

游艇设计基本知识

YOUTING SHEJI JI BEN ZHI SHI

[美] E.S.布鲁尔等著

桑修仁 陆中雷 译



国防工业出版社

233380

游艇设计基本知识

〔美〕 E. S. 布鲁尔 等著
桑修仁 陆中雷 译



国防工业出版社

译 序

游艇基本上属娱乐性产品，主要有机动艇、风帆艇和机动帆艇三大类。在欧美高级消费社会中，它已成为家庭耐用消费品之一；尤其在美国，喜欢水上运动的人很多，约有1300多个游艇俱乐部，游艇码头有4000多个，很多人都个人拥有游艇，在美国注册和使用中的各种游艇总数已达1200万艘（大略统计，其中舷外挂机型艇占57.4%，各种划艇占23.8%，帆艇占8.0%，尾部驱动机型艇占6.4%，舷内装机型艇占3.5%，敞甲板艇占0.7%，居住艇占0.2%）。全世界游艇拥有量约为1800余万艘。

游艇兴起于第二次世界大战结束之后。五十年代初期，当时年产量仅约3000艘，大部分为木质胶合结构；六十年代开始以后，铝合金结构的游艇得到较大发展；六十年代中期，玻璃纤维增强塑料开始在游艇上应用，由于在技术上、经济上取得重大的突破，因而被广泛用于制作游艇艇体；七十年代开始时，世界游艇市场销售量大增，在此同时，游艇制造也进一步向专业化、现代化发展。用纤维增强塑料制造游艇是最有发展前途的一类艇体材料。目前，世界各国大小各类游艇的年产量约为90万艘，其中美国对游艇的需要量最大，每年进口数量也相当可观，是一个最有潜力的市场；其次是西欧北欧国家，地中海沿岸国家，中东及东南亚国家等。

综观世界各国游艇业的现状和发展，可以看出游艇制造业是一项有前途的工业。尤其是高级游艇的制造在我国刚开始不久，介绍一些国外游艇设计建造技术方面的资料也可以引起对游艇制造业的进一步重视，这对游艇制造业的建立和发展也是有用的。

本书作者埃德华·布鲁尔从事游艇设计工作已有二十多年历史。早年他曾随著名游艇设计家乔治·克斯伯森(George Cuthbertson)和比尔·路德斯(Bill Luders)从事专业工作,掌握了许多游艇设计制造专业知识,其后布鲁尔自己成功地设计了“安娜考茨号”(Anacortes)和“华盛顿号”(Washington)游艇,其后又不断设计出各种性能优良的游艇。其中有用玻璃纤维增强塑料制的游艇,也有用木质、钢质和铝合金制的游艇。他的设计领域从各种豪华的游艇、时髦的赛艇,一直到按波士顿引水船改型的木质 45 英尺斯库纳帆船都有。

作者于 1969 年在缅因州创设了一所游艇设计专科学校(Yacht Design Institute),本书有关内容也是游艇设计专科学校课程的基础材料之一,此教材讨论了机动艇、风帆艇和机动帆艇的艇体设计、帆装类型、各种动力装置、舱室布置等,也介绍了如何用各种材料建造艇体,既包括单体艇也包括多体艇,还介绍一些赛艇方面情况,最后并列布布鲁尔组织设计的十余艘游艇的典型设计资料等。游艇设计专科学校主要为划船爱好者提供自学教材,可以作为丰富个人业余生活的一种爱好,用于选购游艇,或可用以指导设计制造自己的游艇,或进而从事这项专业工作。游艇设计专科学校鼓励划船运动爱好者学习此课程,因为他们把它看作为提高游艇安全性和取得性能上的成功,以及赛艇比赛获胜的一项基本条件。

由于译者水平所限,译文中有不妥处敬希读者指正。本书在翻译过程中,承蒙上海海运学院谢平同志协助作了许多工作,谨在此表示谢意。

译 者

目 录

1 适合需要的游艇	1
2 造船师的语言	3
3 速长比	6
4 中横剖面	8
5 V型底艇体	12
6 胶合板艇壳	16
7 圆底型	16
8 型线图	21
9 船体型线图的说明	24
10 外倾和外张	28
11 干舷	30
12 水线	30
13 艇尾部型线	33
14 斜剖线	34
15 侧视图和鳍状龙骨	34
16 吃水	36
17 中插板	37
18 双龙骨	37
19 机动艇的侧视图	38
20 外观	39
21 艇首部外形	41
22 艇尾形状	43

