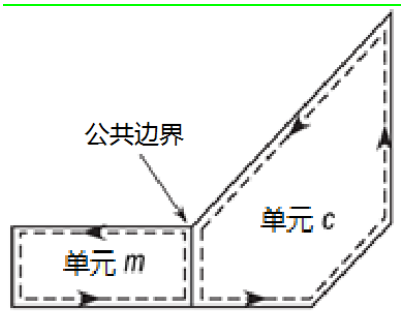


图 3 闭合单元和公共边界

4. 剖面特性的计算

当剖面假定由线单元构成时，剖面特性可根据下式获得：

$$\ell = \sqrt{(y_k - y_i)^2 + (z_k - z_i)^2}$$

$$a_{net} = 10^{-3}\ell t_{net} \qquad A_{net} = \sum a_{net}$$

$$S_{y-net} = \frac{a_{net}}{2}(z_k + z_i) \qquad S_{y-net} = \sum S_{y-net}$$

$$i_{y0-net} = \frac{a_{net}}{3}(z_k^2 + z_k z_i + z_i^2) \qquad I_{y0-net} = \sum i_{y0-net}$$

式中：a_{net}, A_{net}——线段和剖面各自的面积，m^2；

$S_{y\text{-}net}$, $S_{y\text{-}net}$——线段和剖面对于基线的一阶矩，m^3；

$i_{y0\text{-}net}$, $I_{y0\text{-}net}$——线段和剖面对于基线的惯性矩，m^4；

水平中和轴的高度z_n，m，可按如下获得：

$$z_n = \frac{S_{y-net}}{A_{net}}$$

关于水平中和轴的惯性矩，m^4，可按以下求得：

$$I_{y-net} = I_{y0-net} - z_n^2 A_{net}$$

附录 4 屈曲能力

符号说明：

x 轴：　平行于矩形屈曲板格长边方向的局部坐标轴。

y 轴：垂直于矩形屈曲板格长边方向的局部坐标轴。

σ_x：施加在板格边缘上沿 x 轴方向的应力，N/mm^2。

σ_y：施加在板格边缘上沿 y 轴方向的应力，N/mm^2。

τ：施加的剪应力，N/mm^2

σ_a：加强筋上的轴向应力，N/mm^2

σ_b：加强筋上的弯曲应力，N/mm^2

σ_w：加强筋上的翘曲应力，N/mm^2

$\sigma_{cx},\sigma_{cy},\tau_c$：临界应力，N/mm^2，对于板的定义见本附录 2.1.1

$R_{eH\ S}$：加强筋的最小屈服应力，N/mm^2

$R_{eH\ P}$：板的最小屈服应力，N/mm^2

a：板格长边的长度，mm，如表 2 所示

b：板格短边长度，mm，如表 2 所示

d：如表 3 中曲板板格，平行于圆柱轴一边的长度，mm。

σ_E：弹性屈曲参考应力，N/mm^2，定义为：

（1）应用于根据本附录 2.1.2 计算板格极限状态时

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{t_p}{b}\right)^2$$

（2）应用于本附录 2.2 的曲板板格时

$$\sigma_E = \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)}\left(\frac{t_p}{d}\right)^2$$

ν：泊松比，取 0.3

t_p：板格的净厚度，mm。

t_w：加强筋的腹板净厚度，mm。

t_f：加强筋的翼板净厚度，mm。

b_f：加强筋的翼板宽度，mm。

h_w：加强筋的腹板高度，mm，如图 1 所示。

e_f：从带板到翼板中心的距离，mm，取为：

（1）对扁钢：$e_f = h_w$

（2）对球扁钢：$e_f = h_w - 0.5t_f$

（3）对角钢和 T 型材：$e_f = h_w + 0.5t_f$

α：板格的长宽比，取为：

$$\alpha = \frac{a}{b}$$

β：系数，取为：

$$\beta = \frac{1-\psi}{\alpha}$$

ψ：边缘应力比，定义为

$$\psi = \frac{\sigma_2}{\sigma_1}$$

σ_1：最大应力，N/mm^2

σ_2：最小应力，N/mm^2

R：曲面板格的曲率半径，mm。

ℓ：加强筋跨距，mm，等于主要支撑构件之间的间距

S：扶强材间距，mm

ω：系数，取为：ω=min(3; α)

1 基本板格（EPP）

1.1 定义

基本板格指扶强材和强框架之间非加筋部分的板。

由于受到周围结构及相邻板（主要指甲板、船底、内底、舷侧和纵舱壁上的纵向加筋板格）的约束，基本板格的各条边保持为直线（但可以在面内移动）。

1.2 厚度有变化的基本板格

1.2.1 纵向加筋板格

对于纵向加筋布置，如果基本板格的板厚在宽度 b 跨区上变化，则屈曲校核可按厚度等于较小板厚 t_1 的等效基本板格进行。此等效基本板格的宽度 b_{eq}，mm，定义如下：

$$b_{eq} = \ell_1 + \ell_2 \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^{1.5}$$

式中：

ℓ_1 基本板格中较小板厚 t_1 部分的宽度，mm，定义见图 1；

ℓ_2 基本板格中较大板厚 t_2 部分的宽度，mm，定义见图 1。

如果一个板格是由不同材料的板构成的，则在其屈曲评估中应采用最小屈服强度。

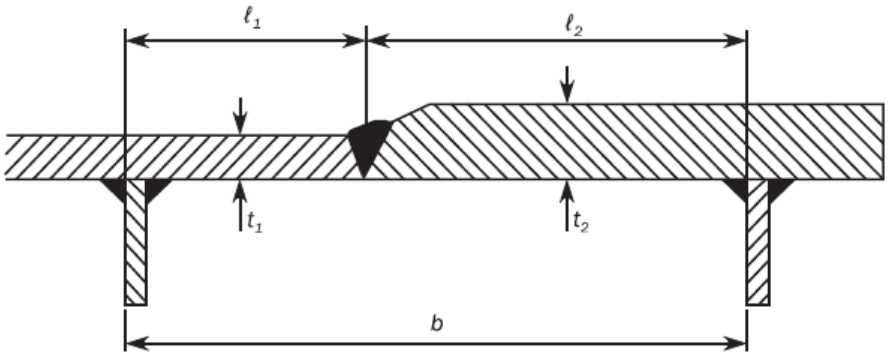


图 1 在宽度跨区上的板厚变化

1.2.2 横向加筋板格

对于横向加筋布置，如果基本板格内板厚有所不同，则板和加强筋的屈曲校核应针对每个板厚分别进行，并视其为在整个板格范围内保持不变。所施加的应力和侧向压力应取自板格的载荷计算点。

2 板的屈曲能力

2.1 板格

2.2.1 板的极限状态

板极限状态应基于下面的相关方程。正应力下的屈曲校核针对压应力，当正应力（σ_x，σ_y）小于零时，删除式中对应项，进行纯剪切屈曲校核。

(a) 纵骨架式

$$\left(\frac{\gamma_c \sigma_x}{\sigma_{cx}} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_c |\tau|}{\tau_c} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} = 1$$

(b) 横骨架式

$$\left(\frac{\gamma_c \sigma_y}{\sigma_{cy}} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} + \left(\frac{\gamma_c |\tau|}{\tau_c} \right)^{2/\beta_p^{0.25}} = 1$$

式中：

σ_x, σ_y ——施加在板格边界上的正应力，N/mm^2，定义见 7.2.4.4

τ ——施加在板格边界上的剪应力，N/mm^2，定义见 7.2.4.4

σ_{cx} ——沿着与屈曲板格长边平行的方向的极限屈曲应力，N/mm^2，定义见本附录2.1.3

σ_{cy} ——沿着与屈曲板格短边平行的方向的极限屈曲应力，N/mm^2，定义见本附录2.1.3

τ_c ——极限屈曲剪应力，N/mm^2，定义见本附录2.1.3

β_p ——板的长细比参数，定义为：

$$\beta_p = \frac{b}{t_p}\sqrt{\frac{R_{eH_P}}{E}}$$

2.1.2 参考细长度

参考细长度定义为

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{eH_P}}{K\sigma_E}}$$

式中：K ——屈曲因子，定义见表2和表3。

2.1.3 极限屈曲应力

板格的极限屈曲应力，N/mm^2，为

$$\sigma_{cx} = C_x R_{eH_P}$$

$$\sigma_{cy} = C_y R_{eH_P}$$

受剪板格的极限屈曲应力，N/mm^2，为

$$\tau_c = C_\tau \frac{R_{eH_P}}{\sqrt{3}}$$

式中：

C_x, C_y, C_τ ——折减因子，定义见表2。

板的边界条件应视为简支（参见表2中的工况1、2和15）。如果板的边界条件与简支相差很大，可以在CCS同意的前提下，根据表2的不同工况，采用更恰当的边界条件。

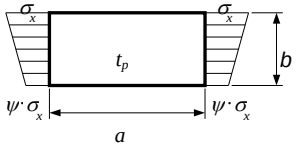
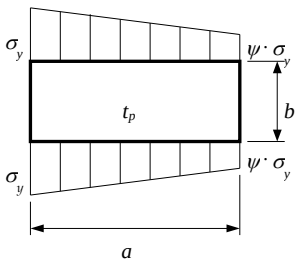
2.1.4 修正因子F_{long}

修正因子F_{long}依赖于屈曲板格长边边缘上的加强筋类型，其定义参见表1。对于具有不同边缘加强筋的板格，应采用F_{long}的平均值。对于表1中以外的加强筋类型，c值应得到CCS认可。在该情况下，只要能够用非线性有限元分析通过屈曲强度校核对其进行确认，且CCS也认为合适，则选用的c值可大于表1中给出的数值。

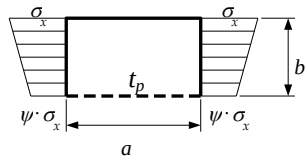
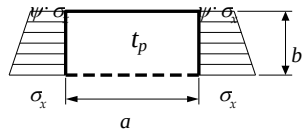
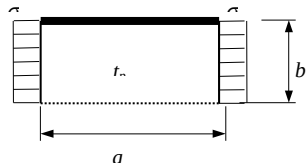
表1：修正因子F_{long}

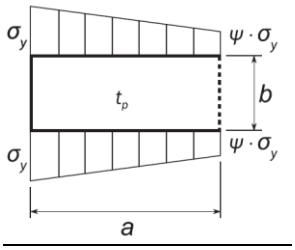
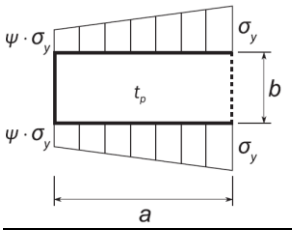
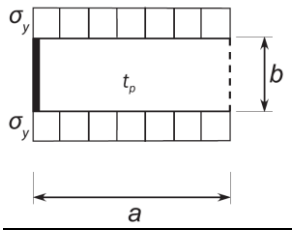
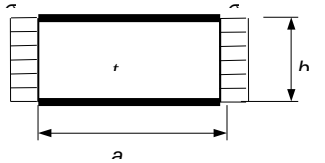
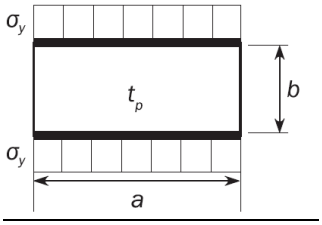
结构单元类型			F_{long}	c
非加筋板			1.0	N/A
加筋板	两端都不固支的加强筋		1.0	N/A
	两端固支的加强筋	扁钢(1)	如果$\frac{t_w}{t_p}>1$，则$F_{long}=c+1$； 如果$\frac{t_w}{t_p}\leqslant 1$，则$F_{long}=c\left(\frac{t_w}{t_p}\right)^3+1$	0.1
		球扁钢		0.3
		角钢		0.4
		T 型材		0.3
		刚度较大的桁材（如底肋板）	1.4	N/A
注（1）：t_w 为腹板净厚度，mm，且不按照本附录 4.3.5 中的定义进行修正。				

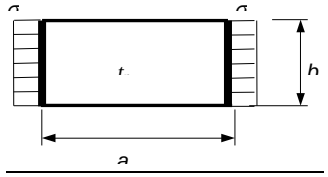
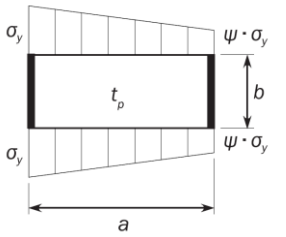
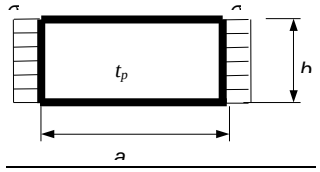
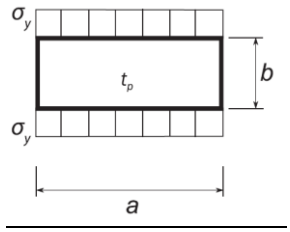
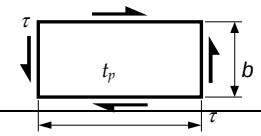
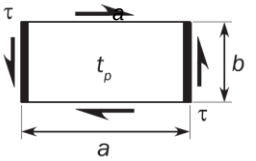
表3：平面板格的屈曲因子和折减因子

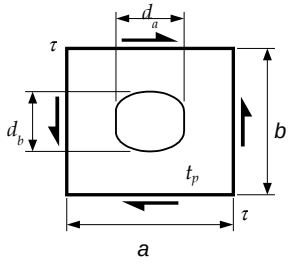
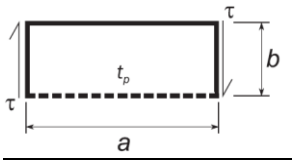
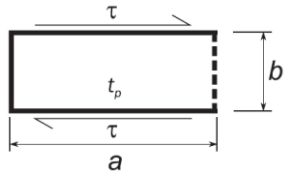
工况	应力比 ψ	长宽比 α	屈曲因子 K	折减因子 C
1  	$1\geqslant\psi\geqslant 0$		$K_x=F_{long}\frac{8.4}{\psi+1.1}$	$C_x=1$ 对于$\lambda\leqslant\lambda_c$ $C_x=c\left(\frac{1}{\lambda}-\frac{0.22}{\lambda^2}\right)$ 对于$\lambda\leqslant\lambda_c$ 其中：$C=(1.25-0.12\psi)\leqslant 1.25$ $\gamma_c=\frac{C}{2}\left(1+\sqrt{1-\frac{0.88}{C}}\right)$
	$0>\psi>-1$		$K_x=F_{long}\left[7.63-\psi(6.26-10\psi)\right]$	
	$\psi\leqslant -1$		$K_x=F_{long}\left[5.975(1-\psi)^2\right]$	
2  	$1\geqslant\psi\geqslant 0$		$K_y=\frac{2\left(1+\frac{1}{\alpha^2}\right)^2}{1+\psi+\frac{(1-\psi)}{100}\left(\frac{2.4}{\alpha^2}+6.9f_1\right)}$	$C_c=c\left(\frac{1}{\lambda}-\frac{R+F^2(H-R)}{\lambda^2}\right)$ 其中： $c=(1.25-0.12\psi)\leqslant 1.25$ $R=\lambda(1-\lambda/c)$ 对于$\lambda<\lambda_c$ $R=0.22$ 对于$\lambda\geqslant\lambda_c$ $\lambda_c=0.5c\left(1+\sqrt{1-0.88/c}\right)$
		$\alpha\leqslant 6$	$f_1=(1-\psi)(\alpha-1)$	
		$\alpha>6$	$f_1=0.6\left(1-\frac{6\psi}{\alpha}\right)\left(\alpha+\frac{14}{\alpha}\right)$ 但不大于$14.5-\frac{0.35}{\alpha^2}$	

工况	应力比 ψ	长宽比 α	屈曲因子 K	折减因子 C
	$>\psi\geqslant 1-4\alpha/3$		$K_y=\dfrac{200\left(1+\beta^2\right)^2}{\left(1-f_3\right)\left(100+2.4\beta^2+6.9f_1+23f_2\right)}$	$F=\left(1-\left(\dfrac{K}{0.91}-1\right)/\lambda_p^2\right)c_1\geqslant 0$ $\lambda_p^2=\lambda^2-0.5$ 对于$1\leqslant\lambda_p^2\leqslant 3$ $c_1=\left(1-\dfrac{1}{\alpha}\right)\geqslant 0$ $H=\gamma-\dfrac{2\lambda}{c\left(T+\sqrt{T^2-4}\right)}\geqslant R$ $T=\lambda+\dfrac{14}{15\lambda}+\dfrac{1}{3}$
		$\alpha>6(1-\psi)$	$f_1=0.6\left(\dfrac{1}{\beta}+14\beta\right)$ 但不大于 $14.5-0.35\beta^2$ $f_2=f_3=0$	
		$3(1-\psi)\leqslant\alpha\leqslant 6(1-\psi)$	$f_1=\dfrac{1}{\beta}-1$ $f_2=f_3=0$	
		$1.5(1-\psi)\leqslant\alpha<3(1-\psi)$	$f_1=\dfrac{1}{\beta}-\left(2-\omega\beta\right)^4-9\left(\omega\beta-1\right)\left(\dfrac{2}{3}-\beta\right)$ $f_2=f_3=0$	
		$1-\psi\leqslant\alpha<1.5(1-\psi)$	对于 $\alpha>1.5$: $f_1=2\left(\dfrac{1}{\beta}-16\left(1-\dfrac{\omega}{3}\right)^4\right)\left(\dfrac{1}{\beta}-1\right)$ $f_2=3\beta-2$ $f_3=0$ 对于 $\alpha\leqslant 1.5$: $f_1=2\left(\dfrac{1.5}{1-\psi}-1\right)\left(\dfrac{1}{\beta}-1\right)$ $f_2=\dfrac{\psi\left(1-16f_4^2\right)}{1-\alpha}$ $f_3=0$ $f_4=(1.5-Min(1.5;\alpha))^2$	

<table>
<tr><th>工况</th><th>应力比 ψ</th><th>长宽比 α</th><th>屈曲因子 K</th><th>折减因子 C</th></tr>
<tr><td rowspan="2"></td><td rowspan="1"></td><td rowspan="1">$0.75(1-\psi) \leqslant \alpha < 1-\psi$</td><td>$f_1 = 0$
$f_2 = 1+2.31(\beta-1)-48\left(\frac{4}{3}-\beta\right)f_4^2$
$f_3 = 3f_4(\beta-1)\left(\frac{f_4}{1.81}-\frac{\alpha-1}{1.31}\right)$
$f_4 = (1.5-Min(1.5;\alpha))^2$</td><td rowspan="2"></td></tr>
<tr><td>$\psi < 1-4\alpha/3$</td><td colspan="2">$K_y = 5.972\frac{\beta^2}{1-f_3}$
其中:
$f_3 = f_5\left(\frac{f_5}{1.81}+\frac{1+3\psi}{5.24}\right)$
$f_5 = \frac{9}{16}(1+Max(-1;\psi))^2$</td></tr>
<tr><td rowspan="3">3

</td><td>$1 \geqslant \psi \geqslant 0$</td><td colspan="2">$K_x = \frac{4(0.425+1/\alpha^2)}{3\psi+1}$</td><td rowspan="4">$C_x = 1$ 对于$\lambda \leqslant 0.7$
$C_x = \frac{1}{\lambda^2+0.51}$ 对于$\lambda > 0.7$</td></tr>
<tr><td>$0 > \psi \geqslant -1$</td><td colspan="2">$K_x = 4(0.425+1/\alpha^2)(1+\psi)-5\psi(1-3.42\psi)$</td></tr>
<tr><td>4

</td><td>$1 \geqslant \psi \geqslant -1$</td><td colspan="2">$K_x = \left(0.425+\frac{1}{\alpha^2}\right)\frac{3-\psi}{2}$</td></tr>
<tr><td rowspan="2">5

</td><td rowspan="2">1</td><td>$\alpha \geqslant 1.64$</td><td>$K_x = 1.28$</td></tr>
<tr><td>$\alpha < 1.64$</td><td>$K_x = \frac{1}{\alpha^2}+0.56+0.13\alpha^2$</td></tr>
</table>

工况	应力比 ψ	长宽比 α	屈曲因子 K	折减因子 C
6 	$1 \geqslant \psi \geqslant 0$		$K_y = \dfrac{4\left(0.425+\alpha^2\right)}{(3\psi+1)\alpha^2}$	$C_y = 1$ 对于$\lambda \leqslant 0.7$ $C_y = \dfrac{1}{\lambda^2+0.51}$ 对于$\lambda > 0.7$
	$0 > \psi \geqslant -1$		$K_y = \dfrac{4\left(0.425+\alpha^2\right)(1+\psi)\dfrac{1}{\alpha^2}}{-5\psi\left(1+3.42\psi\right)\dfrac{1}{\alpha^2}}$	
7 	$1 \geqslant \psi \geqslant -1$		$K_y = \left(0.425+\alpha^2\right)\dfrac{(3-\psi)}{2\alpha^2}$	
8 	-		$K_y = 1+\dfrac{0.56}{\alpha^2}+\dfrac{0.13}{\alpha^4}$	
9 	-		$K_x = 6.97$	$C_x = 1$ 对于$\lambda \leqslant 0.83$
10 	-		$K_y = 4+\dfrac{2.07}{\alpha^2}+\dfrac{0.67}{\alpha^4}$	$C_x = 1{,}13\left[\dfrac{1}{\lambda}-\dfrac{0.22}{\lambda^2}\right]$ 对于$\lambda > 0.83$
11	-	$\alpha \geqslant 4$	$K_x = 4$	

工况	应力比 ψ	长宽比 α	屈曲因子 K	折减因子 C
		$\alpha < 4$	$K_x = 4 + 2.74\left(\frac{4-\alpha}{3}\right)^4$	
12 	-	K_y与工况2中的相同		• 对于 $\alpha < 2$: $C_y = C_{y2}$ • 对于 $\alpha \geqslant 2$: $C_y = \left(1.06 + \frac{1}{10\alpha}\right)C_{y2}$ 其中: $C_{y2} = C_y$（由工况2确定）
13 	-	$\alpha \geqslant 4$	$K_x = 6.97$	$C_x = 1$ 对于$\lambda \leqslant 0.83$ $C_x = 1{,}13\left[\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right]$ 对$\lambda > 0.83$
		$\alpha < 4$	$K_x = 6.97 + 3.1\left(\frac{4-\alpha}{3}\right)^4$	
14 	-		$K_y = \frac{6.97}{\alpha^2} + \frac{3.1}{\alpha^2}\left[\frac{4-1/\alpha}{3}\right]^4$	$C_y = 1$ 对 $\lambda \leqslant 0.83$ $C_y = 1.13\left(\frac{1}{\lambda} - \frac{0.22}{\lambda^2}\right)$ 对 $\lambda > 0.83$
15 	-		$K_\tau = \sqrt{3}\left[5.34 + \frac{4}{\alpha^2}\right]$	$C_\tau = 1$ 对$\lambda \leqslant 0.84$ $C_\tau = \frac{0.84}{\lambda}$ 对$\lambda > 0.84$
 16	-		$K_\tau = \sqrt{3}\left\{5.34 + Max\left[\frac{4}{\alpha^2}; \frac{7.15}{\alpha^{2.5}}\right]\right\}$	

工况	应力比 ψ	长宽比 α	屈曲因子 K	折减因子 C
17  	-	$K = K'r$ K' = 工况15给出的K. r = 开口折减因子，取： $r=\left(1-\frac{d_a}{a}\right)\left(1-\frac{d_b}{b}\right)$ 其中 $\frac{d_a}{a}\leqslant 0.7$ 且 $\frac{d_b}{b}\leqslant 0.7$		
18  	-	$K_\tau = 3^{0.5}\left(0.6+4/\alpha^2\right)$		$C_\tau = 1$ 对 $\lambda\leqslant 0.84$ $C_\tau=\frac{0.84}{\lambda}$ 对 $\lambda>0.84$
19  	-	$K_\tau = 8$		
板边缘边界条件: - - - - - - - - - 板边缘自由 ———— 板边缘简支 ▬▬▬▬ 板边缘夹紧				
注（1）：表中列出的是一般工况，其中的应力分量(σ_x, σ_y)应理解为在局部坐标系中。				

2.2 曲板板格

对于 $R/t\leqslant 2500$ 的曲板板格极限状态适用下面的要求。否则，应适用本附录 2.1.1 给出的板的极限状态要求。

曲板板格极限状态应基于下面的相关方程：

$$\left(\frac{\gamma_c\sigma_{ax}}{C_{ax}R_{eH_P}}\right)^{1.25}+\left(\frac{\gamma_c\tau\sqrt{3}}{C_\tau R_{eH_P}}\right)^2=1.0$$

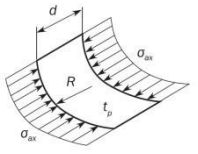
式中：

σ_{ax} ——施加在曲板板格所对应圆柱的轴向应力，N/mm^2。对于轴向拉应力情况，应取为 $\sigma_{ax}=0$；

C_{ax}, C_τ ——曲板板格的屈曲折减因子,定义见表 3。

对曲面板格，其应力倍增因子γ_c应不小于将其伸展为平面板格按照本附录 2.1.1 所给出的γ_c值。

表3：具有$R/t_p \leqslant 2500$的曲面板格的屈曲因子和折减因子

工况	长宽比	屈曲因子K	折减因子C
1  	$\frac{d}{R} \leqslant 0.5\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 1 + \frac{2}{3}\frac{d^2}{Rt_p}$	对于一般性应用： C_{ax} = 1　对λ≤ 0.25 C_{ax} = 1.233-0.933λ　对 0.25<λ≤1 C_{ax} = 0.3/λ³ 对 1<λ≤1.5 C_{ax} = 0.2/λ² 对λ>1.5 对于单个曲面区域，如其边界由平面板格所围的舭列板，则 C_{ax} = 0.65/λ² ≤1.0
	$\frac{d}{R} > 0.5\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = 0.267\frac{d^2}{Rt_p}\left[3 - \frac{d}{R}\sqrt{\frac{t_p}{R}}\right]$ $\geqslant 0.4\frac{d^2}{Rt_p}$	
2  	$\frac{d}{R} \leqslant 8.7\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3}\sqrt{28.3 + \frac{0.67d^3}{R^{1.5}t_p^{1.5}}}$	C_τ = 1　对λ≤ 0.4 C_τ = 1.274 – 0.686λ 对　0.4 <λ≤ 1.2 C_τ = 0.65/λ² 对λ> 1.2
	$\frac{d}{R} > 8.7\sqrt{\frac{R}{t_p}}$	$K = \sqrt{3}\frac{0.28d^2}{R\sqrt{Rt_p}}$	
边缘的边界条件： ——— 板边缘简支			

3 整体加筋板格能力

加筋板格弹性极限状态应基于以下相关方程

$$\frac{P_Z}{c_f} = 1$$

式中c_f和P_Z的定义见本附录 4.4.3。

4 纵向加强筋的屈曲能力

4.1 屈曲模式

应对下列屈曲模式进行校核：

（1） 加强筋失效导致的屈曲失效（SI）；

（2） 附连板失效导致的屈曲失效（PI）；

4.2 侧向压力

下纵向扶强材的屈曲评估中，认为侧向压力为常量。

4.3 加强筋理想化

4.3.1 加强筋的有效长度 ℓ_{eff}

加强筋的有效长度 ℓ_{eff}，mm，取为：

（1）对于两端固支的加强筋，$\ell_{eff}=\frac{\ell}{\sqrt{3}}$；

（2）对于一端简支、一端固支的加强筋，$\ell_{eff}=0.75\ell$；

（3）对于两端简支的加强筋，$\ell_{eff}=\ell$；

4.3.2 有效带板宽度 b_{eff1}

加强筋的有效宽度 beff，mm，当不考虑剪切滞后效应时，取为：

$$b_{eff1}=\frac{C_{x1}b_1+C_{x2}b_2}{2}$$

式中：

C_{x1}, C_{x2} ——表2所定义的加强筋两侧板格在工况1下分别对应的折减系数

b_1, b_2 ——加强筋两侧板格的宽度，mm。

4.3.3 有效带板宽度 b_{eff}

加强筋的有效宽度 b_{eff}，mm，取为：

$$b_{eff1}=\min\left(b_{eff1},\chi_s s\right)$$

式中

χ_s ——有效宽度系数，取为:

- $\chi_s=\min\left[\frac{1.12}{1+\frac{1.75}{\left(\frac{\ell_{eff}}{s}\right)^{1.6}}};1\right]$ 当 $\frac{\ell_{eff}}{s}\geqslant 1$ 时
- $\chi_s=0.407\frac{\ell_{eff}}{s}$ 当 $\frac{\ell_{eff}}{s}<1$ 时

4.3.4 带板净厚度 t_p

板的净厚度 t_p，mm，取两侧带板的平均值。

4.3.5 扁钢的有效腹板厚度

为计及局部侧向变形引起的刚度降低，对于扁钢加强筋，计算其净截面积 A_s、净模量 Z

和惯性矩 I 时应该采用以下定义的有效腹板厚度，mm

$$t_{w_red} = t_w\left(1-\frac{2\pi}{3}\left(\frac{h_w}{s}\right)^2\left(1-\frac{b_{eff1}}{s}\right)\right)$$

4.3.6 加强筋的净剖面模数 Z

加强筋的净剖面模数 Z，根据带板有效宽度 b_{eff} 计算，cm^3，取：

（1）对于加强筋导致的失效（SI），取加强筋翼板顶部计算的剖面模数；

（2）对于带板导致的失效（PI），取带板上计算的剖面模数；

4.3.7 加强筋的惯性矩 I

加强筋的惯性矩 I，cm^4，根据带板有效宽度 b_{eff} 计算，应符合下面的要求：

$$I \geqslant \frac{st_p^{\ 3}}{12\cdot 10^4}；$$

2.3.3 球扁钢的理想化

球扁钢应视为等效的角钢。等效的组合剖面的净尺寸，mm，通过下列公式得到：

$$h_w = h'_w - \frac{h'_w}{9.2} + 2$$

$$b_f = \alpha\left(t'_w + \frac{h'_w}{6.7} - 2\right)$$

$$t_f = \frac{h'_w}{9.2} - 2$$

$$t_w = t'_w$$

式中：h'_w, t'_w——球扁钢的高度和净厚度，mm，如图 2 所示

α ——系数，取为：

$$\alpha = 1.1 + \frac{(120 - h'_w)^2}{3000} \quad \text{对于 } h'_w \leqslant 120$$

$$\alpha = 1.0 \text{ 对} \quad h'_w > 120$$

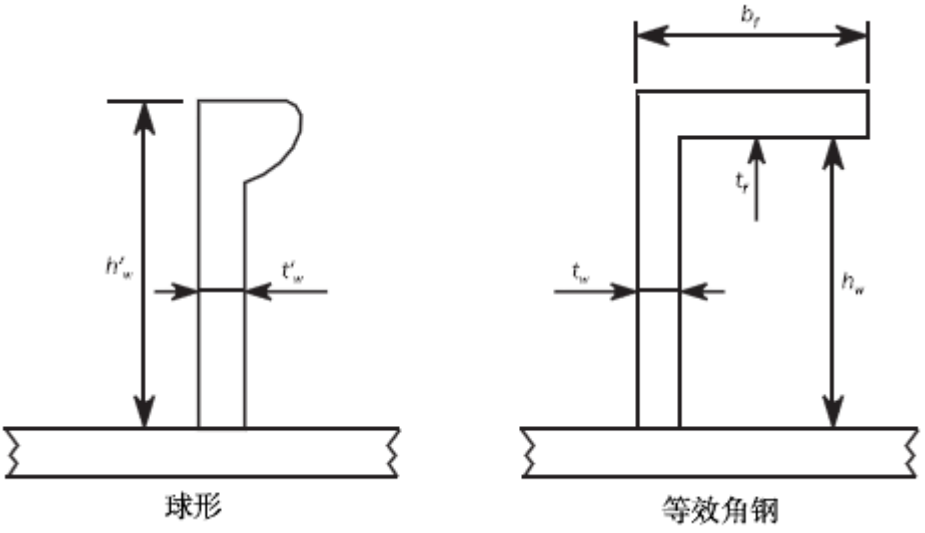


图 2 球扁钢的理想化

4.4 极限屈曲能力

4.4.1 纵向加强筋的极限状态

当$\sigma_a+\sigma_b+\sigma_w>0$时，加强筋的极限屈曲能力应根据以下相关方程进行校核：

$$\frac{\gamma_c\,\sigma_a+\sigma_b+\sigma_w}{R_{eH}}=1$$

式中：

σ_a ——加强筋跨中位置处的有效轴向应力，N/mm^2，定义见本附录 4.4.2

σ_b ——加强筋上的弯曲应力，N/mm^{2,}，定义见本附录 4.4.3,

σ_w ——扭转引起的应力，N/mm^2，定义见本附录 4.4.4

R_{eH} ——给定的材料最小屈服应力，N/mm^2

（1）对于加强筋导致的失效（SI），$R_{eH}=R_{eH_S}$

（2）对于带板导致的失效（PI），$R_{eH}=R_{eH_P}$

4.4.2 有效轴向应力 σ_a

作用在加强筋及其带板上的位于跨中位置的有效轴向应力 σ_a，N/mm²，取为:

$$\sigma_a=\sigma_x\frac{st_p+A_s}{b_{eff1}t_p+A_s}$$

式中

σ_x ——施加在加强筋及其带板上的名义轴向应力，N/mm^2，根据 7.2.4.4.1 a)计算

A_s ——加强筋的净剖面面积，mm^2

4.4.3 弯曲应力 σ_b

加强筋的弯曲应力，N/mm^2，按下式计算：

$$\sigma_b=\frac{M_o+M_1}{1000Z}$$

式中：

M_1 ——由于侧向压力 P 引起的弯矩，Nmm，

（1）对于连续加强筋

$$M_1=C_i\frac{|P|s\ell^2}{24\cdot10^3}$$

（2）对于削斜的加强筋

$$M_1=C_i\frac{|P|s\ell^2}{8\cdot10^3}$$

P ——侧向压力，kN/m^2，指加强筋载荷计算点处的静压力；

C_i ——压力系数：

（1）对于加强筋导致的失效（SI），$C_i=C_{SI}$；

（2）对于带板导致的失效（PI），$C_i=C_{PI}$；

C_{PI} ——带板导致的失效模式的压力系数：

（1）如果侧向压力施加在加强筋背侧，则$C_{PI}=1$；

（2）如果侧向压力施加在与加强筋同侧，则$C_{PI}=-1$；

C_{SI} ——加强筋导致的失效模式的压力系数

（1）如果侧向压力施加在加强筋背侧，则$C_{SI}=-1$；

（2）如果侧向压力施加在与加强筋同侧，则$C_{SI}=1$；

M_0 ——由于加强筋的侧向变形 w 引起的弯矩，Nmm

$$M_0 = F_E\left(\frac{P_z w}{c_f - P_z}\right)$$，且$c_f - P_z > 0$

F_E ——加强筋的理想弹性屈曲力，N

$$F_E = \left(\frac{\pi}{\ell}\right)^2 EI \cdot 10^4$$；

P_z ——由带板上的应力σ_x、σ_y、τ 引起的，作用在加强筋中间跨距位置处的名义侧向压力，N/mm^2,

$$P_z = \frac{t_p}{s}\left(\sigma_{xl}\left(\frac{\pi s}{\ell}\right)^2 + \sqrt{2}\tau_1\right)$$

$$\sigma_{xl} = \gamma_c\sigma_x\left(1+\frac{A_s}{st_p}\right)$$，且不小于 0

$$\tau_1 = \gamma|\tau| - t_p\sqrt{R_{eH_P}E\left(\frac{m_1}{a^2}+\frac{m_2}{b^2}\right)}$$，且不小于 0；

m_1
m_2 ——系数，取值如下：

（1）如果$\alpha \geqslant 2$，则

$$m_1 = 1.47 \quad m_2 = 0.49$$

（2）如果$\alpha < 2$，则

$m_1 = 1.96 \quad m_2 = 0.37$

w ——加强筋的变形，mm，取为：

$w = w_0 + w_1$

w_0 ——假定的缺陷，mm，取为：

（1）一般情况，$w_0 = \ell / 1000$；

（2）对两端削斜的加强筋，考虑加强筋导致的失效（SI）

$w_0 = -w_{na}$

（3）对两端削斜的加强筋，考虑带板导致的失效（PI）

$w_0 = w_{na}$

w_{na} ——带板中点至计及带板有效宽度的加强筋中和轴的距离。

w_1 ——由侧向载荷 P 导致的加强筋在其跨距中点处的变形，mm。如为均布载荷，w_1 可取为:

（1）一般情况，$w_1 = C_i \dfrac{|P| s \ell^4}{384 \cdot 10^7 EI}$；

（2）对于两端削斜的加强筋，$w_1 = C_i \dfrac{5|P| s \ell^4}{384 \cdot 10^7 EI}$。

c_f ——加强筋提供的弹性支持，N/mm^2，取为：

$$c_f = F_E \left(\frac{\pi}{\ell} \right)^2 (1 + c_p)$$

c_p ——系数，取

$$c_p = \frac{1}{1 + \dfrac{0.91}{c_{xa}} \left(\dfrac{12 I}{s\, t_p^{\,3}} 10^4 - 1 \right)}$$

c_{xa} ——系数，取为

（1）如果 $\ell \geqslant 2s$，则 $c_{xa} = \left[\dfrac{\ell}{2s} + \dfrac{2s}{\ell} \right]^2$；

（2）如果 $\ell < 2s$，则 $c_{xa} = \left[1 + \left(\dfrac{\ell}{2s} \right)^2 \right]^2$。

4.4.4 扭转变形引起的应力 σ_w

扭转变形引起的应力，N/mm^2，取为：

（1）对于加强筋导致的失效（SI）

$$\sigma_w = Ey_w\left(\frac{t_f}{2}+h_w\right)\Phi_0\left(\frac{\pi}{\ell}\right)^2\left(\frac{1}{1-\frac{0.4R_{eH_S}}{\sigma_{ET}}}-1\right)$$

（2）对于带板导致的失效（PI）

$$\sigma_w = 0$$

式中：

y_w ——从加强筋横截面中心到加强筋翼板自由边缘的距离，mm，取为：

（1）对扁钢，$y_w = \frac{t_w}{2}$；

（2）对角钢和球扁钢，$y_w = b_f - \frac{h_w t_w^2 + t_f b_f^2}{2A_s}$；

（3）对 T 型材，$y_w = \frac{b_f}{2}$。

Φ_0 ——系数，取为：

$$\Phi_0 = \frac{\ell}{h_w}10^{-3}$$

σ_{ET} ——扭转屈曲参考应力，N/mm^2

$$\sigma_{ET} = \frac{E}{I_p}\left(\frac{\varepsilon\pi^2 I_\omega 10^2}{\ell^2}+0.385I_T\right)$$

I_p ——加强筋关于点 C 的净极惯性矩，cm^4，按表 4 定义，点 C 如图 3 所示

I_T ——加强筋的净圣维南惯性矩，cm^4，按表 4 定义。

I_ω ——加强筋关于点 C 的净剖面扇形惯性矩，cm^6，按表 4 定义，点 C 如图 3 所示

ε ——固定度，取为：

$$\varepsilon = 1+\frac{\left(\frac{\ell}{\pi}\right)^2 10^{-3}}{\sqrt{I_\omega\left(\frac{0.75s}{t_p^3}+\frac{e_f-0.5t_f}{t_w^3}\right)}}$$

表 4：惯性矩

横截面特性	扁钢	球扁钢、角钢和 T 型材

I_P	$\frac{h_w^3 t_w}{3\cdot 10^4}$	$\left(\frac{A_w(e_f-0.5t_f)^2}{3}+A_f\ e_f^2\right)10^{-4}$
I_T	$\frac{h_w t_w^3}{3\cdot 10^4}\left(1-0.63\frac{t_w}{h_w}\right)$	$\frac{(e_f-0.5t_f)t_w^3}{3\cdot 10^4}\left(1-0.63\frac{t_w}{e_f-0.5t_f}\right)$ + $\frac{b_f t_f^3}{3\cdot 10^4}\left(1-0.63\frac{t_f}{b_f}\right)$
I_ω	$\frac{h_w^3 t_w^3}{36\cdot 10^6}$	对球扁钢和角钢：$\frac{A_f e_f^2 b_f^2}{12\cdot 10^6}\left(\frac{A_f+2.6A_w}{A_f+A_w}\right)$ 对 T 型材：$\frac{b_f^3 t_f e_f^2}{12\cdot 10^6}$
A_w:腹板净面积，mm^2。 A_f:翼板净面积，mm^2。		

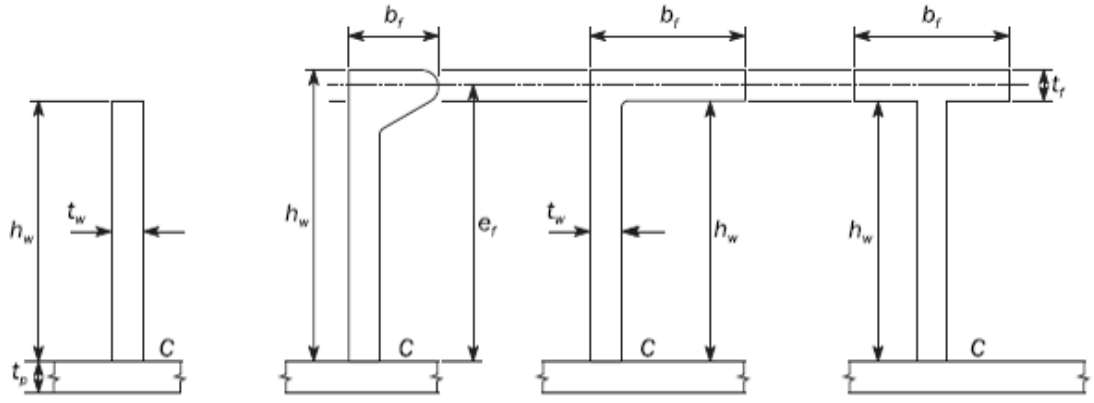


图 3 加强筋横截面

附录 5 船体梁极限弯曲能力

符号

$I_{y\text{-}net}$ ：船体横剖面对其水平中和轴的惯性矩，m^4

$Z_{B\text{-}net}$, $Z_{D\text{-}net}$ ：船底和甲板处的剖面模数，m^3，按第 5 章第 1 节定义

R_{eH_S} ：所考虑扶强材材料的最小屈服强度，N/mm^2

R_{eH_P} ：所考虑板材料的最小屈服强度，N/mm^2

$A_{s\text{-}net}$ ：扶强材的净剖面面积，cm^2，不计及带板

$A_{p\text{-}net}$ ：带板的净剖面面积，cm^2

1. 一般假定

1.1 船体梁极限能力的计算方法应能识别出所有主要纵向构件的关键失效模式。

1.2 如果结构受压超出了其屈曲限度，其承载额能力将降低。为确定横框架之间的纵向构件的最弱失效模式，需考虑各个构件的所有相关失效模式，如：板材屈曲、加强筋扭转屈曲、加强筋腹板屈曲、加强筋侧向或总体屈曲以及它们的相互作用。

2. 增量—叠代方法

2.1 假定

应用增量-迭代方法时，一般应遵循以下假定：

- 计算针对两个相邻横框架之间的船体剖面进行；
- 船体梁剖面在各曲率下保持平面；
- 船体材料认为具有弹性—塑性特性；
- 船体梁剖面可以被划分为一系列单元，见 2.2.2，单元之间无相互作用。

根据叠代过程，每一曲率 χ_i 下作用于横剖面的弯矩 M_i 通过对作用于所有单元上的应力 σ 求和获得。由单元应变 ε 引起的应力 σ 在每一曲率增量下通过单元的非线性载荷—端缩曲线 σ—ε 获得。

根据单元的失效机理，这些曲线按照本附录 2.3 所定义的公式进行计算。应力 σ 取所考虑的各条载荷—端缩曲线 σ—ε 结果的最小值。

重复该流程，直至所取曲率值在中拱与中垂状态下达到由下式求得的值 χ_F，m^{-1}：

$$\chi_F = \pm 0.003 \frac{M_y}{EI_{y-net}}$$

式中：M_y —— M_{y1} 和 M_{y2} 的小者，kN·m；

$$M_{y1} = 10^3 R_{eH} Z_{B-net}$$

$$M_{y2} = 10^3 R_{eH} Z_{D-net.}$$

如 χ_F 的值不足以评估 M-χ 曲线的峰值，应重复此流程，直至所取曲率值允许对该曲线进行最大弯矩的计算。

2.2 计算流程

2.2.1 通则

M-χ 曲线应通过增量—叠代方式求得，概况见图 1 的流程。

本方法中，船体梁极限弯矩能力 M_U 的定义为船体横剖面垂向弯矩 M 与曲率 χ 关系曲线的峰值，如图 1 所示。该曲线应通过增量—叠代方式求得。

增量程序的每一步由作为强制曲率 χ_i 结果的作用于船体横剖面上的计算弯矩 M_i 表征。

每一步的 χ_i 值，应将曲率的增量 $\Delta\chi$ 与前一步轴的曲率值 χ_{i-1} 相加而求得。此曲率增量对应于船体梁横剖面对其水平中和轴的转角增量。

这一转角增量在每个船体结构单元中引起轴向应变 ε，其值依赖于单元的位置。在中拱工况下，中和轴上方的结构单元被拉长，中和轴下方的单元被压缩，在中垂工况下正相反。

应变 ε 引起的各结构单元应力 σ，应从各单元的载荷—端缩曲线 σ—ε 得出，该曲线计入各单元在非线性弹性—塑性区域的特性。

对于每一步，由于 σ—ε 为非线性关系，在船体梁横剖面上所有构成单元中引起的应力分布确定了中和轴位置的变化。对于所考虑的计算步骤，中和轴的新位置应通过叠代过程求得，以达到作用于船体所有单元的应力平衡。

一经知道中和轴的位置且求得剖面结构单元的相关应力分布，则中和轴新位置的剖面弯矩 M_i 应通过总和各单元的应力而求得，此弯矩与当前计算步的曲率 χ_i 相对应。

上述增量—叠代方式的主要步骤概括如下（参见图 1）：

第 1 步：将船体横剖面划分为加筋板单元；

第 2 步：按表 1 所示对所有单元的应力—应变关系作出定义；

第 3 步：对于具有曲率增量值（即该曲率引起强力甲板的应力等于 1%的屈服强度）的第 1 增量步，初始化曲率 χ_1 和中和轴；

$$\chi_1=\Delta\chi=0.01\frac{R_{eH}}{E}\frac{1}{z_D-z_n}$$

式中：　　z_D——强力甲板边线的 Z 坐标，m，

z_n：横剖面中和轴的Z坐标, m，均对应SA11的1.2.3定义的坐标系。

第 4 步：计算各单元相应的应变 $\varepsilon_i=\chi_1(z_i-z_n)$ 和相应的应力 σ_i；

第 5 步：通过确定整个横剖面的力平衡来确定各增量步的中和轴 z_{NA_cur}

$$\sum A_{i-net}\sigma_i=\sum A_{j-net}\sigma_j$$ （*i*-th 单元受压，*j*-th 单元受拉）

第 6 步：通过合计所有单元的贡献计算相应的弯矩：

$$M_U=\sum\sigma_{Ui}A_{i-net}\left|\left(z_i-z_{NA_cur}\right)\right|$$

第 7 步：比较当前增量步的弯矩与前一增量步的弯矩。如 M-χ 关系中的斜率小于一个固定负值，则结束此过程并定义 M_U 的峰值。否则，增加曲率 $\Delta\chi$ 量并转到第 4 步。

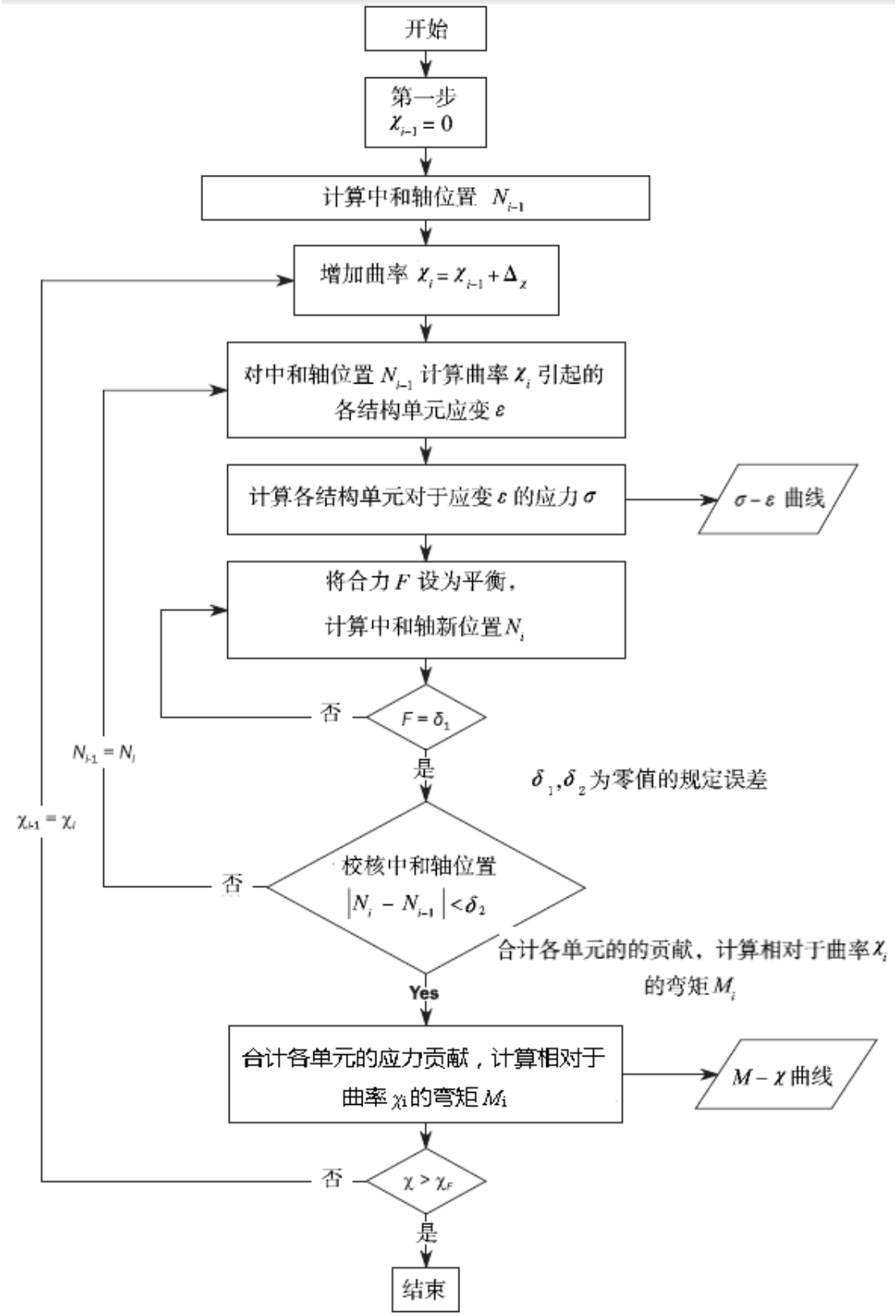


图 1　*M*-χ 曲线计算程序流程图

2.2.2 船体梁横剖面建模

船体梁横剖面由对船体梁极限强度有贡献的构件构成。

两端削斜扶强材也应建模，但不应考虑其对船体梁强度的贡献。

构件分为普通扶强材单元、加筋板单元或硬角单元。

将包括纵桁或舷侧纵桁腹板的板格理想化为加筋板单元、普通扶强材单元的带板或硬角单元。

板格分为如下两类：

——纵向加筋板格，长边沿纵向；

——横向加筋板格，长边沿与纵向垂直的方向；

- 硬角单元

硬角单元是船体梁横剖面中刚度较大的单元，主要按弹性—塑性失效模式损坏（材料屈服），这些单元一般由两块不共面的板组成。

硬角单元离板交点的范围是在横向加筋板上取 20 t_{net}，在纵向加筋板上取 0.5s，见图 2。其中： t_{net}——板的净厚度，mm；

s——相邻纵向扶强材的间距，mm；

舭部，舷顶列板—甲板边板单元，纵桁—甲板的连接和大纵桁的面板—腹板连接都是典型的硬角单元。

- 普通扶强材单元

普通扶强材单元包括一个普通扶强材和带板。

原则上带板宽度是：

——当扶强材两侧的板格是纵向加筋时，等于普通扶强材的平均间距；

——当扶强材一侧的板格是纵向加筋，另一侧是横向加筋时，等于纵向加筋板格的宽度，见图 2。

- 加筋板单元

普通扶强材单元之间，普通扶强材单元与硬角单元之间或硬角单元之间的板作为加筋板单元，见图 2。

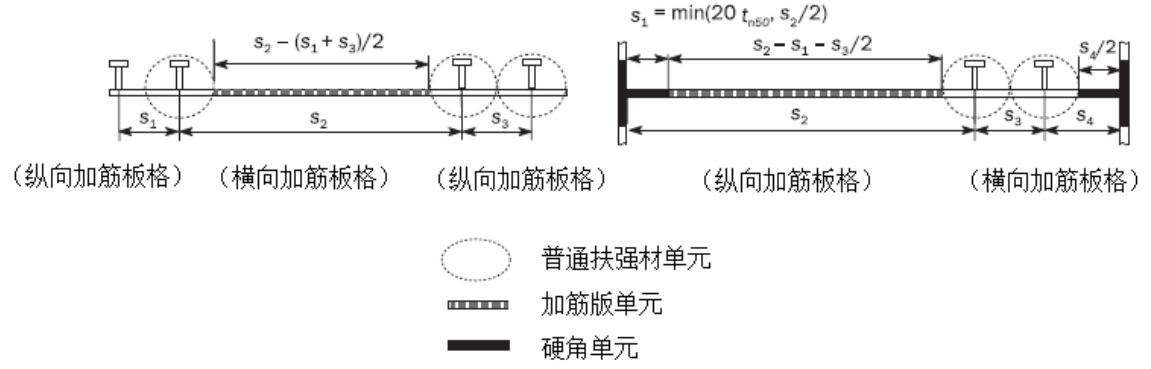


图 2 带板和硬角单元的宽度范围

船体梁剖面建模的典型示例如图 3 所示。

尽管有前面的建模原则，这些图应用于上甲板、舷顶列板和舱口旁纵桁附近的建模。

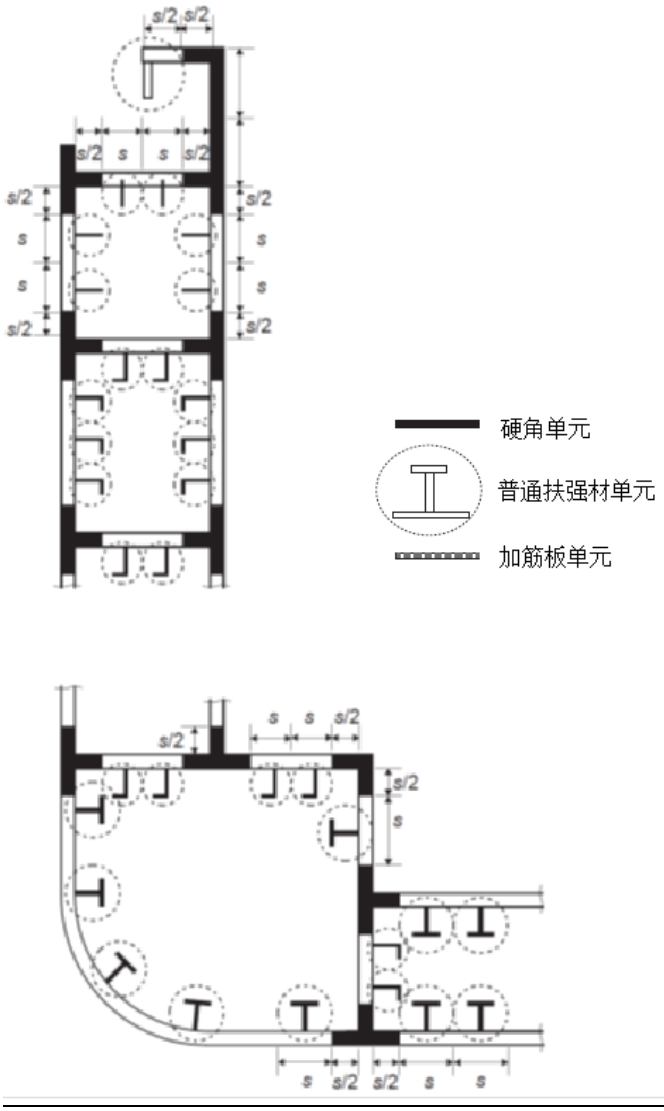


图 3 船体剖面上加筋板单元、普通扶强材单元和硬角单元的示例

注：

（1）如图 4 所示的折角点，角度大于 30 °的折角区域附近板定义为硬角单元。一侧硬角单元的范围是从折角点起在横向加筋板上取 $20t_{n50}$，在纵向加筋板上取 $0.5s$。

（2）当板由纵向不连续扶强材加强时，仅认为纵向不连续扶强材将板分成不同的基本板格。

（3）当加筋板单元上有开孔时，开孔应根据第 2 章第 2 节图 2.2.4.7 所示的方法进行扣除。

（4）当带板由不同厚度和/或屈服应力的钢材组成时，由下式得出的平均厚度和/或平均屈服应力用于计算。

$$t_{net}=\frac{t_{1-net}s_1+t_{2-net}s_2}{s}\,R_{eH_P}=\frac{R_{eH_P1}t_{1-net}s_1+R_{eH_P2}t_{2-net}s_2}{t_{net}s}$$

式中 R_{eH_P1}, R_{eH_P2}, $t_{1\text{-}net}$, $t_{2\text{-}net}$, s_1, s_2 和 s 如图 5 所示。

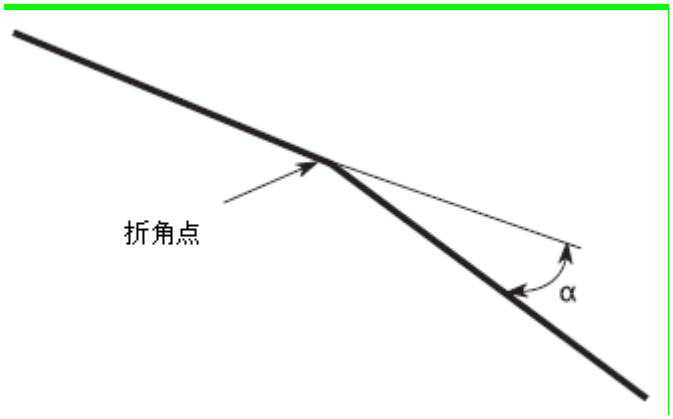


图 4 有折角点的板

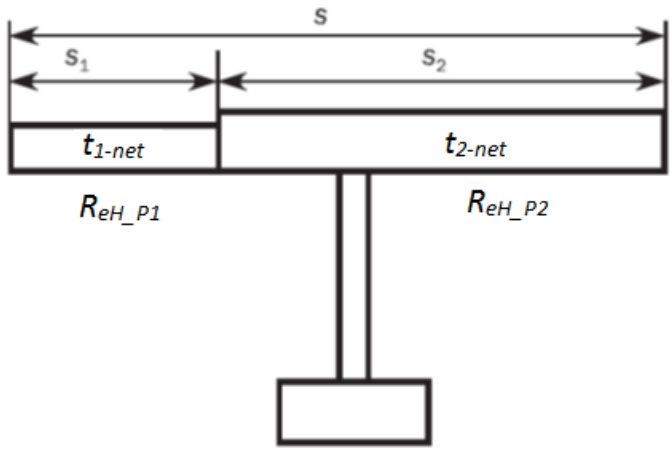


图 5 有不同厚度和屈服应力的单元

2.3 载荷—端缩曲线

2.3.1 加筋板单元和普通扶强材单元

构成船体梁横剖面的加筋板单元和普通扶强材单元可按表 1 所规定的失效模式之一崩溃破坏。

- 当板由纵向不连续扶强材加强，单元的应力应根据本附录 2.3.2 至 2.3.7 获得，考虑纵向不连续构件

在为校核船体梁极限强度而计算总力时，认为纵向不连续扶强材的面积为零。

- 若加筋板单元上有开孔，则在为校核船体梁极限强度而计算总力时，加筋板单元的面积应减去开孔的面积。
- 对加筋板单元，计算应力—应变曲线的载荷端缩比例时，板的有效宽度应取全板宽，即：到与其它板和纵向扶强材的交点，而不是到硬角单元的端点也不是到普通扶强材单元的带板。在为校核船体梁极限强度而计算总力时，加筋板单元的面积应取硬角单元和普通扶强材单元之间的面积或硬角单元之间的面积。

表 1 ：加筋板单元和普通扶强材单元失效模式

单元	失效模式	*σ—ε* 曲线定义见
拉长的加筋板单元或普通扶强材单元	弹塑性崩溃	本附录 2.3.2
缩短的普通扶强材单元	梁柱屈曲	本附录 2.3.3

	扭转屈曲 折边型材的腹板局部屈曲 扁钢的腹板局部屈曲	本附录 2.3.4 本附录 2.3.5 本附录 2.3.6
缩短的加筋板单元	板屈曲	本附录 2.3.7

2.3.2 结构单元的弹塑性崩溃破坏（硬角单元）

对于组成船体梁横剖面的结构单元，描述其弹塑性崩溃破坏的载荷—端缩曲线 σ—ε 的方程由下式得出。

$$\sigma = \Phi R_{eHA}$$

式中： R_{eHA}——所考虑单元的等效最小屈服应力，N/mm^2，由以下公式得到：

$$R_{eHA} = \frac{R_{eH_P} A_{p-net} + R_{eH_S} A_{s-net}}{A_{p-net} + A_{s-net}}$$

Φ——边缘函数，等于：

$$\Phi = -1 \text{ 对 } \varepsilon < -1$$

$$\Phi = \varepsilon \text{ 对 } -1 \leqslant \varepsilon \leqslant 1$$

$$\Phi = 1 \text{ 对 } \varepsilon > 1$$

ε——相对应变，等于：

$$\varepsilon = \frac{\varepsilon_E}{\varepsilon_Y}$$

ε_ε——单元应变

ε_Y——单元达到屈服应力时的应变，等于：

$$\varepsilon_Y = \frac{R_{eHA}}{E}$$

2.3.4 梁柱屈曲

对于组成船体梁横剖面的普通扶强材的梁柱屈曲，描述其载荷—端缩曲线 σ_{CR1}—ε 的方程由下式得出：

$$\sigma_{CR1} = \Phi \sigma_{C1} \frac{A_{s-net} + A_{pE-net}}{A_{s-net} + A_{p-net}}$$

式中： Φ——本附录 2.3.2 所定义的边缘函数

σ_{C1}——临界应力，N/mm^2，等于：

$$\sigma_{C1} = \frac{\sigma_{E1}}{\varepsilon} \text{ 对于 } \sigma_{E1} \leqslant \frac{R_{eHB}}{2}\varepsilon$$

$$\sigma_{C1} = R_{eHB}\left(1-\frac{R_{eHB}\varepsilon}{4\sigma_{E1}}\right) \text{对于} \sigma_{E1} > \frac{R_{eHB}}{2}\varepsilon$$

R_{eHB}——所考虑单元的等效最小屈服应力，N/mm^2，由下式获得：

$$R_{eHB} = \frac{R_{eH_P}A_{pEI-net}\ell_{pE} + R_{eH_S}A_{s-net}\ell_{sE}}{A_{pEI-net}\ell_{pE} + A_{s-net}\ell_{sE}}$$

$A_{pEI-net}$——有效面积，cm^2，等于：

$$A_{pEI-net} = 10b_{E1}t_{net}$$

l_{pE}——扶强材（带板宽度 b_{E1}）中和轴距带板底部的距离，mm

l_{sE}——扶强材（带板宽度 b_{E1}）中和轴距扶强材顶部的距离，mm

ε——本附录 2.3.3 定义的相对应变

σ_{E1}——柱屈曲欧拉应力，N/mm^2，等于：

$$\sigma_{E1} = \pi^2 E\frac{I_{E-net}}{A_{E-net}\ell^2}10^{-4}$$

I_{E-net}——普通扶强材的净惯性矩，cm^4，且带板宽度为 b_{E1}

A_{E-net}——普通扶强材的净面积, cm²，带板宽度为 b_{E1}

b_{E1}——有效船壳带板宽度，m，等于：

$$b_{E1} = \frac{s}{\beta_E} \text{对于} \beta_E > 1.0$$

$$b_{E1} = s \text{对于} \beta_E \leqslant 1.0$$

β_E $\beta_E = 10^3\frac{s}{t_{n50}}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eHp}}{E}}$

$A_{pE\text{-net}}$——宽度为 b_E 的船壳带板的净剖面面积，cm^2，等于：

$$A_{pE-net} = 10b_E t_{net}$$

b_E——有效船壳带板宽度，m，等于：

$$b_E = \left(\frac{2.25}{\beta_E}-\frac{1.25}{\beta_E^2}\right)s \text{对于} \beta_E > 1.25$$

$$b_E = s \text{对于} \beta_E \leqslant 1.25$$

2.3.4 扭转屈曲

对于组成船体梁横剖面的普通扶强材的扭转屈曲，描述其载荷—端缩曲线 σ_{CR2}—ε 的方程由下式得出。

$$\sigma_{CR2}=\Phi\frac{A_{s-net}\sigma_{C2}+A_{p-net}\sigma_{Cp}}{A_{s-net}+A_{p-net}}$$

