

[综述]

现代玻璃钢游艇综述^{*}

李 明 李华彦 (大连水产学院 大连 116023)

张 莹 (辽宁省丹东市港航管理处 丹东 118000)

[关键词] 玻璃钢; 游艇; 参数分析

[摘 要] 该文在搜集了欧美等国大量的现代豪华游艇资料的基础上, 对这些游艇的尺度参数、船型特征、航海性能、布置及最新建造材料等诸方面进行了分析研究, 给出一些统计数据, 对借鉴国外先进技术、提高我国游艇设计与制造业的水平有一定的参考价值。

[中图分类号] U 674. 91 [文献标识码] A [文章编号] 1001-9855(2006)03-0001-05

Modern FRP yacht

Li Ming Li Huayan Zhang Ying

Keywords: FRP; yacht; parameter analysis

Abstract: Based on a great deal of information about modern luxury yachts in Europe and America, the paper analyzes their scale parameter, hull form characteristics, navigation performance, arrangement and latest construction material and derives statistic data which can be a good reference to Chinese yacht industry to learn from advanced techniques from abroad and improve China's yacht design and manufacturing

1 玻璃钢游艇的发展现状

在当今世界船舶市场上, 游艇工业发展迅速, 而休闲用豪华游艇在国际市场上占有巨大份额, 并且带动游艇配件、水上运动器材等相关产业迅速发展, 年贸易额巨大, 甚至可与商船相比拟。

玻璃钢(以下简称 FRP)游艇主要在美国、英、意、荷兰等欧洲国家发展迅速, 技术先进、豪华程度高。美国是生产 FRP 游艇最早且最多的国家, 也是建造世界上最大的 FRP 游艇的国家, 最大长度为 44 m。英国的游艇豪华程度高, 价格昂贵。意大利是欧洲制造 35 m 以上大型豪华游艇的中心之一。我国台湾省

FRP 游艇建造量排世界第三, 已成为重要的出口产品之一^[1]。

我国的 FRP 游艇是从 70 年代开始起步的, 前期发展速度缓慢。随着改革开放的不断深入和旅游业的发展, 近几年来, FRP 游艇业悄然兴起, 生产厂家主要集中在南方的广州、深圳、福建、厦门、珠海、上海、扬州和北方的山东、辽宁等地。游艇在出口的同时也进入了我国部分富裕人群的休闲生活之中, 引领了我国的 FRP 游艇市场。可以预计, 随着我国经济的高速发展, 我国的游艇市场前景不可估量。因此我们要抓住这一发展契机, 利用我国制造 FRP 游艇的有利条件, 快速发展我国的 FRP 游艇业。

* [收稿日期] 2006- 1- 25

[作者简介] 李 明 (1956- 3-), 女, 汉族, 大连人, 副教授, 研究方向为中小型船舶设计特点。

李华彦 (1954- 5-), 男, 汉族, 大连人, 工程师, 研究方向为船舶设计与制造技术。

张 莹 (1957- 6-), 男, 汉族, 丹东人, 高级工程师, 从事船型研究与船舶检验工作。

与欧洲 FRP 游艇发达国家相比, 目前我国的 FRP 游艇业还处于发展不完善阶段, 因此有必要借鉴国外的先进技术和经验。本文收集了近几年来欧美比较流行的豪华 FRP 游艇 30 多艘^[2, 3, 4, 5], 并进行整理和分析, 仅供同仁参考。

2 主要参数

欧美 FRP 游艇的尺度范围较大, 艇长 $L_{oa} = 5 \text{ m} \sim 44 \text{ m}$, 佛汝德数 $F_N = 1.0 \sim 4.5$, 体积佛汝德数 $F_{N \nabla} = 2.0 \sim 6.0$ ($F_{N \nabla} = \frac{V}{\sqrt{g \nabla^{1/3}}}$)。属于一种尺度相对较小、航速较高、受力复杂、布置难度大、使用要求高的过渡型快艇或滑行快艇。

一般情况下, 艇长在 12 m 以下属于小型快艇, 佛汝德数 $F_N > 3.0$ 时, 艇体重量几乎全部由作用在艇底的流体动力所支持, 即为滑行艇。与排水型船考虑的因素不同, 快艇主要参数的选择应在满足定员舱布置要求的基础上, 着重考虑耐波性、操纵性及航行中的稳性等航海性能。

