



• 徐祯祥 闫莫明 苏自约 主编

人民交通出版社

岩土锚固技术 与西部开发

Yantu Maogu Jishu Yu Xibu Kaifa

岩土锚固技术与西部开发

——中国岩土锚固工程协会
第十一次全国岩土锚固学术研讨会论文集

徐祯祥 闫莫明 苏白约 主编

人民交通出版社

北京·2002

内 容 提 要

本书系中国岩土锚固工程协会第十一次全国岩土锚固学术研讨会论文集,共编录论文 89 篇。内容包括:专题综述、理论与研究与试验、工程设计与施工工艺、隧道与地下工程、边坡锚固、深基坑锚固、基础与结构锚固、材料机具与仪表。其中收集到三峡电站、小湾电站、大朝山电站、国家大剧院等一批国内重点工程应用岩土锚固技术的实例以及近年来开发的新型锚、机具、新型钻机等论文。这些珍贵的技术资料,使本论文集增色不少。本论文集结合西部开发,侧重反映了西部近年来在岩土锚固技术领域所取得的巨大成就和最新进展。数十篇论文,洋洋大观,既有全面深入的专题综述,又有生动实用的工程应用文章,内容丰富、涵盖面广。本论文集可供水电、建筑、铁道、公路、冶金、煤炭、地矿、军工等部门从事岩土锚固工程设计与施工的技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

岩土锚固技术与西部开发 / 徐祯祥, 闫莫明, 苏自约
主编. —北京: 人民交通出版社, 2002.9
ISBN 7-114-04434-8

I. 岩... II. ①徐... ②闫... ③苏... III. 岩石—
锚固—技术—学术会议—文集 IV. TV223.3-53

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2002) 第 065715 号

岩土锚固技术与西部开发

徐祯祥 闫莫明 苏自约 主编

正文设计: 姚亚妮 责任校对: 戴瑞萍 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: 32 字数: 798 千

2002 年 10 月 第 1 版

2002 年 10 月 第 1 版 第 1 次印刷

印数: 0001—2200 册 定价: 60.00 元

ISBN 7-114-04434-8

TU · 00098

《岩土锚固技术与西部开发》 编 审 委 员 会

主任委员:徐祯祥

委 员:(按姓氏笔画排列)

丁永贵 王建宇 田裕甲 刘玉堂

华代清 何 伟 陈 谦 李成江

李志谦 李鸿方 何益寿 张 雁

杨林德 贺长俊 陶 义 韩学广

主 编:徐祯祥 闫莫明 苏自约

序

2002年10月,正值阳光和煦、硕果累累的金秋时节,在风景似画、四季如春的西南名城——昆明召开了第十一次全国岩土锚固工程学术研讨会。美丽的环境和宜人的气候预示着我们这次会议的成功。

当前,我国基础建设的重大决策之一是大力推进西部开发。其中,高速公路建设、水利电力建设、地下工程建设、城市市政建设以及大型厂房建设已成为西部各省、区经济发展的重要条件和迫切需要。而在上述各类建设中,岩土锚固工程技术已经并将继续发挥它的不可或缺的重要作用。正是由于这个原因,这次学术会议的主题被定为“岩土锚固技术与西部开发”。我们希望,这次学术大会的召开能够更好地体现用先进科学技术指导工程建设并最终为工程建设服务的方针。

本次会议共收到征文稿件百余篇,经过编审委员会的认真审查,本论文集共收入89篇。入选的众多论文中包含了在高边坡、深基坑、隧道与地下工程、结构与基础工程等建设中近年来应用的新技术、新方法;包含了岩土锚固技术的理论研究、现场试验、工程设计与施工工艺等方面的新发展;同时还包含了岩土锚固技术领域中新机具、新材料、新仪表研制的最新状况。在论文集中,我们很高兴地看到不少论文论述了目前正在建设的大型工程、重点工程中的岩土锚固技术问题,如三峡水电站工程、小湾水电站工程、大朝山水电站工程、国家大剧院基坑工程等在处理高边坡稳定和高地下水位砂土地层中深基坑稳定问题中的成功经验,这些经验对西部乃至全国同类工程建设来说都是十分宝贵的。岩土锚固技术的理论研究和现场试验方面的论述在论文中也占有一定篇幅,这说明在经过大量岩土锚固工程实践以后,设计工程师和学者们对于如何进一步提高设计水平,使设计方法更好地符合地层的实际工程力学状态这个问题的解决有了迫切的需要,并做出了显著成绩。为了提高在高陡边坡钻孔和设锚工序中的施工效率,同时为了提高预应力锚固工程的工艺技术水平,锚固工程领域的技术人员进行了有针对性的研制,许多行之有效的钻机、锚具和新型锚杆应运而生,在论文集中有不少文章介绍了这些成果。总之,由于广大岩土锚固技术工作者和论文作者的努力工作和积极参与,使近年来出现的一大批锚固工程新技术和新成果在本次论文集中得以反映。

希望通过本次大会的学术交流,有效地推动西部地区正在修建和计划修建的各类岩土锚固工程技术水平的发展;同时也希望在下一次学术交流会的论文集中能更多地看到有关锚固工程的先进技术和成果在西部地区岩土工程中推广、应用、发展方面的论文。我相信这两点希望也就是本次研讨会要达到的主要目的。

祝愿第十一次全国岩土锚固工程学术研讨会圆满成功!

