



21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶工程专业

船舶设计基础

CHUANBO SHEJI JICHU

主编 蔡厚平
主审 高梁田



哈尔滨工程大学出版社



21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶工程专业

船舶设计基础

CHUANBO SHEJI JICHU

主编 蔡厚平

主审 高梁田

江苏工业学院图书馆
藏书章

哈尔滨工程大学出版社

内 容 简 介

本书着重阐述船舶设计的基本原理和设计方法,综合分析了设计中的各种技术与经济问题。全书共分十一章,内容包括船舶总体设计与结构设计的基本问题,并介绍了现代船舶设计方法等,每章后都有复习思考题。

本书主要作为高职院校船舶工程专业教材,也可供从事造船工程技术人员的参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶设计基础/蔡厚平主编. —哈尔滨:哈尔滨工程大学出版社,2006

ISBN 7-81073-859-3

I. 船… II. 蔡… III. 船舶-设计 IV. U662.9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 107093 号

出版发行 哈尔滨工程大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区东大直街 124 号
邮政编码 150001
发行电话 0451-82519328
传 真 0451-82519699
经 销 新华书店
印 刷 哈尔滨工业大学印刷厂
开 本 787mm×1 092mm 1/16
印 张 14.5
字 数 310 千字
版 次 2006 年 9 月第 1 版
印 次 2006 年 9 月第 1 次印刷
印 数 1—2 000 册
定 价 23.00 元

高等职业教育系列教材编委会

(按姓氏笔画排序)

主 任	孙元政			
副主任	刘 义	刘 勇	罗东明	季永清
	施祝斌	康 捷		
委 员	丛培亭	刘 义	刘 勇	孙元政
	陈良政	肖锦清	罗东明	季永清
	俞舟平	胡适军	施祝斌	徐立华
	康 捷	蔡厚平		

前言

船舶设计基础

CHUANBO SHEJI JICHU

船舶设计基础是一门涉及知识面广,创造性及实践性很强的课程。本教材主要围绕船舶总体设计与结构设计所涉及的一些基本问题,结合各院校多年的教改经验,按设计的基本顺序而编写。本教材的特点如下。

1. 体系新 本书根据船舶设计的基本思路,将船舶设计原理、船舶强度与结构合为一体,按船舶设计从性能到结构共分十一章,以基本概念、基本原理为向导,以船舶设计为主线,进行内容的编排。

2. 应用性强 本书遵循“必需、够用为度”的原则,简化了大量的公式推导,按照由浅入深、边讲边练、循序渐进的原则编写教材,便于组织教学。

3. 采用了新的国家标准和中国船级社 2006 年 4 月 1 日生效的《钢质海船入级规范》,引入了计算机辅助船舶设计新的软件知识。

参加本书编写的有南通航运职业技术学院蔡厚平(第一章、第六章、第九章、第十章),马振伟(第二章、第七章、第八章),杨海燕(第三章、第四章、第五章、第十一章)。全书由蔡厚平担任主编。

本书特请渤船重工集团高梁田高级工程师审阅全书,他提出了许多宝贵意见,特致谢意。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请广大同行和读者给予批评指正,以便在今后的教学及再版时得以改正。

编 者

2006 年 4 月

目 录

21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

船舶设计基础

第一章 船舶设计概论	1
第一节 船舶设计的特点和方法	1
第二节 船舶设计程序	2
第三节 课程的性质、内容和要求	4
思考与习题	5
第二章 船体总纵弯矩与总纵强度计算	6
第一节 船体梁总纵弯曲时的外力计算	6
第二节 船体总纵强度校核	28
思考与习题	44
第三章 船舶主尺度的设计	46
第一节 概述	46
第二节 船舶技术性能对主尺度的影响	48
第三节 主尺度的分析与设计	54
思考与习题	66
第四章 船舶重力与舱容计算	67
第一节 船舶重力分类	67
第二节 空船重力和载重量的估算	70
第三节 各舱容积及其形心位置的计算	84
思考与习题	89
第五章 型线设计	91
第一节 概述	91
第二节 型线要素的选择	92
第三节 型线图设绘方法	103
思考与习题	110
第六章 总布置设计	111
第一节 概述	111
第二节 总布置设计中应解决的主要问题	112
第三节 外部造型与内装修设计	128
思考与习题	129
第七章 船体型材剖面设计	130
第一节 型材剖面要素的设计	130
第二节 型材的稳定性计算	132
第三节 型材剖面的优化设计	134
第四节 型材剖面设计实例	137
思考与习题	139

