

ICS 93.020

P 13

**SL**

中华人民共和国水利行业标准

**SL/T 291—2020**

替代 SL 291—2003

---

# 水利水电工程钻探规程

Code of drilling for water and hydropower projects

2020 - 11 - 30 发布

2021 - 02 - 28 实施

---

中华人民共和国水利部 发布

---

<https://www.sizjxx.com>  
水利造价信息网

---

## 中华人民共和国水利部

### 关于批准发布《水工建筑物水泥灌浆 施工技术规范》等 7 项 水利行业标准的公告

2020 年第 23 号

中华人民共和国水利部批准《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》(SL/T 62—2020) 等 7 项为水利行业标准，现予以公布。

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
1	水工建筑物水泥灌浆施工技术规范	SL/T 62—2020	SL 62—2014	2020. 11. 30	2021. 2. 28
2	水利水电工程压力钢管设计规范	SL/T 281—2020	SL 281—2003	2020. 11. 30	2021. 2. 28
3	水利水电工程钻探规程	SL/T 291—2020	SL 291—2003	2020. 11. 30	2021. 2. 28
4	水利水电工程地质测绘规程	SL/T 299—2020	SL 299—2004	2020. 11. 30	2021. 2. 28
5	水工混凝土试验规程	SL/T 352—2020	SL 352—2006	2020. 11. 30	2021. 2. 28

续表

序号	标准名称	标准编号	替代标准号	发布日期	实施日期
6	水工纤维混凝土应用技术规范	SL/T 805—2020		2020.11.30	2021.2.28
7	水利水电工程水泵基本技术条件	SL/T 806—2020		2020.11.30	2021.2.28

水利部

2020年11月30日

水利造价信息网  
http://www.slzjx.com

## 前 言

根据水利行业标准制修订计划安排，按照 SL 1—2014《水利技术标准编写规定》的要求，对 SL 291—2003《水利水电工程钻探规程》进行修订。

本标准共 12 章和 6 个附录，主要内容有：基本规定；准备工作；硬质合金钻进、金刚石钻进、绳索取心钻进、金刚石复合片钻进、冲击钻进、液动冲击回转钻进、空气潜孔锤钻进等钻探方法与工艺；定向钻探；内河、冰上等水域钻探；冲洗液和护壁堵漏；钻孔取样；孔内事故预防和处理；钻探质量与验收；安全生产。

本次修订的主要内容有：

- 增加了基本规定；
- 增加了大口径金刚石钻进、金刚石复合片钻进、液动冲击回转钻进、无泵反循环钻进、螺旋钻进、声频振动钻进；
- 增加了定向钻探；
- 增加了钻孔取样；
- 增加了钻孔验收表、取心钻具管材匹配、钻杆参数、套管及接头基本尺寸 4 个附录；
- 取消了覆盖层钻探及特殊地层钻探，部分内容列入第 5 章和第 9 章；
- 删除了钢索桥钻探、近海钻探；
- 删除了大口径钻探；
- 删除了原规程附录 C 岩芯牌。

本标准所替代的历次版本为：

- SL 291—2003

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：中水东北勘测设计研究有限责任公司

本标准参编单位：江河水利水电咨询中心

长江勘测设计规划研究有限责任公司

中水北方勘测设计研究有限责任公司

本标准出版、发行单位：中国水利水电出版社

本标准主要起草人：司富安 杨春璞 庄景春 田 伟

才运涛 王俊杰 杨海鑫 姜笑阳

纪恒魁 袁宜勋 谢实宇 陈中和

项 洋 孙 政 杜金良 刘恒祥

梁满福 杨 雪 赵世军 阮宝民

本标准技术内容审查人：肖冬顺

本标准体例格式审查人：牟广丞

本标准在执行过程中，请各单位注意总结经验，积累资料，随时将有关意见和建议反馈给水利部国际合作与科技司（通信地址：北京市西城区白厂路二条2号；邮政编码：100053；电话：010-63204533；电子邮箱：bzh@mwr.gov.cn），以供今后修订时参考。

# 目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	3
3	基本规定	4
4	准备工作	6
4.1	作业计划	6
4.2	钻进方法选择	6
4.3	设备机具选择与使用	7
4.4	作业准备	8
5	钻探方法与工艺	10
5.1	硬质合金钻进	10
5.2	金刚石钻进	13
5.3	绳索取心钻进	17
5.4	金刚石复合片钻进	20
5.5	冲击钻进	21
5.6	液动冲击回转钻进	22
5.7	空气潜孔锤钻进	24
5.8	其他钻进方法	27
6	定向钻探	29
6.1	钻孔设计	29
6.2	造斜机具与测量仪器的选择	29
6.3	钻进作业	30
7	水域钻探	34
7.1	一般规定	34



7.2	漂浮钻场	35
7.3	架空钻场	37
7.4	冰上钻探	39
8	冲洗液和护壁堵漏	40
8.1	冲洗液	40
8.2	护壁堵漏	42
9	钻孔取样	46
9.1	土样采取	46
9.2	岩心采取	50
9.3	定向取心	52
9.4	土试样、岩心保护与管理	54
9.5	水文地质观测与水样采取	55
10	孔内事故预防和处理	58
10.1	孔内事故预防	58
10.2	孔内事故处理	59
11	钻探质量与验收	61
11.1	钻探质量	61
11.2	钻探验收	63
12	安全生产	64
12.1	一般规定	64
12.2	钻场安全规定	64
12.3	钻进过程安全规定	66
12.4	水域钻探安全规定	67
附录 A	岩心钻探岩石可钻性分级表	69
附录 B	取心钻具管材匹配	71
附录 C	钻杆参数	73
附录 D	套管及接头基本尺寸	83
附录 E	钻探班报表	85
附录 F	钻孔验收表	89



标准用词说明 .....	90
标准历次版本编写者信息 .....	91
条文说明 .....	93

<http://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

# 1 总 则

**1.0.1** 为规范水利水电工程钻探行为，统一钻探方法、工艺和技术要求，保障钻探质量和作业安全，制定本标准。

**1.0.2** 本标准适用于水利水电工程地质勘察钻探工作。

**1.0.3** 钻探工作应以地质勘察工作大纲和钻探任务书为依据进行准备和施工，勘察单位可根据实际情况，制定实施细则。

**1.0.4** 本标准主要引用下列标准：

GB/T 9808 钻探用无缝钢管

GB/T 16950 地质岩心钻探钻具

GB/T 18376.2 硬质合金牌号 第2部分：地质、矿山工具用硬质合金牌号

GB/T 50123 土工试验方法标准

GB/T 50585 岩土工程勘察安全标准

SL 31 水利水电工程钻孔压水试验规程

SL 320 水利水电工程钻孔抽水试验规程

SL 345 水利水电工程注水试验规程

**1.0.5** 水利水电工程钻探除应符合本标准规定外，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 岩石可钻性 rock drillability

评价岩石被钻碎难易程度的综合性指标。

#### 2.1.2 岩石研磨性 rock abrasiveness

岩石磨损碎岩工具的性能。

#### 2.1.3 定向钻探 directional drilling

利用钻孔自然弯曲规律或采用人工造斜工具使钻孔轴线按设计轨迹延伸的一种钻探方法。

#### 2.1.4 定向取心 directional coring

采用机械式岩心定向仪确定孔内岩心空间产状的取心工艺方法。

#### 2.1.5 钻孔方位角 azimuth angle of borehole

自正北向开始沿顺时针方向与钻孔轴线上某点沿轴线延伸方向的切线水平投影之间的夹角。

#### 2.1.6 钻孔顶角 drift angle of borehole

钻孔轴线上某点沿轴线延伸方向的切线与铅垂线之间的夹角。

#### 2.1.7 钻孔倾角 dip angle of borehole

钻孔轴线上某点沿轴线延伸方向的切线与其水平投影间的夹角。

#### 2.1.8 冲洗液 drilling flushing fluid

钻进中用于冷却钻头、排除岩粉、保护孔壁、传递动力及平衡地层压力的液体。

#### 2.1.9 泥浆 mud

黏土颗粒均匀而稳定地分散在水或油中所形成的冲洗液。

#### 2.1.10 植物胶无固相冲洗液 vegetable glue drilling fluid

without clay

以植物胶为基浆原料并经适当改性的无黏土冲洗液。

#### 2.1.11 潜孔锤 down-the-hole hammer

以冲洗液或压缩空气驱动活塞冲锤往复运动产生轴向冲击作用的装置。

#### 2.1.12 烧钻 bit burnt

钻进中因冷却不良，使钻头烧毁或与孔底岩石烧结在一起的孔内事故。

#### 2.1.13 掉钻 rod drop

钻进过程中因遇洞穴、架空层、裂缝等导致钻具突然下落的现象。

#### 2.1.14 埋钻 drill rod burying

孔内钻具被岩粉、岩屑沉淀、流砂、孔壁坍塌物埋住，不能回转或提升，冲洗液不能流通的现象。

#### 2.1.15 卡钻 drill rod sticking

因孔壁掉块，生成键槽或缩径或有异物落入，使孔内钻具提升受阻的现象。

#### 2.1.16 岩心采取率 core recovery percentage

由孔内取出的岩心长度与对应钻孔实际进尺的百分比。

## 2.2 符 号

$n$ ——钻头转速，r/min

$D$ ——钻头直径，mm

$\theta$ ——钻孔顶角，(°)

$\beta$ ——钻孔倾角，(°)

$\alpha$ ——钻孔方位角，(°)

$F$ ——钻头压力，kN

$Q$ ——泵量，L/min

### 3 基本规定

3.0.1 钻孔规格代号及对应的公称口径可按表 3.0.1 的规定选择。

表 3.0.1 钻孔规格代号及对应的公称口径 单位：mm

规格代号	R	E	A	B	N	H	P	S	U	Z
公称口径	30	38	48	60	76	96	122	150	175	200

3.0.2 钻孔成孔口径应根据钻孔取样、测试要求、地层条件和钻进工艺等因素确定，并应符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 钻孔成孔口径 单位：mm

钻孔性质		第四纪地层	基岩	
鉴别与划分地层/岩心钻孔		$\geq 38$	$\geq 60$	
取 I、II 级土样钻孔	一般黏性土/粉土/坡积土/全风化岩层	$\geq 96$	—	
	湿陷性黄土	$\geq 150$		
	冻土	$\geq 122$		
原位测试钻孔		大于测试探头直径		
压水/抽水试验钻孔		$\geq 122$	软质岩石	硬质岩石
			$\geq 76$	$\geq 60$

3.0.3 钻孔深度分级宜符合表 3.0.3 的规定。

表 3.0.3 钻孔深度分级 单位：m

钻孔类别	浅孔	中深孔	深孔	超深孔
孔深 $H$	$H < 100$	$100 \leq H < 300$	$300 \leq H < 500$	$H \geq 500$

3.0.4 岩石可钻性分级应符合附录 A 的规定。

3.0.5 钻探用管材的钢级和机械性能应符合 GB/T 9808 的

规定。

**3.0.6** 布置有压水试验、抽水试验、注水试验的钻孔，钻进过程中应符合 SL 31、SL 320 和 SL 345 的有关规定。

**3.0.7** 十字板剪切、静力触探、动力触探、标准贯入、旁压试验等钻孔内土工原位测试应符合 GB/T 50123 的有关规定。

**3.0.8** 设备搬迁和修建钻场应减少对周边植被林木的破坏。作业过程中应按环境保护要求对油液排放、冲洗液排放、弃土弃渣处理、噪声、振动等进行控制。终孔后应恢复占用的农田、耕地和植被。

<https://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

## 4 准备工作

### 4.1 作业计划

4.1.1 钻探作业前，应熟悉地质勘察工作大纲及钻探任务书的各项要求，进行现场实地踏勘，了解钻探区域的地质、地形地貌、交通、场地、水源等自然条件，编制钻探作业计划。对深孔、超深孔、水平孔、斜孔以及其他有特殊要求的钻孔应单独编制专项作业方案。

4.1.2 钻探作业计划宜包括以下内容：

- 1 任务来源和工程概况。
- 2 钻探目的与任务。
- 3 执行的相关法律法规和技术标准。
- 4 资源配置。
- 5 钻探方法与工艺。
- 6 进度计划及保证措施。
- 7 钻探质量保证措施。
- 8 环境与职业健康安全管理。

4.1.3 钻探开工前，应做好技术交底和安全交底工作。

### 4.2 钻进方法选择

4.2.1 钻进方法宜针对岩层特点，依据岩石的硬度、可钻性级别、研磨性，结合钻孔口径、钻孔深度以及技术经济合理性等因素进行选择，并宜符合表 4.2.1 的规定。

表 4.2.1 常用钻进方法选择

岩石特性	岩石硬度	软				中硬				硬			坚硬		
	岩石可钻性级别	1~3			4~6				7~9			10~12			
	岩石研磨性	弱	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强				
钻进方法	硬质合金钻进	•	•	•	•	—	—	—	—	—	—				



表 4.2.1 (续)

钻进方法	金刚石钻进	表镶	—	—	•	•	•	•	•	•	—	—
		孕镶	—	•	•	•	•	•	•	•	•	•
	金刚石复合片钻进		—	•	•	•	•	•	—	—	—	—
	液动冲击回转硬质合金钻进		—	—	—	•	•	—	—	—	—	—
	液动冲击回转金刚石钻进		—	—	—	—	—	•	•	•	•	•
	空气潜孔锤钻进		—	—	—	•	•	•	•	•	•	•
注：• 为选择；— 为不选择												

4.2.2 中深孔及以上级别钻孔，宜采用金刚石绳索取心钻进方法。

4.2.3 定向孔、多分支孔及孔斜治理宜采用定向钻进方法。

### 4.3 设备机具选择与使用

4.3.1 钻机类型及型号应根据地层条件、钻进方法、钻孔深度、钻孔结构、作业环境等方面进行选择。

4.3.2 水泵类型及型号应根据钻孔深度、钻孔结构、钻进方法、冲洗液类型、钻孔试验要求等方面进行选择。

4.3.3 钻塔类型应根据钻孔深度、钻机型式、钻孔角度等方面进行选择。浅孔宜选用三角钻塔、A 字钻塔、桅杆式钻塔等；深孔、超深孔宜使用四角钻塔；斜孔宜选用 A 字钻塔或直斜两用钻塔。

4.3.4 钻具组合应根据地质情况、钻孔结构、钻进方法、技术要求、取心质量指标等方面选择。

4.3.5 设备机具进场前，应按其使用说明书或有关技术资料进行全面检修和维护保养，确保设备机具保持正常的技术性能和良好的使用状态。

4.3.6 设备机具应按操作规程使用，不得超负荷和带病运行；出现故障或异常状况，应立即检查和排除。

4.3.7 设备机具使用过程中，应按机械维护操作规程和有关技术要求进行维护保养，保持钻探设备的清洁和润滑部位的润滑良好。

4.3.8 设备机具的使用和检修应做好记录与存档工作。

## 4.4 作业准备

4.4.1 修建钻场应符合下列要求：

1 确定孔位应符合钻孔任务书要求，同时应考虑施工的安全和方便，钻孔定位后不得擅自移位。

2 应根据选用的钻机、钻塔等设备类型平整修建钻场，场地面积应满足作业需要。

3 钻场地基应坚实。修建钻场时应建好冲洗液循环系统和排水沟。

4 钻场位于斜坡上时，可选择桁架式钻场或采用斜坡填筑方式，填方部位不得大于场地面积的 1/3，填方部分应采取防止坍塌和溜方措施。

5 深孔或土质松软场地，钻塔基础宜采取加固措施。钻场处于陡坡和陡崖时，应预防陡坡滚石和崖上活石坠落。

6 雨季施工期，应根据地形条件对钻场采取加高地基或修建排水沟、建防洪堤等保护措施。

4.4.2 便道修建在陡坡、悬崖等危险地段应设置安全防护栏，并应符合下列规定：

1 便道宽度不宜小于 2m。

2 便道应避免急弯、陡坡。

3 架空索道应有可靠的设计和检验，索道上、下站宜设置设备存放场所。

4.4.3 钻探设备安装、拆卸与搬迁应符合下列要求：

1 钻探设备应固定在连成一体的基台上，安装应做到稳固、周正、水平，连接螺栓应加垫固紧。钻孔中心与立轴和天车前沿应在同一条直线上。皮带、链条等传动部位应安设防护装置。

2 立放钻塔时，左右两边应设置牵引绳，钻塔不应自由摔落，钻塔起落危险范围内严禁站人。

3 拆装机械时，不应猛敲乱打，防止零部件的孔眼及通路堵塞，做好零部件的存放保管工作。

4 设备装卸车和搬迁时，应采取防砸落、防翻倒措施。

5 在山区、陡坡、地形复杂、道路条件恶劣等情况下搬迁，应事先进行线路勘查，并认真制定钻场搬迁计划，做好组织和管理的工作。

6 钻场设施全部安装完成后，应作好维护、调试工作，对机械设备进行试运行，经检查验收，达到各项标准要求后方可正式开钻。

http://www.slzjxx.com  
水利造价信息网

## 5 钻探方法与工艺

### 5.1 硬质合金钻进

5.1.1 硬质合金钻头可根据岩石可钻性选择肋骨钻头、薄片式钻头、方柱状钻头、大八角钻头、针状合金钻头等。

5.1.2 制作硬质合金钻头应符合下列规定：

1 钻头体宜选用 ZT380 号以上钢级的无缝钢管制作，壁厚宜为 7.0~7.5mm。

2 钻头镶焊合金的内、外、底出刃应对称一致，唇部水口高度宜为 10.0~15.0mm。

3 钻头体镶嵌合金槽与合金之间的间隙宜为 0.1~0.2mm，焊料应充满。

4 硬质合金应按 GB/T 18376.2 的有关规定选择；硬质合金镶焊数量可按表 5.1.2-1 的规定选择，硬质合金镶焊角及刃尖角可按表 5.1.2-2 的规定选择，硬质合金钻头切削具出刃量可按表 5.1.2-3 的规定选择。

表 5.1.2-1 硬质合金镶焊数量

钻头直径/mm		76	96	122	150
岩石可钻性级别/颗	1~4 级	4~6	6~8	8~10	10~12
	5~7 级	6~7	8~9	10~12	12~14
卵石层/颗		—	9~12	14~16	16~18

表 5.1.2-2 硬质合金镶焊角及刃尖角 单位：(°)

岩石级别	镶焊角	刃尖角
1~4 级均质岩石	70~75	45~50
5~6 级均质岩石	75~80	50~60
7 级均质岩石	80~85	60~70
7 级非均质岩石	90~—15	80~90

表 5.1.2-3 硬质合金钻头切削具出刃量 单位: mm

岩石性质	内出刃	外出刃	底出刃
松软, 塑性, 弱研磨性岩石	2.0~2.5	2.5~3.0	3.0~5.0
中硬, 强研磨性岩石	1.0~1.5	1.6~2.0	2.0~3.0

5 针状硬质合金胎块在钻头体上嵌入深度应为合金胎块长度的 1/2, 针状硬质合金胎块镶嵌规格可按表 5.1.2-4 的规定确定。

表 5.1.2-4 针状硬质合金胎块镶嵌规格

钻头直径/mm	底出刃/mm	外出刃/mm	内出刃/mm	胎块数量/块
76	10	1.5	1.5	4
96	10	1.5	1.5	6
122	10	1.5	1.5	6
150	10	1.5	1.5	8

6 镶焊针状硬质合金钻头时应防止胎块倒镶, 焊枪中心火焰不得直接对准胎块。

5.1.3 钻进技术参数选择应符合下列规定:

1 钻压应根据岩土性质和钻头硬质合金形状、数量、磨损程度等因素确定, 并宜符合表 5.1.3-1 的规定。

表 5.1.3-1 硬质合金钻进钻压 单位: kN/块

岩石可钻性级别	硬质合金形状	压力
1~3 级松软~软的岩石	片状	0.5~0.6
4~6 级稍软~中硬均质岩石	方柱状	0.7~1.2
7 级中硬致密岩石	八角柱状	0.9~1.5
7 级中硬耐磨性岩石	针状合金胎块	1.5~2.0

2 转速应根据岩土性质和钻头直径等因素确定, 并宜符合表 5.1.3-2 的规定。



表 5.1.3-2 硬质合金钻进转速 单位: r/min

岩土性质	线速度	不同钻头直径的转速			
		76mm	96mm	122mm	150mm
均质的、研磨性弱	1.2~1.4m/s	300~350	250~300	180~210	150~180
研磨性中等	0.9~1.2m/s	250~300	200~250	120~150	100~120
研磨性强、裂隙多	0.6~0.8m/s	160~180	140~160	100~120	80~100

3 泵量应根据岩土性质、钻孔直径、孔壁情况、设备条件等因素确定,并宜符合表 5.1.3-3 的规定。

表 5.1.3-3 硬质合金钻进泵量 单位: L/min

岩土性质	不同钻头直径的泵量			
	76mm	96mm	122mm	150mm
松软、易碎、易冲蚀	<60	<70	<80	<100
塑性、弱研磨性、均质	80~120	100~150	130~180	180~200
致密、强研磨性	60~100	70~120	80~150	100~180

5.1.4 钻进操作过程应符合下列规定:

1 与交替使用的金刚石钻头内外径应一致,相邻回次钻头内外径应近似。

2 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。

3 孔内脱落岩心或残留岩心在 0.3m 以上时,宜用旧钻头采取轻压慢转、控制水量等方法处理,不得下入新钻头。

4 旧钻头硬质合金磨钝时应修整刃角。

5 硬质合金崩落时,应及时进行打捞。

6 保持压力均匀,不应随意提动钻具,遇有糊钻或岩心堵塞等孔内异常现象时,应立即提钻处理。

7 取心应选择合适的卡料或卡簧。当采取干钻卡心方法时,干钻时间应小于 2min。

8 合理掌握回次进尺长度,每次提钻后应检查钻头磨损情

况，调整下一回次的钻进技术参数。

9 覆盖层中采用套管护壁硬质合金干钻时，可用小一级单管干钻取样，再用大一级钻具扩孔，及时跟入套管，每次干钻取样进尺不应超过 0.5m。

## 5.2 金刚石钻进

5.2.1 金刚石钻头、扩孔器应根据岩石可钻性、研磨性和完整程度进行选择，宜符合下列要求：

1 在中硬、可钻性级别低且均质、完整的岩层中，宜选用粗粒表镶或小目数孕镶钻头和扩孔器。

2 在硬、坚硬、可钻性级别高且破碎的、裂隙发育的岩层中，宜选用细粒表镶或大目数孕镶钻头和扩孔器。

3 在强研磨性岩层中钻进时，宜选用高硬度胎体高金刚石浓度钻头和扩孔器。

4 在弱研磨性岩层中钻进时，宜选用低硬度胎体低金刚石浓度钻头和扩孔器。

5 在破碎岩层中钻进时，宜提高金刚石钻头与扩孔器的胎体硬度。

6 在规模较大的勘探区，宜先通过试验确定适宜的金刚石钻头和扩孔器。

5.2.2 钻头、扩孔器、卡簧配合应符合下列规定：

1 扩孔器外径应比钻头外径大 0.3~0.5mm；岩石坚硬时，应采用下限数值；岩石破碎时，宜采用上限数值并可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 0.3~0.4mm。卡簧应在上一回次岩心上测试，以不脱落、不卡死为宜。

5.2.3 金刚石钻进应合理选择钻压、转速和泵量等技术参数，随时调整不同条件下各参数之间的有机配合。钻进技术参数的选择应符合下列规定：

1 钻压应根据岩石力学性质、钻头底唇面积、金刚石的粒



度、品级、浓度等进行选择，并宜符合表 5.2.3-1 的规定。

表 5.2.3-1 金刚石钻进钻压 单位：kN

钻头种类	钻头直径				
	48mm	60mm	76mm	96mm	122mm
表镶	3.0~6.5	4.0~8.0	5.5~8.5	7.5~12.0	9.0~13.5
孕镶	3.0~8.0	4.0~10.0	6.0~13.0	8.0~15.0	12.0~19.0

2 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，并宜符合表 5.2.3-2 的规定。

表 5.2.3-2 金刚石钻进转速 单位：r/min

钻头种类	钻头直径				
	48mm	60mm	76mm	96mm	122mm
表镶	500~1000	400~800	300~550	250~500	180~350
孕镶	750~1500	600~1200	400~850	350~700	260~520

3 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，并宜符合表 5.2.3-3 的规定。

表 5.2.3-3 金刚石钻进泵量 单位：L/min

钻头直径	48mm	60mm	76mm	96mm	122mm
泵量	15~35	20~40	35~70	50~100	60~130

4 每次提钻后，应检查钻头磨损状态，判断钻进技术参数的合理性，及时调整钻进技术参数。

5.2.4 钻进设备及附属工具应符合下列规定：

1 钻机应具有多级变速，最高转速宜大于 1000r/min，最低转速宜小于 50r/min。

2 水泵额定排量不应小于 90L/min，额定压力不应小于 1.5MPa。

3 宜选用轻型水龙头和高压胶管，钻进水路应安装压力表。

5.2.5 金刚石钻进操作过程应符合下列规定：

- 1 钻进时应按钻头和扩孔器外径从大到小的顺序使用。
  - 2 新钻头下到孔底后，应进行初磨，即轻压（1/3 正常钻压）、慢转（1/3 正常转速）钻进 10min，再调整成正常参数钻进。
  - 3 回次下钻前，应检查钻具上部通孔有无堵塞、卡簧有无卡死钻头内台阶、钻头与岩心管丝扣部位有无喇叭或鼓状的现象，检查钻头和扩孔器外径是否符合规定。
  - 4 在每一回次钻进开始时，应轻压、慢转，待钻头到达孔底并钻进 10~15cm 后，方可采用正常钻进参数。
  - 5 钻进宜使用润滑性冲洗液。钻进过程中应随时观察孔口返水和水路压力变化，以防冲洗液中断造成事故。
  - 6 钻进时不得随意提动钻具，当孔较浅时，应适当调小泵压，不得不停钻倒杆。
  - 7 金刚石钻进用卡簧卡取岩心时，应先停止回转，利用钻机上提钻具拉断岩心。
  - 8 换径处宜用锥形钻头修整换径台阶。
  - 9 应保持孔内清洁，防止金刚石碎裂脱落。
  - 10 钻头水口应及时修磨，水口高度不应小于 3mm。
  - 11 应用旧钻头或岩心打捞器打捞残留岩心或脱落岩心。
  - 12 不应使用金刚石钻头干钻。
  - 13 钻杆接头宜每班涂一次丝扣油。
  - 14 复杂地层钻进，可采用低固相或无固相冲洗液钻进。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。
  - 15 升降钻具应平稳，钻头下降受阻时，应用管钳回转钻具解阻，不应墩撞。
- 5.2.6 钻进打滑岩层宜符合下列要求：**
- 1 选用金刚石品级高、粒度小和浓度低的钻头。
  - 2 选用胎体硬度较低或胎体耐磨性低的钻头。
  - 3 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 减少泵量或在冲洗液中加入研磨颗粒。
- 6 当打滑地层较薄时可采用砂轮片磨锐金刚石钻头后钻进。
- 7 可采用液动冲击回转钻进。

#### 5.2.7 大口径金刚石钻进应符合下列规定：

1 钻机应具有足够的功率、扭矩、变速范围、提升力和通孔直径，钻塔应有足够的承载力。钻探设备技术参数宜符合表 5.2.7-1 的规定。

表 5.2.7-1 大口径金刚石钻探设备技术参数

额定功率 /kW	回转器扭矩 /(kN·m)	主卷扬提升力 /kN	钻塔承载力 /kN
50~70	10~20	≥30	≥250

2 大口径金刚石钻进取心宜采用单管取心钻具，钻具上部应有沉淀管，钻具和岩心管规格应符合表 5.2.7-2 的规定。

表 5.2.7-2 大口径金刚石钻头和岩心管规格 单位：mm

钻具 直径	钻 头					岩心管		
	外径	外出刃	内径	内出刃	胎块数量/块	外径	内径	长度
630	630	2.5	604	2.5	8~10	630	604	1000
720	720	3.0	692	3.0	10~12	720	692	1000
850	850	3.0	822	3.0	12~16	850	822	1500
1000	1000	3.0	972	3.0	12~16	1000	972	1500

注：特制的孕镶复合体金刚石胎块尺寸为 12mm×16mm×19mm，镶嵌数量根据岩石性质、钻头直径等因素确定。

3 镶焊孕镶复合体金刚石胎块，内、外出刃应对称，底出刃一致；焊枪应对准胎块支撑体部位，镶焊温度应低于 750℃。

4 大口径金刚石钻进线速度宜为 2.5~3.0m/s；钻进压力应根据单位压力和孕镶复合体金刚石胎块工作面积确定，宜用大

径钻铤或配重块加压；泵量应以保持冲洗液在粗径钻具与孔壁环状间隙的上返速度大于 0.5m/s 的原则确定。

5 断取岩心可采用楔断法或液压顶断法。岩心断开后，可采用绳套或专用工具提出。

6 孕镶复合体金刚石胎块工作层高度磨损至 1.5mm 时，应及时更新。

### 5.3 绳索取心钻进

5.3.1 绳索取心金刚石钻具规格应符合附录 B 的相关规定；绳索取心钻杆规格应符合附录 C 的相关规定。

5.3.2 绳索取心钻具总成的性能应符合下列规定：

1 内管总成下至外管总成内的预定位置后，应能固定，并及时发出就位信号。

2 弹卡与弹卡挡头的顶面间隙宜为 3.0~4.0mm。

3 内管总成的长度应能可调，使卡簧座与钻头内台阶有 2.0~4.0mm 的合理间隙。

4 内管应与外管同轴，并保证良好的单动性。

5 钻进过程中，一旦发生岩心堵塞，应能及时发出信号。

6 卡取岩心时，内管总成的单动部分应能下移一定距离。

7 打捞器抓住内管提拉不动或提升过程遇阻时，应能安全解脱内管。

5.3.3 外管总成的装配应符合下列要求：

1 上扩孔器外径应略小于下扩孔器外径。

2 安装座环和扶正环时，应放平摆正后用手推入，不得用铁器敲击。

3 外管总成的螺纹部位应涂抹丝扣油并拧紧。

5.3.4 内管总成的装配应符合下列规定：

1 所有弹性销应装正，且开口方向一致。

2 装配在弹卡机构的弹卡应动作灵活，张开时的最大距离应比弹卡挡头内径大 1.5mm。



- 3 应根据孔深调节到位报信机构工作弹簧的预压力。
  - 4 卡簧座、内管和内管总成上部连接应同轴，内管应光滑平直。
- 5.3.5** 打捞器的装配应符合下列规定：
- 1 打捞器与绳索取心绞车的钢丝绳连接应牢靠。
  - 2 尾部弹簧工作应灵活可靠，头部张开距离宜为 8~12mm。
  - 3 打捞器应具有安全解脱功能，在脱卡管作用下能安全脱卡。
- 5.3.6** 钻具总成和打捞器的维护保养应符合下列要求：
- 1 应按回次检查弹卡磨损情况和张簧变形情况。
  - 2 单动轴承应定期注入黄油，发现单动不灵活时，应拆开检查并清洗。
  - 3 每次提钻应对弹卡挡头拨叉、悬挂环、座环和扶正环等进行检查，不符合要求的应及时修复或更换。
  - 4 每次打捞岩心前，检查打捞钩头部和尾部弹簧，打捞钩头部磨损严重和尾部弹簧变形时应及时更换。
- 5.3.7** 绳索取心钻杆的使用和维护保养应符合下列要求：
- 1 拧卸钻杆时，应使用专用多点钻杆钳，不得用普通管钳拧卸或用铁锤敲击钻杆。
  - 2 加接钻杆时，应检查清除螺纹上污垢，并涂抹上丝扣油，拧紧。
  - 3 每次下钻前，检查内螺纹接头的磨损情况，磨损严重的应及时更换。
  - 4 宜采用润滑性冲洗液。
  - 5 钻杆搬运时，螺纹部位应拧上护丝，轻拿轻放。钻杆停用时，应清洗干净并涂油进行保护。
- 5.3.8** 钻压的选择宜符合表 5.3.8 的规定，并应符合下列要求：
- 1 钻进节理发育岩石和产状陡立、松散破碎、软硬互层、强研磨性地层及钻孔弯曲、超径的情况下，应适当减压。
  - 2 钻头磨钝，钻速下降时，应适当加压。

表 5.3.8 钻进钻压

单位: kN

钻头规格/mm		60	76	96	122	150
表镶钻头	最大压力	10	12	15	17	19
	正常压力	6~8	7~9	8~12	10~14	12~16
孕镶钻头	最大压力	12	15	18	20	22
	正常压力	8~10	10~12	12~15	14~18	16~20

5.3.9 转速的选择宜符合表 5.3.9 的规定, 并应符合下列要求:

1 钻进坚硬弱研磨性地层、裂隙破碎地层、软硬互层及产状陡立易斜地层时, 宜适当降低转速。

2 在软岩层中钻进, 宜采用低转速。

3 钻孔结构复杂、换径多、环状间隙大时, 宜适当降低转速。

4 钻孔结构和钻具配备合理, 钻杆与孔壁间隙小时, 宜采用高转速。

表 5.3.9 钻进转速

单位: r/min

钻头规格/mm	60	76	96	122	150
表镶钻头	300~650	300~500	220~450	170~350	140~300
孕镶钻头	500~1000	400~800	350~700	250~500	200~400

5.3.10 泵量的选择宜符合表 5.3.10 的规定, 并应符合下列规定:

1 应保持上返流速为 0.5~1.5m/s。

2 钻进坚硬、颗粒细的岩层, 泵量应适当减小; 钻进软至中硬地层, 泵量应适当加大; 钻进强研磨性岩层, 泵量应适当加大。

3 钻进轻微漏失地层, 泵量应适当加大。

4 孕镶钻头采用的泵量应适当加大; 表镶钻头采用的泵量应适当减小。

表 5.3.10 钻进泵量 单位: L/min

钻头规格/mm	60	75	96	122	150
泵量	30~50	40~70	60~90	90~110	100~130

5.3.11 绳索取心钻进操作过程应符合下列规定:

1 宜选用低固相或无固相冲洗液, 固相粒度的 80%~90% 应控制在  $20\mu\text{m}$  以下。

2 下打捞器前, 应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, 不应猛冲硬撞, 应提出钻具, 检查原因。

3 钻孔为干孔时不应自由投放内管, 应用投放器送入孔底, 或往钻杆内泵满冲洗液后立即投放内管。

4 投放内管前, 应确认外管和钻杆内无岩心, 确认内管到位后方可扫孔钻进。

5 打捞岩心前, 应提起钻具 50~70mm, 并回转扭断岩心。

6 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。

7 在易坍塌的地层中, 打捞岩心时钻具提离孔底不得超过内管长度; 提起整套钻具前, 应先捞出岩心。

5.3.12 压水试验可采用不起钻绳索取心压水栓塞, 试验前应将钻头提离孔底一个试段长度, 压水栓塞从钻杆内下至试验段, 胀塞后应同时封闭孔壁和钻具外管内壁。

## 5.4 金刚石复合片钻进

5.4.1 钻头金刚石复合片数量宜符合表 5.4.1 的规定。

5.4.2 金刚石复合片宜采用负斜镶方式, 负前角宜为  $5^{\circ}\sim 20^{\circ}$ , 软地层取小值, 硬地层取大值; 扭转角宜为  $10^{\circ}\sim 15^{\circ}$ 。

5.4.3 钻进技术参数宜符合表 5.4.3 的规定。

5.4.4 钻进操作过程应符合下列规定:

1 应采用宽而深的内外水槽。



表 5.4.1 钻头金刚石复合片数量

规格/mm	外径/内径/mm		复合片数量/片	
	单管	双管	单管	双管
48	48/38	48/33	3~4	4~5
60	60/48	60/44	4~5	5~6
76	76/60	76/58	5~6	6~7
96	96/76	96/73	7~8	8~9
122	122/98	122/94	10~12	11~13

表 5.4.3 钻进技术参数

钻头规格/mm	钻压/kN	转速/(r/min)◆	泵量/(L/min)
76	4.8~12.0	200~300	150~200
96	6.4~16.0	150~250	>200
122	8.8~22.0	120~200	>200

2 金刚石复合片钻具宜使用扩孔器、带卡簧的取心机构及专用的扭卸工具。

3 拧卸钻头时应严防牙钳咬伤复合片和夹扁钻头，不应使用大锤敲击钻头。

4 钻进硬岩时，不应在钻压不足情况下单纯加快转速。

5 孔内有脱落岩心或残留岩心在 0.3m 以上时，应处理后，再正常钻进。

6 其他应符合 5.1.4 条的规定。

## 5.5 冲击钻进

5.5.1 冲击钻进方法应根据地层情况和钻孔要求选择，并符合下列规定：

1 无阀打入钻进可用于黏性土层、砂层和粒径小于 100mm 的卵砾石层。宜用孔内冲击，管钻长度不应大于 2.0m。可用泥浆或套管护壁。

2 有阀打入钻进可用于饱和粉细砂和软土层。孔壁极不稳

定时，应先打入套管，然后取样钻进。

3 冲击跟管钻进可用于卵石最大粒径小于 130mm 的松散地层，宜用于砂砾石料场勘察。

4 泥浆护壁冲击钻进可用于卵砾石地层，孔径宜为 500~1300mm。

#### 5.5.2 钻进操作过程应符合下列规定：

1 钻具之间及钢丝绳卡应连接牢固，钻具与钢丝绳连接处应有可灵活转动的接头；钻进过程中应随时检查连接情况，当发现有松动等安全隐患时，应及时处理。

2 应随时检查钻头的外刃、抽筒的活门、肋骨片等磨损情况，有磨损时应及时修复。

3 应按要求控制回次进尺，每钻进 0.5~1.0m 宜提钻一次；采用抽筒钻进时，回次进尺长度不宜超过抽筒长度的 1/2；采用无阀或有阀打入钻进时，回次进尺不应超过取土筒有效长度。

4 冲击过程中孔内液柱突然下降时，应迅速将管钻提出孔口，并投黏土或灌泥浆进行处理。

5 钻进时应注意钢丝绳的测深标记，应使测深标记与钻孔深度一致。

6 在地下水位以下采用泥浆护壁冲击钻进时，应保持孔内泥浆液面高于地下水位，不应将钻具停放在孔底。

7 采用跟管钻进时，抽筒长度应大于 1.6m，外径与套管内径应保持 5~10mm 间隙，冲程宜为 150~300mm，套管应与抽筒同步下入，抽筒最深不应超过套管底靴 0.5m。

8 跟管钻进中套管内液面应保持高于抽筒顶部。遇粒径大于管钻阀门开口直径的卵石，可选用一字钻头或十字钻头冲击破碎后，再继续钻进。

### 5.6 液动冲击回转钻进

#### 5.6.1 钻头的选择与使用应符合下列规定：

- 1 宜采用硬质合金钻头或金刚石钻头。
  - 2 钻头切削具的抗冲击强度应大于冲击器的输出冲击力，宜进行地面试验。
  - 3 可增加钻头的水口、水槽和过水断面。
  - 4 孕镶钻头的金刚石粒度宜大于 60 目。
- 5.6.2 设备及附属装置应满足下列规定：**
- 1 宜选择转速调节范围较大、钻压易控制的岩心钻机。
  - 2 应根据钻进方法、钻孔深度、钻孔直径、岩石可钻性、破碎程度及冲洗液等，选择适宜的液动冲击器。
  - 3 水泵额定泵压应大于 3MPa，并应配置抗振压力表。
  - 4 应配置通孔直径较大、转动灵活、耐高压和维护方便的水龙头。
  - 5 供水的高压胶管耐压不宜低于 10MPa，内径不应小于 25mm，并应使用耐高压的专用接头。
  - 6 应配置储压罐，储压罐耐压应大于 15MPa，容积应大于 300L。
  - 7 宜配置旋流除砂器等冲洗液控制设备。
- 5.6.3 钻进技术参数应符合表 5.6.3 的规定。**

表 5.6.3 钻进技术参数

钻头规格/mm	钻压/kN	转速/(r/min)	泵量/(L/min)
60	4~8	400~800	50~80
76	10~12	400~600	70~110
96	12~15	300~500	>150

**5.6.4 钻进操作过程应符合下列规定：**

- 1 冲击器下入孔内前，应检查各部件配合间隙是否符合要求，有无磨损及损伤，必要时进行调整、修复或更换；冲击器应进行地表试验。
- 2 阀式双作用冲击器下入孔底后，应先开泵送水，待孔口返水后，开动钻机慢速回转钻具，并缓慢升高泵压至冲击器规定

压力，然后提高转速正常钻进。

3 钻进过程中遇岩心堵塞或冲击器工作不正常时，应立即提钻处理。

4 若提钻遇阻经窜动无效，可启动冲击器配合进行处理。

5 当孔内坍塌掉块或岩粉过多时，不应使用冲击器钻进。

6 应确保冲洗液的性能，加强管理和净化，并在吸水龙头处设过滤网。

## 5.7 空气潜孔锤钻进

5.7.1 设备、配套机具及钻具的选择应符合下列规定：

1 钻机应具备 20~50r/min 的低转速档，具有长的给进行程或自动倒杆连续给进装置，宜选用动力头钻机。

2 宜选用螺杆式空气压缩机，其供气量应满足驱动潜孔锤正常工作和输送岩渣上返的需要；其气压应能保证潜孔锤的正常工作压力。

3 应根据地层岩性、含水情况、钻孔类型、钻孔口径、钻孔深度等合理选择潜孔锤。宜选用中频、大冲击功率的潜孔锤。

4 应根据钻孔口径、深度和钻机的提升能力选择钻杆，宜选用密封性能好的大直径钻杆。

5 宜在送气管路加装一台排量 10~80L/min、压力不小于 2MPa 的可调式柱塞泵，进行泡沫钻进或雾化钻进。

6 孔口应安装密封箱和导流管，将孔内返出的空气和岩渣引流到下风口 15m 外除尘。

5.7.2 钻进技术参数的选择应符合下列规定：

1 供气量应保证潜孔锤额定耗气量和不小于 15m/s 的孔内上返风速。

2 风压应根据潜孔锤额定风压、孔深、孔内水柱高度和水量等因素综合确定，应保证排渣正常进行。

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 5.7.2-1 的规定。



表 5.7.2-1 潜孔锤钻进钻压

规格/mm	76	102	127	152	208	305
钻压/kN	1.5~3.0	2.5~5.0	4.0~9.0	5.0~15.0	8.0~20.0	16.0~35.0

4 转速应根据岩石的性质、冲击频率确定，并应符合表 5.7.2-2 的规定。

表 5.7.2-2 潜孔锤钻进转速 单位：r/min

岩性	覆盖层	软岩层	中硬岩层	硬岩层
转速	40~60	30~50	20~40	10~30

5.7.3 钻进操作过程应符合下列规定：

1 开钻前应检查供气管路连接是否牢固可靠，不得漏气。检查管路仪表是否正常灵敏，其位置应便于操作者观察。

2 孔口应安装除尘装置或采取其他防尘措施。

3 下钻前应对潜孔锤各联接部件进行一次检查，注入润滑油，并在地面进行启动试验。

4 加接钻杆时，应检查每根钻杆的内孔有无泥沙等杂物，并用风吹洗。

5 开始钻进前应先送风，待风送通后再慢慢下降钻具工作。

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

7 回次结束时，应将钻具提离孔底同时上下窜动钻具进行强力吹孔，待钻具回转无阻、孔口不再排屑后，方可停风提钻。

8 每次加接钻杆时，宜向钻杆内注入 30~50mL 机油，以润滑潜孔锤。

9 在钻进中遇“泥领”糊钻、卡钻事故时，应及时上、下活动钻具或向孔内注清水、泡沫剂等强吹冲开“泥领”。

10 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。

5.7.4 潜孔锤跟管钻进可用于大漂石、卵石、砾石层及崩塌体、

堆积体等架空层。钻进应符合下列规定：

1 跟进套管应加工成与钻杆相同的长度（首根除外），采用螺纹连接时，套管螺纹应与钻杆螺纹旋向相反。

2 进行钻孔作业前，应检查偏心钻头和潜孔锤、套管和套管靴的连接是否牢固，偏心钻头张敛是否灵活。有裂纹和螺纹损坏的钻杆和套管应立即更换。

3 开孔时，将连接好的潜孔锤及钻头放入带有套管靴的套管内，利用钻头的张敛机构，使钻头伸出套管靴，轻压正转张开钻头钻进。

4 跟进的第一根套管应保证垂直，偏斜度宜控制在 2‰ 以内。

5 钻进过程中应观察套管跟进和孔内排渣情况是否正常。每钻进 0.5m 左右应强力吹孔排渣一次，中心钻具向上提动距离应以能实现强力吹孔为限，不得在钻进过程中向上起拔中心钻具。

6 钻进复杂地层孔段时，应轻压、慢转、反复吹孔，缓慢通过。发现有突进和卡钻现象应查明原因，排除故障后再继续钻进。

7 钻进过程中应勤检查套管是否有松动迹象，发现问题应及时处理。

8 应准确记录孔内钻杆、钻具和套管的长度，并拧紧每一根钻杆，防止造成中心钻具到位误判。

9 钻进结束或需要更换中心钻具时，应先固定套管，吹尽孔底残渣，然后将钻头轻压孔底，反转 1~2 圈收拢钻头，慢慢提出钻具。如果钻头无法提出，应强力吹孔，正转几圈，再重复上述操作，提出钻具。

10 起拔套管，可采用穿心锤吊打、拔管机起拔、液压千斤顶顶升、潜孔锤反打等方法。

**5.7.5 贯通式潜孔锤连续取心钻进应符合以下规定：**

1 贯通式潜孔锤应采用双壁钻杆，使用前应检查双壁钻杆的密封圈是否完好，下钻中应保证各连接处密封良好。

2 开孔时应采用常规方法穿过松散覆盖层，下入孔口管或

套管后，再进行贯通式潜孔锤连续取心钻进。

3 钻进遇到黏土夹层应控制钻速，适当增加吹孔时间，防止黏土堵塞反循环中心通孔。

4 当排渣不连续时，应将钻具提离孔底并上下窜动，产生较高的气流速度，将大块的岩心排出孔口。

5 钻进中应随时观察上返岩心样品，及时掌握地层变化，调整钻进参数或改变钻进工艺。

6 每个采样回次末或加接钻杆前，应强吹孔 1~3min，排净孔内岩屑，保证不混样。

7 每个取样段长度应为 0.3~1.5m。样品应分段采集、装袋、编号，标明对应孔段。

## 5.8 其他钻进方法

5.8.1 无泵反循环钻进可用于 4 级以下易碎、易塌、易溶等取心困难的地层，以及供水困难地区或第四系松软地层。应符合下列规定：

1 孔内冲洗液面应略高于钻进中粗径钻具球阀接头。冲洗液宜用清水或黏度小失水量低的泥浆。

2 钻具提动频率应根据岩土性质来确定，软岩中提动频率宜为 15~20 次/min，硬岩中提动频率应宜 8~15 次/min。

3 提动钻具的高度应根据岩石软硬确定：软质岩石为 10~20cm；硬质岩石为 5~10cm。

4 钻头压力应根据岩石软硬确定：软质岩石宜为 1.5~2.0kN，硬质岩石宜为 2.0~4.0kN。

5 转速不宜过快，可采用 100~200r/min，岩土层越松软，转速应越低。

6 回次结束时，应采用干钻和沉淀相结合的方法卡取岩心。

7 孔底岩粉沉淀较多时应将岩粉捞净。

8 提钻过程中应避免钻具碰撞。

9 每次提钻后应检查并清洗钻头，保证球阀灵活可靠，钢



球直径宜为 25mm。

**5.8.2 螺旋钻进**可用于黏性土、粉土及地下水位以上砂土层。宜符合下列规定：

1 螺旋的螺距应取钻具外径的  $1/3 \sim 1/2$ ，外径大时取小值，外径小时取大值。

2 钻压应根据岩土性质、孔深、转速、钻机功率等因素综合确定。不进尺或进尺过慢时应适当加压，回转受阻时，应适当减压。

3 转速应根据临界转速来确定，螺旋的钻进转速应小于临界转速，可采用  $100 \sim 150 \text{r/min}$ 。

4 回次进尺长度不宜超过 1m，并应小于螺旋钻头长度。在地层界线附近及重点探查部位，回次进尺不宜超过 0.5m。

5 取原状样前，用螺旋钻清土时，回次进尺不宜超过 0.3m，且应采用低压慢转进行清土。

6 钻进过程中，钻机不得反转。

7 提钻倒土时，可反转倒土，不得用金属器具敲击切削刃角。

**5.8.3 声频振动钻进**可用于各种松散地层以及软岩中，钻孔深度不宜超过 300m。宜符合下列规定：

1 钻头直径应比钻具或者套管直径大  $5 \sim 10 \text{mm}$ ，钻具、套管应外平。

2 钻进频率的设定应依据所钻地层可钻性等级而定，地层软，频率应调低；地层硬，频率应调高。

3 裸孔钻进可使用清水作冲洗液，不宜使用泥浆或添加泥浆处理剂的冲洗液。

4 转速不应过快，可采用  $35 \sim 70 \text{r/min}$ 。

5 可使用单管钻具或单动双管钻具，可全套管钻进，可使用绳索取心钻进。

6 取样钻进时，宜采用双管系统，根据地层条件不同，岩心管超前外套管一定距离，保证取得样品的原状性。

## 6 定向钻探

### 6.1 钻孔设计

- 6.1.1 定向钻孔设计前应了解和收集的资料宜包括下列内容：
- 1 钻孔的目的和用途。
  - 2 定向钻孔所穿过的岩层结构、地质构造、岩石可钻性等。
  - 3 现场环境条件对定向钻孔开孔位置与轨迹参数的限定条件。
  - 4 已有钻孔偏斜规律、防斜措施、测斜资料。
  - 5 具备的定向钻进技术条件和工艺水平。
- 6.1.2 定向钻孔设计应包括下列内容：
- 1 确定定向孔的类型、孔身剖面形式和施工方法。
  - 2 确定造斜点或分支点的位置和各孔段的造斜强度及长度。
  - 3 确定孔身剖面（钻孔轴线）参数：各孔段顶角、方位角、长度、垂深、水平位移。当孔位未定时，还应确定开孔位置、开孔顶角和方位角。
  - 4 绘制设计的钻孔轨迹二维投影图或三维曲线图。
  - 5 校核孔身造斜强度，应保证钻具能顺利通过，保证钻杆柱工作安全。
  - 6 确定钻孔结构。

### 6.2 造斜机具与测量仪器的选择

- 6.2.1 造斜机具选择应符合下列规定：
- 1 偏心楔造斜宜用于可钻性 4 级以上、比较完整的地层；楔顶角可在  $2^{\circ}\sim 5^{\circ}$  选择；当钻孔顶角大于  $30^{\circ}$  时，纠方位角不宜采用偏心楔。
  - 2 连续造斜器应在完整的岩层中使用；可由地面动力钻杆驱动，也可由螺杆马达孔底驱动；宜用于同径连续造斜，造斜强

度应控制在  $0.3\sim 1.8^{\circ}/\text{m}$ 。

3 螺杆钻具既可用于中硬地层中，也可用于可钻性低至 3 级或比较软弱、破碎的岩层中；造斜强度宜控制在  $0.0\sim 1.2^{\circ}/\text{m}$ 。在施工水平孔、对接孔和高精度垂直孔等定向孔时，应优先选用螺杆钻具作为造斜工具。

**6.2.2 测量仪器选择应符合下列规定：**

1 定向钻孔测量仪器应根据造斜器具类型、定向精度要求和是否有磁场干扰等因素进行选择。

2 非磁性区可选用磁感应式测量仪器，钻杆下部应配置长度 5m 以上的无磁钻杆，孔下探管与无磁钻杆内壁的单边间隙应小于 3mm；磁性区则应选择不受磁场干扰的测量仪器。

3 使用偏心楔和连续造斜器定向时，宜采用单点定向仪，应在钻孔顶角不小于  $3^{\circ}$  时使用。

4 使用螺杆钻具造斜时，可选用单点测斜仪、多点测斜仪或随钻测量仪。

## 6.3 钻进作业

**6.3.1 定向钻进作业人员应熟悉和掌握造斜机具、造斜定向仪器的结构、原理、性能，以及操作方法和维护保养技术。**

**6.3.2 造斜机具或定向仪器下入孔内前应进行性能检查与定向精度确认。**

**6.3.3 造斜钻进前，应先计算确定造斜机具工具面角。应根据造斜方法选定合适规格的造斜机具。造斜机具下至造斜点或分支点后，应严格按照计算工具面角进行孔内定向与固定。**

**6.3.4 偏心楔造斜钻进应符合下列规定：**

1 造斜点和分支点的位置宜选择在稳定的中硬岩层部位，宜避开硬、脆、碎岩层以及断层带、岩溶发育区等。

2 造斜点选在孔底，应先进行孔底清理；造斜点选在钻孔中部，应预先进行人工架桥，建立人工孔底。

3 导斜钻具组宜配置弹性钻杆或万向接头，也可用直径小



一级的钻杆作为柔性钻杆，钻具长度应小于 1.0m。

4 开泵时应将导斜钻具脱离导斜槽，轻压慢转进行导斜钻进，过导斜面 1/2 长度后，方可进入正常钻进。导斜钻进应严格控制钻进速度，钻进时应经常提动钻具。

5 导斜钻进时，每回次进尺应小于钻具长度，导斜钻具上端不得超过楔脚。导斜钻进孔段长度达到 1~2m 后，应进行孔内清洗与造斜孔段测斜，确认符合设计要求后再继续造斜钻进，直至分段导斜钻进结束。

6 造斜孔段导斜钻进完成后，进入新孔正常钻进前，应对导斜孔段进行扩孔。扩孔钻具钻头应根据偏心楔安装固定方式并结合岩石可钻性进行选择与配置，导向杆长度宜为 0.5~1.0m。

7 扩孔完毕后，应用岩心管长度为 1.5m 的金刚石钻具钻进一个回次，清除孔中岩粉后，按照钻孔结构定向要求钻进后续孔段。

**6.3.5 连续造斜器造斜钻进应符合下列规定：**

1 应根据岩石可钻性和钻头类型等因素选择钻进参数，钻压宜为 25~30kN，转速宜为 100~200r/min，泵量宜为 50~80L/min。

2 在连续造斜器下至距孔底 0.5m 左右时，应加大泵量冲孔至孔底，待泵压正常后，再脱离孔底进行定向。

3 造斜钻进时，应先加钻压后开车，应确保造斜器定子与孔壁可靠地卡固，慢转速钻进 0.2~0.3m，无异常情况时，方可提高转速开始正常造斜钻进。

4 造斜钻进时不得提动钻具；立轴倒杆时，应先停车后卸压，倒杆后应先加压后开车，未加够额定钻压不得开车。

5 在造斜钻进时，如因操作不当导致连续造斜器定向已发生改变，应立即停止造斜钻进，提出地表，重新定向后才可继续施工。

6 根据造斜目的和所钻岩石的软硬程度，连续造斜器每回次造斜进尺应控制在 1.0~1.5m，在绳索取心孔中不应超

过 1.2m。

7 造斜钻进结束后，应采用 1.0~1.2m 短粗钻具修扩孔壁，同时延伸钻进 2.0~3.0m，然后使岩心管逐渐加长。

8 修孔和延伸钻进后，应下入测斜仪进行测斜，确认造斜效果。

#### 6.3.6 螺杆钻具造斜钻进应符合下列规定：

1 应根据岩石可钻性和钻头类型等因素合理选择造斜率、钻压、钻速、泥浆流量、泥浆压力、钻头转速等钻进参数。

2 应及时消除反扭转角对工具面向角的影响。

3 倒杆时应停车停泵，松开卡盘前应将钻杆卡住以防止钻杆反转，避免工具面向角发生改变。

4 在单一稳定地层中，造斜钻进可连续完成。要求采取岩心时，造斜钻进可分段或交替进行。

5 采用随钻测量技术施工不取心的定向孔时，宜加长回次进尺。

6 造斜时宜采用新钻头。

7 造斜时，在软岩中，可采用吊打方式造斜；在硬岩地层可采用水泥塞“架桥”后进行造斜钻进。

8 造斜时，应采用  $1.5^\circ$  或以上的弯外管螺杆钻具，且钻速不宜过快，应控制在 0.5~0.8m/h。

9 新孔底形成后，应继续造斜钻进 2m 左右，冲孔 5~10min 后，再提钻。

10 完成造斜后应修孔，然后才可进行稳斜钻进。

11 冲洗液中的含砂量应控制在 1% 以内。

#### 6.3.7 定向钻孔测量与轨迹计算应符合下列规定：

1 应根据定向钻孔设计要求和地层特性选择合适的测量方法与测量仪器。

2 孔斜测量宜从孔口开始向孔底逐点测量，直线孔段测点间距可为 10~20m，造斜孔段测点间距宜为 5m，可根据需要缩短测点间距；同一测点至少测量两次，若两次测量读数差较大

时，应重新测量。

3 造斜钻进应进行记录。

4 定向钻孔轨迹测量成果可按表 6.3.7 规定的内容填写，并计算钻孔轴线上各测点的坐标值，绘制实际定向孔内轴线轨迹图。

表 6.3.7 定向钻孔轨迹测量成果

序号	段长 /m	孔深 /m	顶角 /(°)	方位角 /(°)	X 坐标 /m	Y 坐标 /m	Z 坐标 /m
0	$L_0$	$H_0$	$\theta_0$	$\alpha_0$	$X_0$	$Y_0$	$Z_0$
1	$L_1$	$H_1$	$\theta_1$	$\alpha_1$	$X_1$	$Y_1$	$Z_1$
2	$L_2$	$H_2$	$\theta_2$	$\alpha_2$	$X_2$	$Y_2$	$Z_2$
...	...	...	...	...	...	...	...
$i$	$L_i$	$H_i$	$\theta_i$	$\alpha_i$	$X_i$	$Y_i$	$Z_i$

6.3.8 钻孔实际轴线偏离设计轴线超过最大允许值时，应根据技术要求采用单点造斜器、连续造斜器等进行纠斜，纠斜操作应符合下列要求：

- 1 纠斜点应选择在相对完整和较软岩层孔段。
- 2 孔底应无脱落、残留岩心，磨平孔底并捞净岩粉后再下纠斜钻具。
- 3 纠斜钻具应缓慢下放，轻压慢转，逐步加大钻压钻进。
- 4 钻进时不得提动钻具。
- 5 使用偏心楔时，应将其卡牢，严防转动或下沉。

## 7 水域钻探

### 7.1 一般规定

7.1.1 水域钻探准备与钻场类型选择应符合下列规定：

1 开工前，应搜集和分析作业水域上下游的水文、气象、航运或水库运行资料。

2 应组织现场查勘，了解工作区地形、水文和现有水域作业设备能力，制定作业计划，确定报警水位和撤退航线等。

3 水上钻场应结构牢靠，布置紧凑，合理分区，宜全部钉铺厚 40~50mm 木板。周围架设不低于 1.2m 高的安全栏杆。

4 水域钻探应配置交通船，非自航式钻场应选择满足拖航要求的拖船，应有符合条件的码头，应有专业船工负责操作。

5 临近封冻期，钻探宜等到封冻期选择冰上钻探。

6 水域钻场类型选择应根据实际情况和具体条件确定，并符合表 7.1.1 的规定。

表 7.1.1 水域钻场类型选择

钻场类型		钻探期间水文情况			安全系数	安全距离 /m	
		适用水深 /m	流速 / (m/s)	浪高 /m			
漂浮钻场	钻探船	≥2.0	<4.0	<0.4	5.0~10.0	全载时吃水线与甲板面距离	>0.5
	漂浮平台	≥1.0	<2.0	<0.4	>4.0		0.2~0.5
	浮箱(筒)	≥0.8	<1.0	<0.2	>4.0		0.2~0.3
架空钻场	桁架	≤3.0	<4.0	<1.0	>5.0	钻场平面与水面距离	>1.0
	自升式平台	≤20.0	<3.0	<1.0	>5.0		>1.5

7.1.2 导向套管的安装应符合下列规定：

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 应根据水深与流速的情况，设置导向套管定位钢丝绳及保险绳，并符合表 7.1.2 的规定。

表 7.1.2 套管定位与保险用钢丝绳数量表

水深 $H/m$	定位绳根数/根	保险绳根数/根
$H < 10$	0~2	1
$10 \leq H < 20$	2	1
$20 \leq H < 40$	4	1~2

3 水位变幅较大时，宜采用伸缩导向套管；水流速度较大时，宜采用套管定位调整装置下放导向套管。

## 7.2 漂浮钻场

7.2.1 钻船的选择与安装应符合下列规定：

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 倍的安全系数。

2 双船结构钻场，两船间距宜为 0.5~1.0m，两船连接应牢固。铺设槽钢或工字钢时，槽钢或工字钢间距不宜大于 1.5m；铺设枕木时，枕木间距宜为 0.8~1.0m。

3 主锚绞车应不小于 30kN，绞车安装在钻船首部横梁加固位置。

4 钻机宜安装在钻场中部偏后处，钻架架腿应设垫板压于基枕木上。

5 单船船侧搭建钻场，工字钢伸出船沿长度宜小于 3.0m，船内的工字钢长度应大于 3.0m，工字钢间距不应大于 1.5m，铺设枕木间距宜为 0.8~1.0m。

7.2.2 漂浮平台选择与安装应符合下列规定：

1 根据钻场最大荷载，应按 4 倍安全系数确定漂浮平台钻场承载力。

2 平台主体宜采用独立密封舱结构，密封舱数量不宜少于6个。

3 组装前应对平台各部件完整性和强度进行检查，组装后应对平台所有安装部位可靠性进行检查。

4 钻探设备应固定在平台上，不得在不固定状态下进行作业。

5 主锚绞车应不小于30kN，安装绞车的位置应加固。

6 当平台上安排多钻机作业时，钻机布置应合理，避免荷载集中。不得在平台侧边搭建钻场。

7 经常检查密封舱及平台各部件联接处，发现异常应及时处理。

**7.2.3 浮箱（筒）钻场制作与安装应符合下列规定：**

1 根据钻场最大荷载，应按4倍安全系数确定浮箱（筒）钻场承载力。

2 箱（筒）应逐个检查及试验，应无大变形、无伤痕、无腐蚀、无漏孔，箱（筒）盖完好并密封。

3 主锚绞车宜选择30~50kN，安装绞车的位置应加固。

4 采用油桶时，钻场应为长方形，分层分排绑扎，保持油桶的位置固定，保持整体牢固。

5 水上作业时，每天应检查箱（筒）是否漏水及捆扎是否有松动，发现异常应及时处理。

**7.2.4 漂浮钻场抛锚定位，应符合下列规定：**

1 锚绳的安全系数应取5~8。主锚钢丝绳直径宜为15~30mm，长度宜为50~300m。主锚重量宜为100~1000kg。

2 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场，并配合抛固边锚。

3 抛锚后钢丝绳与水面的夹角宜为10°左右。

4 主锚钢丝绳与前边锚钢丝绳夹角宜为35°~45°。

5 抛锚时应确认锚已稳定抛牢，符合稳船要求，否则应绞

起重抛。锚头应栓锚漂。

6 抛锚和绞紧锚绳时，操作人员应在绞车后部工作。

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

8 漂浮钻场全部锚绳应均匀绞紧，经检查确认钻场不发生移动时，方可开钻。

9 漂浮钻场定位后，钻场上应按有关规定挂施工信号旗，晚上挂信号灯。

10 起锚时宜按漂浮钻场移动位置确定起锚顺序，可先起左右边锚，再起后主锚，最后起前主锚。

11 锚被淤埋时应间隔起拔或采用锚头捞绳使锚叶顺向退出，不应强行起锚。

### 7.3 架空钻场

7.3.1 桁架钻场制作应符合下列规定：

1 应根据钻孔数量、孔深、水深、流速等情况，设计桁架钻场的长度、宽度、结构材料及尺寸，并编制专项作业计划。

2 桁架材料可采用直径为40~50mm的钢管。

3 桁架立柱应高出钻孔作业期最高水位。立柱、拉手的相互间距宜小于1.0m，应用专用接手连接；第一层横拉手应高于水面0.5m，桥面横拉手应高出第一层1.0m。

4 下游立柱应用倾角约30°的斜拉手加固。

5 架设应由河岸逐步向河心推进。与水底面接触的立柱底端，应套有管座，水域作业人员必须系安全绳并穿戴安全防护救生用品。

6 在河中或水流较为湍急的水域架设钻场，应事先架设两道直径不小于22mm的跨河工作钢丝绳。

7 每天应有专人检查桁架的稳固情况。

8 钻场应满足各种器材堆放的需要，不常用的器材应置于常年洪水位以上的河岸。



9 在汛期作业时，应视水情将桁架向岸边延长，并与工作钢丝绳牢固连接。

7.3.2 自升式平台钻场应符合下列规定：

1 根据平台重量和钻场最大荷载，应按 5 倍安全系数确定自升式钻探平台承载力。桩腿长度应按钻探作业区最大水深、水下覆盖层情况、平台底到水面距离以及安全余量等情况综合确定。

2 平台主体宜采用独立密封舱结构，密封舱数量不宜少于 6 个。钻探平台应避免直接碰撞和强力冲击，在交通船经常停靠的位置应设置缓冲装置。当有撞伤或发现密封舱漏水应立即修复。

3 组装前应对平台各部件完整性和强度进行检查，组装后应对平台所有安装部位可靠性进行检查。

4 钻探设备应固定在平台上，不得在不固定状态下进行作业。

5 平台升降应有专人指挥，升降过程应保持平台主体水平状态。工作期间应经常检查平台各部位连接状况，观察支腿是否有不均匀沉降，发现异常及时处理。

6 平台上升到预定工作高度并调整水平后，应及时固定；钻探作业全部完成后，应操作平台平稳下降至水面，将 4 条支腿升起至合适位置后锁紧，确认支腿锁卡可靠后，方可拖曳平台。

7 主锚绞车应不小于 30kN，安装绞车的位置应牢固。

8 通常可直接释放 4 条支腿进行平台定位。在流速和深度较大水域进行钻孔准确定位时，应在孔位附近先行抛锚利用绞盘调整平台位置，测定孔位准确时再释放支腿。

9 自升式平台抛锚方法与漂浮式钻场抛锚方法相同，当自升式平台升离水面并达到预期高度后，应使锚绳处于松弛状态。

10 在雨季、汛期或水位涨幅较大的江河中施工时，应观察水位变化，及时调整平台高度，平台底面应与水面保持大于 0.5m 的安全距离。

11 河床为软弱淤积地层时，平台支腿底靴的面积应适度加大，支腿不应压入河床过深。

## 7.4 冰上钻探

7.4.1 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，设专人负责监测冰层安全情况。

7.4.2 在接近解冻期，应对冰层发生碎裂的可能性进行判断，并采取相应的安全措施，做好安全撤离准备工作，进入解冻期应结束冰上钻探作业。

7.4.3 冰上钻场布置应符合下列要求：

- 1 钻架架腿应压在长方木上。
- 2 钻场应做好保温设施，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，不常用的器材应放在距钻场一定距离的地点。
- 5 钻场附近不得随便开凿冰洞，应明确标示进、退场交通线路和活动范围。



## 8 冲洗液和护壁堵漏

### 8.1 冲洗液

8.1.1 钻孔冲洗液的选择应符合下列要求：

1 冲洗液应根据地层岩性、任务要求、钻进方法、设备条件和环境保护要求选用。

2 钻进稳定完整地层时，宜选用清水作冲洗液。

3 布置有水文地质试验或孔内摄像的钻孔应选用清水作冲洗液。

4 钻进松散、掉块、裂隙地层或胶结较差的地层时，宜选用不同性能的优质泥浆、植物胶或聚丙烯酰胺作冲洗液。

5 钻进片岩、千枚岩、页岩、黏土岩等遇水膨胀地层时，宜选用钙处理泥浆或不分散低固相泥浆。

6 钻进可溶性盐类地层时，应选用与该地层可溶性盐类相应的饱和盐水泥浆。

7 钻进高压含水层或极易坍塌的岩层时，应选用密度大、失水量少的泥浆。

8 金刚石钻进宜选用清水、低固相或无固相冲洗液、乳化冲洗液。

9 钻进各类地层所用冲洗液性能宜符合表 8.1.1 的规定。

表 8.1.1 冲洗液性能

地层性质	密度/(g/cm <sup>3</sup> )	黏度/s	失水量/(mL/30min)	含砂量/%
一般地层	1.05~1.15	18~25	<15	<4
吸水地层			<8	
坍塌、掉块地层	>1.2	23~30	<10	
涌水地层	>1.2	>30	<12	

8.1.2 泥浆配制应符合下列要求：

1 大量配制泥浆前，应根据地层情况进行造浆试验，以确

定合适的泥浆配方，使用中应根据实际情况不断调整。

2 配制泥浆用材料应符合环境保护要求。

3 配制泥浆宜选用膨润土作造浆基本材料。

4 制浆用膨润土应先水化。

5 为配制满足钻探需要的泥浆，可在原浆中加入适量的处理剂。

8.1.3 乳化冲洗液宜采用太古油、皂化溶解油和聚氧乙烯辛基苯酚醚等与清水或泥浆配制。

8.1.4 不分散低固相泥浆的性能和配制应符合下列要求：

1 根据岩性，应通过室内试验确定配方；并在使用过程中定期测定和调整浆液性能。

2 采用膨润土配制不分散低固相泥浆，可根据性能指标要求，加入化学处理剂进行调整。

8.1.5 在破碎岩层中使用聚丙烯酰胺无固相冲洗液时，分子量宜小于  $(2.0\sim 3.0)\times 10^5$ ，水解度宜为 30%，加量应大于 0.7‰。

8.1.6 植物胶无固相冲洗液的配制应符合下列规定：

1 根据地层特性，植物胶干粉加量为 1%~4%，纯碱加量应为植物胶重量的 5%。

2 配制时应采用转速超过 600r/min 的高速立式搅拌机或软轴搅拌器。

3 配制好的冲洗液应浸泡 4~8h。

4 在浆液黏度高、除砂困难时，可加入适量水解聚丙烯酰胺。

5 气温较高时可加入甲醛防腐。发酵变质的浆液应弃用。

8.1.7 绳索取心冲洗液应符合下列规定：

1 低固相泥浆膨润土加量小于 4%，泥浆密度不大于  $1.05\text{g}/\text{cm}^3$ 。固相粒度的 80%~90%控制在  $20\mu\text{m}$  以下。

2 苏氏漏斗黏度小于 18s，屈服值小于 0.1Pa。

3 失水量不大于 18mL/30min。

8.1.8 少水或缺水地区钻进可采用空气泡沫冲洗液，并应满足

下列要求：

1 采用空气泡沫冲洗液，应选择活性物含量较高、发泡能力强、流变性及润滑性好的发泡剂。空气泡沫冲洗液配比应根据泡沫液半衰期或出液时间，结合地层条件、钻孔深度通过现场试验确定。

2 采用空气泡沫冲洗液钻进，钻孔结构应简化，冲洗液管路内径应一致，各连接处应密封可靠；钻头的水口应增大；钻进过程中，若发现孔内阻力增大或风压增大，应提钻检查。

8.1.9 冲洗液现场管理应符合下列要求：

1 现场宜备有测定冲洗液性能的比重计、黏度计、含砂量计（杯）、失水量测定仪和 pH 试纸等简易测试工具。

2 钻场应设置简易的冲洗液循环系统，并及时清除循环系统的沉砂，当除砂困难时，可配置专门除砂器。

3 应根据钻进情况及时调整冲洗液性能；添加处理剂时应缓慢、均匀，避免冲洗液性能突变。

4 应防止雨水或地面水流入冲洗液池，不应随意向冲洗液中加入清水。

## 8.2 护壁堵漏

8.2.1 钻孔护壁堵漏方法应根据地层情况、堵漏工具、地下水情况和护壁材料进行选择。常用护壁堵漏方法及适用范围宜根据表 8.2.1 进行选择。

表 8.2.1 常用护壁堵漏方法及适用范围

护壁堵漏方法	适用范围
泥浆或无固相冲洗液	松散破碎地层，吸水膨胀性地层，节理裂隙较发育的漏失性地层
黏土	局部孔段的坍塌漏失地层，钻孔浅部或覆盖层有裂隙，产生漏、涌水等情况的地层

表 8.2.1 (续)

护壁堵漏方法	适用范围
水泥浆	较厚的破碎带, 坍塌较严重的地层, 特殊泥浆及黏土处理无效, 漏失严重的裂隙地层等
化学浆液	裂隙发育的破碎、坍塌、漏失地层, 一般用于短孔段的局部护壁堵漏
套管	严重坍塌、缩径、漏失、涌水性地层, 较大的溶洞, 松散的覆盖层, 其他护壁堵漏方法无效时, 水文地质试验需要封闭的孔段

### 8.2.2 泥浆护壁堵漏应符合下列规定:

1 轻微漏失的岩层宜选用低固相聚丙烯酰胺泥浆 (PHP) 或黏度为 30~60s、切力大、密度为 1.08~1.15g/cm<sup>3</sup> 和失水量 8~10mL/30min 的优质泥浆。

2 中等漏失的地层应根据孔内情况及现场条件选用石灰乳泥浆、堵漏泥浆、未水解聚丙烯酰胺 (PAM) 泥浆、冻胶泥浆 (或其他形成结构的泥浆) 或泡沫泥浆。

3 当岩层塌漏时, 应根据孔内情况调整泥浆性能, 同时严格控制泥浆失水量。

4 近地表松散的覆盖层, 可使用漏斗黏度大于 50s 的细分散泥浆, 先成孔, 后下套管。

### 8.2.3 黏土护壁堵漏应符合下列规定:

1 在黏土中可加入锯末、麦 (稻) 草或麻刀, 与水搅拌均匀制成泥球, 其大小应为孔径的 1/3~1/2。

2 向孔内投入黏土球时不宜过快, 每次投泥球的厚度宜为 0.5~1.0m, 并逐层捣实。

### 8.2.4 水泥浆护壁堵漏应符合下列规定:

1 灌注水泥浆前应掌握漏失层位和大致漏失量以及坍塌的深度、厚度和坍塌严重程度。

2 配制水泥浆前应作好地面试验, 测定初、终凝时间, 确定可泵送时间。



3 配制水泥浆液的水灰比宜控制在 0.45 : 1~0.60 : 1, 可加入适量减水剂。

4 使用普通水泥或矿渣硅酸盐水泥时, 宜加入速凝剂或早强剂, 水泥浆最短可泵送时间宜大于 30min。

5 灌注水泥浆液时, 可采用水泵钻杆注入法、灌注器输送法或孔口钻杆灌入法, 非干孔不得从孔口直接倒入, 导管距孔底应小于 0.5m。

6 严重漏失地层可采用膜袋注浆堵漏。

7 灌浆前应准备足够水泥浆, 一次灌完; 灌浆后应及时将水泵、钻杆、送浆管等冲洗干净。

8.2.5 化学浆液护壁堵漏应符合下列要求:

1 堵漏时应根据钻孔漏失的强度和漏失层的特点来选择化学浆液类型。

2 化学浆液应具备良好的渗透性能、较快的凝结速度及较高的固结强度。

3 灌注前应进行化学浆液试验, 确定固化时间; 灌注后应立即清洗灌注器, 并涂油保护。

4 脲醛树脂浆液钻孔护壁堵漏, 应采用专门设计的双液灌注工具。

8.2.6 套管护壁堵漏应符合下列要求:

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、漂砾石层、架空层及水文地质试验孔, 应采用跟套管护壁。套管及接头尺寸可按本规程附录 D 的规定选择。

2 套管下入前, 应检查测量套管, 并依次记入班报表。不得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, 宜在套管螺纹部位用粘结剂粘牢, 并将套管固定。

4 套管上端与孔口周围环状间隙应密封。



5 应将套管靴下至孔底或固定在变径台阶上，发现套管断开或下落，应及时处理。

6 起拔套管可采用拉、打、顶、扭相结合的方法。起拔次序应先内后外。起拔过程中，拧紧丝扣。

http://www.slzjxx.com  
水利造价信息网

## 9 钻孔取样

### 9.1 土样采取

9.1.1 土样质量等级应符合表 9.1.1 的要求。

表 9.1.1 土样质量等级

级别	扰动程度	试验内容
I	不扰动	土类定名、含水量、密度、强度试验、固结试验、渗透试验
II	轻微扰动	土类定名、含水量、密度
III	显著扰动	土类定名、含水量
IV	完全扰动	土类定名

注：不扰动是指原位应力状态虽已改变，但土的结构、含水量、密度变化很小，能满足室内试验各项要求。

9.1.2 不同等级土样的取样工具可按表 9.1.2 的规定选择。

表 9.1.2 不同等级土样的取样工具

土样质量等级	取样工具		土类											
			黏性土					粉土	砂土				砾砂 碎石土 软岩	
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂		
I	薄壁取土器	固定活塞				×	×	○	○	×	×	×	×	×
		水压固定活塞	⊙	⊙	⊙	×	×	○	○	×	×	×	×	×
		自由活塞	×	○	⊙	×	×	○	○	×	×	×	×	×
		敞口	○	○	○	×	×	○	○	×	×	×	×	×
	回转取土器	单动二重管	○	⊙	⊙	×	×	○	○	×	×	×	×	×
		单动三重管	×	○	⊙	⊙	○	⊙	⊙	⊙	×	×	×	×
		双动三重管	×	×	×	○	⊙	×	×	×	⊙	⊙	×	×
		内置环刀取土器	×	×	×	×	×	×	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙	⊙

表 9.1.2 (续)

土样质量等级	取样工具	土 类											
		黏性土					粉土	砂土				砾砂 碎石土 软岩	
		流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂		
I~II	束节式取土器	○	◎	◎	×	×	○	○	×	×	×	×	
	原状取砂器	×	×	×	×	×	◎	◎	◎	◎	◎	○	
II	薄壁取土器	水压固定活塞	◎	◎	○	×	×	○	○	×	×	×	×
		自由活塞	○	◎	◎	×	×	○	○	×	×	×	×
		敞口	◎	◎	◎	×	×	○	○	×	×	×	×
	回转取土器	单动三重管	×	○	◎	◎	○	◎	◎	×	×	×	×
		双动三重管	×	×	×	○	◎	×	×	◎	◎	◎	◎
	厚壁敞口取土器	○	◎	◎	◎	◎	○	○	○	○	○	×	

注：◎为适用；○为部分适用；×为不适用。

### 9.1.3 贯入式取土器取样应符合下列规定：

1 取土器应平稳下放，不得碰撞孔壁和冲击孔底；下放后，应校对孔深与钻具长度；当残留物厚度大于取土器废土段长度时，应提出取土器重新清孔。

2 采取 I 级土样时，应采用快速、连续的静压方式贯入取土器，贯入速度不应小于 0.1m/s，钻机的给进系统应保证具有连续贯入的足够行程；采取 II 级土样，可使用间断静压方式或重锤少击方式贯入取土器。

3 采用固定活塞取土器时，应将活塞杆牢固地与钻架连接，活塞杆位移量不得超过总贯入量的 1%。

4 取土器贯入深度宜控制在取样管总长的 90%；贯入深度应在贯入结束后准确测量并记录。

5 取土器压入预计深度后，应回转 2~3 圈或稍加静置后再提出取土器。

### 9.1.4 回转取土器取样应符合下列规定：

1 采用单动、双动二（三）重管采取原状土样时，应保证钻机平稳、钻具垂直、平稳回转钻进，并可在取土器上接加重杆。

2 回转钻进取样时，钻进参数可根据地层特点通过试钻或已有经验确定；冲洗液可选用清水、无固相冲洗液或低固相冲洗液；取样开始时应将泵量减至能维持钻进的最低限度。

3 回转取土器应具有可改变内管超前长度的替换管靴。宜采用具有自动调节功能的单动二（三）重管取土器，取土器内管超前量宜为 50~150mm，内管管口压进后，应至少与外管齐平。对软硬交替的土层，宜采用具有自动调节功能的改进型单动二（三）重管取土器。

4 对硬塑及以上的黏性土、密实砾砂、碎石土和软岩，可采用双动三重管取样器采取不扰动样。对于非胶结的砂、卵石层，取样时可在底靴上加置逆爪，在采取不扰动土样困难时，可采用植物胶冲洗液。

#### 9.1.5 土样采取应符合下列规定：

1 采用套管护壁时，套管的下设深度与取样位置之间应保留三倍管径以上距离，套管不得强行打入未曾取样的土层。

2 采取原状土样的钻孔孔径应比取土器外径大 1 级。

3 宜采用回转钻进方法。在地下水位以下宜采用通水的螺旋钻头、提土器或环状钻头钻进。在分层无严格要求时，可采用侧喷式冲洗钻头成孔。

4 下放取土器前应清孔。采用敞口取土器取样时，孔底残留厚度不得超过 50mm。

5 采取土样时，宜采用快速静力连续压入法。对于较硬土质，宜采用二（三）重管回转取土器钻进取样，有地区经验时，可采用重锤少击法取样。

6 在粉土、饱和砂土层中采取 I、II 级砂样时，可采用原状取砂器；砂土扰动样可从贯入器中采取。

#### 9.1.6 软土层钻进取样应符合下列规定：

1 钻进宜连续进行；当成孔困难或需间歇作业时，应采用套管、泥浆等护壁措施。

2 回次进尺长度不宜超过 2.0m，地层含粉质成分较多时不宜超过 1.5m。

3 软土应采用薄壁取土器静力压入法取样，不宜采用厚壁取土器或击入法取样。

4 应采取措​​施防止所采取的土样水分流失和蒸发，土样应置于柔软防振的样品箱中，在运输过程中，不得改变其原结构状态。

#### 9.1.7 湿陷性黄土地区钻进取样应符合下列要求：

1 钻进应采用干钻方式，不得向孔内注水。

2 采取Ⅰ级土样的钻孔应采用螺旋（纹）钻头回转钻进。

3 在钻孔中采取Ⅰ、Ⅱ级土样时，应使用黄土薄壁取土器采取压入法取样；当压入法取样困难时，可采用一次击入法取样。

4 采用无内衬取土器时，应确保内壁干净平滑，并可在内壁均匀涂上润滑油；采取结构松散的土样时，应采用有内衬取土器，内衬应平整光滑，端部不得上翘或翻卷，并应与取土器内壁紧贴。

5 清孔时，应慢速低压连续压入或一次击入，清孔深度不应超过取样管长度，并不得采用小钻头钻进，大钻头清孔。

6 取样时应先将取土器轻轻吊放至孔底，然后匀速连续快速压入或一次击入，中途不得停顿，在压入过程中，钻杆应保持垂直、不摇摆，压入或击入深度宜保证土样超过盛土段 50mm。

7 卸土时不得敲击取土器；土样取出后，应检查土样质量。当土样受压、破裂或变形扰动时，应废弃并重新取样。

#### 9.1.8 冻土地区钻进取样应符合下列规定：

1 钻孔的开孔直径不应小于 122mm，终孔直径不应小于 96mm。

2 在松散地层中宜采用低速干钻方法，回次进尺宜为



0.2~0.5m，回次时间不宜超过5min。

3 在高含冰量的冻结黏性土层中应采用快速干钻方法，回次进尺不宜大于0.8m；在冻结的碎石土中可采用低温冲洗液钻进。

4 为防止地表水或地下水渗入钻孔，应设置护孔管封水或采取其他止水措施，孔口应加盖密封；护孔管应固定且高出地面0.1~0.2m，下端应至冻土上限以上0.5~1.0m。

5 冻土可用岩心管取样；岩心管取样困难时，可采用薄壁取土器击入法取样。

6 从岩心管内取岩心时，可采用缓慢泵压法退心，当退心困难时辅以热水加热岩心管；取出的岩心自上而下按顺序摆放，并应标记岩心深度。

7 I、II级冻土样取出后，宜在现场及时进行试验。当现场不具备试验条件时，应立即密封、包装、编号并冷藏土样送至试验室，在运输中应避免土样振动。

#### 9.1.9 砂层钻进取样应符合下列规定：

1 地下水位以上采用跟管钻进时套管直径应比粗径钻具大1~2级，回次进尺可为0.3~0.5m。

2 饱和砂层钻进宜采用泥浆护壁钻进，对粉、细砂层可用活套闭水接头单管钻进，中、粗砾砂层可采用无泵反循环钻进。

3 采用泥浆护壁钻进时应根据砂层的透水性、颗粒大小、埋深、厚度等，选用不同性能的泥浆，提钻时应不间断地向孔内注浆。

4 砂层钻进应采用低转速，压力不宜过大，并适当控制回次进尺和提升速度。

5 可采用标准贯入器前导，每击入50cm提钻取心，然后扫孔。

## 9.2 岩心采取

9.2.1 取心钻具种类可按适应的地层和岩石可钻性等进行选择。

**9.2.2** 提高取心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、取心工具、钻进工艺及技术参数，并应遵守下列规定：

1 应采用岩心试验的方法选配卡簧。

2 取心钻进应选用润滑性能优良的冲洗液和内壁光滑铅直的岩心管。

3 在松散软弱地层中宜选用配置扶正环的取心钻具。

4 回次进尺不应超过岩心管长度的 90%；岩心采取困难的孔段，钻进回次进尺宜小于 1.0m；特殊要求的孔段回次进尺应小于 0.5m；退心时应轻敲岩心管。

5 发现糊钻、憋泵或堵心时，应及时起钻。

6 特殊地层的岩心应及时鉴定和保护。

**9.2.3** 破碎岩层中钻进取心应符合下列规定：

1 宜采用直径为 76mm 或 96mm 的金刚石单动双管钻具钻进，采用植物胶作为冲洗液。

2 在强风化岩层中，可采用直径 110mm 以上的压卡式钻具钻进；回次进尺宜为 0.5~0.8m，用水压法退出岩心。

3 在酥碎及软硬互层中，可采用出刃较大的硬质合金单动双管钻具钻进；选用低转速、小泵量的钻进参数，钻进时不得上下提动钻具；可采用孔底局部反循环钻进。

4 在硬、脆、碎岩层中，可采用喷反钻具钻进；孔底岩粉厚度不得超过 0.3m，回次进尺宜为 0.5~1.0m，可用沉淀法取心。

**9.2.4** 软弱夹层钻进取心应符合下列规定：

1 应采取减少岩心对磨的措施。

2 根据预测，钻进至离夹层顶板 1.0m 左右时，宜换用与软弱夹层相适应的钻具和钻进方法，控制回次进尺不大于 1.0m；有穿透夹层迹象时，再钻进 0.1~0.2m 后起钻。

3 遇软弱夹层的孔段，可采用金刚石单动双管或三管钻具钻进，采用植物胶作为冲洗液，岩心管有效容纳长度不得超过

1.0m。岩心管宜采用半合管。

4 钻进时应观测仪表，及时记录钻速变化、回水颜色等。

**9.2.5 岩溶地层钻进取心应符合下列规定：**

1 遇溶洞时，应先探明溶洞类型，对无充填型溶洞应查明脱空高度，对有填充物溶洞应进行取样。

2 无充填型溶洞脱空高度不超过 2m 时，可加长钻具钻进，且钻具顶端应高于溶洞上顶界面；脱空高度超过 2m 时，应下入套管进行隔离，采用至少小一级孔径进行钻进。

3 溶洞内有淤泥质等填充物时，宜采用干钻取心。

4 溶蚀破碎岩体取心钻进宜采用植物胶作为冲洗液，宜采用金刚石单动双管、半合管或三层管取心钻进。

5 回次进尺应控制在 0.5~1.0m，遇岩心堵塞应立即起钻。

6 宜采用低转速、低钻压、小泵量取心钻进。

7 倒杆时应吊住钻具，起下钻时，应避免钻具受阻造成事故。

8 孔口不返水时，应采取护壁措施。

**9.2.6 滑坡体滑带取心应符合下列规定：**

1 应根据地层情况及孔壁稳定程度确定套管下入方法及深度。

2 不得使用清水钻进。

3 当钻进至滑带附近或发现有滑动面迹象时，回次进尺应限制为 0.3~0.5m，并调整钻进工艺参数至最佳取样状态，可采用无泵钻进，确定滑动面位置；可采用套钻钻进方法取心。

### 9.3 定向取心

**9.3.1 随钻测量定向取心器**，可用于较完整的岩层采取定向岩心。

**9.3.2 定向取心器和随钻测量仪**入孔前应检测，检测项应符合下列要求：



1 检查定向取心器和随钻测量仪，零部件应齐备，定向取心钻具单动性应良好。

2 检测随钻测量仪电源、定时钟及卡固机构是否工作正常。

3 检测校核测量仪基准线与定向标记母线间的位置角数值。

**9.3.3 下钻作业应符合下列要求：**

1 装入随钻测量仪及连接部件时，应保持清洁，适度上紧。

2 应将随钻测量仪定时钟调至预定工作时间，打开仪器电源开关和启动开关，并开始地面计时。

3 应准确安装作定向标记的装置、卡簧、卡簧座，拧上金刚石钻头。

**9.3.4 钻进参数应符合下列规定：**

1 钻具至孔底前应开泵冲孔到底后，先慢转轻压，然后使用正常参数钻进。

2 钻进时不得提动钻具。正常进尺 0.5m 或在测量仪预定工作时间到点前 3~5min 停止钻进。

3 定向测量仪预定时间结束，读数卡固后再过 3~5min，用钻机液压系统顶断岩心，不得回转。

**9.3.5 起钻作业应符合下列要求：**

1 应平稳提升孔内钻具。

2 从容纳管内取出测量仪后，应准确读取钻孔顶角、方位角和仪器基准线方位角数据，并做好记录。

3 卸下金刚石钻头和作标记装置后，可在内管下端定向槽处用记号笔再做定向标记，然后退出岩心。

4 应将岩心按顺序排列在岩心箱内，用记号笔将定向标记延续到所有对接良好的岩心表面，并对定向岩心逐一编号。

**9.3.6 岩层层面与断裂面定向岩心参数测定和产状求解可采用定向岩心复位测量仪现场直接测出，也可采用几何作图法，还可通过数字模型计算。**

**9.3.7 结束工作应符合下列要求：**

1 定向取心器和随钻测量仪使用后应擦洗干净，清除岩粉

与泥浆，更换失灵的密封及易损件。

2 中断使用或长期封存时，轴承及丝扣宜涂抹黄油组装。

3 随钻测量仪不用时，应卸去电池。中断较长时间时，应检查其测量误差。

## 9.4 土试样、岩心保护与管理

9.4.1 土试样的密封与保存应符合下列要求：

1 每个土试样密封后均应填贴标签，标签上下应与土试样一致，并标明工程名称或编号、孔号、试样编号、取样深度、土类名称、取样日期、取样人等。

2 采取的土试样密封后应置于温度及湿度变化小的环境中，不得暴晒或受冻。土试样应直立放置，不应倒放或平放。

3 土试样在运输中应避免振动。

4 对易于振动液化、水分离析的砂土试样，宜在现场或就近进行试验，并可采取冰冻法保存和运输。

5 试样采取之后至开土试验之间的贮存时间，不宜超过2周。

9.4.2 现场岩心保护应符合下列要求：

1 退取岩心时，应轻轻锤击，不得重敲、猛打岩心管，避免人为破碎岩心。

2 易溶蚀、易风化、易崩解、易挥发和易氧化的岩心宜及时装入密闭容器并标识；关键部位的岩心宜摄像后放入密闭容器并标识。

3 应将清理好的岩心按由浅至深的顺序，从左至右、自上而下依次摆放在岩心箱内，不得颠倒，不得随意拉长或压缩松散、破碎的岩心。

4 长度大于10cm的岩心应按顺序用红油漆或白油漆编号，方向一致。

5 每一回次的岩心应用岩心牌隔开；岩心牌宜用签字笔或铅笔逐项填写；岩心编号标记和岩心牌填写应书写工整，字迹清



晰，数据准确。

6 岩心箱侧面宜标明“××工程、××孔、第××箱、孔深自××m至××m”字样。

7 现场岩心应摆放整齐，并采取防雨水防晒措施；钻孔验收后应及时入库保管。

**9.4.3 岩心搬运与保存应符合下列规定：**

1 搬移时应轻拿轻放；运输中应有防振、防淋等保护措施。

2 水域钻孔的岩心，应及时搬移至洪水位以上安全位置。

3 岩心堆放场所应通风、不漏雨。

4 岩心箱应分区堆放，垛高不得超过 1.5m。

5 岩心存放场所宜配置专人看护，并建立台账。

6 岩心箱质地应坚固，适宜长期保存，可采用木质、塑料、型钢、铝合金材质。

7 岩心箱规格长宜为 1.0m，宽宜为 0.4~0.6m，其高度及岩心箱的间隔，宜保证岩心在箱内不晃动及能上盖，塑料岩心箱规格可适当缩小，其底面宜为半圆状。

**9.4.4 岩心实物归档留存数量应符合下列规定：**

1 选定方案枢纽区归档岩心孔数量宜不少于钻孔总数的 5%，且坝址区不应少于 1 个，厂址区不应少于 2 个，其他各主要建筑物不应少于 2 个。

2 重大工程地质问题归档岩心孔数量宜不少于钻孔总数的 10%，且不应少于 3 个。地质缺陷部位的岩心宜全部归档。

3 实际采用的混凝土人工骨料场钻孔归档岩心孔数宜不少于钻孔总数量的 5%，且不应少于 2 个。

4 除险加固归档岩心孔数宜不少于钻孔总数的 10%，且不应少于 2 个。

## 9.5 水文地质观测与水样采取

**9.5.1 水文地质试验钻孔应采用清水钻进，孔底沉淀物厚度不应大于 10cm，松散地层宜采用跟管钻进。**

**9.5.2 钻孔水文地质观测应符合下列规定：**

1 钻孔应测定初见水位，对每一含水层均应测定其稳定水位，多层含水层应采取下栓塞或其他封隔措施隔离止水。

2 发现冲洗液严重漏失或遇有涌水孔段时，应及时测定孔深，并做好相应的观测和记录。

3 发现水温变化或有气体逸出时，应通知地质人员，并采水样、气样封存送验。

4 可采用测钟、电测水位计等工具进行水位测量，测量用测绳应校正准确。

5 水位量测前宜排出孔内一定水体，待恢复稳定水位后量测。

6 水温测量应使用缓变温度计。

7 观测仪表应每年校准一次。

**9.5.3 安装水文地质长期观测装置应符合下列规定：**

1 下入长期观测管之前，钻孔应冲洗干净。

2 应按设计要求选用观测管及过滤网，观测管内径不得小于20mm。

3 覆盖层中安装长期观测管，应根据含水层颗粒级配选择围填砾料；充填砾料环状厚度宜大于50mm；在起拔套管时，将砾料从观测管与套管间缓慢投入，直至超过含水层顶板50cm止，然后拔出全部套管。

4 观测管在含水层顶板位置宜采用水泥止水。

5 每个观测孔应设孔口保护装置。

**9.5.4 钻孔中取水样应符合下列要求：**

1 采取的水试样应代表天然条件下的水质情况。

2 取水样的钻孔应首批作业，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。

3 单一含水层，可终孔后取水样。如有两层以上含水层，应做好分层隔水措施，并应分层采取水样。

4 应将孔内水抽干或抽出相当于孔内水量的3倍，待孔内

水位上升后再取样。

**5** 水样瓶应用所取水样洗净，不应装得过满。取水试样过程中，应减少水试样的暴露时间，及时封口。

**6** 对需测定不稳定成分的水试样，应加入稳定剂。水试样应及时送验，放置时间应符合试验项目的相关要求。

**7** 采取水试样后，应做好记录。

<http://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

## 10 孔内事故预防和处理

### 10.1 孔内事故预防

**10.1.1** 钻杆、钻具、管材应符合下列要求：

1 各种管材、接头、接箍应定期进行保养、除锈、丝扣涂油。

2 开工前应进行钻探机具的检查、分类、排队使用，钻具应拆开进行丝扣涂油，并检查水路是否畅通。

3 不得使用弯曲度过大、磨损过大和出现裂纹的钻探管材，弯曲的钻杆应及时校直。

**10.1.2** 施工时应按照 GB/T 50585 的有关规定进行作业，开工前、施工中对设备和机具进行检查、维护、保养。

**10.1.3** 施工前应根据外部环境、地质条件做好钻孔复杂情况分析，备足钻探材料，制定合理的钻探技术方案和事故预防处理方案。

**10.1.4** 钻进过程中，出现动力设备响声异常、钻进参数仪表量值突变、钻具回转阻力增大、泵压升高、钻速停顿、孔口返水中断等情况，应及时提钻处理。

**10.1.5** 停钻期间应做好孔口防护。

**10.1.6** 扫孔、扩孔和扫脱落岩心时，应挂好提引器，并控制下扫速度；钻具不得长时间悬空回转。

**10.1.7** 在研磨性较强的岩层中，使用金刚石和针状合金钻进时，应控制回次钻进时间。

**10.1.8** 金刚石钻进时，钻杆螺纹连接应密封可靠。泥浆泵工作状态应保持良好的。在易坍塌岩层中，提钻时应进行钻孔回灌。

**10.1.9** 发现钻具回转遇阻时，应立即上下活动钻具，并保持冲洗液循环，不得无故关系。发现烧钻征兆时，应迅速将钻具脱离孔底，不得停车。



## 10.2 孔内事故处理

**10.2.1** 孔内事故发生后，应查清并详细记录事故发生的孔深、机上余尺、事故钻具的位置、规格类型、数量，并根据发生事故的过程和钻具损坏情况，正确分析判断孔内情况，采取相应的处理措施。

**10.2.2** 钻具事故、取心事故的处理应符合下列要求：

1 在钻进中，发生钻具事故，宜先对扣或锥取，对接后应立即提钻检查钻具，不得继续钻进和卡取岩心。

2 如打捞不成功，应根据孔内情况，采取倒扣、套铣、侧钻绕障等方法处理。

3 钻进过程中发生岩心堵塞、岩心脱落、绳索取心打捞失败等故障，首先应适当调整钻进参数，活动钻具，否则应提钻后根据地层情况重新捞取。

**10.2.3** 卡钻、埋钻、烧钻事故的处理应符合下列要求：

1 发现钻具遇卡或埋钻时，首先应保持冲洗液畅通，先用顶拉、回转、振击等方法活动钻具，若处理无效，再采取反出钻杆、扫孔、扩孔或掏心等方法进行处理。

2 发现烧钻时，首先应提动钻具，无效时应采用向上打、反、透、磨、扩等方法处理。

3 处理事故用的扩孔钻具，应带有内导向，导向器应焊接牢固。

4 事故位置较深采用上述办法无效时，可选择较好的造斜点进行侧钻绕障。

**10.2.4** 套管事故的处理应符合下列要求：

1 发生套管事故，应分析钻孔孔径、弯曲度、地层孔洞、冲洗液漏失等情况，确定事故原因和事故套管情况然后制定处理对策。

2 套管事故的处理，宜先采取对扣、振击、锥取或千斤顶顶拔的方法进行打捞。



3 打捞无效时可采取套铣、磨铣、割管、侧钻绕障等方法处理。

4 套管断裂、脱节后，应将事故套管全部起拔后再重新下入，不得将上部套管坐在孔内下部套管上端继续钻进。

5 事故处理后重新下套管时应在套管外壁适当涂刷润滑脂，确保丝扣拧紧上满、密封良好，套管底部稳定、不得悬空；下管后应进行止水或水泥固井；并按照下管顺序记录套管的根数和长度。

**10.2.5 落物与测井事故的处理应符合以下要求：**

1 发生小工具、钻头翼片、合金块、胎体块等金属落入钻孔时应采用下入磁力打捞器（或捞桶、弹簧钻头等）捞取或磨铣的方法，确保孔内干净后方可重新钻进。

2 提引器、钢丝绳等落入钻孔时应采用下入抓桶、捞矛等方法进行处理。

3 测井前，宜应先下入钻具通孔，确保测井探头能够顺利通过。

4 发生电缆断落、探管卡埋等测井事故时应控制电缆拉力，防止拉断电缆；发生电缆拉断时，应先用捞钩打捞电缆，然后用打捞筒或取心钻具套取探管。

## 11 钻探质量与验收

### 11.1 钻探质量

**11.1.1** 钻探质量应包括岩心采取率和样品采取、水文地质观测、孔内试验与测试、原始记录、钻孔弯曲度、孔深、封孔、长期观测装置的安装、岩心标识和保护。

**11.1.2** 应按照钻孔任务书提出的要求采取岩心，应达到表 11.1.2 规定的标准，若有特殊取心要求，应采取专门技术措施取心。样品采取应符合本标准 9.1、9.2、9.5.4 条的相关规定。

表 11.1.2 不同地层岩心采取率质量标准

岩土体特性	岩心采取率/%
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
全风化、强风化岩层	≥70
软硬互层、硬脆碎、软酥碎、软硬不均岩层	根据钻孔任务书要求确定
软弱夹层、断层角砾岩	
土层、泥层、砂层	
砂卵石	

**11.1.3** 水文地质观测应符合本标准 9.5.2 条的规定。

**11.1.4** 孔内试验与测试包括压水、抽水、注水试验以及动力触探、静力触探、标准贯入试验、十字板剪切试验、旁压试验等，应符合本标准 3.0.6 条、3.0.7 条的规定。

**11.1.5** 原始记录应符合下列规定：

1 应指定专人填写钻探记录，班长应校核签字，终孔后应由机长审核签字。

2 原始记录应包括岩心钻探班报表、孔内试验与测试记录、

验收记录。岩心钻探班报表宜符合本标准附录 E 的规定。

3 记录应及时、准确、真实、齐全，并保持清洁，书写工整、装订成册归档，不得事后补写。

4 钻进中发现的重要工程地质和水文地质现象，应认真记录，不得漏记。

**11.1.6** 钻孔顶角的偏差，直孔每 100m 应不大于  $3^\circ$ ，斜孔每 100m 应不大于  $4^\circ$ 。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技术要求进行。钻孔弯曲控制应符合下列规定：

1 地表机械设备应经过检验，稳固可靠。确保安装质量，保证天车、回转器、孔口三点一线。

2 开孔时应校正钻机，并使立轴中心对准孔位。开孔的粗径钻具长度，应随钻孔延深而加长，直至不小于 3m。

3 孔口管应下正，固牢。

4 钻具结构应与钻孔直径相匹配，宜采用满眼钻进。基岩钻进时，常规钻具的岩心管长度应不小于 3m。

5 不宜轻易换径。换径时应带外导正器，扩孔时应带内导正器。粗径钻具应用综合式异径接头连接，其中心线应一致。

6 钻进溶洞地层、软硬互层，宜加长钻具，并采用低转速、轻钻压钻进。

7 钻孔弯曲度超过技术要求时，应及时进行纠斜处理。

**11.1.7** 钻孔深度应测量准确。每钻进 100m、下套管、水文地质试验前、终孔后以及有特殊技术要求时都应校正孔深。孔深误差超过 0.3% 时，应找出原因，并更正记录报表。

**11.1.8** 钻孔验收后，应按钻孔任务书要求封孔，并符合下列规定：

1 应采用水泥浆进行封孔，水泥强度等级不低于 32.5 级，大口径钻孔可用水泥砂浆进行封孔。覆盖层部分可用原土回填。

2 堤防钻孔封孔，应以砂还砂，以土还土，砂料应以粗砂为主，土料以黏土为宜，并应捣实。

3 钻孔封孔应按附录 E 要求填写封孔记录。

11.1.9 长期观测装置的安装，应满足本标准 9.5.3 条的规定。

11.1.10 岩心标识和保护，应满足本标准 9.4.2 条的规定。

## 11.2 钻探验收

11.2.1 钻探工程宜采用单孔验收，应按钻孔任务书的要求和钻探质量标准逐项进行。

11.2.2 钻孔验收应由钻探负责人与地质负责人组织相关人员进行。

11.2.3 验收应在钻孔结束后，相关设备未撤离前进行。

11.2.4 钻孔验收标准分为“合格”“不合格”两级，对验收不合格孔应根据不合格项的性质，采取补救措施或返工，并应重新组织验收，直至验收合格。

11.2.5 验收应形成钻孔验收表，并由验收人在表上签署验收意见存档。钻孔验收表可参照附录 F。



## 12 安全生产

### 12.1 一般规定

12.1.1 钻探作业前，应根据项目特点、场地环境、钻探技术方法等对作业过程中的危险源进行辨识和评价，根据评价结果采取相应的安全防护措施，对重大危险源应进行评估、监控、登记建档。

12.1.2 水上、冰上等特殊环境钻探应制订安全防护及应急救援预案。

12.1.3 应充分关注作业区的自然环境，防止洪水、山火、滑坡、泥石流等自然灾害对人员和财物造成损害。

12.1.4 进入钻探作业区，作业人员应穿戴工作服、工作鞋和安全帽等安全生产和劳动防护用品。

12.1.5 钻探作业前，应对钻探机组安装质量、管材质量和安全防护设施进行检查，符合规定后再进行作业。

12.1.6 钻探作业工地应配备劳动防护用品和急救药品。

12.1.7 钻探作业前应查明孔位处地下管线、地下构筑物等，并采取相应安全措施。

### 12.2 钻场安全规定

12.2.1 钻场安全应符合下列要求：

1 钻场应整洁，钻具、工具等的摆放不应妨碍作业。所有传动机构应设安全防护设施。

2 钻场应避开山洪、泥石流、危岩、滚石及其他危险区域。

3 雨季时，应预防洪水、泥石流、山体崩塌或滑坡对钻场的危害。

4 钻场靠近居民点、学校、旅游区、交通线路时，应设置安全警示标志，并应采取隔离措施。

5 在架空输电线路附近勘察作业时，导电物体外侧边缘与架空输电线路边线之间的最小安全距离应符合表 12.2.1 的有关规定。

表 12.2.1 导电物体外侧边缘与架空输电线路边线之间的最小安全距离

电压/kV	<1	1~10	35~110	154~330	550
最小安全距离/m	4	5	10	15	20

12.2.2 钻场防火应符合下列规定：

1 草原及林区钻探，钻场周围应设置防火道，并配备灭火器、砂箱等灭火器具。

2 内燃机排气管及取暖火炉烟囱，应伸出场房 0.5m 以上并有隔热装置，火炉与周围物体应保持一定距离，火炉应与地板隔离。

3 钻场内的油料和其他易燃品应盖严并妥善存放。添加油料时严禁用明火照明或在附近吸烟。

12.2.3 钻场防洪防汛应符合下列要求：

1 在汛期，设备和物资应放在洪水位以上。

2 在可能受到山洪、泥石流侵袭及洪水淹没的勘探作业区，应做好防洪措施。

12.2.4 钻场防雷电应符合下列规定：

1 在雷电富集区，钻塔应安装防雷电装置。

2 接闪器安装高度应高于钻塔 1.5m 以上，接闪器和引下线与钻塔间应采取绝缘措施。

3 勘察作业现场防雷电装置冲击接地电阻值不得大于  $30\Omega$ 。

4 遇雷雨天气时，应停止现场勘察作业。严禁在树下、山顶和易引雷电场所躲避雷雨。

12.2.5 位于陡坡与滑坡体上的钻场应符合下列规定：

1 陡崖上、下不应同时作业，不可避免时应有安全防护措施。

2 钻场位于峭壁、陡坡崖脚时应有专人观察上方危岩稳定情况，及时清除崖壁上的危岩。

3 临空面钻场周围应设置 1.2~1.5m 高的防护栏。

4 滑坡体上的钻场应观测变形、沉降情况，发现异常应立即停止作业并撤离人员。

### 12.3 钻进过程安全规定

12.3.1 钻进作业应符合下列要求：

1 设备运转中，不得拆卸、修理；发现异常，应及时停机检查；所有仪表应工作正常。

2 钻机水龙头与主动钻杆连接应牢固，转动应灵活。

3 扩孔、扫孔阻力过大时，不得强行作业；扫脱落岩心或钻进不正常孔段时，应由机长、班长或熟练钻工操作。

4 斜孔钻进应设置提引器导向装置，钻塔应安装安全绷绳。

5 当停、待机或机械故障时，应将钻具提出钻孔或提升到孔壁稳定的孔段。

12.3.2 升降作业应符合下列要求：

1 卷扬机提升力不得超过钻塔额定负荷。

2 应随时检查卷扬机的制动装置、离合器装置、提引器、拧卸工具的完好情况。天车应定期检查、加油。

3 操作卷扬机应平稳，不得猛刹猛放；作业人员严禁触摸、拉拽卷扬机上的钢丝绳。

4 提升作业时，保留在卷筒上的钢丝绳不应少于 3 圈。

5 普通提引器应设置安全联锁装置，起落钻具或钻杆时，提引器缺口应朝下。

6 起落钻具时，作业人员严禁站在钻具升降范围内，严禁在钻塔上进行与升降无关的作业。

7 使用垫叉或摘、挂提引器时，严禁用手扶托垫叉或提引器底部。

8 钻具或取土器处于悬吊状态时，严禁探视或用手触摸钻

具和取土器内的岩、土心样。

9 跑钻时，严禁强插垫叉或强行抓抱钻具。

12.3.3 孔内事故处理应符合下列要求：

1 提拉事故钻具宜安装拉力表，提升力不得超过钻塔和升降机、钢丝绳、挂钩的额定负荷。

2 打吊锤处理事故时，吊锤应拴好保险绳，经常拧紧上打垫或下打垫的接头丝扣；吊锤下不得站人。

3 用千斤顶处理事故时，千斤顶应安放平稳，卡瓦应贴紧卡牢，并挂牢提引器；顶拔时不得过猛，应有一定间歇时间。

4 反扭孔内钻具时，操作人员应避开手柄反转范围。

5 处理复杂的孔内事故应编制事故处理方案，并应采取相应的安全生产防护措施。

6 孔内事故处理结束后，应对作业现场的勘探设备、安全生产防护设施和机台进行检查，在消除安全隐患后再恢复勘探作业。

## 12.4 水域钻探安全规定

12.4.1 水域钻探安全应符合下列规定：

1 应编制水域作业安全管理办法，办理作业许可手续，按规定悬挂标志。

2 水域钻场、水上交通工具等应具备有足够的救生衣、救生圈、通信设备，规定呼救信号并保持畅通。

3 水域钻场荷载应保持平衡。不常用的材料应及时搬移上岸并妥善保管；岩心满箱后即时转运上岸。

4 处理孔内事故时，不得使用千斤顶强行顶拔。

5 每班应有专人检查锚绳、绞车等安全情况；应根据水情变化及时调整锚绳；随时清除套管及锚绳上的漂浮物。

6 及时掌握上游水情及水库调度信息。应与上游水文站、水库管理单位、当地政府相关部门商定防洪渡汛方案。遇洪峰警报应及时通知钻探作业人员做好准备，并由钻探项目负责人指挥



渡汛或撤退。

7 水深流急时，水域钻场下游宜设救生安全站，配备救生艇和通信、医疗器材，并设专人值守。

8 钻探作业宜选择风速较小时段进行。遇大雾或5级及以上大风时，不得抛锚定位和移动钻场；遇雷雨、大雾、6级及以上大风、浪高超过1m等恶劣天气或船舶横摆角大于 $3^{\circ}$ 时，不得进行水上钻探作业；当预计有6级及以上大风浪时，船舶应及时移开孔位避风，孔位处要留有明显的标志。

9 浪高大于0.8m时，接送人员的船只不得靠近平台，应通过悬吊装置进行。

10 停工停钻时应派人值守。

**12.4.2 水上交通应符合下列要求：**

1 操作人员应持证上岗。

2 操作人员和搭乘人员应正确使用救生装备；搭乘人员应听从操作人员的指挥。

3 运载物资时，应保持平稳；不得超载，不得人货混载。

4 水上交通工具停泊应固定可靠，不得住人。

## 附录A 岩心钻探岩石可钻性分级表

表 A 岩石可钻性分级

岩石可钻性级别	岩石物理力学性能			钻进时效指标		代表性岩石
	压入硬度 (kg/mm <sup>2</sup> )	摆球硬度		金刚石	硬质合金	
		弹跳次数 /次	塑性系数			
1~4	<100	>0.37	<30	—	>3.90	粉砂质泥岩、碳质页岩、粉砂岩、中粗砂岩、透闪岩、煌斑岩、泥灰岩
5	90~190	0.33~0.39	28~35	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、石英大理岩、黑色片岩
6	175~275	0.29~0.35	34~42	2.30~3.10	2.00	角闪斜长片麻岩、白云斜长片麻岩、石英白云石大理岩、黑云母大理岩、白云岩、蚀变角闪长岩、角闪变粒岩、角闪岩、黑云石英片岩、角岩、透辉石榴石砂卡岩
7	260~360	0.27~0.32	40~48	1.90~2.60	1.40	白云母斜长片麻岩、石英白云母大理岩、透辉石化闪长岩、混合岩化浅粒岩、黑云母角闪斜长岩、透辉石岩、白云母大理岩、蚀变石英闪长玢岩、黑云母石英片岩

表 A (续)

岩石 可钻 性级 别	岩石物理力学性能			钻进时效指标		代 表 性 岩 石
	压入硬度 (kg/mm <sup>2</sup> )	摆球硬度		统计效率/(m/h)		
		弹跳次数 /次	塑性系数	金刚石	硬质合金	
8	340~440	46~54	0.23~0.29	1.50~2.10	—	花岗岩、砂卡闪长岩、石榴子砂卡岩、石英闪长斑岩、石英角闪岩、黑云母斜长角闪岩、玄武岩、伟晶岩、黑云母花岗岩、闪长岩、斜长闪长岩、混合片麻岩、凝灰岩、混合岩化浅粒岩
9	420~520	52~60	0.20~0.26	1.10~1.70	—	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、灰岩、橄榄岩、混合岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩、似斑状花岗岩、斑状花岗岩
10	500~610	59~68	0.17~0.24	0.80~1.20	—	硅化大理岩、砂卡岩、混合斜长片麻岩、钠长斑岩、钾长伟晶岩、斜长角闪岩、流纹岩、安山质熔岩、混合岩化角闪岩、斜长岩、花岗岩、石英岩、硅质凝灰质砂砾岩、石英质角砾熔岩
11	600~720	67~75	0.15~0.22	0.50~0.95	—	熔凝灰岩、石英岩、英安岩
12	>700	>70	<0.20	<0.60	—	石英岩、硅质岩、熔凝灰岩

## 附录 B 取心钻具管材匹配

表 B 取心钻具管材匹配规格尺寸 (外径/内径)

单位: mm

钻具类别	部件	规格口径									
		R	F	A	B	N	H	P	S		
单管	钻头	30	38	48	60	76	96	122	150		
	扩孔器	30/20	38/28	48/38	60/48	76/60	96/76	122/98	150/120		
	岩心管	28/24	36/30	46/40	58/51	73/63	92/80	118/102	146/124		
	钻头	30/17	38/23	48/30	60/41.5	76/55	96/72	122/94	150/118		
	扩孔器	30.5/22.5	38.5/28.5	48.5/37	60.5/48.5	76.5/63.5	96.5/81	122.5/104	150.5/130		
双管	外管	28/24	36/30	46/39	58/51	73/65.5	92/84	118/107	146/134		
	内管	22/19	28/25	36/31.5	47.5/43.5	62/56.5	80/74	102/96	128/121		
	钻头	—	—	48/33	60/44	76/58	96/73	—	—		
	扩孔器	—	—	48.5/39	60.5/50	76.5/65	96.5/82	—	—		
	外管	—	—	46/40	58/51	73/65.5	92/84	—	—		
内管	—	—	38/35.5	48.5/46	63.5/60.5	80/76	—	—			



表 B (续)

钻具类别	部件	规格口径									
		R	E	A	B	N	H	P	S		
双管	钻头	30	38	48	60	76	96	122	150		
	P型双管										
	扩孔器	—	—	—	—	76/48	96/66	122/87	150/108		
	外管	—	—	—	—	76.5/60	96.5/80	122.5/102	150.5/124		
绳索取心	内管	—	—	—	—	73/63	92/80	118/102	146/124		
	钻头	—	—	48/25	60/36	76/48	96/64	122/85	—		
	扩孔器	—	—	48.5/34	60.5/46	76.5/60	96.5/80	122.5/102	—		
	外管	—	—	46/36	58/48	73/63	92/80	118/102	—		
加强型	内管	—	—	31/27	43/38	56/51	73/67	95/89	—		
	钻头	—	—	—	—	77/46	97/61	—	—		
	外管	—	—	—	—	73/63	92/80	—	—		
	内管	—	—	—	—	54/49	70/64	—	—		

注：根据需要内岩心管可设计成半合管或加配三层保护管。

## 附录C 钻杆参数

C.0.1 通用型绳索取心钻杆及其参数见图 C.0.1 和表 C.0.1。

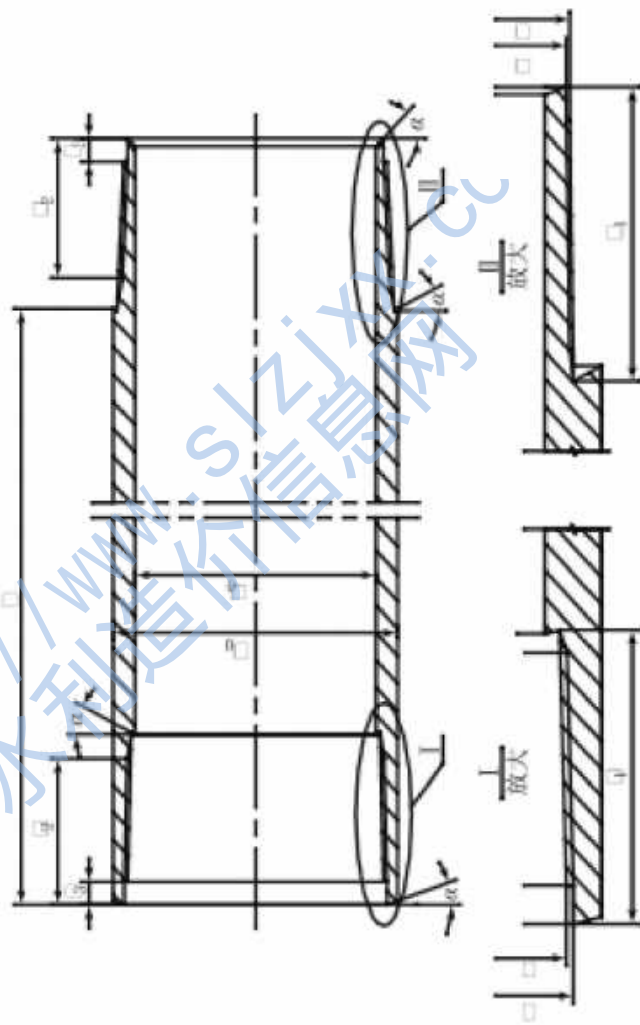


图 C.0.1 通用型绳索取心钻杆

单位: mm

表 C.0.1 通用型绳索取心钻杆参数

名称及代号	规格				
	R-ACS	R-ECS	R-NCS	R-HCS	R-PCS
钻杆单根有效长度 $L$	1500/3000/4500				
钻杆体外径 $D_o$ (min)	44.5	55.5	69.9	88.9	114.3
钻杆体内径 $d_o$ (max)	35.0	46.0	60.3	78.1	101.6
内螺纹长 $l_1$	42	45	45	45	64
内螺纹完整螺纹长 $l_2$	40	42	42	42	61
内螺纹控孔长 $l_3$	6	6	6	6	6
外螺纹长 $L_1$	42	45	45	45	64
外螺纹完整螺纹长 $L_2$	40	43	43	43	62
外螺纹端台肩长 $L_3$	6	6	6	6	6
内螺纹大端大径 $A$	40.870	51.854	65.114	84.511	109.089
内螺纹大端小径 $B$	39.300	50.284	64.544	82.941	107.289
外螺纹小端大径 $a$	39.333	50.207	64.467	82.864	106.746
外螺纹小端小径 $b$	37.733	48.607	62.867	81.264	104.886
内螺纹锥度	1: 28.65	1: 28.65	1: 28.65	1: 28.65	1: 28.65
外螺纹锥度	1: 27.28	1: 27.28	1: 27.28	1: 27.28	1: 27.28
密封楔角 $\alpha$	15°	15°	15°	15°	15°
螺距 $P$	6	8	8	8	12
牙形半角 $\beta$	15°	15°	15°	15°	15°

注: 表中各参数的定义见图 C.0.1。

C.0.2 外丝钻杆及其参数见图 C.0.2-1、图 C.0.2-2、图 C.0.2-3、表 C.0.2-1 和表 C.0.2-2。

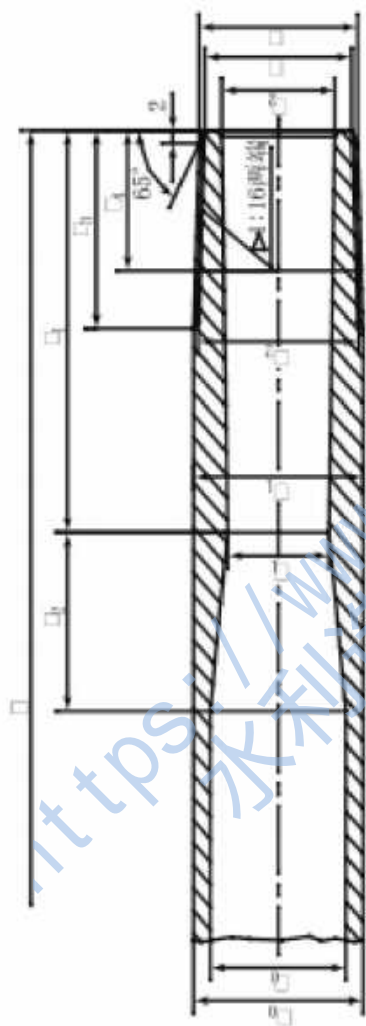


图 C.0.2-1 内加厚钻杆 (端部)

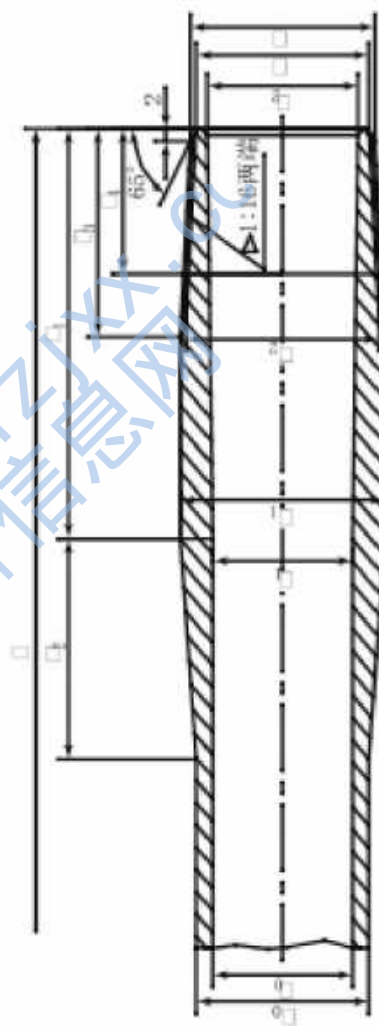


图 C.0.2-2 外加厚钻杆 (端部)



表 C.0.2-1 外丝钻杆参数

单位: mm

名称及代号	规格								
	内加厚			外加厚			外加厚		
	R-42L	R-50L	R-60L	R-60V	R-73V	R-89V	R-50L	R-60L	R-60V
钻杆外径 $D_0$	42	50	60	60	73	89			
公称内径 $d_0$	33	39	48	48	59	69			
外径 $D_1$	43	51	61	69	81.8	99			
内径 $d_1$	22	28	34	48	59	69			
端部内径 $d_2$	25	32	38	51	62	73			
加厚长度 $L_1$	85~110	85~120	85~120	85~120	85~120	85~130			
过渡长度 $L_2$	35~45	45~55	50~60	60~70	60~70	60~70			
螺纹长度 $L_3$	50	55	60	60	67	67			
螺纹小端大径 $a$	39.621	47.308	57.183	64.493	78.357	93.724			
螺纹小端小径 $b$	37.001	44.688	53.833	61.143	75.007	90.374			
螺纹锥度	1: 16	1: 16	1: 16	1: 16	1: 16	1: 16			
基面至钻杆段 $L_4$	38.07	43.07	45.07	55.065	52.065	52.065			
基面平均中径 $D_2$	40.664	48.664	58.266	65.576	79.877	95.244			
螺距 $P$	2.54	2.54	3.175	3.175	3.175	3.175			
每英寸牙数 $n$	10	10	8	8	8	8			
钻杆有效长度 $L$	3000±200	4500±200	4500±200	4500±200	6000±200	6000±200/8000±200			

注: 表中各参数的定义见图 C.0.2-1 和图 C.0.2-2。

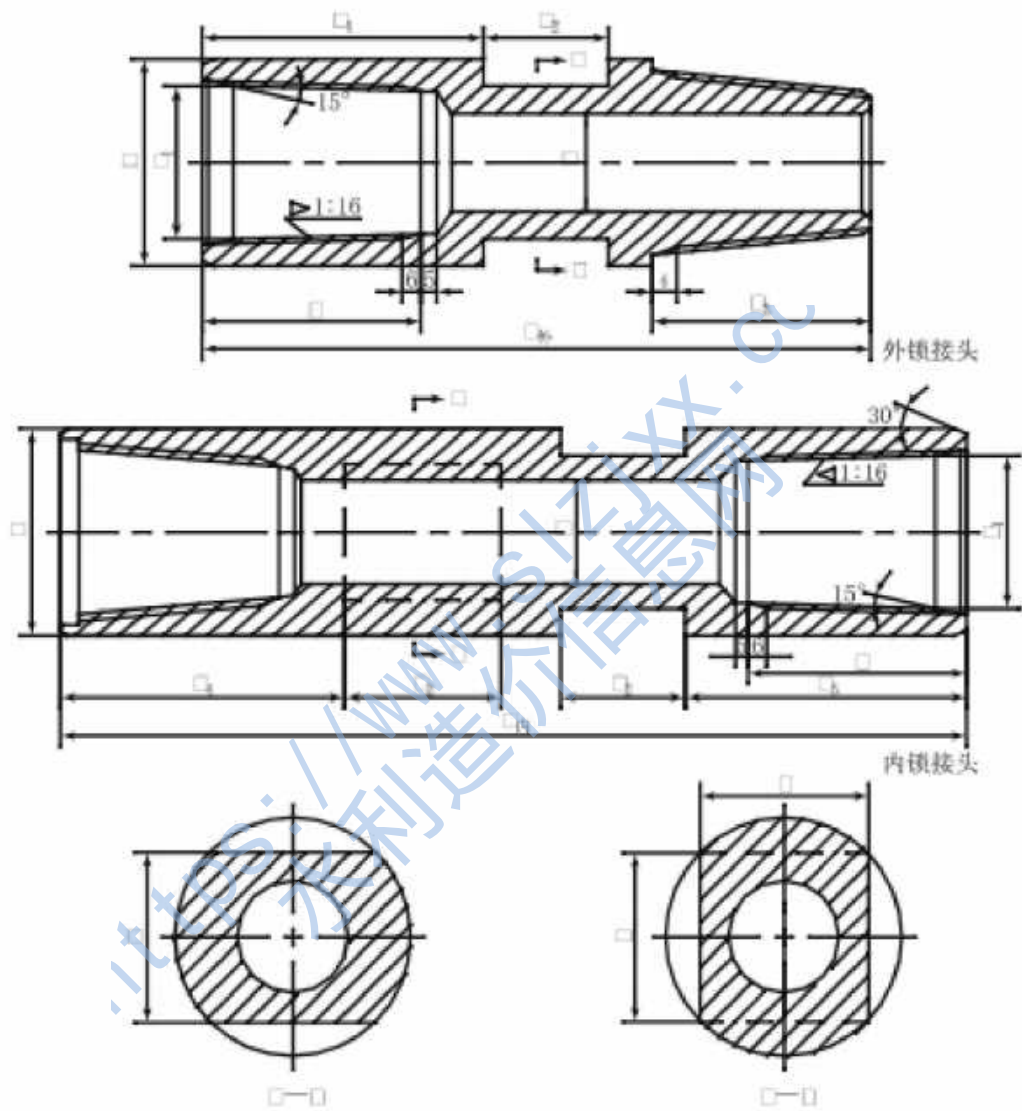


图 C.0.2-3 外丝钻杆锁接头

表 C.0.2-2 外丝钻杆锁接头尺寸参数

单位: mm

名称及代号	规格					
	内加厚			外加厚		
	R-42L	R-50L	R-60L	R-60V	R-73V	R-89V
锁接头外径 $D$	57	65	75	86	105	121
锁孔直径 $d_1$	44	52	62	70.6	84.9	101.8
锁接头内径 $d$	22	28	38	44.5	50	68
切口长 $L_2$	40	43	50	50	50	50
内螺纹长 $l$	60	65	70	70	92	95
切口宽 $H$	41	46	55	59	80	98
锁接头长 $L_*$	165	190	215	241	343	355
端面至切口长 $L_1$	75	80	90	95	112	112
外螺纹长 $L_3$	40	50	60	70	90	102
锁接头长 $L_{内}$	230	255	290	310	280	296
端面至切口长 $L_4$	65	75	90	100	118	134
端面至切口长 $L_5$	75	80	90	95	112	112

注1: 锁接头连接钻杆的螺纹与接箍相同。

注2:  $\phi 73\text{mm}$ 、 $\phi 89\text{mm}$  钻杆锁接头双切口可加工在外锁接头上, 锁接头长度尺寸相应改变。

注3: 表中各参数的定义见图 C.0.2-3。

C.0.3 内丝钻杆及其参数见图 C.0.3-1、图 C.0.3-2、图 C.0.3-3、表 C.0.3-1、表 C.0.3-2 和表 C.0.3-3。

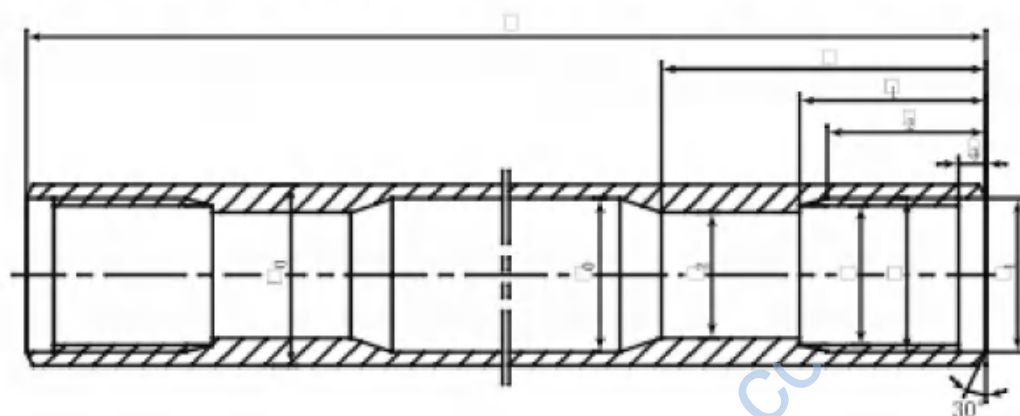


图 C.0.3-1 内丝钻杆体

表 C.0.3-1 内丝钻杆体参数 单位: mm

名称及代号	规格				
	R-RG	R-EG	R-AG	R-BG	R-NG
钻杆外径 $D_0$	25	33	43	54	67
钻杆内径 $d_0$	17	24	33.5	44.5	57.5
镗孔直径 $d_1$	21	27	35	44	55
加厚端内径 $d_2$	18	22	30	38	48
内螺纹大径 $A$	21	27	35	44	55
内螺纹小径 $B$	18	24	32	40	50
内螺纹长 $l_1$	45	50	60	65	70
内螺纹完整螺纹长 $l_2$	35	40	50	55	60
内螺纹镗孔长 $l_3$	6	8	8	8	10
螺距 $P$	6	6	8	8	8
牙形半角 $\beta$	5°	5°	5°	5°	5°
钻杆体端部加厚长 $l$	100	110	130	140	150
钻杆有效长 $L$	1500/3000	1500/3000	3000/4500	3000/4500	3000/4500
注: 表中各参数的定义见图 C.0.3-1。					



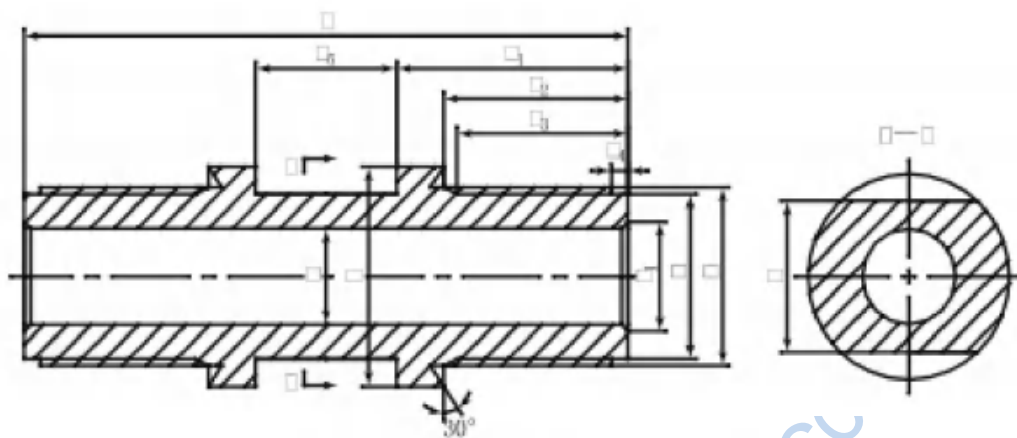


图 C.0.3-2 内丝钻杆公接头

表 C.0.3-2 内丝钻杆公接头参数 单位: mm

名称及代号	规格				
	R-RG	R-EG	R-AG	R-BG	R-NG
接头外径 $D$	26	34	44	55	68
接头内径 $d$	12	14	16	22	30
端部坡口直径 $d_1$	14	17	22	28	40
外螺纹大径 $a$	21	27	35	44	55
外螺纹小径 $b$	18	24	32	40	50
接头长 $L$	115	135	155	180	195
端面至切口长 $L_1$	45	50	60	70	75
外螺纹长 $L_2$	35	40	50	55	60
外螺纹完整螺纹长 $L_3$	29	34	44	49	54
外螺纹台肩长 $L_4$	6	8	8	8	10
切口长度 $L_5$	25	35	35	40	45
切口厚度 $H$	18	24	32	38	50

注: 表中各参数的定义见图 C.0.3-2。

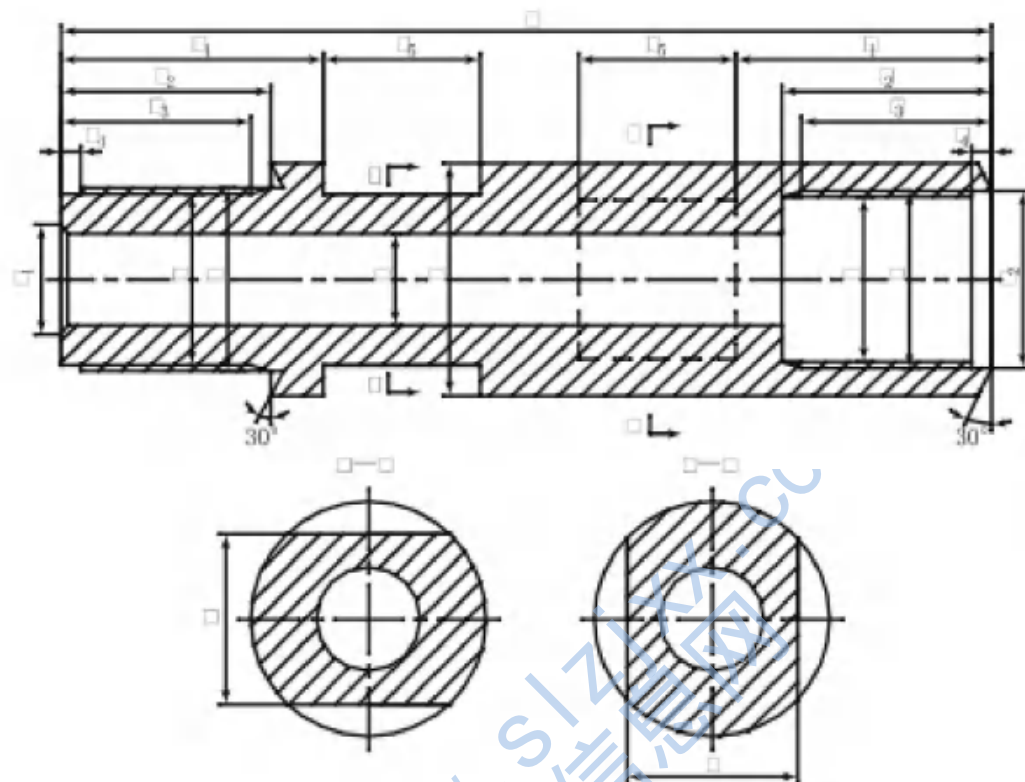


图 C.0.3-3 内丝钻杆母接头

表 C.0.3-3 内丝钻杆母接头参数 单位: mm

名称及代号	规格				
	R-RG	R-EG	R-AG	R-BG	R-NG
接头外径 $D$	26	34	44	55	68
接头内径 $d$	12	14	16	22	30
端部坡口直径 $d_1$	14	17	22	28	40
镗孔直径 $d_2$	21	27	35	44	55
螺纹大径 $A$ ( $a$ )	21	27	35	44	55
螺纹小径 $B$ ( $b$ )	18	24	32	40	50
接头长 $L$	160	190	215	240	265
内螺纹端面至切口长 $l_1$	55	60	70	75	85
内螺纹长 $l_2$	45	50	60	65	70
内螺纹完整螺纹长 $l_3$	35	40	50	55	60

表 C.0.3-3 (续)

名称及代号	规格				
	R-RG	R-EG	R-AG	R-BG	R-NG
内螺纹孔径长 $l_1$	6	8	8	8	10
外螺纹端面至切口长 $L_1$	45	50	60	70	75
外螺纹长 $L_2$	35	40	50	55	60
外螺纹完整螺纹长 $L_3$	29	34	44	49	54
外螺纹台肩长 $L_4$	6	8	8	8	10
切口长度 $L_5$	25	35	35	40	45
切口厚度 $H$	18	24	32	38	50
注：表中各参数的定义见图 C.0.3-3。					

## 附录 D 套管及接头基本尺寸

D. 0.1 套管尺寸见图 D. 0.1 和表 D. 0.1。

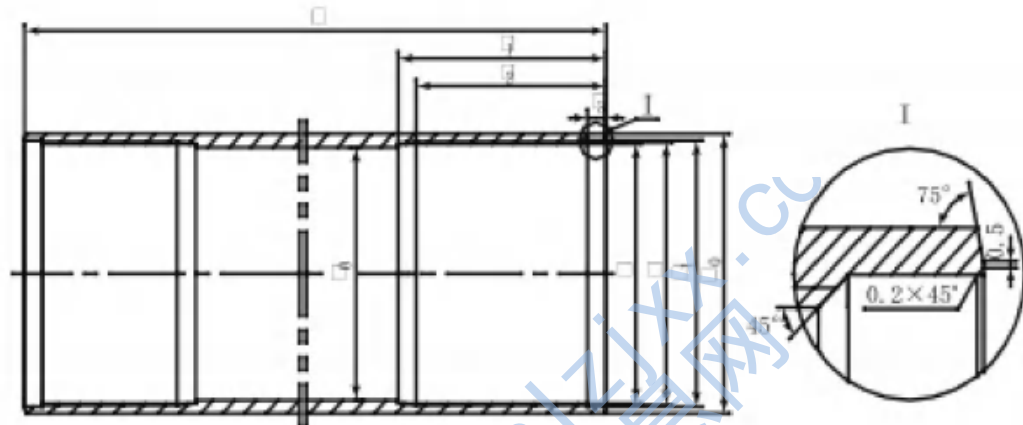


图 D. 0.1 套管

表 D. 0.1 套管基本尺寸

单位: mm

名称及代号	规格					
	C-BX	C-NX	C-HX	C-PX	C-SX	C-UX
套管外径 $D_0$	73	91	114	140	168	194
套管内径 $d_0$	65	82	104	127	155	180
镗孔直径 $d_1$	68.5	86.5	108.5	134.5	162.5	186.5
内螺纹大径 $A$	68	86	108	134	162	186
内螺纹小径 $B$	66.5	84.5	106	132	160	184
内螺纹长 $l_1$	66	66	68	68	68	68
内螺纹完整螺纹长 $l_2$	60	60	60	60	60	60
镗孔深度 $l_3$	6	6	8	8	8	8
套管长 $L$	3000~9000					
注: 表中各参数的定义见图 D. 0.1。						

D. 0.2 套管接头尺寸见图 D. 0.2 和表 D. 0.2。

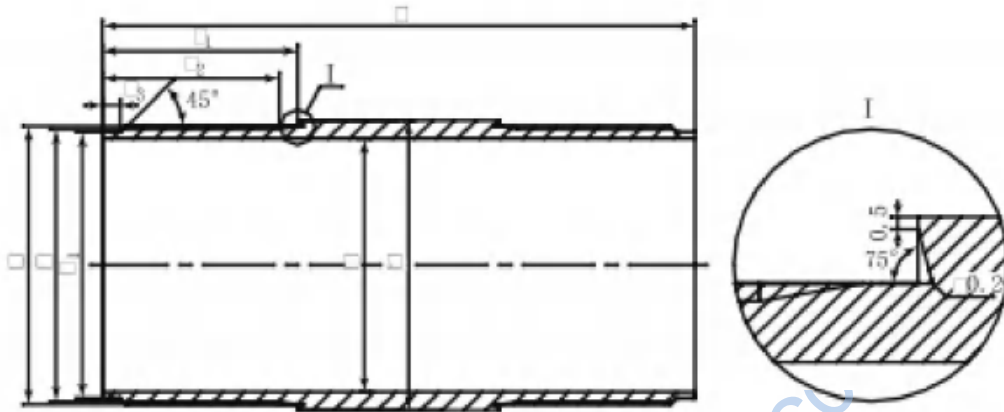


图 D. 0.2 套管接头

表 D. 0.2 套管接头基本尺寸 单位: mm

名称及代号	规格					
	C-BX	C-NX	C-HX	C-PX	C-SX	C-UX
套管接头外径 $D$	73	91	114	140	168	194
套管接头内径 $d$	61.5	80	99	126	154	179
外螺纹台肩径 $D_1$	66	84	105.5	131.5	159.5	183.5
外螺纹大径 $a$	68	86	108	134	162	186
外螺纹小径 $b$	66.5	84.5	106	132	160	184
外螺纹长 $L_1$	60	60	60	60	60	60
外螺纹完整螺纹长 $L_2$	54	54	52	52	52	52
外螺纹台肩长 $L_3$	6	6	8	8	8	8
套管接头长 $L$	180	180	180	180	180	180
螺距 $P$	6	6	8	8	8	8
牙型半角 $\beta$	5°	5°	5°	5°	5°	5°

注: 表中各参数的定义见图 D. 0.2。



## 附录 E 钻探班报表

表 E-1 钻探班报表

工程名称: _____	接班孔深: _____
钻孔编号: _____	交班孔深: _____
机高: _____	本班进尺: _____

年 月 日 时至 时 第 页 共 页

时间	工作内容	钻杆		钻头 长度 /m	钻具 长度 /m	总长 /m	木架/m		孔深/m		进尺 /m	孔径 /mm	采取 长度 /m	岩心		回水情况 (颜色、 水量)	备注 (填写: 孔内 变化异常 情况)	
		根数	长度 /m				下钻 /m	起钻 /m	起	止								
起																		

表 E-1 (续)

时间	工作内容		钻杆		钻具长度/m	钻头长度/m	总长/m	上余/m		孔深/m		进尺/m	孔径/mm	采取长度/m	岩心		回水情况 (颜色、水量)	备注 (填写：孔内 变化异常 情况)	
	起	止	根数	长度/m	/m	/m	/m	下钻	起钻	下钻	起钻	/m	/mm	/m	起	止			
		下人套管		终孔封孔记录														本班工作情况	
规格				水泥标号															
根数				水灰比															
长度				灌入量/L															
下入深度				封孔人/封孔日期															

填写：(1) 水文地质观测记录；(2) 孔深校正记录；(3) 环安全生产控制措施及效果等

机长： 班组长： 记录： 其他人员：

表 E-2 土层钻探班报表

工程名称: \_\_\_\_\_ 接班孔深: \_\_\_\_\_  
 钻孔编号: \_\_\_\_\_ 交班孔深: \_\_\_\_\_  
 机 高: \_\_\_\_\_ 本班进尺: \_\_\_\_\_

第 \_\_\_\_\_ 页 共 \_\_\_\_\_ 页

时间	工作内容		钻杆		钻具长度 / m	钻头长度 / m	总长 / m	起钻 上余 / m	孔深 / m	进尺 / m	孔径 / mm	取土样		原位测试			地层描述				
	起	止	根数	长度 / m								原状 Y 扰动 R	深度 / m	自	至	标贯 B 动探 D		深度	自	至	击数 / 击

表 E-2 (续)

时间	工作内容	钻杆		钻具长度/m	钻头长度/m	总长/m	起钻上余/m	孔深/m	进尺/m	孔径/mm	取土样		原位测试			地层描述	
		根数	长度/m								原状 Y 扰动 R	深度/m 自至	标贯 B 动探 D	深度 自至	击数 /击		
本班工作情况																	
封孔材料		填写：(1) 水文地质观测记录；(2) 孔深校正记录；(3) 环安全生产控制措施及效果等															
封孔人																	
封孔日期																	

机长： \_\_\_\_\_ 班长： \_\_\_\_\_ 记录： \_\_\_\_\_ 其他人员： \_\_\_\_\_

## 附录 F 钻孔验收表

表 F 钻孔验收表

工程名称		作业单位		
孔号		设计孔深/m		作业时间
钻孔位置		实际孔深/m		验收时间
序号	验收项目	验收结果	备注	
1	岩心采取率			
2	岩样、土样采取			
3	水样采取			
4	水文地质观测			
5	孔内试验与测试			
6	原始记录			
7	孔斜偏差			
8	孔深			
9	孔径			
10	封孔			
11	长期观测装置的安装			
12	岩心标识和保护			
验收意见				
验收参加人员				
钻探负责人		地质负责人		



## 标准用词说明

标准用词	严格程度
必须	很严格，非这样做不可
严禁	
应	严格，在正常情况下均应这样做
不应、不得	
宜	允许稍有选择，在条件许可时首先应该这样做
不宜	
可	有选择，在一定条件下可以这样做

## 标准历次版本编写者信息

### SL 291—2003

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

<https://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

中华人民共和国水利行业标准

水利水电工程钻探规程

SL/T 291—2020

条文说明

<https://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

## 目 次

3	基本规定	95
4	准备工作	96
5	钻探方法与工艺	99
6	定向钻探	109
7	水域钻探	112
8	冲洗液和护壁堵漏	115
9	钻孔取样	119
10	孔内事故预防和处理	128
11	钻探质量与验收	130
12	安全生产	132
附录 B	取心钻具管材匹配	134
附录 C	钻杆参数	135
附录 D	套管及接头基本尺寸	136

## 3 基本规定

**3.0.1** 钻探口径系列是钻探工程最基础的规定，多年来，水利水电工程钻探主要采用口径系列为 46mm、59mm、75mm、91mm、110mm、130mm、150mm，根据 GB/T 16950《地质岩心钻探钻具》的规定，为了统一钻孔公称口径，结合水利水电工程钻探实践现状，钻孔公称口径系列调整为 30mm、38mm、48mm、60mm、76mm、96mm、122mm、150mm、175mm、200mm。

公称口径只代表理论钻孔口径尺寸，以便于统一钻具的规格系列，实际的钻头、扩孔器外径尺寸可根据不同的钻进方法和地层情况在合理范围内确定。

鉴于各单位现有钻探管材情况，原钻孔口径系列可根据实际情况继续使用。

**3.0.2** 钻孔直径应满足钻探技术要求，目前各规范的要求总体一致。

**3.0.3** 钻孔深度分级的目的在于统一水利水电工程钻探孔深标准，便于针对不同深度选用相应的设备、方法、工艺，确保钻探质量与效益。

**3.0.4** 地质岩心钻探岩石可钻性是岩石被碎岩工具钻碎的难易程度，即岩石的抗钻性能，与岩石的强度、硬度、弹塑性、研磨性和结构特征相关。

测定岩石可钻性的方法还有微钻法、破碎比功法、切槽法等，其指标也可作为确定岩石可钻性级别的参考。

**3.0.5** GB/T 9808《钻探用无缝钢管》规定了钻探用无缝钢管的代号、订货内容、尺寸、外形、重量、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量说明书。

**3.0.8** 注意保护和有效利用土地资源，尽量利用已有道路，减少占用耕地、农田、林地。保护好工作及生活的生态环境。



## 4 准备工作

### 4.1 作业计划

**4.1.1** 钻探项目实施前，通过资料收集和实地踏勘工作，摸清项目各方面具体情况，是编制项目钻探作业计划的前提条件。

资料收集的渠道包括：互联网信息、交通地图、区域地形图、地质勘察技术大纲、前期勘测地质报告、其他与工程有关的各类资料等。

实地踏勘的方式包括：现场探查、照相摄影、上门走访、问询调查、通信联系、接触沟通、洽谈商议、了解询价等。通过踏勘所获取的真实准确情况，是修路平钻场、设备搬迁、水管架设线路、占地及农作物赔偿、供水供电、生活住宿等方面的准备工作，制订和落实具体解决方案的依据与基础。

重要钻孔主要包括：控制性钻孔、深孔、特别复杂地层钻孔、重要孔内试验内容钻孔等。特殊钻孔主要包括：新工艺新器具研发试验钻孔、新技术新方法推广应用钻孔、特殊试验内容或要求钻孔、倒垂孔、水平孔、斜孔等。

专项作业方案，是实施每个重要钻孔及特殊钻孔的具体方案，是保证钻孔达到钻探任务书中各项重要及特殊要求的工作方法和技术措施。

**4.1.2** 钻探作业计划，是整个项目钻探技术工作和管理工作具备计划性、可行性和先进性的指导文件，是整个项目对钻探质量、进度、安全、成本各方面保障的工作要求。

### 4.2 钻进方法选择

**4.2.1** 常用钻进方法可根据碎岩工具不同划分，称为硬质合金钻进、金刚石钻进、金刚石复合片钻进；或可根据碎岩方式不同

划分，称为冲击钻进、回转钻进和冲击回转钻进；也可将上面两种划分法混合起来，称为硬质合金回转钻进、金刚石回转钻进、硬质合金冲击回转钻进、金刚石冲击回转钻进等。

### 4.3 设备机具选择与使用

4.3.1~4.3.4 钻探设备选择与配置，还需兼顾考虑利于拆卸和搬运、利于易损件及配件的购置和零部件的更换维修等因素；钻探机具的选择与配置，还需兼顾考虑适应可能采取的钻进方法变换需要。

除规定的一般散装钻机的钻架类型，另有整体式钻探机组、配有桅杆式钻架钻机、车装式钻机、履带式钻机等，属于各种整体钻机自带式钻架，其安装和使用要求应按此类整体钻机的相关使用规定执行。

目前可供选择的地质钻探取心钻具与钻头种类较多，宜优先选择使用技术性能可靠、确保取心质量满足要求、钻进效率和经济效益好的钻具组合。

### 4.4 作业准备

#### 4.4.1

1 确定钻场和孔位，还需兼顾考虑尽量减小不利地形地貌自然条件的影响，尽量不占或少占农作物用地、不损坏或少损坏农作物等因素。

2 场地面积在满足钻探作业需要的前提下，需考虑尽量减少平场修筑工作量，设备布置方式与方位宜兼顾考虑安全、便利和工作习惯。

4 斜坡上采用填方修筑的钻场，钻架支腿或塔基位置应选择避开安装在填方部位，若确需布置在填方部位，应采取可靠的加固措施。

#### 4.4.3

5 人工搬运设备器材的道路条件应能满足设备器材中最大

部件的顺利通过。指挥人力搬运设备器材，应注意多人合力搬运时的相互配合，特别是起肩、落杠、转弯、过坎、上坡、下坡时人员之间的动作协调。禁止向山下及坡下采用抛掷或滚放的方法搬运设备器材及物资用品。

6 开钻前的技术检查可由钻探机组的机长负责组织，安全检查验收宜由项目钻探作业计划中安全管理规定所要求的相关人员负责组织。

<http://www.sljzjxx.com>  
水利造价信息网

## 5 钻探方法与工艺

### 5.1 硬质合金钻进

5.1.1 常用的硬质合金取心钻头列于表 1。

表 1 常用的硬质合金取心钻头

钻头类型	岩石可钻性级别								代表性岩石
	1	2	3	4	5	6	7	8~12	
螺旋肋骨钻头	—	•	•	•	—	—	—	—	松散可塑性岩石
阶梯肋骨钻头	—	—	•	•	•	—	—	—	页岩, 砂页岩、 胶结差的砂岩
薄片式钻头	—	•	•	•	—	—	—	—	砂页岩, 炭质泥岩
方柱状钻头	—	—	•	•	•	•	—	—	均质大理岩, 灰岩, 软砂岩, 页岩
单双粒钻头	—	—	—	•	•	•	—	—	中研磨性砂岩, 灰岩
犁式密集钻头	—	—	—	•	•	•	—	—	石灰岩、砂岩
大八角钻头	—	—	—	—	•	•	—	—	软硬不均互层、裂隙及 研磨性强岩层、砂岩等
针状合金钻头	—	—	—	—	—	•	•	—	砂岩、砾岩等
注: •为选择; —为不选择。									

5.1.2 根据 GB/T 9808—2008 附录 A 的规定, 将原规程钢材牌号 DZ—40 调整为牌号 ZT380。

5.1.3 在钻进过程中, 用以衡量回转速度的指标有: 转速 ( $n$ )、线速度 ( $v$ )。两者的关系是:

$$v = \frac{\pi D n}{60} \quad (1)$$

式中  $v$ ——钻头切削具的线速度, m/s;

$n$ ——钻头转速, r/min;

$D$ ——钻头直径，m。

线速度 ( $v$ ) 直接反应了切削具运动的快慢，消除了钻头直径大小的因素，为一个经验取值。但通常表示切削具运动快慢的指标，仍用转速 ( $n$ ) 来表示直径一定时钻头旋转的快慢。

可钻性达到 8 级及以上的岩层，由于硬质合金钻进效率低，同时，随着金刚石钻进普遍应用，这类岩层均采用钻进效率更高的金刚石钻进。

泵量应保证把岩屑颗粒带出地表。主要决定于冲洗液的上升流速（其次也与冲洗液的性能参数有关）。清水冲洗时，冲洗液上升流速不应小于 0.25m/s，而采用泥浆作冲洗液时，上升液流速度不应小于 0.2m/s。

## 5.2 金刚石钻进

### 5.2.1 常用的金刚石钻头和扩孔器列于表 2。

表 2 常用的金刚石钻头和扩孔器

岩石分类		中硬			硬			坚硬			
		4~6			7~9			10~12			
岩石可钻性		弱 中 强			弱 中 强			弱 中 强			
岩石研磨性		弱 中 强			弱 中 强			弱 中 强			
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	—	—	—	—	•	—	•	—		
孕镶 钻头	胎体硬度 /HRC	25	—	—	—	—	—	—	•	—	
		35	—	—	—	•	—	—	—	—	
		40	—	—	•	—	•	—	—	—	
		45	—	—	—	—	•	•	—	•	—
		55	—	—	—	—	—	•	—	•	•



表 2 (续)

岩石分类		中硬			硬			坚硬		
岩石可钻性		4~6			7~9			10~12		
岩石研磨性		弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强
孕镶 钻头	金刚石粒度 /目	30~46	•	•	•	—	—	—	—	—
		60~80	—	—	•	•	•	•	•	•
		100~120	—	—	—	—	—	•	•	•
扩孔 器	表镶	•	•	•	•	•	—	•	•	—
	孕镶	—	•	•	•	•	•	•	•	•

注：“•”为选择，“—”为不选择；“HRC”表示洛氏硬度，“目”表示1mm以下金刚石粒度，“粒/克拉”表示大于1mm金刚石粒度。

目前金刚石钻头品种规格越来越多，本标准只能做原则性的规定，选择时还应看厂家的说明书。

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，可增大底刃的压力，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0.3~0.5mm，在破碎岩层中，扩孔器直径比钻头直径可大1.0mm。一般来说，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。

**5.2.3 金刚石钻进技术参数**主要包括钻压、转速和泵量，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，岩心质量降低，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有联系，加大钻压与转速的同时，也应增大泵量。

钻头破碎岩石无论采用何种形式，都应加一定的钻压。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15~20N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。孕镶钻头钻压按单位面积钻压4~8MPa计算。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。钻压通过钻机压力表反映，因此要随时检查压力表是否完好。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。钻压过小会导致钻速过低、钻头晃动，使金刚石出刃被打光，出现孔径变大、岩心变细现象。

钻头的转速与钻进效率有着直接的关系，在一定范围内转速越高效率也越高，但是转速的提高又受到功率、钻具强度和振动等的限制。钻头的转速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1.0~2.0m/s，孕镶金刚石钻头的线速度范围为1.5~3.0m/s。

从排岩粉的观点来看，泵量越大越好。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，应当选用较大的泵量。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。理论研究表明，钻头内外侧保持约 0.3MPa 的压强差，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强差减少，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。

**5.2.5** 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。

金刚石钻进浅孔时：“不得不停钻倒杆”，这是因为所谓不停钻倒杆是在无加压情况下进行的，浅孔在不停钻倒杆时会产生钻具漂起而造成堵塞或脱落岩心的情况。

**5.2.6** 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的这种特性，从而保持切削具的破岩。

**5.2.7** 大口径金刚石钻进钻孔口径有 426mm、529mm、630mm、720mm、850mm 及 1000mm，因大口径钻孔主要是供地质人员下孔观测，故推荐了 630mm、720mm、850mm 及 1000mm 四种规格的孔径。



## 5.3 绳索取心钻进

**5.3.1** 绳索取心金刚石钻头宜选用优质级和特级的天然金刚石作表镶钻头，胎体硬度一般选择 HRC30～HRC35、HRC40～HRC45，一般适用于完整和较完整的中硬岩层；经过挑选和加工处理的低级品、等外级天然金刚石，人造金刚石或不同粒度混合金刚石料也用于作孕镶钻头，胎体硬度为 HRC10～HRC20、HRC20～HRC30、HRC30～HRC35、HRC40～HRC45、>HRC45 等多种参数以适应不同岩层，在可钻性级别 6 级～9 级的中硬岩石中效果最好。

绳索取心金刚石扩孔器要与所选钻具尺寸相匹配，具有孔壁摩擦阻力较低和良好保径功能，同时要保证冲洗液过流的通畅。

地矿行业常用绳索取心钻具规格尺寸已形成系列，与冶金、煤炭等行业绳索取心钻具规格尺寸在钻具结构、螺纹尺寸等方面略有不同，不能互换使用。

深孔、超深孔和复杂地层使用的绳索取心钻杆一般采用端部加厚型钻杆，规格尺寸有较大不同。绳索取心钻进对钻杆管材的材质、加工精度要求较高，要符合 GB/T 16950 的有关规定。

水电钻探孔浅，孔深超过 500m 的钻孔很少，选择 C 系列钻杆、钻具即能满足水电钻探作业的需求，规格参数在使用时按需选择。

**5.3.2** 绳索取心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。内管总成在钻杆内由冲洗液向下压送，当内管到达预定位置时，会产生 0.7～1.0MPa 的泵压增值，操作人员加以注意就不会出现差错。

**5.3.5** 打捞器组装完成要检查打捞钩周正情况。打捞器能顺畅卡住内管总成的上端，卡住捞矛头捞取内管和岩心；当打捞器破损失效时，要具有安全解脱功能；当在严重漏失地层或干孔钻进时，打捞器要具有将内管总成安全地送到预定孔深位置的功能。

**5.3.6** 钻具总成和打捞器维护内容包括：检查弹卡在张开状态

时，两翼最大间距要比弹卡挡头内径大 1.5mm，以及张簧是否变形、单动轴承是否有黄油和灵活性；其他还有弹卡挡头拨叉、悬挂环、座环、扶正环、打捞钩头部、尾部弹簧等部位的检查，总之，一旦发现不符合要求的要及时更换。

**5.3.11** 当在绳索取心钻进中使用泥浆做冲洗液时，往往在靠近孔口 2~4 根立根处，在钻杆内壁形成一层很致密的泥皮，其厚度由上至下逐渐变薄，会影响正常打捞。控制固相颗粒的大小是防止形成泥皮的重要措施之一。

**5.3.12** 绳索取心钻孔压水试验，优先选用不起钻栓塞进行单试验段压水，以减少起下钻工序和提高钻进工效。对于较完整基岩地层钻孔也可在钻孔结束后，采用双栓塞全孔逐段进行压水试验。

## 5.4 金刚石复合片钻进

**5.4.3** 复合片在钻头体上出刃量大，主要靠剪切破碎岩石，不宜用太高的转速。

复合片钻头的出刃量大，底唇部分水流面积大，所以选择冲洗液泵量时应以及时排粉为主，以冷却、润滑、护壁等为辅。推荐的复合片钻进冲洗液在外环空间的上返速度取 0.3~0.7m/s（清水）或 0.25~0.60m/s（泥浆）。

## 5.5 冲击钻进

**5.5.1** 无阀打入钻进多用于无地下水地层的钻进，分为孔口击入法和孔底击入法两种，以孔底击入法为好。孔底击入法是用钢丝绳提动冲击钻铤打击取样筒进行的，其优点是辅助时间少、装备简单，多用于浅孔。

有阀打入钻进多用于地下水位以下地层、流砂质地层中钻进。在粉砂和软土层中采用平底阀；在砂层中采用弹簧片阀，当压入或击入取样筒时，弹簧片张开，提起取样筒时弹簧片自动合拢，防止岩心样中途脱落；在容易液化的地层中钻进时，锤击会



引起液化，宜采用压入法取样钻进。

## 5.6 液动冲击回转钻进

**5.6.1** 可钻性级别 5~7 级岩层选用硬质合金钻头。可钻性级别 9~12 级岩层选用金刚石钻头；遇打滑岩层采用优质级（AA）金刚石钻头，胎体硬度 HRC40，并减少钻头底唇面的厚度。

**5.6.2** 液动冲击器按照作用原理分为阀式正作用液动冲击器、阀式反作用液动冲击器、阀式双作用液动冲击器，阀式双作用液动冲击器主要有压差式、射流式、射吸式和复合式等类型。要综合考虑钻进方法、钻孔深度、钻孔直径、岩石可钻性、破碎程度及冲洗液类型等因素选择冲击器，一般情况下，硬质合金冲击回转钻进选择低频率高冲击功的冲击器，金刚石冲击回转钻进选择高频率低冲击功的冲击器。

## 5.7 空气潜孔锤钻进

**5.7.1** 若一台空气压缩机供气量不足，可用两台或多台并联使用；气压还需克服管线损失和孔内水位的背压，气压不足可以串接一台增加机，提高供气压力。

**5.7.2** 潜孔锤钻进时，送入的压缩空气有两个作用：其一是提供冲击器活塞运动的能量；其二是携带岩屑、冷却钻头等。因此供风量多少的确定，一方面是根据所用冲击器性能所需耗风量的大小；另一方面是要保证钻杆外环空间的上返风速。

从潜孔锤破碎岩石原理来看，岩石主要是在冲击动载作用下破碎的，因而潜孔锤钻进效率的高低，主要取决于冲击功的大小和冲击频率的多少。轴向压力的作用是为了克服冲击器在促使活塞下行时在气缸内所产生向上推举力，以保证冲击功有效地传递给钻头，进行碎岩。因此，其压力的大小，主要取决于所用冲击器在气缸内所产生的压力大小。过大和过小都会影响潜孔锤钻进的正常工作。过大则会引起钻头的过早磨损，球齿掉落，回转困难；过小将影响冲击功的有效传递。

气动潜孔锤主要是以冲击动能来破碎岩石的，回转速度仅是为了改变硬质合金刃破岩位置，所以合理的回转速度可保证在最优的冲击范围内破碎岩石。若回转速度低，不仅会产生重复破碎，影响效率的提高，而且钻头球齿也易发生凿入碎岩坑穴中，造成回转困难和钻头损坏。如果回转速度过高，则不仅会使冲击碎岩的作用减弱，而且会造成钻头的强烈磨损，使冲击碎岩转化为切削碎岩，造成效率低，钻头磨损严重。

**5.7.5 空气潜孔锤取心钻进方式**有贯通式潜孔锤连续取心钻进和潜孔锤下部接取心钻具钻进两种方式。目前贯通式潜孔锤连续取心钻进工艺更为成熟。潜孔锤取心钻进适用的条件为：①进行地质异常验证；②对已掌握基本地质构造资料的老工区补充勘探；③在地层较稳定的工区与少量常规取心钻勘探孔配合进行勘探施工；④结合孔内数字成像技术进行非控制性钻孔勘探施工。

## 5.8 其他钻进方法

**5.8.1 无泵反循环钻进**，只用少量的冲洗液，冲洗液流动速度不大，对岩心冲蚀作用很小，岩心采取率高，且能保持岩心原状结构。缺点是劳动强度大，钻进效率低。

当孔内无水时从孔口倒水，以保持孔内有足够的水循环。钻进松散无黏结性的岩层，采用黏度和失水量小的泥浆作冲洗液，既能实现孔底局部反循环，又增加孔底周围的稳定性。

岩石松软，钻进时岩粉多，需要孔底液体反循环强度大，则提动钻具高度要大些，反之则小些。

**5.8.2 螺旋钻进**适用在缺水、无水地区和遇水缩孔的软岩地层中进行勘察钻进，不用冲洗液，钻进效率高，钻进所需要功率较大，孔深一般不超过50m，孔径一般为120~300mm。

螺旋钻进临界转速应按下式计算：

$$N_0 = \frac{30}{\pi} \sqrt{\frac{g(\tan\alpha + f_1)}{f_2 R(1 - f_1 \tan\alpha)}} \quad (2)$$

式中  $N_0$ ——螺旋钻临界转速，r/min；

$g$ ——重力加速度， $\text{m/s}^2$ ；

$\alpha$ ——螺旋线倾角， $(^\circ)$ ；

$R$ ——螺旋钻杆外径， $\text{m}$ ；

$f_1$ ——碎屑与螺旋面间的摩擦系数， $0.5\sim 0.7$ ；

$f_2$ ——碎屑与孔壁间的摩擦系数， $0.2\sim 0.4$ 。

**5.8.3 声频振动钻进**是依靠高频振动、回转和加压三种钻进力的叠加，特别是振动作用，来高效破碎岩土，因此特别适用于黏土、砂土、砂卵石、冰碛物、碎石堆、垃圾堆积物等破碎地层的钻进。由于声频钻机瞬时冲击力达  $5\sim 25\text{t}$ ，故可以完成较深孔的钻进。

一般声频动力头振动频率在  $66\sim 150\text{Hz}$ ，可通过调节相关液压马达的操作来实现频率的改变。

钻进过程中，钻具的高频振动会引起周围岩土颗粒砂土液化，降低了钻具与岩土间的摩阻，使得钻进过程非常容易，在含水地层，不需要冲洗液；在干燥土层，酌情使用少量清水或泥浆作冲洗液。

由于声频钻进具有高频振动，高速钻进的优点，适合多种钻进工艺与用途。可采用较大直径的套管（ $100\sim 300\text{mm}$ ）连续钻进。



## 6 定向钻探

### 6.1 钻孔设计

**6.1.1、6.1.2** 近年来，定向钻进在水电钻探中已有一定的应用，诸如：跨河斜孔、交叉钻孔、跨山脊斜孔等。钻孔定向有利用岩层自然偏斜规律而达到靶点“初级定向孔”和采用各种造斜机具和工艺措施使钻孔轴线能沿设计的轨迹延伸的“受控定向孔”。

定向钻孔设计主要依据钻孔穿过与达到的目的岩层进行。若开孔点（或分支点）已定，设计时从开孔点逐渐推移到穿过与达到的目的岩层；若开孔点（或分支点）未定，设计时从目的岩层逐渐推移到开孔点；分支孔的设计原则是先主孔，后分支孔。水电钻探定向钻孔主要用于高山峡谷或激流险滩等特殊环境条件下进行斜孔或弧形孔定向钻进，其钻孔轨迹主要为垂面型定向孔。水电钻探定向钻孔多为浅孔，并多采用偏心楔单点造斜或钻杆驱动连续造斜，要控制造斜强度。

### 6.2 造斜机具与测量仪器的选择

**6.2.1** 定向钻进造斜方法主要有偏心楔单点造斜法、钻杆驱动连续造斜法、螺杆马达孔底驱动连续造斜法。考虑到水电钻探定向孔一般要求全孔取心定向造斜钻进的特点，推荐采用偏心楔单点造斜法。

### 6.3 钻进作业

**6.3.4** 人工架桥材料有木塞、金属塞、水泥塞等。造斜工具面角值可以用作图法求解，也可用公式计算求解。偏心楔固定分为永久固定与临时固定两种。通常情况下导斜钻具与活动式偏心楔通过接头盒销钉连在一起。当偏心楔座入导斜点或分支点后，剪

断销钉，导斜钻具即可下行，钻头的一边沿着楔面下滑，另一边则与孔壁紧密接触。

导斜钻具组配置弹性钻杆接头主要是为了改善钻具组接头弯曲弹性变形能力，弹性钻杆接头结构如图 1 所示。

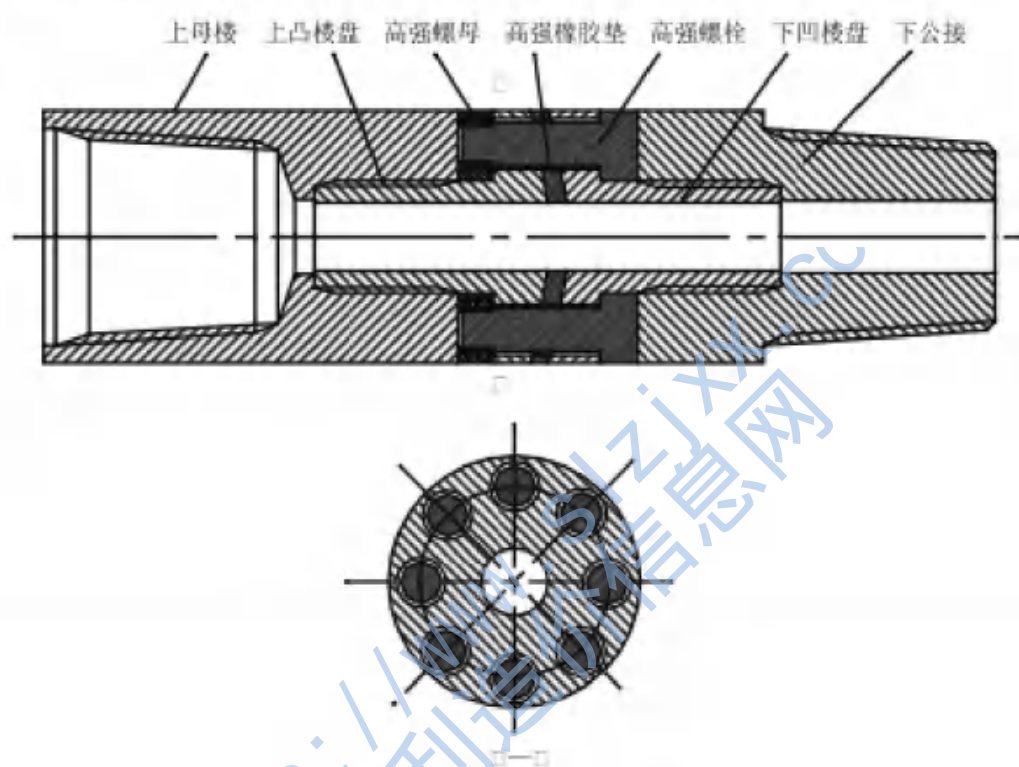


图 1 弹性钻杆接头结构

当导斜钻具沿偏心楔的导斜槽导出新孔后，不论采用同径或小一级钻具导斜，均要进行扩孔。扩孔方法视偏心楔固定方法而定，当偏心楔固定在孔内时，扩孔钻具所扩孔壁，起始扩孔段为偏心楔导槽方向的孔壁，扩孔过程中应防止扫坏偏心楔；采用活动式偏心楔导斜钻进，扩孔前应先取出孔内偏心楔，导斜孔扩孔时除了要扩大口径修正新孔外，还要扩掉原孔留下的台阶。

**6.3.7 定向钻孔实际钻孔轨迹的空间坐标值**是通过各测点的孔深、顶角、方位角经过计算求得的。一般是将钻孔轴线分成若干直线或曲线段，求得各测段的垂直位移和水平位移，然后再累加



起来，即可得到各测点相对于孔口累计的垂直位移和水平位移，该测点的绝对坐标可根据已知的孔口坐标求出。

定向钻孔轨迹测量计算方法主要有全角全距法、均角全距法、全角半距法、曲率半径法和最小曲率法等。

<http://www.slzjxx.com>  
水利造价信息网

## 7 水域钻探

### 7.1 一般规定

**7.1.1** 增加救生、消防设施等内容；增加交通船，拖船的要求；增加临近封冻期，钻探宜等到封冻期选择冰上钻探。

原规程的木船钻场、竹木筏钻场、索桥钻场多年来在水利水电工程钻探中应用极少，且有多种替代方案，本次修订时予以删除。

增加漂浮平台和浮箱（筒）钻场，原规程中的油桶钻场归并到浮箱（筒）钻场，不再单列。

钻场类型选择要根据不同水域、不同工程类型、不同作业要求，充分了解水深、风浪、水流速度等情况，再按照经济、适用、安全的原则确定。

**7.1.2** 对套管的定位钢丝绳及保险绳数量进行修正，当水深不大时可根据实际考虑是否设定位绳。

增加水位变幅较大时，设置伸缩套管。

### 7.2 漂浮钻场

**7.2.1** 船舶的吨位选择应考虑水流速度，流速大则安全系数取大值，反之则取小值。工作负荷包括船上人员、设备、材料自重、钻机卷扬的提升力和给进油缸的提升力。其他形式的漂浮钻场载重量可参照此条确定。

增加单船钻场要求。单船钻场一般布置在船尾或两侧，由于钻进过程中船体承载不均，故应选择大吨位船舶。同时为增强钻探船的稳定性，用于主锚的钢丝绳直径需选择大值，长度适当加长。

**7.2.2** 当前水利水电钻探中，有勘察单位研发了采用模块式钢管结构组装的专用漂浮钻探平台，此平台结构简单，坚固耐用，

整体性好，可根据实际情况组装不同大小，可实现多机作业，特别适用于孔距小、钻孔密集的情况。专用漂浮钻探平台是专为水利水电水上钻探工作设计，并具有较优越的性能，本次修订列入漂浮钻场类型。

**7.2.3** 近年浮箱、浮筒已广泛应用，成型产品丰富，质量可靠，可用于组装漂浮钻场。浮箱（筒）钻场包括浮箱钻场和浮筒钻场，由单体浮箱或浮筒组合形成，现市场上单体浮箱或浮筒均具有联接部件，组装方便。但要根据钻场实际需要进行安全加固。油桶作用等同浮筒，但组装部件需另外配备，应特别注意钻场组装质量和整体性要求，本次修订将其归并于浮箱（筒）钻场。

**7.2.4** 本次修订对主锚钢丝绳直径、长度和锚重进行了重新规定。一般钢丝绳的直径、长度及主锚重量的选择，与所处水域的水深、流速和气候等情况关系较大。如根据长江水域开展水上钻探经验，钻探船载重一般采用200~400吨位，使用主锚钢丝绳直径：22~30mm、长度150~300m，主锚重量1000kg左右，采用5t绞车起抛锚。

### 7.3 架空钻场

**7.3.1** 桁架钻场既能用于滩涂，也能用于浅水水域，机动性和适应性比较好，在水上构筑时，立柱下端应增大面积，以防沉降。桁架也适用于构筑钻场与岸坡相连的桥梁。钻场宜高出水面约1.5m。

**7.3.2** 本条主要是安全角度出发，对自升式钻探平台的安装、检查、定位、升降等作出了规定。在流速和深度较大水域进行钻孔准确定位时，平台定位和起升平台需要锚绳配合进行，但要注意在起升平台时要随着起升逐渐放松锚绳，直到平台升到预定位置后，锚绳处于松弛状态。

### 7.4 冰上钻探

**7.4.2** 冰上钻探在接近解冻期最为危险，应事先注意冰层发生

碎裂的可能，防止发生事故。封冻期和解冻期是较宽泛的概念，可根据历年水文资料 and 当地群众经验来确定，实际操作中应灵活掌握，以安全为第一标准。

**7.4.3** 本条中的交通线路指冰上的交通线路，包括了钻探工作和非钻探工作用车交通线路。钻探器材应在警示区域外安全位置装卸。

<http://www.sljzjxx.com>  
水利造价信息网

## 8 冲洗液和护壁堵漏

### 8.1 冲 洗 液

**8.1.1** 钻孔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心等作用。合理使用冲洗液，不仅能保证钻探质量和进度，同时还应满足环保要求，防止因冲洗液（主要是化学浆液）对环境造成污染。

冲洗介质按其组成和性能特点，可分为以下7类：清水、泥浆、乳化液、无固相冲洗液、盐溶液和饱和盐水、空气、气液混合物。

有水文地质试验或孔内摄像的钻孔应选用清水做冲洗液，特别是在碳酸盐类岩层中应禁止使用乳化液、聚丙烯酰胺等作为冲洗液。对于孔内电视而言，用碱溶液冲洗有一定的效果，但对压水试验成果影响仍很大。

**8.1.2** 泥浆配制中一般采用黏土或黏土粉作为造浆基本材料。用黏土配制泥浆时，先用水将其浸泡1~24h，使黏土颗粒充分水化，以提高分散度和造浆率，同时也有利于保持泥浆性能的稳定。对钙质膨润土，在使用前可加入适量的纯碱进行预水化处理。

常用泥浆处理剂见表3。

表3 常用泥浆处理剂

类 型	处理剂品种
增黏剂	Na-CMC、植物胶、水解聚丙烯酰胺
润滑剂	皂化溶解油、太古油
pH值控制剂	烧碱、纯碱、石灰
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、植物胶



表 3 (续)

类 型	处理剂品种
水敏抑制剂	石灰、石膏、氯化钙
降黏剂、稀释剂	单宁酸钠、栲胶碱液、煤碱剂、木质素磺酸钠、腐植酸钾
絮凝剂	水泥、石灰、石膏、氯化钙、水玻璃 水解度 30%聚丙烯酰胺、醋酸乙烯酯与顺丁烯酸酐共聚物

8.1.3 乳化冲洗液采用的乳化剂种类和用量见表 4。

表 4 乳化冲洗液采用的乳化剂种类和用量

种类	品 种	体积加量/%		备注
		清 水	泥 浆	
阴离子型	太古油	0.1~0.5	1.0~5.0	—
	皂化溶解油	0.3~0.5	1.0~5.0	—
复合型	皂化溶解油+OP-10	(0.3~0.5)+0.1	—	有较强抗钙能力
注: 1 皂化溶解油+OP-10 中复合比为阴离子:非离子=3:1~4:1; 2 OP-10 为聚氧乙烯辛基苯酚醚。				

8.1.4 用选择性絮凝剂处理,保留泥浆中优质黏土、清除劣质土及钻屑,保持泥浆低固相及剪切稀释性能,固相含量小于 5%,该类泥浆称为不分散低固相泥浆,在钻探上应用广泛。

8.1.5 聚丙烯酰胺在钻探上使用比较广泛,根据不同分子量、不同水解度及不同加量,在冲洗液中作用不同,可作为增黏剂、降失水剂、稳定剂、絮凝剂使用。用于增黏剂的聚丙烯酰胺,分子量小于  $1.0 \times 10^6$ 、水解度 60%以上;用于絮凝剂的聚丙烯酰胺,分子量小于  $(2.5 \sim 5.0) \times 10^6$ 、水解度 10%以上;用于降失水剂的聚丙烯酰胺,分子量小于  $1.0 \times 10^6$ 、水解度 60%以上,加量  $0.3\% \sim 0.5\%$ 。

8.1.6 植物胶主要是 SM 植物胶,加量一般为 1%~2%;不同地层 SM 植物胶采用不同加量;加量越大,其黏度越高,护壁护心效果越好,只是成本增高;实践中在极松散的覆盖层中加量达

4%及以上，故本次修订规定其上限为4%。近年来随着各单位研究与开发，天然植物胶种类亦在增多，比较成熟的有：SM植物胶、KL植物胶、PW植物胶、ST植物胶，统称为植物胶；不同种类的植物胶其使用环境及要求不同，使用时需按相应的说明书操作。

**8.1.7** 绳索取心钻进用冲洗液主要控制冲洗液的固相含量及黏度，目的是防止在高速回转中在外管内壁形成污垢，影响内管打捞。一般控制固相颗粒大小在 $15\sim 20\mu\text{m}$ 及冲洗液密度在 $1.02\sim 1.05\text{g}/\text{cm}^3$ 范围内。

**8.1.8** 空气泡沫是由水、气体、发泡剂、稳定剂及其他化学剂混合而成的气液混合物（相）。压缩空气可以是空气、氮气、二氧化碳等。发泡剂应选用活性物含量较高、发泡能力强、稳定性好、成本低、流动性及润滑性好的发泡剂。常用的发泡剂有：ADF-1、DF-1、GDF-813、十二烷基苯磺酸钠（ABS）、KZ123等；在钙及盐浸蚀地层应选择非离子型发泡剂，如OP-7、OP-10等，其加入量一般为溶液体积的 $0.3\%\sim 0.5\%$ 。稳泡剂多采用高分子化合物，如钠-羧甲基纤维素（Na-CMC）、聚丙烯腈（HPAN）和聚丙烯酰胺（PHP）等，其加入浓度一般为溶液体积的 $0.20\%\sim 0.75\%$ 。

## 8.2 护壁堵漏

**8.2.1** 套管护壁堵漏的方法在水利水电工程钻探中应用普遍，覆盖层钻探中主要采用套管护壁堵漏方法，其次是泥浆或优质无固相冲洗液，水泥或黏土水泥浆主要用于基岩破碎带、断层带及溶洞护壁堵漏。

**8.2.2** 泥浆性能根据水敏性地层的不同特点而定。遇水膨胀地层采用含钾离子的处理剂；遇水崩解地层采用涂抹低软化点的沥青类、成膜树脂类、高分子聚合物处理剂；糜棱岩、蚀变凝灰岩、高岭石化类岩层、绢云母化类岩层遇水有不同程度的分散与剥落，采用含高分子聚合物（ $0.1\%\sim 0.5\%$ ）的低固相冲洗液或

具有一定移植性的粗分散泥浆。

**8.2.4** 水泥浆液的灌注，应注意保持水灰比的稳定，灌浆管出口应下至离孔底 20cm 的位置，以保证水泥浆封孔的效果。

**8.2.5** 钻孔护壁堵漏常用的化学浆液有脲醛树脂浆液、水玻璃浆液、聚丙烯酰胺浆液，以及它们的混合浆液。

虽然化学浆液有流动性好、固结快等优点，但也存在价格较贵、有毒、易燃等缺点，在使用上受到了限制。

采用专门设计的双液灌注工具是为保证灌注双液的同步性，即自始至终需保持脲醛树脂浆液和酸液的容量比不变。

**8.2.6** 根据地层条件，选择使用下管或跟管方式。下管常常使用薄壁套管，套管外径小于钻孔公称口径 2mm 以上。跟管方式对套管的材质及厚度有一定要求，通常用厚壁套管，套管外径与钻孔直径同大小或略大于孔径。

常用套管与钻孔公称口径匹配关系见表 5。

表 5 常用套管与钻孔公称口径匹配关系 单位：mm

规格代号	N	H	P	S
公称口径	76	96	122	150
套管规格	73	91	114	140

使用套管护壁时，套管管脚要进行止水并固定，丝扣连接要牢固。

## 9 钻孔取样

### 9.1 土样采取

9.1.1 I级原状土样主要供物理力学性能试验；II级原状土样仅供物理性能试验。

9.1.3 取土器的贯入是取样操作的关键环节。按照国际通行标准，贯入时要做到三点：快速（不小于0.1m/s）、连续、静压；目前主要的难度在于钻探设备静压能力、给进机构行程和给进速率等不能满足要求。如果土质较硬、静压贯入困难时，通常采用回转式取土器。也不完全禁止使用锤击法，但应尽可能做到重锤一击。

活塞杆的固定方式一般采用花篮螺丝与钻塔相连并收紧，以限制活塞杆与活塞系统在取样时向下移动。固定的前提是钻塔稳固、受力不发生挠曲、地基不下沉。在水上钻探取样时，采用牢固的水上平台，使钻探设备不受波浪的影响。

为减少掉土的可能，通常采用回转和静置两种方法。回转的作用是扭断土样，静置的目的是增加土样与容器壁间的摩擦力，以便提升时拉断土样。这两种方法在国外标准中是允许使用的，国内根据经验习惯选用。

9.1.4 回转取土器最忌钻具抖动或偏心摇晃，既破坏孔壁又扰动土样，因此保证钻进平稳是关键。保证钻进平稳主要措施是钻机安装要牢固、钻具质量要加大、钻杆要具有良好的平直度和同轴度并接加重杆。

使用泥浆作冲洗液，钻进时起到护壁、冷却钻头、携带岩屑的作用。在泥浆中加入化学添加剂形成化学泥浆，改进了泥浆性能，该方法在石油钻探中已广泛应用。在水电钻探中普遍采用植物胶配制无固相冲洗液或低固相冲洗液。植物胶作为冲洗液材料，既能配置成无固相冲洗液，又能作为增黏、降失水及提高润



滑减阻作用的冲洗液处理剂，还能配置成低固相冲洗液，既适用于不同的复杂地层，又在心样外形成保护膜，能采取到松散砂土的原状样。

在软硬变化频繁的地层中采用自动调节功能的单动二重管、单动三重管取土器，可提高钻进效率，但要避免频繁更换管靴。

无泵反循环钻进（小循环钻进）：钻进时停泵，间歇性地小幅度提动钻具，形成小规模循环流，带走切削面上的土屑；由于没有冲洗液的冲蚀，故能在单管中有效保持土心完整。用此法能够连续取心，包括砂层的全层厚取心，不少单位就在这种土心中截取原状土样。在一定条件下，此法能采取Ⅱ级原状土样。

**9.1.5** 下设套管对土层的扰动和取样质量的影响，Hvorslev 的研究结论是：一般情况下，管靴以下 3 倍管径范围内的土层会受到严重扰动，在这一范围内不能采取原状土样。在实际工作中，经常发生套管下部因水头控制不当而引起孔底管涌现象，土层重复扰动的范围和程度更大、更严重，故在饱和软黏性土、粉细砂层中取样钻进时，尽量避免使用套管固壁。

原状取砂器又分为贯入式和回转式，贯入式取砂器内衬环刀又叫内环刀取砂器；回转式取砂器多内衬环刀，有的加内衬管，又叫双管单动取砂器。采用内衬环刀较易取得Ⅰ级砂土样。

**9.1.7** 湿陷性黄土的特性是在冲洗液作用下土的含水量会发生变化，孔壁严重坍塌，土质原状结构被破坏，无法评价其湿陷性。因此钻进中严禁向孔内注水。采用黄土薄壁取土器可以基本满足不扰动样的要求（黄土不扰动样以探井取样为佳）。湿陷性黄土宜使用带内衬的黄土薄壁取土器。

**9.1.8** 冻土钻探主要是防止因钻探生热造成冻土层融化，破坏冻土层结构。采取保持天然冻结状态土样主要取决于钻进方法、取样方法和取土工具。应保证孔底待取土样不受钻进方法产生的热影响，要求取样前应使孔底恢复到天然温度状态，在接近取样深度严格控制回次进尺，以保证取出的土样保持天然冻结状态。取出的冻结土样应及时装入具有保温性能的容器或专门的冷藏车



内，土样如不能及时送验，应在现场进行试验。

**9.1.9** 砂层在钻探过程中易发生塌孔、埋钻等事故。地下水位以上干钻时，可根据不同情况采取跟管钻进的方法。饱和砂层采用泥浆护壁配合活套闭水接头单管泥浆循环钻进和灌浆无泵反循环进，可以平衡孔内砂层压力，抑制孔壁坍塌。

## 9.2 岩心采取

**9.2.1** 取心钻具种类见表 6。

**9.2.2**

1 卡簧内径不易准确量测，常常采用“将卡簧套在相应直径的岩心上，能轻轻推动即可”的试验方法。

2 采用的冲洗液润滑性能优良，岩心管内壁光滑、铅直，是为了减少冲洗液对岩心的冲刷，降低岩心进入内管的阻力。

4 回次进尺超过岩心管长度 90% 时，将严重影响岩心品质。为了确保岩心采取率和岩心品质，对于岩心采取困难的孔段和特殊要求的孔段，要控制回次进尺，减少岩心在内管中的时间。

5 出现糊钻或岩心堵塞时，常常导致憋泵。这种情况下易致该孔段岩心不能采取或影响岩心品质。

6 易风化变质、不易保管的特殊地层岩心，如不及时鉴定，难以获得真实、准确的地质资料。

**9.2.3** 为了提高破碎地层取心质量，实践中常用措施有：

- (1) 使用单动双管钻具，保护岩心。
- (2) 增大取心直径，提高岩心的强度和抗冲蚀的能力。
- (3) 提高卡取岩心的可靠度，防止中途脱落。

(4) 采用局部反循环钻进，使孔内局部形成负压，为岩心进入岩心管提供有利条件；同时，能够使岩心呈悬浮状态，防止岩心在管内二次破碎。

**9.2.4** 岩心间对磨直接影响软弱夹层取心质量，减少岩心对磨常常采取以下措施：

表6 取心钻具种类

序号	钻具种类	适应的地层	岩石可钻性	说明
1	普通单管	完整、致密和少裂隙地层或 对取心质量要求不高的地层	5~12级	可采用卡料、卡簧卡取岩心，也可采 用干钻法和沉淀法卡取岩心
	单管 钻具	胶结良好地层，软弱地层	3~4级	卡心后，投入钢球，隔离钻杆内水柱， 减少岩心脱落机会
3	普通单动双管	完整和微裂隙或不均质和中 等裂隙的地层	7~12级	内管短接与卡簧采用插入方式，卡簧 活动范围较小
4	SD系列钻具	砂卵石覆盖层和裂隙发育 松散破碎的复杂地层	1~12级	有两级单动机构，磨光内管和半合管， 能取出原状样岩心，卡簧弹性好
5	双管 钻具	软硬互层、脆碎、酥碎易散 失的地层	1~6级 3~7级	利用水压制推动卡簧，卡紧岩心， 工作可靠
6	隔水双动双管	松软破碎、节理发育、易磨、 易振碎、易冲蚀地层	3~7级	钻具结构简单，但岩心易堵塞
7	隔水活塞式双管 (或三层管)	易溶解、易污染、易冲蚀 地层	4~5级	双管的内管中装半合管，岩心无污染， 保持原始结构特点

(1) 提高岩心抗扭断强度的措施：①增大岩心直径；②改变夹层相对岩心的视倾角，使缓倾角变成大于 $30^{\circ}$ 的较大倾角；③采用套钻，即先一个小孔插筋灌浆，人为提高岩心的抗扭强度，然后套取岩心。

(2) 提高钻具单动性能的措施：①采用短钻具，短钻具的单动性能和同轴度相对较好，抗弯强度也较高；②内管与钻头之间加扶正环，使内管不晃动；③每次起钻后对轴承部位清洗加油。

(3) 防止岩心堵塞的措施：①内管磨光、涂油，减少岩心进入阻力；②设置堵塞报警装置，内管受力超过规定值时即报警、起钻；③增大立轴行程，实行不倒杆钻进，由于倒杆时往往容易活动钻具（浅孔时）造成岩心堵塞。

(4) 提高钻具稳定性和减少钻头晃动的措施：①提高冲洗液润滑减阻性能；②泵量充足，保持孔底清洁；③调整钻进参数，避免剧烈振动。

(5) 减少破坏岩心的时间的措施：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，使岩心在短时间入内管；③限制回次进尺。

**9.2.5** 遇溶洞时先探明溶洞类型及溶洞在钻孔垂直方向的大体深度后编制作业计划。在溶洞底界面钻进时采用低压、低转速，确保钻孔进入溶洞底板岩体时不发生偏斜。

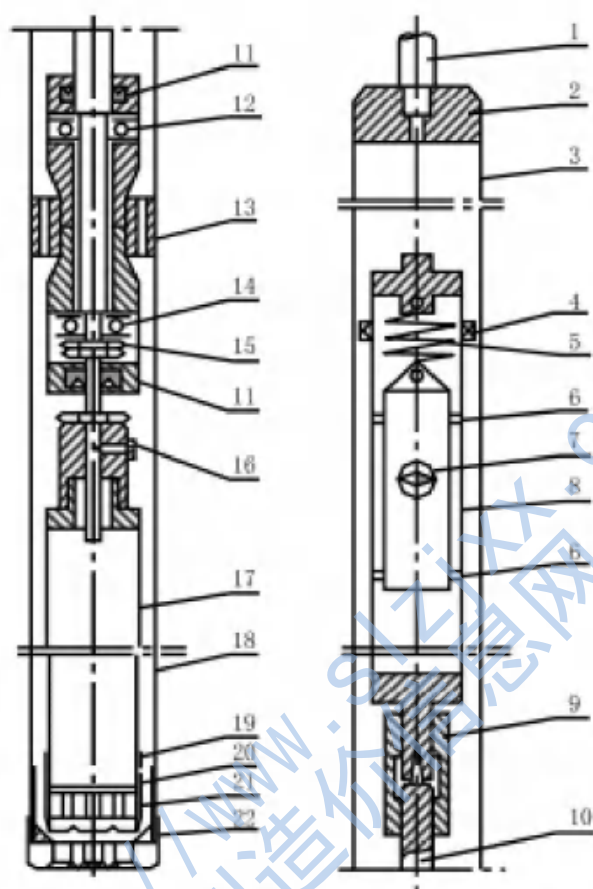
**9.2.6** 因滑坡体的滑带取心使用清水钻进难以控制回水不渗入滑移带，故修订为“不得使用清水钻进”。

### 9.3 定向取心

**9.3.1** 随钻定向取心是指利用专门的取心工具，从孔底取出具有方向标记的岩心，结合取心处钻孔弯曲参数确定地下岩层或构造面产状的特殊取心方法。

目前国内主要有 SQD、YD-56 和 KDS-I 定向取心器。SQD 定向取心器由传递钻压和扭矩的外管系统以及与外管不联动的作定向标记装置和提断定向岩心的内管系统两部分组成，如

图 2 所示。



- 1—钻杆柱；2—异径接头；3—非磁外管；4—扶正器；5—弹簧；6—定向键；  
7—磁球仪；8—测量仪容纳管；9—定向接头；10—内管轴；11—密封圈；  
12—轴承；13—通水接头；14—轴承；15—调节螺母；16—定向螺钉；  
17—内管；18—外管；19—内管短节；20—卡簧座；  
21—卡簧；22—钻头

图 2 SQD 型定向取心器示意图

钻压和扭矩经异径接头 2、非磁外管 3、通水接头 13、外管 18、钻头短接（或扩孔器）等传递到金刚石钻头 22 破碎岩石。内管轴 10 通过推力轴承安装在外管通水接头 13 上、下方的轴承座中以保证双管回转时的单动性。测量仪容纳管 8 经定向接头 9 与内管轴 10 连接。内管 17 经螺纹和定向螺钉 16 连接在内管轴 10 上。内管下端连接带弹性刻刀的内管短节 19，弹性刻刀突出于内管内壁。在岩心进入内管的过程中对岩心侧面刻痕，作为定



向标记。内管短节下方为卡簧座 20。由于定向接头 9 的定位棒、内管轴 10 上的定位螺钉、内管 17 下端的定位槽与测量仪起点线在同一母线上，因此可以测出定向标记方向。冲洗液经非磁外管 3 与测量仪容纳管 8 之间的环隙、通水接头 13 的孔道、内管和外管之间的环隙到达孔底，以排除岩粉和冷却钻头。适用于可钻性 4 级以上完整或微裂隙的岩层。

9.3.6 采用岩心复位测量仪测取参数时，复位实测过程按钻孔复位、岩心复位、产状测量三个步骤顺序进行，定向岩心复位测量仪如图 3 所示。

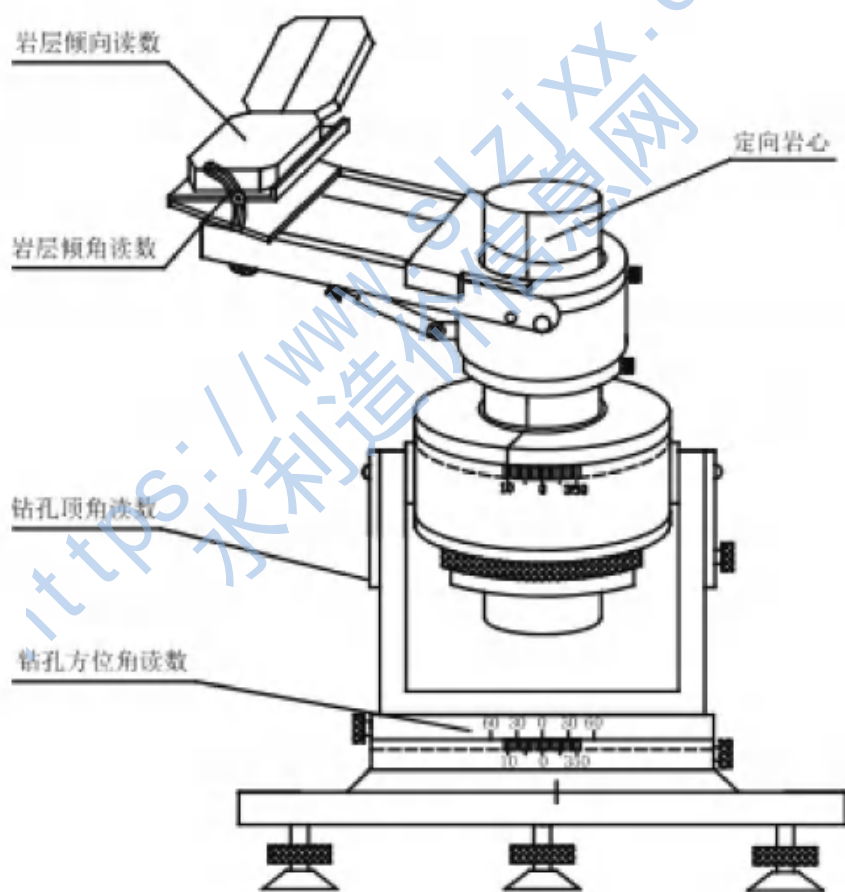


图 3 定向岩心复位测量仪

岩心复位实测仪主要技术参数为：

(1) 钻孔复位范围：方位角  $0^{\circ} \sim 360^{\circ}$ ；顶角  $0^{\circ} \sim 90^{\circ}$ ；复位



精度： $\pm 0.5^\circ$ 。

(2) 岩心复位范围：定向位置角（面向角） $0^\circ\sim 360^\circ$ ；复位精度： $\pm 1^\circ$ 。

(3) 层面产状测量范围：倾向  $0^\circ\sim 360^\circ$ ；倾角  $0^\circ\sim 90^\circ$ ；读数精度： $\pm 1^\circ$ 。

(4) 无外磁场干扰状态下仪器总体测量误差：倾向 $\pm 4^\circ$ ；倾角： $\pm 1.5^\circ$ 。

具体操作步骤为：

(1) 钻孔复位：方位环与方位游标盘依次套装在底座上，并在水平面内绕底座中心轴转动。固定安装在方位游标盘上的支承架以水平轴支撑岩心卡盘（卡盘可绕水平轴在垂直平面内转动）。复位时，借助罗盘调节方位环，使方位环刻度与罗盘刻度在方位上完全一致，然后根据钻孔方位转动支承架和方位游标盘至方位环上相应读数使钻孔方位角复位；转动卡盘至相应垂直刻度使钻孔顶角复位。

(2) 岩心复位：用三卡瓦岩心卡盘将岩心牢固夹持在卡盘中心，并使岩心上的定向刻痕线对准卡盘顶部的径向刻线。转动卡盘顶盖（岩心柱随之转动），使岩心柱侧面的定向刻痕线对准卡盘套上相应角度线，使定向角复位。

(3) 岩层产状测量：将产状测量架套装在复位后的岩心柱上，岩心柱上的层理面通过测量架向外延伸。测量架一端的下测板始终与测量架面及岩层层理面平行，当上测板处于水平状态时，上下测板间的夹角即为岩层倾角。垂直于上下测板面相交线的岩层倾向即为岩层倾向。该过程是通过调节上下测板定位螺钉，使上测板处于水平的。岩层倾向借助罗盘读数，岩层倾角为刻度读数。

## 9.4 土试样、岩心保护与管理

9.4.2 根据原规程并结合现场实际操作，补充了现场岩心保护的内容。

**9.4.4** 大中型水电工程前期的钻孔数量较多，全部保留既不经济也没必要，本标准中确定的归档钻孔百分比是考虑已有工程各阶段的钻孔数量确定的。

## **9.5 水文地质观测与水样采取**

**9.5.2** 稳定水位是指钻探时的水位经过一定时间恢复到天然状态后的水位；地下水位恢复到天然状态的时间长短受含水层渗透性影响最大；在工程结束后宜统一量测一次稳定水位，可防止因不同时间水位波动导致地下水状态误判。

**9.5.4** 记录内容包括取样时间、孔号、取样深度、取样人、是否加入稳定剂等。

https://www.sljzjxx.com  
水利造价信息网

## 10 孔内事故预防和处理

### 10.1 孔内事故预防

10.1.1 不同钻进方法管材弯曲和磨损最大允许值应符合表 7 的规定。

表 7 不同钻进方法管材弯曲和磨损最大允许值

钻进方法	钻 杆				岩 心 管
	直径单边磨损 /mm	直径均匀磨损 /mm	每米弯曲 /mm	磨损壁厚	每米长度 弯曲/mm
硬质合金钻进	2	3	3	1/3	2
金刚石钻进	1.5	3	1	1/3	0.5
绳索取心钻进	1	1.5	1	1/3	0.5

### 10.2 孔内事故处理

10.2.1 事故发生后，应先考虑护壁，再处理事故。尤其是埋钻、卡钻事故常与塌孔等情况伴生存在。强力开泵冲孔，恢复冲洗液循环，清洁孔底和钻孔环状间隙，可以使埋卡物松动，能够减轻事故甚至解除事故。

10.2.2 钻具事故主要是由于管材质量原因、不能规范操作和地层原因。故此钻探机组应经常检查钻具并排队使用、下钻不能直达孔底。

10.2.3 孔内埋钻事故系指岩屑埋钻、塌孔埋钻和悬挤埋钻。埋钻事故大多是因为地层松散破碎和钻屑较大，并不断积聚在孔底、钻孔环状间隙或粗径钻具顶部，冲洗不彻底，造成陷埋钻具。

10.2.4 套管事故主要包括套管脱扣、折断、卡夹、挤毁等，套

管材质和加工精度是造成套管事故的主要原因。套管事故重在预防，施工时应切实做好下管前的扫孔和清孔工作，下管时应确保拧紧、涂油，下管后做好套管固定并封闭好孔口管外周，钻进时取掉孔口管夹持工具。

<http://www.slzjxx.cn>  
水利造价信息网

## 11 钻探质量与验收

本章对钻探质量因素进行了明确，对提高钻探质量的方法和质量标准进行了规定。钻孔验收应就钻探质量因素逐条进行，对钻孔任务书没有明确要求的质量因素可以不进行评价。

### 11.1 钻探质量

**11.1.1** 本条主要是对钻探质量因素的明确，钻探质量因素包括岩心采取率和样品采取、水文地质观测、孔内试验与测试、原始记录、钻孔弯曲度、孔深、封孔、长期观测装置的安装、岩心标识和保护。

**11.1.2** 岩心采取率是钻孔质量因素中最重要的部分，直接影响钻孔地质资料收集的准确性、完整性，本条对不同地层岩心采取率质量标准作出了明确规定。样品采取在本标准 9.1 节、9.2 节、9.5.4 条中进行了规定。

**11.1.3** 水文地质观测在本标准 9.5.2 条中进行了规定，应如实观测和记录，观测要完整，无漏项。

**11.1.4** 孔内试验与测试是钻孔质量因素中重要的部分，其成果直接影响地质资料收集的准确性、完整性。水利水电工程孔内试验与测试一般包括抽水、注水、压水试验以及动力触探、静力触探和标准贯入试验，有时也会用到如旁压试验、十字板剪切试验等，另外物探也会在孔内进行如声波测试、孔内电视等，均应符合相应标准的规定。

**11.1.5** 原始记录可以再现钻探工作过程中重要工程地质和水文地质现象，事后无法准确补填，因此要求钻进过程中应及时认真记录，不得漏记，严禁事后伪造。

**11.1.7** 为了避免孔深误差就要经常性校正孔深，以便及时更正。当孔深误差超过 0.3% 时，应找出原因，并修正记录报表。



**11.1.8** 钻孔竣工验收后应按钻孔任务书进行封孔，深度小于20m的干孔可直接从孔口注入稠水泥浆；有水钻孔则应下入导浆管，管口距孔底应小于0.5m，然后用泵入法或注入法进行灌浆封孔。水灰比宜为0.5~0.6。采用注入法进行灌浆封孔时，可逐渐提起导浆管，但管脚不得提出浆液面。堤防钻孔封孔时，在砂层中，每次回填实际孔段长不超过1m。在黏土层中，将黏土加工成直径2.0~2.5cm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。

## 11.2 钻探验收

**11.2.3** 水利水电工程钻探多在山高林密地区，交通不便，设备搬运难度大，本条目的在于一旦钻孔验收不合格或需要补充局部心样或试验等，能及时处理，不至于重复搬运。

## 12 安全生产

### 12.1 一般规定

**12.1.1** 钻探作业前，应对危险源进行辨识和评价，危险源危险等级可分为轻微、一般、较大、重大、特大5级，编写钻探作业计划时，应根据不同危险等级制定相应的安全防护措施。

### 12.2 钻场安全规定

**12.2.1** 钻场的确定首先要满足任务书的要求，同时，也要满足安全生产的要求，因此，钻场应避开山洪、泥石流、危岩、滚石及其他危险区域。

雨季时，沟口钻探应注意泥石流和洪水；水边钻探应注意防洪；山区钻探应注意滑坡和上部塌方。

钻场在靠近居民点、学校、旅游区、交通线路时，常常因围观而影响正常作业，甚至发生冲突，围观人员出现安全事故等。因此，需条文规定设置安全警示标志，采取隔离措施。

油污和冲洗液易导致人员跌倒。

**12.2.2** 在草原及林区的钻场周围应设置防火道，并按当地防火有关规定采取预防措施，以防止产生森林火灾。

### 12.3 钻进过程安全规定

#### 12.3.1

**2** 为防止出现高压胶管缠绕主动钻杆现象，可以采取经常添加润滑油提高水龙头接头的灵活性，或降低机上余尺的措施，或检查主动钻杆弯曲度并调直等措施。

**4** 斜孔钻进安装提引器导向装置是为了避免提引器下行时碰撞设备，或下行不到位时对作业人员造成伤害。

**5** 当出现钻进停待或机械故障时，为防止孔壁不稳定产生

埋钻等孔内事故，从而发生设备或人身伤亡等安全生产事故，所以规定将钻具提出钻孔或提升到孔壁稳定的孔段。

**12.3.3** 孔内事故是指造成孔内钻具正常工作中断的突发情况。在处理孔内事故过程中，经常会瞬时或短时间超负荷使用设备，有可能留下事故隐患；为防止钻探设备和设施进一步遭受损坏，要求孔内事故处理后应对作业现场的设施、设备进行检查，消除安全生产事故隐患后方可恢复作业。

## **12.4 水域钻探安全规定**

**12.4.1** 在通航水域作业的钻探平台定位后，应检查钻探平台的建造质量，并应达到设计要求，核实使用锚泊、悬挂作业信号和灯旗等安全标志后，方可进行勘探作业。

应设专人收集每天的气象和水情资讯；根据水情变化及时调整锚绳；检查浮式勘探平台的锚泊系统，及时清除锚绳、导向管上的漂浮物和船舱内的积水。

## 附录 B 取心钻具管材匹配

取心钻具分为单管钻具、双管钻具、绳索取心钻具 3 大类。

双管钻具分为常规型 (T)、薄壁型 (M) 和厚壁型 (P) 3 种。

绳索取心钻具分为常规型 (T) 和加强型 (P) 两类。

单管钻具总成包括：岩心管接头（接头总成）、岩心管、扩孔器、卡簧、钻头。

双管钻具总成包括：岩心管接头（接头总成）、外岩心管、内岩心管、扩孔器、短接、卡簧、卡簧座、钻头。

绳索取心钻具总成包括：外管接头、扶正器、单动机构（非标准）、外岩心管、内岩心管、扶正环（非标准）、扩孔器、卡簧、卡簧座、钻头。

取心钻具螺纹（包括岩心管接头、扩孔器、钻头）一般采用牙型半角为  $5^\circ$  的梯形螺纹。在同一设计同一规格的钻具组合中，岩心管、钻头、扩孔器的螺纹通用。

## 附录 C 钻杆参数

**C.0.1** 绳索取心钻杆包括通用型(S)、加强型(P)和薄壁型(M)3种。通用型钻杆(包括Ⅰ、Ⅱ型)直接在管材两端加工连接螺纹;加强型钻杆(包括Ⅰ、Ⅱ型)对管材进行端部处理,再加工加强型连接螺纹;薄壁型钻杆采用端部内加厚的特殊薄壁管材制造。本标准只给出了常用的通用型绳索取心钻杆参数。

通用型绳索取心钻杆以S表示,包括SI(公制系列)及SⅡ(英制系列)两种规格系列。两个系列钻杆体的规格通用。

通用型绳索取心钻杆主要用于地层稳定的中深孔绳索取心钻探施工。

绳索取心钻杆的连接形式可分为直连钻杆(自接式钻杆)、接头连接式钻杆和焊接式钻杆。钻杆的连接方式一般由使用者自选。

**C.0.2** 外丝钻杆常用于深孔提钻取心或无岩心钻进。外丝钻杆由钻杆体、接箍及锁接头组配,并形成钻柱(立根)使用。

外丝钻杆可加工为左旋螺纹作为反丝钻杆,常用于孔内事故处理。

外丝钻杆有内加厚(L)和外加厚(V)两种形式,两端均加工为外螺纹,均为细牙螺纹。

钻杆接箍两端螺纹相同,均为细牙螺纹;钻杆锁接头一端为细牙螺纹,一端为粗牙螺纹。

**C.0.3** 内丝钻杆主要用于小直径金刚石取心钻探,也可用于取样钻探、工程地质钻探等。内丝钻杆由钻杆体、上下接头组成。

钻杆体两端一般为内加厚,并加工为内螺纹。内丝钻杆及接头的螺纹相同,均为牙型半角 $5^\circ$ 的梯形螺纹。



## 附录 D 套管及接头基本尺寸

套管分为 X 和 W 两个系列。X 系列是管体两端为内螺纹，由套管接头连接，接头内径与 W 系列的套管内径相等，套管柱整体外平；W 系列是管体两端分别加工成内、外螺纹，可以直接连接，套管柱整体内外平。本标准只给出了常用的 X 系列套管及接头基本尺寸。

套管、套管接头一般采用牙型半角为  $5^\circ$  的梯形螺纹连接。