

锚固与注浆技术手册

(第二版)

中国岩石力学与工程学会锚固与注浆分会 编

杨晓东 主编



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

TU753.8/8

2009

锚固与注浆技术手册

(第二版)

中国岩石力学与工程学会锚固与注浆分会 编

杨晓东 主编



北方工业大学图书馆



C00275945



中国电力出版社

www.cepp.com.cn

内 容 提 要

本手册由中国岩石力学与工程学会锚固与注浆分会组织编写。

本手册分为锚固技术、注浆技术及工程实例三篇。锚固技术篇主要介绍了锚杆、锚索、喷射混凝土、格栅钢架支护、地下工程软弱围岩超前预支护技术、岩锚梁、土钉支护、地下工程锚固、深基坑锚固、岩土边坡锚固及锚固工程现场监测等内容。注浆技术篇主要从注浆材料、注浆原理、注浆设计、注浆施工、注浆技术的工程应用、高压喷射注浆、深层搅拌法及混凝土构造物注浆加固等方面结合工程实例进行介绍。第三篇汇集了锚固与注浆技术在水利水电工程、深基坑工程、隧道与地下工程、矿山开采工程、边坡工程、古遗址保护工程等方面的应用实例。

本手册是1999年版本的修订本，总结了水利水电工程、建筑工程、隧道与地下工程、矿山开采工程、边坡工程、军事工程等有关岩土工程锚固与注浆技术的最新成果与经验，是一本系统、全面、适合岩土工程多行业应用的实用手册。

本书可供从事岩土与地下工程设计、施工的工程技术人员以及科研院所、大专院校有关人员参考使用。

图书在版编目 (CIP) 数据

锚固与注浆技术手册/杨晓东主编；中国岩石力学与工程学会岩石锚固与注浆分会编. —2版. —北京：中国电力出版社，2009.10

ISBN 978-7-5083-9600-2

I. 锚… II. ①杨…②中… III. ①岩土工程-锚固-技术手册②岩土工程-灌浆加固-技术手册 IV. TU753.8-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 191732 号

中国电力出版社出版、发行

(北京三里河路6号 100044 http://www.cepp.com.cn)

北京盛通印刷股份有限公司印刷

各地新华书店经售

*

1999年9月第一版

2009年10月第二版 2010年1月北京第四次印刷

787毫米×1092毫米 16开本 48.25印张 1159千字

印数 9401—11400册 定价 110.00元

敬告读者

本书封面贴有防伪标签，加热后中心图案消失
本书如有印装质量问题，我社发行部负责退换

版 权 专 有 翻 印 必 究

编 辑 委 员 会

顾 问：钱七虎 梁炯鋈

主 编：杨晓东

副主编：马 栋 沈 俊 邝健政 彭春雷 姜玉松

编 委：（按姓氏笔画为序）

丁文其 方利成 丛蔼森 许元珠 许祥祯

李最雄 陈黎斌 张化海 张福明 张 娜

符 平 徐水根 郭克诚 康红普 龚高武

梅树清 傅冰骏 潘秀明 薛 炜

《锚固与注浆技术手册》编写、审阅人员表

篇 章		第一版		第二版	
		编 写	审 阅	编 写	审 阅
第一篇 锚固技术	第 1 章 概论	张文进 刘建武	刘新房 李清猷	张福明	沈 俊
	第 2 章 锚杆	任辉启 张 勇 张新东	王建宇 田裕甲 黄建中	黄文云 董宏晓 张 勇 杨大峰	沈 俊
	第 3 章 预应力锚索	张 勇 任辉启 沈 俊	王建宇 田裕甲 黄建中	张 勇 黄文云 杨大峰 胡 瑞	沈 俊
	第 4 章 喷射混凝土	雷志梁 蔡灿柳 沈贵松	张文巾	蔡灿柳 沈贵松	梅树清
	第 5 章 格栅钢架支护	董淑棉 张学文 仇文革	关宝树 谢量瀛 薛继连	—	—
	第 6 章 地下工程软弱围岩超前预支护	董淑棉 张学文 胡万毅	关宝树 韩忠存 翟金民	—	—
	第 7 章 岩锚梁	陈炳祥 张 敏 成志辉	唐国进、傅冰骏 胡承器	—	—
	第 8 章 土钉支护	黄日德 刘建武 吴祥云	张雁 沈俊	曾光明	郑全平
	第 9 章 地下工程锚固			高 谦	姜玉松
	第 10 章 深基坑锚固			高 谦	姜玉松
	第 11 章 岩土边坡锚固			高 谦	姜玉松
	第 12 章 锚固工程现场监测	黄文云 王振中 石 虹	王建宇	黄文云 王振中 胡 瑞 杨大峰	沈 俊
第二篇 注浆技术	第 1 章 概论	杜嘉鸿 邝健政	杨晓东	—	—
	第 2 章 注浆材料	王 杰 杨晓东	熊厚金	邝健政 张亚锋	杨晓东
	第 3 章 注浆原理	杨晓东 王 杰	邝健政	—	—
	第 4 章 注浆设计	杨晓东	郑 治	龚高武 彭春雷	杨晓东
	第 5 章 注浆施工	彭春雷 杨晓东	徐水根	彭春雷	杨晓东

