



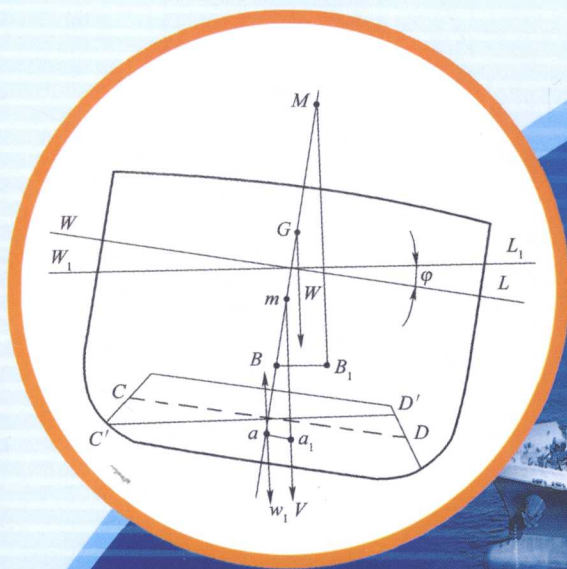
国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

航海技术专业

船舶原理

◎主编 徐莉 张秀凤

◎主审 林大华 [福建省船舶设计院]



人民交通出版社
China Communications Press

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

Chuanbo Yuanli

船舶原理

(航海技术专业)

主编 徐 莉 张秀凤

主审 林大华 [福建省船舶设计院]

人民交通出版社

内 容 提 要

本书是国家示范性高等职业院校重点建设专业教材。全书共十章,内容包括:绪论、船体几何要素及近似计算、浮性、初稳性、大倾角稳性、抗沉性、流体力学基础、船舶阻力、船舶推进、操纵性和耐波性方面的知识。

本书为高职航运院校船舶技术专业基础课教材,同时可作为造船专业以及相关专业的教学用书,也可供各类修、造船厂,科研设计单位的有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

船舶原理 / 徐莉, 张秀凤主编. —北京: 人民交通出版社, 2009. 11

ISBN 978-7-114-08017-3

I. 船… II. ①徐…②张… III. 船舶原理 IV. U661

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 190773 号

国家示范性高等职业院校重点建设专业教材

书 名: 船舶原理

著 者: 徐 莉 张秀凤

责任编辑: 富砚博

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街3号

网 址: <http://www.ccpres.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 北京中交盛世书刊有限公司

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787 × 1092 1/16

印 张: 18.5

字 数: 457 千

版 次: 2009 年 11 月 第 1 版

印 次: 2009 年 11 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08017-3

定 价: 46.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序

2006年是中国高等职业教育的春天。这一年,我国教育部、财政部启动了国家示范性高等职业院校建设计划,高等职业教育首次被定性为中国高等教育发展的一种类型。时代赋予了高等职业教育非常广阔的发展空间。

2006年也是福建交通职业技术学院发展的春天。同年12月,这所有着140多年办学历史的百年老校,被确定为全国首批国家示范性高等职业院校建设单位。这对学校而言,是荣誉更是责任,是挑战更是压力。

国家示范性院校建设的核心是专业建设,而课程和教材又是专业建设的重要内容之一。如何通过课程的建构来推动人才培养模式的改革和创新?教材编写工作又如何与学校人才培养模式和课程体系改革相结合?如何实现课程内容适合高素质技能型人才的培养?这均是我校示范性建设中的重要命题。

难能可贵的是,3年来,在全体教职员工的不懈努力下,我校8个重点建设专业(6个为中央财政支持的重点建设专业)在实验实训条件建设、师资队伍建设、人才培养模式与课程体系改革等方面,都取得了突破性的进展。

更令人欣慰的是,我院教师历经3年的不断探索和实践,为我院的教材建设作出了功不可没的成绩。一系列即将在人民交通出版社出版的国家示范性高等职业院校重点建设专业教材,就是我院部分成果的体现。在这些教材中,既有工学结合的核心课程教材,也有专业基础课程教材。无论是哪种类型的教材,在编写中,我院都强调对教材内容的改革与创新,强调示范性院校专业建设成果在教材中的固化,强调教材为高素质技能型人才培养服务,强调教材的职业适应性。因为新教材的使用,必须根植于教学改革成果之上,反过来又促进教学改革目标的实现,推进高职教育人才培养模式改革。

培养社会所需要的人,是我院一直不懈的努力方向,而这些教材就是我们努力前行的足迹。

在这些教材的编写过程中,也倾注了相关企业有关专家的大量心血和辛勤劳动,在此谨向他们表示衷心的感谢!

