

高等学校试用教材

港口规划与布置

Gangkou Guihua yu Buzhi

(港口与航道工程专业)

洪承礼 主编

人民交通出版社

序 言

1983年以来,我一直在大连工学院土木系讲授《港口规划与布置》课程。这本书内容基本上就是在这门课讲稿基础上写成的。为了使本书内容更充实,第七章邀请交通部第一航务工程勘察设计院顾民权总工程师编写,并担任全书的主审。第十章邀请重庆交通学院刘传源同志编写。本课程为2个学分,即35课时(包括试验3课时)。

没有一个切实可行的、高瞻远瞩的港口规划,就不会有成功的港口建设和兴旺发达的港口营运;也不会取得较好的经济效益。在这个意义上可以说,“规划”是港口取得成功的“纲领”。因此,从事港口建设(包括设计)的工程师、从事企业技术管理的工程师和政府部门从事水运行政、行业管理的工程师,乃至从事港口经营管理的经济师,都应该初步掌握一定的有关港口规划的基本知识、基本理论和基本方法。本书是入门书,但也注意到为上述不同岗位的工程师,提供处理港口规划问题的思考方法、整理信息的方法和处理实际问题很有用的,但显得粗糙的规划参数。

某个投资项目方案在技术上可行、先进,并不一定能说明已是一个成功的方案,还必须从企业和国民经济效益的角度来分析判断。本书内容注意到使技术与经济两者有机地结合,并在第九章中专门讲述经济效益评价的概念、方法和指标。

理论联系实际,特别是密切联系中国的港口实际,是本书注意到的另一个问题。这对在校学习的大学生,了解我国国情和生产现状,准备投身于振兴我国港口事业是有所裨益的。国情、现状是动态的,时刻想着明天会前进。

书中介绍的定量方法或数学模型,比经验的、定性的规划方法前进了一大步,是“现代化”方法的象征。应用该方法得出的信息,总是在理想化的条件下预测的。因此,所导出的信息有时不一定能够严密地反映实际。但它肯定给出了很有价值的信息,从而大大有利于决策。

海港与河港相比,海港更具有典型性。从培养大学生的能力、开阔他们的视野和开拓他们思路的角度考虑,以讲授海港内容比较适宜,故本书主要以海港为对象。与海港不同的属于河港的“个性”内容,在第十章中讲述。

模拟的定量分析方法是现代工程规划的有力工具,限于本书的篇幅我们没有介绍它,这对现在的一本新书是很大的缺陷。

洪承礼

一九八六年十二月于大连

内 容 简 介

港口规划是一个港口能够顺利地建设、营运、发展并取得成功的“纲领”。本书讲述与港口规划密切相关的港口营运、港口规划调查分析、装卸工艺选择、码头及水域布置、港口陆域设施、可行性研究与发展规划等问题。还介绍了港口建设经济效益分析的初步方法。内容结合国情并力求使技术与经济，理论与实际有机地结合。

本书是大学教科书，但对从事港口建设和技术管理的工程师，乃至对从事港口经营的经济师，也是一本有益的参考书。

高等学校试用教材
“港口规划与布置”
(港口与航道工程专业)

洪承礼 主编

责任编辑：董雅文

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_{1/16} 印张：13.5 字数：308千

1988年6月 第1版

1988年6月 第1版 第1次印刷

印数：0001—4,100册 定价：2.25元

目 录

第一章 绪 论

1.1 综合运输系统中的重要组成部分——港口	1
1.2 港及港的组成	2
1.3 港口分类	9
1.3.1 按功能、用途分类	9
1.3.2 按地理位置分类	10
1.3.3 按等级分类	11
1.4 港口的宏观功能	11

第二章 港口营运

2.1 货物及其在港内的作业方式	13
2.1.1 货种与装运方式	13
2.1.2 港口统计货物品种分类	14
2.1.3 货物在港内作业方式	14
2.2 港口腹地、港口吞吐量	15
2.2.1 腹地	15
2.2.2 吞吐量、通过能力	16
2.2.3 吞吐量调查、预测	17
2.3 船舶	23
2.3.1 概述	23
2.3.2 船舶尺度	24
2.3.3 船舶吨位	25
2.3.4 常见船舶的特点	26
2.3.5 船舶尺度参考数据	31
2.3.6 船舶营运、配载	33
2.4 船舶出入港及其分布(模式)	33
2.4.1 船舶到港分布	34
2.4.2 船舶占用泊位时间分布	35
2.4.3 船舶周转量	36
2.5 船舶待泊费	37

第三章 港口规划调查及分析

3.1 气象条件对港口的影响	39
3.1.1 风	39

3.1.2 雨、雾	41
3.1.3 冰	42
3.2 海象条件对港口的影响	43
3.2.1 潮汐	43
3.2.2 波浪	45
3.2.3 近岸海流	49
3.3 河口条件及其对港口的影响	51

第四章 港口装卸工艺

4.1 概述	53
4.2 件杂货装卸工艺	55
4.3 集装箱装卸工艺	56
4.4 散货装卸工艺简述	58
4.4.1 煤、矿石等大宗散货	58
4.4.2 散粮	60
4.4.3 液体散货	61
4.5 木材装卸工艺简述	61

