



中国船级社

《海上高速船入级与建造规范》
修改通报
2017

生效日期：2017年7月1日

北京

目 录

第 2 章 入级范围与条件.....	3
第 1 节 一般规定.....	3
第 3 节 入级符号与附加标志.....	3
第 5 节 图纸提交、审图与检验.....	4
第 7 节 船级的授予、保持、暂停、取消与恢复.....	5
第 3 章 船用产品和船舶检验.....	5
第 1 节 图纸审查.....	5
第 2 节 船用产品检验.....	5
第 3 节 建造中检验.....	5
第 4 节 建造后检验.....	6
第 4 章 船体结构.....	6
第 1 节 一般规定.....	6
第 2 节 结构设计原则.....	6
第 3 节 水密完整性与门、窗、盖的要求.....	7
第 4 节 结构设计载荷.....	7
第 5 节 铝、钢船体结构的构件尺寸.....	10
第 6 节 纤维增强塑料船体结构的构件尺寸.....	11
第 8 节 总强度.....	12
第 9 节 构件稳定性.....	13
第 10 节 直接计算.....	14
第 12 节 金属船体结构的焊缝设计.....	14
第 14 节 铝合金带筋板补充要求.....	15
第 5 章 舾装.....	17
第 1 节 舵设备.....	17
第 2 节 锚泊及系泊设备.....	18
第 6 章 轮机.....	21
第 4 节 船舶管系和舱室通风系统.....	21
附录 2 钢/铝质高速船船体结构直接计算.....	26
附录 3 复合材料高速船船体结构直接计算.....	26
附录 4 钢/铝质高速三体船总纵强度校核方法.....	27
附录 5 钢/铝质高速三体船船体结构直接计算.....	34

第 2 章 入级范围与条件

第 1 节 一般规定

新增 2.1.3.1 (4) 如下:

“(4) 远海营运限制: 系指航行于距岸不超过 300n mile 的水域, 且船舶在其经营的航线上, 满载并以其营运航速航行至庇护地: 对客船不超过 4h; 对货船不超过 8h。如上述某些水域的海况较为恶劣, 则 CCS 可视其情况对上述距离提出更严格的要求。如船旗国主管机关或其所在营运区的海岸主管机关对该水域有特定距离的规定时, 则应根据该主管机关的规定执行。”

原 2.1.3.1 (4) 及以后序号依次修改。

现有 2.1.3.1 (13) 后新增 2.1.3.1 (14) 如下:

“2.1.3.1 (14) 三体船: 系指具有三个排水船体的船型, 即中间主船体和两边支撑小侧体, 并由连接桥结构将三个船体相连。”

原 2.1.3.1 (14) 及以后序号依次修改。

第 3 节 入级符号与附加标志

删除本节中所有有关 CSAD 及 CSMD 的表述。

将原 2.3.1.3 中有关入级符号含义的解释修改如下:

“入级符号含义如下:

★ CSA ——表示船舶的结构与设备由 CCS 审图和建造中检验, 完全符合 CCS 规范的规定, 并符合《国际高速船安全规则》的要求。

★ CSA ——表示船舶的结构与设备不由 CCS 审图和建造中检验, 其后经 CCS 进行入级检验, 认为其符合 CCS 规范的规定, 并符合《国际高速船安全规则》的要求。

★ CSM ——表示船舶推进机械和重要用途的辅助机械由 CCS 进行产品检验, 而且

船舶轮机和电气设备由 CCS 审图和建造中检验，并符合 CCS 规范的规定，并符合《国际高速船安全规则》的要求。

★ CSM ——表示船舶推进机械和重要用途的辅助机械不由 CCS 进行产品检验，但船舶轮机和电气设备由 CCS 审图和建造中检验，并符合 CCS 规范的规定，并符合《国际高速船安全规则》的要求。

★ CSM ——表示船舶轮机和电气设备不是由 CCS 审图和建造中检验，其后经 CCS 进行入级检验，认为其符合 CCS 规范的规定，并符合《国际高速船安全规则》的要求。”

表 2.3.2.3 (1) 由如下替代：

“

船舶类型附加标志

表2.3.2.3(1)

序号	中文	英文
1.	高速单体船	Mono-Hull HSC
2.	高速双体船	Catamaran HSC
3.	<u>高速三体船</u>	<u>Trimaran HSC</u>
4.	穿浪双体船	Wave Piercer Craft
5.	高速水面效应船(侧壁气垫船)	Surface Effect Ship
6.	全垫升气垫船	Air Cushion Vehicle
7.	水翼船	Hydrofoil Craft

”

表 2.3.2.3 (3) 由如下替代：

“

营运限制附加标志

表2.3.2.3(3)

序号	营运限制附加标志	
	中文	英文
1	<u>远海营运限制</u>	<u>Open Sea Service Restriction</u>
2	近海营运限制	Greater Coastal Service Restriction Restriction
3	沿海营运限制	Coastal Service Restriction Restriction
4	遮蔽营运限制	Sheltered Water Service Restriction Restriction
5	平静水域营运限制	Calm Water Service Restriction Restriction

”

第 5 节 图纸提交、审图与检验

在 2.5.1.1 中的“图纸资料”后新增“(纸质或电子)”。

第7节 船级的授予、保持、暂停、取消与恢复

删除 2.7.2.1 (4) ③a (d)。

新增 2.7.2.1 (4) ④如下：

“④ 当确认船舶在其检验到期之前，验船师业已登船，但在相应过期检验满意完成之前投入营运时。”

第3章 船用产品和船舶检验

第1节 图纸审查

将 3.1.2.1 (1) 内容作为备查移至 3.1.2.2 中，即新增 3.1.2.2 (9) 如下：

“(9) 结构强度计算书或结构规范计算书（包括总强度和局部强度）。”

删除 3.1.2.1 (19) 中的“及其强度计算书”，并新增 3.1.2.2 (10) 如下：

“(10) 舵系强度计算书。”

在 3.1.2.1 中新增“船首结构图”。

删除 3.1.2.3 (27)。

第2节 船用产品检验

新增 3.2.1.4 如下：

“3.2.1.4 验船师可以接受船厂提交的高速船主机地脚螺栓的产品合格证制造厂证明。”

第3节 建造中检验

在 3.3.4.1 (1) ④“铆接”后新增“或焊接”。

新增 3.3.4.1 (1) ⑤如下：

“⑤ 露天甲板上的钢铝过渡接头的对接焊缝。”

第 4 节 建造后检验

删除 3.4.3.3 (2) ⑤, 并新增 3.4.3.3 (3) 如下:

“(3) 对于所有高速客船, 定期间隔不超过 5 年, 应进行空船重量检验, 以核查空船排水量和重心纵向位置的任何变化。与批准的稳性资料相比较, 如发现或预计空船排水量的偏差超过 2%, 或空船重心纵向位置的偏差超过 1%船长时, 则该船应重做倾斜试验。”

第 4 章 船体结构

第 1 节 一般规定

4.1.1.1 由如下替代:

“本章适用于以铝合金、钢和纤维增强塑料为船体材料的单体高速船、各类双体高速船(包括常规双体船、穿浪船、水面效应船)、三体高速船、水翼船和全垫升气垫船等。小水线面双体船和地效翼船除外。”

新增 4.1.3.7 如下:

“4.1.3.7 带筋板: 系指板和单方向骨材组合挤压成型的构件。”

第 2 节 结构设计原则

4.2.1.1 由如下替代:

“单体船和水翼船的船体结构通常采用纵骨架式。各类双体船的二个片体通常也采用纵骨架式。三体船两个侧体通常采用横骨架式, 对符合附录 4 中 3.1.1.2 参与船体梁强度的侧体应考虑采用纵骨架式。”

4.2.2.7 由如下替代:

“穿浪双体船的二个片体间的连接桥跨度较大, 连接桥与片体连接处及其片体的对称部位一般应采用大肘板过渡, 以避免结构突变导致应力集中。该处板厚和构件尺寸应适当加强。构件尺寸可通过本章第 10 节直接计算法确定。三体船连接桥与侧体的连接按穿浪双体船规定执行。”

新增 4.2.2.9 如下:

“4.2.2.9 三体船连接桥结构应符合下列要求:

- (1) 连接桥长度方向上的结构布置应对主船体和侧体的连接提供足够的支撑。
- (2) 侧体中的所有主要横向构件应通过连接桥与主船体中的横舱壁或其他主要结构保持横向连续性。

(3) 连接桥首尾与主船体连接处应以合适的结构布置以确保有效连接并具有良好过渡并避开焊缝。对符合附录 4 中 3.1.1.2 参与船体梁强度的连接桥和侧体, 为确保整个甲板(包括主甲板、连接桥甲板以及侧体甲板)能有效承载总纵弯矩, 侧体与主船体之间过渡区域的长宽比应不小于 3:1。

(4) 连接桥下部湿甲板与船体连接区域应确保有效连接并具有良好过渡并避开焊缝。”

第 3 节 水密完整性与门、窗、盖的要求

4.3.3.2 (6) 由如下替代:

“(6) 远海和近海营运限制的船舶的第一层上层建筑前壁不应设置窗(如设置舷窗需满足上述(5)的要求), 其他营运限制船舶的干舷甲板以上处所的围壁可设置窗, 但应按表 4.3.3.2 规定配置可卸式风暴盖。该风暴盖应为金属材料或复合材料制成。风暴盖的强度应与其周围船体结构相当, 平时放在易取之处。

风暴盖

表 4.3.3.2

营运限制	风暴盖数量/窗数量	
	第一层上层建筑前壁	第一层上层建筑侧壁 第二层上层建筑前壁
远海营运限制	不适用	每种型式窗配一个
近海营运限制	不适用	
沿海营运限制	50%	每种型式窗配一个 ^①
遮蔽营运限制	25%	
平静水域营运限制	——	

注: ① 如实际不可行时, 可采取其他措施(如设置帆布), 以防窗子损坏人员遭受风浪袭击。”

第 4 节 结构设计载荷

4.4.1.2(1) 由如下替代:

“(1) 对于除全垫升气垫船外的各类高速船:

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

式中: g ——重力加速度, 取 $g=9.81, \text{ m/s}^2$;

V_H ——船在有义波高 $H_{1/3}$ 的波浪中航行的航速, kn ;

$H_{1/3}$ ——有义波高, m ;

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

对三体船, 按主船体选取。

β 的取值见图 4.4.1.2(1)。图中(a)、(b)、(c)为尖舳船,(d)、(e)为圆舳船;

K_T ——船舶类型系数，根据船舶类型确定：

$K_T=1$ 对于单体船、常规双体船、穿浪双体船、三体船；

$K_T=0.8$ 对于水面效应船；

$K_T=0.7$ 对于水翼船。”

4.4.1.3 由如下替代：

“4.4.1.3 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 $(H_{1/3})_1 \sim (H_{1/3})_i$ ；其最大值 $H_{1/3max}$ 应不大于下列规定值：

$H_{1/3max}=7.0m$ 远海营运限制

$H_{1/3max}=6.0m$ 近海营运限制

$H_{1/3max}=4.0m$ 沿海营运限制

$H_{1/3max}=2.0m$ 遮蔽营运限制

$H_{1/3max}=1.0m$ 平静水域营运限制 ”

4.4.2.1 由如下替代：

“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高速船，如单体船、双体船、穿浪双体船、三体船和水面效应船，其船底所受的波浪冲击力。该处的“船底”系指船体颌线，艏弯曲部或防溅条以下的部位。”

4.4.3.1 由如下替代：

““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。对三体船系指两个侧体和主船体之间水面以上的连接桥结构的下表面。对于全垫升气垫船和水翼船系指已脱离水面的船底。以上几类船在波浪中高速航行时，这部分结构将受到波浪冲击力的作用。”

4.4.4.1 由如下替代：

“4.4.4.1 舷侧计算压力 P_i 由下式确定：

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

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} ——该处船底的波浪冲击力， kN/m^2 ，除全垫升气垫船和水翼船取 $P_{sl}=P_{sl2}$ (见 4.4.3.2) 外，其他高速船均取 $P_{sl}=P_{sl1}$ (见 4.4.2.2)。

如三体船船首舷侧计算点处的外飘角 α 大于 22° ，则该处的舷侧计算压力 P_i 由下式确定：

$$P_i = 9.81h + K_h[64.6 - 0.95(90 - \alpha)]H_{1/3} \quad \text{kN/m}^2$$

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；

α ——载荷计算点所在横剖面的型线在计算点处的切线与垂线的夹角 ($^{\circ}$);

K_h ——系数, 按载荷计算点所在横剖面的纵向位置取值:

$$K_h = 0.85 \quad \text{从 } 0.5L \text{ 到 } 0.75L$$

$$K_h = 2.0 \quad \text{0.85L}$$

$$K_h = 2.5 \quad \text{从 } 0.95L \text{ 到 } L$$

其他区域由线性插值确定。

$H_{1/3}$ ——与营运限制海区相关的设计有义波高, m, 见 4.4.1.3。

4.4.4.2 由如下替代:

“4.4.4.2 露天甲板计算压力由下式确定:

$$P_{d1} = K_{I3}(0.2L + C) \quad \text{kN/m}^2$$

式中: K_{I3} ——纵向压力分布系数。舢前取 $K_{I3}=1.0$, 尾端取 $K_{I3}=0.75$, 尾端与船中之间用线性内插法取值。

C ——营运限制系数:

$$C=10.6 \quad \text{远海营运限制,}$$

$$C=7.6 \quad \text{近海和沿海营运限制,}$$

$$C=4.6 \quad \text{遮蔽和平静水域营运限制。”}$$

4.4.4.3 由如下替代:

“4.4.4.3 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} 由下式确定:

$$P_{d2} = 0.1L + 4.6 \quad \text{kN/m}^2 \text{”}$$

4.4.4.4 由如下替代:

“4.4.4.4 其他非露天甲板的计算压力取 $P_d=4.5 \quad \text{kN/m}^2$ 。”

4.4.4.6 由如下替代:

“4.4.4.6 上层建筑和甲板室的计算压力 P_{sd} :

(1) 端壁与侧壁的计算压力 P_{sd} 由下式确定:

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

式中： K_1 ——位置系数，按下列情况取值：

第 1 层上层建筑前壁： $K_1=1$

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 ——营运限制系数：

$C=0.058$ 远海营运限制

$C=0.047$ 近海和沿海营运限制

$C=0.035$ 遮蔽营运限制

$C=0.024$ 平静水域营运限制

h ——压力计算点到满载静浮水线的垂直距离，m。对于全垫升气垫船，应为压力计算点到围裙基线的垂直距离。”

第 5 节 铝、钢船体结构的构件尺寸

4.5.2.1 由如下替代：

“4.5.2.1 最小板厚 t_{\min} 按下式计算：

对于单体船以及除水面效应船外的各类双体船： $t_{\min} = K_0 \sqrt[3]{L}$ mm

对于水面效应船以及水翼船： $t_{\min} = 0.85 K_0 \sqrt[3]{L}$ mm

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

$$t_{\min} = \frac{k_0 k_1 \sqrt[3]{L}}{\sqrt{\sigma_s}} + 1.5 \quad \text{mm}$$

式中： K_0 ——系数，查表 4.5.2.1。对三体船，参与总纵强度的强力甲板按主甲板板取值。

K_1 ——系数， $K_1=s/s_b$ ，取值不小于 0.5，也不大于 1.0。

s ——骨材间距，m；

s_b ——骨材标准间距，m， $s_b = 0.0016L + 0.2$ ；

L ——船长，m；

σ_s ——材料屈服强度， N/mm^2 ，参见本节 4.5.1.3。对铝合金，应取不大于抗拉强度的 70%。

对于单体船、各类双体船和三体船的平板龙骨，其最小板厚另应在船底板基础上增加 2mm。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，对于三体船为主船体最大型宽)。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。

系数 K_0

表 4.5.2.1

构件名称	K_0	
	钢质	铝质
船底板	12	15
连接桥底	11	12
舷侧板（设计水线以上 0.15m 处以下）	12	12
舷侧板（设计水线以上 0.15m 处以上）	11	12
主甲板舦前	9	10
主甲板舦后	7	9
非露天甲板板	6	6
防撞舱壁板	8.5	11
液舱舱壁板	8.5	9
水密舱壁板	8.5	8
上层建筑、甲板室	前端壁	6.5
	侧壁、后壁	5.5
	顶板	4

任何船型高速船的主机座（包括面板和腹板）的最小板厚，均按 $t_{\min} = 1.9\sqrt[3]{L}$ 计算。

对于圆舦形船的舦列板，以船底升角 β 线与圆舦线交点(见图 4.4.1.2(1))区分，交点以上作为舷侧板，交点以下作为船底板。

第 6 节 纤维增强塑料船体结构的构件尺寸

4.6.1.1 由如下替代：

“4.6.1.1 本节适用于纤维增强塑料船的船体结构（三体船除外），其构件尺寸除符合本节规定外，还应符合本章第 8 节、第 9 节和第 11 节的有关规定”。

4.6.4.1 由如下替代：

“4.6.4.1 夹层板的总厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

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

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

τ_c ——夹层板芯材的极限剪切强度， N/mm^2 ；

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

4.6.6.2 由如下替代：

“4.6.6.2 按上述 4.6.6.1 计算所得的有效腹板面积 A_e 应不小于按下式计算所得之 $A_{e\min}$ 值：

$$A_{e\min} = \frac{25.5sIP}{\tau_{\#}} \quad A_{e\min} = \frac{25.5sIP}{[\tau]} \quad \text{cm}^2$$

式中： $\tau_{\#}$ ——夹层板的极限剪切强度， N/mm^2 ；

$[\tau]$ ——许用剪切应力， N/mm^2 ；

当腹板为层板时，取 $[\tau] = \tau_u$ ；

当腹板为夹层板时，取 $[\tau]$ 为下列两式计算值的小者：

$$[\tau] = 0.3(E_f^{45^\circ} E_c G_c)^{1/3}$$

$$[\tau] = 0.4\gamma G_c$$

其中： τ_u ——层板的极限剪切强度，N/mm²；

$E_f^{45^\circ}$ ——夹层板面板沿 45° 方向的压缩弹性模量，N/mm²；

E_c ——芯材的压缩弹性模量，N/mm²；

G_c ——芯材的剪切弹性模量，N/mm²；

γ ——见本节 4.6.4.1。”

第 8 节 总强度

4.8.1.1 由如下替代：

“4.8.1.1 船长 L 小于或等于 50m 的高速单体船、双体船、三体船和全垫升气垫船，如在船中 0.5L 区域内的强力甲板上无较大宽度超过 0.25B（对三体船 B 取主船体宽度）的开口（如有多个舱口并列，则该宽度取为各舱口宽度之和），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。”

4.8.1.7 由如下替代：

“4.8.1.7 对远海及近海营运限制的高速船，如果上层建筑和甲板室符合 4.8.7.1(2) 的规定，认为其不参与船体梁总纵强度，其剖面模数不计入船中剖面模数，但应采取措施使该上层建筑和甲板室最大程度不参与船体梁的总纵弯曲。”

新增 4.8.1.8 如下：

“4.8.1.8 对 50m 以上的三体船的总强度校核，按附录 4 执行。”

4.8.3.3 中的“ ν ”修改为“ V ”。

表 4.8.6 由如下替代：

“

系数 C_1 、 C_2 、 C_3			表 4.8.6
营运限制	C_1	C_2	C_3
远海营运限制	0.182	0.250	0.125

近海营运限制	0.155	0.200	0.100
沿海营运限制	0.135	0.182	0.075
遮蔽营运限制	0.125	0.167	0.063
平静水域营运限制	0.115	0.154	0.063

”