21世纪高职船舶系列教材
SHIJI GAOZHI CHUANBO XILIE JIAOCAI

第八章 船体中剖面算法设计	141
第一节 船体结构钢料和结构型式的选择	141
第二节 中剖面算法设计的基本任务和策略	142
第三节 中剖面纵向构件相当厚度的设计	144
第四节 纵向加筋板的设计	147
思考与习题	152
第九章 船体结构规范设计	154
第一节 船体结构规范设计概述	154
第二节 规范对船体总纵强度的要求	159
第三节 外板与甲板设计	160
第四节 双层底设计	165
第五节 舷侧骨架设计	171
第六节 甲板骨架与支柱结构设计	175
第七节 舱壁结构设计	191
思考与习题	194
第十章 上层建筑及甲板室结构设计	196
第一节 概述	196
第二节 上层建筑和甲板室的结构设计	199
第三节 上层建筑和甲板室的局部加强	201
思考与习题	203
第十一章 计算机辅助船舶设计概述	204
第一节 国内外典型船舶 CAD/CAM 集成系统	204
第二节 型线生成的计算机方法	207
第三节 计算机辅助总布置设计	210
思考与习题	212
附录	213
参考文献	221



第一章 船舶设计概论

第一节 船舶设计的特点和方法

船舶是一种庞大而复杂的水上工程建筑物,具有类型多、环境条件特殊、技术含量高、投资较大、使用周期长等特点。因此,设计船舶是一门综合性的科学技术,必须持认真慎重的态度。

船舶设计是分专业,分部门集体合作协调完成的。通常,船舶设计分为船体、轮机、电气三大专业,其中船体设计又分为总体、结构和舾装三大部分。

为了实现船舶设计的现代化,运用计算机辅助船舶设计工作是当代船舶设计人员必须掌握的重要设计手段。

一、船舶设计的特点

1. 船舶设计必须贯彻系统工程的思想

每一艘船舶都是由许多部分组成的一个大系统。其中,每部分即是一个独立的系统,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,在船舶设计时,考虑问题要全面,要统筹兼顾,既要在设计中解决主要矛盾,又要处理好与其次要矛盾的关系,协调好各部门的工作,使所设计船舶在整体上达到最佳组合。

2. 船舶设计过程是一个逐步逼近的过程

船舶设计工作是一个多参数、多目标、多约束的求解和优化工作。船舶设计中采用逐步逼近的方法,其实质是将复杂的设计工作分成若干个近似步骤,由浅入深,由粗到细,反复迭代,最终可获得一个符合要求的设计结果。

3. 船舶设计中广泛采用型船资料

任何新型优秀船舶的出现都必然是既往船舶发展的结果。每种类型的船舶,经过长期地使用和不断地改进,都已形成了各自的特征和特点。设计新船时,参考相关型船资料,对这些实践证明合理、有效的特征和特点应予以借鉴和继承,并结合新船的具体要求有所改进和创新。这是船舶设计工作的又一特点。

4. 船舶设计必须满足法规和规范的要求

船舶设计和建造必须接受船籍国政府的法定检验和所入船级社的入级检验。法定检验是强制执行的,由政府的主管机关执行,也可以由主管机关认可的船级社或其他组织执行。我国政府的主管机关是中华人民共和国海事局。入级检验由船级社执行,船舶入级和入哪个船级社由船东决定。中国船级社(英文缩写为“CCS”)承担船舶及海上设施的具体检验业务。因此,船舶设计和建造人员应该了解、熟悉和掌握法规和规范的内容,使设计、建造的船舶符合法规和规范的要求。

