



中国船级社

小型海船入级规范

2021

2021年9月1日生效

北京

目 录

第1章 通 则.....	1
第1节 一般规定.....	1
第2节 入级符号与附加标志.....	3
第3节 入级检验类别与证书.....	5
第4节 检 验.....	6
第2章 船体结构.....	14
第1节 一般规定.....	14
第2节 纤维增强塑料船.....	16
第3节 钢质船.....	28
第4节 铝合金船.....	36
第5节 门、窗、盖等设施.....	39
第6节 其他结构.....	45
第3章 舾 装.....	47
第1节 舵设备.....	47
第2节 锚泊与系泊设备.....	47
第4章 轮 机.....	49
第1节 一般规定.....	49
第2节 发动机装置.....	50
第3节 汽油机和（或）汽油柜舱室.....	51
第4节 轴系与推进器.....	52
第5节 燃油系统.....	53
第6节 排气系统.....	54
第7节 舱底水设施.....	54
第8节 操舵装置.....	55
第5章 电气装置.....	56
第1节 一般规定.....	56
第2节 电源与照明.....	58
第3节 配电系统及设备.....	60
第4节 锂离子蓄电池组.....	62
第5节 系统保护.....	63
第6节 电 缆.....	64
第7节 船内安装汽油机的附加要求.....	65
第8节 纯电池电力推进船舶的附加要求.....	66
第9节 应用太阳能电池的船舶的补充规定.....	67
第10节 船舶岸电系统的补充规定.....	68
第6章 液化石油气（LPG）动力小船的附加要求.....	70
第1节 一般规定.....	70
第2节 LPG 发动机.....	70

第3节 LPG供气系统.....	71
第4节 布置与通风.....	72
第5节 探测与报警系统.....	73
第6节 消防.....	73
第7节 其他.....	74
第7章 帆船补充规定.....	76
第1节 一般规定.....	76
第2节 船体结构.....	76
第3节 压载龙骨、桅索拉板和桅杆.....	85
第8章 风电运维船补充规定.....	91
第1节 一般规定.....	91
第2节 船体结构.....	91
第3节 轮机.....	91

第1章 通则

第1节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 本规范适用于船长 20m 以下的海上航行船舶。除另有规定外，本规范不适用于下列船舶：

- (1) 军船；
- (2) 游艇；
- (3) 载运闪点（闭杯试验）不超过 60℃ 货油的油船；
- (4) 运输危险品船（包括化学品船和液化气体船）；
- (5) 潜水船舶或半潜水船舶；
- (6) 小水线面船；
- (7) 体育运动船；
- (8) 渔船。

1.1.1.2 适用本规范的船舶，其航区营运限制规定如下：

(1) 近海航区营运限制：系指航行于距岸不超过 200n mile 的海域，船舶满载并以其营运航速航行至庇护地^①；对客船不超过 4h；对货船不超过 8h。如上述某些水域的海况较为恶劣，则 CCS 可视其情况对上述距离提出更严格的要求。如船旗国主管机关或其所在营运区的海岸主管机关对该水域有特定距离的规定时，则应根据该主管机关的规定执行。

(2) 沿海航区营运限制：系指航行于距岸不超过 20n mile 的海域，船舶满载并以其营运航速航行至庇护地；对客船不超过 4h；对货船不超过 8h。如上述某些水域的海况较为恶劣，则 CCS 可视其情况对上述距离提出更严格的要求。如船旗国主管机关或其所在营运区的海岸主管机关对该水域有特定距离的规定时，则应根据该主管机关的规定执行。

(3) 遮蔽航区营运限制：系指航行于沿海航区内，由海岸与岛屿，岛屿与岛屿围成的遮蔽条件较好、波浪较小的海域，在该海域内岛屿之间、岛屿与海岸之间距离不超过 10n mile；或距岸不超过 10n mile 的海域，船舶满载并以其营运航速航行航程时间：对客船不超过 2h，对货船不超过 4h，并限制在蒲氏风级不超过 6 级，目测波高不超过 2m 的海况下航行。

(4) 平静水域营运限制：系指航行于距岸不超过 5n mile 的水域，船舶满载并以其营运航速航行，航程不超过 2h，并限制在蒲氏风级不超过 6 级，目测波高不超过 1m 的海况下航行。

1.1.1.3 对敞开艇应设置营运限制条件，一般在蒲氏风级不超过 6 级，目测波高不超过 1m 的海况下营运，且航程时间不超过 2h。高速敞开艇载客不允许超过 12 人。

1.1.1.4 适用本规范的船舶，其材料可为钢质、铝合金、纤维增强塑料或木质。船舶的材料与建造工艺应符合中国船级社（以下简称 CCS）《材料与焊接规范》的有关规定，木质材料应符合 CCS 接受的公认标准。

1.1.1.5 现有船舶在修理、改装、改建后，至少应满足原先适用相应规范的要求。重大修理、改装、改建，在合理和可行的情况下，修理、改装、改建部分及其相关部分应满足新规范的要求。

1.1.1.6 船舶的稳性、消防、救生、通导和信号等安全设备与环保要求等应符合船旗国主管机关的有关要求。

1.1.1.7 除本规范规定外，产品持证要求按 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 3 章

^① 庇护地系指在船舶处于可能对其安全构成危险的情况下可提供庇护的任何天然或人工的遮蔽地区。

的要求执行。

1.1.2 定义

1.1.2.1 除另有规定外，本规范采用定义如下：

(1) 总长 L_{oa} (m)：系指从船舶的最前端至最尾端船体结构的水平距离。该长度包括船舶的所有结构和组成部件，如首柱或尾柱、舷墙与船体/甲板连接件。该长度不包括不影响船舶结构完整性的可拆卸部件，如帆桁、船首斜撑帆杆、船两端的操纵台、首柱附件、舵、舷外发动机及其安装支架和安装平台、跳水平台、橡皮护舷木、碰垫及压浪板等。对于多体船，应分别测量每一船体的长度，取其中最长者作为总长。

(2) 船长 L (m)：系指沿满载水线由首柱前缘量至舵柱后缘的长度；对无舵柱的船舶，由首柱前缘量至舵杆中心线（对无舵杆船舶，量至尾封板）的长度；对高速船该船长系指船舶静浮于水面时，其刚性水密船体位于设计水线以下部分的总长，但不包括设计水线处及以下的附体。当船舶设计为倾斜龙骨时，其计量长度的水线应与设计水线平行。

(3) 满载排水量 Δ (t)：系指船上所有按规定配备的船员、设备、货物、备品、附件及索具等都装备齐全，并装满燃油、滑油、淡水、食品和供应品，额定乘员全部上船，船处于立即可以启航状态时所排开水的重量。

(4) 满载吃水 d (m)：系指船舶满载静浮水面时，在船长 L 中点处由平板龙骨（不包括压载龙骨）上表面（对纤维增强塑料船和木质船为平板龙骨下表面）量到满载水线的垂直距离。

(5) 船宽 B (m)：系指在船舶的最宽处，由一舷的肋骨外缘量至另一舷的肋骨外缘之间的水平距离；对纤维增强塑料船和木质船为船体两侧外表面之间的最大宽度，不包括护舷材等突出物。对多体船，应量至外侧船体所得的最大宽度。

(6) 型深 D (m)：系指在船长 L 中点处，从平板龙骨（不包括压载龙骨）上缘（对纤维增强塑料船和木质船为平板龙骨下表面）量至甲板舷弧线/船体上缘线的垂向距离。

(7) 甲板舷弧线/船体上缘线：系指甲板与船体的交线，对于圆弧形甲板边缘，为正常的交线；如未设甲板或船体延伸至甲板以上（舷墙），则为船体的上缘线。

(8) 方形系数 C_b ：系指按下式计算所得的船型系数：

$$C_b = \frac{\Delta}{1.025LB_{wl}d}$$

式中： B_{wl} ——满载水线处的船宽，m。

(9) 干舷甲板：系指甲板艇上从首至尾风雨密的连续露天甲板。

(10) 新船：系指本规范生效之日及以后签订建造合同的新建船舶。

(11) 现有船舶：系指除新船以外的船舶。

(12) 高速船：系指其满载排水量时的最大航速 V 同时满足下列两式的船舶：

$$V \geq 7.19 \nabla^{0.1667} \quad \text{kn}$$

$$V \geq 10 \quad \text{kn}$$

式中： ∇ ——满载排水量 Δ 对应的排水体积， m^3 ；

V ——船舶满载排水量时以核定的最大持续推进功率在静水中航行能达到的航速。

(13) 甲板艇：系指从首至尾具有风雨密的连续露天甲板的船舶。

(14) 敞开艇：系指除甲板艇以外的船舶。

(15) 客船：系指载运乘客超过 12 人的船舶。

(16) 货船：系指除客船外的任何船舶。

(17) 帆船：系指以风力推动帆为主要推进动力的船舶。当它迎风航行时，一次可张开的所有帆的侧投影面积总和 A_s （不包括重叠部分）应满足下述要求：

$$A_s \geq 7(\Delta)^{2/3} \quad \text{m}^2$$

式中： Δ ——满载排水量，t。

(18) 机动船：系指主要借助于机械推进装置航行的船舶。

(19) 非机动船：系指机动船以外的船舶。

(20) 乘客：系指除下列人员外的人员。

① 船长和船员，或在船上以任何职业从事或参与该船业务工作的人员；

② 1 周岁以下的儿童。

(21) 船员：系指船上所有为船舶航行及保养船舶、机器、系统和推进与安全航行重要装置而配备的人员或为船上其他人员提供服务的人员。

(22) 乘员：系指船上所有人员，包括乘客、船员。

(23) 重大修理、改装、改建（简称“重大改建”）：系指改变船舶主尺度、船舶类型、分舱水平、承载能力、乘客居住处所，延长船舶营运寿命的改建及船旗国主管机关认为的其他重大改建。

1.1.3 等效与免除

1.1.3.1 对于具有新型结构和新型特性的任何船舶，如应用本规范的任何规定会严重妨碍这些船舶对其特性的应用或这些船舶的营运时，经 CCS 总部同意，可免除规范的任一要求。

1.1.3.2 船上安装的任何装置、材料、设备和器具可以代替 CCS 规范要求的装置、材料、设备和器具，条件是经试验和其他方法证明认定这些装置、材料、设备和器具至少与本规范要求具有同等效能。

1.1.3.3 若对规范要求的计算方法、评定标准、制造程序、材料、检验和试验方法，能提供相应的试验、理论依据、使用经验或有效的公认标准，经 CCS 总部同意，可以接受作为代替和等效方法。

1.1.4 规范解释

1.1.4.1 本规范的解释权属 CCS 总部。

1.1.4.2 如对本规范的英文版本发生歧义，应以中文版为准。

1.1.5 法定检验

1.1.5.1 根据船旗国政府的授权，以及船东或设计单位或建造厂的申请或合同/协议，CCS 将承担部分或全部的船舶法定检验。

1.1.5.2 对拟申请入级 CCS 的船舶，同时 CCS 被授权进行法定检验时，CCS 将对船舶的入级与法定检验结合进行。

1.1.5.3 经 CCS 审图、建造中检验和建造后检验，确认入级部分已符合 CCS 入级规范的要求，并满足相应的法定要求，CCS 将签发相应的法定证书/符合证明和/或报告。

1.1.5.4 由 CCS 进行入级与法定检验的船舶，如入级证书失效，则相关的法定证书也同时失效。

第 2 节 入级符号与附加标志

1.2.1 入级符号

1.2.1.1 凡申请 CCS 入级检验并经批准的船舶，由 CCS 分别授予下列船级符号：

★ 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，并符合本规范的规定。

★ 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，认为其符合本规范的规定。

★ 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，并符合本规范的规定。

★ 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，并符合本规范的规定。

★ 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，认为其符合本规范的规定。

1.2.2 附加标志

1.2.2.1 根据船的具体情况在船级符号后加注船舶类型附加标志和营运限制类别附加标志，各类附加标志详见表 A、表 B、表 C。

1.2.2.2 对小型海船，如申请，也可按照 CCS 相关规范/指南增加附加标志。

1.2.2.3 附加标志的一般标识原则如下：

(1) 附加标志加注在入级符号之后，其中涉及船型及营运限制附加标志加注在★CSA 符号之后，涉及特殊设备和系统的附加标志加注在★CSM 符号之后。

(2) 船舶类型、营运限制附加标志属于必需附加标志，应随入级符号授予。

(3) 一组附加标志之间采用“；”分隔。

(4) 除特别说明，附加标志一般按下列表 A~表 C 的次序排列：

如，一艘按照 CCS 规范进行建造检验，沿海航区营运限制，采用纯电动动力推进并且安装了太阳能光伏系统的高速公务船，则该船入级符号及附加标志为：

★ CSA Public Affair Boat (HSC); Coastal Service Restriction

★ CSM Battery(power); SPV

船舶类型附加标志^①

表 A

附加标志	说 明	
Passenger Boat	小型客船	载运乘客超过 12 人的小型船舶
Cargo Boat	小型货船	用于载运货物的小型船舶
Non-propulsion Boat	小型非机动船	未设置用于航行目的的推进设备的小型船舶
Sailing Boat	帆船	以风力推动帆为主要推进动力的船舶
Tourist Boat	旅游船	设有观光区域并以旅游观光为目的的船舶
Ferry	渡船	具有全通甲板结构，载运乘客（不设卧铺）和/或车辆往返于海峡两岸或岛屿间作定期营运的船舶
Windfarm Service Boat	风电运维船	用于海上风电设施运行维护的专用船舶

如载运乘客超过 12 人，需满足客船技术要求，除非主管机关有特殊规定。

① 符合本规范规定的高速船，将在“船舶类型”附加标志后增加后缀（HSC）。

Public Affair Boat	公务船	用于政府行政管理目的的船舶	该种情况下 仅 授 予 passenger boat 附加标志。
Traffic Boat	交通船	用于运送人员但不从事客运业务的船舶	
X Boat	工作艇	专门从事水上特定业务的船舶，X—以特定业务替代，如： Pilot Boat: 专门从事引水业务的船舶 Anchor Boat: 专门从事锚泊有关作业的船舶 Light Boat: 专门从事航标作业的船舶 Diving Boat: 专门从事潜水作业的工作船舶	
Wooden Boat	木质船	主船体采用木质材料的船舶	

营运限制附加标志

表 B

附加标志	说 明	
Greater Coastal Service Restriction	近海航区营运限制	满足本章第 1 节 1.1.1.2 (1) 要求的船舶授予该标志
Coastal Service Restriction	沿海航区营运限制	满足本章第 1 节 1.1.1.2 (2) 要求的船舶授予该标志
Sheltered Water Service Restriction	遮蔽航区营运限制	满足本章第 1 节 1.1.1.2 (3) 要求的船舶授予该标志
Calm Water Service Restriction	平静水域营运限制	满足本章第 1 节 1.1.1.2 (4) 要求的船舶授予该标志

特殊设备和系统附加标志

表 C

附加标志	说 明	
LPG Fuel	采用液化石油气为燃料	采用液化石油气作为燃料的船舶，可加注该标志
Battery(power)	纯电池动力推进	采用纯电池电力推进的船舶，可加注该标志
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
AMPS	船舶岸电系统	安装了船舶岸电系统船载装置的船舶，可加注该标志

第 3 节 入级检验类别与证书

1.3.1 检验的类别

1.3.1.1 船舶的检验类别分为：

(1) 初次入级检验，包括：

① 新建船舶的建造检验；

② 现有船舶的初次入级检验（包括建造时不是由 CCS 按照本规范进行审图和检验，其后经 CCS 进行检验认为其符合本规范的规定）。

(2) 建造后检验，包括：

- ① 年度检验；
- ② 船底外部及有关项目检验；
- ③ 特别检验；
- ④ 临时检验。

1.3.1.2 船舶出现下列情况之一时，应申请临时检验：

- (1) 发生事故，影响船舶适航性时；
- (2) 改变船舶证书所限定的用途或航区时；
- (3) 证书失效时；
- (4) 船舶所有人或经营人、船名或船籍港的变更时；
- (5) 涉及船舶安全的修理或改装时。

1.3.1.3 在本节所列各种检验项目中，可按各种船的具体情况进行适用项目的检验。

1.3.2 建造后检验的间隔期

1.3.2.1 已取得船级证书的船舶，应按规定的间隔期和第4节1.4.3~1.4.5规定的内容进行建造后检验。

1.3.2.2 年度检验应于证书的每周年日^①前、后3个月内进行。经检验合格，验船师在相应证书上签署，确认证书在规定期限内继续有效。

1.3.2.3 船底外部及有关项目检验对于客船每2年进行1次，对高速船应每年1次，对货船5年内应不少于2次，最长间隔年不超过36个月，但其中1次应在特别检验时进行。经检验合格，验船师在相应证书上签署，确认证书在规定期限内继续有效。

1.3.2.4 特别检验的间隔期对客船不超过2年，对高速船（包括高速客船及高速货船）不超过5年，对货船不超过5年。经检验合格，换发新的相应证书。如在特别检验到期日还未完成特别检验，经CCS同意，可给予不超过3个月的展期。

1.3.3 证书的签发与有效期

1.3.3.1 船舶经初次入级检验，认为其符合本规范或等效规定，将授予入级符号和相应附加标志，并签发船级证书。

1.3.3.2 船舶按照规范规定完成特别检验后，签发新的入级证书。

1.3.3.3 船级证书的有效期对客船不超过2年，对高速船（包括高速客船及高速货船）不超过5年，对货船不超过5年。

1.3.4 证书的失效

1.3.4.1 船舶如未按证书规定的营运条件营运或未按规定实施建造后检验，证书自行失效。

第4节 检验

1.4.1 图纸提交与审图

1.4.1.1 船舶建造前应按本节规定将图纸资料^②送CCS审查。

1.4.1.2 批准的图纸仅在审图申请书上规定的建造艘数范围内有效。批准图纸的有效期为4年。

① 周年日系指入级证书期满之日对应的每年的该月该日。

② 纸质图纸资料送审一式3份。

1.4.1.3 应视情况将下列图纸资料提交 CCS 批准:

- * (1) 总布置图;
- * (2) 基本结构图 (包括主要横剖面结构、首尾结构、舱壁、甲板、上层建筑、典型结构节点图、尾轴架图等);
 - (3) 铺层设计图;
 - (4) 外板展开图;
 - (5) 焊接方式和规格;
 - (6) 主机座和齿轮箱座结构图;
- * (7) 门、窗 (包括安装于水线以下的观察窗, 如适用)、盖的结构, 安装和布置图;
- (8) 舾装数计算书锚泊、系泊、栏杆、扶手和甲板防滑设施图;
- (9) 舵结构图 (包括舵叶、舵杆、舵承及其连接等结构);
- * (10) 机器处所布置图;
- * (11) 机器处所通风布置图;
- * (12) 轴系布置图及螺旋桨图;
- (13) 轴系强度及螺旋桨强度计算书;
- (14) Z 形推进装置或舷内外机的尾机布置图;
- * (15) 操舵系统图;
- * (16) 管系布置图 (包括主、辅机排气管系、燃油管系、消防水管系、舱底水管系);
- (17) 电力负荷计算书 (包括蓄电池容量计算);
- * (18) 电力系统图, 图中应标明:
 - ① 电机、变压器、蓄电池组和电力电子设备的主要额定参数;
 - ② 配电板的所有馈电线;
 - ③ 电缆的型号、截面积和主要额定参数;
 - ④ 断路器和熔断器的型号和主要额定参数。
- * (19) 电力设备布置图 (包括发电机、蓄电池组、配电板等设备的安装位置);
- (20) 照明系统图和布置图;
- * (21) 如适用, 船舶岸电系统船载装置的系统图 (可合并电力系统图中);
- * (22) 如适用, 船舶岸电系统船载装置的布置图 (可合并电力设备布置图中);
- * (23) 船舶在波浪中航行时的限速曲线图、撤离时间计算与撤离分析 (仅适用于高速船)。

1.4.1.4 应视情况将下列图纸资料提交 CCS 备查:

- * (1) 总说明书;
- (2) 线型图;
- (3) 重量重心计算书;
- (4) 静水力曲线图;
- * (5) 船体结构规范计算书;
- (6) 吨位计算书;
- * (7) 窗玻璃厚度计算书;
- * (8) 全船设备明细表;
- (9) 船体建造原则工艺说明书;
- (10) 舵结构强度计算书;
- (11) 安装于水线以下的观察窗的强度计算书、静水压试验及渗漏试验程序 (如适用);
- * (12) 船舶操作手册 (仅适用于高速船)。

1.4.1.5 纯电池电力推进船舶补充要求

- * (1) 电力推进系统单线图，图中应标明：
 - ① 电机、蓄电池和电力电子设备的主要额定参数；
 - ② 电缆型号、截面积和负载电流；
 - ③ 断路器和熔断器的型号和主要额定参数；
 - ④ BMS 系统（如适用）及全船控制电路系统图；
 - ⑤ 配电板的位置等。

(2) 电力推进监测和报警项目表；

- * (3) 电力推进系统半导体变换器（如设有）的布置；
- * (4) 蓄电池及蓄电池舱（室）布置图；
- * (5) 蓄电池舱（室）通风系统图及计算书（如适用）；
- * (6) 蓄电池舱（室）防火结构图；
- * (7) 蓄电池舱（室）温度探测和报警系统图、布置图；
- * (8) 蓄电池舱（室）灭火设备布置图及灭火剂量计算书。

1.4.1.6 液化石油气（LPG）动力船舶补充要求

- * (1) LPG 机器处所、气罐存放处所布置图；
- * (2) LPG 供气系统图；
- * (3) LPG 机器处所、气罐存放处所通风布置图；
- * (4) LPG 探测、报警系统图；
- * (5) LPG 动力系统操作手册。

1.4.1.7 帆船补充要求

- * (1) 全船的帆、帆索及桅杆布置图；
- * (2) 压载龙骨图（包括压载龙骨外形、材料、结构及其与船体的连接等）；
- * (3) 全船桅索拉板布置图（包括与桅索拉板配套的所有桅索的规格与破断负荷）；
- * (4) 桅杆与船体结构的连接图。

1.4.1.8 风电运维船补充要求

- * (1) 应将下列图纸资料提交批准：
 - ① 冗余推进系统技术说明书，应包括实现功能目标的所有设计方案；
 - ② 故障模式与影响分析（FMEA）报告；
 - ③ 试验计划。
- (2) 应将冗余推进系统的操作手册提交备查，操作手册至少包括以下内容：
 - ① 船名和 CCS 船舶登记号；
 - ② 正常操作状态下的推进系统配置简图和说明；
 - ③ 推进系统冗余配置简图和说明；
 - ④ 冗余推进系统的操作步骤说明；
 - ⑤ 船内通信系统的说明；
 - ⑥ 推进机械就地控制的详细说明；
 - ⑦ 实船试验的报告；
 - ⑧ 恶劣海况下的船舶推进能力的说明。

1.4.1.9 太阳能船舶补充要求

- * (1) 光伏系统单线图，图中应标明：
 - ① 太阳能电池组件、光伏控制器和光伏逆变器的主要额定参数；
 - ② 电缆型号、截面积和负载电流。
- * (2) 太阳能电池组件、光伏控制器和光伏逆变器的布置；
- * (3) 光伏系统显示及报警项目表。

1.4.1.10 木质船舶补充要求

(1) 应将下列图纸提交批准:

- * ① 木材干燥、防蛀、防腐、阻燃处理工艺;
- * ② 木材结构接头、节点力学性能试验大纲;
- ③ 木材结构加工与安装工艺。

(2) 将下列图纸提交备查:

- ① 木材物理力学性质试验参考标准、评定方法、实施大纲;
- ② 船体结构木材力学性能试验报告;
- ③ 典型构件接头强度试验报告。

1.4.1.11 提交审查的图纸资料名称可不尽相同,但至少应包括上述图纸资料的内容。除 1.4.1.3~1.4.1.10 外,CCS 可以根据船的实际要求补充提交其他图纸资料。

1.4.1.12 现有船舶初次入级检验核查图纸资料可按 1.4.1.3~1.4.1.10 中带“*”者。

1.4.2 初次入级检验

1.4.2.1 新建船舶船体检验项目如下:

- (1) 确认船体结构所用材料、工艺、设备和装置等符合规范要求,并取得有关船用产品证书;
- (2) 检查船体成型模具;
- (3) 核查建造厂提交的船体板材(包括单板和夹层板)试样的力学性能试验报告;
- (4) 船体装配的正确性、完整性及焊缝质量;
- (5) 船体成型后的检验;
- (6) 检查第一层上层建筑和驾驶室前壁上的外窗的安装质量(包括窗玻璃、窗框及壁板之间的连接);
- (7) 安装于水线以下观察窗的静水压试验和其与船体结构连接部件的渗漏试验(如适用);
- (8) 检查锚泊、系泊设备;
- (9) 倾斜试验。

1.4.2.2 新建船舶轮机、电气检验项目如下:

- (1) 确认必要机械设备的船用产品证书;
- (2) 管系装船后的密性试验;
- (3) 重要机械的安装和试验,如主机、轴系、螺旋桨、齿轮箱、发电机组、重要泵、舵机、锚机、空压机、热交换器、海底阀、舷旁阀等;
- (4) 系统的安装和试验,如燃油、滑油、舱底、压载、消防、通风、测量、加热、冷却、透气、阀门遥控等;
- (5) 确认重要用途的电气设备的产品证书,如主电源、应急电源、主配电板(箱)、应急配电板(箱)、推进装置遥控系统、机舱监测报警系统、阀门遥控系统、船舶岸电系统船载装置(如设有)等;
- (6) 发电机、蓄电池、配电板的检验和试验;
- (7) 电缆规格核查和安装检查;
- (8) 内部通信设备的试验;
- (9) 主机、辅机、操舵系统及控制、通风系统、安全和报警系统的检验和试验;
- (10) 照明系统检查;
- (11) 确认船舶岸电系统船载装置(如设有)的效用。

1.4.2.3 纯电池电力推进船舶补充检验要求

(1) 产品持证要求

验船师应确认电池系统各主要部件，如蓄电池单体、蓄电池模块（蓄电池包）、电池管理系统应经型式认可。电池系统应经产品检验并持有产品证书。

(2) 蓄电池舱（室）检验项目

- ① 蓄电池舱（室）的通道检查；
- ② 蓄电池舱（室）内设备安装检查；
- ③ 蓄电池舱（室）通风系统的试验与检查；
- ④ 蓄电池舱（室）与其他舱室防火分隔的检查；
- ⑤ 蓄电池舱（室）内消防设施的检查；
- ⑥ 蓄电池舱（室）内温度监测装置的检验和试验。

(3) 安装检验

- ① 电池组的布置是否便于更换、检查、测试和清洁；
- ② 电池组与舱壁、甲板的距离是否满足规范要求；
- ③ 电池组是否安装在可能遭受过热、过冷、水溅、蒸汽、其他损害其性能或加速其性能恶化影响的处所内。

(4) 功能检验

- ① 电池的充放电装置的功能试验；
- ② 电池管理系统监测、报警的功能试验；
- ③ 蓄电池舱（室）内消防设备（温度探测等）的功能试验；
- ④ 电池管理系统的安保功能试验；
- ⑤ 电池系统的效用试验。

1.4.2.4 液化石油气（LPG）动力船舶补充检验要求

- (1) LPG 发动机的安装和试验；
- (2) LPG 供气系统的安装、密性和试验；
- (3) LPG 气罐的安装检查；
- (4) LPG 机器处所、气罐处所通风系统的安装和试验；
- (5) LPG 遥控关闭装置的安装和试验；
- (6) 检查 LPG 探头的安装位置、数量并进行 LPG 探测报警系统的试验；
- (7) 防爆设备或防点燃设备的确认和安全检查。

1.4.2.5 帆船补充检验要求

- (1) 检查桅索拉板与船体结构的连接；
- (2) 检查压载龙骨与船底结构的连接；
- (3) 检查桅杆与舱壁、甲板或船底的连接；
- (4) 对升帆和落帆进行效用试验。

1.4.2.6 风电运维船补充检验要求

- (1) 故障模式和影响分析（FMEA）试验；
- (2) 船上应保留 FMEA 试验程序及测试报告。

1.4.2.7 太阳能船舶补充检验要求

- (1) 确认太阳能电池组件、光伏控制器和光伏逆变器符合规定的要求。

1.4.2.8 木质船的补充检验要求

- (1) 壳板与水密舱壁应进行灌水试验；
- (2) 甲板、甲板室围壁与舱口盖应进行冲水试验；
- (3) 露天机舱天棚、驾驶室门窗与其他非水密门窗，应进行淋水试验。

1.4.2.9 根据“系泊和航行试验大纲”进行系泊试验和航行试验。

1.4.2.10 现有船舶的初次入级检验

- (1) 现有船舶初次入级检验中的送审图纸资料按本节 1.4.1.11 的规定。
- (2) 检验项目可视船龄和船的实际状况确定，但至少按年度检验项目进行。对船龄 5 年以上的客船应按换证检验项目进行。

1.4.3 年度检验

1.4.3.1 船体检验项目如下：

- (1) 对纤维增强塑料船，检查船体结构和上层建筑的外表，观察有无裂缝、发白、分层现象；
- (2) 对金属船，检查船体外板、甲板、舱壁等腐蚀现象；
- (3) 检查船体各种连接处有无松动、渗水现象；
- (4) 检查高速船前窗窗框及玻璃连接的有效性；
- (5) 检查安装于水线以下观察窗的有效性（如适用）；
- (6) 检查汽油舷内外机的机舱自然进风口是否有效；
- (7) 检查锚泊设备、系泊设备、舵设备的配置及其有效性；

1.4.3.2 轮机、电气检验项目如下：

- (1) 对推进装置，重要用途的辅机作外部检查。必要时，对某项目可要求进行效用试验；
- (2) 对机器处所进行总体检查；
- (3) 检查主机遥控系统，Z 形推进装置的液压操作系统，并确认其处于良好的工作状态；
- (4) 检查油柜、油箱及燃油系统是否完好，应无渗漏现象；
- (5) 检查操舵装置和控制系统，应在工作状况下进行试验；
- (6) 检查舱底水系统、主机冷却系统等重要管系的使用情况；
- (7) 检查汽油机机舱通风系统及其相关报警信号的有效性；
- (8) 内部通信设备的试验；
- (9) 对发电机、蓄电池组作外部检查，了解其使用情况；
- (10) 电气设备和电缆应尽可能在工作状态下进行总体检查和试验；
- (11) 对接地情况和避雷针的接地情况进行总体检查；
- (12) 如适用，对岸电箱、岸电电缆及其插头进行外部检查，了解其使用情况。

1.4.3.3 纯电池电力推进船舶补充检验要求

- (1) 检查电池、电池管理系统运行记录。当寿命达到厂家规定的寿命或出现损坏时，应予以更换；
- (2) 检查电池间内是否增加热源设备；
- (3) 检查温度探测装置是否正常工作；
- (4) 检查通风系统是否正常工作。

1.4.3.4 液化石油气（LPG）动力船舶补充检验要求

- (1) 对 LPG 机器处所、气罐处所进行总体检查，并确认处所内不存在失火和爆炸危险以及通风系统处于良好工作状态；
- (2) 检查 LPG 主机遥控系统并确认处于良好的工作状态；
- (3) 检查 LPG 供气系统，如发现管路，阀件有较严重腐蚀、漏气现象应及时处理；
- (4) 检查 LPG 探测报警系统的工作情况；
- (5) 对遥控关闭 LPG 供气总阀的机构进行试验；
- (6) 检查防爆电气设备或防点燃电气设备的工作状态；

(7) 检查气罐处所和机舱的底板及有密闭要求的隔壁的密闭性是否良好。

1.4.3.5 帆船补充检验要求

- (1) 检查桅索拉板与船体结构连接的有效性;
- (2) 检查压载龙骨与船底结构连接的有效性;
- (3) 检查桅杆与舱壁或甲板或船底连接的有效性;
- (4) 对升帆和落帆进行效用试验。

1.4.3.6 风电运维船补充检验要求

(1) 检查 FMEA 相关的设备、系统及隔离措施 (如设有), 确认其进行了正常维护, 并处于良好状态。

1.4.3.7 太阳能船舶补充检验要求

- (1) 确认太阳能电池组件、光伏控制器和光伏逆变器处于良好工作状态。

1.4.3.8 木质船补充检验要求

- (1) 检查构件、壳板、甲板、舱壁的腐烂、蛀蚀及损伤情况;
- (2) 检查缝口的松动和舱内的渗漏情况。

1.4.3.9 对高速船, 年度检项目应与特别检验项目相同。

1.4.4 船底外部及有关项目检验

1.4.4.1 船底外部及有关项目检验项目如下:

- (1) 检查水线以下船壳板有无裂缝、损伤及腐蚀程度;
- (2) 检查安装于水线以下观察窗的完整性, 必要时, 还需对观察窗与船体的连接部件进行渗漏试验 (适用时);
- (3) 检查舵、舵柱、舵承、Z 形推进装置、螺旋桨、螺旋桨轴及其轴承、喷水推进、海底阀箱及格栅的完好性;
- (4) 检查船壳上的接地板是否完好。

1.4.5 特别检验

1.4.5.1 特别检验项目除应包括 1.4.3 条年度检验和 1.4.4 条船底外部及有关项目检验项目外, 还应检查下列项目:

- (1) 发动机: 检查气缸、气缸盖、阀、活塞、连杆、曲轴及所有轴承、机座、机架、冷却器、减振器、机带泵等零部件;
- (2) 齿轮箱: 检查大小齿轮、轴、轴承和离合器;
- (3) Z 形推进装置: 检查大、小齿轮、轴、轴承和密封装置;
- (4) 推进机械应在工作状态下进行操纵试验, 主机和 Z 推装置的遥控系统和液压操纵系统应处于良好工作状态;
- (5) 抽出螺旋桨轴, 检查轴、衬套、键、锥体和法兰圆角、尾管轴承和油封装置以及螺旋桨与轴锥体的配合情况;
- (6) 喷水推进器: 检查叶轮、轴、轴封、进出水通道导向喷嘴、反向装置和控制机构并测量叶轮和导管间隙;
- (7) 电气设备和电路的绝缘电阻测量;
- (8) 发电机、蓄电池和操舵电动机 (如设有) 应进行检验和在工作状态下进行运转试验;
- (9) 重要设备用电动机连同其控制设备应进行检查, 并应尽可能在工作状态下进行运转试验;
- (10) 配电板 (箱) 应进行检验, 确认其处于良好的工作状态;

(11) 确认船舶岸电系统船载装置（如设有）的效用。

1.4.5.2 纯电池电力推进船舶补充检验要求

(1) 温度监测系统的效用试验；

(2) 通风系统的效用试验；

(3) 电池管理系统的效用试验。

1.4.5.3 液化石油气（LPG）动力船舶补充检验要求

(1) LPG 主机在工作状态下进行操纵试验，主机遥控系统处于良好工作状态；

(2) 必要时，检查 LPG 气罐，如发现罐体有较严重腐蚀、漏气应及时处理或更换。

1.4.5.4 风电运维船补充检验要求

(1) 检查确认 FMEA 相关的设备、系统及隔离措施（如设有）状态。必要时，抽查 FMEA 试验。

1.4.5.5 本章 1.4.5.1 中（1）～（4）项目，可检查其维修保养记录作为替代。

1.4.5.6 玻璃钢船的船体层板不应有渗水现象和明显的发白、分层。

1.4.5.7 对金属船，在其第 2 个及以后特别检验时，应对船壳板可疑区域进行测厚检查。

第 2 章 船体结构

第 1 节 一般规定

2.1.1 适用范围

2.1.1.1 本章适用于以纤维增强塑料、钢和铝合金为船体材料的船舶，包括高速船。对于总长 L_{oa} 小于 6m 的船舶，其构件尺寸可根据实船投落试验来验证^①。

2.1.1.2 木质船舶的材料、结构与布置应符合 CCS 接受的公认标准^②。

2.1.2 定义

2.1.2.1 主要骨材：系指龙骨、纵桁、实肋板、强肋骨、强横梁等船体结构中的主要构件。

2.1.2.2 次要骨材：系指纵骨、肋骨、横梁、舱壁扶强材等船体结构中的次要构件。

2.1.2.3 骨材间距 s (m)：除另有规定外，对于次要骨材取其间距，对主要骨材系指其承载面积的平均宽度。

2.1.2.4 骨材跨距 l (m)：除另有规定外，当骨材端部设置肘板时，跨距点可取在肘板长度之半处；当骨材端部不设置肘板时，跨距点取在骨材端部。对龙骨、实肋板、强肋骨等船体主要骨材，与之相交的舱壁或甲板可作为该主要骨材的端点。当中内龙骨处船体横剖面上呈小于 130° 角的硬角点时，该处可作为实肋板的跨距点。对甲板及上层建筑的主要骨材（如强横梁、甲板纵桁等），除舱壁外，与之相交的支柱点也可作为该主要骨材的端点。如主要骨材支撑处的结构能有效地防止该骨材在该处转动或位移，则该支撑处可取作该主要骨材的端点。

2.1.2.5 骨材剖面模数 W (cm^3)：系骨材连同有效宽度带板的要求值，且假定骨材的腹板与带板相垂直。如骨材的腹板与带板不垂直，且其腹板与带板的夹角 α 小于 75° 时，其实际剖面模数 W 可按下式近似确定： $W = W_0 \sin \alpha$ ， cm^3 ，其中： W_0 ——假定腹板与带板垂直时的剖面模数， cm^3 。

2.1.2.6 骨材带板的有效宽度 b_e (mm)：对于纤维增强塑料船体结构的骨材按本章 2.2.1.8 规定取值；对于金属船体结构的骨材按本章 2.3.1.5 规定取值。

2.1.2.7 局部计算压力作用点：受非均布载荷的垂向板，取板的下缘。对于纵骨、横梁、肋骨和舱壁扶强材等次要骨材，一般取其跨距中点。如次要骨材上的载荷呈非线性分布时，计算压力的作用点取其跨距中点压力与骨材两端压力平均值中之大者。对于龙骨、实肋板、强肋骨、强横梁、纵桁等主要骨材，取其承载区域的中点。

2.1.2.8 船底区域：系指平板龙骨（或龙骨）至舳部上转角之间的区域。

2.1.2.9 舷侧区域：系指舳部上转角至舷侧外板顶部的区域。

2.1.3 结构与布置原则

2.1.3.1 船体结构的设计应使船舶能承受整个营运期间可能遭遇的最大外力。

2.1.3.2 船体纵向构件应尽可能在全船范围内保持连续。

2.1.3.3 船体主要横向构件即船底的肋板、舷侧肋骨与甲板的横梁，应布置在同一横剖面内，并可靠连接，构成一个连续而封闭的横向框架。

2.1.3.4 对于型深小于 0.9m 的船舶，如船底外板或舷侧外板无纵向骨材加强，则应在

① 具体可参见《小艇-艇体结构与构件尺寸-第 5 部分：单体船设计压力，设计应力，构件尺寸的确定》(ISO 12215-5) 附录 B。

② 具体可参见《小艇-艇体结构与构件尺寸》(ISO 12215)。

船底或舷侧采取折角、折边等措施加强，并按 2.1.4 要求校核船体的总纵强度。

2.1.3.5 纵骨架式船体结构的纵骨间距与横骨架式结构的肋骨间距一般应不大于 500mm。

2.1.3.6 除机舱外，船底实肋板的间距：对于横骨架式船舶，应不大于 2 个肋位；对于纵骨架式船舶，应不大于 4 个肋位。

2.1.3.7 除另有规定外，船底龙骨的间距及龙骨至舭部折角线或舭部圆弧中点的间距应不大于 2m。

2.1.3.8 纤维增强塑料船体的平板龙骨宽度或帽型龙骨的围长应不小于 0.1B，其厚度应不小于相邻船底板厚度的 1.5 倍；金属船体的平板龙骨的宽度应不小于 600mm，其厚度应在该位置处船底板厚度的基础上加厚 1.2mm，且在整个船长范围内保持不变。

2.1.3.9 船体外板与甲板上应尽量避免开口，如需开口，开口角隅应为圆角，圆角半径应为 12%b（b 为开口宽度），但不必超过 300mm。对于大开口（如货舱、机舱、客舱下陷的开口等），尚应根据具体情况，采用加厚板或覆板等方法予以补偿。

2.1.3.10 上层建筑或甲板室侧壁上的开口，如门、窗、孔，其开孔角应尽可能为圆角。

2.1.3.11 对尾轴架、舵柱及其附体等贯穿船体处的外板，或锚泊、系泊、拖带的强力点部位的结构应予以适当加强。

2.1.3.12 对钢质支柱或铝合金支柱的要求，可按照 CCS《海上高速船入级与建造规范》的有关规定。其他材料的支柱，应经 CCS 认可。

2.1.3.13 车辆甲板和车辆跳板结构，应满足 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 9 章的有关规定。

2.1.3.14 可以采用直接计算法校核船体结构，但船体板厚还需满足本章规定的最小板厚要求。

2.1.3.15 如在水线以下的船体外板上开有观察窗，应采用整船结构强度直接计算法校核满载工况下的船体结构强度，计算方法参见 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章第 5 节 1.5.7 相关内容，屈服和屈曲强度评估参见 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 18 章附录 1 相关内容。对于高速船，还应按照 CCS《海上高速船入级与建造规范》附录 2、3、5 的适用要求进行直接计算。

2.1.4 船体总强度

2.1.4.1 对于船长 L 大于等于 15m 的金属船体高速船，如为 L/D 大于等于 12 或船中 0.5L 区域内的强力甲板上具有宽度超过 0.25B 的开口（如有多个舱口并列，则该宽度取为各舱口宽度之和）的甲板艇，或为敞开艇，均应按 CCS《海上高速船入级与建造规范》的相关规定校核其船体梁总纵强度。

2.1.4.2 对于船长 L 大于等于 15m 的纤维增强塑料船，如其船体（或片体）的尺度符合 L/D 大于等于 12，则应按 CCS《海上高速船入级与建造规范》的相关规定校核其船体梁总纵强度。也可仅校核该船的船中剖面模数 W，应不小于按下式计算所得的 W_0 之值：

$$W_0 = fL^2 B_{WL} (C_b + 0.7) \quad \text{cm}^3$$

式中：f——系数， $f = 0.25L + 24$ ；

L——船长，m；

B_{WL} ——满载水线处的船宽，m；

C_b ——船舶的方形系数。

2.1.4.3 上述 2.1.4.2 条规定的最小船中剖面模数 W_0 要求是以玻璃纤维无捻粗纱正交布铺糊成型的标准铺层设计单层板的力学性能为基准。对于其他纤维铺层设计，若其单层板的

强度与标准铺层设计层板的强度不一致时，最小船中剖面模数 W_0 可乘以下列规定的系数 K 进行修正：

$$K=180/\sigma_t$$

式中： σ_t ——层板的极限拉伸强度， N/mm^2 。

2.1.4.4 纤维增强塑料船的船中剖面模数 W 的计算：

(1) 所有在船中 $0.4L$ 范围内连续的船体纵向构件均可计入船中剖面模数。但上述构件上的开孔面积应予以扣除；

(2) 船中 $0.4L$ 范围内，长度超过 $0.2L$ 的上层建筑一般可认为参与总纵强度。但如上述上层建筑的侧壁上有大量开孔，且开孔纵向孔径之和超过该建筑长度之半，则认为该建筑不参与总纵强度；

(3) 对采用夹层结构作为部分船体构件的船舶，可引入“相当剖面模数 W_e ”的概念。船体梁总纵弯曲时，由若干夹层结构构件组成的船中相当剖面模数 W_e 应按下式计算：

$$W_e = \frac{\sum(E_i I_i)}{EY} \quad \text{cm}^3$$

式中： E ——计算点处材料的弹性模量， N/mm^2 ；

Y ——计算点至船中剖面中和轴的垂向距离， cm ；

E_i 、 I_i ——分别为船中剖面的各个构件材料的弹性模量 (N/mm^2) 和各个构件对船中剖面中和轴的惯性矩 (cm^4)。

如夹层结构芯材采用泡沫塑料、轻木等无效芯材时，则计算船中剖面模数时，船中剖面中所有这类夹层构件的芯材不予计入。

2.1.4.5 对于船长 L 大于等于 $15m$ ，且 L/D 大于等于 12 的纤维增强塑料船还应校核船体的刚度，即船体的船中横剖面对其中和轴的惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$I = 4.0W_0L \quad \text{cm}^4$$

式中： W_0 ——按 2.1.4.2 和 2.1.4.3 计算所得的最小船中剖面模数值， cm^3 。

2.1.4.6 对于所有多体船均应校核其连接桥结构的总横强度和扭转强度。强度衡准和校核方法可参照 CCS《海上高速船入级与建造规范》的相关规定。

第 2 节 纤维增强塑料船

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 本节规定适用于以纤维增强塑料为船体结构材料的船舶。

2.2.1.2 建造纤维增强塑料船的工厂需经船厂适检条件评估。建造厂应对建造施工质量进行严格控制。

2.2.1.3 纤维增强塑料的层板的试件力学性能指标应符合 CCS《材料与焊接规范》规定的最低要求。

2.2.1.4 以玻璃纤维增强的层板的厚度 t 可按下式求得：

$$t = \left(\frac{1}{\gamma_R G} + \frac{1}{\gamma_G} - \frac{1}{\gamma_R} \right) W \quad \text{mm}$$

式中： W ——层板单位面积中的玻璃纤维毡或/和玻璃布的纤维总重量， kg/m^2 ；

G ——层板中总名义玻璃纤维含量比,可按 CCS《材料与焊接规范》有关规定确定;

γ_R ——经固化后的树脂比重, g/cm^3 ,若无实测数据,可取 1.2;

γ_G ——玻璃纤维毡或纤维布的比重, g/cm^3 。若无实测数据,可取 2.5。

2.2.1.5 纤维增强塑料层板的板厚应为不计胶衣及修整复合物或其他非增强材料时的厚度。

2.2.1.6 不同区域的船体层板厚度应缓慢变化,过渡区的宽度至少为厚度差的 30 倍。

2.2.1.7 骨材的几何尺寸应符合:

(1) 对帽型骨材,其腹板高度与其单侧腹板厚度之比应不超过 30,面板宽度与其厚度之比应不超过 20;

(2) 对 T 型剖面的骨材,其腹板高度与厚度之比不应超过 20,其面板宽度与其厚度之比不应超过 10;

(3) 对其他剖面型式的骨材另行考虑。

2.2.1.8 骨材带板的有效宽度 b_e 应按下述规定选取:

(1) 带板为单层板时,取下列算得的小者:

$$b_e = s, \quad b_e = 23t + b_s \quad \text{mm}$$

(2) 带板为夹层板时:

如芯材为泡沫塑料、轻木等无效芯材时,取下列算得的小者:

$$b_e = s, \quad b_e = 11d \quad \text{mm}$$

如芯材为胶合板等有效芯材时,取下列算得的小者:

$$b_e = s, \quad b_e = 35d \quad \text{mm}$$

式中: t ——带板为单层板时的带板厚度, mm;

d ——带板为夹层板时带板的内、外面板厚度中心线的距离, mm;

b_s ——骨材的净宽度, mm。

2.2.1.9 骨材或其夹层板带板的芯材若采用松木、胶合板等有效材料时,其剖面模数计算可计入芯材的影响。但在计算芯材的剖面积时,应乘以芯材的弯曲弹性模量与层板材料的弯曲弹性模量之比。

2.2.1.10 如船体肋骨或纵骨间距满足 2.1.3.5 的规定不切实际时,允许间距超过 500mm,但此时构件尺寸还须满足局部强度及船体总纵强度和刚度的要求。

2.2.2 机舱结构布置与尾封板的附加要求

2.2.2.1 对于单机船的机舱或平底船,允许以主机基座纵桁或两道旁内龙骨(左右对称各 1 道)代替中内龙骨。该主机基座纵桁或旁内龙骨或中内龙骨均不应在舱壁处突然中断,应各自在舱壁背面处向外延伸,其延伸长度应不小于 2 个肋位。

2.2.2.2 主机基座的结构应具有足够的强度和刚度。作为主机基座的桁材一般应在每个肋位处设置横隔板和横肘板,以确保有效支承。

2.2.2.3 为增加主机基座纵桁的抗压和抗弯刚度,可采用木材或铝合金型材作主机基座纵桁的芯材,但该芯材应与表层纤维增强塑料以及船底板有效连接。

2.2.2.4 机舱内的骨架应保持结构的连续性,避免应力集中。

2.2.2.5 船底为横骨架式时,机舱内的每个肋位应设置实肋板;船底为纵骨架式时,机舱内可每隔一个肋位设置实肋板。上述实肋板的剖面模数应较本节 2.2.3.4 (1) 和 2.2.4.6 (1) 要求的剖面模数增加 10%,且实肋板与主机基座桁材应有效连接。

2.2.2.6 机舱的舷侧应设置强肋骨，强肋骨应设置在实肋板处，其间距应不大于 4 个肋位。机舱处肋骨和强肋骨的剖面模数应较 2.2.3.4 (1) 和 2.2.4.6 (4) 要求的剖面模数增加 10%。

2.2.2.7 尾封板应满足以下要求：

(1) 尾封板的厚度应不小于舷侧板厚度的 1.2 倍，其扶强骨材的要求与舷侧扶强骨材要求相同。

(2) 尾封板的设计应确保由安装在尾封板上的推进装置引起的弯矩和推力传递至船体结构时不产生过大的应力。

(3) 通常，安装舷外机或尾推进装置的尾封板应采用芯材为胶合板或类似刚性材料的夹层板。该尾封板的总厚度一般应不小于表 2.2.2.7 (3) 的要求。

尾封板总厚度

表 2.2.2.7 (3)

发动机功率 kW	尾封板总厚度 (舷外机) mm	尾封板总厚度 (尾推进装置) mm
18 至<30	30	35
30 至<60	35	40
60 至<150	40	45
150 至<250	45	50
≥250	按具体情况作特别考虑	按具体情况作特别考虑

2.2.3 高速船船体结构的构件尺寸

2.2.3.1 船重心处的垂向加速度

(1) 取船重心处垂向加速度百分之一最大值的平均值 a_{cg} ，作为确定结构设计载荷的设计加速度值。该设计加速度值最终由船东或设计部门确定，选择合理的 a_{cg} 值。

(2) 船舶在海浪中高速航行时，其重心处的垂向加速度 a_{cg} 与该船航区营运限制对应的有义波高 $H_{1/3}$ 和船在该有义波高 $H_{1/3}$ 下航行的航速 V_H 三者的关系如下：

$$a_{cg} = \frac{1}{426} \left(\frac{V_H}{\sqrt{L}} \right)^{1.4} \left(\frac{H_{1/3}}{B_{WL}} + 0.07 \right) (50 - \beta) \left(\frac{L}{B_{WL}} - 2 \right) \frac{B_{WL}^3}{\Delta} g \quad \text{m/s}^2$$

式中： g ——重力加速度，取 9.81 m/s^2 ；

V_H ——船在有义波高 $H_{1/3}$ 的波浪中航行的航速，kn；

$H_{1/3}$ ——有义波高，m。对近海航区营运限制，取 $H_{1/3\max} = 6\text{m}$ ；对沿海航区营运限制，

取 $H_{1/3\max} = 4\text{m}$ ；对遮蔽航区营运限制，取 $H_{1/3\max} = 2\text{m}$ ；对平静水域营运限制，

取 $H_{1/3\max} = 1\text{m}$ ；

L ——船长，m；

B_{WL} ——满载水线处的船宽，m，系指船满载排水量状态时静浮于水面，沿满载水线量得的最大型宽。对于多体船，系指满载水线处片体最大型宽之和；

β ——船体重心处横剖面的船底升角 ($^\circ$)，见图 2.2.3.1 (2)，取 $\beta_{\max} = 30^\circ$ ， $\beta_{\min} = 10^\circ$ ；

Δ ——满载排水量，t。

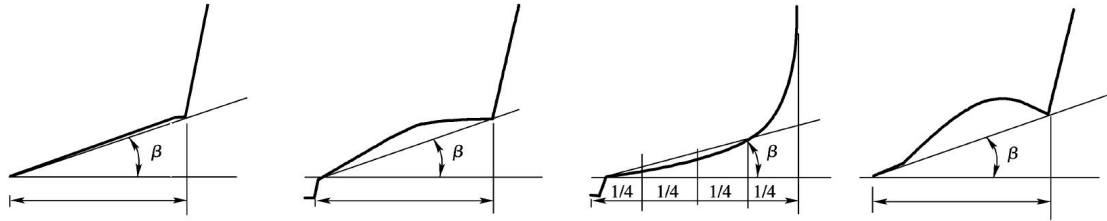


图 2.2.3.1 (2)

(3) 由设计部门提出几组 $H_{1/3} \sim V_H$ 的对应值, 按 (2) 公式可算得对应的一组 a_{cg} 值。由船东或设计部门从中选定一个 a_{cg} 值作为船重心处垂向加速度的设计值。应将该设计值 a_{cg} 所对应的 $H_{1/3} \sim V_H$ 曲线, 记录在该船的操作手册中, 并制成标牌固定展示在驾驶室内, 以提示船长在风浪中航行时, 适当控制船速, 确保船重心处的垂向加速度不超过设计值。

2.2.3.2 局部计算压力

(1) 船底波浪冲击压力 P_{sl} 应按下式计算, 但应不小于按本节 2.2.3.2 (3) 确定的对应位置处的舷侧压力:

$$P_{sl} = 1.16K_{l1} \left(\frac{\Delta}{nA} \right)^{0.3} \frac{50 - \beta_x}{50 - \beta} a_{cg} d \quad \text{kN/m}^2$$

式中: K_{l1} ——纵向压力分布系数。船中前 K_{l1} 取=1, 尾端取 $K_{l1}=0.5$, 尾端与船中之间用线性插值法求得;

Δ ——满载排水量, t;

A ——计算压力点的计算面积, m^2 ;

对于板格: A 通常取不大于 $2.5s^2$; 其中 s 为板格短边长度, m;

对于加强筋或桁材: 取 A =承载宽度 \times 跨距;

但对于板或骨材, A 最终取值均不应小于 $0.002\Delta/d$;

n ——片体数, 对单体船取 $n=1$; 对双体船取 $n=2$;

β 、 β_x ——分别为船重心处横剖面与计算点横剖面处的船底升角 ($^\circ$), 见图 2.2.3.1

(2), 它们的最大值与最小值均为 30° 与 10° ;

a_{cg} ——设计垂向加速度, m/s^2 , 按本节 2.2.3.1 取值;

d ——满载吃水, m。

(2) 双体船连接桥底以及全垫升气垫船与水翼船脱离水面的船底波浪冲击压力 P_{wd} , 均由下式确定, 但应不小于按本节 2.2.3.2 (3) 确定的对应位置处水线以上舷侧压力:

$$P_{wd} = K_{l2} \left(\frac{\Delta}{A} \right)^{0.3} a_{cg} \left(1 - \frac{H_{lx}}{CL} \right) \quad \text{kN/m}^2$$

式中: K_{l2} ——纵向压力分布系数。按以下规定取值:

船首 $L/3$ 区域: 对于双体船, 取 $K_{l2}=2.6$;

对于水翼船, 取 $K_{l2}=1.3$;

对于全垫升气垫船，取 $K_{j2} = 2.1$ ；

船中以后区域：各类船均取 $K_{j2} = 1.3$ ；

船首 $L/3$ 与船中之间的区域，用线性插值法求得；

Δ 、 A 、 a_{cg} ——同上述 (1)；

H_{tx} ——连接桥底或全垫升气垫船或水翼船脱离水面的船底压力计算点在设计水线

以上的高度，m，但最大值不得超过 CL ；

C ——系数， $C = 0.066 - 0.000175L$ 。

(3) 舷侧计算压力 P_s 由下式确定：

$$P_s = 9.81h + 0.15P_{sl} \quad \text{kN/m}^2$$

式中： h ——从舷侧板最低点到舷侧处干舷甲板上缘（甲板艇）或舷侧顶板上缘（敞开艇）的垂直距离，m；

P_{sl} ——该处船底的波浪冲击压力， kN/m^2 。

(4) 甲板计算压力 P_d 按下式计算：

$$\text{露天甲板} \quad P_d = C(0.25L + 4.6) \quad \text{kN/m}^2$$

非露天干舷甲板、第一层上层建筑/甲板室的非露天甲板及其他参与总强度的内部甲板

$$P_d = 0.1L + 4.6 \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{其他非露天甲板} \quad P_d = 4.5 \quad \text{kN/m}^2$$

式中： C ——系数：

$C=1.05$ 近海航区营运限制

$C=1.0$ 沿海航区营运限制

$C=0.9$ 遮蔽航区营运限制

$C=0.85$ 平静水域营运限制

(5) 舱壁计算压力 P_h 按下式计算：

$$\text{水密舱壁、防撞舱壁及其扶强材} \quad P_h = 10h \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{液体舱壁及其扶强材} \quad P_h = 10h_d + 10 \quad \text{kN/m}^2$$

式中： h ——板的下缘或扶强材跨距的中点至甲板的垂直距离，m；

h_d ——板的下缘或扶强材跨距的中点至液舱顶的垂直距离，m。

(6) 上层建筑和甲板室的计算压力 P 按下式计算：

$$\text{前端壁及扶强材} \quad P = C(0.3L + 5) \quad \text{kN/m}^2$$

$$\text{侧壁、尾端壁及扶强材} \quad P = 0.2L + 2.5 \quad \text{kN/m}^2$$

顶板及扶强材 $P=3$ kN/m²

式中：L——船长，m。

C——系数：

C=1.05 近海航区营运限制

C=1.0 沿海航区营运限制

C=0.9 遮蔽航区营运限制

C=0.85 平静水域营运限制

2.2.3.3 层板结构尺寸

(1) 单层板的最小板厚 t_{\min} 按下式计算：

$$t_{\min} = K_0 \sqrt{L} \quad \text{mm}$$

式中：K₀——系数，由表 2.2.3.3 (1) 查取；

L——船长，m。

系数 K₀

表 2.2.3.3 (1)

系数	船底外板 连接桥底板	舷侧板	甲板板	上层建筑、甲板室			舱壁		机座
				前端壁	侧后壁	顶板	水密 舱	防撞舱、液 舱	
K ₀	1.30	1.15	1.00	1.00	0.85	0.85	1.10	1.20	1.90

(2) 单层板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 44.8Cs \sqrt{\frac{P}{\sigma_{fmu}}} \quad \text{mm}$$

式中：C——板格长边 l 与短边 s 之比的修正系数，按如下取值：

$$C = \frac{l}{s} \left(1 - 0.25 \frac{l}{s} \right) \quad \text{如 } l/s < 2 \quad ;$$

$$C = 1.0 \quad \text{如 } l/s \geq 2 \quad ;$$

σ_{fmu} ——层板的极限弯曲强度，N/mm²；

P——船体局部强度计算中，构件单位面积上承受正压力的设计值，按本节 2.2.3.2 计算；

s——板格短边长度，取该板格长边上两相邻骨材的间距，若骨材为帽形骨材，则应扣除帽型骨材的底边宽度 w，见图 2.2.3.3 (2)，m；

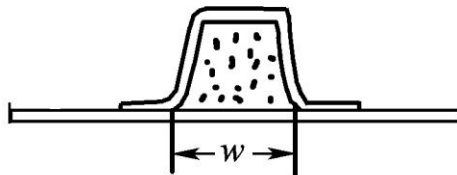


图 2.2.3.3 (2)

l——板格长边长度，取该板格长边上骨材的跨距，m。

(3) 夹层板面板的最小厚度（单面） t_{\min} 按下式计算：

$$t_{\min} = K_0 \sqrt{L} \quad \text{mm, 且不小于 2.0mm, 对于外面板}^{①};$$

$$t_{\min} = K_0 \sqrt{L} - 0.5 \quad \text{mm, 且不小于 1.5mm, 对于内面板}^{②};$$

式中: K_0 ——系数, 由表 2.2.3.3 (3) 查取;

L ——船长, m。

系数 K_0

表 2.2.3.3 (3)

系数	船底外板 连接桥底板	舷侧板	甲板板	上层建筑、甲板室			舱壁		机座
				前端壁	侧/后壁	顶板	水密舱	防撞舱、液 舱	
K_0	0.6	0.5	0.45	0.45	0.35	0.35	0.4	0.45	0.8

(4) 夹层板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = \frac{1.428}{K} \left(1 + \frac{1}{\gamma} \right) \frac{sP}{\tau_c} \quad \text{mm}$$

式中: γ ——两面板厚度中心线的距离与两面板平均厚度之比, 且 $6 \leq \gamma \leq 14$;

τ_c ——夹层板芯材的极限剪切强度, N/mm^2 ;

K ——系数,

对聚氨酯泡沫塑料芯材夹层板, $K = 1.86 - 0.06\gamma$, 且 $K \geq 1$;

对聚氯乙烯泡沫塑料芯材夹层板, $K = 1.95 - 0.079\gamma$, 且 $K \geq 1$;

对胶合板芯材夹层板, K 取 1.0。

P 、 s ——见本节 2.2.3.3 (2)。

2.2.3.4 骨材弯曲强度

(1) 骨材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = K \frac{l^2 s P}{\sigma_{fmu}} \quad \text{cm}^3$$

式中: σ_{fmu} ——层板的极限弯曲强度, N/mm^2 ;

K ——系数, 由表 2.2.3.4 (1) 查取;

P ——见本节 2.2.3.3 (2)。

系数 K

表 2.2.3.4 (1)

名称	K	
	龙骨、强肋骨、实肋板、强横梁、纵桁	纵骨、肋板、肋骨、横梁、扶强材
船底 连接桥底	480	400
舷侧	480	400
甲板	480	400
上层建筑	—	400
水密舱壁	—	400

① 外面板系指板的一个侧面持续受到液体的浸沉或可能受到局部机械磨损或冲击载荷。

② 内面板系指板的另一个不承受上述载荷的侧面。

名称	K	
	龙骨、强肋骨、实肋板、强横梁、纵桁	纵骨、肋板、肋骨、横梁、扶强材
液体舱壁 防撞舱壁	—	480

(2) 对龙骨如按上述(1)计算剖面模数不切实际时,其剖面模数可另行考虑,但至少应同时满足下述条件:

①中内龙骨的剖面模数应至少为该处实肋板剖面模数的1.5倍,旁内龙骨的剖面模数应与该处实肋板的剖面模数相当。

②船体总纵强度要求。

(3) 斜底船实肋板的腹板高度可从纵中剖面向舷侧逐渐减小。对于船长L大于6m的船舶,离纵中剖面3/8船宽处的实肋板腹板高度不得小于纵中剖面处实肋板腹板高度的1/2。

2.2.3.5 桁材剪切强度

(1) 桁材的有效腹板面积 A_e 按下式计算:

$$A_e = 0.01h_w t_w \quad \text{cm}^2, \quad \text{端部无肘板}$$

$$A_e = 0.01h_w t_w + \delta A_e \quad \text{cm}^2, \quad \text{端部有肘板}$$

式中: h_w ——计算剖面处减去开孔后的腹板有效高度, mm;

t_w ——纤维增强塑料腹板的总厚度, mm;

δA_e ——端部有肘板时的附加剪切面积, cm^2 , 按肘板面板的水平倾角 θ 取值,

见图2.2.3.5(1)。当 $\theta=45^\circ$ 时, $\delta A_e=0.9 f_1$; $\theta=0^\circ$ 时, $\delta A_e=0$; θ 为中间值时, 可用

插入法求取 δA_e 。其中 f_1 为计算剖面处肘板面板的截面积, cm^2 。

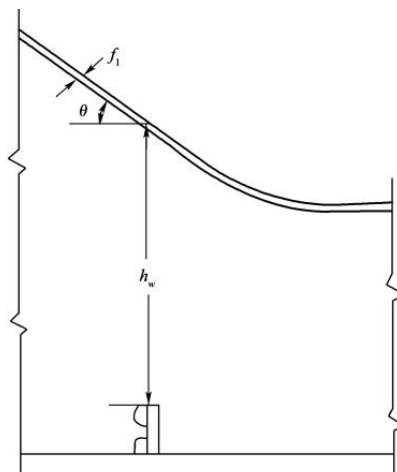


图 2.2.3.5 (1)

