

锚固与注浆技术手册

中国岩石力学与工程学会岩石锚固与注浆技术专业委员会 编

梁树强 主编



中国电力出版社

锚固与注浆技术手册

中国岩石力学与工程学会岩石锚固与注浆技术专业委员会 编

梁炯鋆 主编



中国电力出版社

内 容 提 要

本手册分为锚固技术和注浆技术上、下两篇。锚固技术篇共分九章,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、土钉墙及锚固工程现场监测等内容。注浆技术篇共分八章,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、深层搅拌法等方面结合工程实例进行介绍。

该手册汇集了水利水电工程、建筑工程、隧道与地下工程、矿山开采工程、军事工程等有关岩土工程锚固与注浆技术的成果与经验,是一本系统、全面、适合岩土工程多行业应用的手册。

本书可供从事岩土工程设计、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/中国岩石力学与工程学会岩石锚固与注浆技术专业委员会编. —北京:中国电力出版社, 1999.9

ISBN 7-5083-0061-0

I. 锚… II. ①中… ②岩… III. ①岩土工程—锚固—技术手册 ②岩土工程—基础灌浆—技术手册
IV. TU753—62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(1999)第 17658 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>)

实验小学印刷厂印刷

各地新华书店经售

*

1999 年 9 月第一版 1999 年 9 月北京第一次印刷

787 毫米×1092 毫米 16 开本 33.75 印张 808 千字

印数 0001—3400 册 定价 72.00 元

版 权 专 有 翻 印 必 究

(本书如有印装质量问题,我社发行部负责退换)

《锚固与注浆技术手册》

编辑委员会

顾问：王梦恕 孙 钧 陈肇元 钱七虎

主编：梁炯鋆

常务副主编：任辉启 杨晓东

副主编：(按姓氏笔划排列)

王建宇 邝健政 田裕甲 杜嘉鸿 杨林德

胡万毅 徐水根 傅冰骏 谢量瀛 薛继连

编委：(按姓氏笔划排列)

