

ICS 27.140
P 59
备案号: J487—2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 35115—2018

代替 DL/T 5013—2005

水电工程钻探规程

Specification for Drilling Exploration of
Hydropower Projects

2018 – 04 – 03 发布

2018 – 07 – 01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水电工程钻探规程

Specification for Drilling Exploration
of Hydropower Projects

NB/T 35115—2018

代替 DL/T 5013—2005

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2 0 1 8 年 7 月 1 日

2018 北 京

国家能源局
公 告

2018 年 第 4 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法(试行)〉及实施细则的通知》(国能局科技〔2009〕52号)有关规定,经审查,国家能源局批准《风力发电机组振动状态评价导则》等168项行业标准,其中能源标准(NB)56项、电力标准(DL)112项,现予以发布。

附件:行业标准目录

国家能源局
2018 年 4 月 3 日

NB/T 35115—2018

附件：

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
35	NB/T 35115— 2018	水电工程钻探 规程	DL/T 5013— 2005		2018－04－03	2018－07－01
...						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第二批能源领域行业标准制(修)订计划的通知》(国能科技〔2015〕12 号)的要求,规程编制组经广泛调查研究,认真总结实践经验,借鉴国内相关标准,并在广泛征求意见的基础上,修订本规程。

本规程的主要技术内容是:准备工作、钻探工艺和方法、水上钻探、冲洗介质和护壁堵漏、取心与取样、孔内试验与测试、孔内事故预防和处理、验收与质量评定、安全生产。

本规程修订的主要技术内容是:

——增加了“取心与取样”“孔内试验与测试”“验收与质量评定”三章和“附录 F 钻探质量评定”的内容。

——增加了“钻头分类与选择”“定向钻进”和“钻场安全规定”三节的内容。

——增加了“钻孔规格代号及公称口径”“水电工程钻孔深度分级”和“泡沫液”的内容。

——增加了“绳索取心钻进”中钻具总成、打捞器、钻进参数的内容。

——删除了“孔内爆破”“钢丝绳索桥钻场”“钢粒钻进”和“全断面反循环钻进”的内容。

本规程由国家能源局负责管理,由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理,由能源行业水电勘测设计标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程中如有意见或建议,请寄送水电水利规划设计总院(地址:北京市西城区六铺炕北小街 2 号,邮编:100120)。

本规程主编单位:中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司

NB/T 35115—2018

本规程参编单位：中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司

中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司

中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司

本规程主要起草人：谢北成 徐 键 张光西 曾 猛
张宗刚 许启云 刘良平 牛美峰
李占锋 黄 猛

本规程主要审查人：彭土标 王惠明 李文纲 张述清
周光辉 李永丰 王占原 张文海
余胜兵 蔡 立 毛会斌 陈安重
米应中 单治钢 李学政 赵振庆
李志远 李仕胜

目 次

1 总则 1

2 术语 2

3 基本规定 5

4 准备工作 7

 4.1 作业计划 7

 4.2 设备与机具选择 7

 4.3 钻头分类与选择 8

 4.4 现场准备 14

5 钻探工艺和方法 17

 5.1 回转钻进 17

 5.2 冲击钻进 21

 5.3 冲击回转钻进 22

 5.4 绳索取心钻进 24

 5.5 定向钻进 27

 5.6 大口径钻进 31

6 水上钻探 34

 6.1 一般规定 34

 6.2 漂浮钻场 35

 6.3 桁架钻场 37

 6.4 冰上钻探 38

 6.5 近海钻探 39

7 冲洗介质和护壁堵漏 41

 7.1 冲洗介质 41

 7.2 护壁堵漏 44

8 取心与取样 47

NB/T 35115—2018

8.1	取心	47
8.2	取样	52
8.3	岩心(样)保护	55
9	孔内试验与测试	57
9.1	水文地质观测	57
9.2	水文地质试验	58
9.3	工程地质测试	58
10	孔内事故预防和处理	59
10.1	孔内事故预防	59
10.2	孔内事故处理	59
11	验收与质量评定	61
11.1	钻探质量	61
11.2	钻探验收	63
11.3	钻探质量评定	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	水上钻探安全规定	67
附录 A	岩石可钻性分级	69
附录 B	岩心定向参数的测取与计算	71
附录 C	钻探班报	73
附录 D	钻孔验收	74
附录 E	钻孔质量评定	75
附录 F	钻探质量评定	76
	本规程用词说明	82
	引用标准名录	83
	附:条文说明	85

