



中 国 船 级 社

海上高速船入级与建造规范

RULES FOR CONSTRUCTION AND
CLASSIFICATION OF SEA-GOING
HIGH SPEED CRAFT

修 改 通 报
AMENDMENTS

2012

2012年10月1日生效
Effective from October 1 2012

北 京
Beijing

目 录

第2章 入级范围与条件

第1节 一般规定

第3节 入级符号和附加标志

第3章 船用产品和船舶检验

第1节 图纸审查

第3节 建造中检验

第4节 建造后检验

第5节 现有船舶初次入级检验

第4章 船体结构

第1节 一般规定

第2节 结构设计原则

第3节 水密完整性与门、窗、盖的要求

第4节 结构设计载荷

第5节 铝、钢船体结构的构件尺寸

第6节 纤维增强塑料船体结构的构件尺寸

第7节 车辆局部、跳板、尾轴架

第8节 总强度

第9节 构件稳定性

第10节 直接计算

第11节 船体振动

第12节 金属船体结构的焊缝设计

第13节 结构防腐

第5章 舾装

第1节 舵设备

第6章 轮机

第1节 一般规定

第3节 泵和管系的材料和试验

第4节 船舶管系和舱室通风系统

第5节 动力管系

第7节 轴系和振动

第7章 电气设备

第6节 照明与航行灯

第8章 遥控、报警与安全系统

第2节 应急控制装置

第3节 报警系统

附录2 船体结构直接计算指南

第2章 入级范围与条件

第1节 一般规定

2.1.3.1(4)中“近海航区营运限制”修改为“近海营运限制”。(全文按此修改)

2.1.3.1(5)中“沿海航区营运限制”修改为“沿海营运限制”。(全文按此修改)

2.1.3.1(6)中“遮蔽航区营运限制”修改为“遮蔽营运限制”。(全文按此修改)

2.1.3.1(19)修改如下:

“(19) B类客船:系指除A类客船以外的任何其他高速客船。这类船的机械和安全系统的布置应在任何一舱内的任何重要机械和安全系统一旦失效时,该船仍具备保持安全航行的能力。”

2.1.3.1(29)修改如下:

“(29) 舱壁甲板/干舷甲板:系指所有水密横舱壁达到的最上层的连续甲板。”

第3节 入级符号与附加标志

2.3.2.3(1)中表 2.3.2.3(1)修改如下:

“

表2.3.2.3(1)

序号	船舶类型附加标志	
	中文	英文
1	高速单体船	Mono-Hull HSC
2	高速双体船	Catamaran HSC
3	穿浪双体船	Wave Piercer Craft
4	高速水面效应船(侧壁气垫船)	Surface Effect Ship HSC
5	全垫升气垫船	Air Cushion Craft
6	水翼船	Hydrofoil Craft

”

2.3.2.3(3)中“航区营运限制附加标志”修改为“营运限制附加标志”。其中表 2.3.2.3(3)修改如下:

“

表2.3.2.3(3)

序号	营运限制附加标志	
	中文	英文
1	近海营运限制	Greater Coastal Service Restriction
2	沿海营运限制	Coastal Service Restriction
3	遮蔽营运限制	Sheltered Water Service Restriction
4	平静水域营运限制	Calm Water Service Restriction

”

第3章 船用产品检验与船舶检验

第1节 图纸审查

3.1.2.1 (11)修改如下:

“(11) 尾轴架的结构图及其强度计算书, 以及空气螺旋桨(如有时)基座的结构图;”

3.1.2.2(7)修改如下:

“(7) 船体局部振动计算书(如有时);”

第3节 建造中检验

3.3.4.1(3)修改如下:

“(3) 上述(2)所要求的水压试验可以用充气试验代替, 将空气压力升到 0.02MPa, 并保持该压力约 1h 以达到稳定状态后, 再降至不小于 0.15MPa 试验压力, 然后涂刷肥皂水进行渗漏检查。”

3.3.4.3(2)中的最后一句修改如下:

“或当不可能作出精确的倾斜试验时, CCS 在征得船旗国政府主管机关同意后, 可不作倾斜试验, 此时空船排水量和重心应由空船重量检验和精确的计算确定。”

第4节 建造后检验

3.4.2.3(1)修改如下:

“(1) 高速船的坞内检验每年进行一次, 检验应在坞内检验到期的前后 3 个月内进行, 下次检验日期从船舶出坞日期起算。如通过船舶上排进行船底外部检查, 则下次检验日期从完成检查日期起算。坞内检验也可结合年度检验进行。”

3.4.3.3(1)②修改如下:

“② 对于不连续结构处、强力甲板及上层建筑侧壁上的开口处, 尤其是双体船片体与连接桥相连区域的高应力区和以及穿浪船片体前端虎口处的应力集中的部位, 应特别注意;”

第5节 现有船舶初次入级检验

3.5.3.1 条文中 3.1.2.1(1)修改为“3.5.2.1(1)”。

第4章 船体结构

第1节 一般规定

4.1.1.1 修改如下:

“4.1.1.1 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)、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。”

4.1.3.5 修改如下:

“4.1.3.5 **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 4.1.3.5 a 所示, 取在离该主要骨材端部 k_e 距离处。 k_e 按下式计算:

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

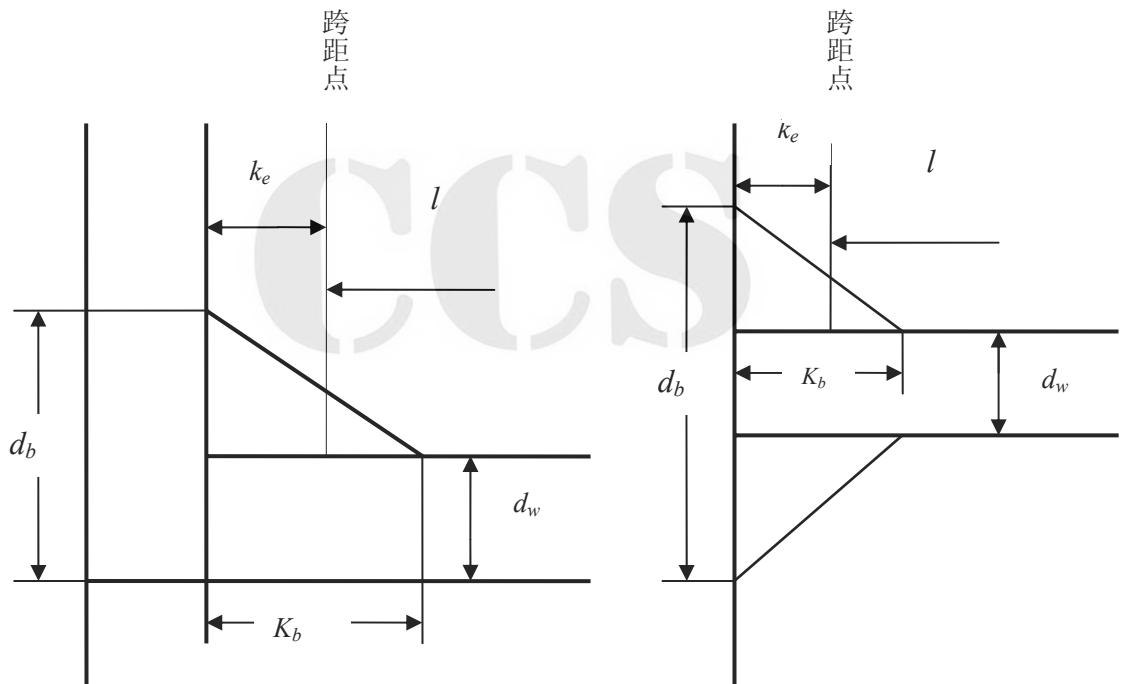


图 4.1.3.5 a

如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。”

第2节 结构设计原则

新增 4.2.2.8 如下:

“4.2.2.8 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 4.2.2.8(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 4.2.2.8(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。”

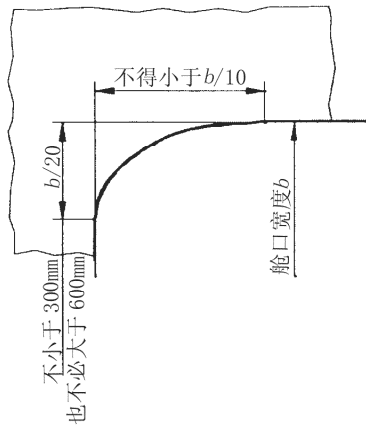


图 4.2.2.8(1)

