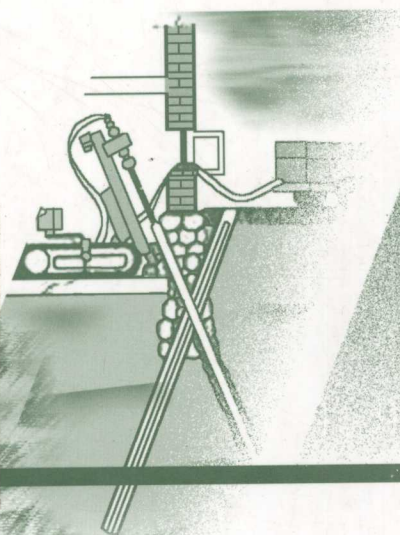


YANTUGONGCHENGSHIGONG

岩土工程施工

● 陈晨 主编



吉林大学
出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

岩土工程施工/陈晨编著. —长春: 吉林大学出版社, 2004.7
ISBN 7-5601-3005-4

I . 岩… II . 陈… III . 岩土工程—工程施工
IV . TU4

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 065778 号

岩 土 工 程 施 工

陈 晨 主 编

责任编辑、责任校对: 唐万新	封面设计: 孙 群
吉林大学出版社出版 (长春市明德路 421 号)	吉林大学出版社发行 吉林农业大学印刷厂印刷
开本: 787×1092 毫米 1/16	2003 年 9 月第 1 版
印张: 15.625	2003 年 9 月第 1 次印刷
字数: 345 千字	印数: 1—1 000 册
ISBN 7-5601-3005-4/TD·6	定价: 21.00 元

前 言

21 世纪是地下建筑工程大发展的世纪,“岩土工程施工”正是讲授这方面内容的重要课程。近十几年来,岩土工程施工技术发展很快,国内外的专家编写了与其有关的大量专业性书籍,但国内编写的多以手册形式为主,包罗万象;国外则多以某一门、或以某一类施工技术为主,不能全面反映岩土工程施工技术的整体发展水平。目前还没有一本既能反映目前岩土工程施工技术整体发展水平,又能满足本科生教学需求的教材。

1991 年根据地质工程各专业课教学内容改革的要求,开始为勘察工程专业的本科生讲授“岩土工程施工”(原名“现代基础工程施工”),历时 10 年。根据当时的岩土工程施工技术的水平,编写了一本名为《现代基础工程施工》的内部教材,受到学生的欢迎及行业专家的好评。但岩土工程施工技术在这十多年里的飞速发展,使得这本仅介绍基础施工技术内容的教材在几年前就远不能满足教学需求了。毫无疑问,与这门课程相配套的教材将在培养学生是否满足专业要求、行业需求等方面起重要的作用。

“反者动之动”,“熟知非真知”,古代东方、西方两位先哲的名言为作者编写这本《岩土工程施工》教材的宗旨或准则。

“反者动之动”体现的是一种“中庸”的想法。作者希望本教材尽可能全面地反映最基本的岩土工程施工技术、方法;反映岩土工程施工技术最前沿技术的发展方向;突出基本原理、基本计算、基本要求;体现十多年的相关专业、行业的科学研究成果,如潜孔锤钻进技术、大口径反循环钻头的设计、反循环井底流场的净化规律、扩底钻头、钻斗的设计等。因此作者在写本教材的时候,首先考虑的不是写成专著的深度,虽然在许多方面有多项科研课题,研究的也比较深入,但这仍是一本本科教材,仍需要一定的时间稳定性。由于对一些新技术、新方法较难把握其未来的走向,所以只是简单的介绍;而对一些已经过时,应用也不多的方法不予涉及。从施工技术的选择,涉及的深度确比一些专著要浅,体现了一种所谓的“中庸”思路。

作者参加了许多重大的工程,这门课程也讲授了 10 年之久,有时一年还讲两次,主要针对本科生,也有部分研究生课程的内容,可谓熟悉之极,但“熟知非真知”。对某一具体技术、方法的理解和掌握,长期的直接使用和实践者才具有真正的发言权,所以一些章节专门请长期应用的专家来撰写,对一些有争议的问题也采用了现场专家的观点。