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	5
4	Preparation Work	7
4.1	Operational Schedule	7
4.2	Selection of Equipment and Tools	7
4.3	Classification and Selection of Drill Bit	8
4.4	Site Preparation	14
5	Techniques and Methods of Exploration Drilling	17
5.1	Rotary Drilling	17
5.2	Percussion Drilling	21
5.3	Percussion – rotary Drilling	22
5.4	Wire – line Core Drilling	24
5.5	Directional Drilling	27
5.6	Large – hole Drilling	31
6	Overwater Drilling	34
6.1	General Requirements	34
6.2	Floating Drill Field	35
6.3	Truss Drill Field	37
6.4	Drilling on Ice	38
6.5	Offshore Drilling	39
7	Drilling Flushing Medium and Hole Wall Protection and Loss Shut – off	41
7.1	Drilling Flushing Medium	41

NB/T 35115—2018

7.2	Hole Wall Protection and Loss Shut - off	44
8	Coring and Sampling	47
8.1	Coring	47
8.2	Sampling	52
8.3	Rock Core and Rock Sample Protection	55
9	Test and Testing in the Hole	57
9.1	Hydrogeological Survey	57
9.2	Hydrogeological Test	58
9.3	Engineering Geological Testing	58
10	Accident Prevention and Treatment in the Hole	59
10.1	Accident Prevention in the Hole	59
10.2	Accident Treatment in the Hole	59
11	Acceptance and Quality Assessment	61
11.1	Quality of Exploration Drilling	61
11.2	Acceptance of Exploration Drilling	63
11.3	Quality Assessment of Exploration Drilling	63
12	Safe Production	64
12.1	General Requirements	64
12.2	Safety Requirement for Drill Field	64
12.3	Safety Requirement for Drilling Operations	66
12.4	Safety Requirement for Overwater Drilling	67
Appendix A	Rock Drillability Classification	69
Appendix B	Measurement and Calculation of Oriented Core Parameters	71
Appendix C	Working Team Report of Exploration Drilling	73
Appendix D	Acceptance Form of Borehole	74
Appendix E	Quality Assessment Form of Borehole	75

Appendix F Evaluation of Drilling Quality	76
Explanation of Wording in This Specification	82
List of Quoted Standards	83
Addition: Explanation of Provisions	85

1 总 则

1.0.1 为统一水电工程钻探方法、工艺和技术要求，保障钻探质量和作业安全，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水电工程钻探工作。

1.0.3 水电工程钻探，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 钻探 exploration drilling

采用钻头或其他辅助手段钻入地层形成钻孔，并获取岩心（样），以探明地下资源及地质情况的过程。

2.0.2 岩心钻探 core drilling

以采取圆柱状岩（土）心为目的的钻进方法与过程。

2.0.3 岩石可钻性 rock drillability

岩石被碎岩工具切削、破碎的难易程度。

2.0.4 岩石研磨性 rock abrasiveness

岩石磨损碎岩工具的性能。

2.0.5 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的切线水平投影之间的夹角。

2.0.6 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。

2.0.7 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。

2.0.8 硬质合金钻进 tungsten carbide drilling

利用硬质合金钻头碎岩的钻进。

2.0.9 金刚石钻进 diamond drilling

利用金刚石钻头碎岩的钻进。

2.0.10 冲击回转钻进 percussive – rotary drilling

利用冲击器产生的冲击功与回转式钻进相结合的钻进。

2.0.11 大口径钻进 large well drilling

钻孔直径大于 600mm 的钻孔的钻进。

2.0.12 绳索取心钻进 wire-line core drilling

利用带绳索的打捞器，以不提钻方式，经钻杆内孔取出岩心容纳管的钻进。

2.0.13 定向钻进 directional drilling

利用自然造斜规律或采取人工造斜手段，按照预定的轨迹钻达预定目标的钻进。

2.0.14 冲洗液 drilling 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流体。

2.0.15 泥浆 mud

黏土颗粒均匀而稳定地分散在水或油中所形成的分散体系。

2.0.16 植物胶无固相冲洗液 vegetable gum 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。

