

高速艇动力学

邵世明 王云才 编



上海交通大学出版社



数据加载失败，请稍后重试！

U 661.3
S 31

316112

高速艇动力学

邵世明 王云才 编



上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书概括了按国际船模试验池会议(简称 ITTC)所确定的几种高速艇的航行性能问题。

全书共八章,主要阐述了应用最广的高速排水型艇(又称过渡型快艇)和滑行艇的阻力性能、稳性、操纵性、耐波性和飞溅特性等;对于近年来发展较快的水翼艇和气垫船除了艇型特点外,对它们的动力性能问题亦用相当篇幅分别予以专门叙述。

本书可用作高等工业院校船舶工程专业的教材和教学参考书。本书收集了各种高速艇的有关资料 and 主要研究结果,并注重于实用性。因此也可供船舶工程技术人员,船舶设计部门、研究单位和造船企业的专业人员参考使用。

高 速 艇 动 力 学

出 版: 上海交通大学出版社

(淮海中路1984弄19号)

发 行: 新华书店上海发行所

排 版: 浙江上虞科技外文印刷厂

印 刷: 江苏太仓印刷厂

开 本: 787×1092(毫米) 1/16

印 张: 14.75

字 数: 364000

版 次: 1990年8月 第一版

印 次: 1990年9月 第一次

印 数: 1—1100

科 目: 225—280

ISBN7-313-00687-X/U·663

定 价: 2.95 元

前 言

高速艇或通常所称的“快艇”是指第二次世界大战前后兴起的一些航速高、排水量较小的军用或民用船舶,包括早期的高速排水型艇、滑行艇以及近年来发展较快的水翼艇、气垫船和高速双体船。

高速艇的发展和应用受到国内外普遍关注。国际船模试验池会议(简称 ITTC)在 84 年增设高速船委员会(简称: HSMVC)致力于沟通各国高速艇研究的有关情况。近年来我国各地区都不同程度地面临着高速艇设计、制造的任务。对各种高速艇的需求量正在迅速上升。然而,高等院校船舶工程专业的教学计划中,一般说来,有关高速艇的内容实在太少。学生毕业后有关高速艇的知识显得“贫乏”,实际工作中往往会“束手无策”。这种情况将不能适应国内外高速艇发展的需要。因此编写《高速艇动力学》的目的在于尝试弥补这一不足之处。

本书编写过程中,本着如下设想组织和安排有关内容:

(1) 按照 16 届国际船模试验池会议的高速艇分类,分别叙述各种高速艇的主要航行性能。

(2) 注重概念性和实用性。在介绍各种高速艇特点的基础上,提供分析、估算各种性能的实用方法。

(3) 突出重点,注意发展。本书侧重于国内外应用最广的高速排水型艇和滑行艇,但对近年来发展较快的水翼艇、气垫船亦用相当篇幅分别予以专门叙述。(18 届 ITTC 推荐的高速双体船未作分章叙述)。

(4) 努力使我国有关单位的研究成果能在本书中有所反映。

此外,本教材“注意到篇幅短小”的原则,“以适应造船专业本科生必修课和选修课的需要”。

编者虽意识到上述几点,但限于水平,特别是高速艇涉及面广,发展快,因此本书的缺点和错误一定存在,恳切希望广大读者批评指正。

编 者

一九八九年九月于上海交通大学

目 录

第一章 高速艇概述	1
§ 1-1 高速艇的分类	1
§ 1-2 高速艇与一般排水型船舶的差别	5
第二章 过渡型快艇的艇型和阻力性能	9
§ 2-1 过渡型快艇的艇型和航态	9
§ 2-2 过渡型快艇阻力的系列资料估算法	12
§ 2-3 过渡型快艇阻力的回归分析法	27
§ 2-4 过渡型快艇的附体阻力	38
第三章 过渡型快艇的航海性能及艇型对航行性能的影响	39
§ 3-1 过渡型快艇的耐波性	39
§ 3-2 过渡型快艇的操纵性	45
§ 3-3 过渡型快艇航行中的横稳性问题	48
§ 3-4 艇型参数对过渡型快艇航行性能的影响	52
§ 3-5 改善过渡型快艇航行性能的措施	63
第四章 滑行艇与滑行理论	72
§ 4-1 滑行艇的艇型特点和航态	72
§ 4-2 滑行平板的水动力特性	74
§ 4-3 滑行面形状对水动力性能的影响	80
第五章 滑行艇的阻力性能	87
§ 5-1 应用滑行平板资料估算滑行艇的阻力	87
§ 5-2 系列试验图谱估算滑行艇的阻力	97
§ 5-3 滑行艇阻力的近似估算法	101
§ 5-4 滑行艇的阻力试验	103
§ 5-5 断级艇的阻力性能	105
§ 5-6 滑行艇的附体阻力	107
第六章 滑行艇的航海性能及艇型参数设计	110
§ 6-1 滑行艇的横稳性	110
§ 6-2 滑行艇航运时的纵向稳定性	111
§ 6-3 滑行艇的操纵性	115
§ 6-4 滑行艇的飞溅性能	116
§ 6-5 滑行艇的耐波性	126
§ 6-6 滑行艇的艇型参数设计	141
第七章 水翼艇	148