福建交通职业技术学院院长
福州大学博士生导师



前 言

本书是福建交通职业技术学院国家示范性高职院校建设期间“工学结合、校企合作”的产物,注重培养学生实践能力和严谨的工作态度,按照简明、适用、实用的原则,系统介绍了船舶静力学和船舶动力学的相关知识。本书将各个章节分解为几个知识点,每个知识点后面均布置相应的任务以检验学习成果,进一步明确了学习目的。同时,本书增加了大量实例,目的是更好地培养学生动手实践的能力,并使教—学—用紧密结合,加深对知识的理解。

本书由福建交通职业技术学院徐莉、大连海事大学航海学院张秀凤副教授主编,原福建省船舶设计院院长林大华高工主审。徐莉编写第一~五章,张秀凤编写第六~十章;全书最后由徐莉统稿,福州海洋船舶研究所江金春同志提供了部分资料。本书编写过程中,广泛征求了有关教师、行业主管部门和校企合作造船企业的意见,使教材的系统性和实用性更强,在此一并表示衷心感谢。

由于我们水平有限,疏漏和不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者
2009年7月

目 录

绪论	1
第一章 船体几何要素及近似计算	2
知识点 1 船体主尺度	3
知识点 2 船形系数	4
知识点 3 船体近似算法	6
知识点 4 梯形法在船体计算中的应用	12
思考与练习	17
第二章 浮性	19
知识点 1 船舶浮态	20
知识点 2 船舶重量和重心位置的计算	21
知识点 3 排水量和浮心位置的计算	23
知识点 4 在任意吃水下排水体积和浮心位置计算	28
知识点 5 船舶在纵倾状态下排水体积和浮心位置的计算	33
思考与练习	38
第三章 初稳性	40
知识点 1 初稳性概念	40
知识点 2 浮心的移动和稳心及稳心半径	41
知识点 3 初稳性公式和稳性高	46
知识点 4 船舶静水力曲线图	49
知识点 5 载荷移动对船舶浮态及初稳性的影响	51
知识点 6 装卸载荷对船舶浮态及初稳性的影响	55
知识点 7 自由液面对船舶初稳性的影响	60
知识点 8 悬挂重量对船舶初稳性的影响	63
知识点 9 船舶倾斜试验	66
思考与练习	72
第四章 大倾角稳性	74
知识点 1 大倾角时船舶复原力矩及静稳性曲线	74
知识点 2 稳性横截曲线	81
知识点 3 上层建筑及自由液面对静稳性曲线的影响	85
知识点 4 动稳性及动稳性曲线	89
知识点 5 静稳性曲线和动稳性曲线的应用	92
知识点 6 稳性衡准	95
知识点 7 稳性的影响因素和改善稳性的措施	99
思考与练习	101

第五章 抗沉性	103
知识点 1 进水舱的分类及渗透率	104
知识点 2 舱室进水后船舶浮态及稳性的计算	106
知识点 3 可浸长度的计算	111
思考与练习	120
第六章 流体力学基础	121
知识点 1 流体的主要物理性质	121
知识点 2 流体静力学基本方程	125
知识点 3 流体运动学基础	128
知识点 4 流体动力学基础	131
思考与练习	139
第七章 船舶阻力	140
知识点 1 船舶阻力的分类	140
知识点 2 基本阻力	141
知识点 3 附加阻力	144
知识点 4 船舶阻力的近似估算	146
知识点 5 船舶阻力相似理论和阻力换算	155
知识点 6 船舶摩擦阻力的计算	160
思考与练习	163
第八章 船舶推进	164
知识点 1 基本概念	164
知识点 2 螺旋桨的几何特性	168
知识点 3 螺旋桨的理论基础	173
知识点 4 螺旋桨的工作原理	178
知识点 5 螺旋桨模型的敞水试验	184
知识点 6 螺旋桨与船体相互影响	186
知识点 7 螺旋桨设计方法及 $B_p-\delta$ 型图谱的应用	194
知识点 8 螺旋桨的空泡现象和强度校核	202
知识点 9 拖船的拖力曲线及自由航速的估算	220
知识点 10 设计螺旋桨时应考虑的若干因素	223
知识点 11 图谱设计螺旋桨实例	226
知识点 12 螺旋桨总图的绘制	235
思考与练习	243
第九章 船舶操纵性	245
知识点 1 基本概念	245
知识点 2 回转中的横倾角	248
知识点 3 舵力和舵	249
知识点 4 舵的设计	253
第十章 船舶耐波性	268
知识点 1 船舶摇荡运动的基本概念	269