本教材是吉林大学“十五”规划教材,其内容包括:总论、工程孔施工方法、地基处理技术、桩基础施工、地下连续墙施工、锚固技术、非开挖施工技术。编写时采用了最新的岩土工程技术规范,并将粗线条的规范具体化。由于大量的岩土工程施工涉及到钻孔技术,所以单独辟出一章来介绍这部分内容。每部分内容力求充实,对常规技术、

方法均作系统的介绍,对相应的其它有前途的技术、方法也有一定深度的涉及。

本教材编写分工如下:

陈晨担任主编,并编写一、三、四、五章及第二章除第八节和第七章除第三节的全部内容;卢文阁编写第六章;陈宝义编写第二章第八节;冶金一勘燕郊非开挖管线工程公司的王银献编写第七章第三节。硕士研究生贾栋、韩冰负责了大部分章节的绘图及校对工作。

本教材由吉林大学建设工程学院殷琨教授主审,本书从酝酿到整个写作过程始终得到殷老师的鼓励和支持。我的博士导师、俄罗斯自然科学院外籍院士张祖培教授也曾对本书的最终成形提供了很多帮助和重要的建议。衷心感谢我的硕士导师郑培根教授、常世臣教授,是他们将我引入岩土工程领域,并在这个领域开始了充满挑战的工作。

作者的一些同行和朋友也先后给予作者许多建议和支持,包括哈尔滨工业大学土木工程学院我的博士后合作导师张克绪教授、吉林大学的徐会文教授、徐克里副教授等,在此表示深深的谢意。

编写过程曾引用多种参考文献,如书籍、论文、杂志文稿、会议论文等的某些内容和图表,参阅了 <http://www.dingguan.com/>和 <http://www.geosouth.net/>等网站的内容,在此谨向原作者表示感谢。

本书受《吉林大学“十五”规划教材资助计划》资助,在此深表谢意。

限于水平,虽经努力,书中错误与不妥之处在所难免,诚恳欢迎读者批评指正。

陈 晨 (chenchen@email.jlu.edu.cn)

2002年8月6日于长春地质宫

目 录

第一章 总论	(1)
一、岩土工程施工所处的学科领域及其业务范围	(1)
二、岩土工程施工技术分类及应用现状	(1)
三、岩土工程施工技术的主要特点	(4)
四、岩土工程施工技术的选用原则	(5)
第二章 工程孔施工方法	(6)
第一节 概述	(6)
一、工程孔施工方法分类	(6)
二、工程孔施工的主要特点	(7)
三、工程孔施工中的主要难题	(7)
第二节 无循环液回转钻进法	(7)
一、螺旋钻进法	(7)
二、钻斗钻进法	(12)
第三节 正循环回转钻进法	(15)
一、概述	(15)
二、正循环回转钻进使用的主要设备	(16)
三、正循环回转钻进使用的钻具	(17)
四、大直径硬岩全面钻进与取芯钻进的分析	(18)
五、钻进工艺	(19)
第四节 反循环回转钻进法	(21)
一、概述	(21)
二、反循环原理	(22)
三、设备和机具	(26)
四、钻进工艺	(29)
第五节 钢绳冲击钻进法	(30)
一、概述	(30)
二、冲击成孔设备和机具	(31)
三、冲击钻进工艺	(33)
第六节 冲抓及全套管钻进法	(35)
一、冲抓钻进法	(35)
二、全套管施工法	(38)
第七节 振动沉管钻进法	(40)

