

国内外高速双体船^①市场及技术发展现状

徐菊英

提要:当前国际高速双体船技术发展迅猛,本文着重就国外小水线面双体船、超细长型高速双体船、穿浪型高速双体船和高速双体全浸水翼船的技术发展现状作了较全面和系统的介绍,对国内情况也作了简明扼要的介绍。

关键词:高速船(高性能船),双体船、船舶市场,技术发展水平

1 国外高速双体船市场

世界高速船市场是从 80 年代初、中期开始活跃起来的,澳大利亚、挪威、意大利等欧美国家是建造高速船的先驱,日本、新加坡紧随其后,在互相借鉴和竞争中相继发展,并在高速船市场各领风骚。

近年来,高速船已在世界范围内得到蓬勃发展,目前世界各地经营高速船运营业务的客运公司共有 150 多家,拥有船舶 600 余艘。其中亚洲地区就约有 200 艘,主要集中在香港、日本、韩国、新加坡等国家和地区的区域性航线上。世界高速船客运量的 67% 在欧洲市场,意大利是最早开辟沿海高速客运航线的国家,高速船已成为它众多岛屿与大陆之间的主要交通工具。西欧的英吉利海峡高速客运航线和北欧的高速客运航线都已十分普及。东南亚、日本、韩国、中东、美国、加拿大、加勒比及南美地区已发展成为潜在的高速船市场。而意大利、挪威、斯塔的纳维亚、希腊等一些传统的高速船市场则仍将继续发展。

澳大利亚高速船建造业自 80 年代初起以建造铝合金小型船舶、高速客船、豪华游艇而崭露头角,短短几年中,就与挪威、意大利

并驾齐驱成为世界高速船建造业的骄子。面对中国迅速发展起来的高速船市场,Austal 公司已连续从中国获得多艘双体高速船订单(皆为 40 m 型或 24 m 型),并经香港公司向我国出售 13 艘高速客船(计 9 100 万澳元)。澳大利亚设计制造的高速船(尤其是穿浪型高速船)已在世界各地投入营运。

近年来,日本船厂也不甘落后,各大船厂竞相开发各种新型高速客船。尽管世界造船业并不景气,但建造高速船的造船厂则持有相当多的订单,并已形成一些新的高速船设计和建造的企业集团。由于高速船属高新技术产业,目前尚未步入发达阶段,是高技术产品,因此,开拓高速船市场成为日本各大造船公司炙手可热的题材。目前除了三菱重工外,基本上均从海外引进技术生产。然而日本在借鉴吸收他人设计和技术、拿来有所改进、为我所用,并在进一步推陈出新方面确是行家里手。其目前已开发的新船型有:高速双体船(三井造船)、水翼双体船(日立造船)、半潜式双体船(三井造船)、全浸式双体水翼船(川崎重工)以及超细长双体渡船(石川岛播磨)等等,国内用户订购踊跃。

法国也正在实施一项研制高速船计划,目标为:建造一种航速可达 50 kn 的短距离

^① 本文所论的高速双体船基本上与高性能双体船同义——编注。

高速客船或货船,以缓解空运和陆运的饱和状态,计划10年内总投资2—3亿法郎。分两个阶段:第一阶段2年,研究高速船有关特点,并确定发动机种类;第二阶段建造样船。根据设计蓝图,高速船自重为1 200—1 500 t,250 dwt,每天可在马赛-科西嘉岛之间(约400 km)作两个往返航行。

目前世界各国推出的各类高速船新船型,一般都采用双体,因为双体船船宽较宽,这恰恰是客船设计的关键,一则关系到乘客的舒适性,二则为舱室布置提供了充裕的随意性。从近几年世界高速船建造情况来看,高速双体船比例一直在40%以上,而1993年世界高速船的建造和订单情况更好于以往的年份。据报道,1993年各船厂交付的高速客船比1992年多三分之一,为1987年以来最高水平。到1993年底止世界各船厂拥有的手持新船订单比1992年底时多20%(详见下表)。是1990年以来最高水平。可以预见,在目前乃至整个90年代,新建高速船中,高速双体船将稳居领先地位。

船 种	完工量(艘)	成交量(艘)	共计
高速双体船	39	33	72
水翼双体船	6	7	13
水 翼 船	4	7	11
水翼单体船	12	11	23
表面效应船	1	10	11
小水线面双体船	—	1	1
穿浪型双体船	3	3	6
三 体 船	1	—	1
共计	66	72	138
客位(人)			
55—95	5	1	6
100—199	10	10	20
200—299	17	26	43
300—399	26	19	45
400—449	3	5	8

注:其中有16艘为汽车渡船。

2 国外高速双体船技术发展现状

高速船通常是指航速高于22 kn的船舶。高速船领域经历了60、70年代气垫船、水翼船称雄时期和80年代高速双体船的戏剧性发展时期后,目前在世界范围内已形成了以水翼船、气垫船和高速双体船这三类高速船为主导的水面高速运输系统新局面。90年代是世界高速船独领风骚的时代。随着船舶技术的发展和各国相互借鉴、互相竞争,必将进一步加快高速船更新换代的进程。下面着重就国外小水线面双体船、超细长型高速双体渡船、穿浪型高速双体船和高速双体全浸水翼船的技术发展现状作一介绍。

2.1 小水线面双体船

小水线面双体船(SWATH)也被称为半潜式双体船(SSC)。美国海军早在1968年已对该型船着手实用化研究,1973年终于建成第一艘190 t、长26.9 m的试验船“kaimalino”号。而日本则以三井造船公司为首从70年代才开始开发研究,1977年完成了一艘长11 m的SWATH试验船“Marine ACE”号。

就前几年而言,世界上对SWATH的开发研究也主要局限在美国和日本。美国主要用于建造军用小型快艇,因为SWATH在中高速时耐波性能相当好,而日本对SWATH的利用范围侧重于小型旅游船、游艇、海洋考察船等,世界现有小水线面双体船主要性能参数见表1。

目前世界上约有20多艘SWATH投入营运,其中一半以上为日本三井造船公司建造。显然,三井的着眼点是在小型旅游船和高速客船上,已建造的9艘中6艘是这类船,其中“海鸥2”号最令三井引以为荣。该型小水线面双体高速客船是在其前身“海鸥”号营运8年积累了经验的基础上,再开发后以全新

姿态出现的一艘高性能船。两者主要性能参数比较如下：

船 名	海 鸥	海 鸥 2
完工年份	1979 年	1989 年
长×宽×深 ×吃水(m)	35.932×17.1 ×5.845×3.15	39.3×15.6 ×6.8×3.25
总吨位 (t)	672	560
主机功率(kW)×台	2 978×2	1 970×4
最高航速(kn)	27.1	30.6
推进轴型式	Z 轴方式	斜轴方式
载客量(人)	402	410
艏推力器	无	有

