

中 国 船 级 社

内河小型船舶建造规范

2022



中 国 船 级 社

内河小型船舶建造规范

2022

2022年7月1日生效

目　录

第 1 章　通　则 ……1

第1节　一般规定 ……1

第2节　材料与连接工艺 ……9

第3节　结构强度直接计算 ……15

第 2 章　船体结构 ……16

第1节　一般规定 ……16

第2节　外板和甲板 ……19

第3节　船底骨架 ……22

第4节　舷侧骨架 ……25

第5节　甲板骨架和支柱 ……28

第6节　舱壁 ……36

第7节　机舱骨架 ……36

第8节　上层建筑、甲板室及其它 ……37

第9节　车客渡船补充规定 ……39

第 3 章　舾　装 ……43

第1节　一般规定 ……43

第2节　舵设备 ……43

第3节　锚泊和系泊设备 ……46

第4节　其他 ……48

第 4 章　轮　机 ……49

第1节　一般规定 ……49

第2节　发动机装置 ……49

第3节　汽油机及其相关舱室 ……51

第4节　液化石油气（LPG）发动机和系统 ……52

第5节　泵和管系 ……56

第6节　轴系和螺旋桨 ……58

第7节　操舵装置 ……60

第 5 章　电气设备 ……62
第1节 一般规定 ……62
第2节 设计、制造、安装和试验 ……62
第3节 配电系统 ……67
第4节 主电源 ……68
第5节 配电板和配电电器 ……69
第6节 电力拖动装置 ……70
第7节 照明、航行灯、信号灯 ……70
第8节 酸性铅板型或碱性镍板型蓄电池 ……71
第9节 锂离子蓄电池 ……72
第10节 船内通信、广播和对外扩音装置 ……73
第11节 电缆 ……73
第12节 船内安装汽油机的补充规定 ……74
第13节 液化石油气（LPG）动力船舶的补充规定 ……75
第14节 纯电池动力电力推进船舶的补充规定 ……75
第15节 应用太阳能电池的船舶的补充规定 ……77
第 6 章　特殊船舶补充规定 ……79
第1节 帆船 ……79
第2节 空气动力船 ……94
第3节 全垫升气囊浮体气垫船 ……96
第 7 章　纤维增强塑料船船体结构 ……99
第1节 一般规定 ……99
第2节 结构设计原则 ……101
第3节 总纵强度 ……103
第4节 外板 ……104
第5节 甲板 ……107
第6节 船底骨架 ……109
第7节 甲板骨架 ……110
第8节 舷侧骨架 ……114
第9节 舱壁 ……115

第10节 支柱 ……118
第11节 主机基座与机舱骨架 ……120
第12节 上层建筑、甲板室、舷墙和栏杆 ……120
第13节 货舱口、机舱口及其他甲板开口 ……122
第14节 双体船船体结构补充规定 ……124
第15节 其它 ……126
第 8 章 木质船船体结构 ……127
第1节 一般规定 ……127
第2节 船体结构 ……128
第3节 结构连接 ……131

第 1 章　通　则

第 1 节　一般规定

1.1.1　适用范围

1.1.1.1　本规范适用于表 1.1.1.1 规定的内河水域且船长大于等于 5m 但小于 24m 的船舶，船长小于 5m 的船舶可参考执行。除另有规定者外，本规范不适用于：

（1）军船；

（2）渔船；

（3）体育运动船艇；

（4）游艇。

航区航段分级　　表1.1.1.1

航区/急流航段	波高 H_s（m）	滩上流速 V（m/s）
A 级航区	2.0	—
B 级航区	1.25	—
C 级航区	0.5	—
J_1 级航段	—	6.5
J_2 级航段	—	5

注：①航区级别按5%保证率对应的有义波高从高到低划分为A、B、C三级，各航区不超过表中所列值；

②急流航段系指包含在A、B或C级航区中的滩上流速大于3.5m/s的航段，从高到低划分为J_1和J_2两级，各急流航段滩上流速不超过表中所列值；

③当环境条件超出表列范围时，中国船级社将另行考虑。

1.1.1.2　除另有规定者外，本规范不适用于液化气体船舶、化学品船舶、闪点≤60℃的油船和载运包装危险货物船舶。这类船舶应符合主管机关相应规则及中国船级社（以下简称“CCS”）相应规范的规定。

1.1.1.3　除本规范第 6 章明确规定者外，高速船应符合主管机关相应规则及 CCS《内河高速船建造规范》的规定。

1.1.1.4　船舶的强度、结构、布置、舾装、机电设备等的设计、制造、安装和试验应满足本规范要求。船舶的吨位丈量、载重线、构造、消防、救生设备、无线电通信设备、航行及信号设备、

完整稳性、乘客定额及舱室设备、防止水域污染及检验与发证等要求，应符合主管机关相应规则的有关规定。

1.1.1.5　船舶涉及的起重设备，应符合主管机关相应规则及 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》的规定。

1.1.1.6　规范中涉及船舶安全的主要船体结构用材（包括所用的焊接或连接材料）、舾装设备、轮机装置和设备、电气装置和设备、起重设备等产品应持有船用产品证书。

1.1.1.7　除另有规定者外，本规范适用于新建船舶和新制造产品。

1.1.1.8　船舶应尽可能降低振动，船体振动可按 CCS《船上振动控制指南》进行计算评估。

1.1.1.9　若本规范中所涉及的项目与内容符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》的相应规定，可认为该项目与内容也满足本规范的要求。

1.1.1.10　凡欲取得或保持 CCS 船级的船舶，尚应符合 CCS《内河船舶入级规则》的规定。

1.1.1.11　船舶推进动力源和主电源包括汽油座舱机、液化石油气（以下简称 LPG）座舱机、汽油舷外挂机、以天然气为燃料的发动机、锂离子电池等设置尚应符合主管机关相应规则的有关规定。

1.1.2　定义

1.1.2.1　一般定义如下：

（1）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。

（2）船长 L（m）——系指沿满载水线自首柱前缘量至舵柱后缘的长度；无首柱船舶，自船体侧投影面前缘与满载水线的交点量起（金属材料外板的船舶为内表面，纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为外表面）；无舵柱船舶，量至舵杆中心线，若舵杆位于船体侧投影面外面时，则量至船体侧投影面后缘与满载水线的交点（金属材料外板的船舶为内表面，纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为外表面）；但均应不大于满载水线长度，亦不小于满载水线长度的 96%。无舵船舶的船长取满载水线长度。

对于高速船，船长系指船舶自由静浮于水面时，其刚性水密船体位于满载水线面的长度（金属材料外板的船舶为内表面，纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为外表面），不包括满载水线处以及以下的附体。

（3）满载水线长度 L_S（m）——系指满载水线面的前后两端之间的水平距离（金属材料外板的船舶为内表面，纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为外表面）。

（4）总长 L_{OA}（m）——系指船体（含首、尾升高甲板）及上层建筑的船首最前端到船尾最后端之间的水平距离（金属材料外板的船舶为内表面，纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为外表面），不包括船首尾两端的突出物（如舷伸甲板、护舷材、顶推装置、舷外挂机及其安装支架、假首、假尾、活动突出物等）。

（5）最大船长 L_E（m）——系指船首最前端到船尾最后端之间的水平距离，包括外板和船首尾两端结构性突出物（如舷伸甲板、护舷材、假首、假尾、顶推装置等）在内，活动突出物（如跳板、起重吊臂、输送装置等）以航行状态的情况计量。

（6）船宽 B（m）——系指船舶最宽处两舷外板内表面之间的水平距离（纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为外表面），舷伸甲板和护舷材等突出物不计入。

（7）型深 D（m）——系指在船长中点处沿舷侧自平板龙骨上表面（纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为下表面）量至干舷甲板下表面（纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为上表面）的垂直距离。对甲板转角为圆弧形的船舶，应量至干舷甲板下表面的延伸线与外板内表面延伸线的交点（纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为干舷甲板上表面的延伸线与外板外表面延伸线的交点）。方龙骨等突出物不计入。

（8）满载吃水 d（m）——系指船长中点处舷侧自平板龙骨上表面（纤维增强塑料等非金属材料外板的船舶为下表面）量至满载水线的垂直距离。

（9）最大航速 V（m/s）——船舶处于满载状态，并以最大持续功率在静水中航行所能达到的航速。

（10）满载水线——系指船舶所核定的最高一级航区载重线对应的水线。

（11）乘客——系指除下列人员以外的每一个人：

① 船长、船员和在船上以任何职业从事或参与该船业务的其他人员；和

② 一周岁以下的儿童。

（12）直翼舵桨装置——系指由齿轮箱、转筒、桨叶、桨叶旋转机构、转向系统等组成，具有产生推力和改变推力方向的舵桨一体装置。

1.1.2.2　船舶类型定义如下：

（1）自航船——系指设有用于航行目的机械推进装置的船舶。

（2）非自航船——系指自航船以外的船舶。

（3）客船——系指载运乘客超过12人的船舶。

（4）载客12人及以下船舶——系指载运乘客不超过12人的船舶。

（5）货船——系指除客船和载客12人及以下船舶以外的任何船舶。

（6）游览船——系指设有观光区域，航行于城区、水库、公园、风景区等水域，为乘客提供游览、观光、娱乐、餐饮等服务的客船。

（7）游览艇——系指用于游览的载客12人及以下船舶。

（8）客渡船——系指航行于渡口间，单程逆水延续航行时间（不包括中途停港时间）小于等于2h 或单程航行距离小于等于 20km，载运乘客或兼运货物的客船。

（9）车客渡船——系指自始发港至终点港逆水延续航行时间不超过 2h，设有滚装处所载运汽车和乘客的客船。

（10）普通客船——系指除客渡船、游览船和车客渡船之外的其他客船。

（11）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）$\geqslant 7\nabla^{2/3}\mathrm{m}^2$。其中：$\nabla$ 为船舶满载排水体积（m^3）。

（12）空气动力船——系指一种采用空气螺旋桨推动但没有气垫支承，可在浅水、沼泽、冰水混合、草地等界面上滑行的船舶。

（13）全垫升气囊浮体气垫船——系指采用柔性气囊作为浮体，船体全部或部分质量在静止时由柔性气囊的浮力支承，航行时由气垫支承，使用空气螺旋桨推进，具有两栖性能的气垫船。

（14）座舱机船——系指发动机（或电动机）安装在机舱内的自航船。

（15）舷外挂机船——系指发动机（或电动机）、传动系统、轴和螺旋桨连成一体，安装在尾封板上作为推进装置的船舶。

（16）柴油挂桨机船——系指柴油机安装在船尾甲板上，采用传动系统和螺旋桨连接作为推进装置的船舶，其柴油机和传动系统为非整体式。

（17）舷内外机船——系指发动机（或电动机）安装在机舱内、尾推进装置（传动系统、轴和螺旋桨连成一体的推进装置）安装在尾封板上，发动机（或电动机）与尾推进装置采用联轴器进行水平联接的座舱机船。

（18）高速船系指满足下列条件的船舶：

① 船长大于或等于15m，其最大航速$V \geq 3.7\nabla^{0.1667}$ m/s的船舶；

② 船长5m至15m（不包括15m），其最大航速$V \geq 3.7\nabla^{0.1667}$ m/s，且$V \geq 18$km/h的船舶；

其中：最大航速 V 为船舶处于满载状态，并以最大持续功率在静水中航行所能达到的航速，∇ 为船舶满载排水体积（m^3）。

1.1.3　附加标志

1.1.3.1　凡符合本规范相关技术要求并申请入级的船舶，经船东申请，可在 CCS 规定的入级符号后，加注如下船舶类型（表 1.1.3.1（1））、特殊设备（表 1.1.3.1（2））附加标志：

船舶类型附加标志　　表1.1.3.1（1）

附加标志		说　明	应满足的技术要求
中文	英文		
普通客船	General Passenger Boat	授予除客渡船、游览船和车客渡船之外的其他客船	本规范第 2 章
普通干货船	General dry Cargo Boat	授予以载运干货为主，也可装运成桶液货的船舶。但不包括散货船、集装箱船、滚装货船、冷藏货船、水泥运输船、牲畜运输船、甲板货船、从事木材制品运输船和从事碎木运输船	本规范第 2 章
游览船	Tourist Ship	授予设有观光区域，航行于城区、水库、公园、风景区等水域，为乘客提供游览、观光、娱乐、餐饮等服务的客船	本规范第 2 章
游览艇	Tourist Boat	授予用于游览的载客 12 人及以下船舶	本规范第 2 章
客渡船	Passenger Ferry	授予航行于渡口间，单程逆水延续航行时间（不包括中途停港时间）小于等于 2h 或单程航行距离小于等于 20km，载运乘客或兼运货物的客船	本规范第 2 章
车客渡船	Vehicle-Passenger Ferry	授予自始发港至终点港逆水延续航行时间不超过 2h，设有滚装处所载运汽车和乘客的客船	本规范第 2 章
公务船	Public Affair Boat	授予用于政府行政管理目的的船舶	本规范第 2 章

续表1.1.3.1（1）

附加标志		说　明	应满足的技术要求
中文	英文		
交通船	Traffic Boat	授予不属于客运业务范围，用以运送工作人员的船舶	本规范第 2 章
测量船	Measuring Boat	授予主要用于水深测量及扫海业务的船舶	本规范第 2 章
航标船	Beacon Boat	授予主要用于航标布设和航标巡检维护作业的船舶	本规范第 2 章
推（拖）船	Pusher（Tug）	授予设有顶推设备（或拖曳设备），专门用于在水上顶推（或拖曳）船舶或其他浮体的船舶	本规范第 2 章
第 N 类消防船	Fire Fighting Ship N	授予具有扑灭火灾的能力的消防船，授予该标志，其中：N 为如下之一： 1——具有扑灭初期火灾能力的消防设备的船舶； 2——具有扑灭大火灾能力的消防设备的船舶； 3——具有扑灭大火灾和油类火灾能力的消防设备的船舶	本规范第 2 章及 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 8 篇第 6 章的适用要求
垃圾回收船	Sewage Recovery Boat	授予在内河水域用于清除或收集垃圾的船舶	本规范第 2 章
趸船	Pontoon	授予不航行作业，用锚及缆索系固于岸边或特定水域的船舶及水上设施	本规范第 2 章
双体趸船	Catamaran Pontoon	授予具有两个平行的船体，其上用连接桥、抗扭箱或等效结构将双体连在一起的趸船	本规范第 2 章
双体客船	Catamaran Passenger	授予具有两个相互平行的船体，其上用连接桥、抗扭箱或等效结构将双体连在一起的客船	本规范第 2 章
帆船	Sailing Boat	授予以铝合金和纤维增强塑料为船体结构材料的载客单体帆船	本规范第 6 章第 1 节
双体帆船	Catamaran Sailing	授予以铝合金和纤维增强塑料为船体结构材料的载客双体帆船	本规范第 6 章第 1 节
空气动力船	Aerodynamic Boat	授予以铝合金为船体结构材料的不用于载客的空气动力船	本规范第 6 章第 2 节
全垫升气囊浮体气垫船	Air-bag Buoyancy Hovercraft	授予在水面、冰面、滩涂、沼泽等区域行驶的以铝合金和纤维增强塑料为刚性船体结构材料的气囊浮体气垫船	本规范第 6 章第 3 节

注：对于新船型附加标志的授予，需经 CCS 同意。

特殊设备附加标志　　表1.1.3.1（2）

附加标志		说　明	应满足的技术要求
中文	英文		
LPG 燃料	LPG Fuel	授予采用 LPG 作为发动机燃料的船舶	本规范第 4 章第 4 节、第 5 章第 13 节
舷外挂机	Outboard Engine	授予发动机（或电动机）、传动系统、轴和螺旋桨连成一体，安装在尾封板上作为推进装置的船舶	本规范第 4 章第 2 节 4.2.3
舷内外机	Inboard/outboard Engine	授予发动机（或电动机）安装在机舱内、尾推进装置（传动系统、轴和螺旋桨连成一体的推进装置）安装在尾封板上，发动机（或电动机）与尾推进装置采用联轴器进行水平联接的船舶	本规范第 4 章第 2 节 4.2.4
电池（动力）	Battery（Power）	授予在船舶正常运行过程中，仅采用锂离子电池或能量型超级电容作为推进动力的船舶	本规范第 5 章第 9 节、第 14 节

1.1.4 等效与免除

1.1.4.1 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，但需有等效措施，以保证船舶安全。

1.1.4.2 船上安装的任何装置、材料、设备和器具可以代替本规范要求的装置、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。

1.1.4.3 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。

1.1.5 规范生效

1.1.5.1 除另有说明外，规范（含修改通报）发布后，一般在 3 个月后生效。生效日期注明在相应篇的第 1 页或出版物的扉页上。

1.1.5.2 如经建造厂、船东和 CCS 同意，对建造中的船舶可以采用新规范的要求；同样，如新规范的要求比较合理而可行时，可同意建造中的船舶采用新规范的要求。不管何种情况，均应在相应技术文件中注明。

1.1.5.3 本规范的生效日期仅与规范批准颁布日期有关，不受其他法定要求生效的影响。

1.1.6 规范解释

1.1.6.1 CCS 颁布的规范、指导性文件及其他有关出版物的解释权属 CCS 总部。

1.1.6.2 如对 CCS 规范的英文版有不同理解时，应以中文版为准。

1.1.6.3 验船师在执行检验活动中应严格执行批准的图纸、计算书、说明书和其他技术文件。如 CCS 颁布的指导性文件等与规范要求有不协调之处，应以规范要求为准。

1.1.6.4 其他船舶检验机构在使用本规范时，各章所提及的“经CCS总部同意”、“经CCS同意”可分别解释为“经省级船舶检验机构同意”和“经具体实施船舶检验的机构同意”。

1.1.7 送审图纸目录

1.1.7.1 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；

（3）主要横剖面结构图；

（4）舵系布置及结构图；

（5）锚、系泊设备布置图及其计算书；

（6）载重线标志图；

（7）完整稳性计算书；

（8）全船开口（包括门、窗、盖等设施）布置图；

（9）安全设备（包括消防、救生）布置图；

（10）机舱及轴系布置图；

（11）管系布置图；

（12）轴系强度计算书（包括螺栓和键的强度计算）；

（13）操舵系统图；

（14）电力负荷计算书（包括蓄电池容量计算）；

（15）全船电气设备布置图；

（16）配电板原理图（可为单线图）；

（17）电力系统图（包括电缆型号和规格、工作电流定额及保护电器整定值）；

（18）照明系统图和布置图；

（19）船内通信、扩音和航行、信号、无线电通信设备布置图和系统图；

（20）防污染设备布置图。

1.1.7.2　应视情况将下列图纸资料提交CCS备查：

（1）全船说明书；

（2）吨位估算书；

（3）线型图；

（4）全船主要设备明细表；

（5）船体结构计算书；

（6）舵系强度计算书；

（7）窗玻璃厚度计算书；

（8）干舷计算书。

1.1.7.3　LPG发动机船尚应将下列图纸资料提交CCS批准（或备查）：

（1）LPG机器处所和气罐处所布置图；

（2）LPG机器处所和气罐处所通风布置图；

（3）LPG燃料供气系统图；

（4）LPG燃料探测、报警系统图；

（5）LPG燃料动力系统操作手册（备查）。

1.1.7.4　汽油座舱机船尚应将下列图纸资料提交CCS批准：

（1）机舱通风管系布置图。

1.1.7.5　蓄电池组电力推进船舶尚应将下列图纸资料提交CCS批准：

（1）电力系统图。图中应表明：

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）BMS系统报警项目表；

（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。

1.1.7.6 帆船尚应将下列图纸资料提交CCS批准：

（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；

（5）满帆、半帆与落帆状态时的完整稳性计算书。

1.1.7.7 空气动力船尚应将下列图纸资料提交CCS批准（或备查）：

（1）尾轴架和空气螺旋桨基座结构图；

（2）结构直接计算书（如有时）（备查）；

（3）空气舵布置图和强度计算书。

1.1.7.8 全垫升气囊浮体气垫船尚应将下列图纸资料提交CCS批准（或备查）：

（1）尾轴架和空气螺旋桨基座结构图；

（2）结构直接计算书（如有时）（备查）；

（3）空气舵布置图和强度计算书；

（4）气囊布置与结构图；

（5）气囊连接图。

1.1.7.9 纤维增强塑料船尚应将下列图纸资料提交CCS批准（或备查）：

（1）层板铺层设计图；

（2）原材料详细清单及技术说明书（备查）；

（3）结构节点图；

（4）施工工艺图（备查）；

（5）锚泊、系泊设备及基座结构图；

（6）尾管轴承及其与船体的连接图；

（7）主机座和推理轴承座结构图；

（8）电气接地布置图。

1.1.7.10　木质船舶尚应将下列图纸资料提交CCS批准（或备查）：

（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；

（4）木材物理力学性质试验参考标准、评定方法、实施大纲（备查）；

（5）船体结构木材力学性能试验报告（备查）；

（6）典型构件接头强度试验报告（备查）。

1.1.7.11　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，除本节1.1.7.1～1.1.7.10外，CCS可根据船的实际情况要求补充提交其他图纸资料。

第 2 节　材料与连接工艺

1.2.1　一般要求

1.2.1.1　除本规范明确规定者外，船舶的材料与焊接应符合 CCS《材料与焊接规范》、《钢质内河船舶建造规范》的规定。

1.2.1.2　船体结构选用铝合金材料时，其材料和焊接及焊接设计应符合 CCS《材料与焊接规范》、《内河高速船建造规范》的相应规定。

1.2.1.3　船体结构选用纤维增强塑料时，其材料与连接工艺应符合第 7 章的规定，若符合 CCS《纤维增强塑料船建造规范》的相应规定，可认为也满足本规范的要求。

1.2.1.4　船体结构选用木质材料时，其材料与连接工艺应符合第 8 章的规定。

1.2.1.5　船体结构选用其它材料时，经 CCS 同意，其材料与连接工艺要求可特殊考虑。

1.2.2　钢质船体结构用钢

1.2.2.1　船体结构用钢的脱氧方法和化学成分应符合表 1.2.2.1（1）的规定，力学性能应符合表 1.2.2.1（2）的规定。

表1.2.2.1（1）

钢材等级		A	B	D	E
脱氧方法 厚度 t(mm)		$t \leqslant 50$，除沸腾钢外任何方法①； $t > 50$，镇静处理	$t \leqslant 50$，除沸腾钢外任何方法； $t > 50$，镇静处理	$t \leqslant 25$，镇静处理； $t > 25$，镇静和细晶处理	镇静和细晶处理
化学成分⑦⑧（%）	C ②	≤0.21 ③	≤0.21	≤0.21	≤0.18
	Mn②	≥2.5C	≥0.80④	≥0.60	≥0.70
	Si	≤0.50	≤0.35	≤0.35	≤0.35
	S	≤0.035	≤0.035	≤0.035	≤0.035

续表1.2.2.1（1）

钢材等级		A	B	D	E
化学成分⑦⑧（%）	P	≤0.035	≤0.035	≤0.035	≤0.035
	Al(酸溶)	—	—	≥0.015⑤⑥	≥0.015⑥

注：①经 CCS 同意，对 t≤12mm 的 A 级型钢，可采用沸腾钢，但应在材料证书上注明；

②所有等级的钢均应符合：$C\%+1/6M_n\%\leq 0.40\%$；

③对于型钢，最大含碳量可为 0.23%；

④当 B 级钢作冲击试验时，其最低含锰量可降低至 0.6%；

⑤对 t>25mm 的 D 级钢适用；

⑥对 t>25mm 的 D 级钢和 E 级钢，可采用总铝含量来代替酸溶铝含量的要求，此时，总铝含量应小于等于 0.02%；

⑦钢中残余铜含量应小于等于 0.35%；铬、镍的残余含量各应小于等于 0.30%；

⑧在钢材的冶炼过程中添加的任何其他元素，应在材料证书上注明。

表1.2.2.1（2）

钢级等级	屈服强度 R_{eH}（N/mm²）	抗拉强度 R_m（N/mm²）	伸长率 A_s（%）	夏比 V 型缺口冲击试验		
				试验温度（℃）	平均冲击功(J)	
					厚度 t≤50mm 时	
					纵向②	横向②③
A	≥235	400～520①	≥22	20	——	——
B				0	≥27④	≥20④
D				−20		
E				−40		

注：①经 CCS 同意，A 级型钢的抗拉强度的上限值可以超出表中所规定的值；

②除 CCS 要求外，厚度 t≤50mm 时的冲击试验一般仅做纵向试验，但钢厂应采用措施保证钢材的横向冲击性能；

③型钢一般不进行横向冲击试验；

④厚度 t≤25mm 的 B 级钢，经 CCS 同意可不做冲击试验。

1.2.2.2 适用本章公式的钢材最低屈服强度 R_{eH} 为 235N/mm²。

1.2.3 钢质船体结构的焊接

1.2.3.1 从事船舶及其产品焊接作业的人员必须持有经认可的《焊工资格证书》方可从事与证书等级相应的焊接作业。

1.2.3.2 船体结构的焊接材料、焊接工艺应符合 CCS《材料与焊接规范》的相应规定。

1.2.3.3 船体各种焊接结构上的焊缝，应避免布置在应力集中区域。结构焊缝的布置还应考虑便于焊工施焊，施焊的焊缝位置尽可能采用平焊。

1.2.3.4　船体结构中的平行焊缝应保持一定的距离，对接缝之间的平行距离应大于等于 80mm，且尽量避免尖角相交；对接焊缝与角焊缝之间的平行距离应大于等于 30mm。

1.2.3.5　船体主要结构的连接，可以采用对接焊，也可以采用搭接焊，除另有规定者外，船体外板、强力甲板、干舷甲板、舱壁板、舱口围板的连接应采用对接焊。

1.2.3.6　不同厚度钢板对接时，若其厚度差大于等于 4mm，则应将厚板的边缘进行削斜过渡，削斜的宽度应大于等于厚度差的 4 倍。

1.2.3.7　搭接接头的焊缝尺寸应满足本节表 2.1.6.16 所列 1 级焊缝的要求，搭接宽度 b 应大于等于按下式计算所得之值：

$$b=2t+15 \quad \text{mm}$$

式中：t——搭接接头中较薄板的厚度，mm。

1.2.3.8　载货甲板、强力甲板（或干舷甲板）及其以下的船体外板的对接焊缝应采用双面连续焊，焊缝应保证全焊透。

1.2.3.9　上层建筑（或甲板室）的外围壁、载客甲板、顶蓬甲板、厨房周界、厕所（盥洗室）周界、蓄电池室周界等的对接焊缝可采用单面连续焊。其它处所的对接焊缝可采用双面或单面间断对接焊。间断对接焊的焊缝长度一般大于等于 100mm，焊缝端部的间距一般小于等于 200mm。

1.2.3.10　型钢骨材用搭接焊时，两侧的角焊缝须连续并包角。

1.2.3.11　圆孔塞焊应按图 1.2.3.11 所示尺寸开孔，孔的宽度应大于等于板厚的 2 倍。圆孔塞焊的间距应小于等于 10 倍圆孔直径。

1.2.3.12　长孔塞焊应按图 1.2.3.12 所示，长孔塞焊的开孔长度 l 应大于等于 75mm，孔的宽度应大于等于板厚的 2 倍，孔端部呈半圆形。孔的间距应小于等于长孔长度的 2 倍。通常长孔塞焊时不必在孔内塞满熔敷金属。

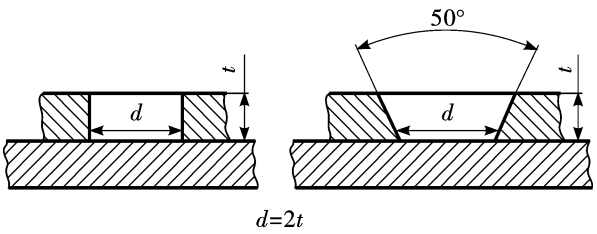


图 1.2.3.11

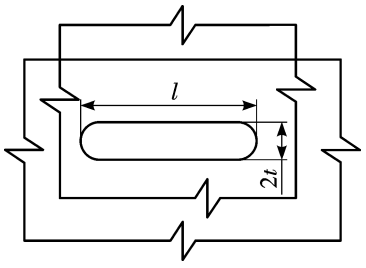
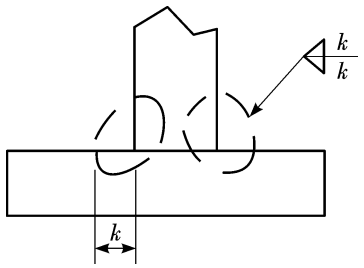
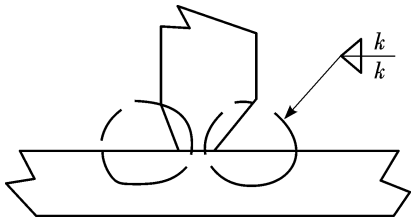
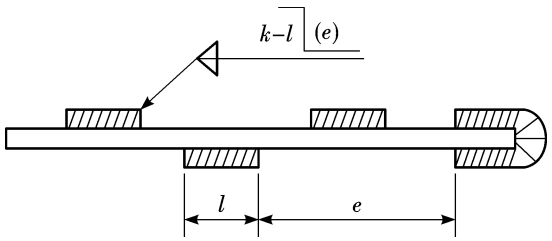
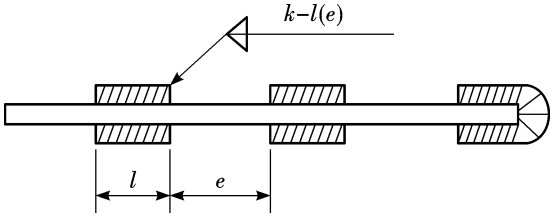
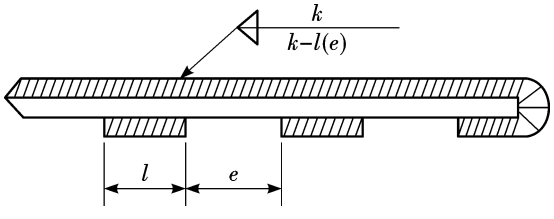


图 1.2.3.12

1.2.3.13　板与板、板与型材的 T 形连接应采用填角焊缝。当构件承受高应力时，必须采用双面填角焊或全焊透角焊。全焊透角焊系指在角焊缝处必须开坡口的焊透角焊。

1.2.3.14　船体角焊缝可按表 1.2.3.14 所列形式选用，若采用其他角接型式应经 CCS 同意。

表1.2.3.14

角焊缝名称	型式
双面填角焊	
双面全焊透角焊	
交错间断角焊缝	
并列间断角焊缝	
一面连续角焊缝 一面间断角焊缝	

表中：①k——焊脚高度；l——焊缝长度；e——焊缝间距；

②交错间断角焊缝与并列间断角焊缝可替换使用；

③上层建筑或施工受限的情况下，可考虑使用单面连续焊接形式。

1.2.3.15　角焊缝分为 4 级，各级别的型式和 K 值，根据相连构件中较薄板的厚度按表 1.2.3.15 选取。

表1.2.3.15

焊缝级别 / 板厚（mm）	1	2	3	4
≤3.5	$\frac{3}{3-100(150)}$	3-100／（150）	3-100／（200）	3-100／（250）
4～5.5	双 3	$\frac{3}{3-100(150)}$	3-100／（150）	4-100／（250）
6～8	双 4	$\frac{4}{4-100(100)}$	4-100／（100）	4-100／（200）
9～12	双 5	$\frac{5}{5-100(100)}$	$\frac{4}{4-100(100)}$	5-100／（200）

注：表中焊脚高度系指手工焊与半自动焊的焊脚高度。若采用自动焊时，对 1 级焊缝的焊脚高度可减少 1mm，但应大于等于 3mm，其它各级焊缝的焊脚高度原为 4mm 者，可减少为 3mm，原为 5mm 者，可减少为 3.5mm。

1.2.3.16　船体各主要结构连接所使用角焊缝级别按表 1.2.3.16 选取。

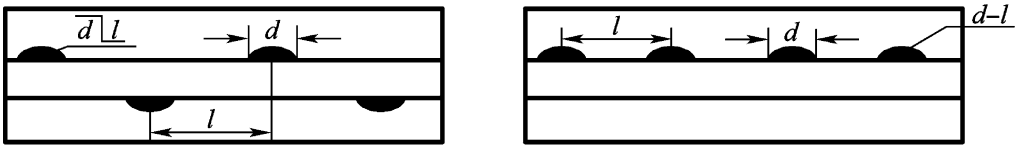
表1.2.3.16

序号	连接构件名称	焊缝级别
Ⅰ	单层底	
1	中内龙骨与平板龙骨	1
2	中内龙骨与其面板	2
3	所有实肋板与中内龙骨	2
4	实肋板与其面板	3
5	机舱内实肋板与其面板	2
6	实肋板与外板	3
7	机舱内实肋板与外板	2
8	旁内龙骨与外板	3
9	机舱内旁内龙骨与外板	2
10	旁内龙骨与其面板	3
11	机舱内旁内龙骨与其面板	2
12	旁内龙骨与实肋板	2
13	中内龙骨与横舱壁	1
14	旁内龙骨与横舱壁	1
15	底肋骨与外板	4
16	首、尾尖舱、深水舱内肋板与外板	2
Ⅱ	舷侧骨架	
1	强肋骨与外板	2
2	舷侧纵桁与外板	3
3	强肋骨及舷侧纵桁腹板与其面板	3
4	首、尾尖舱、深水舱与外板；强肋骨腹板与其面板	3
5	肋骨与外板	4
6	舭肘板与实肋板	1
7	舭肘板与外板	1
8	舷侧纵桁与横舱壁	2
9	强肋骨与舷侧纵桁	2

续表1.2.3.16

序号	连接构件名称	焊缝级别
Ⅲ	甲板及其支承结构	
1	强力甲板的甲板边板与外板	1
2	非强力甲板的甲板边板与外板	2
3	舱口端梁与甲板	1
4	舱口围板与甲板	1
5	舱口围板与其水平加强材	4
6	纵通舱口围板与水平桁	2
7	纵通舱口围板与面板	2
8	强横梁、悬臂梁与甲板	2
9	强横梁、悬壁梁腹板与其面板	3
10	横梁与甲板	甲板货船3，其他船4
11	深水舱、尖舱内横梁与甲板	3
12	甲板纵桁与甲板板以及与其面板	3
13	甲板纵桁与横舱壁	2
14	支柱两端与其构件	1
15	跳板强横梁、强纵桁与跳板甲板	2
16	跳板强横梁、强纵桁与其面板	2
17	跳板边桁材与跳板甲板	2
18	舱口纵桁与甲板	1
Ⅳ	舱壁与轴隧	
1	水密舱壁的周围与其相连部分	1
2	轴隧及外板与舱壁	1
3	非水密舱壁的周围与其相连部分	3
4	所有舱壁板与其扶强材	4
5	舱壁垂直桁与舱壁及其面板	3
Ⅴ	上层建筑	
1	上层建筑的外围壁与甲板	1
2	上层建筑的内隔壁与甲板	2
3	围壁间的连接	3
4	上层建筑的甲板横梁和纵桁与甲板	4
5	围壁板与其扶强材	4
VI	舵	
1	内部隔板与舵叶板	1
2	舵叶板与内部隔板的长孔塞焊	1
3	组合下舵杆与舵叶顶板	1
VII	舾装设备及其他附件	
1	桅与甲板	1
2	甲板辅机基座与甲板	1
3	系榄桩等系泊设备底座与甲板	1
4	舭龙骨与外板	3

