



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

航海类专业精品系列教材

船舶原理

杜嘉立 主 编
姜 华 副主编

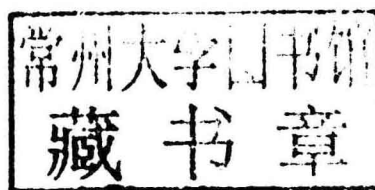


大连海事大学出版社

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
航海类专业精品系列教材

船舶原理

杜嘉立 主 编
姜 华 副主编



大连海事大学出版社

©杜嘉立 2011

图书在版编目(CIP)数据

船舶原理 / 杜嘉立主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2011. 6
普通高等教育“十一五”国家级规划教材. 航海类专业精品系列教材
ISBN 978-7-5632-2597-2

I. ①船… II. ①杜… III. ①船舶原理—高等学校—教材 IV. ①U661

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 119793 号

大连海事大学出版社出版

地址:大连市凌海路 1 号 邮政编码:116026 电话:0411-84728394 传真:0411-84727996

<http://www.dmupress.com> E-mail: cbs@dmupress.com

大连金华光彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2011 年 6 月第 1 版 2011 年 6 月第 1 次印刷

幅面尺寸:185 mm × 260 mm 印张:12.75

字数:310 千 印数:1 ~ 3000 册

责任编辑:史洪源 版式设计:海 韵

封面设计:王 艳 责任校对:高 炯

ISBN 978-7-5632-2597-2 定价:22.00 元

前 言

海上运输是交通运输的重要组成部分,在促进外贸运输发展和推动对外贸易增长等方面以其他运输方式不可比拟的优势发挥出越来越重要的作用。

大连海事大学作为我国唯一的国家重点航海类专业院校,多年来为我国乃至国际海上运输业培养了大量的航海类专业高级人才,对促进航运业的发展起到了重要作用。近年来,随着科学技术的进步和交通运输业的发展,学校针对航海类专业的鲜明特色,在人才培养方案、教学内容及课程体系改革等方面进行了一系列的研究和实践。在此基础上,我校组织编写出一套与新的培养方案、教学内容及课程体系相适应的航海类专业精品系列教材,旨在加强航海类专业建设,提高航海类人才培养的质量和水平,进一步推动高等航海教育的发展。

为了保证航海类专业精品系列教材顺利出版,学校在人力、物力和财力等方面予以充分保证。组织校内航海类专业的资深专家、骨干教师和管理干部做了大量工作,从筹备、调研、编写、评审直至正式出版,历时三载有余。2005年5月,学校先后组织召开了两次航海类专业教学改革研讨会,来自交通部海事局、辽宁海事局、中国远洋运输(集团)总公司、中国海运(集团)总公司、中国船级社等单位的专家为教材编写的筹备工作提出了中肯的意见和建议。2006年初,教材编写工作正式启动,确定重新编写航海类专业教材22种,其中航海技术专业教材13种、轮机工程专业教材9种。教材编写大纲先后征求了中国远洋运输(集团)总公司、中国海运(集团)总公司及大连海事大学等单位10多位专家的意见。学校组织教材主要编写人员分赴北京、天津、青岛、上海、广州、武汉及厦门等多家航运企事业单位进行调研,收集了大量的最新技术资料,同时听取了有关领导和专家的意见。2007年我校先后召开了五次评审会,来自交通部海事局、驻英大使馆海事处、中国海事服务中心考试中心、辽宁海事局、山东海事局、中国远洋运输(集团)总公司、中国海运(集团)总公司、大连港引航站、上海海事大学、海军大连舰艇学院、大连水产学院、集美大学、青岛远洋船员学院及大连海事大学等单位的多位专家对22种教材的初稿就内容、文字及体例等方面逐一评审,反复推敲,几易其稿,逐步完善,反复审核,最终正式出版。该套教材中共有16种教材入选普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

这套航海类专业精品系列教材以履行修订后的STCW公约为前提,结合海上运输业发展的国际性和信息性等特点,以更新教学内容为重点,对原有教材做了大量的增删与修改,注重理论基础及内容阐述的逻辑性和准确性,力求反映国内外航海科技领域的新成就与新知识,适应21世纪海上运输业对航海类人才的知识、能力和素质结构的要求,兼顾各教材内容之间的衔接与整合,避免重复与遗漏。我衷心地希望,通过全体编写人员的不懈努力,这套精品系列教材,能够进一步加强我校航海类专业的建设,为国内兄弟院校航海类专业的发展提供有益的借鉴,为我国高等航海教育发展尽微薄之力。

