



程斌 潘伟文 主编

船舶设计 教程

上海交通大学出版社

317968

船舶设计教程

程斌 潘伟文 主编



上海交通大学出版社

内 容 提 要

本书着重阐述船舶设计的基本原理、设计及计算方法,综合分析了设计中的各种技术与经济问题。全书共分十七章,内容包括船舶总体设计所涉及的各个基本问题,以及船舶工程、船型研究与开发、现代船舶设计的方法等。提供了较为丰富的船舶设计的实例和参考数据。每一章后面附有复习思考题。

本书可作为高等院校船舶与海洋工程专业的教材,也可供从事造船及海洋工程的技术人员参考。

船 舶 设 计 教 程

上海交通大学出版社出版

(漕河中路1984弄19号)

新华书店上海发行所发行

常熟梅李印刷厂印装

开本 787×1092 毫米 1/16 印张 19.25 字数 475,000

1988年6月第1版 1988年8月第1次印刷

印数: 1—1,500

ISBN 7-313-00285-8/u662 科技书目: 179—274

定价: 3.20元

编者的话

船舶设计需要综合运用船舶各学科以及机械、电气、经济和航运管理等方面的知识，权衡处理技术及经济等多方面的问题；而设计又是一个逐步近似、不断深化即具有螺旋形深化的过程。船舶设计的这些特点常使初学者为之却步，也给教学及编写教材带来一定的困难。

根据编者多年来教学实践的经验与体会，感到需要编写一本符合初学船舶设计者特点的教材，以便在教学中提倡自学，善于独立获取知识，提高分析问题及解决问题能力；使初学者能较好地了解船舶设计的特点，掌握船舶设计的一些基本观点、原理与方法，并对船舶设计问题具有一定的综合分析与归纳的能力。《船舶设计教程》就是基于上述设想，根据编者近年来的讲稿加以修改、充实而写成的，并于1985年8月在上海交通大学印成讲义试用。

本教程主要围绕船舶初步设计所涉及的一些基本问题来写，着重介绍民用运输船舶(货船与客船)的设计与计算方法，以及设计中对各种问题的考虑。全书共分为十七章，一方面在广泛的领域内阐述船舶设计的各个问题，以扩大读者的视野，开拓思路；另一方面将船舶设计所涉及的每个基本问题独成一章，使之得到相对完整的概念。全书尽可能深入浅出，还引进一些船舶设计实例，并在每一章后面附有复习思考题，以便于自学。

在使用本教程时，应根据各章的内容，结合具体的教学进程，采用讲课、自学、讨论、课堂习题及课程设计等多种教学环节，使初学者能更好地掌握全部教学内容。对各章内容的安排，有如下一些设想。

第一章对船舶工程、船舶类型，特别是运输船舶的发展趋向作一些概括介绍，以使读者在更广泛的基础上了解造船及船舶设计的前景及重要意义。

第二章通过对2艘船舶的设计实例，具体地介绍船舶设计过程及其考虑的一些主要技术问题，以便能具体而概括地了解船舶设计的内容。

第三章介绍船舶设计的一些总概念，如用船部门对新船的要求，船舶设计的阶段划分，设计工作的一些基本原则等，这些对设计者搞好工作都有重要影响。

第四章~第十四章是假定船的主尺度等已经确定的前提下，分别讨论船舶重量与重心、容量与甲板面积、各项性能与有关规范、船体型线、总布置等总体设计各部分的内容，包括一些内在规律、计算方法及设计考虑等。

第十五章在掌握船舶设计基本内容与方法的基础上，又从综合角度分析船舶设计的特点，船舶主尺度所联系的各方面因素，影响船舶设计结果的因素等，并举例说明确定新船排水量与主尺度的过程和方法，以加强综合地权衡处理船舶设计问题的能力。

第十六章简要介绍新船型开发研究方面的问题，包括船型研究的重要性、方向等，并举实例加以说明，以开拓学习者的思路。

最后一章对现代船舶设计方法作了简要归纳与论述。其中有不少方法虽然还未达到实用的程度，但对促使船舶设计更加科学化、提高设计质量、缩短设计周期等有着积极的意义。希望读者在今后的学习、工作中继续探索，不断实践。