第五章 码头及码头平面设计

5.1 码头分类	63
5.1.1 按码头功能分类	63
5.1.2 按码头平面布置型式分类	64
5.2 码头规模的确定	71
5.3 码头最优泊位数	73
5.3.1 有关参数的概率表达式	74
5.3.2 最优泊位数的表达式	75
5.3.3 排队论模型的应用	75
5.3.4 模型选择	82
5.4 泊位组、提高装卸效率、泊位利用率	82
5.4.1 泊位组	83
5.4.2 提高装卸效率	83
5.4.3 泊位利用率	85
5.5 码头泊位尺度的确定	85
5.5.1 单个泊位	85
5.5.2 连续设置多泊位	86
5.5.3 折角布置的泊位	86
5.6 件杂货码头、多用途件杂货码头	87
5.6.1 普通件杂货码头	87
5.6.2 多用途件杂货码头	90
5.7 集装箱码头	91

5.8 木材码头	94
5.9 港池、突堤式码头平面尺度	95
5.9.1 船舶靠离岸	95
5.9.2 突堤式码头港池尺度	96
5.9.3 顺岸式码头前港池宽度	98
5.9.4 突堤式码头宽度	98
5.10 码头前沿高程	99

第六章 水域及外堤布置

6.1 港口水深	100
6.1.1 富裕水深的构成和决定条件	101
6.1.2 码头前沿水深	103
6.1.3 海港航道水深	104
6.2 航道	105
6.2.1 海上航道轴线	106
6.2.2 航道宽度	107
6.2.3 航道通航方式	109
6.3 锚地、回旋水域	110
6.4 港内泊稳标准及波况估算	111
6.4.1 码头前允许作业波高值	112
6.4.2 波浪绕射	112
6.4.3 越浪向堤内的波高传递率	117
6.5 防波堤布置	119
6.5.1 防波堤布置原则	119
6.5.2 口门	120
6.5.3 轴线布置	121
6.5.4 防波堤布置的经济准则	122
6.5.5 砂质和淤泥质海岸防波堤布置特点	125
6.6 港口导航	128
6.6.1 浮标	128
6.6.2 导标	129
6.6.3 灯塔	129
6.6.4 港口雷达导航站	130

第七章 港口陆域设施

7.1 港口铁路	131
7.1.1 港口铁路的组成及其功用	131
7.1.2 铁路线路的基本知识	132
7.1.3 港口铁路的布置	139
7.2 港口道路	142

7.2.1	港口道路的组成及特点	142
7.2.2	港口道路的技术标准	142
7.2.3	港内道路的布置及路面结构	145
7.3	港口其他设施	146
7.3.1	港口给水	146
7.3.2	港口排水	148
7.3.3	港口供电	149
7.3.4	港作船舶基地	150
7.3.5	港口通信系统	150
7.3.6	港口辅助生产设施	150

第八章 港口发展规划和港口区划

8.1	规划阶段与可行性研究	152
8.1.1	主要规划	152
8.1.2	可行性研究	155
8.2	港址选择	158
8.2.1	港口布置的基本类型	159
8.2.2	港址选择的基本要求	159
8.2.3	港区与城区	160
8.3	港口专业区划分	164
8.4	港口总平面布置	166

第九章 港口建设的经济效益分析

9.1	投资的时间价值、利率因子	173
9.1.1	投资的时间价值	173
9.1.2	利率因子	174
9.2	投资的经济效益及评价指标	177
9.2.1	净现值及净现值指数	177
9.2.2	内部收益率	178
9.2.3	投资回收期	179
9.2.4	总投资现值和等额年总成本	180
9.3	海港财务管理概念	181
9.3.1	利润及利润分配	181
9.3.2	营业收入	182
9.3.3	营业支出	182
9.4	港口投资的国民经济效益分析	186

第十章 河港特点

10.1	港址选择	188
10.1.1	优良港址应具备的条件	188

10.1.2	天然河流上港口选址特点	189
10.1.3	其它通航河流及湖泊选址特点	192
10.2	装卸工艺	192
10.2.1	装卸工艺的基本型式	192
10.2.2	斜坡式码头的装卸工艺	193
10.2.3	直立式码头的装卸工艺	195
10.2.4	浮码头的装卸工艺	199
10.3	码头及陆域布置	199
10.3.1	码头及陆域设计高程	199
10.3.2	码头线长度、平面型式及布置	200
10.3.3	码头位置的确定	201
10.3.4	铁路、道路、库场布置	202
10.4	港口水域布置	202
10.4.1	港口水域竖向尺度设计	202
10.4.2	港口水域尺度	202
10.4.3	港口水域布置	204

第一章 绪 论

1.1 综合运输系统中的重要组成部分——港口

交通运输是国民经济的基础设施，也是国防建设的一个重要方面，它在国民经济和社会发展中处于先行的战略地位。因此，党的十二大确定把交通运输列为国民经济发展的战略重点之一。

交通运输业是整个国民经济的一个重要的物质生产部门，它和其他经济部门不同，它本身并不直接生产新的产品，而是把货物和旅客从一个地点转移到另一个地点。它的生产过程是在流通过程中进行，与生产和消费紧密相连，在社会再生产过程中起着重要作用。几乎没有一个单位离开它，有了运输条件才能保证生产企业有节奏的生产，它可以为开发新的自然和劳动资源、为促进地区生产发展经济繁荣创造必需的条件。加之运输设施广泛的空间布局和建设投资大、建设周期长，更使其具有鲜明的公用性质和必须先行的特点。

