

ICS 47.020.01

U 06

DB37

山 东 省 地 方 标 准

DB37/T 4025—2020

热塑性聚合物船舶建造技术规范

Rules for the construction of thermoplastic ships

2020 - 07 - 09 发布

2020 - 08 - 09 实施

山东省市场监督管理局 发 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 材料 4

 4.1 一般要求 4

 4.2 材料性能要求 4

 4.3 材料防火要求 5

 4.4 其他辅助材料的要求 5

 4.5 检验要求 5

5 工艺 5

 5.1 滚塑成型工艺 5

 5.2 焊接成型工艺 6

 5.3 铆接工艺 6

 5.4 其他 6

6 船体结构要求 6

 6.1 载荷 6

 6.2 结构设计原则 7

 6.3 结构设计载荷 9

 6.4 船体结构的构件尺寸 12

 6.5 总强度 16

 6.6 构件稳定性 17

7 其他要求 17

 7.1 电气装置 17

 7.2 舾装设备 18

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由山东省农业农村厅提出并组织实施。

本标准由山东省农业标准化委员会渔业分技术委员会归口。

本标准起草单位：泛海海工（山东）智能装备有限公司、山东岩普智能科技有限公司、船舶制造国家工程研究中心、大连理工大学、山东省海洋与渔业监督监察总队、日照市海洋与渔业监督监察支队、烟台经济技术开发区农业水利海洋局、威海蓝博海洋装备有限公司、烟台华威滚塑科技有限公司、威海正明海洋科技开发有限公司。

本标准主要起草人：潘岩、魏勇、王普、孙毅超、孙东海、何永学、李凯、孙海燕、于波、王建春、王科、庞全芳、王学明、孙春录、丛晓峰、张福麦、程云模、于荣起、姜泽明、连岩。

热塑性聚合物船舶建造技术规范

1 范围

本标准规定了热塑性聚合物船舶术语和定义，材料要求，工艺要求，结构与布置原则，结构最低要求等。

本标准适用于山东省行政区域内建造的船体材料为热塑性聚合物的船舶，除另有规定外，适用于船长大于或等于5 m但小于20 m的船舶。对船长小于5 m的船舶，可参照本标准执行。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

- GB/T 1033（所有部分） 塑料 非泡沫塑料密度的测定
- GB/T 1040.2 塑料 拉伸性能的测定 第2部分：模塑和挤塑塑料的试验条件
- GB/T 1633 热塑性聚合物维卡软化温度（VST）的测定
- GB/T 1634（所有部分） 塑料 负荷变形温度的测定
- GB/T 1843 塑料 悬臂梁冲击强度的测定
- GB/T 2035 塑料术语及定义
- GB/T 3682.1 塑料 热塑性塑料熔体质量流动速率（MFR）和熔体体积流动速率（MVR）的测定 第1部分：标准方法
- GB/T 9341 塑料 弯曲性能的测定
- GB/T 9345（所有部分） 塑料 灰分的测定
- GB/T 11546（所有部分） 塑料 蠕变性能的测定
- GB/T 13021 聚乙烯管材和管件炭黑含量的测定（热失重法）
- GB/T 18251 聚烯烃管材、管件和混配料中颜料或炭黑分散度的测定
- GB/T 19466.6 塑料 差示扫描量热法（DSC） 第6部分：氧化诱导时间（等温OIT）和氧化诱导温度（动态OIT）的测定
- 《国际耐火试验程序应用规则（FTP）》 国际海事组织（2010）
- 《材料与焊接规范》 中国船级社（2018）
- 《海上高速船入级与建造规范》 中国船级社（2015，含2017修改通报）
- 《内河小型船舶检验技术规则》 中华人民共和国海事局（2016，含2019修改通报）
- 《沿海小型船舶检验技术规则》 中华人民共和国海事局（2016）
- 《内河小型渔船法定检验技术规则》 中华人民共和国海事局（2019）
- 《国内海洋小型渔船法定检验技术规则》 中华人民共和国海事局（2019）

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

热塑性聚合物

系指具有加热后软化、冷却时固化、可再度软化等特性的聚合物。热塑性聚合物的分子链都是线型或带支链的结构，加热时软化流动，冷却变硬的过程是物理变化。具体材料有聚乙烯、ABS及其等效材料。

3.2

热塑性聚合物粉料

热塑性聚合物的聚合过程中，从聚合釜中出来的，呈粉末状的产品，以下简称“粉料”。

3.3

热塑性聚合物粒料

粉料通过挤出机造粒制备而成的，呈颗粒状的产品，以下简称“粒料”。

3.4

热塑性聚合物混配料

将粉料或粒料与各种不同助剂混合分散均匀所制得的产品，该混合过程是一简单的物理混合过程，又称干混料，以下简称“混配料”。

3.5

热塑性聚合物型材

以粒料或混配料为原材料，挤塑成型，沿挤出方向等截面的产品，以下简称“型材”。

3.6

热塑性聚合物再生料

一切工业上可以回收，通过某种加工过程而可以再次使用的热塑性聚合物原料，以下简称“再生料”。

3.7

热塑性聚合物船舶

船体材料采用热塑性聚合物树脂原料、混配料或型材，通过一定成型工艺制成的船舶。

3.8

滚塑成型工艺

将原料加入专用模具中，然后模具不断旋转并使之加热，使模内的原料在重力和热能的作用下，逐渐均匀地涂布、熔融粘附于模腔的整个表面上，成型为所需要的形状，再经冷却定型、脱模，最后成型为完整制品的制造工艺。

3.9

焊接成型工艺

一种通过对焊件加热并施加压力的方式来接合型材的制造工艺。

3.10

脱模剂

在滚塑工艺过程中,使滚塑制品冷却时产生一定程度的收缩,从而使滚塑制品尽快同滚塑模具分离,达到方便取出制品的目的的一种助剂。其原理为,在滚塑模具的型腔面上形成一层的光滑的薄膜,减少滚塑制品对滚塑模具表面的吸附力。

