

指导性文件
GUIDANCE NOTES
GD01 — 2004

中国船级社

小水线面双体船建造指南

Guidelines for Construction of Small
Waterplane Area Twin Hull Craft

2004

第1章 通 则

第1节 一般规定

1.1.1 一般要求

1.1.1.1 除另有规定外,本指南适用于满足下式要求的小水线面双体船:

$$\text{最大航速} \quad V \geq 7.0^{1667} \quad \text{m/s}$$

式中: V ——船舶处于最大营运重量状态,以核定的最大持续推进功率,在静水中航行能达到的速度;

——设计水线对应的排水体积, m^3 。

1.1.1.2 对最大航速不满足上述 1.1.1.1 要求的小水线面双体船,其船体结构强度可参照本社《钢质海船入级与建造规范》的相应要求,其中对连接桥强度及船体结构强度有限元分析要求可参照本指南第2章的相应规定。

1.1.1.3 满足上述 1.1.1.1 要求的小水线面双体船,其营运水域应不超过近海航区营运限制。

1.1.1.4 本指南未规定者,应符合本社《海上高速船入级与建造规范》及其修改通报的有关规定。

1.1.1.5 小水线面双体船的法定要求应符合船旗国主管机关的相应规定。

1.1.2 等效与免除

1.1.2.1 除另有规定外,对计算方法、评定标准、制造程序、材料、检验和试验方法等,凡能提供必需的试验、理论依据或使用经验,或有效公认的标准等,经本社同意后,可等效于或替代本指南要求的内容。

1.1.3 图纸资料与附加标志

1.1.3.1 送审的图纸资料目录除按照本社《海上高速船入级与建造规范》及其修改通报的有关规定外,尚应提交以下图纸资料:

- (1) 纵向运动稳定性计算书(或模型试验验证资料);
- (2) 船体结构直接计算资料(按第2章 2.3.1.4 的要求)。

1.1.3.2 凡申请入本社船级并符合本指南要求的小水线面双体船,可加注船舶类型附加标志 Small Waterplane Area Twin Hull。

1.1.4 定义

1.1.4.1 小水线面双体船(SWATH):系指为改善耐波性,减少兴波阻力,将双体船的片体在水线处缩小形成狭长流线型截面的双体船。其主船体由连接桥结构连接左右两个片体组成。每一片体包括上船体、支柱体和下潜体。

1.1.4.2 连接桥结构:系指连接左右两片体的甲板结构。

1.1.4.3 湿甲板:系指连接桥结构的最下暴露表面结构。

1.1.4.4 上船体:系指包括主甲板及以下至支柱体以上的结构。

1.1.4.5 支柱体:系指上船体以下至下潜体以上在设计水线面附近的狭长垂直结构,其截面呈扁薄,首尾端为流线型。

支柱体有多种形式,根据每一片体所拥有的支柱体数量,分别称为单支柱体或双支柱体等。

1.1.4.6 下潜体:系指连接在支柱体下面沉浸在水下的圆形或类似椭圆形的鱼雷状结构。

1.1.4.7 船长 L (m):系指船舶静浮于水面时,其刚性水密船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。

