

港口工程

上册

(修订版)

天津大学等四校合编

人民交通出版社

修订再版说明

本书由天津大学、华东水利学院、大连工学院、重庆交通学院四校合编，天津大学为主编单位。编写目的是为从事港口工程设计、施工的人员和大专院校师生提供一部参考书。出版后，几个院校选用本书为教科书。为适应社会主义现代化建设和教学需要，特修订再版此书。

本书分上下两册。上册第一章由赵今声编写，第二章由邱驹编写，第三章由侯穆堂编写，第四章由赵今声、侯穆堂合写，第五章由侯穆堂、林鸿慈合写，第六章由邱驹编写，第七章由王剑泉、赵今声、王世勤合写。全书由赵今声主编，邱驹协助。

交通部水运规划设计院高国藩、王剑泉对一至七章提出了很多宝贵意见。交通部第一、第二航务工程局设计院给予协助。在此一并致谢。

港口工程

上册

(修订版)

天津大学等四校合编

人民交通出版社出版

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

人民交通出版社印刷厂印

开本: 787×1092 $\frac{1}{16}$ 印张: 11 字数: 256千

1978年6月 第1版

1984年11月 第2版 第8次印刷

印数: 11,801—15,300册 定价: 1.20 元

内 容 提 要

《港口工程》全书分上、下两册出版。上册主要内容有：船舶；自然条件；港口水域；港口装卸工艺；港口铁路、道路、库场及其它设施；港址选择及港口布置等。

本书可供航务工程设计、施工技术人员参考，并作为高等院校港工专业教材。

目 录

(上 册)

第一篇 总 论

第一章 绪论

§1-1 概述	1
§1-2 港口的组成部分	2
§1-3 我国筑港事业的发展	4
§1-4 港口建设中应注意的问题	6

第二章 船舶

§2-1 船舶的一般组成与构造简介	7
§2-2 船舶的尺度和使用性能	11
§2-3 船舶的类别和常见船舶的特点	15

第三章 自然条件

§3-1 自然条件对港口建筑及使用的影	20
§3-2 海面水位升降变化的特性	20
§3-3 河流、湖泊及河口区水位变化特性	24
§3-4 气象因素	25
§3-5 波浪	29
§3-6 海流	39
§3-7 地质地貌因素	40
§3-8 海岸泥沙运动	41
§3-9 海水的物理、化学性质及水生物	43
§3-10 河道演变	43
§3-11 港口建设的工程调查和勘测工作	49

第二篇 港口总体布置

第四章 港口水域

§4-1 港池及码头线型式	51
§4-2 港内航行水域及锚地	53
§4-3 海港防波堤及口门布置	55
§4-4 港内波浪计算	63
§4-5 港口水深	67
§4-6 进港航道	69

§4-7 航标.....	71
第五章 港口装卸工艺	
§5-1 概述.....	74
§5-2 货物分类及性质.....	74
§5-3 港口装卸机械的分类和生产率计算.....	79
§5-4 货物在港的装卸过程.....	81
§5-5 件杂货装卸工艺.....	83
§5-6 集装箱装卸工艺.....	98
§5-7 散货装卸工艺.....	101
§5-8 石油装卸工艺.....	112
§5-9 装卸工艺流程的选择.....	116
第六章 港口铁路、道路、库场及其它设施	
§6-1 港口铁路.....	117
§6-2 铁路线路.....	119
§6-3 港口铁路站场及装卸线.....	128
§6-4 港口道路.....	132
§6-5 港口仓库及货场.....	138
§6-6 客运站.....	143
§6-7 港口其它设施.....	144
第七章 港址选择及港口布置	
§7-1 港址选择的基本要求.....	152
§7-2 在不同地区选择港址的特点.....	153
§7-3 码头前沿高程.....	158
§7-4 货运码头泊位数目及码头线长度.....	158
§7-5 港口作业区的划分和布置.....	159
§7-6 外海泊位.....	160
§7-7 港口总体布置原则.....	162
§7-8 港口总体布置举例.....	163
§7-9 原有港口的改造和扩建.....	167

第一篇 总 论

第一章 绪 论

§1-1 概 述

我们中国是世界上最大国家之一，它的领土和整个欧洲的面积差不多相等。我国海岸线长达18,000多公里，港湾很多，沿海有5000多个岛屿，其中最大的是台湾岛。流域面积100平方公里以上的天然河流有5000多条，共长42万多公里，主要河流有珠江、长江、淮河、黄河、黑龙江等，其中长江长达6300多公里，流量最大，流域面积达180万平方公里，干支流通航里程8万多公里，是我国内河水运的一条大动脉。建国以来，在中国共产党领导下，我国社会主义革命和社会主义建设取得了伟大胜利。建设社会主义，发展工农业生产，必须解决生产资料和生活资料的运输供应问题，也就是说，发展经济，交通先行。铁路、公路、水运、航空和管道这几种运输方式各有其特点和适用条件，他们互相配合，形成全国运输体系。

