



中 国 船 级 社

散装运输液化气体船舶构造与设备规范
RULES FOR CONSTRUCTION AND EQUIPMENT OF
SHIPS CARRYING LIQUEFIED GASES IN BULK

修 改 通 报
AMENDMENTS

2020

2020 年 7 月 1 日生效
Effective from 1 July 2020

北 京
Beijing

目 录

第2篇 入级检验和船体结构的补充规定	1
第A2章 入级与检验	1
第2节 入级符号与附加标志	1
第3节 检验	2
第A3章 图纸和资料的送审	4
第A4章 船体结构和液货舱结构	11
附录1 A型和B型棱形独立液货舱船舶的补充规定	13
第1节 一般规定	13
第2节 棱形独立舱液化气运输船货舱区的船体构件尺寸	14
第3节 棱形独立液货舱结构尺寸	18
第5节 温度场及热应力计算和钢级选取	23
附录2 C型独立液货舱船舶的补充规定	27
第2节 C型独立液货舱型船体构件尺寸	27
第3节 C型独立液货舱结构尺寸	31
第4节 C型独立液货舱区域结构强度和鞍座支承结构直接计算	34
第5节 C型独立液货舱及其直接相连的支承结构强度直接计算	35
第6节 C型独立舱区域温度场简化计算及热应力计算和钢级选取	36
附录3 独立液货舱船舶疲劳强度评估的补充规定	38
第1节 一般规定	38
第3节 B型独立液货舱结构疲劳强度评估	38
第5节 C型独立液货舱结构疲劳强度评估	38
第3篇 国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则	42
第1章 总则	42
第4章 货物围护	43

A部分 货物围护.....	43
D部分 材料和构造.....	44
E部分 液货舱类型	46
G部分 指导.....	46
第5章 处理用受压容器及液体、蒸气和压力管系.....	48
第6章 构造材料和质量控制.....	49
第8章 货物围护的透气系统.....	50
第11章 防火与灭火.....	51
第12章 货物区域内的机械通风.....	53
第17章 特殊要求.....	54
第18章 操作要求.....	55

第2篇 入级检验和船体结构的补充规定

第A2章 入级与检验

第2节 入级符号与附加标志

A2.2.2.4 散装运输液化气体船的附加标志如下：

(1) 船舶类型附加标志：液化气体运输船 Liquefied Gas Carrier

(2) 其他附加标志：

① 根据船舶预防货物漏逸的保护程度以及液货舱与船舶外板之间的距离要求，在船型附加标志“Liquefied Gas Carrier”后分别加注下述附加标志：

1G型	Type 1G
2G型	Type 2G
2PG型	Type 2PG
3G型	Type 3G

② 对于1986年7月1日以前建造的散装运输液化气体船舶，若符合IMO A.328(IX)决议案《散装运输液化气体船舶结构与设备规则》(GC规则)，根据船舶预防货物漏逸的保护程度以及液货舱与船舶外板之间的距离要求，在船型附加标志“Liquefied Gas Carrier”后分别加注下述附加标志：

IG型	Type IG
IIG型	Type IIG
IIPG型	Type IIPG
IIIG型	Type IIIG

③ 液货舱结构件尺寸的设计按最大设计压力确定，应加注最大允许压力限制的附加标志，如：

最大蒸气压力×××MPa Max. ∇ Vapour Pressure ×××MPa

④ 对按核定设计货物温度载运的液货舱，应加注货物最低温度附加标志：

最低货物温度 ×××℃ Min. Cargo Temperature ×××℃

⑤ 液货舱结构件尺寸按拟设计的最大货物密度确定，应加注最大货物密度的附加标志，如：

最大货物密度××× t/m³ Max. Cargo Density ××× t/m³

注：对于液化天然气运输船，最大货物设计密度一般均按0.5 t/m³计，故不标注“最大货物密度”。

⑥ 根据货物围护系统的型式，分别加注附加标志：

A型独立液货舱 Type A Independent Tank

B型独立液货舱	Type B Independent Tank
C型独立液货舱	Type C Independent Tank
整体液货舱	Integral Tank
薄膜液货舱	Membrane Tank
半薄膜液货舱	Semi-membrane Tank
内部绝热液货舱	~~Internal insulation Tank~~

⑦ 对于主要载运本规范第3篇第19章所列货品中某一个或几个货品的船舶，可在“Carrier”后加注“for+ 货品名称”，货品名称按本规范第3篇第19章的最低要求一览表[a](#)栏，如：

液化乙烷运输船	<u>Liquefied Gas Carrier for Ethane</u>
液化丁烷、丁烷/丙烷混合物运输船	<u>Liquefied Gas Carrier for Butane, Butane and Propane mixture</u>

第3节 检 验

A2.3.2 建造后检验

A2.3.2.2 年度检验

- (1) 应满足CCS《钢质海船入级规范》第1篇第5章5.4.2、5.6.2、5.9.2、5.10.2和5.16.2的适用要求；
- (2) 确认所有为破损残存条件下的特殊布置处于满意状态；
- (3) 适用时，按批准文件规定的试验、检验和维修要求(如有)，检查货物区域隔离的替代设计和布置。
- (34) 确认驾驶室、上层建筑和甲板室面向货物区域端部的门、舷窗、窗均处于良好状态确认驾驶室门窗、上层建筑舷窗和窗以及货物区域的甲板室端部均处于满意状态；
- (45) 检查货泵舱货物机器处所和货物压缩机室(包括逃生路线)；
- (56) 确认人工操作的ESD(应急关闭)系统，连同液货泵和气压缩机的自动关闭处于满意状态；
- (78) 检查用于液货控制室的气体探测装置以及为排除在那些非气体安全处所分类为危险区域时，为排除的着火源所采取的措施；
- (~~13~~14) 检查液货和处理管系，包括膨胀装置、与船体结构的绝热、压力释放和泄放装置和水幕保护(如适用)；
- (~~16~~17) 检查用于液货压力/温度控制的装置，包括(如设置)热氧化系统和所有制冷系统(如设置)并确认所有相关安全措施和报警装置合格；
- (~~17~~18) 尽可能检查货物、燃料、压载和透气管系统，包括PRV、真空释放阀、透气管桅和防护屏；

(2122) 确认气体危险处所和危险区域内的电气设备处于良好状态并得到了适当保养；

(2324) 检查货泵舱围蔽货物机器处所和货物区域内围蔽货物电动机室的固定式灭火系统，并确认其操作方式已清楚地标明；

(2627) 检查用于气体危险处所的固定式装置专门载运有限数量货物的船舶的围蔽货物机器处所的适当灭火系统和转塔舱的内部水雾系统，并确认其操作方式已清楚地标明；

A2.3.2.3 中间检验

(1) CCS《钢质海船入级规范》第1篇第5章5.4.3、5.6.3、5.9.3、5.10.3和5.16.3的适用规定；

(2) 本节A2.3.2.2(2)至(38)项目；

(3) 如适用时，确认管路和独立液货舱与船体电气接地；

(4) 总体检查危险区域内诸如货泵舱货物机器处所以及邻近液货舱区域的电气设备和电缆，以检查设备、装置和线路的缺陷。应测试电路的绝缘电阻，在保持合适的试验记录情况下，可考虑接受最近的测试读数；

(5) 确认干化学粉灭火系统分配管系采用干燥空气进行的畅通试验。

第A3章 图纸和资料的送审

A3.1整个内容替换如下:

A3.1 入级证书图纸和资料

A3.1.1 拟入CCS船级的散装运输液化气体船舶,除应按CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第1节及第20章规定的图纸资料外,还应按本规范要求提供本章A3.1.2和A3.1.3,以及本规范其他章节(如有)所列的图纸和资料供审查。

A3.1.2 应将A3.1.2.1和A3.1.2.2所列图纸资料提交CCS批准。

A3.1.2.1 船体结构

(1) A、B型独立液货舱型液化气体运输船:

① 液货舱结构图;

② 支撑结构(支撑块、止浮、止摇装置)(加强)图(也可包含在液货舱结构图中);

③ 应急拖带及单点系泊装置布置图(适用于载重量不小于20000t的液化气体船)。

(2) C型独立液货舱型液化气体运输船:

① C型舱结构图;

② 应急拖带及单点系泊装置布置图(适用于载重量不小于20000t的液化气体船)。

(3) 薄膜型液化气体运输船:

① 泵塔基本结构图;

② 应急拖带及单点系泊装置布置图(适用于载重量不小于20000t的液化气体船)。

A3.1.2.2 机电及其他专业

(1) 货物管系原理图;

(2) 低温货物和处理用管系管路布置图(如适用);

(3) 货物管路阀门遥控系统图;

(4) 压力释放系统原理图和布置图;

(5) 货物系统透气及泄放系统原理图;

(6) 真空保护系统原理图(如适用);

- (7) 货物再液化系统原理图(如适用);
- (8) 货物冷却系统原理图(如适用);
- (9) 货物加热系统原理图(如适用);
- (10) 货物蒸气燃烧系统原理图(如适用);
- (11) 货物蒸气燃烧装置舱布置图(如适用);
- (12) 货物蒸气燃烧装置舱通风布置图(如适用);
- (13) 货物蒸气燃烧装置通风系统图(如适用);
- (14) 燃气系统原理图和布置图(如适用);
- (15) 燃气阀组及燃气管双层壁通风管系图(如适用);
- (16) 惰性气体和干燥空气系统原理图;
- (17) 惰性气体发生器室布置图(如适用);
- (18) 制氮系统图(如适用);
- (19) 液货舱除气和驱气管路原理图和布置图;
- (20) 气体取样探测系统;
- (21) 隔离空舱加热系统(如适用);
- (22) 甲板喷水系统原理图和布置图;
- (23) 化学干粉站室布置图;
- (24) 固定式化学干粉灭火系统原理图和布置图;
- (25) 水幕系统原理图和布置图(如适用);
- (26) 货物机器围蔽处所固定灭火系统原理图和布置图(如适用);
- (27) 货物区域舱底、压载系统图;
- (28) 货物操作手册;
- (29) 管路安装工艺技术文件(现场批准);

- (30) 阀件渗漏试验和性能试验(型式试验)的技术文件(如适用)(现场批准):
- (31) 货物管系中伸缩部件的型式试验技术文件(现场批准):
- (32) 货物管路的材料、焊接、焊后热处理和无损探伤试验技术文件(现场批准):
- (33) 货物管路和处理管路的耐压试验(结构和密性试验)技术文件(现场批准):
- (34) 包括阀、附件和装卸货物(液体或蒸气)用的相连设备在内的所有管系的功能试验大纲(现场批准):
- (35) 货物气体试验程序(现场批准):
- (36) 货物应急停止装置电气系统图:
- (37) 液货舱焊接程序技术文件(现场批准):
- (38) C型独立液货舱应力消除程序(现场批准):
- (39) 包括对密性定期检查的方法在内的次屏壁的布置图和技术文件(现场批准):
- (40) 薄膜型液货舱主屏壁和次屏壁模型试验的技术文件(现场批准):
- (41) 空气闸报警装置电气系统图:
- (42) 惰性气体装置电气系统图:
- (43) 与液货有关的监测报警电气系统图和布置图:
- (44) 可燃气体探测装置电气系统图和布置图:
- (45) 危险区域划分图:
- (46) 危险区域电气设备布置图:
- (47) 本质安全电路校核资料:
- (48) 应急拖带装置布置图(如适用):
- (49) CCS认为需要的其他图纸和资料。

A3.1.3 应将A3.1.3.1和A3.1.3.2所列图纸资料提交CCS备查。

A3.1.3.1 船体结构

(1) A、B型独立液货舱型液化气体运输船：

① 舱段屈服强度分析报告；

② 舱段屈曲强度分析报告；

③ 支撑结构强度分析报告；

④ 绝热层构造图、布置图及连接详图；

⑤ 温度场计算报告；

⑥ 晃荡载荷及船体结构强度计算报告；

⑦ 疲劳强度分析报告；

⑧ B型独立舱疲劳裂纹扩展评估和泄漏分析报告。

(2) C型独立液货舱型液化气体运输船：

① 舱段屈服强度分析报告(如适用)；

② 舱段屈曲强度分析报告(如适用)；

③ C型舱疲劳强度分析报告(如适用)；

④ C型舱支座及其支撑构件的结构强度分析报告；

⑤ C型舱说明书；

⑥ C型舱强度计算书(含有限元分析，如适用)；

⑦ 晃荡载荷及船体结构强度计算报告(如适用)；

⑧ C型独立液货舱固定装置布置图；

⑨ C型独立液货舱绝缘布置图和构造图。

(3) 薄膜型液化气体运输船：

① 舱段屈服强度分析报告；

- ② 舱段屈曲强度分析报告；
- ③ 泵塔结构强度直接计算报告；
- ④ 货物围护系统基本结构图；
- ⑤ 泵塔布置图；
- ⑥ 绝缘箱构造图；
- ⑦ 绝缘箱布置图及连接详图；
- ⑧ 热分析及温度场预报计算报告；
- ⑨ 热应力计算报告；
- ⑩ 整船直接计算强度评估报告；
- ⑪ 基于谱分析的疲劳评估报告；
- ⑫ 晃动载荷及船体结构强度评估报告；
- ⑬ 疲劳强度分析报告。

A3.1.3.2 机电及其他专业

- (1) 货物机器处所布置图；
- (2) 货物装卸站布置图；
- (3) 货物管系阀门清单；
- (4) 货物系统设备明细表；
- (5) 货物系统材料明细表；
- (6) 货物系统说明书；
- (7) 货物处理流程图；
- (8) 货物和货物处理管路壁厚计算书；
- (9) 货物管路(包括管子、弯头、法兰、支架等)规格书；
- (10) 膨胀接头技术规格书(如适用)；

- (11) 低温管路绝热层技术规格书;
- (12) 低温货物和处理用管系管路完整应力分析报告(如适用);
- (13) 应急截止阀规格书;
- (14) 压力释放阀清单;
- (15) 压力释放阀排量计算书;
- (16) 压力释放阀技术规格书;
- (17) 改变液货舱压力释放阀设定压力应使用的程序的技术文件(如适用);
- (18) 液货舱接管布置图;
- (19) 液货舱液位温度压力测量及传感器布置图;
- (20) 液货舱内取样点位置图;
- (21) 液货舱喷淋系统(如适用);
- (22) 透气桅详图;
- (23) 透气桅通风帽;
- (24) 货物蒸气燃烧装置安装图(如适用);
- (25) 燃气平衡计算书(如适用);
- (26) 燃气阀组室布置图(如适用);
- (27) 甲板喷水系统计算书;
- (28) 固定式化学干粉灭火系统计算书;
- (29) 配电系统故障模式分析(FMEA)报告;
- (30) CCS认为需要的其他图纸和资料。