1.1.4.8 船宽 B (m):系指刚性水密船体的最大型宽,不包括设计水线处及以下的附体。

1.1.4.9 水线宽 B_{wl} (m):系指船舶静浮于水面时,沿设计水线处量得支柱体的最大型宽之和。

1.1.4.10 下潜体宽 B_{lh} (m):系指单个下潜体的最大型宽。

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

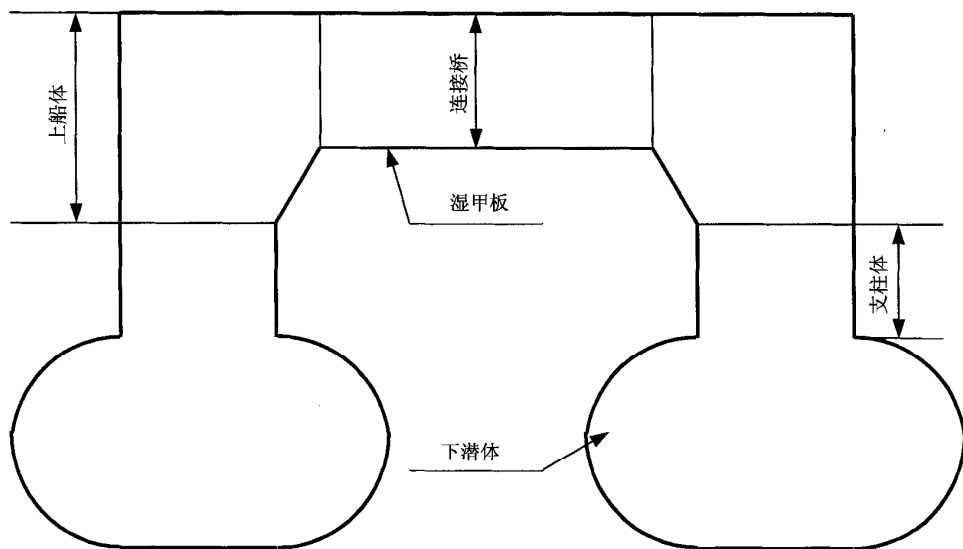
1.1.4.12 吃水 d (m):系指船舶静浮于水面时,沿设计水线在船中处量得的刚性水密船体的型吃水。

1.1.4.13 满载排水量 (t):系指船舶满载出港状态静浮时的排水量,通常等于最大营运重量。

1.1.4.14 方形系数 C_b :系指按下式算得的船型系数:

$$C_b = \frac{V}{2 \times 1.025 L B_{lh} d}$$

主甲板



典型横剖面示意图

第2章 船体结构

第1节 一般规定

2.1.1 一般要求

2.1.1.1 船体结构应能承受船舶在整个服役期间所中遭遇的最大外力。

2.1.2 设计垂向加速度

2.1.2.1 船舶重心处的设计垂向加速度 a_{cg} 应由船东或设计部门提供,一般可取为重心处 1/100 最大加速度的平均值。 a_{cg} 也可根据模型试验或运动分析结果来取,设计部门还可自行调整,但对客船 a_{cg} 一般不应超过 1.0 g,对货船 a_{cg} 一般不应超过 1.2 g,对公务艇(用于执行水上公务的工作艇,如巡逻艇、缉私艇、海监艇等),可根据船东或设计部门的需要,选择合理的 a_{cg} 值。

2.1.2.2 船舶重心处的设计垂向加速度 a_{cg} 与该船营运限制规定的有义波高 $H_{1/3}$ 及在该波高下对应的航速 V_H 三者的关系如下:

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

式中: K_T ——船舶类型系数,取 0.8;

L ——船长, m;

B_{WL} ——设计水线处各片体最大型宽之和, m;

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;其最大值 $H_{1/3 \max}$ 应不大于下列规定值:

$H_{1/3 \max} = 6.0 \text{ m}$ 近海航区营运限制;

$H_{1/3 \max} = 4.0 \text{ m}$ 沿海航区营运限制;

$H_{1/3 \max} = 2.0 \text{ m}$ 遮蔽航区营运限制;

$H_{1/3 \max} = 1.0 \text{ m}$ 平静水域营运限制;

——船体重心处横剖面的船底斜升角($^\circ$),对圆弧底剖面见图 2.1.2.2,取 $\alpha_{\max} = 30^\circ$,
 $\alpha_{\min} = 10^\circ$;

——满载排水量 t 。

2.1.2.3 将最终的 a_{cg} 取值代入上述 2.1.2.2 所列公式,推算出船在设计航区营运限制下的若干组 $H_{1\beta} \sim V_H$ 的对应值,绘成 $H_{1\beta} \sim V_H$ 曲线,该曲线应记录在“船舶操纵手册”中,并另行制成标牌固定展示在驾驶室内。