图 1 所示为欧美豪华型游艇的 L 与 B 的关系曲线; 图 2 为 L 与 L/B 的关系曲线。

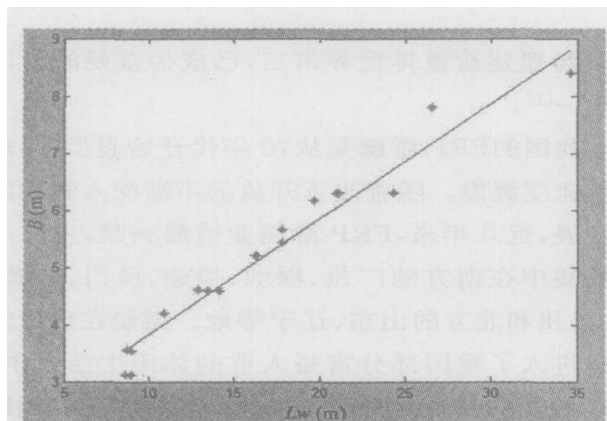


图 1 L 与 B 的关系曲线

回归方程为:

$$B = 0.2022 \times L_w + 1.8$$

$$\text{或 } L_w/B = 0.0633 \times L_w + 2.1 \quad (1)$$

据统计 $L/B = 2.5 \sim 4.1$, 远小于 F_N 在 0.3 左右的中速普通排水型船。其目的在于增加艇体展弦比,

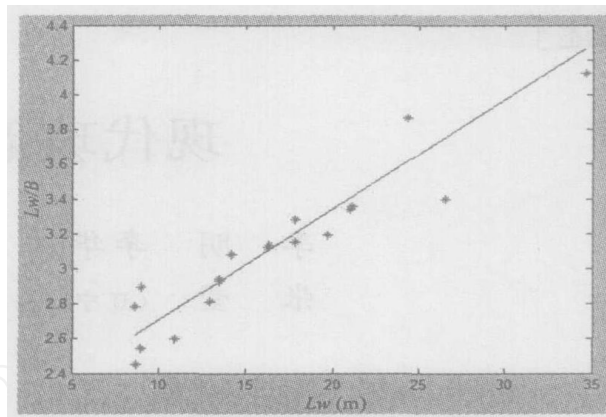


图 2 L 与 L/B 的关系曲线

以提高水动力性能^[6]。从图中可以看出, 在艇长较小时, 对应的 L/B 较小, 随着长度的增加, L/B 呈增加趋势。

对 B/d 随艇长的变化统计值为: 在艇长为 14 m 以下时的 $B/d = 4.0 \sim 5.5$; 艇长大于 14 m 时, B/d 值较平缓, 在 5.2 ~ 5.7 之间, 其值比中速普通排水型船高很多 (如 F_N 在 0.3 左右的渔船, 其 $B/d = 3.0$)。这是由于快速游艇在航行状态受力复杂, 对稳性要求较高的缘故。

另外, 这些游艇的干舷值亦比普通排水型船的大, 这一点与普通客船类似, 因为大的干舷对大倾角稳性有利。

3 船 型

如上所述, FRP 游艇属于过渡型快艇或滑行快艇范围, 型线以折角型为主, 尾部采用方尾。一般常见的有单折角形 (即在平板龙骨与艉部折角之间的艇底板有 1 道纵向折角线) 和双折角形 (即在平板龙骨与艉部折角之间的艇底板有 2 道纵向折角线)。其特点是增加艇底板的褶皱, 产生数个小滑行平面, 在增加滑行效率的同时, 增加艇底板的刚性。艉部折角线还可以起到艉龙骨的减摇作用。

尾部采用方尾, 方尾的相对宽度 $f_B = B_T/B_X$ (B_T : 方尾宽度; B_X : 艇的最大宽度) 表征尾部的收缩程度。对于高速快艇, 适当增加 f_B 可以增加尾部水压力作用以避免艇体的航行纵倾过大, 同时还可使尾部水流收缩不致太快, 从而增加了“虚长度”, 因而

对阻力性能有利^[6]。另外,方尾还有利于尾部上甲板、舵机舱和推进器等的布置并增加稳性,便于施工。

对于 $F_N > 3.0$ 的高速游艇,一般采用深V型。底升角在首部较大,最大可达 60° ;由舭向尾升角逐渐减小,到尾板处升角接近 0° 。这样可减轻高速航行中的首部拍击现象,有利于耐波性。尾部采用较平坦的纵剖面,可以减少高速水流的能量损失,也可以使纵剖面面积不致于过小,有利于满足操纵性的要求。