知识点 2 船舶在静水中的横摇	270
知识点 3 静水无阻尼纵摇和垂荡	272
知识点 4 船舶在波浪中的横摇	274
知识点 5 减摇装置	276
附录 螺旋桨设计图谱	281
参考文献	286

绪 论

船舶原理是研究船舶航行性能的一门科学,与船舶的使用效能和航行安全有着密切联系。船舶作为一种漂浮于水面上的建筑物,就要求它们具有浮性、稳性和抗沉性,以确保安全地漂浮于一定位置水面上。同时,船舶作为一种运输工具,就要求具有快速性、操纵性和摇荡平稳性。为了研究方便可划分为船舶静力学和船舶动力学两部分:前者以流体静力学为基础,研究船舶在不同条件下的浮性、稳性及抗沉性等问题;后者以流体动力学为基础,研究船舶的阻力、推进、摇摆及操纵等运动问题。船舶的航行性能包括:

1. 浮性

船舶在一定装载情况下浮于一定水平位置的能力。

2. 稳性

船舶能抵抗一定的外力矩作用(如风浪的作用)不致倾覆的能力。显然,这是保证水上建筑物的安全性所必须具备的一种性能。按倾角的大小,稳性可区分为初稳性和大倾角稳性。

3. 抗沉性

当船体破损,海水进入舱室时,船舶仍能保持一定浮性和稳性而不致沉没或倾覆的能力,即船舶在破损后的浮性和稳性。这也是保证水上建筑物安全所必须具备的性能。

4. 快速性

船舶在主机额定功率下,以一定速度航行的能力。通常包括船舶阻力和船舶推进两大部分,前者研究船舶航行时所遭受的阻力,后者研究克服阻力的推进器及其与船体之间的相互作用。

5. 耐波性(或称适航性)

船舶在风浪海况下航行时的运动性能。主要研究船舶的横摇、纵摇及升沉(垂荡)等,习惯上统称为摇摆运动。

6. 操纵性

船舶在驾驶员的操纵下保持既定航向的能力(即航向稳定性)或改变航向的能力(即回转性)。因此,船舶操纵性包括航向稳定性和回转性两部分内容。

优良的航行性能大体包括:船舶是否具有合理的浮态和足够的稳性,是否属低阻力的优良船型,推进器的效率是否最佳,推进器与船体及主机是否匹配,是否具有有良好的航向稳定性和回转性,在风浪中航行时是否会产生剧烈的摇摆运动以及砰击、甲板上浪及失速等。在实际造船工作中,船舶航行性能是有一定衡量指标的,有些指标是由船级社及国际组织考虑到航海安全性而规定的硬指标,有些指标则是与长期积累的优秀船型资料相比较而判定的。所有这些指标都和船舶的主要尺度、船体形状、装载情况等密切相关。

第一章 船体几何要素及近似计算

• 能力目标

1. 掌握船体主尺度、船型系数等的定义及几何意义,能够根据相关数据计算船型系数。
2. 理解船体近似计算法的基本原理,能运用梯形法、辛氏法进行积分的近似计算。
3. 能运用梯形法进行船体水线面和横剖面计算。
4. 掌握曲线端点修正方法。

船体主尺度、船型系数和尺度比是表示船体大小、形状、肥瘦程度的几何参数,这些参数直接影响船舶的航行性能,是船舶设计、建造的基本参数。

知识准备:船舶基准面与坐标系

1. 船舶基准面

船舶基准面如图 1-1a) 所示。它包括:

中线面:过船宽中央的纵向垂直平面,它把船体分为互相对称的左右两部分。

中站面:过船长中点的横向垂直平面,它把船体分为首尾两部分。

基平面:一般指过船长中点,龙骨板上缘且平行于设计水线面的平面。(有的则采用设计水线面,即通过设计水线处的水平面,它把船体分为水上和水下两部分。)

