

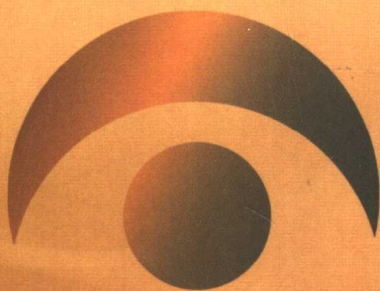
DIJI CHULI
JISHU FAZHAN

YU ZHANWANG

地基处理技术 发展与展望

北京城市节奏科技发展有限公司 策划

主编 龚晓南



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

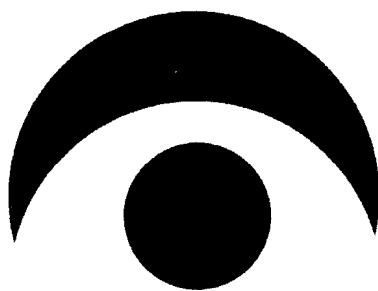


知识产权出版社
www.cnipr.com



北京城市节奏科技发展有限公司 策划
主编 龚晓南

地基处理技术 发展与展望



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn



知识产权出版社
www.cnipr.com



内容提要

本书由浙江大学教授龚晓南主编,邀请了全国 30 多位专家学者编写而成,系统地总结介绍了在我国工程建设中应用的各种地基处理技术,全面反映了地基处理技术在我国的发展情况,内容共分三个层次,一是介绍工程建设中常用的地基处理技术,包括复合地基技术、堆载预压技术、真空预压技术、深层搅拌技术、高压喷射注浆技术、灌浆技术、强夯技术、强夯置换技术、振冲技术、沉管挤密砂石桩技术、柱锤冲扩桩技术、孔内夯扩技术、土桩和灰土桩技术、石灰桩技术、夯实水泥土桩技术、CFG 桩复合地基技术、低强度桩复合地基技术、刚性桩复合地基技术、长短桩复合地基技术、锚固技术、冻结技术,以及土工合成材料在地基处理中的应用、EPS 超轻质路堤研究及其工程应用、土壤固化剂在地基处理中的应用等;二是介绍各种特殊土地基的地基处理技术,包括湿陷性黄土地基处理技术、盐渍土地基处理技术、膨胀土地基处理技术、冻土地基处理技术等;三是按工程类型介绍几类土木工程中地基处理技术的应用情况,包括高等级公路软土地基处理技术、铁路地基处理技术、坝基处理技术及进展、机场地基处理技术、围垦地基处理技术。此外,还介绍了既有建筑物地基加固技术、建筑物纠倾技术和移位技术。

本书可供土木工程领域的设计、施工、检测、科研、学校和管理部門科技人員学习和参考。

选题策划: 阳 森 张宝林 E-mail: yangsanshui@vip.sina.com; z_baolin@263.net

责任编辑: 阳 森 张宝林

编辑加工: 董拯民 彭天敏

图书在版编目(CIP)数据

地基处理技术发展/龚晓南主编. —北京: 中国水利水电出版社; 知识产权出版社, 2004
ISBN 7-5084-2417-4

I. 地... II. 龚... III. 地基处理—技术
IV. TU472

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 106617 号

地基处理技术发展/展望

北京城市节奏科技发展有限公司 策划

主 编 龚晓南

中国水利水电出版社 出版、发行 (北京市西城区三里河路 6 号; 电话: 010-68331835 68357319)
知识产权出版社 (北京市海淀区马甸南村 1 号; 电话、传真: 010-82000893)

全国各地新华书店和相关出版物销售网点经销

北京密云红光印刷厂印刷

787mm×1092mm 16 开 42.5 印张 1008 千字

2004 年 10 月第 1 版 2004 年 10 月第 1 次印刷

印数: 0001—3100 册

定价: 88.00 元

ISBN 7-5084-2417-4

版权所有 侵权必究

如有印装质量问题, 可寄中国水利水电出版社营销中心调换
(邮政编码 100044, 中心 E-mail: sales@waterpub.com.cn)

