

上海交通大学“九五”重点教材

# 船舶设计原理

(第二版)

顾敏童 主编

上海交通大学出版社

## 内 容 简 介

本书着重介绍了船舶总体设计的基本原理、方法和过程。全书共分九章。内容包括：海船法规的主要规定，船舶重量与重心，舱容与布置地位，总体方案的构思与主尺度选择，船体型线设计，总布置设计，计算机辅助船舶设计和海洋移动式平台设计的基本知识。

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

书名:船舶设计原理(第二版)

作者:顾敏童

责任编辑:

出版社:上海交通大学出版社

ISBN:7-313-00285-8/U662

出版日期:2001年1月

定价:29.00元

# 前 言

本书是在林杰人主编的《船舶设计原理》基础上,根据船舶与海洋工程专业新的教学大纲和课程设置要求,结合编者多年的教学实践和设计经验重新编写的。

近年来,随着科学技术的进步,新船型和新的造船技术在不断发展,对船舶设计产生了很大的影响。在计算机和信息技术高速发展的带动下,船舶设计也发生了很大的变革;在海事方面,为了进一步保障海上人命安全和防止造成环境污染,国际公约和规则、政府制定的法规以及船级社的建造规范都有许多更新和完善。这些都对船舶设计提出了更高、更新的要求。本书的重新编写,在内容上尽可能反映现代船舶设计的新思想、新技术、新方法、新规定和新资料。

船舶设计涉及的方面和内容很多,本书主要介绍船舶总体设计的基本原理和方法。学习本课程需要具备船舶原理、结构与强度、建造工艺等方面的专业基础知识。在本课程中要综合应用这些知识来分析和解决船舶总体设计中的各种问题。

船舶设计,特别是总体设计,需要具有系统工程的思想 and 综合分析问题的能力。因此在本书的编写中,着重阐述了分析问题和解决问题的一些基本思路,希望能帮助读者提高综合分析的能力,掌握解决工程实际问题的思考方法。

考虑到学生的特点,本书在内容和次序上作了精心的选择和安排,尽可能地符合船舶设计初学者的认识过程,并与船舶设计的工作顺序基本相吻合。

“船舶设计原理”是一门实践性很强的课程。学习本课程必须通过练习和实践来加深理解。本书各章附有思考与练习题,读者可以结合课程内容来思考和练习。

本书各章编写人如下:第三章和第七章由窦尚信编写;第八章由裘泳铭编写;第九章由潘斌编写;顾敏童编写其余各章,并负责全书的修改和定稿工作。

在本书编写过程中,周良根教授和秦士元教授对本书的编写提出了不少很好的意见和建议,杨樾院士、林杰人教授和谭家华教授分别仔细审阅了书稿,并提出了具体的修改意见。在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限,本书尚存在一些不妥之处,恳切希望读者批评指正,以便今后改进和进一步完善。

编 者

2001年2月

于上海交通大学

# 目 录

第一章 船舶设计概要.....	1
1.1 船舶设计的特点和要求 .....	1
1.2 设计工作方法 .....	5
1.3 船舶设计阶段的划分和工作内容 .....	8
1.4 本书内容的安排.....	11
思考与练习 .....	11
第二章 海船法规的相关内容 .....	12
2.1 概述.....	12
2.2 载重线.....	13
2.3 完整稳性.....	22
2.4 分舱与破舱稳性.....	29
2.5 船舶吨位丈量.....	42
2.6 船舶消防.....	44
思考与练习 .....	51
第三章 船舶重量与重心 .....	54
3.1 概述.....	54
3.2 空船重量估算.....	55
3.3 载重量估算.....	67
3.4 排水量的初步估算和重力与浮力的平衡.....	69
3.5 重心估算.....	73
思考与练习 .....	75
第四章 舱容和布置地位 .....	78
4.1 概述.....	78
4.2 新船所需的舱容.....	79
4.3 舱容的校核与计算.....	83
4.4 船舶的布置地位.....	89
思考与练习 .....	96
第五章 方案构思与主尺度选择 .....	97
5.1 总体设计方案构思.....	97

5.2	主尺度的分析和选择的步骤 .....	112
5.3	主尺度和主要性能的估算方法 .....	121
5.4	设计方案的优化与技术经济性评估 .....	130
	思考与练习 .....	138
第六章 型线设计 .....		140
6.1	概述 .....	140
6.2	横剖面面积曲线 .....	141
6.3	型线几何形状特征和参数的选择 .....	151
6.4	型线图设绘方法 .....	163
6.5	特殊的首尾型线 .....	173
	思考与练习 .....	183
第七章 总布置设计 .....		185
7.1	概述 .....	185
7.2	总体布局的区划 .....	186
7.3	浮态调整 .....	194
7.4	舱室和通道的布置 .....	198
7.5	主要舾装设备布置 .....	204
7.6	外部造型与内装设计 .....	213
	思考与练习 .....	215
第八章 计算机辅助船舶设计简介 .....		216
8.1	计算机辅助船舶设计系统 .....	216
8.2	船舶主要尺度方案的优选 .....	220
8.3	型线生成的计算机方法 .....	225
8.4	计算机辅助总布置设计 .....	229
	思考与练习 .....	231
第九章 海洋移动式平台设计 .....		232
9.1	概述 .....	232
9.2	海洋平台的环境载荷 .....	239
9.3	平台总体性能 .....	249
9.4	移动式平台总体设计简介 .....	259
	思考与练习 .....	269
索引 .....		270
参考文献 .....		275

