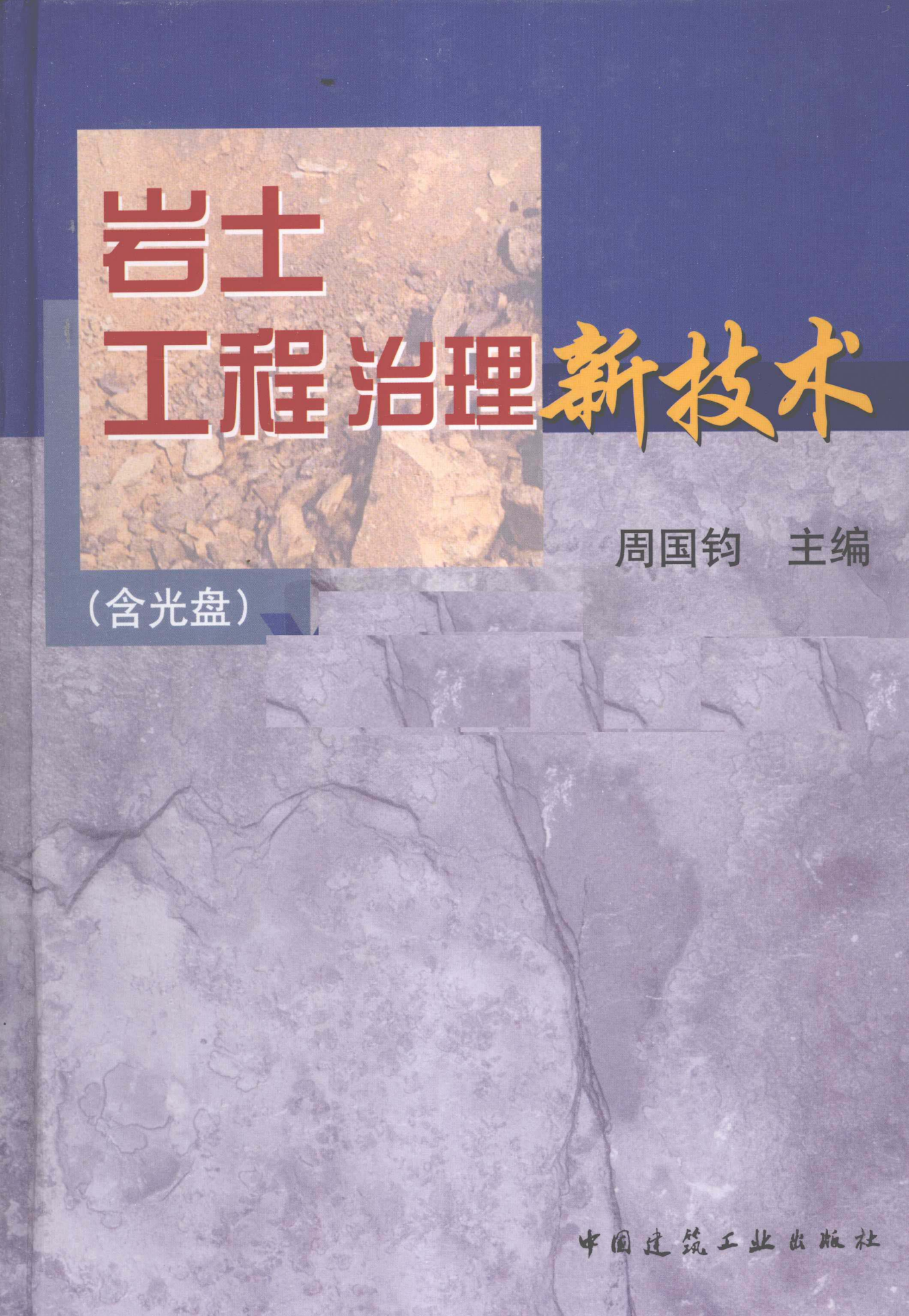


The background of the cover is a detailed photograph of a rock face, showing various textures, cracks, and mineral patterns. The top portion of the cover is a solid dark blue, which serves as a backdrop for the title text.

