



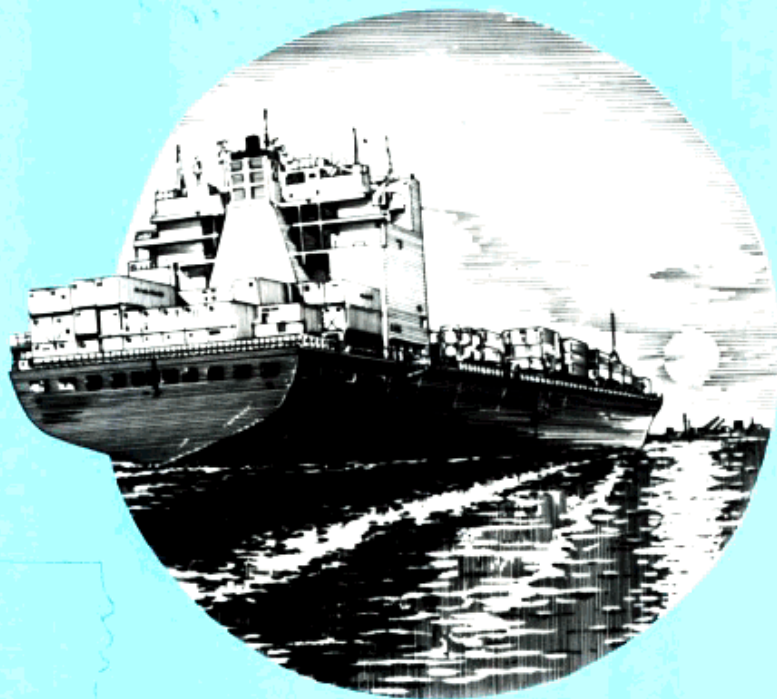
交通航海职业技术教育教材

符合 STCW 公约要求  
交通职业技术学校教学指导委员会  
航海类学科委员会推荐  
交通部科技教育司审定  
中华人民共和国海事局认可

# 船舶结构与设备

王 忠 主编

薛满福 主审



大连海事大学出版社

## 前 言

航海职业教育系列教材是交通部科教司为适应《STCW78/95 公约》和我国海事局颁发的《中华人民共和国海船船员适任考试、评估和发证规则》而组织编写的。编审人员是由交通职业技术学校教学指导委员会航海类学科委员会组织遴选的,都有较丰富的教学经验和实践经验。教材编写依据是交通部科教司颁发的“航海职业教育教学计划和教学大纲”(高职教育),也融入了中等职业教育“教学计划和教学大纲”。本系列教材是针对三年高职教育和五年高职教育编写的,对于四年中等职业教育可根据考试大纲在满足操作级的要求上选用,也适用于海船驾驶员和轮机员考证培训和船员自学。

本系列教材包括职能理论和职能实践两个部分,在内容上有严格的分割,但又相互补充。

这套系列教材的特点:

1. 全面体现了《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》中强调的:教育必须遵守知识更新的原则,强调技能,培养能适应现代化船舶管理复合型人才要求的精神。

2. 始终贯穿“职业能力”作为培养目标的主线,根据“驾通合一”、“机电合一”及课程内容不能跨功能块的原则,打破原有学科体系,按功能块的要求对课程内容进行了全面的调整、删减,抓住基本要素重新组合。各课衔接紧凑,避免重复教学,并跟踪了现代科学技术,有较强的科学性和先进性。

3. 编写始终围绕着职业教育的特点,内容以“必需和够用”为原则,紧扣大纲,深广度适中,不但体现了理论和实践的结合,也体现了加强能力教育和强化技能训练的力度。

4. 编写过程中还把品格素质、知识素质、能力素质和身心素质等素质教育的内容交融并贯彻其中,体现了对海员素质及能力培养的力度。

本系列教材在编审过程中尽管对“编写大纲和教材”都经过了集体或专家会审,也得到海事局和航运单位的大力支持,但可能还有不足之处,希望多提宝贵意见,以利再版时修改并进一步完善。

交通职业技术学校教学指导委员会航海类学科委员会

1999.8

# 目 录

<b>第一章 船舶常识</b> .....	1
第一节 船舶类型.....	1
第二节 船舶部位、尺度和标志.....	7
第三节 船型系数与船体面积估算.....	11
<b>第二章 船体结构与管系</b> .....	14
第一节 船体强度的基本概念.....	14
第二节 船用钢材与结构连接.....	16
第三节 船体结构类型.....	19
第四节 外板结构.....	22
第五节 甲板结构.....	23
第六节 舷侧结构.....	26
第七节 船底结构.....	29
第八节 舱壁结构.....	31
第九节 首尾结构.....	33
第十节 轴隧结构.....	35
第十一节 船图识读.....	36
第十二节 船舶管系.....	39
<b>第三章 锚设备</b> .....	43
第一节 锚设备的组成与作用.....	43
第二节 锚与锚链.....	44
第三节 锚机.....	49
第四节 锚设备的试验、检查和保养.....	51
<b>第四章 系泊设备</b> .....	56
第一节 系船缆.....	56
第二节 导缆装置与附属装置.....	58
第三节 绞缆机械.....	60
第四节 系泊设备的检查保养及使用注意事项.....	61
<b>第五章 舵设备</b> .....	63
第一节 舵设备的作用与组成.....	63
第二节 舵的种类和结构.....	63
第三节 舵机与转舵装置.....	65
第四节 操舵控制装置.....	67
第五节 自动舵.....	68
第六节 舵设备的试验、检查及保养.....	71
<b>第六章 装卸设备</b> .....	74
第一节 轻型吊杆装置.....	74

