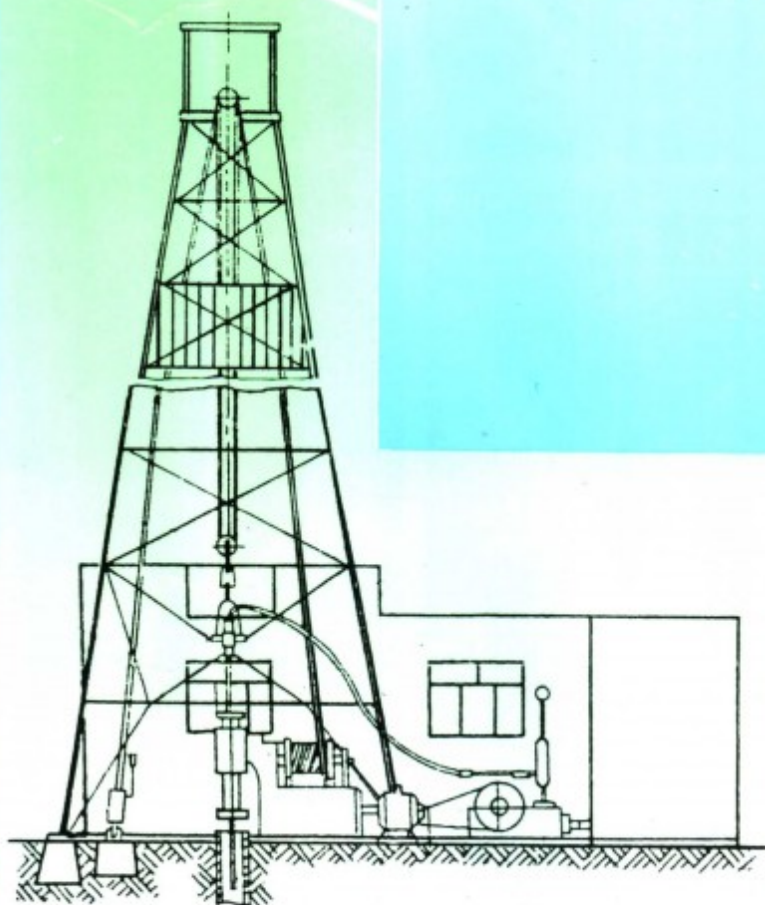


高等学校规划教材

钻探工程学

ZUANTANGONGCHENGXUE

马植侃 汪滨 刘建明 编



中国矿业大学出版社

责任编辑 瓮立平
封面设计 张蕴琪

ISBN 7-81040-897-6



9 787810 408974 >

ISBN 7-81040-897-6

P·46

定价:14.00 元

高等学校规划教材

钻探工程学

马植侃 汪滨 刘建明 编

中国矿业大学出版社

内容提要

本书包括钻探工程的基本知识、岩心钻探的设备和钻进工艺。重点介绍煤田地质岩心钻探施工技术,同时也介绍了水文水井钻、广义工程钻和煤炭特殊工程钻的施工技术。

本书是高等院校地质勘探、水文地质与工程地质等非探矿工程专业的教学用书。亦可作为有关管理干部和技术人员的参考用书。

钻探工程学

马植侃 汪滨 刘建明 编

出版人 解京选
责任编辑 袁立平 责任校对 马景山

中国矿业大学出版社出版发行
(江苏徐州 邮政编码 221008)
新华书店经销 中国矿业大学印刷厂印刷
开本 787×1092 1/16 印张 12.5 字数 300 千字
1998 年 10 月第 1 版 1998 年 10 月第 1 次印刷
印数 1~800 册

ISBN 7 - 81040 - 897 - 6

P·46

定价:14.00 元

前 言

钻探是煤田地质勘探的主要手段,但几十年来一直没有一本介绍煤田钻探的高等教育教材。基于教学与生产的需要,我们编写了这本教材。该教材被列入煤炭部“九五”教材建设选题规划。

《钻探工程》内容力求反映煤炭系统钻探工程的特点,同时也为煤田地质钻探走出资源勘探领域,走进大市场提供指导。

在编写过程中吸取了有关教材的长处,并引用了有关内容、资料和图表,其名称均列于参考文献中。在此谨向这些书的作者表示感谢。

本教材由中国矿业大学马植侃(第一、二、三、四章)、汪滨(第五、六、七、八、九、十、十一、十二、十三、十四、十八章)、刘建明(第十五、十六、十七章)编写。汪滨同志多次全面整理与校正。