# 第一章 船舶设计概要

## 1.1 船舶设计的特点和要求

### 1.1.1 船舶设计特点

船舶是一种水上建筑物,具有环境条件特殊、类型多、系统复杂、技术含量高、投资巨大、使用周期长等特点。因此,船舶设计必须持认真、慎重的态度。

船舶的种类很多,就民用船舶而言,有运输类船舶、工程类船舶、观光旅游类船舶以及特种用途类船舶。其中运输类船舶有散货船、集装箱船、滚装船、运木船、多用途货船、冷藏船、油船、化学品船、液化气体船、客船、车客渡船、拖船、驳船等各型船舶。每种船舶的设计都有各自的特点。

每艘船舶都是由许多部分组成的一个大系统。通常,自航运输船舶至少有以下各部分组成:

船体与结构——具有支持全船重量的浮力;满足装载和安装各种设备所需的容积和地位;有优良的各项性能(如稳性、快速性、分舱与破舱稳性、耐波性等);其结构能保证水密完整性和必要的强度、刚度以及能避免发生有害的振动。

主机与控制——推动和控制船舶以不同的航速航行。

舵装置——控制船舶的航向。

电站——发电和配电,向船上各种用电设备供电。

助航和通信——确定船位,避免碰撞,保持对内和对外的通信联络。

船体开口的关闭装置——保证船体开口能处于关闭状态,以确保船舶和货物及人员的安全。

货物装卸和配载——把货物高效、合理地装进或卸出货舱。

消防——限制火灾蔓延的防火分隔,探知火灾发生和报警以及灭火。

救生——船舶遇难时船上人员自救和营救落水人员。

锚泊和系泊——保持船舶在锚地和码头边停泊时的船位。

防污染——控制油类和其他有害物质对环境的污染。

生活设施——保护和维持船上人员生活的舱室和设备。

以上各部分的设计涉及多门专业。船舶设计是分专业,分部门协调完成的。通常,船舶设计分为船体、轮机、电气设计三大专业(不包括各种通用设备产品的设计),其中船体设计又分为总体、结构和舾装设计三大部分。以上各专业和部分的设计工作相互间的关系如图 1.1.1 所示,其中总体设计与其他各部分的设计都有密切的关系。总体设计的工作主要包括:主(要)尺度和船型参数的确定、总布置设计、型线设计、各项性能的计算和保证。

根据以上所述可知:一艘船是由许多不同功能的部分所组成的,各部分既是一个独立的系

统,相互间又有密切的联系;设计工作是由多种专业合作协调完成的。因此,船舶设计的一个特点是:必须贯彻系统工程的思想,考虑问题要全面,决策时要统筹兼顾;在总体设计中一定要处理好主要矛盾和次要矛盾的关系,要协调好各部门的工作,既要使船舶的各部分充分发挥自身功能,又要使相互关系达到最佳的配合。船舶设计的另一个特点是:设计工作是由粗到细,逐步近似,反复迭代完成的。船舶设计也可以说是一个多参数、多目标、多约束的求解和优化问题。例如,最初粗估的船舶主尺度完全可能是不能符合各项要求的,只有通过反复迭代、逐步近似的设计过程来校验和修正,才能得到最终的可靠结果。

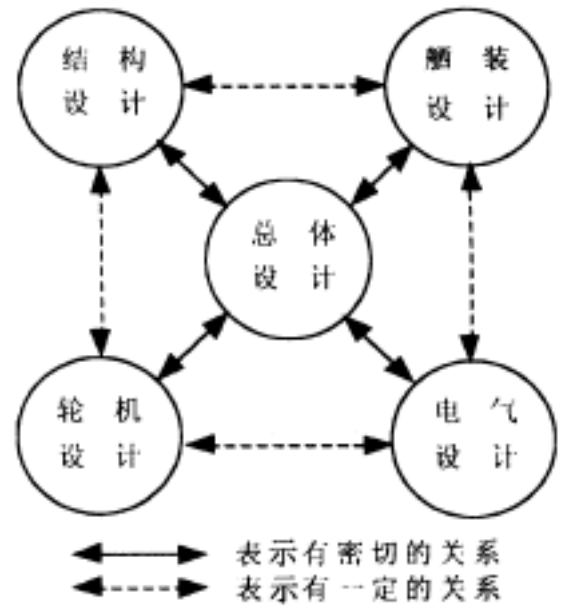


图 1.1.1 船舶设计关系框图

## 1.1.2 船舶设计的基本要求

船舶设计是一项涉及面很广的复杂工作,对设计的要求也是多方面的。下面从一般意义上归纳一下船舶设计的一些基本要求。

### 1. 适用、经济

所谓适用是指船舶能满足预定的使用要求。对运输船舶而言,主要是保证运输能力和提高运输质量,如装载能力、航速、装卸效率等;对于专用的作业船舶和海洋平台,要能具备完成特定的施工或作业的能力,并能保证作业质量。此外,船舶的航海性能、操作、船员的生活设施等也是影响适用性的重要因素。保证新船的适用性是设计中处理各种矛盾时首先要考虑的因素。

