

Handbook for Civil Engineers in China

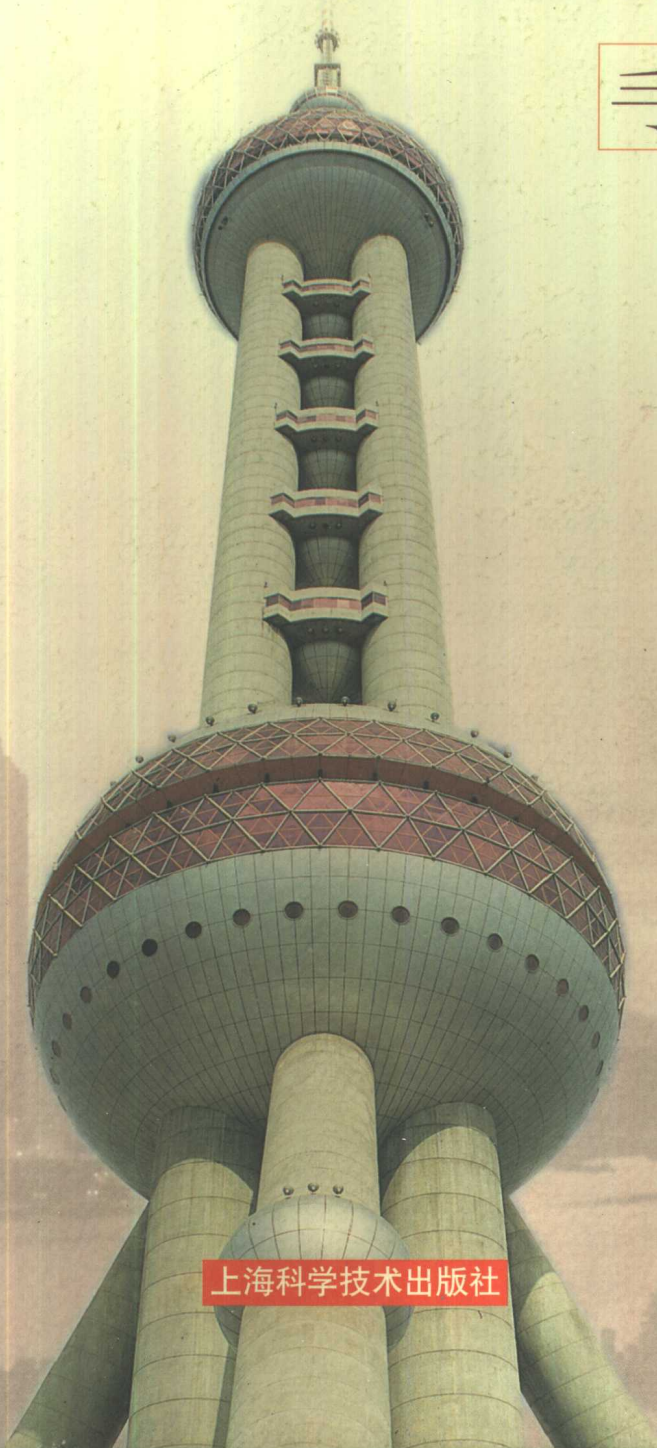
中国

孙更生 朱照宏 孙 钧
杨祖东 江欢成 杨文渊 等编著



土木工程师

手册 下册



上海科学技术出版社

中国土木工程师手册

(下 册)

Handbook for Civil Engineers in China

(Volume Three)

孙更生 朱照宏 孙 钧 等编著
杨祖东 江欢成 杨文渊

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国土木工程师手册. 下册/孙更生等编著. —上海:
上海科学技术出版社, 2001. 12
ISBN 7-5323-5846-1

I. 中... II. 孙... III. 土木工程-技术手册
IV. TU-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2001) 第 083651 号

上海科学技术出版社出版发行

(上海瑞金二路 450 号 邮政编码 200020)

上海新华印刷厂印刷 新华书店上海发行所经销

2001 年 12 月第 1 版 2001 年 12 月第 1 次印刷

开本 787×1092 1/16 印张 102 插页 4 字数 2469 千

印数 1—3 000 定价: 180.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题,
请向本社出版科联系调换

目 录

(下 册)