港口是水陆联运的枢纽，在这里进行旅客、货物集散并变换运输方式，如由水运转为铁路、公路运输，由河船转海船，或者做与此相反的转载。

按照用途分类，港口可分为商港、军港、渔港、工业港和避风港。商港是供客货运输用的港口。军港专供海军舰艇使用。渔港供渔船停泊，卸下渔获物和进行补给修理。工业港是工矿企业专用港口。避风港是供船舶躲避风浪用的，亦可取得补给，进行小修。

按其所在位置分类，港口可分为内河港、海岸港和河口港。内河港设置在天然河流、人工运河、湖泊或水库之内，是内河船舶停靠、装卸、编解队、补给及修理处所，亦简称河港。海岸港位置在海岸、海湾或沿岸泻湖之内，主要为海船服务。河口港位置在河口或受潮汐影响的近口河段，可兼为河船、海船服务，与内地联系方便，天然掩护较好。河口港与海岸港常统称海港。

一个港口每年从水运转陆运和从陆运转水运的货物数量总和（以吨计），称为该港的货物吞吐量，它是港口工作的基本指标。在港口锚地进行船舶转载的货物数量（以吨计）应计入港口吞吐量。港口货物运来或运去的地区，称为港口腹地。腹地范围是根据港口地理位置及其与腹地交通运输情况而划分的。

远景货物吞吐量是远景规划年度进出港口货物可能达到的数量，进行港口规划，远景货物吞吐量是一项重要依据。因此，要调查研究港口腹地的经济和交通现状及未来发展，以及对外贸易的发展变化，从而确定规划年度内进出口货物的种类、包装形式、来源、流向、年运量、不平衡性、逐年增长情况以及运输方式等；有客运的港口，同时还要确定港口的旅客运量、来源、流向、不平衡性及逐年增长情况等。

§1-2 港口的组成部分

古代水上运输使用的船舶较小，货物装卸主要靠人力，陆上运输也是使用人力或用畜力，因此，港口设备比较简易。在河流及湖泊内，岸坡合适、水流缓慢、水面静稳之处，均可靠船。系泊之后，搭上跳板，即可上下旅客，装卸货物。海上运输常利用天然隐避的海湾或河口，辟为港口，停泊船舶。以后，逐渐发展到建造石砌码头或木码头、抛石防波堤和仓库货场等，以便利船舶停泊和装卸。

随着动力机械的发展，船舶尺度逐渐增大，内陆运输广泛使用火车及汽车，货物装卸逐步向机械化自动化发展，现代港口面貌和以前相比，发生了很大变化。港口是由各种水工和陆地建筑物、各种水上及陆上设施，各种机械、输变电、导航和通讯设备等所组成的综合体，各个部分的作用不同，但又互相联系，互相依存，协调一致。

港口有水域和陆域两大部分。水域是供船舶航行、运转、锚泊和停泊装卸之用，要求有适当的深度和面积，水流平缓，水面稳静。陆域是供旅客上下船、货物装卸、货物堆存和转载之用，要求有适当的高程、岸线长度和纵深，并有仓库、货场、铁路、公路、装卸设备和各种必要的附属设施。兹分述如下：

一、港口水域

港口水域可分为港外水域和港内水域。

1. 港外水域

港外水域包括进港航道和港外锚地。有的海港及河口港有天然深水进港航道，有的天然航道水深不足或有部分浅段，需进行疏浚和整治。有防波堤掩护的海港，在口门以外的航道称为港外航道。通向内河港口的航道，有的也需要人工改善。