4 纵稳性

与普通排水型船不同,因为小型快艇的 L/B 相对较小,导致纵稳心半径小。据统计艇长在10 m以下的游艇,其 $H/L_w = 1.1 \sim 1.6$ (H ——纵向初稳性高; L_w ——水线长),因此保证纵向稳性是小型快艇设计中的一个重要问题。

应适当减小FRP游艇的进水角,并使浮心位置后移,这对减小剩余阻力是有利的。为了减少高速艇的“海豚”现象,建议适当地把重心往前移向艇舭,浮心位置应位于重心之后附近,使游艇在静水中处于轻微首倾。在航行中随着速度的提高,浸水线不断向后缩短,浮心逐渐后移,与水动力所产生的升力作用线合成使游艇首部抬起,这时不致于因升力作用点沿纵向变化而远离重心发生过大纵向摇摆,即有利于纵向稳性。笔者对艇长在10 m以下的小型游艇的浮心纵向位置 LCB 进行了统计,其取值范围在舭后 $(7\% \sim 10\%)L$ 。

对于深V型滑艇,建议使用文献[6]提供的计算方法。克莱门特(Clement)将62系列模型的稳定性试验资料整理为 $\frac{C_L}{l_{cp}/b}$ 对 F_{NV} 关系曲线,如图3所示。不发生海豚运动的限界曲线可以用如下方程式表示:

$$\frac{C_L}{l_{cp}/b} = \frac{1.8}{F_{NV}^{25}}$$

式中 l_{cp} ——压力中心,即重心在艇尾板前面的距离,m;

b ——重心纵向位置处的艇体宽度(包括防溅条在内),m;

F_{NV} ——排水体积佛汝德数;

C_L ——动载荷系数;

$$C_L = \frac{\Delta}{\frac{1}{2} \rho v^2 B^2} \quad (2)$$

Δ ——艇的排水量,kg;

ρ ——水的密度, $\text{kgf s}^2/\text{m}^4$;

v ——艇的航速,m/s;

B ——平均艇宽, $B = \frac{B_x + B_T}{2}$,m;

B_x ——艇中部折角线处宽度,m;

B_T ——艇尾板折角线处宽度,m。

使用图3曲线的方法是,先用(2)式计算动载荷

系数 C_L ;再计算 $\frac{C_L}{l_{cp}/b}$ 和 F_{NV} ,然后判断点 $(F_{NV}, \frac{C_L}{l_{cp}/b})$ 是否在稳定区内。

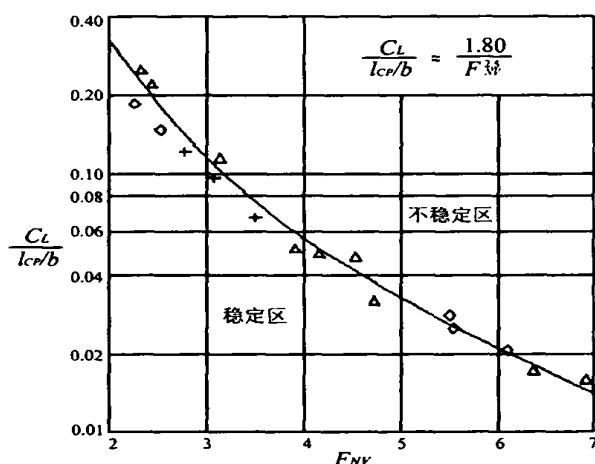


图3 系列62 海豚运动界限图

5 快速性

过渡型快艇的棱形系数 C_p 值的选取与设计航速有关。一般按略小于“理论最佳棱形系数”的原则选定。这是因为这种艇的使用速度往往低于设计速度。取略小于最佳的棱形系数,对阻力性能是有利的;相反,如果取“最佳值”,艇则经常处于不利状态下。

航速粗估在设计工作和营运工作中都是比较重要的,根据统计并回归,游艇航速与主机功率存在如下关系:

$$V = 0.282 \times \left(\frac{MHP}{\Delta} \right)^{0.843} \sqrt{L} \quad (3)$$

式中 V —— 游艇航速, kn;

MHP —— 主机总功率, kW;

Δ —— 游艇排水量, t;