船舶设计是一门涉及知识面广，创造性及实践性很强的课程。本教程仅仅叙述了设计中

最基础的一些内容，只能起着入门的作用。在此基础上，运用所学知识，积极参与设计实践，善于思考与总结，勤学好问，逐步积累知识与经验，才能在船舶设计领域中自由翱翔。

在本教程中，张瑞麟编写第八章“船舶抗沉性”，並负责全书的符号、公式、单位及插图工作，对其它章节也提出过许多宝贵意见；朱霞编写“§ 14-6 船舶工程美学概述”一节；张金铭编写“§ 13-5 电子计算机辅助型线设计简述”一节；程斌编写第二~七、十一、十三~十五章，潘伟文编写第一、九、十、十二、十六、十七章，並共同对全书进行修改定稿。邵世明对第六章“船舶快速性”、裘咏铭对第七章“船舶稳性”、冯铁城对第九章“船舶耐波性”、朱文蔚对第十章“船舶操纵性”分别进行审阅並提出了修改意见；並特请 708 所周良根高级工程师和上海船舶设计研究院陆治平高级工程师审阅全书，提出了许多宝贵意见，特致谢意。杨樵教授在百忙中为本书写了序，编者不胜感激。

由于编者水平有限，书中不够完善、疏漏及不尽令人满意之处在所难免，我们诚恳地期望得到广大同行和读者的批评指正，以便在今后的教学中及再版时得以改正。

编 者

1988年2月于上海交通大学

船舶及海洋工程系

序 言

船舶是人类在水上进行经济与军事活动的必备工具。十六世纪欧洲的航海者开辟了通往东方的新航路并发现了美洲新大陆后,大批殖民地被侵占,引起世界帆船业的蓬勃发展。十八世纪工业革命产生后,殖民地统治加强,海上霸权的争夺促使轮船业的兴起。二十世纪以来,科学技术的进步,世界经济的迅猛发展,导致海洋航运业的高速度增长;世界商船队从第二次大战结束时的八千余万吨,猛增到今天的四亿吨。近年来,我国商船队也在迅速发展,年平均增长率约百分之十。

更为突出的情况是新船型的不断涌现、层出不穷。“尺度经济”迫使油船和散货船走向大型化。快速装卸的要求导致集装箱船和滚装船的出现和发展。公路运输的迅猛增长,则使车客渡船成为近海运输的重要船型。今天华丽的客邮船已被日益壮大的航空客运所淘汰,但随着旅游业的兴旺发达,多种形式的豪华旅游船正以日新月异的姿态展示于广阔的海洋与众多的河流上。海洋资源,特别是海底石油资源的勘探、开发更增加了对各种特殊船舶与海上结构物的需求。

在进入信息社会的今天,随着世界经济的迅速发展和经济结构的深刻变化,对船舶也不断提出新的要求。对船舶设计的要求也就更高、更复杂,不仅要有更多的创造性,而且要少出差错,当然还要求降低造价,缩短设计与建造周期。

我国的水上运输业正面临着巨大的建设与改造任务。远洋船队的现代化要紧跟时代步伐,以期在世界航运市场上具有更强的竞争力。沿海和内河航运更是处于更新改造的重要阶段,以提高效率,为全国各地区的经济发展提供优良的条件。

程斌和潘伟文两同志就是在上述背景下编著了《船舶设计教程》(简称《教程》)一书,该书有下列一些特点:

1. 编者根据多年的教学和从事船舶产品设计的经验,考虑到学生的认识过程和规律,对全书内容及先后次序作了精心的选择和安排:开始三章介绍船舶的类型和几个实例以及船舶设计的过程。接着几章就对船舶的重要特征和性能如重量与重心、总体布置与舱室容积、快速性、稳性、抗沉性、耐波性、操纵性等在设计中应考虑的问题作了全面而具体的论述。然后介绍两个与船舶设计有关的重要规范——海船载重线规范和吨位丈量规范,以及两个重要设计项目——船体型线和总布置的设计方法。最后才综合起来讨论船舶主要要素的确定,这是船舶设计的关键性任务,也是各项设计、计算工作的依据和基础。

2. 进行船舶设计,既要考虑科学技术上的可行性,又必须考虑经济上的合理性。为了对设计方案进行评价和比较,必须进行经济性的定量分析。《教程》的第十二章“船舶经济性”介绍了有关内容和计算分析方法。

3. 优秀的船舶,特别是客船和旅游船不仅应是适应水上环境的有效的交通工具,也应是引人入胜的艺术建筑物。为了提供这方面的知识,在第十四章“总布置设计”中附有“船舶工程美学概述”一节。

