

中 国 船 级 社

内河高速船建造规范

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　图纸审查.....2

第 2 章　船体结构.....5

第 1 节　一般规定.....5

第 2 节　结构设计原则.....6

第 3 节　船体结构的焊缝设计.....10

第 4 节　水密完整性与门、窗、盖的要求.....14

第 5 节　结构设计载荷.....16

第 6 节　铝合金及钢质船体结构的构件尺寸.....20

第 7 节　铝合金及钢质双向加筋板及船体结构的构件尺寸.....26

第 8 节　铝合金带筋板补充要求.....28

第 9 节　纤维增强塑料船体结构的构件尺寸.....31

第 10 节　尾轴架.....36

第 11 节　总强度.....37

第 12 节　构件稳定性.....43

第 13 节　直接计算.....49

第 14 节　船体振动.....57

第 15 节　铝—钢过渡接头.....58

第 16 节　钢结构与纤维增强塑料结构的连接.....59

第 17 节　防腐.....61

第 3 章　舾装设备.....63

第 1 节　舵设备.....63

第 2 节　锚泊及系泊设备.....68

第 4 章　轮机.....70

第 1 节　一般规定.....70

第 2 节　泵和管系的一般规定.....71

第 3 节　泵和管系的材料及试验.....72

第 4 节　船舶管系.....75

第 5 节　动力管系.....76

第 6 节　机器设备.....78

第 7 节　轴系和推进器.....81

第 8 节　方向控制系统.....92
第 5 章　电气装置.....94
第 1 节　一般规定.....94
第 2 节　系统设计.....99
第 3 节　主电源.....102
第 4 节　临时应急电源和操舵装置备用电源.....102
第 5 节　蓄电池.....103
第 6 节　接岸电.....104
第 7 节　配电板和配电电器.....104
第 8 节　电力拖动装置.....107
第 9 节　照明.....108
第 10 节　电缆.....109
第 11 节　船内通信及信号.....110
第 6 章　遥控、报警与安全系统.....111
第 1 节　一般规定.....111
第 2 节　遥控系统.....111
第 3 节　报警系统.....113
第 4 节　安全系统.....114

第 1 章　通则

第 1 节　一般规定

1.1.1　一般要求

1.1.1.1　《内河高速船建造规范》(以下简称“本规范”)适用于航行内河水域的下列船舶:

(1) 船长大于和等于15m，其最大航速$V \geqslant 3.7\nabla^{0.1667}$ m/s的船舶；

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

(3) 符合(1)或(2)条件的货船限于装载非危险物品，且载货量不大于100t的货船。

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)。

1.1.1.2　所有乘客和船员都有座位；不应设置乘客用的卧铺。

1.1.1.3　本规范不适用于以下船舶：

(1)　军船；

(2)　游艇；

(3)　渔船；

(4)　木质船。

1.1.1.4　珠江水域至香港的高速船，应满足《珠江水域至香港特别行政区高速船检验规定》的要求。

1.1.2　定义

1.1.2.1　除另有规定外，本规范有关定义如下：

(1)　船长L (m)：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处的长度。

(2)　船宽B(m)：系指船舶刚性水密船体的最大型宽，不包括满载水线处及以下的附体。

(3)　水线宽B_{wL}(m)：系指船舶自由静浮于水面时，沿满载水线量得的最大型宽。对于多体船(如双体船、双体气垫船等)，系指满载水线处各片体最大型宽之和。

(4)　型深D (m)：系指船长中点处(船中)截面由基线量至干舷甲板边线的垂直距离。

(5)　吃水d(m)：系指船舶自由静浮于水面时，沿满载水线在船中处量得的刚性水密船体的型吃水。

(6)　满载排水量Δ (t)：系指船舶自由静浮于水面时，满载状态下的排水量。

(7)　满载排水体积∇ (m^3)：系指船舶静浮于水面时，满载状态下的排水体积。

(8)　方形系数C_b：系指按下式算得的船型系数：

$$C_b = \frac{\nabla}{LB_{wL}d}$$

(9)　干舷甲板：系指用以量计干舷的甲板，通常指毗邻于水面的第一层全通甲板；当甲板有首、尾升高时，应取甲板最低线及其平行于升高甲板的延伸线作为干舷甲板。

(10)　营运航速：系指1.1.1.1定义的最大航速的90%。

(11)　内河：系指通航的内河水域，包括江、河、湖泊和水库；

(12)　航区：系指根据内河水域的水文和气象条件划分的船舶航行区域。中国境内内河航区分为A、B、C 三级。中国境外航区分为Zone I Service Restriction(相当于中国境内内河A级航区)、Zone II Service Restriction (相当于中国境内内河B级航区)、Zone III Service Restriction(相当于中国境内内河C级航区)；

(13)　急流航段：系指在峡谷河流中，滩上流速超过3.5m/s的航段。急流航段按滩上流速大小划分为J_1、J_2两级。急流航段从属于所在水域的航区；

注：对中国境内的内河水域，其航区和急流航段级别的划分应符合中国政府主管机关相关法规的规定。

(14) 乘客：系指除下列人员以外的每一个人：船长、船员和在船上以任何职业从事或参与该船业务工作的人员；或一周岁以下的儿童；

(15) 客船：系指载运乘客超过12人的船舶；

(16) 货船：系指非客船的任何船舶；

(17) 双体船：系指具有两个片体的船舶；

(18) 气垫船：系指船舶不论在静止或运动时，其全部重量或大部分重量能被连续产生的气垫所支承的船舶，如全垫升气垫船、水面效应船。

(19) 全垫升气垫船(ACV)：系指籍助柔性围裙保持气垫，并籍助气垫支承其全部重量的一种气垫船。

(20) 水面效应船(SES)：系指籍助浸在水中的永久性硬结构，完全或部分地保持气垫的一种气垫船，如双体气垫船、侧壁气垫船。

(21) 水翼船：系指非排水状态航行时能被水翼产生的水动升力支承在水面以上的船舶。

(22) 滑行艇：系指船舶在高速运动时，仅部分艇底接触水面，其大部分重量由直接作用于艇底的水动升力所支承的艇。

(23) 新船：系指本规范生效之日及以后签定建造合同的新建船舶。

(24) 首、尾垂线：首垂线为通过首柱前缘与满载水线交点的垂线。尾垂线为通过船长L尾端点的垂线。

1.1.3 附加标志

1.1.3.1 拟申请入级的高速船，应满足 CCS《内河船舶入级规则》的相关规定。

1.1.3.2 入级船舶根据其种类，可按表 1.1.3.2 授予如下船型附加标志：

船型附加标志 表 1.1.3.2

附加标志		说明	应满足的技术要求
中文	英文		
高速双体船	Catamaran HSC	授予具有两个相互平行的船体，其上部用强力构架联成一个整体的高速船	本规范第 2 章
高速单体船	Mono-Hull HSC	授予只有一个船体的高速船	本规范第 2 章
全垫升气垫船	Air Cushion Vehicle	授予能借助气垫支承其全部重量的高速船	本规范第 2 章
水面效应船	Surface Effect HSC	授予借助浸在水中的永久性硬结构完全或部分保持气垫的高速船	本规范第 2 章
水翼船	Hydrofoil Craft	授予非排水状态航行时，能被水翼产生的水动升力支承在水面以上的高速船	本规范第 2 章
滑行艇	Sliding Craft	授予高速运动时仅部分艇底接触水面，其大部分重量由直接作用于艇底的水动升力所支承的高速船	本规范第 2 章

第 2 节 图纸审查

1.2.1 一般要求

1.2.1.1 船舶建造前应将本节 1.2.2.1 所列项目图纸资料至少一式 3 份或电子图纸送 CCS 审查。

1.2.1.2 在需作防腐蚀处理之处，在送审图纸中应予特别标明。

1.2.1.3　船舶建造过程中如有重大修改，应将修改涉及的图纸资料重新送交 CCS 审查。

1.2.1.4　批准的图纸仅在审图申请书上所指定的船厂相应的建造工程编号或建造艘数范围内有效。

1.2.2　图纸资料

1.2.2.1　应提交下列船体图纸资料供批准：

(1)　总布置图；

(2)　主要横剖面结构图(包括典型结构节点图)；

(3)　基本结构图；

(4)　上层建筑和甲板室结构图；

(5)　主要舱壁结构图；

(6)　外板展开图；

(7)　船首结构图；

(8)　纤维增强塑料铺层设计图(如有时)；

(9)　水翼结构图 (如有时)；

(10)　主机座和推力轴承座结构图；

(11)　尾轴架和空气螺旋桨基座结构图；

(12)　围裙布置与结构图(如有时)；

(13)　围裙连接图(如有时)；

(14)　船舶在波浪中航行时的限速曲线图；

(15)　露天门、窗、盖的结构和布置图(包括注明围槛、围板高度，窗玻璃厚度等)；

(16)　舵结构图(包括舵叶、舵杆、舵承及连接等结构)；

(17)　锚泊和系泊设备布置图及舾装数计算书；

(18)　增强纤维塑料船船体预埋件(包括锚泊、系泊、乘客座椅等受力较大部位的预埋件及避雷预埋板)结构图(如有时)；

(19)　焊接规格表。

1.2.2.2　应提交下列船体图纸供备查：

(1)　船体说明书；

(2)　型线图；

(3)　重量重心计算书；

(4)　静水力曲线图；

(5)　稳性横截曲线图；

(6)　液舱布置图及舱容曲线；

(7)　全船开孔布置及结构图；

(8)　船体材料清单及力学试验报告(如有时)；

(9)　船体总体及局部振动计算书(如必要时)；

(10)　结构强度计算书或结构规范计算书(包括结构设计载荷、总纵强度、总横强度、局部强度和结构稳定性等)；

(11)　结构直接计算书(如有时)；

(12)　水翼强度计算书(如有时)；

(13)　舵系强度计算书(如有时)。

1.2.2.3　应提交下列机械图纸资料供批准：

(1) 机舱布置图；
(2) 舱底水管系图；
(3) 压载管系图；
(4) 空气、测量、溢流和注入管系图；
(5) 疏排水管系布置图；
(6) 主、辅机滑油管系图；
(7) 主、辅机冷却水管系图；
(8) 燃油供油系统(包括燃油舱柜布置)图；
(9) 液压管系图；
(10) 压缩空气管系图；
(11) 主辅机排气管系图；
(12) 机舱通风管系图；
(13) 轴系布置图；
(14) 推力轴、中间轴、尾管轴(通过尾管但不安装推进器的轴)、螺旋桨轴图；
(15) 尾管总图，包括油封装置和尾管轴承图；
(16) 推进器图(水螺旋桨或空气螺旋桨或喷水推进器及等效装置)；
(17) 轴系强度计算书(包括轴径计算、联轴器的连接计算、连接螺钉计算等)；
(18) 轴系扭转振动计算书(适用时)；
(19) 轴系回旋振动计算书(适用时)；
(20) 推进器强度计算书；
(21) 螺旋桨液压装配图及计算书；
(22) 舵装置图；
(23) 舵装置强度计算书；
(22) 舵装置的液压动力系统图或等效的操纵传动系统图。

1.2.2.4 应提交下列机械图纸资料供备查：
(1) 轮机说明书；
(2) 机械设备明细表；
(3) 机械设备计算书

1.2.2.5 应提交下列电气图纸资料送批准：
(1) 电力负荷计算书；
(2) 临时应急电源蓄电池组容量计算书；
(3) 电力系统图(包括电机、变压器、蓄电池组和电力电子设备的主要额定参数；主配电板和应急配电板引出的所有馈电线；分配电箱；电缆型号、截面积、电流定额；其保护电器的定额和整定值；遥控切断；绝缘监测和报警；连锁)；
(4) 电力设备布置图；
(5) 全船主照明、临时应急照明系统图和布置图；
(6) 船内通信系统图和布置图；
(7) 船内报警系统图和布置图(包括探火和失火报警、灭火剂施放预报警和通用报警等)；
(8) 主干电缆走向图(仅适用于客船)。

1.2.2.6 应提交下列电气图纸供备查：
(1) 全船电气说明书；

1.2.2.7 CCS 认为必要的其他图纸资料。

第 2 章　船体结构

第 1 节　一般规定

2.1.1　适用范围

2.1.1.1　本章适用于以铝合金、钢和纤维增强塑料为船体结构材料的高速船，包括高速双体船、高速单体船、水翼船和气垫船等。

2.1.1.2　对于采用新颖结构形式的高速船，其船体尺寸应另行考虑，并取得 CCS 的同意。

2.1.1.3　如采用本节 2.1.1.1 所述之外材料作为船体结构材料的高速船，其材料和船体设计须经 CCS 同意。

2.1.2　载荷

2.1.2.1　船体结构应能承受该船处于临界设计条件下作用在船体结构上的各种静力、动力和周期性激振力而不致损坏。

2.1.2.2　静力，如船上的人员、设备、行李和货物的重力、船体内液体静压力、船体外水浮力、气垫静压力、停放船体的支撑力、吊运船体的起吊力等。

2.1.2.3　动力，如船体在波浪上运动时产生的惯性力、波浪冲击力、气垫支撑力、水翼的水动升力、全垫升气垫船在陆上降落时地面的反冲力等。

2.1.2.4　周期性激振力，主要指主机和螺旋桨周期性运转所产生的力。

2.1.3　定义

2.1.3.1　设计载荷 P(kN/m^2)：系指船体局部强度计算中，构件单位面积上承受正压力的设计值。

2.1.3.2　主要骨材：船体的主要支撑构件称为主要骨材，如强肋骨、舷侧纵桁、强横梁、甲板纵桁、实肋板、船底桁材、舱壁桁材等。

2.1.3.3　次要骨材：一般是指板的扶强构件，如肋骨、纵骨、横梁、舱壁扶强材、组合肋板的骨材等。

2.1.3.4　骨材间距 S(m)：对次要骨材取次要骨材间距，对主要骨材取其承载面积的平均宽度。

2.1.3.5　骨材跨距 l(m)：对于次要骨材，当其端部不设置肘板时，跨距点取在端部。当其端部设置肘板时，跨距点可取在肘板长度之半处。主要骨材端部通常设有肘板，则其跨距点应按图 2.1.3.5 所示，取在离该主要骨材端部 k_e 距离处。k_e 按下式计算：

$$k_e = k_b\left(1 - \frac{d_w}{d_b}\right)$$

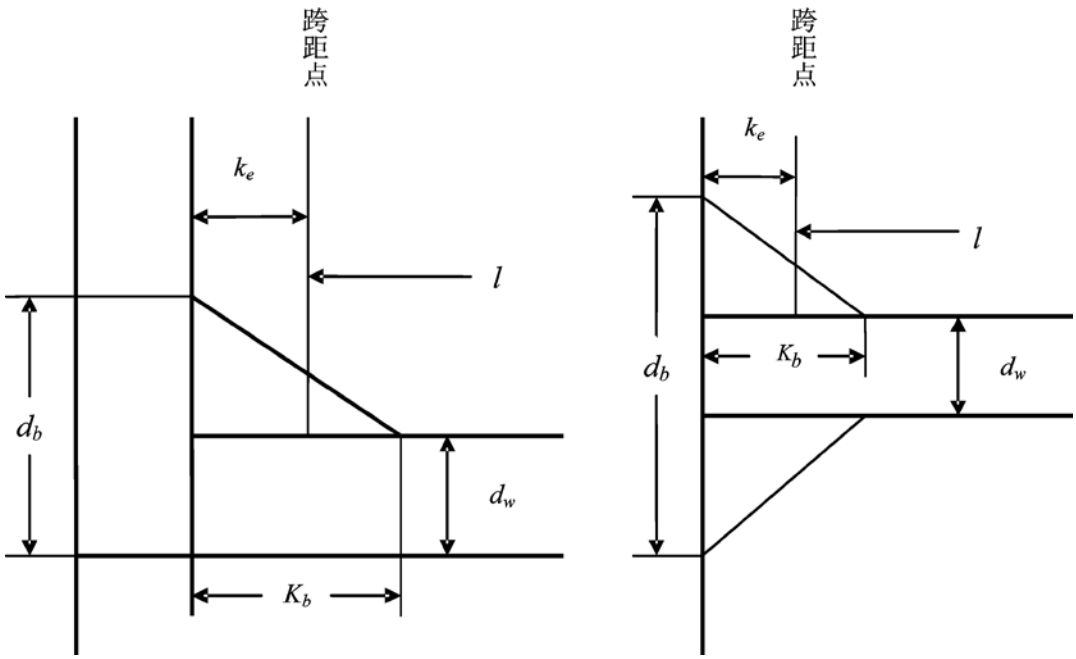


图 2.1.3.5

如甲板主要骨材有支柱支撑时，支柱支撑点可作为该主要骨材的跨距点。

2.1.3.6　立体框架结构：系指在主船体结构中，由若干纵、横框架组成立体框架结构，其中，横向框架由甲板强横梁、强肋骨、实肋板及相应肘板组成；纵向框架由甲板纵桁、龙骨、横舱壁上竖桁和支柱组成；甲板纵桁与龙骨应尽可能设置在同一纵剖面内，支柱两端设置肘板。

2.1.3.7　双向加筋板：系指在纵、横主要骨材(如肋板与龙骨、甲板纵桁与强横梁等，且在主要骨材交接处设有支柱)为周界的板上，沿纵向和横向分别设置若干根加强筋的结构形式。

2.1.3.8　带筋板：系指板和单方向骨材组合挤压成型的构件。

2.1.3.9　压力计算点：对受非均布载荷的垂向板，取板的下缘。对于次要骨材，一般取其跨距中点，如骨材上压力为非线性分布时，设计压力取跨距中点压力与骨材两端压力平均值中之大者，对于主要骨材，取其承载区域的中点。

第 2 节　结构设计原则

2.2.1　一般要求

2.2.1.1　单体船和水翼船的船体结构通常采用纵骨架式或双向密加筋结构型式。双体船和水面效应船的船体结构通常片体为纵骨架式，连接桥为横骨架式。

2.2.1.2　纵骨架式结构的纵骨间距和横骨架式结构的横骨(或横梁)间距一般应不大于500mm。

2.2.1.3　纵骨架式结构的纵向骨材应保持连续。纵向次要骨材在舱壁处中断时，应设置连接肘板以保证结构的纵向连续性。位于舱壁两侧的纵向次要骨材和肘板均应对齐。

2.2.1.4　横骨架式结构的横向骨材亦应尽可能保持连续。横向次要骨材在纵舱壁或纵向主要骨材处中断时，同样应设置肘板，且骨材和肘板都应对齐。

2.2.1.5　船底实肋板、船侧强肋骨和甲板强横梁应在同一横剖面内通过设置肘板保持有效连接。

2.2.1.6　船体主要骨材可以作为次要骨材的支撑。

2.2.1.7　主要骨材上如需开孔通过电缆、管路等时，开孔角隅应为圆角，开孔高度超过桁材或强横梁腹板高度的三分之一时，开口必须采用补板补强。但上述构件的端部不应开孔。

2.2.1.8　各层甲板间的支柱应尽量设置在同一垂线上。最下层支柱的下端应尽量设置在实肋板与龙骨（或底纵桁）的交叉点上。若支柱仅由实肋板或龙骨（或底纵桁）支持时，则应在实肋板或龙骨（或底纵桁）两侧设置短桁材（或肘板）并与相邻的骨材连接。

2.2.2　船底、舷侧及甲板结构

2.2.2.1　船底桁材应符合下列要求：

(1)　计入总纵强度的船底纵桁应保持连续并尽可能穿过水密横舱壁；

(2)　一般均应设置中桁材或中内龙骨；

(3)　桁材两端(距舱壁 1.5 倍桁材高度范围内)不准开减轻孔；

(4)　主机底座下的桁材应自船底直升到机座面板，并应适当扶强和防倾；

(5)　推力轴承处桁材应予以加强。

2.2.2.2　在机舱每个肋位上都应设置实肋板，在推力轴承处须另行加强。

2.2.2.3　机舱舷侧须采用强肋骨和普通肋骨相间的交替肋骨制，且其强肋骨间距应不大于 2.5m；如果机舱舷侧采用纵骨架式结构时，应设置强肋骨，且其间距应不大于两倍肋距。

2.2.2.4　船底实肋板腹板高度应不小于纵骨穿过处开孔高度的 2.5 倍；舷侧强肋骨及甲板强横梁腹板高度应不小于纵骨穿过处开孔高度的 2.2 倍，否则予以补强。

2.2.2.5　尾部螺旋桨和舵柱附近区域的外板应适当加厚。

2.2.2.6　乘客座椅应与甲板牢固连接。

2.2.2.7　凡强力甲板上有较大开口(如机舱或客舱下陷的开口)时，如开口角隅的形状为抛物线形或椭圆形，应符合图 2.2.2.7(1)的规定。如开口角隅形状为圆形，则角隅处要求加厚板，且角隅半径与开口宽度之比不小于 1/20。加厚板的尺寸应符合图 2.2.2.7(2)的规定。加厚板的厚度应不小于该处强力甲板板厚的 1.5 倍。

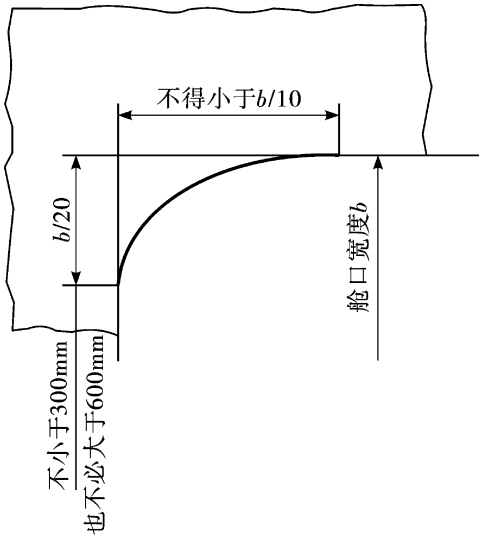


图 2.2.2.7(1)

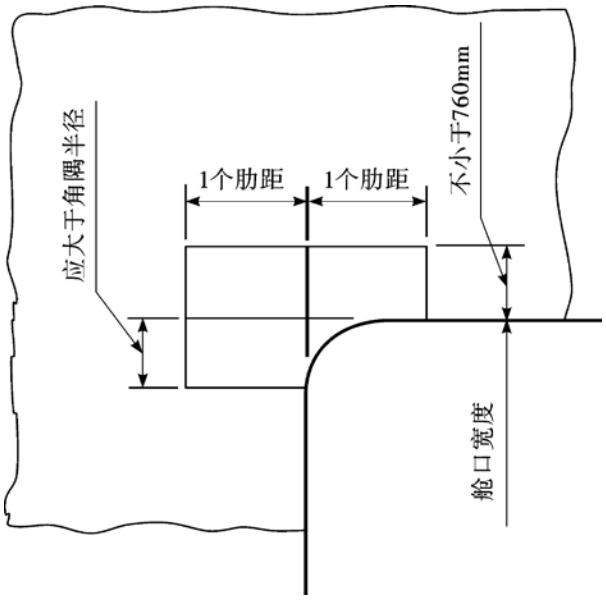


图 2.2.2.7(2)

2.2.3 上层建筑和甲板室

2.2.3.1 上层建筑和甲板室的端壁由上甲板下的横舱壁、强横梁或其它等效主要骨材支持。参加总纵强度的上层建筑和甲板室，其侧壁下应设有纵桁。

2.2.3.2 上层建筑和甲板室内部应设置横隔壁或等效的主要骨材以增强横向强度。

2.2.3.3 上层建筑侧壁端部处应注意与船体结构的平滑过渡。

2.2.3.4 距甲板室四个角偶的 0.5m 范围内，围壁下的纵桁和强横梁的腹板上不能有任何开孔。

2.2.3.5 上层建筑或甲板室侧壁上如开窗孔，其四角应为圆角，开孔上下方应设加强材。如开门孔，其四周应予以加强。

2.2.4 舱壁

2.2.4.1 本条涉及水密分舱的舱壁、液体舱的水密舱壁和制荡舱壁。

2.2.4.2 应设置下述水密舱壁：

(1) 船舶应在船首设置水密防撞舱壁和在船尾设置水密尾尖舱舱壁；船长大于 10m 且小于等于 30m 的船舶，机舱前壁应为水密舱壁；船长大于 30m 的船舶，机舱前后壁应为水密舱壁；

(2) 船首水密防撞舱壁的位置一般在距首垂线 0.05L～0.05L+3m 范围内；

(3) 尾尖舱水密舱壁一般应设置在距尾垂线 0.1L 范围内；

(4) 水密舱壁的设置尚应满足主管机关对破损稳性的相关要求(如有时)；

(5) 若尾尖舱壁的设置位置不满足(3)的要求时，则船舶应满足主管机关对破损稳性的相关要求。

除以上要求外，如有需要，可增设其他横舱壁以增加船的横向强度或分散局部应力。

2.2.4.3 船长大于 30m 且小于等于 60m 的船舶，在按本节 2.2.4.2 的规定设置尾尖舱壁和机舱后壁时，若符合下列条件之一，其尾尖舱舱壁可兼做机舱舱壁：

(1) 机舱前壁至尾尖舱舱壁的距离小于 0.15L，且机舱前壁至尾垂线的距离小于 0.2L；或

(2) 满足主管机关对破损稳性的相关要求。

2.2.4.4 油舱和淡水舱之间应设隔离空舱。

2.2.4.5　液体舱舱壁应符合下列要求：

(1)　液体舱如自船的一舷伸至另一舷，且其宽度超过 4m，则舱内应在中心位置上设一制荡舱壁。如舱宽超过 8m，则应在左、右舱的上半部加装半制荡舱壁；

(2)　分离的液体舱柜应与船体坚固连接，并不应布置在货舱或物料间内，如不得已布置在其内时，应采取措施防止渗漏。

2.2.5　双层底或防撞边舱

2.2.5.1　船长大于 40m，航行于 J 级航段的排水型高速船应设置双层底或在舭部设置防撞边舱。双层底和防撞边舱的型式与尺寸应符合《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 2 章对双底骨架和防撞边舱的要求。

2.2.5.2　对于 2.2.5.1 所述的船舶，当船长大于 60m 时，机舱应设置满足有关要求的双层底；当船长小于等于 60m 时，若机舱内确有困难不能设置完全满足有关要求的双层底时，则应经 CCS 同意，并满足主管机关有关破损稳性的要求；机舱外的舱室，若未设置满足有关要求的双层底或防撞边舱时，则应满足主管机关有关破损稳性的有关要求。

2.2.5.3　内底板上设污水阱时，污水阱底板至船底的距离应不小于 300mm。

2.2.6　围裙

2.2.6.1　本条适用于全垫升气垫船的柔性围裙,侧壁式气垫船和气垫双体船上的柔性首、尾封。

2.2.6.2　围裙所用材料应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

2.2.6.3　围裙设计时应充分考虑气垫船的稳性、操纵性、适航性、舒适性。

2.2.6.4　围裙沿船边各段应考虑所受负荷各不相同，首、尾、中各分段的结构设计应考虑：

(1)　首部围裙在遇到障碍物时，应能向内偏斜；

(2)　尾部围裙在遇到障碍物时，应能向后偏斜，以保证顺利通过障碍物；

(3)　中段围裙应保证有较大的偏斜自由度。

2.2.6.5　围裙结构应能防止兜水和泥沙。

2.2.6.6　围裙与船体的连接应坚固，工艺上应能防止围裙撕裂。

2.2.6.7　气垫船在应急迫降时，围裙结构应能保证完好。

2.2.6.8　围裙结构应便于检查和维修。

2.2.6.9　围裙上不允许有任何原始缺陷：

(1)　囊开口应为圆形或椭圆形，不得在围裙上有锐角开口；

(2)　围裙上任何开口和围裙的底边及自由边均应予以加强并光顺，不允许存在毛边；

(3)　织物应十分均匀，在涂胶粘结时不能有气泡和杂质；

(4)　围裙的裙段连接结构应使缝处紧密，尽量减少该处的空气泄漏。

2.2.6.10　围裙与裙囊的连接结构应简便实用，便于维修。

2.2.6.11　围裙上应尽量减少金属连接件的使用数量。

2.2.6.12　围裙和船体的连接方式应可靠、有效。所有安装中使用的连接件如压条、螺栓等均应有足够强度，并耐腐蚀。围裙和船体的安装位置误差应控制在 1%之内，最多不超过 1.5%。

2.2.6.13　围裙分段的组合应保证在个别裙段破损时不影响安全营运。

2.2.6.14　围裙上应有装配空位记号，以明显的颜色标记在围裙上。

2.2.6.15　在进行围裙的强度设计时，要充分考虑动态的最危险的状态，并有足够的安全系数。

2.2.6.16　围裙的设计应考虑其振动状态，防止低频振动向气垫船船身传递，导致结构

损坏；还应防止使围裙材料易于分层剥离的高频振动。建议采用抗振牵索或抗振 D 型装置等减振措施。

2.2.7 水翼

2.2.7.1 水翼装置应在船体内用适当的与其对准的主要骨材支撑(肋板、增加的加强材等)，支撑骨材必须延伸至被支撑装置区域之外，并与船体的主要结构连接。或与船体主要骨材相连接的支撑骨材穿过船壳板与水翼船装置直接焊接。

2.2.7.2 水翼装置与船体相连的区域对应的船体板必须不小于该处规范要求厚度的 1.5 倍。

2.2.7.3 应对水翼艇的水翼装置(包括前、后水翼和水翼的支柱)进行强度和稳定性计算，校核是否能满足强度和稳定性要求。

2.2.7.4 作用在水翼上的水动升力与波高和船速有关，应取翼航时的最大航速和允许波高作为计算航速和波高。

第 3 节 船体结构的焊缝设计

2.3.1 焊接结构设计一般原则

2.3.1.1 本节适用于铝合金结构高速船。钢结构高速船焊接按照 CCS《钢质内河船舶建造规范》的有关焊接的要求进行。上层建筑允许采用密集点焊代替间断焊,以减少焊接变形。

2.3.1.2 船体结构的焊接工艺应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

2.3.1.3 焊缝的布置应注意结构的连续性，使整个结构的拘束度降至最小，同时应考虑便于焊接施工以及检查的方便。

2.3.1.4 应当避免将船体结构的接缝设计在应力最大或易产生应力集中的区域。在结构截面突变处应有足够的过渡区域，尽量避免接缝过分集中。对接焊缝与角焊缝之间的平行距离应不小于 50mm，对接焊缝之间的平行距离应不小于 80mm。

2.3.1.5 下列结构处通常应采用双面连续焊缝：

(1) 中桁材与平板龙骨的连接焊缝；
(2) 机器基座与支撑结构的连接焊缝；
(3) 油密、水密周界的连接焊缝；
(4) 舵机座区域所有结构的连接焊缝；
(5) 扶强材、支柱、横撑材和桁材的支承及端部的连接焊缝；
(6) 螺旋桨上方处，至少为螺旋桨直径 1.5 倍的半径区域范围内所有构件连接焊缝；
(7) 肘板与相邻接桁材或其他结构部件的连接焊缝；
(8) 承受较大剪应力的桁材腹板端部的连接焊缝；
(9) 肘板与舱壁板的连接焊缝；
(10) 尾轴托架与船底板和构架的连接焊缝；
(11) 机舱底部主要骨材与船底板的连接焊缝。

2.3.1.6 处于冲击区域内的底部和首部结构焊缝应尽可能采用双面连续焊。

2.3.1.7 配膳室、厕所、盥洗室、蓄电池室围壁与甲板连接焊缝至少在内侧采用连续焊。

2.3.1.8 铝—钢过渡接头的焊接应遵循铝与铝、钢与钢分别焊接，一般先焊铝侧，后焊钢侧，中间层为钛时，钛层不焊的原则。若不能按此原则焊接时，也可先焊钢侧，但必须采取有效措施保护铝面免受钢焊时的污染。

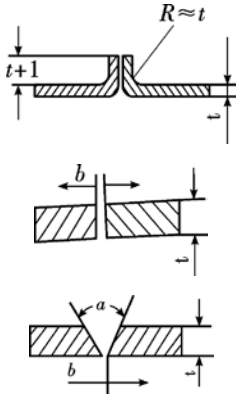
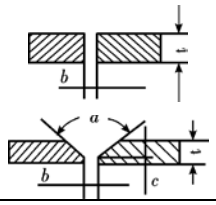
2.3.2 对接焊缝的设计

2.3.2.1　对接焊缝一般均应全焊透双面焊缝。对承受较低应力的结构，在双面焊接无法实施时，在保证质量的前提下，经 CCS 同意允许单面衬板焊接。

2.3.2.2　对接接头及坡口形式见表 2.3.2.2。

2.3.2.3　不同厚度的铝材对接时，其厚度差超过薄板厚度的 30%或大于 2mm 时，应将较厚板的边缘削斜，其削斜的宽度应不小于厚度差的 3 倍。

对接接口坡口形式　　**表** 2.3.2.2

基 本 形 式	基 本 尺 寸				
	t (mm)	*b* (mm)	*c* (mm)	*a* (°)	备 注
TIG（非熔化极惰性气体保护焊） 	≤2				单面焊须加垫板
	≤4	0~2			
	4～8	0～2		55±5°	
MIG（熔化极惰性气体保护焊） 	1.5～5	0～2			单面焊须加垫板
	5～15	0～3	1.5～3	55±5°	

2.3.3　搭接焊缝和定位焊缝的设计

2.3.3.1　搭接接头通常不能用于传递拉伸或压缩载荷的构件的连接，必须使用搭接接头时，应使两板的搭接宽度不小于 1.5*t*+20mm，t 为搭接接头中较薄板的厚度，mm。

2.3.3.2　定位焊的间距一般不大于板厚的 15 倍，定位焊长度至少为板厚的 3 倍(两板厚不等时，取厚者)。在角部、端部及受力较大或应力集中的部位应避免使用定位焊。

2.3.4　角接焊缝的设计

2.3.4.1　角接焊缝的形式可为 T 型和十字型接头，且通常均应是双面焊缝(如图 2.3.4.1*a* 所示)。两种接头形式可分为双面连续焊、双面间断焊和交错间断焊(如图 2.3.4.1*b* 所示)。

2.3.4.2　对承受比较高应力的角焊缝可采用立板开坡口的深熔焊，甚至采用全焊透的双面焊缝。在中等应力条件下允许采用链式间断焊或交错间断焊。若采用单面角焊缝必须经 CCS 同意。

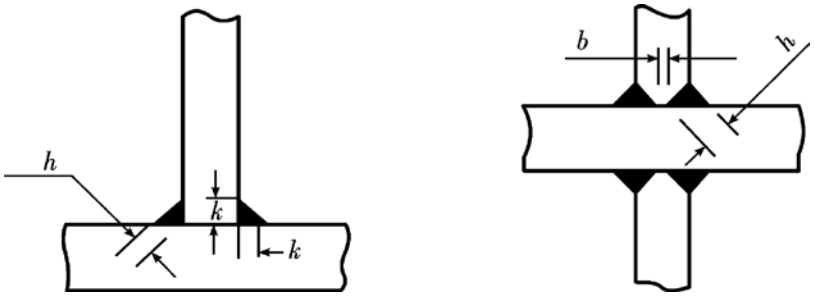


图 2.3.4.1a

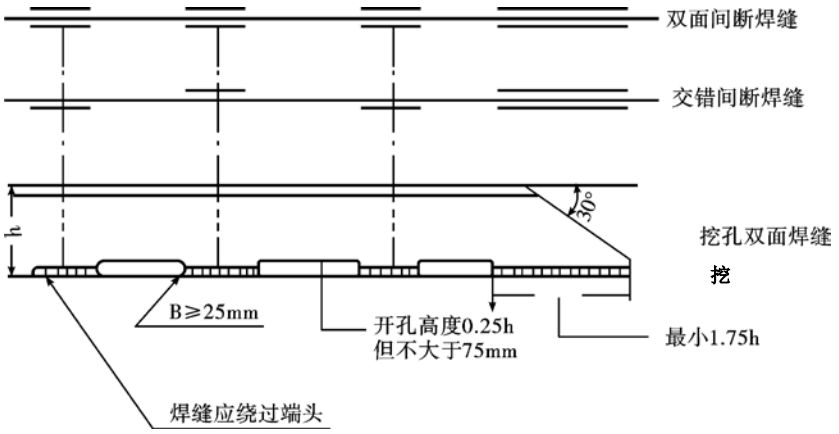


图 2.3.4.1b

2.3.4.3　要求双面连续焊的角焊缝，其焊喉厚度 h 值应不小于按下式计算所得之值：

$$h = Wt \qquad \text{mm}$$

式中：W——焊接系数，船体结构的焊接系数规定在表 2.3.4.3 中；

t——构件中的最小厚度，mm，指角焊缝连接构件中较薄一块板的厚度。

2.3.4.4　当采用间断焊时，其焊喉厚度 h_1 值应按下式计算：

$$h_1 = \frac{hd}{l} \qquad \text{mm}$$

式中：h——见本节 2.3.4.3；

d——焊缝节距，mm，指间断焊缝中前一条焊缝的起始处至后一条焊缝的起始处的长度；

l——焊缝长度，mm，指焊缝的连续长度，但不小于 15 倍板厚或 75mm，取其较小值。

焊接系数　　**表** 2.3.4.3

项目	焊接系数	备注
(一) 一般结构		
水密或油密周界	0.34	
非密性板材的周界	0.25	允许间断焊
一般的搭接焊缝	0.40	

纵骨、肋骨横梁和其他扶强构件对外板、甲板或舱壁板	0.2	在液舱处取为 0.25； 在端部连接处为 0.35
(二) 底部结构		
非密性中桁材对甲板	0.40	
非密性中桁材对底板	0.35	不能挖孔
非密性肋板、旁桁材和肘板的周界	0.35	
内底纵骨或主机座纵桁对面板	0.44	连续焊
内底纵骨或主机座纵桁对船体结构	0.44	□连续焊
螺旋桨毂部位	0.40	
(三) 船体骨架		
腹板框架和纵桁对外板	0.25	
对面板	0.25	
(四) 甲板与支承结构		
露天甲板对外板	0.44	连续焊
其他甲板对外板或舱壁(作为液舱周围的除外)	0.35	连续焊
纵桁面板对腹板	0.20	
在端部肘板、纵桁腹板对甲板	0.35	连续焊
(五) 上层建筑、甲板室和围壁处所		
外围壁与甲板的连接	0.34	
内围壁处	0.25	

