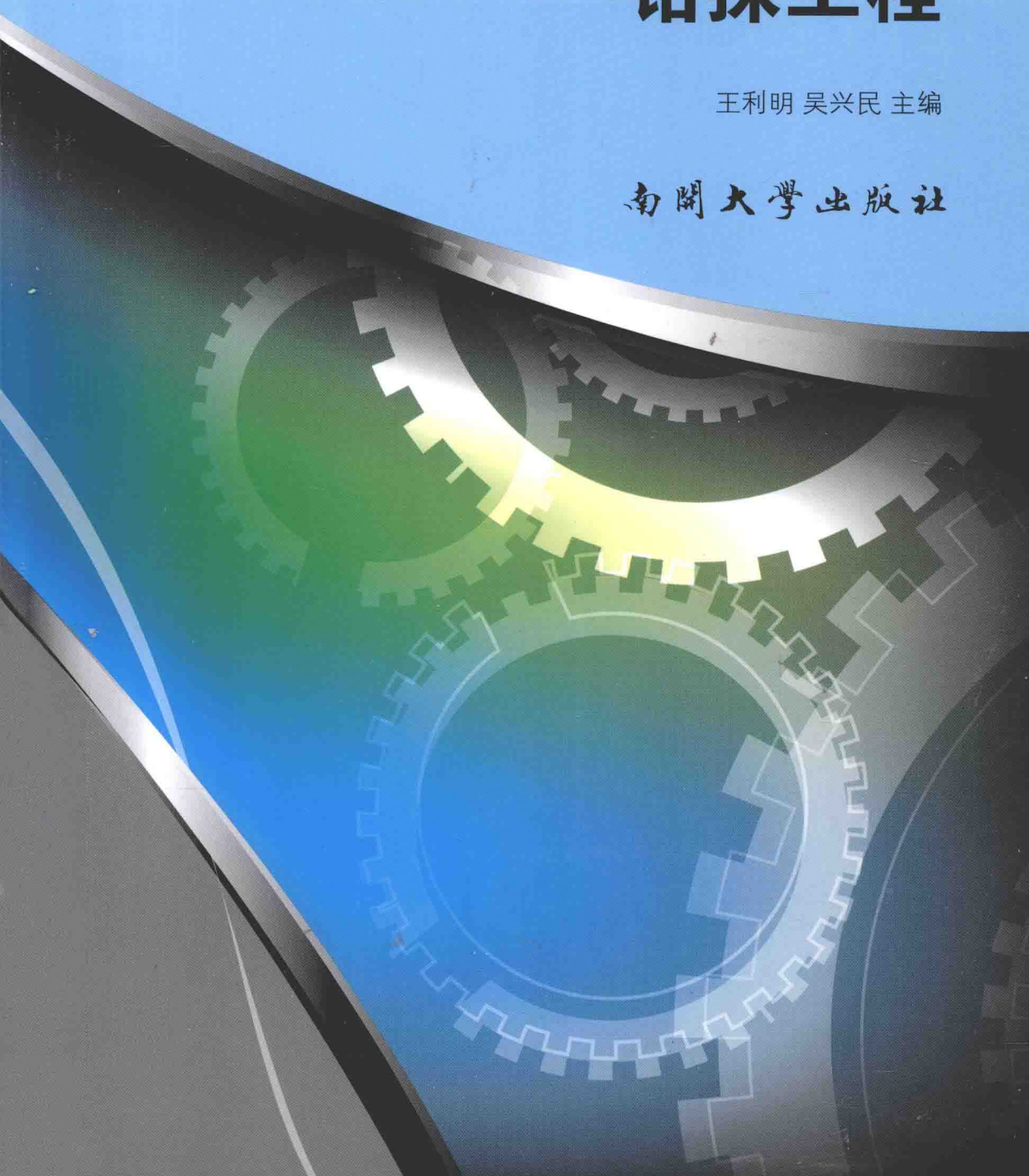


钻探工程

王利明 吴兴民 主编

南开大学出版社



钻 探 工 程

王利明 吴兴民 主 编

马艳美 董雪峰 副编辑

南开大学出版社
天 津

图书在版编目(CIP)数据

钻探工程 / 王利明, 吴兴民主编. —天津: 南开大学出版社, 2014. 5

ISBN 978-7-310-04496-2

I. ①钻… II. ①王… ②吴… III. ①钻探工程—中等专业学校—教材 IV. ①P634

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 098955 号

版权所有 侵权必究

南开大学出版社出版发行

出版人: 孙克强

地址: 天津市南开区卫津路 94 号 邮政编码: 300071

营销部电话: (022)23508339 23500755

营销部传真: (022)23508542 邮购部电话: (022)23502200

*

唐山天意印刷有限责任公司印刷

全国各地新华书店经销

*

2014 年 5 月第 1 版 2014 年 5 月第 1 次印刷

240×170 毫米 16 开本 12.125 印张 203 千字

定价: 26.00 元

如遇图书印装质量问题, 请与本社营销部联系调换, 电话: (022)23507125

编写指导委员会

主 任：吴兴民

副主任：董雪峰

委 员：（按姓名笔画排序）

王利明	田莉莉	任海东	吴兴民	宋玉玺	金建忠
周继功	武天弓	张 帅	张亚力	张丽丽	张 威
赵建华	贺天柱	郝晶卉	贾英布	康占武	董雪峰

序 言

在我国进行社会主义经济体制改革和实现现代化建设战略目标的关键时期，中等职业教育如何适应新时期的发展需要？如何更好地培养数以亿计的、能在各行各业进行技术传播和技术应用的、具有创新精神和创业能力的高素质劳动者和中、高级专门人才？这是我们所有职教人必须面对的共同命题。

我校六十年的教学改革实践证明，课程改革是教育教学改革的核心，是改变中等职业教育理念、改革中等职业教育人才培养模式、提高中等职业教育教学质量、全面推进素质教育的突破口，而教材建设正是课程改革的关键点。那么，如何推进中等职业学校的教材建设？这不单是教育行政部门、研究部门的工作，更应是广大中职学校、教师的使命。

因此，我们必须认真研究中职学校的课程教材现状，探究专业诉求和发展前景，设置有中职特色的课程标准和新课程体系，开展有中职特色的教材编写。