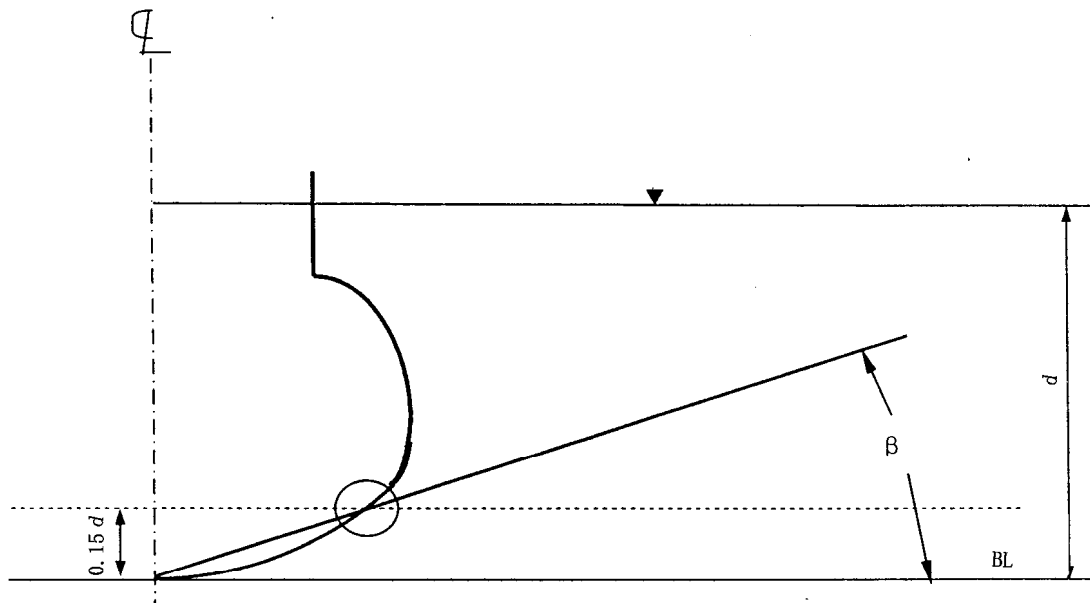


图 2.1.2.2

2.1.3 船底压力

2.1.3.1 “船底”系指下潜体最宽处的以下部分船体,通常指椭圆或圆柱体的下半体。

2.1.3.2 船底压力 P_{sl} 由下式确定:

$$P_{sl} = 1.16 K_{\parallel} \left[\frac{1}{A} \right]^{0.3} a_{cg} d \quad \text{kN/m}^2$$

式中: K_{\parallel} ——纵向压力分布系数。船中前取 $K_{\parallel} = 1$, 尾端取 $K_{\parallel} = 0.5$, 尾端与船中之间用线性插值法求得;

A ——受力点计算面积, m^2 ;

对板的计算面积取板格的承载面积,且 $A \geq 2.5 S^2$; 其中 S 为骨材间距, m ;

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

d ——吃水, m ;

——满载排水量, t ;

