

船舶设计原理

林杰人 主编

国防工业出版社

沿
自
设
十
原
里

U662

船舶设计原理

林杰人 主编

国防工业出版社

内 容 简 介

本书着重阐明了船舶初步设计的基本原理、方法和过程。全书共计八章。主要内容包
括：根据设计技术任务书进行设计方案构思、船的主要要素确定、型线与总布置
图设计、性能计算、船型的技术-经济论证和最优化设计。

本书可作为高等院校船舶设计与制造专业的教材，亦可供造船工程技术人员参考。

船 舶 设 计 原 理

林 杰 人 主 编

*

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16⁵/₈ 388千字

1981年5月第一版 1981年5月第一次印刷 印数：0,001—5,700册

统一书号：15034·2174 定价：1,75元

前 言

本书是根据 1978 年六机部教材会议通过的“船舶设计原理”大纲编写而成的,主要用作船舶设计与制造专业的教材。

本书主要围绕船舶初步设计要考虑的一些重要问题,着重阐明分析和解决这些问题的基本思路,并辅以必要的实用资料。说明问题力求辩证、全面,章节安排大体与实际设计程序一致。编写过程中,编者努力注意引进国内外的新资料,吸取兄弟院校有关教材的长处,并根据本单位的教学实践,在体系上作了一些新的尝试,力求使本教材能符合船舶设计的规律,有助于提高教学质量。

参加本书编写工作的还有:陈言中、范根发、程斌等同志。本书在编写过程中,得到了上海交通大学船舶设计教研室许多同志的支持与帮助,杨樾教授、潘伟文、秦士元等同志对本书初稿提出了不少建议与意见;武汉水运工程学院席龙飞、冯恩德、王肇庚和大连工学院李树范、纪倬尚等同志作了审阅,提出了许多宝贵的修改意见,特致深切的谢意。

由于编者业务水平和编写时间所限,难免有错误与不妥之处,恳切地希望读者不吝指正。

编 者

于上海交通大学

目 录

第一章 绪论..... 1	第五章 总布置设计146
§ 1-1 设计工作概况 1	§ 5-1 概述.....146
§ 1-2 设计的指导原则和基本要求 5	§ 5-2 总体布局的区划.....147
§ 1-3 设计工作的方法 8	§ 5-3 纵倾调整.....153
§ 1-4 本书内容与课程教学10	§ 5-4 舱室和梯道布置.....158
第二章 设计方案构思11	§ 5-5 船舶设备的配置及舱面布置.....165
§ 2-1 概述11	第六章 性能计算172
§ 2-2 重量与浮力的平衡12	§ 6-1 概述.....172
§ 2-3 对新船所需建筑地位的考虑33	§ 6-2 空船重量及重心位置的计算.....172
§ 2-4 对新船技术性能的考虑37	§ 6-3 各舱容积及其形心位置的计算.....177
§ 2-5 主尺度及船型系数的联系 因素综合分析54	§ 6-4 稳性计算.....179
§ 2-6 调查研究与设计方案的构思58	§ 6-5 抗沉性计算.....185
第三章 确定新船排水量和 主尺度的方法.....62	§ 6-6 最小干舷计算.....190
§ 3-1 概述62	§ 6-7 登记吨位计算.....197
§ 3-2 确定新船主要要素的方法原理66	第七章 船舶经济性204
§ 3-3 确定载重型船的排水量及主尺度75	§ 7-1 概述.....204
§ 3-4 确定布置地位型船舶的排水量 及主尺度86	§ 7-2 经济性计算.....204
第四章 型线设计106	§ 7-3 经济指标及其主要影响因素.....209
§ 4-1 概述.....106	§ 7-4 船型论证简介.....221
§ 4-2 主要形状特征和参数的选择.....107	第八章 最优化设计及电子 计算机的应用226
§ 4-3 特种线型的选用.....120	§ 8-1 概述.....226
§ 4-4 型线图的自行绘制法.....134	§ 8-2 关于计算分析体系的一般说明.....227
§ 4-5 改造母型法.....142	§ 8-3 应用中的几个问题及解决途径.....234
§ 4-6 用电子计算机产生型线.....145	§ 8-4 国内研究情况简介.....241
	附录 海船船体钢料重量的估算242

第一章 绪 论

§ 1-1 设计工作概况

船舶是一种水上工程建筑物，设计船舶是一门综合性的科学技术。船舶的特点是技术较复杂、投资较大、使用期较长，与国民经济、国防建设等许多方面有着密切的关系。因此，对设计建造新船必须持认真慎重的态度，力求使其符合党的建设社会主义总路线的要求，为加速实现我国四个现代化发挥更大的作用。

实践证明，要使新船能达到上述要求，规划设计时必须尽可能做到：第一，对新船提出的使用任务和技术要求（简称技术任务要求）是合理的；第二，针对一定的技术任务要求，设计工作中所采取的主要技术决定和措施是得当的；第三，各具体项目的设计对保证和提高船的使用效能是有利的，并便于建造施工。这三项要求的实现，分别在两个阶段中完成。与第一项要求对应的是编制设计技术任务书阶段；与后两项要求对应的是设计工作阶段。