本系列教材是我校在开展国家示范校建设的大背景下，结合自身教育教学改革实际，开创性编写的适用于学校发展特点的一套丛书。它紧跟时代发展，紧贴企业需求，对接行业职业标准和职业岗位能力，符合五个重点专业的教学建设要求，突出工学结合培养模式，强调教、学、做一体化内容，更加符合学生的认知规律，整体上突显了技工院校的办学特色。

与传统教材相比，本系列丛书更强调新知识、新技术、新工艺、新方法的运用。在编写形式上，打破了以文字表述为主的枯燥形式，添加了生动形象的图片资料，教材更显立体化、数字化、多样化。

看到这套丛书的付梓出版，我很激动。因为这项科学的课程改革工作，凝结了我校教育工作者的辛勤汗水，浸润着全体教师的拳拳赤子之情。在此，我谨向本系列丛书的编者表示诚挚的谢意，感谢你们对学校的发展做出的突出贡献！

最后，衷心道一声：你们辛苦了！

吴兴民
2013年12月

前 言

本书作为地勘专业的主要课程之一，是国家示范校的建设项目之一。通过一体化教学模式来编写的教材，包括岩心钻进、水文水井钻进、工程钻进三个项目，每个项目又分设 2~3 个任务，通过这几个任务的展开，使得学生能够掌握该方面的知识。

岩心钻进的项目通过浅孔钻进、中孔钻进、深孔钻进三个任务来介绍岩心钻进方面的知识；水文水井钻进的项目包括 100 m 水井的钻进和 250 m 水井的钻进两个任务；工程钻进的项目包括施工钻孔桩和粉体喷射深层搅拌桩两个任务。

每一个任务都分为五个步骤：

1.确定学习目标。使得学生一打开书就能知道自己所要学习的知识。

2.接受学习任务。然后通过任务的展开，使得学生在明确学习目标的前提下，接受学习任务，而且在学习的时候能够有一条主线使得学生能够主动学习专业知识。

3.资讯。资讯介绍了各个任务涉及的知识点，使得学生在完成工作的时候能够参考教科书，从书中查找相关的知识，在完成任务的过程中能够学习到专业知识。

4.实施。实施相当于是普通教材的课后习题，是让学生在完成任务之后通过实施来检查自己的学习成果。

5.总结与评价。总结与评价是学生对自己的学习成果进行评价，并对自己在完成任务过程中所遇到的问题进行总结、反思。

本教材主编是王利明、吴兴民，副主编为马艳美、董雪峰。

由于时间仓促，材料编写人员水平有限，难免有疏漏之处，敬请批评指正。

编 者

2013 年 12 月

目 录

项目 1 岩心钻进	1
任务 1 浅孔钻进.....	1
任务 2 中孔钻进.....	21
任务 3 深孔钻进.....	46
项目 2 水文水井钻进	66
任务 1 100m 水井的钻进.....	66
任务 2 250m 水井的钻进.....	110
项目 3 工程钻进	148
任务 1 施工钻孔桩.....	148
任务 2 粉体喷射深层搅拌桩.....	162