2. 船舶坐标系

坐标原点:取船舶三个基准面的交点。

x 轴(纵轴):取中线面与基平面的交线,且向船首方向。

y 轴(横轴):取中站面与基平面的交线,且向船右舷方向。

z 轴(垂轴):取中线面与中站面的交线,且向上方向。

3. 几个概念

型表面是指不包括附体(如舵、舳龙骨等)的船体外形的设计表面。对于金属船体是指外板的内表面。

船体型表面在中线面和中站面上的截面分别称为中纵剖面和中横剖面。在设计水线面上的截面也称为设计水线面,如图 1-1b) 所示。

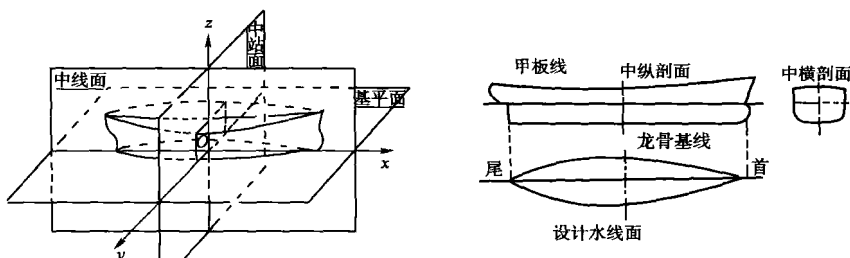


图 1-1 船舶的三个基准面

船体的主尺度是用量到钢质船体外壳板内表面(型表面)的尺度,即所谓型尺度来表示的。

甲板边线是甲板型表面与船侧型表面的交线,如图 1-2 所示。

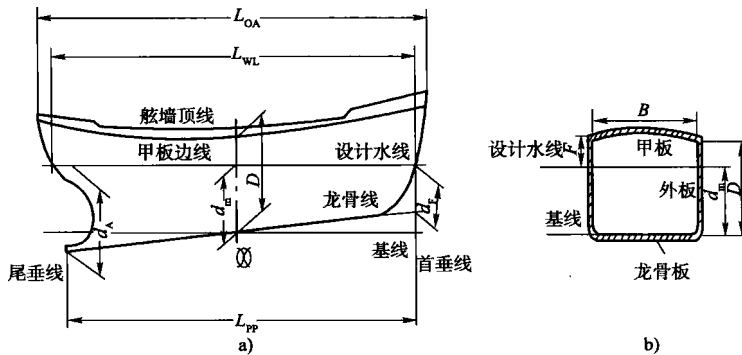


图 1-2 船体主尺度

基线是中线面和基平面的交线。

首垂线是通过设计水线与首柱前缘的交点所作的垂线,尾垂线一般在舵柱后缘,如无舵柱,则取在舵杆中心线上。首、尾垂线均与基线或设计水线垂直。

龙骨线是船体型表面的底部和中线面的交线。一般运输船舶的龙骨线是水平的,和基线一致;有些小型船如拖船和渔船的龙骨线设计成向尾倾斜的,即龙骨线和基线有一夹角,此时称这种船有设计纵倾。

知识点 1 船体主尺度

1. 船长(L)

通常选用的船长有 3 种,即总长、垂线间长和设计水线长。

(1) 总长(L_{OA}):自船首最前端至船尾最后端的最大水平距离。

(2) 垂线间长(L_{PP}):首垂线 FP 与尾垂线 AP 之间的水平距离。一般情况下,如无特别说明,习惯上所说的船长常指垂线间长。

(3) 设计水线长(L_{WL}):设计水线在首柱前缘和尾柱后缘之间的水平距离。

在船舶静水力性能计算中一般采用垂线间长 L_{PP} ,在分析阻力性能时,常用设计水线长 L_{WL} ,而在船进坞、靠码头或通过船闸时应注意它的总长 L_{OA} 。

2. 型宽(B)

指船体两侧型表面(不包括船体外板厚度)之间垂直于中线面的水平距离,一般指中横剖面设计水线处的宽度。最大船宽是指包括外板和伸出两舷的永久性固定突出物如护舷材、舷伸甲板等在内,并垂直于中线面的最大水平距离。

3. 型深(D)

在上甲板边线最低点处,自龙骨板上表面(即基线)至上甲板边线的垂直距离。通常,甲板边线的最低点在中横剖面处。

4. 吃水(d)