第二篇 注浆技术	第6章 注浆技术的工程应用	郑志王杰	杨晓东	姜玉松	杨晓东
	第7章 高压喷射注浆	查振衡	杜嘉鸿	彭春雷	杨晓东
	第8章 水泥土（水泥砂浆）搅拌法	王启铜	龚晓南	郭克诚 李斌 陈磊	彭春雷
	第9章 混凝土构造物的注浆加固			邝健政 张维欣	杨晓东
第三篇 工程实例	第1章 深基坑工程			李欢秋 张福明 涂勇 张羚耀	许元珠 许祥祯 张娜 姜玉松
	第2章 矿山井巷及隧道工程			康红普 马栋 李庚许 孙勇 姜玉松 陈建军 吴庆红 彭向洲	
	第3章 水利水电工程			谷艳芬 党延锋 於习军 南海霞 张新军 宋园生 乔荣梅 周厚贵 李焰	
	第4章 边坡工程			齐永立 张会员 潘勇 郭克诚 赵克烈 汪顺林 韩启向 张伏中 孙志锋	
	第5章 古遗址保护加固工程中的锚固与注浆			李最雄 王旭东 张鲁	

前 言

锚固与注浆技术,是随着工程的需要而不断发展的。古代中国,在采煤以及修建栈道时,使用了木锚杆;在建筑材料中普遍使用黏土等无机材料和糯米浆(淀粉)、树脂等有机材料作为砌块的胶结材料和防渗止水材料;在黄河堤防采用木钎造孔,注入泥浆封堵渗漏通道。近代,喷锚支护技术,在20世纪40年代应用于工程,我国在60年代引进后,喷锚支护和各种锚固技术逐步得到了发展;注浆技术,出现在19世纪,我国在20世纪50年代引进后也逐步得到了发展。近几十年来喷射混凝土、预应力锚索、高分子注浆材料、高压喷射注浆等技术,广泛地应用于建筑物、铁路、公路、煤炭、矿山、水利水电工程。

这本《锚固与注浆技术手册》,是在第一版的基础上修编而成。以手册形式汇编了锚固与注浆现有的较成熟技术、相关成果和工程实践,便于工程参考应用。中国岩石力学与工程学会锚固与注浆分会原主任、第一版主编梁炯璠教授在执笔的总论中认为,工程需要是锚固与注浆技术发展的动力,工程实践是促进、完善、发展锚固与注浆技术的根本途径。工程实践经验、工程技术与工程地质学发展及系统理论应用而逐步形成的地质工程概念的形成,必然促进锚固与注浆技术的发展。把锚固与注浆技术巧妙地结合,走综合技术的道路是充分发挥工程地质体的工程能力的有效途径。

岩石锚固与注浆技术专业委员会(锚固与注浆分会)于1996年第一届第五次领导成员会议决定,组织编写《锚固与注浆技术手册》。同年在第六次领导成员会议上,审定了编写纲目。1997年11月换届之后,经过大家的共同努力,于1999年9月出版了《锚固与注浆技术手册》(第一版)。手册第一版邀请了孙钧、陈肇元、钱七虎、王梦恕等院士担任编委会顾问,并成立了编辑委员会。锚固技术篇由任辉启、薛继连负责策划,总参工程兵三所为锚固技术篇的汇总单位,汇审人由王建宇、刘建武担任;注浆技术篇由杜嘉鸿、邝健政负责策划,中国水利水电科学研究院为注浆技术篇的汇总单位,汇审人由杨晓东、徐水根担任。由特约编辑卓衍荣编审进行统一编辑与修改。