岩土 工程治理新技术

周国钧 主编

(含光盘)

中国建筑工业出版社

岩土工程治理新技术

周国钧 主编

中国建筑工业出版社

《岩土工程治理新技术》编写委员会

主 编 周国钧

编 委 (以姓氏笔画为序)

王恩远 韦宏鹤 吴 平 吴 迈 李廷刚

周志道 周国钧 周 健 贺德新 徐士龙

郭全全 黄 新 谢庆道 雷玉华 戴国亮

技术秘书 肖 剑 黄 明

本书各章编写人员名单

第一章 总论

编写人 周国钧

第二章 软土固化剂优化设计原理与方法

编写人 黄 新 宁建国 李战国

第三章 劲芯水泥土桩复合地基

编写人 吴 迈 王恩远

第四章 超高压喷射注浆技术

编写人 吴 平

第五章 墩式强夯置换法在工程中的应用

编写人 周国钧

第六章 高真空击密工法

编写人 徐士龙 楼晓明

第七章 高能量冲击压实和快速夯实新技术

编写人 李廷刚 周国钧

第八章 柱锤冲扩桩法及其工程应用

编写人 刘熙媛 王恩远

第九章 无填料振冲加固粉细砂的技术研究及应用

编写人 周 健

第十章 高喷插芯组合桩技术

编写人 张华东 雷玉华 王 军

第十一章 锚杆静压桩在工程中的新应用

编写人 周志道 周 寅

第十二章 三岔双向挤扩灌注桩的理论与实践

编写人 贺德新 陈 轮

第十三章 基础工程逆作法设计和施工

编写人 郭全全 周国钧

第十四章 桩基承载力检测的自平衡试验法

编写人 戴国亮 龚维明

第十五章 土工格栅的新应用

编写人 王大志 周国钧

第十六章 三维地质成像技术在岩土工程中的应用

编写人 韦宏鹄

第十七章 大直径现浇混凝土薄壁筒桩

编写人 谢庆道 郑尔康 高文清
谢 璟

索引 石振华

前 言

“岩土工程”是指——土木工程中涉及岩石、土的利用、处理或改良的科学技术。(引自中华人民共和国国家标准《岩土工程基本术语标准》GB/T 50279—98)。规范的语言永远是最精确的,稍微展开一点来描述可以这么理解:岩土工程是土木工程的一个分支,是以土力学、岩石力学、工程地质学、基础工程学、弹塑性力学与结构力学等为基础理论,并将其直接用于解决和处理各项土木工程中的土或岩石的调查研究、利用、整治或改良的一门技术科学。所以,岩土工程的工作内容主要包括:岩土工程勘察、岩土工程设计、岩土工程治理、岩土工程检测和岩土工程监理等五个方面。

岩土工程治理技术是岩土工程领域中的一个热门课题,也是该专业领域中发展最为迅速的一项综合技术。这项技术大致包括:建(构)筑物地基、公路铁路路基、水工坝基的加固;桩基础工程;边坡稳定、基坑支护以及地质灾害评估及处理等四个方面。

有关这些内容的单篇论文、专门著作、会议论文汇编、手册、教材等出版物较多,对我国的岩土工程治理技术的提高起到了推动引导作用。其中《地基处理手册》从1988年开始至今一共刊印了三版,重印了21次,一共发行12万余册。该印数在岩土工程专业类书籍出版物中无疑排名是领先的。笔者在阅读这本内容全面的手册之余发现,由于岩土工程治理技术的迅猛发展,一本手册不足以及时反映出这项技术的新进展、新开发。于是笔者不顾才疏学浅,主动承担主编责任,约请国内著名的教授、副教授和高级工程师撰稿。这些作者绝大部分未曾参与过《地基处理手册》的编写工作,而本书的内容又不与《地基处理手册》的主题相重复,所以本书可谓是《地基处理手册》拾遗补缺之作。

