

天津滨海吹填土

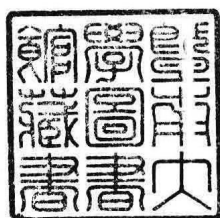
杜东菊 杨爱武 刘 举 等著
刘寒鹏 赵瑞斌 赵建军



科学出版社
www.sciencep.com

天津滨海吹填土

杜东菊 杨爱武 刘 举 等著
刘寒鹏 赵瑞斌 赵建军



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书结合天津滨海吹填造陆工程系统地介绍了国内外吹填造陆发展现状和吹填地基处理的新理论、新技术与新方法。以天津滨海吹填土及吹填场地基本特征为基础,通过大量的室内试验和现场测试对吹填土的结构性及结构强度的形成机理开展了深入的研究,对吹填土的微结构特征及其与宏观力学性质的关系、吹填土的固化技术、吹填土快速结壳技术等进行了介绍。

本书可供地质工程及土木工程领域的设计、施工、科研、管理人员和高等院校相关专业师生参考。

图书在版编目(CIP)数据

天津滨海吹填土/杜东菊等著. —北京:科学出版社, 2010

ISBN 978-7-03-029376-3

I. ①天… II. ①杜… III. ①填海造地:吹填造地-地基处理-天津市
IV. ①TU98

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 210782 号

责任编辑:胡晓春 孙燕冬 / 责任校对:何晨琛

责任印制:钱玉芬 / 封面设计:王 浩

科学出版社出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码: 100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2010 年 11 月第 一 版 开本: 787×1092 1/16

2010 年 11 月第一次印刷 印张: 12 1/4 插页: 2

印数: 1—1 200 字数: 290 000

定价: 58.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换〈科印〉)

序

围海造陆是当今开发土地资源、疏浚航道、清洁近海水域环境的有效途径。我国海域辽阔，滩涂资源丰富，有丰富的入海泥沙和悠久的保滩促淤围垦历史。

天津滨海新区位于天津市东部，为环渤海经济圈的中心地带，是继中国珠江三角洲、长江三角洲后的中国经济第三发展极，是国家区域经济发展战略的重要组成部分。

天津滨海地区第四纪以来经历了5次海陆变迁，在距今6000年左右才海退成陆，间歇式的海退遗留下闻名于世的四道贝壳堤。区内河流及黄河3次北迁在该区沉积了大量泥沙，为天津滨海地区吹填造陆提供了丰富的泥沙物源。现今滨海新区正进行着规模宏大的吹填造陆工程。

自2000年起，天津城市建设学院岩土工程学科的一批教师在天津市科学技术委员会的支持下，结合天津滨海吹填造陆工程对天津吹填土开展了广泛而系统的研究，本专著即是他们研究成果的一部分。

本书以天津滨海新区吹填土的物质特征和结构特征为基础，对天津吹填土的物理力学特性和结构强度开展了深入的研究。在分析大量吹填场地勘察成果和对吹填土进行多手段原位测试（静探、扁铲、十字板、自钻式旁压、波速、地质雷达、面波等）的基础上，对天津滨海吹填场地工程特性进行了综合评价。以结构性和结构强度理论为指导，通过大型沉降柱、沉降槽试验与现场模拟实验，系统地研究了天津滨海吹填土结构特征、宏观力学行为与微结构变化之间的关系，提出了上覆压力、排水条件、时间效应是吹填土强度增长的三大主要影响因素，从本质上揭示了吹填土结构强度的形成与增长机制。

本书密切结合吹填场地工程需要，对吹填土固化机理、环境效应、经济造价、工程安全等进行了综合论述，提出了相应的土壤固化剂类型及固化技术。针对目前滨海新区处理吹填地基所遇到的实际问题开展了真空预压技术的改进与新工艺集成试验，提出了真空预压处理吹填地基的改进新技术——“表层直排快速成壳”技术。工程实践证实，此技术具有很强的应用价值和巨大的经济效益。

