

双体船的总体性能设计(续 1)

宋国华

3 线型特征

通观双体船的整个航速范围,片体线型与航速之关系,大致如图 26 所示,完全具有单体船线型的变化趋势^[17]。

具有最佳片体线型将意味着双体船阻力性能一定是优越的,尤其在 $F_n > 0.7$ 的高速双体船,极大部分是片体本身的阻力,片体线型设计至关重要。

低速双体船片体线型可选用优秀的单体船线型,通常是单桨线型。

中速双体船片体线型可选用瘦长的优秀单体船线型,通常是圆艏线型、组合线型(前体为圆艏,后体为折角)以及巡洋舰线型。

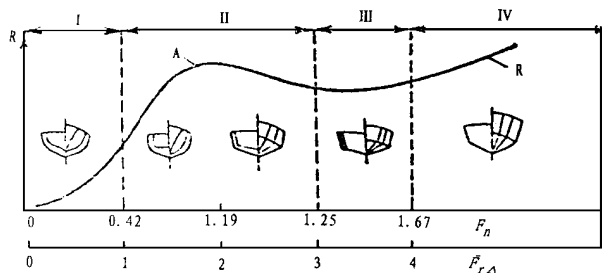


图 26 线型和航速的关系

A——阻力“峰”;R——阻力曲线;

I 圆艏线型-排水型航行状态

II 艏部为平底的圆艏型或艏部为尖底折角线型-过渡状态

III 尾部具有较小底升角的尖底线型-滑行状态

IV $F_n > 5$ 尖底纵级线型, 深 V 具有纵向断级-滑行状态

高速双体船片体线型更为丰富,有折角型、不对称型、组合型、W 型和深 V 型。

同样横剖面、排水量和船长下,双体船湿表面积比单体船大 44%,因此研究减小湿表面积具有重要意义。在同样排水量和船长下,半圆型横剖面或 $b/T = 2$ 及所有情况下 $b/\sqrt{A_\Phi} = 1.85$ 时具有最小湿表面积。图 28 中横剖面“2”比“1”湿表面积大 12%,“3”比“1”湿表面积大 67%。 A_Φ 为片体舭剖面面积^[11]。

低速双体船上是否采用球首将权衡“阻力”、“首

部抛锚”、“造价”三者之关系。

日本利用兴波阻力理论决定船型,适用范围为 $F_n = 0.25 \sim 0.35$ 。^[20]

高速双体船的首尾水线尤为重要,首水线主要影响兴波阻力,尾水线主要影响涡流阻力。首水线基本为直线,瘦削系数 $\varphi = \frac{L}{\sqrt{V_k}}$ 的增加,促使高速船兴

波阻力降低(L 为水线长, V_k 为片体排水体积)。在 $\varphi = 8 \sim 8.5$ 时,首部尖削角 α_t 可能等于 10° ;并且每增加 1 导致阻力增加 1%。尾去流段长 $L_k > (7 \sim 8)$

T , 或 $L_k > 4.08 \sqrt{A_{max}}$, 去流角 $\alpha_{lt} < (16^\circ \sim 18^\circ)$, 后体纵剖面呈直线,纵向斜升角 $\alpha_k < 12^\circ \sim 14^\circ$;并以适当的尾板宽度 B_1 和尾板浸深 H_1 结束,可望获得较好阻力性能(见图 30)^[11]。

片体内侧舷形状对最佳间距有很大影响,随着内舷曲面增加,最佳间距向大的方向移动。在排水体积佛氏数 $F_{R\Delta} = \frac{V}{\sqrt{g\Delta^{1/3}}} = 1.1 \sim 1.5$ 范围内,曲面内侧舷阻力比平直内侧舷低 10%,当 $F_{R\Delta} > 1.5$,两者阻力性能开始相近。因此,平直内侧舷多半用于航速很高的双体船以及特殊双体船,如气垫双体船和水翼双体船。

不对称双体船阻力性能不如对称型,但不对称高速双体船减缓横摇,尤以挪威的 W 型双体船著称。^[19]

