

符合 STCW78/95 公约要求

航海高等教育与培训教材

海上货物运输

◎ 邱文昌 施纪昌 主编

◎ 沈玉如 主审



人民交通出版社

China Communications Press

符合 STCW78/95 公约要求

航海高等教育与培训教材

海上货物运输

◎ 邱文昌 施纪昌 主编

◎ 沈玉如 主审

江苏工业学院图书馆
藏书章

人民交通出版社

内 容 提 要

全书分两篇,共十二章。第一篇是船舶货运基础,介绍了各类货物海上运输的共性问题,主要包括与货运有关的船舶和货物基础知识,充分利用船舶的载货能力,满足船舶的稳性和吃水差要求以及满足船舶的强度条件。第二篇是各类常运货物的海上运输,主要论述了危险货物、杂货、集装箱、散装谷物、固体散货和散装液体货的积载要求、装运特点以及海上运输全过程的注意事项。为满足本课程教学的需要,本书在最后提供了船舶货运方面的九个附录。

本书可用作高等航海院校航海技术和相关专业本科生教材,或用作无限、近洋或沿海航区 500~3000 总吨或 3000 总吨及以上各级海船驾驶员考证培训的教材,也可供船员或港航有关人员自学参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

海上货物运输/邱文昌,施纪昌主编. —北京:人民交通出版社,2005.8
ISBN 7-114-05725-3

I.海... II.①邱...②施... III.海上运输:货物运输 IV.U695.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2005) 第 096111 号

书 名: 海上货物运输

著 者: 邱文昌 施纪昌
沈玉如

策划编辑: 戴慧莉

文字编辑: 蔡培荣

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)85285838, 85285995

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: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 19

插 页: 1

字 数: 472 千

版 次: 2000 年 8 月 第 1 版 2005 年 8 月 第 2 版

印 次: 2005 年 8 月 第 2 版第 1 次印刷 总计第 3 次印刷

书 号: ISBN 7-114-05725-3

印 数: 6201—10200 册

定 价: 42.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

序 言

《海上货物运输》是研究各类货物的海运特性、各类船舶的货运性能、货物在船上装载的基本规律以及编制和实施货物积载计划的程序和方法的一门应用学科。

本书按照 STCW 公约对本课程的各项要求,并以我国交通部海事局颁布的“海船船员适任考试和评估大纲”为主线,设定全书章节,确定各章节内容及篇幅。为适应本科生和各类考证学员的课外自学要求,本书内容编排注意由浅入深,表述浅显易懂,书中较大幅度地去除了一些传统的较深奥但实用价值不大的公式推导等内容。书中选用了最新版本的国内外各类公约、规则和规范资料,介绍了本学科的一些最新发展技术。

为适应目前杂货散件运量减少,各类专用船舶,特别是集装箱船运量迅速增加的国内外航运发展趋势,本书在内容编排方面突出了各类专用船舶的运输。其中,将杂货散件运输篇幅压缩为一章来介绍,而将危险货物和集装箱运输这两个章节,增加篇幅,充实内容。本书在各类常运货物运输的章节中,还增加了货运事故的原因分析等内容。

参加本书编写的有:邱文昌(第6、7、8、9章和附录),施纪昌(第1、2和10章),吴善刚(第3和4章),黄志(第5和11章)和张洪根(第12章)。全书由沈玉如主审,邱文昌负责绘制全书插图。

由于我们水平和时间所限,疏漏和不足之处在所难免,欢迎读者批评指正。

编 者

2005年6月

目 录

第一篇 船舶货运基础

第一章 船舶和货物的基本知识	(1)
第一节 船舶浮态	(1)
第二节 船舶的重量性能和容积性能	(2)
第三节 船舶静水力参数资料及其使用	(6)
第四节 船舶吃水	(11)
第五节 载重线标志与载重线海图	(14)
第六节 货物的基本性质	(18)
第七节 货物的亏舱率、积载因数和自然损耗	(20)
第二章 充分利用船舶的载货能力	(23)
第一节 船舶载货能力概述	(23)
第二节 航次净载重量计算	(23)
第三节 充分利用船舶载货能力的主要途径	(28)
第三章 保证船舶具有适度的稳性	(30)
第一节 船舶稳性的基本概念	(30)
第二节 初稳性	(31)
第三节 大倾角静稳性	(37)
第四节 动稳性	(42)
第五节 对船舶稳性的要求	(46)
第六节 稳性的调整	(53)
第四章 保证船舶具有适当的吃水差	(57)
第一节 对船舶吃水差的要求	(57)
第二节 吃水差的计算和调整	(58)
第三节 吃水与吃水差计算图表	(63)
第四节 船舶搁浅位置及受力计算	(66)
第五章 保证满足船舶的强度条件	(69)
第一节 保证满足船舶的纵向强度条件	(69)
第二节 保证满足船舶的局部强度条件	(78)

第二篇 各类常运货物的海上运输

第六章 危险货物运输	(82)
第一节 《国际危规》和《水路危规》简介	(82)
第二节 危险货物的分类及特性	(86)
第三节 危险货物的标志及包装	(91)
第四节 危险货物的积载和隔离	(94)
第五节 危险货物运输全过程的注意事项	(98)
第六节 产生危险货物运输事故的主要原因	(100)
第七章 杂货运输	(103)
第一节 杂货的包装和标志	(103)
第二节 各类杂货的装载要求	(105)
第三节 《货物积载与系固安全操作规则》简介与应用	(109)
第四节 重大件货物运输	(110)
第五节 木材甲板货运输	(114)
第六节 杂货的积载要求	(116)
第七节 杂货船积载计划的编制	(119)
第八节 杂货运输全过程的注意事项	(124)
第九节 产生货运事故的主要原因	(127)
第八章 集装箱运输	(129)
第一节 集装箱和集装箱船概述	(129)
第二节 集装箱船配积载与装运特点	(136)
第九章 散装谷物运输	(158)
第一节 船运散装谷物概述	(158)
第二节 散装谷物船舶的稳性核算	(162)
第三节 改善散装谷物船稳性的方法及措施	(172)
第十章 散装固体货物运输	(175)
第一节 《散装固体货物安全操作规则》概述	(175)
第二节 散装矿石的装运特点	(181)
第三节 散装货物的水尺计量	(184)
第十一章 散装液体货物运输	(188)
第一节 石油类货物的种类和特点	(188)
第二节 油轮的结构特点	(190)
第三节 油量计量	(190)
第四节 油轮的积载特点	(194)
第五节 油轮的安全操作及防污染	(197)
第六节 散装液体化学品运输	(200)
第七节 液化气体运输	(203)
第十二章 货运单证	(207)

第一节	货运单证的种类及作用	(207)
第二节	提单的性质、种类和内容	(214)
第三节	货运单证的流转程序	(218)
第四节	大副收据及批注	(220)
第五节	集装箱进出口货运单证	(221)
附录		(224)
附录一	船舶横摇角的计算方法	(224)
附录二	杂货船“Q”轮船舶资料摘录	(227)
附录三	全集装箱船“Z”轮船舶资料摘录	(235)
附录四	散装谷物船“L”轮散装谷物稳性资料摘录	(244)
附录五	散装谷物船稳性衡准计算书	(250)
附录六	《货物积载与系固安全操作规则》摘录	(260)
附录七	杂货船积载实例	(271)
附录八	有关货物及其他资料	(282)
附录九	危险货物标志和标牌	(287)
参考文献		(291)

第一篇 船舶货运基础

本篇介绍各类货物海上运输的共性问题。主要包括船舶和货物的基本知识，充分利用船舶的载货能力，满足船舶的稳性和吃水差要求以及满足船舶的强度条件。

第一章 船舶和货物的基本知识

船舶和货物是海上货物运输中所涉及的两个基本对象。了解和掌握必要的船舶和货物的基本知识，是学习本课程的基础。

第一节 船舶浮态

一. 船舶的漂浮平衡条件

漂浮于水面的任何船舶，都要受到两个力的作用，即重力与浮力的作用。

船舶所受的重力，是由船舶本身的重量及船上所有载荷的重量，即空船及货物、燃料、淡水、压载水以及船员和行李、船用备品、船舶常数等所有重量之和。这些重量形成一个垂直向下的合力，即船舶重力 W ，其作用点称为船舶重心，用符号 G 表示。

船舶所受的浮力是作用于水下部分船体表面的水压力的垂向分力的总和，其大小由船舶的排水体积和舷外水密度确定。当船舶静止漂浮于水面时，船舶所受浮力的作用点位于船舶排水体积的中心，称为船舶浮心 B ，见图 1-1。

船舶处于漂浮平衡状态的条件是：船舶所受的重力与浮力大小相等且作用方向相反，重心 G 和浮心 B 处于同一条铅垂线上。此条件下：

$$W = \Delta = \nabla \cdot \rho \quad (1-1)$$

式中： W ——船舶重力，即船舶总重量 (t)；

Δ ——船舶浮力，即船舶排水量 (t)；

∇ ——船舶排水体积 (m^3)；

ρ ——船舶舷外水密度 (g/cm^3)。

处于漂浮平衡状态的船舶，若在船上增加载荷，则船舶的重力大于浮力，平衡条件受到破坏。

为了达到新的平衡，船舶下沉，吃水和排水体积增加，船舶所受浮力随之增大。当达到重力等于浮力时，船舶不再下沉，处于新的漂浮平衡状态。但是，在船上继续加载至重力大于船

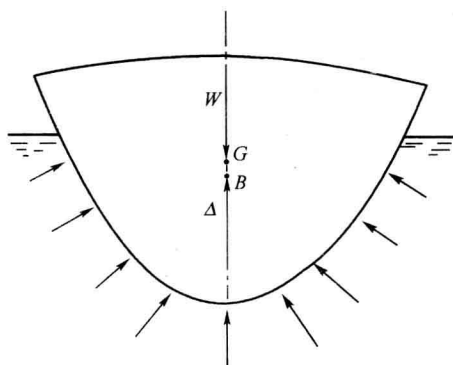


图 1-1 静水中船体受力分析

船所能提供的最大浮力时，船舶将丧失浮性而沉没。所以为了保证船舶处于安全的漂浮平衡状态，必须限制船舶的最大允许装载吃水。

二. 船舶坐标系

船舶坐标系是由相互垂直的 OX 、 OY 和 OZ 三个坐标轴所组成。借助船舶坐标系可方便地表示船上任一点的纵向坐标、横向坐标和垂向坐标。

船舶纵向坐标轴 OX 为船舶中纵剖面（垂直于基平面，并将船体分为左右舷两个对称部分的纵向平面）与船底基准面（通过船长中点龙骨板上缘的平行于设计水线面的平面，与中纵剖面、中横剖面相互垂直）的交线，坐标正方向指向船首；

船舶横向坐标轴 OY 为船舶中横剖面（在船舶垂线间长或设计水线长中点处的横剖面，将船体分成前体和后体两部分）与船底基准面的交线，坐标正方向指向右舷；

船舶垂向坐标轴 OZ 为船舶中横剖面与中纵剖面的交线，坐标正方向指向向上；

船舶坐标系的原点取在中纵剖面、中横剖面与船底基准面的交点 O ，见图 1-2。

船舶坐标系的原点也有取在船舶尾垂线与船底基线的交点处，如图 1-3（二）所示。使用船舶资料时，应予以注意。

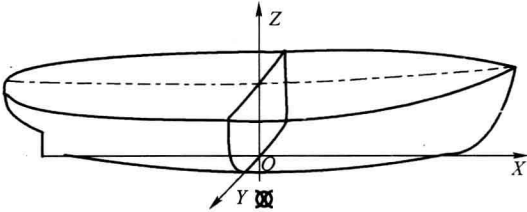


图 1-2 船舶坐标系（一）

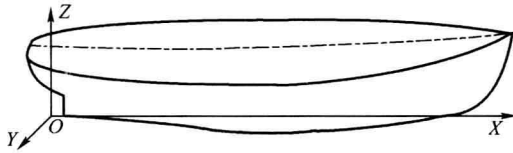


图 1-3 船舶坐标系（二）

三. 船舶的漂浮状态

船舶的漂浮状态（简称浮态），是指船体相对于静水面的状态。

船舶浮态可分：正浮（无横倾及纵倾）、横倾（无纵倾）、纵倾（无横倾）、纵倾和横倾并存 4 种。

船舶的 4 种浮态形式主要随船舶浮心 B 和重心 G 位置所确定。

货船在航行时通常需要保持在不横倾和适当纵倾（尾倾）状态下。当船舶吃水受水深限制时，为了提高船舶的载货重量能力，船舶通常在过浅水区时需要保持在正浮（无横倾和平吃水）状态。

第二节 船舶的重量性能和容积性能

一. 船舶的重量性能

船舶的重量性能包括排水量及载重量。

1. 排水量（Displacement） Δ

指船舶在静水中处于自由漂浮状态时所排开水的重量，它等于装载状态下船舶的总重量。

按照船舶装载状态的不同，排水量可分为：

1) 空船排水量 (Light ship displacement) Δ_L

指船舶装备齐全但无载重时的排水量。它等于空船重量，包括船体、机器、设备以及锅炉中的燃料和淡水、冷凝器中的淡水等重量的总和。空船排水量可在船舶资料中查取。

2) 满载排水量 (Full loaded displacement) Δ_F

指船舶满载，即吃水达到某一载重线时的排水量。通常是指船舶吃水达到夏季载重线时的排水量，即夏季满载排水量。满载排水量等于船舶满载时的总重量，即空船重量及货物、燃润料、淡水、压载水、船员及行李、粮食和供应品、船用备品和船舶常数等各类载荷重量的总和。

不同载重线所对应的满载排水量可在船舶资料中查取。

3) 装载排水量 Δ

指船舶在空载吃水与满载吃水之间任一吃水时的排水量，其数值随船舶装载吃水的不同而变化。

2. 载重量

船上各类载荷的重量统称为载重量，可分为：

1) 总载重量 (Deadweight) DW

指船舶在任一装载吃水时船上所有载荷的总重量。其值等于该装载吃水时的船舶排水量 Δ 与空船排水量 Δ_L 的差值。即：

$$DW = \Delta - \Delta_L \quad (t) \quad (1-2)$$

总载重量值随船舶的排水量 (或吃水) 的不同而变化。船舶资料中提供有对应于不同载重线的船舶总载重量值，其含义是表示船舶使用某一载重线时所允许的最大装载量。例如，使用夏季载重线时，允许的最大装载量等于夏季满载排水量与空船排水量的差值。

2) 净载重量 (Net deadweight) NDW

指船舶在具体航次中所能装载的最大货物重量。净载重量值等于由具体航次所确定的总载重量 DW 与航次储备量 ΣG 及船舶常数 C 的差值。即：

$$NDW = DW - \Sigma G - C \quad (t) \quad (1-3)$$

同一艘船舶在不同航次中由于使用的载重线、航程、吃水是否受限制等条件的不同，其净载重量值是不同的，需要经过计算才能确定 (详见第二章)。

3) 航次储备量 (Stores) ΣG

指船舶在具体航次中为维持生产和生活的需要而必须储备的所有重量的总和。航次储备量中包括燃润料、淡水、食品、备品、船员及行李等重量。

4) 船舶常数 (Constant)

新出厂的船舶经过一段时间营运后，船舶重量中产生的一些难以确切计量的重量的总和称为船舶常数。它可以通过测定求得，其值等于测定时空船排水量 (已包含船舶常数) Δ_{L+C} 与新出厂时空船排水量 Δ_L 的差值。

船舶常数由以下几部分重量组成：

- (1) 船体、机械等进行定期修理和局部改装而导致的空船重量的改变量；
- (2) 船上库存的破旧机件、器材和各种废旧物料；
- (3) 货舱内的残留物、垫舱物料及垃圾；
- (4) 油、水舱柜及污水井内残留的污油、污水及沉淀物；
- (5) 船体外附着物如海藻、贝壳等。

船舶常数的大小随以上各项重量的变化而变化，因此不是一个固定值。为了较准确地掌握船舶常数的大小，一般在年度修理后对其测定一次，测得的常数值一般延续使用到下次重新测定时为止，或者在必要的情况时作重新测定。

船舶航次的总载重量、净载重量、航次储备量的计算及船舶常数的测定方法详见第二章。

综上所述，船舶排水量、总载重量和净载重量之间的关系如下：

$$\begin{array}{l} \text{排水量 } \Delta \\ \text{(船舶总重量 } W) \end{array} \left\{ \begin{array}{l} \text{空船排水量 } \Delta_L \\ \text{(空船重量 } W_L) \\ \text{总载重量 } DW \end{array} \right. \left\{ \begin{array}{l} \text{净载重量 } NDW \\ \text{航次储备量 } \Sigma G \\ \text{船舶常数 } C \end{array} \right.$$

二. 船舶的容积性能

表示船舶容积性能的有：货舱容积、舱容系数和登记吨位。

1. 舱柜容积 (Compartment capacity)

可分为散装舱容、包装舱容、液货舱舱容和液舱舱容。

杂货船上同一货舱的舱容可分为散装舱容和包装舱容。同一货舱的包装舱容比散装舱容要小，包装舱容约为散装舱容的 90% ~ 95%。这是因为散货可装进货舱内肋骨之间、横梁之间等的狭小空间。另外，舱内的支柱、管系等对装散货比装包装货的影响要小。当船舶装运无包装的小块状、颗粒状、粉末状的散装货物时应使用散装舱容；而当装运具有一定尺度的成件包装或裸装货物时则应使用包装舱容。

船舶资料中均附有各货舱容积表。从表中可查取各货舱的包装舱容、散装舱容以及货舱的舱容中心数据。附录二中表 F2-2 为“Q”轮货舱容积表。

装载液体货物的舱柜容积称为液货舱容积。装载燃润料、淡水、压载水等的舱柜容积称为液舱容积。附录二中表 F2-3 为“Q”轮液舱容积表。

2. 舱容系数 (Coefficient of load) μ

指船舶的货舱总容积与净载重量的比值，即装载每一净载重吨货物船舶所能提供的货舱容积。舱容系数可用下式表示：

$$\mu = \Sigma V_{ch} / NDW \quad (\text{m}^3/\text{t}) \quad (1-4)$$

式中： ΣV_{ch} ——船舶货舱的总容积 (m^3)。

舱容系数的大小能反映船舶的载货性能，表示该船适宜装载较重货还是较轻货。显然，舱容系数大的船舶适宜装较轻货，反之适宜装较重货。

在式 (1-4) 中，货舱总容积为定值；若设定船舶使用夏季载重线且装满燃油、淡水、供应品等，即最大续航条件下，式中净载重量也为一定值，因而在船舶资料中提供的舱容系数也是一个定值。

3. 登记吨位 (Registered tonnage)

指船舶为登记注册的需要，按照国家主管机关制定的船舶吨位丈量规定丈量确定的船舶容积。我国船舶根据 1999 年《船舶与海上设施法定检验规则》（以下简称《法定规则》）中吨位丈量的具体规定来确定其登记吨位并核发吨位证书。我国 1999 年《法定规则》中对国际航行船舶完全采纳了 1969 年《国际船舶吨位丈量公约》（我国已加入）。同时，该规则中对船长大于和等于 24m 非国际航行船舶的吨位丈量规定与国际航行船舶的完全相同。

船舶的登记吨位可分为总吨位、净吨位及运河吨位三种。

1) 总吨位 (Gross tonnage) GT

系指根据我国《法定规则》的各项规定丈量确定的船舶总容积。

我国 1999 年《法定规则》规定, 对于除船长小于 24m 非国际航行以外船舶, 其总吨位按下式计算:

$$GT = K_1 \cdot V \quad (1-5)$$

式中: V ——船舶所有围蔽处所的容积 (m^3);

K_1 ——系数, 其计算公式为:

$$K_1 = 0.2 + 0.02 \lg V$$

船舶总吨位的用途有:

- (1) 表示船舶规模的大小, 作为商船拥有量的统计单位;
- (2) 作为船舶规范、国际公约中划分船舶等级及对船舶进行技术管理和设备要求的依据和标准;
- (3) 作为船舶登记、检验和丈量等收费的标准;
- (4) 作为估算船舶建造、买卖、租赁的费用及海损事故最高赔偿额的基准;
- (5) 作为某些港口使费的计算基准;
- (6) 作为计算净吨位的基础;
- (7) 作为船公司向船东保赔协会交付保险费用的依据;
- (8) 作为国际劳工组织 (ILO) 关于各种尺度船舶人员配备要求的依据。

2) 净吨位 (Net tonnage) NT

指根据我国《法定规则》的各项规定丈量确定的船舶有效容积。根据我国《法定规则》的规定, 对于除船长小于 24m 非国际航行以外船舶, 其净吨位按下式计算:

$$NT = K_2 \cdot V_c \left(\frac{4d}{3D} \right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right) \quad (1-6)$$

式中: K_2 ——系数, 其计算公式为:

$$K_2 = 0.2 + 0.02 \lg V_c$$

V_c ——各载货处所的总容积 (m^3);

D ——船长中点处的型深 (m);

d ——船长中点处的型吃水 (m);

K_3 ——系数, 其计算公式为:

$$K_3 = 1.25 \times \frac{GT + 10000}{10000}$$

N_1 ——不超过 8 个铺位的客舱中的乘客铺位数;

N_2 ——其他客舱中的乘客铺位数。

《法定规则》规定, 在式 (1-6) 中, 当 $\left(\frac{4d}{3D} \right)^2$ 大于 1 时取为 1; 当 $K_2 \cdot V_c \left(\frac{4d}{3D} \right)^2$ 小于 0.25 GT 时取为 0.25 GT ; 当 NT 小于 0.3 GT 时取为 0.3 GT ; 当乘客总铺位数小于 13 时 N_1 及 N_2 均取零。由此可见, 净吨位是一个与船舶载货处所容积和载客处所容积有关的量值。关于丈量和计算的具体细节, 可参阅我国《法定规则》。

净吨位的用途是作为计算各种港口使费或税金的基准, 如港务费、引航费、码头费、进

坞费、吨税等。各国港口的规定有所不同，有些港口也有按船舶总吨位计收费用的。

3) 运河吨位 (Canal tonnage)

系指由运河当局按其规定的丈量规范丈量确定的船舶登记吨位。凡航经苏伊士和巴拿马运河的船舶必须具备运河当局主管部门颁发的运河吨位证书。运河吨位也分总吨位及净吨位两种。

船舶通过运河时，运河当局按运河吨位作为征收运河通航费的基准。

表 1-1 为“Z”轮登记吨位一栏表。

“Z”轮登记吨位一栏表

表 1-1

总吨位	净吨位	苏伊士运河吨位		巴拿马运河吨位	
GT	NT	GT	NT	GT	NT
48 311	16 601	51 749.59	44 463.92	52 615.10	40 907.46

第三节 船舶静水力参数资料及其使用

在计算或调整具体装载状态下船舶的稳性、纵向受力及吃水差等时，经常要用到如横稳心距基线高度 KM 、浮心距基线高度 KB 、浮心距船中距离 X_b 、每厘米吃水吨数 TPC 、每厘米纵倾力矩 MTC 、漂心距船中距离 X_f 等参数。这些参数都可以根据某装载状态下的船舶平均吃水从船舶静水力参数资料中直接查取。

静水力参数图表中所提供的参数，是以船舶处于静止、正浮和无船体变形的设定条件为前提。因此，当船舶在实际装载状态下与设定的前提条件存在区别时，应当将船舶修正到相当于满足上述设定前提条件的装载状态，以减小所查取的静水力参数的误差。

船舶静水力参数资料包括静水力曲线图、静水力参数表和载重表尺。这些资料由船舶设计部门根据船体的几何型线计算绘制而成，是船舶驾驶人员经常使用的重要的船舶资料。

一. 静水力曲线图 (Hydrostatic curves)

是表示船舶在静止、正浮和无船体变形状态下，型吃水与船舶浮性、稳性和船型系数 3 类参数的一组关系曲线。图 1-4 为“Q”轮的静水力曲线图。

1. 静水力曲线图的组成

1) 排水量 (Displacement) Δ 曲线

表示船舶排水量随平均吃水变化而变化的关系曲线，通常包括标准海水排水量 Δ 与标准淡水排水量 Δ_f 两条曲线。

$$\Delta_f = 1.000 \cdot \nabla \quad (t) \quad (1-7)$$

$$\Delta = 1.025 \cdot \nabla \quad (t) \quad (1-8)$$

式中： ∇ ——船舶排水体积 (m^3)。

2) 型排水体积 (Volume of moulded displacement) ∇_m 曲线

表示船舶型排水体积 ∇_m 随平均吃水变化而变化的关系曲线。

船舶的排水体积分型排水体积 ∇_m 和排水体积 ∇ 两种。型排水体积是由船体型线图的型值用近似计算方法求得。其值不包括船舶水下部分的船壳及船壳外的螺旋桨、舵、舳龙骨等附体的排水体积在内。排水体积是型排水体积和水线以下船壳及附体的排水体积之和。

型排水体积可根据船舶平均吃水利用型排水体积曲线直接求得。

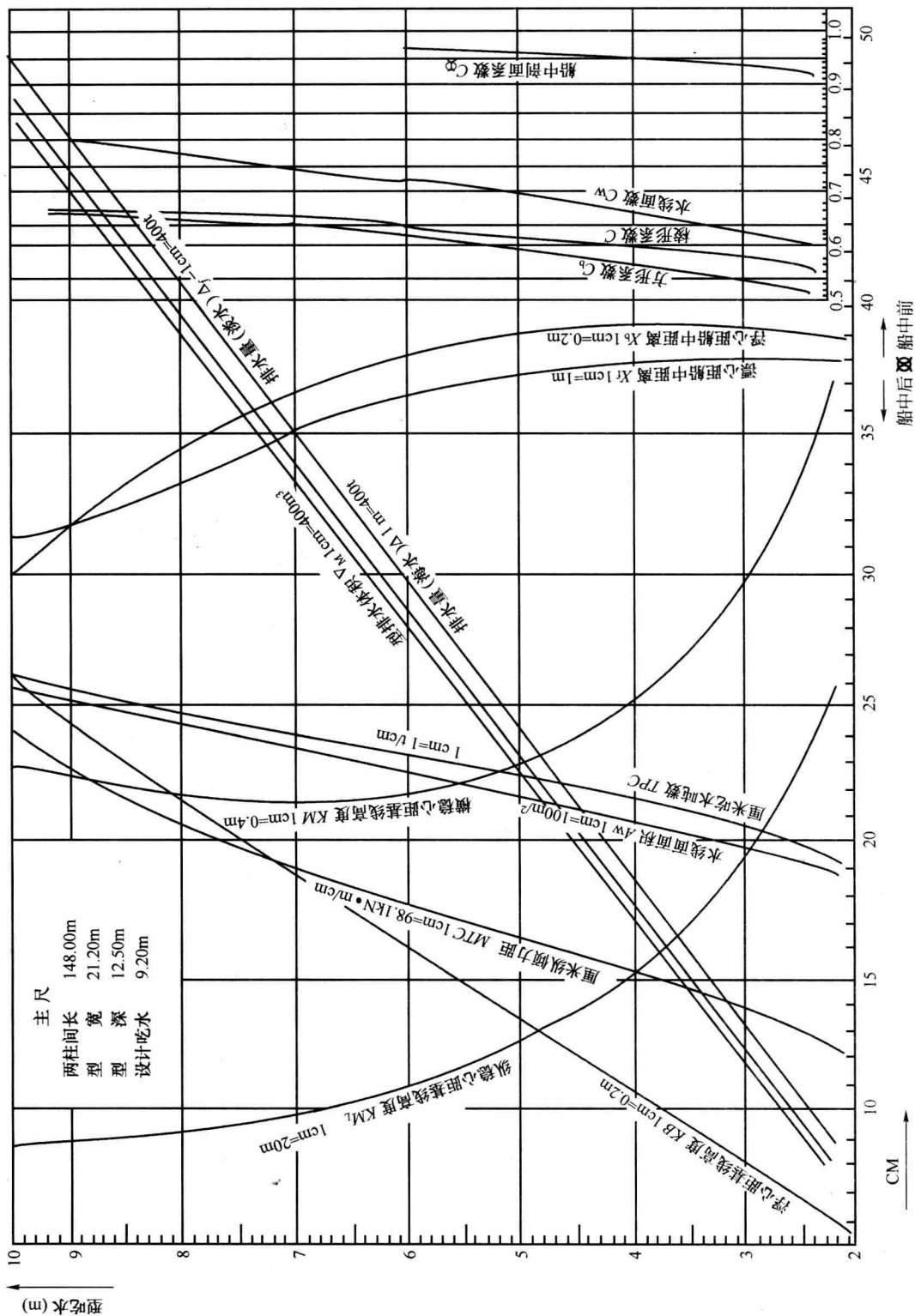


图 1-4 “Q” 轮静水力曲线图

有些静水力曲线图上无排水体积曲线,但排水体积可利用淡水排水量曲线求得。从式(1-7)可知,淡水排水量与排水体积数值上相等,只是单位不同,所以利用淡水排水量曲线即可求取船舶排水体积。