我国大陆海岸类型多种，天津滨海为典型淤泥质海岸，吹填物质具有自

身的显著特征,这一特征对吹填土强度形成及地基处理技术的优化起到关键性的作用。本书介绍的理论成果和提出的技术工艺可供同类工程借鉴。

全球变化是人类面临的严峻挑战。海洋是全球变化最活跃、最积极的因素,海岸带资源的开发更要重视环境保护,避免自然灾害的引发和加重。天津滨海地处渤海地壳现代沉降区,大面积吹填场地经土体固结沉降,地面标高的损失对防洪、防潮极为不利。减轻突发性自然灾害、吹填场地地面沉降和大面积厚层软土区的工程抗震都是该区重要的研究课题。

我国正兴起新一轮吹填造陆热潮,对这一难度高、投入大、影响广的工程领域,必将有更多的新理论和新技术出现。我欣喜地看到本书的研究成果,相信本书的出版将对我国的吹填造陆工程的发展起到积极的促进作用。

中国工程院院士

王恩敬

2010年1月

前 言

吹填造陆是当今世界各沿海国家及城市开发土地资源、扩大外贸经济、融入全球经济一体化的重大举措,也是清淤疏浚、清洁滨海水域环境的新途径。

我国海域辽阔,有长达 1.8 万 km 的海岸线,滩涂资源丰富,现有滩涂面积约 2.2 万 km²。泥沙是造陆的宝贵资源,我国有丰富的入海泥沙,年输沙量可达 20 亿 t (全国海岸带调查数字为 17.5 亿 t),约为全球入海泥沙总量的 1/10,这与我国的地质结构和地貌特征有密切关联,我国陆地西高东低,侵蚀模数在世界上居较高的水平。新中国成立以来,全国围海面积达到 1.2 万 km²。

天津滨海新区地处渤海之滨,居“九河下梢”、“扼海要冲”,有 153km 海岸线和 3000km² 海域。在距今约 8000 年的全新世中期以来,由于地壳缓慢下沉,海水入侵,区内河流及黄河携带大量泥沙沉积,形成以海积为主、河流冲积为辅的滨海平原,在广阔的天津滨海海岸沉积了丰富的泥沙资源。天津滨海地区是典型的海陆交互相——滨海沉积软土地区,形成了以塘沽海河口为中心的现代沉降区,蜿蜒的海岸、巨厚的淤泥质河口沉积,造就了天津滨海特殊的岩土工程环境,为滨海新区吹填造陆提供了优良的自然条件。

加快推进天津滨海新区开发开放是新世纪新阶段党中央、国务院从我国经济社会发展全局出发做出的重要战略部署。自改革开放以来,天津滨海新区发生了巨大的变化,已成为中国北方发展最快的地区之一。目前,滨海新区按照“一核双港、九区支撑、龙头带动”的发展策略快速发展。天津有悠久的吹填造陆历史,自 1897 年中国第一家专业疏浚机构——海河工程局(中国交通建设股份有限公司天津航道局有限公司的前身)成立,拉开了中国疏浚产业发展的序幕,相继在天津滨海及市区海河沿岸进行了多期不同规模的吹填造陆工程。

近年,随着滨海新区的发展,吹填造陆已成为新区开发土地资源的主要途径,先后在临港工业区、东疆港、南疆港扩容区、中新生态城、南港区等进行了大规模的吹填造陆工程,已完成吹填造陆数百平方公里。按滨海新区的发展策略,九大功能区中临海的五大功能区,均要通过不同规模的吹填造陆获取土地资源。现今天津滨海新区正进行着我国最大规模的吹填造陆工程,也是世界瞩目的围海造陆工程。

(1) 吹填土是人工参与制造的一种特殊土,吹填土体的工程性质既取决于吹填物质成分,也与吹填地基处理技术方法密切相关。而吹填物质基本特征很大程度上限定甚至决定了地基处理技术方法,因地制宜、经济有效是吹填地基处理的基本原则,所以不同地区选择不同处理技术。天津滨海新区为典型的淤泥质海岸,吹填物质中黏土矿物所占比例高达 50%以上,并以伊利石、伊蒙混层为主,这是在我国东部沿海地区吹填造陆中比较特殊的吹填物源。深入开展对吹填土基本特征的研究,对吹填土体强度形成机

