



岩土锚固技术手册

闫莫明 徐祯祥 苏白约 主编



人民交通出版社

China Communications Press

TU472
2604667



Yantu Maogu Jishu Shouce

岩土锚固技术手册

闫莫明 徐祯祥 苏自约 主编



人民交通出版社

China Communications Press

RADW 61

内 容 提 要

本手册共 12 章,主要介绍了岩土锚固工程的设计、施工、材料、机具等内容,其中重点介绍了湿法喷射混凝土、钢纤维喷射混凝土、自钻式锚杆、树脂锚固剂及新型锚索等,并增加了岩土锚固工程设计软件、工程管理和应用实例等内容。

本手册汇集了近年来岩土锚固技术发展的新成果、新经验,充分反映出我国岩土锚固技术的发展水平。

本手册是一部系统、全面、实用的大型工具书,可供从事岩土锚固工程设计、施工的工程技术人员,以及科研院所、大专院校的有关人员参考使用。

图书在版编目(CIP)数据

岩土锚固技术手册/闫莫明,徐祯祥,苏自约主编.
北京:人民交通出版社,2004.4
ISBN 7-114-05024-0

I.岩... II.①闫... ②徐... ③苏... III.岩土工程-锚固-技术手册 IV.TU472-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 027123 号

岩土锚固技术手册

闫莫明 徐祯祥 苏自约 主 编

正文设计:彭小秋 责任校对:王静红 责任印制:张 恺

人民交通出版社出版发行

(100013 北京和平里东街 10 号 010-64216602)

各地新华书店经销

北京鑫正大印刷有限公司印刷

开本:787×1092 1/16 印张:53.5 插页:9 字数:1332 千

2004 年 5 月 第 1 版

2004 年 5 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数:0001—4000 册 定价:95.00 元

ISBN 7-114-05024-0

前 言

随着岩土锚固技术的飞速发展,编写一部《岩土锚固技术手册》已成为从事岩土锚固工程广大技术人员的迫切需要。在人民交通出版社韩敏编审的积极策划下,由中国岩土锚固工程协会约请业内部分知名专家、教授组成编审小组,历时两年,终于完成了这部大型工具书的编写工作。

岩土锚固技术手册编审人员分工名单:

目 次	编 写 人	审 稿 人
第 1 章 绪论	高谦教授 (北京科技大学) 徐祯祥研究员 (铁道科学研究院)	袁和生教授高工 (中国煤炭工业协会)
第 2 章 岩土性质与工程地质	陈新万教授 (北京科技大学)	赵慧文教授高工
第 3 章 锚杆	陈新万教授 闫莫明研究员 (煤炭科学研究总院)	段振西教授高工 (煤炭科学研究总院)
第 4 章 预应力锚索	王泰恒高工 (国电北京勘测设计研究院) 张勇高工 (总参工程兵科研三所) 胡建林教授高工 (中冶建筑研究总院)	刘玉堂教授高工 (总参工程兵科研三所)
第 5 章 喷射混凝土	闫莫明研究员 罗朝廷副研究员 (中铁西南科学研究院) 陈永华副研究员 (中铁西南科学研究院)	戈和健高工 (煤科总院南京研究所)
第 6 章 土钉墙	张雁研究员 (中国建筑科学研究院)	苏自约教授高工

目 次	编 写 人	审 稿 人
第 7 章 岩土锚固设计理论与方法	高谦教授	方祖烈教授 (北京大学) 明世祥教授 (北京大学)
第 8 章 光面爆破与预裂爆破	杨仕春教授高工 (中国有色工程设计研究总院) 刘殿中教授高工 (中国有色工程设计研究总院)	赵慧文教授高工
第 9 章 岩土锚固工程监测	徐祯祥研究员	岳峰高工 (煤炭科学研究总院)
第 10 章 岩土锚固工程勘探分析与设计软件	高谦教授	徐祯祥研究员
第 11 章 岩土锚固工程项目管理	赵慧文教授高工 (中国有色工程设计研究总院)	闫莫明研究员
第 12 章 岩土锚固工程实例	苏自约教授高工 (中冶建筑研究总院)	闫莫明研究员