王建宇 王启铜 王振中 方利成 田裕甲

邝健政 丛蔼森 任辉启 刘建武 杜嘉鸿

杨晓东 杨林德 杨作兴 陆沛文 沐道生

汪在芹 金 锋 胡万毅 胡发甫 查振衡

徐水根 莫庭斌 梁炯鋆 傅冰骏 谢量瀛

彭春雷 熊厚金 薛继连 薛 炜

特邀编辑：卓衍荣

《锚固与注浆技术手册》

编写、审阅者名单

总 论

编写执笔人：梁炯鋆

参加讨论人：谢量瀛 熊厚金 傅冰骏

王建宇 薛继连 邝健政

上篇 锚固技术

策 划: 任辉启 薛继连

汇 审: 王建宇 刘建武

第一章 概论

编 写: 张文进 刘建武

审 阅: 刘新房 李清猷

第二章 锚杆

编 写: 任辉启 张 勇 张新乐

审 阅: 王建宇 田裕甲 黄建中

第三章 预应力锚索

编 写: 张 勇 任辉启 沈 俊

审 阅: 田裕甲 王建宇 刘玉堂

第四章 喷射混凝土

编 写: 雷志梁 蔡灿柳 沈贵松

审 阅: 张文巾

第五章 格栅钢架支护

编 写: 董淑棉 张学文 仇文革

审 阅: 关宝树 谢量瀛 薛继连

第六章 地下工程软弱围岩超前预支护

编 写: 董淑棉 张学文 胡万毅

审 阅: 关宝树 韩忠存 翟金民

第七章 岩锚梁

编 写: 陈炳祥 张 敏 成志辉

审 阅: 唐国进 傅冰骏 胡承器

第八章 土钉墙

编写: 黄日德 刘建武 吴祥云

审阅: 张雁 沈俊

第九章 锚固工程现场监测

编写: 黄文云 王振中 石虹

审阅: 王建宇

下篇 注浆技术

策划: 杜嘉鸿 邝健政

汇审: 杨晓东 徐水根

第一章 概论

编写: 杜嘉鸿 邝健政

审阅: 杨晓东

第二章 注浆材料

编写: 王杰 杨晓东

审阅: 熊厚金

第三章 注浆原理

编写: 杨晓东 王杰

审阅: 邝健政

第四章 注浆设计

编写: 杨晓东

审阅: 郑治

第五章 注浆施工

编写: 彭春雷 杨晓东

审阅: 徐水根

第六章 注浆技术的工程应用

编写: 郑 治 王 杰

审阅: 杨晓东

第七章 高压喷射注浆

编写: 查振衡

审阅: 杜嘉鸿

第八章 深层搅拌法

编写: 王启铜

审阅: 龚晓南

前言

岩石锚固与注浆技术专业委员会第一届第五次领导成员会议决定,于1996年组织编写《锚固与注浆技术手册》。1996年11月在第一届第六次领导成员会议上,初步审定了《锚固与注浆技术手册》的编写纲目。1997年11月换届之后,第二届第一次领导成员会议决定,继续抓紧《锚固与注浆技术手册》的编写出版工作,并部分调整了编写人员。经过大家的共同努力,《锚固与注浆技术手册》终于出版了,这是两届专业委员会共同努力的结果。

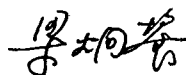
我们编写本技术手册的目的是,汇总锚固与注浆技术的现有成果,以便于推广应用。如何才能正确的应用呢?关键是要有正确概念的指导。为此,我们编写本技术手册时,坚持实事求是的指导思想,注意了指导性与实用性的结合。在总论中,首先阐述了一些概念性问题,这些概念是具有指导意义的,是新颖的,但有的尚未完全取得各界人士的共识,仅供读者参考。在各章中介绍的具体技术,都是经过工程实践考验的,并结合工程实例介绍,突出实用性。自(GB 50021—94)《岩土工程勘察规范》发布实施之时,我国就从技术法规上承认,岩土工程是土木工程这个大行业中的一个自成系统的新专业。由于我国还没有统一的岩土工程设计、施工规范,所以在应用本技术手册时,必须依据国家以及各部门、各行业的有关规范、规定,结合工程实际,科学合理地使用。鉴于工程地质体具有随机性、模糊性等特性,对岩土工程构筑,我们还是主张,采用监控测量与反馈设计。

本技术手册由两篇组成。锚固技术篇是任辉启、薛继连同志负责策划的;注浆技术篇是杜嘉鸿、邝健政同志负责策划的。由于各章的编写人、审阅人都是由有关专业人员分担,面广人多,分散各地,为了便于汇总与协调,经协商决定,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、刘建武同志担任;中国水利水电科学研究院岩土工程研究所为注浆技术篇的汇总单位,汇审人由杨晓东、徐水根两同志担任。分篇汇总后,由特约编辑卓衍荣编审进行统一的编辑与修改,在统一编修过程中,为保证本技术手册的准确性与一致性,必要时还请了有关编审人员来京商讨修改问题。

为了提高本技术手册的编写水平,我们特别邀请孙钧院士、陈肇元院士、钱七虎院士、王梦恕院士担任《锚固与注浆技术手册》编委会顾问。他们不仅提出了一些指导性意见,而且对有关章节进行了认真的审阅,陈肇元院士对某些章节还进行了逐字逐句的修改。

由于缺乏编写大型技术手册的经验,以及换届后人员变动等原因,我们在整个技术手册编写过程中,对编写内容、编审人员等,都曾进行过一些调整。各章编写人的所在单位,大都认真组织了审阅,有些领导同志还亲自认

真审阅。为了集思广义，对某些章节，我们还组织非编写人所在单位的有关专家进行审阅。如锚固技术篇第八章土钉墙，我们请中国建筑科学研究院地基基础研究所副所长张雁硕士进行了审阅；第六章地下工程软弱围岩超前预支护技术，我们请铁道部隧道工程局科研所韩忠存高级工程师进行了审阅，并由他们提供了工程实例；西南交通大学关宝树教授，对第五章、第六章等进行了认真的审阅修改，并提供了有关资料供编写人参考。注浆技术篇第八章深层搅拌，我们请了浙江大学龚晓南教授审阅。在审定编写人、审阅人名单时，有些章出现了编写人、审阅人过多的现象，为此，我们确定了一个原则，每章编写人、审阅人原则上署名2~3人，不得超过3人，并尽量先署非编写人所在单位的审阅人名字，因此，某些章只好把编写人所在单位的审阅人署名减或免了。为了协调各单位的审阅人，有些同志审阅章数较多，尤其是汇审人，章章均审阅，但署名章数较少，如王建宇教授、谢量瀛教授高工、杨晓东教授高工等。在此，谨代表编委会，对本书的顾问、策划人、汇审人、编写人、审阅人，致以衷心的感谢，尤其是对编写人、审阅人名单中没有署名，而又进行了许多实际工作的同志，我们表示衷心感谢，并深表歉意。对大力支持本手册出版的中国电力出版社水电编辑室杨万涛主任等，一并致谢。