23	甲板房艙的外形.....	43
24	多体艇.....	45
25	居住艇.....	48
26	帆船的各种帆装.....	49
27	帆装类型.....	51
28	帆装与船体的关系.....	54
29	动力.....	56
30	螺旋桨的尺寸.....	57
31	柴油发动机.....	58
32	舱室布置.....	61
33	海上安全.....	68
34	特征性艇.....	71
35	构造.....	73
36	图纸和设计师.....	85
37	委托设计和现成图纸.....	87
38	设计师的选择.....	88
39	游艇的修改.....	90
40	自行设计游艇.....	91
41	赛艇.....	92
42	赛艇等级.....	95
43	业余制作游艇.....	96
44	业余爱好者的图纸.....	98
45	泰特·布鲁尔委员会的几个典型设计.....	101

1 适合需要的游艇

游艇将上千万人吸引到了停泊游艇的港湾码头、游艇陈列室、游艇展览会和游艇建造厂。这些人中有许多人打算买一艘新的或旧的游艇，有的则打算自己制作一艘。他们对自己想要得到的游艇该是怎样的，一般是所知甚少。往往直到游艇在海上航行时，他们才发现游艇的重心不稳、容易上浪、航速缓慢、抖动剧烈以及耗油量大等等。此时，人们会发现这样的游艇是很难再售给别人的；而买者也会因此吸取教训，而在下次购买游艇时会更加谨慎小心。

但是究竟该注意些什么呢？

若是在游艇建造厂里走一圈，艇体水下部分的形状和各个部位不同种类的零部件，会使得你眼花缭乱，目不暇接。那里有铲形吊舵、鳍状龙骨、长条龙骨、中插板、双中插板、汽油机、柴油机和舷外挂机等。有较宽大的舱室或是低矮狭窄的房舱，齐平的甲板，肥宽的或狭长的艇体；还有一些艇看上去象渔船，并在其表面镀上铬。

阅读驾艇方面的杂志只能使读者模糊地死记一些“设计知识”的名词，如什么长宽比、减速齿轮箱、速长比和赛艇艇级等等。这些到底说明了什么问题？什么叫棱形系数？为什么浸湿表面积少而使航速快？为什么在百慕大比赛中，一艘新的电子计算机控制的游艇赢得了其中的一次比赛；而在另一次比赛中，一艘三十年前设计的游艇却夺得了桂冠。你的艇究竟要耗用多少汽油？以及你是否要购买一台柴油机

来代替它？等等。

在许多方面，挑选一艘游艇和选购一辆汽车很相像。你得权衡一下你的需要和愿望，并与你的银行存款对照一下，然后驾着汽车朝加油站驶去。那里有轿车、旅行车、客车、赛车、敞篷汽车、有顶汽车、各种在制作上有变化的四轮驱动车，还有式样、大小等的不同，使有各式各样要求的车主能得到满意的选择。同样，也有这种使人迷惑的各种可供挑选的游艇式样，来供你选择。

任何一种游艇都要兼顾适航性、舒适性、费用因素和航速这四个方面。几种游艇的数据可用统计表列出。正如你所了解的那样，费用因素的考虑引起了人们的注意，费用因素低些，那你就把钱用于你所要求得到的更多其它性能上。

	适航性	舒适性	航速	费用因素
(风帆艇)				
标准赛艇	20 %	5 %	70 %	5 %
海洋赛艇	35 %	20 %	30 %	15 %
家庭用游览艇	25 %	20 %	20 %	35 %
(机动艇)				
海洋赛艇	25 %	10 %	50 %	15 %
快速游览艇	15 %	30 %	25 %	30 %
拖拽型游艇	30 %	30 %	10 %	30 %
居住艇	10 %	45 %	15 %	30 %