值得注意的是对新船型的开发,在保证安全和不污染环境的基本原则下,经主管机关的审查同意,可以根据新船的具体情况有所创新。



二、船舶设计的方法

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。根据船舶设计工作的特点,船舶设计主要有如下方法。

1. 母型改造设计方法

所谓母型改造设计方法,就是设计时,首先选择一艘与设计船技术性能相近似的优秀实船作为母型船,新船的各项要素都是在母型船的基础上加以改造和创新而得到的。这种方法的优点是有经过实践考验的母型船作为新船设计的借鉴,使设计者比较容易把握新船的主要性能和改进方向,有利于提高设计效率和准确程度。

在母型改造设计方法中,母型的概念是广泛的。首先,上述实船是新船设计最直接的母型,而且设计时不限于以某一艘船为母型,而是根据需要选用不同的船。其次,经过模型实验研究的优良船模资料也是母型。另外,与新船同一类型船的统计资料,反映了这类船的一般规律和趋势,是设计中常用的资料,可作为设计新船的一般指导。

注意,在参考母型的过程中,设计者要根据新船的特点和要求,在继承母船的前提下,要注重设计的改进和创新。

2. 计算机辅助设计(CAD)方法

船舶设计与建造的一个主要特征是团队作业。随着信息技术和计算机应用技术的高速发展,船舶设计制造业已进入一个计算机化的新时代。计算机辅助设计技术得到了巨大发展。

计算机辅助设计系统由硬件系统和软件系统构成,一般以工程数据库、图形库为支持,包括交互式图形设计、几何造型工程分析与优化设计,人工智能与专家系统等功能。典型的船舶 CAD 系统是由瑞典 AVAI 公司(原 KCS 公司)推出的 TRIBON 软件系统。这个系统是基于 Windows NT 操作系统开发的,完全与 Microsoft 产品相兼容的三维实体造型系统。它包括造船学、船舶设计与绘图应用程序。每个应用程序都采用标准的作业方法,保证每个设计人员以前后一致的方式工作,使他设计的那部分更方便地被同一项目的其他设计人员共享。

3. 综合分析、逐步近似的方法

船舶是一个复杂的系统,船舶的各项技术性能之间、安全性与经济性之间等,对设计的要求常常是互相矛盾的。因此,船舶设计是一项复杂的系统工程。它要求在综合分析的基础之上,抓住主要矛盾,有侧重,有兼顾,由浅入深地全面考虑并解决问题。

通常设计工作是分阶段完成的。虽然在不同设计阶段中所考虑的问题有所重复,但各阶段工作的深度和侧重点不同,重点和详细程度也不同。因此,在不同设计阶段中对同一方面的工作不是简单地重复,而是一个逐步逼近的过程。

第二节 船舶设计程序

现代船舶设计程序,一般是在编制设计技术任务书的基础之上,先进行初步设计,再进行详细设计、生产设计,最后进行完工设计。

一、船舶设计任务书的制定

设计任务书是船舶产品设计的主要依据,通常,由用船部门负责编制,或由用船部门、设



计部门及建造部门结合起来共同编制。设计任务书的制定过程,一般经过调查研究、拟定船型方案和编制设计任务书三个阶段。

设计任务书应该能反映对设计船舶性能和使用上的基本要求。一般包括船舶的船级、用途、类型和航区、船舶的主要技术性能,主辅机及主要设备,舱室标准、估计预算、拟建造厂、开工建造时间,以及其他特殊要求等内容。

二、初步设计

根据批准的设计任务书,在调查研究的基础上进行初步设计。在此阶段,要确定与船舶的技术经济性能关系最大的一些项目,如船舶主尺度、船型系数、排水量、总布置、船体型线等。同时要确定舾装设备、机舱布置、电力负荷及电站配置、机电设备选型等。这一阶段提出主要的技术文件有船体说明书;总布置图、型线图、中横剖面结构图及结构件计算书;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等。

初步设计所得的主要图纸和技术文件,是下一阶段设计的依据,并经过船东的审查同意。有时,为快速反应船东的询价要求,可提出概要的技术规格书,简要地总布置图和主要设备厂商表,作为船厂初步报价的依据。这些工作常称为报价设计。它不属于正式的设计阶段,其设计结果也不能作为签订造船合同的依据。

