



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

船舶货运

徐邦祯 主 编
田佰军 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

船舶货运

徐邦祯	主 编
田佰军	副主编
李开荣	主 审

大连海事大学出版社

©徐邦祯 2011

图书在版编目(CIP)数据

船舶货运 / 徐邦祯主编. —大连: 大连海事大学出版社, 2011. 3
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 978-7-5632-2552-1

I. ①船… II. ①徐… III. ①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(2011)第 035780 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

大连华伟印刷有限公司印装 大连海事大学出版社发行

2011 年 3 月第 1 版 2011 年 3 月第 1 次印刷

幅面尺寸: 185 mm × 260 mm 印张: 24.5

字数: 608 千 印数: 1 ~ 3000 册

责任编辑: 陆 梅 版式设计: 小 月

封面设计: 王 艳 责任校对: 刘若实

ISBN 978-7-5632-2552-1 定价: 45.00 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

《船舶货运》是研究各类海上运输货物的海运特性、各类船舶的货运性能、货物在整个运输过程中的各个环节进行有效管理的一门应用学科。

本教材以当今主要海运货物种类为主线,以货物安全运送为主导,设立全书章节,确定各章节的相关内容。书中选用了最新版本的国内外相关公约、规则和规范,介绍了本学科的最新发展技术,注重理论和实际操作的有机结合。

全书分为八章,分别为第一章海运船舶与货物,第二章包装危险货物运输,第三章普通杂货运输,第四章散装固体货物运输,第五章散装谷物运输,第六章散装液体货物运输,第七章集装箱运输,第八章特殊货物运输。

本书可作为高等航海院校航海技术和相关专业的本科生、专科生教材,也可用做相关航运管理人员工作参考书。

本书由徐邦祯主编,田佰军副主编,李开荣主审。参加编写的还有王建平、姜朝妍。全书由徐邦祯修改并统稿。

由于编者水平和时间所限,书中不妥之处在所难免,诚望读者批评指正。

目 录

第一章 海运船舶与货物	(1)
第一节 船舶重量和容量性能	(1)
第二节 船舶吃水与排水量计算	(6)
第三节 船舶载重线标志与载重线海图	(16)
第四节 航次允许使用的最大总载重量	(21)
第五节 船舶载货能力	(23)
第六节 海运货物种类和基本性质	(31)
第七节 普通货物的包装与标志	(35)
第八节 海运货物数量	(42)
第九节 货物亏舱和积载因数	(45)
第二章 包装危险货物运输	(48)
第一节 包装危险货物的分类和危险性	(48)
第二节 危险货物的包装和标志	(57)
第三节 危险货物的积载	(67)
第四节 危险货物的隔离	(73)
第五节 危险货物运输规则	(78)
第六节 危险货物装运	(86)
第三章 普通杂货运输	(90)
第一节 杂货种类及特性	(90)
第二节 杂货的配装要求	(92)
第三节 配载图的编制程序	(99)
第四节 船舶稳性、强度与吃水核算	(103)
第五节 配载图编制实例	(112)
第六节 杂货装运	(126)
第四章 散装固体货物运输	(139)
第一节 散装固体货物	(139)
第二节 散装固体货船	(145)
第三节 散装固体货物装载计划	(148)
第四节 货舱装载限量	(158)
第五节 固体散装货物装运	(161)
第六节 固体散装货物规则	(172)
第七节 水尺计重	(177)
第五章 散装谷物运输	(186)
第一节 散装谷物的自然特性	(186)