本书的特点之一是:所述内容是真正的新技术,为目前图书市场已出版的手册、专著中所没有涉及的或虽涉及但未作详细叙述的新技术,也有一二种虽是开发时间较长的技术,但本书作者均以该项技术的首创人、开发人、专利权人或者是将某项技术引入国内的第一人的身份,以独特的视角、全新的观点或者全新的工程应用实例,详细地诠释了该项新技术。

本书的另一个特点是:每一章的内容均有大量的工程应用实例,并且这些实例均能达到技术先进、节能减排、绿色环保、降低造价的要求。

作为本书第三个特点是:与本书文字版同时出版了一张与书稿内容相一致的影像电子版的光盘,使比较枯燥或难懂的内容以影像、动画、彩色图片形象地表现出来。光盘的内容绝大部分都是第一次推向市场,这也是本书书名冠以“新”技术的一个原因。本光盘内容荣获2009年度中央电视台网站(CCTV.com)“科技中国”栏目,创新成就奖。

本书还有一个特点是实用性很强,在本书出版前,本书的作者群体曾在天津滨海地区的塘沽举行过一次以本书内容为主题的研讨会,引起当地政府部门、科委、设计院、施工单位的巨大兴趣,纷纷前来索取资料,进行专题咨询。中央电视台还派员全程录像,作为

节能减排、绿色环保新技术节目的素材。

本书是一部群策群力的合著，除了许多作者付出了辛勤的笔耕外，本书前后还有两名幕后的技术秘书：中国地质大学的肖剑博士和陕西长嘉实业发展有限公司的黄明高级工程师为本书组稿，特别是为本书光盘内容策划和编辑付出了极大的心血。北京工业大学白雪峰硕士和中国地质大学岩土工程专业硕士牛军辉、吴浩、潘冰冰为本书最后的成稿做了大量的文字和插图编辑工作，笔者对他们的辛勤劳动致以衷心的感谢！

经过两年多的策划组稿、分章撰写、合成编辑，终于在全民欢庆中华人民共和国成立六十周年前夕全书终稿。笔者愿以这本集体著作敬献给我国岩土工程专业已故的先辈叶政青总工程师、杨灿文研究员、范维垣教授和卢肇钧院士，缅怀他们为我国岩土工程治理作出了开创性的工作。也愿将此书作为新近成立的中国岩石力学与工程学会环境岩土分会软土地基改良新技术研究会的同行们向岩土工程界递交的第一本专著。与他们一起分享对岩土工程治理新技术的研究开发、设计计算、推广应用、提高我国在世界岩土工程界的地位所带来的乐趣。

本书是笔者入行岩土工程专业五十余年的总结，也是笔者迈入七旬老人队伍所递交的一张门票。

限于笔者的学术水平，书中不妥之处，敬请读者不吝指正。联系地址：北京市海淀区西土城路33号中冶集团建筑研究总院（原冶金工业部建筑研究总院）地基所周国钧（邮编100088）。

