

405948

海 港 工 程

主 编 严 恺

副主编 梁其苟

海 洋 出 版 社

1996 年 · 北京

编委会名单

主 编	严 恺			
副主编	梁其荀			
编 委	丁宗炎	王汝凯	王守忠	刘永锈
	邱大洪	严 恺	周振球	金 镠
	洪承礼	梁其荀	曹祖德	薛鸿超 ^①
	谢世楞	顾民权		

^① 薛鸿超,河海大学教授,原水道及港口水工建筑系主任

前 言

现代世界海运航线网和众多港口形成于19世纪后期;但海港建设在欧洲可追溯到罗马帝国,甚至更早的腓尼基人,先后在地中海沿岸建立了一系列海港,如法洛斯、亚历山大、西顿、迦太基港等;我国则始于春秋战国时期,如建于渤海沿岸的碣石(秦皇岛附近)、转附(芝罘附近)和黄海沿岸的琅玕(古镇口附近)等港。此后港口建设经历了一个漫长的道路,直到19世纪蒸汽动力的应用和海运事业的发展,才把海港建设向前推进了一步。20世纪经过两次世界大战,为了满足军事和海运的要求,又一次推动、加速海港建设的发展。当前国际贸易货物中的99%通过海运,世界上有2300多个港口用于国际贸易,并要求海港建设向深水、大型、综合、自动化作业的方向发展。

我国既是一个大陆国家,又是一个海洋国家,东南面临太平洋的边缘。黄海、东海、南海和属于我国内海的渤海总面积约470万平方公里,除南海外,皆为陆架浅海,平均水深20~100米之间。大陆岸线全长约18000公里,若包括沿海6500多个岛屿,则岸线可达32000公里。长江、黄河、珠江等十余条主要河流,每年以16000亿立方米的径流量,挟带17.5亿吨泥沙入海,对我国海岸的生成和发展产生重大影响。中国海岸带地处热带、亚热带和温带三个气候带,属陆、海混合型季风气候,环境条件优越、物质资源丰富、经济发达、人口集中,是我国生产力最发达的地区,为兴建港口、发展海运事业提供了良好的环境条件和物质基础。

我国沿海港口建设,经过长时间的努力,已具备了相当规模,沿海主要港口的码头泊位已达960多个,其中万吨级以上泊位312个,年吞吐能力达到4.45亿吨(1990)。特别是自改革开放以来,中国的港口建设得到了迅速发展。近两个五年(1981至1990)计划期间建成的泊位数达340多个,港口泊位向大吨位和专业化方向发展,港口布局日趋合理,基本能适应近期经济发展的需要。通过建国以来40多年的建港工程实践,成长并壮大了一支具有理论基础和技术装备的筑港力量,特别是在淤泥质海岸建大型深水港口积累了一定理论知识和工程实践经验。

为了适应今后我国沿海地区经济发展和港口建设的需要,我们集合了长期从事海港建设生产工作的教授、教授级高工、总工程师组成编委会,编写这本《海港工程》,其内容力求反映中国海港工程建设的实际和成就,同时为了保持内容的系统性和完整性,书中也简略地介绍了海港工程这一学科的共性知识和基本理论。全书包括:绪论、海港工程环境条件、港口总平面布置、防波堤工程、码头工程、修造船工程和海港工程勘测与试验等七章。本书的内容范畴、编写提纲及分工撰写后的初稿,均经过编委数次讨论商榷,逐章多经数易其稿,并在统稿过程中对全书内容作了部分调整与适当压缩,最后由主编审阅定稿。由于我们水平有限,书中不足之处尚希读者指正。

本书正文叙述中的计量单位仍延用中文,图表、公式中者多用国际符号,其中易于混淆者仍延用我国部、局所颁有关《设计规范》与《使用手册》的规定和符号,但行业习用的个别旧单位均注有对应的法定单位及其换算数据,以便于各层读者参考使用。

本书的编写与出版得到国家海洋局、中国港湾建设总公司、蛇口招商港湾工程公司、交通部水运规划设计院、第一、三、四航务工程勘察设计院和第一航务工程局的大力支持,在此一并致谢。

董 慎

1993年2月22日

目 次

第一章 绪 论

1.1 海港建设的重要意义	(1)
1.2 港口功能及其分类	(1)
1.2.1 港口功能	(1)
1.2.2 港口分类	(2)
1.3 港口的地理分布及其发展趋势	(3)
1.3.1 港口的地理分布	(3)
1.3.2 港口及其建设的发展趋势	(3)
1.4 中国沿海自然港址及其利用现状	(6)
1.4.1 沿海自然港址及其分布	(6)
1.4.2 中国海港建设的发展	(7)
1.4.3 中国海港工程技术进展	(8)
1.4.4 中国淤泥质海岸港口回淤研究的进展	(11)
1.4.5 中国沿海港口建设中存在的问题及其今后的发展	(12)
参考文献	(13)

第二章 海港工程环境条件

2.1 海岸特征	(15)
2.1.1 海岸类型多样	(15)
2.1.2 海岸线变化频繁	(16)
2.1.3 沿海气象、海况影响严峻	(20)
2.1.4 地震与海啸	(25)
2.2 气象要素	(26)
2.2.1 风	(26)
2.2.2 雨和暴雨	(30)
2.2.3 雾与能见度	(32)
2.3 波浪	(34)
2.3.1 波浪基础知识及其分类	(34)
2.3.2 波浪理论及其适用范围	(36)
2.3.3 海浪特征及其分布	(46)
2.3.4 波浪要素推算	(57)
2.3.5 沿海波浪传播变形及其要素的计算	(73)
2.4 潮汐与异常潮位	(101)
2.4.1 潮汐	(101)
2.4.2 风暴潮及其推算	(105)