1999年7月

总论

岩土工程,源远流长。穴居便是最早的岩土工程。随着人类生产发展与生活需要,在兴修房屋、道路、桥梁、水利、矿场等实践中,我们的祖先积累了许多岩土工程方面的经验。近代科学技术中的工程地质学、土力学、岩体力学、隧道与地下工程学、基础工程学等,都与岩土工程密切相关,且包含了许多岩土工程的经验与技术。长期以来,人们把岩土工程包括在各种综合工程中,作为结构工程的一部分。隧道与地下工程,通常也将其视为结构工程。国际上,真正把岩土工程作为一门技术科学不过三四十年的时间。我国第一部《岩土工程勘察规范》(GB 50021—94)是1994年8月9日发布,1995年3月1日开始实施的。它从技术法规上承认,岩土工程是土木工程这个大行业中的一个自成系统的新专业。该规范坚持体现岩土工程的整体性、连贯性和综合性,严禁把勘察、设计、施工三者分割开来。

在实际工程中,岩土工程问题往往是影响投资和制约工期的主要因素。以建筑工程为例,岩土工程在总造价和总工期中均占三分之一左右,对某些水利工程和道路工程还会更多些。至于地质灾害的防治工程处理是否恰当,则直接影响投资及其成败。三峡链子崖防治工程,是保证250万 m^3 危岩体不致因地震引起崩塌而滑入长江的重要岩土工程。为了节省投资,保证工期,岩土工程倍受关注,从而促进了岩土工程技术迅速发展。

岩土工程的锚固与注浆技术,也是随着岩土工程的发展而不断发展的。古代,我们的祖先在采煤以及修建栈道时,早已使用了木锚杆,同时普遍使用无机材料——黏土,有机材料——糯米浆(淀粉),以及树脂等作为砌块的胶结材料和防渗止水材料。近二三十年则迅速发展了喷射混凝土、预应力锚索、高分子注浆材料、高压喷射注浆等。

这本锚固与注浆技术手册,汇编了现有的成果,既便于推广应用,同时,也为了在现有基础上进一步发展。总结过去,展望未来,为总结促进锚固与注浆技术发展的基本经验,我们提出一些概念性问题,供读者参考。

一、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

锚固与注浆技术的发展,是由工程需要促进的。工程应用广泛,工程规模宏大,是锚固与注浆技术发展的显著标志。预应力锚索,是随着大坝工程、边坡工程、大跨度地下工程、深基坑工程的需要而迅速发展的。预加固技术是随着隧道与地下工程穿越软弱破碎不稳定地层与大跨度暗挖的需要而发展的。从小导管注浆、大管棚架发展到大管棚架与小导管注浆相结合的预加固棚架体系,都是由工程需要促进开发,工程实践使之完善的。注浆技术

是随着防参与土壤固结工程需要,促进了注浆材料、工艺、设备的发展。根据工程不同需要,高压旋喷技术从单管发展到双重管、三重管;从垂直旋喷发展到水平旋喷。针对三峡坝基防渗和固结灌浆的一系列问题,提出了深覆盖层防渗透强和坝体裂隙加固补强灌浆两大课题,并列入《十二年科学发展规划》,这充分说明了工程需要是该项技术发展的动力。

当前,国内正在施工和即将投入施工的工程很多。水利水电工程,如三峡工程、小浪底工程、江垭工程、右江工程等;地铁工程,如北京、广州、上海、深圳等地铁工程;我国地质灾害防治工程数量多、规模大,仅三峡库区干支流两岸已查出崩塌、滑坡 428 个,有泥石流痕迹的沟谷 280 条,近期有活动且有危害的 33 条,其中三峡链子崖防治工程正在施工中,其锚固工程的规模巨大。这许多工程,都需要锚固与注浆技术,根据国家建设和工程建设需要,可以预计锚固与注浆技术将更迅速地发展,并获得更辉煌的成果。