4. 船舶设计是一项创造性的活动,必须不断地推陈出新。在进行某一特定设计任务中必

须全面综合分析问题，选取最优方案。为此，《教程》最后论述了“船型研究与开发”，并对“现代船舶设计方法”作一简单介绍，以启发读者开拓思路，不断创新。

5.《教程》内容丰富、深入浅出、文字通顺。每章结束时均附有复习思考题，有利于读者自学，这也是本书的突出优点。

本《教程》符合船舶工程专业“船舶设计原理”教学大纲的要求，是一本较好的教材，对于船舶工程科技人员也是一本有价值的参考书。

由于船舶设计是一门综合性强，涉及面广的学科，随着科学技术的迅速进步，新船型的不断发展，特别是计算机辅助设计和现代设计理论与方法的深入研究，有关船舶设计的内容和资料日益浩繁、日新月异，编写一本适用的船舶设计教材诚非易事。两位编者化费了很大精力，在广泛收集有关的最新资料，进行分析研究的基础上完成了这本《教程》提供有关方面应用参考，是一个有意义的尝试，是值得庆贺的。

上海交通大学船舶及海洋工程研究所所长

杨 樵

1988年2月

目 录

第一章 船舶工程概述	(1)
§ 1-1 造船工业的前景	(1)
§ 1-2 船舶类型概述	(2)
§ 1-3 运输船舶的发展趋向	(6)
第二章 船舶设计实例简介	(9)
§ 2-1 27000t载重量散装货船	(9)
§ 2-2 中山-深圳航线150客位客船	(14)
第三章 船舶设计的过程和原则	(22)
§ 3-1 船东的要求——设计任务书	(22)
§ 3-2 船舶设计过程	(26)
§ 3-3 船舶设计的几项基本原则	(31)
第四章 船舶重量与重心	(34)
§ 4-1 概述	(34)
§ 4-2 空船重量的分析与估算	(35)
§ 4-3 载重量估算	(45)
§ 4-4 重量与浮力的平衡	(47)
§ 4-5 重心估算	(50)
第五章 船舶容量与甲板面积	(54)
§ 5-1 载重型船的舱容	(54)
§ 5-2 容积型船的舱容与甲板面积	(58)
§ 5-3 舱容及其形心位置的计算	(60)
第六章 船舶快速性	(65)
§ 6-1 概述	(65)
§ 6-2 船的主尺度与船型系数对快速性的影响	(65)
§ 6-3 新船快速性的预报	(70)
§ 6-4 设计中的几点考虑	(77)
第七章 船舶稳性	(81)
§ 7-1 概述	(81)
§ 7-2 船舶所受外力及内力简述	(81)
§ 7-3 初稳性	(83)
§ 7-4 大倾角稳性	(88)
§ 7-5 设计中的几点考虑	(97)
第八章 船舶抗沉性	(100)
§ 8-1 概述	(100)

§ 8-2 《海船分舱和破舱稳性规范》简介	(100)
§ 8-3 “客船分舱与稳性的等效规则” 简况	(105)
§ 8-4 抗沉性的主要影响因素	(106)
第九章 船舶耐波性	(110)
§ 9-1 概述	(110)
§ 9-2 横摇	(111)
§ 9-3 纵摇与垂荡	(114)
§ 9-4 甲板淹湿性与失速	(116)
第十章 船舶操纵性	(121)
§ 10-1 概 述	(121)
§ 10-2 舵 的 设 计	(122)
§ 10-3 船舶操纵性估算	(126)
§ 10-4 影响操纵性的主要因素	(131)
第十一章 船舶最小干舷与登记吨位	(135)
§ 11-1 船舶最小干舷	(135)
§ 11-2 船舶登记吨位	(142)
第十二章 船舶经济性	(146)
§ 12-1 船舶经济性评价的重要性	(146)
§ 12-2 船舶经济指标	(148)
§ 12-3 经济性计算	(152)
§ 12-4 船型选择中的一些规律	(155)
第十三章 船体型线设计	(160)
§ 13-1 概 述	(160)
§ 13-2 船体主要形状特征与参数的选择	(161)
§ 13-3 特种型线简介	(175)
§ 13-4 型线图的手工绘制法	(184)
§ 13-5 电子计算机辅助型线设计简述	(188)
§ 13-6 设计中应注意的问题	(195)
第十四章 船舶总布置设计	(198)
§ 14-1 概 述	(198)
§ 14-2 总体布局的确定	(199)
§ 14-3 纵倾调整	(208)
§ 14-4 舱室及梯道的布置	(214)
§ 14-5 船舶设备的配置及舱面布置	(231)
§ 14-6 船舶工程美学概述	(236)
§ 14-7 设计中应注意的几个问题	(239)
第十五章 船舶主要要素的确定	(243)
§ 15-1 各主要要素的综合分析	(243)
§ 15-2 确定主要要素的步骤	(247)