由于编者水平有限,加之时间仓促,书中难免有不少缺点错误谨请读者原谅,并请批评指正。

编 者
1998年5月

目 录

第一章 概述.....	(1)
第二章 岩心钻探设备.....	(8)
第一节 钻机.....	(8)
第二节 泥浆泵	(21)
第三节 钻探设备的动力驱动装置	(28)
第四节 钻塔及其附属设备	(29)
第三章 钻探管材及常用工具	(32)
第四章 岩石的物理力学性质及其与碎岩的关系	(34)
第一节 岩石的物理性质	(34)
第二节 岩石的力学性质	(35)
第三节 岩石的可钻性及其分类	(41)
第五章 设备安装与开孔	(43)
第一节 设备的安装	(43)
第二节 开孔工作	(45)
第六章 硬质合金钻进	(46)
第一节 概述	(46)
第二节 硬质合金钻进的碎岩过程与磨损	(46)
第三节 硬质合金切削具	(48)
第四节 硬质合金钻头的结构要素	(50)
第五节 硬质合金钻头	(52)
第六节 硬质合金钻进规程	(56)
第七章 钻粒钻进	(60)
第一节 概述	(60)
第二节 钻粒钻进的井底工作过程与破岩机理	(60)
第三节 钻粒与钻粒钻头	(61)
第四节 钻粒钻进的钻进规程	(63)
第八章 金刚石钻进	(66)
第一节 概述	(66)
第二节 金刚石钻头破碎岩石机理	(68)
第三节 金刚石钻头和扩孔器	(68)
第四节 金刚石钻进规程	(72)
第五节 金刚石钻进技术	(76)
第九章 冲击回转钻进	(78)
第一节 概述	(78)

第二节	冲击回转钻进的工具	(81)
第三节	冲击回转钻进工艺	(81)
第十章	岩煤心的采取	(84)
第一节	对岩煤心采取的要求	(84)
第二节	影响岩煤心采取的因素	(84)
第三节	常用的取心工具和钻进方法	(86)
第四节	煤心采取与补取	(92)
第十一章	钻孔弯曲	(96)
第一节	钻孔弯曲的测量	(96)
第二节	钻孔弯曲的原因	(102)
第三节	钻孔弯曲的预防与纠正	(104)
第四节	定向钻进	(105)
第十二章	钻孔冲洗与护壁堵漏	(108)
第一节	概述	(108)
第二节	泥浆性能及其测定	(109)
第三节	煤田钻探常用泥浆的配制及化学处理	(112)
第四节	复杂地层及其护壁堵漏	(114)
第十三章	孔内事故的预防与处理	(116)
第一节	孔内事故的种类及其处理原则	(116)
第二节	处理孔内事故的基本方法	(116)
第十四章	封孔及其质量要求	(121)
第一节	封孔	(121)
第二节	简易水文地质观测	(123)
第三节	校正孔深	(124)
第十五章	水文水井钻探的钻进工艺	(125)
第一节	水文水井钻探的目的和特点	(125)
第二节	水文水井孔(井)身结构	(125)
第三节	水文水井钻进方法	(127)
第十六章	水文水井钻探的成井工艺	(137)
第一节	滤水管	(137)
第二节	水文水井钻孔的完井工艺	(140)
第十七章	工程钻探	(150)
第一节	工程地质钻探	(150)
第二节	样品的采取	(156)
第三节	工程施工钻探	(161)
第四节	其它桩基	(171)
第十八章	煤炭工程钻	(174)
第一节	地面钻进工程	(174)
第二节	井下钻进工程	(180)

附录一	岩心钻探岩石分级表(1)		(185)
附录二	岩心钻探岩石分级表(2)		(186)
附录三	岩心钻探岩石分级表(3)		(187)
参考文献			(189)

第一章 概 述

一、钻探工程的目的和意义

勘探工程的目的是探明各种具有工业开采价值的有用矿产。勘探工程分为两大部分：地质普查和勘探矿产地；钻探工作和山地工作。

地质勘探工作必须解决普查找矿，确定储量和评价质量，查明产状和开采、加工利用的情况，评价矿床，以及勘查土层等问题。勘查土层与以后开采时的地面建筑物的构造有密切关系，这一工作主要属于工程地质和水文地质专业的范围。普查和勘探矿产地时，整个地质勘探工作如下：