3. 11

压入式铆接

压入式铆接是用压铆机产生的静压力形成铆头的铆接方法。压铆机可分为手提式压铆机和固定式压铆机。

3. 12

主要骨材

系指纵桁、龙骨、强横梁、强肋骨、实肋板等船体结构中的主要构件。

3. 13

次要骨材

系指纵骨、横梁（肋骨）舱壁扶强材等船体结构中的次要构件。

3. 14

设计载荷

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。

3. 15

板格短边长度

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。

3. 16

板格长边长度

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1所示,取在离该主要骨材端部 k_e 距离处。 k_e 按式(1)计算。

$$k_e = K_b(1 - d_w/d_b) \dots\dots\dots (1)$$

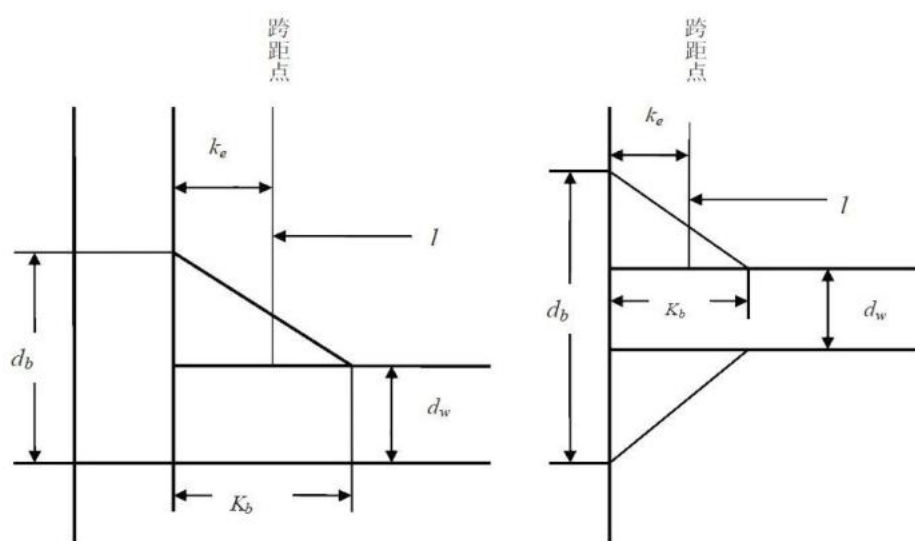


图1 跨距点示意图

3.17

压力计算点

对于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。

4 材料

4.1 一般要求

4.1.1 禁止使用任何含有石棉的材料，包括加工过程中任何可能接触、污染到船体材料的物品（包括但不限于织物、防火毡、润滑剂、把手、仪表盘等）。

4.1.2 用于船体结构的热塑性聚合物不允许添加再生料。

4.2 材料性能要求

4.2.1 不论采用何种工艺，若采用聚乙烯材料，其性能应满足表1的要求。

表1 船用聚乙烯材料的性能要求

项目	低密度/线性低密度聚乙烯	高密度聚乙烯	试验标准
熔融指数, g/10 min	2.0~4.2 偏差不得超过±20 %	0.2~1.4 偏差不得超过±20 %	GB/T 3682.1
密度, g/cm ³	0.91~0.941	>0.941	GB/T 1033
氧化诱导时间, min (210 ℃)	>100	>20	GB/T 19466.6
灰分含量, %	≤0.1	≤0.1	GB/T 9345
炭黑（或色母）含量, %	2~2.5	2~2.5	GB/T 13021
炭黑（或色母）分散, 级	≤3	≤3	GB/T 18251

表 1 船用聚乙烯材料的性能要求（续）

项目	低密度/线性低密度聚乙烯	高密度聚乙烯	试验标准
拉伸屈服强度, MPa	≥ 13 20℃ ≥ 8 65℃	≥ 23.5 20℃ ≥ 13.5 65℃	GB/T 1040.2
拉伸弹性模量, MPa	≥ 250	≥ 600	GB/T 1040.2
拉伸断裂伸长率, %	≥ 500	≥ 350	GB/T 1040.2
拉伸蠕变强度, %	≤ 4.5 (4MPa, 100 小时)	≤ 1.5 (4MPa, 100 小时)	GB/T 11546
弯曲强度, MPa	≥ 15	≥ 20	GB/T 9341
缺口冲击强度, kJ/m ²	≥ 70	≥ 30	GB/T 1843
维卡软化温度, ℃	≥ 115	≥ 120	GB/T 1633
热变形温度, ℃	≥ 45 (0.45MPa)	≥ 60 (0.45MPa)	GB/T 1634

4.3 材料防火要求

4.3.1 船体材料

要求为阻燃材料，系指其性能具有下述要求且符合《国际耐火试验程序应用规则》（FTP规则）的材料：

- a) 表面具有低播焰性；
- b) 不会在高温下产生过量的烟气和毒性物质对船上人员构成危险。

4.3.2 用于防火分隔结构中的隔热材料（如机舱等处所）

应为不燃材料，根据《国际耐火试验程序应用规则》来确定。

4.3.3 其他材料

除上述材料以外的其他用于隔热保温和隔声的绝缘材料应至少是阻燃材料，且应满足可燃材料限制使用的相关要求，根据《国际耐火试验程序应用规则》来确定。

4.4 其他辅助材料的要求

脱模剂要求：

- a) 具有一定的热稳定性和化学惰性；
- b) 不腐蚀模具表面，不在产品表面残留分解物；
- c) 不影响船体的色泽和老化稳定性。

4.5 检验要求

热塑性聚合物原料及工艺过程中用到的添加剂均应持有供应商检验单据，产品合格证书以及备有交货时的样品方便检验。

5 工艺

5.1 滚塑成型工艺

5.1.1 成型工艺要求

滚塑成型工艺应同时满足下列要求：

- a) 通过试模的方式来校正成型机的控制程序，确保成型后的船壳体厚度符合要求；
- b) 成型过程中，模具各测量点的温度变化范围为 $\pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ；
- c) 熔结时间和熔结后期时间根据所生产的船型的测量厚度定出，以保证材料均匀地分布于模具上。该生产时间的偏差应不超过认可时间 $\pm 1\text{ min}$ 。