第二节	散装谷物的配装	(188)
第三节	散装谷物装运规则	(191)
第四节	散装谷物船稳性核算及改善	(196)
第五节	散装谷物的装运	(208)
第六章	散装液体货物运输	(210)
第一节	石油及其产品的特性	(210)
第二节	油船类型	(215)
第三节	油船结构及货油设备	(217)
第四节	货油配装	(223)
第五节	石油安全装运	(227)
第六节	油量计算	(238)
第七节	散装液体化学品装运	(245)
第八节	散装液化气体装运	(254)
第七章	集装箱运输	(261)
第一节	集装箱	(261)
第二节	集装箱船	(266)
第三节	集装箱配装	(273)
第四节	集装箱装运	(287)
第八章	特殊货物运输	(295)
第一节	货物运输单元积载	(295)
第二节	货物积载与系固规则	(308)
第三节	非标准货物的积载	(310)
第四节	重大件货物装卸	(319)
第五节	卷钢货物积载	(322)
第六节	滚装车辆装运	(330)
第七节	木材货物装运	(337)
第八节	冷藏货物装运	(345)
附录		(353)
附录 1	我国海运包装危险货物运输单证	(353)
附录 2	散装固体货物装卸安全检查及操作	(359)
附录 3	澳大利亚散装谷物稳性计算表	(365)
附录 4	散装液体货物装卸安全检查	(369)
附录 5	集装箱尺寸类型代码	(380)
附录 6	商船用区带、区域和季节期海图	
参考文献		(382)

第一章 海运船舶与货物

海上货物运输是以船舶为运载工具、以货物为运输对象的海上位移。在整个运输过程中,包括船舶受载、配载、货物管理、卸载和交付等多个环节。在每一环节中,都首先涉及船舶和货物两方面的若干概念和基础知识,因此,了解并熟悉与货物运输有关的船舶与货物的基础知识和相关概念,是做好货物运输工作的前提。

第一节 船舶重量和容量性能

为满足船舶所载运的货物、所携带的航次储备品及其他载荷在重量上和体积上的需求,船舶必须具有一定的重量性能和容量性能。

一、船舶重量性能

在允许吃水范围内,反映吃水与船舶或载重关系的性能,称为船舶重量性能。船舶重量性能的某些指标是决定载货重量能力的主要因素。

1. 排水量

排水量(displacement)是指自由漂浮于静止水面上的静态船舶所排开水的重量。排水量在数值上等于该装载状态下船舶的总重量,按船舶装载状态不同,排水量可分为空船排水量、满载排水量和装载排水量。

1) 空船排水量 Δ_L

指船舶装备齐全但无载重时的排水量。空船排水量(light ship displacement)等于空船重量,包括船体、机器及设备、可供试车用的但无航行所需的锅炉中的燃料和水、冷凝器中的淡水等重量之和。新船空船排水量为一定值,相应的吃水为空船吃水,其值均可在船舶资料中查得。

2) 满载排水量 Δ

指船舶吃水达到规定的满载水线(通常指夏季载重线)时的排水量。满载排水量(full loaded displacement)等于在满载状态下船舶的总重量,包括空船重量及货物、航次储备、压载水等重量的总和。

对于具体船舶,夏季满载排水量为一定值,相应的船舶吃水为夏季满载吃水,其值均可在船舶资料中查得。夏季满载排水量是表征船舶重量性能的指标,而夏季满载吃水则是限定船舶装载吃水以保证船舶浮性的指标。

3) 装载排水量 Δ

装载排水量(loaded displacement)指船舶装载后吃水介于空船吃水与满载吃水之间的排水量,其值为该装载状态下空船、货物、航次储备、压载水等重量之和。

2. 载重量

船舶所能装载的载荷重量称为载重量。依据载荷种类不同,载重量分为总载重量和净载重量。

1) 总载重量 DW

总载重量 (deadweight) 是指船舶在某一吃水时所能装载的重量。它包括在该吃水条件下船上所装载货物、航次储备、压载水及其他重量的总和,其值为

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

总载重量的大小可根据给定的船舶装载状态按其构成成分叠加获得,也可根据船舶吃水从相关船舶静水力资料中获取相应排水量后由上式确定。

作为船舶主要参数给出的总载重量是指夏季满载吃水所对应的总载重量,对于具体船舶,其值为一定值,即

$$DW_s = \Delta_s - \Delta_L$$

DW_s 作为船舶载重能力大小的重要指标,通常用来表征船舶大小和统计船舶拥有量,作为签订租船合同及航线配船、定舱配载、船舶配载的依据。

2) 净载重量 NDW

净载重量 (net deadweight) 指船舶具体航次中所能装载货物重量的最大能力,其值等于具体航次中所允许使用的最大总载重量 DW_m 与航次储备量及船舶常数的差值,即

$$NDW = DW_m - \sum G - C \quad (1-2)$$

式中: $\sum G$ —— 航次储备量(t);