1.2.3.17　上层建筑（或甲板室）内的普通横梁与甲板的连接，普通扶强材与围壁的连接可采用单面或双面交错点焊。其直径 *d* 和点距 *l* 应符合图 1.2.3.17 的规定。



双面交错点焊　　单面点焊

d=8m　l≤20m

图 1.2.3.17

1.2.3.18　凡焊缝长度在 300mm 以内者，则一律采用连续焊。肘板与板或构件的焊接，采用双面连续焊，焊脚以 1 级焊缝为准。设备、甲板机械及系榄桩等系泊设备底座下构件的角焊缝，在加强区域内应为双面连续焊。

1.2.3.19　各种结构若采用间断焊、一面连续另一面间断焊或单面连续焊时，则构件的端部应按下述规定进行双面连续的加强焊：

（1）骨材的端部，应为连续包角焊，其包角焊缝的长度应为骨材的高度或大于等于75mm，取其大者；

（2）骨材端部削斜时，其加强焊长度应大于等于削斜长度；骨材端部以焊接固定时，其加强焊长度应大于等于骨材高度；

（3）各种构件的切口、切角、开孔(如流水孔、透气孔等)的两端包角焊长度应大于等于50mm；

（4）各种构件对接接头的两侧均应有一段对称的角焊缝，其长度应大于等于75mm，如图1.2.3.19所示。

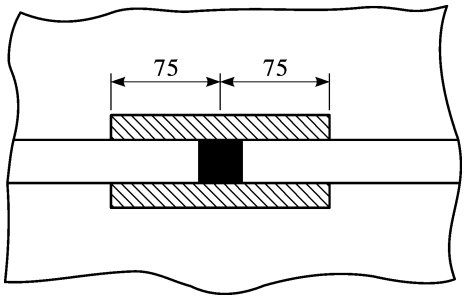


图 1.2.3.19

1.2.4　重要机件的焊接

1.2.4.1　除明确规定外，柴油机、减速齿轮箱、轴系及杆系的焊接应符合CCS《钢质内河船舶建造规范》的规定。

第 3 节　结构强度直接计算

1.3.1　一般要求

1.3.1.1　除本规范明确规定者外，船舶结构强度直接计算应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》的规定。

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　本章适用于单甲板、单底、横骨架式的钢质焊接船舶，且船舶的主尺度比值应符合表 2.1.1.1 的规定。

表2.1.1.1

类别	L/D		B/D	
	A、B 级航区	C 级航区	A、B 级航区	C 级航区
甲板上载货/客的船舶（含半舱船）	≤25.0	≤28.0	≤5.5	≤6.0
甲板上载车的船舶（含半舱船）	≤25.0	≤28.0	≤5.0	≤5.5
趸船	≤28.0	≤33.0	≤7.0	≤7.0
其他船舶	≤25.0	≤28.0	≤4.5	≤5.0

注：①当 L/D 超出上述比值时，应通过加强船舶的纵向结构或通过船体梁的计算校核以保证船舶有足够的总纵强度和刚度；

②当 B/D 超出上述比值规定时，应通过增设横舱壁等横向结构以保证船舶有足够的横向强度和刚度；

③半舱船系指载客/载货甲板低于强力甲板的距离不大于 0.5D（型深）且载客/载货甲板至基线距离不小于 700mm 的船舶。

2.1.1.2　推（拖）船、油船、双体船、工程船的船体结构应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇的相应规定。

2.1.1.3　当船体结构选用铝合金材料时，其结构尺寸按下列公式计算：

板厚：　$t_a = t_s\sqrt{K_a}$　　mm

剖面模数：$W_a = W_s K_a$　　cm^3

式中：t_s——按本章规定所计算的板厚，mm；

W_s——按本章规定所计算的剖面模数，cm^3；

K_a——铝合金材料换算系数，按下式计算，也可以根据 CCS 接受的标准进行确定：

$$K_a = \frac{235}{R_{P0.2}}$$

其中：$R_{P0.2}$——铝合金材料在退火状态下的 0.2%规定非比例伸长应力，N/mm^2，但不大于 66%的材料抗拉强度值。

2.1.1.4 船体结构选用铝合金材料的非高速游览船和客渡船，其船体结构的相关要求也可以按 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 8 篇第 7 章的相应规定执行。

2.1.1.5 船体结构选用纤维增强塑料时，其船体结构应满足第 7 章的相关要求，若符合 CCS《纤维增强塑料船建造规范》的相应规定，可认为也满足本规范的要求。

2.1.1.6 船体结构选用木质材料时，其船体结构应满足第 8 章的相关要求。

2.1.1.7 船体结构选用其它材料时，经 CCS 同意，其船体结构要求可特殊考虑。

2.1.2 一般要求

2.1.2.1 船舶应有足够的结构强度，船舶结构的设计应使其承受整个正常营运期间设计允许可能遭受的最大自然外力。

2.1.2.2 船体构件的布置应确保结构的有效连续性。船体纵向构件应尽可能在船长范围保持连续；甲板、舷侧及船底的骨架应有效地连接，构成完整的刚性整体。

2.1.2.3 航行于急流航段船舶的船体结构应不小于 B 级航区船舶的规定。

2.1.2.4 船舶的肋骨间距一般应小于等于 700mm。

2.1.2.5 趸船的外板和甲板厚度应大于等于按本章第 2 节计算所得之值的 1.25 倍；趸船的船底骨架应大于等于按本章第 3 节计算所得之值的 1.1 倍；趸船的舷侧骨架应大于等于按本章第 4 节计算所得之值的 1.2 倍。

2.1.2.6 航行冰区船舶的船体结构应参照 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章的相应规定进行加强。

2.1.2.7 对于设置尾轴架的船舶，尾轴架结构应参照 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章的相应规定。

2.1.3 构件尺寸的确定

2.1.3.1 本章引用增量方法确定构件尺寸时，均应以计算值为基础进行增量。

2.1.3.2 按本章计算所得板厚值，其小数点后的数值小于 0.25mm 时舍去；大于等于 0.75mm 时进到 1mm；大于等于 0.25mm 并小于 0.75mm 时取 0.5mm，如无 0.5mm 规格板材则应进到 1mm。

2.1.3.3 主支撑构件（包括实肋板、底龙骨、强横梁、甲板纵桁、舷侧强肋骨、舷侧纵桁）的腹板厚度应大于等于 2mm，腹板的高度与厚度之比应小于等于 75（首、尾部可适当增大）。面板厚度应大于等于腹板厚度，且面板自由边至腹板的宽度应小于等于其厚度的 10 倍。

2.1.4 构件剖面模数和惯性矩

2.1.4.1 当骨材直接与板相连接时，要求的剖面模数和惯性矩为连带板的最小要求值；普通骨材的带板宽度取骨材间距；强骨材带板宽度取强骨材跨距的 1/6，且小于等于负荷平均宽度、大于

等于普通骨材间距。若骨材仅一侧有带板时，则带板宽度取上述规定的 50%。

2.1.4.2 当骨材不直接与板相连时，要求的剖面模数和惯性矩仅为骨材不连带板的最小要求值。

2.1.5 计算半波高

2.1.5.1 本章计算公式中所涉及的半波高值 r，按航区取值如下：

A 级航区 r=1.25 m

B 级航区 r=0.75 m

C 级航区 r=0.25 m

2.1.6 水密舱壁的设置

2.1.6.1 船舶应在距首垂线 0.05*L*～0.15*L*（*L* 为船长）范围内设置水密防撞舱壁。

2.1.6.2 非自航船和非座舱机船应在距尾垂线 0.5m～0.1*L* 范围内设置水密尾尖舱舱壁。

2.1.6.3 尾机型的座舱机船应设置水密机舱前舱壁；中机型的座舱机船应设置水密机舱前舱壁和水密机舱后舱壁。

2.1.6.4 若船舶水密舱壁的数量和位置符合主管机关相关规则对破损稳性的规定，则认为满足本节 2.1.6.1～2.1.6.3 的要求。

2.1.6.5 水密舱壁的高度应延伸至干舷甲板或升高甲板。

2.1.6.6 当管子、排水管等通过水密舱壁时，应设有保证该舱壁水密完整性的装置。电缆、舵链、车钟链、主机操纵线等穿过水密舱壁时，应沿干舷甲板下表面敷设。

2.1.6.7 水密防撞舱壁不应开设门或人孔，航行 A、B 级航区的载运乘客船舶及航行急流航段的船舶不应在水密舱壁上开门。

2.1.7 浮力体的设置

2.1.7.1 客船和船长大于 10m 的载客 12 人及以下船舶，应设置浮力体，浮力体应满足下列要求：

（1）浮力体提供的浮力应大于等于空船重量的110%；

（2）浮力体通常由干舷甲板以下的水密舱室和/或采用不吸水的封闭型发泡塑料填充的空舱（柜）组成；

（3）浮力体应永久性固定设置，并尽量采用左右对称方式布置。

2.1.7.2 对于客船和船长大于 10m 的载客 12 人及以下船舶，若设置浮力体不满足本节 2.1.7.1 的要求时，则应符合下列任一要求的规定：

（1）破损稳性满足主管机关相关规则对客船的有关要求，或；

（2）在水密防撞舱壁至水密尾尖舱舱壁的范围内，相邻主横水密舱壁的间距*l*应小于等于按下式计算所得之值：

$$l = 0.75\left(1-\frac{d}{D}\right)L \qquad \text{m}$$

当 $l > 6D$ 时，取 $l = 6D$；$l < 0.15L$ 时，取 $l = 0.15L$。

式中：L——船长，m；

D——型深，m；

d——吃水，m。

2.1.8 螺旋桨桨叶与外板的间隙

2.1.8.1 螺旋桨桨叶叶梢与外板的间隙建议大于等于 0.1D（D 为螺旋桨直径）。隧道型船舶的螺旋桨桨叶与外板的间隙，可适当减小。

2.1.9 螺旋桨装卸孔

2.1.9.1 船舶设置螺旋桨装卸孔时，螺旋桨装卸孔应符合下列要求：

（1）孔口围板顶缘应高出满载水线至少 200mm；

（2）孔口围板的厚度应大于等于 4mm；

（3）孔口的盖闭设备应保证水密。

2.1.10 安装直翼舵桨装置的局部加强

2.1.10.1 安装直翼舵桨装置的基座应具有足够的强度和刚度。

2.1.10.2 直翼舵桨装置与船体应采取螺栓紧固的方式连接，并保证水密。

第 2 节 外板和甲板

2.2.1 平板龙骨

2.2.1.1 船舶设置平板龙骨时，船中部平板龙骨的厚度应按船中部船底板厚度增加 1mm，首、尾部平板龙骨厚度应大于等于船中部船底板厚度；平板龙骨的宽度应大于等于 0.6m。

2.2.2 船舶外板

2.2.2.1 船长小于等于 10m 的船舶，其外板的最小厚度应为 2.5mm；船长大于 10m 的船舶，其外板的最小厚度应为 3mm。

2.2.2.2 舭板、舷侧外板、舷侧顶列板厚度可取与船底板厚度相同。

2.2.3 船底板

2.2.3.1 船中部船底板的厚度 t 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = a(0.076L+3.7s) \qquad \text{mm}$$

式中：L——船长，m；

s——肋骨间距，m；

a——航区系数，A 级航区取 $a = 1$，B 级航区取 $a = 0.85$，C 级航区取 $a = 0.7$。

2.2.3.2 船底板的厚度 t 尚应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 4.8s\sqrt{d + r} \quad \text{mm}$$

式中：d——吃水，m；

s——肋骨间距，m；

r——半波高，m，按本章 2.1.5.1 的规定。

2.2.4 首尾封板

2.2.4.1 船舶设置平板龙骨时，平头型船的首封板厚度应与首部平板龙骨厚度相同，尾封板厚度应与尾部平板龙骨厚度相同；船舶没有设置平板龙骨时，首封板（平头型船）厚度和尾封板厚度应与处于同一位置的船底板厚度相同。

2.2.4.2 当尾封板上安装舷外挂机或尾推进装置时，尾封板的厚度应大于等于舷侧外板厚度的 1.2 倍，其安装座的四周应设短桁材补强。

2.2.5 局部加强

2.2.5.1 主机座下面的船底板厚度和螺旋桨叶梢附近的外板厚度应按船底板厚度增加 0.5mm。尾轴架穿过处的外板厚度应增加 0.5 倍或加等厚复板。

2.2.5.2 锚链筒出口处的外板厚度应增加 0.5 倍或加等厚复板。

2.2.5.3 顶岸停靠的船舶，其艏柱应适当地加强。

2.2.5.4 测深管下方的外板应设垫板。

2.2.5.5 甲板上布置有甲板机械，系缆设备的甲板厚度应增加 0.5 倍或加等厚复板。若采用复板加强，应用塞焊与甲板焊妥。

2.2.5.6 甲板开孔应尽可能为圆形或长轴沿船长方向布置的椭圆形，矩形开口的角隅应为圆角。船中部任一方向的尺度大于等于 300mm 的甲板开孔，开孔区域的甲板厚度应增加 0.5 倍或加等厚复板，且加厚板或复板的边缘距开孔边缘的最小距离应为开孔最大尺寸的 0.5 倍。在复板的内、外边缘处应采用连续角焊缝与甲板焊妥，在复板的内、外缘之间应采用塞焊与甲板焊妥。位于船中部以外的开孔可视具体情况决定是否补强，但须经 CCS 同意。

2.2.6 强力甲板

2.2.6.1 船长大于 10m 的船舶，其强力甲板的最小厚度应为 3.5mm；船长小于等于 10m 的船舶，其强力甲板的最小厚度应为 3.0mm。

2.2.6.2 船长大于 10m 的船舶，船中部强力甲板的半剖面积 A 应大于等于按下式计算所得之值：

$$A=\frac{B}{2}(\alpha L+\beta) \qquad \text{cm}^2$$

式中：L——船长，m；

B——船宽，m；

α、β——系数，按航区由表 2.2.6.2 选取。

甲板半剖面积，系包括船中部甲板中纵剖线一侧，开口线以外的甲板、甲板边板、舷伸甲板、甲板纵桁、舱口围板（若系贯通）及平板型护舷材（若系贯通）等纵通构件的剖面积。对于半舱船，甲板半剖面积计入载货/载客甲板及甲板纵桁。

表2.2.6.2

航区	A 级	B 级	C 级
α	0.17	0.11	0.10
β	5.0	4.5	4.0

2.2.6.3 船长小于等于 10m 的船舶若在船中部 0.4L 范围内有保持连续的舱口，则其中部 0.5L 范围内的甲板边板宽度 A、B 级航区船舶应大于等于 250mm，C 级航区船舶应大于等于 150mm。当在舷顶处设有截面积与甲板边板剖面积等效且在船中部 0.5L 范围内连续的纵向强构件时，可免设甲板边板。

2.2.7 载货甲板

2.2.7.1 载货部位甲板厚度 t 尚应大于等于按下式计算所得之值：

$$t=5.1s\sqrt{h}+0.9 \qquad \text{mm}$$

式中：s——甲板横梁间距，m；

h——计算水柱高度，m；可按下式计算，但应大于等于0.75m：

$$h=K\frac{Q}{F}$$

其中：Q——甲板载货总重量，t；

F——甲板载货面积，m^2；

K——系数，货物积载因数大于0.45m^3/t时，取K=1.15；货物积载因数小于等于0.45m^3/t时，取K=1.30。

2.2.8 舷伸甲板

2.2.8.1 舷伸甲板厚度应与强力甲板厚度相同。

2.2.9 顶篷甲板

2.2.9.1 顶篷甲板厚度应大于等于 1.5mm。

2.2.9.2 顶篷甲板可采用非钢质的等效材料替代。

2.2.10 其他甲板

2.2.10.1 船长大于 10m 的船舶，其他甲板的最小厚度应为 3mm；船长小于等于 10m 的船舶，其强力甲板的最小厚度应为 2.5mm。

第 3 节 船底骨架

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 实肋板间距应小于等于 4 个肋距，未设实肋板的肋位上应设置底肋骨。

2.3.1.2 船舶应设置中内龙骨。平底船允许以 2 根旁内龙骨（左右各一根）代替中内龙骨。中内龙骨、旁内龙骨应尽量均匀设置，其间距应小于等于 2m。

2.3.2 实肋板

2.3.2.1 除本节 2.3.2.2 规定外，实肋板的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 5.7ks(fd + r)l^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：k——系数，按表 2.3.2.1 选取；

S——实肋板间距，m；

f——系数，货舱取 f=0.6，非货舱取 f=1.0；

d——吃水，m；

r——半波高，m，按本章 2.1.5.1 的规定；

l——实肋板计算跨距，m，取实肋板与舷侧外板交点之间的距离，但大于等于船宽的 0.85 倍。

表2.3.2.1

型式 / k / l_c/B_c	1 根龙骨	3 根龙骨
≤0.5	0.25	0.15
0.75	0.50	0.35
1.0	0.90	0.65
1.25	1.10	0.90
1.5	1.20	1.05
≥1.75	1.20	1.10

注：当 l_c/B_c 为表列中间数值时，则 k 系数可用内插法求得。

表中：l_c——舱底平面长度，m，取两横舱壁的间距；

B_c——舱底平面宽度，m，取舷侧与舷侧之间的距离（实肋板与舷侧外板交点之间的距离），但大于等于船宽的 0.85 倍。

2.3.2.2 对于甲板型客船（含设有凹形甲板的船舶），舱内实肋板上设有支柱，且支柱纵向间距不大于 4 倍肋距时，该舱内实肋板的剖面模数 W 应不小于本节 2.3.2.1 与下式计算所得之值两者的小者：

$$W = 7.4s(d + r)l^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——纵向承载间距，沿船长方向取支柱所支撑面积（舱底部分）的长度，按本章 2.5.8.2 中的 a 值取值，m；

d——吃水，m；

r——半波高，m，按本章 2.1.5.1 的规定；

l——实肋板跨距，m，沿船宽方向取舷侧（纵舱壁）与支柱或支柱与支柱之间距离的大者，但不小于下式计算之值：

$$l = 1.2 + 0.072B$$

其中：B ——船宽，m。

2.3.2.3 实肋板的腹板高度在船中处应与中内龙骨相同。

2.3.2.4 斜底船中部自中纵剖面向舷侧延伸的实肋板的腹板高度可以逐渐减少，但离中纵剖面 3/8 船宽处的腹板高度应大于等于其在该中纵剖面处腹板高度的 1/2。如图 2.3.2.4 所示。

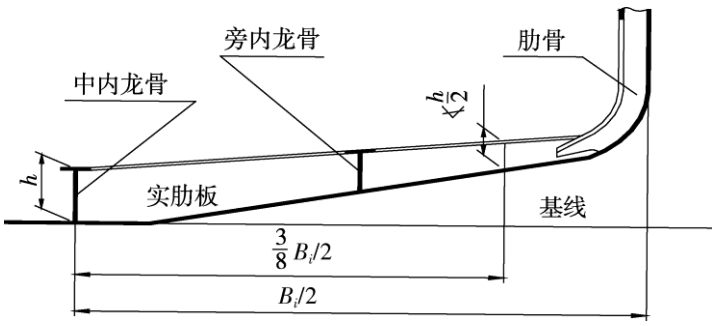


图 2.3.2.4

2.3.3 底肋骨

2.3.3.1 底肋骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 4.1s\left(d + r\right) l^2 \qquad \text{cm}^3$$

当 W<1.5cm^3 时，取 W=1.5cm^3。

式中：s——肋骨间距，m；

d——吃水，m；

r——半波高，m，按本章 2.1.5.1 的规定；

l——底肋骨跨距，m，取龙骨之间或龙骨与舷侧之间距离的大者。

2.3.4 中内龙骨

2.3.4.1 中内龙骨应尽量贯通全船，首、尾尖舱部分可用间断板。单机船的主机基座纵桁如在机舱内贯通，机舱内的中内龙骨可以省略。中内龙骨与旁内龙骨及基座纵桁不应在舱壁处突然中断，应向舱壁的另一面延伸，相互交错大于等于 3 个肋骨间距，如图 2.3.4.1（1）所示；或加过渡性肘板，肘板长度大于等于 2 个肋骨间距，如图 2.3.4.1（2）所示。船长小于等于 10m 的船舶，可只相互交错一个肋骨间距。

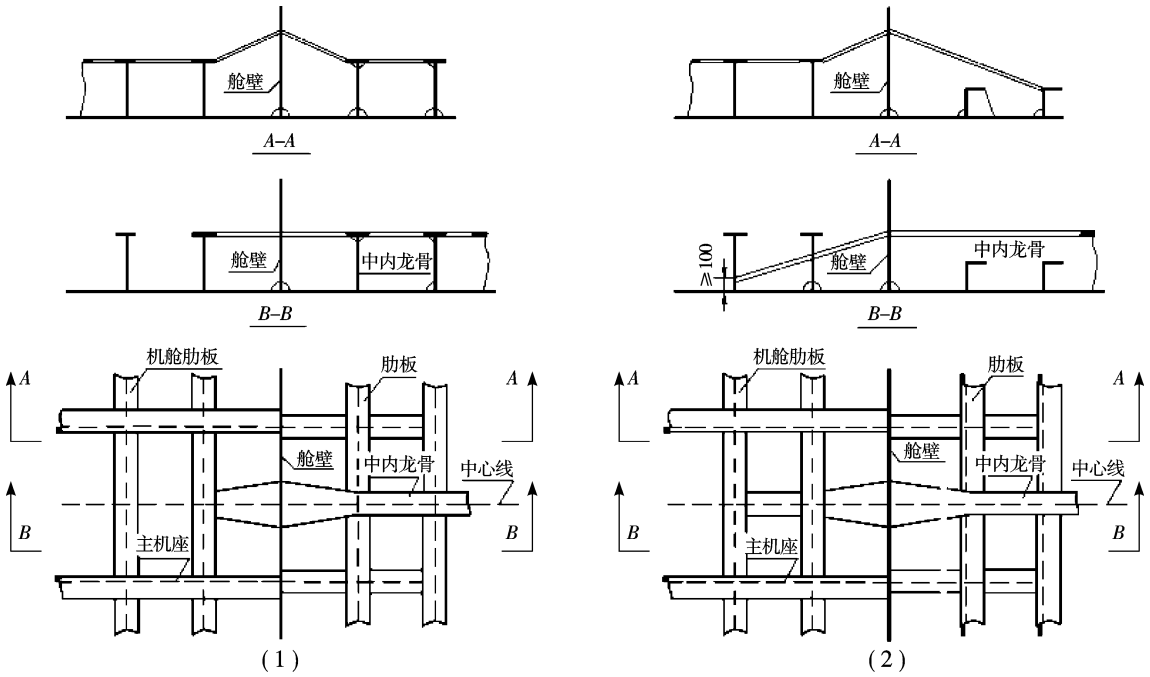


图 2.3.4.1

2.3.4.2 中内龙骨的腹板厚度应大于等于实肋板的厚度，腹板高度应与该处实肋板的相同，其剖面模数应大于等于实肋板剖面模数的 1.5 倍。

2.3.4.3 中内龙骨在舱壁处中断时应采用下列方式之一与舱壁连接：

（1）将中内龙骨腹板在一个肋骨间距内逐渐升高至原高度的1.5倍，中内龙骨的面板应延伸至舱壁并与舱壁焊接，如图2.3.4.3（1）所示；

（2）用有面板或折边的肘板与舱壁或垂直桁（或扶强材）连接，肘板的直角边长应等于中内龙骨的高度，肘板的厚度及面板（或折边）尺寸与中内龙骨相同，此时中内龙骨面板可不与舱壁焊接，如图2.3.4.3（2）所示；

（3）将中内龙骨面板的宽度在一个肋骨间距内逐渐放宽，至舱壁处为原宽度的2倍，并与舱壁焊接，如图2.3.4.3（3）所示。

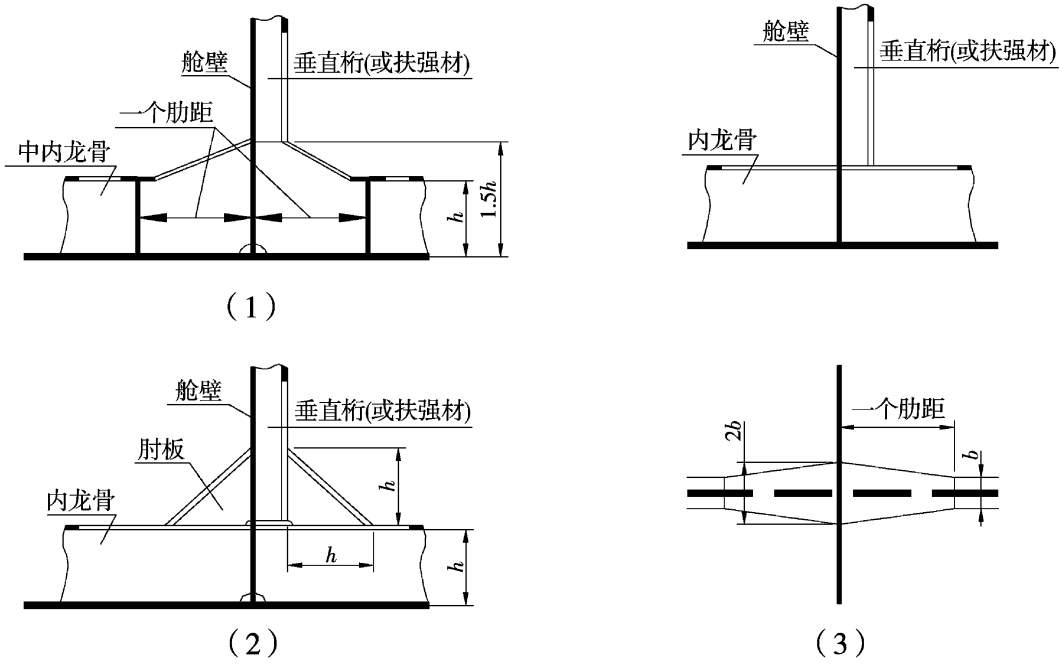


图 2.3.4.3

2.3.4.4 中内龙骨腹板在底肋骨穿过处的剩余高度应大于等于开孔高度的 1.5 倍。

2.3.5 旁内龙骨

2.3.5.1 旁内龙骨可用间断板构成，尺寸与该处实肋板相同。

2.3.5.2 旁内龙骨与舱壁的连接方式应按本节 2.3.4.3 的规定。在首、尾部区域内，旁内龙骨的腹板尽可能垂直于外板，且应保持结构的连续性。

2.3.5.3 旁内龙骨腹板在底肋骨穿过处的剩余高度应大于等于开孔高度的 1.5 倍。

2.3.6 开孔

2.3.6.1 实肋板与旁内龙骨腹板的下方应开设流水孔。流水孔的大小及数量应考虑到泵的抽吸率，但流水孔的半径应小于等于腹板高度的 0.2 倍。

第 4 节 舷侧骨架

2.4.1 一般要求

2.4.1.1 舷侧骨架可采用单一主肋骨制或强肋骨和普通肋骨相间的交替肋骨制。

2.4.1.2 强肋骨的间距应小于等于 4 个肋骨间距。在强肋骨所在平面内应设置实肋板和强横梁。

2.4.1.3 当型深大于 2m 时，应设置一道舷侧纵桁。

2.4.2 主肋骨和普通肋骨

2.4.2.1 普通肋骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 3s(d + r)l^2 \qquad \text{cm}^3$$

当 W<1.5cm^3 时，取 W=1.5cm^3。

式中：s——肋骨间距，m；

d——吃水，m；

r——半波高，m，按本章 2.1.5.1 的规定；

l——肋骨跨距，m，取肋骨与实肋板内缘交点至肋骨与横梁内缘交点间的垂直距离，如图 2.4.2.1 所示。

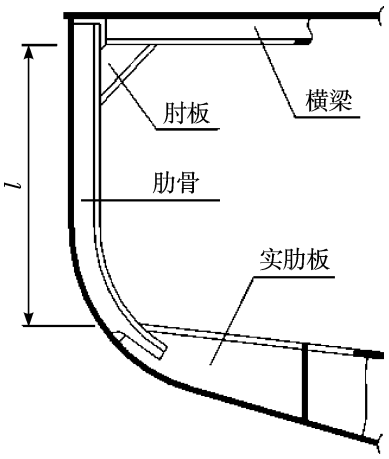


图 2.4.2.1

2.4.2.2 当肋骨跨距中部设有 1 道舷侧纵桁时，肋骨的剖面模数应大于等于本节 2.4.2.1 计算所得之值的 0.65 倍。

2.4.2.3 当舷侧为主肋骨制时，主肋骨的剖面模数应大于等于按本节 2.4.2.1 计算所得之值的 1.2 倍。

2.4.3 强肋骨

2.4.3.1 舷侧骨架为交替肋骨制时，强肋骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 3.2s(d + r)l^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——强肋骨间距，m；

d——吃水，m；

r——半波高，m，按本章 2.1.5.1 的规定；

l——强肋骨跨距，m，取型深。

2.4.4 舷侧纵桁

2.4.4.1 舷侧骨架如设置舷侧纵桁时，舷侧纵桁的剖面尺寸应与强肋骨相同，且应尽量延伸至首尾。

2.4.4.2 舷侧纵桁腹板在肋骨穿过处的剩余高度应大于等于开孔高度的 1.5 倍。舷侧纵桁应每隔 2 个肋骨间距，在肋骨穿过处设置防倾肘板。

2.4.4.3 舷侧纵桁在舱壁处选用下列方式之一与舱壁（或舱壁水平桁）连接：

（1）将舷侧纵桁的腹板在一个肋骨间距内逐渐升高至舱壁处，在该处的高度应为原高度的1.5倍，舷侧纵桁面板应延伸至舱壁（或舱壁水平桁）并与之连接；

（2）用肘板与舱壁（或舱壁水平桁）连接，肘板的直角边长应等于舷侧纵桁腹板高度，肘板的厚度及面板（或折边）尺寸与舷侧纵桁相同，此时，舷侧纵桁面板可不与舱壁（或舱壁水平桁）焊接；

（3）将舷侧纵桁面板的宽度在一个肋骨间距内逐渐加宽，至舱壁处为原宽度的2倍，并与舱壁焊接。

上述形式可参见本章图2.3.4.3（1）、（2）、（3）。

2.4.5 舭肘板

2.4.5.1 肋骨与实肋板的连接，对斜底船可采用如图 2.4.5.1（1）所示的形式，对平底船应用舭肘板连接，舭肘板高出肋板的高度应大于等于肋骨高度的 3 倍，舭肘板的宽度约等于中纵剖面处实肋板的高度，舭肘板的厚度取与实肋板相同，如图 2.4.5.1（2）所示，也可采用连体肘板，如图 2.4.5.1（3）所示。

肋骨与底肋骨应用舭肘板连接，舭肘板与肋骨及舭肘板与底肋骨的搭接长度应大于等于连接肋骨高度的 2 倍，如图 2.4.5.1（4）所示。

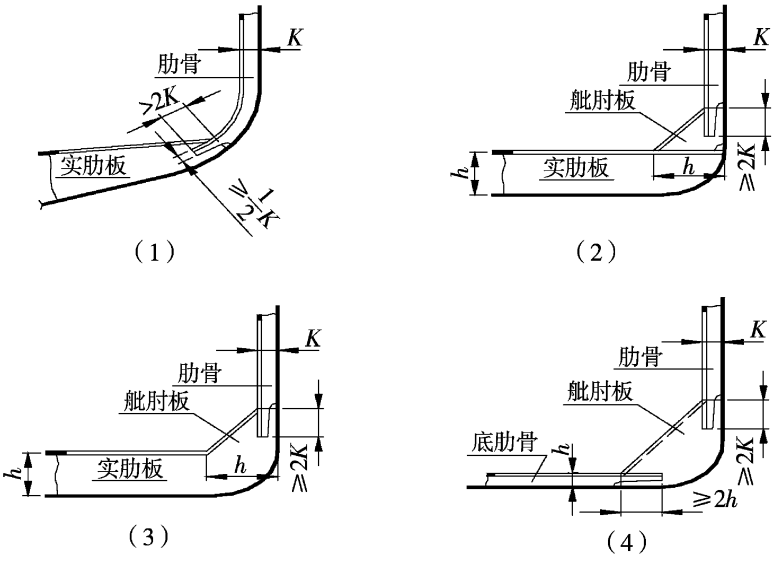


图 2.4.5.1

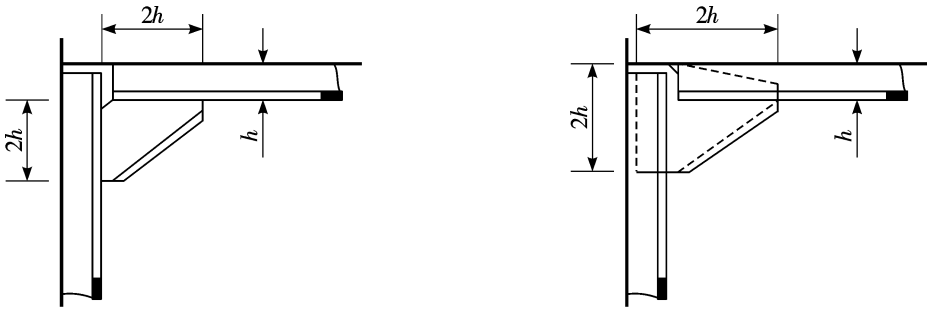
2.4.5.2 强肋骨与实肋板应用舭肘板连接，舭肘板的直角边长应与实肋板中部腹板高度相同，厚度与实肋板厚度相同。

2.4.5.3 舭肘板的自由边应有折边（或面板），折边（或面板）的宽度一般为舭肘板厚度的 10 倍。

2.4.6 梁肘板

2.4.6.1 肋骨与横梁应用肘板连接，肘板直角边长应为横梁高度的 2 倍，如图 2.4.6.1（1）、（2）所示，肘板的厚度取与横梁腹板相同。

当肘板任一直角边长与肘板厚度的比值大于 30 时，肘板的自由边应折边或设面板，折边（或面板）的宽度一般为肘板厚度的 10 倍。



（1） （2）

图 2.4.6.1

2.4.6.2 强肋骨与强横梁应用肘板连接，肘板的直角边长应与强横梁腹板高度相等，肘板的厚度与强横梁腹板厚度相同，其自由边折边（或设面板）的要求应符合本节 2.4.6.1 的规定。

第 5 节 甲板骨架和支柱

2.5.1 一般规定

2.5.1.1 设置强肋骨的部位，应设置强横梁。未设强横梁的肋位应设置横梁。

2.5.1.2 船宽大于 2m 时，甲板应设置甲板纵桁。甲板纵桁的间距一般小于等于 2m，且尽可能与船底中内龙骨和旁内龙骨对应。

2.5.1.3 甲板应设置大于等于甲板宽度 1/100 的梁拱，对于遮蔽处所梁拱可适当降低。

2.5.1.4 甲板纵桁腹板在横梁穿过处的剩余高度应大于等于开孔高度的 1.5 倍。

2.5.1.5 横梁穿过甲板纵桁时应与纵桁腹板焊接，且每间隔一个肋距设置单面肘板。肘板厚度应与腹板厚度相同，肘板高度应伸至纵桁面板。肘板应与横梁、纵桁腹板和面板牢固焊接。