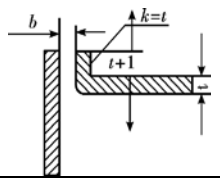
2.3.4.5　填角焊缝的焊脚高度 K 应不小于按下式计算所得之值：

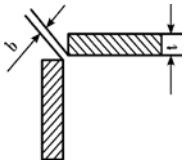
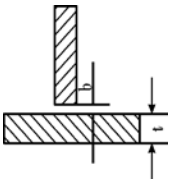
$$K = \sqrt{2}h \qquad \text{mm}$$

不论采用何种焊缝形式和焊接方法，焊缝的焊脚高度均不应小于 2mm，也不必超过较薄构件厚度的 1.5 倍。

2.3.4.6　角接接头坡口形式见表 2.3.4.6。

角接接头坡口形式　　表 2.3.4.6

基本形式	基本尺寸(mm)	
	t	B
	1.5～2	0～1

	>2	0～1
	<5	0～1
	>5	>2

2.3.4.7　在采用间断焊时，对下列部位的包角焊缝的规定长度内应采用双面连续角焊缝：

(1)　肘板趾端的包角焊缝长度不小于连接构件的高度或不小于 75mm；

(2)　型材端部，特别是短型材的端部削斜时，其包角焊缝的长度应为型材的高度或不小于削斜长度；

(3)　各种开孔、切口端部和所有相互垂直的连接构件的垂直交叉处，包角焊缝长度应不小于 75mm。

2.3.4.8　当结构构件穿过液舱舱壁时，在舱壁两面至少应有长度不小于 75mm 的双面全焊透角焊缝。

第 4 节　水密完整性与门、窗、盖的要求

2.4.1　外部风雨密完整性

2.4.1.1　所有干舷甲板以上上层建筑或甲板室的内部甲板上的开口若能导致其进水浸入干舷甲板以下，则其外部开口(不包括机舱进气口)均应设有风雨密关闭装置并能保证风雨密。

2.4.2　内部水密及风雨密完整性

2.4.2.1　位于干舷甲板以下的所有水密舱壁上的开口(包括门、管子和电缆通道)均应保证水密。

2.4.2.2　防撞舱壁位于干舷甲板以下部分不准设门。

2.4.2.3　除防撞舱壁外，所有水密舱壁位于干舷甲板以下允许设置水密门。在满足船舶设计和正常运行情况下，水密舱壁上的开口数量应尽可能少。

2.4.2.4　水密舱壁上的门在船舶航行时间应保持关闭，并在驾驶室显示其关闭状态。

2.4.2.5　防撞舱壁位于干舷甲板以上部分的开口应有防风雨设施。

2.4.3　露天门、窗、盖等开口的其他要求

2.4.3.1　门的相关要求如下：

(1)　所有风雨密门可以采用钢、铝或纤维增强塑料制造。其强度应与其相邻的建筑结构的强度相当；

(2)　围蔽处所内乘客舱、船员舱的门通常应向内开，通向开敞处所的门应向外开；

(3) 位于干舷甲板上的上层建筑的外门，凡是通至干舷甲板以下处所的，其门槛高度应符合主管机关的要求。

2.4.3.2 窗的相关要求如下：

(1) 所有上层建筑和甲板室的外窗的结构和固定形式应保证风雨密。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，并应向 CCS 提交玻璃材料的力学性能指标；

(2) 外窗的玻璃厚度应不小于按下式计算所得之值：

$$t = \frac{b}{31.6}\sqrt{\frac{CP}{[\sigma_B]}} \qquad \text{mm}$$

式中： b——窗开口的短边长度，mm；

P——窗玻璃承受的载荷，kN/m^2；可按 2.5.4.6 取值；

$[\sigma_B]$——玻璃的许用弯曲应力，N/mm^2，

$[\sigma_B]$= 50 对钢化玻璃；

$[\sigma_B]$= 26 对聚碳酸脂玻璃；

C——系数，查图 2.4.3.2(2)。

若是夹层玻璃，每层玻璃均应为钢化玻璃，玻璃层数至多不超过三层，且三层玻璃中任何一层的厚度差应不大于 2mm。夹层玻璃的厚度 t 应不小于下式计算值：

对于二层的夹层玻璃：$t = t_1 + t_2 = 1.2t_{eq}$

对于三层的夹层玻璃：$t = t_1 + t_2 + t_3 = 1.2t_{eq}$

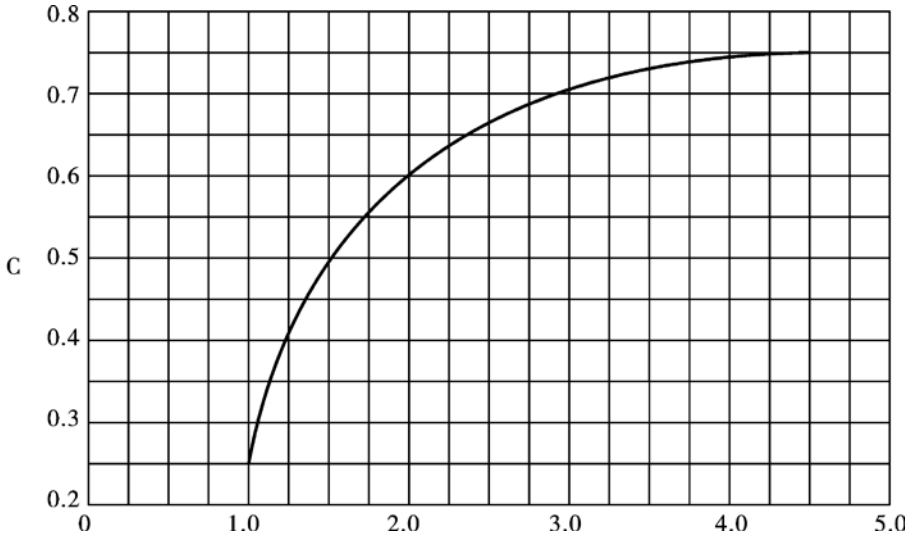
上式中：t_1、t_2、t_3 分别为各层玻璃厚度，mm；

t_{eq} 系按单层钢化玻璃的厚度公式算得的相当厚度。

但无论如何，所取厚度 t 还应不小于最小值 t_{min}：

t_{min}=5.0mm 对钢化玻璃；

t_{min}=6.0mm 对聚碳酸脂玻璃。



窗开口长宽＝长边 / 短边

图 2.4.3.2(2)

(3) 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。外窗玻璃若为聚碳酸脂玻璃，则玻璃嵌入窗框内的深度应不小于 0.03*b*，*b* 为窗玻璃的短边长度。

(4) 外窗玻璃可以采用粘接方式直接与壁板连接，如有必要，应在窗玻璃的下缘处设置金属的水平构件支承玻璃重量。使用的粘接剂应具有抗紫外线，低温、高温和清洁用的化学剂的能力。粘接剂的长效粘结强度等性能指标以及施工要求、程序等文件应提交 CCS 认可。粘接剂的拉伸强度应不低于 2.5Mpa。

①玻璃的粘接宽度 *d* 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中：$P_w = 0.0125(50+0.5V)^2$ kN/m^2；

V——最大静水航速，kn，但应不小于 30 kn；

b——窗的短边长度，m；

l——窗的长边长度，m；

σ_t ——粘结剂的最小拉伸强度，MPa 。

最小粘接宽度 $d_{\min} = 20b$，mm ，且不小于 15mm。

② 粘接剂的厚度 *t* 应不小于按下式计算所得之值:

$t = 5l$ 对于钢化安全玻璃

$t = 8l$ 对于聚碳酸脂玻璃

最小粘接剂厚度 $t_{\min} = 6.6$mm。

2.4.3.3 所有露天甲板上的舱口盖的结构强度应与其相邻结构的强度相当。

2.4.4 排水舷口

2.4.4.1 当舷墙在露天甲板的某些区域形成可能积水的“阱”时，应在舷墙上设有足够的排水面积的排水舷口，排除阱内积水。

第 5 节 结构设计载荷

2.5.1 重心处的垂向加速度

2.5.1.1 高速船船体结构受到的外载荷与常规船不同主要在于：高速船在其营运航区可能出现的波浪中高速航行时，船体将受到较大波浪冲击力的作用。该波浪冲击力值与高速船重心处垂向加速度的大小密切相关。

2.5.1.2 取重心处垂向加速度的百分之一最大值的平均值 a_{cg},作为决定结构设计载荷的设计值。重心垂向加速度 a_{cg} 与有义波高 H_i 和该波高对应的航速 V_H 三者的关系应满足以下要求：

(1) 对于除全垫升气垫船外的各类高速船：

$$\square\, a_{cg} = \frac{K_T}{426}\left(\frac{V_H}{\sqrt{L}}\right)^{1.4}\left(\frac{H_i}{B_{wl}}+0.07\right)(50-\beta)\left(\frac{L}{B_{wl}}-2\right)\frac{B_{wl}^3}{\Delta}g \qquad \text{m/s}^2$$

式中：*L*——船长，m；

B_{wl}——$L/2$ 处水线宽，m ；对双体船，应为 $L/2$ 片体设计水线处各片体最大型宽之和；

Δ——满载排水量，见 1.1.2.1(6)；

g——重力加速度，取 g=9.81m/s^2；

V_H——船舶在有义波高 H 的波浪中航行的航速，kn；

H_i——有义波高，m；

β——船体重心处横剖面的底斜升角，取 β_{max}=30°，β_{min}=10°；β 的取值见图 2.5.1.2(1)。图中(*a*)、(*b*)、(*c*)为尖舭船,(*d*)、(*e*)为圆舭船；

K_T——船舶类型系数，根据船舶类型确定：

K_T = 1.0 对于滑行艇；

K_T = 0.8 对于单体船、双体船和水面效应船；

K_T = 0.6 对于水翼船。

(2) 对于全垫升气垫船(中冲或首尾冲时)：

$$a_{cg} = (0.044\sqrt{H_i} + 0.022)\frac{V_H}{\sqrt[3]{\Delta}}g \qquad \text{m/s}^2$$

式中： H_i、Δ、V_H、 g 同本条(1)。

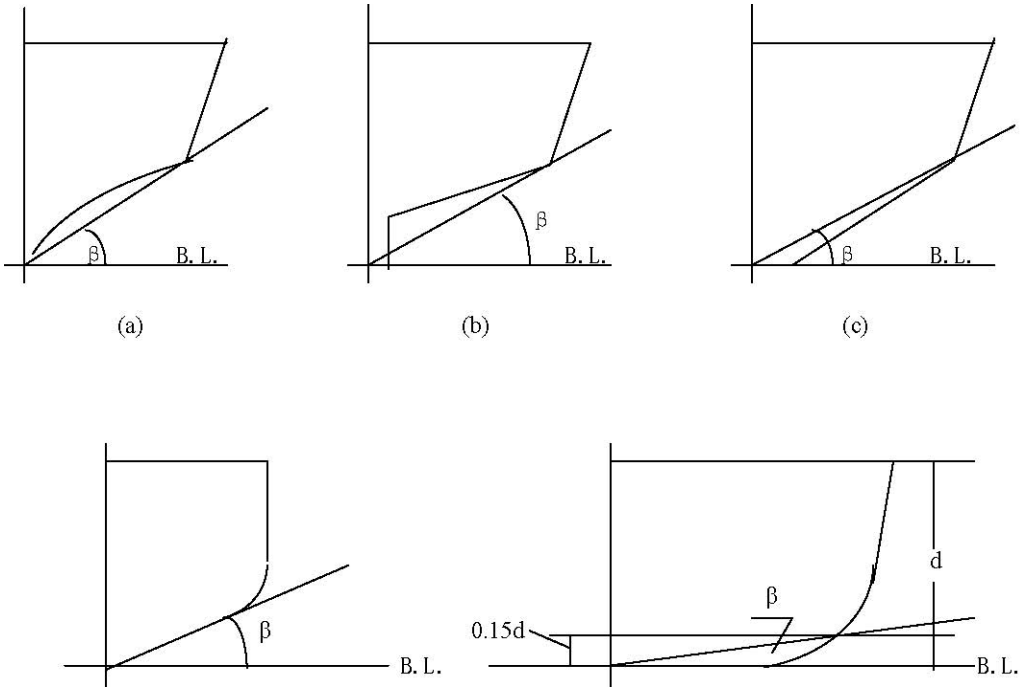


图 2.5.1.2(1)

2.5.1.3 设计部门应根据船舶营运航区，提出一组船舶可能遭遇的有义波高 H_i 与该波高对应的一组航速 v_i。且有义波高应受如下限制：

A 级航区、Zone I Service Restriction：H_i≤2.0m

B 级航区、Zone II Service Restriction：H_i≤1.25m

C 级航区、Zone III Service Restriction：H_i≤0.5m

其中：H_i 为 5%保证率对应的有义波高。

2.5.1.4 根据 2.5.1.3 的每对有义波高和航速(H_i，V_H)，按本节 2.5.1.2 公式算出相应的一组重心垂向加速度。对于客船，设计部门应调整波高所对应的航速 V_H，使所算得的重心垂向加速度 a_{cg}≤1.0g。

2.5.1.5　按本节 2.5.1.4 确定的一组重心垂向加速度，取其中最大值作为重心垂向加速度的设计值。

2.5.1.6　由本节 2.5.1.2 至 2.5.1.4 确定的一组有义波高 H_i 与航速 V_H 对应的关系应记录在《船舶操纵手册》中，并制成标牌固定展示在驾驶室内。

2.5.2　船底波浪冲击压力

2.5.2.1　本条适用于满载状态最大航速航行时，仍有部分船体浸在水中的高速船，如单体船、双体船、水面效应船，其船底所受的波浪冲击力。该处的“船底”系指船体额线，舭弯曲部或防溅条以下部位。

2.5.2.2　船底波浪冲击压力 P_{sl1} 按船模试验或实船测试所得数据确定，如无试验或实测资料，则由下式确定：

$$P_{sl1}=1.16K_{l1}\left(\frac{\Delta}{nA}\right)^{0.3}a_{cg}d_w\left(\frac{50-\beta_x}{50-\beta_{CG}}\right)\qquad \text{kN/m}^2$$

式中：K_{l1}——纵向压力分布系数。船中及舯前取 K_{l1}=1，尾端取 K_{l1}=0.5，其他处用插入法求得；

A——冲击压力计算面积，m^2 ；

对板格：A 通常取不大于 $2.5S^2$，S 为骨材间距，m；

对加强筋或桁材：A=承载宽度×跨距；

但对于板格和骨材，A 无论如何都不得取小于 $0.002\Delta/d$。

n——片体数，对单体船取 n＝1；对各类双体船(包括水面效应船)取 n＝2；

d_w——波浪中航行时的冲击吃水，$d_w=Cd$，m；d 为满载静浮状态吃水；对于排水型单、双体船取 C=1.0；对水面效应船取 C=0.75；

Δ——满载排水量，见 1.1.2.1（6）；

β——船体重心处横剖面的底斜升角，见 2.5.1.2(1)。

β_x——计算处横剖面的底斜升角，取 $\beta_{x\max}$=30°，$\beta xmin=10°$；

2.5.2.3　船底波浪冲击压力 P_{sl1} 应不小于按本节 2.5.4.1 取值。

2.5.3　连接桥底的波浪冲击压力

2.5.3.1　所谓“连接桥底”系指双体船和水面效应船的片体或侧壁连接桥结构的顶部，对于全垫升气垫船和水翼船系指已脱离水面的船底。当船在波浪中高速航行时这部分结构仍将受到波浪冲击压力的作用。

2.5.3.2　所述的冲击压力 P_{sl2} 可按船模试验或实船测试所得数据确定，如无试验资料，则由下式确定，但不小于按 2.5.4.1 计算所得的舷侧计算压力：

$$P_{sl2}=0.75K_{l2}\left(\frac{\Delta}{A}\right)^{0.3}a_{cg}\left(1-\frac{H_C}{H_L}\right)\qquad \text{kN/m}^2$$

式中：K_{l2}——纵向压力分布系数。

对于双体船：船中及舯前取 K_{l2}=1.0，舯后取 K_{l2}=0.5；

对水面效应船和全垫升气垫船：船中舯前取 K_{l2}=0.8，舯后取 K_{l2}=0.5；

对于水翼船：舯前、舯后均取 K_{l2}=0.5 ；

A——受力点计算面积，见本节 2.5.2.2；

Δ——满载排水量，见本规范 1.1.2.1(6)；

H_C——水线至运行状态载荷作用点的最小垂直距离，m；

H_L——水线至避开砰击的载荷作用点必需的垂直距离，m。

$$H_L = 0.22L(0.3 - 0.8L/1000)$$

a_{cg}——重心处垂向加速度，m/s^2，见 2.5.1.2。

2.5.4 舷侧、甲板、上层建筑和舱壁的载荷

2.5.4.1 舷侧计算压力 P_s 按下式计算所得之值确定：

$$P_s = 9.81h + 0.1P_{sl} \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：h——压力计算点到甲板的垂直距离，m，应不小于 0.8m，也不必大于舷侧范围高度的 0.8 倍；

P_{sl}——该处底部的波浪冲击压力，kN/m^2；全垫升气垫船和水翼船取 $P_{sl} = P_{sl2}$ (见本节 2.5.3.2)外，其他高速船均取 $P_{sl} = P_{sl1}$ (见本节 2.5.2.2)。

2.5.4.2 露天干舷甲板计算压力 P_{d1} 按下式所得之值：

$$P_{d1} = K_{l3}(0.2L + C) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：K_{l3}——纵向压力分布系数，船中及以前 K_{l3}=1.0，船中后取 K_{l3}=0.75；

C——航区系数，$H_i \leq$ 2.0m 的航区取 C=4.6，$H_i \leq$1.25m 的航区和 J 级航段取 C=3.9，$H_i \leq$0.5m 的航区取 C=3.5；

L——船长，同 2.5.1.2。

2.5.4.3 非露天干舷甲板、第一层上层建筑/甲板室的露天顶板及参与总强度的内部甲板计算压力 P_{d2} 按下式计算所得之值：

$$P_{d2} = 0.1L + C \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：L——船长，见本节 2.5.1.2；

C——航区系数，同本节 2.5.4.2。

2.5.4.4 承载旅客的甲板和其他非露天甲板计算压力取 P_d=3.5kN/m^2。

2.5.4.5 如甲板上装载重物，则除重物体本身重量外，还应考虑船舶垂向加速度 α_v 对甲板受压的影响。重物的垂向加速度可取 $0.5\alpha_v$。船的垂向加速度 α_v 按下式计算所得之值：

$$\square\square\ \alpha_v = K_\alpha \cdot \alpha_{cg} \qquad \text{m/s}^2$$

式中：K_α——垂向加速度分布系数，船中及舯后取 K_a=1.0，船首取 Ka=2.0，中间可线性内插；

α_{cg}——重心处的垂向加速度，m/s^2，见 2.5.1.2。

2.5.4.6 上层建筑和甲板室的计算压力 P_{sd} 按下式计算所得之值确定：

$$P_{sd} = 15.6K_1 \cdot K_2 \cdot (CL + 0.8 - 0.3h) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：L——船长，同 2.5.1.2；□

K_1——位置系数，按下列情况取值：

第一层上层建筑前壁：K_1=1.0

第二层上层建筑前壁：K_1=0.75

上层建筑和甲板室的侧壁、后壁：K_1=0.5

除 2.5.4.2、2.5.4.3 和 2.5.4.4 条规定外的露天甲板：K_1=0.4；

K_2——位置系数，按上层建筑和甲板室所在位置取值：位于船中前区域，取 K_2=1.0；

位于船中后区域，取 K_2=0.75；

C——航区系数，H_i≤ 2.0m 的航区，取 C=0.035

H_i≤ 1.25m 的航区和 J 级航段，取 C=0.030

H_i≤ 0.5m 的航区，取 C=0.026；

h——压力计算点到满载静浮水线的垂直距离，m。

第一层上层建筑前端壁的计算压力 P_{sd} 应取不小于按本节 2.5.4.2 公式算得的船中前露天甲板的计算压力。对不计入总纵强度的多层建筑和甲板室的最上层顶板的计算压力 P_{sd} 应取不小于 1.0kN/m^2。

2.5.4.7　舱壁的计算压力 P 按下式确定：

(1)　水密舱壁：$P=10h$　　kN/m^2

防撞舱壁：$P=12.5h$　　kN/m^2

式中：h——从压力计算点到舱壁顶部或该处破损水线的垂直距离，取二者中大值，m；

(2)　液舱舱壁：按以下三式计算所得之值取大者：

$$P=(g+0.5\alpha_v)h \qquad \text{kN/m}^2$$

$$P=10(h+1.5) \qquad \text{kN/m}^2$$

$$P=10\left(h+\frac{2}{3}h_p\right) \qquad \text{kN/m}^2$$

式中：α_v——该处船舶垂向加速度，m/s^2，按本节 2.5.4.5 取值；

h——压力计算点到液舱顶的垂直距离，m；

h_p——液舱顶到空气管顶的垂直距离，m。

第 6 节　铝合金及钢质船体结构的构件尺寸

2.6.1　一般要求

2.6.1.1　凡以铝合金和钢为材料的船体结构，其构件尺寸除应符合本节规定外，还应符合本章第 11 节总强度，第 12 节构件稳定性和第 14 节船体振动的有关规定。

2.6.1.2　本章计算所得的板厚，对于厚度等于或大于 4mm 的板，如小数等于或小于 0.25mm，可予不计；如大于 0.25m 且小于 0.75mm，应进为 0.5mm；如等于或大于 0.75mm，应进为 1.0mm。对于厚度小于 4 mm 的板，如小数等于或小于 0.15mm，可予不计；如大于 0.15mm 且小于 0.65mm，应进为 0.5mm；如等于或大于 0.65mm，应进为 1.0mm。

2.6.1.3　本节骨材剖面模数均计入带板，次要骨材的带板宽度取骨材间距；主要骨材带板宽度取强骨材跨距的 1/6，但不大于承载宽度，亦不小于次要骨材间距。若骨材仅一侧有带板时，则带板宽度取上述规定的 50%。

2.6.1.4　符号

t——规范规定的板厚，mm；

W——规范规定的骨材剖面模数(包括附连翼板)cm^3；当骨材的腹板与带板不垂直，且其腹板与带板的夹角 α 小于 75°时，其实际剖面模数可按下式近似确定：

$W=W_0\sin\alpha$　　cm^3，其中：W_0——假定腹板与带板垂直时的剖面模数，cm^3；

σ_s = 材料屈服强度，N/mm^2，对于钢材，见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定；对于铝材，取 $\sigma_s=\sigma_{p0.2}$，见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

σ_{sw} = 材料焊接后屈服强度，N/mm^2。对于钢材，$\sigma_{sw}=\sigma_s$；对于铝材，取退火状态的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$，见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定，但不大于 66%的材料抗拉强度值；对于无退火状态或采用特殊工艺焊接的铝合金材料，可以根据 CCS 认可的相关标准或公认的标准确定。

2.6.2　**最低要求**

2.6.2.1　最小板厚

钢质板、铝质板：$t_{min}=K_0\sqrt{L}$　　mm

式中：K_0——由表 2.6.2.1 查取；

L——船长。

钢质船舶最小板厚不得小于 3mm，铝合金船舶最小板厚不得小于 2mm。

表 2.6.2.1

构件名称		K_0	
		普通单体、双体船	水面效应船、水翼船、全垫升气垫船
船底外板		0.70	0.60
连接桥底板		0.65	0.50
舷侧外板		0.70	0.45
露天甲板		0.60	0.40
非露天甲板		0.40	0.30
上层建筑甲板室	前端壁	0.60	0.40
	侧壁、后壁	0.45	0.30
	顶板	0.30	0.20
舱壁		0.50	0.35
舵及尾轴架等处底板		1.20	1.20
机座		0.90	0.90

对于圆舭形船的舭列板，以船底升角 β 线与圆舭线交点(见图 2.5.1.2(1))区分，交点以上

作为舷侧板，交点以下作为船底板。

2.6.2.2　对单体船、双体船的船中部平板龙骨,其最小板厚应按船中部底板厚度增加1mm，首、尾部平板龙骨厚度应不小于船中部船底板厚度。平板龙骨的宽度应不小于 0.1 倍船宽(对于双体船、则选片体宽度)，且应不小于 0.75m，船长小于或等于 20m 的船舶的平板龙骨宽度应不小于 0.6m。

2.6.2.3　当中内龙骨凸出船底板外时或船底为平底时，可免除上述 2.6.2.2 要求。

2.6.2.4　船底组合型材(包括机座)须满足下列要求，对主机座处的型材其腹板厚度应不小于 5mm(对气垫船可不要求)：

(1)　腹板 $t \leqslant h/59$(铝合金)，$t \leqslant h/70$(钢材)；

其中：t 为腹板厚度，h 为腹板高度。

(2)　面板 $t \leqslant b/12$(铝合金)，$t \leqslant b/15$(钢材)。

其中：t 为面板厚度，b 为面板宽度。

2.6.2.5　甲板支柱

不论管形支柱或组合型支柱，其最小壁厚不应小于 4mm。

铝质的甲板支柱的许用载荷 P 按下式计算：

$$P = A\left(6 - 0.0349\frac{l}{r}\right)\sigma_s \cdot 10^{-2} \qquad \text{kN}$$

式中：A——支柱的剖面面积，cm^2；

l——支柱的长度，cm；

r——支柱剖面最小惯性半径，cm；

$$r = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

其中：I——支柱剖面惯性矩，cm^4。

钢质的甲板支柱许用载荷 P 应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》相应规定。

2.6.3　铝合金结构弯曲强度

2.6.3.1　板的厚度 t 应不小于按下式计算之值：

$$t = KC_1C_2S\sqrt{\frac{P}{\sigma_{sw}}} \qquad \text{mm}$$

式中：K——查表 2.6.3.1；

C_1——有曲率板的折减系数，$C_1 = 1 - 0.5\dfrac{S}{r}$，$r$ 为板的曲率半径，m；

C_2——板格短边与长边比的修正系数，

如 $s/l = 0.5$，$C_2 = 1.0$，

如 $s/l = 1.0$，$C_2 = 0.92$，中间值可内插；

S、P、l——同 2.1.3。

如为铆接结构，σ_{sw}则取 $0.9\sigma_s$。

2.6.3.2　次要骨材剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = K \cdot \frac{l^2 SP}{\sigma_{sw}} \qquad \text{cm}^3$$

(1)　式中 K 值查表 2.6.3.1；

(2)　S、P、l 同 2.1.3；

(3)　除舱壁扶强材外，所有部位纵向次要骨材、横向次要骨材屈服强度均采用材料焊接后的屈服强度 σ_{sw}；

(4)　如为铆接结构，σ_{sw}则取 $0.9\sigma_s$。

表 2.6.3.1

构件类别 / 部位	板	次要骨材		
		纵骨	横骨、肋骨、肋板	扶强材
船底、连接桥底	25.0	115	135	
舷侧	25.8	130	150	
甲板(包括上层建筑、甲板室顶板)	27.8	130	150	
上层建筑、甲板室前壁	25.8			150
上层建筑、甲板室侧壁、后壁	25.8			150
防撞舱、液舱舱壁	25.8			130
水密舱舱壁	22.4			120

2.6.4　钢结构弯曲强度

2.6.4.1　板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = KC_1C_2S\sqrt{\frac{P}{\sigma_s}} \qquad \text{mm}$$

式中：K——查表 2.6.4.1；

C_1——有曲率板的折减系数，$C_1 = 1 - 0.5\frac{S}{r}$，r 为板的曲率半径，m；

C_2——板格短边与长边比的修正系数，$C_2 = \left(1.1 - 0.25\frac{S}{l}\right)^2$。

S、P、l——同本章 2.1.3。

表 2.6.4.1

名称		K		
		首垂线 $0.1L$	船中 $0.4L$	尾垂线 $0.1L$
船底、连接桥底		19	22	19
舷侧	近船底	18	22	18
	近中和轴	18	18	18
	近甲板	18	22	18
甲板(包括上层建筑、甲板室顶板)		19	22	19
上层建筑/甲板室围壁		19		

横舱壁	防撞舱壁	19
	水密舱壁	16.5
	液舱舱壁	19

2.6.4.2　次要骨材剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = K \cdot \frac{l^2 SP}{\sigma_s} \qquad \text{cm}^3$$

式中：S、P、l——同本章 2.1.3；

K——查表 2.6.4.2。

表 2.6.4.2

名称		K		
		普通纵向骨材	普通横向骨材	扶强材
船底、连接桥底、甲板		136	149	
舷侧	近船底、甲板处	136	149	
	中和轴附近	127	149	
上层建筑、甲板室		149	149	149
舱壁	防撞舱壁、液舱舱壁			149
	水密舱壁			109

2.6.5　**骨材的剪切强度**

2.6.5.1　纵骨端部的有效剪切面积 A_e 应不小于按下式计算所得之值：

$$A_e = 22.67 \frac{(l - S)SP}{\sigma_{sw}} \qquad \text{cm}^2$$

式中：σ_{sw} ——同本节 2.6.1.4；

S、P、l——同本章 2.1.3。

A_e 按下式计算：

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

其中：h——纵骨腹板高度，mm；

t——纵骨腹板厚度，mm。

2.6.6　**主要骨材**

2.6.6.1　本条适用于纵骨架式和横骨架式主要骨材。

2.6.6.2　主要骨材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = K \cdot \frac{l^2 SP}{\sigma_{sw}} \qquad \text{cm}^3$$

(1) 式中 K 值查表 2.6.6.2；

(2) S、P、l 同 2.1.3；

(3) 除船底及连接桥底结构，所有部位纵桁、强肋骨及强横梁均可不采用材料焊接后的屈服强度 σ_{sw}，而采用材料的屈服强度 σ_s。

表 2.6.6.2

	K(纵桁、强肋骨、实肋板①、强横梁)	
	钢质	铝质
船底②、连接桥底	149	133
舷侧	149	150
甲板(包括上层建筑、甲板室顶板)	149	150
上层建筑、甲板室前壁、侧壁、后壁	149	150
液舱舱壁、防撞舱壁	149	150
水密舱壁	109	150

注：①实肋板跨距，通常取两舷之间或船舷至纵舱壁之间或纵舱壁至纵舱壁之间的距离。当中内龙骨处船体横剖面线型上呈小于 130°角的硬角点时，该处可作为实肋板的跨距点。

②中内龙骨和旁内龙骨除外。

2.6.6.3 中内龙骨腹板的高度和厚度应不小于该处实肋板腹板的高度和厚度，面板剖面积应不小于实肋板面板剖面积的 1.5 倍。旁内龙骨腹板的高度和厚度应不小于该处实肋板腹板的高度和厚度，面板剖面积应不小于实肋板面板剖面积。

2.6.6.4 可以按本章第 13 节的有限元分析法或其他理论计算法确定主要骨材尺寸及其布置形式。

2.6.6.5 桁材端部的有效剪切面积 A_e 应不小于按下式计算所得之值：

$$A_e = 13.5 \frac{SlP}{\sigma_{sw}} \qquad \text{cm}^2$$

式中：S、P、l——同本章 2.1.3；

σ_{sw}——同本节 2.6.1.4。

A_e 按下式计算：

$A_e = 0.01 h_w t_w$ cm^2，端部无肘板；

$A_e = 0.01 h_w t_w + \Delta A_e$ cm^2，端部有肘板；

其中：h_w——计算剖面处减去开孔后的腹板实效高度，mm；

t_w——腹板厚度，mm；

ΔA_e——端部有肘板时的附加剪切面积，cm^2，按肘板面板的水平倾角 θ 取值，见图 2.6.6.9。

$\theta = 45^o$ 时，$\Delta A_e = 0.9 f_1$；

$\theta = 0^{o}$时，$\Delta A_e = 0$；

θ为中间值时，可用插入法求取ΔA_e。

f_1为计算剖面处的肘板面板的截面积，cm^2。

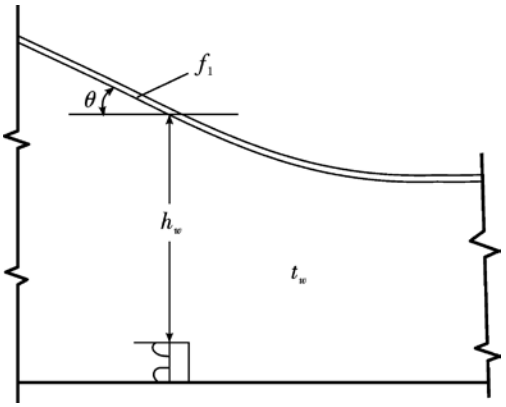


图 2.6.6.9

2.6.7　水翼装置

2.6.7.1　水翼装置许用应力标准如下：

(1)　水翼的许用相当应力：

$$[\sigma_c] = 0.95\sigma_{sw} \qquad N/mm^2$$

(2)　水翼立柱的许用相当应力：

$$[\sigma_c] = 0.8\sigma_{sw} \qquad N/mm^2$$

相当应力按下式计算：

$$\sigma_c = \sqrt{\sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x\sigma_y + 3\tau^2} \qquad N/mm^2$$

式中：σ_x——校核点处，x方向的正应力，N/mm^2；

σ_y——校核点处，y方向的正应力，N/mm^2；

τ——在x、y平面上，校核点的剪应力，N/mm^2；

σ_{sw}——构件材料焊接后的屈服强度，N/mm^2，同本节 2.6.1.4。

第 7 节　铝合金及钢质双向加筋板及船体结构的构件尺寸

2.7.1　适用范围

2.7.1.1　船长小于等于 40m 的高速船。

2.7.1.2　主船体采用立体框架结构。

2.7.2　一般要求

2.7.2.1　凡以铝合金和钢为材料的船体结构，其构件尺寸除应符合本节规定外，还应符合本章第 11 节总强度，第 12 节稳定性和第 14 节振动的有关规定。

2.7.2.2　板及组成立体框架结构的构件(如甲板纵桁、强横梁、强肋骨、支柱、龙骨、实肋板等)应符合本章第 6 节中的有关规定。

2.7.2.3　建议双向加筋板边长比l_1/l_2的范围为 1.0～2.0。其中：l_1为加筋板沿船纵向的

长度；l_2 为加筋板沿船横向的长度。

2.7.2.4　一般保持横向次要骨材连续，纵向次要骨材间断，纵向次要骨材应尽可能设置在一条直线上，且其端部与横向主要骨材的连接采用包角焊形式(其他部位的焊接应符合本规范相应章节的要求)。

2.7.2.5　纵向次要骨材的尺寸一般小于或等于横向次要骨材的尺寸，横向次要骨材与纵向次要骨材(包括带板)的惯性矩之比 I_1/I_2 建议在 1.0～3.0 范围内为宜。

2.7.3　构件尺寸

2.7.3.1　双向加筋板骨材弯曲强度

次要骨材剖面模数(包括带板)应不小于按下式计算所得之值：

$$W_1 = k_1 W \qquad \text{cm}^3$$

式中：W ——本章 2.6.3.2 或 2.6.4.2 所要求的次要骨材剖面模数。

k_1——修正系数，可按下式计算：

$$k_1 = a_1\left(\frac{l_1}{l_2}\right)^2 + b_1\left(\frac{l_1}{l_2}\right) + c_1$$

其中：系数 a_1，b_1，c_1 按表 2.7.3.1 取值，中间值可内插。

表 2.7.3.1

I_1/I_2	横向次要骨材			纵向次要骨材		
	a_1	b_1	c_1	a_1	b_1	c_1
1.00	–0.3051	1.3339	–0.4228	0.2613	–1.2481	1.6705
1.25	–0.3038	1.2950	–0.3383	0.2579	–1.2315	1.6042
1.50	–0.3011	1.2543	–0.2577	0.2545	–1.2121	1.5405
1.75	–0.2969	1.2112	–0.1811	0.2511	–1.1898	1.4796
2.00	–0.2914	1.1674	–0.1083	0.2477	–1.1649	1.4213
2.25	–0.2844	1.1212	–0.0393	0.2443	–1.1371	1.3656
2.50	–0.2761	1.0732	0.0257	0.2410	–1.1066	1.3127
2.75	–0.2663	1.0234	0.0869	0.2376	–1.0733	1.2624
3.00	–0.2552	0.9718	0.1441	0.2343	–1.0372	1.2148
3.25	–0.2426	0.9183	0.1975	0.2310	–0.9984	1.1699
3.50	–0.2286	0.8631	0.2470	0.2277	–0.9568	1.1277

2.7.4　双向加筋板次要骨材的剪切强度

2.7.4.1　骨材端部的有效剪切面积 A_e 应不小于按下式计算所得之值：

$$A_e = 22.67 k_2 \frac{(l-S)SP}{\sigma_{sw}} \qquad \text{cm}^2$$

式中：σ_{sw}——同本章 2.6.1.4；

S、P、l——同本章 2.1.3；

k_2——修正系数，可按下式计算：

$$k_2 = a_2(\frac{l_1}{l_2})^2 + b_2(\frac{l_1}{l_2}) + c_2$$

其中系数 a_2，b_2，c_2 按表 2.7.4.1 取值，中间值可线性内插。

A_e 按下式计算：

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

式中：h——骨材腹板的高度，mm；

t——骨材腹板的厚度，mm。

表 2.7.4.1

I_1/I_2	横向次要骨材			纵向次要骨材		
	a_2	b_2	c_2	a_2	b_2	c_2
1.00	–0.2221	0.9665	–0.1590	0.1806	–0.8885	1.3467
1.25	–0.2208	0.9335	–0.0922	0.1829	–0.8789	1.2985
1.50	–0.2184	0.9032	–0.0308	0.1841	–0.8671	1.2523
1.75	–0.2150	0.6698	0.0287	0.1842	–0.8529	1.2078
2.00	–0.2105	0.8351	0.0849	0.1832	–0.8365	1.1653
2.25	–0.2051	0.7993	0.1381	0.1812	–0.8178	1.1246
2.50	–0.1986	0.7622	0.1882	0.1781	–0.7969	1.0858
2.75	–0.1911	0.7239	0.2351	0.1739	–0.7736	1.0489
3.00	–0.1825	0.6843	0.2789	0.1686	–0.7481	1.0138
3.25	–0.1729	0.6436	0.3195	0.1623	–0.7204	0.9806
3.50	–0.1623	0.6017	0.3571	0.1549	–0.6903	0.9493

