

船舶设计原理

第2版

刘寅东 © 编著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

船舶设计原理

(第2版)

刘寅东 编著

国防工业出版社

·北京·

内 容 简 介

本书阐述了船舶总体设计的原理和方法,共分为七章。第一章介绍了船舶总体设计的概况,船舶设计阶段的划分和船舶设计方法及特点;第二章介绍了船舶相关法规的基本内容及其对船舶设计的要求;第三章介绍了船舶重量和容量确定的原理和方法;第四章介绍了船舶主尺度和排水量确定的原理和方法;第五章介绍了船舶型线设计的原理和方法;第六章介绍了船舶总布置设计的原理和方法;第七章介绍了船舶技术经济论证的原理和方法。

本书可作为高等院校船舶与海洋结构物设计制造专业本科生的教材和研究生的教学参考书,也可供船舶与海洋工程相关领域工程技术人员以及高等院校航海类、航运管理类专业的师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶设计原理 / 刘寅东编著. —2版. —北京:
国防工业出版社, 2019.7

ISBN 978 - 7 - 118 - 11908 - 4

I. ①船… II. ①刘… III. ①船舶设计 IV.

①U662

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 146320 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

三河市天利华印刷装订有限公司印刷

新华书店经售

*

开本 787 × 1092 1/16 印张 19 $\frac{3}{4}$ 字数 450 千字

2019 年 8 月第 2 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 45.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

本书是在2010年刘寅东主编的《船舶设计原理》基础上,根据近年来教学和科研经验体会进行修订再版的。

本书第1版被多所大专院校选作船舶与海洋工程专业本、专科生的专业课教材,也被一些相关的培训班作为教材使用。本书系统阐述了船舶总体设计理论和方法,并密切联系船舶设计实际的风格、丰富的例题等,受到读者普遍好评。经多年使用,已经售罄。在此期间,有些读者反映,本书中应在各章增加一定数量的习题,以便于更好地学习掌握相关内容。还有些读者与作者讨论相关内容和学习体会时,表现出对相关理论方法进一步学习、研究的兴趣。另外,结合近年来船舶与海洋工程领域的发展,作者感到原版书中的有些内容显得陈旧过时,有些内容显得广度、深度不足,需要做新的补充、修改及完善。以上因素促成了本书的再版。

本次再版继承前版书的优点和内容体系结构,力求围绕船舶总体设计原理和方法阐述全面系统、简明扼要、突出重点,注意避免与其他专业课内容之间的重复,注重理论联系实际。此外,本版在以下几个主要方面做了改进:

1. 关于型线设计方法,增加了数学船型法的相关内容,丰富了关于型线设计方法的阐述,并将自行设计法、母型改造法、数学船型法调整为并列的章节进行介绍,使内容层次、条理更加明晰。

2. 关于总布置设计,对相关内容做了进一步梳理,并更新了一些例图,增加了附图,更加便于读者学习、理解。

3. 关于船型技术经济论证方法,增加了船型方案选优评判方法的介绍,包括模糊综合评判法、层次分析法、最优化法等,使船型多方案排序选优理论方法的阐述更加丰富,并配有相应的例题便于学习、理解和应用。

4. 增补了各章的复习思考题。

本次再版由刘寅东完成全书的修订、增补和统稿。

虽经再次修订,本书错漏和不足之处恐仍会存在,敬请读者批评指正。

刘寅东

2019年5月

目 录

第一章 船舶设计概述	1
第一节 船舶设计的特点和要求	1
第二节 船舶设计阶段	5
第三节 船舶设计工作方法	8
复习思考题	11
第二章 相关船舶公约及规范的基本内容	12
第一节 船舶公约及规范概述	12
第二节 船舶完整稳性	15
第三节 船舶分舱和破舱稳性	21
第四节 船舶最小干舷	24
第五节 船舶吨位丈量	30
第六节 防止船舶污染	35
第七节 船舶防火	39
第八节 船舶建造规范与法定检验的其他方面	49
复习思考题	51
第三章 船舶重量和容量	53
第一节 船舶重量	53
第二节 船舶容量	68
复习思考题	77
第四章 主尺度及排水量确定	78
第一节 船型主尺度方案构思	78
第二节 选择船舶主要要素考虑的主要因素	79
第三节 确定船舶主要要素的基本原理	88
第四节 载重量型船舶主要要素确定实例	106
第五节 布置型船舶主要要素确定实例	125
复习思考题	150
第五章 型线设计	152
第一节 型线设计概述	152
第二节 主要型线要素	153
第三节 自行设计法	168
第四节 改造母型法	173
第五节 数学船型法简介	194