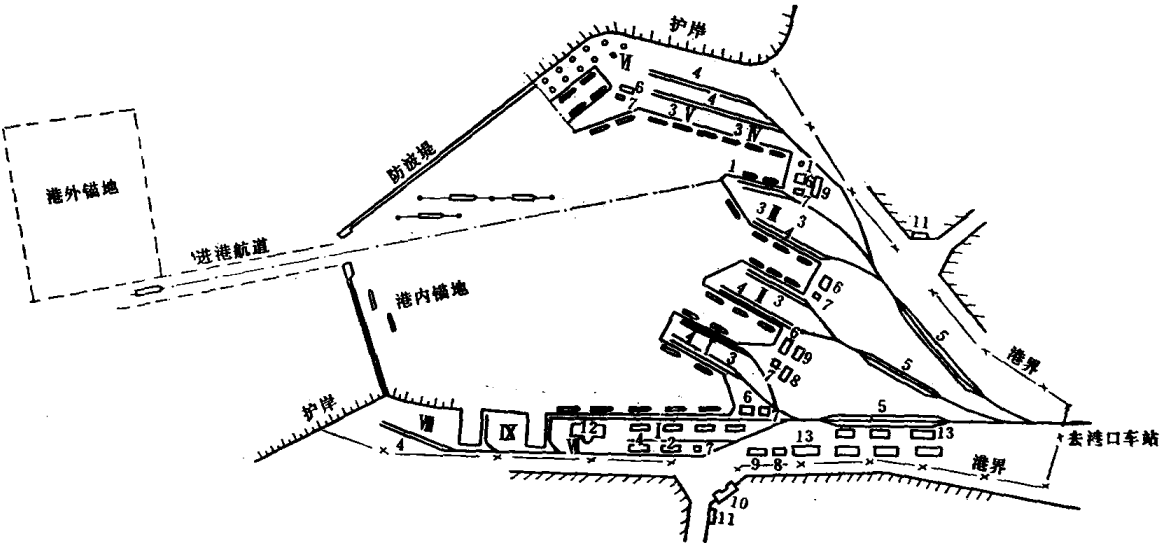


图1-1 海港

I-件杂货码头；II-木材码头；III-矿石码头；IV-煤炭码头；V-矿物建筑材料码头；VI-石油码头；VII-客运码头；VIII-工作船码头及航修站；IX-工程维修基地；1-导航标志；2-港口仓库；3-露天货场；4-铁路装卸线；5-铁路分区调车场；6-作业区办公室；7-作业区工人休息室；8-工具库房；9-车库；10-港口管理局；11-警卫室；12-客运站；13-储存仓库

海港及河口港一般设有港外锚地（图1-1），供船舶抛锚停泊，等待检查及引水。航道及锚地需用航标加以标志（图1-1）。

2. 港内水域

港内水域包括港内航道、转头水域、港内锚地和码头前水域或港池。

在有防波堤掩护的海港，船舶进口门时，要减速；为了克服船舶航行惯性，要求港内航道有一个最低长度，一般不小于3~4倍船长。船舶由港内航道驶向码头或者由码头驶向航道，要求有能够进行回转的水域，称为转头水域。在内河港口，为便于控制，船舶逆流靠离岸（图1-2a）。当船舶从上游驶向顺岸码头时，先调头，再靠岸；当船舶离开码头驶往下游时，要逆流离岸，然后再调头行驶（图1-2b）。为此，要求顺岸码头前水域有足够宽度。

供船舶停靠和装卸货物用的毗邻码头水域，称为码头前水域或港池。它必须有足够的深度和宽度，使船舶能方便地靠岸和离岸，并进行必要的水上装卸作业。有突堤码头间的港池

（图1-1）和顺岸码头前的港池（图1-3），后者不应占用航道。

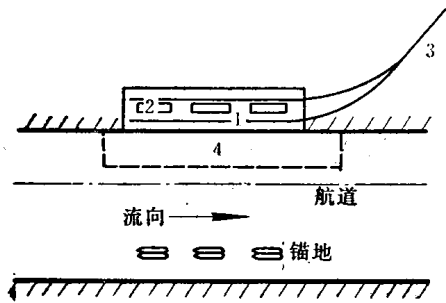


图1-3 内河港口
1-码头;2-仓库;3-铁路;4-港池

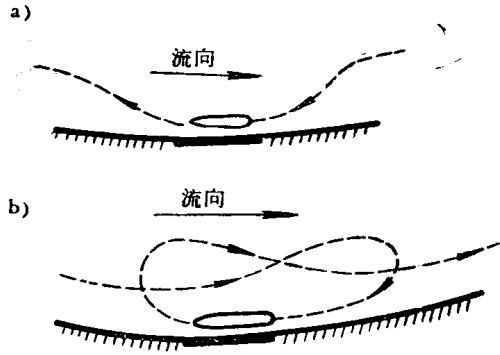


图1-2 河港中船舶靠离码头的方法

海港港内锚地（图1-1）供船舶避风停泊，等候靠岸及离港，进行水上由船转船的货物装卸。河港锚地（图1-3）供船舶解队及编队，等候靠岸及离港，进行水上装卸。在河口港及内河港，水上装卸的货物常构成港口吞吐量的重要组成部分。

为了保证船舶安全停泊及装卸，港内水域要求稳静。在天然掩护不足的地点修建海港，需建造防波堤，以满足泊稳要求（图1-1）。

二、港口陆域

1. 码头

码头是停靠船舶、上下旅客和装卸货物的场所。码头前沿线是港口水域和陆域的交接线。码头线可布置成与岸平行或与岸正交或斜交的形式，前者称为顺岸码头（图1-3），后者称为突堤码头（图1-1）。码头线长度决定于所要求的泊位数和每个泊位的长度，而泊位长度则因停靠船舶的吨位大小而异。码头前的港池水深由船舶吃水及富裕深度决定。

2. 港口仓库及货场

港口设置仓库及货场，供货物在装船前或卸船后，短期存放。不怕日晒雨淋的货物，如矿石、煤炭、钢铁材料等，放在露天货场（图1-1）；在石油码头，建造油库。港口库场不准货物长期储存。由港口库场至码头前沿，称为码头前沿作业区。前沿作业区均有道路与港外连通，有的还铺设铁路线（图1-1），火车、汽车能开到码头前沿，进行车船直接联运。不能直接联运的货物则进库场暂存。

客运较多的港口设置客运码头，码头上建客运站（图1-1），供旅客候船休息。

3. 铁路及道路

当港口有大量货物用铁路运输时，可设置港口车站。来港的货物列车在港口车站进行解体 and 编组，再送往港内各分区车场。分区车场位于前沿作业区的后方，靠近码头和前方库场（图1-1）。送往不同码头、库场的车辆，在分区车场重新编组，然后根据需要，发往码头及前方库场装卸线。装卸完毕的车辆集回分区车场，再送往港口车站编组。