周国钧

2009年夏末于北京冶建院

目 录

前言

主要符号	1
第一章 总论	9
1.1 岩土工程概述	9
1.2 岩土工程治理技术	10
1.3 岩土工程对岩土工程师的要求	10
1.4 岩土工程治理专业书籍出版物	11
1.5 本书各章的概要内容和作者简介	12
1.5.1 总论	12
1.5.2 软土固化剂优化设计原理与方法	12
1.5.3 劲芯水泥土桩复合地基	12
1.5.4 超高压喷射注浆技术	13
1.5.5 墩式强夯置换法在工程中的应用	13
1.5.6 高真空击密工法	13
1.5.7 高能量冲击压实和快速夯实新技术	14
1.5.8 柱锤冲扩桩法及其工程应用	14
1.5.9 无填料振冲加固粉细砂的技术研究及应用	14
1.5.10 高喷插芯组合桩技术	15
1.5.11 锚杆静压桩在工程中的新应用	15
1.5.12 三岔双向挤扩灌注桩的理论与实践	16
1.5.13 基础工程逆作法设计和施工	16
1.5.14 桩基承载力检测的自平衡试验法	16
1.5.15 土工格栅的新应用	17
1.5.16 三维地质成像技术在岩土工程中的应用	17
1.5.17 大直径现浇混凝土薄壁筒桩	18
参考文献	18
第二章 软土固化剂优化设计原理与方法	19
2.1 固化土结构形成模型研究	19
2.1.1 试验材料和方法	20
2.1.2 粉土固化土结构形成机理研究	21
2.1.3 黏性土固化土结构形成机理研究	32
2.2 土样化学性质因素对固化土抗压强度增长的影响	38
2.2.1 试验材料和方法	38

2.2.2 液相环境对水泥固化土抗压强度增长的影响	40
2.2.3 影响固化土孔隙液 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 浓度的土质因素研究	45
2.2.4 土样 $\text{Ca}(\text{OH})_2$ 饱和掺入百分比的确定	45
2.3 固化土中膨胀性水化物与胶凝性水化物协调发展研究	47
2.3.1 试验材料及方法	48
2.3.2 固化土中各水化物生成速度对协调性的影响	49
2.4 固化剂优化设计方法	54
2.4.1 拟加固土物理、化学性质指标与固化剂中各类组分数量的指导关系	54
2.4.2 固化剂设计实例	57
2.5 利用工业废渣配制软土固化剂	58
2.5.1 工业废渣分类	58
2.5.2 用工业废渣配制软土固化剂实例	61
参考文献	64
第三章 劲芯水泥土桩复合地基	67
3.1 前言	67
3.1.1 研发背景	67
3.1.2 研发概况	67
3.1.3 劲芯水泥土桩类型	69
3.1.4 劲芯水泥土桩特点	70
3.2 钢筋混凝土芯水泥土桩竖向承载力与荷载传递规律试验研究	71
3.2.1 模型桩试验研究	71
3.2.2 混凝土芯桩与水泥土粘结力试验	74
3.2.3 现场试验	77
3.3 混凝土芯水泥土组合桩复合地基设计计算	89
3.3.1 基本要求	89
3.3.2 复合地基承载力计算	91
3.3.3 变形计算	93
3.4 混凝土芯水泥土组合桩施工	93
3.4.1 施工准备	93
3.4.2 施工机械	93
3.4.3 施工作业	94
3.4.4 芯桩类型及成桩工艺	95
3.5 混凝土芯水泥土组合桩质量检验及验收	96
3.5.1 成桩质量检查	96
3.5.2 承载力检测	97
3.5.3 工程验收	97
3.6 工程应用实例	97
3.6.1 工程实例 1: 天津市红桥区房地产交易大厦	97