理、强度的增长机制以及地基处理技术方法的选择和技术创新具有重要的意义。

(2) 结构性是软土的基本特征,更是吹填土的显著特征。土的结构性是决定各类土体物理力学特性最根本的内在因素。吹填过程、吹填地基处理过程直到吹填工程场地整个使用过程,即吹填土结构强度产生、形成和不断加强的过程。以结构性特征为主体开展对天津滨海新区吹填土结构强度的研究,从根本上揭示出吹填造陆工程中由泥浆到吹填土体强度的形成和不断增强的内在本质。

(3) 围海造陆一般是在有一定水深的浅海滩涂上,通过人工而造成陆地。该陆地上部为人工吹填土层,下部为原浅海滩涂堆积层。天津吹填造陆区,下部多为巨厚的河口及全新统海陆交互相沉积,岩性多以黏土、粉土为主,由于沉积时间短、含水量高,多为高压缩性的软土。目前天津对吹填地基处理几乎完全采用真空预压技术,按目前处理后的场地工程地质性质,在垂直剖面上,大体表层至一定深度为“实效层”,即土体工程性质得到实质性改善的硬壳层;再向下为“过渡层”,该层土体工程性质有一定改善,但不均匀,未能形成工程性质相同或相近的层状土体;再向深处逐渐到“无效层”,该层也可能在真空预压过程中出现瞬间孔隙水压力变化,但很快恢复,对土体性质改善没有任何实际意义。其中,“过渡层”和“无效层”之间的分界是由多种因素共同决定的,而且是渐变的。吹填场地工程地质特征是非常复杂的,它既不同于天然地基,又有别于人工换填的地基。加强吹填场地研究对工程安全运营和工后不良工程影响有十分重要的意义,特别是加强综合性现场原位测试,为工程设计及施工提供客观科学的依据。

(4) 随着天津滨海新区发展建设对土地资源的迫切需求,吹填场地由高滩向低滩深部推进,传统的真空预压处理技术已无法满足现在工程的需要。其一,由于已往处理方法需要经过自然沉积固结2~3年,表层形成具有一定承载力硬壳后,才能使用机械进行地基处理,无法满足新区快速发展要求;其二,天津缺乏真空预压处理方法中设置水平排水层所需的砂源。因此,随着吹填不断向深水推进,传统的真空预压方法已经无法适应实际的工程需要,所以,真空预压方法的改进和创新已成为亟待解决的问题。

深入研究天津滨海吹填土自身性状、吹填场地工程特征、吹填土结构强度增长机制,对吹填地基处理技术优化和新技术开发具有重要意义。对天津滨海吹填土的系统研究已成为加快滨海新区建设、改善投资环境、科学合理利用和开发土地资源的重要研究课题。

自1999年起,天津城市建设学院以天津市岩土工程重点学科和天津市软土特性与工程环境重点实验室为依托,采用院(中国科学院)地(天津市)的合作方式,在天津市科学技术委员会的支持下,在中国科学院地质与地球物理研究所王思敬院士的指导下,对天津滨海软土工程特性及地基处理技术开展了系统的研究工作。先后完成天津市科学技术委员会自然基金项目“滨海新区软土微结构与地基处理新技术研究”(项目编号:023607411)、天津市科学技术委员会社会发展重点项目“天津吹填土固化机理及快速结壳技术”(项目编号:04311381),取得了一系列重要的研究成果。本书是对该部分研究成果的系统总结和深化,主要成果概括为六方面:①通过多种先进仪器和方法对天津吹填土的性状分析测试表明,天津滨海吹填土具有颗粒细、黏土矿物多、渗透系数极小的特征,这一显著特征对天津吹填土强度形成及地基处理技术的优化和开发起到决定

性作用。②通过对天津滨海吹填场地勘察、多手段原位测试、结合区内资料综合分析以及依据真空预压处理效果将吹填土在垂直剖面上由上至下划分为：实效层、过渡层、无效层，并进行了相应工程效应评价。③通过对天津吹填土灵敏度试验、压缩试验、剪切试验及十字板剪切试验证实，天津滨海吹填土是一种高灵敏度强结构性土。通过对吹填土压缩、剪切过程中微结构变化规律的系统研究，建立了微结构参数与宏观力学行为的关系。④通过沉降柱、沉降槽试验对吹填土泌水沉淀、自重固结过程中结构强度的生成与增长机制研究，提出上覆压力、排水条件、时间效应是吹填土强度增长的三大主要影响因素，并开展了吹填土固化技术试验与工程实践。⑤通过试验场大型实验，开展了真空度、排水板间距、堆载、水平排水层厚度、排水层替代材料对真空预压效果的影响试验研究。⑥提出了真空预压处理吹填地基的改进新技术——“表层直排快速成壳”技术。工程实践证实此技术具有较强的应用价值和巨大的经济效益。