基线至设计水线的垂直距离。有些船,设计的首尾正常吃水不同,则有首吃水、尾吃水及

平均吃水,当不指明时,是指平均吃水,即

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

式中: d ——平均吃水,也就是中横剖面处的吃水 d_m ;

d_F ——首吃水,沿首垂线自设计水线至龙骨线的延长线之间的距离;

d_A ——尾吃水,沿尾垂线自设计水线至龙骨线的延长线之间的距离。

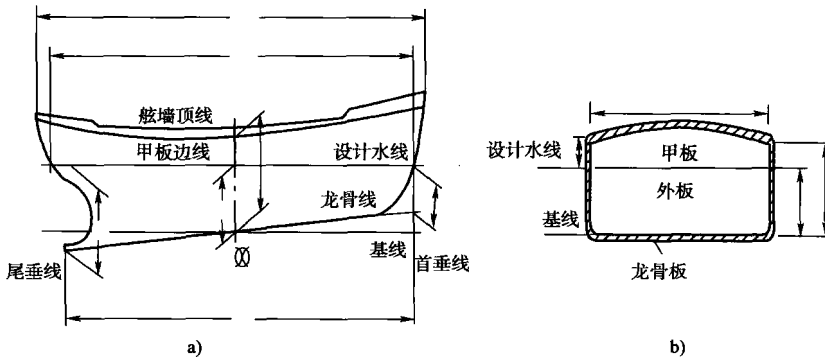
5. 干舷(F)

一般指中横剖面处的干舷,自设计水线至上甲板边板上表面的垂直距离。因此,干舷 F 等于型深 D 与吃水 d 之差再加上甲板(含有敷料的厚度)。

$$F = D - d + \text{甲板边板厚度}$$

学习成果测验

任务 1-1:在下图中标出船体主尺度,并说明船体主尺度的定义。



评分: _____

知识点 2 船形系数

1. 水线面系数(C_{WP})

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,如图 1-3a) 所示,即 $C_{WP} = \frac{A_w}{LB}$,它的大小表示水线面的肥瘦程度。通常情况下 C_{WP} 指设计水线面系数。

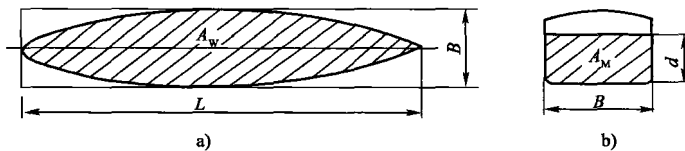


图 1-3 水线面系数和中横剖面系数

2. 中横剖面系数(C_M)

中横剖面在水线以下的面积 A_M 与由型宽 B 、吃水 d 所构成的矩形面积之比,如图 1-3b) 所示,即 $C_M = \frac{A_M}{Bd}$,它的大小表示水线以下的中横剖面的肥瘦程度。

3. 方形系数(C_B)

船体水线以下的型排水体积 ∇ 与由船长 L 、型宽 B 、吃水 d 所构成的长方体体积之比,如图1-4所示,即 $C_B = \frac{\nabla}{LBd}$,它的大小表示船体水下体积的肥瘦程度。

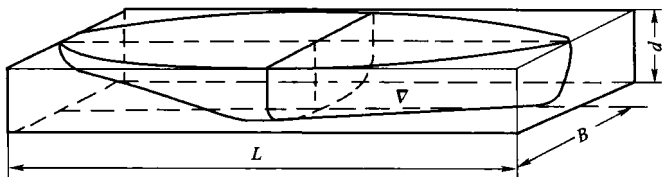


图1-4 方形系数

4. 棱形系数(C_P)

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,如图1-5所示,即 $C_P = \frac{\nabla}{A_M L} = \frac{\nabla}{C_M B d L} = \frac{C_B}{C_M}$,它的大小表示排水体积沿船长方向的分布情况。 C_P 又称纵向棱形系数。

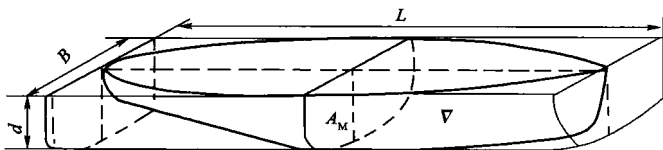


图1-5 棱形系数

5. 垂向棱形系数(C_{VP})