2.4.3	波浪增水	(117)
2.5	近海流	(120)
2.5.1	近海流特征	(120)
2.5.2	潮流	(120)
2.5.3	近岸流	(123)
2.6	泥沙	(132)
2.6.1	概述	(132)
2.6.2	岸滩演变	(133)
2.6.3	沿岸区泥沙运动	(143)
2.7	河口水文	(155)
2.7.1	河口动力特征	(155)
2.7.2	河口潮位	(156)
2.7.3	河口水流	(158)
2.7.4	河口异重流	(159)
2.7.5	河口泥沙	(162)
2.7.6	河口淤积及其所受浚深水道的影响	(164)
	参考文献	(169)

第三章 港口总平面布置

3.1	概论	(173)
3.1.1	港口的组成	(173)
3.1.2	近代港口的发展趋势	(173)
3.2	船舶	(182)
3.2.1	船舶构造及船型	(183)
3.2.2	船舶的主尺度及特性	(187)
3.3	港址选择及总体设计中的有关因素	(190)
3.3.1	港口腹地	(190)
3.3.2	集疏运条件	(191)
3.3.3	港口性质、规模及船型	(192)
3.3.4	港址与城市之间的关系	(193)
3.3.5	港口的外协条件	(194)
3.3.6	港址与自然条件的关系	(194)
3.4	港口规模的确定	(199)
3.4.1	码头泊位数的计算	(199)
3.4.2	库场面积的计算	(208)
3.5	港口水域	(210)
3.5.1	各部分水域的功能及尺度	(210)
3.5.2	外堤布置及港内泊稳	(225)
3.6	港口陆域	(243)
3.6.1	码头布置的基本型式	(243)
3.6.2	码头装卸工艺	(248)
3.6.3	港口铁路及道路	(266)

3.7 港口建筑物与海岸演变的相互关系	(268)
3.7.1 稳定岸线和平衡岸线的平面形态	(268)
3.7.2 海工建筑物对岸线演变的影响	(271)
3.7.3 港口的减淤措施	(277)
3.8 工程实例	(278)
3.8.1 天津新港	(278)
3.8.2 连云港	(290)
3.8.3 大连港新港	(297)
3.8.4 石臼港	(305)
3.8.5 大连渔港	(311)
3.8.6 毛里塔尼亚友谊港	(319)
参考文献	(326)

第四章 防波堤工程

4.1 概论	(329)
4.1.1 防波堤的功能和分类	(329)
4.1.2 防波堤的设计条件和标准	(333)
4.2 防波堤的结构型式	(337)
4.2.1 斜坡式防波堤的结构型式	(337)
4.2.2 直立式防波堤的结构型式	(346)
4.2.3 混成式防波堤的结构型式	(355)
4.2.4 特种防波堤的结构型式	(357)
4.3 斜坡式防波堤	(359)
4.3.1 波浪与斜坡式防波堤的相互作用	(359)
4.3.2 斜坡堤护面块体重量的确定	(370)
4.3.3 斜坡堤的断面尺度及构造	(377)
4.3.4 斜坡堤的破坏及其原因分析	(382)
4.4 直立式防波堤	(386)
4.4.1 波浪与直立式防波堤的相互作用	(386)
4.4.2 直立堤的断面尺度及构造	(397)
4.4.3 直立堤的破坏及其原因分析	(403)
4.5 防波堤的优化设计和可靠度分析	(405)
4.5.1 斜坡堤的优化设计	(405)
4.5.2 直立堤的优化设计	(407)
4.5.3 直立堤的可靠度分析	(409)
4.5.4 斜坡堤的可靠度分析	(416)
参考文献	(418)

第五章 码头工程

5.1 码头的分类、荷载及结构型式	(420)
5.1.1 码头及其分类	(420)

5.1.2	码头荷载的分类及组合	(421)
5.1.3	码头结构型式的选择	(421)
5.2	重力式码头	(422)
5.2.1	重力式码头的特点及其类型	(422)
5.2.2	方块码头	(422)
5.2.3	扶壁式码头	(427)
5.2.4	沉箱码头	(429)
5.2.5	重力式码头的设计计算	(432)
5.3	高桩码头	(439)
5.3.1	结构特征及其优缺点	(439)
5.3.2	高桩码头的结构型式	(439)
5.3.3	高桩码头的设计步骤和结构布置	(442)
5.3.4	高桩码头的构造	(443)
5.3.5	高桩码头上部结构的计算	(445)
5.3.6	有前板桩的高桩码头的计算	(452)
5.3.7	高桩墩台的设计计算	(454)
5.3.8	高桩码头整体稳定性计算	(458)
5.3.9	高桩码头破损事故实例及防止途径	(459)
5.3.10	高桩码头的腐蚀与耐久性问题	(461)
5.4	板桩码头	(462)
5.4.1	板桩码头的优缺点与分类	(462)
5.4.2	板桩墙计算	(463)
5.4.3	锚碇结构计算	(472)
5.4.4	板桩墙用斜拉桩锚碇的计算	(474)
5.4.5	斜拉锚碇桩与板桩墙的连接方法和构造	(476)
5.4.6	钢板桩结构断面及材料强度的改进	(477)
5.4.7	U形板桩使用中的问题	(478)
5.5	码头的岸坡稳定计算	(481)
5.5.1	码头岸坡稳定的重要性及其技术关键	(481)
5.5.2	岸坡稳定的计算方法	(482)
5.5.3	土的抗剪强度指标的选定	(485)
5.5.4	加载岸坡的抗剪强度计算方法	(486)
5.5.5	允许安全系数的选取	(487)
5.6	靠船与系船设施	(488)
5.6.1	靠泊力的计算	(488)
5.6.2	防冲设备	(490)
5.6.3	柔性防冲簇桩	(495)
5.6.4	靠船墩	(495)
5.6.5	系船墩	(500)
5.7	集装箱码头	(502)
5.7.1	集装箱码头的特点	(502)
5.7.2	集装箱码头的建设工作	(502)