第二节	轻型吊杆的受力分析 .....	76
第三节	起货机 .....	80
第四节	重型吊杆 .....	82
第五节	甲板起重机 .....	84
第六节	起货设备试验、检查和保养 .....	87
第七节	舱口盖与熏舱作业 .....	90
第八节	集装箱船与紧固装置 .....	93
第九节	滚装船的装卸方式 .....	95
<b>第七章</b>	<b>防水结构与堵漏器材</b> .....	<b>97</b>
第一节	防水抗沉结构与设备 .....	97
第二节	船体破损进水后的措施 .....	100
第三节	堵漏 .....	101
<b>第八章</b>	<b>船舶修理与养护知识</b> .....	<b>105</b>
第一节	船检知识 .....	105
第二节	船舶修理常识 .....	108
第三节	船体与甲板设备的蚀耗极限 .....	113
第四节	船体养护知识 .....	116
第五节	修理工程的验收和试验 .....	121
<b>附录</b>	<b>典型船舶修理单(甲板部)</b> .....	<b>128</b>
	<b>参考文献</b> .....	<b>133</b>

# 第一章 船舶常识

## 第一节 船舶类型

海上运输船舶是运送旅客和货物的主要运输工具。随着科学技术进步和经济生产的不断发展,人们对运输船舶的要求越来越高,需要建造各种类型的船舶方能满足日益增长的海上运输的要求。目前,世界上船舶类型很多,为了分类,也可按船舶的用途、行驶方式、航行区域、建造材料、推进方式、动力装置和航行状态等进行分类。

按船舶的用途可分为客船、客货船、货船、冷藏船、拖(顶)船、驳船、渔船、工程船、港口作业船和军舰等;按行驶方式可分为机动船和非机动船;按航行区域可分为远洋船、近海船、沿海船、内河船和港作船等;按建造材料可分为木船、钢船、铝合金船、增强塑料船和钢筋混凝土船等;按推进方式可分明轮船、螺旋桨船、平旋推进器及喷水推进船等;按动力装置可分为蒸汽机船、内燃机船、汽轮机船、电动船和核动力船等;按航行状态分为排水型船、水翼船和气垫船等。

### 一、海上运输船舶

#### 1. 客船(Passenger Vessel)

客船是指专门用于运送旅客及其所携带行李和邮件的船舶,通常都是定期定线行驶,故也称为班轮或邮轮。根据《国际海上人命安全公约》的规定,凡载客超过12人者均应视为客船。以装货为主兼载旅客的船称为客货船。客船的特点是具有多层甲板的上层建筑,设有完善的餐厅和卫生、娱乐设施,并配有足够的救生设备、消防设备和通信设施。有些客船还设置减摇装置以改善旅行环境。

客船的航速较高,一般为16~20 kn,大型高速客船可达24 kn左右。在沿海或内河的一些短途客运航线上,出现了水翼船(hydrofoil craft)和气垫船(hover craft)。水翼船靠水翼的升力将船托出水面以减少阻力,其船速可达40 kn左右。气垫船则是靠升力风扇将压缩空气打入气囊,并沿船底周围的喷气系统向船底喷气形成气垫将船体垫离水面,其船速可达50 kn以上。图1-1为普通客船的形状,图1-2为水翼船简图。



图 1-1 客船

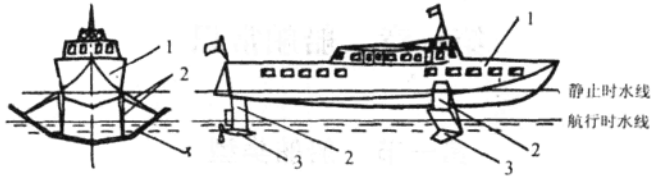


图 1-2 水翼船

1-船身;2-支柱;3-水翼

## 2. 干货船(cargo ship)

干货船是指专门运输各种货物的船舶,若要搭乘旅客,不得超过 12 人。这类船的船速较客船低,设备也比客船简单。按所运货物的特点不同,可分为以下几种专用船舶。

1) 普通货船(general cargo ship) 又称杂货船,主要用以装载一般干货,如成包、成捆、成箱和桶装的杂货。为便于分隔货物及避免货物堆装过高而压损,货船都设计成多层甲板结构。为便于装卸,各货舱的舱口尺寸较大,并配以吊杆或起重机。专门装卸重大件的吊杆负荷可达百吨以上,这类船的船型较小。图 1-3 是杂货船中的一种船型。

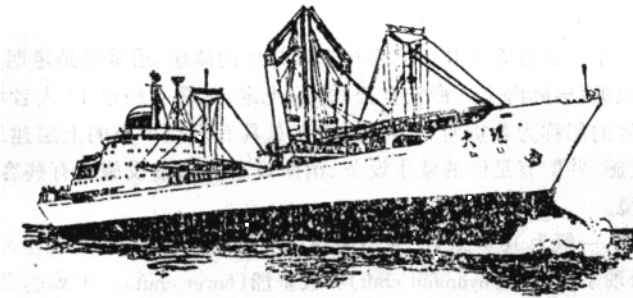


图 1-3 杂货船

2) 散装船(bulk cargo vessel) 专门用来装运散粮、矿石、煤炭等散装物质的船舶。由于散货不怕挤压,为装卸方便,其货船均为单层甲板,舱口也较宽大。根据货种的不同,有以下几种不同的货舱结构形式:

散货船(bulk cargo carrier):主要运输比重较小的谷物、煤、糖等。如图 1-4 所示。其货舱特点是使舱口造得高大,起灌注漏斗作用,以防止散货在航行中下沉和横移造成对船舶稳性的不利影响。货舱横剖面成棱形,可减少平舱工作,也可减少自由容面。货舱四角的三角舱为压载水舱,可调节吃水和稳性高度。



图 1-4 散装船

矿石船(ore carrier):由于矿石的密度大,积载因数小,所占舱容小,使船舶重心偏低,航行中会使船舶产生剧烈摇摆。为提高重心高度,矿石船的双层底特别高,且货舱两侧的压载舱也比散货船大得多。

