

高等学校水利学科教学指导委员会组织编审

高等学校水利学科专业规范核心课程教材·港口航道与海岸工程

# 港口规划与布置

(第三版)

主编 郭子坚 [大连理工大学]

主审 吴 澎 [中文水运规划设计院]



人民交通出版社  
China Communications Press

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

**Gangkou Guihua yu Buzhi**

# 港口规划与布置

(第三版)

(港口航道与海岸工程专业)

主 编 郭子坚[大连理工大学]

主 审 吴 澎[中交水运规划设计院]

人民交通出版社

## 内 容 提 要

本书为高等学校水利学科港口航道与海岸工程专业规范核心课程教材,系统地介绍了港口规划与布置所涉及的港口规划调查与分析、港口装卸工艺、码头及码头平面设计、港口水域及外堤布置、港口配套设施、港口发展规划、港口环境影响评价及港口景观,并介绍了河港特点。

本书是港口航道与海岸工程专业本科生的必修课教材,也可以作为土木、水利、交通运输类专业为拓宽专业口径而设置的有关港口课程的教材。对从事港口规划、设计、施工和管理的工程技术人员以及从事土木、水利、交通运输等专业的工程师来说,也是一本有益的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

港口规划与布置 / 郭子坚主编. —3 版. —北京 :  
人民交通出版社, 2011.6

ISBN 978-7-114-09054-7

I. ①港… II. ①郭… III. ①港口规划 IV.  
①U651

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 072164 号

高等学校水利学科专业规范核心课程教材

书 名: 港口规划与布置(第三版)

著 作 者: 郭子坚

责任编辑: 黄兴娜

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.cpress.com.cn>

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京市密东印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16.5

字 数: 382.00 千

版 次: 2011 年 6 月 第 3 版

印 次: 2011 年 12 月 第 2 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09054-7

印 数: 2001-4000 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,  
未经同意不得复制与翻译)

# 港口航道与海岸工程专业教材 编审分委员会名单

## 主任委员

郑金海(河海大学)

## 副主任委员

王元战(天津大学)

康海贵(大连理工大学)

## 秘书长

冯卫兵(河海大学)

## 委员

(排名不分先后)

许锡宾(重庆交通大学)

刘晓平(长沙理工大学)

张小峰(武汉大学)

刘月琴(华南理工大学)

陈一梅(东南大学)

张洪雨(哈尔滨工程大学)

李华军(中国海洋大学)

刘曙光(同济大学)

孙东坡(华北水利水电学院)

孙志林(浙江大学)

王志东(江苏科技大学)

喻国良(上海交通大学)

陈子燊(中山大学)

陈刚(西安理工大学)

# 高等学校水利学科专业核心课程教材 编审委员会名单

## 主任委员

张长宽(河海大学)

## 副主任委员

陈 楚(水利部人才资源开发中心) 王国仪(中国水利水电出版社)

彭建民(中国水利教育协会) 余锡平(清华大学)

谈广鸣(武汉大学) 姜 峰(大连理工大学)

练继建(天津大学) 陈建康(四川大学)

周孝德(西安理工大学) 李建林(三峡大学)

刘 超(扬州大学) 刘汉东(华北水利水电学院)

## 秘 书 长

吴胜兴(河海大学)

## 委 员

刘建明(水利部黄河水利委员会) 董雅平(水利部长江水利委员会)

任立良(河海大学) 梅亚东(武汉大学)

袁 鹏(四川大学) 吴吉春(南京大学)

唐洪武(河海大学) 马震岳(大连理工大学)

胡志根(武汉大学) 郑金海(河海大学)

王元战(天津大学) 康海贵(大连理工大学)

黄介生(武汉大学) 张展羽(河海大学)

杨培岭(中国农业大学) 蔡焕杰(西北农林科技大学)

王志锋(南昌工程学院)

# 序

随着我国水利事业与高等教育事业的快速发展以及教育教学改革的不断深入,水利高等教育也得到很大的发展与提高。与20世纪末相比,水利学科专业的办学点增加了将近1倍,每年的招生人数增加了将近2倍。通过专业目录调整与面向新世纪的教育教学改革,在水利学科专业的适应面有很大拓宽的同时,水利学科专业的建设也面临着新形势与新任务。

在教育部高教司的领导与组织下,从2003年到2005年,各学科教学指导委员会开展了本学科专业发展战略研究与制定专业规范的工作。在水利部人教司的支持下,水利学科教学指导委员会也组织课题组于2005年年底完成了相关的研究工作,制定了水文与水资源工程、水利水电工程、港口航道与海岸工程以及农业水利工程四个专业规范。这些专业规范较好地总结与体现了近些年来水利学科专业教育教学改革的成果,并能较好地适应不同地区、不同类型高校举办水利学科专业的共性需求与个性特色。为了便于各类港口航道与海岸工程专业学校参照专业规范组织教学,考虑到港口航道与海岸工程专业的特殊性和历史延续性,经水利学科教学指导委员会研究决定,由港口航道与海岸工程专业教学指导分委员会与人民交通出版社共同策划,组织编写出版港口航道与海岸工程专业“高等学校水利学科专业规范核心课程教材”。

核心课程是指该课程所包括的专业教育知识单元和知识点,是本专业的每个学生都必须学习、掌握的,或在一组课程中必须选择几门课程学习、掌握的,因而,核心课程教材质量对于保证水利学科各专业的教学质量具有重要的意义。为此,我们不仅提出了坚持“质量第一”的原则,还通过专业教学讨论、提出,专家咨询组审议、遴选,相关院、系认定等步骤,对核心课程教材选题及其主编、主审和教材编写大纲进行了严格把关。为了把本套教材组织好、编著好、出版好、使用好,我们还成立了高等学校水利学科专业规范核心课程教材编审委员会以及各专业教材编审分委员会,对教材编纂与使用的全过程进行组织、把关和监督,充分依靠各学科专家发挥咨询、评审、决策等作用。

本套教材第一批共规划港口航道与海岸工程专业11种,计划在2010年年底之前全部出齐。尽管已有许多人为本套教材作出了许多努力,付出了许多心血,但是,由于专业规范还在修订完善之中,参照专业规范组织教学还需要通过实践不断总结提高,加之,在新形势下如何组织好教材建设还缺乏经验,因此,这套教材一定会有各种不足与缺点,恳请使用这套教材的师生提出宝贵意见。本套教材还将出版配套的立体化教材,以利于教、便于学,更希望师生们对此提出建议。

高等学校水利学科教学指导委员会  
港口航道与海岸工程专业教学指导分委员会  
人民交通出版社  
2008年7月

# 前 言

《港口规划与布置》第二版出版于1999年。伴随着国际交流的日益频繁和经济全球化的迅速发展,港口已经成为我国经济和社会进步的缩影。2004年《中华人民共和国港口法》的实施使我国港口规划、建设、维护、经营和管理有了法律依据,为了适应现代港口建设和发展的需要,受高等学校水利学科教学指导委员会港口航道与海岸工程专业教学指导分委员会的委托,经本书前两版主编洪承礼教授的同意和授权,重新编写该书并作为第三版正式出版。

本书详细介绍了编制港口规划所涉及的港口规划调查与分析、港口装卸工艺、码头及码头平面设计、港口水域及外堤布置、港口配套设施、港口发展规划等基本内容;增加了港口环境影响评价及港口景观等内容,以培养学生注重海洋生态环境和公众亲水空间的港口规划理念;增添了岸线规划、码头装卸工艺的内容,并对滚装运输、LNG/LPG、游艇港及人工岛等内容进行了适当的补充;为适应国际工程日益增加的需要,本书对部分专业名词作了英文标注,以供参考使用。

本书以海港为对象,着重介绍了港口规划中的相关基础知识和理论方法,这些知识和思路在河港规划中也是相通的。本书由大连理工大学郭子坚教授担任主编,并编写第一、第四、第五、第六(除内河航运以外的内容)、第七、第八章;由大连理工大学宋向群教授编写第二、第三章,重庆交通大学周世良教授负责编写第九章。考虑到内河航运的迅速发展及其对港口集疏运的影响,在第六章中增加了内河航运网规划相关基础知识,由长沙理工大学黄伦超教授负责编写第六章中的内河航运的内容。

特别感谢中交水运规划设计院吴澎总工程师在百忙之中审阅本书,并提出了有益的建议和修改意见。

大连理工大学洪承礼教授、中国海洋大学董胜教授对本书的补充修订提出了宝贵的修改建议,在此表示衷心的感谢。

感谢唐国磊、王文渊博士等研究生协助完成本书插图和附图的誊绘。

作为本科生的专业课程教材,本书在编写的过程中参考并引用了大量国内外相关文献资料 and 研究成果,在此一并表达谢意。

编 者

2011年3月

# 目 录

|                  |     |
|------------------|-----|
| 第一章 绪论           | 1   |
| 第一节 水路运输系统       | 1   |
| 第二节 港口的组成        | 2   |
| 第三节 港口的分类        | 5   |
| 第四节 港口的运营        | 9   |
| 习题               | 12  |
| 第二章 港口规划调查与分析    | 13  |
| 第一节 腹地的经济社会条件调查  | 13  |
| 第二节 港口的自然条件调查与分析 | 15  |
| 第三节 港口吞吐量发展水平预测  | 33  |
| 第四节 船舶及船型预测      | 42  |
| 习题               | 49  |
| 第三章 港口装卸工艺       | 50  |
| 第一节 件杂货码头装卸机械和工艺 | 51  |
| 第二节 集装箱码头装卸机械和工艺 | 55  |
| 第三节 干散货码头装卸机械和工艺 | 60  |
| 第四节 液体散货码头装卸工艺   | 62  |
| 第五节 滚装码头装卸工艺     | 62  |
| 第六节 游艇上下岸工艺      | 64  |
| 习题               | 65  |
| 第四章 码头及码头平面设计    | 66  |
| 第一节 码头规模的确定      | 66  |
| 第二节 提高港口效率的方式    | 77  |
| 第三节 码头布置型式       | 80  |
| 第四节 港口陆域尺度       | 87  |
| 第五节 码头陆域布置       | 93  |
| 习题               | 115 |
| 第五章 港口水域及外堤布置    | 116 |
| 第一节 港口水深         | 117 |
| 第二节 航道           | 121 |
| 第三节 锚地与回旋水域      | 128 |
| 第四节 港池           | 133 |