岩土锚固技术手册共 12 章,系统地介绍了岩土锚固工程的设计、施工、材料、机具等内容,特别介绍了近几年发展起来的一些新技术,如湿法喷射混凝土、钢纤维喷射混凝土、自钻式锚杆、树脂锚固剂以及新型锚索等,并增加了设计软件、工程管理和应用实例。按照统一编排,各章相对独立。全书格式统一,宜图则图,宜表则表。收编的资料求新、求实,并要求符合新的国家标准和行业标准,强调手册的先进性与实用性相统一。

本手册在编写过程中,引用了许多单位和个人的一些技术成果和技术总结,同时也得到了中国岩土锚固工程协会一些成员单位的大力支持,在此仅向他们表示衷心感谢!

由于本手册系多人参与编写,尽管在编写过程中也经过多次讨论、审稿,但仍然会存在部分新资料收集不全和出现谬误之处,敬请读者指正,以便再版时修订。

最后还要特别感谢,中国岩土锚固工程协会理事长徐祯祥研究员和前任理事长程良奎教授级高工分别为本手册撰写了序。这两篇点睛之作必将为本手册增辉添彩。

编 者
2004 年 4 月

序 一

尽管岩土工程(Geotechnical Engineering)作为一门技术学科被国际学术界公认至今不到 50 年的时间;它作为一门工程专业学科被引入我国也只有 20 余年的历史,但是,可以毫不夸张地说,目前我国岩土工程的实践和发展水平在世界上是名列前茅的,其应用领域也是最广泛的。无论是规模宏大的三峡、小湾、龙滩等大型水电工程,还是具有特大埋深和长度的南水北调隧道工程;无论是世界海拔最高的川藏、滇藏、青藏公路和铁路工程,还是具有高技术难度的各类大跨度城市地下工程,所有这些工程的庞大计划和随之而来的工程安全问题已经吸引了国内外专家的高度重视和参与,并正在策划着各种中长期的综合技术措施。在保证岩土工程成功和安全的所有措施中,岩土锚固技术无疑是可供选择的最成熟和经济可靠的技术之一。正因为如此,对于正在立项和上述在建大型工程中的高边坡、深基坑、大跨度地下工程来说,岩土锚固技术已经成为一项具有重要意义的关键技术。

《岩土锚固技术手册》的出版顺应了上述岩土锚固工程发展形势的迫切需求,反映了当前该项工程技术在我国的应用水平,并力图满足从业技术人员要求提供实用工具书的愿望。该手册提供给岩土工程界广大读者的除了岩土锚固技术中的一般工程技术问题之外,还提供了一些过去我们编制的手册中较少涉及但又是十分重要的应用问题。例如;设计方法和实用计算程序;岩土工程施工管理及监理方法;当前若干新技术发展的实例(如湿喷混凝土技术、纤维喷射混凝土技术、高性能喷射混凝土、各类新型锚杆技术等);以及近年来若干大型岩土锚固工程的应用实例,等等。这些新内容的出现使本手册的实用性和选择性得到进一步提高。

《岩土锚固技术手册》的出版既折射出岩土工程领域广大科技工作者长期实践探索和研究贡献的熠熠光辉,又凝聚着编撰出版者们两年多工作和辛勤劳动成果与智慧的结晶。衷心地希望《手册》的出版能对遍及长城内外和大江南北的众多岩土锚固工程及其技术水平的发展起到一定的推动作用。我相信这也是《手册》创意者们的初衷。

中国岩土锚固工程协会 理事长

徐祯祥

2004 年 3 月 26 日

序 二

岩土锚固是挖掘岩土潜能、提高岩土工程稳定性,解决复杂的岩土工程问题最经济、最有效的方法之一。近年来,随着我国水利、能源、交通等基础设施与城市高层建筑的大力兴建,岩土锚固工程获得了迅猛发展,岩土锚固工程领域的新理论、新技术、新材料、新工艺不断涌现,岩土锚固领域的多本专著相继出版。我国岩土锚固园地正呈现出一派繁花似锦、欣欣向荣的景象。此时,我们欣喜地看到,《岩土锚固技术手册》与读者见面了,这无疑是岩土工程界的一件大喜事。