(1)室内准备工作 收集研究已有资料，了解矿区已研究和勘探的程度，确定今后的工作任务，并作出工作计划。

(2)地形测量 在地形图上进行地质工作。

(3)地质测量 在地质图上正确地组织普查及勘探工作。

(4)物探工作 对矿区及其周围的轮廓先有一个了解，这种勘探方法既节省时间又节省人力物力。

(5)地表坑道 用探槽、剥土、浅坑揭示基岩情况。

(6)打构造钻 包括控制钻、地质图钻、普查钻和勘探钻。

(7)山地工作 挖掘浅井、小圆井、勘探竖井、平硐等，揭露矿体情况。

(8)矿产的取样、化验，确定矿产的质量。

在进行了上述的各项工作后，就能确定有用矿产的产状、质量、埋藏深度及储量。

(9)各项工作的地质编录。

(10)室内整理野外材料，整理后就可以对矿产地作出结论。

由此可见，钻探工程在整个地质勘探工作中占有很重要的地位。

二、钻探施工过程

钻探工程是用一定的工具，在地壳内按着一定的工艺破碎岩石的整个过程，这项工程的结果即地壳内的钻孔。

钻孔是从地表(或坑道中)向岩石中开凿的圆形断面的空间，一般具有较小的直径和很大的深度。直径在25~500 mm之间，称为钻孔；直径达到500 mm或以上者称为钻井。钻孔的深度从数厘米到数千米，目前的钻孔深度已超过10000 m。

钻孔包括孔口、孔底、孔壁。孔口是钻孔开孔部分，即钻孔与地面或坑道相交的地方；孔底是钻孔的最深部(终孔的地方)；孔壁是钻孔的侧面。

钻探的主要工序：①钻进破碎岩石。②取心排粉。把破碎后的岩石用取岩心和排除岩粉的形式将其从孔底排出到孔口外，以保证钻进继续进行。③升降钻具。提取岩心或更换钻具。④加固井壁。保证井壁稳定，不坍塌埋卡钻具。

钻进时还要进行其它工作，如电测、测孔斜、止水等等；另外还有其它辅助工作，如钻探

根据取心的情况钻探分为岩心钻探和无岩心钻探两大类。岩心钻探可以从钻孔内取出圆柱形的岩样——岩心。无岩心钻探(不取岩心钻探,全面钻进钻探),即在钻进过程中将孔底的岩石全部破碎成岩粉(屑)排出孔口。