教材在编写和出版过程中,得到了方方面面领导、专家和同仁的大力支持和热心帮助(具体名单附后)。我谨代表大连海事大学及教材编写全体成员对以上单位和个人致以最诚挚的谢意。各位专家和同仁渊博的专业知识、严谨的治学态度、精益求精的学术风范以及细致入微

的工作作风为教材的顺利出版作出了卓越的贡献,在很大程度上可以说,这套教材的成功出版,是全体编写人员,各港航企事业单位的领导、专家和同仁共同努力的成果。

航海类专业精品系列教材的编写是一项繁重而复杂的工作,鉴于时间和人力等方面的因素,这套教材在某些方面还不是十分完善,缺点和不妥之处在所难免,希望同行专家不吝指正。同时,希望以此为契机,吸引更多航海技术领域的专家、学者参与到这项工作中来,为我国航海教育献计献策,为我国乃至国际海上运输事业培养出大量高素质的航海类专业人才。

大连海事大学校长



2008 年 3 月

对教材出版给予大力支持和帮助的单位及个人如下:(以姓氏笔画为序)

于晓利	教授	大连水产学院
于智民	高级船长、高工	中远散货运输有限公司
马文华	高工	大连远洋运输公司
方伟江	轮机长	中海国际船舶管理有限公司上海分公司
王 阳	高工	中海国际船舶管理有限公司大连分公司
王 健	高工、高级引航员	大连港引航站
王国荣	高级轮机长	中远散货运输有限公司
王征祥	船长	中远集装箱运输有限公司
王新全	高工、总轮机长	中国远洋运输(集团)总公司
车 毅	船长	大连远洋运输公司
叶依群	高级船长	中远散货运输有限公司
田喜林	高工	中海国际船舶管理有限公司大连分公司
石爱国	教授	海军大连舰艇学院
任辰西	高级船长	中远散货运输有限公司
刘 屹	高工	大连远洋运输公司
刘世长	船长	日照海事局
孙 广	高工	辽宁海事局
安 彬	高级船长	大连远洋运输公司
邢 钺	高工	中远散货运输有限公司
吴 恒	教授、博导	大连海事大学
吴万千	副教授	青岛远洋船员学院
张仁平	教授	驻英大使馆海事处
张文浩	高工	中远散货运输有限公司
张均东	教授、博导	大连海事大学
张秋荣	教授	上海海事大学
李 录	高级轮机长	广州远洋船员管理公司

李志华	副教授	大连海事大学
李忠华	高工	珠海海事局
李恩洪	船长、高工	交通部海事局
李新江	副教授	大连海事大学
杜荣铭	教授	大连海事大学
杨君浩	轮机长	中海国际船舶管理有限公司上海分公司
沈毅	工程师	辽宁海事局
邱文昌	教授	上海海事大学
邱铁卫	高级轮机长	大连远洋运输公司
邵哲平	教授、船长	集美大学
邹文生	高级轮机长	大连远洋运输公司
陈志强	高级轮机长	中远集装箱运输有限公司
陈建锋	高工、高级船长	中远散货运输有限公司
周邱克	高工、高级船长	中海客轮有限公司
房世珍	大副	青岛远洋对外劳务合作有限公司
易金华	指导船长、高级船长	中海国际船舶管理有限公司广州分公司
林长川	教授	集美大学
金松	教授级高工	中国船级社大连分社
金义松	船长、高工	中海国际船舶管理有限公司
姚杰	教授	大连水产学院
姜勇	教授级高工	山东海事局
洪碧光	教授、船长	大连海事大学
赵金文	高工、轮机长	大连远洋运输公司
赵晓玲	副教授	青岛远洋船员学院
赵爱屯	高级船长	中海国际船舶管理有限公司大连分公司
夏国忠	教授	大连海事大学
徐波	高工	中远集装箱运输有限公司
敖金山	高级船长	枫叶海运有限公司
殷传安	高级轮机长	中海国际船舶管理有限公司大连分公司
郭子瑞	教授	辽宁海事局
郭文生	高级船长	广州远洋船员管理公司
顾剑文	高工	大连国际船员培训中心
崔保东	船长	青岛远洋对外劳务合作有限公司
黄党和	轮机长	中国海事服务中心
蔡振雄	教授	集美大学
魏茂苏	轮机长	青岛远洋对外劳务合作有限公司

编者的话

《船舶原理》是航海类专业的专业基础课教材,本书包括船舶原理和船体强度两部分。船舶原理是以理论力学和流体力学为基础研究船舶平衡和运动规律的一门科学;船体强度是以材料力学和结构力学为基础研究船体抵抗内外力作用的一门科学。