《岩土锚固技术手册》内容丰富、体系完整、简明实用。它全面系统地反映了岩土锚固、土钉支护与喷射混凝土技术的工作特性、设计方法与施工工艺;浓缩了我国一些大型岩土锚固工程的实践经验;介绍了岩土锚固的设计计算软件、工程招投标文件与施工组织设计;展现了自钻式锚杆、湿式喷射混凝土等最新科技成果。该手册所达到的深度和广度反映了岩土锚固的最新水平,是岩土锚固工程界科技人员难得的一本工具书。

我深信,本手册的出版必将得到岩土工程界的欢迎,必将推动我国岩土锚固工程的发展,必将使岩土锚固的潜能更强烈地迸发出来,在土木、水利、建筑和矿业等工程建设中放射出瑰丽多彩的光环。

当前,在我国辽阔的土地上,岩土工程建设蓬勃发展、规模空前,它为推进岩土锚固技术创新提供了前所未有的良好机遇,同时也提出了许多新的更具有挑战性的难题。我们应当珍惜这一大好时机,在纵观我国岩土锚固领域取得巨大成就的同时,也应清醒地看到,面对错综复杂的工程建设要求,面对英国、澳大利亚、德国、美国、日本等岩土锚固技术强国,我们无法回避,在岩土锚固领域的某些方面,如高承载力锚固体系、锚杆荷载传递机制、高性能的施工机具与监测仪器、锚杆的腐蚀与防护,以及锚杆的长期性能等方面的科技水平与应用实践,仍存在着不足和差距。我们要努力拼搏、勇于创新、与时俱进,不断创造一个又一个高水平的科技成果,使我国的岩土锚固技术有更大的跨越和提升,以适应飞速发展的工程建设的需要。

原任中国岩土锚固工程协会理事长

程良奎

2003年12月8日

2.6.1	概述	41
2.6.2	地下水类型、水文地质结构与化学成分	42
2.6.3	岩土软化及其渗透系数	44
2.6.4	地下水对岩土工程稳定性的不良影响	45
2.6.5	地下水的腐蚀性及其防护措施	45
2.7	岩体分类	47
2.7.1	锚喷支护围岩分类	47
2.7.2	岩体质量分级	50
2.7.3	岩体地质力学分类	53
2.7.4	巴顿岩体质量(Q)分类	55
2.7.5	Deere 的岩体质量指标(RQD)	59
2.7.6	按声波速度隧道围岩分类	59
2.7.7	国内主要行业部门的围岩分类	60
2.7.8	国外其他主要围岩分类	72
2.7.9	岩体分类的发展趋势	72
2.8	岩体的力学性质	72
2.8.1	岩体抗剪强度	72
2.8.2	软弱结构面强度参数、软化和摩擦系数	76
2.8.3	岩体强度的预测	78
	参考文献	83
第3章	锚杆	84
3.1	概述	84
3.2	锚杆分类和技术特征	84
3.2.1	树脂锚杆	85
3.2.2	快硬水泥卷锚杆	85
3.2.3	水泥砂浆锚杆	86
3.2.4	缝管锚杆	86
3.2.5	水胀锚杆	86
3.2.6	自钻式锚杆	87
3.2.7	木锚杆	92
3.2.8	竹锚杆	93
3.2.9	玻璃纤维锚杆	93
3.2.10	屈服锚杆	95
3.2.11	精轧螺纹钢锚杆	95
3.2.12	可回收锚杆	95
3.2.13	内注式注浆锚杆	96
3.3	锚杆选型	97
3.3.1	锚杆选型的基本原则	97
3.3.2	静压井巷的锚杆选型	97
3.3.3	动压井巷的锚杆选型	97