§ 15-3 多用途货船主要要素的确定.....	(249)
§ 15-4 客船及拖船主要要素的确定概述.....	(253)
§ 15-5 设计过程中应注意的几个问题.....	(266)
第十六章 船型研究与论证	(269)
§ 16-1 船型及船型研究.....	(269)
§ 16-2 船型论证简述.....	(270)
§ 16-3 船型开发举例.....	(272)
第十七章 现代船舶设计方法概述	(279)
§ 17-1 概述.....	(279)
§ 17-2 优化设计法简介.....	(281)
§ 17-3 正交设计法简介.....	(283)
§ 17-4 船舶设计中的模糊性.....	(289)
§ 17-5 专家系统概述.....	(294)
参考文献	(295)

第一章 船舶工程概述

造船学就其学科性质及内容来说，大体包括如下几方面的含意：

- ①它是一门确定在水中使用的浮动结构物的物理特性的科学。
- ②由于造船知识中不少是长期积累的实践经验，所以它是一门建立在基础科学上的技术科学。
- ③船舶作为一个整体，不仅要考虑局部的问题，而且要考虑诸如尺度、船型、功率、强度、经济性、使用效率、安全性及人员的舒适性等一系列总体问题。
- ④造船师应具备熟练的技能，掌握与船有关的各方面的知识，包括船舶工程、轮机工程、电气工程、机械与设备、船舶使用与装载、船舶航行及货物(旅客)的安全与保险、船舶营运经济、船厂实际建造等方面的知识；了解并运用为保证船舶安全及使用要求，与船舶性能、强度、干舷、吨位、设备等有关的各种公约、规范及规则，它们有些是国际性的，有些是某个地区、国家或船级社制订的。同时，造船师应能创造性的工作，以设计建造出符合各方面要求的新船。

§1-1 造船工业的前景

大家知道，地球表面有70.8%的面积为海水所覆盖。海洋对人类的生存与发展具有巨大的影响。大海中无穷无尽的生物资源和丰富的矿藏，将对人类提供取之不尽的经济利益。海洋又为人类提供廉价的运输，对世界经济的发展起着巨大的作用，可以说没有船舶运输就没有文明的工业化世界。因此，了解海洋、掌握海洋、利用海洋是人类在征服自然中一个极为重要的目标。有人认为，人类的生存将可能取决于海洋，海洋是未来争夺的中心，这决非故作惊人之言。

一般说，海洋运输具有成本低、批量大、航程远等优点，随着世界经济的发展，各国交

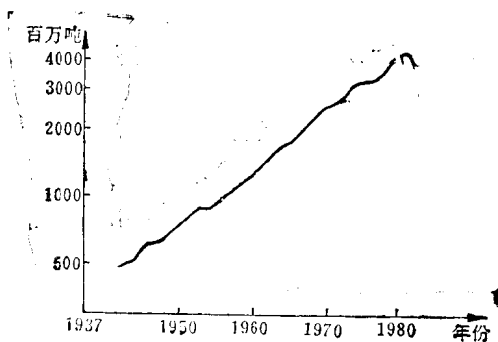


图1-1 海洋运输量增长趋势

往的日益频繁,再加船舶本身的技术性能及经济性能的不断提高,海洋运输业将承担更多、更重要的运输任务。据统计,全世界国际贸易运输量中约有三分之二由商船承运。

第二次世界大战后,海洋运输量的增长趋势如图1-1所示。

据估计,目前世界商船队总共拥有6亿多载重吨的船舶。但自1975年以后海上货运量有所下降,而世界商船队的吨位仍略有增长,因而在世界范围内出现了运力过剩问题。但造船界对形势的估计仍比较乐观,这是因为:

- ①各国政府都用国力扶植本国船队的发展;
- ②投资者倾向于建造经济性更好的新船;
- ③技术进步与各种国际公约的实施,促使船舶加速更新;
- ④由于近年来新造船减少,现有船舶的船龄不断老化。因此新船需要量的增长仍有很好的前景。