二、地质工程概念的形成,必然促进锚固与注浆技术的发展

当我们强调工程实践对锚固与注浆技术发展的重要意义时,我们绝不能忽视新概念对锚固与注浆技术发展应用的促进作用。概念是反映对象的本质属性的思维形式。科学认识的成果,都是通过形成各种概念来加以总结和概括的。概念不是永恒不变的,而是随着社会历史和人类认识的发展而变化的。岩土工程概念是随着人们对岩土体性状的认识,以及工程地质学、水文学、岩土力学、支护形式与支护作用原理、工程设计理论与方法等科学成就而发展的。岩土工程概念,从工程特征来概括,可归结为三种:结构工程,岩体工程,地质工程。这三种不同概念,形成于岩土工程发展过程中,标志着三个不同发展阶段的科学认识水平。

结构工程概念,来源于建筑工程,其基本特征是荷载——结构模式。把岩土体破坏坍塌部分作为荷载,由结构来承担。在隧道与地下工程中,发展了塌落拱理论,普氏理论、太沙基理论等都是确定隧道荷载的方法。在边坡工程中,发展了极限平衡分析法,根据滑动破坏面形状,有直线破坏、折线破坏、圆柱形破坏、对数螺旋线破坏等。据此,提出了确定边坡滑动荷载的各种方法。从承受荷载的能力考虑,往往都主张采用刚性结构。喷射混凝土、锚杆支护发展之后,如何认识这些新支护技术的作用呢?不少人仍沿着结构工程概念,提出锚杆支护的悬吊理论。在隧道支护中,要求锚杆的长度要穿越塌落拱高度范围。工程实践表明,锚杆长度短于塌落拱高度,隧道仍然安全,如何解释呢?人们又提出了组合拱理论,认为系统锚杆与塌落范围的部分岩体组成岩石锚杆组合拱,以承担塌落拱形成的荷载。新奥法在 50 年代正式问世以来,在隧道工程界引起了强烈反应。主要发明人拉伯塞维兹教授将新奥法定义为隧道建筑的概念而不是构筑方法。应当承认,新奥法在隧道构筑中是有功绩的,它对喷锚支护作用的解释在概念上有较大的进步。新奥法强调正确的施工步骤、现场观测等,对工程测试设计方法的形成与发展都有很大的促进作用。同时,我们也应当看到,新奥法不仅在概念上,而且在理论上,都没有真正建立在现代岩体力学的基础上,没有彻底摆脱传统的结构工程概念,即“荷载——结构”模式,只是使之变为“荷载——部分围岩、支护”形

式。这种模式主要体现在新奥法的承载环概念上。新奥法用特性曲线说明了支护对围岩应力的影响,说明了要适时选择支护时机,才能充分发挥围岩的自承能力而使支护受到的荷载最小。但是,它没有进一步说明,应力调整如何使围岩趋于稳定,却引入了承载环概念,认为围岩的稳定是靠承载环来承受荷载的。

岩体工程概念,是以现代岩体力学、数值计算方法与支护作用理论等为基本依据的。它的基本特征是,充分发挥围岩的自稳能力,防围岩破坏于未然。支护和适时、合理的施工步骤,主要作用是控制岩体变形与位移,以改善岩体应力状态,提高岩体强度,使岩体与支护共同达到新的平衡稳定状态,以获得最佳的支护效益。

地质工程概念,是随着工程建设需要,工程实践经验,工程技术与工程地质学发展以及系统理论应用而逐步形成的。它的基本特征是,把地质工程作为一个系统,充分考虑岩体、环境因素、工程措施三者的相互作用,把科学、技术、管理三者结合起来,以谋求最佳的效益。

地质工程术语,是70年代首先在国外出现的。80年代,在我国工程地质界曾作为一个命题,展开了研讨,随后,岩体力学与工程界也开展了研究。围绕地质工程定义、内涵、方法等问题,引起了一些学术争论,逐步引起了工程地质界、岩体力学界、工程界等的广泛关注。地质工程术语出现之后,如何界定和区别岩体工程与地质工程问题成了众所关心的问题。从岩土工程概念发展的角度,我们认为,用工程措施控制工程地质体,使之具有服务功能的工程称为地质工程。在内或外动力作用下形成并经过地质演化,受环境因素制约,服务于工程的地质体,称为工程地质体。环境因素包括岩土体赋存环境、人为工程环境、地理气候环境。