第 十七 篇	桥梁工程	17.1 ~ 17.193
第 十八 篇	城市给水	18.1 ~ 18.167
第 十九 篇	环境工程	19.1 ~ 19.272
第 二十 篇	土方与爆破工程	20.1 ~ 20.82
第二十一篇	水工建筑物	21.1 ~ 21.237
第二十二篇	港口与航道工程	22.1 ~ 22.232
第二十三篇	城市集中供热及供燃气工程	23.1 ~ 23.76
第二十四篇	工程机械	24.1 ~ 24.256
第二十五篇	城市防灾	25.1 ~ 25.108

Contents

(Volume Three)

Section 17	Bridge Engineering	17.1 ~ 17.193
Section 18	Water Supply	18.1 ~ 18.167
Section 19	Environmental Engineering	19.1 ~ 19.272
Section 20	Earthwork	20.1 ~ 20.82
Section 21	Hydraulic Structure	21.1 ~ 21.237
Section 22	Harbor and Navigation Engineering	22.1 ~ 22.232
Section 23	Heat and Gas Supply Engineering	23.1 ~ 23.76
Section 24	Construction Machinery	24.1 ~ 24.256
Section 25	Calamity Control	25.1 ~ 25.108

第二十二篇 港口与航道工程

洪国镇 原上海港务局副局长工程师,教授级高级工程师

陈长庆 上海港务局副局长工程师、高级工程师

目 录

第一章 港口与船舶	22.5
第一节 港口分类	22.5
第二节 船舶特征	22.6
第二章 自然条件	22.17
第一节 波浪	22.17
第二节 潮汐	22.42
第三节 海流和泥沙	22.46
第三章 水域设施	22.53
第一节 海港水域	22.53
第二节 河港水域	22.68
第四章 防护设施	22.81
第一节 防波堤	22.81
第二节 护岸墙	22.97
第三节 丁坝	22.99
附 录 常用块体设计尺寸参考表	22.100
第五章 系靠船设施	22.106
第一节 码头的基本尺度和荷载	22.106
第二节 重力式码头	22.126
第三节 板桩码头	22.135
第四节 高桩码头	22.144
第五节 特种码头结构型式实例	22.155
第六节 附属设备	22.157
第六章 助航设施	22.169
第一节 浮标	22.169
第二节 岸标(固定标)	22.174
第三节 音响航标	22.175
第四节 无线电及雷达导航	22.175
第七章 船闸	22.177
第一节 船闸的组成	22.177
第二节 总体设计	22.178
第三节 输水系统	22.186
第四节 水工建筑物	22.198
第八章 疏浚和吹填	22.219

第一节 疏浚	22.219
第二节 吹填	22.229
第三节 疏浚与环境保护	22.230
参考文献	22.232

第一章 港口与船舶

第一节 港口分类

港口是水陆运输链的节点、船舶安全进出和锚泊的场所、对外贸易及交往的门户。“城以港兴,港为城用”,几乎所有的国际大都市,如伦敦、纽约、洛杉矶、东京、香港和上海,都与港口的兴衰息息相关。

从考古发现,远在公元前 3500 年就有港口的遗迹。爱琴海、亚得里亚海、地中海沿岸的文明古国都是以港口为中心带动社会进步和经济繁荣的。当时菲尼基的人工港蒂尔(Tyre)和西顿(Sidon)曾是盛极一时的港口城市。到了中世纪,威尼斯和热那亚港成了东西方交流的中心。以后,汉堡和不来梅等北欧诸港崛起,组成了自由港以抵制封建的汉莎同盟。在 15 世纪,哥伦布发现新大陆,1869 年苏伊士运河的通航,蒸汽机轮船的发明,1915 年又一条国际航道巴拿马运河的开通,使世界贸易、海上航运和港口事业取得了空前的辉煌成就。

我国的港口发展也经历过漫长的历程。早在二千多年前的春秋战国时期的碣石港(现秦皇岛港)、汉代的广州港及徐闻合浦港那时就有繁忙的海上通商往来。广州、泉州、杭州、明州(现宁波港)曾是宋代的四大海港。长江沿岸的扬州港扼长江、通四海,在唐代已是相当发达的国际贸易港了。但是,由于我国历代长期闭关自守,海运和港口业发展缓慢,直到 1949 年,沿海港口码头泊位只有 233 个,其中深水泊位 61 个,年吞吐量不到 500 万吨。新中国成立以来,尤其近年实行对外开放政策之后,国家把港口建设作为国民经济建设的战略重点,港口面貌发生了显著变化。至 1989 年,我国主要港口的码头泊位有 1200 多个,其中沿海主要港口的深水泊位达到 250 多个,吞吐量为 5 亿多吨。而且建成了一批具有现代化水平的集装箱泊位和大型散货泊位。

