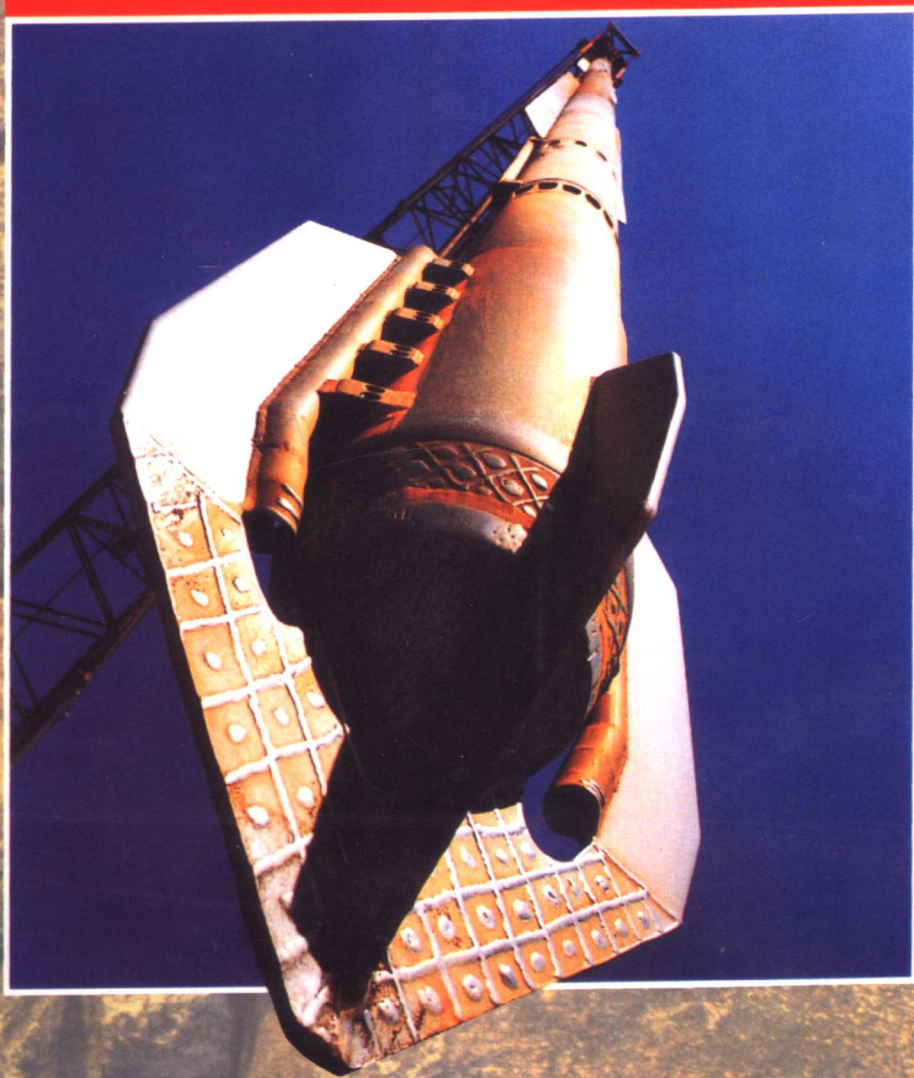


高等学校部级重点教材

岩土钻掘工程学

鄢泰宁 主编



中国地质大学出版社

高等学校部级重点教材

岩土钻掘工程学

鄢泰宁 孙友宏 彭振斌
石永泉 张拔川 编著

中国地质大学出版社

内 容 简 介

“勘查技术与工程”专业是以原传统学科“探矿工程”的全部和“工程地质、水文地质”的一部分为依托,通过学科交叉和拓宽发展起来的。

《岩土钻掘工程学》经1998年2月在长春由原地质矿产部教育司主持召开的全
国勘查技术与工程专业教学指导委员会讨论决定作为部级重点教材。本教材力图反映
岩土钻掘破碎原理,钻孔弯曲原理,浆液护壁堵漏原理,施工过程最优化准则,现代钻掘
设备的工作原理与选用原则,地质钻探、工程钻探工艺及取样技术,岩土掘进工程基本作
业与辅助作业的工作原理及施工技术,岩土钻掘现场工程管理等内容,以适应本专业毕
业生今后面向矿产资源的探采和城乡建设基础工程(含岩土加固、地质灾害治理)的勘
查、设计、施工与管理以及交通水利等行业的工作需要。

本教材将主要用于“勘查技术与工程”专业的本科生,亦可作为来自相近专业的“地
质工程”硕士生的补修教材,还可作为地质矿产、冶金、煤炭、油气钻采和岩土工程行业
中相关技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

岩土钻掘工程学/鄢泰宁主编. —武汉:中国地质大学出版社,2001.8
ISBN 7-5625-1630-8

- I. 岩…
- II. ①鄢…②孙…③彭…④石…⑤张…
- III. 钻掘工程-岩土
- IV. P633. P634

岩土钻掘工程学

鄢泰宁 主编

责任编辑:张华瑛

技术编辑:阮一飞

责任校对:胡义珍

出版发行:中国地质大学出版社(武汉市洪山区鲁磨路31号) 邮编:430074

电话:(027)87483101 传真:87481537 E-mail: cbo@cug.edu.cn

开本:787毫米×1092毫米 1/16

字数:480千字 印张:18.625

版次:2001年8月第1版

印次:2001年8月第1次印刷

印刷:荆州市鸿盛印刷厂

印数:1—3 000册

ISBN 7-5625-1630-8/P·556

定价:21.80元

如有印装质量问题请与印刷厂联系调换

前 言

随着社会进步和国民经济的繁荣,人类与赖以生存的地球资源、环境及以岩石地质体为基础的各类建筑物的关系越来越密切。“勘查技术与工程”正是适应这一需求,以原传统学科“探矿工程”的全部和“工程地质、水文地质”的一部分为依托(详见原国家教委颁布的新一轮“普通高等学校本科专业目录(草案)”),相互交叉渗透发展起来的。它以现代钻掘技术为手段,以岩、土体为工作对象,服务于矿产资源的勘查、开发与技术管理,基础工程(含岩土加固、地质灾害治理)的勘查、设计、施工与管理及地下深部的科学探测等领域。本专业有两个方向与“石油钻井工程”、“土木工程(岩土工程、地下建筑)”的部分内容相近。

1998年春,在长春由原地质矿产部教育司主持召开的全国勘查技术与工程专业教学指导委员会会议上,来自全国原地质矿产部、石油天然气总公司、有色金属总公司、煤炭工业部、核工业总公司等部门所属的8所高等学校的代表一致认为,新的“勘查技术与工程”专业比原“探矿工程”专业覆盖面更宽、知识面更广;同时,在知识经济时代来临之际,我们专业原有的学习前苏联的旧教材体系到了非改革不可的时候。会议决定编写出版国家级重点教材《勘查技术方法概论》和部级重点教材《岩土钻掘工程学》,并确定了主编人选和参编单位,会后由主编会同参编单位的专家一起商定了编写大纲与分工。

本教材在编写的内容安排上力图反映岩土钻掘破碎原理,钻孔弯曲原理,浆液护壁堵漏原理,施工过程最优化准则,现代钻探及掘进施工设备、有关仪器的工作原理与选用原则,矿产资源(固、液、气态)钻探、工程钻探工艺及取样技术,岩土掘进工程基本作业与辅助作业的工作原理及施工技术,岩土钻掘现场工程管理及技术经济分析方法等内容,以适应本专业毕业生今后面向矿产资源的探采结合和城乡建设、交通水利、油气钻采等行业的工作需要。预计本教材将主要用于三级学科“勘查技术与工程”专业的本科生,亦可作为二级学科“地质工程”专业中来自其他三级学科的硕士生的补修教材。还可作为在地质矿产、冶金、煤炭、油气钻采和岩土工程行业中从事相关工作的技术人员的技术培训参考书。

本教材的编写分工如下:绪论、第一章、第四章、第五章,鄢泰宁教授;第二章、第三章、第十章,石永泉副教授;第六章、第七章、第八章,孙友宏教授;第九章、第十一章,彭振斌教授;第十二章、第十三章、第十四章、第十五章,张拔川副教授。全

书由主编鄢泰宁教授统稿。在统稿过程中,为了尽量求得全书的风格统一,层次清晰,覆盖本专业拓宽后的知识领域并力求文字精练,主编对许多章节进行了内容上的删节和文字上的修饰,并补写了第三章的 § 5 和第六章的 § 5。

虽然早在 2 000 年前我们的祖先就开始用原始的工具进行岩土钻掘施工,虽然探矿工程学科在我国诞生与发展已有近 50 年的历史,但是由于该学科的许多工艺过程发生在地下深处,所受到的影响因素非常复杂,加之所用技术的不断更新,所以《岩土钻掘工程学》作为一门应用性的技术学科,其学科体系还处在不断完善与定型的过程中。在学科内容中属于生产经验总结与定性分析的叙述性内容还占有较大比例,在新一轮教材的编写中这一特点也难以避免。该书的编者均是长期从事原探矿工程专业教学与科研的专家或骨干教师,近年来又积极参与了向岩土基础工程设计与施工领域的拓宽。但是,毕竟他们的学术经历和实践体会存在着差异,因此在教材的分工编写中必然会反映出一些学术观点难以完全统一的现象。我们认为,这种情况对学科的发展并非坏事。希望使用该书的教师 and 广大技术人员提出自己的见解,以促进学科的发展和教材的进一步完善。

本教材在编写过程中,参考了原探矿工程专业的多本统编教材和兄弟专业(石油钻井、地下建筑工程)的一些教材与教学参考书,得到了各参编学校有关院系领导和同行的支持与协助,在该书的编辑出版过程中,中国地质大学出版社给予了积极热情的帮助。在此,我们一并表示衷心的感谢。

由于编者的水平有限,加之时间仓促,书中的缺点错误在所难免,恳请读者给予批评指正。

编者

2000 年 9 月

目 录

绪论	(1)
第一章 岩土的物理-力学性质及其破碎机理	(6)
§ 1 岩石的物理-力学性质概述	(6)
一、岩石按粘结状态的分类	(6)
二、岩石的孔隙比与孔隙度	(7)
三、岩石的密度与容重	(7)
四、岩石的结构与构造	(7)
五、岩石的强度	(8)
六、岩石的硬度	(9)
七、岩石的变形特征及其分类	(10)
八、岩石的弹性和塑性	(10)
九、岩石的研磨性	(11)
§ 2 土的物理-力学性质特征	(13)
一、土的物理性质特征	(13)
二、土的力学性质特征	(14)
三、土的工程分类	(14)
§ 3 岩石在外载作用下的破碎机理	(15)
一、压入时岩石的弹性应力状态	(15)
二、工具静压入时的岩石破碎机理	(16)
三、动载荷作用下的岩石破碎机理	(17)
四、影响碎岩效果的因素	(17)
§ 4 岩石的可钻性指标及坚固性系数	(18)
一、岩石的可钻性	(18)
二、岩石的坚固性系数	(20)
第二章 钻具与钻塔	(22)
§ 1 钻杆柱的功能与组成	(22)
一、钻杆柱的功用	(22)
二、钻杆柱的材质	(22)
三、钻杆柱的结构	(23)
§ 2 钻杆柱的工况	(24)
一、钻杆柱的工作状态	(24)
二、钻杆柱的受力	(25)

§ 3 套管柱	(26)
一、钻孔结构	(26)
二、套管柱	(27)
§ 4 钻塔	(27)
一、钻塔的结构	(27)
二、钻塔基本参数的确定	(29)
第三章 钻机与泵	(31)
§ 1 钻机概述	(31)
§ 2 立轴式钻机	(32)
一、立轴式钻机的机械传动系统	(32)
二、立轴式钻机的回转器与卡盘	(36)
三、立轴式钻机的升降机	(37)
四、立轴式钻机的液压系统	(38)
五、立轴式钻机驱动设备的选择	(41)
§ 3 转盘式钻机	(41)
一、转盘的结构型式	(41)
二、GPS-15型钻机	(42)
§ 4 动力头式钻机	(45)
一、动力头式钻机的组成	(45)
二、动力头式钻机主要部件的结构	(47)
三、动力头式钻机的液压系统	(48)
§ 5 冲击钻机与振动钻机	(48)
一、钢丝绳冲击钻机	(48)
二、振动钻机	(50)
§ 6 钻探用泵的典型结构	(51)
一、往复泵的结构	(51)
二、螺杆泵的结构	(53)
三、离心泵的结构(砂石泵)	(53)
§ 7 钻探用泵基本性能参数的确定	(54)
一、冲洗参数的确定	(54)
二、泵的参数确定	(55)
第四章 回转钻进用钻头	(57)
§ 1 硬质合金钻进的孔底碎岩过程	(57)
一、钻探用硬质合金	(57)
二、硬质合金钻进的孔底碎岩过程	(58)
三、硬质合金切削具的磨损	(60)
§ 2 硬质合金钻头	(62)
一、取心式硬质合金钻头结构要素	(62)

二、取心式硬质合金钻头	(64)
三、硬质合金钻头选型表	(66)
§ 3 钻探用金刚石及其孔底碎岩过程	(67)
一、钻探用金刚石	(67)
二、金刚石钻进的孔底碎岩过程	(69)
§ 4 金刚石钻头和扩孔器	(70)
一、表镶金刚石钻头	(70)
二、孕镶金刚石钻头	(71)
三、金刚石扩孔器	(73)
四、金刚石钻头及扩孔器的制造	(73)
§ 5 钢粒钻头及其孔底碎岩过程	(74)
一、钢粒及钢粒钻进用钻具	(74)
二、钢粒钻进的孔底碎岩过程	(74)
§ 6 牙轮钻头及其孔底碎岩过程	(75)
一、牙轮钻头的结构	(75)
二、牙轮钻头的孔底碎岩过程	(76)
三、牙轮钻头的分类法	(78)
§ 7 全面钻头	(80)
一、硬质合金全面钻头	(81)
二、金刚石全面钻头	(84)
第五章 回转钻进工艺	(88)
§ 1 钻进效果指标及钻进规程参数间的关系	(88)
一、钻进效果指标	(88)
二、钻进规程	(89)
三、钻进过程中各参数间的基本关系	(90)
§ 2 硬质合金钻进工艺	(92)
一、钻头压力的选择	(92)
二、钻头转速的选择	(93)
三、冲洗液泵量及其性能的选择	(93)
四、 P 、 n 、 Q 参数间的合理配合	(94)
五、确定最优回次钻程时间的方法	(94)
六、自磨式硬合金钻头的规程特点	(95)
§ 3 金刚石钻进工艺	(96)
一、合理选择金刚石钻头	(96)
二、金刚石钻进规程参数	(96)
三、金刚石钻进的临界规程	(98)
§ 4 钢粒钻进工艺	(100)
一、影响钢粒钻进效果的因素	(100)
二、钢粒钻进的规程选择	(101)

三、钻进规程合理性的判断	(102)
§ 5 牙轮钻进工艺	(103)
一、牙轮钻进的钻速方程	(103)
二、钻头磨损方程	(103)
三、钻进方程中有关参数的确定	(104)
四、钻头最优磨损量、最优钻压和最优转速的确定	(105)
五、水力参数的优选	(106)
§ 6 全面钻头钻进工艺	(107)
一、硬质合金全面钻头的规程选择	(107)
二、金刚石全面钻头的合理使用及规程选择	(109)
第六章 冲击回转钻进与冲击、振动钻进	(111)
§ 1 概述	(111)
§ 2 液动和气动冲击器	(112)
一、液动冲击器	(112)
二、风动潜孔锤	(115)
§ 3 冲击回转钻进用钻头	(117)
一、液动冲击回转钻进用钻头	(117)
二、风动潜孔锤钻头	(118)
§ 4 冲击回转钻进工艺	(119)
一、冲击回转破岩机理	(119)
二、影响冲击回转碎岩效果的因素	(120)
三、钻进规程参数	(121)
§ 5 钢丝绳冲击钻进与振动钻进工艺	(122)
一、钢丝绳冲击钻进工艺	(122)
二、振动钻进工艺	(124)
第七章 土样及岩矿心的采取	(127)
§ 1 土样的采取	(127)
一、原状土样的概念	(127)
二、取土的方法	(127)
三、取土器的基本技术参数	(128)
四、取土器的类型及结构	(130)
五、减少土样扰动的注意事项	(130)
§ 2 岩矿心采取	(131)
一、岩矿心采取的基本要求	(131)
二、影响岩矿心采取率与品质的因素	(131)
三、岩矿层取心难度分类	(132)
§ 3 常用取心工具及方法	(133)
一、卡取岩心的方法	(133)

二、单层岩心管钻具	(133)
三、双管钻具	(134)
§ 4 绳索取心钻具	(135)
一、单动双层岩心管	(135)
二、打捞器	(137)
三、绳索取心钻具的优缺点分析	(138)
§ 5 反循环钻进取心	(138)
一、孔底局部反循环取心	(138)
二、全孔反循环取心	(140)
§ 6 采集岩粉和补取岩样	(141)
一、采集岩粉	(141)
二、补取岩样	(142)
第八章 地下坑道钻探	(143)
§ 1 概述	(143)
§ 2 坑道钻探的主要设备	(143)
一、坑道钻机简介	(144)
二、坑道钻探设备的选择和安装	(146)
§ 3 坑道钻进工艺	(148)
一、钻进工艺参数	(148)
二、钻孔弯曲与测量	(149)
三、水平孔钻进的功率消耗	(149)
四、孔内复杂情况与处理	(150)
第九章 钻孔冲洗介质	(151)
§ 1 概述	(151)
一、钻孔冲洗介质的用途及其性能要求	(151)
二、冲洗介质的种类	(151)
三、钻孔冲洗方式	(151)
§ 2 钻井液护壁原理	(152)
一、不稳定岩层的分类	(152)
二、钻井液对孔壁失稳的影响	(152)
三、稳定孔壁的综合措施	(153)
§ 3 钻井液性能、影响因素及其测试	(154)
一、钻井液的密度	(154)
二、钻井液的流变性能	(155)
三、钻井液的滤失性能及造壁性能	(158)
四、钻井液的含砂量	(159)
五、钻井液的固相含量和液相含量	(159)
六、钻井液的 pH 值	(159)

七、钻井液的润滑性能	(159)
八、其他性能	(159)
§ 4 钻井液添加剂	(160)
一、钻井液处理的目的与要求	(160)
二、钻井液添加剂的作用机理	(160)
三、钻井液添加剂	(162)
§ 5 钻井液的类型	(166)
一、水基钻井液	(166)
二、油基钻井液	(173)
三、阳离子聚合物钻井液	(173)
四、乳状钻井液	(174)
§ 6 钻井液的配制与选型	(177)
一、粘土及处理剂的选择	(177)
二、钻井液的配制	(182)
三、钻井液的净化	(183)
四、钻井液的选型	(184)
第十章 钻孔弯曲与测量	(185)
§ 1 概述	(185)
§ 2 钻孔弯曲的原因与规律	(186)
一、钻孔弯曲的条件	(186)
二、钻孔弯曲的原因	(186)
三、钻孔弯曲的规律	(190)
§ 3 钻孔弯曲的测量仪器与数据处理	(190)
一、测量钻孔弯曲的原理	(190)
二、非磁性矿体中的全测法	(192)
三、磁性矿体中的全测法	(194)
四、测斜数据处理	(198)
§ 4 钻孔弯曲的预防与纠正	(200)
一、钻孔弯曲的预防	(200)
二、钻孔弯曲的纠正	(202)
第十一章 钻孔堵漏	(203)
§ 1 概述	(203)
一、钻孔漏失的原因及分类	(203)
二、钻孔漏失的分析判断	(203)
三、漏失层位的测定	(204)
§ 2 堵漏用浆液	(204)
一、钻井液堵漏	(204)
二、水泥堵漏	(204)

三、化学浆液护壁堵漏	(211)
第十二章 岩土掘进工程概述	(214)
§ 1 勘探坑道的类型	(214)
一、地表坑道	(214)
二、地下坑道	(214)
§ 2 岩土掘进工程的特点及施工工序	(215)
一、岩土掘进工程的特点	(215)
二、岩土掘进工程的施工工序	(216)
§ 3 岩土掘进工程中岩石的分级	(216)
一、岩石坚固性分级法	(216)
二、岩体(围岩)分类	(217)
第十三章 岩土掘进工程的基本作业和辅助作业	(219)
§ 1 凿岩	(219)
一、钻孔机具	(219)
二、钻眼工作	(222)
§ 2 爆破	(222)
一、爆破器材与起爆方法	(222)
二、岩石中爆破作用的基本原理	(229)
三、坑道工程开挖爆破的基本方法	(231)
§ 3 装岩、运输和提升	(233)
一、装岩	(233)
二、运输	(235)
三、提升	(238)
四、提高出碴效率的途径	(239)
§ 4 地压和支护	(240)
一、水平巷道地压计算	(240)
二、垂直巷道地压计算	(241)
三、井巷地压测量	(242)
四、地压的主要影响因素	(243)
五、井巷支护材料	(244)
六、棚式支架	(246)
七、石材整体式支架	(248)
八、锚杆支护	(249)
九、喷射混凝土(喷浆)支护	(250)
§ 5 坑探工程其他辅助作业和劳动安全措施	(253)
一、工作面通风	(253)
二、防尘	(255)
三、噪声及消声	(256)

四、施工排水	(257)
五、照明	(257)
六、供水	(258)
七、供气	(258)
第十四章 坑道的掘进施工	(260)
§ 1 概述	(260)
一、普通掘进法	(260)
二、特殊掘进法	(260)
§ 2 水平坑道的掘进施工	(261)
一、水平巷道的断面形状和尺寸	(261)
二、水平巷道掘进工艺	(262)
§ 3 斜井、竖井的掘进施工	(266)
一、斜井和竖井掘进的特点	(266)
二、断面形状及规格	(266)
三、井口掘进	(267)
四、井身的掘进	(270)
§ 4 探槽、浅井的掘进施工	(274)
一、探槽掘进	(274)
二、浅井掘进	(276)
第十五章 坑道掘进施工的组织与管理	(278)
§ 1 掘进施工的劳动组织	(278)
一、施工组织	(278)
二、劳动的组织形式	(279)
三、巷道施工方案	(279)
四、正规循环作业	(280)
§ 2 掘进施工的工程管理和技术管理	(281)
一、施工管理	(281)
二、施工技术管理	(283)
三、施工工程管理	(284)
四、施工成本管理	(284)
参考文献	(285)

绪 论

“岩土钻掘工程学”课程的内容、地位和任务

“岩土钻掘工程学”和其他学科一样,是人类长期以来与自然界斗争和协调发展的经验总结。它的研究对象及内容是如何借助机械方式或化学方式(爆破能)破碎岩土层,在地下形成其规格和质量符合设计要求的钻孔或坑道,以达到寻找和开采矿产(固、液、气态)及其他工程建设的目的。它与地质学、机械工程、矿业科学、土木工程等有着密切的关系。“岩土钻掘工程学”主要包括工艺和设备两大部分。这两部分是相辅相成的,即首先是施工工艺的需求刺激了设备的发展,而设备的进步又促使工艺水平得以不断提高。

近年来,为了适应科技发展和社会进步的需要,我国教育主管部门对原有的分工过细的专业目录进行了大幅度调整。把涵盖旧专业目录中“探矿工程”专业全部和“工程地质、水文地质”一部分内容的专业定名为隶属于二级学科“地质工程”的“勘查技术与工程”。《岩土钻掘工程学》正是在这一形势下,为国家三级学科“勘查技术与工程”、二级学科“地质工程”的本科高年级学生或研究生新编的专业必修课或选修课教材。该教材于1998年2月在长春召开的课程教学指导委员会上经国内各有关院校的代表讨论,决定作为部重点教材组织编写并正式出版。顾名思义,岩土钻掘工程应包括原有“钻探工程”和“坑探工程”的全部内容。但是,目前在市场经济条件下,本专业毕业生不再仅仅局限于单打一的“探矿”职业,他们大部分面向为土木工程服务的岩土施工基础工程领域,少部分从事地质找矿工作。在他们涉及的业务范围内,与“钻”有关的工作量将更大,服务领域更宽。因此,本教材在选材上也体现了这一点,以“钻”为主,兼顾“探”与“掘”。

“岩土钻掘工程学”区别于基础课和技术基础课,是一门实践性很强,多种学科综合应用的技术学科,其自身的理论正处于不断发展和完善的过程中。由于经验总结的成分在课程中占有较大比例,故而叙述性和定性分析的内容较多。这是实践性技术课程的固有特点,也是阅读和学习本教材时应注意的地方。

通过本课程的学习可使学生掌握岩土钻掘工艺及设备的“三基”内容。也就是说,本课程的任务是讲授有关岩土钻掘工艺与设备的基本原理,综合分析国内外先进的钻掘技术及其成功的经验,介绍钻掘生产过程的基本程序、施工组织与管理方面的知识与技能,帮助学生熟悉岩土钻掘工程的基本规律和基本生产程序,了解和掌握本专业的新技术、新方法及其发展方向,培养学生运用所学知识和技能解决实际技术问题和组织钻掘施工的能力。为今后从事本专业技术、管理工作和进一步深造奠定必要的基础。

岩土钻掘工程的渊源和发展概况

中国是世界上最早开始进行岩土钻掘工作的国家。它起源于我国劳动人民钻凿盐井。大约在公元前3世纪,汉人便开始在四川南部开挖取盐水的深井,当时这些盐井中不时喷出天然气,从而以“火井”而闻名。最迟在公元前1世纪我们的祖先已开始有组织地钻这种井来采盐水,同时提取地层深处的天然气用于燃烧和照明。这些情况在公元2世纪已见诸文字记载。先

民们用传统的方法于清道光6年(1835年)钻成了第一口超1000m(1001.42m)的桑海井,使钻井技术达到了新高峰,该井被联合国教科文组织定为19世纪中叶前的钻井世界纪录。英国著名科学史专家李约瑟博士在其《中国古代科学技术文明史》一书中认为,中国钻探科学技术对世界石油天然气勘探开发技术产生了巨大的启蒙、奠基和推动作用,在国际上领先数百年至一千多年。因此,在美、英、德、俄等国出版的石油钻井教材和钻探手册中,开篇总是介绍一些中国的古代钻探史料。有的学者还将中国这一伟大的创造誉为是继指南针、火药、造纸、印刷术之后中国古代的第五大发明。

随着工业技术的进步,直接破碎岩石的磨料、钻具形式及与之相适应的钻探设备都在不断改进。

19世纪初叶,硬质合金的问世给岩土钻掘业开辟了新时代。以碳化钨为基体的硬质合金比以前各种钢制切削具具有更高的硬度和耐磨性。利用这种切削具做成不同类型的钻头或钎头,在Ⅶ~Ⅷ级以下的岩层中可以有效地进尺。

19世纪末期,美国工程师提出在硬岩,特别是在裂隙性岩石中使用钢粒钻进。因为钻进这种岩石时,昂贵的天然金刚石钻头消耗量甚大。前苏联、东欧和我国在推广人造金刚石钻进之前,也是主要采用钢粒作为磨料来钻进坚硬、研磨性高的岩石。钢粒钻头可以在Ⅷ级以上的岩层中取得不错的钻探效率。即使在金刚石钻进技术已普及的今天,由于成本关系,钢粒钻进仍在硬岩大口径钻进中得到应用。

自1862年法籍瑞士工程师莱舒特首先将天然金刚石应用于矿山钻探以来,西方国家的金刚石钻探技术已有百余年的历史。金刚石是世界上最硬的矿物,是钻进深孔和坚硬、强研磨性岩石最理想的磨料。但是,天然金刚石资源有限,价格昂贵,从而制约了它的大面积推广普及。

1953年、1954年瑞典和美国通用电气公司分别宣布用人工方法合成了单晶人造金刚石,几年后投入了工业生产,从此世界各国的人造金刚石产业有了突飞猛进的发展。前苏联1966年开始研制人造金刚石孕镶钻头。我国1963年成功地合成了第一颗人造金刚石后,逐渐掌握了人造金刚石钻头的制造技术,从20世纪70年代末开始大批量生产。把人造金刚石钻头用于硬岩钻进是我国岩土钻掘工程界的一大突破,在短短十几年的时间里普及率和生产效率迅速提高,得到了国际上的一致好评。

除了碎岩材料的长足进步外,绳索取心工艺、反循环连续取样工艺、多孔底定向钻进技术、钻探和掘进生产过程的自动化与最优化、高分子聚合物材料护壁堵漏技术、光面爆破和控制爆破技术、新奥法掘进工艺体系等等方面的技术创新,都在多年的岩土钻掘实践中经受了考验,并产生了明显的经济效益。

岩土钻掘工艺的技术进步,促进了钻掘设备的更新换代。19世纪中期制造出了可以采取岩心的回转式钻机,这种钻机在基岩中钻进效率高,地质效果好,因而逐渐在地质找矿和工程施工的钻进领域中占据了主导地位。目前各类新型液压钻机、转盘钻机和轻便多功能钻机,无论在功能上、结构上和自动化程度上都与老一代钻机截然不同。掘进机械也在不太长的时间里完成了从风镐到现代凿岩台车、自动化全断面掘进机的跨越。与此同时,配套的辅助机具、检测仪表、产品的标准化、新型材料和信息技术的应用等方面都不断走向成熟。使得岩土钻掘工程学逐渐形成了一个相对独立的学科门类。

随着科学技术的进步和经济的高速发展,岩土钻掘工程在国民经济中发挥着越来越大的作用,应用范围也越来越广。据统计,为探明1亿吨铁矿,需要完成10万米的钻探工作量;为生产1000万吨石油,需投入几百万米的钻井工程;为建设1km高架道路立交桥,要打上百根大

口径钻孔灌注桩。十分明显,岩土钻掘工程已广泛应用于:

- (1) 矿产资源勘探和部分矿产的开采;
- (2) 水文地质勘探和水井钻;
- (3) 工程地质勘查和生态环境研究;
- (4) 地质灾害的防治与环境治理;
- (5) 工民建和道路桥梁的基础工程;
- (6) 海洋研究及海运码头工程;
- (7) 国防工程;
- (8) 地球岩石圈、水圈的科学研究。

面向新的世纪,我们相信,随着与相关学科的交叉和高新技术的引入,岩土钻掘工程将展现出更强的生命力和适应性。

钻探生产过程简介

岩心钻探是地质构造填图、固体矿产勘探、工程地质和水文地质勘查、石油天然气勘探和各种工程施工中最常用的技术手段。此外,还可以用岩心钻探的方法钻出为大型工程或矿山服务的大口径浅井或探井。

下面以岩心钻探为例说明基本的钻探生产工作过程。钻探设备及孔内概况如图 0-1 所示。开钻前要在设计的孔位处平整场地,挖好钻进冲洗液的循环槽、池和安装钻塔 14、钻机房 15 必须的基坑。按设计的钻孔方向在钻塔中安装钻机 7、泵 18 和驱动钻机与泵的电动机 19(在不方便用电的地方用柴油机)。用安装好的钻机按设计的方向开孔,然后在孔口固定孔口管 6。

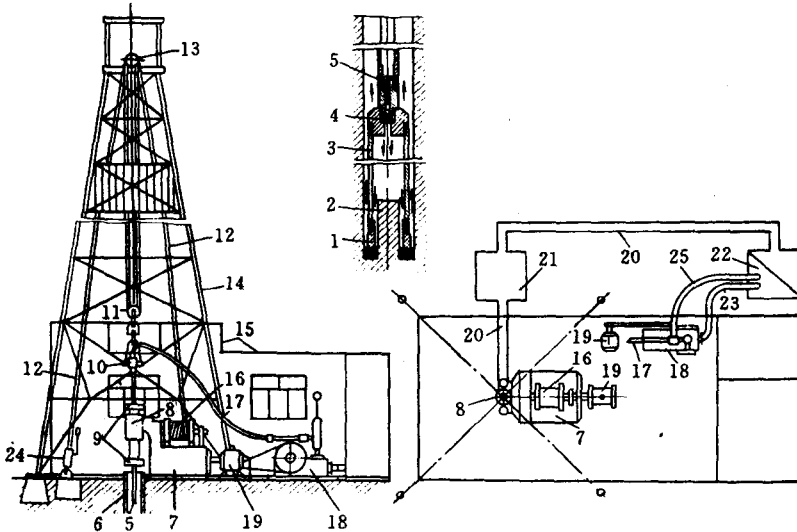


图 0-1 岩心钻探全貌图

正常钻进时,首先用绞车 16 向孔内下放钻柱,钻柱由钻头 1、岩心管 3、异径接头 4 和钻杆柱 5 组成,钻杆柱的总长度应大于孔深,各部分钻柱之间用密封的螺纹连接。钻杆柱上部穿过钻机的回转立轴 8,并用卡盘 9 夹持住。在钻杆柱顶端装有钻探水龙头 10,用高压胶管 17 把它与泵 18 相连。一边冲洗钻孔,一边回转,小心地把钻头下至孔底并开始钻进。

根据所钻岩石的物理-力学性质、钻头直径、钻头类型和孔深,选择合适的规程参数,通过给进机构、调速机构和立轴向钻柱传递钻头所需的轴向压力和回转速度(在深孔条件下轴向力并不等于钻柱的质量)。在轴向力和回转力的共同作用下,钻头在孔底钻出一个环形空间,并产生了岩心 2,随着钻孔加深岩心将充满岩心管 3。

为了冷却钻头,清除孔底破碎下来的岩屑并把它带至地表,要用冲洗介质冲洗钻孔。一般在稳定地层中钻进时,可用技术水作为冲洗介质,而在不稳定的岩层中钻进要用泥浆,在缺水的地区还可用压缩空气或泡沫来冲洗钻孔。用泵经过吸水管 23 把冲洗液从泥浆池 22 中吸出,通过高压软管 17、水龙头 10 和钻杆柱 5 压向孔底。冲洗液清洁孔底、冷却钻头切削具后,携带着岩屑沿钻孔上返流出孔口,再沿沉淀槽 20、沉淀池 21 流动,在这里清除掉岩屑后,清洁的液体流回泥浆池 22。再从这里压向孔内,如此循环。

岩心充满岩心管时,应可靠地卡取岩心,并把它从岩心管的下部弄断。然后关泵,通过绞车 16、钢丝绳 12、天轮 13 和游动滑车 11 把钻杆柱提至地表。在硬岩和研磨性岩层中钻进,有时虽然岩心管未充满,但由于钻头已磨钝或岩心在岩心管中自卡,使钻速明显下降,也不得不中途提钻。

提钻时把钻杆柱卸成单独的立根,并把它们摆放在立根台上。立根一般由 2~4 根钻杆用螺纹连接而成,立根长度取决于钻塔的高度,一般应比钻塔低 3m 左右。提钻时可通过拉力表 24 测出钻杆柱的质量。

把钻具提至地表后,拧下钻头,从岩心管内取出岩心。冲洗并去掉岩心上的泥皮,丈量岩心长度,再按顺序摆放于岩心箱中,标明取心的孔段和岩心采取率。与此同时,重新配好钻具,再把它们下放到孔内,继续钻进。每次提起的钻头都应仔细观察,当其已磨损时应及时更换新钻头。

钻孔冲洗方式可分为三种方式(图 0-2):

(1) 全孔正循环 来自泵的冲洗介质通过钻杆柱中心进入孔底,由钻头水口处流出,经钻杆与孔壁环状间隙上返至孔口,流入地面循环槽中。

(2) 全孔反循环 来自泵的冲洗介质由钻杆与孔壁环状间隙进入孔底,由钻头水口进入钻具和钻杆柱中上返至地表,经胶管返回循环系统或水源箱中。全孔反循环孔口必须密封,并允许钻杆柱能自由回转和上下移动。

(3) 孔底局部反循环 在整个钻孔的大部分孔段仍是正循环,仅在孔底岩心管部分实现反循环,使冲洗液的流动方向与岩心的进入方向一致。

在复杂地层中钻进,即使采用了专门的冲洗液也可能出现孔壁坍塌和缩径。这时只能下套管封隔不稳定的岩层,然后用小一级口径的钻头继续钻进。一般钻过 50~100 m 后要测量钻孔的顶角和方位角。当钻孔达到地质目的(例如穿过了矿层)或工程目的后,应进行钻孔测量(孔斜、孔径、地下水位、温度、校验孔深等),此后便可终孔。终孔工作一般包括:起拔套管,灌注水泥或混凝土,对水井施工则要下滤水管完井。最后拆卸钻塔和钻机,并把它搬往新的孔位。

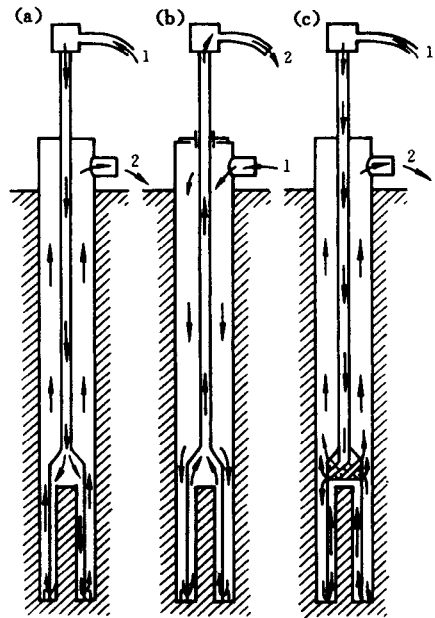


图 0-2 钻孔冲洗液的循环方式

(a) 全孔正循环; (b) 全孔反循环; (c) 孔底局部反循环。1—来自泵; 2—往冲洗液沉淀系统