a_{cg} ——设计垂向加速度, m/s^2 , 按本节 2.1.2.1 取值。

2.1.3.3 船底压力应不小于按本节 2.1.5.1 确定的对应位置处的舷侧压力。

2.1.4 连接桥湿甲板压力

2.1.4.1 连接桥湿甲板的压力 P_{wd} 由下式确定：

$$P_{wd} = 0.75 K_2 \left[\frac{1}{A} \right]^{0.3} a_{cg} \quad \text{kN/m}^2$$

式中： K_2 ——纵向压力分布系数，船中前取 $K_2 = 3.0$ ，尾端取 $K_2 = 0.8$ ，尾端与船中之间用线性插值法求得；

、 A 、 a_{cg} ——同本节 2.1.3.2。

2.1.4.2 连接桥湿甲板压力应不小于按本节 2.1.5.1 确定的对应位置处水线以上舷侧压力。

2.1.5 舷侧和露天甲板压力

2.1.5.1 舷侧包括下潜体(圆柱体或椭圆体)的上半部分和支柱体、上船体结构，其压力 P_s 由下式确定：

$$P_s = 9.81 h + 0.15 P_d \quad \text{kN/m}^2$$

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

——海水密度；

P_d ——该处船底的压力，见本节 2.1.3.2。

2.1.5.2 露天甲板压力 P_d 由下式确定：

$$P_d = K_8 (0.2 L + C) \quad \text{kN/m}^2$$

式中： K_8 ——纵向压力分布系数，船中前取 $K_8 = 1.0$ ，尾端取 $K_8 = 0.75$ ，尾端与船中之间用线性插值法求得；

L ——船长， m ；

C ——航区系数：

$C = 7.6$ 近海和沿海航区营运限制；

$C = 4.6$ 遮蔽和平水航区营运限制。

2.1.6 上层建筑和甲板室的计算压力

2.1.6.1 上层建筑和甲板室的计算压力 P_{sd} 除满足《海上高速船入级与建造规范》的要求外，还应满足下列要求：

(1) 对第一层上层建筑和甲板室前端壁的最小计算压力 P_{\min} 应不小于按本节 2.1.5.2 确定的船中前露天甲板的计算压力；

(2) 上层建筑和甲板室的其他外围壁及顶甲板的最小计算压力 P_{\min} 应不小于 4.0 kN/m^2 。

第 2 节 船体结构的构件尺寸

2.2.1 一般要求

2.2.1.1 小水线面双体船的结构尺寸除满足《海上高速船入级与建造规范》的要求外,还应满足下列要求：

(1) 平板龙骨的宽度应不小于 500 mm ,厚度应不小于该位置处的船底板厚度,其最小板厚 t_{\min} 与双体船要求相同；

(2) 连接桥湿甲板与内舷侧交叉区域的板厚与构件尺寸应根据有限元计算结果并考虑疲劳予以加强。

第 3 节 直接计算

2.3.1 一般要求

2.3.1.1 本节规定适用于小水线面船体结构强度有限元评估分析。结构分析应使用公认的结构有限元计算程序。

2.3.1.2 对于首制小水线面船一般应进行船舶整体结构的强度分析。

2.3.1.3 对于连接桥结构尤其内舷侧湿甲板区域应进行局部强度有限元评估分析。

2.3.1.4 送审文件

(1) 计算中所依据的图纸及目录；

(2) 计算分析报告应至少包括以下内容：

计算模型的详细说明(包括结构模型范围及模型化方法、边界条件、计算基本工况及荷载组合等)和结构计算模型图；

对于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,并需经本社同意;

各个组合工况下的计算结果(包括整体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、构件最大应力汇总表以及计算总结);

5 若结构需作修改,应提交修改后的分析计算报告。

(3) 应提交计算数据的磁介质文件或电子文本文件。

2 3 2 结构模型

2 3 2.1 模型范围

(1) 整体结构的有限元模型应包含整个船体结构。模型中包括船体外板、横舱壁、甲板和抗扭箱等结构。

(2) 如以连接桥为分析对象,用于二维分析的模型对象应包含连接桥及其内舷侧湿甲板区域结构;用于三维分析的模型对象应包括整个船长范围内的上述内容,且片体上离连接桥较远部分的纵向结构可视情况模拟为等值梁。

2 3 2.2 单元

(1) 可按板单元、梁单元和杆单元等模拟真实结构。如片体为横骨架式时,横向强框架间的肋骨可等效在最为靠近的外板单元网格的边界上,且模拟为梁单元;

(2) 板壳单元的长宽比一般应控制在 3 以内;

(3) 曲面的船壳板可用平板单元模拟。

2 3 3 边界条件

2 3 3.1 对于全船模型分析,船体结构模型在各外力的作用下应处于平衡状态,因此边界支点符合以下要求:

(1) 支点反力应尽可能为零;