提高船舶的经济性是设计工作的重要目标。船舶的经济性涉及三个基本要素,即建造成本、营运开支和营运收入。设计中的技术措施是否恰当,决策是否正确,对船舶的经济性会产生很大的影响。设计工作中必须把经济性放在十分重要的地位来考虑。有时,一项好的技术措施可能会节约大笔的投资。但是,一般来说,设计中经常遇到的是技术性能和经济性相互矛盾的情况,这就需要进行技术与经济的综合评估或论证,使之得到合理的统一。综观现代船舶的发展、新船型的出现和新技术的采用,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,两者相互渗透、相互推动。

### 2. 安全、可靠

船舶的安全是关系到人命和财产以及环境污染的重大问题。因此,安全性是船舶的一项基本质量指标。为保证船舶的安全,政府主管机关制定了船舶设计和建造的法规,国际组织(例如IMO——国际海事组织)通过政府间的协定,制定了各种国际公约和规则。这些法规、公约和规则对船舶的安全措施提出了全面的要求。政府法规是强制执行的,凡是船籍国政府接受、承认或加入的国际公约和规则都纳入在法规之中,船舶设计必须满足这些法规的要求。此外,入级船舶还要满足船级社制定的入级与建造规范,规范的规定主要也是基于船舶安全方面的考虑。总之,船舶设计中必须严格遵守法规和规范的规定,满足法规和规范的要求,这是保证船舶安全的最基本的措施。

应该指出,在船舶设计和建造的实践中船东为了降低造价,往往希望减少或免除某些安全方面的设备。设计者在设计中,既要考虑造价的因素,又要保证船舶的安全性,一般来说,至少应满足法规和规范的最低要求。因此设计人员对法规和规范必须认真研究,熟悉、掌握各项规定,对这些规定的基本精神也要加深理解。

此外,船舶设计中的可靠性问题也必须加以重视。船舶使用周期长,船上重要设备和部件的可靠性对安全性和经济性影响很大。某些设计或设备虽然能满足有关规定,但其可靠性仍可能有很大差别。因此在设计方案的优选和设备的选用中对可靠性问题要给予充分的重视。

### 3. 先进、美观

设计的船舶要具有先进性,设计的结果要追求完美性。先进是指性能优良、技术和装备先进;完美是指矛盾处理适当、问题考虑周到、布置有序、造型美观。

在船舶设计中,结合船型特点,采用先进技术和装备可以改善性能,提高船舶的质量和经济效益。例如,采用优秀的船体型线和有效的节能装置可以提高船舶的快速性,达到节能的效果;先进的控制设备可以提高船舶的自动化程度;等等。当然,先进设备的采用有一个性能价格比的问题,选用中要综合考虑。

总体的布置除了要考虑功能以外,造型美观也是要考虑的一个重要方面。随着人们生活水平和文化修养的提高,对美观和舒适的要求越来越高,设计要求新求美。有人说“看上去好的船才是好船。”这当然是夸张的说法,但在评价一项设计时,直觉无疑起着重要的作用。一项完美的设计会给人耳目一新的感觉,是一种艺术的享受。

总之,设计工作者要不断学习和创新,吸取各种新的技术和科研成果,扩大知识面,提高自身的艺术修养,推陈出新,才能设计出一艘好船。

## 1.1.3 船东的要求——设计技术任务书

船东对设计的要求是通过设计技术任务书的形式给出的,主要规定新船的使用任务、主要技术指标和主要装备以及设计的限制条件等。一般运输船舶的设计技术任务书包括以下基本内容。

### 1. 航区和航线

规定新船的航行区域和具体航线。对于不固定航线的船舶通常只给出航区,定线航行的船舶需要给出停靠的港口。

海船航区是根据航线离岸距离和风浪情况划分的。航区不同,对船舶的安全性和设备配置要求不同。我国法规对非国际航行海船的航区划分为以下四类。

远海航区:系指非国际航行超出近海航区的海域。

近海航区:系指中国渤海、黄海及东海距海岸不超过 200 n mile(海里)的海域;台湾海峡;南海距海岸不超过 120 n mile(台湾岛东海岸、海南岛东海岸及南海岸距岸不超过 50 n 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 10 n mile 的海域和除上述海域外距海岸不超过 20 n mile 的海域;距有避风条件且有施救能力的沿海岛屿不超过 20 n mile 的海域,但对距海岸超过 20 n mile 的上述岛屿,主管当局将