岩心钻探设备概貌如图 1-1 所示。

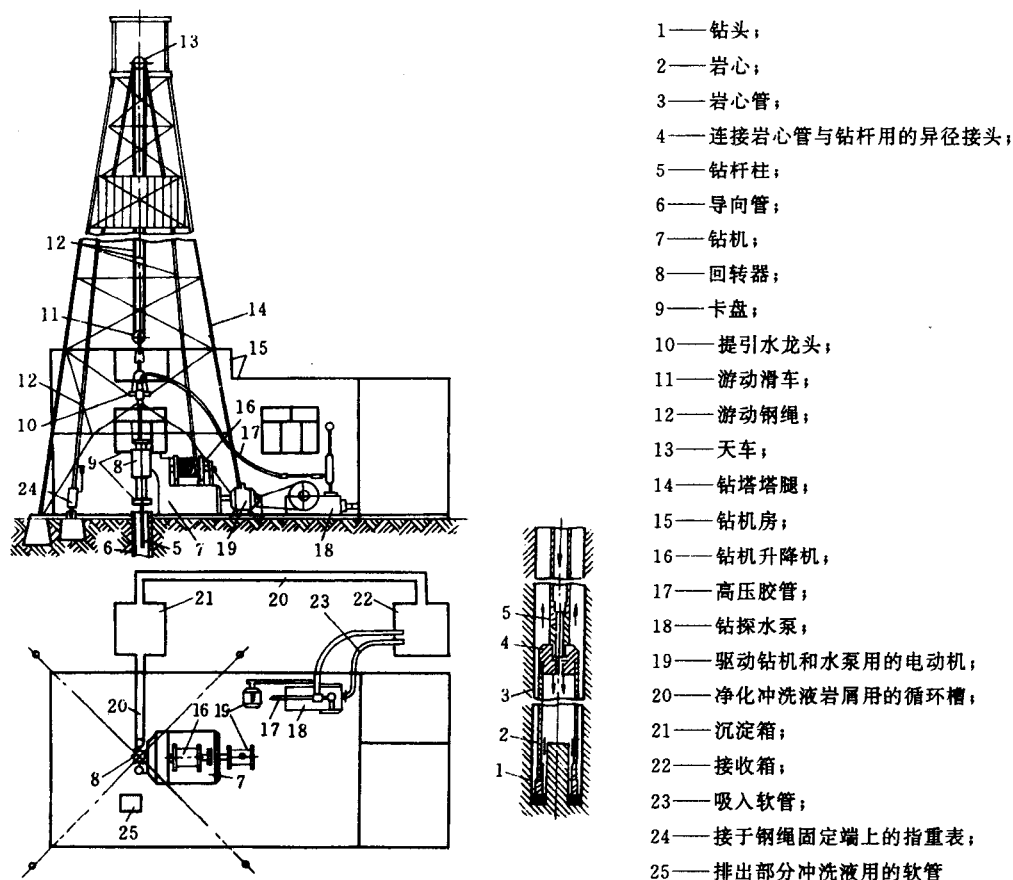


图 1-1 岩心钻探设备概貌图

钻进按下列工序进行。

使用升降机把钻具下入孔内。钻具由钻头,岩心管,异径接头,钻杆柱组成。钻杆柱长度

随钻孔的加深而增加。钻具的所有部件都借助于可密封的高强度螺纹接头彼此连接起来。

上部的主动钻杆穿过钻机回转器,并被夹持在卡盘中。主动钻杆上部接有提引水龙头,提引水龙头用高压胶管与钻探水泵连接。将钻杆柱下端的钻头下到孔底开始钻进。主动钻杆一边回转,冲洗液流经钻杆内部,一边冲洗孔底。

根据所钻岩石的力学性质、钻头直径、钻头类型的不同和所钻钻孔深度,选择回转速度,并借助给进调节器可以产生必要的钻头载荷和孔底载荷,该载荷与钻杆重量、钻孔深度无关。钻头回转并在轴向压力作用下吃入岩石,钻出环状孔底,岩石未破碎的部分形成岩心,随着钻孔的加深,岩心进入并充满在岩心管中。

为了冷却钻头,净化孔底岩屑并将岩屑排到地表上,用冲洗液冲洗钻孔。水泵通过吸水管把冲洗液从水源箱中吸到泵室内,经泵加压后,通过高压胶管,提引水龙头,再经过钻杆柱中间的通孔送到孔底。冲洗液在孔底冷却钻头切削具,并把钻头破碎岩石形成的岩屑从孔底沿着钻杆柱外壁与孔壁间的环状间隙冲到地表上来。携带有岩屑的冲洗液从孔内流出后,经循环槽流到沉淀箱,再经循环槽回水源箱。岩屑在沉淀箱和循环槽中从冲洗液中沉淀下来,所以回到水源箱是净化后的冲洗液。再由水泵泵入孔内,如此循环往复,可将钻进中产生的岩屑不断的携带出来,使钻孔逐步加深。

如果在稳定岩石中钻进,冲洗液可以用清水;在不稳定的岩石中钻进时,则可用泥浆或其它可以保护弱稳定性孔壁的溶液来冲洗钻孔。在相对无水岩层和冻结状态岩层中,可以用压缩空气或其它气体介质来吹洗孔底。还有在高转速金刚石钻进时,为了降低钻杆与孔壁间的摩擦力,减少高转速时钻杆产生的振动,可使用稀乳化液作冲洗液。

当岩心管充满岩心时,需要把钻具提升到地面;当钻头切削具磨钝、钻速大大降低时,或在裂隙岩石中钻进岩心自卡在岩心管内不能进尺时,也需要把钻具提升到地面来。开始提钻前,应先把岩心牢固地卡在岩心管的下部并将其从岩体上扭断。卡好岩心后,先关掉水泵停止冲洗液循环。借助升降机,游动钢绳,天车,带有大钩和提引器的游动滑车把钻具提到地表上来,并把钻杆柱卸成单个立根。立根由2根、3根,有时4根钻杆拧接而成。立根的长度取决于使用钻塔的高度,一般立根长度要比钻塔高度少3~6m。立根提出钻孔,摆放在立根台上,依靠在钻塔内部。指重表可指示所提钻杆的重量。