港口按其功能可分为:(1)贸易港(或商港)(*Commercial Port*)。其中根据性质又可分为外贸港、内贸港、定期航线港、不定期航线港。(2)工业港(*Industrial Port*)。以装卸工业原料或其制成品为主的港口。就其货种不同又可分为石油港、煤港、木材港、矿石港、钢铁港和成品港等。(3)渔港(*Fishery Port*)。(4)军港(*Naval Harbour or Base*)。供舰艇锚泊、补给和修缮的港口,如我国的旅顺、美国的珍珠港、日本的横须贺、佐世保等。(5)避风港(*Harbour of Refuge*)。(6)观光港(*Sightseeing Port*)。专供观光旅游船或游艇靠泊的港口。(7)轮渡港(*Ferry Terminal*)。(8)综合港(*Total Port*)。兼有商港、工业港等多种功能的港口,如鹿特丹港、新奥尔良港、上海港等。

港口按其地理位置可分为:(1)海港(*Sea Port*)。其中又可分为海岸港、河口港和泻港。(2)内陆港(*Inland Port*)。其中又可分为内河港、运河港、湖港和水库港。

港口按其形成条件可分为:(1)天然港(*Natural Harbour*)。这种港的进港航道和水域具有天然的掩护条件,一般位于海湾或潮汐河口,如旧金山、纽约、里约热内卢。(2)半天然港(*Seminatural Harbour*)。这种港的港区有天然掩护,只有入口需加以人工防护。如普利茅斯

港、瑟堡港。(3)人工港(*Artificial Harbour*)。这种港是以防波堤作为掩护,或用开挖疏浚形成,如汉堡港、勒阿弗尔港。

港口按其开放程度可分为:(1)开放港(*Open Port, Port of Entry*)。经当局批准可从事对外贸易、允许外轮停靠和外国人出入境的港口。(2)非开放港(*Nonopen Port*)。(3)自由港(*Free Port*)、自由区(*Free Zone*)。国家为鼓励和促进对外贸易,在封闭、警卫的自由港区内,可免税和免检进行货物的装卸、贮存、分拣、加工和包装,以及船只的供水、供油和提供给养。汉堡自由港是1883年实施的古老自由港之一,其他有香港、新加坡、不来梅等。1983年数量达521个,分布于82个国家和地区。

港口按其航线性质可分为:(1)中转港(*Transit Port*)。(2)终点港(*Terminal Port*)。(3)挂靠港(*Port of Call*),这种港是为航行船舶在途中暂时靠泊,以添加燃料、淡水和给养,或提供修理服务。

港口按其隶属关系可分为:(1)国营港(*State Owned Port*)。(2)市营港(*Municipally Owned Port*)。(3)自治港(*Autonomous or Trust Port*)。在日本有:(1)特定重要港(*Specially Important Port*)。(2)重要港(*Important Port*)。(3)地方港(*Local Port*)。在美国有:(1)经营港(*Operating Port*)。(2)非经营港(*Non-operating Port*)。在我国有:(1)中央直属港(*Central Control Port*)。(2)地方港(*Local Port*)。(3)企业专用港(*Enterprise Port*)。

港口按其航线特点可分为:(1)中心港(*Center Port, Load Center*),或枢纽港(*Pivot Port, Hub Port*)。(2)支线港(*Feed Port*),或卫星港(*Satelite Port*)。

表 22-1-1 中国对外开放口岸港口要览表

对外轮开放港口	无国籍限制	大连、营口、秦皇岛、天津、龙口、威海、烟台、青岛、石臼、连云港、上海、张家港、南通、镇江、南京、宁波、温州、舟山、福州、厦门、泉州、汕头、汕尾、九州、黄浦、广州、蛇口、赤湾、小梅沙、广海、湛江、北海、防城、海口、三亚、八所
	只限前苏联船	黑河、同江
国轮外贸运输港口	长 江	重庆、城陵矶、武汉、九江、芜湖、江阴、黄石、安庆、马鞍山
	珠 江	南宁、梧州、肇庆、江门、三埠(开平县)、太平(东莞县)、中山(中山市)
	鸭 绿 江	丹东
	椒 江	台州市
	沿 海	桐头(温州湾)岚山头(山东省)、秀屿(湄州湾)、东山(福建省)