§ 7-1 水翼艇概述	148
§ 7-2 机翼理论	153
§ 7-3 水翼的水动力特性	163
§ 7-4 水翼艇的阻力性能	168
§ 7-5 水翼空泡问题	174
§ 7-6 水翼艇的航海性能	179
§ 7-7 水翼艇的主尺度选择	185
第八章 气垫船和小水线面船	194
§ 8-1 气垫船的种类	194
§ 8-2 气垫船的阻力性能	198
§ 8-3 气垫船的航海性能	203
§ 8-4 小水线面船	208
附录一 NPL 高速圆舢舨系列的剩余阻力及静浮状态的湿表面积图谱	214
附录二 美国 64 系列剩余阻力系数	219
附录三 美国 62 系列滑艇静水阻力估算图谱	223
参考文献	228

第一章 高速艇概述

§ 1-1 高速艇的分类

高速艇或通常所称的快艇是指航速较高、排水量较小的船。因此通常又有“高速小艇”之称。这类艇由于具有“速度高,体积小”等特点,因而无论在军事上或民用交通方面都具有相当的重要性。特别是海军战斗快艇以其“隐蔽性好,突击威力强”之长,在海战中常能显示其独特威力。“小快艇击沉大型舰艇”的战例不胜枚举。目前,海军战斗艇的数量和质量是衡量各国国防力量的重要方面之一。

此外,小型高速艇作为多用途艇,被广泛用于民用交通的各个方面,特别是由于一般传统的水面快艇有其局限性,因此近年来各国更注意对新艇种的开发、研究,因而快艇无论在艇体形式还是实际应用方面(包括民用和军用)均突破原来传统的范畴。1978年在荷兰召开的第15届国际船模试验池会议上(15thITTC)正式成立了高速艇专门小组,成为国际船模试验池会议的学术分组之一,该专门小组成立的主要目的在于:

- 1) 确定“高速艇”或“高性能船舶”(High-Speed Marine Vehicles)的含义,特别是与常规排水型船的差别;
- 2) 调查各国水池有关高速艇模型试验所包括的范围;
- 3) 鉴定高速艇的水动力情况及它们的模型试验规程;
- 4) 确认高速艇模型试验的有关问题,以及实船外插的过程,即有关实船换算问题。

根据15届ITTC高速艇小组调查结果表明,约50%的ITTC成员组织正从事高速艇的某些工作,而且将继续开展各种模型试验研究。为此,1981年16届ITTC作出决定成立高速艇(高性能船舶)委员会,简称HSMVC(High-Speed Marine Vehicle Committee),作为国际船模试验池会议的技术委员会之一,从而使高速艇的研究和开发在世界范围内进一步开展起来。

一、高速艇的使用特点

高速艇广泛应用于军事和民用的主要原因是由于其具有高速的特点。此外由于高速艇还包括某些非排水型的特殊船型,诸如气垫船、冲翼艇等,往往用于排水型艇受到自然条件限制的某些场合,如浅水区、沼泽地带等等。因而,高速艇不但种类多,而且适用的区域性远较一般的排水型船广泛。

但是,应该看到高速艇在军事上的意义较之民用交通方面要重要得多。这也是各国近年来军用艇建造、发展得较快的主要原因。高速艇在军事上的重要意义,正是由它的使用特点在战术上得以充分发挥的缘故,而这种使用特点在战术上可归纳为:“小、轻、快、猛”。

所谓“小”、“轻”系指快艇的体积小,吨位轻。正因为这样使快艇具有良好的隐蔽性和机动

性,可以称之为海军力量中的轻骑兵,在作战中常会取得出其不意的效果。由于快艇“小”的特点,在战斗中,被敌舰雷达所能发现的距离较之其发现敌舰的距离要短得多。换句话说,快艇常能在自己未被暴露之前先发现敌舰目标,可取得攻击的主动权。此外由于它的体积小,受攻击面小,加之机动灵活,因而在战斗中常能给敌舰以致命打击。

“快”是军用高速艇在战术使用中的共同特点。现代高速艇特别是鱼雷艇,导弹艇等攻击型快艇的航速一般均在 40 kn 以上,甚至高达 50~60kn,而军事上使用的水翼艇、气垫船等的航速还要高得多。由于具有航速高的特点,因此在战术使用上既易于主动突击敌舰,亦便于趋利避害,积极捕捉战机,以达到保存自己,消灭敌人的目的。