综上所述,岩土工程概念的发展,主要是围绕如何认识岩(土)体、环境因素、工程措施三者及其相互作用而展开的。岩体工程概念较之结构工程概念的先进性在于,充分考虑岩体的自稳能力,摆脱了荷载——结构模式。地质工程概念较之岩体工程概念的先进性在于,重视环境因素的影响,不仅充分发挥岩体自稳能力,而且强调岩(土)体、环境因素、工程措施三者的相互作用,注重维护与改善环境稳定性,以期使工程地质体的工程能力得到充分发挥,从而获得地质工程系统的最佳效益,优质高效地实现工程的目的。

为了充分发挥工程地质体的工程能力,必须发展能主动控制岩体变形与位移,调整岩体应力状态,提高岩体强度,改善与维护环境稳定性的工程技术。预应力锚索技术、注浆技术、超前支护技术等,正是有效的主动控制岩体的工程技术。把锚固与注浆技术巧妙地结合,是充分发挥工程地质体的工程能力的有效途径。由此可见,地质工程概念的形成,必然促进锚固与注浆技术的发展。

三、加速两个转变,建立整体反馈动态平衡观念,走系统分析、综合技术的道路

在工程实践中,关键是要有一个正确的概念。我们要注视岩土工程概念的发展,掌握正

确的概念，以指导工程实践。

现在，岩土工程处于两个转变过程，即概念的转变与研究方法的转变。概念的转变，就是从岩体工程概念转向地质工程概念。我们必须重视诸环境因素的影响，必须充分考虑岩体、环境因素、工程措施三者的相互作用，以促进工程地质体的整体稳定性。研究方法的转变，就是从单学科的研究，转变为多学科的综合研究。运用控制论，研究地质工程系统控制与调节规律，实施监控反馈，把科学、技术、管理结合起来。总之，我们要建立整体反馈动态平衡观念，走系统分析、综合技术的道路。

主要物理量符号

上 篇

- A ——土层界面上接触压力与平均有效土压力之比值
 ——锚索体截面积
 ——第一土钉分担的竖向坑壁面积 (m^2) 或者土钉墙基底面积
 A_s ——钢筋截面面积 (mm^2)
 A_n ——土钉截面面积 (cm^2)
 a ——锚索横向间距
 B ——承载力系数
 ——洞室的宽度
 B_c ——水泥净浆标准稠度需水量的百分值
 ——洞室宽度之半
 B'_c ——掺细粉掺料后标准稠度需水量的百分值
 b ——锚索竖向间距
 ——应力计温度补偿系数
 ——土钉墙基础水平投影宽度 (m)
 b_i ——第 i 土条宽度 (m)
 C_s ——地震系数
 c ——土的黏聚力 (kPa)
 c' ——土的有效黏聚力 (kPa)
 —— 1m^3 喷射混凝土中细粉掺料用量
 $[c]$ —— 1m^3 喷射混凝土中细粉掺料用量
 C ——地层的黏结强度
 C_u ——锚固段全长不排水抗剪强度的平均值
 C_{ub} ——锚固段近端不排水抗剪强度
 D ——锚杆安装前的直径
 ——钻孔直径
 ——芯样直径
 ——受压板的有效直径
 ——土钉钻孔 (也即土钉体的) 直径 (m)
 d ——土钉钢筋 (加筋杆) 直径 (mm)
 ——钻孔直径
 ——锚杆体直径
 d_s ——钢绞线或精轧螺纹钢直径
 ——土钉钢筋周长 (m)
 E_i ——第 i 层单根土钉支撑范围内面层土压力 (kN)
 E_s ——土的变形模量
 E_n ——土钉的变形模量
 E ——岩石的弹性模量
 E_v ——挡土墙上水平土压力的合力
 F_c ——黏性土锚固力系数
 F_{ptk} ——锚索材料破断强度
 f ——摩擦系数/锚杆与孔壁的接触摩擦系数
 ——钢 (振) 弦的自振频率 (Hz)
 F_a ——单位长度土钉墙后的主动土压力 (kN/m)
 F_{ax}, F_{ay} —— F_a 的水平和竖向分力 (kN/m)
 F_w ——单位长度土钉墙后的水压力 (kN/m)
 $\sum F_h$ ——单位长度土钉墙底部的水平反力