第 8 节　铝合金带筋板补充要求

2.8.1　一般要求

2.8.1.1　一般情况下，铝合金带筋板适用于甲板、舱壁、上层建筑和甲板室(除前端壁外)。

2.8.1.2　带筋板的布置应使其骨材平行于结构的主应力方向。

2.8.2　最小板厚

2.8.2.1　主甲板、舱壁、上层建筑和甲板室带筋板结构的最小板厚可考虑骨材间距的影响，即在 4.6.2.1 最小板厚的基础上乘以折减系数 k_0，带筋板结构经折减后的上层建筑和甲板室的最小板厚应不小于 2mm，带筋板结构经折减后的主船体甲板最小板厚不小于 2.5mm，主船体水密舱壁最小板厚不小于 2.5mm。折减系数 k_0 按下式计算：

$$k_0 = \frac{s}{s_R}$$

当 $k_0 < 0.5$ 时，取 $k_0 = 0.5$；当 $k_0 > 1.0$ 时，取 $k_0 = 1.0$。

式中：s ——骨材实际间距，m；

s_R ——基准骨材间距，按下式计算：

$$s_R = \frac{2(100 + L)}{1000} \qquad \text{m}$$

其中：L ——船长，m。

2.8.3 次要骨材

2.8.3.1 带筋板骨材的剖面惯性矩 I 应不小于按下式计算所得之值：

$$\text{I} = 0.012 W l \sigma_{\text{SW}} \qquad \text{cm}^4$$

式中：W——按 4.6.3.2 计算的骨材剖面模数，cm^3；

l——带筋板骨材跨距，m ；

σ_{SW}——同本章 4.6.1.4。

2.8.4 悬空装配的主要骨材

2.8.4.1 在带筋板骨材的垂直方向布置的主要骨材，如果为悬空装配，一般应采用双面板型材(如工字铝、槽铝等)，不允许采用单面板型材(如 T 型材)，且剖面模数计算不应计入带筋板结构的影响。

2.8.4.2 在带筋板骨材平行方向布置的主要骨材，与带筋板骨材面板焊接时，可以采用单面板型材；与带筋板骨材不焊接时，如果为悬空装配，一般应采用双面板型材(如工字铝、槽铝等)，且剖面模数计算不应计入带筋板结构的影响。

2.8.5 焊缝设计

2.8.5.1 在带筋板骨材的垂直方向悬空布置的主要骨材，其上面板应与带筋板骨材面板角焊连接(见图 2.8.5.1)，焊缝两端距带筋板骨材面板边缘约 1mm 至 2mm。焊缝在焊喉处的剪切面积（焊喉厚度 h 乘以焊缝长度）应不小于下式计算所得之值 A_e ：

$$A_e = 5.88 S l p \qquad \text{mm}^2$$

式中：S、P、l 同 4.1.3；

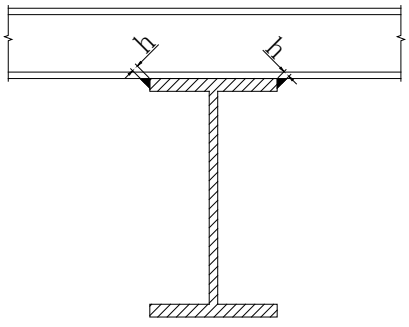


图 2.8.5.1 带筋板骨材与横向主要骨材连接方式

2.8.5.2 在带筋板骨材平行方向布置的主要骨材，当与带筋板骨材面板采用角焊连接时，在主要骨材端部 0.2 跨距长度范围内焊接系数可取 0.26，其他位置可取 0.16，主要骨材的腹板应尽量与带筋板骨材腹板对齐，以保证力的有效传递。

2.8.5.3 当带筋板结构纵向对接时，其连接采用以下方式时，应满足以下要求：

(1) 对接缝在横向主要骨材时，在横向主要骨材的上面板焊接一根与带筋板骨材等高

的扁铝(见图 2.8.5.3a)。横向主要骨材与扁铝应角焊连接，焊接系数按主要骨材腹板对面板的要求；带筋板骨材面板与主要骨材上面板的焊接应满足 2.8.5.1 的要求；带筋板板材应开坡口与扁铝焊接。也可将扁铝厚度加厚或用一小槽铝代替上述扁铝(见图 2.8.5.3b)，对带筋板板材进行连续塞焊。

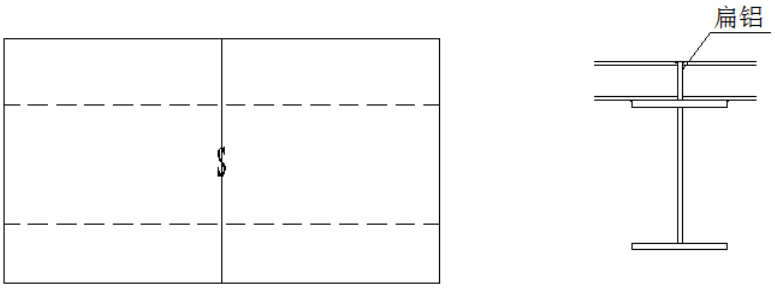


图 2.8.5.3a 带筋板在横向主要骨材处的连接方式 1

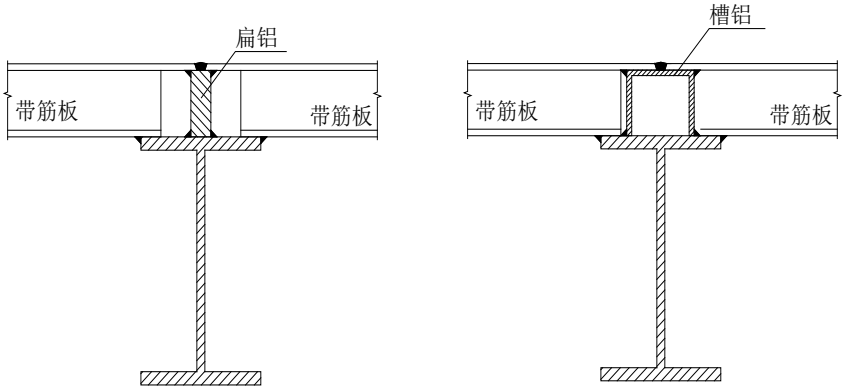


图 2.8.5.3b 带筋板在横向主要骨材处的连接方式 2

(2) 对接缝在横舱壁处时，在舱壁板正反面分别设置一根搭接于带筋板骨材面板的扁铝(见图 2.8.5.3c)，扁铝与舱壁可用单面焊进行连接；带筋板骨材面板应与扁铝焊接，且每隔 1m 设置肘板，肘板的直角边长应不小于骨材高度的 2 倍；带筋板板材应开坡口与舱壁焊接。如舱壁采用悬空强框架加舱壁板的组合结构形式时，则应满足本条(1)的要求。

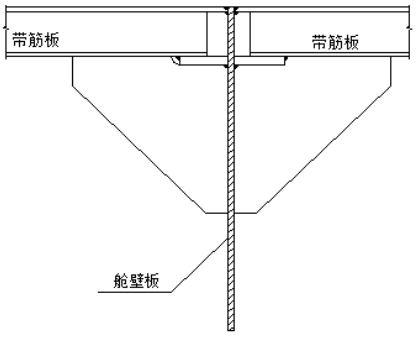


图 2.8.5.3c 带筋板在横舱壁处的连接方式

(3) 当对接缝不在横向主要构件或横舱壁处时，用一根扁铝将带筋板进行连接，带筋板骨材应与扁铝角焊连接，焊接系数取 0.45，带筋板板材应开坡口与扁铝焊接。在两带筋板之间的每根骨材上应设置过桥肘板(见图 2.8.5.3d)，肘板厚度取骨材的腹板厚度，长度不小于 4 倍骨材腹板高度，应尽量在连接处两侧均匀布置，肘板高度应不小于骨材腹板高度。过

桥肘板与骨材面板应角焊连接，焊接系数取 0.36。

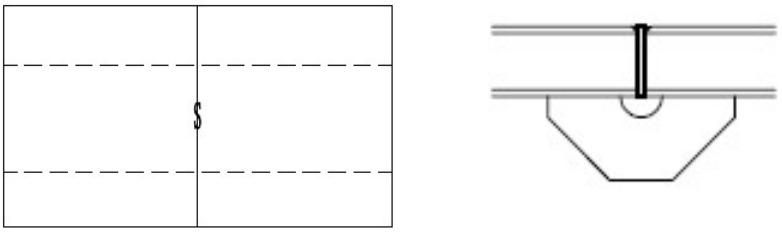


图 2.8.5.3d 带筋板不在横向主要骨材和横舱壁处的连接

第 9 节　纤维增强塑料船体结构的构件尺寸

2.9.1　一般要求

2.9.1.1　凡以纤维增强塑料为材料的船体结构，其构件尺寸除应符合本节规定外，还应符合本章第 11 节总强度、第 12 节稳定性和第 14 节振动的有关规定。

2.9.1.2　本节规定的船体构件尺寸均以层板的两个主方向上弹性模量之差不超过 20%为基准。

2.9.1.3　以玻璃纤维及其制品增强的船用层板试件性能应不低于 CCS《材料与焊接规范》第 2 篇第 3 章的要求。

2.9.1.4　推荐使用以短切原丝毡和无捻粗纱正交布交替铺糊成型的层板。

2.9.1.5　纤维增强塑料芯材基本力学性能应满足 CCS《材料与焊接规范》第 2 篇第 2 章的相关要求。

2.9.1.6　符号

t——规范规定的板厚，mm；

W——规范规定的骨材剖面模数(包括带板)，cm^3，骨材带板的有效宽度 b_e 应按本节 2.9.6.2 确定：

当骨材的腹板与带板不垂直，且其腹板与带板的夹角 α 小于 75°时，其实际剖面模数可按下式近似确定：

$$W=W_0\sin\alpha \qquad cm^3$$

其中：W_0——假定腹板与带板垂直时的剖面模数，cm^3；

σ_{fnu} ——纤维增强塑料层板的弯曲强度，N/mm^2；

τ_u ——纤维增强塑料层板的剪切强度，N/mm^2；

τ_c ——夹层芯材的剪切强度，N/mm^2。

2.9.2　最低要求

2.9.2.1　单板结构层板的玻璃纤维含量最低要求按下式计算：

当 $L \le 20m$ 时，$W_g = 0.7a$；

当 $L > 20m$ 时，$W_g = k_1 a(1 + k(L - 20))$。

式中：W_g 为单位面积的增强材料重量，g/m^2；

a、k 系数，见表 2.9.2.1；

k_1——系数，对上层建筑和甲板室围壁(除前端壁外)取 0.7，其他取 1；

L——同本章 2.5.1.2。

表 2.9.2.1

结构名称	a	k
船底、舷侧、尾封板	4200	0.025
中心线附近的首柱和龙骨	7500	0.025
尾柱艉封板附近的构件	5800	0.025
舵、轴系支撑结构	6600	0.025
非货物处所的风雨密甲板	4200	0.0
货物甲板	5400	0.013
居住甲板	2900	0
结构舱壁、水密舱壁和双层底	4200	0.0
液舱舱壁	4500	0.0
其它舱壁	2500	0.0
上层建筑和甲板室	4200	0.013

2.9.2.2　夹层板单面板的纤维含量最低要求按下式计算：

当 $L \leqslant 20\text{m}$ 时，$W_g = a$；

当 $L > 20\text{m}$ 时，$W_g = a(1+k(L-20))$。

式中：W_g 为单位面积的增强材料重量，g/m^2；

a、k 系数，见表 2.9.2.2；

L——同本章 2.5.1.2。

表 2.9.2.2

结构名称	a		k
	玻璃纤维	碳纤维/芳纶纤维	
水线以下处的船底、舷侧、尾封板	2400	1600	0.025
水线以上处的舷侧、尾封板	1600	1100	0.025
船体内表面的船底和舷侧、	1600	1100	0.013
首柱和龙骨	6000	4000	0.025
非货物处的风雨密甲板、湿甲板、其它居住甲板、液舱舱壁和双层底、水密舱壁	1600	1100	0.0
货物甲板	3000	2000	0.013
被保护的居住甲板	1200	800	0.0
甲板下面板	750	500	0.0
结构舱壁	1200	800	0.0
外部的上层建筑和甲板室	1200	800	0.013
无开口的封闭空间内部	750	500	0.0

2.9.2.3　夹层板芯材最低要求

船底、舷侧、艉封板、货物甲板构件的夹层板芯材的剪切强度应不低于 0.8 N/mm^2，压缩强度应不低于 0.9 N/mm^2，其它构件的夹层板芯材的剪切强度应不低于 0.5 N/mm^2，压缩

强度应不低于 0.6 N/mm^2。

2.9.3 单板结构层板厚度的计算

2.9.3.1 单板结构层板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 44.8CS\sqrt{\frac{p}{\sigma_{fun}}} \qquad \text{mm}$$

式中：C ——板格长边l与短边 s 之比的修正系数，按如下取值：

$C=\frac{\ell}{s}(1-0.25\frac{\ell}{s})$ 如$l/s<2$

$C=1.0$ 如$l/s\geq 2$

σ_{fun} ——见本节 2.9.1.6；

S、P——同本章 2.1.3。

2.9.3.2 平板龙骨的宽度应不小于 $0.1B$(对于双体船 B 为片体宽度)，其厚度不得小于船底板厚度的 1.5 倍，且尽可能在整个船长内保持不变。

2.9.4 夹层板板厚的计算

2.9.4.1 夹层板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = \frac{1.428}{K}\left(1+\frac{1}{\gamma}\right)\frac{P\cdot S}{\tau_c} \qquad \text{mm}$$

式中：τ_c ——见本节 2.9.1.6；

S、P——同本章 2.1.3；

γ ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 $\gamma \geq 6$；

K——系数，对聚氨酯泡沫塑料芯夹层板，$K=1.86-0.06\gamma$，且 $K\leqslant 1$；对聚氯乙烯泡沫塑料芯夹层板，$K=1.95-0.079\gamma$，且 $K\leqslant 1$；对胶合板芯夹层板，K 取 1.0；其他芯材夹层板，K 应另行考虑。

2.9.4.2 夹层板面板的厚度 t_f 应不小于按下式计算所得之值：

$$t_f = 63.3S\sqrt{\frac{kk_1P}{\gamma\sigma_{fun}}} \qquad \text{mm}$$

式中：S、P——同本章 2.1.3；

σ_{fun} ——见本节 2.9.1.6；

γ ——两面板厚度中心线的距离与两面板的平均厚度之比，且 $\gamma \geqslant 6$；

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。

非外露面板的厚度可按上式计算所得之值减少 0.5mm。

2.9.5 夹层板的挠度

2.9.5.1 当船体外板、甲板、舱壁、围壁等采用夹层板结构时，外板、甲板、舱壁、围壁上可仅设强横梁、甲板纵桁、实肋板、底龙骨(纵桁)、强肋骨、舷侧纵桁等主要骨材，但纵向、横向主要骨材划分的夹层板板格的最大边长应不大于 3.6m，且板格中心的最大挠度应不大于板格短边长度的 0.02 倍。其中当夹层板芯材为各向同性材料时，其板格中心的最大挠度 V 按下式计算：

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

式中：S、P——同本章 2.1.3；

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，$D = \frac{E_f t_f {d_f}^2}{2\left(1 - \upsilon_f^2\right)}$；

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

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_f——上、下面板中心线间的距离，mm；

t_f——上、下面板的平均厚度，mm。

2.9.6 骨材的弯曲强度

2.9.6.1 骨材的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = K\frac{l^2 SP}{\sigma_{fun}} \qquad \text{cm}^3$$

式中：σ_{fun}——见本节 2.9.1.6；

K——由表 2.9.6.1 查取；

S、P、l——同 2.1.3。其中，实肋板跨距，通常取两舷之间或船舷至纵舱壁之间或纵舱壁至纵舱壁之间的距离。当中内龙骨处船体横剖面线型上呈小于 130°角的硬角点时，该处可作为实肋板的跨距点。

表 2.9.6.1

	K	
	纵桁、强肋骨、强肋板、强横梁	纵骨、肋板、肋骨、横梁、扶强材
船底①	480	400
连接桥	480	400
舷侧	480	400
甲板	480	400
上层建筑	480	400
水密舱壁	480	400
液体舱壁 防撞舱壁	480	480

注：①中内龙骨和旁内龙骨除外。

2.9.6.2　骨材剖面模数的要求值均为连带板的最小要求值，带板有效宽度 b_e 应按带板结构型式分别按以下两式计算所得之值取小者：

带板为单层板时：$b_e = S$，$b_e = 23t + b_s$　　mm

带板为夹层板时：

(1)　如芯材为泡沫塑料、轻木类等无效芯材时：

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

(2)　如芯材为胶合板等有效芯材时：

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

式中：t——带板的总厚度，mm；

d——带板的两面板厚度中心线的距离，mm；

b_s ——骨材的净宽度，mm；

S——骨材的间距，mm。

2.9.6.3　骨材若采用松木或胶合板等有效材料作芯材，且芯材之间是连续有效的连接时，芯材可参与强度计算。骨材计入芯材的相当剖面模数，可参照本章 2.11.7.3 计算。

2.9.6.4　中内龙骨腹板的高度和厚度应不小于该处实肋板腹板的高度和厚度，面板剖面积应不小于实肋板面板剖面积的 1.5 倍。旁内龙骨腹板的高度和厚度应不小于该处实肋板腹板的高度和厚度，面板剖面积应不小于实肋板面板剖面积。

2.9.6.5　主机基座的结构应具有足够的强度和刚度。基座纵桁应根据主机马力的大小予以加强。基座纵桁应在每个肋位处设置横隔板和横肘板，以确保有效支撑。

2.9.6.6　可以按本章第13节的有限元分析法或其他理论计算法确定主要骨材尺寸及其布置形式。

2.9.7　骨材剪切强度

2.9.7.1　桁材的有效腹板面积 A_e 应不小于按下式计算所得之值：

$$A_e = \frac{40K_S \cdot SlP}{[\tau]} \quad \text{cm}^2$$

式中：K_S——剪切系数，对底部桁材及甲板纵桁取 0.63，对舷部桁材取 0.54；

S、P、l——见本章 2.1.3；

$[\tau]$——剪切许用应力，N/mm^2；当腹板为层板时，取$[\tau]=0.25\tau_u$；当腹板为夹层板时，取$[\tau]=0.25\tau_u$，且不大于面板临界剪切应力的 0.5 倍。面板的临界剪切应力τ_{cr}取下列两式计算值的小者：

$$\tau_{cr}=0.3\left(E_f^{45^0}E_cG_c\right)^{1/3} \qquad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{cr}=0.4\gamma G_c \qquad \text{N/mm}^2$$

其中：τ_u——见本节 2.9.1.6；

$E_f^{45^0}$——夹层板面板沿45^0方向的压缩模量，N/mm^2；

E_c——芯材的压缩模量，N/mm^2；

G_c——芯材的剪切模量，N/mm^2。

γ——同本节 2.9.4.1。

腹板的有效面积A_e按下式计算：

端部无肘板：$A_e=0.01h_wt_w$ cm^2

端部有肘板：$A_e=0.01h_wt_w+\Delta A_e$ cm^2

式中：h_w、ΔA_e——同本章 2.6.6.5；

t_w——层板厚度(夹层板为面板的总厚度)，cm。

2.9.8 **支柱**

2.9.8.1 甲板支柱可采用铝合金或钢质，见本章 2.6.2.5。若采用其他材料的支柱应经 CCS 同意。

2.9.9 **水翼装置**

2.9.9.1 水翼装置应按本章 2.2.7 和 2.6.7 有关要求执行。

第 10 节 尾轴架

2.10.1 **一般要求**

2.10.1.1 应采用 CCS 认可的计算方法或标准校核尾轴架的强度。

2.10.1.2 如采用双臂尾轴架，两支臂夹角应不小于 50°。支臂插入船体处的船壳板板厚应不小于该处邻近壳板厚度的 1.5 倍，且插入船体部分应与船体结构牢固连接。

2.10.1.3 如采用单臂尾轴架，轴架插入船体处的船壳板板厚应不小于邻近船壳板厚度的 2 倍。支臂插入船体部分应与船体结构牢固连接。

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

轴毂厚度：$t=0.2d_s\left(k_1+0.25\right)$ mm

轴毂长度：$l=3.5d_s$ mm

式中：d_s——尾轴架处尾轴直径，mm；

$k_1=\sigma_{ts}/\sigma_{tb}$，$\sigma_{ts}$为螺旋桨轴材料的抗拉强度，$\sigma_{tb}$为轴毂材料的抗拉强度。

2.10.2 **单臂轴架的强度校核**

2.10.2.1 单臂轴架及其与船体的连接结构，均应以螺旋桨断叶情况下(三叶桨断一叶，四、五叶桨断相邻两叶)尾轴仍处于最大转速的工况作为计算状态，并以此状态下的螺旋桨离心力和偏心推力作为外载荷来校核强度。

2.10.2.2 离心力 F 和偏心推力 P 的计算：

对三叶桨断一叶情况，按下式计算：

$$F = (2n\pi)^2 R_1 q_1 \quad \text{N}$$

$$P = 2p_1 \quad \text{N}$$

对四叶桨断相邻两叶情况，按下式计算：

$$F = \sqrt{2}(2n\pi)^2 R_1 q_1 \quad \text{N}$$

$$P = 2p_1 \quad \text{N}$$

对五叶桨断相邻两叶情况，按下式计算：

$$F = 1.62(2n\pi)^2 R_1 q_1 \quad \text{N}$$

$$P = 3p_1 \quad \text{N}$$

式中：F——离心力，N；

P——偏心推力，N；

n——单臂轴转速，r/s；

R_1——每叶质心至轴线距离，m；

q_1——每叶质量，kg；

P_1——每叶推力 N。

2.10.2.3 应力衡准：

尾轴架的许用应力按下式计算：

$$[\sigma] = 0.8\sigma_s$$

$$[\tau] = 0.46\sigma_s$$

式中：$[\sigma]$——许用正应力，N/mm^2；

$[\tau]$——许用剪应力，N/mm^2；

σ_s——构件材料的屈服强度，N/mm^2。

第 11 节 总强度

2.11.1 **一般要求**

2.11.1.1 对于船长 L 小于或等于 50m 的金属材料的单体船、双体船、水面效应船和全垫升气垫船，如在船中 0.5L 区域内的强力甲板无超过 0.25B 的开口，且 L/D 小于 14，船体结构能满足本章第 6 节、第 7 节、第 8 节的局部强度要求，则可免于校核船体的总纵强度。

2.11.1.2 对于船长 L 小于或等于 15m 的纤维增强塑料的单体船、双体船、水面效应船和全垫升气垫船，如在船中 0.5L 区域内的强力甲板无超过 0.25B 的开口，且 L/D 小于 14，船体结构能满足本章第 9 节的局部强度要求，则可免于校核船体的总纵强度。

2.11.1.3 对于除 2.11.1.1 和 2.11.1.2 外的所有高速船，应分别校核高速航行时波浪冲击状况下的总纵强度和低速航行时排水状况下的总纵强度。

2.11.1.4 对于船长 L 大于 15m 的客舱下陷的船舶，若强力甲板下陷部分的宽度大于 0.8 倍船宽或强力甲板下陷部分的深度超过 450mm 或 1/4 型深取大者，应分别校核高速航行

时波浪冲击状况下的总纵强度和低速航行时排水状况下的总纵强度。

2.11.1.5　双体船不论其尺度，均应校核两片体连接结构的总横强度和抗扭强度。

2.11.1.6　水翼船应校核翼航状态时的总纵强度。

2.11.1.7　全垫升气垫船还应补充校核上岸着地状态时的总纵强度，此时，船舶重心处的过载加速度取为 1.25g。

2.11.1.8　所有高速船总强度校核时的装载状态均取满载出港装载情况。

2.11.2　高速船高速航行时波浪冲击力引起的总纵弯矩

2.11.2.1　除全垫升气垫船外的高速船，假设船体首尾出水，波浪冲击在船重心附近区域引起的中拱弯矩 M_{hcg} 可按下式计算：

$$M_{hcg} = 0.5C(1+n)(l_x - 0.175\frac{\Delta}{B_s d}(1+0.2n))\Delta g \qquad \text{kN·m}$$

式中：C——船型系数，

C=0.80　对于穿浪双体船；

C=1.00　对于其他船；

n ——过载系数，按下式计算：

$n = a_{cg}/g$

a_{cg}——重心处垂向加速度，m/s^2，见2.5.1.2(1)；

l_x ——船中前的半体重心至船中后的半体重心的纵向距离之半，m，如l_x未知，可近似取l_x=0.25L；

B_s ——船首尾出水，波峰冲击船中区域底部时冲击面积的宽度，m：

对于尖舭船、圆舭船的B_s，可按图2.11.2.1所示取；

对于各类双体船，B_s 应为各个片体冲击面积宽度之和。

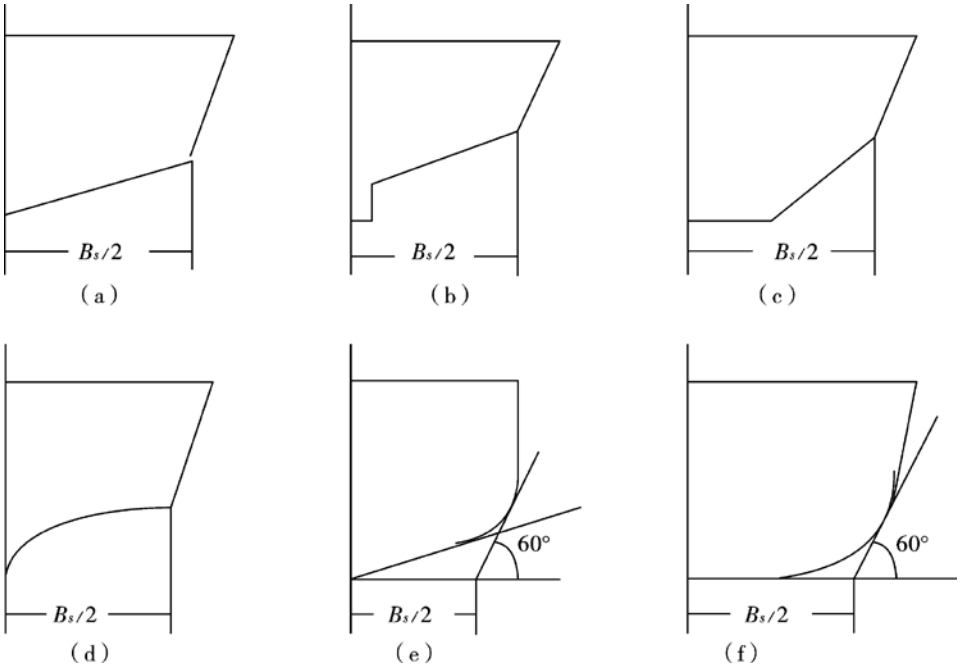


图 2.11.2.1

2.11.2.2　除全垫升气垫船外的高速船，假设船中部出水，波浪冲击在船首、尾引起的中垂弯矩 M_{sag} 可按下式计算：

$$M_{sag}=0.5C(1+n)(\frac{L}{2}-l_x-0.15\frac{\Delta}{B_s d}(1+0.2n))\Delta g \qquad \text{kN·m}$$

式中所有符号同 2.11.2.1。

2.11.2.3　对于全垫升气垫船，波浪冲击船底中部(中冲)引起的中拱弯矩通常小于波浪冲击首尾(首尾冲)引起的中垂弯矩，一般仅需校核首尾冲引起的中垂弯矩，该总纵弯矩 M_B 可按下式计算：

$$M_B=0.075(1+n)(1-0.2n)L\Delta g \qquad \text{kN·m}$$

式中：n——过载系数，按下式计算：$n=a_{cg}/g$；

a_{cg} ——重心处垂向加速度，m/s^2，按 2.5.1.2(2)公式计算。

对于船长 L 大于或等于 25m 的全垫升气垫船，还应考虑波浪仅冲击首部船底(首冲)所引起的中垂弯矩，此时计算方法应由 CCS 认可。

2.11.3　高速单体或双体船排水状态航行时的总纵弯矩

2.11.3.1　船体所受的总纵弯矩可用静水弯矩加上波浪弯矩的方法分别确定中拱弯矩和中垂弯矩。

2.11.3.2　按船舶营运航区的最大波高(有义值)，且波长等于船长的假设计算波浪弯矩，也可以根据下式计算：

$$M_w(\pm)=\pm aKK_cL^2B \qquad \text{kN·m}$$

式中：L——船长，m；

B——船宽，m；

a——有义波高系数，有义波高H_i≤2.0m时，a = 1；有义波高H_i≤1.25m时，a = 0.45；有义波高H_i≤0.5m时，a = 0.2；

K——系数，$K=(249+4.2L-0.03L^2)\times10^{-3}$；

K_c——系数，$K_c=1.6C_b+0.04$。

2.11.3.3　对于傅汝德数($F_n=v/\sqrt{gL}$)小于 0.80 的高速单体船，可免于校核排水状态航行时的总纵弯矩。

2.11.4　水翼船的总纵弯矩

2.11.4.1　水翼船的总纵弯矩仅需计及翼航状态时的总纵弯矩，其中包括双支点时中垂状态的静水弯矩和中垂波浪弯矩；双支点时中垂状态的静水弯矩可按船出水无浮力矩，船体重量全部由水翼水动升力支承计算。中垂波浪弯矩 M_{ww} 可按下式计算：

$$M_{ww}=M_{ws}\frac{4.135}{l_k}H\left(1+\frac{0.415V}{\sqrt{l_k}}\right)\left[1-\frac{\pi(d_F+d_A)}{l_k}\right] \qquad \text{kN·m}$$

式中：M_{ws}——翼航时的静水弯矩，kN/m，此值可从船身全部重力与水翼的水动升力相平衡，用常规方法确定；

V——静水翼航时的设计航速；kN；

H——翼航时的最大波高,取有义波高值，m；

l_k——前后水翼间距，m；

d_f——前水翼浸深，m；

d_a——后水翼浸深，m；

π——圆周率，取 3.1416。

2.11.5 总纵弯矩引起的剪力

2.11.5.1 对于本节 2.11.1.3 涉及的高速船和 2.11.1.6 涉及的水翼船，其总纵弯矩引起的垂向剪力在距首垂线 *L*/4 和 3*L*/4 剖面处最大，可按下式计算：

$$Q = \frac{4M_B}{L} \qquad \text{kN}$$

式中：M_B——取本节 2.11.2、2.11.3 和 2.11.4 中所得的中拱弯矩 M_{Hcg} 和中垂弯矩 M_{Sag} 的大者，kN·m；

L——同本章 2.5.1.2。

2.11.6 双体船的总横弯矩、垂向剪力的扭矩

2.11.6.1 双体船的总横弯矩 M_{BX} 可按下式计算所得之值：

$$M_{BX} = C_1 \Delta \alpha_{cg} b \qquad \text{kN·m}$$

式中：C_1——航区系数，查表 2.11.6.1；

b——片体中心间距，m；

α_{cg} ——重心处垂向加速度，m/s^2，见 2.5.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g；

Δ ——同本章 2.5.1.2。

表 2.11.6.1

航区限制	C_1	C_2	航区限制	C_1	C_2
A 级航区、Zone I Service Restriction	0.125	0.167	B 级航区、Zone II Service Restriction	0.106	0.142
C 级航区、Zone III Service Restriction	0.094	0.125	J 级航段	0.106	0.142

2.11.6.2 双体船在连接桥中纵剖面处的垂向剪力可按下式计算所得之值：

$$Q_t = C_2 \Delta \alpha_{cg} \qquad \text{kN}$$

式中：C_2——航区系数，查表 2.11.6.1；

Δ ——同 2.5.1.2。

α_{cg} ——重心处垂向加速度，m/s^2，见 2.5.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g。

2.11.6.3 两片体因不同步纵摇引起的对横向 *Y* 轴的扭矩可按下式计算所得之值：

$$M_{\text{ty}} = 0.125 \Delta \alpha_{cg} L \qquad \text{kN·m}$$

式中：Δ 、*L*——同本章 2.5.1.2；

α_{cg} ——重心处垂向加速度，m/s^2，见 2.5.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g。

2.11.7 船体梁的剖面模数

2.11.7.1 计算总纵弯曲强度时，通常取船中±5%L 范围内结构最弱处的船中横剖面作为校核剖面。

(1) 凡在船中部 0.4*L* 范围内连续的船体纵向构件都可计入船中横剖面模数，但是如上述构件上开孔，且开孔高度超过腹板高度 25%时，该开孔面积应予以扣除；

(2) 船中 0.4*L* 范围内，长度超过 0.2*L* 的上层建筑和甲板室一般可认为参与总纵强度；如在上述上层建筑和甲板室的侧壁上有大量开孔，且开孔纵向孔径之和超过该建筑长度

之半或上层建筑和甲板室与主船体的连接采用弹性结构型式时，则认为该建筑不参与总纵强度。如实船测量或有限元直接计算表明舷侧有大开口的上层建筑参与总强度，可将上层建筑合并考虑，其参与度由实船测量或根据有限元直接计算确定。

(3) 只有满足本章第 12 节结构稳定性要求的纵向构件，方可计入船中剖面模数。

2.11.7.2 校核各类双体船的总横强度时，应取连接桥宽度范围内最弱的纵向剖面作为校核剖面。只有在两片体中心线间距 b 范围内连续的船体横向构件方可计入船纵剖面模数，且这些构件上的开孔，如开孔高度超过其腹板高度的 25%，则该开孔面积应予以扣除。

2.11.7.3 当船体采用纤维增强塑料夹层结构时，总纵强度校核可采用相当剖面模数 W_e 进行。

(1) 含有夹层结构的船体梁若计入芯材的影响，其横剖面的相当剖面模数 W_e 按下式计算：

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

式中：E——计算点处材料的弹性模量，N/mm^2；

Y——计算点(取船体梁上下翼板的夹层板距中和轴较远面板的厚度中心)至剖面中和轴的垂向距离，cm；

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

(2) 计算船体梁横剖面中和轴时，可采用变换截面法计算。即保持芯材截面形心在原剖面上的位置不变，将计算芯材的剖面积乘以芯材弹性模量与面板弹性模量的比值，将其转化为等效的相当面积后，再按传统方法计算中和轴位置。

(3) 校核各类双体船的总横强度时，按 2.11.7.2 取定的校核剖面的相当剖面模数可参照上式计算。

2.11.8 总强度校核

2.11.8.1 应按 2.11.1.3 的规定，校核船体梁的总纵弯曲强度。船体梁中横剖面的总纵弯曲应力 σ 可按下式计算：

$$\sigma = \frac{M}{W} \times 10^3 \qquad \text{N/mm}^2$$

上式中 M 为按 2.11.2，2.11.3 或 2.11.4 规定计算的总纵弯矩，W 分别为按 2.11.7.1 规定剖面计算的甲板和船底的剖面模数，cm^3。

2.11.8.2 此外，还应校核船体梁的剪切强度。校核剖面可取剪应力最大的两个横剖面：即距首垂线 $L/4$ 处和 $3L/4$ 处的船体横剖面。如校核剖面处无纵舱壁，则可按下列公式计算其舷侧板的最大剪应力 τ，否则，应按薄壁剪流理论计算剪应力：

$$\tau = 100\frac{QS}{I_y t} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：Q——按 2.11.5.1 计算的校核剖面总剪力，kN；

S——中和轴以上剖面部分的静矩，cm^3；

I_y——横剖面对其水平中和轴的惯性矩，cm^4；

t——水平中和轴处船壳板厚度总和，mm。

对于采用纤维增强塑料为船体材料的高速船，如其舷侧外板和纵舱壁(如设有)为泡沫塑料芯的夹层板，计算舷侧外板和纵舱壁上的切应力 τ 时，上述夹层板芯材的剖面积不应计入，仅计入夹层板两面板的厚度之和。

2.11.8.3　双体船的总横强度校核

(1)对于各类双体船，应用 2.11.6.1 规定的总横弯矩按 2.11.7.2 规定计算的剖面模数，计算校核承受总横弯矩的连接桥结构纵剖面的上、下缘构件的总横弯曲应力。

(2)同样，还应按 2.11.6.2 规定的剪力 Q_t，计算校核连接桥结构纵剖面承受剪力的构件内的剪应力。

2.11.8.4　双体船船体扭转强度校核

对于各类双体船，应用 2.11.6.3 规定的 M_{ty} 计算校核连接桥纵剖面的纯扭转剪应力。

2.11.8.5　如果按本章第 13 节相关要求进行船体总强度的直接计算，上述 2.11.8.2 和 2.11.8.3(2)仍应进行校核。

2.11.9　计算总强度时的许用应力

2.11.9.1　铝质船体或钢质船体的许用应力如下：

(1)　构件的拉伸许用应力：

$$[\sigma]=0.67\sigma_{sw} \qquad \text{N/mm}^2$$

(2)　构件的压缩许用应力见本章第 12 节；

(3)　剪切许用应力：

$$[\tau]=0.38\sigma_{sw} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：σ_{sw}——同 2.6.1.4。

2.11.9.2　纤维增强塑料船体的许用应力如下：

(1)　对于一般高速船构件的拉伸许用应力 $[\sigma_b]=0.3\sigma_{nu}$，$\sigma_{nu}$ 为层板的极限拉伸强度，N/mm^2；

对于滑行艇构件的拉伸许用应力 $[\sigma_b]=0.24\sigma_{nu}$，$\sigma_{nu}$ 为层板的极限拉伸强度，N/mm^2；

(2)　对于一般高速船构件的压缩许用应力 $[\sigma_p]=0.3\sigma_{pnu}$，$\sigma_{pnu}$ 为层板的极限压缩强度，N/mm^2；