按实际情况适当缩小该岛屿周围海域的距岸范围。

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应不超过 10 n mile。

内河航行船舶的航区根据不同水系或湖泊的风浪情况划分为 A 级、B 级、C 级等。

## 2. 船型

这里的船型是指船舶的类型、甲板层数、机舱部位、首尾形状和其他特征。

## 3. 用途

新船的使用要求，通常给出载运的货物种类和数量以及货物的理化性质和其他要求。例如：

散货船的载货种类、载重量(t)或载货量(t)、货舱容积( $m^3$ )、积载因数( $m^3/t$ )；

集装箱船的载箱数(TEU, 20 英尺标准箱)、平均箱重( $t/TEU$ )和冷藏集装箱数；

液货船的液货种类、货舱容积( $m^3$ )和液货的密度( $t/m^3$ )；

客船的乘客人数和客舱等级标准，以及公共处所的面积及设备标准；

危险品货物的危险品等级或品名；

特大件货物的尺寸及其特点；等等。

## 4. 船级和船籍

船级是指新船准备入哪个船级社，要求取得什么船级标志，确定设计应满足的规范。船籍是指在哪国登记注册的船舶，确定新船应遵守的船籍国政府颁布的法定检验规则。例如悬挂我国国旗的海船(即在中国登记注册)，无论入哪个船级社，都应遵守我国政府主管当局颁布的《船舶与海上设施法定检验规则》。

## 5. 动力装置

给出主机和发电机组的类型、台数、燃油品质和推进方式。

## 6. 航速和功率储备

对航速一般给出服务航速(kn, 节, 海里/小时)。服务航速是指在一定的功率储备下新船满载能达到的航速。对拖船常提出拖带航速下拖力的要求或自由航速的要求。功率储备是指主机最大持续功率的某一百分数，通常低速机取 10%，中速机取 15%。如果主机已确定，则不应提出与主机功率相矛盾的航速要求，否则如航速要求过高，船势必设计得瘦而长，这对船舶的经济性很可能是有利的。

## 7. 续航力和自持力

续航力是指在规定的航速(通常为服务航速)或主机功率下，船上所带的燃料储备量可供连续航行的距离(n mile)。自持力是指船上所带淡水和食品可供使用的天数。运输船舶不给出自持力时，淡水和食品的储备数量根据续航力和航速来计算。

## 8 . 船体结构

提出有关船体结构材料、结构型式、冰区加强等级、双层底和甲板负载( $t\ m^2$ )的要求。

## 9 . 总体布置

提出新船在建筑型式、舱室划分、货舱数量等方面应满足的要求或希望。

## 10 . 设备

规定船上主要设备的要求,例如:

- 甲板起货设备类型和起重能力;
- 油船的货油泵类型及泵送能力;
- 特殊设备的类型、规格等要求。

## 11 . 生活设施

给出船员人数,起居处所及服务处所的标准等要求。

## 12 . 限制条件

因船闸、港口、航道以及码头装卸设备等因素对船舶主尺度(如吃水、船宽、船长)的限制,船过桥梁时船舶水上建筑高度的限制,以及其他特殊要求。

设计技术任务书内容的详细程度与船舶类型、复杂程度以及前期工作的深度有关。如果在编制任务书时已进行了充分而深入的分析 and 论证甚至完成了方案设计,那么提出的任务书往往详细具体。但也有的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,内容简要。这种情况下,船东往往待设计进行一段工作后再将任务书补充完善。

船东的使用要求是船舶设计的主要依据之一。除非它与法规、规范相抵触,或在设计上不合理,或因生产条件和限制不能制造,否则应予以满足。如果发生任何不能满足任务书的情况,应及时与船东协商,并取得一致的修改意见。

在船舶设计过程中,达到相同的使用要求,通常有好几种途径。一个有创新思想的设计师总是想突破常规设计新的、更有效的船舶。然而有经验的船东往往会固执地坚持某些想法。所以设计者在与船东交涉之前,必须对他的设计方案在技术和经济性方面具有双重的把握。

事实上,设计技术任务书制定以后,新船是一艘什么样的船,这一目标已经明确,它是用船部门根据需求和可能,经船型的技术经济论证后得出的。船型的技术经济论证是对不同船型方案的投资规模、经济效益和技术上的可行性进行比较和分析。可见,设计技术任务书的制定本身包含了大量的技术和经济论证工作,它关系到设计建造新船的方向性问题。如果任务书对新船的要求不合理,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。

## 1 2 设计工作方法

设计与科学研究不同,科学研究是发现事物性质,设计是发明事物,是通过主观对客

观的适应而创造人为事物的科学。设计是一种技术实践活动,目的是解决所面临的问题。设计除了需要科学知识以外,还需要工艺和技巧方面的知识。设计工作的过程如同一般事物的发展一样,总是不断地从肯定走向否定到再肯定,具有螺旋式上升的特点。