3)运木船(fimber carrier) 专运木材的船。因木材比重小,体积大,所以要求货舱长而大,舱内无支柱等障碍物。甲板上也需要装载一部分木材,因而甲板两船侧上设有立柱的底脚,船舶舷墙也较高,起货机等均安装于桅楼的平台。

4)集装箱船(container ship) 集装箱船又称货箱船,可分为全集装箱船和部分集装箱船两大类。全集装箱船的全部货舱和上甲板上都装集装箱。这类船适用于集装箱货源充足的国际航线,而在集装箱货源不稳定的航线上则常使用部分集装箱船。通常以载运标准集装箱 TEU 为 20ft 集装箱的数目多少来表示其载运能力,40ft 集装箱作为两个标准箱计算。目前国际上广泛应用的标准集装箱有 1A、1AA、1C、1CC 四种。在国际运输中大多采用 ISO 系列的 1AA 和 1CC 两种类型,即长度为 40ft(40×8×8)和 20ft(20×8×8)两种规格。

集装箱船大多为单层甲板,舱口宽且长,舱口总宽度可达 0.7~0.8 倍船宽,舱口总长度为船长的 0.75~0.8 倍,采用双层船壳来加强船体的总纵强度和抗扭转强度,同时可作为压载水舱。

在货舱内由箱轨、水平桁材和柱等组成格栅来固定集装箱。集装箱沿着导轨垂直放入格栅,根据船舱的大小可堆放 3~9 层集装箱。在甲板上设有固定集装箱的专用装置,可堆放 2~4 层集装箱。如图 1-5 所示。

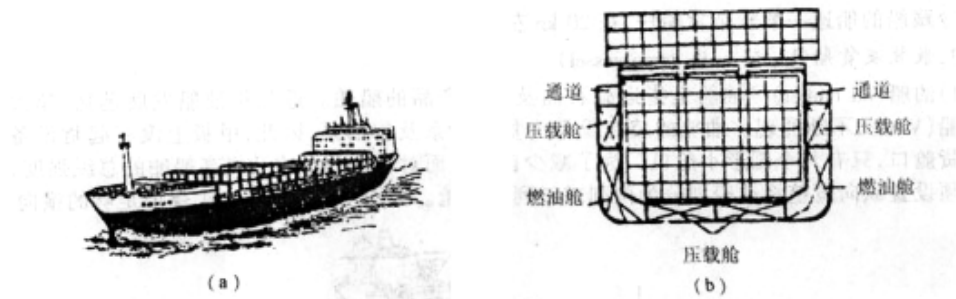


图 1-5 集装箱船

集装箱船一次性投资大,但周转快,航速一般在 19~24 kn 之间。除少数集装箱配备专用起货设备外,一般船均不设起货设备而依靠岸吊实施装卸作业。

5)滚装船(roll on /roll off ship) 滚装运输将传统的船舶垂直上下装卸作业改成水平方向的滚动作业,是装卸作业的一个重大改革。它是将集装箱固放在滚车底盘或车辆上作一个货物单元进行装卸的。这种作业方式不需要码头或船上的起重设备。船舶靠码头装卸时,先从船尾将跳板搭放在码头上,由拖车把货箱从岸上通过跳板直接拖放到货舱内。舱内设有活动斜坡道或升降机,货箱通过它做上下层间的移动,如图 1-6 所示。为了保证装卸作业的安全,跳桥工作坡度应小于 8°,通常为 4°~5°。船舶横倾小于 4°时,跳桥对码头的负荷一般不超过 2~3 t/m<sup>2</sup>。

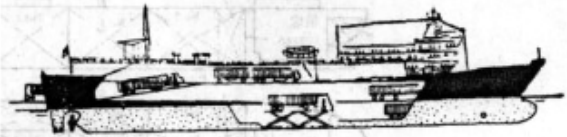


图 1-6 滚装船

滚装船的结构较特殊。上甲板平整,无舷弧和梁拱,没有起货设备。甲板层数多,一般有2~4层,货舱内支柱极少,甲板为纵通甲板。这种船难以满足一舱不沉制的抗沉要求,其舱容利用率比一般杂货船低,造价也较高。分析表明,滚装船只适用于航程小于800 n mile的沿海短途运输,其航速约为16~18 kn。

6)载驳船(barge carrier) 载驳船能将事先装妥货的统一规格的驳船,通过设在尾部的大型门式起重机把驳船吊起,然后沿轨道将驳船移至指定舱位的格棚架内。舱内可堆放1~3层,甲板上可堆放1~2层。这种船称为“拉希”(lighter aboard ship 缩写 LASH)型。也有的载驳船设有几层纵通甲板,每层甲板上可装载一层驳船,通过设在船尾的升降平台装货时平台沉入水中将驳船从水中托起,升至各层甲板后,用钢索将驳船拉到输送机上,再滚送至安放的舱位。这种船称为“西比”(seabee)型。

另一种装载驳船的方式为船坞式装卸法。在装货时先打开载驳船的首门或尾门,并把船下沉到规定水深让驳船自由拉进货舱,然后固定好位置。再将压载水抽去,全船上浮,关上首门或尾门,即完成装载作业。

载驳船的最大优点是简化了河海联运的中转环节,并可在锚地进行装卸而不占用码头泊位,装载效率高,运价低。

7)冷藏船(refrigerated ship) 冷藏船是专门运输肉类、水果、蛋品等易腐鲜货的船。它具有绝缘隔热设备及制冷设备,货舱口也比较小,货舱甲板层数较多,一般有3~4层。

冷藏船的船速一般较杂货船快,在20 kn左右,但吨位不大,外形与普通杂货船相似。

### 3. 散装液货船(liquid bulk cargo vessel)

1)油船(oil tanker) 油船是指运载石油及石油产品的船舶。近几年油船发展迅猛,超大型油船(VLCC)不断涌现。油船的装卸设备为货油管系及货油泵,因此,甲板上没有起货设备和大货舱口,只有几个圆形小舱口。为了减少自由液面对稳性的影响及提高船舶的总纵强度,油船须设置纵向舱壁将油船划分为两列或三列货油舱。如图1-7所示。为了保证足够的横向