A3.2整个内容替换如下:

A3.2 适装证书图纸和资料

A3.2.1 由CCS签发适装证书, 则应提交A3.2.2和A3.2.3所列图纸资料供批准和备查。

A3.2.2 用于签发适装证书的提交批准的图纸资料如下：（注：本条以下提及的《IGC规则》等同于本规范第3篇）：

- (1) 船舶布置图(《IGC规则》第3章)；
- (2) 处理用压力容器以及液体、蒸气和压力管系布置图(《IGC规则》第5章)；
- (3) 货物压力/温度控制图(《IGC规则》第7章)；
- (4) 液货舱透气系统布置图(《IGC规则》第8章)；
- (5) 电气设备布置图(《IGC规则》第10章)；
- (6) 防火和灭火布置图(《IGC规则》第11章)；
- (7) 仪表(测量、气体探测)布置图(《IGC规则》第13章)；
- (8) 用货物作燃料管路布置图(如设有时)(《IGC规则》第16章)；
- (9) 货物操作手册(《IGC规则》第18章)。

A3.2.3 用于签发适装证书的提交备查的图纸资料如下：（注：本条以下提及的《IGC规则》等同于本规范第3篇）：

- (1) 船舶拟予载运货物清单并注意相应的最低要求(《IGC规则》第19章)；
- (2) 船型、货物围护系统、液货舱内蒸气空间的控制、蒸气探测、测量、人员保护、液货舱的充装极限图纸资料以及特殊要求(《IGC规则》第2、4、6、13、14、15和17章)；
- (3) 干舷和完整稳性，舱壁甲板以下的排水口以及残存能力(《IGC规则》第2章)；
- (4) 环境控制布置图(《IGC规则》第9章)。

第A4章 船体结构和液货舱结构

A4.1 一般要求

A4.1.4 船体结构的钢级使用应满足CCS《钢质海船入级规范》第2篇中的有关规定，还应符合本规范第3篇第4章4.19和第6章，以及CCS《材料与焊接规范》的有关要求，其中，与低温有关的钢材等级选用应基于所在区域处的温度。温度分布一般由传热学分析计算得到，且船舶外界的环境温度由表A4.1.4给出(具体应用时，按本篇附录1第5节5.3.85.3.7或附录2第6节6.3有关规定)。同一温度场区域上构件的钢材等级应相同，如列板、加强筋和肘板等。

A4.1.5 除另有说明外，下列符号应用于本篇各附录：

L —— 船长，m；见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章第1节；

B —— 船宽，m；见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章第1节；

D —— 型深，m；见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章第1节；

R_{eH} —— 材料屈服应力，N/mm²；

K —— 材料系数，对碳锰钢和铝合金，见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章第3节1.3.1.7和1.3.5；对独立舱结构的镍钢、碳锰钢、奥氏体钢和铝合金的，对镍钢， $K = \frac{235}{R_e}$ ；对奥氏体不锈钢， $K = \frac{235}{\min(R_{p0.2}, 0.7R_m)}$ ；

$R_{p0.2}$ —— 奥氏体不锈钢的规定非比例延伸强度，N/mm²，按CCS《材料与焊接规范》第1篇第3章第8节规定；

R_m 、 R_e —— 见本规范第3篇第4章4.18.1.3；

ρ —— 液货或海水密度，t/m³，其中，海水密度取为1.025 t/m³。

T —— 货物设计温度，取设计载运的液货舱货物最低温度，℃。

A4.4.1 船长150 m及以上的各类液货舱型的散装液化气体船舶，应按本规范和有关指南要求进行疲劳强度评估。各类液货舱型船舶的船体结构和液货舱结构的疲劳强度有关要求如下：

(1) 独立舱型液化气体运输船的船体结构、液货舱及其支撑结构，见本篇附录3；

(2) —薄膜型液化天然气运输船结构及其泵塔结构，见CCS《船体结构疲劳强度指南》。—

应按本规范和有关指南要求，对船长150m及以上各类液货舱型的散装液化气船舶结构进行疲劳评估，其中：薄膜型液化天然气运输船结构及其泵塔结构，见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第20章和《船体结构疲劳强度指南》；独立舱型液化气船舶结构和独立舱及其支撑结构的疲劳评估，见本篇附录3。

附录1 A型和B型棱形独立液货舱船舶的补充规定

第1节 一般规定

1.1 一般要求

图1.1.1(1)修改为:

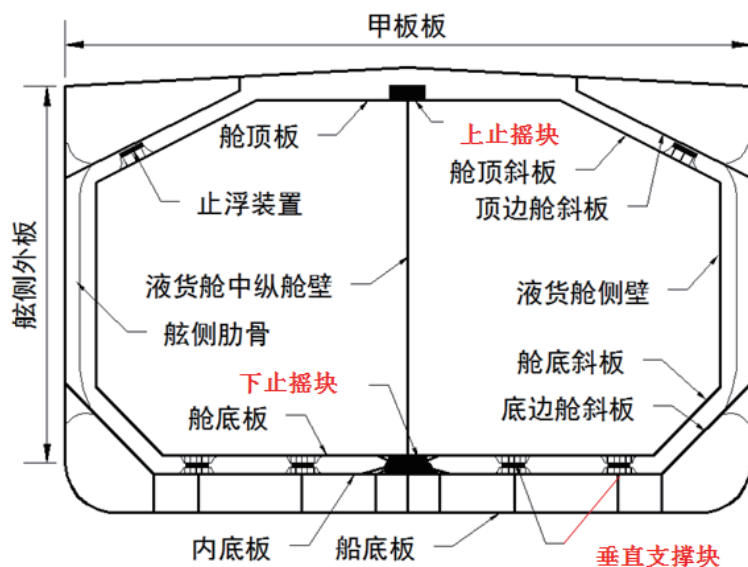


图1.1.1(1) 典型的A型独立舱横剖面

图1.1.1(2)修改为:

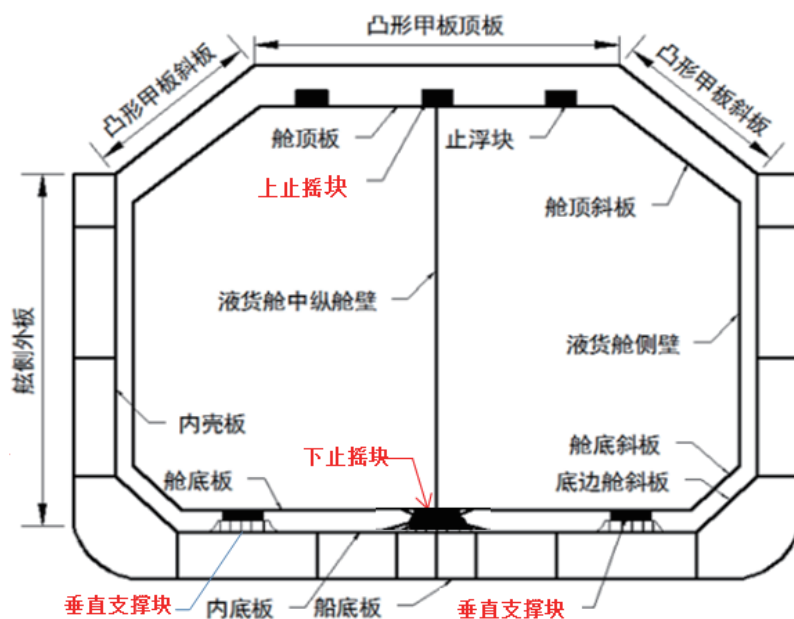


图1.1.1(2) 典型的B型独立舱横剖面

新增1.2，如下：

1.2 结构设计细节

1.2.1 如在外板、纵舱壁等结构上设置折角，应在折角处设置腹板、肘板或型材以传递横向载荷/剪力。

对于纵向小折角(如 10° 左右)，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。在不受高侧向载荷或高面内载荷作用的浅折角处，如甲板梁拱折角，则不必加强。通常，折角与支持折角的加强构件之间的距离不大于50mm。

1.2.2 压载水线以下2m至满载水线以上2m之间的舷侧纵骨及内壳纵骨应尽可能建议采用对称剖面，在纵舱壁上述范围内的纵骨也建议采用对称剖面，以避免产生附加的扭转应力。如舷侧纵骨采用高强度钢，且横向主要构件腹板上的垂直加强筋或肘板直接与舷侧纵骨连接时，则上述范围内的加强筋或肘板的趾端一般应有良好的圆弧。

1.2.3 高强度钢的舷侧纵骨在货舱区域穿过水密舱壁时，则在艤部上缘至0.8D吃水线之间的舷侧纵骨，应用相同材料的圆弧形肘板安装在舱壁前后两侧，并确保舱壁前后的肘板对中。

第2节 棱形独立舱液化气运输船货舱区的船体构件尺寸

2.4 横舱壁

2.4.1 横舱壁板及其扶强材的尺寸应符合CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章对水密舱壁的要求，且其计算压头 h 应按下述规定确定：

(1) 对于水密横舱壁板，其计算压头 h 应按下述要求确定(取大者)：

- ① 由板列下缘量至适用的破舱稳性计算所得到的最深平衡水线的垂直距离；
- ② 由板列下缘量至假定干舷甲板的垂直距离；
- ③ 2.5m。

(2) 对于横舱壁扶强材，其计算压头 h 应按下述要求确定(取大者)：

- ① 由扶强材跨距中点量至适用的破舱稳性计算所得到的最深平衡水线的垂直距离；
- ② 由扶强材跨距中点量至假定干舷甲板的垂直距离；
- ③ 2m。

若舱壁板及其扶强材位于压载舱内，则其尺寸应符合CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章对深舱壁的要求。当横舱壁构成压载舱的边界时，则其尺寸还应符合CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第13节对深舱壁的要求。

舱壁扶强材腹板的最小厚度应满足下列要求：

对于有折边或面板的轧制或组合扶强材：
$$t \geq \frac{d_w}{(75\sqrt{K})} + t_c \text{ mm}$$

对于扁钢扶强材：
$$t \geq \frac{d_w}{(22\sqrt{K})} + t_c \text{ mm}$$

式中： d_w ——扶强材腹板高度，mm；

K ——材料系数；

t_c ——见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章1.6.5。

新增2.4.2，如下：

2.4.2 除本条另有规定外，横舱壁扶强材的端部连接应满足CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章1.2.6的要求，肘板的厚度与其面板的宽度要求如下：

(1) 肘板的厚度：
$$t \geq \left(2 + f_{bkt} \sqrt{W}\right) \sqrt{\frac{R_{eH_s}}{R_{eH_b}}} + 1.5 \text{ mm, 且不必大于13.5mm}$$

式中： $f_{bkt}=0.2$ ，对于有面板或折边的肘板；

$f_{bkt}=0.3$ ，对于无面板或折边的肘板；

W ——规范要求的横舱壁扶强材剖面模数， cm^3 ；

R_{eH_s} ——横舱壁扶强材的材料屈服应力， N/mm^2 ；

R_{eH_b} ——肘板的材料屈服应力， N/mm^2 。

(2) 横舱壁扶强材规范要求的剖面模数 $W \geq 500\text{cm}^3$ 或肘板的自由边长度大于肘板厚度的50倍时，肘板应有折边或面板。折边或面板的宽度应不小于下式计算所得之值：

$$b = 45 \left(1 + \frac{W}{2000} \right) \text{ mm, 且不小于50mm。}$$

式中： W ——规范要求的横舱壁扶强材剖面模数， cm^3 。

2.4.22.4.3 对于支持横舱壁水平桁材的垂直桁材，其尺寸应由直接计算予以确定。计算时，假定垂直桁材两端为刚性固定，垂直桁材承受由水平桁材传递的集中载荷，其中，计算压头取水平桁材的跨距中点至相邻舱室最大进水平衡水线或假定干舷甲板垂直距离的大者，m，且不小于2.5 m，许用弯曲应力取为 $0.67R_{eH} \text{ N/mm}^2$ ，许用剪切应力取为 $0.39R_{eH} \text{ N/mm}^2$ 。

2.5 顶边舱和舷侧结构

2.5.1 顶边舱和舷侧结构要求一般按CCS《钢质海船入级规范》第2篇8.3.3至8.3.6以及8.6.2至8.6.58.6.7。在应用8.6.2至8.6.58.6.7时，横摇角 θ ，应按下列式计算取值：

$$\theta = (27.8 - 0.0415L) + 2.361(L/B - 4.2) \quad (^\circ)$$

2.5.2 货舱区的主肋骨与其上、下肘板一般为连续整体结构。在顶边舱和底边舱内应设置如图2.5.2所示的连接肘板，以确保主肋骨上下两端结构的连续性，该连接肘板的尺寸需满足直接计算主肋骨肘板趾端细化要求。

新增图2.5.2:



图2.5.2 连接肘板示意图

2.5.6 舷侧纵骨(顶边舱纵骨除外，参见2.5.1)的剖面模数 W ，一般按CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第7节要求。如果舷侧纵骨位于深舱内，其剖面模数 W 还应不小于下式计算所得之值:

$$W = 8s\rho h_1 l^2 K \quad \text{cm}^3$$

式中: s —— 纵骨间距, m;

l —— 纵骨跨距, m;

ρ —— 液货密度, t/m^3 , 取值不小于1.025;

h_1 —— 按下式计算:

$$h_1 = Z/d + h_0 - 0.35d \quad \text{当 } Z < 0.35d$$

$$h_1 = h_0 \quad \text{当 } Z \geq 0.35d$$

其中: h_0 —— 由舱壁板下缘(对板的计算)或扶强材跨距中点(对扶强材或加强筋的计算)量至中纵剖面处舱壁顶舱顶的垂直距离, 或量至溢流管顶垂直距离的一半, 取大者, m;

Z —— 基线至计算点的垂直距离, m;

d —— 吃水, m。

2.6 内壳结构

2.6.1 构成液舱周界的内壳板(如有)厚度 t , 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 3.95s\sqrt{K\rho h_0} + 2.5 \quad \text{mm}$$

式中: s —— 内壳纵骨间距, m;