下面从一般意义上总结船舶设计的工作方法。

### 1. 调查研究、搜集资料

设计工作的许多经验教训证明,不重视调查研究,没有正确领会用船部门的意图和要求,不能掌握有关的实际情况,设计工作常常徒劳无功,甚至失败。船舶设计如果没有足够的技术资料,工作将很难开展,即使勉强地去做,也很难设计出一艘成功的好船。因此,深入地调查研究,全面地搜集资料,是做好设计工作的基础。

调查研究包括以下主要内容。

用船部门的意图和要求。船东从决定建造一艘新船到制定出设计技术任务书常常有一个很长的反复过程。这个过程反映了客观情况的不断变化和人们认识的不断深入与更新。设计人员从接到设计任务书起,首先应该详细地了解用船部门对新船的任务、使用的具体要求、设计的原则以及各种客观因素对新船的限制等情况,也就是对任务书中各项要求的背景情况和资料进行调查,弄清这些要求的来龙去脉,这样方可使设计真正做到有据可依,有源可寻。

相关方面的情况。与新船相关方面情况的调查内容很多,需要针对新船的特点来进行。一般来说,航线、航道、港口、码头、建造、维修等等,这些都与新船主要要素等重大问题的决定有关,需要掌握第一手资料。此外,市场信息对设计者也非常重要,货源的波动、运费的涨落、燃料价格的变化、材料设备的变更等都直接影响船型方案的选取。

设计工作所需的技术资料是保证设计工作顺利开展和进行的必要条件,也是保证设计质量的重要因素。搜集资料的内容包括参考型船的资料、与设计新船有关的新技术成果、船用设备的样本及供应情况等等。其中参考型船的资料十分重要。型船的资料包括主要要素、载重量、舱容、航速、主机参数、重量重心、总布置图、型线图、船模及实船试验资料等等。对于船舶总体设计来说,型船的重量重心资料特别重要,在可能的情况下重量重心资料越详细越好,一般至少应有船体钢料、机电设备、舾装设备三大项的分类资料。此外,同类船的各种统计资料也很必要。以上这些资料在平时工作中就要随时注意搜集和整理。丰富的技术资料是设计人员的宝贵财富。

### 2. 综合分析、合理解决

船舶是一个复杂的系统,设计中矛盾是很多的。例如,船舶各项技术性能之间、安全性与经济性之间,对设计的要求常常是矛盾的。设计工作的一项重要内容就是通过系统的分析、综合的考虑,对问题提出一个合理的解决方案。设计人员应具备这方面的能力。设计工作中矛盾是不可避免的,但矛盾之间也存在互相依存、互相转化的统一关系,要在综合分析的基础上,抓住主要的矛盾,有侧重、有兼顾地考虑问题,从而找出解决问题的合理途径。在这里,我们要强调综合分析的重要性。

在船舶设计工作中,无论是全局性的总体设计还是某项局部设计,出现了某个问题不能就事论事地加以修改,而不顾前后左右的影响,这样的结果往往会引起其他的甚至更大的矛盾。综合分析,就是强调考虑问题要全面周到,要弄清前因后果,要顾此及彼,这一点要给予充分的

重视。有人认为：“船舶设计是‘大折衷’，是多方妥协的产物。”这不无道理。但如何折衷，如何妥协却大有文章可做，解决问题的方法可能有许多种，但最合理的也许只有一种。设计工作中还要注意和加强各专业、各部门之间的充分协商和协调。许多时候，设计中出问题的往往是在各专业和部门之间的交叉和衔接处。

### 3. 母型改造、推陈出新

现有船舶是人们造船和用船经验的结晶，也是科学技术不断发展的成果。某一类型船舶的发展和演变过程，存在着由它们的使用任务和要求所决定的共性问题，这就决定了这类船舶必然具有许多相近的技术特征和内在规律，这些特征和规律也是人们合理解决船舶设计中众多矛盾的结果。合理地吸取和利用这些经验和规律，可以减少盲目性，使新船设计有较可靠的基础。这就是船舶设计中经常采用的母型改造法的理论依据。

母型改造设计方法中，母型的概念是广泛的。一方面，与新船在主要技术性能方面相近的优秀实船，是最直接的母型，这种经过实践考验的母型船资料可以使设计者比较容易地把握新船的主要性能和改进的方向；此外，经过模型试验研究的优良船模资料也是母型。另一方面，与新船同一类型船的统计资料是设计中常用的资料。这些资料虽然代表的是统计船的平均值，但反映了这类船的一般规律和趋势，因此可作为设计新船的一般指导。

设计中选用的母型船，不是限于某一艘船，而是根据所需可以选用不同的母型。例如，在快速性方面选择甲船为母型，重量估算方面可参考乙船，而布置方面又可吸取丙船的经验，等等。总之选用母型的标准一是相近，二是优良。

用母型改造法设计新船要突出一个改造，即在参考母型的过程中要有所改进和创新。母型改造设计方法不是一种简单的拼拼凑凑，而是设计者根据新船的特点和要求，在熟练掌握船舶设计原理和方法基础上的创造性的工作。每一艘新船都有其特殊性，不加分析地生搬硬套会导致设计工作的失败，没有创新和改进也不可能产生优良的新船。因此，设计者必须结合新船的要求和特点，考虑新技术、新设备、新工艺、新材料在新船上的应用，做到在设计中有所创新、有所前进。