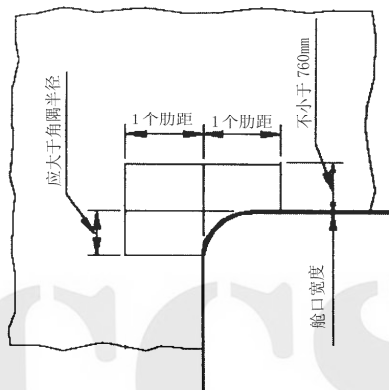


图 4.2.2.8(2)

4.2.3.1 条文中“用强横梁和支柱代替”改为“用强横梁或支柱代替”。

第 3 节 水密完整性与门、窗、盖的要求

删除 4.3.3 和 4.3.3.1。

4.3.4.2(6)的句末修改为：

“…应按表 4.3.4.2 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。”

第 4 节 结构设计载荷

4.4.2.2 的句首修改为：

“船底波浪冲击压力 P_{s1} 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：”

4.4.2.2 中有关 A 的说明，修改如下：

“ A ——冲击压力计算面积， m^2 ；

对板格： A 通常取不大于 $2.5S^2$ ；

对加强筋或桁材： $A = \text{承载宽度} \times \text{跨距}$ ；

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

4.4.2.2 的句末增加：

“ a_{cg} ——重心处垂向加速度， m/s^2 ，由 4.4.1.2(1)确定。”

4.4.3.2 句末自 H_{lx} 的说明起修改如下:

“ H_{lx} ——连接桥底的压力计算点在该处设计水线以上的距离, m, 取 $H_{lx\max} = CL$;
 a_{cg} ——重心处垂向加速度, m/s^2 , 见 4.4.1.2(1)和 4.4.1.2(2)。”

4.4.4.1 中有关 P_{sl} 的说明, 修改如下:

“ 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)。”

4.4.4.2 中的露天甲板计算压力公式修改如下:

“ $P_{d1} = K_{l3}(0.2L + C)$ kN/m^2 ”

4.4.4.6(2)的句首加“露天”二字。

第 5 节 铝、钢船体结构的构件尺寸

4.5.1.3 中将符号 W 的说明修改如下:

“ 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 $b_e = 0.3s \left(\frac{l}{s}\right)^{2/3}$, 但不大于 $l/5$ 。

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 ;

4.5.2.1 中表 4.5.2.1 上方有关平板龙骨的句末增加: “, 且尽可能在整个船长范围内保持不变。”

4.5.2.1 的表 4.5.2.1 及表注修改如下:

“

系数 K_0

表 4.5.2.1

构件名称	K_0	
	钢质	铝质
船底板	1.40	1.55
连接桥底*	1.30	1.40
舷侧板**	1.30	1.40
主甲板板	1.10(不小于 3mm) 1.30(横骨架式)	1.40 1.50(横骨架式)
非露天甲板板	0.90	1.16
舱壁板	1.00	1.16
上层建筑、甲板室	前端壁	1.20
	侧壁、后壁	0.86
	顶板	0.65(不小于 2mm)
主机座***	1.90	1.90

* 穿浪双体船的连接桥底压力计算点高度 H_{lx} 大于 $0.85CL$ 的区域, K_0 取 0.80。其中系数 C 见 4.4.3.2 条。

** 设计水线以上 0.15m 处以下的舷侧板最小板厚系数, 应按船底板最小板厚系数取值。

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

4.5.3.1 中的修正系数 C_2 修改如下:

“ C_2 ——板格长边 l 与短边 s 之比的修正系数，按如下取值：

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

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

4.5.4.1 中的修正系数 C_2 修改如下：

“ C_2 ——板格长边 l 与短边 s 之比的修正系数，按如下取值：

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

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

第 6 节 纤维增强塑料船体结构的构件尺寸

4.6.1.5 中将符号 W 的说明修改如下：

“ 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 $b_e = 0.3s \left(\frac{l}{s}\right)^{2/3}$ ，但不大于 $l/5$ 。

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：

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

4.6.1.5 中对于符号 τ_u 的说明修改如下：

“ τ_u ——骨材腹板的极限剪切强度， N/mm^2 ；”

4.6.2.1 中的表 4.6.2.1 修改如下：

“

			系数 K_0			表 4.6.2.1		
部 位	船底板	舷侧板	甲板板	上层建筑、甲板室			舱 壁 板	
				前端壁	侧后壁	顶板	水密舱	防撞舱、液舱
K_0	1.30	1.15	1.00	1.00	0.85	0.85	1.10	1.20

”

4.6.2.2 中的表 4.6.2.2 修改如下：

“

			系数 K_1			表4.6.2.2		
部 位	船底板	舷侧板	甲板板	上层建筑、甲板室			舱 壁 板	
				前端壁	侧后壁	顶板	水密舱	防撞舱、液舱
K_1	0.6	0.5	0.45	0.45	0.35	0.35	0.40	0.45

”

4.6.3.1 修改如下：

“4.6.3.1 单板结构层板的厚度 t 应不小于按下式计算所得之值：

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

式中： C ——板格长边 l 与短边 s 之比的修正系数，按如下取值：

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

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

σ_{fmu} ——层板的极限弯曲强度, N/mm²。”

4.6.4.1 将条文中“K——系数, 对聚氨酯泡沫塑料芯材夹层板,”修改为“K——系数, 对聚氨酯泡沫塑料芯材夹层板,”

4.6.6.2 中对于符号 τ_u 的说明修改如下:

“ τ_u ——骨材腹板的极限剪切强度, N/mm²。”

第 7 节 车辆甲板、跳板、尾轴架

4.7.3 尾轴架

4.7.3.1~4.7.3.4 全部删除, 用以下 4.7.3.1~4.7.3.8 条文替代:

“4.7.3.1 不论单臂尾轴架或双臂尾轴架, 如臂的截面采用常规的截面长度与厚度之比约为 4-5 的拱形剖面或翼形剖面, 则尾轴架臂的尺寸应满足 4.7.3.2 至 4.7.3.6 所列的要求。对于臂的截面为非常规剖面的, 则应特殊考虑。

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

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

式中: K ——尾轴架的材料系数, $K = 400 / \sigma_t$, 其中 σ_t 是尾轴架材料的抗拉强度, N/mm²;
 d_s ——尾轴的规范直径, mm, 按下式计算:

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

l ——单臂尾轴架臂的长度, mm, 从尾轴架根部截面的形心量至尾轴架轴毂中心。见图 4.7.3.4。

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

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

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

式中: l ——双臂中较长臂的长度, mm, 从尾轴架长臂根部截面的形心量至尾轴架轴毂中心。见图 4.7.3.4。

K 和 d_s 同 4.7.3.2。

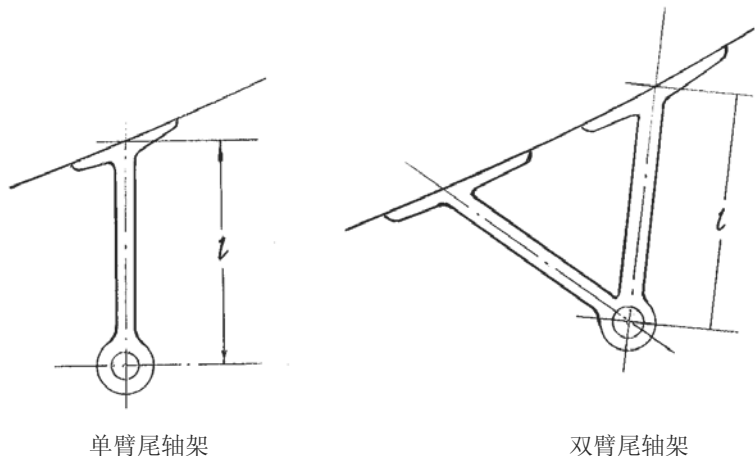


图 4.7.3.4

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

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

式中： t ——按 4.7.3.4 公式计算所得的剖面厚度，cm。

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

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

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

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

式中： d_w ——尾轴架处的尾轴直径，mm；

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

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

第8节 总强度

4.8.1.1 修改如下：

“4.8.1.1 船长 L 小于或等于 50m 的高速单体船、双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。”

4.8.1.2 修改如下：

“4.8.1.2 除 4.8.1.1 外的所有高速船，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。”