ρ —— 液货或海水密度, t/m^3 , 取值不小于1.025 t/m^3 ;

h_0 ——由舱壁板下缘(对板的计算)或扶强材跨距中点(对扶强材或加强筋的计算)量至深舱顶的垂直距离, 或量至溢流管顶垂直距离的一半, 取大者, m。

2.6.2 构成液舱周界的内壳纵骨(如有)剖面模数 W , 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = 8K\rho sh_0 l^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s —— 内壳纵骨间距, m;

l —— 内壳纵骨跨距, m;

ρ —— 液货或海水密度, t/m^3 , 取值不小于 1.025 t/m^3 ;

h_0 —— 由舱壁板下缘(对板的计算)或扶强材跨距中点(对扶强材或加强筋的计算)量至深舱顶的垂直距离, 或量至溢流管顶垂直距离的一半, 取大者, m。

2.7 双层底

2.7.1 双层底的延伸和高度应不小于本规范第3篇第2章的有关要求。结构尺度和布置应符合CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第6节中对双层底的有关要求, 但可不必满足CCS《钢质海船入级规范》第2篇第1章1.12.8条的要求。主要构件腹板加强筋的要求见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第5章5.12.2.5。

2.7.2 船底纵骨的剖面模数 W 应不小于下式计算所得之值:

$$W = 8s\rho h_1 l^2 K \quad \text{cm}^3$$

式中符号同2.5.6。

2.7.2 船底纵骨的剖面模数 W , 应不小于按下列两式计算所得之值:

$$W_1 = \frac{8.5}{1.73 - F_b} (d + h) s l^2 K \quad \text{cm}^3$$

$$W_2 = 8s\rho h_1 l^2 K \quad \text{cm}^3$$

式中: s —— 纵骨间距, m;

l —— 纵骨跨距, m;

ρ —— 液体密度, t/m^3 , 取值不小于 1.025 ;

h —— $0.26C$, 计算时取不大于 $0.2d$;

d —— 吃水, m;

C —— 系数, 见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第2节2.2.3.1;

F_b —— 折减系数, 见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第2节2.2.5.6;

h_1 —— 按下式计算:

$$h_1 = Z/d + h_0 - 0.35d \quad \text{当 } Z < 0.35d$$

$$h_1 = h_0 \quad \text{当 } Z \geq 0.35d$$

其中： h_0 ——由扶强材跨距中点量至舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取大者，m；

对于管隧处的船底纵骨，仅需满足上述 W_1 的剖面模数要求。

2.7.3 当双层底兼作压载舱时，其内底板(包括底边舱斜板)及内底纵骨(包括底边舱斜板纵骨)应不小于CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第13节对深舱的要求。其水密肋板作为构成压载舱周界的结构，厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 3.95sf\sqrt{\rho hK} + 2.5 \quad \text{mm}$$

式中： s ——扶强材间距，m；

$f = 1.2 - s/(2.1b)$ ，且不大于1，其中 b 表示板格的长边长度，m；

h ——由舱壁板列下缘量至深舱顶的垂直距离，或量至溢流管顶垂直距离的一半，取大者，m；

ρ ——液体密度， t/m^3 ，计算时取值应不小于1.025；

K ——材料系数。

板的厚度应不小于：当 $L \geq 90m$ 时为8mm；当 $60m \leq L < 90m$ 时为7mm；当 $L < 60m$ 时为6mm。

第3节 棱形独立液货舱结构尺寸

3.1 一般要求

3.1.2 液货舱结构尺寸应满足本规范第3篇第4章4.21及4.22要求，包括设计基础、结构分析、极限设计条件、意外设计条件和试验要求等方面。

3.1.3 对于部分装载的液货舱，应按CCS《液舱晃荡载荷及构件尺寸评估指南》，对液舱结构进行晃荡载荷作用下的强度评估。

3.2 液货舱周界结构

3.2.1 液货舱周界及其内部结构的板厚应满足以下要求：

(1) 最小板厚要求：所有构成液货舱周界及其内部结构的板厚，应不得小于7.5mm。

(2) 构成液货舱周界的板厚 t ，应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 39.5s\sqrt{KP_{eq}} + 2.5 \quad \text{mm}$$

式中： s —— 骨材或扶强材间距， m；
 P_{eq} —— 按照本规范第3篇第4章4.28.1.1和4.28.1.2求出的液体内部压力， MPa， 且计算点由列板下缘量起；

当货物不具有腐蚀性时，按上式计算得到的板厚 ~~t 可减少3 mm。但如果按CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第13节的深舱要求计算得到的板厚值小于12.5 mm时，其减少量应不大于20%。~~

当货物不具有腐蚀性时，按上式计算得到的板厚 ~~t 如大于等于12.5mm，可减少3mm；按上式计算得到的板厚 t 如小于12.5mm，其减少量应不大于0.2 t 。~~

任何情况下，板厚取值应不小于7.5 mm。

3.2.3 液货舱周界扶强材的剖面模数 W ，应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 800sP_{eq}l^2\xi \qquad \text{cm}^3$$

式中： s —— 骨材或扶强材间距， m；
 P_{eq} ——按照本规范第3篇第4章4.28.1.1和4.28.1.2求出的液体内部压力， MPa， 且计算点由扶强材跨距中点量起；
 l —— 骨材或扶强材跨距， m；
 ξ —— 系数， 按表3.2.3规定取用；

系数 ξ		表3.2.3
	镍钢、碳锰钢、奥氏体钢和铝合金	
A、B型棱形独立液舱	$\frac{235 \eta}{\min(R_m/2.66, R_e/1.33)}$ ，对镍钢、碳锰钢、奥氏体不锈钢和铝合金	
B型棱形独立液舱	$\frac{235 \eta}{\min(R_m/2, R_e/1.2)}$ ，对镍钢和碳锰钢；	
	$\frac{235 \eta}{\min(R_m/2.5, R_e/1.2)}$ ，对奥氏体钢；	
	$\frac{235 \eta}{\min(R_m/2.5, R_e/1.2)}$ ，对铝合金钢；	
注： R_m 、 R_e —— 见本规范第3篇第4章4.18.1.3； η —— 取为0.435。		

3.2.4 对于液货舱止浮装置和止摇装置及垂直支撑块位置处的液舱内部结构，以及止摇装置处的舱壁/框架上的扶强材，应在3.2.3计算之值基础上增加25%。

3.2.5 液货舱横向强框架的各个构件(参见图3.2.5(1)和(2))剖面模数 W ，一般应不小于按表3.2.5计算所得之值，但最终尺寸应基于直接计算强度校核结果予以确定，液货舱横向强框架的尺寸应由直接计算评估确定；初始设计时各个构件(参见图3.2.5(1)和(2))剖面模数 W 可按表3.2.5计算得到，结构分析应计及本规范第3篇第4章4.28.1.1和4.28.1.2定义的液体内部压力和结构试验工况，且结构布置一般应满足图3.2.5(1)的要求：

液货舱横向强框架的剖面模数要求

表 3.2.5

构件名称	剖面模数 W , cm^3	相关系数
舱顶强横梁	$W = 1170\eta_1\eta_2P_{eq}Sl^2K$ <u>$W = 1170\eta_1\eta_2\eta_3P_{eq}Sl^2K$</u>	$\eta_t=0.34, \eta_s=1.81, l=l_t$
舱边强横梁		$\eta_t=0.25, \eta_s=1.78, l=l_t$
侧壁垂直桁		$\eta_t=0.34, \eta_s=1.41, l=l_s$
舱底强横梁		$\eta_t=0.48, \eta_s=1.00, l=l_b$
中纵舱壁垂直桁和水平桁		$\eta_t=0.34, \eta_s=1.00, l=l_c$
舱壁前后端垂直桁和水平桁		$\eta_t=0.34, \eta_s=2.13, l=l_c$
式中： η_1 —— 折减系数，主要考虑结构布置的实际情况（如梁的非直线或多支座等）与单跨模型之间的差异，按不同构件对应取值； η_2 —— 晃动工况或碰撞工况下（对舱壁前后端）的液货载荷冲击效应系数，依位置不同而异，计算时按不同构件对应取值； <u>η_3 —— 对于铝合金、奥氏体不锈钢，$\eta_3=0.66$；对于镍钢、碳锰钢，$\eta_3=1$；</u> L —— 主要支撑构件或横向强框架构件跨距， m ，计算时按不同构件分别取 l_t 、 l_s 、 l_b 和 l_c ； S —— 主要支撑构件或横向强框架间距，或桁材支持面积的宽度， m ； P_{eq} —— 见 3.2.3。		

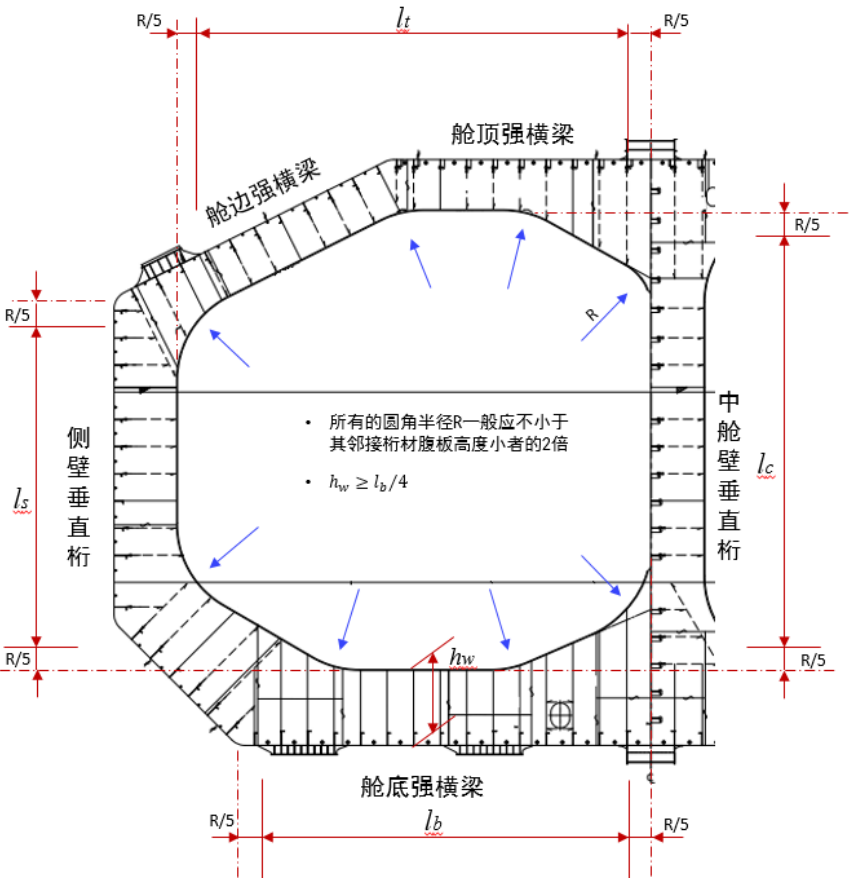


图 3.2.5(1) 液货舱横向强框架构件

图3.2.5(2)改为如下:

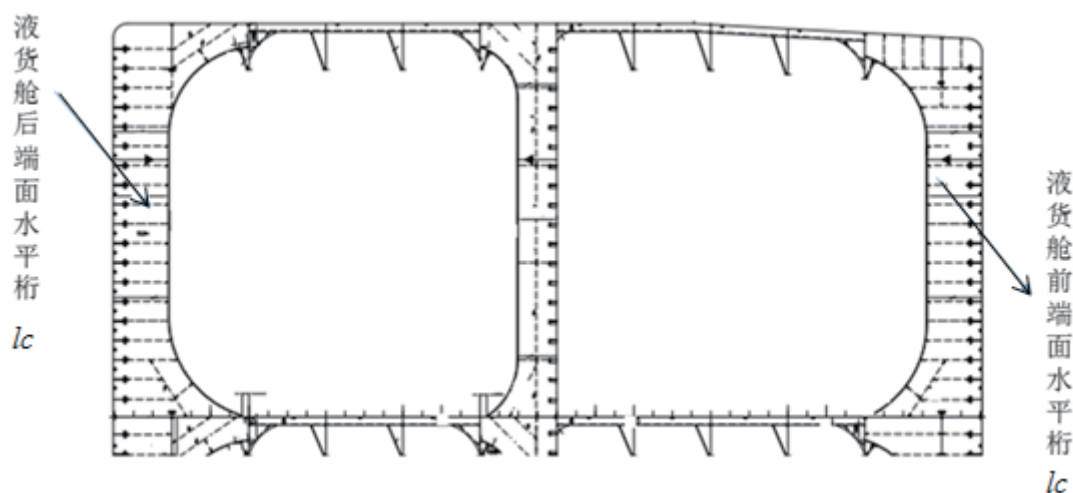


图3.2.5(2) 液货舱水平框架示意图

3.2.8 对于水密舱壁，如果可能受到仅一侧内部液压 P_{eq} 的作用，则舱壁板及其扶强材和主要支撑构件应满足本节3.2.1至3.2.6的要求。如未有上述载荷作用，则构件尺寸可按下述规定予以确定：板厚应不小于所对应的液舱中的计算高度和骨材间距的液货舱周界要求，再减去0.5 mm；扶强材和横向强框架的剖面模数应分别按照本节3.2.1和3.2.23.2.3至3.2.6的要求，但 P_{eq} 取值不必超过下式计算所得之值：

~~$$\max \left\{ \left(0.1P_1 + \frac{\rho h}{10^5} \right), \left(\frac{t-1.0}{126.5s\sqrt{K}} \right)^2 \right\} \text{ MPa}$$~~

$$\max \left\{ \left(P_1 + \frac{\rho h}{10^5} \right), 0.1 \left(\frac{t-1.0}{126.5s\sqrt{K}} \right)^2 \right\} \text{ MPa}$$

式中： P_1 ——真空释放阀的调定压力，MPa；

ρ ——液货密度，t/m³；

h ——液舱中的计算高度，m；

t ——按3.2.1计算所得之值，mm；

s ——扶强材、主要支撑构件或横向强框架间距，m。

3.2.9 对于液货舱气室结构，当气室壳板采用液货舱周界采用的最小厚度(7.5 mm)时，其扶强材和横向框架应符合本节3.2.23.2.3至3.2.8要求，但 P_{eq} 应不小于相当于以与求得最小厚度相当的压力求得之值，即：

$$P_{eq_min} = \left(\frac{6.5}{126.5s\sqrt{K}} \right)^2 \text{ MPa}$$

式中符号 —— 见本节3.2.8。

液货舱气室结构的板及其扶强材的强度也应能承受适应于按下列规定所得大者的液体压力：

压力释放阀压力，或液货舱需采用压水压气方法进行舱室试验时需进行静水压气动舱室试验的空气压力。

3.2.10 为校核意外碰撞工况，下列载荷情形应予以考虑，且不应发生危及液舱结构的变形：

(1) 液货舱支座处周界结构及其支座应能承受对应1/2的液货舱自重和液体重量的作用于液货舱支座的向前冲力，以及1/4的液货舱自重和液体重量的作用于液货舱支座的向后冲力；