我们在强调用母型改造法设计新船的有效和可靠时，并不排斥所谓全新概念的新船设计，特别是在新船型开发设计中，会遇上根本不可能找到合适的完整的母型船资料的情况。在这种情况下，往往要采取边研究、边试验、边设计的方法。通常的做法是，首先对新船的特点加以研究，形成一个初步方案后，开展相对深入的方案设计工作，然后对设计结果进行必要的试验，以验证设计的正确性并寻找改进的方向和方法。在此基础上再进行下一个循环的设计、试验和研究工作。新船型的开发都需要一个相对漫长的过程。

### 4. 逐步近似、螺旋式前进

我们在叙述船舶设计特点时提到，船舶设计是逐步近似、反复迭代完成的。其原因是船舶设计是一项复杂的系统工作，涉及到许多方面和因素，它们相互交叉、相互影响，设计者对新船的认识有一个由表及里、由浅入深的过程。因此，船舶设计工作也有一个与其相适应的工作方法和程序。通常设计工作是分阶段完成的。不同设计阶段中所考虑的问题是有所重复的，但重点和详细程度不同，考虑因素的多少不同，工作的深度和侧重不同。在不同设计阶段中对同一方面的工作不是简单的重复，而是一个逐步近似、螺旋式前进的过程。有人形象地将船体设

计的逐步近似过程用螺旋线的方式表达出来,如图 1.2.1 所示。当然,在螺旋前进的每次重复过程中并非需要对每个步骤都开展深入的工作,而是根据具体情况有些侧重、有些简要,也有些可以省略。

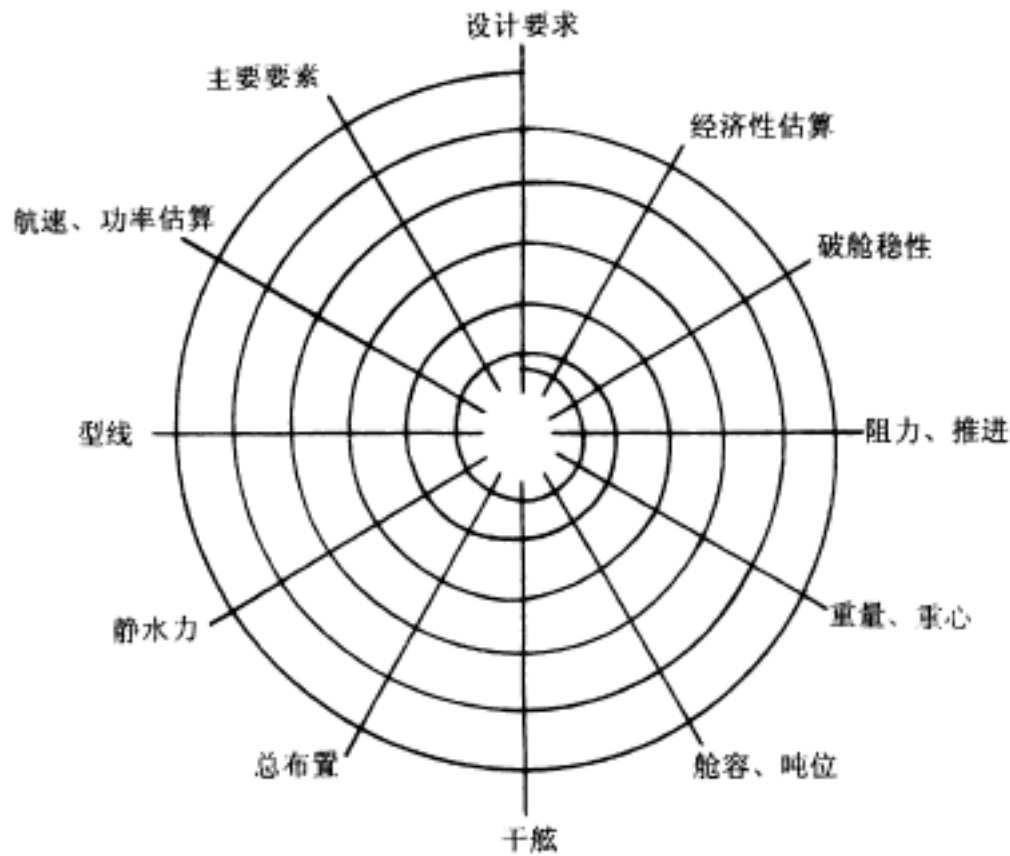


图 1.2.1 总体设计螺旋线

### 1.3 船舶设计阶段的划分和工作内容

根据现代造船的特点,船舶设计一般分为初步设计、详细设计、生产设计和完工文件四个阶段。下面对各阶段的工作重点和主要工作内容作一介绍。

#### 1.3.1 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,从全局出发,提出船体、轮机、电气不同专业方面的各种可行性方案,进行分析比较,得出一个能满足船东要求的合理的设计方案。

