

集装箱码头前沿生产系统 优化调度理论与方法

JIZHUANGXIANG MATOU QIANYAN SHENGCHAN XITONG
YOUHUA DIAODU LILUN YU FANGFA

杨春霞 王晓军 著



国防工业出版社
National Defense Industry Press

集装箱码头前沿生产系统 优化调度理论与方法

杨春霞 王晓军 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

本书从集装箱码头前沿生产系统基本特征出发,围绕不确定环境这一核心,面向码头前沿生产调度全过程,从码头前沿生产调度、不确定环境下码头生产调度策略、码头前沿生产重调度等三大方面,较系统地研究了集装箱码头前沿生产系统调度优化理论与方法。本书逻辑结构清晰、数据翔实、论据充分、分析全面,适合于港口管理者、港口专业技术人员阅读和参考,也适合于高等院校相关专业的学生学习、研究。

图书在版编目(CIP)数据

集装箱码头前沿生产系统优化调度理论与方法/杨春霞,王晓军著. —北京:国防工业出版社,2012.9
ISBN 978-7-118-08383-5

I. ①集... II. ①杨... ②王... III. ①集装箱码头—生产调度—研究 IV. ①U656.106

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 223222 号

※

国防工业出版社 出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京嘉恒彩色印刷有限责任公司

新华书店经售

*

开本 710×1000 1/16 印张 13¼ 字数 247 千字

2012 年 9 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2000 册 定价 58.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

总 序

2012年,太原科技大学将迎来60周年华诞。值此六秩荣庆之际,我校的专家学者推出了这套学术丛书,以此献礼,共襄盛举。

60年前,伴随着新中国的成立,伟业初创,百废待兴,以民族工业为先锋的社会主义现代化建设蓬勃兴起,太原科技大学应运而生。60年来,几代科大人始终心系民族振兴大业,胸怀制造强国梦想,潜心教书育人,勇担科技难题,积极服务社会,为国家装备制造行业发展壮大和社会主义现代化建设做出了积极贡献。四万余名优秀学子从这里奔赴国民经济建设的各个战场,涌现出一大批杰出的科学家、优秀的工程师和知名的企业家。作为新中国独立建设的两所“重型机械”院校之一,今天的太原科技大学已发展成为一所以工业为主,“重大技术装备”领域主流学科特色鲜明,多学科协调发展的教学研究型大学,成为国家重型机械工业高层次人才培养和高水平科技研发的重要基地之一。

太原科技大学一直拥有浓郁的科研和学术氛围,众位同仁在教学科研岗位上辛勤耕耘,硕果累累。这套丛书的编撰出版,定能让广大读者、校友和在校求学深造的莘莘学子共享我校科技百花园散发的诱人芬芳。

愿太原科技大学在新的征途上继往开来、再创辉煌。

谨以为序。

太原科技大学校长 郭勇义
2012年6月

前 言

在集装箱运输和航运市场迅猛发展的今天,集装箱码头竞争日益激烈。码头前沿生产系统的有序性和高效性是提高码头竞争力、吸引船舶到港的基本前提。在不增加硬件投资的前提下,对码头现有资源进行合理调度、优化生产过程,是提高这种有序性和高效性的主要途径,也是现阶段集装箱码头生产管理研究的基础问题和热点问题。

本书系统论述了集装箱码头前沿生产系统相关调度理论及优化方法。第一篇为绪论篇,主要从集装箱港口发展现状及趋势、集装箱码头前沿生产系统、生产调度内容及国内外研究现状等方面给出了研究背景和研究意义;第二篇为集装箱码头前沿生产调度,主要面向生产计划生成阶段,给出了泊位—岸桥调度理论及集成调度和耦合调度两种优化方法;第三篇为不确定环境下的生产调度策略,针对系统不确定性,从不确定因素识别、分析和处理等阶段进行了研究;第四篇为集装箱码头前沿生产重调度,主要面向生产计划调整阶段,针对不同重调度策略,分别给出了生成式重调度优化方法和修正式重调度优化方法;第五篇研究了现代管理理念在集装箱码头生产调度中的应用,分别给出了基于均衡优化和干扰管理理论的优化方法;第六篇在总结前文的基础上,给出了本书的结论,并指出了该领域研究的方向。

本书共分为6篇共计16章,其中,杨春霞负责第二篇、第四篇、第五篇的撰写;王晓军负责第一篇、第三篇、第六篇的撰写。在编写过程中,得到了大连海事大学博士生导师王诺教授的大力支持,太原科技大学交通与物流学院院长晋民杰教授也给予了大量帮助。本书虽是著者多年研究成果的集成与升华,但也参考了大量的书籍、论文、报刊、杂志、网站的资料,著者已尽可能在参考文献中列出。全书难免有遗漏,敬请谅解。

由于集装箱码头生产调度的理论与技术仍在不断发展和完善中,且作者水平有限,成稿时间仓促,书中表述难免出现疏忽和谬误,敬请各位专家、读者提出批评意见,以便逐步完善。

杨春霞 王晓军
2012年5月

目 录

第一篇 绪 论

第 1 章 集装箱港口发展现状及趋势	1
1.1 港口概述	1
1.1.1 港口定义	1
1.1.2 港口组成	1
1.1.3 港口分类	3
1.1.4 港口功能	7
1.2 集装箱与集装箱船	8
1.2.1 集装箱	8
1.2.2 集装箱船	13
1.3 集装箱码头	18
1.3.1 集装箱码头概述	18
1.3.2 世界集装箱港口发展及现状	22
1.3.3 中国集装箱港口发展历史及现状	28
1.4 本章小结	32
第 2 章 集装箱码头前沿生产系统	33
2.1 集装箱码头前沿系统组成	33
2.1.1 泊位	33
2.1.2 岸桥	36
2.1.3 水平运输设备	38
2.2 码头前沿生产作业过程	39
2.2.1 出口装船作业	39
2.2.2 进口卸船作业	40
2.2.3 倒载作业	41
2.2.4 紧固作业	41
2.2.5 作业过程案例	41
2.3 集装箱码头装卸工艺系统	42

2.3.1	传统装卸工艺	42
2.3.2	集装箱码头新型装卸工艺	44
2.3.3	自动化集装箱码头发展现状	48
2.4	本章小结	49
第3章	集装箱码头前沿生产调度内容	50
3.1	概述	50
3.1.1	生产调度层次	50
3.1.2	生产调度功能	51
3.2	泊位分配	51
3.2.1	泊位分配问题分类	51
3.2.2	柔性靠泊概述	53
3.3	岸桥分配与岸桥调度	57
3.3.1	岸桥分配	57
3.3.2	岸桥调度	58
3.4	泊位—岸桥分配	59
3.5	本章小结	60
第4章	集装箱码头前沿生产调度研究综述	61
4.1	码头前沿生产调度研究现状	61
4.1.1	泊位分配优化领域	61
4.1.2	岸桥分配与岸桥调度优化领域	62
4.1.3	泊位—岸桥分配优化领域	66
4.2	不确定规划调度研究现状	67
4.2.1	不确定环境的建模	68
4.2.2	不确定优化问题的求解	69
4.2.3	不确定规划的应用	70
4.3	多目标规划现状	70
4.3.1	多目标决策方法	71
4.3.2	多目标进化算法	73
4.4	码头仿真现状	77
4.4.1	对规划设计的仿真	77
4.4.2	对调度的仿真	78
4.5	研究现状分析及存在问题	79
4.5.1	关于系统中不确定性因素	79

4.5.2	关于生产调度优化模型	79
4.5.3	关于生产调度求解算法	80
4.6	本章小结	80

第二篇 集装箱码头前沿生产调度

第5章	泊位—岸桥集成调度优化方法	81
5.1	概述	81
5.2	问题描述	82
5.3	固定靠泊方式下的泊位—岸桥集成分配	82
5.3.1	优化模型	82
5.3.2	模型求解	84
5.3.3	算例分析	88
5.4	柔性靠泊方式下的多目标优化方法	91
5.4.1	优化模型	91
5.4.2	模型求解	93
5.4.3	算例分析	94
5.5	本章小结	95
第6章	泊位—岸桥分配耦合优化模型及算法	97
6.1	概述	97
6.2	问题提出	98
6.3	泊位—岸桥分配耦合模型	100
6.3.1	泊位分配子模型	100
6.3.2	岸桥分配子模型	101
6.3.3	泊位—岸桥分配耦合模型	102
6.4	求解算法	102
6.4.1	内循环1算法	102
6.4.2	内循环2算法	103
6.4.3	外循环算法	104
6.5	试验算例	105
6.5.1	基础数据	105
6.5.2	结果分析	106
6.6	本章小结	108

第三篇 不确定条件下集装箱码头生产调度策略

第7章	不确定因素分析	110
7.1	概述	110

7.2	不确定因素来源·····	110
7.3	不确定因素描述方法·····	111
7.4	不确定性因素分类·····	112
7.5	本章小结·····	113
第8章	不确定因素处理方法·····	114
8.1	概述·····	114
8.2	常规处理手段·····	114
8.2.1	鲁棒调度·····	114
8.2.2	适应性调度·····	115
8.3	处理手段选择·····	117
8.4	本章小结·····	118
第9章	改进混合型重调度策略·····	119
9.1	常规重调度策略·····	119
9.1.1	周期性重调度策略·····	119
9.1.2	事件驱动重调度·····	120
9.1.3	混合型重调度·····	120
9.2	现有重调度策略的不足·····	120
9.3	一种改进型混合重调度策略·····	121
9.3.1	相关参数·····	121
9.3.2	周期性重调度策略·····	121
9.3.3	事件驱动重调度策略改进·····	122
9.3.4	混合重调度策略改进·····	122
9.3.5	变调度深度机制·····	122
9.3.6	重调度策略具体步骤·····	123
9.3.7	混合重调度策略流程·····	123
9.4	算例分析·····	125
9.4.1	算例一·····	125
9.4.2	算例二·····	126
9.4.3	算例三·····	128
9.5	本章小结·····	130

第四篇 集装箱码头前沿生产重调度

第10章	重调度理论与方法·····	131
10.1	重调度概念·····	131

10.2	研究现状	131
10.3	集装箱码头重调度问题的总体特征	133
10.4	本章小结	133
第 11 章	生成式重调度优化方法	134
11.1	生成式重调度方法描述	134
11.1.1	概述	134
11.1.2	现有生成式重调度方法的不足	134
11.2	固定靠泊方式下的生成式重调度方法	135
11.2.1	优化模型	135
11.2.2	模型求解	137
11.2.3	算例分析	141
11.3	柔性靠泊方式下的生成式重调度方法	142
11.3.1	优化模型	142
11.3.2	模型求解	144
11.3.3	算例分析	145
11.4	本章小结	146
第 12 章	修正式重调度优化方法	147
12.1	修正式重调度方法描述	147
12.1.1	概述	147
12.1.2	问题分析	148
12.2	固定靠泊方式下的修正式重调度方法	149
12.2.1	固定靠泊方式下的受扰特性	149
12.2.2	优化模型	150
12.2.3	求解算法	151
12.2.4	算例分析	155
12.3	柔性靠泊方式下的修正式重调度方法	160
12.3.1	柔性靠泊方式下的受扰特性	160
12.3.2	优化模型	161
12.3.3	求解算法	163
12.3.4	算例分析	165
12.4	本章小结	168
第五篇 现代管理理念在码头生产调度中的应用		
第 13 章	集装箱码头泊位生产调度均衡优化方法	170
13.1	概述	170

13.2 优化模型的建立 170

13.3 模型求解 172

 13.3.1 模型转化 172

 13.3.2 求解步骤 173

13.4 算例 174

 13.4.1 基础数据 174

 13.4.2 算例求解 175

13.5 本章小结 176

第 14 章 集装箱码头泊位分配干扰管理决策方法 178

 14.1 概述 178

 14.2 泊位分配干扰管理决策方法 178

 14.3 扰动恢复模型 180

 14.4 多目标遗传算法 181

 14.5 试验算例 182

 14.5.1 基本数据 182

 14.5.2 结果与分析 182

 14.6 本章小结 183

第六篇 结论与展望篇

第 15 章 结论 185

 15.1 本书意义 185

 15.2 主要结论 186

第 16 章 展望 190

参考文献 192

第一篇 绪 论

第 1 章 集装箱港口发展现状及趋势

1.1 港 口 概 述

1.1.1 港口定义

港口通常定义为:供船舶安全进出和锚泊,进行水、陆或水、水转运,以及为船舶提供各种服务设施的特定区域。港口主要由多个港区或港站组成;港区或港站(或称码头)一般拥有 1 个及多个泊位。

港区应具有足够的水域面积和水深供船舶进出与停泊。为使船舶能在这些特定区域安全进出或锚泊,一般利用天然岬角、岛屿或人工建筑物,尽量使停靠船舶的水域与外海隔开,避免直接面对外海的波浪,或者保护港区水域不被泥沙所淤塞。近年来,由于船舶大型化的发展,希望建设有掩护条件的大型泊位已很难实现,因而出现了部分开敞式码头,如 20 万吨级以上的矿石和原油泊位等。

港口的转运功能是通过港口设置的过驳锚地、码头及其陆上设置的装卸设备、库场以及交通运输系统实现的。此外,为维持港口业务的正常进行,港口尚应配备相应的辅助设施,包括供水、供电、通信、导航、海关、商检、出入境管理、金融、贸易以及保险机构等。作为一个多功能的现代化国际港口,尚应考虑临港工业、保税区、信息处理、后方仓储、生活供应和城市设施等条件。对于有旅游功能的港口,要有必要的海岸、陆域以及供小艇停泊的水域,以满足旅游业的需要。

由于港口功能的特殊性,沿海港口往往设定其管辖范围,即港界,其中包括必要的船舶调头水域、航道和陆域设施的范围等。我国是在审定港口总体布局规划的基础上,由行业主管部门和地方政府共同确定港界的具体范围,港界以内由港口企业进行的管理。

1.1.2 港口组成

从组成上,港口包括港口水域、码头岸线和陆域设施等三大部分。

1. 港口水域

港口水域包括锚地、航道、船舶调头水域和码头前沿水域,以及导航、助航标志等设施。锚地是指港口中供船舶安全停泊、避风、海关边防检查、检疫、装卸货物和进行过驳编组作业的水域。航道是指保证船舶沿着足够宽度、足够水深的路线进出港口的特定水域。船舶调头水域是供船舶调头用的水域面积,也称为回旋水域,一般需要直径为 1.5 倍~3 倍船长的圆面积。码头前沿水域也称为港池,是供船舶靠离码头和装卸货物用的毗邻码头的水域。船舶装卸作业需要水面平稳,避免船舶颠簸。在天然掩护不足的地点建港,需要建设防波堤,用以围护足够的水域防止波浪、海流等侵袭。导航助航标志主要有灯塔,其射程一般为 10n mile~25n mile,是船舶接近陆岸的主要标志。防波堤堤头、险礁以及指示锚地边界一般用灯桩,其射程需要在 2n mile~7n mile。

2. 码头岸线

码头是停靠船舶、上下旅客和装卸货物的场所。码头前沿线是水域和陆域交接线。构成码头岸线的水工建筑物是所有港口不可缺少的海岸设施。

3. 陆域设施

陆域设施包括仓库、堆场、铁路、道路、装卸机械、运输机械以及生产辅助设施、环保设施、计量检验设施、信息中心等,有些现代化港口设有物流园区和贸易中心。

仓库、堆场一般用于货物在装船前或卸船后的短期存放。矿石、钢铁等不怕日晒雨淋的货物通常在露天堆场储存,重要或价值较高的货物需进仓库临时保存。堆场规模的大小和仓库面积的多少直接反映了所依托港口的实力。

铁路是我国许多港口集疏运的主要方式,在库场前后设置专用线,在码头附近设分区车场,对来往装卸线的车辆进行解编。

港内道路供流动机械运行,并与城市道路和疏港道路相连接。

装卸机械包括用于码头前方、库场内和船舱内的各种起重机、装卸搬运机械。

生产辅助设施是完成港口生产所不可缺少的,主要有:①给排水设施;②供电系统;③通信设施;④辅助生产建筑,如流动机械库、机械修理厂、消防站、办公楼等。随着现代港口商业贸易功能的拓展,港口的通信设施已发生了质的飞跃。以通信网络传递为基础,与具有一定结构特征的标准格式信息以及计算机系统相结合,实现了事务处理自动化,即电子数据交换(EDI)系统,现代国际贸易港口均建有港口 EDI 服务中心。

上面叙述了组成港口的各主要个体。港口生产作业是系统化生产,各个体必须相互适应、相互配合才能使生产作业顺利进行。现代港口生产作业主要归结为五大系统,如表 1.1.1 所列,只有五大系统协调、配合才能形成港口的综合生产能力。图 1.1.1 和图 1.1.2 为大连港和天津港的平面图。

表 1.1.1 现代港口五大系统

序号	系统	主要设施
1	船舶航行作业系统	航道、通信导航设施、助航拖船、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
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、控制中心、计算机中心
3	存储、分运作业系统	港内各种仓库、堆场、库内机械、分运中心(分拨中心)、客运站、宾馆
4	集疏运作业系统	铁路、公路(进港高速路)、水网、管道
5	信息与商务系统	港口 EDI 服务中心、贸易服务中心(世界贸易中心)

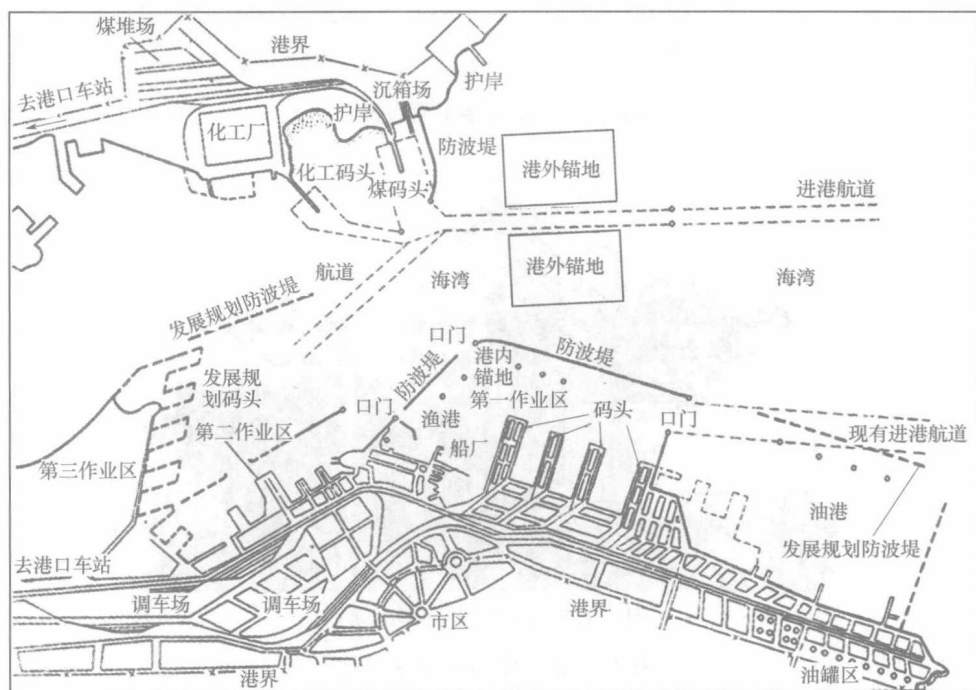


图 1.1.1 大连港平面布置图

1.1.3 港口分类

根据目前国内外常用的逻辑关系,一般按港口的功能、自然条件、建造方式、潮汐、规模和等级等作如下分类^[1]。

1. 按功能区分

按功能区分,港口分类如表 1.1.2 所列。主要港口见图 1.1.3 ~ 图 1.1.5。

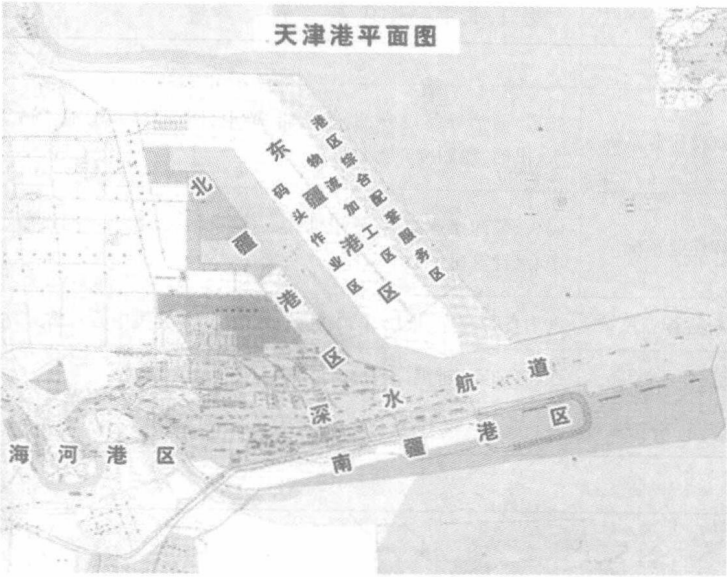


图 1.1.2 天津港平面布置图

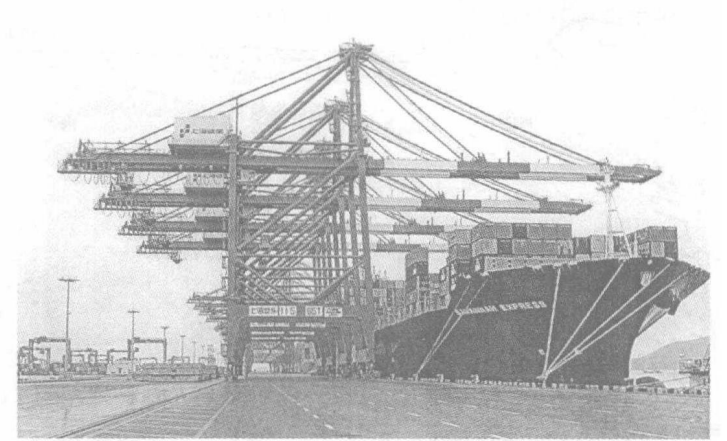


图 1.1.3 商港(上海洋山港)

表 1.1.2 按功能区分港口

种类	功 能	主要停靠船舶
商港	提供国际贸易、国内贸易等货物运输为主	商船(货轮、集装箱船等)
工业港	与工业区相邻,以运输原物料及工业制品为用途	工业船舶(油轮、原料输送船等)
渔港	运输水产品为主	渔船
客运港	运送车辆、旅客为主,多附属于商港内,如邮轮码头	客运船(邮轮、渡轮)
娱乐港	提供娱乐、观光用途船舶的停泊、出航	游艇、观光船等
军港	由军队使用、专供军事用途	军舰、航空母舰等
避风塘	提供各式小型船舶暂时停靠用	小型船舶



图 1.1.4 渔港

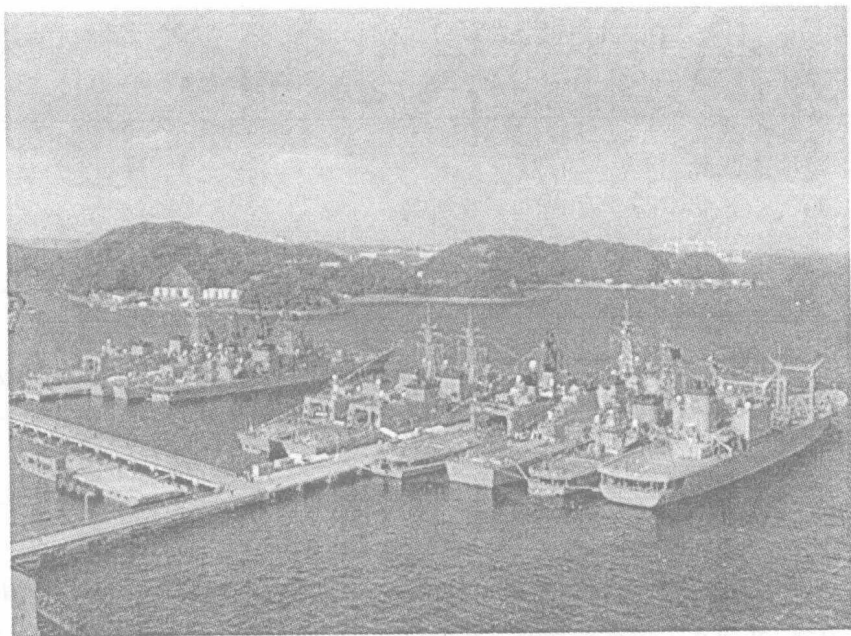


图 1.1.5 军港

2. 按自然条件区分

按自然条件区分,港口分类如表 1.1.3 所列。

表 1.1.3 按自然条件区分港口

种类	地理环境	举 例
海港、沿岸港	位于海岸线上	多数港口,如大连港、青岛港
河港	位于河流上	勒阿弗尔港、重庆港
河口港	位于河口(河流交会处或入海口)	上海港、天津港、鹿特丹港、伦敦港、汉堡港
湖港	位于湖泊上	芝加哥港

3. 按建设方式区分

按建设条件区分,港口分类如表 1.1.4 所列。

表 1.1.4 按建设方式区分港口

种类	说 明	举 例
天然港	海岸向内曲折形成海湾,外围由半岛、海岬、岩礁或其他天然地形屏蔽而成的港口	香港、东京湾
人工港	由人工开辟的港湾,大多位于缺乏自然海湾的沙岸	天津港从海河河口港,通过疏浚航道、填海造陆成为世界等级最高的人工港
不冻港	不冻港是指在中高纬度地区,冬季不会结冰的港口,极具战略价值	如 19 世纪,俄国曾亟欲取得东方不冻港,最终自中国夺得海参崴而归

4. 按潮汐区分

按潮汐区分,港口分类如表 1.1.5 所列。

表 1.1.5 按潮汐区分港口

种类	说 明	举 例
闭合	在潮差大的港口,利用高潮位增加码头水深,修建船闸将内港与外航道隔开,涨潮时开启,落潮时关闭	英国伦敦港的大多数港区
开敞	港口水域直接与外海相通	绝大多数海港

5. 按规模或等级区分

港口需依托运输网络而存在,为取得整个社会成本最低和效益最大化,港口必须合理分布,规模大小相宜。各国划分港口等级的标准有所不同。将港口分为若干等级,目的是便于港口的分级管理。在港口建设中,港口等级也是确定港口水工建筑物技术指标的主要依据之一。

日本根据港湾法将港口分为三级:①特别重要港口,即对促进国际贸易有特殊重要性的港口;②重要港口,对国家有重要作用的港口;③地方港口,支撑区域发展的港口。