即使是同一类型的艇，也并不是能完全符合上述的百分比。你若要增加其中的某一特性，那就得牺牲另外一些因素，这只能让未来的艇主决定。根据他对游艇性能的要求，由他自己去辨认各种设计的不同优点，从而使所选出的式样能适合他的特殊要求。

在评定时需要实际一些。常有人梦想在每年一次两星期的假期中，到富于浪漫色彩的港口作一次长距离的航行。于是，买下了一艘海洋游览艇，可是他只能驾驶着这艘艇一直在近海处航行，因为在微风中行驶还在颠簸着呢？而同时在其周围，却有很多实用的风帆游艇在航行着。

同样地，家庭成员只会对娱乐性的游览感兴趣，而不会满足于像赛艇那样的机器设备。而艇主往往有的是钱和时间，愿意花在他们的海洋赛艇上，他们对艇的要求主要就放在航速和适航性上。

机动艇艇主还要考虑到他的燃料费支出。根据目前的价格来说：“速度就得花费钱”这是从过去赛车得出的格言，是值得我们牢记的。

比较一下两艘游艇，一艘是双螺旋桨的高速游艇，另一艘是速度较慢的半排水型艇。前者每行驶一英里，可能要用一加仑汽油，如果你以 17 节航速连续航行 8 小时，每日的燃料开支最少为 150 美元。这和后者以 10 节航速行驶，可能是每 2 英里消耗一加仑汽油，航行 8 小时一天，则燃料开支约为 50 美元。当然，它航行的距离不及前者，但两艘艇在海上漂浮的时间是一样的，享受的乐趣自然也应是一样的。

首先要做的是，反复考虑一下你现有的时间，并权衡一下你的愿望和需要，最后将之限定在你的支付能力范围之内。

2 造船师的语言

我们在叙述各类艇体形式的长处之前，读者必须先熟悉一些造船工程术语。因为所有设计者都使用这些术语，所以

如你在识读一套图纸时，势必要能掌握这些词的意义。

总长 (Length Overall 缩写为 LOA)——为游艇的长度，不包括首斜桁和首伸杆。这是一个常用的词，但常常被用错。最好用甲板长度来表示一艘艇的长度，以除去突出甲板之外的栏杆和飞剪形首的长度，以及不增加艇体内部空间的其它组成的长度。

水线长度 (Length Waterline 缩写为 LWL)——指游艇静浮时水线的长度。如果设计者的计算准确，它应等于设计水线 (DWL) 的长度。而大部分游艇略为下沉一些，或纵倾有些变化，这是由于游艇上添加器具及浸湿等原因所增加的重量。所以，实际的水线长度并不等于原图纸所设计的长度。

艇宽 (Beam)——为艇体的最大宽度，常写作 Beam (Maximum) 或 Maximum Beam，这是较好的专门名词。

水线宽度 (WL Beam)——在水线长度范围内的最大宽度。

排水量 (Displacement)——指游艇所排出水的重量，用以简化表示为游艇的重量。对游艇通常以磅来表示。一般根据油柜半满及其它航行器具装在艇上时，计算出其排水量。

浮心 (Center of Buoyancy)——是游艇排水量的中心。尽管它明显地应低于水线，但它通常以相对于首尾的尺寸计算，用英尺表示，从中部或以水线长度的百分率表示。因为它是水力支撑的中点，所以同时也是游艇自重的中心，或称重心 (Center of gravity)。例如，将某些可移动的重量从艇中部移至首部，则就能使艇的重心略为向前，艇将会相应地下沉，其增加的排水量会使浮心向前移至一个新的重心位置上。

漂心 (Center of Flotation 缩写为 C.B)——是水线长度处的面积中心。当移动重量时,艇将改变其纵倾的位置。

每英寸浸水磅数 (Pound Per 1" Immersion 缩写为 P. I)——艇下沉 1 英寸所需的重量。

每英寸纵倾力矩 (Moment to Trim 1")——力矩以英尺·磅表示,使首部翘起和尾部下沉(反之亦同)1 英寸所需的力矩。例如,一艘艇的每英寸纵倾力矩为 900 英尺·磅,则表示一个 150 磅重的人向前移动 6 英尺,才能使艇首倾 1 英寸。因为游艇围绕着漂心改变纵倾角度,而漂心经常位于艇中部之后,所以首部变化要大于尾部的变化。在我们假设的情况下,首部下沉 $3/4$ 英寸,而尾部抬高 $1/4$ 英寸,才出现 1 英寸纵倾变化。

