1　总　则

1.0.2　本条为本规范使用范围。本规范主要用于指导冶金工业建设工程钻探技术工作。

1.0.3　近年来我国冶金工业建设速度较快，从事冶金工程地质勘察和岩土施工的单位很多，所采用的技术、方法和设备也不相同，钻探施工对操作人员素质要求较高，因此，各单位在执行本规范时要制定相应的操作规程以确保钻探优质、高效、低耗、环保和安全。

1.0.4　本条强调工程地质钻探、水文地质钻探及工程钻孔施工时除严格执行本规范外，在实际工作中应遵守有关技术要求与设备使用说明。

1.0.5　由于规范的分工，本规范不可能将钻探工作中遇到的所有技术问题全部包括进去。钻探施工人员在进行钻探施工时，还需遵守其他有关规范的规定。

2　术语和符号

本章根据现行国家标准《钻探工程名词术语》GB/T 9151-1988、《术语标准编写规定》GB/T1.6-1997 和《标准化工作导则符号、代号标准编写规定》GB/T1.5-1988 编写。

3

基本规定

3.0.1　钻探工程应依据工程设计、勘察纲要、地质构造、地层特性和工程场地自然地理条件，编制钻探施工组织设计或钻探技术方案，指导钻探施工。编制钻探施工组织设计时应选择适合本工程特点的钻进工艺技术方法和设备，做到技术先进、施工效率高、质量好、节能环保，以满足地质勘察和工程设计的要求。

3.0.4　按有关规定应对钻探作业人员进行技术和操作培训，经考试合格后，持证上岗。根据新技术、新方法和新设备的发展推广，应对钻探作业人员进行专业培训，以提高其技术水平和素质。

3.0.5　钻探施工时不应污染和破坏钻场工作周边场地和植被，工程竣工后钻场应按要求进行恢复或复垦。城市作业时噪声和废浆排放应符合国家和地方的相关规定。

3.0.7　钻探施工的原始资料和技术数据是评价钻探施工质量的重要指标，也是影响工程质量的关键因素，施工人员应高度重视，认真填写施工记录和班报表，必须做到真实、准确、可靠、齐全。

3.0.10　钻探工程作业，应根据施工场地环境、作业特点和设备类型等制定相应的安全制度和措施，如防火、防洪、防雷、高空作业、孔内爆破作业等，防止对人身和设备造成安全事故。

4　钻探准备工作

4.1 编制钻探施工组织设计

4.1.1～4.1.2　编制钻探施工组织设计是钻探施工的重要技术准备工作。钻探施工组织设计编写的质量直接影响钻探施工的质量、效率、成本和安全生产。编写钻探施工组织设计除应考虑工程设计或勘察纲要、自然条件、地质特性等因素之外，还应考虑施工单位的经验、技术水平、设备条件等具体情况，并应尽可能采用新技术、新方法、新工艺。

4.2　施工场地准备

4.2.1　地基是钻探施工的基础，其修筑质量直接影响钻探施工的正常进行，因此必须高度重视，按规定修筑。

4.2.2　钻孔位置与地下构筑物、管线的距离应符合本条规定，如发现不符合规定时应及时向有关部门通报，按有关部门研究批准后的方案进行施工。

4.2.3　表 4.2.3 引自原城乡建设环境保护部部颁标准《施工现场临时用电安全技术规范》JGJ46—2005 中的第 4.1.2 条。

4.2.4　进场前的“三通一平”应注意路、桥承载能力能否适应运输需要，水压、水量是否满足施工要求，电压、电流与钻探施工设备是否匹配等。

4.3　基台与钻塔安装

4.3.3　目前使用的钻塔类型较多，本条 1-4 款只对钻塔安装的共同要求作出规定，具体安装施工时，还应遵照钻塔的安装说明书施工。

5　为防止钻塔倾倒，需要绷绳使之稳固。对桅杆式和 A 型钻塔，绷绳作为基本支承更是必不可少的构件。

4.3.4　为保证安全，避雷针的安装应符合此条规定，其数据是参考《民用建筑电气设计规范》JGJ/T16—92 中的有关规定编写的。

4.4　钻探设备安装

4.4.1　钻探设备安装应遵照说明书的要求进行。安装钻探设备时，应先安装钻机和动力机，然后根据场地条件，合理布置其它设备和材料的摆放位置。

4.4.3　对于具有液压支腿或千斤顶的钻探设备必须使用液压支腿和千斤顶固定；对于轮胎式钻探设备，轮胎不得空转和承压。

4.5　附属设备安装

4.5.1　机器的防护装置是安全生产的重要防护措施，特别是对人身安全至关重要。

4.5.2　钻探施工的用电设备种类繁多，使用环境恶劣，必须配备专业电工按有关安全用电规程进行安装、维护和拆除，并制定钻场用电规章制度，确保安全用电。

4.5.4　循环系统一般安设在靠地基低坡的一面，距塔脚的距离不小于 1m。循环槽的长度宜大于 10m，其坡度宜为 1%～1.25%。在循环系统中应设置沉淀池，以净化冲洗液。储浆池的容积应能满足钻进循环的需要。必要时安装防冻、防雨设施。

4.6　准备工作检查

4.6.1　准备工作完成后的检查，应会同有关各方进行。应重点检查修筑的地基、钻塔、钻探设备和附属设备的安装是否符合规定，孔位、开孔方位和倾角是否符合设计要求，各种安全措施是否落实等。

5　工程地质钻探

5.1 钻孔结构设计和钻进方法

5.1.1　设计钻孔结构时，除应考虑钻孔的设计深度、终孔直径、地层的地质结构与岩土性质外，还应考虑钻孔中的测试项目、取样要求、水文地质条件、施工经验和护壁堵漏技术水平。

5.1.2　钻孔直径的选择除应符合钻探工艺要求外，还应满足孔内测试及取土试样要求。工程地质钻探常用的钻孔规格为Φ150、Φ130、Φ110、Φ91、Φ75、Φ60mm。

5.1.3

1　当表层土为比较稳定的粉质粘土和粘土时，可考虑不设置孔口管，否则应设置孔口管，以确保顺利钻进。

2～4 简化钻孔结构应首先充分了解地层特性，其次考虑现有护壁堵漏技术的有效性，在有地区施工经验的情况下可不留备用孔径。

5.1.4　钻进方法选择除按表 5.1.4-1 和 5.1.4-2 考虑土层和岩石性质外，还必须考虑钻进方法对岩土层鉴别与取样段扰动的影响，以及各种方法适用的孔深与孔径等。冲击钻进包括打筒钻进、抽筒钻进和钻头冲击钻进。在粘性土层、砂土和碎石土层可用打筒钻进；遇到较薄的碎石、卵石层，可先用角锥、扁铲、圆形或十字型等冲击钻头破碎，再用打筒钻进；在有水的情况下，用抽筒捞取。

5.2　冲击钻进

5.2.2

1　开孔时应采取扶正冲击钻具、控制冲击高度等措施，防止

钻孔偏斜；

2　采用打筒钻进时，一般回次进尺应控制在 0.5m 以内（打筒钻头筒长一般为 0.5～0.6m），以防对地层产生挤压扰动。使用抽筒时，回次长度不宜超过筒长的一半。

5.3 回转钻进

5.3.1　勺钻和螺旋钻是一种传统的回转钻进方法。由于它结构简单，成本低和使用方便，在工程勘察钻进中常采用。

1　螺旋钻进适用于粘性土类，也可用于粘性土夹少量小碎石地层。

5.3.2　硬质合金钻进是岩心钻探中的一种主要钻进方法，在 1~7 级岩层中钻进具有钻进效率高、成本低、操作简单，钻孔直径和方向不受限制，钻孔质量容易保证的特点。

2　硬质合金钻进所用空白钻头体应按标准图纸加工，特殊要求的钻头，应自行设计。常用的硬质合金牌号为 YG4c、YA6、YG8 等，片状合金适用于 1~4 级软岩，柱状合金适用于 4~7 级中硬岩层，针状合金适用于自磨式钻头，钻进中硬以上研磨性岩层。

硬质合金切削具在钻头底面的排列形式有单环均布排列、多环均布排列、堆状密集排列、疏松密集排列四种，单环排列一般用于软岩层，多环和密集式排列用于较硬岩层钻进。

4

1）当有硬质合金块落入孔内影响钻进时，必须将硬质合金块捞取干净。孔内残留岩心在 0.5m 以上或有脱落岩心时，不宜下入新钻头，应采用轻压、慢转、控制水量的方法扫孔钻进，待岩心进入岩心管后，再调到正常压力、转速和泵量钻进。

3）硬质合金钻进可采用卡簧、卡料和干钻等方法卡取岩心。采用卡簧取心时，需配好卡簧与卡簧座、卡簧与岩心之间的间隙；采用卡料取心时，选好卡料的材质与尺寸；采用干钻法采取岩心时，在回次进尺终了停泵干钻 1～2min，造成岩心堵塞扭断岩心。

5.3.3　金刚石钻进是目前钻探工艺中一种比较先进的钻进方法，

具有钻进效率高、钻孔质量好、孔内事故少、钻探成本低、应用范围广等优越性。根据金刚石特性和金刚石碎岩机理，金刚石钻进参数是以高转速为主，配以适当的压力和足够的冲洗液量冷却钻头，冲洗岩粉。金刚石钻进要求钻探设备具有高转速，并配有能够及时反映钻进参数的测控装置。金刚石钻进使用管材已有国家标准。

1　在岩层进行勘察钻进施工中目前大量使用孕镶金刚石钻头；在 4～7 级岩层中钻进采用聚晶金刚石复合片（PDC）钻头可取得较长的钻头使用寿命；金刚石钻进可用于大于 91mm 的大直径勘察孔钻进。

2　表、孕镶金刚石钻头由金刚石、胎体和钻头体三部分构成，其结构参数包括金刚石质量（品级），金刚石含量（浓度），金刚石的粒度与出刃、金刚石排列、胎体性能、水道数目和形状、底唇形式等要素。

岩层愈硬、研磨性愈强，钻头选用的金刚石质量应愈高。

金刚石浓度选择应考虑岩石性质和金刚石的质量、粒度一般为 45%～125%。岩石坚硬、致密，金刚石的浓度宜适当降低；金刚石质量高、粒度细，浓度取低值。

金刚石粒度主要根据岩性来选择，岩层坚硬、致密，金刚石粒度应小。根据岩性不同，金刚石粒度宜按表 5.1、5.2 选取。

表 5.1　　表镶钻头用金刚石粒度

等级	粗粒	中粒	细粒	特细粒
粒度(粒/克拉	15～25	25～40	40～60	60～100
岩石分类	中硬	中硬～硬	硬	硬～坚硬

表 5.2　　孕镶钻头用金刚石粒度

粒度（目）	人造	> 46	46～60	60～80	80～100
	天然	20～30	30～40	40～60	60～80
岩石分类		中硬～硬		硬～坚硬	

金刚石钻头底唇面形式取决于岩石性质、钻头用途及制造工艺。多为方形、圆形和半圆形，适用于中硬至坚硬岩层；梯形和

锥形唇面具有较好的稳定性和导向性，多用于绳索取心钻进；锯齿形唇面用于硬而致密的打滑地层。

3　一般 PDC 钻头在唇面上按二环排列，重叠系数为 0.25～0.3；采用负前角镶焊，镶焊角 5°～25°，径向角 5°～10°。

4　金刚石钻进技术参数包括钻压、转速和冲洗液量。

1) 影响钻压因素很多，合适的钻压钻速较高，金刚石消耗量较少，钻头寿命较长。采用控制钻速的办法来控制钻压，原则是：钻头磨损正常，钻速平稳。当岩石坚硬、完整、研磨性弱，或所用钻头的金刚石颗粒大、浓度高、质量好时，钻头压力可适当加大；当岩石破碎、研磨性强时，钻头压力可适当减小。

2) 金刚石钻进在岩层较完整、钻具有足够强度和稳定性、配有良好润滑剂和设备能力的情况下，宜采用高转速。在中硬至硬、中等研磨性的完整岩层中钻进，一般可采用高转速；在坚硬致密的岩层中钻进，主要靠钻压破碎岩石，宜采用较低转速；在复杂地层中钻进，宜采用较低转速；在软岩中钻进效率很高时，为保证冷却和排粉，应降低转速；钻孔加深，转速相应降低；另外钻杆与孔壁间隙大时，影响钻具稳定，也不宜采用高转速。

3)冲洗液量是金刚石钻进的重要参数，影响冲洗液量的因素较多。钻进中应保证冲洗液有足够的冷却和冲洗钻头效果，冲洗液量的确定一般可按下列公式计算：

$$Q=6v_rS_1$$

式中　Q——冲洗液量（l/min）；

v_r——环状间隙冲洗液上返流速（m/s），一般取 0.4～0.7m/s；

S_1——钻孔环状断面（cm^2）。

具体使用时还应考虑下列因素：

①钻进完整、坚硬、致密岩层，钻速低、岩粉少，颗粒细，宜采用小的冲洗液量；

②钻进软、中硬的岩层，钻速较高，或易糊钻的岩层，为了快速排粉和冲洗钻头，宜采用大的冲洗液量；

③钻进研磨性强的岩层，由于转速高，摩擦产生的热量较多，宜采用大的冲洗液量；

④采用孕镶钻头钻进，由于金刚石出刃量小，唇面与孔底岩石接触面积大，过水条件差，又多采用高转速钻进，为及时冷却金刚石和胎体，避免金刚石石墨化和重复破碎岩粉，应采用较大冲洗液量。对表镶钻头，金刚石出刃量比孕镶钻头大，排粉和冷却条件较好，冲洗液量可稍小一些。

5

2）扩孔器的作用为修整孔径，防止钻头因磨损而导致钻孔直径逐渐缩小，以致新钻头下不到孔底；另外，扩孔器还有导正钻头的功效，减少钻头摆动，有利于钻头的正常工作；所以扩孔器外径必须与钻头外径相匹配，一般扩孔器外径应比钻头外径大 0.3~0.5mm。

5）金刚石钻进应经常注意泵压变化，泵压发生小幅度升降，一般表明孔底换层，应注意调整钻进参数。如泵压突然大幅度提高，表明发生岩心堵塞，应立即将钻具提离孔底，防止发生烧钻事故。如泵压突然大幅度下降，多为钻杆折断或脱扣，应马上处理，应严防送水中断和钻具中途泄漏。

6）孔底有硬质合金碎屑、胎块碎屑、脱落岩心和掉块等异物时，应立即采取冲、捞、抓、粘、套、磨和吸等方法清除。

5.3.4　金刚石绳索取心钻进

1　金刚石绳索取心钻进是目前较先进的钻探工艺，它可以使起钻间隔时间延长，减少升降作业辅助时间，这种优点在深孔时表现得特别明显，在破碎岩层中绳索取心钻进可以随时捞取岩心，进而提高了取心质量 ，因此绳索取心钻进具有钻进效率高、钻探质量好、孔内安全、劳动强度和钻探成本低等优点，目前较广泛用于钻探生产中。

2　绳索取心钻头由于壁厚增加，其底唇面积比普通金刚石钻头的底唇面积大，因此钻压相应比普通金刚石钻进规定参数适量增加。

3

4）钻孔为干孔时严禁采用自由降落方式投放内管，应采用带脱卡套的打捞器将内管送入孔底，或向钻杆内注满冲洗液后立即投放内管。

5.4 地下水位观测

5.4.1～5.4.2 该两条规定是引自《岩土工程勘察规范》 GB50021。

5.5 钻孔止水与封孔

5.5.1 临时止水方法有桐油石灰止水、海带止水、橡胶制品止水。桐油石灰止水适用于松散地层与较稳固的隔水层；海带止水、橡胶制品止水，适用于完整的基岩孔或分层抽水试验孔；永久止水方法有粘土止水和水泥止水。

5.5.2 止水质量检查可选用水位差检查法、泵压检查法和食盐扩散检查法。

5.5.3 为了获得各含水层准确的稳定水位，应采取措施将止水套管封闭严密，有效隔离相应含水层。

5.5.4 泥浆柱封孔用于封闭未揭露含水层的浅孔；粘土封孔用于封闭揭露了含水层的钻孔，水泥浆封孔用于含水层位于含矿层的顶板或底板，以及钻孔穿过自喷承压水层时的钻孔。

6 水文地质钻探与水井施工

6.1 钻孔结构设计与钻进方法选择

6.1.1 水文地质钻探是以水文地质勘察为目的的钻探工作。水井施工是以开发利用地下水资源为目的的钻探工作。

钻孔施工前，必须根据钻孔目的、用途和地层情况，在满足施工任务书要求的前提下，进行钻孔结构设计，即绘制出钻孔结构剖面。钻孔结构剖面的内容应包括：

1） 钻孔总深度和分段深度；

2） 钻孔各段直径及井口管、井壁管、滤水管的直径、长度、类型；

3） 管外填砾、止水及封闭材料的位置。

合理的钻孔结构设计，不但可节省各种材料，减少动力消耗，而且能保证高效、优质钻进与成井，满足地质设计各项技术质量要求。钻孔结构宜参考表 6.1。

表 6.1 水文水井钻孔（井）结构

钻孔分类	钻孔目的、用途	地层条件	钻孔结构
水文地质孔	了解含水层埋深、厚度、结构等。进行抽水试验，了解地下水的水位、水量、水质和水温等资料，作出水文地质评价	第四纪地层	钻孔孔深小于 200m 时，滤水管直径一般不小于 127mm；孔深大于 200m 时，滤水管直径不小于 108mm。钻孔孔径一般比滤水管直径大 150～200mm，以便填砾
		上部第四纪下部基岩	只进行基岩裂隙或岩溶地下水抽水的钻孔，上部采用套管封隔止水，下部视岩层稳定情况，采用裸眼或逐级下入套管或滤水管，无需填砾。滤水管直径大于 108mm

		基岩地层	上部下入孔口管封闭，下部视基岩稳定情况，可采用裸眼或下入套管及滤水器
水文地质长期观测孔	通过钻孔定时测定地下水位，了解大面积范围内地下水动态变化	第四纪地层和基岩地层	需下入井管壁（观测管）和滤水管 观测管直径 50～108mm 滤水管直径 50～108mm 填砾间隙 50～100mm
探采结合孔	在干旱、缺水地区，利用水文地质勘察孔改建成供水井	第四纪地层和基岩地层	按“探采结合” 的原则，在完成勘察任务后扩孔成井，满足供水要求；或开始成井时，就采用大口径取心钻进，并按成井要求进行，其滤水管直径一般不小于 146mm。上部井壁管直径按下入泵的直径确定，其直径比泵公称直径大一级（50mm）以上
供水井	在已取得水文地质资料后，为供水而建造的管井	第四纪地层	用于 60～100m 以内的浅井，可一径成井，一种管径；中深管井，上部大径安装抽水设备，下部为采水通道，可用两径成井，两种管径；深井或地热井，可用三径或两径成井，三种或两种管径
		上部第四纪 下部基岩	上部为不取水覆盖层或不稳定岩层，采用套管封闭，下部稳定岩层采用裸眼，不稳定岩层则安装滤水管；上部为取水覆盖层，应下填砾滤水管，下部稳定基岩裸眼，下部不稳定基岩则安装条缝滤水管
		基岩地层	上部下入孔口管封闭，下部视岩层稳定情况，可采用裸眼成井或安装井壁管和滤水管

在水文水井钻探中，通常对钻孔的划分是：孔深 100m 以内为浅孔，100～300m 之间为中深孔，300m 以上为深孔。

6.2 冲击钻进

6.2.1 水文水井冲击钻进是指直径一般在 250～600mm 的全面碎岩的纲绳冲击钻进。该方法主要靠钻具下落产生的冲击能量破碎岩石，因此适用范围有一定的局限性，如在坚硬基岩中钻进效率低，只能进行直孔施工等。但在第四纪砾、卵、漂石为主的地层中进行大直径水文、水井浅孔钻进时，具有其它钻进方法无可比拟的优越性。

6.2.2 冲击钻进中，影响钻进效率的钻进技术参数包括单位钻头刃长的钻具质量、冲击高度、冲击次数和回次进尺，这些参数应根据岩层性质而定。

1 冲击钻头质量，可按式（6.1）计算确定：

$$M = PL/g \qquad (6.1)$$

式中 M——冲击钻头质量 （kg）；

P——底刃线压力（N/cm），见正文表 6.2.2；

g——重力加速度；

L——底刃总长 （cm）

对多刃冲击钻头，底刃分布原则是：冲击动能的分配应充分考虑钻头外缘部分的冲击破碎需要及底刃的磨损状况，外缘冲击破碎面积大，底刃数量应比内缘至少多一倍。

2 冲程和冲击频率的关系见公式（6.2）：

$$f = k/s^{1/2} \qquad (6.2)$$

式中 f —— 冲击频率（次/min）；

s —— 冲程（m）；

k —— 系数，k=47～51。

冲击频率与冲程宜按表 6.2 选择。

表 6.2 冲击频率与冲程

S（m）	f（次/min	S（m）	f（次/min	S（m）	f（次/min
1.5	34～38	1.1	48～52	0.78	58～60
1.2	40～44	0.95	50～54	0.50	62～64

冲击钻进的钢丝绳工作中要承受较大的变动荷载，钢丝绳总拉力可按式（6.3）计算：

$F_1 \geqslant 9.806\ r_1 kM$ （6.3）

式中 F_1 —— 钢丝绳总拉力（kN）

r_1 —— 钻具在孔内的阻塞系数，r_1=1.2～1.5；

k —— 安全系数，k=1.5；

M —— 钻头质量（kg）

6.2.3 冲击钻具在频繁冲击中承受复杂的载荷，易产生疲劳破坏，造成钻具脱落，所以，钻具的牢固连接和可靠的防断脱措施，是保证正常钻进的前提。

2 当采用活心钢丝绳接头，钢丝绳与活套之间宜用铅锡合金浇铸，或用尖楔楔紧。

1） 采用合金浇铸，应将钢丝绳铸焊部分清污后浇铸，冬季浇铸时，先将活套与钢丝绳进行预热处理，浇铸后的活套必须经过冷却后使用；

2） 采用尖楔楔紧时，应检查尖楔的完好程度，尖楔表面加工横向细槽以增大摩擦。

当采用活环钢丝绳连接，应使用钢丝绳导槽，钢丝绳卡子必须卡紧。其数量不得少于 3 个，相邻的卡子反向卡牢。

6.2.4

1 清水护壁钻进是冶金勘察系统 30 多年来经实践证明行之有效的钻进方法。为保持地层原有水文地质条件和特性，在地层条件允许的条件下，应优先采用。清水钻进操作要点是始终保持孔内一定的液面高度，即用水头的侧向压力平衡井壁，以保持孔壁的稳定。

2 在松散、易坍塌且漏失严重地层，清水无法钻进时，应采用泥浆护壁钻进。泥浆性能应根据钻进地层的具体情况进行调整。松软粘土层，泥浆粘度宜在 20s 以内；砂砾、卵石等松散层宜采用 25s 左右的泥浆；当钻孔漏失严重时，适当加大泥浆的粘度。

3 采用套管护壁时，螺纹连接的套管，管扣必须拧紧；采用电焊连接的套管，管口必须平整，焊缝必须牢靠，并保证连接

的同心度。当采用边掏边跟管的方法，套管不能自由跟进时，可采用锤击下管，但锤击下管深度不能超过钻进深度。

8 对有供水意义的含水层或构造带，规定不得采用直接投入粘土块或粘土球的护壁堵漏方法，这是《供水水文地质勘察规范》GB50027 的要求，也是为防止堵塞渗水通道，破坏原地层的水文地质条件。

6.3 回转钻进

6.3.1 回转钻进是水文水井钻探的一种主要钻进方法。回转钻进所用钻杆、套管、岩心管、钻铤等管材应按国家现行标准《水文水井钻探管材》GB9808 选用。

6.3.2 硬质合金取心钻进适用于 4 级以下软岩层和部分均质 5～6 级中硬岩层，在非均质中硬岩层及卵砾石地层中钻进效率较低。

硬质合金钻进技术参数的正确选择，对提高钻进效率、降低材料消耗和防止孔内事故具有重要影响。

钻进时作用在钻头上的轴向压力（钻压）被镶嵌在钻头底唇上的合金切削具所分担，钻压的大小不能超过每颗合金所能承担压力。考虑到大直径合金钻进时孔内阻力较大、钻具振动等因素，采用钻杆加压时，每颗合金上的压力宜选用表 6.3.2－3 中的下限值。

泵量的大小理论上应根据有效排粉所需泵量确定，即使孔内冲洗液上返速度达到 0.2～0.3m/s。正循环合金钻进时，合理的冲洗液量可按下式计算：

$$Q = \frac{\pi(D_0^2 - d^2)}{4} V_r \times 60 \times 1000$$

$$= 47123(D_0^2 - d^2)V_r$$

式中 Q —— 冲洗液量（L/min）；

V_r —— 钻杆与孔壁间隙中冲洗液上返速度（m/s）；

D_0 —— 钻孔直径（m）；

d —— 钻杆直径（m）。

按公式计算，以采用Φ89钻杆为例，取 V_r 值为0.2～0.3m/s，当钻孔直径为225mm时，合理的冲洗液量Q值为403～604L/min；若钻孔直径为430mm时，Q值为1668～2502L/min。对大直径水井正循环钻进，冲洗液上返速度 V_r 值应大于0.3～0.4m/s，因此所需泵量更大。但是，目前国内水文水井钻探设备和钻杆，还达不到大口径清水正循环钻进排粉所需的泵量，一般多为悬浮岩粉，必须借助取粉管、捞砂筒等配合排除岩粉。条文中公式 Q＝KD 是经验公式。

6.3.3

1 取心钻进需频繁地升降钻具，尤其在钻孔较深的情况下，辅助作业占的比重更大，此时采用全面钻进可提高施工效率。所以在地质情况清楚，不需取心勘探时，宜采用全面钻进。

2 正循环全面钻进包括翼片钻头钻进和牙轮钻头钻进。翼片钻头钻进参数选择如下：

钻压宜按钻头直径单位长度选取，一般为0.3～0.8kN/cm，实施中应根据翼片多少、地层特性和设备能力确定；钻头转速宜根据钻头外缘线速度确定，线速度一般为1.9m/s左右；正循环泵量应维持冲洗液上返流速不小于0.25～0.3m/s。

牙轮钻头以冲击压碎和剪切碎岩为主，因此大钻压低转速是其钻进特点。组合牙轮钻头钻压宜按钻头直径单位长度选取，一般为0.5～1.0kN/cm，实施中应根据牙轮多少、岩层特性和设备能力确定；钻头转速宜按下式确定：

$$n=kd/D$$

式中：n——钻头转速（r/mim）；

k——系数，一般取100～150；

D——钻头直径（mm）；

d——边刀牙轮直径，当D＞1000mm时，d取190mm；当D≤1000mm时，d取130mm。

牙轮钻头钻进正循环钻进泵量应维持冲洗液上返流速不小于0.25～0.3m/s。

滚刀钻头钻进一般用于大直径孔反循环钻进，与牙轮钻头钻进相比需要更大的钻压。滚刀钻头钻压宜按每把滚刀所需压力选取，一般每把滚刀所需压力为10～20kN；为防止滚刀自转速度过快，影响其寿命，转速以控制钻头边刀刀刃最大线速度来确定，一般钻头边刀刀刃最大线速度不大于1.5m/s，即钻头外缘线速度不大于1.5m/s。

在粘性土层钻进时应采用大泵量冲洗钻头和排粉，必要时提动钻具，以防泥包钻头。

6.3.4 扩孔钻进是指先用小直径钻头钻进，后分级扩大孔径的施工。

1 扩孔钻进一般用于因钻探设备能力不足，或探采结合孔的勘探孔径满足不了开采的需要，或因地层复杂为保证取心质量等情况。

2 粘性土、砂土类地层和软岩宜选用多翼螺旋扩孔钻头；粘性土、粘性土含砾石、礓石及软岩等地层宜选用多级翼片和阶梯扩孔钻头；第四纪松散层和软岩宜选用玉米式扩孔钻头；岩层宜选用牙轮（滚刀）扩孔钻头。

6.4 反循环钻进

6.4.1 反循环钻进是一种高效、先进的钻进方法，其优越性在松软地层大直径孔钻进更能体现。该方法不仅可以用于回转钻进，而且可用于冲击钻进。

6.4.3～6.4.4 反循环钻进的关键是保持冲洗液循环不中断和适当的上返流速，冲洗液的选择视地层情况而定。

6.4.5 泵吸反循环中，冲洗液是借助砂石泵的抽吸作用形成循环，并经过泵体将含钻屑的冲洗液排出，因此砂石泵必须有良好的真空度，有比钻杆内径大的过水通道。为了维持冲洗液连续循环和

适当的上返流速，在钻进中应控制钻压和钻进速度，即控制冲洗液中的岩屑含量，防止管路堵塞。一般岩屑含量控制在5%～8%。但深井硬岩清水钻进，岩屑含量可控制在3%以内；浅井软岩泥浆钻进，岩屑含量可控制在10%～15%。

6.4.6　射流反循环中，射流泵中的高速射流可用高扬程离心泵或往复泵输入高能流体产生，也可用空气压缩机输入压缩空气。射流泵与砂石泵相比，磨损小，无运动件，能自吸。但射流反循环钻进功率损失大，随孔深的增加，排渣能力逐渐下降，适合浅孔钻进。

6.4.7　气举反循环在开孔孔段因在钻杆内外形不成足够的压差，不足以形成反循环，所以不适用于非常浅的钻孔钻进。孔深增加后，只要相应的增加供气量和供气压力，冲洗液在钻杆内外就能形成足够的压差，获得理想的上升流速，从而得到较高的钻进效率，用于深孔钻进。冶金勘察系统独创的悬挂风管式气举反循环钻进方法，经二十多年的应用证明是成功的、有效的，本条予以选入。气举反循环气水比宜为1.4—1.7；风量参照下式计算：

$$Q=(120—144)dV_r$$

式中　Q——空压机送风量（m^3/min）；

d——钻杆直径（mm）；

V_r——钻杆内流体上返速度（m/s）。

6.5　气动冲击回转钻进

6.5.1　用压缩空气既作为冲洗介质，又作为驱动孔底冲击器的动力源而进行的冲击回转钻进，称气动冲击回转钻进，即潜孔锤钻进。潜孔锤钻进在水文水井钻探中发展很快，应用越来越广，其原因是潜孔锤钻进具有如下特点：

1）　钻进效率高。特别是在坚硬岩层中，比回转钻进效率提高几倍甚至几十倍；

2）　钻头寿命长；

3）　钻压小，有很好的防斜效果。

潜孔锤钻进在国外（如美国）已普遍采用，国内经多年试验，也证明是一种高效率的优良钻进方法，在硬岩钻进中很有推广价值。

6.5.2　空压机的风量和风压，首先，应保证潜孔锤正常工作所需要的风量与风压；其次，空压机的风压还应考虑钻孔深度和地下水位情况等，风量应保证钻孔环状间隙有足够的上返流速；第三，增大供风风量和风压可增加潜孔锤的频率和冲击功，因而提高破岩效率。

6.5.4　潜孔锤钻进的钻压主要作用是为保证钻头齿能与岩石紧密接触，克服潜孔锤及钻具的反弹力，以便有效地传递来自潜孔锤的冲击功。钻压过小，难以克服潜孔锤工作时的背压和反弹力，直接影响冲击功的有效传递；钻压过大，将会增大回转阻力和使钻头磨损加快。因此，钻压的合理选择应根据岩石性质、钻进方式（全面钻进或取心钻进）、潜孔锤性能（如低风压还是中高风压，因工作压力的不同而背压不同）、设备性能综合考虑。对于潜孔锤全面钻进，一般认为钻头单位直径的压力值为0.30～0.9kN/cm，而对于潜孔锤取心钻进，实践资料较少，根据相关试验资料，在软至中硬岩层钻头单位面积钻压为0.041～0.068kN/cm^2。

潜孔锤钻进主要是冲击碎岩，钻头转速仅仅是为了改变冲击刃具的碎岩位置和排粉效果，避免重复破碎。因此，合理的转速应保证最优的冲击间隔。美国水井学会(N.W.W.A)康伯尔认为，潜孔锤旋转存在着最优转角，其值为11°，转速与冲击频率的关系是：

$$n=Af/360 \qquad (6.5.4)$$

式中　n——钻头转数（r/min）；

A——最优转角，取11°；

f——冲击频率（次/min）。

最优冲击间隔的最优转角应与岩石性质、钻头冲击刃的分布、冲击功大小等有关。国内实践表明，潜孔锤钻进转速一般为10～50转/分，对于硬岩层选用较低转速，对于软岩层选用较高转速。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：

https://d.book118.com/917050103166006134