现代交通运输系统，应是铁路、公路、水路、管道和航空几种运输方式有机地结合，组成统一的运输网。运输布局要以适应国民经济布局 and 经济发展对运输的需要为依据，从提高社会效益和经济效益出发，结合自然条件，充分注意各种运输方式的协调发展和合理利用，形成统一的综合运输体系。我国运输网布局，现阶段要以铁路干线、海运、长江、珠江、大运河、国家干线公路为骨架，在继续加强骨架的同时，也要适当注意干线公路、南方水网、管道建设，使铁路、公路、水运、管道、民航相互衔接，组成纵横交错的综合运输网。

在综合运输系统中，港口作为交通运输枢纽、水陆联运的咽喉，通常是铁路、公路、水路和管道几种运输方式的汇集点。港口通过能力受与其连接的各种运输方式能力的制约，反过来港口能力也影响与其连接的各种运输方式能力的发挥。这就不难想象港口在水运系统、在整个综合运输系统中的重要地位。

我国是一个约有18000km大陆海岸线的国家，同时又是一个岛屿众多的国家，拥有大小岛屿6500多个，岛屿岸线长约14000km。江河众多，内河流域面积在100km²以上的共有5700多条，总长约43×10⁴km。全国湖泊有900多个。我国发展水运和建设港口的条件十分优越。目前水运的优势还远远没有发挥出来。

随着国民经济和对外贸易的发展，人民物质文化日益增长的需要，运输事业，尤其是水运事业必将大发展。世界海港货物吞吐量，1980年约为50×10⁹t，预测1990年可接近70×10⁹t，2000年有可能达到100×10⁹t。

我国现有大小港口600余个，绝大多数为小港。港口建设在“六五”（1980年~1985年）期间有了很大发展。五年中开辟了一些新的海港和新港区，改善了我国沿海港口布局。建成了一批开敞式、专业化的、高效率的大型散货码头和全集装箱码头、多用途码头，重点解决了煤炭、矿石、集装箱运输需要。港口建设的迅速发展，促进了沿海城市的对外开放和对外贸易发展，同时也促进了以港口为汇集点的综合运输网的建设。

“七五”期间港口建设仍然是国家建设重点，预计到1990年煤炭、原油、矿石、木材、

集装箱等重点物资的综合运输网基本形成。

港口建设投资大、周期长、关连问题多，对国民经济的发展影响深远。因此，港口发展规划应是国家综合运输系统规划的重要组成部分，是研究港口发展带有全局性的问题。作好不同阶段的港口发展规划和港口布置是进行港口建设前期工作的主要内容。

1.2 港及港的组成

每一个港口都有它的个性或特点，但所有港口也都有它们的共性和共同的基本组成部分，这就是港口水域、码头和陆域设施。下面结合大连港来研究港口的组成。

图1-1为大连港作业区分布图，该港位于黄海辽东半岛的南端东侧，港区分两大部分，分别在大连湾和大窑湾南侧的鲇鱼湾。大连湾水域面积约210km²，为一半封闭式海湾。目前，大连港除原油作业区在鲇鱼湾外，其余作业区均在大连湾，从湾南岸东起依次为：(1)寺儿沟成品油装卸区；(2)大港东部件杂货装卸区（兼沿海客运班轮码头）；(3)大港西部件杂货装卸区；(4)黑嘴子小轮装卸区；(5)香炉礁杂货码头装卸区；(6)甘井子散货出口装卸区，其防波堤内侧兼作油码头。“七五”期间大连港在和尚岛建设煤炭码头和危险品码头，在大窑湾南岸建设集装箱等新的综合港区。

图1-2是大港东部和西部装卸区的四个突堤式码头和甲、乙、丙三个顺岸码头，在北防波堤内侧设有水上过驳浮筒，整个大港区可同时停泊33艘船。码头上有仓库、堆场、铁路、道路和门式起重机等。如果在二码头取一横断面A—A，可以得到类似图4-1的断面图。

结合图1-1和图1-2，简单地叙述一下船舶运行和货物装卸的过程。船舶根据大三山岛灯塔、黄白嘴灯塔或沙砬子灯塔的导航接近大连湾，并驶向锚地。船舶在锚地抛锚停泊进行联检或等待泊位。通常把能够停泊一艘船进行作业的码头线(或水域)称为泊位。经过联检的船舶，通过有足够宽深的大港航道驶向指定的泊位停靠并进行装卸作业。船上货物一般用船上吊杆或岸上起重机卸至流动机械上运至库场短期存储，在个别情况下也有直接卸至火车上或汽车上直接运往内地。在库场内短期存储的货物经过分类、核查后用火车、汽车运往货主所在地。这是进口货物在港内的流动概况，出口货物与此流向相反。

系泊在北防波堤内侧浮筒上的船舶，即通常所说的过驳作业，驳船或小船绑靠在大船舷边上进行大船装小船或小船装大船的装卸作业，驳船、小船货物，比较理想的流向是沿海和岛屿，因为那里常无法停靠大船。这种过驳作业在河口港是常见的海河联运作业方式，大船是海船，驳运小船是河船。