4.8.2.1 修改如下：

“4.8.2.1 除全垫升气垫船外的各类高速船，由波浪冲击力引起的总纵弯矩 M_B 可按下式计算：

$$M_B = C_1 C_2 C_3 (1+n) (l_x - 0.175 \frac{\Delta}{B_s d} (1+0.2n)) \Delta g \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中： C_1 ——系数，

$$C_1 = 1.0 \quad \text{中拱时；}$$

$$C_1 = -1.0 \quad \text{中垂时；}$$

C_2 ——系数， $C_2 = 0.5$ ；

C_3 ——船型系数，

$$C_3 = 0.80 \quad \text{对于穿浪双体船；}$$

$$C_3 = 1.00 \quad \text{对于其他船；}$$

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4.4.1.2(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；

对于尖舢船、圆舢船的 B_s ，可按图4.8.2.1所示取；

对于各类双体船， B_5 应为各个片体冲击面积宽度之和。”

4.8.6.1 中总横弯矩 M_T 改用 M_{BX} 表示。

4.8.6.1 中有关 a_{cg} 的说明修改如下：

“ a_{cg} ——重心处垂向加速度， m/s^2 ，见 4.4.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g；”

4.8.6.2 中总横弯矩 M_T 改用 M_{BX} 表示。静水总横弯矩 M_{T0} 改用 M_{BX0} 表示。

4.8.6.2 中有关 a_{cg} 的说明修改如下：

“ a_{cg} ——重心处垂向加速度， m/s^2 ，见 4.4.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g；”

4.8.6.3 中有关 a_{cg} 的说明修改如下：

“ a_{cg} ——重心处垂向加速度， m/s^2 ，见 4.4.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g；”

4.8.6.3 的表 4.8.6 按如下修改：

“系数 C_1 、 C_2 、 C_3 表 4.8.6”

营运限制	C_1	C_2	C_3
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

4.8.6.4 的扭矩计算公式修改如下：

$$M_{Ty} = C_3 \Delta a_{cg} L \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中： C_3 ——系数，查表 4.8.6；

a_{cg} ——重心处垂向加速度， m/s^2 ，见 4.4.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g。”

4.8.6.5 的扭矩计算公式修改如下：

$$M_{Tx} = 2C_3 \Delta a_{cg} b \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中： C_3 ——系数，查表 4.8.6；

a_{cg} ——重心处垂向加速度， m/s^2 ，见 4.4.1.2(1)，但取值应不小于 1.0g；

b ——片体中心线间距， m 。”

4.8.7.2 的首句修改为：“校核各类双体船(包括穿浪船)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。”

4.8.7.3(1)中的相当剖面模数 W_e 的计算公式修改如下：

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

4.8.7.3(2)修改为：“校核各类双体船(包括穿浪船)的总横强度时，按 4.8.7.2 取定的校核剖面的相当剖面模数可参照上式计算。”

插入新的 4.8.8 如下，原 4.8.8 和 4.8.9 的条文号分别改为 4.8.9 和 4.8.10：

“4.8.8 总强度校核

4.8.8.1 应按 4.8.1.2 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：

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

上式中M为按 4.8.2, 4.8.3 或 4.8.4 规定计算的总纵弯矩, W 分别为按 4.8.7.1 规定剖面计算的甲板和船底的剖面模数, cm^3 。

4.8.8.2 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:

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

式中: Q ——按 4.8.5.1 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 。

4.8.8.3 双体船的总横强度校核

(1) 对于常规双体船、穿浪船和水面效应船, 应用 4.8.6.1 和 4.8.6.2 规定的总横弯矩按 4.8.7.2 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中纵剖面的上、下缘构件的总横弯曲应力。

(2) 同样, 还应按 4.8.6.3 规定的剪力 Q , 计算校核连接桥结构纵剖面承受剪力的构件内的剪应力。

4.8.8.4 双体船船体梁扭转强度校核

对于常规双体船、穿浪船和水面效应船, 应用 4.8.6.4 规定的 M_y 计算校核连接桥中纵剖面的纯扭转剪应力, 并用 4.8.6.5 规定的 M_x 计算校核船体中横剖面内的纯扭转应力。

4.8.8.5 如果按附录 2 进行船体总强度的直接计算, 上述 4.8.8.2 和 4.8.8.3(2) 仍应进行校核。”

原 4.8.8.1(新条文号为 4.8.9.1)的(1)和(2)中句首“纵向”二字删去。

原 4.8.8.2(新条文号为 4.8.9.2)的(1)和(2)中凡“纵向构件”均删去“纵向”二字。

第 9 节 构件稳定性

4.9.2.1 修改如下:

“4.9.2.1 船底板或甲板板的板格理论屈曲应力 σ_E 由下式计算:

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

式中: E ——材料弹性模数

$E=0.69 \times 10^5$ N/mm² 对铝板

$E=2.06 \times 10^5$ N/mm² 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 $K_c = C \left[1 + \left(\frac{S}{l}\right)^2 \right]^2$,

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。 ”

4.9.2.5 修改如下:

“4.9.2.5 如板格的理论屈曲应力 $\sigma_E < \sigma_s/2$, 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 4.9.2.3;

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 $C=0.75/(l/S+1)$ 。”

第 10 节 直接计算

4.10.1 修改如下:

“4.10.1 一般要求

4.10.1.1 下列钢质或铝质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 2 要求, 进行全船结构强度的直接计算验证:

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

4.10.1.2 对于承受较大局部载荷的结构, 如车辆甲板、直升机平台结构等, 应进行局部强度直接计算分析。

4.10.1.3 对于船长和船型符合 4.10.1.1 规定, 但在遮蔽营运限制或平静水域营运限制条件下航行的高速船, 经 CCS 同意, 可视海况决定是否需采用直接计算法进行全船结构强度评估。

4.10.1.4 直接计算应基于附录 2 所定义的载荷及组合工况和许用应力。

4.10.1.5 结构分析应使用公认的结构有限元计算程序。

4.10.1.6 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。”

4.10.2.1(2)修改如下:

“(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 荷载计算的依据、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, 并经本社同意;
- 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构件应力值、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。”

删去 4.10.2.1(3)。

删去 4.10.2.2 。

第 11 节 船体振动

4.11.1.2 修改如下:

“4.11.1.2 船体振动可参照 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。”

新增 4.11.1.3 如下:

“4.11.1.3 本节要求不作为入级条件。”

第 12 节 金属船体结构的焊缝设计

新增 4.12.1.4 如下:

“4.12.1.4 对于主船体为钢质,上层建筑/甲板室为铝合金的混合船体结构高速船,铝质上层建筑/甲板室围壁与钢质船体的上甲板之间,应采用本社认可的铝-钢过渡接头连接。”

新增第 13 节如下:

“第 13 节 结构防腐

4.13.1 适用范围

4.13.1.1 本规定适用于钢、铝合金结构高速船用材的防腐保护。

4.13.1.2 高速船铝合金船体的防腐保护应采用涂料、胶布和牺牲阳极、外加电流保护装置等方法。

4.13.1.3 钢质高速船船体结构的防腐保护应符合本节的要求和 CCS《钢质海船入级规范》第 2 篇第 1 章第 6 节的有关规定。

4.13.2 铝合金船体的防腐涂料

4.13.2.1 用于铝合金船体的防腐涂料应经本社认可。

4.13.2.2 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。

4.13.2.3 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。

4.13.3 铝合金与其它金属接触面的防腐

4.13.3.1 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本社认可。

4.13.3.2 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。

4.13.3.3 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。

4.13.3.4 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。

4.13.3.5 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。

4.13.4 铝合金与非金属接触的防腐

4.13.4.1 应当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。

4.13.4.2 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。

4.13.4.3 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。

4.13.5 潮湿环境下的防腐

4.13.5.1 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舳部、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。

4.13.6 高温环境下的防腐

4.13.6.1 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。

4.13.7 漏电流的保护

4.13.7.1 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。

4.13.8 阴极保护

4.13.8.1 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。

4.13.8.2 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本社审查。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、布置等资料供本社审查。必要时，验船师可要求进行电位试验。

4.13.8.3 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。

4.13.9 钢结构的防腐

4.13.9.1 所有钢结构的表面，除油舱内壁外，均应进行防腐涂覆，涂覆可根据涂料的产品说明书进行。”