3.6.2 工程实例 2: 上海某住宅小区	99
3.6.3 工程实例 3: 河北省辛集市六层住宅楼	100
3.6.4 工程实例 4: 劲芯水泥土桩在基坑支护工程中的应用	100
参考文献	101
第四章 超高压喷射注浆技术	103
4.1 概述	103
4.2 超高压喷射注浆工法应用范围	104
4.3 超高压喷射注浆加固地基的原理	107
4.3.1 加固原理	107
4.3.2 加固方法	108
4.4 超高压喷射注浆工艺的优化类型	108
4.5 工程实例	110
4.5.1 超高压喷射注浆在上海芙蓉江路泵站及调蓄池基 坑帷幕及地基加固工程中的应用	110
4.5.2 超高压喷射注浆在珠海高栏港集装箱码头扩建区 填土和软基处理工程中的应用	115
参考文献	136
第五章 墩式强夯置换法在工程中的应用	137
5.1 概述	137
5.1.1 强夯法的技术发展	137
5.1.2 强夯法与强夯置换法的区别	138
5.1.3 强夯置换法的形式分类	139
5.1.4 墩式置换过程中土体的变化	139
5.2 强夯块石墩复合地基承载力的确定	140
5.2.1 强夯块石墩复合地基应力分布规律和破坏机制	140
5.2.2 强夯块石墩复合地基承载力的确定方法	141
5.2.3 复合地基承载力验证实例	143
5.3 强夯块石墩及块石垫层复合地基的沉降分析	143
5.3.1 沉降计算方法	143
5.3.2 计算模型的选取	145
5.3.3 块石墩复合地基中的墩土应力比	145
5.3.4 固结沉降计算	146
5.4 工程实例 1: 强夯块石墩在深圳机场扩建停机坪工程中的应用	147
5.4.1 工程概要	147
5.4.2 地基处理方案选择	148
5.4.3 强夯块石墩施工设计	150
5.4.4 强夯块石墩软基处理试验方案	152
5.4.5 强夯块石墩软基施工工艺试验	155

5.4.6 复合地基沉降分析及观测	158
5.5 工程实例 2: 强夯块石墩加固大型矿石堆场软基的堆载试验研究	159
5.5.1 试验概要	159
5.5.2 各级堆料下土压力的观测	168
5.5.3 料堆下超孔隙水压力观测	168
5.5.4 料堆下剖面沉降	171
5.5.5 料堆外地基深部侧向位移	173
5.5.6 料堆外地面变形	176
5.5.7 结论	178
参考文献	179
第六章 高真空击密工法	180
6.1 概述	180
6.1.1 高真空击密工法技术发展背景	180
6.1.2 强夯工法与排水条件的关系	181
6.2 高真空击密法的加固机理	182
6.2.1 本工法的主要特点与适用对象	182
6.2.2 排水条件对多遍冲击下土体的应力状态的影响	182
6.2.3 主动排水条件对多遍冲击下土体的应力、沉降、强度的影响	183
6.3 高真空击密法的施工工艺	184
6.3.1 高真空击密法施工工艺流程	184
6.3.2 真空强排水	184
6.3.3 击密	185
6.3.4 信息化施工与检测	186
6.3.5 硬壳层	187
6.4 工程实例	187
6.4.1 江苏常熟兴华港钢铁堆场地基加固	187
6.4.2 “高真空击密法”加固吹填粉煤灰地基	190
6.4.3 浦东国际机场 2 号跑道地基浅层处理	194
6.5 结语	198
参考文献	198
第七章 高能量冲击压实和快速夯实新技术	199
7.1 高能量冲击压实技术在基础设施建设中的应用	199
7.1.1 概述	199
7.1.2 高能量冲击压实技术及其作用机理研究	200
7.1.3 施工注意事项及部分需澄清的概念	206
7.1.4 应用领域及相关工程实例	208
7.2 液压高速夯实技术	218
7.2.1 概述	218

7.2.2 高速液压夯实机工作原理	219
7.2.3 工作特点	220
7.2.4 高速液压夯实机的有效加固深度	220
7.2.5 高速液压夯实机设备及其应用	221
参考文献	226

第八章 柱锤冲扩桩法及其工程应用..... 227

8.1 前言	227
8.1.1 工法简介	227
8.1.2 研发及应用概况	228
8.2 加固机理	229
8.2.1 柱锤冲扩桩法的夯实挤密效应	229
8.2.2 锤型及其对加固效果的影响	230
8.2.3 加固机理小结	232
8.3 设计及计算	232
8.3.1 适用范围	232
8.3.2 设计所需的主要资料	233
8.3.3 设计参数	234
8.3.4 复合地基承载力特征值确定	236
8.3.5 地基变形计算	237
8.3.6 软弱下卧层承载力验算	238
8.3.7 设计流程图	239
8.4 施工	240
8.4.1 施工前准备	240
8.4.2 施工机械	240
8.4.3 施工作业	241
8.4.4 施工中注意事项	242
8.4.5 安全措施	242
8.5 质量检验及工程验收	243
8.5.1 施工前	243
8.5.2 施工中	243
8.5.3 施工后	243
8.5.4 质量检验标准	244
8.5.5 施工单位竣工验收应提供的资料	244
8.6 柱锤冲扩桩技术新进展	244
8.6.1 施工机具及成桩工艺	244
8.6.2 桩身填料	245
8.7 工程应用实例	246
8.7.1 柱锤冲扩三合土桩处理饱和松软土层	246