实船航运证实,“海鸥 2”号因设有鳍控系统,5 年内旅客平均晕船率仅为 0.66%,在波浪中失速也很小。

“海鸥 2”号的主船体结构采用横肋骨方式,上部结构原则上采用纵骨架式,全部为焊接结构。为便于离靠岸,两舷的下船体上皆装有 1 台艏推力器。

“海鸥 2”号采用 4 台 MTU 16 V 396 TB 84 型单作用四冲程透平增压柴油机,单机最大持续功率 1 940 r/min 时为 1 970 kW,通过 2 台船尾减速器带动 2 个四叶定距桨。

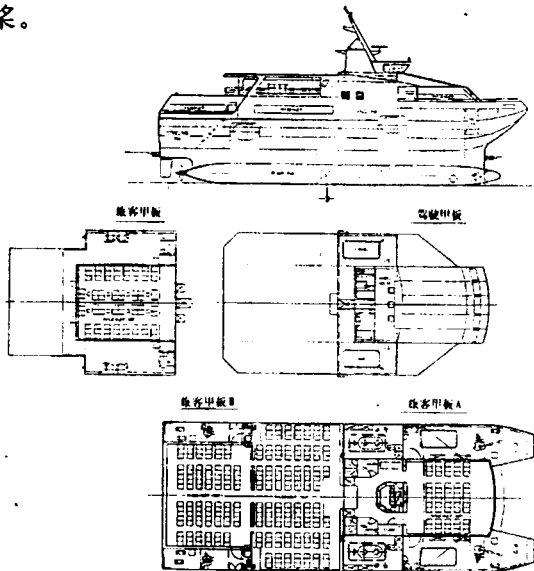


图 1 小水线面双体船“海鸥 2”号总布置

在“海鸥 2”号成功基础上,目前三井造船与大阪商船公司共同参与设计的新一代 600 客位、20 000 gt SWATH 远洋客船的基本设计已完成。该型船总长约 120 m,宽(最大)约 38 m,深(至上甲板)约 16 m,航速 20 kn 左右,续航力为 5 000 n mile。船上有直升机平台、娱乐甲板,以及各种文艺沙龙、餐厅、健身房、温室花园。将采用中速柴油机,输出功率比普通班轮增加 5—10%,港口吃水 8 m,巡航吃水 6 m。

一般 SWATH 都设有自控系统。英国 FBM 公司为减少湿表面积提高快速性,提出中水线面概念,从而可取消复杂而代价昂贵的自控系统。并根据该概念建造了“FDC 400”号小水线面双体船,载客量 400 人,其既保持优良的耐波性又达到 31.7 kn 的快速性。该型船长 36.5 m,宽 13 m,深 5.8 m,吃水 2.7 m,铝合金船体,采用一台 4 080 kW 柴油机,喷水推进装置。

SWATH 船是一种两个呈流线形细长截面的板状支柱把两个潜水体(下船体)与客舱等上部结构连接的双体船,其主要优点是:(1)耐波性能特好。因水线面积小,不易受波浪外力冲击,摇摆小,故晕船率极低;(2)甲板面积开阔,客舱和公共活动场所布置自由度较大;(3)适居性好。因主机等噪声和振动源置于水下的下船体内,客舱受干扰小,这三点对旅游船都是必不可少的设计要素;(4)风浪中失速小,它在 4 级海况时的失速不到 2%,远小于其他船型;(5)中高速时快速性发挥更好。如 3 000 t 级 SWATH 船在航速 30—50 kn 范围内较其它船型需用功率最小。

反之 SWATH 船的缺点是吃水太深,故可停靠港有限,且对载重变化敏感。

目前,从小水线面双体船的结构、设计和建造技术看:(1)现有的小水线面双体船动力传动复杂;(2)下体都采用扁椭或卵形截面;(3)支柱大多采用单支柱,支柱和下体都

略向下伸;(4) SWATH 设计主要采用横骨 平而言,无论是研究的深度与广度、还是技术的
架式;(5) 采用模块建造与装配工艺。 的难度与高度,目前日本都处于世界领先地位。
总之,就商用小水线面双体船的技术水 位。

表 1 世界现有小水线面双体船主要性能参数*

船 名	建造年份	排水量 (t)	总 长 (m)	航 速 (kn)	动力装置 功率(kW)	原 动 机	动力装置 布置位置	传动形式	推 进 器
Twin Drill	1968	1 490	47.0	9.0	1 387	柴油发电机×2	连接桥	电力传动	导管调距桨
Kaimalino	1973	220	27.1	22.0	3 132	燃气轮机×2	连接桥	链传动	四叶调距桨
Marine ACE	1977	20	12.4	16.0	298	汽油机×2	连接桥	锥齿轮传动	三叶定距桨
Seagull	1979	343	35.9	27.1	6 040	高速柴油机×2	连接桥	锥齿轮传动	三叶定距桨
Ohtori	1980	239	27.0	20.6	2 834	高速柴油机×2	连接桥	锥齿轮传动	调距桨
Kotozaki	1980	236	27.0	20.5	2 834	高速柴油机×2	连接桥	锥齿轮传动	调距桨
Betsy	1981	49	19.2	18.0	634	高速柴油机×2	连接桥	锥齿轮传动	定距桨
Charwin	1983	176	24.4	10.0	485	高速柴油机×2	连接桥	皮带传动	定距桨
Kaiyo	1984	3 500	61.6	14.1	3 440	柴油发电机×4	连接桥	电力传动	四叶调距桨
Halcyon	1985	57	18.3	22.4	761	高速柴油机×2	连接桥	皮带传动	调距桨
Marine Wave	1985	25	15.1	18.2	373	高速柴油机×2	连接桥	斜轴传动	定距桨
Chubasco	1987	79	22.0	20.0	1 119	高速柴油机×2	下船体	直接传动	四叶定距桨
Sun Marina	1987	25	15.1	20.5	447	高速柴油机×2	连接桥	斜轴传动	定距桨
Ali	1989	22	11.5	9.5	104	高速柴油机×2	连接桥	皮带传动	三叶定距桨
Patria	1989	178	37.0	30.0	4 079	高速柴油机×2	连接桥	斜轴传动	三叶定距桨
Navatekl	1989	371	43.0	17.5	1 939	高速柴油机×2	下船体	直接传动	调距桨
Frederick Creed	1989	75	20.2	25.5	1 611	高速柴油机×2	下船体	直接传动	五叶定距桨
Bay Queen	1989	26	18.0	21.6	701	高速柴油机×2	连接桥	斜轴传动	定距桨
Seagull 2	1989	360	39.3	30.6	7 994	高速柴油机×4	连接桥	斜轴传动	定距桨
Hibiki	1990	3 700	67.0	11.0	2 386	柴油发电机×4	连接桥	电力传动	四叶螺旋桨
USS Victorious	1991	3 450	70.7	9.6	1 193	柴油发电机×4	连接桥	电力传动	五叶定距桨
Radisson Diamond	1992		129.0	12.5	11 574	中速柴油机×4	下船体	直接传动	导管调距桨
Super 4 000			37.2	28		燃气轮机×2			调距桨