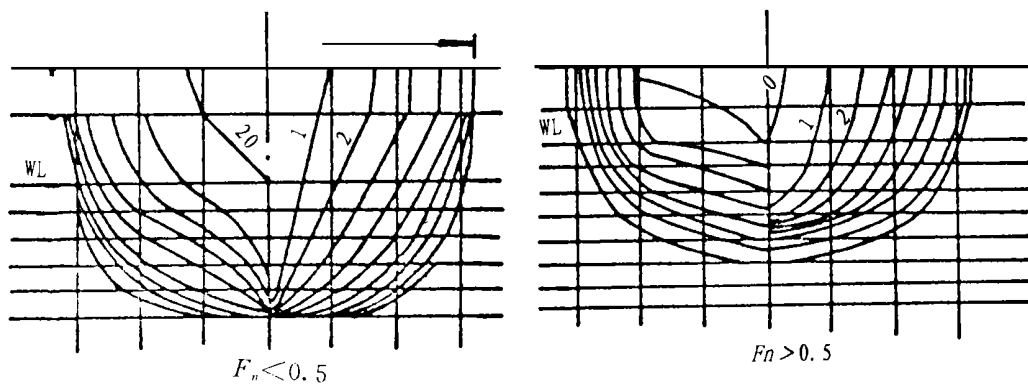
深 V 型高速双体船适航性能较好。

由于高速双体船要求较大的尾板浸水面积,它的尾部线型正好适应喷水推进泵的布置。必须高度重视喷水推进的进口与船体线型的配合,必须考虑喷水管道内水重量压在尾部对尾纵倾的影响。

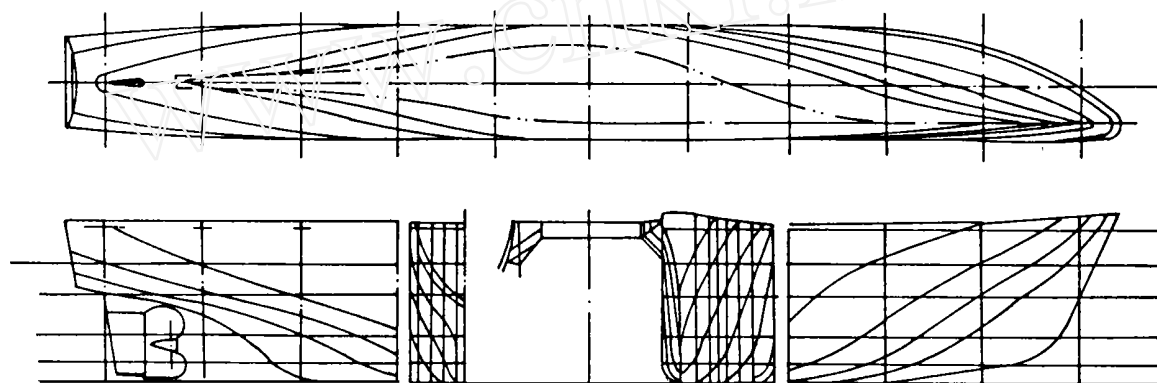
喷水推进高速双体船可以不计及附件阻力。

尾压浪板广泛用于高速双体船,最好是液压调节式的压浪板,船在航行中始终处于最佳状态。这时,尾板线型以折角为好。

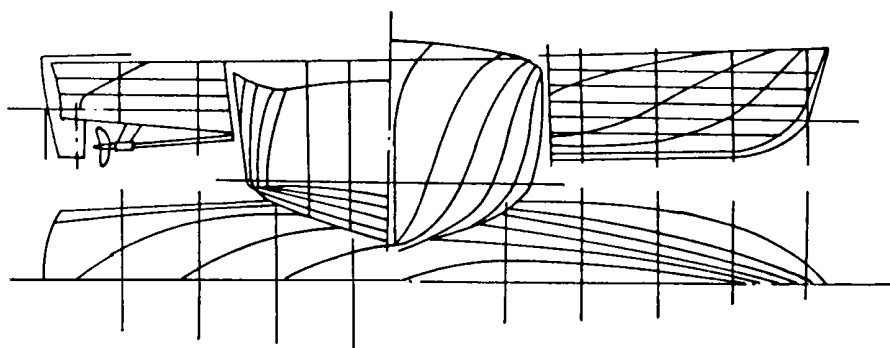
折角型阻力性能接近圆艏型,其差值随航速提高而变小,甚至会优于圆艏型。鉴于目前高速双体船采用铝合金焊接,因此,高速双体船以“折角型”居多。