3.3.4	软岩井巷的锚杆选型	98
3.3.5	破碎松散围岩的锚杆选型	98
3.4	锚杆材料	98
3.4.1	杆体材料	98
3.4.2	锚固剂	101
3.4.3	托板(垫板)	107
3.4.4	锚杆螺母	108
3.4.5	钢带	109
3.4.6	网	113
3.5	锚杆支护原理概述	113
3.6	锚杆支护设计方法综述	115
3.6.1	工程类比法	116
3.6.2	现场监控法	117
3.6.3	理论分析法	118
3.7	锚杆支护施工工艺	119
3.7.1	锚杆施工要求	119
3.7.2	常用锚杆施工工艺	119
3.7.3	快硬水泥锚杆施工	120
3.7.4	缝管锚杆施工	121
3.7.5	楔管锚杆、水胀锚杆施工	121
3.7.6	自钻式锚杆的施工	121
3.8	锚杆支护施工机具	121
3.8.1	锚杆钻机	121
3.8.2	风动凿岩机	132
3.8.3	钻杆与钻头	135
3.9	锚杆的试验	141
3.9.1	破坏性试验	141
3.9.2	非破坏试验	142
3.9.3	蠕变试验	142
3.10	锚杆的质量检验	143
3.10.1	抽样方法和数量	143
3.10.2	检验内容	143
3.10.3	锚杆施工质量检测仪器	143
	参考文献	147
第4章	预应力锚索	148
4.1	概述	148
4.1.1	预应力锚索发展简况	148
4.1.2	预应力锚索最新发展	149
4.1.3	预应力锚索基本特征	152
4.1.4	预应力锚索基本组成构件	152

4.1.5 预应力锚索工程应用	153
4.2 预应力锚固工程类型与预应力锚索分类	155
4.2.1 预应力锚固工程类型	155
4.2.2 预应力锚索分类	156
4.3 典型锚索结构及其工程特性	156
4.3.1 荷载集中型锚索	156
4.3.2 荷载分散型锚索	158
4.3.3 对穿式预应力锚索	162
4.3.4 无粘结锚索	162
4.3.5 多重防护锚索	162
4.3.6 可拆芯式锚索	165
4.3.7 矿用单束锚索	165
4.3.8 双圈环绕无粘结预应力锚索	165
4.3.9 玻璃纤维锚索	167
4.4 锚索设计	167
4.4.1 前期准备与调查研究	168
4.4.2 掌握相关规程规范	169
4.4.3 锚索计算若干问题	170
4.4.4 采用公式法计算锚固力(锚固长度)	179
4.4.5 外锚头设计	186
4.4.6 部分规范标准计算法简介	188
4.5 腐蚀与防腐	195
4.5.1 腐蚀基本概念	195
4.5.2 FIP关于腐蚀的建议	196
4.5.3 锚索腐蚀与防护的特点	198
4.5.4 基本防护措施	199
4.5.5 国内锚索防护基本效果	199
4.5.6 防护实例	200
4.6 施工材料	202
4.6.1 预应力材料	202
4.6.2 水泥基锚固浆体	210
4.6.3 早强、高强混凝土	213
4.6.4 专用防护材料	213
4.6.5 其他零星材料	215
4.7 常备器具	216
4.7.1 预应力锚(夹)具	216
4.7.2 限位板与顶压器	223
4.7.3 挤压机	226
4.7.4 止浆装置	228
4.7.5 承载体(板)	228

4.7.6 导向帽	228
4.8 施工机械	230
4.8.1 钻孔设备	230
4.8.2 注浆设备	235
4.8.3 张拉设备	236
4.8.4 混凝土搅拌设备	243
4.8.5 下料设备	243
4.9 预应力锚索施工	244
4.9.1 施工计划	245
4.9.2 施工平台	245
4.9.3 钻孔	245
4.9.4 编束	249
4.9.5 放束入孔方式	251
4.9.6 注浆固结	251
4.9.7 外锚头制作	252
4.9.8 张拉锁定	253
4.9.9 防护	256
4.10 预应力锚索试验	257
4.10.1 验证试验	257
4.10.2 适应性试验	261
4.10.3 验收试验	262
4.11 预应力锚固工程质量与检测仪器	264
4.11.1 预应力锚固工程质量	264
4.11.2 预应力锚固工程验收	264
4.11.3 检测仪器	265
4.12 矿用预应力锚索	267
4.12.1 矿用预应力锚索分类和系列化	268
4.12.2 矿用预应力锚索主要参数设计	268
4.12.3 岩巷用锚索(多束砂浆锚固)	269
4.12.4 煤巷用锚索(单束树脂锚固)	270
4.12.5 矿用锚索专用机具	273
参考文献	275
第5章 喷射混凝土	278
5.1 概述	278
5.1.1 喷射混凝土定义	278
5.1.2 喷射混凝土分类	278
5.1.3 喷射混凝土的主要特点	278
5.1.4 喷射混凝土技术的发展	279
5.2 喷射混凝土的原材料与主要配套设备	280
5.2.1 原材料	280