第 5 章 舾 装

第 1 节 舵 设 备

5.1.3.1 中的舵杆扭矩 M_t 改为 M_T 。

5.1.6.1(1)公式中将 f_{1b} 改为 f_{1s} ，将 f_{1s} 改为 f_{1b} 。

5.1.6.1(5)公式中将 f_{1f} 改为 f_{1b} ，将 f_{1b} 改为 f_{1f} 。

CCS

第6章 轮 机

第1节 一般规定

6.1.6 标题修改如下:

“6.1.6 瘫船起动”

新增 6.1.6.2 如下:

“6.1.6.2 上述 6.1.6.1 的规定, 对于遮蔽营运限制或平静水域营运限制的国内航行高速船可不要求。”

6.1.8 标题修改如下:

“6.1.8 防护设施”

删除 6.1.8.1。

删除6.1.8.2。

6.1.8.3 修改如下:

删除6.1.8.3句首的一段文字: “6.1.8.3 为了保护船上人员不受伤害和防止火灾发生, 应设有必要的防护设施: ”。并将6.1.8.3(1)、6.1.8.3(2)、6.1.8.3(3)和6.1.8.3(4)的序号, 分别改为6.1.8.1、6.1.8.2、6.1.8.3和6.1.8.4。

删除 6.1.8.4。

第3节 泵和管系的材料和试验

6.3.1.7 修改如下:

“6.3.1.7 船上应用塑料管和挠性软管等非金属材料管时, 应满足《钢质海船入级规范》第3篇第2章的有关要求。”

删除 6.3.1.8。

表 6.3.2.2 第1列倒数第3行中的“113”改为“133”。

6.3.3.3 修改如下:

“6.3.3.3 装船后, 所有管系均应在工作情况下检查泄漏情况; 燃料(油或气)管系、油舱加热管系、通过双层底舱或深舱的舱底水管路以及液压管系, 应按照表6.3.3.3的要求进行液压试验。

装船后的液压试验

表 6.3.3.3

管 系	试 验 压 力
燃料(油或气)管系	1.5 倍设计压力, 但不小于 0.4MPa
油舱加热管系	
通过双层底舱或深舱的舱底水管路	不小于该舱的试验压力
液压管系	1.25 倍设计压力, 但不必超过设计压力加 7MPa

”

第4节 船舶管系和舱室通风系统

6.4.2.5 修改如下:

“6.4.2.5 无人值班处所的海水进口阀和无止回功能的海水出口阀，均应能在水线以上位置予以关闭。”

6.4.3.13 中的“限界”改为“舱壁甲板”。

6.4.3.16 对条文中的“基准面”增加脚注，定义如下：

“①基准面：系指水密甲板或非水密甲板覆盖的一个风雨密结构组成的等效结构，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。”

6.4.3.23 修改如下：

“6.4.3.23 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。”

6.4.4 标题修改如下：

“6.4.4 甲板排水管和卫生排泄管”

6.4.4.4 修改如下：

“6.4.4.4 从基准面以下处所或从基准面以上的上层建筑和甲板室内通过船壳的排水孔，均应装设有效和便于检视的防止水进入船内的装置。通常每一独立的排水孔应有 1 个从基准面以上的位置能直接关闭的自动止回阀。但是，如果从设计水线至排水管船内一端的垂直距离超过 $0.01L$ (L 为船长)，只要船内的阀在营运条件下始终便于检查，则排水孔可有 2 个无关闭装置的自动止回阀。如上述垂直距离超过 $0.02L$ ，可以接受无关闭装置的自动止回阀。直接关闭阀的操纵装置应便于检视，并设有 1 个显示该阀开或闭的指示器。”

新增 6.4.4.5 如下：

“6.4.4.5 直接通向舷外的甲板排水管的壁厚和直径的选择，应符合本章 6.4.2.2 对舷侧短管的规定。”

6.4.6.1 修改如下：

“6.4.6.1 如相应于液舱柜空气管高度的液体压头大于该舱柜所能承受的压力，或空气管的截面积小于 6.4.5.6(1) 要求时，则所有能用泵灌装的舱柜均应装设溢流管，溢流管的截面积应不小于该舱柜注入管截面积的 1.25 倍。燃油和滑油舱柜的溢流管应引向有足够容积的溢流柜或预留有溢流空间的贮存舱柜。”

6.4.9.1 删除句末的“至少应不低于限界”

第 5 节 动力管系

新增 6.5.6.10 如下：

“6.5.6.10 如采用 6.5.6.6 规定的不锈钢材质以外的排气管，则应能耐高温、耐海水和废气的腐蚀。”

第 7 节 轴系和振动

6.7.7.4 的句末增加一句：“1 次正回旋共振转速应大于额定转速 20% 以上。”

第7章 电气装置

第6节 照明与航行灯

删除 7.6.3.2。

CCS

第 8 章 遥控、报警与安全系统

第 2 节 应急控制装置

8.2.1 的句首修改为：“所有高速船均应在对高速船操纵和/或对其主机进行控制的操纵室内,设置 1 个或数个控制站。控制站应易于到达,并设置具有下列应急用途的控制装置:……”

8.2.1(3)修改如下:

“(3) 符合 7.5.3.2 规定的应急停止装置;”

第 3 节 报警系统

8.3.3.2(6)修改如下:

“(6) 燃油柜溢流/高位;”

CCS

用以下新的附录 2 替代原附录 2:

附录 2 高速船船体结构直接计算指南

1 一般规定

1.1 高速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指南的规定。

1.2 高速船波浪载荷可以采用船模试验法确定，在无船模试验资料的情况下，可按本指南 2.2 的公式确定。

1.3 也可以采用基于流体动力学理论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船。

2 总强度计算载荷

2.1 总体载荷的船模试验法

2.1.1 载荷合成

总体载荷由静力载荷与波浪载荷合成，由重力和静浮力组成的静力载荷采用计算法确定，波浪载荷用模型试验确定。

2.1.2 静力载荷

船体计算静力包括满载出港装载状态下的重力和船体静水浮力。在强度计算时，考虑载荷在结构上的实际分布状态下，计算船体中横剖面的总纵弯矩。对于双体船还需计及中纵剖面上的总横弯矩和船体的总扭矩。

2.1.3 波浪载荷

通过船模试验获取波浪诱导船体重心处的垂向加速度、总纵弯矩、总横弯矩、总扭矩和其它需要的载荷参数。模型试验条件可采用规则波，波浪参数如表 2-1 所列，结构校核计算载荷按表 2-2 取值。

模型试验条件

表 2-1

波向 θ (与船体纵轴的夹角, 度)	波长 λ	波高 H_s 与航速 V_H
0 (迎浪)	L	H_s 与 V_H 按 4.4.1 规定取值
$57.3 \cdot \text{tg}^{-1}(\frac{b}{L})$ (斜浪)	$L \cos(\theta)$	
90 (横浪)	$2b$	
L ——船长 b ——片体中心距 H_s ——由 4.4.1 规定的波高, H_s 不必大于 $0.17\lambda^{0.75}$		

结构计算载荷

表 2-2

计算中横剖面总纵弯矩	$1.67 M_{BY}$	仅适用双体船
计算中纵剖面总横弯矩	$1.67 M_{BX}$	
计算总纵扭矩	$1.67 M_{\theta y}$	
计算总横扭矩	$1.67 M_{\theta x}$	
M_{BY} ——试验最大波浪总纵弯矩 M_{BX} ——试验最大波浪总横弯矩 $M_{\theta y}$ ——试验最大波浪总纵扭矩 $M_{\theta x}$ ——试验最大波浪总横扭矩		

2.1.4 等效载荷

根据上述总纵弯矩，按 2.2.1 节的方法确定对应的等效垂向分布力，作用于船体结构模型；

根据上述总横弯矩，按 2.2.2 节计算横向对开力，作用于船体结构模型；

根据上述总扭矩，按 2.2.3 节计算两片体分布载荷，作用于船体结构模型，进行总强度分析。

2.2 总载荷的公式计算法

2.2.1 总纵弯矩及分布

假设船体总纵弯矩沿船长按正弦曲线分布如下：

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

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：

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

式中： $q_0 = \frac{46}{L^2} M_{BY} \quad \text{KN/m}$

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、船底中纵桁或其它纵桁上。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 $0.005q_0L$ 。

2.2.2 双体船的总横弯矩及分布

双体船船中纵剖面处的总横弯矩 M_{BX} 应按本规范第4章4.8.6.1或4.8.6.2计算。计算时，全船重心处的垂向加速度 a_{cg} 的取值不小于 9.81m/s^2 。根据上述总横弯矩，由下式计算等效的横向对开力 F_y ：