本书编写尽可能将近年来相关公约、规则及规范的新内容覆盖于各章节中,从船舶的基本原理、基本知识、估算方法、试验研究、船舶规范与衡准等方面加以论述,宗旨是使学习者对船舶的基本特性、计算原理和安全评判方法有一全面的了解,为培养综合分析问题的能力打下良好的基础。

全书共分为十一章:第一章船体形状,第二章船体计算的近似积分法,第三章浮性,第四章稳性,第五章吃水差,第六章抗沉性,第七章船体强度,第八章船舶阻力,第九章船舶推进,第十章摇荡性,第十一章操纵性。

本书由杜嘉立主编,姜华副主编,参编的还有叶正兵、赵海莲。全书由杜嘉立修改并统稿。由于编者水平有限,书中难免存在错误和不妥之处,恳请读者批评指正。

杜嘉立
2011年1月

目 录

第一章 船体形状	(1)
第一节 型线图	(1)
第二节 船舶尺度	(3)
第三节 主尺度比	(5)
第四节 船型系数	(6)
习题一	(7)
第二章 船体计算的近似积分法	(8)
第一节 船体计算的坐标系	(8)
第二节 近似积分法	(8)
习题二	(11)
第三章 浮性	(13)
第一节 船舶的平衡条件及浮态	(13)
第二节 船舶重量和重心位置	(15)
第三节 排水量和浮心位置的计算	(19)
第四节 平行沉浮及每厘米吃水吨数	(29)
第五节 舷外水的密度改变对船舶浮态的影响	(30)
第六节 储备浮力及载重线标志	(32)
习题三	(34)
第四章 稳性	(36)
第一节 船舶稳性的基本概念	(36)
第二节 初稳性	(37)
第三节 船内重物变化对船舶初稳性的影响	(41)
第四节 装卸重物对船舶初稳性的影响	(47)
第五节 大倾角稳性	(52)
第六节 静稳性曲线的应用	(57)
第七节 动稳性曲线图	(61)
第八节 影响船舶稳性的因素	(63)
第九节 船舶稳性规范简介	(67)
第十节 船舶随浪稳性	(72)
习题四	(73)
第五章 吃水差	(75)
第一节 航行船舶对吃水及吃水差的要求	(75)
第二节 船舶纵稳性	(76)
第三节 船舶吃水差	(77)

第四节	船舶进坞与搁浅	(84)
第五节	纵倾对船舶浮态与稳性的影响	(86)
习题五		(88)
第六章	抗沉性	(90)
第一节	抗沉性基本概念	(90)
第二节	船舶第一、二类舱室浸水后的浮性和稳性的计算	(92)
第三节	船舶第三类舱室浸水后的浮性和稳性的计算	(93)
第四节	海洋客船的分舱和破舱稳性	(95)
第五节	船舶抗沉能力的分析	(97)
第六节	破损控制图和破损控制手册	(98)
习题六		(99)
第七章	船体强度	(100)
第一节	基本概念	(100)
第二节	船体总纵弯矩和切力的计算	(101)
第三节	影响船体总纵弯矩和切力的因素	(106)
第四节	总纵弯曲应力与剪切应力的计算	(107)
第五节	总纵强度	(109)
第六节	估算法控制船中弯矩	(112)
第七节	局部强度	(114)
第八节	船舶装载手册简介	(116)
习题七		(119)
第八章	船舶阻力	(121)
第一节	船舶阻力的分类和成因	(121)
第二节	相似定律与傅汝德假设	(126)
第三节	基本阻力的估算及百分数	(129)
第四节	附加阻力的计算	(133)
第五节	限制航道中船舶的阻力	(135)
习题八		(137)
第九章	船舶推进	(138)
第一节	螺旋桨的结构和几何特征	(138)
第二节	机翼的升力和阻力	(140)
第三节	螺旋桨的工作原理	(142)
第四节	船体和螺旋桨的相互影响	(147)
第五节	螺旋桨的空泡现象	(150)
第六节	影响螺旋桨推进性能的因素	(153)
第七节	特种螺旋桨	(154)
习题九		(155)
第十章	摇荡性	(157)
第一节	船舶摇荡运动的基本概念	(157)

第二节	船舶在静水中的横摇	(160)
第三节	船舶在静水中无阻尼纵摇和垂荡	(164)
第四节	波浪运动简介	(165)
第五节	船在波浪中的摇荡	(167)
第六节	减摇装置	(172)
习题十		(174)
第十一章	操纵性	(175)
第一节	船舶操纵性的基本概念	(175)
第二节	船舶操纵运动方程	(176)
第三节	舵	(177)
第四节	船舶的回转运动	(181)
习题十一		(187)
参考文献		(188)