项目 1

岩心钻进

学习导入

本项目学习岩心钻进，掌握浅孔钻进、中孔钻进和深孔钻进的工作流程，注意安全操作事项。

任务 1 浅孔钻进



任务目标

- 1.能够平整场地并且会安装调试钻探设备；
- 2.能够选用进行浅孔作业的钻机；
- 3.掌握浅孔钻进的工作流程；
- 4.掌握工作过程中的安全操作事项；
- 5.能够对自己的工作做合理的评价总结。



任务描述

能够合理选用钻机进行浅孔作业，并对自己的成果作出总结。



任务内容

1. 场地平整与设备安装

1) 场地平整要求

平整场地目的是安全可靠地安装钻塔和钻探设备，以便钻探施工正常进行。

(1) 场地平整规定

钻探生产的场地或地盘，除用来安装钻塔、钻机和附属设备外，有的

还要用来修建冲洗液循环系统、摆放管材工具以及岩（矿）心和土样等。因此，平整场地前需要考虑所需修建地盘的位置、方位和面积。

①确定场地位置、方位的依据

a. 地盘的位置

主要依据钻孔空位而决定。钻孔位置上地质人员根据地质调查结果，为达到一定目的而布置；施工人员一般不得随意移动孔位。如因地形环境特殊，为了方便施工和节省费用，却有必要移动孔位时，必须事先征得地质人员同意，方可沿勘探线方向前后移动适当距离。

b. 地盘的方位

通常是依据钻孔的方位而决定。直孔对地盘没有方位的要求，只要能够满足布置全套设备，并力求做到施工方便、减少土石挖方量，同时要注意和考虑当地的季节、风向对钻塔的作用于影响。如：夏季可使塔门对正主导风向；秋冬季节应采用钻塔一角或无门的一侧迎着主导风向。对于斜孔，则应根据钻孔的方向，使地盘的纵向（长轴方向）中心线与钻孔方位线垂直。

②确定场地规格、面积的依据及要求

地盘的规格、面积是依据施工机械设备的类型、冲洗液循环系统布置以及辅助设备配置和材料的摆放等占地所确定。如果钻孔布在地质、地形条件差的位置，在不影响正常生产的前提下，应尽量减少地盘的面积，以降低消耗和减少费用；在平原地区施工也要尽量少占农田。

③修筑地盘注意事项

修筑的地盘要做到平坦和牢固，在不同的场地上修筑地盘应注意以下几点：

水平地盘：虽然平整工作比较简单，但应做到修筑的地盘要坚实，周围要挖出排水沟。

山坡地盘：可采用削高填低的平整方法，并做到如下要求：

a. 场地削坡要求

靠山坡一侧，若岩石坚硬稳固，其坡度一般控制为 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ ；特别松散时应不大于 45° 。要清除活动石块。

b. 场地填方要求

填方面积不得超过地盘面积的 $1/4$ ，且填方部分要夯实；必要时可砌墙，以防坍塌或溜方。

在悬崖下修建地盘时:

在清除坡上活石的同时,还要在离厂房 3~5m 的上方开挖一条积食沟,以防活石落下伤人或砸坏设备器材。

在河滩或山沟修建地盘时:

应将地盘的纵长方向与水流方向平行(斜孔除外),并在地盘外围修筑简易拦河坝或排水沟,以防山洪侵袭和场地积水,条件允许时,要尽量避开雨季施工。

平整地盘遇坚硬岩石时:

需进行爆破作业,应在当地公安机关备案并严格执行有关爆破作业安全规定。

(2) 面积体积计算

①面积计算

场地面积=长×宽

②体积计算

a. 三棱柱体积= $1/2$ (长×宽×高)

b. 梯形棱柱体积= $1/2$ (上顶面积+下底面积)×高

(3) 施工场地验收

①丈量长宽

a. 场地长度

指以钻孔为基准中心,在钻孔场地的长轴方向上,与其垂直的两外边线之间的距离。多用钢圈尺或皮尺进行丈量;以 m 作计量单位。

b. 场地宽度

指在钻孔场地的短轴方向上,与其垂直的两外边线之间的距离。采用钢卷尺或皮尺进行丈量;以 m 作计量单位。

c. 场地高度

指在钻孔场地的长轴、短轴方向上,由填方的最低水平线处至挖方的最高水平线处的距离。可用直尺、钢卷尺或皮尺等量具进行丈量;以 m 作计量单位。

②平整度检测

用一根 $\phi 10\sim 12$ 的透明塑料管盛入清水,并排除水中的空气;将其一端固定于场地中央的一点,另一端绕其四周转动,分别在各个方向定点停留、观测出各测点透明塑料管内水泡的变化,以此比较、确定各观测点场

地的位置高差程度情况。

2) 设备安装

钻探设备的安装是完成钻探生产任务的基础,安装工作的质量将直接影响到钻探生产的质量和效率,如果设备基础不牢或安装不符合要求,就有可能给后面的钻进工作带来各种困难,甚至会造成人身伤亡和机械设备损毁等严重事故。因此,安装工作必须做到严谨可靠,以保证钻进工作的顺利进行,并实现安全低耗和优质高效。

钻探机械包括钻机、动力机、泥浆泵等,要根据一定的技术要求,用螺栓全部固定在基台上。安装的牢固程度和位置的准确与否,将直接影响到钻探生产的整个过程。液压钻机一般采用动力机直接传动,钻机和动力机成一体安装在底座的机架上。泥浆泵有的则需要单独配备动力机,大多情况是安装于基台木上。

(1) 辅助设备安装

① 泥浆搅拌机安装

- a. 泥浆搅拌机的安装位置通常布设在钻场后部接近水源池处。
- b. 搅拌机的皮带轮与动力机驱动轮应保持平行。
- c. 泥浆搅拌机的安装应平整,四周用爬(抓)钉或螺栓与基台木进行固定。

② 拧管机安装

- a. 拧管机的安装规格尺寸如图 1-1 所示。安装时应注意使拧管机的回转中心与天车、井口中心三点成一条直线。

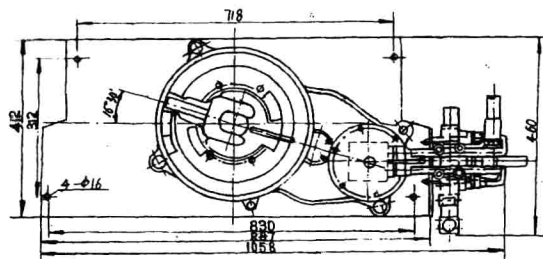


图 1-1 NY-100 型液压拧管机的安装位置图

- b. 用四根螺栓把拧管机稳固安装在基台木上。
- c. 将钻机操作阀的螺堵卸下,把拧管机上油马达的高压软管接上,同时将回油软管和漏损油管接钻机油箱相应位置上。
- d. 在接油管的过程中,严防任何污物进入油管内,并严防碰上接头

丝扣。

e. 安装后，试车运转应平稳，无卡阻，用高压油驱动时转速应达到 100 r/min 以上。

③BW-250 型泥浆泵的安装

BW-250 型泥浆泵是一种卧式往复式三缸单作用活塞泵。该泵变量范围大（35~250L/min），适用于 1500m 以内孔深的各种不同钻进方法的岩心钻进。

BW-150 型泥浆泵也是一种卧式往复式三缸单作用活塞泵。该泵变量范围大 32~150L/min，总质量（含电机）516kg，适用于 1000m 以内孔深的金刚石小口径岩心钻进。

（2）安全防护设施安装

①传动系统防护罩安装

a. 钻机卷扬防护罩

应做到连接、安装稳固，安全可靠。

b. 带传动安全护栏：在动力机与钻机、动力机与泥浆泵或搅拌机之间的皮带传动或传动轴连接位置，应安装防护栏杆或防护罩，以防意外触摸和皮带突然断裂而发生伤人事故。材料可以采用木质或金属材料制作；连接、安装应稳固，安全可靠。