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

式中： z ——设计水线至连接桥中横剖面中和轴的距离，m，见图2.2.2；

d ——设计吃水，m，见图2.2.2。

横向对开力 F_y 按图2.2.2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。

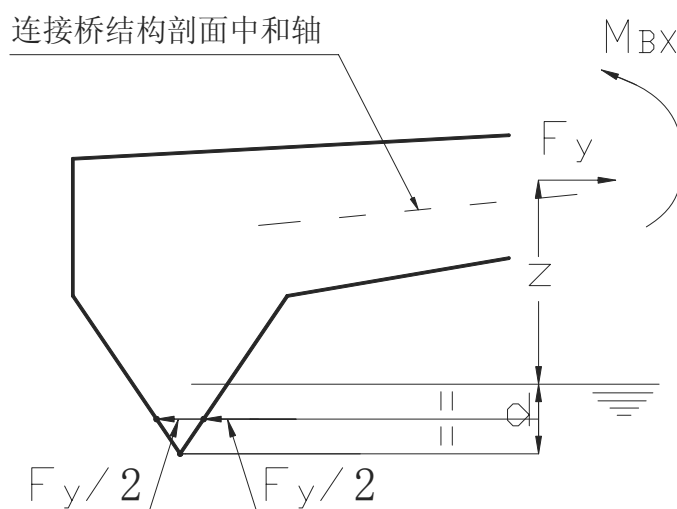


图 2.2.2

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：

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

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。

2.2.3 双体船的总扭矩及分布

双体船对横向Y轴的扭矩 M_{Ty} 应按 4.8.6.4 计算。它可用片体半船长上反对称分布的均布载荷 p 等效。所谓的反对称分布是指: 同一片体以中横剖面为界前后后载荷方向相反, 左右片体的载荷方向亦相反, 见图 2.2.3。上述等效均布载荷 p 可按下式计算:

$$p = \frac{4M_{Ty}}{L^2} \quad \text{KN/m}$$

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、船底中纵桁或其它纵桁上。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 $0.01pL$ 。

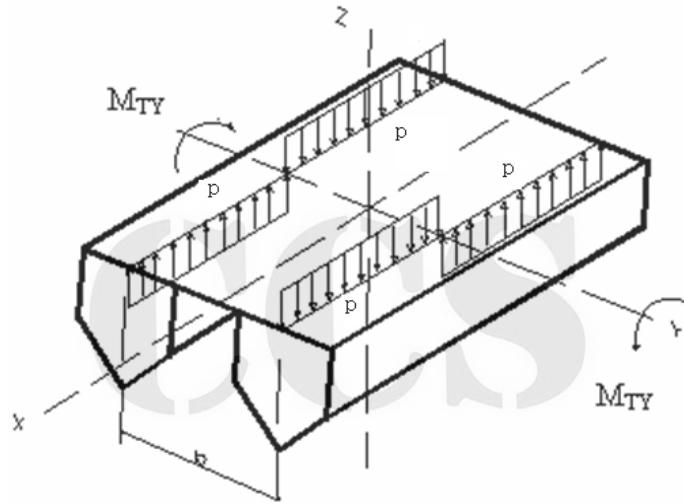


图 2.2.3

3 局部强度计算载荷

3.1 适用

本节定义的载荷适用于船底、舷侧、甲板、上层建筑和双体船连接桥底部等大面积板梁组合模型(即板架模型)的结构计算。

3.2 局部结构面积上的压力载荷

局部结构面积上的压力载荷按本规范第 4 章第 4 节计算。计算中涉及冲击压力计算面积 A 的计算时, 主要构件的承载宽度和跨距取横向主要构件的承载宽度和跨距值。

4 结构总强度校核计算

4.1 分析目标为船体总强度。

4.2 全船分析模型

(1) 模型范围

应采用全船整体 3 维模型进行总体结构分析, 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) 适用单元

采用板、梁单元和杆单元等模拟真实结构, 对于加筋板上的扶强材, 可以采用计及带板的等值梁置于板的中心上。

(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。

(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，建议的约束模式如图 4-2 所示。在纵中剖面上取首、尾部各一点 A 和 B，中部舷侧一个点 C。

约束 A 点的 x、y、z 三个位移分量，约束 B 点的 y、z 位移分量和约束 C 点的 z 向分量。

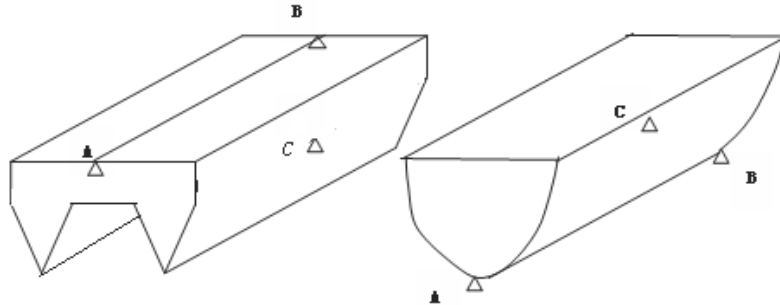


图 4-2 总体模型约束(双体船或单体船)

4.3 载荷组合

在总体结构分析中，应计算如下载荷组合工况：

- (1) M_{BY} (中拱)
- (2) M_{BY} (中垂)
- (3) F_y (向外)
- (4) F_y (向内)
- (5) $0.8 M_{BY}$ (中拱)+ $0.6M_{TY}$
- (6) $0.8 M_{BY}$ (中垂)+ $0.6M_{TY}$
- (7) $0.6 M_{BY}$ (中拱)+ $0.8M_{TY}$
- (8) $0.6 M_{BY}$ (中垂)+ $0.8M_{TY}$
- (9) $0.8F_y$ (向外)+ $0.6M_{TY}$
- (10) $0.8F_y$ (向内)+ $0.6M_{TY}$
- (11) $0.6F_y$ (向外)+ $0.8M_{TY}$
- (12) $0.6F_y$ (向内)+ $0.8M_{TY}$

其中，对于单体船仅计算(1)(2)工况。

4.4 总强度衡准

总强度计算应力衡准基于 4.2 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应力的平均值。

总强度计算的构件应力应不大于表 4.4 所列许用应力：

总强度许用应力

表 4.4

	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，见正文第 4 章第 5 节 4.5.1.3。但对铝合金结构，在符合正文 4.5.3.1 或 4.5.3.2 的特定条件下，可取材料的屈服强度 σ_s 。

5 局部强度校核计算

5.1 适用

(1) 在总体分析中未能施加真实载荷的重要局部结构，例如船底、舷侧、甲板、上层建筑、双体船连接桥底部及穿浪双体船片体前端等局部高应力部位，应进行局部强度校核。

(2) 需通过直接计算方法校核主要构件尺寸的局部结构。

5.2 局部结构模型范围

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、舷侧、甲板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。

5.3 局部结构模型化

5.3.1 模型单元

由桁材、加强筋支撑的加筋板结构，可以简化为交叉梁系形式的平板架模型计算。

对于明显不在同一平面中的局部结构，应采用三维结构模型。结构中的板材和主要支撑构件的腹板可用板单元代表，主要支撑构件的翼板可用梁单元或杆单元代表；加强筋连同带板可用位于板中面内的梁单元代表，如单独模拟无带板的加强筋应考虑梁截面中心与板中面的偏离。

对于骨材密集型的加筋板，可以采用正交异性板单元建模。

5.3.2 网格尺寸

模型网格尺度应不超过加强筋间距，当桁材腹板采用板单元模拟时，腹板高度上应不少于 3 个单元；

构件建模厚度取总厚度。

5.3.3 边界条件

在板架模型的边界处，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。

5.4 计算载荷

局部强度的计算载荷，按本指南 3 的公式决定。

5.5 局部强度衡准

局部强度计算的构件应力应不大于下表所列许用应力：

局部强度许用应力

表 5.5

	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	$0.73 \sigma_{sw}$	$0.77 \sigma_{sw}$

表中： σ_{sw} 为材料焊接后的屈服强度，见正文第 4 章第 5 节 4.5.1.3。但对铝合金结构，在符合正文 4.5.3.1 或 4.5.3.2 的特定条件下，可取材料的屈服强度 σ_s 。