第一届地基处理学术委员会主任、浙江大学教授曾国熙题词

欣逢地基处理学委会成立 20 周年纪念之际，特此代表本学委会第一届委员会衷心感谢中国土木工程学会土力学及基础工程学会。20 年前根据我国大规模生产建设的需要，卓有远见、正确地决定成立地基处理学术专门委员会，并编写《地基处理手册》。还应感谢全国有关专家学者同心协力共同总结成果和经验，编写《手册》，同时也应感谢中国建筑工业出版社大力支持，使该手册得以顺利出版。

祝愿本学委会继续密切结合生产实际、团结全国同行发挥集体力量作出更大贡献。

曾国熙

中国土木工程学会第二届土力学及岩土工程分会理事长
中国科学院院士、中国铁道科学院研究员卢肇钧题词

回顾我在地基处理学术委员会与各位
老友们经常欢聚,共同学习的美好时光,
仍宛如昨日.祝各位老友们青春常在,祝
地基处理学术委员会的英才日增,无限光明.

卢肇钧敬祝

2004.5.1节

中国土木工程学会第三届土力学及岩土工程分会理事长

中国工程院院士、中国铁道科学院研究员周镜题词

祝
地基处理学术委员会成立廿周年
宏伟的建设规模为地基处理技术的
提高、理论的发展提供了客观的
条件和机遇，能否有成尚待主
观的努力和争取。论语云：学而不
思则罔，思而不学则殆。以此
共勉。

周镜



二〇〇九年四月

地基处理学术委员会顾问、武汉大学教授冯国栋题词

祝贺地基处理学术委员会成立 20 周年及
《地基处理技术发展展望》一书问世

20 年来地基处理学术委员会为同行做了大量有益有效的工作，定期出版了《地基处理》刊物，多次负责召开国内外专家的报告会与讨论会，为我国培育地基处理人才做出了难得的贡献。

现将出版的《地基处理技术发展展望》一书，邀请国内多位专家执笔，从总结他们各自实践经验出发，内容包括了我国不同地区、不同土类、不同工程类别的地基处理课题，也对目前国际的地基处理技术详加论述。

本人恳请该书早日发行，使得自己有学习的机会，同时也让大家学习。为祖国社会主义建筑工程做出更大的贡献。

冯国栋敬贺

2004.5.

地基处理学术委员会顾问

中国水利水电科学研究院研究员蒋国澄题词

回顾历程 业绩辉煌

团结各业精英

促地基处理技术更上一层楼

展望未来 与时俱进

不断创新 开拓进取

为万千建设工程保驾护航

祝地基处理学术委员会成立二十周年

蒋国澄

中国水利水电科学研究院

2004年8月

地基处理学术委员会顾问、同济大学教授叶书麟题词

地基处理学术委员会成立二十周年纪念

二十年播种

点缀得花香弥漫

一代人心愿

展现出灿烂今天

叶书麟敬贺

二〇〇四.五.