三、详细设计

根据造船合同和经审查通过的初步设计技术文件,可进行详细设计。详细设计是在初步设计的基础之上,对各个局部的技术问题进一步地深化。因此,要深入分析,对各个分项目进行详细设计和计算,调整 and 解决船、机、电各方面的问题和矛盾,最终确定新船全部的技术性能、结构强度、各种设备、材料的技术要求等等。详细设计的基本内容包括:提供验船机构规定送审的,以及合同中规定送船东认可的图纸和技术文件;提出工厂所需的材料、设备订货清单;提供生产设计所必需具备的图纸、文件和数据。

例如,在详细设计过程中,船体方面应完成的主要技术文件有:

- (1)船体说明书;
- (2)详细的总布置图;
- (3)正式的型线图;
- (4)质量重心计算书;
- (5)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;
- (6)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);
- (7)航速计算书、螺旋桨设计图及强度计算书;
- (8)船体构件规范计算书和总强度计算书;
- (9)典型横剖面图、基本结构图、外板展开图、肋骨型线图;
- (10)机舱结构图、艏部结构图(含艏柱)、艉部结构图(含艉柱)、主要舱壁结构图、上层建筑结构图;
- (11)防火控制图;
- (12)锚泊、起货、舵、救生等设备的计算书和布置图;
- (13)各系统原理图;



- (14)舱室内部舾装图;
- (15)详细地设备、材料规格明细表;
- (16)规范和法规有特殊要求的计算书以及试验报告等。

详细设计阶段,要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(常称为送审工作),并根据审图意见进行修改。详细设计的结果,是开展下一步生产设计的依据,也是船厂订购材料和设备的依据。

四、生产设计

在详细设计的基础之上,根据船厂的特点和条件,按建造的技术、设备、工艺、生产管理等情况,可进行生产设计。生产设计的主要内容,是在确定船舶总的建造方针前提下,按工艺阶段、施工区域、单元绘制记录各种工艺技术指示和各种管理数据的工作图表,提供与生产信息有关的文件等。

生产设计的详细、完整和深度对提高造船质量,缩短建造周期和提高生产效率有很大的影响。

五、完工设计

这是船舶设计的最后环节,又称完工文件。船舶在建造施工中,往往会对原设计作一些更改,如型线在放样中的修改等,故原设计图纸及有关性能就不能与实船完全相符。为反映实船的真实状态,在船舶建造竣工后,应按实船绘制完工图纸,并进行必要的修改计算,以作为今后船舶营运、维修和改造的依据,并为船舶设计和研究工作提供船型资料。

完工设计要详细完整,具体包括:如编制实船的总体性能完工计算书;绘制布置图、控制图、原理图;实际的型值、采用的材料、设备等;并需要编制实船的试验和检验项目指导书;以及与航行和操作相关的使用手册、操作手册,等等。

综上所述,新船设计过程的各阶段是既相对独立,又相互联系。前一阶段的设计结果是后一阶段设计的依据,而后一阶段是前一阶段的深入和发展。随着造船技术和管理方式的发展,尤其是计算机技术的应用,针对船舶的具体特点等,船舶设计程序及设计阶段的划分将发生很大地变革。

第三节 课程的性质、内容和要求

船舶设计基础是船舶工程技术专业高职学生的一门重要的专业技术课程。它主要解决船舶设计中的总体设计与结构设计的基本问题。

全书共分十一章,大致按船舶设计工作的顺序,介绍了船舶设计的强度基础理论,讲述了船舶主尺度设计、船舶质量与舱容计算、型线设计及总体布置设计、船体型材剖面设计、船体中剖面算法设计、船体结构规范设计以及上层建筑的设计,同时,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。

学习本课程有如下几点要求。

- 1.设计工作是一种技术实践活动,它不但需要解决所面临的工程设计的科学知识,还需要有工艺和技巧方面的知识。
- 2.注意综合分析的重要性。船舶是一个复杂系统,设计人员应在设计中注重对系统的



分析,抓住主要矛盾,有重点、有兼顾地考虑问题。

3.要不断学习各种新的技术和设计方法,尤其是要掌握计算机技术在船舶设计中的应用技术。

4.通过学习要求学生具有应用标准、规范、法规等相关资料的能力。

思考与习题

1-1 船舶设计工作具有哪些特点?

1-2 船舶设计主要有哪几种方法?我国造船业中计算机辅助设计方法应用的系统主要有哪些?

1-3 现代船舶设计的程序如何?

1-4 何谓初步设计、详细设计、生产设计和完工设计,各设计阶段之间有何联系?

1-5 详细设计阶段,船体方面所需完成的主要技术文件有哪些?



第二章 船体总纵弯矩与总纵强度计算

第一节 船体梁总纵弯曲时的外力计算

在船体总纵强度计算中,通常,将船体简化为一个变断面的空心薄壁梁,即船体梁。船体梁在外力作用下沿着其纵向铅垂面内所发生的弯曲,称为总纵弯曲,即船体梁所受的力及船体梁的变形仅表现在纵剖面。船体梁抵抗总纵弯曲的能力,称为总纵强度。

通常,假设船体梁静置在波浪上,此时,作用在船体梁上的外力,将之转化为横剖面上所受的切力和弯矩以及相应的应力,并将之与许用应力相比较,以判断船体强度,这是船体总纵强度计算的传统方法。

一、船体梁的受力与变形特征

船舶从建造到报废,要经历建造、下水、航行、进坞修理等工作状态,其中,航行状态是经常性的工作状态,船体结构型式及结构尺寸一般都是以这一状态作为计算、选择的依据。当船舶在波浪上航行时,作用在船体上的外力是非常复杂的,但根据以往的实践,引起船体梁总纵弯曲的外力主要集中体现在两个力上,即重力和浮力。

由于,船舶总是处于平衡状态,因此,其所受到的力也总是平衡的,即船体梁的总重力和浮力是大小相等,方向相反,并且作用在同一条铅垂线上的。但由于船体结构的复杂性使得重力沿船宽、船长方向的分布并不均匀,同样因船体外形的不规则使浮力在船长的不同区段也不均匀。重力与浮力的这种不均匀,是造成船体梁总纵弯曲的主要原因,即两者之间的差值是引起船体梁总纵弯曲的载荷。

根据梁的理论,则作用在船体梁上的载荷、切力和弯矩可由下式表示

$$\begin{aligned} q(x) &= P(x) - b(x) \\ N(x) &= \int_0^x q(x) dx \\ M(x) &= \int_0^x N(x) dx = \int_0^x \int_0^x q(x) dx dx \end{aligned} \quad (2-1)$$

式中 $q(x)$ ——载荷;
 $P(x)$ ——重力;
 $b(x)$ ——浮力;
 $N(x)$ ——切力;
 $M(x)$ ——弯矩。

载荷、切力和弯矩的符号规定为:载荷向下为正,向上为负。切力以作用在梁微段左剖面上向下为正(或右剖面上向上为正)。弯矩以使船体梁发生中拱为正,中垂为负。中拱指船体梁中间向上拱起,而艏艉两端向下垂的弯曲状态;中垂指船体梁中间向下垂,而艏艉两端向上翘起的弯曲状态,如图 2-1 所示。

为了计算作用在船体梁上的切力和弯矩,必须先计算重力和浮力沿船长的分布。一般



情况下,重力沿船长的分布对某一计算状态是不变的。对浮力沿船长的分布,由于波浪的复杂性,常常将浮力分成船舶在静水中的浮力分布、由于波浪而产生的附加浮力分布(即船舶在波浪上的浮力与在静水中浮力之差值)。

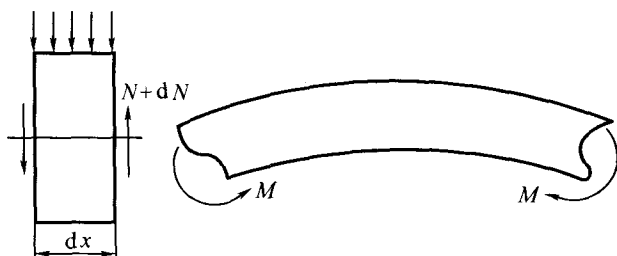


图 2-1 船体梁弯曲时的载荷、切力、弯矩的符号规定

波浪上的浮力 = 静水中的浮力 + 附加浮力

波浪上的切力 = 静水中的切力 + 波浪附加切力

波浪上的弯矩 = 静水中的弯矩 + 波浪附加弯矩

对静水中的浮力而言,其计算主要取决于船体水下部分的形状,这是一个确定性的静态量,可根据静水平衡计算来确定;其切力、弯矩即可由浮力值计算得到。

对于波浪附加浮力,因为波浪的难以确定性,所以造成该值是随机的、动态的。为了简化计算,一般假设船舶静置于波浪上,即船舶与波浪以同一速度向同一方向前进,此时,所求得的浮力为静态的,据此而计算得到的波浪附加切力和弯矩分别称为静波浪切力和静波浪弯矩。由于对同一艘船均采用相同的计算方法,因此,该方法具有一定的适用性,也是传统上普遍采用的。