a. 前苏联的内河双体船横剖面线型（圆艏线型）

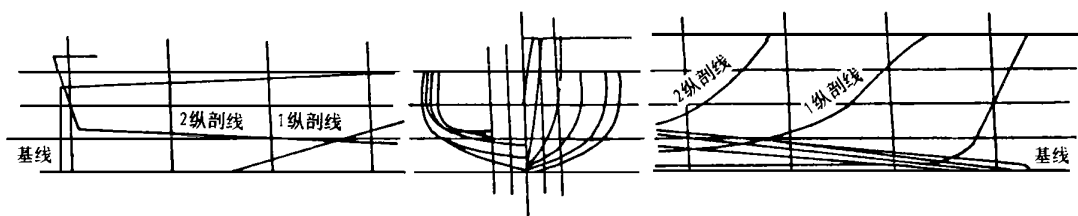


b. 美国的远洋双体调查船横剖面线型（前体为不对称线型）

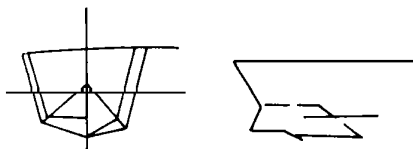


c. 混合线型（前体为圆艏线型,后体为折角线型）

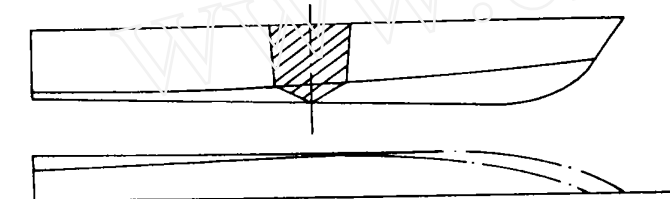
图 27 双体船片体典型线型



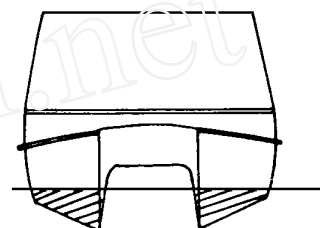
d. 高速圆艏线型



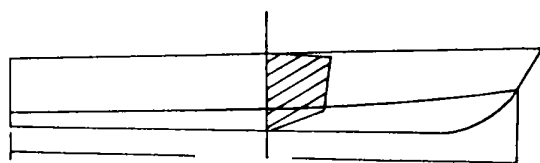
e. 瑞典 "Jetcat" 高速双体船线型



(a) 对称折角线型

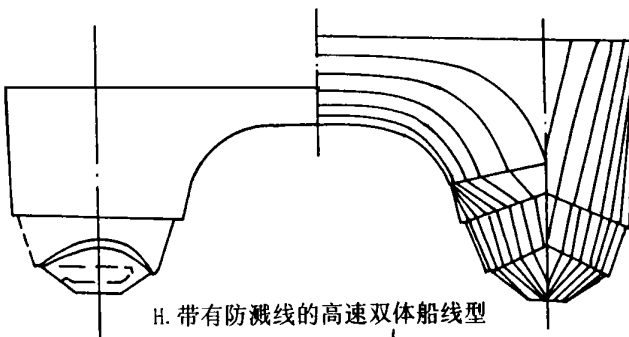


G. 挪威W-86高速双体船线型

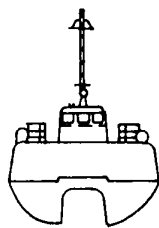


(b) 不对称折角线型

f. 美国高速双体船线型



H. 带有防溅线的高速双体船线型



I. 日本 CP20 高速双体船

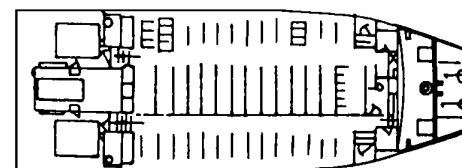


图 27 双体船片体典型线型(续)