本书编著者

章 名	作 者	单 位
第 1 章 地基处理技术在我国的发展	龚晓南	浙江大学土木工程学系
第 2 章 复合地基技术	龚晓南	浙江大学土木工程学系
第 3 章 堆载预压技术	潘秋元	浙江大学
第 4 章 真空预压技术	岑仰润	杭州市勘测设计研究院
第 5 章 水泥土搅拌技术	周国军	冶金建设研究总院
第 6 章 高压喷射注浆技术	王吉望	冶金建设研究总院
第 7 章 灌浆技术	邝健政/葛家良	中国科学院广州化灌工程有限公司
第 8 章 强夯技术	张永均	中国建筑科学研究院
第 9 章 强夯置换技术	张咏梅/常 璐	深圳市建筑科学研究院 深圳市特皓建设基础工程有限公司
第 10 章 振冲技术	曾昭礼	烟台大地(岩土工程)新科技有限公司
第 11 章 沉管挤密砂石桩技术	李 钟	北京中建一局西诺地下工程公司
第 12 章 柱锤冲扩桩技术	王恩远/刘熙媛/梁瑞林	河北工业大学土木工程学院
第 13 章 孔内夯扩技术	李 钟	北京中建一局西诺地下工程公司
第 14 章 土桩和灰土桩技术	杨鸣贵	陕西省建筑科学研究院
第 15 章 石灰桩技术	袁内镇	湖北省建筑科学研究院
第 16 章 夯实水泥土桩技术	滕延京	中国建筑科学研究院地基所
第 17 章 CFG 桩复合地基技术	阎明礼	中国建筑科学研究院
第 18 章 低强度桩复合地基技术	俞建霖	浙江大学岩土工程研究所
第 19 章 刚性桩复合地基技术	龚晓南	浙江大学土木工程学系
第 20 章 长短桩复合地基技术	葛忻声	太原理工大学
第 21 章 锚固技术	吴肖茗	中国铁道科学研究院
第 22 章 冻结技术	陈湘生	深圳地铁总公司
第 23 章 土工合成材料在地基处理中的应用	王协群/王 钊	武汉理工大学土木与建筑工程学院 武汉大学土木建筑工程学院
第 24 章 EPS 超轻质路堤研究及其工程应用	杨少华/徐立新	浙江省交通规划设计研究院
第 25 章 土壤固化剂在地基处理中的应用	郑尔康	铁道部第四勘察设计院软土所
第 26 章 湿陷性黄土地基处理技术	滕文川	兰州有色金属建筑研究院
第 27 章 盐渍土地基处理技术	徐攸在	冶金部建筑科学研究院
第 28 章 膨胀土地基处理技术	孔令伟/郭爱国	中国科学院武汉岩土力学研究所

章 名	作 者	单 位
第 29 章 冻土地基处理技术	马 巍/王大雁	中国科学院寒区旱区环境与工程研究所冻土工程国家重点实验室
第 30 章 高等级公路软土地基处理技术	龚晓南	浙江大学土木工程学系
第 31 章 铁路地基处理技术	史存林	中国铁道科学研究院铁建所岩土与地下工程研究室
第 32 章 地铁地基处理技术	刘国彬	同济大学
第 33 章 大坝地基处理技术	杨晓东/张金接/符 平	中国水利水电科学研究院
第 34 章 机场地基处理技术	周虎鑫	空军工程设计研究局
第 35 章 围垦地基处理技术	胡明华/金利军	浙江省围垦局 浙江省围垦技术开发中心
第 36 章 既有建筑物地基加固技术	叶观宝	同济大学地下建筑与工程系
第 37 章 建筑物纠倾技术	侯伟生/张天宇	福建省建筑科学研究院
第 38 章 建筑物移位技术	侯伟生/张天宇	福建省建筑科学研究院

序

在中国土木工程学会土力学及岩土工程分会的地基处理学术委员会成立 20 周年的时候，编辑出版《地基处理技术发展展望》这本书是十分有意义的事情。20 年来，地基处理学术委员会一直是学会最活跃的学术委员会之一，这次他们组织了 30 多位专家，撰写了这样一本很有分量的著作，既是对学术委员会成立 20 周年的一个很有创意的纪念，也应了当前基础工程建设的急需，我代表中国土木工程学会土力学及岩土工程分会对地基处理学术委员会表示祝贺和感谢。

我国正在进行规模空前的工程建设，地基处理得到了非常广泛的应用。由于我国幅员辽阔，地基土质条件复杂，工程要求也存在很大差异，种类繁多的地基处理工法自然应运而生，取得了可观的经济效益和社会效益。本书列举了数十种不同类型的地基处理方法，很多作者还进行了颇有深度的分析，对广大的岩土工程师们一定很有裨益。