式中： Φ——本附录 2.3.2 所定义的边缘函数

σ_{C2}——临界应力，N/mm^2，等于：

$$\sigma_{C2}=\frac{\sigma_{E2}}{\varepsilon} \qquad 当\sigma_{E2}\leqslant\frac{R_{eH_S}}{2}\varepsilon时$$

$$\sigma_{C2}=R_{eH_S}\left(1-\frac{R_{eH_S}\varepsilon}{4\sigma_{E2}}\right) \qquad 当\sigma_{E2}>\frac{R_{eH_S}}{2}\varepsilon时$$

ε——本附录 2.3.2 定义的相对应变

σ_{E2}——扭转欧拉屈曲应力，N/mm^2，取本章附录 4 的 4.4.4 定义的 σ_{ET}

$$\sigma_{CP}=\left(\frac{2.25}{\beta_E}-\frac{1.25}{\beta_E^2}\right)R_{eH_P} \qquad 对于\ \beta_E>1.25$$

$$\sigma_{CP}=R_{eH_P} \quad 对于\ \beta_E\leqslant 1.25$$

β_E——本附录 2.3.3 定义的系数。

2.3.5 由折边型材制成的普通扶强材的腹板局部屈曲

对于组成船体梁横剖面的折边普通扶强材的腹板局部屈曲，描述其载荷—端缩曲线 σ_{CR3}—ε 的方程由下式得出：

$$\sigma_{CR3}=\Phi\frac{10^3 b_E t_{net}R_{eH_P}+\left(h_{we}t_{w-net}+b_f t_{f-net}\right)R_{eH_S}}{10^3 s t_{net}+h_w t_{w-net}+b_f t_{f-net}}$$

式中： Φ——本附录 2.3.2 所定义的边缘函数

b_E——本附录 2.3.3 定义的船壳带板有效宽度，m

h_{we}——腹板有效高度，mm，等于

$$h_{we}=\left(\frac{2.25}{\beta_w}-\frac{1.25}{\beta_w^2}\right)h_w \quad 对于\ \beta_w\geqslant 1.25$$

$$h_{we}=h_w \quad 对于\ \beta_w<1.25$$

β_w—— $\beta_w=\frac{h_w}{t_{w-net}}\sqrt{\frac{\varepsilon R_{eH_S}}{E}}$

ε——本附录 2.3.2 定义的相对应变

2.3.6 扁钢制成的普通扶强材的腹板局部屈曲

对于组成船体梁横剖面的普通扁钢扶强材的腹板局部屈曲，描述其载荷—端缩曲线

σ_{CR4}—ε 的方程由下式得出。

$$\sigma_{CR4} = \Phi \frac{A_{p-net}\sigma_{CP} + A_{s-net}\sigma_{C4}}{A_{p-net} + A_{s-net}}$$

式中： Φ——本附录 2.3.2 所定义的边缘函数

σ_{CP}——本附录 2.3.4 定义的带板屈曲应力，N/mm^2，

σ_{C4}——临界应力，N/mm^2，等于：

$$\sigma_{C4} = \frac{\sigma_{E4}}{\varepsilon} \qquad for\ \sigma_{E4} \leqslant \frac{R_{eH_S}}{2}\varepsilon$$

$$\sigma_{C4} = R_{eH_S}\left(1 - \frac{R_{eH_S}\varepsilon}{4\sigma_{E4}}\right) \qquad for\ \sigma_E > \frac{R_{eH_S}}{2}\varepsilon$$

σ_{E4}——局部欧拉屈曲应力，N/mm^2，等于：

$$\sigma_{E4} = 160000\left(\frac{t_{w-net}}{h_w}\right)^2$$

ε——本附录 2.3.2 定义的相对应变

2.3.7 板屈曲

对于组成船体梁横剖面的横向加筋板格的屈曲，描述其载荷—端缩曲线 σ_{CR5}—ε 的方程由下式得出：

$$\sigma_{CR5} = \min\left\{\begin{array}{c} R_{eH_P}\Phi \\ \Phi R_{eH_P}\left[\frac{s}{\ell}\left(\frac{2.25}{\beta_E} - \frac{1.25}{\beta_E^2}\right) + 0.1\left(1 - \frac{s}{\ell}\right)\left(1 + \frac{1}{\beta_E^2}\right)^2\right] \end{array}\right\}$$

式中： Φ——本附录 2.3.2 所定义的边缘函数

β_E——本附录 2.3.3 所定义的系数

s——板的宽度，m，可取扶强材间距

l——板的长边长度，m

2. 替代方法

3.1 通则

3.1.1 当采用替代方法时，在计算开始前应取得 CCS 的许可。应将分析方法所基于的原理及详细的结果对比提交 CCS 审核。根据采用的方法，可能需要对分项安全系数进行校准。

3.1.2 弯矩曲率关系 M-χ 可由其他方法建立。该模型应考虑对非线性响应具有重要影响的所有相关效应，包括：

（a） 几何非线性特性；

（b） 材料非弹性特性；

（c） 几何缺陷和残余应力（板材和加强筋的几何不平度）；

（d） 同步作用载荷：

- 双轴向受压；
- 双轴向拉伸；
- 剪切和侧向压力；

（e） 边界条件；

（f） 屈曲模式之间的相互作用；

（g） 结构部件（如板材、加强筋、桁材等）之间的相互作用；

（h） 后屈曲能力；

（i） 船体梁受压侧的过载单元可能导致板、扶强材等的永久屈曲破坏（双层底效应或类似情况）。

3.2 非线性有限元分析

3.2.1 高级非线性有限元计算模型可用于船体梁极限能力的评估。模型应考虑对非线性响应具有重要影响的在本附录 3.1.2 中列出的相关因素。

3.2.2 对于几何缺陷的形状和尺度，在建模时应特别予以注意。应保证几何缺陷的形状和尺度能引发最严重的失效模式。

第 8 章散货船

第 12 节散货船协调附加标志与相应设计装载工况

8. 12. 4. 3BC-A 协调标志应包含工况：

除应包含 8. 12. 4. 1 和 8. 12. 4. 2 所列工况，还应包含：最大吃水时，有指定的空舱组，所有装货舱中货物密度为 3. 0t/m^3，且装载比值相同，所有压载舱为空舱。

该设计工况的指定空舱组应在协调附加标志后面以 8.12.3.2(~~2~~3)的附加标志注明：(holds a,b, … may be empty)。如船舶在该设计装载工况中货物密度小于 3.0t/m^3，则货物密度用设计允许的最大货物密度，并应在协调附加标志后面注明：（maximum cargo density x.y t/m^3， holds a and b … may be empty）。

第 15 节 加筋构件的附加要求

8.15.3.2 设计载荷

(1) 应基于船舶装载手册中的各个完整工况。适用于 8.15.3.1 的强度要求的载荷及工况见 8.15.3.2(2)。

(2) 载荷及其工况

① 考虑以下载荷类型(如适用)：

(a) 船体梁弯曲引起的正应力 σ_n，见本条②；

(b) 剪应力 τ_{SF}，见本条③；

(c) 装载手册工各完整工况下施加在构件上的侧向压力，见本条④。

② 正应力 σ_n——对每个相互独立的载荷工况，计及的正应力 σ_n 是按照本篇第 2 章 2.2.5.5 计算的中垂或中拱状态下的最大压应力。对横向扶强材，每个相互独立载荷工况的正应力 σ_n 是每端计算的最大压应力。

③ 剪应力 τ_{SF} ——对每个相互独立的载荷工况，计及的剪应力 τ_{SF} 是按照本篇第 2 章 2.2.6.4 计算的剪应力。

若在初步设计阶段无许用静水剪力数据，可使用以下值进行计算，kN:

~~$F_s = 0.3CLB(CB+0.7)$~~ $F_s = 0.3CLB(C_b+0.7)$

④ 侧向压力 p——根据每个相互独立的载荷工况，按本篇第 1 章第 5 节 1.5.3 选取合适的侧向压力进行计算。对舱口围板上的扶强材，应按本篇第 2 章 2.20.2.2 计算其侧向压力。

曲面板格的载荷计算点位于曲面板格沿曲线的两端长度中点。

扶强材的载荷计算点的定义见第 10 篇第 6 章第 2 节[1.4]。

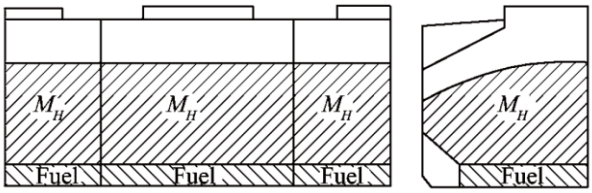
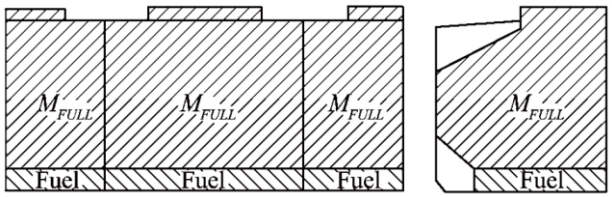
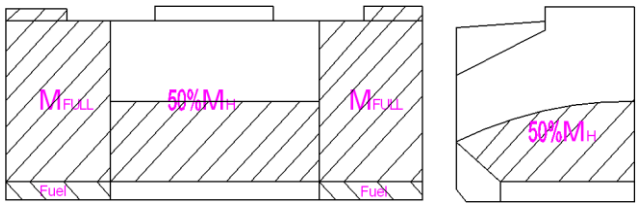
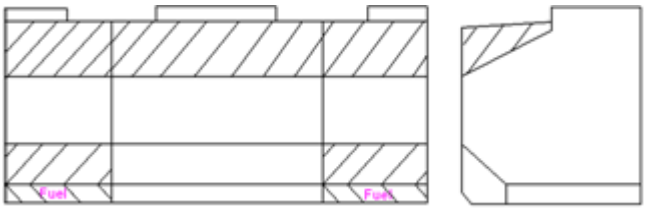
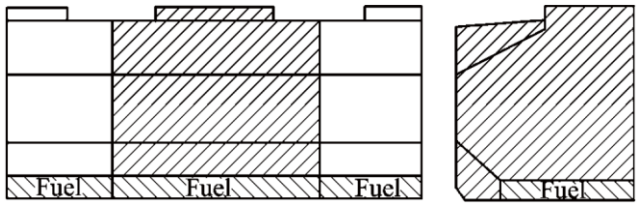
⑤ 应针对以下两种应力组合情况进行侧向屈曲强度校核：

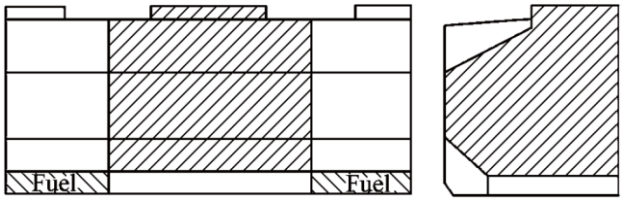
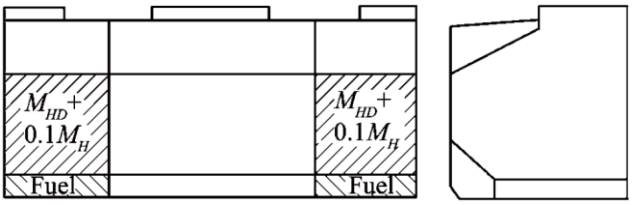
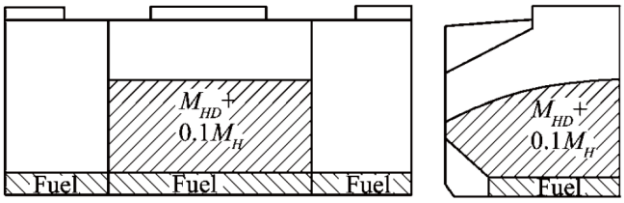
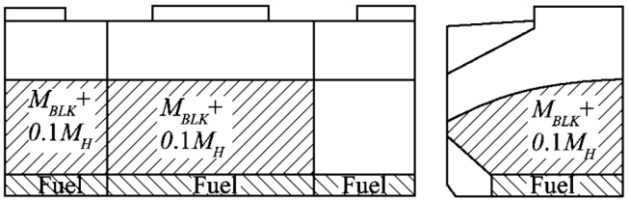
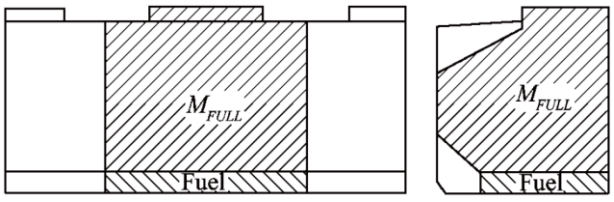
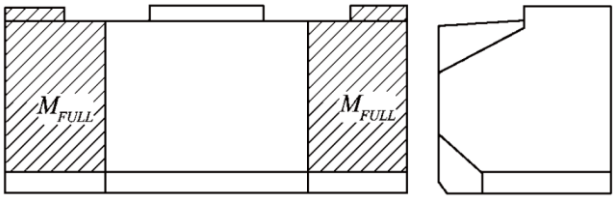
(a) 应力组合 1：按 8.15.3.2(2)②定义的正应力的 100%和按 8.15.3.2(2)③定义的剪应力的 70%；

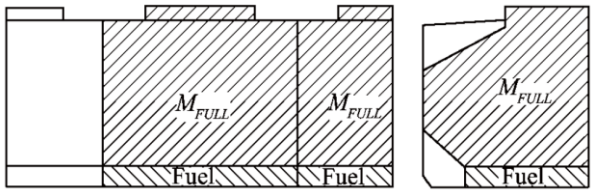
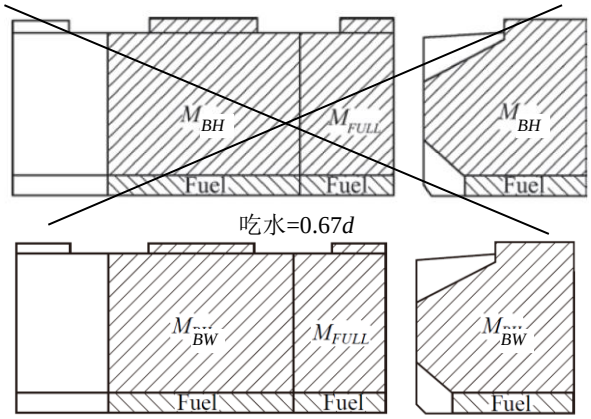
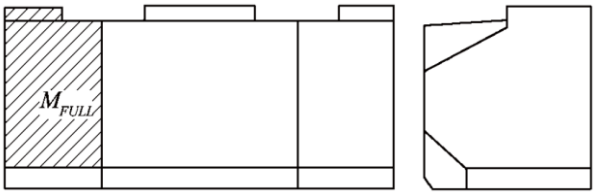
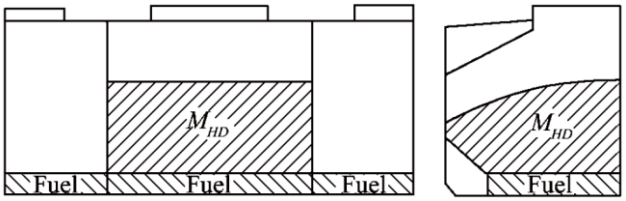
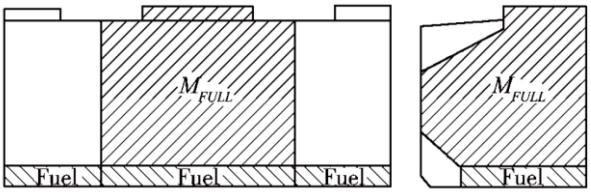
(b) 应力组合 2：按 8.15.3.2(2)②定义的正应力的 70%和按 8.15.3.2(2)③剪应力的 100%。

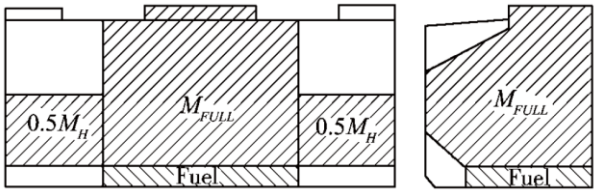
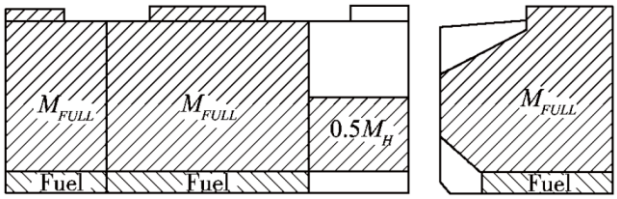
附录 1　散货船结构强度直接计算

计 算 工 况　　表 3.2.1

工况类型	工况编号	计算工况	装载模式	静水弯矩	波浪弯矩
满载	1	满载	 吃水= d	$\overline{M}_s$	M_w
	2	满载	 吃水= d	$\overline{M}_s$	M_w
	3	非均匀满载	 吃水= d	$1.1M_a$，但不必大于 $\overline{M}_s$，如无此工况，则取 $\overline{M}_s$	M_w
压载	4	正常压载	 吃水=最深压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w
	5	重压载	 吃水= 重压载吃水	$\overline{M}_s$	M_w
	6	重压载		$\overline{M}_s$	M_w

工况类型	工况编号	计算工况	装载模式	静水弯矩	波浪弯矩
			 吃水= 重压载吃水		
隔舱装载	7	一舱隔舱装载	 吃水=*d*	$\overline{M}_s$	M_w
	8	一舱隔舱装载	 吃水= *d*	$\overline{M}_s$	M_w
	9	连舱隔舱装载	 吃水= *d*	$\overline{M}_s$	M_w
多港装卸	10	多港-1	 吃水=0.67*d*	$\overline{M}_s$	M_w
	11	多港-2	 吃水=0.83*d*	$\overline{M}_s$	M_w

工况类型	工况编号	计算工况	装载模式	静水弯矩	波浪弯矩
	12	多港-3	 吃水=0.67d	$\overline{M}_s$	M_w
	13	多港-3	 吃水=0.67d	$\overline{M}_s$	M_w
	14	多港-4	 吃水=0.75d	$\overline{M}_s$	M_w
港口装卸	15	港内-1a	 吃水=0.67d	$\overline{M}_{sp}$	—
	16	港内-1b	 吃水=0.67d	$\overline{M}_{sp}$	—

工况类型	工况编号	计算工况	装载模式	静水弯矩	波浪弯矩
	17	港内-1c	 吃水=0.67d	$\overline{M}_{sp}$	—
	18	港内-2	 吃水=0.67d	$\overline{M}_{sp}$	—

注：M_a——对应工况的实际静水弯矩，kNm；

M_H——最大吃水时，均匀装载工况下的货舱实际载货量，t；

M_{FULL}——以虚拟密度装至舱口围顶部时的载货量，t，即

$$M_{FULL} = V_{FULL} \bullet \max(M_H / V_{FULL}, 1.0)$$

M_{HD}——最大吃水时，有指定空舱的设计装载工况下，货舱的最大允许载货量，t；

M_{BW}——货舱内最大压载水质量，t；

M_{BLK}——块状装载工况下的最大货物质量，t；

V_H——货舱容积，m^3，不包括舱口围板所包围的容积；

V_{FULL}——货舱容积，m^3，包括舱口围板包围的容积；

ρ_w——海水密度，取 1.025t/m^3；

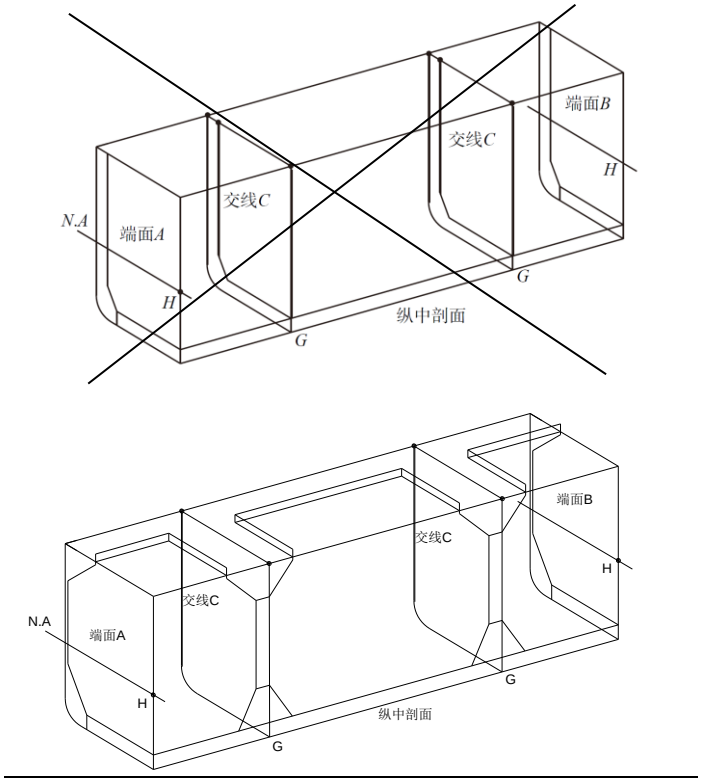


图 4.2.4 边界条件

5 屈服强度评估

5.1.1 ~~应将局部载荷工况与总体载荷工况产生的应力合成后进行强度校核。~~应对舱段模型纵向范围内中部货舱(含舱壁)内的所有主要构件进行强度评估，评估应力为将局部载荷工况应力与总体载荷工况应力按照本篇第 1 章 1.5.1.9（2）进行合成后的应力。

第 9 章滚装船、客船、客滚船与渡船

第 1 节一般规定

9.1.1.1 本章要求适用于下列定义的滚装船、客船、客滚船与渡船：

（1）滚装船系指一种设计和制造成能装载车辆或使用车辆装卸集装箱或托盘货物的专用船舶；

（2）客船系指载运乘客超过 12 人的船舶；

（3）客滚船系指具有滚装处所或特种处所的客船；

(4) 渡船系指为载运乘客~~、且不设卧铺~~（不设卧铺）和/或车辆往返于海峡两岸或岛屿间作定班期营运而专门设计的船舶。

第 7 节直接计算

9.7.4.1 横向强度的直接计算模型可采用二维或三维梁系或板梁组合模型，模型范围选取的原则通常为：以甲板的主要构件及其支持结构（如支柱、舱壁、舷侧结构以及横向强框架等）的主要构件作为主要的分析对象，模型范围至少应包括：垂向为基线~~与舱壁甲板之间的中点处~~至舱壁甲板以上的各层甲板及其支持结构；横向取整个船宽；纵向在船中处至少取 5 档强框架长度或一个设计车长，取大者。

9.7.4.2 ~~为尽量减少边界约束对横向强度计算结果的影响，边界条件宜施加在舱壁甲板以下足够远的距离处（一般取基线与舱壁甲板之间的中点处），~~对于模型的前后端面，垂直于端面方向的线位移为零，绕端面内两坐标轴的角位移为零。前后端面内，内底板与舷侧板的交点 A、B、C、D，垂向线位移为零；内底与左舷舷侧板的交点 A、B，横向线位移为零（见图 9.7.4.2）。

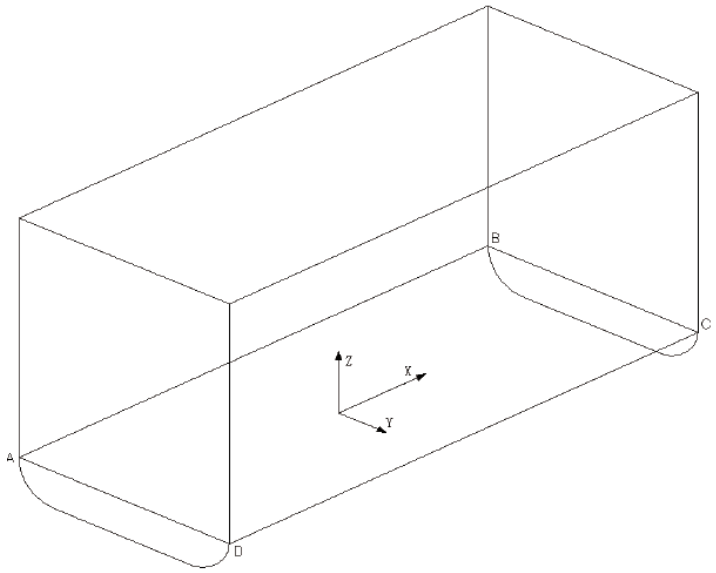


图 9.7.4.2

第 13 章 起 重 船

第 8 节 强力甲板骨架

13.8.4.1 甲板纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

~~$W=8.5shl^2$~~ $W=8.5shl^2K$ cm^3

式中：s——纵骨间距，m；

h——甲板计算压头，m，见本节 13.8.1；

K——材料系数；

l——纵骨跨距，m。

第 14 章挖泥船

第 8 节 泥 舱

14.8.6.5 架空横梁的剖面模数 W 应符合本节 14.8.6.2 的规定，式中 S 为架空横梁的面板宽度，m；l 为架空横梁的跨距，m，当不设中间支柱时，跨距 l 为泥舱纵舱壁之间的距离，当设中间支柱时，为泥舱纵舱壁至支柱中心线的距离。

当架空横梁支承起重机和/或吸泥管时，还应增加其剖面模数，并由计算确定。计算时假定架空横梁的两端为刚性固定，许用弯曲应力取 $98/K$ N/mm^2。

架空横梁在扣除开孔后的总净剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

$$A=(2S(C_1D^2+C_2l^2)+20)K \quad cm^2$$

式中：S——肋板间距，m；

K——材料系数；

D——型深，m；

l——肋板跨距，m，按本节 14.8.3.2 规定量取；

C_1、C_2 按表 14.8.6.5(1)、(2)查取，当 ~~$C_1D_2+C_2l_2$~~ $C_1D^2+C_2l^2$ 为负值时取绝对值。

C_1 值 表 14.8.6.5(1)

$\frac{d_1}{D}$ \ $\frac{D+h_f}{D}$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0.4	-0.1849	-0.2637	-0.3616	-0.4804	-0.6222	-0.7890
0.5	-0.1808	-0.2596	-0.3575	-0.4763	-0.6181	-0.7850
0.6	-0.1727	-0.2515	-0.3494	-0.4682	-0.6100	-0.7768
0.7	-0.1593	-0.2381	-0.3360	-0.4548	-0.5966	-0.7634
0.8	-0.1394	-0.2182	-0.3161	-0.4350	-0.5767	-0.7435

C_2 值 表 14.8.6.5(2)

$\frac{d_1}{D}$ \ $\frac{D+h_f}{D}$	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5
0.4	0.1157	0.1327	0.1497	0.1667	0.1837	0.2007
0.5	0.1083	0.1253	0.1423	0.1593	0.1763	0.1933
0.6	0.1010	0.1180	0.1350	0.1520	0.1690	0.1860
0.7	0.0937	0.1107	0.1277	0.1447	0.1617	0.1787
0.8	0.0864	0.1034	0.1204	0.1374	0.1544	0.1724

注：表中 $d_1=d$-1.25，m；h_f 见本节 14.8.3.2；对于铰链式泥门，查表所得 C_2 值应增加 15%。

当 ~~$C_1D_2+C_2l_2$~~ $C_1D^2+C_2l^2>0$ 时，架空横梁的最小惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 3Al_1^2 / K \qquad \text{cm}^4$$

式中：A——架空横梁的总剖面积，cm^2；

K——材料系数；

l_1——架空横梁的跨距，m。

当泥舱肋板间距大于 4m 时，架空横梁的构件尺寸应用直接计算验证，计算时剖面积应按扣除开孔计。计算模型的假定和许用弯曲应力同上。

第 10 节其他

14.10.6 作业设备的支撑结构和底座

14.10.6.1 对于与设备的结构件和底座连接的局部支撑结构以及作业设备底座，应进行必要的局部加强和强度校核。

14.10.6.2 若采用直接计算校核，则模型可参考本篇第 3 章 3.7.2.5 和 3.7.2.6，载荷按设备的工作负荷施加（如液压绞车的工作支持负荷），强度衡准可参考本篇第 3 章表 3.7.4.12。

第 16 章矿砂船

第 1 节一般规定

16.1.4.1 船长 150m 及以上的矿砂船，~~货舱区域的主要构件应进行直接计算并提交 CCS。~~船体主要构件应按 CCS《矿砂船船体结构强度直接计算指南》进行直接计算并提交 CCS。

第 2 节总纵强度

16.2.2 **船体梁极限强度**

16.2.2.1 航行过程中船体梁任一横剖面处的弯曲极限能力应满足以下要求：

(1) 船体梁垂向极限弯曲能力应满足以下衡准：

$$\gamma_S \overline{M}_S + \gamma_W M_W \leqslant \frac{M_U}{\gamma_R}$$

式中：$\overline{M}_S$——许用静水弯矩，kN m；

M_W——波浪弯矩，kN m；

M_U——船体梁垂向极限弯曲能力，kN m；

γ_S、γ_W、γ_R——分项安全系数，取为：

$\gamma_S = 1.0$

$\gamma_W = 1.2$

$\gamma_R = \gamma_M \cdot \gamma_{DB}$

γ_M—— 计及材料、几何、强度不确定性的分项安全因子，$\gamma_M = 1.05$；

γ_{DB}——计及双层底弯曲效应的分项安全因子，取为：

中拱工况 $\gamma_{DB} = 1.10$；中垂工况 $\gamma_{DB} = 1.0$。

(2) M-χ 曲线

在中垂和中拱工况下，船体梁垂向极限弯曲能力 Mu，定义为所考虑横剖面的弯矩能力 M 与曲率 χ 曲线的最大值。

曲率 χ 对中拱工况为正值，对中垂工况为负值。

M-χ 曲线按 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 7 章附录 3 规定的增量-迭代法计算。

(3) 船体梁横剖面由对船体梁纵向强度起作用的结构单元构成，计算时应扣除表 16.2.2.1 所规定的标准减薄厚度。

标准减薄厚度 表 16. 2. 2. 1

位置		标准减薄厚度
风雨密甲板 1.5m 以内的压载水舱	一边与压载水相连	1.0
	两边与压载水相连	2.0
其他部位		1.0

16.2.2.2 船长 250m 及以上的矿砂船应特殊考虑颤振对船体梁极限强度的影响。

第 17 章 下水工作船

第 4 节 局 部 强 度

17.4.11.1 浮箱端部平台结构承受的载荷一般假定为 5.75 kN/m^2，且许用应力[σ]= 60 /K N/mm^2，许用剪应力~~[σ]~~ [τ] =35/K N/mm^2。如预期或要求的载荷更大，应予特殊考虑。

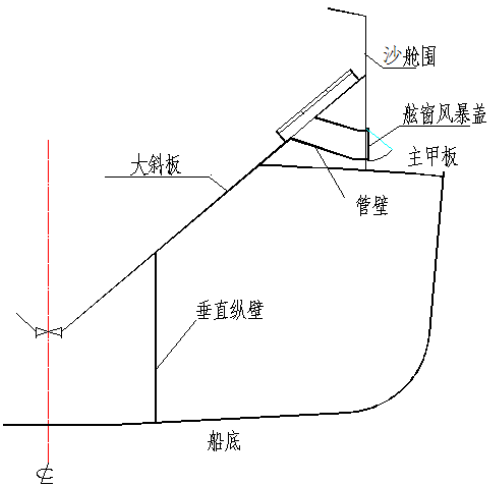
17.4.12.1 下水工作平台天桥结构承受的载荷一般假定为 3.59 kN/m^2，且许用应力[σ]= 60/KN/mm^2，许用剪应力~~[σ]~~ [τ] =35/K N/mm^2。如预期或要求的载荷更大，应予特殊考虑。

第 19 章沙船

第 1 节一般规定

19.1.1 适用范围

19.1.1.1 本章适用于自卸式运沙船(以下称沙船)，典型沙船的横剖面布置如图 19.1.1.1（1）和 19.1.1.1（2）。



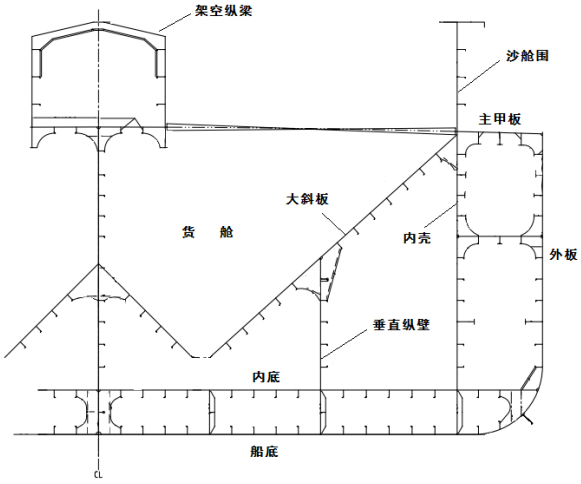


图 19.1.1.1（1）图 19.1.1.1（2）

19.1.1.2 本章规定适用于主尺度满足 $B/D \leqslant 3.5$ 的沙船。

19.1.1.3 对于本章未作规定者，还应符合本篇第 14 章和第 2 章的有关适用要求。

19.1.2 附加标志

19.1.2.1 对符合本章要求的船舶，可授予附加标志 Sand Carrier。

第 2 节泥沙舱区域结构的特殊要求

19.2.1 大斜板及其支撑结构

19.2.1.1 对于设有大斜板的货舱，应在左、右斜板下面各设置 1 道垂直纵壁，且应满足水密舱壁的要求。货舱大斜板结构应符合本篇第 8 章对底边舱的要求。

19.2.1.2 舱壁扶强材或垂直桁材连同带板(舱壁板)的剖面积应符合本篇第 2 章第 10 节对支柱的要求。其中，在计算支柱的载荷 P 时，P_0 的取值应为上方斜板在承载面积 $a \times b$ 范围内的泥沙浆体积重量。

19.2.1.3 对于大斜板下的支柱强度校核，应计及其上方支持的泥沙体积重量或舱口围板及其扶强材支持的斜板上的泥沙体积重量。

19.2.2 船底肋板

19.2.2.1 对于 19.2.1.1 的货舱结构，船底肋板可按本篇第 14 章第 5 节 14.5.2.1 校核。

19.2.2.2 位于边舱纵壁至船舯之间的沙舱大斜板下支撑支柱的实肋板腹板上，应设置垂直加强筋，厚度与肋板相同，宽度为 100 mm，且两端应削斜，见图 19.2.2.2。

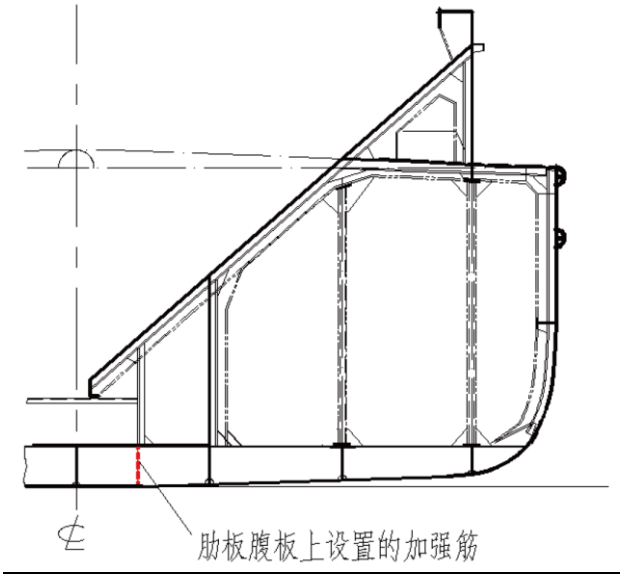


图 19.2.2.2 肋板腹板设置加强筋



中国船级社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

第 3 篇 轮 机

目　录

第 2 章　泵 与 管 系 1

第 3 节　铜与铜合金 1
第 6 节　泵、阀与附件 1
第 8 节　布　置 1
附录 1　船用塑料管的生产与应用 1
附录 2　挠性软管 3

第 4 章　动 力 管 系 5

第 2 节　燃油管系 5

第 6 章　锅炉与压力容器 6

第 3 节　锅炉附件 6

第 9 章　柴　油　机 7

第 1 节　一般规定 7
第 2 节　柴油机部件检验、试验及发证 10
第 3 节　设计与构造 13
第 6 节　扫气一增压装置 13
第 7 节　附　件 15
第 10 节　型式试验、工厂接受试验和船上试验 16
附录 2　电控柴油机指南 18
附录 4　柴油机型式试验 19
附录 5　柴油机认可与发证 23
附录 6　柴油机工厂接受试验和船上试验 38
附录 8　曲轴箱油雾探测及报警装置型式试验程序 42
~~附录 9　批量生产柴油机的检验程序~~ 44
~~附录 10　批量生产废气涡轮增压器的检验程序~~ 44

第 10 章　齿轮传动装置 45

附录 1　齿轮强度评定 45

第 11 章　轴系与螺旋桨 48

第 2 节　轴　系 48

第 12 章　轴系振动与校中 49

第 2 节　扭转振动 49

第 13 章　操舵装置与锚机装置 50

第 1 节　操舵装置 50

第 2 章　泵 与 管 系

第 3 节　铜与铜合金

2.3.2　管壁厚度的计算

2.3.2.2　铜和铜合金管的基本计算壁厚 δ_0 应按下式计算：

$$\delta_0 = \frac{pD}{2[\sigma]+p} \quad \delta_0 = \frac{pD}{2[\sigma]e+p} \quad \text{mm}$$

式中：p ——设计压力，MPa，见本章 2.1.3 的规定；

D ——管子外径，mm；

［σ］——许用应力，N/mm^2，由表 2.3.2.2 查得。；

e ——焊接有效系数，对无缝铜管与认可的焊接管制造商提供的视为相当于无缝管的焊接管应取 1，其他方法制造的管子，e 值另行考虑。

第 6 节　泵、阀与附件

~~2.6.4　空冷器~~

~~2.6.4.1　空冷器应持有工厂材料证明。空冷器的焊接程序和焊工资格应经 CCS 认可。~~

~~2.6.4.2　空冷器的冷却水侧应作液压试验，试验压力应不小于 1.5 倍最大工作压力(但不小于 0.4MPa)。~~

第 8 节　布　置

2.8.1.3　穿过干舷甲板（客船为舱壁甲板）以下防撞舱壁的管子应装有能在干舷甲板(客船为舱壁甲板)以上操作的螺旋关闭阀(除非主管机关同意使用其他阀)，阀体应安装在首尖舱内的舱壁上，并带有显示阀开闭状态的指示装置。

上述阀也可安装在防撞舱壁的后侧，但在一切营运情况下均应易于接近， 且其所在处所不是装货处所。该阀可不必设置在干舷甲板以上进行控制的机构。

上述阀应为钢质、青铜或其他认可的塑性材料，普通铸铁或类似材质的阀不能采用。

2.8.9.5　海底阀、舷外排出阀和旋塞，应装在易于接近且便于察看之处并应有开闭状态指示装置。主海底阀的手轮或手动操纵装置的操纵位置，应高出花钢板之上。一般应高出花钢板以上 450mm。

当舷侧进水或排出管路通过边舱时，上述舷旁阀可装在边舱的内舱壁上。在边舱的内舱壁和船壳板之间的管子壁厚应满足本篇表 5.3.4.2 的要求，亦可与其连接处船体外板厚度同厚。

附录 1　船用塑料管的生产与应用①

1.1　术语与定义

1.1.1　塑料：系指经增强或未经增强的热塑性材料或热固塑性材料两种，诸如聚氯乙烯——PVC 与纤维增强塑料——FRP。塑料包括合成橡胶和具有类似热/机械特性的材料。

1.4　根据用途和/或使用的部位对管子/管系的要求

1.4.1　耐火性

(1)　对船舶安全有重大影响的管子和其连接附件应符合 IMO A.753(18)决议(如适用)附件 1 或 2 的最低耐火要求。

① 《船用塑料管的生产与应用》是国际船级社协会(IACS)根据国际海事组织(IMO)第 A.753(18)号决议及其修正案的条款提出的。

(2) 根据管系保持其强度与完整性的能力，共有 ~~3~~ 5 种不同等级的管系耐火性。

① I 级：管子如通过 IMO A.753(18)决议附件 1 规定的在干燥情况下，经过至少 1h 的耐火试验而不损坏其完整性，可被视为符合 I 级(L1)耐火标准。

② IW 级：类似 1 级系统的管系，但该系统不运送易燃液体或任何气体且爆火后可接受的系统流量损失最高为 5%②，可被视为符合 IW 级(L1W)耐火标准。

③ ~~②~~II 级：管子如通过 IMO A.753(18)决议附件 1 规定的在干燥情况下，经过至少 30min 的耐火试验，可被视为符合Ⅱ级(L2)耐火标准。

④ IIW: 类似 2 级系统的管系，但爆火后可接受的系统流量损失最高为 5%②，可被视为符合 IIW 级(L2W)耐火标准。

⑤ ~~③~~III 级：管子如通过 IMO A.753(18)决议附件 2 规定的在湿式情况下，经过至少 30min 的耐火试验，可被视为符合 III 级(L3)耐火标准。

(3) 根据管子的耐火性能，允许其应用的部位和系统见表 1.4.1。

耐 火 要 求 **表 1.4.1**

N 管 系		部 位										
		A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
		A 类机器处所	其他机器处所和泵舱	货泵舱	滚装货舱	其他干货舱	货油舱	燃油舱	压载水舱	隔离舱、空舱、管隧和导管	居住处和服务处所，控制室	开敞甲板
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
海水①												
14 泡沫系统		L1W	L1W	L1W	NA	NA	NA	NA	NA	O	L1W	L1W
15 自动喷水系统		L1W	L1W	L3	×	NA	NA	NA	O	O	L3	L3
16 压载系统		L3	L3	L3	L3	×	O⑩	O	O	O	L2W	L2W
17 冷却水(重要用途)		L3	L3	NA	NA	NA	NA	NA	O	O	NA	L2W
卫生/泄水/排水												
23 甲板泄水(内部)		L1W④	L1W④	NA	L1W④	O	NA	O	O	O	O	O
其他												
31 辅助低压蒸汽管(≤0. 7MPa)		L2W	L2W	O⑨	O⑨	O⑨	O	O	O	O	O⑨	O⑨
32 中央吸尘系统		NA	NA	NA	O	NA	NA	NA	NA	O	O	O

注：L1 ——干燥状态耐火试验(IMO A.753(18)决议 附件 1)，60 min；

L2 ——干燥状态耐火试验(IMO A.753(18)决议 附件 1)，30 min；

L3 ——湿式状态耐火试验(IMO A.753(18)决议 附件 2)，30 min；

L1W ——干燥状态耐火试验(IMO A.753(18)决议 附件 1)，60 min，系统流量损失不超过 5%；

L2W ——干燥状态耐火试验(IMO A.753(18)决议 附件 1)，30 min；系统流量损失不超过 5%；

O ——不要求耐火试验；

NA——不适用；

× ——熔点大于 925℃的金属材料。

①当使用非金属管子时，应在船舶舷侧设置遥控控制阀(该阀应从安装阀的处所以外进行控制)。

②货油舱内应设置遥控关闭阀。

③当货油舱装有闪点大于 60℃的可燃液体时，可以用“O”替代“NA”或“×”。

④对于仅供有关处所用的泄水管，可以用“O”替代“~~L1~~L1W”。

⑤当法定要求或规定不要求具备控制功能时，可以用“O”替代“L1”。

⑥对于机器处所和甲板水封之间的管子，可以用“O”替代“L1”。

⑦对客船，“×”应替代“L1”。

⑧用于 1966 年《国际载重线公约》第 13 条规定的位置 1 和位置 2 处的露天甲板的排水管，应为“×”，如在其上端装有防止向下注水的关闭装置且能从干舷甲板进行操作时，可以例外。

⑨用于燃油舱加热和船舶气笛等重要管路时，“×”应替代“O”。

⑩对于符合 MARPOL73/78 附则 I ~~第 13F 条 3(f)款~~第 19 条 3. 6 款的油轮，“NA”应替代“O”。

部位定义：

A——A 类机器处所

系指 SOLAS[①]公约~~第 II—2/3. 19~~第 II—2/3. 31 条定义的 A 类机器处所；

B——其他机器处所~~和泵舱~~

系指 A 类机器处所和货泵舱以外的处所，包括推进机械、锅炉、燃油装置、蒸汽机和内燃机、发电机和主要电动机、泵、加油站，冷藏装置、防摇装置、通风机和空调装置，以及类似处所及通往这些处所的围壁通道；

C——货泵舱

装有货泵的处所及通往这些处所的出入口和围壁通道；

D——滚装货舱

系指 SOLAS[①]公约第 II-2/~~3.14 和 3.18~~ 3.41 和 3.46 条定义的滚装货物处所和特种处所；

E——其他干货舱

除滚装货舱以外的所有用于装载非液体货物的处所及通往这些处所的围壁通道；

F——货油舱

系指所有用于装载液体货物的处所及通往这些处所的围壁通道；

G——燃油舱

系指所有用于装载液体燃油(不包括货油)的处所及通往这些处所的围壁通道；

H——压载水舱

系指所有供压载水用的处所及通往这些处所的围壁通道；

I ——隔离舱、空舱等

系指两个相邻舱室的舱壁之间的空处所；

J ——起居、服务处所

系指 SOLAS[①]公约第 II-2/~~3.10，3.12 及 3.22~~ 3.1，3.45 及 3.18 条定义的~~居住~~ 起居处所、服务处所和控制站；

K——开敞甲板

系指 SOLAS[①]公约第 II-2/~~26.2.2(5)~~ 9.2.2.3.2(5)定义的开敞甲板处所。

1.4.2 播焰性

(1) 除安装在开敞甲板和舱柜、隔离舱、管隧及导管内的管子~~外~~，由“A”级分隔舱壁与起居处所、永久有人的处所和逃生通道分开的可以除外，所有管子的表面低播焰性的性能应不超过 ~~IMO A.653(16)决议~~ IMO A.753(18)的附件 3 规定的平均值。

(2) ~~IMO A.653(16)决议~~ IMO A.753(18)的附件 3 的程序中规定表面播焰性的特性，并考虑对曲线型管子表面的修整，见 IMO A.753(18)的附件 3。

(3) 表面播焰性亦可按 ASTM D635 或等效的国家标准中给出的试验程序确定。

1. 6 安装

1.6.1 支架

(1) 船上系统中管架的选择和间距应取决于许用应力和最大挠度。支架之间的距离应不大于管子制造厂所推荐的距离。选择管架和间距应考虑管子尺寸，管道长度、管材的机械和物理性能、管子和管内液体的质量以及该系统可能遇到的外压、工作温度、热膨胀影响、外力引起的负荷、冲击力、水锤现象、振动、系统能经受流体流动的最大加速度，并应考虑到综合负荷。

1. 6. 7 穿过分隔

（1）如塑料管穿过 A 或 B 级分隔，应采取措施以确保耐火性不受损坏。这些措施应按修正的 A. 754（18）决议关于 A、B 和 ~~C 级~~ F 级舱壁防火试验程序的建议进行试验。

（2）当塑料管穿过水密舱壁或甲板时，舱壁或甲板的水密完整性应被保持。

（3）如舱壁或甲板也为防火分隔，则烧毁的塑料管可能引起舱内液体流入，应在舱壁或甲板上安装一个能在干舷甲板上进行操纵的金属关闭阀。

附录 2 挠性软管

① 经 ~~1978~~1988 年议定书修正的 1974 年 SOLAS 公约及其 ~~1981 年和 1983 年~~修正案~~(综合文本)~~。

② 在设计管系尺寸时必须考虑流量损失。

1.3.2 挠性软管应按~~备有符合~~制造厂说明书要求配备认可的管端配件~~，且该管端配件应为按本附录要求经 CCS 产品认可的~~。非法兰的管端接头应视使用情况符合本章 2.5.3 的要求，且每一类型的软管/配件组合体应经原型试验，试验标准与软管所需的有关压力和脉冲试验的标准相同。

附录 3　机械接头的型式认可

1.5.5　试验方法

(1)　密性试验

为保证接头的正确装配和密封，所有机械接头均应进行下列密性试验：

①机械接头组合体试验样本应按本附录 1.5.3 的要求和制造厂的说明书与管子或管道进行连接，注入试验液体并排空管内气体。

拟用于刚性连接的机械接头组合体不应受到纵向限制。

接头组合体的内部压力应缓慢地增加到 1.5 倍的设计压力，并在该试验压力下至少保持 5min。如出现压力下降或可见的液体泄漏，则应对二个样本进行重复试验(包括耐火试验)。如果在重复试验中仍有一个样本未能通过，则应认为该试验未能通过。

可以接受其他密性试验型式，如气动试验。

②对于压力接头，为验证机械接头组合体的完整密性，应在气态介质的状态下进行静态气体密性试验。试验压力应升到最高压力或 7.0MPa，取较低者。

③当密性试验中采用上述①中许可的气体介质时，则上述②要求的静态压力试验不需要进行。

(2)　振动(疲劳) 试验

由于工作条件下的振动很可能引起疲劳，为确定机械接头组合体承受疲劳的能力，机械接头组合体应进行下列振动试验。

振动试验的结果应表明不存在泄漏或可能导致故障的损坏。

①压力接头和管式接头的试验

压力接头、管式接头或拟用于管路钢性连接的其他类似接头，应按照下列方法进行试验。钢性连接是指不具有自由角向和轴向运动的管段连接。

通过试验接头连接起来的两节管段，将这管段的一端钢性地固定，而另一端安装振动源。试验装置和即将试验的接头组合体样本如图 1 所示。

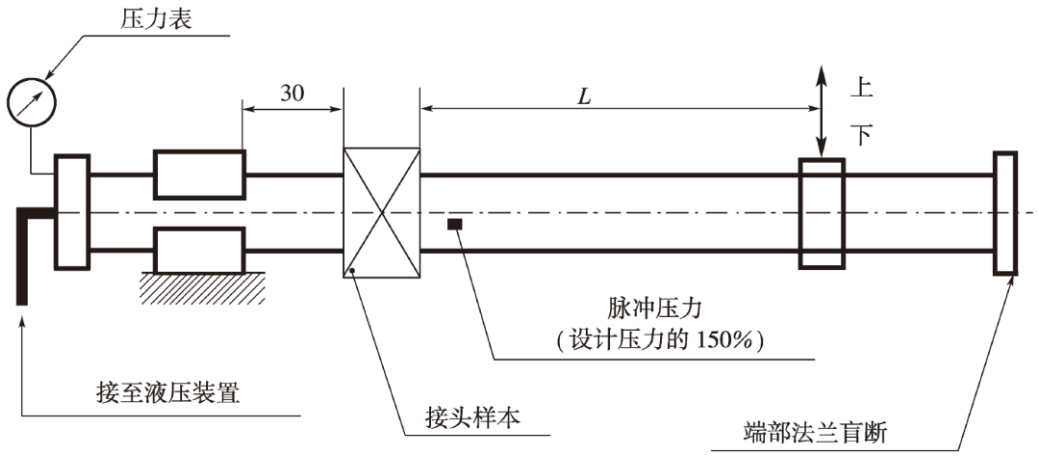


图 1

接头组合体应注满试验液，并排出气体，升压到接头的设计压力。

试验期间的压力应显示，如出现压力下降或有泄漏迹象，应按本附录 1.5.4 要求重新进行试验。

为寻找最终导致接头泄漏的损坏痕迹，应对接头组合体进行目视检查。

在第一个 1000 循环周期内，可以接受重新紧固。

振动的振幅应在按下列公式计算值的 5%范围内。

$$A = \frac{2SL^2}{3ED}$$

式中：A—— 单振幅，mm；

L—— 管段长度，mm；

S—— 基于 0.25 屈服应力的许用弯曲应力，N/mm^2；

E—— 管子材料的弹性模数(对中碳钢，E = 210 kN/mm^2)；

D—— 管子外径，mm。

试验样本应经受振动频率为 20～50Hz，循环周期数不少于 ~~107~~10^7 循环的试验，试验结果应无泄漏或损坏。

第 4 章 动 力 管 系

第 2 节 燃油管系

4.2.3.9 电控柴油机的燃油和液压油系统以及电控系统的冗余配置要求应符合本篇第 9 章附录 2 第 2.1.3 和 2.2.3 条的相关要求。

第 6 章　锅炉与压力容器

第 3 节　锅炉附件

6.3.12 壳式废气加热经济器附件

6.3.12.1　所有在浸没条件下工作，且可和蒸汽发生系统隔离的壳式废气加热经济器，应满足本章 6.2.1.4、6.2.12.1 以及 6.3.12.2～6.3.12.7 的要求。

6.3.12.2　对于可以和蒸汽发生系统隔离的壳式经济器，应至少安装一个安全阀；如总的加热面积大于等于 50m^2，应至少安装两个安全阀。~~安全阀应具有即使固体物质沉积在阀和导槽上，也能保证压力释放的特征；或者具有能够防止固体物质在阀的通道以及阀杆和导槽之间间隙积聚的特征。~~

~~6.3.12.3　如安装的安全阀不具有 6.3.12.2 所述的功能，则除安全阀之外，还应安装一个爆破片，该爆破片应通过合适管路泄放蒸汽。该替代装置是为保证阀和导槽积聚固体物质的情况下，在不超过 1.25 倍经济器批准设计压力时释放压力，且在其设计热输入水平条件下工作时，有足够排量防止破坏经济器。~~

6.3.12.3 为避免在安全阀~~和爆破片的~~出口侧积聚凝水~~固体物质~~，排出管和/或安全阀~~/爆破片~~壳体应在最低部分安装一泄放装置，并延伸到不会对工作人员或者机器设备形成威胁，且能看到经济器的位置。泄放装置不应安装任何阀或旋塞。

6.3.12.4 每一壳式经济器应安装一种指示内部压力的设施，该指示内部压力的设施应可在控制压力的任何位置容易地读取。

6.3.12.5 每个经济器应设有用于预热、除气、添加水处理剂或其组合的布置，以控制供水质量满足制造商推荐的要求。

6.3.12.6 制造厂应为每一经济器提供包含下列参考内容的操作说明：

(1)　给水处理和取样布置；

(2)　工作温度，包括废气和给水温度；

(3)　工作压力；

(4)　检查和清洁程序；

(5)　维护和检查记录；

(6)　~~所以~~所有工作条件下保持~~足够给水流过~~经济器有足够给水的要求；

(7)　操作人员对安全装置进行周期操作检查并做相应记录；

(8)　在干式条件下使用废气经济器的程序；

(9)　维护和拆检安全阀的程序。

第9章 柴 油 机

第1节 一般规定

9.1.2 定义

9.1.2.1 本章所用定义如下：

（1） 柴油机机型由如下要素定义：

① 缸径和冲程；

② 喷油方式（直接或间接喷油）；

③ 阀和喷油操作（通过凸轮或电控）；

④ 燃料种类(液体、双燃料、气体)；

⑤ 工作循环(四冲程、二冲程)；

⑥ 涡轮增压系统（脉冲或定压）；

⑦ 吸气冷却系统(有或没有中间冷却器)；

⑧ 气缸排列方式[①]；

⑨ 气缸功率、转速和气缸压力[②]；

注：

① 气缸排列方式不同的柴油机型式试验要求见 9.10.2.3。

② 气缸功率、转速和气缸压力的有关规定见 9.10.2.4、9.10.2.5。

（2） 低速柴油机：系指额定转速低于 300r/min 的柴油机；

（3） 中速柴油机：系指额定转速大于等于 300r/min，但小于 1400r/min 的柴油机；

（4） 高速柴油机：系指额定转速大于等于 1400r/min 的柴油机；

9.1.5 最低稳定转速

9.1.5.1 主机应具有良好的低转速工作性能。最低稳定工作转速一般应满足如下规定：

（1） 低速柴油机：不高于额定转速的 30%；

（2） 中速柴油机：不高于额定转速的 40%；

（3） 高速柴油机：不高于额定转速的 45%。

9.1.11 涡轮增压器[①]

9.1.11.1 涡轮增压器的设计应保证其能在本篇第 1 章 1.2.1 规定的环境条件下可靠运行，零部件寿命计算和转速报警值的设定应基于进气温度 45℃。

9.1.11.2 涡轮增压器按其所服务的发动机气缸功率之和（额定功率，比如，对于 V 型柴油机，每列气缸各配置 1 个增压器，则增压器等级可按柴油机额定功率的一半计算），可划分如下三个等级：

（1）A 级：功率小于等于 1000kW；

（2）B 级：功率大于 1000kW 并小于等于 2500kW；

（3）C 级：功率大于 2500kW。

9.1.11.3 随涡轮增压器等级的提高，其设计、认可、试验及发证等方面的要求有所增加，具体要求见本章第 6 节的规定。

9.1.11.4 涡轮增压器应经认可，认可时可单独进行，或者与柴油机的认可一起进行（作为柴油机的一部分）。

9.1.11.5 本章有关涡轮增压器的要求主要适用于废气驱动的涡轮增压器，但原则上也适用于机械驱动的增压器。

9.1.~~10~~12 图纸资料

①（1）9.1.11、9.1.12.3、9.6.2、9.6.6.2、9.6.10、9.6.11 关于涡轮增压器的新增要求适用于 2016 年 7 月 1 日及以后申请发证的新型涡轮增压器，9.6.12 条适用于 2016 年 7 月 1 日及以后申请发证的单台涡轮增压器。

（2）申请发证日期：系指 CCS 要求/接受涡轮增压器发证申请的任何文件日期。

9.1.12.1　应将下列柴油机图纸资料提交批准：

序号	图纸资料
（1）	焊接设计机座和曲轴箱的焊接细节及说明 [1,2]
（2）	焊接设计推力轴承焊接细节及说明 [1]
（3）	机座/油底壳焊接图 [1]
（4）	焊接设计气缸体、机架、链轮/齿轮箱的焊接细节及说明 [1,2]
（5）	气缸体、机架、链轮/齿轮箱焊接图 [1,2]
（6）	曲轴零件图
（7）	曲轴装配图
（8）	曲轴强度计算书（按本章附录 3）
（9）	推力轴或中间轴（如和主机连成整体时）
（10）	曲轴连接螺栓（分段式曲轴）
（11）	主要部件（见表 9.2.2.1）的材料规格及材料无损探伤试验和压力试验的资料 [3]
（12）	柴油机起动空气系统、燃油系统、滑油系统、冷却水系统、液压系统（包括阀开启用液压系统)、控制与安全系统原理图或等效文件
（13）	高压燃油管防护及组件 [4]
（14）	共轨管(蓄压器)结构与强度（适用于电控柴油机）
（15）	曲轴箱安全阀规格和布置 [5]（见 9.7.4）
（16）	曲轴箱安全阀计算书（见 9.7.4）
（17）	型式试验程序和型式试验报告 [7]
（18）	燃油喷射系统高压部件 [6]
（19）	油雾探测和/或替代报警布置（见 9.7.6、9.7.7）
（20）	管系机械接头细节（见本篇第 2 章 2.5.3）
（21）	倾斜限值符合性验证材料(见本篇第 1 章 1.2.1)
（22）	本规范第 7 篇第 1 章 1.1.3.2 要求的资料（如适用）

注:

1.适用于材料和焊接工艺规程的批准。焊接工艺规程应包括焊前和焊后热处理、焊接材料和焊接准备状态的详细说明；

2.适用于尺寸和细节有差别的气缸；

3.用于与适用的材料、无损探伤、压力试验规范要求对比；

4.适用所有机型；

5.仅适用于气缸直径大于等于 200mm 或曲轴箱容积大于等于 0.6 m^3 的柴油机；

6.提交资料应包含压力、管路尺寸及材料的说明；

7.型式试验程序可在认可试验前提交，型式试验报告可在型式试验结束后提交。

9.1.~~10~~12.2　应将下列柴油机图纸资料提交备查：

序号	图纸资料
（1）	柴油机细节（(包括通用柴油机技术参数表（见本章附录 5 中的附件 3)、指导说明书、船上安装手册等)）
（2）	柴油机横剖面图
（3）	柴油机纵剖面图
（4）	铸造机座和曲轴箱
（5）	推力轴承组件 [1]
（6）	铸造气缸体/机架/链轮箱 [2]
（7）	贯穿螺栓
（8）	连杆
（9）	连杆组件 [3]
（10）	十字头组件 [3]

（11）	活塞杆组件 [3]
（12）	活塞组件 [3]
（13）	铸造气缸冷却水套/气缸体 [2]
（14）	气缸盖组件 [3]
（15）	气缸套
（16）	平衡重及其固定螺栓（如单独制造）
（17）	凸轮轴传动装置组件 [3]
（18）	飞轮
（19）	燃油喷油泵
（20）	排气管和其他可能受燃油系统故障影响高温部件的防护和隔热组件
（21）	电控柴油机控制阀、高压泵、高压泵驱动装置的结构和布置
（22）	操作和使用说明书 [4]
（23）	故障模式与影响分析 [5]（适用于电控柴油机控制系统）
（24）	铸件生产规范和焊接（工艺）
（25）	柴油机设计和维保的质量管理体系证明
（26）	柴油机生产质量要求
（27）	电气系统控制部件型式认可环境试验报告 [6]
（28）	高压燃油和液压油管系疲劳分析(如适用)
（29）	CCS 认为必要的其他图纸和资料

注：

1. 如与柴油机为一体，但不集成于机座；
2. 仅适用于单个气缸或是单缸配置；
3. 含零件的标识号（如图号）；
4. 操作和使用说明书应包含维保要求（正常使用时和维修时），包括维保后试验要求、以及用于安装/设置的专用工具和仪表的详细说明；
5. 如柴油机燃油喷射和/或阀通过液压、气动或电动控制，应提交失效模式和影响分析（FEMA）报告，以证明控制系统故障不会导致柴油机性能的下降超出可接受标准；
6. 控制、保护和安全装置应按 CCS《电气电子设备型式认可试验指南》规定的试验条件下进行试验，证明其能达到设计性能要求。

9.1.12.3　涡轮增压器应按以下要求提交图纸资料批准：

（1）A 级涡轮增压器：

① 包容性试验报告；

② 横剖面图，包括主要尺寸及零部件名称；

③ 试验程序。

（2）B 级和 C 级涡轮增压器：

① 横截面图（包括主要尺寸）和包容性评估的壳体部件材料；

② 叶轮碎裂情况下包容性有关的文件（见 9.6.10）；

③ 工作参数和限值，包括最大允许转速、超速报警值、进涡轮前最大允许废气温度、进涡轮前废气温度报警值、最低滑油进口压力、滑油进口压力低报警设定值、最高滑油出口温度、滑油出口温度高报警设定值、最大允许振动值（自身或外部产生的振动）等；

注：报警值可等于许用限值，但当发动机以 110%功率或超过 110%功率的任何批准间歇超负荷运行时，不应触发报警。

④ 润滑系统布置，所有变量在规定范围内；

⑤ 型式试验报告；

⑥ 试验程序。

（3）除上述（2）规定外，C 级涡轮增压器还应提交如下图纸资料：

① 壳体和旋转部件图，包括叶片固定细节；

② 上述所有部件的材料规格（化学成分和机械性能）

③ 上述部件的焊接细节和焊接程序（如适用）；

④ 安全扭矩传递有关的资料*（如叶轮和轴采用套合连接，见 9.6.6.2）.
⑤ 预期寿命有关的信息（考虑蠕变、低周疲劳和高周疲劳）；
⑥ 操作和维护手册*。
注：* 对系列涡轮增压器选取两个规格。

第 2 节 柴油机部件检验、试验及发证

9.2.1 一般要求

9.2.1.1 柴油机制造厂应具有适合拟发证柴油机的质量管理体系，该质量管理体系也适用于其他部件供应商，CCS 有权对该体系或其组成部分进行审核。

9.2.1.2 材料和部件应按柴油机制造厂规定的生产和质量要求进行生产。

9.2.1.3 柴油机某些部件应以 CCS 船用产品证书（C）、制造厂证明（W）或试验报告（TR）的形式予以验证和记录，有关 CCS 船用产品证书（C）、制造厂证明（W）或试验报告（TR）的定义见本规范第 1 篇第 3 章。

9.2.1.4 CCS 船用产品证书、制造厂证明或试验报告用于产品检验及单次检验的文件记录，如裂纹检测、尺寸检查等。如经 CCS 同意，部件生产后在工艺流程卡上填写试验和检验结果也可用于单次试验和检验的文件记录。

9.2.1.5 制造厂签发的制造厂证明（W）和试验报告（TR）应提交 CCS 审核，确认其符合商定或批准的产品规格。CCS 船用产品证书（C）系指验船师见证批量或单次试验，除非 CCS 型式认可 A 模式另有安排。

9.2.1.6 对于 CCS 未明确要求文件记录的部件，并非免除制造厂或部件供应商进行相关检验和试验的责任。制造厂或部件供应商应配备需要的生产装配线、加工设备、特殊工具与设备、装配与试验装置、以及起重与运输设备等，保证所有的材料和部件能按规定的标准生产。