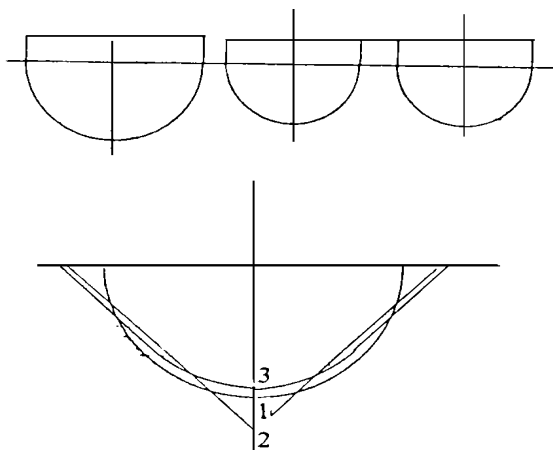


图 28

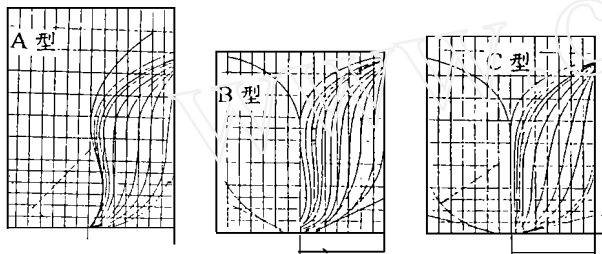
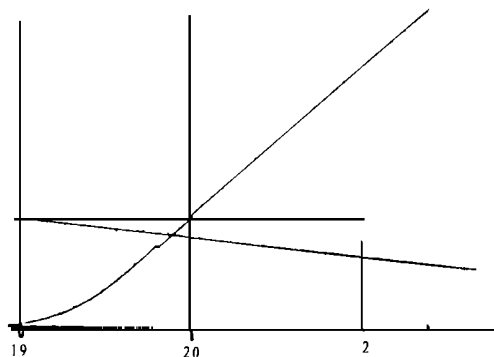
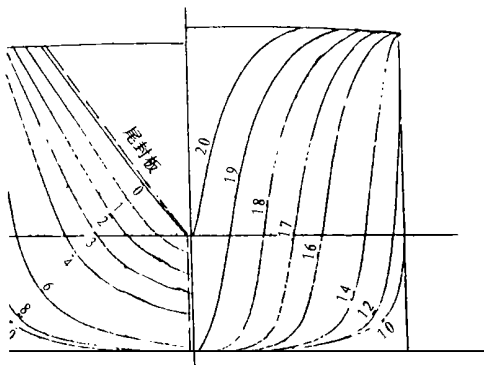