在这一阶段的工作中,船舶总体设计是最关键的。它需要对船舶主要要素的决定、总布置、主机选型、船体型线、主要性能等方面进行细致的工作,通过计算、绘画、必要的模型试验及分析论证等技术手段,得出决定全船技术形态的总体方案。与此同时,在船体基本结构,主要舾装设备、机舱布置、电力负荷及电站配置、机电设备选型等方面开展初步设计。这一阶段提出的主要技术文件有:

- 船体说明书;
- 总布置图;
- 型线图;
- 中剖面结构图及构件计算书;

航速、稳性、舱容、干舷等估算书或计算书；  
机舱布置图；  
电力负荷估算书；  
主要设备规格和厂商表。

初步设计的结果,应提交船东审查。主要图纸和技术文件应取得船东认可,作为下一阶段设计的依据。

这一阶段的设计工作虽然是初步的,但涉及全船主要技术形态的参数和指标应该保证是比较可靠的,技术措施是合理的。

初步设计阶段完成的工作内容的深度和广度是不同的,根据具体情况而定。当以初步设计结果作为洽谈造船合同的依据时,初步设计的结果必须具备足够的技术把握,设备、材料等数量和规格应准确,设计得出的主要技术指标和规格也是交船验收的依据,必须可靠。当船的技术复杂程度较高或开发设计新船型时,初步设计之前应增加方案设计(或称为基本设计、概念设计)阶段。方案设计一般只出较少的图纸,更着重于对全船技术形态的研究和方案比较、优化。如果以技术设计的结果作为签订造船合同的依据时,可用方案设计取代初步设计。

在市场经济中,为了对船东的询价要求作出迅速反应,可提出概要的技术规格书、简要的总布置图和主要设备厂商表,作为船厂初步报价的依据,这些工作通常称为报价设计。报价设计不属于正式的一个设计阶段,其设计结果也不能作为签订造船合同的依据。

### 1 3 2 详细设计阶段

详细设计的依据是造船合同和经审查通过的初步设计技术文件。该阶段的设计内容是在上一阶段的总体设计的基础上,对各个局部的技术问题进行深入分析,开展各个分项目的详细设计和计算,调整和解决船、机、电各方面具体的问题和矛盾,最终确定新船全部的技术性能、结构强度、各种设备、材料以及订货的技术要求等等。

在详细设计阶段中,还要进行设计送审工作,即将设计图纸和技术文件送法定检验机构和所入船级社审查。法定检验机构和船级社对送审的图纸资料目录有具体的规定。审查通过后还需根据审图意见对设计图纸进行修改。详细设计完成的主要技术文件也需得到船东的认可。

根据详细设计的结果,造船厂可进行材料和设备的订购工作,同时可开展下一步的生产设计。

在详细设计阶段中船体方面所需完成的主要技术文件有:

船体说明书；  
详细的总布置图；  
正式的型线图；  
重量重心计算书；  
静水力曲线(或数据表格)和各种装载情况下的稳性和浮态计算书；  
干舷计算书(包括载重线标志图)、吨位计算书、舱容曲线(或数据表格)；  
航速计算书、螺旋桨设计图及强度计算书；  
船体构件规范计算书和总强度计算书(有时还需要振动计算书)；  
典型横剖面图、基本结构图、外板展开图、肋骨型线图；

机舱结构图、首部结构图(包括首柱)、尾部结构图(包括尾柱)、主要舱壁结构图、上层建筑结构图;

- 1 防火控制图;
- 2 锚泊、起货、舵、救生等设备的计算书和布置图;
- 3 各系统原理图;
- 4 舱室内部舾装图;
- 5 详细的设备、材料规格明细表;
- 6 规范和法规有特殊要求的计算书以及试验报告等。

这一设计阶段完成的工作内容的深度和广度较浅时,也称为技术设计。技术设计的深度一般至少应满足船检审图的要求。有些图纸虽然不要求送审,但因涉及船舶性能、设备配备以及对建造有重要影响的,也应在技术设计阶段完成。

### 1 3 3 生产设计

生产设计是在详细设计的基础上,根据船厂的条件和特点,按建造的技术、设备、施工方案、工艺要求和流程、生产管理等情况,设计和绘制施工图纸以及施工工艺和规程等文件。生产设计的详细程度要求很高,要能反映组装和管理的要求。因此生产设计相当于在计算机上预演完成船舶建造的全过程。生产设计的详细、完整和深入的程度对提高造船质量、缩短建造周期和提高生产效率有很大的影响。现代造船中,生产设计必须应用计算机来辅助设计,否则难以适应制造、加工中应用计算机控制和管理的要求。

当前一阶段完成的是技术设计时,本阶段的设计一般称为施工设计。施工设计的深度和广度一般不能完全满足建造施工的要求。通常,施工设计的技术资料缺少施工工艺和施工技术规程等方面的内容,因此造船厂还需要补充施工工艺方面的设计工作。