- f ——土体内摩擦系数
 f' ——土钉与之间的外摩擦系数
 f_{yk} ——钢筋抗拉标准强度(N/mm²)
 F_s ——土钉有效锚固力安全系数
 G ——滑动体自重
 G_g ——挡土墙自重
 G_r ——危岩重量
 H ——挡土墙高度
 H_u ——洞室上覆土层厚度
 h ——锚固段在稳定地层中的锚固深度
 ——锚固段埋置深度
 H_c ——洞室高度
 H_i ——第 i 排锚索距开挖面之高度
 H ——土钉墙支护高度或土体挖深(m)
 h_i ——第 i 排土钉与壁面交点的竖向深度(m)
 h_{iw} ——第 i 土条滑动面与浸润面间的高度差(m)
 h_s ——土钉墙面层厚度(m)
 i ——围岩压力系数
 K ——渗透系数
 ——围岩弹性抗力系数
 ——富余系数
 ——土钉抗滑动安全系数或者土钉墙地基承载力安全系数
 ——面层土压力系数
 K_1 ——松动压力系数
 K_2 ——松动压力系数
 K_3 ——松动系数
 K_{ca} ——主动土压力系数
 K_{a1} ——抗水平位移安全系数
 K_{a2} ——抗倾覆安全系数
 K_c ——侧压力系数
 K_f ——锚固系数
 K_h ——水平地震系数
 K_0 ——静止土压力系数
 K_p ——被动土压力系数
 K_a ——主动土压力系数
 K_L ——锚固段长度计算安全系数
 K_s ——土钉墙抗平移滑动安全系数或者钢筋抗拉设计安全系数
 K_t ——土钉墙抗倾覆安全系数
 K_1 ——土钉注浆工艺系数
 L_i ——第 i 排土钉全长(m)
 L_{ia} ——第 i 排土钉非锚固段长度(m)
 L_{ib} ——第 i 排土钉锚固段长度(m)
 ΔL_i ——第 i 土条滑弧长(m)
 L ——土钉全长(m)或者土钉墙基底水平宽度(m)
 ——钢(振)弦振动部分的长度(cm)
 ——锚杆的有效长度
 ——洞室拱顶部锚杆的长度
 ——锚固段长度
 ——水泥药卷总长度
 L_g ——锚索体在注浆体中的黏结长度
 L_r ——岩体中锚索的黏结长度
 L_s ——土层中锚索的黏结长度
 l ——锚杆锚固长度
 ——直杆段长度
 ——剪切面长度
 l' ——挡土墙重力线与墙趾之距离
 M ——钻孔的弯曲率
 M_x, M_y ——面层钢筋弯矩(N·m)
 M_e ——土钉工作条件系数
 N ——土钉墙基底以上竖向力之和(kN)或者土体滑动面处的法向外反力(kN)
 n ——边坡土钉条分总数或土钉总一排数
 N_f ——作用于剪切面上的法向力
 N'_f ——分类系数