(2) 液货舱前后端部周界和横向制荡舱壁应能承受对应1/2的液体重量的向前冲力，以及1/4的液体重量的向后冲力。考虑前后端壁受载时，不考虑横向制荡舱壁对液体运动的阻挡减轻作用。横向制荡舱壁承受的载荷分配，可基于纵向位置，向前冲力工况按照前端从0.5g向后到0.0之间，向后冲力工况从后端0.25g向前到0.0之间进行插值确定。

对于上述(1)，可采用直接计算进行强度校核；对于上述(2)，板和扶强材的尺寸一般应满足如下要求：

$$\text{舱壁板: } t = 0.0158 \alpha_p b \sqrt{\frac{P_{\text{collision}}}{C_a R_{eH}}} + 2.5 \quad \text{mm}$$

$$\text{垂直/水平扶强材: } W = \frac{1000 f |P_{\text{collision}}| s l^2}{f_{\text{end}} C_s R_{eH}} \quad \text{cm}^3$$

式中： α_p ——按下式计算：

$$\alpha_p = 1.2 - \frac{b}{2.1a}, \quad \text{其中, } a \text{ 为板格的长度, mm; } b \text{ 为板格的宽度, mm;}$$

C_a ——取为1.0;

$P_{\text{collision}}$ ——模拟船舶碰撞时，以整个货舱的1/2货物重量作用在前方横舱壁上的压力，KN/m²，按下式计算：

$$\frac{P_{\text{collision}}}{s} = 0.5 \rho g l,$$

$$\frac{P_{\text{collision}}}{s} = 0.5 \rho g l_{\text{tank}} \quad (\text{前舱壁})$$

$$\frac{P_{\text{collision}}}{s} = 0.25 \rho g l_{\text{tank}} \quad (\text{后舱壁})$$

其中： l_{tank} ——所计算的液货舱横舱壁至相邻(前/后)横舱壁的长度，m；

ρ ——液货密度，t/m³；

s ——扶强材间距，m；

l ——扶强材跨距，m；

f_{end} ——弯曲端部系数，按以下规定取用：

(1) 对于端部固定的连续扶强材，不得小于：

12，对水平扶强材和垂直扶强材的上端；

10，对垂直扶强材的下端；

(2) 对于一端或两端铰支的垂直扶强材，可取为7.5；

(3) 对于其他端部条件，可通过直接计算予以确定；

C_s —— 取为0.9；

f —— 系数，取为1.1，反映建造尺寸与净尺寸之间的关系。

3.2.12 连续的次要构件与主要支撑构件相交处的布置应符合CCS《钢质海船入级规范》第2篇1.2.6的有关要求，~~。采用气室结构时，本节3.2.5对液货舱中以钢和铝合金为材料的主要支撑构件，如桁材和强框架等，其计及附连带板的剖面模数 W ，应不小于按下式计算所得之值：—~~

$$\text{—} W = 1170 b P_{eq} l^2 K \text{—} \text{cm}^3$$

式中： b —— 桁材支持面积的宽度，~~m，—~~

P_{eq} —— 按照本规范第3篇第4章4.28.1.1和4.28.1.2求出的液体内部压力，MPa，~~且计算点由桁材跨距中点量起，—~~

其余符号 —— 见本节3.2.3。~~—~~

当货物不具有腐蚀性时，上式得到的要求板厚或可以根据3.2.1中的要求对腐蚀裕量进行降低。~~—~~

第5节 温度场及热应力计算和钢级选取

5.1 一般要求

5.1.1 本节要求适用于A型和B型棱形独立舱液化气运输船在液货低温作用下的温度场预报分析~~—~~热应力计算，以及低温影响下钢材的级别选取。如采用不同于本节规定的方法进行上述计算，应经CCS同意。

5.1.2 船体温度场计算用于3个以下目的：

(1) 选取船体钢板的钢级；

~~(2) 船体热应力计算；—~~

~~(3)~~ ~~(2)~~ 液货舱低周疲劳计算(仅适用于B型舱)。

5.1.3 所装载的液货温度低于-10℃时，一般应进行船体温度场分析。当液货温度低于~~-55℃时，—~~一般应进行船体热应力分析。~~—~~

5.1.5 对于按本节要求的分析计算，应提交如下图纸和计算资料备查：

(1) 绝热层构造图、布置图及连接详图(如适用)；

(2) 热工系数；

- (3) 热分析和温度场预报计算报告；
- (4) 与上述计算和结构有限元分析有关的船体结构图纸。

~~对B型舱，应在AIP(原则认可)和型式认可时，提交上述图纸和资料。~~

5.2.3 模型中液货舱绝热层、支撑块及限位装置块应一般采用6面体单元模拟，且一般采用6面体单元。此处的支撑块及限位装置块的体单元仅参与温度场计算，并不参与应力计算。

~~5.3.6 当船体温度场是用于船体热应力计算时，考虑主屏壁完整，液货仅存在于主屏壁内部的情况，且为满载。~~

~~5.3.7~~5.3.6 当船体温度场是用于B型独立舱液化气运输船液货舱低周疲劳计算时，考虑主屏壁完整，液货仅存在于液货舱内部的情况，装载情况为5.4.2(1)所述。

~~5.3.8~~5.3.7 当船体温度场是用于钢级选取以及船体热应力计算时，一般按以下原则选取外部环境工况：

- (1) 对于全球航行的船舶，一般采用IGC环境工况；
- (2) 在美国海域(除阿拉斯加)和阿拉斯加海域航行的船舶，采用USCG环境工况；
- (3) 对于在其他寒冷区域航行和/或满足PC级(极地船级)的船舶，按港口国主管机关或船旗国的有关规定/极地规范及冰级和设计温度的要求(如有)给出的其他计算工况。
- (4) 各外界环境工况的参数见表5.3.85.3.7。

各种环境工况				表5.3.8 <u>5.3.7</u>
	IGC	USCG(除阿拉斯加海域)	USCG(阿拉斯加海域)	最高环境设计温度环境 (见本规范第3篇第7章7.2)
空气温度(℃)	5	-18	-29	45
海水温度(℃)	0	0	-2	32
风速(kn)	0	5	5	0

~~5.3.9~~5.3.8 当船体温度场是用于B型棱形液舱低周疲劳计算时，应考虑正常营运航行的最热环境作为环境工况，选取表5.3.85.3.7中的最高环境设计温度环境作为环境工况。若船舶在特热或特冷区域营运的环境温度超出表5.3.85.3.7范围，设计温度应视具体情况予以确定。

~~5.3.10~~5.3.9 计算温度场时，舷外水线位置一般取装货工况下的最小吃水位置，用于划分海水对流边界条件和外界空气对流边界条件的施加区域。

~~5.3.11~~5.3.10 各种应用目的及范围的船体温度场计算环境条件要求一览表见5.3.115.3.10。

原表5.3.11 改为：

船体温度场计算的环境条件规定一览表 表5.3.115.3.10

应用目的	应用范围	主屏壁是否泄漏	液舱装载情况	外界环境	水线位置
选取钢级	A型、B型	是	满载	IGC、USCG (除阿拉斯加海域)、USCG (阿拉斯加海域)、最高环境设计温度环境、自定义	装货工况下的最小吃水位置
船体热应力计算	A型、B型	否			
液货舱低周疲劳计算	B型	否	液货面接近于舱顶 ⁽¹⁾	最高环境设计温度环境	
(1)：见5.4.2(1)的要求					

~~5.3.12~~5.3.11 船体板与空气、船体板与海水之间采用对流换热边界条件，对流换热系数应按实际选取，当缺乏具体数值时，一般应采用经验公式计算或参考CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章第24节2.24.5.4的相关规定。

~~5.3.13~~5.3.12 当采用公式计算船体板与空气之间的对流换热系数时，一般应考虑船体骨材对其附着船体板的影响，将船体骨材作为散热肋片考虑。

~~5.3.14~~5.3.13 船体外板与外界环境之间需要考虑辐射传热。

~~5.3.15~~5.3.14 当液货舱满载时，液货舱/罐内表面施加温度边界条件。

~~5.3.16~~5.3.15 当液货舱非满载时，位于液面以下的液货舱/罐内表面施加温度边界条件，液面以上的液货舱内表面施加液货蒸气对流边界条件。

新增5.3.16和5.3.17，如下：

5.3.16 计算货舱区首尾部船体结构温度时，首部及机舱区域的环境温度取为5℃。

5.3.17 完整或局部次屏壁的设计温度取为货物温度。

5.4 用于低周疲劳分析的液货舱温度场计算

5.4.2 不同的液货装载水平应包括：

- (1) 最高装载水平，即液货面刚好接近于液货舱内顶板；
- (2) 最低装载水平，即液货刚好覆盖液货舱内底板；
- (3) 液货面与各水平桁平齐的多个装载水平。

5.6 钢级的选取

5.6.1 液货舱材料的选择按本规范第3篇第6章表6.1、6.2和6.46.3以及CCS《材料与焊接规范》第1篇第3章第7节的相关规定。

5.6.3 满足本规范第3篇第4章4.19.1.4要求的船体材料还应满足本规范第3篇第6章表6.56.2和CCS《材料与焊接规范》第1篇第3章第7节的相关规定。

原表5.6.4 改为：

选取钢级的应用范围				表5.6.4
	IGC	USCG (除阿拉斯加海域)	USCG (阿拉斯加海域)	最高环境设计温度环境 (见本规范第3篇第7章7.2)
选取钢级应用范围	货舱区全部范围	货舱区内壳及其相连接构件	货舱区内壳及其相连接构件	N/A

新增5.6.5、图5.6.5和5.6.6，如下：

5.6.5 在选取纵向连续板材如甲板、内底板和内壳的钢级时，低温钢范围应延伸到次屏壁要求位置以外 S 为500mm的范围，如图5.6.5所示。与低温钢相邻的板材应选为E或DH钢级。

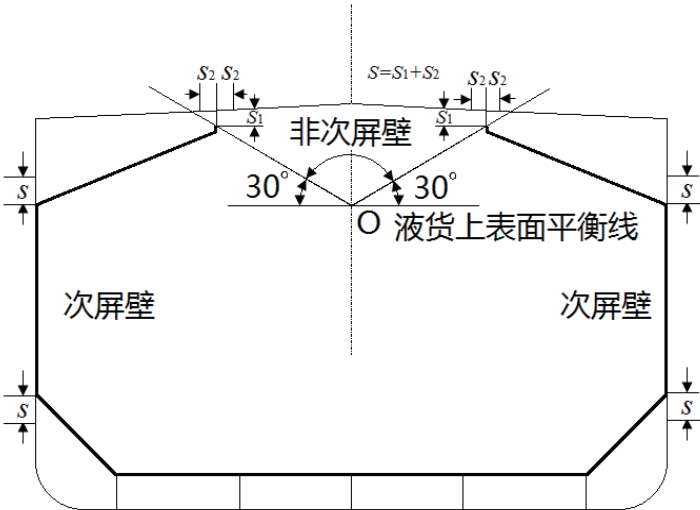


图5.6.5 低温钢的延伸范围

5.6.6 在选取扶强材和肘板的钢级时，钢级与其相附连的板材的钢级一致。

附录2 C型独立液货舱船舶的补充规定

第2节 C型独立液货舱型船体构件尺寸

2.1 一般要求

2.1.1 本节对C型独立液货舱型船舶的船体构件尺寸要求作出补充规定。本节未规定者，其船体结构的构件尺度和布置及其他要求应符合本篇第A4章和CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章和第8章中的有关规定。

~~2.1.2 对于单层底的船舶，其船底骨架可按CCS《钢质海船入级规范》第2篇第6章的相关要求，并按本附录第5节进行直接计算强度校核。~~

新增2.5小节，如下：

2.5 纵骨架式单层底

~~2.5.1 本条适用于纵骨架式单层底，且单层底骨架外侧设有底边舱旁桁材或纵舱壁下旁桁材。在船舶中纵剖面处应设置连续的中内龙骨，当船宽大于9m时中内龙骨两侧还应至少各设有1道旁内龙骨，旁内龙骨一般设置于中内龙骨与底边舱旁桁材之间的中点处。~~

~~2.5.2 船底纵骨的最大间距应不大于1m。~~

~~2.5.3 船底纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：~~

$$W = \frac{8.5}{1.73 - F_b} (d + h_1) s l^2 K \quad \text{cm}^3$$

~~式中： F_b ——折减系数，见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章2.2.5.6；~~