为了保证港口进行上述装卸作业，港口必须有足够的水域、码头和陆域等基础设施。

(1) 港口水域

港口水域包括锚地、航道、船舶掉头水域和码头前水域，还有导航助航标志等设施。

航道是保证船舶沿着足够宽度、足够水深的路线进出港口的海域。大港航道长1.9n mile，宽270m，水深-10m，万吨船可随时进出港。

导航助航标志主要有灯塔，其射程一般从10n mile到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，其射程视需要在2~7n mile。航道两侧隔一定间距设置侧标（浮标），以利于船舶在航道内航行。进出大连港有灯塔5座，灯高从37m到100m、射程12~25n mile。沿1.9n mile 航道设有浮标4个。

船舶掉头水域是供船舶掉头用的水域面积，一般需要直径为2~3倍船长的圆面积。大

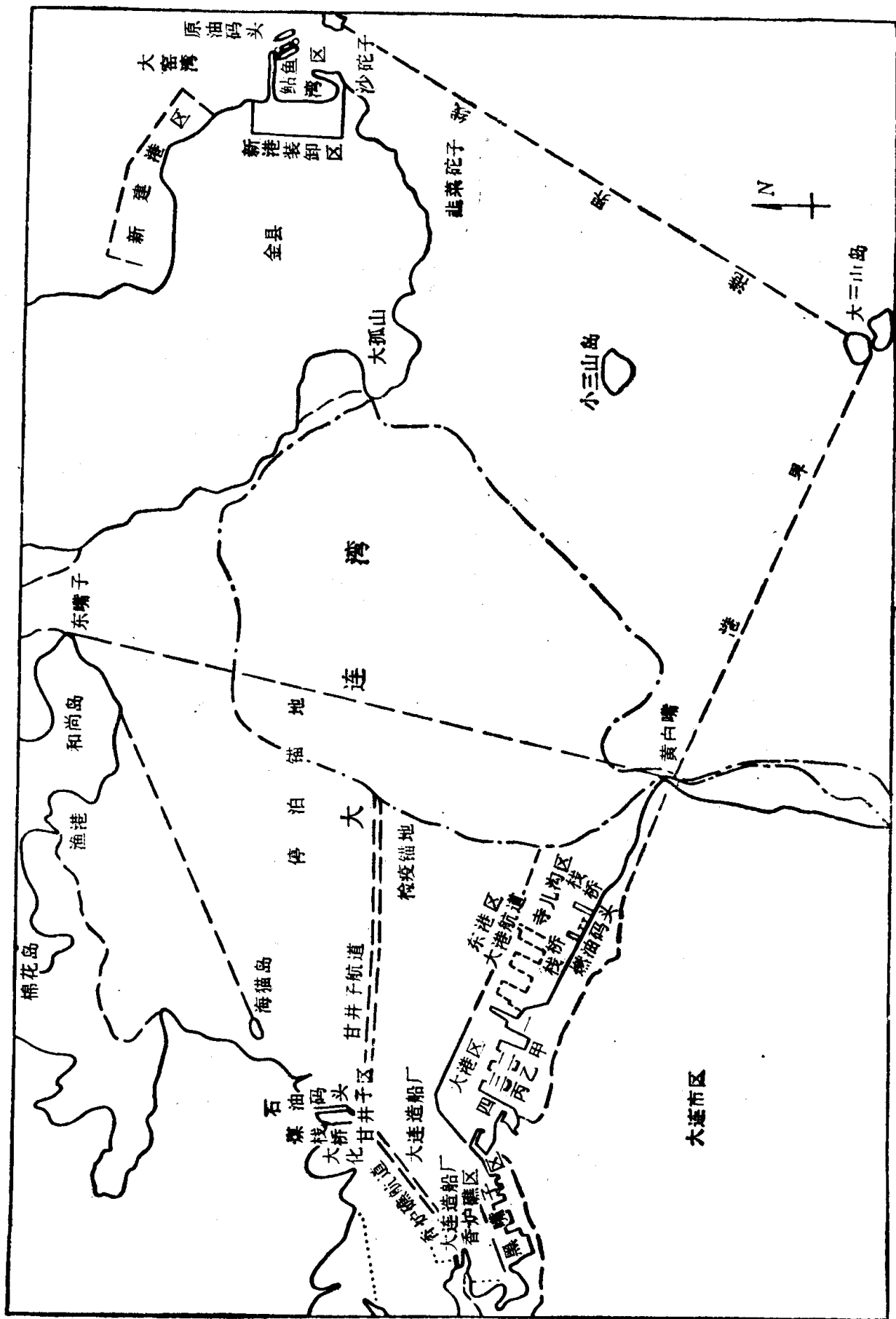


图1-1 大连港作业区分布图

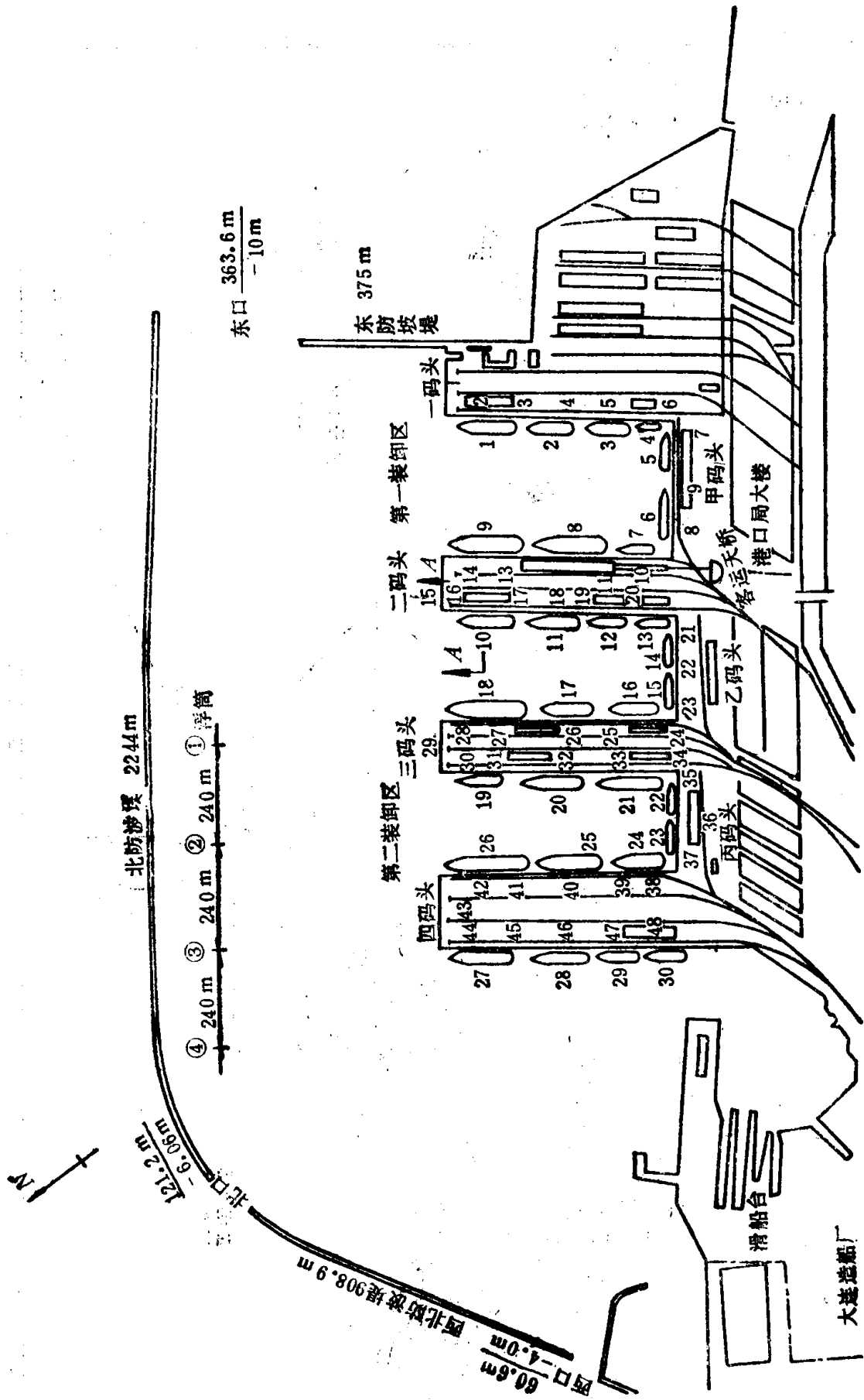


图1-2 大连港大港区布置图

连港防波堤与突堤间水域宽 600m, 船舶利用此水域可方便地掉头。

码头前水域也称谓港池, 是供船舶停靠和装卸货物用的毗邻码头的水域。大连港大港区一、二、三、四码头之间的水域即为港池水域, 水面宽阔靠离方便。

大连港港界内各水域面积总和约310km²。

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。大连港大港区有东、北、西防波堤掩护码头、船厂及所需水域, 如图1-2, 防波堤长近 4000m。