(2) 对整体模型的刚体移动进行约束。

应特别注意由于边界条件的原因而额外产生的应力和变形对计算结果的影响。

2 3 3 2 应按结构适时工况的受力变形及对称性确定边界条件。为最大限度减少对全船、连接桥及其相应结构的影响 ,建议全船模型在纵、横弯矩的作用下按表 2 3 3 2(1) 及图 2 3 3 2(1)设置边界支点及约束条件 ;在纵、横扭矩的作用下按表 2 3 3 2(2)及图2 3 3 2(2)设置边界支点及约束条件 (支点 C' 为支点 C 的替代)。也可采用其他的合适方法 ,但应能正确表征上述分析对象的结构响应。

边界支点设置——适用于整船纵向和横向弯曲的分析 表 2 3 3 2(1)

自由度 支点	X	Y	Z	x	x	x
A	Cons .	Cons .	Cons .	——	——	——
B	——	Cons .	Cons .	——	——	——
C(C')	——	—— (Cons .)	Cons . (——)	——	——	——

其中 : Cons . : 固定 ;
 —— : 自由 , 以下同。

- 另外 :1) A、B、C' 组合也可用于纵、横扭转工况 ;
 2) 纵向弯曲工况时 ,若 Z 向力系不平衡 ,则可引起支点 A、B 处的附加支座反力 ,此时应忽略 A、B 处的结果 (该工况仅用于考察船中区域)。

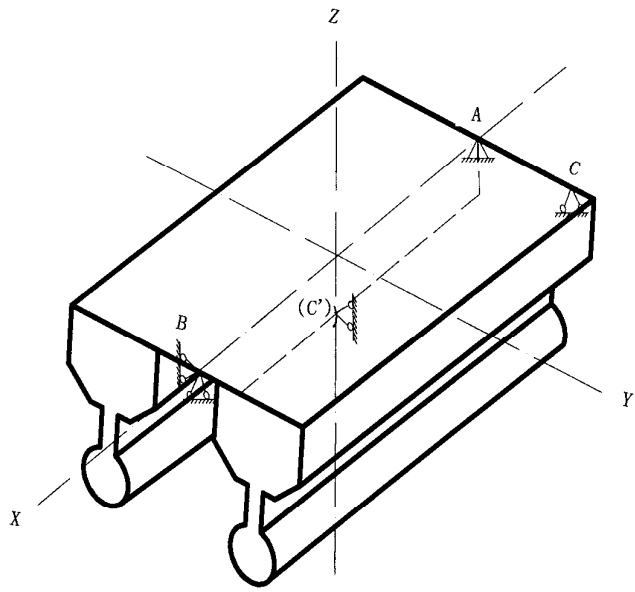


图 2 3 3 2(1)

自由度 支点	X	Y	Z	x	x	x
A	Cons .	Cons .	Cons .	—	—	—
B	Cons .	—	Cons .	—	—	—
C(C')	— (Cons .)	—	Cons . (—)	—	—	—

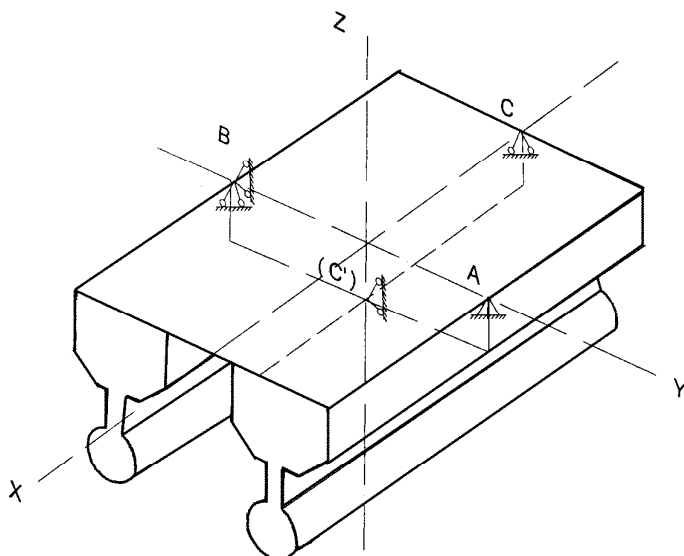


图 2 3 3 2(2)