2.5.1.6 电缆或管系如穿过甲板纵桁或强横梁腹板时，其开孔高度应小于等于腹板高度的 0.4 倍，开孔宽度应小于等于开孔高度的 3 倍；开孔边缘距梁端的距离应大于等于腹板高度的 2.5 倍，距面板的距离应大于等于其腹板高度的 0.25 倍，否则应予以补偿。开孔边缘应平滑，角隅应设圆弧。

2.5.1.7 设有凹形甲板的船舶，横剖面型式如采用图 2.5.1.7 所示型式，其甲板骨架和支柱应满足本节适用要求。

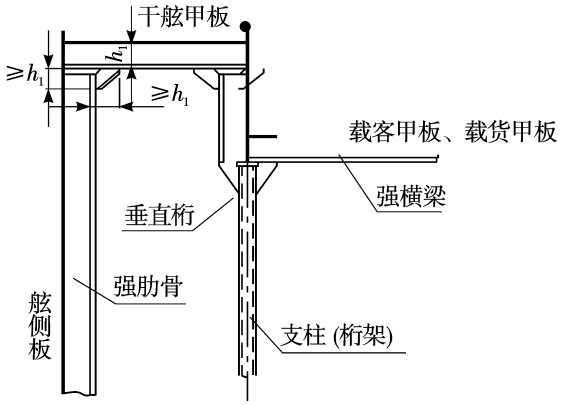


图 2.5.1.7

2.5.2 横梁

2.5.2.1 甲板横梁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 4.1cshl^2 \qquad \text{cm}^3$$

当 W<1.2cm^3 时，取 W=1.2cm^3。

式中：c——系数，对 A 级航区强力甲板取 c = 1.45，B 级航区强力甲板取 c = 1.2，C 级航区强力甲板取 c =1.0；当强力甲板载货时取 c = 1.0；其余甲板均取 c = 1.0；

s——横梁间距，m；

l——横梁跨距，m，取舷侧与纵桁（纵舱壁）或纵桁（纵舱壁）与纵桁（纵舱壁）间的距离；

h——甲板计算水柱高度，m，强力甲板取 h=0.5m，非强力甲板取 h=0.35m，顶篷甲板取 h=0.2m，载货甲板按本章 2.2.7.1 的规定。

2.5.3 甲板纵桁

2.5.3.1 甲板纵桁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 5.8bchl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：b——甲板纵桁支承面积的平均宽度，m；

c——系数，按本节 2.5.2.1 的规定；

h——计算水柱高度，按本节 2.5.2.1 的规定；

l——甲板纵桁跨距，m，取舱壁与舱壁，或舱壁与支柱，或支柱与支柱之间的距离。

2.5.3.2 甲板纵桁的剖面惯性矩 *I* 应大于等于按下式计算所得之值：

$$I = 2.75Wl \qquad \text{cm}^4$$

式中：*W*——按本节 2.5.3.1 式计算所得之剖面模数；

l——同本节 2.5.3.1 式。

2.5.3.3 甲板纵桁与横舱壁相交处应设置舱壁垂直桁。

2.5.3.4 甲板纵桁与横舱壁的连接可采用将纵桁腹板在一个肋骨间距内逐渐升高到原高度的 1.5 倍；或采用肘板连接，肘板高度应大于等于纵桁高度，厚度与腹板厚度相同，面板与纵桁面板相同；也可采用纵桁面板宽度在一个肋骨间距内逐渐加宽，至横舱壁处为原宽度的 2 倍。其连接形式可参见本章图 2.3.4.3（1）、（2）、（3）。

2.5.3.5 顶篷甲板纵桁的上面若无钢质甲板时，应增设钢质牵条板或采用工字型、方管等型钢结构。钢质牵条板的厚度应大于等于 2.5mm，宽度应大于等于 150mm，包括牵条板在内的甲板纵桁剖面模数应大于等于本节 2.5.3.1 的规定；钢质工字型、方管等结构应满足本节 2.5.3.1 对甲板纵桁的剖面模数的要求。

2.5.4 强横梁

2.5.4.1 强横梁的剖面模数 *W* 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 5.4schl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：*s*——强横梁间距，m；

c——系数，按本节 2.5.2.1 的规定；

h——计算水柱高度，按本节 2.5.2.1 的规定；

l——强横梁跨距，m，取舷侧与舷侧，或舷侧与支柱，或支柱与支柱之间的距离。

2.5.4.2 甲板强横梁受集中载荷时，其剖面模数 *W* 除应满足 2.5.4.1 要求之外，尚应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 0.0053cc_1Pl \qquad \text{cm}^3$$

式中：*P*——集中载荷，kN；

c——系数：对液舱顶的甲板纵桁，C=1.3；对其他横梁，C=1.0；

l——强横梁跨距，m，同2.5.4.1；

c_1——系数，按表 2.5.4.2 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。

表2.5.4.2

a/*l*	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60	0.50
c_1	4.15	8.10	10.84	12.80	14.06	14.70	14.4	12.5

注：当 *a*/*l* 为表列中间数值时，则 c_1 系数可用内插法求得。

2.5.4.3 顶篷甲板强横梁的上面若无钢质甲板时，应增设钢质牵条板或采用工字型、方管等型钢结构。钢质牵条板的厚度应大于等于 2.5mm，宽度应大于等于 150mm，包括牵条板在内的强横梁剖面模数应大于等于本节 2.5.4.1 的规定；钢质工字型、方管等结构应满足本节 2.5.4.1 对强横梁的剖面模数的要求。

2.5.5 舱口纵桁及端横梁

2.5.5.1 舱口纵桁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 2.84k_1k_2k_3(ach + bh_1)l^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：k_1、k_2、k_3——系数，按表 2.5.5.1 确定；

a——舱口纵桁与舷侧间的距离，m；

c——系数，按本节 2.5.2.1 的规定；

h——甲板计算压头，m，按本节 2.5.2.1 确定；

b——舱口宽度，m；

h_1——舱口盖计算压头，m，无舱口盖时，取 h_1=0；有舱口盖时，取 h_1=0.2m；若舱口盖上堆装货物时，取货物的相当水柱高度；

l——舱口纵桁计算跨距，取舱口端横梁之间的距离，m；

计算舱口纵桁剖面模数时，可将甲板上舱口围板剖面积的 60%计入。

表2.5.5.1

舱口支柱布置情况	系数 k_i		
	k_1	k_2	k_3
无支柱	$2.51-2\frac{l}{l_c}$	$1.91-1.58\frac{b}{B_c}$	$2-\frac{l_c}{B_c}$
舱口端横梁跨中设支柱	0.8	1.0	$2-\frac{l_c}{B_c}$
舱口四角设支柱	0.7	1.0	1.0

表中：l_c——舱长，m，取两横舱壁间的距离；

B_c——舱宽，m，取舱长中点处的甲板宽度；

当 $l / l_c > 0.8$ 时，取 $l / l_c = 0.8$；

当 $l_c / B_c < 0.5$ 时，取 $l_c / B_c = 0.5$；当 $l_c / B_c > 1.5$ 时，取 $l_c / B_c = 1.5$。

2.5.5.2 舱口纵桁的剖面惯性矩 I 应符合本节 2.5.3.2 的规定。

2.5.5.3 舱口端横梁的剖面模数应大于等于舱口纵桁的剖面模数。

2.5.6 无支柱甲板骨架

2.5.6.1 当甲板下方无支柱时，甲板强横梁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值，且其腹板高度等于甲板纵桁的腹板高度：

$$W = 5.3kschl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——强横梁间距，m；

c——系数，按本节 2.5.2.1 的规定；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本节 2.5.2.1 确定；

l——强横梁计算跨距，m，取两舷侧之间（或两侧围壁之间）的距离；

k——系数，按表 2.5.6.1 选取。

表2.5.6.1

型式 / k / l_c/B_c	1 道甲板纵桁				3 道甲板纵桁			
	n =1	n =3	n =5	n≥7	n =1	n =3	n =5	n≥7
≤0.5	0.154	0.162	0.184	0.213	0.052	0.089	0.120	0.148
0.75	0.172	0.250	0.317	0.369	0.107	0.188	0.247	0.294
1.0	0.231	0.374	0.448	0.498	0.178	0.300	0.374	0.424
1.25	0.298	0.473	0.537	0.567	0.250	0.400	0.469	0.509
≥1.5	0.354	0.540	0.579	0.591	0.314	0.474	0.530	0.556

注：当 l_c/B_c 为表列中间数值时，则系数 k 可用内插法求得。

表中：n——强横梁数量；

l_c——甲板平面长度，m，取两横舱壁的间距；

B_c——甲板平面宽度，m，取两舷侧之间（或两侧围壁之间）的距离。

2.5.6.2 当甲板下方无支柱时，甲板纵桁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值，且其腹板高度等于甲板强横梁的腹板高度：

$$W = 5.7kbchl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：b——纵桁间距，m；

c——系数，按本节 2.5.2.1 的规定；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本节 2.5.2.1 确定；

l——纵桁计算跨距，m，取两横舱壁之间的距离；

k——系数，按表 2.5.6.2 选取。

表2.5.6.2

型式 / k / l_c/B_c	1 道甲板纵桁				3 道甲板纵桁			
	n=1	n =3	n =5	n≥7	n =1	n =3	n =5	n≥7
≤0.5	0.753	0.567	0.491	0.438	0.847	0.704	0.645	0.601
0.75	0.560	0.353	0.271	0.220	0.725	0.518	0.426	0.365
1.0	0.393	0.205	0.141	0.106	0.569	0.348	0.258	0.205
1.25	0.269	0.115	0.074	0.056	0.426	0.222	0.150	0.112
≥1.5	0.185	0.070	0.046	0.041	0.313	0.138	0.088	0.065

注：当 l_c/B_c 为表列中间数值时，则系数 k 可用内插法求得。

表中：n——强横梁数量；

l_c——甲板平面长度，m，取两横舱壁的间距；

B_c——甲板平面宽度，m，取两舷侧之间（或两侧围壁之间）的距离。

2.5.6.3 当甲板下方无支柱时，甲板横梁的剖面模数 W 应大于等于本节 2.5.2.1 的规定。

2.5.7 舷伸甲板骨架

2.5.7.1 舷伸甲板的舷伸梁间距应小于等于 2 个肋骨间距，在舷伸梁之间的肋位上应设置普通梁，其尺寸与甲板横梁相同。

2.5.7.2 舷伸梁在舷侧连接处的腹板高度大于等于舷伸甲板宽度的 1/3，其厚度应大于等于上述高度的 1/100，且应大于等于 3mm。如图 2.5.7.2 所示。舷伸梁面板的厚度应大于等于腹板厚度 1.3 倍，宽度大于等于 50mm 且小于等于面板厚度的 20 倍。

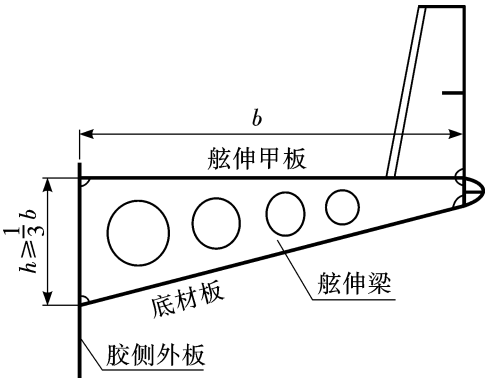


图 2.5.7.2

2.5.7.3 舷伸梁下方若设置底封板，其厚度应大于等于舷侧外板厚度的 0.8 倍，且大于等于 2mm。在舷伸梁的底角处应开有流水孔，且在底封板上适当布置带有水密栓塞的泄水孔。水密栓塞应采用不锈材料制作。

2.5.7.4 舷伸梁的腹板可以开圆形减轻孔，但开孔直径应小于等于该处腹板高度的 0.5 倍。

2.5.7.5 舷伸甲板上不应设置上层建筑或甲板室。

2.5.8 支柱

2.5.8.1 甲板船（含设有凹形甲板的船舶）载货甲板下应设置支柱。沿船宽方向支柱与舷侧或支柱与支柱之间的距离应小于等于 2m，沿船长方向支柱与舱壁或支柱与支柱之间的距离应小于等于 1.2m。

2.5.8.2 支柱的剖面积 A 应大于等于按下式计算所得之值：

$$A = 9.81k_1k_2abch \qquad \text{cm}^2$$

式中：a、b——支柱所支撑面积的长度和宽度，m，按图 2.5.8.2 确定；

c——系数，按本节 2.5.2.1 的规定；

h——甲板计算载荷水柱高度，m，按本章 2.5.2.1 确定；

k_1——系数，甲板装载一般散货时取：$k_1 = 0.5\left(1+\dfrac{d}{h}\right)$，其它取 k_1=1；

其中：d——吃水，m；

k_2——系数，$k_2 = (12500 - 199\lambda + 2.4\lambda^2 - 0.00152\lambda^3)\times 10^{-5}$；

其中：λ——系数，$\lambda = l/r$；

l——支柱长度，cm；

r——支柱剖面的最小惯性半径，cm。

支柱的壁厚在任何情况下应大于等于 4mm。

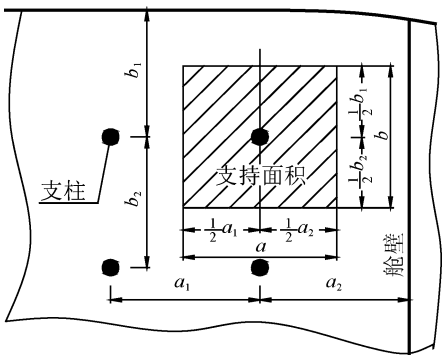


图 2.5.8.2

2.5.8.3 各层甲板间的支柱应尽量设置在同一垂线上。支柱上下两端应设置在强构件上，且应

加设垫板和肘板与强骨材焊接。肘板尺寸如图 2.5.8.3 所示。

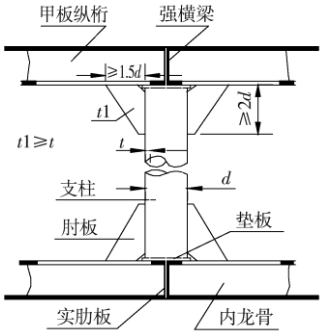


图 2.5.8.3

2.5.9 无完整围壁支撑的甲板结构

2.5.9.1 本条适用于载运乘客船舶上无完整围壁支撑的上层建筑（或甲板室）的横骨架式或纵骨架式甲板结构。若采用理论分析或直接计算方法确定构件尺寸，需经 CCS 同意。

2.5.9.2 甲板下方应设置足够数量且尽可能均匀布置的支柱以保证甲板结构得到有效支持。

2.5.9.3 纵骨架式甲板纵骨，其剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 5.5shl^2 + 2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s ——骨材间距，m；

h——计算水柱高度，m，按本章 2.5.2.1 的规定；

l——骨材跨距，m，取强构件间距。

2.5.9.4 纵骨架式甲板强横梁间距一般应不大于 4 个肋距，剖面模数 W 和剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 6.5shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

$$I = 2.2Wl \qquad \text{cm}^4$$

式中：h——计算水柱高度，m，按本章2.5.2.1的规定；

s——构件的承载宽度，m，沿船长方向取支柱所支撑面积的长度，按本章2.5.8.2中的a值取值；

l——构件跨距，m，沿船宽方向取支柱之间或支柱到侧壁之间的距离。

2.5.9.5 纵骨架式甲板纵桁的剖面尺寸取与纵骨架式强横梁相同。

2.5.9.6 横骨架式甲板横梁应满足本节 2.5.2.1 的要求。

2.5.9.7 横骨架式甲板纵桁间距一般应不大于 2m，剖面模数 W 和剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 7shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

$$I = 2.75Wl \qquad \text{cm}^4$$

式中：h——计算水柱高度，m，按本章2.5.2.1的规定；

s——构件的承载宽度，m，沿船宽方向取支柱所支撑面积的宽度，按本章2.5.8.2中的a值取值；

l——构件跨距，m，沿船长方向取支柱之间或支柱到横舱壁（或端壁）之间的距离。

2.5.9.8 横骨架式强横梁的剖面尺寸取与横骨架式甲板纵桁相同。

第 6 节 舱 壁

2.6.1 一般要求

2.6.1.1 横向舱壁的间距应小于等于型深的 6 倍。若不能满足此项要求时，应采取加强措施以保证船舶的横向强度。

2.6.1.2 水密舱壁板的厚度与其连接的舷侧板的厚度相同，防撞舱壁板的厚度应比水密舱壁板厚度增加 1mm。舱壁扶强材、桁材应尽量与甲板、船底、舷侧等部位的骨材相连接。

2.6.2 舱壁扶强材

2.6.2.1 平面舱壁应设置间距小于等于 600mm 的垂向扶强材，在甲板纵桁处尚应设置垂直桁。普通扶强材的剖面模数应大于等于对肋骨的规定；垂直桁的剖面模数应大于等于对强肋骨的规定，且其连同带板（带板宽度取扶强材间距的 0.5 倍）的剖面积 A 应符合本章 2.5.8.2 的规定。

2.6.3 压筋板舱壁

2.6.3.1 允许选用与平面水密舱壁形式等强度的压筋板舱壁及其他形式的水密舱壁。对半圆形压筋板，顶圆半径为 15mm，压筋高度为 15mm，压筋轴线间距为 300mm；对等边三角形压筋板，顶圆半径为 15mm，压筋高度为 30mm 或 40mm，压筋轴线间距应小于等于 470mm。

第 7 节 机舱骨架

2.7.1 机舱骨架

2.7.1.1 机舱内应在每个肋位处设置实肋板，其剖面模数应大于等于按本章 2.3.2.1 计算所得值的 1.15 倍。

2.7.1.2 机舱旁内龙骨的尺寸应与该处实肋板的相同。

2.7.1.3 机舱内舷侧骨架一般采用交替肋骨制。若采用主肋骨，则主肋骨的剖面模数应符合按本章 2.4.2.3 的规定。型深大于 2m 时，机舱内舷侧应设置自机舱前壁至后壁的舷侧纵桁，其剖面尺寸应与强肋骨相同。

2.7.2 主机基座

2.7.2.1 主机基座纵桁应尽可能延伸至机舱前后舱壁，并用肘板与舱壁垂直桁连接。在主机基座以外，基座纵桁高度可逐渐减小至实肋板高度。机座型材面板宽度大于等于 90mm。

2.7.2.2 主机基座的构件尺寸应大于等于按下式计算所得之值：

纵桁面板厚度 $t_1 = 1.55\sqrt[3]{N_e} + 3.6$ mm，且 $t_1 \geqslant 6$ mm

纵桁腹板厚度 $t_2 = (0.1h + 0.6)t_1$ mm，且 $t_2 \geqslant 5$ mm

横隔板及横肘板厚度 $t_3 = 0.77\ t_2$ mm

式中：N_e——主机单机额定功率，kW；

h——纵桁腹板高度，m。

2.7.2.3 基座纵桁腹板上的开孔宽度应小于等于 150mm，高度应小于等于腹板高度的 1/3，否则应予以补强。

2.7.2.4 主机基座应在每个肋位处设置横隔板和横肘板。主机基座外侧横肘板的宽度应尽可能与其高度相等，如有困难，应大于等于肘板高度的 0.75 倍。横隔板与横肘板均应设有面板。

2.7.2.5 对于电力推进船，推进电动机的基座应满足本节 2.7.2.1～2.7.2.4 的要求。

第 8 节 上层建筑、甲板室及其它

2.8.1 一般要求

2.8.1.1 上层建筑甲板骨架应符合本章第 5 节的规定。

2.8.1.2 上层建筑及甲板室的外围壁一般应为钢质，亦可采用铝合金等经 CCS 认可的其它材料。

2.8.2 上层建筑

2.8.2.1 上层建筑端部甲板下面应设置舱壁、支柱或其他等效强力构件以支持上层建筑。

2.8.2.2 上层建筑横向构件应和船舶主体横向构件安装在同一平面内。扶强材的设置应与甲板横梁或甲板纵骨对齐。上层建筑的各围壁扶强材的上端应尽量与甲板横梁或甲板纵骨连接。

2.8.2.3 上层建筑的围壁如采用平壁板，外壁板厚度应大于等于 2mm，内壁板厚度可减薄 0.5mm。

2.8.2.4 上层建筑围壁扶强材的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

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

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m。

上层建筑内壁扶强材剖面模数 W 应大于等于按上式计算所得之值的 0.8 倍。

2.8.2.5 上层建筑的围壁及内壁允许采用三角形剖面或半圆形剖面的压筋板。

2.8.2.6 支持甲板纵桁或强横梁的围壁扶强材的剖面积（含宽度不大于扶强材间距的带板），应符合本章 2.5.8.2 的规定。

2.8.3 甲板室

2.8.3.1 甲板室围壁为平壁板时，其结构要求应符合本节 2.8.2 的规定。

2.8.3.2 甲板室围壁允许采用三角形剖面或半圆形剖面的压筋板。

2.8.4 机舱棚、货舱棚

2.8.4.1 机舱棚围壁和货舱棚围壁采用平壁板时，平壁板的厚度应大于等于 2.5mm。

2.8.4.2 机舱棚围壁和货舱棚围壁扶强材剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 3.6sl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m。

2.8.5 舷墙、栏杆和防滑板

2.8.5.1 船舶设置的舷墙高度、栏杆高度、防滑板高度应符合主管机关的相应规定。

2.8.5.2 舷墙结构的布置应尽可能不参加船体的总纵弯曲。舷墙板厚度应大于等于 2.5mm。舷墙上缘应设有面板。舷墙应用带折边的肘板加强。舷墙肘板应设置在肋骨与横梁构成的框架平面内，其间距应小于等于 1.25m，其厚度和舷墙板厚度相同。肘板应与舷墙、舷墙面板及甲板焊接。肘板在舷墙的角隅处应开有流水孔。

2.8.5.3 舷墙上设置导缆钳、导缆桩及导缆孔时，其骨架应视具体情况加强。

2.8.6 护舷材

2.8.6.1 船舶两舷均应设置护舷材，护舷材可采用加厚板或半圆形的护舷材，亦可采用其它等效设施。

2.8.7 风雨密外窗玻璃

2.8.7.1 需满足风雨密要求的外窗玻璃，应采用符合 CCS 接受的相关标准的钢化玻璃、聚碳酸脂玻璃或夹层玻璃以及向 CCS 提交玻璃材料的力学性能指标，并满足本节 2.8.7.2~2.8.7.4 的要求。

2.8.7.2 外窗的玻璃厚度应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 0.1225b\sqrt{\frac{C}{[\sigma_B]}} \qquad \text{mm}$$

当t＜4mm时，取t=4mm。

式中：b——玻璃板格短边长度，mm；

C——系数，按表2.8.7.2选取；

$[\sigma_B]$——玻璃的许用弯曲应力，N/mm^2，钢化玻璃取50，普通玻璃取19.5，聚碳酸酯玻璃取26。

表2.8.7.2

b/a	1.0	0.909	0.833	0.769	0.714	0.667	0.625	0.556	0.5	0.333	≤0.25
C	0.0515	0.0554	0.0612	0.0668	0.0714	0.0753	0.0784	0.0821	0.0829	0.0832	0.0833

注：*b/ a*——玻璃板格的短边与长边之比，其中 *a* 为玻璃板格长边长度（mm）。

2.8.7.3 采用双层夹层玻璃时，两层玻璃的厚度之和应大于等于按上式计算所得之值的 1.25 倍。

2.8.7.4 外窗玻璃与窗框的连接以及窗框与壁板的连接应牢固、可靠。

第 9 节 车客渡船补充规定

2.9.1 一般要求

2.9.1.1 本节适用于以强力甲板作为车辆甲板的车客渡船。本节中无明确规定者，应符合本章第 2 节至第 8 节的相应规定。

2.9.1.2 车客渡船的车辆甲板和车辆跳板上应设置防滑装置。

2.9.1.3 车客渡船应配备木楔，以用于固定车辆前轮或后轮，防止车辆前后移动。

2.9.1.4 当渡口设有供车辆上下的跳板时，车客渡船上可不设置本节 2.9.4 所述的车辆跳板、铰链及吊臂。

2.9.1.5 车客渡船的肋骨间距一般小于等于 550mm。

2.9.2 车辆甲板及骨架

2.9.2.1 车辆甲板的甲板厚度应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = \frac{s(P+1)}{27P+138} \times 10^3 \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——横梁间距，m；

P——车辆轮印上的负荷，*t*，当负荷小于1t时，取1t，如船舶配备《安全装载手册》，计算轮印负荷则可取可能装载车辆的最大值，并在《安全装载手册》中注明，如轮印之间的间距很小，则视为一个轮印，轮印负荷则为两轮所承担负荷之和。

2.9.2.2 车辆甲板横梁的剖面模数 *W* 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 4.9 P_c l \qquad \text{cm}^3$$

式中：P_c——车轴的最大负荷，*t*，当负荷小于 2*t* 时，取 2*t*，如船舶配备《安全装载手册》，计算轴负荷则可取可能装载车辆的最大值，并在《安全装载手册》中注明，对于叉式装卸车，总重量应算在一根轴上；

l——横梁跨距，m，取甲板纵桁之间的距离。

2.9.2.3 车辆甲板强横梁的剖面模数 *W* 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 7.5P_c l \qquad \text{cm}^3$$

式中：P_c——车轴的最大负荷，t，按本节 2.9.2.2 的规定；

l——强横梁跨距，m，取舷侧与支柱，或支柱与支柱之间距离的大者。

2.9.2.4 车辆甲板纵桁的剖面模数 W 应大于等于强横梁的剖面模数。

2.9.2.5 车辆甲板强横梁的剖面惯性矩 I 应大于等于按下式计算所得之值：

$$I = 3Wl \qquad \text{cm}^4$$

式中：W——按本节 2.9.2.3 式计算所得之剖面模数；

l——同本节 2.9.2.3。

2.9.2.6 横梁穿过纵桁时应与纵桁腹板焊接，且应每个肋距交替设置单面肘板。肘板厚度应与腹板厚度相同，肘板高度应伸至纵桁面板。肘板应与横梁、纵桁腹板和面板牢固焊接。

2.9.3 支柱

2.9.3.1 车辆甲板下应设置支柱。沿船宽方向支柱与舷侧或支柱与支柱之间的距离应小于等于 2m，沿船长方向支柱与舱壁或支柱与支柱之间的距离应小于等于 1.2m。支柱的剖面积 A 应大于等于按下式计算所得之值：

$$A = 9.81k_1k_2P_c \qquad \text{cm}^2$$

式中：P_c——车轴的最大负荷，t，按本节 2.9.2.2 的规定；

k_1——系数，甲板装载车辆时取：$k_1 = 0.5\left(1+\dfrac{abd}{P_c}\right)$；

其中：d——吃水，m；

a、b——支柱所支撑面积的长度和宽度，m，按图 2.5.8.2 确定；

k_2——系数，$k_2 = (12500 - 199\lambda + 2.4\lambda^2 - 0.00152\lambda^3)\times 10^{-5}$；

其中：λ——系数，$\lambda = l/r$；

l——支柱长度，cm；

r——支柱剖面的最小惯性半径，cm。

支柱的壁厚在任何情况下应大于等于 4mm。

2.9.3.2 支柱上下两端应设置在强构件上，且应加设垫板和肘板与强骨材焊接。

2.9.4 车辆跳板、铰链及吊臂

2.9.4.1 船上应设置供车辆上下的跳板和跳板的起升装置。

2.9.4.2 车辆跳板起升装置的固定零部件、活动零部件（含钢索）及试验应满足 CCS《船舶与海上设施起重设备规范》的要求。

2.9.4.3 跳板的骨架型式可与车辆甲板相同。

2.9.4.4 跳板的甲板厚度应与车辆甲板的厚度相同，但纵向中心线处上下车辆的车道甲板厚度应大于等于车辆甲板厚度的 1.2 倍，宽度应大于等于 2.5m。

2.9.4.5 位于上下车辆的车道甲板下应设 2 道连续贯通的强纵桁，其剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 9.6P_c l \qquad \text{cm}^3$$

式中：l——纵桁跨距，m ，取跳板的长度；

P_c——车轴的最大负荷，t，按本节 2.9.2.2 的规定。

2.9.4.6 跳板的两边和两端应设置强构件，跳板长度范围内应设置间距小于等于 2m 的横向强构件，且强构件的尺寸应大于等于甲板强横梁的尺寸。

2.9.4.7 跳板横梁的剖面模数应大于等于载车甲板横梁的 1.2 倍。

2.9.4.8 跳板与船体之间应至少设置 3 个如图 2.9.4.8 所示的连接铰链。连接铰链应满足如下要求：

（1）连接铰链的销轴直径 d 应大于等于下式计算所得之值且大于等于 28mm：

$$d \geqslant 10.7\sqrt{P_c + 0.37Q} \qquad \text{mm}$$

式中：P_c——车轴的最大负荷，t，按本节 2.9.2.2 的规定；

Q——跳板自重，t。

（2）连接铰链中间眼板的厚度b_0 应大于等于按本节2.9.4.8（1）计算所得的销轴直径。眼板销轴开孔的边缘距眼板外缘的距离t_0 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t_0 \geqslant \frac{90}{b_0}(P_c + 0.37Q) \qquad \text{mm}$$

式中：P_c——车轴的最大负荷，t，按本节 2.9.2.2 的规定；

Q——跳板自重，t；

b_0——中心眼板厚度，mm。

（3）连接铰链两侧眼板的厚度t_1 应大于等于按本节2.9.4.8（1）计算所得的销轴直径的1/2。侧眼板销轴开孔的边缘距侧眼板外缘的距离t_2 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t_2 \geqslant \frac{45}{t_1}(P_c + 0.37Q) \qquad \text{mm}$$

式中：P_c——车轴的最大负荷，t，按本节 2.9.2.2 的规定；

Q——跳板自重，t；

t_1——侧眼板的厚度，mm。

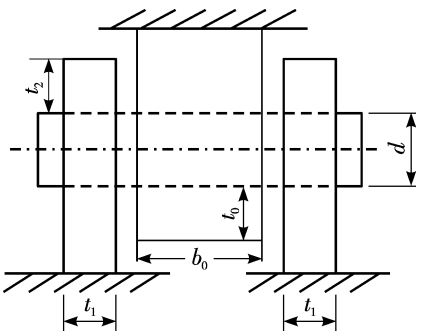


图 2.9.4.8

2.9.4.9 船体和跳板应在连接铰链处，设置长度大于等于 3 个肋距，两端与强构件连接的纵向加强桁材。铰链眼板与船体、跳板间的焊接应增设垫板。

2.9.4.10 跳板吊臂与水平面的倾角一般大于等于 45°，但小于等于 60°。吊臂与甲板连接处的甲板下方应设置长度大于等于 3 个肋距、两端与强横梁连接的纵向加强桁材。吊臂与甲板间的焊接应增设垫板和肘板。

2.9.4.11 跳板吊臂横截面一般应为对称剖面形式，其剖面尺寸可由下端向上端逐渐减小，但上端的尺寸应大于等于下端尺寸的 0.5 倍。

2.9.4.12 跳板吊臂与甲板连接处的剖面模数应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = kbG \qquad \text{cm}^3$$

式中：G——跳板重量，t，当 G<1.0 时，取 G=1.0；

b——吊臂长度，m；

k——系数，$k = 10 + 40\left(\frac{l}{b}\right)$，$l \geqslant b$；

其中：l——跳板长度，m。

2.9.4.13 薄壁结构的跳板吊臂，其壁厚应符合下述规定：

（1）吊臂横截面若为圆形时，吊臂的壁厚t应大于等于其最大外径的1/50；

（2）吊臂横截面若为矩形时，吊臂的壁厚t应大于等于下式计算所得之值：

$$t = 0.02b \qquad \text{mm}$$

式中：b——吊臂横截面与弯曲中和轴平行边的宽度，mm。

（3）吊臂横截面若为“工”形时，吊臂的翼板厚度t应大于等于下式计算所得之值：

$$t = 0.05b \qquad \text{mm}$$

式中：b——吊臂横截面翼板的宽度，mm。

（4）任何情况下薄壁结构吊臂的壁厚t应大于等于4mm；

（5）其它形式薄壁结构吊臂的壁厚应另行考虑。

第 3 章　舾　装

第 1 节　一般规定

3.1.1　一般要求

3.1.1.1　本章未规定的特殊型式的设备或材料的使用，应经 CCS 同意。

第 2 节　舵设备

3.2.1　一般要求

3.2.1.1　自航船舶应具有舵设备或与舵设备相当的其他装置。非自航船舶一般也应装设舵设备，趸船可不设置舵设备。

3.2.1.2　舵应通过舵承座或舵托有效地支承在船体结构上。当由舵承座支承舵重量时，舵承座所在处的甲板及其构件应作适当加强。

3.2.1.3　所选取的舵型式和舵面积应使船舶具有良好的操纵性；舵型式和舵面积可根据同型船舶确定。对于普通平板舵，当没有同型船舶资料时，舵面积（双舵时为两个舵的舵面积之和）可按下式计算：

$$A_R = k_1 k_2 L d \qquad \mathrm{m}^2$$

式中：k_1——系数，急流航段船舶，k_1=1.2；非急流航段船舶，k_1=1；

k_2——系数，载运乘客船舶，k_2=0.045；货船，k_2=0.035；非自航船舶，k_2=0.025；

L——船长，m；

d——吃水，m。

3.2.1.4　操舵装置还应符合本规范第 4 章第 7 节的相应规定。

3.2.2　舵杆

3.2.2.1　应设有防止舵杆沿轴向移动的装置。

3.2.2.2　舵杆的材料应采用锻钢或热轧圆钢（20～45 号钢），其下舵承处的舵杆直径 D 应大于等于按下式计算所得之值：

$$D = 73.25 \times \sqrt[3]{KC_n NAV^2 R / R_m} \quad \text{mm}$$

式中：A——舵面积，m^2；

V——设计航速，km/h，当 V<8km/h 时，取 V=8km/h；

R_m——舵杆材料的抗拉强度，N/mm^2；

N——系数，单板舵、流线型舵，N＝1.0；带上下制流板的组合舵，N＝1.2；

K——系数，急流航段船舶，K=3.8；其他航区船舶，K=3.5；

C_n——系数，平板舵，C_n＝0.604；流线型舵，C_n＝1.069；

R——按下列公式确定：

对于悬挂舵：$R = \sqrt{h^2 + 0.9075(0.15b)^2}$

对于双支点舵：$R = \sqrt{0.0625h^2 + 0.9075(0.15b)^2}$

其中：h——舵面积形心至下舵承中点的垂直距离，m；

b——舵叶的平均宽度，m。

3.2.2.3　当采用空心舵杆时，空心舵杆外径 D_k 应大于等于按下式计算所得之值：

$$D_k = fD \quad \text{mm}$$

式中：D——按本节 3.2.2.2 计算所得的舵杆直径，mm；

f——系数，根据空心舵杆壁厚与外径之比 t/D_k 按表 3.2.2.3 选取。

表3.2.2.3

t/D_k	0.5	0.25	0.2	0.15	0.10	0.08
f	1.0	1.02	1.05	1.10	1.20	1.26

注：对于 t/D_k 的中间值，系数 f 用内插法求得。

3.2.2.4　对于设有副舵杆的单板舵，主舵杆直径 D_1 和副舵杆直径 D_2 应大于等于按下式计算所得之值：

$$D_1 = 16.5\sqrt[3]{AV^2 h} \quad \text{mm}$$

$$D_2 = 16.2\sqrt[3]{AV^2 R\frac{a}{l}} \quad \text{mm}$$

式中：R、A、V、h——同本节 3.2.2.2；

a——舵链与副舵杆连接点至舵叶顶缘的距离，m；$a \leqslant 0.1$m，取 a=0.1m；

l——主、副舵杆中心线间的距离，m；如图 3.2.2.4 所示。

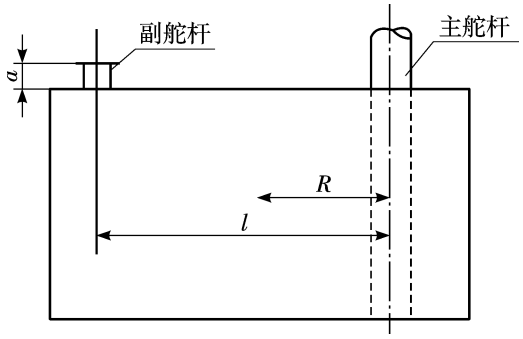


图 3.2.2.4

3.2.3　舵杆的轴承

3.2.3.1　舵杆支承可为滑动轴承或滚动轴承。

3.2.3.2　轴承套的高度应大于等于支承处的舵杆直径。

3.2.3.3　悬挂舵的下舵承应通过纵向和横向支架牢固地与船体连接。

3.2.3.4　舵承间隙应能防止舵和舵销产生意外的松动和脱落。

3.2.3.5　舵杆套筒的结构应能防止舱外水浸入船内。

3.2.4　舵叶

3.2.4.1　舵叶厚度应符合表 3.2.4.1 的规定。

3.2.4.2　钢质平板舵的舵叶上应设水平加强筋，其厚度大于等于舵叶板厚度。

表3.2.4.1

船长 L(m)	舵叶厚度(mm)	
	钢质平板舵	钢质流线型舵
$L\leqslant 10$	≥3.5	≥2.5
$10<L\leqslant 15$	≥4	≥3
$L>15$	≥5	≥4