图 29

- A 型——最小兴波阻力的船型
B 型——A 型并考虑兴波干扰理论和粘性影响的船型
C 型——利用泰勒图谱设计的普通船型



横剖面形状及艉舵轴廊

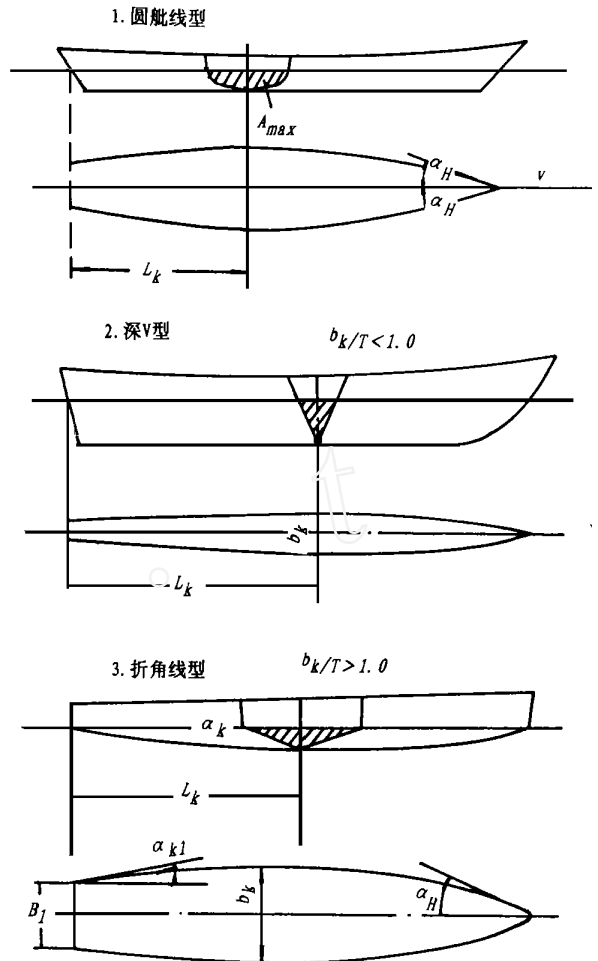


图 30 高速双体船线型设计中的水线特征

船舶在内河高速航行时, 巨大的船波冲坏河堤和危及周围小船的安全, 因而限制了内河高速船的发展。尽管高速双体船的船波要比同等装载能力的单体船要小许多, 但降低高速双体船的船波仍然是它在内河发展的关键技术。

参考文献[26]为内河高速双体船消波试验研究报告

客船主尺度

L_{WL}	38 m	C_p	0.646
b	2.25 m	C_w	0.897
T	1.2 m	L/b	16.889
Δ	$2 \times 52.13 \text{ m}^3$	b/T	1.875
C_b	0.508		

从 4 个方面考虑消波

(1) 不对称片体, 将直壁舷放在外侧, 外侧水线进水角为零, 使片体的首散波达到最小值, 但这种情况下, 它的阻力值大于直壁舷放在内侧的情况。

(2) 选择超长 L/b , 并将水线去流段削尖, 尾

板浸深面积为零值, 这种线型仅用于螺旋桨推进。高速时尾部会感到升力不够, 则可采用尾水翼板来提高升力, 改善阻力性能。

(3) 设置首压浪条, 它在 $F_n > 0.6$ 时才明显地降低剩余阻力和消波。表 6 为本船压浪条位置, 内侧压浪条有上翘, 压浪条最佳位置与航速有密切关系。C 压浪条效果较好, 在 $F_n = 0.6927$ 时, 使最大波峰下降 16%, 平均波高下降 4%。

(4) 在片体内侧之间设置消波水翼, 对降低平均波高有明显作用。在 $F_n = 0.6977$ 时, 平均波高下降 15%, 但对最大波高影响不大。

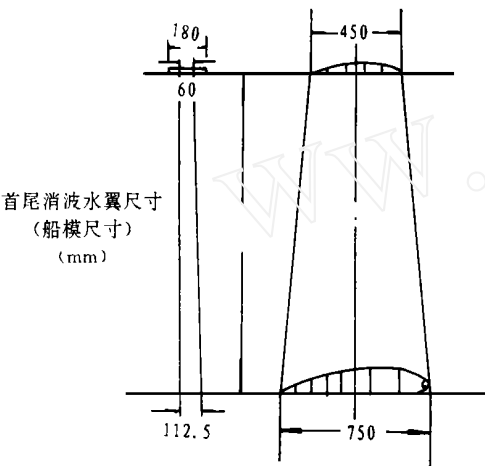


表 6 压浪条位置

h_m/T $S(\%)$	外 侧			内 侧		
	A	B	C	A	B	C
	0.5	0.2	0.06	0.3625	0.25	0.066
	0	0	0	2.0	1.4	1.5

h_m —压浪条船舦处高出静水面距离 (m)

h_0 —压浪条船首处高出静水面距离 (m)

L —压浪条长度 (m)

$S = (h_0 - h_m) / L \times 100\%$ —上翘值

4 总布置

游览船、客船和交通船的建筑型式必须成为都市建筑的一部分, 必须和游览区风景相协调, 这样, 船的外形成了设计新船型的一个关键。

大的载客量, 机动灵活, 航速高和旅客在最短时间内完成上下船, 这是客船和交通船的基本要求; 舒适性, 好的鸟瞰位置, 露天游览平台和富裕的旅客服务场所, 这是游览船的基本要求。实现这些要求, 双体船具有无可争议的优势, 然而双体船外形并不感人。低速双体客船的上层建筑层次多, 我们正对船首