(2) 按上述(1)计算所得的有效腹板面积 A_e 应不小于按下式计算所得之 $A_{e\min}$ 值:

$$A_{e\min} = \frac{25.5slP}{\tau_c}$$

式中： τ_c ——桁材腹板的面内纵横剪切强度^①，N/mm²；

P ——见本节 2.2.3.3 (2)。

2.2.4 非高速船船体结构的构件尺寸

2.2.4.1 一般要求

(1) 本部分规定的船体结构尺寸是以玻璃纤维无捻粗纱正交布铺糊成型的标准铺层设计的层板的力学性能为基准。

(2) 对于非标准铺层设计的层板，考虑其层板的力学性能与标准铺层设计的层板不同，对本部分规定的构件尺寸可乘以下列修正系数 K 进行修正：

$$\text{①对于板厚度修正： } K = \sqrt{\frac{180}{\sigma_{fmu}}}$$

式中： σ_{fmu} ——非标准铺层设计的层板的极限弯曲强度，N/mm²；

$$\text{②对于骨材剖面模数修正： } K = 180/\sigma_t$$

式中： σ_t ——非标准铺层设计的层板的极限拉伸强度，N/mm²；

③对于极限弯曲强度和/或拉伸强度大于 400 N/mm² 的层板，除应进行上述修正外，还应对由该层板构成的船体的刚度进行校核。

2.2.4.2 外板

(1) 如外板采用单层板，其最小板厚应符合 2.2.3.3 (1) 的要求。

(2) 单层板的船底板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 13.4s\sqrt{h} \quad mm$$

式中： s ——板格短边长度，见 2.2.3.3 (2)，m；

h ——从船底板最低处的下缘到舷侧处于舷甲板上缘（甲板艇）或舷侧顶板上缘（敞开艇）的垂直距离，m。

(3) 对航行于平静水域营运限制的船舶，当吃水小于型深的 0.35 倍时，船底单层板的厚度可分别取按本条 (2) 计算所得之值的 0.9 倍。

(4) 单层板的舷侧板厚度 t 在船中部 0.4L 区域内，应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 12.4s\sqrt{h} \quad mm$$

式中： s ——板格短边长度，见 2.2.3.3 (2)，m；

h ——从舷侧板最低点到舷侧处于舷甲板上缘的垂直距离，m。

(5) 单层板的舷侧板厚度 t 在船中部 0.4L 区域以外可向首尾两端逐渐减薄，首尾端处的厚度可为船中部区域厚度的 0.85 倍。

^① 具体可参见《纤维增强塑料复合材料—用±45°张力试验法测定平面剪应力/剪应变特性, 包括平面切变模量和剪切强度》(ISO 14129: 1997)。

(6) 若外板为夹层板, 夹层板面板的最小厚度(单面) t_{\min} 应符合 2.2.3.3 (3) 的要求。

(7) 夹层板外板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = \frac{11hs}{\tau_c} \quad mm$$

式中: s ——板格短边长度, 见 2.2.3.3 (2), m ;

h ——对船底板, 见本条 (2); 对舷侧板, 见本条 (4);

τ_c ——夹层板芯材的极限剪切强度, N/mm^2 。

(8) 首尾部分的外板(尾封板除外) 如采用夹层板, 其厚度应不小于船中部的的外板厚度。

2.2.4.3 甲板

(1) 甲板计算压头 h 按下式选取:

露天甲板 $h=C(0.02L+0.46) \quad m$

非露天干舷甲板、第一层上层建筑/甲板室的非露天甲板及其他参与总强度的内部甲板

$h=0.01L+0.46 \quad m$

其他非露天甲板 $h=0.45 \quad m$

式中: C ——系数:

$C=1.05$ 近海航区营运限制

$C=1.0$ 沿海航区营运限制

$C=0.9$ 遮蔽航区营运限制

$C=0.85$ 平静水域营运限制

(2) 采用单层板的甲板在船中部 $0.4L$ 区域内的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 16.2s\sqrt{h} \quad mm$$

式中: s ——板格短边长度, 见 2.2.3.3 (2), m ;

h ——甲板计算压头, m ; 按本条 (1) 选取。

(3) 采用单层板的露天甲板在船中部 $0.4L$ 区域以外的厚度, 可向船端部逐渐减薄, 但其厚度应不小于船中部露天甲板厚度的 0.85 倍。

(4) 若甲板为夹层板, 则甲板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = \frac{11hs}{\tau_c} \quad mm$$

式中: s ——板格短边长度, 见 2.2.3.3 (2), m ;

h ——甲板计算压头, m ; 按本条 (1) 选取;

τ_c ——夹层板芯材的极限剪切强度, N/mm^2 。

2.2.4.4 舱壁板

(1) 采用单层板的舱壁板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = 12.2s\sqrt{h} \quad mm$$

式中: s ——板格短边长度, 见 2.2.3.3 (2), m ;

h ——计算压头, m ; 自舱壁板下缘量至舱顶的垂直距离。

(2) 若舱壁板为夹层板, 则夹层板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = \frac{11hs}{\tau_c} \quad \text{mm}$$

式中：s——板格短边长度，见 2.2.3.3 (2)，m；

h——计算压头，m；自舱壁板下缘量至舱顶的垂直距离；

τ_c ——夹层板芯材的极限剪切强度，N/mm²。

(3) 计算防撞舱壁的构件尺寸时，其计算压头 h 应为其相应规定高度的 1.25 倍。

2.2.4.5 上层建筑和甲板室壁板

(1) 上层建筑或甲板室前端壁、侧壁、后壁和顶板的计算压头 h 应按下式计算：

前端壁 $h=C(0.02L+0.5) \quad \text{m}$

侧壁和后端壁 $h=0.02L+0.25 \quad \text{m}$

顶板 $h=0.3 \quad \text{m}$

式中：C——系数：

C=1.05 近海航区营运限制

C=1.0 沿海航区营运限制

C=0.9 遮蔽航区营运限制

C=0.85 平静水域营运限制

(2) 采用单层板的上层建筑壁板或甲板室壁板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 11.7s\sqrt{h} \quad \text{mm}$$

式中：s——板格短边长度，见 2.2.3.3 (2)，m；

h——计算压头，m；按上述 (1) 的有关规定选取。

(3) 上层建筑壁板或甲板室壁板为夹层板时，夹层板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = \frac{11hs}{\tau_c} \quad \text{mm}$$

式中：s——板格短边长度，见 2.2.3.3 (2)，m；

h——计算压头，m；按上述 (1) 的有关规定选取；

τ_c ——夹层板芯材的极限剪切强度，N/mm²。

2.2.4.6 骨材

(1) 实肋板的剖面模数 W 应不小于按下式计算之值：

$$W = 15.4sDl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——实肋板间距，m；

D——型深，m；

l——实肋板跨距，m；若设有纵舱壁，则取纵舱壁与舷侧或纵舱壁之间跨距的大者。

斜底船实肋板的腹板高度可从纵中剖面向舷侧逐渐减小。对于船长 L 大于 6m 的船舶，离纵中剖面 3/8 船宽处的实肋板腹板高度不得小于纵中剖面处实肋板腹板高度的 1/2。

(2) 单底船中内龙骨的腹板高度应不小于该处实肋板的高度，其剖面模数至少应为该处实肋板剖面模数的 1.5 倍，且其旁内龙骨的剖面模数应与该处实肋板的剖面模数相当。

(3) 船底纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=25.7shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

h——计算压头, m; 在纵骨跨距中点处自船底板下缘量至舷侧处干舷甲板上缘的垂直距离;

l——纵骨跨距, m; 实肋板之间或实肋板与舱壁之间的距离, 取大者。

(4) 肋骨:

① 肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=24shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s——肋骨间距, m;

l——肋骨跨距, m; 对船底肋骨, 取龙骨之间或龙骨至舷侧之间的距离, 取大者; 对舷侧肋骨, 取船底板上表面至甲板间的垂直距离;

h——计算压头, m; 对船底肋骨, 取肋骨跨距中点处自船底板下缘量至舷侧处干舷甲板上缘的垂直距离; 对舷侧肋骨, 取肋骨跨距中点至干舷甲板边线的垂直距离。

② 强肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=22.6shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s——强肋骨间距, m;

h——计算压头, m, 自强肋骨跨距中点至干舷甲板边线的距离;

l——强肋骨的跨距, m。

(5) 舷侧纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=22.6shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s——纵骨间距, m;

h——计算压头, m; 船中部舷侧处从纵骨至干舷甲板边线的距离;

l——纵骨跨距, m; 强肋骨之间或强肋骨与舱壁之间的距离, 取大者。

(6) 甲板横梁

① 甲板横梁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=19.6shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s——横梁间距, m;

h——甲板计算压头, m; 按本节 2.2.4.3 (1) 的有关规定选取;

l——横梁跨距, m; 船侧与纵桁 (纵舱壁) 或纵桁与纵桁之间的距离, 取大者。

② 甲板强横梁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=17.0shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s——甲板强横梁间距, m;

h——甲板计算压头, m; 按本节 2.2.4.3 (1) 的有关规定选取;

l——甲板强横梁跨距, m; 船侧与船侧之间, 船侧与支柱之间或支柱与支柱之间的距离, 取较大者。

(7) 甲板纵骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=21.0shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s——纵骨间距, m;

h——甲板计算压头, m; 按本节 2.2.4.3 (1) 的有关规定选取;

l——纵骨跨距, m; 强横梁之间或强横梁与舱壁之间的距离, 取大者。

(8) 甲板纵桁:

① 甲板纵桁与龙骨应尽可能设置在同一平面内。

② 甲板纵桁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=17.1bh l^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：b——甲板纵桁支承面积的平均宽度，m；

l——纵桁跨距，m；支柱之间或支柱与舱壁之间的距离，取大者；

h——甲板计算压头，m；按本节 2.2.4.3 (1) 的有关规定选取。

③ 如甲板纵桁上有集中载荷作用时，其剖面模数 W 除应满足上述②要求之外，尚应增加按下式计算所得之值：

$$W=0.102cPl \quad \text{cm}^3$$

式中：P——集中载荷，kN；

l——纵桁跨距，m，同上述②；

c——系数，按表 2.2.4.6 (8) 选取；表中 a 为 P 的作用点至纵桁两支点间较远一点的距离，m。

系数 c

表 2.2.4.6 (8)

a/l	0.94	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60	0.50
c	3.56	8.32	14.06	18.22	21.39	22.77	23.73	24.75

(9) 舱壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W=Kshl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m；

h——计算压头，m；自扶强材跨距中点量到舱顶的垂直距离；

K——系数，按下列情况选取：

扶强材两端用肘板连接，K=21.67；

扶强材一端用肘板连接，K=28.87；

扶强材两端削斜，K=34.61。

(10) 上层建筑或甲板室的骨架

① 上层建筑或甲板室的甲板骨架尺寸应符合 2.2.4.6 (6) ~ (8) 的有关规定。

② 上层建筑或甲板室的围壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之

值：

$$W=20.3shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m，取扶强材的实际长度；

h——计算压头，m；按 2.2.4.5 (1) 的有关规定选取。

第 3 节 钢质船

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 本节规定适用于以钢为船体结构材料的船舶。

2.3.1.2 船体结构设计与布置原则除应满足本章第 1 节 2.1.3 要求外，还应满足以下要求：

(1) 计入总纵强度的船底龙骨的腹板应穿过水密横舱壁，或保持等效连续。

(2) 机舱的每个肋位应设置实肋板，在推力轴承处须另行加强。对于纵骨架式非高速船的机舱区域，允许每隔一个肋位设置实肋板。

(3) 机舱内的主机座前后端须设置实肋板。

(4) 尾封板的厚度应不小于舷侧板的厚度，但当尾封板上安置推进装置时，尾封板的厚度应不小于舷侧板厚度的 1.2 倍。

2.3.1.3 钢质船的船体总强度应满足本章第 1 节 2.1.4.1 和 2.1.4.6 的规定。

2.3.1.4 计算板厚取整规定为：计算所得的板厚，如小数等于或小于 0.25mm 时，可予以不计；大于 0.25mm 且小于 0.75mm 时，应进为 0.5mm；等于或大于 0.75mm 时，应进为 1.0mm。

2.3.1.5 计算骨材剖面模数时，骨材带板的有效宽度 b_e 应按下述规定选取：

对于次要骨材： $b_e = s$ ；

对于主要骨材： $b_e = 0.3s \left(\frac{l}{s} \right)^{2/3}$ ，但不大于 $l/5$ ；

2.3.2 高速船船体结构的构件尺寸

2.3.2.1 船重心处的垂向加速度和船体局部计算压力的确定，与本章第 2 节 2.2.3.1 和 2.2.3.2 的规定相同。

2.3.2.2 板厚

(1) 最小板厚 t_{\min} 按下式计算确定：

对于单体船和双体船： $t_{\min} = K_0 \sqrt[3]{L}$ mm

对于水翼船： $t_{\min} = 0.85K_0 \sqrt[3]{L}$ mm

对于全垫升气垫船： $t_{\min} = 0.8K_0 \sqrt[3]{L}$ mm

式中： K_0 ——系数，查表 2.3.2.2 (1)。

系数 K_0 表 2.3.2.2 (1)

构件名称		K_0
船底外板		1.40
连接桥底板		1.30
舷侧外板		1.30
主甲板板		纵骨架式：1.10 (不小于 3mm) 横骨架式：1.30
非露天甲板板		0.90
舱壁板		1.00
上层建筑、甲板室	前端壁	1.20
	侧壁、后壁	0.86
	顶板	0.65 (不小于 2mm)
主机座 ⁽¹⁾		1.90

注：(1) 任何船型高速船的主机座的最小板厚，均按 $t_{\min} = K_0 \sqrt[3]{L}$ 计算。

(2) 船底组合型材 (包括机座) 应满足下列要求：

① 腹板最小板厚 t_{\min} 应不小于按下式计算所得值：

$$t_{\min} = \frac{h}{70} \sqrt{\frac{\sigma_s}{235}} \quad \text{mm}$$

式中： h ——腹板高度或腹板加强筋间距的小者，mm；

σ_s ——型材材料的屈服强度，N/mm²。

② 面板最小板厚 t_{\min} 应不小于按下式计算所得值：

$$t_{\min} = \frac{b}{15} \sqrt{\frac{\sigma_s}{235}} \quad \text{mm}$$

式中： b ——面板宽度，mm；

σ_s ——型材材料的屈服强度，N/mm²。

(3) 板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = K_1 C_1 C_2 s \sqrt{\frac{P}{\sigma_s}} \quad \text{mm}$$

式中： K_1 ——系数，查表 2.3.2.2 (3)，其间区域可采用线性插值法求得；

s ——板格短边长度，见 2.2.3.3 (2)，m；

P ——设计压力，按本章 2.2.3.2 要求计算所得值；

σ_s ——材料屈服强度，N/mm²；

C_1 ——曲率板的折减系数， $C_1 = 1 - 0.5 s/r$ ， r 为板的曲率半径，m；

C_2 ——板格长边 l 与短边 s 之比的修正系数，按如下取值：

$$C_2 = \frac{l}{s} \left(1 - 0.25 \frac{l}{s} \right), \quad \text{如 } l/s < 2$$

$$C_2 = 1.0, \quad \text{如 } l/s \geq 2$$

式中： l ——板格长边长度，见 2.2.3.3 (2)，m。

系数 K_1

表 2.3.2.2 (3)

名称		K_1		
		距首垂线 0.1L 处以前	船中 0.4L 区域	距尾垂线 0.1L 处以后
船底、连接桥底		21.5	25.0	21.5
舷侧	近船底	21.5	25.0	21.5
	近中和轴	20.5	纵骨架式：20.5 横骨架式：21.5	20.5
	近甲板	20.5	25.0	20.5
甲板（包括上层建筑/甲板室顶板）		纵骨架式：20.5 横骨架式：21.5	25.0	纵骨架式：20.5 横骨架式：21.5
上层建筑/甲板室围壁		21.5		
舱壁	防撞舱壁	21.5		
	水密舱壁	19.0		
	液舱舱壁	21.5		

2.3.2.3 骨材弯曲强度

(1) 骨材剖面模数 W （包括带板）应不小于按下式计算所得之值：

$$W = K_2 \frac{l^2 s P}{\sigma_s} \quad \text{cm}^3$$

式中： K_2 ——系数，查表 2.3.2.3 (1)；

P 、 σ_s ——同本节 2.3.2.2 (3)。

系数 K_e

表 2.3.2.3 (1)

名称	次要骨材			主要骨材
	纵骨	横梁、肋骨、肋板	扶强材	龙骨、强肋骨、实肋板、强横梁、纵桁
船底、连接桥底	136	150	—	150
舷侧	128	150	—	150
甲板（包括上层建筑/甲板室顶板）	甲板：212 顶板：150	150	—	150
上层建筑/甲板室前、侧壁	—	—	150	150
上层建筑/甲板室后壁	—	—	150	150
舱壁	防撞舱壁、液舱壁	—	150	150
	水密舱壁	—	110	110

2.3.2.4 骨材剪切强度

(1) 纵骨端部的有效剪切面积 A_e 应不小于按下式计算所得之 $A_{e\min}$ 值：

$$A_{e\min} = 22.67 \frac{(l-s)sP}{\sigma_s} \quad \text{cm}^2$$

有效剪切面积 A_e 应按下式计算：

$$A_e = 0.01ht \quad \text{cm}^2$$

式中： h ——纵骨腹板高度，mm；

t ——纵骨腹板厚度，mm；

P 、 σ_s ——同本节 2.3.2.2 (3)。

(2) 桁材端部的有效剪切面积 A_e 应不小于按下式计算所得之 $A_{e\min}$ 值：

$$A_{e\min} = 13.5 \frac{s l P}{\sigma_s} \quad \text{cm}^2$$

有效剪切面积 A_e 应按下式计算：

$$A_e = 0.01h_w t_w \quad \text{cm}^2, \quad \text{端部无肘板时}$$

$$A_e = 0.01h_w t_w + \delta A_e \quad \text{cm}^2, \quad \text{端部有肘板时}$$

式中： h_w ——计算剖面处减去开孔后的腹板实效高度，mm；

t_w ——腹板厚度，mm；

P 、 σ_s ——同本节 2.3.2.2 (3)；

δA_e ——端部有肘板时的附加剪切面积，按肘板面板的水平倾角 θ 取值，见本章第 2 节的图 2.2.3.5 (1)。当 $\theta=45^\circ$ 时， $\delta A_e=0.9 f_1$ ； $\theta=0^\circ$ 时， $\delta A_e=0$ ； θ 为中间值时，可用插入法求法。 f_1 为计算剖面处肘板面板的截面积， cm^2 。

2.3.3 非高速船船体结构的构件尺寸

2.3.3.1 一般规定

(1) 本部分规定适用于横骨架式的常规钢质船。

(2) 按本部分规定计算所得构件尺寸系对沿海航区营运限制船舶的要求，对近海航区营运限制的船舶应按下述①的规定予以加强；对遮蔽航区营运限制及平静水域营运限制的船舶可按下述②~④的规定予以折减：

① 船底板、舷侧板、强力甲板及上层建筑或甲板室前端壁的厚度应较按本部分规定计算厚度增加 5%；船体骨架构件的剖面模数应较按本部分规定计算的剖面模数增加 5%。

② 船底板、舷侧板和强力甲板的厚度允许较按本规定计算厚度减小 8%，但减小后的船底板、舷侧板和强力甲板的最小厚度，对于 L 大于等于 10m 船舶应不小于 4mm；对 L 小于 10m 船舶应不小于 3.5mm。

③ 船体骨架构件的剖面模数允许较按本规定计算的剖面模数减小 10%；对于实肋板、内龙骨的腹板厚度只允许减少 0.5mm。

④ 上层建筑和甲板室的围壁板、甲板板允许较按本规定计算厚度减小 0.5mm，但最小厚度均不应小于 3.0mm。上层建筑和甲板室骨架构件的剖面模数允许减少 10%。

2.3.3.2 船体外板与甲板

(1) 船底板的厚度 t 应不小于按下两式计算所得之值，且不小于 4mm：

$$t=0.062s(L+170) \quad \text{mm}$$

$$t=6.5s\sqrt{d}+1 \quad \text{mm}$$

式中：s——肋骨间距，m；

L——船长，m；

d——吃水，m。

(2) 舷侧板的厚度 t 应不小于按下两式计算所得之值，且不小于 4mm：

$$t=0.07s(L+115) \quad \text{mm}$$

$$t=6s\sqrt{d} \quad \text{mm}$$

式中：s——肋骨间距，m；

L——船长，m；

d——吃水，m。

(3) 强力甲板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，且不小于 4mm：

$$t=1.05s\sqrt{L+75} \quad \text{mm}$$

式中：s——横梁间距，m；

L——船长，m。

(4) 下层甲板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值，且不小于 4mm：

$$t=10s \quad \text{mm}$$

式中：s——横梁间距，m。

2.3.3.3 船体骨架

(1) 实肋板在中纵剖面处，腹板高度 h ，腹板厚度 t 及面板剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

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

$$t = 0.01h + 3 \quad \text{mm}$$

$$A = 4.8d - 3 \quad \text{cm}^2$$

式中：B——船宽，对于多体船为单个片体宽度，m；

d——吃水，m。

(2) 肋板的面板厚度应不小于其腹板厚度，面板宽度应不小于面板厚度的 10 倍，但亦不必大于 15 倍。

(3) 机舱内肋板腹板的厚度应不小于中内龙骨腹板的厚度。

(4) 中内龙骨的高度应与实肋板高度相同，其腹板厚度 t 和面板剖面积 A 应不小于按下式计算所得之值：

$$\text{船中部 } 0.4L \text{ 区域内： } t = 0.06L + 6.2 \quad \text{mm}$$

$$\text{船端 } 0.075L \text{ 区域内： } t = 0.05L + 5.5 \quad \text{mm}$$

$$A = 0.65L + 2 \quad \text{cm}^2$$

式中：L——船长，m。

(5) 首尖舱内的中内龙骨可与肋板等高、等厚和具有相同的面板剖面积。

(6) 旁内龙骨的尺寸应与该处实肋板的尺寸相同。在机舱内，旁内龙骨腹板的厚度应不小于中内龙骨腹板的厚度。旁内龙骨的间距应不大于 2.5m。

(7) 肋骨的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = Csd l^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——肋骨间距，m；

d——吃水，m；

l ——肋骨跨距，m，但取值应不小于 \sqrt{D} ，其中 D 为型深；

C ——系数，按下式计算确定：

$$C = \frac{2 + 0.65 \frac{d}{D}}{1.45 - \frac{\sqrt{D}}{l}}, \quad \text{其中 } D \text{ 为型深，m。}$$

(8) 当舷侧设置纵桁支持肋骨时，按上述 (7) 计算的肋骨剖面模数可以减少一半。

(9) 机舱内应设置间距不大于 4 个肋距的强肋骨，强肋骨应从内底延伸到上甲板。其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 5sh l^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——强肋骨间距，m；

l ——强肋骨跨距，m；

h ——强肋骨跨距中点至甲板边线的垂直距离，m。

(10) 舷侧纵桁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 7.8bh l^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：b——舷侧纵桁支持的宽度，m；

l ——舷侧纵桁跨距, m;
 h ——舷侧纵桁跨距中点至船中部上甲板边线的垂直距离, m。
 (11) 舷侧纵桁的剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值:

$$I=2.5Wl \quad \text{cm}^4$$

式中: W ——舷侧纵桁的剖面模数, cm^3 ;
 l ——舷侧纵桁跨距, m。

2.3.3.4 甲板骨架

(1) 甲板骨架的计算压头 h 按表 2.3.3.4 (1) 选取, 表中的 h_0 按下式计算:

$$h_0=0.025L+0.45 \quad \text{m}$$

式中: L ——船长, m。

压 头

表 2.3.3.4 (1)

甲板位置	甲板骨材的计算压头 h (m)
1. 首垂线 0.15L 以前的露天强力甲板	1.2 h_0
2. 首垂线 0.15L 以后的露天强力甲板	h_0 , 但不小于 0.8m
3. 露天甲板装载甲板货的区域	$P+0.3$ 或 h_0 , 取较大者
4. 上层建筑及甲板室区域内强力甲板用于居住及堆放杂物时, 平台甲板、第一层甲板室甲板	0.8 h_0
5. 上层建筑或第一层甲板室以上各层甲板	依次取 0.6 h_0 、0.4 h_0 、..., 但不小于 0.45m

注: 1) 表中 P 为载货甲板上与所载货物重量相当的水柱高度 (m);

2) 液货舱甲板 (平台) 计算压头 h 应不小于至舱顶溢流管顶处的高度 (m)。

(2) 甲板横梁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=3.5C_1shl^2+C_2Dd \quad \text{cm}^3$$

式中: s ——横梁间距, m;
 l ——横梁跨距, m; 但取值不小于 2m;
 h ——甲板骨材的计算压头, m; 按本条 (1) 选取;
 D ——型深, m;
 d ——吃水, m;
 C_1 ——系数, 对露天强力甲板 $C_1=0.0065L+0.61$, 其余甲板 $C_1=1$;
 C_2 ——系数, 对单甲板船的强力甲板 $C_2=0.8$, 其余甲板 $C_2=0.5$ 。

(3) 甲板强横梁的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=5shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s ——强横梁间距, m;
 l ——强横梁跨距, m;
 h ——甲板骨材的计算压头, m; 按本条 (1) 选取。

(4) 甲板纵桁剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=4.75bh^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: b ——甲板纵桁支承面积的平均宽度, m;
 l ——甲板纵桁跨距, m;
 h ——甲板骨材的计算压头, m; 按本条 (1) 选取。

(5) 甲板纵桁剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值:

$$I=2Wl \quad \text{cm}^4$$

式中: W ——甲板纵桁剖面模数, cm^3 ;

l ——甲板纵桁跨距, m 。

2.3.3.5 舱壁

(1) 水密舱壁板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值, 且不小于 4.5mm :

$$t=4.2s\sqrt{h} \quad \text{mm}$$

式中: s ——扶强材间距, m ;

h ——在舷侧处, 从列板下缘量到舱壁甲板的垂直距离, m ; 但取值不小于 2.5m 。

(2) 防撞舱壁板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值, 且不小于 4.5mm :

$$t=4.7s\sqrt{h} \quad \text{mm}$$

式中: s 、 h ——见本条 (1)。

(3) 舱壁最下列板厚度应较计算所得值增大 0.5mm , 污水沟及舱底污水井处应增大 1.5mm , 尾轴管通过处的舱壁板厚度应增大 1 倍。

(4) 水密舱壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=Cshl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s ——扶强材间距, m ;

h ——由扶强材跨距中点量到舷侧处舱壁甲板的垂直距离, m , 但取值不小于 2m ;

l ——扶强材跨距, m , 当设有桁材时, 为扶强材末端与桁材之间或桁材与桁材之间的距离, 取大者;

C ——系数, 按下列情况选取:

$C=6$ ——扶强材端部不连接或与无扶强的板直接连接;

$C=3$ ——扶强材端部用肘板连接; 扶强材端部直接同纵向构件搭接; 扶强材端部与甲板或桁材腹板直接连接, 但甲板或桁材的另一边应设有与之连接且与该扶强材在同一直线上的至少为剖面相同的相邻构件。

(5) 防撞舱壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=1.25Cshl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s 、 h 、 l 、 C ——见上述 (4)。

2.3.3.6 上层建筑和甲板室

(1) 本条适用于上层建筑和甲板室的围壁扶强材及其甲板骨材的标准间距 s_0 为 500mm 。如果实际间距 s 大于标准间距 s_0 , 则本条涉及的上层建筑和甲板室的以下各要求板厚值应乘以 $\sqrt{s/s_0}$ 。

(2) 上层建筑前端壁板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t=0.025L+4 \quad \text{mm}, \quad L \geq 10\text{m 时}$$

$$t=0.025L+3.5 \quad \text{mm}, \quad L < 10\text{m 时}$$

式中: L ——船长, m 。

(3) 上层建筑后端壁的板厚可较上述 (2) 计算所得之值减小 0.5mm 。

(4) 上层建筑端壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=3.5shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中: s ——扶强材间距, m ;

l ——扶强材跨距, m, 但取值不小于 2m;

h ——扶强材计算压头, m, 按如下选取:

前端壁取 $0.132L(d/D)^{2.5}$, 但不小于 $0.008L+2.5$ m;

后端壁取 $0.045L(d/D)^2$, 但不小于 $0.004L+1.25$ m;

其中, L 为船长 (m), d/D 为吃水型深比。当 $d/D < 0.7$ 时取 0.7, $d/D > 0.8$ 时取 0.8。

(5) 上层建筑舷侧板厚度应符合下述要求:

① 桥楼舷侧板厚度与船中部舷侧板厚度相同;

② 首楼和尾楼舷侧板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t=0.04L+4 \text{ mm}, \quad L \geq 10\text{m 时}$$

$$t=0.04L+3.5 \text{ mm}, \quad L < 10\text{m 时}$$

式中: L ——船长, m。

(6) 上层建筑舷侧骨材应符合本节 2.3.3.3 (7) 的有关要求。

(7) 上层建筑甲板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t=0.035L+4 \text{ mm}, \quad L \geq 10\text{m 时}$$

$$t=0.035L+3.5 \text{ mm}, \quad L < 10\text{m 时}$$

式中: L ——船长, m。

(8) 上层建筑甲板骨材应符合本节 2.3.3.4 的有关要求。

(9) 甲板室围壁板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t=0.025L+3.5 \text{ mm}$$

式中: L ——船长, m。

(10) 甲板室围壁扶强材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值:

$$W=3.5shl^2 \text{ cm}^3$$

式中: s 、 l ——见本节 2.3.3.6 (4);

h ——扶强材的计算压头, m, 按如下选取:

甲板室前端壁取 $0.12L(d/D)^{2.5}$, 但不小于 $0.008L+2.5$ m;

甲板室侧壁、后端壁取 $0.045L(d/D)^2$, 但不小于 $0.004L+1.25$ m。

其中, L , d/D 同 2.3.3.6 (4)。

(11) 甲板室甲板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t=0.04L+3 \text{ mm}$$

式中: L ——船长, m。

第 4 节 铝合金船

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 本节规定适用于铝合金船体结构的船舶。对全垫升气垫船, 其结构应满足 CCS《海上高速船入级与建造规范》的要求。

2.4.1.2 船体结构设计及布置原则应满足本章第 1 节 2.1.3 和第 3 节 2.3.1.2 的规定。

2.4.1.3 船体总强度应满足本章第 1 节 2.1.4.1 和 2.1.4.6 的相关规定。

2.4.1.4 计算板厚的取整规定, 与第 3 节 2.3.1.4 条规定相同。

2.4.1.5 骨材带板有效宽度 b_e 的选取, 与第 3 节 2.3.1.5 条规定相同。

2.4.2 重心处的垂向加速度

2.4.2.1 船舶重心处的垂向加速度的确定与本章第 2 节 2.2.3.1 相同。

2.4.3 局部计算压力

2.4.3.1 船底、舷侧、甲板、舱壁和上层建筑等处的局部计算压力要求与本章第 2 节 2.2.3.2 相同。

2.4.4 板

2.4.4.1 最小板厚 t_{\min} 按下式计算确定：

$$\text{对于单体船和双体船： } t_{\min} = K_0 \sqrt[3]{L} \quad \text{mm}$$

$$\text{对于水翼船： } t_{\min} = 0.85K_0 \sqrt[3]{L} \quad \text{mm}$$

$$\text{对于全垫升气垫船： } t_{\min} = 0.8K_0 \sqrt[3]{L} \quad \text{mm}$$

式中： K_0 ——系数，查表 2.4.4.1；

L ——船长，m。

系数 K_0

表 2.4.4.1

构件名称		K_0
船底外板		1.55
连接桥底板		1.40
舷侧外板		1.40
主甲板板		纵骨架式：1.40 横骨架式：1.50
非露天甲板板		1.16
舱壁板		1.16
上层建筑、甲板室	前端壁	1.30
	侧壁、后壁	0.92
	顶板	0.80
主机座 ⁽¹⁾		1.90

注：(1) 任何船型高速船的主机座的最小板厚，均按 $t_{\min} = K_0 \sqrt[3]{L}$ 计算。

2.4.4.2 船底组合型材（包括机座）应满足下列要求：

(1) 腹板最小板厚 t_{\min} 应不小于按下式计算所得值：

$$t_{\min} = \frac{h}{50} \sqrt{\frac{\sigma_{sw}}{125}} \quad \text{mm}$$

式中： h ——腹板高度或腹板加强筋间距的小者，mm；

σ_{sw} ——铝合金型材焊接后的屈服强度，N/mm²，取铝合金退火状态的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$ ，