* 为便于读者掌握此船型的全面和承袭状况,本表列入不少航速较低的船只。

2.2 超细长型高速双体渡船

近年来有大批 40 kn 以上的高速客船投入营运,但能装载卡车、小轿车等且航速高达 40 kn 的船则不多,这是由于常规排水量型船的航速提高受到兴波阻力的制约。排水量型船能否冲破兴波阻力的极限,这是高速船设计的关键问题之一,解决这一问题的途径无非是使船型呈超细长以降低兴波阻力。比如有名的大型高速客船“United States”号的长宽比约达 10,傅汝德数约达 0.38。英国泰晤士河上的水上巴士“Thames 23”号就是根

据这个概念设计的,它是一型总长与单片体宽比高达 18 的细长船体双体船,载客量 62 人,采用 2 台 500 kW 柴油机,航速 25 kn,目前已有 3 艘在航。

此外,澳大利亚悉尼的水上巴士“river cat”也是一型长宽比高达 36 的超细长型双体船,载客量 196 名,采用 2 台 373 kW 柴油机,满载时航速达 22 kn,是一种高度节能船型,只是限于在无浪的静水区域航行。目前已有 4 艘在营运,另有 2 艘在建。

可与英国“Thames 23”级相媲美的是日

本石川岛播磨重工业公司开发的超细长型高速双体船“SSTH (Super Slender Twin Hull)”。第一艘实船“Toraidento”号已投入国内深日-洲本航线上营运。主要性能参数见表2。其总长与单片体宽之比约达21。经海上实船试验证实,在绝对风速20 m/s、波高3 m的海况下,横摇仅1°左右,纵摇几乎感觉不到,该船载客量68名,2台445 kW柴油机,最高航速为27.3 kn。SSTH的主要特点是排水量型,便于向大型化发展。因此,石川岛播磨已完成试设计的有3 000 gt型、载客400名、载车80辆、主机功率20 588 kW、最高航速42 kn的SSTH 90。

还有一型11 000 gt、载客1 000名、汽车300台、主机功率41 176 kW、最高航速40 kn的SSTH 150。

这种超细长双体船型即使装载车辆,其推进功率的增加也比其他船型小得多,由于其在波浪中的纵摇性能好从而提高了船舶的就航率。另外,载重量对航速的影响比采用其他重量支持方式的船型小,而且易于大型化。其不足之处是在风浪大的航线上,作用于细长船体上的弯矩会变大,为此,船体须有足够的纵强度,其结果可能会因船体加重而使高速性能不能得到充分发挥。

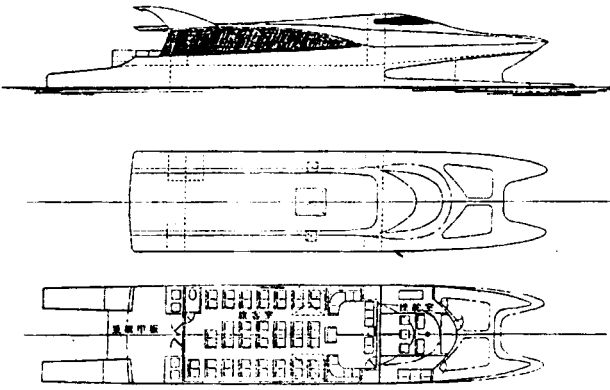


图2 “Toraidento”号总布置

表2 日本30 m型和90 m型超细长型双体船主要性能参数

船型	30 m型	90 m型
总长(m)	30.4	92.4
垂线间长(m)	24.0	—
型宽(m)	5.6	19.4
型深(m)	1.9	5.6
吃水(m)	约0.7	约2.1
总吨位(gt)	约40	约3 000
主机	两台MTU 8 V 183TE92型高速柴油机	4台高速柴油机
单机最大持续功率(kW)	455	5 174
转速(r/min)	2 300	—
最大试航速度(kn)	28.2	约42
载客量(人)	68	约400
船员(人)	3	—
船级	JG	—
航区	静水中	—
续航力(n mile)	200	约200
推进器	螺旋桨	2台喷水推进装置

2.3 穿浪型高速双体船

穿浪型高速双体船是一种乍一看犹如一艘3体船的特异船型,由于其集水翼艇、小水线面双体船和常规双体船的优点于一身,颇受船东们青睐,短短几年中发展迅猛,已形成一种成熟型的高性能客船。

该型船的设计概念是主持澳大利亚双体船设计公司工作的 Philip Hercus 先生提出的,自1983年建造了试验艇“Little Devil”号,嗣后几经改进,现已进入实用化阶段。

穿浪型高速双体船最大的特点是在一般高速船无法航行的海况下照常营运,且用途广泛,无论载客、载车、载货均可。引波极小,既适用于沿海,也适用于内河,其采用崭新的设计和铝合金材料,使船体达到轻量化、高速化。该型船不是载波航行,而是穿浪航行,与常规双体船不同,适航性、高速性和舒适性都提到一个更高的层次。

穿浪型双体船的两个片体呈尖瘦状,前

冲至船首,干舷小,因此几乎不带浮力余量,而中间那个犹如第3个船体的中心船体则能确保非常大的浮力(船首储备浮力)。一般不接触水面。穿浪型高速双体船的技术关键即在仅具备较小浮力的两侧片体和中心船体的组合。当波高在1.5—2 m以下的普通海况时,仅两侧片体接触水面,穿浪航行(如前所说,侧片体呈尖瘦状,只具有最低限度的浮力)。当遇上大浪时,仅仅穿浪已不能航行,此时中心船体开始发挥威力。虽然现有各型船的主尺度有所不同,但通常波高大致在1.5—2 m以上时,中心船体接触水面,靠由此产生的浮力托起船首,以免两侧片体过度穿入浪中。加之,两侧片体尖削前冲,似两把刀切开波峰,故艏底砰击极小。因此,即使在恶劣海况下,穿浪型高速双体船也能航行,而无需计算机自控船体运动装置和稳定鳍等。这类船不但初期投资、航运费、维修费与常机双体船相同,而且与其他需引进高价而复杂自控系统的超高速船相比,它无需这些昂贵的花费也能取得同等以上的航速。