6 局部细化网格分析

6.1 适用

对于结构应力集中点附近及其它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) 双体船连接桥前端壁与片体连接的内角处；
- (2) 双体船连接桥后端壁与片体连接的内角处；
- (3) 穿浪双体船片体首部前伸部分的根部；
- (4) 实际结构形状在粗网格模型中无法真实表达的位置；
- (5) 其它全船粗网格模型计算应力超过 95% 许用应力的部位。

6.2 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或局部结构的粗网格模型，在总体强度或局部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。

6.3 细化模型网格

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络。按构件总厚度建模。

6.4 细化网格应力衡准

细化网格模型计算的构件应力应不大于下表所列许用应力：

细化网格模型许用应力 **表 6.4**

	钢结构	铝合金结构
	板单元等效力	板单元等效力
同时计入总体载荷和局部载荷时	$1.50 \sigma_{sw}$	$1.60 \sigma_{sw}$
仅计入局部载荷或总体载荷时	$1.20 \sigma_{sw}$	$1.30 \sigma_{sw}$

表中： σ_{sw} 为材料焊接后的屈服强度，见正文第 4 章第 5 节 4.5.1.3。但对铝合金结构，在符合正文 4.5.3.1 或 4.5.3.2 的特定条件下，可取材料的屈服强度 σ_s 。

7 屈曲强度校核

7.1 一般规定

7.1.1 本节屈曲/极限强度校核规定适用于本指南中的高速船船体结构直接计算强度验证。若采用其他方法，应经 CCS 同意。另外，本节要求不适用于薄板密加筋的结构形式。且本节中对于加筋板格的极限强度校核要求仅适用于高速船船体结构通用的加筋板结构尺度形式。

7.1.2 屈曲强度校核按结构的失效模式分为基本板格屈曲校核和加筋板格极限强度校核两种类型，其中，基本板格屈曲校核基于弹性屈曲失效模式，针对结构正常使用/服役状态下的屈曲极限状态(serviceability buckling limit state)，适用于主要支撑构件，如桁材、主肋骨和强横梁的腹板、肋板和肘板等；加筋板格极限强度校核基于结构坍塌的失效模式，针对结构最大承载力极限状态(ultimate limit state)，适用于大面积的加筋板格，如船壳板中的甲板、舷侧板、船底结构，以及舱壁结构中的加筋板结构等。对于加筋板格，校核时可先按 7.2 进行基本板格屈曲校核。不满足要求者，若符合上述结构坍塌失效模式的适用条件，可按 7.3 进行加筋板格的极限强度校核

7.1.3 本节屈曲/极限强度校核中板的净厚度应扣除标准减薄厚度，但不包括船东要求的额外增加厚度。标准减薄厚度应取为：对钢材：0.5mm；对铝材：0.25mm。本节有关扣除标准减薄厚度的要求，仅适用于本节的屈曲/极限强度校核。

7.1.4 符号和定义

t_p ——板格净厚度，mm；

h_w ——纵骨、加强筋或扶强材腹板高度，mm；

t_w ——纵骨、加强筋或扶强材腹板净厚度，mm；

b_f ——纵骨、加强筋或扶强材面板宽度，mm；

t_f ——纵骨、加强筋或扶强材面板净厚度，mm，对球扁钢，可用球的平均净厚度；

s ——板格的短边长度，mm。取纵骨、加强筋或扶强材间距；

l ——板格的长边长度，mm；加筋板格取纵骨、加强筋或扶强材的计算跨距，mm；

x ——定义为板格长边轴向；

y ——定义为板格短边轴向；

E ——材料弹性模量，对钢： $E=2.06 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ，对铝合金： $E=0.70 \times 10^5 \text{ N/mm}^2$ ；

ν ——材料泊松比， $\nu=0.3$ ；

σ_{sw} ——材料焊接后的屈服强度， N/mm^2 ，对铝材，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；对钢材，取 $\sigma_{sw}=\sigma_s$ 。且 σ_{sw_p} 和 σ_{sw_s} 分别为板材和加强筋的 σ_{sw} ；

$$\tau_s = \frac{\sigma_{sw}}{\sqrt{3}} ;$$

k_x ——短边受压及弯曲的屈曲系数,按表 7.2.2.1.1(1)计算。若应力基于有限元方法得出,其值一般可取 4.0;

k_y ——长边受压及弯曲的屈曲系数,按表 7.2.2.1.1(1)计算。若板格之间沿短边轴向压力变化较大时,应先假定一个与实际应力情况偏差尽量小的沿长边的线性应力分布,再计入表 7.2.2.1.1 (1) 中计算;

k_t ——剪切屈曲系数,按表 7.2.2.1.1 (1) 计算;

C_1 、 C_2 ——边界约束系数,见表 7.2.2.1.1(2);

$$\beta \text{——板条梁细长比系数, } \beta = \frac{s}{t_p} \sqrt{\frac{\sigma_{sw}}{E}}$$

σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy} ——为任一正常使用状态的相同工况下,基本板格 x 轴、 y 轴向压应力及 x - y 平面内剪切应力计算值, N/mm^2 。计算时取板格中所有板单元形心处的中面应力值(膜应力)的平均值(受压为负)计入。若 σ_x 、 σ_y 计算之值大于零时,该应力取为零;

σ_{x_max} 、 σ_{y_max} 、 τ_{xy_max} ——为任一极限状态的相同工况下,加筋板格 x 轴、 y 轴向压应力及 x - y 平面内剪切应力计算之最大值, N/mm^2 , 计算时的取值方法同 σ_x 、 σ_y 、 τ_{xy} ;

$$\sigma_e \text{——板格承受的 Von Mises 相当应力, } \sigma_e = \sqrt{\sigma_x^2 - \sigma_x \sigma_y + \sigma_y^2 + 3\tau_{xy}^2}, \text{ N/mm}^2;$$

σ_{xcr_e} 、 σ_{ycr_e} 、 τ_{cr_e} ——分别为板格在单轴应力作用下的 x 轴、 y 轴的弹性临界屈曲压应力和 x - y 平面内临界屈曲剪应力, 见 7.2.2.1.1 中(1)、(2)和(3);

σ_{xcr} 、 σ_{ycr} 、 τ_{cr} ——分别为板格在单轴应力作用下的 x 轴、 y 轴的临界屈曲压应力和 x - y 平面内剪切临界屈曲应力, N/mm^2 , 见 7.2.2.1.2;

σ_{xu} 、 σ_{yu} 、 τ_{xyu} ——分别为加筋板格板在单轴应力作用下的 x 轴、 y 轴的极限压应力和极限剪切应力, N/mm^2 , 见 7.3.2.1。

σ_{a_max} ——纵骨、加强筋或扶强材极限状态下的最大轴向压应力, N/mm^2 ;

σ_{b_max} ——纵骨、加强筋或扶强材极限状态下的最大弯曲应力, N/mm^2 , 见 7.3.3.2;

p_{max} ——加筋板格极限状态下承受的最大侧向均布载荷, N/mm^2 ;

σ_{cr_a} ——纵骨、加强筋或扶强材的临界屈曲压应力, N/mm^2 , 见 7.3.3.2;

P_{max} ——板格所受的均布载荷(从有限元模型中读取,且板格内外两面同时受到压力作用时,应取其压力差值), N/mm^2 。

7.2 基本板格屈曲校核

7.2.1 对于承受可能引起正常使用状态下屈曲失效作用的平板板材结构,应按本指南中 7.2 所述方法校核板格的屈曲强度。

7.2.2 本节中的“基本板格”系指除周界以外,域中无任何骨材和加强构件的那一部分板材,如结构的板格、主要支撑构件的高腹板、船底肋板,以及大的加强肘板等;在板格的屈曲计算中,仅考虑矩形板格。

7.2.2.1 板格屈曲校核

7.2.2.1.1 临界屈曲应力的求解

(1) 短边受压板格弹性临界屈曲应力 σ_{xcr_e} :

$$\sigma_{xcr_e} = k_x C_1 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{s}\right)^2 \quad \text{N/mm}^2$$

(2) 长边受压及弯曲板格弹性临界屈曲应力 σ_{ycr_e} :

$$\sigma_{ycr_e} = k_y C_2 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{s}\right)^2 \quad \text{N/mm}^2$$

(3) 受剪切板格弹性临界屈曲应力 τ_{cr_e} :

$$\tau_{cr_e} = k_t C_1 \frac{\pi^2 E}{12(1-\nu^2)} \left(\frac{t_p}{s}\right)^2 \quad \text{N/mm}^2$$