我国东部濒临太平洋,大陆海岸线长达18000km,在辽阔的中国海域上分布着大大小小5000多个岛屿,是世界上海岸线较长,岛屿众多的国家之一。我国沿海优良港湾较多,从沿海港口出发,可以到达世界各国的港口。我国还有900多个湖泊及1m水深以上的内河可通航长达 10×10^4 km。优越的地理位置为我国发展海洋事业展现了无限广阔的前景。

我国远洋船队从无到有,从小到大,目前已拥有1100多万载重吨。它肩负着我国整个对外贸易货运量的90%以上,是对外贸易运输的主要手段。我国拥有300多万载重吨的沿海船队,担负着我国沿海及近海的繁重运输任务。水上运力应与工农业生产总值的发展相适应,据预测,平均水上运输量每年将递增6~7%。

在海洋渔业方面,世界各先进渔业国家,都具有近海、远海和远洋三种渔业,其中尤以发展远洋渔业为重点。我国渔业目前主要还停留在近海渔业阶段,远洋渔业产量也一直上不去。我国造船业应为远洋渔业船队的建立作出积极贡献。

为了保卫我国的海防,以先进优良的舰艇武装海军,也是我国造船工业神圣的职责。

从此可见,不论从我国的远洋、沿海、内河船队的更新与进一步发展的需要,还是我国在出口船方面要争取到世界新造船量中更大的份额,在我国造船工作者面前都有大量的工作要做,不仅要以更新颖、更经济、更有效、更先进的船舶来装备我国各用船部门(包括海军、渔业及其他作业船舶等),同时还要跻身于世界造船的先进行列,“任重道远”,我国造船工作者理应为此而作出应有的贡献。

§1-2 船舶类型概述

船舶发展有着悠久的历史,自独木舟起,经历了木板船到钢铁轮船的历程。船舶动力设备也由最初以人力为动力的篙、桨、橹发展到以自然力为动力的帆,再发展到使用机器。如今,在船舶的百花园中,千姿百态,百舸争流,各式各样的船舶活跃在广大的江河湖海之中。

一、船舶类型

船是能航行或停泊于水域内用以执行作战、运输、作业等任务的运载工具,是各类船、舰、艇、舢板、筏及水上作业平台等的统称。船的类型很多,通常按某种共同特征来划分,一般有如下几种分类方法及主要船种:

1.按船舶用途分类

总的可分为军用舰艇和民用船舶两大类。

军用舰艇可分为：

战斗舰艇 如航空母舰、巡洋舰、驱逐舰、护卫舰、潜艇、鱼雷艇、导弹艇及布雷、扫雷舰艇等等。

登陆舰艇 指运送部队和武器装备到敌岸登陆的舰艇，有大、中、小型之分。

辅助舰船 即担负后勤保障任务的各类舰船，如训练舰、补给舰、侦察船、医院船、供应舰、浮桥舟等等。

民用船舶可分成如下几类：

运输船舶 如客船、客货船及货船等。货船又分成杂货船、油船（包括原油及成品油船）、散货船（如谷物、矿砂、煤、水泥等）、集装箱船、滚装船（包括车辆渡船）、载驳船、推（拖）船-驳船队、液化天然气（石油气）船、化学品船、运木船、冷藏船以及各种多用途船等等。