中国岩土锚固工程协会 理事长
徐祯祥

2002年10月

目 录

1 专题综述

岩土锚固工程技术发展的回顾·····	徐祯祥(1)
压力分散型锚索与拉力型锚索的比较	
——再论新型锚索结构系列及工程应用·····	燕立群等(19)
三峡永久船闸高边坡预应力锚固技术应用及开发·····	高大水(27)
小湾水电站边坡工程·····	李青等(33)
OVM 锚固新技术在岩土锚固工程中的应用·····	甘国荣等(41)
小湾水电站高边坡失稳机制分析及工程处理措施研究·····	邹丽春等(50)
HVM 型超高强锚索的开发与应用·····	王大明等(55)
三峡永久船闸锚束工程施工中几项技术改进及问题处理·····	陈孝英(61)
岩土锚固技术在施工中的应用·····	郭秀琴(68)
锚杆锚索使用寿命与防护对策问题研究综述·····	曾宪明等(75)
锚杆在水泥工厂建设过程中的应用前景初探·····	游启枝(84)

2 理论与研究与试验

大断面洞室中锚杆支护的作用与优化选型·····	杨林德等(90)
可拆芯分散承压型锚杆受力分析·····	姚智全等(97)
小湾水电站岩锚支护试验研究·····	赵华等(105)
复合土钉墙分析计算的程序算法·····	陈伟华等(112)
特大吨位预应力锚索试验研究·····	谷建国等(119)
预应力锚索锚固段分段注浆的试验研究·····	宋茂信(126)
太原地道桥自动化监控量测系统·····	杨学意等(128)
岩体锚固承载结构的构成分析·····	孔恒等(132)
新型锚索预应力-位移测量系统的研究·····	胡时友等(137)
复杂土层边坡中钢管锚杆加固设计计算方法及试验研究·····	李欢秋等(143)

3 工程设计与施工工艺

桩锚支护结构优化设计·····	况昌鹏等(148)
金川二矿区深部高应力区巷道破坏分析与支护优化设计·····	高谦等(152)
华能大厦基坑围护结构设计与施工·····	周颖军等(162)
昆明某软土区土钉墙基坑支护设计及施工处理·····	吴道明等(167)
预应力锚索的快速施工·····	宋茂信(173)
高涌水地层预应力锚杆注浆技术·····	许建平等(177)

采用劈裂注浆法提高煤系地层锚索抗拔力的应用工艺探讨·····	陈广祺(181)
石家庄市浅埋暗挖注浆加固方法中注浆压力的确定·····	林增维等(185)

4 隧道与地下工程

大朝山水电站地下洞室主要支护施工技术·····	甘文鸿(189)
隧道施工围岩稳定与适时支护·····	易国华等(194)
超前锚杆防治岩爆危害在拉平隧洞中的应用·····	吴忠仕(198)
平顶型大型硐室锚杆锚索支护技术与施工·····	李银桥等(203)
锚固技术在承受二次动压巷道中的应用·····	刘福军(207)
浅埋软岩偏压隧道雨季施工进洞技术·····	张俊兴(211)
治理和预防施工期水利隧道塌方的工艺和技术·····	王润厚等(216)
引沁入汾草峪岭隧洞混凝土开裂整治技术·····	丁善焯等(223)
锚(索)喷联合支护在中央水泵房工程中的应用与探索·····	王祥才(227)
QBASIC 在云集隧道工程中的应用·····	任正刚(230)
松花江越江输水管线施工方法的选择·····	童利红等(234)
树脂张拉锚杆在硬岩大跨度地下洞室中的应用·····	丁恒(238)
单束锚索树脂锚固·····	闫莫明(241)

5 边坡锚固

小湾水电站 3 号滑坡体工程处理措施·····	杨家卫等(245)
加固锚索在永久船闸闸首支持体中的运用·····	肖保林(250)
土钉墙在小湾水电站工程中的应用·····	邹丽春等(254)
锚固技术在京珠高速公路粤境段高边坡病害治理工程中的应用综述·····	朱本珍(258)
株(洲)一六(盘水)铁路复线贵定站预应力锚索施工技术·····	易国良(262)
自钻式锚杆在边坡锚固工程中的应用·····	王润厚等(268)
株六复线预应力锚索桩板墙锚固技术·····	徐存良(272)
云南某山区高速公路 K180+030~K180+160 段路基边坡病害工程治理·····	蔡立(278)
高陡公路路堑边坡的防护设计与施工·····	翟金明等(284)
复合单元锚在公路高边坡工程中的应用·····	张昌伟等(288)
洛三高速公路山体滑坡分析及其综合治理·····	肖专文等(295)
山区高等级公路工程中岩土锚固技术的应用·····	黄晓华(300)
预应力锚索在铜黄一级公路滑坡治理工程中的应用·····	叶根飞等(307)
预应力锚索在陈家山隧道山体滑坡治理中的应用·····	杜欣(311)
近邻电气化铁路预应力锚索桩加固土质边坡施工技术·····	谢新民(316)
岩溶路基加固工程施工技术·····	王谦等(322)
高填膨胀土路堤工程加固措施与效果·····	吴学刚等(327)
PMS 生态防护工程技术在八达岭高速公路岩石边坡的应用·····	罗晶等(334)

6 深基坑锚固

国家大剧院工程大型深基坑支护技术的研究·····	张奇志等(338)
--------------------------	-----------

厦门建设银行大厦基坑支护·····	刘鹏洲等(350)
土层锚杆作为单独支护体在护坡工程中的应用·····	薛文生等(358)
桩锚支护保护基坑周边建筑物工程实例·····	杨生贵等(366)
大型软土基坑喷锚网支护技术的探讨与实践·····	刘志宏等(370)
复合土钉墙的工程实践与经验·····	冯申铎等(374)
自钻式复合土钉支护的应用·····	段建立等(380)
810 工程深基坑支护及开挖·····	仲国锋(383)
土钉支护新技术在永安建融花园工程中的应用·····	左魁等(388)
JCE 回收式锚索在北京地区的试验研究·····	黄常波等(392)
搅拌桩与高压旋喷桩相结合在基坑支护中的设计和施工·····	王宪章等(397)
压力分散型锚杆在中银大厦基坑工程中的应用·····	周彦清(400)
复合土钉支护技术在深基坑工程复杂地质条件下的应用·····	韩宁为(407)
北京城铁东直门车站基坑支护施工介绍·····	刘小明等(412)