7.2.2.1.2 板格临界弹性屈曲应力的塑性修正

$$\sigma_{xcr} = \begin{cases} \sigma_{xcr_e} & \text{当 } \sigma_{xcr_e} \leq \frac{\sigma_{sw}}{2} \\ \sigma_{sw} \left(1 - \frac{\sigma_{sw}}{4\sigma_{xcr_e}}\right) & \text{当 } \sigma_{xcr_e} > \frac{\sigma_{sw}}{2} \end{cases}$$

$$\tau_{cr} = \begin{cases} \tau_{cr_e} & \text{当 } \tau_{cr_e} \leq \frac{\tau_s}{2} \\ \tau_s \left(1 - \frac{\tau_s}{4\tau_{cr_e}}\right) & \text{当 } \tau_{cr_e} > \frac{\tau_s}{2} \end{cases}$$

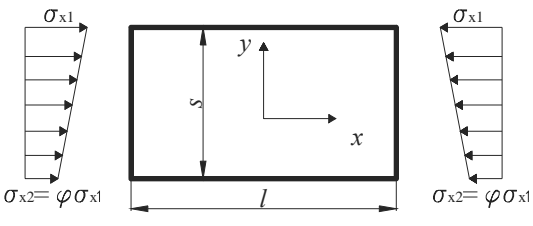
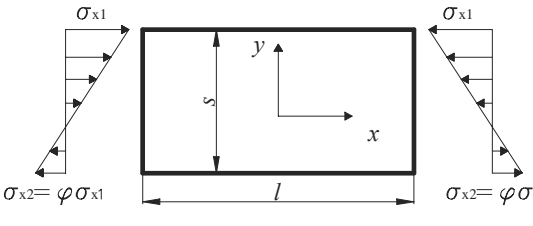
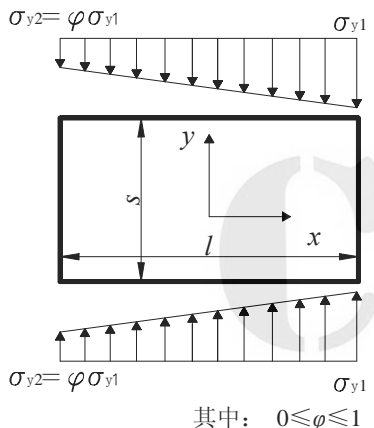
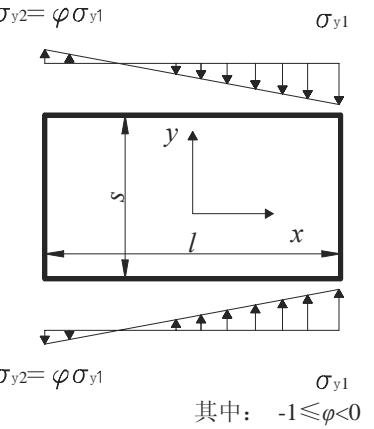
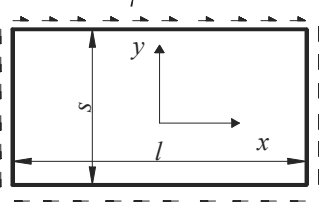
7.2.2.1.3 板格屈曲强度衡准

$$\left(\frac{\sigma_x}{\sigma_{xcr}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_y}{\sigma_{ycr}}\right)^2 + \left(\frac{\tau_{xy}}{\tau_{cr}}\right)^2 \leq 1$$

CCS

板格屈曲系数

表 7.2.2.1.1(1)

板格受压及弯曲和剪切力学模型		屈曲系数
短边受压	 <p>其中: $0 \leq \phi \leq 1$</p>	$k_x = \frac{8.4}{\phi + 1.1}$
	 <p>其中: $-1 \leq \phi < 0$</p>	$k_x = 7.6 - 6.4\phi + 10\phi^2$
长边受压	 <p>其中: $0 \leq \phi \leq 1$</p>	$k_y = \left[1 + \left(\frac{s}{l} \right)^2 \right]^2 \frac{2.1}{\phi + 1.1}$
	 <p>其中: $-1 \leq \phi < 0$</p>	$k_y = 1.909(1 + \phi) \left[1 + \left(\frac{s}{l} \right)^2 \right]^2 - k_p \phi + 10\phi(1 + \phi) \left(\frac{s}{l} \right)^2$ <p>其中:</p> $k_y = \begin{cases} 24 \left(\frac{s}{l} \right)^2 & \frac{l}{s} \leq \frac{3}{2} \\ 2 + 16 \left(\frac{s}{l} \right)^2 + 8 \left(\frac{s}{l} \right)^4 & \frac{l}{s} > \frac{3}{2} \end{cases}$
边缘受剪		$k_t = 5.34 + 4 \left(\frac{s}{l} \right)^2$

板格边界约束系数 C_1 、 C_2

表 7.2.2.1.1(2)

边界情况	C_1	C_2	
		位于双层底或双壳或双层甲板之间	其他位置
角钢或 T 型扶强材	1.1	1.3*	1.2
扁钢或球扁钢、板材、扶强材腹板	1.0	1.2*	1.1

注：“*”适用于板格短边由刚性较强结构支持的情况，如船底板、内底板、舷侧外板、内壳板、双层底实肋板/桁材、舷侧桁材、双层甲板等。

7.2.3 对于支持基本板格的扶强材(加筋骨材)的屈曲强度校核，按本规范第 4 章第 9 节的相应规定。

7.3 加筋板格极限强度校核

7.3.1 加筋板格的极限强度校核由板格的极限强度校核和加强筋(纵骨、小横梁或舱壁扶强材)的极限强度校核两个部分组成。

7.3.2 板格的极限强度校核

7.3.2.1 板格的极限强度应满足下式要求：

$$\left(\frac{\sigma_{x_max}}{\sigma_{xu}}\right)^2 + \left(\frac{\sigma_{y_max}}{\sigma_{yu}}\right)^2 - \eta\left(\frac{\sigma_{x_max}}{\sigma_{xu}}\right)\left(\frac{\sigma_{y_max}}{\sigma_{yu}}\right) + \left(\frac{\tau_{xy_max}}{\tau_{xyu}}\right)^2 + \xi \frac{p_{max}}{\sigma_{sw_p} t_p} \left(\frac{s}{l}\right)^2 \times 10^{-4} \leq 1$$

式中： $\sigma_{xu} = \sigma_{sw} \frac{b_{eff_x}}{s}$ ，且取值不小于 σ_{xcr} ；

$\sigma_{yu} = \sigma_{sw} \frac{b_{eff_y}}{l}$ ，且取值不小于 σ_{ycr} ；

$$\tau_{xyu} = \tau_{cr} + \left[0.5(\sigma_{sw} - \sqrt{3}\tau_{cr}) / \sqrt{1 + \frac{l}{s} + \left(\frac{l}{s}\right)^2} \right]，\text{且取值不小于 } \tau_{cr}；$$

b_{eff_x} ——后屈曲状态下板格 x 方向的有效宽度，mm， $b_{eff_x} = C_\beta s$

$$C_\beta = \begin{cases} \frac{2.25}{\beta} - \frac{1.25}{\beta^2} & \text{当 } \beta \geq 1.25 \\ 1.0 & \text{当 } \beta < 1.25 \end{cases}$$

b_{eff_y} ——后屈曲状态下板格 y 轴的有效宽度，mm，按下式计算，且取值不大于 l ：

$$b_{eff_y} = C_\beta s + 0.115l \left(1 - \frac{s}{l}\right) \left(1 + \frac{1}{\beta^2}\right)^2；$$

η ——纵向应力和横向应力的相关系数， $\eta = 1.5 - \frac{\beta}{\chi}$ 错误！未找到引用源。，且其值可

小于零；

χ ——系数，对扁钢：1.8；对球扁钢：3.6；对角钢：6.9；对 T 型材：10.0；

ξ ——系数，对 T 型材：1.2；对其他剖面型材：2.0。

7.3.2.2 对于单独或与面内应力组合模式的板格极限强度校核，承受的最大均布侧向载荷 p_{max} ，还应满足下式要求：

$$p_{max} \leq p_u \quad \text{N/mm}^2$$

式中： p_u ——加筋板格承受的均布侧向载荷极限值， N/mm^2 ，按下式计算：

$$p_u = 4\sigma_{sw} \left(\frac{t_p}{s} \right)^2 \left(1 + \left(\frac{s}{l} \right)^2 \right) \sqrt{1 - \left(\frac{\sigma_e}{\sigma_{sw}} \right)^2}$$