2.0.17 潜孔锤 hammer down the hole

利用有压空气或液体作为动力源的孔底冲击器。

2.0.18 钻压 weight on bit (WOB), bit pressure

沿钻孔轴线方向对破岩工具施加的压力。

2.0.19 冲洗液量 drilling flushing fluid flow rate

单位时间内泵入孔内的冲洗液体积。

2.0.20 烧钻 bit burnt

钻进时因冷却不良或冲洗液不流通，使钻具下端与孔底岩石、岩粉、孔壁烧结在一起的现象。

2.0.21 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。

2.0.22 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

NB/T 35115—2018

回转或提升，冲洗液不能流通的现象。

2.0.23 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。

2.0.24 岩心采取率 core recovery percent

由孔内取出的岩心长度与相应钻孔进尺的百分比。

3 基本规定

3.0.1 水电工程钻探中，孔径不宜越级变径，钻孔规格代号及公称口径可按表 3.0.1 的规定选择。

表 3.0.1 钻孔规格代号及公称口径（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	110	122	130	150	175	200

3.0.2 水电工程钻孔深度分级宜符合表 3.0.2 的规定。

表 3.0.2 水电工程钻孔深度分级（m）

钻孔类别	浅孔	中深孔	深孔	超深孔	特深孔
孔深 H	$H < 50$	$50 \leq H < 150$	$150 \leq H < 300$	$300 \leq H < 500$	$H \geq 500$

3.0.3 水电工程钻探的钻进方法可分为回转钻进、冲击钻进、冲击回转钻进。钻进方法的选择应满足地质任务的要求，并应根据岩石可钻性级别、地层特点等因素选择。岩石可钻性分级应符合本规程附录 A 的规定。钻进方法可按表 3.0.3 的规定选择。

表 3.0.3 钻进方法

序号	钻进方法		岩石可钻性	适用地层
1	回转钻进	合金回转钻进	1 级~7 级	所有地层
2		金刚石回转钻进	6 级~12 级	所有地层
3		复合片回转钻进	4 级~7 级	所有地层
4	冲击钻进	冲击管钻进	—	松散地层
5		冲抓钻进		
6	冲击回转钻进	液动冲击回转钻进	5 级~12 级	打滑、破碎及易斜岩层
7		气动冲击回转钻进	—	卵砾石地层

3.0.4 覆盖层钻探应符合现行行业标准《水电工程覆盖层钻探技术规程》NB/T 35066 的有关规定。

3.0.5 应为勘探人员配备相应的劳动防护用品，建立健康检查、疾病预防、饮食卫生等方面的卫生保健制度并执行。勘探现场应配备应急的医疗、器械和药品。

3.0.6 钻进用冲洗液原材料和处理剂应符合环境保护要求，废弃油料不得排入江河等水域或农田，钻探作业垃圾应清除。

4 准备工作

4.1 作业计划

4.1.1 钻探作业前，应根据工程地质勘察大纲、钻孔任务书、现场踏勘情况等编制钻探作业计划。特深、超深、定向钻进、超深覆盖层、水上钻探等钻孔应编制专项作业方案。

4.1.2 钻探作业计划宜包括钻探目的、现场布置、钻孔结构设计、钻进方法、钻具组合、设备选择、冲洗液类型、护壁堵漏措施、工期安排、质量要求及保证措施、孔内事故预防及处理措施、安全措施及环境保护措施等内容。

4.1.3 钻探作业计划宜由项目勘探负责人负责编写，勘探单位技术负责人审核，勘探单位负责人审批。

4.1.4 钻探作业前，应由项目勘探负责人组织项目地质工程师、钻探作业人员进行技术交底，并形成相应记录。

4.2 设备与机具选择

4.2.1 钻探设备类型和规格应根据钻孔任务书、钻探作业环境、地层条件、钻孔结构和钻进方法进行选择与配置。

4.2.2 回转钻进宜采用立轴式岩心钻机；冲击回转钻进、绳索取心钻进、定向钻进可采用全液压动力头钻机。

4.2.3 水泵应根据现场抽水扬程、钻探方法与工艺等要求选择。

4.2.4 钻塔可采用木质三脚架、铁质三脚架或四脚架，钻塔提升能力与空间应满足钻孔作业需要。

4.2.5 钻探用管材应根据钻进方法与工艺并按现行国家标准《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950 的有关规定配置。

4.2.6 基岩取心钻进可采用普通双管或单管钻具；覆盖层或软

弱破碎岩体取心钻进宜配置双级双单动系列钻具（SD 系列钻具）或其他单动性能较好的单动双管或三管取心钻具。

4.2.7 金刚石回转钻进设备及附属工具的选用应符合下列规定：

1 钻机应具有多级变速，最高转速不宜小于 1000r/min，最低转速不宜高于 50r/min，液压给进和仪表监控装置工作平稳；水泵额定排量不应小于 90L/min，额定压力不应小于 1.5MPa。