第六节 几种典型的船舶线型	196
复习思考题	208
第六章 总布置设计	211
第一节 总布置设计概述	211
第二节 船舶总体布局	212
第三节 浮态调整	225
第四节 舱室及通道布置	230
第五节 舾装设备布置	236
第六节 船舶造型与内装设计	242
复习思考题	245
第七章 船型技术经济论证	246
第一节 船型论证概述	246
第二节 船价估算	247
第三节 营运经济性计算	256
第四节 船舶的主要经济指标	263
第五节 船型技术经济论证	271
第六节 船型论证实例	287
复习思考题	295
参考文献	297
附图	298

第一章 船舶设计概述

第一节 船舶设计的特点和要求

一、船舶设计的特点

船舶是一种水上移动工程建筑物,具有使用环境特殊、技术含量高、投资大和使用期较长的特点。

船舶种类很多,从船舶用途角度,民用船舶就有运输船、工程船、工作船以及特殊用途船等类型。其中运输船主要包括油船、散货船、集装箱船、滚装船、客船、车客渡船、多用途船、冷藏船、化学品船、液化气体船、驳船等。工程船主要包括渔船、起重船、挖泥船、水下作业机器人等。工作船主要包括交通艇、引水船、拖船、海洋调查船、海事执法船、救助船等。由于不同类型的船舶用途各异,每种船舶的设计都有各自不同的特点。

一般而言,一艘船舶主要包括以下一些基本组成部分:

船体与结构: 提供支持船舶重量的浮力,提供装载货物、安装设备、船上人员工作及生活所需的空间和容积,保证船舶具有安全、良好的航海性能(稳性、快速性、操纵性、耐波性等),保证船体结构完整性和所需的结构强度及刚性。

主机及动力推进系统: 为船舶航行提供推进动力。包括主机及其配套系统,轴系,螺旋桨等。

船舶电站: 为船上所有用电设备供电。包括发电机及其配套系统,配电系统等。

舵系统: 控制船舶航向。包括舵机及其配套系统、舵杆、舵叶等。

通信与导航系统: 确定船的位置,保证船舶航行航线准确,保持与船舶内部和外部的通信联络。包括卫星 GPS 定位导航系统,雷达系统,水深测量系统,通信系统等。

锚泊与系泊系统: 使船具有在锚地、码头等处停泊的定位能力。锚泊系统主要由锚机系统、锚链、锚等组成。系泊系统主要由缆绳、缆桩、绳车等组成。

消防系统: 提供及时快速扑灭火灾的能力。主要由探火系统、报警系统和消防系统组成。

救生系统: 在船舶淹水倾覆等紧急情况下提供对船上人员救生的能力。包括救生艇系统、救生筏系统、救生圈、救生衣等。

防污染系统: 控制油类和有害物质对海洋环境的污染。包括污油水处理系统、生活污水处理系统等。

货物装卸系统: 提供装卸货物的能力。包括吊车系统,吊杆系统等。

生活设施: 包括生活舱室设备、通风空调、餐饮、娱乐休闲等。

可见,船舶设计是典型的大型、综合性的工程设计,包括船体、轮机、电气等多个不同专业设计内容的综合。其中船体设计又包括总体设计、结构设计、舾装设计等部分。总体设计与结构设计、舾装设计、轮机设计和电气设计等均有密切的联系,而结构设计、舾装设

计、轮机设计和电气设计之间也有或强或弱的关联。

船舶设计的任务是依据相关法规、规范和设计任务书的要求,为船舶的建造和使用提供所需的全部技术文件,包括各类设计说明书、计算书和设计图纸等。

船舶设计包括总体设计和局部设计两个方面。总体设计解决设计中的一些最基本的问题,诸如确定设计船的建筑与结构形式,决定设计船主要尺度及船型参数,确定航速和所需主机功率,进行总体布置,设计船体型线,进行船舶性能计算等。这些问题对船舶的各项技术性能和经济性能有决定性影响,对船舶质量好坏起决定性的作用。一艘船如果总体设计不合理,则局部设计时无论如何努力,一般也是难于改变这种不合理状况的。所以总体设计在整个设计工作中占据重要地位。局部设计是在总体设计的基础上完成船舶每个局部的设计,诸如船体结构分段设计、螺旋桨设计、舵设计、设备及系统的设计等。