第二节 船 舶 特 征

一、船型

根据船舶的用途可分为:杂货船、客船、客货船、煤船、矿石船、油船、散粮船、集装箱船、滚装船、散水泥船、液化天然气船(LNG)、液化石油气船(LPG)、木材船、渡船、旅游船、驳船、拖轮以及各种工作船等。

船舶的基本尺度一般有:全长、柱间长、型深、型宽、满载吃水和空载吃水等。有时舱口大小和数量、舱容也与规划设计有关。见图 22-1-1 所示。

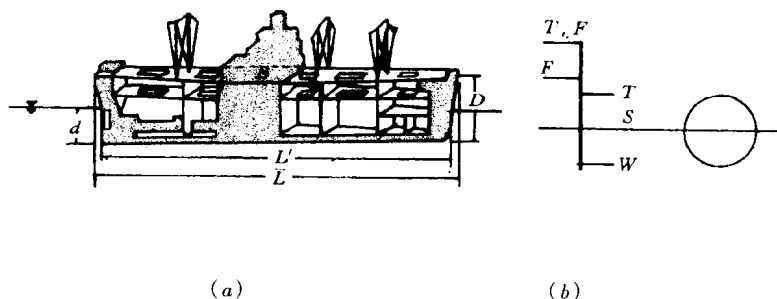


图 22-1-1 船舶尺度图

(a) 船舶构造

 L —全长; L' —柱间长; D —型深; B —型宽; d —吃水

图中空白部分为注册吨丈量范围

(b) 载重线标志

 T, F —热带淡水载重线; F —淡水载重线; T —热带载重线; S —夏季载重线; W —冬季载重线

船舶按照不同的丈量方法可分为:

1. 排水吨(Displacement Tonnage, D.T.)

它是船体在水中排出的重量,等于船的重量。由水线可计算其排水吨,在设计中常用满载排水吨和空载排水吨。

2. 载重吨(Dead Weight Tonnage, D.W.T., DWT, DW)

它是船舶的载重能力。其中包括货物、旅客、船员、燃料、淡水、供应品等的总重量。就货船而言,其燃料、淡水和供应品等重量,沿海船约占载重量的 10% 以下,对于主机为内燃机的远洋船约占 10% ~ 15%,对于主机以煤作燃料的远洋船约占 15% ~ 20%。

3. 总吨(Gross Tonnage, G.T.)

按船舶丈量法规规定为船内封闭处所的容积吨。每一计量吨相当于 2.83m^3 。一般用于客船和客货船。

4. 净吨(Net Tonnage, N.T.)

从总吨内扣除若干按法规规定的非营运运用处所,如机舱、船员室、燃料库、水箱等,即得净吨。

5. 注册吨(或登记吨)(Register Tonnage, R.T., G.R.T., N.R.T.)

在船籍港向政府部门登记的船舶吨称注册吨。这是对船舶征税、收费和保险等的计算依据,一般参照总吨或净吨。

6. 货吨(Cargo or Freight Tonnage)

一种货物商用计量单位。或以容积 1.13m^3 作为 1t,或以实际重量计算船舶运费。

英国劳氏船级社从统计资料中提出以上船舶吨位间的近似关系:

$$DW \approx 1.5GT \approx 2.5NT$$

$$DT \approx 1.8GT + 1400 \approx 2.0GT$$

$$\text{货船 } \lg GT = -0.366 + 1.015 \lg DW \quad (500 \sim 5\,000 DW)$$

$$\lg GT = -0.061 + 0.966 \lg DW \quad (5\,000 \sim 60\,000 DW)$$

$$\lg NT = -0.715 + 1.049 \lg DW \quad (500 \sim 5\,000 DW)$$

$$\lg NT = -0.619 + 1.047 \lg DW \quad (5\,000 \sim 60\,000 DW)$$

矿石船	$\lg GT = -0.245 + 1.003 \lg DW$	(500 ~ 5 000 DW)
	$\lg GT = 0.289 + 0.885 \lg DW$	(5 000 ~ 100 000 DW)
	$\lg NG = -0.454 + 0.975 \lg DW$	(500 ~ 5 000 DW)
	$\lg NG = 0.475 + 0.764 \lg DW$	(5 000 ~ 100 000 DW)
油 船	$\lg GT = 0.103 + 0.935 \lg DW$	(500 ~ 5 000 DW)
	$\lg GT = 0.141 + 0.919 \lg DW$	(5 000 ~ 150 000 DW)
	$\lg NT = 0.001 + 0.982 \lg DW$	(500 ~ 5 000 DW)
	$\lg NT = -0.446 + 1.002 \lg DW$	(5 000 ~ 150 000 DW)

我国港口工程技术规范(1987)JTJ211-87 推荐的设计船型尺度如下列各表所示:

表 22-1-2 设计船型尺度表

类 别	船舶吨级 DWT(t)	总长 $L(m)$	型宽 $B(m)$	型深 $H(m)$	满载吃水 $T(m)$
杂货船	1000(1000 ~ 1500)	65	11	5.3	4.4
	2000(1501 ~ 2500)	75	12	6.8	5.2
	3000(2501 ~ 4500)	97	15	7.9	6.1
	5000(4501 ~ 7500)	112	17	9.2	7.0
	10000(7501 ~ 11500)	153	20	11.8	8.8
	15000(11501 ~ 16500)	162	22	13.8	9.8
	20000(16501 ~ 22000)	175	24	14.4	10.4
散货船	10000(7501 ~ 12500)	150	20	11.0	8.5
	15000(12501 ~ 17500)	157	21	12.3	9.3
	20000(17501 ~ 22500)	170	23	13.4	10.0
	30000(22501 ~ 35000)	190	26	14.6	10.8
	40000(35001 ~ 45000)	205	29	16.2	11.8
	50000(45001 ~ 65000)	230	32	17.5	12.7
	70000(65001 ~ 75000)	253	35	19.3	13.8
	100000(75001 ~ 105000)	260	39	21.4	15.2
	120000(105001 ~ 135000)	269	42	24.2	17.0
	150000(135001 ~ 175000)	300	46	25.9	18.1
	200000(175001 ~ 225000)	322	50	27.3	19.0
油船	1000(1000 ~ 1500)	68	10	5.3	4.3
	2000(1501 ~ 2500)	75	12	6.8	5.3
	3000(2501 ~ 4500)	100	14	7.5	5.7
	5000(4501 ~ 7500)	110	15	9.0	6.5
	10000(7501 ~ 12500)	150	20	11.4	9.0
	20000(12501 ~ 27500)	182	25	13.0	10.0
	30000(27501 ~ 45000)	212	29	15.4	11.4
	50000(45001 ~ 65000)	235	32	17.4	12.6
	80000(65001 ~ 85000)	250	38	19.0	13.6
	100000(85001 ~ 105000)	268	39	21.2	15.2
	120000(105001 ~ 135000)	279	42	23.1	16.9
	150000(135001 ~ 175000)	294	46	24.0	17.7
	200000(175001 ~ 215000)	326	50	25.6	19.1
	225000(215001 ~ 235000)	329	52	27.2	20.5
	250000(235001 ~ 275000)	346	54	27.6	20.8
	300000(275001 ~ 375000)	358	56	29.4	22.4

表 22-1-3 全集装箱船设计船型尺度

船舶吨级 DWT(t)	设计船型尺度				载箱量 TEU(只)
	总长 $L(m)$	型宽 $B(m)$	型深 $H(m)$	满载吃水 $T(m)$	
4000(1000 ~ 5000)	105	16	8.0	5.8	≤ 200
10000(5001 ~ 12000)	152	22	12.8	8.8	201 ~ 500
15000(12001 ~ 17500)	197	25	15.8	9.8	501 ~ 900
25000(17501 ~ 27500)	217	30	18.9	10.7	901 ~ 1500
30000(27501 ~ 32500)	237	31	20.0	11.5	1501 ~ 1800
35000(32501 ~ 37500)	260	32	21.0	12.0	1801 ~ 2100