9.2.1.7 CCS 要求文件记录的部件范围取决于柴油机机型、尺寸和部件的关键性，表 9.2.2.1 中列出了柴油机零部件的检验、试验要求，相关零部件检验和试验的文件记录要求应符合本规范第 1 篇第 3 章的有关规定。

9.2.1.8 表 9.2.2.1 中未规定的部件和材料，制造厂可提交相关资料供 CCS 审核。

9.2.1.9 表 9.2.2.1 中的符号说明见下表：

符号	说明
CC	化学成分
CH	十字头发动机
D	气缸直径(mm)
M	机械性能
MT	磁粉检测
PT	着色渗透检测
UT	超声波检测
VT	目视检查

9.2.2 检验、试验及发证

9.2.2.1 柴油机部件应按表 9.2.2.1 的规定进行材料试验、无损检测、液压试验、尺寸检查和目视检查。

9.2.2.2 涡轮增压器应按本章第 6 节的有关要求进行检验、试验和发证。

9.2.2.3 曲轴箱安全阀应按本章 9.7.4 的规定进行检验、试验和发证。

9.2.2.4 油雾探测系统应按本章 9.7.6、9.7.7 的规定进行检验、试验和发证。

9.2.2.5 调速器与超速保护装置应按本章 9.7.8、9.7.9 和 9.7.10 的规定进行检验、试验。

9.2.2.6 柴油机控制、报警和安全保护系统（含计算机系统）应按本规范第 7 篇的有关规定进行检验和试验。

9.2.2.7 材料试验和无损检测应按 CCS《材料与焊接规范》的有关规定进行。

9.2.2.8 液压试验适用于部件的水侧/油侧。试验压力取 1.5 倍的最大工作压力，其中，燃油喷射系统高压部件的试验压力取 1.5 倍最大工作压力或最大工作压力加上 30MPa（取小者）。如设计或试验特点需要修改这些试验要求，应提交相关资料供确认。

柴油机部件检验、试验与发证一览表　　表 9.2.2.1

部件	材料性能 [1) 5)]	无损检测 [2) 5)]	液压试验 [5)]	尺寸检查（含表面状况）	目视检查	适用发动机
焊接机座	CC+M	UT+MT/PT			VT(装配和焊后)	全部
轴承座（铸钢）	CC+M	UT+MT/PT			VT	全部
焊接机架	CC+M	UT+MT/PT			VT(装配和焊后)	全部
气缸体（铸铁）			×[4)]			CH
焊接气缸体	CC+M	UT+MT/PT			VT(装配和焊后)	CH
机体（灰铸铁）			×[4)]			>400 kW/cyl
机体（球墨铸铁）	M		×[4)]			>400 kW/cyl
气缸套	CC+M		×[4)]			D>300mm
气缸盖（铸铁）			×			D>300mm
气缸盖（铸钢）	CC+M	UT+MT/PT	×		VT	D>300mm
锻造气缸盖	CC+M	UT+MT/PT	×		VT	D>300mm
活塞顶（铸钢）	CC+M	UT+MT/PT			VT	D>400mm
锻造活塞顶	CC+M	UT+MT/PT			VT	D>400mm
整体锻造曲轴	CC+M	UT+MT/PT		×	VT（随机检查圆角和油孔）	全部
半组合曲轴 曲柄	CC+M	UT+MT/PT		×	VT（随机检查圆角和套合面）	全部
半组合曲轴 锻造主轴颈和带法兰的轴颈	CC+M	UT+MT/PT		×	VT（随机检查套合面）	全部
排气阀壳			×			CH
活塞杆（如适用）	CC+M	UT+MT/PT（磨削后再次MT/PT）			VT（随机检查）	D>400mm
十字头	CC+M	UT+MT/PT（磨削后再次MT/PT）			VT（随机检查）	CH
连杆(包括轴承盖)	CC+M	UT+MT/PT		×	VT（随机检查所有表面(尤其是抛丸处理的表面)）	全部
曲轴连接螺栓	CC+M	UT+MT/PT		×	VT（随机检查过盈配合）	全部
主轴承、气缸盖螺栓和螺柱	CC+M	UT+MT/PT				D>300mm
连杆螺栓和螺柱	CC+M	UT+MT/PT		×（螺纹加工）		D>300mm
贯穿螺栓	CC+M	UT+MT/PT		×（螺纹加工）	VT（随机检查）	CH
高压燃油喷射泵体			×			全部

高压燃油喷射阀（未经高压强化处理）			×			全部
高压燃油喷射管（包括燃油共轨）	CC+M		×（未经高压强化处理部件）			全部
高压伺服油共轨系统	CC+M		×			全部
冷却器（两侧 3)）	CC+M		×			D>300mm
燃油或伺服油系统的蓄压器	CC+M		×			蓄压器容量大于 0.5 升的所有发动机
用于液压驱动阀的管路、泵、执行器等（如适用）	CC+M		×			>800 kW/cyl
机带泵（油、水、燃料、舱底水）			×			>800 kW/cyl
主轴颈、十字头和曲柄销轴瓦	CC	UT (基础材料和轴瓦之间的接触面)		×		>800 kW/cyl

注：

1) 材料性能包括化学成分、机械性能，以及表面硬化（硬度、深度和范围）、锤击、滚压（范围和压力）等表面处理。
2) 无损检测包括超声波检测、磁粉和着色渗透裂缝检测。
3) 空气冷却器仅需水侧进行试验。
4) 对于充装冷却水和具有容纳气缸或气缸套冷却水功能的部件，也需要进行液压试验。
5) 零部件的材料机械性能试验、磁粉和着色渗透检测、液压试验需验船师见证。

~~9.2.2 材料试验~~

~~9.2.2.1 非批量生产的柴油机和增压器零部件，应按本节 9.2.2.2 的要求进行材料试验，试验时验船师应在场。构成柴油机组成部分的空气起动系统管路和附件，以及其他压力系统(如适用)没有包括在本章 9.2.2.3 所列清单中。~~

~~9.2.2.2 对下列柴油机零部件(按气缸直径 *D* 分档要求)，应根据 *CCS*《材料与焊接规范》的规定进行材料试验：~~

~~(1) 曲轴(所有缸径)；~~

~~(2) 主机曲轴联轴器法兰(非整体式)及螺栓(*D*>400mm)；~~

~~(3) 钢活塞顶、活塞杆(*D*>400mm)；~~

~~(4) 连杆(所有缸径)；~~

~~(5) 十字头(*D*>400mm)；~~

~~(6) 气缸套——钢质部分(*D*>300mm)；~~

~~(7) 气缸盖——钢质(*D*>300mm)；~~

~~(8) 焊接机座的铸钢件和锻钢件(所有缸径)；~~

~~(9) 焊接机座、机架、曲轴箱和气缸体的板材(所有缸径)；~~

~~(10) 贯穿螺栓(所有缸径)；~~

~~(11) 增压器轴和转子，包括叶片(*D*>300mm)；~~

~~(12) 气缸盖、十字头、主轴承、连杆轴承的螺栓和螺柱(*D*>300mm)；~~

~~(13) 驱动凸轮轴的钢质大齿轮(*D*>400mm)。~~

~~9.2.2.3 表 9.2.2.3 规定的批量生产柴油机零部件，应根据 *CCS*《材料与焊接规范》的规定进行材料试验，有关证书或报告应提交现场验船师审核。~~

~~批量生产柴油机零部件材料试验、无损检测 表 9.2.2.3~~

~~零部件~~	~~材料试验①~~	~~无损检测①~~

曲轴	C+M	UT②+CD
连杆	C+M	UT③+CD

注：① C——化学成分；M——机械性能；UT——超声波检测；CD——磁粉检测或着色渗透检测；
②铸铁材料或曲柄销直径小于 150mm 的曲轴，可不进行超声波检测；
③缸径小于 200mm 柴油机的连杆，可不进行超声波检测。

9.2.3 无损检测

9.2.3.1 非批量生产的柴油机部件，应按本节 9.2.3.2 和 9.2.3.3 的要求进行无损检测。

9.2.3.2 对下列柴油机零部件(按气缸直径 *D* 分档要求)，应根据 CCS《材料与焊接规范》的规定进行磁粉检测或着色渗透检测，并由验船师和制造厂共同确定试验部位，经验表明该处容易发生缺陷：

(1) 曲轴(所有缸径)；
(2) 钢活塞顶、活塞杆(*D*>400mm)；
(3) 连杆(所有缸径)；
(4) 气缸盖——钢质(*D*>400mm)；
(5) 焊接机座的铸钢件(所有缸径)；
(6) 贯穿螺栓(*D*>400mm)；
(7) 气缸盖、十字头、主轴承、连杆轴承的螺栓和螺柱(*D*>400mm)；
(8) 驱动凸轮轴的钢质大齿轮(*D*>400mm)。

9.2.3.3 对下列柴油机零部件(按气缸直径 *D* 分档要求)，应根据 CCS《材料与焊接规范》的规定进行超声波检测，并由制造厂签发合格证书：

(1) 曲轴(所有缸径)；
(2) 钢活塞顶(所有缸径)；
(3) 活塞杆(*D*>400mm)；
(4) 气缸盖——钢质(所有缸径)；
(5) 连杆(*D*>400mm)；
(6) 焊接机座的铸钢件(所有缸径)。

9.2.3.4 表 9.2.2.3 规定的批量生产柴油机零部件，应根据 CCS《材料与焊接规范》的规定进行无损检测，有关证书或报告应提交现场验船师审核。

9.2.3.5 对于柴油机的重要结构件，可以要求采用批准的检查方法进行焊缝检查。

9.2.3.6 经上述试验后，如对柴油机零件的质量仍有怀疑时，可以要求采用接受的其他检测方法进行无损检测。

第 3 节 设计与构造

9.3.2 材料

9.3.2.1 锻造和铸造曲轴材料的抗拉强度一般在下列范围内选择，并应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定：

(1) 碳钢和碳锰钢 400～600N/mm^2；
(2) 合金钢 600～1000N/mm^2；
(3) 球墨铸铁 490～780N/mm^2。

9.3.2.2 如拟采用合金钢曲轴锻钢件，应将其化学成分、力学性能和热处理规程提交批准。

9.3.3 结构

9.3.3.1 柴油机的机架和机座，应进行消除内应力的时效处理，如制造厂或设计者提供有效的文件和证据，可以不进行消除应力的处理。采用焊接结构时，应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

第 6 节 扫气—增压装置

9.6.2 报警与监测

9.6.2.1 B 级和 C 级涡轮增压器应按表 9.6.2.1 的要求设置报警和指示。

9.6.2.2 监控参数指示可设在当地控制站或遥控位置。

B、C 级涡轮增压器的报警和指示设置要求 表 9.6.2.1

序号	监控参数	涡轮增压器等级				备注
		B		C		
		报警	指示	报警	指示	
1	转速	高(4)	X (4)	高(4)	X (4)	
2	每个涡轮增压器进口处的废气温度	高(1)	X (1)	高	X	发动机各缸高温报警可作为替代(2)
3	涡轮增压器出口处的滑油温度			高	X	如不是强制循环系统，则取轴承附近的滑油温度
4	涡轮增压器进口处的滑油压力	低	X	低	X	仅适用于强制循环润滑系统(3)

注：

(1) 对于 B 级涡轮增压器，废气温度可在涡轮增压器出口处进行监控，但报警值应设为涡轮安全的数值，且应证实进口和出口温度之间的相互关系。

(2) 如每一气缸设置单独的废气温度报警和指示，且报警值的设置可保证涡轮增压器安全，则涡轮增压器进口处废气温度的报警和指示要求可免除。

(3) 如涡轮增压器设单独的滑油系统（未与柴油机滑油系统共用），或者其滑油系统通过节流阀或减压阀与柴油机的润滑油系统分开，则应设有单独的滑油压力传感器。

(4) 对于顺序起动的涡轮增压系统，如所有涡轮增压器共用一个进气滤器，且其未设有废气门，则最后起动的涡轮增压器可不要求转速监测。

~~废气涡轮增压器一般应装有测定涡轮前废气温度、增压空气压力和滑油温度等参数的仪表，除增压器直接带动的独立系统外，还应装有滑油压力表、滑油高温和低压的报警装置。~~

~~9.6.2.2 增压器结构上应考虑到测量其转速的可能性。~~

9.6.6 转子轴及转子

9.6.6.2 对于 C 级涡轮增压器，如转子和轴通过过盈套合方式连接，则应通过计算证明各种工况下的扭矩传递安全（如最大转速、最大扭矩、最大温度梯度及最小过盈量）。

9.6.6.3 转子全部装配好后，应作动平衡校验。

9.6.10 涡轮增压器包容性

9.6.10.1 涡轮增压器转子破裂时应满足包容性要求，防止任何碎片贯穿涡轮增压器壳体或通过进气口飞出。进行包容性试验或计算验证时，应假定转子以可能的最坏方式破裂。

9.6.10.2 B 级和 C 级涡轮增压器应通过试验或数值分析方法验证其包容性。对于系列涡轮增压器，可选择其中的一台增压器进行试验以确定整个系列涡轮增压器是否满足要求（一般选择大机型进行试验，因为这样对于系列内的小机型而言更为安全）。不管怎样，应提供资料说明所选试验机组确实能代表整个系列（例如通过计算）。

9.6.10.3 相对于最大允许转速，压气机和涡轮的最小试验转速分别为：

- 压气机:120%；
- 涡轮:140% 或自然破裂时的转速速度，取小者。

9.6.10.4 包容性试验应在工作温度下进行。

9.6.10.5 涡轮增压器壳体的包容性可通过数值分析（模拟）的方法予以验证，但应满足如下要求：

（1）该数值计算模型已经进行过验证试验，通过计算结果和实际的包容性试验结果的直接比较证明了该模型的适合性及精确性。为接受数值模拟方法替代实际的包容性试验，制造商应至少进行一次这样的验证试验。

（2）数值模拟所对应的转速应与实际试验的速度相同。

（3）数值模拟时应采用材料高速时的形变。常规特性和高速变形特性之间的相互关系应能证实。

（4）系列涡轮增压器几何结构和动力学特性设计应与实际包容性试验的涡轮增压器类似。对于全新设计的增压器，一般应重新进行包容性试验。

9.6.11 涡轮增压器型式试验

9.6.11.1 B 级和 C 级涡轮增压器应进行型式试验。系列涡轮增压器的型式试验可在发动机上（已预知涡轮增压器的）或试验台架上进行。

9.6.11.2 涡轮增压器应在工作范围内进行至少 500 次的循环载荷试验。如涡轮增压器与发动机一起已进行了低周疲劳试验（见本章附录 4），则本试验可免除。

9.6.11.3 制造商应事先声明涡轮增压器适合进行这样的试验。

9.6.11.4 试验时应测量和记录转子的振动特性，以确定可能的次谐波振动和共振。

9.6.11.5 型式试验应通过最大允许转速和最大允许温度下的热运行试验来完成，运行时间至少 1 小时。试验后涡轮增压器应进行拆检，重点关注可能的摩擦和轴承状况。

9.6.11.6 船级社自行决定型式试验的各个环节验船师是否到场。

9.6.12 涡轮增压器检验发证

9.6.12.1 制造商应建立一套质量体系，确保能满足设计方的技术规范，并按批准的图纸生产制造。

9.6.12.2 对于 C 级涡轮增压器，生产一致性可通过型式认可 A 模式的定期产品审核进行验证。

9.6.12.3 产品审核主要包括如下内容：

（1）旋转部件材料的化学成分；

（2）旋转和壳体材料试样的机械性能；

（3）旋转部件的超声波检测和裂纹检测；

（4）旋转部件的尺寸检查；

（5）转子动平衡试验；

（6）冷却腔液压试验（试验压力：4 bar 或最大工作压力的 1.5 倍，取大者）；

（7）所有压气机叶轮超速试验，试验时间至少 3min，试验时可选如下两种工况之一进行：

- 室温条件下，120%转速报警值；
- 在进气温度为 45°C 和相应压比条件下，110%转速报警值。

如锻制叶轮通过认可的无损检测方法控制质量，则超速试验可免除。

9.6.12.4 涡轮增压器的产品持证要求，应符合本规范第 1 篇第 3 章的有关规定。。

9.6.12.5 旋转部件和壳体更换的备件同样应满足 9.6.12.1-9.6.12.4 的要求。

9.6.12.6 作为定期产品审核的替代，涡轮增压器及其部件也可进行单独检验发证。C 级涡轮增压器及其部件的单独发证应满足 9.6.12.3 规定的试验要求。

第 7 节 附 件

9.7.6 报警[①②]

~~9.7.6.4 低速、中速、高速柴油机分别定义如下：~~

~~(1) 低速柴油机：系指额定转速低于 300r/min 的柴油机；~~

~~(2) 中速柴油机：系指额定转速大于等于 300r/min，但小于 1400r/min 的柴油机；~~

~~(3) 高速柴油机：系指额定转速大于等于 1400r/min 的柴油机。~~

~~④9.7.6.4 适用于 2015 年 1 月 1 日或之后申请发证的柴油机，或者拟安装在新船(2015 年 1 月 1 日或之后签订建造合同)上的柴油机。~~

①高速柴油机的等效装置参考 UI SC133。

第 10 节　型式试验、工厂接受试验和船上试验[①]

9.10.1 柴油机认可与发证

9.10.1.1 柴油机型式认可包括图纸和技术规格批准、生产一致性、型式试验程序批准、型式试验、试验结果审核、生产布置评估及型式认可证书签发。

9.10.1.2 每个要求认可的柴油机类型，应由柴油机设计者取得型式认可证书，型式认可证书的有效期最长 5 年。型式认可过程及文件流程见本章附录 5。

9.10.1.3 每台拟安装于 CCS 级船舶的柴油机，应持有 CCS 船用产品证书。柴油机发证及文件流程见本章附录 5 柴油机认可与发证。

9.10.2 型式试验

9.10.2.1 拟安装在入级船舶上的每一新型柴油机应按本章附录 4 的要求进行型式试验。

9.10.2.2 在任一柴油机制造厂进行的特定机型柴油机型式试验，可适用于专利方或许可证持有者制造的所有同型柴油机，每个柴油机制造厂应经船级社评估同意。

9.10.2.3 同系列但气缸数不同的柴油机仅需进行一次型式试验。但直列柴油机的型式试验不一定能完全覆盖 V 形柴油机。各船级社有权决定 V 形柴油机是否要求单独进行型式试验。V 形柴油机的型式试验可覆盖直列柴油机，除非直列柴油机的制动平均有效压力更高。

选择型式试验的柴油机机型时，应考虑气缸数变化对曲轴轴向振动、凸轮轴驱动装置扭转振动、曲轴等产生的影响。

9.10.2.4 对于已完成型式试验和型式认可的柴油机（100%对应于最大持续功率），如能提交在 100%功率成功营运经验方面的有效证据，可允许在业经型式试验的发动机基础上，增加最大燃烧压力或平均有效压力或转速（如已获得设计认可[①]），而不必进行新的型式试验，但增加幅度应在如下范围内：

（1）最大燃烧压力的5%，或

（2）平均有效压力的5%，或

（3）额定转速的5%。

如柴油机功率增加最大不超过10%，如能提交详细的工程分析、类似领域成功营运经验方面的有效证据（即使该应用未入级）或内部试验有关的文件记录，可允许增加认可功率而不必进行新的型式试验，但在已完成型式试验柴油机基础上增加的幅度应在如下范围内：

（1）最大燃烧压力的10%，或

（2）平均有效压力的10% ，或

（3）额定转速的10%。

注：① 柴油机参数在认可机型基础上有所增加，曲轴强度需重新进行评估，修改后的曲轴计算书和曲轴图纸应提交船级社批准。

9.10.2.5 如发动机业经设计认可，且内部试验（A 阶段）记录的额定功率高于型式试验发动机的功率，则提交下列扩充项目试验报告后，型式认可扩充至增加的功率/最大爆发压力/转速：

（1） 超速试验（仅当额定转速提高的情况下）；

（2） 额定功率，即 100%扭矩和 100%转速时的 100%功率（对应于负荷点 1），测量两次数据，间隔 1h；

（3） 100%转速时的最大允许扭矩（通常为 110%）（对应于负荷点 3），或按照螺旋桨名义特性曲线的最大允许功率（通常为 110%）和转速（对应于负荷点 3a），运行 0.5h；

（4） 最大允许转速下的 100%功率（对应于负荷点 2），运行 0.5h；

9.10.2.6 对于单独认可的子系统，如涡轮增压器、发动机控制系统、双燃料系统、废气处理系统等，可通过整合试验证明整个机械、液压和电子系统的反应与预期一致。设计者/许可证持有者应根据子系统对发

① （1）有关型式认可和型式试验的新增要求（包括本章附录 4、附录 5），适用于 2016 年 7 月 1 日及以后申请型式认可发证的柴油机。

（2）型式认可申请日期：系指新机型或者之前已经认可但发生了实质性改变的机型申请型式认可，或者认可证书到期申请换新时，CCS 接受申请的任何文件日期。

（3）2016 年 7 月 1 日已有型式认可的柴油机，在现有型式认可失效以前不必按新增要求重新认可，该类型柴油机可按现有的型式认可及提交的相关图纸资料进行检验发证。

动机的影响提出相应的试验范围。

9.10.3 工厂接受试验和船上试验

9.10.3.1 柴油机工厂接受试验和船上试验应按本章附录 6 的规定进行。

9.10.3.2 附录 6 规定的柴油机负荷试验范围可根据柴油机的用途、营运经验或其他原因予以扩充。

9.10.3.3 如制造厂提出的试验范围经评估与附录 6 的规定等效，经 CCS 同意可替代附录 6 规定的试验项目。

附录 2　电控柴油机指南

2　设计与安装

2.1 燃油与液压油系统

2.1.3　燃油和液压油系统应分别设有至少 2 台燃油压力泵和 2 台液压油压力泵，当所有泵同时工作时应能保证主推进柴油机输出最大持续功率，当其中任 1 台燃油压力泵和/或 1 台液压油压力泵失效时，其余的泵仍能保证主推进柴油机能输出保持船舶正常航行所需要的功率（不小于 70%最大持续功率）~~，布置应能实现：其中 1 台压力泵失效时，其余的泵仍能在主推进机械最大连续输出功率条件下供应足够的油量~~，所有泵应连接妥当随时可用。

2.2 电控系统

2.2.3　电控系统中因功能故障可能影响主推进柴油机正常运转的设备，应具有双套系统，如电子控制器、曲轴转角测量装置，两套系统的类型与功能完全相同，当其中之一出现故障时，另一套系统能自动替换前一套继续工作，以维持柴油机正常运转，并同时发出相关报警。对于拟用于两台或两台以上主推进柴油机船舶的电控柴油机，如通过风险分析表明：其中任何一台柴油机的电控系统发生故障，其余柴油机仍能输出船舶正常航行所需要的功率，则每台柴油机可不必配备双套电控系统，发生故障的电控系统应能随时予以更换并投入使用。

附录 4　柴油机型式试验

1　一 般 要 求

1.1 适用范围

1.1.1 本附录规定的型式试验项目应能代表柴油机的典型工作负荷（发动机制造厂规定），并应考虑营运时疲劳、可预见老化所需要的裕量。

1.1.2 本附录规定的型式试验要求也适用于：

（1）承受高周疲劳（HCF）的部件，例如连杆、凸轮、滚轮和弹簧阻尼器，这些部件可能因高喷射压力、气缸最大压力等产生较高应力。

（2）承受低周疲劳（LCF）的部件，例如“热”部件，这些部件经常承受诸如空载-满载-空载频繁交替的负荷变化。

（3）柴油机在报警系统所设定的限值下运行，例如最低许用油压和/或最高许用进油温度条件下以最大许用功率运行。

1.2 安全防护措施

1.2.1 柴油机运行试验前，制造商/船厂应提供用于保障现场人员安全的所有相关设备，包括曲轴箱爆炸保护、超速保护以及任何其他停机保护措施。这些设备应能够操作，并验证其工作正常。

1.2.2 运行试验前，还应检查高压燃油管护套和管接头屏蔽保护设施（满足本附录 2.2.8 的要求）。

1.2.3 如安装了盘车装置，则应进行联锁试验。

1.3 试验程序

1.3.1 型式试验分为如下 3 个阶段：

（1）A 阶段—内部试验，包括柴油机开发、功能试验、测量参数收集和试验时间记录期间进行的一些试验。规范要求或设计者规定的试验结果应在 B 阶段开始前提交 CCS。

（2）B 阶段—见证试验，系指验船师在场时进行的试验。

（3）C 阶段—部件检查，系指按规范要求的范围对发动机部件进行检查。

1.3.2 整个型式试验程序应经 CCS 批准。每个阶段验船师现场见证的试验范围双方可协商并达成一致，但验船师至少应见证 B 阶段和 C 阶段的试验项目。

1.3.3 见证试验（B 阶段和 C 阶段）之前的试验也视作整个型式试验程序的一部分。

1.3.4 整个型式试验（A 至 C 阶段）完成后，型式试验报告应提交 CCS 审核。型式试验报告一般应包括如下内容：

（1）A 阶段试验的总体描述，制造厂质保部门应保存试验记录并提交 CCS。

（2）B 阶段进行的负荷试验和功能试验的详细描述。

（3）C 阶段的检查结果。

1.3.5 按本附录 1.1.2 的规定，型式试验应证明其设计能力及其对预定工作的适合性。低周疲劳试验（LCF）、耐久试验等一般安排在 A 阶段进行。

1.3.6 船用高速柴油机通常应在满负荷工况下进行 100 小时的耐久试验。对于具有非海运领域长期营运经验的或众所周知机型的柴油机机型，其工作参数超出本章 9.10.2 的规定而申请进行扩展型式认可时，可考虑免除或简化型式试验。

对于可能承受空载-满载频繁负荷变化的高速船推进用柴油机，通常应使用控制系统允许的最陡负荷变化梯度进行至少 500 次（空载-满载-空载）循环试验（如发动机非自动控制，则按操作手册的规定）。每次试验间隔时间应足以保证热部件的温度达到稳定状态。

1.4 测量和记录

1.4.1 应记录所有试验期间的环境条件（气温、气压和湿度）。

1.4.2 应至少测量和记录如下柴油机有关参数：

（1） 转速；

（2） 扭矩；

（3） 每缸最大燃烧压力①；
（4） 每缸平均指示压力①；
（5） 吸气压力和温度；
（6） 废气温度；
（7） 燃油齿条位置或与发动机负荷相关的类似参数；
（8） 涡轮增压器转速；
（9） 预定用途（如推进、辅助、应急）控制和监测所要求的所有发动机参数。

注：
① 如发动机标准化生产的气缸盖在设计时并没有考虑气缸燃烧压力的测量需要，试验时可使用专门用于燃烧压力测量的专用气缸盖。这种情况下，燃烧压力测量项目可安排在 A 阶段进行，并应正确记录。对于双燃料发动机，如认为必要，最大燃烧压力和平均指示压力可通过间接方法进行测量，但应提交相应的文件，说明该间接方法的可靠性。

1.4.3 上述参数测量的仪表校准记录应提交现场验船师审核。
1.4.4 根据设计评估，可要求附加的参数测量。

2 型式试验

2.1 A 阶段—内部试验

2.1.1 进行内部试验时，柴油机应在设计者认为重要的各负荷点运行，并应记录相关的工作参数值。拟试验负荷工况还应包括适用的型式认可程序中规定的项目。

2.2.1 内部试验至少应进行如下工况试验：

（1） 正常情况： 25％、50％、75％、100 % 和 110％额定功率连续运行，用作推进的发动机沿螺旋桨名义（理论）特性曲线和按恒定转速（如驱动可调螺距螺旋桨）；拟用于发电机组的发动机按恒定转速（包括怠速和额定转速工况）。
（2） 许用工作范围的极限点。这些极限点应由柴油机制造商规定。
（3） 对于高速柴油机，结合设计评估要求进行 100 小时满负荷试验和低周疲劳试验（如高速船推进用发动机）。
（4） 船级社要求或设计者规定的柴油机部件的特定试验。

2.2 B 阶段—见证试验

2.2.1 应在验船师在场的情况下进行如下试验。型式试验结束后，获得的结果应予以记录并由现场验船师签字。

2.2.2 应进行超速试验，证明在超速停机保护系统设定值内柴油机未因实际的超速而受损。制造商可选择在有负荷或无负荷工况下进行超速试验。

2.2.3 柴油机应按图 2.2.3 所示的功率和转速图进行负荷试验。柴油机在不同负荷点进行试验时，应测量和记录本附录 1.4 中规定的所有参数。每个负荷点运行时间取决于柴油机的规格（达到稳定状态的时间）和运行参数采集需要的时间，一般为 0.5h，但应保证验船师有足够的时间进行检查。

负荷试验包括如下工况点：

（1） 额定功率（MCR），即在 100％扭矩和 100％转速情况下的 100％额定功率，对应于负荷点 1，通常运行 2h，且以时间间隔 1 小时采集数据。如需要柴油机在报警系统规定的限值上运行（如在滑油压力和进口温度报警值处），则应在该点进行试验。
（2） 最大允许转速下的 100％功率，对应于负荷点 2。
（3） 100％转速下的最大允许扭距（至少和通常为 110％MCR），对应于负荷点 3，或者 103.2%转速下最大允许功率（至少和通常为 1l0％MCR），对应于螺旋桨名义特性曲线的负荷点 3a。负荷点 3a 适用于只驱动固定螺距螺旋桨或喷水推进器的发动机。负荷点 3 适用于所有其他用途的发动机。

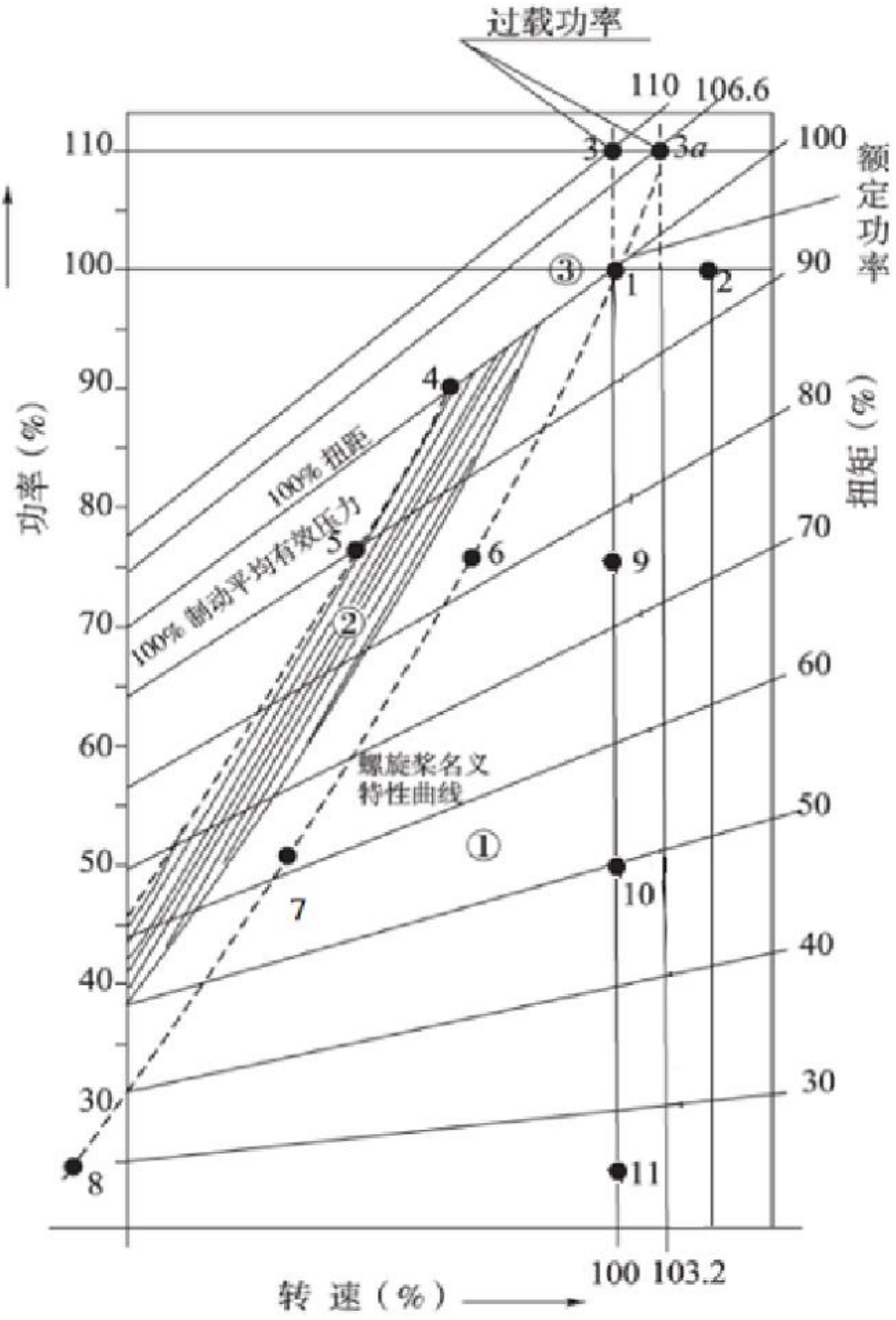
对于间歇负荷运行的柴油机，负荷点 3（或 3a，如适用）应由批准的超负荷及间歇运行时间替代（如批准的超负荷值大于 110% MCR）。如经批准的间歇超负荷值小于 110% MCR，则应用批准的超负荷替代 100% MCR 的负荷点，并保留 110% MCR 的负荷点。

（4） 100％扭矩时的最低许用转速，对应于负荷点 4。
（5） 90％扭矩时的最低许用转速，对应于负荷点 5（仅适用于推进柴油机）。
（6） 部分负荷工况，如 75％、50％和 25％额定功率和对应于螺旋桨名义特性曲线的转速（即 90.8%、

79.3%和 62.9%额定转速），对应于负荷点 6、7 和 8；或在 75%、50%和 25%额定功率和设定的恒定额定转速，对应于负荷点 9、10 和 1l，取决于柴油机的拟定用途。

（7） 如十字头式柴油机不限于驱动定距螺旋桨，则应在无负荷情况下进行最大允许转速试验。

2.2.4 所有负荷试验期间，柴油机参数均应维持在规定和批准的范围内。



① 连续运行区间
② 间歇运行区间
③ 短时过载运行区间

图 2.2.3 功率-转速图

2.2.5 涡轮增压器损坏工况运行试验，对于 2 冲程推进柴油机，应确定涡轮增压器损坏条件下，柴油机能够获得的连续输出功率。当一个涡轮增压器无法运转时，驱动固定螺距螺旋桨的单推进柴油机应能以 40%额定转速持续运转（沿螺旋桨名义特性曲线）。试验可采取旁通涡轮增压器、固定涡轮增压器转轴、或拆除转子等方式进行。

2.2.6 功能试验，包括：

（1） 按螺旋桨名义特性曲线验证推进柴油机的最低稳定转速（设计者规定），运行期间应无报警发生。

（2） 不可逆转柴油机进行起动试验或可逆转柴油机进行正倒车起动试验，以确定最小起动空气压力和起动所需的空气消耗。

（3） 调速器试验：验证其符合本章 9.7.8、9.7.10 的相关要求。

2.2.7 整合试验，电控柴油机应通过整合试验验证整个机械、液压和电子系统的反应与各种工作模式的预计相一致。试验的范围应根据 FMEA 分析结果确定，并征得 CCS 同意。

2.2.8 防火措施，验证高压燃油管护套、含易燃液体管路接头的屏蔽设施和热表面隔热要求的符合性：

（1） 检查发动机高压燃油管护套，包括燃油泄漏探测系统，以及含易燃液体管路接头的屏蔽设施。

（2） 验证柴油机 100%负载或批准的间歇超负荷运转时热表面的隔热性能。表面温度应通过红外热扫描设备读取表面温度。如经船级社批准，可使用等效测量设备。上述测量仪器测得的数据准确性应通过接触式温度测量装置进行随机验证。

2.3 C 阶段—打开检查

2.3.1 应在设计者规定的条件下测量曲轴臂距差（如适用）。

2.3.2 型式试验后，船用高速柴油机通常应拆开进行全面检查。

2.3.3 对于其他柴油机，试验结束后应进行如下部件检查：

（1） 活塞吊出并拆开；

（2） 十字头轴承拆开；

（3） 导板；

（4） 连杆轴承（大小端）拆开（特别注意轴承与轴颈接触表面上的划痕和磨损）；

（5） 主轴承拆开；

（6） 安装状态的气缸套；

（7） 气缸头盖、阀拆开；

（8） 凸轮传动齿轮或链条，凸轮轴和齿轮或链条箱盖打开，通过盘车机构转动进行检查。

注：对具有非船用领域长期服务经历的柴油机，可考虑减少拆检范围。

2.3.4 直列柴油机选择 1 个气缸，V 型柴油机选择 2 个气缸。对于 V 型柴油机，应从两列气缸中各选一个气缸，且两个气缸分属不同曲柄。

2.3.5 如验船师认为有必要，可要求对柴油机作进一步的拆检。

附录 5　柴油机认可与发证

1 一般规定

1.1 应用范围

1.1.1 本附录规定了柴油机认可与发证过程、生产和安装期间使用的图纸资料，以及柴油机设计者、船级社、柴油机制造者/许可证持有者、验船师之间的文件流程。

1.1.2 柴油机认可时应按本章 9.1.12.1、9.1.12.2 的要求提交图纸资料。

1.2 定义

1.2.1 柴油机认可和发证有关的术语定义见本附录的附件 1。

1.3 型式认可证书

1.3.1 每个要求认可的柴油机机型，柴油机设计者需获得型式认可证书。本附录 3.1 规定了获得型式认可证书的过程细节。

1.3.2 型式认可整个过程包括如下环节：

（1）图纸和技术规格审核；

（2）生产一致性；

（3）型式试验程序批准；

（4）型式试验；

（5）型式试验结果审核；

（6）生产布置评估；

（7）型式认可证书签发。

1.4 船用产品证书

1.4.1 每台船上安装使用的柴油机应持有船用产品证书。本附录 3.2 规定了船用产品证书的发证过程细节。

1.4.2 柴油机发证过程包括如下环节：

（1）制造者/许可证持有者获得特定用途柴油机的设计认可；

（2）提交生产图纸和设计认可批准图纸之间的对照清单；

（3）生产相关图纸和对照清单提交制造现场和船厂（如需要）验船师（检验用）；

（4）柴油机试验；

（5）签发船用产品证书。

1.5 柴油机零部件认可

1.5.1 柴油机设计者设计的零部件，已包含在相关柴油机机型的型式认可范围内，不管是由柴油机制造厂生产或者分包商供应，都视作已认可。对于分包商设计的部件，如废气涡轮增压器、空气冷却器等，应由相关供应商申请获得认可（如需要）。

1.6 图纸提交格式

1.6.1 图纸资料应以电子文件或纸质方式提交 CCS，如为纸质图纸资料，应提交一式 3 份。

2 柴油机图纸资料流程

2.1 获得型式认可证书的图纸资料流程

2.1.1 对于初始的柴油机机型，设计者应按本章 9.1.12.1、9.1.12.2 的要求提交图纸资料供 CCS 批准和备查。

2.1.2 经审核和批准的图纸资料退回给柴油机设计者。

2.1.3 柴油机设计者安排验船师见证型式试验，试验合格后 CCS 签发型式认可证书。

2.1.4 本附录的附件 2 中，图 1 描述了获得型式认可证书的典型文件流程。

2.2 产品证书文件流程

2.2.1 柴油机机型应已取得了型式认可证书。对于某一机型的首台机，型式认可和柴油机发证过程可同时进行。

2.2.2 柴油机如有特殊应用场合，设计者/专利方可能需要更改设计或性能要求。这种情况，设计者应将修改的图纸提供给制造者/许可证持有者，用于编制柴油机生产用的图纸资料（见表 1）。

2.2.3 柴油机制造者/许可证持有者编制出生产图纸和认可批准图纸之间的对照清单（对照清单示例见附件 4）。如许可证持有者的生产图纸与专利方的图纸资料存在技术上的差异，许可证持有者应取得专利方的同意（确认函模板见附件 5）。

如设计方未确认接受这种技术差异，则柴油机应视为一个不同的机型，许可证持有者应按型式认可的程序进行认可。

2.2.4 柴油机制造者/许可证持有者应按规定程序提交对照清单和生产图纸，供 CCS 审查/批准。

2.2.5 CCS 经审核确认该设计已获批准后，将对照清单和生产图纸退回柴油机制造者/许可证持有者。这些图纸资料供柴油机制造者/许可证持有者及其分包商、现场验船师使用。

如现场验船师要求柴油机制造者/许可证持有者及其分包商提供对照清单上的实际图纸，柴油机制造者/许可证持有者及其分包商应能提供这些图纸资料。

2.2.6 柴油机制造者/许可证持有者及其分包商生产制造的零部件，经现场验船师检验/试验合格后将签发相应的船用产品证书。

2.2.7 柴油机制造者/许可证持有者组装完成整台柴油机，并在验船师现场见证的情况下进行试验，整个装配及试验合格后将签发柴油机产品证书。

2.2.8 本附录附件 2 中，图 2 描述了获得柴油机产品证书的文件流程。

3 型式认可和发证程序

3.1 型式认可程序

3.1.1 型式认可包括的步骤见 3.1.2-3.1.5，文件流程见本附录附件 2 中的图 1。柴油机设计者/专利方提交批准和备查的图纸资料见本章 9.1.12.1、9.1.12.2。

3.1.2 9.1.12.2 中的图纸资料属基本描述性资料，供 CCS 总体了解柴油机的设计、特性及性能；还有关于柴油机辅助系统设计方面的信息资料，包括安装布置、容量清单、技术规格及要求、以及维护与操作等。

3.1.3 9.1.12.1 规定了提交 CCS 批准的图纸资料。

3.1.4 柴油机已获得设计认可/评估（DA）后，如设计上没有进行实质性改变，则设计认可一直有效。如进行了实质性修改，则应重新进行设计认可，表明修改后的设计符合所有现行有效的规范和法规要求。

3.1.5 应按本章附录 4 的规定进行型式试验，验船师现场见证试验。用于型式试验柴油机的生产设备应按本章第 2 节的要求进行评估。

3.1.6 完成上述 3.1.2-3.1.5 规定的所有步骤，且满足规范要求，CCS 签发型式认可证书。

3.1.7 某一柴油机机型完成首次认可后，如本章 9.1.12.1、9.1.12.2 规定的图纸资料发生实质性变化，则有实质性变化的图纸资料应重新送审。

3.1.8 型式认可证书可基于设计方提交的如下图纸资料或声明予以换新：

（1）提交有实质改变的修改图纸/或新图纸，替代原来设计认可时提交的相应图纸资料；或

（2）自从上次设计认可以来没有任何实质性改变的声明。

3.1.9 CCS 有权规定型式认可证书的有效期，如在设计、生产或控制过程或材料特性方面发生实质性改

变（除非之前已得到 CCS 批准），则型式认可证书失效。

3.1.10　9.1.12.2 规定的图纸资料虽为备查，但并不排除 CCS 对这些图纸资料提出审核意见。

3.1.11 如认为有必要，CCS 可要求提交附加的图纸资料，包括现有的型式认可细节或证据，或型式试验程序方面的建议。

3. 2 发证过程

3.2.1 3.2.2-3.2.7 规定了柴油机的发证过程。本附录附件 2 中的图 2 描述了发证过程中，柴油机设计者/专利方、制造者/许可证持有者、部件制造厂、船级社审图中心、船级社当地检验部门之间的文件流程。

对于未实施专利方-许可证持有者协议的情况，柴油机设计者应理解为具有柴油机设计资质的实体，或者得到拥有柴油机设计资质委托进行设计改进的实体。

本附录的表 1 所列图纸资料可以由柴油机设计者/专利方提交，也可由制造者/许可证持有者提交。

3.2.2 柴油机发证过程开始之前，每个柴油机类型应按本附录 3.1.2-3.1.4 的规定获得设计认可，每个机型柴油机在开始生产制造之前，制造者/许可证持有者应提供型式认可证书（设计者/专利方获得）。对于某个机型的首台机，发证过程可以和型式认可过程同时进行。

柴油机设计者/专利方审核申请认可提交的图纸资料，并编制专门的图纸资料（如需要），用于制造者/许可证持有者编制柴油机生产的图纸资料。

如进行了实质性修改，相关的图纸资料应重新提交 CCS 审核。

3.2.3 表 1 中的生产图纸，在征得设计者/专利方同意后由柴油机制造者/许可证持有者提交 CCS，用于柴油机和零部件生产和试验期间的检验，见本附录 2.2.3-2.2.6 的规定。

3.2.4 如许可证持有者的生产图纸与专利者的相应图纸存在技术差异，许可证持有者应向 CCS 提交专利者接受图纸修改的确认函（见本附录附件 5），该确认函应得到专利方的批准，并双方签字。许可证持有者对设计修改应提出相应的质量要求。

3.2.5 CCS 对制造厂生产一致性进行评估，包括制造设备及过程、加工工具、质量保证、试验设备等生产设备方面的规范要求，评估满意后签发批准文件。

3.2.6 除表 1 所列的图纸资料外，柴油机制造者/许可证持有者应能提供验船师检验需要的相关详细图纸、生产质量控制说明和接受标准等。这些图纸资料仅供验船师检验需要时使用。

3.2.7 每台柴油机应按规范要求进行组装和试验，验船师见证（除非制造厂和船级社之间已签订实施型式认可 A 模式的协议）。

部件和系统检验有关的图纸资料　　表 1

序号	图纸资料
1.	柴油机细节及主要技术参数表（见附件 3）
2.	主要部件的材料规格以及材料的无损探伤试验和压力试验的资料 [1]
3.	焊接结构的机座、曲轴箱、机架、气缸体、齿轮箱及推力轴承底座等重要结构件，包括焊接细节及说明 [2]
4.	曲轴零件图(包括连接螺栓、平衡重及其固定螺栓)、曲轴装配图、推力轴图或中间轴图(如和主机连成整体时)
5.	用于主轴承、气缸盖、排气阀（二冲程设计）、连杆的螺栓和螺柱
6.	贯穿螺栓
7.	柴油机上的管系布置图或等效图纸资料，包括燃油、润滑油、冷却水、排气、起动空气和液压系统（包括阀开启用的液压系统）[3]
8.	柴油机控制与安全系统
9.	高压燃油管防护及组件 [4]
10.	燃油和液压油共轨管(蓄压器)结构图
11.	燃油喷射系统高压部件 [5]
12.	曲轴箱安全阀结构和布置图 [6]
13.	曲轴箱油雾探测系统和/或替代报警系统布置图
14.	气缸盖
15.	气缸体和机体
16.	气缸套
17.	平衡重及其固定螺栓（如非曲轴整体制造）
18.	连杆、活塞杆和十字头
19.	活塞组装件 [7]
20.	活塞头
21.	凸轮轴传动装置组装件 [7]
22.	飞轮
23.	基座布置图(仅适用于主机)
24.	燃油喷射泵
25.	排气管及其他高温部件防护及隔热组件
26.	减振器的结构和布置图
27.	电控柴油机的控制阀、高压泵、高压泵驱动装置和阀体（如适用）组装或布置图
28.	柴油机操作和使用说明书 [8]
29.	基于 FMEA 的试验程序（电控柴油机控制系统）[9]
30.	铸造和焊接件的生产规格(工艺)
31.	控制部件环境试验有关的型式认可证书 [10]
32.	发动机生产有关的质量要求

注:

1. 与规范关于材料、无损检测和液压试验的适用要求进行比较。
2. 用于批准材料与焊接程序规格，焊接程序规格应包括焊接前后热处理、焊接材料及搭接条件。
3. 柴油机制造者能提供的系统细节，如主要尺寸、工作介质和最大工作压力等。
4. 所有柴油机。
5. 包括压力、管子尺寸和材料等技术规格。
6. 适用于缸径大于等于 200mm 或曲轴箱容积大于等于 0.6m^3 的柴油机.
7. 包括零部件标识（如图纸号）。
8. 维护要求，包括使用的专用工具和仪表的说明
9. 适用于采用液压、气动或电子控制燃油喷射和/或阀的柴油机。
10. 为特殊应用场合而进行修改的图纸资料应提交船级社批准或备查。

附件 1 术语定义

术语	定义
接受标准	设计、产品、服务或者过程要求满足的一组值或标准
接受的	设计、产品、服务或者过程经评估符合接受标准的状态。
替代发证系统（ACS）	船级社通过评估制造厂质量保证和质量控制安排符合规范要求，然后授权制造厂替代船级社验船师承担和见证试验的一种检验发证系统。 与 CCS 型式认可 A 模式相对应
评定	专门组织/机构进行评估
批准	设计、产品、服务或者过程经评估满意后，允许在特定条件下用于已声明的目的
组装件	由部件组成的装置或系统
评测	确定设计、产品、服务、过程、系统或组织与已识别的技术规格、规范、标准或其他标准文件的符合程度
审核	定期有组织并且独立地检查确认相关活动是否有文件记录、文件记录的活动是否已实施以及活动的结果是否达到声明的目标。
审核员	具有审核资质和经验的人员
证书	证明设计、产品、服务或过程符合接受标准的一种正式文件
发证	根据接受标准对设计、产品、服务或过程进行审核批准的过程
船级社批准	经船级社批准
入级	系指船级社根据其颁布的规范为客户提供的技术服务
有资质组织/机构	公认在特殊领域具有适合知识和专业知识的组织
部件	装置或系统的组成部分
一致性	证明设计、产品、服务或过程符合特定要求
合同	双方或多方在服务范围方面达成的协议
承包商	同供应商
客户	从另一方购买或收到物质或服务的当事人
设计	描述产品性能、安装和制造的所有图纸、资料和计算
设计分析	有选择地用于评估设计的研究方法
设计评定	对设计有关的所有图纸、资料和计算进行评估
设计审核	设计评定过程的一部分，对设计的特定方面进行评估，
图纸批准/审图	设计认可过程的一部分，对图纸资料进行评估
装置	部件组装而成作为系统的一部分
等效	与特定标准同样有效且可以接受的替代
评估	系统地检查设计、产品、服务或过程满足专门标准的程度
检查	主管人员进行评估确定符合要求
检验	检查员对设计、产品、服务或过程进行检查
检验计划	检查员进行检验的任务清单
安装	部件、装置和子系统进行组装和最终安放使系统可以运行
制造厂	负责产品生产和质量的一方
制造过程	产品制造时一系列有序的活动
制造过程认可	对特定产品生产时制造厂采用的生产过程进行审核批准
材料	由一个制造厂供应给另一个制造厂，需进一步成型或加工才能形成新产品的物质
修改	不影响现有认可的小变化
修改通知	关于设计修改的信息，包括替代旧图纸的新修改索引或新图号
性能试验	确定特定性能和特性的技术操作
生产者	同制造厂

术语	定义
产品	制造过程的结果
原型试验	对首台机或首批柴油机中的一台进行研究，旨在对柴油机预期运行状况进行优化、参数微调及验证
质量保证	在质量体系范围内有计划和有组织地进行所有活动，并且已被充分证明该实体完全可以履行质量要求。参见 ISO9000 系列。
法规	由主管机关或政府管理机构签发，具有法律效力的规范或命令，
修理	将营运期间老化、磨损或损坏状态恢复到原始或接近原始状态
要求	用于评估目的指定特性
信息	批准图纸所需要的附加技术数据或细节
修订	记录设计图纸或技术规格细节变化的方式
技术规格	用于规定材料、产品、部件或系统适合其拟定用途的技术数据或细节
实质性修改或重大修改或重大变化	导致应力水平、工作状况、疲劳寿命变化，或者对其他重要部件或特性（如排放）产生影响的设计修改
分供应商/分包商	按合同给另外供应商供应材料的实体
供应商	按合同向客户或用户提供材料或设计、产品、服务或部件的实体
试验	按规定程序确定给定产品、材料、装置、组织、物理现象、过程或服务的一个或多个特性或性能的技术操作
可追溯性	可沿着设计和制造过程返回到初始位置的能力
型式认可	通过体系确定产品合格，包括： 1、 设计评估确定其符合技术规格； 2、 见证一种产品的生产和试验，确定其符合技术规格； 3、 生产布置评估，确认能够按规定持续不变地制造产品。
型式试验	型式认可过程的最后一个步骤，试验程序应满足本章附录 4 的规定
见证	试验时本人在场，能够记录并提供其结果的证据

附件 2-典型文件流程图

文件流程图旨在帮助柴油机认可和发证过程中各相关方了解和明确各自的角色和责任。考虑到地点、部件和检验可获得性等各种因素，文件流程可能会有所变化。不管怎样，柴油机的认可和检验发证首先应满足本附录正文的相关要求。

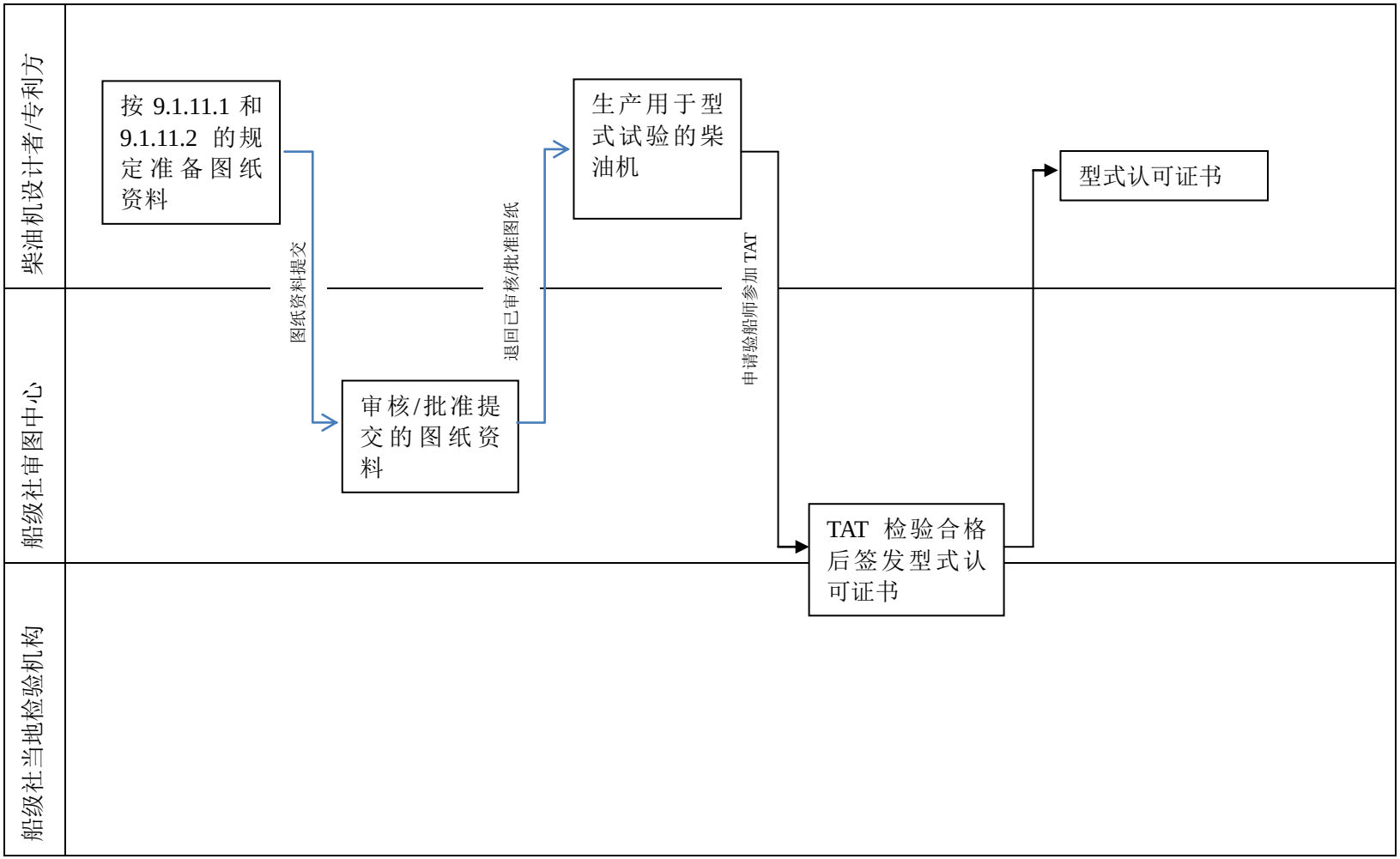


图 1 型式认可文件流程

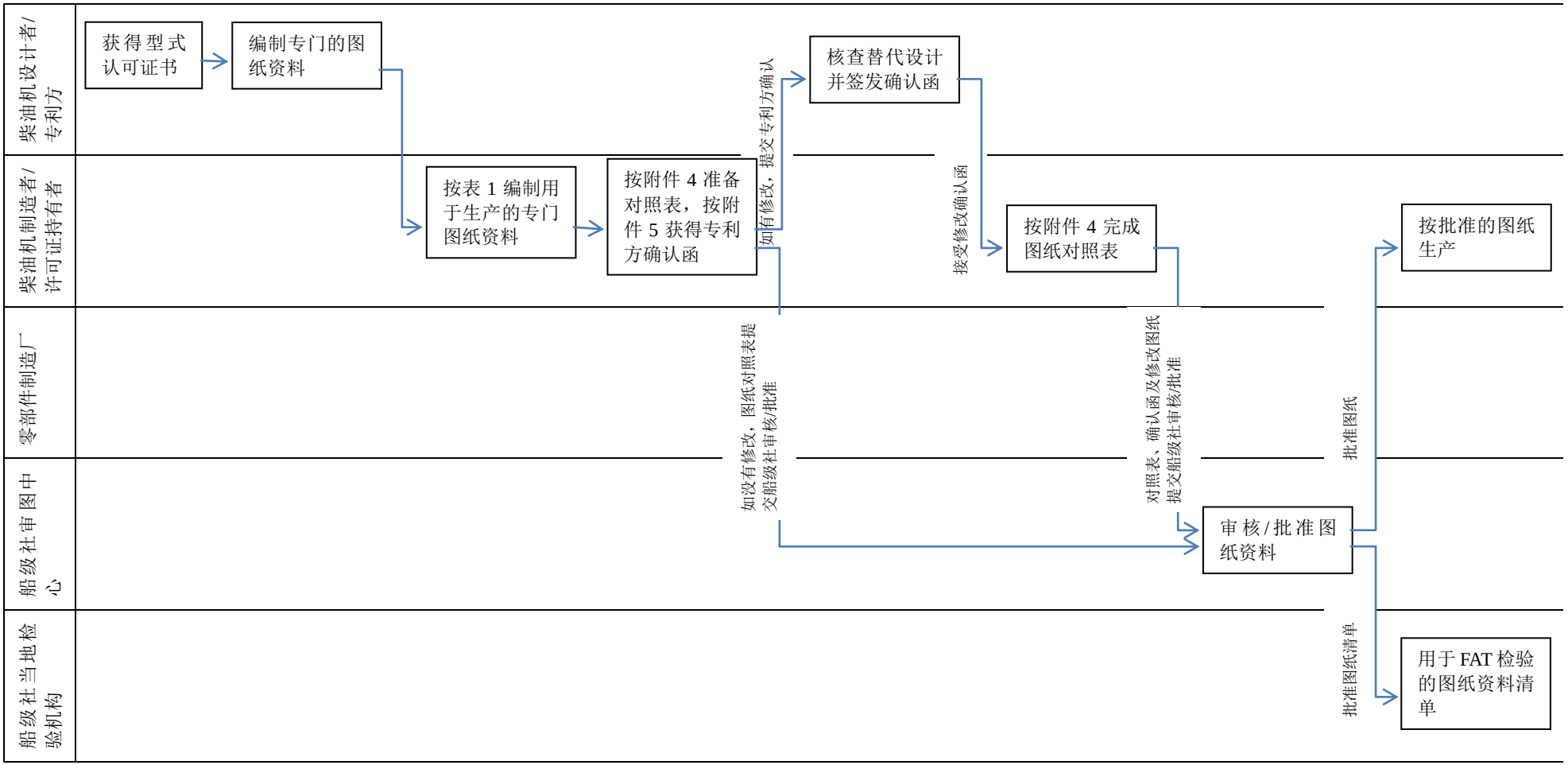


图 2 柴油机发证文件流程

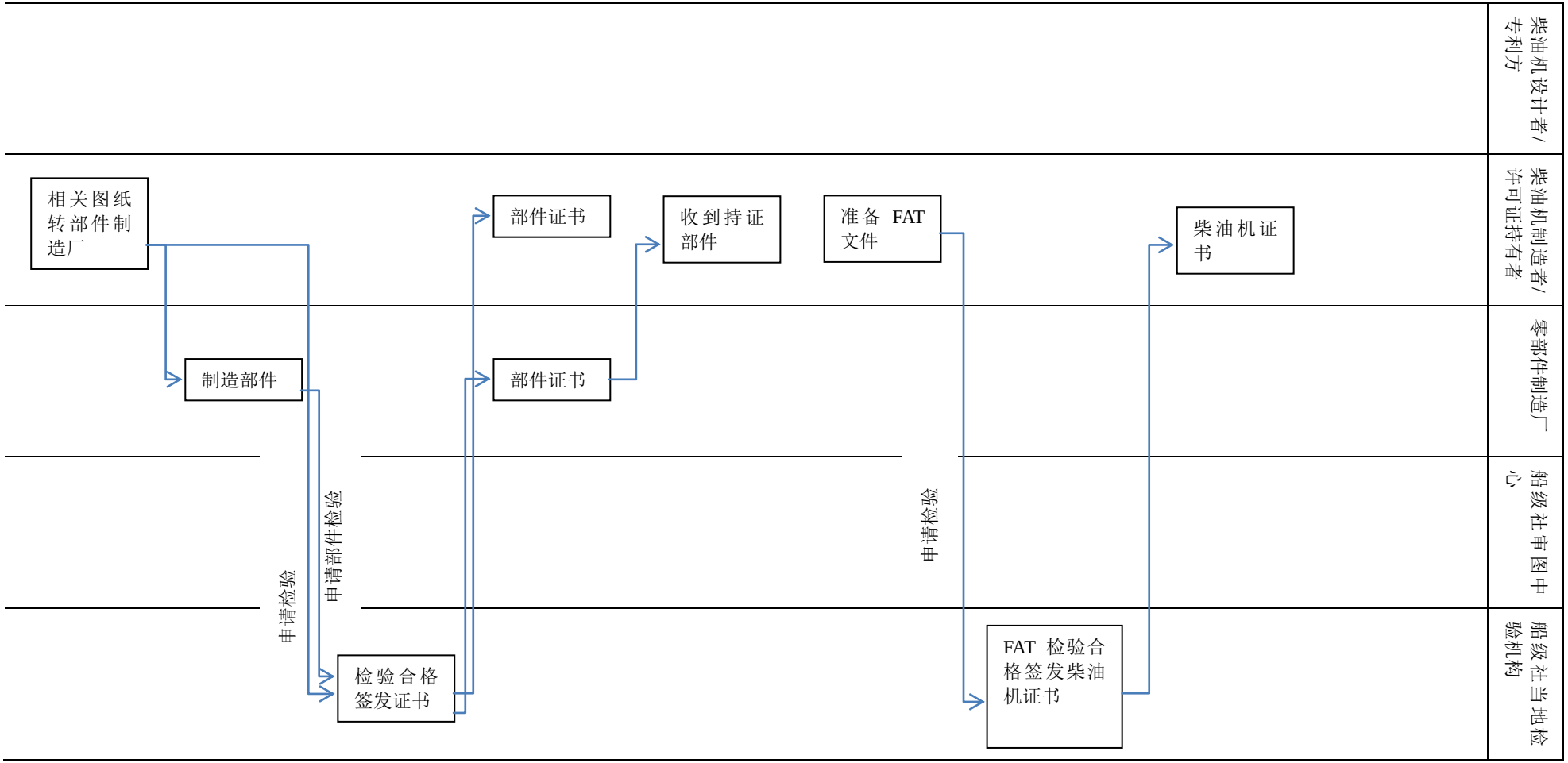


图 2 柴油机发证文件流程（接上图）

附件 3-内燃机认可申请表与数据单

CCS 申请号(如适用):　　柴油机制造厂申请识别号:

一般信息	
柴油机设计方: 联系人: 地址:	柴油机制造厂、专利持有方和/或制造场地[①]名称及所属国家

1.文件用途（1a 或 1b 任选其一）	
1a.型式认可申请	
申请服务类别 ☐ 新型式认可 ☐ 型式认可更新审核 ☐ 型式认可变更 ☐ 设计评估 ☐ TA 附件更新 ☐ 其他	所需工作[②] • DA, TT, CoP • CoP，如设计变更，应修改或发起新发证程序 • DA &CoP,如已认可的柴油机发生重大修改，则还需要 TT（按 URM71 的要求） • DA, TT,适用于设计方无生产能力。一旦完成相应的 CoP，型式认可应授予有生产能力方 • 证书附件更新，仅适用于不影响型式认可证书内容的细微变更 • 例如：国家/法定管理规定，如 MSC.81(7)关于应急柴油的要求
“TA 证书修改或附件更新”选项，设计变更的详细内容:	
“其他”选项，需考虑要求的详细信息:	
1b. 单台柴油机 FAT 和证书附录	
☐ I 单台柴油机要求 FAT 和发证，除非发证的柴油机性能参数与首次型式认可申请时提交的参数存在差异 仅 3b 部分的内容要求填写完整。如需修改其他部分，可能需要提交新型式认可申请。	
已提交的内燃机认可申请表参考号和型式认可证书号	（首次认可申请表的复印件应附于本文件后）

2.已有文件			
以前的船级社型式认可证书号或相关设计认可号（如适用）			
已批准的柴油机文件 （如：以前的型式认可报告、营运经验证明报告等）	签发单位:	文件类型:	文件号.:
已有证书 （如：制造厂 ISO 9001 质量保证体系证书）	签发单位	文件类型	.文件号

3.设计（标记所有申请）					
3a.柴油机特性:					
柴油机机型 柴油机生产起自[③]:			已交付的船用柴油机数量:		
申请	☐直接驱动推进用 (☐单台柴油机/ ☐ 多台柴油机)		☐ 辅助用 (☐/ 辅助设备☐ 电力推进)		☐应急
机械设计	☐ 二冲程 ☐ 十字头 缸径(mm)	☐ 四冲程 ☐ 筒形活塞	☐ 直列型 ☐ 可反向 活塞行程(mm)	☐ V 型 (V 型角 °) ☐ 不可反向	☐其他( )
增压方式	☐ 无增压	☐ 带增压 ☐ 无进气冷却 ☐ 恒压增压系统		☐ 带进气冷却 ☐ 脉动压力增压系统	
阀动作	☐ 凸轮控制	☐ 电控			

① 影响最终整个发动机（如制造、更改、调整）的各方均应列出。所有从事上述工作的厂家可能需要进行 CoP 评估。
② DA =设计认可，TT =型式认可， CoP =生产合格评定。更多信息请见本表末“定义”栏。
③ 仅当 TA 延期时。

燃料喷射	☐ 直喷 ☐ 非直喷	☐ 凸轮控制喷射 ☐ 电控喷射

燃油类型（按 ISO 8216 标准分类）	☐ 船用渣油 cSt （50° C 时最大运动粘度） ☐ 船用馏分油 DMA, DMB, DMC ☐ 船用馏分油 DMX ☐ 低闪点液体燃料（注明燃料类型） ☐ 气体（注明气体类型） ☐ 其他（请注明） ☐ 双燃料（请注明同时使用的燃料组合）

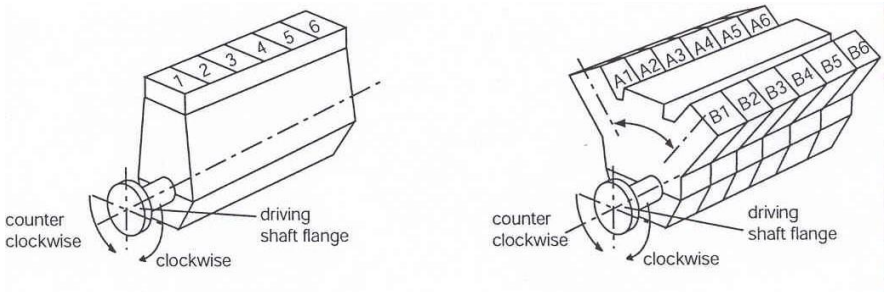
3b.性能参数 （相对于：大气压 1000mbar，空气温度 45° C，相对湿度 60%，海水温度 32° C）	
模型参考号（如适用）	
最大连续功率	kW/cyl
额定转速	1/min
平均指示压力	MPa
平均有效压力	MPa
最大发火压力	MPa
增压空气压力	MPa
压缩比	-
平均活塞运动速度	m/s

3c.曲轴				
设计	☐整体式	☐ 半组合式	☐ 组合式	
加工方式	☐铸造	☐ 锻造		
		☐ 扁坯锻造	☐ 认可的模锻	☐ 连续晶粒流锻造

注明已认可的锻造厂名称:	
曲轴是否采用认可的工艺进行硬化（含曲柄销和主轴颈圆角） 如是，注明工艺过程:	☐是 ☐否
曲轴材料牌号： U.T.S. (N/mm^2)： 硬度值（布氏/维氏）：	屈服强度(N/mm^2)： 延伸率(%)：

尺寸数据	
如曲柄臂有收缩，请注明允许的收缩量(mm)	曲柄臂材料的屈服强度(N/mm^2)
连杆重心至大端中心距离(mm)	连杆回转半径(mm)
每曲柄臂质量(kg)	曲柄臂重心至主轴颈轴线距离 (mm)
每平衡重质量 (kg)	每个平衡重重心至主轴颈轴线距离 (mm)
主轴承轴向长度 (mm)	主轴承工作间隙(mm)
驱动端飞轮质量(kg)	另一端飞轮质量(kg)
曲柄销名义交变扭转应力 (N/mm^2)	主轴颈名义交变扭转应力 (N/mm^2)
中心间距（总长度） (mm)	

3d.发火顺序



按上图从左至右注明气缸号

气缸数	顺时针发火顺序	逆时针发火顺序

4.柴油机辅助系统

4a.增压器 □固定 □ 非固定

:增压器滑油供应通过： □ 柴油机滑油系统 □ 增压器内滑油系统

气缸数	辅助风机数	增压空冷器数	增压器数	增压器制造厂&型号	增压器型式认可证书号.
				/ / / / / /	

4b.调速器

柴油机用途（主推进/辅助/应急）	制造厂/型号	操作模式	型式认可证书号（如为电子/电控调速器）
	/ / /		

4c.超速保护

是否有独立超速保护装置□有 □无 操作模式:

如电子型，注明制造商/型号 / 型式认可证书号：.