参加本书编著和课题研究的人员有：杜东菊、杨爱武、刘举、刘寒鹏、赵瑞斌、赵建军、胡建平、孙铁、李晓茹、李忠良、成玉祥、费学宁、杨宝珠、卢力强、张宏。天津城市建设学院研究生韩飞、王江宏、王春波、卢广宁、欧阳惠敏、张冬、陈凤飞等参加了本研究工作。本书在研究报告的基础上，由杜东菊教授统编并最后定稿。

在本书编写和出版过程中，中国工程院王思敬院士给予了精心的指导，并为本书作序。天津市科学技术委员会李家俊主任、吴挺处长、贾堤处长、王丛重处长对本书出版给予了大力支持。天津城市建设学院朱世和院长、王建廷副院长及有关部门，特别是学院科研处、土木工程系提供了大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢。

石油部北京测试中心、南开大学测试中心、天津滨海新区建设投资集团有限公司、天津临港工业区等单位为课题分析测试及现场实验给予了热诚支持和大力帮助，在此表示感谢。

最后，对参阅文献的作者和相关网站，致以衷心的感谢。

目 录

序

前言

第 1 章 概述	1
1.1 天津滨海吹填造陆工程	1
1.2 吹填造陆国内外发展现状	2
1.2.1 吹填造陆工程国内外发展现状	2
1.2.2 吹填地基处理理论与处理技术的发展	6
1.3 天津滨海吹填土研究方法	11
1.3.1 研究内容	11
1.3.2 技术路线	12
1.4 天津滨海吹填土研究成果	12
1.4.1 主要成果	12
1.4.2 主要创新点	14
第 2 章 天津滨海新区吹填土及吹填场地基本特征	15
2.1 吹填场地自然条件、自然环境	15
2.1.1 天津新港	15
2.1.2 临港工业区	18
2.2 吹填土的组成	18
2.2.1 吹填土的粒度组成及沉积分选性分析	18
2.2.2 沉积物矿物成分	21
2.2.3 沉积物化学成分	23
2.2.4 吹填土比表面积及孔径测试	26
2.3 吹填场地地层结构及工程特征	26
2.3.1 吹填场地地层结构	26
2.3.2 吹填场地土体颗粒构成	28
2.3.3 吹填场地土层的基本物理力学特征	29
2.4 吹填场地地基土工程特性原位测试试验	30
2.4.1 本研究采用的主要原位测试方法及其技术参数	32
2.4.2 试验数据整理	34
2.4.3 试验数据分析及成果	43
2.5 吹填场地工程特性	56
2.5.1 天津滨海新区吹填土工程特性	56