对于滑行艇构件的压缩许用应力 $[\sigma_p]=0.24\sigma_{pnu}$，$\sigma_{nu}$ 为层板的极限拉伸强度，N/mm^2；

(3)　对于单板的许用剪切应力 $[\tau]=0.25\tau_u$，τ_u 为层板的极限剪切强度，N/mm^2。

对于夹层板的许用剪切应力 $[\tau]=0.5\tau_{cr}$，τ_{cr} 为夹层面板的临界剪切应力，N/mm^2，取下列二式计算值中的小者：

$$\tau_{cr}=0.3\left(E_f^{45^\circ}E_cG_c\right)^{1/3} \qquad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{cr}=0.4\gamma G_c \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：$E_f^{45^\circ}$——夹层板面板沿 45°方向的压缩模量，如面板为正交布层板，$E_f^{45^\circ}$ 可取 60%，N/mm^2；

E_c——芯材的压缩模量，N/mm^2；

G_c——芯材的剪切模量，N/mm^2；

γ——同本章 2.9.4.1。

2.11.10　船体刚度

2.11.10.1　水翼船中剖面惯性矩 I 应满足下式要求：

$$I>10.88\frac{\Delta\cdot l_k^2}{E}\times10^6 \qquad \text{cm}^4$$

式中：l_k ——前后水翼的间距，m；

E——材料的弹性模量，N/mm^2；

Δ ——同 2.5.1.2。

如果剖面惯性距 I 不能满足要求，则可通过理论计算或实船测量船体最大挠度 w，且最大挠度 w 应小于船长的 1/500。

2.11.10.2　以纤维增强塑料为船体结构材料的高速船，其中剖面惯性矩 I 应满足下式要求：

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

式中：L——同 2.5.1.2；

W_0——$W_0 = \dfrac{M}{[\sigma]}$，cm^3。

其中：M——按本节 2.11.2 至 2.11.4 计算所得的最大总纵弯矩，N·m；

$[\sigma]$——取本节 2.11.9.2 中的$[\sigma_b]$和$[\sigma_p]$的小者，N/mm^2。

K_E——为材料抗拉模量系数，取 $K_E = \dfrac{11000}{E_t}$；

其中：E_t 为材料的抗拉模量，MPa。

第 12 节　构件稳定性

2.12.1　一般要求

2.12.1.1　船底板、甲板板和舷侧外板及其纵向骨材均应进行总纵弯曲情况下的稳定性校核。但对按本章 2.11.1 可免于校核总纵强度的船舶，其构件的稳定性亦可免于校核。

2.12.1.2　按 2.11.1.1 可免于校核船体总纵强度的船舶，如船体材料采用高强度钢，其构件的纵向稳定性仍应校核。

2.12.1.3　对于双体船连接桥结构的横向骨材应进行总横弯曲情况下的稳定性校核。

2.12.2　金属矩形平板

2.12.2.1　船底板或甲板板的板格理论屈曲应力 σ_E 由下式计算：

$$\sigma_E = 0.9 K_c E \left(\frac{t}{s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：E——材料弹性模量；

E=0.69×10^{5}N/mm^2 对铝板；

E=2.06×10^{5}N/mm^2 对钢板；

t——板厚，mm；

s——板格短边长度，mm；

K_c——系数，按板格受压方向取值：

如板格受压方向与板格长边方向一致，取 K_c=4.0；

如板格受压方向与板格长边方向垂直，取 $K_c = C\left[1+\left(\dfrac{s}{l}\right)^2\right]^2$。

其中：l ——板格长边长度，mm；

C＝1.21　　板格长边的次要骨材是角钢/铝或 T 型材；

C＝1.10　　板格长边的次要骨材是球扁钢/铝；

C＝1.05　　板格长边的次要骨材是扁钢/铝。

2.12.2.2　舷侧外板的理论屈曲应力σ_E由下式计算：

$$\sigma_E = \frac{7.56}{\phi + 1.1} \cdot K_c E \left(\frac{t}{s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：K_c、E、t、s——同本节 2.12.2.1；

φ ——应力分布系数(板的上边应力为σ，下边为$\varphi \cdot \sigma$)，$0 \le \varphi \le 1$。

2.12.2.3　板的临界屈曲应力σ_{cr}由下式计算：

$$\text{当 } \sigma_E \le \frac{\sigma_s}{2} \text{ 时，} \quad \sigma_{cr} = \sigma_E ;$$

$$\text{当 } \sigma_E > \frac{\sigma_s}{2} \text{ 时，} \quad \sigma_{cr} = \sigma_s \left(1 - \frac{\sigma_s}{4\sigma_E}\right) 。$$

式中：σ_E——理论屈曲应力，N/mm^2，同 2.12.2.1；

σ_s——同 2.6.1.4。

2.12.2.4　板的计算压应力σ_d应不大于按下式计算所得的许用临界屈曲应力$[\sigma_{cr}]$：

$$[\sigma_{cr}] = \eta \sigma_{cr} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：η ——稳定性安全因子：

当 s/t＜60 时，η=0.8；

当 s/t＞120 时，η=0.9；

中间值可用插入法确定。

s——板格短边长，mm；

t——板的厚度，mm。

2.12.2.5　如板格的理论屈曲应力σ_E＜σ_s/2 ，则允许计算压应力σ_d超过临界屈曲应力σ_{cr}，但不得大于按下式计算的板格平均极限应力σ_u的 0.8 倍：

$$\sigma_u = (1 - 2C)\sigma_E + C\sigma_s$$

式中：σ_E、σ_s——同 4.12.2.3；

C——系数，如板格受压方向与板格长边方向一致，取 C＝0.375，如板格受压方向与板格长边方向垂直，取 C＝0.75/(l /s＋1)。其中l 为板格长边长，s 为板格短边长。

2.12.3　**金属骨材**

2.12.3.1　带板的骨材的理论屈曲应力σ_E按下式计算：

$$\sigma_E = C \cdot \frac{\pi^2 E}{l^2} \cdot \frac{I}{A} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：I——连同带板的剖面惯性矩；cm^4；

A——连同带板的剖面面积，cm^2；

l——纵向受压时，为纵骨或纵桁的跨距，横向受压时，为横骨或强横梁的跨距，cm；

E——材料的弹性模量，同本节 2.12.2.1；

C——骨材端点的固定系数，端点处若有足够尺寸的肘板，可认为该端点刚性固定，若无肘板则认为该端点简支。

两端简支：C=1

一端简支，一端刚性固定：C=2

两端刚性固定：C=4

计算主要骨材的剖面惯性矩 I 和剖面面积 A 时，对于纵桁应计入其带板有效宽度上的纵骨的 50%剖面积，对强横梁应计入其带板有效宽度上的横骨的 50%剖面积。

2.12.3.2　计算 2.12.3.1 中剖面惯性矩 I 和剖面面积 A 时的带板宽度应用减缩后的有效宽度 b_e。对于纵骨/横骨和纵桁/强横梁分别按下列规定：

(1)　纵骨/横骨带板的有效宽度 b_e：

$$b_e = \left(0.44 + 0.56\frac{[\sigma_{cr}]}{\sigma_s}\right)\cdot s \qquad \text{mm}$$

但 b_e 值不应大于 0.8s。

式中：s——同本节 2.12.2.1；

σ_s——同 2.6.1.4；

$[\sigma_{cr}]$——系按本节 2.12.2.3 公式求得的 σ_{cr} 乘以 0.8 而得。计算时公式中的 σ_E 按下式计算：

$$\sigma_E = 11.5E\left(\frac{t}{s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

(2)　纵桁/强横梁带板的有效宽度 b_e：

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

式中：b——纵桁/强横梁支承面积的平均宽度，mm；

c——系数，按表 2.12.3.2(2)确定。

表 2.12.3.2(2)

n \ a/b	0	1	2	3	4	5	6	>7
≥6	0.00	0.38	0.67	0.84	0.93	0.97	0.99	1.00
5	0.00	0.33	0.58	0.73	0.84	0.89	0.92	0.93
4	0.00	0.27	0.49	0.63	0.74	0.81	0.85	0.87
≤3	0.00	0.22	0.40	0.52	0.65	0.73	0.78	0.80

表中：n——纵桁/强横梁跨距上等间距支承的数量；

a——纵桁/强横梁的计算跨距，mm；

当两端简支时 $a = l-h$；

当两端刚性固定时 $a = 0.6\ (l-h)$；

可根据 2.12.3.1 规定判别端点是简支还是刚性固定。

其中：l——纵桁/强横梁跨距，mm；

h——纵桁/强横梁腹板高度，mm。

2.12.3.3　桁材/强横梁的面板和腹板的理论屈曲应力 σ_E 分别按下式计算：

(1)　面板：

$$\sigma_E = 0.38E\left(\frac{t_f}{b_f}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：t_f——面板的厚度，mm；

b_f——桁材面板宽度，mm；

对于 T 型材取面板的宽度的一半。

对于纵桁，如面板很长，可在跨度内装设防倾肘板，此时面板的理论屈曲应力σ_E按下式计算：

$$\sigma_E = 0.38\left(\frac{t_f}{b_f}\right)^2 + 0.9E\left(\frac{t_f}{l_f}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：l_f——肘板间的面板间距，mm。

(2) 腹板：

$$\sigma_E = 3.8E\left(\frac{t}{h}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：*t*——腹板厚度，mm；

h——腹板高度，mm。

2.12.3.4 纵骨/横骨、桁材/强横梁以及桁材/强横梁的面板、腹板的临界屈曲应力按本节 2.12.2.3 方法计算。

2.12.3.5 桁材/强横梁的面板、腹板的许用临界屈曲应力$[\sigma_{cr}]$按本节 2.12.2.4 方法计算。

2.12.3.6 纵骨/横骨许用临界屈曲应力$[\sigma_{cr}]$按下式计算：

$$[\sigma_{cr}] = 0.67\sigma_{cr} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：σ_{cr}——临界屈曲应力，同本节 2.12.3.4。

2.12.3.7 桁材/强横梁的许用临界屈曲应力$[\sigma_{cr}]$应按下式计算：

$$[\sigma_{cr}] = \eta\sigma_{cr} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：σ_{cr}——临界屈曲应力，同本节 2.12.3.4；

η——稳定性安全因子，按下式计算：

$$\eta = \frac{K}{1+\frac{a}{r}}$$

但其值不必小于 0.3。

式中：*K*——系数，一般取 0.7，如设计载荷主要是动载荷，则取 0.6；

a——桁材/强横梁的计算跨距，m，见 2.12.3.2；

r——剖面惯性半径，cm，按下式计算。

$$r = \sqrt{I/A}$$

其中：*I*、*A*——同本节 2.12.3.1。

2.12.3.8 受压构件的实际计算应力σ_d应不大于本节 2.12.3.6 和 2.12.3.7 确定的许用临界屈曲应力。σ_d按下式计算：

$$\sigma_d = 10\times\frac{P}{A} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：*P*——构件承受的压力，kN；

A——构件剖面积，cm^2。

2.12.4 纤维增强塑料夹层板

2.12.4.1 夹层板应考虑总体屈曲、剪切屈曲、面板褶皱与凹陷屈曲等屈曲模式。

2.12.4.2　芯材为聚氨酯(PU)泡沫塑料的夹层板的面板临界屈曲应力σ_{cr}按以下两式计算所得之值取小者：

$$\sigma_{cr}=0.5\left(E_f\cdot E_c\cdot G_c\right)^{1/3} \qquad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cr}=1.39\gamma^{0.639}G_c \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：E_f——面板的压缩模量，N/mm^2；

E_c——芯材的压缩模量，N/mm^2；

G_C——芯材的剪切模量，N/mm^2；

γ——同 2.9.4.1。

2.12.4.3　芯材为聚氯乙烯(PVC)泡沫塑料的夹层板的面板临界屈曲应力σ_{cr}按以下两式计算所得之值取小者：

$$\sigma_{cr}=0.5\left(E_f\cdot E_c\cdot G_c\right)^{1/3} \qquad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_{cr}=1.52\gamma^{0.585}G_c \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：E_f、E_c、G_c、γ——均与本节 2.12.4.2 同。

2.12.4.4　以上两种夹层面板的计算压应力不应大于按本节 2.12.4.2 和 2.12.4.3 算得的σ_{cr}的 0.3 倍，也不应大于面板极限压缩强度σ_{nu}的 0.3 倍。

2.12.4.5　胶合板芯的夹层板的极限压缩强度σ_{pnu}按下式计算：

$$\sigma_{pnu}=0.15\left(E_f\cdot E_c\cdot G_c\right)^{1/3} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：E_f、E_c、G_c——均与本节 2.12.4.2 同。

2.12.4.6　胶合板芯夹层板的计算压应力不得大于其极限压缩强度σ_{pnu}的 0.6 倍。

2.12.4.7　夹层板面板的计算压应力，尚应不大于夹层板的总体临界应力。对于由纤维树脂面板/硬质泡沫芯材所构成的夹层板，其总体临界应力σ_{cr}可按下式计算：

$$\sigma_{cr}=4.2k_{cr}\frac{D}{t_f b^2} \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：b——板格承载边的长度，mm；

t_f——上下面板的平均厚度，mm；

D——夹层板单位长度的弯曲刚度，Nmm，按下式计算：

$$D=\frac{E_f\left(h+t_f\right)^2 t_f}{2\left(1-\nu_{12}^2\right)}$$

其中：E_f——面板在载荷方向上的弹性模量，N/mm^2；

ν_{12}——面板的泊松比；

h——芯材的厚度，mm；

k_{cr}——临界载荷系数，当板格边长比$\alpha=a/b$小于 0.8 时，k_{cr}根据α、δ按表 2.12.4.7

插值确定；当板格边长比 $\alpha = a/b$ 大于等于 0.8 时，k_{cr} 按下式计算确定：

$$k_{cr} = 3.46\delta^2 - 6.18\delta + 4.0$$

其中：δ ——系数，$\delta = \dfrac{\pi^2 D}{b^2 C}$；

C——芯材的剪切刚度，N/mm，$C = G_c \dfrac{\left(h + t_f\right)^2}{h}$；

G_c——芯材的剪切模量，N/mm^2。

当夹层板的面板两主方向上的弹性模量相差较大或芯材为各向异性材料时，其总体临界应力的计算应另行考虑，且计算方法应经 CCS 同意。

表 2.12.4.7

α =a/b	δ=0	δ=0.05	δ=0.1	δ=0.2	δ=0.3	δ=0.4	δ=0.5	δ=0.6	δ=0.7	δ=0.8
0.1	102.01	16.86	9.19	4.81	3.26	2.46	1.98	1.66	1.42	1.25
0.2	27.04	11.76	7.51	4.36	3.07	2.37	1.93	1.63	1.41	1.24
0.3	13.20	8.22	5.97	3.86	2.85	2.26	1.87	1.60	1.39	1.24
0.4	8.41	6.17	4.88	3.43	2.65	2.16	1.82	1.57	1.38	1.24
0.5	6.25	5.00	4.17	3.13	2.50	2.08	1.79	1.56	1.39	1.25
0.6	5.14	4.32	3.73	2.93	2.41	2.05	1.78	1.57	1.41	1.28
0.7	4.53	3.93	3.47	2.82	2.37	2.04	1.80	1.60	1.45	1.32
0.8	4.20	3.73	3.35	2.78	2.38	2.08	1.84	1.66	1.50	1.38
0.9	4.04	3.64	3.31	2.80	2.42	2.14	1.91	1.73	1.58	1.45

2.12.5 纤维增强塑料单板

2.12.5.1 纤维增强塑料单板结构临界屈曲应力 σ_{cr} 按下式计算：

$$\sigma_{cr} = K \frac{E_1}{1-\upsilon^2}\left(\frac{t}{s}\right)^2 \qquad \text{N/mm}^2$$

式中：s ——板格短边长度，mm；

t ——层板厚度，mm；

E_1 ——层板两主方向弯曲模量的较小值，N/mm^2；

v ——层板泊松比；

K ——系数，按板格受压方向取值：

如板格受压方向与板格长边方向一致，强力甲板、舷侧板取 $K = 4.4$，船底板取 $K = 6.0$；

如板格受压方向与板格长边方向垂直，K 值可按表 2.12.5.1 插值计算取值。

表 2.12.5.1

s/l	K
0.1	1
0.2	1.16
0.25	1.23
0.5	1.66
0.75	2.25

1	3.20

2.12.5.2　纤维增强塑料单板结构的计算压应力σ_d应不大于按本节 2.12.5.1 算得的临界屈曲应力σ_{cr}。

第 13 节　直接计算

2.13.1　一般要求

2.13.1.1　特殊船型或特殊尺度的船舶、以及采用新颖结构型式的船舶，应按照本节的要求，由直接计算校核结构的总纵强度和局部强度。

2.13.1.2　经 CCS 同意，本节 2.13.1.1 所述船舶的构件尺寸可按本节由直接计算确定，但应满足本规范的最小厚度要求。

2.13.1.3　对于承受较大局部载荷的结构，如车辆甲板等，应按照本章的要求进行局部强度直接计算分析。

2.13.1.4　结构分析应使用公认的结构有限元计算程序。

2.13.1.5　对于通过直接计算法确定船体结构构件尺寸的，应提供详细的直接计算说明，包括载荷、计算模型及边界条件等。

2.13.2　送审文件

2.13.2.1　送审的直接计算文件应按照如下要求编制：

(1)提交直接计算文件所依据的图纸资料目录；

(2)直接计算报告，至少应包括以下内容：

①计算目标和计算条件的说明；

②计算使用的软件；

③计算模型的详细说明，包括所作的简化处理、结构模型范围及模型化方法、构件厚度、边界条件等及模型的图形显示；

④载荷计算的依据、主要数值、分布及工况组合的说明；

⑤如属由模型试验得出的计算载荷，则应提交完整详细的模型试验资料和载荷计算方法，并经 CCS 同意；

⑥各个工况下的计算结果，包括结构位移图及其数据、各个区域的应力分布图及其主要骨材应力值、构件最大屈服、屈曲应力汇总表、工作应力与许用应力比值和校核结论。

2.13.3　总纵强度计算

2.13.3.1　本条的直接计算目标为校核船体的总纵强度。

2.13.3.2　总纵强度计算载荷与施加

(1)　假设船体总纵弯矩沿船长按式规律分布(中拱变形为“＋”，中垂变形“－”)：

$$M(x)=\pm M_0\cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right)\qquad \text{kN·m}$$

式中：M_0——船中最大中拱和中垂弯矩，kNm；

L——船长，m；

x——计算点距尾垂线的距离，m。

(2)　$M(x)$可通过施加沿船长分布的垂向等效载荷 $q(x)$来实现。$q(x)$（向上为正，向下

为负）按下式计算：

$$q(x)=\frac{2\pi^2 M_0}{L^2}\cos\left(\frac{2\pi x}{L}\right) \qquad \text{kN/m}$$

式中：M_0——船中最大中拱和中垂弯矩，kNm，按本章第 11 节的规定计算，经 CCS 同意，也可以根据模型试验方法或直接计算方法确定；

L——船长，m；

x——计算点距尾垂线的距离，m。

垂向等效载荷一般以其 1/2 值对称施加在甲板边线上的所有节点上。当使用系列集中力加载时，每个集中力应等于分布载荷 $q(x)$乘以该集中力加载区间的长度。

(3) 加载后模型上所有的垂向力之和应为零，其绝对值误差不大于 0.0001 倍排水量(t)。

2.13.3.3 模型范围

(1)进行总纵强度计算时应采用全船结构模型。所有船体外板、舱壁、甲板和平台、主要支撑构件、上层建筑等均应在模型中予以表达。

2.13.3.4 纤维增强塑料结构强度直接计算时的建模原则

(1)层合板结构的外板、甲板、舱壁以及帽型主要骨材(如强横梁、甲板纵桁、强肋骨、实肋板等)应采用板单元模拟。对参与弯曲或拉伸的帽型主要骨材的硬质芯材，可采用体单元模拟。

(2)夹层结构的外板、甲板、舱壁以及主要骨材(如强横梁、甲板纵桁、强肋骨、实肋板等)一般也可以采用板单元模拟。对参与弯曲或拉伸的帽型主要骨材的硬质芯材，可采用体单元模拟。

(3)若设有次要骨材(如横梁、纵骨、肋骨等)时，次要骨材可采用梁单元模拟。

(4)板单元的网格尺寸一般不大于船体次要骨材的间距或肋距，主要骨材腹板在其深度方向至少划分 2 个网格。

2.13.3.5 金属结构强度直接计算时的建模原则

(1)甲板、船体外板、内舷壁板、内底板、横舱壁、围壁，以及实肋板、强横梁、纵桁、龙骨等构件的腹板一般应采用板单元模拟。

(2)对于承受水压力或货物压力的各类板上的扶强材一般应采用梁单元模拟，并考虑偏心的影响；纵桁、肋板上加强筋、肋骨和肘板等主要骨材的面板和加强筋可用杆单元模拟。

(3)板单元的网格尺寸一般不大于船体次要骨材的间距或肋距，主要骨材腹板在其深度方向至少划分 2 个网格。

2.13.3.6 纤维增强塑料性能参数的确定

（1）以无捻粗纱正交布增强的层合板结构可以假定为正方对称层板，即 $E_1 = E_2$、$\frac{E_1}{E_2}=\frac{\upsilon_1}{\upsilon_2}$（$E_1$、$E_2$ 为层板主方向的弹性模量，v_1、v_2 为层板主方向的泊松比）。以无捻粗纱正交布增强的夹层结构，若芯材为聚氯乙烯泡沫塑料（PVC）芯材或聚氨酯泡沫塑料（PU），也可以假定夹层结构为正方对称层板。

(2) 以无捻粗纱正交布增强的层合板结构，应输入层板的弯曲模量、面内剪切模量及泊松比。

(3) 对于夹层板结构，若面板是无捻粗纱正交布增强的层合板，应输入拉伸模量、面内剪切模量和泊松比。

(4) 以短切毡增强的层合板可以假定为各向同性材料。

(5) 以短切毡增强的层合板结构，应输入层板的弯曲模量及泊松比。

(6) 对于夹层板结构，若面板是以短切毡增强的层合板，应输入拉伸模量、面内剪切模量和泊松比。

(7) 夹层板的聚氯乙烯泡沫塑料(PVC)芯材或聚氨酯泡沫塑料(PU)芯材可以假定为各向同性材料。

(8) 对于夹层结构，若芯材是聚氯乙烯泡沫塑料(PVC)芯材或聚氨酯泡沫塑料(PU)芯材，则输入拉伸模量及泊松比。

(9) 材料的力学性能参数可以通过试验方法确定；经 CCS 同意，也可以采用其它适用的方法确定。若没有泊松比的实测值可取泊松比等于 0.25。

2.13.3.7 总强度计算边界条件

(1) 为消除刚体位移，在船体的相应节点，见图 2.13.3.7，应施加适当的线位移约束。

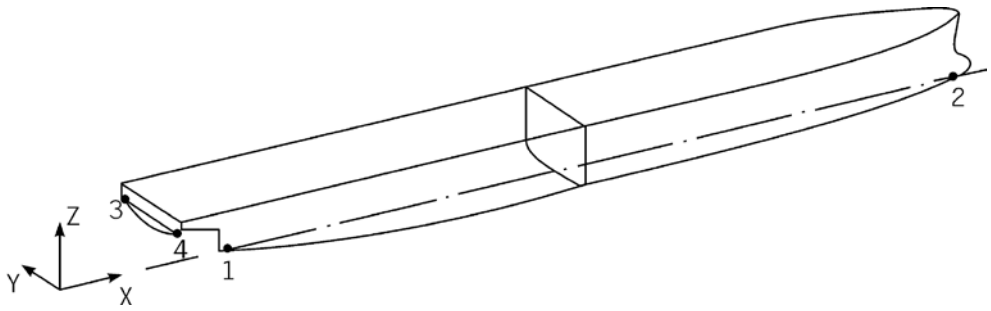


图 2.13.3.7 边界条件示意图

(2) 船底平板龙骨(纵中剖面处)在船尾(图 2.12.3.7 节点 1)处沿横向的线位移约束，即：$\delta_y = 0$；船首(图 2.13.3.7 节点 2)处，沿纵向、横向和垂向的线位移约束，即：$\delta_x = \delta_y = \delta_z = 0$。

(3) 尾封板水平桁材距纵中剖面距离相等的左(图 2.13.3.7 节点 3)、右(图 2.13.3.7 节点 4)各一节点处，沿垂向的线位移约束，即：$\delta_z = 0$。

2.13.3.8 总强度衡准

(1) 强度计算应力衡准基于本节 2.13.3.4 或 2.13.3.5 规定的网格尺寸，如使用了更细密的网格，应取在规定网格尺寸范围内所有细网格单元应力的平均值。

(2) 纤维增强塑料结构构件单元应力应不大于表 2.13.3.8(2)所列的许用应力。

纤维增强塑料结构总强度许用应力 表 2.13.3.8(2)

应力种类	许用应力
板、梁、杆单元许用拉应力	$0.3\sigma_{nu}$
板、梁、杆单元许用压应力	$0.3\sigma_{pnu}$
层合板板单元许用剪应力	$0.25\tau_u$
夹层板板单元许用剪应力	$0.5\tau_{cr}$

表中，σ_{nu}——层板的极限拉伸强度，N/mm^2；

σ_{nu}——层板的极限压缩强度，N/mm^2；

τ_u ——层板的极限剪切强度，N/mm^2 。

τ_{cr} ——夹层板的临界剪切应力，N/mm^2 ，取下列二式计算值的小者：

$$\tau_{cr} = 0.3\sqrt[3]{E_f^{45^0} E_c G_c} \qquad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{cr} = 0.4\gamma G_c \qquad \text{N/mm}^2$$

其中：$E_f^{45^\circ}$ ——夹层板面板沿 45°方向的压缩模量，N/mm^2 ；

E_c ——芯材的压缩模量，N/mm^2 ；

G_c ——芯材的剪切模量，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 $6 \le \gamma \le 14$ 。

(3)金属结构构件单元应力应不大于表 2.13.3.8(3)所列的许用应力。

金属结构总强度许用应力 表 2.13.3.8(3)

	钢结构	铝合金结构
板单元许用等效应力	$0.70\sigma_{sw}$	$0.75\sigma_{sw}$
板单元许用剪切力	$0.38\sigma_{sw}$	$0.41\sigma_{sw}$
梁、杆单元许用正应力	$0.67\sigma_{sw}$	$0.73\sigma_{sw}$

表中：σ_{sw} 为材料焊接后的屈服强度，见本章第 6 节 2.6.1.4。除舱壁扶强材，所有部位纵骨屈服强度均采用材料焊接后屈服强度 σ_{sw}；除船底及连接桥底结构，所有部位桁材，强肋骨及强横梁均可不采用材料焊接后屈服强度 σ_{sw}，而采用材料的屈服强度 σ_s；若为铆接结构，σ_{sw} 则取 $0.9\sigma_s$。

(4) 船体梁船中部的最大挠度 f 应不大于船长的 1/500。

2.13.4 双体船总横强度和扭转强度计算

2.13.4.1 本条的直接计算目标为校核双体船的连接桥总横强度和扭转强度。

2.13.4.2 总横强度计算载荷与施加

(1) 双体船连接桥结构分析中，应计算如下载荷组合工况：

① M_{BX}(中拱)；

② M_{BX}(中垂)；

③ $0.8M_{BX}$(中拱)＋$0.6M_{ty}$；

④ $0.8M_{BX}$(中垂)＋$0.6M_{ty}$；

⑤ $0.6M_{BX}$(中拱)＋$0.8M_{ty}$；

⑥ $0.6M_{BX}$(中垂)＋$0.8M_{ty}$。

(2) 双体船总横弯矩 M_{bx} 按本章第 11 节的规定计算，或采用模型试验或直接计算确定，并通过等效横向对开力施加。根据上述总横弯矩，由下式计算等效的横向对开力 F_y：

$$F_y = \frac{M_{BX}}{z + 0.5d} \qquad \text{KN}$$

式中：z——设计水线至连接桥中横剖面中和轴的距离，m，见图 2.13.4.2(2)；

d——设计吃水，m，见图 2.13.4.2(2)。

横向对开力 F_y 按图 2.13.4.2(2)所示的高度位置作用于模型，并分按向外和向内作用的两个独立工况计算。

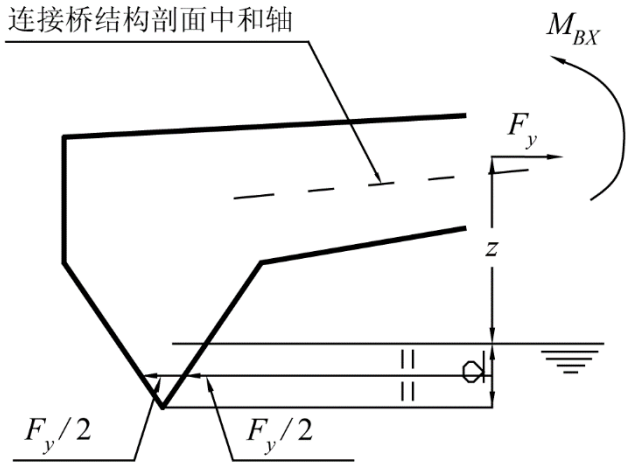


图 2.13.4.2(2)

实际计算时，将 F_Y 作为分布于连接桥整个长度范围内的分布载荷 q，作用于船体：

$$q = F_Y / L_b \qquad \text{KN/m}$$

式中：L_b 为连接桥纵向长度，m。

然后，分布载荷 q 需换算为等效集中力 P_i，加于船体的强横框架处。等效集中力 P_i 按下式确定：

$$P_i = q \cdot (\frac{S_1 + S_2}{2}) \qquad \text{KN}$$

式中：S_1 和 S_2 分别为强横框架的前后间距，m。

(3) 双体船总横扭矩 M_{ty} 按本章第 11 节的规定计算，或采用模型试验或直接计算确定，通过反对称分布的垂向均布等效力来施加。所谓反对称分布是指同一个片体以中横剖面为界前后载荷方向相反，左右片体的载荷方向亦相反。等效的垂向分布力 p 由下式计算：

$$p = \frac{4M_{ty}}{L^2} \qquad KN/m$$

等效垂向分布力应施加于纵向主要骨材上，例如纵舱壁、甲板纵桁或船底纵桁上。如图 2.13.4.2(3)所示。当使用集中力时，它应等于分布力乘以该集中力加载区间的长度。

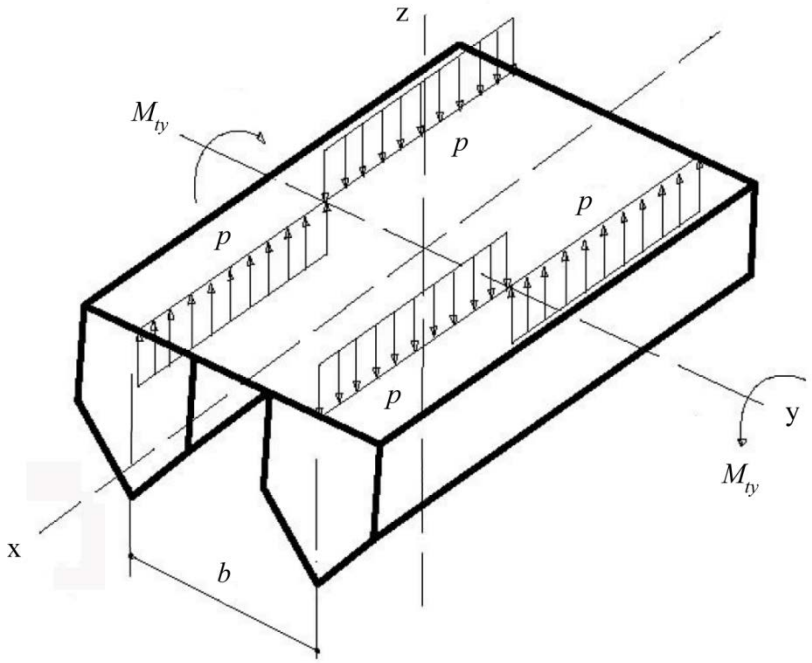


图 2.13.4.2(3)

(4) 加载后模型上所有的垂向力之和应为零，其绝对值误差不大于 0.0001 倍排水量(t)。

2.13.4.3 结构强度直接计算时的建模原则

(1) 进行双体船总横强度计算时应采用全船结构模型，片体结构可以进行适当地简化。

(2) 结构的有限元模拟满足本节 2.13.3.4 或 2.13.3.5 的要求。

2.13.4.4 材料性能参数的确定

(1) 纤维增强塑料结构材料性能参数的确定满足本节 2.13.3.6 的要求

2.13.4.5 边界条件

(1) 对于处于平衡状态的整船有限元模型，可采用表 2.13.4.5 及图 2.13.4.5 设置边界条件支点及约束条件。

整船有限元模型边界条件 表 2.13.4.5

位置	线位移约束			角位移约束		
	δ_x	δ_y	δ_z	θ_x	θ_y	θ_z
支点 A	固定	固定	固定	–	–	–
支点 B	–	固定	固定	–	–	–
支点 C (C′)	–	– (固定)	固定 (–)	–	–	–

注：①A、B、C′组合适用于扭转工况，其中，支点C′的z向位置位于连接桥纵中剖面的湿甲板上。

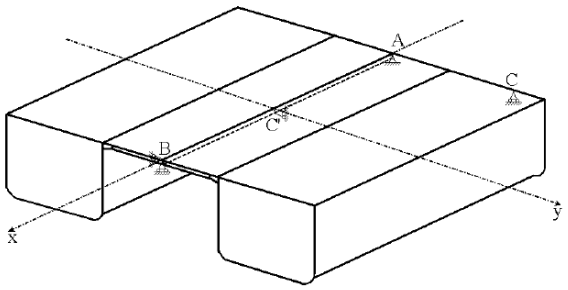


图 2.13.4.5

2.13.4.6　强度衡准

(1)　双体船的强度衡准应符合 2.13.3.8 的规定。

2.13.4.7　局部细化分析

(1)　当双体船连接桥前后端部与片体连接处粗网格模型计算应力超过 2.13.4.6 的许用应力时，应对该处进行细化分析。

(2)　细化模型可以嵌入粗网格模型中，计算结果表示在粗网格计算状态时的细部应力状态。

(3)　目标区的细模型网格尺寸应不大于 50mm×50mm，并逐步过渡到外围区域的大网格。

(4)　细化网格区域构件的单元应力应不大于 2.13.4.6 许用应力的 1.6 倍。

2.13.5　板梁模型局部强度计算

2.13.5.1　本条适用于需要通过直接计算确定局部结构的主要骨材尺寸、次要骨材尺寸的船舶。

2.13.5.2　板梁模型局部强度计算载荷与施加

(1)局部结构面积上的压力载荷按本规范第 2 章第 5 节计算。计算中涉及冲击压力计算面积 A 的计算时，主要骨材的承载宽度和跨距取横向主要骨材的承载宽度和跨距值。

(2)对局部结构上承受局部集中载荷的情况，应予以特别考虑。

2.13.5.3　板梁模型局部结构模型范围

(1)局部结构分析模型应以目标结构为中心，向外扩展到强力结构处。船底板架、舷侧板架、甲板板架和连接桥板架模型一般至少应覆盖一个舱长范围，宽度和高度方向应达到相连接的舱壁、舷侧或甲板等船体主要结构。

2.13.5.4　板梁模型局部结构模型化

(1)　局部构件强度计算一般应用三维板梁组合单元的有限元计算模型，对舱壁板架等结构可简化为二维板梁组合单元的有限元计算模型。

(2)　若仅需要通过直接计算确定局部结构的主要骨材尺寸，结构的有限元模拟满足本节 2.13.3.4 或 2.13.3.5 的要求，材料性能参数的确定满足本节 2.13.3.6 的要求。

(3)　若需对甲板、外板、舱壁板等构件的局部强度进行直接计算校核，校核区域板单元的网格尺寸应不大于板厚的 5 倍。

(4)　若需对夹层结构的甲板、外板、舱壁板等构件的局部强度进行直接计算校核，夹层结构的外板、甲板、舱壁以及主要骨材(如强横梁、甲板纵桁、强肋骨、实肋板等)的面板应采用板单元模拟，芯材应采用体单元模拟。对参与弯曲或拉伸的帽型主要骨材的硬质芯材，可采用体单元模拟。以无捻粗纱正交布增强的夹层结构的面板可以假定为正方对称层板，应输入拉伸或压缩模量、面内剪切模量和泊松比。以短切毡增强的夹层板结构的面板可以假定为各向同性材料，应输入弯曲模量及泊松比。夹层板的聚氯乙烯泡沫塑料(PVC)芯材或聚氨酯泡沫塑料(PU)芯材可以假定为各向同性材料，应输入拉伸或压缩模量及泊松比。

(5)　纤维增强塑料材料的力学性能参数可以通过试验方法确定；经 CCS 同意，也可以采用其它适用的方法确定。若没有泊松比的实测值可取泊松比等于 0.25。

2.13.5.5　边界条件

(1)　在有限元模型的边界处，除非周边结构远强于中心分析区，一般应采用简支边界条件。模型范围内受到支柱、短舱壁、平台等支持的结构，可用简支座代表。

2.13.5.6　局部强度衡准

(1) 纤维增强塑料结构局部强度计算的构件主应力方向上的应力应不大于表 2.13.5.6(1)所列许用应力：

纤维增强塑料结构局部强度许用应力表 2.13.5.6(1)

	许用应力	
板单元的拉压应力	$0.25\sigma_{nu}$	$0.25\sigma_{pun}$
梁单元的拉压应力	$0.25\sigma_{nu}$	$0.25\sigma_{pun}$
体单元的剪切应力	$0.4\tau_c$	—
层合板板单元许用剪应力	$0.25\tau_u$	—
夹层板板单元许用剪应力	$0.25\tau_u$	$0.5\tau_{cr}$