②其他安全防护设施安装

a. 钻塔绷绳

钻塔绷绳的设置，是为了防止大风或其他非正常情况产生的横向荷载使钻塔倾倒，以增加其稳定性。一般 20m 以下的钻塔每个塔腿各设一根绷绳，系于塔高 3/4 处。20m 以上钻塔每个塔腿各设两根绷绳，一根系于大梁，另一根系于塔腰，绷绳一般采用直径为 12.5mm 或 15.5mm 的钢丝绳；其长度应根据钻塔高度决定，一般与地面夹角以不大于 45° 为宜。各绷绳要在四周均匀对称分布，地面埋设必须牢固；坚硬地层可用钢钎打眼，将钢钎或废钻杆与钢绳连接后插入眼内，用水泥浇筑。在松软地层则可挖不浅于 1m 的深坑；将长 1m 左右的木柱或废套管与钢绳连接后横放于坑内，填入土石并夯实。一般在绷绳靠近地面位置设一拉紧器，待地面连接牢固后将绷绳拉紧。

b. 防火设备

机场内应备有足够数量的灭火器具。如灭火器、铁锹、沙袋、防火钩

等。冬季施工时，场内安设火炉取暖，火炉烟筒要通向场房外面，烟筒与场房接触点应有绝热保护，并需设专门炉座。火炉与壁板、塔布的距离应在 0.5m 以上。

2. 泥浆制备

1) 钻孔冲洗液概述

(1) 钻孔冲洗液的功用

钻孔冲洗液是指地质钻探过程中，以其多种功能满足地质钻探工作需要的各种循环介质的总称。冲洗液的循环是通过泥浆泵来维持的。从泥浆泵排出的高压冲洗液经过高压胶管、水龙头、主动钻杆、钻杆、取芯筒到钻头，从钻头底部水口流出，以清洗孔底并携带岩屑，然后再沿钻杆柱与孔壁（或套筒）形成的环形的空间向上流动，到达地面后经循环槽、沉淀池流到泥浆池，又再进入泥浆泵循环使用。冲洗液流经的各类管件、槽池、设备构成的一整套系统，称为钻孔冲洗液的循环系统。

冲洗液是地质钻探工程不可或缺的重要组成部分；随着地质勘探工作的增加和找矿区域的不断扩大，找矿区域地层的复杂程度也相应增加，钻孔也将越来越深，钻孔冲洗液在确保安全、优质、快速成孔中起着越来越重要的作用。冲洗液最基本的功用有以下几点：

①冷却和润滑钻头、钻具

钻进过程中钻头一直在一定压力下高速旋转并破碎岩层，产生很多热量，同时钻具也不断地与孔壁摩擦而产生热量，正是通过冲洗液连续地循环作用，将产生的这些热量及时地不断吸收，然后带到地面释放到大气中，从而起到了冷却钻头、钻具，延长其使用寿命的作用。由于冲洗液的存在，使钻头、钻具均在液体内旋转，因此在很大程度上降低了钻具与孔壁的摩擦阻力；起到了很好的润滑作用。

②携带和悬浮岩粉

冲洗液最基本的功用就是通过其本身的循环，将孔底被钻头破碎的岩屑带到地面，以保持钻孔的清洁，使起下钻畅通无阻，并保证钻头在孔底始终接触和破碎新地层，不造成重复切削岩屑，保持安全快速钻进。在加单根，起下钻或因故停止冲洗液循环时，冲洗液又将孔内的岩屑悬浮在其中，让岩屑不会很快下沉，防止沉砂、卡钻、埋钻等事故的发生。

③稳定孔壁和平衡地层压力

钻孔孔壁稳定,孔眼规则是实现安全、优质快速成孔,提高岩(矿)芯采取率,防止孔斜的基本条件。性能良好的冲洗液应能借助于液相的滤失作用,在孔壁上形成一层薄而带韧性的泥皮,以稳固已钻穿的地层并阻止液相侵入孔壁地层,减弱泥页岩水化膨胀和分散的程度。与此同时,在钻进过程中还需要根据孔内情况的变化,不断调整冲洗液的密度,使液柱能够平衡地层压力,从而防止孔壁坍塌、冲洗液漏失或空难日涌水等复杂情况的发生。在石油钻进中,还可预防井喷等情况的发生。