7 基础与结构锚固

淮安三线船闸土锚施工·····	韩学广等(418)
复合型锚索在珠窝大坝加固工程中的应用·····	王根柱等(426)
用预应力锚杆加固宁车沽防潮闸闸室的试验·····	王根柱等(428)
深圳地区抗浮锚杆应用现状及分析·····	王贤能等(432)
多级分散压缩型锚索在永久支护工程中的应用·····	燕立群等(438)

8 材料、机具与仪表

高陡边坡锚杆施工方法及设备的探讨·····	陶义(443)
HVM 新锚具及其应用·····	朱万旭等(455)
岩土锚固工程钻机及钻孔机具的配套选型·····	朱国平等(462)
后装拔出法检测喷射混凝土强度·····	岳峰(468)
新型预应力锚索张拉设备研制·····	宋茂信(473)
MK 系列钻机在地质灾害治理中的应用·····	姚宁平等(479)
水泥基防水复合材料的研制·····	王芳(482)
Casagrande C6 锚杆钻机在基坑预应力锚索施工中的应用·····	雷斌(486)
自由式拉压复合防腐型预应力锚索的研制与应用·····	杨俊志等(490)
TSJ—I 型高效混凝土喷射机研制·····	王连池等(496)

岩土锚固工程技术发展的回顾

徐祯祥

(铁道科学研究院)

摘要 本文综合论述了我国岩土锚固工程技术发展中的以下问题:高边坡、深基坑和大型洞室工程中锚固技术的应用;岩土锚固新技术的发展;关于锚杆的耐久性问题;岩土锚固工程设计软件的现状;岩土工程监测技术的现状与趋势等。针对以上问题,文中还提出了进一步发展岩土锚固工程技术的几点建议。

关键词 岩土锚固新技术 锚杆防腐 设计软件 现场监测技术

1 前言

充分利用具有较大刚度和强度材料的力学特性来加强或加固软弱破碎的岩体和土体,与此同时发挥岩土体的自稳能力,最终达到工程结构物稳定的目的。这是岩土锚固工程技术的本质所在。

上述力学机理的认识和研究是在 20 世纪中叶开始的。但是在与岩土有关的工程中应用锚固工艺可以追溯到 20 世纪初。据文件记载,1910~1911 年期间,美国已首先在煤矿巷道和其他岩石矿山中应用锚杆支护顶板。此后,作为有一定代表性的工程应用,1918 年在西利西安矿山开采中应用了锚索支护;1934 年在阿尔及利亚的舍尔法大坝的边坡加高工程中应用了预应力锚杆;1957 年前联邦德国鲍尔公司在深基坑中应用了土层锚杆。我国锚杆的工程应用开始于 20 世纪 50 年代后期,并随着地下工程中锚杆技术的逐步应用,与喷射混凝土,其后又与其他的岩土加固技术(如注浆、桩墙等)相结合,形成了一套使用广泛的岩土锚固工程技术。

由于岩土锚固工程技术的新发展,近年来用此技术在大量边坡加固和整治工程中在很大程度上取代了传统的浆砌片石式挡墙或重力挡墙结构;在相当数量的深基坑工程中取代了水平横撑式支挡结构;在几乎所有采用矿山法施工的地下工程中取代了分步开挖木支撑式临时支护结构。在其他方面,如深基础工程、抗浮结构工程、大坝加固工程、公路拓宽工程以及悬索桥的锚固等工程中,岩土锚固工程技术的优势也都得到了充分发挥。

与传统的各类加固支护技术相比,岩土锚固工程技术的主要优势是:由于锚固力学机理的本质是改造和利用岩体自身的力学性能,变仅仅是单纯的外荷的岩体为部分自承载体,从而保证了工程整体的稳定性和安全性;改善了周围环境和工程质量;大幅度地节约了工程材料并缩短了工期。这些优点已被大量的工程实践所证明。

2 大型工程应用实例

如上所述,岩体锚固工程技术已在包括高边坡(含滑坡)、深基坑、地下工程和坝体加固等各类工程中广泛采用。以下是近年来在一些较有代表性的大型工程中应用的实例。

2.1 三峡链子崖危岩体高边坡整治工程

长江三峡链子崖危岩体位于湖北省秭归县新滩镇,长江南岸兵书宝剑峡出口处。该峡口段河谷深切,岸壁陡峭,水深流急,为长江航道的咽喉地段。陡峭边坡高达百米以上。边坡上裂缝呈垂直方向,其中 T8~T12 裂缝段约有 250 万 m^3 危岩,一旦发生崩塌或滑坡,将对航道造成严重后果,必须进行防治。整个危岩体的主要部分见图 1 所示。其中下部高约 60~80m (T12~T11) 的陡壁,即所谓“五万方”部分采用 1 000kN、2 000kN 和 3 000kN 三种预应力锚索,钻孔平均深度为 35m,最大深度为 51m,均通过 T11 裂缝或下部 R203 软弱层而进入稳定基岩层一定深度。锚索共用 175 根,总锚固力达 321 000kN。其上部即所谓“七千方”危岩体,采用 1 000kN 锚索 35 根,平均钻孔深 16.5m,总锚固力达 35 000kN。