2.5.2	吹填场地地基土类型及液化判定	56
2.5.3	吹填场地地基土处理方法	58
2.5.4	吹填场地工程效应	59
第3章	天津吹填土结构性及结构强度形成机理	62
3.1	土的结构性和结构强度	62
3.1.1	土的结构性	62
3.1.2	土的结构强度	63
3.2	吹填土结构性力学特征	64
3.2.1	天津滨海新区吹填土敏感性试验中结构性力学特征	64
3.2.2	天津滨海新区吹填土压缩过程中结构性力学特征	65
3.2.3	滨海吹填场地地基土体压缩过程中结构性力学特征	67
3.2.4	吹填土在剪切试验过程中的结构性力学特征	68
3.3	天津滨海新区吹填土试验成果分析	70
3.3.1	三轴试验成果	70
3.3.2	天津滨海新区吹填土应力-应变关系的归一化	72
3.3.3	天津滨海新区吹填土非线性弹性本构模型的建立	77
3.3.4	天津滨海吹填土邓肯-张模型参数确定	78
3.4	吹填土结构形成和结构强度增长机制试验	81
3.4.1	吹填土泌水过程和沉积特征试验（沉降柱试验）	82
3.4.2	排水条件对吹填土结构强度增长的影响（排水固结槽试验）	92
3.4.3	吹填土强度增长机制小结	97
3.5	本章小结	97
第4章	天津滨海新区吹填土微结构特征与宏观力学性质关系	99
4.1	土体微结构研究方法概述	99
4.1.1	样品制备	99
4.1.2	扫描电镜试验	100
4.1.3	微结构定量参数的选定及其处理方法	101
4.2	吹填土原状土微观结构特征	103
4.2.1	硬壳层与下卧层原状土力学性质与微观结构特征	104
4.2.2	硬卧层与下卧层原状土微观结构特征定量参数	105
4.3	压缩过程中吹填土的微结构定量分析	108
4.3.1	单轴压缩试验土样微观结构特征及微观参数的获取	108
4.3.2	微结构参数与荷载之间的关系研究	113
4.3.3	微结构孔隙及颗粒排列参数与荷载之间的关系研究	116
4.3.4	吹填土压缩过程微观机理分析	118
4.4	三轴剪切过程中吹填土微观结构变化特征	119
4.4.1	三轴剪切试验土样微观结构特征及微观参数的获取	119
4.4.2	三轴剪切试验吹填土微观结构与轴向应变关系	123

4.4.3 吹填土剪切过程的微观机理	128
4.4.4 剪切破裂面的微结构定量评价	128
4.5 本章小结	131
第5章 天津滨海新区吹填土固化技术试验	132
5.1 固化剂的选择及试样制备	132
5.1.1 固化剂的选择	132
5.1.2 试样制备	132
5.2 固化剂固化吹填土的无侧限抗压强度试验	133
5.3 固化剂固化吹填土的无侧限抗压强度正交试验	136
5.3.1 正交试验设计	136
5.3.2 正交试验结果分析	137
5.3.3 固化吹填土受压破坏形式	137
5.4 固化机理分析	138
5.4.1 水泥固化处理吹填土的机理分析	138
5.4.2 水泥+Na ₂ CO ₃ 固化处理吹填土的机理分析	139
5.4.3 水泥+聚丙烯酰胺固化处理吹填土的机理分析	140
5.5 固化技术方案模糊评价	140
5.5.1 模糊评价法简介	141
5.5.2 技术方案比选	142
5.6 本章小结	145
第6章 天津滨海新区吹填土快速结壳技术	146
6.1 天津滨海吹填地基处理技术概述	147
6.1.1 排水疏干法	147
6.1.2 表层加固法	148
6.1.3 真空预压法	150
6.2 吹填土快速结壳试验	151
6.2.1 试验目的	151
6.2.2 试验仪器设备	151
6.2.3 试验场地及试验方法	151
6.2.4 试验方案	152
6.2.5 试验步骤	152
6.2.6 监测方案	153
6.3 试验结果分析	154
6.3.1 结壳厚度分析	154
6.3.2 排水板影响范围试验分析	156
6.3.3 壳体土性试验分析	157
6.3.4 壳体强度试验分析	159
6.3.5 成壳过程监测成果分析	161

6.3.6 试验方案对比	164
6.4 工程示范	168
6.4.1 示范的目的	168
6.4.2 现场试验成果分析	169
6.5 本章小结	174
第7章 结论与建议	176
7.1 结论	176
7.2 建议	177
参考文献	178
彩图	

第1章 概述

1.1 天津滨海吹填造陆工程

吹填造陆是当今沿海城市解决土地资源紧缺的重大举措，也是合理清淤疏浚、清洁海滨水域环境的新途径。

天津滨海新区位于天津东部沿海，环渤海经济圈的中心地带，是亚欧大陆桥最近的东部起点，也是中国邻近内陆国家的重要出海口。在距今约 8000 年的全新世中期以来，由于地壳缓慢下沉，海水入侵，区内河流携带大量泥沙沉积，形成以海积为主、河流冲积为辅的滨海平原。同时，在广阔的天津滨海海岸沉积了丰富的泥沙资源。滨海新区是典型的海陆交互相——滨海沉积软土地区，形成了以塘沽海河口为中心的现代沉降区，蜿蜒的海岸、巨厚的淤泥质河口沉积，造就了滨海新区特殊的岩土工程环境，为滨海新区吹填造陆提供了优良的自然条件。