L —— 水线长度, m。

若将估算航速的 (3) 式与游艇资料绘制成图 4,

能很好地反映游艇 $\frac{V}{\sqrt{L}}$ 与 $\frac{MHP}{\Delta}$ 的关系。

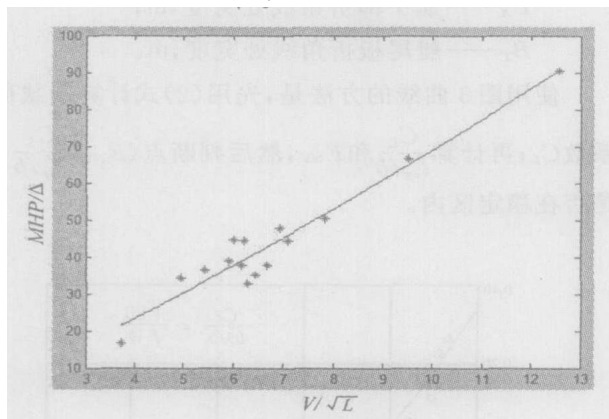


图 4 (3) 式与实船资料比较

6 布 置

欧洲豪华游艇造型美观大方, 内部装饰高档舒适。游艇集水上运动、娱乐及休闲度假为一体。一般情况下, 艇长在 20 m 以上的为 3~4 层甲板, 而艇长在 20 m 以下的为 1~2 层甲板。图 5 为一艘艇长 20.4 m 的豪华游艇, 图 6 为各层甲板布置图, 图 7 为室内装饰图。整个艇体和驾驶室纵向为流线型, 前壁类似轿车的造型。驾驶座位后带有飞桥造型, 看上去又象空中飞行的飞机。主船体一般设有首尖舱、高档客舱区、机舱、船员舱以及尾尖舱(兼舵机舱)。首尖舱至尾尖舱之间设双层底。在水线以上附近艇体尾部探出 1.2 m~1.5 m 可作为跳水用的一个小平台, 平台上铺柚木地板, 设有冷、热水淋浴。在尾部一侧装有通向水面的梯子, 供上下艇和游泳时使用。平台上常常放置一个用于水上游玩的气囊皮筏。

主甲板上设有宽敞的餐厅(兼作娱乐室), 环绕沙发围绕着可折叠的餐桌、小型吧台及各种餐饮陶瓷器具。舱室内配有高档彩电和立体声系统。厨房



图 5 玻璃钢豪华游艇

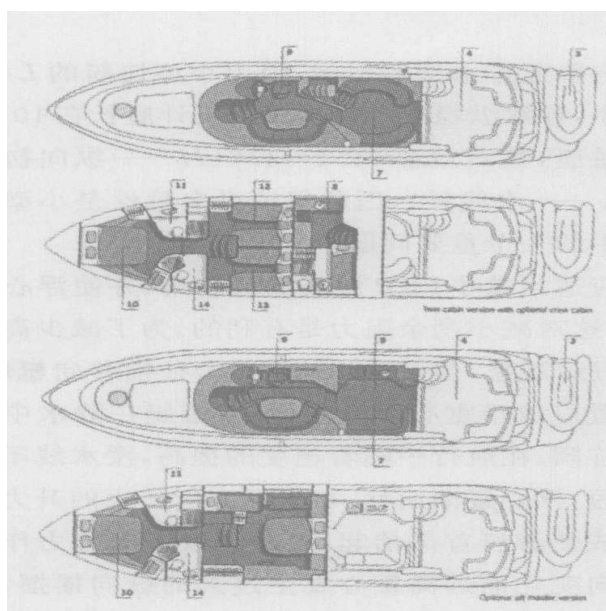


图 6 各层甲板布置图

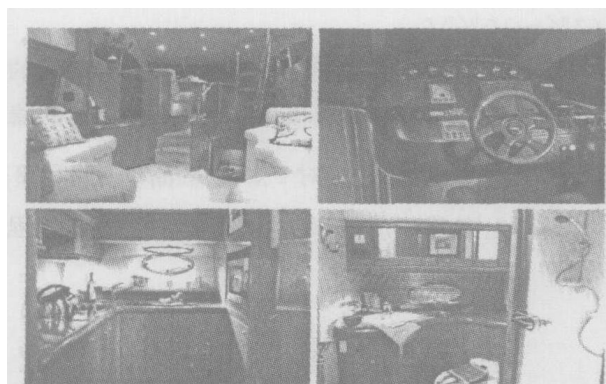


图 7 室内装饰图

内电冰箱、雪糕机、微波炉/烧烤炉/锅灶、餐具、洗碗机等俱全。餐厅的前方是驾驶台和驾驶沙发。

主要航海仪器有: 电子控制舵系统、水动力舵轮、雷达/海图绘制仪、GPS 航海仪、自动导航仪、电子速度测程仪、测深仪、舵指示器、淡水、燃油指示器、高频无线电双重配置开关电力操纵板及罗盘、操纵杆等。装有安全报警系统、摄像和对主舵监控中央 TV 系统、机舱灭火系统、制淡水机等。