一、编制设计技术任务书

新船的使用任务和技术要求是设计建造工作的依据，通常是由用船部门根据航运事业的需要和技术、经济条件的实际可能提出来的。这类问题，属于船型论证的范畴。在船型论证中，一个较复杂的问题是对比不同船型方案时所依据的衡准指标的选择，衡准指标一般包括技术上的和因船的主要使用任务而异的其它指标。例如，对运输船舶通常采用技术上可行且先进、经济上有利的技术-经济指标。确定新船使用任务和技术要求的工作称为船型的技术-经济论证；对军用舰艇，则在服从战略要求下，进行战术-技术论证。在船型论证时，往往要从全局出发，联系多方面的因素，对新船的使用任务（如运输船为专用还是多用等），完成规定任务必须确定的一些主要方面，选择几个方案进行探讨。

通过对不同船型方案的探讨比较和综合分析，再结合有关的资料和经验，就可以确定适宜于新船使用任务的主要技术性能（如货船的载重量、航速等）；主要装备（如主机、起货设备等）；对新船主尺度附加的约束条件等等。船型论证后，把对新船的主要要求以及某些具体的特殊要求，编制成设计技术任务书，经规定的主管部门审批后下达，作为设计单位进行设计工作的依据。

民用船舶的设计技术任务书主要包括：

1. 用途方面：

规定新船的航行区域，担负的任务。

1) 航区、航线：

海船航区常依距岸的距离而分为沿海、近洋、远洋。

内河船常按水系名称来分。我国主要水系长江根据风浪情况，分A、B、C级。

不固定航线的船（游荡船或不定航线船）通常只给出航区。

定线船需给出停靠的港口。

定线定期船（如客船、快速集装箱货船）除给出停靠港口外，还需指定班期，这类船在营运组织上又称班船。

2) 载重性质、数量以及其它用途：

货物运输通常给出船种及所载运的货类；总载重量（吨）或载货量（吨）（集装箱船则给出某种标准箱的箱数）；货物的理化性质，通常是干货的积载因数（ $\text{米}^3/\text{吨}$ ），液货的重量密度（ $\text{吨}/\text{米}^3$ ）；某些特殊的要求，如杂货船能适应于装载一定数量的甲板货，能载运规定尺寸的特大货件，适应集装箱以至散装谷物的载运等。

客船及客货船通常给出各级旅客的人数，舱室标准（每人所占面积、住室及公共处所的设备标准），以及载货的数量及货舱容积等。

其它船种的使用要求，依具体情况而定。如拖船则给出以拖驳运输为主，还是港口辅助作业，及兼顾其它任务（如救助）。

2. 船型方面：

提出新船在建筑方面如甲板层数、甲板间高、机舱部位、上层建筑的型式、货舱划分等应满足的要求或希望。

3. 船级方面：

提出新船符合的规范和船级的要求，如：

结构上按哪一船体建造规范的哪级船设计；

稳性应符合哪一稳性规范的哪一级船的要求；

其它规定，如载重线规范，抗沉性规范等。

国际航线船舶还应符合有关的国际规定，如《国际海上人命安全公约》、《1966年国际航行船舶载重线公约》、《1973年国际防污染协定》（1978年签字生效）等。

4. 动力装置：

给出主机的类型、功率（或型号）及台数。

5. 航速、续航力等方面：

航速——一般民船为要求达到的满载试航速度（节）。拖船常提出拖带航速下拖力的要求。港作拖船且提出自由航速的要求。

续航力——在规定的航速或主机功率下（民用船舶通常是主机按额定持续功率运转），船上所带的燃料储备量可供航行的距离（海里）。

自持能力——船上所带淡水和食品可供使用的天数，或称为自给力。

6. 船体结构方面：

提出有关新船材料、结构型式、特殊加强部分、甲板负荷的要求。

7. 设备方面：

对新船的起货设备的能力及型式、舵设备、减摇装置、助航设备等方面提出要求或希望。

8. 船舶性能：

对新船在各种装载情况下的浮态及初稳性提出希望或要求。有时也对耐波性、操纵性

等方面提出要求。

9. 船员配备及其生活设施:

给出新船各类人员的编制、居住舱室及其它舱室的标准、空调标准等。

10. 尺度限制:

对新船的主尺度限制: 大船常限制吃水。有些港口限制船的总长, 内河船除吃水外, 常根据桥闸的尺寸限制船的总宽及水面上固定建筑的高度。

上面所述是民用船舶设计任务书的大体内容, 而新船的设计任务书的实际条目及内容, 依船舶的类型、复杂程度与其它原因 (特别是船型论证工作的情况), 可有相当大的差别。如果在编制任务书时进行了充分而深入的船型论证工作, 提出的设计任务书往往条目繁多, 内容详细具体。但也有的设计任务书只提出主要的使用任务和技术要求 (或设想), 条目较少, 内容简明。表 1-1 所给出的多用途不定线杂货船的设计技术任务书就是属于后者中的一个实例。