一、概述	(40)
二、振动沉管的工作原理	(41)
三、振动沉管钻进设备和机具	(42)
四、振动成孔工艺	(45)
五、成桩工艺	(46)
第八节 大直径潜孔锤钻进法	(47)
一、概述	(47)
二、单头潜孔锤基本结构及工作原理	(48)
三、单头潜孔锤工作性能参数	(48)
四、单头潜孔锤微机模拟电算结果	(49)
五、单头潜孔锤钻进工艺方法与配套设备	(49)
六、组合式潜孔锤	(52)
第九节 扩底桩孔施工法	(53)
一、概述	(53)
二、理想扩大头的形状和规格尺寸	(54)
三、钻扩桩孔施工技术	(55)
四、爆扩桩施工技术	(59)
五、人工挖孔扩底桩施工技术	(61)
第三章 地基处理技术	(64)
第一节 概述	(64)
一、地基处理的目的和对象	(64)
二、地基处理原理和分类	(65)
三、地基处理规划程序	(66)
四、地基处理技术发展展望	(66)
第二节 强夯施工法	(67)
一、概述	(67)
二、强夯法加固地基的原理	(68)
三、设计计算	(68)
四、施工设备和机具	(70)
五、强夯法施工	(71)
第三节 振动水冲法	(72)
一、概述	(72)
二、振冲法加固地基原理	(73)
三、设计计算	(73)
四、振冲法施工设备、机具	(74)
五、振冲法施工	(76)
第四节 深层搅拌法	(80)
一、概述	(80)

二、加固机理	(81)
三、设计计算	(81)
四、设备和机具	(83)
五、施工工艺	(84)
第五节 高压喷射注浆法	(87)
一、概述	(87)
二、加固机理	(88)
三、设计计算	(90)
四、设备和机具	(92)
五、施工工艺	(93)
第六节 低强度混凝土桩复合地基法	(95)
一、概述	(95)
二、水泥粉煤灰碎石桩	(95)
三、夯实水泥土桩复合地基	(97)
四、二灰混凝土桩	(97)
第七节 加筋土	(98)
一、概述	(98)
二、加固机理	(99)
三、设计计算	(99)
四、施工技术	(103)
第八节 其他地基处理方法	(104)
一、排水固结法	(104)
二、石灰桩法	(106)
三、土桩与灰土桩法	(108)
第四章 桩基础施工	(109)
第一节 概述	(109)
一、桩基础的含义	(109)
二、桩基础的类型	(109)
三、桩型的选择	(111)
第二节 钻孔灌注桩施工组织设计	(111)
一、施工组织设计的意义及作用	(111)
二、施工组织设计的编写	(112)
第三节 钻孔灌注桩施工前的准备	(114)
一、施工场地准备	(114)
二、埋置护筒	(115)
三、制备钻孔冲洗液	(116)
四、设备安装	(117)
五、试成孔	(117)

第四节 桩孔的施工	(117)
一、桩孔施工的一般规定	(117)
二、桩孔质量标准和检测方法	(118)
三、钻孔灌注桩一般的成孔方法	(119)
第五节 清孔	(119)
一、清孔的一般规定	(119)
二、清孔的方法	(120)
第六节 钢筋笼的制作及吊放	(121)
一、钢筋笼制作的一般规定	(121)
二、钢筋笼的制作	(122)
三、钢筋笼的吊放	(123)
第七节 混凝土的配制与灌注	(123)
一、混凝土配制与灌注的一般要求	(123)
二、混凝土配制材料	(124)
三、混凝土配合比设计	(126)
四、混凝土拌制	(128)
五、混凝土灌注	(129)
第八节 桩的质量监督与检测	(132)
一、桩的质量监督重要性	(132)
二、桩的常规质量检查内容	(132)
三、桩基工程质量检测	(133)
第九节 桩的其他施工方法	(135)
一、静压桩施工技术	(135)
二、钻孔压浆桩	(138)
三、夯扩桩施工技术	(141)
四、后注浆桩施工技术	(143)
五、水域钻孔灌注桩施工	(146)
六、斜桩的施工	(148)
七、钢管桩施工	(150)
第五章 地下连续墙施工	(153)
第一节 概述	(153)
一、地下连续墙施工方法的含义	(153)
二、地下连续墙施工方法的优缺点	(153)
三、地下连续墙的类型	(154)
四、适用条件	(155)
五、地下连续墙施工流程	(155)
第二节 施工前的准备工作	(155)
一、地下连续墙的施工设计	(155)