所谓“猛”是指一般的战斗艇为了满足战术使用的要求,都配备有很强的武器装备,在战斗中能发挥较大的威力。近一、二十年来随着导弹艇的出现,大大增强了它的攻击威力,在战斗中充分发挥了“猛”的特点,正因为此,近年来世界各国相继掀起了研制导弹艇的热潮。

战斗艇除上述具有小型隐蔽,机动灵活,轻便快速,战斗力强等优点外,还有施工方便,造价低廉(较之大型军舰),用途广泛,战时可以大批投产等优点,故受到各国海军的普遍重视。

高速艇在军事上的重要性是不言而喻的,但是其在民用方面的应用亦是十分广泛的。如交通艇、高速客艇、渡船,以及其他各种专用工作艇等等几乎数不胜数,遍及世界各地。

当然,高速艇亦有其本身弱点,这主要表现在两方面:一是,适航性差,因而对一般的战斗艇往往都有明确的适航性指标,以确保一定条件下炮火使用和安全航行;另一是,续航力小,因而一定程度上限制了它的作战半径。目前解决这两方面不足之处的途径有两种措施。一是增大艇的排水量,近年来建造的艇,排水量有的在 200T 左右,甚至达 500~600 T。由于排水量增大后,武备、观通导航等设备可得到加强,攻击能力得以提高,续航力提高,适航性得到了改善。为了使横摇运动减到最小,有的国家将消摇装置应用于某些高速艇。另一措施,主要针对改善适航性,考虑到高速滑行艇在风浪中航行时,由于经受波浪作用产生冲击、纵摇、升沉、飞溅、浸湿等现象导致航速急剧下降以致影响作战性能,因此设想改善适航性的根本途径在于避免波浪的冲击作用,为此设想应用水翼、气垫和冲翼技术。相应的自控水翼艇、气垫船和冲翼艇陆续出现,而且逐渐成为各国今后高速艇发展的重要方面。

二、高速艇的分类

高速艇作为一种多用途的小型高速船只,由于采用不同的分类方法,因而种类繁多,目前的分类方法有按用途、艇体结构材料、航行原理以及航行区域等方面进行划分。

1. 按用途分类

(1) 军用快艇:用于军事上的各种高速艇,又可以按武备不同分为:炮艇、鱼雷艇、导弹艇等;也可按战斗使命分成:巡逻艇、护卫艇、猎潜艇、布雷艇和登陆艇等等。

(2) 民用快艇:泛指用于非军事目的的各种高速艇,按用途包括高速小客艇、货艇、交通艇、游览艇、运动艇(无线电航海艇和赛艇)以及科研快艇等。

2. 按艇体结构材料分类

高速艇如果按艇体结构材料来分类,则又可分为:木结构艇、铝结构艇、钢结构艇以及混合结构艇(指铝骨木皮或钢骨木皮艇),近年来又相继出现塑料艇、玻璃钢艇等等。

3. 按航行原理分类

高速艇的水动力性能常常与其航行原理密切相关的,各种高速艇不但在水动力性能方面,而且它们的航行原理与通常的排水型船舶有所不同,从这个意义上来说,高速艇的范畴应包括这几方面的船舶:

航速范围在傅汝德数 $F_N \geq 0.5$ 的高速排水型艇;

非常规排水型的水面快艇,即滑行艇;

某些高速特种船舶。在设计航速时,这些船的大部分重量是由其他力支持,而不是由静力来支持的。

相对于特殊高速艇而言,则可将前两种高速艇归并称为一般水面快艇。根据目前各国研制和应用的实际情况,高速艇的具体形式有:

(1) 高速排水型艇

这种艇又称为航海快艇,由于其艇体线型剖面常采用圆艏型剖面,故又称为圆艏艇。

这种艇的实际航速范围约在 $0.4 \leq F_N < 1.3$ 。虽然航速较高,但航行时基本上仍处于排水航行状态。艇体的重量主要地仍由静浮力所支持,只有当航速在 $F_N > 0.7$ 时,艇体受到水动力升力的作用,且这种升力将随航速而增大,相应的静力作用将减小。应该指出的是:尽管这类艇在航行过程中将经受水动力升力的作用,但其与静力相比毕竟不是主要的。所以这种艇由航态而言实际上处于一般排水型船舶与滑行艇之间。正因这个原因,这类艇又可称作“过渡型快艇”。

高速排水型艇在高速艇中,占有相当大的数量,目前国内外对这类艇有较多的研究。

(2) 滑行艇

滑行艇设计的速度范围均在 $F_N > 1.0$, 或者在体积傅汝德数 $F_{N\Delta} = \frac{v}{\sqrt{g\Delta^{1/3}}} > 3.0$, (其中 Δ ——艇的排水体积)。