见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

(2) 面板最小板厚 t_{\min} 应不小于按下式计算所得值：

$$t_{\min} = \frac{b}{12} \sqrt{\frac{\sigma_{sw}}{125}} \quad \text{mm}$$

式中： b ——面板宽度，mm；

σ_{SW} ——铝合金型材焊接后的屈服强度, N/mm², 取铝合金退火状态的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$,

见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

2.4.4.3 板厚度 t 应不小于按下式计算所得之值:

$$t = KC_1C_2s\sqrt{\frac{P}{\sigma_{SW}}} \quad \text{mm}$$

式中: K ——系数, 查表 2.4.4.3;

s ——板格短边长度, 见 2.2.3.3 (2), m;

P ——设计压力, 按本章第 2 节 2.2.3.2 要求计算所得值;

σ_{SW} ——铝合金板材焊接后的屈服强度, N/mm², 取铝合金板材退火状态的屈服强度

$\sigma_{p0.2}$, 见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定;

C_1 ——曲率板的折减系数, $C_1=1-0.5s/r$, r 为板的曲率半径, m;

C_2 ——板格长边 l 与短边 s 之比的修正系数, 按如下取值:

$$C_2 = \frac{l}{s} \left(1 - 0.25 \frac{l}{s} \right), \quad \text{如 } l/s < 2$$

$$C_2 = 1.0, \quad \text{如 } l/s \geq 2$$

式中: l ——板格长边长度, 见 2.2.3.3 (2), m。

系数 K

表 2.4.4.3

K	板	次要骨材			主要骨材	
		纵骨	横梁、肋骨、肋板	扶强材	龙骨、桁材、强肋骨、实肋板、强横梁	
	船底、连接桥底	25.0	115	135	—	135
	舷侧	25.8	130	150	—	150
	甲板 (包括上层建筑/甲板室顶板)	27.8	130	150	—	150
	上层建筑/甲板室前壁	25.8	—	—	170	150
	上层建筑/甲板室侧、后壁	25.8	—	—	150	150
舱壁	防撞舱壁、液舱壁	25.8	—	—	130	150
	水密舱壁	23.4	—	—	120	150

2.4.5 骨材

2.4.5.1 骨材弯曲强度要求的剖面模数 W (包括带板) 应不小于按下式计算所得之值:

$$W = K \frac{l^2 s P}{\sigma_{SW}} \quad \text{cm}^3$$

式中: K ——系数, 查表 2.4.4.3;

P ——同本节 2.4.4.3。

σ_{SW} ——铝合金骨材焊接后的屈服强度, N/mm²。按以下情况选取:

①除舱壁扶强材外，所有部位的次要骨材的屈服强度均采用铝合金焊接后的屈服强度 σ_{SW} ，取铝合金板材退火状态的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$ ，见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定；

②除船底及连接桥底的主要骨材外，所有其他部位的主要骨材均可采用铝合金材料的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$ ，见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定；

③若为铆接结构，取 $\sigma_{SW} = 0.9\sigma_{p0.2}$ ，其中 $\sigma_{p0.2}$ 为铝合金材料的屈服强度。

2.4.5.2 骨材的剪切强度要求与本章第 3 节 2.3.2.4 相同。

第 5 节 门、窗、盖等设施

2.5.1 一般要求

2.5.1.1 封闭的上层建筑或甲板室的外门以及露天甲板上的舱口应设有风雨密关闭装置。风雨密门和舱口盖的强度应与周围结构的强度相当。

2.5.1.2 干舷甲板以下的舷侧部位，一般不应设置舷窗。如须设置舷窗，则舷窗应设置带有铰链的内侧舷窗盖，其装置应能有效地关闭和保证水密。

2.5.1.3 防撞舱壁上不允许设置门，可允许设置用螺栓固定的水密人孔盖。水密舱壁上的门必须为水密门，且航行时保持关闭。

2.5.1.4 上层建筑和甲板室的外窗及其框架结构应能保证风雨密。窗玻璃、框架及与侧壁的连接应牢固、可靠，足以承受在其营运水域正常航行时可能遭遇的波浪冲击，且其连接结构应与周围结构的强度相当。

2.5.1.5 外窗玻璃应采用符合 CCS 接受的相关标准的钢化安全玻璃、聚碳酸酯玻璃或夹层玻璃，并向 CCS 提交玻璃材料的力学性能指标。

2.5.2 窗玻璃的厚度及粘结

2.5.2.1 外窗玻璃的厚度 t 应不小于按下式计算所得的值：

$$t = \frac{b}{31.6} \sqrt{\frac{kcP}{\sigma_b}} \quad \text{mm}$$

式中： b ——窗开口短边长度，mm；

P ——窗玻璃承受的载荷， kN/m^2 ，可按本规范 2.2.3.2(6)(对于高速船)或 2.2.4.5 (1) (对于非高速船)取值；

c ——系数，查图 2.5.2.1；

σ_b ——窗玻璃材料的极限弯曲强度，MPa；

k ——安全系数，取 $k=4.0$ 钢化安全玻璃；
取 $k=3.5$ 聚碳酸酯。

若为夹层玻璃，则每层玻璃均应是钢化安全玻璃，玻璃层数至多不超过三层，且三层玻璃中任何二层的厚度差应不大于 2mm，层间塑料薄膜厚度不大于 0.76mm。层压玻璃的厚度 t 应不小于下式计算值：

对于二层的夹层玻璃 $t=t_1+t_2=1.2t_{eq}$

对于三层的夹层玻璃 $t=t_1+t_2+t_3=1.5t_{eq}$

式中： t_1 、 t_2 、 t_3 分别为各层玻璃厚度，mm；

t_{eq} 为按单层钢化安全玻璃厚度公式算得的相当厚度，mm。

所取厚度 t 还应不小于下列最小值 t_{min} ：

上层建筑或驾驶室前窗玻璃： $t_{min}=4\text{mm}$ 钢化安全玻璃；

$t_{min}=5\text{mm}$ 聚碳酸酯；

上层建筑或甲板室的侧窗玻璃： $t_{min}=3\text{mm}$ 钢化安全玻璃；

$t_{min}=4\text{mm}$ 聚碳酸酯。

2.5.2.2 外窗玻璃若为聚碳酸酯玻璃，则玻璃嵌入窗框内的深度应不小于窗玻璃短边长度的 0.03 倍。

2.5.2.3 外窗玻璃可以采用粘接方式直接与壁板连接，如有必要应在窗玻璃的下缘处设置金属的水平构件支承玻璃重量。使用的粘接剂应具有抗紫外线、低温、高温和清洁用的化学剂的能力。粘接剂的长效粘接强度等性能指标以及施工要求、程序等文件应提交 CCS 认可。

2.5.2.4 上述 2.5.2.3 的粘接方式还应满足下述要求：

(1) 玻璃的粘接宽度 d 应不小于按下式计算所得之值：

$$d = \frac{2.5P_w bl}{\sigma_i(b+l)} \quad \text{mm}$$

式中： $P_w=0.0125(50+0.5v)^2$ kN/m²；

v ——最大静水航速，kn；

b ——窗的短边长度，m；

l ——窗的长边长度，m；

σ_i ——粘接剂的最小拉伸强度，Mpa。

最小粘接宽度 $d_{min}=20b$ mm。

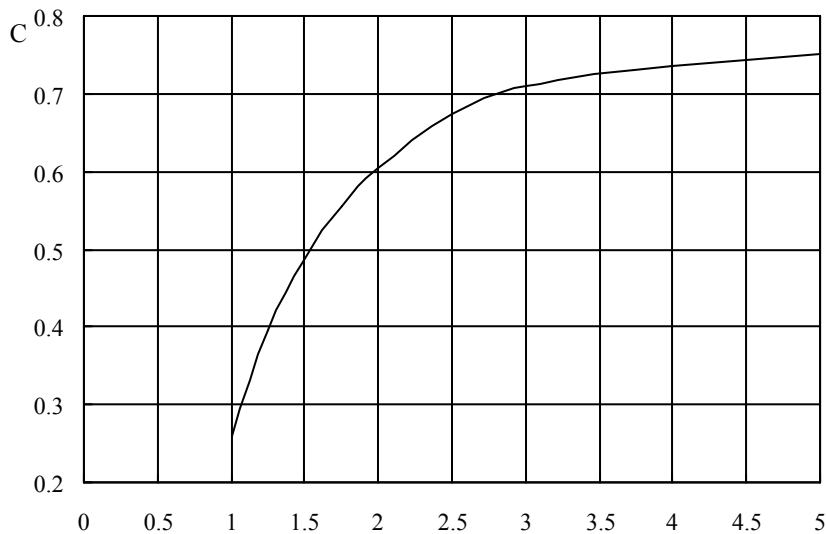
(2) 粘接剂的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$t=5l$ mm，对钢化安全玻璃

$t=8l$ mm，对聚碳酸酯玻璃

最小粘接剂厚度 $t_{min}=6$ mm。

(3) 粘接剂的拉伸强度应不低于 0.7MPa，在延伸率为 12.5% 时的拉伸强度应不低于 0.14 MPa。粘接剂扯断时的延伸率应大于 50%。



窗开口长宽比=长边 / 短边

图 2.5.2.1

2.5.3 水下观察窗玻璃

2.5.3.1 本条规定仅适用于采用夹层钢化玻璃的水下观察窗玻璃。采用以聚甲基丙烯酸甲酯（简称聚丙烯酸酯或有机玻璃）为窗玻璃材料的水下观察窗玻璃可以参考 CCS《潜水和潜水器入级规范》第 5 章第 2 节的相关要求。

2.5.3.2 水下观察窗玻璃的设计应满足下式的要求：

$$\sigma \leq f_g$$

式中：

σ ——水压作用产生的玻璃截面最大弯曲应力设计值，N/mm²；

f_g ——长期载荷作用下钢化玻璃的强度设计值，N/mm²，可以按 2.5.3.3 计算。

2.5.3.3 长期载荷作用下钢化玻璃的强度设计值 f_g 可按下式计算：

$$f_g = c_1 c_2 c_3 c_4 f_0 \quad \text{N/mm}^2$$

式中：

c_1 ——玻璃种类系数，取 2.5；

c_2 ——玻璃强度位置系数，中部取 1.0；

c_3 ——载荷类型系数，长期载荷取 0.5；

c_4 ——玻璃厚度系数，玻璃厚度 4mm~12mm 取 1.0，15mm~19mm 取 0.85，大于等于 20mm 取 0.7，其余厚度插值确定；

f_0 ——短期载荷作用下平板玻璃中部强度设计值，取 28N/mm²。

2.5.3.4 水下观察窗玻璃应考虑水压力，包括海水静压力和海水动压力。海水动压力可以采用船模试验法确定，也可以采用波浪载荷的直接计算方法确定，参见 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章 1.5.7 相关规定。波浪载荷应基于二维线性切片理论、三维线性理论（考虑非线性修正）或非线性波浪理论计算，动压力的长期预报计算采用 P-M 波浪谱，计算中所取的波浪散布图为船舶航行海区中最恶劣的波浪散布图，取 10⁻⁸ 概率水平的长期预报结果作为计算结果。对于高速船，观察窗玻璃还应考虑 2.2.3.2 中的波浪冲击压力。

2.5.3.5 承受水压时，观察窗玻璃板的挠度不得大于其跨度的 1/200；安装框架的挠度不得大于其跨度的 1/500，可以根据模型试验或直接计算确定。

2.5.3.6 垂向四边支撑矩形玻璃中部的最大弯曲应力设计值 σ 及最大挠度 u 应按下式计算:

$$\sigma = \beta_1 \rho (H + H_w) L^2 / (nt^2) \quad \text{N/mm}^2$$

$$u = \alpha_1 \rho (H + H_w) L^4 / (nt^3) \quad \text{mm}$$

式中:

ρ ——海水密度, 取 1025kg/m³;

H ——最高载重线到观察窗窗槛最低点的垂直距离, m;

H_w ——海水动压力对应的等效水压头, m, 取玻璃承压面上的最大值;

L ——跨度, m;

t ——单片玻璃厚度, mm;

n ——构成夹层玻璃的单片玻璃数;

β_1 、 α_1 ——玻璃边长比相关系数, 应按图 2.5.3.6 及表 2.5.3.6 (1) (2) 取值。

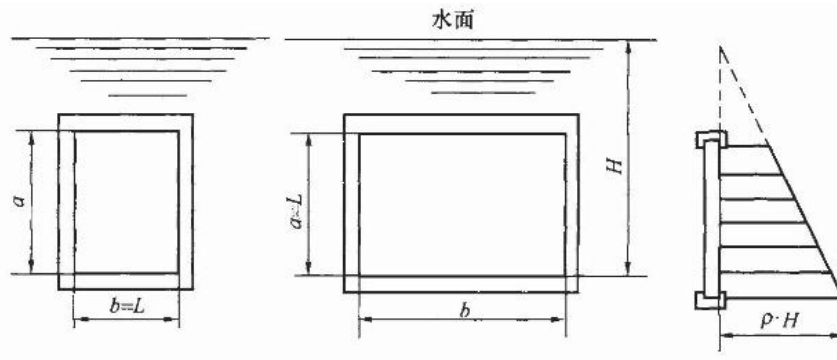


图 2.5.3.6 垂向四边支撑矩形玻璃承受静水压力

系数 β_1 值

表 2.5.3.6 (1)

$(H+H_w)/a$ k	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	6.0	10.0	∞
1.0	1.57	1.70	1.87	1.97	2.05	2.11	2.24	2.32	2.43	2.54	2.63	2.76
1.2	2.00	2.24	2.43	2.57	2.68	2.78	2.95	3.07	3.20	3.35	3.48	3.66
1.4	2.37	2.69	2.92	3.10	3.25	3.37	3.57	3.71	3.89	4.07	4.22	4.44
1.6	2.69	3.06	3.34	3.55	3.71	3.85	4.09	4.25	4.46	4.67	4.84	5.10
1.8	2.95	3.36	3.67	3.91	4.10	4.24	4.51	4.69	4.93	5.16	5.35	5.63
2.0	3.15	3.60	3.94	4.20	4.40	4.56	4.84	5.05	5.30	5.55	5.75	6.05
2.5	3.49	4.00	4.39	4.67	4.90	5.08	5.40	5.62	5.90	6.19	6.41	6.74
3.0	3.66	4.22	4.62	4.93	5.16	5.35	5.69	5.93	6.23	6.52	6.76	7.11
4.0	3.80	4.38	4.80	5.12	5.36	5.56	5.93	6.17	6.48	6.79	7.03	7.40
5.0	3.83	4.42	4.85	5.17	5.42	5.62	5.98	6.23	6.54	6.85	7.10	7.48

注: k ——长边与短边之比。

系数 α_1 值

表 2.5.3.6 (2)

$(H+H_w)/a$ k	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	6.0	10.0	∞
1.0	3.09	3.59	3.93	4.20	4.41	4.58	4.88	5.09	5.34	5.60	5.79	6.09
1.2	4.28	4.96	5.46	5.84	6.14	6.36	6.78	7.07	7.34	7.77	8.06	8.48
1.4	5.34	6.41	6.84	7.32	7.68	7.98	8.51	8.87	9.33	9.75	10.11	10.64
1.6	6.26	7.26	8.03	8.58	9.00	9.36	9.98	10.40	10.91	11.43	11.85	12.47

$(H+H_w)/a$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	6.0	10.0	∞
k												
1.8	7.01	8.16	8.99	9.62	10.10	10.49	11.19	11.66	12.24	12.81	13.28	13.98
2.0	7.61	8.87	9.78	10.46	10.98	11.40	12.17	12.68	13.31	13.94	14.45	15.20
2.5	8.63	10.07	11.09	11.87	12.47	12.95	13.80	14.37	15.09	15.81	16.38	17.25
3.0	9.18	10.71	11.81	12.62	13.26	13.77	14.69	15.29	16.05	16.82	17.43	18.35
4.0	9.62	11.22	12.38	13.23	13.89	14.43	15.38	16.02	16.83	17.63	18.27	19.23
5.0	9.74	11.36	12.51	13.38	14.06	14.60	15.57	16.22	17.03	17.84	18.48	19.46

注： k ——长边与短边之比。

2.5.3.7 垂向周边连续支撑圆形玻璃中部的最大弯曲应力设计值 σ 及最大挠度 u 应按下列式计算：

$$\sigma = \beta_2 \rho (H + H_w) L^2 / (n t^2) \quad \text{N/mm}^2$$

$$u = \alpha_2 \rho (H + H_w) L^4 / (n t^3) \quad \text{mm}$$

式中：

ρ ——海水密度，取 1025kg/m³；

H ——最高载重线到观察窗窗槛最低点的垂直距离，m；

H_w ——海水动压力对应的等效水压头，m，取玻璃承压面上的最大值；

L ——圆形玻璃的半径，m；

t ——单片玻璃厚度，mm；

n ——构成夹层玻璃的单片玻璃数；

β_2 、 α_2 ——玻璃半径相关系数，应按图 2.5.3.7 及表 2.5.3.7 取值。

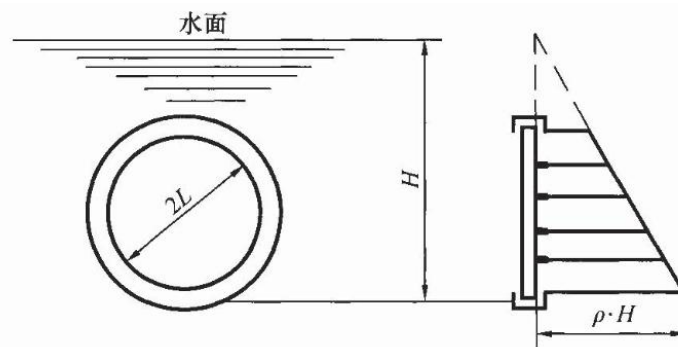


图 2.5.3.7 垂向周边连续支撑圆形玻璃承受静水压力

系数 β_2 、 α_2 值

表 2.5.3.7

$(H+H_w)/L$	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	2.5	3.0	4.0	6.0	∞
β_2	6.48	7.38	7.98	8.52	8.88	9.24	9.78	10.20	10.68	11.16	12.2
α_2	49.50	57.60	63.45	67.80	71.10	73.80	78.75	82.05	86.10	90.30	98.40

2.5.3.8 水平四边支撑矩形玻璃中部的最大弯曲应力设计值 σ 及最大挠度 u 应按下列式计算：

$$\sigma = \beta_3 \rho (H + H_w) L^2 / (n t^2) \quad \text{N/mm}^2$$

$$u = \alpha_3 \rho (H + H_w) L^4 / (n t^3) \quad \text{mm}$$

式中：

ρ ——海水密度，取 1025kg/m³；

H ——最高载重线到观察窗窗槛最低点的垂直距离，m；

H_w ——海水动压力对应的等效水压头，m，取玻璃承压面上的最大值；

L ——跨度, m;
 t ——单片玻璃厚度, mm;
 n ——构成夹层玻璃的单片玻璃数;
 β_3 、 α_3 ——玻璃边长比相关系数, 应按图 2.5.3.8 及表 2.5.3.8 取值。

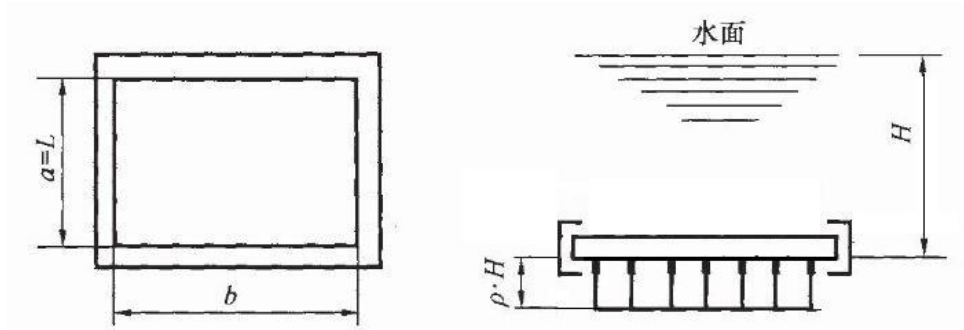


图 2.5.3.8 水平四边支撑矩形玻璃承受静水压力

系数 β_3 、 α_3 值

表 2.5.3.8

b/a	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0	3.0	4.0	6.0	∞
β_3	2.72	3.62	4.41	5.07	5.60	6.03	7.11	7.40	7.48	7.50
α_3	6.30	8.76	11.10	12.87	14.52	15.75	19.04	20.00	20.13	20.27

2.5.3.9 水平周边连续支撑圆形玻璃中部的最大弯曲应力设计值 σ 及最大挠度 u 应按下式计算:

$$\sigma = 12.2 \rho (H + H_w) L^2 / (n t^2) \quad \text{N/mm}^2$$

$$u = 98.4 \rho (H + H_w) L^4 / (n t^3) \quad \text{mm}$$

式中:

ρ ——海水密度, 取 1025kg/m³;
 H ——最高载重线到观察窗窗槛最低点的垂直距离, m;
 H_w ——海水动压力对应的等效水压头, m, 取玻璃承压面上的最大值;
 L ——圆形玻璃的半径, m;
 t ——单片玻璃厚度, mm;
 n ——构成夹层玻璃的单片玻璃数。

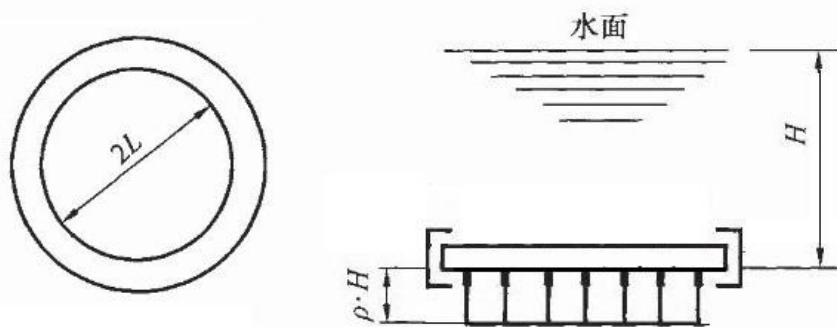


图 2.5.3.9 水平周边连续支撑圆形玻璃承受静水压力

2.5.3.10 应通过合理布局或增设防护结构尽可能避免水下观察窗与其他物体发生碰撞。

2.5.3.11 水下观察窗应安装牢固且有可靠的密封。玻璃不得与安装框架刚性连接, 边缘应允许玻璃发生变形和侧向位移。

2.5.3.12 装船前应对至少一扇同型水下观察窗（含窗框）进行原型试验，至少包括静水压试验，试验压力应不小于 P_e 。装船后，所有观察窗应进行冲水试验。

$$P_e = 1.5\rho g(H+H_w)/10^6 \text{ N/mm}^2$$

式中：

ρ ——海水密度，取 1025kg/m^3 ；

g ——重力加速度，取 9.81m/s^2 ；

H ——最高载重线到观察窗窗槛最低点的垂直距离，m；

H_w ——海水动压力对应的等效水压头，m，取玻璃承压面上的最大值。

第 6 节 其他结构

2.6.1 尾轴架

2.6.1.1 不论单臂尾轴架或双臂尾轴架，如臂的截面采用常规的截面长度与厚度之比约为4-5的拱形剖面或翼形剖面，则尾轴架臂的尺寸应满足2.6.1.2至2.6.1.6所列的要求。对于臂的截面为非常规剖面的，则应特殊考虑。

2.6.1.2 单臂尾轴架根部截面对其长轴x-x的剖面模数 Z_{xx} 应不小于按下式计算所得之值：

$$Z_{xx} = 2.23Kd_s^2l \times 10^{-5} \text{ cm}^3$$

式中： K ——尾轴架材料系数， $K = 400/\sigma_t$ ，其中 σ_t 是尾轴架材料的抗拉强度， N/mm^2 ；

d_s ——尾轴的规范直径，mm，按下式计算：

$$d_s = 128 \sqrt[3]{\frac{N_e}{n_e}} \text{ mm}, \text{ 其中 } N_e \text{ 为尾轴传递的额定功率, kW, } n_e \text{ 为尾轴传递额定功率 } N_e \text{ 时的每分钟转速, r/min ;}$$

的每分钟转速，r/min；

l ——单臂尾轴架臂的长度，mm，从尾轴架根部截面的形心量至尾轴架轴毂中心，见图2.6.1.2。

2.6.1.3 单臂尾轴架臂长方向上臂的任何截面的面积，不得小于根部截面积的60%。

2.6.1.4 如采用双臂尾轴架，双臂夹角应不小于 50° 。双臂的任何拱形/翼形剖面的厚度 t 应不小于下式计算所得之值：

$$t = 2.24K^{0.5}d_s \left[1 + \left(1 + \frac{0.0112l^2}{Kd_s^2} \right)^{0.5} \right]^{0.5} \times 10^{-2} \text{ cm}$$

式中： l ——双臂中较长臂的长度，mm，从尾轴架长臂根部截面的形心量至尾轴架轴毂中心，见图2.6.1.2。

K 和 d_s 同2.6.1.2。

2.6.1.5 双臂尾轴架双臂的任何拱形/翼形剖面，对其长轴x-x的剖面模数 Z_{xx} 应不小于按下式计算所得之值：

$$Z_{xx} = 0.45t^3 \text{ cm}^3$$

式中： t ——按2.6.1.4公式计算所得的剖面厚度，cm。

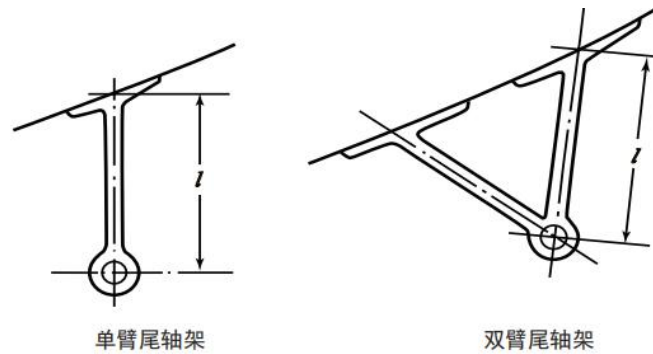


图2.6.1.2

2.6.1.6 对于空心臂的尾轴架，其臂在根部处和轴毂处的截面积，都应不小于剖面模数满足上述要求的实心臂尾轴架的臂在根部处和轴毂处的截面积。

2.6.1.7 不论采用双臂尾轴架还是单臂尾轴架，其轴毂尺寸应不小于按下列各式计算所得之值：

$$\text{轴毂厚度： } t = 0.2d_w(K_1 + 0.25) \quad \text{mm}$$

$$\text{轴毂长度： } l = 3.5d_w \quad \text{mm}$$

式中： d_w ——尾轴架处尾轴直径，mm。

K_1 ——材料系数， $K_1 = \sigma_{rw} / \sigma_{tb}$ ，其中 σ_{rw} 为尾轴材料的抗拉强度， σ_{tb} 为轴毂材料的抗拉强度。

2.6.1.8 不论双臂尾轴架还是单臂尾轴架，如其根部穿入船体，应与船体底部的加强肋骨或桁材相连接。对于双臂尾轴架，支臂插入船体处的船壳板板厚应不小于该处邻近壳板厚度的1.5倍。如采用单臂尾轴架，轴架插入船体处的船壳板板厚应不小于邻近壳板厚度的2倍。如尾轴架与船体连接采用其他形式，则需经CCS认可。

第3章 舾 装

第1节 舵设备

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 本节适用于装有普通流线型舵或单板舵的船舶。

3.1.1.2 操舵装置应符合第4章第8节的有关规定。

3.1.1.3 舵杆、舵叶、舵承的设计以及舵杆与舵叶的连接等一般应符合 CCS《钢质海船入级规范》的有关规定。对于高速船的舵设备可满足 CCS《海上高速船入级与建造规范》的有关规定。

第2节 锚泊与系泊设备

3.2.1 一般要求

3.2.1.1 除另有规定外，所有机动船舶都应设置锚和锚链。非机动船和公务船可根据需要选择是否设置锚与锚链。锚与锚链应保持连接，并置于随时可用的位置。

3.2.1.2 对锚的固定和锚链的存放应予以适宜布置。

3.2.1.3 首锚的锚链在船内端应采用有效的措施予以固定。

3.2.2 舾装数

3.2.2.1 舾装数 N 按下式计算：

$$N = \left[\Delta^{2/3} + 2(BH_C + \sum S_i \sin \theta_i) + 0.1A \right] k$$

式中： Δ ——满载排水量，t；

B ——船宽，m，见第1章 1.1.2.1 (5) 定义。对于双体船，还应扣除两片体间的隧道宽度；

H_C ——从静浮满载水线至干舷甲板（甲板艇）或舷侧板顶端（敞开艇）的垂直距离，m；

S_i ——宽度超过 $B/4$ 的各层甲板室的前壁在横截面上的投影面积， m^2 ；

θ_i ——宽度超过 $B/4$ 的各层甲板室的前壁与水平面的夹角， $^\circ$ ；

A ——满载水线以上的船体和宽度超过 $B/4$ 的各层甲板室的侧投影面积， m^2 ；

k ——系数，按营运限制取值：

近海航区营运限制： $k=1.5$

沿海航区营运限制： $k=1.2$

遮蔽航区营运限制： $k=1.0$

平静水域营运限制： $k=0.7$

对于无甲板室但有挡风玻璃或者帆布篷帐的船，应考虑挡风玻璃或帆布篷的投影面积。

3.2.3 锚泊设备

3.2.3.1 通常应在船首配置一个大抓力锚，其重量应不小于根据算得的舾装数按表 3.2.3.1 查得之值。如配置非大抓力锚，则其重量应不小于按表 3.2.3.1 查得之值的 1.3 倍。

3.2.3.2 如在船首配置 2 个锚，则每个锚的重量应不小于单锚重量的 0.7 倍。

3.2.3.3 如船舶的实际营运条件如仅限于在港内航行的船舶及总长小于 8m 的船舶，可免于配锚。

3.2.3.4 可以采用锚链加锚索，也可全部采用锚索，但锚索应经 CCS 认可。其总长度及锚链直径或锚索的破断负荷应不小于根据舾装数按表 3.2.3.1 查得之值。

3.2.3.5 如配备的锚的重量超过 30kg，就应设置抛锚和起锚的设备。允许使用人力锚绞盘或人力绞盘代替锚机，但应保证有效地收放锚。

锚泊和系泊设备

表 3.2.3.1

舾装数 N		首锚 大抓力 锚重量 (kg)	锚链规格与直径 (mm)				锚链或锚索		纤维系索	
超 过	不 超 过		无档锚链		有档锚链		长度 (m)	锚链或锚索 的破断负荷 (kN)	数量×长度 (m)	破断负荷 (kN)
			BM1	BM2	AM1	AM2				
—	5	12	9	8	—	—	75	29.4	2×22.5	25
5	10	12	9	8	—	—	75	29.4	2×22.5	25
10	15	14	9	8	—	—	75	29.4	2×25	25
15	20	20	9	8	—	—	80	29.4	2×25	30
20	25	25	9	8	—	—	84	29.4	2×25	30
25	30	31	9	8	—	—	87	29.4	2×35	30
30	35	37	9	8	—	—	90	29.4	2×40	32
35	40	43	9	8	—	—	93	29.4	2×40	32
40	50	51	9	8	—	—	97	29.4	2×40	32
50	70	67	11	9	—	—	105	38.3	3×50	34
70	90	90	—	10	11	—	113	50.8	3×50	37
90	110	112	—	—	12.5	11	121	63.3	3×55	39
110	130	137	—	—	14	12.5	128	75.8	3×55	45
130	150	165	—	—	16	12.5	134	87.5	3×60	50

3.2.4 系泊设备

3.2.4.1 船上配置的纤维系索的长度及其破断负荷应根据舾装数按表 3.2.3.1 查得，但此时舾装数计算公式中的系数 k，对于近海、沿海航区营运限制和遮蔽航区营运限制的船舶取 1，对于平静水域营运限制的船舶取 0.85。系索直径应不小于 15mm，总长应不小于船长 4 倍。对于总长小于 8m 的船可根据具体情况另行考虑。