(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的地域, 是港口生产活动的中心。构成码头岸线的码头建筑物是一切港口不可缺少的建筑物。

大连港大港区东部、西部装卸区共有码头岸线5110m, 码头泊位 30个, 其中水深 -11~-12.5m 4个泊位, -9~-10m 19个泊位, -7.5~-8.5m 4个泊位, -6.9m 3个泊位。

(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等。

仓库堆场供货物在装船前或卸船后短期存放。矿石、钢铁等不怕日晒雨淋的货物可在堆场储存。在客运码头上设置客运站, 供旅客候船休息。大连港有库场面积约 80×10⁴m², 国际客运站和国内客运站各一座。

铁路是我国许多港口货物集疏运的主要方式, 在库场前后设置装卸线, 在码头附近还设有分区车场, 对来往装卸线的车辆进行编送。大连港有铁路专用线约 120km, 铁路是主要集疏运方式。

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。对运距小于 100~200km 的货物宜用汽车集疏运。

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、装卸搬运机械和输送机械。大连港有各类装卸机械500余台, 最大起重船起重能力600t。

生产辅助设施是完成港口生产不可缺少的, 主要有: (1)给排水设施; (2)供电系统; (3)通信设备; (4)辅助生产建筑, 如流动机械库、机械修理厂、消防站、办公楼以及生活福利建筑等。