4.8.6.1 与 4.8.6.2 中的“ M_t ”修改为“ M_{Bx} ”。

4.8.9.2(3)中的“ τ_{cr} 为夹层板面板的临界剪切应力”修改为“ τ_{cr} 为夹层板的临界剪切应力”。

4.8.10.2 由如下替代：

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

$$I > \underline{4.0W_0L} \quad I > \underline{4.0K_E W_0L} \text{ cm}^4$$

式中： $W_0 = \frac{M}{[\sigma]}$ ， cm^3 ；

其中： M ——按 4.8.2、4.8.3 和 4.8.4 条确定的最大总纵弯矩， $\text{kN} \cdot \text{m}$ ；

$[\sigma]$ ——取 4.8.9.2 中 $[\sigma_p]$ 和 $[\sigma_b]$ 的小者， N/mm^2 ；

K_E ——材料相当抗拉模量系数，取 $K_E = \frac{11000}{E_t}$ 。

其中： E_t 为材料的相当抗拉模量， MPa 。

第 9 节 构件稳定性

4.9.3.6 由如下替代：

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

$$[\sigma_{cr}] = \eta \sigma_{cr}$$

式中： σ_{cr} ——临界屈曲应力，见 4.9.3.4；

η ——稳定性安全因子，按下式计算：

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

但 η 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；

r ——纵桁/强横梁剖面惯性半径， cm ；

l_a ——纵桁/强横梁的计算跨距，m。”

第 10 节 直接计算

4.10.1.1 由如下替代：

“4.10.1.1 下列高速船的船体结构除需满足规范规定的最小板厚外，还应视适用情况按本规范附录 2、3 或 5 的要求，进行全船结构强度的直接计算验证：

- (1) 船长大于 50m 的单体船、常规双体船和三体船；
- (2) 穿浪船；
- (3) 新颖的、或特殊结构类型的高速船。

对下列复合材料船高速船的船体结构除需满足规范规定的最小板厚外，还应按本规范附录 3 的要求，进行全船结构强度的直接计算验证：

- (1) 船长大于 30m 的单体船和常规双体船；
- (2) 穿浪船；
- ~~(3) 双体船；~~
- (3) 新颖的、或特殊结构类型的高速船。”

4.10.1.4 由如下替代：

“4.10.1.4 直接计算应视适用情况基于附录 2、3 或 5 所定义的载荷及组合工况和许用应力。”

第 12 节 金属船体结构的焊缝设计

4.12.2.1 由如下替代：

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

4.12.2.2 由如下替代：

“4.12.2.2 应当避免将船体结构的焊缝设计在应力最大或易产生应力集中的区域。结构截面突变处应有足够的过渡区域，尽量避免焊缝过分集中。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。”

新增 4.12.2.4 如下：

“4.12.2.4 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。”

原 4.12.2.4 和 4.12.2.5 条文号向后顺延。

新增第 14 节如下：

“

第 14 节 铝合金带筋板补充要求

4.14.1 一般要求

4.14.1.1 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。

4.14.2 最小板厚

4.14.2.1 上层建筑和甲板室带筋板结构的最小板厚应不小于 2mm，主船体甲板带筋板结构露天区域最小板厚不小于 3mm，非露天区域最小板厚不小于 2.5mm，主船体舱壁带筋板结构最小板厚不小于 2.5mm，水密舱壁带筋板结构最小板厚不小于 3mm。

4.14.3 次要骨材

4.14.3.1 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：

$$I = 0.012Kl^3sP \quad \text{cm}^4$$

式中：

K ——查表 4.5.3.1。

4.14.4 悬空装配的主要骨材

4.14.4.1 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。

4.14.4.2 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。

4.14.5 焊缝设计

4.14.5.1 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 4.14.5.1），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 ：

$$A_e = 5.88SlP \quad \text{mm}^2$$

式中： S 、 P 、 l 同 4.1.3；

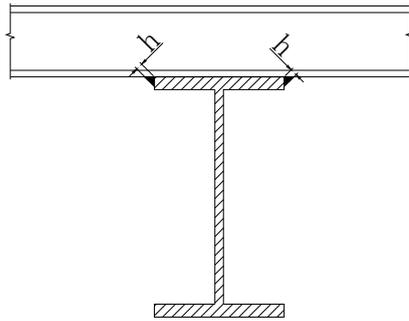


图 4.14.5.1 带筋板骨材与横向主要骨材连接方式

4.14.5.2 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。

4.14.5.3 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 4.14.5.3a)。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 4.14.5.1 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一小槽铝代替上述扁铝(见图 4.14.5.3b),对带筋板板材进行连续塞焊。



图 4.14.5.3a 带筋板在横向主要骨材处的连接方式 (1)

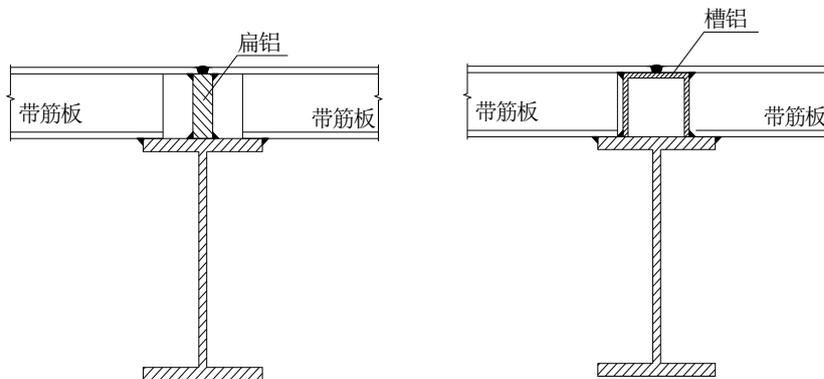


图 4.14.5.3b 带筋板在横向主要骨材处的连接方式 (2)

(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 4.14.5.3c)，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 4.14.5.3 (1) 的要求。

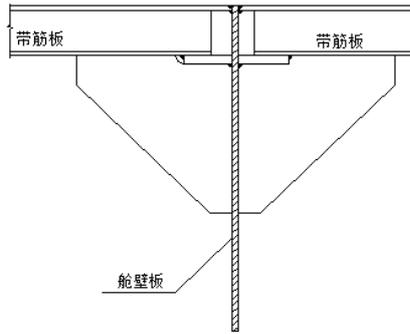


图 4.14.5.3c 带筋板在横舱壁处的连接方式

(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，或开槽焊接。在两带筋板之间的每根骨材上应设置过桥肘板(见图 4.14.5.3d)，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。

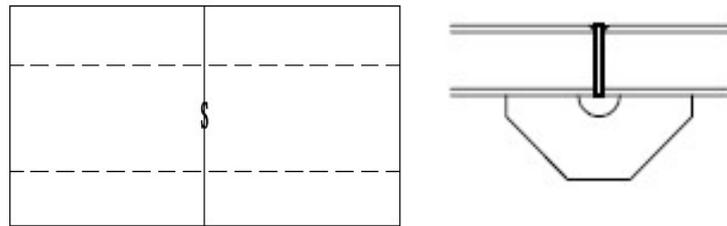


图 4.14.5.3d 带筋板不在横向主要骨材和横舱壁处的连接 ”

第 5 章 舾装

第 1 节 舵设备

将 5.1.2.1 中的“ V ——计算航速，取 2.1.3.1(30)定义的营运航速的 0.9 倍，kn”修改为“ V ——2.2.4.1 定义的最大航速，kn”。

5.1.2.3 由如下替代:

“5.1.2.3 计算船倒车时舵上所受力时, 公式中的 V 应取该船最大倒车航速。”

5.1.8.1 公式中的“ \leq ”修改为“ \geq ”。

5.1.8.4 由如下替代:

“5.1.8.4 金属材料舵承的直径方向间隙应不小于 $d_{b1} / 1000 + 1.0\text{mm}$, d_{b1} 为舵承衬套内径。如为了保持水密性而使用了更小的间隙, 应采用根据 CCS 所接受的标准制造的舵承或取得 CCS 认可。如采用非金属轴承, 轴承的径向间隙应考虑材料的膨胀和热膨胀特性予以专门确定, 除非生产商推荐并提供更小间隙的成功使用经验的报告, 否则该间隙应不小于 1.5mm。”

本章第 2 节全部由如下替代:

“第 2 节 锚泊及系泊设备

5.2.1 舾装数

舾装数 N 应按下式计算:

$$\frac{N = (\Delta^{2/3} + 2BH + \frac{A}{10}) K}{N = \Delta^{2/3} + 2BH + \frac{A}{10}}$$

式中: Δ ——满载时排水量, t;

B ——见 2.1.3.1(23) 定义, m;

H ——从相应于 Δ 的水线向上量至最高层宽度大于 $B/4$ 的甲板室顶的有效高度, m;

由下式计算:

$$H = a + \sum h_i \sin \theta_i$$

a ——船中处相应于 Δ 的水线至上甲板的垂向距离, m;

h_i ——宽度大于 $B/4$ 的各层甲板室高度, m;

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

θ_i ——相应于 h_i 的甲板室前端壁的后倾角(与水平线夹角), ($^\circ$);

K ——系数, 按船舶营运限制的类别取值:—

~~$K=1.5$ —近海营运限制~~

~~$K=1.3$ —沿海营运限制~~

~~$K=1.0$ —遮蔽营运限制~~

~~$K=0.7$ —平静水域营运限制~~

对于各类双体或三体船, 应从舾装数计算公式的 BH 中扣除水线以上隧道的横剖面积。

5.2.2 锚泊设备

5.2.2.1 至少应在船首配置一个认可型的大抓力锚, 该锚的锚重应不小于根据舾装数按

表 5.2.2 查得的锚重。如配置非夫普通抓力锚，则锚重不应小于按表 5.2.2 查得的锚重的 1.3 倍。可使用认可型的超大抓力锚替代大抓力锚，超大抓力锚的锚重应不小于所替代大抓力锚的锚重的 $\frac{2}{3}$ 倍。如在船首配置两个锚，则每个锚的锚重不应小于所要求单个锚重的 0.7 倍。大抓力锚和超大抓力锚应满足 CCS《材料与焊接规范》第 1 篇第 10 章的相关规定。