3.2.4.2 船舶的首、尾及两舷应设置适量的系柱或羊角。总长 L_{oa} 大于 6m 的船，船首、尾至少应分别装设 1 个系柱或羊角。

3.2.4.3 船舶的两舷应设有护舷材质或防碰垫等保护设施，避免在船舶停靠码头或平时系泊在码头边时舷侧与码头反复碰撞引起的船体损伤。

3.2.4.4 凡用以固定锚链、锚索、系索、拖索的设备（如带缆桩、羊角、拖柱）的安装处的船体结构应予以加强，使之能承受所受的拉力。

第 4 章 轮 机

第 1 节 一般规定

4.1.1 适用范围

4.1.1.1 船舶的主推进装置、辅助机械装置、泵和管系的设计、制造、安装和试验均应符合本章的有关规定。

4.1.2 设计与安装

4.1.2.1 机械、燃油舱柜以及相关的管系和附件等的设计与构造应符合其拟定的用途，其安装和防护应使其在船舶正常航行时对人员的危害降至最低，故应特别关注运动部件、热表面及其他危害之处。

4.1.3 环境条件

4.1.3.1 主推进机械和为船舶推进和安全服务的辅助机械应设计成在下列状态可正常运转：

- (1) 正浮状态；
- (2) 静态横倾不大于 15° ，动态横摇不大于 22.5° ；
- (3) 静态纵倾不大于 5° ，动态纵摇不大于 7.5° 。

4.1.3.2 发动机的额定功率一般是指在绝对大气压 0.1MPa 、环境温度 45°C 、相对湿度 60% 、海水温度 32°C 的环境条件下，发动机所能发出的最大持续功率。

4.1.4 后退措施

4.1.4.1 船舶应具有适当的后退能力，以确保在一切正常情况下能可靠地控制船舶。

4.1.5 通风

4.1.5.1 柴油机机舱应有足够的通风，以保证其中的机器在任何气候条件下全功率运转时机舱内有足够的空气，从而确保人员安全和机器的正常运转。

4.1.5.2 安装有汽油机和（或）汽油柜的舱室，其通风应符合本章第 3 节的规定。

4.1.6 材料

4.1.6.1 主辅机械以及泵和管系的材料应适于其服务的环境和介质。

4.1.6.2 如采用塑料、热敏材料，则应经 CCS 同意。

4.1.6.3 舷旁附件、通海接头等零部件应采用钢、青铜或其他经 CCS 认可的材料。

4.1.7 控制与仪表

4.1.7.1 客船应尽量在机舱外便于接近的位置设有一个集中控制站，以便人员在正常或应急状态下均能有效地对船进行操纵和监控。集中控制站至少还应设有下列功能的指示（或检测）仪表：

- (1) 操纵船舶的动力源；
- (2) 主推进动力；
- (3) 主灭火系统（如设有）；
- (4) 机舱通风；

- (5) 燃油泵;
- (6) 舱底泵和舱底水水位;
- (7) 主电源或船舶电源。

4.1.8 产品

4.1.8.1 舷外挂机和舷内外机的推进装置应持有船用产品证书或经 CCS 认可。其他轮机装置和设备的持证要求应满足本规范 1 章第 1 节 1.1.1.7 条的相关规定。

4.1.9 试验

4.1.9.1 轮机装置安装完毕后, 应按 CCS 认可的试验大纲进行系泊试验和航行试验。

第 2 节 发动机装置

4.2.1 一般要求

4.2.1.1 驱动推进装置每一台发动机应装有可靠的调速器和超速保护装置, 并符合下列规定:

- (1) 调速器应使其转速不超过额定转速的 115%;
- (2) 超速保护装置应独立于调速器, 并能防止发动机转速不超过额定转速的 120%。

4.2.1.2 驱动发电机的每一台发动机应有调速器和安全装置, 并符合下列规定:

(1) 突然卸去或突然加上额定负荷时, 其瞬时调速率和稳定调速率应分别不大于额定转速的 10%和 5%, 突加额定负荷时, 稳定时间(即转速恢复到波动率为 $\pm 1\%$ 范围的时间)应不大于 5s;

(2) 发动机额定功率大于 220kW 时, 应装设独立于调速器的超速保护装置, 以防止发动机转速超过额定转速的 115%。

4.2.1.3 主机应设有应急停车装置。在驾驶室进行遥控的主机, 则应在驾驶室设有应急停车装置。

4.2.1.4 在不补充能源的情况下, 船上所设起动装置应能对主机从冷机连续起动不少于 6 次, 对辅机的起动次数不少于 3 次。

4.2.1.5 发动机在船内的安装应使操作人员易于接近, 以便于检查和维护。

4.2.1.6 发动机在船内的刚性安装应符合下列要求:

- (1) 固定螺栓的螺母应有锁紧装置;
- (2) 主机和齿轮箱的固定螺栓至少应各有 2 个紧配螺栓;
- (3) 主机和齿轮箱应尽可能采用公共机座。

4.2.1.7 发动机海水冷却管系或循环系统的冷却水泵应连接不少于两个舷外海水吸口, 吸口应尽可能分布在两舷。船长小于 10m 的船舶, 如能保证供水, 可只设一个舷外海水吸口。对于设有双主机的船舶, 如任一台主机停止工作时, 另一台主机能确保船舶的安全航行, 则可以接受两台主机的冷却水系统分别接至一个不同侧的舷外海水吸口。

4.2.2 报警装置

4.2.2.1 主机(舷外挂机除外)应设有下列报警装置:

- (1) 滑油低压报警装置;
- (2) 冷却水高温报警装置。

在驾驶室遥控的主机应在驾驶室装设或延伸上述报警。

4.2.2.2 功率大于 35kW 的发电机原动机，应设有滑油低压报警装置。

4.2.3 舷外挂机的特殊要求

4.2.3.1 舷外挂机应用贯穿螺栓或等效设施可靠地固定在船的尾封板上。

4.2.3.2 安装舷外挂机的尾阱应有足够的尺寸，以便舷外挂机能根据运转工况的需要，左右、上下摆动。

4.2.3.3 舷外挂机的操纵电缆和燃油软管，如穿过船体结构应有效密封。

4.2.3.4 总功率小于 40kW 的舷外挂机，其转速和转向，可用尾操单手柄操纵。总功率为 40kW 及以上的舷外挂机，应在船首设置手轮操纵台。

4.2.3.5 航速超过 20kn 的船舶如操舵位置开敞，应在操舵位置附近设有一安全保护绳，如驾驶员失落于舷外时，该安全保护绳可关停舷外挂机。

第 3 节 汽油机和（或）汽油柜舱室

4.3.1 定义

4.3.1.1 开敞舱室：系指每 1m³ 净舱容至少具有 0.34m² 直接开向大气的固定开孔面积的任何舱室。

4.3.2 一般要求

4.3.2.1 除开敞舱室外，装有汽油机和（或）汽油柜的舱室，应设有符合本节 4.3.3 要求的自然通风系统，装有汽油机的舱室还应设有符合本节 4.3.4 要求的动力通风系统。

4.3.2.2 装有汽油机和（或）汽油柜的舱室应与独立的客舱分隔，并能防止这些舱室的油气进入客舱。

4.3.2.3 凡装有汽油机和（或）汽油柜的舱室，其通风系统的进气或排气管道不应通向客舱。

4.3.2.4 除开敞舱室外，安装有汽油机和（或）汽油柜的舱室以及与这些舱室相连通的其他舱室中的电气部件应为防点燃型的^①。

4.3.2.5 安装在汽油机上的电气部件应符合第 5 章的有关规定。

4.3.2.6 便携式汽油箱或带有汽油燃料的设备不应放置在密闭的处所内，其放置处应设有快速系固装置，并能在应急情况下便于将其投弃，泄漏的汽油应直接排至舷外。

4.3.3 自然通风系统

4.3.3.1 自然通风的舱室应装设一个来自大气的进气孔或管道和一个通向大气的排气孔或管道。每一排气孔或管道开口均应从低于舱室高度的 1/3 处引出。每一进气孔或管道开口和每一排气孔或管道开口应处在正常舱底水积聚面之上。

4.3.3.2 只要舱室的尺寸允许，该舱室进气与排气管道开孔之间应至少隔开 600mm。该舱室通风出口应尽量远离其他舱室的通风进口和其他开口。

4.3.3.3 各进气孔或管道的合计面积，以及各排气孔或管道的合计面积应不小于按下式计算之值，且不小于 3000mm²：

$$A = 3300L_n (V / 0.14)$$

式中：A——各开孔或管道的最小合计内横截面积，mm²；

^① 参见《小艇 电气装置 周围可燃性气体防燃防护》（ISO 8846：2017）的规定。

V ——舱室净容积，等于舱室总容积减去舱内固定安装之部件的体积， m^3 ；

l_n ——自然对数。

4.3.4 动力通风系统

4.3.4.1 每一动力通风舱室的抽风机或抽风机组的总排风量 Q 应不小于表 4.3.4.1 中所列的值。

总排风量 Q

表 4.3.4.1

净舱容 V (m^3)	总排风量 Q (m^3/min)
<1	1.5
$1 \leq V \leq 3$	$1.5V$
>3	$1.5V+3$

4.3.4.2 抽风机应是不会产生火花的结构型式。

4.3.4.3 抽风机的每根进气管开口的位置应低于舱室高度的 $1/3$ 处，且应在正常舱底水积聚面之上。

4.3.4.4 抽风机的排风口应尽量远离发动机排气管出口。

4.3.4.5 装有抽风机的汽油机舱室应在启动汽油发动机前 4 分钟开起抽风机。在船舶营运期间（包括上、下客或临时停航），汽油机舱室应持续动力通风，不应关停抽风机。当抽风机因故关停时，应在机器处所和驾驶室发出声光报警信号。

第 4 节 轴系与推进器

4.4.1 一般要求

4.4.1.1 轴系及螺旋桨的材料应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定，并满足以下要求：

(1) 轴系应采用锻造的或轧制的碳钢、碳锰钢及经 CCS 同意的其他材料制造；

(2) 对于最大直径不超过 80mm 的轴，可不必进行材料试验，但应向 CCS 提交说明该材料性能的适用文件。

4.4.1.2 除本节另有规定外，喷水推进器、轴的直径、轴套（如设有）、尾管及轴承、联轴器、螺旋桨桨叶厚度及螺旋桨与桨轴的安装应符合 CCS《海上高速船入级与建造规范》的相关规定或 CCS 接受的标准。

4.4.2 Z 型推进装置

4.4.2.1 Z 型推进装置的输入轴、立轴及螺旋桨轴的直径，以及 Z 型推进装置的螺旋桨强度和安装要求应符合 CCS《海上高速船入级与建造规范》的相关规定。

4.4.2.2 Z 型推进装置传动轴系的渐开线圆锥齿轮的设计和制造应符合 CCS 接受的标准。

4.4.2.3 Z 型推进装置应有良好的润滑，其润滑油温度应不大于 $70^\circ C$ 。

4.4.2.4 全回转或半回转 Z 型推进装置应能在船舶以最大营运航速前进时，将船舶方向控制系统的方向从一舷的极限转向角转至另一舷极限转向角的平均转速不小于 $2.3^\circ/s$ 。

4.4.2.5 回转装置动力设备如为电动或电动液压时，应设有备用动力设备或其他应急操纵措施，若船舶设有两台或两台以上的 Z 型推进装置，则可免设备用动力设备。

4.4.2.6 回转装置的液压管系应符合本章 4.8.1.7 的规定。

4.4.2.7 Z 型推进装置应在驾驶室和舵桨机室设有舵角指示器。

4.4.2.8 Z 型推进装置的上、下轮齿箱、转舵齿轮箱等部件制造完毕后应进行 0.2MPa 的液压试验，组装后应进行 0.1MPa 的密性试验。

4.4.2.9 液压管路应进行 1.5 倍设计压力的液压试验，装船后应连同附件进行 1.25 倍设计压力的密性试验。

第 5 节 燃油系统

4.5.1 一般要求

4.5.1.1 燃油系统的每一零部件应有足够强度，且它们的安装应使其能承受可能遇到的冲击和振动而不会发生任何漏泄。

4.5.1.2 燃油系统零部件的制造材料应具有抵抗所处环境腐蚀以及温度影响的能力。

4.5.2 燃油箱柜

4.5.2.1 燃油箱柜结构、布置应符合下列规定：

(1) 燃油箱柜应紧固在牢固的基础上，且与舱壁或其他设备之间应留有一定空隙，以保证通风；

(2) 燃油箱柜安装前应进行水压试验，试验压头应达到至箱柜顶最高点以上 2.4m，水压试验时不允许出现漏泄现象；

(3) 燃油箱柜不得位于发动机、排气管、电气设备上方，并应尽可能远离蓄电池等；

(4) 燃油箱柜应设有足够流通面积的透气管，透气管的通径应不小于 10mm。对于能用泵注入的舱柜，其透气管的总横截面积应比其注入管的有效截面积至少大 25%。透气管应被引至不能进水也不会因油或油气溢出而造成危险的开敞处所。透气口应设有金属防火网；

(5) 燃油箱柜应装设测量管，允许用经 CCS 认可的液位指示器代替测量管；

(6) 置放燃油箱的处所应有有效的通风；

(7) 燃油舱柜不应布置在防撞舱壁之前。

4.5.2.2 柴油箱柜应有足够强度，其最小壁厚应不小于下列规定值：

奥氏体铬镍合金钢	1mm
制造后经外部热浸镀锌的低碳钢	1.5mm
含铜量不大于 0.1%的铝合金	2mm
聚乙烯	5mm

对于采用其他材料制造的柴油箱柜，其材质和壁厚应符合 CCS 接受的标准。

4.5.2.3 汽油箱柜还应符合下列规定：

(1) 汽油箱柜应有足够强度，其最小壁厚应不小于下列规定值：

奥氏体铬镍合金钢	1mm
含铜量不大于 0.1%的铝合金	2mm

对于采用其他材料制造的汽油箱，其材质和壁厚应符合 CCS 接受的标准；

(2) 汽油箱柜不得设置任何泄油管；

(3) 汽油箱柜的布置应避免阳光直射并设有防止汽油箱柜滑移的装置；

(4) 汽油箱柜的注入方式应防止油气进入非开敞舱室内，并避免发生油气积聚。

4.5.3 燃油管路

4.5.3.1 燃油管路应适当予以夹紧和保护，以防损坏和不正常磨损。为防电化腐蚀作用，

管路不可用不同金属的附件组合在一起。

4.5.3.2 燃油管路应采用无缝退火铜管、铜镍合金管、含铜量不大于 0.1%的铝合金管或等效金属管制成。

4.5.3.3 燃油管路采用软管时，应选用耐火燃油软管^①，并应使用防滑金属软管夹使其固定。舷外发动机的燃油软管可采用非耐火燃油软管^②。

4.5.3.4 应尽可能在最靠近燃油箱柜处的燃油管路上设置截止阀。且该阀可在机舱外的适当位置进行关闭。

第 6 节 排气系统

4.6.1 一般要求

4.6.1.1 排气管应采用适当的绝热材料进行包裹，绝热层表面温度应不超过 60℃。应采取措施防止高温表面伤人。

4.6.1.2 排气管装有金属软管时，该软管应经 CCS 认可，且应能承受其相应的工作高温。

4.6.1.3 水冷排气管的管材应耐腐蚀或适当增加壁厚。

4.6.1.4 排气管布置应使舷外水不会倒灌入发动机或舱内。位于水线上不足 300mm 处的排气口应设防回水装置，且应在排气管可能积水的最低处设放水旋塞。如排气管中心线最高点位于水线以上 500mm，排气口可不设防回水装置，但从水线上 300mm 处至舷旁的排气管应与其穿过处的船壳板强度相当。

第 7 节 舱底水设施

4.7.1 一般要求

4.7.1.1 船舶应设置有效的舱底水排除系统。舱底水管系的布置应能排除任何非永久性储存液体的水密舱的舱底水，并应防止水从一个舱室流入另一个舱室。

4.7.1.2 对要求设置动力舱底泵的船舶，主推进机舱应设有接至动力舱底泵的直通吸口。

4.7.1.3 如通过计算或必要的验证，表明该船的安全不会因该舱室的排水而受影响，则该舱室可免设排水装置。

4.7.1.4 为了保护舱底水管系，如认为必要，吸入管路应安装有效的滤器，滤器应便于拆装和清洗，且其流通面积应不小于其管路截面的 2 倍。

4.7.1.5 为了防止海水倒灌，如认为必要，舱底水吸口阀应是止回型的。

4.7.1.6 在所有的舱口和升降口关闭的情况下高速船舶应能操作舱底水泵（移动式泵除外）和必要的阀，否则舱底水泵和相关阀门应能够遥控操作。

4.7.1.7 舱底水的排放应满足主管机关的防污染要求。

4.7.2 舱底水泵

4.7.2.1 舱底泵一般应是自吸式的。

4.7.2.2 船长 L 小于或等于 6m 时，可以只设置一台手动舱底泵。船长大于 6m 的机动

^① 参见《小艇—耐火燃油软管》(ISO 7840)。

^② 参见《小艇—非耐火燃油软管》(ISO 8469)。

船和有辅助动力的非机动船，应至少设置一台动力泵和一台手动泵。船长大于 6m 的无辅助动力的非机动船应设置 2 台手动舱底泵。敞开艇还应配备一只舀水勺或水桶。

4.7.2.3 动力驱动的舱底泵可兼作他用，但不可作为油泵。

4.7.2.4 每一舱底泵的排量应不小于表 4.7.2.4 的规定。

舱底泵排量

表 4.7.2.4

船长 L (m)	动力舱底泵排量 (m ³ /h)	手动舱底泵的排量 (m ³ /h) (按每分钟 45 冲程计)
L ≤ 6	—	2.8
6 < L ≤ 10	6.0	3.9
10 < L ≤ 15	7.5	5.0
15 < L ≤ 20	9.0	6.0

4.7.2.5 客船两台舱底泵的布置，应确保在任一舱破损时仍有一台泵可供各舱排水使用。

4.7.3 排水口

4.7.3.1 所有舷外的排水口均应在易于到达处安装截止止回阀。一般位于水线 350mm 以上且航行中不会因船舶横摇而可能导致进水的排水口，可免装此截止止回阀。

4.7.4 舱底水水位报警装置

4.7.4.1 设有推进机械的水密分隔舱室，或易于积聚舱底水而又不易发现的其他舱室（空舱除外），应装设舱底水高位报警装置。

4.7.4.2 设有固定或移动舱底水吸口的任一干舱室，如其舱底水水位不易发现，也应装设舱底水高位报警装置。

4.7.4.3 在船的操纵处应设有舱底水高位的声光报警信号。

第 8 节 操舵装置

4.8.1 一般要求

4.8.1.1 操舵装置应能确保航行时对船的操纵是可靠的。

4.8.1.2 动力操纵的操舵装置一般应设应急操舵装置。

4.8.1.3 如果操舵装置具有两台及以上的动力设备，则可免设应急操舵装置。

4.8.1.4 舷外挂机或舷内外机的方向控制装置可免设应急操舵装置。

4.8.1.5 采用 Z 型推进装置，应符合本章第 4 节 4.4.2 的规定。

4.8.1.6 喷水推进器的方向控制装置应能在驾驶室内进行操纵。

4.8.1.7 对于液压操舵系统还应符合下列规定：

(1) 系统组件材料应适应其工作介质；

(2) 液压管系中应设有滤器和溢流阀，溢油一般应回至油箱；

(3) 液压管系和液压油缸等设备应有放气装置；

(4) 管路和软管应避免受到热影响，软管应经 CCS 认可；

(5) 每一液压系统的循环油箱应设低位报警，且能在机器处所和驾驶室发出声、光报警信号，但舷外机的操舵装置可以例外。

4.8.1.8 操舵的位置应使操舵的人员具有良好的航行瞭望视野。

第5章 电气装置

第1节 一般规定

5.1.1 一般要求

5.1.1.1 船舶上的电气装置应能：

- (1) 确保为保持船舶处于正常操纵状态所必需的所有电力辅助设备供电；
- (2) 确保在各种紧急状态下，向安全所必需的电气设备供电；
- (3) 确保乘员和船舶的安全，免受电气事故的危害。

5.1.1.2 船舶上主要电气设备的设计、制造、试验和安装应符合本章的有关规定，或CCS接受的其他相应标准的规定。

5.1.2 电气设备的设计、制造和安装

5.1.2.1 电气设备的设计、制造和安装应考虑安全和便于检修。

5.1.2.2 电气设备应能在表 5.1.2.2 的电压和频率偏离额定值的波动情况下可靠工作：

电压和频率波动 表 5.1.2.2

设备	参数	稳态 (%)	瞬态	
			(%)	恢复时间 (s)
一般设备	电压	+6 ~ -10	±20	1.5
	频率	±5	±10	5
由蓄电池供电的设备：				
充电期间接于蓄电池者	电压	+30 ~ -25	—	—
充电期间不接于蓄电池者	电压	+20 ~ -25		

5.1.2.3 电气设备应能在下列环境条件下正常工作：

- (1) 环境空气温度应符合表 5.1.2.3 (1) 的规定。

环境空气温度 表 5.1.2.3 (1)

部位	温度
封闭处所内	0~40℃
温度超过 40℃ 和低于 0℃ 的处所内	按这些处所的温度
开敞甲板	-25~40℃

注：热带区域，温度上限为 45℃；适用于电子设备的环境空气温度的上限为 55℃。

- (2) 潮湿空气、盐雾、油雾和霉菌。
- (3) 船舶正常航行中所产生的振动和冲击。
- (4) 倾斜摇摆如表 5.1.2.3 (4) 所列。

倾斜摇摆 表 5.1.2.3 (4)

设备组件	倾斜角 (°) ^①			
	横向		纵向	
	横倾	横摇	纵倾	纵摇
应急电气设备、开关设备、电气及电子设备	22.5	22.5	10	10
上列以外的设备、组件	15	22.5	5	7.5

注：① 可能同时发生横向和纵向倾斜。

5.1.2.4 电气设备应安装在远离易燃材料、通风良好、不可能积聚易燃气体的处所，且该处所不易遭受到机械损伤或水、油的损害。如必需安装在容易遭受到上述各种危险的处所，则设备应具有适当的结构防护或加以封闭。

5.1.2.5 电气设备的外壳防护型式，应满足表 5.1.2.5 的规定。

外壳防护型式

表 5.1.2.5

船上处所	防护等级
甲板下保护良好的舱室	IP20
顶部遮蔽的甲板上	IP22
溅湿的甲板上	IP44
大量浸水的甲板上	IP56

5.1.3 接地

5.1.3.1 电气设备和电缆的带电部件以外的所有可接近的金属部件应可靠接地，但下列情况除外：

- (1) 灯头；
- (2) 安装在非导电材料制成或覆盖的灯座或照明设备上的灯罩、反光镜和防护件；
- (3) 设在非导电材料上的金属部件和拧入或贯穿非导电材料的螺钉，这些金属部件和螺钉并以非导电材料与带电部件和接地的非带电部件相隔离，因此在正常使用中它们不可能带电和接触接地部件；
- (4) 具有双重绝缘和/或加强绝缘的便携式设备，但应满足公认的安全要求；
- (5) 为防止轴电流的绝缘轴承座；
- (6) 荧光灯管的紧固件；
- (7) 工作电压不超过 50V 的设备。对交流，此项电压为方均根值，且不应使用自耦变压器取得此项电压；
- (8) 电缆紧固件。

5.1.3.2 对于金属船体的船舶，其电气设备接地应满足下列要求：

(1) 当电气设备直接紧固在船体的金属结构或紧固在与船体金属结构有可靠电气连接的底座（支架）上时，可不另设置专用导体接地。但接地接触面应光洁平贴，保证有良好的接触，并应有防止松动和防蚀的措施。

(2) 固定安装的电气设备，若采用专用导体接地，则其导体应采用铜质或导电良好的材料制成，且应有防机械损伤和防蚀措施。采用铜质接地导体的截面积 Q 与电气设备电源线或相关的载流导体截面积 S 应满足下列要求：

当 $S \leq 2.5\text{mm}^2$ 时， $Q = S$ ，且大于等于 1.5mm^2 ；

当 $2.5\text{mm}^2 < S \leq 120\text{mm}^2$ 时， $Q = 0.5S$ ，且大于等于 4mm^2 。

(3) 非固定安装的电气设备，应以附设在软电缆（线）中的连续接地线，并通过插头和插座接地，其接地线的截面积应满足下列要求：

当 $S \leq 16\text{mm}^2$ 时， $Q = S$ ；

当 $S > 16\text{mm}^2$ 时， $Q = 0.5S$ ，且大于等于 16mm^2 。

(4) 电缆的金属护套或金属外层应于两端作有效接地，但最后分路允许只在电源端接地。对于控制和仪表设备的电缆如技术上要求单端接地者可除外。

5.1.3.3 对于非金属船体的船舶，其电气设备的接地应满足下列要求：

(1) 电气设备的金属外壳及带电部件以外的所有可接近的金属部件应采用连接导体连在一起，以形成一个连续和完整的接地系统，并连接至面积大于等于 0.1m^2 、厚度大于等于

2mm的金属接地板上。该金属接地板的安装位置应保证在任何航行状况下均能浸没在水中，且应具有防腐蚀性能。如果发动机或螺旋桨具有接地板的等效功能，可不要求另设接地板。

(2) 各接地系统的连接导线不应用作配电系统的导电回路。

(3) 应尽可能使船上所有金属部件（如管路、栏杆、油箱等）采用连接导体与本条（1）所述接地板连接在一起。尤其当主、辅机采用闪点 $<60^{\circ}$ 燃油或LPG时，其油箱、油管必须采用专用导体连接到本条（1）所述的接地板上。

(4) 所有该接地系统的连接点应充分地考虑到不同金属之间的电化作用，或采取相应的措施。

5.1.4 避雷

5.1.4.1 新建船舶应符合下列情况之一时，应装设可靠的避雷装置：

- (1) 船舶采用钢质桅杆且桅顶端装有电气设备；
- (2) 船舶采用非金属桅；
- (3) 船舶采用非金属船体。

对于敞开艇，若安装有桅杆，也应装设避雷装置。

5.1.4.2 避雷针规格应满足下列要求：

- (1) 铜质避雷针的直径应大于等于 8mm；
- (2) 钢质避雷针的直径应大于等于 16mm，其尖端应作防腐处理；
- (3) 铝质避雷针的直径应大于等于 12mm。

5.1.4.3 避雷针顶端高出桅顶或桅顶上电气设备的距离应大于等于 300mm。

5.1.4.4 当船舶设有钢桅时，避雷针可直接焊接或铆接在桅杆上；当船舶设有非金属桅时，避雷针应通过引下线直接与船体连接。

避雷针与船体之间的引下线可采用截面积大于等于 70mm^2 连续铜带（索），或采用截面积大于等于 100mm^2 连续钢带（索）。

5.1.4.5 活络桅杆与船体应有可靠的电气连接，其连接软铜线的截面积应大于等于 70mm^2 ，钢导线的截面积应大于等于 100mm^2 。

5.1.4.6 对非金属船体的船舶，其避雷装置的引下线应与 5.1.3.3 中的接地板连接。

第 2 节 电源与照明

5.2.1 近海航区营运限制船舶的主电源

5.2.1.1 应配备足够容量向船舶正常推进、操舵^①以及保证船舶安全所必需的设备供电的主电源。

5.2.1.2 除另有规定外，主电源至少应由 2 台发电机组组成，并满足下列要求：

(1) 如果船舶推进必需依靠主电源，应至少设置 2 台独立发电机组，并应能在任一发电机组停止工作时，剩余发电机组仍能继续对 5.2.1.1 中的设备供电；

(2) 如果船舶推进不依靠主电源时，这 2 台发电机组中至少应设 1 台独立发电机组，其容量应足以向全船电气装置供电，同时应将蓄电池组（如设有）在 10h 内充至额定容量的 80%。

5.2.1.3 向船上人员通常能到达的处所提供照明的主照明系统，应由主电源供电。

5.2.1.4 主照明系统应布置成：当主电源、相关的变换设备（如设有）和主配电板所在处所发生火灾或其他事故，不会导致 5.2.1.5 所要求的应急照明系统失效。

^① 如果主电源对船舶推进和操舵是必需的。

5.2.1.5 应急照明系统应布置成：如果应急电源、相关的变换设备（如设有）和应急配电板所在处所发生火灾或其他事故，不会导致 5.2.1.3 所要求的主照明系统失效。

5.2.1.6 对于帆船，主电源可设置 1 台发电机组，也可设置两组蓄电池组。主电源的容量应能在整个航程相适应的时间内足以保障船舶正常航行情况下的需要。如果采用蓄电池组，则其应满足本章第 3 节 5.3.2 或第 4 节的要求。

5.2.1.7 敞开艇和非机动船的主电源，可根据需要设置。

5.2.2 近海航区营运限制船舶的应急电源

5.2.2.1 近海航区营运限制的船舶应设有独立的应急电源，但对于敞开艇和非机动船，其应急电源可根据需要设置。

5.2.2.2 应急电源可以是发电机组或蓄电池组。如果采用蓄电池组，则其应满足本章第 3 节 5.3.2 或第 4 节的要求。

5.2.2.3 主电源所在处所在发生进水、火灾后，不应影响应急电源的正常使用。

5.2.2.4 应急电源的容量应至少对下列设备供电：

- (1) 每一集合地点、登乘地点和舷侧的应急照明 3h。
- (2) 下列处所（如设有）应急照明 12h（客船）或 6h（货船）：
 - ① 所有服务和起居处所的走廊、梯道和出入口；
 - ② 用于航行的推进机械处所、主电源及其控制位置；
 - ③ 所有控制站、机器控制室和每一主配电板和应急配电板处；
 - ④ 操舵装置处。
- (3) 对航行灯和其他号灯供电 12h（客船）或 6h（货船）；
- (4) 对无线电通信设备、号笛以及应急情况下所要求的船内通信设备供电 12h（客船）或 6h（货船）。

5.2.3 其他航区营运限制船舶的电源

5.2.3.1 除另有规定外，船舶应至少设有两套电源。在任一套电源发生故障时，剩余电源的容量应能继续满足船舶正常航行情况下的需要。船舶正常航行状况下的需要，应包括电动消防泵（如设有）、电动舱底泵（如设有）、照明、通信设备、信号设备以及其他保障正常航行和航行安全的设备（如设有且采用电力驱动）。

5.2.3.2 电源可以采用下列几种形式：

- (1) 由独立的原动机驱动的发电机；
- (2) 由推进主机驱动的发电机；
- (3) 蓄电池组。

5.2.3.3 若电源采用蓄电池组时，每套蓄电池组的容量应能在整个航程相适应的时间内足以保障船舶正常航行情况下的需要，且至少能维持其用电设备 4h 的供电。

5.2.3.4 对于遮蔽水域营运限制和平静水域营运限制的船舶，若仅以照明为主，电源可仅设置一组蓄电池组，其容量应能满足整个航程相适应的时间内用电设备的需求。

5.2.3.5 对于敞开艇和非机动船，其电源可根据需要设置。

5.2.4 其他航区营运限制船舶的照明

5.2.4.1 至少应在本章 5.2.2.4 所规定的处所（如设有）设有照明。

第 3 节 配电系统及设备

5.3.1 配电系统

5.3.1.1 配电系统的最高额定电压不应超过 1000V（交流系统）或 1500V（直流系统），可以采用下列配电系统：

(1) 直流

双线绝缘系统

负极接地的双线系统

(2) 交流

单相双线绝缘系统

单相一线接地的双线系统

三相三线绝缘系统

中性点接地的三相四线系统

三相四线绝缘系统

5.3.1.2 用于电力、照明的绝缘配电系统，不论是一次系统还是二次系统，均应设有连续监测绝缘电阻，且能在绝缘电阻异常低时发出听觉或视觉报警信号的绝缘电阻监测报警器。