钻具提到地表后,卸下钻头,并小心谨慎地从岩心管中将岩心取出,冲洗掉岩心表面的泥皮,测量岩心长度,并按顺序把岩心放到岩心箱内,并标出提取岩心的钻孔深度和计算出岩心采取率,作好记录。

岩心取出后,配好钻具,换掉已磨损不能再使用的钻头。重新组装好的钻具,将其下到孔底继续钻进。

如果钻进穿过不稳定岩层,用专门的冲洗液还不能制止井壁的漏失、坍塌或膨胀时,则可向孔内下一个套管柱以覆盖不稳定岩层孔段,以后再换较小一级的钻具继续钻进。

防止钻孔弯曲,应及时掌握钻孔在空间的方位,每隔50~100m测量一次钻孔的倾角与方位角。

达到预期深度后,应停止钻进,并将全套钻具提出。然后可进行地球物理测井,测量矿层的深度、厚度、温度以及钻孔的弯曲情况等。最后对钻孔进行封孔,注入水泥浆或其它材料。

三、钻探工程的应用范围和分类

钻探工程本身是一门应用性非常强的综合性技术。随着科学技术的进步和发展,钻探工

程技术也得以迅速的提高和发展,应用钻探工程的范围也越来越广泛。为了达到预期的要求和目的,要选用合适的钻井设备和工具,按照应采取的相应的工艺措施,以最优的钻进方式,以最低的钻探成本钻出一个一定直径和孔深的钻孔。因此,产生不同类型的钻进方法。

(一) 应用范围

1. 地质勘探

(1) 普查找矿钻探 在普查找矿工作中,为了探察表土层下基岩的性质、产状,了解地层,探明地质构造,验证物探资料而进行的钻探。在普查找矿中应用的钻探一般为取样钻探或轻便的浅孔钻探。

(2) 矿产勘探钻探 随着勘探阶段的加深,对一个矿区需要进一步了解其地质构造,矿层的埋藏深度、存在的产状及矿层的品位,获得有用矿产的储量并圈定其分布的范围,有必要按着一定的勘探线、勘探网进行的钻探。矿产勘探钻探布置的孔相对比较集中,且用较大型钻探设备进行钻探工作。

(3) 水文地质钻探 为找水和探明地下水赋存规律、水质、水量以及其运动情况而进行的钻探。一般水文地质钻探孔多为探、采结合的钻孔,即在达到勘探任务后,下管成井,钻孔作为供水井用。

(4) 工程地质钻探 为探明某些建筑工程的地下基础及地基的承载能力而进行的钻探。如查明高层、大型建筑,港口,水库的地基基础或查明路基、坝基、桥基等。

(5) 石油、天然气钻探 为勘探石油、天然气等矿层而进行的钻探。一般孔深较大。

2. 开采矿产资源钻探

为了开采液、气体矿产资源而进行的钻探。包括开采水资源——打水井;开采地热资源——打热水井;开采海洋或陆上石油、天然气资源——石油钻探。

3. 工业工程施工钻探

为工业工程施工而进行的钻探。目前,我国施工建设的项目越来越多,工作量也越来越大,再加上钻探技术本身简单、易行的突出优点,采用钻探技术施工的领域越来越广泛。例如:为高层建筑、大型建筑和由于地形特殊难于用一般方法加固基础的建筑物利用钻探技术打桩孔;在建筑大桥的施工过程中,利用钻探技术打大直径钻孔,以“管柱”的形式建设桥墩,可以避免水下作业,易于施工;为了掌握地面沉降情况及其变化规律,利用钻探技术打专门的“标孔”(基岩标及分层标),以便测量其精确的变化资料;为加固水坝,防止水坝漏水,利用钻探技术,打钻孔灌水泥形成连续的防渗漏墙;利用钻孔灌注水泥防治自然灾害,如整治滑坡、危岩坍塌、泥石流等;利用钻孔整治城市危险建筑物的地基,如建筑物的地基失稳,可以利用钻孔灌注水泥加固已受残害的基础部分等;打各种铺设管道、电线、电缆的技术孔;利用钻探技术打矿山的竖井、通风井及各种辅助井,并可代替开挖隧道打大断面的地下坑道;用于军事工程,如打导弹的发射井等。