二、场地准备	(155)
三、泥浆（或稳定液）制备	(155)
四、导墙的施工	(156)
五、设置临时设施并进行试验	(158)
第三节 槽段开挖	(158)
一、施工设备	(158)
二、槽段长度的划分	(162)
三、施工工艺	(163)
第四节 清槽（基）	(165)
第五节 接头处理	(165)
一、地下连续墙的接头及其作用	(165)
二、施工接头的形式及选择	(166)
三、接头装置的起拔时间	(167)
四、接头插入和拔出应注意的事项	(167)
第六节 钢筋笼的制作和吊放	(167)
一、钢筋笼的制作	(167)
二、钢筋笼的吊放	(168)
第七节 混凝土的配制与灌注	(168)
一、混凝土配合比的选择	(168)
二、灌注方法	(169)
三、混凝土灌注注意事项	(169)
第八节 地下连续墙工程验收	(170)
一、竣工验收标准	(170)
二、施工过程中的验收标准	(170)
三、竣工时提交下列资料	(171)
第九节 地下连续墙其他施工方法	(171)
一、SMW 地下连续墙施工技术	(171)
二、多轴大直径深层搅拌防渗墙施工技术	(173)
三、板桩工法施工防渗墙的技术	(173)
四、预制地下连续墙施工	(173)
第六章 锚固技术	(176)
第一节 概 述	(176)
一、锚固技术的分类	(176)
二、锚固技术的用途	(179)
三、锚固技术的特点	(179)
第二节 锚杆的成孔工艺	(179)
一、锚杆成孔设备	(179)
二、锚杆的成孔方法	(180)

三、锚杆成孔中的注意事项·····	(183)
第三节 锚杆的制作与安装·····	(184)
一、锚拉杆材料的选择·····	(184)
二、棒条状拉杆的制作与防腐·····	(185)
三、多股钢绞线拉杆的制作与防腐·····	(186)
四、多根钢丝锚杆的制作与防腐·····	(189)
五、锚杆体的安装·····	(190)
第四节 锚固技术的注浆工艺·····	(190)
一、注浆材料·····	(190)
二、注浆设备与工具·····	(191)
三、注浆方法·····	(192)
第五节 张拉与锁定·····	(195)
一、锚杆张拉、锁定的准备工作·····	(195)
二、锚杆张拉与锁定设备的选择·····	(195)
三、锚杆的张拉与张拉荷载分级·····	(196)
四、锚杆的锁定·····	(197)
五、锚杆的现场实验·····	(198)
第六节 其他锚固技术·····	(200)
一、土钉加固技术·····	(200)
二、锚定板挡土结构·····	(202)
第七章 非开挖施工技术·····	(204)
第一节 概述·····	(204)
一、非开挖施工方法分类·····	(204)
二、非开挖技术与开挖施工技术相比的优点·····	(205)
三、常用施工设备·····	(206)
第二节 顶管法·····	(207)
一、概述·····	(207)
二、顶管的基本理论·····	(209)
三、顶管设备·····	(210)
四、顶管施工·····	(212)
第三节 气动夯管锤施工技术·····	(214)
一、概述·····	(214)
二、气动夯管锤的结构及工作原理·····	(216)
三、施工设备及配套机具·····	(217)
四、气动夯管锤铺管工艺·····	(218)
五、气动夯管锤的铺管精度问题·····	(224)
六、气动夯管锤铺管的注浆润滑·····	(224)
第四节 导向钻进法·····	(225)

一、概述·····	(225)
二、钻机锚固·····	(225)
三、钻头的选择依据·····	(225)
四、导向孔施工·····	(226)
五、扩孔施工·····	(226)
第五节 振动法铺设管道技术·····	(227)
一、概述·····	(227)
二、水平振动沉管与土的相互作用机理·····	(227)
三、非开挖铺管施工中使用的振动设备和工具·····	(228)
第六节 其他非开挖施工技术·····	(230)
一、非开挖铺设管线的其他施工技术·····	(230)
二、非开挖原位换管技术·····	(232)
三、非开挖管道原位修复技术·····	(232)
参考文献·····	(233)

