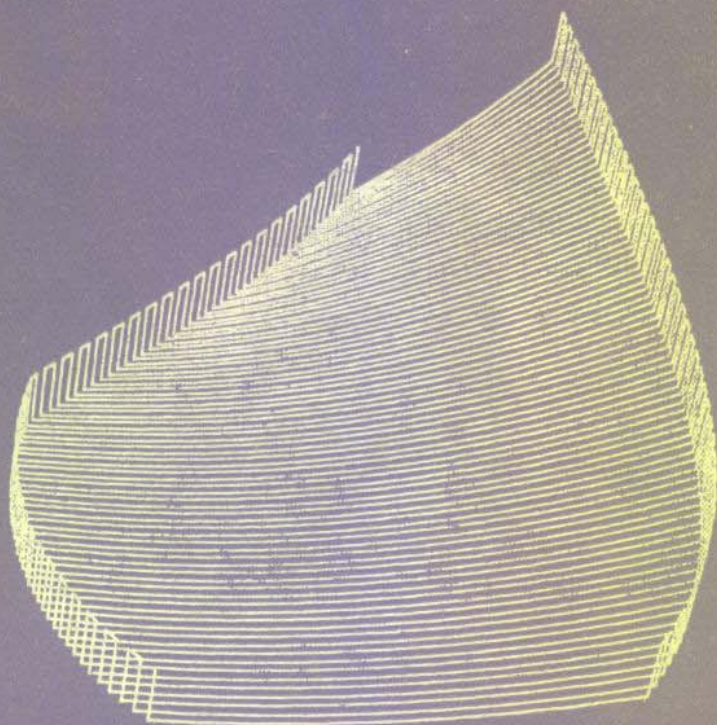


XIANDAI JIANCHUAN SHEJI

现代舰船设计

[美] 托马斯·C·吉尔默 著



现代舰船设计

[美] 托马斯·C·吉尔默 著
龚九功 译 钱若棣 校

国防工业出版社

内 容 简 介

本书以现代军舰设计和建造为主，商船方面也占有一定篇幅。书中对舰船基础理论知识作了详细阐述。同时，扼要介绍了现代系统工程、最优化、自动化和电子计算机在舰船设计和建造中的应用，以及水翼船、气垫船、多体船和深潜器等新型舰船概念及其发展趋势。书末附有静水力和动稳性等计算方法和计算机辅助设计附例。

本书可供舰船制造专业大专院校教师、学生和舰船工程技术人员以及舰艇使用人员参考。

MODERN SHIP DESIGN

Thomas C. Gillmer

Naval Institute Press

Annapolis, Maryland 1975

*

现 代 舰 船 设 计

〔美〕托马斯·C·吉尔默 著

龚九功 译 钱若棣 校

*

国防工业出版社出版

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防工业出版社印刷厂印装

*

787×1092¹/₁₆ 印张 20 插页 1 459 千字

1983年3月第一版 1983年3月第一次印刷 印数：0,001—1,500册

统一书号：15034·2422 定价：2.60元

译者的话

现代舰船工程技术，无论是在理论研究还是在设计建造方面，发展都极为迅速。气垫船、小水线面双体船、深潜器、多体船、水翼艇等船型，都正在军事和商业用途方面开拓重要的发展途径。本书作者托马斯·C·吉尔默教授，在美国海军学院长期任教，早年服役于美海军巡洋舰和驱逐舰，从事多年小艇研制工作，对于现代舰船工程技术具有丰富的经验和知识，编著过《军舰建造和稳性基础》等书。本书是作者在广泛收集各方面资料基础上，结合自身的教学与研究经验编著而成。本书详细阐述了现代舰船概念，以及浮性、稳性、危险性与易损性、阻力、推进、结构强度、海浪运动等舰船基础理论；同时详细介绍了美海军舰船设计程序与订购概念、舰船自动控制与系统工程概念、电子计算机在舰船设计与建造中的应用、船厂生产线与舰船专业化生产等概念；最后探讨了对未来水面水下舰船的展望。

本书按原著 1975 年版译出，翻译中删去了部分照片插图、个别附录和全部索引，该版对初版作了较多删节和增补，较系统地反映了现代舰船设计之全貌，是一本从事现代舰船设计的入门参考书。由于译者水平有限，缺点错误在所难免，欢迎读者惠予指正。

前 言

正如美国历史所证实，强大的舰队和船队是国家生存的基础。但若没有具备技术知识的人员去设计和建造我们的舰船，也就没有海军和船队的存在。

就定义和应用而言，造船工程和轮机工程包括船队和舰队两个方面。这些学科的进步和发展直接受到时代需求的影响。例如，在国际局势紧张或贸易兴盛时期，往往就要加速培训舰船设计人员和采纳新的设计建造技术。在南北战争期间，蒸汽动力代替了帆，木头让位于钢铁。在两次世界大战期间，批量生产的概念已成功地应用到造船厂中。甚至到了现在，舰队和船队仍受着当代重要事件的影响而在变化。