由于这种艇航速很高,以致在水面上航行时艇底产生很大的升力,将艇体托出水面,整个艇体在水面上“滑行”前进。由于排水体积很小,因而静浮力几乎趋于零。

目前有相当数量的高速排水型艇和滑行艇用于军事目的。由于舰艇造价上升,以及 200 浬领海权的规定,很多国家的海军已特别强调应用小型高速战斗艇作为大型舰船的有吸引力的替代者。此外,这两种艇用于民用目的几乎成千上万。其中渡船、游艇和娱乐、工作艇几乎占 95% 以上。它们的长度为 3~60 m,排水量为 1.5 T~200 T。近几年来,在世界范围内正在大量建造滑行艇和高速排水型艇。仅以日本海事信贷公司为例,在最近十年内,建成了 60 艘新的沿海高速客船以及相同数量的非高速沿海客船,由此足见对这两类艇的兴趣有增无减。

(3) 水翼艇

水翼艇是指艇的重量完全由艇下水翼产生的水动力升力所支持,艇底完全离开水面的高速艇。

水翼艇又以水翼的形式不同可分为全浸式和水面割划式(或半浸式)两种。

自 1955 年以来,商业水翼艇已正式投入运营。目前,至少在 15 个国家内已建成水翼艇。用于民用的高速客艇的排水量在 14 T~175 T,而载客能力从 40 客位到 300 客位以上。苏联是世界上拥有水翼艇最多的国家,据有关资料,它拥有总载客能力为 65000 客位的近 300 艘水翼艇,承担着国内的客运工作。此外,苏联还有相当数量的水翼艇出口到其他各国。

水翼艇在军事上也被广泛使用。美国海军拥有一个中队的导弹巡逻水翼艇。自 70 年代初,其他国家,包括我国在内,都先后建成或正在建造水翼艇。

(4) 气垫船

这种船的历史不长,是 50 年代推出的一种新型船舶,这种船的主要原理是依靠在船底形成的高于大气压力的空气作为“气垫”,使得船底与水不直接接触,从而大大降低了船的阻力,因此这种船的航速很高。

气垫船又按保持“气垫”的形式不同分为侧壁式气垫船和全垫升式气垫船。

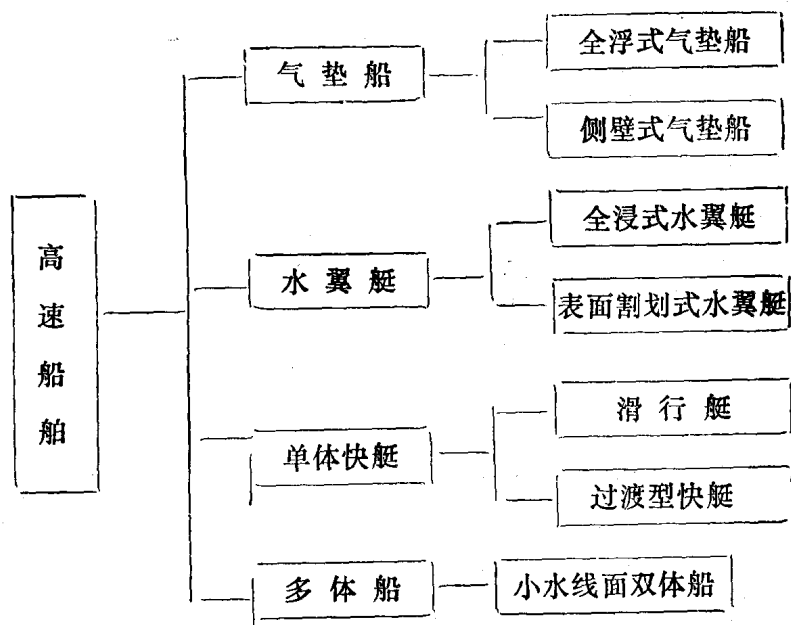
气垫船的应用区域很广,除用于海上外,也可用于激流浅滩、沼泽地带,甚至陆上均可应用。由于气垫船具有航速高和两栖性的独特优点,因此它适用于从农业到破冰,从民用到军用的各个方面。

(5) 小水线面船

小水线面船是由两个完全沉没的船体用一根或几根相当薄的支柱连结而成的组合体。由于小水线面船的支柱截面面积很小,其船体是两个回转体,因此得名为小水线面双体船。国际上常用其英文缩写 SWATH 来表示。

小水线面船的研究开始于 50 年代早期,从已经发表的理论和实验结果来看小水线面船的排水量可达 30000 T,而航速达 $F_N = 0.80$ 。近年来,世界范围内开发高性能船舶的兴趣正在增长,小水线面船已引起各国更大的注意。据 84 年 17 届 ITTC 报告指出:在近三年内,以首次开设的模型试验而言,则小水线面船进行的次数超过其他各种类型的高速艇。