|            |                                   |            |
|------------|-----------------------------------|------------|
| 第五节        | 港内泊稳标准及波况估算                       | 135        |
| 第六节        | 外堤布置                              | 139        |
| 第七节        | 港口导航                              | 145        |
|            | 习题                                | 148        |
| <b>第六章</b> | <b>港口配套设施</b>                     | <b>150</b> |
| 第一节        | 集疏运设施                             | 150        |
| 第二节        | 供电与照明                             | 163        |
| 第三节        | 给排水                               | 165        |
| 第四节        | 通信与信息                             | 170        |
| 第五节        | 水上安全监督                            | 171        |
|            | 习题                                | 172        |
| <b>第七章</b> | <b>港口发展规划</b>                     | <b>173</b> |
| 第一节        | 港口规划及其层次                          | 173        |
| 第二节        | 港口建设项目可行性研究                       | 179        |
| 第三节        | 港址选择                              | 181        |
| 第四节        | 岸线及岸线规划                           | 190        |
|            | 习题                                | 192        |
| <b>第八章</b> | <b>港口环境影响评价及港口景观</b>              | <b>193</b> |
| 第一节        | 港口环境影响评价                          | 193        |
| 第二节        | 港口景观                              | 198        |
|            | 习题                                | 204        |
| <b>第九章</b> | <b>河港特点</b>                       | <b>205</b> |
| 第一节        | 港址选择                              | 205        |
| 第二节        | 装卸作业系统                            | 209        |
| 第三节        | 陆域布置                              | 216        |
| 第四节        | 水域布置                              | 219        |
|            | 习题                                | 223        |
| 附录一        | 近似计算极端水位的 $K$ 值表                  | 224        |
| 附录二        | 设计船型尺度                            | 225        |
| 附录三        | 排队论模型中的 $T_w/T_b$ (平均待泊时间/平均靠泊时间) | 227        |
| 附录四        | 杂货单位有效面积的货物堆存量                    | 236        |
| 附录五        | 规则波绕射系数                           | 237        |
| 附录六        | 泥沙移动临界水深的计算方法                     | 239        |
| 附录七        | 内河航道尺度                            | 242        |
| 附录八        | 港口用水量标准                           | 247        |
|            | 参考文献                              | 249        |

# 第一章 绪 论

## 第一节 水路运输系统

水路运输系统是由港口、航道、船舶、船员、运输保障等部分组成,用于承担水路货物和旅客运输的复杂的系统。水路运输是综合运输中最古老的运输方式,利用船舶航行于水域,实现旅客和货物的空间移动。从远古的独木舟到现代的大型运输船舶,人类经历了舟筏时代、帆船时代、蒸汽机时代和柴油机时代。早在公元前1 000多年前,欧洲已经在地中海沿岸开始了航海和筑港,我国在战国至秦时期于渤海、黄海之滨建成碣石、转附、琅琊等海港。随着海洋运输业和海洋渔业的发展,以及沿海经济建设的需要,世界沿海国家和地区陆续兴建了大批港口及修造船设施,逐渐形成了现代世界航运网络,并与其他运输方式共同构成了综合交通运输系统。

综合交通运输系统将水路、公路、铁路、航空和管道五种基本运输方式按照运输过程的要求有机地联系起来,逐步形成技术先进、路网布局和运输结构合理的交通运输体系,以满足国家对运输资源在各种运输方式之间合理配置的要求,实现旅客运输的“零距离换乘”以及货物运输的“无缝中转”。水路运输具有运量大、成本低的优点;公路运输则具有机动灵活、便于实现货物门到门运输的特点;铁路运输的主要优点是受气候影响较小,可深入内陆实现货物长距离的准时运输;航空运输可实现货物的快速运输;管道运输成本低廉,且受天气情况的影响非常小,可以长期稳定地使用,安全性较高。

综合交通运输体系由固定设施和载运工具构成。固定设施包括作为交通基础设施的码头、铁路、道路、机场、管道、船闸、隧道和车站等,也包括与其配套的通讯信号等控制设备。载运工具是使运输对象空间场所移动的载体,包括船舶、火车、汽车和飞机等。通常把两种或两种以上不同运输方式进行联运的运输组织形式叫做多式联运,包括水陆、陆空、海空等联运方式。综合交通运输体系是经济社会发展到一定阶段,在科技创新和制度创新的作用下产生的一种现代交通运输的组织形式,可以综合利用各种运输方式,充分发挥每种运输方式的优点,用较少的劳动消耗完成运输任务,减少客货运输的中间环节,提高运输组织水平,协调各种运输方式的衔接,提高运输效率,降低运输成本,实现合理运输。

水路运输包括内河运输、沿海运输、近洋运输和远洋运输,具有点多、面广、线长的特点。2009年我国水路货物运输量和货物周转量在综合运输体系中分别占12%和63%。通过内河运输与远洋运输,实现了内陆经济腹地与世界连通,并使处于运输交汇处的港口城市产生了内陆经济腹地与国际港口城市两个极为宽阔的辐射面。港口作为交通运输的枢纽和水陆联运的咽喉,是综合运输体系中各种运输方式的汇集点。同时,港口也是国际贸易的重要组成部分,国际贸易量的近90%是通过水路运输(主要是海运)完成的。我国的内河干线和沿海水运在





“北煤南运”、“北粮南运”和油矿中转等大宗货物运输中发挥了主通道作用,保障了重点物资运输,有力地推动了我国现代物流的发展,为经济社会发展提供了坚实的运输保障。我国拥有陆地国土面积 960 万  $\text{km}^2$ ,大陆海岸线长 1.8 万  $\text{km}$ ;海岛 6 961 个,岛屿海岸线长近 1.4 万  $\text{km}$ ,海岛面积超过 8 万  $\text{km}^2$ ,其中有人居住的海岛 433 个;我国还拥有 300 万  $\text{km}^2$  的海洋国土面积。发展水运和港口建设的条件十分优越。

港口是临水地区人与货的出入口,是具有足够水深、受风浪影响较小、便于船舶进出和安全停靠的停泊地。至 2009 年年底,全国沿海和内河港口分别拥有生产用码头泊位 5 320 个和 26 109 个,其中万吨级及以上泊位分别为 1 261 个和 293 个。现代港口作为交通运输大动脉中的枢纽,是货物集散、暂存、换装并转换运输方式的中心,是水上运输和陆上运输的连接点。现代港口必须具有一定的物理条件,即拥有良好的水上、陆上交通条件和便于物资集散的空间条件,包括为船舶提供可靠的航道及安全的靠泊场所;方便旅客上下、货物装卸与船舶补给所必需的设施,如码头、仓库及前方堆场等;港口内的水上工具,如拖轮、消防艇等。因此,港口是上述各种水工建筑物、构筑物和设施及设备的综合体。同时,现代港口是社会经济活动的重要组成部分,在发展国民经济、促进社会进步的进程中起着重要作用。作为沟通外界的窗口,港口是一个城市、地区乃至整个国家对外开放、与世界相连的大通道,是港口城市的重要组成部分。随着世界经济的发展,现代物流作为现代经济的重要组成部分,凭借其先进的综合服务模式,正在全球范围内迅速发展。与此相适应,现代港口已不再是一个简单的货物装卸和换装场所,而是国际物流与供应链上的一个重要环节。现代港口的概念被赋予了新的内涵,港口功能有了新的拓展,增加了临港工业、保税、贸易信息服务与咨询等多种功能。除了经济活动之外,港口还承载着由经济活动延伸而出的社会活动,为城市的开发、城市居民生活的改善提供了有效的重要场所。

## 第二节 港口的组成

港口(port and harbor)由港界内的所有设施构成。港界(port boundary)即构成港口的水陆域与其外围区域的分界,是对港口进行有效管理所必须明确的管辖范围。通常在港口总体规划中确定港界的范围,港界以内由港口经营者进行统一管理。

港口由港口水域、码头岸线和港口陆域组成,图 1-1 是大连港部分港区平面图,图 1-2 是大连港大港港区平面图。

### 一、港口水域

港口水域(port waters; harbor waters)包括锚地、航道、回旋水域和码头前水域等。

锚地(anchorage area)是专供船舶等待靠泊码头、接受检疫、进行水上装卸作业以及避风的指定水域,可分为港外锚地和港内锚地。港口通常为装载危险品的油船等设有单独的锚地,如图 1-1 中的油船检疫锚地等。

航道(waterway; navigation channel; fairway)是为船舶进出港口提供特定的安全航行通道。多数情况下,近海自然水深不能满足船舶吃水要求,航道一般是人工开挖而成。船舶进出港口必须按照航行标志航行,遵守航行规则,以避免发生海上事故,如图 1-1 中和尚岛东港区的供船舶进出