现代的商船没有今日的军舰复杂。但是，两者的设计和建造都具有共同的船体结构。两者都要求有一漂浮的船体，该船体能容纳推进舰船达所需速度的动力装置，且与所要求的稳性相一致。当船体确定之后，军舰和商船就开始有显著的不同。同保卫国家的要求决定军舰设计建造一样，商人和消费者的需要同样也决定着商船设计。商船设计必须考虑到船只能携带大量货物，并能有效地保证船只的效率和安全。军舰设计必须保证舰艇将拥有最有效地执行其使命的武器和通信系统。

本书为适应当今的需要而编著出版是非常适时的。它把造船工程和舰船建造的物理定律和原理同舰船设计与推进的最新技术发展联系起来。作者评述了燃气轮机、核动力和自动化的可行性和可利用性。他认为，应用轻金属和现代材料使舰船获得的速度和用途将比应用陈旧的传统材料更高更广。此外，他还探讨了水翼和气垫概念的使用价值。

当这一代造船师和轮机工程师进入他们的绘图室、实验室、船模水池和造船厂时，他们就可以使用某些精密仪器和技术。美国海军和我们的船队只能从他们的奋发努力中受惠。

海事协会主席 海仑·台利希·本特莱

第二版作者序

自本书第一版问世以来，工程技术发生了许多变化，在计算机辅助设计和舰船研究领域里尤其如此。这些变化促进了这部《现代舰船设计》第二版的增补。

电子计算机在舰船设计与建造中的应用，在美国，五、六年前尚未产生重大影响。当时为本书第一版撰写的这方面材料，大部分取自一些欧洲造船中心进行的调查研究。尽管美国一直是世界上计算机技术的先驱者，但是在美国，直到1969年还没有推广专门用于舰船建造，而在其它许多国家里计算机技术早已更多地面向造船工业。

现在令人高兴的是，美国在计算机辅助设计方面正处于领先地位，其中一个主要中心就设置在安纳波利斯。计算机辅助设计计算机公司(CADCOM)的约翰·C·盖勃哈特博士乐意承诺为本版新编第十四章撰写了大部分材料。这个新编的第十四章的论述可以说是对计算机在舰船设计和建造中应用的最好说明。

其余各章重新经过了仔细校读，有些部分还作了大量修改。全书各章顺序均重新作了编排，相信更能适应逻辑性和渐进性地学习。增补或调整了一些新图表。为便于阅读例题起见，舰船静水力曲线作了放大（图在书末）。此外，书末附录补充了一些可能是有参考价值的附加材料。

《现代舰船设计》初版的成功令人十分鼓舞，可以说这部新版书将同样大有用处。它将提供关于现代舰船设计实践的可靠来源。

马里兰州安纳波利斯 托马斯·C·吉尔默

1975年1月

第一版作者序

在着手编写本书时，作者已意识到现代舰船设计领域的庞大范围以及恰如其分地评述各个原理的困难。在过去十年里，这一工作已趋复杂，主要是因为新船吨位大为增加，且在空间技术时代里也增添了舰船建造的复杂性。因此对这种正在发展的重要行业提供一个对当前技术水平概括性介绍是很有意义的。

这种概述不仅要包括对新技术的讨论，还要述及舰船设计技术和科学的基本理论和基础知识。这些基本原理是不变的，它们包括浮性、稳性、水阻力的物理理论和应用在舰船上的力学。这些理论将在本书中按基础概念进行介绍，初学者在了解这些原理后，就将为以后学习专业应用和综合研究打下基础。