3.2.5　人力操舵装置传动零件

3.2.5.1　人力操舵装置的所有零件应布置得便于检查、修理和更换，并应有保护措施。

3.2.5.2　舵链的直径 d 应大于等于按下式计算所得之值：

$$d = 0.35\sqrt{\frac{D_1^3}{R}} \quad \text{mm}$$

式中：R——舵扇半径或舵柄长度，mm；

D_1——舵杆直径，mm，当一根舵链操纵两个舵时，D_1 按下式计算：

$$D_1^3 = D_{11}^3 + D_{12}^3$$

其中：D_{11}、D_{12}——各个舵的舵杆直径，mm。

3.2.5.3　舵链可用不小于其破断负荷的柔韧镀锌钢丝绳替代。

3.2.5.4　舵的传动拉杆直径应为舵链直径的 1.2 倍。

3.2.5.5　舵链（索）导向滑轮量自链环中心的直径应大于等于舵链直径的 12 倍。滑轮销轴直径应大于等于舵链直径的 2 倍。

3.2.5.6　每舷的舵链（索）均应装有松紧器。

3.2.5.7　人力机械操舵装置的舵链（索）的布置应尽量避免弯曲，转角处应有导向滑轮。

3.2.6　舵角限制器和止舵器

3.2.6.1　舵扇或舵柄在其两侧均应设置舵角限制器以限制转舵角度超过极限，极限舵角一般应小于等于 45°，舵角限制器应与船体构件牢固连接。

3.2.6.2　除人力机械操舵装置外，其他操舵装置应设置止舵器或锁紧装置，以使舵能稳定地保持在任一位置。

第 3 节　锚泊和系泊设备

3.3.1　一般要求

3.3.1.1　本节规定的基准为霍尔锚或斯贝克锚。

3.3.1.2　使用大抓力锚时，锚质量可取相应的霍尔锚锚质量的 75%，但在石质河底不宜使用大抓力锚。

3.3.1.3　使用多爪锚时，锚质量可取相应的霍尔锚锚质量的 80%。

3.3.1.4　仅航行于珠江水系的船舶，可采用粤桂锚，粤桂锚的技术要求应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 8 篇第 8 章第 3 节附录 I 的要求。

3.3.1.5　粤桂锚的配备和质量（包括横杆在内的重量）应不小于本节对霍尔锚的要求。使用粤桂锚时，锚链规格根据锚的质量按表 3.3.3.1 选取。

3.3.2　舾装数

3.3.2.1　船舶的舾装数 N 按下式计算：

$$N=\left(\Delta^{\frac{2}{3}}+2Hb+\frac{A}{10}\right)K$$

式中：Δ ——满载吃水对应的型体积，m^3；

b——上层建筑及甲板室围壁的最大宽度，m；

H——船舶正浮时从满载水线到宽度大于 $B/4$ 的最高一层围蔽建筑顶点的高度，m；

A——在满载水线以上的主船体和各层上层建筑及宽度大于 $B/4$ 的甲板室的侧投影面积，m^2；

K——航区系数，A 级航区及急流航段，K=1.0；B 级航区，K=0.8；C 级航区，K=0.7。

其中：*B*——船宽，m。

3.3.3　锚和锚链

3.3.3.1　锚和锚链的配备应根据舾装数 *N* 按表 3.3.3.1 选取。

表3.3.3.1

序号	舾装数 *N*		首锚		锚链直径(mm)	锚链长(m)
	>	≤	数量（个）	锚重(kg)		
1	0	10	1	≥10	≥7	≥20
2	10	20	1	≥15	≥7	≥20
3	20	30	1	≥25	≥7	≥30
4	30	40	1	≥30	≥7	≥30
5	40	55	1	≥35	≥9	≥40
6	55	70	1	≥40	≥9	≥40

3.3.3.2　锚链可用不小于其破断负荷的柔韧镀锌钢索或纤维绳替代。

3.3.3.3　航行于 C 级航区的浅水河流、浅水湖泊的船舶，可用插杆、木桨或具有类似功能的设备替代。

3.3.3.4　设有固定停靠码头的船舶，考虑航行水域情况，如船东要求，可不设置锚设备，但应保证系缆装置的有效性和可靠性。

3.3.3.5　除 3.3.3.3 和 3.3.3.4 情况外，下列船舶经 CCS 同意，可不设置锚设备或用其他有效方法替代锚设备。

（1）船长小于等于12m的船舶；

（2）仅航行于水库、湖泊的船舶；

（3）仅航行于C级航区的河流的船舶；

（4）客渡船或仅在港口、码头区域航行的船舶。

3.3.3.6　设置锚及锚链的船舶，至少应配备 1 个锚卸扣和 1 个连接卸扣或连接环作为备用。

3.3.3.7　锚重（单锚）大于 30kg 的船舶，一般应在船首设置绞盘一台。

3.3.3.8　对于不设置或替代锚设备的船舶，应在证书上注明不设置或替代锚设备的情况。

3.3.4　锚和锚链系固装置

3.3.4.1　设置锚及锚链的船舶，其锚和锚链的系固及存放应符合下列要求：

（1）锚链在连接锚的一端应装设一个转环；

（2）锚链的内端应以一适合装置系固在锚链舱内的船体结构上，并能在舱外易于到达的地方迅速解脱；

（3）锚链舱内应有分隔措施，确保锚链抛出或回收时不会相互拧绞。

3.3.5　系泊设备

3.3.5.1　船舶应配备系船索2根，系船索的总长度应大于等于3.5*L*(*L*为船长)；系船索可使用直径大于等于7mm的柔韧镀锌钢丝绳，柔韧镀锌钢丝绳可用不小于其破断负荷的纤维绳代替。

3.3.5.2　系缆桩或羊角的数量应根据船舶种类，营运条件和结构形式确定。系缆桩或羊角的直径应大于等于柔韧镀锌钢丝系船索直径的9倍或纤维系船索周长的1.2倍。

3.3.5.3　安装系缆桩、羊角、导缆钳处的船体结构应适当加强。

第4节　其　他

3.4.1　桅

3.4.1.1　桅应一般有两个牢固的支点；只有一个支承点的桅，其根部应适当加强。

3.4.1.2　桅杆高度对过桥有影响时，桅杆可做成活动式的或折叠式的。

3.4.1.3　悬挂桅灯的桅的尺寸，可视具体情况确定。

3.4.2　涂料

3.4.2.1　船舶应采取有效措施以防止船体构件的过分腐蚀。

3.4.2.2　锚链舱应涂刷沥青溶液或其他有效防腐涂料。

3.4.2.3　贮存压载水和淡水的舱（柜）及首、尾尖舱，均应涂刷水泥或其他有效的涂料。

3.4.2.4　贮存燃油的舱（柜）应尽可能涂刷耐油的防腐涂料。

第 4 章　轮　机

第 1 节　一般规定

4.1.1　一般要求

4.1.1.1　船舶的主推进装置和辅助机械装置、泵、风机和管系的设计、制造、安装和试验应符合本章的相应规定。如船舶采用直翼舵桨装置，可参照 CCS《直翼舵桨装置技术指南》的适用要求。

4.1.1.2　机舱以及其它可能积聚可燃气体的处所应有良好的通风。

4.1.1.3　船舶动力装置应能保证在船舶横倾 10 °和纵倾 5 °时仍能正常工作。

4.1.1.4　推进装置应具有改变推进方向的能力，以确保在所有正常情况下都能适当地控制船舶。

4.1.1.5　轮机装置安装完毕后，应按审批的试验大纲进行系泊和航行试验，试验结束后，船厂应提交试验报告。

4.1.2　机舱布置

4.1.2.1　有人值班机舱控制主机的处所与驾驶室之间应设有可靠的通信联络设备。

4.1.2.2　机舱应至少设有一个出入口，该出入口应有通向干舷甲板的金属梯道，其布置应方便操作人员出入。除通常无人或长度（沿船长方向）小于等于 5m 的机舱外，还应设有一个不小于 600mm×450mm 的应急出口。

4.1.2.3　机舱各种设备的布置，应有便于操纵和维修的防滑通道。

4.1.2.4　各种管路、传动杆通过水密舱壁时，应保证水密。

4.1.2.5　轴系通过水密舱壁处应设有填料箱，其设置应便于接近和维修。

4.1.2.6　机械运转时，可能对工作人员构成危险的部位，应设有防护罩等安全措施。

4.1.2.7　航行于急流航段的载运乘客船舶应安装双主推进装置；船长小于等于 10m 的载客 12 人及以下船舶若因船宽尺度不可能安装双主推进装置时，应经 CCS 同意，并在证书中签署相应的航行限制条件。

第 2 节　发动机装置

4.2.1　一般要求

4.2.1.1　主机应具有良好的低速工作性能。对于中速机，其最低稳定工作转速应小于等于额定

工作转速 40%；对于高速机，其最低稳定工作转速应小于等于额定工作转速 45%。

4.2.1.2　主机应装设可靠的调速器，使主机的转速小于等于额定转速的 115%。当柴油机作为发电机的原动机时，应装设调速性能符合要求的调速器。

4.2.1.3　在驾驶室或主机旁，应设有能迅速切断燃油或其他有效的应急停车装置。

4.2.1.4　发动机应装设转速表和其他必要的测量仪表。

4.2.1.5　船上所设起动装置在不补充能源的情况下，应能对主机从冷机连续起动大于等于 6 次；对辅机的连续起动次数大于等于 3 次。

4.2.1.6　设置在机舱内的风冷发动机，其进、排气管道及冷却风道应合理布置。

4.2.1.7　闭式冷却发动机，其淡水系统应设置膨胀水箱。

4.2.2　发动机的安装

4.2.2.1　发动机的安装应符合下列要求：

（1）主机机座应尽可能采用公共机座，且具有足够刚性；

（2）主机和齿轮箱的紧配螺栓数量一般各应大于等于2只，或按产品说明书的要求安装；

（3）机座垫片的厚度：铸铁垫片应大于等于12mm，钢质垫片应大于等于6mm。

4.2.3　舷外挂机的附加要求

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，以满足舷外挂机各运转工况的需要。

4.2.3.3　舷外挂机的操纵电缆和燃油软管应有效密封；油、气软管的连接处不应有泄漏。如穿过船体结构应有效密封。

4.2.3.4　总功率小于等于 40kW 的舷外挂机，其转速和转向，可用单手柄操纵。总功率大于 40kW 的舷外挂机，应在船首设置手轮操纵台；操舵、档位控制的软轴长度和布置应能保证安全、可靠。对于在船首设置手轮操纵台困难的船舶，在不影响驾驶视野和船舶安全的前提下可以将手轮操纵台设置在船中的适当位置。

4.2.4　舷内外机的附加要求

4.2.4.1　尾推进装置应通过贯穿螺栓或等效连接设施可靠地固定在尾封板上，并有效密封。

4.2.4.2　安装发动机处所的通风、出入口、通道和舱底水设施等应满足本章对机舱的相应要求。

4.2.4.3　联接发动机与尾推进装置的轴和联轴器应满足本章对轴系的相应要求。

4.2.4.4　操纵尾推进装置的联杆、电缆、液压管如穿过尾封板时应有效密封。

4.2.5　柴油挂桨机的附加要求

4.2.5.1　柴油挂桨机船设置的挂桨机应配带舵或具备转向功能。

4.2.5.2　挂桨机应设有倒车和应急停车装置。

4.2.5.3　机座及挂桨机架的结构应牢固，机械设备应牢固地固定在船体机座或机架上。

4.2.5.4　船舶正常航行时，挂桨机的操纵杆（如有时）沿船长方向旋转角应不得使其超过船舶的舷侧。

第 3 节　汽油机及其相关舱室

4.3.1　定义

4.3.1.1　开敞舱室——系指每 1m^3 净舱容积应至少具有 0.3m^2 直接通向大气的舱室。

4.3.2　一般要求

4.3.2.1　汽油机的化油器应设一个认可的火焰回火限制器，使回火排气不能进入舱底。

4.3.2.2　设有汽油机和(或)汽油柜的开敞舱室可不要求设置通风系统。设有汽油机的非开敞舱室应设置符合本节 4.3.4 要求的动力通风系统；设有汽油柜的非开敞舱室应设置符合本节 4.3.3 要求的自然通风系统。

4.3.2.3　机舱应与乘客处所分隔，并应能防止机舱油气进入乘客处所。

4.3.2.4　除开敞舱室外，机舱、汽油柜舱以及与这些舱室相连通的其他舱室中的电气部件均应为防点燃型部件[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　排气管出口处应装设火星熄灭器或等效措施，其出口应尽可能远离机舱和汽油柜处所的排风口。

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风口/进风管道和一个通向大气的排风口/排风管道，两者的位置应尽可能远离。排风口/排风管道在舱内的开口应低于舱室高度的 1/3 处。进风口/进风管道在舱内的开口与排风口/排风管道在舱内的开口均应处在正常舱底水积聚面之上。

4.3.3.2　进风口/进风管道和排风口/排风管道的截面积均应大于等于按下式计算之值，且大于等于 3000mm^2。

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

式中：A——各通风口或管道的最小合计内横截面积，mm^2；

V——舱室净容积，为舱室总容积减去舱室固定安装部件的体积，m^3；

l_n——自然对数。

① 参见 GB/T 17726-1999（IDT ISO 8846:1990）。

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组的总排量 *Q* 应符合表 4.3.4.1 的规定。

表4.3.4.1

净舱容积 V（m^3）	总排风量 *Q*（m^3/min）
< 1 1≤V≤3 > 3	≥1.5 ≥1.5V ≥1.5V+3

4.3.4.2　抽风机应为不会产生火花的结构型式。

4.3.4.3　抽风机进气口的位置应低于舱室高度 1/3 处，其排风口应尽量与发动机排气管出口远离。

4.3.4.4　应在起动汽油发动机前 4min 开启抽风机。汽油机工作时应持续抽风。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　液化石油气（LPG）发动机和系统

4.4.1　一般要求

4.4.1.1　本节规定适用于以液化石油气（LPG）为燃料的发动机作为主动力船舶。

4.4.1.2　适用本节的 LPG 发动机，禁止使用双燃料。

4.4.1.3　LPG 舷外挂机除满足本节要求外，还应满足本章第 2 节的相关规定。

4.4.1.4　除另有规定者外，本节的名词定义如下：

（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固定处所。

（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——系指开敞甲板空间。

4.4.1.5　LPG 动力系统一般应具有下列主要设备：

（1）LPG 发动机；

（2）气罐；

（3）气罐附件，主要包括装有单向阀的充气接头、防尘塞、安全阀、限量充装阀、液面计、密

封保护盒等部件；

（4）LPG 燃料控制系统，主要包括限流阀、手动截止阀、自动截止阀、过滤器、蒸发调压器和 LPG 喷气轨等；

（5）LPG 供气管系，主要包括刚性管、软管、接头和附件等。

4.4.2　机舱和气罐处所的布置

4.4.2.1　机舱和气罐处所应相互独立、且严禁与客舱混合布置。

4.4.2.2　气罐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。气罐的存放应防止非工作人员触摸或搬动。气罐处所内，气罐应有牢固的固定设施，且便于拆卸和调换；气罐与固定座之间应有防撞击的橡胶或木质垫料。气罐处所不应设有通往其下方舱室的人孔、梯道口或其他任何开口。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）应大于等于 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 4.4.7.2 的规定。

4.4.2.3　机舱和气罐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。

4.4.2.4　机舱和气罐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。

4.4.2.5　机舱、气罐处所与乘客处所间的舱壁，以及气罐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必满足该要求。

4.4.2.6　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。

4.4.3　LPG 发动机

4.4.3.1　LPG 发动机的设计和制造应符合公认的标准[①]，且应持有船用产品证书。

4.4.3.2　LPG 发动机作为主机时，应装设可靠的调速器或等效措施，使主机转速小于等于额定转速的 115%。

4.4.3.3　LPG 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小于等于额定转速的 10%和 5%，突加额定负荷时，稳定时间应小于等于 5s；

（2）LPG 发动机功率大于 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%。

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

---

① 参见 GB/T 1147.1 和 GB/T1147.2《中小功率内燃机通用技术条件、试验方法》。

4.4.3.5 排气管出口处应装设火星熄灭器或采取等效措施，其出口应尽可能远离气罐处所。

4.4.4 气罐及其附件

4.4.4.1 气罐及其附件应符合公认的标准[①]，且应持有船用产品证书。

4.4.4.2 气罐应尽可能远离热源，避免阳光直接照射。气罐处所的温度一般应小于等于 45℃，否则应采取适当的降温措施。

4.4.4.3 气罐限量充装阀应在 LPG 充装量达到气罐水容积 80%时，自动关闭。

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

4.4.5 LPG 燃料控制系统

4.4.5.1 每一气罐出口处应设节流阀，当节流阀两端压力差为 0.35MPa 时，节流阀应自动关闭。

4.4.5.2 每一 LPG 供气系统应设蒸发调节器，经蒸发调节器调节后的压力应小于等于 0.1MPa。

4.4.5.3 在 LPG 供气总管上的蒸发调节器的进口处应装设自动截止阀，该阀可通过遥控或手动复位，且在下列情况之一时，能自动切断 LPG 的供给：

（1）点火开关未打开；

（2）发动机未运转；

（3）机舱抽风机未开。

4.4.5.4 对多气罐的 LPG 系统，应在每一气罐的供气支管上装设截止阀，且截止阀应安装在人易到达并且方便操作的地方。

4.4.5.5 同时供应多台发动机的 LPG 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。

4.4.5.6 气罐应设有气量显示器。

4.4.6 LPG 供气管系

4.4.6.1 刚性供气管路应采用无缝铜管或无缝不锈钢管。对外径小于等于 12mm 的管路，其壁厚应大于等于 0.8mm；对外径大于 12mm 的管路，其壁厚应大于等于 1.5mm。经 CCS 同意，供气管路可采用符合公认标准的橡胶软管[②]，但不得采用塑料管。

4.4.6.2 从气罐至蒸发调节器的高压供气管路应安装在气罐处所内。如安装在开敞处所，应采取防止踩压和碰撞的保护措施。严禁将蒸发调节器安装在 LPG 发动机内部。

4.4.6.3 供气管路不应通过乘客处所、服务处所和控制站。

---

① 参见 GB17259《机动车用液化石油气钢瓶》。

② 参见 QC/T745《液化石油气汽车橡胶管路》。

4.4.6.4　通过机舱的管路应安装在舱底水水位以上的尽可能高处，且不应有接头或附件。

4.4.6.5　供气管路不应与船体结构的金属部件和管路直接接触，应以非金属导管予以支承并固定。

4.4.6.6　LPG 发动机与任何固定安装的金属管路之间应使用符合公认标准的橡胶软管[①]连接，软管两端应以双夹箍紧固，不允许采用弹簧夹头，且连接处应易于接近。

4.4.6.7　供气管路至发动机排气管路、电气设备的距离应大于等于 100mm。供气管路应远离高发热设备，如不可避免，需对供气管路进行绝热保护。

4.4.6.8　管系应进行液压试验和密性试验，试验压力应符合表 4.4.6.8 的规定。

表4.4.6.8

LPG 管系	试验压力（MPa）	
	液压试验（车间）	密性试验（装船）
气罐至调节器管路	3.3	2.2
调节器至发动机管路	0.3	0.2

4.4.6.9　装船后供气系统应进行效用试验，不应有气体泄漏。表 4.4.6.8 中的密性试验也可与效用试验一起进行。

4.4.7　机舱和气罐处所的通风

4.4.7.1　开敞的机舱和气罐处所可不要求设置通风系统。非开敞气罐处所应设置符合本节 4.4.7.2 要求的自然通风系统，非开敞机舱应设置符合本节 4.4.7.2 要求的自然通风系统和本节 4.4.7.3 要求的机械通风系统。

4.4.7.2　本节 4.4.7.1 所述的自然通风系统应符合下列规定：

（1）排风口一般位于舱室高度1/3以下，且在舱底水积聚面之上，尽可能远离进风口；

（2）排风口一般为百叶窗型式；

（3）排风口的截面积应至少保证每1m^{3}的净舱容有0.3m^{2}的开口。

4.4.7.3　本节4.4.7.1所述的机械通风系统应符合下列规定：

（1）应装设足够容量的机械通风系统，非开敞机舱换气次数应大于等于30次/h；

（2）机舱机械通风应与主机实现起动/运行联锁，即当通风机开启至少4min后，发动机才能起动；当通风机因故关停时，发动机应能自动停机；

（3）机械抽风机的风管进口或机械鼓风机的排风口一般应位于舱室高度1/3以下，且在舱底水积聚面之上；

（4）排风口应尽可能远离发动机排气管的出口，靠近水线时，应设有防止江水倒灌的装置；

（5）风机应是防爆型，不会产生火花的结构型式。

4.4.8　LPG 可燃气体探测器

4.4.8.1　围蔽的机舱和围蔽/半围蔽的气罐处所应设置固定的 LPG 可燃气体探测器，探头应设置在 LPG 易于泄漏和积聚处。LPG 可燃气体探测系统应能持续监测。

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

4.4.8.3　船舶应至少配置 1 只便携式 LPG 可燃气体探测器。

第 5 节　泵和管系

4.5.1　一般要求

4.5.1.1　对船舶安全重要的管系、阀件和附件应用钢、铸铁、铜、铜合金或其他适合于其用途的材料来制造。

4.5.1.2　油船的货油舱均应设有透气管，其出口端应装有防火网。

4.5.2　燃油箱柜

4.5.2.1　燃油箱柜的结构、布置等应符合下列规定：

（1）燃油箱柜的布置应避免因船舶碰撞而造成溢油，舷侧外板不应作为燃油箱柜的界面。其处所应能保证有效通风。

（2）燃油箱柜安装前应进行液压试验，试验压力应不小于0.02MPa。

（3）燃油箱柜及燃油管法兰接头不应位于发动机排气管的正上方，且其间距应大于等于450mm。

（4）柴油机燃油箱柜上应装有泄放装置、液位计、空气管。空气管内径应不小于注入管内径。如采用玻璃管式液位计，应为自闭式，且应设有防护罩。液位计禁止使用塑料管。燃油箱柜下面应设置滴油盘或采用等效的简易装置。

（5）汽油箱柜应安装在避免阳光直接照射处。箱柜体上不得设置泄油管。液位指示器（如有时）应为无火花型。汽油箱的注油应尽可能避免静电产生，其注油应采用安全的方式进行。密封盖应设有带呼吸的装置，其出口应引向无火花的安全地点。

（6）汽油箱柜容积大于30L时，应以能防止滑动的箍带将其固定；小于等于30L的油箱可为便携式。

（7）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，其放置处应有快速系固和快速脱开装置，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。

4.5.2.2　燃油箱柜应有足够的强度，其最小壁厚应符合表 4.5.2.2 的规定。

表4.5.2.2

材料	燃油箱柜最小壁厚（mm）	
	柴油箱柜	汽油箱柜
奥氏体铬镍合金钢	≥1	≥1
含铜量不大于 0.1%的铝合金	≥2	≥2
防腐处理过的钢板	≥1.5	——
纤维增强塑料	≥4	——
聚乙烯	≥5	——

注：对于采用其他材料制造的汽油箱柜，其材质和壁厚应经 CCS 认可。

4.5.3　燃油管路

4.5.3.1　燃油管路应采用无缝退火铜管、铜镍合金管或等效性能的金属管制成。柴油管路也可采用铝合金管。

4.5.3.2　燃油管路采用软管时，应采用有保护的耐火耐油软管。

4.5.4　排气管路

4.5.4.1　主机排气管路应包扎绝热材料，绝热层表面温度，一般应小于等于 60℃。

4.5.4.2　排气管路一般应向上导出，若须经船侧或船尾导出时，应防止江水倒灌。

4.5.4.3　排气管与船体的连接应保证水密。

4.5.4.4　主机排气管消声器的结构应便于清洗和检修。

4.5.5　冷却水管路

4.5.5.1　一般应设 2 只海水吸口，保证在航行状态下冷却水泵能从海底阀吸入江水。

4.5.5.2　海水箱应装有孔板，其有效流通面积应不小于进水阀流通面积的 3 倍。

4.5.5.3　粗滤器与海水箱之间必须设置截止阀，该截止阀可位于海水箱上。有冰封期水域的船舶（含航行冰区船舶），其粗滤器与海水箱之间的截止阀必须为铸钢截止阀或适用的其他材料截止阀。

4.5.5.4　排水孔的位置一般不应低于载重水线，否则应设置止回阀装置或防浪阀。

4.5.5.5　有冰封期水域的船舶（含航行冰区船舶），其管路低处应设有放泄旋塞，以防止管路冻损。

4.5.6　舱底水设施

4.5.6.1　下列船舶应设置 1 台动力舱底泵：

（1）推（拖）船；

（2）工程船；

（3）采用锂离子电池作为主推进动力和/或主电源的船舶；

（4）船长大于 15m 的座舱机客船；

（5）船长大于 15m 的载客 12 人及以下的座舱机船舶。

航行时间小于等于 0.5h 的载运乘客船舶，可只设 1 台手动舱底泵；其他船舶可只设 1 台手动舱底泵。

4.5.6.2　非水密舱室的舱底水可用盛水器具（如水桶等）排出，对人员不易进入又必须排水的舱室应设 1 台手动舱底泵。

4.5.6.3　动力舱底泵的排量应大于等于 $2m^3/h$，舱底水管内径应大于等于 25mm。手动舱底泵的排量应大于等于 $1m^3/h$。

4.5.6.4　动力舱底泵可兼作他用，但不可作为油泵。

第 6 节　轴系和螺旋桨

4.6.1　一般要求

4.6.1.1　轴材料的抗拉强度一般应在下列范围内选择：

（1）碳钢和碳锰钢为410~760 N/mm^2；

（2）合金钢不超过800 N/mm^2。

4.6.1.2　主推进轴系应能承受足够的倒车功率。

4.6.1.3　主推进装置中滑动轴承温度应小于等于 70℃，滚动轴承温度应小于等于 80℃。

4.6.1.4　对于船长大于等于 20m 的船舶，轴系扭转振动和回旋振动应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》的相应要求。

4.6.2　轴的直径

4.6.2.1　轴的直径 d 应大于等于按下式计算的值：

$$d = 100K\sqrt[3]{\frac{N_e}{n_e}\left(\frac{560}{R_m+160}\right)} \quad \text{mm}$$

式中：K——系数，按下列规定取值：

与法兰为整体的中间轴、推力轴（无键安装时），取 K＝1.00；

与法兰为整体的中间轴、推力轴（有键安装时），取 K＝1.10；

无键安装的螺旋桨轴（从桨毂前端至相邻轴承前端的轴），取 K＝1.22；

有键安装的螺旋桨轴（从桨毂前端至相邻轴承前端的轴），取 K＝1.26；

其余部分的螺旋桨轴，取 K＝1.15 时；

N_e——轴传递的额定功率，kW；

n_e ——轴传递 N_e 时的转速，r/min；

R_m——轴材料的抗拉强度，对于中间轴：若 R_m>760N/mm^2 时，取 760N/mm^2；对于螺旋桨轴，若 R_m>600N/mm^2 时，取 600N/mm^2。当采用合金钢或不锈钢时，对于中间轴、螺旋桨轴，若 R_m>800N/mm^2 时，取 800N/ mm^2。

4.6.2.2　轴材料为合金钢或不锈钢时，轴的直径可取上式计算值的 0.9 倍。

4.6.3　联轴器与螺栓

4.6.3.1　联轴器用键安装到轴上时，键材料的抗拉强度应大于等于轴材料的抗拉强度，键受剪切的有效面积 *BL* 应大于等于按下式计算所得之值：

$$BL = \frac{d^3}{2.6d_m} \qquad \text{mm}^2$$

式中：*B*——键的宽度，mm；

L——键的长度，mm；

d——由 4.6.2.1 确定的中间轴直径，mm；

d_m——键中部处轴的直径，mm。

4.6.3.2　联轴器法兰连接的紧配螺栓直径 d_f 应大于等于按下式计算的值：

$$d_f = 0.65\sqrt{\frac{d^3(R_m + 160)}{DZR_{mb}}} \qquad \text{mm}$$

式中：*d*——本节 4.6.2.1 确定的中间轴直径，mm；

z——紧配螺栓数目，应不少于螺栓总数的 50%；

D——螺栓孔的中心圆直径，mm；

R_m——中间轴材料的抗拉强度，N/mm^2；

R_{mb}——螺栓材料的抗拉强度，应大于等于中间轴材料的抗拉强度，但小于等于 1.7 倍中间轴的抗拉强度，且小于等于 1000N/mm^2。

4.6.3.3　如采用普通螺栓连接时，则螺栓的螺纹根部直径 d_n 应大于等于按下式计算的值：

$$d_n = 25\sqrt{\frac{N_e \times 10^6}{n_e DZR_{mb}}} \qquad \text{mm}$$

式中：N_e——轴传递的额定功率，kW；

n_e——轴传递 N_e 时的转速，r/min；

Z——普通螺栓数。

其余符号含义同本节 4.6.3.2。

4.6.4　航行浅滩水域轴系的加强

4.6.4.1　航行于冰区或浅滩水域，其推进轴系的中间轴、推力轴和螺旋桨轴的直径应按 4.6.2.1

确定的轴径增加 10%。

4.6.5　齿轮箱

4.6.5.1　船长大于 10m 的座舱机船，其主推进装置一般应设置齿轮箱。

4.6.6　离合器换向

4.6.6.1　离合器应具有任意离合转速大于等于主机额定转速 60%的能力。

4.6.6.2　离合器的换向时间应小于等于 15s。

4.6.7　螺旋桨

4.6.7.1　螺旋桨应可靠地固定在尾轴上，紧固螺母螺纹的旋向应与尾轴顺车方向相反。螺旋桨及其附件的固定螺钉、螺母等，均应有可靠的防止松动措施。如采用环氧树脂粘接时，应经CCS认可。

4.6.7.2　铸造的螺旋桨不允许有有损强度的裂纹、气孔、疏松、夹渣、浇注不足等缺陷；钢板焊接的螺旋桨不允许有裂纹、卷边、漏焊等缺陷，且应保证水密。

4.6.7.3　对于钢板焊接螺旋桨其板厚应大于等于 5mm。

4.6.7.4　螺旋桨加工完成后一般应作静平衡试验。

4.6.7.5　对于用键安装的螺旋桨，应满足下列要求：

（1）键受剪切的有效截面积应满足本节4.6.3.1的要求；

（2）若用键安装螺旋桨时进行过盈推入，则键的尺寸可适当减小，但应提供试验结果或使用经验的相关资料，经CCS同意后采用；

（3）螺旋桨轴的圆柱体与轴圆锥体交界处，不应有凸肩或圆角；

（4）轴上键槽的前端到轴锥部大端的距离应大于等于0.2倍锥部大端的直径。对汤匙形键槽，轴上键的前端到轴锥部大端的距离应大于等于0.2倍锥部大端的直径；

（5）桨毂和键的顶端一般应有0.3~1.0mm的间隙，键槽底部应有光滑的圆角，键的两侧应与轴和桨毂的键槽稍过盈配合，一般用0.03mm塞尺检查时不应插入。

第 7 节　操舵装置

4.7.1　一般要求

4.7.1.1　操舵装置应能确保航行时对船舶航向可靠的操纵。

4.7.1.2　自航船舶应设置 1 套动力或人力操舵装置。

4.7.1.3　若采用动力操舵装置，则应具有 2 台舵机装置动力设备。对于仅采用一台电动或电动液压或主机带泵动力设备的船舶，仍需设人力操舵装置。

4.7.1.4　操舵装置一般应装设舵角限制器，舵角限制器的安装位置应比最大转角大 1°30’。

4.7.1.5　对急流航段船舶动力操舵装置，还应备有应急能源，应急能源可为蓄能器或手动液压泵，且应能在驾驶室进行操作使应急能源能迅速地得以提供。

4.7.2　操舵时间要求

4.7.2.1　对动力操舵装置，应满足船舶在最大营运前进航速时，从一舷 35 °至另一舷 30 °所需时间不超过下列规定：

（1）急流航段为15s；

（2）其他航区为20s。

4.7.2.2　对人力操舵装置，应满足船舶在最大营运前进航速时，从一舷 35 °至另一舷 30 °的操纵手轮的力和转舵时间应符合表 4.7.2.2 的规定：

表4.7.2.2

	急流航段船舶	非急流航段船舶
操纵手轮的力(N)	≤147	≤147
转舵时间(s)	≤15	≤20

4.7.2.3　对操舵装置动力设备的应急能源，应能满足船舶在 60%最大营运前进航速时（一般相当于 36%的转舵扭矩），舵从一舷 15 °至另一舷 15 °的转舵时间不大于 15s。