第一章 总 论

一、岩土工程施工所处的学科领域及其业务范围

岩土工程学 (Geotechnology) 是以工程地质学、岩体力学、土力学和地基基础工程学作为基本理论基础, 以解决工程建设过程中出现的所有与岩体和土体有关的工程技术问题为目的的一门新型技术学科, 是隶属于土木工程学的一个分支学科。而岩土工程 (Geotechnical Engineering) 则是这门学科在工程建设中的应用, 是一门把岩体和土体作为建设环境、建筑材料和建筑物组成部分并进而研究其合理利用、整治、改造的综合性应用技术。

岩土工程的工作内容有以下四个方面: ①岩土工程勘察; ②岩土工程设计; ③岩土工程施工; ④岩土工程监测。它涉及的内容极为广泛, 是具有综合性大、社会性广、实践性与专业性极强等特点的系统工程。岩土工程的业务范围主要有基础工程、地基处理工程、土石方工程、地下工程 (隧道、硐室)、水工结构物、地质病害处理、环境地质工程、地震地质等等, 凡是与岩土、地质有关的建设工程都是其服务对象。

岩土工程施工, 是岩土工程全过程的非常重要的组成部分, 在这一阶段中, 将对岩土工程勘察获取的工程地质资料进行检验, 将对岩土工程设计的内容予以实施, 将纠正岩土工程设计阶段出现的失误, 所以岩土工程施工成为保证工程质量、缩短工程周期、降低工程造价、提高工程经济效益和社会效益的关键阶段。

二、岩土工程施工技术分类及应用现状

岩土工程施工技术主要包括以下几个方面:

(一) 地基处理技术

各种地基处理工程施工方法 (包括强夯法、振冲碎石桩、挤密碎石桩、深层搅拌桩、高压旋喷桩、塑料排水板、堆载预压、真空预压、砂桩、静压注浆等) 专门用来改善地基条件, 以期达到满足地基强度、变形及其稳定性等要求。

近 50 年来我国地基处理技术由最开始的引进到吸收、发展、创新, 初步形成了具有中国特色的地基处理技术体系, 许多方法达到了国际先进水平。我们用了近 50 年的时间走完了发达国家发展地基处理技术经历的百年以上历程。

(1) 真空预压法、动力固结法、塑料排水板法、深层搅料法、高压喷射注浆法、土工织物、石灰桩法、碎石桩法等得到了广泛的研究和应用。有些工法, 如真空预压法达到了世界先进水平。

(2) 利用工业废渣、废料及其城市建筑垃圾处理地基的研究取得了长足的进步。如采用粉煤灰、生石灰开发的二灰桩复合地基; 利用废钢渣开发的钢渣桩复合地基; 利用城市建筑垃圾开发的渣土桩复合地基等等。这些项目的开发利用, 不仅节约大量资源,

降低工程费用,同时为改善环境、减少城市污染开辟了新的途径。

(3) 低强度混凝土桩复合地基的出现,极大地拓宽了地基处理的应用领域。其主要途径是通过提高桩体材料的强度或刚度来实现提高复合地基的承载力。在这方面有代表性的如水泥粉煤灰碎石桩、二灰(石灰、粉煤灰)桩、夯实水泥土桩等,有效地降低了工程成本。

(4) 钢筋混凝土疏桩复合地基的开发与应用。它是一种介于传统概念上的桩基与复合地基之间的新型地基基础形式。采用桩基疏布,使得桩间土的承载作用得到充分发挥,使桩与土共同承受上部结构荷载,从而有效地将建筑物沉降控制在允许范围内。尽管疏桩基础设计理论有待完善,但预计将会推动这一新型基础形式的广泛应用。

(5) 托换技术在手段和工艺上有了显著进展。如树根桩托换法、压入桩托换法、坑式托换法、基础加(减)压纠偏法等,完成了许多高难度的托换工程。

(6) 我国建筑物纠偏技术采用了三种主要的工艺:①水冲法;②应力释放法;③反向掏蕊抽降法。这些纠偏技术的应用不仅将大量条形以及筏式基础的倾斜建筑物得到纠正,而且能使倾斜的桩基础建筑物得到扶正。