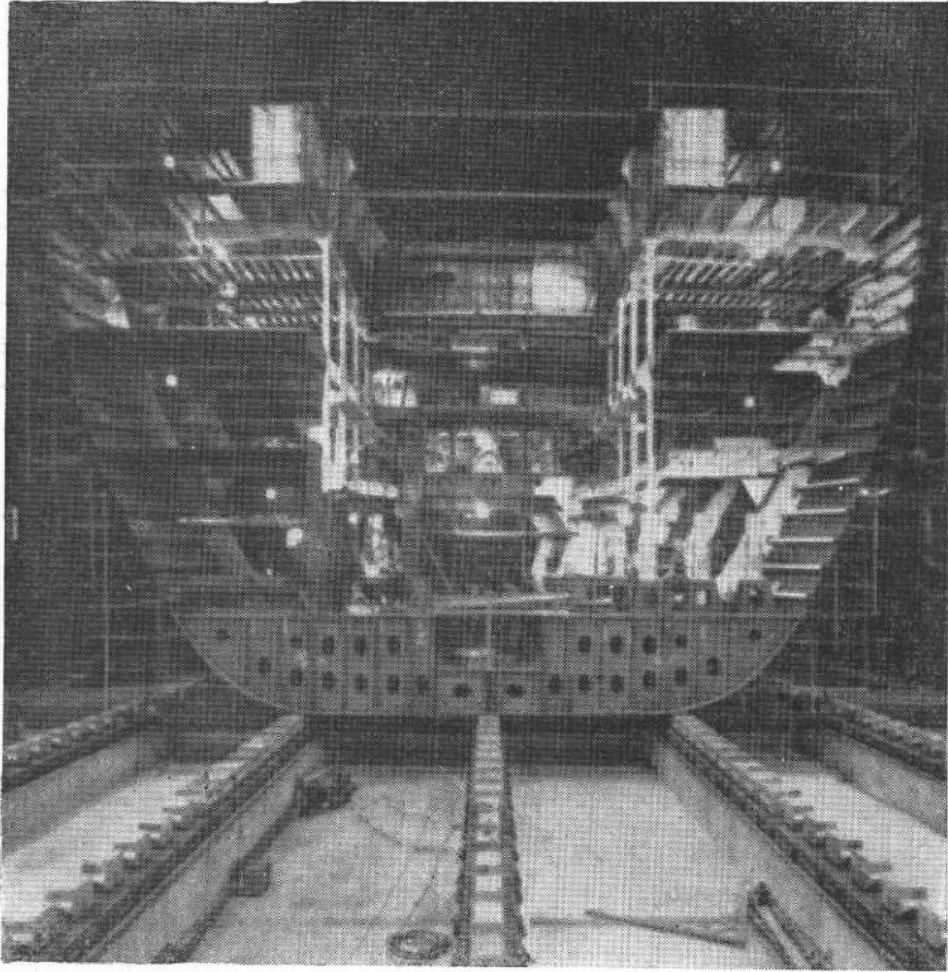
本书并不想成为一部舰船设计教科书。有些其它书籍就有这种特征，但是这些书的编写时间恐怕已是二十年或四十年或更多年以前了。当时在一卷书中可以包括全部舰船设计的理论和方法。而在今日技术发达状况下，要做到这一点将是不可能的。由于现代舰船的复杂性及其先进的外型和系统，以致要划定造船师应具备的知识范围的确已十分困难。

总之，本书并不想提供所需能力的全部专门领域内的专业知识，而是想给舰船设计学学生介绍这些领域的一般情况，并向舰船设计师提供各项工作任务的一些前景。

本书的最大应用可能是在美国海军学院，因此，它的重点主要强调军舰设计的方法和意义。这就是为什么对稳性、易损性、潜艇静力学和舰船研究等方面给以详尽解释，而对诸如美国船舶局的规范仅予简述的原因。但是，这决不是否认军舰以外船只的重要性或降低商船的地位。的确，在某些军舰与商船之间已经很难加以区别。由于现代海军所必需的后勤保障、不断变化中的作战场所以及新颖奇特的船型的研究与发展，这一切似乎都在消除军舰的任何绝对分类。

除了战舰和传统的补给船外，在今日的海军中服役的尚有高速补给船、大型散装油船、类似于拖网渔船的研究船、小型深潜器、高速海洋水翼艇、气垫船、多体船以及多得不值一提的一般船舶。由于拥有上述各种不同的船型，海军自然地被视为容纳各种型式舰船的大橱窗。而军舰则是其中最具有代表性的最佳船只。它们的阻力、推进、舰船控制、浮性、稳性、船体运动和船体强度的理论与原理同样适用于所有类似的舰船。这些就是了解舰船设计的基础。

把军舰视为一种武器是件平常的事。但这只是一种语义上的争论，就我们的目的而言，这里可以更基本地强调舰就是船。诚然，也可以把舰视为一种系统，事实也是如此，你若愿意称之为船舶系统也可以；但是，它不仅是一种武器或武器系统。撇开它的防卫力和攻击力或任何使用武器的能力不谈，舰本身就仍然是一艘船——不仅能在海上自持地航行，而且也是横渡大洋的安全适居的交通栖所，这就是船的同—性。这是一个历史的概念。