第 5 章　电气设备

第 1 节　一般规定

5.1.1　一般要求

5.1.1.1　电气设备的设计、制造、安装和试验，均应符合本章的有关规定或 CCS 接受的现行的国家有关标准的规定。

5.1.1.2　船上的电气设备应能安全操作，并应保证旅客、船员及船舶的安全，免受电气事故的危害。

5.1.2　环境空气温度

5.1.2.1　电气设备在下列环境温度中应正常工作：

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

5.1.2.2　船用电子设备的环境空气温度的上限为 55℃。

5.1.3　倾斜

5.1.3.1　电气设备的结构和布置应能保证船舶处于下列倾斜情况仍能正常工作：

横倾　　10°

纵倾　　5°

5.1.3.2　应急电气设备在船舶横倾 15°或/和纵倾 10°时，应能有效地工作。

5.1.4　其他条件

5.1.4.1　电气设备在船舶所能受到的冲击、振动情况下应能正常工作。

5.1.4.2　电气设备应能耐受水上潮湿空气的影响。

5.1.4.3　电气设备应考虑船上可能产生的油雾和霉菌环境的影响。

第 2 节　设计、制造、安装和试验

5.2.1　一般要求

5.2.1.1　电气设备的设计、制造和安装应特别考虑安全和便于管理维修。

5.2.1.2 电气设备应用耐久、滞燃和耐潮的材料制造；所有金属部件应有良好的耐蚀性能和可靠的防护层。

5.2.1.3 应急报警装置的控制器应有红色标志及铭牌。

5.2.1.4 电气设备铭牌上字迹应清晰，内部接线端头应有耐久的标志，并应附有电路原理图或接线图。

5.2.1.5 电气设备不应贴近燃油舱、油柜或双层底储油舱等外壁上安装。若电气设备必须在此类舱壁外表面安装时，则其与舱壁表面的距离应大于等于 50mm。

5.2.1.6 调节电阻、启动电阻、充电电阻、电热器具以及其他在工作时能产生高温的电气设备，在安装时应有防止导致附近物体过热和起火的措施，上述设备严禁在燃油舱、油柜或双层底储油舱等外壁表面安装。

5.2.1.7 当电气设备的外壳温度大于 80℃时，应有隔热防护措施。

5.2.1.8 工作电压大于 50V 的电气设备应设有安全防护措施。

5.2.1.9 电气设备在设计和安装上应能有效地防止操作人员及相关人员意外地触及带电部件和具有炽热表面的部件，电气设备的操作部位（如手柄、按钮等）应设计成与带电部件之间有良好的绝缘。

5.2.1.10 在系统和线路设计上应能达到电气设备经开关或控制器断开电源后，原则上不应经系统和本身控制电路或指示灯继续保留电压。但 24V 蓄电池线路可除外。

5.2.1.11 若需在可能出现爆炸性气体、蒸气而有爆炸危险的处所安装电气设备，则应是适合于爆炸气体环境用的合格防爆电气设备。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。

5.2.1.12 在水密或防火的舱壁、甲板和甲板室的外围壁上，不应钻孔以螺钉紧固电气设备及电缆，不应破坏舱壁或甲板原有的防护性能及强度。

5.2.1.13 电气设备及电缆，不应直接安装在船壳板上。

5.2.1.14 发电机组应尽可能沿船舶纵向安装。卧式电动机的转轴尽量与船舶纵中剖面平行安装，立式电动机的转轴应以船舶水线面垂直安装。

5.2.1.15 每个具有成套装置的电热器和电炊设备，不论是固定安装还是可移动的，均应由独立馈电线供电，并应由固定安装的能切断所有绝缘极的多极联动开关进行控制。若电热器和电炊设备通过插座连接时，多极控制开关应安装在插座之前或者选用带开关联锁插座。

5.2.1.16 厨房电炊设备应有坚固的防护罩，电炊设备及电缆应固定安装，对可移动的电炊设备应符合本节 5.2.1.15 的有关规定。电炊设备的结构应保证当有液体或食品溢出时，不致损坏绝缘和发生短路。

5.2.2 电压和频率波动

5.2.2.1 电气设备应能在表 5.2.2.1 规定的电源电压和频率偏离额定值的稳态和瞬态情况下可靠地工作。

表5.2.2.1

电气设备	电源参数	稳态	瞬态	
		（%）	（%）	恢复时间（s）
一般交流电气设备	电压	+6～－10	±20	1.5
	频率	±5	±10	5
一般直流电气设备	电压	+6～－10		

5.2.2.2　对于由蓄电池供电的电气设备，其电压偏离额定值+20%～－25%时，应能可靠地工作。对于蓄电池充电期间接有的电气设备，则应考虑由于充放电特性引起的电源电压偏离额定电压+30%～－25%的影响。

5.2.2.3　根据工作场所选择的电气设备，其最低防护等级应符合本节表 5.2.2.3 的要求。

表5.2.2.3

（1） 处所	（2） 环境条件	（3） 防护等级	（4）设备							
			配电板、控制设备、电动机起动器	发电机	电动机	变压器半导体变流器	照明设备	电热器具	电炊设备	附具（例如开关、接线盒）
干燥的居住处所	只有触及带电部分的危险	IP20	×	—	×	×	×	×	—	×
干燥的控制室			×	—	×	×	×	×	—	×
控制室(驾驶室)	滴水和(或)中等机械损伤危险	IP22	×	—	×	×	×	×	—	×
机炉舱(花铁板以上)			×	×	×	×	×	×	×	IP44
舵机室			×	×	×	×	×	×	—	IP44
一般储藏室			×	—	×	×	×	×	—	×
浴室	较大的水和机械损伤危险	IP34	—	—	—	—	—	IP44	—	IP55
机炉舱(花铁板以下)			—	—	—	—	—	—	—	—
厨房	较大的水和机械损伤危险	IP44	×	—	×	×	IP34	×	×	×
干货舱	喷水危险、货物粉尘存在、严重机械损伤、腐蚀性气体	IP55	—	—	—	—	×	—	—	×
露天甲板	大量浸水的危险	IP56	×	—	×	—	IP55	×	—	×

注：①表中“×”表示按(3)栏要求，表中“—”表示一般不应安装此种设备。

②设备本身不能达到防护要求时，应采用其他措施或改善安装场所条件来确保本表要求。

5.2.3 接地

5.2.3.1 电气设备的金属外壳及带电部件以外的所有可接近金属部件、电缆金属护套及安装电缆的管子或管道均应可靠接地；但满足下列情况者可除外：

（1）工作电压小于等于50V的设备（但不应使用自耦变压器取得此项电压）；

（2）由专用安全隔离变压器只对一个设备供电，且电压小于等于250V；

（3）根据双重绝缘原理制造的电气设备。

5.2.3.2 金属船体的船舶电气设备接地应符合下列要求：

（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 $S \leqslant 4mm^2$ 时，Q=S，且大于等于 $1.5mm^2$；

当 $4mm^2 < S \leqslant 120\ mm^2$ 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 $S \leqslant 16mm^2$ 时，$Q=S$；

当 $S>16mm^2$ 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。

5.2.3.3 非金属船体的船舶电气设备的接地应符合下列要求：

（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联在一起，以形成一个连续和完整的接地系统，连接至面积大于等于$0.2m^2$、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。

（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）采用连接导体与本款(1)所述接地板连接在一起。尤其当主、辅机采用闪点<60℃燃油或（LPG）时，其油箱、油管必须采用专用导体连接到本款(1)所述的接地板上，接地导体的截面积应不小于$10mm^2$。

（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。

5.2.4 试验

5.2.4.1 安装上船的电气设备，应按 CCS 审查同意的系泊和航行试验大纲进行检查和试验。试

验大纲根据船舶设计情况，可按国家标准 GB/T3221-2020《内燃机动力内河船舶系泊和航行试验大纲》中有关电气设备要求进行制定，且应符合本规范的规定。

5.2.4.2 电气设备的热态绝缘电阻值（MΩ）应符合表 5.2.4.2 的规定。

表5.2.4.2

序号	设备名称	工作电压	
		<100V	≥100V
1	电机	≥0.5	≥1.0
2	配电板	≥0.5	≥1.0
3	变压器	—	≥1.0
4	电力拖动控制设备	≥0.3	≥1.0
5	照明最后分支线路（包括航行灯线路）	≥0.3	≥1.0
6	船内通信及报警系统	≥0.3	≥1.0
7	电热器具	≥0.3	≥0.5

注：工作电压大于等于 100V 时，应采用大于等于 500V 的直流高阻计。工作电压小于 100V 时，推荐采用 250V 的直流高阻计。

5.2.5 防雷电

5.2.5.1 当船舶符合下列情况之一时，应装设可靠的避雷装置。

（1）船舶采用金属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。

5.2.5.2 避雷针规格应符合下列要求：铜质避雷针的直径应大于等于 8mm；钢质避雷针的直径应大于等于 16mm，其尖端应作防腐处理；铝质避雷针的直径应大于等于 12mm。

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

5.2.5.4 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)。

5.2.5.5 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。

5.2.5.6 对非金属船体的船舶，其避雷装置的引下线应与永久接至水中的专用接地板连接；该接地板应采用面积大于等于 0.2m^2、且厚度大于等于 2mm 的耐腐蚀金属材料制成。

第 3 节 配电系统

5.3.1 配电系统

5.3.1.1 直流可采用下列配电系统：

（1）双线绝缘系统；

（2）负极接地的双线系统；

（3）利用船体作负极回路的单线系统。

5.3.1.2 交流单相可采用下列配电系统：

（1）双线绝缘系统；

（2）一线接地的双线系统；

（3）利用船体作回路的单线系统。

5.3.1.3 交流三相可采用下列配电系统：

（1）三线绝缘系统；

（2）中性点接地的四线系统；

（3）利用船体作中性线回路的三线系统。

5.3.1.4 钢铝混合结构的船舶的配电系统严禁利用铝质部分作导体回路和接地。

5.3.1.5 利用船体作回路的配电系统，所有的最后分路，即最后一个保护装置之后的所有电路均应为双线供电。

5.3.1.6 对采用交流三相配电系统，应在最后分路上将用电设备加以组合，以便在正常情况下，使主电源（包括发电机和变压器）的各相负载尽可能平衡在其各自额定负载的 15%以内，且各相负载应不超过其额定值。

5.3.2 电压和频率

5.3.2.1 通常直流和交流配电系统的最高供电电压应符合表 5.3.2.1 的规定。

5.3.2.2 交流配电系统的标准频率为 50Hz 或 60Hz。

表5.3.2.1

序号	用电设备的类型		最高电压（V）	
			直流	交流
1	固定安装动力设备，电炊具和电热设备（室内取暖器除外）		≤1000	≤1000
2	狭窄处所、潮湿舱室、露天甲板、储藏室、机舱以及其他机器处所的可携设备	一般设备	≤50	≤50
		具有加强绝缘或双重绝缘的设备	≤250	≤250
		由安全隔离变压器仅对一个设备供电的设备	—	≤250
3	居住舱室和公共舱室的照明设备、取暖设备、信号及内部通信设备以及除上列 1、2 项外的其他设备		≤250	≤250

5.3.3 系统保护

5.3.3.1 配电系统装置中应设置合适完善而协调的包括短路在内的偶然过电流保护，以保证：

（1）在某处发生故障时，通过保护装置的选择性保护，仅分断故障电路，而不影响非故障电路的连续供电；

（2）消除故障影响，以尽可能减少对系统的损坏和导致火灾的危险；

（3）对系统允许的非正常工作状态，如电动机的启动电流和变极电机的换接电流等，保护装置应具有合理的延时。

5.3.3.2 在配电系统的每一不接地的极（或相）上均应设有短路保护。

5.3.3.3 过载保护应设置在：

（1）直流双线绝缘或交流单相绝缘系统的一个绝缘极（或相）上；

（2）交流三相绝缘系统的二相上；

（3）接地系统的每一不接地的极（或相）上。

5.3.3.4 配电系统的接地极（或线）不准设置熔断器以及与绝缘极不联动的开关。

5.3.3.5 功率小于 24kW 的发电机可选用下列合适的保护型式：

（1）多极联动开关、并在每一绝缘极上设置熔断器；

（2）接触器[①]+熔断器（热脱扣器）；

（3）装置式自动开关。

5.3.3.6 每一馈电线路均应设有能同时分断所有绝缘极的断路器或多级开关加熔断器作过载和短路保护。操舵装置馈电线路仅设短路保护。

5.3.3.7 电力和照明变压器的初级电路应设有断路器或多级开关加熔断器作短路和过载保护。

5.3.3.8 每一照明电路应设有过载和短路保护。

5.3.3.9 蓄电池组（除起动蓄电池外）均应设有短路保护，其保护装置应尽可能靠近蓄电池组。

5.3.3.10 若需要发电机与蓄电池组并联供电（浮充）时，应设置发电机的逆电流保护。

5.3.3.11 若需要接岸电的船舶，则岸电箱至主配电板间的线路应在岸电箱内设有短路保护。

第 4 节 主电源

5.4.1 一般要求

5.4.1.1 自航船舶主电源装置的容量和数量应能确保为保持船舶处于正常操作状态及生活所必需的所有电气设备供电。非自航船舶可按使用所需设置主电源装置。

5.4.1.2 主电源装置可采用：

（1）由独立的原动机驱动的发电机；

[①] 接触器的触点容量至少为发电机额定电流的 2 倍。

（2）由推进主机驱动的发电机；

（3）蓄电池组。

5.4.2 主电源的设置

5.4.2.1 设有电动或电动液压动力源的操舵装置时，应至少设置一台与主机独立发电机组和一组蓄电池。

5.4.2.2 对于船舶正常航行其全船动力设备不依靠电力供电时，应设置二组蓄电池作为船舶主电源。

5.4.2.3 船长小于等于 10m 的船舶若仅以照明为主，可仅设置一组蓄电池，蓄电池组的容量应能满足自起始港至终点港用电设备的需要。若蓄电池组有充足的容量，满足安全航行用电和主机起动的要求，可作为主机起动蓄电池组用。

5.4.2.4 对于本节 5.4.2.1、5.4.2.2 所述的每组蓄电池组的容量应能在整个航程相适应的时间内，足以对维持船舶安全航行所必须的用电设备供电，至少能满足船舶安全航行所必需的用电设备 4h 的供电。

5.4.2.5 采用主机轴带发电机做船舶主电源时，在主机转速变化范围内，能通过机械、液压或电气的自动调整装置，达到本章 5.2.2.1 对电气设备供电要求时，可以作为船舶主电源。当主机轴带发电机的输出电压、频率随主机运行工况而导致不符合本章 5.2.2.1 的要求时，该发电机只能作为蓄电池的充电装置。

第 5 节 配电板和配电电器

5.5.1 配电板

5.5.1.1 配电板应有足够的机械强度，并应有防水、防油、防振动的措施。

5.5.1.2 配电板应采用滞燃和耐潮的材料制成，并应有保证工作人员安全的绝缘措施（工作电源小于 50V 的可不设置）。

5.5.1.3 配电板应设置在易于到达、通风良好、无可燃性气体聚集的场所，并应有防止水的进入和机械损伤的措施以及足够的照明和便于维修的条件。

5.5.1.4 在配电板附近应设有配电板电路原理图。

5.5.2 配电电器

5.5.2.1 船舶可根据船舶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，应有标明其用途和操作位置的耐久标志。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。

5.5.2.2　配电电器和保护电器的选择应与本船电源配置和用电需要相适应，并应满足配电电路和电气设备用电及保护的有关规定。

5.5.2.3　设有岸电供电装置的船舶配电板除满足本节要求外，尚应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 3 章第 3 节的相关要求。

第 6 节　电力拖动装置

5.6.1　电动机及控制装置

5.6.1.1　额定功率大于等于 1kW 的电动机及所有重要用途的电动机，一般应设独立的最后分路，且一般应设有独立的过载、短路和欠压保护。

5.6.1.2　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的附近。

5.6.1.3　若船舶设有电动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。

5.6.1.4　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。

第 7 节　照明、航行灯、信号灯

5.7.1　照明

5.7.1.1　船上应设有主照明系统，由船舶主电源供电，以便给船员工作和船员、旅客生活处所提供充足的照明。

5.7.1.2　客船且需夜间航行时，在机舱和载客大于 16 人的客舱处所的主照明系统应至少设有两个最后分路，当其中一路不能供电时，另一路仍能保证主照明供电，且各路灯点应交叉布置。

5.7.2　航行灯和信号灯

5.7.2.1　航行灯控制箱应由两路电源供电。其中一路必须由主配电板供电，两路电源的转换开关应设在控制箱上。当主电源采用蓄电池组时，可只设一路电源。

5.7.2.2　每只航行灯和信号灯应由航行灯控制箱或信号灯控制箱引出的独立分路供电，且应设有每只航行灯发生故障时的听觉和视觉报警信号装置（采用蓄电池组供电时可仅设视觉报警信号）。

5.7.2.3　每只航行灯和信号灯（在控制箱上）应设单独的控制开关和熔断器进行控制和保护，并应设有相应的铭牌或标志。

第 8 节　酸性铅板型或碱性镍板型蓄电池

5.8.1　蓄电池的一般要求

5.8.1.1　本章规定适用于固定安装的蓄电池，不适用于移动式蓄电池。

5.8.1.2　本节所指蓄电池仅限于酸性铅板型或碱性镍板型蓄电池。

5.8.1.3　蓄电池的设计和结构应保证在倾角 40 ℃时无电解液溢出。

5.8.1.4　蓄电池应能承受船舶的摇摆和振动。

5.8.2　蓄电池的安装

5.8.2.1　柴油机起动用蓄电池组应尽可能靠近柴油机安装，以减小电缆压降。

5.8.2.2　蓄电池组的布置应便于更换、检测、充液和清理。在蓄电池组的上方应至少留有 300mm 的空间。

5.8.2.3　铅酸蓄电池和碱性蓄电池不应安装在同一舱室、箱或柜中。

5.8.2.4　蓄电池组应安装在不受高温、低温、水溅、蒸汽或其他损害其性能或加速其性能恶化的地方。

5.8.2.5　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。

5.8.2.6　蓄电池组的托盘、箱、架等内部结构，均应具有防止电解液腐蚀的防护措施，并应有防止漏出的电解液与船体接触的有效措施。

5.8.2.7　在布置蓄电池时，应考虑到各组蓄电池充电装置的充电功率（充电功率为蓄电池标称电压值与最大充电电流值的乘积）。

（1）充电功率大于2kW的蓄电池组应安装在专用的舱室内。

（2）充电功率小于等于2kW但大于0.2kW的蓄电池组可以安装在专用的箱、柜中或敞开安装在通风良好的舱室内。如机舱通风良好，且在蓄电池组上方对落下物体有防护措施时，在机舱内可敞开安装蓄电池组。

（3）充电功率小于等于0.2kW的蓄电池组，可以敞开安装在通风良好的处所。

酸性蓄电池组不应安放于居住区域内。充电时不会产生有害气体的气密蓄电池可以例外。

5.8.2.8　蓄电池专用舱室的门以及蓄电池的箱、柜的外面，应有明显的“严禁烟火”标志。

5.8.2.9　蓄电池的专用舱室、箱、柜内，除蓄电池外严禁安装非防爆型电气设备。

5.8.3　蓄电池组的保护和通风

5.8.3.1　蓄电池组（除柴油机起动蓄电池外）均应设有短路保护装置。

5.8.3.2　蓄电池室、箱、柜应有排除有害气体的独立通风装置，其出风口在顶部，进风口在底部，并有防止水和火焰进入的措施，出风管应直通开敞甲板外。

5.8.3.3 蓄电池室、箱、柜采用机械通风装置时，应有防止通风叶片偶然与机壳发生摩擦产生火花的措施。当采用轴流式通风装置时，则应为符合要求的防爆型轴流通风机。机械通风装置电动机的控制设备和开关应置于蓄电池室、箱或柜外的非危险处所。

5.8.3.4 用于电力推进的蓄电池组除满足本条5.8.3.1～5.8.3.3要求外，尚应满足如下要求：

（1）如果所需的换气量较小，出风管道能从蓄电池室、箱或柜的顶部直接向上通至开敞处所，而出风管的任何部分与铅垂线的夹角均小于等于45°，则可采用自然通风。出风管的截面积应大于等于80cm^2。

（2）蓄电池组的专用舱室、箱或柜，如果蓄电池组的总充电功率大于2kW时，则应设有机械通风装置。机械通风装置的排气量Q应大于等于：

$$Q = 0.11In \qquad m^3/h$$

式中：I——产生气体期间的最大充电电流，且大于等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。

5.8.3.5 蓄电池室与其他舱室应作有效封闭，以防止有害气体窜入其他舱室。

5.8.4 蓄电池充放电装置

5.8.4.1 蓄电池既可通过设置在本船上的充放电装置充放电，也可由设置在其它船上或岸上的充放电装置充放电。

5.8.4.2 本船上设置蓄电池充放电装置时，则应满足本节5.8.4.3～5.8.4.8的要求。

5.8.4.3 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。

5.8.4.4 充放电装置应设有短路、过载等保护装置。

5.8.4.5 充放电装置应设有绝缘监测装置和显示装置，显示装置应能显示电压、电流和充放电状态。

5.8.4.6 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。

5.8.4.7 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。

5.8.4.8 充放电装置应尽量靠近蓄电池安装。

第9节 锂离子蓄电池

5.9.1 适用范围

5.9.1.1 本节所指蓄电池仅适用于磷酸铁锂电池。

5.9.2 定义

5.9.2.1 电池荷电状态（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实际容量的百分比，也叫剩余电量。

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

5.9.3 一般要求

5.9.3.1 蓄电池必须配备电池管理系统（BMS）。

5.9.3.2 蓄电池充放电设备应与 BMS 组合使用，并由其控制。

5.9.3.3 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。

5.9.3.4 蓄电池的相关技术要求应满足 CCS 纯电池动力船舶检验相关规范指南的适用部分。

第 10 节 船内通信、广播和对外扩音装置

5.10.1 一般要求

5.10.1.1 设有主推进装置驾驶室遥控的船舶应在主机操纵处与驾驶室之间设有传令钟或其它形式的应急联系装置。对于人员无法进入机舱操作主机的船舶，如有其它应急措施实现驾驶室对主机的操控，可不设传令钟或其他形式的应急联系措施。

5.10.1.2 船舶若设有电传令钟，则驾驶室和机舱的通信应具有双向功能。

5.10.1.3 船舶若设有电话，则应为声力电话或蓄电池供电的电话。

5.10.1.4 船长大于 15m 的客船应设有广播系统。

5.10.1.5 扩音器可为船令广播装置的一个组成部分。

第 11 节 电 缆

5.11.1 一般规定

5.11.1.1 船上应采用船用滞燃型电缆或电线。

5.11.1.2 电缆或电线的选择应根据敷设场所的环境条件、敷设方法、电流定额、工作定额、需用系数和允许电压降等因素来确定。

5.11.2 敷设

5.11.2.1 电缆或电线的走线应尽可能平直和易于检修。

5.11.2.2 电缆或电线应有效地加以支承和紧固。若穿管敷设，则其管子应以夹箍适当夹紧。

5.11.2.3 电缆或电线不应直接敷设在纤维增强塑料层板内。

5.11.2.4 电缆或电线的敷设应使其免受机械损伤和防止水、油的腐蚀，电缆穿管敷设时应使水不能在管子内部积聚。

第12节　船内安装汽油机的补充规定

5.12.1　一般要求

5.12.1.1　船舶配电系统应采用绝缘系统。

5.12.1.2　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]的防点燃型设备的要求。

5.12.2　发动机电气系统和部件

5.12.2.1　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。

5.12.2.2　点火线圈和永磁电动机应安装使水不会在高压头周围积聚。

5.12.2.3　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，则在此部件上应安装牢固的永久性警告标签，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”。

5.12.2.4　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）点火导线应如发动机运行时的安装的那样，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5.12.2.5（1）的要求。

5.12.2.5　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；

（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的试验液C液

[①] 参见GB/T 17726的规定，防爆电气设备可以代替防点燃设备。

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ISO1817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 13 节 液化石油气（LPG）动力船舶的补充规定

5.13.1 一般要求

5.13.1.1 船舶的配电系统应采用绝缘系统。

5.13.1.2 在气罐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。

5.13.1.3 船舶应配备 1 只自带电池的手提式防爆灯，以供应急时使用。

第 14 节 纯电池动力电力推进船舶的补充规定

5.14.1 一般要求

5.14.1.1 本节规定适用于采用电动机驱动螺旋桨或推进器，且采用蓄电池组作为供电电源的船舶。

5.14.1.2 除本节规定外，推进蓄电池组尚应满足本章第 8 节或第 9 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 4 节 5.4.2.2 和 5.4.2.3 中主电源的要求。

5.14.1.3 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。

5.14.1.4 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。

5.14.1.5 蓄电池组充电时，应避免各蓄电池组充电不均匀。

5.14.1.6 不应采用蓄电池组中部分蓄电池向机电设备供电。

5.14.1.7 蓄电池的维护和保养应按厂家提供的资料进行。

5.14.1.8 推进电动机的安装应符合第 4 章 4.2.2.1 的规定。

5.14.2 推进设备的控制和保护

5.14.2.1 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《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇的相应规定。

5.14.2.2　推进电机的集电环和换向器的布置应适当，应易于检修。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。

5.14.2.3　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。

5.14.2.4　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。

5.14.2.5　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。

5.14.2.6　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。

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

5.14.2.8　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。

5.14.2.9　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。

5.14.2.10　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。

5.14.2.11　在励磁电路中，不应设置使励磁电路开路的过载保护。

5.14.2.12　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。

5.14.3　监测仪表和报警

5.14.3.1　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 5.14.3.1 中的指示、显示和报警。

表5.14.3.1

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
	BMS 自检功能	√	√	BMS 故障报警
推进电动机（交流和直流）	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		√	

续表5.14.3.1

系统	监测参数	报警	显示	备注
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。

5.14.3.2 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。

5.14.3.3 所有固定安装的仪表的金属外壳必须永久牢固接地。

5.14.3.4 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 15 节 应用太阳能电池的船舶的补充规定

5.15.1 一般要求

5.15.1.1 本节规定适用于应用太阳能电池的船舶。

5.15.1.2 除本节规定外，应用太阳能电池的船舶尚应满足本规范其他篇、章的相关要求。

5.15.1.3 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）。

5.15.1.4 太阳能电池只应用作船舶的辅助电源。

5.15.2 太阳能光伏组件

5.15.2.1 太阳能光伏组件应满足 CCS 接受的国家标准的要求。

5.15.2.2 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）。

5.15.2.3 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。

5.15.2.4 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。

5.15.2.5 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。

5.15.2.6 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。

5.15.2.7 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。

5.15.3 控制器

5.15.3.1 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。

5.15.3.2 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 6 章 特殊船舶补充规定

第 1 节 帆 船

6.1.1 一般要求

6.1.1.1 本节规定适用于以铝合金和纤维增强塑料（简称 FRP）为船体结构材料的载客单体与双体帆船，不包括体育运动帆船。如采用其他材料，经 CCS 同意可予以特别考虑。

6.1.1.2 除本节另有明确规定外，帆船的材料与建造工艺、舾装、轮机、电气设备等应符合本规范第 1 章、第 3 章、第 4 章、第 5 章的相应规定。

6.1.1.3 舵和舵杆的结构材料、设计和连接结构一般应符合本规范第 3 章的相关规定或 CCS 接受的其他标准[①]。

6.1.1.4 船体结构若符合 CCS《小型海船入级规范》对帆船的相应规定，则认为也满足本节要求。其中适用航区的对应关系见表 6.1.1.4。

表6.1.1.4

小型海船航区营运限制	适用的内河航区/航段级别
平静水域营运限制	B、C 级航区，急流航段
遮蔽航区营运限制	A、B、C 级航区，急流航段
沿海航区营运限制	A、B、C 级航区，急流航段

6.1.2 定义与符号

6.1.2.1 除另有规定者外，本节的名词定义与符号如下：

（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）最低点量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）最低点量至主甲板边板的垂向距离。

（4）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

① 具体可参见《小艇艇体结构和构件尺寸》（GB / T 19314.8-2019）。

强材的底边宽度。

（5）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。

（6）s（mm）——系指相邻扶强材中心线的间距。简称扶强材间距。

（7）l_u（mm）——系指扶强材未受支承部分的跨距。见图 6.1.2.1(7)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 6.1.2.1(7)b；

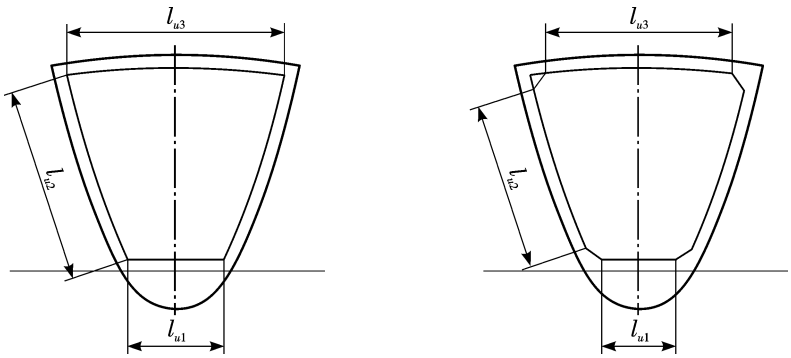


图 6.1.2.1(7)a

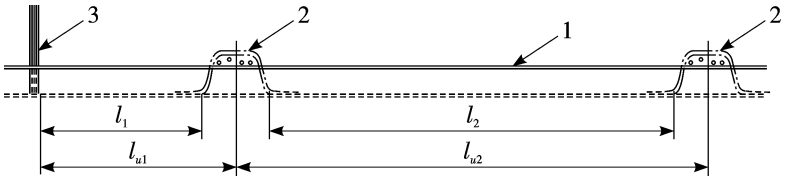


图 6.1.2.1(7)b

（8）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（mm）；

b_e=20t+w，对于 FRP 帽型扶强材的单层板带板，其中 t 为带板厚度（mm），w 为帽型扶强材的底边宽度（mm），见图 6.1.2.1(8)；

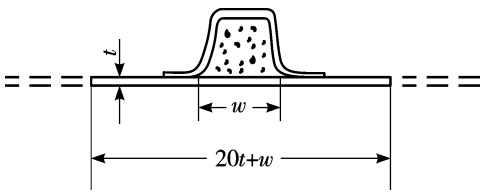


图 6.1.2.1(8)

$b_e=20\left(t_o+t_i\right)$，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

[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。

面板[①]的厚度（mm）。

（9）σ_{sw}——系指铝合金结构屈服强度，一般取退火状态的屈服强度$\sigma_{p0.2w}$，如为铆接结构，σ_{sw}则取母材屈服强度$\sigma_{p0.2}$的 0.9 倍，铝合金退火状态的屈服强度$\sigma_{p0.2w}$和铝合金母材的屈服强度$\sigma_{p0.2}$见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

6.1.3 坐标系和取值规定

6.1.3.1 本节相对参考坐标系为右手坐标系：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 方向为船体的纵向，向船首方向为正；y 方向为船体的横向，向左舷为正；z 方向为船体的垂向，向上为正。

6.1.3.2 压力计算点的选取应符合下列规定：

（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强材下缘以上扶强材跨距 l_u 的三分之一处。

6.1.3.3 船体底部与舷侧的划分应符合下列规定：

（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。

6.1.3.4 对于无扶强材的大面积舷侧板，其板格尺度按下列规定确定：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。

6.1.4 局部强度

6.1.4.1 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：

$$P_b = 10C_n\left(\frac{3}{C_{L1}}+d\right)+27C_n d\left(\frac{50-\beta_x}{50-\beta}\right)\left(1+C_K\frac{x-x_K}{L-x_K}\right) \quad \text{kN/m}^2$$

式中：C_n——航区系数，按航区/航段级别取值：

C_n＝0.76　　A 级航区；

C_n＝0.70　　B 级航区、C 级航区、J 级航段；

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≤x/L≤1 时；

[①]“内面板”系指夹层板不受到上述载荷作用的另一侧面。

C_{L1}＝1.7，当 2/3≤x/L＜5/6 时；

C_{L1}＝1.9，当 1/3≤x/L＜2/3 时；

C_{L1}＝2.2，当 0≤x/L＜1/3 时；

d——满载吃水，m，见第 1 章 1.1.2.1（8）；

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，°，如 β_x＞50°，取 β_x＝50°。船底升角 β_x 的测量法：取 x 横剖面的船底型线与 d/2 水线的交点与该剖面坐标原点连线的水平夹角。见图 6.1.4.1(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。

上式中，当 $x-x_k$＜0 时，取 $x-x_k$＝0。

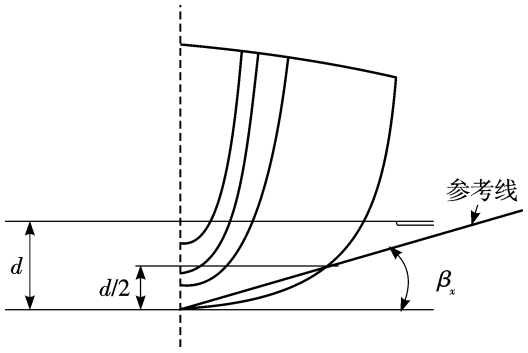


图 6.1.4.1(1)

（2）双体帆船底部的设计压力 P_b 由下式确定：

$$P_b = 10C_n\left(\frac{3}{C_{L2}}+h\right) \quad \text{kN/m}^2$$

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，当 5/6≤x/L≤1.0 时；

C_{L2}＝1.7，当 2/3≤x/L＜5/6 时；

C_{L2}＝2.2，当 1/3≤x/L＜2/3 时；

C_{L2}＝2.5，当 0≤x/L＜1/3 时；

h——底部压力计算点在满载水线以下的垂向距离，m；

C_n——同本节 6.1.4.1(1)。

（3）单体帆船舷侧的设计压力 P_S 取以下二者中的大者：

$$P_1 = 10C_n\left(\frac{3}{C_{L1}} + d - h\right) \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_2 = 40C_n \quad \text{kN/m}^2$$

式中：C_n、C_{L1}、d——同本节 6.1.4.1(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：

$$P_1 = 10C_n\left[(1+0.3C_B)\frac{3}{C_{L2}} + 0.3C_B d - h\right] \quad \text{kN/m}^2$$

$$P_2 = 40C_n C_S \quad \text{kN/m}^2$$

式中：C_n、h、d——同本节 6.1.4.1(3)；

C_{L2}——同本节 6.1.4.1(2)；

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≤x/L≤1.0；

C_S＝0.65，当 0≤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_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：$P_{D0}=C_nC_{L3}\left[0.5\left(\Delta\times10^3\right)^{0.33}+12\right]$，kN/m^2，且不应小于 5kN/m^2。

式中：C_n——同本节 6.1.4.1(1)；

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：

C_{L3}=0.5，当 x/L=0 时，

C_{L3}=1.0，当 0.6≤x/L≤1.0 时，

C_{L3} 取值按线性内插，当 0＜x/L＜0.6 时，

Δ——满载排水量，t。

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：

$$P_{SUP}=C_nC_{SUP}\left[0.5(\Delta\times10^3)^{0.33}+12\right] \quad \text{kN/m}^2$$

式中：C_n——同本节 6.1.4.1(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。

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、10kN/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气管顶高度，m。

6.1.4.2 纤维增强塑料（FRP）船体的构件尺寸应按下列规定确定：

（1）单层板结构船体板的最小板厚 $t_{\min}$ 与单位面积最低纤维质量 $w_{\min}$，应根据船体板的部位按下式确定：

$$w_{\min}=0.43k_5\left(A+2.36k_7\sqrt{L}+A\Delta^{0.33}\right)$$ kg/m^2，对于船底板、舷侧板和尾封板；

$$t_{\min}=k_5(0.14L+1.45)$$ mm，对于露天主甲板。

式中：A、k_5、k_7——系数，可查表 6.1.4.2(1)；

Δ——满载排水量，t。

表6.1.4.2(1)