C —— 船舶常数(t)。

船舶净载重量因航次的航线、航程等因素的不同而变化,主要作为确定航次货运量的依据。

3. 航次储备量 $\sum G$

船舶具体航次中为维持正常航行及停泊需要所储备的消耗物质重量总和即为航次储备量 (restores for voyage), 按其构成可分为固定储备量和可变储备量两类。

1) 固定储备量 G_1

固定储备量 G_1 包括船员和行李、粮食和供应品及船用备品。由于构成 G_1 的各部分在航次储备量中所占比例很小,因此,无论航次时间长短,在计算 NDW 时可将 G_1 取一定值,故称固定储备量。

2) 可变储备量 G_2

航次储备量中随航次时间长短及补给方案不同而变化的那部分物质的重量,它包括燃料、润料和淡水等。

4. 船舶常数 C

船舶参加营运后的空船重量与新船出厂时的空船重量之差称为船舶常数 (ship's constant)。船舶常数通常包括以下几部分重量:

- 1) 船舶定期修理和局部改装引起的空船重量改变量;
- 2) 货舱内货物、衬垫物料及垃圾的残留重量;
- 3) 液体舱柜、污水井内油、水的残留物或沉淀物;
- 4) 船上库存的废旧机件、器材及物料;
- 5) 为改善船舶性能而设置的固定压载物;
- 6) 船体外附着的海生物重量与其所受浮力的差值。

5. 压载水

为了改善船舶稳性、浮态和纵强度,需在压载舱内注入一定数量的压载水,在计算航次净载重量时,也应从总载重量中予以扣除。

二、船舶容量性能

船舶所具有的容纳各类载荷体积的能力称为船舶容量性能,用来表征船舶容量性能的指标,包括舱室容积、舱容系数、登记吨及甲板货位。

1. 舱室容积

1) 干货舱容积(capacity of dry cargo holds)

指干货舱内能够被货物利用的最大空间体积。按所装载的货物不同,可分为散装容积和包装容积两种。

散装容积(grain capacity)是指货舱内能够被无包装且呈颗粒、粉末、小块、球团等状的固体散货所利用的最大空间体积。其大小为两舷侧板内缘、前后横舱壁内缘、内底板或舱底板上缘至甲板下缘所围体积及舱口围板与舱口盖板下缘所围体积之和,并扣除舱内骨架、支柱、货舱护条、通风设施等所占空间体积。

包装容积(bale capacity)是指货舱内能为包装货物或具有一定尺度的裸装货物所利用的最大空间体积。其大小为包括舱口围板所围体积在内,量自两舷侧肋骨或纵桁内缘、前后横舱壁骨架的自由翼缘、内底板或舱底板上缘至甲板横梁或纵骨下缘所围空间体积,并扣除舱内支柱、通风设施等舱内设备所占体积。

一般货舱的包装容积为散装容积的 90% ~ 95%。

2) 液货舱容积(liquid cargo capacity)

指货舱装载液体散装货物时可利用的最大空间容积。其大小为甲板下缘所围体积扣除舱内骨架及有关设施等所占空间体积。

3) 液舱柜容积(tank capacity)

指船舶能够为燃料、润料、淡水、压载水所利用的专用舱柜的最大容积。

船舶总布置图(general arrangement plan)、货舱容积表(cargo holds capacity table)和液舱柜容积表(tanks capacity table)提供了各货舱和液体舱柜的位置、形状、尺寸、容积及几何中心位置,是驾驶人员工作中的必备资料。