5.2.2.2 对于近海营运限制的船舶，大抓力锚的重量可不小于根据舾装数按表 5.2.2 查得的锚重的 0.75。对于沿海营运限制的船舶，大抓力锚的重量可不小于根据舾装数按表 5.2.2 查得的锚重的 0.55。对于遮蔽营运限制和平静水域营运限制的船舶，大抓力锚的重量可不小于根据舾装数按表 5.2.2 查得的锚重的 0.45 倍。

5.2.2.23 锚链和锚索

(1) 可以全部采用锚链。锚链的材料应为 CCS《材料与焊接规范》列出的二级锚链钢 (CCS AM2) 和三级锚链钢 (CCS AM3)。但是锚链直径小于 20.5 mm 的锚链不得采用三级锚链钢。

~~(2) 如符合下列情况，也可采用锚索（钢索或合成纤维索）代替锚链：~~

~~当 $N < 440$ 时，可用破断负荷与锚链相当的钢索代替锚链；~~

~~当 $N < 80$ 时，可用破断负荷与锚链相当的纤维索代替锚链。~~

~~如采用锚索代替锚链，则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，且不得小于 $0.2L$ 。~~

(2) 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有档锚链的破断负荷。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。

(3) 有档锚链直径及锚链(或锚索)长度应不小于按舾装数 N 查表 5.2.2 所得之值。当锚重根据 5.2.2.2 条中营运限制进行折减时，有档锚链直径及锚链（或锚索）长度应不小于根据折减后的锚重查表 5.2.2 所得之值。用锚索替代锚链时，锚索的破断负荷应不小于其替代的有档锚链的破断负荷，有档锚链的破断负荷可按锚链直径由下式计算得到：

$$\text{CCS AM2: 破断负荷} = 13.73d_c^2(44 - 0.08d_c)10^{-3} \quad \text{kN}$$

$$\text{CCS AM3: 破断负荷} = 19.61d_c^2(44 - 0.08d_c)10^{-3} \quad \text{kN}$$

式中： d_c ——锚链直径，mm，查表 5.2.2 所得值。

5.2.2.34 锚泊装置设计时应考虑到：凡是锚链索有可能碰擦的任何表面(如船体、锚链筒)都不应使锚链索受到损伤或缠绕，且在所有操作情况下都能将锚固定好。

5.2.2.45 船体应该受到保护，使锚及锚链索在正常情况下不损伤船体。

5.2.2.56 单个锚的重量如超过 50kg，通常应设置起锚装置。

5.2.3 系泊设备

5.2.3.1 钢索或纤维系泊索的数量、长度及最小破断负荷应根据舾装数 N 按表 5.2.2 查得。但按 5.2.1 公式计算舾装数 N 时，系数 K 应取 1。纤维系泊索的直径不应小于 15mm，系索总长在任何情况下不应小于船长的 4 倍。

表 5.2.2

舾装数 N		大抓力锚重量 (kg)	有档锚链直径 (mm)		锚链或锚索长度 (m)	系索	
超过	不超过		AM2	AM3		数量×长度 (m)	最小破断负荷 (kN)
—	10	37	8	—	90	2×25	30
10	20	48	9.5	—	97	2×25	30
20	30	67	11	—	108	2×25	30
30	40	93	12.5	—	115	2×40	32
40	50	119	12.5	—	115	2×40	32
50	60	146	12.5	—	130	3×40	34
60	70	171	12.5	—	130	3×40	34
70	80	198	14	—	130	3×50	37
80	90	224	14	—	130	3×50	37
90	100	251	16	—	150	3×55	39
100	110	276	16	—	150	3×55	39
110	120	303	17.5	—	150	3×55	44
120	130	329	17.5	—	150	3×55	44
130	140	356	17.5	—	165	3×60	49
140	150	383	17.5	—	165	3×60	49
150	160	408	19	—	165	3×60	54
160	175	441	19	—	165	3×60	54
175	190	480	20.5	—	180	3×60	59
190	205	521	20.5	—	180	3×60	59
205	220	560	22	20.5	180	4×60	64
220	240	606	22	20.5	180	4×60	64
240	260	659	24	22	200	4×60	69
260	280	711	24	22	200	4×60	69
280	300	764	26	24	215	4×70	74
300	320	816	26	24	215	4×70	74
320	340	869	28	24	215	4×70	78
340	360	926	28	24	215	4×70	78
360	380	974	30	26	230	4×70	88
380	400	1028	30	26	230	4×70	88
400	425	1086	32	28	230	4×70	98
425	450	1152	32	28	230	4×70	98
450	475	1226	32	28	230	4×70	108

475	500	1284	34	30	230	4×70	108
500	550	1403	34	30	248	4×80	123
550	600	1535	36	32	264	4×80	132
600	660	1694	38	34	264	4×80	147
660	720	1853	40	36	264	4×80	157
720	780	2012	42	36	281	4×85	172
780	840	2171	44	38	281	4×85	186
840	910	2329	46	40	281	4×85	201
910	980	2515	48	42	297	4×85	216
980	1060	2700	50	44	297	4×90	230
1060	1140	2912	50	46	297	4×90	250
1140	1220	3124	52	46	314	4×90	270
1220	1300	3335	54	48	314	4×90	284
1300	1390	3574	56	50	314	4×90	309
1390	1480	3812	58	50	330	5×90	324
1480	1570	4050	60	52	330	5×95	324
1570	1670	4315	62	54	330	5×95	333
1670	1790	4632	64	56	347	5×95	353
1790	1930	4950	66	58	347	5×95	378

”

第 6 章 轮机

第 4 节 船舶管系和舱室通风系统

6.4.3 由如下替代：

“6.4.3 舱底水系统

6.4.3.1 舱底水系统应能有效地排出任何非永久性储存液体的水密舱内的舱底水。并应防止水从一个水密舱室流入另一个水密舱室。

6.4.3.2 舱底水系统应在该船受到设计已估计考虑到的不会根本危及船舶安全的破舱当船舶遭到设计时假设的破损后，舱底水系统应在所有实际可能出现的纵横倾状态下保持正常的工作能力。控制舱底水吸入的必要的阀，应能从基准面^①以上进行操纵。

6.4.3.3 对个别舱室，如果通过计算或必要的验证，表明该船的安全不会因该舱的排水而受到影响，则经CCS同意可以免设排水装置。

6.4.3.4 每一个机器处所，至少应设置两个舱底水吸口，对于设有独立舱底泵的处所，

^① 基准面：系指水密甲板或非水密甲板覆盖一个风雨密结构而组成的等效结构，该结构具有足够强度保持风雨密完整性并设有风雨密关闭装置。

其中一个吸口应为直通舱底泵吸口。

6.4.3.5 机器处所舱底水吸口的布置应满足：

- (1) 对于单体高速船，吸口应布置在中纵剖面处；
- (2) 对于双体多体高速船、侧壁式气垫船，吸口应布置在每一片体的中纵剖面处；
- (3) 对于全垫升气垫船，每一机舱机器处所可只设一个吸口。

6.4.3.6 机器处所的舱底水吸口应设有防止垃圾吸入的装置（如泥箱或滤器），且该装置应尽量易于接近和便于拆装清洗。

6.4.3.7 除机器处所外的每个需设舱底水系统的舱室，应至少设有一个舱底水吸口，且该吸口的布置应能使该舱室的水有效排出。

6.4.3.8 除机器处所外的其他舱室的舱底水吸入管的开口端应封闭在滤网内。所有滤网箱应便于拆装和清理，且其通流面积不得小于该舱底水吸入管截面积的2倍。

6.4.3.9 对于用可携式泵排水的舱室，应有便于泵吸该舱室内所有舱底水的通道。

6.4.3.10 舱底水总管的内径 d_1 应按下式计算，但是舱底水总管的实际内径可按最接近的标准尺度取整，但不应小于计算值 5mm：

$$d_1 = 25 + 1.68\sqrt{L(B + D)} \quad \text{mm}$$

式中： L ——第2章所定义的高速船船长，m；

当机舱舱底水系统仅服务于机器处所而不为货舱或其他处所服务时，则公式中 L 的长度可取为船长减去货舱或其他处所的总长度；但无论如何，此时机舱舱底水总管的流通横截面积不应小于机舱 2 根舱底水支管的流通横截面积之和。

B ——单体高速船，按第2章所定义的高速船船宽，对于多体高速船，系指在设计水线处或设计水线以下一个或多个片体的宽度，m；

D ——至基准面处高速船的型深，m。

6.4.3.11 任何情况下，舱底水总管的内径不应小于最大舱底水支管的直径内径。

6.4.3.12 装货处所和机器处所的舱底水支管内径 d_2 应按下式计算，但是舱底水支管的实际内径可按最接近的标准尺度取整，但不应小于计算值 5mm：

$$d_2 = 25 + 2.15\sqrt{l(B + D)} \quad \text{mm}$$

式中： l ——舱室长度，m；

B ——单体高速船，按第2章所定义的高速船船宽，对于多体高速船，系指在设计水线处或设计水线以下一个片体的宽度，m；

D ——至基准面处高速船的型深，m。

6.4.3.113 舱底水支管内径一般应不小于25mm。

6.4.3.1214 为防止水密舱室间、水密舱与机器处所间、干燥舱室与海水或舱柜间出现沟通，下列管路或附件上应装设截止止回阀：

- (1) 直通舱底泵吸入管；
- (2) 舱底泵和舱底水总管之间的连接管；
- (3) 舱底水分配阀箱或舱底水支管；
- (4) 直接与舱底泵或与舱底水吸入总管相连的舱底水吸入软管接管。

6.4.3.1315 低于舱壁甲板的防撞舱壁上只准穿过一根管子，以处理首尖舱内的液体。该管应有能在舱壁甲板以上操作的阀和表明阀启闭状态的指示装置，且该阀须装设在首尖舱舱壁的首尖舱一侧。经CCS同意后也可以采用手动泵对首尖舱进行排水。