目 录

第一章 现代舰船概念	1
各种物理支承形式舰船	1
舰船上的系统	11
有效舰船系统	12
系统化设计原理	15
第二章 尺度、形状和浮性	17
舰船几何	17
舰船形状	24
舰船形状的起源和设计	28
静水力参数	31
平衡多边形	41
第三章 静止中的舰船——静稳性	43
平衡概念	43
初稳性	46
总稳性	52
重量对稳性的影响	59
第四章 舰船危险性和易损性	63
水密分舱	63
控制浸水和潜艇稳性	68
与海水自由连通	70
附加重量和损失浮力	73
损失浮力法对自由连通的应用	73
稳性衡准	75
军舰分舱衡准	77
结构损伤和冲击现象	83
第五章 阻止推进的力	86
傅汝德试验	86
阻力划分	87
兴波阻力	90
摩擦阻力	96
深潜艇的阻力特性	102
第六章 推进力和推进系统	104
推进力	104
推进器	105
螺旋桨作用	109
其它推进器	115
第七章 舰船设计中的推进要求和功率选择	119

舰船功率选择的重要性	119
船模试验	119
利用标准系列估算有效马力	123
与功率有关的航行因素	123
动力源——设计者的选择	126
舰艇功率的选择	129
第八章 操纵性和舰船控制	135
舰船的舵	135
影响操舵的因素	138
作用在舰船上的力	141
其它控制面	144
垂直控制	146
低速时航向控制系统	146
自动控制及其对设计的影响	147
第九章 现代世界的舰船研究与设计	150
拖曳水池	150
团体性舰船研究	155
研究重点	155
船舶设计中的集装箱化	156
研究对设计的影响	158
研究趋势	160
第十章 造船方法	163
旧式方法	163
经济对建造方法的影响	163
发展中的新式方法	164
美国造船	169
第十一章 生存于海浪上——舰船强度与结构	178
强度	178
结构	187
军用潜艇的基本结构	201
第十二章 海浪中运动的舰船	203
水的运动	203
海浪上的横摇及其与稳性的关系	210
纵摇	213
垂荡	214
艏摇	214
减摇装置	215
第十三章 设计程序——起始、计划和合同	221
订购业务	222
新颖订购概念	223
设计活动	224
舰船设计——一种过程	226
第十四章 计算机在舰船设计与建造中的应用	232

计算机工具和造船师	232
现代计算机系统	232
辅助设计计算机	235
结构分析和设计	239
模拟和船模试验	241
计算机在造船厂的应用	244
情报系统	247
其它方面应用	248
第十五章 水面与水下舰船的现状和未来	250
更高的航速	250
滑行艇	253
水翼艇	255
空气支承型艇	262
多体船	266
深潜器	269
未来展望	276
附录 A 符号、略语和术语	278
附录 B 设计师用数值解法	281
附录 C 参数、解和因次分析	288
附录 D 计算机程序解舰船设计问题和计算机辅助数据编码附例	301
计算机设计用语汇总表	307

第一章 现代舰船概念

本书第一版序言中，有一段关于船的历史概念和同一性的论述，这是一个根据确凿的概念。但是，由于本书的读者或使用者也许很少会去读一下这段前言，所以有必要再简单地重申一下。概括地说，这里是把一艘舰船描述成一种能在海上航行和横渡大洋，又能自持、安全和适居的交通栖所。这种说法通常可以认为是很普通的，且包含在条件相对性的基本原理之中。这是本书以下内容据以论述的一个基本观念和依据。

一般地说，舰船概念就是那些考虑或深思熟虑这一概念的人们的内心想象。这种想象在这种或那种特性上可能是含糊的，或清晰的，或不成比例的，这一切都取决于各人的兴趣。由于考虑到现代舰船技术的进步和发展，同时又几乎不能相信或极少注意在“现代技术进展”的名义下出现的一些新颖奇怪的船型，因此，本章的讨论和本书的有关内容均严格地将舰船视为一种完整和统一的概念。

目前存在着许多不同的易于混淆的舰船外型（人们常常把它们视为“航海系统”，这方面的论述将在本章后面介绍）。但是，当了解这些船型同一性的目的和用途时，这种混淆将会得到澄清。首先一桩事也许就是按照船体支承在水面或水下的基本力系进行合理地分类。

各种物理支承形式舰船

我们假设赖以分类的支承形式，就是舰船按其设计功能状态航行时的这种支承形式。利用最基本的参考基准面——海面，就可以将舰船设计在该基准面上面或下面航行。在这些不同的航行范围内存在着不同的物理现象，由此而引起的物理特性和舰船外型同样也是不同的。

空气静力支承型

先从海面基准面以上谈起，这里的舰船是设计成靠本身产生的气垫而支承在海面基准面以上平稳地移动和巡航的。显然，这种船就叫作气垫船。从狭义上讲，这种船是两栖性的（见图 1-1）。