(二) 基础工程施工技术

基础工程施工技术包括预制桩施工法(振动沉桩法、锤击沉桩法、静力压桩法、射水沉桩法等)、灌注桩施工法(沉管灌注桩、钻、冲孔灌注桩、人工挖孔灌注桩、旋挖灌注桩)和地下连续墙等基础工程施工。

经历了与地基处理技术相类似的发展,我国的基础工程技术水平(以桩基础施工技术为代表),至少已具有发达国家 20 世纪 80 年代末期的水平。

(1) 大直径钻、冲、挖孔桩技术得到越来越广泛的使用,技术越来越成熟。据估计,仅大直径钻、冲孔灌注桩在近几年我国应用的数量达到 40~50 万根,堪称世界之最,这些桩的直径一般为 2~3m,最大直径达到 4m,最大桩长已逾百米。

(2) 在钻、冲、挖孔桩成桩后对桩底和桩身表面实施压力灌浆,消除了桩底沉渣隐患,改善了桩端和桩周土性,提高了桩基承载力,减少了桩基沉降量,综合效果显著。

(3) 采用预钻孔、静压等措施,扩大了钢筋混凝土预制桩的应用范围,而且由于其质量相对稳定可靠,故在城市郊区或场地宽阔的工程以及不宜用其他桩型的场合仍采用,如上海 468m 高的亚洲第一电视塔、福州国际大厦等均采用了这类施工技术。

(4) 沉管灌注桩已在数亿平方米的工业与民用建筑中应用,如哈尔滨、长春、柳州等城市,因其低廉的造价,使用极其广泛,其桩径和入土深度也分别达到了 700mm 和 35mm。

(5) 目前我国各类国产桩基础施工机械设备还远不能满足桩基工程不断发展的需要,许多重大的工程还依赖进口设备甚至国外的技术人员。

(三) 边坡加固工程施工技术

边坡加固技术包括锚桩、锚杆、喷锚、土钉、护坡桩、挡土墙等。在这方面我国的许多技术跻身于世界先进行列。

(1) 随着我国水利、电力和城市建设的发展,我国岩土锚固的应用在 20 纪 80 年代进入飞速发展时期。伴随着我国高强钢绞线生产和灌浆技术的进展,长度大于 15m 的

高和较高预应力的锚杆,在我国边坡稳定、深基坑支护、坝基加固和抗浮结构等工程中广泛应用,标志着我国岩土预应力锚固的设计、材料、施工水平进入了新的阶段。

(2) 锚固材料与施工机具有新的发展。在锚杆的粘结材料方面,由于硫铝酸盐水泥和各种高效早强剂的发展,使得早强水泥卷锚杆的应用成为现实。这类锚杆能显著地提高锚杆早期限制围岩变形的能力,使安装 2h 后的锚杆抗拔力达 150kN。在锚杆的筋材方面,目前天津、江西新余等地的钢丝厂均能生产高强度(1860MPa)、低松弛的钢绞线(包括无粘结型),这为发展我国高承载力锚杆和单孔复合锚固型锚杆创造了良好条件。我国无锡探矿机械厂、宣化英格索兰工程机械有限公司和东北岩土工程公司等单位生产的钻孔直径从 65mm~165mm 的岩锚钻机,以及冶金部建筑研究总院研制的 YM160 步履式土锚钻机,均具有良好的工作性能。在锚固机具方面,柳州建筑机械总厂生产的 OVM 锚具,具有可靠的自锚性能。

(3) 软土锚固技术基本达到世界先进水平。采用可重复灌浆技术,大幅度提高了软土中锚杆的承载力;基本上掌握了软土中锚杆蠕变变形和预应力值变化的规律;在实践中,找到了控制软土基坑周边位移的若干有效方法。

(4) 土钉支护技术在我国有新的发展。近年来我国土钉支护与其他的止水设施或支护结构相结合使用,形成的复合土钉支护,如土钉支护与深层搅拌桩、高压旋喷桩相结合构成的止水型土钉支护;土钉与预应力锚杆相结合构成的加强型土钉支护;土钉与微型桩、超前注浆、超前竖向土钉相结合的超前加固型土钉支护等,大大拓宽了土钉支护的应用领域,使我国的土钉支护技术跻身于世界先进行列。

(5) 在高层建筑深基础及工业设备、市政设施等的地下开挖中,采用各种排桩支护结构,辅以深层搅拌桩等隔水措施来代替槽式地下连续墙,具有良好的经济效益。此外,北京、上海研制成功在搅拌桩中插入型钢或钢筋笼而成为既能挡土又能隔水的 SMW 支护结构。

(四) 非开挖施工技术

非开挖施工技术是指在不开挖地表的条件下探测、检查、修复、更换和铺设各种地下公用设施(管道和电缆)的技术和方法,包括:顶管法、微型隧道施工法、水平钻进、导向钻进、螺旋钻进、顶推钻进、水平定向钻进、冲击矛法、夯管法、冲击钻进法等。

非开挖施工技术是近年来发展起来的一项非常有应用前景、社会效益与经济效益极为良好的高新技术。在欧、美等发达国家应用近 30 年之久,应用领域还在不断拓宽。我国引进这门技术只有近 10 年的历史,尚处于消化、吸收阶段。

(五) 地下水防治工程施工

帷幕注浆、井点降水、水文水井等,其目的是隔离地下水、降低地下水位、抽取地下水等。

(六) 其他岩土工程施工技术

(1) 盾构法是一种在软土或软岩中修建地下隧道的特殊施工方法。盾构隧道施工是先在设计开挖位置开挖土体,再用千斤顶使盾构(有保护条件及隧道施工功能的构造体)推进到已开挖的位置,然后在缩回千斤顶的同时,用液压举重拼装器拼装隧道衬

砌。如此一段段地向前掘进拼装,直至完成整条隧道。盾构的结构,一般由盾构壳体及开挖机构、推进系统、衬砌拼装系统组成。

(2) 尾矿坝建造与治理。尾矿坝通常以滤水堆石坝或土石坝为基础坝,在形成初期库容后,主要利用水力输送的尾矿充填筑坝而称之为尾矿坝。

尾矿坝加固方法,目前主要从卸载、排水、压重和采用地基处理中的一些新技术等着手。如采用盲沟、排水沟、压坡、卸载、回填、振冲、灌浆、土工合成材料的应用及降低浸润线所采用的排渗降水技术等。

(3) 土石坝加固与坝基置换。土石坝加固的重点在于控制渗流、预防滑坡和处理裂缝等方面,一般采用劈裂灌浆的方法加固处理。

坝基置换是将坝基部分的断层破碎带等不良岩土挖除一部分,然后用混凝土回填替换的一种强化加固岩体的工程。

(4) 填海岩土工程施工。填海岩土工程是随着国民经济的迅速发展,特别是沿海工业的发展,岩土工程拓宽而出现的新领域。由于海上施工不同于陆地,从岩土工程勘察、岩土工程设计及其施工,都较陆地更为复杂。因此,填海工程须通过海上勘察与填方试验优选确定最佳填海方案,使之满足填海岩土工程设计的要求。

目前国内外在填海工程上常见的施工方法有:水上吹填施工法、干填施工法、排水固结施工法、强夯施工法和振冲挤密施工法等。

三、岩土工程施工技术的主要特点

(1) 各种岩土工程施工技术与其所预计达到的目的具有某种程度上的不确定性。首先,工程勘察报告只是取得了很少的场地数据,不太可能对场地岩土的全部性能都了解清楚;其次,某些岩土的结构及性能又容易随环境条件而改变,特别是水对岩土性质有非常不利的影响,而施工时又常改变了岩土的环境条件,施工对岩土性质的影响是不容忽视的;第三,改变了的岩土结构及性能反过来对施工过程又施加一定的影响。所有这一切都不可能在事先估计得非常清楚,所以施工依据的技术数据就具有一定的不确定性,这是无法回避的事实。

(2) 各种岩土工程施工技术具有地区性的特点。由于各地的自然条件不同,所形成的岩石或土的性质也就存在很大的差异。压缩性指标和抗剪强度指标不同,不仅设计参数不同,工程处理措施的目的也不同,因而施工的方法也不相同。例如上海规范的特点是平原的软土施工技术;重庆规范的特点是山区岩石的施工技术。

(3) 各种岩土工程施工技术也都具有经验性的特点,这是由不确定性和地区性决定的。所以用施工中实测的数据来验证,并作为采取进一步工程措施的依据。在这种思想的指导下,形成了著名的“观察法”,即信息化施工的系统方法。

(4) 多样化的岩土工程施工技术依赖于众多相关学科的发展。如 20 世纪 60 年代随高压射流切割技术的发展,出现了高压喷射注浆法;射流泵及真空泵技术孕育出来真空预压法;液压技术的发展,使大吨位的静压桩变为现实;超声波技术的发展,使岩土工程施工技术的质量检验上了一个新台阶,与相关的岩土工程施工技术配套,使信息化施工成为可能。

(5) 许多岩土工程施工技术的研究都是超前于其设计计算理论的。各种施工方法都是先研究其施工效果，然后再研究其计算理论和方法，如扩底桩、夯扩桩、夯实水泥土桩等，先有具体的施工技术及其大范围的使用，才有设计理论的研究、规范的编写，这也是学科发展的特点。

四、岩土工程施工技术的选用原则

岩土工程施工工艺和方法的正确应用，是对岩土工程技术性质的正确认识以及对岩土工程设计原理的正确理解紧密联系在一起。

(1) 每类岩土工程问题的施工往往有几种技术方法供选择，而每种技术方法有可能应用于几类岩土工程问题，需要通过经济、工期、技术、安全等方面对比后才能选定。在这里，施工技术的经济性占第一位，这既符合我国当前的国情，也是发展中国家应采取的技术政策和市场经济规律的具体反映。

(2) 没有经验的施工方法还需首先在现场小范围试验，取得了可靠数据，才能全面使用。

(3) 各种施工方法对环境的影响程度，将成为选用与否的重要参考。可以预计，随着各地日益严格的环保要求，许多的岩土工程施工技术将逐渐退出历史舞台，同时更多的“绿色”施工技术将成为主角。

第二章 工程孔施工方法

第一节 概 述

在众多的岩土工程施工方法中，大量使用了钻孔技术，即根据岩土工程要求，选择相应的钻孔设备、钻进方法和工艺，向地下钻出不同直径、深度和角度的钻孔。然后，根据设计要求在钻孔内或制桩，或制锚固体，或制土钉，或注浆等等。本章将着重介绍岩土工程施工中常用的钻孔方法，包括这些方法的基本原理、使用的主要设备、工具和钻进工艺。

一、工程孔施工方法分类

常用的工程孔施工方法按其工作中的主要特点分类如下：

1. 按孔内有无循环介质

(1) 无循环介质时采用螺旋钻进法、钻斗钻进法、冲抓锥钻进法、钢丝绳冲击钻进法。

(2) 有循环介质时采用正循环回转钻进法、反循环回转钻进法、反循环冲击钻进法。

(3) 孔内无任何护壁流体介质时采用全套管（贝诺特）法、振动沉管法、锤击沉管法、静压沉管法、振动加压沉管法。

2. 按破碎孔底岩土的方式

一般采用回转方法、冲击方法、冲击回转方法、振动方法、人力挖掘方法、爆破方法。

3. 按动力所在位置

(1) 地表驱动钻：动力在地表，通过钻杆将扭矩和压力传到孔底。

(2) 潜孔钻：动力通过电缆传到近孔底的电机再传到碎岩工具；或动力介质通过钻杆传到碎岩工具，推动钻具转动。

4. 按直接破碎岩土的工具（钻头）的特点

(1) 按钻头的组成结构有单钻头钻进法、组合钻头钻进法（包括多头钻）。

(2) 按直接破碎岩土的材料有金刚石钻进法、硬质合金钻进法、钢粒钻进法。

(3) 按钻头结构特征有翼（片）状钻头钻进法、牙轮钻头钻进法、滚刀钻头钻进法。