港内道路供运货汽车和流动装卸运输机械通行，一般布置成环形，以便利运输，并尽可能少与铁路线及装卸作业干扰。如有必要，可在作业区设置停车场。

4. 装卸及运输机械

为了加快车船装卸，提高港口吞吐能力，降低运输成本，减轻工人体力劳动强度，港口有各种装卸及运输机械，包括起重机械、运输机械和库场、船舱机械等。

5. 港口辅助生产设备

为了辅助港口生产工作，完成水陆联运任务，港口有各种辅助生产设备：（1）给排水设备，供应船舶、消防、生产及生活用水，保证港口雨水、污水能迅速排除，不影响作业；（2）输电系统、照明、通讯及导航设备，解决电力、照明、通讯及船舶安全进出问题，保证港口生产顺利进行；（3）在作业区设办公室、候工室、流动机械库、工具库、机修车间等辅助生产设施；（4）较大的港口应设置燃料供应站，供应来港船舶所需要的各种燃料；（5）港口有不少辅助工作的船舶，如引水船、交通船、巡逻艇、消防船、供水船、燃料供应船、拖轮、驳船等，需设置工作船基地（图1-1）；（6）港口工程建筑物及设备需要经常维修，需设置工程维修基地；（7）较大港口一般应设航修站，能对船舶进行临时性修理，并兼修港内作业船舶。

上面讲了组成港口的个体。从港口生产作业来说，这些个体可归纳为船舶航行作业、装卸作业、储存及疏运四大系统。船舶航行作业系统包括港内外航道、锚地、港池和船舶回转水域，以及船舶通讯、导航等设施。装卸作业系统包括码头和水上装卸锚地，以及装卸和运输机械设备。储存系统包括港口仓库货场和库场机械设备，以及客运站。疏运系统包括铁路和道路等。这些系统本身各个环节之间必须协调，各个系统的通过能力必须互相适应。港口的综合通过能力受最薄弱系统的控制，一个系统的通过能力又受最薄弱环节的控制，所以要提高港口的吞吐货物能力，就必须不断克服薄弱环节。但往往某个薄弱环节克服了，又产生新的薄弱环节，各个系统间和各个环节间的平衡是相对的，而不平衡是绝对的，要善于发现矛盾，及时解决矛盾，使港口的吞吐能力不断提高。

修造船厂有时设在港内，但不是港口的必需组成部分。修造船厂的布置及水工建筑物将在第四篇讲述。

§1-3 我国筑港事业的发展

我国劳动人民勤劳智慧，创造了历史悠久的文化。早在几千年前，航运事业就得到广泛发展，当时治理了江、河、淮、济四大平原河流，克服了洪水泛滥，便利了通航。根据历史记载，早在两千年前，我国劳动人民就已掌握了建造海船的技术，开展海上航运，碣石（在秦皇岛附近）、转附（在芝罘附近）、琅琊（在青岛以南）、会稽（今宁波）、番禺（在广州以南）就是当时的海岸港和河口港。到公元十二世纪初，我国海船已远航到印度、斯里兰卡、阿拉伯、非洲东部，与亚非三十多个国家建立友好关系。“可是，中国自从脱离奴隶制度进

到封建制度以后，其经济、政治、文化的发展，就长期地陷在发展迟缓的状态中。”1840年鸦片战争以后，帝国主义势力侵入我国，使我国沦为半封建半殖民地社会，内河、沿海航运及港口几乎全部为帝国主义所把持，致使我国水运事业的发展受到严重影响，长期停滞不前。

在中国共产党的领导下，我国人民打倒了帝国主义、封建主义和官僚资本主义，劳动人民成为国家的主人，进行了社会主义革命和社会主义建设，我国水运事业得到迅速发展。仅就建国以来的主要港口建设成就概述如下。

1.我国主要港口，如上海、大连、天津、青岛、秦皇岛、武汉等，过去为帝国主义所霸占，作为向我国进行政治侵略和经济掠夺的基地。各国资产阶级垄断财团均抱着掠夺目的，分散经营，互相竞争，进行无计划建设，总体布置凌乱，同类货物码头分散各处，有的陆域狭窄，普遍缺少装卸机械，管理落后，运输效率低。解放后，这些港口在性质上发生了根本变化，经过社会主义改造，已成为我国发展国民经济，进行社会主义建设，开展对外贸易的运输枢纽。

2.帝国主义和官僚资本对劳动人民进行残酷剥削和压迫，过去码头工人装卸货物，全靠人背肩抬，劳动条件极端恶劣，缺乏安全保护，而工资微薄，生活毫无保障。解放以后，我国港口进行了社会主义改造，码头工人成为码头主人，添置了大量装卸和运输设备。依靠工人群众，大搞技术革新和技术革命，因地制宜，土洋结合，使港口装卸工作机械化和自动化程度不断提高，减轻了劳动强度，加强了安全保护，提高了工班效率，缩短了装卸时间。过去装卸煤靠手铲，筐抬，现在青岛、连云港、上海、南京、裕溪口等港都建设了大型机械化煤码头，完全实现了机械化。