大连港陆域总面积约 4.7km²。

大连港是我国北方的国际贸易港、多功能的综合性港。1984年吞吐量超过4000×10⁴t, 其中外贸货物占70%左右, 每年有二千多艘次外贸船舶进出港口, 旅客通过量320余万人次。随着大窑湾新港区的建设, 大连港正逐步向专业化、现代化发展。

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配合才能使生产作业顺利进行。港口生产作业可主要归结为四大系统:

(1)船舶航行作业系统, 包括航道、锚地、掉头水域、港池、船舶通信导航设施、各种港作船舶及航修设施等;

(2)装卸作业系统, 包括码头、装卸作业锚地、装卸搬运机械和运输机械等;

(3)存储作业系统, 包括港内各种库场及库内机械设备, 以及客运站;

(4)集疏运系统, 包括铁路、公路、管道以及内河水网等。

上述四个系统的协调配合构成港口的综合生产能力——通过能力。

通过上面典型海港和港口主要组成的简单介绍, 可以对港口的概念作简要地描述:

(1)港口就其作用而言,是交通运输枢纽、水陆联运的咽喉;是水陆运输工具的衔接点和货物、旅客的集散地。

现代的港口,大都是各种交通运输工具的集汇点:海洋航运、内河航运、铁路、公路和管道都在此汇合,从而把腹地的出口货物集中由水运输出,把经由水运的进口货物分送到腹地。

(2)港口就其工程内容而言,是各种工程建筑物(水工、房建、铁路、道路、给排水等)和设备所组成的综合体,而港口水工建筑物是这个综合体的主要部分。

港口中的建筑物和设备为货物装卸、存储;为旅客上下;为船舶、车辆安全、迅速、低消耗运行服务。

下面简单介绍一下我国第一大港上海港:

上海港是我国南北沿海海运、长江运输、远洋运输的中心枢纽,也是水路铁路联运枢纽;是一个有全国影响的多功能的综合性港口,是我国主要外贸口岸和对外轮开放的港口。

上海港位于黄浦江下游和长江口汇合段,扼长江的入海口,如图1-3所示。

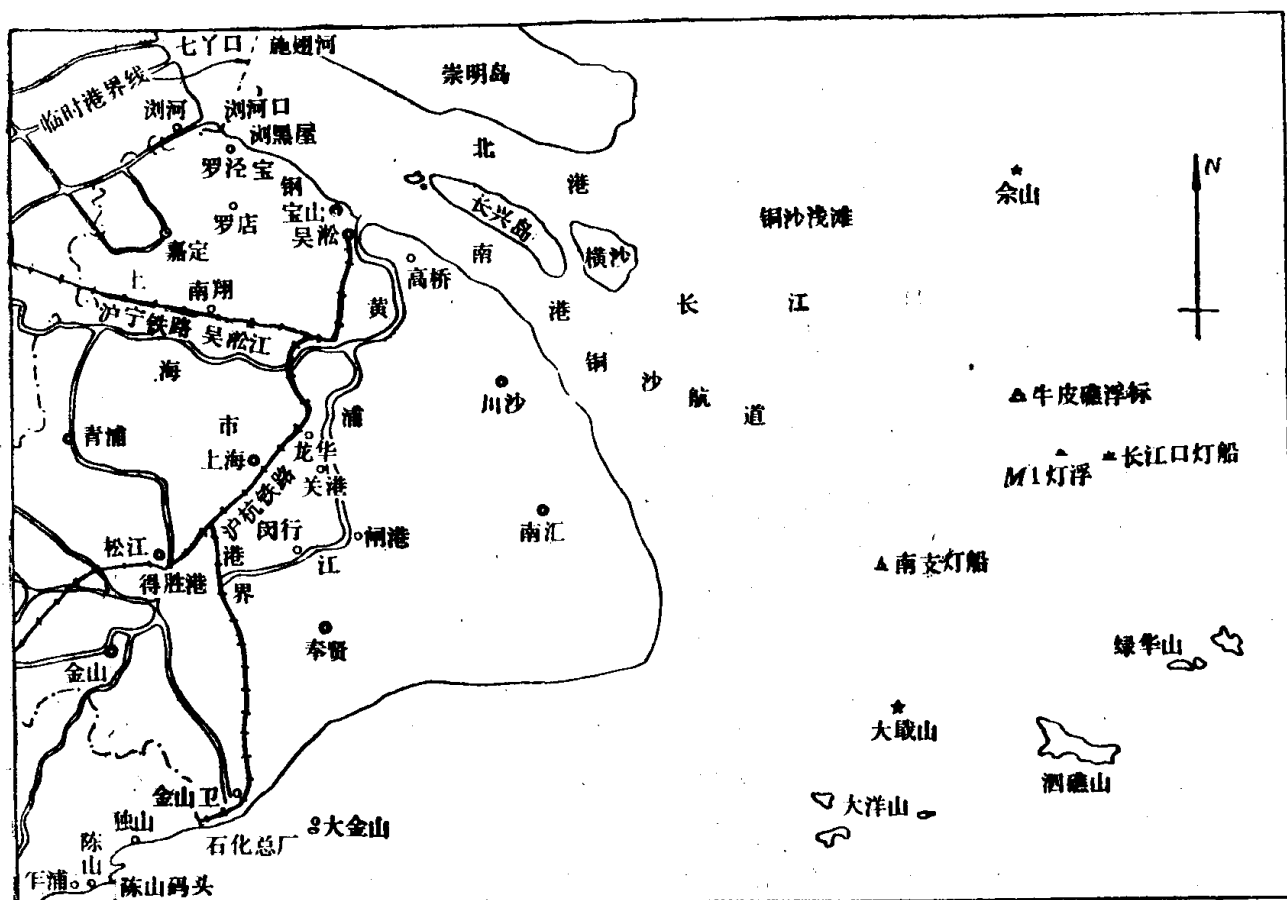


图1-3 上海港港界图

(1)港口水域

上海港水域包括长江口和黄浦江两部分,长江口部分系指南水道自牛皮礁浮标和南支灯船联线以西至浏河口以东水域(图1-3)。黄浦江部分北起吴淞口南至闵行长约67km的水域。

航道:近40年来利用长江口南水道,即南支的南港和南港的南槽(铜沙航道),长约98km,最小宽度约500m。主要有铜沙、江亚和鸭窝沙(长兴岛东南)三处浅滩,水深分别

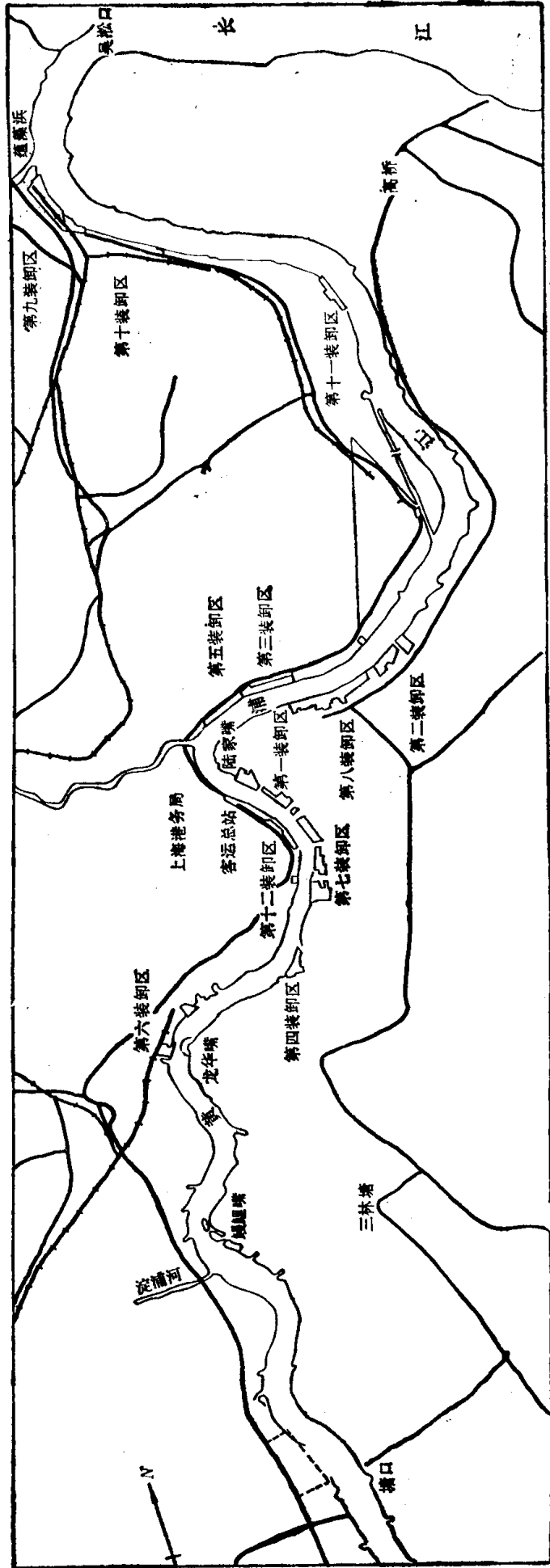
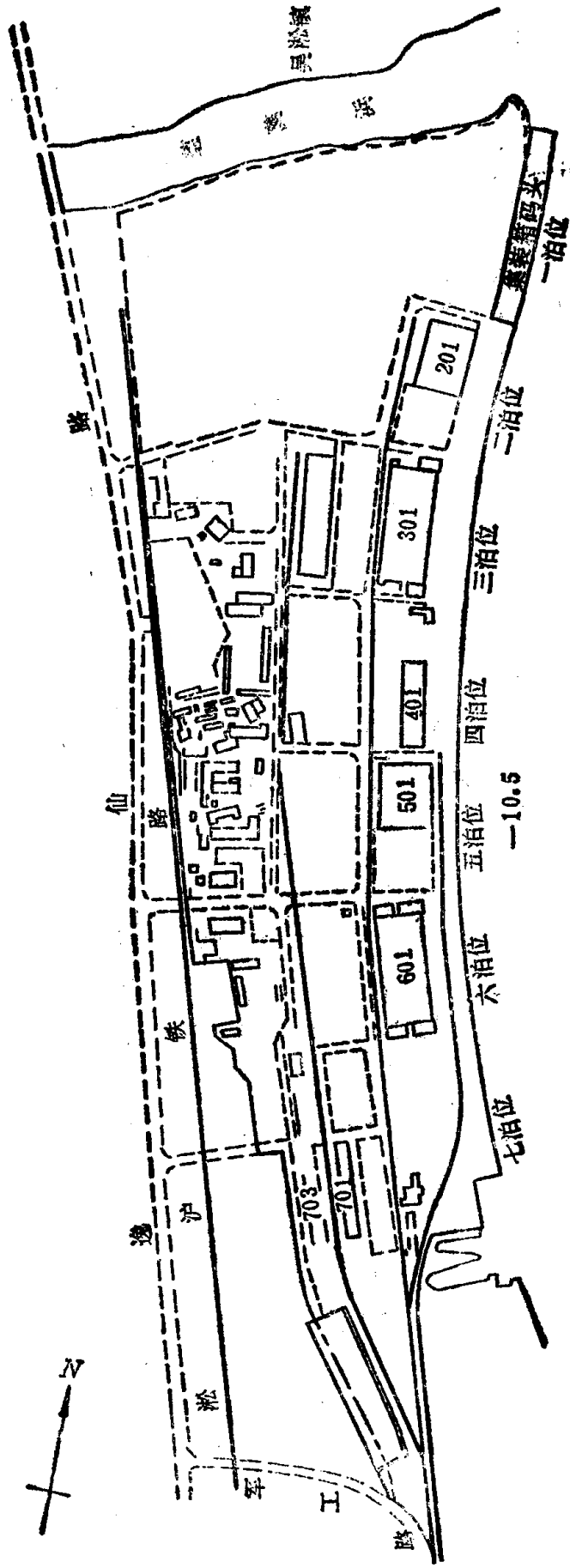