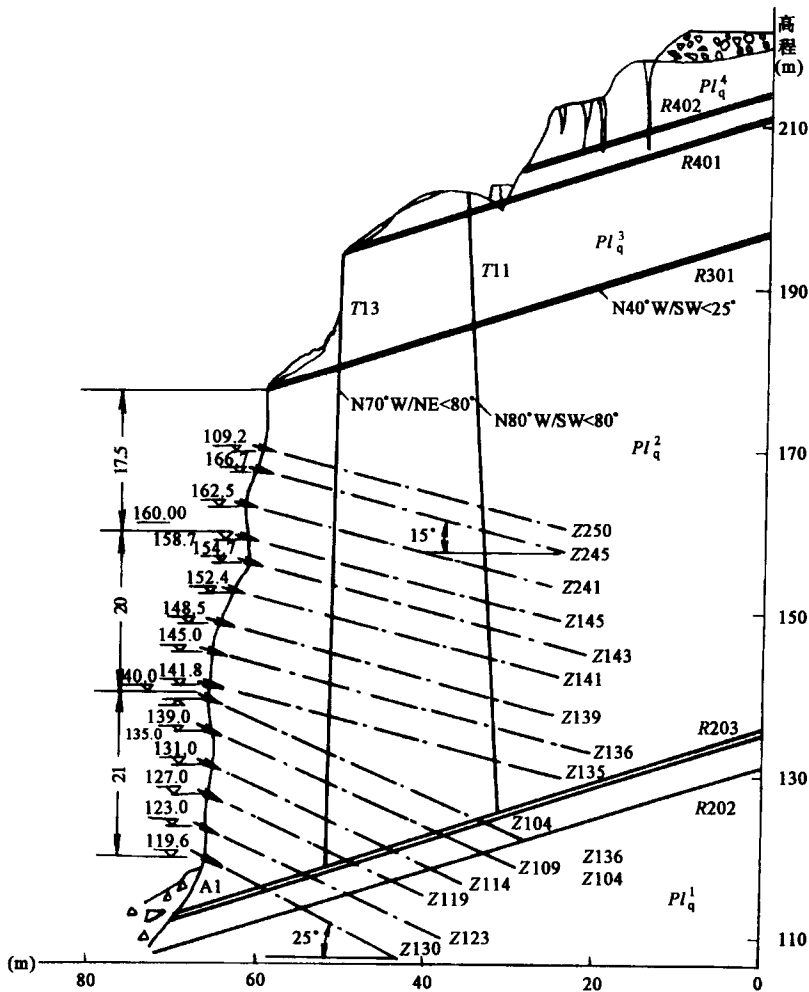


图 1 链子崖防治工程“五万方”危岩体锚索布置图(尺寸单位:m)

2.2 二滩水电站地下洞室工程

二滩水电站引水发电系统工程中的三大主要洞室(即主厂房、主变室和尾水调压室)均为大跨度、高边墙的地下洞室。其中主厂房上部开挖宽度达 30.7m,中部为 25.5m,最大开腔高

度 65.68m。在支护设计前期,设计者作了包括平面有限元分析、关键块体理论-节理行迹分析法分析、赤平投影法分析和包括地质力学模型试验在内的洞室稳定分析,最后确定了洞室的支护系统方案。设计中以围岩分类和工程类比法为基础选用锚喷支护为主,辅以必要的钢筋混凝土的衬砌支护体系。根据上述稳定性分析的结论,即围岩整体是稳定的,只有局部可能产生可移动的块体,选定了如图 2 所示的主厂房支护参数。其中拱部采用 $\phi 30$,长 6.8m,间距 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ 的锚杆以及厚 15cm 的钢筋网喷射混凝土,墙部采用 $\phi 25$,长 5.7m,间距 $1.5\text{m}\times 1.5\text{m}$ 和 $3.0\text{m}\times 3.0\text{m}$ 的锚杆,岩台下增加 1750kN、长度分别为 15m 和 20m 的预应力锚索,并用厚 8~10cm 的钢纤维混凝土防护。

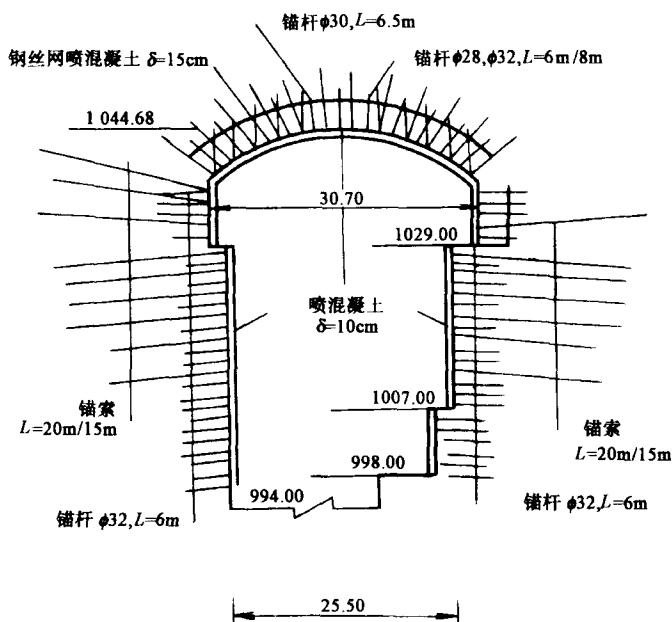


图 2 二滩水电站地下主厂房支护参数(尺寸单位:m)

2.3 小浪底水利枢纽地下厂房工程

小浪底水利枢纽地下厂房三大洞室也均采用锚喷支护作为永久衬砌。设计前期主要工作为大量的地质调查结合围岩稳定性分析,以类比法初选支护参数,然后根据工程地质特点进行了多裂介质质力学模型试验。试验中模拟了洞室开挖顺序进行测试。理论计算和模型试验证明了洞室群布置方案基本合理,同时,为支护参数的最后确定提供了依据。图 3 为地下工程主厂房支护参数的情况。