表中，σ_{nu}——层板的极限拉伸强度，N/mm^2；

σ_{pun}——层板的极限压缩强度，N/mm^2；

τ_c——芯材的极限剪切强度，N/mm^2。

τ_u——对于单板结构，为层板面内极限剪切强度；对于夹层板结构，为面板的面内极限剪切强度。

τ_{cr} 为夹层板面板的临界剪切应力，取下列两式计算值的小者：

$$\tau_{cr}=0.3\left(E_f^{45^0}E_cG_c\right)^{1/3} \qquad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_{cr}=0.4\gamma G_c \qquad \text{N/mm}^2$$

其中：$E_f^{45^0}$——夹层板面板沿 45^0 方向的压缩模量，N/mm^2；

E_c——芯材的压缩模量，N/mm^2；

G_c——芯材的剪切模量，N/mm^2；

γ——同本章 2.9.4.1。

(2) 金属结构构件单元应力应不大于表 2.13.5.6(2)所列的许用应力：

金属结构局部强度许用应力 **表** 2.13.5.6(2)

	钢结构	铝合金结构
板单元许用等效应力	$0.75\,\sigma_{sw}$	$0.80\,\sigma_{sw}$
板单元许用剪切力	$0.41\,\sigma_{sw}$	$0.44\,\sigma_{sw}$
梁、杆单元许用正应力	$0.73\,\sigma_{sw}$	$0.77\,\sigma_{sw}$

2.13.5.7 局部细化网格分析

(1) 对于结构应力集中点附近及其他应力梯度较大的部位以及在局部强度分析模型中不能正确表达其几何特点的部位，应进行局部结构细化网格有限元分析，以确定其真实应力。

(2) 细化模型可以嵌入粗网格模型中，计算结果表示在粗网格计算状态时的细部应力状态。

(3) 目标区的细模型网格尺寸应不大于 50mm×50mm，并逐步过渡到外围区域的大网格。

(4) 细化网格区域构件的单元应力应不大于 2.13.5.6 许用应力的 1.6 倍。

2.13.6 梁系模型局部强度计算

2.13.6.1　若仅需对于甲板强横梁、甲板纵桁、实肋板、底龙骨(底纵桁)、强肋骨及舱壁桁材等主要骨材进行强度计算时，根据实际情况，可采用由支柱(或桁架)、甲板主要骨材、船底主要骨材及舷侧主要骨材组成的空间梁系、平面刚架或交叉梁系进行计算。

2.13.6.2　当采用梁系模型对主要骨材的局部强度直接计算时，模型范围和建模应按照下述原则确定：

(1)　空间梁系、交叉梁系、刚架有限元模型一般由目标区域内的强横梁、甲板纵桁，实肋板、龙骨(底纵桁)、强肋骨、支柱(或桁架)、垂直桁、水平桁等主要骨材组成；

(2)　构件的带板宽度取构件跨距的1/6或构件间距之小者；

(3)　当采用有限元方法进行计算时，梁单元的网格按不大于构件间距1/10尺寸划分。

2.13.6.3　载荷及载荷施加应符合 2.13.5.2 的规定

2.13.6.4　边界条件应根据实际情况确定，一般采用简支约束。

2.13.6.5　局部强度衡准如下：

(1)　金属结构，按空间梁系、交叉梁系、平面刚架有限元模型计算所得的各构件应力，应不大于如下的许用应力：

许用正应力 $[\sigma]=0.68\sigma_s$

许用平均剪应力 $[\tau]=0.38\sigma_s$

(2) 纤维增强塑料结构，按空间梁系、交叉梁系、平面刚架有限元模型计算所得的各构件应力，应不大于如下的许用应力：

许用拉应力　　$[\sigma]=0.25\sigma_{nu}$

许用压应力　　$[\sigma]=0.25\sigma_{pun}$

(3)　对于梁构件端部的应力校核，可考虑端部肘板的影响。

2.13.7　构件稳定性校核

2.13.7.1　采用本节方法进行结构强度计算的船舶，其板、主要骨材(包括支柱)、次要骨材尚应按照本章第 12 节的方法校核稳定性。若采用其他方法，应经 CCS 同意。

第 14 节　船体振动

2.14.1　一般要求

2.14.1.1　高速船在满载航行时，应保证无强烈的总振动和局部振动。尤应注意螺旋桨区域内船底板材，以及主机和风机区域内的板材，以避免结构的损伤、妨碍机器和设备的正常运行和影响船员的工作，乘客的生活。

2.14.1.2　船体局部振动计算可参照 CCS《船上振动控制指南》或其他有效方法计算。也可通过实船测试检验船体振动情况。

2.14.1.3　本节要求不作为入级条件。

2.14.2　测量

2.14.2.1　按本节 2.14.2.2 要求测量振动幅值来衡量局部振动时，对铝焊接构件其振动应力值不应超过 12N/mm^2，对钢焊接构件其应力值不应超过 23.5N/mm^2。对于能用计算方法算得的振动应力值，也可按此衡准来衡量。

2.14.2.2　激振力直接作用区内的振动激烈部位(如振动剧烈的螺旋桨上方壳板，尾尖舱壁板及机舱底板)，建议加测板格中心的振动幅值，作为衡量板格局部振动程度的参考测点。板格中心的振动限值为：

对钢结构： $A=0.11\times\left(\frac{S}{100t}\right)^2 t$

对铝结构： $A=0.17\times\left(\frac{S}{100t}\right)^2 t$

式中：*A*——位移(峰值)，mm；

S——板格短边长度，mm；

t——平板厚度，mm。

第 15 节　铝—钢过渡接头

2.15.1　一般要求

2.15.1.1　本节规定的铝—钢过渡接头适用于高速船铝合金和钢之间焊接的过渡连接。

2.15.1.2　除本节规定外，铝—钢过渡接头应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

2.15.2　结合率

2.15.2.1　铝—钢过渡接头的界面结合率应为 100%。

2.15.3　力学性能

2.15.3.1　拉脱强度——指沿板厚度方向的抗拉强度，以试样完全拉脱为准，其值铝—钛—钢过渡接头应不小于 137N/mm^2；铝—铝—钢过渡接头应不小于 80 N/mm^2。

2.15.3.2　剪切强度——铝—钛—钢过渡接头的界面的剪切强度应不小于 80N/mm^2；铝—铝—钢过渡接头的界面的剪切强度应不小于 60N/mm^2。

2.15.3.3　弯曲性能——过渡接头应在弯曲半径 6 倍于试样宽度，弯曲角度为 90º 的条件下进行侧弯试验。其弯曲表面应不产生裂纹，但结合界面处可以有少量针孔、皱纹等缺陷。

2.15.4　尺寸

2.15.4.1　铝—钢过渡接头的宽度为 20～30mm，其偏差相对于指定宽度为±1mm。

2.15.4.2　采用铝—钛—钢或铝—铝—钢型式的铝—钢过渡接头和组成材料的厚度及偏差应符合表 2.15.4.2 的规定。

铝—钢过渡接头和组成材料厚度、偏差　　表 2.15.4.2

分类		厚度(mm)	偏差(mm)	分类		厚度(mm)	偏差(mm)
铝—钛—钢过渡接头		≥22	±2	铝—铝—钢过渡接头		≥20	±2
组成材料	3A21	8	±1	组成材料	5083	≥7	±1
	TA1、TA2	2	±0.5		1060	3～6	±1
	B 级钢	≥12	±1		B 级钢	≥10	±1

注：①组成材料的公差是指爆炸焊接后的公差；

②表中铝—钢过渡接头和组成材料的厚度和偏差可以根据合同要求另外选择。

2.15.5　标志

2.15.5.1　每个包装箱上应标下列内容：

(1)　产品名称；

(2)　批号、规格、数量；

(3) 产品验收规范；
(4) 装箱日期；
(5) 生产厂名称。

2.15.6 质量证明书

2.15.6.1 每批产品应附有质量证明书，内容包括：
(1) 承制方名称；
(2) 订货方名称；
(3) 合同号；
(4) 产品名称；
(5) 交货状态；
(6) 批号；
(7) 规格；
(8) 数量；
(9) 检验结果；
(10) 技术监督部门印记；
(11) 产品验收规范；
(12) 交货日期。

第 16 节 钢结构与纤维增强塑料结构的连接

2.16.1 适用范围

2.16.1.1 本节适用于当主船体为钢质结构，上层建筑(或甲板室)为纤维增强塑料结构时，上层建筑(或甲板室)与主船体之间的固定连接。

2.16.2 螺栓的安装、布置与尺寸

2.16.2.1 上层建筑(或甲板室)与主船体之间的固定连接一般采用螺栓连接。如采用其他方式连接应经 CCS 同意。

2.16.2.2 螺栓在结构基层内的部分其表面应光滑，不得出现螺纹。

2.16.2.3 螺栓头的上方及螺母的下方应设置垫圈，垫圈外径应不小于螺栓直径的 3 倍。

2.16.2.4 螺栓的预紧力应使垫圈下的基层承受的压强大于等于 15Mpa，但不超过 30Mpa。基层承受的压强等于螺栓预紧力除以垫圈面积。由于基层会出现应力释放现象，故建议在上层建筑(或甲板室)与主体安装固定后的第 14 天及以后再拧紧螺栓。

2.16.2.5 螺栓应垂直安装，以抵抗上层建筑与主船体之间的水平剪力。如存在水平安装的螺栓，水平安装的螺栓应与垂直安装的螺栓相互错开。

2.16.2.6 螺栓与螺栓在与水平剪力 q 平行方向上的间距 s 应大于等于螺栓直径 d_s 的 4 倍；螺栓中心距与水平剪力方向垂直的板边的距离 e_1 应大于等于螺栓直径 d_s 的 4 倍；螺栓中心距与水平剪力方向平行的板边的距离 e_2 应大于等于螺栓直径 d_s 的 3 倍；如图 2.16.2.6 所示。

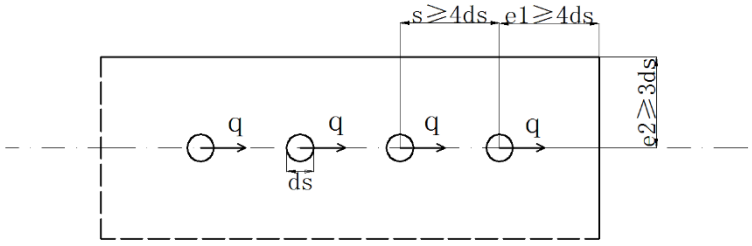


图 2.16.2.6

注：→为水平剪力的方向(沿上层建筑围壁与甲板的交线)。

2.16.2.7　螺栓的直径 d_s、间距 s 应根据下式设计：

$$\frac{4qs}{\pi d_s^{\,2}} \le [\tau]$$

其中：在没有确切载荷的情况下，水平剪切力 q 可以按表 2.16.2.7 插值计算选取。

表 2.16.2.7

$q(KN/m)$	$l=0.65L$	$l=0.7L$	$l=0.8L$	$l=0.85L$
$L=20m$	63	56	46	43
$L=30m$	113	103	88	82
$L=40m$	201	184	159	149
$L=50m$	308	284	246	231

注：l 为上层建筑或甲板室的长度，L 为船长。

s 和 d_s 同 2.16.2.6，mm；

$[\tau]$——为螺栓的剪切许用应力，Mpa，取 $[\tau]=\frac{\sigma_s}{\sqrt{3}}$。

其中螺栓直径取值不应小于 8mm。

2.16.2.8　结构基层的厚度应根据下式设计：

$$\frac{qs}{d_s t} \le [\sigma_p]$$

式中：

t——基层的厚度，mm，当基层为层板时，t 为层板厚度，当基层为夹层板时，t 为夹层板的面板总厚度。

q、s、d_s 同 2.16.2.7；

其中，压缩许用应力 $[\sigma_p]=0.3\sigma_{pnu}$，$\sigma_{pnu}$ 为层板的极限压缩强度，N/mm^2。

2.16.3　接头的密封

2.16.3.1　螺栓与上层建筑(或甲板室)本体间的间隙，以及主体与上层建筑(或甲板室)本体间的法兰面间隙应采用适当的处理方式密封，防止潮气或水进入。

第 17 节　防腐

2.17.1　适用范围

2.17.1.1　本规定适用于铝合金结构高速船用材的防腐保护。

2.17.1.2　高速船铝合金船体的防腐保护应采用涂料、胶布和经 CCS 同意的其他防护措施。当船营运于非淡水区域时，还应采用牺牲阳极、外加电流保护装置等方法。

2.17.2　涂料

2.17.2.1　用于铝合金船舶防腐的涂料应经 CCS 认可。

2.17.2.2　涂料的化学成分应与铝合金相适应，其中不得含有铜、铅、汞或其它能导致铝合金产生电化学腐蚀或其它类型腐蚀的成分。拟用于防止电化学腐蚀的绝缘涂料，不得含有石墨或其它导电材料。

2.17.2.3　涂料应按制造厂的产品说明书使用。被涂覆表面，包括焊缝和边角，应进行适当的清洁和化学处理。涂覆时，金属表面温度应高于露点 3℃以上。涂层应无空隙、划痕或其它易于引起局部腐蚀的有害缺陷。此外，厂方还应提供涂层的组成、涂层的厚度、干燥时间、涂覆间隔以及涂覆时金属表面的干湿状况等技术资料以供审核。

2.17.3　铝合金与其它金属接触面的防腐

2.17.3.1　对于铝合金船体结构，应采取适当的措施，如采用橡胶或绝缘胶布(无捻不吸水)和镀锌铁片将其与其他金属分隔，以避免直接接触。使用其他类型的绝缘胶布应提交 CCS 认可。

2.17.3.2　钢质与铝质材料连接时，应采用同一铝基漆，禁止使用红丹漆。

2.17.3.3　钢质与铝质材料连接采用铆接时，应采用铝材在外即顺水铆接形式，并用铝质铆钉。

2.17.3.4　对非铝合金管系，应采取适当的措施，如特殊的管子架，防止其与铝合金船体之间存在电回路。在管道通过舱壁板、甲板、舱顶板和船壳等有水密要求的结构时，应采用特殊的贯通件，以保证非铝合金管道与铝合金绝缘。

2.17.3.5　对于机座、泵座、螺旋桨轴、舵等非铝合金部件的支承部位，应采用非金属的支承隔层、不导电的衬垫材料以及合适的胶布(无捻不吸水)、涂层等与铝合金船体绝缘。

2.17.4　铝合金与非金属接触的防腐

2.17.4.1　应采用适当的涂料或包覆，防止与铝合金直接接触的木材或绝缘材料中的杂质对铝合金的腐蚀。

2.17.4.2　任何用于粘结铝合金与绝缘材料的粘结剂中不得含有对铝合金有腐蚀作用的成分。用于绝缘的泡沫塑料中不得含有对铝合金有害的成分，如氟利昂等。

2.17.4.3　对于经常有污垢和灰尘积聚的地方，应采用涂层或其他方法，以防止铝合金产生点蚀。

2.17.5　潮湿环境下的防腐

2.17.5.1　应采取适当的舱室布置，以避免在潮湿处产生的铝合金缝隙腐蚀。在可能产生剥离腐蚀的舭部、锚链舱等处，所使用的铝合金应经过适当的热处理，使具有抗剥离腐蚀的能力。

2.17.6　高温环境下的防腐

2.17.6.1　对于 60℃以上的工作环境，应使用特别指定在该温度下工作的铝合金和焊接

材料。

2.17.7 漏电流的保护

2.17.7.1 船舶在坞内时，应防止焊接等电流对铝合金船体产生不利影响。交流电应与船体绝缘。直流电应尽量避免接地于铝合金船体。当出于安全考虑必须接地时，应将负极接于船体。

2.17.8 阴极保护

2.17.8.1 对使用于非淡水区域的高速船，应考虑使用牺牲阳极或外加电流对铝合金船体结构进行保护。

2.17.8.2 牺牲阳极的材料、数量、尺寸、位置及其固定方式等详细资料应提交 CCS 审查。对于外加电流保护系统，应采取措施以防止过保护，并应提供阳极类型、电压、布置等资料供 CCS 审查。必要时，验船师可要求进行电位试验。

2.17.8.3 阴极保护系统一般应保证至少 5 年的服役期。年检时如发现有必要，可以进行更新或修补。

第 3 章　舾装设备

第 1 节　舵设备

3.1.1　一般要求

3.1.1.1　本节适用于高速船悬挂式的水舵。

3.1.1.2　对于空气舵、喷射器等其他型式控制船舶航向的设备应予特殊考虑。

3.1.1.3　承受舵重量的舵承处的船体板和构件应作适当加强。

3.1.1.4　船上应设有防止舵杆沿轴向移动的装置。

3.1.1.5　舵应装有适当的舵角限位装置。

3.1.1.6　操舵装置应符合第 4 章第 8 节的要求。

3.1.1.7　本章规定适用于屈服强度 σ_S 为 235 N/mm^2 的普通碳素钢，如用其他钢材，构件尺寸可按材料系数 f_1 作相应换算。换算所用的材料系数 $f_1=(\sigma_S/235)^a$。其中 σ_S 为所用钢材的屈服强度，N/mm^2。

当 σ_S >235N/mm^2 取 a=0.75，当 σ_S ≤235N/mm^2 时，取 a=1。

3.1.1.8　舵杆、舵承、键以及螺栓等材料的抗拉强度一般不可低于 400N/mm^2 或高于 900 N/mm^2。舵设备材料尚应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

3.1.1.9　安装完毕后，下舵承处船体外壳所有空隙处及角隅处，均需用绝缘混合物填满，确保水流平滑流通，避免造成空泡气蚀。

3.1.2　舵杆

3.1.2.1　作用于舵杆上的舵力 F 按下式计算：

$$F=1.458K_1K_2(h^2+2A)V^2\times10^{-2}\quad \text{kN}$$

式中：A——舵面积，m^2；

h——舵叶高度，m；

V——使用该舵时船的最大航速，km/h；

K_1——系数，对位于螺旋桨后的舵取 1.0，对位于螺旋桨尾流之外的舵取 0.9；

K_2——系数，H_i≤ 2.0m的航区取1.0，H_i≤ 1.25m的航区取0.94，H_i≤ 0.5m的航区取0.89，J级航段取1.06；

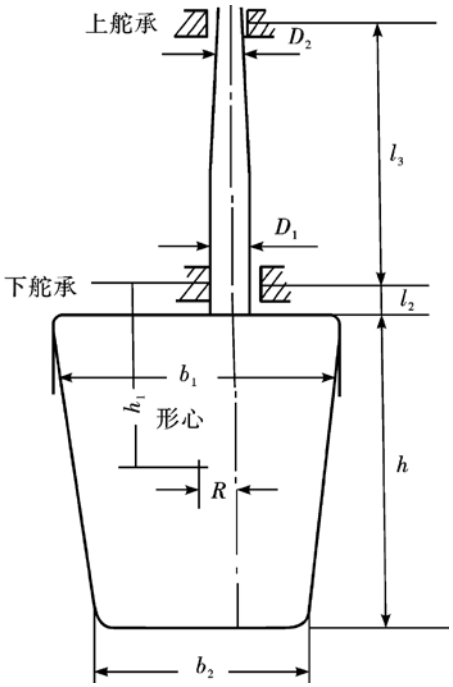


图 3.1.2.1

3.1.2.2　作用于舵杆上的弯矩 M_b 按下式计算：

$$M_b = Fl_1 \qquad \text{kN·m}$$

式中：F——舵力，kN，按本节 3.1.2.1 计算；

l_1——舵叶形心至下舵承中心的垂直距离，m，见图 3.1.2.1。

3.1.2.3　作用在舵杆上的扭矩 M_t 可按下式计算：

$$M_t = FR \qquad \text{kN·m}$$

式中：F——舵力，kN；按本节 3.1.2.1 计算；

R——臂距，m；按本节3.1.2.4计算。

3.1.2.4　舵叶的臂距 R 应按下式计算：

$$R = b(\alpha - \beta) \qquad \text{m}$$

式中：b——舵叶平均宽度，m；

α ——系数，取 0.33；

β —— $\beta = \dfrac{A_r}{A}$ 。

其中：A_r——舵杆中心线前方的舵叶面积，m^2；

A——为舵叶面积，m^2。

臂距R的取值应不小于0.1b。

3.1.2.5　下舵承处舵杆直径 D_1 应不小于按下式计算所得之值：

$$D_1 = 42 \times \sqrt[3]{\frac{M_t}{f_1}} \times \sqrt[6]{1 + \frac{4}{3}\left(\frac{M_b}{M_t}\right)^2} \qquad \text{mm}$$

式中：M_b ——下舵承至舵叶顶部间舵杆最大弯距，kN·m；按本节 3.1.2.2 计算；

M_t ——舵杆扭距，kN·m；按本节 3.1.2.3 计算；

f_1 ——材料系数，同本节3.1.1.7。

3.1.2.6　上舵承处舵杆直径 D_2 应不小于按下式计算所得之值：

$$D_2 = 42 \times \sqrt[3]{\frac{M_t}{f_1}} \qquad \text{mm}$$

式中：M_t——同本节 3.1.2.3；

f_1——同本节3.1.1.7。

3.1.2.7　下舵承以上的舵杆直径应尽可能保持与下舵承处舵杆直径一致，然后逐可渐减小至舵柄处的直径，但锥体长度应不小于直径减小量的 3 倍。锥体上不允许存在凹槽。

3.1.2.8　对于在任何工作角度时都不处于推进器尾流中的舵，舵杆直径可较本节 3.1.2.5 公式计算值减小 7%。

3.1.2.9　在舵杆设计时，应考虑到使其在船舶最大后退速度时不致损坏。

3.1.3　舵叶

3.1.3.1　舵面积应能保证在低速情况下仅单机运行时船舶仍能保持稳定。

3.1.3.2　对航行于 J 级航段的船舶的舵面积应能保证在只有一台主机工作时仍能保证稳定航向和操纵。

3.1.3.3　流线型舵的舵叶外板(包括顶板和底板)厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 1.5a\sqrt{10d + 0.0394NC_nV^2} + 1 \qquad \text{mm}$$

式中：V——同 3.1.2.1；

N——系数，流线型舵取 $N = 1$，组合舵取 $N = 1.2$；

d——吃水，m；

a——舵叶最大板格的短边边长，m；

C_n——系数，按下式计算：

$C_n = 1.069$　　$\lambda \leqslant 1.0$

$C_n = -0.55(\lambda - 1)^2 + 1.069$　　$1 < \lambda \leqslant 1.4$

$C_n = 0.1722(\lambda - 2)^2 + 0.9192$　　$1.4 < \lambda \leqslant 2.0$

$C_n = 0.9192$　　$\lambda > 2.0$

λ——展舷比。

3.1.3.4　舵叶内垂直隔板、水平隔板厚度应不小于按本节 3.1.3.3 计算所得之值。

3.1.3.5　舵叶内应涂以防腐涂料。舵的上、下部应有排泄孔，并配以用不锈材料制成的栓塞。

3.1.3.6　单板舵的舵叶厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 0.7\sqrt{D_1} \qquad \text{mm}$$

式中：D_1——按3.1.2.5计算所得的舵杆直径，mm。

3.1.3.7　单板舵叶上应增设加强筋，加强筋（包括带板）在舵杆处的剖面模数 W 应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 0.4ab^2V^2 \qquad \text{cm}^3$$

式中：a——加强筋间距，m；

b——舵叶上、下后缘至舵杆中心的水平平均距离，m；

V——同 3.1.2.1。

当在任何舵角，舵都不处于推进器尾流中时，单板舵水平加强筋剖面模数W可按上式减小15%。

3.1.4 舵杆和舵叶的连接

3.1.4.1 按 3.1.2.5 算得的舵杆直径应保持到舵叶顶板或水平法兰处。

3.1.4.2 当舵叶和舵杆以水平法兰联接时：

⑴ 连接水平法兰的螺检直径 d_f 应不小于按下式计算所得之值：

$$d_f = \frac{0.68D_1}{\sqrt{n}} \qquad \text{mm}$$

式中：D_1——下舵承处舵杆直径，mm，按本节 3.1.2.5 计算；

n——螺栓个数，应不少于 6 个。

(2) 法兰的连接螺栓至少应有 4 个是铰孔紧配螺栓；

(3) 水平法兰厚度应不小于连接螺栓直径 d_f；

(4) 螺栓中心至法兰边缘的距离应不小于连接螺栓直径 d_f 的 1.2 倍；

(5) 舵杆与法兰连接处应有圆弧过渡。如舵杆与法兰采用焊接方法连接，舵杆材料含碳量 C 应小于 0.23，应在整个接合部位焊透，焊接工艺应符合《钢质内河船舶建造规范》的规定。

3.1.4.3 舵叶与舵杆的连接采用舵杆下端锥体伸入舵叶内并用键和螺母连接时：

(1) 舵杆锥体的锥度为 1/8～1/12，锥体长度应不小于下舵承处舵杆直径 D_1 的 1.5 倍。舵杆的锥体部分向柱体过渡处不应有台阶；

(2) 键的剪切面积 A_S 应不小于按下式计算所得之值：

$$A_S = 294 \cdot \frac{M_t}{d_m f_1}^2 \qquad \text{cm}^2$$

式中：M_t——作用舵杆上的扭矩，kN·m，见本节 3.1.2.3；

d_m——舵杆在键处的平均直径，mm；

f_1——材料系数，同 3.1.1.7。

(3) 键与舵杆及键与舵之间的接触面积应不小于 $0.3A_S / f_1$，而 f_1 应取键、舵杆或法兰三者中的最小者；

(4) 舵杆最下端的紧固用螺母的高度应为下舵承处舵杆直径 D_1 的 0.4 倍。舵杆最下端螺纹的公称直径应为 $0.65D_1$。螺母应设有可靠的止动装置。

3.1.5 舵承

3.1.5.1 舵承的接触面积应满足如下要求：

$$\pi D_1' h_b \geq \frac{P}{[P]} \times 10^6 \qquad \text{mm}^2$$

式中：D_1'——舵承衬套处舵杆直径，mm；

h_b——舵承接触面高度，mm；

P——舵承上的接触反力，kN，上下舵承处的反力可按下式计算：

上舵承：$P = \frac{M_b}{l_3}$ kN

下舵承：$P = F + \frac{M_b}{l_3}$ kN

其中：M_b——见 3.1.2.2；

F——见 3.1.2.1；

l_3——上下舵承中心线之间的距离，m,见图 3.1.2.1；

$[P]$——舵承材料的最大许用压强，kN/m^2，按表3.1.5.1选取。

舵承材料最大许用压强 表3.1.5.1

舵杆与舵承接触面材料	$[P]$ (kN/m^2)	舵杆与舵承接触面材料	$[P]$ (kN/m^2)
钢与不锈钢或青铜	7000	钢与白合金(油润滑)	4500
钢与肖氏硬度①60～70 的合成材料(水润滑)	5500	钢或青铜与铁梨木	2500

注：①肖氏硬度试验应在23ºC及相对适度50%情况下，按公认的标准进行。合成材料应是认可型的。

3.1.5.2 舵承衬套的厚度 t 应满足下式要求：

$$t \geq 0.32\sqrt{P} \qquad \text{mm}$$

式中：P——见本节 3.1.5.1。

舵承衬套厚度通常应不小于 8mm。

3.1.5.3 舵承衬套外侧厚度应不小于 $0.25D_1$。

3.1.5.4 下舵承应以舵承座及支持结构与船体牢固地连接。舵承应有适当的装置，防止舵出现意外的松动或脱落。

3.1.5.5 舵承也可以采用 CCS 接受的标准。

3.1.6 舵柄、舵扇及连杆

3.1.6.1 矩形舵柄在距舵杆中心 1.5D 处的剖面对其垂直轴的剖面模数 W，应不小于按下式计算所得之值：

$$W = 0.14\left(1-\frac{1.5D}{R}\right)D^3 \qquad \text{cm}^3$$

式中：R——舵柄长度，cm，见图 3.1.6.1；

D——舵柄或舵扇处舵杆直径，cm；

对于转动几个舵的主动舵柄，取：

$$D^3 = D_1^3 + D_2^3 + D_3^3 + \text{L} + D_n^3$$

其中：D_1、D_2、D_3L D_n——各被动舵舵柄处舵杆直径，cm。

对于一个幅条以上的舵扇，各幅条距舵杆中心 1.5D 处对其剖面垂直轴的剖面模数的总和应不小于按上式计算所得之值，但 R 取舵扇半径。

舵柄的剖面模数可从毂部向端部逐渐减小至上式要求的 40%。

舵柄、舵扇毂的高度 h 应不于 0.9D，外径 D_0 应不小于 1.8D。

当舵柄采用其他剖面时，应具有等效的强度。

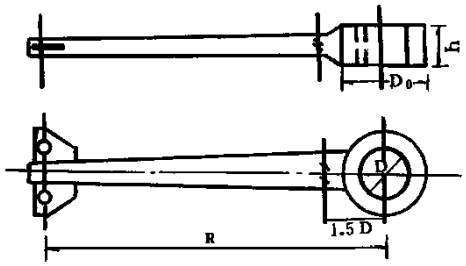


图 3.1.6.1

3.1.6.2 若舵柄(舵扇)毂是由两个半块对合而成，则应在每一端至少用 2 个螺栓栓牢，全部螺栓的总剖面积 a 应不小于按下式计算所得之值：

$$a = 0.2\frac{D^3}{b} \qquad \text{cm}^2$$

式中：D——舵柄处的舵杆直径，cm；

b——两端螺栓中心间距离，cm。

3.1.6.3　舵柄(或舵扇)与舵柄之间的连杆剖面积A和剖面惯性矩I均应不小于按下列各式计算所得之值：

$$A = 0.12 \cdot \frac{D^3}{R} \qquad \text{cm}^2$$

$$I = 6.6 \cdot \frac{D^3 l^2}{R} \times 10^{-6} \qquad \text{cm}^4$$

式中：D——被动舵舵柄处的舵杆直径，cm；

l——连杆长度，cm；

R——被动舵的舵柄长度，cm。

第 2 节　锚泊及系泊设备

3.2.1　一般要求

3.2.1.1　锚、锚链、锚索、系船索等设备所用材料须符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》的有关要求。

3.2.1.2　对锚泊及系泊设备，本节未作规定者，可按 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 1 篇第 3 章第 4 节执行。

3.2.2　舾装数

3.2.2.1　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——满载排水量，m^3，见 2.1.4.1(6)；

B——船宽，m；

d——吃水，m；

b——上层建筑及甲板室围壁的最大宽度，m；

H——船舶在静水中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——在满载水线以上的船体和各层上层建筑及甲板室宽度大于$B/4$的甲板室围壁的侧投影面积，m^2；

K——航区系数，$H_i \leq 2.0$m的航区及J级航段取K=1.0；对$H_i \leq 1.25$m的航区取K=0.8；对$H_i \leq 0.5$m的航区取K=0.7。

对于双体船，可以从舾装数计算公式的BH中扣除水线以上隧道的横剖面积。

3.2.3　锚泊设备

3.2.3.1　船首应配置设认可型的大抓力锚，若配置认可型的超大抓力锚，则其质量应不小于查表所得之值的 2/3；若配置非大抓力锚，则其质量应不小于查表所得之值的 1.3 倍。

3.2.3.2　锚和锚链的配备须根据舾装数N按表 3.2.3.2 选取。

3.2.3.3　装设两台或两台以上主机的船舶，或全垫升式气垫船，经 CCS 同意可减少其锚的质量。

锚及锚链的配备表　　表3.2.3.2

序号	舾装数 N		首锚		无档锚链		有档锚链				系船索	
	超过	不超过	数量	大抓力锚总质量(kg)	总长度(m)	直径(mm)	总长度(m)	直径(mm)		破断负荷	根数	破断负荷
								$CCSAM_1$	$CCSAM_2$			
1		10	1	10	50	8	—	—	—	29.4	2	32
2	10	20	1	15	50	10	—	—	—	29.4	2	32
3	20	30	1	25	50	10	—	—	—	29.4	2	32
4	30	40	1	30	50	11	—	—	—	29.4	3	32
5	40	55	1	35	50	11	—	—	—	29.4	3	32
6	55	70	1	40	—	—	60	12.5	—	38.3	3	32
7	70	90	1	50	—	—	60	12.5	—	50.4	3	34
8	90	110	1	60	—	—	60	14	11	63.3	3	37
9	110	130	1	80	—	—	70	14	12	75.8	4	39
10	130	150	1	100	—	—	70	16	13	88.3	4	44
11	150	170	1	125	—	—	75	17.5	14	102.2	4	54
12	170	190	1	150	—	—	75	17.5	15	119.2	4	59
13	190	210	1	175	—	—	75	18.5	16	136.9	4	64
14	210	230	1	200	—	—	80	20.5	17.5	175	4	69
15	230	250	1	225	—	—	80	22.0	19.0	200	4	69

3.2.3.4　可采用锚索(钢索或合成纤维索)代替锚链，锚索的破断负荷应不小于其替代的锚链的破断负荷。并应在锚和锚索之间应加设一段短锚链，其长度至少应为锚的存放位置至锚机的距离或 0.2L，取小者。锚链在连接锚的一端应装设一个转环，另一端与锚索连接，锚索另一端应系固在船体结构上，并在易于到达的地方能迅速解脱。

3.2.3.5　锚索的长度应根据船舶种类和营运条件确定。

3.2.3.6　锚机座和为锚索固定或导向的装置应牢固地固定在船体结构上，并保证其在损坏时不致破坏船体的水密完整性。

3.2.4　系泊设备

3.2.4.1　系船索应为认可型的合成纤维索。系船索直径应不小于 15mm。系船索总长不小于船长的 4 倍。对船长小于 10m 的船，系索可根据具体情况另行考虑，但应经给船部门同意。

3.2.4.2　船首至少应设一只系缆桩或羊角，船尾两舷至少应各设一只系缆桩或羊角。系缆桩、羊角等的直径应不小于钢质系船索直径的 9 倍或纤维索周长的 1.2 倍。

3.2.4.3　安装系泊设备处的船体结构应予适当加强。

3.2.4.4　高速船应设置被拖带的装置，其强度应保证能被安全拖曳。

第 4 章　轮机

第 1 节　一般规定

4.1.1　适用范围

4.1.1.1　高速船的主推进装置和辅助机械装置等的设计、制造、安装和试验均应符合本章有关规定。本章未规定的其他装置或设备，应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》的有关规定。

4.1.1.2　凡采用 CCS 规范未有规定的新型机械设备，应将有关的技术资料提交 CCS 审定并获批准时，方可予以采用。

4.1.2　环境条件

4.1.2.1　主机、重要辅助柴油机和安全所必要的机器设备，应能在船舶横倾 10°和纵摇 7.5°的情况下均能正常工作。

4.1.3　换向

4.1.3.1　推进装置应具有改变推进方向的能力，倒车时应能足以保持对船舶的操纵。

4.1.4　燃料

4.1.4.1　主、辅机用的燃油，其闪点(闭杯试验)一般应不低于 60℃；当使用闪点低于 60℃，但不低于 43℃的燃油时，其贮藏、使用处所的环境温度应经 CCS 同意；当使用闪点低于 43℃，但不低于 35℃的燃油时，其贮存地点和燃油系统的布置应经 CCS 同意。

4.1.5　机舱布置

4.1.5.1　有人值班机舱至少应设有一个不包括脱险通道在内的出入口，但船长小于 20m 的船舶，可只设一个出入口，该出入口亦可为脱险通道。

4.1.5.2　主、辅机及各种设备的布置应留有便于操纵、维护和检修的通道。

4.1.6　通风

4.1.6.1　机器处所及可能积聚蒸汽、可燃或有毒气体的处所应有足够的通风。

4.1.6.2　机舱通风设备应能从机舱外易于到达的处所予以关闭。

4.1.7　防护

4.1.7.1　对高速旋转的机器设备应采取有效的防护措施，使其对人员和船舶安全的危险降至最低限度，凡飞轮、皮带传动、空气螺旋桨进风口等处，应装设防护罩等防护设施。

4.1.7.2　所有温度超 220℃的热表面均应包覆隔热层，人易接触处隔热层表面温度不应超过 60℃。隔热层应采用抗油及其蒸气渗透的材料，否则应采用薄铁皮或类似材料妥善包裹。

4.1.8　振动、噪声

4.1.8.1　主机及机器设备的安装，应避免对高速船的船体产生过大的振动。

4.1.8.2　单机功率大于或等于 220kW 的主推进装置应具有满意的扭转振动特性，其轴系、轴承的设计应使轴系不致发生过大的回旋振动。

4.1.8.3　当机舱噪声影响到驾驶室与有人值班机舱人员的通话时，应采取适当的降噪措施。

4.1.9　通信

4.1.9.1　船长大于 15m 高速船的机舱和/或集控室与驾驶室之间应设有通信设施。

4.1.10　急流航段船舶的附加要求

4.1.10.1　航行于急流航段的高速船应设置双主推进装置。

4.1.10.2　单机功率超过 220kW 的主机，其主轴系应装有制动装置，且应在主机控制处设有制动离合的标记。

4.1.10.3　主机总功率超过 440kW 的船舶，其气笛空气瓶应是独立的，且驾驶室应装有空气瓶的压力表。如空气压缩机是独立的，且能自动控制，则气笛空气瓶可以和杂用空气瓶共用。

4.1.11　航行于三峡库区船舶的附加要求

4.1.11.1　通过三峡大坝的船舶以及航行于三峡库区的高速客船，应设置双主推进装置；船长 30m 及以下仅在三峡库区长江支流非急流航段航行的高速客船可不设置双主推进装置。