在2007年锚固与注浆大会上,许多代表提出了修编手册的建议,要求新换届的锚固与注浆分会两年内完成。经第四届领导成员会议多次研究,参与修编工

作的人员共同努力，按期完成了工作。主要是根据近年来锚固与注浆技术的发展 and 工程成功实践经验改写或增删而成，以期反映目前的认识和工程实践，有利于读者参考借鉴。《锚固与注浆技术手册》修编后分为锚固技术篇、注浆技术篇和工程实例篇，分别由总参工程兵三所、中国水利水电科学研究院和中铁十六局集团有限公司汇审，并特约姜玉松教授进行编辑。限于时间、技术水平和条件的限制，手册尚存在不足和遗憾，只能在以后的版本中逐步完善。

手册编写和修编过程中，众多专家、学者付出了辛勤劳动，客观上无法准确反映，若存在遗漏疏忽敬请谅解。在此诚挚地对参与第一版和本次修编的所有编写出版工作的人士致以衷心的感谢。

《锚固与注浆技术手册》编辑委员会

2009年8月

编辑出版人员

终 审 杨元峰

复 审 杨伟国

责任编辑 姜 萍

美术设计 杨晓东

版式设计 张秋雁

责任校对 刘振英

出版印制 蔺义舟

目 录

前言

第一篇 锚 固 技 术

第 1 章 概论	3
1.1 岩土锚固的含义	3
1.2 锚固技术的应用现状与发展	3
1.3 锚固支护理论和设计方法的现状和发展	5
1.3.1 锚固技术主要特点	5
1.3.2 锚固支护理论	6
1.4 锚固支护设计与施工现状和发展	8
1.4.1 地下工程的锚固设计方法	8
1.4.2 岩土边坡的锚固设计方法	8
1.4.3 基坑锚固设计方法	8
1.4.4 锚固设计的其他因素	8
1.4.5 锚固设计与施工方法发展方向	9
第 2 章 锚杆	10
2.1 概述	10
2.2 锚杆种类和技术特征	11
2.2.1 锚杆种类划分方法	11
2.2.2 楔缝锚杆	12
2.2.3 倒楔锚杆	12
2.2.4 缝管锚杆	12
2.2.5 楔管锚杆	13
2.2.6 水泥砂浆锚杆	13
2.2.7 树脂锚杆	14
2.2.8 快硬水泥卷锚杆	14
2.2.9 水胀锚杆	15
2.2.10 胀壳锚杆	15
2.2.11 自钻式锚杆	16
2.2.12 钢花管注浆锚杆	19
2.2.13 分散压缩型锚杆	20

2.2.14	木锚杆	20
2.2.15	竹锚杆	21
2.2.16	玻璃纤维锚杆	21
2.2.17	屈服锚杆	22
2.2.18	精轧螺纹钢锚杆	23
2.2.19	可回收锚杆	23
2.2.20	内注式注浆锚杆	24
2.2.21	塑料锚杆	24
2.3	锚杆材料.....	25
2.3.1	杆体材料.....	25
2.3.2	黏结材料.....	25
2.3.3	锚杆垫板.....	28
2.3.4	钢带.....	28
2.3.5	网.....	30
2.4	锚杆选型.....	30
2.4.1	锚杆选型的基本原则.....	30
2.4.2	软弱松散结构岩体的锚杆选型.....	31
2.4.3	层状结构岩体的锚杆选型.....	31
2.4.4	静压井巷的锚杆选型.....	31
2.4.5	动压井巷的锚杆选型.....	31
2.4.6	软岩井巷的锚杆选型.....	32
2.4.7	破碎松散围岩的锚杆选型.....	32
2.5	锚杆支护作用原理.....	32
2.5.1	悬吊作用.....	32
2.5.2	组合梁作用.....	33
2.5.3	组合拱(压缩拱/挤压加固)作用	33
2.5.4	围岩强度强化理论.....	34
2.5.5	最大水平应力理论.....	34
2.5.6	全长锚固中性点理论.....	34
2.5.7	松动圈理论.....	35
2.6	锚杆杆体设计要点.....	35
2.6.1	全长黏结型锚杆设计.....	35
2.6.2	端头锚固型锚杆设计.....	35
2.6.3	摩擦型锚杆设计.....	37
2.6.4	预应力锚杆的设计.....	38
2.6.5	自钻式锚杆设计.....	38
2.6.6	迈氏锚杆的设计.....	39
2.6.7	钢花管注浆锚杆设计.....	39
2.6.8	分散压缩型锚杆设计.....	39