工程船舶 如挖泥船、打桩船、起重船、打捞船、布缆船、救助拖船、浮船坞、测量船、破冰船等等。

渔业船 包括各种捕捞船（如拖网渔船、围网渔船、钓渔船、捕鲸船、灯光渔船等）及渔业辅助船（如水产加工船、水鲜冰藏运输船、渔政船等）。

港务船 如港作拖船、引水船、航标船、港监船、供油船、供水船、消防船、交通船、带缆船、检疫船、浮油回收船、粪便处理船、水面清扫船及趸船等等。

海洋调查船及深潜器 如近海调查船、远洋调查船、载人潜水器、无人潜水器等。

海洋钻井平台 如固定式平台、移动式平台等。

2.按航区分类

分为极区船、远洋船、沿海船及内河船等等。

3.按航行方式分类

分为排水型船、半潜船、潜水船、滑行船、气垫船、水翼船、冲翼艇等。

4.按有无自航能力分类

分为机动船、非机动船及机帆船等。

5.按推进动力分类

分为蒸汽机船、内燃机船、汽轮机船、电力推进船、核动力船、人力船及帆船等。

6.按推进器形式分类

分为螺旋桨船、平旋推进器船、明轮船、喷水推进船、喷气推进船、空气螺旋桨船；按螺旋桨数分可有单桨船、双桨船、三桨船等等。

7.按上层建筑形式分类

分为遮蔽甲板船、长首楼船、长尾楼船、长桥楼船等等。

8.按建造材料分类

分为钢船、木船、铁木船、铝合金船、玻璃钢船（艇）、水泥船、皮船（艇）等等。

9.按机舱位置及连续甲板层数分类

可分为中机型船、尾机型船、中尾机型船以及单甲板船、双甲板船等等。

在众多的船舶之中，向着更高航速及更高效益方向发展的船舶，引起了人们更多的关注。

二、向更高航速发展的船舶

提高船舶航速是造船学科长期奋斗的目标。人们不断探索研究、开发，发展出不同类型的船舶。

1. 常规排水型船

也称静水力支承型船。为了减少这类船的阻力，提高其航速，人们曾进行长期的研究，至今仍在如下一些方面进行不断探索：

①改进船体线型以减少阻力；或者设法提高推进效率。

②采用及改进球首，使球首产生的波浪与船波发生有利干扰，从而减小兴波阻力，采用球尾以改善螺旋桨的工作条件，提高效率。

③在船与水之间形成一个空气隔层，以减少水阻力。在破冰船上，用气泡分隔船体与碎冰，减少船与冰之间的摩擦力，已在实船上使用并取得显著效果。在驳船上也取得不少成效。

④受海洋生物体表面分泌物能减少摩擦阻力以及生物体体形对减小阻力的启迪，仿生学研究已应用于船舶减阻。但迄今尚未实际应用于船上。

在排水型船上，要在航速上有所突破，向更高航速发展，遇到了几乎难于克服的困难。因此转而研究使船体部分脱离水面，或甚至全部脱水，以避开水的巨大阻力而使船在空气中航行。看来这是提高船舶航速方面最有希望和最活跃的研究方向。

2. 滑行艇

从物理支承型式来分类，滑行艇与水翼艇称为水动力支承型船。在高速航行中，利用水的动力作用，将艇体部分抬出水面，在水面上滑行，以达到减阻的目的。由于滑行艇的起滑条件及耐波性等原因，未能在大型船舶上大量采用。

3. 水翼艇

利用水翼在航行中产生的升力，将船体抬出水面，仅水翼及支架在水中运动，因而阻力大大减少。由于高速时水翼上产生空泡而剥蚀以及需要较深的吃水，对大船来说水翼过大，在海上航行时耐波性较差，从而使水翼艇的使用受到一定限制。

4. 气垫船

又称空气静力支承型船。利用风扇产生压缩空气，垫在船底，使船垫离支承表面。航行时在水面(或地面)漂浮前进，阻力大大减少。气垫船分全垫升式及侧壁式两种，目前正在朝大型化及高经济性方向发展。

5. 冲翼艇

又称空气动力支承型船。利用地面效应，航行在离水面几米至几十米空间的一种艇。由于具有超低空、高航速、两栖性以及比一般飞机有更大的装载量与经济性，此类艇有很大的发展前途。目前仍处在研究试验阶段。图1-2为这种艇的示意图。

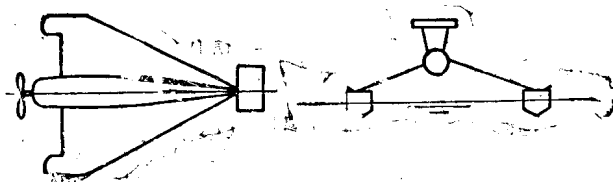


图1-2 冲翼艇示意图

6. 小水线面半潜双体船

这种船也属于静水力支承型船。示意图如图1-3。该船水下有两个潜体，用支架把船体(或平台)抬出水面。这种船由于浮体在水下，与潜艇相仿，减少了兴波阻力，在一定的速度范围内，具有较好的快速性。同时由于浮体在水下，不易受波浪的影响，因而耐波性能特佳，有“全海候船”之称。水上部分甲板面积宽敞，上层建筑容易布置。水上部分有浮力，生存能力强。但这种船吃水较深、船宽较大，易受航道及港口等条件的限制，航行时纵倾较难控制，且造价较高。这些都限制了这类船的发展。