看它, 由于船宽大而显得很有气魄; 当正对船侧看它, 庞大的上层建筑使整个船呈“重”的感觉。高速双体船由于重量控制严格, 上层建筑一般为两层, 正对船首看它, 显得又扁又矮, 但当正对船侧看它, 整个外形协调快感 (如图 31)。为此, 越来越多的舱室 (尤其在客船上), 采用连片的大玻璃窗, 使上层建筑具有轻快的优美感。前端壁上采用连片的玻璃窗, 从建筑造型上看似把前端壁横向切断, 再配以阶梯形结构时, 增加明显的层次感。同时, 利用彩色线条造成视觉上的色差, 使层次感和快速感取得明显效果 (如图 32)。

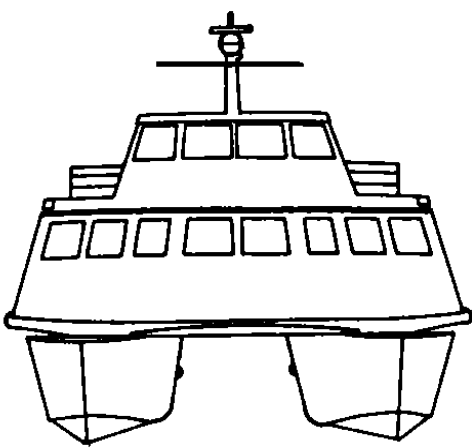


图 31 高速双体船

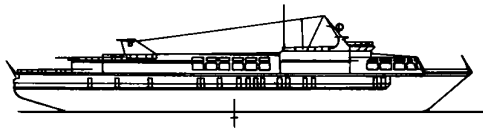


图 32

对航速较高的双体船, 把上层建筑容积的视觉重心后移, 会使船舶产生快速感。

对航速较低的双体船, 把上层建筑容积的视觉重心前移, 会使船舶具有动态感 (如图 33)。

将上层建筑分割若干房间时, 位于船纵中线处的舱室, 无法获得自然光而成为暗室, 不希望布置居住室, 一般为盥洗室、贮藏室、小卖部、辅助机械设备室及梯道。如果作为客舱, 则基本上采用左右贯通的大客舱。问题是在大客舱中要设结构支柱, 必须重视支柱布置, 不妨碍客舱的美观。

片体内的舱室不要布置旅客。从经济效益着眼, 可布置低级船员住舱和娱乐活动室, 而把原来设在主甲板以上的低级船员住室用于旅客舱。

单靠连接桥挑起两个片体所要求的强度, 会导

致连接桥重量猛增,为此,将第一层上层建筑或甲板室计入连接桥等值梁,形成箱形结构,承担连接桥的作用,可节省材料。不过这时应该将片体内的横舱壁延伸到第一上层建筑内,尤其是上层建筑前后端壁与片体内横舱壁对齐(图 34)。横舱壁 a 和 d 是必要的, b 和 c 视船的大小而定,在总布置时必须注意这一点。对内河双体船,由于不存在海浪的影响,则可采取单层连接桥的形式。图 35 为内河双体船连接桥结构。