进一步考虑同海洋及其表面效应关系更密切的船型，我们可以归之一种也是靠本身产生的气垫而支承的船型，但是，它的气垫被整个船体外形围住和控制，这就是侧壁式气垫船[●]。这种船的低压空气垫，当船在前进航行时可以在下体气腔内形成，并靠船体刚性侧壁“挡板”或向下突出的船体“缘板”围住。这种气垫船船型不是两栖性的（见图 1-2）。

上述两种气垫船船型，它们的支承力都是靠本身产生的向下并作用在船体周围结构上的低压气垫。这些低压气垫基本上都是向上作用在船底上的空气浮力和压力，从而获得一个纯升力，使船体离开水面。这种升力使船只利用航空型推进或喷水推进能够避免水中航行时的限制阻力，并按预定的航向水平航行。水阻力的消除，实质上就说明了采用气垫船的基本理由。气垫船的技术原理和详细说明以及阻力理论，将在第十五章中介绍。

● 或称封闭式气泡船。——译注



图1-1 一艘100吨级气垫船，是一艘正在试航中的全垫升气垫船。这种船被支承在靠内部导管风扇供应的较低压气垫上，它们是靠涡轮传动的喷水推进器推进，潜在的最大航速达80节。

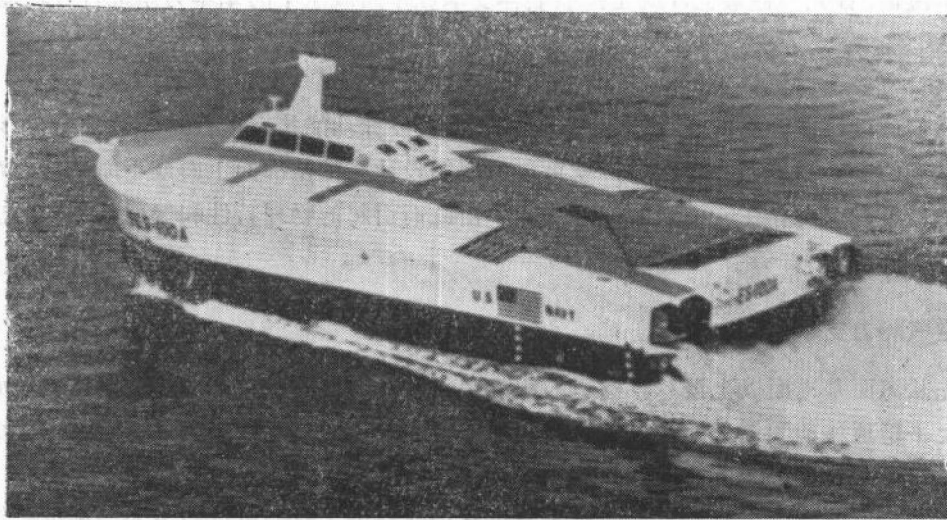


图1-2 另一艘100吨级气垫船，是一艘侧壁式气垫船，这种船被支承在靠该船刚性侧壁围住的气垫上。

水动力支承型

按照在水上的支承性质，再看另一种基本船型，我们就要考虑到靠特定的形状壳体而在水面或水下快速前进运动所产生的动力支承型概念。如同飞机的机翼划过空中一样，类似的水翼划过水中也产生很大的向上举力。固定在这些水翼上的支柱是几条把船体举出水面的“腿”。这种系统通常叫作“水翼系统”（见图1-3）。