N ——回弹值	V ——塌落拱高度
n ——系数	W ——单位宽度土体自重或者土钉墙 体自重 (kN/m)
P ——锚杆承受的荷载 ——原岩压力 ——土钉墙基底平均压应力(kPa)	Z ——水平土压力合力距地面高度
P_a ——作用于墙面上的主动土压力	α ——夹角 ——与黏性土不排水剪切强度有关的 折减系数
P_g ——注浆压力	δ ——锚索与水平线夹角 ——围岩的变形量 ——板中心变形量
PE——聚乙烯	γ ——重度
PP——聚丙烯	γ_w ——水的重度
PVC——聚氯乙烯	η ——锚索与垂线夹角
$P_{\max}, P_{\min}$ ——土钉墙基底最大、最小压应力 (kPa)	θ ——挡土墙土体破裂面与垂线之夹 角
Q ——土钉墙面层水平荷载 (kPa)	θ' ——锚索与裂隙(滑移)面夹角
q ——边坡表面均面荷载密度(kPa) 或者地基允许承载力(kPa) ——围岩压力	σ_v ——土体作用在锚固段上的径向压 力
q_i —— h_i 深处土钉墙面层上的土压 力 (kPa)	σ ——挡土墙最大土压力 ——主应力
Q_v ——围岩垂直均布荷载	σ_1, σ_2 ——最大、最小主应力
Q_h ——围岩水平均布荷载	$\sigma_A, \sigma_B, \sigma_C$ —— 0° 、 45° 、 90° 方向的应力值
R ——圆弧滑动的半径 (m)	ϵ_i ——某一解除深度的应变值 ($\mu\epsilon$)
R_0 ——洞室半径	ϵ_n ——某一解除深度应变仪读数 ($\mu\epsilon$)
S ——锚杆的弹性伸长 ——围岩类别	ϵ_0 ——应变花初始读数 ($\mu\epsilon$)
S_f ——安全系数	ϵ_1, ϵ_2 ——最大、最小主应变
S_v, S_h ——土钉的垂直和水平间距 (m)	$\epsilon_A, \epsilon_B, \epsilon_C$ —— 0° 、 45° 、 90° 的应变片的稳定 应变值
T_i ——土钉应承担的最大轴向拉拔力 (kN) 或第 i 块的滑力	ϵ ——主应变
T_{il} ——土钉能承受的极限拉拔力, 即 抗拔力 (kN)	τ ——岩体的抗剪强度 ——岩石与注浆体之间的黏结强度
T ——滑移体处于极限平衡时的锚固 力	τ_u ——注浆体与锚索体界面黏结强度
T_a ——容许锚固力	τ_s ——土层与注浆体之间的黏结强度
T_d ——设计锚固力	ϕ ——内摩擦角 ——水泥药卷直径
T_q ——作用于剪切面上的切向力	ϕ_1 ——锚杆孔直径
T_u ——极限锚固力	ϕ' ——有效内摩擦角
T_w ——工作锚固力	
U ——不均匀系数	

Ψ ——锚索与破坏面垂线之夹角
 Ψ' ——滑移面与水平面夹角

ν ——土的泊松比

下 篇

A ——喷嘴面积
 ——高喷桩底部支撑面积
 ——需加固地基的总面积
 A_p ——高喷桩有效承载面积
 ——搅拌桩单桩截面积
 a ——浆液损失系数
 ——圆孔半径
 ——定喷孔轴线距外层高喷桩边缘距离
 B ——井壁厚度
 Be' ——波美度
 b ——注浆固结体加固宽度
 ——注浆止水带的宽度
 c ——土体或注浆土体的黏聚力
 ——土的黏聚力
 D ——注浆段埋深
 ——粒径
 ——井筒掘进直径
 ——桩径
 d ——粒径
 ——钻孔处地表抬动变形值
 ——挡土墙埋置深度
 ——工作管内径
 d_0 ——喷嘴直径
 d_1 ——挡土墙底面至注浆孔底面的深度
 E ——上覆岩体变形模量
 ——帷幕计算厚度
 E_c ——复合地基的变形模量
 E_p ——桩的变形模量
 E_s ——土的变形模量
 e ——裂隙或孔隙的宽度
 ——土体孔隙比

F ——破坏力
 F_a ——总主动土压力
 F_p ——总被动土压力
 f ——桩侧土平均摩阻力
 ——假想实体基础侧壁上的平均摩阻力标准值
 ——井壁材料允许抗压强度
 g ——加速度,重力加速度
 H ——覆盖地层厚度,注浆段埋深,注浆深度
 ——不透水地层至地下水位高度,静水位高度,试验水头
 ——挡土墙高度
 ——喷嘴出口的压力水头
 ——旋喷桩长度
 ——高喷深度
 ——计算注浆段帷幕的平均深度
 H_1 ——静止水位至泵出口的高度
 h ——以水头高度表示的注浆压力
 ——等宽水平裂隙宽度
 ——注浆段至地表的高度
 ——含水层底面至动水位高度
 ——不透水层顶面至欲降水面高度
 ——基坑底面至地下水位高度
 ——在中心轴上,距喷嘴 L 距离的压力水头
 ——桩端入土深度
 ——压力表中心至注段压力计算处的距离
 h_1 ——压力表中心至地下水位的高度
 h_w ——防渗帷幕内外的水头差
 h' ——被劈点以上土柱高度
 K ——渗透系数,岩体渗透系数