	部位	A	k_5	k_7
FRP 船体	船底	1.5	1.0*	0.03
	舷侧/尾封板	1.5		0
	露天主甲板	-		-

注：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：

外面板 $w_{1\min}=C_nk_4k_5(0.1L+0.15)$ kg/m^2

内面板 $w_{2\min}=0.7w_{1\min}$ kg/m^2

式中：C_n——航区系数，见本节 6.1.4.1(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 6.1.4.2(1)。

（3）单层板结构层板的板厚 t，应不小于下式计算值：

$$t=k_Cb\sqrt{\frac{k_2P}{500\sigma_{fnu}}}$$ mm

式中：σ_{fnu}——层板的极限弯曲强度，N/mm^2；

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 $l/b\leqslant 2$，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——根据本节 6.1.4.1 确定的设计载荷，kN/m^2；

k_C——曲率板的折减系数，根据曲率板的拱度 c 由表 6.1.4.2(3)确定：

表6.1.4.2(3)

c/b	k_C
0～0.03	1.0
0.03～0.18	1.1−3.33*c/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。

（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：

$$t_S=\sqrt{k_C}\,b\frac{k_{2S}P}{1000\tau_d}\qquad \text{mm}$$

式中：t_s——夹层板的有效总厚度，即夹层板内外面板厚度中心线间的距离，mm，

$$t_S=t_C+0.5(t_1+t_2)$$；

k_C、P——同本节 6.1.4.2(3)；

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 $\tau_d=0.65\tau_u$；

k_{2S}——夹层板板格的长边 *l* 与短边 *b* 之比的修正系数，按表 6.1.4.2(4)a 取值：

表6.1.4.2(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

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；

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 6.1.4.2(4)b 规定值：

表6.1.4.2(4)b

L_{oa}(m)	L_{oa}＜10	10≤L_{oa}≤15	15<L_{oa}≤24
$\tau_{u\min}$ (N/mm^2)	0.25	0.25+0.03（L_{oa} -10）	0.40

（5）FRP 单层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。

$$W = 167\frac{k_{CS}Psl_u^2}{\sigma_{ut}} \times 10^{-9} \qquad \text{cm}^3$$

$$I = 52\frac{k_{CS}^{1.5}Psl_u^3}{E} \times 10^{-10} \qquad \text{cm}^4$$

$$A = 10\frac{Psl_u}{\tau_u} \times 10^{-6} \qquad \text{cm}^2$$

式中：P——根据本节 6.1.4.1 确定的设计载荷，kN/m^2；

l_u ——扶强材的跨距，mm，见本节 6.1.2.1(7)。对于弯曲形状的扶强材，取其圆弧的弦长；

σ_{ut} ——由 FRP 单层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 单层板制成的帽型扶强材腹板的极限剪切强度，N/mm^2；

E——取 FRP 单层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。

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 的比值，由表 6.1.4.2(5)确定：

表6.1.4.2(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。

（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：

$$t_b = 7D \qquad \text{mm}$$

式中：D——型深，m。

（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 6.1.4.2(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 还应同时满足以下条件：

$$t_s \times t_c \geqslant \frac{t_b^2}{6}\left(\frac{50}{\sigma_{fnu}}\right)$$

$$t_S \times \frac{t_C^2}{2} \geqslant \frac{t_b^3}{12}\left(\frac{4000}{E}\right)$$

式中：t_S——夹层板的有效总板厚，mm，见本节 6.1.4.2(4)；

t_C——夹层板的芯材厚度，mm；

t_b——本节 6.1.4.2(6)要求的舱壁板厚度，mm；

σ_{fnu}——夹层板面板的极限弯曲强度，N/mm^2；

E——夹层板面板材料的弹性模量，N/mm^2。

6.1.4.3 铝合金船体的构件尺寸应按下列规定确定：

（1）铝合金船体结构的最小板厚$t_{\min}$，应按下式确定：

$t_{\min} = k_5(A + 2.36k_7\sqrt{L} + A\Delta^{0.33})$ mm，对于船底板、舷侧板和尾封板；

$t_{\min} = 0.06L + 1.35$ mm，对于露天甲板。

式中：A、k_5、k_7——系数，查表 6.1.4.3(1)；

Δ——满载排水量，t。

表6.1.4.3(1)

	部位	A	k_5	k_7
铝合金船体	船底	1.0	$\sqrt{125/\sigma_{sw}}$	0.02
	舷侧/尾封板	1.0		0

（2）铝合金船体的板厚 t，应不小于下式计算值：

$$t = k_C b\sqrt{\frac{k_2 P}{900\sigma_{sw}}} \quad \text{mm}$$

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 6.1.4.2(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 $l/b\leqslant 2$，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——根据本节 6.1.4.1 确定的设计载荷，kN/m^2。

（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：

$$W = 119\frac{k_{CS}Psl_u^2}{\sigma_{sw}} \times 10^{-9} \quad \text{cm}^3$$

$$A = 12.5\frac{Psl_u}{\sigma_{sw}} \times 10^{-6} \quad \text{cm}^2$$

式中：P——根据本节 6.1.4.1 确定的设计载荷，kN/m^2；

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 6.1.4.2(5)。

6.1.5 单体帆船的总纵强度

6.1.5.1 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 0.4*L* 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* 大于 12。

6.1.5.2 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下述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：

$$M_V = 2.7C_n L_{oa}\Delta \times 10^3 \qquad \text{N•m}$$

式中：Δ——满载排水量，*t*；

C_n——航区系数，见本节 6.1.4.1(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：

$$\sigma = \frac{M_V}{W_d} \qquad \text{N/mm}^2$$

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本条（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《内河高速船建造规范》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屈服强度 $R_{P0.2W}$，N/mm^2，见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

6.1.6 双体帆船的总强度

6.1.6.1 一般规定如下：

（1）应采用直接计算方法校核双体帆船在斜浪工况和横浪工况下，片体连接结构及其与片体连接区域结构的正应力和剪切应力，并满足本节 6.1.6.4 的衡准要求；

（2）如双体帆船的片体满足本节 6.1.5.1 规定的条件，则应按本节 6.1.5.2 的相关要求校核其单片体的总纵强度或采用直接计算方法校核帆船的总纵强度；

（3）采用直接计算校核时，计算方法可参照 CCS《钢质内河船舶建造规范》的相关规定。

6.1.6.2 双体帆船在斜浪航行情况下，双体帆船连接桥的斜浪设计扭矩 M_T 应按下式确定：

$$M_T = 9.81k_0 k \Delta L \times 10^3 \qquad \text{N•m}$$

式中：Δ——满载排水量，*t*。

k_0——系数，$k_0=\left(1871-69.71L+1.056L^2-0.00542L^3\right)\times10^{-4}$；

k——系数，A级航区取1，J级航段、B级航区取0.6，C级航区取0.4。

6.1.6.3 双体帆船在横浪航行情况下，双体帆船连接桥的横浪设计弯矩 M_{bx} 应按下式确定：

$$M_{bx}=\frac{9.81}{s}\Delta b_c\times10^3 \qquad \text{N•m}$$

式中：Δ——满载排水量，*t*；

b_c——任一片体中心线至连接桥计算剖面的距离，m；

s——系数，按表 6.1.6.3 确定。

表6.1.6.3

航区	A 级航区	J 级航段、B 级航区	C 级航区
s 取值	8.0	9.0	10.0

6.1.6.4 总强度校核衡准如下：

（1）应用直接计算法校核双体帆船两片体之间的连接结构抵御本节 6.1.6.2 规定的斜浪设计扭矩 M_T 的能力和本节 6.1.6.3 规定的横浪设计弯矩 M_{bx} 的能力，以确保该连接结构及其与片体连接区域任何一点的剪切应力 τ 和正应力 σ 都不超过本条(2)、(3)、(4)、(5)规定的剪切许用应力 τ_d 和许用正应力 σ_d；

（2）FRP 船体结构的剪切许用应力取 $\tau_d=0.33\ \tau_u$，其中 τ_u 系层板材料的极限剪切强度；

（3）铝合金船体结构的剪切许用应力取 $\tau_d=0.3\sigma_{sw}$，其中 σ_{sw} 见本节 6.1.2.1(9)的定义；

（4）FRP 船体结构的许用拉伸应力取 $\sigma_d=0.33\sigma_{ut}$，其中 σ_{ut} 系层板材料的极限拉伸强度。FRP 船体结构的许用压缩应力取 $\sigma_d=0.33\sigma_{uc}$，其中 σ_{uc} 系层板材料的极限压缩强度；

（5）铝合金船体结构的许用应力取 $\sigma_d=0.5\sigma_{sw}$，σ_{sw} 见本节 6.1.2.1(9)的定义。

6.1.7 压载龙骨

6.1.7.1 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；也有一些小型帆船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。

6.1.7.2 压载龙骨的强度应符合下列规定：

（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：

$$M_K = 13.5Qa \qquad \text{N•m}$$

式中：*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 6.1.7.2(1)。

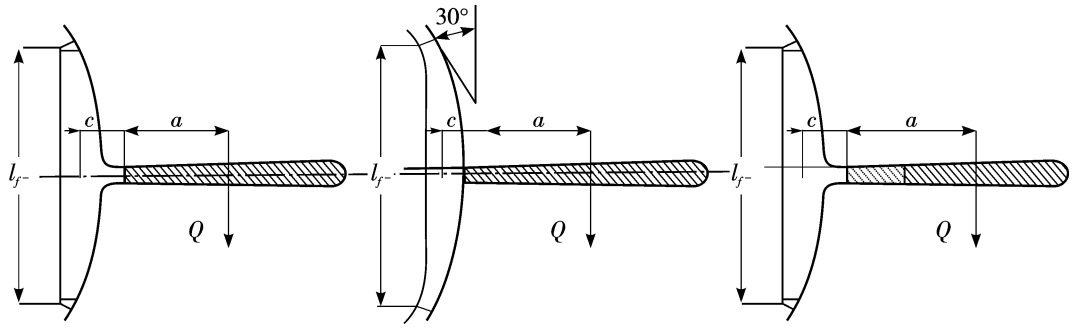


图 6.1.7.2(1)

（2）压载龙骨的强度应满足下式：

$$\frac{M_K}{W_a} \leqslant \sigma_{dk} \quad \text{N/mm}^2$$

式中：M_K——按本条 (1)计算的压载龙骨设计弯矩，N•m；

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。

6.1.7.3　压载龙骨与船底结构的连接强度应符合下列规定：

（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：

$$M_f = 6.75Q(a+c) \quad \text{N•m}$$

式中：Q 和 a ——同本节 6.1.7.2(1)；

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 6.1.7.2(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，N•m，见本条（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 σ_{df} ＝0.9 $R_{P0.2}$，其中 $R_{P0.2}$ 系铝合金母材的屈服强度。

（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 ：

$$Q_f = \frac{M_f}{n_f \ell_F} \qquad \text{N}$$

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，N•m，见本条（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 6.1.7.2(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，该处可视作为该肋骨的跨距点，见图 6.1.7.2(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 6.1.7.3 (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：

$$d = 121\sqrt{\frac{Qab_{\max}}{R_{eH}\sum b_i^2}} \qquad \text{mm}$$

式中：Q、a——见本节 6.1.7.2(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 6.1.7.3 (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/mm^2，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_{eH}＝235N/mm^2，则连接螺栓的螺纹根部直径不应小于 12mm。

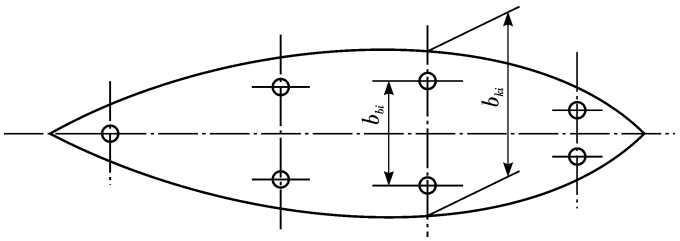


图 6.1.7.3（5）

（6）船底压载龙骨根部轮廓线之外 0.2 倍的最大吃水 d_{max} 范围内的船底板应适当加厚，d_{max} 见本节 6.1.2.1(2)的定义。该范围内的船底板板厚仍可按本节 6.1.4.2(3)或 6.1.4.3(2)确定，但板厚公式中的设计载荷应取本节 6.1.4.1 给出的船底设计压力 P_b 的 1.8 倍。

6.1.8 桅索拉板

6.1.8.1 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 6.1.8.1 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本节 6.1.8.2 要求外，桅索拉板还应牢靠地固定在船体结构上。

6.1.8.2　桅索拉板的尺寸按下列规定确定：

（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。

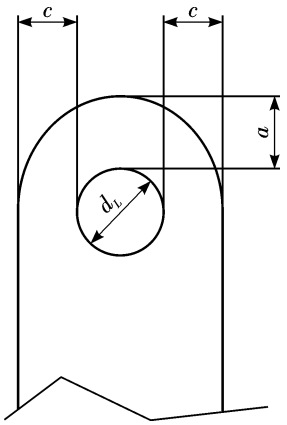


图 6.1.8.1

（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 6.1.8.1）应不小于按下式计算所得值：

$$a = \frac{F_S}{2tR_{eH}} + \frac{2}{3}d_L \qquad \text{mm}$$

$$c = \frac{F_S}{2tR_{eH}} + \frac{1}{3}d_L \qquad \text{mm}$$

式中：F_S——桅索拉板上的设计载荷，N，按本条(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。

6.1.9 桅杆

6.1.9.1 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，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。

6.1.9.2 桅杆与船体结构的连接强度应符合下列规定：

（1）由横舱壁支撑桅杆的形式，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：

$$t_b = 1.3\sqrt[3]{\frac{K_{SU} b_m M_{HD}}{b_C E}} \qquad \text{mm}$$

式中：K_{SU}——安全系数，按以下取值：

K_{SU} ＝5.92，对于单体帆船；

K_{SU} ＝5.44，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 6.1.9.2(1)；

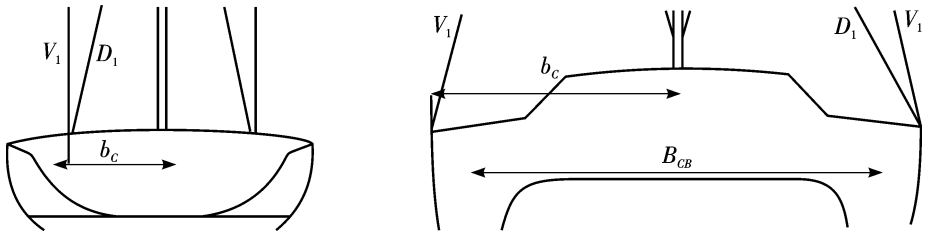


图 6.1.9.2(1)

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，N•m ,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，N•m ，可由船的横稳性曲线查得；

对于双体帆船，M_{HD} 按下式计算：

$$M_{HD} = 3.75 K_{VS} B_{CB} \Delta \qquad \text{N•m}$$

其中：K_{VS}——系数，按以下取值：

如 $\Delta \geqslant 4.3L^3$，取 K_{VS}＝1.0；

如 $\Delta < 4.3L^3$，取 $K_{VS} = \dfrac{2.65L^2}{\sqrt[3]{\Delta^2}}$，但不大于 2；

Δ——满载排水量，t；

B_{CB}——两片体浮心的横向间距，m ，见本节 6.1.2.1(1)。

（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：

$$A=\frac{K_{SU}\left[1+K_P\left(\ell/r\right)^2\right]M_{HD}}{90b_C\sigma_S} \qquad \text{cm}^2$$

式中：K_{SU}——安全系数，见本条(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，N•m，按本条(1)同样方法取值；

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，见本条(1)；

σ_S ——金属支柱焊后屈服强度，N/mm^2。

（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。

第 2 节　空气动力船

6.2.1　一般要求

6.2.1.1　本节规定适用于船长小于等于 10m、以铝合金为船体结构材料的空气动力船。

6.2.1.2　本节不适用于载运乘客的船舶。

6.2.1.3　除本节另有明确规定者外，舾装、轮机、电气设备应符合本规范第 3 章、第 4 章、第 5 章的相应规定。

6.2.2　定义

6.2.2.1　除另有规定者外，本节的名词定义如下：

（1）空气螺旋桨——系指利用桨叶叶片旋转，加速空气来流速度，引起动量变化而产生推力的推进器。

（2）空气舵——系指利用高速的空气流在舵叶上产生的横向作用力来保持或改变船舶航行方向的装置。

6.2.3　船体结构

6.2.3.1　空气动力船的材料、建造工艺、焊接及焊缝设计应符合 CCS《材料与焊接规范》和《内河高速船建造规范》的相应规定。

6.2.3.2 除本节另有规定者外，空气动力船的船体结构应符合 CCS《内河高速船建造规范》的相应规定，其中水密舱壁和浮力体的设置尚应符合主管机关的相应规定。

6.2.3.3 空气动力船的结构设计载荷按滑行艇确定，其中航速取最大航速。

6.2.3.4 航行于冰区的空气动力船，其船体结构应参照 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章的相应规定进行加强。

6.2.3.5 航行于浅滩水域的空气动力船，应安装船底耐磨板，并在船首进行结构横向强度加强。

6.2.3.6 空气动力船安装船底耐磨板时，耐磨板应满足表 6.2.3.6 的要求。

表6.2.3.6

项目	技术指标
吸水率（23℃,24h）	≤0.01%
热变形温度（0.45MPa）	≥85℃
体积磨损	≤1cm^3
摩擦系数	≤0.15

6.2.4 轮机设备

6.2.4.1 发动机应牢固安装，并设置防护罩，避免人员接触其发热和转动的部件。

6.2.4.2 每台发动机应设置独立的排气系统，如多台发动机排气管通向共同的排气通道时，每个排气管内应装设烟气隔离装置。

6.2.4.3 发动机水循环冷却应采用带散热器的强制风冷系统。

6.2.4.4 空气螺旋桨的设计、制造及安装应能确保其具有满意的工作性能和可靠度，空气螺旋桨的桨叶、轴系和导管应具有足够的强度和刚度，螺旋桨和导管支座应可靠固定在船体上，以避免桨叶叶缘与导管体的碰击。

6.2.4.5 空气螺旋桨的材料应经 CCS 同意，桨叶应有一定的防蚀措施。

6.2.4.6 空气螺旋桨进风口处应采取有效的防护措施，如装设防护网、格栅等，使其对人员和船舶安全的危险降至最低限度。

6.2.4.7 空气舵的设计、制造及安装应能确保其具有满意的工作性能和可靠度。空气舵的舵杆、舵叶及其连接结构应具有足够的强度和刚度，承受舵力的船体构件应适当加强。

6.2.4.8 空气动力船的方向控制系统应符合 CCS《内河高速船建造规范》第 6 章第 8 节的有关规定。

6.2.4.9 当空气动力船推进装置不具备后退能力时，应确保在所有正常情况下都能适当地控制船舶。

6.2.5 振动与噪声

6.2.5.1 应保证在工作转速范围内不会产生有害的船体振动。在空气螺旋桨的工作转速范围内

不应出现有害振动的叶片次共振转速。

6.2.5.2 船上人员在配戴耳机后的噪声应小于等于 70dB (A)。

第 3 节 全垫升气囊浮体气垫船

6.3.1 一般要求

6.3.1.1 本节规定适用于内河水域航行，以及冰面、滩涂、沼泽等区域行驶的以铝合金和纤维增强塑料为刚性船体的下列船舶：

（1）船长小于 20m 的侧壁气囊气垫船；

（2）总长小于 8m 的围壁气囊气垫船。

6.3.1.2 除本节另有规定者外，轮机、电气设备应符合本规范第 4 章、第 5 章的相应规定。

6.3.2 定义

6.3.2.1 除另有规定者外，本节的名词定义如下：

（1）侧壁气囊气垫船——两舷具有柔性气囊侧壁，船体全部质量在静止时由柔性气囊的浮力支承，航行时由气垫支承，使用空气螺旋桨推进，具有两栖性能的气垫船。

（2）围壁气囊气垫船——周边具有柔性气囊结构，船体全部质量在静止时由刚性结构和柔性气囊的浮力支承，航行时由气垫支承，使用空气螺旋桨推进，具有两栖性能的气垫船。

（3）气囊——气垫船静止时提供浮力，垫升航行时用以封闭气垫的可充气的柔性囊体。

（4）气道甲板——全垫升气囊浮体气垫船封盖气道的甲板。

（5）船长 L(m)——刚性船体的总长，不包括气道甲板、护舷材、碰垫等不影响船体结构完整性的突出结构物。

（6）总长 L_{oa}(m)——从船舶的最前端至最后端船体结构的水平距离。该长度包括柔性气囊，不包括艏艉两端不影响船舶结构完整性的可拆卸部件，如橡胶护舷及碰垫等活动突出物。

（7）总宽 B_{oa}(m)——在船舶的最宽处，由一舷外缘至另一舷外缘船体结构的水平距离。该宽度包括柔性气囊，不包括不影响船舶结构完整性的可拆卸部件，如橡胶护舷及碰垫等活动突出物。

（8）最小运行状态——空船状态加上下列各项：

① 驾驶位置 1 位驾驶员的质量，75kg；

② 船上通常携带的非消耗品和设备。

（9）垫升装置——直接提高空气压力并主要是为船舶提供垫升力的机器设备。

6.3.2.2 本节未作规定的名词术语，均按《气垫船术语》(GB/T13146/91)和《全垫升气囊浮体气垫船》（JT/T 1283）的规定解释。

6.3.3 船体结构

6.3.3.1 刚性船体采用的铝合金和纤维增强塑料材料应符合 CCS《材料与焊接规范》的相应规定。

6.3.3.2 铝合金船体结构可采用焊接或铆接方式，焊接要求应符合 CCS《材料与焊接规范》的相应规定，铆接要求应符合 CCS《材料与焊接规范》和 CCS 接受的有关标准[①]。

6.3.3.3 刚性船体结构应符合 CCS《内河高速船建造规范》第 2 章的相应规定。

6.3.3.4 对于围壁气囊气垫船的刚性船体结构，CCS 接受采用其他标准（如 ISO12215[②]），构件尺寸可根据实船抛落试验来验证[③]。

6.3.3.5 气囊应能承受 3 倍工作压力。气囊的强度与密性，以及气囊和其他构成气室的柔性结构的材料，应满足 CCS 接受的相关标准[④]的要求。

6.3.4 轮机与电气设备

6.3.4.1 船上所设起动装置，在不补充能源的情况下，应能对驱动推进装置、垫升装置的发动机从冷机连续起动大于等于 6 次；对辅机的连续起动次数大于等于 3 次。

6.3.4.2 推进装置和垫升装置应具有足够强度和刚度，可以是分立的，也可以合并为单一的推进和垫升装置。

6.3.4.3 空气螺旋桨的材料应经 CCS 认可，桨叶应有一定的防蚀措施。

6.3.4.4 空气螺旋桨的设计、制造及安装应能确保其具有满意的工作性能，并有足够的强度，例如采用 CCS 接受的有关标准[⑤]验证其静强度。

6.3.4.5 空气螺旋桨的导管应有足够的刚性，螺旋桨和导管支座应可靠固定在船体上，避免桨叶叶缘与导管体的碰击。

6.3.4.6 空气螺旋桨应装设安全防护设施，防止伤及人员和吸入杂物。

6.3.4.7 空气螺旋桨和机器的安装处所入口应设置隔离设施和警示标志，防止人员随意进入。高速旋转的机器设备应设置防护罩等防护设施，使其对人员和船舶安全的危险降至最低限度。

6.3.4.8 空气舵应具有足够的强度，在正常工况及航速下，应能使船舶首向、航向和纵向（如适用时）姿态得到有效控制。转舵角度一般应不超过±45°。

6.3.4.9 空气舵的舵叶和舵轴应有足够的强度。可采用直接计算方法进行强度校核，其载荷可依据 CCS 接受的有关标准、空气动力学原理或试验来确定，材料许用应力的安全系数应不小于 3。

6.3.4.10 空气舵采用人力机械操舵或人力液压操舵时，在船舶在正常最大营运航速下，操舵手

---

① 参见 JT/T 1283.1《全垫升气囊浮体气垫船第 1 部分：侧壁气囊气垫船》附录 A。

② 参见 ISO 12215《小艇艇体结构与构件尺寸》。

③ 参见 JT/T 1283.2《全垫升气囊浮体气垫船第 2 部分：围壁气囊气垫船》6.2.7。

④ 参见 JT/T 1283.3《全垫升气囊浮体气垫船第 3 部分：气垫船气囊》。

⑤ HB7809-2006《飞机螺旋桨通用技术要求》

轮的操作力应不超过 98N。如采用动力操舵时，操舵装置尚应满足下列要求：

（1）应具有 2 台操舵能力相同的动力设备，且任意一台不工作时操舵装置仍能正常地工作，当一台发生故障时能在不大于 5s 时间内切换至另一台使用；

（2）传动链中的任何故障应不会危及到船舶的安全。

6.3.4.11 垫升风扇应具有满意的工作性能，风扇叶轮应有足够的强度，例如采用 CCS 接受的有关标准[①]进行验证。

6.3.4.12 操纵控制系统的设计，应考虑到船舶在正常最大营运航速下停船和应急停船的可能性。当推进装置不具备后退能力时，应确保在所有正常情况下都能适当地控制船舶。

6.3.4.13 电缆可选用质量较轻的航空用尼龙护套线，航空用尼龙护套线应满足 CCS 接受的有关标准[②]的要求。

6.3.4.14 应采取措施防止船舶在航行和停泊中因受闪电、静电而引起灾难性后果。

6.3.5 振动与噪声

6.3.5.1 应保证在运行时不会产生有害的船体振动。空气螺旋桨、垫升风扇的工作转速范围内，不应出现有害振动的叶片次共振转速。

6.3.5.2 推进与垫升轴系的扭转振动特性和回旋振动特性应符合 CCS《内河高速船建造规范》的相应规定，其中推进轴系的回旋振动可参照垫升轴系的模型进行计算校核。

6.3.5.3 客舱应尽可能减少噪声，一般不应超过 80dB(A)。

① JB/T 6445-2005《工业通风机叶轮超速试验》

② GJB 77《航空用聚氯乙烯绝缘尼龙护套电线电缆》

第 7 章　纤维增强塑料船船体结构

第 1 节　一般规定

7.1.1　一般要求

7.1.1.1　本章适用于用不饱和聚酯树脂、环氧树脂、玻璃纤维或高强纤维（如芳纶纤维、碳纤维等）为主要构造材料，以手糊成型（或辅以喷射成型）工艺、树脂导入成型工艺建造的纤维增强塑料民用船舶，且船舶的主尺度比值应 $L/D \leqslant 18$，$B/D \leqslant 4$。

7.1.1.2　除另有规定者外，本章不适用于高速船、液化气体船舶、化学品船舶、油船和载运包装危险货物船舶。

7.1.1.3　建造纤维增强塑料船所采用的原材料、铺敷成型工艺及检验与试验应符合 CCS《材料与焊接规范》的相应规定。

7.1.1.4　航行于急流航段船舶的船体结构应不小于 B 级航区船舶的规定。

7.1.2　计算载荷

7.1.2.1　船底和舷侧结构的计算载荷相当水柱高度 h 值按下述规定确定：

$$h = d + r \quad \text{m}$$

式中：d——设计吃水，m；

r——半波高，m，按第 2 章 2.1.5.1 的规定。

当计算 h 值大于船舶的型深 D 时，取 $h=D$。

7.1.2.2　甲板结构的计算载荷相当水柱高度 h 值按表 7.1.2.2 的规定确定：

表7.1.2.2

甲板位置	相当水柱高度
强力甲板	A 级航区：h = 0.725m； B 级航区：h = 0.6m； C 级航区：h = 0.5m；
载货甲板	$h = 1.2\dfrac{Q}{F} + 0.3$ m 式中：Q——载货甲板货物总重量，t； F——载货甲板载货区域总面积，m^2。 当 h<0.725m 时，取 h = 0.725m
旅客甲板	h = 0.45m
船员甲板	h = 0.35m
顶篷甲板	h = 0.2m

7.1.3 铺层

7.1.3.1 铺层设计层板的力学性能指标应不低于 CCS《材料与焊接规范》第 2 篇第 3 章的要求。

7.1.3.2 本章规定的船体构件尺寸均以玻璃纤维无捻粗纱正交布铺糊成型的标准铺层设计层板的力学性能为基准，力学性能指标见表 7.1.3.2，且两个主方向的弹性模量的误差小于等于 20%。

表7.1.3.2

拉伸强度 σ_t （N/mm^2）	拉伸模量 E_t （N/mm^2）	弯曲强度 σ_b （N/mm^2）	弯曲模量 E_b （N/mm^2）	压缩强度 σ_p （N/mm^2）	压缩模量 E_p （N/mm^2）
180	11000	180	11000	119	11000

7.1.3.3 对于单层板结构，若层板的强度与标准铺层设计层板的强度不一致时，则本章所规定的船体构件尺寸可乘以下列规定的系数 K_t 和系数 K_w 进行修正：

（1）层板厚度的修正系数：$K_t=\sqrt{180/\sigma_b}$；

（2）构件剖面模数的修正系数：$K_w=180/\sigma_t$。

式中：σ_b ——单层板的弯曲强度，N/mm^2；

σ_t ——单层板的拉伸强度，N/mm^2；

当 K_t 小于 0.5 时，取 K_t 等于 0.5；当 K_w 小于 0.7 时，取 K_w 等于 0.7。

7.1.3.4 对于夹层板结构，若其面板的强度与标准铺层设计层板的强度不一致时，则本章所规定的夹层板面板的厚度和夹层结构梁的剖面模数可乘以下列规定的系数 K 进行修正：

$$K=180/\sigma_t$$

式中：σ_t ——夹层结构面板的拉伸强度，N/mm^2；

当系数 K 小于 0.5 时，取 K 等于 0.5。

7.1.3.5 当单层板结构船体梁的上下翼板（或夹层板结构船体梁的上下翼板的面板）的强度与标准铺层设计层板的强度不一致时，则本章所规定的船体梁剖面模数 W_o 可乘以下列规定的系数 K_o 进行修正：

$$K_o=119/\sigma_p$$

式中：σ_p ——单层板或夹层板面板的压缩强度，N/mm^2；

当系数 K_o 小于 0.7 时，取 K_o 等于 0.7。

7.1.3.6 对于弯曲强度 σ_b 和/或拉伸强度 σ_t 大于 400MPa 的层板，除按本节 7.1.3.3、7.1.3.4 和 7.1.3.5 进行修正外，还应对以该层板构成的船体构件的刚度进行校核，或自行计算出层板的最小厚度。

7.1.3.7 每层以玻璃纤维及其制品增强的层板厚度 t 可按下式计算：

$$t=\frac{W_G}{10\gamma_R G}+\frac{W_G}{1000\gamma_G}-\frac{W_G}{1000\gamma_R} \quad \text{mm}$$

式中：W_G——单位面积玻璃毡或玻璃布的设计重量，g/m^2；

G——层板的玻璃纤维含量（重量比），%；

γ_R——经固化后的树脂密度，g/cm^3；

γ_G——玻璃毡或玻璃布的密度，g/cm^3。

7.1.3.8 船体外板、甲板的外表面应涂敷胶衣树脂进行防护。胶衣应具有良好的耐候性、耐水性及韧性，涂层要密致均匀。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。

第 2 节 结构设计原则

7.2.1 夹层结构

7.2.1.1 夹层板是由两层较薄的层板和中间一层较厚的芯材构成的合成板。

7.2.1.2 夹层板的较薄面板与较厚面板的厚度之比应大于等于 0.5。

7.2.1.3 夹层结构的芯材一般不参与结构的强度计算。

7.2.2 骨材间距

7.2.2.1 单层板结构的肋骨、纵骨及扶强材的间距 s 应小于等于 500mm。

7.2.2.2 当船体外板、甲板、舱壁、围壁采用夹层结构板时，外板、甲板、舱壁、围壁上可仅设置强横梁、甲板纵桁、实肋板、底龙骨（纵桁）、强肋骨、舷侧纵桁等强骨材。纵横骨材所划分的夹层板板格边长的最大边长应小于等于 3.6m。

7.2.3 带板的有效宽度

7.2.3.1 本章中各构件剖面模数和惯性矩的要求值，除有特殊规定者外均为连带板的最小要求值。

7.2.3.2 单层板带板的有效宽度 b_e 取下列计算所得之值的小者：

$$b_e = s \qquad \text{mm}$$

$$b_e = 23t + b_s \qquad \text{mm}$$

式中：s——骨材间距，mm；

t——带板厚度，mm；

b_s——骨材底脚宽度，mm，见图 7.2.3.2。

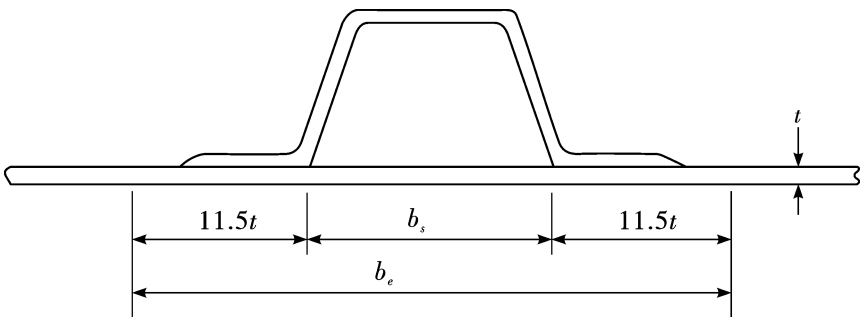


图 7.2.3.2

7.2.3.3 夹层板带板的有效宽度 b_e 应符合下述规定：

（1）如芯材为泡沫塑料、轻木等无效芯材时，带板的有效宽度b_e 应小于等于下式计算所得之值：

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

（2）如芯材为胶合板等有效芯材时，带板的有效宽度b_e应小于等于下式计算所得之值：

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

式中：d——带板的两面板厚度中心线的距离，mm。

7.2.4 构件剖面几何尺寸

7.2.4.1 本章规定的构件剖面的几何形式，一般采用帽型剖面形式。

7.2.4.2 帽型剖面构件的腹板高度 h 与厚度 t 之比值以及面板宽度 b 与厚度 t_1 之比值应符合下列规定：

$$h/t \leqslant 30$$

$$b/t_1 \leqslant 20$$

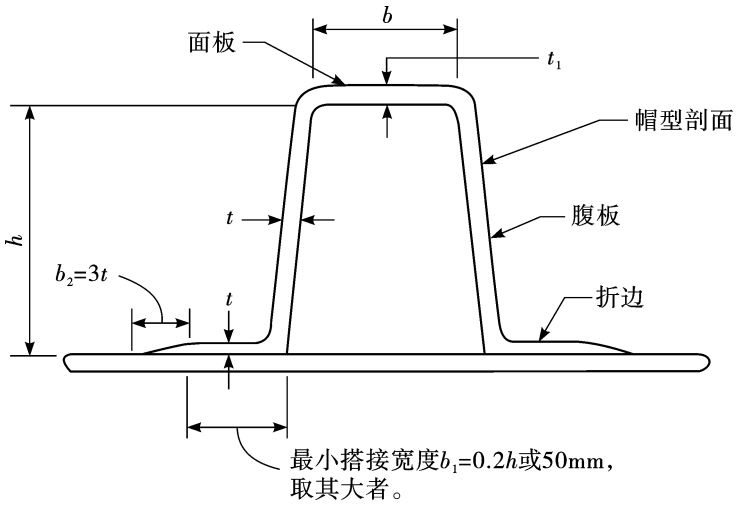


图 7.2.4.2

7.2.4.3 T 型剖面构件的腹板高度 h 与厚度 t 之比值以及面板宽度 b 与厚度 t_1 之比值应符合下列规定：

$$h/t \leqslant 20$$

$$b/t_1 \leqslant 10$$

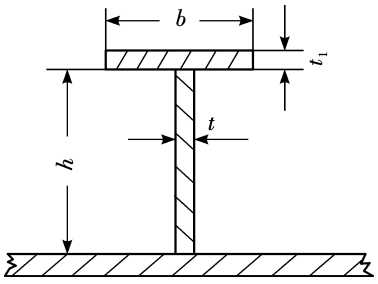


图 7.2.4.3

7.2.4.4 其他剖面形式构件的几何尺寸之比应另行考虑。

7.2.5 开孔

7.2.5.1 船中部 0.4L 区域及舱口角隅区域应尽量避免开孔。如必须开孔，则开孔的形状应特殊设计以减小应力集中程度。

7.2.5.2 应尽量减少在板和构件上开孔。当开孔直径大于 150mm 时，单层板应在距孔缘周边不小于开孔半径的区域内至少加厚 50％予以补强，夹层板应预埋具有一定机械强度的套管予以补强。