表4为国际双体船公司迄今为止设计建造的各型穿浪型高速双体船的性能参数。其中除100 m型的尚无实船外,其余各型均已投入营运。据统计,目前世界上已有5个国家

共拥有20余艘穿浪型双体船,分别营运在各条航线上(见表3)。国外39 m、49 m、52 m和74 m穿浪型高速双体船总布置见图3。

表3 Incat 公司设计建造
的穿浪型高速双体船

船 名	船 型	建造年	国 名
Little Devil	8.6 m 试验船	1983	澳大利亚
Spirit of Victoria	28 m 旅客渡船	1985	澳大利亚
2001	31 m 旅客渡船	1987	澳大利亚
2000	31 m 旅客渡船	1988	澳大利亚
Quick Silver V	37 m 旅客渡船	1988	澳大利亚
Seafight	37 m 旅客渡船	1988	新西兰
Quick Silver VI	37 m 旅客渡船	1989	澳大利亚
Nancucket Spray	37 m 旅客渡船	1989	美国
Prince of Venice	37 m 旅客渡船	1989	新西兰
Quick Silver VII	37 m 旅客渡船	1989	澳大利亚
Hoverspeed Great Britain	74 m 车客渡船	1990	英国
Seacom 1	39 m 旅客渡船	1990	日本
Hoverspeed France	74 m 车客渡船	1990	英国
Condor 9	49 m 旅客渡船	1990	英国
Seacat Tasmania	74 m 车客渡船	1990	澳大利亚
Hoverspeed Belgie	74 m 车客渡船	1991	英国
不详	74 m 车客渡船	1991	英国
不详	78 m 车客渡船	1992	英国
不详	78 m 车客渡船	1992	英国

表4 国际双体船公司设计的各型穿浪型高速双体船性能参数

	31 m 型	36 m 型	42 m 型	49 m 型	52 m 型	74 m 型	100 m 型
总 长 (m)	30.5—30.8	36.6—39.0	42.0—44.0	48.7	52.1	71.0—74.0	101.7
总 宽 (m)	13	13—16	15.6	18.7	18.2	25.8—26.0	36.2
吃 水 (m)	2.0—2.1	1.1—1.3	1.6	1.5	—	2.4—2.5	3.5
功率 (kW) × 台数	735×2 (柴油机)	1 260—1 647×2 (柴油机)	2 721×2 (燃气轮机)	1 235—1 647×4 (柴油机)	1 647×4 (柴油机)	3 507×4 (柴油机)	7 279×4 (柴油机)
推进器	螺旋桨×2	喷水推进装置 ×2	喷水推进装置 ×2	喷水推进装置 ×4	喷水推进装置 ×4	喷水推进装置 ×4	喷水推进装置 ×4
最大航速 (kn)	29—31	31—41	45	35—39	40	40—45	45
服务航速 (kn)	25—27	28—38	42	32—36	36	35—37	35—38
载客量 (名)	200	250—350	200	450	300	450	800
载车量 (辆)	—	—	—	—	小轿车 20 辆 或公共汽车 4—5 辆+小轿车	小轿车 84 辆	小轿车 300 辆 卡车 120 辆
载重量 (t)	20	21.6—36	—	57.1	72.5	200	825

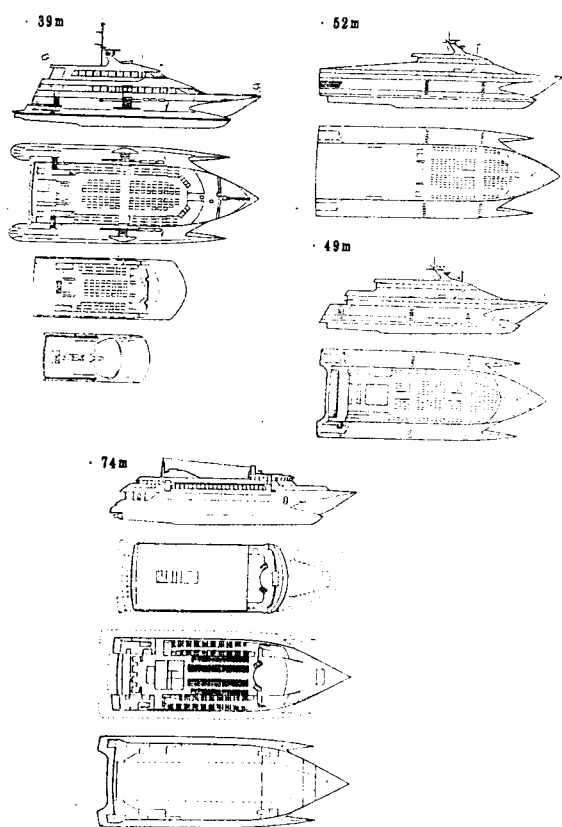


图3 39 m、49 m、52 m 和 74 m 穿浪型高速双体船总布置

表5 37 m 型穿浪型高速双体船操纵性能

[回转性能]		左转	右转
主机功率负荷		4/4	4/4
喷嘴角		30°	30°
回转时间: 发令→5°		2 s	2 s
发令→90°		22 s	23 s
发令→180°		42 s	42 s
前进		190 m	200 m
最大回转直径		240 m	240 m
[停车性能]			
输出状态		4/4→后退最大	
停止状态		20 s	
停止距离		130 m	
[航运状态]			
船吃水		$D_t = 1.31 \text{ m}$	
艏吃水		$D_a = 1.46 \text{ m}$	
尾倾		0.15 m	
排水量		125 t	
最高航速		31.65 kn(输出 4/4)	

国际双体船设计公司(通常称之为 Incat 设计公司)已把该型船的建造专利权转让给下列几个国家/地区及有关公司:澳大利亚北昆士兰工程代理公司和塔斯马尼亚造船公司)、英国(铝合金船造船公司)、香港(英辉修船厂有限公司)、美国(尼古拉斯·布诺斯造船公司和格莱丁·亨造船公司)、日本(川崎重工业公司)、法国及荷兰等一些公司。

表4中各型船,除31 m型以外,均装有2—4台喷水推进装置,并兼作舵用。以其中37 m型(也有人称之为39 m型)的实船试航操纵性能看(见表5),船舶原地回转(360°)和正横向移动皆很方便,且吃水浅,故无论是进出浅水湾还是靠离码头、移动泊位都极方便,操纵性能特佳。其中最受欢迎的是近两年新推出的74 m型车客渡船,其主机和喷水推进装置间是直接连接,无需减速器,进一步减轻了船体重量,而且4台柴油机中即使有一台发生故障,照样能确保常规航速的85—90%(约32 kn)。如1990年6月英国“Sea Contaner”公司订购的一艘74 m型穿浪型双体船“Hoverspeed Great Britain”号从纽约湾出发横跨大西洋至英国西南部,航程5 400 n mile,仅用了79.9 h(3天7小时54分),平均航速高达36.6 kn,一举打破自1952年7月以来美国客船“United States”号保持的横渡大西洋82.7 h(3天10小时40分)的记录(平均航速35.6 kn),缩短了整整3 h。当时尽管在大西洋中遇到5 m大浪,它仍以35.8 kn航速前进。

74 m型穿浪型高速双体车的车辆甲板可容纳5 m×2 m标准的车辆80台,有9条车道,左右各两条车道载车身较低车辆,中央5条车道可载面包车、旅游车等车辆。首尾各有一块兼作水密门的跳板。客舱仅一层,分左中右三部分,中间部分地面较高,使中间的座客也有开阔的视野。