2 3 4 载荷及组合工况

2 3 4 1 应对小水线面船的运动响应进行专门分析求得波浪载荷。分析应计及双船体之间的水动力相互作用。如用切片理论、运动和载荷分析模型中应至少包括 20 站。

2 3 4 2 波浪载荷可由船模试验得到。若波浪载荷由程序计算得出,则该程序应经本社认可。

2 3 4 3 在设计阶段,若无其他合适资料,可使用 2 3 4 6 所述设计载荷进行估算。本章中给出的估算载荷一般情况下适用于大多数典型的船型,而非适用于所有的船型,且有资料表明这些载荷中的某些值通常偏大。因此,较为精确的载荷确定应基于上述 2 3 4 1 和/或 2 3 4 2。在考虑载荷时,应注意波浪诱导的两个片体之间的不同步纵摇扭矩/横扭力矩和横向力矩是引起上下船体连接处发生扭曲和应力集中的主要原因。

2 3 4 4 在分析中建议至少考虑以下组合工况：

M_h ；

M_s ；

F_y (向外)；

5 F_y (向内)；

0 8 $M_h + 0 6 M_P$ ；

0 8 $M_s + 0 6 M_P$ ；

0 6 $M_h + 0 8 M_P$ ；

0 6 $M_s + 0 8 M_P$ ；

0 8 F_y (向外) + 0 6 M_P ；

0 8 F_y (向内) + 0 6 M_P ；

璦 0 6 F_y (向外) + 0 8 M_P ；

璦 0 6 F_y (向内) + 0 8 M_P ；

其中： M_h 、 M_s 见 2 3 4 6(1)；

F_y 见 2 3 4 6(2)；

M_P 见本节 2 3 4 6(3)；

、5 工况也可用平面模型分析。

2 3 4 5 对于船长小于 50 m， L/D 小于 12，且船体结构满足本社《海上高速船入级与建造规范》第 2 章第 5 节或第 6 节或第 7 节的局部强度要求，则可仅校核连接桥强度，且组合工况改为：

F_y (向外)；

F_y (向内)；

M_P ；

5 0 8 F_y (向外) + 0 6 M_P ；

0 8 F_y (向内) + 0 6 M_P ；

0 6 F_y (向外) + 0 8 M_P ；

0 6 F_y (向内) + 0 8 M_P ；

其中： F_y 、 M_P 同 2 3 4 4；

、 工况也可用平面模型分析。

2 3 4 6 本条给出适用于设计初步阶段的估算载荷，其中，涉及 a_{cg} 的计算应按本社《海上高速船入级与建造规范》第 2 章第 4 节的相关规定，且取值不小于 $1 0 g$ ($g=9 81 m/s^2$)：

(1) 纵向中拱(垂)弯矩——纵向中拱(垂)弯矩值 M_h 、 M_s 取本社《海上高速船入级与建造规范》第 2 章 2 8 3 中的总纵弯矩和等效概率水平的水动力载荷直接计算结果的较大者。

(2) 横向对开力——横向对开力 F_y 应取向外和向内的对开力作为两种独立的工况分别计入,且应不小于按下列计算所得之值,该力作用点位置如图 2 3 4 6 所示:

$$F_y = 57 C_1 d^{2.8} \alpha_1 \alpha_2 \quad \text{kN} \quad L < 50 \text{ m}$$

式中： C_1 —— 系数,由本社《海上高速船入级与建造规范》第2章表 2 8 6 中查得；

d ——吃水, m；
 ——满载排水量 t ；

α_1 、 α_2 ——系数,计算如下：

$$\alpha_1 = 1.55 - 0.75 \tanh(\quad/11000)$$

$$\alpha_2 = 0.75 + 0.35 \tanh(1.64 L_{WL}^{-1.8} - 6.0)$$

其中： L_{WL} ——支柱水线面处长度, m；
 y ——水线至连接桥结构剖面中和轴之距, m,见图 2 3 4 6。
 若 $L \geq 50 \text{ m}$,横向对开力的计算方法另行考虑。