2.4 北京东方广场深基坑工程

该工程为一个大型深基坑工程,工程量大,地质条件复杂,需要拆除的地下建筑物、障碍物和地面建筑物多,因此施工难度很大。基坑所处位置的地质断面和基坑支护状况见图 4 所示。基坑开挖前在周边及中间共设 263 眼降水井,经计算,单井涌水量达 $189\text{m}^3/\text{d}$ 。同时还在滞水量集中处设 98 眼渗水井,有效地降低了地下水水位。基坑采用桩锚支护系统。围护结构采用 $\phi 800\text{mm}$ 和 $\phi 1000\text{mm}$ 、间距 1.5m 的钻孔灌注桩,局部采用 H 形钢桩;锚杆支护采用 1~3 道预应力锚索,并加土钉支护形成复合支撑;在地面下 1.5~2.5m 处砌筑挡土墙,墙和桩顶设帽

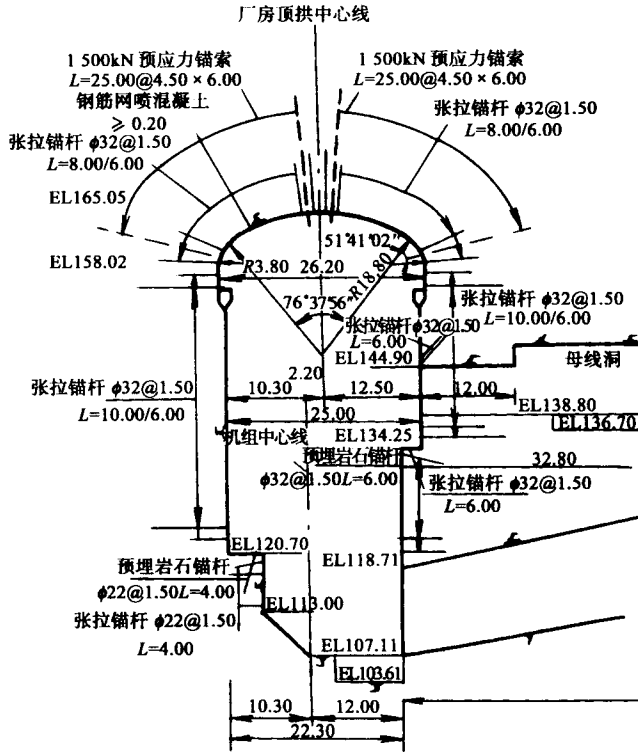


图3 小浪底水利枢纽地下主厂房支护设计(尺寸单位:m)

梁。经过一年对基坑施工过程的现场监测表明,尽管预应力锚索的锁定瞬间应力损失平均达18.8%(可考虑适当增大锁定值),但是支护体系总体稳定性较好,基坑顶最大水平位移值为40mm,一般为10~30mm,地面沉降仅为3~5mm,达到了设计要求。

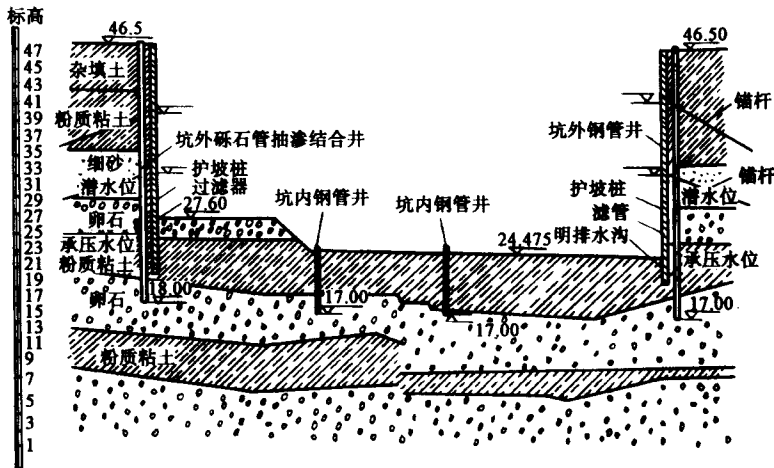


图4 北京东方广场深基坑支护状况(高程单位:m)

除以上大型工程外,如三峡永久船闸边坡工程,漫湾水电站高160m的不稳定边坡治理工程、南昆铁路八渡车站大面积滑坡治理工程、大瑶山长大铁路隧道复合式衬砌支护工程,以及正在建设中的国家大剧院深基坑工程等大型岩土锚固工程均采用了先进的施工机具、材料和施工方法,同时均采用了现场监控量测作为最终设计的信息依据和质量检验标准。

3 岩土锚固工程中的新技术发展

技术的进步和发展是岩土锚固工程得以广泛应用并在大型工程中发挥作用的基础。近年来,在工程实践中研究和发展起来的若干新材料、新机具、新方法和新理论已展现在我们面前,这些新技术无疑对工程建设的持续发展起到了推动作用。

3.1 不同受力机理的预应力锚固技术

传统的预应力锚索均采用拉力型锚索结构(见图 5),该种结构尽管施工简易、造价较低,但是其内锚固段由于受力不合理,上部浆体易开裂,特别是不能充分利用岩体的力学传递性能,因此锚固效果不理想。

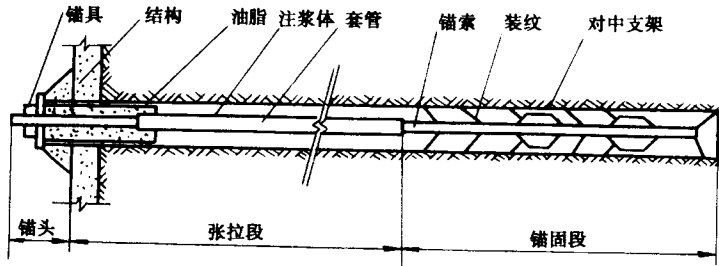


图 5 拉力型锚索结构示意图

一种能初步改善岩土力学传递性能的结构为压力型锚索结构(见图 6)。该种锚索结构的特点是利用设在孔底端的承压板将无粘结锚索的拉力转化为砂浆体的压力,并将压力传递给岩土体。无论是砂浆体还是岩土体的受压性能均远大于其受拉性能。因此它的整体受力性能优于拉力型锚索。