表 22-1-4 集装箱船船型尺度

载重吨 DWT(t)	全长 $LOA(m)$	型宽 $B(m)$	吃水 $T(m)$	型深 $D(m)$	载箱量 TEU(只)
10000	162	23.0	7.5	12.0	588
15000	195	26.0	9.0	14.0	882
20000	220	27.7	10.0	15.3	1176
25000	235	29.0	10.8	16.5	1470
30000	253	30.0	11.7	17.0	1765
35000	265	31.0	12.2	18.2	2058
40000	280	31.9	12.5	19.0	2353
45000	283	32.7	12.7	19.5	2647
50000	285	33.5	12.8	20.0	2941

$$L/B = 6 + 0.0085L$$

$$B/T = 3.58$$

$$L/D = 12 + 0.0075L$$

$$DISP = 0.55LBT$$

$$DWT = 0.63DISP$$

$$TEU = DWT/17$$

表 22-1-5 滚装船船型尺度

载重吨 DWT(t)	全长 $L(m)$	型宽 $B(m)$	吃水 $T(m)$	型深 $D(m)$	排水吨 DISP(t)
5000	138	19.4	6.0	13.8	8855
10000	173	25.3	8.6	17.3	20703
15000	188	28.7	9.7	18.8	28786
20000	214	31.0	10.0	21.4	36487

$$L/B = 6.7$$

$$B/T = 3.2$$

$$L/D = 10$$

$$\text{DISP} = 0.55\text{LBT}$$

$$\text{DWT} = 0.53\text{DISP}$$

表 22-1-6 件杂货船船型尺度

载重吨 DWT(t)	全长 L(m)	型宽 B(m)	吃水 T(m)	型深 D(m)	排水吨 DISP(t)
10 000	145	21.9	8.1	11.6	15 000
15 000	173	25.7	9.7	13.6	22 200
20 000	192	28.3	10.8	14.9	28 500
25 000	208	30.5	11.8	15.9	34 500
30 000	222	32.3	12.6	16.8	40 000

$$L/B = 6.2 + 0.003L$$

$$B/T = 3 - 0.002L$$

$$L/D = 11 + 0.01L$$

$$\text{DISP} = 0.55\text{LBT}$$

$$\text{DWT} = (0.6 + 0.005\text{DISP}/1\,000)\text{DISP}$$

表 22-1-7 矿石船船型尺度

载重吨 DWT(t)	全长 L(m)	型宽 B(m)	型深 D(m)	吃水 T(m)	排水吨 DISP(t)
25 000	105	25.3	12.5	10.3	25 900
50 000	135	31.3	16.3	13.1	53 723
75 000	150	35.0	18.3	15.0	74 939
100 000	160	37.5	19.5	15.6	91 260
125 000	* 140	40.0	20.3	16.0	107 671
150 000	173	49.2	20.5	17.4	136 100
175 000	174	49.9	20.8	17.4	140 868
200 000	175	49.9	20.8	17.5	141 676

$$L/B = 5 + 0.007L$$

$$B/T = 2.4$$

$$L/D = 11 + 0.008L$$

$$\text{DISP} = 0.78\text{LBT}$$

$$\text{DWT} = (0.71 + 0.00125\text{DISP}/1\,000)\text{DISP}$$

表 22-1-8 散粮船船型尺度

载重吨 DWT(t)	全长 L(m)	型宽 B(m)	吃水 T(m)	型深 D(m)	排水吨 DISP(t)
25 000	162.5	25.75	9.0	12.5	35 000
50 000	215.0	32.0	12.25	17.2	67 300

(续表)

载重吨 DWT(t)	全长 L(m)	型宽 B(m)	吃水 T(m)	型深 D(m)	排水吨 DISP(t)
75 000	240.0	36.0	14.3	19.7	97 000
100 000	275.0	42.0	15.0	20.6	124 000
125 000	285.0	44.8	16.0	22.1	149 000
150 000	290.0	44.5	16.25	22.4	173 000
175 000	295.0	45.5	16.25	22.5	203 000
200 000	298.0	46.2	16.25	22.5	230 000