3.新建了湛江、裕溪口、北海等港口，沿海各省新建了不少渔港。

4.对上海、天津、秦皇岛、青岛、烟台、龙口、海口、三亚、连云港、黄埔、广州、武汉、南京、马鞍山、重庆等港进行了改造和扩建，吞吐能力大大增加。在大连、秦皇岛、湛江、青岛新建了出口石油的专用大型码头。在不少港口新建了装卸效率很高的专业性码头，如煤、磷肥、矿石码头等。秦皇岛港已由煤港改造成为综合性港口。在天津新港，浚深和加宽了进港航道，改进了原有码头，添建了许多深水码头，已成为首都门户。上海港新建水陆联运的第九作业区，陆域宽阔，引进了铁路，为一现代化的作业区。

5.随着内河航运的发展，内河港口如雨后春笋，正在迅速增加成长。刚解放时，长江沿岸港口，因受帝国主义垄断企业和官僚资本的长期把持，凋蔽零落，几乎没有装卸机械。二十五年来，沿岸建设了24个大港口，150个站点，近300个码头，有了几千台装卸机械，现在长江客、货运量比1949年增长了十多倍。

6.解放前，我国修造船厂屈指可数，并且大都为帝国主义所垄断。解放以后，改造旧厂，增建新厂，仅交通系统就先后改建新建了上海、青山、东风、宜昌、长寿、文冲、青岛、新港、江阴、金陵、芜湖等大中型修造船厂和为数众多的小型船厂，增加了大型船坞及滑道，提高了修造船能力，同时也逐步发展了造机能力和建设船机配件厂。在沿海各大中型外贸港口建设了航修站，为远洋轮进行临时性修理。

7.为提高装卸、运输机械化水平，新建广州、上海、天津、南京、武汉、红光和川江等港机厂，并扩建了各港务局所属机修厂，承担部分港机制造任务。

8.我国筑港技术力量原来非常薄弱，在生产建设中，广大职工努力学习先进技术，增长了经验，提高了业务，已经培养锻炼成为一支强大筑港队伍。港口勘测、设计、施工力量成

倍增加，基本上能适应我国建港需要，并进行了援外工程。在港口工程科学研究方面，人员设备均有较大发展，为港口建设作出了贡献。

§1-4 港口建设中应注意的问题

1. 港口发展趋势

最近二十年，船舶向大型化发展。二十万至三十万吨级的油轮已成为远洋石油运输的主要船型，五十五万吨级的巨型油轮已投入使用。十万吨级的散货船普遍用于远洋矿石运输。集装箱运输发展很快，集装箱船的尺度和速度正在逐渐增加。

船舶的发展必然引起港口的相应发展。首先，是进港航道水深及宽度和港内水深及供船舶回旋用的水域面积必须增加。在第二次世界大战结束时，全世界较大港口的水深大都为10.7米，能供万吨级轮船使用，现在多数港口已浚深至12米。例如，比利时的安特卫普港航道水深已浚深至16米，荷兰的鹿特丹港航道已浚深至19米。其次，是码头后面要求较大的陆域。船舶吨位增加后，仓库及货场容积必须相应增加，铁路线路及车场面积亦需增加。集装箱船和普通杂货船比较，要求较长的泊位和较大的货场面积。改造现有港口，有的困难很大，很不经济，不如另建新港，或在近海深水区，设置开敞的岛式码头及系泊浮筒，进行海上装卸作业。距岸不太远时，亦可建筑引桥与岸联接。海上装卸一般限于抗风浪能力较强的巨型船舶。

2. 制定港口发展规划

铁路、公路、水道、管道和航空这五种运输方式构成的运输网是人类社会生活和生产的动脉，各有特长，也各有缺点，但都需发展。港口是各种运输方式联接交换的枢纽，港口布局必须便利水运与铁路、公路、管道、航空运输的联接，便利远洋、沿海和内河水运的联接。港口发展必须适应国民经济的发展，是国民经济发展规划的重要组成部分，港口发展规划应以腹地经济发展规划为依据。发展港口，还必须考虑它的自然条件，如水域深广，掩护良好，泥沙来源较小，地质地基条件良好，水源充足等，都是有利因素。我国有发展水运的优良条件，目前港口吞吐能力很低，国民经济的发展要求水运和港口的发展走在前头。为此，应进行周密的经济调查，港口的自然条件调查，制定港口规划，有计划的进行港口建设。

3. 注重经济效益

发展国民经济，必须重视经济效益，港口建设亦不例外。过去对码头泊位的使用率估计过高，每个海港都有许多船舶长时间在锚地等待进港，压船压货，损失严重。在建筑码头时，只注意水工建筑物的修建速度，而忽视陆域仓库、道路和机械设备的配套，因而拖延了投入生产使用的时间。我国港口工程的造价逐步升高，与过去不重视经济效益有密切关系。我国港口的工作效率还不是很高的，港口的总体布局、建筑物的设计施工、装卸工艺及设备、组织管理等都需要革新改进。港口建设应积极采用新技术、新结构、新工艺、新材料、新设备，同时要从具体情况出发，加强调查研究和科学试验，大胆创新，迅速赶上和超过世界先进水平。