5.7.3	集装箱码头设施的规模	(503)
5.7.4	集装箱码头的装卸方式及其选择	(506)
5.7.5	集装箱码头上堆场所需面积计算	(507)
5.7.6	集装箱码头铺面结构设计	(510)
5.8	开敞式码头	(516)
5.8.1	概述	(516)
5.8.2	开敞式码头的平面设计	(518)
5.8.3	开敞式码头的结构型式	(523)
5.8.4	作用在开敞式桩基和墩柱码头上的波浪力	(529)
5.8.5	高桩码头梁板上的波浪上托力值	(534)
5.8.6	顶紧式防冲设备与预张力系泊系统	(537)
	参考文献	(538)

第六章 修造船工程

6.1	船台滑道	(540)
6.1.1	船台滑道的工艺型式	(540)
6.1.2	船台滑道的主尺度	(548)
6.1.3	作用于船台滑道的荷载	(558)
6.1.4	船台滑道的结构和计算	(565)
6.1.5	船台滑道的主要设备	(570)
6.2	船坞	(571)
6.2.1	船坞的分类和组成	(571)
6.2.2	船坞主要尺度的确定	(574)
6.2.3	坞室底板工艺荷载	(575)
6.2.4	引船系统	(580)
6.2.5	船坞设备	(581)
6.2.6	灌排水系统	(586)
6.2.7	动力和专用设施	(587)
6.2.8	坞室和坞口结构概述	(589)
6.2.9	坞室结构的设计	(593)
6.2.10	坞口结构	(615)
6.2.11	排水减压式船坞结构	(619)
6.2.12	锚拉式船坞结构	(622)
6.2.13	浮箱式船坞结构	(623)
6.2.14	围堰与基坑	(625)
6.2.15	温度应力	(629)
6.2.16	坞门	(637)
6.3	工程实例	(641)
6.3.1	大连 10 万吨半坞式造船台	(641)
6.3.2	重力式船坞	(644)
6.3.3	排水减压式船坞	(644)
6.3.4	锚拉船坞	(648)

参考文献	(651)
------	-------

第七章 海港工程勘测与试验

7.1 海港工程现场勘测	(653)
7.1.1 海港水文、气象观测	(653)
7.1.2 河口水文测验	(662)
7.1.3 水深、地形测量	(662)
7.1.4 地貌勘察	(665)
7.1.5 工程地质勘察	(668)
7.2 港口工程水工模型试验	(674)
7.2.1 模型试验内容	(674)
7.2.2 模型试验的理论基础	(674)
7.2.3 潮流模型试验	(676)
7.2.4 波浪模型试验	(677)
7.2.5 泥沙模型试验	(684)
7.3 港口工程数值模拟	(689)
7.3.1 概述	(689)
7.3.2 潮流数值模拟	(690)
7.3.3 波浪数值模拟	(696)
7.3.4 波浪影响下的潮流数值模拟	(698)
7.3.5 波浪、潮流作用下泥沙运动及地形演变的数值模拟	(701)
7.3.6 数值模拟的发展	(703)
7.4 海港工程现场实验	(706)
7.4.1 现场实验内容	(706)
7.4.2 原体实验站	(707)
参考文献	(712)

附录 本书中常用规范的全称、简称对照	(715)
--------------------	-------

第一章 绪 论^①

海港工程为沿海兴建水陆交通枢纽——海港所修建的各种工程设施。主要包括防波堤、码头、修造船建筑物、陆上装卸、储存、运输设施和进港航道、港池及水上导航设施等；它是海岸工程的重要组成部分^[1]。

1.1 海港建设的重要意义^{[1][2]}

现代世界海运线网和众多港口形成于 19 世纪后半期。海上运输船队由 1948 年的 2.9 万艘, 0.8 亿总吨(G. T), 增长到 1978 年的 6.9 万艘, 4.1 亿总吨, 且出现了 10 万、20 万吨级的散货船和 20 万、30 万甚至 56 万吨超级油轮等大型船舶。世界外贸年货运量从 1938 年的 4.7 亿吨增长到 1979 年的 37.6 亿吨^[3]。全世界的海运货运量超过其它运输方式的年总货运量之和, 未来世界的海运量也还在增长, 这是由于海运的特点所决定的。外贸运输基本上利用海运, 而保证海运系统正常运行的重要组成部分之一是海港。目前, 参与国际贸易的沿海港口有 2300 多个, 其中年吞吐量超过 1 亿吨的有鹿特丹港、神户港、新奥尔良港、纽约港、横滨港、上海港等^[4]。