2.7 锚杆施工	40
2.7.1 一般规定	40
2.7.2 全长黏结型锚杆施工	41
2.7.3 摩擦型锚杆施工	43
2.7.4 张拉型锚杆施工	43
2.7.5 管式锚杆施工	45
2.7.6 自钻式锚杆施工	45
2.7.7 预应力锚杆施工	46
2.7.8 预应力锚杆的试验和监测	47
2.7.9 可回收锚杆施工	48
2.8 锚杆施工机具	48
2.8.1 锚杆钻机	48
2.8.2 钻杆与钻头	51
2.8.3 注浆设备	53
2.9 锚杆试验	54
2.9.1 破坏性试验	54
2.9.2 非破坏试验	55
2.9.3 蠕变试验	56
2.10 锚杆质量检验及工程验收	57
2.10.1 一般要求	57
2.10.2 抽样方法和数量	57
2.10.3 检验内容	57
2.10.4 检测仪器	58
2.10.5 工程验收	60
第3章 预应力锚索	61
3.1 概述	61
3.1.1 预应力锚索发展简况	61
3.1.2 预应力锚索基本特征	62
3.1.3 预应力锚索基本组成构件	62
3.2 锚固工程调查研究	63
3.2.1 概述	63
3.2.2 场地调查	65
3.2.3 地层勘察与取样	65
3.2.4 试验与分析	65
3.2.5 化学试验与分析	66
3.3 锚索类型	67
3.3.1 概述	67
3.3.2 拉力型锚索	67

3.3.3	压力型锚索	69
3.3.4	荷载分散型锚索	69
3.3.5	对穿锚索	70
3.3.6	无黏结锚索	71
3.3.7	多重防护锚索	71
3.3.8	可拆芯式锚索	72
3.3.9	双圈环绕无黏结预应力锚索	73
3.3.10	屈服锚索	73
3.3.11	量测锚索	75
3.4	锚固设计	75
3.4.1	概述	75
3.4.2	锚固设计的一般要求	76
3.4.3	锚固段形式	77
3.4.4	注浆体与地层界面的锚固力计算	78
3.4.5	锚索体与注浆体界面的锚固力计算	86
3.4.6	锚索锚固段长度的确定	87
3.4.7	锚固段在稳定地层中的锚固深度	88
3.4.8	锚索体截面积	91
3.4.9	锚固段的相互作用	91
3.4.10	安全系数	92
3.5	锚索体材料及检验	92
3.5.1	概述	92
3.5.2	一般要求	92
3.5.3	检验	95
3.6	自由段套管、波纹套管和油脂	96
3.6.1	概述	96
3.6.2	一般要求	96
3.6.3	油脂	97
3.7	锚具	97
3.7.1	一般要求	98
3.7.2	检验	98
3.7.3	性能试验	98
3.8	配件与注浆体	101
3.8.1	配件	101
3.8.2	注浆体	101
3.9	腐蚀与防腐	102
3.9.1	腐蚀	102
3.9.2	防腐	103
3.10	锚索施工	107

3.10.1	施工组织设计	107
3.10.2	钻孔	108
3.10.3	锚索制作	113
3.10.4	储存	114
3.10.5	安装	114
3.10.6	注浆	115
3.10.7	压水试验	118
3.10.8	张拉	118
3.10.9	记录	121
3.11	锚索试验	122
3.11.1	验证试验	123
3.11.2	现场适应性试验	126
3.11.3	现场验收试验	128
3.12	质量与验收	130
3.12.1	概述	130
3.12.2	质量	130
3.12.3	工程验收	130
3.13	安全	131
3.13.1	概述	131
3.13.2	一般要求	131
3.14	工程实例	132
3.14.1	峰峰矿务局二矿—180m 地下洞室加固	132
3.14.2	鹤壁四矿地下洞室群加固	133
第4章	喷射混凝土	135
4.1	概述	135
4.2	原材料及配合比选择	135
4.2.1	原材料	135
4.2.2	配合比	138
4.3	主要性能	141
4.3.1	力学性能	141
4.3.2	变形性能	143
4.3.3	耐久性	144
4.4	喷射混凝土机具	145
4.4.1	混凝土喷射机	145
4.4.2	干拌和料搅拌机	148
4.4.3	空气压缩机	148
4.4.4	干混合料上料机	148
4.4.5	水箱或水泵	148