主机配置分内部机舱和舷外挂机两种类型。主机安装配有有机座减振和吸音板等装置。推进装置中, 与内部机舱相匹配的是尾轴螺旋桨。多数游艇配有 2 台主机, 艇长在 20 m 以上的也有配置 3 机 3 桨。为了增加螺旋桨的直径和浸水深度, 一般采用尾部隧道式或半隧道式线型, 螺旋桨的叶梢一般低于主船体基线, 基线以下最低点的值视螺旋桨的直径不同而异, 最大值可达 0.8 m。

7 游艇材料

随着科技的发展, 船艇设计的性能不断提高, 人们对快艇速度的要求也在不断提高。快速游艇受到更高的强度负荷, 这就要求其必须具备较高的强度和刚度。而具有刚性不足、强度有余特点的传统玻璃钢结构已不能满足现代高速艇的发展要求。

近几年对玻璃钢材料的改进主要体现在:

(1) 对于夹层结构的改进。目前采用夹心结构代替过去的单板结构。实践证明, 夹心结构在刚性方面明显地优于单板结构。目前国外出现了聚丙烯蜂窝状夹心材^[7], 这种夹心材的抗弯、抗冲击强度都优于其他夹心材, 而且还能达到阻燃效果, 单位重量也低于其他夹心材, 施工方法也比其他夹心材简单。

(2) 对增强材料和树脂系统的改进。近年来复合毡—合成纤维与玻璃毡组成的混合材料已得到应用。这种材料可提供更优的性能, 更低的树脂含量, 能更好地控制船体重量。例: 将 Kevlar 纤维与玻璃纤维组成混合增强材料, 用于对强度负荷要求较高的高速船体上, 仍能使船体重量减少 12%^[7], 而且完全可以满足它的强度要求。

(3) 对表面胶衣系统的改进。现在世界上制造豪华玻璃钢游艇的厂家已开始使用一种称作 Barrier coat 的树脂。这种 Barrier coat 树脂用在胶衣层后

面, 糊制层前面。起到了一个胶衣层和糊制层之间压力传递和缓解的作用。有很好的防渗透能力。Barrier coat 树脂与胶衣层和糊制层有着非常好的化学共溶性, 非常强的粘接强度。在玻璃钢船艇上使用结果表明, Barrier coat 树脂层还能减少胶衣层的破裂现象^[7]。

8 结 论

(1) 欧美豪华型游艇的 L 与 B 或 L 与 L/B 存在一定的规律, 设计时可采用回归公式 (1) 进行粗估。

(2) 欧美豪华型游艇在艇长为 14 m 以下时的 $B/d = 4.0 \sim 5.5$; 艇长大于 14 m 时, B/d 值较平缓, 在 5.2 ~ 5.7 之间, 其值比中速普通排水型船高很多。

(3) 保证纵向稳性是小型快艇设计中的一个重要问题。保持艇体浮心位于重心之后附近是减小快艇产生海豚现象的有利措施, 小型游艇的浮心纵向位置 L_{CB} 的最佳取值范围在中后 (7% ~ 10%) L 。

(4) 根据大量游艇的统计资料并回归的游艇航速与主机功率的关系式 (3) 可作为游艇初步设计阶段的粗估计算。

游艇是海洋文化的组成部分, 随着人类社会的不断发展, 游艇的魅力和对人们的诱惑力逐渐超过汽车。现代游艇以其多姿多彩和高雅的娱乐方式而成为人们休闲娱乐方式的最佳选择之一。

[参考文献]

- [1] 中国船舶报[N]. 2005. 51. P10
- [2] Sunseeker International Limited SUNSEEK INTERNATIONAL 2004 England[R]
- [3] Celebrity Boats Corporation CELEBRITY 2001 Canada[R]
- [4] BAYLNER (America) AQUATIC SUPPLIES DIRECTORY 2001[R]
- [5] Fairline Corporation FAIRLINE 2004 England[R]
- [6] 邵世明, 王云才. 高速艇动力学[M]. 上海: 上海交通大学出版社 1990. 9~120
- [7] 王胜国. 玻璃钢船结构发展趋势[J]. 江苏船舶 1997. (1): 19