8.7.2 柱锤冲扩桩法在建设部住宅示范小区的应用	251
8.7.3 柱锤冲扩桩法处理自重湿陷性黄土	260
8.8 结束语	262
参考文献	262
第九章 无填料振冲加固粉细砂的技术研究及应用	264
9.1 概述	264
9.2 无填料振冲原理和施工流程	265
9.2.1 振冲原理简介	265
9.2.2 振冲施工设备系统与操作流程	265
9.2.3 振冲器简介	266
9.2.4 孔位布置和间距	266
9.3 现场试验研究	267
9.3.1 工程地质概况和加固目标	267
9.3.2 振冲试验方案和传统施工工艺的改进	268
9.3.3 振动孔隙水压力观测和分析	269
9.3.4 振冲加固效果测试和分析	269
9.4 工程实例 1: 上海国际航运中心洋山深水港区一期工程	271
9.4.1 工程概况	271
9.4.2 深层区振冲试验性施工	272
9.4.3 深层区的振冲大面积施工	274
9.5 工程实例 2: 冀东南堡油田 1# 人工端岛吹填砂中无填料多点振冲法的应用	277
9.5.1 无填料振冲施工参数	277
9.5.2 振冲质量控制	278
9.5.3 施工	278
9.5.4 工后检测	278
9.6 结语	279
参考文献	279
第十章 高喷插芯组合桩技术	280
10.1 概述	280
10.1.1 高喷插芯组合桩定义	280
10.1.2 适用范围及特点	280
10.1.3 组合形式	281
10.2 设计与计算	281
10.2.1 一般规定	281
10.2.2 选型与构造	282
10.2.3 计算	283
10.3 施工作业	287
10.3.1 施工准备	287

10.3.2 施工机械	288
10.3.3 基本要求	288
10.3.4 施工工艺流程	289
10.3.5 施工工艺控制	290
10.4 质量检验和工程验收	296
10.4.1 成桩质量检查内容	296
10.4.2 成桩试验	296
10.4.3 成桩质量检查与质量评定	297
10.4.4 工程验收	298
10.5 工程实例	298
10.5.1 实例1:南开大学9#学生公寓	299
10.5.2 实例2:嘉里粮油(天津有限公司)	302
10.5.3 实例3:唐山市蓝欣玻璃有限公司)	308
参考文献	316
第十一章 锚杆静压桩在工程中的新应用	318
11.1 概况	318
11.1.1 锚杆静压桩原理	318
11.1.2 锚杆静压桩工法的优点	318
11.1.3 锚杆静压桩适用范围	319
11.2 设计	319
11.2.1 桩基竖向承载力计算	319
11.2.2 桩的数量	320
11.2.3 压桩孔	320
11.2.4 接头	321
11.2.5 封桩	321
11.2.6 桩段构造设计	321
11.2.7 桩基承台的计算	321
11.2.8 抗拔锚杆的计算	323
11.2.9 封桩材料	323
11.2.10 预加反力封桩法	323
11.3 施工	324
11.3.1 锚杆静压桩设备装置	324
11.3.2 压桩施工顺序	324
11.3.3 压桩施工规定	325
11.4 质量检验	325
11.5 锚杆静压桩的工程应用	325
11.5.1 工程实例1:锚杆静压桩技术在住宅楼改造工程中的应用	325
11.5.2 工程实例2:锚杆静压桩技术应用于不均匀沉降的基础托换加固工程	328