穿浪型双体船的尾部很宽阔,前部尖瘦,造型犹如一只飞翔中的燕子,满足快速性要

求。经一系列船模试验和实船试航证明,该型船的首部垂向加速度仅为单体 V 型滑行艇的五分之一和气垫船、常规双体船的二分之一,适航性远优于其它高性能船。经目前已投入营运的各型穿浪双体船实船营运证实,在恶劣海况下,乘客的晕船率从 20%降低至 2%。穿浪型双体船因其适航性优异,能在恶劣海况下正常航行,缺航率低,故经济效益非常好。

目前 74 m 型穿浪型双体船已建造了 9 艘,平均航速为 37 kn,载客量为 450 名,另外可载 84 辆小轿车,造价 2 400 万美元。

由于穿浪型双体船具有良好的适航性和吃水浅等优点,在岛际航线上将有广阔的前景。人们利用其双体船的宽度可用作餐厅游船,利用其高速性作为“海上巴士”和超高技术班轮之类的高速货船,尤其是其缺航率低已引起广大客/渡船经营者的注意。国际双体船设计公司迄今仍在不遗余力地继续对该型船的设计进行研究开发,以进一步提高适航性、高速性和舒适性,并趋向大型化,目前 100 m 型穿浪型船模已完成,不久将进入实用化。

2.4 高速双体全浸水翼船

穿浪航行的水翼船有一定的自稳性,不需要特别的控制也能高速航行。因此在控制技术尚不发达的时期,高速船领域为水翼船一枝独秀。但这种船自稳性也有一定的缺点,即在波浪中会降低运动性能。小型高速船在波浪中运动,船体各处会产生很大的加速度,严重影响了船舶的适居性。根据挪威标准,旅客能承受的垂向加速度极限值为重力加速度(均方根值)的 0.02 倍,即 0.02 g。一艘 40 kn 航速的高速水翼船,在波频为 5 s 的迎浪中不作控制而全速航行,即使在 0.8 m 波高的波浪中,位于重心处的垂向加速度也有 0.3 g,船首部更高,为其 2 倍以上,远远超过挪威的标准值。为此,日本和挪威等国相继推出了集水翼船的快速性和双体船的稳性于一身的高速双体全浸水翼船。

三菱重工推出的 Super Shuttle 400 型“Rainbow”号就是这样一种全新概念的水翼船。为提高水翼性能,采用了升阻比高,即展弦比大的细长水翼,为了支撑该水翼,采用双体船型,为了翼航时减少波浪冲击和提高适航性,两个细长的双体采用深 V 型截面。因此,即使是全速翼航时紧急着水,乘客感觉到的冲击振动也很小,该型船总布置见图 4。

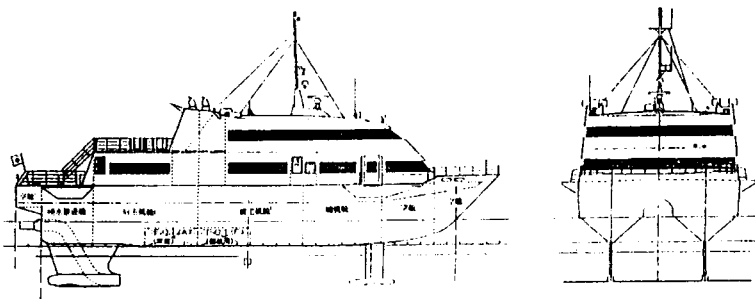


图 4 双体全浸水翼船“Rainbow”号总布置

其水翼为固定式。所用材料,水翼本身为不锈钢,襟翼为钛合金,为减轻水翼重量,采取中空焊接结构,上层建筑为特殊挤压成型材(板厚 1.8 mm)。

高速艇的重量技术指标是重量轻,加之该船采用柴油机驱动,故减重更为必要。其在开发阶段就对主要机器设备、水翼、船体材料等以 kg 计重,总重量认可后方可进行基本

设计。该船主机采用三菱重工专为本船开发的 4 台轻型大功率高速柴油机:V 型水冷式,四冲程,废气涡轮增压,16 缸 \times 170 mm(缸径) \times 180 mm(冲程),2 000 r/min 时的最大输出功率为 2 096 kW。因主机重量约占空载重量的 40%,故该型主机的有关材料尽量采用铝合金和钛合金,以 kW(ps)计重仅为 3.04 kg/kW(1.9 kg/ps),干重为 5.5 t。安装在防震橡胶底座上以降低噪声与振动。

在该型船上另一特色是采用一种新型双重叶轮方式的喷水推进装置,既满足了水翼船低速离水时的加速性能(最大推力),亦满足了高速翼航时的高效率。由 6 枚叶组成的前叶轮在低航速状态下能提高空泡限位和吸入性能,而由 12 枚叶组成的后叶轮则能提高翼航时的效率,重量 2 t,仅为普通斜流型喷水推进泵的一半。全速翼航时的回转半径由于纵向襟翼的作用,内倾回转仅在 200 m 以内。

全浸水翼船是靠船体姿态控制航行的,故船体姿态自控装置是“Super Shuttle 400”的关键技术。该型船上的水翼自控装置(APE)由摇摆检测仪、控制运算器、襟翼驱动机构、襟翼控制机构等 4 部分组成(图 5)。置于船体舳部处的船体摇摆检测仪把来自船体前后左右的加速度计和船首的高精度传感器的检测信号传递给控制运算器,处理后转为操作信号,然后驱动前后翼襟翼和前翼支柱纵向襟翼的液压传动装置。为确保安全,还有备用蓄电池,运算器和传感器之类也均采用双套。

与此同时,日立造船公司推出了“Super Jet-20”、“Super Jet-30”和“Super Jet-40”三型高速双体全浸水翼船,日本三保船厂推出了“AQUA Jet Super I、II”型高速双体全浸水翼船,挪威 Weist 公司也推出了“Foilecat 2900”型高速双体全浸水翼船,其主要性能参数见表 6。

开发高速、安全、舒适而又经济的新型高

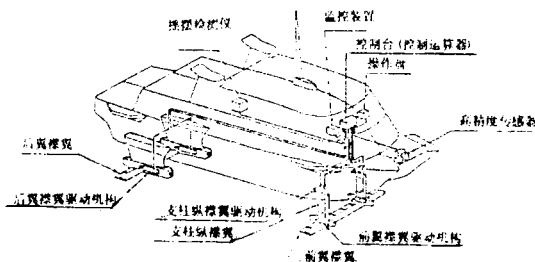


图 5 水翼自控装置

速双体客船是当今各国船舶设计者所追求的目标,并为之进行了大量的试验研究。如上所述,目前正在开发和已经开发的新型高速双体船舶有小水线面双体船、穿浪型高速双体船、高速双体全浸水翼船、超细长型高速双体船等。这类高速双体船都有其一定的优点和缺点,这就需要船舶设计者根据航线、港口、造价、营运效益等因素权衡之后再定。