第一章 船体形状

船体的几何形状指船体的外部形状,能够反映出船体的大小、形状、肥瘦变化及船体线型(Hull forms)的光顺程度。船体的几何形状一般都是双向曲面,它对于船舶的性能、船体强度等有很大的影响,通常是用型线图来描述的。

船体几何形状对于船舶性能、船体强度等有很大的影响,所以,在研究船舶性能之前,首先要了解船体形状的定义和表达方法、型线图的绘制和识读及各种船舶参数的定义。

第一节 型线图

型线图(Lines Drawing/Lines plan)是描述船体几何形状和大小的图形。是船舶设计、性能计算和建造的重要依据,它所表示的船体外形为船体型表面(Moulded surface)。钢船的型表面为外板的内表面(不包括船壳板和甲板板厚度在内的船体表面),水泥船和木质船的型表面则为船壳的外表面。

图 1-1 所示的三个互相垂直的基准面(Base planes)是型线图绘制的基本投影平面,符号“ $\boxtimes$ ”表示船长(垂线间长)的中点。

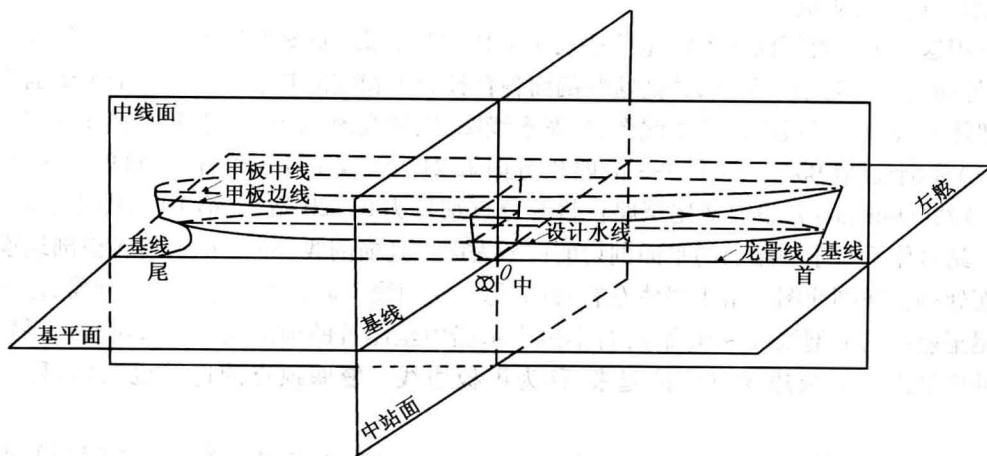


图 1-1 三个互相垂直的基准面

中线面(Center line plane)——通过船宽中央的纵向垂直平面,它将船体分为左右舷两部分,一般情况下中线面是船体左右两舷部分的对称面。

中站面(Midships plane)——通过船长(垂线间长或设计水线长)中点的横向垂直平面,且垂直于船舶的中线面,它将船体分为首、尾两部分。

基平面(Base plane)——通过中线面和中站面交线上的船底板上缘平行于设计水线面的平面。它与中线面、中站面相互垂直。

基线(Baseline)——基平面与中线面的交线称为基线。

船体的几何形状是比较复杂和不规则的,必须用型线图才能准确地表示出来。但是三个主要剖面可以大致地反映出船体几何形状的特征。这三个主要剖面(如图 1-2 所示)是:

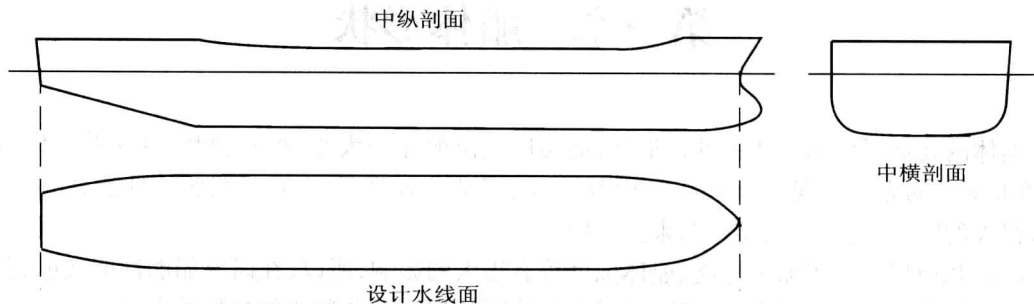


图 1-2 三个主要剖面

中纵剖面(Centreline)——中线面与船体型表面相截所得的船体剖面。中纵剖面的形状反映甲板、船底、首尾端的侧视轮廓,对船舶操纵性、速航性、耐波性有影响。

中横剖面(Midship section)——中站面与船体型表面相截所得的船体剖面。中横剖面的形状反映了舷侧外板的外飘程度、舭部升高和舭部半径的大小,对船舶阻力、横摇、舱容的大小、排泄舱底水有影响。