11.5.3 工程实例 3: 锚杆静压桩技术应用于高速公路桥基加固工程	334
11.5.4 工程实例 4: 锚杆静压桩技术应用于大倾斜率房屋的纠倾加固工程	337
11.5.5 工程实例 5: 住宅楼纠倾加固的研究与实践	341
11.5.6 工程实例 6: 锚杆静压桩技术应用于小高层建筑不均匀沉降的处理	345
11.5.7 工程实例 7: 锚杆静压桩桩基逆作新技术在高层建筑中的应用	349
11.5.8 工程实例 8: 大型锚杆静压钢管桩技术在补桩工程中的应用	352
参考文献	353
第十二章 三岔双向挤扩灌注桩的理论与实践	355
12.1 多节挤扩灌注桩的产生及特点	355
12.1.1 扩孔灌注桩及多节挤扩灌注桩发展简史	355
12.1.2 多节挤扩灌注桩的主要特征	355
12.1.3 多节挤扩桩的液压挤扩装置	357
12.1.4 多节挤扩桩的施工工艺	358
12.1.5 多节挤扩桩的优点	359
12.2 多节挤扩桩的研究现状	360
12.2.1 概述	360
12.2.2 多节挤扩桩荷载传递的研究	360
12.3 多节挤扩桩承载机理的现场试验研究	361
12.3.1 抗压承载力机理分析	361
12.3.2 抗拔承载力机理分析	384
12.4 多节挤扩灌注桩的工程应用实例	389
12.4.1 武汉市劳动力市场大厦桩基工程	389
12.4.2 天津巴黎现代广场桩基工程	392
12.4.3 山东东营市某综合楼	395
12.4.4 河北唐曹高速公路南堡盐场特大桥	396
12.5 多节挤扩灌注桩的技术发展	402
参考文献	403
第十三章 基础工程逆作法设计和施工	404
13.1 概述	404
13.1.1 逆作法概念	404
13.1.2 逆作技术在我国的应用	405
13.1.3 基础工程逆作法的技术经济特点	408
13.1.4 实例	409
13.1.5 基础工程全逆作法体系	414
13.2 高承载力桩基础	414
13.2.1 增加桩长、增加桩径	415
13.2.2 采用变径桩	415
13.2.3 桩底(或者桩底、桩侧联合)后压浆法	415

13.2.4 采用土质改良技术,提高天然土的侧摩阻力和端阻力	415
13.2.5 采用嵌岩桩	415
13.2.6 采用矩形桩	415
13.3 多功能地下连续墙的设计	415
13.3.1 地下连续墙的布置方式	416
13.3.2 地下连续墙的多工况分析和设计	417
13.3.3 地下连续墙的内力计算	420
13.3.4 入土深度的最终确定	423
13.4 逆作技术中的立柱设计	424
13.4.1 立柱的形式	424
13.4.2 立柱的布置	425
13.4.3 立柱的截面设计	425
13.5 地下逆作楼盖的设计	428
13.6 节点设计	432
13.6.1 地下连续墙的接头	432
13.6.2 立柱的连接节点	435
13.7 工程实例	436
13.7.1 逆作法施工工艺在北京王府井大厦工程中的应用	436
13.7.2 杭州凯悦大酒店三层地下室逆作法施工动态监测	440
13.8 逆作法技术的小结	447
参考文献	448
第十四章 桩基承载力检测的自平衡试验法	449
14.1 概述	449
14.1.1 背景	449
14.1.2 测试原理	450
14.1.3 适用范围	451
14.1.4 与传统静载试验方法的比较	451
14.2 自平衡试桩法	452
14.2.1 基本过程	452
14.2.2 测试准则	454
14.2.3 成果整理	455
14.2.4 承载机理和极限承载力	455
14.2.5 荷载箱埋设技术	456
14.3 等效转换法	458
14.3.1 简化转换方法	459
14.3.2 精确转换方法	461
14.3.3 两种转换方法对比分析	462
14.4 典型工程实例	464