4.5 喷射混凝土施工工艺	148
4.5.1 施工准备	148
4.5.2 喷射混凝土喷射方式	149
4.5.3 喷射机和喷嘴的操作	150
4.5.4 喷射混凝土的养护	152
4.5.5 喷射混凝土施工中应注意的问题	152
4.6 喷射混凝土的质量控制	153
4.6.1 原材料及喷射混凝土作业检查	153
4.6.2 喷射混凝土质量控制试验	153
4.6.3 喷射混凝土强度与厚度的检验	153
4.6.4 质量现场检查	155
4.7 钢纤维喷射混凝土	155
4.7.1 原材料及其组成	155
4.7.2 主要力学性能	157
4.7.3 施工工艺	158
第5章 格栅钢架支护	160
5.1 概述	160
5.1.1 格栅钢架支护技术的发展概况	160
5.1.2 格栅钢架支护的基本类型	160
5.1.3 格栅钢架支护的特点	161
5.1.4 格栅钢架支护的适用范围	162
5.2 格栅钢架的设计方法	162
5.2.1 设计步骤	162
5.2.2 格栅钢架特征值的预设计	163
5.2.3 格栅钢架喷混凝土结构的验算	163
5.2.4 施工中格栅钢架参数的调整	165
5.3 格栅施工技术	165
5.3.1 准备	166
5.3.2 加工	166
5.3.3 格栅运输	166
5.3.4 格栅架立	166
5.4 工程质量检验	167
5.4.1 格栅质量检验	167
5.4.2 格栅架立质量检验	167
5.5 格栅钢架支护在北京地铁王府井车站施工中的应用工程实例	168
5.5.1 工程概况	168
5.5.2 主要施工方法	168
5.5.3 格栅支护和预留形式	168

5.5.4	格栅支护技术特点和施工程序	169
5.5.5	格栅架立、预留质量要求	170
5.5.6	格栅支护效果及评价	171
第6章	地下工程软弱围岩超前预支护	172
6.1	概述	172
6.2	小导管注浆预支护技术	172
6.2.1	概述	172
6.2.2	适用范围	172
6.2.3	设计原则	172
6.2.4	小导管的施工技术	173
6.2.5	效果检验评价	176
6.2.6	京九铁路五指山隧道破碎段工程实例	176
6.3	管棚预支护技术	177
6.3.1	概述	177
6.3.2	适用范围	177
6.3.3	设计	177
6.3.4	管棚的施工	180
6.3.5	北京地铁西单车站工程实例	184
第7章	岩锚梁	188
7.1	概述	188
7.2	岩锚梁的设计	189
7.2.1	刚体平衡法	189
7.2.2	弹性假定法	192
7.2.3	有限单元法	192
7.2.4	参照试验成果设计	193
7.2.5	结构措施	194
7.2.6	地质条件及处理措施	194
7.2.7	岩锚梁的观测设计	195
7.2.8	岩锚梁的承载试验	196
7.2.9	江垭水利枢纽工程地下厂房岩锚梁设计实例	197
7.3	岩锚梁施工	199
7.3.1	岩锚梁岩台开挖	199
7.3.2	岩锚梁砂浆锚杆施工	204
7.3.3	梁体施工	205
7.3.4	岩锚梁的施工质量及安全措施	208
7.4	太平驿水电站地下厂房岩锚梁工程实例	208
7.4.1	工程概况	208
7.4.2	岩台开挖	209

7.4.3 岩锚梁锚杆施工	210
7.4.4 岩锚梁混凝土施工	210
第8章 土钉支护	211
8.1 概述	211
8.1.1 土钉支护的概念	211
8.1.2 土钉支护的发展概况	211
8.2 土钉支护的基本构造	213
8.2.1 土钉	213
8.2.2 面层	214
8.2.3 排水系统	214
8.3 土钉支护的施工顺序	214
8.4 土钉支护的技术特点、优缺点与适用场合	215
8.4.1 土钉支护的技术特点	215
8.4.2 土钉支护的优缺点	216
8.4.3 土钉支护的适用场合	217
8.5 土钉支护的基本原理	219
8.5.1 增加土体强度作用	219
8.5.2 改变受力状态	220
8.5.3 土钉分担荷载作用	220
8.5.4 面层约束变形	221
8.6 土钉支护的破坏形式与防护对策	221
8.6.1 内部破坏	221
8.6.2 外部破坏	223
8.6.3 超量变形	223
8.6.4 土体液化	223
8.7 土钉支护的技术设计概要	224
8.7.1 技术设计的内容	224
8.7.2 设计步骤	224
8.7.3 设计中的参考原则与经验	224
8.7.4 技术设计应具备的资料	226
8.8 土钉支护的设计与分析方法	227
8.8.1 外部稳定性分析	228
8.8.2 结构设计与内部稳定性分析	236
8.9 土钉支护的施工组织设计与施工管理	254
8.9.1 施工组织设计	254
8.9.2 施工组织	255
8.9.3 现场施工管理	256
8.10 试验与验收	260