6.4.3.1416 舱底水总管不应布置在该船能考虑到的可能出现的破舱穿透深度范围内。舱底水管应有防止装有舱底水吸管的舱室，因该管断裂或管子在其他舱室内由于碰撞或搁浅受损致使此舱浸水的设施，应有设施，以防装有舱底水吸管的舱室由于设有该吸管的其他舱室内因碰撞或搁浅，使吸管断裂或其他损坏而引起连带浸水，为此，当该管子的任何部分位于上述破舱穿透深度范围内时，应在其开口端所在舱室内的管子上装设止回阀。

6.4.3.1517 首尖舱以上的锚链舱和水密舱（若有），尾尖舱以上的小围蔽舱室和机器舱室，应设手动泵或通过接至动力舱底泵的吸口进行排水。

6.4.3.16 控制舱底水吸入的必要的阀，~~应能从基准面^④以上进行操纵。~~

6.4.3.1718 与舱底水抽吸装置相连的所有分配阀箱以及手动操纵阀的所在地点，在正常情况下均应易于接近。手动操作的阀杆应易于接近，且所有阀都应做上有明显的标识记号。

6.4.3.1819 海水进口阀的阀杆，应延伸到机舱机器处所花钢板以上的适当高度。一般应高出花钢板以上450mm。

6.4.3.1920 所有的舱底水吸入管直到与舱底泵连接前，应独立于其他管系。

6.4.3.2021 在预期最不利的破损情况下，任何位于水面以上的处所，可以通过装有止回阀的排水管，把水直接排至舷外。

6.4.3.2122 任何要求设置舱底水抽吸装置的无人值班处所，均应设有舱底水报警装置。

6.4.3.2223 所有的动力舱底泵，均应为自吸式泵或带自吸装置的泵。

6.4.3.2324 每一主机机器处所还应设有1个应急舱底水吸口，该吸口应通往除舱底泵、推进泵或油泵以外的最大可用动力泵，如主冷却水泵，该泵不必为自吸式泵。

6.4.3.2425 在双体多体高速船的每一片体及或每艘单体高速船上设置舱底水总管时，应

设有符合下列规定的舱底泵：

- (1) 至少应设有2台舱底泵，其中1台可为机带泵；
- (2) 舱底泵应是动力驱动的泵，可以是固定式的，也可以是可携式的。~~对于船长小于20m的高速船，允许只设1台动力舱底泵。对于排量小于1.5m³/h的舱底泵允许采用手摇泵；~~
- (3) 每台舱底泵应能使流经所需的舱底水总管的水流速度不小于2m/s；为此，其的排量 Q 不应小于按下式计算的值：

$$Q = 3.75(1+L/36)^2 \text{ m}^3/\text{h}$$
$$Q = 5.66d_1^2 \times 10^{-3} \text{ m}^3/\text{h}$$

式中： L ——排水状态时设计水线处钢质船体的长度，m； d_1 ——舱底水总管内径，mm，按本节6.4.3.10所述公式计算。

- (4) 对于双体多体高速船，如果某一个片体内的舱底水可以由其他片体内的舱底泵抽吸时，该片体内可仅设一台舱底水泵；
- (5) 独立动力的卫生泵、压载泵及总用泵，如其排量足够且为自吸式泵或带有自吸装置的泵并与舱底水管系有适当的连接时，均可作为独立动力舱底泵；
- (6) 排量足够的舱底喷射器也可作为独立动力舱底泵的替代，此时应满足6.4.3.19的要求喷射器驱动水进口阀的阀杆应延伸至花钢板以上的适当高度。

6.4.3.26 在多体高速船的每一片体或每艘单体高速船上若未设舱底水总管，而在各舱独立设置舱底泵时，则应设有符合下列规定的舱底泵：

- (1) 每一处所应至少设有1台固定的潜水泵；
- (2) 应至少设有1台能用于各个处所的移动式舱底泵，如果是电动的，该泵应由应急电源供电；
- (3) 在多体高速船的每一片体或每艘单体高速船上舱底泵的总排量 Q_t 应不低于6.4.3.25(3)规定的舱底泵计算排量的2.4倍；
- (4) 每台潜水泵的排量 Q_n 不应小于按下式计算的值，且最小为8 m³/h：

$$Q_n = Q_t / (N - 1) \text{ m}^3/\text{h}$$

式中： N ——潜水泵的数量；

Q_t ——6.4.3.26(3)中所规定的总排量，m³/h mm。

6.4.3.2527 对于全垫升气垫船机器处所的舱底水系统的布置，在取得CCS同意后，可作特别考虑。

6.4.3.2628 B类高速客船还应满足以下要求：

- (1) 单体高速船应至少设3台（舱底水总管各自独立布置的多体高速船的每一片体至少设2台）与舱底水总管相连的动力舱底泵，其中之一可为机带泵，并满足下列(2)~(4)的

要求：作为替代，也可以按6.4.3.26中的要求予以满足。

(2) 舱底水管系的布置应至少有1台动力舱底水泵在高速船被要求的所有浸水情况下可以使用。此项要求可采取下列方法之一予以满足：

- ① 所要求的舱底水泵之一应为一台有应急动力源的可靠的潜水泵；或
- ② 各舱底水泵及其动力源应分布在高速船的全长范围内，浸水时至少在未破损的舱室内有1台泵能供使用。

(3) 与舱底水抽吸系统相连的分配阀箱、旋塞和阀的布置，应在任一舱室万一浸水时，所设的舱底水泵之一可以工作。另外，一台泵或其与舱底水总管的连接管损坏，不应使舱底水系统失去作用。在除了主舱底水抽吸系统之外，还设有一个应急舱底水抽吸系统时，则该应急系统应独立于主系统，且其布置应有一台泵在任一舱室发生可能的浸水情况下可以工作，在这种情况下，仅应急系统运转需要的那些阀应能在基准面以上进行操作；

(4) 在6.4.3.28 (3) 中所述的所有能从基准面以上操作的旋塞和阀，应在操作地点设置带有明显标记标识的控制装置，此外，还应设有表明阀启闭状态的指示装置指示开、关的设施。”

第 5 节 动力管系

6.5.3.3 由如下替代：

“6.5.3.3 海水冷却管系或循环系统的冷却水泵应连接不少于两个舷外海水吸口，吸口应尽可能分布在两舷。对于多体船，当主机或辅机分布在多个片体中，且各台主机或辅机分别独立设置海水冷却泵时，则该泵可仅连接一个舷外海水吸口。”

附录 2 钢/铝质高速船船体结构直接计算

1.4由如下替代:

“1.4 本附录适用于铝合金或钢质船体结构的高速单体船和高速双体船。”

2.2.1由如下替代:

“2.2.1 总纵弯矩及分布

假设船体总纵弯矩沿船长按正弦余弦曲线分布如下:

$$M(x) = M_{BY} \sin\left(\frac{\pi x}{L}\right) \quad M(x) = \frac{M_{BY}}{2} \left(\cos\left(\frac{x}{L} 2\pi\right) - 1\right) \text{ KN}\cdot\text{m}$$

上式中 x 为自船尾起算的横截面纵坐标, 分布曲线的幅值为船中横剖面的总纵弯矩 M_{BY} 。 M_{BY} 应分别按本规范第 4 章 4.8.2 及 4.8.3 二种状况进行计算($M_{BY} = |M_S| = M_h$)。 $M(x)$ 可通过施加沿船长分布的垂向力 $q(x)$ 实现, $q(x)$ (向上为正) 可按下式计算:

$$q(x) = q_0 \left(\sin\frac{\pi x}{L} - 0.637\right) \quad q(x) = A \cos\left(\frac{x}{L} 2\pi\right) \quad \text{KN/m}$$

式中: $q_0 = \frac{46}{L^2} M_{BY}$ $A = \frac{-2\pi^2 M_{BY}}{L^2}$ KN/m

分别计算中拱与中垂两种情况, 在计算模型上施加沿船长分布的 $q(x)$ 或与之等效的一系列集中力。力的作用位置应避免产生构件的局部弯曲应力, 因此应施加于纵向主要构件上, 例如舷侧、纵舱壁、船底中纵桁或其他纵桁上。在同一横剖面上的力可以分成几部份, 并左右对称于纵中剖面。当使用系列集中力时, 每个集中力应等于分布力乘以该集中力加载区间的长度。

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 $0.005q_0L$ 。”

新增 4.3 (13) 如下:

“(13) M_{ly} 工况”。

附录 3 复合材料高速船船体结构直接计算

2.5最后新增如下内容:

“CCS 也接受其他形式的复合材料强度衡准, 如蔡-吴准则(Tsai-Wu)、蔡-希尔(Tsai-Hill)准则等, 相关材料和强度参数应提交 CCS 审查。”

新增附录 4 如下:

“附录 4 钢/铝质高速三体船总纵强度校核方法”

1 一般规定

1.1 适用范围

1.1.1 本附录适用的三体船还应满足下列要求:

- (1) 船长范围: $50\text{ m} \leq L \leq 180\text{ m}$;
- (2) 每个侧体的排水体积不大于总排水体积的 7%;
- (3) 主船体与侧体纵向中心距 X_{sm} , 向首应不超过 $0.1L$, 向尾应不超过 $0.3L$ 。

1.1.2 超出 1.1.1 要求的三体船应特殊考虑并经 CCS 认可。

1.2 符号和定义

1.2.1 本附录中有关定义如下, 未定义者见本规范第 2 章 2.1.3.1:

1.2.1.1 设计水线长 $L_{wl}(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 沿设计水线量得的由主船体首柱前端至尾柱或尾封板后缘的距离。

1.2.1.2 设计水线宽 $B_{wl}(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 沿设计水线量得的主体与两个侧体最大型宽之和。

1.2.1.3 总设计水线宽 $B_{wtl}(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 沿设计水线量得的船体两端最大宽度。

1.2.1.4 主船体设计水线宽 $B_{wlm}(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 沿设计水线量得的主船体最大型宽。

1.2.1.5 侧体船长 $L_s(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 其刚性水密侧体位于设计水线以下部分的总长, 不包括设计水线处及以下的附体。

1.2.1.6 侧体设计吃水 $d_s(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 在侧体船长 L_s 中点处, 由侧体基线量至设计水线的垂直距离。