二、重力曲线的计算

1. 重力的分类

(1) 按变动情况来分

① 不变重力 即空船重力,包括:船体结构、舾装设备、机电设备等各项固定重力。

② 变动重力 即装载重力,包括:货物、燃油、淡水、粮食、旅客、压载等各项可变重力。

当针对不同装载情况进行计算时,这种划分可以方便地加入或减去相关载荷,如货物、旅客等,从而避免不必要的重复,这在实用计算中是行之有效的。

(2) 按分布情况来分

① 总体性重力 即沿船体梁全长分布的重力,通常包括:主体结构、油漆、索具等各项重力,对于内河大型客船,还包括纵通的上层建筑及旅客等各项重力。

② 局部性重力 即沿船长某一区段分布的重力,通常包括:货物、燃油、淡水、粮食、机电设备、舾装设备等各项重力。

对于不同设备、构件已知时的计算,通过此种重力的划分,便于利用近似公式,是实用简化计算中的另一重要分类方法。

2. 静力等效原则

为了将各项重力按近似和理想化的分布规律处理,必须遵循静力等效原则。

(1) 面积一致 即保持重力的大小不变,使得近似分布曲线的面积等于实际重力。

(2) 形心纵向坐标一致 即保持重心的纵向坐标不变,使分布曲线所围的面积形心纵坐标与重心的纵坐标相等。

(3) 分布范围一致 使近似分布曲线的范围与该重力的实际分布范围相同或大致相同。

3. 重力曲线



船舶在某一计算状态下,全船重力沿船长方向分布状况的曲线称为重力曲线。其纵坐标表示船体梁单位长度上重力分布值。在重力曲线的绘制中,应将船舶的各项重力按上述的静力等效原则进行分布。通常将船舶的重力按 20 个理论站距分布,即认为在任一站距的范围内,其重力为均匀分布;当不同的重力分布在同一站距时,可认为该站距内的重力分布是它们的叠加。由此作出阶梯形的重力分布趋势图,以代替真实的重力分布曲线。

4. 船体梁上的各项重力的分布

(1) 局部性重力的分布

① 将局部性重力分布在两个理论站距内

某项重力以任意规律分布,如图 2-2 所示,其重力距离 i 站为 a ,按静力等效原则,将该重力分布在 $(i-1) \sim (i)$ 及 $(i) \sim (i+1)$ 两个理论站距内,则可建立如下方程

$$\text{重力相等 } P_1 + P_2 = P$$

$$\text{力矩相等 } \frac{1}{2}(P_1 - P_2)\Delta L = P \times a$$

解此方程即可求出两个理论站距内的力 P_1, P_2 。

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P \left(0.5 + \frac{a}{\Delta L} \right) \\ P_2 &= P \left(0.5 - \frac{a}{\Delta L} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2-2)$$