(二) 钻探方法分类

1. 根据钻进时取心的特点分类

钻探方法分为岩心钻探及不取岩心钻探两大类。

2. 根据钻孔的用途分类

钻探方法分为普查测量钻探、勘探钻探、开采钻探及辅助钻探。

在下列情况进行岩心钻探:地质测量和普查固体矿产;在不同的钻孔深处定期采取矿样

的普查和勘探液体、气态矿产；钻进构造填图钻孔和基准钻孔；工程地质勘察；圈定可采矿层（开采勘探）；为了研究地壳深部地质和揭示地球覆盖层而进行的超深孔钻进；在月球和其它星球上采取岩样等。

在地质测量、普查和勘探固体矿产时，钻进深度可从几米到几千米。煤田勘探钻孔因开采条件不同，钻孔深度也不同。在新区勘探打钻时，钻井深度一般在 500~1000m；在老矿区从地面施工的钻孔深度已超过 1000m，在 2000m 左右。

油、气勘探和开采的钻孔，钻井的深度较大，一般在 4000~5000m。研究地壳科学的超深井，深度已超过 10000m。

钻孔直径的大小取决于钻孔的深度、钻孔的用途和地质构造的自然条件。最常用的煤田勘探钻孔直径一般在 76~146mm。但特殊用的钻孔直径也可达 5000mm。

3. 根据钻孔中心线的倾角和方位角分类

地表钻探可以分为垂直孔、倾斜孔和水平孔。

在地下坑道中可以钻进初始倾角为 0° ~ 360° 范围内的钻孔。在现代条件下，有可能借助于钻探的技术手段和钻进工艺来控制钻孔的方向。

4. 根据孔位位置分类

钻探方法可以分为地表钻探、水上钻探（河上、湖上、海上）和地下坑道钻探。

5. 根据钻孔布置方法和方案分类

除了上述的垂直孔、倾斜孔和水平孔外，还可按以下方案进行钻探。

（1）丛状布孔 用安装在一个孔位上的钻探设备钻进几个钻孔，每个钻孔都是在钻机立轴转动一定角度时开始钻进（图 1-2）。

（2）多井筒钻进 用一套钻探设备通过移动天车架上的滑车来钻进两个或两个以上的钻孔。每个钻孔都有其自己的地面起点（孔口）。这种布井方案首先用于石油的开采，并称其为多井筒布井（图 1-3）。

（3）多孔底钻进 由一个从地表钻进的基本井筒中，依次地钻出几个附加的孔底，以便多次在不同的水平上穿过矿体（图 1-4）。

为了详细勘探固体矿床，以及根据所得岩心材料更可靠地取样时，可采用这种多孔底钻进方法。

6. 根据破岩形式分类

钻探方法通常可以分为物理破岩、化学破岩和机械破岩 3 种。

（1）物理方法破碎岩 ① 用高温（1 400℃~3 500℃）、高压（200~250 MPa）使岩石破碎熔化，高温高速的火焰气流一边破碎岩石一边将岩屑吹出孔外；② 用超声波和低声波破碎岩石；③ 用爆破、高压水射流等方法破碎岩石。

（2）化学方法破碎岩石 此法使用较少，例如溶解、软化岩石等。

（3）机械方法破碎岩石 这种方法目前应用最广，主要是在岩石中产生很大的局部应力（冲击力、压力和剪力，或者一定频率的震动力）使岩石破碎。机械破碎岩石的钻探方法分类如图 1-5 所示。