浸湿面 (Wetted Surface 缩写为 W. S)——水面以下的艇体表面积(以平方英尺表示),包括舵和中插板。显然,浸湿面大的艇与浸湿面小的艇相比,前者的表面摩擦阻力必大于后者,而速度较慢。为此,许多风帆游艇已由老式的整龙骨改变为鳍状龙骨和铲形舵;这样,浸湿面就较小。但一般机动艇不用这种设计,因为这点对机动艇没有多大影响。

棱形系数 (Prismatic Coefficient 缩写为 P. C)——这是用以比较帆船艇体形状的非尺度数字。它是以立方英尺表示的排水量除以平方英尺表示的艇中部面积,再乘上水线长度而得出。

简而言之,如果你取一段木头,其长度相当于水线长度,做成艇中部形状,然后切削首尾使其成游艇的模型,则棱形系数为模型与原艇中部形状通长的一段木头之间的百分比。

重要的是,要知道 0.54 是风帆游艇和海洋竞赛型帆船

的标准棱形系数。棱形系数大则说明艇的首尾宽阔；因而 0.56 可能是具有外壳的辅助设备或机帆艇的棱形系数。首尾端狭尖的赛艇其棱形系数低于 0.54，而有些标准竞赛帆艇的棱形系数低达 0.47。

中线面浸水部分中心 (Center of Lateral Plane 缩写为 C. L. P)——为艇体在水下面积的中心。此词并适用于指示帆船的帆装置图 (上帆) 的位置。

帆面受风中心 (Center of Effort 缩写为 C. E)——为帆面积的中心。它必须位于 CLP 的前部，以避免出现较严重的艇首迎风转时的压舵现象，其具体位置取决于艇体形状。与宽的艇体相比，狭瘦的艇要求帆总面积的中心与水下横向阻力中心间的纵矩较小。

我们必须强调，由设计师提出的以上这些数据，仅可用于符合其设计水线的游艇。如果增加了重量，则艇体吃水大于设计水线，反之亦同，从而使水线长度、水线宽度、排水量、浮心、漂心、每英寸浸水磅数、每英寸纵倾力矩、棱形系数、浸湿面、中线面浸水部分中心等的数据都会稍有变化。

3 速 长 比

一般可根据艇的速长比 (Speed-Length ratio) 将艇体分为三种基本类型。这又是一种无量纲数字。以节表示艇的航速，除以水线长度的平方根，从而求得这一数字。如 25 英尺水线长度的机动艇，其最高速度为 12 节，具有的速长比为 2.4；又如远洋定期班轮，航行速度为 28 节，水线长为 1000 英尺时，其速长比为 0.885。

与远洋定期班轮相似，排水型艇体在高速行驶时不产生升力。真正排水型艇体的最大速长比为 1.34，在此速度下，尽管增加功率但只能使艇尾部吃水加深、而不能增加艇的速度。划艇 (Rowboats)、皮艇 (Canoes)、拖带式艇 (Trawler type vessels) 以及标准的风帆游览艇等都具有典型的排水型艇体。

例如，一艘帆船的水线长为 25 英尺，以速长比 1.34 乘上 25 的平方根 (或 5)，其速度为 6.7 节，或每小时大约 $7\frac{1}{2}$ 英里。这就是“艇体速度 (Hull speed)”。若增加风帆和动力，那只能使艇及其设备过度劳损。

另一种类型是半排水型艇体，它常常具有圆的艏部和相当宽的尾板，以获得艇体下面水流产生的升力。它具有比排水型更高的速度，而速长比最大可达 2.5。例如缅甸州的捕虾船、一些轻快的帆船、游艇和各种老式游览艇。这种类型亦称为半滑行式艇体。

