



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

交通职业教育教学指导委员会推荐教材

# 海上货物运输

主编 王捷

主审 蔡存强 施纪昌

HAISHANG HUOWU YUNSHU



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  
交通职业教育教学指导委员会推荐教材

# 海上货物运输

主编 王 捷  
主审 蔡存强 施纪昌

大连海事大学出版社

©王捷 2007

**图书在版编目(CIP)数据**

海上货物运输 / 王捷主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2007. 11  
(交通职业教育教学指导委员会推荐教材. 普通高等教育“十一五”国家级规划教材)  
ISBN 978-7-5632-2111-0

I. 海… II. 王… III. 海上运输: 货物运输—高等学校—教材 IV. U695.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 182115 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

大连天正华延彩色印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2007 年 11 月第 1 版 2007 年 11 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 16.5 彩页: 2

字数: 412 千 印数: 1 ~ 3000 册

责任编辑: 李雪芳 版式设计: 梅 雨

封面设计: 王 艳 责任校对: 李雪芳

ISBN 978-7-5632-2111-0 定价: 28.00 元

## 编者的话

海上货物运输的功能是通过船舶将货物最有效、最安全地从一个港口运输到另一个港口。“船舶货运”是航海技术专业的主要专业课,是研究海上货物运输过程中如何保证货物和船舶安全管理的一门学科。由于海上货物运输涉及的货物和船舶的种类繁多、性质功能各异,对海上货物运输管理的要求也各不相同,因此,航海技术专业的学生只有掌握海上货物运输中货物和船舶的基本理论知识、各种货物运输管理的技术和方法,才能正确履行海上货物运输职能。与“海上货物运输”课程有关的基础课程有“船舶原理”。

本教材根据中华人民共和国海事局2006年2月1日起施行的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》、国际海事组织《STCW 78/95 公约》及我国航海类高职高专教学大纲要求编写而成,可作为高职高专航海技术专业教学和海船船员考证培训用书,也可作为教师教学参考用书。

本教材共分十二章,内容有:船舶和货物基础知识、船舶载货能力、船舶稳性、船舶吃水差、船舶强度、杂货运输、危险货物运输、货物的积载与系固、固体散货运输、散装谷物运输、集装箱运输、液体散货运输。

本教材由浙江国际海运职业技术学院王捷副教授担任主编,上海海事大学蔡存强教授、施纪昌副教授担任主审。由浙江国际海运职业技术学院王捷副教授担任主编,上海海事大学蔡存强教授、施纪昌副教授担任主审。编审人员是由交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会在全国航海高职院校范围内组织遴选并聘请的专业教师,均为本领域知名专家。浙江国际海运职业技术学院王捷副教授编写第一、二、六章,汪益兵讲师编写第三、四章,南通航运职业技术学院范育军副教授编写第五、九、十章,山东交通学院海运学院周兆欣讲师编写第七、十二章,江苏海事职业技术学院王镜法讲师编写第八、十一章。在教材的编写过程中,得到许多同行的关心和帮助,特别是上海海事大学蔡存强教授和施纪昌副教授对书稿提出了许多宝贵的意见和建议,浙江国际海运职业技术学院陈亚飞和耿高见老师为本书的图稿、校对和公式制作做了许多工作,在此一并表示衷心的感谢。

限于编者的时间和水平,书中难免有些不足和不当之处,敬请读者批评指正。

编者  
2007年8月

# 前 言

高职高专航海类专业“十一五”规划教材(下称“系列教材”)是交通部科教司为了使高职航海类专业人才培养进一步符合《STCW78/95 公约》和我国海事局颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》要求而组织编写的。首批系列教材共 22 种(航海技术专业 11 种,轮机工程技术专业 11 种)。编审人员是由交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会在全国航海高职院校范围内组织遴选并聘请的专业教师。参加编审的人员普遍具有较丰富的航海高职教学经验与生产实践经历,其中主编和主审均具有副教授以上专业技术职务。

本系列教材依据 2006 年 3 月新版《高职高专院校海洋船舶驾驶(航海技术)专业教学指导方案》和《高职高专院校轮机工程技术教学指导方案》中相应课程大纲编写,适用于三年制高职高专航海技术和轮机工程技术专业学生使用,也可作为上述专业中等职业教育和船员培训教材或教学参考书。

本系列教材具有如下特点:

1. 较好地体现了《STCW78/95 公约》和《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》,强调知识更新、突出技能,有利于培养适应现代化船舶的航海技术应用型人才。

2. 紧密结合航海类专业人才培养目标和岗位任职条件,及时充实了新颁布的《中华人民共和国海船船员适任考试大纲》(海船员[2005]412 号)内容,有利于增强高职航海类专业毕业生岗位就业能力。

3. 按照《高职高专院校海洋船舶驾驶(航海技术)专业教学指导方案》、《高职高专院校轮机工程技术教学指导方案》设计,使教材理论教学体系与实践教学体系在知识内容与职业技能之间做到相互交融。

4. 把培养合格海员所需的品格素质、知识素质、能力素质和身心素质贯彻教材当中,强化了高职航海类专业学生素质教育力度。

在本系列教材编写、统稿和审校过程中业经多方把关,力求做得更好。恰逢教育部普通高等教育“十一五”国家级规划教材遴选,本系列教材中《船舶操纵》等 12 种教材入选其中。衷心感谢为本系列教材付梓而辛劳的海事局、行业协会、港航企业、航海院校各位专家的帮助和支持。

热切期待教材使用者对本系列教材存在的问题给予指正,欢迎大家积极建言献策,以利交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会适时组织人员对本系列教材内容进行修改、调整和充实。