~~d ——吃水，m；~~

~~h_1 ——见CCS《钢质海船入级规范》第2篇第2章2.3.1.2；~~

~~s ——纵骨间距，m；~~

~~l ——纵骨跨距，m，但不小于1.5m；~~

~~K ——材料系数。~~

~~2.5.4 实肋板间距应不大于3m。~~

~~2.5.5 实肋板在中纵剖面处的腹板高度 h 应不小于按下式计算所得之值：~~

$$h = 42(B + d) - 70 \quad \text{mm}$$

~~式中： B ——船宽，m；~~

~~d ——吃水，m。~~

~~中内龙骨和旁内龙骨的腹板高度应不小于实肋板腹板高度。~~

2.5.6 实肋板和中内龙骨的腹板和面板厚度应不小于按下式计算所得之值：

$$t = (0.01h + 3)\sqrt{K} \quad \text{mm, 但不小于6mm, 且不必大于14mm。}$$

式中： h —— 实肋板腹板高度计算值，mm，见本节2.5.5；

K —— 材料系数。

旁内龙骨的腹板和面板厚度应不小于按上式计算所得值减少2mm，但不小于6mm。

2.5.7 实肋板的腹板剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

$$A = C_2 S d l_F K \quad \text{cm}^2$$

式中： S —— 实肋板间距，m；

d —— 吃水，m；

l_F —— 实肋板全跨距，由一舷底边舱斜板旁桁材量至另一舷底边舱斜板旁桁材，m；

$$C_2 = 0.5(1 - R_0 - 2R_1)$$

其中： $R_0 = \frac{\varphi}{77\gamma}$ ；

$$R_1 = f_{gd} \beta \frac{\varphi}{\gamma} ;$$

$$\beta = -0.03f_y + 0.0167 ;$$

$$f_y = \frac{Y_{G1}}{l_F} ;$$

Y_{G1} —— 旁内龙骨至船体中心线的横向距离，m；

$$\varphi = 0.295u^3 - 1.332u^2 + 1.22u + 0.67, \text{ 且不大于1.0；}$$

$u = u_1$ ，且不大于2.4；

$$u_1 = 0.353 l_G^4 \sqrt{\frac{I_F}{I_G} \frac{1}{\gamma l_F^3 S}} ;$$

l_G —— 中内龙骨跨距，由后横舱壁量至前横舱壁，m；

$$\gamma = 0.02 + (0.05 - 0.12f_y)f_{gd} ;$$

$$f_{gd} = \frac{I_{G1}}{I_G} ;$$

I_F —— 实肋板惯性矩，cm⁴；

I_G —— 中内龙骨惯性矩，cm⁴；

I_{G1} —— 旁内龙骨惯性矩，cm⁴；

K —— 材料系数。

2.5.8 实肋板的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = C_1 S d l_F^2 K \quad \text{cm}^3$$

式中： S ——实肋板间距，m；

d ——吃水，m；

l_F ——实肋板全跨距，由一舷底边舱斜板旁桁材量至另一舷底边舱斜板旁桁材，m；

C_1 ——取下列各式计算所得之值的大者：

$$C_1 = 12 \left| 2f_y^2 - 2Rf_y + (R - 0.5) \right|$$

$$C_1 = 6 \left| 2R - R_0^2 - 8R_1 f_y - 1 \right|$$

$$C_1 = 6 \left| 2R - 8R_1 f_y - 1 \right|$$

其中： $R = R_0 + 2R_1$

R_0 、 R_1 、 f_y ——见本节2.5.7；

K ——材料系数。

2.5.9 中内龙骨位于横舱壁起至第一档实肋板范围内，腹板剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

$$A = C_{02} S d l_F K \quad \text{cm}^2$$

式中： S ——实肋板间距，m；

d ——吃水，m；

l_F ——实肋板全跨距，由一舷底边舱斜板旁桁材量至另一舷底边舱斜板旁桁材，m；

$$C_{02} = \frac{1}{139\gamma} f_N \eta ;$$

$$f_N = \frac{l_G}{S} \quad \text{当实肋板道数} < 1.1 \times \left(\frac{l_G}{S} - 1.0 \right)$$

$$= 0.95 \frac{l_G}{S} \quad \text{当实肋板道数} \geq 1.1 \times \left(\frac{l_G}{S} - 1.0 \right)$$

$$\eta = 0.0083u^5 - 0.1214u^4 + 0.663u^3 - 1.598u^2 + 1.327u + 0.65 ;$$

$u = u_1$ ，且不大于4.5；

u_1 、 γ ——见本节2.5.7；

l_G ——中内龙骨跨距，由后横舱壁量至前横舱壁，m；

K ——材料系数。

2.5.10 中内龙骨位于横舱壁起至第一档实肋板范围内，剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = C_{01} S d l_F l_G K \quad \text{cm}^3$$

式中: S ——实肋板间距, m;

d ——吃水, m;

l_F ——实肋板全跨距, 由一舷底边舱斜板旁桁材量至另一舷底边舱斜板旁桁材, m;

l_G ——中内龙骨跨距, 由后横舱壁量至前横舱壁, m;

$$C_{01} = \frac{1}{15\gamma} f_N \lambda ;$$

$$\lambda = 0.2057u^3 - 0.9384u^2 + 0.8733u + 0.7565 \quad u \leq 2.1$$

$$\lambda = -0.0244u^3 + 0.2944u^2 - 1.2303u + 1.865 \quad u > 2.1 ;$$

f_N 、 u ——见本节2.5.9;

γ ——见本节2.5.7;

K ——材料系数。

2.5.11 旁内龙骨位于横舱壁起至第一档实肋板范围内, 腹板剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值:

$$A = C_{12} S d l_F K \quad \text{cm}^2$$

式中: S ——实肋板间距, m;

d ——吃水, m;

l_F ——实肋板全跨距, 由一舷底边舱斜板旁桁材量至另一舷底边舱斜板旁桁材, m;

$$C_{12} = 85\beta f_{gd} C_{02} \frac{l_{G1}}{l_G} ;$$

C_{02} ——见本节2.5.9;

β 、 f_{gd} ——见本节2.5.7;

l_G ——中内龙骨跨距, 由后横舱壁量至前横舱壁, m;

l_{G1} ——旁内龙骨跨距, 由后横舱壁量至前横舱壁, m;

K ——材料系数。

2.5.12 旁内龙骨位于横舱壁起至第一档实肋板处的范围内, 剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = C_{11} S d l_F l_G K \quad \text{cm}^3$$

式中: S ——实肋板间距, m;

d ——吃水, m;

l_F ——实肋板全跨距, 由一舷底边舱斜板旁桁材量至另一舷底边舱斜板旁桁材, m;

$$C_{11} = 85\beta f_{gd} C_{01} \frac{l_{G1}}{l_G} ;$$

C_{01} ——见本节2.5.10;

β 、 f_{gd} ——见本节2.5.7;

l_G ——中内龙骨跨距，由后横舱壁量至前横舱壁，m；

l_{G1} ——旁内龙骨跨距，由后横舱壁量至前横舱壁，m；

K ——材料系数。

2.5.13 如单层底骨架的旁内龙骨数为4根及以上时，主要构件应采用直接计算确定，且应满足本节2.5.5~2.5.6的要求。

(1) 模型范围：沿长度方向为自后横舱壁到前横舱壁，沿宽度方向为船宽，沿高度方向为自外底板至双壳平台。

(2) 网格化：实肋板和龙骨的腹板应以板单元建模，沿高度方向应不少于3个单元；面板应以梁单元建模；板单元的网格形状应尽量接近正方形，长宽比应不超过2。

(3) 边界条件：横舱壁处节点的纵、横、垂向线位移和绕纵、横、垂向坐标轴的角位移约束，即： $\delta_x=\delta_y=\delta_z=\theta_x=\theta_y=\theta_z=0$ 。

(4) 载荷施加：海水压力应按式计算并施加在外板上：

$$p = 10(d - z) \quad \text{kN/m}^2$$

式中： d ——吃水，m；

z ——计算点垂向位置，m。

(5) 评估衡准：主要构件腹板的最大剪切应力应不大于 $90/K \text{ N/mm}^2$ ，取为沿腹板高度方向的平均值。主要构件(包括面板)的最大正应力应不大于 $156/K \text{ N/mm}^2$ ， K 为材料系数。

第3节 C型独立液货舱结构尺寸

3.3 液货罐附件

3.3.1 液货罐水密纵舱壁板厚度 t ，应满足下式要求：

$$t \geq \frac{2p_{eq} \times e}{20\sigma_m \phi - p_{eq}} + c \quad t \geq \frac{2p_{eq} \times e}{2\sigma_m \phi - p_{eq}} + c \quad \text{mm}$$

式中： e ——双体罐的轴心距，mm；

其余符号——见3.2.2。

对于三体罐水密纵舱壁板，可参照上述假定和规定进行校核。

对于三体罐非水密纵舱壁板，其厚度要求可按本节3.3.6的相关规定。

3.3.2 液货罐水密纵舱壁扶强材的计算工况如下：

(1) 工况1——装载模式为左右罐均装满，见图3.3.2(1)，其中， P_{gd} 计算方法见本规范第3篇第4章4.28.1和CCS4.28.1.2.a~CCS4.28.1.2.d。

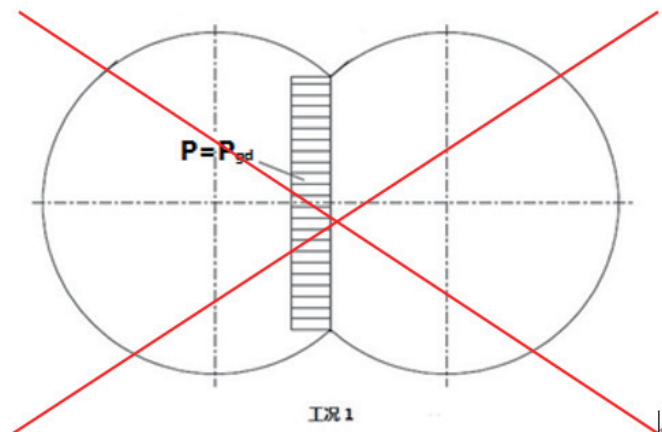
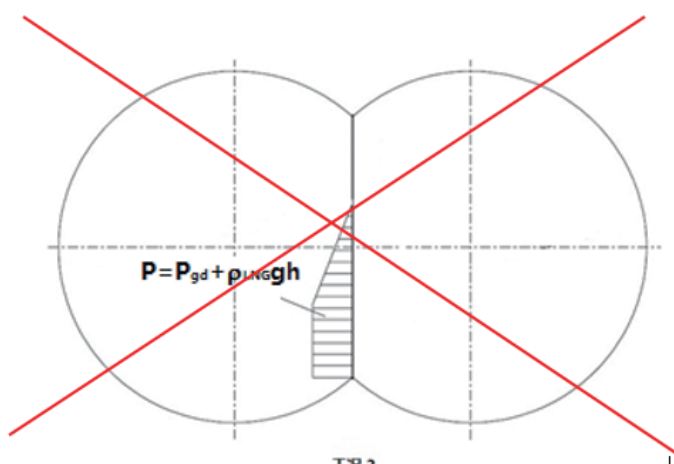


图3.3.2(1) 装载模式为左右罐均装满

(2) 工况2——装载模式为左右罐均为50%装载，见图3.3.2(2)，其中， P_{gd} 计算方法参见上述(1)。



(注：按照本规范第3篇第4章4.28.1.2，以及CCS4.28.1.2.a~CCS4.28.1.2.d进行计算时，相关的 α_θ 、 Z_θ ，以及 h 之值应根据实际情况确定。)

图3.3.2(2) 装载模式为左右罐均为50%装载

(3) 工况3——装载模式为一侧满罐，另一侧空罐(操作手册中应标明不允许“一侧满罐，另一侧空罐”的装载方式)，见图3.3.2(3)。若两侧罐体舱室最大压差可确定，则可按照装载手册中给出的左右两侧罐体舱室最大压差的装载情况考虑，但应在操作手册中表明不允许“一侧满罐，另一侧空罐”的装载方式该非均匀装载情况应列入装载手册作为操作限制。

对于三体罐水密结构的纵舱壁板校核，可参照上述假定和规定进行。

对于三体罐非水密结构的纵舱壁板，其厚度要求可按本节3.3.6的相关规定。

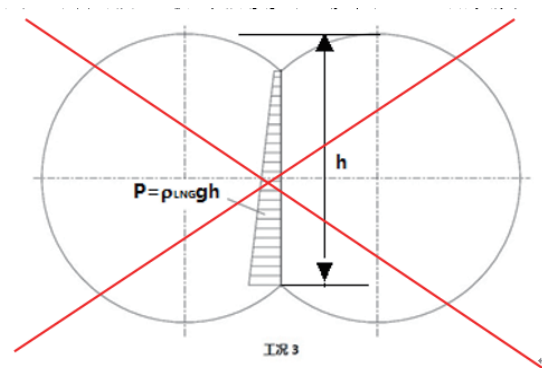


图3.3.2(3) 装载模式为一侧满罐，另一侧空罐舱

3.3.3 液货罐水密纵舱壁扶强材弯曲应力 σ_b ，应满足下式要求：

$$\sigma_b \leq [\sigma_b]$$

式中： $\sigma_b = \frac{M}{W} \times 10^3$ ；

M ——纵舱壁扶强材弯矩， $\text{kN} \cdot \text{m}$ ，计算时，承受的载荷 P_{eq} 应基于3.3.2的装载模式，并按实际的边界条件和表3.3.3计算按实际情况模拟；

W ——纵舱壁扶强材剖面模数， cm^3 ；

$[\sigma_b]$ ——许用弯曲应力， MPa ，取 $0.57R_{eH}$ 。

对于三体罐的水密纵舱壁扶强材的校核，可参照上述方法进行。

新增表3.3.3如下：

扶强材跨内最大弯矩计算公式

表 3.3.3

力学模型示意图	弯矩公式	说明
	$M = 0.125sp_{eq}l^2 \times 10^3$	两端简支，跨间均布载荷
	$M = 0.064sp_{eq}l^2 \times 10^3$	两端简支，跨间三角形分布载荷
	$M = 0.042sp_{eq}l^2 \times 10^3$	两端刚固，跨间均布载荷
	$M = 0.022sp_{eq}l^2 \times 10^3$	两端刚固，跨间三角形分布载荷

注：① P_{eq} ——内部压力， MPa ，见本节3.2.2，其中， P_{gd} 的计算见②；

② 按照本规范第3篇第4章4.28.1.2，以及CCS4.28.1.2.a~CCS4.28.1.2.d计算 P_{gd} 时，相关的 α_R ， Z_R ，以及 h 之值应根据实际情况确定；

③ s 、 l ——扶强材的间距和计算跨距， m 。

第4节 C型独立液货舱区域结构强度和鞍座支承结构直接计算

4.4 边界条件

4.4.2 局部载荷工况下的边界条件见表4.4.2和图4.4.2。

局部载荷边界条件			表 4.4.2
位置	边界条件	说明	
前端面	$\delta_x = 0, \theta_y = 0, \theta_z = 0$		
后端面	$\delta_x = 0, \theta_y = 0, \theta_z = 0$		
线AA'、BB'、CC'、DD'	垂向弹簧单元	还包括顶边舱斜板、底边舱斜板等垂向承剪构件。	
线AB、A'B'、CD、C'D'	水平弹簧单元	仅适用于非对称工况：LC3，LC4，LC5，LC10。	
E点(中部货舱前后舱壁处纵中剖面与船底板的交点)	$\delta_y = 0$		