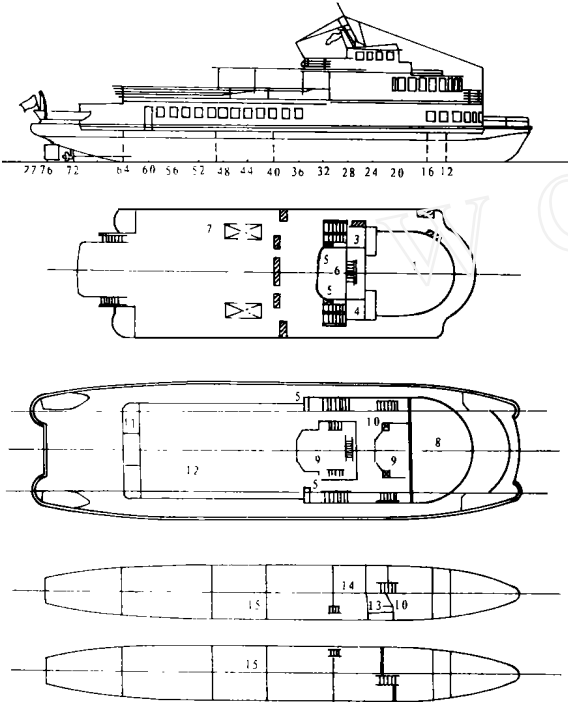


图 33 内河双体船

- 1 上甲板上旅客休息室(69 个位子); 2 蓄电池室; 3 无线电室; 4 小卖部; 5 救生衣; 6 舞台; 7 剧场; 8 主甲板旅客休息室(68 个位子); 9 小卖部; 10 电梯; 11 船员双人舱; 12 主甲板上艙部客舱(183 个位子); 13 厨房; 14 食品储藏室; 15 机舱

高速双体船的船波沿船长为半个波长,在尾部为波谷。尾封板几乎全部露出水面,允许在尾尖舱或喷水推进泵舱处的连接桥下移,即主甲板连接桥在这个区域下沉,形成台阶。结果将左右片体内的泵舱和机舱沟通为一个泵舱和一个机舱,配以适当的梯道和机舱格栅。方便管理,节省管理,争取空间,布局合理(图 36)。

双体船横摇周期短,如果有意提高重心高度,例如在烟囱内设置淡水舱和压载水舱,将救生筏布置在最高一层甲板,尽量减少片体钢材使用量,都能延

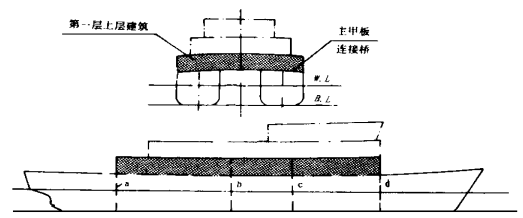


图 34

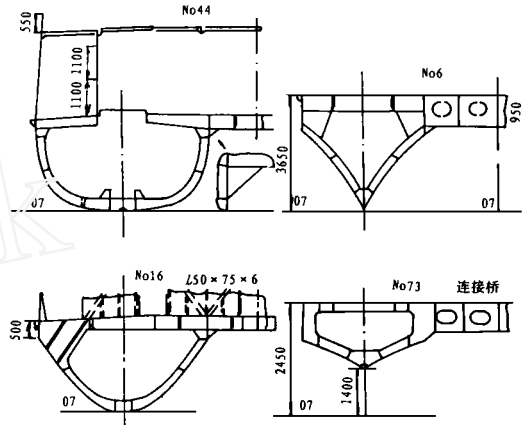


图 35 内河双体船连接结构

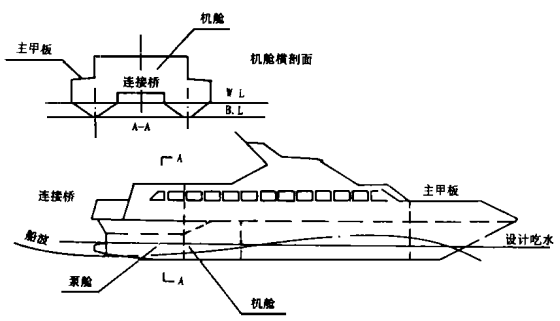


图 36

长横摇周期。另外,在片体外侧舭部设置舭龙骨,可以提高横摇周期约 1 倍。这点已由 1 500 客申崇线双体客船和乙型双体交通船证实。

对航速较高的双体船上,尾压浪板和首压浪条的设置亦很重要,它具有单体船的性质,因为常规高速双体船仍然以排水或半滑行状态航行。艤压浪板减阻效果很明显,如果压浪板可以由液压油缸控制角度的话,则在风浪中的效果更佳。首压浪条减少飞溅阻力。