在国际贸易货物中, 有 99% 是船舶运输的, 这必然导致港口建设的发展^[4]。现代港口的出现, 是人类社会现代化的标志之一, 它有力地推动了国际交往和世界经济的发展^[5]。我国提出对外开放政策后, 作为对外开放门户的海港, 对促进我国现代化建设将具有更为重要的作用。

1.2 港口功能及其分类^{[1][2]}

1.2.1 港口功能

港口是为船舶提供安全进出、停泊和进行装卸作业的场所。港口水域包括进港航道、港池和锚地等, 其各部分的控制水深称为港口水深, 是港口的重要标志之一。它表明港口条件和可接纳最大吨级船舶的基本限界。

港口是水陆运输的枢纽, 对外交往的门户, 在发展国内外贸易, 促进国际友好往来, 沟通城乡物资交流, 方便人们旅行等方面发挥着重要作用。

港口建设推动以港口为中心的水陆运输联接点地区性综合开发, 并对区域性经济发展有着深远影响。港口将会有效地促进: 外贸事业的发展; 临海工业的发展; 海滨旅游业的发展; 渔业的发展; 能源及港口电站建设以及对其所在城镇的发展起着重要作用。港口布局直接影响所

① 本章作者: 严 恺, 河海大学教授、名誉校长, 中国科学院院士, 中国工程院院士, 中国海洋工程学会理事长。
梁其荀, 国家海洋局研究员级高级工程师, 原科技司总工程师, 中国海洋工程学会常务理事。

在城镇功能区划布局,乃至城镇性质;城镇的建设与发展同时也促进港口的发展,充分反映“城以港兴,港为城用”的社会经济基本规律。世界著名的大城市有不少是港口城市,如香港、新加坡、纽约和上海等。

1.2.2 港口分类

通常按照港口的不同特征进行如下分类。

1. 按所在地理位置不同分类

(1)内河港 位于河流和运河沿岸的港口,简称河港,为内河船舶及客、货运输服务。如我国裕溪口港、汉口港、重庆港和徐州港、扬州港等。

(2)海岸港 位于开敞海滨或有掩护海湾的港口,为海上运输服务。如我国秦皇岛港、青岛港、湛江港,日本神户港、横滨港等。

(3)河口港 位于河口地区,既为海运服务又为河运服务,是海—河联运的枢纽港口。如上海港、黄埔港、鹿特丹港、汉堡港、伦敦港、新奥尔良港及圣彼得堡港等。

海岸港和河口港统称为海港。

2. 按主要用途的不同分类

(1)商港 为客、货运服务,也称贸易港,一般对水深和港内水域平稳要求较高,如我国天津港、大连港等。世界大港如鹿特丹、神户、横滨、新奥尔良、纽约和上海等港均属此类。

(2)工业港 为大型厂矿企业的专用码头,必须与厂矿企业靠近,我国称为业主码头。如上海宝钢码头、上海石化总厂陈山码头等。国外,特别是日本这类港口很多。

(3)军港 为舰艇补给、驻泊、训练、作战的专用港口,有天然防浪屏障或人工防浪设施,有建造和修理舰艇及海上部队进行全面保障的各种设施,辖有与海岸或河岸地段相毗联的水域。军港常位于港湾等形势险要的战略要地,主要用于海军基地。如俄国海参崴、法国土伦、美国珍珠港、意大利塔兰托以及我国旅顺港等,均为世界上有名的军港^[6]。

(4)渔港 专供渔船停泊,渔获物卸船、冷藏、加工、转运以及渔船获得生产、生活物资补给的基地;需要有足够的水域和较好的天然掩护条件,港内水域较平稳并尽量靠近渔场。如英国赫尔渔港、葡萄牙锡土巴尔渔港、我国大连渔港等。

(5)避风港 供船舶航行途中,或海上作业过程中躲避风暴并取得少量补给的港口,应尽量利用具有一定天然掩护条件的水域。

3. 按等级分类^[7]

将港口分为若干等级,目的是便于港口管理、营运和发展。在港口建设时,港口等级也是确定港口水工建筑物技术指标的依据。

日本根据港湾法将港口分为:1)特别重要港口,即对促进国际贸易具有特殊重要性的港口,全国有19个;2)重要港口,对国家具有重要作用的港口,全国有114个;3)地方性港口,即上述两种以外的港口,全国有927个;4)避风港,全国有35个^[35]。

前苏联按港口在国民经济中的作用将其分为:国际性的、国家性的、区域性的和地方性的港口;按吞吐量将港口分为5等,如表1.2.2.1所示。

我国港口等级划分,目前尚无明确的标准。

表 1.2.2.1 港口等级分类

等 级	吞 吐 量($\times 10^4$ t)
1	>2000
2	1000~2000
3	500~1000
4	100~500
5	<100

4. 按所建港口的港址自然条件不同分类^[6]

(1)天然港 自然形成的,具有船舶驻泊、停靠所必须的避风条件,有足够的水域面积和水深,底质适于锚泊的港湾。例如香港、旧金山、里约热内卢并称为世界三大天然港口^[8],东京港、安特卫普港、榆林港也属此类。

(2)人工港 经人工建筑防波堤,并开挖航道和港池而修建的港口。如法国的勒阿弗尔港、秘鲁的马塔腊尼港、埃及塞得港以及我国天津新港等。

实际上许多天然港口仍需不断加以人工改造以适应航运需要。

1.3 港口的地理分布及其发展趋势

1.3.1 港口的地理分布^[6]