二、船舶设计的基本要求

新设计建造的船舶成功与否的标准是什么?这是一个很难回答的问题。这是因为:船的种类多种多样,其使用任务各不相同;即使船种相同,其使用任务和技术要求也不尽相同;另外,对船的要求有些可用技术上或经济上的某一数量指标来衡量,而有一些因素则很难用某种数量指标反映。再者某些要求间关系错综复杂,相互影响。因此,要提出一个普遍适用的船舶设计要求标准是困难的。然而,对新船的设计有以下基本要求:

1. 适用

所谓适用就是新船能够较好地完成任务书中规定的使用任务。这一目标应该是设计中处理一切技术经济问题的中心。对于民用运输船舶来说,保证和提高运输能力及运输质量是设计的着眼点。例如,在货船设计中,与这一任务密切相关的是:要保证新船载重量和适当的舱容,有高的装卸效率,能满足所载货物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航线和港口对新船的主要尺度(尤其是吃水)的限制等等。因此,首先应围绕在主要尺度的确定,型线的选择,建筑形式及总布置的考虑,起货设备的配置等方面,进行考虑分析,以保证和提高运输能力和运输质量。

2. 安全

船舶的安全性是船舶的一个基本设计质量指标。为了保证船舶的安全,由国际海事组织(IMO)、各国船检局、船级社颁布了各种技术法规,对建造、载重线、稳性、分舱、消防、救生、起重、信号设备、通信等方面都作了明确的规定,设计人员在船舶设计中必须贯彻执行,以保证船舶符合各种规范及公约的技术要求。有关船舶设计规范的内容,将在第三章中介绍。

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

3. 经济

船舶完成规定任务时,资金的耗费和积累情况标志着船舶的经济性。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。

例如,对某一航线的货运进行船型论证时,即使采用常规船型,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,可采用主要尺度小些但较丰满的船型方案,也可采用主要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,且每个航次的燃料开支要省些等。哪种方案有利,须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,也需从综合技术上的先进性和经济上的有利性方面加以考虑。

4. 节能环保

船舶的节能环保越来越受到重视。近年来,国际海事组织(IMO)提出了船舶能效设计指数(EEDI)作为船舶节能环保的设计指标要求,并于2013年1月1日生效。EEDI是在船舶最大载货状态下以一定航速航行所需推进动力以及相关辅助功率消耗的燃油计算出的船舶CO₂排放量。对EEDI起决定作用的主要参数有船舶装载量或总吨位、航速、主机等相关设备的功率等。可见,EEDI是衡量船舶能效水平的一个指标,表达了每单位运输量产生的环境成本(CO₂排放量)。EEDI对船舶设计方法、配套设备及工艺、新能源技术应用等提出了更高的要求。基于船舶节能环保的设计要求,近年来提出了绿色船舶设计理念,即在船舶全寿命期,使船舶达到节省资源、能耗低、无污染、效益高。

5. 美观

船舶造型是船舶建筑美学的一个方面,它包括船舶外观造型的美观和从建筑角度合理利用船舶舱室空间等问题。船舶外观造型会给人以深刻的观感和印象,是一种创造性的艺术。

上述几个方面,既统一又矛盾,要结合具体情况,认真分析,抓住主要矛盾及矛盾主要方面,妥善处理。

三、船舶设计遵循的基本原则

1. 贯彻国家的技术政策

设计船舶与其他工作一样,要认真贯彻国家在交通运输方面所制定的有关技术政策和具体规定,例如能源政策,动力装置方面的政策,技术引进政策,国家在造船规划上船型、机型的系列化规定;尽量采用先进技术,赶超世界先进水平;追求经济效果的原则;标准化、系列化、通用化及重大项目要经过技术经济论证等规定。

2. 遵守国际、国内各种公约、规范和规则

有关船舶设计方面的国际和国内的规范和公约,大多数都是基于保证船舶使用和航行安全而制定的,它是人们根据船舶使用的历史经验和不断发展的科学技术水平总结的结果,是带有法令性(技术法令)的文件,是设计、制造、验船的重要依据。船舶设计者必须熟悉和深入理解公约和规范的精神实质,在船舶设计中予以执行。

新技术的发展、对新船型的需求等因素都会引起公约和规范的不断改进和完善。因此国际和国内从事船舶设计公约和规范监督执行和研究的部门,要每隔一段时间,根据发展变化的情况,对公约和规范的内容加以修订。设计者在遇到公约和规范无法解决的问题时,应会同公约和规范监督执行部门,结合新的情况加以解决。

3. 充分考虑船东的要求

船东作为船的所有者和使用者,可能会根据其使用经验和其特殊情况对船舶设计提出使用、技术指标、设备、材料等方面的要求。设计单位应充分考虑船东的要求,对技术上合理的设计要求应尽量满足。