显然,高速船与典型的排水型船舶在船型,支持船体重量的作用力,以及设计航速范围等方面是根本不同的。国际船模试验池会议将现在流行的主要的高速船的型式归纳为七种船型,如下表所列。



但是应该指出的是, 1987 年 18 届 ITTC 认为:由于自 1972 年以后新建高速双体客船数目几乎逐年增多,尽管对这种船的动力性能尚待深入,但 ITTC 高速船委员会仍然强烈地推荐高速双体船应加入到高速船行列中去。

§ 1-2 高速艇与一般排水型船舶的差别

在水面航行的高速艇与一般的水面船舶, 即与排水型船之间的最明显的差别表现在航行状态、流体动力性能以及航行中的飞溅现象等方面, 现就这几方面情况作简要分析比较。

一、航行状态的差别

在《船舶阻力》课程中, 已知一般排水型船, 尽管按航速可以划分为低速船、中速船和高速船, 但总的来说, 所对应的速度范围较低, 即使所谓高速船, 其傅汝德数 F_N 亦在 0.35 左右居多。而它们在航行过程中的航态几乎有一共同特点, 即与静浮状态没有明显的差别, 亦即航行过程中航态改变不大。

但高速艇在航行过程中不但航态与静浮时有显著不同, 而且在不同航速时, 航态的改变情况亦将完全不同。根据已有试验表明: 高速船在航行过程中, 船体各部位的吃水较静浮时将发生变化, 而且随着航速增大, 这种各部位吃水变化将变得更为明显。图 1-1 是一般高速艇在一定速度范围内随航速变化, 艇首、尾和重心处的吃水变化情况。

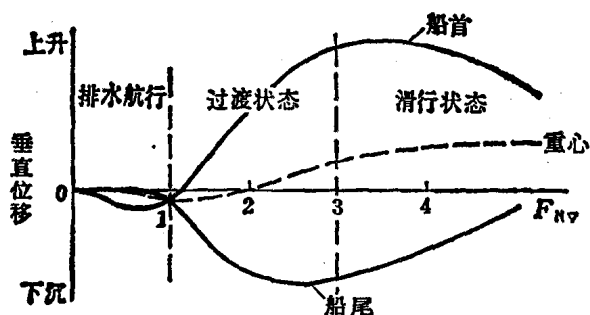


图 1-1 艇体各部分吃水随航速变化情况

速度参数以排水体积傅汝德数 $F_{N\Delta} = \frac{v}{\sqrt{g\Delta^{1/3}}}$ 表示, 其中 v 为航速(m/s), Δ 为排水体

积(m^3)。实际航行表明, 对应于不同的 $F_{N\Delta}$ 值, 艇的航态通常分为三个阶段:

第一阶段, 当 $F_{N\Delta} < 1.0$ 时, 称为排水航行状态。此时航速较低, 其航行状态与排水型船相似。船体各部分吃水变化不大, 通常艇首下沉较之艇尾下沉得多些, 因而整个艇体表现有少量的平行下沉, 又略有首倾。

第二阶段, 当 $1.0 < F_{N\Delta} < 3.0$, 称为过渡状态。此时随着航速增高, 其航行状态出现明显的变化。主要表现在: 艇首由原来下沉趋于上抬, 艇体重心也逐渐上升到正浮高度之上, 艇尾却下沉得更甚。在这阶段中随航速增高, 艇首的上升和艇尾的下沉亦随之增加。因之整个艇很明显地由第一阶段的“略微首倾”状态向尾倾转化, 随航速增大, 尾倾将继续增加。

第三阶段, 速度范围为 $F_{N\Delta} > 3.0$ 时, 称为滑行状态。在这个速度范围内, 随航速继续增大, 艇首上抬不但不再增大, 反趋于逐渐减小, 艇尾亦并不继续下沉。因此艇体航态表现出航行纵倾反有所减小, 而整个艇体趋于被托向水面滑行前进。

二、水动力性能方面的差别

由上面航态分析知,水面高速艇,即通常所称的水面快艇,由于其所处的航速范围不同,因而表现的航态情况完全不同。正是由于这个原因,导致了它与一般排水型船舶在水动力性能方面的差别。因为一般排水型船舶在航行过程中航态几乎无明显变化,与静浮时差别不大,所以船体重量完全由流体静压力,即浮力所支持,且浮心与重心位于同一铅垂线上。

水面快艇由于在运动过程中,伴随有航态变化,亦即在垂直方向出现运动,因此在运动过程中,不但受到静力作用而且必然存在着流体动力的作用。

设 Δ 为艇体重量, ∇ 为艇在静浮时的排水体积, L 为沿垂直方向作用在艇体的流体动力,此力常为向上,故称升力,则艇体在运动过程中,沿垂直方向的力的关系式可表示为

$$\Delta = \gamma \nabla_1 + L \quad (1-1)$$

其中: ∇_1 为艇体在航行过程中的排水体积;