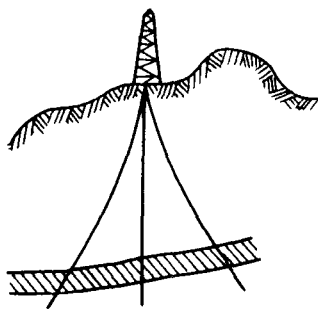


图 1-2 丛状布孔示意图

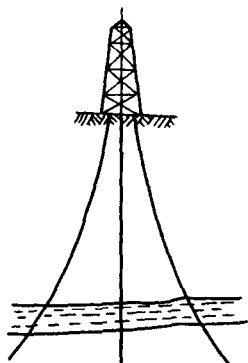


图 1-3 多井筒布井示意图

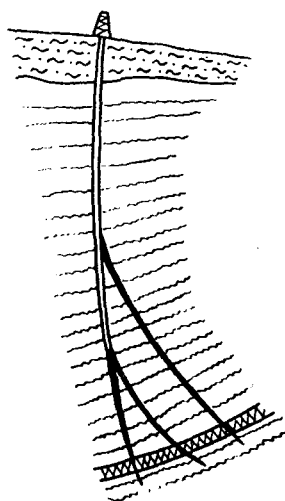


图 1-4 多孔底布孔示意图

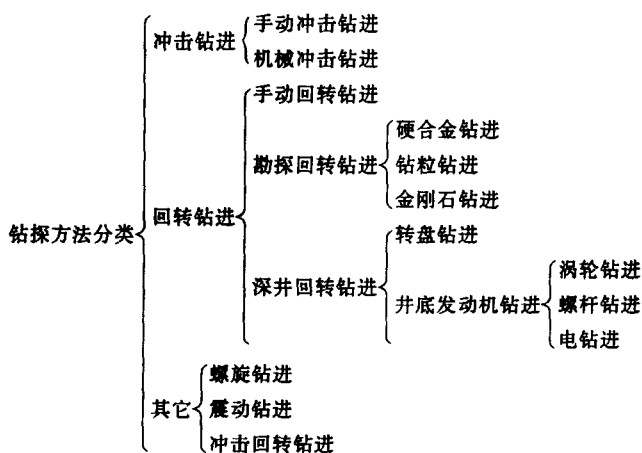


图 1-5 机械破碎岩石的钻探方法分类

7. 根据钻进使用的冲洗液分类

目前采用的冲洗液有以下几种形式：

- (1) 清水 在孔壁稳定的岩层中钻进时使用。
- (2) 泥浆 在弱稳定性岩石或破碎岩石中钻进时使用。
- (3) 加重冲洗液 为防止地下水、石油和气体从孔内喷出, 为防止弱稳定性岩石从孔壁上塌落, 可用加重冲洗液洗孔钻进。
- (4) 充气冲洗液 为降低冲洗液的比重, 减小液柱对孔壁的静液柱压力, 为在裂隙和有洞穴的岩石中减少冲洗液的漏失, 可用充气冲洗液钻进。
- (5) 乳化液 为降低钻具与孔壁的摩擦系数, 降低钻具振动、减少钻具回转功率及实现

高速钻进等,可用乳化液冲洗钻孔钻进。

(6) 饱和盐溶液 当钻进盐类地层时用同样成分的饱和盐溶液,可以防止岩心和孔壁的溶解。

(7) 冷的压缩空气(气体) 用于永冻地层钻进,对供给孔内的空气进行冷却和脱水处理,吹洗钻进时可以避免岩心和孔壁暖化。

8. 根据冲洗液循环方式分类

根据冲洗液循环的方式可分为:冲洗液循环钻进和冲洗液反循环钻进。

(1) 冲洗液正循环钻进 冲洗液或压缩空气通过钻杆柱中间的内孔送到孔底,然后携带孔底已破碎的岩屑沿着孔壁与钻杆柱外表面的环状间隙流回到地表,把岩屑排到地面。这种循环方式称之为正循环钻进。

(2) 冲洗液反循环钻进 冲洗液或空气经过孔口的密封装置沿着孔壁与钻杆柱外表面的环状间隙送到井底,然后再携带孔底的岩屑经过钻杆柱中间的内孔返回到地表,再排除携带的岩屑。这种循环方式称之为反循环钻进。

除上述循环方式外,还有孔底反循环钻进。

第二章 岩心钻探设备

为达到钻探工程的目的,保证钻探工艺的顺利完成,就需要相应的钻探设备。钻探设备的性能、数量的多少是随钻探工艺的发展而相应变化的。根据目前钻探工艺的现状,钻探设备由以下几部分组成:钻机、泵、动力机、钻塔及其附属设备。

第一节 钻 机

进行钻探工作时,钻探工艺要求钻机能完成的工序是:① 提供使钻杆柱及碎岩钻具(钻头)回转的动力;② 具有能使钻杆柱及碎岩钻头继续前进的能力,且能调整对岩层破碎岩石的压力,以达到不断破碎岩石、连续钻进的目的;③ 当钻头磨钝后、需要提取岩心及处理有关井内事宜时,钻机具有使钻杆柱及钻进工具提出孔口及再下入孔内继续下一个回次钻进的能力。

用于煤田地质勘探岩心钻探的机械传动式钻机,按回转器的结构型式主要可分为立轴式和转盘式两大类型。这两类钻机,大部分采用油压给进,也有采用机械给进的,如用手轮、钢绳、主动钻杆给进。机械传动式钻机的共同特点是:动力机至工作机械的动力传递、分配、变速变矩、换向以及改变运动形式等,主要借助于机械传动。