4.1.12　推进动力源

4.1.12.1　船舶推进动力源包括汽油座舱机、液化石油气(以下简称 LPG)座舱机、汽油舷外挂机的设置尚应符合主管机关的有关规定。

4.1.12.2　船长 24m 以下的、使用 LPG 为燃料的船舶，应满足《内河小型船舶建造规范》的相关要求。

4.1.13　试验

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

第 2 节　泵和管系的一般规定

4.2.1　泵

4.2.1.1　舱底泵应为自吸式，或采取可靠吸水措施。

4.2.1.2　输送可燃液体的容积泵应配备安全阀，其安全阀的排放通常应通往泵的吸入端。

4.2.2　管系

4.2.2.1　为确定试验要求、连接型式和焊接工艺，不同用途的压力管系按其设计压力和温度分为三级，如表 4.2.2.1 所示。

表 4.2.2.1

管系	Ⅰ级		Ⅱ级		Ⅲ级	
	设计压力 (MPa)	设计温度 (℃)	设计压力 (MPa)	设计温度 (℃)	设计压力 (MPa)	设计温度 (℃)
燃油、滑油、可燃液压油	>1.6	>150	≤1.6	≤150	≤0.7	≤60
其他介质	>4.0	>300	≤4.0	≤300	≤1.6	≤200

注：①当管系的设计压力和设计温度其中 1 个参数超过表中Ⅰ级规定时，即定为Ⅰ级管系；当设计压力和设计温度均不超过表中Ⅱ级或Ⅲ级规定时，即定为Ⅱ级管系或Ⅲ级管系。

②其他介质是指空气、水和不燃液压油等。

③不受压的开式管路，如泄水管、透气管系等定为Ⅲ级管系。

4.2.3　设计

4.2.3.1　管系设计压力是管系最高许用工作压力，应不小于安全阀或溢流阀的最高整定压力。燃油管系的设计压力可按表 4.2.3.1 取值。

燃油管系设计压力　　**表** 4.2.3.1

工作温度 工作压力	T≤60℃	T＞60℃
P≤0.7MPa	0.3 MPa 或最高工作压力，取较大者。	0.3 MPa 或最高工作压力，取大者。
P>0.7MPa	最高工作压力。	1.4 MPa 或最高工作压力，取大者。

4.2.3.2　设计温度应取管内流体的最高温度，但不低于 50℃。

4.2.4　布置

(1)　泵和管系的布置应在发生误操作时，液体不致流入船舶干燥处所；任何泵的工作应不受同时工作的其他泵的影响；

(2)　阀应位于易于操作处，其开/闭状态应易于识别；

(3)　管子穿过气密或水密结构处，应采用贯通配件或座板；

(4)　应避免清水管通过油舱和油管通过清水舱，如需要时，则管子应在油密隧道或套管内通过。其他管子通过油舱时，管壁应加厚，且不得有可折接头；

(5)　应避免燃油舱柜的空气管、溢流管、测量管通过有乘客和船员的舱室，如不可避免时，则所通过的管子不得有可拆接头；

(6)　燃油舱柜与滑油舱和燃油舱柜或滑油舱柜与清水舱柜相邻布置时，均应以隔离空舱或等效设施隔开；

(7)　油管、油柜应避免设置在排气管和配电柜的上方；水管和其他液体容器应避免设置在配电柜的上方及后面，如不可避免时，则应采取可靠的防护措；

(8)　管系布置时应对管路加以固定，以避免因温度变化、船体变形和振动而造成损坏。

第 3 节　泵和管系的材料及试验

4.3.1　一般规定

4.3.1.1　泵和管系

4.3.1.2　泵和管系所使用金属材料的熔点一般应高于 900℃。

4.3.2　材料

4.3.2.1　碳钢、低合金钢、不锈钢

(1)　用于Ⅰ、Ⅱ级管系的管子，应为无缝钢管或按CCS接受的焊接工艺制造的焊接管；

(2)　碳钢、碳锰钢的管子、阀件及附件一般不能用于介质温度超过450℃的管系；

(3)　管子之间或管子与阀箱或其他的附件之间的连接，应符合表4.3.2.1(3)的规定；

表 4.3.2.1(3)

连接方式	适用管系等级	适用外径
采取改善焊缝根部质量措施的对接焊	Ⅰ、Ⅱ、Ⅲ	不限
不采取改善焊接根部质量措施的对接焊	Ⅱ、Ⅲ	
套筒焊接连接	Ⅲ	

螺纹套筒连接①	锥形螺纹	Ⅰ	≤33.7mm
		Ⅱ	≤60.3mm
	平行螺纹	Ⅲ	≤60.3mm

注：①螺纹套筒连接不可用于输送有毒或预期工作中可引起疲劳、严重腐蚀的管系；二氧化碳系统中的螺纹连接只可用于被保护处所内和二氧化碳气瓶室。

(4) 管子之间可用法兰、滑套、机械接头和螺纹套筒连接，其型式应为CCS接受的型式；

(5) 对于玻璃钢船，仅承受静压头的燃油管、阀、接头可由铜质材料制成，安装在燃油舱框上的阀件除外。

4.3.2.2 铜、铜合金

(1) 用于Ⅰ、Ⅱ级管系中的管子应为无缝管；

(2) 介质温度许用最大值：

铜及铝黄铜：200℃

铜镍合金：300℃

(3) 不得用于外径超过44.5mm的起动空气管。

4.3.2.3 铸铁

(1) 球墨铸铁的阀件和附件不得用于介质温度超过350℃管系；

(2) 灰铸铁的阀件和附件不得用于Ⅰ、Ⅱ级管系，但用于Ⅲ级管系时，不能用于防撞舱壁上的阀、燃油舱柜外壁上承受静压的阀、船底阀、船舷阀。

4.3.2.4 铝管

(1) 铝管仅限于在下列管系中使用：

冷却水系统、压载水系统、舱底水系统、淡水系统、空气管、注入管、溢流管、测量管和生活污水管。

(2) 全垫升气垫船用于燃油管系的铝管应经CCS认可。

4.3.2.5 经认可的非金属材料管可用于下列服务系统。但非重要用途的非金属材料管可以是 CCS 认可标准的生活用水管。

(1) 海水冷却系统；

(2) 淡水冷却系统；

(3) 舱底水系统；

(4) 压载水系统；

(5) 压载水舱的空气管和测量管；

(6) 不输送可燃液体的非重要用途管路。

4.3.2.6 非金属材料管的应用、布置、安装、试验等还应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》中有关要求。

4.3.2.7 软管

(1) 当机器和固定管路之间有相对运动时，可采用短软管进行连接；

(2) 用于可燃液体或海水系统中非金属材料软管，其内部应至少有一层金属丝编织物；

(3) 管子的管端滚压出凸肩，用夹箍将软管紧固其上连接；

(4) 较长的软管应在其长度方向上连续支撑。

4.3.3 金属管的壁厚

4.3.3.1 钢管和铝管的最小公称壁厚，应符合表 4.3.3.1 的规定。

4.3.3.2 铜、铜合金和不锈钢管的最小公称壁厚，应符合表 4.3.3.2 的规定。

钢管和铝管的最小公称壁厚　　表 4.3.3.1

外径 *D*(mm)	最小壁厚 *t*(mm)	外径 *D*(mm)	最小壁厚 *t*(mm)
10.2~12	1.6	88.9~108	2.9
13.2~17.2	1.8	114.3~127	3.2
20.0~44.5	2.0	133~139.7	3.6
48.3~63.5	2.3	152.4~168.3	4.0
70.0~82.5	2.6	177.8	4.5

注：①具有有效防蚀措施的管子，其最小壁厚可以适当减薄，但减薄量最多不得超过 1mm；
②螺纹管的壁厚，应量到螺纹根部。

铜、铜合金和不锈钢管的最小公称壁厚　　表 4.3.3.2

外径 *D*(mm)	最小壁厚(mm)		外径 *D*(mm)	最小壁厚(mm)	
	铜	铜合金和不锈钢管		铜	铜合金和不锈钢管
D≤10	1.0	0.8	108<*D*≤159	3.0	2.5
10<*D*≤20	1.2	1.0	159<*D*≤267	3.5	3.0
20<*D*≤44.5	1.5	1.2	267<*D*≤457	4.0	3.5
44.5<*D*≤76.1	2.0	1.5	470	4.0	3.5
76.1<*D*≤108	2.5	2.0	508	4.5	4.0

注：阀的遥控系统中压载舱内部分的管子壁厚应不小于：铝黄铜管 3mm；铜-镍和锈钢管 2mm。

4.3.4　试验

4.3.4.1　泵、阀件和附件的液压试验，应符合表 4.3.4.1 的规定。

表4.3.4.1

序号	名称	车间试验压力
1	舷旁阀、海底阀	≥0.5MPa
2	静态水线下的旋塞、短管	
3	泵、阀件和附件	1.5P，但≤P+7MPa

注：① P——设计压力，MPa；
②舷旁阀、海底阀若为蝶阀，则应按表中规定压力对阀瓣的每一面做液压试验。

4.3.4.2　所有管系的液压试验，应符合表 4.3.4.2 的规定。

管系的液压试验　　表4.3.4.2

序号	名称	车间试验压力	
		装船后	车间内
1	燃油输送管系	*p*	1.5*p*
2	滑油管系		
3	压缩空气管系		
4	燃油管系(*p*>0.34MPa)	1.5*p* 但≥0.4MPa	
5	液压管系	1.25*p* 但≤*p* +7MPa	
6	塑料管系	1.5*p*	4*p* (破坏性试验)

注：①*p*——设计压力，MPa；

②其他受压管系可仅在设计压力下作密性试验。

第 4 节　船舶管系

4.4.1　舱底水管系一般要求

(1)　除经常装载液体的舱外，舱底水系统应能有效排出任何水密舱内的舱底水；

(2)　对首、尾尖舱，可用移动式泵排出舱底水；

(3)　对船长大于20m的高速船无人值班的机舱，应设置舱底水高水位报警装置；

(4)　使用可携式舱底泵的每一舱室应留有便于泵的连接和操作的通道。

4.4.2　舱底泵

4.4.2.1　不同类型高速船舱底泵的配置，应符合表 4.4.2.1 的规定。

舱底泵的配置　　**表4.4.2.1**

船舶类型		舱底泵台数	驱动泵的方式	备注
单体高速船船长、双体高速船每一片体船长	>20m	2	动力驱动	1 台可为机带泵或潜水泵
	≤20m	1	动力驱动	可为机带泵或潜水泵
	≤15m	1	手摇泵	

注：①如要求设 2 台舱底泵的双体高速船，其某一片体内的舱底水可由设在另一片体内的舱底泵抽吸时，则该片体内可仅设一台舱底泵；

②如舱底泵为机带泵时，应有与主机离合的装置和其他等效措施。

4.4.2.2　每台舱底泵的排量 Q 应不小于按下式计算所得之值：

$$Q=3.75(1+L/36)^2 \qquad \mathrm{m^3/h}$$

式中：L——船长，m。

经 CCS 同意，可以采用较小排量的舱底水泵，但每一台泵的排量 Q 应不小于下式计算所得之值：

$$Q = 0.05W_t \qquad \mathrm{m^3/h}$$

式中：W_t——空船质量，t。

4.4.2.3　船上具有足够排量的其他种类的泵(除油泵外)。如其排量足够且为自吸式泵或带有自吸装置的泵，均可以作为独立舱底泵。

4.4.3　舱底水吸口

4.4.3.1　船长大于 30m 的高速船，机器处所至少应设置两个位置适宜的舱底水吸口，其中应有一个是直通舱底泵吸口，其他每一舱室至少应设置一个位置适宜的吸口。

4.4.4　舱底水管系及止回阀件

4.4.4.1　舱底水管系应符合下列规定：

(1)　舱底水支管的内径不必大于舱底水总管的内径；

(2)　舱底水支管内径一般应不小于25mm；

(3)　直通舱底泵的吸口内径应不小于舱底水总管内径。

4.4.4.2　下列附件应装设截止止回阀：

(1)　直通舱底泵的吸入管；

(2)　舱底泵和舱底水总管的连接管；

(3)　舱底水支管吸口管路或舱底水管系阀箱。

所有截止止回阀的操纵处应有表明其开启或关闭状态的指示装置。

4.4.4.3　机器处所的舱底水吸口应设置泥箱或滤网，其他舱室舱底水的吸口应设置滤网。

4.4.5　排水孔和排放装置

4.4.5.1　所有甲板都应设置足够数量的排水孔，以便有效地排水。

4.4.5.2　干舷甲板以上封闭的上层建筑和甲板室处所，其排水孔可通向舭部水沟。

4.4.5.3　设于船弦板上的排水孔，一般应距满载水线 300mm 以上，对满载水线以下的排水孔和可能进水的排水孔，应设置止回阀或防浪阀。

4.4.5.4　船弦板的排水孔处和止回阀等之间的管路，其厚度应不小于排水孔处船壳板的厚度。

4.4.6　空气管、溢流管、测量管

4.4.6.1　所有油舱、油柜、水舱、隔离空舱均应装设空气管，空气管应从舱、柜的最高处引出，并与注入管尽可能远离。

4.4.6.2　空气管的截面积应不小于动力泵灌装的注入管截面积的 1.25 倍，且内径不得小于 50mm。如舱柜装有本节规定的溢流管时，则该舱柜空气管的截面积至少应为该舱柜注入管截面积的 20%。

4.4.6.3　燃油舱柜及与其相邻的隔离空舱的空气管，均应引至干舷甲板以上的不致因溢流或油气而产生危险的开敞处所；滑油舱柜的空气管，若出口端的油气中溢流不致与电气设备和热表面接触，则可中止在机器处所。

4.4.6.4　燃油舱柜的空气管端应装设耐腐蚀和便于更换的金属防火网；所有位于露天甲板上的空气管开口，应装设能防止江水流入船内的有效关闭装置。

4.4.6.5　干舷甲板以上的空气管，其可能进水处距甲板的高度应不小于 200mm，或距满载水线的高度不低于 500mm。

4.4.6.6　用动力泵灌装的日用燃油舱柜应装设溢流管，溢流管的截面积应不小于注入管截面积的 1.25 倍，且应直接引向有足够容积的溢流贮存舱柜。

4.4.6.7　所有舱柜均应装设测量管，测量管内径应不小于 32mm，且一般应引至甲板以上易接近处，并应装有螺旋盖或等效的封闭装置。

4.4.6.8　燃油舱柜的测量管不得终止于公共处所、船员舱室或机器处所内。

4.4.6.9　允许用认可型的液位指示器或遥测装置替代测量管。

4.4.7　通风系统

4.4.7.1　机器处所应设置通风系统。通风系统的设计应确保机器正常运转和工作人员的安全和舒适。

4.4.7.2　通风帽应设置在开敞甲板上，并尽可能远离排气管、天窗等。

4.4.7.3　通风系统还需符合主管机关消防的有关规定。

第 5 节　动力管系

4.5.1　燃油舱柜应符合下述规定：

(1)　燃油舱柜不得布置在乘客舱、船员舱和公共处所之前；

(2)　燃油舱柜应由隔离空舱或等效设施与乘客舱、船员舱和行李舱进行隔离；

(3)　燃油舱柜应尽可能成为船体结构的一部分，并应位于易失火区域之外，否则燃油舱柜应采用钢或等效材料制成，且仅允许存放闪点高于60℃的燃油；

(4) 对于采用铝合金材料建造的船舶，其燃油舱柜可采用同样材料建造；

(5) 日用燃油柜、燃油泵、燃油滤器的下面应设置油盘、油盘的残油应泄至专设的污油容器内；

(6) 设在机舱内的燃油舱柜应装设能就地关闭的速闭阀，对大于30m的高速船该阀还应能在机舱处所外易于接近和安全地点进行遥控关闭；

(7) 燃油舱柜(包括日用油柜)应设有安全有效的液位测量设施。可采用平板玻璃液位计和带防护罩的玻璃管式液位计，但应为自闭式。液位计不应用塑料管制作。

4.5.2 燃油系统

4.5.2.1 独立驱动的燃油输送泵的动力供应除能就地切断外，尚应能在所在处所外易于到达位置予以切断。

4.5.2.2 燃油管路及附件应符合以下规定：

(1) 燃油管路应布置在易于接近处，应有效固定以避免产生过大位移的振动；应避免穿过客舱、船员舱和行李舱，且应与电器设备、热表面处远离；

(2) 燃油管、阀、接头应为钢或其他经认可的材料；燃油软管的接头应经CCS认可，且燃油软管不能穿过水密舱壁；

(3) 燃油供油管路上至少应安装两只滤器或一只双联滤器，其布置应能在不中断供给过滤燃油的情况下对滤器进行清洗；对设有两台互相独立的推进或辅助机械，如单台均足以保证船舶的操纵性能，则每台可只设一套过滤设备；

(4) 燃油输送泵应装设安全阀，该阀排出的油应引至泵的吸入端或安全地点。泵与吸入管和排出管之间应装设阀或旋塞。

4.5.3 滑油系统

4.5.3.1 滑油系统设计应能满足船舶在正常航行时可能出现的横、纵倾角度下长期正常工作。

4.5.3.2 用于推进和重要用途辅助机械的滑油系统应设有过滤设备，该设备应能在不中断供应过滤滑油的情况下进行清洗。

4.5.3.3 滑油系统应设有滑油低压报警装置，该装置能发出声、光报警信号。

4.5.4 冷却系统

4.5.4.1 海水冷却管系或循环系统的冷却水泵一般应连接不少于 2 个舷外海水吸口，吸口应尽可能分布在两舷。对双主机的船舶，每台主机可只设一个舷外海水吸口；对采用冲压式海水吸口的船，可只设一个舷外海水吸口。

4.5.4.2 海水吸口和海水冷却泵之间应装有滤器，且该滤器应能在不中断供应冷却水的情况下进行清洗。

4.5.4.3 闭式冷却系统应设淡水膨胀水箱，系统中应装设有能发出声、光报警的高温报警装置。

4.5.5 液压传动系统

4.5.5.1 液压系统的设计必须能可靠而满意地完成预定的用途。液压管路及配件强度应能承受管系内可能产生的最高波动压力。

4.5.5.2 液压传动管系中应装设滤器和溢流阀。溢流一般应回至油箱。

4.5.5.3 管系中如设有蓄能器，则应在进油端装设溢流阀。气压式蓄能器的空气端应设有安全阀或易熔塞，否则应在管路上装设。

4.5.5.4 重要用途的液压传动装置中的动力油泵应设有备用泵，且能迅速转换使用。

4.5.6 起动系统

4.5.6.1 驱动推进装置、垫升装置或发电机的柴油机或其他发动机应配有足够容量的起动装置，并应符合以下规定：

(1) 若采用压缩空气起动时，空气瓶总容量应在不补充空气的情况下对每台发动机起动不少于6次；

(2) 若采用电起动时，蓄电池总容量应在不再充电的情况下对每台发动机起动不少于6次。

4.5.6.2 充气设备的总排量，应使起动空气瓶在 1 小时内由大气压力升至 4.5.6.1(1)中规定的连续起动所需压力。

4.5.6.3 每台空压机的排出管应直接接至空气瓶，其间应设油气分离器或滤器；在通往每台发动机的起动空气管上应设截止止回阀。

4.5.6.4 空气瓶上应装有安全阀，如在空气进气管上或压缩机上设有安全阀并在充气时能防止瓶内压力超过设计压力，则空气瓶上可不装设安全阀，但应装设易熔塞，其熔点温度约为 100℃，其尺寸应保证在失火时能有效地放出空气，此时易熔塞处空气压力应不小于 0.7Mpa。如空气瓶内压力高于用气部件压力，则应装设减压阀、压力表和旁通管路。空气瓶的安装应能保证残水泄放。

4.5.7 排气系统

4.5.7.1 发动机排气管一般应设置有效的消音措施。

4.5.7.2 排气管不应布置在日用燃油柜或燃油管法兰接头的垂直下方，且其间距应不小于 450mm。

4.5.7.3 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。

4.5.7.4 如排气管的出口引至舷外，则应装设防止海水进入的关闭装置。当排气管舷外出口高于浮态水线 300mm 以上时，关闭装置可免设。

4.5.7.5 若必要，排气管上设有排水设施。

4.5.7.6 发动机的排气口应设置膨胀接头，膨胀接头的连接应保证气密。

4.5.7.7 位于满载水线以上的不锈钢排气管的壁厚应不小于 2mm。位于满载水线以下并带有江水冷却的不锈钢排气管，其材料应是含铬和镍 20% 以上，含钼 3% 以上的低碳级不锈钢。不锈钢排气管壁厚应符合表 4.5.7.7 的规定：

表 4.5.7.7

排气管外径 mm	最小壁厚 mm
D ＜76.1	2.0
76.1 ≤D ＜108.0	2.25
108.0 ≤D ＜159.0	2.5
159.0 ≤D ＜267.0	3.0
267.0 ≤D ＜457.0	4.0
D ≥457.0	4.5

第 6 节 机器设备

4.6.1 柴油机

4.6.1.1　一般要求

(1)　柴油机运动部件的设计应具有足够的强度，其机体结构应具有足够的强度和刚度，确保能承受正常运转时可能出现的各种载荷而安全可靠工作；

(2)　柴油机应装有转速、温度、压力及其他运行参数必要的监测仪表；

(3)　柴油机漏出的柴油应采取措施泄至安全地点；

(4)　曲轴自由端驱动机械的总功率应不超过柴油机前端允许的输出功率；

(5)　气缸直径大于200mm的柴油机主要部件，应符合CCS《钢质内河船舶建造规范》的有关规定。

4.6.1.2　柴油机在船上安装应符合下列规定：

(1)　柴油机的机座仅采用螺栓固定时，其紧配螺栓的数目一般不小于总数的15%，且不少于2个(对产品说明书已作规定者，则按说明书要求)；

(2)　机座的钢质垫片应有足够的厚度和合适的斜度，对于用环氧树脂安装，环氧树脂应经CCS认可，实际施工应能保证环氧树脂的表面压力和厚度符合CCS接受的技术规定；

(3)　柴油机与机座之间采用隔振元件进行弹性安装时，与整个系统计算的固有频率相应的共振转速不应在柴油机常用工作转速范围内；隔振元件应按制造厂规定的预紧力矩紧固，必要时应装设刚性限位器限制柴油机横向或纵向的过大位移。

4.6.1.3　每台主机应装设 1 个从操纵室操纵的独立快速停车装置，该装置能在任何运转工况下工作。有人值班的机舱，靠近主机操纵台处，应设有迅速切断燃油或其他有效的紧急停车装置，该装置应独立驾驶室控制系统。

4.6.1.4　主机的调速器应符合以下规定：

(1)　每台主机应装设一台调速器，以防止主机转速超过额定转速的115%；

(2)　每台主机应装设独立于调速器的超速保护装置，以防止主机转速超过额定转速的120%；

(3)　电控柴油机的电控系统，应具有稳定调整和超速保护的功能。

4.6.1.5　驱动发电机的柴油机调速器应符合以下规定：

(1)　突然卸去额定负荷或在空负荷时突加50%额定负荷，稳定后再加上余下的50%负荷时，能防止瞬时转速超过额定转速的10%；

(2)　在空负荷至额定负荷之间的所有负荷状态下，稳定的速度变化不应超过额定转速的5%；稳定时间(转速恢复到波动率为±1%范围内的时间)不超过5s；

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

4.6.1.6　如曲轴箱有透气管时，该管直径应尽可能小，且应相互独立引向甲板上安全部位。

4.6.1.7　高速客船，位于高压燃油泵与燃油喷油器之间的所有外部高压燃油输送管路，应设有一个能够容纳因高压管路破裂对漏出的燃油加以保护的套管管路系统。这种套管包括内装高压燃油管的外管，构成一固定组装件。套管管路系统还应包括一个收集漏油的装置。

4.6.1.8　驱动推进装置和垫升装置的柴油机至少应设下列规定的声、光报警装置：

(1)　滑油低压报警装置；

(2)　冷却水高温报警装置。

4.6.1.9　柴油机的试验应符合如下规定：

(1)　凡承受压力的柴油机零部件空间均应进行液压试验，试验压力应不低于工作压力的1.5倍；

(2)　柴油机的台架试验应按CCS批准的试验大纲进行。

4.6.1.10　汽油挂机的补充规定：

(1) 汽油挂机应牢固可靠地固定在尾封板上；

(2) 汽油挂机的操纵电缆应有效密封，燃油软管连接处不应有泄漏；

(3) 总功率为40kW及以上的挂机，应船首设置手轮操纵台。操纵时船舶的横倾、档位控制的软轴长度和布置应能保证安全、可靠；

(4) 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，其注油应采用经认可的方式进行。

(5) 大于30*L*汽油箱应为固定式，并应设置如下附件：进油管及过滤网、制荡板、液位表、出油阀、透气管及防火网；

(6) 30*L*及以下的汽油箱可采用便携式；并应设置液位表、出油管止回阀、注入管、过滤网和装有空气阀和蒸汽阀的油箱盖；

(7) 汽油箱应设有防止滑动的紧固油箱的箍带和电器接地装置，便携式汽油箱或带有汽油燃料的设备，并应能快速系固和快速脱开；

(8) 汽油箱应尽可能设置在开敞处所，且还应远离任何可能产生火星或有着火危险的区域;如必须设置在舱室内，其舱室必须是开敞舱室(即系指每 1 m^3 净舱容至少具有 0．3 4 m^2 直接开向大气的固定开孔面积的舱室)；且舱室内不能设置任何可能产生火星或有着火危险的设备或电器；

(9) 汽油箱柜应有足够的强度，其最小壁厚应符合表4.6.1.10的规定。

表4.6.1.10

材料	汽油箱柜最小壁厚(mm)
奥氏体铬镍合金钢	≥1.0
含铜量不大于 0.1%的铝合金	≥2.0

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。

4.6.2 燃气轮机

4.6.2.1 燃气轮机的设计、布置和安装应能使其在最高稳定转速范围内可靠地运转。

4.6.2.2 燃油供油管系中应设置分离器，以清除燃油中的水分和机械杂质。

4.6.2.3 进气管系中应设置网式滤器或惯性分离装置，以可靠分离进气中的水分。

4.6.2.4 排气口的布置应尽量避免燃烧气体进入进气口；进气通道不应导致涡流或压力降低，通过排气管道的废气也不应出现涡流和背压增加。

4.6.2.5 在最低稳定转速至 1.2 倍额定转速范围内不应出现过大振动或喘振的转子转速。

4.6.2.6 燃气轮机操纵台处，应设置应急停车装置。

4.6.2.7 除装设转速调速器外，每台发动机还应装设独立调速器的超速保护装置，以防止转速超过额定转速 115%。

4.6.3 齿轮传动装置

4.6.3.1 齿轮传动装置系指推进系统中具有减速或减速和离合功能的齿轮箱。

4.6.3.2 齿轮传动装置应具有足够的强度和刚度，以承受运动中可能出现的最不利的复合载荷而不超过材料的许用应力。

4.6.3.3 齿轮传动装置与船舶基座刚性连接时，应用螺栓可靠地固定在船舶基座上，其紧配螺栓数目应不少于总数的 25%，且不少于 4 个。

4.6.3.4 若传动装置中设有离合器时，离合器正常离合不应在传动装置或所驱动的部件中产生过度的应力：

(1) 应具有不低于额定转速的60%的换排能力；

(2) 换向时间应不大于15s。

4.6.3.5 压力润滑系统中应设有滤器，对燃气轮机齿轮传动装置的润滑系统应设有磁

性滤器。

4.6.3.6　齿轮传动装置的润滑油温度，若采用滑动轴承时，应不高于 70℃；若采用滚动轴承时，应不高于 80℃。

4.6.3.7　齿轮传动装置应装设：

(1)　输入功率大于1470kW时，应设滑油高温报警装置；

(2)　输入功率大于370kW时，应设滑油低压报警装置。

4.6.4　推进与垫升装置

4.6.4.1　下列各项要求以如下前提为基础：

(1)　推进装置和垫升装置可以是分立的，也可以合并为单一的推进和垫升装置。推进装置可以是空气螺旋桨或水螺旋桨或喷水推进器，并且这些要求适用于各类高速船；

(2)　推进装置系指直接提供推进水的装置，包括机器设备以及主要用来提供推进力的任何导管、桨叶、流体进口和喷嘴等；

(3)　本节中的垫升装置系指直接提高空气压力并主要是为气垫船提供垫升力的机器设备。

4.6.4.2　推进和垫升装置应具有足够强度和刚度。其设计参数、计算书以及必要的试验，应能确定该装置运输期间可能出现的载荷的能力，对此，应证明发生灾难性故障的可能性极其微小。

4.6.4.3　设计推进装置和垫升装置时，应适当考虑腐蚀裕量，不同材料间的电解作用以及在自然环境中运输时遭受水雾、碎石、盐分、泥沙、结冰等作用而产生的侵蚀或空泡腐蚀等影响。

4.6.4.4　如适合时，推进装置和垫升装置的设计参数和试验，应适当考虑由于导管堵塞可能产生的任何压力、固定载荷和交变载荷、外部载荷以及操纵/换向装置的使用和旋转部件的轴向位置等。

4.6.4.5　应采取适当措施，以确保：

(1)　使碎石或异物的吸入降至最低限度；

(2)　使轴系或旋转部件伤害人员的可能性降至最低限度；

(3)　必要时，营运中应能安全地进行检查和清除碎石。

第 7 节　轴系和推进器

4.7.1　轴系一般要求

4.7.1.1　轴系的设计与布置应考虑到所有相关负荷情况，并对轴系中所有的内力和外力对安全的影响予以必要的考虑。

4.7.1.2　轴和螺旋桨的材料应符合 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

4.7.1.3　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400~760 N/mm^2；

(2)　合金钢不超过800 N/mm^2。

如材料抗拉强度超过本节4.7.1.3(1) 和(2) 的限制值，则轴径计算应符合本章4.7.2.1的规定。

4.7.1.4　联轴器法兰连接螺栓的抗拉强度应不小于轴的抗拉强度。

4.7.1.5　轴系中的滑动轴承的温度应不超 70℃，滚动轴承的温度应不超过 80℃。

4.7.2　轴的直径

4.7.2.1　轴的直径 d 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中：*F*——推进装置型式系数；

F=95——对于电力推进装置和装有滑动联轴节的柴油机推进装置的中间轴和推力轴；

F=100——对于所有其他型式的柴油机推进装置和所有螺旋桨轴。

N_e——轴传递的额定功率，kW；

n_e——轴传递 N_e 时的转速，r/min；

K——不同轴的设计特性系数，按表 4.7.2.1(1)、(2)选取；

R_m——轴材料的抗拉强度，计算时，当采用碳钢和碳锰钢时，对于中间轴，如 R_m >760 N/mm^2 时；取 760 N/mm^2；对于螺旋桨轴和尾管轴，如 R_m >600 N/mm^2，取 600 N/mm^2 时。当采用合金钢或不锈钢时，对于中间轴、螺旋桨轴及尾管轴，如 R_m >800 N/mm^2 时，取 800 N/mm^2。

中间轴、推力轴的系数 *K* 表 4.7.2.1(1)

与法兰为整体的轴①	与联轴器为热套或液压无键套合的轴	有键槽的轴 ②⑤	有径向孔的轴 ③⑤	有纵向槽的轴 ④⑤	推力环的两侧轴承处的轴⑤
1.0	1.0	1.1	1.12	1.20	1.1

注：①法兰根部过渡圆角半径应不小于0.08*d*；

②在键槽底部横截面处的圆角半径应不小于0.0125*d*(*d*为以*K*=1.0时计算的轴径，下同)；

③孔径应不大于0.3*d*；

④纵向槽的长度不大于1.4*d*，宽度不大于0.2*d*。

⑤在键槽两端或孔边缘延伸到0.2*d*长度以内的轴、在纵向键槽两端延伸到0.3*d*长度以内的轴和在推力环处延伸到等于推力轴直径长度的轴。在这些范围以外的轴径可逐渐减少到*k*=1.0计算直径。

螺旋桨轴的系数*K*表4.7.2.1(2)

1	从桨毂前端到相邻轴承前端的轴	液压无键安装螺旋桨的轴	1.22①
		有键安装螺旋桨的轴	1.26①
2	除1外，向前至尾轴管密封装置前端之间的轴		1.15
3	尾轴管密封装置前端至联轴器的轴		1.15②

注：①所确定的轴径至取 *k*=1.15 确定的轴径，其变化应逐渐过渡；

②轴直径可逐渐减小到按本节 4.7.2.1 中 *k*=1.0 的计算直径。

4.7.2.2　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。

4.7.2.3　对于中空轴，当内径 d_0 大于 0.4*d* 时，实际轴的外径 d_a 应不小于按下式计算所得之值：

$$d_a = d \times \sqrt[3]{\frac{1}{1-(d_0/d_a)^4}} \quad \text{mm}$$

式中：*d*——按4.7.2.1规定计算的轴直径，mm。

4.7.2.4　轴上槽与孔的边缘应磨光滑。

4.7.2.5　轴径过渡和锥度

(1)　轴径的变化应以锥度或圆角过渡，轴的锥体部分与圆柱部分的相连处不应有凸肩或圆角；

(2)　安装联轴器的轴锥部的锥度应在1/10至1/20的范围内；

(3) 有键安装螺旋桨的轴锥部的锥度应不大于1/10；液压无键安装螺旋桨的轴锥部的锥度应不大于1/15。

4.7.3 轴套

4.7.3.1 螺旋桨轴在轴承挡处的铜套厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

$$t = 0.03d + 6 \quad \text{mm}$$

式中：t——螺旋桨轴在轴承挡处的直径，mm。

位于轴承挡之间的铜套厚度可适当减小，但不得小于 0.75t。

4.7.3.2 轴套应是整体铸造。必要时，可以允许轴套由几段组成，但须采用 CCS 认可的方法将其焊成一体。

4.7.3.3 若两段轴套之间的轴使用玻璃钢或其他等效物包覆，则其包覆工艺及轴套衔接处的结构应能有效地防止海水浸入。

4.7.3.4 轴套套入到轴上前，应进行压力为 0.2MPa 的液压试验。

4.7.4 轴承的布置

4.7.4.1 轴承的布置应使在船舶满载和营运状态时，能保证轴系中轴承承受均匀的负荷，不致造成轴承的严重发热和迅速磨损。

4.7.4.2 轴承间距 L 一般应不大于按下列式计算所得之值：

$$L = K_1\sqrt{d} \quad \text{mm}$$

式中：d ——轴承间的轴径，mm；

K_1=450，油润滑合金轴承；

K_1=280，油脂润滑灰铸铁尾轴管轴承；

K_1=280~350，尾轴管和尾轴架的水润滑橡胶轴承。

对轴转速大于 350r/min 的轴承间距 L 一般应不大于按下式计算所得之值：

$$L = K_2\sqrt{\frac{d}{n}} \quad \text{mm}$$

式中：d ——轴承间轴的直径，mm；

n——轴转速，r/min。

K_2=8400，油润滑白合金轴承；

K_2=5200，油脂润滑灰铸铁尾轴管轴承、尾轴管和尾轴架的水润滑橡胶轴承。

4.7.4.3 按本节 4.7.4.2 中公式确定的轴承间距，还应使轴系的回旋振动符合本章 4.1.8.2 的有关规定。

4.7.4.4 轴承的布置一般应不使两轴承的连接法兰处于两轴承位置的中部，中间轴的轴承中心到连接法兰面的距离一般可等于 0.2 倍轴承所在轴段的长度。

4.7.5 尾轴管及其轴承

4.7.5.1 尾轴管后轴承或尾轴架轴承的长度应满足下列要求：

(1) 对具有良好油密填料函的油润滑的白合金轴承的长度，应不小于本节4.7.2.1所确定的螺旋桨轴直径的2倍；

(2) 对增强树脂制成的油润滑轴承的长度，应不小于本节4.7.2.1所确定的螺旋桨轴直径的2倍；

(3) 对合成橡胶、强化树脂或塑料制成的水润滑轴承的长度，应不小于本节4.7.2.1所确定的螺旋桨轴直径的4倍；

(4) 对具有良好油密填料函的油润滑青铜轴承的长度，应不小于本节4.7.2.1所确定的螺旋桨轴直径的4倍；

(5) 对油脂润滑的轴承长度，应不小于本节4.7.2.1所确定的螺旋桨轴直径的4倍；

(6) 对采用其他轴承材料和润滑方式，应提供采用其轴承长度的相关资料，如轴承材料的膨胀特性、承压能力等试验结果或使用经验，并应经CCS同意。

4.7.5.2 油润滑的尾轴管应设有放泄油的旋塞,放泄口且要在船体内。

4.7.5.3 对油润滑轴承，若采用重力油柜润滑系统时，则油柜应设在满载水线以上适当的位置，且在机舱应尽可能设有低油位报警装置。

4.7.5.4 对油润滑的轴承在尾轴管两端应装有认可型的密封装置。

4.7.5.5 尾轴管安装上船前，应作压力为 0.2MPa 的液压试验。

4.7.5.6 对采用水润滑的橡胶轴承，其尾轴管密封装置应符合下列规定：

(1) 主推进轴系正、倒车运转时，尾轴管前端密封装置的漏泄量应小于2*L*/*h*；

(2) 橡胶轴承承受的压力应不大于0.3MPa；

(3) 尾轴管前端密封装置应有在船舶停泊状态下能更换填料函的措施，建议装设充气密封圈。

4.7.6 轴系传动装置

4.7.6.1 弹性联轴器

(1) 如柴油机或柴油机和齿轮箱的公共底座采用弹性支承时，则轴系应采用弹性联轴器连接；

(2) 制造厂或设计部门应提供所采用的弹性联轴器的下列有关资料：额定扭矩、主/从动部分转动惯量、扭转刚度(静态/动态)、相对阻尼、许用变动扭矩、许用最大扭矩、许用轴向位移、许用径向位移等；