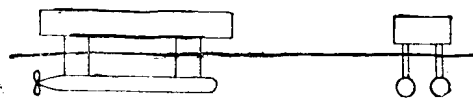


图1-3 小水线面半潜双体船示意图

图1-4为船舶的分类示意图，图中显示了尺度不按比例的船体形状和各种物理支承方式。

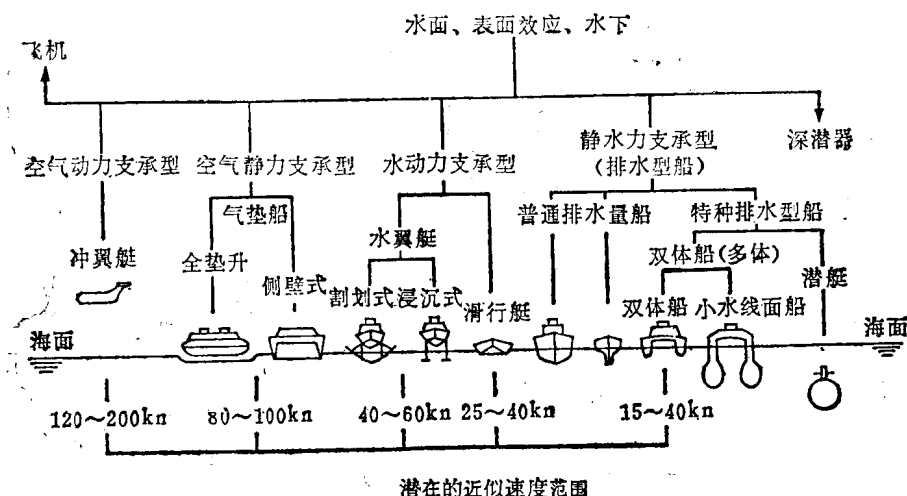


图1-4 各类船舶分类示意图

不论现在还是将来，除特殊用途及需要外，船舶中的极大部分仍将是排水型船舶。因为船舶得以发展的条件还需和经济性联系在一起，尤其是运输船舶更是这样。而常规排水型船舶与其它类型船舶相比，有技术成熟、容易建造、造价及营运成本低、基本上能满足一般运输船的使用要求等特点。

三、向更高运输效率发展的船舶

在运输船舶中，如何不断地提高运输效率，始终是船舶设计研究的中心课题。提高船舶运输效率除了研究提高船本身的效能外，还应把船舶视为整个运输系统中的一环，即把船上运输与岸上装卸及陆上运输(甚至空运)联成一个整体来考虑，以求在运输系统中协调工作，提高整个运输体系的效率，从而也提高了船舶的运输效率。基于这一概念，就导致如集装箱船、滚装船及载驳船等一系列船型的出现。

在一定条件下,船舶运输效率的提高,还有赖于运输方式的改进。自六十年代以来,世界上迅速发展的集装箱运输与一般的包装货运输相比,具有如下优点:提高了装卸效率;节省包装,改善货物运输质量;提高了码头通过能力;减轻劳动强度,提高了劳动生产率;降低了运输成本;提高了货运速度。因此,与集装箱运输相适应的集装箱船及其变型——滚装船、载驳船等由于具有更高的运输效率而获得迅速发展。

吊装式集装箱船 日益成为现代干货运输中的主力,具有很高的运输效率。

滚上滚下船(简称滚装船) 其装载货物的适应性强,装卸效率特别高,对码头装卸设备的要求低。但滚装船的造价相对较高,舱容利用率较低。因此有人认为滚装船最适宜用于较短航程的航线上。

载驳船(又称子母船) 即在船上载运小型货驳的船。载驳船特别适用于与江河相联的海港之间的运输,能直接把货物通过内河水系运送到各内陆港,不需要特定码头,这对日益严重的港口拥塞现象具有很大意义。但载驳船仍处在进一步发展及完善的阶段。

§1-3 运输船舶的发展趋向

根据第二次世界大战以来,运输船舶发展的现实状况,可把船舶发展的趋势归纳成:大型化、高速化、自动化、专用化以及节能化。这些归纳只能是从总的概念上去理解,它表示了造船发展的总趋势,在船舶设计中应按具体情况作具体分析。

一、大型化

总的来说,现代造船技术能造出愈来愈大的船舶。从某种意义上说这也是标志了造船科学的进步与发展。例如我国六十年代以后陆续建造了一批3000t、4500t、15000t、24000t级的油船,近年已建成50000t级、65000t级的油船,现已能建造120000t级的船,这表示我国造船能力及水平的不断提高。