新世纪新阶段，党中央、国务院从经济社会发展的全局出发，作出了推进天津滨海新区开发开放的重大战略决策。目前新区按照“依托京津冀、服务环渤海、辐射‘三北’、面向东北亚，努力建设成为中国北方对外开放的门户、高水平的现代制造业和研发转化基地、北方国际航运中心和国际物流中心，逐步成为经济繁荣、社会和谐、环境优美的宜居生态型新城区”的功能定位飞速发展。

天津有悠久的吹填造陆历史，自 1939 年塘沽新港始建以来，相继在海滩及市区海河沿岸进行了多期不同规模的造陆工程。随着滨海新区的开发开放，吹填造陆已成为新区开发土地资源的主要途径。先后在临港工业区、东疆港、南疆港扩容区、中新生态城等区进行了大规模的吹填造陆工程。已完成吹填造陆百余平方公里，按滨海新区的发展策略，九大功能区中临海的五大功能区，均要通过不同规模的吹填造陆获取土地资源。现今天津滨海新区正进行着我国最大规模的围海造陆工程，也是世界瞩目的围海造陆工程。

(1) 吹填土作为特殊性土，分布范围小，且其组成成分及沉积环境差别较大，目前理论研究资料较少，存在着理论落后于实践的现状，对其工程性质缺乏系统的研究。现今天津滨海新区正在进行大规模吹填造陆工程，其吹填的物质主要为河道疏浚的淤泥，塑性指数大，以细粒为主，有别于我国沿海其他地区吹填土，深入研究该区吹填土沉积特性及基本性质，对于该区吹填土体强度形成机理、强度增长机制研究以及对该区吹填场地地基处理技术方法的选取和创新具有重要的理论意义。

(2) 土的结构性研究是当今土力学研究的前沿理论课题，发展和建立土的结构模型和相应分析理论，是 21 世纪土力学的核心问题。土的结构性是决定各类土力学性质的最根本的内在因素。天津滨海新区正在进行大规模吹填造陆工程，开展吹填土结构形成

及结构强度研究,可从本质上揭示吹填土强度的形成,为吹填场地地基处理的机理研究提供理论基础。

(3) 沿海城市目前正在进行大规模的工程建设,对土地资源的要求日益迫切,将疏浚出来的淤泥用来填海造陆,已成为沿海城市缓解土地资源紧张的有效途径之一。大量的工程实践发现,水力吹填的淤泥与其下覆海相淤泥层的物理力学性质有很大差别,对后期的加固处理方法的适应性也有很大的差异。而到目前为止,对这种人工吹填场地尚缺乏全面的研究和探讨,对它的加固设计方案也多借用已有的海相淤泥资料,所以加固效果往往难以保证。天津吹填场地岩性主要以细粒的黏粒、粉粒为主,沉积时间短、含水量高,压缩性高。对其处理几乎完全采用真空预压技术,处理后场地工程性质从上到下可分为三层,即上部的实效层、中部的过渡层以及下部的无效层。吹填场地工程地质性质的复杂性决定了其既不同于天然地基,又有别于人工换填的地基。加强吹填场地研究对工程安全运营和工后不良工程影响有十分重要的意义,特别是加强综合性现场原位测试,可为工程设计及施工提供客观科学的依据。

(4) 真空预压是利用抽真空在土体中形成负压来加固软土地基的一种方法。现已在港口道路建筑工程的软基处理中广泛使用。国内外对真空预压技术及机理已进行了大量的研究,取得了一定的研究成果。但都基于被处理的地基有一定的强度,在此基础上机械设备才可以进行施工,且水平排水材料基本上是厚 50cm 的砂。对于新近吹填高含水量接近泥浆状态的软土,真空预压施工新工艺尚处于探索中。天津滨海新区目前正在进行大规模的世界瞩目的吹填造陆工程,其吹填物质成分有别于我国其他地区吹填土,该区砂石材料又紧缺,难以采用传统方法处理大面积新近吹填软土,所以,真空预压方法的改进和创新已成为亟待解决的问题。