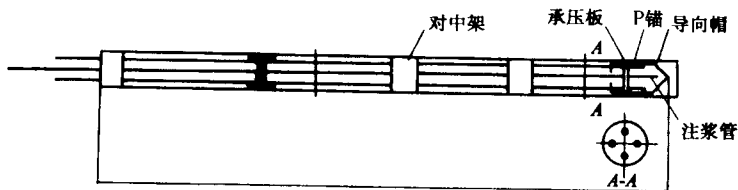


图 6 压力型锚索结构示意图

但是,拉力型或者压力型锚索都有一个共同缺点,即其预应力过于集中地通过惟一个锚固段砂浆体传递给岩土体,由于应力过大容易造成该段砂浆体或岩土体的破坏。因此人们就提出了将预应力分散在若干个承载体的想法,这样就在总预应力不变的前提下,减小了每段岩土体的应力值,充分发挥和利用了岩土体的整体力学性能。图 7 是拉力分散型锚索结构,通常

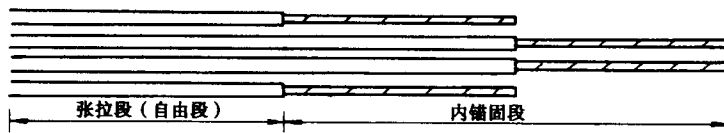


图 7 拉力分散型锚索结构图

做法是用不同长度的无粘结钢绞线,将其端部按设计锚固长度剥除锚索外的高密度 PE 套管,即分别成为粘结段。其中每一段均为拉力型锚索。图 8 为压力分散型锚索结构,其特点是在

不同长度的无粘结钢绞线端部各连接一块承压板和挤压套。其作用机理同压力型一样,只是将锚固力以压力形式分散作用在不同深度的岩体上。目前还有一种属于压力分散型锚索的结构,称作单孔复合式锚索,如图9所示。由一个绕过承压体弯成U字形的无粘结钢绞线组成单元锚杆,一个孔中可以安设多个单元锚杆。图10是剪力分散型锚索,其特点是在不同长度的无粘结钢绞线末端用环氧树脂砂浆粘结,靠其与承载体本身砂浆的剪力和压力分散传递给整个锚固段。确切地说,应该称之为剪力-压力分散型锚索。图11为拉压分散型锚索结构。这种结构是将两个(或以上)拉力型和两个(或以上)压力型结构分别连在一起,从钻孔底开始形成拉-压-拉-压这种交互形式。这种结构可以提供比拉力或压力分散型结构更为均匀的锚固力,而且其在相同长度下有更高的抗拔能力。