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,如图1-6所示,即 $C_{VP} = \frac{\nabla}{A_w d} = \frac{\nabla}{C_{WP} L B d} = \frac{C_B}{C_{WP}}$,它的大小表示排水体积沿吃水方向的分布情况。

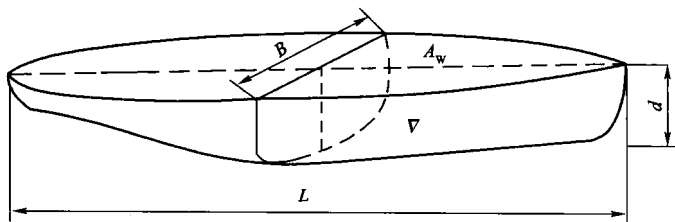


图1-6 垂向棱形系数

上述各系数的定义,如无特别指明,通常都是指对设计水线处而言。在计算不同水线处各系数时,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。

学习成果测验

任务1-2:某消防船的水下体积 $\nabla = 370\text{m}^3$,长宽比 $\frac{L}{B} = 4.1$,宽度吃水比 $\frac{B}{d} = 2.7$,中横剖面

系数 $C_M = 0.78$, 纵向棱形系数 $C_p = 0.63$, 垂向棱形系数 $C_{VP} = 0.64$ 。试计算下列各值: 船长 L 、船宽 B 、吃水 d 、水线面系数 C_{WP} 、方形系数 C_B , 以及所求吃水 d 时的水线面积 A_w 。

- (1) 求 C_B ($=0.49$);
- (2) 求 C_{WP} ($=0.77$);
- (3) 求 L, B, d ($32.47\text{m}, 7.92\text{m}, 2.93\text{m}$);
- (4) 求 A_w ($\approx 198\text{m}^2$)。

评分: _____

知识拓展: 尺度比

尺度比是用来反映主尺度之间关系的, 可利用这些比值来预估船体各项性能之差异。与船舶航行性能有密切关系的主要尺度比值是:

- (1) 长宽比 $\frac{L}{B}$: 与船的快速性有关。该比值越大, 船越细长, 在水中航行时所受的阻力越小, 特别是高速航行时。
- (2) 船宽吃水比 $\frac{B}{d}$: 与船的稳性、快速性和航向稳定性有关。
- (3) 型深吃水比 $\frac{D}{d}$: 与船的稳性、抗沉性、船体的坚固性及船体的容积密切相关。
- (4) 船长吃水比 $\frac{L}{d}$: 与船的回转性有关, 比值越小, 船越短小, 回转越灵活。

知识点 3 船体近似计算法

船舶设计的基础工作之一是船舶性能计算; 其中, 如横剖面及水线面的面积及形心、水线面面积曲线的面积及形心(排水体积及浮心)和水线面面积的惯性矩等, 这些计算习惯上称为船体计算。由于大多数船体是个相当复杂的几何体, 型线通常不能用解析式表达, 因此一般都是根据型线图(或型值表)用数值积分方法来进行近似计算。在船体计算中, 最常用的数值积分法有梯形法、辛氏法、乞贝雪夫法和样条曲线积分等。现在我们主要讨论前两种数值积分法的基本原理及其在船体计算中的运用。

知识准备: 型线图与型值表

型线图(图 1-7)表达船体形状的基本原理是, 首先选取图 1-1 所示的三个基本投影面, 按照正投影方法, 在三个基本投影面上可得表示船体外形轮廓的三视图。由于这三个投影尚不能将船体外形完整地表达出来, 因此在型线图中, 又采用与上述三个基本投影面相平行的三组剖切平面剖切船体, 从而得到三组剖线, 即纵剖线、水线和横剖线。显然, 以上三组剖线表示了船体形状在船长、船宽和吃水方向的变化。如此, 即构成了表达船体形状的类型线图。

