

船舶型线设计(续 4)

钱文豪

6 船舶型线的自由设计法

6.1 根据已定的主要量度设计横剖面面积曲线

6.1.1 用梯形法求横剖面面积曲线(图 73)

图 73 所示的梯形面积相当于设计船的排水体积, $C_B = \text{梯形面积} / L_{PP} B T$ 。横剖面面积曲线的形心纵向位置即为设计船的 X_{CB} 。它可用作图法或用面积矩计算来确定, 亦可用前后体棱形系数来表示。

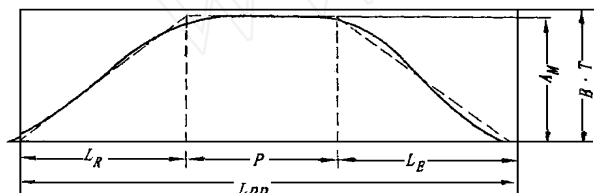


图 73 用梯形法设计横剖面面积曲线

$$L_R = L_{PP} (1 - C_{PA}) \quad (26)$$

$$L_E = L_{PP} (1 - C_{PF}) \quad (27)$$

确定好梯形的去流段, 平行中体, 进流段和排水体积、船长、船宽、吃水和浮心后, 把梯形“圆整”成面积相等的曲线。光顺横剖面面积曲线时不追求一次设计“成功”, 而应取折衷方案。因为稍有不同的横剖面面积曲线有时会生成出更光顺的型线。

L_R 和 L_E 的选取见第 3.1 有关公式。选取 L_E 尚应考虑到: 作为船舶航速函数的船首兴波波长由于势流产生的附加速度作用而有所拉长; 有限船宽的存在使前驻点到前肩的实际距离比横剖面面积曲线上对应的距离要长。

6.1.2 单突肩的型线

无平行中体的船之横剖面面积曲线的设计是梯形上底为零的情况。 $F_n Q 3$ 的船即为此情况(图 74), 三角形顶点必须高于中横剖面面积。

6.1.3 使用系列船横试验图谱求横剖面面积曲线, 见第 5 节。

6.2 中横剖面

设计横剖面面积曲线时已确定了中横剖面面

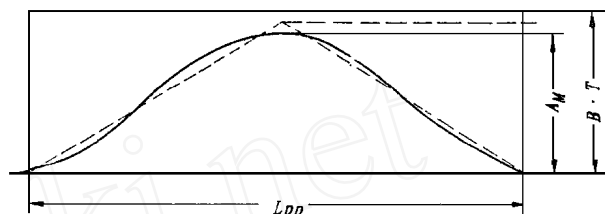


图 74 $F_n Q 3$ 的横剖面面积曲线

积。一般商船 C_M 较大, 采用平底; C_M 较小的小型船舶采用如图 75 和 76 所示的舭部升高。

圆弧形舭部半径 R :

$$R = 1.526 \sqrt{B T (1 - C_M)} \quad \text{舭部无升高} \quad (28)$$

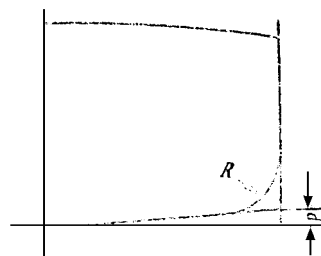


图 75 圆弧形舭部

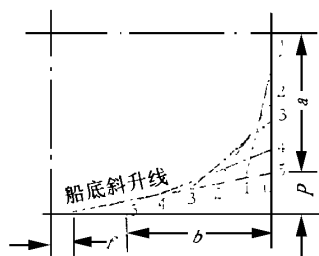


图 76 抛物线型舭部

$$R = \sqrt{\frac{BT(1 - C_M) - 0.5P(B - 2f)}{2(0.215 - \frac{P}{B - 2f})}} \quad \text{艏部升高 (29)}$$

图 76 中艏部斜升线的面积为 $\frac{1}{2}r(B/2 - f)$, 抛物线

外所围面积约为 $\frac{1}{6}ab$:

$$\text{艏部升高 } ab = 3BT(1 - C_M) - 3P(0.5B - f) \quad (30)$$

$$\text{无艏部升高 } ab = 3BT(1 - C_M) \quad (31)$$

$$a \quad b \text{ 时 } a = 1.732 \sqrt{BT(1 - C_M)} \quad (32)$$

6.3 外廓线

在侧视图上应先绘出首、尾外形、尾框、甲板边线及中线等。

6.3.1 首尾形状 常见的商船首部形状见图 4 和 10~12。直立型首的首柱与基线垂直, 前踵成很小的弧形, 已很少采用, 大多为前倾型所替代。

6.3.2 船尾形状 一般商船船尾形状为图 23~25 所示的几种。基本上可分为椭圆型(悬伸式)、巡洋舰型和方型尾。

6.3.3 舷弧 即侧视的甲板边线形状, 通常由中站为零点的两段抛物线相连, 先按下计算:

$$\text{首舷弧 (cm)} = 1.666L(\text{m}) + 50.8 \quad (33)$$

$$\text{尾舷弧 (cm)} = 0.833L(\text{m}) + 25.4 \quad (34)$$

以后校核满足干舷规范时再修正。

某些现代大船型深大, 首尾不易淹湿, 故常取消舷弧。优点建造方便; 缺点不太美观。拖船、渔船的首舷弧应比(33)式计算所得的值大, 以改善首部甲板的抗淹湿性能。考虑到操作、拖索等作业尾舷弧取得较低, 这类船整个舷弧的最低点常在舯后。在首尾垂线以外的舷弧可按抛物线规律顺延。

6.3.4 梁拱 即甲板边线与甲板中线的高度差。过去梁拱常用抛物线, 在中横剖面处取 $B/50$, 并随甲板宽度的减小而减小。现在常采用直线型, 甚至根本不设梁拱。从排水角度考虑, 在露天甲板设梁拱有利, 但实际上船舶很少处于正浮静止状态。通常即使露天甲板有梁拱, 下面的甲板(特别是客船)不设梁拱, 水平的甲板有利布置住舱, 方便建造。

6.3.5 尾框 尾框设计和螺旋桨间隙参见第 3.4 中 3.4.7

6.4 水线和甲板线

6.4.1 满载水线 根据所需的 C_w 在水线图面上先绘出满载水线。满载水线形状设计见第 3.2 和第 3.4。

6.4.2 满载水线以下各水线 完成中横剖面图和满载水线后, 可在横剖线图上试绘几条横剖线, 其面积

满足横剖面面积曲线的要求。用纸条量得各水线半宽, 定位于半宽水线图上, 试光顺这些点的水线。再据水线各站半宽修改各横剖型线并补绘出其它横剖型线。如此反复对照光顺修改直至横剖线与水线大致吻合, 便可从横剖线图上量取各纵剖线高度。从水线图上截取纵剖线与水线的交点, 一起移到侧视图上, 校验各纵剖线光顺否。对横剖线图、水线图和纵剖线图作更精细的光顺工作, 最后绘斜剖线作进一步校核。任意剖线均光顺的船体表面, 其型线图才是真正光顺的。

设计各水线时应特别注意首、尾端形状和前、后肩的处理。一般船舶各水线应很光顺, 浅吃水船、纵流型船应注意纵剖线光顺, 避免型线曲度的突变。

船舶兴波和海浪均高出船舶满载水线, 略高于满载水线的各水线形状不应与满载水线相差太多(见第 3.2 中 3.2.4)。

6.4.3 甲板线 初步完成满载水线及以下的型线后即可根据横剖线形状和满载水线以上的外飘在水线图上绘制干舷甲板线, 然后再绘其它甲板线。如在中站附近处船侧外倾明显, 有时也在甲板附近采用折线。注意折角线不应离满载水线太近, 并至中站逐渐消失, 成一条光滑曲线。

6.5 横剖线的绘制(见图 77)

某横剖面的半面积为 a , 满载水线半宽为 b 。在横剖线图上先作出面积为 a 的梯形或四边形, 再圆顺成曲线使其面积与梯形或四边形相等, 最后用面积仪校核各横剖面的面积。

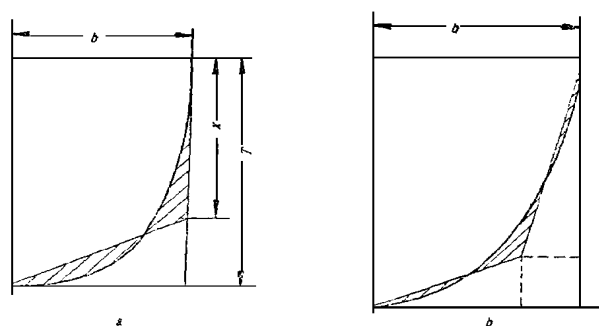


图 77 横剖线的绘制

为减少修改工作量, 可先每隔一站试绘横剖线并与少数水线校核。此时应在满载水线以上绘出 1 至 2 根水线及干舷甲板线, 用以决定各横剖线在满载水线附近的斜度。

在修改满载水线以下的各横剖面形状时, 应注意凡于一处增或减了剖面的面积, 须在另一处予以

补偿, 以保持所需的排水体积。

6 6 纵剖线与斜剖线

纵剖线的位置据横剖线图和水线图来定的。纵剖线向首、尾逐渐升高, 其曲率变化应光滑, 避免明显的局部凹陷。纵剖线的形状对高速船的性能影响甚大, 尤以后体纵剖线更为重要。