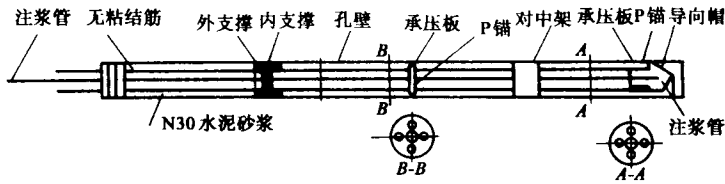


图8 压力分散型锚索结构示意图

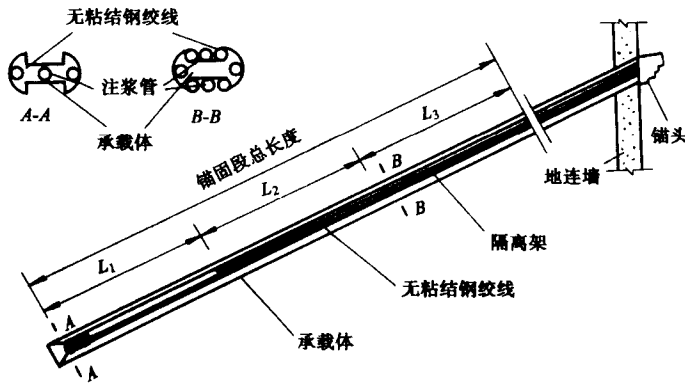


图9 单孔复合锚固体系(压力分散型锚杆)的结构

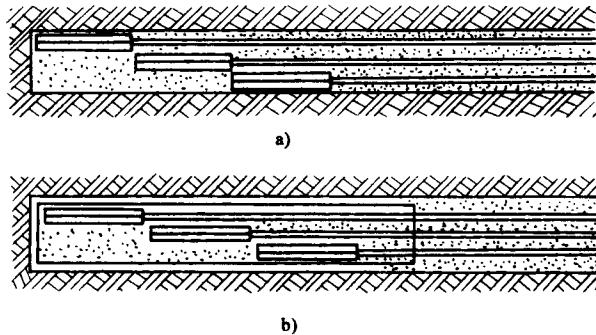


图10 剪力分散型锚索结构图

a)剪力型锚索;b)带防护的剪力型锚索

3.2 复合土钉墙技术

针对我国东南沿海地区主要是海相沉积的软土地层和地下水位高的特点,并经过在上海、

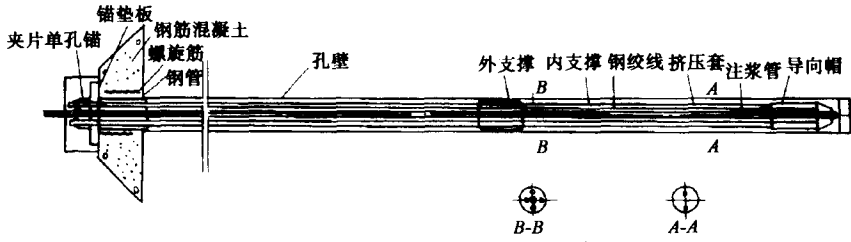


图 11 拉压分散型防护锚索

福州等城市以淤泥质土为主的地层中的基坑工程实践,人们研究提出了一种称为复合土钉墙的施工技术。这种技术是以水泥搅拌桩帷幕等超前支护措施解决土体的自立性、隔水性以及喷射混凝土层与土体粘结问题;同时以水平向压密注浆及二次压力灌浆解决土体加固及土钉抗拔力问题;以相对较长的插入深度解决坑底的抗隆起、管涌和渗透等问题;从而形成了以防渗帷幕、超前支护及土钉等组成的复合土钉墙支护。图 12 为在不同地层情况下常用的几种复

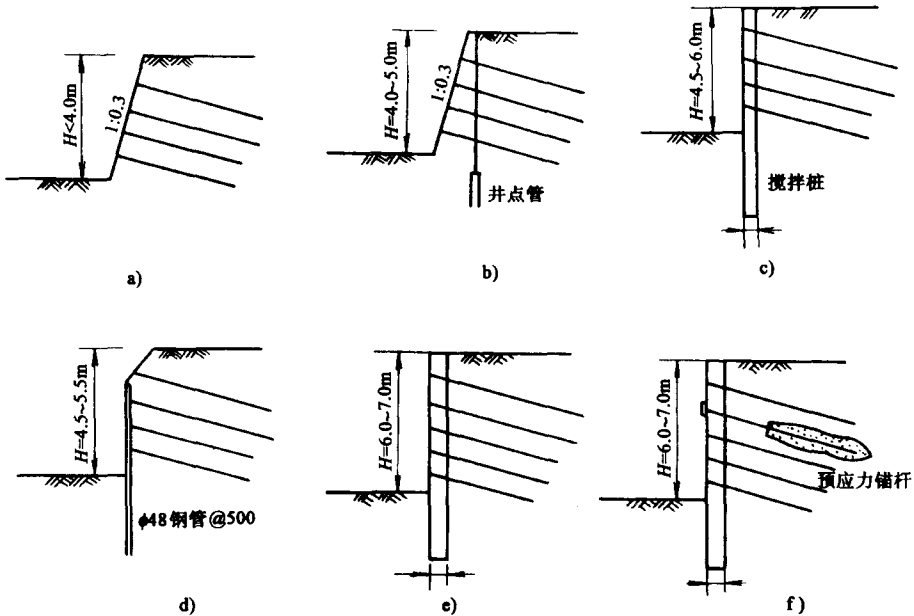


图 12 复合土钉支护形式

合土钉墙支护形式。其中图 12a)表示基坑深度小于 4.0m,地层渗透系数较小,且地表变形对基坑周边影响不大时,可放 1:0.3 坡度,不进行超前支护,直接施作土钉墙。图 12b)表示基坑深度 4.0~5.0m,地层为渗透性较小的粉质粘土地层以及基坑外降水不会引起地层显著沉降时,可采用坑外布置轻型井点管降水方法,土坡垂直或略带放坡(1:0.2~0.3),最后施作土钉墙。图 12c)基坑深度 4.5~6.0m,坑底处于淤泥质粘土地层,开挖后有发生管涌及坑底涌土的可能性,这时应首先施作水泥混凝土搅拌桩(宽 0.7m 的单排桩),入土深度按抗渗要求设计,并按基坑底部抗隆起要求设计搅拌桩强度。图 12d)基坑深度 4.5~5.5m,坑底虽处于淤泥质粘土中,但产生管涌的可能性不大。这时可采用单排或双排竖向钢管作为超前支护。图

12e)基坑深度 6.0~7.0m,坑底处于淤泥质粘土或粉质粘土层,产生管涌和坑底隆起的可能性增大,必须施作两排水泥混凝土搅拌桩(宽 1.2m)。当两排搅拌桩仍不能满足抗隆起要求时,可在水泥混凝土桩中插入型钢、钢筋或钢管。图 12f)表示当对土钉墙位移和墙后土体沉降有严格要求时,可在土钉墙中配合使用预应力土层锚杆,一般放在顶部 1~2 排处。

3.3 自钻式锚杆技术的应用

近年来,自钻式锚杆作为一种新型的支护技术已在高边坡治理、深基坑边墙维护和隧道衬砌支护等众多工程中得到广泛应用。其基本类型如图 13 所示。自钻式锚杆在工程应用中,其公认的优点是:能在破碎而极易塌孔的地层中应用,甚至在砂卵石或淤泥质地层中也能采用。其注浆工艺是在钻孔后立即自底向孔口进行压注,因而不仅保证了及时支护地层,同时也保证了钻孔中注浆的饱满,并能充填钻孔周壁的地层缝隙,增大了锚固力。另外,由于孔外锚端的螺母拧紧力作用,每根该类锚杆均可作为预应力锚杆设计。目前,有的工程设计中已用大直径自钻式锚杆代替了预应力锚索,有的设计则将其放在普通砂浆锚杆和预应力锚索之间进行选择。由于自钻式锚杆在国内一系列工程中的成功应用(国外应用比国内应用更早),使它已成为一种比较成熟的支护技术,因此 2001 年 10 月颁布实施的国家标准《锚杆喷射混凝土支护技术规范》(GB 50086—2001)已首次将其列入设计和施工的有关条款中。