船舶排水体积也可按下式求取:

$$\nabla = K \cdot \nabla_M \quad (1-9)$$

式中: K ——船壳系数, $K = 1.004 \sim 1.03$ 。

3) 浮心距船中距离 (Longitudinal center of buoyancy from midship) X_b 曲线

表示船舶的浮心距中距离 X_b 随平均吃水变化而变化的规律。通常情况下船舶的浮心随平均吃水的增大从船中前向船中后移动。静水力曲线图中标有 ∇ 符号的直线表示船中位置。我国规定: 浮心 X_b 位于船中前取正, 位于船中后取负。

4) 浮心距基线高度 (Vertical center of buoyancy above baseline) KB 曲线

表示船舶的浮心 B 距基线的垂直高度 KB 随平均吃水变化而变化的规律。

5) 水线面面积 (Area of waterplanes) A_w 曲线

表示船舶的水线面面积随船舶平均吃水变化而变化的规律。水线面面积 A_w 值随平均吃水的增大而增大。

6) 漂心距船中距离 (Longitudinal center of floatation) X_f 曲线

船舶水线面面积的中心称漂心, 用符号 F 表示。漂心距船中距离曲线表示船舶水线面面积的中心 F 距船中的距离随平均吃水变化而变化的规律。我国规定的 X_f 的正负号取法同 X_b 。

7) 每厘米吃水吨数 (Metric tons per centimetre immersion) TPC 曲线

每厘米吃水吨数是指船舶平均吃水变化 1cm 时, 船舶排水量的变化值, 或表示船舶加载 (或卸载) 多少吨, 才能使船舶平均吃水增加 (或减少) 1cm。

每厘米吃水吨数曲线则表示船舶平均吃水变化 (增减) 1cm 时, 船舶排水量随平均吃水的变化 (增减) 而变化的规律。

$$TPC = \frac{\rho \cdot A_w}{100} \quad (\text{t/cm}) \quad (1-10)$$

显然, 每厘米吃水吨数曲线与水线面面积曲线的变化规律是一致的。 TPC 值随平均吃水的增大而增大。

利用每厘米吃水吨数曲线, 可以求取船舶不同平均吃水时的 TPC 值来求取少量载荷变动时船舶平均吃水的变化量, 或根据平均吃水的变化值求取在船上少量载荷的变动量。

船舶平均吃水变化量 δd 与船上少量载荷变动量 P 及每厘米吃水吨数 TPC 之间存在以下关系, 即:

$$\delta d = \frac{P}{100TPC} \quad (\text{m}) \quad (1-11)$$

但须指出, 利用上式求取船舶平均吃水变化量 δd 时, 在载荷变动量 $P \leq 10\% \Delta$ 的情况下才能得到较为准确的结果, 否则, 误差将会较大。

8) 横稳心距基线高度 (Transverse metacenter above baseline) KM 曲线表示船舶横稳心点 M 距基线的高度 KM 值随平均吃水变化而变化的规律。

9) 纵稳心距基线高度 (Longitudinal metacenter above baseline) KM_L 曲线

表示船舶纵稳心点 M_L 距基线高度 KM_L 值随平均吃水变化而变化的规律。

10) 每厘米纵倾力矩 (Moment to change trim one centimeter) MTC 曲线

MTC 是指船舶的首、尾吃水的差值每变化 1cm 所需的纵倾力矩值。

每厘米纵倾力矩曲线是表示每厘米纵倾力矩值 MTC 随船舶平均吃水变化而变化的规律, 其单位是 $9.81\text{kN} \cdot \text{m}/\text{cm}$ 。

横稳心距基线高度 KM 、纵稳心距基线高度 KM_L 及每厘米纵倾力矩 MTC 的概念, 将在以后有关章节中详述。

2. 静水力曲线图的特点及使用方法

在船舶的静水力曲线图上共汇集了十几条曲线, 且各参数的单位不尽相同。为了能使这些曲线在同一平面直角坐标系内表示且布局合理, 曲线的横坐标值与各曲线所表示的参数值之间采用了不同的比例。

在图 1-4 中, 纵坐标表示各条曲线共同的自变量型吃水, 横坐标则表示与各参数值有关的参考坐标值, 称为计量长度, 单位为 cm 。在各条曲线上都标有其各自符号及每 1cm 计量长度代表的参数值。因此, 根据船舶某装载状态时的平均型吃水及求得的计量长度可以求取有关的参数值。

静水力曲线图的使用方法是:

根据某装载状态下的船舶平均型吃水在静水力曲线图的纵坐标上确定相应的位置点, 经过该点作一水平横线与所要求取的某参数值的曲线相交, 经此交点再作横坐标的垂直线, 在此垂直线与横坐标的相交处, 可以读出相应的计量长度, 所读取的计量长度与该曲线上所标示的 1cm 计量长度所代表的参数值相乘, 即可求得该装载状态下相应参数的数值。

读取计量长度时需注意, 浮心距船中距离 X_b 及漂心距船中距离 X_f 这两条曲线的计量长度是从船中 (图中以 $\boxtimes$ 符号标示) 起算, 其余曲线的计量长度都从坐标系的原点起算。

例 1-1 试求 “Q” 轮在平均吃水 8.00m 时各曲线相应参数的具体数值。

解 根据平均吃水 8.00m, 查 “Q” 轮静水力曲线图, 得各参数的具体数值列表 1-2 如下:

“Q” 轮平均吃水 8m 时求得的各参数数值表

表 1-2

编号	曲线名称	每厘米计量长度 代表的数值	计量长度 (cm)	乘积(所求得参数值)
1	型排水体积 ∇_M	400m^3	40.4	$400 \times 40.4 = 16\ 160\text{m}^3$
2	淡水排水量 Δ_f	400t	40.6	$400 \times 40.6 = 16\ 240\text{t}$
3	海水排水量 Δ	400t	41.7	$400 \times 41.7 = 16\ 680\text{t}$
4	浮心距基线距离 KB	0.2m	21.6	$0.2 \times 21.6 = 4.32\text{m}$
5	水线面面积 A_w	100m^2	24.1	$100 \times 24.1 = 2410\text{m}^2$
6	漂心距船中距离 X_f	1.0m	-4.3	$1 \times (-4.3) = -4.3\text{m}$ (中后)
7	浮心距船中距离 X_b	0.2m	-2.9	$0.2 \times (-2.9) = -0.58\text{m}$ (中后)
8	厘米吃水吨数 TPC	$1.0\text{t}/\text{cm}$	24.6	$1 \times 24.6 = 24.6\text{t}/\text{cm}$
9	横稳心距基线高度 KM	0.4m	21.9	$0.4 \times 21.9 = 8.76\text{m}$
10	纵稳心距基线高度 KM_L	20.0m	9.2	$20 \times 9.2 = 184\text{m}$
11	厘米纵倾力矩 MTC	$10 \times (9.81\text{kN} \cdot \text{m}/\text{cm})$	20.6	$10 \times 20.6 = 206$ ($9.81\text{kN} \cdot \text{m}/\text{cm}$)

二. 载重表尺 (Deadweight scale)

又称载重表 (图 1-5), 是以刻度标尺的形式给出, 反映船舶的实际平均吃水值与排水量、总载重量、每厘米吃水吨数、每厘米纵倾力矩、横稳心距基线高度等参数之间的对应关系的标尺。

实际吃水 (m)	实际吃水 (ft)	排水量 淡水 (t)	排水量(t) $\rho=1.0001/\text{m}^3$	排水量 海水 (t)	总载重量 淡水 (t)	总载重量(t) $\rho=1.0001/\text{m}^3$	总载重量 海水 (t)	厘米吃水 淡水 (t/cm)	厘米吃水 海水 (t/cm)	厘米纵 倾力矩 9.81(kN·m/cm)	横稳心 距基线 高度 (m)	实际吃水 (m)	实际吃水 (ft)
		21000					16000		26.5				
	32			21000	15000						9.1		32
9.500	31	20000		20000	14000		15000	25.5	26.0	240	9.0	9.500	31
	30	19000		19000	13000		14000	25.0		230		9.000	30
9.000	29	18000		18000	12000		13000	24.5	25.5		8.9	8.500	29
8.500	28	17000		17000	11000		12000	24.0	25.0	220	8.8	8.000	28
	27	16000		16000	10000		11000	23.5	24.5	210		7.500	27
8.000	26	15000		15000	9000		10000	23.0	24.0	200		7.000	26
7.500	25	14000		14000	8000		9000	22.5	23.5	190	8.7	6.500	25
7.000	24	13000		13000	7000		8000	22.0	23.0	180	8.8	6.000	24
6.500	23	12000		12000	6000		7000	21.5	22.5	170	9.0	5.500	23
6.000	22	11000		11000	5000		6000	21.0	22.0	160	9.2	5.000	22
	21	10000		10000	4000		5000	20.5	21.5	150	9.6	4.500	21
5.500	20	9000		9000	3000		4000	20.0	21.0	140	9.8	4.000	20
5.000	19	8000		8000	2000		3000	19.5	20.5		10.2	3.500	19
4.500	18	7000		7000	1000		2000	19.0	20.0		10.4		18
4.000	17	6000		6000	0		1000	18.5	19.5		10.6		17
	16										10.8		16
3.500	15										11.0		15
3.000	14										11.2		14
	13										11.4		13
	12										11.6		12
	11										11.8		11
	10											3.000	10

图 1-5 “Q” 轮载重表尺