在横剖线图上作 1~3 条大致垂直于各横剖线的斜剖线, 绘于侧视图或半宽水线图下方。其曲线必须光滑, 避免出现凹陷。低速船后体斜剖线的曲率应平缓变化。

6 7 尾轴包套和尾轴架

双桨或多桨船舶, 其两侧的推进器轴伸出船外, 且跨距较大, 须用尾轴包套或尾轴架支撑。图 78 为尾轴架布置的一个实例。轴架支臂切面形状以流线型为好, 如能采用文献[24]所介绍的助推尾轴架, 则

可在相同功耗的情况下提高航速, 还对减少螺旋桨引起的激振力有利。支臂的量度应与螺旋桨的量度相配并满足强度与刚度的要求, 其厚度比可取 $0.18 \sim 0.28$, 以 $0.20 \sim 0.25$ 为好。两臂夹角不应与螺旋桨叶间角相同, 且应大于 65° 。尾轴架图不包括在型线图内, 只需在型线图上标明尾轴架和螺旋桨的位置即可。

如果型线图的比例对轴包套来说太小的话, 可将局部放大绘出, 加上包套型线, 使包套与船体型线成一光滑整体(图 79)。图 80 所示三种轴包套剖面形式, a 型用于外旋桨可提高推进效率, b 型适用于内旋桨。轴包套的中心线应与船体表面垂直, 其与纵剖面的夹角可为 45° 左右。包套的长度视螺旋桨位置而定。