滑行式艇体由于具有典型的宽尾板，因此可以从水流中得到很大升力，由此降低了阻力。滑行艇体的速长比为 2.5~8，或者更大。如标准的舷外挂机游艇、舷内机汽艇、大部分 V 型底和某些圆底游艇、以及专门用于海洋竞赛的汽艇等。有一些帆艇也达到了滑行艇的速度，如著名的芬兰划艇和一些多体赛艇。

应当指出，所有的排水型艇体其航速较低，而滑行式艇体在低速航行时不仅效率低而且航行时很不稳定，与排水型艇体的尖形尾和整齐的尾流相比，则需要耗用更多的动力。

4 中横剖面

中横剖面形状可分为三种明显的类型——平底、倾斜艇底（也称为V形底）和圆形底。我们首先从最简单的形状说起，然后逐步深入讨论。

平底——因为它最易制造，所需的工具、资金都较其它类型的艇少，因而是初始建造游艇的业余爱好者的理想类型。

平底艇抗波浪冲击性能差，但只要妙为设计，就能在很大程度上消除这一缺点，使这种艇达到较理想的要求。

平底驳形艇 (Scow)(见图1A) 这是最简单的形状，具有长方形的艇体和倾斜的首尾。其用途限于儿童的游玩艇和垃圾驳，所以它除了简单以外，别的无可繁述的。

弧形平底艇 (Punt)(见图1B) 是底部在纵方向带有弧形的一种平底艇，而它的舷侧常常呈曲线状。

新泽西州的牡蛎船和缅因州的单桅货船就具有这种形式，其长度为45英尺以上。

由于它具有简单、宽敞、吃水浅的优点，因此这种平底艇就可行驶于受保护的水域和江河中。它在激浪中航行时颠簸剧烈，所以不能行驶于外海水域，特别是在动力达到滑行速度时，更不平稳。

平底轻帆艇 (Sharpie)(见图1C) 与弧形平底艇相比，其底部纵向弧度较小，而首部削尖。有些平底轻帆艇被建成首尾同形，而其首尾都是削尖的。这一类型由于有良好的适航性，建造简单，以及可航行于重雾气候中，所以在康涅狄格州，最初用于长岛的牡蛎业，并迅速扩展到契沙比克湾、

佛罗里达州、五大湖区域以及西海岸等地区。

平底轻帆船在顺风航行时，是一种快速的帆船。但它应保持航行时的垂直性，不允许过度的倾斜。因而当它迎风行驶于随风翻滚的波浪中时，易受波浪的冲击。

这种艇最适用于沿岸航行，尽量靠近避风隐蔽处。如果一个富有经验的驾艇者，能认真选择适航的天气的话，那么是可以伺机作长距离航行的。

平底轻帆船的一个较大的缺点，就是它有很长的中插板箱，这就要很好地将舱室一分为二。在设计时如果认真安排平面布置，是可以解决这一问题的。而有些设计是用二块较小的插板，从而使其有较完整的舱室作为其特点。它的另一个缺点是高度不够，这是由于艇体浅所造成的。对于狭长型的平底轻帆船，高干舷和高舱位是具有危险性的，因为这将增加重量和加剧风的阻力，有害于航行时的稳性。因而，舱高受水上水下二方面的限制，以致于总长在 40 英尺以内的平底轻帆船不能保证获得具有能站立得起高度的舱室。

平底轻帆船的艇体可以用作高速机动艇的艇体，只要设计时加上深首柱脚以防止波浪的冲击。艇首也应尖狭，使艇体可以分开海水，而不是与海水一起升起。这种艇最好限于半排水型艇体沿岸航行的速度，因为这可使狭窄的尾部具有较好的低速航行性，适于在恶劣气候时慢速航行。它也应配有深尾鳍，使艇体紧贴着水面，并在尾随浪中防止偏航。

平底敞开型艇 (Dory)(见图 1 D) 与平底轻帆船相比，纵向有稍大的弧形和更狭窄的艇底，舷侧则更为外倾，并有典型的碑石型尾板。由于它的艇底狭窄，非常易于倾斜，而在人员的重量稍有偏移时，就会使艇严重倾斜。然而，外倾的舷侧提供了极大的储备稳性，并因此使本克斯号平底敞开