$$L/B = 5.5 + 0.005L$$
$$B/T = 2.8$$
$$L/D = 11 + 0.008L$$
$$DISP = 0.78LBT$$
$$DWT = (0.71 + 0.00125DISP/1000)DISP$$

表 22-1-9 油船船型尺度

载重吨 DWT(t)	全长 L(m)	型宽 B(m)	吃水 T(m)	型深 D(m)	排水吨 DISP(t)
25 000	170	22.5	11.0	13.0	31 000
50 000	215	29.5	14.0	17.2	61 000
75 000	245	33.5	15.7	19.2	90 000
100 000	265	36.5	17.7	20.7	119 000
125 000	277	38.5	18.2	21.5	152 000
150 000	285	40.0	19.5	22.0	180 000
175 000	293	40.7	19.8	22.2	210 000
200 000	299	41.0	20.0	22.5	235 000

$$L/B = B/T = L/D = DISP$$
$$DWT = (0.76 + 0.0004DISP/1000)DISP$$

1987 年国际航运会议常设委员会提出的集装箱船尺度见表 22-1-10。

表 22-1-10 集装箱船船型尺度

船 型	载箱量 TEU (只)	基本尺度(m) 长×宽×满载吃水	船 型	载箱量 TEU (只)	基本尺度(m) 长×宽×满载吃水
短 途	150	85×13.0×5.0	第 四 代	4250	290×32.2×11.6
第 二 代	1500	210×30.5×10.5	未 来 型	≥5000	320×39.6×13.0
第 三 代	3000	285×32.2×11.6	集装箱散货船	1500	235×32.2×12.85

二、船舶进出港及分布模式

表 22-1-11 船舶桅杆高度参考值

油 船		一 般 货 船		客 船	
载重吨(t)	桅 高(m)	载重吨(t)	桅 高(m)	总 吨(t)	桅 高(m)
10 000	35	700	18	500	19
15 000	37	1 000	20	1 000	21
20 000	39	2 000	25	3 000	27
30 000	42	3 000	29	5 000	30
40 000	44	5 000	34	10 000	34
50 000	46	10 000	43	20 000	45
70 000	48	15 000	44	30 000	53
100 000	54	20 000	45		
150 000	54	30 000	46		
200 000	57	40 000	46		
250 000	59	50 000	47		

注：均按空载考虑并自水面算起，摘自《港湾设施的设计》。

1. 船舶到港分布

船舶从进港到出港的过程如图 22-1-2 所示。大量统计表明，船舶到港分布是随机的，船舶在泊位上作业的泊位占用模式也是随机的。根据港口一年内每天到港船舶艘数，统计一天内到达 1 艘、2 艘、3 艘……的天数列于表 22-1-12，然后计算经验频率和平均到船率。

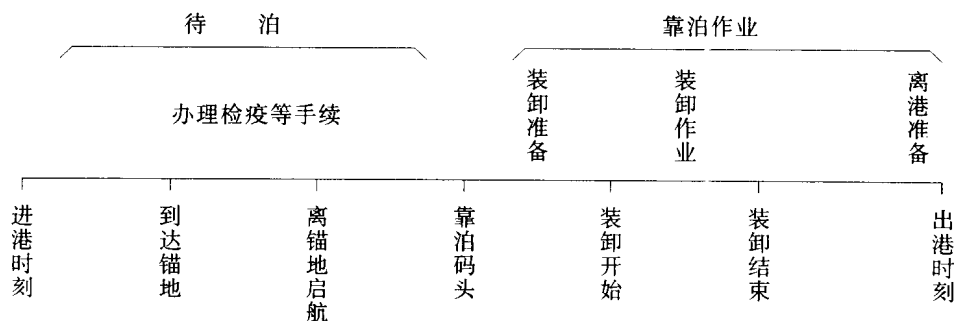


图 22-1-2 船舶在港过程

表 22-1-12 船舶到港的经验频率和理论频率

日到港船数 n_d		艘/d	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
经验频率		d	7	20	44	63	72	54	42	32	14	7	10	1	$\Sigma = 366$
		%	1.91	5.46	12.02	17.21	19.67	14.75	11.48	8.74	3.83	1.91	2.73	0.27	
平均到船率	到港船数	艘	0	20	88	189	288	270	252	224	112	63	100	11	$\Sigma = 1617$
	日均到船率 $\lambda = 1617/366 = 4.418$ 艘/d														
泊松分布 P_n		%	1.21	5.33	11.77	17.33	19.14	16.91	12.45	7.86	4.34	2.13	0.94	0.38	
$F_n = P_n \times 366$		d	4.43	19.51	43.08	63.43	70.05	61.89	45.57	28.77	15.88	7.80	3.44	1.39	