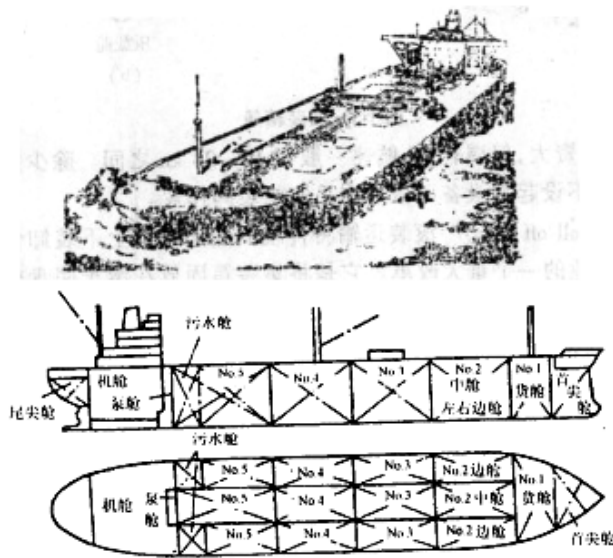


图 1-7 油船



强度及适应装载不同品种的油品,还应设置多道横舱壁和大型肋骨框架。

在结构上油船大多不设双层底,以防油气通过双层底渗入其他油舱。但从防污染的要求出发,目前新建的油船须严格按 SOLAS 公约及 73/78MARPOL 公约的要求设置双层船壳及专用压载水舱、污油舱及油水分离与过滤系统。

由于石油及石油类产品为易烧易爆物品,因此,油船对防火防爆的要求甚严。为避免碰击发生火花,在舱口盖与舱口接触处,步桥伸缩接头等处都采用有色金属制成;货舱口的观察孔应设有防火网。各种排气管、排烟管、通风管的出口装设火星熄灭器。各种甲板机械如锚机、起货机、绞缆机等采用蒸汽作为动力等。

2) 液化气船(liquefier gao carrier) 液化气船可分为液化石油气船(liquefied petroleum gao carrier 简称 LPG 船)和液化天然气船(liquefied natwral gao carrier 简称 LNG 船)。LPG 船的主要运输对象为乙烷、丙烷等,而 LNG 船的主要运输对象为甲烷。

由于液化气在常温常压下为气体,需要一套特殊的装置将其液化后方可载运。石油气和天然气的液化温度及压力相差很大,根据货源的不同及航程长短的差异,一般有如下几种装运方式:

全压式液化气船:在常温下将气体加压至液化压力,把液化气贮藏在高压容器中运输。其货舱常制成球形或圆柱形罐,如图 1-8 所示。这种船的特点是结构简单操作方便,但容器自重大,舱容利用率低,一般适用于近海短途运输。



图 1-8 液化气船

全冷式液化气船:在常压下将气体冷却至液态温度以下进行运输。全冷式液化气船的舱容利用率较全压式高。但为了保温,货舱需设置良好的隔热层及温度控制系统。全冷式一般适用于大量运输液化气体。

半压半冷式液化气船:所装载的液化气被冷却后降低了其饱和蒸气压力,加压至饱和蒸气压力以上使其液化。这种船舶的货舱是介于全压式和全冷式之间,液化气是在低温( $-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$ )及中压( $0.29 \sim 0.79\text{MPa}$ )的环境下贮运。货舱必须设置隔热绝缘装置和冷冻装置以满足温度和压力的要求。

3) 液体化学品船(liquid chemical tanker) 液体化学品大多是有毒、易燃、腐蚀性强的液体货物,且品种繁多。为此,这种船舶的液货舱被分隔得较小,数量也较多。为防止船底触破,化学品液体外泄而污染海域环境,国际海事组织规定应设置双层底。有毒物品应装于中间一列货舱,不可装在两舷侧的舱内。液货的装卸需要由蒸汽带动的泵来作业。为便于液化舱的清洗,增强抗腐蚀能力,大多数船的液货舱采用不锈钢材料制成。

#### 4. 多用途船(兼用船)

根据货源的变化,船舶在往返航程中,可以装载不同种类的货物,这样既提高运力又降低运输成本。主要有如下两种船型:

1) 矿/油两用船(ore /oil carrier) 简称 O/O 船。这种船的中间货舱较窄,占整个船舶舱容的 40%~50%。运输矿砂时,装在中间货舱内;而运输原油时则装在两侧边舱和中间舱内。如图 1-9 所示。

2) 矿/散/油三用船(ore /bwlk/oil carrier) 用于载运矿砂、散货和原油。设有上下边舱、双层船壳,因此形成中间舱和两侧边舱。中间舱占整个船舶货舱容积的 70%左右。中间舱用来装散货和矿砂。由于舱容较大,在装载矿砂时要隔舱装货以提高船舶重心。装载原油时,可装于中间舱和两侧边舱及上边舱。如图 1-10 所示。

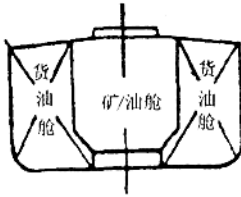


图 1-9 矿/油两用船货舱

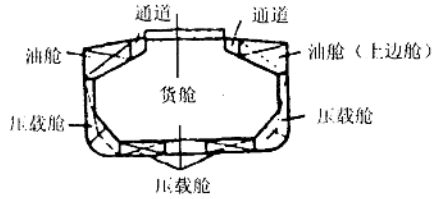


图 1-10 矿/散/油船货舱

## 二、其他类型船舶

其他类型船舶是指除海上运输船舶以外从事各种不同任务的工作船、工程船及其他特种任务的船舶。

### 1. 工作船舶

工作船是指为航行船舶进行服务性或专业性工作的专用船舶。可分为如下几种:

1) 拖(顶)轮(tug boat) 具有完善的拖带设备、较大的功率和灵活的操纵性能,用于协助大船靠离泊位、掉头、进出船坞等。大功率的海洋拖轮可用于拖带海上无动力船舶。此类船舶的强度大,稳性和浮性均好。

2) 破冰船(ice breaker) 用于为其他船破冰开辟航路。其结构坚固,功率大,船首呈倾斜式,首尾及左右均有大的压载水舱。通过调驳压载水,使船首冲上冰层将冰层压碎。一般可破 1~2m 厚的冰。

3) 海难救助船(rescue ship) 专用于救助遇难或失事的船舶。此类船舶体积小、功率大、船速快,具有良好的适航性能,并备有各种救助设备。

4) 供应船(supply ship) 用于向船舶和海上设施运送供应物质的船舶。

5) 科学考察船(scientific research ship) 用于调查研究海洋水文、地质、气象、生物等特殊任务的船舶。

### 2. 工程船舶

工程船舶种类繁多,如按工程船舶的用途分类可分为如下几类:

1) 疏浚用船舶 包括各种挖泥船(耙吸式、绞吸式、链斗式、抓斗式和吹泥式等)、航道测量船、炸礁石船等。

2) 水工建筑用船舶 主要有打桩船、钻探船、起重船、发电船等。

3) 海洋开发用船舶 包括石油钻探船、海洋调查船、埋管船等。

4) 防险救助用船舶 主要有救生船、打捞船、修理船、潜水作业船等。

5) 敷设用船舶 包括航标船、布缆船、敷管船等。

### 3. 渔船

渔船是指从事捕鱼作业的船舶。按其作业海域的不同,可分为深海洋渔船、近海渔船和沿岸渔船;按捕捞方法可分为拖网渔船、围网渔船、流网渔船、延绳钓渔船、竿钓渔船和捕鲸船等。

## 第二节 船舶部位、尺度和标志

### 一、船舶各部位名称术语

船体各部位有其专门的名称和术语。如图 1-11 所示。

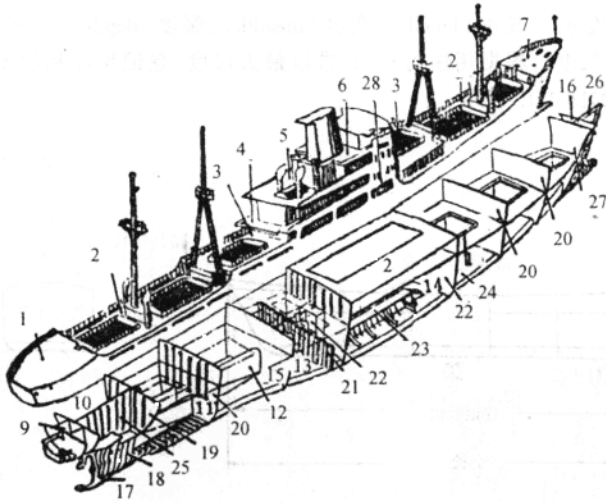


图 1-11 船舶各部位名称

1-尾楼甲板;2-上甲板;3-桥楼甲板;4-游步甲板;5-艇甲板;6-驾驶甲板;7-首楼甲板;8-下甲板;9-舵尾水舱;10-船尾水舱;11-船侧水舱;12-轴隧;13-深舱;14-机舱;15-货舱;16-锚链舱;17-尾柱;18-升高肋板;19-尾尖舱舱壁;20-水密舱壁;21-槽形舱壁;22-舱壁墩;23-机座;24-双层底;25-纵中舱壁;26-甲板纵桁;27-首尖舱舱壁;28-上层建筑

#### 1. 主船体

主船体是指上甲板(或强力甲板)以下的船体,由甲板与船壳外板组成一个水密的船舶主体。其内部被甲板,纵横舱壁等分隔成许多舱室。

从上下层来看,船体是由各层甲板分成的多层建筑物。最上一层首尾统长甲板,通常叫做上甲板,上甲板以下的各层甲板依次叫做二层甲板、三层甲板……及双层底等。主船体内沿船宽方向设置的竖壁称为横舱壁;沿船长方向设置的竖壁称为纵舱壁。各层甲板与各舱壁将主船体分隔成各种用途的大小不同的舱室。这些舱室一般以其用途而命名。最前端的一道水密横舱壁称防撞舱壁(collision bulkhead)或首尖舱舱壁。在防撞舱壁之前的舱室称为首尖舱(forepeak tank)。而在最后一道水密横舱壁之后的舱室称为尾尖舱(afterpeak tank)。安置主机、辅机的处所称为机舱(engine room)。

#### 2. 船体上层建筑

上甲板以上的围蔽建筑物称为上层建筑,包括首楼、尾楼、桥楼和甲板室等。上层建筑的各层甲板也是以其主要用途来命名的。如最上层安放标准罗经的称其为罗经甲板。自上而下

分别是驾驶甲板、艇甲板、起居甲板等。如果上甲板上的桥楼和首尾楼构成三岛形,通常称之为三岛式船舶。近代中小型船均采用此种船型,又称中机型船。如果机舱设置在船尾,则称为尾机型船,油船及大型散货船一般采用此种船型。

### 3. 各部位术语

船舶前端称为船首(head),后端叫船尾(stern);船的两边叫船舷(ship's side);船首两侧壳板与船底壳板交接的弯曲部分称为舭部(bilge);连接首尾的直线称为首尾线,和首尾线中点相垂直的方向称为正横(abeam),右边称右正横,左边称左正横。

## 二、船舶尺度

船舶的主要尺度包括长度(length)、宽度(breadth)、深度(depth)、吃水(draft)、干舷高度(freeboard)等方面的尺度。根据用途的不同,常以最大尺度、登记尺度和船型尺度等三种尺度来表示该船尺度。如图 1-12 所示。