7.3.3 加强筋的极限强度校核

7.3.3.1 加强筋的极限强度校核由梁柱屈曲模式校核和扭转屈曲模式校核两个部分组成。

7.3.3.2 极限强度状态下，纵骨/加强筋的梁柱屈曲模式应满足下式要求：

$$\frac{\sigma_{a_max}}{\phi_c \sigma_{cr_a} \frac{A_{eff}}{A}} + \frac{m\sigma_{b_max}}{\phi_c \sigma_{sw_s}} \leq 1$$

式中： ϕ_c ——系数，对扁钢：0.7；对球扁钢：0.80；对角钢和T型材：0.75；

σ_{cr_a} ——纵骨、加强筋或扶强材的临界屈曲应力， N/mm^2 ，按下式计算：

$$\sigma_{cr_a} = \begin{cases} \sigma_{aE} & \text{当 } \sigma_{aE} \leq \frac{\sigma_{sw}}{2} \\ \sigma_{sw} \left(1 - \frac{\sigma_{sw}}{4\sigma_{aE}} \right) & \text{当 } \sigma_{aE} > \frac{\sigma_{sw}}{2} \end{cases}$$

σ_{aE} ——纵骨、加强筋或扶强材的理想弹性屈曲应力， N/mm^2 ， $\sigma_{aE} = \frac{\pi^2 E}{(l/r_{eff})^2}$

错误！未找到引用源。其中： r_{eff} ——有效面积 A_{eff} 的惯性半径，mm；

A_{eff} ——梁柱模型的有效面积， mm^2 ， $A_{eff} = A_s + b_{eff-x} t_p$ ；

错误！未找到引用源。 A_s ——不包括带板的纵骨、加强筋或扶强材剖面面积， mm^2 ；

A ——梁柱模型总面积， mm^2 ， $A = A_s + st_p$ ；

m ——放大系数， $m = \frac{1}{(1 - \sigma_{a_max}/\sigma_{aE})}$ ，且取值不小于1.0；

σ_{b_max} ——纵骨、加强筋或扶强材极限状态下的弯曲应力， N/mm^2 ， $\sigma_{b_max} = \frac{M_{max}}{W_{eff}}$ ；

M_{max} ——极限状态下侧向载荷引起的纵骨、加强筋或扶强材的最大弯矩，按下式计算：

$$M_{max} = \frac{c_m P_{max} S l^2}{24} \times 10^{-3} \quad N \cdot mm$$

c_m ——弯矩调整系数，可取为0.75；

W_{eff} ——计入有效带板宽度 b_{eff} 的纵骨、加强筋或扶强材在翼缘处的剖面模数， mm^3 ；

7.3.3.3 极限强度状态下，纵骨、加强筋或扶强材的扭转屈曲模式应满足下式要求：

$$\frac{\sigma_{a_max}}{\phi \sigma_{cr_t} \frac{A_{eff}}{A}} \leq 1$$

式中： ϕ ——系数，对扁钢：0.55；对球扁钢：0.80；对角钢：0.85；对T型材：1.0；

A_{eff} 和 A ——同7.3.3.2；

σ_{cr_t} ——纵骨、加强筋或扶强材的临界扭转屈曲应力， N/mm^2 ，按下式计算：

$$\sigma_{cr_t} = \begin{cases} \sigma_{ET} & \text{当 } \sigma_{ET} \leq \frac{\sigma_{sw}}{2} \\ \sigma_{sw} \left(1 - \frac{\sigma_{sw}}{4\sigma_{ET}} \right) & \text{当 } \sigma_{ET} > \frac{\sigma_{sw}}{2} \end{cases}$$

σ_{ET} ——包括带板的纵骨、加强筋或扶强材的理想弹性扭转屈曲应力， N/mm^2 ，按下式计算：

$$\sigma_{ET} = \frac{\frac{K}{2.6} + \left(\frac{n\pi}{l}\right)^2 \Gamma + \frac{C_0}{E} \left(\frac{l}{n\pi}\right)^2}{I_0 + \frac{C_0}{\sigma_{cl}} \left(\frac{l}{n\pi}\right)^2} E$$

其中： K ——剖面的圣维南扭转常数(不包括带板)， mm^4 ，

$$K = \frac{b_f t_f^3 + h_w t_w^3}{3}$$

I_0 ——纵骨、加强筋或扶强材与板连接处的剖面极惯性矩(不包括带板)， mm^4 ；

$$I_0 = I_y + \gamma I_z + A_s (y_0^2 + z_0^2)$$

I_y 、 I_z ——纵骨、加强筋或扶强材分别关于 y 、 z 轴的惯性矩(不包括带板)，见图 7.3.3.3：

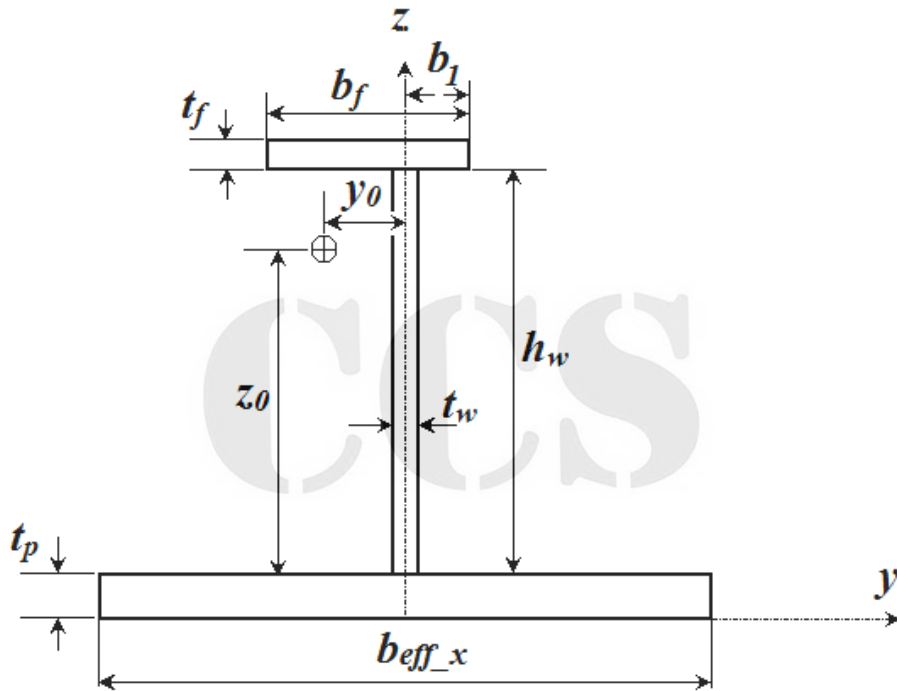


图 7.3.3.3 加筋板组合剖面特征

$$\gamma = 1.0 - u \left(0.7 - 0.1 \frac{h_w}{b_f} \right);$$

$$u \text{——非对称系数, } u = 1.0 - 2 \frac{b_1}{b_f};$$

y_0 ——纵骨、加强筋或扶强材的中心与腹板中心线之间的水平距离， mm ；

z_0 ——纵骨、加强筋或扶强材的中心与腹板趾端之间的垂直距离， mm ；

b_1 ——以腹板中心线为基点的翼板/面板外伸尺寸(取较短一边的尺度)， mm ；

$$C_0 = \frac{E t_p^3}{3s};$$

$$\Gamma \text{——翘曲常数, } \text{mm}^6, \Gamma = \gamma I_{yf} h_w^2 + \frac{h_w^3 t_w^3}{36},$$

其中：
$$I_{yf} = \frac{t_f b_f^3}{12} \left(1.0 + 3.0 \frac{u^2 h_w t_w}{A_s} \right), \text{ mm}^4;$$

σ_{cl} ——与 n 个半波相对应的临界屈曲应力(包含带板), N/mm^2 , 按下式计算:

$$\sigma_{cl} = \frac{\pi^2 E \left(\frac{n}{\alpha} + \frac{\alpha}{n} \right)^2 \left(\frac{t_p}{s} \right)^2}{12(1-\nu^2)}$$

其中： $\alpha = \frac{l}{s}$;

n ——产生 σ_{ET} 最小值的半波数, 可通过试算确定。

CCS