表 1-1 设计技术任务书

17500吨载重量多用途不定线杂货船设计技术任务书 ^①	
一、航区、航线	无限航区, 不定线航行。
二、用途	本船应适于装载下列货物: 集装箱、包装杂货、散装谷物、工业成品、原材料、成形木材等。在装载重货时, 载重量不低于17500吨。此外, 由于本船在营运中, 集装箱运输占有相当比重, 故在设计时, 应有利于集装箱的安放及装卸。
三、货舱容积	包装容积不低于25000米 ³ 。
四、船级	除须满足中华人民共和国船舶检验局颁发的有关规范外, 还应符合有关国际公约及规则。
五、主机	主机型号: B & W 6 L 67GF; 主机台数: 1台; 额定常用功率: 10200马力; 转数: 115转/分。
六、航速	在静水中、风力不超过蒲氏 3 级时的满载试航速度不低于 15.9 节。
七、续航力	12000海里。
八、起货设备	采用25吨电动液压起重机, 以便利集装箱的装卸。
九、舱口盖负荷	上甲板舱口盖的设计负荷为2.5吨/米 ² 。
十、船员人数	高级船员: 14人; 一般船员: 23人; 备 员: 2人; 总 计: 39人。
十一、舱室设施	(一) 居住舱室: 本船每人都应有单独住舱。船长居住舱室共四间: 办公室、卧室、卫生间及单独会客室。轮机长、大副、二管轮各设有办公室、卧室及卫生间三间。 (二) 公共场所: 设置二间餐厅及二间休息室, 供高级船员及一般船员分别使用。二间餐厅应一次可供 20 人同时进餐。 (三) 生活设备: 船上各舱室应有空调设备。厨房分二间, 供高级船员及一般船员分别使用。船上设有病房, 病房内有专用病床。病房旁边还应设单独小药房一间。

① 本船系出口的多用途船, 任务书内容系根据国外客商的要求归纳而成。

设计技术任务书通常由用船部门负责编制。但有的情况下, 某些较重要的新船, 在船型论证阶段, 由用船、设计、科研和教学等部门结合起来, 分工协作, 进行研究与论证, 共

同编制任务书草案，供领导机关审批。

还应该指出的是，设计技术任务书是进行后面设计的基础，是关系设计建造新船的方向性环节，如果任务书中对新船的使用任务及技术要求提得不合理，即使后面的设计尽了很大的努力，也不可能设计出一艘成功的新船，甚至会造成重大的损失。因此在设计进行的过程中，如果发现了新船使用任务和技术要求方面的重大问题，就要及时向有关部门反映，协商后妥善解决。

二、设计阶段

设计部门以技术任务书为依据设计新船时，一般分阶段进行。根据我国的设计实践，当前大体上可分为以下几个阶段：

（一）初步设计阶段

这一阶段的主要工作，是在深入分析任务书和调查研究的基础上，从全局角度出发，提出船体、轮机、电气几个方面的各种可行方案，通过绘图与计算，得出有关的技术、经济或其它指标，经比较鉴别后，确定一个或几个能满足任务书要求的设计方案及其技术-经济论证数据，提交审查讨论，然后再根据审查意见修改确定设计方案。这阶段只要求提供新船方案的主要技术文件，船体方面包括：

- （1）船体说明书；
- （2）型线图；
- （3）总布置草图；
- （4）中剖面结构图及结构强度计算书；
- （5）航速、稳性、舱容等估算书；
- （6）主要设备、材料规格明细表。

这一阶段的设计工作虽然是初步的，但也应保证结果比较可靠，技术措施可行。视完成内容的深度和广度的不同，有的称为初步设计，有的称为方案设计，也有的称为扩大初步设计或基本设计。

（二）技术设计阶段

技术设计是根据审查批准后的初步设计方案而进行的深入的设计工作。这阶段的工作，是在整体设计的基础上，对各个局部问题进行深入分析，并进行各个分项目的详细设计和计算，为施工设计提供较完备的技术文件。有些重要产品还要进行性能等方面的模型试验。在这阶段中要求船体方面完成的技术文件有：

- （1）船体设计说明书；
- （2）较详细的总布置图；
- （3）正式的型线图；
- （4）中剖面结构图，基本结构图，外板展开图，肋骨型线图，肋骨结构图，首、尾及舱壁等结构图；
- （5）锚泊、起货、操舵等设备图；
- （6）各系统的原理图；
- （7）重量及重心计算书；

- (8) 各项性能的详细计算及有关说明书(包括试验报告);
- (9) 详细的设备材料规格明细表等。

这些技术文件经用船单位、船检局和上级机关审查同意后,作为施工设计和签订合同的依据。

(三) 施工设计阶段

根据审批后的技术设计文件,结合新船建造厂的具体生产技术条件,制定建造中所需的整套技术文件。所需文件的范围依各厂情况而有所不同,在船体方面主要为分段结构的施工图和工艺规程,以及设备、舾装的零件图等等。

(四) 完工设计阶段

新船建成后,实际情况往往不可避免地会与原来的设计有所出入。设计中虽然对重量、重心作了详细计算,但不可能完全精确。建造时,对原来设计不合理之处进行修改,在不太影响基本性能的前提下,改用承造厂内的现有材料或与现用规格接近的设备也是常有的事。这样就会引起船舶重量、重心、布置、结构等的稍有变动。因此,船造好以后,应根据建造期间对原设计图纸所作的改动,绘出完工图纸;根据实船倾斜试验结果,修改原来的有关计算书(如稳性、抗沉性、浮态),完成各项试验并写出报告书等等。总之,制订出完整的完工技术文件。这些文件是船舶设计和研究工作的宝贵资料。

由上述可知,从技术任务书到设计工作的几个阶段,它们在新船整个设计中既具有相对的独立性,而又是相互联系的。各个阶段要求完成一定的计算、图纸和说明。前一阶段是后一阶段设计的依据,后一阶段是前一阶段工作的深入和发展。然而,上述各个阶段的划分以及各阶段的具体内容,并不是严格不变的,往往根据具体情况(如任务的紧迫性、产品的复杂程度、参考资料的完备情况等等)而有所不同,有时各阶段之间并无明确的界限,如某些重要产品在进行船型论证以及拟定任务书时,所完成的技术文件不少已是上述初步设计的内容。

最后,还必须指出,随着电子计算机在船舶设计、建造上的广泛应用,设计程序和工作内容等也在发生变化,设计周期大为缩短,设计质量显著提高。例如,有了这一强有力的计算工具,船型方案的论证可以做得更加广泛、更加深入,方案可以有几十个甚至更多,论证可完成初步设计的内容,使技术任务书建立在更可靠的基础上。任务书确定后,亦能在很短的时间内完成全部设计工作,使新船早日投产建造。

§ 1-2 设计的指导原则和基本要求

用正确的原则来指导船舶设计工作,是关系设计质量的一个重要问题,必须加以重视和认真研究。然而,这又是一个十分复杂的问题,涉及的面很广。下面只从普遍意义上提出船舶设计指导原则和一艘新船应达到的基本要求。

一、指导原则

(一) 认真贯彻党和国家的路线、方针、政策,遵守各种法规

设计船舶与其他工作一样,总的指导原则是贯彻党的实现四个现代化、建设强大的社会主义国家的总路线。在设计时,要结合新船的使用任务和技术要求,认真研究和落实党

的路线和国家的有关方针政策，使设计有一个正确的方向，如：全局观点，统筹兼顾；军民结合，平战结合；远近结合，以近为主；尽量采用先进技术，赶超世界先进水平；厉行节约，讲求经济效益；标准化、系列化、通用化等等，这些无疑都是解决工程设计问题，也是设计船舶应该遵循的原则，特别是大型的、重要的及成批生产的产品尤其如此。

船舶设计中还必须遵守国家颁布的各种技术法规，如：《钢质海船建造规范》、《海船载重性规范》、《海船稳性规范》等各种规范的规定（长江及内河船有相应的规范）。国际航行船舶必须符合有关的国际规定，如：《国际海上人命安全公约》、《国际载重线公约》等相应的技术要求。另外，随着工业和科学技术的发展，防污染问题已经引起世界各国的高度重视，设计中应该认真加以考虑，采取有效措施，使其符合我国及国际上的有关规定。

（二）树立在设计中抓主要矛盾的思想

一切事物无不存在着矛盾，船舶也一样，充满着各种错综复杂的内在矛盾，例如：载重量的多与少，航速的快与慢，稳性的稳与不稳，摇摆的缓和与剧烈，造价、营运成本的高与低等。在不同的矛盾之间又互为矛盾，例如，排水量不变的情况下提高载重量与提高航速之间的矛盾，提高稳性与缓和摇摆之间的矛盾，降低营运成本与提高服务质量之间有时之间的矛盾等。显然，船舶设计是一个充满多种矛盾的复杂过程。因此，设计人员应该树立起抓主要矛盾的思想，并贯穿于整个设计的始终。这就是说，不仅在设计开始时要根据新船的使用任务和技术要求，进行全面地综合分析研究，找出设计的主要矛盾，确定设计方案；而且在决定设计的每一局部问题时，都应该找出影响这一问题的诸矛盾中的主要矛盾，按主要矛盾的要求去加以解决。只有这样，才能使设计工作少走弯路，较快而且成功地设计出新船来。

二、基本要求

如何恰当处理政治、技术与经济各方面要求的关系，提出新船应该满足的基本要求呢？或者说，新设计建造的民用船舶成功与否的一般准则是什么呢？这的确是一个极为复杂的问题。这是因为：一方面，各种要求之间，关系错综复杂，有些因素可用技术上或经济上的某种指标来衡量，而另一些因素则难以用某种数量指标来反映；另一方面，对不同的船种或同一船种而有着不同的使用任务与技术要求的情况下，各种指标的相对重要性也是不相同的。因此，要提出一个适用于所有新设计船舶的具体要求是有困难的。然而，作为一般性准则或基本要求，可以概括为“适用、经济、安全可靠、造型美观”这四个方面的。

（一）适用

适用性就是说新船能较好地完成预定的使用任务（尤其是主要使用任务）。努力保证达到这一目标是设计中处理一切问题的中心。为此，设计人员对于与此有关的各种因素，必须有明确的概念，并采取合理的技术措施。下面举例谈谈货船和客船的主要使用任务及其设计着眼点。

对民用运输船舶来说，保证和提高运输能力及运输质量是设计的基本着眼点。因为这不仅对保证社会主义经济计划的顺利执行有重要的意义，同时也是社会主义原则的一种体现。在货船设计中，与此密切相关的是：要保证新船的载重量和适当的舱容，有高的装卸效率，能满足根据所载货种的理化性质和营运上理货方便而提出的要求，有良好的航海性

能以及新船的主尺度（尤其是吃水）适应航线及港口的限制条件。因此，在主尺度的确定，型线的选择，建筑型式及总布置的考虑，起货设备的配置等等方面，首先应围绕上述的因素进行考虑与分析。对客船设计，保证载客量和班期，布置上和生活设施上力求适应该航线旅客的情况，力求改善船的耐波性和安全性等几方面是应重点考虑的。总之，保证和提高客运的质量是基本着眼点。

（二）经济

所谓船舶经济性，就是指船舶完成规定任务时，资金的耗费和积累情况。显然，适用性是经济性的重要前提，不适用就谈不上经济。但在达到适用的前提下，不考虑经济效果，也是错误的。因为这会造成国家资金和物资的浪费，得不到应有的投资效果。对民用船舶，这个问题尤其重要。事实上，综观现代运输船舶的发展，新船型的出现，新技术的采用，无一不是受经济因素的刺激；经济是技术发展的基础和动力，技术是实现经济目的的手段和工具，两者互相渗透、互相推动。因此，设计中加强经济观念是十分重要的。

举例来说，对某一航线的货运进行船型论证时，即使采用常规船型，我们也可以建立不同的船型方案，如：载货量大些但航速低些的方案，载货量小些但航速高些的方案，两种船型方案能完成同样的年货运量。显然，两种船型方案在投资上和运输成本上会有所不同。选取哪一种方案有利，就要从技术及经济角度加以全面衡量。

针对某一具体设计技术任务书的要求，设计中必然也涉及经济性问题。例如，可采用主尺度小些但较丰满的船型方案，也可采用主尺度大些但较纤瘦的船型方案。显然，前者的造价要低些，与造价有关的营运开支也会低些；但后者可能在航速上有利些（假定用相同主机），因航速提高可使航次时间稍短些、年货运量会稍高些，且每个船次的燃料开支要省些等等。何者有利，也需从总的经济效果并结合技术性能作综合分析才能决定。在研究采用某项新的技术装备的合理性时，也须从综合技术上的先进性和经济上的有利性加以考虑。

（三）安全可靠

船舶的安全可靠，是一个关系到国家和人民生命财产的重大问题。因而船舶的安全性和人员的安全保障，是船舶的一个基本质量指标，在我们社会主义国家里，更应该是船舶设计的基本前提。国家和国际上所颁布的各种技术法规，为了保证船舶的安全，对建造、载重线、稳性、分舱、消防、救生、起重、信号设备、通讯等方面都作了明确的规定，设计人员应该认真钻研、做到心中有数，在船舶设计中必须贯彻执行，切实保证新船的技术条件符合各种规范及公约的技术要求。有关规范的某些要点，将在后面的有关章节中介绍。

还应指出，船上一些重大设备（如主机）和某些部件（如推进器、舵）的可靠与否，对船舶的安全性影响很大，在选定设备和进行局部设计时，应该充分注意。

（四）造型美观

船舶造型是船舶建筑学的一个方面，它包括造型的美观和从建筑角度合理地利用船舶内部空间等问题。船舶外观造型的好坏会给人以深刻的观感和印象，是一种艺术。设计时要妥善加以处理，按具体情况应给人以朴实、大方、清新、明朗等健康的美观，反映出我们社会主义祖国蒸蒸日上、精神奋发的面貌。对于客船和远洋船舶更应注意考虑。进行外观造型设计时，应继承和发扬祖国宝贵的艺术遗产，推陈出新；有选择地吸取外国长处，

洋为中用。切忌华而不实，画蛇添足。

上述几个方面，既统一又矛盾，是辩证的统一。这就需要在设计中注意运用辩证唯物主义的观点，结合具体情况，认真分析，抓住主要矛盾及矛盾的主要方面，妥善处理。

§ 1-3 设计工作的方法

设计工作方法是完成设计任务的“桥”或“船”，是保证设计工作“多快好省”地进行的一个重要方面。观点正确，方法不对，常常也得不到预期的结果。我们体会，可归纳为以下几个方面。

一、调查研究贯彻始终

在设计中，坚持正确的认识只能从社会实践中来的观点，把调查研究放在首位，这是搞好设计工作的基础性的环节。设计实践的许多经验教训证明，不真正领会使用部门的意图和要求，不掌握有关的实际情况，设计就成了无源之水，无本之木，易犯主观唯心的错误，工作徒劳无功。因此，设计人员从接受设计任务时起，就应考虑进行调查研究工作，广泛征求使用部门及航道、港务、船厂等有关部门的意见和看法，搜集有关的资料（包括国内外实船资料和文献）。在可能情况下，更应到相近的实船上作深入调查和体验。通过获得的第一手资料，再经过一番去粗取精、去伪存真的改造制作过程，便可以形成初步的设计方案，使设计从一开始就建立在较能符合客观实际的基础上。

必须指出，调查研究应当贯穿设计工作的始终。随着设计工作的进展，特别是确定方案时和技术设计前，带着设计方案、图纸和问题，做深入的调查研究，征求意见，效果将更为显著。

二、揭露矛盾，解决矛盾，逐步深化

船舶设计充满着各种错综复杂的矛盾，按照辩证唯物论认识论的观点，对于复杂事物的认识，不可能一次完成，必定是一个由低级到高级（即由浅入深），由片面到更多的方面的过程。因而，设计工作也是这样，只能是一个逐步近似的过程，即有步骤地揭露矛盾、解决矛盾、逐步深化，最终才得出一个符合要求的结果来。把整个设计工作分为几个阶段就是这种逐步近似过程的体现。

举例来说，排水量与主尺度及主要的船型系数是影响船的使用任务和各种技术性能的根本因素，必须首先确定。但确定排水量和主尺度要考虑的因素很多，如要计算排水量就要求出船体的结构重量，而船体的结构重量不仅与船的主尺度及结构型式等有关，而且还与每一局部构件的设计有关，而每一局部构件的设计是根据受力条件又与排水量和主尺度有关的。因而，在开始时，要考虑这样详细又繁杂的因素是不可能的，只能根据一些经验和规律进行推断，结合影响它的主要因素，初步估算出一组主尺度及排水量。然后结合对总布置、型线、船体结构型式和材料、动力装置及主要设备的考虑，各种技术资料的完备情况，对船的各项性能进行几次校核，再根据检验结果，修改排水量和主尺度方案。这样几次反复，一次比一次准确，直到满足设计要求为止。进一步还可进行变方案的对比，作最优化计算。这就是新船排水量及主尺度决定的大体过程。可见，它是一个不断揭露矛盾，

解决矛盾，逐步深化，不断完善，螺旋式前进的过程。认识了船舶设计的这一特点，在设计开始时，设计人员就应当认真分析研究各方面的情况，根据当时的认识，抓住决定主要矛盾的少数最主要的因素进行研究，而暂时撇开一些可以在后面逐步解决而又不影响主要矛盾性质的次要问题。随着设计的深入，有些矛盾可能会暴露出来，成为主要矛盾，有些矛盾解决了，新的矛盾又出现了。这就要求设计人员能及时采取措施，修改图纸，进行计算，甚至修改原来的尺度方案，解决新的矛盾，促使设计在揭露矛盾、解决矛盾的过程中逐步深化。

至于我们的设计是否真正符合客观规律，还需经过船舶建造和实际使用的检验。很好地总结经验教训，对丰富我们的认识，提高设计技术水平，指导再实践有着重要意义。事实上，船舶设计技术的发展也正是沿着这样的轨道前进的。

三、在借鉴与继承的基础上创新

现代船舶是人们造船和用船经验的不断丰富，科学技术的不断进步而发展起来的。各类船舶都有其发展演变过程，都有由它们的使用任务所决定的共性问题，这就决定了它们必然具有许多相近的技术特征和内在规律性。合理地吸取与利用这类经验和规律性，可以减少盲目性，缩小探索范围，使分析计算建立在较可靠的基础上。这是船舶设计工作的一个重要方法。因此，设计中一方面，常搜集一些同类相近船舶的技术及经济资料（包括设计、建造、使用实践），进行统计分析，寻求其内在规律；或利用已有的统计公式和图表，作为新船设计的借鉴。另一方面，还可以在现有船舶中，选取一艘与设计船技术性能相近的优秀船舶做为“母型”或“型船”，将其各项要素按设计船的要求，用适当的方法加以改造变换，得到设计船的相应要素。这种方法不但可使设计工作简化，而且使设计者能较有把握地选取设计船的各项技术参数，提高准确程度，减少逐步近似的次数。“母型”船并不一定限于一艘船舶，在明确主要参考的“母型”的同时，完全可以根据设计中某些局部问题的需要，采用其它的船舶（“母型”）的局部资料作为参考。

应该注意的是，对“母型”及所使用的资料要进行具体剖析。因为每艘船都有它特定的环境条件（技术的、经济的、地区的、社会的、时代的等）所限制，有其优点，也有其缺点。所以，使用时必须结合设计船的实际情况，有判别地吸取其优点，克服其缺点，并用科学技术上的新成就和合理的新措施来装备新船，做到设计有所创造、有所前进。

四、发扬技术民主，集中群众智慧

设计建造一艘现代的新船，是一个涉及面非常广泛而复杂的系统工程。单从设计方面来说，就有船体、轮机、电气等多方面的专业内容。一艘新船的设计工作，往往不是少数人员，而是有几十个甚至更多的人员参加。因此，设计过程中，技术人员在敢于负责，大胆实践的同时，也要注意走群众路线、发扬技术民主，要注意与各专业人员之间的相互协作与配合，广泛听取各方面的意见。这样做有利于集思广义，开阔思路，弥补设计人员的某些方面的经验和知识的不足，有利于调动各方面的积极性。另外，实践证明，在组织与实施新船的设计建造方面，设计、使用、工厂等各个部门之间的密切配合，相互支持极为重要。组织得好，可以达到集中各方面的长处，及时交流思想，相互补充，有利于保证设计质量，有利于工作的顺利发展。

§ 1-4 本书内容与课程教学

前面已提及, 船舶设计是一门综合性的科学技术, 包括船体、轮机、电气等各方面专业的内容。从事船舶设计工作所需的各方面的知识分属于各个不同专业的学科。在船体设计中, 又可分为总体设计与局部设计。总体设计解决船舶设计中的一些最基本的问题, 是局部设计(如螺旋桨设计等)和各专业设计(轮机、电气等)的基础与联结。总体设计成功与否, 对新船的质量具有根本性的影响。因此, 作为一个总体设计人员, 更需具备多方面的知识与经验。

“船舶设计原理”是研究船舶总体设计有关的基本规律和方法的学科。这本《船舶设计原理》所述的主要内容是民用船舶总体设计的一些基本问题, 包括:

- 1) 新船设计方案构思;
- 2) 确定排水量、主尺度及船形系数的方法和过程;
- 3) 型线设计;
- 4) 总布置设计;
- 5) 性能计算及有关规范介绍;
- 6) 经济性计算及船型方案论证。

对这些问题的阐述, 很多要涉及到船舶原理、船体结构设计、船舶建造工艺学等课程的内容, 其中特别是与船舶原理的关系最为密切, 但两者的出发点是不同的。在船舶原理等课程中, 往往是从各学科出发提出问题, 研究其内在规律, 而在本书中则是运用各门专业课程的知识, 从设计船舶的观点出发, 综合地分析研究问题。所以说, “船舶设计原理”是一门建筑在船舶设计专业各门专业课基础上的学科, 同时又是一门独立的、有其自身系统的、综合运用各专业知识的课程。

本书在内容编排上, 大体按实际设计工作的进展顺序。紧接在本章之后, 写了“设计方案构思”一章, 叙述了有了设计技术任务书后, 如何着手考虑新船的设计工作, 特别是如何从广泛繁杂头绪中, 构思出设计的方案, 制订出下一步的设计打算。这一章所讨论的内容, 几乎要涉及到船舶设计的所有重大问题, 初学者可能不大容易理解。但由于设计方案构思是实际设计工作中不可缺少的重要环节, 所以还是花了较多的篇幅加以叙述。后面各章虽然是按照内容相对独立地进行讨论, 但相互之间也是有联系的, 学习时应该注意。

鉴于我国用电子计算机辅助船舶设计工作尚处于研究和实践的初期阶段, 同时, 了解与掌握传统的船舶设计的规律性和设计方法, 也将有助于应用计算机进行设计, 因此, 本书仍以介绍传统的设计方法为主, 只在最后一章, 对应用计算机设计作简要的介绍。

应当指出, 现今船舶类型已发展成很多种, 我们不可能也没有必要逐一加以介绍, 本书在阐述基本原理和方法的基础上, 主要结合海洋民用船舶中货船、客船以及拖船等几种典型船类的设计特点加以分析、举例, 同时附有必要的实用资料。读者如果掌握了本书所述的基本原理和解决问题的方法, 也具备了设计其它类型船舶的必要基础。

最后, 还应指出的是, 鉴于本课的特点(综合性、与实际密切联系), 教学时最好能与实践结合起来, 例如: 与做毕业设计相配合, 或与做课程设计, 并辅以实船参观相配合。又考虑到本课的综合性、计算较简单(有些虽繁而不难), 作习题效果不大, 可采用阅读实船计算书和图纸, 进行一定的课堂讨论。在本课程及设计实践环节结束时, 再对第二章的问题作较详细的论述与分析, 也可望收到较好的效果。

第二章 设计方案构思

§ 2-1 概 述

前一章我们概括地介绍了新船设计的脉络、处理问题的一般原则和设计工作方法的一般特征。本章将介绍构思新船的总体设计方案所涉及的基本问题。

通常，当人们接受一项复杂的工作时，为了很好完成它，在工作全面展开之初，都有一个进行思索、制定方案的阶段。所谓船舶设计方案构思，就是船舶设计人员针对某一具体的设计任务，从总体方面进行分析、研究，考虑应该和可能采取的各种技术措施，拟订出合理的设计方案和设计程序。构思的内容包括：

- 1) 分析设计技术任务书，明确设计船的主要矛盾；
- 2) 估算设计船的主要要素和一些主要技术性能；
- 3) 考虑所要采取的主要技术措施及可能可行方案；
- 4) 确定进一步开展设计工作的设想。

实践证明，设计方案构思是整个船舶设计的一个重要环节，是设计全面开展的基础性工作，对保证设计工作多快好省地向前发展起着重要的作用。

船舶设计的总体方案构思是一项相当复杂的综合性工作，涉及的面十分广泛。本章所讨论的方案构思，是指设计技术任务书编制以后，针对某一具体的船型方案来进行的。由于各任务书给出的设计技术条目及内容繁简不一，因而构思时所涉及的面也有所不同。一般而言，总体方案构思将涉及以下几个方面：

- 1) 船舶主要要素的选取；
- 2) 船体型线设计及推进设计；
- 3) 船舶建筑及总布置格局的设计；
- 4) 船体结构型式的选择及结构设计；
- 5) 主要技术装备的配置与选型。

上述几个方面是既相对独立而又相互联系、相互渗透的。设计中对它们的处理是否得当，通常直接关系到新船的设计能否成功。因此，进行新船总体设计方案构思时，就应结合任务书的具体要求，分别地及综合地对它们进行分析、研究，并贯彻到后继的各项具体设计中去。可以看出，方案构思涉及的面几乎包括船舶总体设计的所有内容，因此，进行这一工作所需的知识与经验，决非本章乃至本书所能完全叙述的。本章对上述第2) (型线)、第3) (总布置) 两方面的问题，将有所介绍，但主要是在第四和第五两章中详细讨论，而其中的推进设计部分及第4) (结构)、第5) (设备) 两方面的问题，已属另外的学科，可参阅专门的著作，本书只在后面适当的地方作些必要的说明。本章将着重对第1) 方面关于船舶主要要素的选取所涉及的基本问题进行必要的分析和讨论。

船舶主要要素是指船舶的排水量、主要尺度 (长、宽、型深、吃水等) 以及船型系数

(方形系数、棱形系数、水线面系数、中剖面系数等)之统称。它们是描述船舶几何形状的一些最基本的特征性数据,对船舶的主要技术性能诸如浮性、快速性、稳性、耐波性、容量、总布置以及船舶经济性等等都有重要影响,从而对船舶质量的好坏有重要作用。因此,恰当地确定这些要素,是船舶总体设计中最基本最重要的工作之一。一艘新船的设计通常就是从确定这些要素开始的。构思设计方案的一个重要目的,就在于能得到一组较佳的船舶主要要素的方案,为设计出成功的新船打下基础。船舶理论与设计实践表明,船舶主要要素的选取,主要涉及这样一些因素:

- 1) 满足新船重量所需的浮力,即浮力与重量的平衡;
- 2) 满足新船所需的建筑地位(舱容及甲板面积等);
- 3) 保证新船的快速性、稳性和其它技术性能;
- 4) 考虑航线环境条件、建造与修理厂设备条件对船舶主要尺度之限制。

由于这几方面因素是构思设计方案中解决有关船舶的主要要素选取问题的基础,因此作为本章的主要内容分别加以讨论,讨论时又侧重于:

- 1) 各方面因素与船舶主要要素的联系及其内在规律性;
- 2) 提出并明确对设计船的各项主要技术性能指标的要求;
- 3) 设计时处理问题的思想等。

考虑构思设计方案时,往往要对船的主要要素及船的航速等技术性能作粗略的估算,本章在有关部分中列举了一些估算方法和公式,作为对基本规律的进一步说明和第三章具体确定船舶主要要素的准备。

应当指出的是,本章所讨论的内容只是进行设计方案构思所需知识的一部分,构思方案时要开阔思路,运用各方面的知识与经验进行考虑与分析问题。如何进行设计方案构思,随设计船的具体情况不同,定会有所区别。因此本章未作具体的讨论,只是在最后对进行设计方案构思的大体步骤和思路作简要的介绍,并通过第三章的实例作进一步的说明与讨论。

另外还应指出的是,从广义上讲,设计建造一型新船的任务提出以后,就有设计方案构思问题,只是构思所涉及的面与本章所着重讨论的有所不同。例如,对民用运输船舶,这时的问题就是围绕船型、载重量、航速、机型等几个大的方面进行分析,提出设想,并进行船型的经济-技术论证,以编制出一个较好的设计技术任务书。有关这方面的内容,将在第七章中介绍。

§ 2-2 重量与浮力的平衡

根据浮性原理,船舶在任一装载情况下,都应满足两个条件:浮力(船舶的排水量)与重量(船舶的自重加上所载的荷重)相等;浮心与重心在同一铅垂线上。建立合理的重量与浮力的平衡关系是设计方案构思时首先要考虑的最基本的问题。由于从浮力角度看,船舶的主尺度等决定着排水量的大小;而从重量上看,它们又同船体结构、装置、系统等一些重量有关,这就给建立重量与浮力平衡的问题增加了复杂性。下面介绍的排水量及各部重量分类、有关重量及重心同主尺度等因素的内在联系、初步估算公式及方法等方面的内容,是构思设计方案时考虑与解决问题所需要的基本知识,至于排水量与主尺度的确定、