④传递液动力

在液动冲击回转钻进,射流反循环等特殊钻探方法中,通过冲洗液传递动力,以提高钻探效率及钻探质量并且已被广泛应用。

其实,通过实践表明,作为一种优质冲洗液仅做到以上几点是不够的,上述几点只是其最基本的功用,现代成孔(成井)技术在油气钻井方面还要求泥浆必须与所钻遇到的油气层匹配,以满足保护油气层的要求,为了满足地质要求,所使用的泥浆必须有利于测井工作,不影响对地层的评价,泥浆还应对钻探人员不发生污染,对孔内钻具及地面设备不产生腐蚀或尽可能减轻腐蚀等。

(2) 钻孔冲洗液的种类

到目前为止,钻孔冲洗液分为清水、泥浆、乳状液、特殊冲洗液和空气。

①清水

钻进稳定地层时,多数时候都采用清水作钻孔冲洗液。用清水冲洗钻孔的优点是,钻进效率高,钻头冷却效果好,使用简便,劳动强度低等,因而被广泛采用。

②泥浆

泥浆是黏土分散在清水中形成的冲洗液。钻进不稳定地层或复杂地层时,无论是水敏性地层还是无胶结松散破碎地层,使用泥浆冲洗钻孔均可获得良好的护壁携砂效果,通过加入不同的泥浆处理剂,可认为调节泥浆性能,用以对付涌水,井喷、部分漏失、处理孔内事故等许多复杂情况。因此,油气井钻进几乎全部使用泥浆做冲洗液,而地质钻探钻进复杂地层时也采用泥浆做钻孔冲洗液。

③乳状液

在稳定地层采用小口径金刚石钻进,特别是金刚石绳索取心钻进稳定地层时,为了减少钻具与孔壁之间的摩擦阻力,钻具可以搞转速旋转,多

用水包油型乳状液(即乳化液)做钻孔冲洗液,或采用表明活性水溶液(即润滑冲洗液)冲洗钻孔,以期获得良好的润滑效果。

④特殊用途冲洗液

钻进盐层时使用的饱和盐水冲洗液,钻进漏失地层时采用的泡沫冲洗液,地热井钻进时使用的抗高温冲洗液等。

⑤空气

采用压缩空气清洗钻孔,有利于提高机械钻速,更适应于缺水地区及漏失地层钻进。空气钻进已在锚杆、锚索等边坡稳固,地灾治理得到广泛应用。高压空气不但能冲洗钻孔、冷却钻具,同时还作为启动冲击器的动力介质,传输动力。

(3)地质钻探队冲洗液的要求

冷却和润滑钻头、钻具,携带和悬浮钻屑,保护孔壁是钻孔冲洗液的基本作用,是对任何一种冲洗液的最起码要求。但在钻探不同的矿种,钻进不同的地层时,对冲洗液又有不同的要求,现简述如下:

①冲洗液应具有良好的冷却散热能力

冲洗液良好的冷却散热能力能延长钻头的工作寿命和提高钻进效率。使用清水、乳状液和表面活性水溶液做钻孔冲洗液时,均具有良好的冷却散热能力,使用泥浆时,尽可能采用剪切稀释作用良好的低固相泥浆冲洗钻孔,以达到对钻头具有良好的冷却散热作用的目的。

冲洗液应具有良好的润滑性

小口径金刚石钻进的特点就是钻具高速旋转以达提高钻速的目的。此时钻具的润滑就显得特别重要。因此,金刚石钻进一般均采用润滑性能良好的乳状液,表明火星水溶液和乳化(润滑)泥浆等做冲洗液。

③冲洗液应具有良好的剪切稀释作用

这有利于携带钻屑和清除钻屑。含砂量少可剪切冲洗液对钻头、钻具及泥浆泵的磨损,以及减少孔内事故,减少重复破碎以提高钻速。

④冲洗液应具有良好的护壁、防喷、防漏失等作用

对于水敏性地层产生的孔壁坍塌,应采用能抑制地层产生水敏感的冲洗液(如各种钙处理泥浆、盐水泥浆、聚丙烯酰胺泥浆等);对无胶结地层的坍塌,应采用适当黏度、失水量和比重的泥浆,以维护孔壁的稳定。对易溶地层应采用饱和盐水或饱和盐水泥浆,防止孔壁和岩心被溶解;对涌水和井喷地层,应适当增加泥浆密度以达平衡地层压力的目的,对漏失