交通职业教育教学指导委员会航海类专业指导委员会

2006 年 12 月

# 目 录

<b>第一章 船舶和货物基础知识</b> .....	(1)
第一节 船舶基础知识 .....	(1)
第二节 货物基础知识 .....	(18)
<b>第二章 船舶载货能力</b> .....	(31)
第一节 船舶载货重量能力 .....	(31)
第二节 船舶载货容量能力 .....	(35)
第三节 充分利用船舶的装载能力 .....	(35)
<b>第三章 船舶稳性</b> .....	(38)
第一节 船舶稳性的基本概念 .....	(38)
第二节 船舶初稳性 .....	(39)
第三节 船舶大倾角稳性 .....	(49)
第四节 船舶动稳性 .....	(56)
第五节 对船舶稳性的要求 .....	(57)
第六节 船舶稳性的检验与调整 .....	(64)
<b>第四章 船舶吃水差</b> .....	(70)
第一节 吃水差基本概念及要求 .....	(70)
第二节 吃水差的计算与调整 .....	(72)
第三节 吃水差图表及应用 .....	(80)
<b>第五章 船舶强度</b> .....	(85)
第一节 船舶强度基本概念 .....	(85)
第二节 船舶纵向强度校核及保证措施 .....	(88)
第三节 船舶局部强度校核及保证措施 .....	(94)
<b>第六章 杂货运输</b> .....	(98)
第一节 保证货物运输质量 .....	(98)
第二节 保证货运质量的主要措施 .....	(100)
第三节 主要货物运输单证 .....	(109)
第四节 普通杂货运输 .....	(111)
第五节 杂货船积载图编制 .....	(123)
第六节 木材甲板货装运 .....	(129)
第七节 重大件货物装运 .....	(131)
第八节 冷藏货物运输 .....	(133)
第九节 货物装载计算仪 .....	(138)
<b>第七章 危险货物运输</b> .....	(140)
第一节 危险货物分类及特性 .....	(140)

第二节	危险货物的包装、标志及运输单证 .....	(146)
第三节	危险货物积载、隔离 .....	(149)
第四节	包装危险货物运输管理 .....	(152)
第五节	产生危险货物运输事故的主要原因 .....	(154)
第六节	《国际危规》、《水路危规》简介 .....	(154)
<b>第八章</b>	<b>货物的积载与系固 .....</b>	<b>(158)</b>
第一节	货物单元运输 .....	(158)
第二节	非标准组件货物的安全积载和系固 .....	(163)
第三节	非标准货物系固有效性评估 .....	(167)
第四节	重大件货物运输 .....	(172)
<b>第九章</b>	<b>固体散货运输 .....</b>	<b>(177)</b>
第一节	固体散货种类及运输危险性 .....	(177)
第二节	固体散货船稳性及强度 .....	(178)
第三节	固体散货船装运要求 .....	(180)
第四节	《BC 规则》的使用 .....	(185)
第五节	水尺检量 .....	(186)
<b>第十章</b>	<b>散装谷物运输 .....</b>	<b>(190)</b>
第一节	船运散装谷物特性及运输要求 .....	(190)
第二节	散装谷物船的稳性核算 .....	(194)
第三节	改善散装谷物船稳性的方法及措施 .....	(202)
<b>第十一章</b>	<b>集装箱运输 .....</b>	<b>(205)</b>
第一节	集装箱和集装箱船概述 .....	(205)
第二节	集装箱船配载 .....	(214)
第三节	集装箱船安全装卸 .....	(226)
第四节	集装箱船系固 .....	(229)
<b>第十二章</b>	<b>液体散货运输 .....</b>	<b>(234)</b>
第一节	石油及其产品的种类和特性 .....	(234)
第二节	油船的结构特点 .....	(235)
第三节	油船的配积载 .....	(236)
第四节	油船装运操作 .....	(239)
第五节	散装液体化学品运输 .....	(241)
第六节	液化气体船舶运输 .....	(245)
<b>附录 1</b>	<b>有关国际公约和国内法规 .....</b>	<b>(251)</b>
<b>参考文献</b>	.....	(253)
<b>附录 2</b>	<b>危险货物标志和标牌</b>	
一、	《国际危规》危险货物标志和标牌	
二、	《水路危规》危险货物主标志	
<b>附录 3</b>	<b>商船用区带、区域和季节期海图</b>	

# 第一章 船舶和货物基础知识

海上货物运输是国际、国内货物运输的主要方式,国际贸易中约有 90% 的货物是以海上运输方式承担的。船舶和货物基础知识是海上货物运输课程的基本内容,是学习其他各章内容的基础和前提,本章有针对性地介绍了与货物运输有关的船舶基础知识、货物基础知识,使我们了解和掌握与船舶和货物有关的知识,保证船舶和货物运输安全。

## 第一节 船舶基础知识

船舶是完成海上货物运输的主要工具。我国《海商法》中船舶的定义为:海船和其他海上移动式装置,但是用于军事的、政府公务的船舶和 20 总吨以下的小型船艇除外。

### 一、船舶浮性

船舶在各种装载情况下,保持一定的浮态,漂浮于水面一定位置的能力,称为船舶的浮性。浮性是船舶最基本的性能,任何船舶都具备一定的浮性。

#### 1. 船舶在静水中的平衡条件

任何物体浸入水中时,都将受到两个力的作用:一个是垂直向下的重力(Gravity),重力的作用中心为重心  $G$  (Center of Gravity),重心为物体所有重量的作用点;另一个是作用于物体周围的水压力,这种水压力的合力称为浮力(Buoyancy),浮力的作用中心为浮心  $B$  (Center of Buoyancy),浮心为物体排水体积的几何中心。重力的方向是垂直向下的,大小等于该物体的重量。浮力的方向是垂直向上的,大小等于该物体所排开同体积水的重量。判断物体在水中是沉还是浮,完全取决于物体的重力和浮力的平衡关系。如果重力大于浮力,物体就下沉;相反,如果浮力大于重力,物体就上浮。