14.4.1 预应力管桩中的应用—东南大学江宁九龙湖校区	464
14.4.2 人工挖孔桩应用—南宁佳得鑫广场	467
14.4.3 钻孔灌注桩应用—上海长江大桥	471
14.4.4 挤扩支盘桩应用—嘉兴龙威大厦	479
14.4.5 地下连续墙基础应用—天津站交通枢纽工程	482
14.5 关键问题讨论	489
14.5.1 自平衡法的概念	489
14.5.2 上、下两段桩的平衡点确定问题	489
14.5.3 承载力的确定问题	489
14.5.4 自平衡法用于工程桩问题	490
14.6 总结与展望	491
14.6.1 总结	491
14.6.2 展望	491
参考文献	492
第十五章 土工格栅的新应用	493
15.1 土工格栅加筋技术在岩土工程中的应用	493
15.1.1 概述	493
15.1.2 土工格栅的加筋作用原理	493
15.1.3 土工格栅的特性及优点	494
15.1.4 土工格栅在工程中不同形式的应用	495
15.1.5 高填方加筋土边坡计算实例	501
15.1.6 土工格栅加筋土结构在日本阪神大地震中的工作性状	505
15.1.7 土工格栅加筋土结构高边坡在我国地震区的应用	507
15.2 防排水复合土工合成材料在屋顶绿化中的应用	510
15.2.1 概述	510
15.2.2 复合土工合成材料的特性及其优点	510
15.2.3 复合土工合成材料基础体系的构成	511
15.2.4 应用泰力斯复合材料的屋顶绿化工程实例	511
15.2.5 施工及其注意事项	513
参考文献	513
第十六章 三维地质成像技术在岩土工程中的应用	514
16.1 概述	514
16.2 发展概况	515
16.3 基本数据结构	515
16.3.1 体模型的数据结构	516
16.3.2 面向对象的数据结构	519
16.4 三维地质体建模方法	520
16.4.1 体素	520

16.4.2	体模型类型	521
16.4.3	三维网格面的生成	522
16.4.4	三维体元的构成	525
16.4.5	体元体积的计算	526
16.4.6	模型剖切处理	527
16.5	三维地质成像技术在岩土工程中的应用	528
16.5.1	在水电工程大坝选址设计中的应用	528
16.5.2	在边坡稳定性研究中的应用	528
16.5.3	在开挖回填工程设计中的应用	530
16.5.4	在区域构造分析中的应用	536
16.5.5	在工程地基基础设计中的应用	536
16.5.6	利用剖切功能辅助工程设计	538
16.5.7	在复杂构造建模中的应用	539
16.5.8	在基坑安全检测中的应用	540
	参考文献	541
第十七章	大直径现浇混凝土薄壁筒桩	542
17.1	概述	542
17.1.1	筒桩的定义及分类	542
17.1.2	筒桩的工作原理	542
17.1.3	筒桩的技术特点	543
17.1.4	筒桩的适用范围及工程应用	544
17.2	筒桩竖向受力和水平受力性状分析	545
17.2.1	筒桩竖向压应力分析	545
17.2.2	筒桩水平向受力分析	553
17.2.3	筒桩抗拔受力性状分析	557
17.3	筒桩设计	558
17.3.1	筒桩复合地基	558
17.3.2	筒桩桩基	561
17.3.3	海洋工程	563
17.3.4	深基坑支护	568
17.4	筒桩施工	568
17.4.1	筒桩施工简介及成桩机理	568
17.4.2	施工准备	569
17.4.3	施工机械设备	569
17.4.4	单体筒桩施工工艺流程	571
17.4.5	联体筒桩施工工艺	573
17.5	筒桩质量检查及验收	576
17.5.1	筒桩质量检查项目	576