小水线面双体船

小水线面双体船具有宽敞的甲板面积、良好的耐波性和适居性,在风浪中失速小,中高速时快速性发挥较好。但该类船造价高,吃水深,对重量变化敏感,静水航速低。航速要求高的话,在狭窄片体内布置大功率主机有一定难度,因此要达到 50 kn 左右的高航速目前尚有一定困难。

超细长型高速双体渡船

这是由石川岛播磨重工与东京大学合作开发的,由于超细长型高速双体渡船采用超细长浮力型船体,推进功率的增加也比其他船型小得多,在波浪中的纵摇性能也较好,因而就航率较其他船型高。但这种船在恶劣海况下航行,作用在细长船体上的弯矩大,从而使船的高速性能得不到充分发挥,这是有待今后研究的课题。

穿浪型高速双体船

穿浪型高速双体船设计保留了高速双体船高航速、低消耗、甲板面积宽敞等优点,吸取了小水线面双体船耐波性好的长处,同时采用细长的尖削片体代替水翼艇上的水翼,

表 6 国外典型高速双体水翼船主要性能参数

船 名	Rainbow	AQUA Jet Super	Foilcat 2900	Super Jet-20	Super Jet-30	Super Jet-40
长 (m)	33.24	34.90	29.25	23.5	31.5	39
宽 (m)	13.20/11.00	9.30	8.36	7.6	9.8	11.4
深 (m)	4.20	3.00	3.70	3.25	3.5	3.8
吃水:艇行(m) 翼行(m)	4.50 2.10	1.20	3.65 1.90	1.75	1.9	2.0
载重量(dwt)	35.06	23.20				
总吨位(gt)	302	183	243			
航区	沿海	静水		100	200	200
载客量(人)	341	239	140	静水(遮蔽水域)	沿海	沿海
船员(人)	5	4	3			
航速, kn (最大) (服务)	45.5 38.0	41.6 38.0	50 45	32	38	39
续航力(n mile)	450	250	230			
主机: 最大持续功率 常用功率	三菱 S16 R-MTK-S 四冲程高速柴油机×4 2 095 kW×2 000 r/min 1 886 kW×1 931 r/min	MTU 16 V 396 TE 74 L 高速柴油机×2 1 820 kW×1 940 r/min	MTU 16 V 396 TE 74 L 高速柴油机×2 2 000 kW×2 000 r/min	高速柴油机×2 956 kW	高速柴油机×2 1 838 kW	高速柴油机×4 1 470 kW
推进装置	特殊轴流型喷水推进 三菱 MWJ-5 000 A×2 4 026 kW×1 022 r/min	卡梅瓦喷水推进×2	CP 260/42-125 LHC 可调距螺旋桨	喷水推进	喷水推进	喷水推进
水翼系统	自控	仰角可变自控	电子控制			

从而保持了船的自稳性。由于穿浪型高速双体船汇集了水翼船、小水线面双体船和常规双体船的优点,因而具有良好的适航性、高速性和适居性。经船模试验和实船营运表明,宽体的穿浪型高速双体船垂向和水平方向的船体摇摆加速度小(图6),与各型高速船相比首部垂向加速度最小(图7)。穿浪型高速双体船船价、运费和维护费等大致与常规双体船相同,但由于其适航性好、缺航率低,因而航运收益率比其他船明显高得多(图8),故近年来穿浪型高速双体船颇受客船市场青睐。

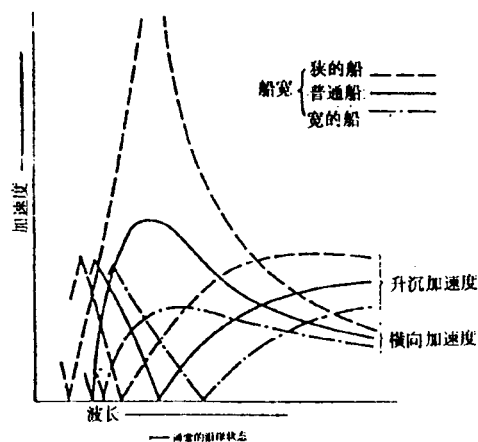


图6 不同船宽的船升沉和横向船体摇摆加速度比较

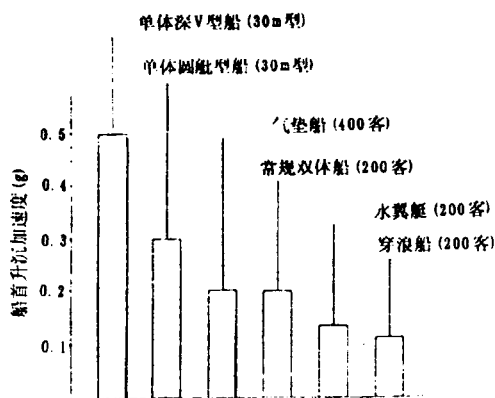


图7 各类高速船型首部垂向加速度比较

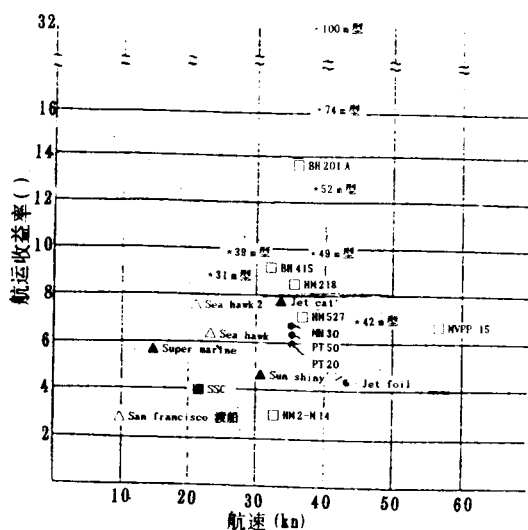


图8 各类高速船航运收益率比较

注:图中*为穿浪船 △为单体船 ●为水翼船
○为气垫船(全垫升) □为气垫船(侧壁式)
▲为双体船 ■为小水线面双体船

高速双体全浸水翼船

这是一种集高速双体船和水翼船优点于一身的全新概念的水翼船。该型船具有较好的快速性、耐波性和适居性,耗油量比全浸式水翼船和半潜双体船等低,造价与割划式水翼船相同,而低于全浸式水翼船和气垫船。由于其具有宽敞的甲板面积,增加了客舱布置的随意性(表7)。此外,该型船与侧壁式气垫船、双体船和圆艏型单体船相比,失速小,相同航速下运输效率高,耐波性好(图9、10、11),因此,从目前来看是一种很有发展前途的客船船型。