表 1-1 为某船货舱容积表。

当各舱室未装至最大容积,可根据实际装舱深度查取相应舱室的舱容曲线或舱容表,从而确定实际装舱容积及重心位置。

应该注意的是,由于液体的热胀性,通常不允许装至最大容积以防升温后液体的溢出。另外,船舶在纵倾或横倾条件下,内装液体亦不可能达到满舱。

4) 甲板货位

对于某些种类的船舶,允许或适合于在上甲板装载一定数量的货物,如集装箱船、木材运输船、杂货船,而允许利用的甲板货位受到船舶稳性、安全瞭望、货物系固、甲板强度等方面的限制。集装箱船甲板可用货位于舱内容积之比为 1:2 ~ 1:1,而木材船甲板可用货位与舱内容积相比,也基本接近。

表 1-1 货舱容积表

舱 名		位 置 (肋号)	舱 容(m ³)		舱容中心位置(m)	
			包 装	散 装	距基线	距船中
第一货舱	二层舱	145 ~ 176	1 411	1 530	11.08	50.74
	底 舱	145 ~ 176	1 560	1 771	6.97	52.38
	舱 口	153 ~ 169	104	104	13.85	51.88
	合 计	3 075	3 405	8.47	50.37	
第二货舱	二层舱	121 ~ 145	1 425	1 557	10.78	31.45
	底舱	121 ~ 145	2 529	2 873		
	舱 口	124 ~ 138	165	165	13.41	29.52
	合 计	4 119	4 595	7.37	31.19	
第三货舱	二层舱	97 ~ 121	1 351	1 464	10.62	12.10
	底舱	97 ~ 121	2 710	2 948	5.15	12.10
	舱 口	104 ~ 118	149	149	13.15	13.70
	合 计	4 210	4 561	7.17		
第四货舱	二层舱	64 ~ 97	1 847	2 013	10.62	- 10.70
	底舱	64 ~ 97	3 669	4 052	5.15	- 10.70
	舱 口	72 ~ 91	203	203	13.15	- 9.90
	合 计	5 719	6 268	7.17	- 10.67	
第五货舱	二层舱	40 ~ 64	1 334	1 457	10.62	- 33.46
	底舱	40 ~ 64	2 484	2 771	5.24	- 33.20
	舱 口	43 ~ 57	149	149	13.15	- 35.10
	合 计	3 967	4 377	7.30	- 33.35	
总 计			21 090	23 206	7.43	6.78

2. 舱容系数 μ

舱容系数(coefficient of load)指全船货舱总容积与船舶净载重量之比,即每一净载重吨所占有的货舱容积。

$$\mu = \frac{\sum V_{\text{ch}}}{NDW} \quad (1-3)$$

式中: μ ——舱容系数(m³/t);

$\sum V_{\text{ch}}$ ——全船货舱总容积(m³),取包装容积或散装容积。

由于各具体航次 NDW 不同,因此相应的舱容系数也不同。船舶资料中的舱容系数是船舶在满载吃水状态下保持最大续航能力时的数值。

舱容系数是表征船舶对轻货或重货适装能力的指标。舱容系数较大的船,适合于装载轻货,若装载重货,则货舱容积未得到充分应用;相反,舱容系数较小的船,适合于装载重货,若装载轻货,则载重量未得到充分应用。

3. 登记吨

船舶登记吨(registered tonnage)是指船舶为登记注册及便利海上货物运输的需要,按有关国家主管机关指定的丈量规范丈量的船舶内部容积,以吨表示其大小。凡船长不小于 24 m 的我国海上航行船舶,根据中国海事局《船舶与海上设施法定检验规则》(以下简称《法定规则》)中关于吨位丈量的规定丈量并核算船舶登记吨,其数值记入船舶必备的“吨位证书”中。《法定规则》中有关国际航行船舶的吨位丈量方法与 IMO《1969 年国际船舶吨位丈量公约》一致。

根据船舶丈量的范围和用途不同,登记吨可分为总吨、净吨和运河吨。

1) 总吨 GT

根据有关国家主管机关制定的吨位丈量规范规定丈量船舶总容积后所核算的专门吨位为船舶总吨(gross tonnage)。公约和规则规定,总吨应按下式计算

$$GT = K_1 V \quad (1-4)$$

式中: V ——船舶所有围蔽处所总容积(m^3);

K_1 ——系数, $K_1 = 0.2 + 0.02 \cdot \lg V$ 。

船舶总吨的用途主要有:

- (1) 表征船舶建造规模大小,作为船舶拥有量的统计单位;
- (2) 船舶建造、买卖、租赁费用及海损事故赔偿费的计算基准;
- (3) 国际公约、船舶规范中划分船舶等级、提出技术管理和设备要求的基准;
- (4) 作为船舶登记、检验、丈量等计费的依据;
- (5) 作为某些港口使费的计算基准;
- (6) 作为计算净吨的基础。

2) 净吨 NT

根据有关国家主管机关制定的吨位丈量规范丈量确定的船舶有效容积所核算的专门吨位为船舶净吨(net tonnage)。有效容积可理解为船舶用于载货和载客处所的容积。公约和规则规定,净吨位应按下式计算

$$NT = K_2 V_c \left(\frac{4d}{3D} \right)^2 + K_3 \left(N_1 + \frac{N_2}{10} \right) \quad (1-5)$$

式中: V_c ——各载货处所的总容积(m^3);

K_2 ——系数, $K_2 = 0.2 + 0.02 \lg V_c$;

D ——船长中点的型深(m);

d ——船长中点的型吃水(m);

K_3 ——系数, $K_3 = 1.25 \left(\frac{GT + 10\,000}{10\,000} \right)$;

N_1 ——不超过 8 个铺位的客舱中的乘客数;

N_2 ——其他客舱中的乘客数,当 $N_1 + N_2 < 13$ 时, N_1, N_2 取零。

净吨位主要用做计收各种港口使费(如港务费、引航费、码头费、灯塔费等)和税金(吨税)的依据。各国港口规定不同,其中也有按总吨位、吃水等收取港口使费的。

3) 运河吨

苏伊士运河当局和巴拿马运河当局为维护各自国家的经济利益,均制定了相应的吨位丈量规范,运河吨(canal tonnage)就是按运河当局颁发的丈量方法丈量后确定的登记吨。它分为总吨和净吨两种。船舶在通过运河时,运河当局按运河净吨大小交纳运河通过费。凡航经运河的船舶,必须具备运河当局主管部门核定的运河吨位证书。

表 1-2 为某船登记吨数值。

表 1-2 某船登记吨数值表

按公约丈量的登记吨		苏伊士运河吨		巴拿马运河吨	
GT	NT	GT	NT	GT	NT
10 456	6 407	10 663	8 467	11 451	8 781

第二节 船舶吃水与排水量计算

一、船舶吃水

1. 型吃水和实际吃水

船舶吃水(draft)是指水线面下船体的深度,根据量取方法和作用的不同,可分为型吃水和实际吃水。船舶的许多航海性能与吃水有关,特别是与首、尾及中吃水(draft forward, draft afterword, draft midships)有关,而且,首、中及尾吃水为计算船舶其他常用吃水的基础。图 1-1 是船舶的首、尾及中吃水示意图。

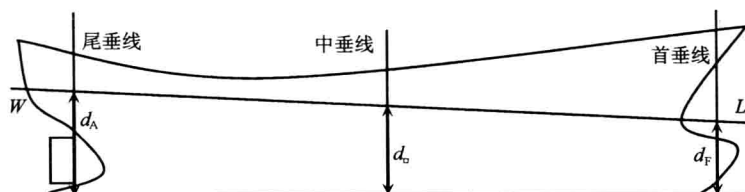


图 1-1 首、尾和中吃水的位置

型吃水是指水线面到龙骨板上边缘(龙骨基线)(base line, keel line)的垂直距离。实际吃水则为水线面到龙骨板下边缘的垂直距离,两者相差一龙骨板厚度。

首吃水(d_F)是船舶首垂线(perpendicular forward)上自水线到基线(船底)的距离。首垂线位于首柱前缘处,其具体位置在船舶图纸中标出。首垂线和基线的交点与船舶底板的下表面尚有一距离,其大小因船舶结构而异,常在十几毫米至几十毫米之间。