第二种效率不高的水动力支承型，是一种在小艇中间比较普遍使用的船型。这种水动

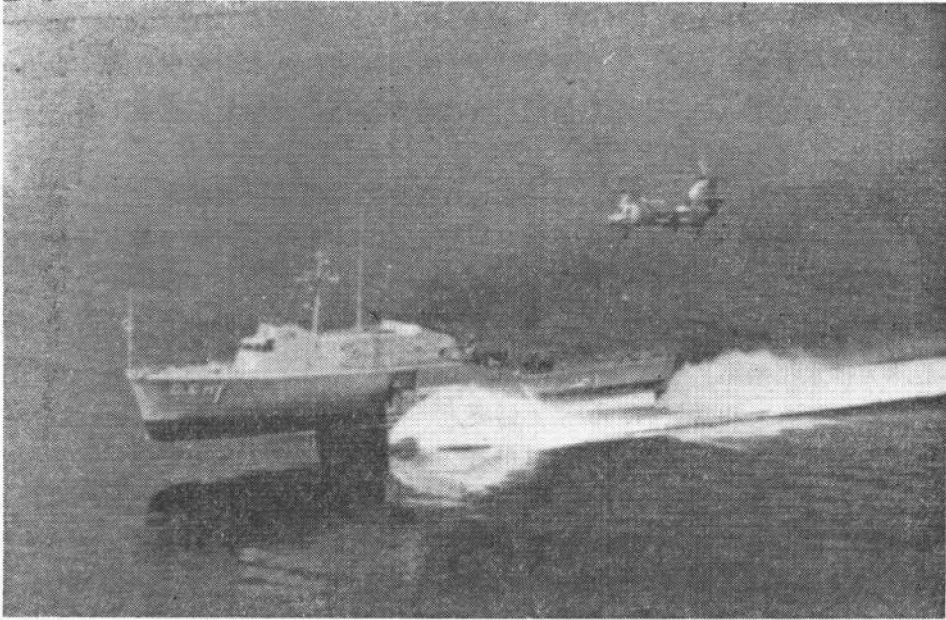


图1-3 美国“普朗维尤”号大型(320吨)水翼船。该船是在各种动力支承型船中具有潜在的最大航速和最佳适航。

力支承型船也是从一种特定的船体外型来识别的，它叫作滑行艇。它的底部是浅V型面，用于提供垂直升力和航向稳定性。滑行艇通常是受尺度限制，因为大型滑行艇需要庞大的动力装置和结构强度。这种艇的航行还局限于相当平静的水面（见图1-4）。



图1-4 英国“坚韧”级快速护渔巡逻艇，基本上是一种滑行艇。它是滑行艇型中吨位较大的艇例，艇长142英尺，采用燃气轮机驱动，能够达到40节航速。该艇原始打算设计成一艘舰对舰导弹快艇。

静水力支承型

最后，当降低船型的航速，并注意到最古老和最可靠的基本支承型式时，我们可以归之为静水力支承型船型。二十世纪以前的所有舰船和小艇以及原始的水运工具，一直都是靠容易获取的水中浮力航行的。

通常称为浮力的静水力支承型，是根据古代哲学家和数学家阿基米德明确定义的基本物理定律。阿基米德在公元二世纪以前解释他的论点（一般称为阿基米德原理）时，认为一个浸沉在液体里的物体所受到的浮力（或作用力）等于它所排开液体的重量。这一原理适用于所有在海水或淡水里漂浮或浸沉的舰船。根据这个论点，导出了这种船型本体的名称，一般称为排水型船型。

排水型船型是普通和常见的，似乎不需要进一步加以讨论；然而，在简单的介绍之后，如果能更仔细地研究一下排水型船型还是很有必要的。

排水型船型有一些详细的分类，其中需要加以专门讨论的是它的变型和外形标准化。例如，有些船客观要求具有适当高的航速和在汹涛上比滑艇更舒适的航行能力，或携载少量货物、武备或其他适量有效载荷能力。高速滑艇特性可以修改成半排水型船型或半滑行型船型（见图 1-5）。这种折衷性船艇的航速，当然比不上纯滑艇快；但是，半排水型比普通排水型船型的速度要快，只是它必须装载比排水型船型更大的功率，同时携载比排水型船少的载荷。很显然，这种船型是折衷选择的结果。同时可以说，这种结果说明了由设计标准可以导出任何变型的基本原理。