在运输船舶中大型化的典型船种是油船及散货船。目前最大的油船为550000t的“Batillus”号,该船总长为414.22m,型宽63m,吃水28.6m,航速17kn,主机功率 2×32400 马力。造大船的主要原因是大型船舶的经济性好,即大型船舶的单位造价低、单位运输成本小。例如 $3 \sim 4 \times 10^4$ t级油船的单位造价比 12×10^4 t级的油船高一倍多。 2×10^4 t级油船比 25×10^4 t级船的单位成本要高三倍左右。所以为了追求经济效益,船舶的大型化是很自然的趋势。但船舶的大型化要受如下一些条件的限制:

1. 航道、港口条件的限制

其中最主要的是港口水域及航道水深的限制。如通过苏伊士运河的船,其船长、船宽及吃水相应不得超过335.3m(1100英尺)、48.9m(160.5英尺)及11.6m(38英尺)。巴拿马运河允许通过的货船总长为274.3m(900英尺),对客船及集装箱船的尺度限制为:总长289.6m(950英尺)、船宽32.3m(106英尺)、吃水12.0m(39.5英尺)。圣劳伦斯海道限制最大船长为222.5m(730英尺)、最大船宽为23.16m(76英尺)。我国港口不少为浅水港,吃水对船舶大型化的限制特别严格。

2. 航程要长

航程短的航线,因装卸货等停港时间相对较长,大吨位船的优越性不能很好体现出来。

3. 货源要充沛

如货物积聚的速度较慢,大型船舶停港待货时间过长,反而影响船舶的经济性。所以大型船以油船及散货船居多,就是由于油、矿等货物的货源充沛,而杂货船其载重量大多在 $1 \sim 2 \times 10^4 \text{t}$ 上下也是受货源影响之故。

4. 码头装卸速度的影响

装卸速度愈快,船的吨位也可相应增大,否则在经济上体现不出多大的好处。

近几年来,随着世界贸易结构的变化,货运量的不足,船舶有过剩现象,其中 $15 \times 10^4 \text{t}$ 以上船舶闲置的比较多,然而对 $6 \sim 8 \times 10^4 \text{t}$ 级的油船及散货船,订造新船的数量较多,且持续时间长,体现出这类船舶使用灵活方便的特点。

总之,对船舶大型化不能片面理解,因为影响船舶吨位的因素较多,要具体分析而定。

二、高速化

提高船舶的航速,一直是造船科学研究的主要任务之一。总的趋势是船舶速度在不断提高,这也表示了造船、造机水平的提高。据统计,水运工具的速度提高幅度20多年来总共约为20~25%,海上货船的平均航速每年增长0.025~0.11kn。显然,与其它陆上及空中运输工具相比,其速度的提高是极其缓慢的。由于船舶的装载量大,在低速范围内较其它运输工具的经济性高,再加地球上水域面积辽阔,船舶仍具有十分广阔的活动舞台。

自从1973年发生能源危机后,燃料价格有了很大变动,致使船舶燃料费用支出占总的营运支出的比例几乎提高了一倍。因此世界各国建造的各类船舶的航速均有下降趋势。例如集装箱船,在能源危机前,美国建造了8艘航速达33kn的集装箱船,尔后再没有出现这样高速的船。近年来建造的集装箱船,航速最高未超过27kn。

应该指出,不断提高船舶的航速一直是造船界追求的目标之一,这是从船舶的总体概念上说的。而就具体某艘船来说,选择合适的航速是船舶设计中一个极为重要的问题,它对船舶的经济性影响很大,所以有人认为快的船并不一定是一条好的船。当然,在客观条件已定的情况下,必须精心设计以提高船的航速。

三、自动化

船舶自动化程度的不断提高,是船舶发展的必然趋势,并必将逐步过渡到超自动化,甚至全自动化。

近年来国外提出“智能化船舶”的概念。所谓“智能化船舶”将是一种全自动化、全电脑化的船舶,其操纵和管理系统将由中心计算机统一指挥。该中心计算机既可由船上人员控制,也可由地面控制站通过卫星通讯进行监察和指挥。必要时,地面控制站还能向中心计算机发布和修改指令直至改变航行计划。“智能化船舶”是以轮机、导航、装卸、船体运动监控、船舶航运和管理等全面实行自动化为目标。它的主要特点是可靠性高,船上设施高标准,船员人数减至最少。

现在万吨级货船的船员数已可减至12人,未来船舶的船员数还将进一步减少。

显然,船舶自动化的趋势也是从总体意义上说的,而在具体船上采用自动化的程度要进行具体分析,并最终还要体现在经济性上有利。例如国外有的航运公司,在同一型船上,一些船雇用高水平的船员,采用高自动化的设备;而在另一批船上,雇用水平较低的低工资船员,