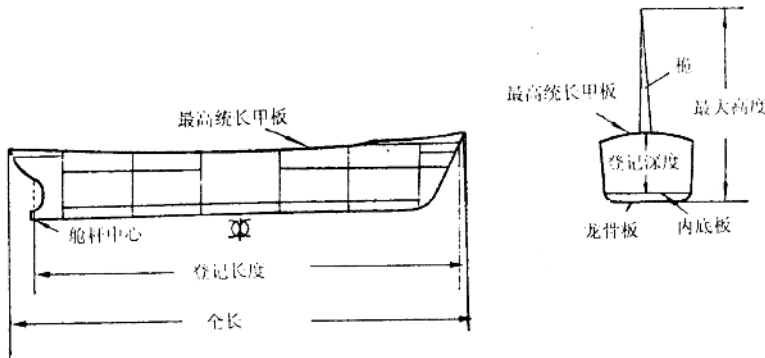


图 1-12 尺度

### 1. 最大尺度(overall dimension)

也称周界尺度和全部尺度,该尺度在船舶营运过程中有十分重要的作用。根据最大尺度可以决定停靠码头泊位的长度,是否可从桥下通过,能否进入某一船闸或船坞等。另外,最大尺度还决定船舶在狭水道和港内操纵、避让时的安全问题。

1) 全长(最大长度)(length overall) 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在内的水平距离。

2) 全宽(最大宽度)(extreme breadth) 包括外板和永久性固定突出物在内的垂直于纵中线的最大水平距离。

3) 最大高度(maximum height) 自龙骨下边至船舶最高点之间的垂直距离。最大高度减去吃水,即得水面以上的船舶高度,也称连桅高度。

### 2. 船型尺度(molded dimension)

也称理论尺度和计算尺度,是船舶设计时所规定的尺寸,在船体制造、稳性、吃水差、干舷高度和水阻力等方面的计算时均使用该尺度。

1) 型长(垂线间长)(length between perpendiculars) 夏季载重线与船舶首柱和尾柱相交所得的首尾垂线间的水平距离。对于无尾柱的船舶,由首柱前缘量至舵杆中线即垂线间长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(molded breadth) 船体最宽处两舷肋骨外缘之间的水平距离。

3)型深(molded depth) 在型长中点处,自平板龙骨上缘量至干舷甲板横梁舷端上缘的垂直距离。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。

3. 登记尺度(register dimension)

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。

1)登记长度(registered length) 指量自龙骨板上缘最小型深85%处水线长度的96%,或沿该水线从首柱前缘量至上舵杆中心线的长度,取两者中较大者。

2)登记宽度(registered breadth) 在登记长度中点处所量取的型宽。

3)登记深度(registered depth) 在登记长度中点处所量取的型深。

### 三、船舶主尺度比

船舶主尺度比是表示船体几何特征的重要参数。

1. 长宽比  $L/B$

是指垂线间长与型宽的比值。该值大,说明船体瘦长,船舶的快速性和航向稳定性好。

2. 宽吃水比  $B/d$

一般指型宽与型吃水的比值。该值大,说明船体肥胖,船舶稳性好,但耐波性差,航行阻力增加。

3. 深吃水比  $D/d$

是指型深与吃水的比值。该值大,表明船舶的干舷高,储备浮力大,抗沉性好。

4. 长深比  $L/D$

是指垂线间长与型深的比值。该值大,说明船型扁平,对船体强度不利。

5. 长吃水比  $L/d$

是指垂线间长与型吃水的比值。该值大,船舶的操纵回转性能变差。

### 四、船舶标志

根据船舶登记条例的规定,船舶应当具有如下标志:

1. 水尺标志(draft mark)

船舶靠码头、进出浅水航道或锚泊时都需要精确地掌握当时的吃水。船舶吃水对能否安全通过浅水航道,是否搁浅等有着重大关系。国际上有两种表示形式:一种称为公制(或称米制),即用阿拉伯数字标绘,每个数字的高度为100 mm,上下两数字间的距离为100 mm。读数时,以下缘为准。若部分数字被水淹没时,按比例增加(见图1-13左侧)。另一种称为英制,它可以用阿拉伯数字,也可以用罗马数字标绘。

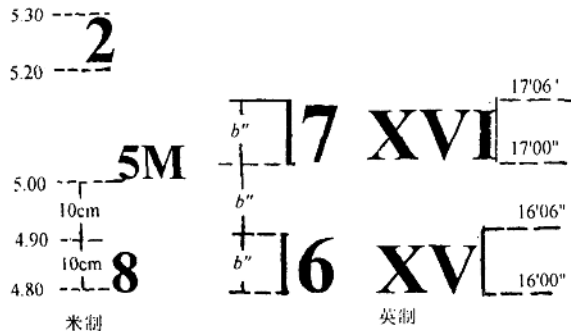


图1-13 水尺

每个数字的高度6 m,上下数字之间也为6 m,读数时仍以下缘为准,按比例增加(见图1-13右侧)。

在船舶的首、尾、中部的两侧船壳板处均以油漆标绘水尺,通常称六面水尺。

## 2. 载重线标志(load line mark)

为确保船舶安全航行,船检机构根据船舶的尺度和结构强度,对每艘船勘定船舶在不同季节、不同海域中应具备的最小干舷,并用载重线标志的形式勘划在船中部的两舷外侧,以限制船舶的装载量。载重线标志具体图案的尺寸如图 1-14(b)所示。