图1-4 上海港装卸区位置图



黄浦江

图1-5 上海港第九装卸区

为7m、7.2m和7.4m。吃水7m以下的船舶可随时进出，2万吨级船舶每天可乘潮进出港，4.5万吨到10万吨级船舶需在绿华山锚地减载站减载后进港。进入黄浦江航道，龙华以北32km，水深最浅处为高桥浅水区，水深-8m。

沿长江口和黄浦江内外，供船舶候潮、联检等锚地达十余处。

航标：除天然物标外，沿长江口和黄浦江设灯船、灯塔、灯桩十余个，各种灯浮50余个。

黄浦江面宽，各作业区码头前港池一般可供船舶掉头。

(2) 码头

上海港共有码头岸线约13000m，96个泊位，其中万吨级45个，分布在12个装卸作业区，如图1-4所示。沿黄浦江心布设浮筒泊位102个，可停泊万吨级的约半数。因此，水上过驳作业是上海港的主要作业方式。

建国以来上海港进行了大量的改造、扩建，第九、第十装卸区属于新区。第九装卸区泊位长1079m，有万吨级以上泊位6个，前沿水深-10.5m，设门座起重机12台，仓库面积约 $2 \times 10^4 \text{m}^2$ ，堆场约 $9 \times 10^4 \text{m}^2$ ，如图1-5所示。铁路可通至码头和库场，可以车船直取。在靠蕴藻浜河口布置有两个集装箱泊位，岸线长424m，堆场可堆放3200只标准集装箱。九区是以外贸进出口为主的装卸区。

(3) 陆域设施

上海港生产用仓库面积约 $40 \times 10^4 \text{m}^2$ ，堆场约 $90 \times 10^4 \text{m}^2$ 。

上海港水路集疏运是主要方式，不仅可西进长江深入苏、皖、赣、鄂、湘、川、云、贵各省，溯黄浦江及其支流吴淞江，经太湖水网和大运河与苏、浙、皖、鲁内河网沟通。

上海港第六、第九、第十装卸区有铁路专用线11km，以供水陆联运。

上海港有生产用各类装卸搬运机械2800余台，浮式起重船最大起重能力500t。

上海港有客运站多处，国际客运站设在第五装卸区外虹桥码头，国内客运站分设在第三装卸区客运站、第十二装卸区附近十六铺客运站及客运总站等。旅客通过总量达1000万余人次，居全国之首。

上海港1985年货物吞吐量已超过 $1 \times 10^8 \text{t}$ ，进出港口的内贸船2万多艘次，外贸船2000多艘次。与上海口岸有外贸关系的国家和地区已达165个，外贸物资吞吐量约占总吞吐量的20%以上。上海港现有集装箱、散粮、煤炭、木材等专业化码头，正逐步向专业化现代化发展。

1.3 港口分类

上面两节提到了港口的最基本属性，就是作为运输枢纽的港口、商业性的港口。实际上港口还有非运输性的不同功能。现按不同特征分述如下。

1.3.1 按功能、用途分类

(1) 商港：以一般商船和货物运输为服务对象的港口，也称贸易港。一般均兼运各种各类货物，设有不同的作业区。如我国上海港、大连港等，世界大港鹿特丹、神户、横滨、纽约、新奥尔良、马赛、汉堡、伦敦、列宁格勒等均属此类。

(2) 渔港：是为渔船停泊、捕捞鱼货保鲜、冷藏加工、修补鱼网、中转外调鱼货和渔船