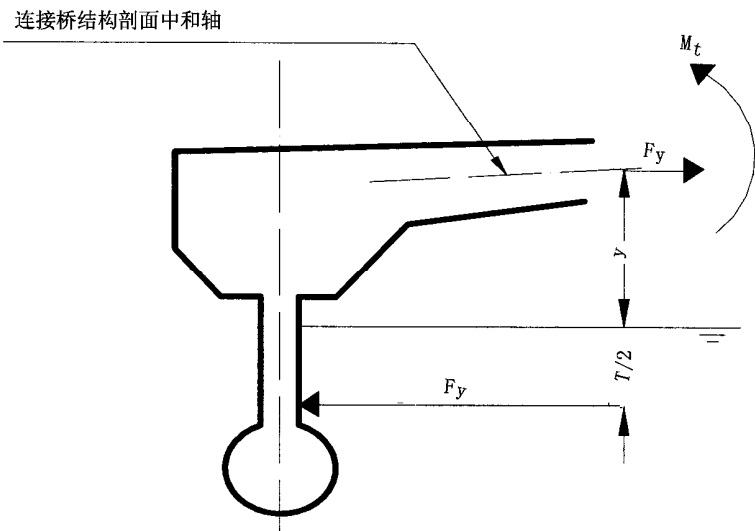


图 2 3 4 6

(3) 两个片体之间的不同步纵摇扭矩——不同步纵摇扭矩 M_P ,为本社《海上高速船入级与建造规范》第2章 2 8 6 3 中“不同步纵摇扭矩 M_P ”的计算值与下列公式计算所得之大者：

$$M_1 = 0.25 a_{cg} b \quad \text{kN} \cdot \text{m}$$

式中： ——排水量 t ；
 a_{cg} ——设计垂向加速度 m/s^2 ；
 b ——片体中心线间距 m 。

M_p 可用均布线荷载 p 等效 ,见图 2 3 4 6(3)。也可采用其他合适方法等效 ,但应使其每边的前船体或后船体载荷的作用中心位置在 $l/4$ 处。

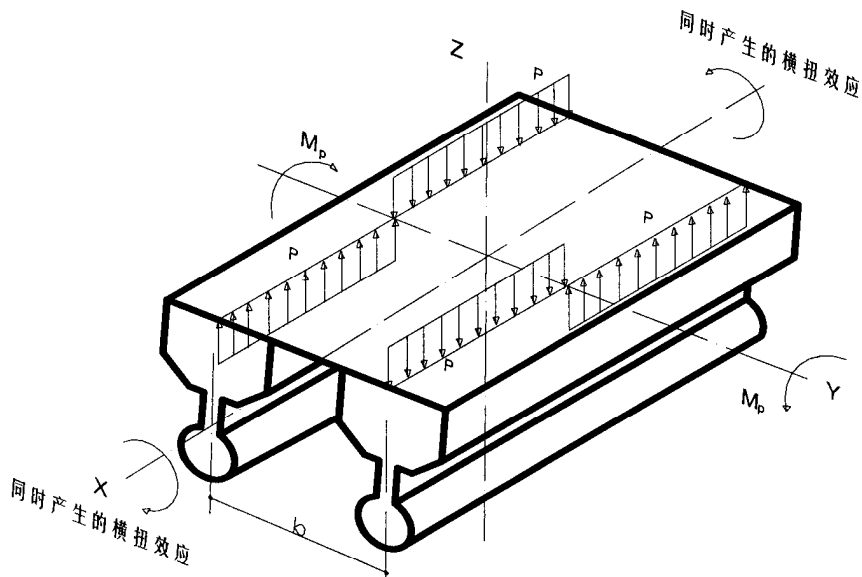


图 2 3 4 6(3)