(3) 对在主机起动或停车过程中可能产生过大冲击扭矩的弹性联轴器，应装设扭转角限制装置。

(4) 弹性联轴节的设计应使弹性元件可有效散发热量，其结构应实际可能地易于检查。

4.7.6.2 离合器及操纵装置

(1) 采用摩擦元件的离合器时，在正常运转时不应有打滑现象；在空车运转时，其带排扭矩不应使与其连接的推进轴系有带转现象；

(2) 离合器所传递的最大扭矩一般应不小于主机额定扭矩的1.5倍；

(3) 气胎离合器在操纵处应设有充气压力表、离合器接合与脱开的信号装置和空气高、低压报警装置。对气胎离合器的供气系统，应设有应急的充气设备。

4.7.6.3 夹壳式联轴器应符合下列规定：

(1) 夹壳联轴器材料的抗拉强度应不小于中间轴材料的抗拉强度；

(2) 夹壳式联轴器应装有键。对于传递推力的夹壳式联轴器，应装有可靠的轴向锁紧装置；

(3) 如扭矩是由联轴器夹紧后产生的磨擦力矩和键传递，则摩擦力矩应不小于额定扭矩以保证不打滑，此时键尺寸应不小于4.7.6.5(2)公式确定值的2/3；

(4) 联轴器的总夹紧长度一般至少为轴径的2.4倍。

4.7.6.4 无键液压套合到轴上的联轴器，应符合下列规定：

(1) 一般可按经CCS审查批准的轴向推入量进行液压套合；

(2) 套筒式联轴器应具有至少能传递2.8倍额定扭矩的能力，其最大过盈的当量应力应不超过套筒材料的屈服应力的70%。

4.7.6.5 联轴器和螺栓

(1) 法兰联轴器的法兰厚度应不小于本节4.7.2.1要求的中间轴直径实际取值的20%，且

应不小于与轴材料抗拉强度相等的联轴器紧配螺栓的直径。法兰根部的过渡圆角半径应不小丁联轴器处连接的轴径的8%；

(2) 联轴器用键安装到轴上时，键材料的抗拉强度应不小于轴材料的抗拉强度，键受剪切的有效截面积应不小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——键的有效长度，mm；

d——由本章 4.7.2.1 确定的中间轴直径，mm；

d_m——键中部处轴直径，mm。

(3) 组合式联轴器应有足够的强度传递主机倒顺车的扭矩，且应有防止松动的措施；

(4) 联轴器法兰的连接螺栓一般应有紧配螺栓，其紧配螺栓直释d_f 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中：d ——由本节 4.7.2.1 确定的中间轴直径，mm；

D——螺栓孔的中心圆直径，mm；

Z——紧配螺栓数(应不少于螺栓总数的 50%)；

R_m——中间轴材料的抗拉强度，N/mm^2；

R_{mb}——螺栓材料抗拉强度，N/mm^2；应不小于中间轴材料的抗拉强度，但也不应大于1.7倍中间轴材料的抗拉强度，且不大于1000N/mm^2。

(5) 如全采用普通螺栓时，则螺栓的螺纹根部直径d_n应不小于按下式计算所得之值：

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

式中：N_e——轴传递的额定扭矩，kW；

n_e——轴传递 N_e 时转速，r/min；

Z——普通螺栓数。

其余符号意义与4.7.6.5(4)中相同。

所连接法兰的接触表面之间的摩擦力矩应不小于2.8倍的传递扭矩，计算摩擦力时，摩擦系数为0.18；预紧螺母时的力矩不应使螺栓螺纹根部截面应力超过0.8倍的螺栓材料屈服强度或规定的非比例延伸强度。

(6) 对连接曲轴和推力轴的联轴器的紧配螺栓，其直径应按(4)公式计算值增加5%。

4.7.7 轴系振动

4.7.7.1 只有在轴系扭振、回旋振动计算书批准后，整个轴系和推进器的批准才是有效的。

4.7.7.2 单机额定功率等于或大于 220kW 的高速船推进轴系的扭转振动特性计算应提交 CCS 审查，且应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》的有关规定，另外：

(1) 对轴系中使用非线性刚度的减振器、联轴器时，应采用实际的变刚度进行固有频率计算，以保证计算的精度；

(2) 对轴系中有大阻尼(高阻尼联轴器、减振器)运动部件系统，实测与计算的固有频率误差可小于±8%。当用实测振幅按振型推推算系统各处应力、扭矩超过规范许用值时，可调

整有关阻尼参数，使计算与实测的振幅一致时，可用强迫振动计算的结果来评价系统的扭振特性。

4.7.7.3　单机额定功率等于或大于 220kW 的具有尾轴架的轴系，或尾轴承间距(*L*)与尾轴轴直径(*D* 的)比值 *L*/*D* 大于 40 的轴系，或具有万向联轴器的高速船，其回旋振动特性计算应提交 CCS 审查。

(1)　轴系回旋应采用考虑尾轴承支撑点及刚度的精确计算法计算；

(2)　一般高速船轴系回旋振动一次正回旋共振转速应超过1.2倍额定转速范围，且叶片次正回旋共振转速不应在0.85~1.0倍额定转速范围内出现；水翼船轴系回旋振动一次正回旋共振转速不应超过0.6倍额定转速范围。

4.7.7.4　扭振、回旋测量的仪器，测点和测量方法应符合 CCS《船上振动控制指南》的有关规定。对审图意见要求实测的船舶，其测试报告应提交 CCS 批准。

4.7.8　推进器一般要求

4.7.8.1　用于高速船的推进器包括水螺旋桨、空气螺旋桨、喷水推进器或其他等效的推进装置。

4.7.8.2　螺旋桨及其附件的固定螺栓、螺母等，均应有可靠的防止松动和防蚀措施。

4.7.8.3　螺旋桨应进行表面质量和尺寸偏差的检查，并进行静平衡试验。

4.7.9　水螺旋桨

4.7.9.1　为改善螺旋桨激励给予船体影响，应考虑螺旋桨与船壳板间必要的最小间隙大于 0.14*D*(*D* 为螺旋桨直径)。

4.7.9.2　螺旋桨桨叶厚度

(1)　螺旋桨桨叶厚度*t*(固定螺距螺旋桨为0.25*R*和0.6*R*剖面处，可调螺距螺旋桨为0.35*R*和0.6*R*剖面处)应不小于按下式计算所得之值：

$$t = \sqrt{\frac{Y}{K - X}} \qquad \text{mm}$$

式中：*Y*——功率系数，按下式计算：

$$Y = \frac{1.36 A_1 N_e}{Z b n_e}$$

其中：$A_1 = \frac{D}{P}\left(K_1 - K_2 \frac{D}{P_{0.7}}\right) + K_3 \frac{D}{P_{0.7}} - K_4$

D——螺旋桨直径，m；

P——计算剖面处的螺距，m；

$P_{0.7}$——0.7R 剖面处的螺距，m；

R——螺旋桨半径，m；

N_e——主机的额定功率，kW；

Z——桨叶叶数；

b——计算剖面处的桨叶宽度，m；

n_e——主机额定功率时螺旋桨的转速，r/min；

K_1、K_2、K_3、K_4——系数，查表 4.7.9.2(1)；

K——材料系数，查表 4.7.9.2(2)，表以外的材料的 *K* 值可参照决定，并应取得 CCS

同意；

表 4.7.9.2(1)

K_i / r	K_1	K_2	K_3	K_4	K_5	K_6	K_7	K_8
0.25*R*	634	250	1410	4	82	34	41	380
0.35*R*	520	285	1320	16	64	28	57	420
0.60*R*	207	151	635	34	23	12	65	330

表 4.7.9.2 (2)

材料	抗接强度 R_m N/mm^2	材料密度 G g/cm^3	材料系数 *K*
碳钢与合金钢	440	7.9	0.57
铁素行与马氏体不锈钢	500	7.7	1.04
奥氏体不锈钢	450	7.9	1.04
1 级锰青钢(cu1)	440	8.3	1
2 级镍锰青铜(cu2)	440	8.3	1
3 级镍铝青铜(cu3)	590	7.6	1.38
4 级锰铝青铜(cu4)	630	7.5	1.17

X——转速系数，按下式计算：

$$X=\frac{A_2GA_dn_e^2D^3}{10^{10}Zb}$$

其中：$A_2=\frac{D}{P}(K_5+K_6\varepsilon)+K_7\varepsilon+K_8$

D、*P*、n_e、*Z*、*b*——见上述

Y——功率系数计算公式的说明；

ε——桨叶后倾角，°；

G——桨叶材料密度，g/cm^3；

A_d——螺旋桨圆盘面积比；

K_5、K_6、K_7、K_8——系数，查表 4.7.9.2(1)。

(2) 对于随边尾翅的机翼型剖面，其 A_1 值应按4.7.9.2(1)中列出的 A_1 公式算得的值的基础上增加 ΔA_1 值。ΔA_1 值取30% A_1 或者按该尾翅剖面的实际剖面数*W*计算：

$$\Delta A_1=\left(\frac{11.25t^2b}{W}-95\right)\%A_1$$

式中：*t*——计算剖面的桨叶厚度，mm；

b——计算剖面处桨叶宽度，mm；

W——计算剖面的实际剖面模数，mm^3。

(3) 若根据可靠的伴流测量数据及详尽的疲劳分析方法设计螺旋桨，所得的桨叶厚度小于4.7.10.2(1)的规定时，则应将详细的桨叶应力计算书提交CCS审查；

(4) 根据螺旋桨的使用情况，CCS可要求提供详细的伴流数据或增大叶片厚度；

(5) 对于 n_e 超过1000r/min，轴系与船舶基线夹角超过5°的螺旋桨，为避免在桨叶根部

产生空蚀现象，应在每个桨叶的根部开减压孔，如通过螺旋桨模型试验证实的桨叶根部没有空泡产生，则可不开减压孔，但应向CCS提交模型试验报告。如桨叶根部开有减压孔，则决定根部剖面的桨叶厚度时应计及开孔的剖面损失；

(6) 螺旋桨制造材料应经CCS认可。

4.7.9.3 可调螺距桨还应符合下列规定：

(1) 可调螺距螺旋桨的液压传动系统必须装有独立的备用泵，其容量应不小于单机正常运转时所需的容量；

(2) 螺旋桨的液压传动系统、操纵系统等，应能确保桨的可靠正常工作；

(3) 任意工况下，可调桨应能稳定工作，0°螺距角时，其波动值不超过±0.5°；

(4) 额定转速下操纵可调桨，从正(或负)全负荷螺距角的1/3到负(或正)全负荷螺距角1/3所需时间不超过15s；

(5) 可调桨的叶片与桨毂间应有良好的防水、沙渗入及润滑油脂泄漏的密封装置。

4.7.10 水螺旋桨的安装

4.7.10.1 螺旋桨应可靠地固定在螺旋桨轴上。桨毂孔前缘应倒成圆角。

4.7.10.2 螺旋桨桨毂应有精确的锥度，桨毂前端配合面长度一般不小于螺旋桨轴的直径。装配螺旋桨紧固螺母的螺纹轴端，其外径应不小于螺旋桨轴锥体大端直径计算值的 60%。

4.7.10.3 对用键安装螺旋桨，应能满足下列要求：

(1) 键应有足够的强度来传递扭矩，其受剪切的有效截面积应符合下式的规定，且键材料的抗拉强度应不小于轴材料的抗拉强度：

$$BL \geq \frac{d^3}{2.35 d_m} \qquad \text{mm}^2$$

式中：B——键的宽度，mm；

L——键的有效长度，mm；

d——按本章4.7.2.1确定的中间轴直径，mm；

d_m——在键中部处轴的直径，mm。

(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试验的相关资料，并经CCS同意；

(3) 螺旋桨轴的圆柱体与圆锥体交界处应光滑过渡，不应有凸肩或圆角；

(4) 轴上键槽一般采用匙形键槽，键槽边缘应光滑，键槽前端应平顺，键为滑橇键；当桨轴直径大于200mm时，轴上键槽应采用匙形键槽。其形状和尺寸一般可按图4.7.10.3。

图中$r_1 < r_2 < r_3 < r_4$, AB＝BC＝CD＝x(x为键槽深度)。

r_1、r_2、r_3、r_4可参考下列数值：

r_1= x/8、r_2= 3x/8、r_3= 3x/4、r_4= x。

r_5值见表4.7.10.3。

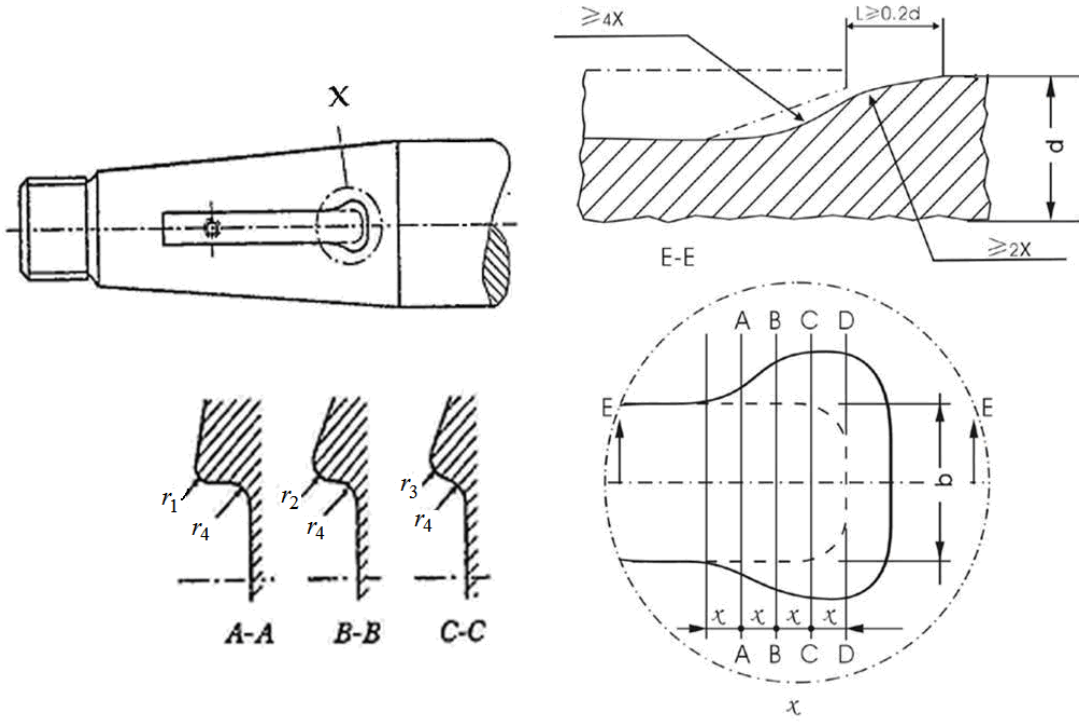


图4.7.10.3

r_5 的值表 4.7.10.3

d (mm)	r_5 (mm)
$d \leq 150$	3
$150 < d \leq 250$	4

(5) 键应用螺钉固定在轴上。螺钉孔不应位于距前端键长 1/3 的范围内；对匙形键槽，螺钉孔不应位于从其大端计算起的 1/3 锥形轴长度以内。螺钉孔的深度应不大于螺钉的直径，螺钉孔口应略微倒角；

(6) 轴上键槽的前端到轴锥部大端的距离应不小于 0.2 倍锥部大端的直径，对匙形键槽，轴上键的前端到轴锥部大端的距离 L 应不小于 0.2 倍锥部大端的直径；

(7) 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，圆角半径应不小于锥部大端直径的 1.25%。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。

4.7.10.4 对用油压无键安装螺旋桨，螺旋桨直接套合到轴上的轴向推入量 S 应满足下述(1)或(2)的要求：

(1) 螺旋桨套合到轴上的轴向推入量 S 可满足按下式要求：

$$S_1 \leq S \leq S_2$$

$$S_1 = \frac{1}{K}\left[47750 \times 10^4 \frac{N_e}{An_e}\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) + (a_2 - a_1)(35 - t)d_1 + 0.03\right] \quad \text{mm}$$

$$S_2 = \frac{1}{K}\left[0.7R_{eH}d_1 \frac{K_2^2 - 1}{\sqrt{3K_2^4 + 1}}\left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) - (a_2 - a_1)d_1 t\right] \quad \text{mm}$$

式中：S_1——最小轴向推入量，mm；

S_2——最大轴向推入量，mm；

K——螺旋桨轴端锥度，K≤1/15；

N_e——传递到螺旋桨轴的额定功率，kW；

n_e——传递 N_e 时的转速，r/min；

A——螺旋桨毂与螺旋桨轴的理论接触面积，mm^2；

$$C_1=\frac{1+K_1^2}{1-K_1^2}-\mu_1;$$

$$C_2=\frac{K_2^2+1}{K_2^2-1}+\mu_2;$$

$$K_1=\frac{d_0}{d_1};$$

$$K_2=\frac{d_2}{d_1};$$

d_0——轴中孔直径，mm；

d_1——套合接触长度范围内轴的平均直径，mm；

d_2——桨毂的平均外径，mm；

μ_1——螺旋桨轴材料的泊松比，对锻钢一般可取 μ_1=0.30；

μ_2——桨毂材料的泊松比，对铜质一般可取 μ_2=0.34；

E_1——螺旋桨轴材料的弹性模量，对锻钢一般可取 $E_1=20.6\times10^4$ N/mm^2；

E_2——桨毂材料弹性模量，对铜质一般可取 E_2=11.77×10^4 N/mm^2；

t——螺旋桨套合时的温度，℃；

a_1——螺旋桨轴材料的线膨胀系数，对锻钢一般可取 a_1=11×10^{-6} 1/℃；

α_2——桨毂材料的线膨胀系数，对铜质一般可取 $a_2=18\times10^{-6}$ 1/℃；

R_{eH}——桨毂材料的屈服强度，N/mm^2。

(2) 对实心螺旋桨轴与桨毂间无轴套的螺旋桨套合，其轴向推入量 S 也可满足下式要求：

在 35℃时最小表面压力：

$$P_{35}=\frac{S_F T}{AB}\left[-\frac{S_F K}{2}+\sqrt{\mu^2+B\ (\frac{F_v}{T})^2}\right] \qquad N/mm^2$$

在 35℃时最小推入量：

$$S_{35}=P_{35}\frac{d_1}{K}\left[\frac{1}{E_2}(\frac{K_2^2+1}{K_2^2-1}+\mu_2)+\frac{1}{E_1}(1-\mu_1)\right] \qquad mm$$

温度 t (t ＜35℃)时的最小推入量：

$$S_t=S_{35}+\frac{d_1}{K}(a_2-a_1)(35-t) \qquad mm$$

温度 t 时相应最小表面压力：

$$P_t = P_{35}\frac{S_t}{S_{35}} \qquad \text{MPa}$$

温度t时最小推入负荷：

$$W_t = AP_t(\mu + \frac{K}{2}) \qquad \text{N}$$

温度 0℃时最大许用表面压力：

$$P_{\max} = \frac{0.7R_{eH}\left(K_2^2 - 1\right)}{\sqrt{3K_2^4 + 1}} \qquad \text{MPa}$$

0℃时，作用在桨毂上的最大等效单轴向应力应不大于其屈服强度的 70%或 0.2%非比例伸长应力。对于铸铁，应不大于名义抗拉强度的 30%。温度 0℃时最大推入量：

$$S_{\max} = \frac{P_{\max}}{p_{35}}S_{35} \qquad \text{mm}$$

温度t (0℃＜t＜35℃)时最大推入量：

$$S_t = \frac{\rho_{\max}}{\rho_{35}}\left(S_{35} - \left(\alpha_2 - \alpha_1\right)d_1 t\right) \qquad \text{mm}$$

式中：S_F——在 35℃时防止滑移的摩擦安全系数，应不小于 2.8；

$$B = \mu^2 - \frac{S_F^2 K^2}{4}$$

T——自由航行时船舶发出的持续推力，$T = 3263.2\frac{N_e}{V}$ N；

V——功率为N_e时航速，Km/h ；

μ——结合面的摩擦系数。对于用油压方法，桨毂用青铜、黄铜或钢制造时，摩擦系数为 0.13；

F_v——结合面上的切向力，$F_v = \frac{2000CM_e}{d_1}$ N；

M_e——对应于 N_e 和 n_e 的额定扭矩，N·m；

C——常数，对柴油机直接驱动螺旋桨时 C =1.2，其他情况时 C =1.0。

其余符号意义与本节 4.7.11.4(1)中相同。

4.7.10.5　在套合之前，桨毂与轴锥部的实际接触面积应不小于理论接触面积的 70%。一般可着色进行检查，不接触带不应环绕整个桨毂或延伸到整个桨毂全长。

4.7.10.6　在套合之前，应使螺旋桨与轴的温度相等，配合表面应清洁、无油脂。螺旋桨的配合情况应在车间内进行验证。

4.7.10.7　在套合之后，应用螺母将螺旋桨固定在桨轴上。

4.7.10.8　作出与温度有关的安装曲线和相应的负荷资料，应保留在船上。同时应备有必要的拆装专用工具。

4.7.10.9　采用其他方法固定螺旋桨时，其安装工艺应经 CCS 的同意。

4.7.11　空气螺旋桨

4.7.11.1　空气螺旋桨应具有 CCS 接受的产品合格证书方可装船使用。

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

4.7.11.3　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，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，以避免桨叶叶缘与导管体的碰击。

4.7.11.4　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。

4.7.12　喷水推进器

4.7.12.1　高速船采用的喷水推进器应具有 CCS 的船用产品合格证书。

4.7.12.2　喷水推进器应具有承受包括吸水口堵塞在内所有运转工况的负荷的能力。

4.7.12.3　喷水推进器泵轴应符合本节 4.7.2.1 的有关规定。

4.7.12.4　喷水推进器的安装及轴系的扭转振动，应使推进系统在其所有运转工况范围内能正常安全工作。

4.7.12.5　喷水推进器壳体应进行 1.5 倍最大工作压力的液压试验。

4.7.12.6　应装设认可型的油封以防海水进入喷水推进器的油润滑部件。

4.7.12.7　喷水推进器方向控制装置功能作用的部分应符合本章第 8 节的有关规定。且其控制系统应能从驾驶室内外操纵。

4.7.12.8　船体为铝合金时，喷水推进器安装在船上时，应考虑有效地防止电化腐蚀。

4.7.12.9　应在驾驶室设有显示喷水器水泵转速和喷水器倒车斗位置的指示装置。

第 8 节　方向控制系统

4.8.1　一般要求

4.8.1.1　本节是对水舵、空气舵、舵桨装置、喷水推进器、水翼、襟翼等方向控制装置及其操纵控制系统的规定；

4.8.1.2　方向控制装置应具有船用产品证书。

4.8.1.3　方向控制装置的水舵系统还应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》中的有关规定。

4.8.2　方向控制装置

4.8.2.1　方向控制装置的设计应具有足够的强度。

4.8.2.2　方向控制装置在正常工况及航速下，应使高速船的首向和航向得到有效控制。

4.8.2.3　动力方向控制装置应具有 2 台操舵能力相同的动力设备，且应：

(1)　当任 1 台动力设备不工作时，方向控制装置仍能正常地工作；

(2)　当方向控制装置的 1 台动力设备发生故障时，应能迅速转换至另 1 台使用，转换时间应不大于 5s。

4.8.2.4　人力方向控制装置只有当其操作力在正常情况下不超过 147N，且确保结构不致对操舵手轮产生破坏性的反冲作用时，方允许装船使用。

4.8.3　操纵控制系统

4.8.3.1　操纵控制系统的设计，应考虑到高速船在正常最大营运航速下停船和应急停船的可能性。

4.8.3.2　空气螺旋桨和喷水推进器除能从驾驶室操纵外，应能就地手动应急操纵。

4.8.3.3　有关方向控制系统操作及维护的必要内容应在高速船操作手册和高速船维护保养手册中予以反映。

4.8.4 转舵时间

4.8.4.1 水舵应满足船舶的最大吃水和最大营运前进航速时，舵从一舷 35°至 30°所需的时间应不超过下列规定：

(1) 急流航段 12s，船长小于 30m 时为 15s；

(2) 其他的航区 20s；

(3) 三峡库区船舶的转舵时间应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》中的有关规定。

4.8.4.2 对空气舵和喷水推进器等非传统的船舶推进和转向系统，其转舵时间应符合制造厂的有关规定。

4.8.5 其他

4.8.5.1 液压动力方向控制装置每一液压系统的循环油箱应设低位报警，且能在机器处所和驾驶室出声、光报警信号。

4.8.5.2 方向控制装置动力设备的动力源发生故障时，应在驾驶室发出声、光报警信号。

4.8.5.3 所有高速船的方向控制装置，其传动链中的任何故障出出应不会危及到船舶的安全。

第 5 章　电气装置

第 1 节　一般规定

5.1.1　一般要求

5.1.1.1　本章规定适用于航行于内河水域的高速船舶电气设备。

5.1.1.2　用于高速船上的关键电气设备[①]和重要电气设备[②]的制造和安装应符合本章有关规定。本章无明确规定者，应符合《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇的有关规定。

5.1.1.3　高速船上的其他电气设备的制造和安装应符合 CCS 接受标准的有关规定。

5.1.1.4　船上电气设备应能：

(1)　确保船舶处于正常操作状态和满足正常生活条件所必需的所有电力辅助设备正常运行和供电；

(2)　确保在各种紧急状态下，向船舶安全所必需的电气设备合理供电；

(3)　确保旅客、船员及船舶安全，免受电气事故的危害。

5.1.2　环境条件和工作条件

5.1.2.1　电气设备在下列环境条件下应能正常地工作：

(1)　环境空气温度：

–25℃至＋40℃(适用于开敞甲板)

0℃至＋40℃(适用于封闭处所)

0℃至＋45℃(适用于旋转电机和电力变压器)

0℃至＋55℃(适用于船用电子设备)

(2)　初级冷却水温度：25°

(3)　倾斜：

横倾 15°

纵倾 5°

注：①对于在特殊环境温度或可能产生的较大的倾斜条件下使用的电气设备应由 CCS 作特别考虑；

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。

5.1.2.2　电气设备应能在下列工作条件下可靠地工作：

(1)　潮湿空气、油雾和霉菌；

(2)　船舶在正常营运中所产生的振动和冲击。

5.1.2.3　电气设备应能在表 5.1.2.3 规定的电源电压和频率偏离额定值的稳态和瞬态波

---

①关键电气设备系指为保持船舶操纵性而必须连续运行的与推进和操舵有关的设备。例如：
——操舵装置；
——可调螺距螺旋桨的泵；
——推进所需的主、辅柴油机的燃油供应泵、滑油泵和冷却水泵；
——配有滑油泵、液压泵和冷却水泵的作为推进/操纵唯一手段的方位推进器；
——照明用的变压器和变换器；
——向上述设备供电的发电机组和电源装置。

②重要电气设备系指为保持船舶安全性和操纵性虽不需连续运行，但必不可少的设备。例如：
——锚机；
——起动用空压机；
——舱底泵和压载泵；
——消防泵；
——机舱风机和舱室风机；
——侧推装置；
——向上述设备供电的电压/电流转换器和发电机组和电源装置。

动情况下正常地工作。

表 5.1.2.3

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		

5.1.2.4　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%和-25%的影响。

5.1.2.5　交流电气设备应能在供电电源的谐波不大于 8%的情况下正常工作。由半导体变流装置供电的电气设备，应能在供电电源产生较大的谐波成分的情况下正常工作。

5.1.3　电气设备的安装

5.1.3.1　所有电气设备的安装应便于操作和检修。

5.1.3.2　电气设备应避免贴近燃油舱、油柜和双层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，则其与舱壁表面至少应有 50mm 的空间距离。

对于闪点 60℃以下的燃油舱、柜等，其外舱壁禁止安装电气设备。

5.1.3.3　凡工作时能产生高温的电气设备(如电阻、电热器具等)，应远离燃油舱、油柜，且应有防止导致附近物体过热和起火的措施。

5.1.3.4　工作电压大于 50V 的电气设备应设有安全防护措施。

5.1.3.5　当电气设备的外壳温度高于 80℃时，应有隔热防护措施。

5.1.3.6　在水密的舱壁、甲板和甲板室的外围壁上安装电气设备时，不应破坏其原有的防护性能及强度。

5.1.3.7　电气设备及电缆，不应直接安装在船壳板上。

5.1.3.8　若在机器处所花钢板以下安装电气设备，应符合表 5.1.3.15 的规定。

5.1.3.9　发电机组应尽可能沿船舶纵向安装。

5.1.3.10　若需在有爆炸危险的处所安装电气设备，则必须采用符合下列要求的合格防爆电气设备：

(1)　防爆电气设备制造和试验，应符合国家标准GB3836《爆炸性气体环境用电气设备》或IEC60079出版物《爆炸性气体环境中使用的电气设备》的有关规定；

(2)　应具有CCS认可的防爆主管试验机构核发的防爆合格证；

(3)　应采用II类防爆电气设备。

5.1.3.11　除另有明文规定者外，高速船上通常使用下列几种类型的防爆电气设备：

(1)　本质安全型(Ex“i”)；

(2)　隔爆型(Ex“d”)；

(3)　增安型(Ex“e”)；

(4)　正压型(Ex“p”)；

(5)　浇封型Ex“m”；

(6)　充砂型Ex“q”。

此外，具有正压型外壳且内装空气涡轮驱动发电机的灯具(简称空气驱动型灯具)可认为是防爆型灯具。

5.1.3.12　在油漆间、酸性蓄电池室等有爆炸危险处所中，所允许安装的合格防爆电气设备的类、级别和温度组别应不低于下表的规定。

表 5.1.3.12

处所	防爆级别	温度组别
酸性蓄电池室	IIC	T1
油漆间	IIB	T3
乙炔贮藏室	IIC	T2

5.1.3.13　电气设备应根据其工作场所选择相应的外壳防护型式。

5.1.3.14　电气设备的外壳防护型式应符合 GB4208《外壳防护等级(IP 代码)》的规定。表示防护等级的标志符号由 IP 字母后面加两位数字组成：

IP × ×

第二位数字见表 5.1.3.14(2)

第一位数字见表 5.1.3.14(1)

第一位数字所代表的防护等级　　表 5.1.3.14(1)

第一位数字	防护等级	
	简要说明	定义
0	无防护	没有专门的防护
1	防护大于 50mm 的固体	人体大面积部分如手(但对有意识的接触并无防护)，直径超过 50mm 的固体
2	防护大于 12mm 的固体	手指或类似物，长度不超过 80mm，直径超过 12mm 的固体
3	防护大于 2.5mm 的固体	直径或厚度大于 2.5mm 的工具、电线等，直径超过 2.5mm 的固体
4	防护大于 1.0mm 的固体	厚度大于 1mm 线或片状物，直径超过 1mm 的固体
5	防尘	并不防止全部尘土进入，但进入量不能达到妨碍设备正常运转的程度
6	尘密	无尘土进入

第二位数字所代表的防护等级　　表 5.1.3.14(2)

第二位数字	防护等级	
	简要说明	定义
0	无防护	没有专门的防护
1	防滴	垂直滴水应无有害影响
2	15°防滴	设备与垂直线成 15°角时，滴水应无有害影响
3	防淋水	与垂直线成 60°角范围的淋水应无有害影响
4	防溅	任何方向溅水应无有害影响
5	防冲水	任何方向冲水应无有害影响

6	防猛烈海浪	猛烈海浪或强烈冲水时进入机壳水量应无有害影响
7	防浸水	浸沉在规定压力的水中经规定的时间后，进入水量应无有害影响
8	防潜水	能长期潜水，其技术条件由制造厂规定 注：通常设备应完全密封，但对某些类型设备，在不产生有害影响的前提下，可允许水进入设备。

5.1.3.15　根据工作场所选择的电气设备，其最低防护等级应符合表 5.1.3.15 的要求。

外壳防护等级的最低要求　　表 5.1.3.15

(1)	(2)	(3)	(4)设备								
处所	环境条件	防护等级	配电板、控制设备、电动机起动器	发电机	电动机	变压器	照明设备	电热器具	电炊设备	附具(例如开关、接线盒)	插座
干燥的居住处所	只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(花钢板以上)			×	×	×	×	×	×	×	IP44	IP44
舵机室			×	×	×	×	×	×	—	IP44	IP44
冷藏机室(氨装置室除外)			×	—	×	×	×	×	—	IP44	IP44
浴室	较大的水和机械损伤危险	IP34	—	—	—	—	IP34	IP44	—	IP55	—
机炉舱(花钢板以下)			—	—	IP44	—	—	IP44	—	IP55	—
封闭的燃油分离器室			IP44	—	IP44	—	×	IP44	—	IP55	—
封闭的润滑油分离器室			IP44	—	IP44	—	×	IP44	—	IP55	—
压载泵舱	较大的水和机械损伤危险	IP44	×	—	×	×	IP34	×	—	IP55	IP55
厨房和洗衣间			×	—	×	×	×	×	×	×	IP56
双层底中的轴隧或管隧	喷水危险、货物粉尘存在、严重机械损伤、腐蚀性气体	IP55	×	—	×	×	×	×	—	IP56	—
干货舱			—	—	—	—	×	—	—	×	IP56
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。

5.1.4　电磁兼容性

5.1.4.1　电气设备的电磁兼容性应满足我国国家标准的有关规定。

5.1.4.2　电气设备中的电子装置应有抑制电磁干扰措施。

5.1.5　接地

5.1.5.1　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)　灯头；

(2)　安装在非导电材料制成或覆盖的灯座或照明设备上的灯罩、反光镜和防护件；

(3) 设在非导电材料上的金属部件和拧入或贯穿非导电材料的螺钉；

(4) 具有双重绝缘和/或加强绝缘的可携式设备，但应满足公认的安全要求；

(5) 为防止轴电流的绝缘轴承座；

(6) 荧光灯管的紧固件；

(7) 工作电压不超过 50V 的设备。对交流，此项电压为方均根值，且不应使用自耦变压器取得此项电压；

(8) 电缆紧固件。

5.1.5.2 金属船体的高速船的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 $S \leq 4\,mm^2$ 时，$Q = S$，但不小于 $1.5\,mm^2$；

当 $4\,mm^2 < S \leq 120\,mm^2$ 时，$Q = 0.5S$，但不小于 $4\,mm^2$；

当 $S > 120\,mm^2$ 时，$Q = 70\,mm^2$。

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

当 $S \leq 16\,mm^2$ 时，$Q = S$；

当 $S > 16\,mm^2$ 时，$Q = 0.5S$，但不小于 $16\,mm^2$。

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

5.1.5.3 非金属船体的高速船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，连接至面积不小于$0.2m^2$、厚度不小于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7.1.5.3(1)所述接地板连在一起。尤其当主、辅机采用闪点＜60°燃油时，其油箱、油管必须采用专用导体连接到7.1.5.3(1)所述的接地板上；

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

5.1.5.4 如果铝质上层建筑与钢质船体以绝缘方式紧固在一起，则在上层建筑与船体之间应设置单独跨接线，其连接点设在便于检查之处，且其连接方式应能防止电化腐蚀。

5.1.6 避雷装置

5.1.6.1 高速船以下情况应在桅杆上装设可靠的避雷装置：

(1) 金属船体，但桅杆采用非金属；

(2) 金属船体和金属桅杆，但桅杆顶端装有电气设备；

(3) 非金属船体和非金属桅杆；

(4) 非金属船体和未接至水中(地)的金属桅杆。

5.1.6.2 钢质船舶和非金属船舶的避雷装置可采用铜质或钢质材料的导体制成，铝合金船舶的避雷装置可采用铝质材料的导体制成。避雷装置的避雷针(接闪器)和引下线的规格

应不小于表 5.1.6.2 的规定。

表5.1.6.2

材料	避雷针(按闪器)直径 mm	引下线截面积 mm^2
铜	12	70
钢	16	100
铝	12	84

5.1.6.3　金属船体和金属桅杆的高速船，其避雷针可直接焊接或压接在桅杆上利用桅杆做为引下线，但应保证桅杆与船体有良好的电气连接。

安装时，避雷针(按闪器)顶端应至少高出桅顶或桅顶上电气设备 300mm。

5.1.6.4　非金属船体和非金属桅杆的高速船，其避雷针的引下线应采用紧固件固定，在其全长上尽可能避免直角出现，引下线应与避雷专用金属接地板连接，该接地板面积应不小于 $0.2m^2$、厚度不小于 2mm 具有防腐蚀性能的金属制成，且应保证在任何情况下均能浸没在水中，并应与电气设备接地用金属接地板之间至少有 1m 的边缘距离。

5.1.6.5　小于 15m 的非金属高速船或正常航行其主要动力设备不依靠电力供电的非金属高速船，其电气设备接地和避雷接地可共用一块金属接地板。

第 2 节　系统设计

5.2.1　配电系统

5.2.1.1　高速船应采用下列配电系统:

(1)　直流

双线绝缘系统；

具有一极在电源端接地但不以船体作导电回路的双线系统。

(2)　交流

单相双线绝缘系统；

三相三线绝缘系统；

当方向控制装置(或操舵装置)动力源为非电力供电时，允许采用三相四线中性点接地系统。

5.2.1.2　当采用其他任何配电系统时应经 CCS 批准。

5.2.1.3　电压在 50V 以下的配电系统，可以采用船体作负极回路的单线系统，但应采取下列相应的安全措施：

(1)　接地点应考虑到防止电化锈蚀；

(2)　接地点的漏电不会危及船舶发生火灾的可能；

(3)　钢铝混合结构的船舶，严禁利用铝质部分作导电回路；当采用铝—钛—钢过渡接头时除外；

(4)　所有的最后分路，即位于最后一个保护装置之后的所有电路均应为双线供电，接地点应只设在分配电板处。

5.2.2　电压和频率

5.2.2.1　交流配电系统的最高供电电压应不超过表 5.2.2.1(1)的规定。直流配电系统的最高供电电压应不超过表 5.2.2.1(2)的规定。

交流配电系统的最高供电电压　　表 5.2.2.1(1)

序号	用途	最高电压(V)
1	固定安装、连接于固定布线的电力设备	15000
2	(1) 固定安装并连接于固定布线的电炊设备和电热设备 (2)与插座连接，运行中不需手握持，并以截面积符合本章 5.1.5.2 要求的连续接地导体接地的可移动设备等	1000
3	(1) 固定安装的照明设备 (2) 向下列设备供电的插座(表中 2 和 4 未规定者)： ①具有双重绝缘的设备； ②以符合本章 5.1.5.2 要求的连续接地导体接地的设备	250
4	人特别容易触电的场所中的插座： (1) 无论是否使用隔离变压器供电； (2) 由只供 1 个用电设备的安全隔离变压器供电。 这些插座系统的两根导线均应对地绝缘	55① 250
5	仪器设备和控制系统②	55③ 250