5.2.2 主要配套设备	287
5.3 喷射混凝土设计	290
5.3.1 设计依据	290
5.3.2 配合比设计	291
5.3.3 混合料的配合比与拌制	294
5.3.4 几种参考配合比	294
5.3.5 喷射混凝土厚度的计算	296
5.3.6 喷射混凝土配合比的测定方法	299
5.4 干法喷射混凝土	303
5.4.1 干法喷射混凝土简述	303
5.4.2 干法喷射混凝土工艺流程	303
5.4.3 干法喷射混凝土机具	303
5.4.4 干法喷射混凝土主要性能	307
5.4.5 干法喷射混凝土施工工艺	310
5.5 湿法喷射混凝土	315
5.5.1 湿法喷射混凝土概述	315
5.5.2 湿法喷射混凝土工艺流程	316
5.5.3 湿法喷射混凝土与干法喷射混凝土的比较	316
5.5.4 湿法喷射混凝土机具	317
5.5.5 湿法喷射混凝土主要性能	323
5.5.6 湿法喷射混凝土施工工艺	332
5.6 水泥裹砂喷射混凝土	341
5.6.1 水泥裹砂喷射混凝土简述	341
5.6.2 水泥裹砂喷射混凝土工艺流程	341
5.6.3 水泥裹砂喷射混凝土工艺特点	341
5.6.4 水泥裹砂喷射混凝土配合比	342
5.6.5 水泥裹砂砂浆的拌制	342
5.6.6 施工机具与施工要点	343
5.6.7 水泥裹砂喷射混凝土应用实例	343
5.7 钢纤维喷射混凝土	344
5.7.1 钢纤维喷射混凝土定义	344
5.7.2 钢纤维喷射混凝土特点	344
5.7.3 钢纤维	344
5.7.4 钢纤维喷射混凝土配合比设计	346
5.7.5 钢纤维喷射混凝土的特性	348
5.7.6 施工要点	353
5.8 硅灰喷射混凝土	354
5.8.1 硅灰	354
5.8.2 硅灰喷射混凝土的优点	355
5.8.3 硅灰喷射混凝土的施工要求	355

5.8.4	硅灰对喷射混凝土性能的改善	356
5.8.5	粉状硅灰对喷射混凝土性能的改善	356
5.8.6	硅灰料浆对喷射混凝土性能的改善	357
5.8.7	硅灰喷射混凝土原材料	358
5.8.8	硅灰喷射混凝土配合比设计要点	358
5.8.9	相关标准要求	361
5.8.10	硅灰喷射混凝土工程应用实例	361
5.9	喷射混凝土质量控制与检验	366
5.9.1	喷射混凝土质量控制	366
5.9.2	喷射混凝土强度的检验	369
5.9.3	喷射混凝土厚度的检验	372
5.9.4	用拔出法检测喷射混凝土强度	372
5.9.5	测定喷射混凝土粉尘	373
	参考文献	375
第6章	土钉墙	376
6.1	概述	376
6.2	土钉墙的基本构造	376
6.2.1	土钉	376
6.2.2	面层	377
6.2.3	排水系统	377
6.3	土钉墙的技术特点及应用范围	377
6.3.1	土钉墙的技术特点	377
6.3.2	土钉墙的应用范围	379
6.4	土钉墙的作用机理与工作性状	379
6.4.1	土钉墙的作用机理	379
6.4.2	土钉墙的破坏模式及特征	381
6.4.3	土钉墙的工作性状	381
6.5	土钉墙设计	385
6.5.1	土钉墙设计内容	385
6.5.2	土钉墙设计依据	385
6.5.3	土钉墙构造设计要求	386
6.5.4	土钉墙设计步骤	387
6.5.5	土钉墙设计计算方法	387
6.6	土钉墙施工及质量检验	392
6.6.1	施工准备	392
6.6.2	土钉墙施工一般规定	393
6.6.3	土钉墙施工技术要求	393
6.6.4	土钉墙施工质量检验	395
6.7	土钉墙施工监测	395
6.8	工程实例	396