5.1.2 制造设备要求

优先选择摇摆式滚塑成型设备、封闭式热风循环加热式设备等，禁止使用明火加热式成型设备。

5.1.3 检测要求

应配备尺寸测量装置等常规检测设备及相应检测能力。

5.2 焊接成型工艺

5.2.1 成型工艺要求

通过对建造前选用的型材进行测量，确保成型后的船壳体厚度符合要求。

5.2.2 制造设备要求

优先采用挤出式焊接设备，禁止使用明火加热式焊接设备。

5.2.3 检测要求

应配备尺寸测量装置等常规检测设备及相应检测能力。

5.3 铆接工艺

5.3.1 热塑性聚合物板材的铆接方法可采用金属制品的铆接方法，根据不同的铆接部位可选用金属铆钉或热塑性聚合物铆钉。

5.3.2 铆接时建议采用压入铆接法，铆钉两端应附上垫圈。

5.3.3 根据结构强度的特殊要求亦可采用其他形式的铆接方式。

5.4 其他

5.4.1 生产船的工艺应取得船舶检验机构的型式认可或工厂认可。

5.4.2 同型船舶的生产工艺基本一致。

6 船体结构要求

6.1 载荷

6.1.1 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（包括周期性激振力）而不致损坏。

6.1.2 静力，如结构自重、船上的人员、设备、车辆、行李和货物的重力、船体内液体静压力、船体外水浮力、停放船体的支架支撑力、吊运船体的起吊力等。

6.1.3 动力，如船体在波浪上运动时产生的惯性力、波浪冲击力等。

6.1.4 周期性激振力，主要指主机、螺旋桨和波浪周期性运转所产生的激振力。

6.2 结构设计原则

6.2.1 一般要求

船体结构设计时，应优先且同时满足以下要求：

- a) 单体船的船体结构通常采用横骨架式。各类双体船的二个片体通常采用纵骨架式，但连接二个片体的连接桥须为横骨架式；
- b) 纵骨架式结构的纵骨间距和横骨架式结构的肋骨（或横梁）间距一般应不大于 500 mm；
- c) 纵骨架式结构的纵向构件应保持连续。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；
- d) 横骨架式结构的横向构件亦应尽可能保持连续。横向次要骨材在纵舱壁或纵向主要构件处中断时，同样应设置肘板，且骨材和肘板都应对齐；
- e) 船底实肋板、船侧强肋骨和甲板强横梁应在同一横剖面内有效连续；
- f) 主要骨材上如需开孔通过电缆、管路时，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，开口必须补强。但上述构件的端部不应开孔；
- g) 热塑性聚合物船舶均应按照高速船的要求，进行船体结构的构件尺寸的设计。设计航速小于 10 kn 的，按 10 kn 进行取值计算；
- h) 设计部门可以按平板架或立体刚架有限元分析法或其他理论计算法确定构件的尺寸及布置，但板的厚度仍应满足最小厚度要求（见本章 6.4）。

6.2.2 船底、片体间的连接桥、舷侧及甲板结构

船底、片体间的连接桥（若有）、舷侧及甲板结构应满足下列要求：

- a) 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穿过水密横舱壁；
 - 2) 桁材两端（即距舱壁 1.5 倍桁材高度范围内）不得开孔；
 - 3) 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；
 - 4) 推力轴承处桁材应予以加强。
- b) 在机舱每个肋位上都应设置实肋板，在推力轴承处须满足局部强度要求；
- c) 机舱内的主机前、后端，须设置强肋骨；
- d) 船底肋板的腹板高度应不小于纵骨穿过处开孔高度的 2.5 倍；舷侧肋骨及甲板强横梁的腹板高度应不小于纵骨穿过处开孔高度的 2.2 倍；
- e) 艤封板应适当加强，其厚度应不小于舷侧板厚度的 1.2 倍；
- f) 乘员座椅应与甲板牢固连接，甲板应能承受船舶高速碰撞时，乘员座椅连接装置作用在甲板上的冲击力；
- g) 凡强力甲板上有较大开口（如机舱或货舱的开口）时，如开口角隅的形状为抛物线形或椭圆形，应符合图 2 的规定。如开口角隅形状为圆形，则角隅处要求采用加厚板，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 3 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；