注：①对于额定电压不高于24V 的插座，其最高电压为55V。

②电压为500V 以上配电系统的控制电压，除电压不高于1000V 配电系统中所有控制设备均封闭在相应的控制柜内者外，其控制电压均应不高于230V。

③对于额定电压不高于 48V 的仪器设备和控制系统，其最高电压为 55V。

直流配电系统的最高供电电压　　表 5.2.2.1(2)

序号	用途	最高电压(V)
1	电力设备	1500
2	电炊设备、电热设备、照明设备及插座	500
3	通讯设备、仪器仪表装置	250
4	救生艇/筏的供电插座	55

5.2.2.2　交流配电系统的标准频率为 50Hz 或 60Hz。

5.2.3　系统保护

5.2.3.1　配电系统的所有电路或装置均应设置保护装置。

5.2.3.2　各保护装置应能正确可靠动作，以保证在某一处发生故障时，自动切断故障线路，以确保非故障线路的连续供电。

5.2.3.3　在配电系统的每一不接地的极(或相)上均应设有短路保护。

5.2.3.4　配电系统应至少在下列极(或相)上设有过电流保护：

(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上。

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

5.2.4　发电机的保护

5.2.4.1　单机运行的发电机应至少设有过载和短路保护。保护装置的形式可按下列要

求设置：

(1) 功率等于或大于50kW的发电机应采用能分断所有绝缘极的断路器。该断路器应能满足：

①当发电机电流为其额定电流的 110%至 150%之间时，过载保护装置应能使断路器延时分断，其延时时间应不超过 2min。建议发电机过载和延时整定值为额定电流的 125%至135%，延时时间为 15s 至 30s；

②当发电机电流大于额定电流的 150%，但小于稳态短路电流时，短路保护装置应能使断路器延时分断，并同时应与系统的选择性保护相协调。建议发电机的短路和延时整定值为额定电流的 200%～300%，对直流最长为 0.2s；对交流最长为 0.6s 的短延时。

(2) 功率大于12kW至50kW以下的交流发电机的保护可采用熔断器和过载保护装置加接触器，但接触器的容量应至少为发电机额定电流的2倍；或采用装置式自动开关加过载保护装置；

(3) 功率为12kW以下(含12kW)的交流发电机和功率为50kW以下的直流发电机的保护可采用多极联动开关并在每一绝缘极上设置熔断器。

5.2.4.2 并联运行的发电机除应满足本节 5.2.4.1(1)的要求外，尚应设置下列保护：

(1) 应设有欠电压保护装置，防止待并发电机在不发电时闭合其断路器和正在运行中的发电机当电压降至额定电压的70%至35%之间时应能使发电机断路器自动分断；欠电压保护装置用于断路器脱扣时应具有5.2.4.1(1)②要求的短路保护延时相协调的延时；

(2) 应设有逆电流(直流)或逆功率(交流)保护装置。当原动机为柴油机时，保护装置整定值可调整在8%至15%额定电流(直流)或额定功率(交流)范围内动作，逆功率应延时3至10s；逆电流应瞬时或少于1s的短延时；

(3) 对于动力操舵装置，为主机服务的各种辅机、消防泵、舱底泵等，以及船舶安全航行所必须的设备均为电力拖动和供电情况下，则应设有在发电机过载时，能自动卸除非重要负载的装置。此种负载的卸除可按一级或多级进行；

(4) 与蓄电池并联供电的直流发电机应具有一不带延时的逆电流保护，保护装置的选择和整定值应与原动机特性相适应，其整定值为发电机额定电流的4%至10%。

5.2.5 馈电线路的保护

5.2.5.1 每一馈电线路均应设置能同时分断所有绝缘极的断路器或多极开关加熔断器作过载和短路保护。

5.2.5.2 由主配电板或分配电板供电给具有独立过载保护的用电设备(例如电动机)的线路可仅设短路保护。

5.2.5.3 在正常情况下，由主配电板供电给临时应急配电板的线路应在主配电板上设有该线路的过载和短路保护，并在主电源供电失效时，应能在临时应急配电处将其自动切断。

5.2.5.4 岸电箱至主配电板间的线路应在岸电箱内设有短路保护。

5.2.6 电力和照明变压器的保护

5.2.6.1 电力和照明变压器的初级电路应采用断路器或多极手动开关加熔断器作短路和过载保护。

5.2.7 照明电路的保护

5.2.7.1 每一照明分路均应设有断路器或熔断器作为过载和短路的保护。

5.2.8 测量仪表、指示灯及控制电路的保护

5.2.8.1 电工测量仪表的电压线圈、控制和保护用的电器装置的电压线圈、接地指示

装置、指示灯以及他们的连接导线应采用熔断器作保护，该熔断器应装设在接近被保护分路的分支处。

5.2.8.2　若指示灯与设备装在同一壳体内，且由具有公共熔断器作保护的控制电路供电可不设单独的熔断器保护。

5.2.9　电力电子设备的保护

5.2.9.1　电力电子设备应设有过载和短路保护。

5.2.10　蓄电池组的保护

5.2.10.1　除起动蓄电池外，蓄电池的各绝缘馈电线路均应设有短路保护。

第 3 节　主电源

5.3.1　主电源的型式和配备

5.3.1.1　高速船主电源装置的容量和数量应满足船舶在各种工况下正常用电的需要。

5.3.1.2　主电源装置可采用:

(1)　由独立的原动机驱动的发电机；

(2)　由推进主机驱动的发电机；

(3)　蓄电池组。

5.3.1.3　对于操舵装置、为推进主机服务的各种辅机及保障船舶安全航行所必需的设备均为电力供电时，应至少设置二台与主机独立的发电机组，以保证当一台发电机组失效时，另一台发电机组仍能对船舶正常航行所需设备供电。

5.3.1.4　船舶在下列情况之一时，可只设 1 台与主机独立的发电机组：

(1)　由推进主机带动一套下列设备：舵机油泵、为主机服务的各种辅机、消防泵、舱底泵，且船舶安全所必需的用电设备如航行信号设备、通信和报警设备及照明等能由蓄电池供电时；

(2)　当设置的主机轴带发电机组满足《钢质内河船舶建造规范》第3篇3.2.3.1的要求时。

5.3.1.5　对于船舶正常航行其全船动力设备不依靠电力供电者，应设有足够容量的蓄电池组以保证对船舶的照明、通讯和信息设备等的供电。若蓄电池组仅只能由岸上设备充电时，应至少设置二组蓄电池组。

5.3.1.6　5.3.1.4、5.3.1.5 所述蓄电池的容量应满足整个航行期间所需的电气设备供电。

5.3.1.7　小于 15m 的高速船的电气设备若仅以照明为主，主电源采用蓄电池组时，可设一独立蓄电池组，并允许采用岸上设备对该蓄电池组充电，但应保证该蓄电池组有足够的容量以满足整个航行期间(在不充电的情况下)对所需的电气设备供电。

若起动蓄电池组有足够的容量并有船上充电设备配套使用时，可不另设独立蓄电池组。

第 4 节　临时应急电源和操舵装置备用电源

5.4.1　一般要求

5.4.1.1　当高速船仅采用发电机组作为主电源时，尚应设置独立的蓄电池组作为船舶临时应急电源，且应在船上设有足够容量的充电装置。

5.4.1.2　临时应急电源蓄电池组及其配电装置应安装在防撞舱壁以后、机舱以外的干舷甲板上或干舷甲板以上的舱室内。

5.4.1.3　安装临时应急电源的部位应能保证设置主电源处所发生火灾或其他严重事故

时，不至影响临时应急电源的供电和配电。

5.4.1.4　临时应急电源应能在主电源装置失效时自动供电，并应在船舶操纵处安装一个临时应急电源正在供电的指示器。

5.4.1.5　临时应急电源的容量应保证主电源装置失效时，足以向所需的应急负载供电。其供电时间：对载客 60 人及以上的客船应不小于 1h，对于少于 60 人的客船和货船应不小于 0.5h。

5.4.2　临时应急电源供电范围

(1)　主机遥控装置(设有时)；
(2)　航行灯、信号灯；
(3)　船内通信设备；
(4)　通用报警、探火和失火报警系统；
(5)　灭火剂释放预告信号装置；
(6)　甚高频无线电话(由独立蓄电池组供电者除外)；
(7)　临时应急照明，特别是考虑到下列处所：
①主机操纵台处；
②主配电板的前后方及临时应急配电板前方；
③公共客舱；
④机器处所、驾驶室；
⑤所有脱险通道、救生艇、筏设置处；
⑥消防员装备贮放处；
⑦操舵装置处。

5.4.3　操舵装置备用电源

5.4.3.1　航行急流航段的高速船，设有 2 台互为备用的电动或电动液压操舵装置，且转舵扭矩大于 16kN·m 时，应设有操舵装置的备用电源，该备用电源应是独立的蓄电池组，其容量应能满足 0.5h 的正常操舵。

5.4.3.2　通过三峡大坝的船舶以及航行于三峡库区长江干流非急流航段的客船的电动和电动液压操舵装置，当转舵扭矩大于 16kN·m 时，应设有操舵装置的备用电源，该备用电源应是独立的蓄电池组，其容量应能满足 0.5h 的正常操舵。

5.4.3.3　操舵装置在主电源失电时，应能自动转换到备用电源。

第 5 节　蓄电池

5.5.1　蓄电池的一般要求

5.5.1.1　本节规定适用于固定安装的蓄电池，不适用于移动式蓄电池。

5.5.1.2　船用蓄电池可采用酸性铅板型或碱性镍板型。

5.5.1.3　蓄电池的设计和结构应保证在倾角 40° 时无电解液溢出。

5.5.1.4　蓄电池应能承受船舶的摇摆和振动。

5.5.1.5　蓄电池组放电终止电压不应低于其标称电压的 88%(10h 放电率) 。

5.5.2　蓄电池的安装

5.5.2.1　柴油机起动用蓄电池组应尽可能靠近柴油机安装，以减小电缆产生的电压降。

5.5.2.2　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。

5.5.2.3　铅酸蓄电池和碱性蓄电池不应安装在同一舱室、箱或柜中。

5.5.2.4　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。

5.5.2.5　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。

5.5.2.6　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。

5.5.2.7　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)　充电功率等于和小于 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)　充电功率等于和小于 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。

5.5.2.8　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。

5.5.2.9　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。

5.5.3　蓄电池组的保护和通风

5.5.3.1　蓄电池组(除柴油机起动蓄电池外)均应设有短路保护装置。

5.5.3.2　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。

5.5.3.3　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。

第 6 节　接岸电

5.6.1　一般要求

5.6.1.1　船舶设有岸电系统船载装置时，其技术要求应满足《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 3 章第 3 节的相关要求。

5.6.1.2　在主配电板上应设有岸电指示器，以指示岸电电缆已经通电。

第 7 节　配电板和配电电器

5.7.1　配电板的结构

5.7.1.1　配电板的构架及面板应有足够的机械强度，在振动和倾斜情况下应不产生有害变形，配电板内固定电器的绝缘板应采用滞燃、耐潮的材料。

5.7.1.2　主配电板顶部应设有挡水板，总体的两侧面均应设有金属封闭板，前面应设有坚固的扶手，若设有板后维修通道时，后面尚应设有水平安装的绝缘扶手。

5.7.1.3　电缆进入配电板处应有能防止漏水沿着电缆进入配电板内部的措施。装在机舱花钢板上的配电板，底部须封闭或采取其他有效措施以防止配电板底下油水的浸入。

5.7.2　配电板的安装

5.7.2.1　配电板应设置在易于到达、通风良好、无可燃性气体聚积的处所，特别应能避开水的进入和机械损伤处所。

5.7.2.2　主配电板和临时应急配电板的后面和上方不应设置油柜，以及其他液体容器，当蒸汽、液体等压力管路必须通过时，其法兰接头应远离配电板，或采取可靠的防护措施。

5.7.2.3　若配电板的结构形式可在前面或侧面进行维修(如:壁挂式配电板和有后封闭板的配电板)，则可不设后通道。但配电板前面应有足够供操作和维修的空间。

5.7.2.4　主配电板和主电源装置应尽量安装在同一处所。当主配电板安装在监视室时，应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 6 章的有关规定。

临时应急配电板和临时应急电源应尽量靠近安装，但设有专用酸性蓄电池组的处所，不得安装临时应急配电板。

5.7.2.5　主配电板和临时应急配电板前后应铺有防滑和耐油的绝缘垫或绝缘处理过的木格栅。小于 50V 的配电系统可免设。

5.7.2.6　在主配电板和临时应急配电板附近应设有电路原理图。

5.7.3　配电电器

5.7.3.1　安装在配电板上的断路器、开关、指示灯、按钮、操作手柄和手轮、仪表测量用的转换开关等均应有标明其用途和操作位置的耐久标志。并且应标明每个电路的用途、过载保护装置的定额或其相应整定值的耐久标志。这些标志应设在该保护装置的所在位置，电器设备的铭牌应以滞燃材料制成。

5.7.3.2　在工作电压大于 50V 的配电板或配电箱面板上安装的电气设备，其活动面板与构架之间应通过专用缨纹接地柱进行良好的电气连接。

5.7.3.3　并联运行的交流发电机组应在发电机控制屏上设有对原动机的转速进行微调的调速装置，并在原动机上设有相应执行机构。

5.7.3.4　直流发电机控制屏上应设有充磁装置，充磁电源一般应取自蓄电池。

5.7.3.5　对需并联运行和转移负载的交流发电机组，不论采用何种方式并联(如自动、手动)均应设有手动同步指示装置。

5.7.3.6　对地绝缘的配电系统，不论电力系统还是照明系统(变压器付边)，均应在主配电板上设有指示绝缘系统对地绝缘情况的兆欧表或指示灯或连续监测绝缘电阻的监测装置。

当采用连续监测绝缘电阻的监测装置时，应能在绝缘电阻异常低时发出声光报警信号。

当采用指示灯时其功率应不大于 15W，并应用按钮控制。

5.7.3.7　发电机控制屏应设有指示发电机主开关接通与分断的指示灯。

5.7.3.8　设有岸电供电装置的船舶配电板除满足本节要求外，尚应满足本章第 6 节的相关要求。

5.7.3.9　不同电流种类和不同电压等级的电气设备应尽量不安装在同一配电板内。如不可避免时，应采取隔离措施，但对主配电板内设有 380V、220V 的设备除外。

5.7.4　测量仪表

5.7.4.1　安装在配电板上的测量仪表的精确度等级应按仪表用途及安装条件进行选择，但应不低于 2.5 级。

5.7.4.2　电压表的上量限应约为额定电压的 120%；电流表的上量限应约为该线路中额定电流的 130%。

5.7.4.3　电压互感器和电流互感器的次级绕组应可靠接地。与测量仪表配套使用的电压和电流互感器应满足测量仪表所需精确度等级。电流互感器次级回路在通过转换开关转换过程中应保证处于短路状态。

5.7.4.4　供并联运行的直流发电机用的电流表和供并联运行的交流发电机用的功率表，应能分别指示出 15%的逆电流或逆功率。

5.7.4.5　频率表应具有±10%额定频率的刻度。

5.7.4.6　在电压表、电流表及功率表的刻度盘上应有表示相应额定值的明显标志。

5.7.4.7　发电机控制屏应至少按表 5.7.4.7 的要求设置测量仪表。

表 5.7.4.7

发电机种类	运行状态	仪表名称	每台发电机配备仪表数量(个)	备注
直流	单机运行	电流表	1	接于正极
		电压表	1	
	并联运行	电流表	1	接于正极
		电压表	1	可通过转换开关能分别测量发电机和汇流排电压
交流	单机运行	电流表	1	可通过转换开关分别测量各相(线) 电流
		电压表	1	可通过转换开关分别测量各相(线)电压
		功率表	1	发电机额定功率小于 50kW 时可免装
		频率表	1	
	并联运行	电流表	1	同单机要求
		电压表	1	可通过转换开关分别测量发电机各相(线)和汇流排电压
		功率表	1	
		频率表	1	
		整步表	1	各发电机共用一个
		功率因数表	1	单机或仅用做转移负载时可免装

5.7.5　断路器和其他开关

5.7.5.1　断路器和其他开关应符合本条的规定。本条未作规定者，应符合 CCS 接受的有关标准。

5.7.5.2　断路器的选择不仅应根据环境条件、额定电压、电流还应考虑其耐热性能和机械强度，以及短路时的通断能力。

5.7.5.3　断路器和其他开关应能使其处于“分断”位置时不致由于意外的运动而导致电路闭合。

5.7.5.4　功率≥50kW 发电机用的断路器的过电流脱扣器以及自动卸载继电器的整定值应为可调的。

5.7.5.5　断路器应有标明其额定电压、过电流脱扣器额定电流及其整定值等的耐久标志。

5.7.6　熔断器

5.7.6.1　配电板上熔断器的选择应符合本条的规定。本条未作规定者，应符合 CCS 接受的有关标准。

5.7.6.2　熔断器应为封闭式，其结构应于熔体熔断时，外壳不会破裂或烧坏，熔化的金属或者所发散的气体应不损坏邻近的绝缘。

5.7.6.3　熔断器应便于更换其备件，而不致在取下或装上熔断器时发生触电或烧伤的危险。

5.7.6.4　熔断器在额定电流下长期工作时，其电缆连接端头的温度不应超过所连接电缆的允许最高工作温度。

5.7.6.5　熔断器应有标明其额定电压、额定电流、额定分断能力等的耐久标志。

5.7.6.6　额定电流等于或大于 100A 的管式熔断器应备有专用绝缘手柄可取下和装上熔断器的工具。

5.7.7　汇流排

5.7.7.1　汇流排及其连接件应为铜质的，汇流排连接处应作防腐蚀和氧化的处理，汇流排的最大允许温升为 45K。

5.7.7.2　汇流排及支承件的安装应保证在短路时，能承受最大短路电流引起的热效应和电动力而不致损坏。

5.7.7.3　汇流排的油漆颜色一般应符合下列规定:

(1)　直流汇流排及裸线：

正极……红色

负极……蓝色

接地极……绿色和黄色间隔

均压汇流排的颜色应与引出极的颜色相同，再涂以白圈以资区别。

(2)　交流汇流排及裸线：

L_1 相……绿色

L_2 相……黄色

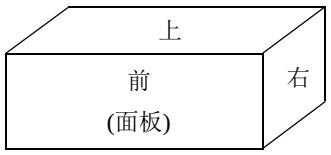
L_3 相……褐色或紫色

接地线……绿色和黄色间隔

中性线……浅蓝色

5.7.7.4　配电板内汇流排的安装排列次序应符合表 5.7.7.4 的规定(配电板正视方向为准)。

表 5.7.7.4

汇流排	相序或极性	汇流排安装的相互位置			
		垂直分布	水平位置	引下线	
交流	L_1 相	上	前	左	 配电板正视方向示意图
	L_2 相	中	中	中	
	L_3 相	下	后	右	
直流	正极	上	前	左	
	均压极	中	中	中	

5.7.7.5　主配电板和临时应急配电板不同极(相)间的裸主汇流排(不包括主汇流排至引出线之间的导体)，应具有如表 7.7.7.5 所列的最小电气间隙和最小爬电距离。

表 5.7.7.5

额定工作电压(V)	最小电气间隙(mm)	最小爬电距离(mm)
250 及以下	15	20
251～690	20	25
691～1000	25	35

第 8 节　电力拖动装置

5.8.1 一般要求

5.8.1.1 额定功率等于或大于 1kW 的电动机及所有重要用途的电动机，均应由配电板(箱)设独立的最后分路供电，且均应设有独立的过载、短路及欠电压保护。

5.8.1.2 在每台电动机旁均应设置独立的起动和停止控制装置及运转指示装置。当电动机的控制箱在电动机旁时可除外。

5.8.1.3 在每台电动机的控制箱内或配电板上应设有电源控制装置、此装置应能切断电动机及其控制线路的电源。

5.8.1.4 电动机及控制装置的安装处所应留有适当的空间，以便维修和操作。

5.8.1.5 关键设备和重要设备的供电应充分考虑到合理性和可靠性，尤其对关键设备和保障船舶安全的设备如消防泵、侧推装置等必须应由主配电板供电。

5.8.2 电动和电动液压操舵装置

5.8.2.1 操舵装置的动力设备若采用电动或电动液压动力源时，每一动力源均应由主配电板设单独的馈电线供电。

5.8.2.2 电动或电动液压操舵装置的电动机在其线路上应仅设短路和欠电压保护。

5.8.2.3 电动或电动液压操舵装置的电动机及其控制装置，在电源失电后又恢复供电时，应能自动地恢复工作。

5.8.2.4 当需要在舵机舱操舵时，在舵机室内应设置转换驾驶室或舵机室操舵的转换开关。

5.8.2.5 在驾驶室进行操舵，其控制系统的电源发生故障，或者操舵装置中任何一动力源发生故障时，应在驾驶室发出听觉和视觉报警信号。

5.8.2.6 当操舵装置的电动机过载和液压操舵装置每一液压系统循环油箱油位过低时，应在驾驶室发出听觉和视觉报警信号。

5.8.3 风机及油泵的紧急切断

5.8.3.1 高速船上的起居处所、控制站和机器处所的动力通风(如设有时)，均应能从其所服务的处所外面易于到达的位置将其切断。

5.8.3.2 各类燃油泵、锅炉燃油泵(如设有时)应备有这些油泵的应急切断装置，其安装位置应能通向开敞甲板。

5.8.3.3 厨房抽风机(如设有时)应能在厨房内予以切断。

第 9 节 照明

5.9.1 一般要求

5.9.1.1 船上乘客或船员容易到达和使用的全部处所和空间，应提供充分的照明。

5.9.1.2 机舱以及旅客超过 16 人的客舱，其主照明系统应由两个最后分路供电，其灯点应交错布置。

5.9.1.3 主照明系统、临时应急照明系统的布置应使设置主电源或临时应急电源的处所发生火灾或其他事故时，不致使另一系统失效。

5.9.1.4 安装在振动较大处所的灯具应采取减震措施。安装在货舱、外走道及其他易受机械损伤处所的灯具应有坚固的保护栅。

5.9.1.5 潮湿处所其照明开关应能切断所有绝缘极。

5.9.1.6 在临时应急照明的电路上不应装设就地开关，但驾驶室及救生艇筏存放处的应急照明灯除外。

5.9.1.7 安装酸性蓄电池组的专用处所应采用相应防爆级别的防爆灯。其控制开关应

能切断所有绝缘极并应安装在室外。

5.9.2 航行灯

5.9.2.1 航行灯控制箱应由两路馈电线供电，其中一路应直接由主配电板供电，而另一路则应来自临时应急配电板。对不需要设置临时应急电源的船舶，航行灯控制箱可仅由蓄电池组设一路独立的馈电线路供电。

5.9.2.2 航行灯控制箱应设在驾驶室内，两路馈电线的转换装置应设在控制箱上，每只航行灯均应由航行灯控制箱引出的独立分路供电，而且必须在这些分路的每个绝缘极上用安装在该控制箱内的开关和熔断器或断路器来进行控制和保护。

5.9.2.3 航行灯控制箱上应设有每只航行灯发生故障的听觉和视觉报警信号装置。

5.9.3 探照灯

需夜间航行的高速船应至少配备一只探照灯。

第 10 节 电缆

5.10.1 一般要求

5.10.1.1 高速船上应采用船用滞燃型电缆。

5.10.1.2 电缆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。

5.10.1.3 电缆连续工作制的电流定额及电流定额的校正系数应满足 CCS《钢质内河船舶建造规范》第 3 篇第 11 章的要求。

5.10.1.4 电缆截面的选择应保证从配电板(箱)至受电设备的网络电压降，在最大工作电流时，不大于 6%的网络额定电压。由蓄电池供电、其电压不超过 50V 者，网络电压降应不大于 10%的网络额定电压。

对于航行灯、信号灯线路应有较小的压降，一般应不大于6%以保持其足够的亮度和颜色。

5.10.1.5 小于 15m 的高速船及全船动力设备不依靠电力供电的高速船，当主电源电压在 50V 以下时可允许采用合适的船用滞燃型电线，电线的选择应满足本节 5.10.1.4 的要求。

5.10.2 电缆的敷设

5.10.2.1 电缆的走线应尽可能平直且易于检修。

5.10.2.2 电缆的敷设应远离热源、油污、潮湿、易受机械损伤及有爆炸性气体和腐蚀性气体等处所。

5.10.2.3 所有导体的端头和接头均应保持电缆的原有性能。

5.10.2.4 电缆的金属护套和金属外护层均应在其全长上保持电气连续性,并应可靠接地。

5.10.2.5 配电系统应布置妥当，以便主电源和临时应急电源的馈电线路通过易失火区时，两者在垂直和水平方向都尽可能地远离敷设。

5.10.2.6 对要求两路供电的重要设备，其供电及控制用的两路电缆，应尽最大可能在水平及垂直方向远离敷设。

5.10.2.7 穿越舱壁或甲板的电缆，应不影响舱壁或甲板原有的防护性能。

5.10.2.8 电缆除敷设在管子、电缆槽内以外，均应有效地加以支承和紧固。

5.10.2.9 导电线芯允许最高工作温度不同的电缆，不应敷设在一起，如成束敷设不可避免时，则任何一根电缆的工作温度不应达到高于该束中温度定额最低的电缆所允许的温度。

5.10.2.10　敷设在机器处所的电缆(线)应有防机械损伤的措施；敷设在舱室的电缆(线)应便于检修；敷设在露天甲板的电缆(线)应有防止绝缘老化和雨水腐蚀的措施。

5.10.2.11　在机器处所花钢板以下敷设的电缆(线)应穿管敷设。

第 11 节　船内通信及信号

5.11.1　通用报警

5.11.1.1　船长 L 大于等于 15m 的船舶应设单向发信的通用报警装置，其布置应能有效地发出紧急集合的报警信号。通用报警装置的控制器应设在驾驶室内，并须设有报警装置工作的指示灯。

5.11.1.2　允许采用船舶扩音装置代替通用报警，但安装在噪声较大处所(如机器处所)的扬声器应有足够的功率，必要时尚应设有视觉信号。

5.11.2　火灾报警

5.11.2.1　探火和失火报警装置的设置应符合主管机关的有关规定。

5.11.2.2　探火和失火报警装置应由主电源和临时应急电源设单独馈电线供电，当主电源失电时，应能自动转接到临时应急电源，并发出报警。当主电源采用蓄电池组时或探火和失火报警装置自带供电时间不少于 1 小时的蓄电池时，可仅由主电源供电。

5.11.3　电气传令钟

5.11.3.1　高速船上若设有主机电气传令钟，则应在船舶操纵室设有传令钟的失电报警装置。报警电源应取自临时应急电源或蓄电池组。若为主电源供电时，则不应与电传令钟共用同一电源线路。

5.11.4　电话

5.11.4.1　在驾驶室和机舱之间若以电话为主要通信工具时，则应为直通电话。

5.11.5　特别考虑

5.11.5.1　对航行时间不超过 2h 的高速船，如认为遵守本节 5.11.1.1 要求为不合适时，经 CCS 同意，可作特殊考虑。

第 6 章　遥控、报警与安全系统

第 1 节　一般规定

6.1.1　适用范围

6.1.1.1　本章规定适用于各种高速船的遥控、报警与安全系统。

6.1.1.2　本章未涉及的自动化系统、除满足本章要求外，均应符合 CCS《钢质内河船舶建造规范》机舱自动化的相应的规定。

6.1.2　环境条件和工作条件

6.1.2.1　遥控、报警与安全系统的电气设备应满足第 5 章环境条件和工作条件的要求。

6.1.2.2　电子计算机系统和电子器件应能与船舶所处的航区最低和最高温度下正常工作。

6.1.3　名词术语

6.1.3.1　定义

(1)　正常状况——系指船舶所处的外部环境条件，如环境温度、大气压力以及内部条件、诸如燃油质量、主、辅动力设备都在设计允许范围内，整个系统均能按预定的性能工作时的状况；

(2)　自动控制系统——系指用于系统各变量诸如主机转速、船舶姿态、滑油温度、压力、冷却水温度、液面等自动保持在正常状况下给定的限值内所需设备及部件的组合；

(3)　遥控系统——系指操作者可以从一个控制地点或几个控制地点远距离对装置进行操纵，此系统需借助于监测、指示、报警等系统的信息对装置进行控制所需的设备或部件的组合。如果机旁手动操作需借助于遥控系统的电力、液压、气动和机械力，亦应是遥控系统的组成部分；

(4)　监测系统——系指对推进主机装置和其他装置进行监测及对各种状况下引起反映的设备和部件的组合；

(5)　报警系统——系指包括对各自动化设备在异常状况下实施报警的所有设备和部件的组合。这其中，包括传感器、中心控制单元以及引起人员注意的设施如声音、光等响应，报警是声光信号的组合，其中音响信号引起人员的注意，光信号用于故障识别；

(6)　安全系统——系指在装置产生异常状况时，通过该系统的自动干预，并限制可能产生的故障后果，例如起动备用设备，促使设备减速或停车等所需设备和部件的组合；

(7)　指示和记录系统——系指给出有关装置运行的目前和过去状态的信息；

(8)　程序控制——系指对装置的控制和操纵符合预定的、正确的顺序和正确的时间自动进行操作的过程；

(9)　手动操作——系指其起动、停车和运行由船上人员执行的操作；

(10)　直接手动操作——系指在手动操作过程中，该操作的执行不应借助于遥控系统的电力、液压、气动等动力的操作。

第 2 节　遥控系统

6.2.1　一般要求

6.2.1.1　主推进装置遥控的控制系统不论采用何种型式均应与发动机的原理、性能和操作程序相适应。

6.2.1.2　按本节要求的高速船，驾驶室应设有主推进装置的操纵台，机舱应设有主推

进装置的机旁控制机构。

6.2.1.3　驾驶室操纵台可以与其他控制单元组合成一体亦可分别设置，当组合成一体时，应使主机遥控及操纵部分设备及器件集中设置以便于操作、监视。

6.2.1.4　驾驶室与机旁控制处在同一时间内，只能由一个控制处所进行操纵，其控制的转换应设在机旁控制处，且机旁操纵优先。

6.2.2　指示仪表

6.2.2.1　主推进遥控系统应在驾驶室或驾驶室操纵台设有显示主机或螺旋桨的转速及转向的指示仪表。对于喷水推进，尚应设有显示水泵转速和喷水器的倒车斗位置的指示装置。

6.2.2.2　对需在操纵台进行起动主推进装置的遥控系统：

如为电起动，则应设有反映蓄电池电压的电压表。

如为气起动，则应设有反映气瓶压力的压力表。

6.2.3　通信

6.2.3.1　驾驶室与机舱之间，应设有两套通信设备，其中之一为传令钟；另一通信设备为独立于主电源的声力电话。但对于小于 15m 的高速船可仅设传令钟或声力电话。

对于正常航行时，人员无法值守的机舱，可免除本条要求。

6.2.4　紧急停车

6.2.4.1　驾驶室应设有主机的紧急停车装置，该装置应与遥控系统完全独立，紧急停车装置失电时，应自动转换至蓄电池供电，且能保证主机在任何工况下均能有效地停车。

6.2.5　主机、轴系控制和安全

6.2.5.1　主推进装置遥控应能可靠、灵活地从驾驶室遥控转换到机旁控制。

6.2.5.2　主推进装置遥控操作应只由简单的动作完成。遥控系统的设计应满足主推进装置的操作程序。对于可换向的发动机应能使其先换向后起动，且应在主机低于换向转速时才能进行换向；对于带有离合器的主推进装置，脱开离合器时应使主机转速降至预定值运转，而合上离合器亦应在相应的主机转速预定值时进行。

6.2.5.3　主推进装置遥控失效时，应不致使主机(或螺旋桨轴)增加速度、改变运转方向及主机的误起动，并应使主机(或螺旋桨轴)转速基本保持不变，直至操纵转换到机旁控制为止。

6.2.5.4　遥控操纵主机或可倒、顺的传动离合器从最低转转速换到开始反向运转的时间，应不超过 15s。

6.2.5.5　遥控操纵的调速范围应不超过主机额定转速的 1.03 倍，并应能维持主机最低工作稳定转速。

6.2.5.6　主推进装置遥控应采取措施避开或防止主机长期在临界转速范围内运转。

6.2.5.7　若主机的控制系统，具有起动失败时能自动再起动的程序，则起动失败的连续次数应不多于三次，当第三次起动失败时，即应自动停止起动，并在驾驶室、机舱进行声、光报警。

6.2.5.8　一般应设置有效的联锁机构，以防止在“转车机啮合”、“轴被制动器刹住”的情况下，遥控主机的起动，如有困难至少应在驾驶室和机旁设有报警或告示。

6.2.5.9　电磁、气动或液压离合器，在电力、气压或液压不足时，应在驾驶室及机舱发出报警，此报警应尽可能在装置仍可运转时发出。

6.2.5.10　设有离合器的主推进轴系，当主机超速时应能自动停车(柴油机额定功率等于或小于 220kW 可免设)，并在驾驶室和机舱进行报警。

6.2.5.11　对设有可调螺距桨的主推进轴系，在螺距控制的液压系统的压力及电液控制系统的电力不足时，应在驾驶室发出报警，此报警应尽可能在装置仍可运转时发出。此外，尚应在驾驶室设有调距桨的螺距或桨角、液压系统的液压及电液系统的供电等的显示。

第 3 节　报警系统

6.3.1　**监测与报警应符合如下规定：**

6.3.1.1　主推进装置遥控应设有反映遥控系统及发动机及其附属设备故障或不安全状态的报警装置，报警系统的设计应与遥控系统独立，不应由于遥控系统的故障而影响和妨碍报警动作。

6.3.1.2　对遥控系统的报警点应在驾驶室和机旁分别设置，详见表 6.3.1.2(1)和 6.3.1.2(2)。

驾驶室的显示仪表和报警项目　　表 6.3.1.2(1)

项目		显示	报警	备注
一、主柴油机及轴系				
1	主机或螺旋桨的转速及转向	转速 转向		
2	主机起动空气压力或起动蓄电池电压	压力或电压		不在驾驶室起动主机时可不设
3	主机超速		超速时	
4	控制系统的动力(电力、气动、液压)		失效	
5	离合器的电力、气动或液压动力		失效	
二、方向控制系统				
1	系统电力		失电	1～4 可为综合报警
2	系统过载		过载	
3	系统油箱油位		低	
4	系统的电力、液压动力		失效	

机舱的显示仪表和报警项目　　表 6.3.1.2(2)

序号	项目	显示	报警	备注
1	主机转速	转速		
2	主机起动空气或起动蓄电池电压	压力或电压		
3	滑油进机压力		低	
4	冷却水出机温度		高	
5	冷却水膨胀水箱水位		低	
6	舱底水水位(适用时)		高	
7	齿轮箱滑油温度或冷却水温度		高	
8	齿轮箱滑油压力(适用时)		低	
9	驾驶室遥控主机、离合器的换向指示	前进、后退		
10	主机紧急停车		停车	

11	控制系统的动力(电力、气动、液压)	指示灯、压力	失效	
12	离合器的电力、气动或液压动力	指示灯、压力	不足	
13	方向控制系统电力		失电	
14	方向控制系统过载		过载	
15	方向控制系统油箱油位		低	
16	控制系统的电力、液压动力		失效	

6.3.1.3　报警系统的警报应同时发出声、光信号、声信号应一直保持到应答，而各个光信号则应保留至故障消除为止。故障消除后，报警装置应能自动恢复到正常工作状态。如果一个报警已被应答，而第一个故障消除之前又发生了第二个故障，则声、光报警装置应能再次动作。

6.3.1.4　遥控报警声信号尽可能与其他警报相区别。

6.3.1.5　报警系统应有自检功能，除此尚应考虑自身电源线路熔丝熔断及传感器至报警装置的线路短路或断路等情况发生时，能进行报警。

6.3.1.6　报警系统应有对无意义的信号进行自动闭锁的设施。如对柴油机正常的停机过程中滑油低压信号设置自动闭锁装置。

第 4 节　安全系统

6.4.1　安全系统应符合如下规定：

6.4.1.1　主推进装置遥控设有安全系统时，当发生危及机、电设备的严重故障情况，安全系统应自动或手动地产生保护性动作，使其：

(1)　恢复正常的运行情况，如起动并投入备用设备，或使机电设备暂时调节至可以勉强运行的状态，如降低功率或转速等；

(2)　切断燃油或电源，使其设备停止运行。

当安全系统动作时，应发出声、光报警，以显示安全系统动作的原因。

6.4.1.2　安全系统应尽可能设计成与控制系统和报警系统分开。控制和报警系统失效或发生误动作时，应不致妨碍安全系统的工作。

6.4.1.3　机电设备各安全系统的构造，应使所装设的某一个安全系统失效时，不致妨碍机、电设备其他安全系统的工作。

6.4.1.4　安全系统应设置手动复位，以便当安全系统起作用使某一设备停止运行时，在未进行手动复位前，该设备不应自动再起动。

6.4.1.5　越控系指撤消控制过程中的某一程序或某一安全功能，在短时间内强制机电设备继续运行以保证船舶安全的特殊控制措施。

6.4.1.6　如设有越控设备以解除安全系统的某些保护动作时，此设施应能防止由于疏忽而触动。当安全系统的越控设施投入工作时，在有关控制处所予以指示。当越控结束后，安全系统的保护功能应能自动恢复。

6.4.2　控制、监测、报警和安全系统的供电

6.4.2.1　主机控制系统的电源应由两路独立专用的馈电线供电，其中一路应从主配电板供电，另一路可由助航分电箱供电(如设有临时应急电源时，应由临时应急电源设独立馈电线供电)。两路电源可用装在控制台内或其附近的手动或自动转换的开关进行转换。

如主机控制系统由蓄电池供电，且该蓄电池既能由主机自带充电机对其进行浮动充电，

也能由船上的其他充电设备对其充电，则可免除上述要求

6.4.2.2　报警系统于主电源供电中断时应能自动从蓄电池电源获得持续供电，并应对蓄电池的供电予以指示。

对于安全和监测系统，于主电源供电中断时，亦应能自动接通蓄电池电源。

6.4.2.3　对本节 6.4.2.1～6.4.2.2 所述各系统，于主电源供电中断时均应予以声、光报警。