第二章 船 舶

水运事业包括船舶、航道、港口和修造船厂等。航道是船舶航行的通道，港口是船舶安全停泊和装卸货物的处所，船厂是建造和修理船舶的地方。进行港口平面布置，确定航道及港口水域尺度，设计港口以及修造船水工建筑物和过船建筑物，均必须符合并满足船舶外形、尺度、吨位、设备、船体构造及航行性能等方面的条件和要求。因此，本书列有船舶一章，介绍船舶的一些基本知识，供从事港口工程人员参考。

§2-1 船舶的一般组成与构造简介

在使用过程中，船舶承受各种外力及严峻自然条件的侵袭，不应损坏、翻沉或产生不允许的变形，所以必须有足够的强度、良好的航行性能和完善的设备与装置。民用运输船有船体、上层建筑、主机、辅机、船舶设备、船舶系统以及助航仪器等组成部分。

一、船 体 构 造

船体是指主甲板以下部分，它是一个直接承受各种外力（静水压力、浮力、波压力、冲击力、货载及本身重量等）的空间结构。为了使航行时产生的阻力最小，船体做成流线型曲面，船体两端多为尖楔形或匙形。船体前端叫船首，后端叫船尾。

船体由纵向桁材和横肋骨组成空间骨架，表面为不透水面板。根据船舶强度、重量、施工以及使用要求的不同，骨架有不同的布置形式。横肋骨布置得密，而纵桁材布置得稀的结构，称为横结构式；横肋骨布置得稀，而纵桁材布置得密者，称为纵结构式。船体构架，部分采用横结构式，部分采用纵结构式者，称为混合结构式。图 2-1 是钢质干货船（或称杂货船），常见的一种布置形式。

船舶在船体底部中心线上均有一纵贯全船的中内龙骨（在双层底中叫中桁材）它承担着

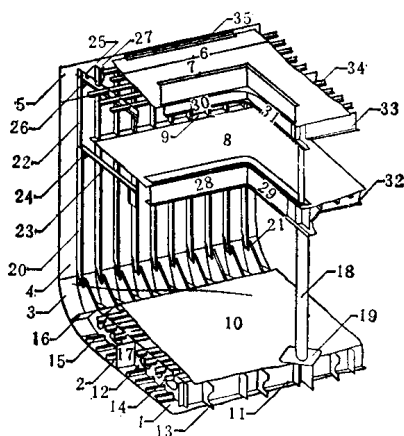


图2-1 钢质干货船船体结构布置图（混合结构式）

1-龙骨板（平板龙骨）2-船底板；3-舳板；4-舷侧板；5-舷侧顶板；6-主甲板边板；7-主甲板板；8-第二甲板板；9-第二甲板边板；10-内底板；11-中桁板；12-肋板；13-中桁材两侧肘板；14-内底纵骨；15-外底纵骨；16-缘板；17-旁桁材；18-舱内支柱；19-复板；20-舱内肋骨；21-舳肘板；22-甲板间肋骨；23-第二甲板横梁；24-梁肘板；25-主甲板强梁；26-主甲板强梁肘板；27-纵骨肘板；28-第二甲板货舱口纵围板；29-第二甲板货舱横围板；30-主甲板货舱口纵围板；31-主甲板货舱口横围板；32-第二甲板纵桁；33-主甲板纵桁；34-主甲板纵骨；35-舷边角钢

船体的主要纵向强度，在建造和修理船舶时，中内龙骨是支撑船体的主要构件。中内龙骨有不同结构型式，大型船舶常用平板龙骨（图 2-1）。中内龙骨在船首和船尾两端垂直或近似垂直的延伸部分，分别称为首柱和尾柱。除了中内龙骨外，宽度较大的船舶还设有旁内龙骨（在双层底中叫旁桁材）。与龙骨垂直相连的是很多的船底肋板和舷侧肋骨；肋骨上端与横梁相连，下端用舳肘板与肋板相接，构成一个有力的环形框架。船体左右两侧叫船舷。龙骨板、船底板、舳板和舷侧板构成船体外壳。船体顶盖为一全通连续甲板，称为主甲板。主甲板架在横梁上，它是承担船舶纵向强度的重要构件，同时也支撑压在甲板上面的负荷。除主甲板外，大型船舶内还有起分隔作用的第二、第三甲板。

甲板下面空间被许多内隔壁分成若干房间，叫做舱。舱室用来装货、乘坐旅客和安装船上的机器设备。装货的舱叫货舱，各货舱之间用水密横壁隔开。普通干货船每个货舱在主甲板设有舱口，用以装卸货物；舱口用水密舱盖盖住。