5.3.2 作为船舶电源组成部分的蓄电池组

5.3.2.1 凡以蓄电池组作为电源的船舶，如果蓄电池组的额定容量有一合理的余量，而无需在航行期间充电，则船舶上可不配充电装置，但应设有岸电充电装置。

5.3.2.2 蓄电池组应安装在舱底水水位以上的干燥、通风的部位。蓄电池的安装方式应考虑到船舶的预定用途，限制其水平和垂直移动。

5.3.2.3 安装在船上的蓄电池应在倾斜 40°时，其电解液不会泄漏。

5.3.2.4 蓄电池的安装位置应能防止受到机械损伤。

5.3.2.5 蓄电池不应安装在燃油箱（柜）或燃油滤器的直接上方或直接下方。

5.3.2.6 酸性和碱性蓄电池不应安装在同一围蔽空间内。开关、熔断器和其他容易产生电弧的电气设备不应安装在蓄电池组处所内。

5.3.2.7 蓄电池组的安装位置应与船壳保持一定的距离。

5.3.2.8 充电功率^①大于 2kW 的蓄电池组，应安放在专用舱室内或也可安放在开敞甲板上的箱柜中。

5.3.2.9 装有 5.3.2.8 所要求的透气型蓄电池组的室、箱或柜通风装置的排气量 Q 应不小于：

$$Q=0.11 \times I_n \quad \text{m}^3/\text{h}$$

式中：I——产生气体期间的最大充电电流，但不小于充电设备能够输出的最大充电电流的 25%，A；

n——蓄电池数量。

5.3.2.10 装有阀控密封型蓄电池的室、箱或柜的排气量可减少至 5.3.2.9 规定排气量的 25%。

5.3.2.11 对于帆船，蓄电池应是密封型。

5.3.2.12 蓄电池充放电装置应满足下列要求：

- (1) 设置足够容量的充放电装置对推进蓄电池组进行充电、放电。
- (2) 充放电装置应设有短路、过载等保护装置。

^① 充电功率系指蓄电池组的标称电压乘最大充电电流值。

(3) 充放电装置应设有绝缘监测装置以及电压表、电流表和指示充放电状态的指示灯。

(4) 除锂离子蓄电池外，充放电装置应能在 10 小时内将推进蓄电池从完全放电状态充电至其额定容量。

(5) 蓄电池充放电装置应具有防止蓄电池过充、过放的保护环节和故障报警。

(6) 蓄电池充放电装置应尽量靠近蓄电池安装。

5.3.3 配电板（箱）

5.3.3.1 配电板（箱）应安装在干燥、容易接近和通风良好的位置。

5.3.3.2 对同时设有直流和交流电气系统的船舶，应在单独的配电箱上分别进行直流和交流配电，或者在具有隔离板或其他可靠设施将直流和交流部分相互清晰地分开的同一配电箱上进行配电。船上应具有用以标识电路、组件和导线的接线图。

5.3.3.3 主配电板的前后通道（如设有）均应铺有防滑和耐油的绝缘地毯或经绝缘处理的木格栅。电压为 50V 以下者可除外。

5.3.3.4 船舶可根据其主电源配置和电气设备的实际情况，在配电板上设置适用和安全的配电电器和保护电器。在配电板或充放电板上至少应设置电流、电压指示仪表及电源通断指示灯。

5.3.4 插座

5.3.4.1 不同电压和/或不同频率配电系统中的插座，应使用不可互换的插头和插座连接。

5.3.4.2 安装在经受雨淋、喷水或溅水部位的插座，当其不使用时，应能被封闭在至少为 IP55 的外壳中。插入相应插头后的插座也应相应密封。

5.3.4.3 安装在经受注水或瞬时浸水区域的插座应在防护等级至少为 IP56 的外壳中，当其与电气插头一起使用时，也应满足这些要求。

5.3.4.4 为厨房区域装设的插座位置应使得各器具的电线不应跨越厨房炉灶或洗涤盆上方或穿过通行区域而插入这些插座。

5.3.5 电动机及其控制装置

5.3.5.1 额定功率等于或大于 1kW 的电动机及所有重要用途的电动机，一般应由配电板的独立分路供电。

5.3.5.2 每台电动机均应设置有效的起动和停止装置，其位置一般应在电动机附近，若不可行或不合理时，可在配电板（箱）起动。

5.3.5.3 若船舶设有电动操舵装置或电动液压操舵装置，其电动机应由主配电板设单独馈电线供电。其保护装置应设置短路和欠压保护，不应设置过载保护，但应在驾驶室设置过载声、光报警。

5.3.5.4 应在机舱口外设有电动风机、燃油泵的应急切断装置。舱室空调、风扇和厨房风机应能就地切断。

5.3.6 铝合金船舶

5.3.6.1 配电系统应与船体绝缘或设置阴极保护系统。

5.3.6.2 对于直流系统，蓄电池不应通过推进机械或相关的机械部件接地。发动机的起动蓄电池可通过发动机接地。

第 4 节 锂离子蓄电池组

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 本节所指蓄电池仅适用于磷酸铁锂电池。

5.4.1.2 蓄电池必须配备电池管理系统（BMS）。

5.4.1.3 蓄电池充放电设备应满足 5.3.2.12 的要求，并与 BMS 组合使用，由其控制。锂离子蓄电池的充电装置应有抑制无线电干扰的措施。

5.4.1.4 蓄电池应安装在一个环境可控的蓄电池舱（室）/蓄电池箱（柜）中。

5.4.2 定义

5.4.2.1 除另有规定外，本节的名词定义如下：

（1）蓄电池包：系指由于电压或功率要求由一个或多个蓄电池模块串、并联而成。蓄电池包内应含有为电池系统提供信息（如电压、温度等）的监测电路。

（2）电池管理系统（BMS）：系指控制或管理电池系统电气或热性能的电子装置。

（3）荷电状态（SOC）：系指当前蓄电池单体、模块、蓄电池包或系统中按照制造商规定的放电条件可以释放的容量占可用容量的百分比。

（4）电池系统：系指能量存储装置，包括蓄电池单体或蓄电池模块的集成、电池管理系统、高压电路、低压电路、冷却装置以及机械总成。

（5）蓄电池舱（室）：系指由结构性分隔围蔽的专门存放电池的处所。

（6）存储能量：系指蓄电池额定容量与额定电压的乘积。

5.4.3 蓄电池的布置与安装

5.4.3.1 在布置蓄电池时，应根据蓄电池总存储能量选择布置方式：

（1）总存储能量大于 20kWh 的蓄电池应安装在专用舱室内或安装在开敞甲板上的箱（柜）中；

（2）总存储能量小于等于 20kWh 但大于 2kWh 的蓄电池，可以安装在专用箱（柜）中，在保证箱（柜）使用环境的情况下，可置于机舱中；

（3）总存储能量小于等于 2kWh 的蓄电池，可采用钢质外壳蓄电池包的形式，在保证包内使用环境的情况下，安装在通风良好的处所。

5.4.3.2 蓄电池不应安放于起居处所内。

5.4.3.3 蓄电池应位于防撞舱壁以后，除 5.4.3.1（2）、（3）所述情况之外，蓄电池尚应位于机舱以外的区域。

5.4.3.4 蓄电池的布置应便于更换、检查、测试和清洁。蓄电池的布置还应注意避免应力集中，当蓄电池的布置较集中时应对该区域的船体结构进行局部加强。

5.4.3.5 蓄电池不应安装在过热、过冷、溅水、蒸汽等损害其性能或加速其性能恶化的处所内。其安装不应因其滥用造成的着火、爆炸，而导致人员遭受危险和设备遭受损坏。

5.4.3.6 对于船长大于 15m 的船舶，推进用蓄电池应至少分设于两个蓄电池舱（室）内。

5.4.3.7 所有蓄电池应装设在专用的蓄电池箱（柜）或电池包内。蓄电池箱（柜）应采用厚度大于等于 1mm 的钢质材料制成。单个蓄电池箱（柜）的水平投影面积应不超过 1m²。

布置在蓄电池舱（室）内的蓄电池箱（柜）上应适当设置格栅或类似设施，以利于通风散热和灭火，单独设有温度调节装置和火灾防护措施可除外。

当蓄电池舱（室）水平投影面积不超过 1m²时，则不必设箱（柜）。当蓄电池舱（室）内蓄电池采用蓄电池包形式且蓄电池包外壳为钢质材料时，则不必设箱（柜）。任一蓄电池包的水平投影面积应不超过 1m²，且任一蓄电池包重量应小于 130kg。

5.4.3.8 蓄电池舱（室）、蓄电池箱（柜）内不应安装与蓄电池无关的设备。

5.4.3.9 除电池系统外，蓄电池舱（室）、蓄电池箱（柜）内应避免安装其他电气设备。若必须安装时，应尽可能远离蓄电池，且应将电气设备的发热量计入 5.4.4.2 条通风量的计算中。

5.4.3.10 应考虑蓄电池舱（室）舱底水设施，其舱底水设施应满足第 4 章第 7 节的要求。

5.4.4 通风冷却

5.4.4.1 蓄电池舱（室）应采用独立的机械通风或其他温度调节装置，防止蓄电池舱（室）环境温度过高。对于未设置在专用舱内的蓄电池箱（柜），应设有有效的温度调节装置。

5.4.4.2 蓄电池舱（室）采用机械通风时，按电池厂家提供的方法进行机械通风计算。若电池厂家未提供计算方法，则按以下方法计算通风量。

通风量不应小于下式计算所得之值：

$$q' = k(nQ + Q_1) / (0.335\Delta t) \quad \text{m}^3/\text{h}$$

式中： Q ——单个蓄电池模块工作时自身产生的发热量，W；

Q_1 ——其他热源发热量，W；

n ——蓄电池模块总数；

Δt ——蓄电池舱（室）与外面空气的最高温度差^①，℃；

k ——风扇裕量常数，实际选择时取 1.5~2。

5.4.4.3 通风口应有防止水和火焰进入的措施，进风口应远离出风口。

5.4.4.4 从通风机排出的气体应引至开敞甲板上的安全地点，并远离有人居住或含有热源的处所。

5.4.4.5 应设有在蓄电池舱（室）外关闭通风或其他温度调节装置的控制设施。

第 5 节 系统保护

5.5.1 系统保护

5.5.1.1 电气装置中应设置合适的保护电器，以能在发生包括短路在内的过电流故障时，对其进行保护。

5.5.1.2 每一独立电路均应设有可靠的短路保护和过载保护，但舵机的保护应符合 5.3.5.3 的规定。

5.5.1.3 发电机应以断路器进行保护，对 24kW 以下的发电机可用一个多极开关加熔断器进行保护。

5.5.1.4 电动机负载的过电流保护装置的整定值应与被保护电路的需用负载特性相协调。

5.5.1.5 过电流保护装置的定额应不超过被保护导线的最大载流容量。

5.5.1.6 对于电力变压器，包括由两个或三个单相变压器组成而作为一个装置运行的变压器组，均应设有过电流保护。每一变压器应由一个设在初级侧的且定额不大于变压器初级额定电流 125% 的单独过电流保护装置予以保护。

^① 最高温度取船舶航行区域可能出现的最高环境温度，但不超过 45℃。

5.5.1.7 应有标明每一电路过载保护电器额定值或相应的整定值的耐久标志,该标志应设置保护电器所在位置。

5.5.1.8 蓄电池组(除起动蓄电池外)均应设有短路保护,其保护电器应尽可能靠近蓄电池组,一般可设置在其所连接的充放电板上。

5.5.1.9 应在尽实际可行的靠近蓄电池组的某一易于接近的部位(一般可设置在其所连接的充放电板上),在接至供电系统的蓄电池或蓄电池组的正极导线上安装一个蓄电池分断开关,但下列情况例外:

- (1) 只具有发动机起动和航行灯电路的舷外机船;
- (2) 具有保护存储器和保护装置的电子装置,例如舱底泵和报警器,如其已在尽实际可行的靠近蓄电池接线端子处以断路器或熔断器单独地予以保护;
- (3) 发动机燃油柜(舱)通风机,如果已在电源处单独地设有熔断器。

第 6 节 电 缆

5.6.1 一般要求

5.6.1.1 船舶上应采用船用成束滞燃型电缆或电线。电缆、电线的选择应根据敷设的环境条件、敷设方法、电流定额、工作定额、需用系统和允许电压降等因素来确定。

5.6.1.2 在机舱中的电缆或电线的导体绝缘工作温度应至少为 70℃,并为耐油型,或者以绝缘的导管或套筒予以防护。

5.6.1.3 在机舱之外的电缆或电线的导体绝缘工作温度应至少为 60℃。

5.6.2 敷设

5.6.2.1 电缆或电线的走线应尽可能平直和易于检修。

5.6.2.2 除非在导管或电缆槽中走线或由托板予以支承,否则无护套的单根导线的最大支承间距应为 250mm。

5.6.2.3 有护套的导线以及蓄电池导线的最大支承间距应为 450mm,离接线端子最近的第一个支承与接线端子的距离不应大于 1m。但起动电动机的导线可例外。

5.6.2.4 单独安装的长度超过 200mm 的每一根导线都应至少具有 1mm²的截面积。多芯电缆的每一根导线应至少具有 0.75mm²的截面积,且其可以伸出该护套外的距离不超过 800mm。

5.6.2.5 电气系统的每一电气导线均应具有识别方法,以标识出其在该系统中的功能。但对于与发动机成套的,由该发动机制造厂提供的导线除外。

5.6.2.6 导线的接头应在防风雨的位置或在防护等级至少为 IP55 的外壳内。

5.6.2.7 载流导线应避免在舱底水区域或可能积聚水的其他区域的预期水位线以下走线。如果必须在舱底水区域走线,则应采取适当的防水措施。

5.6.2.8 接线端子的接线柱、螺母和垫圈用的金属应为耐蚀的,且应与导线的金属在电化腐蚀上相兼容。不应把铝和未镀覆的钢用作电路中的双头螺栓、螺母或垫圈。

5.6.2.9 所有的导线均应具有适当的接线端子,即不得把裸导线与接线柱连接,但对其端部的各绞线已在其与接线柱连接相接触的全长上通过锡焊做成刚性者,则可例外。对于标称截面积大于 2.5mm²所有导线的连接和接线端子,不应采用锡焊接。

5.6.2.10 不应采用绞扭接头(接线螺母)。

5.6.2.11 对于接线端子的裸露颈部,应采用绝缘的隔板或套管予以防护,以免无意短路,但对在保护导线系统中的接线端子则可例外。

5.6.2.12 导线的走线应避开可能损坏其绝缘的排气管或其他热源。除非设有一等效的隔热板，否则其与水冷却排气部件的最小间距为 50mm，与干式排气部件的最小间距为 250mm。

5.6.2.13 可能遭受物理损伤的导线应以护套、导管或其他等效设施予以保护。贯穿舱壁或结构件的导线应对由擦伤引起的绝缘损坏予以保护。

5.6.2.14 在同一接线螺柱上紧固的导线数决不应多于 4 根。电缆或电线不应直接敷设在纤维增强塑料层板内。

第 7 节 船内安装汽油机的附加要求

5.7.1 一般要求

5.7.1.1 在外部或内部会产生电火花而可能点燃汽油和空气混合物的汽油机上安装的电气系统部件（诸如断路器、开关、电磁线圈、发电机、调压器和电动机），其设计和安装时应符合 CCS 接受标准^①规定的防点燃型设备的要求。

5.7.2 发动机电气系统和部件

5.7.2.1 所有电气系统部件应尽可能高地安装于发动机上方。发动机起动电动机和点火配电器的位置可以在发动机制造商的设计基础上予以调节。

5.7.2.2 点火线圈和永磁发动机应安装或保护使水不会在高压头周围积聚。

5.7.2.3 如要求电气部件为防点燃型，且扎带或其他罩盖为防点燃外壳的一部分，则在此部件上应固定永久性警告标签，或在扎带或罩盖上设有适当文字或符号的永久性明显标志，标志上应指示出当发动机运行时扎带或罩盖应在其位置上。

5.7.2.4 点火分配器应符合下列规定：

(1) 在发动机起动和运行时使用的分配器，应为防点燃型。用于紧固分配器端头的设施应有足够的强度以防止在内部燃油和空气汽化混合物爆炸时分配器脱离其密封表面。在试验期间，高电压（二次）点火导线应与发动机运行时的安装情况一样，以接线端子的罩盖置于所分配器端头的凸缘上；

(2) 所有进气口或排气口均应以有效的火焰阻止器隔板盖住或具有等效的防点燃能力的尺寸和长度；

(3) 接线端子罩盖应紧紧固定，以在高压导线绝缘外面及分配器端头凸缘外面形成水密，并满足 5.7.2.5 (1) 的要求。

5.7.2.5 高压（二次）点火电缆组件应符合下列规定：

(1) 高压点火电缆组件应有罩盖和安装螺纹套管，以在高压导线绝缘外部、分配器端头凸缘外部及火花塞陶瓷绝缘子外部形成水密，使当此连接浸入以重量计为 3% 盐水溶液液面下 3~5cm 处 2h 后，以 50~60Hz、20kV 峰值电压（14kV rms）作用于导体时不致发生漏电。在高压导线的自由端与浸入盐水溶液之间应以每秒 500V 峰值（355V rms）的速率施加电压；

(2) 安装于高压点火电缆上的罩盖和螺纹套管，在 125℃±2℃ 温度下放置 40h 后，接着在室温条件下在火花塞和配电器端头凸缘上装、拆 10 次以使其挠曲后满足上述 (1) 的漏电试验要求；

^① 参见《小艇 电气装置 周围可燃性气体防燃防护》（ISO 8846: 2017）的规定。

(3) 安装于高压点火电缆上的罩盖和螺纹套管, 当在室温中悬挂于满足 ISO 1817^①的试验液 C 液面以上 25mm±5mm 的密封的玻璃容器内 30h 后, 接着在火花塞和分配器端头凸缘上装、拆 10 次以使其挠曲后应满足上述 (1) 规定的漏电试验要求;

(4) 安装于高压点火电缆上的罩盖和螺纹套管在 125℃±2℃, 符合 ISO 1817 要求的 3 号试验油中放置 40h, 将它从试验油拿走, 冷却至室温, 抹去附着的试验油, 在火花塞和分配器端头凸缘上装、拆 10 次后应满足上述 (1) 规定的漏电试验要求;

(5) 上述 (2) 至 (4) 规定的试验应在高压点火电缆组件的各分组上进行。

第 8 节 纯电池电力推进船舶的附加要求

5.8.1 一般要求

5.8.1.1 本节规定适用于采用电动机驱动推进器, 且采用蓄电池组作为供电电源的船舶。

5.8.1.2 除本节要求外, 推进蓄电池组还应满足本章第 3 节 5.3.2 或第 4 节的相关要求。当推进蓄电池组用作船舶主电源时, 还应满足本章第 2 节的相关规定。

5.8.1.3 推进用蓄电池组的设计应使其容量满足船舶航程所需的电力。

5.8.1.4 作为推进用蓄电池, 在规定的供电时间内, 酸性铅板型或碱性镍板型蓄电池的放电终止电压应至少为其标称电压的 88%; 锂离子蓄电池放电终止电压/电量应该满足厂家提供的技术规格书的要求。

5.8.1.5 蓄电池组充电时, 应避免各蓄电池组充电不均匀。

5.8.1.6 不应采用蓄电池组中部分蓄电池向机电设备供电。

5.8.1.7 蓄电池的维护和保养应按厂家提供的资料进行。

5.8.2 推进设备的控制和保护

5.8.2.1 变速且本身带有风扇的推进电机, 应能在额定转矩、额定电流、额定励磁或类似工况下, 在低于额定转速的低转速下运转, 而温升不超过 CCS《钢质海船入级规范》第 4 篇第 3 章的相关规定。

5.8.2.2 推进电机的集电环和换向器的布置应适当且易于检修, 并应有易于接近各绕组和轴承的措施, 以便于进行检查、修理以及取出和更换励磁绕组。

5.8.2.3 推进电机在额定工况下, 应能承受电机接线端子处和系统中突然短路时保护装置动作之前的短路电流而不损坏。

5.8.2.4 推进电动机应能在规定的各种运行工况状态下, 连续地驱动螺旋桨正车和倒车运行, 并应能在机动和倒车的过渡工况下良好运行。对可逆转推进电动机, 应能在产品技术规格书规定的逆转工况下正常运行。

5.8.2.5 由半导体变换器变频供电的交流推进电动机的定子绕组应能承受逆变器高频开关作用引起的电压变化率。

5.8.2.6 直流推进电机的转子应能承受超速保护装置根据正常运行整定的极限转速。

5.8.2.7 控制站应设置一个与正常工作作用操纵杆无关的单独的紧急停止装置。

5.8.2.8 推进主电路应设有过载和短路保护, 不应使用熔断器作为保护装置。

5.8.2.9 在推进电动机可能出现过度超速(如丢失螺旋桨情况)时, 应设置合适的超速保护。

5.8.2.10 应采取措施以保证只有当操纵杆处于零位, 且系统处于备车情况下, 推进系统的控制才能起作用。

^① 参见《硫化橡胶或热塑性橡胶-液体影响的测定》(ISO 1817: 2015) 的规定。

5.8.2.11 在励磁电路中，不应设置使励磁电路开路的过载保护。

5.8.2.12 推进电机励磁系统中任何单个故障应不会引起推进功率的全部损失。

5.8.3 监测仪表和报警

5.8.3.1 控制站应设有必要的指示状态的仪器仪表。如适用时，控制站应设置表 5.8.3.1 中的指示、显示和报警。

指示、显示和报警

表 5.8.3.1

系 统	监测参数	报警	显示	备 注
蓄 电 池	电压	√	√	高/低电压报警
	电流		√	
	充放电指示		√	
	SOC	√	√	剩余电量低报警，仅适用锂离子蓄 电 池
	BMS 自检功能	√	√	BMS 故障报警，仅适用锂离子蓄电 池
推 进 电 动 机 (交流 and 直流)	电枢电流		√	读取所有相
	励磁电流		√	对同步电动机而言
	电动机运行		√	
推 进 半 导 体 变 换 器	电压（输入）		√	
	电流（输入）		√	
	过载（大电流）	√		在保护装置动作前报警
	变换器冷却泵或风机故障	√		

注：在栏中带“√”表示适用时应设置。

5.8.3.2 安装在控制站上的仪表和其它装置应设有标牌，仪表应有指示满负荷的识别标记。

5.8.3.3 所有固定安装的仪表的金属外壳必须永久牢固接地。

5.8.3.4 测量、指示和监测设备的故障应不会引起控制和调节的失效。

第 9 节 应用太阳能电池的船舶的补充规定

5.9.1 一般要求

5.9.1.1 本节规定适用于应用太阳能电池的船舶。

5.9.1.2 太阳能电池的组成包括：太阳能光伏组件、控制器、蓄电池组、逆变器（适用时）。

5.9.1.3 太阳能电池应只用作船舶的辅助电源。

5.9.2 太阳能光伏组件

5.9.2.1 太阳能光伏组件应满足 CCS 接受的标准的要求。

5.9.2.2 每个组件都应有耐久清晰的标志（包括：制造厂的名称、标志或符号、产品型号、产品序号、引出端或引线的极性、组件允许的最大系统电压、制造的日期和地点）。

5.9.2.3 太阳能光伏组件不应有下列现象：

- (1) 开裂、弯曲、不规整或损伤的外表面；
- (2) 破碎或有裂纹的单体电池；
- (3) 互联线或接头不可靠；
- (4) 电池互相接触或与边框相接触；
- (5) 密封材料失效；
- (6) 在组件的边框和电池之间形成连续通道的气泡或脱层；
- (7) 在塑料材料表面有粘污物；
- (8) 引线端失效，带电部件外露；
- (9) 可能影响组件性能的其他任何情况。

5.9.2.4 太阳能光伏组件应尽可能安装在船舶震动较小的处所内，必要时，应加装减震器。

5.9.2.5 太阳能光伏组件安装时，其安装支架应有足够的强度，能够承受太阳能光伏组件可能经受的外力作用。

5.9.2.6 太阳能光伏组件安装后，其裸露的带电部件应采取适当的保护措施。

5.9.2.7 太阳能光伏组件在更换或维修时，应将组件表面用布或其他透光性较差的材料覆盖，防止在阳光照射下组件产生高电压危险。

5.9.3 控制器

5.9.3.1 控制器应具备以下功能：

- (1) 蓄电池的过充电保护：具有输入充满断开和恢复接连功能；
- (2) 蓄电池的过放电保护；
- (3) 短路保护；
- (4) 过载保护。

5.9.3.2 控制器应尽可能安装在船舶震动较小的处所内，必要时，应加装减震器。

第 10 节 船舶岸电系统的补充规定

5.10.1 一般要求

5.10.1.1 本节规定适用于安装有船舶岸电系统船载装置的船舶。

5.10.1.2 船舶若装有船舶岸电系统船载装置，应满足本节的规定。

5.10.1.3 船舶岸电系统船载装置应持有船用产品证书。

5.10.1.4 船舶应建立和实施船舶岸电连接操作程序，以确保连接岸电时的操作安全。

5.10.2 船舶岸电系统船载装置

5.10.2.1 应在船上便于连接来自岸电柔性电缆的适当地方设置一个岸电箱。在岸电箱与主配电板或应急配电板间应以固定敷设并具有足够电流定额的电缆相连。该岸电箱应具有：

- (1) 用于连接柔性电缆的合适的接线柱；
- (2) 用于将船体与岸地相连的接地接线柱；
- (3) 用作保护的断路器或开关加熔断器；

(4) 指示端电压的指示灯或电压表；
(5) 如适用，用以检查岸电与船电系统的极性（直流）或相序（三相交流）是否相符的设施；

(6) 防止接线端承受较大程度机械外力的设施；

(7) 标明船电系统的配电系统的形式、额定电压和频率（对于交流）的铭牌。

5.10.2.2 当岸电和（或）船电系统为中性点接地的交流三相系统时，则应设有将船体与岸地相连接的设施。当船电系统为以船体作回路的直流系统时，应将岸电的负极接于船体。

5.10.2.3 在主配电板或应急配电板上应设有岸电指示器，以指示岸电电缆已经通电。同时，还应至少配备岸电电流表和岸电电压表各一个。

5.10.2.4 船舶应配有岸电插头，其额定电流为 16A/32A（系列 I），电压等级可采用 220V^①/380V^②。

5.10.2.5 船舶应配备与其载流量适配的岸电连接电缆，该电缆应采用具有足够电流定额的、耐油、滞燃护套的柔性电缆。

5.10.3 负载转移

5.10.3.1 岸电和船舶电源之间的负载转移可以通过断电或短时并联方式进行。

5.10.3.2 当采用断电方式进行负载转移时，应采取措施避免船舶发电机（如设有，还包括应急发电机）和岸电同时供电。

5.10.3.3 当采用船舶发电机与岸电短时并联方式进行负载转移时，应满足以下要求：

(1) 应设有船舶电源和岸电的同步设备；

(2) 负载转移如采用自动方式时，也应能手动进行；

(3) 在负载安全转移的前提下，短时并联运行的时间应尽可能短；

(4) 当负载转移超过了确定的时间限值时，应停止转移，断开岸电连接断路器，并在有人值班处所发出听觉和视觉报警信号；

(5) 负载转移时应避免出现逆功。

① 其应为《工业用插头插座和耦合器 第 2 部分：带插销和插套的电器附件的尺寸兼容性和互换性要求》（GB/T 11918.2-2014）中带 3 个触头（2P+E）的电器附件。

② 其应为《工业用插头插座和耦合器 第 2 部分：带插销和插套的电器附件的尺寸兼容性和互换性要求》（GB/T 11918.2-2014）中带 4 个触头（3P+E）的电器附件。

第 6 章 液化石油气 (LPG) 动力小船的附加要求

第 1 节 一般规定

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 本章规定作为对以液化石油气 (以下简称 LPG) 为燃料的发动机作为主动力的船舶的附加要求。

6.1.1.2 客船不应安装 LPG 座舱机。

6.1.1.3 适用本章的船舶, 禁止使用双燃料。

6.1.1.4 对舷外 LPG 挂机的特殊要求可参照本规范第 4 章的有关规定。

6.1.2 定义

6.1.2.1 本章规定有关定义如下:

(1) 液化石油气 (LPG): 系指在常温和大气压下呈气态, 通过增压和降温可使之保持液态的轻质碳氢化合物的混合物, 其基本成分为丙烷、丙烯、丁烷、丁烯。它也可由商用丁烷、商用丙烷或两者混合物构成。

(2) 气罐: 系指船上用于储存液化石油气 (LPG) 的专用钢瓶。

(3) 气罐处所: 系指船上用于存放气罐的处所。

(4) 围蔽处所: 系指由舱壁和甲板所围成的封闭处所, 但可以有门窗。

(5) 半围蔽处所: 系指由于具有顶板、甲板等结构, 以致其自然通风条件与在开敞甲板有显著的差异, 且其布置使气体不会发生扩散的处所。

(6) 开敞处所: 系指开敞的甲板空间。

第 2 节 LPG 发动机

6.2.1 一般要求

6.2.1.1 LPG 发动机 (以下简称发动机) 的设计和制造应符合 CCS 接受的相关标准^①的规定, 且应持有船用产品证书。

6.2.1.2 发动机作为主机时, 应装设可靠的调速器, 使主机的转速不超过额定转速的 115%, 当发动机作为发电机的原动机时, 应装设调速器, 其调速特性规定如下。

(1) 对调速器: 突然撤去或突然加上额定负荷时, 其瞬间调速率和稳定调速率应分别不大于额定转速的 10% 和 5%, 突加额定负荷时, 稳定时间应不大于 5s。

(2) LPG 发动机额定功率大于 220kW 时, 应装设独立于调速器的超速保护装置, 以防止发动机转速超过额定转速的 115%。

6.2.1.3 发动机应设有应急停车装置, 该装置可用关闭 LPG 供气总管上的燃料总阀来实现, 且应能在驾驶室进行遥控。

6.2.1.4 发动机冷却水系统应设加热装置, 以确保发动机在冬天的正常起动。

6.2.1.5 发动机的排气管系应符合下列要求:

(1) 排气管应采用适当的绝热材料包裹, 以使表面温度不超过 220℃。

(2) 排气管出口处应装设火星熄灭装置或等效设施。排气管出口应尽可能远离机舱和气

^① 参见《中小功率内燃机 第 1 部分: 通用技术条件》(GB/T 1147.1) 和《中小功率内燃机 第 2 部分: 试验方法》(GB/T 1147.2)。

罐储存处所的排风口。

第 3 节 LPG 供气系统

6.3.1 气罐及其附件

6.3.1.1 气罐应安装在独立的气罐存放处所内且有牢固的固定设施，确保其在海上航行时不会翻倒，并便于拆卸和调换。气罐与固定座之间应有防撞击的橡胶或木质垫料。

6.3.1.2 气罐安装方向及位置应考虑气、液相接头元件以及液面指示器有效与可靠的工作。

6.3.1.3 气罐应尽可能远离热源，避免阳光直接照射。气罐专用舱室或气罐箱内的温度一般应不高于 45℃，在夏天高温时应采取适当的降温措施。

6.3.1.4 气罐限量充装阀应在 LPG 充装量达到 80%气罐水容积时，自动终止充装。

6.3.1.5 气罐安全阀应能确保气罐压力不超过其设计压力。

6.3.1.6 密封保护盒应可靠地将气罐口及各附件密封，并设置能使泄漏气体排向舷外安全处所的通气管道。

6.3.1.7 气罐及其附件应符合 CCS 接受的相关标准^①的规定，并持有船用产品证书。

6.3.2 LPG 控制设备

6.3.2.1 每一 LPG 供气系统应设有一个蒸发调压器，该调压器应能为各个用气发动机提供合适的、固定的工作压力。LPG 经蒸发调压器以后的管路内的压力应不大于 0.1MPa。

6.3.2.2 每一气罐的出口处应设限流阀，当限流阀两端压力差为 0.35MPa 时，限流阀自动关闭。

6.3.2.3 在 LPG 供气总管上的蒸发调压器的进口处应装设自动截止阀，其在下列情况之一时，能自动切断 LPG 供给。

- (1) 点火开关未打开；
- (2) 发动机未运转；
- (3) 抽风机未开。

6.3.2.4 对多气罐的 LPG 供气系统，每一气罐引出的供气支管上应设有截止阀，以供调换气罐时关闭用，且截止阀应安装在人易到达并且方便操作的地方。

6.3.2.5 同时供应多台发动机的 LPG 供气系统，应在每台发动机的进气管上装设截止阀，且截止阀应安装在人易到达并且方便操作的地方。

6.3.2.6 气罐应设有容量测量装置并采用压力传感器及气量显示器，以便能在驾驶室显示其即时容量。

6.3.3 LPG 供气管系

6.3.3.1 对刚性供气管应采用硬质拉制铜管或拉制不锈钢管。对外径为 12mm 及以下的管路，其壁厚应不小于 0.8mm，而对外径大于 12mm 的管路，其壁厚应不小于 1.5mm。蒸发调压器以后的低压管路可采用认可型橡胶软管^②，不得采用塑料软管。