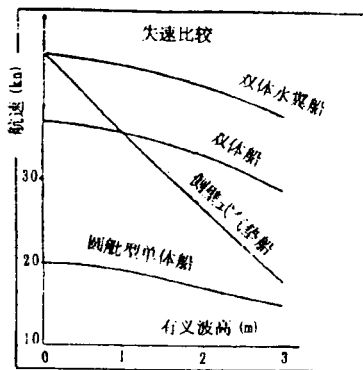


图9 各类高速船在相同有义波高下的失速比较

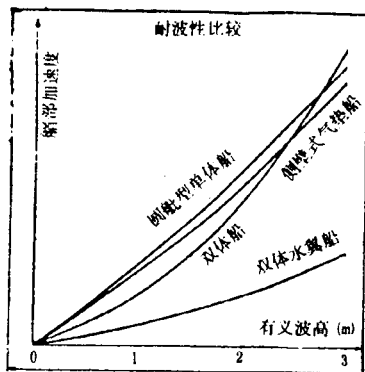


图 10 各类高速船在相同有义波高下的耐波性比较

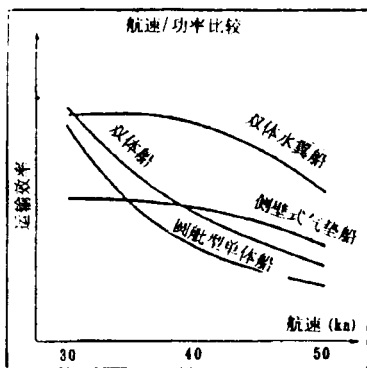


图 11 各类高速船在相同航速下的运输效率比较

表 7 各类高速船营运性能比较

	单体船	双体船		水翼船		气垫船		双体水翼船
	半滑行型	半滑行型	半潜型	割划式	全浸式	全浮式	侧壁式	
船价	最低	低	高	低	最高	高	高	低
快速性	最差	差	最差	好	最好	最好	好	好
耗油量	高	低	高	低	最高	高	最低	低
耐波性	差	差	好	差	最好	最差	最差	好
适居性	差	差	好	差	最好	最差	最差	好
舱室布置	有利	最有利	最有利	最不利	最不利	不利	有利	最有利

3 国内高速双体船市场前景

随着我国国民经济蓬勃发展,改革开放空前活跃的新形势下,交通作为国民经济的基础产业仍是薄弱环节,出现严重滞后现象。为保障国民经济飞速发展需要,为进一步适应对外开放、发展外贸需要,对客运提出高速化要求已是势在必行。

然而,国内目前客运状况远远跟不上形势发展的需要,大部分客船设备陈旧,航速低,设施简陋,适居性差,综合经济效益低,不具备竞争条件。为适应当前商品经济发展需要,必须迅速发展“安全、快速、舒适、经济”的

新型高速客运,开辟更多被誉为“水上巴士”的水上高速客运航线。

自从中央提出实现我国对外开放“全方位、多元化”战略目标后,我国沿海各省市、各口岸纷纷扩大开放、促进贸易,水上交通得到迅速发展。到 1992 年上半年止我国从澳大利亚、日本、英国和挪威等国进口各种高速客船 40 多艘,新辟航线 20 多条,其中大部分航线集中在长江中下游和珠江三角洲地区(表 8)。

表 8 我国引进的国外(境外)高速船(截止 1992 年 6 月)

船名	船型	航线	航速(kn)	客位(人)	年份	建造国家或地区	船名	船型	航线	航速(kn)	客位(人)	年份	建造国家或地区
海翔	单体	九州-蛇口	28	100	1972	日本	火箭二号	水翼	上海-青龙港	35	70	1989	苏联
粤海春	双体	九州-蛇口	25	185	1984	香港	龙腾号	水翼	佳木斯-伯力	35	70	1988	苏联
深圳春	双体	九州-蛇口	25	185	1985	香港	中山湖	双体	中山-香港	28	260	1990	泰国
岭友春	双体	九州-蛇口	25	185	1986	香港	逸仙湖	双体	中山-香港	28	291	1985	挪威
珠海春	双体	九州-蛇口	25	185	1987	香港	秀丽湖	双体	中山-香港	28	291	1984	挪威
百海春	双体	九州-蛇口	25	185	1989	香港	顺风	双体	香港-容奇	33	350	1988	澳大利亚
东方春	双体	九州-蛇口	25	185	1991	香港	顺水	双体	香港-容奇	33	350	1990	澳大利亚
迎宾 1	侧壁气垫	香港-蛇口	34	65	1983	英国	顺德	双体	香港-容奇	33	350	1992	澳大利亚
迎宾 2	侧壁气垫	香港-蛇口	34	84	1983	英国	银州湖	双体	香港-江门	28	150	1991	香港
迎宾 3	侧壁气垫	九州-蛇口	34	84	1983	日本	明珠湖	双体	香港-江门	28	150	1981	香港
海山(端川湖)	双体	九州-蛇口	31	205	1986	瑞典	蓬江	单体	香港-江门	24	90	1989	泰国
珠海	双体	珠海-香港	33	338	1992	澳门	振江	单体	香港-江门	27	262	1987	新加坡
珠海(顺德号)	双体	九州-蛇口	28	250	1987	新加坡	蓬莱湖	双体	香港-江门	25	291	1985	挪威
龙潭	双体	香港-鹤山	31.5	326	1986	挪威	五邑湖	双体	香港-江门	30	354	1992	澳大利亚
新宁	双体	香港-台山	23	280	1985	澳大利亚	振兴湖	双体	香港-江门	28	310	1990	澳大利亚
流花湖	双体	香港-太平	28	150	1981	香港	荔湾湖	双体	香港-广州	28	289	1984	挪威
北秀湖	双体	香港-番禺	30	291	1984	挪威	珠州湖	双体	海安-海口	25	291	1985	挪威
莲花湖	双体	香港-番禺	30	265	1986	挪威	漓江号	双体	梧州-香港	25	120	1984	香港
银山湖	双体	香港-三埠	28	252	1989	澳大利亚	甬兴号	双体	上海-宁波	28	289	1986	挪威
金山湖	双体	香港-三埠	28	150	1985	香港	紫琅号	双体	上海-南通	30	354	1988	挪威
火箭一号	水翼	上海-青龙港	35	70	1989	苏联	通州号	双体	上海-南通	30	430	1990	澳大利亚

长江水系川江水域,四川省重庆轮船总公司 1984 年 12 月首次将国产高速船“岷江 12”号侧壁式气垫船投入重庆至泸州航线客运,249 km 航程仅需 6 h,而普通客船一个航次往返需要 3 天时间。使其成为渝沪线上速度最快、时间最短、经济效益最好的运输船舶,使那些弃水路的旅客又重返大江的怀抱。嗣后“嘉陵江”号、“金沙江”号、“渠江”号、“重庆”号和“渝翔”号等多艘高速客船相继投入重庆、宜川、宜宾、乐山、涪陵、万县之间航线。由于营运效益直线上升,目前正计划建造新一代大型豪华高速远程双体气垫船,投入重庆至上海航线。长江干线长途客运高速化的希望现已初见端倪。