γ 为水的重度。

现在,可以来分析一下,在不同航态下的艇体在垂直方向的受力情况。

1. 排水航行状态

由于航态没有明显变化,因此垂直方向上的运动趋于零,水动力升力极小,则必有 $\nabla_1 \approx \nabla$, $L \rightarrow 0$,故(1-1)式为:

$$\Delta \approx \gamma \nabla \quad (1-1a)$$

这意味着高速艇在这种航行状态下与排水型船舶完全相同。艇体重量由静浮力支持。在这种航行状态下,虽然航速较低,但水流流经艇体周围时,由于流速增加,因而艇体周围的压力有所下降,结果使艇体下沉,吃水有所增加。同时,由于艇首部比尾部瘦削一些,所以首部较尾部下沉得多一些,显示出首纵倾。然而,如图1-1所示,这些吃水和纵倾的变化都相当小。

2. 过渡状态

在这种航态下(如图1-1示),艇体在垂直方向出现较大的位移,艇体重心向上移动。因而说明流体动力 L 较排水航行状态有明显增大,艇的排水体积趋于减小,则(1-1)式为:

$$\nabla = \gamma \nabla_1 + L \quad (1-1b)$$

而且有: $\nabla_1 < \nabla$; $L \neq 0$ 。

显然,在这种航态下,由于航速增加,流体动力已成为不可忽视的因素,而静浮力的成分却有所减少;同时在流体动力作用下,首部逐渐抬出水面,尾部压力继续下降以致艇尾继续下沉,因而艇体显示出明显的尾倾,并以与来流方向形成某一冲角(航行纵倾角)高速航行。

这种状态虽与排水航行状态有较大的差别,但流体动力并没有大到足以把艇体抬到水面“滑行”的程度,因而称为“过渡状态”或“过渡阶段”。

3. 滑行状态

航速在 $F_{N\gamma} > 3.0$ 时,艇体的流体动力已成为支持整个艇体重量的主要部分。艇体被抬向水面,排水体积被减小到最低限度,艇体重心与流体动压力中心在同一垂线上。整个艇体与水平面成一定的纵倾角沿水面向前滑行。显然,此时与前述排水航行和过渡状态有本质的差别。可粗略地认为:排水体积 $\nabla_1 \rightarrow 0$,故(1-1)式可表示为:

$$\Delta \approx L \quad (1-1c)$$

从现象上看,由于流体动力很大,尾部动压力亦将增大,因此尾部下沉减小,整个艇体被抬

向水面,尾倾反而有所减小。

严格地说,(1-1c)式中忽略了静浮力影响。这种情况只有在极高航速下是恰当的,然而一般滑行艇的航速未能达到这种极高速程度,因而实际上仍然受到静浮力作用,不过它较流体动力要小得多而已。这将在第四章中予以进一步说明。

应该指出的是,这里划分运动状态的速度参数不用长度傅汝德数 $F_N = \frac{v}{\sqrt{gL}}$, 而改用体积傅汝德数 $F_{N\triangledown} = \frac{v}{\sqrt{g\nabla^{1/3}}}$ 的原因,一方面果然由于对高速水面艇来说,在整个航行过程中,

艇体长度不再保持不变,因而不宜作特征尺度。而更重要的是,由上可见,水面高速艇运动状态的划分,关键取决于流体动力的大小或者说取决于升力相对于排水量的大小,因而特征尺度采用排水体积的立方根。

由于艇体的航速不同,因而其航行原理将是不同的。为此,可以用不同的体积傅汝德数来确定所有在水面上航行的船舶分类名称:

排水型船舶:凡航速在 $F_{N\triangledown} < 1.0$ 的船舶都可称为排水型船舶,包括大多数民用船舶和少数大型低速军用船。

过渡型快艇:航速在 $1.0 < F_{N\triangledown} < 3.0$ 的高速艇,它由于本质上仍属于排水状态,故又称高速排水型艇。这类艇包括交通艇、护卫艇、猎潜艇、大型导弹艇甚至驱逐舰等。

滑行艇:是指航速在 $F_{N\triangledown} > 3.0$, 艇体在水面上滑行前进的快艇。主要包括鱼雷艇、导弹艇以及民用游艇等。

水翼艇、气垫船属于特殊高速艇范畴。其航速一般都在 $F_{N\triangledown} > 3.0$, 它们的航行原理及航行性能各有特殊之处。不但与一般排水型船不同,而且与一般水面高速艇亦有本质的差别。水翼艇运动过程中藉水翼升力使艇体完全被托出水面;而气垫船在航行过程中由气垫将艇体“垫”在水面上,因而这些艇的动力性能问题都将予以专门研究探讨。

