ICS 93.020
P 13

SL

中华人民共和国水利行业标准

SL 291—2003

水利水电工程钻探规程

Code of practice in drilling for water resources and hydropower engineering

2003-09-27 发布　　2004-01-01 实施

中华人民共和国水利部　发布

中华人民共和国水利部

关于批准发布《水利水电工程钻探规程》SL 291—2003的通知

水国科［2003］430号

部直属各单位，各省、自治区、直辖市水利（水务）厅（局），各计划单列市水利（水务）局，新疆生产建设兵团水利局：

经审查，批准《水利水电工程钻探规程》为水利行业标准，并予发布。标准编号为SL 291—2003，在水利行业代替原《水利水电工程钻探规程》DL 5013—92。

本标准自2004年1月1日起实施。

标准文本由中国水利水电出版社出版发行。

二〇〇三年九月二十七日

前　言

根据水利部水利水电规划设计管理局（水总局科［2001］1号）文件和《水利技术标准编写规定》（SL 1—2002）。对《水利水电工程钻探规程》（DL 5013—92）进行修订。

《水利水电工程钻探规程》共13章45节163条和3个附录，主要包括以下技术内容：

水利水电工程钻探的目的、适用范围和施工的依据。水利水电工程钻探术语、钻探方法、岩芯和原状样采取方法、冲洗液和护壁堵漏、钻探质量、孔内事故处理、水上钻探、冰上钻探和安全生产。

本次修订的主要内容有：

——对结构进行了部分调整；

——增加了前言的基本信息内容；

——增加了术语和符号、钻孔取原状样和取样器、空气潜孔锤钻进、钻探安全生产和附录C；

——对总则、钻探方法、冲洗液和护壁堵漏、大口径钻探、钻探质量、孔内事故预防和处理等内容进行了修订；

——取消了钢粒钻探、特种钻探、钻探机械的使用与维护；

——增加了标准用词说明；

——改变了附录A、B。

本标准中3.3.2第2款，4.3.2，4.3.4，8.3.1第1、2款，8.4.1，8.5.5第5、6款，12.3.1，12.3.2，12.4.1，13.1.3，13.2.1第2、3款，13.2.4第3款，13.3.1第1、4、5、6款，13.3.2第3款，13.3.3第3款，13.5.3第1、2款，13.5.4第1、2款为工程建设强制性条款，采用黑体字印刷。

本标准所替代标准的历次版本为：

DL 5013—92

本标准批准部门：**中华人民共和国水利部**

本标准主持机构：**水利部水利水电规划设计总院**

本标准解释单位：**水利部水利水电规划设计总院**

本标准主编单位：**水利部东北勘测设计研究院**

本标准参编单位：**水利部湖南省水利水电勘测设计研究院**

本标准主要起草人：**孙志峰　路殿中　冯　宏　庄景春**

彭春雷　卢丽莎　田　野　王文琦

本标准审查会议负责人：**关志诚**

本标准体例格式审查人：**牟广丞**

目　　次

1　总则 …… 1
2　术语和符号 …… 2
2.1　术语 …… 2
2.2　符号 …… 4
3　钻探准备工作及开孔 …… 5
3.1　一般规定 …… 5
3.2　钻探设备的使用与维护 …… 5
3.3　修建钻场、设备安装和拆迁 …… 6
3.4　开孔与止水 …… 6
4　覆盖层及特殊地层钻探 …… 8
4.1　回转钻探 …… 8
4.2　冲击钻探 …… 8
4.3　孔内爆破 …… 10
4.4　钻孔取样 …… 10
4.5　岩溶地层及滑坡区钻探 …… 12
5　硬质合金钻探 …… 13
5.1　钻头的选择和使用 …… 13
5.2　钻进技术参数及要求 …… 15
6　金刚石钻探 …… 16
6.1　管材和钻具 …… 16
6.2　钻头、扩孔器的选择与使用 …… 16
6.3　钻进技术参数 …… 18
6.4　钻进技术要求 …… 19
6.5　绳索取芯钻探 …… 20
7　空气潜孔锤钻探 …… 22

7.1 一般规定 …… 22
7.2 钻进参数的选择 …… 22
7.3 钻进技术要求 …… 23
8 水上钻探 …… 25
8.1 一般规定与钻场类型 …… 25
8.2 漂浮钻场 …… 26
8.3 钢索桥钻探 …… 27
8.4 冰上钻探 …… 28
8.5 近海钻探 …… 28
9 大口径钻探 …… 31
9.1 钻进方法和钻探设备技术参数的选择 …… 31
9.2 准备工作 …… 31
9.3 钢粒钻进 …… 32
9.4 全断面反循环钻进 …… 33
10 冲洗液和护壁堵漏 …… 35
10.1 冲洗液 …… 35
10.2 护壁堵漏 …… 37
11 孔内事故预防和处理 …… 40
11.1 孔内事故预防 …… 40
11.2 孔内事故处理 …… 41
12 钻探质量 …… 42
12.1 岩芯、土样和水样的采取 …… 42
12.2 钻孔弯曲与孔深校准 …… 46
12.3 封孔与长期观测装置的安装 …… 47
12.4 原始报表 …… 48
12.5 竣工验收 …… 48
13 钻探安全生产 …… 49
13.1 一般规定 …… 49
13.2 钻进安全规定 …… 49
13.3 大口径钻进安全规定 …… 50

13.4 水上钻探安全规定 …… 51
13.5 其他方面安全规定 …… 52
13.6 环境保护安全规定 …… 53
附录 A 岩芯钻探岩石可钻性分级表 …… 54
附录 B 岩芯钻探班报表 …… 56
附录 C 岩芯牌 …… 58
标准用词说明 …… 59
条文说明 …… 60

1 总　　则

1.0.1 为提高水利水电工程钻探质量和效率，降低生产成本，确保安全生产，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程地质钻探工作。

1.0.3 钻探工作以查明地质条件为目的，应以地质勘测大纲或钻孔任务书为依据进行准备和施工。

1.0.4 在执行本标准时，各勘测单位可根据实际情况，制定实施细则。

1.0.5 本标准的引用标准主要有以下标准：

——《钻探工程名词术语》(GB 9151—88)

——《爆破安全规程》(GB 6722—1986)

——《金刚石岩芯钻探用无缝钢管》(YB/T 5052--93)

——《金刚石岩芯钻探用管材螺纹》(DZ 1.1—84)

1.0.6 水利水电工程钻探除应符合本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术　语

2.1.1 钻进　drilling

钻头钻入地层或其他介质形成钻孔的过程。

2.1.2 钻探　drilling

为探明地下资源及地质情况的钻进。

2.1.3 岩芯钻进　core drilling

以采取圆柱状岩（矿）芯为目的的钻进方法与过程。

2.1.4 金刚石钻进　diamond drilling

利用金刚石钻头破岩的钻进。

2.1.5 硬质合金钻进　tungsten-carbide drilling

利用硬质合金钻头破岩的钻进。

2.1.6 绳索取芯钻进　wire-line core drilling

利用带绳索的打捞器，以不提钻方式经钻杆内孔取出岩芯容纳管的钻进技术。

2.1.7 反循环钻进　reverse circulation drilling

携带岩屑的冲洗介质由钻杆内孔返回地面的钻进技术。

2.1.8 冲击钻进　percussion drilling

借助钻具重量，在一定的冲程高度内，周期性地冲击孔底破碎岩石的钻进。

2.1.9 回转钻进　rotary drilling

靠回转器或孔底动力机具转动钻头破碎孔底岩石的钻进。

2.1.10 钻孔顶角　drift angle of drilling hole

钻孔轴线上某点沿轴线延伸方向的切线与垂线之间的夹角称为钻孔该点的顶角。

2.1.11 钻孔倾角　dip angle of drilling hole

钻孔轴线上某点沿轴线延伸方向的切线与其水平投影之间的

夹角称为钻孔在该点的倾角。

2.1.12 方位角　　azimuth of drilling hole

在水平面上，自正北向开始，沿顺时针方向，与钻孔轴线水平投影上某点切线之间的夹角为钻孔在该点的方位角。

2.1.13 岩石可钻性　　rack drillability

岩石被碎岩工具钻碎的难易程度。

2.1.14 冲洗液　　drilling fluid

钻进中用来冷却钻头、排除岩粉的流体。

2.1.15 泥浆　　mud

粘土颗粒均匀而稳定地分散在液体（水或油）中形成的分散体系。

2.1.16 潜孔锤　　down the hole hammer

利用水或空气作为动力源的孔底冲击器。

2.1.17 取土器　　soil sampler

采取原状土样使用的工具。

2.1.18 钻压　　weight on bit（WOB），bit press

沿钻孔轴线方向对破岩工具施加的压力。

2.1.19 转速　　rotary speed

单位时间内破岩工具绕轴线回转的转数。

2.1.20 冲洗液量　　flow rate，pump discharge

单位时间内泵入孔内的冲洗液体积。

2.1.21 烧钻　　bit burnt

钻进时因冷却不良或无冲洗液流通，使钻具下端与孔底岩石、岩粉和孔壁烧结在一起的孔内事故。

2.1.22 掉钻　　falling bit

钻进中遇空洞钻头突然快速下落的现象。

2.1.23 岩芯采取率　　core recovery percent

由钻孔中取出的岩芯长度与相应实际钻探进尺的百分比。

2.2 符　　号

n——钻头转数，r/min；

D——钻头直径，mm；

c——滚刀大头直径，mm；

f——冲击频率，Hz；

A—— 最优转角，(°)；

θ——钻孔顶角，(°)；

β——钻孔倾角，(°)；

α——钻孔方位角，(°)；

F——钻头压力，kN；

Q——冲洗液量，L/min。

3 钻探准备工作及开孔

3.1 一 般 规 定

3.1.1 钻探施工前，应根据地质勘测技术大纲或钻孔任务书的要求和踏勘情况，编制施工组织设计。

3.1.2 钻进方法应根据地质结构特点、岩石可钻性和地质技术要求等进行选择，并应符合表 3.1.2 的规定。岩石可钻性等级应按附录 A 的规定确定。

表 3.1.2 常 用 钻 进 方 法

钻 进 方 法	岩石可钻性等级和特点
表镶金刚石回转钻进	4～11 级，较完整均一岩层
孕镶金刚石回转钻进	4～12 级，较破碎不均一岩层
金刚石冲击回转钻进	9～12 级，坚硬打滑岩层
硬质合金钻进	1～7 级，软、中硬岩层
硬质合金冲击回转钻进	5～8 级，中硬岩层
冲击钻进	1～5 级，松散地层
空气潜孔锤钻进	4～12 级，较完整均一岩层

3.1.3 钻探设备应根据钻孔深度、孔径、倾角、地质结构特点和钻进方法等因素进行选择。

3.2 钻探设备的使用与维护

3.2.1 钻探设备应按随机说明书或有关技术资料进行使用和维护保养，保证钻探设备经常处于良好技术状态。

3.2.2 钻探设备的使用和检修应填写使用检修记录，并与设备档案一起保存。

3.2.3 应经常保持钻探设备清洁和润滑部位的润滑良好。

3.3 修建钻场、设备安装和拆迁

3.3.1 修建钻场应符合下列要求：

1 钻孔孔位必须符合地质任务书要求，应避开地下设施和构筑物，应考虑施工的安全和方便，钻孔定位后不得擅自移位。

2 钻场地基应坚实，钻场位于松软岩层上时应挖好排水沟。

3 钻场位于斜坡上时，填方部位不得大于地基面积的1/3或者采用桁架式钻场。

4 修建钻场时应建好冲洗液循环系统。

5 雨季时，根据地形条件，对钻场应采取加高地基或开挖排水沟、建防洪堤等保护措施。

3.3.2 钻探设备安装和拆迁应遵守下列规定：

1 设备安装应稳固、周正、水平，各类连接螺栓应加垫固紧。各传动轮必须对线，钻孔中心与立轴和天车前沿应在同一条直线上。

2 竖立和拆卸钻架应在机长统一指挥下进行。立放钻架时，左右两边设置牵引绷绳以防翻倒，严禁钻架自由摔落。滑车应设置保护装置。轻型钻架的整体搬迁，应在平坦地区进行，高压电线下严禁整体搬迁。

3 钻架架腿应压住钻机枕木。

4 安装斜孔钻架，前两腿与水平面夹角应小于钻孔设计角度2°～5°，而后腿应与水平面呈77°～83°的夹角。天车位置应稍高于钻孔中心延长线。

5 拆卸机械时，严禁猛敲乱打。解体后，零部件的孔眼应堵严，仪表油管、螺钉、螺母等小件应装回原位或妥善保管。

3.4 开 孔 与 止 水

3.4.1 开孔应遵守下列规定：

1 开孔应按钻孔结构设计进行。

2 开孔时应随时校正钻孔的顶角和方位角，使之符合设计

要求。

3 开孔应逐渐加长钻具钻进，套管宜下入完整基岩内 0.5m。

4 下入孔内的套管管脚宜固定，连接螺纹应采用粘接剂粘牢。

3.4.2 孔口管管脚止水应符合下列规定：

1 孔口管下入位置：一般松软岩层应下入隔水层中，基岩要下入较完整的相对隔水层中。地表水不得流入钻孔内，冲洗液不得漏失。

2 有止水技术要求的孔口管管脚应采用水泥止水。

3 常用的止水材料可选择粘土、水泥 、胶塞等。

4 覆盖层及特殊地层钻探

4.1 回 转 钻 探

4.1.1 泥浆护壁硬质合金钻进应遵守下列规定：

1 应适用于土层。

2 应选择双管钻具取芯，退出岩芯应采用水压法。

3 应采用肋骨钻头，加大内出刃 3mm，钻具长度小于 3m。

4 钻进应保持充足的冲洗液量和较高的钻进速度。

5 采用低失水量泥浆，钻进中发生孔内造浆或稀释时，应及时调整泥浆指标。

6 回次钻进终了时，可干钻 100mm～150mm 卡取岩芯。

7 在粘土和泥岩地层可采用普通单管钻具钻进，深孔应采用投球单管钻具。

4.1.2 套管护壁硬质合金干钻应遵守下列规定：

1 应适用于砂层或砾石层。

2 钻具长度宜为 2m。

3 可用小一级单管干钻取样，再用大一级钻具扩孔。

4 每次干钻取样进尺不得超过 0.5m。

5 及时跟入套管。

4.1.3 螺旋钻、勺钻钻进应遵守下列规定：

1 应适用于土层。

2 钻进时应经常提动钻具，防止夹钻。

3 每次进尺不得超过钻头体长度。

4 螺旋钻具螺旋角的选择，应适合地层特点。

4.1.4 全孔反循环钻进，应符合本规程 9.4 节的规定。

4.2 冲 击 钻 探

4.2.1 打入取样钻进应遵守下列规定：

1 应适用于土层、砂层及粒径小于 100mm 的卵砾石层。

2 采用小一级钻具打入地层取样，用大一级钻具扩孔。

3 钻具长度以 2m 为宜，宜采用孔内冲击。

4 可下入套管护壁。

4.2.2 有阀打入或压入取样钻进应遵守下列规定：

1 应适用于饱和的粉细砂和软土层。

2 孔壁极不稳定时，应先打入套管，然后取样钻进。

3 砂层中可采用弹簧管打入取样钻进。

4.2.3 冲击管钻取样钻进应遵守下列规定：

1 应适用于卵石最大粒径小于 130mm 的松散地层。

2 钻具规格的选择，应满足地层中大多数卵石粒径小于管钻阀门张开后的直径。

3 选用跟管护壁。

4 抽筒长度应大于 1.6m，冲程 0.15m～0.30m。

5 跟管护壁应先打管后掏料。管钻外径与套管内径间隙应保持 5mm～10mm。

6 管钻抽料以小于半管为宜。

7 套管内水位应高于地下水位 3m。

8 破碎大直径砾石可选用一字钻头。

4.2.4 泥浆护壁冲抓锥钻进应遵守下列规定：

1 应适用于卵砾石地层，孔径为 500mm～1300mm 的钻孔。

2 应选择专用冲击钻机钻进。

3 冲抓锥质量为 15×10^2kg～25×10^2kg，破岩与取样相结合。

4 破岩工具应配用一字钻头或十字钻头。

5 孔口管内径应大于钻头直径 0.2m，长度应大于 1.5m，孔口管四周应用粘土夯实。

6 孔内泥浆液面应高于地下水位 3m。

7 孔内岩渣应及时用抽筒打捞，其沉淀层厚度不得超过 0.5m。

4.3 孔 内 爆 破

4.3.1 爆破物品的购买、运输、制作、储存与使用必须遵守《爆破安全规程》(GB 6722—1986) 和《中华人民共和国民用爆破物品管理条例》。

4.3.2 爆破材料必须进行防水处理，药包外径宜小于套管内径 20mm。

4.3.3 孔内爆破的药量应按表 4.3.3 的规定确定。

表 4.3.3 孔内爆破炸药用量

漂石直径 (m)	药包顶部距管靴底端的距离 (m)	胶质炸药量 (kg)
0.25～0.40	0.5	0.1～0.2
0.40～0.60	0.5～0.7	0.2～0.4
0.60～0.80	0.7	0.4～0.7
0.80～1.20	0.7～1.0	0.7～1.0

4.3.4 爆破药包的包装必须由持证专业人员在距离钻场 50m 以外安全范围进行作业。

4.3.5 药包与孔口安全距离：在水下作业应大于 3m，干孔作业应大于 5m。

4.3.6 在水下作业时药包下部应用重物坠住。

4.3.7 孔内盲炮处理：胶质炸药应下小型药包引爆，硝铵炸药可钻坏药包使之溶解。

4.4 钻 孔 取 样

4.4.1 钻孔取样应遵守下列规定：

1 采取原状土样的钻孔，孔径应比使用的取土器外径大一个径级。

2 在地下水位以上，应采用干钻法钻进，不得注水或使用冲洗液。土质较硬时，可采用二重管或三重管回转取土器，钻进、取样合并进行。

3 在饱和软粘性土、粉土和砂土中钻进，宜采用泥浆护壁。若采用套管护壁时，应先钻进后跟进套管，套管管脚的下设深度与取样位置之间应保留3倍管径以上的距离。不得向未钻过的土层中强行击入套管。

4 钻进宜采用回转方式，不得使用底喷式钻头钻进。在采取原状土样的钻孔中，不宜采用振动或冲击方式钻进。

5 取土器下放之前应清孔。采用敞口取土器取样时，孔底残留浮土的厚度应小于5cm。

6 应保持钻进平稳，防止钻具回转时抖动，升降钻具时应避免对孔壁的扰动破坏。

4.4.2 贯入式取土器取样应遵守下列规定：

1 取土器应平稳下放，不得冲击孔底。取土器下放后，应校核孔深与钻具长度，残留浮土厚度不得超过规定。

2 采取Ⅰ级原状土样，应采用快速、连续的静压方式，贯入速度不小于0.1m/s。采取Ⅱ级原状土样可使用间断静压方式或重锤少击方式。

3 贯入取样管的深度宜控制在总长的90%。贯入深度应在贯入结束后量测并记录。

4 提升取土器之前，为切断土样与孔底土的联系，可以回转2圈～3圈或者稍加静置之后再提升。

5 提升取土器应做到均匀平稳，避免磕碰。

4.4.3 回转式取土器取样应遵守下列规定：

1 采用单动、双动或三重管采取原状土样，应保持平稳回转钻进，使用的钻杆应事先校直。可在取土器上接加重导向钻杆。

2 冲洗液宜采用泥浆。钻进参数宜根据地质特点确定。

3 取样开始时应将泵量减至能维持钻进的最低限度，然后随着进尺的增加，逐渐增加至正常值。

4 回转取土器应具有可调内管超前长度的管靴。如土质变软，可使内管超前增加至50mm～150mm。对软硬交替的土层，宜采用具有自动调节功能的单动双管或三重管取土器。

5 对硬塑以上的硬质粘性土、密实砾砂、碎石土和软岩中，可使用双动三重管取样器采取原状土样。对非胶结的砂可用取砂器取原状样。对卵石层取样可在管靴上设置逆爪。

6 采用无泵孔底反循环钻进，用普通单层岩芯管采取试样，可作为Ⅱ级原状样。

4.5 岩溶地层及滑坡区钻探

4.5.1 岩溶地层钻进应遵守下列规定：

1 当溶洞深度小于 3m 时，可加长粗径钻具；洞深大于 3m 时，应下入套管导向。

2 钻进时钻压不得过大，倒杆时应吊住钻具。

3 遇有连续溶洞，冲洗液不能循环时，应下入套管止水堵漏。

4 应精确测定溶洞顶、底板的高程。

5 溶洞中有充填物时，应取样。

4.5.2 滑坡地段钻进应遵守下列规定：

1 应根据地质情况及滑坡体的稳定程度等确定下套管深度及方法。

2 当钻进至滑带时，回次进尺应为 0.3m～0.5m。

3 钻进中及时取样鉴定，并做好水文地质观测和记录。

4 对有危险的滑坡体应设专人观察滑坡体的动态，如发现有滑动迹象时，立即将机组撤离至安全地区。

5 硬质合金钻探

5.1 钻头的选择和使用

5.1.1 硬质合金钻头参数应根据岩石可钻性、钻头直径和地质结构特点等进行选择，并应符合表 5.1.1-1～表 5.1.1-4 的规定。

表 5.1.1-1 硬质合金钻头及硬质合金选型

钻头类型	岩石可钻性等级	岩石类别	合金型号
阶梯式肋骨钻头	3～4	页岩、砂页岩、胶结差的砂岩	T105
			T107
肋骨薄片式钻头	1～4	塑性及水胀性岩层	T412
刮刀式钻头	1～4	塑性及水胀性岩层	T313
直角薄片钻头	3～4	中研磨性岩层、泥质砂岩、大理石等	T007
单双粒钻头	4～5	弱研磨性铁质及钙质砂岩、软硬互层	T105
犁式密集钻头	4～6	石灰岩、砂岩	T105
			T313
			T106
大八角钻头	5～6	软硬不均互层、裂隙及研磨性强岩层、砾岩等	T110
针状合金钻头	4～7	中硬砂岩、砾岩等	胎块及 T313
复合片钻头	5～7	研磨性强的砂岩	

注：T 表示地质工具，数字表示合金几何形状参数。

表 5.1.1-2 硬质合金镶焊数量

钻头直径（mm）	切削刃数量		
	可钻性等级		卵（砾）石层
	1～4	5～6	
91	6～8	8	9～12
110	7～8	8～10	12～14
130	8～10	10～12	14～16
150	10～12	12～14	16～18

表 5.1.1-3 硬质合金镶嵌角及刃尖角度

岩石可钻性级别	镶嵌角（°）	刃尖角（°）
1～3级均质岩石	70～75	45～50
4～6级均质岩石	75～80	50～60
7级均质岩石	80～85	60～70
7级非均质裂隙岩层	90～－15	80～90

表 5.1.1-4 硬质合金钻头切削具出刃规格

岩　　石	内出刃（mm）	外出刃（mm）	底出刃（mm）
松软、塑性、弱研磨性岩石	2～2.5	2.5～3	3～5
中硬强研磨性岩石	1.0～1.5	1.5～2	2～3

5.1.2 硬质合金钻头制作应遵守下列规定：

1 钻头体应选用 DZ40 号钢材，壁厚 7mm～7.5mm。

2 钻头镶焊合金的内、外和底出刃应对称，出刃应一致，唇部水口高度 10mm～15mm。

3 钻头体镶嵌合金的槽与合金之间应留 0.1mm～0.2mm 的间隙，铜焊液应充满间隙。

4 针状硬质合金胎块镶焊在钻头上的嵌入深度，应是针状硬质合金胎块长度的 1/2，镶嵌参数按表 5.1.2 规定确定。

表 5.1.2 针状硬质合金胎块镶嵌规格

钻头规格（mm）	底出刃（mm）	外出刃（mm）	内出刃（mm）	胎块数量（块）
59	10	1.5	1.5	4
75	10	1.5	1.5	4
91	10	1.5	1.5	6
110	10	1.5	1.5	6

5 镶焊温度应控制在 930℃～1100℃。镶嵌针状硬质合金钻头时，喷枪火焰不得直接对准胎块。

5.1.3 硬质合金钻头使用应符合下列规定：

1 与交替使用的金刚石钻头内外径应一致。

2 相邻回次钻头内外径应近似。

3 钻头下入孔内后，应慢速、轻压扫孔到底，然后逐渐加到正常钻进参数。

4 孔内有脱落岩芯或残留岩芯在 0.3m 以上时，宜用旧钻头处理，不得下入新钻头。

5 旧钻头硬质合金磨钝时应修整刃角。

5.2 钻进技术参数及要求

5.2.1 硬质合金钻进技术参数应根据岩性、孔径和钻头结构进行选择，并应符合表 5.2.1 的规定。

表 5.2.1 硬质合金钻进技术参数

岩石可钻性级别	钻进技术参数			
	钻压		转速 (r/min)	泵量 (L/min)
	普通合金 (kN/粒)	针状合金 (kN/块)		
1～4 级	0.3～0.6		200～350	＞60
5～6 级、部分 7 级	0.5～1.0	1.5～2.0	150～250	＞60

5.2.2 硬质合金钻进应遵守下列规定：

1 经常保持孔内洁净，硬质合金崩落时，应及时进行打捞。

2 保持压力均匀，不得随意提动钻具，遇有糊钻或岩芯堵塞等孔内异常现象时，应立即提钻处理。

3 取芯应选择合适的卡料或卡簧，当采取干钻卡芯方法时，干钻时间应小于 2min。

4 合理掌握回次进尺长度，每次提钻后应检查钻头磨损情况，以改进下一回次的钻进技术参数。

6 金刚石钻探

6.1 管材和钻具

6.1.1 金刚石钻探用的无缝钢管各项指标应符合《金刚石岩芯钻探用无缝钢管》(YB/T 5052—93)的规定。钻杆、岩芯管、套管的螺纹应符合《金刚石岩芯钻探用管材螺纹》(DZ 1.1—84)的规定。

6.1.2 金刚石钻进应采用单动双管钻具并应符合下列规定:

1 单动性能好,各部连接后同轴度应符合 DZ 1.1—84 的规定。

2 内外管无变形和裂伤,管端无喇叭形。

3 螺纹应符合要求。

4 装配好的钻具卡簧座底端与钻头内台阶的距离为3mm～5mm。

6.1.3 金刚石钻具在使用时应遵守下列规定:

1 钻探现场应保持两套以上同种规格的完整钻具。

2 定期拆洗加油,保持单动性能;螺纹或管径磨损应更换。

3 严禁用管钳拧卸钻头、扩孔器,拧卸卡簧座和内管应采用多触点钳或摩擦钳。

4 退出岩芯时,应采用橡胶锤或木锤敲打内管。

6.2 钻头、扩孔器的选择与使用

6.2.1 钻头、扩孔器应根据岩石的可钻性、研磨性和完整程度进行选择,并应符合表 6.2.1 的要求,还应遵守下列规定:

1 在中硬的、可钻性级别低的和均质、完整的岩层中,应选用粗粒表镶或粗粒孕镶的钻头和扩孔器。

2 在硬的、坚硬的、可钻性级别高的和破碎的、裂隙发育的岩层中,应选用细粒表镶或细粒孕镶钻头和扩孔器。

表 6.2.1　金刚石钻头选用

岩石分类			软	中硬			硬			坚硬		
岩石可钻性等级			1～3	4～6			7～9			10～12		
岩石研磨性			弱	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强
金刚石表镶钻头	胎体硬度（HRC）	40		—	—	—	—					
		45			—	—	—	—		—		
	金刚石粒度（粒/克拉）	15～25		—	—							
		25～40			—	—	—	—				
		40～60					—	—				
		60～80						—		—		
人造金刚石孕镶钻头	胎体硬度（HRC）	25								—		
		35					—					
		40				—		—				
		45						—	—		—	
		55							—		—	—
	金刚石粒度（目）	30～46		—	—	—						
		60～80				—	—	—	—			
		100～120							—	—	—	—
扩孔器	表镶			—	—	—	—	—		—	—	
	孕镶				—	—	—	—	—	—	—	—

注：“HRC”表示洛氏硬度。“目”表示 1mm 以下金刚石粒度，即 25.4mm 长度内网格数量。“粒/克拉”表示大于 1mm 金刚石粒度。

3　在强研磨性的岩层中钻进时，应选用耐磨的和高硬度胎体的钻头与扩孔器。

4　在弱研磨性的岩层中钻进时，应选用低硬度胎体的钻头和扩孔器。

6.2.2　钻头、扩孔器、卡簧配合应符合下列要求：

1　扩孔器外径应比钻头外径大 0.3mm～0.5mm；岩层破碎

时，宜适当加大扩孔器的外径；不宜使用硬质合金制作的扩孔器。

2 卡簧的自由内径应比钻头内径小 0.3mm～0.4mm。

6.2.3 钻头使用时应遵守下列规定：

1 钻进时应按钻头和扩孔器外径大小排队使用，先用外径大的，后用外径小的。

2 新钻头下到孔底后，必须进行初磨，即轻压（1/3 钻压）、慢转（1/3 转速）10min 再换用正常参数钻进。

3 在每一回次钻进开始时，应轻压、慢转，待钻头已达孔底正常进尺后，方可采用正常参数钻进。

4 同一孔内不得同时采用钢粒钻进。

5 必须保持孔内清洁。

6 换径处可用锥形钻头修整换径台阶。

7 升降钻具应平稳，钻头下降受阻时，应用钳子回转，严禁蹾撞。

8 应用旧钻头或岩芯打捞器打捞残留岩芯或脱落岩芯。

6.3 钻进技术参数

6.3.1 金刚石钻进应合理选择钻压、转速、泵压和泵量等技术参数，随时调整在不同条件下各参数之间的有机配合，以取得最优的技术经济指标。

6.3.2 钻压应根据岩石力学性质，钻头唇面积，金刚石的粒度、品级、数量等进行选择，并应符合表 6.3.2 的规定。

表 6.3.2 金刚石钻进钻压 单位：kN

钻头种类	钻头直径			
	46mm	59mm	75mm	91mm
表镶	3～6	4～7.5	6～11	8～15
孕镶	4～7	4.5～8.5	8～12	9～15

6.3.3 转速应根据岩石物理力学性质、地层的完整程度及钻头直径等进行选择，并应符合表 6.3.3 的规定。

表 6.3.3 金刚石钻进转速 单位：r/min

钻头种类	钻头直径			
	46mm	59mm	75mm	91mm
表镶	400～800	300～650	200～500	170～450
孕镶	600～1200	500～1000	400～800	350～700

6.3.4 泵量应根据岩石研磨性、完整程度、钻进速度和钻头直径等进行选择，并应符合表 6.3.4 的规定。

表 6.3.4 金刚石钻进泵量

钻头直径（mm）	46	59	75	91
泵量（L/min）	30～45	35～55	46～70	50～80

6.3.5 每次提钻后，除用游标卡尺测量钻头高度和内、外径的磨损并作记录外，还应检视磨损状态，判断钻进技术参数的合理性，调整钻进技术参数。

6.4 钻进技术要求

6.4.1 钻进设备及附属工具应符合下列要求：

1 钻机应具有多级变数、最高转速应大于 1000r/min、最低转速应小于 50r/min、液压给进和仪表监控装置，工作平稳。

水泵应选用排量 100L/min～150L/min、压力不小于 3MPa 的变量泥浆泵。还应配备小型泥浆搅拌机。

2 应使用直的主动钻杆，轻便水龙头和轻型高压胶管。

3 钻杆、钻具连接后的同轴度应符合 DZ 1.1—84 的规定，钻杆锁接头处宜安装密封圈。

4 钻进水路应安装压力表和流量表。

5 选择合理的钻杆级配。

6.4.2 金刚石钻进应遵守下列规定：

1 钻进应使用润滑冲洗液。

2 钻杆接头应每班涂一次油。

3 钻头水口应及时修磨，水口高度不得小于 3mm。

4 钻进过程中应随时观察水泵压力表和流量表的变化，严禁送水中断。

5 每次起下钻，应检查钻杆、钻具。

6 每次下钻，不得将钻具直接下到孔底，应接上主动钻杆后开泵送水，轻压慢转扫到孔底。

7 钻头出现打滑时应采取以下措施：

1）选用金刚石品级高、粒度细和浓度低的钻头；

2）选用胎体硬度较低或胎体耐磨性低的钻头；

3）减少钻头底面积可选用薄壁钻头或增大水口宽度，还可选用阶梯式钻头；

4）适当提高钻压、降低转速；

5）减少冲洗液量或在冲洗液中加入研磨颗粒，促进自锐；

6）当打滑地层薄又没有防打滑钻头时，可连续用新钻头钻进，也可采用砂轮片磨锐金刚石钻头后钻进。

8 金刚石钻进用卡簧卡取芯时，必须先停止回转，将钻具提离孔底拉断岩芯。

9 钻进时不得随意提动钻具。当孔较浅时，应适当调小泵压，禁止不停钻倒杆。

10 复杂地层钻进，可采用低固相或无固相冲洗液钻进。升降钻具应平稳，适当降低提升速度，降低转速和钻压，减少钻杆对孔壁的振动力。

6.5 绳索取芯钻探

6.5.1 绳索取芯钻进适用于 9 级以下的岩层，尤其适宜于破碎岩层或孔壁不稳定的地层。

6.5.2 绳索取芯用管材的性能应符合 YB/T 5052—93 的规定。

6.5.3 绳索取芯钻进的技术参数与普通金刚石钻进的参数基本相同，但钻压必须增大，应按表 6.5.3 的规定执行。泵量也应按普通金刚石泵量增大 10%～30%。

表 6.5.3 绳索取芯钻探钻压 单位：kN

钻头种类	钻头直径		
	59mm	75mm	91mm
表镶	6～11	8～13	12～16
孕镶	7～12	12～15	14～18

6.5.4 使用绳索取芯钻具取芯时应遵守下列规定：

1 下打捞器前，必须在孔口钻杆上端拧上护丝，也可直接从水接头上端投放。反复捞取内管无效时，不得猛冲硬撞，应提出钻具，检查原因。

2 内管提升速度不宜过快，孔口有冲洗液涌出或提升阻力增大，可判断内管打捞成功。

3 钻孔为干孔时不得自由投放内管，应用投放器送入孔底或往钻杆内迅速泵入冲洗液后立即投放内管。

4 投放内管前，钻具应提起一定高度，确认内管到位后可扫孔钻进。

5 岩芯打捞失败时，应立即提钻。

6 打捞器上应安装安全销或配置脱卡器，拉力超过 2.5kN 时，应被拉断。

7 绳索取芯钻杆、岩芯管、打捞器等运输与存放应符合要求，必要时应装箱。

8 绳索取芯钻进时钻压较大，钻机应保持稳固。

9 绳索取芯的双层或三层岩芯管，每次起出孔外应立即清洗加油。

6.5.5 绳索取芯钻进的压水试验可不提钻进行，钻杆柱即作为输水管用。

6.5.6 在孔壁容易坍塌的岩层中，打捞岩芯时钻头不得提离孔底过高。若要提出钻具，应当先捞出岩芯。

6.5.7 绳索取芯钻进除遵守上述规定外，还应遵守普通金刚石钻进规定。

7 空气潜孔锤钻探

7.1 一 般 规 定

7.1.1 适用于砂砾石层、基岩工程孔施工，用于工程勘察时需项目负责人同意。

7.1.2 钻进设备的选择应根据场地条件、孔径、孔深、钻孔方向、潜孔锤类型等因素确定。

7.1.3 干孔钻进时孔口应设除尘装置。

7.1.4 送气管路应密封良好，应安装有气压表和注油器。

7.2 钻进参数的选择

7.2.1 供风量应保证潜孔锤性能所需要耗风量和 15m/s 孔内上返风速。

7.2.2 供风压力的选择应根据以下因素确定：

1 潜孔锤所需风压，低压潜孔锤为 0.5MPa～0.7MPa，中、高压潜孔锤为 1.0MPa～2.4MPa。

2 排粉过程所需要风压，应根据孔深、孔内水柱高度和水量等因素确定。

7.2.3 钻压应根据潜孔锤规格、类型和地质条件确定。并应符合表 7.2.3 的规定。

表 7.2.3 潜孔锤钻进压力

潜孔锤类型	低 压				高 压	
规格（mm）	80	100	150	200	100	150
钻压（kN）	3～6	4～6	4～8	6～12	4～8	5～10

7.2.4 转速应根据岩石的性质、冲击频率确定，应按式(7.2.4)计算：

$$n = Af/6 \qquad (7.2.4)$$

式中 n—— 钻头转数，r/min；

A—— 最优转角，取 11°；

f——冲击频率，Hz。

7.3 钻进技术要求

7.3.1 钻进时应遵守下列规定：

1 下钻前要对冲击器进行一次检查和注润滑油，应在孔口进行试打。

2 下钻时，应检查每根钻杆的内孔有无泥沙等物，并用风吹洗。

3 接上主动钻杆后应先送风，待风送通后再慢慢下降钻具工作。

4 在钻进过程中，孔内岩粉过多时，应提起钻头进行强力吹孔，将岩粉清除后再钻进。

5 回次终了时，应强力吹孔，排出孔底积存的岩屑。提出主动钻杆后关闭进气阀，然后再打开放气阀。

6 停用的潜孔锤应拆洗涂油组装，进气孔应用棉纱堵好，戴好防护帽，防止异物进入。

7.3.2 水平孔钻进应遵守下列规定：

1 应选择水平孔动力头钻机和中、高压潜孔锤，实现快速钻进。

2 开孔时应将孔口岩面修平，用人工轻微回转钻头将岩面凿出凹形坑时，再开动钻机使冲击器正常钻进，进尺 0.2m～0.3m 时，重新校核钻孔倾角。

3 开孔前应严格检测钻头直径，排队使用，小于规定直径的钻头不得使用。

4 应在潜孔锤进气口处设置导正器和在钻杆上设置副导正器，使钻头始终处于钻孔中心。钻进孔深 20m 后进行初检，以后每钻进 5m～10m 检测一次。根据孔斜情况按表 7.3.2 调整。

表 7.3.2 不同偏斜情况的调整方法

偏斜情况	调 整 方 法
左 上	增大副导正器直径及缩小两导正器间距
左	增大副导正器直径
左 下	增大副导正器直径及加大两导正器间距
右 上	减小副导正器直径及缩小两导正器间距
右	减小副导正器直径
右 下	减小副导正器直径及加大两导正器间距

5 穿过断层破碎带时会发生不返风和卡钻现象，应及时采用水泥封孔。

6 钻进中进尺速度快多是遇软弱夹层应加大给进速度，迅速穿过。

7 测斜时应将灯泡置于孔底，在钻孔平直的条件下，利用经纬仪测出孔的方位角和倾角，当灯泡偏离出视线时，宜采用多点照相测斜仪测斜。

7.3.3 同步跟管钻进应遵守下列规定：

1 适用于松散砂卵砾石层、碎石堆积层。

2 应选择动力头式钻机，钻具直径应根据钻孔技术要求确定，孔深应小于 30m。

3 套管螺纹宜选牙高 1mm，螺距 6mm，螺纹长度 60mm，反螺纹。钻杆螺纹应正螺纹。

4 应采用空气潜孔锤起管器起拔套管。

8 水 上 钻 探

8.1 一般规定与钻场类型

8.1.1 水上钻探的准备和钻场类型的选择应遵守下列规定：

1 开工前，应搜集和分析工地上游的水文、气象、航运及水库运行资料，与有关航运部门商定钻探期间的安全航行事宜等。

2 应组织现场勘察，了解工作区地形、水文和现有水上设备能力，制定施工措施，确定报警水位和撤退航线等。

3 水上钻场应结构牢靠、面积紧凑，宜全部钉铺厚 40mm～50mm 木板，周围架设不得低于 1.2m 高的安全栏杆。

4 水上钻场类型应根据实际情况和具体条件确定，并应符合表 8.1.1 的规定。

表 8.1.1 水上钻场类型选择

水上钻场类型		钻探期间水文情况			安全系数与吃水线	
		最小水深（m）	流速（m/s）	浪高（m）	安全系数	全载时吃水线应低于甲板（m）
漂浮钻场	专用铁驳船	2	＜4	＜0.4	5～10	＞0.5
	木船	1	＜3	＜0.2	5～8	＞0.4
	竹木筏	0.5	＜1	＜0.1	3	不限
	油桶	0.8	＜1	＜0.1	5	0.2～0.3
架空钻场	桁架	不限	＜1	2	5	钻场面与水面距离＞1
	平台	最大 10	＜3	2	5	＞1
	索桥	不限	＜5	不限	6～8	＞3

8.1.2 水上导向套管的安装应遵守下列规定：

1 有覆盖层的河床，可采用齿状管靴；无覆盖层的河床，可

采用带钉管靴。

2 套管在水中的部分，应根据水深和流速的情况，设置若干保护箍，每个箍上用两根钢丝绳拉向上游，借以固定套管。

3 在流速大于 4m/s 的河床钻探时，套管的定位钢丝绳及保险绳数量应符合表 8.1.2 的规定。

表 8.1.2 套管定位与保险用钢丝绳数量表

水 深（m）	定位绳根数（根）	保险绳根数（根）
20	2	1
20～30	2	1～2
30～40	2	2～4

8.2 漂 浮 钻 场

8.2.1 钻船的选择与安装应遵守下列规定：

1 水上漂浮钻场以船只为主，宜采用双船结构，钻船的吨位根据河流水文情况、钻孔深度、设备器材重量、工作负荷等因素进行选择，还应考虑 5～10 的安全系数。

2 双船拼装时，两船间距为 0.8m～1.0m，铺设枕木的间距为 0.8m～1.0m，两船连接应牢固。

3 主锚应采用 50kN 手摇绞车绞引，绞车安装在钻船首部横梁加固位置。

4 钻机安装在钻场中部偏后处，钻架架腿应设垫板压于基枕木上。

8.2.2 钻船抛锚定位应遵守下列规定：

1 主锚重量、钢丝绳直径和长度的选择应符合下列要求：

1）锚重宜为 50kg～100kg。

2）主锚钢丝绳直径应为 15mm～25mm，长度为 50m～200m。

3）锚绳的安全系数取 5～8。

2 抛锚定位应有持证船工参加，由机长统一指挥进行。

3 按先抛主锚、后抛边锚的次序作业。若在岸边岩石上固定主锚时，应先将主锚固定后再向孔位移动钻船，并配合抛固边锚。

4 抛锚后钢丝绳与水面夹角应为10°左右。

5 主锚钢丝绳与前边锚夹角为35°～45°。

6 主锚的固定必须牢固可靠，并应设有锚漂。

7 钻场长边方向与水流方向应一致，主锚的位置在钻船的正前方，若有困难，可使用两个前边锚代替主锚。

8 钻船定位后，钻探船上应按有关规定挂施工信号旗，晚上挂信号灯。

9 钻船全部锚绳必须均匀绞紧，经检查确认钻船不发生移动时，方可开钻。

8.3 钢索桥钻探

8.3.1 在河谷狭窄、水深流急处钻探，可架设钢索桥，钢索桥的设计应遵守下列规定：

1 钢索桥应有专门设计文件，并应经上级机关批准后才能施工。

2 有关安全规定应随钢索桥设计书一并呈报，批准后执行。

3 钢索桥钻场的最低点应高于施钻期间最高水位3m，还应符合当地航运要求。

4 钢索桥栏杆高应为1.2m。

5 钢索桥上方应架设安全绳，装设紧急撤退吊斗一台，最大载重量为10kN。吊斗由岸上牵引驱动。

8.3.2 架设钢索桥应遵守下列规定：

1 钢索桥架设由专人统一指挥。所用器材应进行周密检查。

2 架设时，应先拉引绳，再送钢丝绳。钢丝绳严禁打扣使用。

3 应遵守有关高空作业的规章制度。铺设桥板时，应逐块固定。

4 风速在5级以上或雨、雪、雾天气，禁止施工架设。

5 钢索桥在使用前，应进行检查验收。

8.3.3 钢索桥钻探时设备安装应遵守下列规定：

1 钻探设备应安装在与主索相连接牢固的大梁上，并应使索桥主索受力均匀。

2 应采用高 6m 钻架，架腿应固定在大梁上。

3 钢索桥上铺设的钻场四角应采用绷绳固定在两岸，保证工作时钻场稳定。

4 钻场不宜围设棚布，减少风压力。

5 禁止在 5 级大风和重雾、雨雪天气进行安装。

8.3.4 钢索桥钻探应遵守下列规定：

1 每天应有专人检查索桥桩基、钢丝绳卡子等安全情况。

2 水泵和不急用的器材分别放在岸上。

3 钻孔深度超过 100m 时，可采用复滑车起下钻具，操作应平稳，不得猛刹猛吊。禁止强力起拔遇阻钻具。

8.4 冰 上 钻 探

8.4.1 冰上钻探应在封冻期进行，透明冰层厚度应不小于 0.3m。冰上钻探期间，应掌握水文气象动态，设专人负责观测冰层安全情况。

8.4.2 冰上钻场布置应符合下列规定：

1 钻架架腿应压在机枕木上，在架腿下冰面上应垫长方木。

2 钻场要做好保温设施，火炉等应与冰面隔绝，并设专人管理。

3 抽水或回水用的冰洞，应开在钻场内适当的地方。

4 应精减钻场内的器材设备，其他器材应放在距钻场一定距离的地点。

5 钻场附近不许随便开凿冰洞。交通线路应距钻场一定距离。

8.5 近 海 钻 探

8.5.1 近海钻探的范围为钻孔孔位距离海岸小于 5km，海水深

度小于 20m 的近海或入海河流河口区域内，孔深在 100m 以内。

8.5.2 近海钻探施工前必须了解下列情况，并应采取技术措施。

1 施工海区海洋气象。

2 钻探区域的海底地形地貌和水下设施。

3 钻探区域内的船只活动规律及海区所属的航监部门的有关规定等。

8.5.3 近海钻场应遵守下列规定：

1 近海钻场可选用专用钻船、临时连接的双船和钻探平台。

2 采用钻船作业时，单船作业的船体宽度应大于 6m，载重质量应大于 2 万 kg；采用双体船拼装作业时，单船载重质量不得小于 5 万 kg。套管不得紧贴船身。锚绳不得少于 8 根。

3 采用移动式钻探平台作业时，平台应有足够的坚固性。平台底面应高出最高潮位加 1.5 倍最大浪高。

4 桁架式钻探平台，钻架必须有足够的高度、强度，架底要有足够的支承面积。

8.5.4 近海钻探的抛锚定位应按下列次序进行：

1 钻孔定位应选在能见度好、风浪小的平潮时进行，孔位误差应小于 2m。

2 根据钻孔附近的水深、海水流速、流向、风力和风向等条件，做好抛锚定位工作。钻船的锚重量应等于或略大于吨位相当海船的锚重。锚链长度应大于水深的 5 倍。锚绳应采用耐蚀的尼龙绳。

8.5.5 近海钻探应遵守下列规定：

1 开孔时必须先下入套管，以便固定孔位和引出冲洗液。

2 开孔下管作业，应选在平潮时进行，若海水流速较大时，套管下部应有拉绳配合。

3 为适应潮位变化，应备有足够数量 1.0m 长短套管，在孔口宜设置伸缩套管。船上钻机宜架高 0.5m～1.0m。

4 海上钻孔终孔后，必须将套管全部起出。

5 风力大于 5 级时，钻船和平台不得搬迁和定位。浪高大于

1m 或钻船横摆角大于 3°时，应停止作业。

6　风力 6 级、浪高 1.5m 时，钻船应停止作业，拔出套管避风；风力 5 级或浪高 0.8m 时，船只不得靠近平台接送工作人员，人员应通过悬吊装置上、下平台。

9 大口径钻探

9.1 钻进方法和钻探设备技术参数的选择

9.1.1 大口径钢粒取芯钻进适用坚硬岩层，硬质合金滚刀钻头全断面反循环钻进适用于松散、软或中硬的岩层。

9.1.2 大口径钻探设备技术参数应符合表 9.1.2 的规定。

表 9.1.2 钻探设备技术参数

额定功率（kW）	转盘扭矩（kN·m）	主卷扬提升力（kN）	钻塔承载力（kN）
50～70	10～20	30	250

9.2 准 备 工 作

9.2.1 钢粒取芯钻具规格应符合表 9.2.1 的规定。钻具的制作应遵守下列规定：

1 粗径钻具的组装应采用电焊焊接。法兰盘、钻头、岩芯管三者中心，在 1m 长度内的同轴度误差应小于 5mm。

2 大法兰盘外径磨损与岩芯管相平时，应及时补焊。

3 套管电焊焊接时，应对直。下入井内套管的管靴应在基岩上，套管四周应填实，应在地面采取固定措施。

表 9.2.1 大口径钻具规格 单位：mm

钻具规格	钻头				岩芯管（套管）			
	外径	壁厚	长度	钢号	外径	壁厚	长度	说明
1150	1150	50	500	ZG35	1140	20	1000	开孔用
1050	1050	50	800	ZG35	1030	20	1000	
950	950	50	800	ZG35	930	20	1000～2000	
850	850	45	800	ZG35	830	20	2000	
750	750	40	800	ZG35	730	20	2000	备用

9.2.2 地基及安装应遵守下列规定：

1 应根据所选用设备类型修筑地基。确定井位时，应设立井位桩和辅助桩。

2 在井口处应浇筑混凝土基础，井深时应加钢筋。

3 枕木应采用 300mm×300mm 方木。枕木与机架间应采用螺栓紧固。

9.3 钢 粒 钻 进

9.3.1 大口径钢粒钻进参数的选择应遵守下列规定：

1 大口径钢粒钻进的转速应按 1.5m/s～2m/s 线速度计算，钻头压力应根据岩石硬度和动力机的功率确定。冲洗液量和投砂量应根据钻进速度和钻头直径等因素确定，并应符合表 9.3.1 的规定。

表 9.3.1 钻 进 技 术 参 数

岩石可钻性级别	有代表性岩石	压力 (MPa)	水量 (L/min)	一次投砂法的投砂量 (kg/次)
10	石英板岩	1.5～2.0	600～750	100～150，以后酌情补投
8～9	花 岗 岩	0.8～1.0	650～750	80～120，以后酌情补投
6～7	砂 岩	0.4～0.5	600～700	40～60，以后酌情补投
4～5	粘 土 岩	0.2～0.3	600～700	20～30，以后酌情补投

2 采用多次投砂时，根据岩性不同每次投砂量宜 30kg～50kg。

3 钻头水口形状宜为单弧形或双弧形、数量为 3 个～4 个、高度为 150mm～200mm，上宽为 60mm～100mm，下宽为 120mm～200mm，均匀分布在钻头唇面上。

9.3.2 断取岩芯可采用楔断法、液压顶断法或微量炸药炸断法。岩芯断开后可用绳套或专门夹具提出地面。

9.3.3 钢粒钻进应遵守下列规定：

1 开钻前，应将钻具提离孔底，然后给水慢转到底，逐渐转入正常参数钻进。

2 钻进中，施钻班长应掌握孔内情况，正确调整钻进技术参数。

3 应采用较长钻具和孔底加压的方法钻进。

4 钻进中，三班投砂量应一致，中途补砂应均匀，补砂时应活动钻具。

5 回次终了时，应将钻具提离孔底 0.2m～0.3m，进行冲孔后，再提升钻具。

6 钻进中，应检查转盘固定螺丝是否牢固可靠。若有异常，应停机处理后再继续钻进。

7 若遇停电或机械故障而停机时，应将钻具提离孔底，并应吊住。

9.4 全断面反循环钻进

9.4.1 破岩用滚刀应根据岩层确定，并应符合表 9.4.1 的规定。

表 9.4.1 滚 刀 类 型 选 择

滚刀类型	岩石名称	可钻性等级
楔齿型长齿	松散砂卵石、粘土	1～5
楔齿型中长齿	泥灰岩、页岩	3～4
楔齿型短齿	灰岩	5～7
球 齿 型	轻微风化的花岗岩	7～8

9.4.2 钻头安装滚刀的数量应根据钻头直径确定，并应符合表 9.4.2 的规定。

表 9.4.2 钻头直径与滚刀数量 单位：个

钻头直径（mm）	中心刀	边 刀	正 刀
800～900	1	3	1
900～1200	2	3～4	1
1200～1500	2	4～6	2
注：表内所列滚刀是指 8 系列滚刀，即大头直径为 200mm。			

9.4.3 全断面反循环钻进技术参数的选择应遵守下列规定：

1 钻压等于单只滚刀压力乘以滚刀数量，单只滚刀所需压力

应符合表 9.4.3 的规定。

表 9.4.3 单只滚刀钻压

岩层类型			单只滚刀所需钻压 (kN)
分类	岩石名称	可钻性等级	
软岩	土、砂、粘土岩	2～4	10～20
中硬岩	石灰岩、砂页岩	5～6	20～30
硬岩	石英砂岩、花岗岩	7～8	30～50

2 转速应按式（9.4.3）计算：

$$n = \frac{120c}{D} \tag{9.4.3}$$

式中 n——钻头转速，r/min；

c——滚刀大头直径，mm；

D——钻头直径，mm。

3 采用泵吸法或气举法循环方式时，钻杆内冲洗液的上升流速应大于 3m/s。

9.4.4 全断面钻进应遵守下列规定：

1 下入钻具时应检查粗径钻具。

2 先向井内供水，采用泵吸法时井内液面深度应小于 5m；采用气举法应保持混合器没入井内液面下的深度大于 10m。开启反循环系统正常工作后，才能钻进。

3 开动转盘前，钻具应提离井底 0.3m～0.5m。转盘回转正常后，再将钻具缓缓放至井底，逐渐加大钻压。

4 钻进中应观察仪表，控制合理钻压及足够的悬吊量，进行减压钻进。

5 钻进中随时应观测反循环系统运行情况。当停钻或提钻时，应先将井内岩碴排除干净。

6 钻进中应观察功率表，功率骤增时，应立即降低钻压。

7 粗径钻具应装有沉淀管。

8 应备有通用和专用打捞工具。

10 冲洗液和护壁堵漏

10.1 冲 洗 液

10.1.1 冲洗液应根据地层结构特点、地质技术要求、钻进方法、材料来源和设备条件选用，并应符合表10.1.1的规定。

表10.1.1 冲洗液种类选择

地层分类	钻进方法	冲洗液种类	备注
完整、较完整基岩	合金	清水	
	金刚石	乳化液	
复杂基岩	各种	低固相、无固相、泡沫液	泡沫液用于漏失层或缺水地区
覆盖层	合金	泥浆、低固相	
	金刚石	无固相	

10.1.2 配制乳化冲洗液采用的润滑剂及其用量应按表10.1.2的规定确定。

表10.1.2 配制乳化冲洗液采用润滑剂种类和用量

类型	名称	加量（体积）（%）		备注
		清水	泥浆	
阴离子型	太古油	0.1～0.5	1～5	
	皂化溶解油	0.3～0.5	1～5	
非离子型	O型乳化油（甲）	0.7		有一定抗钙性能
	O型乳化油（乙）	0.3～0.5		
复合型	复合乳化剂	0.3～0.5		有一定抗钙性能
	减阻剂	0.2		

10.1.3 不分散低固相泥浆的性能和配制应遵守下列规定：

1 应根据岩层特点先进行室内试验确定配方，在使用过程中

应定期测定浆液的性能，根据变化进行调整。

2 不分散低固相泥浆应采用优质粘土和选择性絮凝剂配制，钙质粘土必须进行预水化处理。根据性能指标要求，可加入化学处理剂调整性能指标。常用化学处理剂的种类按表 10.1.3-1 规定选择。

表 10.1.3-1 常用泥浆化学处理剂表

分　类	处 理 剂 名 称
选择性絮凝剂	部分水解聚丙烯酰胺、醋酸乙烯酯与顺丁酸酐共聚物
增粘剂	Na-CMC、植物胶、水解聚丙烯酰胺
絮凝剂	水泥、石灰、石膏、氯化钙、水玻璃
稀释剂	单宁酸钠、栲胶、煤碱剂、纸浆废液
降失水剂	Na-CMC、单宁酸钠、煤碱剂、聚丙烯酸钠、水解聚丙烯酰胺、野生植物胶（钻进粉、香叶粉、榆树皮粉、槐土粉、海藻粉、植物胶）
水化抑制剂	石灰、石膏、氯化钙、植物胶
pH 值控制剂	烧碱、纯碱、石灰
润滑剂	皂化溶解油、太古油

3 不同地层对低固相泥浆主要性能指标的要求应符合表 10.1.3-2 的规定。

表 11.1.3-2 不同地层对低固相泥浆主要性能的要求

性能指标	坍塌掉块	水敏地层	漏失地层	涌水地层	卵砾石层
漏斗粘度(s)	23～30	18～25	30～60	30 以上	40 以上
比　重	1.03～1.08	1.03～1.05	1.03～1.05	根据水头计算	1.03～1.08
失水量 (mL/30min)	15	＜10	15	15	＜15
静切力 ($\times10^{-5}$N/cm^2)	25～50	0～5	30～80	25～50	30～50
含砂量(%)	＜0.5	＜0.5	＜0.5	＜0.5	＜1
动塑比 (τ_0/η_0)	＞3	＞3	＞3	＞3	＞3
pH 值	8～12	8～12	8～12	8～12	8～12
备　注				加重泥浆	

10.1.4 聚丙烯酰胺无固相冲洗液可以在破碎地层中使用，在清水中加入量应大于0.07%。

10.1.5 植物胶类无固相冲洗液，配制使用应遵守下列规定：

1 植物胶粉和碱的加量应按产品说明书要求进行。

2 配制时应采用高速立式搅拌机或软轴搅拌器，转速应在600r/min以上，搅好的冲洗液应分散均匀。

3 配制好的冲洗液必须浸泡4～8h。

4 浆液粘度高，除砂困难时，可加入少量PHP水溶液絮凝岩粉。

5 应加入防腐剂。

6 发酵变质的植物胶冲洗液应清除，不得与新浆混合使用。

10.1.6 泥浆现场管理应遵守下列规定：

1 应配备简易泥浆测试仪器。

2 应有专人管理泥浆，及时除砂，对泥浆性能进行调整。

3 循环槽宽度不应小于200mm，长度不应小于10m，当除砂困难时，可配置旋流除砂器。

10.2 护 壁 堵 漏

10.2.1 护壁堵漏材料应根据护壁要求、地下水活动程度和货源情况进行选择，并应符合表10.2.1规定。

表10.2.1 护壁材料及适用范围

护壁材料	材料要求	适用条件	操作要点
泥浆或无固相	根据地层特性，配制不同性能的泥浆或无固相冲洗液	1. 破碎坍塌、掉块，及一般漏失地层； 2. 水敏性地层； 3. 覆盖层	1. 配制优质泥浆或无固相冲洗液； 2. 高粘度堵漏泥浆； 3. 全絮凝或交联堵漏
粘 土	1. 选用粘性大的粘土； 2. 粘土中加纤维物； 3. 制成粘土球	1. 钻孔浅部一般漏失； 2. 覆盖层浅部一般漏失	1. 粘土球投入到预定位置； 2. 用钻具挤压

表 10.2.1(续)

护壁材料	材料要求	适用条件	操作要点
水　泥	1. 高标号水泥加速凝剂； 2. B1 型早强水泥	1. 坍塌严重的破碎带； 2. 漏失严重的裂隙地层或覆盖层	1. 浅部干孔采取直入法； 2. 深部采取泵入法或导管注入法及灌注器送入法； 3. 植物胶冲洗液中可投入水泥球
化　学 浆　液	1. 有一定的抗压强度，能有效固结岩石； 2. 可控制固化时间	1. 漏失严重的裂隙地层； 2. 破碎坍塌地层； 3. 漏失严重的覆盖层、架空层、有流动水地层	用灌注器送入预定地段固化或泵入法
套　管	1. 符合《硬质合金、钢粒岩芯钻探管材螺纹》(DZ 1.3—84)标准； 2. 不松扣	1. 松散覆盖层及架空层； 2. 严重坍塌漏失地层； 3. 较大的溶洞、老窿	1. 基岩中应下到完整的坚硬岩石； 2. 孔口间隙堵严； 3. 反扣套管管口要固定； 4. 正扣套管管靴要封固

10.2.2　使用水泥护壁时应遵守下列规定：

1　应做好地面试验，测定初、终凝时间、流动度和可泵期。

2　早强水泥最小可泵期宜为 30min。

3　配制水泥浆的水灰比宜控制在 0.45～0.60。

4　使用普通水泥或矿渣硅酸盐水泥护壁时，应加入速凝剂或早强剂。

5　灌注水泥浆时，可用泵入法、灌注器输送法或导管注入法，非干孔严禁从孔口直接倒入。下入导浆管距孔底应小于 0.5m。

6　灌浆前必须做好准备，浆量一次灌完。

10.2.3　灌注化学浆液时，应做好配方试验，确定固化时间。操作时，必须戴防护用品，灌完后应立即清洗灌注器，并涂油保护。

10.2.4　套管护壁应遵守下列规定：

1　大裂隙、溶洞及强烈涌水、漏水、坍塌等地层，应采用下套管护壁；极松散的堆积层、漂砾石架空层及水文地质试验孔，应

采用跟套管护壁。

2 应检查测量套管，并依次记入班报表，严禁将不合要求的套管下入孔内。

3 金刚石钻进的钻孔采用反螺纹套管时，下管后孔口应固定。采用正螺纹套管时，应在套管的螺纹上用粘结剂粘牢，并将套管固定。

4 套管上端口周围环状间隙应密封。

5 应将套管靴下到孔底或固定在变径台阶上，发现套管断开，应及时处理。

10.2.5 起拔套管应遵守下列规定：

1 终孔后应立即起拔套管。在套管起活后，可向孔内下过滤器、观测管或封孔等工作。

2 起拔套管可采用拉、打、顶、扭相结合的方法。起管次序是先内后外。在起打过程中，应经常拧紧连接螺纹。

3 起拔套管困难时，可在管靴下 0.5m 处放炮震松。

11 孔内事故预防和处理

11.1 孔内事故预防

11.1.1 钻场所用各种规格的管材、接头、接箍，应按新旧程度分类存放和使用，旧的用于稳定孔段或钻孔上部。

11.1.2 弯曲的钻杆、岩芯管应校直，管材的弯曲和磨损最大允许限度不得超过表 11.1.2 的规定，超过规定的不得下入孔内使用。

表 11.1.2 管材弯曲和磨损的最大允许限度

钻进方法	钻杆			岩芯管	
	直径单边磨损（mm）	直径均匀磨损（mm）	任意每米长度弯曲(mm)	磨损壁厚（mm）	每米弯曲（mm）
硬质合金钻进	<2	<3	<3	<1/3	<2
金刚石钻进	<2	<3	<1	<1/3	<0.5
金刚石绳索取芯钻进	<1	<1.5	<1	<1/3	<0.5

11.1.3 发现钻杆钻具有裂纹、螺纹严重磨损和明显变形、连接松动等现象，不得下入孔内使用。

11.1.4 长期停用的管材、打捞工具，在下入孔内之前必须经过严格检查。

11.1.5 钻具不得长时间悬空回转。

11.1.6 扫孔、扩孔和扫脱落岩芯时，必须挂好提引器，并控制下扫速度。

11.1.7 采用拉、提、顶、打等方法处理事故时，钻杆螺纹必须随时拧紧。

11.1.8 钻进时，应根据地质情况，合理选择钻进技术参数。

11.2 孔内事故处理

11.2.1 孔内事故处理应遵守下列规定：

1 一般事故由班长负责处理，复杂事故由机长负责处理。

2 事故发生后，必须查清事故孔段的孔深、地层情况、钻具的位置、规格和数量，判明事故类型，并将所用打捞工具及处理方法填入班报表。

3 事故排除后，应总结经验教训，采取预防措施。重大事故应根据有关规定填写事故报告表。

4 钻场应配备适用的打捞工具。

11.2.2 处理卡钻、埋钻、烧钻事故应遵守下列规定：

1 发现钻具遇卡或埋钻时，首先应保持冲洗液畅通，先用扭、打、拉等方法活动钻具，若处理无效，再反出钻杆，进行扩孔或掏心钻进方法处理。深孔可人工造斜进行处理。

2 在孔壁不稳定情况下，应先考虑护壁，再处理事故。

3 处理事故用的扩孔钻具，必须带有内导向，导向器要焊接牢固。

4 发现烧钻时，首先应提动钻具，无效时应采用向上打、反、磨等方法处理。

11.2.3 处理钻具折断与脱落事故应遵守下列规定：

1 处理钻杆多头断脱落事故，应先下入打印器，探明情况后再分别进行处理。

2 采用掏心方法处理岩芯管事故时，一般应使用比事故钻具小一级的钻具。

3 在钻进中，发生钻具折断或脱落事故，用丝锥对接后应立即提钻检查钻具。

12 钻 探 质 量

12.1 岩芯、土样和水样的采取

12.1.1 机组必须按照钻孔任务书提出的要求采取岩芯，应达到表 12.1.1 规定的标准。若地质有特殊要求，应采取专门技术措施取芯。

表 12.1.1 不同岩层岩芯质量标准

岩 层 特 性	岩芯采取率（%）
完整新鲜岩层	≥95
较完整的弱风化、微风化岩层	≥90
较破碎的弱风化、微风化岩层	≥85
软硬互层、硬脆碎、软酥碎、软硬不均和强风化岩层	根据地质要求确定
软弱夹层和断层角砾岩	
土层、泥层、砂层	
砂卵砾石	

12.1.2 提高取芯质量应根据岩石物理力学性质、地质结构特点等，合理选择钻进方法、取芯工具、钻进工艺及技术参数，并应符合下列规定：

1 6 级以上地层应优先采用金刚石钻进。

2 取芯钻具种类选择应符合表 12.1.2-1 的规定。

表 12.1.2-1 取芯钻具种类选择

序号	钻具种类	技 术 参 数	适应的岩性	岩石可钻性等级	说 明
1	普通单管		一般完整地层	1～12	
2	投球单管		胶结良好岩层，软岩	1～5	卡芯后，投入钢球，堵死水路，避免因水柱压力而脱落岩芯

表 12.1.2-1（续）

序号	钻具种类	技术参数	适应的岩性	岩石可钻性等级	说明
3	无泵反循环	压力 1.5kN～3.0kN 转速 100r/min～150r/min 提动次数 5 次/min～15 次/min	软岩，或松散易冲蚀的硬岩层	1～5	钻具上下活动时，由于球阀作用而形成孔底反循环
4	“喷反”钻具	转速 150r/min～170r/min 泵量 80L/min～100L/min	硬、脆、碎岩层	4～7	岩芯有分选
5	隔水双动双管	压力 6kN～8kN 转速 140r/min～180r/min 泵量 100L/min	松软破碎易冲蚀岩层	1～5	钻具结构简单，但岩芯易堵塞
6	隔水活塞式双管（或三层管）	压力 7kN～10kN 转速 90r/min～150r/min 泵量 70L/min～150L/min	易溶解、易污染、易冲蚀地层	4～5	双管的内管中装半合管，岩芯不污染，保持原始结构特点
7	单动（卡簧）双管	一般	一般软硬互层等	4～12	卡簧活动范围较小
8	单动双管（爪簧式）		脆碎、酥碎、软硬互层	4～6	爪簧富有弹性
9	阿式双管（三层管）	压力 4kN～8kN 转速 120r/min～200r/min 泵量 60L/min～80L/min	软岩、松散岩及易冲毁岩石	1～3	内管装有半合管，能保证岩芯原始结构
10	压卡式单动双管		软硬互层、脆碎，酥碎易散失的岩层	4～6	利用水压强制推动卡簧，卡紧岩芯，工作可靠
11	管靴弹簧取样器	吊锤冲击或孔底冲击	砂卵石层、砂砾石层、土层		可保证颗粒级配正确
12	冲击管钻	上、下提动	含水砂卵石层、砂砾石层		可保证颗粒级配正确，但扰动较大

3　钻孔取土器种类选择应符合表 12.1.2-2 的规定。

表 12.1.2-2　钻孔取土器的分类与应用

取土器分类		取土器名称	采取土样等级	适用土类
Ⅰ	Ⅰ-a	固定活塞薄壁取土器、水压式固定活塞薄壁取土器	Ⅰ	可塑至流塑粘性土、（粉砂）、（粉土）
		二（三）重管回转取土器（单动）		可塑至坚硬的粘性土、中砂、粗砂、砾砂、（碎石土）、（软岩）
		二（三）重管回转取土器（双动）		
	Ⅰ-b	自由活塞薄壁取土器	Ⅰ～Ⅱ	可塑至软塑粘性土、粉土、粉砂
		敞口薄壁取土器、束节式取土器		可塑至流塑粘性土、（粉土）、（粉砂）
Ⅱ		厚壁取土器或取砂器	Ⅰ	各种粘性土、粉土、（粉、细砂，中、粗砂）
注：括号内的土类仅部分情况适用。				

4　选配卡簧应采用岩芯试验的方法。

5　复杂地层钻进应缩短回次进尺时间，控制回次进尺长度。

6　金刚石钻进应选用润滑性能优良的冲洗液和内壁光滑的岩芯管。

7　取芯钻具在松散软弱岩层中必须配置内管扶正环。

12.1.3　破碎地层中钻进应遵守下列规定：

1　在强风化地层中钻进，可采用直径在 110mm 以上的压卡式钻具，回次进尺 0.5m～0.8m，用泥浆或无固相泥浆作冲洗液，用水压退芯法退出岩芯，也可采用无泵钻进。

2　在破碎及软硬互层中钻进，可采用出刃较大的硬质合金单动双管钻具，选用较小的钻进技术参数，钻进时不得上下提动钻具。也可采用无泵孔底反循环钻进。

3　在硬、脆、碎地层中钻进，可采用“喷反”钻具或双管钻

具，回次进尺 0.5m～0.8m，用沉淀法取芯，孔底岩粉不得超过 0.3m。

4 宜采用钻孔直径 75mm 或 91mm 金刚石单动双管钻具钻进，植物胶作冲洗液。

12.1.4 软弱夹层钻进应遵守下列规定：

1 软弱夹层钻进方法应单独做出施工设计。

2 根据理想柱状图，钻进到离夹层顶板 1m 左右时，即换用与软弱夹层相适应的钻具和钻进方法，回次进尺为 0.5m～1.0m。遇有穿透夹层迹象时，应再钻进 0.1m～0.2m 起钻。

3 有软弱夹层的钻孔，金刚石钻进可采用钻孔直径 75mm 或 91mm 单动双管钻具钻进，植物胶作冲洗液。

4 采用单动双管或三管时，钻具的有效长度不得超过 1m。在内管与钻头之间设置扶正器。

5 应安装岩芯堵塞报警装置，发现岩芯堵塞立即起钻。

6 钻进时注意观察仪表，对钻速变化、回水颜色应记录，应判定顶板、底板的位置。

7 重要的软弱夹层可采用套钻方法，其工艺过程应遵守下列规定：

1）应采用导向钻具钻中心孔，直径应小于 36mm。

2）钻中心孔前，孔底应灌入聚酯浆液，凝固后磨孔。

3）插筋后灌入粘结剂，压力 1.5MPa～1.8Mpa。

4）套钻直径应不小于 91mm。

12.1.5 岩芯采取应遵守下列规定：

1 严禁回次进尺长度超过岩芯管长度。

2 岩芯卡料粒径要适度，投放时先小后大，投放均匀，投放后送水冲卡牢，再开始扭取。

3 钻进时发现岩芯堵塞应立即起钻。

4 从岩芯管退出岩芯时，应轻轻锤击。

12.1.6 岩芯编录应遵守下列规定：

1 从岩芯管退出的岩芯，应按先后顺序排列在岩芯箱内，每

一回次用岩芯牌隔开，按岩芯牌上的要求用钢笔填写。岩芯牌的格式应符合附录C的规定。

2 易冲蚀、风化、崩解的岩芯，应按地质要求进行封存。

3 岩芯在岩芯箱内的排放次序应自上而下由左向右排放，不得颠倒和混乱。岩芯长度超过50mm的，应按序用红油漆编号。编号应同一方向，书写清晰。

4 岩芯箱侧面应用红油漆标明“坝址名称、孔号、第几箱、孔深从几米至几米”字样。

12.1.7 岩芯箱规格长1m，宽约0.4m。其高度及岩芯箱内间隔，应以岩芯放入箱内不晃动及能盖上岩芯箱盖为宜。塑料岩芯箱规格可适当缩小，其底面为半圆状。

12.1.8 岩芯的保管及运输应遵守下列规定：

1 岩芯箱应放在平稳的地方，不应日晒、雨淋。

2 水上钻孔，岩芯箱应放在陆地上较高的位置。

3 搬运时应盖上岩芯箱盖，小心轻放。

4 岩芯仓库应通风不漏雨。

12.1.9 钻孔中采取水样应遵守下列规定：

1 单一含水层，可终孔后取水样，如有两层以上含水层，必须做好止水工作，然后分层取样。

2 必须将孔中水抽干或相当于孔中水柱体积的3倍，待孔内水位上升后再取。

3 水样瓶应用水样水洗净，应留10mm～20mm空间。水样取出后用蜡封，贴好标签，48h内送到试验室。

4 供做侵蚀性试验的水样，应采取两瓶，其中0.5L的一瓶加大理石粉2g。

5 取水样的钻孔应首批施工，在取样之前，不得采用乳化冲洗液钻进。覆盖层钻孔在取样之前不得加水。

12.2 钻孔弯曲与孔深校准

12.2.1 钻孔顶角的偏差，在每孔深100m时，直孔应不大于3°，

斜孔应不大于4°。钻孔方位角偏差应根据地质要求确定。钻孔顶角的测量应按地质要求进行测定。

12.2.2 钻孔弯曲的预防应遵守下列规定：

1 开孔时应选用直的机上钻杆，不得使用立轴晃动的钻机开孔。

2 开孔的粗径钻具长度，应随钻孔延深而加长。开孔时应校正钻机，使立轴中心对准孔位。

3 孔口管应下正，固牢。

4 不应轻易地换径。换径时应使用变径导向钻具，或应采取其他导正定位措施。

5 基岩钻进时，常规钻具的岩芯管长度应不小于3m。

6 应采用孔底加压等措施，增加钻具的稳定性。

7 钻进溶洞地层、软硬互层，应采用低转速、轻钻压钻进。

12.2.3 钻孔弯曲度超过地质要求时，应及时进行纠斜处理。

12.2.4 钻孔深度必须测量准确。每钻进100m、在终孔后、下套管、孔内爆破、水文地质试验前以及地质有特殊要求时都必须校正孔深。孔深误差超过0.3%时，应找出原因，并更正记录报表。

12.3 封孔与长期观测装置的安装

12.3.1 钻孔竣工验收后应按技术要求进行封孔，应采用32.5级以上水泥配制砂浆封孔，但小口径钻孔要用水泥浆封孔。

12.3.2 堤防钻探孔竣工验收后应按技术要求进行封孔，应以砂还砂，以土还土，砂料应以粗砂为主，土料以粘土为宜，并应捣实。

12.3.3 钻孔封孔应按附录B要求填写封孔记录。

12.3.4 安装水文地质长期观测装置应遵守下列规定：

1 下入长期观测管之前，钻孔应严格进行冲洗。

2 应按设计要求，选用观测管及过滤网，观测管内径不能小于25mm。

3 覆盖层钻进中安装长期观测管，应根据含水层颗粒级配选择围填砾料。充填砾料厚度一般应大于50mm。在起拔套管时，将

砾料从观测管与套管之间徐徐投入，至超过含水层顶板处止，然后将套管全部起出。

4 每个观测孔应设孔口保护装置。

5 观测管在含水层顶板封闭处应采用水泥止水。

12.4 原 始 报 表

12.4.1 岩芯钻探班报表，应用钢笔在现场随钻探施工逐项填写，应做到及时、准确、真实、齐全，并保持清洁，终孔后由机长签字汇订成册上报。岩芯钻探班报表的格式应符合附录B的规定。

12.4.2 钻进中发现的一切工程地质和水文地质现象，必须认真记录，严禁漏记和伪造。

12.5 竣 工 验 收

12.5.1 钻孔达到设计孔深后，地质、钻探负责人或机长联合进行验收。验收应按钻孔设计任务书的要求及钻探质量标准逐项进行。验收合格后，在钻孔验收单上签署鉴定意见存档。

12.5.2 钻孔验收不合格者，应查明原因。

13 钻探安全生产

13.1 一般规定

13.1.1 安全生产管理工作应有专人负责，应成立安全生产管理组织，制定详细安全制度。

13.1.2 布置生产任务的同时应布置安全生产工作，根据现场情况和钻探技术要求制定安全措施。

13.1.3 从事钻探工作人员，应接受安全教育，经考核合格后方可进入岗位。

13.1.4 主要的安全制度应写成标语牌，挂在明显的地方，遵照执行。

13.2 钻进安全规定

13.2.1 钻场工作人员应遵守下列安全规定：

1 进入钻场工作时，必须穿工作服、工作鞋，戴安全帽。上班前，严禁喝酒。

2 **在钻塔上工作时，必须系牢安全带。**

3 **钻场设备安装之后，机长必须进行安全检查，确认安装合格，方可开钻。**

4 钻场内应备有外伤药品。

5 严禁闲散人员进入钻场。

13.2.2 钻进中应遵守下列安全规定：

1 设备运转中，不得进行拆卸和修理，发现响声异常时，应立即停机检查。

2 各仪表应运行正常。

3 每次开钻，水接头应转动灵活。

4 扩孔、扫孔、扫脱落岩芯或钻进不正常孔段时，必须由班长操作。

5 开动机械时，班长应先通知该机械附近人员，确认机械运转部位无人靠近时再开动。

13.2.3 升降钻具应遵守下列安全规定：

1 应检查升降机的制动装置、离合器装置、提引器、拧卸工具等是否安全好用。天车要定期加油和检查。

2 应检查钢丝绳的磨损情况，每一捻距内断丝数超过1/7时应立即更换。

3 操作升降机人员应与孔口和钻塔上人员紧密配合，并按他们发出的信号进行操作。

4 操作升降机要稳，不得猛刹猛放。升降过程中不得用手扶摸钢丝绳。

5 孔口操作人员必须站在钻具起落范围以外。摘挂提引器时，防止回绳弹打。抽插垫叉时防止砸手。

6 跑钻时严禁抢插垫叉。

7 提钻后应立即盖好孔口。粗径钻具处于悬吊状态时，不得探视或用手摸管内岩芯。

13.2.4 孔内事故处理应遵守下列安全规定：

1 反脱孔内钻具时，操作人员必须站在手柄反转范围之外。

2 用吊锤打钻具时，打头或打箍应系好安全绳，在打吊锤过程中应经常拧紧振松的接头螺纹。

3 使用千斤顶起拔钻具时，千斤顶卡瓦应拴绑牢固，并挂好提引器，严防钻杆顶断后窜起或卡瓦飞出伤人。

4 处理孔内事故时，防止工具等掉入孔内，造成双重事故。

13.3 大口径钻进安全规定

13.3.1 井下排水取芯应遵守下列安全规定：

1 当井下采用潜水泵排水，或井壁不稳、照明不佳时，工作人员严禁在井下作业。使用的电缆必须有良好的绝缘。

2 井内使用的排水管、电缆、绳子等，应整理有序，严防电缆拉断，漏电伤人。

3 井下应采用 32V～36V 低压照明。

4 禁止井下与井口同时作业。

5 井下作业必须戴好安全帽和系好安全带。

6 在井下取芯作业，严禁人和物同时吊起。

13.3.2 升降钻具应遵守下列安全规定：

1 升降钻具前，应检查卷扬刹车、离合器、游轮组、吊钩保险销子和钢丝绳。

2 提升钻具或岩芯遇阻时，严禁强行起吊，应适当与转盘配合，或停机进行处理后，再起吊。

3 提放钻具时，提引器的快卡子应安全可靠；重物放倒摘掉快卡子时，应立即用绳子拉住钩子，以防摆动伤人。

13.3.3 井口安全应遵守下列规定：

1 井口指挥人员，应精力集中指挥井下与升降作业。

2 井口周围应洁净，不得堆放杂乱物品。严防物品掉入井内，造成事故。

3 井下有人员作业时，井口应设专人看守，所用工具等，一律用系绳或由吊桶运送，不得向井下投放。

4 井口禁止闲散人员围观。

13.4 水上钻探安全规定

13.4.1 水上钻探应遵守下列安全规定：

1 在通航河流上进行钻探时，钻船上应悬挂当地航运部门规定的标志。

2 钻船、渡船等必须备有足够数量的救生衣或救生圈、通信设备，并规定呼救信号。

3 钻船、渡船和渡口码头必须制定健全的安全制度，过渡时应穿上救生衣。

4 驾驶人员必须持证操作水上船只。渡口码头在夜间应有良好的照明。

5 钻船装载应保持平衡，不常用的器材，或已装满的岩芯箱，

应及时搬移上岸。

6 提升钻具时，不得强力起吊，不得将千斤顶坐落在钻船上处理事故。

7 每班应有专人检查锚绳、绞车等安全情况，根据水情变化，及时调整锚绳，并应随时清除漂挂在锚绳及套管上的漂浮物。

8 掌握上游水情，若遇有洪峰警报，应立即通知钻船上的人员做好准备，并由专人组织指挥度汛或撤退。

9 严禁在钻船上游的主锚、边锚范围内进行水上或水下爆破作业。

10 水深流急时，钻船下游应设有救生安全站，应有专人值班。

11 遇有重雾视线不清或5级以上大风时，禁止抛锚、起锚和移动钻船、渡船等。

12 停工停钻时，钻船上必须派专人值班，负责排除船仓内积水、监视和排除挂在锚绳和套管上的漂浮物和船上的防火。

13.4.2 海上作业时，钻场应贮存足够的淡水、急救药品和配备救生艇。夜间禁止工作。

13.5 其他方面安全规定

13.5.1 钻场防火应遵守下列安全规定：

1 内燃机排气管或火炉烟筒，应伸出场房之外0.5m以上，穿过场房处应安装隔热装置。

2 钻场火炉应与地板很好隔离。炉灰应倒在指定地点。

3 草原及林区钻探，钻场周围应开出宽3m～8m的防火道。

4 现场内应备有灭火器材。

5 电器失火时，应先切断电源。

13.5.2 钻场防寒应遵守下列安全规定：

1 在高寒地区钻探，柴油机、水泵停用时，应放净积水，以防冻裂机器。

2 送水管路停止供水时，应放净管内积水。

3 钻场内应有取暖设施。

13.5.3 钻场防风应遵守下列安全规定：

1 高 10m 以上的钻塔，应设安全绷绳。

2 大风超过 6 级时，应增设绷绳或落下钻塔篷布。

13.5.4 钻场防汛应遵守下列安全规定：

1 在汛期，大批物资应放在洪水位警戒线以上的地方。

2 在可能受到山洪侵袭及洪水淹没的施工区，应做好防洪措施。

3 雷雨季节，钻架应设置避雷针。

13.5.5 陡坡修建钻场和钻进应遵守下列安全规定：

1 清除坡上的活动块石，设置禁止人畜进入活动的标志，并应设置护栏。

2 险路应设置牢靠的栏杆或护绳。

3 遇 6 级以上大风或雨雪连绵天气应停止施工，复工前进行安全检查。

4 遇暴雨时，应防止山坡滚石冲毁钻场设备。

13.5.6 钻场用电应遵守下列安全规定：

1 钻场用的电线应采用防水线。

2 电器设备必须安装在清洁、干燥的地方，严防油水等杂物侵入。

3 电器设备金属外壳必须接零线。

4 电器设备必须设有安全保护装置。

13.6 环境保护安全规定

13.6.1 钻探生产过程应遵守《中华人民共和国环境保护法》和当地政府颁布的环境保护法规。

13.6.2 钻进用的冲洗液不得任意流淌。

13.6.3 钻探过程产生的垃圾终孔后应清除。

13.6.4 终孔后应立即封孔。

附录 A　岩芯钻探岩石可钻性分级表

表 A　岩芯钻探岩石可钻性分级表

岩石级别	岩石物理力学性质			钻进时效指标			代表性岩石举例
	压入硬度（MPa）	摆球硬度		统计效率（m/h）			
		弹次	塑性系数	金刚石	硬质合金	钢粒	
1～4	＜1000	＜30	＞3.37		＞3.90		粉砂质泥岩、碳质页岩、粉砂岩、中粒砂岩、透闪岩、煌斑岩
5	900～1900	28～35	0.33～0.39	2.90～3.60	2.50		硅化粉砂岩、碳质硅页岩、滑石透闪岩、橄榄大理岩、白色大理岩、石英闪长玢岩、黑色片岩、透辉石大理岩、大理岩
6	1750～2750	34～42	0.29～0.35	2.30～3.10	2.00	1.50	黑色角闪斜长片麻岩、白云斜长片麻岩、石英白云大理岩、黑云母大理岩、白云岩、蚀变角闪闪长岩、角闪变粒岩、角闪岩、黑云石英片岩、角岩、透辉石榴石矽卡岩、黑云白云石大理岩
7	2600～3600	40～48	0.27～0.32	1.90～2.60	1.40	1.35	白云斜长片麻岩、石英白云石大理岩、透辉石化闪长玢岩、混合岩化浅粒岩、黑云角闪斜长岩、透辉石岩、白云石大理岩、蚀变石英闪长玢岩、石英闪长玢岩、黑云母石英片岩
8	3400～4400	46～54	0.23～0.29	1.50～2.10	0.80	1.20	花岗岩、矽卡岩化闪长玢岩、柘榴子矽卡岩、石英闪长斑岩、石英角闪岩、黑云母斜长角闪岩、混合伟晶岩、黑云母花岗岩、斜长闪长岩、斜长角闪岩、混合片麻岩、凝灰岩、混合浅粒岩

表 A（续）

岩石级别	岩石物理力学性质			钻进时效指标			代表性岩石举例
	压入硬度（MPa）	摆球硬度		统计效率（m/h）			
		弹次	塑性系数	金刚石	硬质合金	钢粒	
9	4200～5200	52～60	0.20～0.26	1.10～1.70		1.00	混合岩化浅粒岩、花岗岩、斜长角闪岩、混合闪长岩、斜长闪长岩、钾长伟晶岩、橄榄岩、斜长混合岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩、似斑状花岗岩、斑状花岗闪长岩
10	5000～6100	59～68	0.17～0.24	0.80～1.20		0.75	硅化大理岩、矽卡岩、混合斜长片麻岩、钠长斑岩、钾长伟晶岩、斜长角闪岩、鞍山质熔岩、长英质混合岩化角闪岩、斜长岩、花岗岩、石英岩、硅质凝灰砂砾岩、英安质角砾熔岩
11	6000～7200	67～75	0.15～0.22	0.50～0.95		0.50	凝灰岩、熔凝灰岩、石英角岩、英安岩
12	＞7000	＞70	＜0.20	＜0.60			石英角岩、玉髓、熔凝灰岩、纯石英岩

注：表中岩石压入硬度、摆球硬度不在一个区间时，可以根据公式：

$$K = 3.1980 + 0.0008854H_y + 0.02578H_n$$

确定岩石级别。其中 K 为岩石可钻性等级；H_y 为压入硬度值（MPa）；H_n 为标准岩样时的摆球弹次。

附录 B　岩芯钻探班报表

表 B　岩芯钻探班报表

接班孔深：　　m

交班孔深：　　m

工程名称：　　第　　号孔　　年　　月　　日　　时至　　时　　本班进尺：　　m

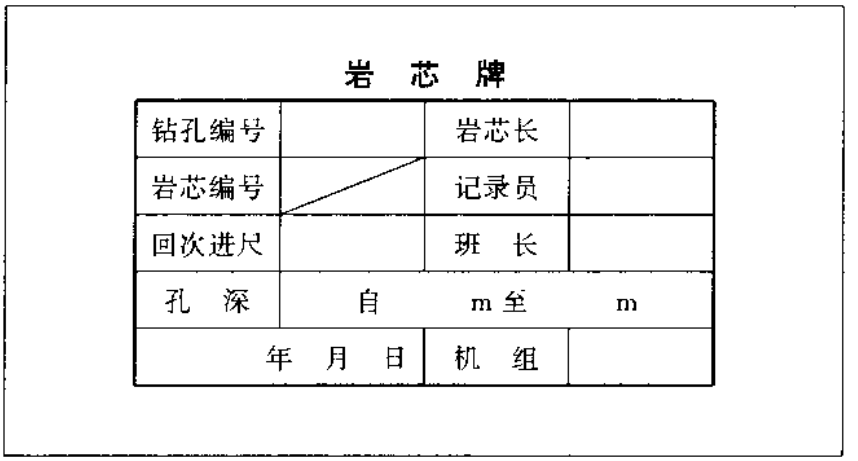
钻杆		钻具长度(m)	钻头			总长(m)	上余(m)		孔深(m)		进尺(m)	纯钻进时间	钻进方法	钻进参数				岩芯				岩石名称
根数	长度(m)		直径(mm)	长度(m) 下	长度(m) 起		下钻	起钻	下钻	起钻				压力(kN)	转速(r/min)	泵量(L/min)	泵压(MPa)	编号 起	编号 讫	长度(m)	采取率(%)	

表 B（续）

时间			工作项目	孔深(m)		回水及孔内变异情况	主要消耗材料		终孔封孔记录			
									基岩钻孔		堤坝钻孔	
自	至	计		自	至							
							柴油	kg	孔号		孔号	
							机油	kg	孔径	mm	孔径	mm
							黄油	kg	孔深	m	孔深	m
							乳化液	kg	覆盖层厚度	m	粗砂填入重量	kg
							钻头		导管下入深度	m	粘土球直径	mm
									水泥标号		粘土球填入重量	kg
									水灰比			
									灌入量	L		
									封孔日期：		封孔人：	
				成员		本班工作情况						
				职别	姓名							

机长：　　交班班长：　　接班班长：　　记录：

附录C 岩 芯 牌



填写及保管要求：

1. 岩芯牌应使用碳素笔填写。
2. 书写应整齐清晰，数据应准确。
3. 岩芯牌填写后，应进行蜡封，装入塑料袋密封。

图C 岩芯牌

标 准 用 词 说 明

执行本规程时，标准用词应遵守下表规定。

标 准 用 词 说 明

标准用词	在特殊情况下的等效表述	要求严格程度
应	有必要、要求、要、只有……才允许	要 求
不应	不允许、不许可、不要	
宜	推荐、建议	推 荐
不宜	不推荐、不建议	
可	允许、许可、准许	允 许
不必	不需要、不要求	

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程钻探规程

SL 291—2003

条　文　说　明

目　　次

1　总则…… 62
2　术语和符号…… 63
3　钻探准备工作及开孔…… 64
4　覆盖层及特殊地层钻探…… 67
5　硬质合金钻探…… 71
6　金刚石钻探…… 72
7　空气潜孔锤钻探…… 78
8　水上钻探…… 80
9　大口径钻探…… 82
10　冲洗液和护壁堵漏 …… 83
11　孔内事故预防和处理 …… 84
12　钻探质量 …… 85

1 总　　则

1.0.2　本条为本规程适用范围。本规程主要用于指导水利水电工程钻探工作。

1.0.3　钻探是水利水电工程勘察的主要手段，以查明地质条件为目的，在执行本规程的同时，还应执行地质勘测大纲或钻孔任务书和其他相关技术规定。

1.0.4　由于从事水利水电工程地质勘察单位很多，所采用技术、方法和设备不尽相同。因此，各单位在执行本规程时可以制定实施细则。钻探中，应要求钻探操作人员必须具有一定专业知识和熟练的操作技能，因此钻探操作人员必须经过严格培训和考核后方可上岗作业，否则，生产质量就没有保障。

1.0.5　列出本规程的主要引用标准，以便本规程使用者更加理解本标准与相关标准的协调关系。

2 术语和符号

本章根据《钻探工程名词术语》(GB 9151—88)编写。

3 钻探准备工作及开孔

3.1 一 般 规 定

3.1.1 每一个项目钻探施工应编制施工组织设计，以加强施工现场的技术管理，提高钻探作业的计划性，科学性和施工质量。

施工组织设计内容应包括：具有代表性钻孔结构、钻进方法和钻进参数、钻探设备和钻具、制定质量保证措施、钻探劳动组织、编制钻探工作进度计划和工期、编制材料消耗和采购计划、财务预算。

3.1.2 岩石可钻性分级，采用1984年原地矿部探矿装备工业公司推荐试行《金刚石岩芯钻探岩石可钻性分级表》。以岩石的物理力学性质和岩石抗机械破碎能力作为统一定级的基础。在室内测试的基础上，参照统计资料，经分析、对比、数据处理，确立了目前以压入硬度为主，摆球次数、塑性系数、声波速度、微钻速度综合评定定级方法。本分级表包括三张：①以岩石压入硬度、摆球硬度、统计钻进时效为指标的表一；②以微钻速度为指标的表二；③以声波穿透速度为指标的表三，把岩石划分为十二级。本规程采用表一作为岩石分级标准。表内各单项指标均为概率量。当测值不能落入相同的区间内时，则应利用各单项指标综合评定，以提高定级的准确性。

钻进方法选择由1992年规程的8种减少为7种，删除了钢粒钻进和针状硬质合金钻进，针状硬质合金钻进应是硬质合金钻进的一种，增加了空气潜孔锤钻进，比较全面地包含了当前覆盖层和基岩钻进的基本方法。空气潜孔锤钻进，近年来应用比较广泛，具有钻进速度快、成本低的优点。适用于工程施工用孔。

3.1.3 给出了设备选择的基本条件。水利水电工程钻探多为浅孔，施工条件差，各单位可根据施工具体情况选择钻机。

3.3 修建钻场、设备安装和拆迁

3.3.1

3 桁架式钻场一般采用钢管和旋转式搭扣组建，场地不须平整。钻场高出地面约1.5m，以便于在台板下进行套管连接和跟管扩孔钻进，也便于冲洗液循环槽的布置和设备搬迁时的装卸车工作。桁架钻场立柱下端要进行加固，立柱之间除平拉手绞接外还用斜拉手加固。钻进过程应经常检查螺栓是否松动。

4 水利水电钻探，由于过去多用清水作冲洗液，所以对冲洗液循环系统不太重视，使其他冲洗液的使用受到限制。现在普遍使用乳化液、低固相或无固相冲洗液，不做好这个工作会严重影响效率和成本，应重视这项工作。

3.3.2 钻架种类在规程中未加限制，因为受到现有设备的限制。200m以内的浅孔宜采用随机桅杆式钻架。钻架与钻机组装成一体用液压起落，这有三个好处：①有利于钻机运转的稳定；②节省搬迁时间；③节省材料消耗。

目前多数钻机的卷扬是纵向安装的，而且钻机又要前后移动，所以钻架的天车切口应对准钻机后移后的卷扬滚筒，以免引起钢丝绳起堆。“轻型钻架的整体搬迁，应在平坦地区进行，高压电线下严禁整体搬迁”。这是根据过去事故的教训而编写的。

3.4 开 孔 与 止 水

3.4.1 开孔是以后工作正常进行的基础，许多质量事故和孔内事故都由于开孔不符合要求而引起的。开孔要掌握好以下三点：①孔口管要下到较好的岩层中，使以后钻进不致上部破碎岩石掉块。②孔口管要下正。③孔口管下端要做好封固止水工作，使水文观测资料准确，回水正常和孔口管不致被反开和跟着回转。

下入钻孔的套管，都应上紧螺纹并用松香或粘接剂粘牢，防止脱开。

3.4.2 套管管脚止水的常用方法：①粘土在干孔效果好。为提高

止水性能，可掺入水胀性材料。施工时，将粘土球投入孔底，捣实后打入套管即成。②水泥止水效果好，但时间长。施工时，用导浆管将水灰比 0.5∶1.0 的水泥浆注入孔底或用专门的注浆器注入，水泥浆上升 0.5m 左右下入套管，待水泥浆凝固后即可钻进。③胶塞止水是在管靴外套以橡胶套，利用管靴斜面挤压作用使胶塞膨胀而止水。胶塞止水操作应做到：下管之前，用导向钻具变径钻进一定深度，下入胶塞。

4 覆盖层及特殊地层钻探

4.1 回 转 钻 探

4.1.1 这是土层的主要钻进方法，采用肋骨式钻头解决地层缩径问题，泥浆既起到护壁作用，又起保护岩样作用。

在土层中当含泥量低时，采用单动双管钻具，配侧喷钻头。因为钻具内管保护土芯，避免冲洗液冲蚀，提高了土芯采取率。

当土层含砂量高时，土芯进入内管的阻力较大，所以钻进时要限制回次进尺。

水压退出土芯时，钻具要斜放在地板上，使土芯通畅地退出。

当钻进粘土层或泥岩时，可采用单管钻具。因为粘土抗冲蚀能力强，单管钻具钻进速度快、取芯质量好。采用水压法退出管内的土芯，可以代替原状土样。深孔提钻时采用投球钻具平衡钻杆内水柱压力，有利于采取土芯。

此种钻进方法效率高、质量好、经济效益显著，应作为覆盖层钻进的基本方法。

4.1.3 使用螺旋钻与勺钻时，每钻进一定距离必须提动钻具，以防旋入过深起拔困难。

4.1.4 全孔反循环钻进广泛用于松散地层的成井，用于勘探工作是近年来发展起来的新工艺。当粘土含量高时，易结团堵塞；当砾石或漂石直径过大时，则要经过粉碎才能通过钻杆。岩样是利用塑料过滤管滤出的，也可以采用沉淀法分段取样。在取样中微颗粒会有部分流失，但对勘探成果影响不大。

全孔反循环目前有两种基本形式：一种是气举反循环，在孔深超过 10m 之后才能正常工作，其工作深度由空压机压力大小决定；另一种是泵吸反循环，其工作深度一般不能超过 100m。

全孔反循环钻进保证质量的关键是钻进中要孔壁稳定，以免上下岩样混合，所以开孔以后要下一根套管保护孔口。当达到一

定孔深，孔壁有塌落可能时，立即下入套管，然后缩小一级口径继续钻进。

4.2 冲 击 钻 探

4.2.1 打入取样钻进多用于无地下水地层的钻进，分为孔口击入法与孔底击入法两种，以孔底击入法为好。孔底击入法是用钢丝绳提动冲击钻杆打击取样筒进行的，有时用钢丝绳冲击钻进。其优点是辅助时间少，装备简单，目前多用于浅孔，是工业与民用建筑勘探中常用的方法。

4.2.2 有底阀打入或压入取样钻进，因取样筒底部装有阀门，所以能够适用地下水位以下并能在饱和粉细砂地层中钻进。在粉细砂及软土层中采用平底阀，在砂层中采用弹簧片阀（也称弹簧管）。当压入或击入取样筒时，弹簧片张开，提起钻具时弹簧片自动合拢，从而防止岩样中途脱落。

在容易液化的地层钻进时，振动与锤击都会引起液化，影响分层鉴定，宜采用压入法取样钻进。

4.2.4 泥浆护壁冲抓锥钻进方法只用于较大口径，因为冲抓锥直径不能做得太小。冲抓锥落下时靠重力加速度冲入地层，提起时自然合拢抓住岩样，一次完成破岩和取样工作，提出孔口把岩样装上推车排除，特别适宜于砂砾石层钻进，具有效率高、成本低的特点。

4.3 孔 内 爆 破

4.3.2 爆破材料防水处理常采用的塑料袋、橡胶制品和高压绝缘胶布等材料，将炸药雷管妥善组装捆牢，包装成圆柱形。

4.3.3 如选用硝铵炸药，药量应增大 25%。

4.4 钻 孔 取 样

4.4.1 下设套管对土层的扰动和取样质量的影响，Hvorslev 早就作过研究。其结论是，在一般情况下，套管管靴以下约 3 倍管

径范围内的土层会受到严重的扰动，在这一范围内不能采取原状土样。在实际工作中经常发生下设套管后因水头控制不当引起孔底管涌的现象。此时土层受扰动的范围和程度更大、更严重。因此，在软粘性土、粉土、粉细砂层中钻进，凡能采用泥浆护壁不用套管的，尽可能不用套管。

地下水位以下使用空心螺旋钻头（提土器）或岩芯钻头钻进时，孔底不会产生负压，可有效地保护孔底土层不受或少受扰动。1981 年国际土力学基础工程学会取样分会编制的软粘性土取样手册中也提出了这样的要求。

4.4.2 贯入式取土器取样。

2 取土器的贯入是取样操作的关键环节。对贯入的三点要求，即快速（不小于 0.1m/s）、连续、静压，是按照国际通行的标准提出来的。要达到这些要求，目前主要的困难是大多数现有的钻探设备性能不能适应，如静压能力不足，给进机构的行程不够或速度不够。因此，今后岩土工程勘察用的钻机应逐步更新换代。如果土质过硬，静压贯入困难，应考虑改用回转取土器。不完全禁止使用锤击法，但应尽可能做到重锤一击。

4 为减少掉土的可能，本条规定可采用回转和静置两种方法。回转的作用在于扭断土样；静置的目的在于增加土样与容器壁之间的摩擦力，以便于提升时拉断土样。这两种方法国外标准中都是允许的，可根据各地的经验和习惯选用。

4.4.3 回转式取土器取样。

1 回转取样最忌钻具抖动或偏心摇晃。抖动或摇晃一方面破坏孔壁，另一方面扰动土样，因此保证钻进的平稳至关重要。主要的措施是将钻机安装牢固，加大钻具质量，钻具应有良好的平直度和同心度。接加重导向钻杆是增加钻进平稳性的有效措施。

2 合理的回转取样钻进参数是随地层条件而变的，目前尚未见有统一的标准，因此，一般应通过试钻确定。国际土力学基础工程学会取样分会编制的手册提供的一些经验参数列于表 1，可供参考。

表 1　回转取样钻进参数

资料来源	钻进参数				
	转速 (r/s)	给进速度 (mm/s)	给进压力 (N)	泵压 (kPa)	冲洗液流量 (L/s)
美国垦务局	砂类土 1.3～1.7 粘性土 1.7	砂 100～127 粘性土 50～100	—	砂 105～175 粉质软粘土 250～200 较硬粘土 350～530	—
美军工程师团	1.0	—	—	-	孔径 100 1.2～2.0 孔径 150 3.2～3.6
日本土质工程学会	0.8～0.25	—	500		—

6　无泵孔底反循环钻进或称小循环钻进，即在钻进时停泵，间歇性地小幅度升降钻具，冲洗液形成孔底反循环，带走切削面上的土屑。由于没有强烈的冲洗液的冲蚀，故能在单层岩芯管中有效地保持土芯的完整，用这种方法可连续地取芯，包括砂层的全断面取芯。不少单位就在这种土芯中截取原状土样，本标准规定在一定的条件下可用这种方法采取Ⅱ级原状土样。

Ⅰ级原状土样，是指能提供做所有物理力学性质试验的原状土样。

Ⅱ级原状土样，是仅能供做物理性质试验的原状土样。

5 硬质合金钻探

5.1.1 本条主要说明制作硬质合金钻头参数的选择。本次修改在表 5.1.1-1 中增加复合片钻头内容，目前用于制作钻头的复合片没有统一标准和型号，故没有列出。

硬质合金型号及规格按 YB 883—77 规定为：T 表示地质工具；S 表示石油工具；K 表示矿山工具。

表中的岩石级别指岩石可钻性等级，应按附录 A 的规定执行。

5.2.1 原规程中 4.4 节针状硬质合金钻进目前应用很少，有些内容与硬质合金钻进内容重复，因此删除针状硬质合金钻进技术参数表等重复内容。

6 金刚石钻探

6.1 管材和钻具

6.1.1 本规程全部采用原地矿部小口径钻具系列，即钻孔直径为91mm、75mm、59mm系列，采用该系列具有下述之优点：①与普通钻孔直径150mm、130mm、110mm系列配套；②内管与外管和扩孔器之间的间隙增大，有利于冲洗液循环；③套管壁加厚，增大了承载能力，使孔内套管事故减少。

《金刚石岩芯钻探钻具设备》(GB/T 16950--1997)和《金刚石绳索取芯钻探钻具设备》(GB/T 16951--1997)推荐了国际标准：ISO 3551--1992、ISO 8866—1991、ISO 10098--1992。因目前国内还没有相应钻探管材，修订本规程没有采用。有条件的单位可以执行上述标准。

6.2 钻头、扩孔器的选择与使用

6.2.1 金刚石钻头的选择：目前金刚石钻头品种规格愈来愈多，规程中只能作原则的规定，选择时还应参看厂家的说明书。

金刚石钻头在选用时，还应考虑金刚石的品级和浓度。金刚石品级高时强度高，可以降低浓度使金刚石用量减少，会增大底刃的压力，从而适应坚硬岩层的钻进。

表镶金刚石钻头对胎体无太大的选择。孕镶金刚石钻头工作原理类似砂轮片的工作原理。金刚石需要保持自锐和更新，所以，选择金刚石品级和胎体的硬度与耐磨性时要与岩层的特性相适应。

扩孔器的选择和使用：扩孔器起到扩大孔径和扶正钻头的作用。扩孔器上的切削材料只要求底刃工作而不要求侧刃工作，侧刃只要求有高的耐磨性就可以了。保持扩孔器的直径即保持了钻孔的直径，使钻孔在更换钻头后能保证钻头顺利下到孔底。由于

扩孔器的作用，起钻时增大了钻具与孔壁之间的过水断面，从而可以减少抽吸力，有利于孔壁稳定。基于上述理由，扩孔器应比钻头直径大 0.3mm～0.5mm 或在破碎岩层中，扩孔器直径可加大至 1.0mm。一般地说，扩孔器的寿命应大于钻头寿命的 3 倍以上，在选择扩孔器时，应当注意到这一点。

由于人造金刚石质量完全满足了钻探工作的需要，因此，删除了原规程中天然金刚石钻头的内容。

6.3 钻进技术参数

6.3.1 金刚石钻进技术参数主要包括钻压、转速、泵量和泵压，它们既是独立的，又是相互关联的。操作者要统筹兼顾，才能达到效率高、质量好、成本低、事故少，收到最佳经济效益。

钻压和转速的乘积与消耗功率成正比，机械输出功率只能基本保持一个常值。在一般情况下，首先要保证钻压，然后再调整转速。

强烈振动会造成功率消耗增加，岩芯质量降低，钻头大量消耗，是金刚石钻进的大忌。调整钻压与转速是消除强烈振动的措施之一。

钻压与转速还间接与泵量与泵压有联系，加大钻压与转速的同时，也应增大泵量与泵压。

泵量与泵压，如果一切外界条件不变，则增大泵量就要增大泵压。在实际生产中，二者都要保持在一定范围，这需要调整钻具结构、钻头水口的数量与大小、扩孔器形状与规格等。

6.3.2 钻压的调整。

钻头破碎岩石无论采用何种形式，都必须加以一定的钻压。钻压的大小应根据岩石的硬度，钻头唇面积，金刚石的粒度、品级、数量等进行选择。表镶钻头按每粒金刚石压力为 15N～25N 计算，在坚硬完整岩层，金刚石品级高、颗粒大，应用较高钻压。钻进过程中，随着金刚石尖棱的磨钝，钻压应逐渐加大。孕镶钻头按单位面积钻压 4MPa～8MPa 计算。

高转速钻进可以取得高的经济效益，而且质量好，消耗少，因此钻进中应该加以足够的钻压。但是水利水电钻探多为浅孔，钻进中加大钻压往往使钻机被顶起来。为解决这种情况，应在钻场上增加重量的办法，比如采用钻架压住钻场，钻杆、套管或其他重物堆放在钻机两侧等措施。

钻压的计算，应以称重表和钻压表来进行。目前，一些机组的钻机钻压表都是坏的，也不及时修理，这是不允许的。

钻压在计算时，要考虑加入其损失值。如钻杆受力弯曲而在孔壁消耗的摩擦力，每百米约为500N，孔深200m后不再增加。又如冲洗液压力对孔底的反作用力使钻压损失约为1000N，这个作用力往往使孔深在30m以内倒杆时，引起钻具自动漂起。

钻压过小会导致钻速过低、钻头晃动，使金刚石出刃被打光，出现孔壁变大、岩芯变细的现象。

6.3.3 转速的调整。

钻头的转速与钻进效率有着直接的关系，在一定范围内转速愈高效率也愈高，但是转速的提高又受到功率、钻具强度和振动等的限制，应适当提高转速。

金刚石在高速运动下破碎岩石，由于岩石结构的不均匀性，必然产生冲击作用。这种冲击力有利于破碎岩石，但也有害于钻头和钻具。随着转速的增加，这种冲击力也随之增加，最后可导致剧烈振动而引起孔内事故。

钻头的转速应根据岩石物理力学性质和钻头直径进行选择，通常可以按钻头的外侧线速度进行计算。表镶金刚石钻头的线速度范围为1.0m/s～2.0m/s，孕镶金刚石钻头为1.5m/s～3.0m/s。

6.3.4 泵量与泵压的调整。

从排除岩粉的观点来看，泵量愈大愈好。钻速高时，所产生的岩粉粗而多，为避免岩粉的二次破碎而影响时效、质量和成本，所以应当选用较大的冲洗液量。但在孕镶金刚石钻进时，金刚石要保持一定的自锐性，这与孔底岩粉的多少有一定的联系，孔底岩粉少自锐性就差，所以泵量太大也是不可取的。

在泵量不变的条件下，泵压与水口、水槽的截面积成反比。理论研究表明，钻头内外侧保持约 0.3MPa 的压差，可保持水口处的冲洗液流速，并保证部分冲洗液流过金刚石刃部，从而迅速带走岩粉，并润滑和冷却金刚石。水口太大会使钻头内外冲洗液压差减少，水口过小会影响冲洗液泵量和泵压，所以钻头水口要随着钻头的磨损而修整，水口高应保持 3mm。

金刚石钻进时泵压损失较大，一般情况下，管路、钻具和钻头的泵压损失约 0.3MPa。孔深每增加 100m，泵压损失增大 0.2MPa～0.3MPa。孔深 100m 以内的钻孔，泵压为 0.5MPa～1.0MPa。

6.4 钻进技术要求

6.4.1

1 钻机应具备足够的扭矩、变速范围和升降能力。金刚石钻进必须选用稳定性好、变速范围大的液压给进钻机，并配备孔底压力表、转速表、扭矩表。目前，市场上钻机种类齐全，完全满足钻探需求。

对钻场用泵，强调采用变量泥浆泵和小型泥浆搅拌机，这是从钻场能采用任意种类的冲洗液，并对提高质量和有利生产而考虑的。

为使孔底泵量不足时能迅速灵敏地反映到地面仪表上来，规程提倡用变量泥浆泵调节流量。由于容积泵的泵量在调好后是固定不变的，全部泵量送入孔底，冲洗液循环管路中堵塞或破裂的变化会可靠而灵敏地反映在泵压的变化上。

3 钻杆锁接头处安装密封圈的优点：压水试验时钻杆接头不需密封，钻杆锁接头不漏水，防止烧钻事故的发生。

5 原规程有“钻杆级配选择表”，在实际工作中很难做到，故删除。钻杆级配的问题，各单位根据实际情况采取技术措施处理。

6.4.2

1 金刚石钻进要避免钻具发生剧烈振动。为改善钻具的稳定

性，最主要的措施是采用乳化冲洗液，这一点已被公认为金刚石钻进的成败关键。

7 钻头打滑的防止：所谓钻头打滑，是指在坚硬而研磨性小的岩层中钻进时，金刚石钻头的刃部被打光磨平，金刚石不再破碎岩石和产生岩粉，从而破坏了金刚石的自锐功能的情况，此时钻头不进尺，孔内无岩粉，也不会发生烧钻事故。

防止钻头打滑的措施是基于三个方面的原理制定的：①增大金刚石刃部对岩石的破碎作用力，包括增大钻压、提高金刚石品级、减少金刚石数量和面积等；②提高金刚石的自锐性或加以磨锐，包括改变泵量、改变胎体性能、冲洗液中加以研磨颗粒及用砂轮片磨锐等；③改变切削具破碎岩石的方式，目前主要是采用孔底冲击回转钻进，这是充分利用岩石抗压强度高而抗冲击强度低这种特性，从而保持切削具的破岩能力。

9 本款规定，金刚石钻进浅孔时，“禁止不停钻倒杆”，这是因为目前进行的所谓不停钻倒杆都是在无加压情况下进行的，浅孔在不停钻倒杆时产生钻具漂起而造成堵塞或脱落岩芯的情况。

10 防止孔壁掉块和探头石的理论依据是压力平衡理论。小口径金刚石钻进，由于钻具与孔壁间隙小，起钻时会产生一个抽力，即在钻头下产生一个低压区，所以增大这个间隙、降低起钻速度都能起到很好保护孔壁的作用。

6.5 绳索取芯钻探

6.5.1 绳索取芯钻进是一种比较先进的钻探工艺，它可以使起钻间隔延长，从而缩短辅助时间。这种优点在深孔时表现得特别明显，由于技术的进步，解决了水利水电工程绳索取芯钻进不提钻压水问题。在水利水电工程钻探中被推广应用。

绳索取芯的钻头壁厚，从而钻压要相应加大，所以在坚硬岩层中最好不用，应该采用普通钻进方法。为了提高取芯质量，应限制一次进尺的长度，尤其在破碎带和软弱夹层，因岩芯堵塞没有及时起钻而影响岩芯质量，绳索取芯可以随时捞取岩芯，从而

提高了取芯质量。

6.5.4

4 绳索取芯钻进中内管到位报讯十分重要，目前是通过泵压变化来判断。投入内管后，立即往钻杆内泵入冲洗液，会产生0.7MPa～1.0MPa的泵压增值，操作人员只要加以注意，是可以不出现差错的。

6.5.5 已研制成功绳索取芯气压栓塞，可以从钻杆下入孔内进行压水试验，而无需起出钻具。

6.5.6 绳索取芯钻进起钻时，必须先起出内管，起钻时抽吸力小，对稳定孔壁有利，所以适应破碎地层钻进。在孔壁很不稳定条件下，还可以在起钻前灌注水泥浆封孔。

7 空气潜孔锤钻探

7.1 一 般 规 定

7.1.1 近几年来空气潜孔锤钻进在工程施工中广泛应用，三峡水电站工程锚索、锚杆孔工作量有几十万米，现在潜孔锤种类完全满足钻进工艺要求，例如在碎石层中同步跟管钻进等钻具都已商品化，完全能满足规程中砂砾石层、基岩钻进要求。因为潜孔锤目前取芯钻进岩芯采取率一般只能达到65%左右，而且多呈碎块状，所以规程规定在特殊情况下，技术目负责人同意可以用于工程勘察钻进。

7.1.4 潜孔锤活塞在汽缸内高速往复运动，必须给潜孔锤润滑，最好在气路中安装注油器，这样就使润滑油不断地被风带入潜孔锤汽缸内，其注油量大小可调节。但我们目前进行潜孔锤钻进时一般无此装置。其注油方法采用从钻杆内孔倒入，定期润滑。润滑效果差，导致潜孔锤磨损快，冲击功降低，为此规程规定用注油器连续润滑。润滑油夏季选用20号机械油，冬季选用5号～10号机械油。

7.2 钻进参数的选择

7.2.1、7.2.2 首先要保证潜孔锤正常工作所需要的风量、风压。风压高、风量大则潜孔锤频率高，冲击功也大，因而破岩效率也高。风压增加，钻进效率成正比增加，风压从0.6MPa提高到1.03MPa时，钻进效率可增加一倍。

7.2.3 潜孔锤钻进轴向压力与回转钻进轴向压力要求不同，前者靠冲击载荷破碎岩石，回转钻进靠压力切入岩石。潜孔锤钻进轴向压力作用主要是为了克服潜孔锤在活塞下行时在汽缸内所产生的向上推举力，其次还要对钻头施加一定的压力，以保证冲击功

有效传递给钻头进行破碎岩石。禁止钻头弹跳。岩石坚硬，应增大钻压。

7.2.4 钻头转速仅仅是为了改变碎岩的位置和排粉效果，因此合理的转速应保证在最优的冲击碎岩的破碎区外，并能保证两破碎区相连，防止岩墙产生。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°。规程中规定的转数采用了此项研究成果。

转数过低，压力过大，不仅产生重复破碎，影响钻进效率，而且钻头球齿也易发生冲入碎岩后的坑穴中，造成回转困难，使钻头球齿损坏。同样转数过高，则不仅使冲击碎岩的作用减弱，而且造成钻头严重磨损。在操作中必须防止上述现象的发生。

7.3 钻进技术要求

7.3.1

5 回次终了时，提出主动钻杆后关闭进气阀是为了防止潜孔锤回灌，即岩粉进入潜孔锤内，卡死活塞使潜孔锤不能工作。

7.3.2、7.3.3 水平孔钻进和同步跟管钻进，是根据东北勘测设计研究院在三峡永久船闸施工水平锚索孔和在黑河堆石坝同步跟管钻进的经验编写的。在三峡施工水平锚索孔共计1611个，累计工作量54806m，最大孔深63.53m，最小孔斜率0.12%，平均孔斜率为1.5%。在黑河堆石坝同步跟管钻进中采用了偏心式和同心式同步跟管钻具，套管采用Φ108mm厚壁管和Φ127mm套管，孔深20m～34m，共计钻孔20个，累计工作量576.46m。

8 水 上 钻 探

8.1 一般规定与钻场类型

8.1.1 钻场类型的选择：水上钻场分漂浮式和架空式两类。漂浮式钻场以船和筏为主，也包括浮箱与油桶等。架空式钻场则增加了平台式和桁架式两种。水上平台较其他型式具有很大的优点，基本上不受航运的影响等，除适应近海作业外，也可在大江大河进行工作，其缺点是体积庞大，搬迁不易。

桁架钻场既能用于陆上或山坡，也能用于浅的水域和海滨，相当于固定式水上平台，机动性和适应性比较好。在水上构筑时，其立柱下端应增大面积，以减小压力，防止沉陷。桁架也适用于构筑钻场与岸坡相连接的桥梁（俗称管桥）。

8.2 漂 浮 钻 场

8.2.1 钻船吨位选择原规程中有“钻船吨位选择表”，规定得不严密，故删除。修订后根据实际工作负荷选择钻船。河流水文情况主要指水流流速、水深。流速大，安全系数应大。工作负荷应包括给进油缸的提升能力。其他形式的漂浮钻场载重量可参照此条确定。

8.4 冰 上 钻 探

8.4.1 此条只适用于非车装钻机施工，车装钻机施工应进行一些调查研究确定冰层厚度和施工期。

冰上钻探在接近解冻期最为危险，应事先注意开江和冰层发生碎裂的可能，防止发生事故。

冰冻期应根据历年水文资料和当地群众经验来确定。

8.5 近 海 钻 探

8.5.1、8.5.2 近海钻探应遵守当地海事管理部门的有关规定，使用的船只、钻探平台应有合格证和有关部门颁发可以下水证明材料。对钻探海域、使用船只、平台和工作时间等应向当地海事管理部门报告。近海钻探是非常危险的工作，应有专人负责收集气象信息，必须保证通信联络。

9 大口径钻探

9.4.3

2 转速公式中120是实测较优滚刀的每分钟转速。滚刀转速低影响钻进效率，过高轴承和密封很快磨损。

10 冲洗液和护壁堵漏

10.1 冲 洗 液

10.1.1 冲洗液除冷却和润滑钻头、带走岩粉外，还起到保护孔壁和岩芯、防止振动等多种作用，根据岩层条件正确选用，可以获得较大的经济效益。在灰岩和含钙镁离子高的地层钻进，应选用非离子或复合型润滑剂。水利水电钻探，要做压水试验，故冲洗液的使用受到限制。泥浆只在不做压水试验的钻孔中使用，而无固相冲洗液如聚丙烯酰胺等对压水试验成果影响较小，可以适当选用。

10.1.4 常用水解度30%的聚丙烯酰胺配制冲洗液。

10.1.5 植物胶类冲洗液金刚石钻进用于卵砾石覆盖层，也可用于基岩复杂地层。用植物胶作冲洗液，取芯质量高。在砂卵石覆盖层和基岩破碎地层、软弱夹层钻进，岩芯采取率可达到90%～100%，而且可取得原结构柱状岩芯。植物胶品种很多，根据实际情况选用。PHP为水解聚丙烯酰胺代号。

10.2 护 壁 堵 漏

10.2.1 护壁堵漏在水电系统钻探中，习惯采用水泥浆封堵和下套管两种办法，因为这两种办法效果显著，原材料易于解决，操作简单。

10.2.2 水泥浆液的灌注，特别应保持水灰比的稳定。如果中途水分掺入，使水泥浆被稀释，则会延长待凝时间，甚至不凝固。

10.2.4 套管护壁最为普遍，套管的管脚未作止水固定和套管连接螺纹没有粘住，会引起孔内套管事故。

11　孔内事故预防和处理

11.2.1　一般事故是指比较容易处理的常见的孔内障碍。例如：掉钻事故。复杂事故是指难处理的孔内障碍。例如：钻头烧在孔底不能提动的事故。重大事故是指导至钻孔报废的孔内障碍。

12 钻 探 质 量

12.1 岩芯、土样和水样的采取

12.1.2

2 取芯钻具的选择：取芯钻具种类选择表基本不变，仅对技术参数和适应的范围作了调整。表中所列钻具的构造可以从钻探工具手册中查到，基本上是定型的东西。

3 将原状取土器分为Ⅰ-a、Ⅰ-b两类，是表明其完善程度有一定的差别。Ⅰ-a类取土器都是现在国际通用的高质量取土器，Ⅰ-b类取土器性能则相对较差，但在合适的土质和操作条件下也能取得好的效果。考虑我国现状，不可能硬性规定一律采用Ⅰ-a类取土器，而应允许在一定条件下采用Ⅰ-b类取土器。厚壁取土器原则上只能用于采取Ⅱ级或Ⅱ级以下的土样。确有困难时也可以用厚壁取土器，原则上只能用于采得的Ⅱ级土样作为Ⅰ级土样使用，但事先应得到勘察技术负责人的认可。

4 卡簧的内径不易测量准确，配卡簧应采用试验的方法，即将卡簧套在相应钻头钻出的岩芯上，用手可以轻轻推动者为合适。

12.1.3 破碎地层提高取芯质量的措施是根据以下四点制定的：①增大岩芯直径，从而提高岩芯强度和允许岩芯周围有较多的剥蚀量；②选择合适的冲洗液；③选择单动双管钻具，保护岩芯；④冲洗液反循环，使岩芯呈悬浮状态，防止二次破碎。

12.1.4 成都勘测设计院使用植物胶作冲洗液金刚石钻进取出了软弱夹层原状岩芯。本条第三款吸收了他们的经验。

软弱夹层钻进取芯设计应从下述5个方面去考虑：

(1)提高岩芯的抗扭断强度：①增大孔径和增大岩芯直径；②改变夹层对岩芯的视倾角，使缓倾角变成较大的倾角(大于30°)；③套钻，即先钻一个小孔，插筋灌浆，人为地提高岩心抗扭强度，然后套取岩芯。

（2）改善钻具的单动性能和同心度：①短钻具比长钻具同心度和单动性要好，尤其内管的抗弯曲强度提高；②内管与钻头之间加扶正器，不使内管晃动；③每钻都要对轴承部位清洗加油。

（3）防止岩芯堵塞，不使内管受力弯曲而变成双动：①内管涂润滑剂，减小岩芯阻力；②堵塞报警，不使内管受力超过规定值，超过时就报警起钻；③立轴增大行程，实行不倒杆钻进，因为倒杆时往往提动钻具（浅孔）造成岩芯堵塞。

（4）提高钻具稳定性和减小钻头晃动：①提高冲洗液的润滑性能；②足够的冲洗液量，保持孔底岩粉量少；③调整参数，不产生剧烈振动。

（5）减少岩芯受破坏时间：①保持高速钻进，缩短回次钻进时间；②减少内管卡簧座与钻头的距离，使岩芯在最短时间内进入岩芯内管受到保护；③限制回次进尺。

12.1.9 水样采取。

乳化液或泥浆都会对水样产生严重的污染，但严格地说，清水也影响水样的真实性，也是一种污染，所以对取水样钻孔要求覆盖层钻进时不准加水。基岩钻进时不可能不用冲洗液，所以规定在抽水后取水样。

12.3 封孔与长期观测装置的安装

12.3.1 封闭钻孔方法：深度小于 20m 的干孔可直接从孔口投入稠水泥浆，有水钻孔则必须下入导浆管，管口距孔底距离应小于 0.5m，然后用泵入法或注入法进行灌浆。水灰比宜为 0.5～0.6。采用注入法进行灌浆时，浆液升高到一定高度后，可逐渐提起导浆管，但管脚不得超过浆液面。

12.3.2 封闭堤防钻孔方法：在砂层中，每次回填的实际孔段长不超过 1m。在粘土层中，将粘土加工为直径 2cm～2.5cm 的土球，并风干，每次按钻孔高度 0.3m 理论容积量投入孔内并捣实。依次按要求回填至孔口。即每次回填的实际段长控制在 0.3m。