主甲板以上，由一舷伸至另一舷的围蔽建筑称为上层建筑，主要包括驾驶室和船员生活间。上层建筑有的沿船长连续设置，有的分成1~3段，如船首楼、船尾楼等。

二、推 进 器

船舶的行驶是由船舶主机（主要发动机）带动推进器来进行的。常用的主机有内燃机、汽轮机与蒸汽机三种。

船舶推进器种类很多，目前广泛采用螺旋推进器。它有 3~6 片车叶，安装在船尾部舵的前面，固定在车轴（推进器轴）末端。车轴与发动机轴连接（图 2-2），发动机带动推进器旋转，推动船舶前进或后退。小船推进器直径约为 0.4~0.6 米，大型船舶的推进器直径可达 5.0~6.0 米。具有单螺旋推进器的船舶开正车时，螺旋桨一般为右旋，开倒车时，则为左旋。

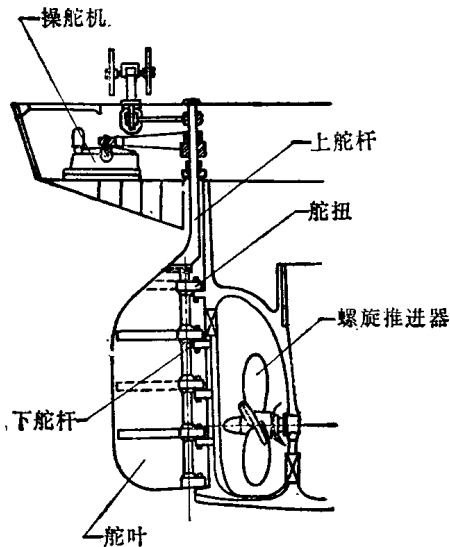


图2-2 螺旋推进器和舵

三、船 舶 设 备

为了操纵船舶、装卸货物和安全救护，船舶配备有舵、锚、系缆、起货和救生设备，统称为船舶设备。

(一)舵设备

舵设备是控制船舶航行方向的装置，包括舵和操纵装置两部分。

舵由舵叶和舵杆构成（图2-2）。舵叶是一块平板或流线型板，可绕竖轴转动，变换舵叶与船舶中线平面所成的角度。舵杆用来转动舵叶。在驾驶室设有舵的操纵装置，通过传动机械，转动舵杆，由指示器表示舵叶的位置。

舵的作用原理是：当水流以某角度冲击舵叶时，在其上产生了流体动力，这个作用力通过舵叶和舵杆传递给船，迫使船舶改变航向。

海船多采用单舵。内河船舶要求有较好的回转性能，多采用双舵或三舵。

在舵的作用下，船舶自行回转的直径 D ，叫回转直径，习惯上以船长 L 的倍数表示之。回转性能好的船舶， D 约为 $3L$ ；回转性能差的， D 在 $10L$ 以上；对于大多数船舶， D 在 $5\sim 7L$ 范围内。回转直径对船舶在狭窄水域航行或转头时，具有重要意义。

(二)锚设备

锚设备是帮助船舶操纵和停泊的装置。船舶在停车前抛锚，可用以克服停车后的船舶惯性力；船舶驶靠码头时，常用锚来调节车速和舵效，以保证安全停靠。船舶锚泊时，将锚抛到水底，靠锚的抓力来系留船舶，以克服风、波浪和水流等各种力的作用。

锚设备主要由下列各部分组成：锚、锚链、锚链筒、掣链器、起锚机及锚链舱等。

锚的类型很多，常用的有海军锚和霍尔锚。目前大船上主要使用霍尔锚（图2-3），它的特点是锚杆和锚爪分别铸造，两个锚爪由锚冠联接起来。锚冠可绕锚杆转动，其向每侧的转角为 $30^{\circ}\sim 40^{\circ}$ 。工作时，两个锚爪同时入土。

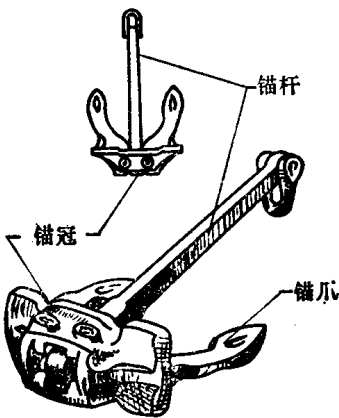


图2-3 霍尔锚

锚与锚链的工作情况见图2-4。船受水平推力（风、浪、水流之合力） F_0 的作用在水上漂移，通过锚与锚链的系留力 T_0 来抵销水平力 F_0 ，使船静浮在水面上。在抛锚后，锚链是向前方倾斜的，它的拉力 F 可分为 F_1 与 F_2 两个分力， F_1 与 T_0 平衡， F_2 与锚链的重量 G 平衡； F_2 的作用是将锚从泥土中拉出来，使锚失去拉住能力，锚被拉起，即发生走锚。为了防止走锚，锚链必须有足够长度；为了增加系留力 T_0 ，锚链有一部分应卧在水底。