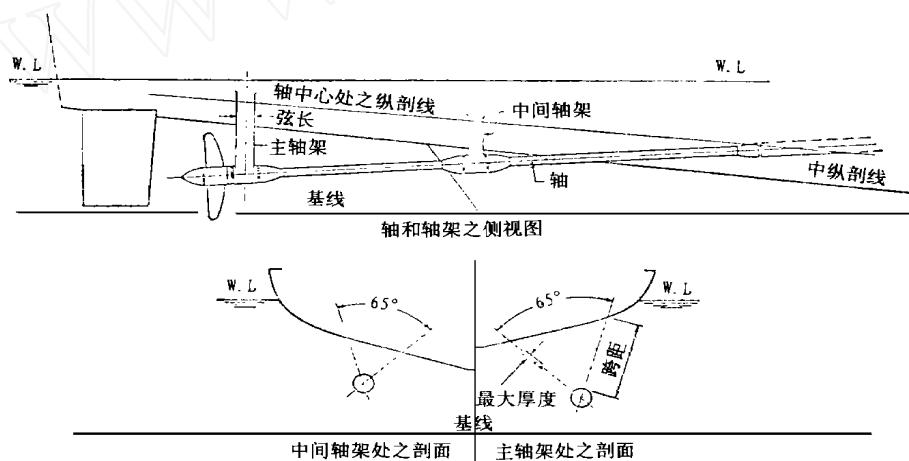


图 78 高速双螺旋桨船的尾轴架布置

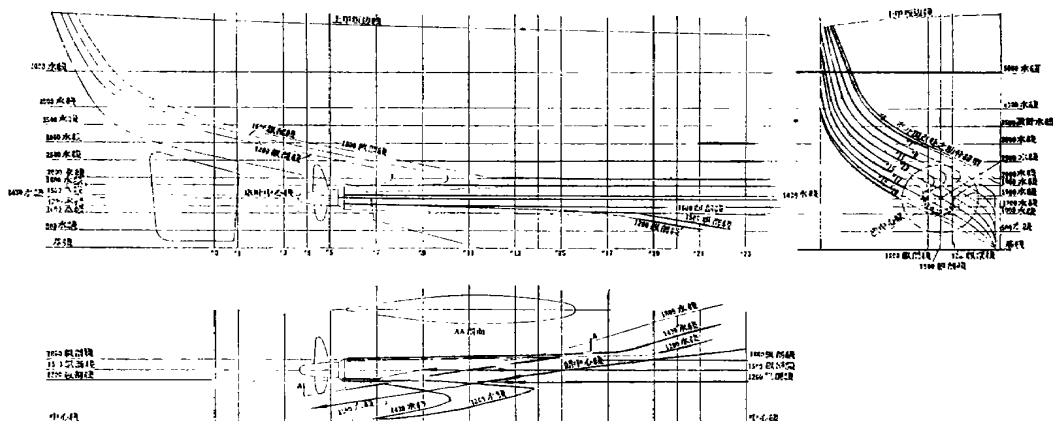


图 79 尾轴包套的型线

在某些运输船上采用如图 81 所示的轴包套和尾轴架相组合的方式。它可减少附体阻力。采用尾

轴包套的优点: 可减小船舶摇幅; 对轴有保护作用。

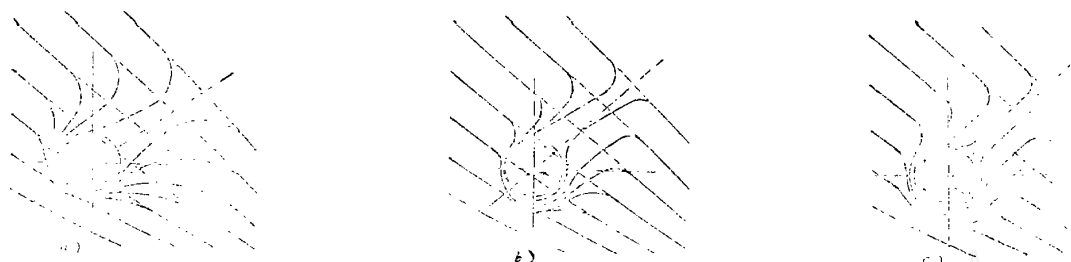


图 80 尾轴包套的剖面形式

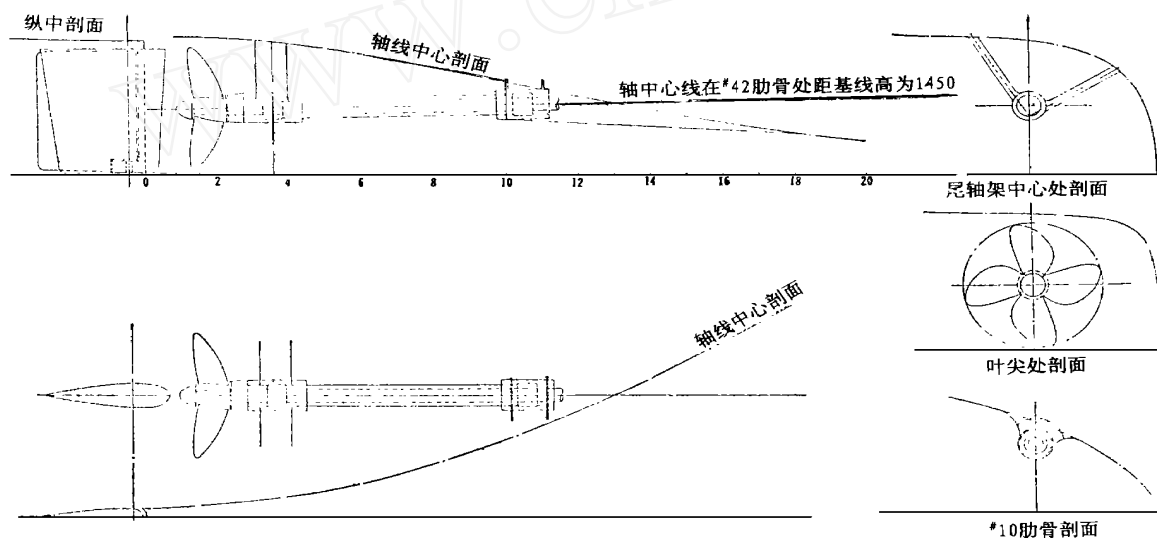


图 81 短尾轴包套和尾轴架联合应用

6 8 边螺旋桨与船体的间隙

从减小振动角度, 绘制多螺旋桨船的型线时应考虑边螺旋桨与船体的间隙 (第 3 4 中 3 4 7 和图 37(c)~(e))。

为避免螺旋桨工作时吸气, 螺旋桨处横剖面应尽可能盖没螺旋桨, 螺旋桨的浸深最好大于 $0.9D$ 。

6 9 排水体积和稳性校核

型线设计时要考虑的因素很多 (见第 2 节) 在此强调三点:

(1) 水流的走向不是沿水线、纵剖线, 而是沿流线, 所以原则上应保证沿流线的型线光滑, 进、去流角小于临界值且变化平缓。但由于设计时船体表面的流线方向是未知的, 因此平时注意收集各种船型的流线资料无疑对型线设计者来说是相当有意义

的。极力追求水线光滑常常并不一定最佳, 尤其是首、尾段处的型线设计, 应设法追求沿流线光滑。此时参考类似型船流线设计型线, 虽有些误差, 也比只考虑水线光滑要好。

(2) 排水体积和浮心位置的误差与船型和设计中允许的余量有关。如设计是取决于干舷计算, $1 \sim 2\%$ 的重量余度, 其排水体积的误差大致为 $\pm 0.5\%$ 。

X_{CB} 的误差为 $\pm 0.3\% L_{PP}$ 是允许的, 此时纵倾的相对差值约为 $\pm 0.2\%$ 。型线设计时一般不检验浮心的垂向位置。

(3) 如有可能, 设计水线或设计水线附近的一条水线第一次光滑后就应检验稳性。