由于双体船片体瘦长,为防止首部在滑行时埋首,给首部升力亦很重要,因此可以在首防撞舱壁前船底处设有三角形升力板。

与一般滑艇相比, 双体船片体宽度显得狭窄, 它对提供尾部升力不足, 不利于半滑行或滑行。因此, 从尾封板开始, 沿折角线设置竖向挡流板可减少船底水流横溢(横向流动)。尤其对尾封板具有底升角的折角片体, 它与尾压浪板配合, 效果更佳, 目的确保升力。

高速双体船全采用铝合金焊接结构, 近年来, 玻璃钢材料已成功地用于高速双体船上。

5 空船重量

双体船的重量重心划分很复杂, 差异亦很大, 本文所提公式和数据, 在相近尺度和布置下仅供参考。

参考文献[20]给出了甲板面积与空船重量关系以及甲板面积与船长、排水体积之关系(见图 37)。

对于排水量小于 1 000 t 的双体船, 用船体钢料重量系数 W_s 来初步估算。

$$W_s = \frac{G_s}{2LbH}$$

式中 G_s —全船钢料重量 (kg)
 L —船舶计算长 (m)
 b —片体宽度 (m)
 H —型深 (m)

W_s 值的范围如下 (kg/m^3):

- 长江双体船: 150~ 185
- 内河双体船: 130~ 155
- 海洋双体船: 175~ 205

对于船长 60 m 以下的双体客船, 用空船重量系数 W_0 来初步估算

$$W_0 = \frac{G_0}{L_{OA} \cdot B \cdot H}$$

式中 L_{OA} —总长 (m)
 B —型宽 (m)
 H —型深 (m)
 G_0 —空船重量 (t)

W_0 值的范围如下 (t/m^3)

- 内河及长江双体客船: 0.13~ 0.155
 - 沿海双体客船: 0.155~ 0.18
- 表 7 为国内外双体船空船重量参考表。

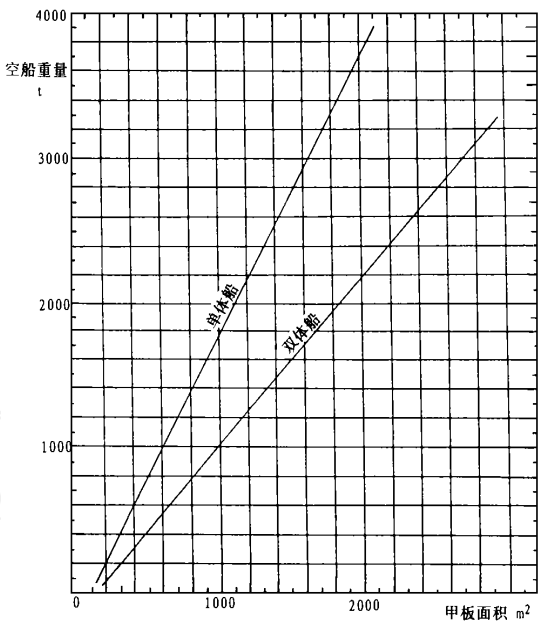


图 37 (a) 空船重量和甲板面积曲线

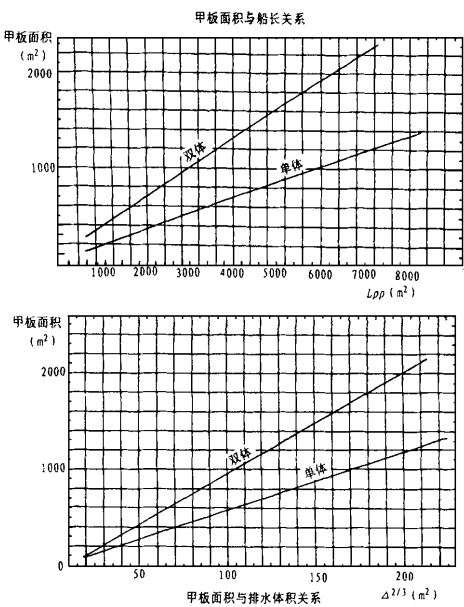


图 37 (b) 甲板面积与船长、排水体积之关系