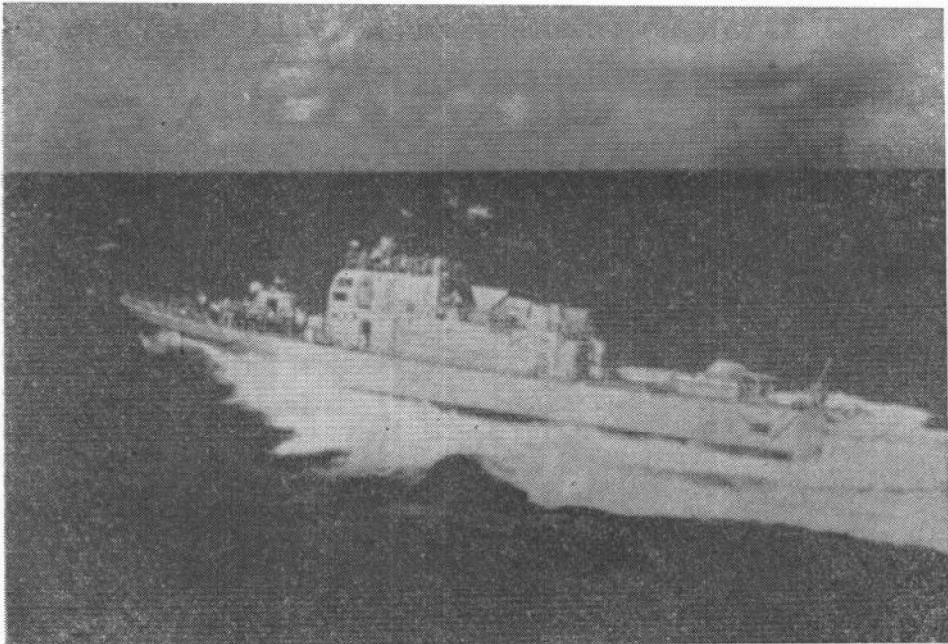


图1-5 美国“威尔希”号高速军用炮艇，能够滑行航行，而具有适于低速巡航用的较经济的联合动力装置。因此，该艇是一艘半滑行型船。

上面列举的例子，是在物理上含义明确的船型之间具有明显的折衷性或过渡性的一种

船型。但是，这并不是真正排水型船型变型的良好例证。真正排水型船型的变型主要应该是排水型船，同时这种变型主要是靠易浮体积的分布——水下船体的深度和宽度范围。

在排水型船型中，以最常见的船种开始算起，通常可以算是普通的运输船，它是一种远洋船只。可以用于载客服务、运载轻型通货、拖网式捕捞、或其他不要求增添容积、航速、深度或专门性能（见图 1-6）的其他众多杂务。这纯粹是一种具有中等排水量、中等航速、中等以上船长和中等容积的最普通和易于识别的船型。这种船型通常具有最大的巡航续航力和适航性。它是一种“全天候船”，是一种所有其他排水型船型都可以参考的标准船（见图 1-7）。