港口的进港航道(entrance channel)和进港后通往码头的港内航道(approach channel)。

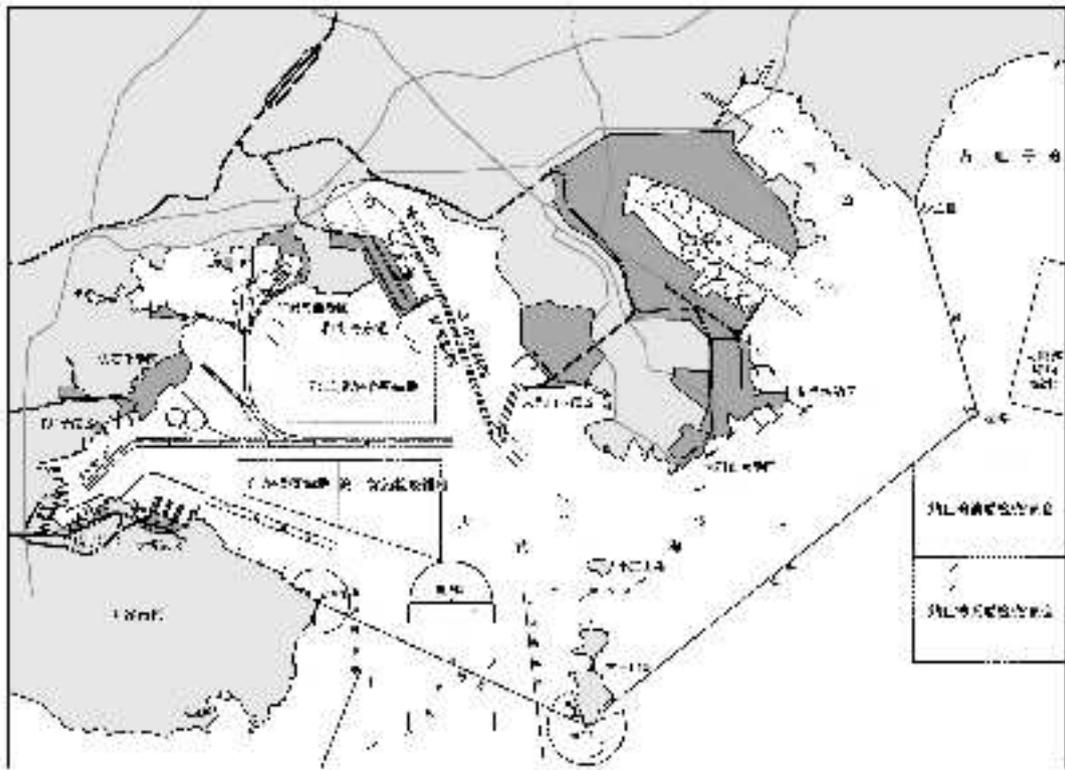


图 1-1 大连港部分港区平面图

回旋水域(turning basin)是船舶靠离码头、进出港口需要转头或改换航向时使用的水域,其大小与船舶尺度、转头方式、水流和风速风向有关。

码头前水域也称为港池(basin),是供船舶靠离码头和装卸货物用的毗邻码头的水域,突堤码头之间的水域即为港池,见图 1-2。

## 二、码头岸线

码头(wharf; terminal)是停靠船舶、上下旅客或装卸货物的场所。码头岸线又称码头前沿线(waterfront of wharf),是港口水域和陆域的交接线,是港口生产活动的中心。构成码头岸线的水工建筑物是一切港口不可缺少的建筑物。图 1-2 中的大港港区有 4 座突堤码头和 3 座顺岸码头,共 24 个泊位,码头岸线长 5 430m。

## 三、港口陆域

港口陆域(harbor land area)包括装卸作业地带、辅助作业地带和预留发展用地。装卸作业地带设有堆场、仓库、铁路、道路、站场、通道等;辅助作业地带有车库、工具房、变电站、修理厂、作业区办公室、消防站、通信设施、给排水设施等。堆场和仓库供货物在装船前或卸船后短期存放。在图 1-2 所示的大港区中,陆域面积共 107.1 万  $m^2$ ,堆场面积 23.366 万  $m^2$ ,仓库面积 11.12 万  $m^2$ ,铁路线长 9 665m。

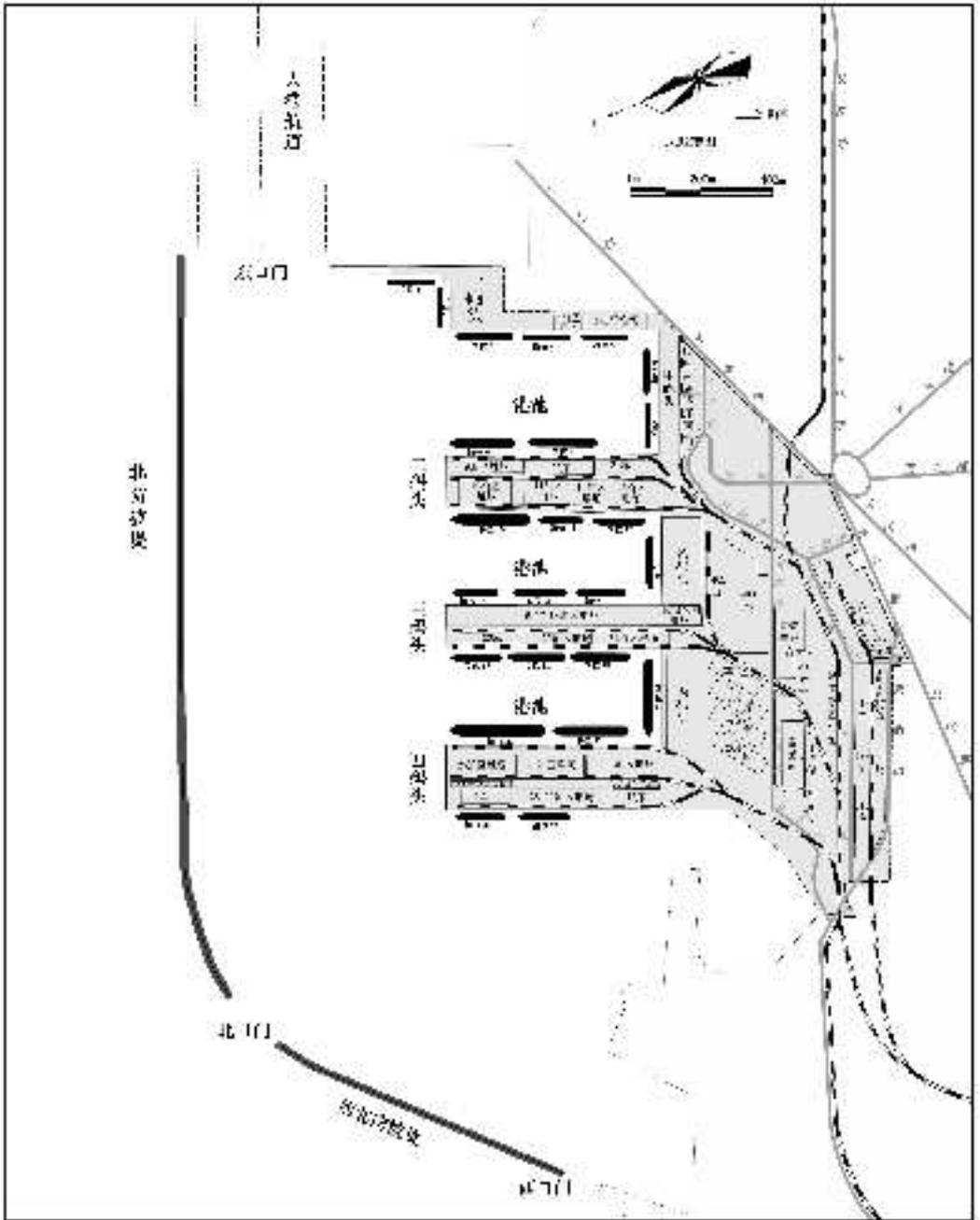


图 1-2 大连港大港港区平面图

港口的生产作业系统由五大系统构成,见表 1-1 中的序号(1~5)。各系统相互协调才能确保生产作业的顺利进行。另外还需建立港口的环境保护设施与景观系统,以促进港口的和谐发展。

在港口规划中,港、港区、作业区、码头、泊位是不同层次的概念。通常所说的某港是指隶属于某行政区域的港口总称,一般根据地理位置或功能可划分为若干港区。如大连港包含大

连市行政管辖范围内的全部港口设施。由两个以上行政区所属港口共同组建的港口属于组合港,如纽约/新泽西港。港区(port area)则是根据港口规划中按照地理位置或者功能关系所划分的构成港口的一个独立陆域与水域范围,规模不大时亦可称作港站或港点。在大连港总体规划中,大连港划分大窑湾、鲇鱼湾、长兴岛等港区,以及庄河港、皮口港、旅顺新港等若干个中小港站。作业区(port operation section)是港区范围内相对独立的生产分区,通常是完成单一货种装卸运输的水域与陆域范围,如大窑湾港区有集装箱作业区和散粮作业区等,也有一些小的港口直接由一个或几个作业区构成。码头是作业区内供船舶停靠、装卸货物或上下旅客的场所,如大窑湾港区集装箱作业区内有一期集装箱码头、二期集装箱码头等。泊位(berth)一般是指一艘设计船型船舶停靠码头时所占用的空间,一座码头有一个或多个泊位。

港口生产作业系统

表 1-1

| 序 号 | 系 统         | 主 要 设 施   |
|-----|-------------|---|
| 1   | 船舶航行作业系统    | 航道、导助航设施、拖轮、锚地、回旋水域、港池、航修设施、船舶供水供油、船舶废弃物收集、岸电电源 |
| 2   | 装卸作业系统      | 码头、装卸作业锚地、装卸机械、运输机械、旅客上下船设施、防波堤、指挥控制中心          |
| 3   | 存储、分运系统     | 堆场、仓库、库内机械、分拨中心、客运站、宾馆                          |
| 4   | 集疏运及配套系统    | 铁路、公路(进港高速公路)、水网、电网、管道、内河水运                     |
| 5   | 信息与商务系统     | 港口 EDI 服务中心、航运及贸易服务中心                           |
| 6   | 环境保护设施与景观系统 | 污水处理设施、废弃物处理设施、港口绿地、港口景观                        |

### 第三节 港口的分类

港口按功能与用途分,有商港、工业港、渔港、军港、游艇港、避风港等;按地理位置分,有海港、河口港、河港和运河港等。

#### 一、按功能与用途分类

##### 1. 商港

商港(commercial port)又称贸易港,以商船和货物运输为主要服务对象,是海上和内河航线上货物和旅客的起讫点或中转地。一般均兼运各种类型的货物,设有不同的货物作业区,并根据是否从事国际贸易分为外贸港和内贸港。商港所在城市,一般工商业集中,经济发达,交通便利,而且具有从事海、陆、空联运的设施。著名的商港有上海港、新加坡港、香港港等。图 1-3 为上海港外高桥港区四、五、六期集装箱码头的示意图。

##### 2. 工业港

工业港(industrial port)是为大型企业输入原材料及输出成品的专用港口,是海上运输与企业生产的汇集地,如我国的上海宝钢码头(图 1-4)和日本千叶港等。工业港的码头称为业主码头或货主码头,它是企业自建的,直接为本企业生产服务,承担原材料和产成品等的运输;是企业生产的配套设施,多为沿海沿江的大型钢铁及石化工业等企业所拥有。与业主码头相对应的公用码头系指面向全社会提供运输服务的生产性码头设施。