在看到我国地基处理技术巨大进步的同时，也应该清醒地认识到，目前，在地基处理的理论研究、设计与评价方法上，还不同程度地存在着滞后于工程需求的现象。

首先是复合地基理论框架和合理分类的研究。例如，美国 ASCE 的“*Soil Improvement and Geosynthetics*” (SIG) 委员会倾向于将这个领域区分为地基改良 (Ground Improvement)、地基加固 (Ground Reinforcement) 和地基处理 (Ground Treatment)。这三个术语也正是 20 世纪末在美国犹他州立大学召开的全国会议论文集的名称。我国的一些单位也针对具体的国情，开展了广义复合地基的理论研究，提出了具有特色的理论框架，有关的结论还需要更加广泛的讨论、推广和应用。

滞后的方面可能还表现在对不同类型地基处理方案的工作机理与工作性状的研究上。这种研究可能主要包括合理的复合地基计算模型、荷载传递机理、变形控制和破坏模式等。我们不仅需要针对不同类型的方法进行比较深入的研究，而且更需要将各地的研究、有的是很有意义的工作系统化，体现在规范中，成为工程师们手中的有效工具。

此外，高校和研究院的研究、工程师们对复合地基的设计意图与承包商们的施工实施，三者之间仍然存在间隙，甚至是相当的距离；施工工艺和机具设备与工程规模远不匹配，缺乏量化的施工控制措施，这些可能是阻碍技术进步，甚至出现工程事故的主要原因之一。

最后，各类地基处理对环境的影响，以及推广“温和工程”(Soft Engineering)的概念，并没有在方案的经济技术比选中占有足够的分量。

本书的出版可以看作对过去 20 年地基处理工作的一个有意义的总结，也标志着一个新阶段的开始。相信我国的岩土工程同行们一定能够在原有的基础上，克服存在的问题，完善和创造出符合国情、具有特色的地基处理工程工法系列。

中国土木工程学会土力学及岩土工程分会理事长

中国工程院院士

张在明

2004 年 9 月 19 日

前 言

为了适应我国土木工程建设对地基处理技术发展的需要,1983年在武汉召开的中国土木工程学会第四届土力学及基础工程学术讨论会期间,中国土木工程学会土力学及基础工程学会决定成立地基处理学术委员会,以加强地基处理领域的工作,并决定该学术委员会挂靠浙江大学。1984年春,中国土木工程学会土力学及基础工程学会地基处理学术委员会在浙江大学成立。20年来,我国地基处理技术得到了长足的发展,为了总结、介绍在我国工程建设中应用的各种地基处理技术以进一步满足工程建设的需要,也为了纪念地基处理学术委员会成立20周年,我们组织了全国30多位专家学者编写《地基处理技术发展展望》。

为了全面反映地基处理技术在我国的发展情况,该书内容分三个层次:一是介绍工程建设中常用的地基处理技术;二是介绍各种特殊土地基的地基处理技术;三是按工程类型介绍几类土木工程中地基处理技术的应用情况。此外,还介绍了既有建筑物地基加固技术、纠倾技术和移位技术。本书还邀请了历届土力学及岩土工程学会理事长和地基处理学术委员会顾问作序或题词。

1984年地基处理学术委员会成立后,首先组织来自全国的地基处理专家编写《地基处理手册》和筹备召开第一届全国地基处理学术讨论会。《地基处理手册》于1988年正式出版,得到读者的欢迎和好评,发行达12万册以上,为地基处理技术普及和提高做出了贡献。第一届全国地基处理学术讨论会于1986年10月12日在上海宝钢召开,来自全国约200位代表共同交流经验、体会,促进了地基处理水平的提高。