世界港口的分布,在很大程度上取决于海岸的自然条件,地区经济的开发程度,地区所处的地理位置及其在海运和国际贸易中的地位。

从世界主要洋区看,大西洋的航运,贸易最为发达,占海上运输量的 70%,世界港口有 75%分布在大西洋沿岸,其余分布在太平洋和印度洋沿岸。

到 80 年代,英国已在 11450 公里的海岸线上建有 300 多个港口,其中主要从事对外贸易的港口 113 个(1985 年吞吐量 4.5 亿吨),平均约 40 公里就有一个港口^[9]。比利时的海岸线虽然只有 65 公里,但已有安特卫普、根特和泽布腊赫 3 个年吞吐量均超过 1000 万吨的港口。德国 70 年代初(1972)的港口码头岸线长达 109 公里^[4]。80 年代初(1981)美国拥有深水港口 189 个,分布在大西洋、海湾区和太平洋沿岸等处;供远洋船舶靠泊的深水码头 1456 座,计 2939 个泊位,码头岸线长达 2655 公里,约占美国岸线总长的 2%^{[10][11]}。日本海岸线长达 3 万公里,是世界上海岸线最长、港口最发达的国家之一,80 年代末拥有大小港口 1095 个,沿海岸线平均不到 30 公里就有一个港口^[35]。

1.3.2 港口及其建设的发展趋势

近年来,无论发达国家或发展中国家,港口建设事业都有了显著的发展。港口建设和建设的总趋势是:货流集中于大型港口;专业港口向大型综合性港口发展;港口建设从沿海向近海的深水发展;重视港口集疏运能力和仓储系统的建设;集装箱运输对港口扩建和新建提出了新的课题等。

1. 货流集中于大型港口^[12]

当前港口发展方向之一是货流集中于为数不多的大型港口。例如,在约有 300 个海港的法国,87%的货物是在 6 个主要港口装卸;在有 114 个海港的意大利,85%的货物是在 16 个港口装卸;日本有 35%的货物在 11 个港口装卸;在前苏联 90%的外贸运量集中于 28 个港口;在我国沿海港口吞吐量的 80%集中于八大港口。

在许多国家,拟定了发展大型港口与减少小港或是使小港成为接纳驳船的港口。在某些国家,例如日本,实行将许多港口联合成一个综合体的构想,综合体可以更有效地利用这些港口的条件。我国也强调大中小港口合理布局、组合配套以充分发挥投资效益。

2. 专业港口向大型综合性港口发展

为了充分利用水运优势,降低工业生产成本,确保原料和产品的及时运输,一些运量大的工业选在临近港口建厂,并在港内修建专用码头。世界大港鹿特丹、神户、马赛等港都布满了工矿企业码头^[13]。以鹿特丹港为例,1983 年吞吐量 2.32 亿吨,其组成为:

1)油港 0.75 亿吨;

2)成品油港 0.8 亿吨;

3)干散货港 0.8 亿吨(其中煤、矿各半);

4)件杂货港 0.38 亿吨;

5)集装箱港 0.38 亿吨,折合 230 万标准箱(TEU)。显然,鹿特丹港是由上述 5 个功能各不相同的高效专业性港口所组成的综合性港口^[14]。

不仅当代世界大港多属鹿特丹港类型的综合性港口。近年来,原明确规定为某些专业性的港口,也逐渐向综合性港口发展。突出的实例,如我国秦皇岛港、石臼港等。这是当代港口活力的必然产物,它可发挥港口的人、财、物最佳效率,取得尽可能多的经济效益,进行良性循环是港口发展的自然趋势^[13]。

3. 港口建设从沿海向近海的深水发展

国际上自 60 年代后期开始,由于世界石油及矿石、煤炭运输需要,出现了比 6 万载重吨(DWT)油轮可降低成本 1/3 与 1/2 的 25 万与 50 万载重吨的大型油轮^[15]。为了接纳大型船舶而在不少地方兴建了远岸“岛式码头”,如科威特港所建 32.6 万吨油码头,离岸 14.5 公里、水深 30.5 米^[38]。到 70 年代末,世界上有 36 个港口可接纳 20~25 万载重吨、吃水 18 米的船舶,15 个港口可接纳 30 万载重吨、吃水 24 米^①的船舶^[12]。

挪威航运科学研究院认为,80 年代吃水大于 24 米的油轮仅占其总数的 5%,而吃水 12~18 米的油轮则占 60%。运输大宗货和件杂货的船舶大致也是这个比例:吃水大于 18 米的船舶各占 7%和 3%,而吃水 12~15 米的船舶则各占 46%和 28%^[12]。

在 1985 年 26 届国际航运会议上有的专家认为,当前和近期国际煤炭海运主要为 8 万吨以下货船,始发于澳大利亚和南非远程航线的货轮为 8~15 万吨,将来可能发展到 16~20 万吨^[31]。

港口水域设计水深即使以船队中居多数的吃水 12~18 米船舶为依据,仍因船舶尺度和载重吨的增大,而导致一些已建港口必须改造加深或另辟深水港区或新建具有高效率设备和大型专业化开敞式深水码头。例如,安特卫普港将其原通行吃水 11.5 米船舶的进港航道,加深到