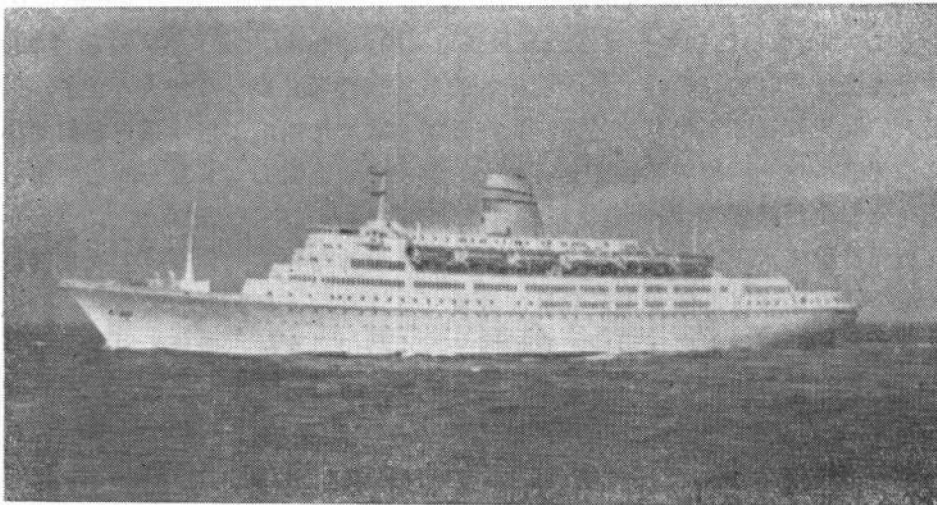


图1-6 豪华的普通排水型客船“维塔夫·乔特”号。这是一艘设计成远洋客船的现代豪华船舶的一个杰出例子，是正在绝迹中的远洋客船船种最新的一例。

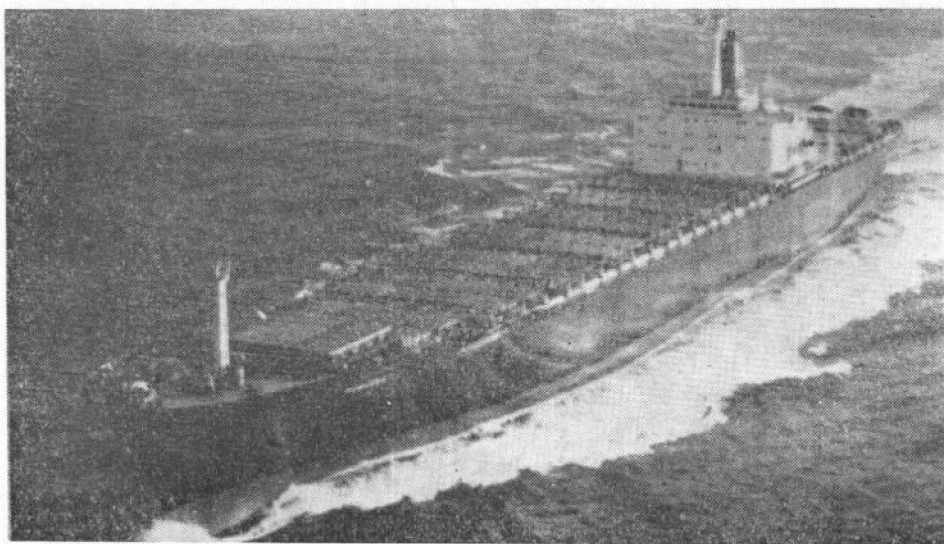


图1-7 勤快而又重要的排水型单桨船“雷姆拉”号，是目前世界上最快的货船，能够保持 25 节巡航速度。

同上述标准船型最接近的一些船型都是很普通的船舶，它们在“现代化”范畴里已达到了不但对世界贸易而且对工业世界的生存极端重要的地位。当然，这就是那些散装石油运输船、油船或巨型油船（见图 1-8）。这些船舶术语是常用的，但是，它们不是特定的。在这里讨论中，这些术语是不适用的，因为四、五年以前所谓的一艘巨型油船今天不再是一艘超级油船了。工业本身产生了一个更为明确的术语。根据 100,000 吨载油能力的指数，船型尺度种类可分为 LCC、VLCC 和 ULCC。这些缩写词分别说明大型油船、巨型油船和超大型油船。凡是超过 100,000 吨但低于 200,000 吨的为大型油船，而 200,000 吨至 400,000 吨之间的为巨型油船，超过 400,000 吨以上的为超大型油船。当我们认识到在 1956 年以前还没有超过 50,000 吨的油船，而在六十年代初期建造的任何船只还没有超过 100,000 吨时，当前使用这些名称显然是有重要意义的。1968 年出现了第一艘超过 300,000 吨的船。曾经流行一时的“世界上最大船舶”的名称在今天几乎没有什么意义了，因为一些日益增大的既无特征又不出名的船舶，正在日本和欧洲造船厂里继续采用它们的小合拢胎架旋转法建造。这些巨型船舶由于具有庞大的容积和运输能力（其中有的船的甲板可以自艏到艉布置四个足球场），因而造价便宜，在所有运输方式中且是最廉价的，最简单的是用每吨美元造价表示。确切地说，这种船舶应该被设计与建造成具有巨大的长度、宽度和深度，每个航程能够以最低费用运载最佳数量（也许是最大量）原油的赢利船。值得指出的是，这些船的造价很低廉，因此，它们同一些小型但具有较高质量的姐妹船不一样，大多只装有一台锅炉。锅炉性能的可靠性在船只航行上有着极重要的作用；古老的“玛丽皇后”号装有 24 台，而现代的“伊丽莎白二世皇后”号装有 12 台（显然，从该船目前的困境来判断是不够的）。而在这些超级油船中，极少装有二根以上推进轴和一个单舵。这种船舶的驾驶室虽然离船艏约为四分之一英里，但是，它们的最大经济航速却是非常低，以致一个正常的航程从阿拉伯输油港开到欧洲目的地需要两个月。

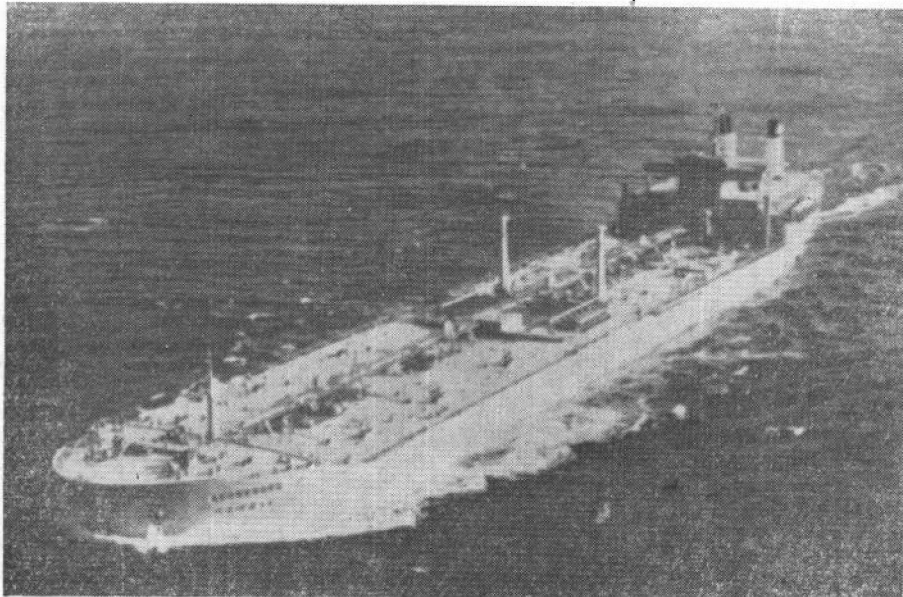


图1-8 最重最大的排水型船——原油船。有时称为大型油船和甚大型油船，这种船大到 50万吨容量。