注：弹簧刚度按下式计算：

$$K = \frac{5GA}{6l_H n}$$

N/mm²

式中：*G*——材料的剪切弹性模量，N/mm²，对钢材，*G* = 0.792×10⁵ N/mm²；
A——舷侧板及顶边舱斜板、底边舱斜板等的有效剪切面积，mm²；
l_H——中间目标舱的长度，mm；
n——弹簧约束的节点数量。

图4.4.2替换为：

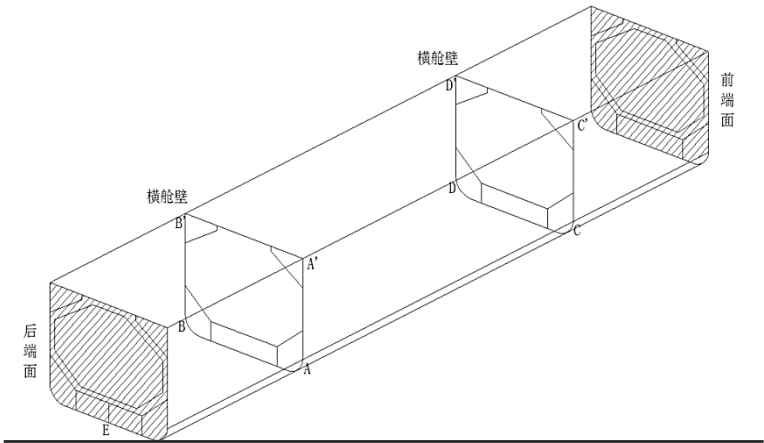


图4.4.2 边界条件施加位置示意图

4.6 C型独立液货舱鞍座结构模型

4.6.2 局部模型的范围以考察对象(鞍座)为中心，沿船长方向远离鞍座纵向加强肘板端部向前(＋X)和向后(－X)各取至少2个强框架距离。型深方向(＋Z)从基线至底边舱最下平台甲板之上至少的第一个平台甲板。如按上述方法框取的模型边界上未设置结构的主要支撑构件，则模型应再延伸直至边界落在结构的主要支撑构件上，见图4.6.2。对鞍座结构非左右舷对称的情况，采用全宽模型。

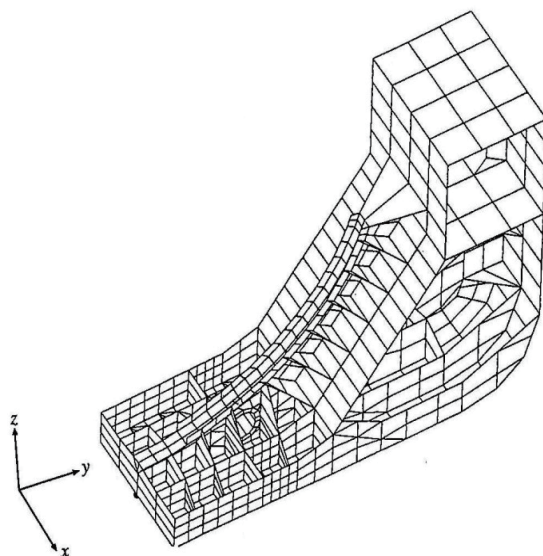


图4.6.2 “鞍座/支承构件+相邻船体结构”的三维局部模型

4.6.4 局部模型的边界条件可按表4.6.4设置。

局部模型的边界条件设置表

表4.6.4

自由度 支点位置	X	Y	Z	θ_x	θ_y	θ_z
中纵剖面处 ^[1]	自由	固定	自由	固定	自由	固定
前端面	固定	固定	固定	自由	固定	固定
后端面	自由	固定	固定	自由	自由	自由

注1：采用全宽鞍座模型时，不在中纵剖面处设置边界条件。

4.9 C型甲板罐基座

4.9.1 对于安装在甲板上的C型液货罐鞍座，可参照4.6节至4.8节进行强度评估。

第5节 C型独立液货舱及其直接相连的支承结构强度直接计算

5.2 设计载荷

5.2.3 当C型独立液货罐可能出现20%~90%充装高度的部分装载工况时，应计及不低于计算公式所得的晃荡载荷作用，且规定如下：

(1) 晃荡载荷的计算见CCS《液舱晃荡载荷及构件尺寸评估指南》第2节相关公式；

(2) 晃荡压力取为各充装高度下“水平二”的最大晃荡动载荷 P_{smax} ，在整个罐深范围内均匀分布，且与最大静载荷 P_{0max} 叠加后施加于液货罐，见图5.2.3和表5.2.3：

C型独立液货罐晃荡载荷及施加说明

表5.2.3

晃荡载荷	载荷及组合	施加部位	施加方式和范围 (仅需施加一侧)
横向晃荡载荷	$\underline{P_{s\max}} + \underline{P_0}$	罐体内侧 (左半侧或右半侧)	$\underline{P_{s\max}}$ 施加于整个罐深高度; $\underline{P_0}$ 施加于 $\underline{h_{\max}}$ 高度。
纵向晃荡载荷	$\underline{P_{s\max}} + \underline{P_0}$	加强环及罐体封头 (前半侧或后半侧)	$\underline{P_{s\max}}$ 施加于整个罐深高度; $\underline{P_0}$ 施加于 $\underline{h_{\max}}$ 高度。
	$\underline{P_{s\max}}$	制荡舱壁	$\underline{P_{s\max}}$ 施加于整个制荡舱壁高度。

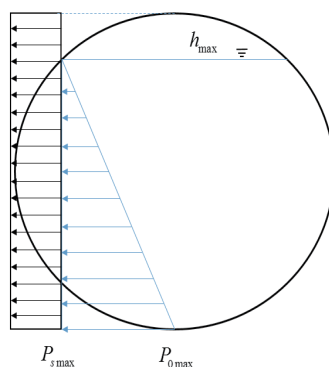


图5.2.3 晃荡压力的分布假定

(3) 晃荡分析时，对于单体罐和双体罐，液货罐的计算尺度取为单个罐体的尺度，对于三体罐，液货罐的计算尺度按照上层1个罐体与下层2个罐体组合形成的空间考虑；

(4) C型独立液货罐的晃荡分析不必考虑“水平三”的晃荡运动作用。

5.6 强度衡准

5.6.1 校核目标为：液货罐与其支承结构连接区域处的壳体，以及其他高应力水平的局部结构区域(如双体一和三体罐的Y形节点头处，不考虑气室及其开口处复板)，液货罐附属构件(如加强环、舱壁、鞍座支承构件，但不考虑制荡舱壁)和鞍座承压木。

第6节 C型独立舱区域温度场简化计算及热应力计算和钢级选取

6.1.2 船体温度场计算用于两个以下目的：

- (1) 选取船体钢板的钢级；
- (2) 船体热温度应力计算。

6.3 温度场计算外部环境

6.3.1 一般按以下原则选取外部环境工况：

- (1) 对于全球航行的船舶，一般采用IGC环境工况；
- ~~(2) 对于在美国海域(除阿拉斯加)航行的船舶，采用USCG(除阿拉斯加海域)工况；在阿拉斯加海域航行，采用USCG(阿拉斯加海域)工况；~~
- (32) 对于在其他寒冷区域航行和/或满足PC级(极地船级)的船舶，按港口国主管机关或船旗国的有关规定/极地规范及冰级和设计温度的要求(如有)给出的其他计算工况。
- ~~(43)~~ 各外界环境工况的参数见表6.3.1。

各种环境工况 表6.3.1

	IGC	USCG (除阿拉斯加海域)	USCG (阿拉斯加海域)	最高环境设计温度环境 (见本规范第3篇第7章7.2)
空气温度(℃)	5	-18	-29	45
海水温度(℃)	0	0	-2	32
风速(kn)	0	5	5	0

6.3.2 若船舶在特热或特冷区域营运的环境温度超出表6.3.1范围，设计温度应视具体情况予以调整确定。

附录3 独立液货舱船舶疲劳强度评估的补充规定

第1节 一般规定

1.1 一般要求

1.1.6 对C型独立液货舱，若罐体尺寸的设计满足本附录2第3节相关要求，一般情况下，可不必进行C型罐的疲劳强度评估。对C型独立液货舱的双体罐和三体罐Y型接头部位的疲劳分析，按本附录第5节的相关要求进行。

第3节 B型独立液货舱结构疲劳强度评估

3.4 接受衡准

3.4.1 按照3.3.5计算得出的总疲劳损伤度 D ，应满足如下衡准：

$$D \leq C_w$$

式中： C_w ——许用最大累积损伤度，且对液货舱和支撑结构，按本规范第3篇第4章4.18.2.7~4.18.2.9的规定取值，例如，对可达处取0.5，不可达处取0.1取 $C_w=0.5$ 。

第5节 C型独立液货舱结构疲劳强度评估

5.1 一般要求

5.1.2 C型独立液货罐Y型接头处的结构疲劳评估筛分准则如下：

$$\Delta P \leq \frac{1}{27} \left[1.76 \times 10^{13} \frac{C_w}{T_F} \left[\frac{P}{f_t S(P)} \right]^3 - N_T P_0^3 \right]^{\frac{1}{3}} \quad \text{MPa}$$

式中： ΔP ——液货罐Y型接头处垂荡动压力变化范围，MPa，按下式计算：

$$\Delta P = P_{ed} \Big|_2^1 - P_{ed} \Big|_1^1 \quad \Delta P = P_{gd} \Big|_{j=2}^{i=1} - P_{gd} \Big|_{j=1}^{i=1}, \text{ 其中 } P_{ed} \Big|_2^1, P_{gd} \Big|_{j=2}^{i=1} \text{ 和 } P_{ed} \Big|_1^1, P_{gd} \Big|_{j=1}^{i=1}$$

按本节5.4.3(3)计算，且对应 10^{-8} 波浪超越概率水平，

...

5.3 计算工况

5.3.1 C型独立液货罐的疲劳计算工况由满罐工况和空罐工况的载荷工况组合而成，热点处设计应力范围最大的载荷工况疲劳评估中的主导载荷工况对应于垂荡、液货最大动压力差的横摇。C型独立液货罐结构疲劳强度有限元直接计算工况，见表5.3.1。一般情况下，不考虑温度应力变化的作用。

5.3.2 一般情况下，不考虑温度应力变化的作用。

C型独立液货罐结构疲劳强度有限元直接计算工况		表5.3.1
计算工况(主导载荷工况)	工况载荷描述	
疲劳极限状态(FLS): - 垂荡(横摇角为0°)和横摇工况 - 垂荡+横摇(液货最小、最大动压力对应的横摇角 β_1 、 β_2)	- 0°和垂荡+横摇状态下液货最小、最大动压力对应疲劳载荷下的最大横摇角 β_m β_1 、 β_2 ; - 液货罐壳体自重; - 液货自重; - 液货动压力; - 液货罐最低温度; - 蒸气压力。	
注：主导载荷工况即为在不同的横摇角(0°疲劳载荷下的最大横摇角 β_m)的情况下，热点处设计应力范围最大的载荷工况。 注： ① β_1 、 β_2 见图5.4.3(2); ② 最大动压力差的说明可参见本规范第3篇第4章CCS4.23.1.2.b。		

5.4 疲劳载荷

5.4.3 高周载荷(船舶运动载荷)

(1) 船舶运动加速度：

① 垂向的最大无因次加速度(即相对于重力加速度) a_z ：

$$a_z = C_{z,ij} f_r f_p |a_{z0}|$$

② 横向的最大无因次加速度(即相对于重力加速度) a_y ：

$$a_y = C_{y,ij} f_r f_p |a_{y0}|$$

式中： $C_{z,ij}$ 、 $C_{y,ij}$ ——相应于计算工况ij的载荷组合因子，见表5.4.3；(1)
 a_{z0} 、 a_{y0} ——同本规范第3篇第4章4.28.2.1中的 a_z 、 a_y ；但在其中计算 a_0 时，应在计算结果的基础上，再乘以 $f_r \times f_p$ ，即：

$$a_0 = f_r f_p a_0'$$

a_0' ——同本规范第3篇第4章4.28.2.1中的 a_0 ；—

...

载荷组合因子

表5.4.3

计算工况	<i>i</i> (2个不同角度运动姿态)	<i>i</i> =1 仅垂荡运动		<i>i</i> =2 垂荡+横摇运动	
	<i>j</i> (横摇左右方向)	1	2	1	2
$\beta_1, \beta_2, \beta_m$ ——疲劳载荷下液货最小动压力、最大动压力对应的最大横摇角	横摇角度(°)	0	0	β_m, β_1	β_m, β_2
$C_{z,ij}$		1	-1	1	-1
$C_{y,ij}$		0	0	-1	1
注: β_1 和 β_2 的取值应小于 $\beta_m = \arctan(\frac{a_y}{\sqrt{1-a_z^2}})$					

(2) 疲劳计算的主导载荷工况中，指定 β 方向上的无因次加速度 a_β ，按下式计算：

① 仅垂荡 ($\beta_1, \beta_2 = 0^\circ, a_y = 0$)：

$$a_\beta \Big|_{j=1}^{i=1} = 1 - a_z$$

$$a_\beta \Big|_{j=2}^{i=1} = 1 + a_z$$

② 垂荡+横摇 ($\beta_1, \beta_2 \neq 0^\circ, a_y \neq 0$)：

$$a_\beta \Big|_{j=1}^{i=2} = \frac{a_y^2 \cos \beta_1 - a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_1)^2 + (a_z \sin \beta_1)^2 - (\sin \beta_1)^2}}{(a_y \cos \beta_1)^2 + (a_z \sin \beta_1)^2}$$

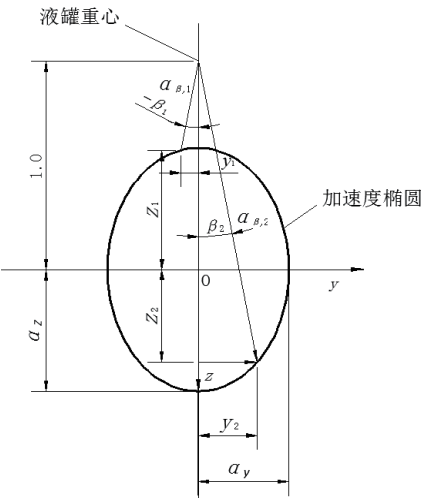
$$a_\beta \Big|_{j=2}^{i=2} = \frac{a_y^2 \cos \beta_2 + a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_2)^2 + (a_z \sin \beta_2)^2 - (\sin \beta_2)^2}}{(a_y \cos \beta_2)^2 + (a_z \sin \beta_2)^2}$$