① 本章参考文献[12]中给出的吃水 28 米有误,应更正为 24 米。

通行吃水 14.5~15 米的 15~20 万载重吨的大型散货船^[33]；鹿特丹港新扩建的深水港区——欧罗港(图 3.1.2.8)，拥有一个 25 万吨(吃水 65 英尺)油轮港池及若干集装箱和散货船港池，三段进港航道增深到 23.5、22.5 和 21.5 米^[16]；青岛港 20 万吨油码头、石臼港 10 万吨煤码头及拉塔港 10 万吨矿石码头(图 3.1.2.11)等皆为开敞式深水码头。

为接纳巨型超级油轮(30~50 万吨)，不仅需要通过技术经济论证，有时还需改变“船舶适应港口”的海运惯例，而成为“港口适应船舶”的新趋向。此发展趋向包括装卸成品油码头和矿石码头，使“海运终点港”的范围大为发展。巨型超级油轮港已不是正常的港口，而是一个供吃水 24.5~33.5 米(80~110 英尺)的油轮系泊水域。这种港口多为建于天然港湾中的远岸“岛式码头”，亦即远离海岸的“靠泊平台”或“系泊浮筒”。例如，本节述及的科威特港 32.6 万吨油轮泊位为远岸顶升趸船平台，又如英国克莱特港水深 36.5 米，靠泊 30~50 万吨油轮，日本鹿儿岛港水深 35 米，靠泊 45 万吨油轮，美国加勒比海库拉索岛 50 万吨级油轮泊位的码头前沿水深 31 米；后者如黎巴嫩西顿港的外海系泊设施(图 3.1.2.9)^{[12][16][38]}。

4. 重视港口集疏运能力和仓储系统建设

迅速集中和疏散货物的主要措施是大力发挥水、陆、空综合运输的潜力。除港区本身建有伸向每个泊位的交通网外，港区外应有水路、铁路、公路和航空线与国内外联运。如安特卫普港近一半货物是由河船集散的；马赛港 4000 吨的顶推船队可经阿尔—布克运河进入罗纳河、莱茵河和多瑙河集散货物；纽约港除建有 13 条铁路干线和密集的公路网外，港内尚配备 4000 多艘拖驳船，以充分利用内河疏运^[13]；鹿特丹港除拥有相当大的综合疏运能力外，还建有完善的仓储系统，诸如物资调运仓库、公共仓库、专供迅速应付市场供求变化的存货仓库和世界最大的保税仓库。货主可利用这些集散设施，把货物在一两天内送到欧洲以及中东和非洲各地。近年来，我国也重视港口综合集疏能力设施和完善的仓储系统的建设工作^[12]。

表 1.3.2.1 集装箱船尺度的趋势^[36]

集装箱船	主要尺寸	总长 (m)	宽 (m)	吃水 (m)	标准箱容量 (箱)
第一代：					
	换算成干货船(1960 以前)	140	23	<9	<1000
	换算成油轮(1960~1970)	190	27	9	1000
第二代：					
	格舱式集装箱船 (1970~1980)	210	27	10	2000
第三代：					
	格舱式集装箱船 Panamax 级(1980~1990)	260	32	11.5	3000
	伊康船(Econship) Panamax 级(1985)	290	32	11.5	4000
第四代：					
	超 Panamax 级 (1988~2000)	270~300	41	11.5	4000~5000

注：选自 John Barker, Dock & Harbour Authority No. 824, 1991 年 1 月。

5. 集装箱运输对港口改造和新建带来的问题^{[17][33]}

目前，美、加、澳、日及西欧等发达国家和地区已经实现了件杂货运输集装箱化；前苏联、东欧及一些发展中国家正在迅速发展；我国和大多数发展中国家正在积极推广，由于集装箱运输

的发展,件杂货的装卸效率大大提高,泊位年通过能力可由 25 万吨增至 100 万吨。集装箱运输的发展迅速出现吊装和滚装集装箱专用船并规定了标准集装箱的尺度(20 英尺和 40 英尺长)。自 60 年代以来,国际通用集装箱运输已经历了四代。这期间,在集装箱船载箱能力又不断提高的同时,其运输特点也有所改变。当前大型集装箱船仅挂靠少数中心港口,然后通过支线、卫星港口运输集散,以取得经济高效的成果。据集装箱运输成本和效益预测,在 2000 年末将有载箱量 5000TEU 的超巴拿马型集装箱船投入营运,如表 1.3.2.1 所示。

能够接纳这种大型集装箱船并在最短时间内周转的码头才是优良的码头。此大型船舶快速周转的压力对接纳港口的概念为:具有不受潮汐限制的进港航道和码头前沿靠泊水深;每周 7 天,每天 24 小时的工作日;具有集装箱高度转换水平的设施;适于快速装卸,每船使用 3 台、4 台甚至 5 台码头起重机;改进船舶的停靠计划以增加码头投资利用。这就是对已建港口和新建港口时所提出需要考虑的问题^[36]。

例如,日本的集装箱码头设计水深大多采用 12 米,现在对 11 个外资集装箱港口中的 92 个泊位,都将逐步改造到 13 米以上水深。美国港口航道和码头水深一般也多为 12 米,而现在也计划增深,如新奥尔良港的密西西比河西南航道水深,从 12 米增深到 16.8 米的工可研报告已完成。有的河口港开辟或维护深水航道难度很大,多在河口外寻找深水外港。鹿特丹港就在莱茵河口三角洲沿岸新建水深达 16 米的集装箱码头,其年吞吐量为 200 万 TEU。上海港也曾在长江口外金山嘴等岸段选取外港港址^[33]。