中吃水(d_m)是在船舶首尾垂线距离的中点处,自水线到基线(船底)的距离。如果船舶无拱垂和横倾,则中吃水就是首尾吃水的平均值。一般,若中吃水大于首尾平均吃水,则说明船舶中垂(sagging);若中吃水小于首尾平均吃水,则说明船舶中拱(hogging)。

尾吃水(d_A)是船舶尾垂线(perpendicular afterward)上自水线到基线(船底)的距离。尾垂线一般在舵柱后缘处,无舵柱时在舵杆中心线处。

船舶的首垂线和尾垂线分别是两条假想的直线,因此是不可见的。这使得生产中难以准确测得船舶的首吃水和尾吃水,而且船舶常有拱垂、纵倾和横倾,所以左右首吃水、左右尾吃水及左右中吃水常各不相同。

2. 水尺标志

用勘绘于船舶首、中、尾两舷的数字来表明船舶吃水大小的标志称为水尺标志(draft mark)。一般远洋货船均在船首左右、船中左右及船尾左右勘绘水尺(draft scales)。

水尺的刻度均应以公制勘绘,但国外有的船舶水尺以英制勘绘,如图 1-2 所示,公制以阿拉伯数字标出,其数字高度以及两数字间距均为 10 cm;英制以罗马数字标出,其数字高度及两数字间距为 6 in,但也有以阿拉伯数字标出的。

观察实际吃水的方法是:当水线达到数字底边时,表示实际吃水为该数字所表明的数值;当水线刚好淹没该数字时,表示实际吃水为该数字所表明的数值加上相应字高;当水线达到数字中间时,表示实际吃水为该数字所表明的数值加上相应字高的 1/2;水面有波动时,应取其瞬间静止时的值并观测数次,取其平均值。

船首左右水尺勘绘在首柱之后一定距离处,该距离常在 3 m 以内。因为船体首部曲面的曲率变化较大,左右首水尺的刻度一般沿曲线勘绘,所以左右首水尺与首垂线间距离常与吃水大小有关。

船尾左右水尺勘绘在尾柱之前一定距离处,该距离常在 6 m 以内。因为船体尾部曲面变化也较大,左右尾水尺的刻度一般也沿曲线勘绘,所以左右尾水尺与尾柱间距离也常与吃水大小有关。

因为船中两舷勘绘有载重线标志,所以左右中水尺勘绘在两柱间长中点前或后 1 m 处。

3. 观测吃水

在首、中和尾左右水尺上观测到的吃水称为吃水观测值 (observed draft reading)。显然,在水尺上直接观测的吃水并不是首、尾和中垂线处的吃水,而且,船舶有横倾时,同一对水尺的左右吃水不同;船舶纵倾时,首、尾和船中左右平均吃水一般不同;船舶也可能有拱垂,所以首尾平均吃水并不一定等于中吃水。

在船舶六面水尺上观测的吃水值称为六面吃水 (the six draft readings)。

4. 实际最大吃水

船舶的型吃水加上平板龙骨的厚度等于船舶的实际吃水 (real draft)。平板龙骨的厚度为十几毫米到几十毫米,具体数值可在船舶资料中查得。

显而易见,对于无拱垂的船舶,如果船舶尾倾,则最大实际吃水在船尾处;如果船舶有首倾,则最大实际吃水在船首处。但是,如果船舶有纵倾且有拱垂,则最大实际吃水的位置应进行简单的估算才能确定。

5. 平均吃水的求算

船舶装载后排水量为某一数值,当船舶存在纵倾或横倾时,船首、中、尾处的左、右舷吃水是不同的。所谓平均吃水是指在该排水量时对应于船舶正浮条件下的吃水;或者说,当船舶存在纵倾或横倾时,倾斜状态下的排水体积与某一正浮状态时的排水体积相同,该正浮状态对应的船舶吃水即为平均吃水。

在小倾角横倾和纵倾条件下,某一平均吃水必然有一确定的船舶排水量或排水体积相对应,无论船舶纵倾或横倾状态怎样改变,仅影响排水体积的形状,而不影响排水体积的大小,因此,平均吃水亦称等容吃水。