6.9 复合土钉墙技术及其工程应用	401
6.9.1 概述	401
6.9.2 几种典型的复合土钉墙支挡结构	401
6.9.3 复合土钉墙技术在工程中的应用	403
参考文献	439
第7章 岩土锚固设计理论与方法	440
7.1 概 述	440
7.1.1 岩土锚固技术的应用范畴	440
7.1.2 岩土锚杆类型及特点	440
7.1.3 锚杆锚固作用原理	440
7.2 常用锚杆的锚固力计算	442
7.2.1 粘结式锚杆	442
7.2.2 楔缝式锚杆	449
7.2.3 胀壳式锚杆	450
7.2.4 缝管式锚杆	451
7.3 锚固设计准则与安全系数	451
7.3.1 单根粘结锚杆的破坏型式	452
7.3.2 岩土锚杆上拉承载能力	452
7.4 单锚极限锚固力的锚固设计	453
7.4.1 锚固设计的一般要求	453
7.4.2 岩土锚固设计主要内容	454
7.4.3 单根岩土锚的锚固设计准则	454
7.4.4 单根锚杆(索)设计计算	455
7.5 地下工程锚固设计方法与计算	456
7.5.1 地下工程锚固设计要点	456
7.5.2 地下工程设计内容与设计模型	457
7.5.3 锚喷参数设计的工程类比法	458
7.5.4 锚喷参数的理论计算方法	460
7.5.5 现场监控法	478
7.5.6 锚固设计三种主要方法对比分析	482
7.5.7 锚固工程计算设计准则	483
7.5.8 矿山巷道工程设计方法	484
7.5.9 隧道工程设计计算方法	486
7.5.10 地下工程设计实例	490
7.6 岩土边坡锚固工程设计与计算	495
7.6.1 岩土边坡工程分类	495
7.6.2 影响边坡稳定性因素	495
7.6.3 边坡失稳破坏模式	496
7.6.4 边坡破坏失稳预测	497
7.6.5 边坡锚固设计内容与程序	498

7.6.6	预应力锚杆加固边坡原理	498
7.6.7	边坡稳定性分析和加固力计算	500
7.6.8	边坡锚固设计应考虑的问题	503
7.6.9	岩土边坡锚固工程实例	506
7.7	基坑锚固设计与计算	507
7.7.1	深基坑支护法分类与特点	507
7.7.2	喷锚网支护作用原理	509
7.7.3	喷锚网支护设计条件	512
7.7.4	喷锚网支护设计基本程序	512
7.7.5	喷锚网支护设计基本原则	514
7.7.6	基坑侧壁支护设计	516
7.7.7	深基坑开挖的基底稳定性验算	516
7.7.8	深基坑支挡结构的作用与类型	517
7.7.9	地面无附加荷载的无锚拉悬臂桩的计算	518
7.7.10	地面有附加荷载的单支撑(锚拉)悬臂桩的计算	519
7.7.11	地面有附加荷载的多层支撑(锚拉)悬臂桩的计算	519
7.7.12	土钉墙的稳定分析	522
7.8	其他岩土工程锚固设计与计算	527
7.8.1	概述	527
7.8.2	坚硬岩层中的锚固深度	528
7.8.3	节理岩体中的锚固深度	529
7.8.4	非粘性土中的锚固深度	530
7.8.5	粘质土中的锚固深度	532
7.8.6	抵抗竖向位移的锚固设计	533
7.8.7	抵抗倾倒的锚固设计	534
7.8.8	抵抗基础水平位移的锚固设计	536
7.9	岩土锚固工程可靠度分析与优化设计	537
7.9.1	极限状态设计原则和方法	538
7.9.2	结构单元的可靠度计算方法	539
7.9.3	结构系统可靠度的计算方法	542
7.9.4	岩土工程分析中的不确定性与随机变量的概率分布	545
7.9.5	岩土锚固工程可靠度设计的目标指标的确定	546
7.9.6	边坡锚固工程的可靠度分析	549
	参考文献	551
第8章	光面爆破与预裂爆破	552
8.1	爆破对保留岩体的不利影响	552
8.1.1	爆破对边坡的影响	553
8.1.2	爆破对地下工程的影响	555
8.2	光面爆破	556
8.2.1	隧道光面爆破	557