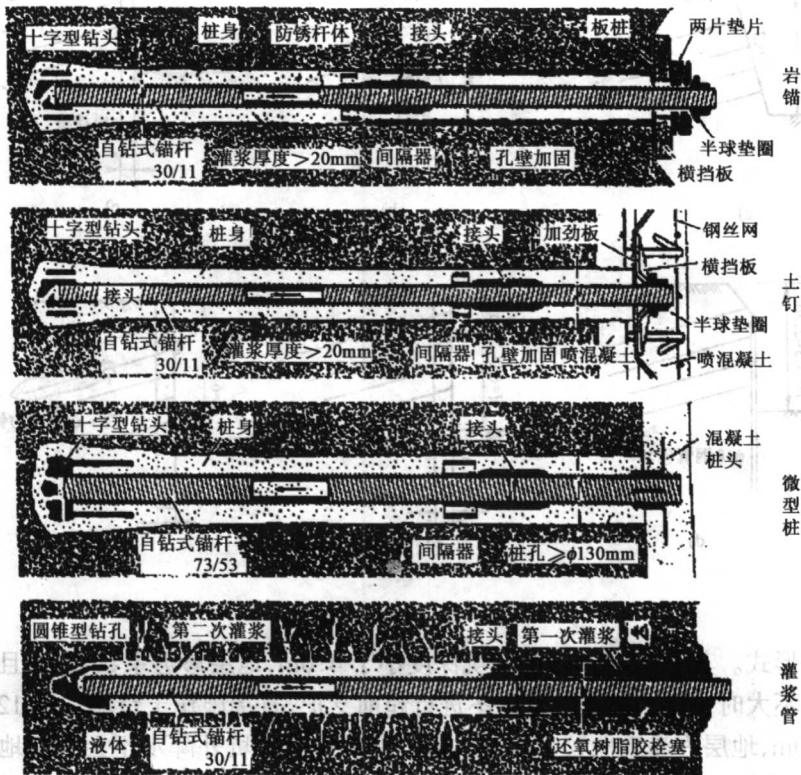


图 13 自钻式锚杆的不同用途和结构

3.4 可拆芯式锚杆技术的应用

当基坑壁接近建筑红线而不允许采用永久式锚杆时,应使用可拆芯式锚杆。其结构原理如图 14 所示。图中显示的是该种锚杆的一个单元体。每一个单元体的端部均有一个与孔壁固结的承载体,全长无粘结的钢绞线绕过该承载体直至钻孔口。在基坑完成任务无须支护时,

钢绞线可在孔口抽出,达到拆芯的目的。北京中银大厦深 20.5~24.5m 的基坑工程中采用了可拆芯式锚杆。本工程的使用证明:该类可拆芯式锚杆由于是压力分散型结构,在同等锚杆长度条件下,其承载力比拉力型锚杆高 30% 以上。另外,其控制基坑变形能力更强,如在地下连续墙的水平变形值的比较中,可拆芯式锚杆为 13mm,而拉力型锚杆则为 30mm。在该工程中,实际可拆芯率达 96%,基本上达到设计要求。

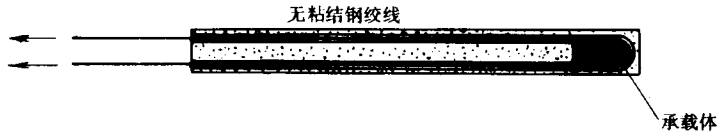


图 14 可拆芯式锚杆原理图

3.5 边坡加固工程与生态环境技术

随着城市市政工程和城市间高速公路工程的发展,出现了大量的边坡工程、路堤工程和河堤工程。这些工程通常都经过加固。例如用锚杆喷射混凝土加固,或者用挡墙加固。从力学上来说,边坡经加固后已达到稳定状态,岩体的局部松动或者塌滑现象得到了有效控制。但是,由于加固用的混凝土或者岩石表面灰白一片的颜色,对城市景观和环境构成了一种视觉污染。近年来,我国南方地区采用了框架式加固边坡的方法,最初是从日本 PC 格构工法(见图 15)得到启示。在框架中间种植草皮等植物,改善了城市绿化环境和景观。最近,北京某研究单位研究提出了一种边坡绿化新技术,即在已加固边坡面(混凝土面或岩土面)上敷设以植被网为基础,以植生基质为辅料的绿化材料(PGM)。这种材料由植物种子、种植土、粘合剂、土壤改良剂、生物菌肥、缓释肥、保水剂等按一定配方组成。经使用证明,该种材料具有较强的抗旱耐寒性能,生命力强,无须维护,与混凝土或岩土粘结性能好,而且其成本较低。

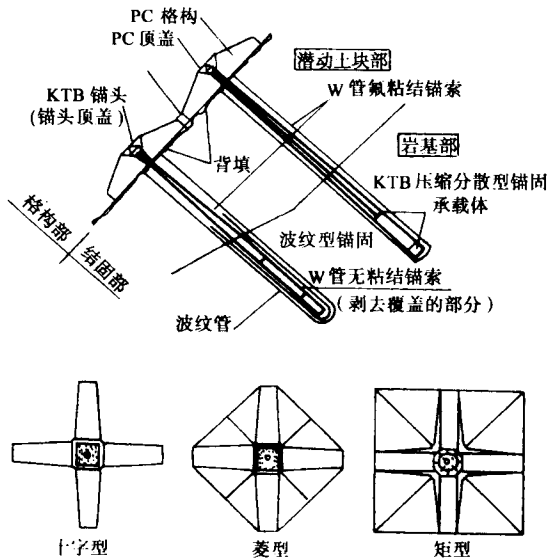


图 15 PC 格构类型及施工断面图

4 关于锚杆的耐久性问题

4.1 一般情况

在岩土锚固工程中,锚杆的耐久性问题越来越受到人们的重视,而其中最基本的环节则是锚杆的抗腐蚀技术。通常对金属锚杆(索)的腐蚀分为物理(应力)腐蚀和化学(电化学)腐蚀两