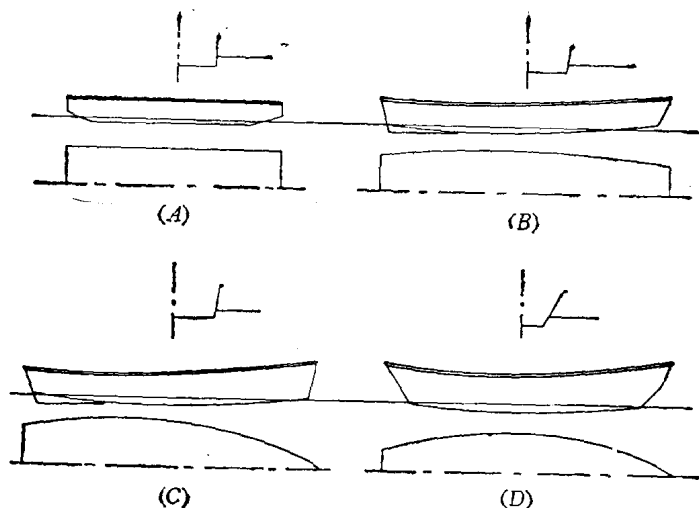


图1 平底艇的分类

A. 平底驳形艇 B. 弧形平底艇 C. 平底轻帆艇 D. 平底敞开型艇

型艇获得了令人羡慕的适航性声誉。为了挂帆航行，外部龙骨带上重压载是获得稳性所必不可少的。很多采取这种型式的设计，说明了加宽实际的碑石型艇尾，可以增加初稳性。

平底敞开型艇航行时的倾斜角，比其他类型平底艇的倾斜角更大，而受浪击的倾向小。这主要是因为它应用了颌线，而不是由于平底。尽管它的航速比平底轻帆艇慢，但它在带有外部压载航行时能自行扶正，所以适于长途航行。但仍然不推荐用于远洋航行。

平底敞开型艇能使低速机动艇适于出海，配以小型发动机能够经济地航行。由于它的初稳性低，它会随浪摇摆，因此需要降低其重心，并避免有高的舱室。而这种艇在恶劣的气候中能很好地对付并继续前进。图2是一艘27英尺长的平底敞开型游览艇，动力为18马力，推进装置通过阱口伸

出艇外。它在大西洋区域被用于捕鱼、娱乐和运动。其总费用在 1969 年时低于 750 美元。这样，人们出海时就无需一个镀铬的豪华游艇了。

平底敞开型艇被设计成具有宽大的尾板，以适合于滑行速度。因为它有倾斜度大的水上舷侧和更长的艇首外伸部分；它全速航行时的耐波浪冲击性能比平底轻帆艇为好。宽大的尾板可减少摇摆度，但同时降低了低速行驶时的效率。所以折衷方法是，限于具有半排水型速度的艇体，又有加宽的尾板，以提高稳性。

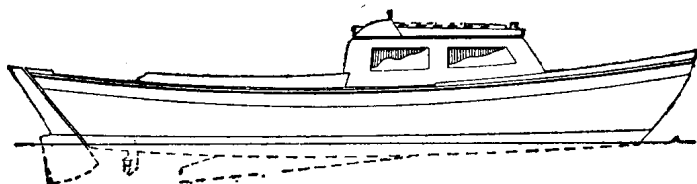


图 2 27英尺平底敞开型游览艇

设计平底艇的要点是，要有相当低的干舷和水上部分，以减少甲板以上部分的重量和受风面积。帆船的龙骨不应有过大的弧度，因为这有损于速度。而帆船和机动艇都应有尖瘦形的首部外形和深首柱，特别是对于机动艇可以减少波浪的冲击力。

机动艇应有深尾鳍（在舵前部或舷外发动机的前部）以辅助驾驶，并使艇能保持直航方向。一般为了拖运游艇方便，往往取消这种深尾鳍；应该知道，所设计的游艇应是用于水中的，因而，将适航性换取拖运的便利，是一种愚蠢的做法。

外倾的水上舷侧能避免艇首部破浪前进时扬起的浪花，并可增加艇的浮力和极限稳性。