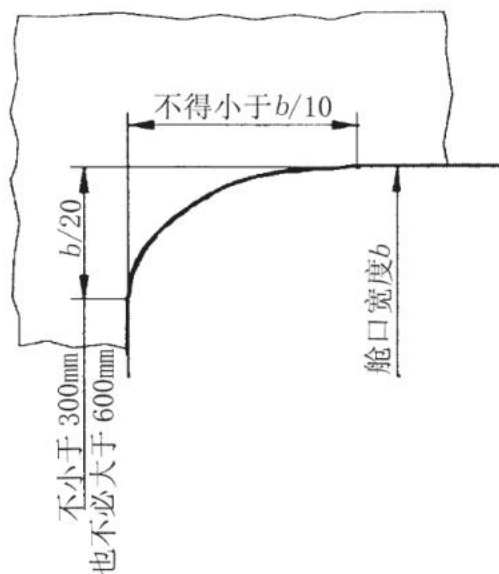


图2 抛物线形或椭圆形开口角隅尺寸示意图

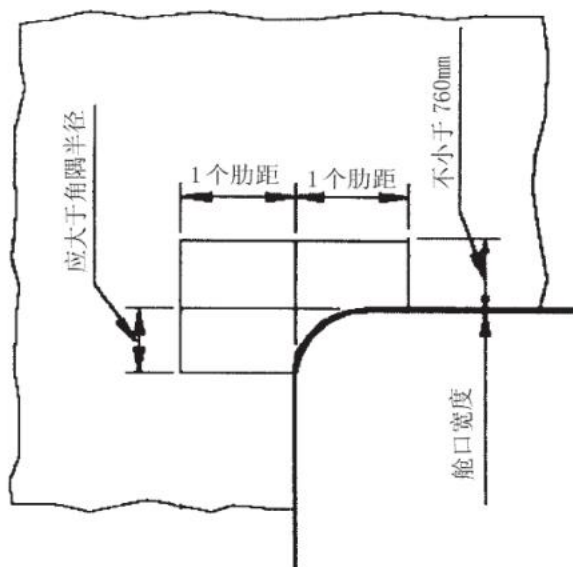


图3 圆形开口角隅处的加厚板尺寸示意图

- h) 对尾挂机架、舵柱及其附体等贯穿船体处的外板或锚泊、系泊、拖带的强力点部位的板应予适当加强。

6.2.3 上层建筑和甲板室

上层建筑和甲板室（若有）应满足下列要求：

- 上层建筑和甲板室的前端壁由上甲板下的横舱壁支持，如无横舱壁则用强横梁或支柱代替。参加总纵强度的上层建筑和甲板室，其侧壁下应设有纵桁；
- 上层建筑或甲板室内部应设置横隔壁或等效的主要构件以增强横向强度；
- 距甲板室四个角隅的 0.5 m 范围内，围壁下的纵桁和强横梁的腹板上不能有任何开孔；
- 计入总纵强度的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。

6.2.4 舱壁

舱壁的设置须满足中华人民共和国海事局颁布的相关小型渔船检验技术规则。

6.3 结构设计载荷

6.3.1 重心处的垂向加速度

应遵照下列步骤确定重心处垂向加速度：

- a) 取重心处垂向加速度的 1 %最大值的平均值 a_{cg} ，作为决定结构设计载荷的设计值，该设计值与有义波高 H_i 和该波高对应的航速 V_H 三者的关系见式 (2)；

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

式中：

V_H ——船在有义波高 H_i 的波浪中航行的航速，kn；

L ——船长，m；

H_i ——有义波高，m；

B_{WL} ——水线宽，m，系指船静浮于水面时，沿满载水线量得的最大型宽；对于多体船，系指满载水线处各片体最大型宽之和；

β ——船体重心处横剖面的船底斜升角(°)，取 $\beta_{\max}=30^\circ$ ， $\beta_{\min}=10^\circ$ ； β 的取值见图4，图中(a)、(b)、(c)为尖艤船，(d)、(e)为圆艤船；

Δ ——满载排水量，t；

g ——重力加速度，取 9.81 m/s^2 。

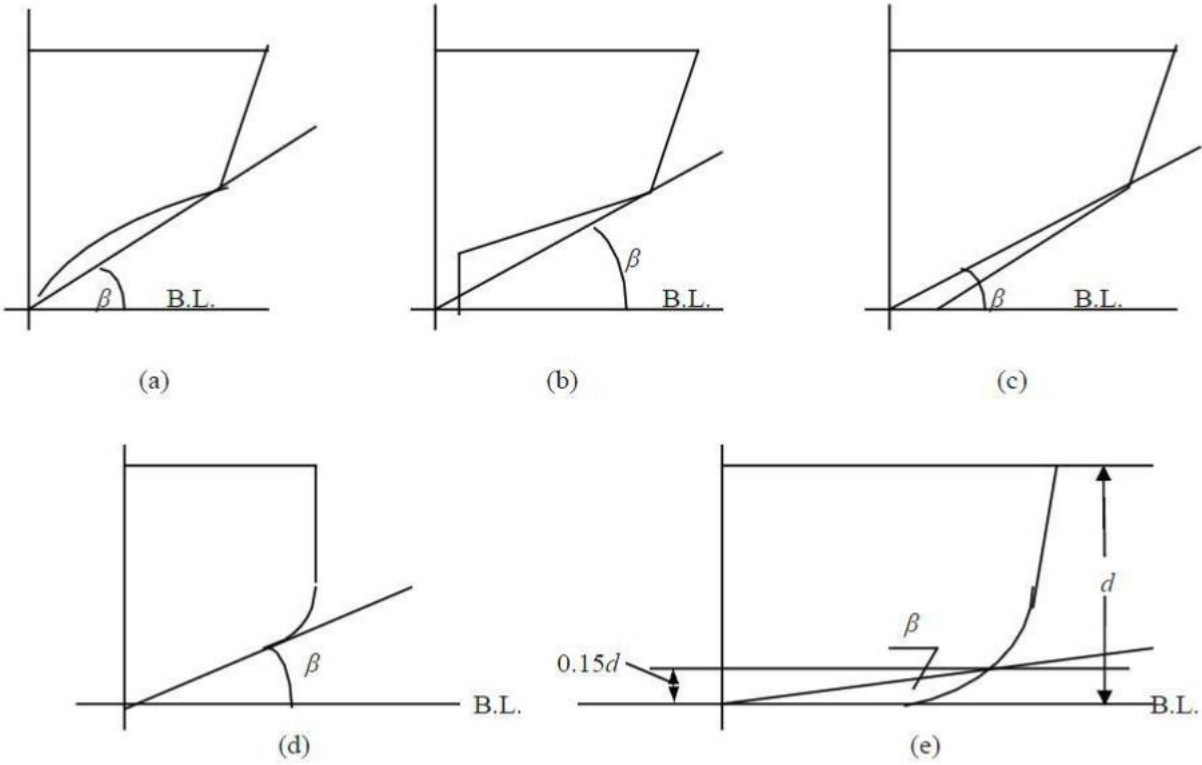


图4 船底斜升角取值示意图

- b) 设计部门应按营运限制的类别,假设一组船舶可能遭遇的有义波高 $(H_i)_1 \sim (H_i)_i$;其最大值 H_{imax} 应不大于下列规定值:
- 1) $H_{imax}=4.0\text{ m}$ 沿海营运限制;
 - 2) $H_{imax}=2.0\text{ m}$ 遮蔽营运限制;
 - 3) $H_{imax}=1.0\text{ m}$ 平静水域营运限制;
 - 4) $H_{imax}=2.0\text{ m}$ 内河 A 级航区;
 - 5) $H_{imax}=1.25\text{ m}$ 内河 B 级航区;
 - 6) $H_{imax}=0.5\text{ m}$ 内河 C 级航区。
- c) 对应于本条列项 b) 一组假设的有义波高,设计部门可参考同型船的经验数据或船模试验值,提出相应的一组航速 $(V_H)_1 \sim (V_H)_i$;
- d) 根据本条列项 b) 和 c) 的每一组 $((H_i)_i, (V_H)_i)$,按式(2)算出相应的垂向加速度 a_{cgl} ,对此,设计部门可调整,但须相应调整 $(V_H)_i$ 值,直至按式(2)算得的 a_{cgl} 不大于 1.2 g ;
- e) 按本条列项 d) 确定的一组 a_{cgl} ,取其中的最大值作为重心处垂向加速度的设计值;
- f) 由设计部门或船东最终确定船舶重心处垂向加速度的设计值,并按式(2)算出该设计值对应的一组 $H_i \sim V_H$ 值,应绘成“船舶在波浪中航行时的限速曲线图”,制成标牌永久性展示在驾驶室内。操船时,必须根据当时目测的有义波高,限制航速。

6.3.2 船底波浪冲击压力

应遵照下列步骤确定船底波浪冲击压力:

- a) 本条适用于满载状态高速航行时,仍有部分船体浸在水中的船舶,其船底所受的波浪冲击力。该处的“船底”系指船体颌线,舭弯曲部或防溅条以下的部位;
- b) 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,则由式(3)确定:

$$P_{sl1} = 1.16K_{l1} \left(\frac{\Delta}{nA} \right)^{0.3} \frac{50 - \beta_x}{50 - \beta} a_{cg} d_w \quad \text{kN/m}^2 \dots\dots\dots (3)$$

式中:

- K_{l1} ——纵向压力分布系数。舭前取 $K_{l1}=1$,尾端取 $K_{l1}=0.5$,尾端与船中之间用线性内插法取值;
- Δ ——满载排水量, t;
- n ——片体数,对单体船取 $n=1$;对各类双体船取 $n=2$;
- A ——冲击压力计算面积, m^2 ;对板格: A 通常不大于 2.5 s^2 ;对加强筋或桁材:取 $A=\text{承载宽度} \times \text{跨距}$;但对于板或骨材, A 无论如何都不得小于 $0.002\Delta/d$;
- β_x ——核算横剖面处的船底升角($^\circ$),取 $\beta_{x\max}=30^\circ$, $\beta_{x\min}=10^\circ$;
- β ——船体重心处横剖面的船底升角($^\circ$),见图4;
- a_{cg} ——重心处设计垂向加速度, m/s^2 ,按式(2)取值;
- d_w ——波浪中航行时冲击吃水,对于单体船、常规双体船,即为满载静浮状态吃水, m。
- c) 船底波浪冲击压力 P_{sl1} 应不小于按式(5)计算所得的舷侧计算压力值。

6.3.3 连接桥底的波浪冲击压力

应遵照下列步骤确定连接桥底的波浪冲击压力:

- a) “连接桥底”系指各类双体船的两个片体在水面以上的连接桥结构的下表面。双体船在波浪中高速航行时,这部分结构将受到波浪冲击压力的作用;

- b) 连接桥底的波浪冲击压力 P_{s12} 可按船模试验或实船测试所得数据确定, 如无试验资料, 则由式(4)确定;

$$P_{s12} = K_{l2} \left(\frac{\Delta}{A} \right)^{0.3} a_{cg} \left(1 - \frac{H_{tx}}{CL} \right) \quad \text{kN/m}^2 \dots\dots\dots (4)$$

式中:

K_{l2} ——纵向压力分布系数, 应按以下规定取值: 船尾至船中区域: $K_{l2}=1.3$; 船首至船首之后 $L/3$ 区域: $K_{l2}=2.6$; 船中至舢前 $L/6$ 区域: K_{l2} 按线性内插法取值;

Δ ——同式(3);

A ——同式(3);

a_{cg} ——同式(3);

H_{tx} ——连接桥底的压力计算点在该处设计水线以上的距离, m, 取 $H_{tx \max}=CL$;

C ——系数, $C=0.066-0.000175L$ 。

- c) 连接桥底的波浪冲击压力 P_{s12} 应不小于按式(5)计算所得的舷侧计算压力值。

6.3.4 舷侧、甲板、上层建筑和舱壁的载荷

应遵照下列步骤确定舷侧、甲板、上层建筑和舱壁的载荷:

- a) 舷侧计算压力 P_s 由式(5)确定;

$$P_s = 9.81h + 0.15P_{sl} \quad \text{kN/m}^2 \dots\dots\dots (5)$$

式中:

h ——压力计算点到上甲板的垂直距离, 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, 取 $P_{s1}=P_{s11}$ (见式(3)), kN/m^2 。

- b) 露天甲板计算压力 P_{d1} 由式(6)确定;

$$P_{d1} = K_{l3}(0.2L + C) \quad \text{kN/m}^2 \dots\dots\dots (6)$$

式中:

K_{l3} ——纵向压力分布系数。舢前取 $K_{l3}=1.0$, 尾端取 $K_{l3}=0.75$, 尾端与船中之间用线性内插法取值;

C ——营运限制系数, 按如下取值: 沿海营运限制: $C=7.6$; 遮蔽和平静水域营运限制: $C=4.6$; 内河A级航区: $C=4.6$; 内河B级航区和J级航段: $C=3.9$; 内河C级航区取: $C=3.5$ 。

- c) 非露天干舷甲板、第一层上层建筑/甲板室的非露天甲板及其他参与总强度的内部甲板计算压力 P_{d2} 由式(7)确定;

$$P_{d2} = 0.1L + 4.6 \quad \text{kN/m}^2 \dots\dots\dots (7)$$

式中:

L ——船长, m。

- d) 其他非露天甲板的计算压力取 $P_d=4.5 \text{ kN/m}^2$;

- e) 如甲板上装载重物, 则除重物本身重量外, 还应考虑船舶的垂向加速度 a_v 对甲板受压的影响。重物的垂向加速度可取 $0.5a_v$ 。船舶的垂向加速度 a_v 按式(8)确定;

$$a_v = K_a a_{cg} \quad \text{m/s}^2 \dots\dots\dots (8)$$

式中:

K_a ——垂向加速度分布系数, 舢后取 $K_a=1.0$, 船首取 $K_a=2.0$, 船首与船中之间用线性内插法取值;

a_{cg} ——同式(3);

f) 上层建筑和甲板室的计算压力 P_{sd} , 满足如下要求:

1) 端壁与侧壁的计算压力 P_{sd} 由式(9)确定;

$$P_{sd} = 15.6K_1K_2(CL + 0.8 - 0.3h) \quad \text{kN/m}^2 \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

K_1 ——位置系数, 按下列情况取值: 第1层上层建筑前壁: $K_1=1.0$; 第2层上层建筑前壁: $K_1=0.75$; 上层建筑、甲板室的侧壁、后壁: $K_1=0.5$;

K_2 ——位置系数, 按上层建筑和甲板室所在位置取值: 位于舳前区域: $K_2=1.0$; 位于舳后区域: $K_2=0.75$;

C ——航区系数, 按如下情况取值: 近海和沿海营运限制: $C=0.047$; 遮蔽营运限制: $C=0.035$; 平静水域营运限制: $C=0.024$; 内河A级航区: $C=0.035$; 内河B级航区和J级航段: $C=0.030$; 内河C级航区: $C=0.026$;

h ——压力计算点到满载静浮水线的垂直距离, m。

2) 露天顶板的计算压力 P_{sd} 应不小于 4 kN/m^2 , 但船中之前第一层上层建筑或甲板室的顶板的计算压力 P_{sd} 应不小于 6.6 kN/m^2 ;

3) 第一层上层建筑前端壁的最小计算压力 P_{min} 应不小于按式(6)算得的舳前露天甲板的计算压力。上层建筑和甲板室的其他围壁的最小计算压力应不小于 4 kN/m^2 。

g) 舱壁的计算压力 P 按式(10)确定:

1) 水密舱壁:

$$P = 10h \quad \text{kN/m}^2 \quad \dots\dots\dots (10)$$

式中:

h ——从压力计算点到舱壁甲板最高点的垂直距离, m。

2) 液舱舱壁, 取以下三者中的大值:

$$P = (9.81 + 0.5a_v)h \quad \text{kN/m}^2 \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$P = 10(h + 2/3h_p) \quad \text{kN/m}^2 \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$P = 10(h + 1.0) \quad \text{kN/m}^2 \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

a_v ——该处船舶垂向加速度 m/s^2 , 按式(8)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。

3) 防撞舱壁:

$$P = 12.5h \quad \text{kN/m}^2 \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

h ——从压力计算点到舱壁甲板最高点的垂直距离, m。

6.4 船体结构的构件尺寸

6.4.1 一般规定

设计构件尺寸时, 应优先且同时满足下列要求:

a) 船体构件尺寸除应符合 6.4 条规定外, 还应符合 6.5 条总强度和 6.6 条构件稳定性的有关规定;

- b) 6.4 条计算所得的板厚，如小数等于或小于 0.25 mm 时，应进为 0.5 mm；大于 0.25 mm 时，应进为 1.0 mm；
- c) 符号：
- 1) t ——本文件规定的板厚，mm；
 - 2) W ——本文件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 应按以下确定：
 - ◆ 对于次要骨材：取 $b_e=s$ ；
 - ◆ 对于主要骨材：取 $b_e=0.3s(1/s)^{2/3}$ ，但不大于 $1/5$ ；
 - ◆ 涉及的符号 s 与 l 分别为板格短边长度和板格长边长度，见定义 3.15 和 3.16；
 - ◆ 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，其实际剖面模数可近似取为： $=W_0 \sin\alpha \text{ cm}^3$ ，其中： W_0 为假定腹板与带板垂直时的剖面模数， cm^3 。
 - 3) σ_s ——材料屈服强度，MPa。

6.4.2 最低要求

船体各部位的最终设计板厚不应小于下列对应公式计算所得之值：

- a) 最小板厚 $t_{\min}$ 按式 (15) 计算：

$$t_{\min} = \frac{K_0 K_1 \sqrt[3]{L}}{\sqrt{\sigma_s}} + 4.8 \quad \text{mm} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

K_0 ——系数，查表2；

K_1 ——系数， $K_1=s/s_b$ ，取值不小于0.5，且不大于1.0；其中： s 为骨材间距，m； s_b 为骨材标准间距，m， $s_b=0.0016L+0.2$ ；

L ——船长，m。

表2 系数 K_0

构件名称		K_0
船底板		12
连接桥底		11
舷侧板（设计水线以上 0.15 m 处以下）		12
舷侧板（设计水线以上 0.15 m 处以上）		11
主甲板舭前		9
主甲板舭后		7
非露天甲板板		6
防撞舱壁板		8.5
液舱舱壁板		8.5
水密舱壁板		8.5
上层建筑、甲板室	前端壁	6.5
	侧壁、后壁	5.5
	顶板	4

注1：对于平板龙骨，其最小板厚另应在船底板基础上增加 7 mm。平板龙骨的宽度应不小于 0.1B（对于各类双体船为单个片体的最大型宽）。对于无法设置平板龙骨的船底结构，可采用其他等效结构形式作为替代。

注2：对于圆艏形船的艏列板，以船底升角 β 线与圆艏线交点（见图4）区分，交点以上作为舷侧板，交点以下作为船底板。

b) 船底组合型材（包括机座）应满足下列要求：

1) 腹板最小板厚 $t_{\min}$ 应不小于按式(16)计算所得值：

$$t_{\min} = h/22 \quad \text{mm} \dots\dots\dots (16)$$

式中：

h ——腹板高度，mm。

2) 面板最小板厚 $t_{\min}$ 应不小于按式(17)计算所得值：

$$t_{\min} = b/4.7 \quad \text{mm} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

b ——面板宽度，mm。

6.4.3 结构弯曲强度

下列计算用于校核当前设计是否满足弯曲强度要求：

a) 板：

1) 板厚度 t 应不小于按式(18)计算之值：

$$t = 1.78K_1C_1C_2s\sqrt{P/\sigma_s} \quad \text{mm} \dots\dots\dots (18)$$

式中：

K_1 ——系数，查表3；

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

C_2 ——板格长边 l 与短边 s 之比的修正系数，按如下取值： $C_2=1/s(1-0.25\,l/s)$ ，当 $l/s<2$ ；

$C_2=1.0$ ，当 $l/s\geq 2$ ；

P ——设计压力，按6.3条要求计算所得值。

表3 系数 K_1

部位		距首垂线、尾垂线 0.1 L 处	船中 0.4 处 L
船底、连接桥底		21.8	25.0
舷侧	近船底	21.8	25.0
	近中和轴	20.5	纵骨架式：20.5，横骨架式：21.8
	近甲板	20.5	25.0
甲板（包括上层建筑、甲板室顶板）		纵骨架式：20.5，横骨架式：21.8	25.0
上层建筑/ 甲板室 围壁		21.8	
防撞舱、液舱舱壁		21.8	
水密舱壁		19.0	

2) 最终设计板厚 $t_{d\min}$ 应不小于按下列各式计算所得之值：

$$\text{舷侧板、主甲板板：} t_{d\min} = \max(t_2, t_4) + 0.2y \quad \text{mm} \dots\dots\dots (19)$$

$$\text{船底板：} t_{d\min} = \max(t_2, t_4) + 0.1y \quad \text{mm} \dots\dots\dots (20)$$

$$\text{船底组合型材：} t_{d\min} = \max(t_3, t_4) + 0.05y \quad \text{mm} \dots\dots\dots (21)$$

除上述外的其他构件： $t_{d\min} = \max(t_2, t_4) + 0.05y$ mm (22)

式中：

- t_2 ——根据式(15)计算所得的最小板厚，mm；
 - t_3 ——根据式(16)、(17)计算所得船底组合型材的最小板厚，mm；
 - t_4 ——根据式(18)计算所得满足结构弯曲强度的最小板厚，mm；
 - y ——船舶设计使用年限，由船东或主管部门确定，通常取20年。
- b) 骨材：骨材剖面模数 W 应不小于按式(23)计算计算所得之值。

$$W = 10K_2 l^2 sP / \sigma_s \quad \text{cm}^3 \dots\dots\dots (23)$$

式中：

K_2 ——系数，查表4。

表4 系数 K_2

部位	次要骨材			主要骨材
	纵骨	横梁、肋骨、 肋板	垂向 扶强材	桁材、强肋骨、 实肋板、强横梁
船底、连接桥底	136	150		150
舷侧	128	150		150
甲板（包括上层建筑、 甲板室顶板）	甲板 ^a ：212/128 上层建筑、甲板室顶板：150	150		150
上层建筑 / 甲板室前壁、侧壁			150	150
上层建筑/ 甲板室后壁			150	150
防撞舱、液舱舱壁			150	150
水密舱舱壁			109	109
^a 如该甲板处的实际船中剖面模数等于规范要求的船中剖面模数，取 $K_2=212$ ，如该处的实际船中剖面模数等于或大于规范要求值的二倍，取 $K_2=128$ ，中间值按线性内插法计算。				

6.4.4 骨材剪切强度

下列计算用于校核当前设计是否满足剪切强度要求：

a) 纵骨端部的有效剪切面积 A_e 应不小于按式(24)计算所得之 $A_{e\min}$ 值；

$$A_{e\min} = 226.7 (l - s) sP / \sigma_s \quad \text{cm}^2 \dots\dots\dots (24)$$

A_e 按式(25)计算： $A_e = 0.01ht$ (25)

式中：

- h ——纵骨腹板高度，mm；
- t ——纵骨腹板厚度，mm。

b) 桁材端部的有效剪切面积 A_e 应不小于按式(26)计算所得之 $A_{e\min}$ 值。

$$A_{e\min} = 135 \frac{slP}{\sigma_s} \quad \text{cm}^2 \dots\dots\dots (26)$$

A_e 按式(27)、(28)计算：

端部无肘板： $A_e = 0.01h_w t_w$ cm² (27)

$$\text{端部有肘板: } A_e = 0.01h_w t_w + \delta A_e \quad \text{cm}^2 \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中:

h_w ——计算剖面处减去开孔后的腹板实效高度, mm;

t_w ——腹板厚度, mm;

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5; $\theta=45^\circ$ 时, $\delta A_e=0.9f_1$; $\theta=0^\circ$ 时, $\delta A_e=0$; θ 为中间值时, 可用插入法求取 δA_e ; f_1 为计算剖面处肘板面板的截面积, cm^2 。

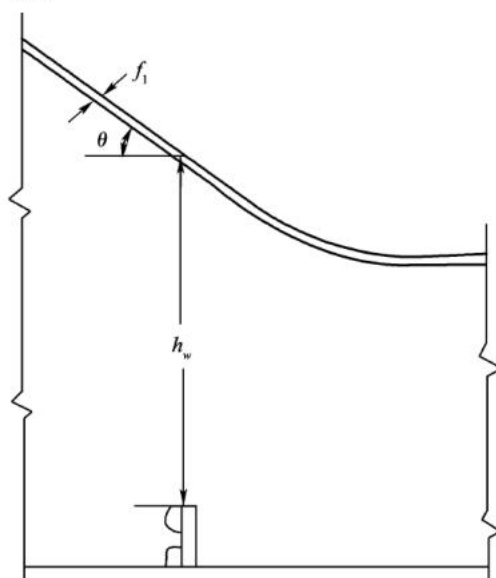


图5 肘板面板的水平倾角 θ

6.5 总强度

6.5.1 一般要求

船体总强度应满足下列要求:

- 如在船中 0.5 L 区域内的强力甲板上无较大开口, 且 L/D 小于 12, 船体结构能满足局部强度要求, 则可免于校核船体的总纵强度;
- 除 6.5.1 条的列项 a) 外, 应分别校核其排水航行时的总纵强度和在波浪中高速航行时波浪冲击状态下的总纵强度;
- 对于各类双体船, 不论其尺度, 都应校核其在波浪中高速航行时的总横强度和扭转强度;
- 总强度校核时的装载状态均取满载出港装载情况。

6.5.2 计算载荷

根据营运航区不同, 船舶航行时波浪冲击力引起的总纵弯矩、排水状态航行时的总纵弯矩、船体梁的剪力以及双体船的总横弯矩、垂向剪力和扭矩等计算载荷, 应按照中国船级社的《海上高速船入级与建造规范》或《内河高速船入级与建造规范》的相关规定进行求取。

6.5.3 船体梁的剖面模数

船体梁的剖面模数应满足下列要求:

- 计算总纵强度时, 通常取船中 $\pm 5\%L$ 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 $0.4L$ 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 10 % 时，该开孔面积应予以扣除；
 - 2) 船中 $0.4L$ 范围内，长度超过 $0.2L$ 的上层建筑和甲板室一般可认为参与总纵强度。如在整个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上层建筑长度之半，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；
 - 3) 只有满足 6.6 条构件稳定性要求的纵向构件，方可计入船中横剖面模数。
- b) 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。只有在两片体内侧范围内连续的船体横向构件方可计入船纵剖面模数，但是如这些构件上开孔，且开孔高度超过其腹板高度的 10 %，则开孔面积应予以扣除。

6.5.4 总强度校核

总强度校核要求的船体梁的总纵弯曲强度、船体梁的剪切强度、双体船的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、连接桥结构纵剖面承受剪力的构件内的剪应力、连接桥纵剖面的纯扭转剪应力以及船体中横剖面内的纯扭转应力，根据营运航区不同，应按照中国船级社的《海上高速船入级与建造规范》或《内河高速船入级与建造规范》的相关规定进行校核。

6.5.5 校核总强度时的许用应力

船体许用应力如下（其中， σ_s 为构件材料的拉伸屈服强度，单位为 MPa）：

- a) 纵向构件的拉伸许用应力 $[\sigma] = 0.67 \sigma_s$ ；
- b) 剪切许用应力 $[\tau] = 0.38 \sigma_s$ 。

6.5.6 船体刚度

船中剖面惯性矩 I 应满足式 (29) 的要求。

$$I > 14.2 \frac{M}{[\sigma]} L \quad \text{cm}^4 \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中：

M ——按 6.5.2 条确定的最大总纵弯矩， $\text{kN} \cdot \text{m}$ ；

$[\sigma]$ ——由 6.5.5 条的列项 a) 确定，MPa。

6.6 构件稳定性

构件稳定性应满足下列要求：

- a) 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；
- b) 按 6.5.1 条的列项 a) 可免于校核船体总纵强度的船舶，其构件的纵向稳定性仍应校核；
- c) 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；
- d) 稳定性校核，根据营运航区不同，应按照中国船级社的《海上高速船入级与建造规范》或《内河高速船入级与建造规范》中关于金属矩形平板和金属骨材的相关规定进行校核。

7 其他要求

7.1 电气装置

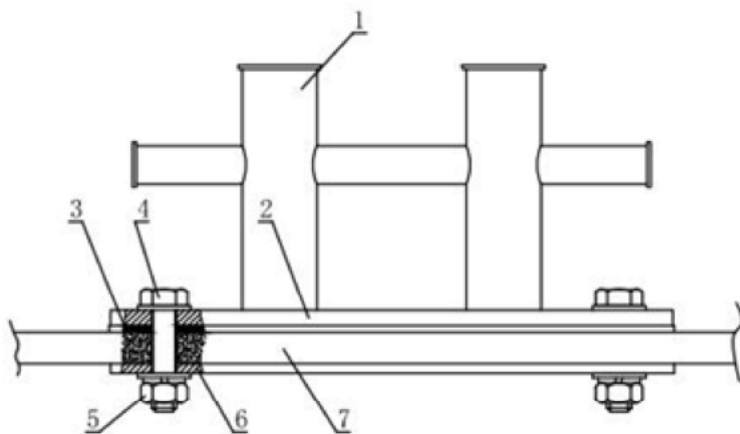
避雷：

- a) 金属桅可作避雷针用, 如果金属桅顶安装有电气设备, 则应设置专门的避雷针;
- b) 对于具有非金属桅的船舶, 应设置避雷针;
- c) 避雷针应以截面积不小于 10 mm^2 的铜导体制成, 且至少高出桅顶 180 mm ;
- d) 从避雷保护桅至避雷接地板的整个电路所具有的机械强度和导电率应不小于截面积为 21 mm^2 铜导体的机械强度和导电率;
- e) 避雷针引下线应牢固地固定在一块由耐腐蚀性金属制成的面积不小于 0.1 m^2 、厚度不小于 1 mm 的接地板上。该接地板应装置在船壳板外侧, 其安装位置应保证在船舶摇摆时不露出水面。金属舵板或不锈钢海底阀箱允许作为接地板。

7.2 舾装设备

一般要求:

- a) 舾装设备和船体的连接采用螺栓紧固方式, 连接强度和密封要求不高的可用封闭式铆钉连接;
- b) 系泊设备按系泊要求配置, 用螺栓与主甲板或舷墙顶固定;
- c) 系泊设备应牢固固定在船体结构上, 所在处所的船体结构应适当加强;
- d) 典型的舾装件与船体连接结构如图所示。



说明:

- 1——双柱缆桩;
- 2——缆桩基座;
- 3——橡胶垫片;
- 4——固定螺栓;
- 5——螺母及垫圈;
- 6——金属衬板;
- 7——甲板。

图6 典型舾装连接示意图