1.2.1.7 侧体设计水线长 $L_{wls}(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 沿设计水线量得的由侧体首柱前端至尾柱后缘的距离。

1.2.1.8 侧体设计水线宽 $B_{wls}(\text{m})$: 系指船舶静浮于水面时, 沿设计水线量得的单个侧体最大型宽。

1.2.1.9 总设计排水量 $\Delta(\text{ton})$: 系指船舶在设计吃水下静浮于水面时的总排水量。

1.2.1.10 侧体设计排水量 $\Delta_s(\text{ton})$: 系指船舶在设计吃水下静浮于水面时单个侧体排水量。

1.2.1.11 方形系数 C_b : 系指按下式算得的船型系数, 如果 $C_b < 0.6$, 取 0.6。

$$C_b = \frac{\Delta / 1.025}{LB_{wlm}d + 2(L_{wls}B_{wls}d_s)}$$

1.2.1.12 主船体与侧体纵向中心距 $X_{sm}(\text{m})$: 系指侧体中剖面至主船体船中剖面的纵向垂直距离。

2 总体载荷

2.1 在波浪中高速航行时的垂向加速度

2.1.1 航行在排水状态下的高速三体船全船重心处垂向加速度 a_{cg} 按本规范第 4 章 4.4.1.2 计算。

2.1.2 侧体计算位置垂向加速度 a_z 按下式计算:

$$a_z = \sqrt{a_{cg}^2 + a_{rl}^2} \quad \text{m/s}^2$$

式中： a_{rl} ——横摇加速度， m/s^2 ，按下式计算：

$$a_{rl} = 28y \frac{GM^{1.5}}{B_{wt}^{2.5}} a_{cg}$$

其中： y ——计算位置的横坐标， m ；

GM ——计算工况装载下的横稳心高， m 。

2.2 船体梁静水弯矩和静水剪力

2.2.1 静水弯矩和剪力可采用直接计算的方法获得，其装载工况应可覆盖船舶全部的操作工况。

2.2.2 静水弯矩 M_S 应取所有计算工况中的最大值。如该船没有中垂工况，则最大中垂弯矩值取为最小中拱弯矩值。

2.2.3 静水剪力 Q_S 应取所有计算工况中的最大值。

2.3 船体梁垂向波浪弯矩

2.3.1 船体梁各横剖面的中拱波浪弯矩 $M_W(+)$ 和中垂波浪弯矩 $M_W(-)$ 应按下列各式计算：

$$M_W(+) = 0.19 C f_{sr} K_s L^2 B_{WL} C_b D_M \quad \text{kNm}$$

$$M_W(-) = -0.11 C f_{sr} K_s L^2 B_{WL} (C_b + 0.7) D_M \quad \text{kNm}$$

式中： C ——系数，按下列各式计算：

$$C = 0.0412L + 4 \quad \text{当 } L < 90\text{m} \text{ 时；}$$

$$C = 10.75 - \left(\frac{300 - L}{100} \right)^{3/2} \quad \text{当 } L \geq 90\text{m} \text{ 时；}$$

f_{sr} ——航区系数：

$$f_{sr} = 0.80 \quad \text{远海营运限制；}$$

$$f_{sr} = 0.65 \quad \text{近海营运限制；}$$

$$f_{sr} = 0.30 \quad \text{沿海营运限制；}$$

$$f_{sr} = 0.18 \quad \text{遮蔽营运限制；}$$

$$f_{sr} = 0.10 \quad \text{平静水域营运限制；}$$

K_s ——侧体影响系数，按下列各式计算：

$$K_s = 1.1 \quad \text{当 } -0.1 \leq \frac{X_{sm}}{L} < 0.05 \text{ 时；}$$

$$K_s = -0.6 \frac{X_{sm}}{L} + 1.13 \quad \text{当 } 0.05 \leq \frac{X_{sm}}{L} \leq 0.2 \text{ 时；}$$

$$K_s = -0.1 \frac{X_{sm}}{L} + 1.03 \quad \text{当 } 0.2 < \frac{X_{sm}}{L} \leq 0.3 \text{ 时；}$$

D_M ——弯矩分布系数，按下列各式计算：

$$D_M = 0 \quad \text{对船长 } L \text{ 的艏艉两端；}$$

$$D_M = 1 \quad \text{从 } (0.4 - 0.25 \frac{X_{sm}}{L})L \text{ 到 } (0.68 - 0.25 \frac{X_{sm}}{L})L \text{ ；}$$

其他区域由线性插值确定。

2.4 船体梁垂向波浪剪力

2.4.1 船体梁各横剖面的中拱波浪剪力 $Q_W(+)$ 和中垂波浪剪力 $Q_W(-)$ 应按下列各式计算：

$$Q_w(+)=0.3Cf_{sr}LB_{WL}(C_b+0.7)D_{Q1} \quad \text{kN}$$

$$Q_w(-)=0.3Cf_{sr}LB_{WL}(C_b+0.7)D_{Q2} \quad \text{kN}$$

式中: C ——系数, 见 2.3.1;

f_{sr} ——航区系数, 见 2.3.1;

D_{Q1} 、 D_{Q2} ——剪力分布系数, 按下式确定:

(1) 对中拱波浪剪力,

$$D_{Q1}=0 \quad \text{对船长 } L \text{ 的艏艉两端;}$$

$$D_{Q1}=1.588\frac{C_b}{C_b+0.7} \quad \text{从 } (0.13-0.25\frac{X_{sm}}{L})L \text{ 到 } (0.26-0.25\frac{X_{sm}}{L})L ;$$

$$D_{Q1}=1.235\frac{C_b}{C_b+0.7} \quad \text{从 } (0.35-0.25\frac{X_{sm}}{L})L \text{ 到 } (0.45-0.25\frac{X_{sm}}{L})L ;$$

$$D_{Q1}=1.0 \quad \text{从 } (0.65-0.25\frac{X_{sm}}{L})L \text{ 到 } (0.82-0.25\frac{X_{sm}}{L})L ;$$

其他区域由线性插值确定;

(2) 对中垂波浪剪力,

$$D_{Q2}=0 \quad \text{对船长 } L \text{ 的艏艉两端;}$$

$$D_{Q2}=0.92 \quad \text{从 } (0.13-0.25\frac{X_{sm}}{L})L \text{ 到 } (0.26-0.25\frac{X_{sm}}{L})L ;$$

$$D_{Q2}=0.715 \quad \text{从 } (0.35-0.25\frac{X_{sm}}{L})L \text{ 到 } (0.45-0.25\frac{X_{sm}}{L})L ;$$

$$D_{Q2}=1.729\frac{C_b}{C_b+0.7} \quad \text{从 } (0.65-0.25\frac{X_{sm}}{L})L \text{ 到 } (0.82-0.25\frac{X_{sm}}{L})L ;$$

其他区域由线性插值确定。

2.5 船体梁水平弯矩

2.5.1 船体梁各横剖面上的水平弯矩 M_H 按下式计算:

$$M_H=C_Hf_{sr}L^2D(C_b+0.7)D_M \quad \text{kNm}$$

式中: C_H ——系数, 按下式计算:

$$C_H=0.005L-0.07\left(\frac{L}{100}\right)^2$$

f_{sr} ——航区系数, 见本附录 2.3.1;

D_M ——弯矩分布系数, 见本附录 2.3.1。

2.6 船体梁纵向扭矩

2.6.1 船体梁上的纵向弯矩 M_{lt} 按下式计算:

$$M_{lt}=0.765f_{sr}\rho\left(V_s+V_c+\frac{V_m}{2}\right)y_{hc}a_{cg}D_{lt} \quad \text{kNm}$$

式中: f_{sr} ——航区系数, 见本附录 3.3.1;

ρ ——海水密度, 取 $\rho=1025$, kg/m^3 ;

- V_s ——单个侧体体积, m^3 ;
 V_c ——单边连接桥体积, m^3 ;
 V_m ——主船体体积, m^3 ;
 y_{hc} ——侧体中心处, 以全船纵中剖面划分的半个横剖面形心至纵中剖面的横向距离, m ;
 a_{cg} ——重心加速度, 见本附录 2.1.1;
 D_{lt} ——纵向扭矩分布系数, 按表 2.6.1 确定:

纵向扭矩分布系数

表 2.6.1

纵向位置 X (m)	D_{lt}	纵向位置 X (m)	D_{lt}
0 (船尾) 和 L (船首)	0	$X_{sa}+5\Delta_{Xs}$	1.0
X_{sa} (主船体与连接桥尾部相交处)	0.13	$X_{sa}+6\Delta_{Xs}$	0.98
$X_{sa}+\Delta_{Xs}$	0.35	$X_{sa}+7\Delta_{Xs}$	0.91
$X_{sa}+2\Delta_{Xs}$	0.56	$X_{sa}+8\Delta_{Xs}$	0.80
$X_{sa}+3\Delta_{Xs}$	0.78	$X_{sa}+9\Delta_{Xs}$	0.68
$X_{sa}+4\Delta_{Xs}$	0.92	X_{sf} (主船体与连接桥首部相交处)	0.56

- 注: (1) $\Delta_{Xs}=(X_{sf}-X_{sa})/10$;
 (2) 其他区域由线性插值确定。

2.7 连接桥总横垂向弯矩

2.7.1 应选取连接桥底与主船体连接处 (近点 1) 和连接桥底与侧体连接处 (远点 0) 两个位置计算连接桥总横弯矩。如连接处采用圆弧过渡形式, 可取圆弧切线与水平线夹角为 45° 的切点位置作为计算点。