也即,在原重力分布规律下,将其重力分布范围转化在两个理论站距内,且两站距内的重力都为各自均匀分布。

② 将局部性重力分布在三个理论站距内

根据静力等效原则,以重力相等、力矩相等,仅能列出两个方程,而重力将在三个理论站距内进行分布,因此,需采用分步的方式进行分布,如图 2-3 所示。

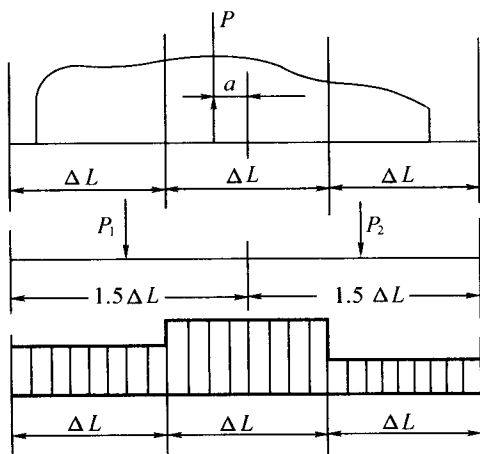


图 2-3 三个理论站距内的重力分布

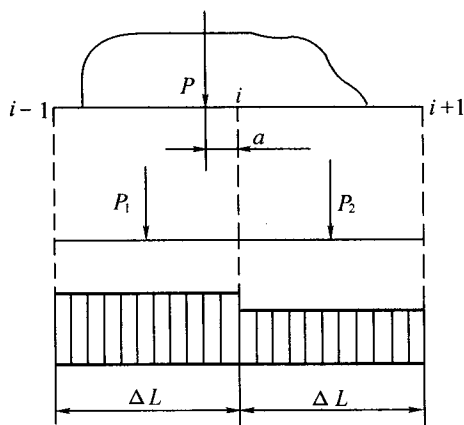


图 2-2 两个理论站距内的重力分布

a) 用 $1.5\Delta L$ 代替 ΔL , 将原重力分布为两部分重力 P_1, P_2 , 此两部分重力其分布范围分别为 $1.5\Delta L$ 。

b) 由于分布的范围在 $1.5\Delta L$ 内, 将该部分重力 P_1 在 $2\Delta L$ 范围内进行重新分布, 分布方法见上述两个理论站距内的分布; 同理对 P_2 也进行同样地处理。

c) 将 P_1 分布在中间 ΔL 范围内的重力与 P_2 分布在中间 ΔL 范围内的重力进行叠加。

③ 艏艉端的局部性重力分布

由于船舶在艏艉端会有部分重力延伸至 20 号站线之前、0 号站线之后, 如球鼻艏等, 其重力可能超过空船重力的 1%, 且其超



出部分相对较长,因此,将此部分重力进行分布时,应将之分布在相邻的两个站距之内,其中一站距内重力为正值,另一站距内重力为负值,见图 2-4 所示。

由重力相等

$$P_1 - P_2 = P$$

由力矩相等

$$\left(-\frac{1}{2}P_1 + \frac{3}{2}P_2 \right) \Delta L = P \times a$$

$$\left. \begin{aligned} P_1 &= P \left(\frac{3}{2} + \frac{a}{\Delta L} \right) \\ P_2 &= P \left(\frac{3}{2} - \frac{a}{\Delta L} \right) \end{aligned} \right\} \quad (2-3)$$

式中 a 为突出部分重心距端点站的距离。

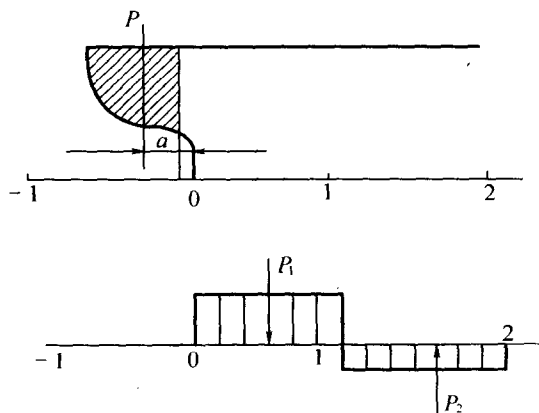


图 2-4 艏部重力在两理论站距内的分布

④更长范围内的重力分布

均可按上述方法进行处理,计算时仅需将重力分布在等分段长度范围内,再将各段内的重力进一步分布在新的等分段长度内,直至将各重力均匀分布在理论站距内。如:将 10 个理论站距内重力分布在两个 5 个理论站距范围内,再对其中之一的 5 个站距内的重力进一步分布到两个 3 个理论站距内,再按上述方法进行细分到每个理论站距。

分布时应注意:

a) 对某些集中重力,如绞车等,应在其相应的适当站距内进行分布,以满足分布范围大致相同的原则;

b) 若某项重力不超过船舶重力的 1%,则可认为此项重力是均匀分布在相应理论站距内的;

c) 若某几项重力均不超过船舶重力的 1%,但该几项重力均在同一分布范围,其累加重力超过船舶重力的 1%,则应将这些几项重力按静力等效原则进行重新分布。

(2) 总体性重力的分布

对于总体性重力的分布,一般是在船体详细的结构设计之前,就需要用近似的和理想化的分布曲线来代替真实的分布,因此,根据船舶总的重力和重心的纵向坐标来进行近似的绘制重力曲线。