4d.电子系统

柴油机控制和管理系统

注：如型式试验时采用不同的柴油机控制系统，请在备注栏里注明

硬件：制造商/型号 / 型式认可证书号.

软件：名称/版本 / 软件符合性证书号.

其他电子系统 1: 系统功能:

制造商&型号: / 制造商&型号 型式认可证书号

其他电子系统 2: 系统功能:

制造商&型号: / 制造商&型号 型式认可证书号.

其他电子系统 3: 系统功能:

制造商&型号 e: / 型式认可证书号.

4e.起动系统

型号:

4f. 安全装置/功能

起动空气系统是否安装阻火器或爆破片 在每个起动阀前 □是 □否

在起动空气总管 □是 □否

是否有曲柄箱安全阀 □是 □否 制造商/型号: /

型式认可证书号

气缸数	曲柄箱总容积（含附件）(m^3)	安全阀型号&规格(mm)	每个安全阀的泄放面积 (mm^2)	安全阀数量
		/ / / /		

曲柄箱潜在爆炸状态的探测方法:

□油雾探测器: 制造商/型号: / 型式认可证书号

□替代方案: □曲柄箱压力监测 □轴承温度监测 □ 其他:

(注明应用的所有方法) □油飞溅温度监测 □ 再循环布置

是否有气缸过压报警装置 □是 □否

型号: 开启压力(bar):

4g.附带的辅助设备（注明应用的所有设备）

机带泵:

□ 主滑油泵 □ 海水冷却水泵 □ 低温淡水冷却泵

□ 高温淡水冷却泵 □ 燃油增压泵 □ 液压油泵 □其他( )

柴油附带电机驱动泵:

□ 滑油泵 □ 淡水冷却水泵 □ 燃油增压泵

□ 液压油泵 □ 其他 ( )

机带冷却器或加热器:机带

□ 滑油冷却器 □ 滑油加热器 □ 燃油阀冷却器

□ 液压油冷却器 □ 冷却淡水冷却器

机带滤器:			
滑油滤器	☐ 单台	☐ 并联	☐ 自动
燃油滤器	☐ 单台	☐ 并联	☐ 自动

5.倾斜限值 （柴油机在以下限值条件下安全运行）	横向		纵向	
	静态	动态	静态	动态
主推进&辅助机械	☐ 15.0°	☐ 22.5°	☐ 5.0°	☐ 7.5°
应急机械	☐ 22.5°	☐ 22.5°	☐ 10.0°	☐ 10.0°
液化气体和液体化学品船用应急机械	☐ 30.0°	☐ 30.0°		

6.主推进柴油的应急操作	
一台辅助风机故障，柴油机可以在部分负荷下起动和运行	☐ 是 ☐ 否
一台增压器故障，柴油机可持续运行	☐ 是 ☐ 否

7. 参考：申请需要的其他信息	
文件名/编号	文件内容的简要说明

8. 备注:

编制: 签名:

公司:

职务: 盖章:

日期:

定义:

（1） **设计认可**：对所有设计相关的方案、计算和文件进行评估，以确定其符合船级社技术要求。这其中包括对整台柴油机安全运行必须的所有相关辅助设备和系统的要求。设计认可在型式认可证书附件中予以记录。

（2） **型式试验**：整台柴油机按适用的柴油机型式认可试验程序要求完成全部试验并合格（见本章附录4），型式认可试验仅适用于系列机型的首台机。所有柴油机应按本章附录6的要求完成工厂试验和船上试验。

（3） **设计认可证书**：设计认可和型式试验圆满完成后，可签发设计评估证书。

（4） **生产合格评定**：是指对制造厂的质量保证体系、生产设备和工艺、试验设备进行评定，以确认制造厂有能力持续生产符合已批准和经型式试验认可的柴油机机

（5） **型式认可证书**：柴油机圆满完成设计认可、型式试验和生产合格评定后签发型式认可证书。型式认可证书涵盖设计认可、型式试验和生产合格评定的结果。

（6） **完整的柴油机**应包括控制系统、辅助系统和其他规范要求的设备（为保证柴油机安全运行），包括允许使用不同类型燃料的系统。依确定下列零部件是否需要与柴油机一起进行试验的部件/系统范围取决于柴油机设计、控制系统和所用燃料，可能包括但不限于如下部件/系统：：

① 增压器
② 曲轴箱安全阀
③ 油雾探测和报警装置
④ 管系
⑤ 电子监测和控制系统-软件和硬件
⑥ 燃油管理系统（如安装双燃料系统）
⑦ 机带泵
⑧ 柴油机上安装滤器

（7） **燃料类型**：燃料类型会影响设计认可适用要求和型式试验范围，因此应在申请表上注明柴油机设计使用的燃油类型。如柴油机采用双燃料模式，应标明燃料组合细节，即天然气+DMA、天然气+船用渣油，并在本申请表3a的燃油类型一栏里注明每种燃料的详细信息。

附件 4-专利方和许可证持有者图纸差异对照表

许可证持有者:_____ 专利者:_____

许可持有者柴油机编号:_____ 柴油机机型:_____

序号	部件或系统	专利者			许可证持有者		许可证持有者是否对设计进行了修改?		如是，标示如下信息	
		图号&标题	修改号	船级社批准或审核日期	图号	修改号	是	否	得到专利者批准的证明	专利持有者图纸批准或审核的日期
1										
2										
3										
4										
5										
6										
7										
8										
9 ...										

本人证明以上信息正确/准确

主管人（许可证持有者）:_____ _____

打印名字 签名

日期:_____

附件 5 专利方接受许可证持有者设计修改的确认函模板

<table>
<tr><td colspan="5">柴油机许可证持有者对专利方设计提出的替代方案</td></tr>
<tr><td colspan="5">许可证持有者信息</td></tr>
<tr><td>许可证持有者:</td><td colspan="2"></td><td>参考号:</td><td></td></tr>
<tr><td>描述:</td><td colspan="2"></td><td>信息号:</td><td></td></tr>
<tr><td>柴油机机型:</td><td colspan="2"></td><td>主管部门:</td><td></td></tr>
<tr><td>柴油机编号:</td><td colspan="2"></td><td>生产厂地 Id.:</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">设计说明书: ☐通用 ☐专门: _____</td></tr>
<tr><td>专利方设计:</td><td colspan="2">注明相关部件或图纸编号，插入剪切图纸或图片，添加任何相关信息</td><td colspan="2">许可证持有者提出的设计修改替代方案</td></tr>
<tr><td colspan="3"></td><td colspan="2">如:
- 几何差异
- 功能差异
- 材料
- 硬度
- 表面条件
- 替代标准
- 图纸上许可证持有者生产信息
- 焊接件或铸造件
- 等等。</td></tr>
<tr><td>原因:
☐ 许可证持有者生产原因
☐供应商生产原因
☐降低成本
☐ 工具</td><td>与专利方设计的互换性
☐ 是 ☐ 否</td><td colspan="2">非一致性报告
研究、评价和评估
☐ NCR ☐ RAE</td><td>许可证持有者签发:
编制:
日期:</td></tr>
<tr><td colspan="5">专利方意见</td></tr>
<tr><td>LoAE:
☐接受作为替代(专利方担责)
☐无异议(专利持有者担责)
☐不接受</td><td colspan="2">NCR:
☐批准
☐有条件地批准
☐驳回</td><td colspan="2">设计方签发:
编制:
日期:</td></tr>
<tr><td>专利方参考号:</td><td colspan="3"></td><td>日期:</td></tr>
<tr><td>许可证持有者参考</td><td colspan="3"></td><td>日期:</td></tr>
</table>

文件结束

附录 6　柴油机工厂接受试验和船上试验

1　一般规定

1.1 试验安全

1.1.1 进行任何试验之前，制造厂/船厂应提供用于保障现场人员安全的所有相关设备，这些设备应能够操作。

1.1.2 尤其注意曲轴箱爆炸保护、超速保护以及其他任何停机保护功能有关的安全。

1.1.3 超速保护装置的设定值应不高于型式试验期间验证的超速值，超速设定点应经验船师验证。

1.2 一般要求

1.2.1 任何正式试验之前，柴油机应按制造厂的规定进行磨合运行。

1.2.2　负荷试验需要的所有试验设备应准备齐全。试验时使用的燃料、滑油、冷却水等所有流体物质（包括临时使用或试验反复使用），应适合其拟定用途（例如干净、预热（如需要）、不会对发动机零部件造成损害）。

1.2.3 试验包括工厂接受试验和船上试验（系泊和航行试验）两部分。

1.2.4 柴油机应进行如下检查：

（1）高压燃油管护套，包括燃油泄漏探测系统；

（2）含易燃液体管路接头的屏蔽设施；

（3）热表面绝热，柴油机以额定功率运行时，随机读取热表面温度数据，并与型式试验时获得的相应数据进行比较，可采用接触式温度计进行测量。如型式认可试验后热表面绝热进行了更改，则可要求制造厂按本章附录 4 的规定进行温度测量。

1.2.5　1.2.4 规定的检查一般安排在工厂试验期间进行，经 CCS 批准，部分检查可以推迟到船上试验时进行。

2 工厂接受试验

2.1 试验目的

2.1.1 工厂试验的目的是验证设计条件（如功率、防火安全、批准的工作参数限值等）和功能，并为以后的营运建立参考值或参考基线。

2.2 记录

2.2.1 试验时应记录如下环境试验条件：

（1）大气温度；

（2）大气压；

（3）大气湿度。

2.2.2 每个要求的负荷点，一般应记录如下参数：

（1）功率和转速；

（2）燃料指标（或等效读数）；

（3）最大燃烧压力（如安装的气缸盖适合测量）；

（4）涡轮前排气温度和各缸排气温度（按本章 9.6.2 的监测要求）；

（5）增压空气温度；

（6）增压空气压力；

（7）涡轮增压器转速（按本章 9.6.2 的监测要求）。

2.2.3 仪器仪表的校准记录应提交现场验船师审核。

2.2.4 柴油机进行试验的各个阶段，制造厂应测量并记录相关的操作值，并将所有的试验结果填入验收文件。

2.2.5 各负荷点进行的所有数据测量均应在稳定状态下进行，并留有足够的时间供验船师进行检查。100%功率(额定转速下的额定功率)工况下的读数，应至少以 30min 的时间间隔测量两次。

2.3 试验负荷

2.3.1 各种用途柴油机的试验负荷要求见 2.3.2-2.3.6。

2.3.2 仅驱动螺旋桨或叶轮（喷水推进用）的推进柴油机：

（1）额定转速 n_0，100%功率(额定功率)：达到稳态运转后至少持续 60min；

（2）转速 1.032n_0，110%功率：15min 或达到稳态运转后（取时间短者）开始记录；

注：仅要求对每个不同柴油机/增压器配置进行一次该试验。

（3）批准的间歇超负荷（如适用）：双方协商确定试验持续时间；

（4）按螺旋桨名义特性曲线，90%(或正常持续巡航功率)、75%、50%和 25%功率工况，试验负荷顺序可由制造厂安排；

（5）换向操纵；

注：试验台上运转后，供油系统应进行锁定，防止营运时发生超负荷；如柴油机为间歇负荷运行，则供油系统应锁定在 CCS 批准的功率。

2.3.3 驱动电力推进用发电机的柴油机：

（1）额定转速 n_0，100%功率(额定功率)：达到稳定运转状态后至少持续 60min；

（2）额定转速 n_0，110%功率：达到稳定状态后持续 15min；

（3）调速器试验（满足本章 9.7.8、9.7.10 的要求）；

（4）75%、50%、25%功率及空载工况试验，试验负荷顺序可由制造厂安排；

注：试验台上运转后，驱动发电机的柴油机燃油供给系统应进行调整，保证柴油机装船后能够在瞬态时发出 110%额定功 率，瞬态超负荷能力是为了保证 100%功率运行的柴油机，能够实现瞬态调速性能，另外还能保证电力分配系统的保护系统能够在柴油机停车前动作。

2.3.4 驱动辅助用途发电机的柴油机：

试验应按照 2.3.3 的要求进行。

2.3.5 驱动 PTO 发电机的推进用柴油机

（1）额定转速 n_0，100%功率(额定功率)：达到稳态运转后至少持续 60min；

（2）额定转速 n_0，110%功率：达到稳定状态后持续 15min；

（3）批准的间歇超负荷（如适用）：双方协商确定试验持续时间；

（4）90%(或正常持续巡航功率)、75%、50%和 25%功率工况，按螺旋桨名义特性曲线或者恒定额定转速 n_0，试验负荷顺序可由制造厂安排；

注：试验台上运转后，驱动发电机的柴油机燃油供给系统应进行调整，保证柴油机装船后能够在瞬态调整时发出超负荷功率（110%额定功率或者至少是柴油机额定功率加上 10%PTO 功率），瞬态超负荷能力是为了保证下游系统的电力保护能够在柴油机停车前动作。

2.3.6 驱动辅助机械的柴油机

（1）额定转速 n_0，100%功率(额定功率)：达到稳态运转后至少持续 30min；

（2）额定转速 n_0，110%功率：达到稳定状态后持续 15min；

（3）批准的间歇超负荷（如适用）：双方协商确定试验持续时间；

（4）对于变转速柴油机，75%、50%和 25%功率工况，按名义功率消耗曲线，试验负荷顺序可由制造厂安排；

注：试验台上运转后，主机供油系统应进行锁定，防止营运时发生超负荷，如柴油机为间歇负荷运行，则供油系统应锁定在 CCS 批准的功率。

2.4 增压器与柴油机匹配

2.4.1 涡轮增压器的压缩机特性应保证柴油机在各种运行条件及延长期后运行都不会发生喘振。非正常

运行条件下（但允许发生，如熄火、功率突降），不会发生持续喘振。

注：喘振和持续喘振定义如下：

① 喘振系指柴油机扫气区发出高声调刺耳声音或类似爆炸噪声的现象；

② 连续喘振系指喘振反复出现，而不是只出现一次。

2.4.2 用于推进柴油机上的 C 级涡轮增压器，工厂试验期间应按如下规定验证喘振裕量。如在此之前已对相同配置柴油机和增压器（包括相同的喷嘴环）进行过试验，则本试验可以免除。

四冲程柴油机应进行如下试验，试验期间无喘振现象：

- 额定转速下额定功率运行，转速降至 90%功率对应的转速（扭矩恒定）；
- 80%额定转速下 50%额定功率运行（定距桨推进特性），转速降至 72%额定转速（扭矩恒定）。

二冲程柴油机至少应采用以下三种方法之一验证喘振裕量：

（1） 工厂试验时建立的柴油机工作特性应标绘在涡轮增压器压缩机型谱图中，柴油机整个负荷区间内至少有 10%的喘振裕量，也就是说，空气流量应比喘振线上对应的理论质量流量高 10%以上（无压力波动）。

（2） 突然切断至少一缸不应导致持续喘振，且增压器应能在 20 秒内稳定在新的负荷点。对于柴油机配多个增压器的情况，应切断最靠近每个增压器上游的气缸。试验应在以下两个不同柴油机负荷进行：

- 单缸熄火允许的最大功率；
- 约 0.6bar 增压空气压力对应的柴油机功率（辅助风机不运行）。

（3） 柴油机功率从 100%额定功率突然降至 50%时，无持续喘振发生，且增压器应在 20s 内稳定在新的负荷点。

2.5 整合试验

2.5.1 电控柴油机应通过整合试验，验证各种工作模式下整个机械、液压、电子系统的反应与预计的一致，作为一个系统的试验均应在工厂进行。如工厂进行该类试验技术上不可行，可以安排在试航时进行。试验内容应根据故障模式与影响分析(FMEA)确定，并征得 CCS 同意。

2.6 部件检查

2.6.1 在试验结束后，进行随机抽查部件的范围应征得验船师同意。

3 船 上 试 验

3.1 试验目的

3.1.1 船上试验的目的是验证功率传递与驱动设备、控制系统和必要的辅助系统之间的兼容性，柴油机控制系统与船舶控制系统的整合以及工厂接受试验没有进行的其他项目。

3.2 起动容量

3.2.1 柴油机应进行起动试验，验证起动介质的容量能够满足要求的起动次数。

3.3 监测和报警

3.3.1 除了工厂接受试验期间已经验证的项目外，柴油机监测和报警系统应进行全面检查。

3.4 试验负荷

3.4.1 不同用途柴油机的试验负荷见 3.4.3-3.4.7 的规定。此外，根据柴油机用途、营运经验或其他原因，可扩大试验范围。

3.4.2 柴油机对拟使用燃料的适应性应进行验证。

注：除 3.4.3-3.4.7 规定的负荷试验要求外，法规可能会有另外的试验要求，如 EEDI 验证试验。

3.4.3　驱动定螺距螺旋桨或叶轮的推进柴油机：

（1）额定转速 n_0：至少 4h；

（2）1.032n_0 下(如柴油机允许调整，见本附录 2.3.2)：30min；

（3）批准的间歇超负荷（如适用）：运行时间由双方协商确定；

（4）确定柴油机最小转速；

（5）可逆转柴油机换向操纵能力验证；

注：在 MSC.137（76）决议规定的停船试验期间，进行 3.5.1 规定的附加试验。

3.4.4 驱动调距桨的推进柴油机：

（1）额定转速 n_0，额定功率（调整螺距达到，如无法达到 100%额定功率，应调至所能达到的最大功率）：至少 4h；

（2）批准的间歇超负荷（如适用）：运行时间由双方协商确定；

（3）倒车螺距操作，进行 3.5.1 规定的附加试验。

3.4.5　驱动电力推进和/或主电力供应用发电机的柴油机

（1）100%功率(发电机额定电功率)：至少 60min；

（2）110%功率(发电机额定电功率)：10min；

注：每台柴油机都应进行至少 60min 的 100%额定电功率和至少 10min 的 110%额定电功率运行试验，如可能，该试验可安排在电力推进装置试验期间进行（要求进行 100%推进功率试验（推进用电马达总容量）），试验时把负荷分配给尽可能少的发电机，试验持续时间应足以让所有的旋转设备达到稳定的工作温度，或者至少运行 4h。如推进系统试验期间，时间不足以进行所有的发电机组试验，则没有完成试验的机组单独安排试验。

（3）验证发电机原动机和调速器处理阶梯负荷的能力（见本章 9.7.10 要求）。

3.4.6 驱动 PTO 发电机的推进柴油机

（1）额定转速 n_0，100%功率(柴油机额定功率)：至少 4h；

（2）额定转速 n_0，100%螺旋桨分支功率：2h；

注：如已包含在上述（1）试验内，则本试验可免除。

（3）额定转速 n_0，100%PTO 分支功率：至少 1h；

3.4.7 驱动辅助机械的柴油机

（1）额定转速 n_0，100%功率（额定功率）：至少 30min；

（2）批准的间歇超负荷：按批准的试验时间。

3.5 扭振

3.5.1 如设有转速禁区，则应验证加速、减速、反转（停船试验期间）情况下可顺利通过该转速禁区，通过的时间应记录，并小于或等于批准图纸资料中规定的值（如有时）。

注：该要求适用于手动和自动通过系统。

验证试验期间应记录船舶船舶船舶吃水和速度，如驱动可调桨，还应记录螺距。

应检查柴油机在转速禁区上下边界均能稳定运行（通过燃油指标稳定判断），燃油指标稳定系指波动范围小于有效行程（怠速-满负荷）的 5%。

附录 8　曲轴箱油雾探测及报警装置型式试验程序[①]

4　试验设备

4.1　进行曲轴箱油雾探测及报警装置型式试验的试验机构应满足以下条件：

（3）进行功能验证时，试验机构应充分考虑油雾相关的可能危险，并采取足够的预防措施。如采用其他应用领域使用的低毒性和低危险油进行试验，应能证明该油品的特性与本附录规定的 SAE 矿物油相似。

6　功能试验

6.3　油雾探测器监测布置应能探测如下范围的油雾浓度：

- ~~0～10%爆炸下限(LEL)~~
- = 0～*x*%，x%是制造厂根据传感器测量方法（如遮蔽或光散射方法）确定的油雾浓度值，该浓度值考虑了 6.4 规定的油雾浓度报警值，并征得船级社同意。~~对应于不小于两倍最大油雾浓度报警设定值的一个百分比)~~

注：LEL 相当于油雾浓度大约为 50mg/l(质量浓度 4.1%)。

6.6 油雾浓度探测器的性能（mg/l）应进行验证，至少包括如下性能：

（1）测量范围；

（2）分辨率；

（3）敏感度。

注：

敏感度：系指测量系统显示变化与测量数量值的相应变化之比。

分辨率：系指显示设施能够观察到的最小测量数量变化。

6.7 如通过管路把油雾抽进探测器，应根据制造商推荐的最长、最短管路，确定采样油雾离开曲轴箱到报警动作之间的时间延迟。管路应按照制造商的说明或建议进行布置。管路布置应能防止凝结油积聚，从而导致采样管堵塞。

6.8 ~~对于和曲轴箱内空气接触，可能暴露于柴油机润滑油飞溅的探测装置，~~应验证柴油机滑油持续飞溅和喷射的情况下（如曲轴箱存在这种情况），探测装置的开口不会被遮蔽或堵塞。试验应根据制造厂推荐布置进行，并征得船级社同意。制造厂应能说明所使用滑油量、温度、角度的影响，并提供相关选择方案的依据。

6.10 如探测系统使用透镜确定油雾水平，则应验证透镜脏污到一定程度，从而影响探测信息及报警指示的可靠性时应能给予指示。

8　试验方法

8.1.1.1　试验开始前，试验容器内及周围的空气温度应保持在 CCS《电气电子设备型式认可试验指南》规定的标准环境条件。

8.1.1.2 应选择 SAE 40~~80~~号单级粘度矿物油或其他类似产品，并用合适的装置产生油雾后供给容积试验容器。试验用油的选择应考虑对健康和安全产生的危害，并采取适当的控制措施。可选择低毒性、低可燃性但粘度相似的油作为替代。产生的油雾平均（或算术平均）液滴粒度不超过 5μm。液滴粒度应采用相关国际/国家标准规定的沉积法或等效方法进行检查。如采用沉积法，试验容器最小高度应不低于 1m，容积不小于 $1m^3$。

注：采用沉淀方法计算得到的液滴粒度代表了平均液滴粒度。

[①] 本附录中 6.7、6.8 的要求将在 2008 年 1 月 1 日开始实施。

8.1.1.3 油雾浓度应采用比重测量的方法或其他等效方法来确定。如采用等效方法，其等效性应进行验证。

注：对于本试验，比重测量法系通过测量网孔 0.8μm 的薄膜过滤器过滤 1 升油雾前后的重量差，来确定油雾浓度。油雾试验容器应安装循环风机。

8.1.2 如申请 CCS 进行型式认可，则验船师或 CCS 授权人员应见证试验。

9 评估

9.1.2 应记录探测装置的详细资料，如制造厂名、类型标识、油雾浓度测量能力及报警设置、透镜脏污程度最大百分比。

11 报告

11.1.3 试验结果，包括一份油雾浓度探测器性能声明，说明其产品的探测性能、油雾浓度精确度及准确度、范围、分辨率、反应时间、敏感度、探测传感器脏污程度百分比（0%代表完全干净，100%代表完全脏污）、探测器故障报警。

~~附录 9　批量生产柴油机的检验程序~~

整个附录删除。

~~附录 10　批量生产废气涡轮增压器的检验程序~~

整个附录删除。

第 10 章　齿轮传动装置[①]

附录 1　齿轮强度评定

1.1.1 本附录适用于船舶和移动平台传递最大持续功率大于等于 ~~100~~220kW 的主推进机械和 110kW 重要~~发电机用~~辅机的封闭式减速齿轮传动装置[②]。

1.1.2　本附录适用于平行轴渐开线直齿和斜齿圆柱齿轮以及当量圆柱齿轮端面重合度 ε_{va}≤2 的锥齿轮的强度评定。

1.3.2.4　当量圆柱齿轮法截面的几何参数按下列公式计算：

(1)　齿数 z_{vn}：

$$z_{vn1}=\frac{z_{v1}}{\cos^2\beta_{vb}\cos\beta_m}$$

$$z_{vn2}=u_v z_{vn1}$$

(2)　分度圆直径 d_{vn}：

$$d_{vn1}=\frac{d_{v1}}{\cos^2\beta_{vb}}=z_{vn1}m_{mn}$$

$$d_{vn2}=u_v d_{vn1}=z_{vn2}m_{mn}$$

(3)　中心距 a_{vn}：

$$a_{vn}=\frac{d_{vn1}+d_{vn2}}{2}$$

(4)　顶圆直径 d_{van}：

~~$d_{van1,2}=d_{vn1,2}+d_{va1,2}-d_{v1,2}=d_{vn1,2}+2h_{am1,2}$~~

$d_{van1,2}=d_{vn1,2}+d_{va1,2}-d_{v1,2}=d_{vn1,2}+2h_{am1,2}$

(5)　基圆直径 d_{vbn}：

$$d_{vbn1,2}=d_{vn1,2}\cos\alpha_n=z_{vn1,2}m_{mn}\cos\alpha_n$$

(6)　重合度 $\varepsilon_{v\alpha n}$：

$$\varepsilon_{v\alpha n}=\frac{\varepsilon_{v\alpha}}{\cos^2\beta_{vb}}$$

2.11.4　对有限航区船用齿轮箱，~~*ZBNB*~~ Z_N 可适当提高。一般可按图 2.11.4 选取。

2.12.4　速度系数 ~~*ZV*~~Z_V 应按下列公式计算：

---

① 自 2015 年 1 月 1 日起，船用齿轮的批准及第 1 次换证的型式认可应统一实施本附录要求。对于 2015 年 1 月 1 日之前批准的船用齿轮，在无事故发生，且齿轮啮合的设计与尺寸、材料与负载能力没有发生变化的情况下，可以免除本附录要求。

② 自 2017 年 1 月 1 日起，船用齿轮的批准及第 1 次换证的型式认可应统一实施本附录要求。对于 2017 年 1 月 1 日之前批准的船用齿轮，在无事故发生，且齿轮啮合的设计与尺寸、材料与负载能力没有发生变化的情况下，可以免除本附录要求。

$$Z_V = C_{ZV} + \frac{2(1.0 - C_{ZV})}{\sqrt{0.8 + 32/V}}$$

式中：C_{ZV}——系数：

当 850N/mm^2≤$\sigma_{H\lim}$≤1200N/mm^2 时，

$$C_{ZV}=C_{ZL}+0.02$$

当 $\sigma_{H\lim}$＜850N/mm^2 时，取 C_{ZV}= 0.85；

当 $\sigma_{H\lim}$＞1200N/mm^2 时，取 C_{ZV}= 0.93。

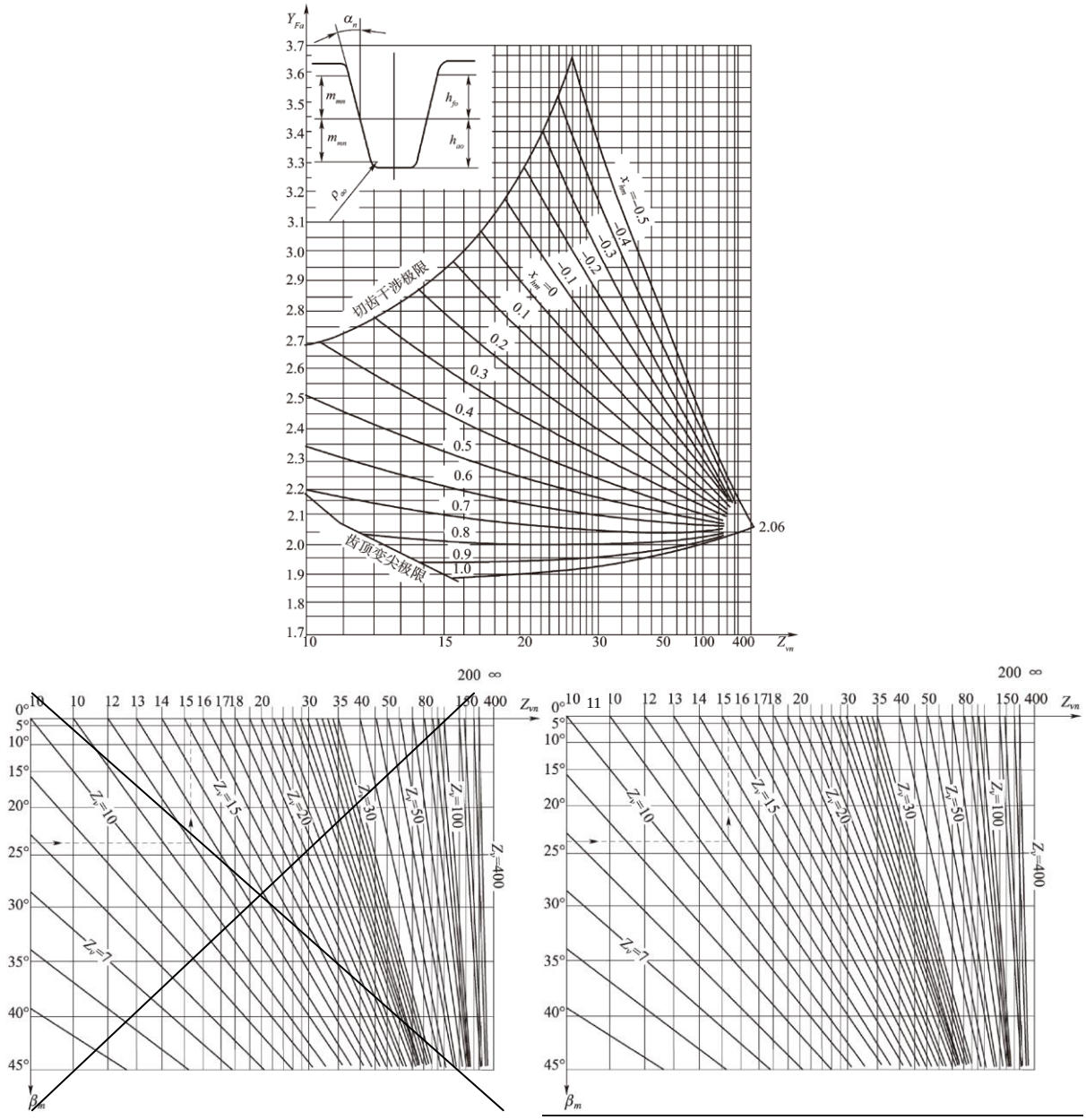


图 3. 3. 4. 4　展成齿轮的齿形系数

弯曲应力尺寸系数 Y_X　　表 3.14.3

Y_X	m_n	状况
1.00	$m_n \leqslant 5$	一般
$1.03-0.06m_n$	$5 < m_n < 30$	非表面硬化钢
0.85	~~*mn*~~ $m_n \geqslant 30$	
$1.05-0.01m_n$	$5 < m_n < 25$	表面硬化钢
0.80	$m_n \geqslant 25$	

3.17.1　齿根弯曲应力安全系数 ~~*SF*~~S_F 应满足下列要求：

主推进齿轮装置：$S_F \geqslant 1.55$；

辅机齿轮装置：$S_F \geqslant 1.40$。

第 11 章　轴系与螺旋桨

第 2 节　轴　系

11.2.2.1　轴的直径 d 应不小于按下式计算的值：

$$d = FC\sqrt[3]{\frac{N_e}{n_e}\left(\frac{560}{R_m+160}\right)} \quad \text{mm}$$

式中：F ——推进装置型式系数；

F=95，对于涡轮推进装置、具有滑动型联轴节的柴油机推进装置和电力推进装置的中间轴；

F=100，对于所有其他型式的柴油机推进装置和所有螺旋桨轴；

C ——不同轴的设计特性系数(具体数值见表 11.2.2.1)；

N_e ——轴传递的额定功率(齿轮箱和轴承的损失可不计)， kW；

n_e ——轴传递 N_e 的额定转速， r/min；

R_m ——轴材料的抗拉强度，对于中间轴，当中间轴采用碳钢和锰钢时，如 R_m＞760N/mm^2 时，取 760N/mm^2；当中间轴采用合金钢时，如 R_m＞800N/mm^2 时，取 800N/mm^2。当中间轴的合金钢材料认可满足扭转疲劳试验[①]、纯净度[②]和检测相关要求时，轴材料的抗拉强度取值可大于 800N/mm^2，但应小于 950N/mm^2。对于此类合金钢材料纯净度应满足《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章 5.1.1.1、5.3.2.1、5.3.2.3、5.3.4.5 要求；检测应满足《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章 5.1.6 要求。(注：当中间轴合金钢材料认可满足特别要求时，轴材料抗拉强度的取值要求适用于 2017 年 1 月 1 日及以后签订建造合同的船舶)。对于螺旋桨轴和尾管轴，如 R_m＞600N/mm^2 时，取 600N/mm^2。

[①] 扭转疲劳试验应满足《锻钢件检验指南》5.4.5 要求。

[②] 纯净度应满足《锻钢件检验指南》5.4.5 条要求。

第 12 章　轴系振动与校中

第 2 节　扭转振动

12.2.3.3　推力轴、中间轴、螺旋桨轴和尾管轴的扭振许用应力应不超过按下式计算所得之值：

持续运转(0< r＜0.9)：

$$[\tau_c] = \pm C_W C_K C_D (3-2r^2) \quad \text{N/mm}^2;$$

(0.9≤r≤1.05)：

$$[\tau_c] = \pm 1.38 C_W C_K C_D \quad \text{N/mm}^2;$$

瞬时运转(0< r≤0.8)：

$$[\tau_t] = 1.7 [\tau_c] / \sqrt{C_K} \quad \text{N/mm}^2;$$

式中：C_W ——材料系数：$C_W = (R_m + 160)/18$；

R_m ——轴材料的抗拉强度，当中间轴采用碳钢和锰钢时，如 R_m ＞600N/mm^2 时，取 600N/mm^2；当中间轴采用合金钢时，如 R_m 大于 800N/mm^2 时，取 800N/mm^2。当中间轴的合金钢材料认可满足扭转疲劳试验[①]、纯净度[②]和检测相关要求时，轴材料的抗拉强度取值可大于 800N/mm^2，但应小于 950N/mm^2。对于此类合金钢材料纯净度应满足《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章 5.1.1.1、5.3.2.1、5.3.2.3、5.3.4.5 要求；检测应满足《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章 5.1.6 要求。（注：当中间轴合金钢材料认可满足特别要求时，轴材料抗拉强度的取值要求适用于 2017 年 1 月 1 日及以后签订建造合同的船舶）。对螺旋桨轴和尾管轴，如 R_m 大于 600N/mm^2 时，取 600N/mm^2。

[①] 扭转疲劳试验应满足《锻钢件检验指南》5.4.5 要求。

[②] 纯净度应满足《锻钢件检验指南》5.4.5 条要求。

第 13 章　操舵装置与锚机装置

第 1 节　操舵装置

13.1.5.9　操舵装置应有保持舵位~~不动的制动装置~~稳定的有效措施。

第 16 章　小船与有限航区船舶轮机补充规定

第 2 节　轮机装置补充规定

16.2.3.2　对于 500 总吨以下的船舶（国际航行客船除外），可不设本篇 3.3.3.1 所要求的舱底水应急吸口。



中国船级社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

第 4 篇 电气装置

目　录

第 1 章　通　则 3
第 1 节　一般规定 3
第 2 章　船上电气装置 3
第 7 节　照明与航行灯 3
第 12 节　电　　缆 3
第 14 节　交流高压电气装置特殊要求 4
第 18 节　载运危险货物船舶附加要求 5
第 3 章　电气设备的制造与试验 11
第 2 节　旋 转 电 机 11
第 3 节　配电板与配电电器 11
第 4 章　小船与有限航区船舶的补充规定 12
第 3 节　2 类、3 类航区航行船舶 12

第1章　通　则

第 1 节　一般规定

1.1.3.1 应将下列图纸资料提交批准：

(20) 电力推进控制位置和控制站布置图~~，包括控制台面板图~~；

(24) 对于散货船，货舱、压载舱和干燥处所水位探测系统的电气系统图和总布置图~~，包括本质安全电路(如设有时)布置图~~。

第 2 章　船上电气装置

第 7 节　照明与航行灯

2.7.1.2　行李舱、邮件舱、粮食舱、冷藏舱及其他类似舱室的照明开关不应设在室内，并应在照明开关处装有接通指示灯。潮湿处所及有爆炸危险处所，其照明开关应能切断所有绝缘极。

~~行李舱、邮件舱、粮食舱、冷藏舱的照明在开关处，应装有接通指示灯。~~

第 12 节　电　缆

2.12.2.3　电缆的额定电压用 U_0/U 表示，U_0 为电缆任一导体和“地”(电缆的金属护层或周围介质)之间的电压，~~。~~U 为电缆任何两相导体之间的电压。电缆的额定电压应根据配电系统的系统额定电压和接地方式选择，~~在交流绝缘系统中，或者在交流高阻抗接地系统中(发生接地故障时电源不断开)，电缆的额定电压应~~不低于表 2.12.2.3 所列值。

交流系统电缆额定电压的选择　　表 2. 12. 2. 3

系统额定(相间)电压(kV)	电缆额定电压 U_0/U(kV)	
	I 类配电系统	II 类配电系统
≤0.25	0.15/0.25	0.15/0.25
≤1.0	0.6/1.0	0.6/1.0
≤3.0（3.3）	1.8/3.0	3.6/6.0
≤6.0（6.6）	3.6/6.0	6.0/10.0
≤10.0（11）	6.0/10.0	8.7/15.0

附注：①I 类配电系统：设有自动切断接地故障电路保护设备的系统。

②II 类配电系统：交流绝缘系统或者交流高阻抗接地系统，发生接地故障时电源不断开。

2.12.9.15　~~每个~~本质安全电路~~应具有各自的专用~~电缆~~，并~~应与非本质安全电路的电缆分开敷设(例如：

不应束聚在一起，不应放在同一罩壳或管道内，也不应用同一夹线板固定)。本质安全电路电缆的外护套应为蓝色或具有蓝色条纹标识。蓝色条纹应清晰可见。

“ia”和“ib”等级的本质安全电路不应共用同一根电缆，应具有各自的专用电缆。

第 14 节　交流高压电气装置特殊要求

2.14.2.3　高压电气设备的电气间隙和爬电距离应符合下列要求：

(1) 通常对未经型式试验的设备，其非绝缘部件间的相对相和相对地之间的电气间隙应不小于表 2.14.2.3 的规定值。

如电压为所列额定电压的中间值，则应取电压高的这一档次值。如电气间隙低于表 2.14.2.3 所列值，则应进行相应的冲击电压试验；

最小电气间隙　　表 2. 14. 2. 3

额定电压(kV)	最小电气间隙(mm)
3(3.3)	55
6(6.6)	90
10(11)	120
15	160

(2) 带电部件之间及带电部件与接地金属部件之间的爬电距离，应符合相关 IEC60092-503 出版物关于系统的额定电压、绝缘材料特性和开关及故障时产生瞬间过电压的规定。

~~有开关设备的汇流排分段上的非标准部件，最小爬电距离应至少 25mm/kV，在限流设备后 16mm/kV。~~

2.14.6.2　控制设备和配电设备组件的结构应符合下列要求：

(1) 应具有符合接受标准[①]规定的金属封闭结构或绝缘材料封闭型结构；

(2) 抽出式断路器或开关不论是在工作位置，还是断开位置上，均应有机械锁定机构。为维修之便，抽出式断路器、开关和固定安装的断路器可采用键式锁定。

在抽出式断路器处于工作位置情况下，其固定部件之间应无相对位移；

(3) 抽出式断路器和开关的固定触头，应安排成在抽出状态下，其带电触头被自动覆盖。断路器和开关的进线和出线应清晰标示，可采用标牌或者颜色区分；

(4) 应提供足够数量的接地和短路设备，以保证对电路能安全地进行维修工作；~~。~~

（5）开关设备和控制设备应具有内部电弧分级（IAC）。当开关设备和控制设备仅允许专职人员靠近时，应至少具有 A 类可触及性（参见 IEC62271-200 附录 AA 第 AA 2.2）。如果安装在非专职人员可以到达的处所，应具有 B 类可触及性。开关设备和控制设备的安装和布置位置应与其 IAC 级和外壳各面（前面、侧面和后面）等级一致。

2.14.6.4　任一控制设备和配电设备组件均应进行工频高压试验。试验程序和电压值应符合接受标准[②]的规定。

---

① 参见 IEC62271-200 出版物《交流额定电压 1kV 以上至 52kV 金属封闭开关设备和控制设备》和符合 IEC62271-201 出版物《交流额定电压 1kV 以上至 52kV 绝缘材料封闭式开关设备》。

② 参见 IEC62271-200 出版物《交流额定电压 1kV 以上至 52kV 金属封闭开关设备和控制设备》第 7 部分出厂试验或其他等效的标准。

2.14.7.1　如设备没有外壳，而是安装在构成设备“外壳”的舱室中时，则应设有仅在电源断开和设备已经接地的情况下，该舱室的门方可打开的联锁措施。

在安装高压设备处所的入口，应设有一适当的标志牌，以指明高压危险。安装在上述处所以外的高压设备也应设有类似的标志牌。

在高压设备附近应留有足够且无障碍的工作空间，以避免设备维护时潜在的严重人员伤害。配电板和舱壁/天花板之间的空隙应满足 IAC 级[①]的要求。

2.14.7.2　高压电缆的敷设应符合下列要求：

(1) 高压电缆路经居住处所时，应敷设在封闭的电缆敷设系统内；

(2) 高压电缆应与其他不同工作电压的电缆分隔开，特别是它们不应敷设在同一电缆束、或同一电缆槽、同一管道中或者同一箱(盒)中。

当不同电压等级的高压电缆安装在同一电缆托架上时，电缆间的电气间隙应不小于按 2.14.2.3(1)所要求的较高电压等级的最小值。但高压电缆不应与额定电压 1kV 及以下的电缆安装在同一电缆托架上；

(3) 通常，具有连续并有效接地的金属护套或铠装高压电缆应安放在托架上。否则，整根电缆均应安装在有效接地的金属封闭罩壳中；

(4) 高压电缆所有导体的端头应尽实际可能有效地覆盖上合适的绝缘材料，在接线盒中如导体无绝缘层，则相间和相对地之间均应用合适的绝缘材料制成的坚固隔板隔开。径向场类型的高电压电缆，如在绝缘中具有控制电场的导电层，应具有提供电应力控制的端头。

端头应是与电缆的绝缘和保护层材料相兼容的形式，且应将电缆的所有金属保护层(例如金属带、金属丝等)接地；

(5) 高压电缆应具有合适的标志，以便识别；

(6) 对新的高压电缆装置，或在已有的装置上加装高压电缆，投入运行前，对每一完工的电缆和其附件应在绝缘电阻试验之后进行耐电压试验，~~试验方法可按 CCS 接受的标准[②]或下面的方法进行：~~

~~①当进行直流电压耐压试验时，电压应不小于：~~

~~电缆额定电压(U_0)为 3.6kV 及以下：1.6(2.5U_0+2kV)~~

~~电缆额定电压(U_0)大于 3.6kV：4.2U_0~~

~~式中 U_0 是导体和地或金属屏蔽间电缆设计的额定电压。试验电压应保持至少 15min。~~在试验完毕后导体应连接至地一段足够时间，以便清除任何聚集的电荷。然后重复绝缘电阻试验。耐电压试验可按下面的方法进行：

~~②当进行交流电压耐压试验时，电压应不小于电缆的正常工作电压，并应保持至少 24h。~~

① 额定电压大于 1.8/3kV（U_m[②]=3.6kV）的电缆可按高压电缆制造商建议的试验方法或下面的方法进行交流电压耐压试验：在导体和金属屏蔽/护套之间施加 5min 的系统相间电压或者施加 24h 的系统额定电压；作为交流电压耐压试验的替代方案，应施加 4 U_0 的直流电压持续 15min；

② 额定电压为 1.8/3kV（U_m=3.6kV）及以下的电缆应按下面的方法进行直流电压耐压试验：施加 4 U_0 的直流电压持续 15min。

第 18 节　载运危险货物船舶附加要求

2.18.1　一般要求

① 参见 IEC62271-200 出版物《交流额定电压 1kV 以上至 52kV 金属封闭开关设备和控制设备》第 6.2.5。

② ~~参见 IEC60502 出版物《额定电压 1kV 至 30kV 挤出型绝缘和附件的电力电缆》或其他等效的标准。~~U_m 是设备可承受的“最高系统电压”的最大值。最高系统电压是在正常运行条件下，在系统的任何时间和任何点上出现的电压的最高值，但不包括瞬变电压，比如，由于系统的开关操作及暂态的电压波动所出现的电压值。

2.18.1.1　具有载运本节 2.18.1.2 规定危险货物装货处所的船舶上的电气装置，应符合本节规定以及本篇其他适用的规定。

2.18.1.2　按 IMO《国际海运危险品规则》(《IMDG 规则》)和《国际海运固体散货规则》(《IMSBC 规则》)的有关规定，需对电气设备采取安全措施的危险货物分为以下几类：

(1) 有包装的危险货物：

1 类　　爆炸品，但在配装组 S 中的 1.4 类爆炸品除外；

2.1 类　　压缩、液化或加压溶解的所有易燃气体；

2.3 类　　具有 2.1 类次危险性的所有有毒气体；

3.1，3.2 类　　闪点(闭杯试验)低于 23℃的所有易燃液体；

4.3 类　　遇水会散发易燃气体的液体，闪点低于 23℃；

6.1 类　　闪点(闭杯试验)低于 23℃的所有有毒物质；

8 类　　闪点(闭杯试验)低于 23℃的所有腐蚀性液体；~~。~~

9 类　　杂类危险物质，会散发易燃蒸气。

(2)　散装固体危险货物：

4.1 类　　易燃固体物质；

4.2 类　　易于自燃的物质；

4.3 类　　遇水会散发易燃气体的物质；

5.1 类　　氧化物；

9 类　　杂类危险物质，经验已经表明或可能表明按其危险性质应采用本节规定的任何其他物质；

MHB　　~~如散装运输会有危险，要求采取特殊措施的物质。~~在散装载运时可能具有化学危害的物质，但在《IMDG规则》中归入危险货物类别的物质除外。

2.18.1.3　由于载运本节规定的危险货物可能产生的危险区域可分为以下两类：

(1) 在正常工作状态下可能出现爆炸性环境[①]的区域或处所，称为危险区；

(2) 在正常工作状态下不太可能出现爆炸性环境，即使出现也仅仅是偶然的和短时间的区域或处所，称为扩大危险区。

2.18.1.4　在危险区域中仅可安装船舶安全与营运所必不可少的电气设备，所安装和使用的电气设备的防爆性能应适合于所载运货物的特性。

2.18.1.5 当载运闪点低于 23℃的可燃液体（3.1 类、3.2 类、6.1 类和 8 类）、铝熔炼/再熔炼副产品（UN3170）、经加工的铝熔炼/再熔炼副产品（MHB）、硅铁（MHB）和硅铁（UN1408）时，存放带有法兰、阀门、泵等构件的管路的围蔽处所（如管弄，舱底泵舱等）属于扩大危险区（等同于 2 区）。

2.18.2　载运本节 2.18.1.2(1)规定的有包装的 1 类爆炸品(在配装组 S 中的 1.4 类爆炸品除外)

2.18.2.1　下列区域或处所属危险区：

(1) 闭式装货处所和闭式或开式滚装装货处所；

(2) 固定安装的容器(例如：弹药箱)。

2.18.2.2　在本节 2.18.2.1 规定的危险区内，可安装符合本节 2.18.8.2 规定的电缆，以及不低于表 2.18.2.2 要求的电气设备。

可安装的电气设备　　**表 2.18.2.2**

环　境	电 气 设 备			
	类　型	防爆类别	温度组别或最高表面温度	外壳防护等级

① 爆炸性环境可能由于爆炸性气体和/或粉尘的存在而存在。

环　　境	电 气 设 备			
	类　　型	防爆类别	温度组别或 最高表面温度	外壳防护等级
爆炸性粉尘环境	一般电气设备		100℃	IP65
爆炸性气体环境	本质安全型 Ex“i”	IIA	T5	
	隔爆型 Ex“d”	IIA		
	增安型 Ex“e”(仅适用于照明灯具)	II		
爆炸性粉尘和爆炸性气体兼有的环境	本质安全型 Ex“i”	IIA	T5	IP65
	隔爆型 Ex“d”	IIA		
	增安型 Ex“e”(仅适用于照明灯具)	II		

2.18.3　载运只产生爆炸性粉尘环境的散装固体危险货物，包括 4.1、4.2、5.1、9 类和 MHB

2.18.3.1　下列区域或处所属危险区：

(1) 闭式装货处所；

(2) 危险区域的通风管道(如设有)；

(3) 有开口直接通向以上(1)或(2)所列处所的围蔽或半围蔽处所，并无防止易燃粉尘进入该处所的适当措施。

2.18.3.2　在本节 2.18.3.1 规定的危险区内，可安装符合 2.18.8.2 的规定的电缆，以及不低于下列要求的电气设备：

(1) 一般电气设备

—— 外壳防护等级　IP55 ；

—— 最高表面温度　200℃ ；或者

(2) 合格防爆电气设备

—— 外壳防护等级　IP55 ；

—— 温度组别　T3 。

2.18.3.3　如载运的危险货物要求较本节 2.18.3.2 规定更低的表面温度，则应按该货物的要求(另见本节 2.18.7)。

2.18.3.4 载运 5.1 类硝酸铵（UN1942）、硝酸铵基肥料（UN2067）、9 类硝酸铵基肥料（UN2071）和硝酸铵基化肥（无危害）时，除本质安全型设备外，危险区域内的所有电气设备应按照 2.18.8.1 的要求关断。

2.18.4　载运只产生爆炸性气体环境的货物，包括闪点低于 23℃有包装的易燃液体(~~3.1，3.2~~3.1、3.2、6.1 和 8 类)和、有包装的易燃气体(2.1 类)、散发易燃蒸气的有包装杂类危险物质（9 类）和遇水会散发易燃气体的物质（4.3 类固体）

2.18.4.1　下列区域或处所属危险区：

(1) 闭式装货处所和闭式滚装装货处所；

(2) 危险区的通风管道(如设有)；

(3) 离危险区任何排风口周围 1.5m 范围内的露天甲板区域，或者露天甲板上的半围蔽处所；

(4) 有开口直接通向以上(1)和(2)所列处所的围蔽或半围蔽处所，并无防止易燃气体进入该处所的适当措施。

2.18.4.2 下列区域或处所属扩大危险区：

(1) 以自闭式气密门(水密门可认为是气密的)与本节 2.18.4.1(1)和(2)所列危险处所分隔，并有自然通风的处所；

(2) 与本节 2.18.4.1 所列危险区相毗邻的气闸(如设有)的里面；

(3) 在 2.18.4.1(3)规定的危险区之外 1.5m 范围的露天或半围蔽处所。

2.18.4.3 在本节 2.18.4.1 和 2.18.4.2 规定的危险区域内，可安装本节 2.18.8.2 规定的电缆，以及不低于表 2.18.4.3 要求的电气设备。

可安装的电气设备 **表 2.18.4.3**

危险区类别	电气设备		
	类型	防爆类别	温度组别或最高表面温度
危险区	本质安全型 Ex“i”	IIC	T4
	隔爆型 Ex“d”	IIC	
	正压型 Ex“p”	II	
	浇封型 Ex“m”	II	
扩大危险区	以上危险区允许安装的设备	IIC 或 II	T4
	无火花型 Ex“n”	II	
	正常工作时不产生火花或电弧的设备		135℃

2.18.4.4 如所载运的货物不包括氢气、氢气混合物以及在一定条件下可能产生氢气的散装货物，则以上规定的防爆类别可为 II B。

2.18.5 只载运散装固体危险货物和 MHB

2.18.5.1 ~~如只~~载运散装固体危险货物(含能产生爆炸性气体环境的固体危险货物)和 MHB，危险区内安装的电气设备应符合表 2.18.5.1 的最低要求。~~则：~~

~~(1) 本节 2.18.4.1 所列区域或处所属危险区；~~

~~(2) 本节 2.18.4.2 所列区域或处所属扩大危险区。~~

~~2.18.5.2 在本节 2.18.5.1 规定的危险区域内，可安装的电缆和电气设备的类型应符合本节 2.18.3.2 和 2.18.4.3 的规定，以及表 2.18.5.2 所示的最低要求。~~

~~2.18.5.3 对某些 5.1 类和 9 类危险货物，应按照 2.18.8.1 的规定切断在装货处所终止的所有电路(见本节表 2.18.5.2)。~~

在危险区内使用的电气设备特性(举例) **表 2.18.5.2**

危险货物	IMO 分类	主要危险①	粉尘防爆	气体防爆	
			外壳防护等级	防爆类别	温度组别
碎铝	MHB	H_2	—	IIC	T2
硅铝铁粉	4.3	H_2	—	IIC	T2
未包覆的硅铝粉	4.3	H_2	—	IIC	T2
硝酸铵肥料					

—A 型 —B 型	5.1 9	② ②	— —	— —	— —
煤	MHB	粉尘，甲烷	IP55	IIA	T4
直接还原铁	MHB	H_2	—	IIC	T2
磷铁(无团块)	MHB	H_2	—	IIC	T1
硅铁	4.3	H_2	—	IIC	T1
废氧化铁 废海绵铁	4.2	粉尘	IP55	IIA	T2
粉尘(例如： 来自谷物)		粉尘	IP55	—	—
压榨过的含芳香 植物种子的饼	4.2	已烷	—	IIA	T3
硅锰合金	MHB	H_2	—	IIC	T1
硫	4.1	易燃	IP55	—	T4
锌渣 碎锌 废锌 锌浮渣	4.3	H_2	—	IIC	T2

注：① 这里的“危险”一词专指因危险货物和电气设备而产生的爆炸危险。

③ 应按照 2.18.5.3 的规定，切断在装货处所终止的所有电路。

在危险区内使用的电气设备特性 表 2.18.5.1

危险货物	IMO 分类	主要危险①	粉尘防爆	气体防爆	
			外壳防护等级	防爆类别	温度组别
硅铁铝粉末 UN1395	4.3	H_2	—	IIC	T2
无涂层硅铝粉 UN1398	4.3	H_2	—	IIC	T2
铝熔炼副产品或铝再熔炼副产品 UN3170	4.3	H_2	—	IIC	T2
硝酸铵 UN1942	5.1	易燃	—	本安型设备	—
硝酸铵基肥料 UN2067	5.1	易燃	—	本安型设备	—
硝酸铵基肥料 UN2071	9		—	本安型设备	—
硝酸铵基肥料（无危害）	-		—	本安型设备	—
褐煤砖	MHB	粉尘、甲烷	IP55	IIA	T4
煤	MHB	粉尘、甲烷	IP55	IIA	T4
直接还原铁（A）	MHB	H_2	—	IIC	T2
直接还原铁（B）	MHB	H_2	—	IIC	T2
直接还原铁（C）	MHB	H_2	—	IIC	T2
磷铁合金（包括砖型块）	MHB	H_2	—	IIC	T1
硅铁	MHB	H_2	—	IIC	T1
硅铁 UN1408	4.3	H_2	—	IIC	T1
废氧化铁或废海绵铁	4.2	粉尘	IP55	IIA	T2

UN1376					
含植物油种子饼 UN1386	4.2	已烷	—	IIA	T3
种子饼 UN2217	4.2	已烷	—	IIA	T3
硅锰合金	MHB	H_2	—	IIC	T1
硫磺 UN1350	4.1	易燃、粉尘	IP55	—	T4
锌灰 UN1435	4.3	H_2	—	IIC	T2
烤木	MHB	易燃、粉尘	IP55	—	T3
木球团，含有添加剂和/或粘合剂	MHB	粉尘	IP55	—	T3
木球团，不含有添加剂和/或粘合剂	MHB	粉尘	IP55	—	T3

注：① 这里的“危险”一词专指因危险货物和电气设备而产生的爆炸危险。

2.18.6 正压保护和气闸的应用

2.18.6.1 有开口直接通向毗邻危险区(例如本节 2.18.4.1(4)规定的危险区) 的处所，如具有接受标准[①]规定的正压保护，则可使其成为非危险处所。

2.18.6.2 如设置与 2.18.4.1 所列危险区域相毗邻的气闸，则毗邻气闸并设有自然通风的外部处所，可认为是安全区域。

2.18.7 特殊规定

2.18.7.1 如未获得拟载运的货物特性的详细资料，或者船舶拟载运本节 2.18.1.2 规定的所有货物，则可安装在危险区域中的电气设备应符合下列规定：

——外壳防护等级 IP65
——最高表面温度 85℃
——防爆类别 II C
——温度组别 T6

2.18.8 危险区域内电气设备的安装

2.18.8.1 如安装的电气设备为不适合在有爆炸危险的区域中使用者，则应能将其关断，并应有防止未经批准的再次接通的保护。该项关断应在危险区域之外进行，且一般应采用隔离开关或可锁定的开关实施。

2.18.8.2 电缆均应是铠装的或者应具有编织的屏蔽层，否则应敷设在金属管道中~~，但扩大危险区可以除外~~。

2.18.8.3 装货处所中应尽可能避免电缆接头，如不可避免，则接头应围蔽在防爆的金属或高强度塑料制成的接线盒中，或者将其密封在波纹套筒电缆接头中。

2.18.8.4 ~~除扩大危险区以外，~~甲板和舱壁上的电缆贯穿应是密封的，以防止易燃气体或蒸气透过。

2.18.9 危险区域内的可携电气设备

2.18.9.1 如为船舶营运必需在危险区域内使用可携电气设备，则应采用适合于该危险区域中使用的合格防爆电气设备，且除本质安全电路外，一般应自带电源。

① 参见 IEC60092-506 出版物《专辑 载运特殊危险货物和仅散装有危险货物船舶》

第 3 章　电气设备的制造与试验

第 2 节　旋 转 电 机

3.2.6.2　发电机制造商应提供文件，说明发电机在额定转速下突发短路时的瞬态短路电流状态，以便于确定配电系统选择性保护设定值。瞬态电流状态应考虑自动电压调整器的影响，并在衰减曲线[①]中注明电压调整器的设定参数。衰减曲线可通过试验或计算获得，计算模型应是经型式认可试验验证的相同型号的发电机和电压调整器。

3.2.8.3　交流发电机在负载为空载，转速为额定转速，电压接近额定值的状态下，突加和突卸 60%额定电流及功率因数不超过 0.4(滞后)的对称负载时，当电压跌落时，其瞬态电压值应不低于额定电压的 85%；当电压上升时，其瞬态电压值应不超过额定电压的 120%，而电压恢复到与最后稳定值相差 3%额定电压以内所需的时间应不超过 1.5s。应急发电机电压恢复到与最后稳定值相差 4％额定电压以内所需的时间，可不超过 5s。

3.2.9.8　电压调整系统校验

校验结果应符合本节 3.2.8.2 和 3.2.8.3 的规定。经 CCS 同意，出厂试验时可不进行瞬态电压调整试验，但制造厂应提交基于型式认可试验记录的计算报告以证明满足第 3.2.8.3 的要求。

第 3 节　配电板与配电电器

3.3.4.2　测量仪表的量程和刻度应符合下列规定：

(1) 电压表的上量限应约为线路额定电压的 120%；

(2) 电流表的上量限应约为该线路中额定电流的 130%；

(3) 功率表的上量限应约为线路额定功率的 120%，供并联运行的直流发电机用电流表和供并联运行交流发电机用功率表，应能分别指示出 15%的逆电流或逆功率；

(4) 频率表应具有约 ±10%额定频率的刻度；

(5) 在电压表、电流表及功率表的刻度盘上应有一表示其额定值的明显标志。

第 5 节　电　　缆

3.5.1.1　电缆应符合本节的规定，本节未作规定者，则应符合接受标准[②]的有关规定。对于耐火电缆，还应符合接受的有关耐火电缆标准[③]的有关规定。

---

① 衰减曲线可用于配电系统过电流选择性保护设定。

② 参见 IEC 60092-350、60092-351、60092-352、60092-353、60092-354、60092-359、60092-373、60092-374、60092-375 和 60092-376 出版物。

③ 参见：~~IEC60331-21 出版物，或，~~

电力电缆外径>20 mm：IEC60331-1 出版物；

电力电缆外径≤20mm：IEC60331-21 或 IEC60331-2 出版物；以及可能采用；

电气数据电缆：IEC60331-23 出版物；

光导纤维缆：IEC60331-25 出版物。

第 4 章　小船与有限航区船舶的补充规定

第 3 节　2 类、3 类航区航行船舶

4. 3. 5 无线电设备的供电

4.3.5.1 非国际航行 2 类和 3 类航区航行的船舶，无线电设备供电应满足船旗国主管机关的要求，可不必满足本篇 2.4.8.5 的要求。



中国船级社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

第 6 篇 消 防

目　录

第 1 章　通　　则.....3
第 1 节　一般规定.....3
第 3 章　防火安全措施.....4
第 3 节　油船货泵舱的保护.....4
第 4 章　惰性气体系统.....4
第 1 节　一般规定.....4
第 2 节　不同船型的惰性气体系统与氮气发生器系统.....4
第 3 节　检查与试验.....9