式中： β_1, β_2 ——横摇计算工况下液货最小动压力和最大动压力对应的左右横摇角，见表5.4.3及图5.4.3(2)；

i, j ——见表5.4.3(1)；

a_z, a_y ——见5.4.3(1)①、②及图5.4.3(2)；

y, z ——罐体上计算点的横向和垂向坐标，m。 ，见图5.4.3(2)；



注：在相关公式中， β 皆取正值，图中正负号表示作用方向

图5.4.3(2) 液货加速度椭圆示例

(3) 内部液体压力

内部液体压力 P_{gd} 的计算基于本规范第3篇第4章4.28.1.2，且对于双体罐和三体罐的疲劳计算工况，按如下公式计算：

① 双体罐：

$$P_{gd} \Big|_{j=1}^{i=1,2} = a_{\beta} \Big|_{j=1}^{i=1,2} \cdot \left[R + (R-z) \cos \beta_1 + \left(\frac{L}{2} + y \right) \sin \beta_1 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$

$$P_{gd} \Big|_{j=2}^{i=1,2} = a_{\beta} \Big|_{j=2}^{i=1,2} \cdot \left[R + (R-z) \cos \beta_2 + \left(\frac{L}{2} - y \right) \sin \beta_2 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$
~~$$P_{gd} \Big|_{j=1}^i = \frac{a_y^2 \cos \beta_1 - a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_1)^2 + (a_z \sin \beta_1)^2 - (\sin \beta_1)^2}}{(a_y \cos \beta_1)^2 + (a_z \sin \beta_1)^2} \left[R + (R-z) \cos \beta_1 + \left(\frac{L}{2} + y \right) \sin \beta_1 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$~~
~~$$P_{gd} \Big|_{j=2}^i = \frac{a_y^2 \cos \beta_2 + a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_2)^2 + (a_z \sin \beta_2)^2 - (\sin \beta_2)^2}}{(a_y \cos \beta_2)^2 + (a_z \sin \beta_2)^2} \left[R + (R-z) \cos \beta_2 + \left(\frac{L}{2} - y \right) \sin \beta_2 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$~~

式中： R ——左、右单罐的罐体半径，m；，见图5.4.3(3)①；

L ——左、右罐的圆心距，，见图5.4.3(3)①。

其余符号——见5.4.3(2)。

② 三体罐：

$$P_{gd} \Big|_{j=1}^{i=1,2} = a_{\beta} \Big|_{j=1}^{i=1,2} \cdot \left[R + \frac{L \cos(\frac{\theta}{2} - \beta_1)}{2 \sin \frac{\theta}{2}} + (R-z) \cdot \cos \beta_1 + \left(y - \frac{L}{2} \right) \sin \beta_1 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$

$$P_{gd} \Big|_{j=2}^{i=1,2} = a_{\beta} \Big|_{j=2}^{i=1,2} \cdot \left[R + \frac{L \cos(\frac{\theta}{2} - \beta_2)}{2 \sin \frac{\theta}{2}} + (R-z) \cdot \cos \beta_2 - \left(y + \frac{L}{2} \right) \sin \beta_2 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$
~~$$P_{gd} \Big|_{j=1}^i = \frac{a_y^2 \cos \beta_1 - a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_1)^2 + (a_z \sin \beta_1)^2 - (\sin \beta_1)^2}}{(a_y \cos \beta_1)^2 + (a_z \sin \beta_1)^2} \left[R + \frac{L \cos(\frac{\theta}{2} - \beta_1)}{2 \sin \frac{\theta}{2}} + (R-z) \cdot \cos \beta_1 + \left(y - \frac{L}{2} \right) \sin \beta_1 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$~~
~~$$P_{gd} \Big|_{j=2}^i = \frac{a_y^2 \cos \beta_2 + a_y a_z \sqrt{(a_y \cos \beta_2)^2 + (a_z \sin \beta_2)^2 - (\sin \beta_2)^2}}{(a_y \cos \beta_2)^2 + (a_z \sin \beta_2)^2} \left[R + \frac{L \cos(\frac{\theta}{2} - \beta_2)}{2 \sin \frac{\theta}{2}} + (R-z) \cdot \cos \beta_2 - \left(y + \frac{L}{2} \right) \sin \beta_2 \right] \frac{\rho}{1.02 \times 10^5}$$~~

5.5 疲劳累积损伤计算

5.5.1中的 $D_{(k)}$ 修改为：

$D_{(k)}$ ——结构节点在各装载工况“(k)”下的高周疲劳累积损伤度，见CCS《船体结构疲劳强度指南》32.5.1；

第3篇 国际散装运输液化气体船舶构造与设备规则

第1章 总 则

1.2.51 液货舱气室系指液货舱的向上延伸部分。如货物围护系统位于甲板以下时，液货舱气室应伸凸出于露天甲板或液货舱罩之上。

CCS1.2.51 气室也称“穹顶”，或“液穹”、“气穹”，其空间可进入气体和液体。

第4章 货物围护

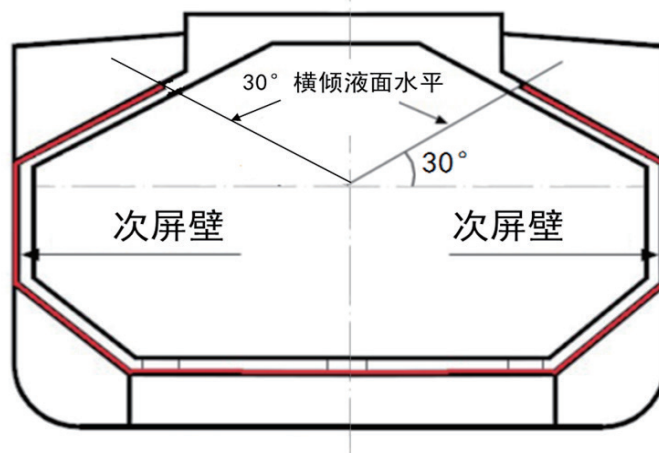
A部分 货物围护

4.6 次屏壁的设计

4.6.2 次屏壁应设计成:

- .1 在考虑到4.18.2.6所述的载荷谱后,能使其容纳15天时间的任何预计泄漏的货物。但对航行于特殊航线的船舶可应用不同的衡准;
- .2 液货舱内能导致主屏壁失效的物理、机械或操作事件不应损害次屏壁的功能,反之亦然;
- .3 船体结构支持构件或附件的失效不会导致主屏壁和次屏壁液密的丧失;
- .4 能以主管机关接受的方式定期检查其有效性。这可通过外观检查或压力/真空试验或按照主管机关同意的用文件记录的程序进行的其他合适方式;
- .5 上述.4中要求的方法应经主管机关认可,如适用于试验程序,应包括:
 - .1 在危及液密有效性之前,可接受的缺陷尺寸和次屏壁内位置的详细情况;
 - .2 上述.1中探测缺陷建议方法之值的精度和范围;
 - .3 如未进行全尺度模型试验,确定验收衡准使用的缩尺比因子;以及
 - .4 热和机械循环载荷对建议试验有效性的影响;和
- .6 应在静横倾角为 30° 时,仍能使次屏壁履行其功能要求。

CCS4.6.2 对于A型独立液货舱,当船体作为次屏壁起作用时,次屏壁的范围至少应满足能覆盖假定船舶静横倾 30° 角时的液面高度,且次屏壁内液货与完整状态下主屏壁内液货体积相等(一般按装载率98%计)或其他特定高度。



图CCS4.6.2 覆盖船舶静横倾 30° 的次屏壁范围示意图

D部分 材料和构造

4.19 材料

CCS4.19.1 在执行条文4.19.1.2时,假定周围海水和空气的温度分别为0℃和5℃。在设计条件下,应仅对任一液货舱,假定完整的或部分的次屏壁处于大气压力下的货物温度状态,对于没有设置次屏壁的液货舱,应假定主屏壁处于货物温度状态。

4.19.1.6 在4.19.1.5中所述的加热措施应符合下列要求:

- .1 应将加热系统布置成当该系统的任一部分失效时,备用加热设备仍能保持不低于100%的理论热载荷;
- .2 加热系统应认作为一种必需的辅助系统。按照4.19.1.5.1设置的系统中,至少有一套、其所有的电气部件应由应急电源供电;以及
- .3 加热系统的设计和构造应包括在主管机关进行围护系统的认可中。

CCS4.19.1.6.1 应将4.19.1.6.1所述的加热系统布置成当该系统任一部分的任一机械或电气部件发生单一故障时,加热设备仍能保持不低于100%的理论热载荷。

CCS4.19.1.6.2 如采用双套设备(譬如加热器、乙二醇循环泵、电气控制板、辅锅炉等)来满足上述第1条的要求,则至少其中一套系统的所有电气部件均应由应急配电板供电。

CCS4.19.1.6.3 如主热源(譬如燃油锅炉)冗余布置不可行,则应设置譬如可提供100%理论热载荷并由应急配电板独立馈电线路供电的电加热器作为替代方案。可考虑采用其他经过风险评估的方案来满足4.19.1.6.1条的要求并应得到主管机关的认可。此解释第2段的要求同样适用于系统中其它所有电气部件。

4.19.2.6 可考虑在主屏壁和次屏壁中使用非防火/和非阻止火焰传播的材料,只要其受适当的系统保护,(例如持续惰性气体环境)永久,保护或设有耐火屏壁。

4.20.1 焊缝设计

4.20.1.1 对独立液货舱壳体的所有焊接接头,均采用全焊透型的平面内对接焊。仅对于气室和壳体的连接,可根据焊接工艺认可试验的结果采用全焊透型T型焊接。除气室上的小型贯穿件外,一般也应将喷管焊缝设计成全焊透型。

~~CCS4.20.1 经CCS同意,全焊透的T型焊可用于双体罐和三体罐壳体与纵壁之间的Y型连接。~~

CCS4.20.1 关于4.20.1.1条款的说明如下:

(1) 4.20.1.1条款适用于主要由平面构成的A型或B型独立液货舱,包括弯曲板构造的液货舱角边,其与罐体壳板表面对中且采用平面内焊缝连接。

(2) “仅对于气室和壳体的连接”表述的适用性澄清如下:

——焊接角(即由焊缝金属构成的角)不得用于液货舱主壳体结构,即壳体侧面(包括平行于顶边舱或底边舱斜板的面,如有)和液货舱顶部或底部之间的角,以及液货舱端部的横舱壁与壳体底部、顶部或壳体侧面(包括边舱斜板,如有)之间的角,而应采用与液货舱壳板表面对中并采用平面内焊接连接的弯曲板构成的液舱角边。

——对于壳体其它局部构件,例如吸水阱、污水阱、气室等,可接受采用T型接头,但必须采用全熔透型T型焊接。

4.20.1.2 C型独立液货舱和主要以曲面构成的B型独立液货舱液密主屏壁的焊接接头的细节,应满足以下要求:

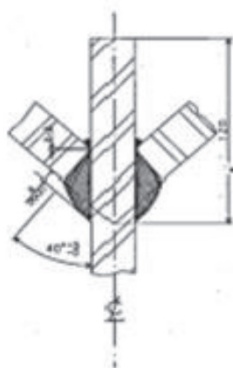
- 1 所有纵向和环形接头均应为对接、全焊透、双面V型坡口或单面V型坡口形式,对于全焊透的对接焊缝,应采用双面焊或使用衬垫环。若使用衬垫环,除很小的处理用压力容器外,焊后应除去衬垫环。根据对焊接工艺认可试验的结果,亦可采用其他的坡口形式;以及
- 2 对于液货舱本体和气室之间以及气室和有关的附件之间的连接接头的斜坡口,应按主管机关接受的标准进行设计。容器上连接喷管、气室或其他贯通件的焊缝以及法兰与容器或喷管连接的所有焊缝均应为全焊透型焊缝。

CCS4.20.2(1) 关于4.20.1.2条款的说明如下:

(a) 4.20.1.2条适用于C型独立液货舱,包括主要由曲面和中纵舱壁构成的双体罐。

(b) “其他的坡口形式”一词的适用性澄清如下:

——根据按照经批准的焊接程序进行的试验结果,经主管机关或代表主管机关的被认可组织批准,对设有中纵舱壁的双体液货罐,可接受全熔透十字形焊接接头作为带斜坡口的罐体中心线焊缝处的罐体结构构造。(参见如下图CCS4.20.2(1)示例)。



图CCS4.20.2(1) 中纵舱壁处的双体液货罐全熔透十字形焊接接头

CCS4.20.2(2) 经CCS同意,全熔透的T型(十字形焊接接头)焊缝连接可用于双体罐和三体罐的壳体与纵壁(三体罐中还包括2个斜内壁)之间的Y型接头。

E部分 液货舱类型

4.23 C型独立液货舱

4.23.6 试验

4.23.6.1 应对每一压力容器进行静水压试验，试验时，在液货舱顶测得的压力应不小于1.5。在压力试验期间的任何情况下，任意舱计算所得的主膜应力应不超过材料屈服应力的90%。为了确保满足上述条件，若计算表明主膜应力超过屈服强度的75%，则在原型试验时，应采用应变仪或其他合适的设备加以监测，但对于简单的圆柱型或球型的压力容器，可予以除外。

CCS4.23.6.1 对于试验工况下的应力衡准值，应结合模型网格尺寸，按照本规范第2篇附录2第5节表5.6.2(1)取值。

G部分 指 导

4.28 第4章的指导性说明

4.28.1.2中的定义修改如下：

4.28.1.2 ...