处长江口的江苏南通高速客轮公司于 1987 开辟了上海至南通航线,航程 128 km,普通客船要 6 个多小时,而豪华舒适、高速安全的“紫琅”号(354 客、航速 30 kn、双体船,挪威进口)只需 2 个多小时,航速达 56 kn,深受中外旅客欢迎,营运第一年收入 376 万元,1992 年收入达 1 400 多万元。1993 年,这家公司又新辟了上海至启东的高速船航线。

以上海为中心的长江三角洲,定班高速客船穿梭航行在崇明岛、舟山和宁波之间。如上海至宁波的“甬兴”号(289 客、28 kn、双体、1986 年从挪威进口),上海至南通航线上的“通州”号(430 客、30 kn、1990 年从澳大利亚进口)以及上海至青龙港航线上的“火箭一”号、“火箭二”号、(水翼船、70 客、35 kn、从苏联进口)。目前上海、宝山-南通,青龙港、启东港、吴淞-南门,芦潮港-宁波小港(镇江对口),浙江平湖-慈溪、舟山、沈家门等高速客运航线均已开通。由崇明轮船公司、南通高速船客轮公司、舟山市海运公司、上海长江轮船公司等投入的“鸣翔”号、“新通州”号、“慈平”号、“银州”号、“明珠湖”号等一系列高速双体客船,由于航速高、时间短,满足了不同层次中外旅客的需求,被誉为“蓝色高速公路”的水路高速客运航线,夺回了大批陆路游

客。

近二三年来,珠江三角洲水网区高速客运发展更为迅速,以广州为中心,高速客船东至惠州,西抵梧州,南至江门、新会、中山,出珠江口直达深圳、香港、珠海、澳门,一个高速水上客运网络已初步形成。该地区早在 1980 年初,广东航运部门与香港油麻地轮船公司联合经营,开辟了广东第一条穗港高速客运航线,投入的玻璃钢侧壁式气垫高速客船 HM-216、HM-218 不但方便了中外旅客探亲旅游,也促进了经济贸易的发展。随着粤港澳贸易的发展,广州、江门、中山、番禺、容奇、三埠、太平、广海、鹤山、肇庆、斗门、珠海、蛇口、澳头、南海、南沙和新会等地均与香港开设的高速客运航线,有将近 30 艘先进、豪华、舒适、快速的铝合金双体高速客船投入营运,取得了显著社会 and 经济效益。尤其是香港到澳门的航线,目前已成为世界高速客运最繁忙、最集中,各种高性能船舶竞争最激烈的地区,几乎所有技术性能指标先进的高速客船都在这一地区率先使用,成为世界高速客运的一个窗口。从珠江三角洲的发展需要看,近年来客运量还将增加,航速要求更快,客舱布置更豪华,舒适性要求更好。

目前在黑龙江水系也有 7 艘高速水翼船投入营运。从 1988 年 9 月 24 日开通黑河至布拉戈维申斯克一日游以来,黑龙江水系先后开辟了哈尔滨、佳木斯、抚远等市至哈巴罗夫斯克,同江至下列宁斯科耶等 9 条国际高速旅游航线,1992 年国际航线客流量达 20 多万人次。其中 6 艘从俄罗斯引进的“波列西耶”型浅吃水高速水翼船投入国际旅游航线经营后,因其高速、舒适、适合于浅水航行,经济效益相当不错。

高速客运航线所带来的良好社会效益和经济效益,使国内一些轮船公司的经理们开始把目光和资金投入此业。1993 年 6 月 28 日,重庆长万服务有限公司又将“长舞”号水翼船投入重庆至万县航线,最高航速可达 60

km/h。重庆民生轮船公司也拟购买一批高速客船投入川江客运。前不久,广东珠江客运有限公司投资 500 万美元,购进一艘高速双体豪华客船,航行于广州至惠州航线。

到 1992 年年中止,我国已引进的高速客船已有 42 艘。其中从香港引进的有 11 艘,挪威 10 艘,澳大利亚 8 艘,其余的有新加坡、英国、日本和泰国。其中 33 艘均为高速双体船,航速范围在 24—34 kn 之间,载客量最高的当数上海-南通航线上的“通州”号,430 客位。

可以预见,就像过去淘汰明轮、蒸汽机船一样,高速客船在不久的将来,也将取代普通的常规客船,而在我国江河湖海充分展示她的风采。

因此,对我国的船舶设计者和船厂而言,如何尽早尽快开发、研制并建造出紧跟商品经济大潮发展需要的有竞争力的高性能客船以满足国内市场的需要已为当务之急。

我国对高速船的研究开发起步并不晚,但进展缓慢。近几年借改革开放之春风,国内配套工业已逐渐形成系列,引进吸收的先进新型柴油机亦已成批生产。许多船厂已熟练掌握焊铝设备和工艺技术,我国自行设计的新船型也开始陆续投入营运。如 1988 年 8 月由七〇八所设计、中华船厂建造的“鸿翔”号(919 I、257 客、时速 51 km)钢质高速双体气垫船,投入上海吴淞口-崇明航线。同年 6 月由七〇二所设计的全铝结构自稳式双体水翼船“飞鱼”号和肇庆/梧州航线上 30 客,时速 16 km 的“风行一”号,以及 1989 年底和

1992 年底由七〇八所设计用于郑州黄河游览区的 33 客铝合金全垫升气垫船和蛇口至香港航线上 162 客,时速 28 km 的侧壁双体气垫船“迎宾 4”号也已投入营运。其中最能显示我国目前高速船方面设计、建造新水平的是 1991 年至 1992 年间东莞玻璃厂、深圳蛇口江辉船舶工程公司建造的一批 18 客、26 客、32 客、40—46 客航速 28—30 kn,槽流消波滑行玻璃钢高速艇。

随着人们物质和精神生活水平的不断提高,对交通工具的要求更趋向于快速、舒适、豪华。高速双体船今后必将在国内成为水上客运必不可少的新一代交通工具。

参考文献

- ①《船の科学》1990 年 NO.1、10、11 1991 年 NO.8、12 1992 年 NO.10,1993 年 NO.5、8、12.
- ②《石川岛播磨技报》1992 年 NO.7.
- ③《世界の舰船》1993 年 NO.7.
- ④《Marine》1991 年 NO.1/2、3,1982 年 NO.4、5.
- ⑤《旅客船》[日刊]1992 年 NO.173.
- ⑥《Fast Ferry International》1991 年 NO.7.
- ⑦《IMAS》91'.
- ⑧《航海科技动态》1993 年 NO.2.
- ⑨《船舶》1992 年 NO.2.
- ⑩《船舶经济贸易》1993 年 NO.5.
- ⑪《武汉造船》1992 年 NO.4.
- ⑫《南方水运》1993 年 NO.2.

[杨燮庆校审]