三、飞溅现象

水面高速艇航行过程中存在水动压力的作用,而且随着航速增高水动压力将明显增大。由于艇底高压在艇的两侧接触大气时形成压力突变,造成航行过程中的飞溅现象。飞溅本身是一种能量的损耗,故在讨论高速艇阻力性能中,与飞溅现象相关的飞溅阻力必须予以注意。

四、各种水面快艇的阻力曲线特点

阻力性能是研究各种高速艇动力性能的重要内容。图 1-2 是排水型船舶和各种高速艇的典型阻力曲线比较。显见高速艇的阻力性能不但与排水型船舶有明显的不同,而且各种高速艇彼此间阻力性能均不相同。

在较低速度时,排水型船有较低的阻力,随着航速增高,其阻力迅速增加。而过渡型艇和滑行艇在低速时阻力反较排水型船稍高。随航速增加,它们的阻力值就显著地较排水型船要低。特别是滑行艇在更高的航速范围内,阻力曲线变得相当平坦,随航速增加,艇体阻力几乎没有很大的增加。其原因是由于艇体已处于滑行状态,阻力成分发生了变化。

对于水翼艇,在低速时,总阻力中除艇体本身阻力外,还有水翼及其支柱的附加阻力。所以比排水型船、过渡艇、滑行艇均要高。随着航速增高,阻力虽亦渐增,但到某一速度时,支持艇体的水翼产生的升力终将艇体托离水面,因而总阻力骤降。这一点,称为“起飞点”。速度继续增大则艇体完全在水翼的升力支持下,在水面高速航行,此时称为翼航状态。翼航状态的阻力较滑行艇还要低,因而水翼艇可以达到更高的航速范围。

高速艇的阻力规律由其航行状态不同而有显著差别。其他的航海性能亦各具特殊性。为此,各类高速艇必然有与之相适应的艇型特征。这些都将在以后有关章节中予以详细讨论。

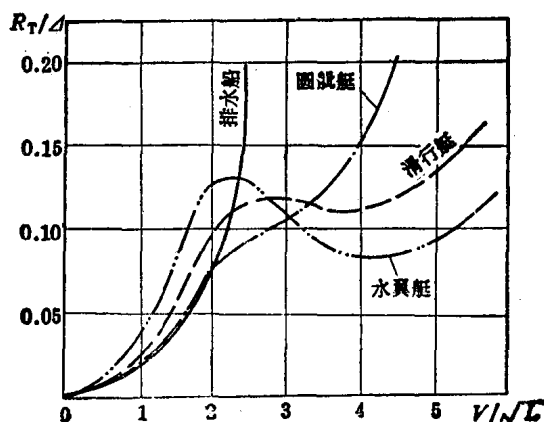


图 1-2 各类船舶的阻力曲线比较

第二章 过渡型快艇的艇型和阻力性能

§ 2-1 过渡型快艇的艇型和航态

一、过渡型快艇的艇型特点

由前知,不同种类的船舶,所处的航速范围是不同的,因此他们的船型必定完全不相同的。对于航速在 $1.0 < F_{N\Delta} < 3.0$ 的过渡型快艇的艇型显然与低速的排水型船舶有明显的不同之处。与航速范围更高的滑行艇相比,虽然都有着“吨位小,航速高”的共同特点,但由于它们所处的航速范围不同,因此在艇型方面不尽相同。换句话说,它们仍显示出各自的特点。一般来说,过渡型快艇,即高速排水型艇的艇型特点体现在这几个方面:

1. 艇体主尺度和系数

这种艇属于高速范围,因而一般地说, L/B 值较大,排水量长度系数 $\Delta/(0.01 L)^3$ 较小,反映出艇体瘦长。由阻力理论知,这是有利于减小在高速情况下的剩余阻力。这样选取主尺度实际上对快速性和耐波性两者都是有利的。

船型系数中方形系数 C_B 对快艇的航海性能影响最主要。过渡型快艇的方形系数比较小。这主要考虑到使艇体水下部分趋于瘦削,以利于减小剩余阻力。

因此过渡型快艇的艇型特点之一,总的来说船型显得纤长瘦削。

2. 剖面形状

艇体剖面形状取圆舭型或称 U 剖面居多。这主要考虑对阻力性能有利。某些航速较高的艇(特别是航速为 $F_N > 1.0$),在艇的后部取折角型。整个艇型剖面为通常所说的 U-V 剖面混合线型。这是为了同时顾及快速性和耐波性的要求。

由于过渡型快艇以圆舭型剖面居多,故很多场合常把过渡型快艇称为圆舭艇。

一般来说,圆舭型剖面在艇的前体不但呈凸形且具有较大的底部斜升角。而向尾部方向,凸形减弱,斜升角减小,甚至可以趋于零度。取这样的剖面形状的目的是使前体形状有利于减小艇体在波浪中的冲击,后体形状利于增大水动力作用。