1.2 吹填造陆国内外发展现状

1.2.1 吹填造陆工程国内外发展现状

当今世界随着人类工程活动和经济活动的增强,对土地资源的需求日趋迫切,人类面临的生存空间压力异常严峻。特别对临海的国家及城市,把围海造陆作为获得新的土地资源的重要途径。

荷兰是世界上最早实施围海造陆的国家,其逾 40% 的土地是围海造陆造成的,有“上帝造海,荷兰人造陆”之说,目前正营造“郁金香岛”。日本多年长期进行大规模人工造陆活动,提出“百年再造一个日本国土”,日本花了 8 年的时间在海上建成距岸 5km 的关西国际机场,并处理加固其下 30m 深的软土层。印度的孟买由 16 世纪的 7 个小岛,通过围海造陆连成一片,成为今天阿拉伯海上最大的国际港口城市,完成了从贫民窟到新世界的转变。韩国进行了庞大的新万金围海造陆工程,建造了 2.83 万 km² 良田,年产 14 万 t 粮食。新加坡等国近年均进行了不同规模的吹填造陆工程。近年来,在中东地区阿拉伯联合酋长国的迪拜正建造着世界最大的人工岛——棕榈岛,该人工岛由数亿立方米的吹填泥土建成。棕榈岛工程由朱美拉棕榈岛、加

巴阿里棕榈岛、代拉棕榈岛和世界群岛组成,计划建造 1.2 万栋住宅、1 万所公寓、100 多个豪华酒店、水上公园、世界最高的摩天大楼等建筑,建成后可称世界第八大奇迹。

我国海域辽阔,有长逾 1.8 万 km 的海岸线,滩涂资源丰富,水深 10m 以内的浅海滩涂 1005 万 km^2 。我国有丰富的入海泥沙,年输沙量可达 20 亿 t (全国海岸带调查数字为 17.5 亿 t),约为全球入海泥沙通量的 1/10,这与我国的地质结构和地貌特征有密切关联。我国陆地西高东低,侵蚀模数在世界上居较高的水平。泥沙是造陆的宝贵资源,近五十年来全国围海面积达到 11000~12000 km^2 。例如,浙江省围出了 1650 km^2 (240 余万亩) 的土地,上海市围出了 730 km^2 (约 110 万亩) 土地,珠江口仅珠海一市就围出了 270 km^2 (约 40 万亩) 土地,江苏省围出了 2270 km^2 (约 340 万亩) 土地。这些新围的土地都是当前改革开放的前沿地带。

最近一个时期,中国沿海地区开发利用海洋的热情空前高涨,核电、钢铁、重化等国家重大项目纷纷向沿海聚集。辽宁做出了“沿海五点一线”战略部署,河北提出建设“曹妃甸和沧州渤海新区”,天津加快实施“滨海新区开发开放”,山东努力推进“一体两翼加海洋经济”的发展模式,江苏提出“苏北沿海开发”,福建提出“建设海峡西岸经济区”,广西提出“环北部湾经济区开发开放”,以及浙江、广东和海南等省做出建设海洋经济强省的战略部署,使我国围海造陆发展到一个新的历史时期。

河北省唐山市曹妃甸工业区南端是渤海湾里一个与大陆岸边相隔 18km 的小岛,它“面向大海有深槽、背靠陆地有浅滩”,是我国少有的深水港址,也是渤海湾中唯一不需要开挖人工航道和港池、不需要疏浚维护即可建设大型深水港的港址,有着得天独厚的自然条件。该工业区面积 310 km^2 ,全部实施围海工程,首都钢铁公司主厂区建造在 20 km^2 的吹填场地上。曹妃甸工业区到 2020 年,其经济规模将相当于再造一个新唐山,成为我国 21 世纪集经济高速增长、社会高度和谐、环境最适宜人居的美丽滨海之城。

20 世纪初,中国澳门总面积仅 11.6 km^2 ,2007 年面积已达 29.2 km^2 ,澳门国际机场整个区域均为清淤围海筑成,为加速固结沉降,在深部软土下卧层中打设了塑料排水板,为机场跑道的早日运营创造了条件。现澳门特区又正式向国务院申报新的造陆计划。寸土寸金的中国香港一直边造陆边建设,香港国际机场、迪士尼乐园都是围海而生,香港已经成为一个“海上城市”。