2 3 5 许用应力

2 3 5 .1 许用应力一般按本社《海上高速船入级与建造规范》第 2 章 2 8 8 的规定。其中 ,在总体载荷作用下的船体梁和连接桥的许用应力按以下取用：

$$\begin{aligned} \text{许用弯曲应力} : [\sigma] &= 0.80 \sigma_{sw} \\ \text{许用剪切应力} : [\tau] &= 0.46 \sigma_{sw} \\ \text{许用相当应力} : [\sigma_e] &= 0.825 \sigma_{sw} \end{aligned}$$

其中： σ_{sw} —— 材料焊接后屈服强度 N/mm^2 ,见本社《海上高速船入级与建造规范》第 2 章第 5 节 2 5 .1 2 ；

[σ_e] ——相当应力, N/mm^2 , 定义如下:

$$[\sigma_e] = \sigma_x^2 + \sigma_y^2 - \sigma_x \sigma_y + 3\tau_{xy}^2$$

式中: σ_x ——平面应力状态下结构任一点 X 坐标方向的正应力, N/mm^2 ;

σ_y ——平面应力状态下结构任一点 Y 坐标方向的正应力, N/mm^2 ;

τ_{xy} ——平面应力状态下结构任一点 X 坐标方向的剪切应力, N/mm^2 。

2 3 5 2 稳定性校核一般按本社《海上高速船入级与建造规范》第 2 章第 9 节的规定。

2 3 5 3 在由剪力滞后效应控制的地方, 应力分布和应力集中应予以仔细考虑。应特别注意结构的不连续性或由于建模时的粗网格划分或简化处理引起的未被合适计入的剪力流区域。

2 3 5 4 在评估时, 应将结果同简化计算得出的主要结论进行对比分析。

2 3 5 5 在应力集中超出规范许用值的区域, 如开孔或其他结构不连续处, 应书面报告应力集中范围和对结构屈服的影响。

第3章 轮 机

第1节 一般规定

3.1.1 一般要求

3.1.1.1 本章未规定者,应符合本社《海上高速船入级与建造规范》及其修改通报的有关规定。

3.1.1.2 因受船舶固有特性(如形状、尺寸等)限制,布置上难以满足《海上高速船入级与建造规范》及其修改通报的有关规定者,经本社审定并确认为等效的其他布置,也可采用。

3.1.2 材料

3.1.2.1 用于管系的材料应与介质和系统所承担的用途相适应。通常,不锈钢不适用于海水系统。

3.1.2.2 露天甲板上的不锈钢管的强度应与钢管的强度相当。露天甲板上的空气管(钢管),其壁厚应满足下述要求,但可不必大于同材料的甲板厚度:

管子外径 80 mm 及以下	6.0 mm
管子外径 160 mm 及以上	8.5 mm

中间值可用内插法决定。

3.1.2.3 经认可的非金属材料管可用于下列服务系统:

- (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) 海水压载舱和淡水压载舱的空气管和测量管;
- (6) 不输送可燃液体的非重要管路。

3.1.2.4 非金属材料管的应用、布置、安装、试验等还应满足本社《钢质海船入级与建造规范》中有关要求。

3.1.3 阀的操纵

3 1 3 1 海水进、出口阀 ,舱底水阀 ,以及高于双层底舱的燃油舱和滑油舱上的阀 ,应布置成能就地机械手动操纵。

3 1 3 2 遥控操纵阀的动力源故障不应引起 :

(1) 关闭的阀开启 ;

(2) 开启的燃油舱上的阀、为推进服务的冷却水系统中的阀、动力源机械上的阀关闭。

3 1 3 3 控制站内应设有遥控操纵阀的阀位是开位或关位的指示装置 ,除遥控操纵外 ,倘若还要求直接手动操纵 ,阀的所在地应设有能观察阀位的措施。

3 1 3 4 海水进、出口阀 ,舱底水阀的遥控操纵应能不因其所处舱室进水而丧失功能。