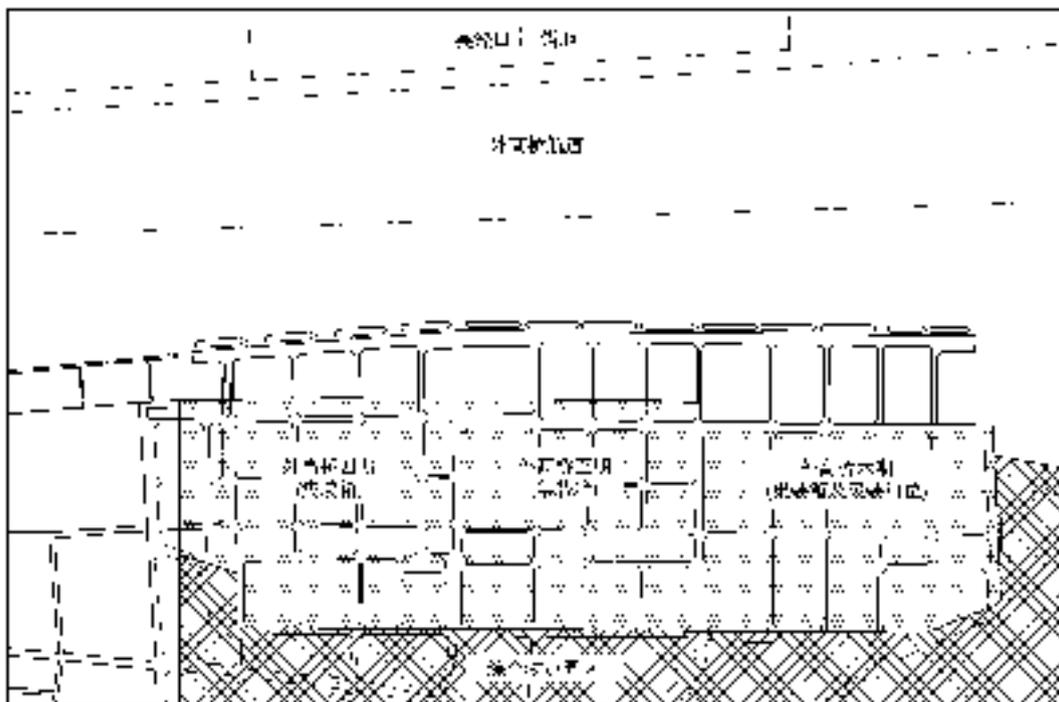


图 1-3 上海港外高桥港区部分集装箱码头示意图

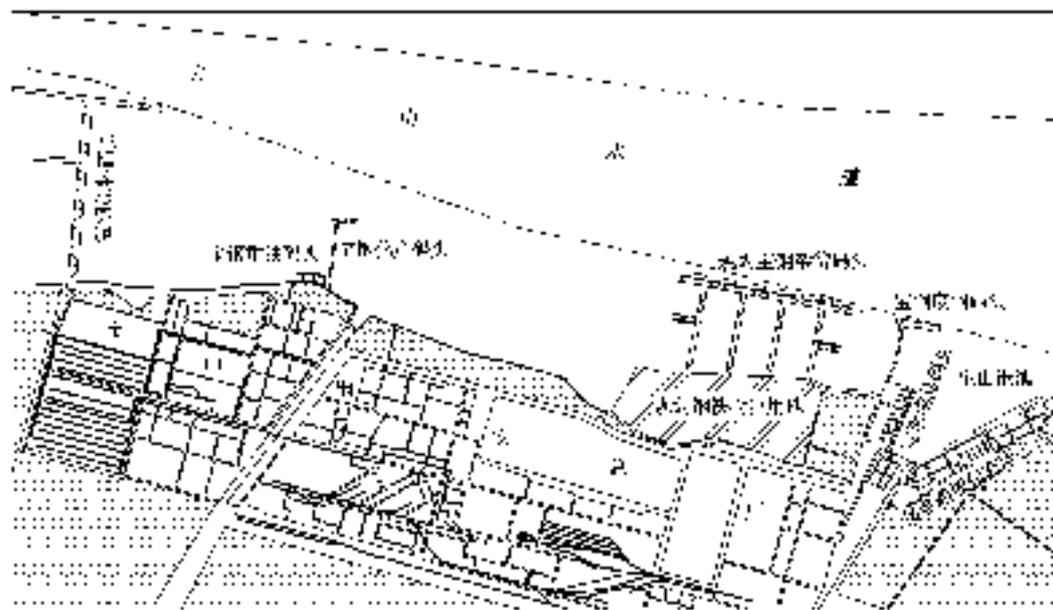


图 1-4 上海宝钢码头示意图

### 3. 渔港

渔港(fishery port)指主要为渔业生产服务和供渔业船舶停泊、避风、装卸渔获物和补充渔需物资的人工港口或者自然海湾。渔港一般可提供渔获物的冷冻、加工、储运、贸易以及渔船





头构成的海港。

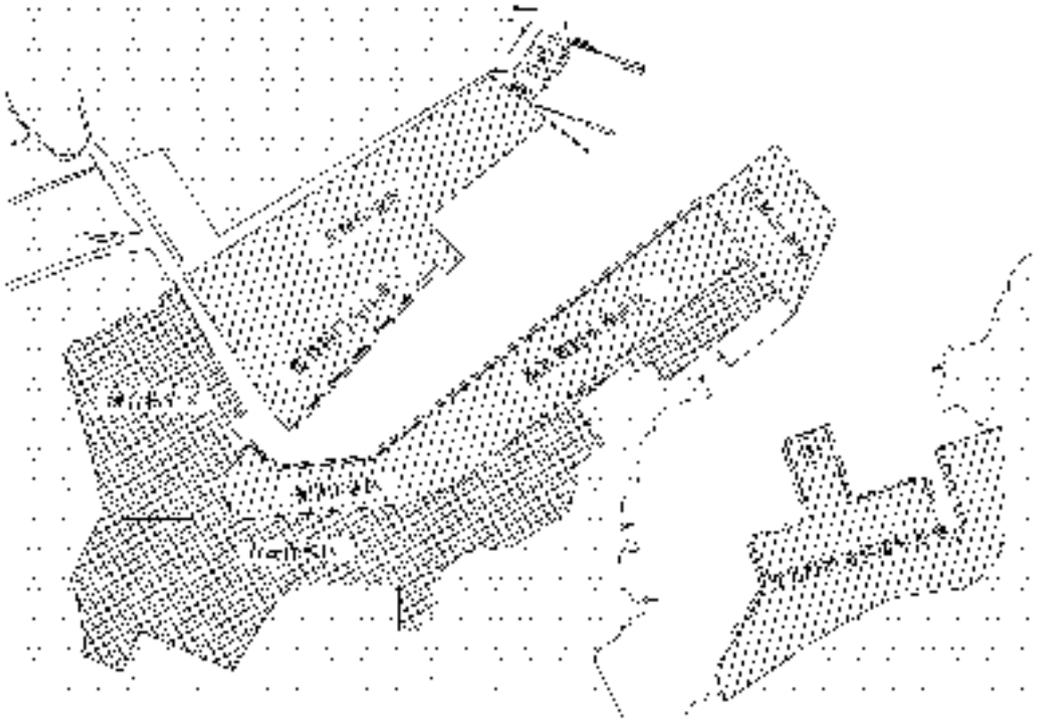


图 1-6 青岛港前湾港区

## 2. 河口港

河口港 (estuary port) 位于江、河入海口或河流下游潮区界内, 有通海航道, 可以同时满足海船与河船的停泊需要, 有河流水路优越的集疏运条件, 往往成为国际或国内重要的贸易港。比较著名的河口港有我国上海港、荷兰鹿特丹港 (图 1-7) 和德国汉堡港等。一般把河口港划入海港的范畴。

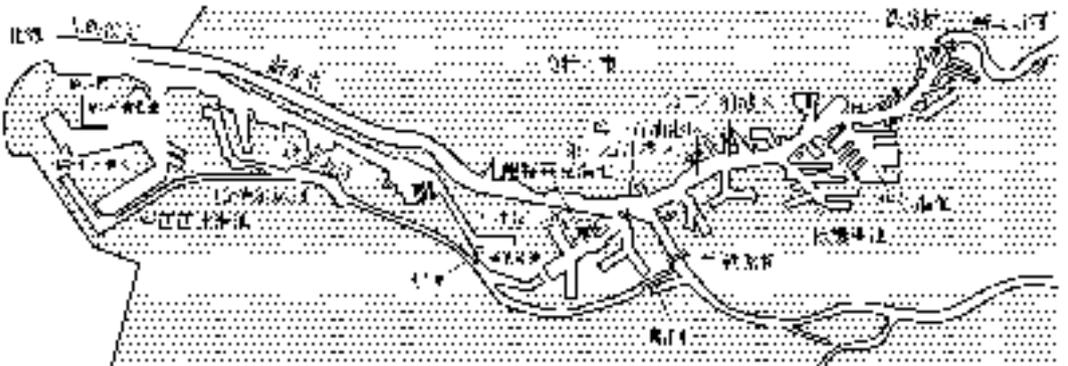


图 1-7 荷兰鹿特丹港

## 3. 河港

河港 (river port) 是位于天然河流上的港口, 包括湖泊港和水库港。多数以内贸经营为主,

可以停泊河船。由于易受洪汛影响,容易产生泥沙淤积问题,如我国重庆港、长沙港等。

#### 4. 运河港

运河港(canal port),顾名思义,是位于运河上的港口,如我国徐州港、济宁港等。

### 三、港口的分级

港口分级可作为港口规划与管理的依据,也可作为港口建设时确定港口水工建筑物技术指标的依据。

我国沿海约有 150 个港口,按其重要程度划分为主要港口、地区性重要港口、一般港口三个层次。主要港口的地理位置重要、吞吐量较大、对经济发展影响较广,交通运输部(原交通部)2004 年公布的全国主要港口名录见表 1-2,其中的沿海主要港口包括了长江下游受潮汐影响、同时具备海轮、江轮运输的南通港、苏州港、镇江港、南京港等港口。地区性重要港口由省、自治区、直辖市人民政府征求国务院交通主管部门的意见后确定,如辽宁省沿海地区性重要港口有锦州港和丹东港,一般港口有葫芦岛港和盘锦港。同时,集装箱港口运输系统区分为干线港、支线港、喂给港三个层次,我国将大连港、天津港、青岛港、上海港、宁波-舟山港、苏州港、厦门港、深圳港、广州港规划为九大干线港。