设计水线面(Designed waterline)——过设计夏季载重吃水(Designed summer draft)作平行于基平面的水平面与船体型表面相截所得的船体剖面。设计水线面的形状对船舶阻力、稳性、船舶布置等有影响。

仅用这三个主要剖面并不能完整地表示船体的型表面,如图 1-3 所示平行于上述三个基平面,等间距截取若干个剖面,并把这些剖面各自投影于相应的基准面上与三个主要剖面图形成船体型线图。型线图由横剖线图、半宽水线图、纵剖线图、型值表、船舶主尺度组成。

(1)横剖线图(Body plan)——沿船长方向取 21 个(或 11)个等分点,将船长等分为 20(或 10)站(Ordinates),设自船尾至船首将等分点编号为 0~20 站号,第 10 站即为中横剖面。过每一站号作平行于中站面的平面剖切船体型表面得到横剖线(Sections),将各横剖线投影到中站面处得到横剖线图。由于船体左右对称,每一横剖线只需画出半边即可。通常,左半边表示船尾至船中的横剖线(0~10 站);右半边表示船中至船首的横剖线(10~20 站)。另外,将各站处横剖面的甲板边缘点连接起来,称为甲板边线。舷墙顶点的连线也画出,称为舷墙顶线。

(2)半宽水线图(Half-breadth waterline plan)——沿吃水方向取若干个等间距的水平剖面,将各水平剖面截船体型表面所得的曲线称为水线(Waterlines),将各水线投影到基平面处得到水线图。由于船体左右对称,每一水线只需画出半边即可,故称为半宽水线图。此外,在半宽水线图上还需画出上甲板边线、首、尾楼甲板边线和舷墙顶线等的水平投影,以反映出它们的俯视轮廓。

(3)纵剖线图(Sheer plan)——沿船宽方向平行于中线面,取若干个纵剖面,将各剖面截船体型表面所得的曲线称为纵剖线(Buttocks),将各纵剖线投影到中线面上,即得纵剖线图。在纵剖线图上还画出龙骨线、首尾轮廓线、甲板边线和舷墙顶线等的侧投影。

由于三组剖面图是相互垂直的,因此每一组剖切线在一个投影面上为曲线(表示它的真

实形状),而在另外两个投影面上则为直线。例如:纵剖线在纵剖线图上为曲线,而在横剖线图和半宽水线图上则为直线。船体型表面上任何一点在三个图上都有它相对应的位置,而且彼此必须符合“宽相等、高平齐”的原则。在绘制型线图时,可利用此原理校验型线图是否正确,并在横剖线图、半宽水线图、纵剖线图上对船舶曲线进行光顺。

在船体型线图上(经过放样和光顺后)量取各型线交点值的三向坐标,制成表格,称为型值表(Table of Offsets),型线图和型值表是计算船形参数和静水力性能的主要依据,同时也是船体建造的主要依据。

舷弧(Sheer):船舶的甲板边线自船中向首尾逐渐升高,船舶甲板边线的这种升高称为舷弧。在首尾垂线处的甲板升高称为“首舷弧”和“尾舷弧”。船舶的舷弧可减少船舶首尾部甲板的上浪,提高船舶的适航性等。

梁拱(Camber):甲板中线比其左右两舷的甲板边线高,这种高度差称为梁拱。船舶的梁拱有利于船舶迅速排泄甲板积水,增强甲板刚性等。

平行中体(Paralled middle body):船中前后有一段船体在设计水线下的横剖面形状与中横剖面处相同,称为平行中体。

第二节 船舶尺度

船舶尺度是反映船体大小的几何参数,这些参数对于船舶设计、建造、操纵、避碰、船舶管理都十分重要。船舶尺度按其度量方式不同,可分为主尺度、登记尺度、最大尺度三类。

一、主尺度

从型表面上量取的尺度称为型尺度。船舶的主尺度(Principal dimension)是根据《钢质海船入级规范》定义的船体型尺度,主要用于船舶性能计算。主尺度包括船长、型宽、型深和型吃水(图14)。