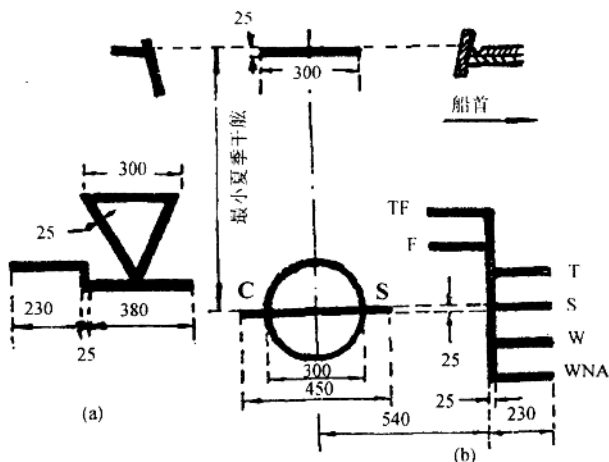


图 1-14 载重线及吨位标志

图中“CS”是中国船级社的缩写,表明勘定者并说明是人级船舶。圆环称为载重线圆盘,俗称保险圈。该圈的船首方向绘有各区域和季节区的载重水线标志:S为夏季载重线(summer loadline),该标志线与圆环中心点同高;W为冬季载重线(winter loadline);WNA为北大西洋各季载重线(Winter North Atlantic loadline);T为热带载重线(tropical loadline);F为夏季淡水载重线(fresh water loadline);TF为热带淡水载重线(topical fresh water loadline)。

## 3. 吨位标志(tonnage mark)

凡是有两层或两层以上全通甲板的、航行于国际水域的船舶,应按“船舶吨位丈量规范”的规定,在船舶中部两舷外侧勘绘吨位标志。如图 1-14(a)所示。吨位标志位于载重线圆盘后方,三角形下方的水平线为吨位标志线。三角形后下方的水平线为附加水平线。这类船舶的总吨位和净吨位有大吨位和小吨位两种。小吨位是指不包括甲板间舱的容积吨位。

当船舶吃水不超过吨位标志线时,船舶的税收和港口使费是以小吨位为计算依据。当吃水超过吨位标志线时,其税收和港口使费是以大吨位为计算依据。当船舶在淡水、热带淡水和热带水域航行时,应使用附加水平线衡量吃水。若吃水小于附加水平线,则以小吨位为计算依据;若吃水大于附加水平线,则以大吨位为计算依据。

船舶除上述三种标志以外,还有船名标志、船籍港标志和其他标志(包括烟囱标志、球鼻首和侧推器标志、分舱标志、顶推位置标志、暗车标志及引航员登船处标志等)。在此不再赘述。

### 第三节 船型系数与船体面积估算

#### 一、船型系数

船型系数是表示船体水线以下部分的几何形状及肥瘦程度的无因次系数的总称。它能表征水线下船体的体积和面积沿各个方向的分布情况。

##### 1. 方形系数 $C_b$

方形系数是船体排水体积  $V$  与水线以下的柱体  $L \times B \times d$  之比值,反映了船体水下部分的肥瘦程度。如图 1-15 所示。

方形系数的表达式为  $C_b = \frac{V}{L \times B \times d}$

式中:  $V$  —— 型排水体积( $m^3$ );

$L$  —— 船长(m);

$B$  —— 船宽(m);

$d$  —— 型吃水(m)。

客船的  $C_b$  一般为 0.55 ~ 0.65, 货船一般为 0.65 ~ 0.80。

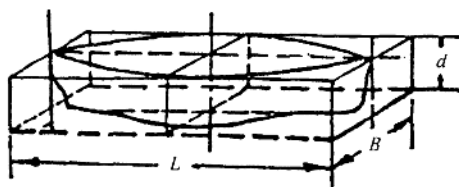


图 1-15 方形系数

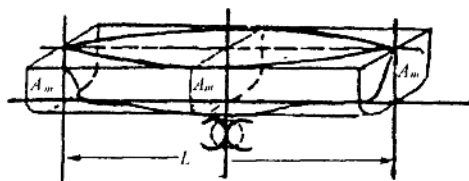


图 1-16 棱形系数

##### 2. 棱形系数 $C_p$

棱形系数是船体排水体积和以船中水下部分横剖面(面积  $A_m$ ) 为基面、 $L$  为高的棱柱体体积之比值。反映了船体水下部分形状沿纵向的分布情况。如图 1-16 所示。

棱形系数表达式为  $C_p = \frac{V}{A_m \times L}$

式中:  $V$  —— 型排水体积( $m^3$ );

$L$  —— 船长(m);

$A_m$  —— 船中横剖面水线以下部分的面积( $m^2$ )。

棱形系数与船舶的快速性和耐波性有关。一般客船的  $C_p$  为 0.60 ~ 0.70, 货船为 0.70 ~ 0.85。

##### 3. 中横剖面系数 $C_m$

中横剖面系数是船中横剖面水下部分面积  $A_m$  与其外切矩形  $B \times d$  之比值。反映了船中横剖面的肥瘦程度。如图 1-17 所示。

中横剖面系数的表达式为:  $C_m = \frac{A_m}{B \times d}$

式中:  $A_m$  —— 船中横剖面水线以下部分的面积( $m^2$ );

$B$  —— 船宽(m);

$d$  —— 型吃水(m)。

中横剖面系数与船舶的快速性和耐波性有关。一般

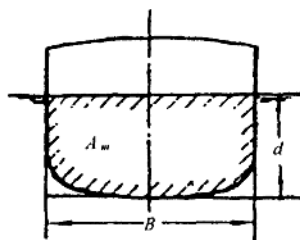


图 1-17 中横剖面系数

客船的  $C_m$  为 0.80 ~ 0.90, 货船为 0.90 ~ 0.98。

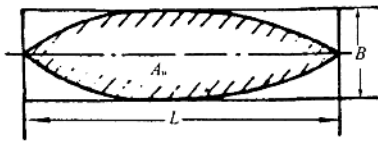


图 1-18 水线面系数

#### 4. 水线面系数 $C_w$

水线面系数是水线面面积  $A_w$  与其外切矩形  $L \times B$  之比值。反映了水线形状的肥瘦程度。如图 1-18 所示。

$$\text{水线面系数的表达式为 } C_w = \frac{A_w}{L \times B}$$

式中:  $A_w$  ——水线面面积( $m^2$ );