四、船舶设计技术任务书

船舶设计技术任务书是船东对船舶设计的技术要求,是船舶设计的依据。它是由船东(或船舶设计单位协助船东)根据需要使用,考虑技术与经济条件等实际情况,经过技术经济论证工作之后编制的。

民船设计技术任务书主要包括如下几个方面的内容:

1. 航区、航线

航区是指设计船航行的区域,对于海上航行船舶,规范规定的航区如下:

远海航区——系指国内沿海超出近海航区的海域。

近海航区——系指中国渤海、黄海及东海距岸不超过 200n mile 的海区;台海海峡;南海距岸不超过 120n mile(台湾岛东海岸、海南岛东海岸及南海岸距岸不超过 50n mile)的海域。

沿海航区——系指台湾岛东海岸、台湾海峡东西海岸、海南岛东海岸及南海岸距岸不超过 10n mile 的海域和扣除上述海域外距岸不超过 20n mile 的海域。距有避风条件且有施救能力的沿海岛屿不超过 20n mile 的海域(若岛屿距岸超过 20n mile,此范围适当缩小)。

遮蔽航区——系指在沿海航区内,由海岸与岛屿、岛屿与岛屿围成的遮蔽条件较好、波浪较小的海域。在该海域内岛屿之间、岛屿与海岸之间的横跨距离不应超过 10n mile。

内河船舶航行区域,根据水文和气象条件划分为 A, B, C 三级,其中某些水域,依据水流湍急情况,又划分为急流航段,即 J 级航段。

不定航线船通常提出主要航行的航线或航区,定航线船通常给出停靠的港口等。

2. 用途

客船及客货船通常给出各等级旅客的人数、舱室标准,以及载货量等。规范规定,客船是指载客超过 12 人的船舶。

货船通常给出货物种类、货物理化性质、载重量或载货量,以及对货物舱尺度的特殊要求(如装运特大件货对舱长的要求)。

货物的种类有多种多样,分类方法不尽一致,大致有散货(指粮食、煤炭、散装水泥、矿砂等)、液货(指原油、成品油及液态化学品等)、杂货(指件杂货等)和特殊货(指特大件货、液化气、危险品、冷藏货、滚装货等)。

3. 船舶使用限制条件

因航道、港口、船闸、码头前沿水深、码头装卸设备等因素对船舶尺度(如吃水、船长、

船宽)的限制,航道上桥梁限高对船舶水上建筑高度的限制,以及其他特殊要求。

4. 船型

船型是指设计船上层建筑形式、机舱部位、甲板层数、货舱划分、推进方式、装卸方式及是否采用球鼻首等。

5. 船级

船级是指设计船应按何种规范设计和建造,符合何种国际公约要求、规定,以及船级符号等。

6. 船舶主要尺度及型线

提出对设计船主要尺度限制,如航道水深对吃水的限制,码头泊位对船长的限制,建造厂的船台对船宽的限制,桥闸尺度对船宽及上层建筑高度的限制等。

提出设计船首部和尾部形状及对采用球鼻首的要求等。

7. 船体结构

提出结构形式、材料,特殊加强(如冰区加强),甲板负荷,船舶振动要求等。

8. 动力装置

给出主机型号、额定功率(MCR)及台数,对轴系的要求;规定发电机组的型号及台数(对油船还包括货油泵机组);锅炉的型号及数量;机舱中主要辅机(为主机服务的各种辅机和设备等)的要求等。

9. 航速、续航力、自持力

航速(kn, km/h) ——民用运输船通常为要求达到的满载试航速度 v_n 。试航速度是指在浦氏三级及以下风速的平静海面条件下,满载排水量载况,主机发出 100% MCR 功率时船舶所能达到的航速。另外,拖船常提出拖带航速、拖力的要求及自由航速的要求。

续航力(n mile, km) ——在规定的航速或主机功率下(民船通常按主机额定功率 85% ~ 90% 的螺旋桨设计点时),船上所携带的燃料储备可供航行的距离。

自持力(d) ——船上所携带的淡水和食品可供使用的天数。

10. 船舶性能

对设计船稳性应满足的要求,对摇摆周期的要求,对船在压载航行状态的浮态要求,对船体振动和舱室噪声的控制要求等。

11. 船舶设备

对设计船的起货设备(油船的货油装卸设备)的能力和型号,以及安全、消防设备、救生设备、锚设备、舵设备、减摇设备、助航设备等方面提出的要求和希望。

12. 船员及旅客生活设施配套

提出船员编制,旅客人数,船员及旅客居住舱室及其他舱室的配备和标准,空调标准等。

以上所述为民用船舶设计技术任务书的大体内容。依据设计船类型、复杂的程度、编制任务书时进行论证工作的深入程度,设计技术任务书的具体条目可能有较大的差别。

第二节 船舶设计阶段

一条船从拟定设计技术任务书开始,直到船舶建造完毕,绘制与制定出完工技术文件

为止,要分阶段进行。目前,我国将新建船舶的设计阶段划分为制定产品设计技术任务书、报价设计、合同设计、详细设计、生产设计、完工设计等阶段。

1. 制定产品设计技术任务书

以运输船舶为例,航运公司以设计技术任务书或询价单形式对船的类型、用途、载重量或载货量、货舱容积、航速、续航力,对船的尺度和登记吨位的限制,对国籍、人级的船级社、订购艘数和交船期等提出要求。此外,对船员定额、主机类型、动力装置与设备系统的自动化、旅客设备、货舱与起货设备也可能提出要求。设计任务书也可由设计单位提供咨询服务协助编制,但需有关航运公司审批确认。设计单位对船东提供的设计技术任务书要进行可行性分析研究,必要时可向船东提出合理的修改建议。

2. 报价设计

报价设计也称投标设计,是根据用船单位提出的技术要求或招标说明书进行的。报价设计的主要内容为初步确定船的技术条件和形状,决定船的主要尺度,进行载重量、货舱容积、稳性与航速估算,编制一份简要说明书,也称主要技术规格书,绘制一张总布置简图,编制船体、轮机与电气部分的主要设备供应厂商表,估算造价。报价设计是商谈造船合同之前的一项设计环节,船东接到报价单后,如认为满意,即与中标单位进行技术与商务谈判,明确设计船的技术细则,同时就船价、付款方式、交船日期等达成协议。

报价设计是商谈签订合同之前的一项设计环节,它不作为最终签订造船合同的技术附件。

3. 初步设计

本阶段根据需方提出的设计技术任务书进行船舶总体的研究和简明设计。应对船舶总体性能和主要技术指标进行计算,对船舶动力装置和各种系统及原理进行设计。通过理论计算和必要的试验,确定产品的技术形态、工作原理、主要参数、主要设备选型和主要结构形式等重大技术问题。这一阶段要完成的主要技术文件有:

- (1) 全船说明书;
- (2) 总布置图;
- (3) 型线图;
- (4) 船中剖面结构图;
- (5) 机舱布置图;
- (6) 主要设备系统布置图;
- (7) 航速、稳性、干舷、舱容、船体强度等计算书;
- (8) 材料预估单,主要设备明细表。

合同设计属初步设计范畴,它是初步设计的先行部分。初步设计完成之后,就为签订造船合同谈判提供了必要的图样和技术文件,又为进行详细设计提供了必需的技术条件和依据。

4. 详细设计

详细设计的依据是造船合同及其技术文件和经审查修改后的初步设计技术文件。这个阶段的设计工作是在总体设计的基础上,对各个局部问题进行深入分析,并进行各个项目的详细设计计算和绘制图样,解决设计中基本的和关键性的技术问题,最终确定船舶全部技术性能、船体结构、重要材料、设备选型、订货要求等各项技术要求和

标准。

详细设计阶段所提供的技术文件,应能满足验船部门审查,用船单位认可,造船单位订购材料、设备和进行生产准备,开展生产设计所需技术文件等方面的需要。在详细设计阶段船体方面所完成的主要图样和技术文件有:

- (1) 船体设计说明书;
- (2) 总布置图;
- (3) 型线图;
- (4) 船舶结构图,包括中剖面结构图、基本结构图、外板展开图、全船分段划分图、首柱图、尾柱图、肋骨型线图、甲板结构图、主横舱壁结构图等;
- (5) 船舶舾装方面的相关图纸;
- (6) 各系统原理图;
- (7) 船舶各项性能的详细计算书、说明书和试验报告书;
- (8) 详细的设备和材料规格明细表等。

5. 生产设计

根据认可的详细设计绘制各项生产、加工工作图样,结合工厂建造工艺和生产组织管理编制各项施工辅助图样、工艺技术指标以及管理指标的工作图表,提供施工信息等技术文件。

生产设计涉及的范围广,设计文件的深细程度高,其主要特点是:

(1) 把船舶设计、造船生产和生产管理有机地结合起来,通过设计文件(图、表或其他信息)体现出来,并以此作为组织生产的依据。

(2) 把船体、轮机、电气及其他工程的纵向专业系统进行横向融合沟通,构成纵横结合的综合系统,使各专业、各工种、各施工阶段能协调平衡,均衡生产,提高综合生产能力。生产设计是促使船舶设计、工艺技术、生产管理现代化的有效措施之一。

(3) 虽说生产设计在详细设计的基础上进行,但实际上都是贯穿在合同设计、详细设计这两个设计阶段的始终。从设计一开始就把“造什么样的船”同“怎样造船”一起考虑,把订船者的要求同承造厂的装备条件结合起来,真正体现了设计为建造服务的思想。

6. 完工设计

船舶在建造施工中,往往会对原设计作一些更改,如房间设备布置变动、某一设备的更换,以及经倾斜试验测出空船准确的重心竖向高度。因此,原来的设计图纸和技术文件(如浮态与稳性计算等)就不能与实船完全相符。为反映真实情况,在船舶竣工之后,应按实际情况修改图纸及进行必要的修改计算。另外,还要完成各项实船试验并写出报告。制定完工文件的目的是供船员使用以及作为维修管理的依据,并为以后的船舶设计和研究提供可靠的资料。

上述设计工作的几个阶段,在船舶设计整个过程中既相对独立,又相互联系。每个阶段要求完成一定的计算、图样和说明书,前一段是后一段设计的依据,后一段是前一段设计工作的深入和发展。然而,船舶设计阶段的划分,并不一律如上所述,可以根据产品特点、资料的完整程度、设计人员的经验等具体情况的不同而有所不同。

第三节 船舶设计工作方法

一、设计调研

所掌握的设计资料、数据的准确和分析判断的正确,是保证设计结果正确的必要条件和前提,所以船舶设计者从接受设计任务时起,首先要进行调查研究工作。要明确和领会船东的意图和要求,广泛调查航道、港务、船厂等有关部门的意见和看法;搜集货源、航线、港口、船舶建造和现有营运船舶的资料,以及同类型船舶发展动向和趋势,技术政策方面的规定等。在对调查获得的实际资料,经过分析、加工处理的基础上,便可形成一个对船舶设计要求、船型技术现状和发展趋势的较全面、完整的了解,为产生设计初始方案奠定基础。

二、综合分析为解决船舶的技术经济矛盾

船舶本身的内在技术矛盾错综复杂,确立正确的设计思想尤其重要,这就需要对船舶本身所具有的各种技术经济矛盾有全面的理解与认识。例如载重量的多与少,航速的快与慢,稳性的稳与不稳,造价的高与低,营运成本的高与低等。在不同的矛盾之间又存在着矛盾,如在排水量不变的情况下提高载重量与提高航速之间的矛盾,提高稳性与改善横摇缓和性之间的矛盾,航向稳定性与操纵灵活性之间的矛盾,在水密分舱上使用合理性与抗沉性之间的矛盾,增加船舶吃水与航道和港口水深限制之间的矛盾,降低造价与要求高航速之间的矛盾,采用先进技术与现实性之间的矛盾,等等。由此看来,船舶设计是一项充满着多项矛盾的复杂过程,正是由于这些内在矛盾的存在,由于这些矛盾之间互相依存又互相转化的辩证统一关系,才推动了一条船的设计工作由浅入深地一步步进行下去。

综合分析为解决船舶内在的各种技术经济矛盾是船舶设计所必须应用的方法。要想在错综复杂的多种矛盾中找到解决问题的合理途径,就必须首先找出其中起决定作用的主要矛盾,抓住了它,就抓住了设计的关键。抓主要矛盾的思想,应当贯穿在整个设计工作的始终。由于船舶的类型、用途、航区条件以及船东要求的不同,其设计中的主要矛盾也各不相同。在一条船设计之初,为确立一个正确的设计思想作为处理设计中各种矛盾的总原则,必须找出设计船的主要矛盾。在以后设计的全过程中,必须始终贯彻这一设计思想,并使其他矛盾的解决服从这一主线。

三、在借鉴与继承的基础上完成创新设计

现代船舶是在人们造船和用船经验的不断积累,科学技术的不断进步下发展起来的。创造性地吸收和利用前人的宝贵经验,可以缩小探索范围,使设计获得可靠与先进的结果。船舶设计中应用母型设计法和同类船舶的统计资料(统计公式和图表等)是借鉴与继承的重要方面。

所谓母型设计法,即在现有船舶中选取一条与设计船技术性能相近的优秀船舶作为母型船,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,即得到设计船的相应要素。由于有经过了实践考验的母型船作为新船设计中的借鉴,因此使新船的设计有了

一个具体的实践基础。在此基础上,设计者能够比较准确地抓住设计船的主要矛盾,比较容易确定设计船的改进方向及措施,比较有把握地选取设计船的各项技术参数,因而不但使设计工作大为简化,而且还可以提高准确程度,减少逐步近似的次数。

设计中所选用的母型,不必只限于一条船,可以在设计的不同局部选用不同的母型,各取其长,以便更好地满足设计船的需要。

在设计中还经常应用一些同类船舶的统计资料,例如统计公式或统计图表,这些公式及图表是从一定类型的大量船舶的有关资料中统计归纳出来的,能反映出该类船舶的一般情况。公式和图表所给出的数据,大约相当于所统计船舶的平均值。因此各种统计资料所反映的,都是一定类型船舶的一般规律,能够代表一个总的趋势,至于个别船舶的具体特点,它却反映不出来。这一点,在应用统计资料时应当注意。

应用与设计船同类型船舶的统计资料,可以使设计者了解到该类船舶的一般情况,便于选择设计船的各项技术参数,这个思想和做法体现在船舶设计的许多方面。

有时,设计者可能无法找到一条合适的或资料完整的母型船,设计中缺少一条具体的船作为借鉴。此时,只能依据逐次近似的原则,首先按设计船的主要要求完成一个初步方案,此方案既是第一次近似的结果,又是后一次近似的母型,然后在此方案的基础上经过若干次近似,逐渐修改完善,最后即可得到一个符合要求的设计船。

四、设计过程逐步深化

由于船舶设计的复杂性,设计工作不可能一次完成,而是一个逐步近似的过程。即经过一个逐步深化、逐步近似的设计过程,最后得到合理的结果。在设计时,确定任何一个问题时需考虑的影响因素都可能多个,有些因素在设计之初,由于条件不具备,是难于考虑到的,因此问题的真实解是通过逐步近似过程获得的。如船体钢料重量的准确结果是通过设计之初考虑少数主要因素进行估算,待基本结构图做出后进行较详细计算,完成结构分段施工图后再详细计算几个步骤得到的。

按逐步近似过程进行船舶设计,就可以把复杂的设计工作分为若干个循环,初次近似时只考虑少数最主要的因素,后一次则计入较多的因素,反复进行几次近似,每后一次近似都是前一次结果的补充、修正和发展,因此经若干近似之后,总可以得到一个符合要求的设计结果。由此看来,这种逐步近似过程虽然是循环进行的,但却不是简单的重复,而是个螺旋式上升的过程。图 1-1 是表明这一过程的设计螺旋图,其特征是每下一个循环都提高了设计的详细程度,但减少了方案数量。在第一个循环时可从航线及设计要求出发,拟定多个不同的主要尺度及船型特征方案,计算出它们的舱容、载重量、稳性、造价等。第一次循环之后方案即可大大减少,淘汰了大量造价高或性能不好的方案。第二次循环集中在可行方案范围内探索,得出较佳方案。第三次循环可集中在一个或几个较佳方案及其附近方案,进行更深入的计算分析,直到确定出最优方案。