一、选用、评价钻机的主要参数

钻机的技术性能(或规格)即钻机的技术特性参数。它是钻机生产技术与经济性能的数量质量指标的总和,也是选用、比较、评价钻机的依据。

钻机的技术特性参数有3种:基本参数、主要参数和一般参数。

1. 基本参数

基本参数是反映钻机钻进能力最稳定的参数。至今岩心钻机仍以钻进深度为基本参数,因为钻机的其它参数与结构,都受孔深的直接或间接的影响。但仅以孔深为基本参数,还不能全面反映钻机的钻进能力与所消耗的功率。因同一钻机若用不同直径的钻杆钻进,则能钻到的公称深度是不相同的。因此,以孔深和使用钻杆的直径联合表示作为基本参数更符合实际情况。目前国内外许多钻机的技术性能表中,常采用这种表示法。

2. 主要参数

主要参数是反映钻机整体或部件的主要技术经济性能的参数,它取决于基本参数。主要有:回转器的转速、上顶力与钻进力、给进速度与行程、提升能力与提升速度、钻机的重量与外廓尺寸、动力机的功率和转速等参数。

3. 一般参数

一般参数从属于基本参数和主要参数,如:钢丝绳直径、卷筒直径等,反映次要技术参数。

二、选用、评价钻机的原则

(一) 钻进能力参数

该项指标包括钻进深度、钻杆直径、钻孔直径和钻孔倾角。它反映钻机的设计能力,说明了它的应用范围。一般情况应在性能参数中,规定大小口径钻孔的钻进深度与所使用的钻杆直径。

(1) 钻进深度 表示的是公称钻进深度。选用时,从钻机的系列关系,可判断钻机的最大钻进深度及最小钻进深度。两者之间范围,即是使用该钻机的合理孔深。

(2) 钻孔直径 钻孔直径包括终孔直径和开孔直径。它反映了钻机可能完成的孔身结构的直径系列。

(3) 钻杆直径 钻杆直径直接影响回转器和升降机的能力与尺寸,以及回转钻进和提升钻具所需功率。钻杆直径的选择主要与孔深、孔径和转速有关。钻孔越深,孔径越大,所配用的钻杆直径越大。当孔径大钻杆直径小时,钻杆在孔内易弯曲,造成工作条件恶化,不仅影响钻进速度和质量,也易引起孔内事故。因此钻杆直径与钻孔直径应有一个适当的比值。其级配关系如下:

$$\frac{D}{d} \approx 2.2 \sim 2.8$$

式中 D ——钻孔主要孔段直径,mm;

d ——钻杆直径,mm。

采用硬质合金钻进时,比值为 2.2;采用钴粒钻进时比值为 2.8;采用金刚石钻进时,要求比值更小,为 1.1。

(4) 钻孔倾角 指钻机所能完成的钻孔角度范围。

(二) 回转系统参数

1. 回转器的转速

回转器的转速是带动钻头回转钻进时的速度。常用钻头的转速用 $n(\text{r/min})$ 来表示。钻头的圆周线速度 $V(\text{m/s})$ 与钻头转速 n 的关系式如下:

$$n = \frac{60V}{\pi D} \quad (2-1)$$

式中 D ——钻头的直径,m。

确定回转器最高转速的依据是:钻头的实用最高转速;钻杆与钻机的质量;钻头、钻杆、钻机与钻进工艺的发展趋势。目前各类钻头的实用最高转速为:孕镶金刚石钻头圆周线速度为 3.5m/s,表镶金刚石钻头一般应大于 2m/s;硬质合金钻头的最高转速一般为 400~500r/min;钴粒钻头的最高转速为 400r/min 左右。

回转器的最低转速以适应开孔钻进、复杂地层钻进、扫孔与处理事故的需要为依据。硬质合金钻进最低转速一般为 100~150r/min。表镶金刚石钻头的最低转速为 50~150r/min。深孔钻进时取小值,浅孔钻进时取大值。

为了适应不同地层、不同钻进方法和不同钻头类型的需要,在最高转速与最低转速间设若干中间速度,一般取 3~8 档,最好采用无级调速的液力变矩器,改善调速性能。

在钻进过程中立轴式钻机用于处理事故;转盘式钻机兼作拧管机,因此钻机应有 1~2 个反转挡。