$L$  ——船长(m);

$B$  ——船宽(m)。

一般客船的  $C_w$  为 0.65 ~ 0.75, 货船为 0.75 ~ 0.89。

上述四个系数中,  $C_w$  为一独立的船型系数, 而  $C_b$ 、 $C_p$ 、 $C_m$  三个系数间存在着如下关系:

$$C_b = C_p \times C_m$$

## 二. 船体面积的近似估算

在船舶营运和修理业务中常会遇到船体面积的估算问题。船体面积的估算有梯形法则、辛蒲生法则。

### 1. 梯形法则

设某一计算曲线  $AD$  (图 1-19) 所包围的面积为  $A$ 。其积分式为:

$$A = \int_0^x y dx$$

式中被积函数  $y = f(x)$

现将曲线  $y = f(x)$  近似看成折线  $ABCD$ , 则  $OABx_1$  组成一梯形, 其面积为

$$A_1 = \frac{l}{2}(y_0 + y_1)$$

$$A = A_1 + A_2 + A_3 + \dots + A_n$$

$$= \frac{l}{2}(y_0 + y_1) + \frac{l}{2}(y_1 + y_2) + \dots + \frac{l}{2}(y_{n-1} + y_n)$$

$$= l \left( \frac{y_0 + y_n}{2} + y_1 + y_2 + y_3 + \dots + y_{n-1} \right)$$

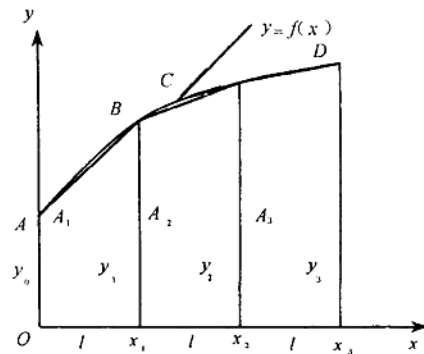


图 1-19 梯形法则

只要知道了测量的间距  $l$  和各测量点的纵坐标值  $y$ , 就可以近似求得所围之面积。从上例中可见梯形法的突出优点是运算简便。式中纵坐标  $y$  可表示为直线量度、面积、面矩等, 视计算曲线的纵坐标所代表的内容而异。

### 2. 辛蒲生法则

与梯形法则不同的是将曲线由折线改为抛物线, 故又称抛物线法。常见的有辛氏第一法则和辛氏第二法则。

1) 辛氏第一法则 辛氏第一法则是以二次曲线  $y = ax^2 + bx + c$  代替  $y = f(x)$ , 从而以



$y = ax^2 + bx + c$  曲线所包围的面积近似取代  $y = f(x)$  曲线所包围的面积。见图 1-20 所示。

$$A_1 = \int_0^{x_1} f(x) dx \quad A_2 = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$$

则 
$$A = A_1 + A_2 = \int_0^{x_1} f(x) dx + \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx$$

$$= \frac{l}{3}(y_0 + 4y_1 + y_2)$$

若将所围面积分成四等分, 则

$$A = \frac{l}{3}(y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + y_4)$$

同理, 若将所围面积分成  $n$  等分 ( $n$  必须为偶数), 则

$$A = \frac{l}{3}(y_0 + 4y_1 + 2y_2 + 4y_3 + 2y_4 + \dots + 2y_{n-2} + 4y_{n-1} + y_n)$$

2) 辛氏第二法则 辛氏第二法则是以三次曲线  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$  代替  $y = f(x)$ , 从而以  $y = ax^3 + bx^2 + cx + d$  曲线下所包围的面积近似取代  $y = f(x)$  曲线所包围的面积。见图 1-21 所示。

$$A_1 = \int_0^{x_1} f(x) dx \quad A_2 = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx \quad A_3 = \int_{x_2}^{x_3} f(x) dx$$

则 
$$A = A_1 + A_2 + A_3 = \int_0^{x_1} f(x) dx + \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx + \int_{x_2}^{x_3} f(x) dx$$

$$= \frac{3}{8}l(y_0 + 3y_1 + 3y_2 + y_3)$$

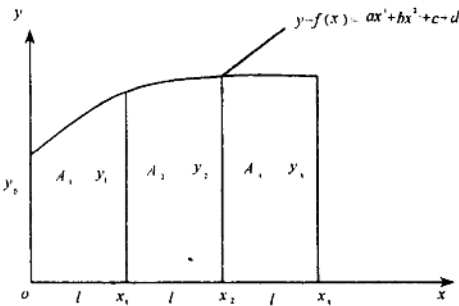


图 1-21 辛氏第二法则

梯形法要高得多, 辛氏第二法则又比辛氏第一法则精度高。

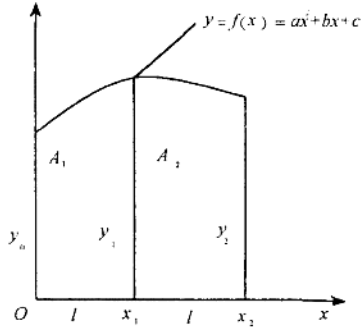


图 1-20 辛氏第一法则

若将所围面积分成六等分, 则

$$A = \frac{3}{8}l(y_0 + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + 3y_4 + 3y_5 + y_6)$$

同理, 若将所围面积分成  $n$  等分 ( $n$  必须为 3 的倍数), 则

$$A = \frac{3}{8}l(y_0 + 3y_1 + 3y_2 + 2y_3 + \dots + 3y_{n-2} + 3y_{n-1} + y_n)$$

当所围面积分成  $n$  等分,  $n$  为任何数时, 也可以将辛浦生法则综合使用求出近似的面积。

辛氏法则估算船体面积的精度较