建设外港的目的主要是为了解决水深不足的矛盾,它是港区的延伸。

1.4 中国沿海自然港址及其利用现况

1.4.1 沿海自然港址及其分布^{[18][19]}

我国沿海岸线漫长曲折,沿海岛屿星罗棋布,分布着大小港湾 100 多个,有总长 400 多公里的深水岸段,绝大多数地区常年不冻,除邻近河口地区外,大都无泥沙淤积问题或淤积很少,基本具备建港条件。此外,还有长江、珠江、闽江、辽河、瓯江、甬江、韩江等数十条大、中河流分散注入沿海四个海区。这些河流的河口地区也多具有一定的建港条件,有的河口岸段还可建大、中型港口。经过多年勘察、沿海港址普查以及历时 6 年(1980~1985)的全国海岸带综合调查,据初步统计,可供建中级泊位以上的港址约 160 多处,其中可供建万吨级以上的深水泊位者有 40 余处,可供建 10 万吨级以上泊位者有 10 余处。

我国沿海自然港址的分布是不均匀的。总的说来,优良的港湾与宜于建港的深水岸段多分布在基岩海岸,如大连湾、龙口砬姆岛、胶州湾、金塘水道南岸、乐清湾大麦屿、三都沃、罗源湾、湄州湾、拓林湾、大鹏湾、广州湾等。其次是砂(砾)质海岸,如河北王滩、广西北海、海南八所、洋浦等。淤泥质海岸一般岸线平直,滩宽坡缓,泥沙活跃,自然港址贫乏;但这里的大河河口地区的深槽岸段,在结合通海水道拦门沙整治后,仍可能为大、中型深水港口找到优良港址,如上海港、黄埔港、营口港等就是淤泥质海岸河口港的典型实例。这又对我国沿海不同类型海岸上港址数量分布不均起到了自然调整作用,并使其为满足我国沿海经济发展,大中型港口建设与合理布局提供了良好条件。

1.4.2 中国海港建设的发展

建国 40 多年来,我国沿海港口建设取得显著成就,港口面貌发生了巨大变化^[22]。

1. 海港建设的基本情况

建国初期,我国沿海只有 6 个主要港口,泊位 233 个,其中万吨级深水泊位 61 个,年吞吐量 1000 多万吨^{[19][20]}。

40 年来,随着国民经济建设和对外贸易的发展,对沿海港口进行了大规模的改造和扩建。“六五”(1981~1985)期间是建国以来沿海港口建设较快的时期,5 年中在大连、营口、秦皇岛、天津、烟台、青岛、石臼、连云港、南通、张家港、上海、宁波、厦门、汕头、黄埔、湛江、北海、防城等 19 个港口建成万吨级以上深水泊位 54 个,中级泊位 25 个,新增吞吐能力 1 亿多吨。到 1985 年底我国沿海主要港口深水泊位已达 199 个,中级泊位 156 个,港口吞吐能力达到 3.17 亿吨;这时我国沿海分布有大、中、小型港口 135 个,其中年吞吐能力在 50 万吨以上的港口 36 个,年吞吐能力在 500 万吨以上的港口 11 个,能接纳万吨级以上船舶的港口 21 个,其分布概况见图 1.4.2.1^{[18][19][20][21]}。

“七五”(1986~1990)期间继续建成万吨级以上深水泊位 96 个,中级泊位 90 个,增加吞吐能力 1.38 亿吨^{[37][40]}。到 1990 年底,沿海主要港口泊位总数达到 960 多个,其中深水泊位 312 个,港口吞吐能力达到约 4.45 亿吨^[40]。

2. 建成了一批大型高效率的专业化码头

我国海港建设的发展和成就,不仅反映在上述深水泊位数量和吞吐能力的增加,而且也反映到在沿海港口建成了一批大型、高效率的专业化码头。如 20 万、10 万和 5 万吨级的原油码头,10 万和 5 万吨级煤炭和矿石码头,3 万吨级自卸船煤码头和散粮码头等,大大提高了港口技术装备的现代化水平和通过能力^[22]。

例如,秦皇岛港建有 10 万、5 万、3.5 万和 1.5 万吨煤炭泊位 10 个,装船机台时效率可达 6000 吨,堆、取料机台时效率亦达 4860 吨和 6000 吨,翻车机可不摘车钩连续翻车,一次同时可翻三节车皮。秦皇岛港煤炭年装船能力可达 7000 万吨以上,不但是我国最大的煤炭输出港,在世界上也名列前茅^{[21][22][24]}。

此外,还建有大型现代化集装箱码头。为改变沿海港口件杂货装卸效率低的落后面貌,在天津、上海、黄埔三港建有 8 个现代化的全集装箱泊位,可接纳第三代集装箱船,码头前沿配备有 40.5 吨装卸桥、30.5 吨轮胎式龙门吊以及牵引车、底盘车和 16 吨叉车设备,采用电子计算机系统营运管理,新增吞吐能力 80 万 TEU,形成以此三港为重点的集装箱海运中心^[22]。

这些大型、高效率的专业化码头的大宗货物,几乎占全国各港货物装卸量的三分之二^[32]。

3. 开辟了一些新的港口和新的港区

新开辟的港口有:辽宁锦州港,河北唐山港、黄骅港,山东威海港、石臼港、岚山头港,福建肖厝港,深圳蛇口港、赤湾港、盐田港、珠海九州港、海南洋浦港等^{[22][40][41]}。