### 1 3 4 完工文件

完工文件是船舶设计的最后环节,也有的称为完工设计。船舶在建造施工中,往往会对原设计作一些更改。例如,型线在放样中的修改,布置的局部变动,某些设备的更换,材料的代用等等。这些变动会引起船舶重量重心以及性能方面的某些变化。此外在设计中有些数据和指标是估算的,例如重量重心。因此新船建造完工后,应根据实船倾斜试验结果、实际的型值和实际采用的材料、设备,修改原来的有关设计和计算,编制总体性能的完工计算书,对有变动的布置图、控制图、原理图都要进行相应修改,绘出完工图纸。实船的试验和检验项目要编制报告书,并根据航行和操作需要编制有关的使用手册和操作手册。这些都是完工文件的内容。完工文件的编制要反映实船的真实状态,并应详细完整。这些文件是今后船舶营运、维修和改装的依据,也是船舶设计和研究工作的宝贵资料。

由以上所述可知,设计工作的不同阶段,在新船整个设计过程中既有相对的独立性,又是相互联系的。前一阶段的设计结果是后一阶段设计的依据,后一阶段是前一阶段的深入和发展。然而,上述各个设计阶段的划分和各阶段的具体工作内容,并不是严格不变的,根据具体情况(如任务的紧迫性、产品的复杂程度、母型船资料等)而有所不同,有时各阶段之间并无明确的界限。此外,设计阶段的划分是随着造船技术和管理方式的发展而变化的,特别是计算机深入应用到造船的各个领域以后,船舶设计阶段的划分以及设计方法都将发生变革。

## 1.4 本书内容的安排

船舶总体设计是解决船舶设计中的一些全局性的问题,是其他专业设计和局部设计的基础和纽带。总体设计成功与否,对新船的质量具有根本性的影响。本书主要以民用海船为对象阐述总体设计的一些基本内容。根据船舶与海洋工程专业课程设置的要求,本书还介绍了海洋平台总体设计的主要内容。此外,结合现代船舶设计的特点,介绍了船舶计算机辅助设计的有关知识。全书共分九章。

在造船法规日趋完善的现代船舶设计中,船舶法规已成为船舶设计必不可少的知识。为此,本书的第二章集中介绍了我国现行的《船舶与海上设施法定检验规则》中与总体设计相关的主要内容,以便在学习船舶设计的过程中了解法规的一些最基本的要求。因篇幅所限,法规内容的介绍不可能全面,在船舶设计的实际工作中,还需仔细阅读和研究法规原文。

本书的第三章介绍了船舶重量重心估算方法。第四章介绍了舱容和布置地位。第五章叙述了新船设计方案构思和确定主要尺度与主要参数(统称为主要要素)的一般原理和方法。第一、二、三、四章是学习第五章的基础。对于一个有经验的设计者,在分析了新船的设计技术任务书和进行了调查研究之后,就可以进行新船设计方案的构思和确定主要要素的工作。但对于初学者来说,方案构思和确定新船主要要素是最为困难的,这是一项综合性极强的工作。为此,本书采用了适应初学者的写法,即从局部到全面,由分析到综合。

本书的第六章和第七章分别介绍了船体型线设计和总布置设计的基本知识。这两项工作是总体设计的重要内容。总布置反映了一艘船舶的全局状况,是其他局部设计的主要依据,而船体型线对船舶的主要技术性能有重要影响。它们是体现总体设计思想的重要技术图纸。

现代船舶设计中已广泛应用电子计算机,它对于提高设计质量和工作效率起着巨大的作用。本书第八章根据目前计算机在船舶设计中的应用情况,介绍了这方面的有关知识。

海洋平台是海洋油气勘探、开发的主要工具。海洋平台也是海上的一种建筑物,特别是移动式平台,它的设计与船舶设计有许多共性的地方。当然,海洋平台的使用要求和环境条件与一般船舶有较大区别,其设计有特殊性。本书第九章对海洋移动式平台的特点和总体设计的基本内容作了介绍。在掌握了船舶设计的基本知识以后,通过对海洋平台特点的了解,相信学习海洋平台设计的困难不会太大。

### 思考与练习

- 1.1 船舶设计工作具有哪些特点?
- 1.2 船舶总体设计与其他专业或部分设计之间有何联系?
- 1.3 船舶设计有哪些基本要求?
- 1.4 新船设计的基本依据是“设计技术任务书”,它反映了船东对新船的主要要求。请问设计技术任务书通常是如何制订的?运输船舶的设计技术任务书一般包括哪些基本内容?
- 1.5 非国际航行海船的航区是怎样划分的?国际航行船舶有没有航区的问题?
- 1.6 船舶设计工作方法中经常使用母型改造法,请问采用这种设计工作方法有何理论依据?
- 1.7 新船的设计通常分成哪几个设计阶段?各阶段之间有何联系?
- 1.8 初步设计阶段主要应完成哪些工作?