船舶平衡条件:船舶在静水中受到重力和浮力的作用,如果船舶的重力和浮力相等并作用在同一铅垂线上时,船舶达到平衡并浮于水面。

#### 2. 船舶浮态

船舶坐标系:本书采用的坐标系的中心点  $O$  为船中纵剖面、中横剖面及龙骨基准面的交点。平面坐标系建立在龙骨基准面上,纵向坐标轴  $X$  轴正方向指向船首,横向坐标轴  $Y$  轴正方向指向船舶右舷;垂向坐标轴  $Z$  轴正方向垂直指向船舶上方,如图 1-1 所示。

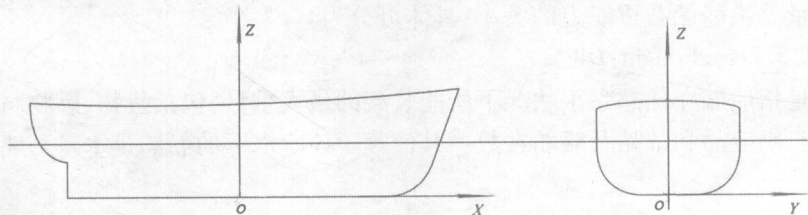


图 1-1 船舶坐标系

浮态即船舶的漂浮状态,是船舶在静水中平衡时船舶与静水平面的相对位置。在给定的



船舶重量、重心的条件下,船舶浮态的确定,实际上只与排水体积和浮心坐标这两个要素有关。船舶浮态有:正浮(Upright)、横倾(Heel)、纵倾(Trim)、任意倾(横倾与纵倾兼有)四种,图 1-2 所示为船舶正浮状态。

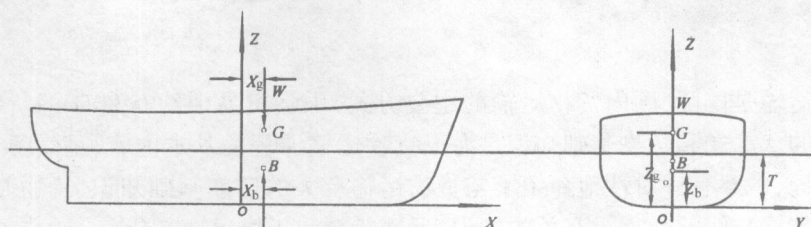


图 1-2 船舶正浮状态

船舶的正浮状态是一种特殊的状态。一般情况下,船舶浮于水面总是存在一定的横倾和纵倾。从船舶安全角度来说,船舶在装卸货物、航行和停泊时,应保持船舶无横倾。另外,为提高航行速度和船舶操纵性能,适当的尾倾是必要的。

## 二、船舶的重量性能

船舶重量性能包括排水量和载重量,其计量单位为吨(t)。

### 1. 船舶排水量

船舶排水量(Displacement)是指船舶自由漂浮于静水中保持静态平衡时,船体水线下体积所排开同体积水的重量。按照阿基米德定律,其计算公式为:

$$\Delta = \rho V \quad (1-1)$$

式中: $\Delta$ ——船舶排水量,t;

$V$ ——船体排开水的体积, $m^3$ ;

$\rho$ ——水的密度, $t/m^3$ 。

船舶排水量可分为:

#### (1) 空船排水量(Light Displacement; $\Delta_0$ )

空船排水量是指船舶的空船重量,包括船体、船机、锅炉、各种设备、锅炉中的燃料和水、冷凝器中的淡水等重量的总和。新船空船排水量是一定值,其值可从船舶资料中查得。

#### (2) 满载排水量(Load Displacement or Deep Displacement; $\Delta$ )

满载排水量是指空船排水量加上全部可变载荷(货物、航次所需的燃料、淡水、压载水、食物、船员和行李、其他供应品和备品及船舶常数)后吃水达到某一载重线时的重量。通常指夏季满载排水量。

### 2. 船舶载重量

船舶载重量是指船舶载重能力的大小,具体可分为:

#### (1) 总载重量(Deadweight; $DW$ )

总载重量是指船舶在任意吃水状况下所能装载的最大重量,包括货物、燃物料、淡水、压载水、船员和行李、供应品和备品及船舶常数。其值等于该吃水下的船舶排水量与船舶空船排水量之差:

$$DW = \Delta - \Delta_0 \quad (1-2)$$

式中: $DW$ ——总载重量,t;

$\Delta$ ——船舶满载排水量,t;

$\Delta_0$ ——船舶空船排水量, t。

航次总载重量的大小是随船舶排水量的变化而变化的, 与航行区域、航行季节和港口航道的水深等有关。在船舶资料中, 总载重量是指船舶满载排水量与船舶空船排水量之差, 其值为定值, 是船舶载重能力的重要指标。

(2) 净载重量 (Net Deadweight; *NDW*)

净载重量是指船舶在具体航次中所能装载货物的最大重量, 总载重量确定后, 还与航次总储备量和船舶常数有关。其值等于总载重量与航次总储备量和船舶常数之差:

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

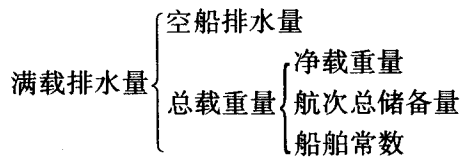
式中: *NDW*——净载重量, t;

$\sum G$ ——航次总储备量, 由粮食、供应品、船员、行李及船员备品的重量  $G_1$ , 加上燃料和淡水的储备重量  $G_2$  组成, t;

*C*——船舶常数, 指船舶经过一段时间营运后的实际空船重量与船舶新出厂时的空船重量的差值, t。

总载重量表示船舶载重能力的大小; 净载重量表示船舶载货重量能力的大小。它们都是海上货物运输管理中计算航次货运量的根据。

综上所述, 船舶重量性能的相互间关系如下:



三、船舶尺度

按照不同的用途, 船舶尺度主要可分为三种: 船型尺度、登记尺度和船舶最大尺度。三种船舶尺度如图 1-3 所示。

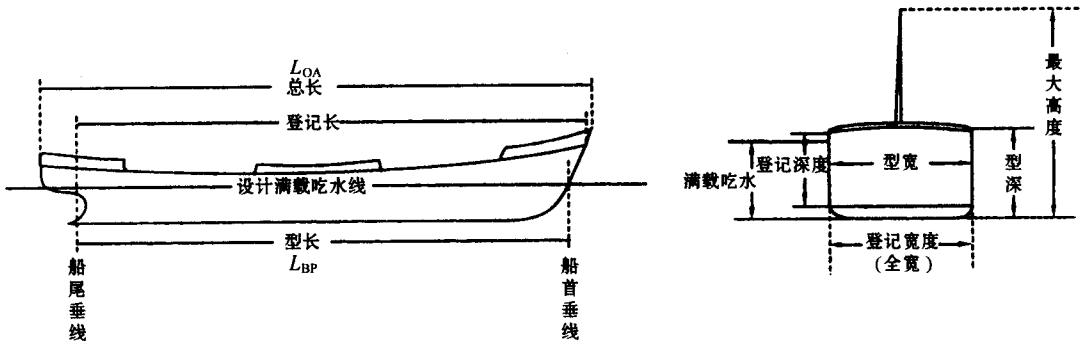


图 1-3 船舶尺度

1. 船型尺度 (Moulded Dimension)

它是《钢质海船入级与建造规范》中定义的船舶尺度, 即从船体型表面上量取的尺度, 在船舶的许多性能的理论计算中和一些主要的船舶图纸上均使用这种尺度, 也称为理论尺度和计算尺度。

(1) 船长  $L_{BP}$  (Length Between Perpendiculars)

沿设计夏季载重水线,由船首柱前缘(Fore Perpendicular)量至舵柱后缘(Aft Perpendicular)的长度;对无舵柱的船舶,由船首柱前缘量至舵杆中心线的长度,即船首尾垂线间的长度,该长度均不得小于设计夏季载重水线总长的96%,且不必大于97%。

(2) 型宽  $B$  (Moulded Breadth)

在船体的最宽处,由一舷的肋骨外缘量至另一舷的肋骨外缘之间的水平距离。

(3) 型深  $D$  (Moulded Depth)

在船长中点处,由平板龙骨上缘量至干舷甲板横梁上缘的垂直距离,对甲板转角为圆弧形的船舶,则由平板龙骨上缘量至甲板型线与船舷型线的交点。

(4) 型吃水  $d$  (Moulded Draft)

在船长中点处,由平板龙骨上缘量至夏季载重水线上缘的垂直距离。船舶在正浮时,其型吃水和实际吃水仅相差平板龙骨厚度。

通常用船长  $L_{BP}$  × 型宽  $B$  × 型深  $D$  表示船体外形的大小,这3个尺度称为船舶主尺度。

2. 登记尺度(Register Dimension)

它是《海船吨位丈量规范》中定义的船舶尺度,主要是用于登记船舶、丈量与计算船舶吨位,故称登记尺度。

(1) 登记长  $L_R$  (Register Length)

指量自龙骨板上缘的最小型深85%处水线长度的96%,或沿该水线从船首柱前缘量至上舵杆中心的长度,取两者中较大者。

(2) 登记深  $D_R$  (Register Depth)

指在登记长  $L_R$  中点船舷处从平板龙骨上表面量至上甲板下表面的垂直距离。有双层底的船舶则由内底板上缘量起,若内底板上木铺板,则量自木铺板上缘。

(3) 登记宽  $B_R$  (Register Breadth)

指登记长  $L_R$  中点处的最大宽度。对于金属外板的船舶,其宽度量至两舷的肋骨型线。

3. 船体最大尺度(Overall Dimension)

船舶在停靠码头、进坞、过船闸、桥梁、架空电线、狭窄航道及船舶避碰操纵时所使用的尺度。

(1) 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之间的水平距离。

(2) 最大船长  $L_{max}$  (Maximum Length)

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(顶推装置等)在内的水平距离。

(3) 最大船宽  $B_{ext}$  (Extreme Breadth)

包括外板和永久性固定突出物(护舷材、水翼等)在内的垂直于中线面的船舶最大水平距离。

(4) 最大高度  $H_{max}$  (Maximum Height)

从船舶的龙骨下边垂直量至船舶固定建筑物(固定的桅、烟囱等在内的任何构件)最高点的距离。净空高度(Height)等于最大高度减去吃水。

#### 四、静水力曲线图、载重表尺、静水力参数表及应用

静水力曲线图、载重表尺、静水力参数表作为重要的船舶技术资料被广泛地运用于海上货物运输计算中,具体内容有:

##### 1. 静水力曲线图及使用

静水力曲线图(Hydrostatic Curve)是表示船舶在静水正浮状态下,有关船舶浮性要素、初稳性要素、船型系数等与船舶吃水有关的一组曲线。它是由船舶设计部门绘制,供营运船舶使用的一张重要技术资料图,如图1-4所示。

图中的纵坐标表示船舶的平均型吃水(m),横坐标表示各条静水力曲线的计量长度(cm)。当求取其中某一静水力曲线数值时,先根据船舶的平均型吃水(m)查出相对应曲线的横坐标数值,再根据静水力曲线上每厘米计量单位代表的不同单位的数值求出该静水力曲线数值。下面具体介绍各静水力曲线的名称和使用方法。

##### (1) 排水体积曲线(Volume of Molded Displacement Curve)

表示船舶的型排水体积( $m^3$ )随平均型吃水增加而增大的规律。

##### (2) 排水量曲线(Displacement Curve)

表示船舶的排水量(t)随平均型吃水增加而增大的规律。排水量分淡水排水量(Fresh Water Displacement)和海水排水量(Salt Water Displacement)。

##### (3) 浮心距船中距离曲线(Longitudinal Center of Buoyancy from Midship)

简称 $X_b$ 曲线,表示船舶浮心距船中距离随平均型吃水增加而变化的规律。我国规定浮心 $B$ 在船中前为正(+ )值,在船中后为负(- )值。该值由船中向前、后读取。

##### (4) 水线面面积曲线(Areas of Water Planes)

简称 $A_w$ 曲线,表示船舶水线面面积随平均型吃水增加而增加的规律。

##### (5) 漂心距船中距离曲线(Longitudinal Center of Floatation from Midship)

简称 $X_f$ 曲线,表示船舶水线面面积中心(漂心) $f$ 距船中距离随平均型吃水增加而变化的规律。我国规定漂心的位置用其距船中的距离 $X_f$ 表示,漂心 $f$ 在船中前 $X_f$ 为正(+ )值,在船中后 $X_f$ 为负(- )值。该值由船中向前、后读取。有些国家漂心纵向位置用其距船尾垂线的距离 $X_f$ 表示。