3. 首部水线

由于过渡型快艇的航速较高,故首部较瘦削,因而进流段的水线几乎呈直线,水线的进水角较小。显然这是为了减小这种艇的兴波阻力成分。

4. 方尾

这几乎是水面快艇的共同特点。尾部形状采用方尾船型最主要的优点是能降低高速时的艇体阻力。当艇体高速航行时,方尾下端低于舷侧水面,水流向后形成一个凹槽,仿佛是方尾未切断前艇体的延伸,如图 2-1 示。这就是所谓增加了“虚长度”。从阻力观点看,“虚长度”的作用等于加长了船长。如图 2-2 示,经过艇体的流动长度是 WL ,而不是原来的静浮水线长度 WL_0 。由于加长了水线长度,使排水量长度系数减小,所以总阻力有所下降。有人作过试验证明采用方尾可使阻力下降 10~15%。

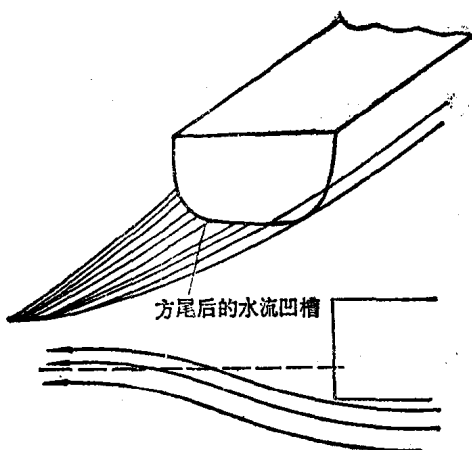


图 2-1 方尾后的流动状态

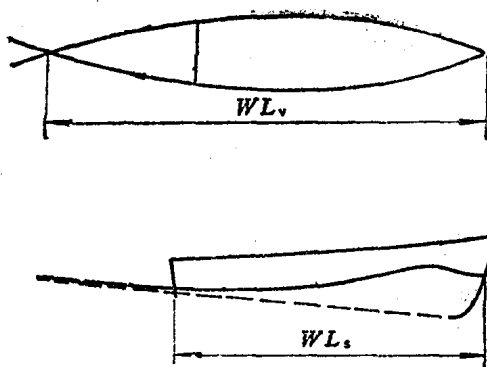


图 2-2 方尾形成的虚长度

方尾除掉带来阻力上的收益外,还有利于尾部上甲板、舵机舱和推进器等布置,以及增加稳性、便于施工等优点。当然方尾的缺点是波浪中尾部受到的冲击较大,对推进器造成不利影响,甚至会导致埋首现象,以致使艇体在波浪中的快速性恶化。

5. 艇体后体的纵剖线平坦,尾板较宽

由于快速性要求,设计成较平坦的尾部纵剖线,将大大有利于减小高速水流的能量损失。采用较宽的尾板,一方面使尾部较丰满,以防止螺旋桨吸入空气,不使推进效率受影响;另一方面,使航行中的尾倾不致于太大。

图 2-3 所示为典型的过渡型快艇的艇体线型,上述艇型特点的诸方面由图中均可得到显示。

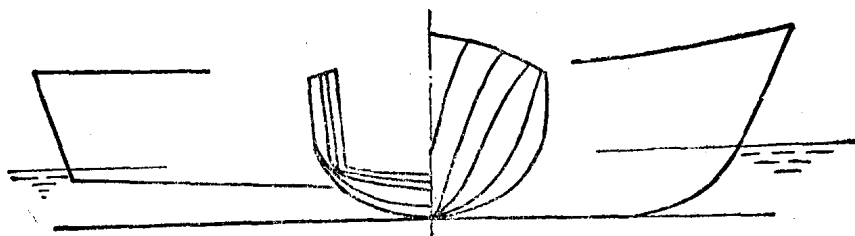


图 2-3 典型的过渡艇艇型

二、过渡型快艇的航行特点

由于过渡型快艇在航行过程中的水动力情况不同于一般排水型船舶,因此,在这种艇的航行性能的研究中,有两个现象必须予以特别注意:

一是航态变化:如前所述,当达到一定航速后,整个艇体出现明显的垂向位移和航行纵倾。一般认为,航速在 $F_{Nv} \leq 2.0$ (亦有以 $F_N < 0.7$ 来划分),艇体的重量主要由静力来支持。当 $F_{Nv} > 2.0$ 时,艇体明显地经受到流体动力的升力作用。这种升力作用将随航速增加而增大,同时静力作用将减小。这种升力作用使艇体重心上升到原静浮时的重心位置之上。由于艇底前后方向受力不均匀,故同时伴随有整个艇体的航行纵倾。图 2-4 表示了过渡型快艇在