全国主要港口名录

表 1-2

| 分 类              | 主要港口名称   |
|------------------|--|
| 沿海主要港口<br>(24 个) | 大连港、营口港、秦皇岛港、天津港、烟台港、青岛港、日照港、连云港、上海港、南通港、苏州港、镇江港、南京港、宁波-舟山港、温州港、福州港、厦门港、汕头港、深圳港、广州港、珠海港、湛江港、防城港港、海口港               |
| 内河主要港口<br>(28 个) | 哈尔滨港、佳木斯港、济宁港、徐州港、无锡港、泸州港、重庆港、宜昌港、荆州港、武汉港、黄石港、长沙港、岳阳港、南昌港、九江港、芜湖港、安庆港、马鞍山港、合肥港、蚌埠港、杭州港、嘉兴港、湖州港、南宁港、贵港港、梧州港、肇庆港、佛山港 |

日本根据其《港口法》把港口分为特别重要港口、重要港口、地方港口以及避风港。日本的重要港口是在国际海运网或国内海运网中对国际运输有重要影响的港口,并以政府令的形式把在远洋运输中具有特别重要作用的港口确定为特别重要港口。政府在港口建设中按照其等级给予相应的财政补贴。在日本 128 个重要港口中有 23 个被指定为特别重要港口;960 个地方港口中有 35 个为避风港。

## 第四节 港口的运营

### 一、船舶进出港过程

船舶航行作业过程从船舶到港开始,到船舶离港结束。船舶到达港口后,进入锚地等待;当有合适的空闲泊位并且满足通航条件时,船舶离开锚地,通过航道进入港区;船舶在回旋水域转向后,开始靠泊系缆;经过必要的辅助作业后,进行装卸作业;装卸完成后在满足通航条件时,船舶解缆离港。图 1-8 所示为船舶进出港口的顺序,船舶位置的变化见图 1-9。



图 1-8 船舶进出港口过程流程图

## 二、航班与航线

### 1. 定期船运输和不定期船运输

定期船运输是将船舶安排在固定航线上,按预先公布的船期表停靠固定的港口,均衡地进行货物和旅客运输,从事这类运输的船舶称为班轮,集装箱运输是典型的班轮运输。

不定期船运输是根据不同货物流向、流量而安排的,它的航行区域、货载组成、航次时间和停靠港口等情况以合同方式实现。粮食、干散货等以不定期船运输为主。

### 2. 基本港和非基本港

班轮公司的船舶一般要定期挂靠的港口称为基本港。基本港的港口设备条件好,多具有充足、稳定的货源,运往基本港的货物一般为直达运输,无需中途转船。除基本港以外的港口都称为非基本港。非基本港一般除按基本港收费外,还需另外加收转船附加费。

### 3. 国内航线和国际航线

挂靠港中,仅有国内港口的航线称为国内航线,分为沿海航线和内河航线;含有国外港口的航线称为国际航线,分为近洋航线和远洋航线。

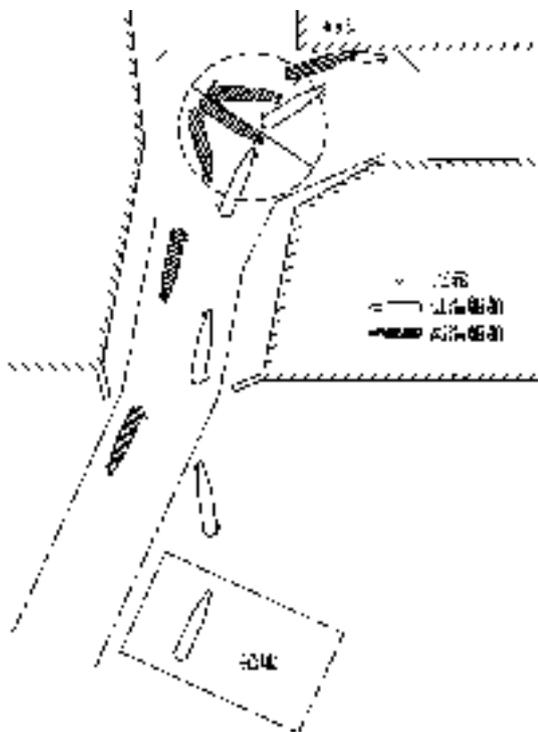


图 1-9 船舶进出港口过程示意图

## 三、港口运营指标

### 1. 码头生产经营规模

码头生产经营规模指码头设施、设备规模,包括泊位长度、前沿水深、陆域面积、库场面积等。

### 2. 生产运输指标

生产运输指标包括码头年设计通过能力,历年实际吞吐量,码头现行费率及收费规定,汽车、驳船、火车集疏运统计,船公司及其开辟的航线、班轮、挂靠港口名称等。

### 3. 经营管理指标

经营管理指标包括码头总成本及构成,码头年营业总收入及其构成、缴税总额、利润总额、

单吨(箱)收入等。

#### 4. 技术管理指标

技术管理指标包括机械配备,车辆配备,维修车间零配件等配备,装卸成本支出及装卸效率状况,装卸船机械配备现状等。

### 四、船舶营运

油船、散货船、集装箱船和杂货船四大主要船种占世界商船队总载重吨位近 95%。不同货种的船舶实载率不同。班轮航次的货载根据订舱进行配载,集装箱船挂靠各港有装有卸,应避免倒箱作业。集装箱船营运的舱位利用率随航线不同以及国际贸易的运输需求而变化,2008 年上海至日本航线平均舱位利用率接近 80%,美西航线市场平均舱位利用率在 85% 左右,而美东航线舱位利用率在 90% 以上,接近满舱。由于集装箱船实载箱量小于设计载箱量,多数情况下有空箱运输,达到满载吃水的概率是比较小的。第三代巴拿马型集装箱船载重量变化引起吃水减小比值的大致数量见表 1-3。我国某港 1 年间共有 1 750 艘杂货船到港,平均实载率不到 60%,船舶吃水情况见表 1-4。

第三代巴拿马型集装箱船载重量变化引起吃水减少比值表

表 1-3

|       |     |       |       |       |
|-------|-----|-------|-------|-------|
| 载重量变化 | 1.0 | 0.9   | 0.8   | 0.7   |
| 船吃水变化 | 1.0 | 0.951 | 0.903 | 0.852 |

我国某港 1 年到港杂货船艘次及吃水情况统计表

表 1-4

| 船舶载重吨<br>DWT(t) | 数量<br>(艘) | 各吨级船相应吃水 $T$ 占吨级的百分比(%) |                   |                   |                   |        |
|-----------------|-----------|-------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------|
|                 |           | < 8.0m                  | 8.0m ≤ $T$ < 8.5m | 8.5m ≤ $T$ < 9.0m | 9.0m ≤ $T$ < 9.5m | ≥ 9.5m |
| < 5 000         | 398       | 100                     |                   |                   |                   |        |
| 5 000 ~ 10 000  | 394       | 92.13                   | 4.83              | 2.79              | 0.25              |        |
| 10 000 ~ 15 000 | 634       | 57.73                   | 11.99             | 13.72             | 13.41             | 3.15   |
| > 15 000        | 324       | 38.27                   | 9.81              | 14.51             | 18.52             | 18.83  |
| 合计              | 1 750     | 72.0                    | 6.7               | 7.8               | 8.0               | 5.5    |

从表 1-4 中可以看出,在到港杂货船中,吃水不足 8m 的占 72%。这种情况,对灵活营运淤积严重、疏浚费用大的港口是有启发的,利用潮差或适量过驳措施,8m 水深的码头接靠万吨船都是可能的。

油船的实载率最高,如大连港鲅鱼湾港区油船实载率平均达 90% ~ 92%。

船舶在营运过程中发生的费用可以分成船舶固定费用和航次费用两类。前者包括折旧费、利息、船员工资、保险费、修理基金、润滑油费、管理费及其他杂费;后者主要是燃料费和港口费。无论船舶是否航行,固定费用均要发生,大体上是个定值。

船舶待泊费  $C_s$  (元/艘·日)是指船舶停泊 1 天所发生的费用,主要由船舶固定费用构成,还应加上因在港口停泊、而与是否作业无关所发生的费用,此数额所占比重很小。 $C_s$  相当于非航行的日成本,其数额可参考表 1-5。

国际海运市场以及与之相关的船舶买卖市场,随供需变化波动比较大。表 1-5 所给出的船舶待泊费  $C_s$  可理解为概念性的数据,借此获得一定的经济数量概念。表中单吨(箱)分摊

相对费用可以概略、间接地反映在一定运距下,大型船舶营运的规模经济效益。

船舶待泊费用  $C_s$ 

表 1-5

| 船种              | 船型      | $C_s$<br>(万元/艘·日) | 单吨(箱)<br>分摊相对费用 | 船种              | 船型      | $C_s$<br>(万元/艘·日) | 单吨(箱)<br>分摊相对费用 |
|-----------------|---------|-------------------|-----------------|-----------------|---------|-------------------|-----------------|
| 集装箱船<br>(TEU)   | 600     | 6.9               | 1               | 杂货船<br>$DWT(t)$ | 5 000   | 3.0               |                 |
|                 | 1 600   | 10.1              | 0.55            |                 | 10 000  | 5.2               |                 |
|                 | 2 500   | 12.8              | 0.45            | 油船<br>$DWT(t)$  | 20 000  | 9.2               | 1               |
|                 | 3 500   | 16.0              | 0.40            |                 | 30 000  | 11.4              | 0.83            |
|                 | 4 800   | 17.2              | 0.31            |                 | 70 000  | 18.0              | 0.56            |
|                 | 6 000   | 23.3              | 0.34            |                 | 125 000 | 22.0              | 0.38            |
| 40 000          | 9.6     | 1                 | 280 000         |                 | 31.8    | 0.25              |                 |
| 散货船<br>$DWT(t)$ | 70 000  | 13.8              | 0.82            |                 |         |                   |                 |
|                 | 100 000 | 22.8              | 0.83            |                 |         |                   |                 |