由于围海造陆具有成本低、环保好、交通便捷、经济发展快、综合效益高的优势,近年我国沿海城市根据自身特点开展了一系列的围海造陆活动。我国围海造陆工程规模已居世界前列,工程技术已达到国际先进水平,如上海国际航运中心洋山深水港工程(图 1.1)、上海化学工业区围海造地工程(图 1.2)、烟台港芝罘湾港工程(图 1.3)、海南三亚效仿迪拜棕榈岛的凤凰岛工程、连云港海滨新城吹填造地工程(图 1.4)、深圳湾南部填海工程、厦门海沧吹填工程、山东荣成绿岛吹填工程等。



图 1.1 上海国际航运中心洋山深水港工程

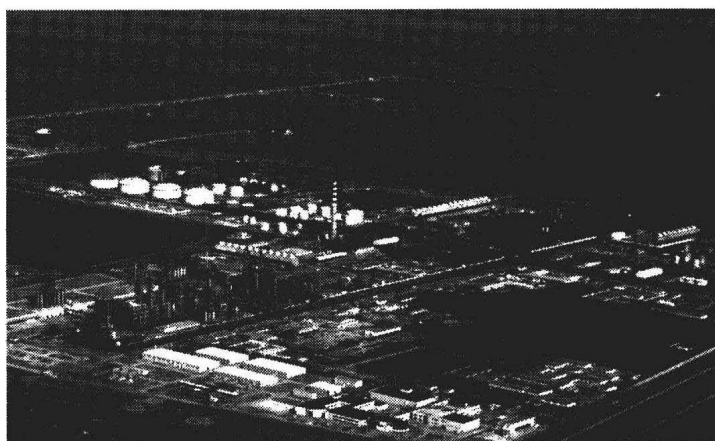


图 1.2 上海化学工业区围海造地工程



图 1.3 烟台港芝罘湾港工程



图 1.4 连云港海滨新城

天津滨海新区位于天津市的东部临海地区，拥有海岸线 153km。天津滨海新区是全国唯一聚集了港口、国家级开发区、保税区、海洋高新技术开发区、出口加工区、区港联动运作区和大型工业基地的地区，具有体制创新优势。总体规划为“一核双港、九区支撑”。

“一核”为滨海新区商务商业核心区；“双港”为北港区（塘沽）和南港区（大港）；“九区”为中心商务区、南港工业区、临港工业区、海港物流区、海滨旅游区、中新生态城、先进制造业产业区、滨海高新区、临空产业区。

滨海区位条件优越，具有围海造陆土地资源开发的良好自然条件（图 1.5）。

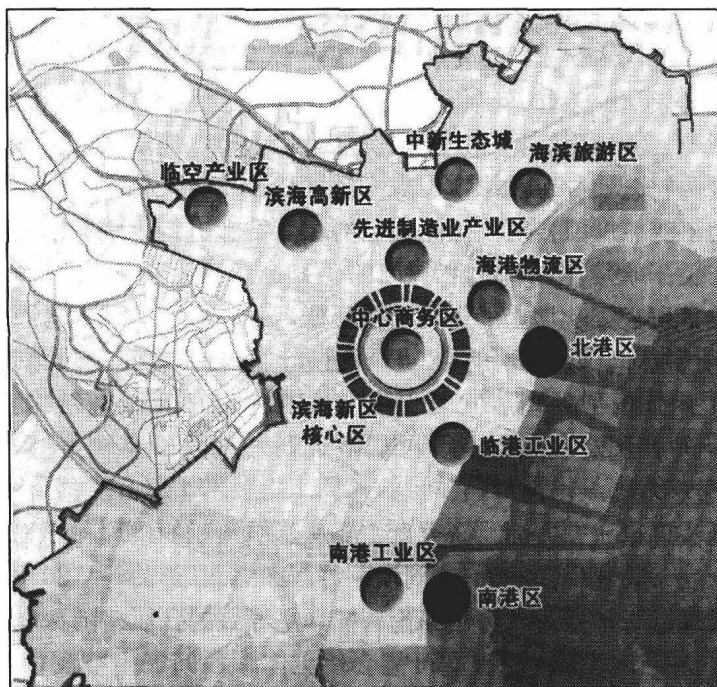


图 1.5 天津滨海新区发展策略图