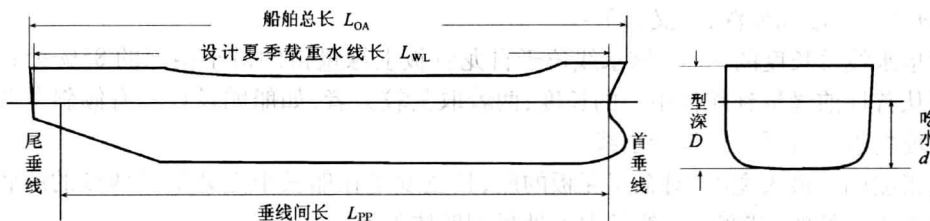


图14 船舶尺度

首垂线(Forward perpendicular/FP):通过夏季载重线与首柱前缘交点的垂线。

尾垂线(After perpendicular/AP):通过夏季载重线与舵柱后缘交点的垂线,对现代无舵柱的船舶取舵杆中心线。

垂线间长 L_{pp} (Length between perpendiculars):首垂线与尾垂线之间的水平距离。

船长 L (Length):沿设计夏季载重水线,由首柱前缘量至舵柱后缘的长度;对无舵柱的船舶由首柱前缘量至舵杆中心线的长度;但均不得小于夏季载重水线总长的 96%,且不必大于 97%。一般情况下,船长指首尾垂线间长 L_{pp} (两柱间长)。

型宽 B (Moulded breadth):在船舶最宽处,由一舷肋骨的外缘量至另一舷肋骨的外缘之间的水平距离。

型深 D (Moulded depth): 在船长中点处, 沿船舷由平板龙骨上缘量至上层连续甲板横梁上缘的垂直距离。

型吃水 d (Moulded draught): 在船长中点处, 沿船舷由平板龙骨上缘量至夏季载重水线的垂直距离。

通常船舶的首尾吃水不同, 首吃水 d_F 是指首垂线处吃水, 尾吃水 d_A 是指尾垂线处吃水, 船中吃水 d_M 是指中横剖面处吃水, 三者满足

$$d_M = \frac{d_F + d_A}{2}$$

船舶的吃水差为船舶首尾吃水的差值, 即

$$t = d_F - d_A$$

干舷 F (Freeboard): 指在船长中点处, 沿舷侧自夏季载重水线量至干舷甲板上边缘的垂直距离, 即

$$F = D + \delta - d \approx D - d$$

式中: δ ——上甲板边板的板厚, 干舷甲板通常是最高一层露天全通甲板。

此外, 常用的船舶型尺度还有:

船舶总长 L_{OA} (Length overall): 包括两端上层建筑在内的船体型表面最前端与最后端的水平距离。

设计夏季载重水线 L_{WL} : 设计夏季载重水线与船舶型表面相交, 其最前端和最后端交点的水平的距离。

二、登记尺度

船舶登记尺度 (Register dimensions) 是根据《1969 年国际船舶吨位丈量公约》(International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969) 中的规定所定义的, 是主管机关在登记船舶和计算船舶总吨位、净吨位时所使用的尺度, 它载明于吨位证书 (Tonnage certificate) 上。登记尺度包括长度、宽度和型深, 定义如下:

长度指水线总长度的 96%, 该水线位于自龙骨板上缘量得的最小型深的 85% 处; 或者是指该水线从首柱前缘量到舵杆中心的长度, 两者取其较大者, 如船舶设计具有倾斜龙骨, 作为测量本长度的水线应平行于设计水线。

宽度指船舶的最大宽度, 对金属壳板的船, 其宽度是在船长中点处量到两舷的肋骨型线, 对其他材料壳板的船, 其宽度在船长中点处量到船体外面。

型深:

(1) 型深是指从龙骨上缘量到船舷处上甲板下面的垂直距离。对木质船舶和铁木混合结构船舶, 垂直距离是从龙骨镶口的下缘量起。倘船舶中央横剖面的底部具有凹形或装有加厚的龙骨翼板时, 垂直距离是从船底平坦部分向内引伸与龙骨侧面相交的一点量起。