层应减小泥浆密度，并同时调节泥浆黏度以及加入堵漏材料等。

⑤冲洗液应具有良好的抗外因干扰能力

盐侵钙侵对泥浆何乳状液的性能均有较大的影响；黏土侵增加泥浆固相，影响钻进工作；深孔高温和地热钻进要考虑温度对泥浆的影响等。遇到上述问题都得设法给与解决。

⑥冲洗液应具有良好的质量

要防止冲洗液污染矿石品质，污染油气层或压死及堵塞油气层；减少钻孔超径有利于防斜；泥浆切力不应过大，以利于测井仪器下入孔内；控制泥浆电阻率以利电测井工作的开展；冲洗液应无毒易降解，以免伤及人身安全和破坏环境；冲洗液还应不具腐蚀性或只有轻腐蚀性，以减轻对钻具、设备等的腐蚀作用等。

（4）钻孔冲洗液循环方式

人们把冲洗液比作钻探工程的血液，是血液就得产生循环才起作用。钻孔冲洗液循环分为正循环和反循环两种方式。反循环又可分为全孔反循环和孔底局部反循环。

①正循环

用正循环方式进行钻孔冲洗时，冲洗液通过水泵压送，通过孔口密封装置，从钻杆与孔壁环状间隙进入孔内，由钻头水口进入岩心管和钻杆中，再经胶管返出至冲洗液储备池中，如图 1-2 所示。

正循环钻进时，冲洗液由钻头内部（或钻头水眼）流出冲向孔底，有利于破碎岩石及排除钻屑。其循环系统结构简单，不需要孔口密封等附加装置。因此，这种循环方式在各种钻进方法中均得到广泛应用。

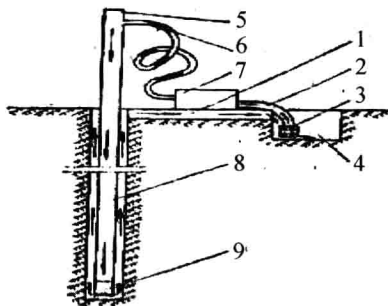


图 1-2 全孔正循环冲洗钻孔示意图

1-循环槽；2-吸水管；3-莲蓬头；4-水源箱；5-水接头；

6-高压胶管；7-水泵；8-钻杆；9-钻头

②反循环

a. 全孔反循环

全孔反循环冲洗液流的方向正好和正循环相反。冲洗液经过泵压送，通过孔口密封装置，从钻杆与孔壁环状间隙进入孔内，由钻头水口进入岩心管和钻杆中，再经胶管返回至冲洗液储备池中，如图 1-3 所示。

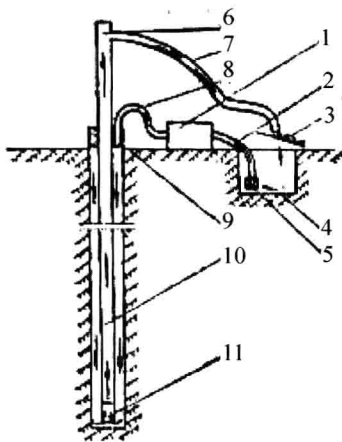


图 1-3 全孔反循环冲洗示意图

1-水泵；2-吸水管；3-岩屑；4-水源箱；5-莲蓬头；6-水接头；
7-回水管；8-高压胶管；9-孔口密封器；10-钻杆；11-钻头

全孔反循环冲钻进你时，孔口必须密封，才能使冲洗液被压入孔内，让冲洗液循环起来，起到应有的作用。孔口密封装置在保证孔口密封的同时，还必须允许钻杆柱能自由回转和上下移动。

采用全孔反循环钻进时，由于冲洗液是从钻杆内往上返至地表，冲洗液流经的断面较小，因而上返流速较高，有利于较大颗粒的钻屑带出孔外，保持孔底清洁。在大口径水井钻进，较深钻孔灌注桩施工和空气钻进中，为了能较好地带出岩屑，可采用全孔反循环方式冲洗钻孔，小口径金刚石钻进孔深较浅和隧道内水平钻孔时，也可考虑用全孔反循环冲洗钻孔，借助水力将岩心从钻杆中带出孔口，以实现反冲洗连续取心，减少提钻取心的时间，达到提高钻进效率的目的。

全孔反循环方式还作为提高岩石矿心采取率的一种措施。因为，在进行反循环方式冲洗钻孔时，冲洗液的流向与岩心进入岩心管的方向是一致的，它能使岩心管内破碎的岩心处于悬浮状态，这有利于采心率的提高。而且冲刷孔壁的负作用较小。但冲洗液流速过大时可能使岩心顺序发生颠