由于船舶装载后的浮态不同,其平均吃水的计算方法也有所不同。

1) 正浮

船舶装载后为正浮状态时船体各处吃水相等,根据定义该吃水值即为平均吃水。

2) 纵倾

当船舶处于纵倾状态时,首、尾吃水不相等,两者差值称吃水差,船舶平均吃水的计算可表示为

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

式中: d_M ——船舶平均吃水(m);

d_F ——船舶首吃水(m);

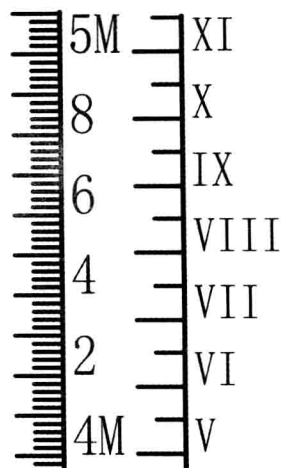


图 1-2 水尺标志

d_A ——船舶尾吃水(m);

t ——船舶吃水差(m), $t = d_F - d_A$;

x_f ——正浮水线漂心纵坐标(m);

L_{bp} ——船舶型长(m),通常称船长;

$\frac{t \cdot x_f}{L_{bp}}$ ——船舶平均吃水的漂心修正量(m),或称纵倾修正。

若船舶吃水差较小或 x_f 较小, $\frac{t \cdot x_f}{L_{bp}}$ 可忽略,则船舶平均吃水为

$$d_M = \frac{d_F + d_A}{2} \quad (1-7)$$

3) 横倾

当船舶处于横倾状态时,左右舷吃水不相等,其平均吃水为

$$d_M = \frac{d_{FP} + d_{FS}}{2} = \frac{d_{\pi P} + d_{\pi S}}{2} = \frac{d_{AP} + d_{AS}}{2} \quad (1-8)$$

式中: d_{FP}, d_{FS} ——船首左、右舷吃水(m);

d_{AP}, d_{AS} ——船尾左、右舷吃水(m);

$d_{\pi P}, d_{\pi S}$ ——船中左、右舷吃水(m)。

4) 任意倾斜

当船舶同时存在纵倾和横倾时,六面吃水均不相等,该浮态对应的平均吃水可按下式算出

$$d_M = \frac{d_{FP} + d_{FS} + d_{\pi P} + d_{\pi S} + d_{AP} + d_{AS}}{6} + \frac{t \cdot x_f}{L_{bp}} \quad (1-9)$$

式中,吃水差为

$$t = \frac{d_{FP} + d_{FS}}{2} - \frac{d_{AP} + d_{AS}}{2} \quad (1-10)$$

5) 船体拱垂变形对吃水的修正

以上求取船舶平均吃水时均将船体视为刚体,而实际上船体为一弹性体。因此,船舶在某一浮态下会存在一定纵向弯曲变形,引起船舶吃水的改变。

船体纵向弯曲变形后,在船中处测得船中吃水为 d_{π} ,与弯曲变形前平均吃水 d_M 有一差值 δd_{π} 。在船中下垂(中垂,sagging)情况下, δd_{π} 为正值;而在船中上拱(中拱,hogging)情况下, δd_{π} 为负值。由此可见,当船舶存在拱垂变形时,按上述方法求得的平均吃水与实际平均吃水相比,存在一定误差,应予以修正。考虑拱垂变形影响后,船舶平均吃水可按下式计算

$$d_M = \frac{d_F + 6d_{\pi} + d_A}{8} \quad (1-11)$$

式(1-11)的实质是,船舶中部的排水体积较大,在计算平均吃水时船中吃水取较大权数。应当指出,当货物交接是以水尺计重方法确定的货物重量为准时,尚应对上述方法求得的平均吃水再加以修正,以达到更高的精度要求。

如此定义的平均吃水 d_M 可认为已修正了船舶拱垂的影响。应当指出,首、尾和中吃水间的上述权数比例 1:6:1 只是经验值,对于长宽比较大的船,因为长度较大而平行中体较长,所以可将权数比例调整为 1:7:1,如大型干散货船;对于长宽比较小的船,因为长度较小而平行中体较短,所以可将权数比例调整为 1:5:1。