##### (6) 每厘米吃水吨数曲线(Metric Tons Per Centimetre Immersion)

简称 $TPC$ 曲线,表示每厘米吃水吨数随平均型吃水增加而变化的规律。

##### (7) 浮心距基线高度曲线(Vertical Center of Buoyancy above Base Line)

简称 $KB$ 曲线,表示船舶排水体积的几何中心(即浮心 $B$ ) 在龙骨基线上的高度随平均型吃水增加而变化的规律。

##### (8) 横稳心距基线高度曲线(Transverse Metacenter above Base Line)

简称 $KM$ 曲线,表示船舶横倾前、后浮力作用线的交点(即横稳心 $M$ ) 在龙骨基线上的高度随平均型吃水增加而变化的规律。

##### (9) 纵稳心距基线高度曲线(Longitudinal Metacenter above Base Line)

简称 $KML$ 曲线,表示船舶纵倾前、后浮力作用线的交点(即纵稳心 $ML$ ) 在龙骨基线上的高度随平均型吃水增加而变化的规律。

##### (10) 每厘米纵倾力矩曲线(Moment to Change Trim One Centimetre)

简称 $MTC$ 曲线,表示每厘米纵倾力矩随平均型吃水增加而变化的规律,详见第四章“船舶

吃水差”。

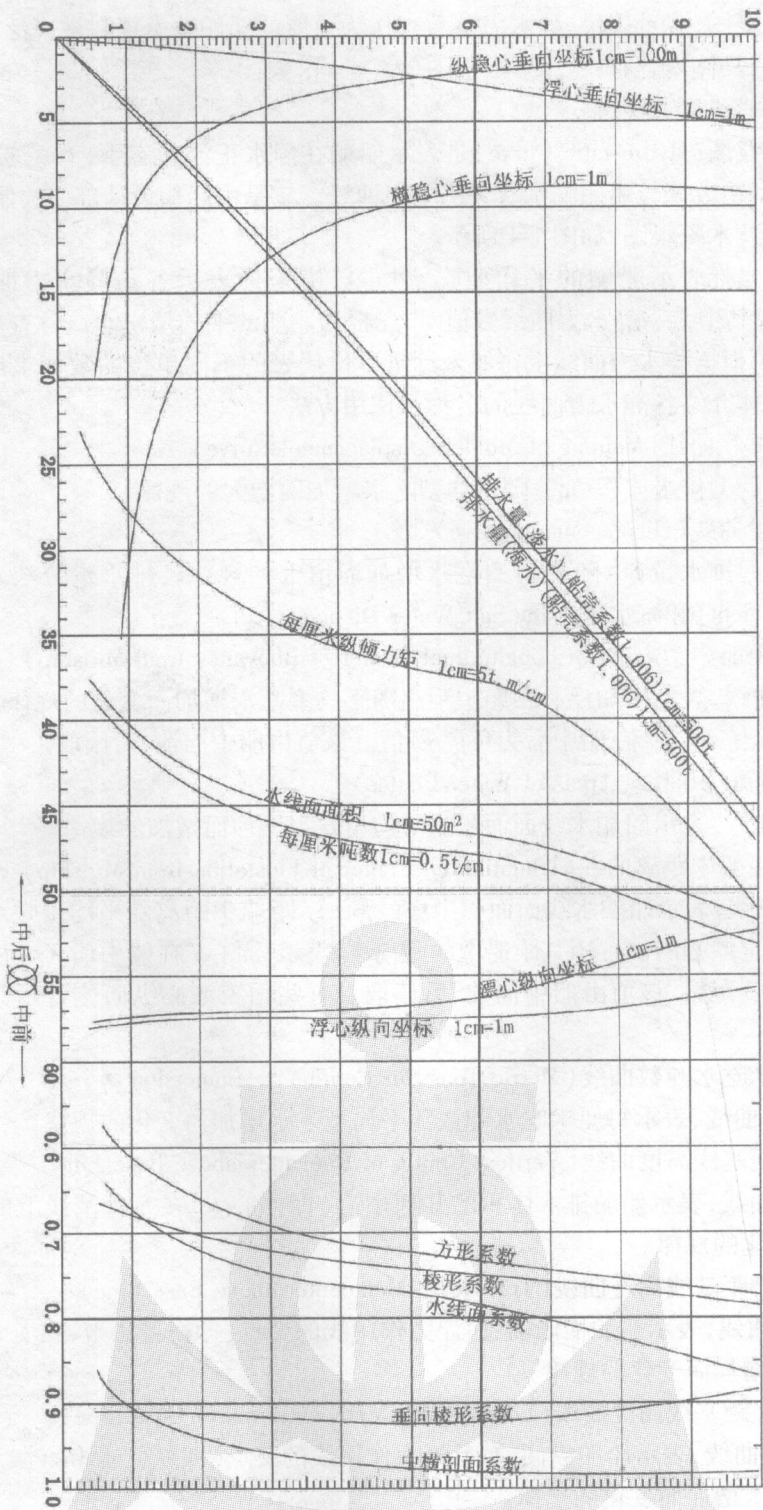


图 1-4 静水力曲线图

(11) 方形系数曲线(Block Coefficient)

简称  $C_b$  曲线, 表示方形系数  $C_b$  随平均型吃水变化的关系曲线。

静水力曲线图使用时应注意各数值的读取方法, 如: 漂心距船中距离是从船中向前、后读取; 每厘米纵倾力矩是从坐标原点向前读取。

2. 载重表尺及应用

载重表尺(Dead Weight Scale)是船舶在静水正浮状态下, 根据船舶排水量、总载重量等船舶特性参数和平均吃水之间的关系而绘制的一种图表。在船舶出厂时, 船厂计算出该船不同的平均吃水与其对应的排水量、总载重量、横稳心距基线高度、每厘米吃水吨数、每厘米纵倾力矩等数值, 列成图表, 并附上载重线标志, 如图 1-5 所示。

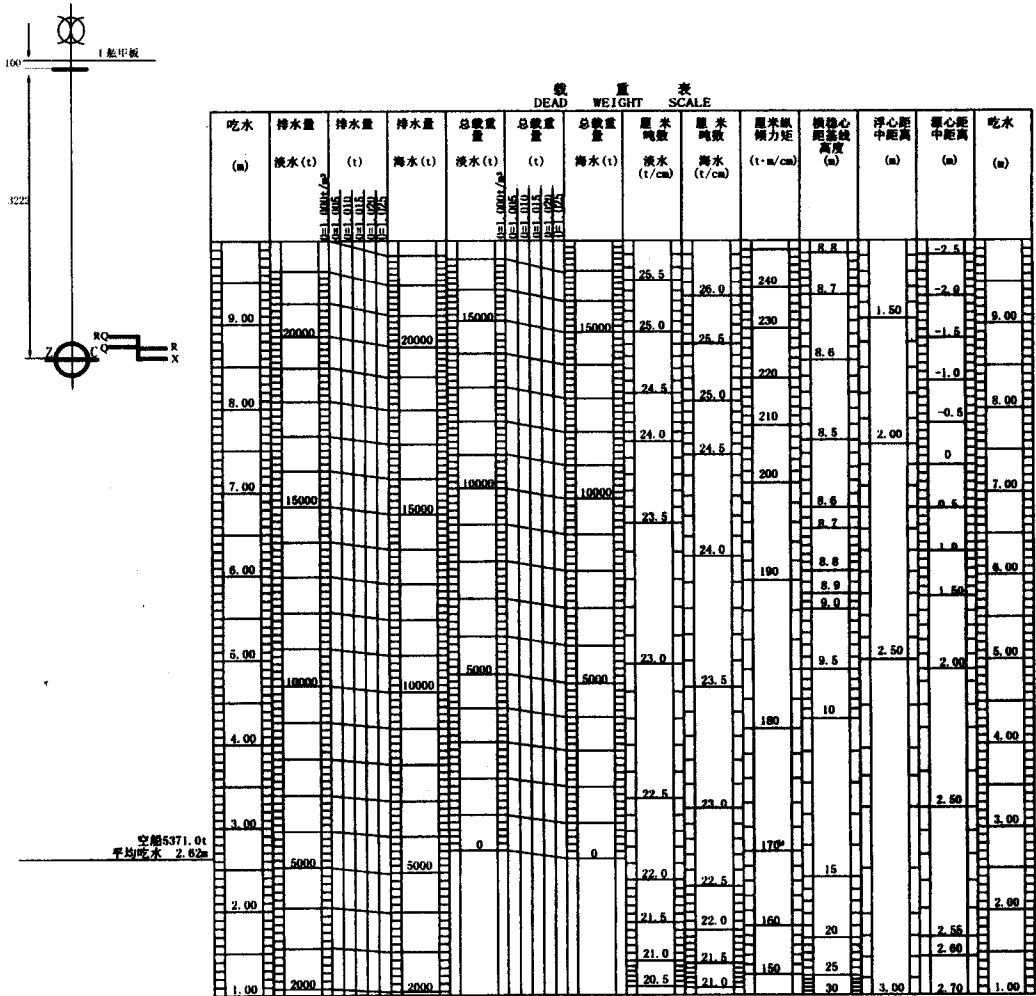


图 1-5 载重表尺

图中的两边是船舶的平均吃水, 在求取其中某一数值时, 可用直尺根据船舶的平均吃水 (两边) 查出相对应数值, 也可以由某一数值来求取船舶的平均吃水。

载重表尺的应用:

- (1) 按船舶的平均吃水求取船舶相应的排水量和/或总载重量,或反之;
- (2) 按船舶的平均吃水的改变量(厘米吨数)求取排水量和/或总载重量的改变量,并由此计算船舶装(卸)货的数量,或反之;
- (3) 按船舶的平均吃水求取相应的横稳心距基线高度、厘米纵倾力矩等;
- (4) 船舶进出不同水密度的水域时,计算吃水变化。

### 3. 静水力参数表及应用

静水力参数表(Hydrostatic Data Table)是静水力曲线图和载重表尺的简化。为使船舶在实际使用中节省时间、避免出错,船舶设计部门将不同平均型吃水时的有关数据用计算机计算后以数值表格的形式列出,即把静水力参数表提供给船方使用。在船舶实际工作中,一般均使用静水力参数表来查找有关数据。静水力参数表的用途基本上同载重表尺。

## 五、船舶吃水

船舶吃水(Draught)表示船体在水线面以下的深度。船体前后垂直的深度,分别叫首吃水和尾吃水,中间的垂直深度,为船中吃水。

### 1. 船舶吃水标志

船舶吃水标志(Draft Marks)又叫水尺,它由绘在船首(Bow)、船尾(Stern)及船中(Amidships)两侧船壳上的六组数据组成,俗称六面水尺。

水尺采用米制时,用阿拉伯数字标绘,每个数字的高度为10 cm,上下两数字的间距也是10 cm,并自数字下缘起算,如图1-6(a)所示;

水尺采用英制时,用阿拉伯数字或罗马数字标绘,每个数字高度为6 in,上下两数字的间距也是6 in,也自数字下缘起算,如图1-6(b)所示。

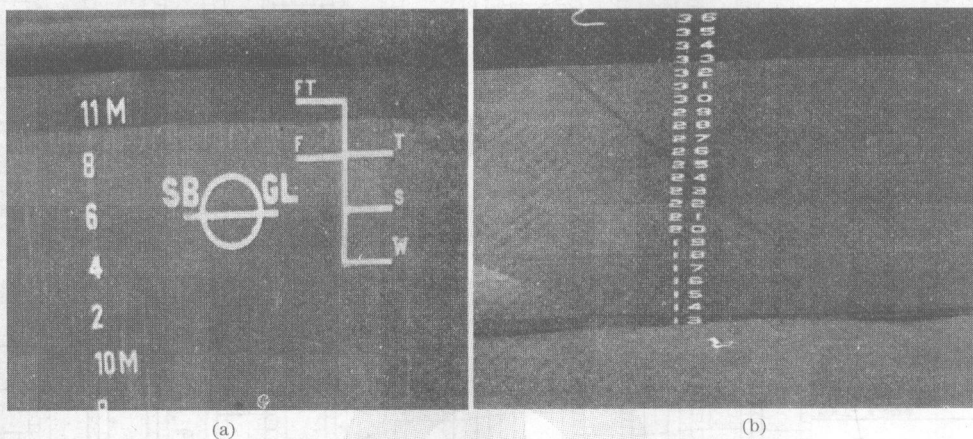


图 1-6 船舶吃水标志

观测船舶吃水时,应根据实际水线在水尺上的位置,按比例取其读数。当有波浪时应取其最高和最低时读数的平均值。为方便地读取船舶六面水尺,有些大型船舶设有吃水指示系统(Draft Indicating System),可以在驾驶台或其他位置的指示面板上直接读取船首、中、尾吃水。

### 2. 船舶平均吃水(Mean Draught)

船舶平均吃水是指船舶正浮状态时的吃水值。它用以查取船舶有关参数。但当船舶存在纵倾或横倾及纵向变形时,就需将首、中、尾各吃水值换算成一个与正浮状态相等的吃水值,即平均吃水(又称等容吃水),才能查取有关参数,船舶各种浮态时的平均吃水的计算方法如下。

(1) 正浮

船舶正浮时六面吃水都相同,即可以用任一处吃水替代平均吃水。

$$d_M = d_F = d_{\text{中}} = d_A \quad (1-4)$$

式中:  $d_M$ ——船舶平均吃水, m;

$d_F$ ——船首吃水, m;

$d_{\text{中}}$ ——船中吃水, m;

$d_A$ ——船尾吃水, m。

(2) 横倾(无纵倾)

船舶横倾时左右吃水不同,其平均吃水为:

$$d_M = \frac{d_{FP} + d_{FS}}{2} = \frac{d_{\text{中P}} + d_{\text{中S}}}{2} = \frac{d_{AP} + d_{AS}}{2} \quad (1-5)$$

式中:  $d_M$ ——船舶平均吃水, m;

$d_{FP}, d_{FS}$ ——船舶左右首吃水, m;

$d_{\text{中P}}, d_{\text{中S}}$ ——船中左右吃水, m;

$d_{AP}, d_{AS}$ ——船舶左右尾吃水, m。

(3) 纵倾(无横倾)