7.2.5.3 主要骨材腹板上的开孔的高度应不大于骨材腹板高度的 0.4 倍，开孔的长度应不大于开孔高度的 3 倍，开孔边缘距骨材顶板的距离应不小于骨材腹板高度的 0.25 倍，否则应对开孔进行补强，且开孔处的剖面模数应不小于要求值。开孔的边缘应平滑，角隅应设圆弧。孔缘与孔缘之间的距离应尽可能远离，且不小于开孔高度的 2 倍。

7.2.5.4 主要骨材腹板上的开孔边缘距骨材支撑点的距离应不小于腹板高度的 1.5 倍。主要骨材腹板在支柱和肘板趾端处不应开孔，否则应在开孔两端处设置垂向加强筋加强。

7.2.5.5 单层板的所有开口的边缘应采用树脂封闭；夹层板的开孔边缘应用浸透树脂的毡封闭。

第 3 节 总纵强度

7.3.1 一般要求

7.3.1.1 对船长 L≥15m 且 L/D≥12 的船舶，以及船中部 0.4L 区域内甲板开口宽度大于 1/2 船宽的船舶，应校核船舶中剖面模数和惯性矩。

7.3.2 中剖面模数

7.3.2.1 计算总纵强度时，通常取船长 L 一半处的船舶中横剖面作为校核剖面。对干舷甲板边线（甲板船）或舷侧顶板线（舱口船）和平板龙骨处的船舶中剖面模数 W_0 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W_0 = aKK_cL^2B \qquad \text{cm}^3$$

式中：L——船长，m；

B——船宽，m；

a——系数，A级航区，a = 1.0，B级航区，a = 0.85，C级航区，a = 0.75；

K——系数，$K = 9 + 0.63L - 0.0028L^2$；

K_c——系数，$K_c = 1.36 - 0.6C_b$。

其中：C_b——方形系数，当C_b< 0.6，取C_b = 0.6；当C_b>0.85，取C_b = 0.85。

7.3.3 中剖面惯性矩

7.3.3.1 中剖面对其中和轴的惯性矩 I 应大于等于按下式计算所得之值：

$$I = 4.0K_E W_0 L \qquad \text{cm}^4$$

式中：L——船长，m；

W_0——本节 7.3.2.1 规定的中剖面模数，cm^3；

K_E——层板拉伸模量系数，取 $K_E = \dfrac{11000}{E_t}$；

其中：E_t——层板的拉伸模量，MPa。

7.3.4 剖面模数计算

7.3.4.1 将中剖面对其中和轴的惯性矩分别除以从中和轴到中剖面舷侧处的强力甲板边线和到基线的垂直距离，就得出对甲板和船底的中剖面模数。

7.3.4.2 强力甲板及其以下所有在船中部 0.4L 区域内连续的纵向构件，均可计入船体中剖面模数。舷顶列板在强力甲板以上的延伸部分可计入中剖面模数。对于甲板以上的舱口围板，在船中部 0.4L 区域内保持连续时，可计入其 80%的剖面积，但在计算对甲板边线和平板龙骨处的剖面模数 W_0 时，应较 7.3.2.1 中要求的中剖面模数增大 5%。

7.3.4.3 在纵桁腹板上，垂向尺寸大于腹板高度 15%的开口，计算时应扣除开口的剖面积。

7.3.4.4 在船中部 0.4L 区域内舱口边线以外的甲板开口所占剖面积一般应予扣除。

第 4 节 外 板

7.4.1 船中部外板

7.4.1.1 单层板结构的外板应符合下列规定：

（1）平板龙骨的宽度或帽型龙骨的围长不应小于0.1B，其厚度均大于等于船底板厚度的1.5倍，且在整个船长内保持不变；

（2）船底为横骨架式时，船中0.4L区域内单层板结构的船底板的厚度t应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 13s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中：s——肋骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

（3）船底为纵骨架式时，船中0.4L区域内单层板结构的船底板的厚度t应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 12.5s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中：s——纵骨距离，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

（4）舷侧为横骨架式时，舷侧板的厚度*t*应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 11.8s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——肋骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

（5）舷侧为纵骨架式时，舷侧板的厚度*t*应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 11.4s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——纵骨距离，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

7.4.1.2 夹层结构外板应符合下列规定：

（1）当外板的芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，其总厚度*t*应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 12.65k\left(1+\frac{1}{\gamma}\right)\frac{hs}{\tau_c} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 6≤*γ*≤14；

τ_c——芯材的抗剪强度，N/mm^2；

k——系数，$k = 1.1578 - 0.4928\dfrac{s}{a}$，其中：*a*——夹层板板格的长边长度，m；当板格的短边与长边之比 *s*/*a* 小于 0.375 时，取 *k*=0.973。

（2）当外板的芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，其面板的厚度t_f应大于等于按下式计算所得之值：

$$t_f = 13.48s\sqrt{\frac{kk_1h}{\gamma}} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 6≤*γ*≤14；

k——系数，$k = 0.158 - 0.11\left(\dfrac{s}{a}\right)$，当 $s/a < 0.3$ 时，取 *k* = 0.125；

k_1——系数，$k_1 = 0.6697 - 0.2222\left(\dfrac{s}{a}\right) + 1.44\left(\dfrac{s}{a}\right)^2 - 0.8275\left(\dfrac{s}{a}\right)^3$；

其中：*a*——板格的长边长度，m。

非外露面板的厚度可按上式计算所得之值减少 0.5mm。任何情况下外露面板的厚度不得小于 1.8mm，非外露面板的厚度不得小于 1.2mm。

（3）外板板格中心的最大挠度应不大于板格短边长度的0.02倍。当外板的芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，其板格中心的最大挠度V按下式计算：

$$V=\frac{9.81hs^4}{D}\left(k+\rho k_1\right)\times 10^6 \qquad \text{mm}$$

式中：h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

s——板格的短边长度，m；

k——系数，$k=2.6283-0.2529\left(\frac{s}{a}\right)+1.02\left(\frac{s}{a}\right)^2-2.0845\left(\frac{s}{a}\right)^3$；

k_1——系数，$k_1=12.494+0.0713\left(\frac{s}{a}\right)-2.4395\left(\frac{s}{a}\right)^2-2.6505\left(\frac{s}{a}\right)^3$；

其中：a——板格的长边长度，m；

D——夹层板板条梁单位弯曲刚度，$D=\frac{E_f t_f d^2}{2\left(1-\upsilon_f^2\right)}$；

ρ——系数，$\rho=\frac{\pi^2 D}{10^6 G_c d s^2}$；

其中：E_f——面板拉伸弹性模量，N/mm^2；

G_c——芯材的剪切弹性模量，N/mm^2；

ν_f——面板的泊松比；

d——上、下面板中心线间的距离，mm；

t_f——上、下面板的平均厚度，mm。

7.4.2 首尾部的外板

7.4.2.1 单层板结构的首尾部分船底板厚度应与船中部 0.4L 区域内的船底板厚度相同。

7.4.2.2 单层板结构的舷侧板可在船中部 0.4L 区域以外向首尾两端逐渐减薄，在船端处舷侧板的厚度可为船中部分船侧板厚度的 0.85 倍。

7.4.2.3 夹层结构的首尾部分外板厚度应与船中部的外板厚度相同。

7.4.3 外板的局部加强

7.4.3.1 对于尾轴管出口处的外板及推进器顶部的外板应适当加厚。

7.4.3.2 锚链管处的四周外板应适当加厚。

7.4.3.3 船中 0.5L 区域内应尽量避免在外板上开口，如要开口时，则应开成长轴沿船长方向布置的椭圆形开口。如在这区域内的外板上有矩形开口时，开口角隅应为圆角，还须增大板厚，予以补偿。对船中 0.5L 区域外的开口，可视具体情况予以部分补偿或不予补偿。

7.4.3.4 测深管下方的船底板应适当加厚，以防止因测深而引起的损坏。

7.4.4 尾封板的附加要求

7.4.4.1 尾封板及其扶强材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。

7.4.4.2 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。尾封板的总厚度应根据发动机的功率适当加厚。

第 5 节 甲 板

7.5.1 一般要求

7.5.1.1 单层板结构纵骨架式强力甲板的纵骨不应在同一横剖面上终止，其末端必须错开，并须延伸至横梁上。

7.5.2 单层板结构的甲板

7.5.2.1 强力甲板在船中部 0.4*L* 区域内的厚度 *t* 应大于等于按下列各式计算所得之值：

（1）横骨架式：

$$t = 16s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——横梁间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

（2）纵骨架式：

$$t = 15.5s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——纵骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

7.5.2.2 强力甲板在船中部 0.4*L* 区域以外的厚度可向船端部逐渐减薄，但其厚度应大于等于船中部甲板厚度的 0.85 倍。

7.5.2.3 其他各层甲板的厚度应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 14s\sqrt{h} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——横梁或纵骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

7.5.2.4 上层建筑各层甲板的厚度应大于等于 3.5mm；顶篷的厚度应大于等于 3mm。

7.5.3 夹层结构甲板

7.5.3.1 夹层结构甲板板应符合下列规定：

（1）当芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，夹层结构甲板的总厚度*t*应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 14.5k\left(1+\frac{1}{\gamma}\right)\frac{hs}{\tau_c} \qquad \text{mm}$$

式中：*s*——夹层板板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 6≤γ≤14；

τ_c——芯材的抗剪强度，N/mm^2；

k——系数，$k = 1.1578 - 0.4928\dfrac{s}{a}$；

其中：a——夹层板板格的长边长度，m；当板格的短边与长边之比 s/a 小于 0.375 时，取 k = 0.973。

（2）当芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，夹层结构甲板的面板厚度t_f，应大于等于按下式计算所得之值：

$$t_f = 15.5s\sqrt{\frac{kk_1h}{\gamma}} \qquad \text{mm}$$

式中：s——夹层板板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 6≤γ≤14；

k——系数，$k = 0.158 - 0.11\left(\dfrac{s}{a}\right)$，当 $s/a < 0.3$ 时，取 k = 0.125；

k_1——系数，$k_1 = 0.6697 - 0.2222\left(\dfrac{s}{a}\right) + 1.44\left(\dfrac{s}{a}\right)^2 - 0.8275\left(\dfrac{s}{a}\right)^3$；

其中：a——板格的长边长度，m。

非外露面板的厚度可按上式计算所得之值减少 0.5mm。任何情况下外露面板的厚度不得小于 1.5mm，非外露面板的厚度不得小于 1.0mm。

甲板板格中心的最大挠度应不大于板格短边长度的 0.02 倍。当甲板的芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，板格中心的最大挠度 V 按本章 7.4.1.2（3）计算。

7.5.4 甲板的局部加强

7.5.4.1 甲板上所有的货舱口和机舱口的开口角隅应为圆角，其角隅半径应符合本章 7.13.5 的规定。

7.5.4.2 当强力甲板上的机舱口、货舱口的角隅是抛物线或椭圆形时，应符合图 7.5.4.2 的规定。

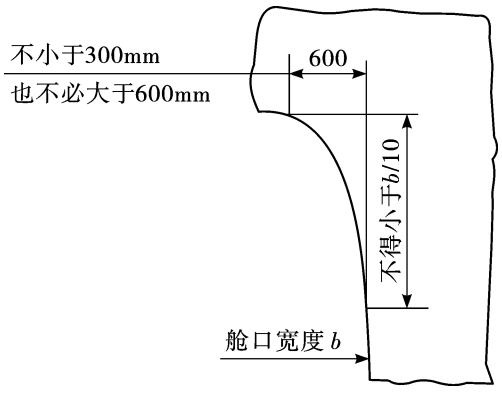


图 7.5.4.2

7.5.4.3 强力甲板舱口边线外的开口应尽量减少，且应避开舱口角隅，并作适当补强。

7.5.4.4 对甲板上容易磨损的部位应适当增加其厚度。

7.5.4.5 对装设甲板机械或装载重物的甲板部位应增加其厚度或予以适当加强。

第 6 节 船底骨架

7.6.1 一般要求

7.6.1.1 龙骨间距及龙骨至舭部折角线或舭部圆弧中点的间距应小于等于 2.5m。

7.6.1.2 横骨架式单底应在每个肋位上设置实肋板；纵骨架式单底实肋板的间距应小于等于 2.5m。

7.6.1.3 船体骨架纵向构件不允许突然中断。

7.6.1.4 中龙骨必须连续贯通，并应尽可能贯通至全船。

7.6.2 单层底结构

7.6.2.1 实肋板应符合下列规定：

（1）实肋板的剖面模数W应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 26.7kshl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——实肋板间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——肋板跨距，m，取实肋板面板与两舷侧交点之间的距离，但大于等于该处甲板宽的 0.8 倍；

k——系数，按表 7.6.2.1（1）确定。

表7.6.2.1（1）

型式 / k / l_c/B_c	横骨架式		纵骨架式	
	1根龙骨	3根龙骨	1根龙骨	3 根龙骨
≤0.5	0.25	0.15	0.20	0.05
0.75	0.50	0.35	0.25	0.10
1.0	0.90	0.65	0.45	0.25
1.25	1.10	0.90	0.65	0.45
1.5	1.20	1.05	0.90	0.70
1.75	1.20	1.10	1.00	0.90
≥2.0	1.20	1.10	1.15	1.05

注：当 l_c/B_c 为表列中间数值时，则 k 系数可用内插法求得。

表中：l_c——舱底板架长度，m，取两横舱壁（横舱壁的高度应大于等于 D/2）的间距。

B_c——舱底平面宽度，m，取舷侧与舷侧之间的距离取实肋板与舷侧外板交点之间的距离，但大于等于船宽的 0.85 倍。

（2）实肋板在纵中剖面的高度 H 应大于等于按下式计算所得之值：

$$H = 50l \quad \text{mm}$$

式中：l——实肋板跨距，m，取实肋板面板与两舷侧交点之间的距离。

（3）斜底船中部向船侧延伸的实肋板的腹板高度可逐渐减小，但离纵中剖面3/8船宽处的腹板高度应大于等于在纵中剖面处腹板高度的1/2。

7.6.2.2 中龙骨的腹板高度应大于等于该处实肋板高度，其剖面模数应大于等于该处实肋板剖面模数的 1.5 倍。

7.6.2.3 对于单机船的机舱及平底船，允许以机座纵桁或两道旁龙骨（左右各 1 道）代替中龙骨。中龙骨与旁龙骨不应同时在舱壁处突然中断，应各自在舱壁背面处延伸，其延伸长度应不少于 2 个肋位。

7.6.2.4 旁内龙骨的剖面模数应与该处实肋板的剖面模数相同。

7.6.2.5 船底纵骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 26.2shl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——纵骨跨距，m，取实肋板间距。

7.6.3 夹层板结构

7.6.3.1 船底板为夹层板结构时，实肋板应符合本节 7.6.2.1 的规定。

7.6.3.2 船底板为夹层板结构时，龙骨应符合本节 7.6.2.2、7.6.2.4 的规定。

第 7 节 甲板骨架

7.7.1 一般要求

7.7.1.1 强力甲板的横梁梁拱值，建议为船宽的 1/60，客船则为船宽的 1/100。遮蔽处所的甲板可适当降低梁拱。

7.7.2 甲板横梁

7.7.2.1 甲板为横骨架式时，应在每个肋位处设置横梁。

7.7.2.2 横梁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 21.8cshl^2 \quad \text{cm}^3$$

式中：s——横梁间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——横梁跨度，m，船侧与纵桁(纵舱壁)或纵桁与纵桁之间的距离，取大者；

c——系数：对液舱顶的横梁，c=1.3；对其他横梁，c=1.0。

7.7.3 甲板纵骨

7.7.3.1 强力甲板的纵骨不应终止于同一横剖面上，在末端要相互错开，并延伸至强横梁上。

7.7.3.2 甲板纵骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 24.5cshl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——纵骨跨距，m，强横梁之间或强横梁与舱壁之间的距离，取较大者；

c——系数：对液舱顶的纵骨，c=1.3；对其他纵骨，c=1.0。

7.7.4 甲板纵桁

7.7.4.1 甲板纵桁的间距一般小于等于 2.5m，并与龙骨应尽可能设置在同一平面内。

7.7.4.2 横骨架式甲板纵桁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 22.7cbhl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：b——甲板纵桁支承面积的平均宽度，m；

l——纵桁跨度，m，取支柱之间或支柱与舱壁之间距离的大者；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

c——系数：对液舱顶纵桁，c=1.3；对其他纵桁，c=1.0。

7.7.4.3 甲板纵桁受集中载荷时，其剖面模数 W 除应满足 7.7.4.2 要求之外，尚应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 0.28cc_1Pl \qquad \text{cm}^3$$

式中：P——集中载荷，kN；

c——系数：对液舱顶的甲板纵桁，c=1.3；对其他纵桁，C=1.0；

l——纵桁跨距，m，同本节7.7.4.2；

c_1——系数，按表 7.7.4.3 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。

表7.7.4.3

a/l	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60	0.50
c_1	4.15	8.10	10.84	12.80	14.06	14.70	14.4	12.5

注：当 a/l 为表列中间数值时，则 c_1 系数可用内插法求得。

7.7.4.4 纵骨架式甲板纵桁的剖面尺寸取与纵骨架式强横梁相同。

7.7.5 强横梁

7.7.5.1 甲板强横梁的间距一般小于等于 2.5m，并应与舷侧强肋骨设置在同一肋位上。

7.7.5.2 纵骨架式强横梁的剖面横数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 20.4cshl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——强横梁间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——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；

c——系数：对液舱顶的强横梁，c=1.3；对其他强横梁，c=1.0。

7.7.5.3 甲板强横梁受集中载荷时，其剖面模数 W 除应满足 7.7.5.2 要求之外，尚应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 0.25cc_1Pl \qquad \text{cm}^3$$

式中：P——集中载荷，kN；

c——系数：对液舱顶的甲板横梁，c =1.3；对其他强横梁，c =1.0；

l——强横梁跨距，m，同本节7.7.5.2；

c_1——系数，按表 7.7.5.3 选取。表中 a 为 P 的作用点至强横梁两支点间较远一点的距离，m。

表7.7.5.3

a/l	0.95	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.60	0.50
c_1	4.15	8.10	10.84	12.80	14.06	14.70	14.4	12.5

注：当 a/l 为表列中间数值时，则 c_1 系数可用内插法求得。

7.7.5.4 横骨架式强横梁的剖面尺寸取与横骨架式甲板纵桁相同。

7.7.6 舱口甲板纵桁及舱口端横梁

7.7.6.1 舱口甲板纵桁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 14k_1k_2k_3(ah + bh_1)l^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：k_1、k_2、k_3——系数，按表 7.7.6.1 确定；

l——舱口纵桁跨距，取舱口端横梁之间的距离，m；

a——舱口纵桁与舷侧间的距离，m；

b——舱口宽度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

h_1——舱口盖计算载荷相当水柱高度，m，按实际载荷计算，但大于等于 0.2m；无舱口盖时，取 h_1 = 0。

计算舱口纵桁剖面模数时，可将甲板上舱口围板剖面积的 60%计入。

表7.7.6.1

舱口支柱布置情况	系数 k_i		
	k_1	k_2	k_3
无支柱	$2.51-2\frac{l}{l_c}$	$1.91-1.58\frac{b}{B_c}$	$2-\frac{l_c}{B_c}$
舱口端横梁跨中设支柱	0.8	1.0	$2-\frac{l_c}{B_c}$
舱口四角设支柱	0.7	1.0	1.0

表中：l_c——舱长，m，取两横舱壁间的距离；

B_c——舱宽，m，取舱长中点处的甲板宽度；

当 $l / l_c > 0.8$ 时，取 $l / l_c = 0.8$；

当 $l_c / B_c < 0.5$ 时，取 $l_c / B_c = 0.5$；当 $l_c / B_c > 1.5$ 时，取 $l_c / B_c = 1.5$。

7.7.6.2 舱口端横梁的剖面尺寸取与舱口纵桁相同。

7.7.7 无支柱甲板骨架

7.7.7.1 当甲板板架下方未设置支柱时，甲板强横梁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值，且大于等于甲板纵桁的剖面模数：

$$W = 25kshl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——强横梁间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——强横梁跨距，m，取甲板宽度；

k——系数，按表 7.7.7.1 选取。

表7.7.7.1

型式 / k / l_c/B_c	1 道甲板纵桁				3 道甲板纵桁			
	n=1	n =3	n =5	$n\geqslant 7$	n =1	n =3	n =5	$n\geqslant 7$
0.5	0.154	0.162	0.184	0.213	0.052	0.089	0.120	0.148
0.75	0.172	0.250	0.317	0.369	0.107	0.188	0.247	0.294
1.0	0.231	0.374	0.448	0.498	0.178	0.300	0.374	0.424
1.25	0.298	0.473	0.537	0.567	0.250	0.400	0.469	0.509
1.5	0.354	0.540	0.579	0.591	0.314	0.474	0.530	0.556
1.75	0.400	0.575	0.592	0.593	0.364	0.524	0.563	0.576
2.0	0.431	0.591	0.591	0.584	0.402	0.554	0.577	0.580

注：当 l_c/B_c 为表列中间数值时，则 k 系数可用内插法求得。

表中：n——强横梁数量；

l_c——板架长度，m，取两横舱壁间距；

B_c——板架宽度，取两横舱壁间距中点的甲板宽度。

7.7.7.2 当甲板板架下方未设置支柱时，甲板纵桁的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值，且大于等于甲板强横梁的剖面模数：

$$W = 27.8kbhl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：b——纵桁间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——纵桁跨距，m，取两横舱壁间距；

k——系数，按表 7.7.7.2 选取。

表7.7.7.2

型式 k / l_c/B_c	1 道甲板纵桁				3 道甲板纵桁			
	n=1	n =3	n =5	$n\geqslant 7$	n =1	n =3	n =5	$n\geqslant 7$
0.5	0.753	0.567	0.491	0.438	0.847	0.704	0.645	0.601
0.75	0.560	0.353	0.271	0.220	0.725	0.518	0.426	0.365
1.0	0.393	0.205	0.141	0.106	0.569	0.348	0.258	0.205
1.25	0.269	0.115	0.074	0.056	0.426	0.222	0.150	0.112
1.5	0.185	0.070	0.046	0.041	0.313	0.138	0.088	0.065
1.75	0.130	0.055	0.036	0.031	0.230	0.084	0.059	0.050
2.0	0.094	0.045	0.033	0.024	0.171	0.068	0.041	0.040

注：当 l_c/B_c 为表列中间数值时，则 k 系数可用内插法求得。

表中：n——强横梁数量；

l_c——板架长度，m，取两横舱壁间距；

B_c——板架宽度，取两横舱壁间距中点的甲板宽度。

7.7.8 夹层板结构

7.7.8.1 当甲板为夹层板结构时，甲板纵桁、甲板强横梁应符合本节 7.7.4、7.7.5、7.7.6 或 7.7.7 的规定。

第 8 节 舷侧骨架

7.8.1 一般要求

7.8.1.1 舷侧骨架可采用横骨架式或纵骨架式。横骨架式一般采用强肋骨与普通肋骨相间布置的交替肋骨制型式。强肋骨间距一般小于等于 2.5m。

7.8.1.2 当型深大于等于 2m 时，舷侧应设一道自首防撞舱壁到机舱后壁连续的，尺寸与强肋骨相同的舷侧纵桁。舷侧纵桁距肋骨下端的距离 a 应符合下式规定：

$$0.4l \leqslant a \leqslant 0.55l$$

式中：l——肋骨跨距，m。

7.8.2 肋骨

7.8.2.1 肋骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 12shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——肋骨间距，m；

l——肋骨跨距，m，在舷侧从船底板或内底板上表面至甲板间的垂直距离，对于船中 0.5L 区域的肋骨，l 应在船中处量取；对于距首端 0.25L 以前和距尾端 0.25L 以后的肋量，l 应分别在距首尾端 0.25L 处量取；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定。

7.8.2.2 当在肋骨跨距中部设有一道舷侧纵桁时，肋骨的剖面模数可减少至按本节 7.8.2.1 计算所得之值的 0.65 倍。

7.8.3 强肋骨

7.8.3.1 舷侧为纵骨架式时，应在实肋板处设置强肋骨，强肋骨间距小于等于 4 个肋距。

7.8.3.2 强肋骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 15shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——强肋骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

l——强肋骨跨距，m，单底取型深值，双底取型深减去双层底的高度。

7.8.3.3 舷侧纵骨的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = 22.2shl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——纵骨间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，自纵骨处量至干舷甲板边线的垂直距离；

l——纵骨跨距，m，取强肋骨间距。

7.8.4 首尾尖舱肋骨

7.8.4.1 首尾尖舱肋骨（或强肋骨）的剖面模数应较本节 7.8.2（或 7.8.3）的规定增大 15%。

第 9 节 舱 壁

7.9.1 一般要求

7.9.1.1 水密舱壁的设置和浮力体的设置应符合本规范第 2 章的相应规定。

7.9.1.2 深舱的预定用途及其溢流管的高度应在送审图纸上注明。深舱内的扶强材、肋骨和横梁等构件均不得贯穿深舱的周界。

7.9.1.3 深舱周界的内表面应铺设至少不低于 600g/m^2 重的短切毡，铺层表面涂上一层树脂或其他合适的涂层。

7.9.1.4 本节关于舱壁的规定均指横向舱壁。对纵向舱壁的要求与横向舱壁相同。

7.9.2 舱壁板

7.9.2.1 单层板结构舱壁板的厚度 t 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = ks\sqrt{h} \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——扶强材间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，自舱壁下缘量至舱壁顶缘或量至溢流管顶端的垂直距离；

k——系数，按表 7.9.2.1 选取。

表7.9.2.1

舱壁种类	防撞舱壁		干货舱壁（或结构舱壁）		深舱舱壁	
	水平扶强材	垂直扶强材	水平扶强材	垂直扶强材	水平扶强材	垂直扶强材
k	11.5	10.0	10.5	9.0	12.5	10.5

7.9.2.2 当舱壁为夹层板结构且芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，夹层板的总厚度 t 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 11.4kk_1\left(1+\frac{1}{\gamma}\right)\frac{hs}{\tau_c} \qquad \text{mm}$$

式中：s——夹层板板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，自舱壁下缘量至舱壁顶缘或量至溢流管顶端的垂直距离；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 $6 \leqslant \gamma \leqslant 14$；

τ_c——芯材的抗剪强度，N/mm^2；

k——系数，防撞舱壁取 $k = 1$、深舱舱壁取 $k = 1.1$、货舱舱壁取 $k = 0.9$；

k_1——系数，$k_1 = 1.1578 - 0.4928\dfrac{s}{a}$。

式中：a——夹层板板格的长边长度，m；当板格的短边与长边之比 s/a 小于 0.375 时，取 k =0.973。

7.9.2.3 当舱壁为夹层板结构且芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，夹层结构舱壁板的面板厚度 t_f 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t_f = 12.1k_0 s\sqrt{\frac{kk_1 h}{\gamma}} \qquad \text{mm}$$

式中：s——夹层板板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，自舱壁下缘量至舱壁顶缘或量至溢流管顶端的垂直距离；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 6≤γ≤14；

k_0——系数，防撞舱壁取 k_0 = 1、深舱舱壁取 k_0 = 1.1、货舱舱壁取 k_0 = 0.9；

k——系数，$k = 0.158 - 0.11\left(\frac{s}{a}\right)$，当 s/a<0.3 时，取 k = 0.125；

k_1——系数，$k_1 = 0.6697 - 0.2222\left(\frac{s}{a}\right) + 1.44\left(\frac{s}{a}\right)^2 - 0.8275\left(\frac{s}{a}\right)^3$；

其中：a——板格的长边长度，m。

在任何情况下，夹层板舱壁的面板厚度不得小于 1.2mm。

7.9.3 舱壁扶强材

7.9.3.1 单层板舱壁的扶强材可垂直布置也可水平布置，单层板结构舱壁的扶强材间距一般小于等于 500mm。夹层板舱壁应在甲板纵桁处设置垂直桁。

7.9.3.2 舱壁垂直扶强材的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值；

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

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m，包括肘板在内的扶强材长度；

h——计算载荷相当水柱高度，m，自舱壁下缘量至舱壁顶缘或量至溢流管顶端的垂直距离；

k——系数，按表 7.9.3.2（1）选取；

k_c——系数，按表 7.9.3.2（2）选取。

当扶强材跨距中部设有水平桁材时，扶强材的剖面模数可取上式计算值的 0.65 倍。

表7.9.3.2（1）

舱壁种类	防撞舱壁	干货舱壁	深舱舱壁
k	12.9	12.0	14.4

表7.9.3.2（2）

扶强材端部约束	两端有肘板	下端有肘板	两端无肘板
k_c	1	1.3	1.55

7.9.3.3 舱壁水平扶强材的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值

$$W = kshl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：s——扶强材间距，m；

l——扶强材跨距，m，取舱壁垂直桁间距；

h——计算载荷相当水柱高度，m，自扶强材跨距中点量至舱壁顶缘或溢流管顶端的垂直距离；

k——系数，按表 7.9.3.3 选取；

表7.9.3.3

舱壁种类	防撞舱壁	干货舱壁	深舱舱壁
k	23.4	21.8	26.2

7.9.4 桁材

7.9.4.1 垂直桁材剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

$$W = kbhl^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：b——由桁材所支承面积的宽度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，自舱壁下缘量到舱壁顶缘或量至溢流管顶端的垂直距离；

l——桁材的跨距，m，取桁材包括肘板在内的长度；

k——系数，按表 7.9.4.1 选取。

表7.9.4.1

舱壁种类	防撞舱壁	干货舱壁	深舱舱壁
k	14.6	13.1	16.2

7.9.4.2 水平桁材的尺寸取与垂直桁材的相同。

7.9.4.3 桁材的末端要用肘板连接。

7.9.5 通气孔和排水孔

7.9.5.1 在液舱内，所有非水密构件上均应开设通气孔和流水孔，以保证气体能自由流向通气管，液体能自由流向吸口。

第 10 节 支 柱

7.10.1 支柱的负荷

7.10.1.1 当仅在强力甲板（或干舷甲板）下方设置支柱时，支柱的计算负荷 P 按下式计算：

$$P = 9.81kabh \qquad \text{kN}$$

式中：a、b——支柱所支撑甲板（船底）面积的长度和宽度，m，如图 7.10.1.1 所示；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

k——系数，$k = 0.5\left(1+\dfrac{d_0}{h}\right)$；

其中：d_0——船底计算压头，m，空舱内的支柱取 d_0 等于满载吃水，货舱（含机舱）内的支柱取 d_0 为满载吃水的 0.6 倍；当 d_0 <1.0m 时，取 d_0 =1.0m。

7.10.1.2 当自船底向上连续设置二层及二层以上支柱时，各层甲板下支柱的计算负荷 P 按下式计算：

$$P = 9.81abh + c_1\left(0.95P^{'}\right) \quad \text{kN}$$

式中：a、b——支柱所支撑甲板面积的长度和宽度，m，如图 7.10.1.1 所示；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本章 7.1.2 确定；

$P^{'}$——上方支柱的负荷，kN；

c_1——系数，按下式计算所得：

$$c_1 = 2\frac{l_1^3}{l^3} - 3\frac{l_1^2}{l^2} + 1$$

其中：l_1——为上方支柱中心线至如图 7.10.1.2 所示的下方计算支柱中心线间的距离，m；

l——为下方计算支柱中心线至如图 7.10.1.2 所示的相邻支柱中心线（或舱壁）间的距离，m。

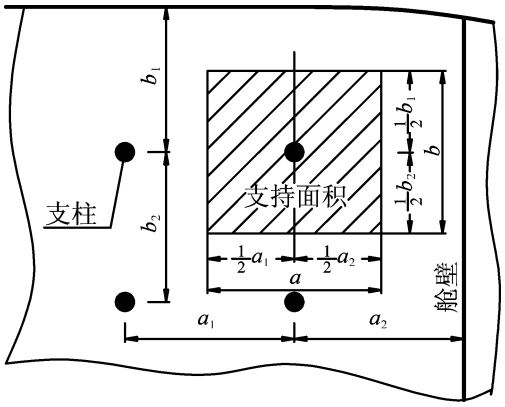


图 7.10.1.1

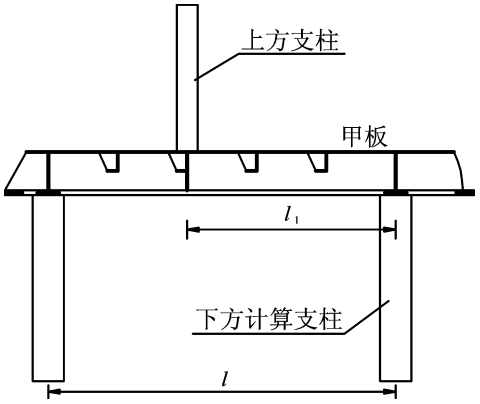


图 7.10.1.2

7.10.2 钢质支柱的剖面积及壁厚

7.10.2.1 钢质支柱的剖面积 A，应大于等于按下式计算所得之值：

$$A = kP \quad \text{cm}^2$$

式中：P——支柱负荷，kN，按本节 7.10.1.1 或 7.10.1.2 确定；

k——系数，$k = (12500 - 199\lambda + 2.4\lambda^2 - 0.00152\lambda^3) \times 10^{-5}$；

其中：λ——支柱的细长比，$\lambda = l/r$；

l——支柱长度，cm；

r——支柱剖面的最小惯性半径，cm。

7.10.2.2 管形钢质支柱、组合型材或轧制型材钢质支柱的壁 t，在任何情况下不得小于 4mm。

7.10.3 支柱上下端的结构加强

7.10.3.1 支柱上端和下端的结构应保证载荷的合理承受和传递。强力甲板以下支柱的上端和

下端应设置纵向和横向肘板。在支柱的上下端面应设置垫板。

7.10.3.2 支柱应设置在纵、横强构件的交叉点上，否则应在强构件的腹板上设置加强筋。支柱上下端处的强构件腹板上不应开孔。

7.10.3.3 当支柱设置于轴遂上或其他较薄弱的骨架上时，所在部位的结构应适当加强。

7.10.3.4 压载舱或其他液舱内支柱的端部结构，应具有一定的抗拉强度。油舱不得选用管形支柱。

第 11 节 主机基座与机舱骨架

7.11.1 主机基座

7.11.1.1 主机基座的结构应具有足够的强度和刚性。基座纵桁应在每个肋位处设置横隔板和横肘板，以确保有效支承。

7.11.1.2 为了增加基座纵桁抗压和抗弯刚度，纵桁的腹板结构可采用木材或铝合金型材作芯材。在这种情况下，木材和铝合金芯材应与表层纤维增强塑料以及船底板有效粘接。

7.11.1.3 对于电力推进船，推进电动机的基座应满足本节 7.11.1.1～7.11.1.2 的要求。

7.11.2 机舱骨架

7.11.2.1 应使机舱内的骨架保持结构的连续性，避免应力集中。

7.11.2.2 机舱船底为横骨架式时，应在每个肋位设置实肋板，船底为纵骨架式时，可每隔一个肋位设置实肋板。机舱实肋板的剖面模数应按本章 7.6.2.1 的规定值增加 10%，且实肋板与基座纵桁应有效连接。

7.11.2.3 机舱内的中龙骨（或中桁材）和旁内龙骨（或旁桁材）的剖面模数应较本章 7.6.2.2 和 7.6.2.4 的规定值再增加 10%。

7.11.2.4 机舱处的舷侧必须设置强肋骨，强肋骨应设置在实肋板处，强肋骨间距应小于等于 2.5m。肋骨和强肋骨的剖面模数应较第 8 节的规定值增加 10%。

第 12 节 上层建筑、甲板室、舷墙和栏杆

7.12.1 一般要求

7.12.1.1 上层建筑或甲板室构件如承受附加负荷时，除应满足本节要求外，尚应增大构件尺寸。

7.12.1.2 上层建筑或甲板室的甲板和甲板骨架的尺寸应符合第 7 节的有关规定。

7.12.2 计算压头

7.12.2.1 上层建筑或甲板室前端壁、后端壁和侧壁的计算压头 h 应按下式计算：

$$h = 0.01L + 0.4 \qquad \text{m}$$

式中：L——船长，m。

7.12.3 上层建筑和甲板室围壁板的厚度

7.12.3.1 单层板结构的上层建筑或甲板室围壁板的厚度 t 应大于等于按下式计算所得之值，且不得小于 3mm：

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

式中：s——扶强材间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本节 7.12.2 确定。

7.12.3.2 上层建筑或甲板室的围壁为夹层结构且芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，夹层结构板的总厚度 t 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t = 12.65k\left(1+\frac{1}{\gamma}\right)\frac{hs}{\tau_c} \qquad \text{mm}$$

式中：s——夹层板板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本节 7.12.2 确定；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 $6 \leqslant \gamma \leqslant 14$；

τ_c——芯材的抗剪强度，N/mm^2；

k——系数，$k = 1.1578 - 0.4928\dfrac{s}{a}$，当 $s/a < 0.375$ 时，取 $k = 0.973$；

其中：a——夹层板板格的长边长度，m。

7.12.3.3 上层建筑或甲板室的围壁为夹层结构且芯材为各向同性材料（如聚氨酯泡沫塑料、聚氯乙烯泡沫塑料）时，夹层结构板的面板厚度 t_f 应大于等于按下式计算所得之值：

$$t_f = 13.48s\sqrt{\frac{kk_1h}{\gamma}} \qquad \text{mm}$$

式中：s——夹层板板格的短边长度，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，按本节 7.12.2 确定；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 $6 \leqslant \gamma \leqslant 14$；

k——系数，$k = 0.158 - 0.11\left(\dfrac{s}{a}\right)$，当 $s/a<0.3$ 时，取 $k = 0.125$；

k_1——系数，$k_1 = 0.6697 - 0.2222\left(\dfrac{s}{a}\right) + 1.44\left(\dfrac{s}{a}\right)^2 - 0.8275\left(\dfrac{s}{a}\right)^3$；

其中：a——板格的长边长度，m。

非外露面板的厚度可按上式计算所得之值减少 0.5mm。任何情况下外露面板的厚度不得小于 1.5mm，非外露面板的厚度不得小于 1.0mm。

7.12.4 扶强材

7.12.4.1 上层建筑或甲板室围壁扶强材的剖面模数 W 应大于等于按下式计算所得之值：

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

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——计算载荷相当水柱高度，m，按本节 7.12.2 确定。

7.12.5 开口加强

7.12.5.1 上层建筑或甲板室的围壁上的所有开口均应用骨材加强，以使开口关闭后能保证风雨密。

7.12.6 舷墙与栏杆

7.12.6.1 露天干舷甲板、上层建筑及甲板的露天部分均应装设舷墙和栏杆。

7.12.6.2 船舶设置的舷墙高度、栏杆高度、防滑板高度应符合主管机关的相应规定。

7.12.6.3 舷墙可以是船壳板的延伸部分，与甲板一体成型，也可以是单独的部件。舷墙的顶部和底部应作有效加强，并应在甲板横梁位置上设置支撑肘板，肘板间距应不大于 3 个肋距。肘板的高度与舷墙相同，肘板下端的宽度应不小于肘板高度的 0.25 倍。肘板应与舷墙围板、甲板牢固连接。

7.12.6.4 舷墙上桅侧稳索和吊杆稳索等的系固处和导缆孔安装处应予以加强。

7.12.6.5 舷墙上应设有排水舷口，排水舷口的设置应符合主管机关的相应规定。

7.12.6.6 如舷边过道太窄设置舷墙有困难时，应在甲板上设置防滑设施，且甲板室外围壁上应设扶手。

7.12.6.7 舷墙结构的布置应尽可能不参加船体的总纵弯曲。

7.12.6.8 固定栏杆直杆的底座应与甲板牢固连接，杆底座区域的甲板应做有效加强。

7.12.6.9 栏杆的直杆与横杆应牢固连接。

第 13 节 货舱口、机舱口及其他甲板开口

7.13.1 一般要求

7.13.1.1 甲板上的货舱口、机舱口及其他开口除满足本节要求外，尚应符合主管机关的相应规定。

7.13.2 货舱口盖板

7.13.2.1 舱口盖上的计算压头 h 按舱口盖上实际货物的负荷确定，但应大于等于 0.2m。

7.13.2.2 舱口盖板可用木质、纤维增强塑料或钢质的材料制成。盖板的厚度按下列情况确定：

（1）木质盖板的厚度*t*应大于等于按下式计算所得之值，且大于等于60mm：

$$t = 40s \quad \text{mm}$$

式中：*s*——舱口活动横梁间距，m。

木质盖板的两端需用宽度为65mm、厚度为3mm的镀锌扁钢围箍，并有效固定。

（2）采用非木质舱口盖板时，其板厚的计算应另行考虑，并经CCS同意。

7.13.3 露天舱口围板结构

7.13.3.1 围板厚度 *t* 应大于等于按上式计算所得之值：

$$t = 18.5s\sqrt{h} + 5 \quad \text{mm}$$

式中：*s*——围板扶强材间距，m；

h——计算载荷相当水柱高度，m，*h*=0.01*L*+0.4；

其中：*L*——船长，m。

7.13.3.2 围板上缘应设置适当尺寸的水平扶强材予以加强。当围板高度等于或大于 600mm 时，在离上缘适当距离处应增设水平扶强材，并应在水平扶强材与甲板之间每隔一档肋距设置垂直加强筋或肘板。

7.13.3.3 露天货舱口围板兼作甲板纵桁时，尚应符合第 7 节的有关规定。

7.13.4 机舱口

7.13.4.1 机舱口应设置坚固可靠的机舱棚加以保护。

7.13.4.2 机舱棚的门应结构紧固，并在其内外两面均可关闭。

7.13.4.3 机舱棚围壁板的厚度和其扶强材尺寸，应按相应位置的甲板室围壁的要求进行计算。棚顶板厚度大于等于 3mm，横梁和纵桁应符合第 7 节的有关规定。

7.13.5 甲板开孔的加固

7.13.5.1 甲板开口的角隅应采用圆角，且圆角半径 *r* 应大于等于 100mm。

7.13.6 其他甲板开口

7.13.6.1 所有的开口均应用骨架加强，以使开口关闭时能保持风雨密。

7.13.6.2 设置在干舷甲板和上层建筑甲板的露天部分处的或设置在非封闭的上层建筑中的各种开口，应能用保持风雨密的坚固的盖子关闭。

7.13.6.3 甲板的升降口处应由封闭的上层建筑(或甲板室)或升降口围罩予以防护。

第 14 节　双体船船体结构补充规定

7.14.1　一般要求

7.14.1.1　本节无规定者，应符合本章第 1 节至第 13 节的相应规定。

7.14.1.2　本节适用于双体客船（含公务船）和双体趸船。

7.14.2　定义

除另有规定者外，本节的名词定义如下：

7.14.2.1　片体宽度 b（m）——系指在船长 L 中点处，包括船壳板在内的片体最大宽度。

7.14.2.2　连接桥——系指连接左右片体的板架或箱型结构。

7.14.2.3　连接桥甲板——系指左右片体内舷所围成的连续甲板。

7.14.2.4　连接桥长度 l_1（m）——系指沿纵中剖面，连接桥首、尾端之间的水平距离。

7.14.2.5　连接桥宽度 b_1（m）——系指在船长 L 中点处，两片体内侧壁之间包括壁板厚度的水平距离。

7.14.3　主尺度比值

7.14.3.1　双体船的主尺度比值应符合表 7.14.3.1 的规定。

表7.14.3.1

船舶种类	*L*/*D*		*B*/*D*		
	A 级航区	*B*、*C* 级航区	*A* 级航区	*B* 级航区	*C* 级航区
双体船	≤15	≤18	≤5	≤6	≤8
双体趸船	≤25		≤8		

7.14.4　连接桥尺度比

7.14.4.1　双体船的连接桥尺度比应符合下列范围：

$$l_1/L \geqslant 0.8；\ b_1/B \leqslant 0.4。$$

7.14.5　直接计算

7.14.5.1　具有下列情况之一的双体船，应根据直接计算方法校核船体结构的总强度或相关结构的尺寸与强度。

（1）不符合本节7.14.3.1或7.14.4.1的规定；

（2）船体结构型式不符合本节中的有关规定。

7.14.6 连接桥结构

7.14.6.1 连接桥甲板应为片体强力甲板的延伸。若设置连接桥底封板，则底封板的尺寸应大于等于片体外板的尺寸。

7.14.6.2 片体与连接桥连接处的结构应予以加强。

7.14.6.3 连接桥一般为横骨架式，应设置间距小于等于 2.0m 的强横梁（或横隔板）。在连接桥强横梁平面内，片体结构应设置横舱壁或横向强框架，否则强横梁（或横隔板）端部应向片体内做有效连接和结构过渡。在两片体间连接桥强横梁（或横隔板）应为连续构件。

7.14.6.4 连接桥强横梁剖面的模数 W 应大于等于按下列两式计算所得之值的大者：

（1）$W = 21.8hsl^2$ cm^3

（2）$W = 274.7k_1 \dfrac{\nabla l}{n}$ cm^3

式中：h——连接桥甲板计算水柱高度，m，取 $h = 0.5$m；

∇——双体船排水量，t；

l——强横梁计算跨距，m；

s——强横梁间距，m；

n——连接桥强横梁总根数；

k_1——系数，A 级航区取 $k_1 = 0.125$；B 级航区或急流航段取 $k_1 = 0.111$；C 级航区取 $k_1 = 0.1$。

7.14.6.5 连接桥两端处的强横梁应予以特别加强，其剖面模数应大于等于按本节 7.14.6.4（2）式计算所得之值的 1.5 倍。

7.14.6.6 连接桥单层板结构强横梁腹板的剪切应力，应小于等于单层板结构面内极限剪切强度的 0.5 倍。

$$\tau_c = 1.09 \frac{\nabla}{nht_c} \times 10^3 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：∇——双体船排水量，t；

h——连接桥强横梁腹板高度，mm；

t_c——连接桥强横梁腹板厚度，mm；

n——连接桥强横梁的总根数。

7.14.6.7 连接桥夹层结构强横梁面板的剪切应力 τ_f，应小于等于面板临界剪切应力 τ_{cr} 的 0.5 倍。

（1）夹层结构强横梁面板的剪切应力 τ_f 按下式计算：

$$\tau_f = 1.09 \frac{\nabla}{nht_f'} \times 10^3 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：∇——双体船排水量，t；

h——连接桥强横腹板高度，mm；

t_f'——面板的总厚度，mm；

n——连接桥强横梁的总根数。

（2）面板临界剪切应力 τ_{cr} 取下列两式计算值的小者：

$$\tau_{cr} = 0.3\left(E_f^{45^0} E_c G_c\right)^{1/3} \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{cr} = 0.4\gamma G_c \quad \text{N/mm}^2$$

式中：$E_f^{45^0}$ ——面板沿 45^0 方向的压缩弹性模量，N/mm^2；

E_c——芯材的压缩弹性模量，N/mm^2；

G_C——芯材的剪切弹性模量，N/mm^2；

γ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 $6 \leqslant \gamma \leqslant 14$。

7.14.6.8 连接桥应设置间距小于等于 3.0m 的甲板纵桁，其剖面模数应大于等于按本节 7.14.6.4 计算所得之值的大者。

7.14.6.9 连接桥甲板横梁的剖面模数 W 应大于等于按本章 7.7.2.2 计算所得之值。

7.14.6.10 连接桥底封板横梁的剖面模数 W 应大于等于甲板横梁剖面模数的 0.85 倍。

第 15 节 其 它

7.15.1 一般要求

7.15.1.1 安装在船体结构上的所有机械设备，应采取必要措施避免应重力和螺栓夹紧力造成局部结构的损伤。

7.15.1.2 固定管路的支撑应采用螺栓或螺钉与船体构件连接。管路的布置应避免应船体变形而使管路损坏。

7.15.1.3 管路穿过水密舱壁或甲板时，应采用具有座板和垫板的通舱贯通件。采用贯穿螺栓将座板、垫板与舱壁或甲板牢固连接，并采取密封措施保证舱壁或甲板的水密完整性。

7.15.1.4 在安装推进装置和排气管系统时，应考虑因其工作时的温度升高损伤其安装处的船体结构的可能性，否则应提供有效的绝热措施。

7.15.1.5 贯穿或掩埋在泡沫塑料里的电缆，应加装金属套管，以便于移动和更换。

7.15.2 燃油柜

7.15.2.1 燃油柜应为独立结构形式。

7.15.2.2 燃油柜一般应采用金属材料制造；当燃油柜的材料为纤维增强塑料时，应符合下列要求：

（1）应采用有效的防静电措施；

（2）其面对可能成为火灾热源的主机等场所的表面，应采取适当的阻燃和/或耐燃措施。

7.15.2.3 燃油柜的结构、布置及强度等尚应符合本规范第 4 章 4.5.2 的规定。

第 8 章　木质船船体结构

第 1 节　一般规定

8.1.1　一般要求

8.1.1.1　本章适用于以传统方式建造的航行于内河 B、C 级航区封闭水域的非高速单层甲板或敞口木质船。

8.1.1.2　除另有规定者外，本章不适用于液化气体船舶、化学品船舶、油船和载运包装危险货物船舶。

8.1.1.3　木质船舶建造工艺应符合 CCS 接受标准的相关规定。

8.1.1.4　船体结构的防腐维护应进行考虑，并应在船舶维修手册中予以说明。结构防腐应满足以下要求：

（1）木质结构应采用桐油或树脂涂层等方式进行防腐。

（2）采用桐油防腐时，每年应打油 3 度或涂油漆 2 度，打油部位包括外板、甲板、甲板室、门、窗、顶棚等。

（3）采用树脂涂层防腐时，树脂涂层总厚度不小于 4mm。

8.1.2　定义

8.1.2.1　除另有规定者外，本章的名词定义如下：

（1）底龙筋——位于船体中心线上的船底纵向结构，与首柱相连和尾架相连，贯通全船。

（2）正压筋——设置在船体底龙筋上方的纵向加强材，即中内龙骨。

（3）底压筋——设置在正压筋两侧部位的纵向加强材，即旁内龙骨。

（4）角压筋——设置在底肋骨与肋骨交接部位的纵向加强材。

（5）腰压筋——设置在肋骨中部的纵向加强材，即舷侧纵桁。

（6）口压筋——设置在肋骨与横梁交接处部位的纵向加强材。

8.1.3　材料

8.1.3.1　木材的选用应满足以下要求：

（1）不应有枯节、腐烂、空心、裂纹、横木等明显缺陷。如有上述缺陷，应去除，并保证可用

的部分应满足 CCS 接受的标准[①]的要求；

（2）应自然风干或充分烘干，使其含水率满足使用要求，一般不超过 15%。木材含水率的测定方法应满足 CCS 接受的标准[②]的要求；

（3）船体骨架（包括横舱壁、正压筋、纵向加强材、底压筋、肋骨、甲板横梁、甲板纵桁等）一般采用硬质杂木（桑木、榆木、槐木、柏木、楠木、樟木、柞木、桦木、槎木、槠木、苦楝木、柳安木等），若用杉木时其断面积应适当增大；

（4）船体外板、甲板一般选用优质杉木、松木，宽度不小于 100mm（用于船首、船尾时不小于 60mm），长度一般不小于 4m；

（5）如采用其他材料，其特性应与上述材料相似。

8.1.3.2 辅材的选用应满足以下要求：

（1）铁板、元钉、铲钉、爬头钉、百枣钉、洋钉、乙字锔、十字锔、蝴蝶锔、丁字锔以及各种规格螺栓等连接件，其材质应为 A 级钢，各种钉、锔一般采用熟铁锻打而成；

（2）桐油主要成分为桐酸，外观呈清色，应具有干燥时间短、附着力强、渗透力强、耐热、耐酸、耐碱等特点，能对木质起到防腐、防潮、防水、防虫蛀的效果；

（3）捻缝用的麻丝等应具有适当的强度与耐腐蚀性，麻丝一般选用丝长不小于 500mm 的优质奎麻；

（4）捻缝用的油灰（腻子）应具有适当的耐水性、延伸率和抗膨胀性，一般由干石灰粉、桐油、水等按一定比例配比后反复捶打成膏状。

第 2 节 船体结构

8.2.1 一般要求

8.2.1.1 船体结构型式一般为横骨架式，肋骨间距不大于 1000mm。

8.2.2 船底骨架

8.2.2.1 船底肋骨断面积 A 应不小于按下式计算之值：

$$A = 45B\sqrt{DS} \qquad \text{cm}^2$$

式中：B——船宽，m；

D ——型深，m；

S——底肋骨间距，m。

8.2.2.2 船底肋骨一般应为整材，其高度与宽度之比为 1.2～1.5。

① 具体可参见《船舶锯材》（LY/T 1285-2011）。

② 具体可参见《木材含水率测定方法》（GBT 1931-2009）。

8.2.2.3 船长大于 10m 的木船，一般应设底龙筋或底压筋，其间距应不大于 1.5m，断面积 A 应不小于按下式计算之值：

$$A = 9 \quad \text{cm}^2$$

式中：L ——船长，m。

8.2.2.4 机座枕木在机舱内必须纵通，且在机舱舱壁处应能良好地过渡；机座枕木断面积不小于本节 8.2.2.3 中 A 的要求。机舱设机座枕木时可不设底龙筋或底压筋。

8.2.3 船侧骨架

8.2.3.1 船侧骨架断面积 A 应不小于按下式计算之值，且不得小于 20cm^2：

$$A = 90DS \quad \text{cm}^2$$

式中：D ——型深，m；

S——肋骨间距，m。

8.2.3.2 型深大于 1.5m 船舶的船侧应设腰压筋，船长大于 10m 的船舶应在船侧顶部的内外分别设置纵通的口压筋和护舷木。腰压筋、口压筋和护舷木的断面积 A 应不小于下式计算之值：

$$A = 7L \quad \text{cm}^2$$

式中：L——船长，m。

8.2.4 甲板骨架

8.2.4.1 干舷甲板应在每个肋位设置横梁，横梁的断面积 A 应不小于下式计算之值，且不小于 24cm^2。干舷甲板以上甲板的横梁断面积 A 可适当减少。

$$A = 20BS \quad \text{cm}^2$$

式中：B——船宽，m；

S——肋骨间距，m。

8.2.4.2 干舷甲板纵桁应与底龙筋或底压筋对应，其断面积 A 应不小于下式计算之值：

$$A = 5L \quad \text{cm}^2$$

式中： L——船长，m。

8.2.4.3 甲板纵桁与船底纵向骨材对应处应设置支柱（支柱间距不大于四个肋距），其断面积 A 应不小于按下式计算之值，且不小于 32cm^2。

$$A = 2.5L \quad \text{cm}^2$$

式中：L——船长，m。

8.2.5 横舱壁

8.2.5.1 机动船的机舱前后和首部应设水密舱壁，非机动船首、尾应设水密舱壁（隔板）。

8.2.5.2 水密舱壁的厚度应不小于船底板厚度。当舱壁高度大于 1m 时应设置垂向扶强材，扶强材间距应不大于 1.5m，其断面积应不小于横梁的断面积。扶强材上下端应与纵向结构有效连接。

8.2.6 外板、甲板及舱口围板

8.2.6.1 外板及甲板的厚度 t 应不小于按下式计算之值，且不小于 30mm。

$$t=L+20\,\text{mm}$$

式中：L——船长，m。

8.2.6.2 舱口围板的厚度应不小于船体外板的厚度。

8.2.7 首柱

8.2.7.1 首柱结构尺寸见图 8.2.7.1(1)和 8.2.7.1(2)。对于如图 8.2.7.1(2)所示的尖头船，首柱宽度 b 与底龙筋相同，厚度 h 为宽度 b 的 1.3 倍。

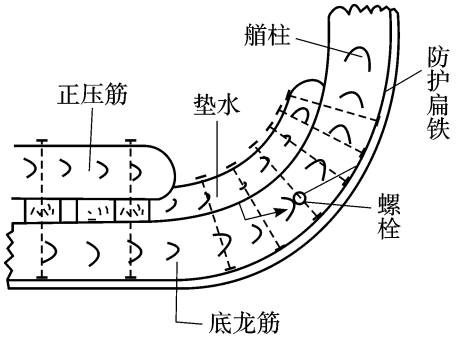


图 8.2.7.1(1)

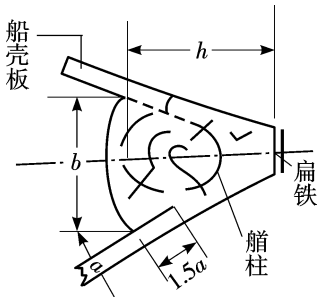


图 8.2.7.1(2)

8.2.8 尾柱

8.2.8.1 尾柱为方形或矩形，单螺旋桨船的尾柱兼作尾轴套筒轴承之用，在尾轴处的肉体厚度应为尾柱的 50～60％，套管材分上下两块，其宽度及厚度应大于尾轴套筒的一倍，见图 8.2.8.1。

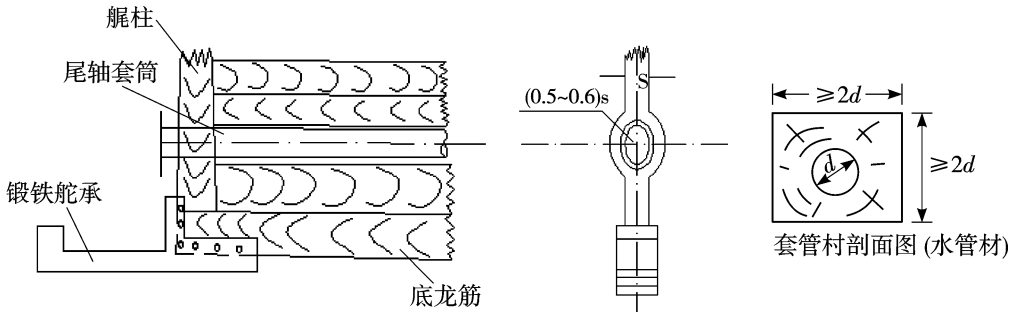


图 8.2.8.1

8.2.8.2 尾柱的宽度可与底龙筋相同，尾柱应由船底一直通到主甲板。

第 3 节　结构连接

8.3.1　一般要求

8.3.1.1　船体构件之间应有效连接，不同连接部位选取适当的连接方式，如卯、榫、螺栓、钉、胶（榫卯连接、钉连接、齿连接、销连接、螺栓连接、键连接、胶连接、植筋连接、承拉连接）等。船体外板和甲板的灰缝应保证水密，不得有龟裂、脱屑、疏松等缺陷。

8.3.1.2　采用螺栓连接时，其尺寸可按板厚和骨材断面尺寸选取，见表 8.3.1.2。

表8.3.1.2

板厚（mm）	35	40	45	50	55
骨材断面尺寸（mm）	70×80 80×90 90×120	70×90 80×100 100×140	80×100 90×110 100×120	90×100 100×110 110×120	90×110 100×120 110×150
螺栓直径（mm）	10	10	12	12	14

8.3.1.3　采用锹钉、方铆钉、铆钉或元钉连接板与骨材时，其尺寸按板厚选取，见表 8.3.1.3。为避免钉裂木板和梁材，钉子应错开，离板边距离不小于板厚，离骨材边缘不小于骨材宽度的 0.3 倍，钉子钉入骨材之深度应不小于板厚的 1.5 倍。

表8.3.1.3

板厚（mm）	20	25		30	35	40	45	50	55
钉型	元钉	铲钉	元钉或铆钉	锹钉或方铆钉					
尺寸（mm）	Ø2	Ø3	Ø4	5×3	5×4	6×4	7×4	7×4	8×5
钉长（mm）	50	60		75	85	100	110	125	135

8.3.2　板与板的拼接

8.3.2.1　甲板、外板的对接接头一般不得在同一横剖面上，应相互错开，距离不得小于 1 个肋距，相邻两壳板列板的接头间隔应不小于 3 个肋距。若在同一横剖面上，接头间隔不小于 2 个列板，见图 8.3.2.1(1)。若肋骨或横梁的宽度不到 75mm 时，列板的对接可用嵌接结构，见图 8.3.2.1(2)。

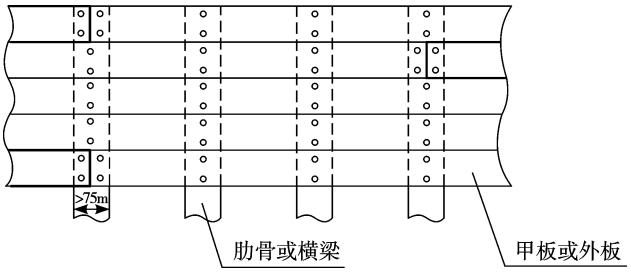


图 8.3.2.1(1)

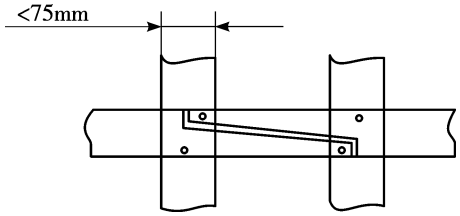


图 8.3.2.1 (2)

8.3.2.2 横舱壁板在船宽方向一般不拼接以确保水密性。

8.3.3 纵向骨材的对接

8.3.3.1 底龙筋、正压筋、底压筋、腰压筋、角压筋、口压筋、甲板纵桁等，一般采用嵌接，例如斜齿（见图 8.3.3.1 (1)）、斜面（见图 8.3.3.1 (2)）或其他嵌接方式，接头长度需跨 2 个肋骨，两端应超出肋骨边缘外约 100mm，并用 2 根螺栓连接。也可在搭口上加铁板以加强搭口处的强度。底龙筋还应注意斜面（斜齿）的首尾方向，见图 8.3.3.1 (3)。

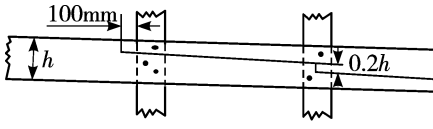


图 8.3.3.1 (1)

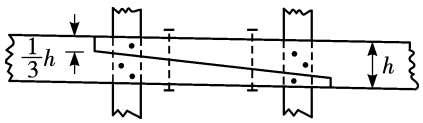


图 8.3.3.1 (2)

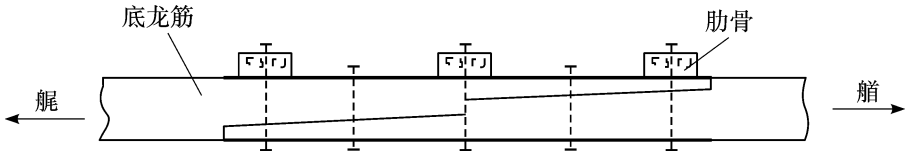


图 8.3.3.1 (3)

8.3.4 横向骨材之间的连接

8.3.4.1 横向骨材之间可用帮材对接，例如底肋骨之间的对接见图 8.3.4.1 (1)（横梁类似），底肋骨与肋骨之间的对接见图 8.3.4.1 (2)。

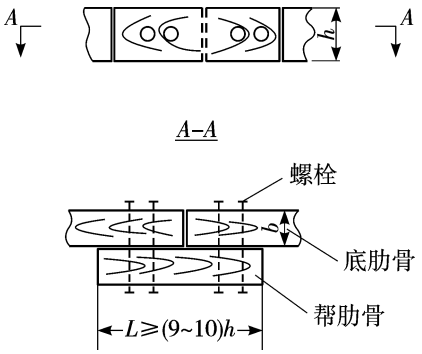


图 8.3.4.1 (1)底肋骨之间帮材对接

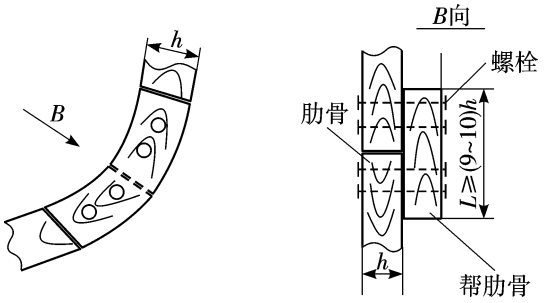


图 8.3.4.1(2)底肋骨与肋骨帮材对接

8.3.4.2 横向骨材之间也可用螺栓角接，例如底肋骨与肋骨之间的角接见图 8.3.4.2 (1)和(2)，肋骨与横梁之间的角接见图 8.3.4.2 (3)和（4）。

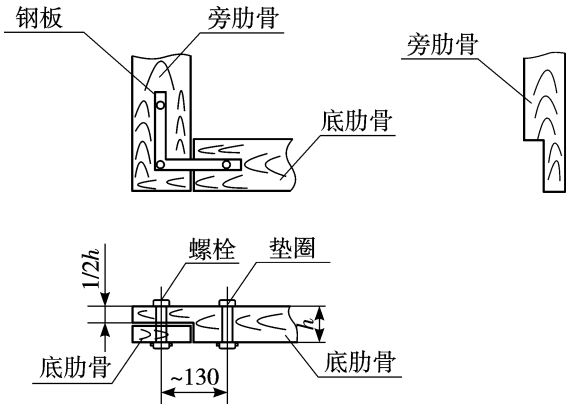


图 8.3.4.2 (1)底肋骨与肋骨螺栓角接

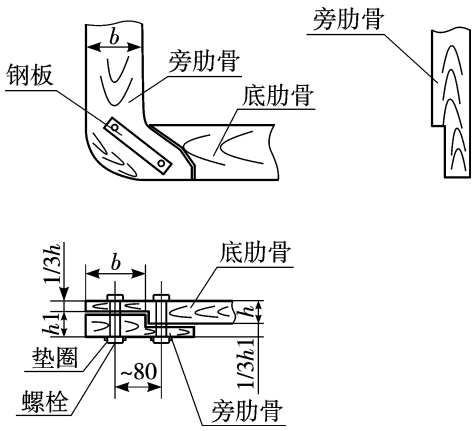


图 8.3.4.2 (2)底肋骨与肋骨螺栓角接

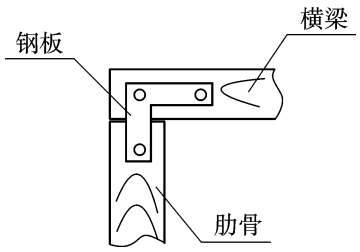
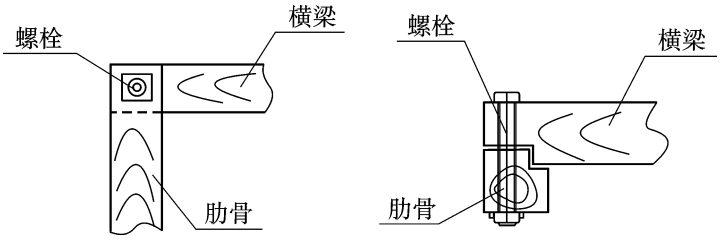
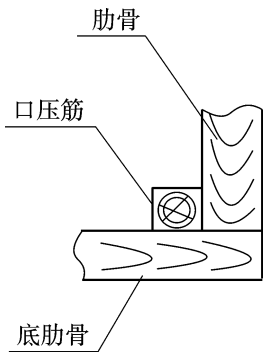


图 8.3.4.2 (3)肋骨与横梁螺栓角接图

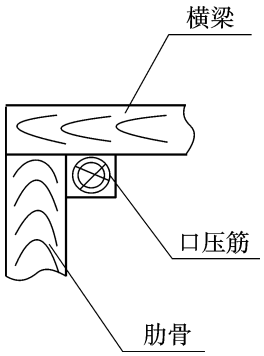


8.3.4.2 (4)肋骨与横梁螺栓角接

8.3.4.3 横向骨材之间也可用压筋角接，例如底肋骨与肋骨之间的角接见图 8.3.4.3 (1)，肋骨与横梁之间的角接见图 8.3.4.3 (2)。



8.3.4.3 (1)底肋骨与肋骨角压筋角接



8.3.4.3 (2)肋骨与横梁口压筋角接

8.3.5 横向骨材与纵向骨材、垂向骨材的连接

8.3.5.1 横向骨材与纵向骨材、垂向骨材的连接，一般采用榫卯连接或螺栓连接，见图 8.3.5.1。

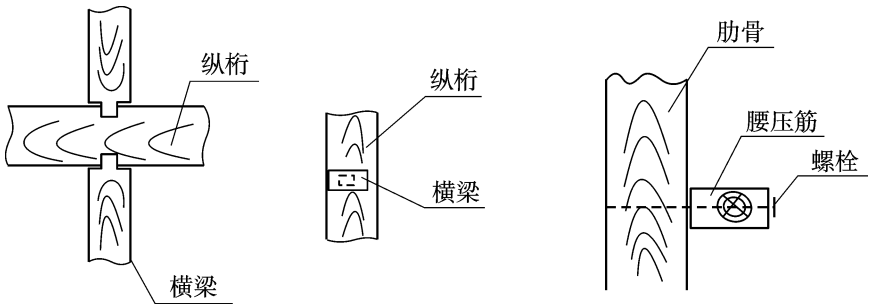


图 8.3.5.1

8.3.6 其他

8.3.6.1 电缆或电线不应直接敷设在木板上，应穿管敷设，并具备散热条件。