8.2.2	井巷光面爆破	560
8.2.3	竖井光面爆破	565
8.2.4	边坡光面爆破	567
8.3	预裂爆破	570
8.3.1	预裂爆破设计	571
8.3.2	预裂爆破施工工艺	574
8.3.3	工程实例	575
8.4	光面、预裂爆破质量评价	581
8.5	准光面、准预裂爆破	581
8.6	爆破振动监测	582
	参考文献	584
第9章	岩土锚固工程监测	585
9.1	工程监测的意义和目的	585
9.2	工程监测中的若干名词和概念	585
9.2.1	非电量的电测法	585
9.2.2	一次仪表和二次仪表	586
9.2.3	传感器	586
9.2.4	测试元件	586
9.2.5	遥测	586
9.2.6	率定	586
9.2.7	误差	586
9.2.8	精度	587
9.2.9	灵敏度	587
9.2.10	稳定性	588
9.2.11	重复性	589
9.2.12	非线性偏差	589
9.3	岩土工程测试元件	589
9.3.1	机械式测试元件	590
9.3.2	液压式测试元件	594
9.3.3	电阻式测试元件	596
9.3.4	振弦式测试元件	598
9.4	岩土工程测试元件的率定	601
9.4.1	位移传感器的率定	601
9.4.2	应变传感器的率定	602
9.4.3	压力传感器的率定	603
9.4.4	实体率定技术	604
9.5	工程监测方法简介	605
9.5.1	肉眼检测	605
9.5.2	常规的岩土物理、力学试验和工程材料试验	606
9.5.3	岩土应力测试	606

9.5.4	水平位移监测	619
9.5.5	沉降(垂直位移)监测	624
9.6	工程监测设计与测试数据的回归分析	630
9.6.1	拟定设计原则	630
9.6.2	确定监测内容和选择监测手段	631
9.6.3	测点布设(量测间隔)	631
9.6.4	仪器的选择	633
9.6.5	测试数据的回归分析	633
9.7	若干工程现场监测实例	638
9.7.1	南昆铁路八渡滑坡整治工程中的现场监测	638
9.7.2	南岭铁路隧道监测	640
9.7.3	广州某软土深基坑现场监测	643
9.7.4	北京城市地下工程现场监测	648
9.7.5	某边坡工程稳定性的现场监测	651
	参考文献	656
第 10 章	岩土锚固工程勘探分析与软件	657
10.1	概述	657
10.1.1	目的与作用	657
10.1.2	岩土锚固工程特性	657
10.1.3	岩土工程分类	658
10.1.4	岩土工程分析的特点	658
10.1.5	岩土工程分析应考虑的因素	659
10.1.6	岩土锚固分析研究与进展	660
10.2	国外岩土工程分析软件	660
10.2.1	Rocscience 系列分析软件	660
10.2.2	Geo-Slope 系列分析软件	661
10.3	国内岩土工程勘察与分析软件	662
10.3.1	理正岩土分析系列软件	662
10.3.2	启明星系列软件	663
10.3.3	吉奥工程勘察软件	667
10.3.4	华宁岩土工程勘察软件	667
10.3.5	其他岩土工程分析软件	668
10.4	岩土锚固工程有限差分法及程序	671
10.4.1	概述	671
10.4.2	FLAC ^{3D} 程序特点与功能	671
10.4.3	FLAC 程序求解问题一般过程	676
10.4.4	采用 FLAC 程序进行岩土工程分析应考虑的问题	676
10.4.5	FLAC 本构模型与材料性质	680
10.4.6	使用 FLAC 程序的提示与建议	690
10.4.7	FLAC 程序中关键词解释	692