第 1 章　通　　则

第 1 节　一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.~~4~~3 除 ~~SOLAS 公约或船旗国主管机关另有规定~~上述要求外，国际航行船舶的消防还应满足本篇的要求。

1.1.1.~~5~~4 国际航行船舶消防还应满足本规范第 1 篇的适用要求。

1.1.1.~~3~~5 ~~有限航区~~非国际航行船舶的消防，应满足船旗国主管机关的相关要求或其接受的标准。

1.1.2 图纸资料

1.1.2.1 应将下列图纸资料提交批准：

(1) ~~主防火区域及舱室防火分隔图~~防火区域划分图及防火典型节点图；

(2) ~~防火舱壁、甲板结构图~~防火绝缘布置图、甲板敷料布置图及防火门布置图；

(3) 通风系统布置图~~和~~（包括防火风闸~~控制图~~和挡烟闸（如适用））；

(4) 固定式灭火系统布置图(包括十字头型柴油机扫气箱灭火系统)和灭火剂量计算书；

(5) 水灭火系统布置图和计算书；

(6) 固定式局部水基灭火系统布置图和计算书(如~~有时~~适用)；

(7) 固定式探火和失火报警系统布置图；

(8) 燃、滑油舱柜速闭阀控制系统图；

(~~8~~9) 防火控制图；

(~~9~~10) 惰性气体系统图(如~~有时~~适用)；

(~~10~~11) 氧气、乙炔气瓶包括管系布置图(如~~有时~~适用)；

(~~11~~12) 石油液化气炉灶和气瓶包括管系布置图(如~~有时~~适用)；

(~~12~~13) 燃油炉灶包括管系布置图(如~~有时~~适用)；

(~~13~~14) 油漆间和易燃液体物料间的灭火装置布置图(如~~有时~~适用)；

(~~14~~15) 深油炸锅烹调设备灭火系统布置图(如~~有时~~适用)；

(16) CCS 认为必要的其他图纸资料。

第 3 章　防火安全措施

第 3 节　油船货泵舱的保护

第 4 章　惰性气体系统

第 1 节　一般规定

4.1.1　一般要求

4.1.1.1 本章要求适用于装设惰性气体系统和氮气发生器系统的船舶。

4.1.1.2 所有类型的惰性气体系统应满足下列要求：

(1) 应设有在所有航行条件下都能产生适当惰性气体的自动控制设备；

(2) ~~用于惰性气体系统的材料，应满足 CCS《材料与焊接规范》的有关要求，适用于其预定的用途；~~应按照本规范第 1 篇的相应要求定期进行检验。

~~(3) 安装在船上的所有惰性气体设备，应在工作情况下进行试验。~~

4.1.2 附加标志

4.1.2.1 对满足本章要求的惰性气体系统，可授予下列的附加标志：

惰性气体系统 Inert Gas Systems (IGS)

4.1.3 图纸资料

4.1.3.1 除本规范有关篇章要求的图纸资料外，还应将下列图纸资料提交批准：

(1) 包括所有控制和监测设备在内的惰性气体装置的细目表和布置图；

（2）惰性气体~~系统~~输送管系~~的~~布置图。

第 2 节　不同船型的惰性气体系统与氮气发生器系统

~~4.2.1 载运原油和石油成品油船的惰性气体系统~~

~~4.2.1.1 下列要求适用于载运闪点(闭杯试验)不超过 60℃，且其雷特蒸气压低于大气压的散装原油和石油成品，以及载运具有类似失火危险的其他液体货品的液货船上所设置的由锅炉烟道气和/或燃油型惰性气体发生器组成的惰性气体系统。~~

~~4.2.1.2 惰性气体系统应满足 FSS 规则第 15 章的要求。~~

~~4.2.1.3 惰性气体系统除应满足 FSS 规则第 15 章的要求外，还应满足下列要求：~~

~~(1) 当设置两台鼓风机时，惰性气体系统所需风量最好是由两台鼓风机平均负担，但在任何情况下，不允许一台鼓风机的风量小于所需总风量的 1/3；~~

~~(2) 尤其对于可能经受气体或者液体腐蚀的洗涤器、通风机、止回装置、洗涤器排污管和其他排泄管道等部件，应采用防腐蚀材料建造，或者在这些部件表面镶橡胶、玻璃纤维、环氧树脂或其他等效的涂层；~~

~~(3) 在防火方面，燃油型惰性气体发生器处所的舱室，应视为 A 类机器处所；~~

~~(4) 当所产生的惰性气体偏离规定值时，例如在起动时或设备失效时，应设有把惰性气体从燃油惰性气体发生器释放到大气中的装置；~~

~~(5) 当冷却和洗涤装置的水压或水流速率过低，或者气体温度过高导致达到预定的极限值时，应布置成能自动切断惰性气体发生器的燃油供给；~~

~~(6) 气体调节阀的自动关闭装置，应在燃油型惰性气体发生器动力源失效时能进行动作。~~

4.2.1 包括化学品船在内的适用于 SOLAS 公约第 II-2/4.5.5.1 条要求的液货船上所有惰性气体系统的要求

4.2.1.1 适用于 SOLAS 公约第 II-2/4.5.5.1 条的液货船应安装一套经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章适用要求的惰性气体系统。在实施 FSS 规则第 15 章适用要求时，所有涉及“主管机关”的都应视为是本社。应按经 MSC.365(93)决议修订的 SOLAS 公约第 II-2/16.3.3 条的要求操作惰性气体系统。在实施 SOLAS 公约第 II-2/16.3.3.2 条时，应满足 FSS 规则第 15 章 2.2.1.2.4 的要求。

~~4.2.2 化学品船的惰性气体系统~~

~~4.2.2.1 下列要求适用于化学品船上装有采用燃油型惰性气体发生器的惰性气体系统。~~

~~4.2.2.2 惰性气体系统应满足海大决议案 A.567(14)的要求。~~

~~4.2.2.3 作为惰性气体管路中甲板水封的替代措施，可以接受一种包括两只串联的截止阀当中接入一只透气阀的装置(双截止透气装置)，但应满足下列要求：~~

~~(1) 该阀能自动操作，开启/关闭的信号应直接来自产生气体的过程，例如惰性气体流量或压力差；~~

~~(2) 应设有阀的故障报警，例如运行状态“鼓风机停止”和“供气阀开启”即为一种报警条件。~~

~~4.2.2.4 除满足国际海事组织大会决议案 A.567(14)的要求外，惰性气体系统还应满足本节 4.2.1.3(1)～(3)的要求。~~

4.2.3 氮气发生器系统

4.2.3.1 下列要求仅适用于氮气发生器系统，且该惰性气体是采用使压缩空气通过空心纤维半渗透膜或吸附材料来分离空气与其组成气体的方式而获得的。

4.2.3.2 如设有上述系统来代替本节 4.2.1 和 4.2.2 所提及的锅炉烟气发生器或燃油型惰性气体发生器，FSS 规则第 15 章的 2.3.1.3.1、2.3.1.3.2、2.3.1.5、2.3.2、2.4.2、2.4.3.1.6、2.4.3.1.8、2.4.3.1.9、2.4.3.3、2.4.3.4、2.4.4 以及 SOLAS 公约第 II-2/4.5.3.4.2、4.5.6.3、11.6.3.4 条的要求或与之等效的国际海事组织大会决议案 A.567(14)的要求仍然对管系布置、报警器以及气体发生器排气口的测试仪器适用。

4.2.3.3 氮气发生器系统包括一个供气处理系统和任意数目的薄膜或吸附件，这些薄膜或吸附件所必须达到的额定容量应至少为以体积表示的船的最大排气量的 125%。

4.2.3.4 空压机和氮气发生器可以安装在机舱或一个独立的舱室中。在防火方面，该独立舱室可视为“其他机器处所”之一。

4.2.3.5 如设有独立的舱室，该舱室应位于货油区域外，并且应装有一套独立的能每小时换气 6 次的机械通风系统。此外，还应装有一套低氧报警装置。

该舱室应无直接通向起居处所、服务处所和控制站的通道。

4.2.3.6 氮气发生器应能生成高纯度的氮气，其中 O2 含量不超过 5%的体积。该系统还应装有自动装置以便在起动和非正常操作时能将有害气体排放到大气中。

4.2.3.7 该系统应配有 2 个空压机。系统所要求的总容量建议由该两空压机平均负担，且在任何时候其中一个空压机的容量不应小于总容量的 1/3。

如船上配备有足够的空压机备件和原动机使得船员能够降低其故障的发生，可以仅配备一台空压机。

4.2.3.8 应装有供气处理系统，以便能够除去压缩空气中的水分、颗粒和油滴，并保证达到所要求的温度。

4.2.3.9 如合适时，可在设有空压机和发生器的专用舱室或独立舱室中，或者货物区域内装设氮气存储装置或缓冲柜。如氮气存储装置或缓冲柜安装在闭式处所，该处所的通道只能通往开敞甲板，且该通道的门只能向外开启。按照本节 4.2.3.5 的要求应设有永久通风和报警装置。

4.2.3.10 由氮气发生器产生的高浓度氧以及由氮气储存器保护装置排出的高浓度氮气产品，应能排放到开敞甲板的安全位置。

对于两种类型的其他排放，“安全位置”需要分别确定：

~~（1）对于来自于氮气发生器的富含氧气的空气排放至开敞甲板的安全位置系指：~~

~~①危险区域以外；~~

~~②不在人员活动区域 3m 范围内；~~

~~③不在机器处所（发动机和锅炉）空气进口和所有通风进口 6m 范围内。~~

~~（2）对于来自于氮气存储装置的富含氮气产品的气体排放至开敞甲板的安全位置系指：~~

~~①不在人员活动区域 3m 范围内；~~

~~②不在机器处所（发动机和锅炉）空气进口和所有通风进口 6m 范围内。~~

~~4.2.3.11 为便于维护保养，应在发生器与储存装置之间设有隔离措施。~~

~~4.2.3.12 在惰性气体供给总管处应至少装有两个止回装置，其中之一应是本篇 4.2.2.3 中要求的双截止透气装置。另一个是能够直接关闭的止回装置。~~

~~4.2.3.13 应在下述位置设有可连续显示空气温度和压力的仪器设备：~~

~~(1) 空压机的排气口；~~

~~(2) 氮气发生器的进气口。~~

~~4.2.3.14 当惰性气体产生时，应在氮气发生器的惰性气体排气口设有可连续显示和永久记录氧气含量的仪器设备。~~

~~4.2.3.15 如可能，本节 4.2.3.14 规定的仪器设备应安装在货油控制室。但是，如未设有货油控制室，上述仪器设备应安装在负责进行货油操作的船员易于到达的位置。~~

~~4.2.3.16 应设有视觉和听觉报警信号以指示：~~

~~(1) 本节 4.2.3.13(1)中所指的来源于空压机的低供气压力；~~

~~(2) 本节 4.2.3.13(1)中所指的高空气温度；~~

~~(3) 本节 4.2.3.8 中所指的油水分离器自动泄水管的高冷凝水水位；~~

~~(4) 电加热器故障(如有时)；~~

~~(5) 超过本节 4.2.3.6 所要求的氧气含量；~~

~~(6) 本节 4.2.3.14 中所指的供给仪器设备的电源故障。~~

~~4.2.3.17 在本节 4.2.3.16(1)～(5)所要求的在报警条件下，系统应能自动关闭。~~

~~4.2.3.18 如可能，本节 4.2.3.16(1)～(6)所要求的报警器应安装在机器处所和货油控制站，但是在每一种情况下，这些位置都应是值班船员能即刻收到报警信号的处所。~~

4.2.2 包括化学品船在内的适用于 SOLAS 公约第 II-2/4.5.5.1 条要求的液货船上氮气发生器系统的附加要求

4.2.2.1 如果船上根据 SOLAS 公约第 II-2/4.5.5.1 条要求安装有氮气发生器系统，使压缩空气通过中空纤维束、半渗透膜或吸附材料来分离空气产生惰性气体，应满足以下要求。

4.2.2.2 除满足经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章的适用要求外，氮气发生器系统还应满足 SOLAS 公约第 II-2/4.5.3.4.2，4.5.6.3 和 11.6.3.4 条的要求。

4.2.2.3 氮气发生器应包括一套供气处理系统和若干并联的薄膜或吸附模块，以满足经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.2.1.2.4 的要求。

4.2.2.4 氮气发生器应能够按照经 MSC.367(93)决议修订的 FFS 规则第 15 章 2.2.1.2.5 的要求生成高纯度的氮气，除满足 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.2.2.4 的要求外，系统还应设有自动装置以便在起动和非正常操作时能将不符合规定的气体释放到大气中。

4.2.2.5 系统应设有一台或多台压缩机，通过产生足够的正压输送经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.2.1.2 所要求的气体总量。如设有两台压缩机，系统所要求的总容量应尽可能由这两台压缩机平均分担，且在任何情况下每台压缩机的容量不应小于所要求总容量的 1/3。

4.2.2.6 应设有按照经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.4.1.2 所要求的能去除压缩空气中的游离态水分、颗粒和油滴的供气处理系统，并应使压缩空气保持在规定的温度下。

4.2.2.7 由氮气发生器产生的高浓度氧气以及由氮气接收器保护装置产生的富含氮产物气体，应能排放至开敞甲板的安全位置。

“安全位置”需要分别解决两种类型的排放：

（1）由氮气发生器产生的高浓度氧气排放至开敞甲板的安全位置系指：

①危险区域以外；

②不在人员活动区域 3m 范围内；

③不在机器 (发动机和锅炉) 空气进口和所有通风进口 6m 范围内。

（2）由氮气接收器保护装置产生的富含氮产物气体排放至开敞甲板的安全位置系指：

①不在人员活动区域 3m 范围内；

②不在机器 (发动机和锅炉) 空气进口和所有通风进、出口 6m 范围内。

4.2.2.8 为便于维护保养，应在发生器与接收器之间设置隔断装置。

~~4.2.4 不同于 SOLAS 公约第 II-2/4.5.5.1.1 条要求惰化目的以外的氮气和惰性气体系统~~

~~4.2.4.1 本节适用于气体运输船和化学品船以及载重量小于 20000 吨的油船上所安装的系统。~~

~~4.2.4.2 除本节 4.2.3.1、4.2.3.2、4.2.3.3 和 4.2.3.7 外，本节 4.2.3 均适用于该系统。~~

~~4.2.4.3 如在货油舱、货物区域或货油管系之间装有非永久性的连接件，则本节 4.2.3.12 所要求的止回装置可以用两个止回阀来代替。~~

4.2.3 不同于 SOLAS 公约第 II-2/4.5.5.1 和 4.5.5.2 条要求惰化目的以外的氮气/惰性气体系统

4.2.3.1 对于不适用于 SOLAS 公约第 II-2/4.5.5.1 和 4.5.5.2 条要求的油船、液化气体船或化学品液货船如安装有氮气/惰性气体系统，应适用于本节要求。

4.2.3.2 该系统应满足经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.2.2.2、2.2.2.4、2.2.4.2、2.2.4.3、2.2.4.5.1.1、2.2.4.5.1.2、2.2.4.5.4、 2.4.1.1、2.4.1.2、2.4.1.3、2.4.1.4、2.4.2.1 和 2.4.2.2 的要求。

4.2.3.3 除本章 4.2.2.1、4.2.2.2、4.2.2.3 和 4.2.2.5 外，本章 4.2.2 的其余要求均适用于该系统。

4.2.3.4 惰性气体系统所使用的材料，应满足 CCS《材料与焊接规范》的有关要求，且适用于其预定的用途。

4.2.3.5 所有设备应安装上船，并在工作条件下进行试验，以达到其功能要求。

4.2.3.6 惰性气体总管应设有经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.2.3.1.1 所要求的两个止回装置。止回装置应符合经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.2.3.1.2 和 2.2.3.1.3 的要求。但是，若与液货舱、货舱处所或液货管系的接头不是永久性的，则可由两个止回阀替代经 MSC.367(93)决议修订的 FSS 规则第 15 章 2.2.3.1.1 所要求的止回装置。

第 3 节　检查与试验

4.3.1 一般要求

4.3.1.1 本章要求的各项装置、设备在安装完毕后应在工作条件下进行试验，以确认装置、设备的性能。



中　国　船　级　社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

第 7 篇　自动化系统

目录

第2章　基 本 要 求 3

第6节 计算机系统 3

第3章　周期无人值班机器处所AUT-0附加标志的要求 3

第10节　自动化监视项目 3

第4章　有人值班机器处所自动化附加标志的要求 3

第3节　BRC附加标志的要求 3

第 2 章　基 本 要 求

第 6 节　计算机系统

2.6.4.7　如单一组件故障导致整个系统数据通信丢失，应备有自动恢复数据通信的措施。

第 3 章　周期无人值班机器处所 AUT-0 附加标志的要求

第 10 节　自动化监视项目

AUT-0 附加标志船舶的自动化监视项目表　　表 3.10.1.1

项　目	机舱集控站(室)		安全系统动作类别	驾驶室控制站报警方式	备 注
	显示	极限报警			
1	2	3	4	5	6
1.11 转速/转向					
转速	转速	超速时	a	G_a	适用于额定功率等于或大于 220kW 的柴油机
2 辅柴油机▲					
转速	—	超速时	a	Y	适用于额定功率等于或大于 220kW 的柴油机

第 4 章　有人值班机器处所自动化附加标志的要求

第 3 节　BRC 附加标志的要求

4.3.2.3　对主机、离合器、调距桨等的自动控制和遥控功能，一般应满足本篇第 3 章第 2 节~~和第 6 节~~的有关要求。



中国船级社

钢质海船入级规范

2016 年修改通报

第 8 篇 其他补充规定

目录

第 2 章 牲畜运输船补充规定 4

第 1 节 一般规定 4
第 2 节 船体结构与布置 4
第 3 节 稳性 7
第 4 节 牲畜处所的服务设施 9
第 5 节 牲畜处所的消防设施 11
第 6 节 电气设备 11

第 3 章 浮油回收船补充规定 13

第 1 节 一般规定 13

第 8 章 船舶环保补充规定 14

第 1 节 一般规定 14
第 2 节 授予 CLEAN 附加标志的条件 17
第 3 节 其他环保附加标志 20

第 10 章 石油沥青船补充规定 23

第 1 节 一 般 规 定 23
第 2 节 船舶构造与布置 23

第 11 章 动力定位系统 28

第 1 节 一般规定 28
第 2 节 系 统 布 置 28
第 5 节 控制器与测量系统 28

第 22 章 集装箱安全系固补充规定 30

第 5 节 特殊集装箱的安全设计 30

第 23 章 低气温环境下操作船舶的补充规定 31

第 1 节 一般规定 31
第 2 节 材料与焊接 33
第 3 节 船舶布置 38
第 4 节 稳性 39
第 5 节 水密和风雨密完整性 40
第 6 节 机械装置 40
第 7 节 消防 44
第 8 节 救生设备与布置 45
第 9 节 航行安全 47
第 10 节 与船型有关的附加要求 47

第 11 节　防冰和除冰措施 50
第 12 节　防寒附加标志检验要求 55

新增第 2 章如下：

第 2 章 牲畜运输船补充规定

第 1 节 一般规定

2.1.1 适用范围

2.1.1.1 本章规定仅适用于牲畜运输船。

2.1.1.2 符合本章规定的牲畜运输船，授予附加标志：Livestock Carrier。

2.1.1.3 牲畜运输船除应符合本章的规定外，还应符合本规范其他篇章对牲畜运输船的适用规定、CCS《材料与焊接规范》和船旗国主管机关的有关规定（如有时）。

2.1.2 定义

2.1.2.1 牲畜运输船：系指建造成或改装成专门从事牲畜运输的钢质海船。牲畜包括羊、牛、马及猪等动物。

2.1.2.2 次电源：主电源失效时，能独立向牲畜服务系统供电的电源。

2.1.3 图纸资料

2.1.3.1 除本规范有关篇章规定的图纸资料外，还应将下列图纸资料提交审核：

(1) 牲畜围栏及通道布置图；

(2) 牲畜围栏及通道结构图；

(3) 牲畜处所的通风系统图，并附有处所总容量和换气率计算书；

(4) 牲畜饲料、饮用水的储存和分配系统图；

(5) 牲畜处所的清洗系统图；

(6) 牲畜处所的污水泄放及排放系统图；

(7) 牲畜处所的消防设施布置图；

(8) 牲畜处所的消防设施明细表；

(9) 次电源系统图；

(10) 次电源处所布置图；

(11) 与次电源相关的管系图；

(12) 次电源燃油消耗估算书及次电源再次（或恢复）起动的时间估算书（如适用）。

第 2 节 船体结构与布置

2.2.1 船体结构

2.2.1.1 牲畜运输船结构应符合本规范第 2 篇第 2 章的相关要求。

2.2.1.2 当上层建筑甲板为强力甲板（参与总纵强度）时，除首楼外的甲板板厚度应符合第 2 篇第 2 章 2.17.5.4 的规定，还应满足第 2 篇第 2 章第 2 节总纵强度的屈曲强度要求，但均不应小于 6mm。

2.2.1.3 当上层建筑甲板为强力甲板（参与总纵强度）时，上层建筑甲板骨架应满足第 2 篇第 2 章第 8 节的有关要求，还应满足第 2 篇第 2 章第 2 节总纵强度的屈曲强度要求。

2.2.2 对牲畜的布置和对牲畜的保护

2.2.2.1 牲畜需要用围栏进行分隔。牲畜围栏的尺度应适应于装载牲畜，并满足表2.2.3.5的有关要求。

2.2.2.2 对牲畜的布置应该尽量避免牲畜受到来自天气、海水以及热源的伤害。

2.2.2.3 在船舶的任何部位，如果牲畜、牲畜设备及运送布置会发生如下情形，则不允许该船装载或运送牲畜：

（1）阻碍进入居住区、服务于船舶安全航行必要的工作区，或任何舱室或甲板下处所的出口通道；

（2）影响救生或灭火设施；

（3）影响液舱测量设施或舱底管系；

（4）影响关闭装置的操作；

（5）影响排水舷口的使用；

（6）影响船舶其他部位的照明或通风；

（7）影响船舶的正常航行。

2.2.2.4 如果机舱、锅炉处所或热油舱等热源处所的围壁形成载运牲畜的舱室边界，则应采取适当的隔热措施。

2.2.2.5 应采用如下措施避免牲畜移动时裸露钢结构对牲畜的伤害：

（1）所有上下通道两侧应加装保护围板；

（2）靠近舱壁一侧的围栏，如遇扶强材等类似结构，应加设保护围板。

2.2.3 牲畜围栏、通道及牲畜甲板

2.2.3.1 应布置用于牲畜装/卸载的坡道或通道。通道应避免内部或与船体相连处有间隔，通道的坡度要适合装/卸载的牲畜。

2.2.3.2 牲畜通道布置应满足如下要求：

（1）双侧围栏应有足够强度和高度，以防止牲畜逃出；

（2）应具有适宜牲畜行走的地板；

（3）应设置通道关闭装置。

2.2.3.3 牲畜通道如果构成船舶设施的一部分，则应能承受表2.2.4.3中的均布载荷。

表2.2.4.3

牲畜种类	载荷（N/m^2）
牛或马	4700
羊或猪	2400

2.2.3.4 牲畜通道的许用应力见表2.2.4.4：

表2.2.4.4

材料	许用应力
钢	$R_{eH}/2$
铝	$R_{p0.2}/2$
其它材料	由船级社特别考虑

2.2.3.5 牲畜围栏和通道应满足表2.2.3.5的要求。

羊畜、猪畜围栏和通道的限制 **表2.2.3.5（1）**

最大宽度	4.5m
最小宽度	2.0m
最大长度	≤2倍宽度
最小长度	≥宽度
围栏内最大净面积	$40.5m^2$
围栏内最小净高	1.1m
围栏栏杆垂向最大净距	0.3m

围栏最下层栏杆与甲板面的最大净距	0.2m
围栏最下层栏杆下缘距离甲板面的垂向最大净距	0.05m
围栏最上缘距离围栏地板的垂向最小距离	0.9m
相邻通道的最小宽度（扣除食槽或其它构件）	0.55m

牛畜围栏和通道的限制　　表2.2.3.5（2）

最大宽度	4.5m
最小宽度	2.1m
最小长度	2.3m
围栏内最大净面积	$21m^2$
围栏最下层栏杆上缘与围栏地板面的最大净距	0.6m
围栏内最小净高	有机械通风设备时 1.8m 其它情况2.3m
相邻通道的最小宽度（量取通道围栏间净距，通道两侧均布置围栏，且牛畜的装卸通过围栏进行的）	1.0m
相邻通道的最小宽度（从任意固定结构物、设备、食槽或阻挡物量取，通道两侧均布置围栏，且牛畜的装卸通过围栏进行）	0.7m
相邻通道的最小宽度（从任意固定结构物量取，通道两侧均布置围栏，且牛畜的装卸通过通道进行）	1.0m
相邻通道的最小宽度（量取通道围栏间净距，仅通道一侧布置围栏）	0.75m

马畜围栏和通道的限制　　2.2.3.5（3）

栏内最大长度		2.5m
栏内最小长度		2.3m
最小净通道	(1)两列栏舍的前围栏之间	1.7m
	(2)两列栏舍的前后围栏之间	1.2m
	(3)其它情况	1.0m
栏内最小宽度	(1)如果围栏横向布置	0.7m
	(2)如果围栏纵向布置	0.9m
最高的前端、后端和侧面围栏从围栏甲板面到顶的高度		1.15m
最低的前端、后端和侧面围栏从围栏甲板面到顶的高度		0.75m

注：专门装载其他牲畜的围栏应提交CCS特别考虑。

2.2.3.6 牲畜围栏应按下式载荷进行设计：

$$F = \alpha \mathrm{b}\left(0.574 + 0.0252\left(\mathrm{Z} + \gamma\right)\right) \quad \text{N/m}$$

式中：α——系数，对于羊或猪取1668，对于牛或马等牲畜取3336；

b——围栏最大宽度，m；

Z——船舶最小吃水水线距离牲畜围栏甲板面的距离，m；

γ——系数，对于羊或猪取0.5，对于牛或马等牲畜取0.75；

载荷作用区域为：

对于羊、猪：均布作用在离牲畜围栏甲板面高度不超过0.9m的围栏栏杆上；

对于牛、马：均布作用在离牲畜围栏甲板面高度不超过1.4m的围栏栏杆上。

2.2.3.7 牲畜围栏甲板或平台应按下式进行设计，载荷均布作用于牲畜围栏任意2/3区域：

$$P = \beta\left[1+((0.094-0.00035L)y)/d+(7.4-0.016L)\right] \quad \text{N/m}^2$$

式中，β——系数，对于羊或猪取2500，对于牛或马等牲畜取5000；

d——船舶最小吃水，m；

y——围栏中心距离船中的纵向距离，m；

L——船舶垂线间长，m。

2.2.3.8 牲畜围栏和牲畜甲板的许用应力见表2.2.3.8：

表2.2.3.8

材料	许用正应力	许用剪应力
钢	$0.75R_{eH}$	$0.375R_{eH}$
铝	$0.75R_{p0.2}$	$0.375R_{eH}$
其它材料	由CCS特别考虑	由CCS特别考虑

2.2.4 牲畜处所的人员通道布置

2.2.4.1 每一载运牲畜的处所应至少布置两条人员脱险通道，两条通道应彼此远离并且通往开敞甲板。

2.2.4.2 通往牲畜围栏的人员通道需要保障安全。在甲板间的人员通道如果与牲畜坡道兼用，该人员通道应设置防护围栏与牲畜坡道隔开。

2.2.4.3 通往牲畜围栏的通道应设有关闭装置，其结构强度应等同于牲畜围栏强度。

2.2.4.4 如果由于船舶安全和操纵等原因需要在舷侧和牲畜围栏之间设置通道，则舷侧栏杆或舷墙到牲畜围栏的栏杆之间净距应至少为750mm。确有困难时，不得小于550mm。

2.2.4.5 在牲畜转移过程中，如果有人员处于牲畜通道中，该牲畜通道中应布置专门的人员通道。该人员通道宽度应不小于550mm，并应满足如下要求：

（1）防护围栏从行走表面量起高度至少1m，中间约在550mm高度处增加一水平栏杆；

（2）应在合适的地方安装踏板。

2.2.4.6 载运牲畜的处所的通道高度不得小于2m。

第 3 节 稳性

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 牲畜运输船的稳性应符合本节要求，或船旗国主管机关的有关要求。

2.3.1.2 牲畜运输船的稳性应符合本规范第 2 篇第 1 章第 9 节和第 10 节对货船的要求。

2.3.2 稳性附加要求

2.3.2.1 牲畜运输船的完整稳性，应考虑牲畜在牲畜围栏内的移动、颗粒状饲料（如有时）的移动和风对稳性的影响。在完整状态下，牲畜运输船应满足下列衡准：

（1）风作用下的横倾角应不大于 10°；

（2）考虑牲畜在牲畜围栏内的移动、颗粒状饲料的移动和风的共同作用下，剩余面积 A 满足如下要求，如下图 2.3.2.1 所示：

$$A \geqslant 0.018\text{m·rad} + 0.2A_{(A+B)}$$

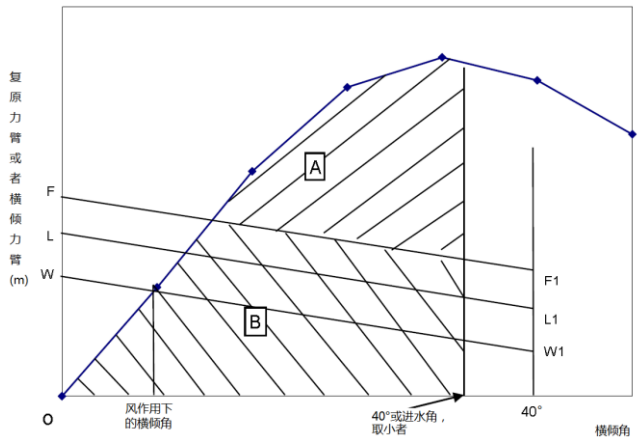


图 2.3.2.1 横摇衡准

其中：$A_{(A+B)}$——复原力臂曲线下的面积 A 和 B 之和，如图 2.3.2.3 所示。

图 2.3.2.3 中定义如下：

OW ——0°时风作用下的横倾力臂；

WW_1 —— 风作用下的横倾力臂曲线；

WL ——0°时牲畜的移动下的横倾力臂；

LL_1 ——风和牲畜移动联合作用下的横倾力臂曲线；

LF ——0°时饲料移动下的横倾力臂；

FF_1 ——风、牲畜移动以及饲料移动的联合作用下的横倾力臂曲线；

θ ——风作用下的横倾角。

注：若饲料不是散装的颗粒，饲料的移动力矩则为 0。

（3）风作用下横倾力臂曲线，按下述要求进行计算：

① 0°时风作用下的横倾力臂 $OW = \dfrac{PAH}{\Delta}$。Δ——排水量，t；P——风压，504pa；A——水线面以上船舶的侧投影面积，m^2；H——水线面以上船舶的侧投影面积的形心到水下侧面积的形心的距离，其中对多数船舶而言，水下侧面积的形心位置可取为平均吃水的一半；

② 40°时风引起的横倾力臂取 0°时对应值的 0.8 倍；

③ 0°和 40°之间的横倾力臂曲线为直线。

（4）牲畜的移动引起的横倾力臂曲线，按下述要求进行计算：

① 0°时牲畜移动时的横倾力臂为：$\dfrac{m \cdot c}{f \cdot \Delta}$。

m——拟装载牲畜的平均重量，t；

f——拟装载的每头平均重量的牲畜所要求的占地面积，m^2；

C——牲畜移动常量，$C = \dfrac{1}{6}\sum lb^2$，$l$ 为每个牲畜围栏的长度，m，b 为每个牲畜围栏的宽度，m；对于围栏宽度相同的船舶，该常量为：1/6（围栏宽度×总围栏面积）；对于围栏宽度不同的船舶，可采用最大宽度进行计算，即该常量为：1/6（围栏最大宽度×总围栏面积）；

② 40°时牲畜移动引起的横倾力臂取 0°时对应值的 0.8 倍；

③ 0 °和 40 °之间的横倾力臂曲线为直线。

（5）饲料的移动引起的横倾力臂曲线，按下述要求进行计算：

① 0 °时牲畜移动时的横倾力臂为：$\frac{M_f}{s \cdot \Delta}$。

M_f为颗粒状饲料横向移动体积矩的总和，其中，每个舱室的移动力矩可计算如下：$0.044lb^3$（l 为舱室最大长度，b 为舱室最大宽度，m）；或者可直接计算体积矩，对满载舱假定表面发生与水平方向成 15 °的倾角，对部分装载舱假定产生 25 °的倾角；

s 为积载因数（即颗粒状饲料单位重量的体积）。

② 40 °时饲料移动引起的横倾力臂取 0 °时对应值的 0.8 倍；

③ 0 °和 40 °之间的横倾力臂曲线为直线。

第 4 节 牲畜处所的服务设施

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 牲畜处所应设有相应的为牲畜日常服务的设施或系统。这些服务设施或系统拟用于：

（1）为牲畜供给食物、水及新鲜空气；

（2）牲畜处所的清洁；

（3）牲畜所产生的污水的舱内泄放和舷外排放。

2.4.1.2 除本节另有规定外，管系还应满足本规范第 3 篇第 2 章和第 3 章中的适用要求。

2.4.2 通风系统

2.4.2.1 载运牲畜的封闭处所应设有机械通风系统。该通风系统应有足够的容量使其所通风处所的换气率：

（1） 如处所的最低净高是2.30m或以上时，换气次数应不低于每小时20 次；

（2） 如处所的最低净高是1.80m时，换气次数应不低于每小时30 次；

（3） 如处所的最低净高在 1.80m 至 2.3m 之间，换气次数应是与本条（1）和（2）要求成比例的数。可采用线性内插法求得。

本条所述的封闭处所容积是指由处所舷侧板、隔板（横舱壁）、舱顶板（或甲板）所围成的空间容积，减去围栏结构内任何气密的舱（柜）的容积，但牲畜、围栏或其他牲畜设备所占有的空间不应扣除。

2.4.2.2 下列载运牲畜的未封闭处所应提供机械通风系统：

（1）处所的结构是多于一层甲板上设有围栏，处所的宽度大于20m ；或

（2）由于处所的部分封闭，自然通风受到限制。

通风系统的容量应满足上述2.4.2.1中的要求。

本条所述的未封闭处所容积是指：由围栏结构端部外侧所围蔽的空间（计入舷侧通道或围栏结构的末端），减去围栏结构内任何气密的舱（柜）的容积，但牲畜、围栏或其他牲畜设备所占有的空间不应扣除。

2.4.2.3 机械通风系统的布置应能确保对所有牲畜处所进行足够的通风。

2.4.2.4 每个处所的通风系统应至少设有2台独立的风机。当其中1台失效时其余风机的容量仍可使所通风的所处保持上述2.4.2.1和2.4.2.2要求的通风量。

尽管有上述规定，如果机械通风系统设有适当的备件，可接受仅设1台风机。适当的备

件至少包括:每一型号风机有1组轴承、1根转子或风扇轴、1台完整电动机。

2.4.2.5 每个风机起动器均应由主电源和次电源供电，且上述两种电源供电应分开并远离，主电源供电线路不应穿过次电源任何部分所在处所，反之亦然。每个风机屏起动器应设置联锁防止两种电源同时供电。

2.4.2.6 如每个处所的通风管路上设有2台及以上独立的风机，则不同风机的起动器至少布置在两个不同位置，且满足该两个处所中任一个处所操作风机都能保证牲畜处所的有效通风。

2.4.3 饲料和饮水供给

2.4.3.1 装载牲畜处所（包括围栏、厩或类似围场）应提供给牲畜喂食和饮水的容器。

2.4.3.2 容器容量至少为处所（围栏、厩或类似围场）内的动物总数每日所需饲料和水量的33%。除非饲料和饮水是由自动系统提供的。

2.4.3.3 上述2.4.3.1和2.4.3.2所要求的喂养容器：

（1）适合牲畜种类；

（2）牲畜易于接近；

（3）在处所（围栏、厩或类似围场）之外能对其进行服务；

（4）放置后不妨碍通风；和

（5）其构造和放置点应使饲料粉尘不被通风气流吹起。

2.4.3.4 如饲料分配系统依赖于电力供应，则该系统应由主电源和次电源供电。

2.4.4 淡水供应系统

2.4.4.1 所有牲畜处所均应设有淡水供应设施。

2.4.4.2 淡水供应系统应设有1台主供应泵和1台备用泵，每台泵的容量均应足够满足对牲畜处所连续供水。

如淡水供应系统不是自动的，则备用泵可由1台随时可连接到至少1只淡水舱的便携式泵替代。

2.4.4.3 如淡水供应系统依赖于电力供应，则该系统应由主电源和次电源供电。并且当主电源所在处所火灾或其他事故，系统应能持续工作。此外，与主电源布置在同一处所的淡水泵应由主电源供电，另一淡水泵则应在主电源所在处所火灾或其他事故时，仍然能由次电源供电。

2.4.4.4 如采用自动供水方式时，饮水槽应设有自动水位控制装置。供水装置应设有防止水由饮水槽流回淡水舱的设施。

2.4.4.5 服务于牲畜处所的淡水系统应完全独立于服务于船上人员处所的淡水系统。

2.4.5 水清洗系统

2.4.5.1 牲畜处所应设有适当的水清洗系统接头，用以清洗牲畜处所。

2.4.6 污水的泄放和排放系统

2.4.6.1 拟装运牲畜的每个处所均应设有足够尺寸的管路或排水沟以泄放或排放牲畜产生的污水和清洗的污水。

2.4.6.2 排污布置应使来自一个围栏的污水尽可能避开其他围栏、相关的工作和通道处所。

如必要，泄排水沟和泄排水管路的上开口端应设有带滤孔的覆盖板。

2.4.6.3 牲畜处所的污水系统应完全独立于船上其他处所的任何管系，特别是舱底水系统。

2.4.6.4 污水系统的管路及其附件的构成材料应能抵抗由污水引起的腐蚀。

2.4.6.5 污水收集舱、阱、泄排放管的上开口端应可从牲畜围栏之外进入，以便检查和清洗。

2.4.6.6 服务于污水收集舱或阱的泵（包括喷射泵）应能传送半固体物。

2.4.6.7 本小节2.4.6 中所涉及的电力设备应由主电源和次电源供电。

第 5 节 牲畜处所的消防设施

2.5.1 消防栓和消防水带

2.5.1.1 消防栓的数目和位置应使不是由同一消防栓流出的至少二股水柱可以同时抵达牲畜所在处所或甲板的任何部位。其中一股这样的水柱应是来自1根单段的消防水带，且消防水带不能越过或穿过围栏。

2.5.1.2 封闭处所内的每只消防栓应设有消防水带。非封闭处所内或露天甲板上，每间距间隔50m或不足50m处应设有消防水龙带。

2.5.1.3 每条消防水带应配有必要的接头和一支水雾和水柱两用型的水枪。

2.5.1.4 每条消防水带应能与任何消防栓相连，也能与其他消防水带（机舱处所和起居处所内的除外）相连。

2.5.1.5 消防水带应位于显著位置，挨着消防栓或靠近处所的进出口或通道。

2.5.2 其它消防设施

2.5.2.1 与牲畜有关的结构，包括牲畜甲板、围栏及通道等，除了水管、水槽等服务于牲畜的设施外，应使用不燃材料建造。

2.5.2.2 若牲畜处所载有或使用了干草或稻草，则该处所还应设有固定式水消防系统。或在间隔不超过18m处设有便携式水灭火器，其中一个水灭火器放置在该处所的入口。

2.5.2.3 除本章第6节所述的电器设备外，若封闭的牲畜处所内设有除照明系统外的其他电器设备，则应提供适合电器设备灭火的消防措施。

第 6 节 电气设备

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 牲畜运输船的电气装置除应满足本规范第4篇的适用要求外，还需符合本节的规定。

2.6.2 牲畜船的电源

2.6.2.1 主电源应满足下列要求：

应配备满足本规范第4篇第2章第2.1.1.1条的主电源，并且在不借助应急电源的情况下，确保对所有为牲畜运输船正常操作和居住条件所必需的电气次设备（其中包括牲畜服务设备）供电。

2.6.2.2 次电源应满足下列要求：

(1) 次电源的布置不应与任何包含主电源或其组成部分的处所相邻，并且应独立于任何由上述处所或通过任何上述处所提供的服务。如果任何处所火灾或其他事故，包括主电源或其组成部分损失，次电源必须能够向牲畜服务供电72小时。

(2) 当主电源供电失效时，次电源的原动机应能确保30分钟内向系统供电。其供电电源可为布置有效的独立电源或满足SOLAS II-1章第43条第1.1,1.4,2款要求的应急电源可用于上述启动。

(3) 主电源和次电源转换的操作说明应在船上提供。上述操作说明的复印件应张贴在包括牲畜服务的电源所在处所，且该处所要求设置SOLAS II-1章第43.2.2条的应急照明。上述操作说明应包含其他一些细节，例如启动方式、配电板的电源转换以及牲畜服务的供电电源转换。

2.6.3 照明

2.6.3.1 牲畜处所、牲畜围栏和牲畜通道入口之间的走廊，以及这些处所之间和到达这些处所的地方应有充足的照明。

2.6.3.2 牲畜运输船应急照明应布置在船舶下列所有处所：牲畜运输区域、牲畜围栏间的走廊和这些处所之间或通向这些处所的通道，以及这些处所之间和到达这些处所的地方。这些所有的走廊和牲畜通道入口应能提供连续不小于15分钟的应急照明。当主电源故障时，上述应急照明应能自动点亮。应急照明灯具的灯罩应漆成红色便于区分。

2.6.3.3 如果最高连续甲板以上区域使用固定式照明，则这些照明应能在航行驾驶室进行控制。

2.6.3.4 照明灯具应具有足够的强度，并在灯具外安装防护格栅，防止牲畜破坏，其布置应远离牲畜接触。

2.6.4 电气设备在粉尘环境中的使用

2.6.4.1 对于可能存在可燃粉尘环境的区域（如：散装储存饲料或拆包处理袋装饲料的处所），其安装于这些区域的电气设备及电缆，应满足本规范第 4 篇第 2 章第 2.18.3.2 条要求。

2.6.4.2 照明灯具，或者便携式照明灯具的插座，如布置在运输散装饲料的处所，则应由设置在驾驶室，或者由饲料处理机控制站的开关进行控制，且应能提供接通指示灯，显示照明或插座带电。

第 3 章　浮油回收船补充规定

第 1 节　一般规定

3.1.4.1　在浮油回收船上，下列区域或处所属于气体危险区域：

(1)　0 类危险区域：

①回收油贮存舱；

②属于回收油围护系统的管路和容器的内部。

(2)　1 类危险区域：

①与回收油贮存舱相邻接的隔离舱或其他处所(除 3.2.2.6 之外)；

②属于回收油输送系统的管路法兰、阀、软管、泵和其他设备所在的围蔽或半围蔽处所；

③距分离器、回收油输送系统的软管和阀、回收油贮存舱开口和泵舱或隔离舱等 1 类危险处所的开口 3m 以内的开敞甲板处所，包括半围蔽处所，还应考虑回收油贮存舱透气出口的相关规定（见本章 3.3.3.2）；

④回收油贮存舱上的开敞甲板区域及其前后各加 3m，高度为 2.4m 的空间；

⑤位于回收油贮存舱外面，回收油管路(中间管段或管路终端)所在的围蔽处所，如设有符合第 2 节 3.2.5.4 规定的通风，则可除外；

⑥能直接从 1 类危险区域进入(无气闸)或有开口通向 1 类危险区域的围蔽或半围蔽处所，如设有第 2 节 3.2.5.4 规定的通风，则可除外。

第 8 章 船舶环保补充规定

第 1 节 一般规定

8.1.1.2 本章规定适用于申请取得 CLEAN 附加标志的船舶。只有完全符合本章第 2 节要求的船舶才将被授予 CLEAN 附加标志。~~在此基础之上~~另外，如船舶满足本章第 3 节的相关要求(如适用)，将在 CLEAN 附加标志后另外授予相应的一个或多个其他环保附加标志。第 3 节所述的其他环保附加标志也可单独授予。

8.1.2 定义及缩写

8.1.2.1 就本章而言，有关定义如下：

（1）残油：系指船舶正常操作过程中产生的残余废油产物，例如由主机或辅机的燃油或润滑油净化产生的残余废油产物，来自滤油设备的分离废油，滴油盘收集的废油，以及废弃液压油和润滑油。

（2）含油舱底水：系指可能被由机器处所中的渗漏或维护工作产生的油污染的水。进入舱底水系统（包括舱底水阱、舱底水管系、内底或舱底水储存柜）的任何液体被视为含油舱底水。

（3）残油舱：系指储存残油的舱柜，通过标准排放接头和其他任何认可的处理措施可从该舱直接处理油泥。

（4）含油舱底水储存舱：系指在含油舱底水被排放、过驳或处理前收集含油舱底水的舱柜。

（5）生活污水（黑水）：系指

① 任何型式的马桶、小便池的排出物和其他废弃物；

② 医务室（药房、病房等）的面盆、洗澡盆和这些处所排水孔的排出物；

③ 装有活的动物的处所的排出物；或

④ 混有上述排出物的其他废水。

（6）灰水：系指来自厨房、洗澡、洗衣和洗脸盆的排水。它不包括本章第 8.1.2.1（5）条定义的来自马桶、小便池、医务室和动物处所的排水，也不包括来自货物处所的排水。

（7）垃圾：系指产生于船舶正常营运期间并需要持续或定期处理的各种食品废弃物、生活废弃物和作业废弃物、所有塑料制品、货物残余、焚烧炉灰渣、食用油、渔具和动物尸体。

（8）有毒液体物质（NLS）：系指在《IBC 规则》第 17 或 18 章中列入污染类别栏、或在现行 MEPC.2/Circular 中规定的或根据 MARPOL 附则 II 第 6.3 条规定经临时评估的被列为 X、Y 或 Z 类的物质。

（9）食品废弃物：系指任何变质或未变质的食物，包括水果、蔬菜、乳制品、家禽、肉制品和船上产生的食物碎屑。

（10）防污底系统（AFS）：系指用于控制或防止不利生物附着于船舶的涂层、油漆、表面处理、表面或装置。

（11）压载水：系指为控制船舶纵倾、横倾、吃水、稳性或应力而加装到船上的水及其悬浮物。

（12）压载水管理系统（BWMS）：系指对压载水进行处理使其达到或高于第 D-2 条规定的压载水性能标准的任何系统。压载水管理系统包括压载水处理设备、所有相关控制设备、监测设备以及取样设施。

（13）生物污垢：系指在浸入或暴露于水生环境的表面和结构上的水生生物（例如微生物、植物和动物）的积聚。生物污底包括大型污底和微型污底。

（14）环保润滑油（EAL）：系指满足“可生物降解”和“最低限度毒性”以及美国 VGP(2013)定义的“非生物积聚”三类特性的润滑油。

8.1.2.2 本章相关缩写如下：

（1） AFS：防污底系统

（2） BWMS：压载水管理系统；

（3） CFC：氯氟烃物质；

（4） GWP：温室效应潜能；

（5） HCFC：氢化氯氟烃；

（6） IACS：国际船级社协会；
（7） IBTS：综合舱底水处理系统；
（8） IMO：国际海事组织；
（9） ISO: 国际标准化组织
（10） MARPOL：国际海事组织制定的经 1978 年议定书修订的 1973 年国际防止船舶造成污染公约及其 1997 年议定书；
（11） MEPC：国际海事组织海上环境保护委员会；
（12） MSC：国际海事组织海上安全委员会；
（13） NLS： 有毒液体物质；
（14） NOx：氮氧化物；
（15） ODP：臭氧消耗潜值；
（16） PM：颗粒物质；
（17） SOLAS：1974 年国际海上人命安全公约及其 1988 年议定书；
（18） SOx：硫氧化物；
（19） STS：油船间货油过驳；
（20） VOC：挥发性有机化合物；
（21） VGP：船舶通用许可。

~~8. 1. 2~~8. 1. 3 CLEAN 附加标志

~~8.1.2.1~~8.1.3.1 申请授予 CLEAN 附加标志的船舶应满足下列所有适用的国际公约及规则的适用要求：

(1) 国际安全管理规则；
(2) MARPOL ~~73/78~~ 附则 I；
(3) MARPOL ~~73/78~~ 附则 II；
(4) MARPOL ~~73/78~~ 附则 III；
(5) MARPOL ~~73/78~~ 附则 IV；
(6) MARPOL ~~73/78~~ 附则 V；
(7) MARPOL ~~73/78~~ 附则 VI；
(8) 2001 年国际控制船舶有害防污底系统公约附则 I 和附则 IV；
(9) 2004 年国际船舶压载水控制和管理公约附则。

~~8.1.2.2~~8.1.3.2 就本章而言，船舶还应满足下列经修订的国际标准、规则及建议(如适用)：

(1) 发动机排放废气中的氮氧化物含量－船用发动机氮氧化物(NO_x)排放控制技术规则(简称“2008 年 NO_x 技术规则”)；
(2) 船用焚烧炉—IMO 制定的 ~~MEPC.76(40)~~ MEPC.244(66)决议“船用焚烧炉标准技术条件”；
(3) 货物蒸气排放控制－IMO MSC/Circ.585 通函或公认的关于货物蒸气排放控制系统的标准。

~~8.1.2.3~~8.1.3.3 为取得 CLEAN 附加标志，船舶应获得下述适用的证书或符合证明文件：

(1) 符合国际安全管理规则的安全管理证书；
(2) 国际防止油污证书；
(3) 国际防止散装运输有毒液体物质污染证书或等效的国际散化船适装证书；
(4) 符合 MARPOL~~73/78~~ 附则 III 要求的证明文件；
(5) 国际防止生活污水污染证书；
(6) 符合 MARPOL~~73/78~~ 附则 V 要求的证明文件；
(7) 国际防止空气污染证书或符合证明；
(8) 国际防污底系统证书(或证明)或防污底系统声明；
(10) 国际压载水管理证书或符合证明文件；
(11) 焚烧炉 IMO 型式认可证书；
(12) 获得第 3 篇第 15 章 VCS 或 VCS-T 附加标志，或符合 IMO MSC/Circ.585 通函或公认的标准的蒸气排放控制系统认可证书或符合证明。

~~8.1.2.4~~ 8.1.3.4 船舶由于吨位原因，MARPOL ~~73/78~~ 相关附则不要求其具有 MARPOL 证书时，应至少具有下述有效文件：

(1) 符合 MARPOL 附则 I 的油类记录簿；
(2) 符合 MARPOL 附则 V 的垃圾管理计划和垃圾记录簿。

~~8. 1. 3~~8. 1. 4 其他~~环保~~附加标志

~~8.1.3.1~~8.1.4.1 符合本章第 3 节规定的船舶，授予下列~~环保~~附加标志：

(1) FTP (Fuel Tank Protection)——燃油舱保护
FTP+ (Fuel Tank Protection+)——燃油舱保护+；
(2) GWC (Grey Water Control)——灰水控制；
(3) NEC(II)(NO_x Emission Control)——NO_x 排放控制(第 II 级)；
NEC(III)(NO_x Emission Control)——NO_x 排放控制(第 III 级)；
(4) SEC(I) (SO_x Emission Control) — SO_x 排放控制(I)；
SEC(II) (SO_x Emission Control) — SO_x 排放控制(II)；
SEC(III) (SO_x Emission Control) — SO_x 排放控制(III)；
(5) RSC(Refrigeration System Control)——冷藏系统控制；
(6) AFS(Anti-Fouling System)——防污底系统；
(7) GPR(Green Passport for Recycling)——绿色护照；
GPR(EU)－绿色护照(欧盟)；
(8) BWMS(BallastWater Management System)——压载水管理系统；
（9）IBTS（Integrated Bilge Water Treatment System）——综合舱底水处理系统；
（10）EAL（Environmentally Acceptable Lubricants）——环保润滑油；
（11）Biofouling-C（Biofouling Control）——生物污垢控制。

~~8. 1. 4~~8. 1. 5 图纸资料

~~8.1.4.1~~8.1.5.1 下列操作性程序文件应提交批准，如已经船旗国主管机关审批，应提供一份副本备查：

(1) 压载水管理计划；
(2) 垃圾管理计划；
(3) 生活污水管理计划~~/程序~~；
(4) NO_x 排放控制/测量程序；
(5) 燃油管理程序(包括对 SO_x 排放控制和船用燃油供应)；
(6) ~~冷藏系统~~制冷剂管理计划；
(7) 挥发性有机化合物(VOCs)管理计划(仅适用原油油船)；
(8) ~~海上船对船(STS)货油过驳作业计划(仅适用进行 STS 操作的油船)；~~生物污垢管理计划（仅适用于 Biofouling-C 附加标志）。

~~8.1.4.2~~8.1.5.2 下列图纸资料应提交批准：

(1) 液货~~油~~舱和压载水舱布置图，包括液货~~油~~和压载管系图，以及溢流防护布置（对油船、化学品船、NLS 船）；
(2) 燃油储存、沉淀和日用油柜布置图，包括溢流防护布置；
(3) 燃油舱布置图(仅对 FTP 和 FTP+附加标志)；
(4) 机舱舱底水储存舱、残油舱及污油水舱的容积和管系~~布置~~图；
(5) 货油与非货油的装卸设施包括连接、滴油盘和泄放系统的布置；
(6) 压载水系统~~简~~图，包括压载水处理细节；
(7) 生活污水系统图，包括处理设备~~、的简图及细节~~储存舱容量、处理能力等；
(8) 灰水处理系统及其排出物指标细节(仅对 GWC 附加标志)；
(9) 焚烧炉装置及其附属管系和监控设备的布置~~简~~图及细节(如适用)；
(10) 垃圾储存或处理系统~~简~~图及细节；
(11) 永久设置的冷藏装置的布置，包括拟用的制冷剂细节(仅对 RSC 附加标志)；
(12) 固定式灭火系统及便携式灭火器使用的灭火剂细节包括名称、数量等；

(13) 防污底系统细节，包括防污底涂层技术条件；

(14) 船上有害物质清单(仅对 GPR 或 GPR(EU)附加标志)；

(15) 压载水管理系统操作和技术手册以及安装规定(仅对 BWMS 附加标志)；

（16） 硫氧化物废气清洁系统图及细节（如适用）；

(~~16~~17) 任何与船旗国主管机关或船东提出的船舶附加环保要求相关的资料(这些资料将作为授予 CLEAN 附加标志的考虑因素)。

~~8.1.4.3~~8.1.5.3 应提交本章 ~~8.1.2.3~~8.1.3.3 或 ~~8.1.2.4~~8.1.3.4 中所列的适用证书或证明文件副本一份备查。如是 CCS 受权进行法定服务的船舶，可不必提交。

~~8.1.4.4~~8.1.5.4 上述 ~~8.1.4.1~~8.1.5.1 和 ~~8.1.4.2~~8.1.5.2 所要求提交的图纸资料或文件，如已包含在该船舶入级所要求提交的图纸资料中，则可不必重复提交。

~~8.1.4.5~~8.1.5.5 上述 ~~8.1.4.2~~8.1.5.2 所要求的图纸资料中，凡具有 CCS 相关证件的产品(可参见第 1 篇第 3 章)，其图纸和资料可不必送审。

第 2 节 授予 CLEAN 附加标志的条件

8.2.1 一般要求

8.2.1.1 为获得 CLEAN 附加标志，船舶除满足本章第 1 节 ~~8.1.2~~8.1.3 规定的要求外，还应满足本节规定的适用要求。

8.2.2 防止油类污染

8.2.2.1 所有船舶除应满足 MARPOL 附则 I 的所有适用要求外，还应满足本条 8.2.2.2 至 ~~8.2.2.8~~8.2.2.11 的要求。

8.2.2.2 用于机舱舱底水的 15ppm 滤油设备应设有自动停止排放和报警装置，以在任何机舱含油污水排出物的含油量超过 15ppm 时能报警并自动停止向舷外排放。该滤油设备及报警装置应按照 MEPC.107(49)经型式认可。

8.2.2.4 ~~进出舱底水舱或~~残油舱排放管系与舱底水排放管系之间~~的管路~~，除通至 MARPOL 附则 I 所要求的标准排放接头的共用排放管路外，不应设有任何相互连接~~其他直接舷外排放接头~~。

8.2.2.5 ~~对于油船，如海水箱固定连接于货油管路上，应设置 1 个海水箱阀和 1 个舷内隔离阀。另外，在这两个阀之间的管段设有适当装置，当油船在装载、运输或卸货时能有效地将货油管路与海水箱隔离。这个适当装置可以是盲板、盲管、真空系统、气压或水压系统。当使用真空系统、气压或水压系统时，应设置 1 个压力表和 1 个报警系统以连续监测海水箱阀和舷内隔离阀之间的管段状况~~。油船货物区域主甲板两舷应自货油舱区域首部至尾部应设置连续性挡板以防止甲板上货物操作溢油排放入海。挡板高度应根据船舶的尺度、类型、拱形、纵倾和稳性确定。货物区域主甲板还应设有溢油泄放系统，能将甲板溢油泄放至甲板收集舱或污油水舱。

8.2.2.6 ~~对于 2007 年 1 月 1 日及以后建造的 5000 载重吨及以上的油船，其泵舱应采取下列措施予以保护：~~

~~(1) 应设有双层底，自船舶基线至泵舱舱底板之间的垂直高度 *h* 应不小于 *B*/15m 或 2m，取其小者。*h* 的最小值应不小于 1m；~~

~~(2) 如泵舱的舱底板位于船舶基线以上至少上述(1)所述的最小高度，则可不必设置双层底；~~

~~(3) 压载泵应设有适当布置以确保双层底舱的有效抽吸；~~

~~(4) 尽管有上述(1)或(2)的规定，当泵舱进水时不会导致压载泵系统或货油泵系统失效，则可不必设置双层底。~~在油船货油汇集管连接处，应设带有闭式泄放系统的滴油盘，并可泄放至甲板收集舱或污油水舱。

8.2.2.7 货油舱应设有高液位报警或可接受的溢流防护措施。

8.2.2.8 对于载重量为 600 吨及以上但小于 5000 吨的油船，其货油舱应由边舱和双层底予以保护，边舱及双层底舱的最小保护距离应满足如下要求：

（1）对于边舱，其最小宽度 w 为：$w = 0.4 + \frac{2.4DWT}{20000}(m)$，最小值 w = 0.76 m；

式中，DWT--船舶载重吨。

（2）对于双层底舱，其最小高度 h 为：h = B/15 (m)，最小值 h = 0.76 m。

式中，B--船舶型宽。

~~8.2.2.7~~8.2.2.9 燃油~~柜~~、滑油~~柜~~、液压油和其他油类的加油舱柜~~日用油柜~~应设有高液位报警或其他溢流防护措施以防止溢流。对于设计成即使发生溢流也不会造成环境污染的内部舱柜而言，可不必设置高液位报警。

~~8.2.2.8~~8.2.2.10 燃油、滑油及其他油类（如液压油）加油站~~装卸管路~~的甲板接头处，应设有带有封闭式泄放系统的滴油盘或集油槽，并可泄放至甲板收集舱或污油水舱。

8.2.2.11 燃油舱、滑油舱、液压油舱和其他油舱的透气管和溢流管处，应设有收集溢油的滴油盘并设有清除溢油设施以防止舷外排放。

8. 2. 3 防止有毒液体物质污染

8.2.3.1 船舶除应满足 MARPOL~~73/78~~ 附则 II 的所有适用要求外，~~无其他特殊要求~~还应满足本条 8.2.3.2 至 8.2.3.4 的要求。

8.2.3.2 化学品船货物区域主甲板两舷应自液货舱区域首部至尾部设置连续性挡板以防止甲板上货物操作溢漏排放入海。挡板高度应根据船舶的尺度、类型、拱形、纵倾和稳性确定。货物区域主甲板还应设有收集货物操作溢漏的泄放系统，能将溢漏货物泄放至甲板收集舱或污水舱。

8.2.3.3 化学品船货物汇集管连接处应设有带有封闭式泄放系统的滴漏盘，并可泄放至甲板收集舱或污水舱。

8.2.3.4 化学品船液货舱应设有限制式测量系统，除非由于货物原因而要求闭式测量系统。

8. 2. 4 防止海运包装有害物质污染

8.2.4.1 船舶除应满足 MARPOL~~73/78~~ 附则 III 的所有适用要求外，无其他特殊要求。

8. 2. 5 防止生活污水污染

8.2.5.1 船舶除应符合经修订的 MARPOL~~73/78~~ 附则 IV 的所有适用要求外，还应满足本条 8.2.5.2 至 8.2.5.6 要求。

~~8.2.5.2 应建立有效的生活污水处理作业程序。生活污水的处理和排放应符合经批准的作业程序。~~

~~8.2.5.3 储存在集污舱内的生活污水应经消毒。~~

~~8.2.5.4 所有生活污水的排放，无论是向岸上接收设施还是向海里排放，均应对排放日期、地点和排放量进行详细记录。向海里排放时还应记录船舶航速和离岸的距离。~~

8.2.5.2 船舶应设置生活污水处理装置。该装置应按照 MEPC.227(64)决议由本社或船旗国主管机关进行型式认可。

~~8.2.5.3 禁止生活污水未经处理直接排放入海。但对于在远离起居处所的工作处所所设置的单个卫生设施所产生的生活污水，可免除此要求，但其排放应符合船旗国主管机关的规定。~~

8.2.5.3 对航行于有生活污水禁排要求的区域（如特殊区域或港区）的船舶，应根据船舶营运、船上人员数量及港内预期停留时间设置足够容量的集污舱，能留存船舶在禁排区所产生的所有生活污水。集污舱容量计算，可按照对于传统型生活污水设施每人每天 70L 以及真空型设施每人每天 35L 的产生量进行。集污舱应设置高液位报警和观察容量的目视装置。

8.2.5.4 储存在集污舱内的未经处理的生活污水在排放前应经消毒。

8.2.5.5 生活污水系统的透气管系应独立于其他透气管系。

8.2.5.6 船舶应备有一份生活污水管理计划并经 CCS 批准。该计划应对船员提供生活污水处理及生活污水排放管理的指导。该生活污水管理计划应至少包括以下内容：

（1）船舶名称及船舶识别号；

（2）生活污水处理系统和生活污水集污舱以及所有相关管系图；

（3）生活污水管理和操作程序；

（4）所有生活污水排放的记录方式和方法，无论是向接收设施还是向海里排放。这些记录数据包括排放日期、地点和排放量；向海里排放时还应记录船舶航速和离岸的最近距离。对生活污水处理系统的排放则记录系统启动和停止工作时间来替代排放量。对于在紧急情况下排放未经处理的生活污水，

也应予以记录。

8.2.6 防止垃圾污染

8.2.6.1 所有船舶除应满足 MARPOL 附则 V 的适用要求外，还应满足本条 8.2.6.2 至 8.2.6.4 要求。

8.2.6.2 ~~船舶应就垃圾收集、分类、储存、处理等制定书面的操作程序，并尽可能减少船舶垃圾的产生及在船上的储存空间。~~船舶应备有一份垃圾管理计划，并应符合 MEPC.201(62)要求。

8.2.6.3 ~~垃圾管理计划及垃圾记录簿的制定，可参照 CCS 编制的《防止船舶垃圾污染检验指南》。~~船舶应设有分类、减量和储存垃圾的设备和布置。当船上设有焚烧炉时，应符合本章 8.2.7.6 的要求。

8.2.6.4 ~~当船上设有焚烧炉时，应符合本章 8.2.7.6 的要求。~~为提高垃圾的可回收率，垃圾的分类和储存应至少分为以下四种类型：

（1）不可回收利用的废弃物；

（2）可回收利用的废弃物；

（3）可能对船舶或船员构成危害的废弃物（例如油腻的破布、电灯泡、酸、化学品、电池等）；

（4）食品废弃物。

8.2.7 防止船舶造成空气污染

8.2.7.1 ~~除下述规定外，~~船舶除~~还~~应满足 MARPOL 附则 VI 第 3、12、13、14、15、16、18 条的适用要求外，还应满足本条 8.2.7.2 至 8.2.7.6 要求。

8.2.7.2 氮氧化物(NO_x)排放：

(1) 凡输出功率超过 130kW 的柴油机(应急柴油机、安装在救生艇上或只在应急情况下使用的设备或装置上的柴油机除外)，其氮氧化物(NO_x)排放应满足 MARPOL 附则 VI 第 13 条规定的排放限值；

(2) 如船舶安装氮氧化物减少装置，将 NO_x 排放降至 MARPOL 附则 VI 第 13 条规定的限值内，则该氮氧化物减少装置应经 CCS 认可；

(3) 柴油机 NO_x 排放的试验程序和测量方法，应符合 IMO 制定的《2008 年 NO_x 技术规则》。

8.2.7.3 硫氧化物(SO_x)及颗粒物质（PM）排放：

(1) 船上使用的任何燃油的硫含量，应不超过 3.0%m/m；~~也可采用废气滤清系统将排放废气中 SO_x 排放量控制在等效水平；~~

(2) 当~~但~~船舶位于 SO_x 排放控制区或某些指定的港口时，其燃油硫含量应不超过 0.1%m/m~~。也可采用废气滤清系统，将排放废气中 SO_x 排放量控制在等效水平~~；