开辟的新港区有:丹东港大东和浪头港区,大连港和尚岛和大窑湾港区,营口港鲅鱼圈港区,秦皇岛港东港区,天津港东突堤港区,烟台港西港区,青岛港前湾港区,连云港庙岭港区,南通港狼山港区,上海港宝山、关港和朱家门港区,宁波港北仑和镇海港区,温州港龙湾港区,福州港马尾港区,厦门港东渡港区,广州港墩头基、洪圣沙和新沙港区,北海港石步山港区等^{[22][40][41]}。

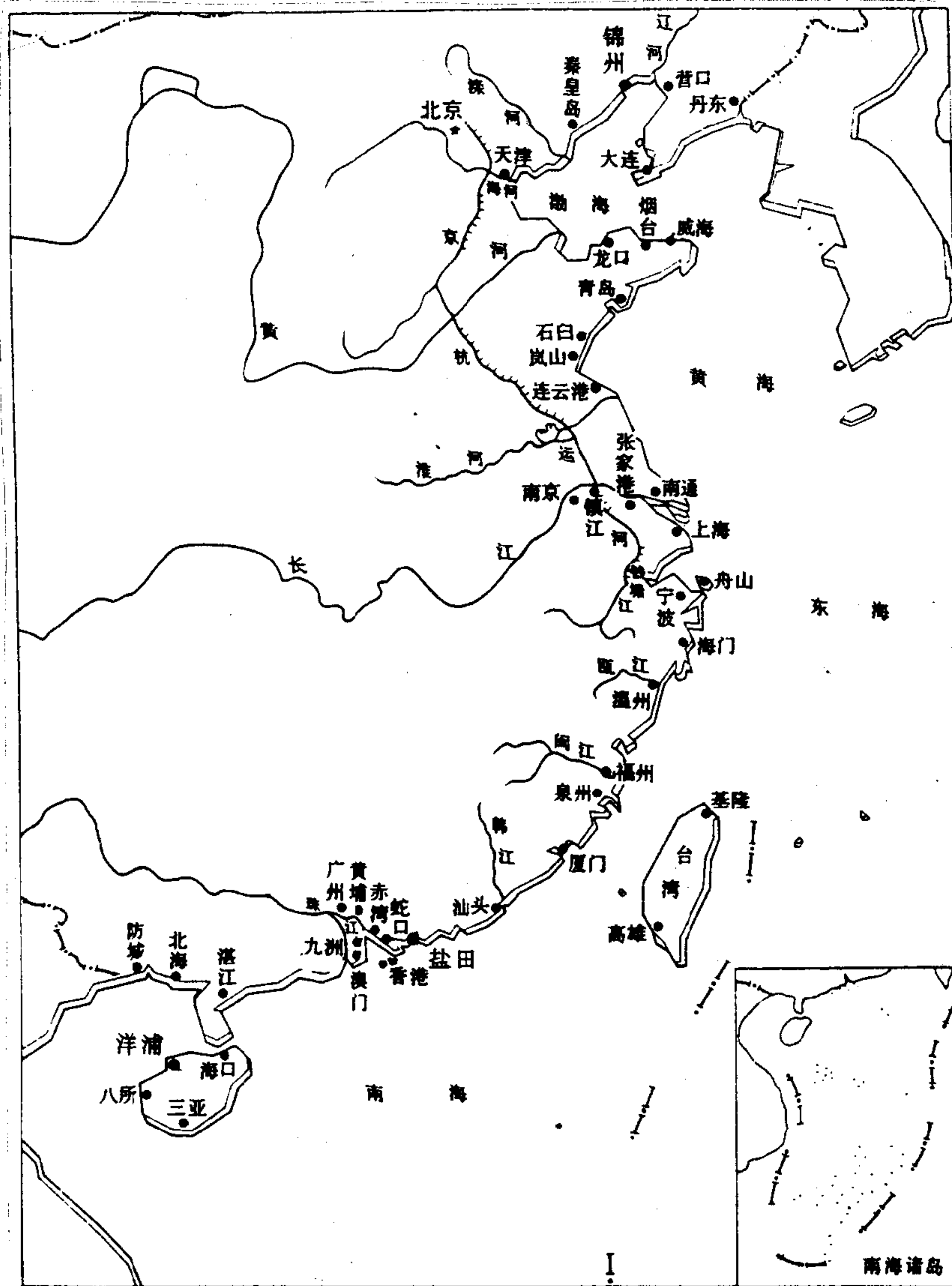


图 1.4.2.1 中国沿海主要港口分布图

这些新辟港口和新港区的开发建设,增加了沿海港口密度,改善了港口布局,并为这些港口今后的继续建设发展打下了基础。

此外,还扩建和新建了一批船厂及其水工建筑物,如已拥有万吨级以上的干船坞 18 座和浮坞 8 座,形成了自己的修造船工业体系^[23]。

1.4.3 中国海港工程技术进展^[25]

在港口选址方面,已广泛应用地貌学方法及分析手段判定泥沙运动方向、岸滩演变及建港后的淤积趋势,并逐步引进卫星遥感及¹⁴C、²¹⁰Pb、中子活化等新技术。在勘察技术方面,无线电及卫星定位仪、遥测波浪仪、红外测距仪、声波浅地层仪、实时处理式静力触探仪及薄壁取土器等装备已被广泛应用于生产。

我国传统的码头结构型式,除软基采用钢筋混凝土桩基梁板式、框架式和钢板桩直立岸壁