挂靠一个港口的班轮航线多少、班轮的航班密度大小,与吞吐量大小是同样重要的,是反映港口规模和地位的主要指标。

## 习 题

- 1.1 简述水路运输的特点及其在综合交通运输系统中的地位和作用。
- 1.2 简述港口的定义及其分类。

## 第二章 港口规划调查与分析

港口规划首先要对腹地的经济社会条件、拟建港区的自然条件等进行调查和分析,预测港口吞吐量发展水平以及到港船型,并将其作为港口规划与布置的基础依据。

### 第一节 腹地的经济社会条件调查

#### 一、港口腹地

港口腹地(port hinterland)指港口货物吞吐和旅客集散所及的地区范围。见图 2-1, A 地区的货物经过 P 港到 Q 港至 B 地区,则 A 地区为 P 港的腹地,也称为后方腹地, B 地区为 P 港的前方腹地。港口腹地一般指后方腹地,是以某种运输方式与该港相连,为港口产生货源或消耗经由港口进口的货物的地域范围。随着全球经济一体化进程的加快,前方腹地对港口的作用和影响显著提升,在港口规划中应注意研究该港口(如 P 港)主要航线的他端港口(如 Q 港)的营运和限制条件,以便于掌握港口可能的发展趋势。



图 2-1 港口腹地示意图

应当注意的是,图 2-1 中地区 A' 是港口 P 和 P' 的共同腹地,这种相邻港口共有的同一腹地,称为重叠腹地,如我国大连港与营口港共有东北地区腹地,欧洲鹿特丹、安特卫普、阿姆斯特丹、不来梅、汉堡等港口腹地是重叠的,这也是相邻或相近港口之间存在竞争的原因。可见,现代港口之间的竞争,实际上就是争夺港口经济腹地,主要表现在腹地货流和转口货流的竞争。从竞争的层次上可分为:不同港口群之间的竞争;同一港口群内不同港口之间的竞争;同一港口内不同港务公司之间的竞争。

#### 二、港口腹地范围的确定

港口腹地范围关系到港口的性质、功能、规模及未来发展。港口规划时应根据区域经济发展状况,考虑铁路、公路、水路等各种交通运输方式的发展现状及规划,分析港口货源及主要货类的服务范围,合理界定港口经济腹地的范围。常用方法有经验判别法、实证分析法和数理分析法。

##### 1. 经验判别法

经验判别法指根据某种判断定性地设定一个标准来对港口的腹地进行层次划分。这个标准可选取行政区划、经济区划等,在港口规划中多采用这种方法。

## 2. 实证分析法

实证分析法指通过对选定的货流量指标进行实地调查和综合分析,得出各地与港口之间货流量的绝对量或相对量的大小,以此为依据来确定港口的腹地范围。运用实证分析法确定港口腹地的关键在于如何选择最合适的评价指标。

## 3. 数理分析法

数理分析法指通过运用数学方法或建立数学模型来界定港口腹地范围。一种是根据地理范围来确定腹地货物合理的出海路径,以界定港口的腹地范围;另一种是通过建立数学模型,在一定的假设条件下引入相关的统计值进行推算。

货流总是向费用少、运输时间短的港口流动。港口经济腹地的划分,理论上是线性规划问题,即以货物到港口的综合运输成本最低为目标的优化问题。假定把腹地划分问题简化为考察单吨运输费用问题,见图 2-2, A、B 两港进行腹地划分,城市 M 与港 A 间(MA)和港 B 间(MB)的距离分别为  $L_{MA}$  和  $L_{MB}$ ,其单吨公里运费分别为  $C_{MA}$  和  $C_{MB}$ ,在城市 M 发生运输工具转换单吨费用为  $P_M$ ,在 A、B 两港发生的单吨费用为  $P_A$  和  $P_B$ ,设货物到 A 港的经济运距为  $x$ ,则:

$$P_A + xC_{MA} = (L_{MA} - x) C_{MA} + P_M + C_{MB}L_{MB} + P_B \quad (2-1)$$

整理后得:

$$x = \frac{1}{2} \left\{ \left( L_{MA} + L_{MB} \frac{C_{MB}}{C_{MA}} \right) + \frac{1}{C_{MA}} (P_B + P_M - P_A) \right\} \quad (2-2)$$

A 港欲增大  $x$ ,扩大腹地范围,必须降低  $C_{MA}$  和  $P_A$ ,即降低集疏运费用和港口费用。可见,港口腹地范围随各港口营运服务水平的变化、差异而扩大或缩小,腹地重叠时港口之间会出现货源争夺的竞争,各港都努力利用自身的地理优势和自然条件,降低成本、提高服务水平、发挥自己的特色以吸引货流。

从现代物流的视角分析,港口是运输网络中的一个节点,腹地的划分还应从货物的起点到终点全程费用最优来考虑,这时,在运作层面上,应更多地从多式联运系统优化的角度审视腹地的范围。

## 三、腹地经济社会调查

港口腹地范围确定后,应对其进行经济社会条件调查,具体调查项目可参考表 2-1,并从腹地资源、经济贸易、产业结构及布局等方面,分析腹地经济社会发展现状、发展水平及特点和港口运输需求,明确腹地经济社会发展目标以及主要行业、主要区域未来发展趋势,为港口吞吐量预测提供依据。综合分析港口岸线资源和环境等因素,研究确定港口性质、功能和各项规划指标。

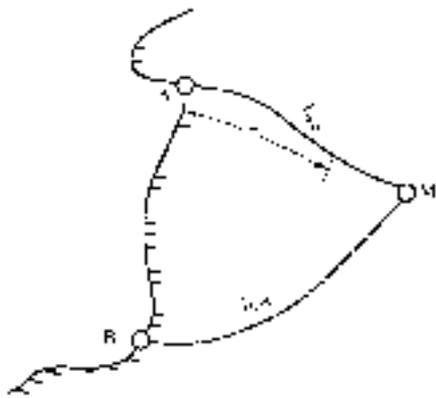


图 2-2 港口经济腹地划分

经济社会条件调查项目

表 2-1

| 分 类               |        | 调 查 项 目  |
|-------------------|--------|--|
| 港口及<br>城市现状       | 旅客和货运  | 公路、铁路、航空客运量,国际国内分货种货运量,各种运输工具运价比较                      |
|                   | 主要企业   | 企业产值、原材料、成品运输量、流向,各种运输工具分担,发展规划                        |
|                   | 港口现状   | 设施能力、利用现况,客货吞吐量,船舶周转量,企业财务效益                           |
|                   | 主要问题   | 港址扩建可能性,与城市关系,港口能力薄弱环节,社会发展对港口的需求                      |
| 陆域设施              | 土地利用   | 土地利用规划,地价,城市用地布局                                       |
|                   | 主要设施   | 铁路线路、站场通过能力及扩大可能性,公路通过能力及发展规划,机场,仓储面积及能力,供电,供水,城市通信网条件 |
|                   | 设施规划   | 腹地建设项目规划,综合交通运输规划,城市总体规划                               |
| 水域使用              | 水产     | 养殖设施,搬迁与赔偿,近岸渔业捕获量,渔港                                  |
|                   | 海滨旅游   | 海滨(沿江)公园,浴场,生活旅游岸线,游艇基地                                |
|                   | 航道     | 海损事故,船舶航行状况,航道拓宽浚深可能性                                  |
|                   | 临海沿江工业 | 原材料、成品运输,业主码头  |
| 与港口发展<br>有利害关系的企业 |        | 航运公司,外贸企业,仓储企业,船舶代理、货物代理,金融服务企业                        |

#### 四、现有港口设施及相关配套设施调查

港口规划时,应调查现有港口水域、陆域的基本情况,主要包括码头泊位数量、占用岸线长度、专业化泊位、码头通过能力等港口总体状况,各港区的发展现状,港口集疏运设施,航道、锚地、相关通航建筑物等设施的通航标准和通过能力,港口在建工程情况。

港口配套设施调查应包括港口所在城市的公路、铁路、内河、管道等交通设施状况及规划情况,港口供电现状和城市电力规划,港口给排水现状和城市给排水规划,港口通信系统和信息化现状,港口水上安全监督现状。此外,调查时应收集港口所在城市的土地利用总体规划、城市总体规划、海洋功能区划、江河流域规划及防洪规划,以保证港口总体规划与相关规划相协调。

### 第二节 港口的自然条件调查与分析

自然条件,如地理位置、地形地貌、气象、海象、地质、地震和环境等,是港口发展建设的先决条件。港口规划建设必须通过历史资料调查、工程测量和勘察、数学和物理模型试验等技术手段,调查研究港口的自然条件,分析其对港口规划、建设和营运的影响。

自然条件调查项目可参考表 2-2 中所列项目。

港口总体规划中,陆域地形测量、水深测量、气象和海象资料收集及观测、地质勘察等前期工作为港口规划的技术方案提供基础数据支撑;数学和物理模型试验以及相关专题研究,如海岸演变分析等为优化技术方案提供理论支撑,从而确定规划方案,其相互关系见图 2-3。

自然条件调查项目

表 2-2

| 分 类  | 调 查 项 目                  |  |
|------|--------------------------|--|
| 地形   | 陆上地形                     | 1:5 000 ~ 1:2 000 地形图、局部 1:500 地形图       |
|      | 水下地形                     | 1:5 000 ~ 1:2 000 水深图、海区海图               |
|      | 河流                       | 流量、流速、含沙量、河流底质、河流变迁、沙洲及其稳定性、季节变化         |
| 地质   | 土壤类别                     | 沙土类、粘土类、海相、河相沉积土                         |
|      | 基岩埋深                     | 基岩高程、基岩性质                                |
|      | 土壤性质                     | 贯入击数、物理力学指标                              |
|      | 地质构造                     | 层理构造、岩层倾向、岩(土)层分布、不良地质                   |
| 气象   | 风                        | 风玫瑰图、风向季节性变化和分布、最大风速、灾害性大风               |
|      | 台风                       | 通过频率、路径、大小、海岸设施破坏情况                      |
|      | 雾                        | 特征值及雾日的季节分布、能见度                          |
|      | 降水                       | 降水日数、降水量和历时、雷暴日                          |
|      | 气温                       | 历年极端最高(低)气温、年平均气温、年平均最高(低)气温             |
|      | 湿度                       | 特征值及季节分布                                 |
| 海象   | 潮汐                       | 潮汐类型、潮位特征值、河流潮区界、风暴潮                     |
|      | 海流                       | 潮流椭圆、余流、流路                               |
|      | 波浪                       | 波浪玫瑰图、特征波要素、台风期波要素                       |
|      | 冰况                       | 冰期、冰型、冰量、冰厚、流冰速度和方向、冰的分布范围、对工程施工和港口营运的影响 |
|      | 泥沙                       | 含沙量、粒径、泥沙运动特性、主要方向、输沙量                   |
| 地貌   | 地貌发育及底质分析、河床或海岸演变、动力地貌分析 |  |
| 地震   | 震灾、烈度鉴定                  |  |
| 环境条件 | 水质、绿地植被、海岸侵蚀、污染源         |  |

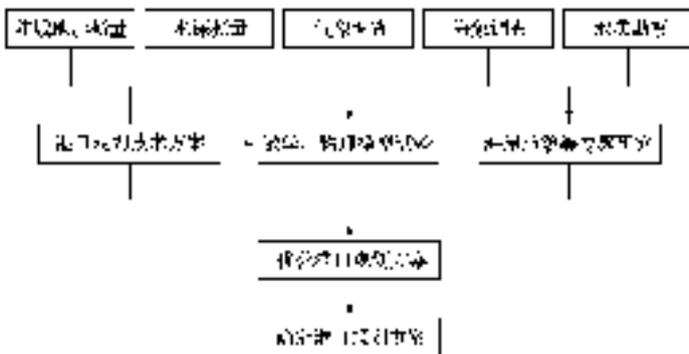


图 2-3 港口规划的自然条件调查与相关前期工作关系

### 一、地形、水深测量及基准面

地形及水深测量是其他勘测及调查研究工作的基础,对于分析气象、海象条件及其对港口规划、设计和建设具有重要影响。

### 1. 地形、水深测量

港口宜建在地形平坦、坡度适当、港阔水深的区域。为了确定陆域地形类型、地势起伏状况以及重要地形剖面等特征,了解水域及其地形地貌特征,应对规划区域的水域、陆域进行地形测量和水深测量,绘制陆域地形图和水域水深图,调查分析项目所在地的海拔高度、地形特征、地貌类型等;海岸、海滩和海底地貌(水下走势、地形坡度),水文要素(最大水深、流速)、水中地物、航道、界限等情况。

地形图是将地面上的地物和地貌按水平投影的方法,并按一定的比例尺缩绘到图纸上,详细表示地表上居民地、道路、水系、境界、土质、植被等基本地理要素,且用等高线表示地面起伏的一种按统一规范绘制的地图。若图上只有地物,不表示地面起伏的图称为平面图。用等高线绘制成的地形图,称为等高线地形图。通过等高线可以判读一幅地形图所表示的实际地形的特点:等高线越密集,表示地表坡度越陡;等高线越稀疏,表示地表坡度越缓。

水深图又称海底地形图,利用等深线表示海底深度和地形,是研究海底地形、地质构造及沉积物分布规律的重要资料。在海洋或湖泊中,相同深度的各点连接成封闭曲线,按比例缩小后垂直投影到平面上,所形成的曲线,称为等深线。在水深图上,等深线不仅可以表示水深、反映海底地形,而且从等深线的疏密状况,可以直接看出海底坡度的大小。

海图是按一定的比例尺和投影方法绘制而成的海洋水域和沿岸地物的专门地图。主要内容为海岸、海滩和海底地貌,海底基岩和沉积物,水中动植物,水文要素,灯标、水中管线、钻井或采油平台等地物,以及航道、界线等。

测图比例应根据测量类型、测区范围、任务要求和经济合理性选用,在规划阶段、工程可行性研究阶段、初步设计阶段和施工图设计阶段,测图比例尺各有不同,可选用 1:2 000 ~ 1:20 000、1:1 000 ~ 1:5 000 和 1:500 ~ 1:2 000 三种。

### 2. 基准面及高程换算

港口工程建设前既要进行陆上地形勘测,还要进行水深测量,两者进行衔接时必须统一高程零点(基准面)。一个国家或一个地区常规定一个基准面,一般选取某个永久验潮站的平均海平面作为标准基准面。我国于 1956 年规定青岛验潮站的多年平均海平面作为全国陆地高程测量的基准面,称为“黄海基面”,以后又确定“1985 国家高程基准”,比原“1956 黄海基面”高 0.028 9m。自 1987 年 5 月开始启用,并成为全国的标准。欧洲地区以阿姆斯特丹验潮站的多年平均海平面作为高程的基准面;美国以波特兰验潮站的多年平均海平面作为基准面,这些地区性的高程基准面,也称为区域性的大地水准参考面,该参考面必须通过平均海平面进行计算确定。

(1)平均海平面。可分为日平均海平面、月平均海平面、年平均海平面和多年平均海平面。平均海平面具有以 1 年为周期的规律性变化;平均海平面的年变化与天文要素相关,以 18.6 年为周期变化,要得到精确的多年平均海平面须有 19 年每小时潮位平均值。

(2)理论最低潮面。平均海平面是确定陆地高程的零点,对海洋深度而言,由于潮位的升降,海面约有一半的时间低于平均海平面。因此,如果以平均海平面作为深度的零点进行海图标深,则实际上约有一半时间没有那么深。为了保障航海安全,常用另一种基准面,使得在绝大部分时间内,实际水深大于海图上所标明的深度值。关于海图深度基准面的确定,许多国家都不一样,主要有如下几种:可能最低潮位面、平均大潮低潮面、实测最低潮面等。我国于 1956 年以后

统一采用“理论最低潮面”作为海图深度基准面,它是用8个分潮进行组合,通过计算得到的理论上潮汐可能达到的最低潮面。图2-4表示海图深度基准面与特征潮位的关系。

(3)当地零点。我国地面高程的基准面,即大地测量零点采用85高程基准面(黄海平均海平面)。海图零点采用理论最低潮面,这个基准面是理论上考虑主要分潮后可能出现的最低潮面。1980年后国家规定港口工程零点亦采用理论最低潮面。一些老港口历史上都有各自的筑港零点,各港历史零点与理论最低潮面相差可达数十厘米。港口规划中涉及的主要零点有:大地零点(城建零点)、海图零点(当地理论最低潮面)、历史筑港零点和铁路零点。

因此,在实际工作中凡涉及高程的问题,要特别注意其起算零点,弄清当地零点以及与该地区其他基准面之间的关系,并将各种高程换算到同一个基准面上。图2-5表示的是大连港基准面关系。

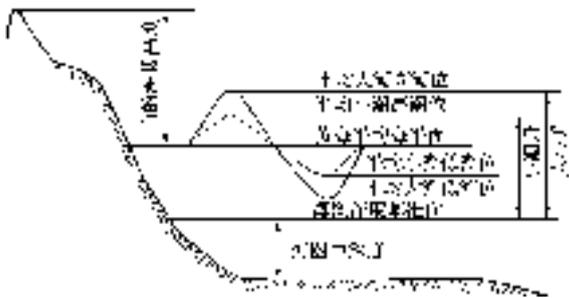


图2-4 海图深度基准面

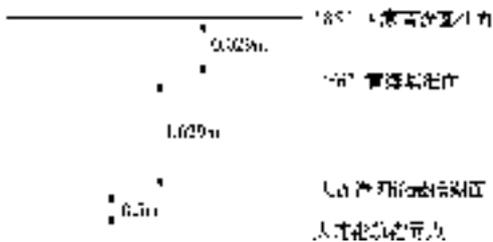


图2-5 大连港基准面关系图

## 二、气象

影响港口建设及营运的气象因素有风、降水和雾。

### 1. 风

根据工程上的需要,把风记录资料分别按季度、年度、多年统计绘制成风速、风向频率的图,即风玫瑰图。借助风玫瑰图可明确该区域的常风向和强风向,便于统计港口作业或工程施工天数,以及分析风对港口总平面布置、建筑物设计、施工和港口营运的影响。图2-6为某港区风玫瑰图,表明该地区常风向为S向,频率10.8%;强风向为SSW,最大风速20m/s。因此,考虑到港内装卸作业水域泊稳条件,港口防波堤口门方向应尽量避免强风向;为了方便船舶停靠码头和进出口门,还应注意常风向的影响。绘制较为可靠的风玫瑰图,一般需要有1~3年的资料,或挑选出具有代表性的若干年份的资料。

风对船舶航行及装卸作业都有较大影响,各种港口作业所允许的风速参考值列于表2-3中。港口作业天数是港口营运的重要参数,对因大风超过作业允许值的天数应予以扣除。在统计中大风持续时间不足24h,但大于12h一般

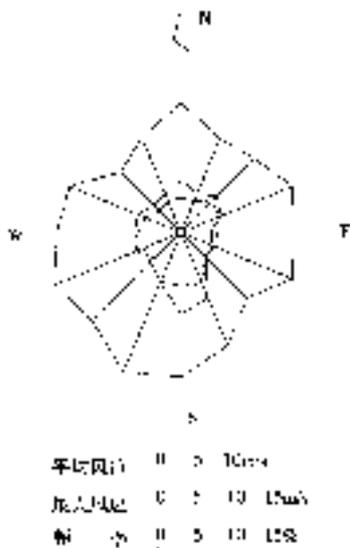


图2-6 风玫瑰图(2008.4~2010.3)

计为一天;不足 12h,但大于 6h 计为半天。

港口作业允许风速参考值

表 2-3

| 作业项目         | 允许风速(m/s)   | 作业项目          | 允许风速(m/s)   |
|--------------|-------------|---------------|-------------|
| 船靠码头门机装卸作业   | 13.9 ~ 17.1 | 引航船靠近船舶、引水员上船 | 10.8 ~ 13.8 |
| 船靠码头无装卸作业,顺风 | 20.7 ~ 24.4 | 拖轮对船舶强制引水     | 10.8 ~ 13.8 |
| 船靠码头无装卸作业,横风 | 17.2 ~ 20.7 | 外海疏浚(自航式)     | 15          |
| 船舶靠离码头作业     | 13.9        | 打桩船、起重船作业     | 10.7        |
| 集装箱码头正常作业    | 10.8 ~ 13.8 | 集装箱起重机械       | 15          |

风对船舶的作用力,可参照《港口工程荷载规范》计算。以大连港鲅鱼湾 10 万吨级油码头设计为例,为了研究平面布置和考虑用拖轮强制引领、确定作业标准,对 10 万吨级油船所受风压力进行计算,结果见图 2-7。从图中可以看出:

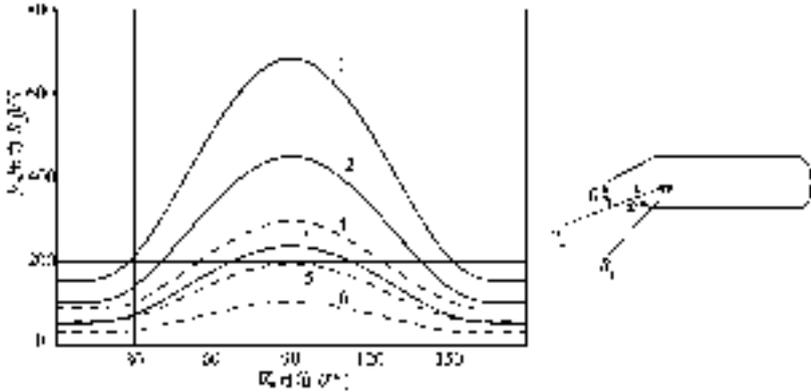


图 2-7 作用于 10 万吨级油船的风压力

1- $v_a = 17\text{m/s}$ ,压载;2- $v_a = 13.8\text{m/s}$ ,压载;3- $v_a = 10\text{m/s}$ ,压载;4- $v_a = 17\text{m/s}$ ,满载;5- $v_a = 13.8\text{m/s}$ ,满载;6- $v_a = 10\text{m/s}$ ,满载

(1) 作用于船舶上的横风力远大于顺风力,约增大 3 倍,在平面设计选择码头方位和航道轴线时,应尽可能与常风向、强风向成较小的夹角;

(2) 船舶压载状态所受风力为满载状态的 2 倍多,压载船舶操纵性能对强风较满载时要敏感得多。

图 2-8 是在强风作用下,大型船舶以一定航速航行时能保持原航向所允许的风速值。图中相对风向角  $90^\circ$  时为横风。从图中可以看出,船舶以微速(4kn)进出港口,横风如果超过 7 级,顺风超过 9 级,大型船舶将难以控制航向。

在分析利用现有气象台站资料时,要对资料的代表性进行仔细研究,如海岸地形复杂,可能产生局部地形对风的影响,即所谓地形风,注意其对船舶航行和靠离码头的影响。一般情况海面风速总是大于陆地风,距岸 2km 处海面风速较陆地大 10% 左右。

由于台风对潮位的影响较大,对台风的发生规律

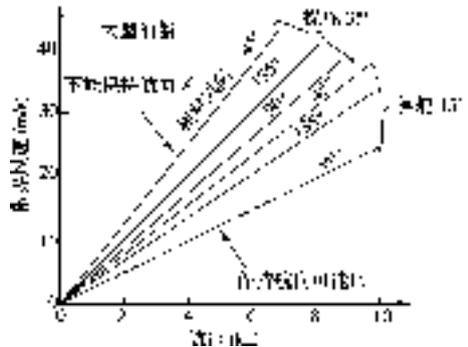


图 2-8 风力与保持航向

及路径的调查,也是港口规划的一项基础工作。我国沿海受台风袭击的地区,南起南中国海,北到辽东半岛,发生时间多在每年的7~9月。被袭击地区沿海岸多出现高潮、巨浪,破坏力很大,港口设施常遭受不同程度的破坏。对台风引起的海岸及河口增水或减水、港口设施及其他海岸设施的破坏情况调查是十分重要的,它在实践上向设计者提供了理论上还考虑不周全的建筑物工作条件。此外,调查台风路径,对判明船舶航期受台风的影响程度也很重要。例如大连港鲅鱼湾油码头,原油经地下长输管线进入港口罐区,而长输管线一般要求不间断供油,这样就必须考虑连续几天无船装卸时的合理罐容。设计时分析了历史上25年的台风路径资料,确认因台风对航行的影响可能导致4~5天无船进港。

## 2. 降水

港口规划统计降水日数、降水量和历时等数据,目的在于分析其对港口作业天数、装卸质量和排水设施的影响。日降水量大于0.1mm(含0.1mm)即称为1个雨日,据此可统计出全年的降水日数、不同降水量等级的降水日数。

降水对装卸作业的影响视货种和包装形式有很大差别。对煤、矿石、油等影响较小,有些杂货、粮食、水泥、化肥、农药、棉花等只要有雨即应停止装卸。一般情况下,日降水量大于25mm,规划上认为可停止装卸作业。

中国沿海降水量分布特征主要表现为北部少、南部多,且多集中于夏季。可见,降水对我国南方港口营运影响很大,尤其是江南梅雨季节时有的地方超过100天连续降水。由于降水停工、天晴突击装卸,加重了港口生产和船舶运行的不平衡性,降低了港航效益。

## 3. 雾

雾妨碍海面能见度,影响航行安全,不少海损事故发生于雾日,是影响船舶航行的因素之一。雾日发生的海上碰撞事故比视线良好天气时要高90倍,特别是在视界狭窄海域危险度更高。一般用能见度来表示雾级的大小,能见度的等级与能见距离的关系详见表2-4。所谓能见度指人正常视力在当时的天气条件下所能见到的最大距离。在背景中能将目标物的轮廓分辨出来就算作“能见”。

能见度的等级与能见距离关系表

表 2-4

|         |             |              |               |               |             |
|---------|-------------|--------------|---------------|---------------|-------------|
| 雾等级     | 0           | 1            | 2             | 3             | 4           |
| 能见距离(m) | <50         | 50~200       | 200~500       | 500~1 000     | 1 000~2 000 |
| 雾等级     | 5           | 6            | 7             | 8             | 9           |
| 能见距离(m) | 2 000~4 000 | 4 000~10 000 | 10 000~20 000 | 20 000~50 000 | >50 000     |

从船舶航行安全考虑,在发现危险目标后,船舶紧急倒车的惯性行距与能见距离相适应就不会发生海损事故。各种吨位的船舶以港内微速(4~6kn)航行,使用不同的倒车速度其惯性行距见表2-5。2万吨级船舶,以港内微速前进,发现目标后全速倒车所需滑行距离近400m,半速倒车时所需滑行距离600m。10万吨级船舶相应数据分别为600m和1 000m。因此,设计船型为10万吨级的港口,船长或引水员有1 000m的良好程视,就可以保证船舶在航道和港内安全航行。可见,能见度低于3级,船舶不宜在港区及航道上航行,这样的雾日应从作业天数中予以扣除,其出现的日数称为雾日数。在统计时,雾持续时间不足24h但超过12h即算1天,超过4h算半天。中国沿海平均有雾日数分布,以黄海和东海沿岸较多,渤海和南海沿岸较少。

船舶的倒车速度与惯性行距关系表

表 2-5

| 载重吨    | 倒车速度 | 惯性行距<br>(m) | 滑行距离与<br>船长之比 | 载重吨     | 倒车速度 | 惯性行距<br>(m) | 滑行距离与<br>船长之比 |
|--------|------|-------------|---------------|---------|------|-------------|---------------|
| 20 000 | 全速   | 370         | 2.3           | 100 000 | 全速   | 580         | 2.3           |
|        | 半速   | 600         | 3.7           |         | 半速   | 980         | 3.8           |
|        | 微速   | 1 150       | 7.2           |         | 微速   | 1 450       | 5.7           |
| 50 000 | 全速   | 400         | 1.9           | 200 000 | 全速   | 850         | 2.7           |
|        | 半速   | 870         | 4.0           |         | 半速   | 1 250       | 4.1           |
|        | 微速   | 1 500       | 6.8           |         | 微速   | 2 050       | 6.6           |

### 三、海象

影响港口建设和营运的海象因素主要有潮汐、波浪、近岸海流、海冰和海岸泥沙等。

#### 1. 潮汐

潮汐是海水受月球和太阳引力作用而产生的一种规律性升降运动,与港口相关的潮汐特性(如设计潮位)对确定码头、防波堤高程以及港池、航道水深具有重要意义,在港口水工建筑物设计和施工中也是一个重要因素。有关潮汐类型、潮位特征值的分析方法可参阅《工程水文学》。这里仅从工程实用的角度概括其要点。

(1)潮位特征值。工程上常用的潮位特征值有:历年最高(低)潮位、平均高(低)潮位、平均潮位、年最大潮差、年平均潮差、年最小潮差、平均涨(落)潮历时等。

(2)设计潮位取值。海港工程设计潮位应包括设计高水位、设计低水位、极端高水位和极端低水位。

对于海港和潮汐作用明显的河口港,设计高水位和设计低水位取值是通过绘制高潮和低潮累积频率曲线,见图 2-9a),即把完整的一年或多年实测高潮位,按大小次序排列起来作出高潮累积频率曲线,取高潮累积频率 10% 的潮位为设计高水位;同样,用低潮位资料绘制低潮累积频率曲线,取低潮累积频率 90% 的潮位为设计低水位。如有潮位历时累积频率曲线,见图 2-9b),其设计高水位和设计低水位分别采用历时累积频率 1% 和 98% 的潮位。

对于汛期潮汐作用不明显的河口港,设计高、低水位分别采用多年历时累积频率 1% 和 98% 的潮位。

海港工程的极端高水位和极端低水位应分别采用重现期为 50 年的年极值高水位和年极值低水位,见图 2-10。

确定设计高、低水位进行潮位累积频率统计时,应有完整一年或多年的实测潮位资料;确定极端高、低水位,进行高潮和低潮的年频率分析,应有不少于连续 20 年的年最高、最低潮位实测资料,并调查历史上出现的特殊水位。

我国绝大多数港口为不规则半日潮港,即 24h50min 内有两次高潮两次低潮,且具有一定的潮差。为了节省航道基建投资,在大型船舶密度不大的情况下,常利用潮差乘潮进出港。为了保证船舶安全,根据船舶进出密度和航行要求选定合理的持续时间  $t$ ,绘制乘潮水位累积频