2.7.2 连接桥纵剖面上的总横中拱弯矩 $M_{sp}(+)$ 和总横中垂弯矩 $M_{sp}(-)$, 应按下列各式计算:

$$M_{sp}(+) = 9.81 f_{sr} W_s (y_{sh} - y_o) (1 + 0.102 a_z) \quad \text{kNm} \quad \text{桥底远点 0 处}$$

$$M_{sp}(+) = 9.81 f_{sr} W_s (y_{sh} - y_1) (1 + 0.102 a_z) \quad \text{kNm} \quad \text{桥底近点 1 处}$$

$$M_{sp}(-) = f_{sr} \frac{(\Delta - 2\Delta_s)}{2} (y_{sh} - y_o) a_z \quad \text{kNm} \quad \text{桥底远点 0 处}$$

$$M_{sp}(-) = f_{sr} \frac{(\Delta - 2\Delta_s)}{2} (y_{sh} - y_1) a_z \quad \text{kNm} \quad \text{桥底近点 1 处}$$

式中: f_{sr} ——航区系数, 见本附录 2.3.1;

W_s ——单个侧体总重, ton ;

y_{sh} ——单个侧体横截面型心至全船纵中剖面的横向距离, m 。

y_o ——连接桥底远点 0 至全船纵中剖面的横向距离, m 。

y_1 ——连接桥底远点 1 至全船纵中剖面的横向距离, m 。

a_z ——侧体横截面型心位置的垂向加速度, m/s^2 , 见本附录 2.1.2。

2.8 连接桥总横垂向剪力

2.8.1 连接桥纵剖面上的总横中拱剪力 $Q_{sp}(+)$ 和总横中垂剪力 $Q_{sp}(-)$, 按下式计算:

$$Q_{sp}(+) = 9.81 f_{sr} W_s (1 + 0.102 a_z) \quad \text{kN}$$

$$Q_{sp}(-) = f_{sr} \frac{(\Delta - 2\Delta_s)}{2} a_z \quad \text{kN}$$

式中： f_{sr} ——航区系数，见本附录 2.3.1；

W_s ——单个侧体总重，ton；

a_z ——侧体重心位置的垂向加速度， m/s^2 ，见本附录 2.1.2。

2.9 连接桥横向扭矩

2.9.1 连接桥宽度方向上均匀分布的横向扭矩 M_{tt} ，按下式计算：

$$M_{tt} = 0.382 f_{sr} \rho (V_s + V_c) L_s a_{cg} \quad \text{kNm}$$

式中： f_{sr} ——航区系数，见本附录 2.3.1；

V_s ——单个侧体体积， m^3 ；

V_c ——单边连接桥体积， m^3 ；

a_{cg} ——重心加速度，见本附录 2.1.1；

3 总强度校核

3.1 船体梁强度

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 所有适合本附录 1.1.1 规定的三体船都应校核船体梁的总纵弯曲强度，并覆盖各种压载与满载工况以决定所需的船体梁强度。对离港与到港工况都应计算静水弯矩、波浪弯矩及剪力。计算总纵强度时，通常取船中 $\pm 10\%L$ 范围内结构最弱处的船中横剖面作为校核剖面。

3.1.1.2 如果连接桥长度超过 $0.4L$ ，则主体宽度以外的连接桥结构和侧体可认为参与船体梁强度。此时，船体梁的校核剖面应包括以下位置：侧体长度中点位置横剖面、侧体两端能代表侧体过渡区域的横剖面。

3.1.1.3 船体梁剖面模数计算时，应满足本规范第 4 章 4.8.7 和 CCS《钢质海船入级规范》第 2 章 2.2.4 的相关规定。

3.1.2 总纵强度校核

3.1.2.1 应按 3.1.1 规定，校核主船体船体梁的总纵弯曲强度。船体梁横剖面的总纵弯曲应力 σ 可按下式计算：

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

式中： M ——船体梁承受的垂向总弯矩，kNm，分别按中拱与中垂工况计算，按下式确定：

$$M = M_s + M_w$$

其中， M_s 和 M_w ——按本附录 2.2.2 和 2.3.1 规定计算的总纵弯矩。

W 为按本附录 3.1.1.3 规定剖面计算的甲板和船底的剖面模数， cm^3 。

3.1.2.2 此外，还应校核船体梁的剪切强度。校核剖面可取剪切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切应力 τ ，否则，应按薄壁剪流理论计算剪切应力：

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

式中： Q ——校核剖面总剪力，kN，分别按中拱与中垂工况计算，按下式确定：

$$Q = Q_s + Q_w$$

其中, Q_s 和 Q_w ——按本附录 2.2.3 和 2.4.1 规定计算的垂向剪力;

S ——校核剖面中和轴以上剖面部分的静矩, cm^3 ;

I_y ——校核剖面横剖面对其水平中和轴的惯性矩, cm^4 ;

t ——校核剖面水平中和轴处船壳板厚度总和, mm 。

3.1.2.3 船体梁甲板和龙骨处的船中剖面模数 W 应满足下式要求:

$$W > f_{sr} CL^2 B(C_b + 0.7) k_m \quad \text{cm}^3$$

式中: f_{sr} ——航区系数, 见本附录 2.3.1;

C ——系数, 见本附录 2.3.1。

k_m ——材料影响系数, 对钢制船体, $k_m = K$, K 为材料系数, 见 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章 1.3.1.7; 对铝制船体, $k_m = 235/\sigma_{sw}$;

其中 σ_{sw} ——铝制材料焊接后的屈服强度, N/mm^2 , 取退火状态铝材的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$, 见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

3.1.2.4 船体梁船中剖面对其横向中和轴的惯性矩 I 应满足下式要求:

$$I > 3 f_{sr} CL^3 B(C_b + 0.7) k_E \quad \text{cm}^4$$

式中: f_{sr} ——航区系数, 见本附录 2.3.1;

C ——系数, 见本附录 2.3.1。

k_E ——材料弹性系数, 对钢制船体, $k_E = 1$; 对铝制船体, $k_E = 206/E_A$;

其中 E_A ——铝材的弹性模量, 10^3 N/mm^2 。

3.1.3 许用应力

3.1.3.1 总强度校核的许用应力如下:

(1) 对钢制船体, 构件的弯曲许用应力 $[\sigma]$ 按下式确定:

$[\sigma] = 175/K$, N/mm^2 , 对船中 0.4L 区域;

$[\sigma] = 125/K$, N/mm^2 , 对船端 0.1L 区域;

其他区域由线性插值确定。

构件的剪切许用应力 $[\tau]$ 按下式确定:

$[\tau] = 110/K$, N/mm^2 。

式中, K 为材料系数, 见 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章 1.3.1.7。

(2) 对铝制船体, 构件的弯曲许用应力 $[\sigma] = 0.76\sigma_{sw}$, ; 剪切许用应力 $[\tau] = 0.43\sigma_{sw}$ 。

式中: σ_{sw} ——材料焊接后的屈服强度, N/mm^2 , 取退火状态铝材的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$, 见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。

3.2 连接桥横向强度

3.2.1 一般要求

(1) 所有适合本附录 1.1.1 规定的三体船都必须校核连接桥的横向强度。计算连接桥横向强度时, 通常取连接桥底与主船体和侧体连接处两个位置纵剖面作为校核剖面, 见本附录 2.7.1。

(2) 如果三体船的装载量沿横向分布在不同装载状态时变动较大, 则应考虑各种装载状态下静水横向中拱和中垂弯矩。

(3) 剖面特性计算应符合本附录 3.1.1.3 的要求。

3.2.2 横向强度

3.2.2.1 由连接桥总横垂向弯矩引起的连接桥弯曲应力 σ_c 可按下式计算:

$$\text{中拱工况: } \sigma_{ch} = \frac{M_{sp}(+)}{W_c} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{中垂工况: } \sigma_{cs} = \frac{M_{sp}(-)}{W_c} \times 10^3 \quad \text{N/mm}^2$$

式中: $M_{sp}(+)$ 、 $M_{sp}(-)$ ——按本附录 2.7.2 规定计算的连接桥校核纵剖面上的总横中拱弯矩和总横中垂弯矩, kNm。

W_c ——连接桥校核剖面上底板剖面模数和甲板剖面模数二者中的小者, cm^3 。

3.2.2.2 由连接桥垂向总横垂向剪力引起的剪切应力 τ_{cs} 按下式计算:

$$\text{中拱工况: } \tau_{cs} = 500 \frac{Q_{sp}(+)S}{I_y t} \quad \text{N/mm}^2$$

$$\text{中垂工况: } \tau_{cs} = 500 \frac{Q_{sp}(-)S}{I_y t} \quad \text{N/mm}^2$$

式中: $Q_{sp}(+)$ 、 $Q_{sp}(-)$ ——按本附录 2.8.1 规定计算的连接桥校核纵剖面上的总横中拱剪力和总横中垂剪力, kN。

S ——校核剖面中和轴以上剖面部分的静矩, cm^3 ;

I_y ——校核剖面横剖面对其水平中和轴的惯性矩, cm^4 ;

t ——校核剖面水平中和轴处船壳板厚度总和, mm。

3.2.3 许用应力

3.2.3.1 连接桥横向强度校核的许用应力如下:

(1) 对钢制船体, 构件弯曲应力的许用应力 $[\sigma]$ 按下式确定:

$$[\sigma]=168/K, \text{ N/mm}^2。$$

构件剪切应力的许用应力 $[\tau]$ 按下式确定:

$$[\tau]=110/K, \text{ N/mm}^2。$$

构件相当应力的许用应力 $[\sigma]$ 按下式确定:

$$[\sigma]=210/K, \text{ N/mm}^2。$$

式中, K 为材料系数, 见 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章 1.3.1.7。

(2) 对铝制船体, 构件弯曲应力的许用应力 $[\sigma]=0.76\sigma_{sw}$, ; 剪切应力的许用应力 $[\tau]=0.43\sigma_{sw}$; 合成应力的许用应力 $[\sigma]=0.80\sigma_{sw}$

式中: σ_{sw} ——材料焊接后的屈服强度, N/mm^2 , 取退火状态铝材的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$, 见 CCS《材料与焊接规范》的有关规定。”

新增附录 5 如下:

“附录 5 钢/铝质高速三体船船体结构直接计算

1 一般要求

1.1 三体船结构的直接计算目标为验证船体的总纵强度、总横强度、总扭转强度和局部强度。直接计算所采用的载荷条件、结构模型和衡准应按照本附录的规定。

1.2 三体船波浪载荷可以采用附录规定的船模试验确定, 在无船模试验资料的情况下, 可按本附录 2.2 的公式确定。

1.3 也可以采用基于流体动力学理论的直接计算法确定波浪载荷, 但计算时应考虑到高速船营运限制所对应的波浪条件、船舶航速和波浪拍击的影响。

1.4 本附录适用于铝合金或钢质船体结构的高速三体船。

2 载荷分类及等效施加方法

2.1 总纵垂向弯矩

假设船体总纵垂向弯矩沿船长按正弦曲线分布如下:

$$M(x) = \frac{M_W}{2} (\cos(\frac{x}{L} 2\pi) - 1) \text{ KN}\cdot\text{m}$$

上式中 x 为自船尾尾封板起算的横截面纵坐标, 分布曲线的幅值为船中横剖面的总纵弯矩 M_W 。 M_W 应按附录 4 中 2.3.1 进行计算。

$M(x)$ 可通过施加沿船长分布的垂向力线载荷 $q(x)$ 实现, $q(x)$ 按下式计算, 向上为正:

$$q(x) = A \cos(\frac{x}{L} 2\pi) \quad \text{KN/m}$$

式中: $A = \frac{-2\pi^2 M_W}{L^2} \text{ KN/m};$

其中, M_W ——船体梁中横剖面垂向弯矩的规范计算值, kNm , 分中拱和中垂两种情况。

应分别计算中拱与中垂两种情况, 在计算模型上施加沿船长分布的垂向力线载荷 $q(x)$ 或与之等效的一系列集中力。作用位置应避免产生构件的局部弯曲应力, 因此应施加于纵向主要构件上, 例如舷侧、纵舱壁、船底中纵桁或其他纵桁上。在同一横剖面上的力可以分成几部分, 并左右对称于纵中剖面。当施加系列集中力时, 每个集中力应等于线载荷 $q(x)$ 乘以该集中力加载区间的长度。集中力计算方法可参考 2.2 中方法。

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 $0.005q_0L$ 。

2.2 总横垂向弯矩

三体船连接桥中纵剖面处的总横垂向弯矩 M_{sp} 应按附录 4 中 2.7.2 方法进行计算 (横坐标 $y=0$), 以等效的横向对开力 F_y 施加, 按下式计算:

$$F_y = \frac{M_{sp}}{z + 0.5d} \quad \text{kN}$$

式中: M_{sp} ——连接桥中纵剖面处的总横垂向弯矩, kNm , 分中拱和中垂两种情况;

z ——设计水线至连接桥中横剖面中和轴的距离, m ;

d ——设计吃水, m , 分中拱和中垂两种情况。

横向对开力 F_y 按侧体龙骨高度位置作用于模型，并分按向外（中垂）和向内（中拱）作用的两个独立工况计算。

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

$$q = \frac{F_y}{L_b} \quad \text{kN/m}$$

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：

$$P_i = q \cdot \left(\frac{S_1 + S_2}{2} \right) \quad \text{kN}$$

式中： S_1 和 S_2 分别为强横框架的前后间距，m。

2.3 横向扭矩

三体船对横向 Y 轴的扭矩 M_H 应按附录 4 中 2.9.1 进行计算。它可以侧体半船长上反对称分布的均布载荷 p 等效施加。反对称分布是指：同一侧体以中横剖面为界前后载荷方向相反，左右侧体的载荷方向亦相反。等效均布载荷 p 可按下式计算：

$$p = \frac{4M_H}{l^2} \quad \text{kN/m}$$

式中： M_H ——连接桥宽度方向上的横向扭矩规范计算值，kNm；

l ——施加分布力或等效的集中力的长度，m。

可在计算模型上施加分布力或等效的集中力。力的作用位置应避免产生构件的局部弯曲应力，因此应施加于纵向主要构件上，例如舷侧、纵舱壁、船底中纵桁或其他纵桁上。在同一横剖面上的力可以分成几部分并左右反对称于中纵剖面。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。

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 $0.01pl$ 。

2.4 纵向扭矩

纵向扭矩以垂向分布力偶的形式施加在与船体外壳相交的各横舱壁的节点上，总力偶产生的扭矩应等于按附录 4 中 2.6.1 进行计算的纵向扭矩。

$$T_i = M_{Ha} - M_{Hf}$$

式中， M_{Ha} ——为施加的舱壁和相邻的前一个舱壁的中间位置对应的规范计算扭矩；

M_{Hf} ——为施加的舱壁和相邻的后一个舱壁的中间位置对应的规范计算扭矩。

$$F_{ii} = \frac{2T_i}{b_i n} \quad \text{kN}$$

式中： T_i ——各横舱壁处的施加力矩，kN；

F_{ii} ——施加的节点力；

b_i ——各横剖面中施加力的节点处的平均宽度，m；

n ——各横剖面施加的节点个数。

其它的模拟扭矩分布的方式应特殊考虑。

2.5 水平波浪弯矩

沿船长在每一个横舱壁处的边体上施加一对纵向力偶，总力偶产生的弯矩应等于按附录 4 中 2.5.1 进行计算的水平波浪弯矩。

$$F_{hi} = \frac{2M_H}{b_i n} \quad \text{kN}$$

式中： M_H ——各横舱壁处的水平波浪弯矩规范计算值，kNm；

F_{hi} ——施加的节点力；

b_i ——各横剖面中施加力的节点处的平均宽度；

n ——各横剖面施加的节点个数。

2.6 最大横倾

应考核三体船静态下可能达到的最大横倾角工况，此工况对应最大横倾角姿态下的吃水工况，考虑所有静水压力和船体自重载荷作用。

3 结构总强度校核计算

3.1 全船分析模型

3.1.1 模型范围

结构分析应采用全船整体三维模型进行，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。

3.1.2 适用单元

采用板、梁单元和杆单元等模拟真实结构，对于承受侧向压力的板上的扶强材，可以用梁单元模拟，并考虑偏心的影响，纵桁、肋板上加强筋，肋骨等主要构件的面板和加强筋可用杆单元模拟。

3.1.3 总体模型网格尺寸

相应于载荷分布的近似程度，全船模型的网格尺寸一般可取为横框架间距或主要支撑构件间距中之小者并主要使用 4 边形单元，单元形状的边长比一般应小于 3。

3.1.4 总体模型边界条件

使用 6 个位移分量约束限制全船模型的空间刚体运动，而不影响船体各部分的相对变形，建议在中纵剖面上取首柱、尾封板水线处处各一点，约束 z 向位移；在船中舱壁位置，在甲板、龙骨与中纵剖面相交处各取一点，约束 y 向位移，在两个侧体中横剖面上龙骨处各取一点，约束 x 向位移。

3.2 载荷组合

在总体结构分析中，应计算如下载荷组合工况，见表 3.2。

载荷组合工况

表 3.2

浪向	工况	静水弯矩		波浪弯矩		水平波浪弯矩	总横弯矩		纵向扭矩	横向扭矩	最大横倾
		中拱	中垂	中拱	中垂		中拱	中垂			
迎浪	1	1.0	-	1.0	-	-	0.3	-	-	0.2	-
	2	-	1.0	-	1.0	-	-	0.3	-	0.2	-
横浪	3	1.0	-	0.1	-	-	1.0	-	0.2	-	-
	4	-	1.0	-	0.1	-	-	1.0	0.2	-	-
斜浪	5	1.0 (选大者)		-	-	0.3	0.4	-	1.0	0.3	-
	6	1.0 (选大者)		-	-	1.0	0.4	-	-	0.2	-
	7	1.0	-	-	0.2	0.2	0.6	-	-	1.0	-
	8	-	1.0	-	-	-	-	-	-	-	1.0

3.3 强度衡准

强度计算的构件应力应不大于表 3.3 所列许用应力:

总强度许用应力 (N/mm²)

表 3.3

	σ_{vm}	σ	τ
整船模型 (钢质)	$0.80 \sigma_{sw}$	$0.76 \sigma_{sw}$	$0.43 \sigma_{sw}$
整船模型 (铝质)	$0.85 \sigma_{sw}$	$0.83 \sigma_{sw}$	$0.46 \sigma_{sw}$

表中: σ_{vm} 为板单元许用相当应力;

σ 为梁、杆单元许用正应力;

τ 为板单元许用剪切力;

σ_{sw} 为焊接状态下母材的屈服强度, 对钢材, 取材料屈服强度。对铝材, 取退火状态的屈服强度 $\sigma_{p0.2}$, 不大于抗拉强度的 70%, 对于不同热处理的铝质材料屈服强度的规定见 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇 1.3.5 要求。

4 局部结构细化网格分析

4.1 适用

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总体和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。与总体及局部强度校核结论相比, 以本细化分析的结论为准。

一般情况下, 下列部位应考虑进行细化网格分析:

- (1) 侧体与连接桥端部的连接处;
- (2) 主船体与连接桥端部的连接处;
- (3) 总体载荷分析中的最高剪切应力的横舱壁;
- (4) 开口或主要构件的终止端点等的非连续结构位置;
- (5) 在总体载荷分析中的粗网格模型计算应力超过 95%许用应力的区域。

4.2 分析方法

按局部结构的受力情况, 选用下列方式之一进行局部细化分析:

(1) 嵌入式细化分析

局部细化模型可以嵌入全船模型的粗网格模型, 在总体强度计算同时完成局部精细应力计算。此时在细化部位所加载荷应与粗网格模型的载荷符合。计算结果表示在粗网格计算状态时的细部应力状态, 适用于无特殊载荷的局部位置;

(2) 独立模型细化分析

取出需要细化分析的局部结构, 单独建立模型, 以粗网格分析提供的细化模型边界处的位移作为边界条件, 并同时施加细网格区域的局部载荷。计算结果表示在总体变形和局部特定载荷作用下结构高应力点的应力状态。

4.3 细化模型网格和衡准

细化网格尺寸和衡准要求见附录 2 第 6 条的局部细化网格分析。

5 屈曲要求

5.1 屈曲强度要求见附录 2 第 7 条的屈曲强度校核。”