(2) 具有圆弧形舷边的船舶, 型深是量到甲板型线和船舷外板型线相交之点, 这些线的引伸是把该舷边看作是设计为角形的。

(3) 当上甲板为阶形甲板, 并且其升高部分延伸超过决定型深的一点时, 型深应量到此甲板较低部分的引伸虚线, 此虚线平行于甲板升高部分。

三、最大尺度

船舶的最大尺度 (Overall dimensions) ——包括各种附属结构在内的, 从一端点到另一端

点的总尺度,最大尺度是船舶的实际尺度,主要用于检查船舶在营运中能否满足桥孔、航道、船闸、船台、泊位等外界条件的限制。

最大长度 $L_{\max}$ ——船舶最前端与最后端之间包括外板和两端永久性固定突出物(如顶推装置等)在内的水平距离。对于两端无永久性固定突出物的船舶,如木质、水泥、玻璃钢等船舶,最大长度等于总长,钢质船舶的最大长度与总长相差两端外板的厚度。

最大宽度 $B_{\max}$ ——包括船舶外板和永久性固定突出物(如护舷材、水翼等)在内的垂直于中线面的船舶最大水平距离。对于两舷无永久性固定突出物的船舶,如木质、水泥、玻璃钢等船舶,最大宽度等于型宽,钢质船舶的最大宽度与型宽相差两舷外板的厚度。

最大高度 $H_{\max}$ ——自船舶空载水准线面到船舶固定建筑物(包括固定的桅、烟囱等在内的任何构件)最高点之间的垂直距离。

第三节 主尺度比

船舶的主尺度只能表达船舶单方向的尺度大小,而不能反映船体的肥瘦程度。尺度比(Proportions)能够反映船舶的肥瘦程度和某些航海性能的好坏。常用的尺度比如下:

$\frac{L}{B}$ ——长宽比,与船舶快速性和操纵性有关,该比值大表示船体狭长,阻力较小,快速性好,航向稳定性好,但港内操纵不灵活。通常高速船的长宽比大于低速船的长宽比。

$\frac{B}{d}$ ——宽吃水比,与稳性、摇荡性有关。该比值大,稳性好,但耐波性变差,航行阻力增加。一般内河船的宽吃水比大于海船的宽吃水比。

$\frac{D}{d}$ ——深吃水比,与船舶大角度横倾时的稳性和抗沉性有关。该比值大,干舷高,储备浮力大,抗沉性好,大倾角稳性好。一般客船的深吃水比较大,而油船的深吃水比较小。

$\frac{B}{D}$ ——宽深比,与船体结构强度有关,该值越大,则船体横向强度越差,一般干货船 $\frac{B}{D} \leq 2.5$ 。

$\frac{L}{D}$ ——长深比,与船体结构强度有关,该值增大,对纵向强度不利,一般干货船的长深比 $\frac{L}{D} \leq 17$ 。

$\frac{L}{d}$ ——长吃水比,该值越大,船舶的操纵回转性能变差。

表 1-1 是各类船舶的尺度比值和船型系数的大致范围。

表 1-1 船舶尺度比和船型系数

系数尺度比	C_b	C_m	C_w	$\frac{L}{B}$	$\frac{B}{d}$	$\frac{D}{d}$
客船、集装箱船等高速船	0.50 ~ 0.60	0.85 ~ 0.97	0.68 ~ 0.78	6.0 ~ 8.5	2.5 ~ 3.5	1.2 ~ 2.0
普通货船等中速船	0.65 ~ 0.75	0.98 ~ 0.99	0.8 ~ 0.85	5.5 ~ 7.0	2.2 ~ 2.7	1.3 ~ 1.6
散货船、矿石船、油船等低速船	0.78 ~ 0.85	0.995	0.86 ~ 0.92	6.0 ~ 7.0	2.3 ~ 2.85	1.2 ~ 1.5

第四节 船型系数

船型系数(Form coefficients)是表示船体水下部分面积或体积肥瘦程度的无因次系数,这些系数的大小对分析船型和船舶性能等有很大的用处。

(1) 水线面系数 C_w (Waterplane coefficient)

与基平面相平行的任一水线面的面积 A_w 与由船长 L 、型宽 B 所构成的矩形面积之比(图 1-5(a)),即

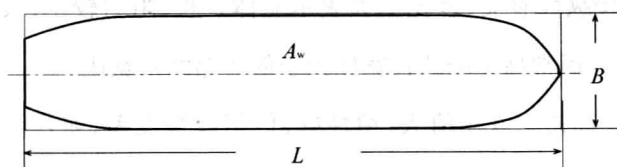
$$C_w = \frac{A_w}{L \cdot B}$$

水线面系数用来表示水线面的肥瘦程度,该值对船舶快速性、稳性和甲板布置都有影响。

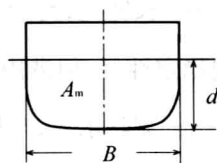
(2) 中横剖面系数 C_m (Midship section coefficient)