6.3.3.2 从气罐至蒸发调压器的高压供气管路应安装在围蔽或半围蔽的气罐处所内。如安装在开敞处所，应用保护构件将其固定和遮挡，以防踩压或碰撞。严禁将蒸发调节器安装在 LPG 发动机内部。

^① 参见《机动车用液化石油气钢瓶》(GB17259)。

^② 参见《液化石油气汽车橡胶管路》(QC/T745)。

6.3.3.3 LPG 供气管路不得通过客舱、服务处所和控制站。

6.3.3.4 LPG 发动机与任何固定安装的金属管路之间应使用认可型橡胶软管连接，以避免因振动所引起的故障。

6.3.3.5 供气管路中凡部分采用软管者，软管两头的接头应有双夹头，夹头应有一定的接触长度，且不允许采用弹簧夹头，夹头的设置应具有可达性。

6.3.3.6 LPG 供气管系中有可能泄漏燃气的部分管路应与电器设备尽可能远离。

6.3.3.7 LPG 供气管与舱壁或甲板之间不应直接接触，在与其他管路相交处应避免接触。

6.3.4 试验

6.3.4.1 液化石油气管系应进行液压试验和密性试验，试验压力按表 6.3.4.1 的要求。

试验压力

表 6.3.4.1

LPG 管系	试验压力 (MPa)	
	液压试验 (在车间)	密性试验 (装船后)
气罐至调压器管路	3.3	2.2
调压器至发动机管路	0.2	0.1

6.3.4.2 液化石油气供气系统安装完毕后，应进行效用试验，不应有气体泄漏。表 6.3.4.1 中所述的密性试验也可与效用试验一起进行。

第 4 节 布置与通风

6.4.1 布置

6.4.1.1 机舱和气罐存放处所应相互独立，且严禁与客舱混合布置。气罐存放处所应尽可能采用半围蔽方式布置在甲板以上通风良好处。气罐存放处所应能上锁，以防止非工作人员触摸和搬动。气罐存放处所不应设有通往其下方舱室的孔洞及梯道口。气罐及高压管路在甲板上距船舶外轮廓边缘的距离（不包括护舷材）应不小于 100mm。

当船舶在开敞处所采用气罐箱（柜）作为气罐处所时，其气罐箱（柜）的通风条件应符合本节 6.4.2.2 的规定。

6.4.1.2 机舱和气罐存放处所应设有独立的疏排水系统，并与其他舱室的疏排水系统分开。

6.4.1.3 机舱和气罐存放处所的底部结构应保持气密，且应尽可能设置平台。对设有加强骨材的底部，其布置应不妨碍可燃气体的排泄。

6.4.1.4 机舱、气罐存放处所与客舱间的舱壁，以及气罐存放处所与机舱间的舱壁应保证气密，且一般不应设置开口。如有必要的管路或电缆穿过，则应在该穿过处予以气密，并保证该处结构防火的完整性。对于采用舷外挂机且载客处所为开敞处所的船舶可不满足该要求。

6.4.1.5 对于客舱内的门、窗均为非风雨密的敞开式船舶，其客舱底板上应设有疏水槽及污水阱。

6.4.1.6 为防止静电危害，气罐及其管系应采取必要的接地措施；采用法兰连接的管段之间如用不导电材料垫片应加导电良好的搭接片。

6.4.1.7 当船舶在开敞处所采用气罐箱（柜）作为气罐处所时，其气罐箱（柜）的通风条件应符合本节 6.4.2.2 的规定。

6.4.2 通风

6.4.2.1 围蔽或半围蔽的机舱或气罐存放处所应装设足够容量的机械通风系统，其换气次数应分别不小于 30 次/h 和 20 次/h。且机舱机械通风应与主机实现起动/运行联锁，即当通风机开起至少 4min 后，发动机才能被起动；当通风机因故关停时，发动机应能自动停机且应符合下列要求：

(1) 对于围蔽的机舱和气罐处所，一般应采用机械抽风系统。抽风机的每根进风管的风口应位于舱室高度的 1/3 以下，且在舱底水积聚面之上。排风口应使舱内空气排向舷外，并尽量远离发动机排气管出口。排风口靠近水线时应设有防止水倒灌的装置。

(2) 如通风系统采用机械鼓风的形式，排风口的位置一般应位于舱室高度的 1/3 以下，且在舱底水积聚面之上。排风口应使舱内空气排向舷外并尽量远离发动机排气管出口。排风口靠近水线时应设有防止水倒灌的装置。

(3) 风机应是不会产生火花的结构型式。

6.4.2.2 上述 6.4.2.1 所述的机舱和气罐存放处所，一般还应设有自然通风，其上下进排风口应尽可能远离。排风口的位置一般应位于舱室高度的 1/3 以下，且在舱底水积聚面之上。排口一般为百叶窗的型式。排风口的截面积应至少保证每 1m³ 的净舱容有 0.3m² 的开口。

第 5 节 探测与报警系统

6.5.1 LPG 可燃气体探测器

6.5.1.1 LPG 可燃气体探测系统应经 CCS 认可。

6.5.1.2 围蔽和半围蔽的气罐存放处所及围蔽的机舱应设置固定的 LPG 可燃气体探测器。LPG 可燃气体探测系统应能持续监测。

6.5.1.3 LPG 可燃气体探测器的设置应满足下列要求：

(1) 探头应设置在 LPG 可燃气体易于泄漏和积聚的位置；

(2) 当 LPG 可燃气体浓度达到爆炸下限的 30% 时，应能在驾驶室发出声、光报警；当 LPG 可燃气体浓度达到爆炸下限的 60% 时，应能自动关闭或从驾驶室遥控关闭 LPG 供气总阀。

6.5.1.4 每一船应至少配置 1 只便携式 LPG 可燃气体探测器，以方便船员随时取用检查。

第 6 节 消防

6.6.1 一般要求

6.6.1.1 LPG 动力船舶除满足普通船舶的消防要求外，还应满足本节要求。

6.6.1.2 容易失火且燃烧时散发出大量烟雾或有毒气体的涂料、绝缘材料、保温材料等不能用于机舱和气罐存放处所内。

6.6.1.3 机舱和气罐存放处所应设有“禁止烟火”醒目标牌。

6.6.2 消防用品

6.6.2.1 机舱应按表 6.6.2.1 的规定配置灭火器。

机舱灭火器配置

表 6.6.2.1

机舱主辅机总功率 P (kW)	灭火器配置
$P \leq 37.5$	1 个干粉灭火器，其单个容量不小于 2kg。
$37.5 < P \leq 150$	2 个干粉灭火器，其单个容量不小于 2kg。
$150 < P \leq 300$	2 个干粉灭火器，其单个容量不小于 3kg。
$300 < P \leq 450$	2 个干粉灭火器，其单个容量不小于 4kg。

6.6.2.2 气罐存放处所应至少配置 2 个干粉灭火器，其单个容量不小于 2kg。

第 7 节 其他

6.7.1 电气设备

6.7.1.1 船舶的配电系统应采用绝缘系统。

6.7.1.2 在气罐存放处所应尽量不安装电气设备，如确实需要，应安装能防止 LPG 可燃气体点燃的电气设备。如有必要，每条船舶可配备 1 只自带电池的手提式防爆灯，以供应急时用。

6.7.2 营运要求

6.7.2.1 船上应备有本规范规定的船舶证书以及 LPG 动力系统操作手册等有关资料。

6.7.2.2 应对船员进行 LPG 动力系统正常操作和管理的培训。

6.7.2.3 应对船员进行应急程序的培训，以处理 LPG 泄漏或火灾事故等紧急情况。

6.7.3 进入处所

6.7.3.1 船上人员进入可能有 LPG 积聚的舱室、留空处所或其他封闭处所时，应采取下列措施之一：

(1) 使用固定式或便携式 LPG 探测设备，确定上述处所的空气中没有危险浓度的 LPG 可燃气体；

(2) 人员配带呼吸器和其他必需的防护设备。

6.7.3.2 人员进入上述处所，不得带有任何潜在的着火源，除非经验证，已对该处所进行过除气且仍保持这种状态。

6.7.4 LPG 动力系统操作手册

6.7.4.1 船上应备有经批准的、可供船上人员随时使用的 LPG 动力系统操作手册，以作为正常情况和所预料的紧急情况下安全操作的指南。

6.7.4.2 操作手册至少应包括以下 6.7.4.3~6.7.4.7 条规定的内容。

6.7.4.3 LPG 发动机的起动操作程序应符合下列要求：

(1) 开启探测和报警系统，确认无 LPG 泄漏；如探头测得机舱（如有时）和气罐存放处所有 LPG 泄漏，则应立即检查，找出泄漏原因，排除泄漏；

(2) 开启机舱和气罐存放处所的通风机；

(3) 为防止误操作，通风机与发动机之间设有联锁装置，当通风机开起达 4min 以上时，发动机方可被起动；当通风机因故关停时，发动机能自动停机。

6.7.4.4 在船舶营运期间（包括上、下客或临时停航），围蔽或半围蔽的机舱和气罐存放处所均应持续机械通风，不得关闭风机。

6.7.4.5 船舶设置的固定式 LPG 可燃气体探头当测得泄漏的可燃气体浓度达到爆炸下

限 30%时，驾驶室发出声光报警；当泄漏的可燃气体浓度达到爆炸下限 60%时，LPG 供气总阀应自动关闭，如该阀不能自动关闭，则驾驶人员必须在驾驶室立即关闭供气总阀。

6.7.4.6 更换气罐

(1) LPG 气罐充装后，应检查气罐及其附件是否有泄漏现象，若发现有损坏部位及泄漏，则气罐不得上船；

(2) 气罐上船安装后，检查气罐出液阀与快速接头的连接处，该处不应有泄漏现象。

6.7.4.7 其他要求

(1) 如发现 LPG 供气系统有泄漏，在未查明原因和修复以前，该设备不得使用，且应采取切断 LPG 气源和开起通风换气的措施，并严禁各种火种和电器设备的使用；

(2) 船上严禁倒放、留存、处理气罐内 LPG 的残液；

(3) 船舶停航期间，应将 LPG 发动机的所有供气阀关闭；

(4) 当船舶发生火灾时，应能迅速把气罐拆除并抛出船外，以保护船舶与乘客安全；

(5) 液化石油气设备的管理、维修和使用应指定专人负责。

第 7 章 帆船补充规定

第 1 节 一般规定

7.1.1 一般要求

7.1.1.1 本章规定适用于以游览观光为目的的载客帆船^①。

7.1.1.2 除本章另有明确规定外，帆船的检验与发证、机电（主推进除外）、舾装、材料与建造工艺等其他要求应满足本规范第 1 章、第 3 章至第 5 章中的有关规定。

7.1.1.3 帆船舵设备的设计应满足 ISO 标准的有关规定^②。

7.1.2 定义

7.1.2.1 就本章而言，采用的定义如下（其他定义与本规范第 1 章相同）：

(1) 片体浮心间距 B_{CB} (m)：系指双体帆船处于满载排水量状态下，两片体浮心的横向间距。

(2) 最大吃水 d_{max} (m)：系指在船长 L 中点处的横剖面上，从龙骨（包括压载龙骨）最低点至满载水线的垂向距离。

(3) 最大型深 D_{max} (m)：系指在船长 L 中点处的横剖面上，从龙骨（包括压载龙骨）最低点至主甲板边板的垂向距离。

第 2 节 船体结构

7.2.1 一般要求

7.2.1.1 本节规定适用于船体材料为纤维增强塑料（简称 FRP）或铝合金的单体与双体帆船。如采用其他材料，且提供相关资料者，CCS 将予特别考虑。CCS 接受其他标准^③作为本节的等效要求。

7.2.1.2 本节的定义与符号如下：

(1) b (mm)，系指板格短边长度。对设有 FRP 帽型扶强材的板格，计量时应扣除帽型扶强材的底边宽度。

(2) l (mm)，系指板格长边长度。对设有 FRP 帽型扶强材的板格，计量时应扣除帽型扶强材的底边宽度。

(3) s (mm)，系指相邻扶强材中心线的间距。简称扶强材间距。

(4) l_u (mm)，系指扶强材未受支承部分的跨距。见图 7.2.1.2 (4) a。简称扶强材跨距。对于 FRP 帽型扶强材，则应取相邻帽型扶强材中心线的间距，见图 7.2.1.2 (4) b；

① 载客帆船：载客 1 人及以上的帆船。

② 具体见《小艇-艇体结构与构件尺寸-第 8 部分：舵》(ISO 12215-8)。

③ 具体见《小艇-艇体结构与构件尺寸》(ISO 12215)。

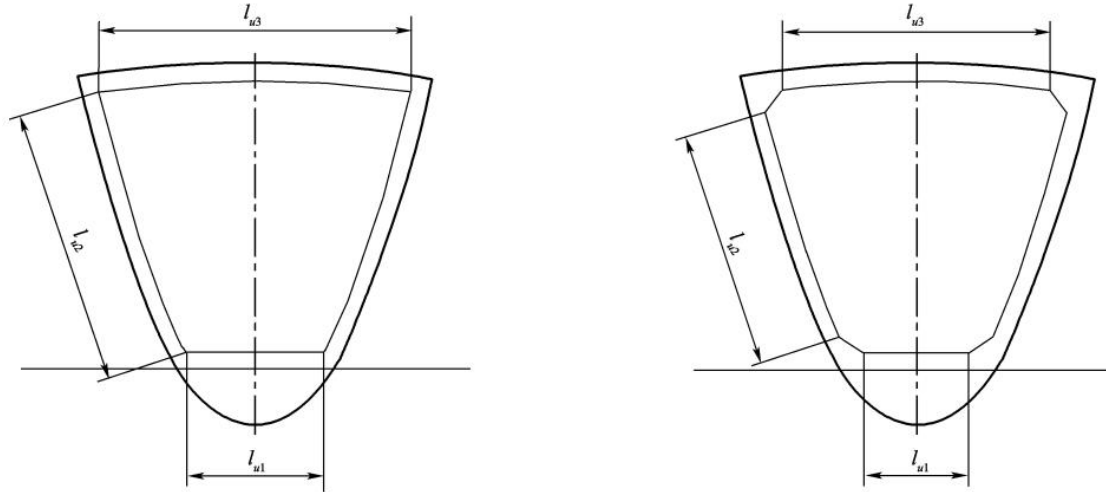


图 7.2.1.2 (4) a

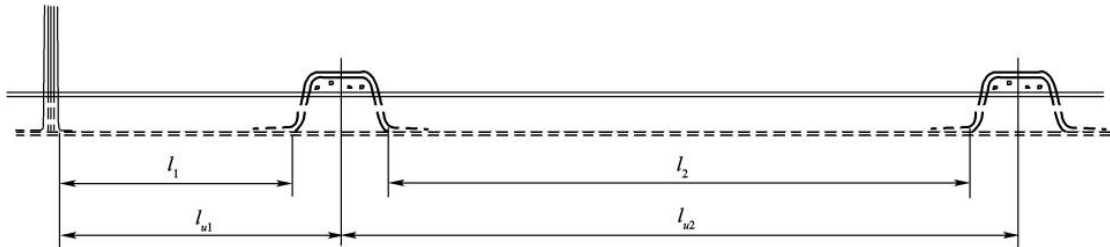


图 7.2.1.2 (4) b

(5) $b_e(mm)$, 系指扶强材有效带板宽度, 按以下取值, 但不应大于扶强材间距:

$b_e = 60t$ 对于铝合金扶强材的带板, 其中 t 为带板厚度;

$b_e = 20t + w$ 对于 FRP 帽型扶强材的单板带板, 其中 t 为带板厚度, w 为帽型扶强材的底边宽度, 见图 7.2.1.2 (5);

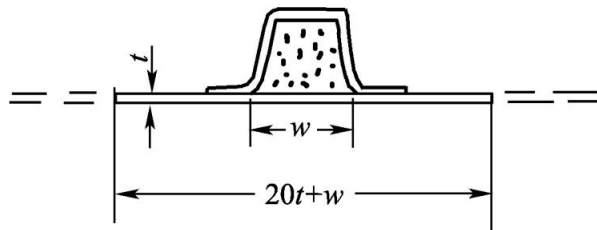


图 7.2.1.2 (5)

$b_e = 20(t_o + t_i)$ 对于 FRP 帽型扶强材的夹层板带板, 其中 t_o 和 t_i 分别为夹层板的外面板^①和内面板^②的厚度。

(6) 相对参考坐标系 OXYZ 规定为: 取船纵中剖面上满载水线尾端垂线与基线交点为坐标原点, x 坐标向前为正, y 坐标向左为正, z 坐标向上为正。

7.2.1.3 压力计算点的选取规定如下:

(1) 对板格, 取板格的中心为压力计算点。对垂向板格的压力计算点取板格下缘以上板格高度的三分之一处。

(2) 对扶强材, 取扶强材跨距的中点为压力计算点。对垂向扶强材的压力计算点取该扶

① 外面板系指夹层板持续受到液体静、动载荷或冲击载荷作用的侧面。

② 内面板系指夹层板不受到上述载荷作用的另一侧面。

强材下缘以上扶强材跨距 l_u 的三分之一处。

7.2.1.4 船体底部与舷侧的划分规定如下：

(1) 底部系指满载水线以下的船体部分。

(2) 舷侧系指满载水线以上除甲板外的船体部分。双体帆船的舷侧还包括双体连接桥底。

7.2.1.5 对于无扶强材的大面积舷侧板的板格尺度，按如下确定：凡船体横剖面线型上船体外板呈小于 130° 角的硬点处（如船底中心线处、甲板与舷侧板相交处、舷侧折角处）以及具有足够强度与刚度，且与船体联成一体的双底结构、固定液柜、隔板、连续小平台等与船体外板的相交处，均可将该处当作设有扶强材处理。在计算该处板厚时，板格短边长度 b 如为曲面板则应取其曲面的弦长。

7.2.2 局部强度

7.2.2.1 局部设计载荷规定如下：

(1) 单体帆船底部的设计压力 P_b 由下式确定：

$$P_b = 10C_n \left(\frac{C_w}{C_{L1}} + d \right) + 27C_n d \left(\frac{50 - \beta_x}{50 - \beta} \right) \left(1 + C_K \frac{x - x_K}{L - x_K} \right) \text{ kN/m}^2$$

式中： C_n ——航区营运限制系数，按航区营运限制类别取值：

$C_n = 1.0$ 对于近海航区营运限制的帆船；

$C_n = 0.85$ 对于沿海航区营运限制的帆船；

$C_n = 0.76$ 对于遮蔽航区营运限制的帆船；

$C_n = 0.70$ 对于平静水域营运限制的帆船；

C_w ——波浪系数， $C_w = 10 \log \left(\frac{L + L_{oa}}{2} \right) - 10$ ，但不应小于 3.0；

C_{L1} ——单体帆船的船底压力纵向分布系数，按压力计算点的纵坐标 x 取值：

$C_{L1} = 1.4$ 当 $5/6 \leq x/L \leq 1$ ；

$C_{L1} = 1.7$ 当 $2/3 \leq x/L < 5/6$ ；

$C_{L1} = 1.9$ 当 $1/3 \leq x/L < 2/3$ ；

$C_{L1} = 2.2$ 当 $0 \leq x/L < 1/3$ ；

d ——满载吃水，m，见第 1 章 1.1.2.1 (4)；

β 、 β_x ——分别为帆船重心处与压力计算点的纵坐标为 x 的横剖面船底升角， $^\circ$ ，如 $\beta_x > 50^\circ$ ，取 $\beta_x = 50^\circ$ 。船底升角 β_x 的测量法：取 x 横剖面的船底型线与 T/2 吃水线的交点与该剖面坐标原点连线的水平夹角。见图 7.2.2.1 (1)；

C_K ——压载龙骨系数，按帆船压载龙骨类型取值：

$C_K = 1.0$ 对于升降式压载龙骨；

$C_K = 1.5$ 对于方形压载龙骨；

$C_K = 2.1$ 对于球缘压载龙骨；

x_K ——压载龙骨形心的纵坐标，m；

x ——压力计算点的纵坐标，m。

式中当 $x - x_K < 0$ 时，取 $x - x_K = 0$ 。

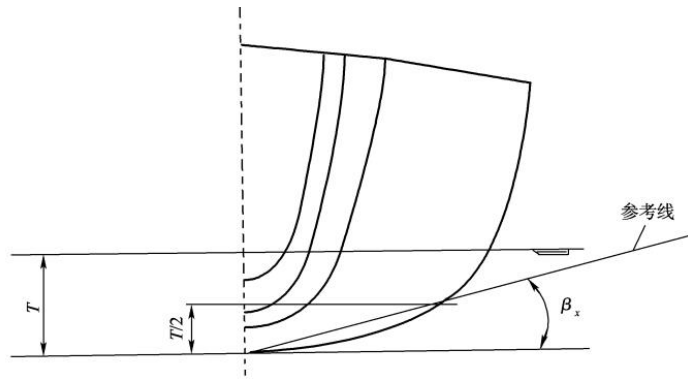


图 7.2.2.1 (1)

(2) 双体帆船底部的的设计压力 P_b 由下式确定:

$$P_b = 10C_n \left(\frac{C_w}{C_{L2}} + h \right) \quad \text{kN/m}^2$$

式中: C_{L2} ——双体帆船的船底压力纵向分布系数, 按压力计算点的纵坐标 x 取值:

$$C_{L2} = 1.1 \quad \text{当 } 5/6 \leq x/L \leq 1.0;$$

$$C_{L2} = 1.7 \quad \text{当 } 2/3 \leq x/L < 5/6;$$

$$C_{L2} = 2.2 \quad \text{当 } 1/3 \leq x/L < 2/3;$$

$$C_{L2} = 2.5 \quad \text{当 } 0 \leq x/L < 1/3;$$

h ——底部压力计算点在满载水线以下的垂向距离, m;

C_n 、 C_w ——同 7.2.2.1 (1)。

(3) 单体帆船舷侧的设计压力 P_s 取以下二者中的大者:

$$P_1 = 10C_n \left(\frac{C_w}{C_{L1}} + d - h \right) \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_2 = 40C_n \quad \text{kN/m}^2$$

式中: C_n 、 C_w 、 C_{L1} 、 d ——同 7.2.2.1 (1);

h ——舷侧压力计算点在满载水线以上的垂向距离, m。

(4) 双体帆船舷侧的设计压力 P_s 取以下二者中的大者:

$$P_1 = 10C_n \left[(1+0.3C_b) \frac{C_w}{C_{L2}} + 0.3C_b d - h \right] \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_2 = 40C_n C_s \quad \text{kN/m}^2$$

式中: C_s ——舷侧位置系数, 按压力计算点位置确定:

双体帆船的外舷侧区域: $C_s = 1.0$, 当 $2/3 \leq x/L \leq 1.0$;

$$C_s = 0.65, \text{ 当 } 0 \leq x/L < 2/3;$$

连接桥长度的前三分之一区域的桥底与内舷侧: $C_s = 1.5$;

连接桥底与内舷侧的其他区域: $C_s = 1.0$ 。

C_n 、 C_w 、 h 、 d ——同 7.2.2.1 (3);

C_{L2} ——同 7.2.2.1 (2);

C_b ——方形系数。

(5) 甲板的设计压力 P_d 应由以下确定:

① 露天主甲板: $P_{D0} = C_n C_{L3} \left[0.5(\Delta \times 10^3)^{0.33} + 12 \right]$, kN/m^2 , 且不应小于 5 kN/m^2 。

式中: C_n ——同 7.2.2.1 (3);

C_{L3} ——露天主甲板压力纵向分布系数, 按压力计算点的纵坐标 x 取值:

当 $x/L=0$, $C_{L3}=0.5$;

当 $x/L=0.6-1.0$, $C_{L3}=1.0$;

当 $x/L=0-0.6$, C_{L3} 值线性内插;

Δ ——满载排水量, t , 见第 1 章 1.1.2.1 (3)。

② 露天主甲板以上不超过 0.8m 的人行甲板: $P_{D1} = 0.5P_{D0}$ kN/m^2 。

③ 露天主甲板以上超过 0.8m 的人行甲板: $P_{D2} = 0.35P_{D0}$ kN/m^2 。

④ 普通处所的舱内甲板: $P_{D3} = 5$ kN/m^2 。

⑤ 机械处所的舱内甲板: $P_{D4} = 10$ kN/m^2 。

(6) 上层建筑/甲板室的端壁与侧壁的设计压力 P_{SUP} 由下式确定:

$$P_{SUP} = C_n C_{SUP} \left[0.5(\Delta \times 10^3)^{0.33} + 12 \right] \text{ kN/m}^2$$

式中: C_n ——航区营运限制系数, 见 7.2.2.1 (1);

C_{SUP} ——系数, 对于前端壁: $C_{SUP} = 1.0$; 对于侧壁和后端壁: $C_{SUP} = 0.5$;

Δ ——满载排水量, t , 见第 1 章 1.1.2.1 (3)。

帆船的第 1 层上层建筑/甲板室的前、后端壁及侧壁最小设计压力分别为 20 kN/m^2 、 10 kN/m^2 和 14 kN/m^2 。

(7) 舱壁的设计压力 P_{BUL} 应由以下确定:

① 水密舱壁的设计压力: $P_{BUL} = 7h_B$ kN/m^2 , 其中 h_B 为该舱壁计算点到舱壁顶的高度, m 。

② 液体舱壁的设计压力: $P_{BUL} = 10h_B$ kN/m^2 , 其中 h_B 为该舱壁计算点到通风管顶高度, m 。

7.2.2.2 应按如下规定确定纤维增强塑料 (FRP) 船体的构件尺寸:

(1) 单板结构船体板的最小板厚 t_{\min} 与单位面积最低纤维含量 w_{\min} , 应根据船体板的部位按下式确定:

$$w_{\min} = 0.43k_5 \left(A + 2.36k_7\sqrt{L} + A\Delta^{0.33} \right) \text{ kg/m}^2, \text{ 对于船底板、舷侧板和尾封板;}$$

$$t_{\min} = k_5(0.14L + 1.45) \text{ mm}, \text{ 对于露天主甲板。}$$

式中: Δ ——满载排水量, t , 见第 1 章 1.1.2.1 (3)。

A 、 k_5 、 k_7 ——系数, 可查表 7.2.2.2 (1)。

系 数

表 7.2.2.2 (1)

	部位	A	k_5	k_7
FRP 船体	船底	1.5	1.0 ⁽¹⁾	0.03
	舷侧/尾封板	1.5		0
	露天主甲板	-		-

注: (1) 对于短切毡含量达 50% 的无碱玻璃纤维增强塑料, 取 $k_5 = 1.0$ 。对于双向玻璃纤维织布增强的塑料, 取 $k_5 = 0.9$ 。

(2) 夹层结构船体板的内外面板的单位面积所含最低纤维质量 w_{\min} , 应按下式确定:

$$\text{外面板 } w_{1\min} = C_n k_4 k_5 (0.1L + 0.15) \text{ kg/m}^2$$

$$\text{内面板 } w_{2\min} = 0.7w_{1\min} \text{ kg/m}^2$$

式中: C_n ——航区营运限制系数, 见 7.2.2.1 (1);

k_4 ——部位系数，按夹层板所在部位取值：

对于船底部位的夹层板： $k_4 = 1.0$ ；

对于舷侧部位的夹层板： $k_4 = 0.9$ ；

对于甲板部位的夹层板： $k_4 = 0.7$ ；

k_5 ——查表 7.2.2.2 (1)。

(3) 单板结构层板的板厚 t ，应不小于下式计算值：

$$t = k_c b \sqrt{\frac{k_2 P}{500 \sigma_{fmu}}} \quad \text{mm}$$

式中： k_c ——曲率板的折减系数，根据曲率板的拱度 c 由表 7.2.2.2 (3) 确定：

折减系数 表 7.2.2.2 (3)

c/b	k_c
0~0.03	1.0
0.03~0.18	1.1-3.33c/b
>0.18	0.5

注：表中的 c 是以板格短边长度 b 为跨度量取的板条梁圆弧线的拱度值。

k_2 ——板格长边 l 与短边 b 之比的修正系数。如 $l/b > 2$ ，取 $k_2 = 0.5$ ；如 $l/b \leq 2$ ，则按下式取值：

$$k_2 = \frac{0.271(l/b)^2 + 0.91(l/b) - 0.554}{(l/b)^2 - 0.313(l/b) + 1.351}$$

P ——根据 7.2.2.1 确定的设计载荷， kN/m^2 ；

σ_{fmu} ——层板的极限弯曲强度， N/mm^2 。

(4) 纤维增强塑料夹层板结构的有效总板厚 t_s ，应不小于下式计算值：

$$t_s = \sqrt{k_c} b \frac{k_{2s} P}{1000 \tau_d} \quad \text{mm}$$

式中： t_s ——夹层板的有效总厚度，即夹层板内外面板厚度之半的间距， mm ，

$t_s = t_c + 0.5(t_1 + t_2)$ ；

其中： t_c ——夹层板芯材的厚度， mm ；

t_1 ——夹层板外面板的厚度（不包括胶衣）， mm ；

t_2 ——夹层板内面板的厚度， mm ；

k_c 、 P ——与 7.2.2.2 (3) 相同；

k_{2s} ——夹层板板格的长边 l 与短边 b 之比的修正系数，按表 7.2.2.2 (4) a 取值：

修正系数 表 7.2.2.2 (4) a

l/b	≥ 4	3.0	2.0	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
k_{2s}	0.5	0.493	0.463	0.459	0.453	0.445	0.435	0.424	0.410	0.395	0.378	0.360	0.339

τ_d ——夹层板芯材的许用剪切强度， N/mm^2 ，应根据芯材的类别取值：

对于轻木或蜂窝芯材，取 $\tau_d = 0.5 \tau_u$ ；

对于交联结构的 PVC 芯材，取 $\tau_d = 0.55 \tau_u$ ；

对于线性结构的 PVC 或 SAN 芯材，取 $\tau_d = 0.65 \tau_u$ ；

其中： τ_u ——芯材的极限剪切强度， N/mm^2 。该极限剪切强度允许的最小值不应小于表 7.2.2.2 (4) b 规定值：

最小极限剪切强度

表 7.2.2.2 (4) b

L_{oa} (m)	$L_{oa} < 10$	$10 \leq L_{oa} \leq 15$	$15 < L_{oa}$
$\tau_{u\min}$ (N/mm^2)	0.25	$0.25 + 0.03(L_{oa} - 10)$	0.40

(5) FRP 单板制成的帽型扶强材三个组成部分（顶板、腹板与有效宽度带板）因铺层不同，三者的力学性能会有所差异。一般而言，彼此性能差异不超过 25%。对于此种帽型扶强材的剖面模数 W 、惯性矩 I 及其腹板面积 A ，应分别不小于以下所列公式计算值。但如上述扶强材三个组成部分的力学性能差异超过 25%，则该帽型扶强材的要求应另行考虑。

$$W = 167 \frac{k_{CS} P s l_u^2}{\sigma_{ut}} \times 10^{-9} \quad \text{cm}^3$$

$$I = 52 \frac{k_{CS}^{1.5} P s l_u^3}{E} \times 10^{-10} \quad \text{cm}^4$$

$$A = 10 \frac{P s l_u}{\tau_u} \times 10^{-6} \quad \text{cm}^2$$

式中： P ——根据 7.2.2.1 确定的设计载荷， kN/m^2 ；

l_u ——扶强材的跨距， mm ，见 7.2.1.2 (4)。对于弯曲形状的扶强材，取其圆弧的弦长；

k_{CS} ——弯曲形扶强材的折减系数，按扶强材的拱度 c 与跨距 l_u 比，由表 7.2.2.2 (5) 确定：

折减系数

表 7.2.2.2 (5)

c/l_u	k_{CS}
0~0.03	1.0
0.03~0.18	$1.1 - 3.33c/l_u$
>0.18	0.5

注：表中的 c 为以弯曲扶强材的跨距 l_u 为弦，量取的拱度值， mm 。

σ_{ut} ——由 FRP 单板制成的帽型扶强材顶板的极限拉伸强度， N/mm^2 ；

τ_u ——由 FRP 单板制成的帽型扶强材腹板的极限剪切强度， N/mm^2 。

E ——取 FRP 单板制成的帽型扶强材与其带板的弹性模量中的小者， N/mm^2 。

(6) FRP 船体的主横舱壁一般采用无扶强材支撑的木质层压板。此种层压板舱壁的壁厚 t_b 应不小于按下式计算所得值：

$$t_b = 7D \quad \text{mm}$$

式中： D ——型深， m ，见第 1 章 1.1.2.1 (6)。

(7) FRP 船体的主横舱壁如采用无扶强材支撑的 FRP 夹层板结构，则应同时满足以下三个条件：

- ① 夹层板芯材的极限剪切强度 τ_u ， N/mm^2 ，不应小于表 7.2.2.2 (4) b 所列值；
- ② 夹层板芯材的厚度 t_c 不应小于夹层板面板中较薄面板厚度的 5 倍。
- ③ 夹层板的有效总板厚 t_s 和芯材厚度 t_c 还应满足以下二个条件：

$$t_s \times t_c \geq \frac{t_b^2}{6} \left(\frac{50}{\sigma_{fmu}} \right)$$

$$t_s \times \frac{t_c^2}{2} \geq \frac{t_b^3}{12} \left(\frac{4000}{E} \right)$$