五、设计过程并行协同

船舶设计具有典型的并行协同设计特征。船舶设计过程中的并行协同体现为船舶设计阶段的并行协同,船舶设计各专业之间的并行协同,以及基于设计要求、建造、设备及材

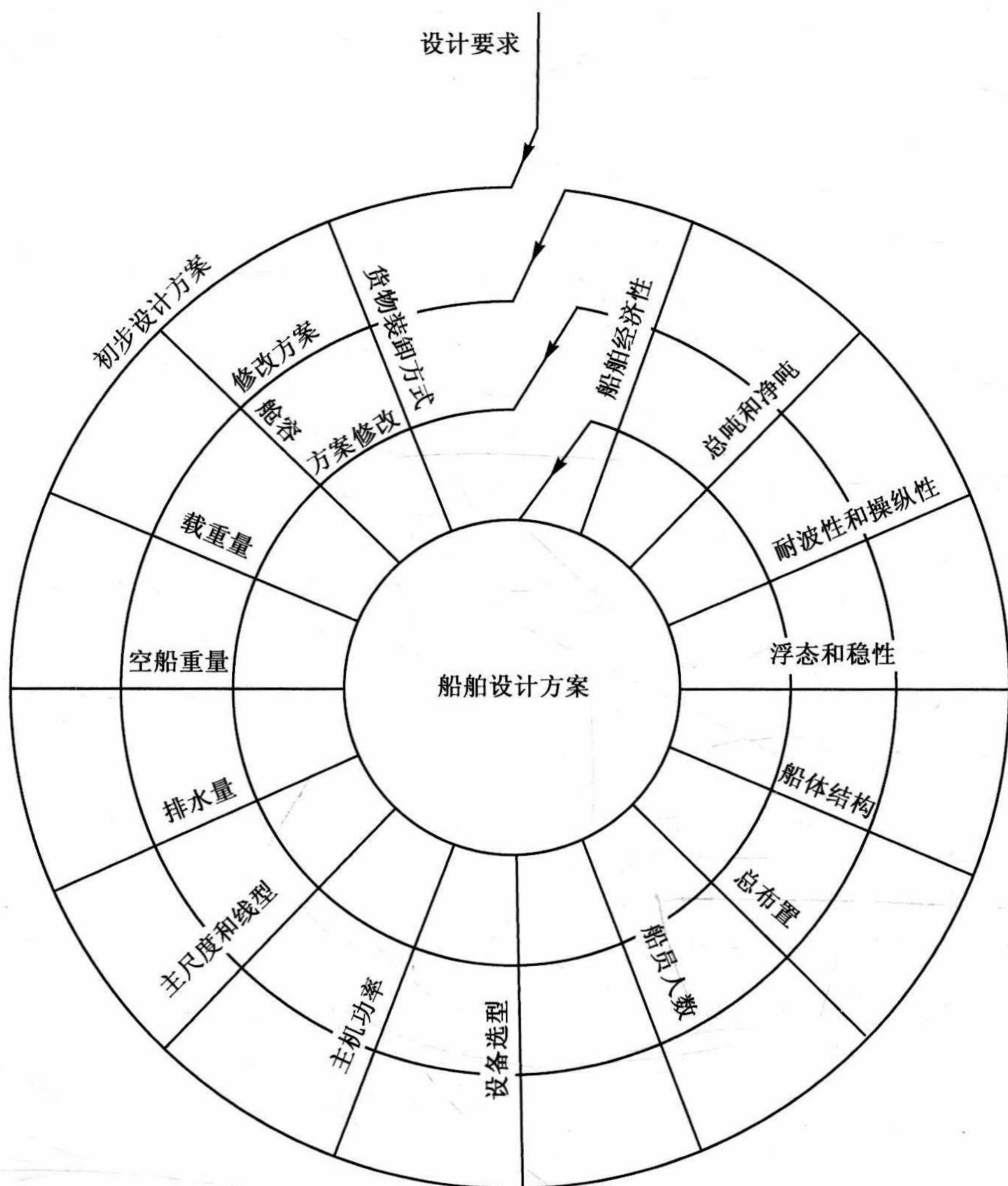


图 1-1 船舶设计螺旋线

料订货等因素的并行协同等。

首先是外部环境中多方关联因素的并行协同。船东对船舶用途和性能等提出要求，设计单位需将船东要求、船厂建造条件限制、材料和设备订货要求等外部要求因素综合考虑，完成满足多方要求的设计。在此过程中，设计单位与船东、船厂、设备生产厂、材料供应商等之间的技术交流、设计更改频繁，且贯穿于整个设计过程。

其次是设计过程中各专业之间的并行协同。船舶设计是多专业的并行、协同设计。船舶设计包括总体设计、结构设计、舾装设计、内装设计、轮机设计、电气设计、通风、空调设计等多个专业方面的设计，设计过程中各专业同时进行且专业之间的技术交流、协调频繁，在每个设计阶段都不同程度地涉及到各设计专业之间从设计内容到设计行为（例如各单项设计完成次序的衔接）的协同一致。

还有船舶设计阶段的并行协同。在船舶报价设计、概念设计、初步设计、详细设计、生产设计和完工设计等阶段，各设计阶段按照设计内容由简略到详细逐次展开，后面的设计

阶段对前面的设计阶段来说既是其设计内容的继承,也是设计的进一步细化和完善。为了缩短船舶设计、建造周期,某些设计阶段通常是并行展开或相互交叉进行的。

复习思考题

1. 船舶总体设计的主要内容及其重要性是什么?
2. 为什么说设计技术任务书是船舶设计的基本依据? 民用船舶设计技术任务书主要包括哪些方面的内容?
3. 何谓试航速度、服务速度、自由航速?
4. 续航力和自持力对船舶设计方案有何影响?
5. 船舶设计阶段是怎样划分的? 每个阶段的工作内容包括哪些?
6. 船舶设计工作方法是什么?
7. 何谓母型船设计法和统计法?
8. 举例说明船舶设计过程是逐步近似深化的过程。
9. 船舶设计原理研究的主要内容是什么?
10. 进一步了解能效设计指数(EEDI)的要求,以及该项要求会对船舶设计有哪些影响?