地基处理学术委员会每2~3年一次定期组织召开全国地基处理学术讨论会和不定期组织召开全国性专项技术讨论会,至今已召开11次。除此外还与浙江大学土木工程学系自1990年起共同创办《地基处理》刊物,为全国地基处理同行总结、交流地基处理经验提供一个园地,受到普遍的欢迎。为了发挥学会技术密集的优势,更好地为工程建设服务,学会成立了地基处理咨询部。学会还经常组织多种形式的地基处理技术培训班,普及地基处理技术。为了适应地基处理发展的需要,于2000年出版发行《地基处理手册》(第二版),最近决定组织编写《地基处理手册》(第三版)进一步满足工程建设和地基处理技术发展的需要。

地基处理学术委员会成立20年,也是我国地基处理技术迅猛发展的20

年。谨以此书祝贺中国土木工程学会土力学及基础工程学会地基处理学术委员会成立 20 周年，并借此机会向各界朋友 20 年来对地基处理学术委员会工作的支持和帮助表示衷心的感谢。祝我国地基处理工作不断发展，为祖国的繁荣昌盛做出更大贡献。祝地基处理学术委员会的工作不断取得新的进步。

在纪念地基处理学术委员会成立 20 周年之际，特别要感谢我国地基处理领域的老专家、老前辈对我国地基处理技术发展所做的贡献。没有他们辛勤的耕耘，难有地基处理灿烂的今天。

最后主编借此机会感谢本书参编作者，在百忙之中应邀完成了编写工作，也感谢土力学及岩土工程分会理事长、学术委员会顾问为本书作序、题词鼓励，感谢中国水利水电出版社、知识产权出版社大力支持，安排出版。通过一本书要全面反映我国地基处理技术的发展是很难的，编者希望能通过这本书使读者对我国地基处理技术的发展全貌有一个基本的了解。

本书参编作者较多，全书各部分名词概念可能不太统一，不妥、不足之处，敬请读者批评指正。

浙江大学教授

龚晓南

2004 年 9 月 1 日，于杭州景湖苑

目 录

序 前言

第 1 章	地基处理技术在我国的发展	1
第 2 章	复合地基技术	13
第 3 章	堆载预压技术	35
第 4 章	真空预压技术	50
第 5 章	水泥土搅拌技术	82
第 6 章	高压喷射注浆技术	109
第 7 章	灌浆技术	114
第 8 章	强夯技术	130
第 9 章	强夯置换技术	137
第 10 章	振冲技术	149
第 11 章	沉管挤密砂石桩技术	164
第 12 章	柱锤冲扩桩技术	185
第 13 章	孔内夯扩技术	194
第 14 章	土桩和灰土桩技术	206
第 15 章	石灰桩技术	217
第 16 章	夯实水泥土桩技术	233
第 17 章	CFG 桩复合地基技术	247
第 18 章	低强度桩复合地基技术	284
第 19 章	刚性桩复合地基技术	295
第 20 章	长短桩复合地基技术	302
第 21 章	锚固技术	312
第 22 章	冻结技术	343
第 23 章	土工合成材料在地基处理中的应用	391
第 24 章	EPS 超轻质路堤研究及其工程应用	404
第 25 章	土壤固化剂在地基处理中的应用	411
第 26 章	湿陷性黄土地基处理技术	426
第 27 章	盐渍土地基处理技术	438
第 28 章	膨胀土地基处理技术	448
第 29 章	冻土地基处理技术	466
第 30 章	高等级公路软土地基处理技术	488
第 31 章	铁路地基处理技术	497

第 32 章 地铁地基处理技术 519

第 33 章 大坝地基处理技术 535

第 34 章 机场地基处理技术 564

第 35 章 围垦地基处理技术 588

第 36 章 既有建筑物地基加固技术 614

第 37 章 建筑物纠倾技术 633

第 38 章 建筑物移位技术 644

附录 1 历届地基处理学术委员会 659

附录 2 中国土木工程学会土力学及岩土工程分会
地基处理学术委员会要事记 661