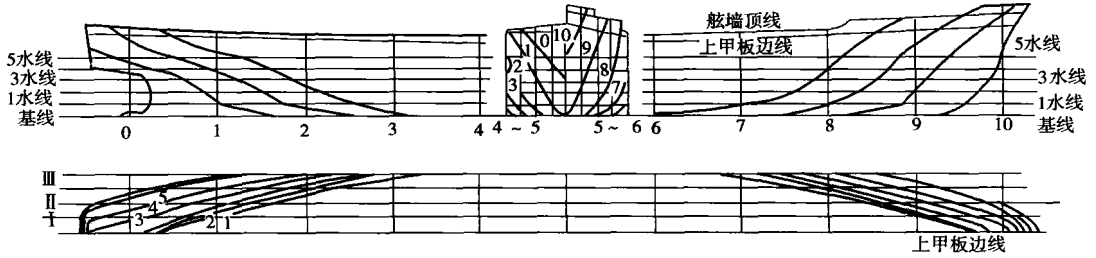


图 1-7 型线图

由上述可知,型线图由三个视图组成:

(1)纵剖线图。由纵剖线、水线、横剖线和船体外形轮廓线等在中线面上的投影所组成,相当于主视图。纵剖线在该图上为反映真形的曲线,它给出了船体纵向曲度的变化。

(2)半宽水线图。由水线、纵剖线和横剖线等在基平面上的投影所组成,相当于俯视图。由于船体左右对称,各水线只需画一半即可,故称半宽水线图。水线在该图上为反映真形的曲线,它给出了船体水线面沿吃水的变化。

(3)横剖线图。由横剖线,纵剖线和水线等在中站面上的投影所组成,相当于侧视图。横剖线在该图上为反映真形的曲线,它给出了船体横向曲度的变化。由于船体左右对称,每一横剖线只需画一半即可,通常将船尾至船中的横剖线画在横剖线图的左边,将船首至船中的横剖线画在横剖线图的右边。

型线图除一组视图外,还编制有型值表。型值表中的各数值称为型值(以毫米计),型值决定船体型线空间位置的坐标。型值表与型线图配合使用,是型线图的一个重要组成部分。表 1-1 为某船的型值表。

型 值 表

表 1-1

站号	距中线面之半宽值(mm)									距基平面之高度值(mm)					
	700 水线	1400 水线	2100 水线	设计 水线	3500 水线	上甲板 边线	尾楼甲 板边线	首楼甲 板边线	舷墙 顶线	1500 纵剖线	3000 纵剖线	上甲板 边线	尾楼甲 板边线	首楼甲 板边线	舷墙 顶线
尾封板	—	—	—	—	1390	2280	3080	—	3140	3600	6100	4170	6270	—	—
0	—	—	—	850	2080	2850	3620	—	3660	3180	4390	4100	6200	—	6275
1	560	860	1410	2400	3300	3810	4200	—	4200	2150	3250	4050	6150	—	6225
2	2150	2720	3150	3550	3920	4150	4250	—	4250	250	1850	4000	6100	—	6175
3	3520	3940	4100	4170	4220	4250	—	—	4250	80	300	4000	—	—	5450
4	4100	4200	4250	4250	4250	4250	—	—	4250	80	180	4000	—	—	4900
5	3770	4110	4250	4250	4250	4250	—	—	4250	80	200	4000	—	—	4900
6	2930	3500	3810	4000	4120	4190	—	—	4250	80	790	4020	—	—	4920
7	1960	2580	3020	3340	3580	3800	—	—	4090	370	2050	4170	—	—	5070
8	1020	1530	1950	2340	2660	3150	—	—	3600	1370	4190	4440	—	—	5350
9	320	560	810	1090	1460	2110	—	3180	3330	3180	6360	4790	—	6690	6940
10	—	—	—	70	280	840	—	1740	1960	6620	—	6240	—	7140	7560

1. 梯形法

梯形法是一种较简便的近似计算方法。它的基本原理是：用若干直线线段组成的折线近似地代替曲线，如图 1-8 所示。这样，求曲线与坐标轴所围面积，就转化为求由折线与坐标轴所围的面积，而折线与坐标轴所围面积可视为众多梯形面积之和。

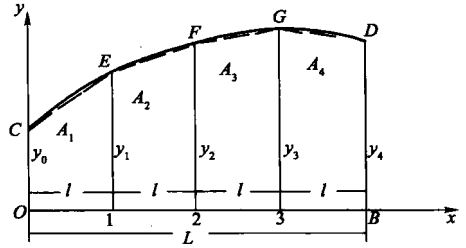


图 1-8 梯形法

设曲线 CD 为船体某型线的一段，可用函数 $y = f(x)$ 表示，它与坐标轴所围面积 $A = \int_0^L y dx$ 。

用梯形法计算如下：先将线段 OB （称为图形底边）分成 4 等分，各等分之间的距离为 l （即梯形的高），从等分点作底边的垂线并与曲线 CD 相交于 E, F, G 诸点，分别以 y_0, y_1, y_2, y_3 和 y_4 表示所量得的纵坐标值。顺次连接 C, E, F, G, D 诸点，则从图上看，折线 $CEFGD$ 与曲线 CD 十分接近，因而该折线与坐标轴所围面积近似等于曲线与坐标轴所围面积。