式中： t_s ——夹层板的有效总板厚， mm， 见 7.2.2.2 (4)；

t_c ——夹层板的芯材厚度， mm；

t_b ——上述 7.2.2.2 (6) 要求的舱壁板厚度， mm；

σ_{fmu} ——夹层板面板的极限弯曲强度， N/mm²；

E ——夹层板面板材料的弹性模量， N/mm²。

7.2.2.3 应按如下规定确定铝合金船体的构件尺寸：

(1) 铝合金船体结构的最小板厚 t_{min} ， 应按下式确定：

$$t_{min} = k_5(A + 2.36k_7\sqrt{L} + A\Delta^{0.33}) \quad \text{mm, 对于船底板、舷侧板和尾封板；}$$

$$t_{min} = 0.06L + 1.35 \quad \text{mm, 对于露天甲板。}$$

式中： Δ ——满载排水量， t， 见第 1 章 1.1.2.1 (3)；

A 、 k_5 、 k_7 ——系数， 查表 7.2.2.3。

系 数

表 7.2.2.3

	部 位	A	k_5	k_7
铝合金 船体	船底	1.0	$\sqrt{125 / R_{p0.2W}}$	0.02
	舷侧/尾封板	1.0		0

注： $R_{p0.2W}$ ——铝合金型材退火状态的规定非比例拉伸强度， N/mm²； 见 CCS 《材料与焊接规范》 有关规定。

(2) 铝合金船体的板厚 t ， 应不小于下式计算值：

$$t = k_c b \sqrt{\frac{k_2 P}{900 R_{p0.2W}}} \quad \text{mm}$$

式中： k_c ——曲率板的折减系数， 根据曲率板的拱度 c 确定， 见表 7.2.2.2 (3)；

k_2 ——板格长边 l 与短边 b 之比的修正系数， 如 $l/b > 2$ ， 取 $k_2 = 0.5$ ； 如 $l/b \leq 2$ ， 则按下式取值：

$$k_2 = \frac{0.271(l/b)^2 + 0.91(l/b) - 0.554}{(l/b)^2 - 0.313(l/b) + 1.351}$$

P ——根据 7.2.2.1 确定的设计载荷， kN/m²；

$R_{p0.2W}$ ——铝合金型材退火状态的规定非比例拉伸强度， N/mm²； 见 CCS 《材料与焊接规范》 有关规定。

(3) 铝合金扶强材（包括有效宽度的带板）的剖面模数 W 及其腹板面积 A ， 应不小于下式计算值：

$$W = 119 \frac{k_{CS} P s l_u^2}{R_{p0.2W}} \times 10^{-9} \quad \text{cm}^3 ;$$

$$A = 12.5 \frac{P s l_u}{R_{p0.2W}} \times 10^{-6} \quad \text{cm}^2 ;$$

式中： P ——根据 7.2.2.1 确定的设计载荷， kN/m²；

k_{CS} ——弯曲形扶强材的折减系数， 根据扶强材的弯曲拱度 c 确定， 见表 7.2.2.2 (5)；

$R_{p0.2W}$ ——铝合金型材退火状态的规定非比例拉伸强度， N/mm²， 见 CCS 《材料与焊接规范》 的有关规定。

7.2.3 单体帆船的总纵强度

7.2.3.1 凡符合下列任一条件的单体帆船，其船体的构件尺寸除满足局部强度要求外，还应校核船体的总纵强度：

- ① 横骨架式船体；
- ② 强力甲板在船中 $0.4L$ 范围内有开口宽度超过强力甲板宽度一半的大开口；
- ③ L/D_{\max} 大于 12。

7.2.3.2 校核单体帆船船体梁的总纵强度时，可仅校核船中横剖面处的露天主甲板在 7.2.3.2 (1) 规定的最大中垂设计弯矩 M_V 作用下不丧失其稳定性。

(1) 最大中垂设计弯矩 M_V 应按下式计算：

$$M_V = 2.7C_n L \Delta \times 10^3 \quad \text{Nm}$$

式中： Δ ——满载排水量，t，见第 1 章 1.1.2.1 (3)；

C_n ——航区营运限制系数，见本章 7.2.2.1 (1)。

(2) 船中剖面处的露天主甲板在最大中垂设计弯矩 M_V 作用下，产生的压应力 σ 按下式计算确定：

$$\sigma = \frac{M_V}{W_d} \quad \text{N/mm}^2$$

式中： W_d ——船中剖面在露天主甲板处的剖面模数， cm^3 。

(3) FRP 船体的露天主甲板如为夹层板，且夹层板的芯材系采用（压缩弹性模量很小的）泡沫塑料，则计算船中剖面在露天主甲板处的剖面模数 W_d 时，船中剖面所有夹层板构件中的芯材均可忽略不计。

(4) 应确保露天主甲板在船中剖面处参与船体梁总纵弯曲的各纵向构件在 7.2.3.2 (2) 确定的压应力 σ 作用下，不丧失稳定性。

(5) 船中剖面处的上述构件稳定性可按 CCS《海上高速船入级与建造规范》的相关内容进行校核。但在确定铝合金甲板板格的临界屈曲应力 σ_{cr} 时，甲板材料的屈服强度应采用铝合金板材退火状态的规定非比例延伸强度 $R_{p0.2W}$ ， N/mm^2 ，见 CCS《材料与焊接规范》有关规定。

7.2.4 双体帆船的总强度

7.2.4.1 一般规定如下：

(1) 采用直接计算法计算双体帆船在斜浪航行情况下，片体连接结构及其与片体连接区域结构的正应力和剪应力，并满足表 7.2.4.3 的衡准要求。

(2) 如双体帆船的 L/D_{\max} 大于 12 时，应分别计算中拱和中垂状态下船中剖面处船底与甲板的弯曲正应力，并满足表 7.2.4.3 的衡准要求：

(3) 总纵强度和扭转强度的校核方法可参照 CCS《海上高速船入级与建造规范》的相关规定。

7.2.4.2 总强度设计载荷如下：

(1) 双体帆船在斜浪航行情况下，双体帆船的斜浪设计扭矩 M_T 应按下式确定：

$$M_T = 1.5L\Delta \times 10^3 \quad \text{Nm}$$

式中： Δ ——满载排水量，t，见第 1 章 1.1.2.1 (3)。

(2) 对于 L/D 大于 12 的双体帆船，应按下式确定片体的垂向设计弯矩 M_V ：

$$M_V = 0.5L\Delta \times 10^3 \quad \text{Nm}$$

式中： Δ ——满载排水量，t，见第 1 章 1.1.2.1 (3)。

7.2.4.3 总强度校核衡准见表 7.2.4.3：

许用应力表

7.2.4.3

	许用正应力	许用剪应力
FRP	$\sigma_d = 0.33\sigma_{ut}^{①}$	$\tau_d = 0.33\tau_u^{②}$
铝合金	$\sigma_d = 0.5R_{p0.2W}^{③}$	$\tau_d = 0.3R_{p0.2W}^{④}$

注：① σ_{ut} 系层板材料的极限拉伸强度。FRP 层板制成构件的许用压缩应力取 $\sigma_d = 0.33\sigma_{uc}$ ，其中 σ_{uc} 系层板材料的极限压缩强度。

② τ_u 系层板材料的极限剪切强度。

③ $R_{p0.2W}$ 系铝合金退火状态的规定非比例延伸强度。如校核处的铝合金构件未经焊接，可取 $\sigma_d = 0.5R_{p0.2}$ ，其中 $R_{p0.2}$ 系铝合金的规定非比例延伸强度。

④ $R_{p0.2W}$ 系铝合金退火状态的规定非比例延伸强度。如校核处的铝合金构件未经焊接，可取 $\tau_d = 0.3R_{p0.2}$ ，其中 $R_{p0.2}$ 系铝合金的规定非比例延伸强度。

第 3 节 压载龙骨、桅索拉板和桅杆

7.3.1 压载龙骨

7.3.1.1 一般规定如下：

(1) 本节规定适用于在船底中线面处设置鳍状压载龙骨的帆船。压载龙骨通常为固定式，用铅、铸铁、钢或其他较重材料制成。一些小型帆船也采用可升降的压载龙骨。

(2) 压载龙骨除确保自身强度外，还应校核其与船底结构的连接强度。

7.3.1.2 应按以下要求校核压载龙骨强度：

(1) 压载龙骨应能承受假设帆船横倾至 90° 时压载龙骨自重引起的弯矩 M_K 的作用， M_K 应按下式计算：

$$M_K = 18C_{nK}Qa \quad \text{Nm}$$

式中： C_{nK} ——帆船的附体/帆装的航区营运限制系数，按航区营运限制取值：

$C_{nK} = 1.0$ 对于近海航区营运限制的帆船；

$C_{nK} = 0.75$ 对于沿海航区、遮蔽航区和平静水域营运限制的帆船；

Q ——压载龙骨的质量，kg；

a ——离压载龙骨重心较远、强度最弱的横截面（通常为压载龙骨与船底连接的剖面）至压载龙骨重心的距离，m，见图 7.3.1.2 (1)。

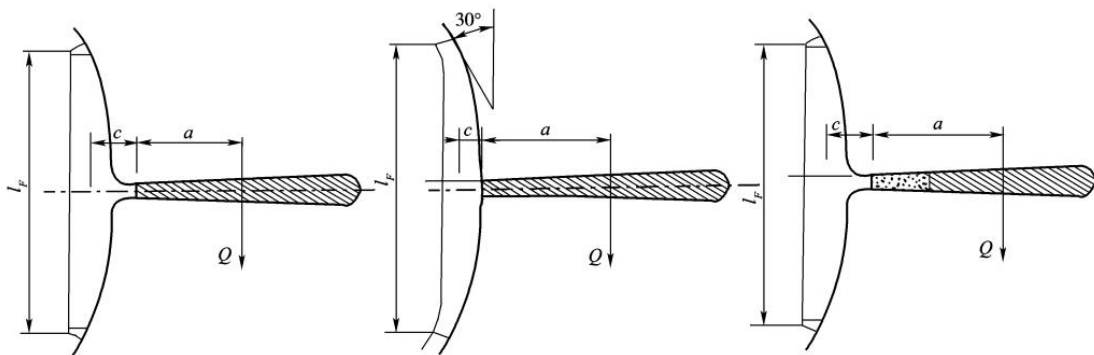


图 7.3.1.2 (1)

(2) 压载龙骨的强度应满足下式：

$$\frac{M_K}{W_a} \leq \sigma_{dk} \quad \text{N/mm}^2$$

式中： M_K ——按 7.3.1.2 (1) 计算的压载龙骨设计弯矩，Nm；

W_a ——离压载龙骨重心距离为 a 的压载龙骨横截面的剖面模数， cm^3 ；

σ_{dk} ——压载龙骨材料的许用应力， N/mm^2 ，应根据材料类别取值：

取 $\sigma_{dk} = 0.9\sigma_S$ ，对于钢、不锈钢等韧性金属材料， σ_S 系韧性金属材料的屈服强度；

取 $\sigma_{dk} = 0.6\sigma_S$ ，对于铸铁等脆性金属材料， σ_S 系脆性金属材料屈服强度；

取 $\sigma_{dk} = 0.5\sigma_u$ ，对于 FRP 材料， σ_u 系 FRP 材料的极限弯曲强度。

7.3.1.3 应按以下要求校核压载龙骨与船底结构连接强度：

(1) 固定式压载龙骨通常由船底数个肋骨支撑。应对支撑压载龙骨的肋骨强度进行校核，确保它们能有效支撑压载龙骨。

(2) 用以有效支撑压载龙骨的 n_f 个肋骨所受的设计弯矩 M_f 应按下式计算：

$$M_f = 9C_{nK}Q(a+c) \quad \text{Nm}$$

式中： C_{nK} 、 Q 和 a ——与 7.3.1.2 (1) 相同。

c ——支撑压载龙骨的肋骨重心至压载龙骨与船底连接剖面的距离，m，见图 7.3.1.2 (1)。

(3) 为简化计算，假设支撑压载龙骨的这些肋骨尺度相近，则每个支撑肋骨的剖面模数 W_f ，应不小于下式计算值：

$$W_f = \frac{M_f}{n_f\sigma_{df}} \quad \text{cm}^3$$

式中： M_f ——有效支撑压载龙骨的 n_f 个船底肋骨所受的设计弯矩，Nm，见 7.3.1.3 (2)；

n_f ——有效支撑压载龙骨的船底肋骨的数量；

σ_{df} ——上述肋骨材料的许用应力， N/mm^2 ，根据肋骨的材料类别取值：

对于 FRP 材料：取 $\sigma_{df} = 0.5\sigma_u$ ，其中 σ_u 系 FRP 材料的极限弯曲强度；

对于铝合金材料：取 $\sigma_{df} = 0.9R_{p0.2}$ ，其中 $R_{p0.2}$ 系铝合金的屈服强度。

(4) 上述每个支撑肋骨跨距端部的截面还应能承受以下剪切力 Q_f ：

$$Q_f = \frac{M_f}{n_f\ell_F} \quad \text{N}$$

式中： M_f ——有效支撑压载龙骨的 n_f 个船底肋骨所受的设计弯矩，Nm，见 7.3.1.3 (2)；

n_f ——有效支撑压载龙骨的船底肋骨的数量；

ℓ_F ——有效支撑压载龙骨的船底肋骨的跨距，m，可按图 7.3.1.2 (1) 所示量取。如肋骨两端无纵向主要构件支撑，则肋骨向两舷延伸到该处外板切线呈水平角 30° 处，该处可视为该肋骨的跨距点，见图 7.3.1.2 (1)。

(5) 如果压载龙骨采用一系列直径相同的螺栓与船底结构在连接平面上连接，见图 7.3.1.3 (5)，则连接面应该平整，并确保密封。连接螺栓组质心的纵坐标应与压载龙骨质心纵坐标基本保持一致。连接螺栓的螺纹根部直径 d 应不小于按下式计算所得值：

$$d = 140 \sqrt{\frac{C_{nK}Qab_{\max}}{R_{eH} \sum b_i^2}} \quad \text{mm}$$

式中： C_{nK} 、 Q 、 a ——见 7.3.1.2 (1)；

b_i ——每对左右对称螺栓的标距，mm，按下式计算：

$b_i = 0.5b_{bi} + 0.4b_{ki}$ ，式中的 b_{bi} 和 b_{ki} ，见图 7.3.1.3 (5) 所示；

b_{\max} ——上述 b_i 中的最大值，mm；

R_{eH} ——连接螺栓的屈服应力，N/mm²，根据螺栓材料类别取值。

如采用普通低碳钢作为连接螺栓的材料， $R_{p0.2} = 235 \text{ N/mm}^2$ ，则连接螺栓的螺纹根部直径不应小于 12mm。

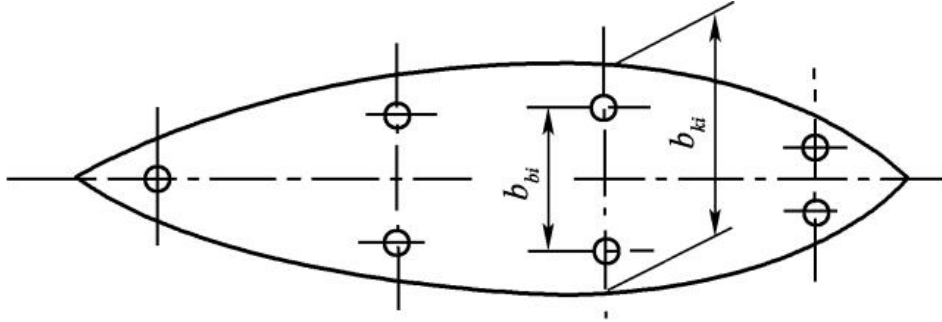


图 7.3.1.3 (5)

(6) 船底压载龙骨根部轮廓线之外 0.2 倍的最大吃水 d_{\max} (见本章 7.1.2.1 (2) 定义) 范围内的船底板应适当加厚。该范围内的船底板板厚仍可按 7.2.2.2 (3) 或 7.2.2.3 (2) 确定，但板厚公式中的设计载荷应取 7.2.2.1 给出的船底设计压力 P_b 的 1.8 倍。

7.3.2 桅索拉板

7.3.2.1 一般规定如下：

(1) 帆船上的诸多桅索是通过各自的桅索拉板固定在帆船不同部位的船体结构上。桅索拉板一般为带眼孔的金属板，如图 7.3.2.1 (1) 所示。拉板带眼孔的一端通常固定一根或二根桅索。拉板的另一端固定在船体结构上。桅索所受的力通过桅索拉板传递到船体结构上。

(2) 桅索拉板的材料一般采用不锈钢 (对于 FRP 帆船) 或铝合金材料 (对于铝合金帆船)。

(3) 除桅索拉板的尺寸应满足 7.3.2.2 要求外，桅索拉板还应牢靠地固定在船体结构上。

7.3.2.2 桅索拉板的尺寸按以下确定：

(1) 桅索拉板的设计载荷 F_S 按下式确定：

如拉板上仅有一根桅索拉着： $F_S = F_b$ N；

如拉板上有二根桅索拉着： $F_S = F_{bs} + 0.5F_{bw}$ N。

式中： F_b ——单根桅索的破断负荷，N；

F_{bs} ——二根桅索中破断负荷较大的桅索破断负荷，N；

F_{bw} ——二根桅索中破断负荷较小的桅索破断负荷，N。

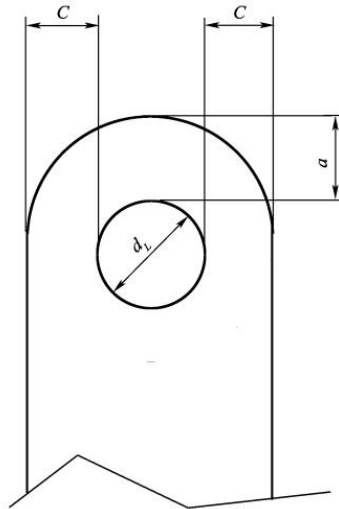


图 7.3.2.1 (1)

(2) 对于带眼孔形式的金属桅索拉板, 其圆形眼孔的边缘尺寸 a 和 c (见图 7.3.2.1 (1)) 应不小于按下式计算所得值:

$$a = \frac{F_S}{2tR_{eH}} + \frac{2}{3}d_L \quad \text{mm};$$

$$c = \frac{F_S}{2tR_{eH}} + \frac{1}{3}d_L \quad \text{mm}。$$

式中: F_S ——桅索拉板上的设计载荷, N, 按 7.3.2.2 (1) 计算;

t ——桅索拉板的板厚, mm;

d_L ——拉板的眼孔直径, mm;

R_{eH} ——金属拉板材料的屈服强度, N/mm^2 。

7.3.3 桅杆

7.3.3.1 一般规定如下:

(1) 桅杆应具有足够的强度, 能承受风帆的作用力。桅杆材料通常为铝合金或碳纤维加强的复合材料。

(2) 桅杆与船体的连接应牢固可靠, 能有效承受和传递相应的载荷。通常采用以下三种方式:

- ① 桅杆脚支撑在船体的某个横舱壁上;
- ② 桅杆脚支撑在下有支柱支撑的船体甲板或上层建筑甲板上;
- ③ 桅杆穿过甲板一直伸到船底部, 由船底结构支持桅杆脚的底座。

7.3.3.2 应按以下要求校核桅杆与船体结构的连接强度:

(1) 由横舱壁支撑桅杆的形式, 当支撑桅杆处的横舱壁材料为铝合金或 FRP 单板形式时, 则支撑桅杆处的横舱壁的厚度 t_b 应不小于按下式计算值:

$$t_b = 1.33 \sqrt{\frac{K_{SU} b_m M_{HD}}{b_C E}} \quad \text{mm}$$

式中: K_{SU} ——安全系数, 按以下取值:

$$K_{SU} = 5.92 \quad \text{对于单体帆船};$$

$$K_{SU} = 5.44 \quad \text{对于双体帆船};$$

b_m ——支撑在横舱壁上的桅杆的横截面宽度, mm;

b_C ——桅杆左/右侧索的拉板至全船横剖面中心线的水平距离, m, 见图 7.3.3.2(1)a ;

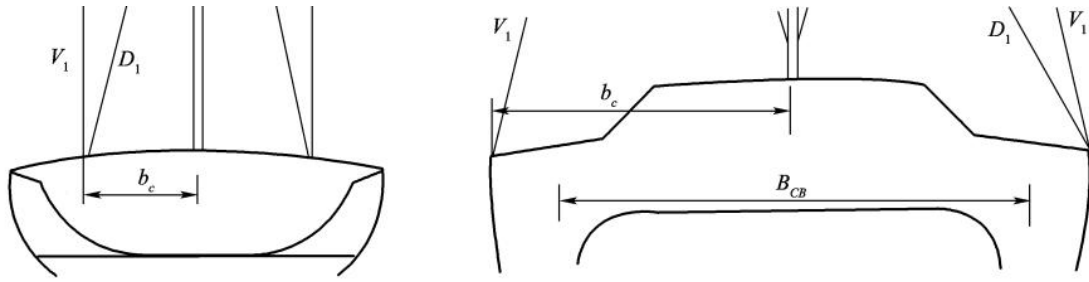


图 7.3.3.2 (1) a

E ——横舱壁材料的压缩弹性模量, N/mm^2 ;

M_{HD} ——帆船的设计横稳性扶正力矩, Nm , 按以下取值:

对于单体帆船, M_{HD} 取帆船满载排水量 Δ 状态下最大横稳性扶正力矩, Nm , 可由船的横稳性曲线查得;

对于双体帆船, M_{HD} 取以下 M_{HD1} 和 M_{HD2} 二者中的小者:

$$M_{HD1} = 5C_{nK}K_{VS}B_{CB}\Delta \quad Nm$$

$$M_{HD2} = 0.16C_{nK}K_{VS}A_S V_{AWK}^2 (h_{CE} + h_{LP}) \quad Nm$$

其中: C_{nK} ——帆船的附体/帆装的航区营运限制系数, 取值见 7.3.1.2 (1);

K_{VS} ——系数, 按以下取值:

对于近海航区营运限制的帆船: $K_{VS}=1.0$;

对于沿海航区、遮蔽航区和平静水域营运限制的帆船:

如 $\Delta \geq 4.3L^3$, 取 $K_{VS}=1.0$;

如 $\Delta < 4.3L^3$, 取 $K_{VS} = \frac{2.65L^2}{\sqrt[3]{\Delta^2}}$, 但不大于 2;

Δ ——满载排水量, t , 见第 1 章 1.1.2.1 (3)。

B_{CB} ——两片体浮心的横向间距, m , 见本章 7.1.2.1 (1);

A_S ——双体帆船的主帆与前三角帆的面积之和, m^2 , 见图 7.3.3.2 (1) b;

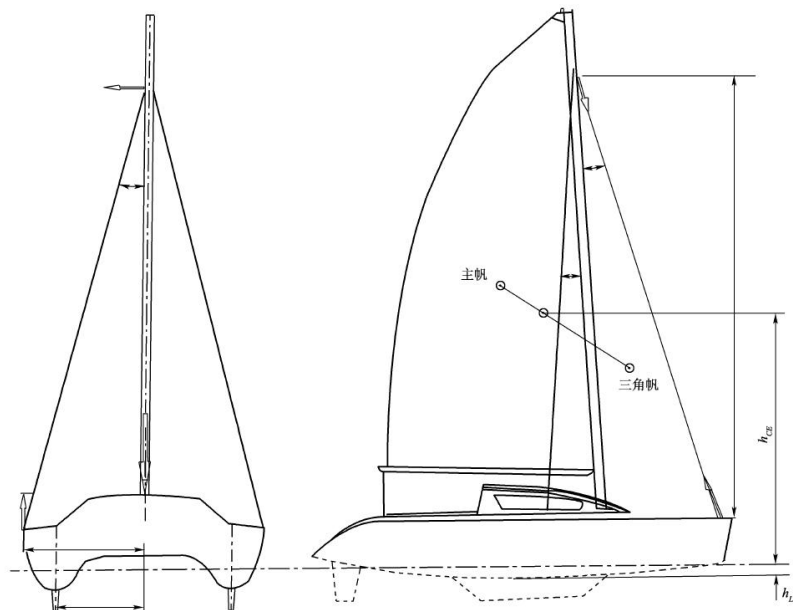


图 7.3.3.2 (1) b

h_{CE} ——帆面积 A_S 的形心在满载水线以上的高度, m , 见图 7.3.3.2 (1) b;

h_{LP} ——帆船满载水线以下部分（包括附体）的侧投影面积的形心至满载水线的垂向距离，m，见图 7.3.3.2 (1) b；

V_{AWK} ——双体帆船风帆上的表观风速，kn，

对于近海航区营运限制的帆船： $V_{AWK}=32$ ，如 $L < 18\text{m}$ ；

$V_{AWK}=30$ ，如 $18\text{m} \leq L < 20\text{m}$ ；

对于沿海航区、遮蔽航区和平静水域营运限制的帆船：取 $V_{AWK}=25$ 。

当支撑桅杆处的横舱壁材料为 FRP 夹层板形式时，则夹层板的有效总板厚 t_S 和芯材厚度 t_C 应满足以下二条件：

$$t_S \times t_C \geq \frac{t_b^2}{6} \left(\frac{50}{\sigma_{fmu}} \right)$$

$$t_S \times \frac{t_C^2}{2} \geq \frac{t_b^3}{12} \left(\frac{4000}{E} \right)$$

式中： t_S ——夹层板的有效总板厚，mm，见 7.2.2.2 (4)；

t_C ——夹层板的芯材厚度，mm；

t_b ——上述 7.3.3.2 (1) 要求的舱壁板厚度，mm；

σ_{fmu} ——夹层板面板的极限弯曲强度，N/mm²；

E ——夹层板面板材料的弹性模量，N/mm²。

(2) 如采用金属圆形支柱支撑桅杆脚的形式，则支柱的横剖面面积 A 应不小于下式计算所得之值：

$$A = \frac{K_{SU} \left[1 + K_P (l/r)^2 \right] M_{HD}}{90 b_C \sigma_{SW}} \quad \text{cm}^2$$

式中： K_{SU} ——安全系数，见 7.3.3.2 (1)；

K_P ——系数，对于铝合金支柱， $K_P=1.9$ ；对于钢质支柱， $K_P=1.2$ ；

l ——支柱长度，m；

r ——圆形支柱横剖面的最小惯性半径，cm；

M_{HD} ——帆船的横稳性扶正力矩，Nm，按 7.3.3.2 (1) 取值；

b_C ——桅杆左/右侧索的拉板至全船横剖面中心线的水平距离，m，见 7.3.3.2 (1)；

σ_{SW} ——金属支柱焊后屈服强度，N/mm²。对于铝合金支柱，取 $R_{p0.2W}$ ，对于钢质支柱，取 $\sigma_{SW} = R_{eH}$ 。

(3) 如桅杆脚穿过甲板伸到船底结构上，则船底结构应能承受桅杆的压缩力。且在穿过甲板的开口处，用留有一定间隙的橡胶或胶合板将桅杆围住，使桅杆在水平方向有一定的自由度。

7.3.4 活动和固定索具

7.3.4.1 固定索具所用钢丝绳不应为柔性钢丝绳（纤维绳芯）。

7.3.4.2 所有滑轮、卸扣、螺栓、系索座的强度和相关配件以及连接处的强度都应高于相应的活动和固定索具破断强度。

第 8 章 风电运维船补充规定

第 1 节 一般规定

8.1.1 一般要求

8.1.1.1 本章规定适用于为海上风电场运行、维护作业提供支持及保障服务的船舶。

8.1.1.2 除本章另有规定外，风电运维船的检验与发证、船体结构、舾装、机电要求等还应满足本规范其他章节的相关规定。

第 2 节 船体结构

8.2.1 一般要求

8.2.1.1 船体的结构设计应确保其强度足以承受预期服务期间所有工况下的载荷。

8.2.2 船舶顶靠基础时的结构强度

8.2.2.1 当船舶采用船首顶靠基础的方式转运人员或货物时，应在顶靠区域设置合适的防撞设施，且船首结构应适当加强。

8.2.2.2 船舶主推进机器、轴承、支架、螺旋桨及舵的相关结构，应充分考虑顶靠作业时可能的冲击载荷并适当加强。

8.2.2.3 主推进机器和舵的周边结构应适当加强，使其足以承受顶靠作业工况下的局部强振动，尽量减少发生共振的可能性。

8.2.3 护舷

8.2.3.1 船舶靠泊区域应设置便于安装、更换和维护的橡胶护舷或等效吸能护舷材料或装置。

8.2.3.2 护舷应能与船舶靠泊区域的几何形状、尺寸、强度以及船舶的操纵性等相适应，以确保对船舶靠泊的影响尽量最小。

8.2.3.3 护舷应具有高吸能、低反力、抵抗强摩擦等特点，应能有效吸收船舶靠、离基础时船舶对基础产生的撞击、挤压能量。

第 3 节 轮机

8.3.1 一般要求

8.3.1.1 除满足本节规定外，机械设备及系统还应符合本规范第 4 章的相关规定。

8.3.1.2 风电运维船所承运的风电运维人员应视为船上的乘客。如承运乘客超过 12 人，风电运维船的舱底水系统应符合本规范第 4 章第 7 节中对客船的规定。

8.3.1.3 对采用船首顶靠风机基础的方式转运人员或货物的风电运维船，其推进系统应满足本节 8.3.1.4 和 8.3.1.5 的要求。如采用其他方式，推进系统可不必满足本节 8.3.1.4 和 8.3.1.5 的要求，但应能保证在人员或货物转运过程中船舶与风机基础之间无相对位移。

8.3.1.4 风电运维船应设有 2 套相互独立的推进系统，并满足下列要求：

(1) 至少设有 2 套推进机械、2 套推进器和 2 套转向系统；

(2) 至少设有 2 套可以独立运行的辅助系统，包括燃油日用柜；两套系统可以设计成完

全独立，也可以设计成相互连通，连通时应设有有效隔离的措施；

(3) 推进机械、轴系、齿轮传动装置、操舵装置及其辅助系统可布置在同一舱室内；

(4) 每套推进系统应各自设有相对独立的控制和监测系统，如有共用部分，则应冗余设置以便有效隔离单一故障。

8.3.1.5 推进系统的设计应保证单一故障发生后，风电运维船在规定的作业海况下能保持船舶的位置和首向。适用于本节的单一故障主要包括以下内容：

(1) 1套推进机械失效；

(2) 推进机械或操舵装置运行必需的系统的非静止部件的任一故障，包括燃油系统、滑油系统、冷却水系统和压缩空气系统的原动力、控制和监测等；

(3) 推进必需的热交换器包括热介质发生器的任一故障，包括辅锅炉、燃油加热器、滑油冷却器、淡水冷却器、减速齿轮箱油冷却器等；

(4) 燃油和滑油驳运系统的非静止部件的任一故障；

(5) 1套发电机组失效；

(6) 电气设备的任一故障，包括主配电板、电动机、变压器、分配电板、控制板等；

(7) 推进器的任一故障，包括螺旋桨、螺旋桨轴、中间轴、轴承、联轴器、减速齿轮。