(3) ~~如船舶采用废气滤清系统以控制 SO_x 排放，则废气滤清系统应经 CCS 认可[①]；~~作为上述（1）和（2）的替代措施，可采用废气清洁系统将 SOx 排放控制在等效水平。废气清洁系统应经本社或船旗国主管机关按照 MEPC.184(59)决议通过的《2009 年废气清洁系统导则》或 MEPC.259(68)决议通过的《2015 年废气清洁系统导则》进行认可；

(4) ~~应制定燃油管理程序。~~船舶应备有一份燃油管理计划。其中对供应到船上的燃油取样采用 ISO 3170 或 3171 标准或其他公认的标准，对样品的试验分析采用 ISO 8754 或其他公认的标准。燃油管理计划应至少包括以下内容：

① 船名及船舶识别号；

② 对燃油质量需求的描述；

③ 船上使用的燃油的硫含量；

④ 不同硫含量燃油的转换程序和步骤指令；

⑤ 燃油系统包括燃油转换细节的示意图；

⑥ 当船舶在加油港或加油站得不到所需硫含量的燃油时应采取的措施。

(5) ~~对于燃油锅炉和惰性气体发生器，应通过使用燃油硫含量不超过上述(1)和(2)所述规定的燃油，来分别满足对海上和在 SO_x 排放控制区或指定的港口内操作的要求。~~本条关于燃油硫含量的要求应适用于船上柴油机、燃油锅炉及焚烧炉使用的燃油，但焚烧炉焚烧的油渣（油泥）除外。

8.2.7.4 ~~冷藏~~制冷系统：

(1) 本条要求适用于所有船舶的~~具有集中~~货物冷藏系统、中央空调系统、集中式制冷系统~~的冷藏装置，包括冷藏船、渔船和设有再液化装置的气体运输船等~~。本条要求不适用于船上通常在厨房、吧

~~①参见 IMO 以 MEPC.184(59)决议通过的《船上 SO_x 废气清洁系统导则》。~~

台、食品储藏室、和船员舱室内使用的家用型独立式空调装置、~~和~~冰箱和制冰机；

(2) 禁止使用消耗臭氧物质的制冷剂，如 CFC。但氢化氯氟烃(HCFC)物质允许在 2020 年 1 月 1 日前使用；

(3) ~~冷藏~~制冷系统应设置适当的维修隔离~~保护~~措施，以防止在进行保养或修理时造成制冷剂的大量泄漏。但对于与使用制冷剂回收装置相关的不可避免的微量释放可以接受；

(4) 为回收制冷剂，压缩机应能将系统内的充装物排空至液体接收器。而且，回收装置应能方便地将系统排空至现有的液体接收器或为此目的而设的适当容器中；液体接收器的容量应足以容纳可以隔离的最大制冷单元的全部制冷剂；

(5) 每一系统的制冷剂，年度泄漏量应小于其制冷剂全部充装量的 10%。应装设 1 个泄漏探测器，以连续监测制冷剂可能泄漏的处所。而且应在有人值班的位置设置报警器，以便制冷剂浓度超过预先设定的值(如氨为 25ppm)时发出报警。当发现有泄漏时，应能实施纠正措施；

~~(6) 应对制冷剂的更换、泄漏、回收及处置等予以记录并保存；~~

(~~7~~6) 当使用多种制冷剂时，应采取措施避免发生混合。

(7) 船舶应备有一份制冷剂管理计划，该计划至少应包括以下内容：

① 船名及船舶识别号；

② 所有制冷系统的清单以及简图和部件描述（包括泄漏探测系统）；

③ 对制冷剂的消耗、泄漏、排空及处置进行管理和控制的方法，包括泄漏时所采取的纠正措施；

④ 对制冷剂的更换、泄漏、回收、补充及处置等的记录方式和方法。记录应至少包括：日期、系统类型、制冷剂类型、系统初次充装量及制冷剂液位、补充注入量、回收量、泄漏类型和纠正措施。

（8）船舶应建立和维持一份船上制冷剂清单和上述④中所要求的记录簿，并伴随系统整个寿命周期。每一项的记录应至少在船上保持 3 年以备验船师核查。

8.2.7.5 消防系统：

(1) 禁止在固定式消防系统以及便携式灭火器中，使用卤素(Halon)物质或卤化烃(Halocarbons)物质作为灭火介质。

（2）用于消防系统的灭火剂应尽量使用天然物质，如氩、氮、水雾、二氧化碳。

8.2.7.6 焚烧炉：

(1) 如船上安装了焚烧炉，则焚烧炉应按照 IMO ~~MEPC.76(40)~~ MEPC.244(66)决议要求经船旗国主管机关或 CCS 或其他 IACS 成员认可，并持有合格的 IMO 型式认可证书；

(2) 所有的焚烧炉作业应在垃圾记录簿或者油类记录簿中予以记录。

8.2.9 压载水管理

8.2.9.1 ~~尽管~~所有《国际船舶压载水及沉积物控制和管理公约》~~没有生效，所有公约~~适用的船舶，其压载水的排放应符合压载水公约 D-1（压载水置换）或 D-2（压载水处理）标准~~应采取措施，防止或减少压载水中有害水生物和病原体的传播~~。

8.2.9.2 船舶应备有一份经 CCS 或船旗国主管机关批准的压载水管理计划。压载水管理计划应按照 ~~IMO 制定的~~ MEPC.127(53)决议通过的《压载水管理导则和制定压载水管理计划导则》[①]~~或参照 CCS《船舶压载水管理计划编制指南》~~进行编写~~，并充分考虑到 IMO A.868(20)决议的相关要求~~。

第 3 节 其他环保附加标志

8.3.1 防污底系统－附加标志 AFS

8.3.1.1 当船舶防污底系统不含任何~~作为~~生物杀灭剂~~的有机锡化合物~~时，可授予附加标志 AFS。

8.3.2 灰水控制－附加标志 GWC

~~8.3.2.1 就本条而言，灰水系指来自船上所设的洗衣房、浴室、厨房、住舱房的排出废水。~~

~~8.3.2.2~~8.3.2.1 当船舶对灰水亦按照 MARPOL 附则 IV 的设备和排放要求进行控制，并满足 8.3.2.3

~~①参见 IMO 以 MEPC.127(53)决议通过的该导则。~~

至 ~~8.3.2.5~~8.3.2.6 要求时，可授予附加标志 GWC。

8.3.2.2 船舶应设置处理灰水的处理系统，其处理后的排放水的排放标准应满足 MEPC.227(64)决议中规定的标准。如船舶所设置的生活污水处理系统同时处理生活污水和灰水，则生活污水处理系统的处理能力应能满足生活污水和灰水的处理需求。

8.3.2.3 ~~灰水集污舱的舱容，应按船上最大人数已 200L/人·天的标准计算。~~当灰水留存船上以排至岸上接收设施或者仅在距最近陆地 12nmiles 以外排放时，则船舶应设置灰水储存舱。灰水储存舱的舱容，可根据船上人员、航行时间以每人每天 125L 的产生量计算。如与生活污水共用~~一个~~集污舱，则舱容应为生活污水~~储存~~集污舱和灰水储存舱舱容的总和。

8.3.2.4 灰水储存~~集污~~舱应设有高液位报警。

~~8.3.2.5 如船舶所设置的污水处理系统同时处理生活污水和灰水，则其最小处理能力应加倍。~~

8.3.2.5 灰水处理系统及灰水储存舱的透气管系应独立于其他透气管系。

8.3.2.6 船舶应备有一份灰水管理计划并经 CCS 批准。该计划应对船员提供灰水处理及排放管理的指导。该灰水管理计划可与生活污水管理计划合并，应至少包括以下内容：

（1）船舶名称及船舶识别号；

（2）灰水处理系统和灰水储存舱以及所有相关管系图等；

（3）灰水管理和操作程序；

（4）所有灰水排放的记录方式和方法，无论是向接收设施还是向海里排放。这些记录数据包括排放日期、地点和排放量；向海里排放时还应记录船舶航速和离岸的最近距离。

8.3.3 燃油舱保护－附加标志 FTP 和 FTP+

8.3.3.1 定义(就本章而言)：

(1) “燃油”系指船舶装载的与推进装置和辅机有关的、并用作燃料的各种油。

(2) “C”是船舶燃油舱总舱容的 98%(m^3)。

8.3.3.2 当船舶的所有燃油舱（单舱容量不超过 30m3 的小型燃油舱除外）满足 MARPOL 附则 VI 第 12A 条规定的燃油舱保护要求时~~满足本条要求的船舶，除仅设有单舱容量不超过 30m^3 的小型燃油舱且不设有双壳保护措施的船舶之外，~~可授予 FTP 附加标志。

8.3.3.3 ~~本条要求适用于所有~~当船舶的所有燃油舱（包括单舱容量不超过无论是否小于 30m3 的小型燃油舱），除满足 MARPOL 附则 VI 第 12A 条的适用要求外，还应满足本条 8.3.3.4 至 8.3.3.9 要求时，可授予 FTP+附加标志。~~但不必适用于单舱容量不超过 30m^3 的燃油舱~~。

~~8.3.3.4 单个燃油舱的舱容不应超过 2500m^3~~。

~~8.3.3.5~~8.3.3.4 燃油舱应布置在距离船底壳板型线以上不低于按下式算得的 *h* 高度处，取两者之较小者，最小值 *h* = 0.76m：

$$h = B/20 \text{ m}$$

$$h = 2.0 \text{ m}$$

舭部或舭部无明显弯曲的部位，燃油舱的边界线应与船舯平板龙骨线平行。

~~8.3.3.6~~8.3.3.5 对燃油舱总舱容小于 5000m^3 的船舶，燃油舱应布置在舷侧壳板型线内侧。在与舷侧壳板垂直的任何剖面处测得的距离 *W* 值，应不小于下式计算值：

$$W = 0.4 + 2.4C/20000 \text{ m}$$

最小值 *W*＝1.0 m，但对单舱舱容小于 500m^3 的燃油舱，该最小值取为 0.76m。

~~8.3.3.7~~8.3.3.6 对燃油舱总舱容大于或等于 5000m^3 的船舶，燃油舱应布置在舷侧壳板型线内侧。在与舷侧壳板垂直的任何剖面处测得的距离 *W* 值应不小于下式计算值的较小者，最小值 *W*＝1.0m：

$$W = 0.5 + C/20000 \text{ m}$$

$$W = 2.0 \text{ m}$$

~~8.3.3.8~~8.3.3.7 如燃油舱的管线布置在距离船底以上小于 ~~8.3.3.5~~8.3.3.4 款定义的 *h* 处，或距离舷侧小于 ~~8.3.3.6~~8.3.3.5 和 ~~8.3.3.7~~8.3.3.6 款所定义的 *W* 处，则应在燃油舱内或紧邻燃油舱旁装设阀或类似的关闭装置。这类阀应能从一个随时可以进入的围闭处所很容易地投入使用。该围闭处所应可通过驾驶桥楼或推进机器控制站到达，而不必横穿经过露天干舷甲板或上层建筑甲板。这类阀应在遥控装置失灵的情况下关闭，并应在海上航行期间当舱内有燃油时保持关闭状态，但在过驳燃油操作中可打开。

~~8.3.3.9~~8.3.3.8 燃油舱内的吸阱，可以凸入到由距离 *h* 所定义的双层底舱边界线下面。但这种吸阱应尽可能小，并且阱底与船底壳板之间的距离应不小于 0.5*h*。

8.3.3.9 MARPOL 附则 I 第 12A 条第 11 款规定的燃油溢流性能标准不被接受。

8.3.4 NO_x 排放控制－附加标志 **NEC(II)和 NEC(III)**

8.3.4.1 附加标志 NEC(II)仅适用于 2011 年 1 月 1 日之前建造的船舶（2011 年 1 月 1 日及以后发生替代柴油机或新增柴油机的船舶除外）。为获得附加标志 NEC(II)，8.2.7.2 定义的柴油机的 NO_x 排放量应不超过下述排放标准：

(1) 14.4g/kW·h，当 n<130r/min 时；

(2) $44.0\times n^{(-0.23)}$g/kW·h，当 130r/min≤n<2000r/min 时；

(3) 7.7g/kW·h，当 n≥2000r/min 时。

其中 n 为柴油机额定转速(每分钟曲轴转速)。

试验程序和测量方法应符合《2008 年 NO_x 技术规则》的要求。

8.3.5 SO_x 排放控制－附加标志 ~~**SEC(I)/(II)/(III)**~~ **SEC(I)、SEC(II)和 SEC(III)**

8.3.5.1 为获得 SEC(I)附加标志，船上所用的所有燃油的硫含量应不超过 1.0%m/m。

8.3.5.4 作为上述 8.3.5.1 至 8.3.5.3 的替代措施，也可采用经认可的废气滤清系统或其他经批准的措施将排放废气中 SO_x 排放量分别控制在相应的标准以下。上述燃油硫含量限值标准对应的 SO_x 排放标准应符合 MEPC.184(59)或 MEPC.259(68)中规定。

8.3.7.2 有害物质材料清单应根据 IMO 环保会以 ~~MEPC.197(62)~~ MEPC.269(68)决议通过的《~~2011~~ 2015 有害物质清单制定导则》编制而成，并且经 CCS 按照《船舶有害物质清单编制及检验指南》予以验证[①]。

8.3.8 压载水管理系统－附加标志 BWMS

8.3.8.1 船舶安装的压载水管理系统(BWMS)应持有主管机关或其认可组织根据 IMO 环保会 MEPC.174(58)决议~~或 MEPC.125(53)决议~~签发的型式认可证书。

8.3.9 综合舱底水处理系统-附加标志 IBTS

8.3.9.1 船舶机舱舱底水的管理和排放布置符合 MEPC.1/Circ.642 通函（经 MEPC.1/Circ.676 和 MEPC.1/Circ.760 修订）的综合舱底水处理系统（IBTS）时，可授予附加标志 IBTS。

8.3.9.2 船上应备有一份由 CCS 签发的《综合舱底水处理系统安装事实声明》。

8.3.10 环保润滑油-附加标志 EAL

8.3.10.1 为获得 EAL 附加标志，船舶的油/水界面处使用的润滑油应符合 CCS《美国环保署环保润滑油要求实施检验指南》关于环保润滑油的相关规定。

8.3.10.2 船舶应备有一份由 CCS 签发的《EAL 符合声明》。

8.3.11 生物污垢管理-附加标志 Biofouling-C

8.3.11.1 为获得 Biofouling-C 附加标志，船舶应持有一份生物污垢管理计划。该计划应按照 IMO 以 MEPC.207(62)决议批准的《2011 年为最大程度减少入侵水生物种转移的船舶生物污垢控制和管理指南》编写，并经 CCS 批准。

8.3.11.2 船舶还应在船上备有一份符合 MEPC.207(62)决议附录 2 的生物污垢记录簿。

~~① 参见 CCS《船舶有害物质清单编制及检验指南》。~~

第 10 章　石油沥青船补充规定

第 1 节　一 般 规 定

10.1.2.1　对符合本章要求的整体液货舱沥青船，授予如下附加标志：Asphalt Carrier (Integral tank，~~Maximum~~Max. cargo temperature ≤×××℃)，F.P.>60℃，ESP。

10.1.2.2　如满足本规范第 2 篇第 2 章第 24 节要求，可在 10.1.2.1 的基础上加注温度应力计算附加标志，Thermal stress calculation。

10.1.2.3　对符合本章要求的独立液货舱沥青船，授予如下附加标志：Asphalt Carrier (Independent tank，　~~Maximum~~Max. cargo temperature ≤×××℃)，F.P.>60℃。

第 2 节　船舶构造与布置

10.2.4.1　独立液货舱如主要由平面构成，其液货舱周界结构~~可参照深舱的~~按照 10.2.6 要求进行设计，且设计蒸气压力(表压)应不大于 0.07MPa。

10.2.5　整体液货舱

10.2.5.1　整体液货舱的周界结构按照 10.2.6 要求进行设计。

10.2.5.2　对于整体液货舱沥青船，应对船体结构进行热应力分析，以校核其各种装载情况下的局部强度和总纵强度；还应对船体在满载和半载状态下的温度场和热传递进行分析，分析时应考虑材料在高温下的机械性能变化。

10.2.5.3　对于整体液货舱沥青船的绝热层处所(隔热空间)，应采取措施以防止由于温度变化引起的过压或欠压。

10.2.6　液货舱周界

10.2.6.1　构成液货舱周界的舱顶板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = t_0\sqrt{K} + t_c \qquad \text{mm}$$

式中：t_0——厚度，mm，取下列各式计算所得之大者：

$$t_0 = 39.5s\sqrt{P_v - 0.02}$$

$$t_0 = 2.8s\sqrt{\rho h}$$

$$t_0 = 4.5s$$

K——材料系数；见本规范第 2 篇第 1 章第 3 节；

t_c——腐蚀增量，mm，对于碳钢，t_c=2.5 mm；

s——纵骨间距，m；

P_V——最大压力（表压），MPa，取不小于 0.02 MPa；

ρ——最大货物密度，t/m3，取不小于 1.025 t/m^3；

h——溢流管顶距甲板的高度，m。

10.2.6.2 构成液货舱周界的舱底板、平面侧壁板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = t_0\sqrt{K} + t_c \qquad \text{mm}$$

式中：t_0——厚度，mm，取下列各式计算所得之大者：

$$t_0 = 3.95s\sqrt{\rho h_1 + 100\left(P_v - 0.02\right)}$$

$$t_0 = 2.8s\sqrt{\rho h}$$

$$t_0 = 2.9s\sqrt{2.45 + h_1}$$

K——材料系数；

t_c——腐蚀增量，mm，　t_c=2.5 mm；

s——骨材间距，m；

ρ——最大货物密度，t/m^3，取不小于 1.025 t/m^3；

h_1——从板列下缘量至舱顶的垂直距离，m；

P_v——最大压力（表压），MPa，取不小于 0.02 MPa；

h——从板列下缘量至溢流管顶的垂直距离，m。

10.2.6.3 构成液货舱周界的扶强材的剖面模数W应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W = 8Ksl^2\left[\rho h_1 + 100\left(P_v - 0.02\right)\right] \qquad \text{cm}^3$$

$$W = 4Ks\rho hl^2 \qquad \text{cm}^3$$

$$W = 4.2Ksl^2\left(2.45 + h_1\right) \qquad \text{cm}^3$$

式中：K——材料系数；见本规范第 2 篇第 1 章第 3 节

s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m；

ρ——最大货物密度，t/m^3，取不小于 1.025 t/m^3；

h_1——从扶强材跨距中点量至舱顶的垂直距离，m；

P_v——最大压力（表压），MPa，取不小于 0.02MPa；

h_1——从扶强材跨距中点量至溢流管顶的垂直距离，m。

10.2.6.4 构成液货舱周界的扶强材的剖面惯性矩I应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 2.3\frac{Wl}{K} \quad \text{cm}^4$$

式中：W——按 10.2.6.3 的规定计算所得的扶强材剖面模数，cm^3；

l——见 10.2.6.3；

K——材料系数，见本规范第 2 篇第 1 章第 3 节。

10.2.6.5 构成液货舱周界的平面舱壁桁材的剖面模数W应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W = 11.7Kbl^2\left[\rho h_1 + 100\left(P_v - 0.02\right)\right] \quad \text{cm}^3$$

$$W = 6Kb\rho hl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$W = 6.3Kbl^2\left(2.45 + h_1\right) \quad \text{cm}^3$$

式中：K——材料系数，见本规范第 2 篇第 1 章第 3 节；

b——桁材支持面积的宽度，m；

l——桁材的跨距，m；

ρ——最大货物密度，t/m^3，取不小于 $1.025\ \text{t/m}^3$；

h_1——从桁材跨距中点处量至舱顶的垂直距离，m；

P_v——最大压力（表压），MPa，取不小于 0.02 MPa；

h——从桁材跨距中点处量至溢流管顶的垂直距离，m。

10.2.6.6 构成液货舱周界的平面舱壁桁材的剖面惯性矩I应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 2.5\frac{Wl}{K} \quad \text{cm}^4$$

式中：W——按 10.2.6.5 的规定计算所得的桁材剖面模数，cm^3；

l——见 10.2.6.5；

K——材料系数，见本规范第 2 篇第 1 章第 3 节。

10.2.6.7 构成液货舱周界的对称槽形舱壁板的厚度t应不小于按10.2.6.1计算所得之值，计算时s以槽形平面部分宽度a或槽形斜面部分宽度b的较大者代替，且应符合下式要求：

$$t \geqslant \frac{s}{70\sqrt{K}} \quad \text{mm}$$

式中：s——取槽形平面部分宽度a和槽形斜面部分宽度b的较大者，mm，见本规范第 2 篇第 1 章图 1.2.4.3；

K——材料系数。对于高强度钢，若在直接计算中，取较低强度等级的材料仍能满足板屈曲校核要求（见本规范第 2 篇第 1 章第 5 节），可取较低强度等级的K值计算。

10.2.6.7 构成液货舱周界的对称槽形舱壁的剖面模数W应不小于按下列各式计算所得之值：

$$W = KCsl^2\left[\rho h_1 + 100\left(P_v - 0.02\right)\right] \quad \text{cm}^3$$

$$W = 0.50KCs\rho hl^2 \quad \text{cm}^3$$

$$W = 0.53KCsl^2\left(2.45 + h_1\right) \quad \text{cm}^3$$

式中：$W = d_w t\left(a + \frac{b}{3}\right)$，$\text{cm}^3$，为 1 个槽形宽度的剖面模数；

s——1 个槽形宽度，m，见本规范第 2 篇第 1 章图 1.2.4.3；

a——槽形平面部分宽度，m，见本规范第 2 篇第 1 章图 1.2.4.3；

b——槽形斜面部分宽度，m，见本规范第 2 篇第 1 章图 1.2.4.3；

d_w——槽形深度，mm，见本规范第 2 篇第 1 章图 1.2.4.3；

t——槽形舱壁板厚度，mm，见本规范第 2 篇第 1 章图 1.2.4.3。

K——材料系数；

C——系数，按本规范第 2 篇第 2 章第 13 节表 2.13.3.1 规定的端部固定情况选取；

l——槽形跨距，即支持点之间的距离，m；

ρ——最大货物密度，t/m^3，取不小于 $1.025\ \text{t/m}^3$；

P_v——最大压力（表压）MPa，取不小于 0.02 MPa；

h_1——从槽形跨距中点量至舱顶的垂直距离，m；

h——从槽形跨距中点量至溢流管顶的垂直距离，m。

当槽形舱壁的跨距超过 15m 时，应在跨距中点附近设置水平桁材。

10.2.6.8 当设置底凳时，底凳内应尽可能地设置与垂直槽形舱壁腹板对齐的嵌接肘板。当不设置底凳时，双层底肋板一般应与垂直槽形横舱壁面板对齐，双层底纵桁一般应与垂直槽形纵舱壁面板对齐，在内底与底边舱下应尽可能地设置与垂直槽形腹板对齐的嵌接肘板。当横舱壁为水平槽形时，在槽形舱壁与内壳和纵舱壁相交处，一般应设置主要构件与槽形舱壁面板对齐，并应尽可能设置嵌接肘板与槽形舱壁腹板对齐。

~~10. 2. 6~~10. 2. 7 管系

~~10.2.6.1~~10.2.7.1 在货舱处所的适当位置，应装设污水阱，污水阱内的水应由泵排至舷外，此泵可为机器处所内的舱底泵。该污水阱应装设高液位报警装置，并在驾驶室和货物控制室(如设有)内均

应设置该液位的听觉和视觉报警和控制装置，同时建议将该报警信号和控制延伸至机舱集控室。

~~10.2.6.2~~10.2.7.2　当沥青需加热的温度大于饱和蒸汽的温度时，加热介质应是热油。

~~10.2.6.3~~10.2.7.3　液货舱外的货泵、货物管系和货物操纵阀等均应加热。

~~10.2.7~~10.2.8　电气装置

~~10.2.7.1~~10.2.8.1　电气设备(传感器除外)、电缆及附具，不应安装在液货舱内。

~~10.2.7.2~~10.2.8.2　液货舱内必需与电气设备(如传感器)相连的电缆不应与液货相接触，而应敷设在厚壁气密钢管内。

~~10.2.8~~10.2.9　与液货有关的监测报警

~~10.2.8.1~~10.2.9.1　固定安装的液货测深设备可选用雷达型、电容型或压力型。如选用雷达型测深设备，测深区应尽量避免布置其他设备或构件。

~~10.2.8.2~~10.2.9.2　应设置液货高温报警装置，当液货温度超过设定值时，应发出听觉和视觉报警信号。

~~10.2.8.3~~10.2.9.3　应设置液货舱的高液位报警装置，当装货液位超过正常满载的高液位时，应发出听觉和视觉报警信号。

~~10.2.8.4~~10.2.9.4　在独立液货舱底部绝热层外，应设置温度监测装置。

~~10.2.8.5~~10.2.9.5　报警控制和温度监测指示装置均应安装在液货控制站内，各报警信号应逐一或成组地延伸至驾驶室。

第 11 章　动力定位系统

第 1 节　一般规定

11.1.4.1　对动力定位船舶，除主船级要求送审的图纸外，还应将下列图纸资料提交批准：

(1)　动力定位系统技术说明，应包括下列内容：

①测量系统和控制器的性能，推进器的型式、推进器控制模式和推力配置方案；

②对于 DP-2 和 DP-3 附加标志，要送审在线“结果分析”的原理说明；

(2)　船位保持性能分析，包括环境(风速、流和波浪)极限状况图表(或文字说明)及对于 DP-2 和 DP-3 附加标志最大单个故障出现后船舶的定位能力；

(3)　传感器和参照系统框图；

(4)　控制系统的功能图；

(5)　各设备单元(动力、控制、显示)间电缆单线图和说明；

(6)　动力定位所要求总的最大电力负荷计算书。对于 DP-2 和 DP-3 附加标志，应反映出现最大单个故障后的用电情况；

(7)　对于 DP-2 和 DP-3 附加标志，故障模式与影响分析(FMEA)报告~~(包括冗余度试验程序)~~；

(8)　控制站的布置；

(9)　控制台显示和报警项目表；

(10)　系泊及航行试验大纲，包括 DP-2 和 DP-3 附加标志的冗余度试验程序(由现场验船师审查)；

(11)　对 DP-3 标志，防火和浸水的隔离布置，包括动力定位系统相关电缆的布线图。

11.1.4.2　应将下列图纸资料提交备查：

(1)　定位系统的操作手册，至少包括设备说明和维护说明。~~包括：~~

~~①设备说明；~~

~~②维护说明；~~

~~③应急说明。~~

(2)　对于 DP-2 和 DP-3 附加标志，功率管理系统说明。

第 2 节　系 统 布 置

11.2.3.7　~~在~~主控制站~~和备用控制站，均~~应设有各个推进器的单独的手动控制器。

第 5 节　控制器与测量系统

~~11.5.8.11　除 DP-1 附加标志船舶外，位置参照系统的电源应来自 UPS。对于 DP-2 和 DP-3 附加标志，电源的布置应依据整个冗余要求。~~

第 19 章　交流高压岸电系统

第 1 节　一般规定

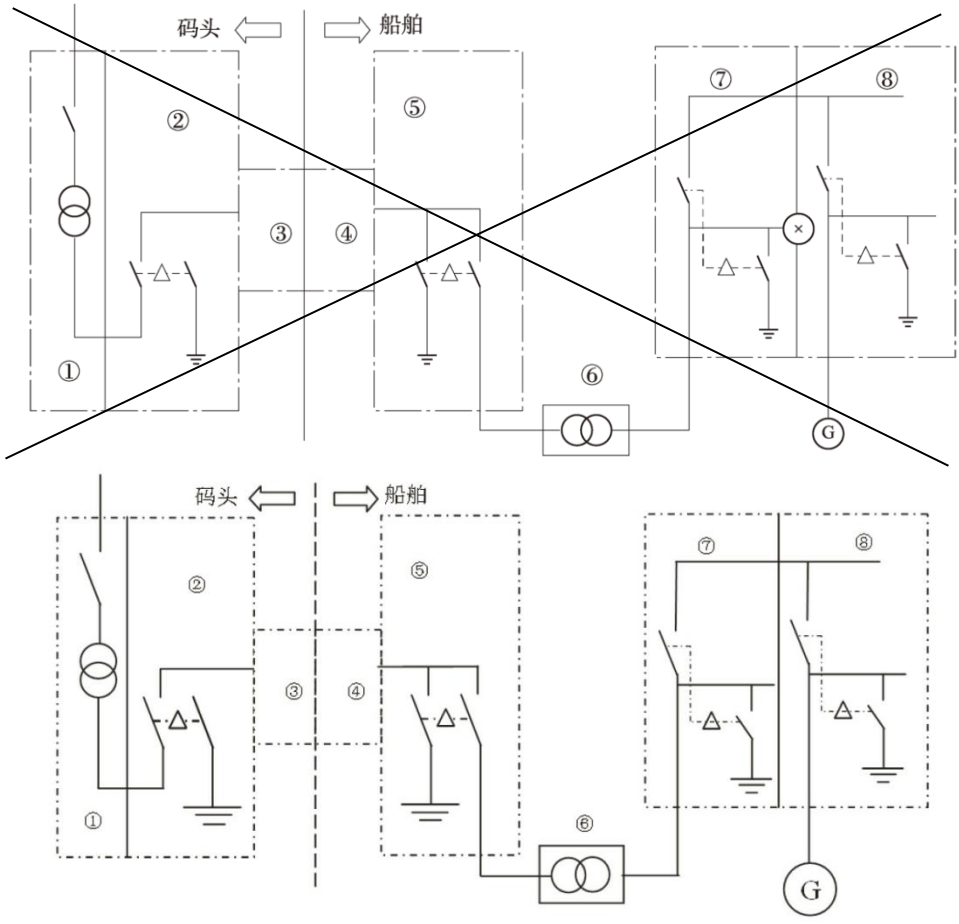


图 19.1.3.1（1） 典型高压岸电系统示意图

第 22 章　集装箱安全系固补充规定

第 5 节替换为：

第 5 节 特殊集装箱的安全设计

22.5.1 冷藏集装箱的供电插座应提供安全和水密的电力连接。

22.5.2 冷藏集装箱供电插座应是具有联锁功能且受到断路器保护的大电流插座。只有当插头与插座完全啮合并且操纵手柄推至“开（ON）”位置时，插座才能合闸供电。将操作手柄拉至“关（OFF）”位置将会手动切断供电电路。

22.5.3 当操作手柄在“开（ON）”位置时，若插头意外脱出，冷藏集装箱供电电路应自动切断。机械联锁机构应能在插针和插座中套管还存在接触时切断电路。提供完备的操作人员安全和防护电击伤害，同时消除对插头和插座的电弧损害。

22.5.4 冷藏集装箱插座的设计应确保操作人员在闭合/断开插座供电开关时，不直接位于插座前方。

22.5.5 冷藏集装箱的供电插座的位置不应使软电缆的布置导致人员绊倒的危险。

22.5.6 操作冷藏集装箱电缆连接的码头工人或船员应接受培训来识别失效的电缆及插头。

22.5.7 冷藏集装箱电缆的布置应避免系固设备在操作中会掉落在上面。

22.5.8 失效或不能操作的冷藏集装箱插头或插座箱应该被识别并被标示为不可用。

新增第 23 章如下：

第 23 章　低气温环境下操作船舶的补充规定

第 1 节　一般规定

23.1.1 一般要求

23.1.1.1 本章适用于预期在低气温环境下操作的船舶，也可适用于不在低气温环境下操作但船上同样可能发生较为严重的积冰和积雪的船舶。

23.1.1.2 申请 CCS 防寒附加标志的船舶除符合本规范其他篇章的适用规定外，还应满足本章的补充要求。

23.1.1.3 低气温环境影响船舶结构、设备和系统的功能以及船上人员的工作，可能威胁船舶的操作安全，为消除或减轻低气温的不利影响，合理有效地采用各类防寒措施，应虑及如下风险，但不仅限于此：

（1）材料性能丧失；

（2）机械/设备功效下降或故障；

（3）货物冻结；

（4）压载水冰冻；

（5）可居住性降低；

（6）人员工作效率下降；

（7）冻伤；

（8）船舶水上部分积冰等。

23.1.2 定义

23.1.2.1 适用于本章的定义如下：

（1）日均低温（MDLT）：系指至少 10 年以来历年每日最低气温的平均值。如无 10 年数据，可采用主管机关接受的数据集。（MDLT 参见图 23.1.2.1）

（2）低气温环境：系指最低日均低温（LMDLT）低于-10℃的水域，如北冰洋、南大洋、圣劳伦斯湾、北波罗的海、鄂霍次克海、渤海和北黄海等。一般情况下，此类水域冬季有区域性的海冰覆盖。（LMDLT 参见图 23.1.2.1）

（3）设计服务温度（DST）：系指设计时为船舶设定的用于衡量材料、设备和系统在低气温环境下服务性能的一个温度指标，该温度由船东根据船舶的用途和服务工况确定，一般应设为低于拟定的船舶操作区域和季节的最低日均低温（LMDLT）至少 10℃。

（4）预期的最低环境温度（MAT）：系指船舶航行期间在其拟定的航行区域内可能遇到的最低的环境气温，一般应考虑低于 LMDLT 至少 20℃。

（5）正温处所：系指通过敷设保温材料或设置空调系统等措施以使环境温度持续保持在 0℃以上不易发生冰冻的处所。

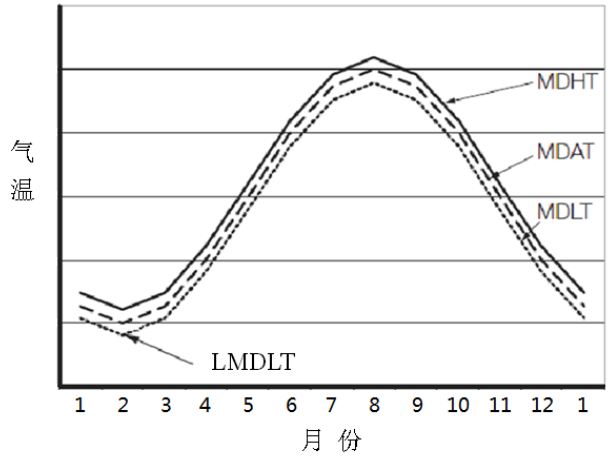
（6）低温处所：系指环境温度持续低于 0℃易于发生冰冻的处所。

（7）防冰（Anti-icing）：系指通过覆盖、加热等方式来防止露天区域和设施表面冰、雪的堆积冻结，即积冰和积雪。主要应用于上层建筑、甲板通道、栏杆扶手、货物甲板和直升机平台等区域以及导航、锚泊、救生和消防等设备。

（8）除冰（De-icing）：系指通过各类工具来去除出现在露天区域和设施表面上的积冰和积雪。

（9）防冻（Anti-freezing）：系指通过各种扰动、循环、绝热和加热等措施以使暴露在低气温环

境下的舱柜、设备和管路等内部的液体不发生冻结。



注：

日均高温 MDHT – Mean Daily High Temperature

日均均温 MDAT – Mean Daily Average Temperature

日均低温 MDLT – Mean Daily Low Temperature

最低日均低温 LMDLT – Lowest Mean Daily Low Temperature

图 23.1.2.1 通用温度定义

23.1.3 附加标志

23.1.3.1 根据船舶符合本章规定的具体情况，经船东申请，可授予下列防寒附加标志：

（1）ACC（DST）：经 CCS 审图和检验，满足本章要求的船舶，可授予该附加标志，即普通防寒标志。

（2）ACC-POLAR（DST）：经 CCS 审图和检验，满足本章要求的预期在极地水域操作的船舶，可授予该附加标志，即极地防寒标志。

（3）H（DST）：经 CCS 审图和检验，船体结构件材料满足本章第 2 节和第 10 节相关要求的船舶，可授予该附加标志，即船体防寒标志。

（4）DE-ICE：经 CCS 审图和检验，满足本章第 11 节要求的船舶，可授予该附加标志，即除冰防寒标志。

23.1.4 图纸资料

23.1.4.1 对于 H（DST）附加标志，本规范其他篇章要求送审的相关结构图纸应包含材料钢级。

23.1.4.2 对于 ACC（DST）、ACC-POLAR（DST）附加标志， 除 23.1.4.1 外， 尚应提交包含但不限于如下内容的防寒设计图册供审批：

（1）标明防寒特征和设计服务温度的总布置图；

（2）防寒设备和系统清单；

（3）主辅机布置详图（包含加热布置等防寒特征）；

（4）露天管路/部件的材料规格和加热布置详图；

（5）锚泊和甲板克令吊防寒布置详图；

（6）露天电缆/部件的材料规格和加热布置详图；

（7）消防设备的防寒详图；

（8）救生设备的防寒详图；

（9）舱室加热布置详图；

（10）舱室和逃生布置详图；

（11）舱柜防冻布置详图；
（12）除冰工具及设施的布置图；
（13）积冰稳性计算书；
（14）应急拖带防寒布置详图（适用于液货船）；
（15）船员工作通道防寒布置图；
（16）货物维护系统结构强度计算书（附加积冰载荷，适用于液化气体船）；
（17）环境控制系统图（露点温度控制，适用于液化气体船）；
（18）救助区域防寒布置图（适用于近海供应船）；
（19）货物系固装置防寒布置图（适用于集装箱船）；
（20）直升机甲板或悬停区域防寒布置图等。

23.1.4.3 对于 ACC（DST）、ACC-POLAR（DST）附加标志，应将下列图纸资料提交备查：
（1）防寒设计说明书；
（2）防寒操作与维护程序，例如：
① 流体和/或加热介质的连续循环；
② 低气温环境下的加热布置的启用；
③ 露天和低温处所润滑剂的应用；
④ 防冻剂的适用场所和使用程序；
⑤ 应急发电机和救生/救助艇机在低气温环境下的燃油使用；
⑥ 驾驶室玻璃窗适用的防冻和清洁方法；
⑦ 易冻管路的泄放和/或干燥；
⑧ 除冰用具的特征及其使用程序；等等。

23.1.4.4 对于 DE-ICE 附加标志，图纸资料提交要求见 23.11.3。

23.1.4.5 防寒设计图册和防寒操作与维护程序应始终在船上保存。

第 2 节　材料与焊接

23.2.1 一般要求

23.2.1.1 对拟在低气温环境下操作的船舶，其所用船体结构材料和机械设备材料均应满足其在设计服务温度下的正常使用需求。

23.2.1.2 材料钢级应以设计服务温度、材料级别和材料厚度为基础进行选择。

23.2.1.3 除本节要求外，材料与焊接还应满足本规范第 2 篇相关要求。

23.2.2 船体结构件材料

23.2.2.1 暴露于低气温环境下的船体结构用钢应不低于表 23.2.2.2（1）的规定，其材料钢级的选择应按表 23.2.2.2（2）、表 23.2.2.2（3）和表 23.2.2.2（4）的要求。

23.2.2.2 锚链为一项特殊的产品，不允许使用 I 级锚链钢，锚链及海上设施系泊链的钢材要求按 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 12 节执行。最高的冲击试验温度为-20℃。

23.2.2.3 舱口围板、舱口盖、起重机基座和锚机基座的材料级别至少为 II 级。材料钢级选择符合表 23.2.2.2（2）、表 23.2.2.2（3）和表 23.2.2.2（4）所指定的材料级别和厚度要求。

低气温环境下的材料级别　　表 23.2.2.2（1）

构件类别	构 件 名 称	材 料 级 别	
		船中 0.4*L* 内	船中 0.4*L* 外
次要类	通常的露天甲板板，CWL⑤以上的舷侧板，CWL 以上的横舱壁⑥	I	I
主要类	强力甲板板①，强力甲板以上的纵向连续构件（不包括纵向舱口围板），CWL 以上的纵舱壁⑥，CWL 以上的顶边舱舱壁⑥	II	I
特殊类	舷侧顶列板，强力甲板边板②，纵舱壁处的甲板板③，纵向连续的舱口围板④	III	II

注：①大开口角隅处的强力甲板板应作特殊考虑。凡可能发生局部高应力处的强力甲板板应按材料级别III或选用E/EH钢级。

②船长大于 250m 的船舶，在船中 0.4*L* 范围内，应选用不低于 E/EH 钢级。

③船宽超过 70m 的船舶，至少有 3 列甲板板应为材料级别 III。

④应选用不低于 D/DH 钢级。

⑤CWL 系指寒区水线，即最低压载水线（BWL）向下 300mm。

⑥适用于与暴露在低气温下船体外板相连接的板材。至少有一列板被同样认为是暴露板，该板的宽度至少为 600mm。

低气温环境下材料级别 I 要求的钢级　　表 23.2.2.2（2）

板厚(mm)	设计服务温度（℃）											
	−23～−27℃		−28～−32℃		−33～−38℃		−39～−48℃		−49～−58℃		−59～−68℃	
	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢
$t \leqslant 10$	A	AH	A	AH	B①	AH	B	AH	D	DH	D	DH
$10 < t \leqslant 15$	A	AH	A	AH	B	AH	D	DH	D	DH	D	DH
$15 < t \leqslant 20$	B	AH	B	AH	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH
$20 < t \leqslant 25$	B	AH	B	AH	D	DH	D	DH	D	DH	E	EH
$25 < t \leqslant 30$	B	AH	D	DH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$30 < t \leqslant 35$	D	DH	D	DH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$35 < t \leqslant 45$	D	DH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	–	FH
$45 < t \leqslant 50$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	–	FH	–	FH

注：①若为全镇静，也可为 A 级钢。

低气温环境下材料级别 II 要求的钢级　　表 23.2.2.2（3）

板厚(mm)	设计服务温度（℃）											
	−23～−27℃		−28～−32℃		−33～−38℃		−39～−48℃		−49～−58℃		−59～−68℃	
	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢
$t \leqslant 10$	A	AH	A	AH	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH
$10 < t \leqslant 20$	B	AH	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$20 < t \leqslant 30$	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	–	FH
$30 < t \leqslant 40$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	–	FH	–	FH
$40 < t \leqslant 45$	D	DH	D	DH	E	EH	–	FH	–	FH	–	–
$45 < t \leqslant 50$	E	EH	E	EH	E	EH	–	FH	–	FH	–	–

低气温环境下材料级别 III 要求的钢级　　表 23.2.2.2（4）

板厚(mm)	设计服务温度（℃）											
	−23～−27℃		−28～−32℃		−33～−38℃		−39～−48℃		−49～−58℃		−59～−68℃	
	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢	低碳钢	高强度钢
$t \leqslant 10$	B	AH	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH
$10 < t \leqslant 20$	B	AH	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	–	FH
$20 < t \leqslant 25$	D	DH	D	DH	E	EH	E	EH	E	FH	–	FH
$25 < t \leqslant 30$	D	DH	E	EH	E	EH	E	EH	–	FH	–	FH
$30 < t \leqslant 35$	E	EH	E	EH	E	EH	–	FH	–	FH	–	–
$35 < t \leqslant 40$	E	EH	E	EH	E	EH	–	FH	–	FH	–	–
$40 < t \leqslant 50$	E	EH	E	EH	–	FH	–	FH	–	–	–	–

23.2.3 机械材料

23.2.3.1 甲板机械材料应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 3 章第 6 节机械结构用钢的材料要求。起重设备材料要求按照 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》执行，超出其适用范围的材料应满足本节 23.2.3.2 的要求。

23.2.3.2 暴露于低气温环境下的机械装置构件/部件材料级别按表 23.2.3.2，所对应的材料应满足：板材按 23.2.2.1 要求、铸锻件按 23.2.3.6 和 23.2.3.7 要求。

设备和构件/组件材料级别　　表 23.2.3.2

主要部件	子部件	材料级别
甲板机械和设备		
锚机	锚链轮、齿轮齿、齿轮轴	II
	基座螺栓、刹车系统、顶杆	II
	外壳	I
系泊绞车	齿轮齿、齿轮轴、基座螺栓	II
	外壳	I
绞车液压马达		II
绞车操纵器	液压系统	II
带缆桩		III
导缆器/缆柱		II
锚	锚冠/锚头，卸扣和锚柄	II
	锚冠/锚头小轴，卸扣/转环轴	I
系锚链		II
挚链器		II
应急拖带系统①		II
露天承重结构和机械部件、货物系固装置		II
起重设备、艇架/艇钩		II
其它		
通风筒、舱口盖、人孔盖		I

注：①应急拖带装置在用作带缆桩时，材料级别应为 III 级。

23.2.3.3 暴露于低气温环境下的机械设备及其系统的管系（包括管子、阀门和附件）材料的夏比 V 型缺口冲击试验按表 23.2.3.3（1）~23.2.3.3（3）的要求。

23.2.3.4 表 23.2.3.3（1）~表 23.2.3.3（3）所表述的材料级别与本规范第 3 篇第 2 章第 1 节泵与管系的级别相反，即管系级别为 I 级时，其管系材料的材料级别为 III 级。

23.2.3.5 通常，暴露于低气温环境下的管系材料的夏比 V 型缺口冲击能量不小于 27J。

低气温环境下材料级别 I 要求的冲击试验温度　　表 23.2.3.3（1）

壁厚(mm)	设计服务温度（℃）					
	-23～-27℃	-28～-32℃	-33～-38℃	-39～-48℃	-49～-58℃	-59～-68℃
$t \leqslant 10$	+20	+20	+20	0	-20	-20
$10 < t \leqslant 15$	+20	+20	0	-20	-20	-20
$15 < t \leqslant 20$	0	0	0	-20	-20	-40
$20 < t \leqslant 25$	0	0	-20	-20	-20	-40
$25 < t \leqslant 30$	0	-20	-20	-20	-40	-40
$30 < t \leqslant 35$	-20	-20	-20	-20	-40	-40
$35 < t \leqslant 45$	-20	-20	-20	-40	-40	-40

45＜t≤50	-20	-20	-40	-40	-60	-60

低气温环境下材料级别 II 要求的冲击试验温度　　表 23.2.3.3（2）

壁厚(mm)	设计服务温度（℃）					
	−23～−27℃	−28～−32℃	−33～−38℃	−39～−48℃	−49～−58℃	−59～−68℃
t≤10	+20	+20	0	-20	-20	-40
10＜t≤20	0	0	-20	-20	-40	-40
20＜t≤30	0	-20	-20	-40	-40	-60
30＜t≤40	-20	-20	-40	-40	-60	-60
40＜t≤45	-20	-20	-40	-60	-60	–
45＜t≤50	-40	-40	-40	-60	-60	–

低气温环境下材料级别 III 要求的冲击试验温度　　表 23.2.3.3（3）

壁厚(mm)	设计服务温度（℃）					
	−23～−27℃	−28～−32℃	−33～−38℃	−39～−48℃	−49～−58℃	−59～−68℃
t≤10	0	0	-20	-20	-40	-40
10＜t≤20	0	-20	-20	-40	-40	-60
20＜t≤25	-20	-20	-40	-40	-60	-60
25＜t≤30	-20	-40	-40	-40	-60	-60
30＜t≤35	-40	-40	-40	-60	-60	-
35＜t≤40	-40	-40	-40	-60	-60	-
40＜t≤45	-40	-40	-60	-60	-60	-
45＜t≤50	-40	-40	-60	-60	-	-

23.2.3.6 暴露机械和系统构件所使用的铸钢和锻钢件应由镇静钢制成，且符合 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 5 章和第 6 章的相关要求。

23.2.3.7 铸钢和锻钢件的冲击试验温度见表 23.2.3.7。对屈服强度小于 305(N/mm^2)的钢，其最小平均冲击功为 27J；对屈服强度大于等于 305(N/mm^2)的钢，其最小平均冲击功为 34J。

低气温环境下铸钢和锻钢件的冲击试验温度　　表 23.2.3.7

材料级别	设计服务温度（℃）			
	-23～-27℃	-28～-32℃	-33～-38℃	≤-39℃
级别 I 或 II	-20	-20	-40	特殊考虑
级别 III	-20	-40	-40	
注：对非焊接的构件制造和安装，试验温度可增加 20℃，但不超过 0℃。				

23.2.4 焊接

23.2.4.1 船体构件和机械装置构件/部件的焊接技术要求参照 CCS《材料与焊接规范》第 3 篇第 5 章第 2 节。

23.2.4.2 焊接材料的选用应满足待焊件的性能要求。高强钢和淬火回火钢焊接时应使用低氢焊材。

23.2.4.3 完工后的焊缝质量应符合规范要求。

第 3 节　船舶布置

23.3.1　一般要求

23.3.1.1 对于要求防冰/防冻的设备和区域应尽可能布置在受保护的位置，如围蔽处所、半围蔽处所或者由幕帘等遮挡。

23.3.1.2 对于结构、设备和管路，利用加热进行防冰和防冻布置时，加热能力应在低气温环境下足以防止积冰和冰冻，其布置应能够在预期的最低环境温度下使表面温度至少维持在 3℃。

23.3.1.3 利用加热进行防冰/防冻布置时，应注意使热量从电缆或管路转移至被加热的船体结构和设备上。伴热电缆或管路的间距和固定应适当以保证在预期的最低环境温度下有效加热和防冰/防冻。

23.3.1.4 对采用管路内的液体加热进行防冰和除冰的布置，应确保在预期的最低环境温度下该液体加热的有效性。

23.3.2 舱室

23.3.2.1 船舶在海上航行时，舱室加热系统应确保所有有人处所都能在预期的最低环境温度下保持合理的室内温度。除 23.6.4.12 规定的空调暖通系统外，还可在居住舱室和其他有人处所采用辅助的加热器。

23.3.2.2 内设重要的或应急服务的机器和设备的下列处所（但不仅限于此）应设有加热布置，以满足该处所的服务需求：

（1）驾驶室；
（2）无线电室；
（3）医务室（包括病房）；
（4）蓄电池室；
（5）缆索储藏室（包括水手长储藏室）；
（6）瞭望/值班室（如设有）；
（7）围蔽艏楼/半围蔽甲板（如设有）；
（8）甲板下的通道（如设有）；
（9）主辅机舱（包括单独设置的主发电机舱）；
（10）全方位推进器驱动电机舱（包括吊舱）；
（11）锅炉舱；
（12）机修间及其储藏室；
（13）机舱集控室；
（14）配电板室；
（15）舵机舱；
（16）艏侧推舱；
（17）应急发电机室；
（18）消防控制站；
（19）消防设备储藏室；
（20）除冰、防冻设备储藏室；（如设有）
（21）应急消防泵舱等。

一般应采用固定式加热装置。对于（6）、（7）、（10）~（13），当设计服务温度不低于-25℃时，可接受移动式加热装置。

23.3.2.3 需要通过加热布置来保持合理室内温度的舱室，应设有固定的温度测量装置。

23.3.3 液舱

23.3.3.1 考虑到预期的最低环境温度，船舶应通过合理布置有效防止压载水舱、淡水舱和其他液舱液面冻结。

23.3.3.2 舱室布置应能够在预期的最低环境温度下使油舱内的油温至少高于其倾点 10℃，水舱内的水温不低于 2℃。

23.3.3.3 可视情况，考虑采用不同的防冻措施，如持续循环、气泡扰动或加热对流等；当设计服务温度低于-40℃时，应采用加热对流的防冻措施，如垂直布置的加热盘管等。

23.3.3.4 液舱的液位检测装置在预期的最低环境温度下应能保持有效。

23.3.3.5 压载水舱若完全位于轻载水线或低位冰区水线（取较低者）以下，以及淡水舱若不与船壳或甲板接邻且位于加热区域内，则可不设有防冻措施，除非另有规定。

23.3.4 上层建筑和甲板室

23.3.4.1 对于极地水域操作的船舶，驾驶室翼桥应进行封闭，并应在不打开驾驶室门窗的情况下观测到两舷。额外的操舵位置（如有时）应进行封闭。

23.3.4.2 驾驶室的观察窗应配备加热和清洁系统，并应在预期的最低环境温度下保持有效运行。若安装了水冲洗系统，应采取措施避免管路及附件因冰冻而无法使用。

23.3.4.3 驾驶室的门及其相邻甲板区域的布置应能防止积冰和积雪。

23.3.4.4 货控室的舷窗（包括雨刮器）应根据要求进行加热，并提供可进行清洁的外部通道。

23.3.4.5 当需要从船长室观测货物甲板时，应至少为船长室的一个舷窗加热。

23.3.4.6 除偶尔或短期在低气温环境下操作的船舶外，船舶起居处所的窗一般应装设双层玻璃。

23.3.4.7 不构成脱险通道的外部梯道和栏杆扶手应有除冰措施。

23.3.5 直升机甲板

23.3.5.1 直升机甲板或悬停区域（如设有）应设有除冰措施。

第 4 节 稳性

23.4.1 一般要求

23.4.1.1 低温环境[①]下操作的船舶，在预期的最低环境温度下，发生积冰时应有足够的稳性。

23.4.1.2 对于在低温环境下操作的船舶应：

（1）采用尽量减少积冰的设计；

（2）配备一定的除冰设施，如电动和气动装置、斧或木棒等专用工具将冰从舷墙、栏杆和建筑物上去除。

（3）营运中，应对积冰状况进行监测并采取适当的措施确保积冰量不超过稳性手册中所规定的值。

23.4.2　完整稳性

23.4.2.1 船舶积冰状态下的完整稳性应符合本规范第 2 篇第 1 章第 9 节的有关要求。

23.4.2.2　对于在低气温环境下操作的船舶，在稳性计算中应考虑下列积冰情况：

（1）在露天甲板和步桥上，30 kg/m^2；

（2）水线面以上船舶两舷的侧投影面积，7.5 kg/m^2；和

（3）无帆船舶的栏杆、各种吊杆、桁材（桅杆除外）和索具的非满实表面的侧投影面积，以及其他小物件的侧投影面积的结冰重量应按满实表面的总投影面积增加 5%，静力矩增加相应面积矩的 10%计算。

23.4.2.3　稳性手册中应包含稳性计算中所采用的积冰量的资料。

第 5 节　水密和风雨密完整性

23.5.1　一般要求

23.5.1.1 对于在低温环境下操作的船舶，船上所有涉及水密完整性和风雨密完整性的关闭装置和门均应可操作。

23.5.2　舱口、舷门和装货门

23.5.2.1 对拟在低气温环境下操作的船舶（偶尔短期在寒区航行的船舶除外），还应满足下列要求：

（1）如果舱盖或门为液压操作，应采取措施防止液体冻结或粘度过大；

（2）未布置在宜居环境内且在海上需进出的水密门和风雨密门、舱盖及关闭装置应设计为可由穿着厚重冬衣并带上厚连指手套的人员操作。

23.5.2.2 跳板门和舷门应提供可以除去舱口和门周围积冰的装置。

23.5.3 排水舷口、泄水孔、排水孔和进水孔等

23.5.3.1 拟在低气温环境下操作的船舶，排水舷口、泄水孔、排水孔和进水孔等应保持畅通。

23.5.3.2 排水舷口应满足以下要求：

（1）排水舷口应设置防冰保护；

（2）若排水舷口上装设挡板，则为盖板提供足够的加热以保持畅通；

（3）若面积增加 30%，则可接受作为加热设施的替代；

23.5.3.3 对于有防止结冰要求的甲板、通道以及集合区，其内的泄水孔和排水沟应设置防冻保护。

第 6 节　机械装置

23.6.1 一般要求

23.6.1.1 所有机械设备和系统，包括管路和电缆等，都应尽实际可能地布置在室内以减少在低气温环境下的暴露以及可能发生的积冰和积雪。

23.6.1.2 主辅机械和露天布置的重要机械设备应能在预期的最低环境温度下正常运行。

23.6.1.3 对船上各种机械设备和系统可选择下列适当措施进行防止低温和积冰影响的保护：

（1）加热（空间加热和/或供设备/系统的专用装置）；

（2）除冰设备；

（3）罩壳（采用 PVC 罩壳或其他防水材料时，应能予以牢靠固定以防恶劣气候条件下意外脱落）；

（4）泄放；

（5）绝热；

（6）选材；

（7）选择润滑剂、油、液压油和油脂，等等。

23.6.1.4 提供加热装置时，应有以下配备：

（1）适当的温度测量装置；

（2）如可能出现导致设备和系统损坏、故障或中止的不必要的高温和压力，应有切断措施；

（3）合适的控制装置；

（4）系统运行显示；

（5）如加热装置故障可能导致危险情况的发生，应设有故障报警。

23.6.2 主辅机械

23.6.2.1 为确保船舶的瘫船起动能力，相关机械和电气设备应充分考虑预期的最低环境温度的影响。

23.6.2.2 原动机燃烧空气系统应适用于最低的预期环境温度。

（1）用于主推进、主发电机和应急发电机等的内燃机的燃烧空气进气温度应满足发动机制造商的要求。

（2）柴油机的增压器和相关燃烧空气系统应设计成，在船舶预期操作的外界气温条件下的整个范围内都能正常运行，无喘振现象。

（3）对于常年在极地水域操作的船舶，当设计服务温度低于-40℃时，功率为 100kW 及以上的发动机燃烧空气应通过风管或其他合适的装置直接从机器处所的外部引入。

（4）燃烧空气的进风口应设置在船舶的两侧，其布置应能防止发动机排气循环进入燃烧空气的进风口，并能防止积冰/积雪阻塞风管。

（5）其他作为原动机的内燃机应根据制造商的推荐方案提供燃烧空气，其详细布置应经过 CCS 特别考虑。

23.6.2.3 发动机的滑油应按制造商的推荐保持适当温度以使机器正常起动。发动机的油底壳内不宜设置蒸汽加热盘管。

23.6.2.4 在预期的海水温度条件下，推进轴系中的油润滑轴承应根据轴承制造商的要求设有保持润滑油粘度的加热措施；水润滑轴承应能在低温条件下连续工作。

23.6.2.5 操舵装置部件应采用适用于低温的润滑脂或润滑油，除非布置于正温处所。

23.6.2.6 全方位推进系统以及船舶转向系统（如吊舱装置）应设有适当的防冻措施，包括加热布置、采用适当的润滑油、液压油和防冻剂等。

23.6.2.7 当辅助锅炉同时服务于各类防寒措施时，其容量应在预期的最低环境温度下仍能满足需求；常年在极地水域操作的船舶，当设计服务温度低于-40℃时，应至少配置两台辅助锅炉，且任意一台都能满足全船需求。

23.6.3 甲板机械

23.6.3.1 甲板机械的露天控制板应提供保护罩或加热装置来进行防冰保护。

23.6.3.2 如船用甲板起重机在低气温环境下发生积冰，起重机应能在放置和操作（如适用）状态承受积冰重量，其基座与支撑结构也应能承受考虑上述积冰重量的起重机。

23.6.3.3 露天的起重机操纵室应提供内部空间加热，以提供适宜的工作条件。操纵室的窗户应提供加热装置防止结冰。

23.6.3.4 露天的起重机应能在设计服务温度下进行冷启动。应提供合适的润滑油、油脂、液压油的循环设施和冲洗系统。

23.6.3.5 应为锚机及其露天控制装置提供合适的遮盖或加热措施来防止结冰，或将其布置在围蔽或半围蔽的甲板区域内。锚链应能进行手动除冰。

23.6.3.6 锚链筒应提供防冰保护，或者使用蒸汽或热水的除冰保护。

23.6.3.7 锚链筒冲洗管应保证水持续循环，或提供加热布置来防止管中的水冻结。

23.6.3.8 应为系泊绞车提供合适的遮盖或加热措施来防止结冰，在系泊绞车附近区域应布置除冰措施。

23.6.3.9 锚机及系泊绞车的底座安装可采用环氧树脂浇注的方式，环氧树脂的选择应考虑预期的最低环境温度。

23.6.4 管系

23.6.4.1 管系的设计应尽可能减少船员在正常操作和维护过程中暴露于低气温环境。

23.6.4.2 露天或低温处所布置的管系应考虑冰雪侵入的可能以及低气温和积冰的不利影响。露天管系应适用于预期的最低环境温度。

（1）低气温环境下的软管应保持其挠性和密封性。

（2）露天布置的阀门应避免两侧的流体冻结以及雪和飞溅结冰的积聚。

（3）露天和低温处所的管路部件，如阀控单元、管汇、透气口、密封垫片以及指示器、传感器等热工仪表和其他附件等，应有防冰、防冻或其他保持功效的措施。

（4）管内流体易于冰冻的管系应予以有效泄放或设有防冻措施。

（5）舷侧排出口一般应设在水线以下。

（6）低温处所或水线以上设置的舷侧排出阀应能连接低压蒸汽以便起到清除作用，除非另有防冻措施。

（7）露天和低温处所的管路布置应充分考虑温差对管子热胀冷缩的影响。

23.6.4.3 低气温环境下的透气管系与测量管应保持功效。

（1）露天或低温处所布置的空气管和空气管头，应采取措施避免因内部水汽积聚冰冻导致透气不畅。

（2）露天设置的空气管头应有防积冰堵塞的措施，如电伴热或保护罩等；当空气管头设有保护罩以防止积冰时，该保护罩不应影响舱柜的正常透气。

（3）液舱测量管应设有防冻措施，保证随时可用。

（4）如舱内有加热布置，经计算证明，其透气管系和测量管可免设防冻措施。

23.6.4.4 低气温环境下的压载水管系应能保持功效。

（1）管子、阀门和附件的材料不应采用灰铸铁。

（2）当无法避免压载水舱局部发生冰冻时，舱内布置的玻璃钢管（GRP 管）和其他可能遭受冰块坠落撞击损坏的系统部件应予以适当保护。

（3）若压载水管系单独设置海水门，则应将蒸汽管直接连接到海水门以便除冰，或进一步采用海水隔舱和加热装置。

（4）通海阀应能连接低压蒸汽以便起到清除作用。

（5）舷外排出口一般不应高于水线；若必须在水线以上排舷外时，压载水排出管路应有适当的加热措施；

（6）当设计服务温度低于-40℃时，压载水排出管路应有适当的加热措施。

23.6.4.5 低气温环境下的淡水管系应有适当的防冻措施。

（1）淡水管尽可能布置在正温处所，通过低温处所时应予以绝热包扎或伴行加热。

（2）露天布置的管段应在从正温处所引出前设置隔断阀以便利用泄放阀进行有效泄放，一般还应在该管段的最前端设有供干燥空气吹除的接口。

（3）制淡系统的进水温度应满足制造商的要求。

23.6.4.6 低气温环境下的疏排水管系应能保持功效。

（1）疏排水管应尽可能布置在正温处所或有伴热措施。

23.6.4.7 低气温环境下的燃油管系应能保持功效。

（1）如需要，除在燃油中加入添加剂外，用于发动机和锅炉的燃油舱柜还应设有加热盘管，以保证在预期的最低环境温度下燃油供应的连续性。

（2）若船舶需要在低气温环境下补充燃油，则燃油加油站应有便于进出和操作的遮蔽保护；作为替代，露天甲板上布置的加油管可通过诸如加装可拆的或带铰链的保护罩等措施予以保护。

（3）当设计服务温度低于-25℃时，露天和低温处所布置的燃油加油和驳运管路应设有伴热和绝热包扎。

23.6.4.8 海水冷却管系应确保在预期的环境条件下正常的海水供应。

（1）至少有 1 个海水箱的布置应能防止浮冰堵塞海水吸入格栅和海水管吸入口。

（2）通海阀处应能连接低压蒸汽以便起到清除作用。

（3）当设计服务温度低于-40℃时，冷却水排出管路应有适当的加热措施。

（4）作为（1）、（2）、（3）的替代，可采用压载水舱循环为主辅机供应冷却水，并提交相关热平衡计算。

23.6.4.9 压缩空气管系应确保在低气温环境下仍能向重要系统供应足够干燥的空气。

（1）服务于低温处所的压缩空气的露点温度应不高于设计服务温度，但至少低至-25℃。

（2）为露天设施供应控制空气的压缩空气露点温度应不大于预期的最低环境温度。

（3）当设计服务温度不低于-25℃时，可采用加热措施作为（1）和（2）的替代；当设计服务温度低于-25℃时，控制空气还需有加热措施。

（4）露天甲板上布置的压缩空气管系应在最低处设有泄放阀。

23.6.4.10 低气温环境下的液压管系应能保持功效。

（1）应选用合适的液压油以保持系统可接受的粘度，或在系统内设有加热或循环措施以保持适当的温度，确保其服务的重要系统可正常操作。

（2）液压动力单元应尽可能地布置在正温处所；否则，其液压油和液压管系应适用于预期的最低环境温度。

（3）露天布置的液压遥控管系中的控制阀箱应设有加热措施以防止活动机构冻结。

（4）设计服务温度低于-25℃时，低温处所的液压油柜底部应设有加热措施；设计服务温度低于-40℃时，低温处所的液压管路还应有绝热包扎或加热措施。

23.6.4.11 低气温环境下的蒸汽管系应能保持功效。

（1）应采取措施防止管路中的蒸汽凝水发生冰冻，包括绝热包扎或不用时用压缩空气吹除。

23.6.4.12 暖通系统应在预期的最低环境温度下有效运行。

（1）居住舱室应能在预期的最低环境温度下至少加热至 18℃，并能持续保温。

（2）居住舱室内的新风比最大为 0.5。

（3）设有暖通系统的舱室相对湿度应保持在 30%~70%。

（4）应尽量减少居住舱室舱壁内侧的凝水，并布置有效的凝水泄放系统。

（5）驾驶室、货控室等应尽量减少用于对外观察的玻璃窗上的凝水。

（6）通风管道进出口的关闭装置应适当布置，以防积雪和积冰干扰关闭装置和空气流通的有效性。

23.6.5 电气装置

23.6.5.1 除满足本规范第 4 篇第 2 章第 1 节的要求外，主电源的容量还应足以向为保持正温处所而设置的空调系统和加热设备供电。

23.6.5.2 除满足本规范第 4 篇第 2 章第 2 节的要求外，应急电源还应对以下设备供电，并确保货船具有 18h 供电时间，客船具有 36h 供电时间：

（1）对下列处所的加热设备供电：

① 驾驶室；

② 无线电室；

③ 机舱集控室；

④ 机修间；

⑤ 货物控制室；

⑥ 消防控制站；

⑦ 医务室；

⑧ 货船上至少一个公共处所（例如餐厅、娱乐室），客船上足以容纳所有乘客和船员的一个或数个公共处所；

⑨ 蓄电池室；

⑩ 应急发电机室；

⑪ 应急消防泵舱。

（2）与应急设备相关管路的所有电加热设备；

（3）辅锅炉（如设有）及其控制、监视和安全系统。

23.6.5.3 安装在露天甲板和低温处所的发电机和电动机应设置防冷凝装置，如果轴承需要强制润滑或预润滑，应配备适合在设计服务温度下工作的润滑油。

23.6.5.4 安装在露天甲板和低温处所的分电箱、配电板和控制设备应设置防冷凝装置。

23.6.5.5 在露天甲板和低温处所敷设的电缆应按照设计服务温度进行型式试验。露天甲板敷设的电缆应采用金属管子或管道或电缆槽保护。

23.6.5.6 若采用电气设备对蓄电池室进行加热，应不低于 IIC T1 的防爆类别和温度组别。

23.6.5.7 安装在露天甲板的照明灯和航行灯应适用于设计服务温度。上述灯具如果不能产生足够的热量以保持无结冰现象，则应易于接近，且能适应手动除冰，或者提供加热装置。

23.6.5.8 闭路电视系统安装在露天甲板的部件应配备加热装置或者采用罩壳防护，以避免冰冻导致设备损坏或无法正常工作。

第 7 节　消防

23.7.1 一般要求

23.7.1.1 消防系统和设备应在设计服务温度下随时可用。

23.7.1.2 露天和低温处所的消防总管和灭火系统管路应设有如下防冻保护措施，但不仅限于此：

（1）布置于具有加热措施的通道内；或

（2）设置伴热装置；或

（3）采用干式管路系统等。

23.7.1.3 如果管路采用干式系统，应在使用后加以排干。泄放口的位置应位于系统最低点，并在管路远离泄放口的另一端提供压缩空气吹除的连接装置以便管路使用后保持干燥，管内液体不会被滞

留在 U 形弯管、低点或管端。

23.7.1.4 灭火系统位于露天甲板的管路与加热处所内管路之间应设有隔离阀，位于露天甲板的隔离阀应设有防冰保护措施，其位置应易于接近。

23.7.1.5 灭火介质（泡沫、干粉、气体）应能在设计服务温度下有效使用。

23.7.1.6 消火栓应设有防冰和防冻保护措施；消防水带和消防水枪的存放位置应设有防冰和防冻保护措施，使用后应及时干燥。

23.7.1.7 露天和低温处所的手提式灭火器应能在设计服务温度下有效使用。手提式灭火器的储存设施应设有防冰保护措施并可随时接近。

23.7.1.8 所有双向便携式无线电通信设备应能在设计服务温度下有效使用。

23.7.2 消防泵

23.7.2.1 包括应急消防泵在内的所有消防泵，应安装在正温处所，确保船舶在预期的最低环境温度下消防系统也能正常工作。

23.7.2.2 主消防泵如独立配置海水阀箱，应有防止浮冰堵塞海水吸入格栅和海水管吸入口的措施。

23.7.2.3 应急消防泵海水阀箱应采取加热、保温或低压蒸汽吹除等防止浮冰堵塞的措施。

23.7.3 消防员装备

23.7.3.1 消防员装备应储存在易于进入的正温处所。

23.7.4 脱险通道

23.7.4.1 对于重要的应急通道（如脱险通道、集合区域、救生艇登乘区）应设有防冰保护措施。船舶露天甲板如果没有防冰要求，应设有移除积冰和积雪的除冰设施以保证人员安全。船舶的舷梯和跳板应设有除冰设施。

23.7.4.2 架空结构应设有除冰或其他措施以防止掉落的冰对人员造成伤害或对关键安全设备/结构造成损害。

23.7.4.3 脱险通道应设有防冰保护措施以保证脱险通道无冰或至少 700mm 的无冰宽度，并至少在一侧设有扶手。用于扶手的重要栏杆（梯道、脱险通道）应设有防冰保护措施，对于只用于分隔不用于扶手的栏杆，可以只设有除冰措施。

23.7.4.4 外部通道的扶手，梯道和梯子如采用加热装置作为防冰保护措施，应设有温度过高时自动切断装置以防止人员接触受伤。

23.7.4.5 脱险通道的尺寸不应阻碍穿有极地服人员的通行。

23.7.4.6 构成脱险通道出口应设有防冰措施，舱门所用密封条应适用于设计服务温度。

第 8 节 救生设备与布置

23.8.1 一般要求

23.8.1.1 救生设备的性能标准除应符合国际救生设备（LSA）规则规定外，尚应满足本节要求。

23.8.1.2 救生设备应在设计服务温度（DST）下具备全部功能。

23.8.1.3 对于极地水域操作的船舶，救生设备应在设计服务温度（DST）下等待救助的最长预期时间内完全可操作。

23.8.1.4 对设计服务温度（DST）低于-30℃的船舶，集合站应布置在室内。

23.8.1.5 桥楼和露天甲板的救生圈应配有防冰保护，并方便船员尽快部署。

23.8.2 救生艇

23.8.2.1 船上所配的救生艇应为全封闭型。救生艇容积尺寸应考虑适合穿隔热型救生服或防寒服的人员乘坐。

23.8.2.2 救生艇发动机在设计服务温度（DST）下，应能在 2min 内启动。发动机启动应设有 2 套独立电源。发动机电池应适宜低温条件。

23.8.2.3 救生艇发动机的冷却装置应确保发动机能在设计服务温度（DST）下操作。

23.8.2.4 救生艇的发动机冷却水、燃油、润滑油应适应于设计服务温度（DST）使用。

23.8.2.5 救生艇门口处应设有电加热措施。

23.8.2.6 救生艇操纵位置的观察窗应提供加热，并采取措施使其保持视野清晰。

23.8.2.7 救生艇上储存饮用水的容器的容积应考虑其结冰后的膨胀量。

23.8.2.8 对于长期在低气温环境下操作的船舶，救生艇内应提供额外的口粮储备，至少为 LSA 规则规定的 30%。

23.8.2.9 救生艇承载释放装置应提供加热或其他措施，以确保其在设计服务温度（DST）下安全释放。

23.8.2.10 救生艇存放位置附近应配备适当的除冰工具。

23.8.3 救助艇

23.8.3.1 船上所配的救助艇应为刚性救助艇。

23.8.3.2 救助艇的发动机冷却水、燃油、润滑油应适应于设计服务温度（DST）下使用。

23.8.4 救生筏

23.8.4.1 当设计服务温度（DST）低于-30℃时，气胀式救生筏也应能在 3min 内完成充气。

23.8.4.2 当设计服务温度（DST）低于-30℃时，气胀式救生筏容器和静水力释放装置应提供加热或其他措施，以确保其在设计服务温度（DST）下易于降落、充气与释放。

23.8.4.3 如船上设有气胀式救生筏手动充气泵，则该泵应储存在气胀救生筏附近的正温处所内。

23.8.4.4 对于长期在低气温环境下操作的船舶，救生筏内应提供额外的口粮储备，至少为 LSA 规则规定的 30%。

23.8.4.5 救生筏存放位置附近应配备适当的除冰工具。

23.8.5 救生艇筏与救助艇降落设备

23.8.5.1 降落与登乘设备使用的液压油和润滑油应适宜于设计服务温度（DST）下使用；应为吊艇柱、释放钩提供能适宜低温使用的油脂。

23.8.5.2 电动机、绞盘和自动释放吊钩应提供可移除的保护罩；当设计服务温度（DST）低于-40℃时，应提供加热措施。

23.8.5.3 电动机、液压传动装置、绞盘、刹车和其余降落设备的组成部件，应能在设计服务温度（DST）下有效，应通过适当试验验证其可操作性。

23.8.5.4 与降落设备相关的其他构件（如绞车、绞盘、绞车制动器等），应提供加热或其他措施，以确保救生艇筏和救助艇在设计服务温度（DST）下安全降落。

23.8.5.5 登乘梯存放处应提供覆盖或加热，以防积冰。

23.8.6 通信

23.8.6.1 救生艇上安装的固定式双向 VHF 无线电装置应能在设计服务温度（DST）下操作。

23.8.6.2 对极地水域操作的船舶，所有救生艇筏和救助艇配备的信号装置应能在设计服务温度（DST）下可操作。

第 9 节　航行安全

23.9.1 一般要求

23.9.1.1 安装在露天甲板的无线电设备和航行设备应按照设计服务温度进行型式试验。

23.9.1.2 除鞭状天线外，应采取措施避免冰和雪的积聚损害天线，天线可采用加热装置或安装在带加热装置的圆形罩下，或者易于接近进行手动除冰。

23.9.1.3 旋转天线（例如雷达，Inmarsat B 和 F）应采取措施避免因冰冻阻碍其工作。

23.9.2 航行设备

23.9.2.1 极地水域操作的船舶应配备两台可水平 360°旋转的聚光探照灯，并可从驾驶室遥控操作。探照灯灯罩应采用加热玻璃或者配备避免冰雪积聚的罩壳，旋转机构应具有防止冰冻的措施。

23.9.2.2 安装在露天甲板的磁罗经应配备保护罩。

第 10 节　与船型有关的附加要求

23.10.1 一般要求

23.10.1.1 本节要求分别适用于不同的船型，包括油船/化学品船、液化气体船、散货船/矿砂船、近海供应船以及其他特殊船型。

23.10.1.2 除第 1 节到第 9 节的适用要求外，上述船型还应满足以下专用要求。

23.10.2 散货船/矿砂船（Bulk Carrier/Ore Carrier）

23.10.2.1 申请防寒附加标志的散货船和矿砂船，应满足下列要求。

23.10.2.2 压载舱及其管系还需额外满足如下要求：

（1）如设有连接顶边舱和底边舱的压载水管，应有防冻保护；当为此设有加热伴管时，应有防止装卸货致其损坏的保护措施。

（2）可能暴露在设计服务温度下的双层底舱和底边舱应防止其中的压载水发生冰冻，同时货舱内浸水报警装置和舱底排水管系也应考虑低气温的影响。

（3）如在底边舱已设有气泡扰动或加热盘管防冻措施，则与其连通的顶边舱及其上下连通管无需设置其他防冻措施。

23.10.2.3 如果船舶将长时间在低气温环境下进行装卸货物作业，则设计时应考虑双层底内底板和底边舱斜底板材料的低温性能。

23.10.3 油船/化学品船（Oil Tanker/Chemical Tanker）

23.10.3.1 申请防寒附加标志的油船和化学品船，应满足下列要求。

23.10.3.2 除 23.3.2.2 规定外，需要加热布置的舱室还包括货控室、货泵舱、排油监控室（如设有）以及可能设有的压缩机房、马达房和装卸货观察站。对于货控室和装卸货观察站，当设计服务温度不低于-25℃时，可接受移动式加热装置。

23.10.3.3 应急拖带装置应进行防冰或除冰保护。对已进行预布置的应急拖带装置，应提供合适的遮盖或加热措施来防冰，或将其布置在围蔽或半围蔽的甲板区域内，以便随时可用。

23.10.3.4 露天甲板布置的管系还需额外满足如下要求：

（1）布置在主甲板和露天的包括透气管在内的货物管路及其支架，其设计载荷应包括预计的积冰/积雪的重量。

（2）露天甲板上的货物管系的支架布置应使货物操作时管路的自由伸缩不受积冰/积雪的阻碍。

（3）应有措施避免货物流体在露天管路中冻结，尤其是诸如泄放管和压力表管等小直径管路。设计服务温度在-25℃以下时，露天甲板上的货物和扫舱管路应设有适当的伴热和绝热包扎。

（4）露天布置的惰气系统及其相关设备应满足下列要求：

①惰气系统洗涤塔应布置在不受天气直接影响的舱室内，惰气洗涤塔的冷却水系统应有适用的防冻布置；

②甲板水封应采取措施确保添加的液体不会冰冻，可适当使用防冻剂或采用加热布置;

③暴露的甲板水封的供排水管路应有加热措施或持续循环措施，并有绝热包扎。

④甲板水封的止回阀应设有适当的泄放和一套测试用的控制手柄;

⑤压力/真空断开装置应适用于预期的最低环境温度，可适当使用防冻剂或采用加热布置;

⑥泄放管路应有绝热包扎;

⑦需要除冰维护的设备尽可能组合布置且易于到达。

（5）压力/真空阀应设有适当的防冰保护或除冰措施以便保持随时有效。

（6）应在控制货物装卸的区域（包括步桥）设置蒸汽或热水除冰装置，该装置应在甲板上有固定的管路，并带有软管接头阀。

23.10.3.5 通往船首的安全通道应设有防冰保护措施；如果只有浪花导致的轻微结冰，使用具备防滑凸起的格栅构成提供安全的立足点即可。

23.10.3.6 监测系统应满足如下要求：

（1）伴热系统应设置温度监测功能，当系统故障或温度超限值时在有人值班处所发出报警。

（2）以下仪表和设备暴露在低气温环境中时应安装伴热系统：

① 液货舱的液位指示；

② 溢流控制装置；

③ 压力表；

④ 温度指示装置；

⑤ 气体探测系统的探测器。

23.10.4 液化气体船（LPG/LNG）

23.10.4.1 申请防寒附加标志的 LPG 和 LNG 运输船，应满足下列要求。

23.10.4.2 对暴露于船体之外的货物围护系统或其顶盖结构，应基于 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》4.3.4 条规定，并考虑低气温环境下堆积于其上的冰、雪载荷如下作用：

（1）冰、雪静载荷；

（2）由于冰体滑动或坠落产生的冲击动载荷。

23.10.4.3 除 23.3.5.2 规定外，需要加热布置的舱室还包括货控室、货泵舱、氮气储藏室以及可能设有的压缩机房、马达房和装卸货观察站。对于货控室和装卸货观察站，当设计服务温度不低于-25℃时，可接受移动式加热装置。

23.10.4.4 应急拖带装置应进行防冰或除冰保护。对已进行预布置的应急拖带装置，应提供合适的遮盖或加热措施来防冰，或将其布置在围蔽或半围蔽的甲板区域内，以便随时可用。

23.10.4.5 露天布置的货物相关系统应在低气温环境和积冰/积雪的条件下正常运行。

（1）主甲板和露天布置的包括透气管系在内的货物管路及其支架，其设计载荷应包括预计的积

冰/积雪的重量。

（2）露天货物管系的支架布置应使货物操作时管路的自由伸缩不受积冰/积雪的阻碍。

（3）当 LNG 运输船采用货物蒸发气作为推进燃料时，特别在单用天然气的操作模式（gas only mode）下，货物蒸发量应虑及预期的最低环境温度，强制蒸发能力应足够。

（4）露天布置的压力释放阀和其他阀门应在所有船舶可能遭遇的环境条件下能够就地和遥控操作。应为上述阀门提供除冰和伴热措施。带有就地阀位指示的阀门执行机构应为封闭型的。

（5）应急切断（ESD）阀应有防冰保护措施。

（6）压力释放和真空保护系统的所有管路（包括阀门）应设有伴热装置以便保持功效。

（7）考虑到货物的自燃温度，货物区域的加热介质最高温度应保持在安全可控的范围内。

（8）用于货物处所、屏蔽间处所和其他处所环境控制的设备应使受控环境的露点温度小于设计服务温度或-30℃的较低值。

（9）对于进入前需要事先通风的处所，其通风系统应有适当的预热措施以便在设计服务温度下保持功效。

（10）如货物集管区和货物气体蒸发区及其相关阀门布置在与大气隔离的围蔽处所，则该处所在装卸货时应有足够的通风。设有机械通风时，该处所每小时的换气次数至少为 30 次。另外，还应为该处所配置气体探测器。

（11）透气桅的顶端应设计成能防止积冰堵塞；透气桅应设有收集水汽的承滴盘，且承滴盘及其位于透气桅内的顶端和底脚处的泄放管应设有伴热。

（12）当蒸气需要受控透气时，为了防止蒸气沉降至甲板面，应在透气桅之前的蒸气总管中设有蒸汽加热器。

（13）露天布置的蒸发气管路应根据设计服务温度设置绝热包扎。

（14）货控室、货泵舱、压缩机和马达房（如设有）的进排气百叶窗应设有防止积冰的除冰措施或加热布置。

（15）应在控制货物装卸的区域（包括步桥）设置蒸汽或热水除冰装置，该装置应在甲板上有固定的管路，并带有软管接头阀。

（16）为货物装卸区域提供水幕的管系应有防冻措施，充当水幕的海水可能需要预热以避免在舷侧外板过分积冰。

23.10.4.6 位于露天甲板的水雾系统应使用加热措施以防止冻结，且使用后应及时排干。

23.10.4.7 干粉灭火系统要防止喷头堵塞，并能在设计服务温度条件下释放灭火介质。

23.10.4.8 通往船首的安全通道应设有防冰保护措施；如果只有浪花导致的轻微结冰，使用具备防滑凸起的格栅构成提供安全的立足点即可。

23.10.4.9 监测系统应满足如下要求：

（1）伴热系统应设置温度监测功能，当系统故障或温度超限值时在有人值班处所发出报警。

（2）以下仪表和设备暴露在低气温环境中时应安装伴热系统：

① 液货舱的液位指示；

② 溢流控制装置；

③ 压力表；

④ 温度指示装置；

⑤ 气体探测系统的探测器。

23.10.5 近海供应船（Offshore Supply Vessel）

23.10.5.1 申请防寒附加标志的近海供应船，应满足下列要求。

23.10.5.2 露天甲板布置的管系还需额外满足如下要求：

（1）近海供应船载运的钻井泥浆和其他专用散装货物在低气温环境下特别易于冻结或难以自由

流动，设计时应予以考虑。阀门和控制站的位置应适当，使其免受或少受严寒和积冰/积雪的影响。

（2）为海上钻井船运送燃料、钻井泥浆和其他专用散装货物时，所有诸如软管、阀门、附件等相关设备均应适合于在预期的最低环境温度下操作。

23.10.5.3 对设有救助区域的船舶，应在下述部位设置适当的防冰措施：

（1）左右救助区域间的甲板区域；

（2）救助区域的栏杆与扶手；

（3）通向起居处所或治疗区域的通道。

23.10.6 其他船型

23.10.6.1 申请防寒附加标志的其他船型，应满足下列要求。

23.10.6.2 集装箱船应防止暴露的货物系固装置被冻结，系固装置的材料应能适应设计服务温度，并提供适宜低气温环境下使用的油脂和除冰装置。

23.10.6.3 露天甲板如果装载 5 层及以上集装箱的集装箱船，其配备的可移动式消防水炮，其存放位置应设有防冰和防冻保护措施，使用后应及时干燥。

23.10.6.4 守护船的救助设施（如设有）应提供防冰保护。

23.10.6.5 对于守护船，直升机甲板或悬停区域（如设有）应设有除冰措施，并能保证设计环境条件下甲板/区域 1 小时的正常使用时间。

23.10.6.6 消防船的对外灭火装置应提供防冰和防冻保护。

第 11 节　防冰和除冰措施

23.11.1 适用范围

23.11.1.1 适用于偶尔在低气温环境下操作，也可适用于不在低气温环境下操作但船上同样可能发生较为严重的积冰和积雪的船舶。

23.11.1.2 上述船舶应采用符合本节规定的防冰和/或除冰措施。

23.11.2 附加标志

23.11.2.1 对满足本节规定的船舶，授予以下附加标志：

（1）除冰防寒标志：DE-ICE。

23.11.3 图纸资料

23.11.3.1 应将下列图纸或资料提交批准：

（1）防冰和除冰设备布置图，应标明加热能力；

（2）加热电缆（如设有）的单线图；

（3）蒸汽或加热液体（如设有）的管路图；

（4）考虑结冰的稳性计算书；

（5）防冰和除冰的程序手册；

上述图纸或资料中的（4）和（5）应始终在船上保存。

23.11.4 防冰/除冰的主要方法

23.11.4.1 防冰的主要方法有：

（1）通过蒸汽、热的液体或加热电缆来进行加热；

（2）使用永久的或可拆卸的保护罩。

23.11.4.2 除冰的主要方法有：

（1）通过热水或蒸汽来冲洗冰；

（2）手动机械方法除冰；

（3）利用热空气或化学药剂等。

23.11.5 技术要求

23.11.5.1 船舶的防冰和除冰布置应满足表 23.11.5.1 的要求：

防冰及除冰布置　　表 23.11.5.1

区域或设备	防冰及除冰要求	参见的章节条文号
船舶布置		
液舱	考虑到预期的最低环境温度，船舶应通过合理布置有效防止压载水舱、淡水舱和其他液舱液面冻结。	23.3.3.1
上层建筑和甲板		
驾驶室的观察窗	驾驶室的观察窗应配备加热和清洁系统，并应在预期的最低环境温度下保持有效运行。若安装了水冲洗系统，应采取措施避免管路及附件因冰冻而无法使用。	23.3.4.2
驾驶室的门	驾驶室的门及其相邻甲板区域的布置应能防止积冰和积雪。	23.3.4.3
船长室的舷窗	当需要从船长室观测货物甲板时，应至少为船长室的一个舷窗加热。	23.3.4.5
外部梯道和栏杆扶手	不构成脱险通道的外部梯道和栏杆扶手应有防冰或除冰保护。	23.3.4.7
直升机甲板或悬停区域	直升机甲板或悬停区域（如设有）应设有除冰措施。	23.3.5.1
稳性		
除冰设施	配备一定的除冰设施，如电动和气动装置、斧或木棒等专用工具将冰从舷墙、栏杆和建筑物上去除。	23.4.1.2（2）
积冰状况监测	营运中，应对积冰状况进行监测并采取适当的措施确保积冰量不超过稳性手册中所规定的值。	23.4.1.2（3）
水密和风雨密完整性		
跳板门和舷门	跳板门和舷门应提供可以除去舱口和门周围积冰的装置。	23.5.2.2
排水舷口	排水舷口应设置防冰保护；	23.5.3.2（1）
泄水孔和排水沟	对于有防止结冰要求的甲板、通道以及集合区，其内的泄水孔和排水沟应设置防冻保护。	23.5.3.3
主辅机械		
燃烧空气的进风口	燃烧空气的进风口应设置在船舶的两侧，其布置应能防止发动机排气循环进入燃烧空气的进风口，并能防止积冰/积雪阻塞风管。	23.6.2.2(4)
管系		
露天布置的阀门	露天布置的阀门应避免雪和飞溅结冰的积聚。	23.6.4.2（2）
露天和低温处所的管路部件	露天和低温处所的管路部件，如阀控单元、管汇、透气口以及指示器、传感器等热工仪表和其他附件等，应有防冰、防冻或其他保持功效的措施。	23.6.4.2（3）
露天设置的空气管头	露天设置的空气管头应有防积冰堵塞的措施，如电伴热或保护罩等；当空气管头设有保护罩以防止积冰时，该保护罩不应影响舱柜的正常透气。	23.6.4.3（2）

海水箱	至少有 1 个海水箱的布置应能防止浮冰堵塞海水吸入格栅和海水管吸入口。	23.6.4.8（1）
露天布置的控制阀箱	露天布置的液压遥控管系中的控制阀箱应设有加热措施以防止活动机构冻结。	23.6.4.10（3）
电气装置		
安装在露天甲板和低温处所的发电机和电动机	安装在露天甲板和低温处所的发电机和电动机应设置防冷凝装置。	23.6.5.3
安装在露天甲板和低温处所的分电箱、配电板和控制设备	安装在露天甲板和低温处所的分电箱、配电板和控制设备应设置防冷凝装置。	23.6.5.4
安装在露天甲板的照明灯和航行灯	安装在露天甲板的照明灯和航行灯如果不能产生足够的热量以保持无结冰现象，则应易于接近，便于手动除冰，或者提供加热装置。	23.6.5.7
甲板机械		
甲板机械的露天控制板	甲板机械的露天控制板应提供保护罩或加热装置来进行防冰保护。	23.6.3.1
起重机操纵室窗户	操纵室的窗户应提供加热装置防止结冰。	23.6.3.3
锚机及其控制装置	应为锚机及其露天控制装置提供合适的遮盖或加热措施来防止结冰，或将其布置在围蔽或半围蔽的甲板区域内。	23.6.3.5
锚链	锚链应能进行手动除冰。	23.6.3.5
锚链筒	锚链筒应提供防冰保护，或者使用蒸汽或热水的除冰保护。	23.6.3.6
锚链筒冲洗管	锚链筒冲洗管应保证水持续循环，或提供加热布置来防止管中的水冻结。	23.6.3.7
系泊绞车	应为系泊绞车提供合适的遮盖或加热措施来防止结冰，在系泊绞车附近区域应布置除冰措施。	23.6.3.8
消防		
隔离阀	位于露天甲板的隔离阀应设有防冰保护措施，其位置应易于接近。	23.7.1.4
消火栓	消火栓应设有防冰和防冻保护措施；消防水带和消防水枪的存放位置应设有防冰和防冻保护措施，使用后应及时干燥。	23.7.1.6
手提式灭火器	手提式灭火器的储存设施应设有防冰保护措施并可随时接近。	23.7.1.7
应急消防泵海水阀箱	应急消防泵海水阀箱应采取加热、保温或低压蒸汽吹除等防止浮冰堵塞的措施。	23.7.2.3
应急通道	对于重要的应急通道（如脱险通道、集合区域、救生艇登乘区）应设有防冰保护措施。船舶露天甲板如果没有防冰要求，应设有移除积冰和积雪的除冰设施以保证人员安全。船舶的舷梯和跳板应设有除冰设施。	23.7.4.1
架空结构	架空结构应设有除冰或其他措施以防止掉落的冰对人员造成伤害或对关键安全设备/结构造成损害。	23.7.4.2
脱险通道	脱险通道应设有防冰保护措施以保证脱险通道无冰或至少 700mm 的无冰宽度，并至少在一侧设有扶手。用于扶手的重要栏杆（梯道、脱险通道）应设有防冰保护措施，对于只用于分隔不用于扶手的栏杆，可以只设有除冰措施。	23.7.4.3

构成脱险通道出口	构成脱险通道出口应设有防冰和除冰措施。	23.7.4.6
救生设备		
救生圈	桥楼和露天甲板的救生圈应配有防冰保护，并方便船员尽快部署。	23.8.1.6
救生艇承载释放装置	救生艇承载释放装置应提供加热或其他措施，以确保其安全释放。	23.8.2.9
救生艇附近	救生艇附近应配备适当的除冰工具。	23.8.2.10
救生艇筏与救助艇降落设备	救生艇筏与救助艇降落设备的电动机、绞盘和自动释放吊钩应提供可移除的保护罩。	23.8.5.2
救生艇筏与救助艇降落设备	与降落设备相关的其他构件（如绞车、绞盘、绞车制动器等），应提供加热或其他措施，以确保救生艇筏和救助艇需要时能安全降落。	23.8.5.4
登乘梯	登乘梯存放处应提供覆盖或加热，以防积冰。	23.8.5.5
航行设备		
天线	除鞭状天线外，应采取措施避免冰和雪的积聚损害天线，天线可采用加热装置或安装在带加热装置的圆形罩下，或者易于接近进行手动除冰。	23.9.1.2
探照灯灯罩	探照灯灯罩应采用加热玻璃或者配备避免冰雪积聚的罩壳，旋转机构应具有防止冰冻的措施。	23.9.2.1
磁罗经	安装在露天甲板的磁罗经应配备保护罩。	23.9.2.2

23.11.5.2 与船型相关的防冰和除冰布置还应额外满足表 23.11.5.2 的要求：

与船型相关的防冰及除冰布置　　表 23.11.5.2

区域或设备	防冰及除冰要求	对应的章节条文号
油船/化学品船		
应急拖带装置	应急拖带装置应进行防冰或除冰保护。对已进行预布置的应急拖带装置，应提供合适的遮盖或加热措施来防冰，或将其布置在围蔽或半围蔽的甲板区域内，以便随时可用。	23.10.3.3
货物管系	①布置在主甲板和露天的包括透气管在内的货物管路及其支架，其设计载荷应包括预计的积冰/积雪的重量。 ②露天甲板上的货物管系的支架布置应使货物操作时管路的自由伸缩不受积冰/积雪的阻碍。	23.10.3.4（1） 23.10.3.4（2）
惰气系统及其相关设备	①甲板水封应采取措施确保添加的液体不会冰冻，可适当使用防冻剂或采用加热布置。 ②压力/真空断开装置应适用于预期的最低环境温度，可适当使用防冻剂或采用加热布置。 ③需要除冰维护的设备尽可能组合布置且易于到达。	23.10.3.4（4）② 23.10.3.4（4）⑤ 23.10.3.4（4）⑦
压力/真空阀	压力/真空阀应设有适当的防冰保护或除冰措施以便保持随时有效。	23.10.3.4（5）
控制货物装卸的区域	应在控制货物装卸的区域（包括步桥）设置蒸汽或热水除冰装置，该装置应在甲板上有固定的管路，并带有软管接头阀。	23.10.3.4（6）
安全通道	通往船首的安全通道应设有防冰保护措施；如果只有浪花导致的轻微结冰，使用具备防滑凸起的格栅构成提供安全的立足点即可。	23.10.3.5
液化气体船		
货物围护系统或	对暴露于船体之外的货物围护系统或其顶盖结构，应特别考虑堆积于其上	23.10.4.2

其顶盖结构	的冰、雪载荷的作用。	
应急拖带装置	应急拖带装置应进行防冰或除冰保护。对已进行预布置的应急拖带装置，应提供合适的遮盖或加热措施来防冰，或将其布置在围蔽或半围蔽的甲板区域内，以便随时可用。	23.10.4.4
货物管系	①布置在主甲板和露天的包括透气管在内的货物管路及其支架，其设计载荷应包括预计的积冰/积雪的重量。 ②露天甲板上的货物管系的支架布置应使货物操作时管路的自由伸缩不受积冰/积雪的阻碍。	23.10.4.5（1） 23.10.4.5（2）
压力释放阀和其他阀门	应为露天布置的与货物相关的压力释放阀和其他阀门提供除冰和伴热措施。	23.10.4.5（4）
应急切断阀	应急切断（ESD）阀应有防冰保护措施。	23.10.4.5（5）
透气桅	透气桅的顶端应设计成能防止积冰堵塞。	23.10.4.5（11）
进排气百叶窗	货控室、货泵舱、压缩机和马达房（如设有）的进排气百叶窗应设有防止积冰的除冰措施。	23.10.4.5（14）
控制货物装卸的区域	应在控制货物装卸的区域（包括步桥）设置蒸汽或热水除冰装置，该装置应在甲板上有固定的管路，并带有软管接头阀。	23.10.4.5（15）
水雾系统	位于露天甲板的水雾系统应使用加热措施以防止冻结，且使用后应及时排干。	23.10.4.6
安全通道	通往船首的安全通道应设有防冰保护措施；如果只有浪花导致的轻微结冰，使用具备防滑凸起的格栅构成提供安全的立足点即可。	23.10.4.8
近海供应船		
钻井泥浆和其他专用散装货物管系	载运的钻井泥浆和其他专用散装货物管系的阀门和控制站的位置应适当，使其免受或少受严寒和积冰/积雪的影响。	23.10.5.2（1）
救助区域	对设有救助区域的船舶，应在下述部位设置适当的防冰措施： （1）左右救助区域间的甲板区域； （2）救助区域的栏杆与扶手； （3）通向起居处所或治疗区域的通道。	23.10.5.3
集装箱船		
集装箱船 系固装置	集装箱船应防止暴露的货物系固装置被冻结，系固装置应提供适宜低气温环境下使用的油脂和除冰装置。	23.10.6.2
集装箱船 可移动式消防水炮	露天甲板如果装载 5 层及以上集装箱的集装箱船，其配备的可移动式消防水炮，其存放位置应设有防冰和防冻保护措施，使用后应及时干燥。	23.10.6.3
守护船		
守护船 救助设施	守护船的救助设施（如设有）应提供防冰保护。	23.10.6.4
守护船 直升机甲板或悬停区域	对于守护船，直升机甲板或悬停区域（如设有）应设有除冰措施，并能保证设计环境条件下甲板/区域 1 小时的正常使用时间。	23.10.6.5
消防船		
消防船 对外灭火装置	消防船的对外灭火装置应提供防冰和防冻保护。	23.10.6.6

第 12 节　防寒附加标志检验要求

23.12.1 一般要求

23.12.1.1 本节适用于按本章要求授予防寒附加标志的船舶审图和检验，以验证防寒措施适合船舶在预期低气温环境下操作。

23.12.1.2 按本节要求进行审图、安装和试验时，防寒措施尚应考虑船旗国主管机关和/或船舶预期操作区域管辖的主管机关以及相关国际公约的要求，如适用，以使其与法定要求不矛盾，并确认防寒措施不会损害或削弱相应设备和系统的正常操作。

23.12.1.3 暴露在低气温环境下的设备、系统和部件应规定设计服务温度。所有相关采购订单、图纸中应标明该温度，以确保其符合适当认可和低温冲击强度试验要求。确认这些设备、系统和部件具有设计服务温度性能的证据，可包括 CCS 签发的船用产品证书，或制造厂证明，或在类似环境温度下使用经历的证明等。

23.12.1.4 如果船舶选择结构材料的设计服务温度（DST_1）低于选择设备和系统防寒措施的设计服务温度（DST_2），则可单独授予 H(DST_1)附加标志。对此情况，极地船舶的极地服务温度（PST）取 DST_2。

23.12.2 初次检验

23.12.2.1 在审图过程中，应基于按本章 23.1.4 提交的图纸资料进行防寒措施的设计评价，确认其证实符合规范要求的内容充分性和适宜性。但并非对具体防寒措施的技术细节进行确认。

23.12.2.2 船体和机械布置应予以检验，以确认其符合规范和批准的图纸要求。结构、设备、系统和舾装应按商定的计划进行安装和试验，并使验船师满意。安装和试验应能证实启动和运作，但不必确认其在设计服务温度的性能。

23.12.3　建造后检验

23.12.3.1 除 H（DST）附加标志外，保持船级附加标志的检验应每年在授予防寒附加标志的周年日前后 3 个月内进行。

23.12.3.2 年度检验时，验船师应确认布置和设备符合规范，并根据 23.1.4.2 和/或 23.11.3 所列防寒措施，尽可能验证安装的设备及其相关控制和报警系统功能。检验应包括但不限于如下适用项目：

（1）船体：

① 液舱的防冻措施；

② 各种通道和开口装置的防冰/除冰措施；

③ 重要处所的加热布置；

④ 驾驶室观察窗的加热和清洁系统；

⑤ 救生设备和消防系统的防寒措施。

(2) 机械、设备和系统：

① 对所有船：

a. 内燃机和其他原动机燃烧空气的预热和导入；

b. 甲板机械的防寒措施；

c. 露天管路系统的除冰防冻措施；

d. 航行设备的防寒措施；

e. 规定处所的应急加热系统，必要时，应进行试验。

② 散货船和矿砂船：

a. 连接上下边舱的管路的防冻措施。

③ 油船和化学品船

a. 如设有，惰性气体系统相关设备的防冻布置；

b. 检查附加消防和安全系统的伴热。

④ 对液化气体船：

a. 如设有，封闭货物区域的通风和气体探测器；

b. 检查根据 CCS《散装运输液化气体船舶构造与设备规范》配备的附加消防和安全系统的伴热。

⑤ 近海供应船

a. 对设有救助区域的船舶，应检查下述部位的防冰措施：

（a）左右救助区域间的甲板区域；

（b）救助区域的栏杆与扶手；

（c）通向起居处所或治疗区域的通道。

23.12.4 产品检验

23.12.4.1 用于授予防寒附加标志的船舶上的产品应在相关图纸、采购文件、检验通知或申请书中明确产品使用条件，包括安装位置、最低环境温度、防寒措施等。

23.12.4.2 露天安装的设备和系统应考虑如下方面（如适用）的低温影响，以验证其在设计服务温度下的功能完好性。

（1） 结构和部件的材料与焊接，包括耐低温脆裂的材料和低温焊接工艺；

（2） 密封材料，使用具有耐低温性能；

（3） 润滑介质，使用低温性能油脂；

（4） 保暖措施，包括伴热（功率）、罩盖；

（5） 除冰方法，包括除冰方式的限制和要求；

（6） 运动部件，低温影响；

（7） 工作介质，使用低温性能的液压油；

（8） 驱动：液压马达、电动机、液压泵等涉及上述措施；

（9） 控制箱：低温影响。

23.12.4.3 需要时，船用产品证书上应标明设计服务温度。

第 9 篇[①] 散货船和油船结构（CSR）

第 1 部分

第 3 章 结构设计原则

第 5 节 极限状态

3 冲击载荷强度验证

3.1 通则

3.1.1

结构对冲击载荷，如首部船底砰击、船首~~外飘冲击~~冲击和抓斗冲击，的响应取决于载荷面积、载荷幅值和结构板架。

第 6 节 结构细节原则

2 一般原则

2.2 局部加强

2.2.1 折角处的局部加强

a）通常折角处应通过对齐折角设置普通骨材或等效方法来进行加强，以保证面外刚度。

b）无论何时在主要构件（外板、纵舱壁等）上设置折角，用于加强的框架、肘板或型材形式的构件应与这些构件将传递载荷（剪切）到其上的构件相连。见图 1 中底边舱上折角的加强示例。

c）对于纵向浅折角，可在折角上下的纵向构件之间，跨越折角装设间距紧密的短梁。在不受到高侧向载荷或不受沿折角的高面内载荷作用的浅折角区域，如甲板梁拱折角，不必设置短梁或其他形式的加强。

d）一般的，在折角和与折角并行的支撑加强间的距离不得大于 50 mm。否则，设计者应按照第 9 章的要求提交疲劳分析。

① 本篇自 2015 年 7 月 1 日起生效。

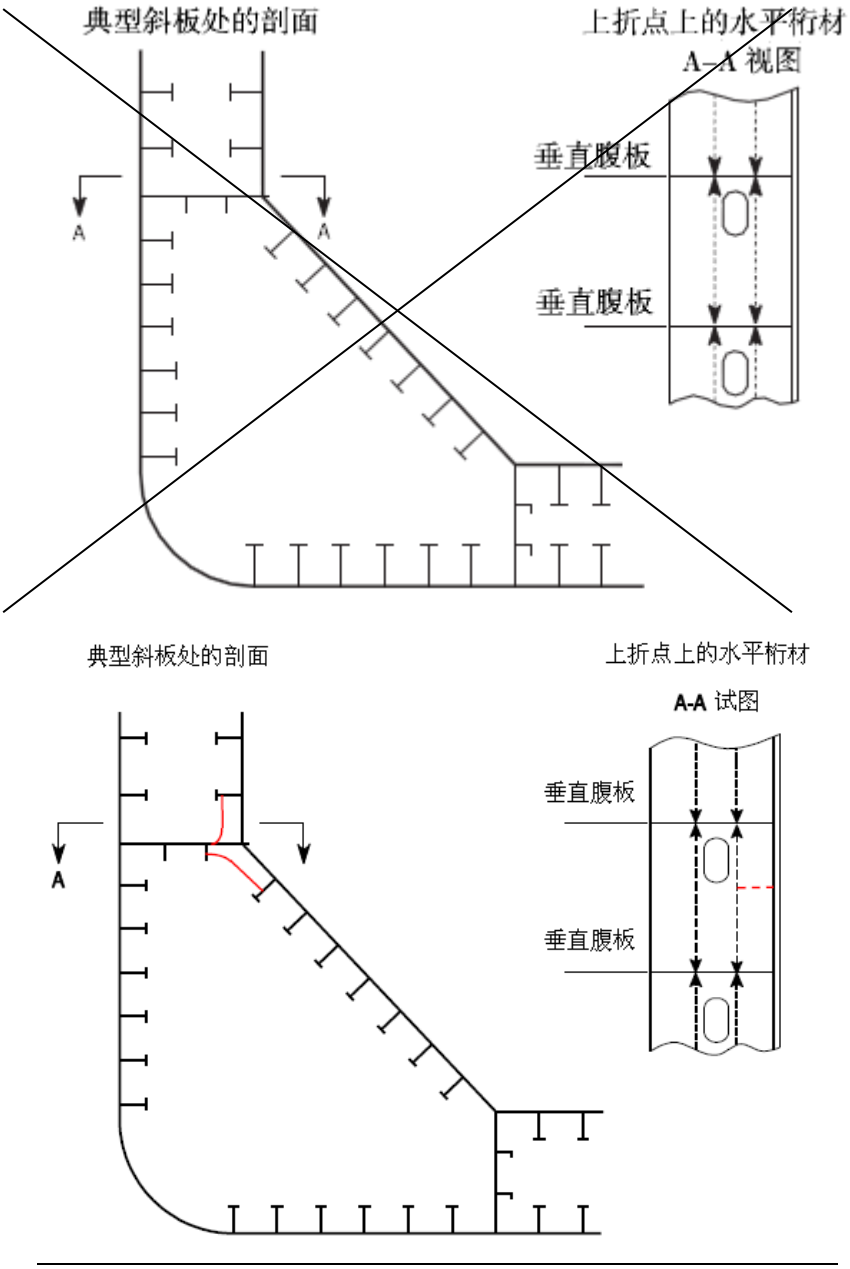


图 1 折角加强示例

3 骨材

3.1 通则

3.1.2

当骨材腹板和带板间的夹角小于 50^{o} 时，如图 2 所示，则应设置防倾肘板。如不对称骨材的腹板和带板间的夹角小于 50^{o}，则骨材面板应设置在开阔斜角的一侧。

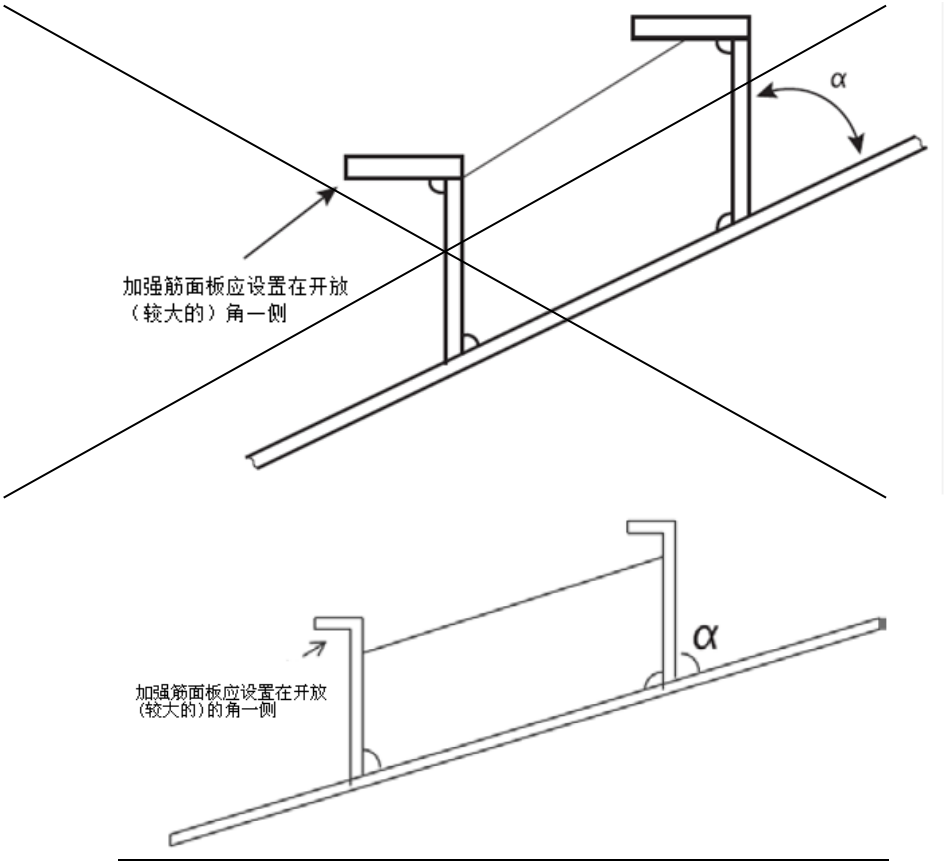


图 2 与带板夹角小于 50°的加强筋

3.2 非连续加强筋的肘板端部连接

3.2.5 非连续骨材端部的肘板

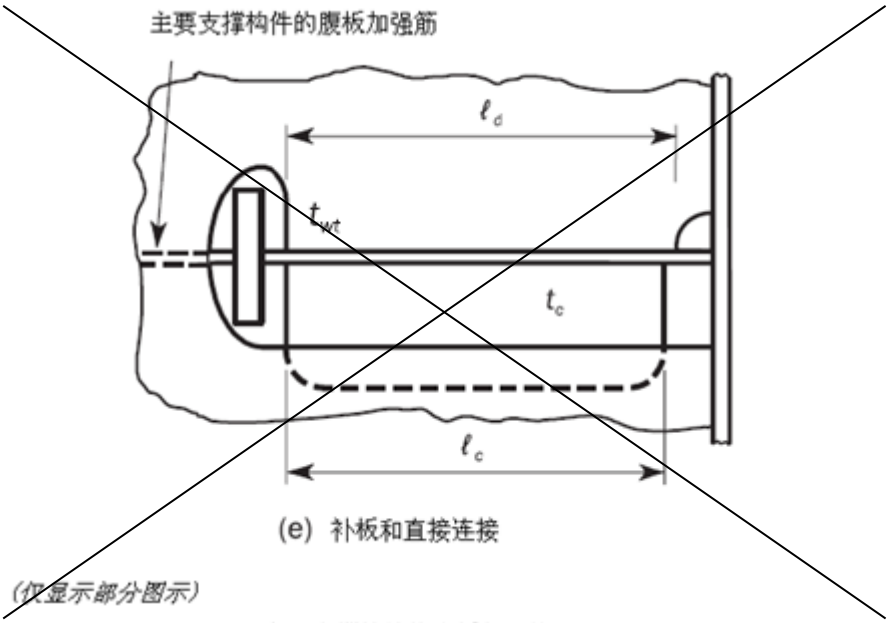
对于图 3 中(c)和(d)类似的连接，当较小的骨材与主要支撑构件或舱壁相连时，肘板臂长不得小于两倍的 h_{stf}。

5 骨材与主要支撑构件的相交

5.1 开口

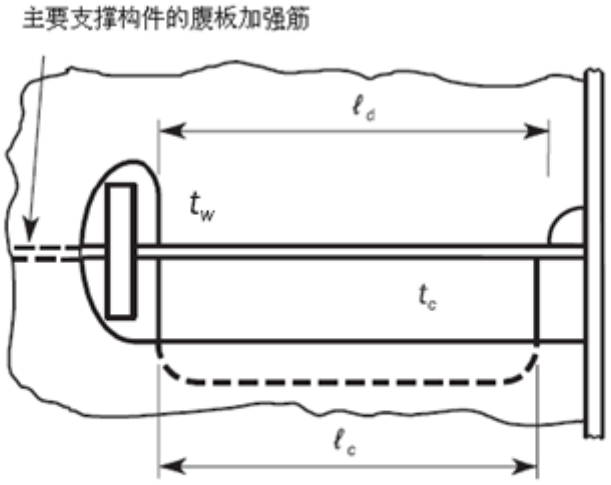
5.1.3

在横撑材端部和舱壁凳下的实肋板上或高应力区域的切口应设置全补板，见图 7。



(e) 补板和直接连接

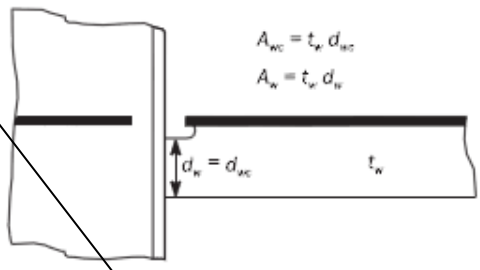
(仅显示部分图示)



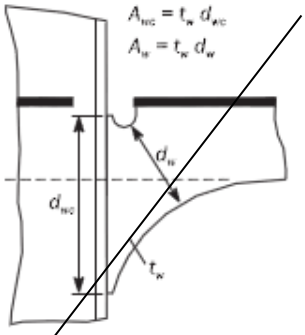
(e) 补板和直接连接

(仅显示部分图示)

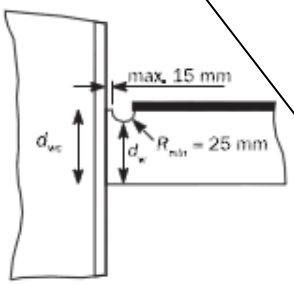
图 8 对称和非对称切口



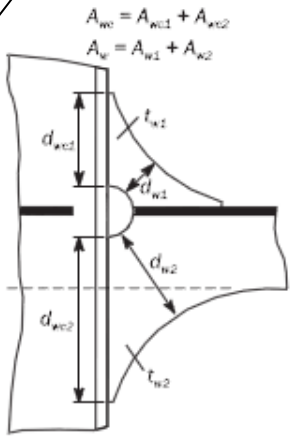
a）无肘板的直接跟



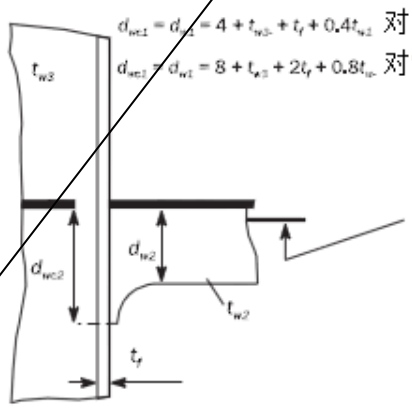
b）软趾和软跟

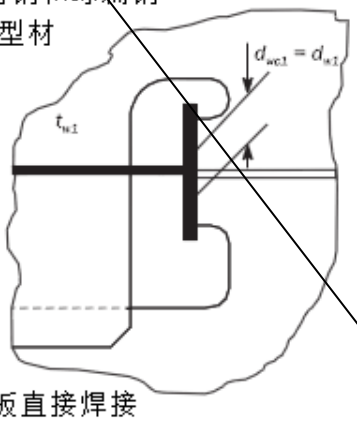


c）软跟部的钥匙孔

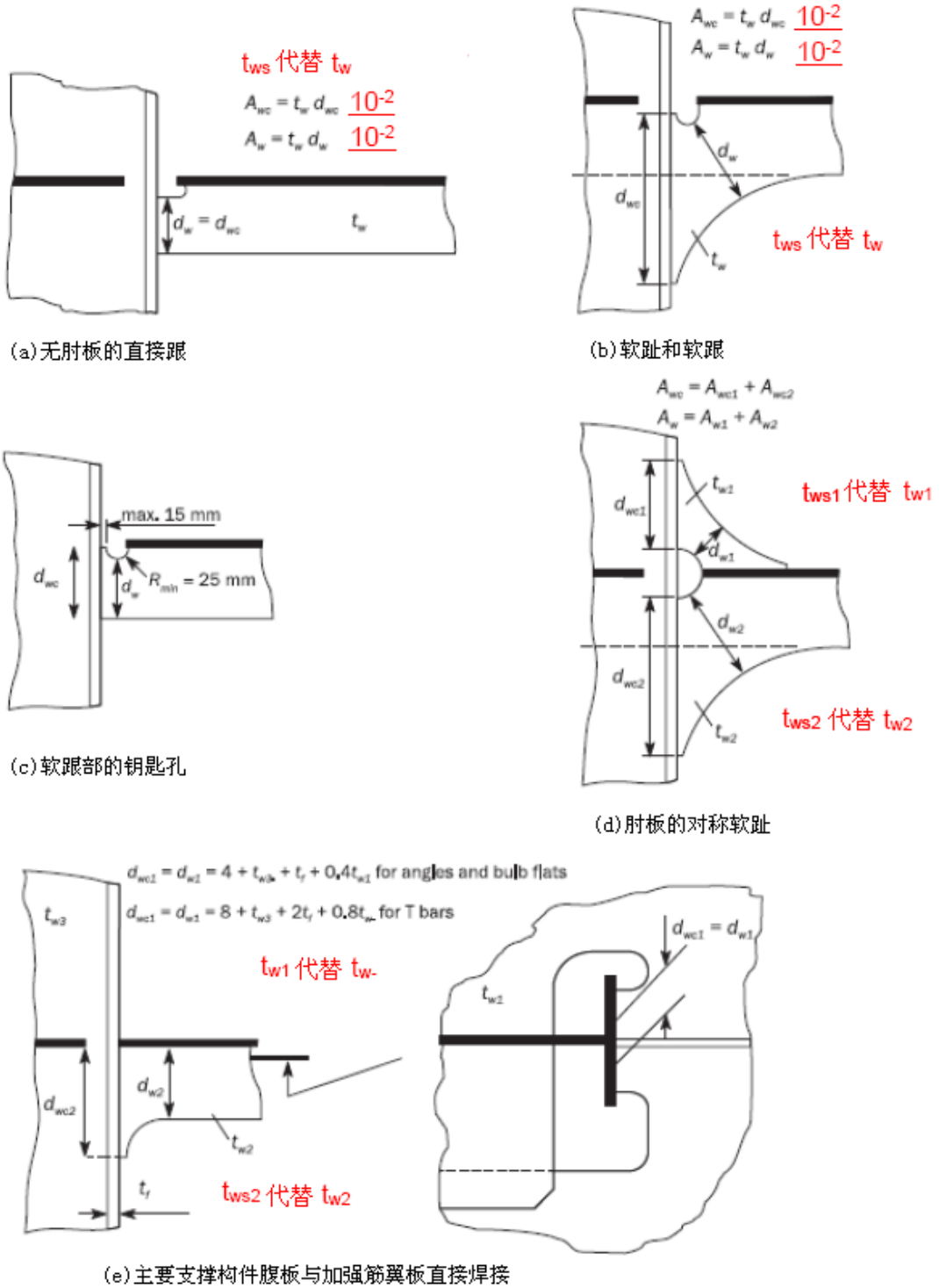


d）肘板的对称软趾





e) 主要支撑构件腹板与加强筋翼板直接焊接



t_{ws}，t_{ws1}，t_{ws2}——主要支撑构件腹板骨材/背肘板净厚度，mm.

d_w，d_{w1}，d_{w2}——主要支撑构件腹板骨材/背肘板最小高度，mm.

d_{wc}，d_{wc1}，d_{wc2}——主要支撑构件腹板骨材/背肘板与骨材的连接长度，mm。

t_f——翼板净厚度，mm。对于球扁钢，t_f按照第 1 部分第 3 章第 7 节[1.4.1]定义取值.

图 9 主要支撑构件腹板骨材细节

5.2 骨材与 PSM 的连接

5.2.3

通过主要支撑构件腹板骨材传递的载荷 W_2，kN，取作：

- 如果腹板骨材与相交骨材相连：

$$W_2 = W\left(1-\alpha_a - \frac{A_1}{4 f_c A_w + A_1}\right)$$

- 如果腹板骨材未与相交骨材相连：

$$W_2=0$$

A_w、A_{wc} 和 A_1 的值应使计算的应力满足下列衡准:

- 对于不在焊缝处，与主要构件腹板骨材的连接：$\sigma_w \le \sigma_{perm}$
- 对于焊缝处，与主要构件腹板骨材的连接：$\sigma_{wc} \le \sigma_{perm}$
- 对于与主要支撑构件腹板的剪切连接：$\tau_w \le \tau_{perm}$

式中：W—— [5.2.2]定义的载荷，kN

f_c —— [5.2.2]定义的补板载荷因子

α_a—— [5.2.2]定义的板格形状比

A_1—— [5.2.2]定义的有效净剪切面积，cm^2

A_w—— [5.2.2]定义的横剖面有效净面积，cm^2

σ_w—— 离开焊缝处的 PSM 腹板骨材肘板面积最小处的正应力，N/mm^2

$$\sigma_w = \frac{10W_2}{A_w}$$

σ_{wc}—— 焊缝连接处的 PSM 腹板骨材正应力，N/mm^2

$$\sigma_{wc} = \frac{10W_2}{A_{wc}}$$

τ_w—— PSM 腹板的剪切连接的剪应力，N/mm^2

~~$\tau_{wc} = \frac{10W_1}{A_1}$~~

$$\tau_w = \frac{10W_1}{A_1}$$

A_{wc}—— 图 9 所示焊缝处的 PSM 腹板骨材有效净面积，N/mm^2

σ_{perm}—— 表 1 中 AC-S 和 AC-SD 验收衡准组的许用正应力，N/mm^2

τ_{perm}—— 表 1 中 AC-S 和 AC-SD 验收衡准组的许用剪应力，N/mm^2

8 双舷侧结构

8.1 通则

8.1.1

舷侧~~、~~与内壳舱壁~~与纵舱壁~~通常应为纵骨架式。当舷侧外板为纵骨架式时，内壳舱壁应为纵骨架式。替代骨架形式应由船级社特殊考虑。

第 7 节 结构理想化

1 骨材和主要支撑构件的结构理想化

1.4 骨材和主要支撑构件的几何特性

1.4.8 带腹板开孔的主要支撑构件剪切面积

计算有效净剪切面积 $A_{sh\text{-}n50}$ 时用的有效腹板高度 h_{eff}，mm，取为以下各式之小者：

$$h_{eff} = h_w$$

$$h_{eff} = h_{w3} + h_{w4}$$

$$h_{eff} = h_{w1} + h_{w2} + h_{w4}$$

式中： h_w —— 主要支撑构件腹板高度，mm

h_{w1},h_{w2},h_{w3},h_{w4}—— 图 16 所示尺寸

当开口位置距所考虑的横剖面小于 h_w/3 时，h_{eff} 取到开口的净高度与净距离的小者，见图 16。

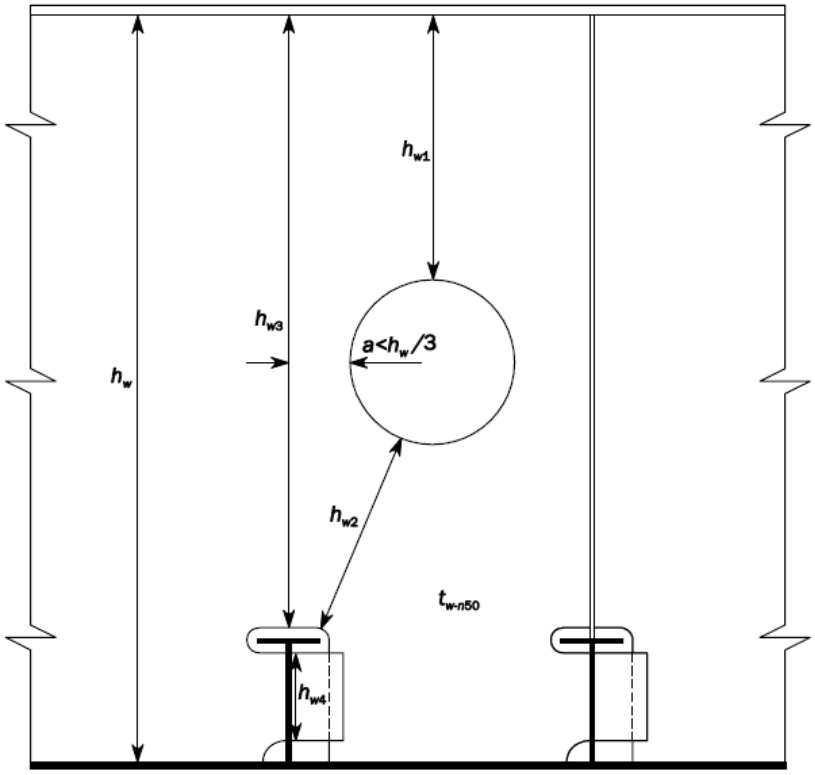


图 16 腹板开口处的有效剪切面积

2.2 载荷计算点

2.2.2 屈曲

对于第 8 章第 3 节的 EPP 的描述性屈曲验证，压力和船体梁应力的 LCP 如表 5 定义。

对于有限元屈曲验证，应适用第 8 章第 4 节。

表 5 ：板屈曲的 LCP 坐标

LCP 坐标	压力计算的 LCP	船体梁应力的 LCP（图 23）		
		弯曲应力(1)		剪应力
		非水平板	水平板	
x 坐标	与屈服的 LCP 相同坐标，见表 4	EPP 长度中点		
y 坐标		EPP 的上端和下端端点（点 A1 和 A2）	EPP 的舷侧和舷内端点（点 A1 和 A2）	EPP 中点（点 B）
z 坐标		与 *x* 和 *y* 值对应		
(1) 曲板板格的弯曲应力取 A1 和 A2 点处计算得到的应力的平均值。				

LCP 坐标	压力计算的 LCP	船体梁应力的 LCP（图 23）		
		弯曲应力(1)		剪应力
		非水平板	水平板	
x 坐标	与屈服的 LCP 相同坐标，见表 4	EPP 长度中点		
y 坐标		与 *x* 和 *y* 值对应	EPP 的舷侧和舷内端点（点 A1 和 A2）	EPP 中点（点 B）

z 坐标		EPP 的上端和下端端点（点 A1 和 A2）	与 *x* 和 *y* 值对应
(1) 曲板板格的弯曲应力取 A1 和 A2 点处计算得到的应力的平均值。			

第 4 章 载荷

第 6 节 内部载荷

1 液体引起的压力

1.2 液体静压力

1.2.2 港内/遮蔽水域作业

港内/遮蔽水域作业时由液舱和压载货舱内液体产生的静压力 P_{ls}，kN/m²，应取为：

$$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z + h_{air}\right) + P_{drop}$$ ，对于压载舱

$$P_{ls} = \rho_L g(z_{top} - z) + P_{PV}$$ ，对于装载液货的液货舱。

$$P_{ls} = \rho_L g\left(z_{top} - z + 0.5h_{air}\right)$$ ，对于 h_{air}=0 的压载散货舱和其他情况。

5 非露天甲板和平台载荷

5.3 单元载荷产生的集中力

5.3.1

当扶强材或主要支撑构件分别采用直接计算分析时，如第 1 部分，第 6 章，第 5 节[1.2]或第 1 部分，第 6 章，第 6 节[3.3]，如果内部甲板上载有单元载荷，应考虑由此单元载荷产生的静力和动力。

第 8 节 装载工况

4.2.6 直接强度分析的设计装载工况

适用于不同营运特性附加标志散货船直接强度分析的装载模式汇总见表 10。每个装载模式的载荷工况的细节见表 12 至表 21。

适用于 BC-A 船舶隔舱装载工况下船中货舱区域有限元载荷组合（中间舱为空舱） 表 12

编号	描述参考规范条目	装载模式 尾部 中部 首部	吃水	$C_{BM\text{-}LC}$：%许用静水弯矩百分数	$C_{SF\text{-}LC}$：%许用静水剪力百分数	动载荷工况
航行工况						
1(2)	满载 [4.1.3]		T_{SC}	50%（中垂）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
20(13)	连舱隔舱装载港内工况 [4.2.3]d		T_{H3}	100% (中拱)	100%	N/A
				100% (中垂)	100%	N/A

注：

（1） 装载模式满载 1 货物重量为 M_{Full} 货物密度为[4.1.4]定义的最大货物密度时，可以替代这两个装载模式。

（2） 按[4.1.4]中定义的最大货物密度用于计算干散货压力。

（3） 当无压载货舱时，应分析正常压载工况，并假设 M_{sw}=100%（中拱）.

（4） 压载货舱的位置应适当调整。

（5） 仅当该工况纳入装载手册中时，该工况才做要求。

（6） 可用装载手册给出的实际垂向静水弯矩取代设计值。

编号	描述参考规范条目	装载模式　　尾部　　中部　首部	吃水	$C_{BM\text{-}LC}$：%许用静水弯矩百分数	$C_{SF\text{-}LC}$：%许用静水剪力百分数	动载荷工况
（7）	仅当载货舱设计为压载货舱时，该工况才要求。					
（8）	当中间舱的 ~~$x_{b\text{-}aft}<0.5L$~~ $x_{b\text{-}aft}\leq 0.5L$ 且 ~~$x_{b\text{-}fwd}>0.5L$~~ $x_{b\text{-}fwd}\geq 0.5L$ 时，应将中间舱的后舱壁处剪力调整至目标值。					
（9）	当中间舱的 ~~$x_{b\text{-}aft}<0.5L$~~ $x_{b\text{-}aft}\leq 0.5L$ 且 ~~$x_{b\text{-}fwd}>0.5L$~~ $x_{b\text{-}fwd}\geq 0.5L$ 时，应将中间舱的前舱壁处剪力调整至目标值。					
（10）	仅当中间舱的 $x_{b\text{-}aft}>0.5L$ 且 $x_{b\text{-}fwd}<0.5L$ 时考虑该工况。					
（11）	应将中间舱的后舱壁处剪力调整至目标值。					
（12）	应将中间舱的前舱壁处剪力调整至目标值。					
（13）	仅当装载手册中有隔舱连装工况时才做要求。					

适用于 BC-A 船舶隔舱装载工况下船中货舱区域有限元载荷组合（中间舱为载货舱） 表 13

编号	描述 参考规范条目	装载模式　　尾部　　中部　　首部	吃水	$C_{BM\text{-}LC}$：%许用静水弯矩百分数	$C_{SF\text{-}LC}$：%许用静水剪力百分数	动载荷工况
航行工况						
1[(2)]	满载 [4.1.3]		T_{SC}	50% （中垂）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
22[(13)]	连舱隔舱装载港内工况 [4.2.3]d		T_{H3}	100% （中拱）	100%	N/A
				100% （中垂）	100%	N/A

注：

（1） 装载模式满载 1 货物重量为 M_{Full} 货物密度为[4.1.4]定义的最大货物密度时，可以替代这两个装载模式。

（2） 按[4.1.4]中定义的最大货物密度用于计算干散货压力。

（3） 当无压载货舱时，应分析正常压载工况，并假设 M_{sw}=100%（中拱）.

（4） 压载货舱的位置应适当调整。

（5） 仅当该工况纳入装载手册中时，该工况才做要求。

（6） 可用装载手册给出的实际垂向静水弯矩取代设计值。

（7） 仅当载货舱设计为压载货舱时，该工况才要求。

（8） 当中间舱的 ~~$x_{b\text{-}aft}<0.5L$~~ $x_{b\text{-}aft}\leq 0.5L$ 且 ~~$x_{b\text{-}fwd}>0.5L$~~ $x_{b\text{-}fwd}\geq 0.5L$ 时，应将中间舱的后舱壁处剪力调整至目标值。

（9） 当中间舱的 ~~$x_{b\text{-}aft}<0.5L$~~ $x_{b\text{-}aft}\leq 0.5L$ 且 ~~$x_{b\text{-}fwd}>0.5L$~~ $x_{b\text{-}fwd}\geq 0.5L$ 时，应将中间舱的前舱壁处剪力调整至目标值。

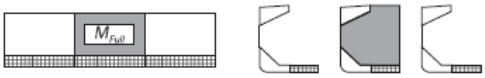
（10） 仅当中间舱的 $x_{b\text{-}aft}>0.5L$ 且 $x_{b\text{-}fwd}<0.5L$ 时考虑该工况。

（11） 应将中间舱的后舱壁处剪力调整至目标值。

（12） 应将中间舱的前舱壁处剪力调整至目标值。

（13） 仅当装载手册中有隔舱连装工况时才做要求。

适用于 BC-B 和 BC-C 船船中货舱区域有限元载荷组合 表 14

编号	描述 参考规范条目	装载模式 尾部 中部 首部	吃水	$C_{BM\text{-}LC}$：%许用静水弯矩百分数	$C_{SF\text{-}LC}$：%许用静水剪力百分数	动载荷工况
航行工况						
1[(1)(3)]	满载 [4.1.3]		T_{SC}	50% （中垂）	100%	BSP-1P/S OST-1P/S
16	港内工况 [4.2.5]a 和 b		T_{H2}	100% （中拱）	100%[(10)] 最大剪力工况	N/A
					100%[(11)] 最大剪力工况	N/A
				100% （中垂）	100%[(10)] 最大剪力工况	N/A
					100%[(11)] 最大剪力工况	N/A

注：

（1） 仅适用于 BC-B 船舶。

（2） 对于 BC-B 船舶，装载模式满载 1 货物重量为 M_{Full} 货物密度为[4.1.4]定义的最大货物密度时，可以替代这两个装载模式。

（3） 按[4.1.4]中定义的最大货物密度用于计算干散货压力。

（4） 当无压载货舱时，应分析正常压载工况，并假设 M_{sw} =100%（中拱）.

（5） 压载货舱的位置应适当调整。

（6） 仅当载货舱设计为压载货舱时，该工况才要求。

（7） 当中间舱的 ~~$x_{b\text{-}aft}<0.5L$~~ $x_{b\text{-}aft}\leq 0.5L$ 且 ~~$x_{b\text{-}fwd}>0.5L$~~ $x_{b\text{-}fwd}\geq 0.5L$ 时，应将中间舱的后舱壁处剪力调整至目标值。

（8） 当中间舱的 ~~$x_{b\text{-}aft}<0.5L$~~ $x_{b\text{-}aft}\leq 0.5L$ 且 ~~$x_{b\text{-}fwd}>0.5L$~~ $x_{b\text{-}fwd}\geq 0.5L$ 时，应将中间舱的前舱壁处剪力调整至目标值。

（9） 仅当中间舱的 $x_{b\text{-}aft}>0.5L$ 且 $x_{b\text{-}fwd}<0.5L$ 时考虑该工况。

（10） 应将中间舱的后舱壁处剪力调整至目标值。

（11） 应将中间舱的前舱壁处剪力调整至目标值。

第 5 章 船体梁强度

第 1 节 船体梁屈服强度

1　船体梁横剖面强度特性

1.2 船体梁横剖面

1.2.9 开口定义

以下为所应用的开口定义：

a）大的开口为：

- 长度超过 2.5m 或宽度超过 1.2m 的椭圆形开口
- 直径超过 0.9m 的圆形开口

b）小开口指不是大的开口，如~~减轻孔~~流水孔等

c）人孔

d）独立开口指在船的横向/垂向开口间隔不小于 1m 的开口

3　船体梁剪切强度评估

3.5 油船货油舱间纵舱壁的有效净厚度—由横舱壁水平桁载荷引起的修正

3.5.1

在横舱壁水平桁的连接处，如图 7 所指定的区域内，板的等效净厚度 $t_{sti-k-n50}$ 应不得大于下列计算值，其中下标 k 是水平桁的标识号：

$t_{sfi-n50}$——有效净板厚，mm，见[3.4.1]定义，计算位置取相应的水平桁高度位置的横舱壁处；

附录 1 剪流的直接计算

1 计算公式

1.2 定剪流

1.2.1

横剖面每一处的定剪流 q_D，N/mm，可按以下线性积分求得：

~~$$q_D(S) = -\frac{1}{10^6 I_{y-n50}}\int_0^s (z-z_n)t_{n50}ds$$~~

$$q_D(\mathrm{s}) = -\frac{1}{10^6 I_{y-n50}}\int_0^s (z-z_n)t_{n50}ds$$

1.2.4

分叉点处定剪流的计算可按图 ~~3~~ 2 所示的类似水流计算的方式进行。

1.4 剖面特性的计算

1.4.2

水平中和轴的高度 ~~z_G~~ z_n，m，可按如下获得：

~~$$z_G = \frac{S_{y-n50}}{A_{n50}}$$~~

$$z_n = \frac{S_{y-n50}}{A_{n50}}$$

2 单舷侧船体剖面算例

2.1 剖面数据

2.1.2

水平中和轴的 Z 坐标以及对中和轴的惯性矩按下式计算：

$$z_G = \frac{\sum s_{y-n50}}{\sum a_{n50}} = \frac{11.686}{1.416} = 8.255$$

$$z_n = \frac{\sum s_{y-n50}}{\sum a_{n50}} = \frac{11.686}{1.416} = 8.255$$

$$I_{y\text{-}n50} = 2(\sum i_{y0-n50} - z_n^2 \sum a_{n50}) = 2(185.138 - 8255^2 \times 1.416) = 177.34$$

附录 2 船体梁极限能力

2.3 载荷—端缩曲线

2.3.1 加筋板单元和普通扶强材单元

构成船体梁横剖面的加筋板单元和普通扶强材单元可按表 1 所规定的失效模式之一崩溃破坏。

- 当板由纵向不连续扶强材加强，单元的应力应根据[2.3.3]至[2.3.8]获得，考虑纵向不连续构件。在为校核船体梁极限强度而计算总力时，认为纵向不连续扶强材的面积为零。

~~在为校核船体梁极限强度而计算总力时，认为纵向不连续扶强材的面积为零。~~

- 若加筋板单元上有开孔，则在为校核船体梁极限强度而计算总力时，加筋板单元的面积应减去开孔的面积。开孔的处理方法应根据第 5 章第 1 节[1.2.9]。
- 对加筋板单元，计算应力—应变曲线的载荷端缩比例时，板的有效宽度应取全板宽，即：到与其它板和纵向扶强材的交点，而不是到硬角单元的端点也不是到普通扶强材单元的带板。在为校核船体梁极限强度而计算总力时，加筋板单元的面积应取硬角单元和普通扶强材单元之间的面积或硬角单元之间的面积。

第 6 章 船体局部尺度

第 4 节 板

2 特殊要求

2.2 舭列板

2.2.2 ~~船中 0.4L 区域内的~~舭列板厚度

a) 舭列板的净厚度应不小于相邻的船底或相邻的舷侧板的净提供厚度，取其大者。

b) ~~弧形~~圆弧形舭列板净厚度 t，mm，应不小于：

$$t_{net} = 6.45 \cdot 10^{-4} (P_{ex} s_b)^{0.4} R^{0.6}$$

式中：

P_{ex}——第 6 章第 2 节[2.1.3]定义的设计载荷组 SEA-1 在舭部圆弧下缘计算所得的设 v 计海水压力，kN/m^2

R——有效舭部半径，mm

$$R = R_0 + 0.5\left(\Delta s_1 + \Delta s_2\right)$$

R0——曲率半径，mm，见图 1

Δs_1——舭部圆弧下缘与最外侧船底纵骨间的距离，mm，见图 1。当最外侧船底纵骨在舭部圆弧内时，此距离取为零。

Δs_2——舭部圆弧上缘与舷侧最下端纵骨间的距离，mm，见图 1。当舷侧最下端纵骨在舭部圆弧内时，此距离取为零。

s_b——横向骨材、框架或舭部肘板间距离，mm

c) 纵骨架式舭列板应作为规则的加筋板评估，舭部厚度不小于[1.1.1]和[2.2.2]b)得到的小者。舭龙骨不应作为有效的纵向加强构件考虑~~除非设置其它纵骨，该要求必须满足~~。

~~2.2.3 船中 0.4L 区域外的舭列板厚度~~

~~对船中 0.4L 之外舭列板，舭列板厚度要求适用[2.2.2]。与线型和内部骨材布置有关的支撑应特殊考虑。船中 0.4L 之外的舭列板厚度与布置应符合相同区域的舷侧外板或船底板的要求。~~

第 7 章直接强度分析

第 2 节 舱段结构强度分析

4 载荷施加

4.3 船体梁载荷

4.3.3 船体梁目标剪力

对于给定的有限元载荷组合，中舱后舱壁和前舱壁处的船体梁目标剪力$Q_{\text{targ-aft}}$和$Q_{\text{targ-fwd}}$由下式确定：

- $Q_{\text{fwd}} \geq Q_{\text{aft}}$：

$$Q_{targ-aft} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-neg} - \Delta Q_{swa} + f_{\beta}|C_{QW}|Q_{wv-neg}$$

$$Q_{targ-fwd} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-pos} + \Delta Q_{swf} + f_{\beta}|C_{QW}|Q_{wv-pos}$$

- $Q_{fwd} < Q_{aft}$：

$$Q_{targ-aft} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-pos} - \Delta Q_{swa} + f_{\beta}|C_{QW}|Q_{wv-pos}$$

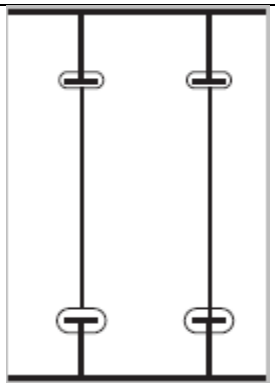
$$Q_{targ-fwd} = C_{SF-LC} \cdot Q_{sw-neg} + \Delta Q_{swf} + f_{\beta}|C_{QW}|Q_{wv-neg}$$

其中：

Q_{fwd}, Q_{aft}：　中舱前舱壁和后舱壁位置处由于局部载荷分别产生的垂向剪力，kN，定义见[4.4.~~7~~6]。

5.2.7 开孔剪应力修正的免除

表 11：剪切修正的免除

标识	图形	建模剪切面积与有效净剪切面积的差占~~有效净~~建模剪切面积的百分比 ~~$\frac{A_{FEM-n50} - A_{shr-n50}}{A_{shr-n50}} \cdot 100\%$~~ $\frac{A_{FEM-n50} - A_{shr-n50}}{A_{FEM-n50}} \cdot 100\%$	屈服衡准折减因子，c_r
安装有补板或领板的局部支撑骨材的上下开孔		$< 15\%$	0.85

$A_{shr-n50}$：腹板的净有效剪切面积，mm^2，应取腹板面积减去所有开孔面积和骨材通焊孔的面积后的面积，按第 3 章第 7 节[1.4.8]进行。

第 8 章 屈曲

第 3 节 描述性屈曲要求

1 通则

1.2 等效板格

1.2.1

对于纵向加筋布置，如果基本板格的板厚在宽度 b 跨区上变化，则屈曲校核可按厚度等于较小板厚 t_1 的等效基本板格进行。此等效基本板格的宽度 b_{eq}，mm，定义如下：

$$b_{eq} = \ell_1 + \ell_2 \left(\frac{t_1}{t_2} \right)^{1.5}$$

式中：ℓ_1 基本板格中较小净板厚 t_1 部分的宽度，mm，定义见图 1；

ℓ_2 基本板格中较大净板厚 t_2 部分的宽度，mm，定义见图 1。

2 船体梁应力

2.1 通则

2.1.2

对于板 *i* 的船体梁剪应力 τ_{hg}，N/mm^2，应根据下式确定

$$\tau_{hg} = \frac{Q_{Tot}(x) q_{vi}}{t_{i-n50}} 10^3$$

式中：$Q_{Tot}(x)$ 在船体纵向 x 位置处总的垂向剪力，kN，~~取下面各值中的最大值~~按下列取值：

第 4 节直接强度分析屈曲要求

2 加筋和非加筋板格

2.2 加筋板格

2.2.2

如果一个加筋板格内的加强筋属性或者加强筋间距有变化，则应对该板格的所有构造，即对每一个加强筋和加强筋间的板分别进行计算。计算位置处的板厚、加强筋属性和加强筋间距假设应用于整个板格。

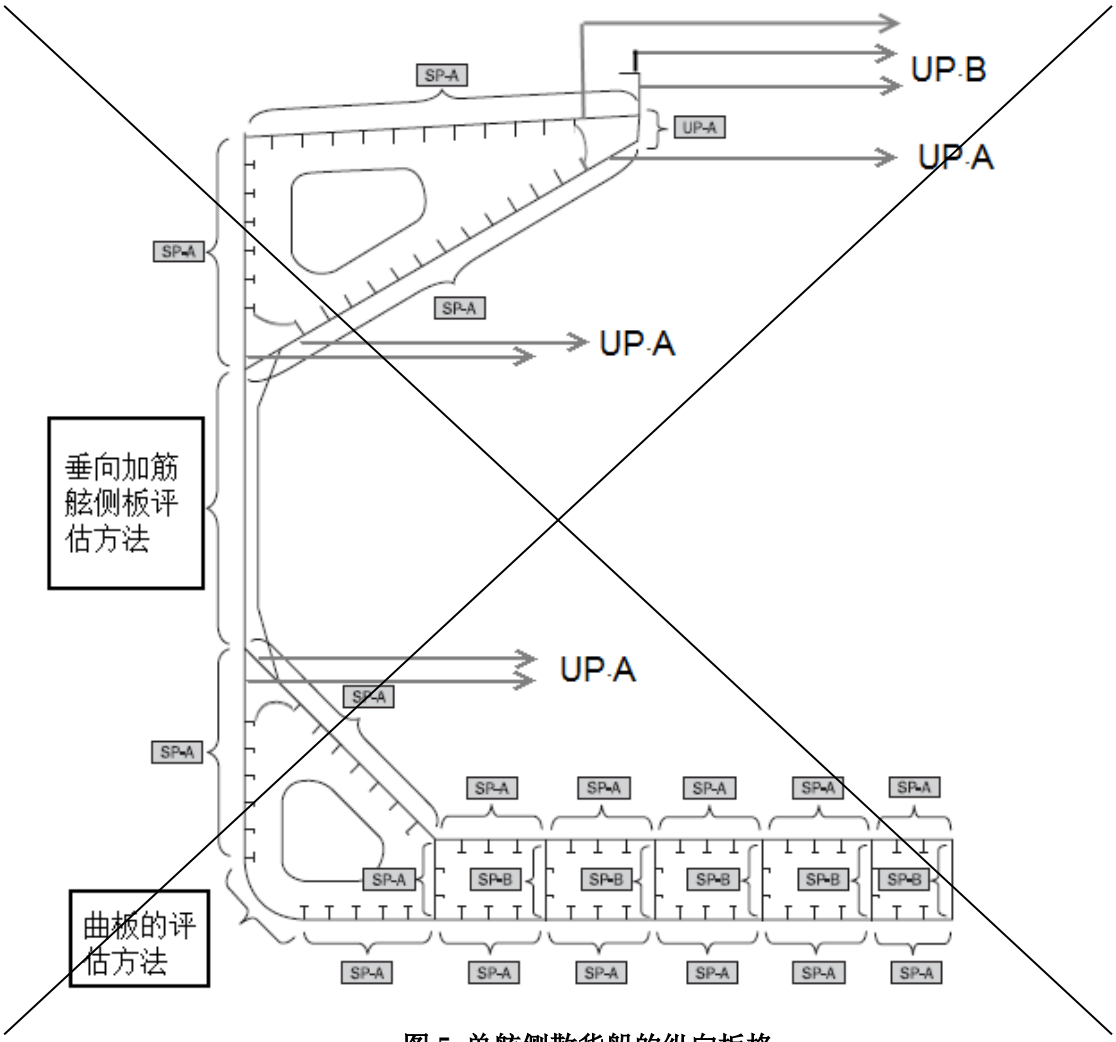


图 5 单舷侧散货船的纵向板格

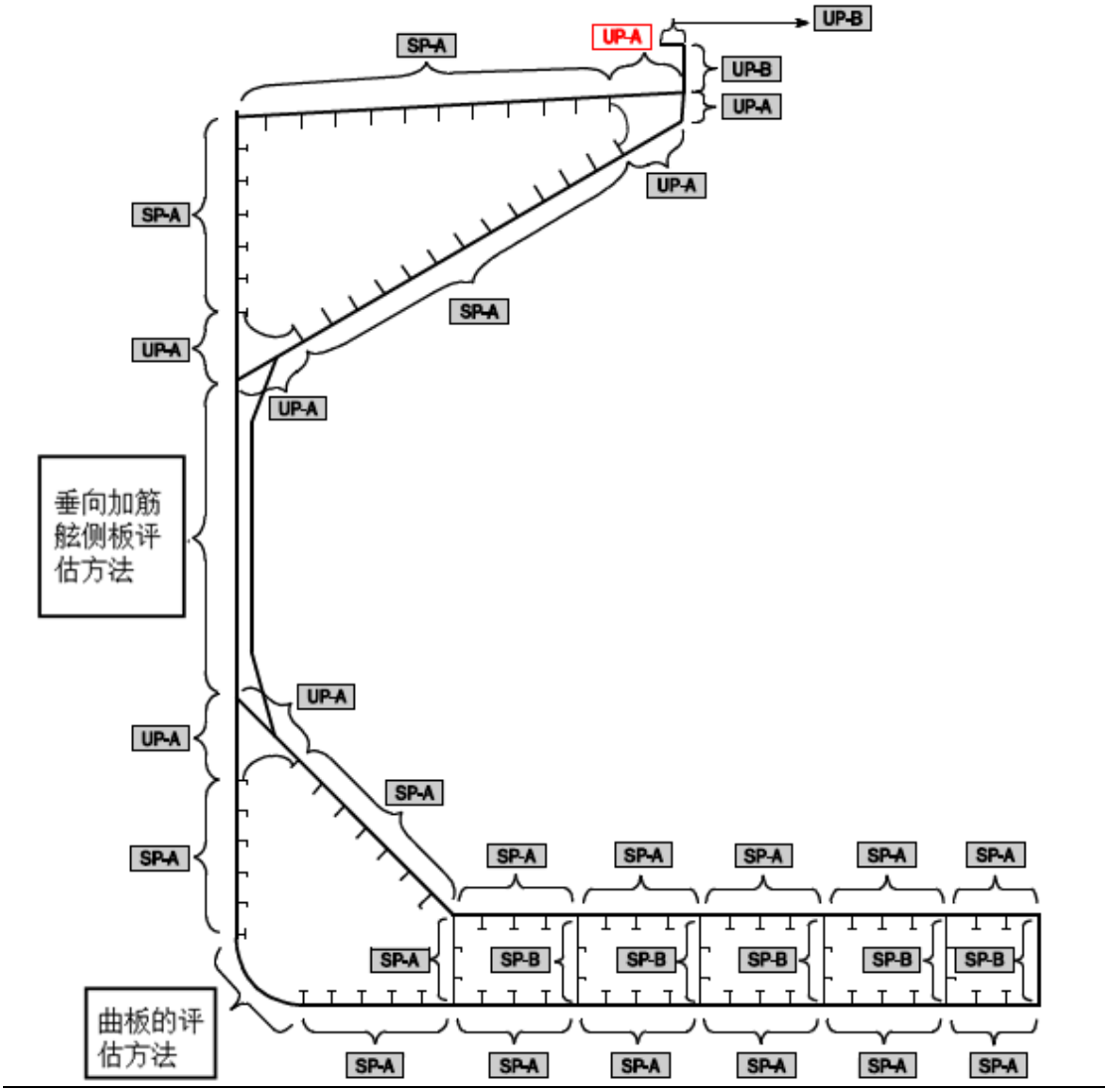


图 5 单舷侧散货船的纵向板格

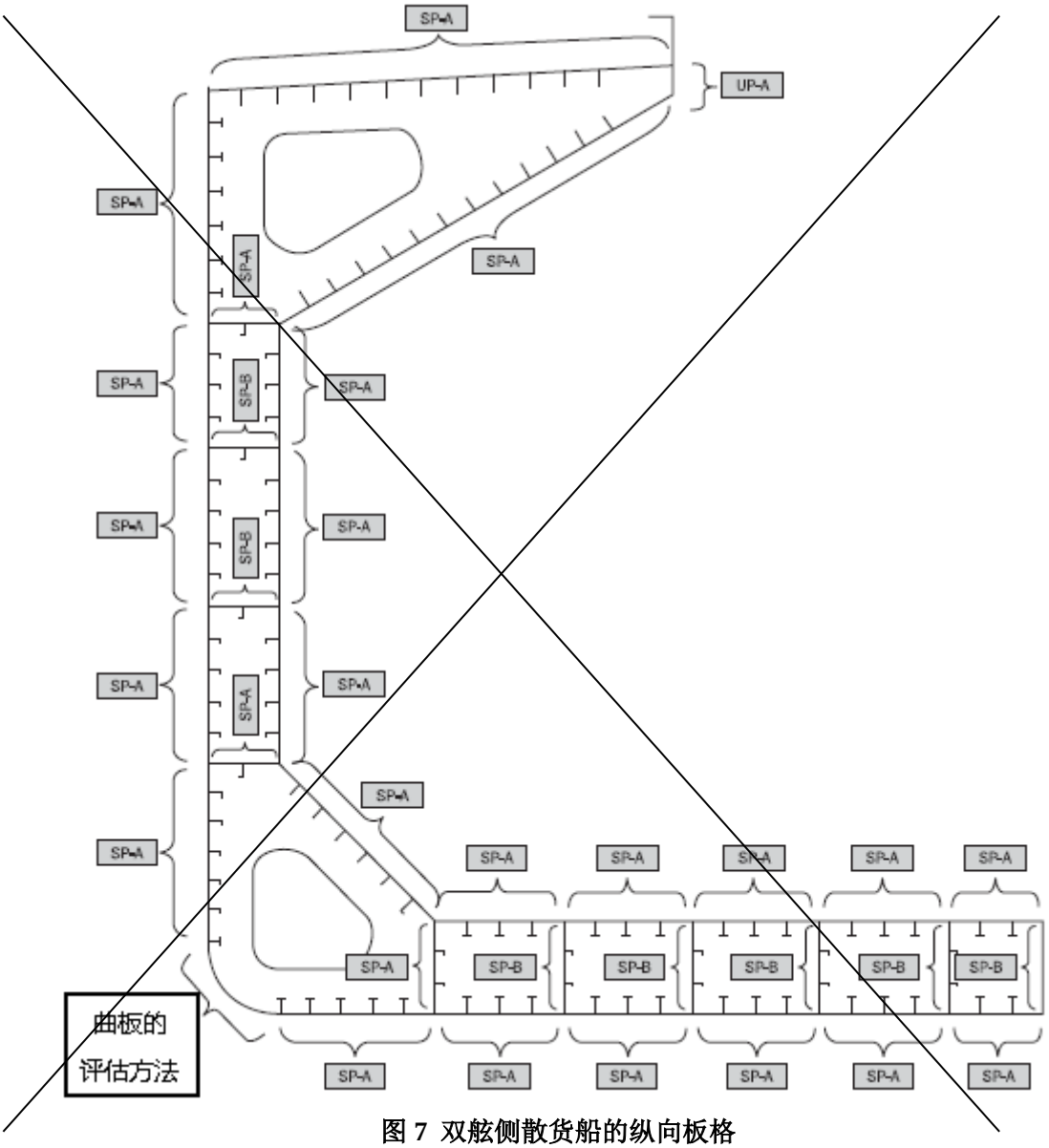


图 7 双舷侧散货船的纵向板格

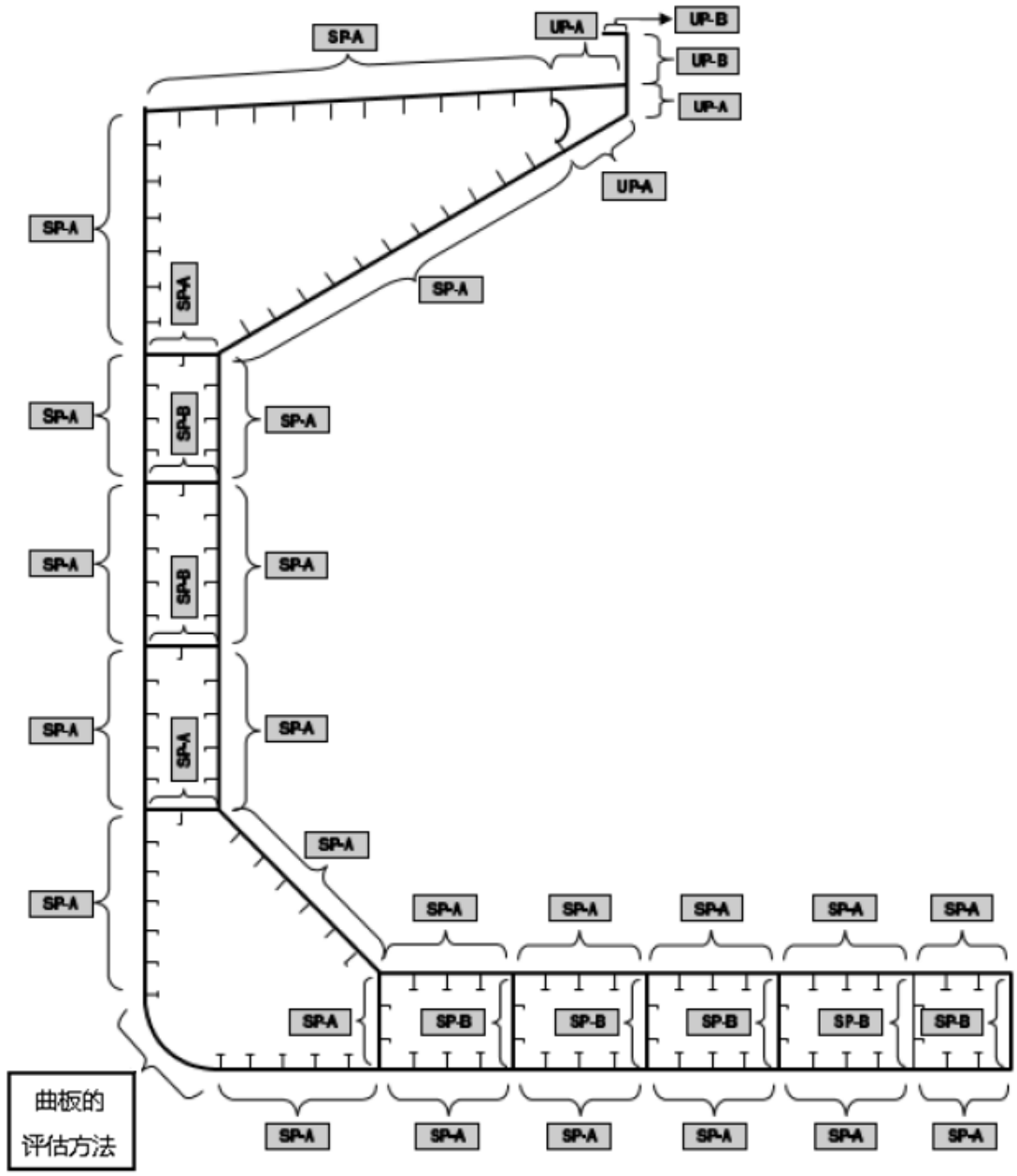


图 7 双舷侧散货船的纵向板格

第 5 节屈曲能力

2 板和加强筋的屈曲能力

2.2 板的能力

2.2.2 参考细长度

参考细长度定义为

$$\lambda = \sqrt{\frac{R_{eH_P}}{K\sigma_E}}$$

式中：K　　屈曲因子，定义见表 3 和表 4。

表 3：平面板格的屈曲因子和折减因子

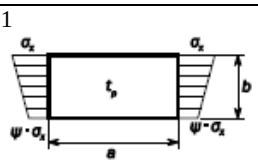
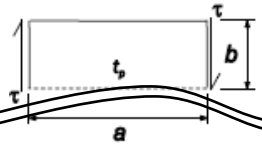
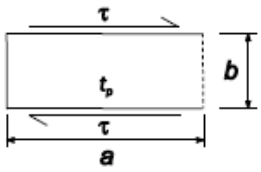
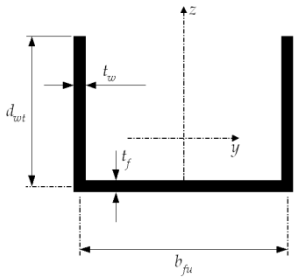
<table>
<tr><th>工　况</th><th>应力比 ψ</th><th>长宽比 α　屈曲因子 K</th><th>折减因子 C</th></tr>
<tr><td rowspan="3">1

</td><td>$1 \geq \psi \geq 0$</td><td>$K_x = F_{long}\dfrac{8.4}{\psi + 1.1}$</td><td rowspan="3">当$\sigma_x \leq 0$时：
$C_x = 1$；
当$\sigma_x > 0$时：
$C_x = 1$　　对$\lambda \leq \lambda_c$
$C_x = c\left(\dfrac{1}{\lambda} - \dfrac{0.22}{\lambda^2}\right)$　　对$\lambda > \lambda_c$
其中：
$c = (1.25 - 0.12\psi) \leq 1.25$
$\lambda_c = \dfrac{c}{2}\left(1 + \sqrt{1 - \dfrac{0.88}{c}}\right)$</td></tr>
<tr><td>$0 > \psi > -1$</td><td>$K_x = F_{long}\left[7.63 - \psi(6.26 - 10\psi)\right]$</td></tr>
<tr><td>$\psi \leq -1$</td><td>$K_x = F_{long}\left[5.975(1-\psi)^2\right]$</td></tr>
<tr><td>18

</td><td>—</td><td>~~$K_\tau = 3^{0.5}(0.6 + 4/\alpha^2)$~~
$K_\tau = \sqrt{3}(0.6 + 4/\alpha^2)$</td><td rowspan="2">$C_\tau = 1$　　对$\lambda \leq 0.84$
$C_\tau = \dfrac{0.84}{\lambda}$　　对$\lambda > 0.84$</td></tr>
<tr><td>19

</td><td>—</td><td>$K_\tau = 8$</td></tr>
<tr><td colspan="4">边缘的边界条件：
- - - - - - - - - - - -　板边缘自由
————————　板边缘简支
■■■■■■■■■■■■　板边缘夹紧</td></tr>
<tr><td colspan="4">注（1）：表中列出的是一般工况，其中的应力分量(σ_x, σ_y)应理解为在局部坐标系中。</td></tr>
</table>

表 7：横截面属性

<table>
<tr>
<td rowspan="2">
</td>
<td>$$I_{sv-net50} = \frac{1}{3}\left(b_{fu}t_f^3 + 2d_{wt}t_w^3\right)10^{-4}$$ cm^4</td>
</tr>
<tr>
<td>$y_0 = 0$ cm
~~$z_0 = -\frac{d_{wt}^2 t_w 10^{-1}}{2d_{wt}t_w + b_f t_f} - \frac{0.5 d_{wt}^2 t_w 10^{-1}}{d_{wt}t_w + b_{fu}t_f/6}$~~
$$z_0 = -\frac{d_{wt}^2 t_w 10^{-1}}{2d_{wt}t_w + b_{fu}t_f} - \frac{0.5 d_{wt}^2 t_w 10^{-1}}{d_{wt}t_w + b_{fu}t_f/6}$$ cm
$$c_{warp} = \frac{b_{fu}^2 d_{wt}^3 t_w \left(3d_{wt}t_w + 2b_{fu}t_f\right)}{12\left(6d_{wt}t_w + b_{fu}t_f\right)}10^{-6}$$ cm^6</td>
</tr>
<tr>
<td colspan="2">注（1）：所有尺寸单位为 mm；
注（2）：给出了几种典型横截面的属性，其他类型横截面的属性应根据直接计算确定。</td>
</tr>
</table>

第 9 章 疲劳强度

第 2 节 评估的结构细节

2 有限元分析

2.1 评估结构细节

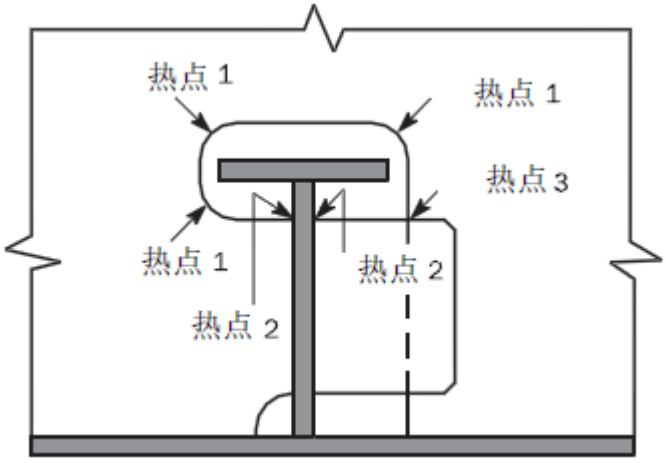
2.1.1 通则

按照第 9 章第 5 节通过有限元分析校核疲劳的关键结构细节见 2.1.2 至 2.1.4。

表 4 至表 18 列出了结构细节的热点。

表 16：纵向骨材和包含穿越孔和补板的横向强框架连接的热点

热点位置	热点应力计算程序
每个设计的关键热点必须获得船级社同意。考虑下面三种典型热点：	
热点 1：穿越孔边缘的角隅	第 9 章第 5 节[3.~~1~~ 2]
热点 2：位于开口处横向强框架/补板与纵向骨材腹板的连接 热点 3：横向强框架和补板的搭接连接	第 9 章第 5 节[3.1]，类型‘b’



第 3 节 疲劳评估

3 疲劳评估参考应力

3.1 疲劳应力范围

3.1.3 母材自由边

母材自由边疲劳应力范围 $\Delta\sigma_{FS,i(j)}$，N/mm^2，取第 9 章第 1 节[2.4]定义的自由边局部应力范围 $\Delta\sigma_{BS,i(j)}$，并计及修正因子：

$$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = K_{sf} \cdot f_{material} \cdot f_{mean,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot \Delta\sigma_{BS,i(j)}$$

$$\Delta\sigma_{FS,i(j)} = K_{sf} \cdot f_{material} \cdot f_{mean,i(j)} \cdot f_{thick} \cdot f_c \cdot \Delta\sigma_{BS,i(j)}$$

式中：

K_{sf} —— [4.2.3]中定义的母材表面处理因子。

$f_{material}$—— 材料强度修正因子，取为：

$$f_{material}=\frac{1200}{965+R_{eH}}$$

$\Delta\sigma_{BS,i(j)}$—— 局部应力范围，N/mm^2，由装载工况(*j*)下载荷工况(*i*)的动载荷确定：

$$\Delta\sigma_{BS,i(j)}=\left|\sigma_{BS,i1(j)}-\sigma_{BS,i2(j)}\right|$$

$\sigma_{BS,i1(j)},\sigma_{BS,i2(j)}$— 装载工况(*j*)下载荷工况'*i*1 和'*i*2'的局部应力，N/mm^2，通过第 9 章第 5 节精细网格有限元分析得到。

4 *S-N* 曲线

4.1 基本 *S-N* 曲线

4.1.4 空气环境

空气环境中的基本设计曲线由 log(Δ*σ*)和 log(*N*)之间的线性关系表达，如图 3 所示，可表示如下：

$$\log(N)=\log(K_2)-m\cdot\log(\Delta\sigma)$$

式中：

~~$\log(K_2)=\log(K_1)-2\delta$~~

$$\log(K_2)=\log(K_1)-2\cdot\log(\delta)$$

第 4 节 简化应力分析

4 局部骨材应力

4.2 相对位移产生的应力

4.2.4 油船

使用[4.2.6]描述的有限元方法或应力因子乘以局部动应力分量的方法，油船在装载工况(*j*)中载荷工况 *i1* 和 *i2* 的相对位移产生的附加热点应力按下式计算：

~~$\sigma_{dD,ik(j)}=(K_d-1)\cdot\left|\sigma_{LD,ik(j)}\right|$~~

$$\sigma_{dD,ik(j)}=(K_d-1)\cdot\sigma_{LD,ik(j)}$$

式中： $\sigma_{LD,ik(j)}$—— 在[4.1.1]中规定的局部动应力。

K_d—— 图 3 所示的由于两支撑结构之间相对位移引起的骨材弯曲应力的应力因子，见表 2。

4.2.6 使用有限元方法得出的相对位移应力

下列流程是按照第 7 章第 2 节[2]中舱段有限元模型计算由相对位移引起的应力。"舱段点 "*a*"和点 "*f*" 在装载工况(*j*)中载荷工况 *i1* 和 *i2* 下由相对位移引起的应力，N/mm^2，按下式计算：

$$\sigma_{dFwd-a,ik(j)}=\frac{3.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Aft\text{-}n50}I_{Fwd\text{-}n50}}{Z_{Aft\text{-}n50}l_{Fwd}\left(l_{Aft}I_{Fwd\text{-}n50}+l_{Fwd}I_{Aft\text{-}n50}\right)}\left(1\text{-}1.15\frac{\left|x_{eAft}\right|}{l_{Aft}}\right)10^{-5}$$

$$\sigma_{dAft-a,ik(j)}=\left[\frac{3.9\delta_{Aft,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Aft-n50}l_{Aft}\left(l_{Aft}I_{Fwd-n50}+l_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{\left|x_{eAft}\right|}{l_{Aft}}\right)-\frac{0.9\delta_{Aft,ik(j)}EI_{Aft-n50}\left|x_{eAft}\right|}{Z_{Aft-n50}l_{Aft}^3}\right]10^{-5}$$

~~$\sigma_{dFwd-f,ik(j)}=\left[\frac{3.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Fwd-n50}l_{Fwd}\left(l_{Aft}I_{Fwd}+l_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{\left|x_{eFwd}\right|}{l_{Fwd}}\right)-\frac{0.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Fwd-n50}\left|x_{eFwd}\right|}{Z_{Fwd-n50}l_{Fwd}^3}\right]10^{-5}$~~

$$\sigma_{dFwd-f,ik(j)}=\left[\frac{3.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Fwd-n50}l_{Fwd}\left(l_{Aft}I_{Fwd-n50}+l_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{\left|x_{eFwd}\right|}{l_{Fwd}}\right)-\frac{0.9\delta_{Fwd,ik(j)}EI_{Fwd-n50}\left|x_{eFwd}\right|}{Z_{Fwd-n50}l_{Fwd}^3}\right]10^{-5}$$

$$\sigma_{dAft-f,ik(j)}=\frac{3.9\delta_{Aft,ik(j)}EI_{Aft-n50}I_{Fwd-n50}}{Z_{Fwdt-n50}l_{Aft}\left(l_{Aft}I_{Fwd-n50}+l_{Fwd}I_{Aft-n50}\right)}\left(1-1.15\frac{|x_{eFwd}|}{l_{Fwd}}\right)10^{-5}$$

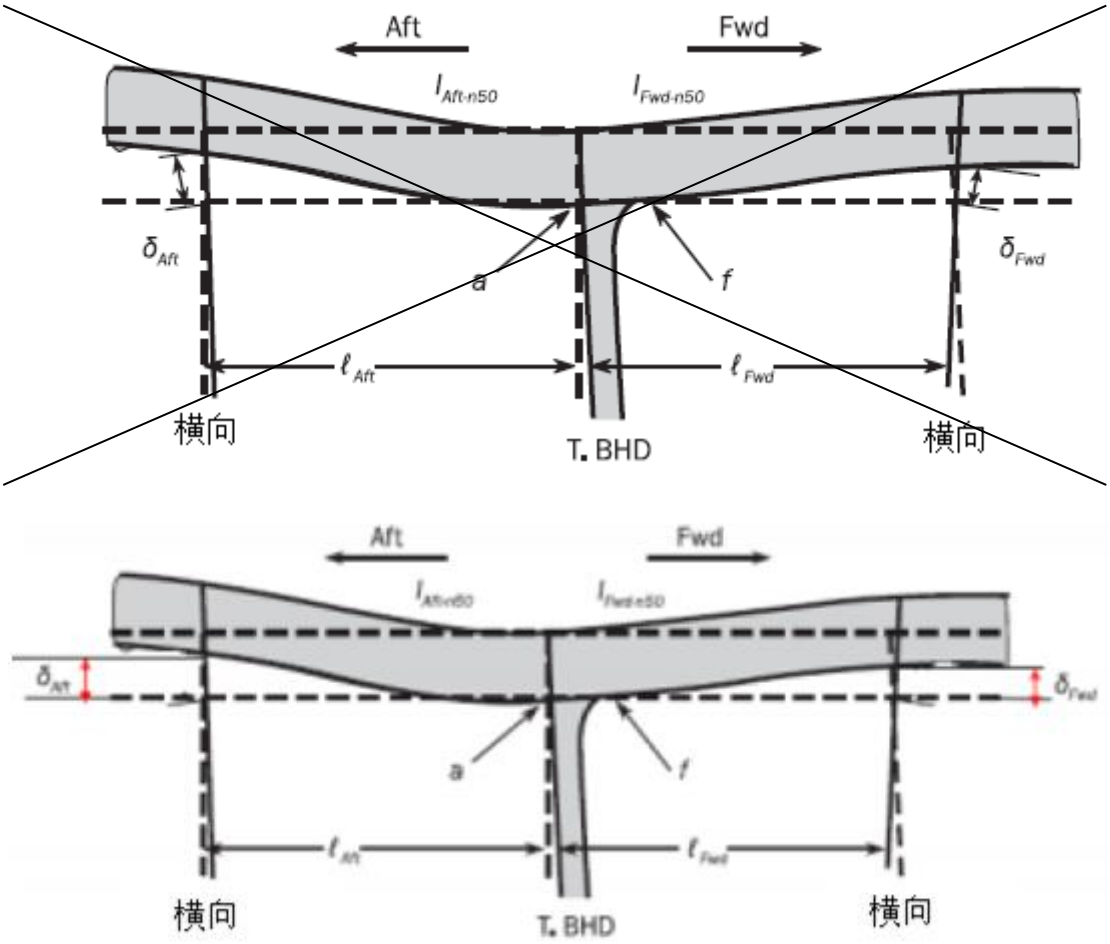


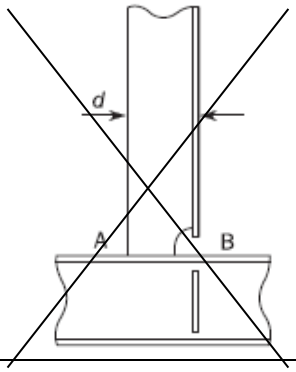
图 4 相对位移的定义（以舷侧纵骨为例）

5 应力集中因子

5.2 纵向骨材端部连接

5.2.6 推荐细节设计

表 4：应力集中因子

标识号	连接类型(2)(3)	A 点		B 点	
		K_a	K_b	K_a	K_b
1(1)		1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.45 当 d>250	1.40 当 d≤150 1.50 当 150＜d≤250 1.60 当 d>250	1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.45 当 d>250	1.60

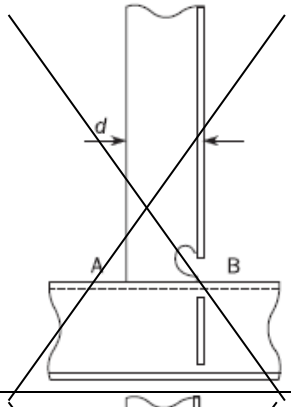
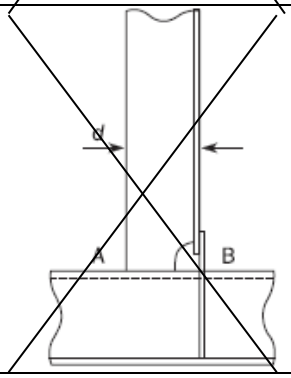
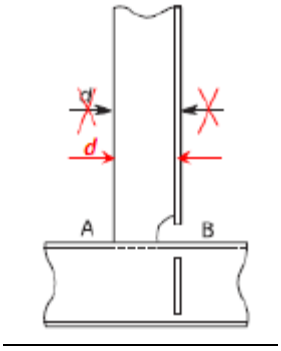
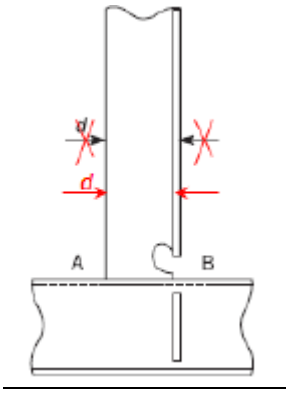
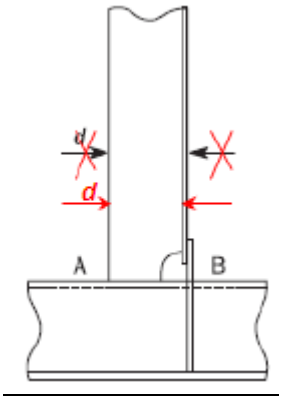
2[(1)]		1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.45 当 d>250	1.40 当 d≤150 1.50 当 150＜ d≤250 1.60 当 d>250	1.14 当 d≤150 1.24 当 150＜ d≤250 1.34 当 d>250	1.27
25[(1)]		1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.45 当 d>250	1.40 当 d≤150 1.50 当 150＜ d≤250 1.60 当 d>250	1.14 当 d≤150 1.24 当 150＜ d≤250 1.34 当 d>250	1.25 当 d≤150 1.36 当 150＜ d≤250 1.47 当 d>250

表 4：应力集中因子

标识号	连接类型[(2)(3)]	A 点		B 点	
		K_a	K_b	K_a	K_b
1[(1)]		1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.45 当 d>250	1.40 当 d≤150 1.50 当 150＜ d≤250 1.60 当 d>250	1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜ d≤250 1.45 当 d>250	1.60
2[(1)]		1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.45 当 d>250	1.40 当 d≤150 1.50 当 150＜ d≤250 1.60 当 d>250	1.14 当 d≤150 1.24 当 150＜ d≤250 1.34 当 d>250	1.27

25(1)		1.28 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.45 当 d>250	1.40 当 d≤150 1.50 当 150＜d≤250 1.60 当 d>250	1.14 当 d≤150 1.24 当 150＜d≤250 1.34 当 d>250	1.25 当 d≤150 1.36 当 150＜d≤250 1.47 当 d>250

5.3 替代设计

5.3.1 替代应力集中系数的来源

第 5 节 有限元应力分析

3 非腹板加强十字接头的细节热点应力

3.3 压弯型底边舱折角

3.3.2

对于翼板热点应力计算程序，如内底/底边舱斜板，应按照腹板加强十字接头[4.2.1]进行。压弯型折角内底/底边舱斜板处压载舱一侧热点应力计算~~主要的~~原则上与焊接型边舱内底货舱一侧的热点应力方法一致，如图 18，19。相交线为假定板材中面对中条件下的板材中面线。 [4.2.2]中相交板的角度修正和弯曲应力的折减对于压弯型折角不适用。

第 6 节结构细节设计标准

2 骨材与横框架的连接

2.2 骨材与横框架连接处等效设计

2.2.3

双层底和双舷侧范围内的纵骨应建立有限元精细网格模型进行分析。模型的横向范围应至少涵盖 3 个骨材，即 4 个骨材间距，纵向范围应向前向后各延伸半个肋距。典型模型见图 1。模型中横框架上的开孔无需建模。补板或强框架与纵骨腹板的连接、补板与横框架的连接、强框架补板和开孔的自由边均用相应板材的净厚度建模（t_{net}xt_{net}）。该规格的单元在沿各个方向上保持有 5 个单元以上。该区域以外网格按照第 9 章第 5 节 [2]的要求平稳过渡。重叠补板的偏心需要在建模中考虑。横向强框架与补板应使用偏心单元连接（横向板单元）。偏心单元的偏移距离等于两板材中面的距离，厚度为横向强框架腹板净厚度的 2 倍。偏心单元的填角焊见图 2。

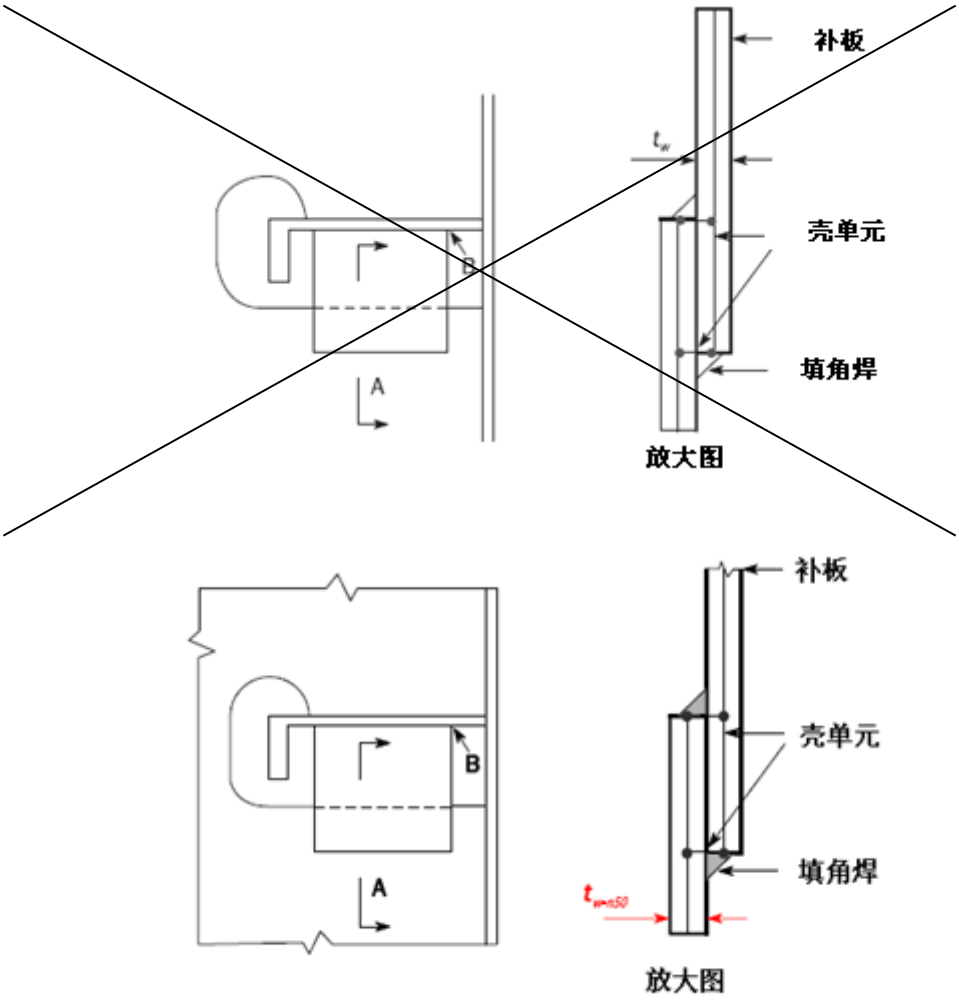


图 2 补板的偏心单元建模

6 舱壁与底凳和顶凳的连接

6.1 设计标准 J，K 和 L

6.1.2

散货船舱壁与顶凳的焊接连接应分别依据设计标准 ~~M~~ L 设计，见表格 12。

表 10：设计标准 J-横舱壁连接细节，散货船(压载货舱)

横舱壁与底凳的连接	
关键区域	设计标准 J
建造公差	依据 IACS 47 建议案，保证底凳斜板与槽型舱壁面板的对准。
焊接要求（重压载）	全熔透焊接应用于底凳顶板、底凳斜板与槽型横舱壁的连接。 部分熔透或全熔透焊接应用于封槽板的周围。但是底凳顶板与封槽板的焊接应采用全熔透焊接。 ~~部分熔透或全熔透焊接应用于底凳顶板与底凳隔板/环形腹板的连接。~~ 焊接的起始和终止位置应尽一切实际可能远离槽条顶角。

表 12：设计标准 L-横舱壁连接细节，散货船(压载货舱)

横舱壁与底凳的连接	
关键区域	**设计标准 L**
建造公差	依据 IACS 47 建议案，应保证槽型横舱壁面板与顶凳侧板以及水密横舱壁和顶边舱内部横向强框架（或背部加强扶强材）的对准。
焊接要求	~~重压载舱：~~ ● 部分熔透或全熔透焊接应用于顶凳底板和槽型板。 ● 顶凳底板与顶凳侧板的连接应使用焊接系数最小为 0.44 的填角焊。 ● 顶凳底板与顶凳隔板/环形腹板的连接应使用焊接系数最小为 0.44 的填角焊。 焊接的起始和终止位置应尽一切实际可能远离槽条顶角

第 10 章 其他结构

第 1 节 首部

3 承受冲击载荷的结构

3.3 船首冲击

3.3.4 舷侧外板骨材

加强区域内的舷侧外板骨材定义见[3.3.1]，应满足下列衡准：

a)每一个骨材连同有效带板的有效净塑性剖面模数 Z_{pl}，cm^3 不应小于：

$$Z_{pl} = \frac{P_{FB} s l_{bdg}^2}{f_{bdg} C_s R_{eH}}$$

式中：

C_s：许用弯曲应力系数；

$C_s = 0.9$，对于验收衡准组 AC-I。

b)腹板厚度净 t_w，mm，不得小于：

$$t_w = \frac{P_{FB} s l_{shr}}{2 d_{shr} C_t \tau_{eH}}$$

式中：

d_{shr}：骨材有效腹板高度，见第 3 章第 7 节[1.4.3]中定义

C_t：许用剪切应力因子，

$C_t = 1.0$，对于验收衡准组合 AC-I。

c)各纵骨的细长比应符合第 8 章第 2 节。

~~d)艏柱肘板/隔板的最小净厚度，t_w，mm，不应小于：~~

~~$$t_w = \frac{s}{70}\sqrt{\frac{R_{eH}}{235}}$$~~

~~式中：~~

~~s：腹板骨材的间距，mm。见第 1 章第 4 节表 5。如果没有安装骨材，s 取腹板的高度值。~~

3.3.6 主要支撑构件

g)各主要支撑构件的腹板的净厚度 t_w，mm 包括舷侧外板上的甲板/舱壁在内，不得小于：

$$t_w = \frac{P_{FB} b_{BI}}{\sin\varphi_w \sigma_{crb}}$$

式中：

φ_w：主要支撑构件的腹板和舷侧外板的夹角，度，见图 5；

~~σ_{cr}~~ σ_{crb}：在受力下主要支撑构件或甲板/舱壁的腹板的临界屈曲应力，见第 8 章第 5 节[3.1.1],N/mm^2。

第 4 节 受晃荡液舱

符号

未在本节定义的符号，参考第 1 章第 4 节.

α_p ： 板格形状比修正因子：

$$\alpha_p = 1.2 - \frac{b}{2.1a}$$ 但不大于 1.0。

a： 板格长度，定义见第 3 章第 7 节[~~2.2.2~~ 2.1.1]，mm。

b： 板格宽度，定义见第 3 章第 7 节[~~2.2.2~~ 2.1.1]，mm。

l_{bdg} ： 有效弯曲跨距，定义见第 3 章第 7 节[1.1.2]，m。

l_{slh}： 有效晃荡长度，定义见第 4 章第 6 节[6.3.2]，m。

b_{slh} ： 有效晃荡宽度，定义见第 4 章第 6 节[6.3.2]，m。

I_{y-n50}：所考虑的纵向考虑位置，净水平船体梁惯性矩，定义见第 5 章第 1 节[1.5]，m^4。

M_{sw}： 航行工况下考虑位置处的许用船体梁中拱和中垂静水弯矩，kNm。使用最大中拱和中垂弯矩包络值，定义见第 4 章第 4 节[2.2.2]。

z_n： 基线到水平中和轴的距离，定义见第 5 章第 1 节，m。

z： 载荷计算点或所考虑的参考点处的垂向坐标，m。

σ_{hg}： 载荷计算点处的船体梁弯曲应力，N/mm2，定义见第 3 章第 7 节[2.2]或第 3 章第 7 节[3.2]，视情况而定：

第 12 章 建造

第 3 节 焊接接头设计

2.3 间断角焊

2.3.4 单面连续焊尺寸

单面连续焊尺寸应有[2.5.2]对间断焊要求的角焊缝尺寸，系数 f_2 f_3 应取 2.0。

第 2 部分

第 1 章 散货船

第 3 节 船体局部尺度

1 单舷侧散货船的货舱舷侧肋骨

1.2 肋骨的下肘板

1.2.4

肋骨下肘板的净厚度 t_{LB} 应符合下列公式：

- 对于对称翼板肋骨：

$$\frac{h_{LB}}{t_{LB}} \le 87\sqrt{k}$$

- 对于不对称翼板肋骨：

$$\frac{h_{LB}}{t_{LB}} \le 73\sqrt{k}$$

下肘板的腹板深度 h_{LB} 可从底边舱的斜舱壁与舷侧外板的相交处垂直于下肘板的面板进行测量（见第 1 章第 2 节图 5）。

对于直接位于防撞舱壁后的 3 道肋骨，若按[~~1.1.2~~ 1.1.3]加强，且净提供厚度 t_{LB} 大于 $1.73t_W$ 时，用于[1.2.4]的厚度 t_{LB} 可取作从下列公式中获得的 t'_{LB}：

$$t'_{LB} = \left(t_{LB}^2 t_w\right)^{1/3}$$

式中 t_W 是按[1.1.1]确定的对应于 A_{Shr} 的肋骨腹板净厚度。

4 考虑货舱进水时 BC-A 和 BC-B 船舶货舱许用装载

4.1 双层底能力和货舱许用装载评估

4.1.3 桁材剪切强度

τ_A ：[4.1.2]定义的许用剪切应力，N/mm^2，其中 ~~t_N~~ t 是桁材腹板的净厚度

4.1.4 许用货舱装载

许用货舱装载，t，应从下列公式获得：

$$W = \rho_C V \frac{1}{F}$$

- 对于钢材产品：

$$\text{P} = \frac{\cancel{Z + \rho g(z_F - 0.1D_1 - h_F)}}{\cancel{1 - \frac{\rho}{\rho_C}}}$$

$$\text{P} = \frac{Z + \rho g(z_F - 0.1D_1 - h_F)}{1 - \frac{\rho}{\rho_{st}}}$$

ρ_{st} ：钢材密度，t/m^3，取 7.8。

第 5 节 舱口盖

5　强度校核

5.4 主要支撑构件

5.4.6 主要支撑构件腹板板格的屈曲强度

主要支撑构件腹板应满足：

$$\eta_{Plate} \leq \eta_{all}$$

式中：

η_{Plate}：按第 1 部分第 8 章第 5 节[2.4 2]定义的方法 A 计算的最大板利用因子。对于开孔位置的腹板，按第 1 部分第 8 章第 5 节[2.4]定义的方法 A 计算。

5.5　具有变化横剖面的普通骨材和主要支撑构件

5.5.1

~~$Z = X_{CS}$~~

$Z = Z_{CS}$

6　舱口围板

6.2　载荷模型

6.2.4

对拟载运~~液货~~压载水的货舱，施加于舱口围板的液体内部压力也应按第 1 部分第 4 章第 6 节确定。

第 2 章 油船

第 3 节 船体局部尺度

2 垂直槽型舱壁

2.2 尺度要求

2.2.2 沿高度方向的腹板净厚度

P_l—— 在~~表 1~~ 第 1 部分第 6 章第 2 节表 1 中所考虑设计载荷组合下的设计压力，在槽型舱壁底端计算，kN/m2

P_u—— 在~~表 1~~ 第 1 部分第 6 章第 2 节表 1 中所考虑设计载荷组合下的设计压力，在槽型舱壁顶端计算，kN/m^2

2.2.4 高度方向净剖面模数

P_l，P_u、—— 分别为槽型底端和顶端在~~表 1~~ 第 1 部分第 6 章第 2 节表 1 中所考虑设计载荷组合下的设计压力，kN/m^2

l_0—— 槽型有效弯曲跨距，m，从底凳高度中点量至顶凳高度中点。若未设置底凳或顶凳，~~l~~ l_0 从底端或者顶端量起，见图 4

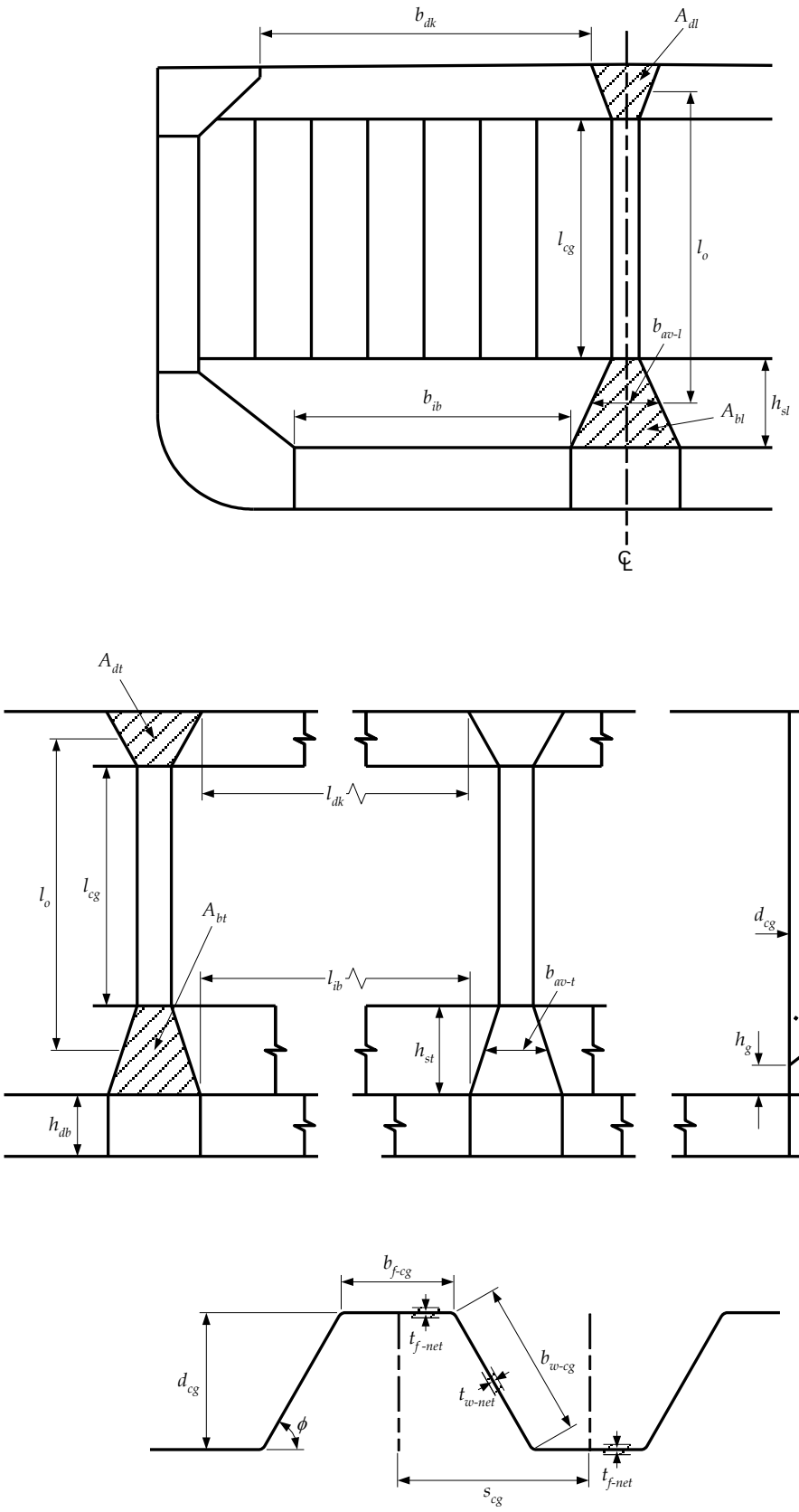


图 4 槽型舱壁参数定义（具有中纵舱壁的油船）