船舶纵倾时首尾吃水不同,其平均吃水为:

$$d_M = \frac{d_F + d_A}{2} + \frac{t \cdot X_f}{L_{BP}} \quad (1-6)$$

式中:  $t$ ——船舶吃水差, m; 吃水差为船首吃水减去船尾吃水, 即  $t = d_F - d_A$ ;

$X_f$ ——正浮水线漂心纵坐标, m;

$L_{BP}$ ——船舶型长, m;

$\frac{t \cdot X_f}{L_{BP}}$ ——船舶平均吃水的纵倾修正量, m。

当漂心在船中时( $X_f = 0$ ), 则船舶平均吃水为船首、尾吃水的平均值。

(4) 任意倾

当船舶同时存在横倾和纵倾时,其平均吃水为:

$$d_M = \frac{d_{FP} + d_{FS} + d_{\text{中P}} + d_{\text{中S}} + d_{AP} + d_{AS}}{6} + \frac{t \cdot X_f}{L_{BP}} \quad (1-7)$$

上述公式计算所求得平均吃水值尚未考虑船体纵向变形对平均吃水的影响。在实际装载状态时,船舶的实际首、尾、中部吃水是通过水尺标志读取的,因此,船舶在各种浮态下的平均吃水可以通过上述方法求得。

3. 舷外水密度改变对吃水的影响

水密度不同的水域,同一条船舶在排水量不变的情况下,由于舷外水密度的改变,船舶所排开水的体积也不一样,则船舶的吃水也不一样。其吃水变化值的求取方法主要有以下几种:

(1) 载重表尺直接查取

载重表尺图表中列出了不同水密度时排水量与平均吃水的关系,则可根据排水量和舷外水密度值查出相应的平均吃水。

(2) 用公式计算



**公式1:**当船舶由水密度为 $\rho_0$ 水域进入水密度为 $\rho_1$ 水域时,舷外水密度变化引起的平均吃水变化量为:

$$\delta d = \frac{\Delta}{100TPC} \left( \frac{\rho_{海}}{\rho_1} - \frac{\rho_{海}}{\rho_0} \right) \quad (\text{m}) \quad (1-8)$$

式中: $\delta d$ ——舷外水密度变化引起的平均吃水变化量,m;

$\Delta$ ——船舶进新水域前的排水量,t;

$TPC$ ——船舶平均型吃水改变1 cm所引起排水量的变化值,t/cm,这里指船舶进新水域前的每厘米吃水吨数;

$\rho_{海}$ ——标准海水密度, $\rho_{海} = 1.025 \text{ t/m}^3$ ;

$\rho_0$ ——原水域水密度, $\text{t/m}^3$ ;

$\rho_1$ ——新水域水密度, $\text{t/m}^3$ 。

$TPC$ 在货物运输中使用得很广泛, $TPC$ 值可在静水力曲线图、载重表尺、静水力参数表中查取,也可以通过计算方法求得,即:

$$TPC = 0.01\rho A_w \quad (\text{t/cm}) \quad (1-9)$$

式中: $\rho$ ——舷外水密度, $\text{t/m}^3$ ;

$A_w$ ——水线面面积(Waterplane Area), $\text{m}^2$ 。

由此可见,舷外水密度、水线面面积和船舶吃水是影响 $TPC$ 的主要因素。在实际工作中,船员可通过观察平均吃水的变化,使用装卸前后的平均 $TPC$ 值来计算货物的装卸量:

$$\delta d = \frac{P}{TPC} \quad (\text{cm}) \quad (1-10)$$

式中: $\delta d$ ——平均吃水,m;

$P$ ——货物装卸量,t,当卸货时,取负值;载荷变化量小于10%的排水量时,计算较为准确。

**公式2:**当船舶由标准海水( $\rho_{海} = 1.025 \text{ t/m}^3$ )进入标准淡水( $\rho_{淡} = 1.000 \text{ t/m}^3$ )水域时,其平均型吃水增加量值称为淡水水尺超额量,用 $FWA$ (Fresh Water Allowance)表示:

$$FWA = \frac{\Delta}{40TPC} \quad (1-11)$$

**公式3:**当船舶由标准海水进入水密度为 $1.000 \text{ t/m}^3 < \rho < 1.025 \text{ t/m}^3$ 的水域时,其平均吃水增加量值称为半淡水水尺超额量(Semi Fresh Water Allowance,  $SFWA$ ),即:

$$\delta d \approx (41 - 40\rho)FWA \quad (\text{cm}) \quad (1-12)$$

**【例题1-1】**已知某船排水量 $\Delta = 18\,000 \text{ t}$ ,到上海港前在海水中的吃水 $d_{海} = 8.6 \text{ m}$ , $\rho_{海} = 1.025 \text{ t/m}^3$ , $TPC = 25 \text{ t/cm}$ 。如上海港水密度 $\rho_1 = 1.010 \text{ t/m}^3$ ,求该船驶入上海港后的吃水。

解:将已知数据代入公式得:

$$\delta d = \frac{\Delta}{100TPC} \left( \frac{\rho_{海}}{\rho_1} - \frac{\rho_{海}}{\rho_0} \right) = \frac{18\,000}{100 \times 25} \left( \frac{1.025}{1.010} - 1 \right) = 0.11 \quad (\text{m})$$

船驶入上海港后的吃水 =  $8.6 + 0.11 = 8.71 \text{ (m)}$

答:该船驶入上海港后的吃水为8.71 m。

**公式4:**近似计算不同水密度时的平均吃水改变量: