

· 高等专科学校教学用书 ·

矿山钻探工程

GAODENG
ZHUANKE
XUEXIAO
JIAOXUE
YONGSHU

冶金工业出版社

P6-1
4-44

高等专科学校教学用书

矿山钻探工程

长春工业高等专科学校 华祥征 主编

冶金工业出版社

(京)新登字 036 号

图书在版编目 (CIP) 数据

矿山钻探工程/华祥征主编. —北京:冶金工业出版社,
1994. 10

高等专科学校教学用书

ISBN 7-5024-1499-1

I. 矿… II. 华… III. ①矿山-钻井-高等学校-教学参
考资料②矿山-勘探-高等学校-教学参考资料 IV. P634

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (94) 第 02822 号

出版人 卿启云 (北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

河北阜城县印刷厂印刷; 冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销

1994 年 10 月第 1 版, 1994 年 10 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 14 印张; 328 千字; 215 页; 1-1100 册

8.60 元

前 言

本书是根据冶金、有色系统高等专科学校“八五”教材出版规划和矿山地质专业“矿山钻探工程”课程教学大纲的要求编写的；主要内容为岩心钻探设备，岩心钻进方法，钻孔冲洗与护壁堵漏，钻探质量等。根据矿山地质专业的要求，各章节均以矿山坑道常用的小口径浅钻孔工程施工为重点。本书力求反映高等专科教学特点，在取材和阐述上注重理论联系实际，概念清楚，深入浅出，简化抽象的理论分析和公式推演，侧重于应用技术知识和成熟的实践经验。

本书的目的是使学生通过学习能掌握设计钻孔结构与钻探质量要求的技术依据，掌握选择钻探设备与配套机具所需的理论知识，了解常用钻进方法的工艺过程，以便能组织管理矿山和坑道钻探施工，处理钻探所得技术数据，编制有关钻孔的技术图件。

本书稿经长春地质学院张祖培教授和蒋荣庆教授审阅，并召开了由吉林有色金属地质勘查局刘津生（教授）高级工程师和长春工业高等专科学校王文臣教授参加的审稿会，诸专家提出了许多宝贵意见，在此一并表示感谢。

参加本书编写工作的有长春工业高等专科学校华祥征（编写1, 2.1, 2.2.1, 2.2.5, 2.3, 2.4, 2.5, 2.6, 3部分），长沙工业高等专科学校蔡崇德（编写2.2.2, 2.2.3, 2.2.4, 4, 5部分），全书由华祥征主编。

限于编者的学识水平，书中难免存在谬误和不当之处，敬请读者不吝指教。

编 者

1991年12月

目 录

1 总 论	1
1.1 钻探工程的起源与发展概况	1
1.2 钻探工程在国民经济建设中的应用	2
1.3 钻孔的钻进方法及其分类	3
1.4 钻探工程在矿山的应用	3
1.5 “矿山钻探工程”课程的内容与任务	4
1.6 岩心钻探的基本概念	4
2 岩心钻探设备	8
2.1 概 论	8
2.1.1 钻探设备的组成	8
2.1.2 钻探设备(钻机)分类	8
2.1.3 回转式钻机的基本组成	10
2.1.4 钻探设备的标准系列与型号	12
2.2 岩心钻机	13
2.2.1 坑道岩心钻机类型	13
2.2.2 YL—3 型钻机	14
2.2.3 钻石-100A-D 型钻机	30
2.2.4 ZSK-50 型坑道岩心钻机	39
2.2.5 岩心钻机的选择	41
2.3 泥浆泵	44
2.3.1 泥浆泵的功用与类型	44
2.3.2 泥浆泵的性能特点与基本要求	44
2.3.3 往复泵工作原理	45
2.3.4 往复泵的结构特点与技术性能	46
2.4 动力机	50
2.4.1 钻探用动力机的要求、类型与驱动方案	50
2.4.2 电动机	51
2.4.3 风马达	52
2.4.4 柴油机	53
2.4.5 柴油发电机组	55
2.5 机窝和钻塔	56
2.5.1 机 窝	56
2.5.2 钻 塔	58
2.6 钻探管材与升降工具	60
2.6.1 概 述	60

2.6.2	钻 杆	60
2.6.3	主动钻杆与钻铤（加重钻杆）	62
2.6.4	岩心管	63
2.6.5	套 管	63
2.6.6	取粉管	64
2.6.7	水接头	65
2.6.8	升降工具	66
3	岩心钻进方法	71
3.1	概 述	71
3.2	岩石的物理力学性质与可钻性分级	71
3.2.1	岩石的物理性质	71
3.2.2	岩石的力学性质	72
3.2.3	岩石的可钻性及其分级	75
3.3	硬质合金钻进	76
3.3.1	概 述	76
3.3.2	硬质合金	78
3.3.3	硬质合金钻头的结构要素	79
3.3.4	硬质合金钻头类型	83
3.3.5	硬质合金钻进技术参数	86
3.3.6	硬质合金钻进工艺要点	90
3.4	金刚石钻进	91
3.4.1	概 述	91
3.4.2	金刚石及人造超硬材料	92
3.4.3	金刚石钻头	95
3.4.4	扩孔器	101
3.4.5	金刚石钻进的钻具组成与级配	103
3.4.6	金刚石钻进技术参数	104
3.4.7	金刚石钻进工艺要点	107
3.5	绳索取心钻进	110
3.5.1	概 述	110
3.5.2	绳索取心钻具与装备	111
3.5.3	绳索取心钻进技术参数	114
3.5.4	绳索取心钻进操作工艺要点	115
3.6	钻（钢）粒钻进	116
3.6.1	钢粒钻进的应用与特点	116
3.6.2	钢粒与钢粒钻头	116
3.6.3	钢粒钻进技术参数	117
3.6.4	钢粒钻进工艺要点	120
3.7	冲击回转钻进	120

3.7.1	冲击回转钻进的特点与应用	120
3.7.2	孔底冲击器(潜孔锤)	121
3.7.3	冲击回转钻进用钻头与装备	124
3.7.4	冲击回转钻进工艺	126
3.8	反循环钻进	127
3.8.1	概 述	127
3.8.2	水力反循环连续取心钻进	127
3.8.3	反循环取样钻进	128
3.8.4	局部反循环钻进	128
3.9	孔内事故的预防与处理	130
3.9.1	孔内事故的危害与种类	130
3.9.2	孔内事故的原因	130
3.9.3	孔内事故的预防	131
3.9.4	处理孔内事故的基本方法	131
4	钻孔冲洗与护壁堵漏	137
4.1	钻孔冲洗的目的、循环方式及冲洗介质	137
4.1.1	冲洗钻孔的目的	137
4.1.2	钻孔冲洗的循环方式	137
4.1.3	冲洗介质的种类	138
4.2	清 水	139
4.3	盐水溶液	139
4.4	乳状液	139
4.5	泥 浆	142
4.5.1	造浆粘土和水	142
4.5.2	泥浆的性能测定	145
4.5.3	泥浆的添加剂	148
4.5.4	常用泥浆种类	151
4.6	无固相冲洗液	153
4.7	空气与泡沫	153
4.7.1	压缩空气	153
4.7.2	泡 沫	156
4.8	钻孔护壁堵漏	156
4.8.1	钻孔漏失的原因及防治	156
4.8.2	水泥浆液护壁堵漏	157
4.8.3	化学浆液护壁堵漏	159
4.8.4	惰性材料堵漏	161
4.8.5	套管护壁堵漏	162
5	钻探质量	164
5.1	钻探质量指标	164

5.1.1	钻探质量指标内容	164
5.1.2	钻探质量分类	164
5.2	岩矿心的采取	165
5.2.1	对岩矿心的要求	165
5.2.2	采取岩矿心的方法	166
5.2.3	影响岩矿心采取率与品质的因素	170
5.2.4	提高岩矿心采取率与品质的措施	171
5.2.5	岩矿心的补取	172
5.2.6	岩矿心的整理与保管	173
5.3	钻孔弯曲	174
5.3.1	钻孔弯曲的测量 (测斜)	175
5.3.2	钻孔弯曲作图	182
5.3.3	钻孔弯曲的原因	185
5.3.4	钻孔弯曲的预防 (防斜)	188
5.3.5	钻孔弯曲的矫正 (纠斜)	191
5.3.6	定向钻进 (造斜)	194
5.4	孔深误差及其校正	202
5.4.1	孔深误差的产生和防止	202
5.4.2	孔深误差的校正	203
5.5	钻孔简易水文观测	204
5.5.1	钻孔水位的测量	204
5.5.2	冲洗液消耗量的测量	204
5.5.3	钻孔中涌水量的测量	205
5.5.4	水温观测	206
5.5.5	老窿采空区和喀斯特溶洞的观测	206
5.5.6	其它观测	206
5.6	封 孔	206
5.7	原始报表	207
5.8	钻探工程设计	210
5.8.1	钻探施工总设计	210
5.8.2	年度施工设计与季度施工计划	213
5.8.3	编制钻孔地质技术指示书	214

1 总 论

1.1 钻探工程的起源与发展概况

我国是世界上最早应用钻探工程的国家。钻凿技术是我国古代许多科学技术发明之一。它起源于我国钻凿盐井和饮用水井。关于“凿井求盐”的最早文字记载是 2200 多年前的秦代，实际上凿盐井取卤水在公元前 600 年的四川就有了。出土文物“汉砖”上就有由盐井汲取卤水煮盐的图案。据历史材料记载，到了唐朝（公元 618～907 年）四川就有盐井与火井（天然气井）640 余口，其中有的深度达到 248m，可见当时的钻井技术是相当高的。明朝宋应星著的《天工开物》一书，对钻凿盐井的技术工艺进行了详细的记述。它说明当时采用人力的钻杆冲击钻进方法开凿盐井，所使用的钻头是锥嘴形、凿刃坚固锋利的铁锥，钻杆是竹片的、随钻井加深而加长。冲击破碎后的岩粉用专门工具“铁盏”捞取干净后，再继续钻进。深井约需半年，浅井一个多月即可完成。当时还制造了处理井内事故与修理井壁的工具。这种古老而有效的冲击钻进工艺方法，在西方直到 19 世纪 20 年代才开始应用，其工艺原理至今仍具有生命力。所有这些都充分说明我们勤劳智慧的祖先在历史上对钻探事业的发展有重大的创造和杰出的贡献。

18～19 世纪英国炼铁炼钢工业的蓬勃发展，给矿山采掘业与钻进技术开辟了新的时代。1845 年法国的富贝卢提出的回转式钻进方法的原理，成为近代钻进方法的基础。1853 年美国德里克开发了钢绳冲击钻进方法，并用于石油、地下水开发。1862 年法籍瑞士工程师莱舒特首先提出应用天然金刚石于矿山爆破孔的回转钻进工作，于次年制造出可以采取岩（矿）心的手摇立轴式回转钻机。其后，回转钻进因其钻岩效率高、地质效果好，在地质勘探中占据了主导地位。1916 年硬质合金的问世使钻探工作能利用硬质合金切削具的钻头在中等硬度及较弱岩层中有效地钻进。19 世纪末，美国工程师提出使用铸铁球粒作为研磨料钻进硬的裂隙岩层，以代替昂贵的金刚石，后来发展成为钢粒钻进。直到 20 世纪 60 年代钢粒钻进仍是缺乏金刚石资源的许多国家（包括原苏联和中国）钻进硬岩的主要方法。

解放前的旧中国，由于长期的封建社会制度严重束缚了生产力的发展，科学技术根本得不到发展。封建买办阶级的反动统治与帝国主义的掠夺，使得矿产开发与地质勘探事业十分薄弱，钻探技术极其落后，到解放前夕拥有钻机不足百台，40 多年累计完成的钻探工作量仅 $2 \times 10^5 \text{m}$ 。矿产开发与重工业处于极其落后的状况。

新中国成立后，矿产开发与地质勘查事业得到了迅速发展。创办了地质院（系）校（专业），建立了较完整、配套的钻探生产和科研体系，壮大了技术队伍，为我国社会主义经济建设提供地下矿产资源做出了重大贡献。钻探工程技术也有很大的发展与进步。

党的十一届三中全会以后，全党工作的重点转移到社会主义现代化建设，我国进入改革、开放的新历史时期。

钻探工程在四十年发展历程中，以其实际工作贡献证明它是地质勘查工作的重要方法。通过钻探取得的地质资料，为揭示地质界限、了解地质构造，探明矿床产状、含矿品位，确

定矿产储量、开采条件，以及工程勘查等，提供了可靠的依据。据不完全统计，在现有已探明储量的 136 种矿产中，80% 以上采用了钻探工程。40 年中完成钻探工作量达 $2 \times 10^8 \text{m}$ 以上，为旧中国半个世纪钻探工作量的 1000 倍。

1963 年我国研制成功了人造金刚石孕镶钻头，这是我国钻探工程技术发展的重大突破，得到了国际钻探工程界的一致好评。据统计，“七五”期间我国人造金刚石钻进工作量已达岩心钻探总量的 60~70%，其中绳索取心钻进占 30~40%；冶金系统台月效率已超过 700m，绳索取心钻进量已超过 60%，一级孔率为 90% 以上；有色总公司华北地勘局台月效率超过 1000m，绳索取心钻进单机台月效率已多次突破 2000m。

人造金刚石作为主要的钻进磨料，十分符合我国的资源特点，因而金刚石钻进工艺技术、钻头制造工艺、破岩机理、可钻性分级等都得到很大的发展。为适应金刚石钻进高转速、严泵量的要求，钻探设备结构与性能也有了很大发展。目前，新型液压式钻机、动力头式钻机、机械变量往复泵与各种测试仪表以及高强度与轻质合金管材的研制成功与生产应用，为实现新技术新工艺提供了良好的物质条件。

我国钻探工程技术的某些方面虽已达到国际先进水平，但是在钻探效率，特别是钻探劳动生产率 (m/人年)、人工合成高强度金刚石与超硬材料复合片、多功能多用途型钻机、微机智能优化钻进、新的高难技术应用以及科学深钻等方面与发达国家相比，尚存在很大差距。

1.2 钻探工程在国民经济建设中的应用

钻探工程是使用钻探设备向岩土层或建筑物钻进，取出孔内岩土样品或钻成一定规格的钻孔，以满足对各种地下资源的勘查与开采或某项地下或构筑工程施工的需要。

钻探工程，可以从钻孔中取出圆柱形岩土样品——岩心（土样或岩粉）；可以钻进任何硬度与稳定性的岩土层及建筑材料；可以钻进各种方向或角度的小直径钻孔（包括直的与弯曲的）；可以钻进垂直的数千米深孔或直径数米、深度数百米的井筒，因而在国民经济各部门得到广泛的应用。

(1) 钻探工程用于地质勘查，是从地不深部直接取得实物资料的唯一手段，是地质普查找矿和探明矿产储量的主要方法之一，是地质勘查工作的重要组成部分；

(2) 钻探工程用于各种工业与民用建筑地基、水库堤坝、铁路公路路基、桥梁、涵洞、隧道、地下设施、港口码头等工程地质勘察，采取不扰动原状土样，进行各种孔内测试；

(3) 钻探工程用于水文地质勘察、环境工程和工农业与生活用地下水及地热的开采钻井；

(4) 钻探工程用于石油、天然气的勘探及开采钻井；

(5) 钻探工程用于各种工程施工，如工业与民用建筑的桩基础、构筑物内各种管线通孔，市政工程敷设各种地下管道（上下水、煤气、电缆），矿山通风、排水、送料、溜矿通道与竖井钻凿，地基加固防渗透浆，各种科学观测孔、标孔以及地下核试验井、导弹发射井的钻进等。

总之，钻探工程随着科学技术与国民经济的发展，在探查、开采、施工三方面的应用领域日益扩大，并与许多尖端科学密切联系，如深海洋底地质钻探、南极极地钻探、地壳科学深钻、月球表层钻探等，将钻探工程学科推向一个新高峰，将有可能对整个地学基础

理论提出挑战性的认识,从而促使矿产、新能源、新材料以及地震、地质灾害防治等领域有重大突破。

1.3 钻孔的钻进方法及其分类

目前,钻进钻孔时采用的破碎岩石的方法,都是属于机械性质的碎岩方法。即利用某种碎岩工具,向岩石施加一定的外力,使与之接触的局部岩石被破碎而实现钻进。在机械破碎岩石的方法中,根据给钻头施加外力的性质和方式不同,钻进方法可分为回转钻进、冲击钻进、冲击回转钻进和振动钻进。

(1) 回转钻进是利用钻头在轴向压力和回转力矩作用下,破碎孔底岩石,使钻孔延深,被破碎的岩粉由冲洗介质携带出孔外。回转钻进根据破碎岩石的孔底形状不同,分为全面钻进(无岩心钻进)与环状孔底钻进(岩心钻进)。因使用的钻头(或磨料)不同而分为:硬质合金钻进,刮刀钻进,金刚石钻进,牙轮钻头钻进,滚刀钻头钻进以及钢粒钻进等。本课将主要讲授地质勘查应用最多的岩心(回转)钻探方法。

(2) 冲击钻进是利用一定重量的凿刃形冲击钻头从一定高度下落,使孔底岩石受到冲击力作用而破碎。为全面破碎孔底岩石并使钻孔保持规整的圆形,钻头每冲击一次后,在钢绳带动下转动一定的角度。被破碎的岩粉渣与水混合成岩粉浆,当其达到一定浓度时,提出钻头,下入捞砂抽筒将其捞出,再下入钻头继续冲击钻进。还有使用带弧形凿刃的活瓣形抓斗,冲击钻入地层后收拢活瓣,将被破碎的岩土渣抓取到地面上来,反复将抓斗下入孔内冲击抓取即可钻进。冲击钻进虽是最古老的钻法,但在第四纪漂卵砾石地层与风化基岩钻进大口径钻孔却有独特的优点,特别是配合使用反循环排渣法更扩大了应用范围。

(3) 冲击回转钻进是钻头在孔底回转破碎岩石的同时,利用水力或压缩空气推动冲击装置给钻头施加冲击载荷。它兼有回转和冲击钻进两种碎岩作用,其钻进效率显著高于回转钻进。

(4) 振动钻进是用振动装置带动钻具高频振动,使周围地层随着振动而降低了抗剪强度,使圆柱形或管筒形钻具在一定轴向压力下挤入或切入岩土层而实现钻进。适用于砂土类软的、松散地层的工程地质勘察与沉管桩工程施工,钻进效率很高。

为使钻进能继续进行,使钻孔不断地加深,除破碎孔底岩石之外,还需要具备两项必要条件。

其一是排除岩粉:被破碎的岩粉如存留原处,将严重阻碍向下继续破碎岩石;如排除不及时,也会影响钻进效率,严重时不仅使钻进滞慢,还可能造成孔内事故。

其二是保护孔壁:钻孔延伸后,上部孔段就成为钻具与排粉的通道,所以保持孔壁稳定不坍塌,也是继续钻进的必要条件。

破碎岩石、排除岩粉、保护孔壁是任何钻进方法都需具备的必要条件,称为钻进三要素。

1.4 钻探工程在矿山的应用

矿山生产勘探的主要任务,是在原有地质勘探工作的基础上,进一步提高对矿床的勘探程度。尤其在近期拟开采的矿床局部地段要准确地确定矿体的边界与空间位置;重新计算核实矿石品位与矿产储量;为编制矿山采掘技术计划、采矿块段单体设计、矿山生产所

需开拓、采准、备采三级矿量的平衡和管理,提供可靠的地质依据。因此,矿山生产勘探的地质工作要更为细致准确。生产勘探工程多以坑探为主、钻探为辅。坑探所获得的地质资料准确性较高,但专门掘进探矿坑道,会使矿山掘进工程量增加、万吨矿石采掘比增高、成本高、劳动组合复杂、生产勘探速度慢,因而阻碍了矿山生产率的提高。广大矿山地质工作者,根据我国金属矿山和矿床地质特征,加强对成矿规律的研究,总结生产勘探经验,在生产勘探工程上,采用坑道钻探为主或坑探与钻探结合,取得了较好的地质与经济效果。钻探在矿山的应用也有新的扩展,能够取得较好的效果:

(1) 钻探比坑探施工具有灵活、方便的特点,可随时布置或加密钻孔,获得更多的地质资料,提高储量级别,求得可靠的开采范围。此外,还能摸清老窿,查明矿区水文地质情况;

(2) 在矿体形状复杂,厚度、品位变化较大地段,可做超前指示性钻探,以便指导探采掘进工程施工,减少盲目性;

(3) 对矿体的边部或深部追索布置钻孔,寻找新矿体或与主矿体平行的盲矿体以及控制与成矿有关的构造,扩大矿产资源、增加矿量、发展生产、延长矿山生产的服务年限;

(4) 在矿山通风、排水、疏干、爆破、管缆铺设、井巷贯通、灌浆、长锚索加固以及水文、工程地质勘察等,都普遍采用了钻探;

(5) 以钻代坑,可减少部分坑道掘进任务,节约坑道工程量、减少采掘比,降低矿石的开采成本,提高矿山的经济效益。

所以,坑道钻探越来越受到矿山的重视,发展也较快,应用也日益广泛。

1.5 “矿山钻探工程”课程的内容与任务

“矿山钻探工程”是矿山地质专业的必修专业课。该课程主要包括岩心钻探设备与工艺两大部分,工艺部分包括岩心钻进方法、钻孔冲洗与护壁堵漏和岩心钻探质量。设备与工艺的关系是相辅相成的,即钻进工艺的发展与需求,促进了设备的发展;而设备的改良与进步,又使工艺水平得以提高。

学生学习本课的目的,是全面了解坑道岩心钻探的基本知识。要求学生了解岩心钻探设备的技术性能,以便根据钻探施工任务,选择适当的设备、管材与工器具;了解岩心钻进方法、冲孔护壁堵漏与钻探质量等技术工艺过程,以便拟定钻孔施工的地质技术指示书,安排钻探工程生产计划,以便作为矿山地质工作者指导和组织管理钻探施工,为加速矿山生产地质勘探,提高矿山生产率,做出应有的贡献。

“矿山钻探工程”课程不同于基础课与地质类课程,是一门实践性较强的应用技术课程。它要综合运用多种学科的知识,如地质学、岩石学、机械工程学科及有机高分子化学等,而有些课程学生并未系统学过(如机械制图),因而教学中应对有关知识内容作必要的讲解,本教材中也有扼要的介绍。

学生学习时要重视实践性教学环节,充分利用实验室与试验课,加强理论与实际相结合。

1.6 岩心钻探的基本概念

岩心钻探是由动力机(电动机或柴油机)驱动钻机,带动钻杆、岩心管与环状钻头,向

地层回转钻进、破碎环状孔底岩石，并将中间的圆柱状岩石（岩心）从钻孔内提取出来的
 技术工艺过程。岩心钻进示意如图 1-1。

环状钻头钻出的中间岩石柱称为岩心，如为矿石柱即称矿心。钻孔的开口部分称为孔
 口，底端称孔底。钻孔周围岩石壁称为孔壁。钻孔圆心的连线称为钻孔中心线。它可能是
 直线，亦可能是立体的曲线。垂直于钻孔中心线的孔壁内径为钻孔直径，常以钻头的标称
 直径称呼钻孔直径（图 1-2）。

如图 1-3， $\overline{OK}$ 为通过钻孔中心线上任意一点 O 、并与钻孔中心线相切的直线。则 $\overline{OK}$ 与
 水平面 V 的夹角称为该点的钻孔角度或倾角 (γ)；它的余角称顶角 (θ)，即顶角是 $\overline{OK}$ 线
 与铅垂线 OZ 之夹角；由磁北方向 OS 顺时针至 OK 线在水平面上的投影线 OA 所夹角为方位
 角 (α)。

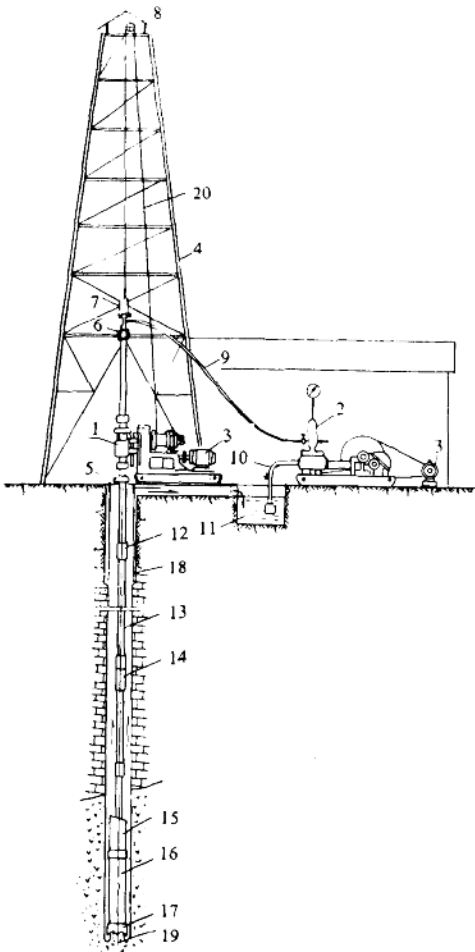


图 1-1 岩心钻进示意图

1—钻机；2—水泵；3—动力机；4—钻塔；5—拧管机；6—水
 接头；7—提引器；8—天车；9—送水管；10—吸水管；11—
 水源箱；12—接箍；13—钻杆；14—锁接头；15—取粉管；16—
 岩心管；17—钻头；18—孔口管；19—岩心；20—提引钢绳。

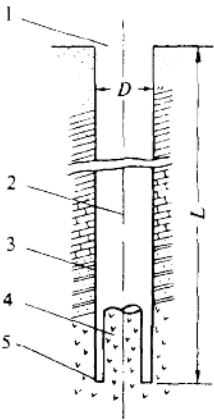


图 1-2 钻孔各部名称

1—孔口；2—钻孔中心线；
 3—孔壁；4—岩心；5—孔底；
 D —孔径； L —孔深

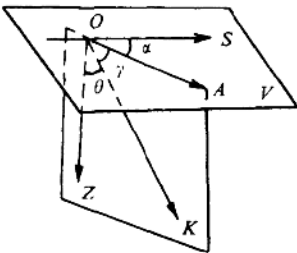


图 1-3 钻孔角度

岩心钻探的孔深一般在1500m以内,大多不足800m,矿山坑道钻孔深100m以内占多数。岩心钻探通常以300m以内为浅孔,800m以内为中深孔,800m以上为深孔,2000m以上为超深孔。

岩心钻探的孔径(钻头标称径)范围为28~150mm;钻孔倾角多数在75°~90°;矿山坑道内可钻进任意倾角的钻孔,如垂直孔、斜孔、水平孔以及仰孔等。

钻进过程中,环状钻头钻出的岩心进入岩心管,通过采心与提升钻具(或其他取心方式)将岩心从孔底提至孔口外,并更换已磨损之钻头。每次下钻具钻进到提升岩心或钻具为一个钻程,称为一个回次钻进。一个回次的钻进深度称为回次进尺(长度)。

每个回次钻进所采取岩(矿)心实长与对应孔段实际进尺长度的百分比,称为岩(矿)心采取率。由于可能有残留岩心,对应孔段不一定是该回次进尺,有时向上错开。

钻进时破碎下来的岩粉,由(往复)水泵通过送水管、钻具内孔送到孔底的冲洗液,经钻具与孔壁间环状间隙冲洗到孔口,流入水源箱沉淀后再淘除掉(参看图1-1)。冲洗液流经孔底时还对钻头进行冷却与润滑。这种冲洗液循环方式称为正循环洗孔,若冲洗液由钻具外环状间隙向下流,经钻头由钻具内携带岩粉上返孔外,则称为反循环洗孔。

升降钻具是由钻机上的升降机通过钻塔顶上的天车滑轮进行的。

钻孔直径有开孔直径和终孔直径。终孔直径是根据不同矿床类型的地质取样要求和不同钻进方法所能获得的最小岩心直径,由地质技术负责人决定的。由于钻孔直径大小直接影响钻进效率、钻探设备类型的选择以及功率与材料消耗等技术经济指标,所以在满足地质要求的前提下,应尽可能选用较小的终孔直径。钻进方法不同,常用的终孔直径也不同。例如,硬质合金钻头的外径系列为150、130、110、91、75、59与46mm,常用的终孔直径是59、75mm;金刚石钻头的外径系列为91、75、59、46、36与28mm,常用的终孔直径是36、46与59mm(取决于矿种与矿床类型)。

开孔直径是根据所钻地层孔壁的稳定程度、孔深、钻进技术水平、保护孔壁的技术措施等,考虑孔径必须变换的次数,由终孔直径向上推导而定的。若地层条件不好,孔壁不稳定,应尽量使用护壁功能好的冲洗液,减少下套管的层数,增大每层套管护壁的孔段深度。若地层条件好,应尽量不下套管、少换径。地表钻探一般有覆盖层,为定向和加固孔口必须下一层孔口管,并尽量下到基岩(硬盘),若覆盖层较厚、孔壁又不稳定或漏水严重时亦可再下一层套管。

钻孔结构是钻孔技术要素(参数)的构成。它包括由开孔到终孔各段钻孔直径与拟下套管直径及其深度的构成状况。钻孔结构通常用钻孔的技术剖面表示,如图1-4所示。在地层好的浅孔坑道钻探常是最简单的一径到底的钻孔结构(图1-4a),在深孔、地层条件差或地表钻探,一般是采用二径或三径的钻孔结构(图1-4b、c)。

根据钻孔角度不同,钻孔可分为(垂)直孔、斜孔、水平孔与定向孔。斜孔用于倾斜角较大矿体的钻进或对矿体倾斜状况不明时,为有把握穿过矿体而采用斜孔钻进。

定向孔是利用钻孔弯曲规律或人工造斜定向钻进的钻孔。钻孔在施工中,由于地质条件与钻进工艺等因素的影响,使实际的倾角与方位角偏离了原设计的角度,称为钻孔弯曲或孔斜。测量钻孔倾斜角度称为测斜。

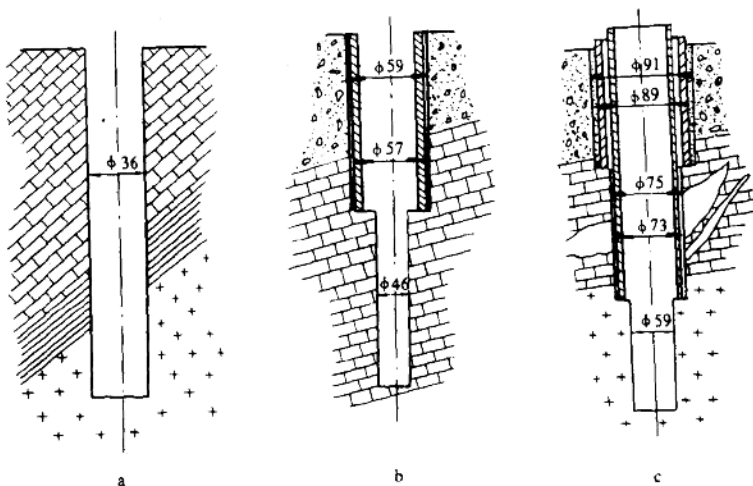


图 1-4 常用钻孔结构示意图

a—一径到底的钻孔结构；b—二径钻孔结构；c—三径钻孔结构

复习思考题

1. 什么是钻探工程？它在国民经济建设中有哪些应用？
2. 钻进方法的分类有哪些？钻进三要素是什么？简述其所以成为要素的原因。
3. 钻探工程在矿山有哪些具体的应用？

2 岩心钻探设备

2.1 概 论

钻探设备是为钻孔施工直接使用的机械与装置。了解钻探设备（主要是钻机）的发展状况与分类、基本结构与功用、特点与适用范围等，对识别、评价和选择使用它们是很重要的。

解放前，中国没有自己制造的钻机。中华人民共和国成立后，随着国民经济的发展，钻探技术也有了很大发展。就岩心钻机而言，40年来大致经历了三个阶段。第一阶段：50年代初，引进、仿制前苏联的手把式钻机，后期引进3HΦ型油压钻机（包括水泵、附属工具）；第二阶段：60年代，自行设计制造XU型油压立轴式和转盘式钻机、三缸单作用柱塞泵、钢管四脚钻塔等；第三阶段：70年代以后，设计制造高速金刚石钻机，新型全液压力头式钻机、水文水井钻机及工程勘察与工程施工钻机，并逐步形成具有我国特色的系列化产品，能满足国内现阶段各种钻探施工的需要。

2.1.1 钻探设备的组成

钻探设备包括：钻机、泵、动力机、钻塔、辅助机械（拧管机、泥浆搅拌机与净化装置）及其它设施等。钻机是钻探设备的主机，其余设备均需与之配套成机组（台套）。广义的钻探设备还包括钻孔专用工具与管材（钻头、钻杆、套管及拧卸、升降用具）。

各设备组成的基本功用如下：

（1）钻机：进行钻孔施工的主要设备。主要功能有两方面：带动钻具回转（或冲击）与给进以便向地层内钻进；悬吊钻具向钻孔内下降或从孔内提升出钻具。

（2）泵（亦称泥浆泵）：向钻孔内输送冲洗液并使之循环，用以冲洗钻孔、排除孔底岩粉、冷却钻头与润滑钻具。在使用液动冲击器时，泵是液压能源。使用空气洗孔排粉钻进时需配空气泵（压缩机）。

（3）钻塔：包括钻架、桅杆等，将起重滑车组架设在钻塔高处，以便从钻孔内升降钻具。塔下安装钻机等设备。

（4）动力机：驱动钻机、泵等机械的原动机（组）。

（5）辅助机械：包括制备泥浆的搅拌机、净化泥浆的振动筛、旋流器、潜水砂泵、拧卸钻具的拧管机、绳索取心绞车等。

（6）钻具：包括钻头、钻杆、岩心管、各种取心专用钻具、孔底动力钻具（液动或气动冲击器、螺杆钻、潜水电钻、涡轮钻）。

（7）仪表：反映钻进与孔内情况的各种技术参数的监控仪表。

2.1.2 钻探设备（钻机）分类

钻探工程有不同的目的与施工对象，即有不同的用途，因而构成了钻探设备的不同特点。钻探设备主要按用途和钻进方法来分类，辅以装载型式、可能钻孔方向及所具有之钻进功能的分类。由于钻机是其主机，钻探设备的分类也就代表了钻机的分类。

2.1.2.1 按用途分类

(1) 岩心钻探设备：用于地下固体矿产的勘探，常需提取岩心作为原始地质资料的实物样品，是应用较多的一类。

(2) 石油钻井设备：用于勘探与开采陆地与海底石油、天然气。由于钻孔不仅用于勘探目的，还是开采石油天然气的主通道，故称钻井。因钻井直径大、深度大，需用功率大，故设备庞大。

(3) 水文地质与水井钻探设备：用于地下水资源的勘探与开采。

(4) 工程地质勘察钻探设备：用于工业与民用建筑、道路、桥梁、水坝、矿山、重型设备的地基与基础的勘察、取样和测试。

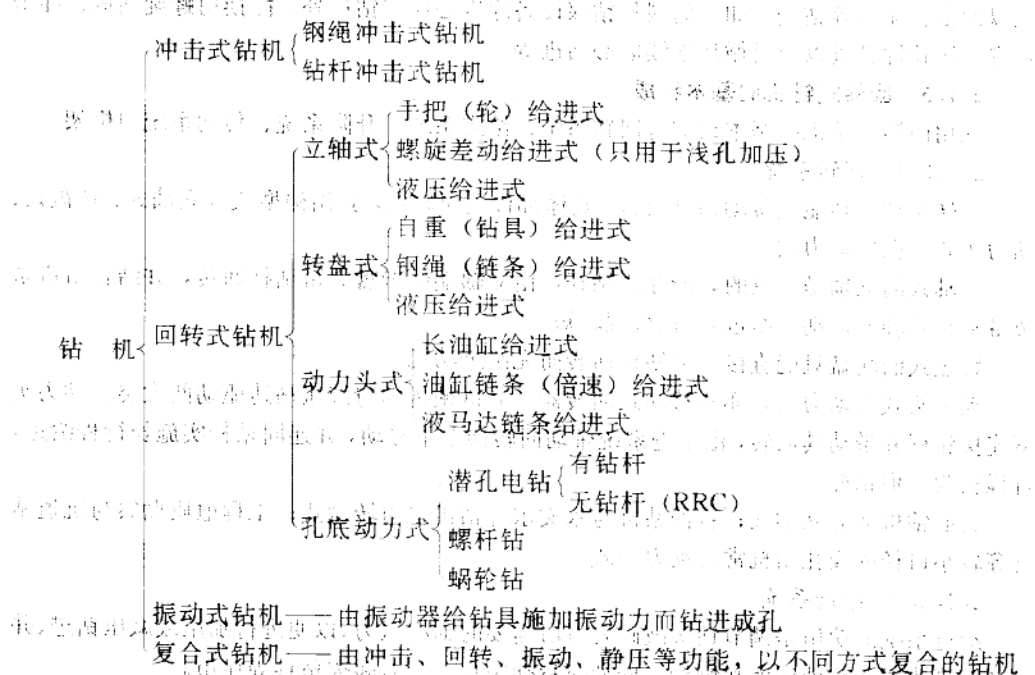
(5) 坑道钻探设备：专门用于矿山坑道或地下隧洞中的生产勘探、爆破、灌浆目的的钻孔施工。

(6) 工程施工钻孔设备：用于各种工业与民用建筑的基础工程施工和地基灌浆加固处理；矿山露天开采爆破孔；矿山通风、排水、送料、溜矿石等技术钻孔及各种工程与国防用大口径钻孔的钻进；如矿山竖井、地下核试验井、导弹发射井、地下的储油库、核废料场等。

此外，还有上述分类派生的钻探设备，如用于砂矿勘探的砂矿钻机；用于普查找矿与工程地质勘察的取样钻机、浅孔钻机；用于地震勘探爆破孔钻进的物探钻机；用于勘探与开发地下热水与热能的地热钻探设备等。

2.1.2.2 按钻进方法分类

目前钻进方法都属于机械外力破碎岩石的方法。钻机按所用钻进方法不同的分类如下：



上述分类中，回转式钻机的第一级分类是按回转钻具部分（回转器）的结构特点分的，