① 梯形法

对于一些具有平行舢体的船舶来说,其舢部方正、丰满,舢艏两端尖瘦。因此,在对船体和舢装等全船性重力进行分布时,可以近似地用梯形的曲线来表示,即平行舢体部分用均匀的重力分布,而两端部分则用两个梯形分布来代替,如图 2-5 所示。为了简化计算,通常三部分的长度均取为船长的 1/3。

根据静力等效原则,分布曲线所围的面积等于船体及舢装品的总重力,面积形心的纵向坐标与实际重力重心的纵向坐标相一致,从而可得到梯形的形状参数 a, b, c 之间的关系为

$$\left. \begin{aligned} 4b + a + c &= 6 \\ a - c &= \frac{108}{7} \cdot \frac{x_g}{L} \end{aligned} \right\} \quad (2-4)$$



式中 x_g ——船体重心距船中的距离
(舳后为正), m;
 L ——船长, m。

根据统计资料表明, 对于一般的瘦形船舶来说, $b = 1.195$

$$\left. \begin{aligned} a &= 0.61 + \frac{54}{7} \cdot \frac{x_g}{L} \\ c &= 0.61 - \frac{54}{7} \cdot \frac{x_g}{L} \end{aligned} \right\} \quad (2-5)$$

对于肥形船舶, $b = 1.174$, 则

$$\left. \begin{aligned} a &= 0.652 + \frac{54}{7} \cdot \frac{x_g}{L} \\ c &= 0.652 - \frac{54}{7} \cdot \frac{x_g}{L} \end{aligned} \right\} \quad (2-6)$$

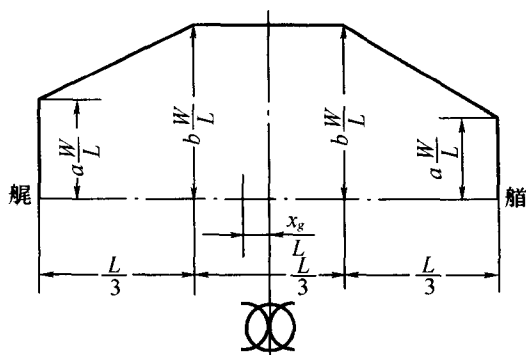


图 2-5 船体重力的梯形法分布

②围长法

对于某些船舶主体结构重力的分布, 可以采用围长法来进行处理, 即假设船体结构单位长度的重力与该横剖面围长(包括甲板)成比例, 则任一 x 剖面处的单位长度的重力可表示为

$$w(x) = \frac{W_h \cdot l(x)}{A} \quad (\text{kN/m}) \quad (2-7)$$

式中 W_h ——船舶主体结构的总重力, kN;
 $l(x)$ —— x 剖面处包括甲板的围长, m;
 A ——整个主船体的表面积, m^2 。

用上述的近似方法绘制的重力曲线, 由于, 是在船体结构设计之前进行的, 因此, 只能与实际的重力分布规律相近似, 在知道了实际的重力分布曲线后应对之进行修正; 对于形状复杂的特种船舶, 上述方法显然不适用。

当船体详细的结构设计大体完成之后, 可选几个典型的横剖面, 计算其单位长度的重力, 从而可得到更精确的重力分布曲线。

通过上述局部性、全船性的重力分布, 将同一理论站距内的重力值叠加, 就可得到船舶在某一计算状态下总的重力分布曲线。实际重力分布计算常采用表 2-1 进行。

表 2-1 实际重力分布计算表

序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
重力项目	船体 重力	舾装 设备	轮机 电气	空船 重力	船员	旅客	粮食 行李	货物	燃油 及水	装载 重力	总重力 强度	总重力	力臂 因素	对中 力矩
站距	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/(kN/m)	/kN		
				1 + 2 + 3						5 ~ 9 总和	4 + 10	11 × ΔL		12 × 13 × ΔL
0—1													-9.5	