即

$$\begin{aligned} A &= A_1 + A_2 + A_3 + A_4 \\ &= \frac{1}{2}l[(y_0 + y_1) + (y_1 + y_2) + (y_2 + y_3) + (y_3 + y_4)] \\ &= l[(y_0 + y_1 + y_2 + y_3 + y_4) - \frac{1}{2}(y_0 + y_4)] \end{aligned}$$

其中：

$$\begin{aligned} A_1 &= \frac{1}{2}(y_0 + y_1)l \\ A_2 &= \frac{1}{2}(y_1 + y_2)l \\ A_3 &= \frac{1}{2}(y_2 + y_3)l \\ A_4 &= \frac{1}{2}(y_3 + y_4)l \end{aligned}$$

如果想提高计算精确度，则可将底边 OB 分成 n 等分，这时梯形法的面积计算公式可写作

$$A = \frac{L}{n} \left[(y_0 + y_1 + \dots + y_{n-1} + y_n) - \frac{1}{2}(y_0 + y_n) \right]$$

式中： L ——所求图形底边的总长度；

n ——等分数。

其通式可表示为：

$$A = \frac{L}{n} \left[\sum_{i=0}^n y_i - \varepsilon \right] \quad (1-1)$$

式中： $\sum_{i=0}^n y_i$ 称为总和，用 Σ 表示，是 y_0 至 y_n 各纵坐标的‘总和’；

$\varepsilon = \frac{1}{2}(y_0 + y_n)$ 称为修正量。

若曲线 $y = f(x)$ 是代表一面积的曲线，那么，利用梯形法计算所得该曲线与坐标轴所围面积，即代表该面积曲线范围内的体积。同理，应用梯形法公式还可以计算静矩、惯性矩等。运

算简便,是梯形法的突出特点,故在船舶性能计算(手算)中得到广泛的应用。

学习成果测验

任务 1-3: 根据表 1-1 中的型值,按表 1-2 中所给数据计算设计水线面面积。

梯形法计算表

表 1-2

水线号 2800 垂线间长 $L_{pp} =$ 45.0 m $l =$ _____ m

站号	水线半宽 y_i	乘数	面积乘积 II × III
I	II	III	IV
0		1	
1		1	
2		1	
3		1	
4		1	
5		1	
6		1	
7		1	
8		1	
9		1	
10		1	
总和 Σ'	$\Sigma' = \sum_{i=0}^n y_i$		
修正值 ε	$\varepsilon = \frac{1}{2}(y_0 + y_n)$		
修正后总和 Σ			
设计水线面面积	$A_w =$		

注意:设计水线面积的计算。

评分: _____

2. 辛氏法

辛氏法是以抛物线代替原曲线的计算方法,也称抛物线法。以二次抛物线代替原曲线的计算方法称为辛氏一法;以三次抛物线代替原曲线的计算方法称为辛氏二法。因船体的大部分型线与抛物线相近,因此用辛氏法进行船体计算所得结果有较高的精确度,故在船体计算中被广泛采用。

1) 辛氏第一法

若曲线 DB 为二次抛物线,如图 1-9 所示,即被积函数为 $y = ax^2 + bx + c$,则曲线 DB 下所围面积 A ,用定积分求得如下

$$A = \int_{-l}^l (ax^2 + bx + c) dx = \frac{2}{3}al^3 + 2cl \quad (1-2)$$

利用待定系数法可求得该曲线 DB 下所围的面积

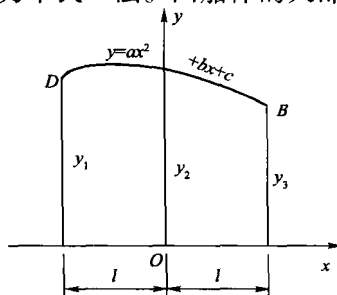


图 1-9 辛氏第一法