锚链的长度一般与水深、底质的好坏有关，也与锚地的范围和锚泊船舶的密度有关。一般要求放出的最小锚链长度为水深的 $3\sim 4$ 倍，最好能达到 6 倍。

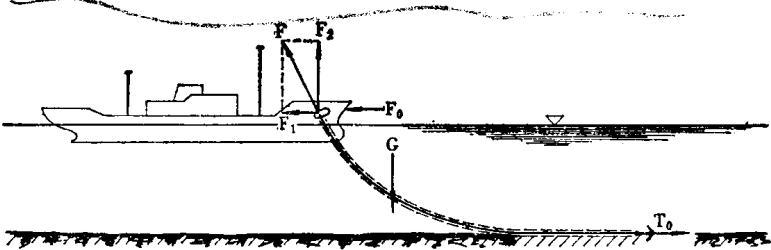


图2-4 锚与锚链的工作

(三)系缆设备

船上的系缆设备是用来将船舶系在码头的系船柱上或其它所需要的位置上。系缆设备主

要包括缆索、带缆桩、导缆孔、导缆器及绞缆机等。

缆索用柔软的钢索或麻索，近年许多船舶改用较轻的尼龙缆。带缆桩是用铸铁或钢板焊成的柱子，固定在甲板上，供挽牢缆索用。为了把缆索从带缆桩引出船外，在舷墙上开孔，称为导缆孔。为使缆索按照需要改变方向，在甲板上或舷墙上设有导缆器。为了收缆时卷起缆索，设有缆索卷车。

在船舶靠码头过程中，缆索一端套在码头系船柱上，用船上绞缆机或锚机绞紧缆索，使船向码头靠拢。因此，在船上布置系缆设备时，常与锚设备、拖带设备一并考虑。

图 2-5 是海船首、尾系缆设备的典型布置。

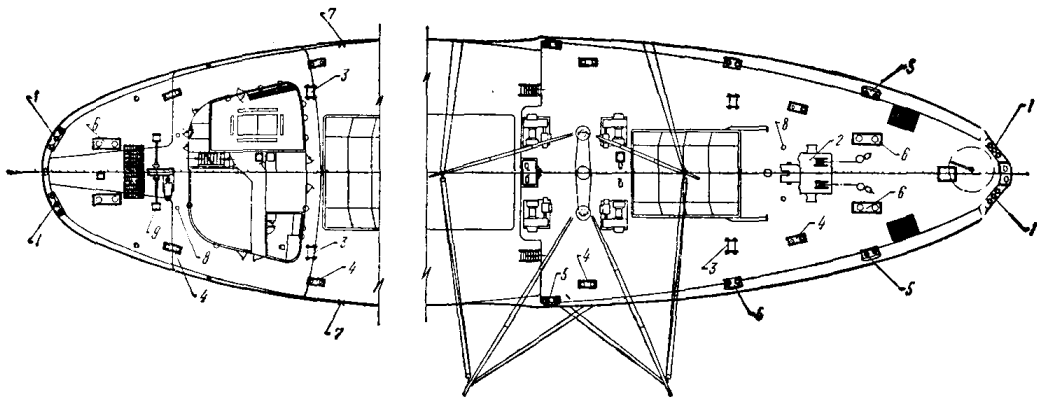


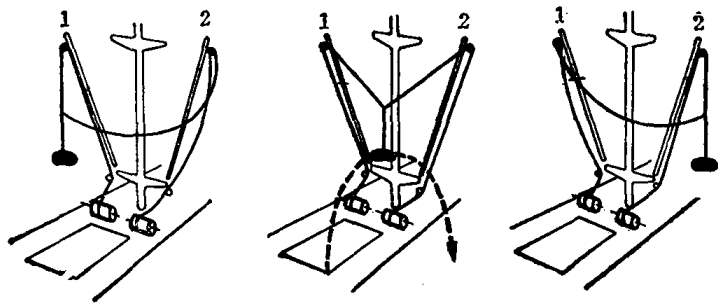
图2-5 海船首、尾系缆设备的典型布置

1-三滚轮导缆器；2-锚机；3-缆索卷车；4-缆桩；5-双滚轮导缆器；6-拖缆桩；7-导缆孔；8-导向滚轮；9-绞缆机

(四)起货设备

起货设备是船上用来装卸货物的机械。普通货船装有吊货杆或起重机，油船上则设货油泵。

普通货船上的吊货杆结构简单，由吊货索、吊货杆、起货机三部分组成（图 2-6）。吊货杆的缺点是吊臂短，缆索多，不够灵便。吊货杆布置在舱口旁边，根据船舶的吨位与舱口大小，每个舱口布置 1～2 组普通吊货杆（每对吊货杆为一组）。普通吊货杆的最大吊重负荷为 3 吨或 5 吨，吊重随着仰角不同而变化。有的船上还设有重型吊货杆，可吊重几十吨或更多。



a) 货物从舱内吊出 b) 货物转移过程 c) 货物移到吊货杆 2

图2-6 双吊杆工作示意图

吊货杆可以单根使用，但通常是用双吊货杆进行起吊工作，这时吊货杆不需要左右摆动，效率较高。双吊货杆工作时（图2-6），吊货杆 1 固定在舱口上，吊货杆 2 位于要装卸的地点