式中： α_β = 在任意的 β 方向上，由重力和动载荷引起的无因次加速度(即相对于重力加速度)(见图4.1)。

CCS4.28.1.2.d 对加速度椭球法，应按照本章图4.1进行。

对应于图CCS4.28.1.2.d的椭球方程为：

$$\frac{x^2}{a_x^2} + \frac{y^2}{a_y^2} + \frac{z^2}{a_z^2} = 1$$

对应于某一纵倾角 α 的最大横倾角 $\theta_{\max}(\alpha)$ ：

$$\theta_{\max}(\alpha) = \arctan \left(\frac{a_y}{a_{\neq x}} \sqrt{\frac{a_x^2}{1 - a_z^2} - \tan^2 \alpha} \right)$$

对应于某一横倾角 θ 的最大纵倾角 $\alpha_{\max}(\theta)$ ：

$$\alpha_{\max}(\theta) = \arctan \left(\frac{a_x}{a_y} \sqrt{\frac{a_y^2}{1 - a_z^2} - \tan^2 \theta} \right)$$

式中： a_x, a_y, a_z ——见4.28.2.1。

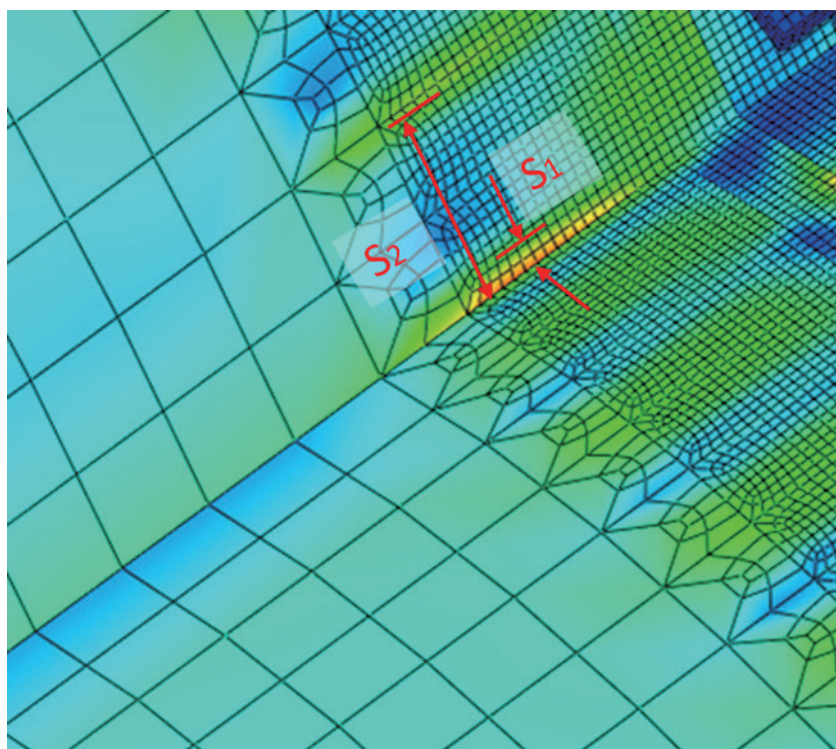
4.28.3.8 一阶局部膜应力系指由于压力或其他机械载荷，以及与在载荷传递到结构其他部位中，初始的或不连续的效应所产生的过度变形有关的膜应力。这种应力虽具有二阶应力的特性，但仍应将其归类于一阶局部膜应力。如果满足下列条件，则可认为应力区域是局部的：

$$S_1 \leq 0.5\sqrt{Rt} \text{ 以及}$$

$$S_2 \geq 2.5\sqrt{Rt}$$

式中： S_1 = 在子午线方向内，等值应力超过的距离；
 S_2 = 在子午线方向内，到超过一阶总体膜应力极限的另一区域的距离；
 R = 容器的平均直径；
 t = 超过一阶总体膜应力极限处的容器壁厚；以及
 f = 许用一阶总体膜应力。

CCS4.28.3.8 S_1 和 S_2 的量取方向见图CCS4.28.3.8。



图CCS4.28.3.8 S_1 和 S_2 的量取方向示意

第5章 处理用受压容器及液体、蒸汽和压力管系

5.7.2 防低温措施

必要时，应对低温管路与其邻接的船体构件进行热隔离。以防止船体温度降低到船体材料的设计温度以下。当液体管路需经常被拆开或预计其可能有液体泄漏时（如通岸接头处和货泵轴封处等），则应对其下方的船体部分提供保护措施。

CCS5.7.2.a 对于存在泄漏风险的位置（如通岸接头、货泵轴封处和法兰处等），应在其下方设置承滴盘，承滴盘应采用耐低温材料制成并通过一根向下并靠近水面的排放管排出舷外，承滴盘处应进行有效的隔热，以保证LNG液货泄漏时，船体或甲板结构不会遭受过冷。

CCS5.7.2.b 必要时，还应对高温管路与其邻接的构件进行热隔离，在气体危险区域管路温度一般不超过220℃。

5.13 试验要求

5.13.1 管路部件的型式试验

5.13.1.1 阀^①

应对拟用于工作温度低于-55℃的每种型式的阀进行下列型式试验：

- .1 每种尺寸和每种型式的阀应每隔一段时间双向向在不超过阀的额定设计压力的全部作业压力和温度范围下进行阀座密性试验。允许的泄漏率应满足主管机关的要求。在试验期间，应验证阀具有良好的工作性能；
- .2 每种尺寸和每种型式的阀应按公认标准对流量进行确认；
- .3 受压部件应至少按额定压力的1.5倍进行压力试验；和
- .4 对于熔点低于925℃的应急截止阀，型式试验应包括按主管机关接受的标准进行的防火试验。

CCS5.13.1.1.4 “材料熔点低于925℃的应急截止阀”不包括此类应急截止阀：因其部件由熔点低于925℃的材料制成，则该部件对阀壳或阀座的密性不起作用。

CCS 5.13.1.a 阀的试验

...

① 参见SIGTTO出版物《用于LNG阀门的选择与试验》。

第6章 构造材料和质量控制

6.5 金属材料的焊接和无损探伤

6.5.5 产品焊缝试验

6.5.5.2 对A型和B型独立液货舱以及半薄膜液货舱的产品焊缝试验应包括：

每50 m的焊缝进行弯曲试验，以及当要求时还应进行以一组3个夏比V型缺口的冲击试验。夏比V型缺口冲击试验试样的缺口应分别交替位于焊缝中心或热影响区(根据焊接工艺试验的结果来确定的最危险的位置)。对于奥氏体不锈钢，所有的缺口应位于焊缝的中心处。

6.6.2 独立液货舱

6.6.2.2 对于用碳钢和碳锰钢制造的C型独立液货舱，如设计温度低于-10℃，则应在焊接后进行焊后热处理。其他各种情况下的焊后处理以及当所用材料不同于上述材料时的焊后热处理均应符合公认标准。热处理的加热温度和保温时间也应符合公认标准。

CCS6.6.2 用除6.6.2.2以外材料的C型独立液货舱的焊后热处理和对于用碳钢或碳锰钢制成的液货舱，CCS均要求进行焊后热处理。用碳钢或碳锰钢以外材料制造的C型独立液货舱，通常可不必进行焊后热处理。

第8章 货物围护的透气系统

8.2 压力释放系统

8.2.3 压力释放阀的调定压力应不高于设计该液货舱时所采用的蒸气压力。当安装两个及两个以上压力释放阀时，具有不超过总释放能力50%的阀可调到MARVS以上5%的压力以允许后续的开启，将不必要的蒸气释放降至最低。

第11章 防火与灭火

11.2.1 对于载运受本规则约束的货品的船舶，不论其尺度大小，均应满足SOLAS公约第II-2/10.2条对货船的要求。但是，当消防泵用于供给本规则11.3.3规定的水雾喷水系统时，则所要求的消防泵的排量以及消防总管和消防水管的直径应不受SOLAS公约第II-2/10.2.2.4.1条和第II-2/10.2.1.3条规定的限制。消防泵的排量应在具有船上使用的最大尺寸水枪的消防水带在至少0.5 MPa(表压)的压力下同时提供2股水柱时使这些区域得到保护。

11.3.1 在载运易燃和/或有毒货品的船上，应安装用于冷却、防火以及船员防护的水雾喷水系统，其范围应包括：

...

- .6 面向货物区域的暴露限界面，例如经常有人的上层建筑和甲板室的舱壁、货物机器处所、装有高度失火危险物品的储藏室和货物控制室。这些区域暴露的水平限界面不要求保护，除非在其上面或下面布置可拆卸的货物管路连接。对不存放高度失火危险物品或设备的无人首楼结构的限界面，不要求水雾喷水保护；

CCS11.3.1 水雾喷水系统也应覆盖安装有内燃机和/或燃料处理装置的舱室、闪点不大于60℃易燃液体储藏室和油漆间面向货物区域的边界。

- .7 面向货物区域的暴露救生艇、救生筏和集合站，不论至货物区域的距离；和

CCS11.3.1.7.a 暴露的登乘站应考虑用喷水系统予以保护。除非救生筏存放在两舷附近，并随时可抛投，救生筏存放位置到船舷之间的暴露的转移路线也应考虑用喷水系统予以保护。

CCS11.3.1.7.b 关于IGC规则的11.3.1.7，船上的救生艇筏，包括面向货物区域的位于远处的救生艇筏(SOLAS第III / 31.1.4条)，应由喷水系统保护，并考虑货物区域按11.1.4为灭火目的所含的区域。

CCS11.3.1.7.c 位于11.3.1.6要求的喷水保护覆盖区域中位于远处的救生筏，可视为受到充分保护。

11.3.3 除11.3.1.4至11.3.1.8所述的表面之外，水雾泵排量应能同时保护下列的大者：

- .1 任何2个完整的横向液货舱群，包括该区域内的任何气体处理装置；或
- .2 对于按1.1.10所述进行营运的船舶，按照11.3.1需特别考虑任何附加失火危险的必要保护和相邻横向液货舱群。

作为替代，也可将主消防泵用作水雾系统供水泵，但其总排量中应增加水雾喷淋系统所需水量。不论在哪种情况下，在货物区域外的消防总管和水雾喷淋系统总管之间，都应设有带截止阀的连接管。

CCS11.3.3.a “2个完整的横向液货舱群”系指任何两组液货舱，其中一组定义为位于从船舷到船舷横向方向的液货舱。如只有一个液货舱占据从船舷到船舷的货舱处所，应视为1个“群”。

CCS11.3.3.b “任何2个完整的横向液货舱群”应代表等于两个最大液货舱群组合面积的区域，包括这些区域内的任何气体处理装置。

11.3.2.1 水雾喷水系统应能覆盖11.3.1.1至11.3.1.8所述的所有区域，用于最大水平投影面的喷射率应至少为每分钟 10 l/m^2 的均匀分布水雾喷水；用于垂直表面，应至少为每分钟 4 l/m^2 。对于不能明确划分水平面或垂直面的结构，水雾喷水系统的排量应不小于水平投影面积乘以每分钟 10 l/m^2 。

11.3.2.2 在垂直表面上，确定用于保护较低区域的喷嘴的间距时，可估算从较高区域流下的水量。为了隔断损坏的管段，在水雾喷水系统总管上应每隔不超过40m安装1个截止阀。或者将系统分成2个或多个区段，可以对每个区段进行独立操作，但应将必要的控制装置集中安装在货物区域外易于到达的位置。用于保护包括11.3.1.1和.2在内的任何区域的1个区段应能至少覆盖该区域的整个横向液货舱群。11.3.1.3中包括的任何气体处理装置可由1个独立的区段服务。

11.3.3 除11.3.1.4至11.3.1.8所述的表面之外，水雾水泵排量应能同时保护下列的大者：

- .1 任何2个完整的横向液货舱群，包括该区域内的任何气体处理装置；或
- .2 对于按1.1.10所述进行营运的船舶，按照11.3.1需特别考虑任何附加失火危险的必要保护和相邻横向液货舱群。

作为替代，也可将主消防泵用作水雾喷水系统供水泵，但其总排量中应增加水雾喷淋系统所需水量。不论在何种情况下，在货物区域外的消防总管和水雾喷淋系统总管之间，都应设有带截止阀的连接管。

CCS11.3.4 不管水雾喷水系统供水泵是否由消防泵兼用，均要求提供额外的1台消防泵或应急消防泵对水雾喷水系统供水，对上述11.3.4条所述处所提供保护。

11.3.5 经CCS认可，通常被用作其他用途的水泵也可向水雾喷淋喷水系统总管供水。

11.3.6 水雾喷水系统中的所有管子、阀、喷嘴和其他附件均应能耐海水腐蚀。货物区域内管路、附件和相关构件(衬垫除外)应设计成能经受 925°C 。水雾喷水系统应布置成具有管线过滤器以防止管道和喷嘴堵塞。另外，应设有用淡水冲洗系统的措施。

11.3.7 对于水雾喷水系统供水泵的遥控起动装置和该系统中任何常闭阀门的遥控操作装置，应将其布置在货物区域外邻近起居处所的合适位置，并能在被保护区域发生火灾时易于进入和对其操作。

11.5.3 任何船舶的转塔舱应由最大被保护水平面施放率不小于 $10\text{ l/m}^2/\text{min}$ 的内部水雾喷水予以保护。如果通过转塔的气流压力超过 4 MPa ，施放率应增至 $20\text{ l/m}^2/\text{min}$ 。系统应设计成保护所有内表面。

第12章 货物区域内的机械通风

12.2.2 对于固定式通风装置，换气次数应为8次/h，对于便携式通风系统，换气次数应为16次/h。

CCS12.2.2.a 应提供便携式机械通风机的类型和数量、其布置及附属装置的细节，以根据相关处所内外部布置予以审核。

~~CCS12.2.2.b 对于独立液货舱货舱处所，如可在小于5小时之内将对应货舱处所满意地完成换风，则可以允许低于本条要求的换风次数。或换风次数2次/小时。也可接受被惰化处所内所有位置处的氧含量在5小时内从0%增至20%。~~

第17章 特殊要求

17.14.10 在火焰包围货物围护系统的情况下，17.18.29和11.3所要求的水雾喷水系统应能自动喷洒。

17.18.29 应设置足够容量的水雾喷水系统，以能有效地覆盖货物集管及与装卸货物有关的露天甲板管系和液货舱气室周围的区域。管路和喷嘴应布置成能使水雾喷水的均匀分布率达到每分钟为10 l/m²。布置应保证能使任何溢出的货物被冲洗干净。

17.18.30 在发生涉及货物围护系统的火灾时，水雾喷水系统应既能就地手动操作又能遥控操作。遥控手动操作应布置成能从货物区域外邻近居住处所的合适位置遥控启动水雾喷水系统的供水泵和遥控操作系统中任何通常关闭的阀，并在被保护区域发生火灾时能易于进入和操作。

17.18.31 除上述水雾喷水要求外，在装卸作业期间，若环境温度许可时，应有随时可用的加压输水软管。

第18章 操作要求

18.2 货物操作手册

18.2.2 手册内容应包括但不限于：

...

.11 应急程序，包括液货舱释放阀隔离、单舱除气、与进入和应急船至船驳运操作。

其他(编辑修改)：

中文版的第3篇第4章中的4.13.2~4.13.10条款的标题文字均应改为粗体。