中横剖面处水线以下的面积 A_m 与由型宽 B 、吃水 d 所构成的矩形面积之比(图 1-5(b)),即

$$C_m = \frac{A_m}{B \cdot d}$$



(a) 水线面系数



(b) 中横剖面系数

图 1-5 面积系数

C_m 表示船体水线下的中横剖面的肥瘦程度,该值对船舶快速性和耐波性均有影响。如最大横剖面不在船中处,则应取最大横剖面处的有关数据。

(3) 方形系数 C_b (Block coefficient)

船体水线以下(通常指夏季载重水线)的型排水体积 ∇ (Molded volume) 与由船长 L 、型宽 B 、吃水 d 所构成的长方体体积之比(图 1-6),即

$$C_b = \frac{\nabla}{L \cdot B \cdot d}$$

方形系数用来表示船体水下体积的肥瘦程度,该值对船舶排水量、舱室容积、快速性、耐波性等均有影响。

(4) 棱形系数 C_p (Prismatic coefficient)

船体水线以下的型排水体积 ∇ 与由相对应的中横剖面面积 A_m 、船长 L 所构成的棱柱体体积之比(图 1-7),即

$$C_p = \frac{\nabla}{A_m \cdot L} = \frac{C_b}{C_m}$$

它的大小表示水线下排水体积沿船长方向的分布情况。 C_p 又称纵向棱形系数。

(5) 垂向棱形系数 C_{vp} (Vertical prismatic coefficient)

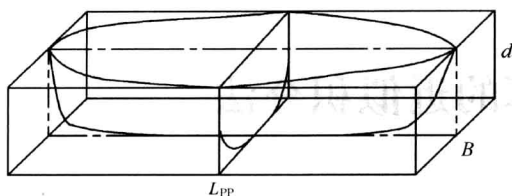


图 1-6 方形系数

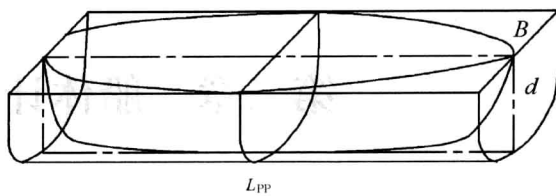


图 1-7 棱形系数

船体水线以下的型排水体积 ∇ 与由相对应的水线面面积 A_w 吃水 d 所构成的棱柱体体积之比(图 1-8),即

$$C_{vp} = \frac{\nabla}{A_w \cdot d} = \frac{C_b}{C_w}$$

C_{vp} 的大小表示水线下排水体积沿垂向的分布情况。

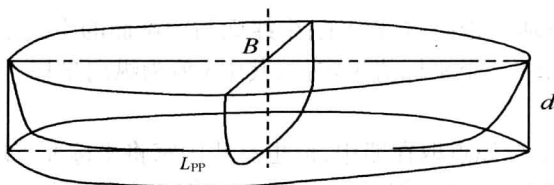


图 1-8 垂向棱形系数

从上述五个系数的表达式可见:水线面系数 C_w 、中横剖面系数 C_m 、方形系数 C_b 是三个互相独立的无因次系数,其他两个系数可以从这三个系数推导得出。各系数的定义如无特别指明,通常都是指设计水线处而言。在计算不同水线处的各系数时,其船长和船宽常用垂线间长(或设计水线长)和设计水线宽,如最大横剖面不在船中处,则应取最大横剖面处的有关数据,吃水则取所计算水线处的吃水值。

习题一

1. 已知某船的船长 $L = 129 \text{ m}$, 长宽比 $L/B = 6.93$, 吃水 $d = 8.08 \text{ m}$, 方形系数 $C_b = 0.7$, 求该船舶在淡水($\rho = 1.0 \text{ t/m}^3$)中的排水量。
2. 已知某船: $L = 120 \text{ m}$, $d = 5.8 \text{ m}$, $\nabla = 7350 \text{ m}^3$, $C_b = 0.62$, $C_w = 0.75$, 求船舶的水线面积 A_w 。
3. 某船在海水($\rho = 1.025 \text{ t/m}^3$)中的吃水 $d = 8.6 \text{ m}$, 长宽比 $L/B = 6.854$, 宽吃水比 $B/d = 2.36$, $C_m = 0.98$, $C_p = 0.685$, $C_{vp} = 0.824$, 求船舶的排水量 Δ 和水线面系数 C_w 。
4. 名词解释:型表面,附体,船体坐标系,型线图,船型系数,主尺度,最大尺度,登记尺度,主要剖面,舷弧,梁拱,平行中体。