2 应使用铅直主动钻杆、轻便水龙头和耐压胶管。

3 钻杆、钻具连接的同轴度应符合现行国家标准《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950 的有关规定；宜采用带密封圈的锥度钻杆接头。

4 水路系统应安装压力表和流量表。

5 应合理选择钻杆级配；宜在粗径钻具上部增加扶正器。

4.3 钻头分类与选择

4.3.1 钻头分类可根据用途、钻进方法、镶嵌型式、切磨材料、制造方式按表 4.3.1 进行。

表 4.3.1 钻头分类

分类方法	钻头种类
按用途分类	全断面钻进钻头
	取心钻进钻头
	定向钻头
	套管钻头
按钻进方法分类	单管钻头
	双管钻头
	绳索取心钻头
	反循环钻头
	冲击回转钻头

续表 4.3.1

分类方法	钻 头 种 类		
按镶嵌型式分类	表镶钻头		
	孕镶钻头		
	表孕镶钻头		
	镶块式钻头		
按切磨材料分类	天然金刚石钻头	天然表镶金刚石钻头	
		天然孕镶金刚石钻头	
	人造金刚石钻头	单晶钻头	人造金刚石孕镶钻头
		聚晶钻头	柱状聚晶钻头
			三角聚晶钻头
		金刚石复合片钻头	
		金刚石烧结体钻头	
	硬质合金钻头和牙轮钻头		
按制造方式分类	热压钻头		
	无压浸渍钻头		
	低温电镀钻头		
	二次镶嵌钻头		

4.3.2 硬质合金取心钻头选择可按表 4.3.2-1 的规定进行。金刚石钻头选择可按表 4.3.2-2 的规定进行，并宜符合下列要求：

1 在中硬、可钻性级别低，且均质、完整的岩层中，宜选粗粒表镶或细粒孕镶钻头和扩孔器。

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胎体硬度及品种。

表 4.3.2-1 硬质合金取心钻头选择

类别	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	
磨锐式钻头	螺旋肋骨钻头	—	●	●	●	—	—	—	—	松散可塑性岩石
	阶梯肋骨钻头	—	—	●	●	●	—	—	—	页岩，砂页岩
	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
	“品”字形钻头	—	—	—	●	●	●	—	—	灰岩，大理岩，细砂岩
	破扩式钻头	—	—	●	●	●	—	—	—	砂砾岩，砾岩
	负前角阶梯钻头	—	—	—	—	●	●	●	—	玄武岩，砂岩，辉长岩，灰岩
自磨式钻头	胎体针状钻头	—	—	—	—	—	●	●	—	中研磨性片麻岩，闪长岩
	钢柱针状钻头	—	—	—	—	—	●	●	—	强研磨性石英砂岩，混合岩
	薄片式自磨钻头	—	—	—	—	—	●	●	—	强研磨性粉砂岩，砂页岩
	碎粒合金钻头	—	—	—	—	—	●	●	—	中研磨性硅化灰岩

注：●为选择；—为不选择。

表 4.3.2-2 金刚石钻头选择

软 硬 程 度			软	中 硬			硬			坚 硬		
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
复 合 片 钻 头			●	●	●	●	●	●	—	—	—	—
表 镶 钻 头	金 刚 石 烧 结 体		●	●	●	—	●	●	—	—	—	—
	金 刚 石 粒 度 (粒/ct)	10~25	—	●	●	—	—	—	—	—	—	—
		25~40	—	—	●	●	●	●	—	—	—	—
		40~60	—	—	—	—	●	●	●	—	—	—
		60~100	—	—	—	—	—	—	●	●	●	●
	胎 体 硬 度 (HRC)	20~30	—	●	—	—	●	—	—	●	—	—
		30~40	—	—	●	●	—	●	—	—	●	—
		>45	—	—	—	—	—	—	●	—	—	●
孕 镶 钻 头	金 刚 石 粒 度 (目)	20~40	—	●	●	●	●	●	—	—	—	—
		40~60	—	—	●	●	●	●	●	—	—	—
		60~80	—	—	—	—	●	●	●	—	●	—
		80~100	—	—	—	—	—	●	●	●	●	●
	胎 体 硬 度 (HRC)	10~20	—	—	—	—	—	—	—	●	—	—
		20~30	—	●	—	—	●	—	—	●	●	—
		30~35	—	—	●	●	●	●	—	—	—	—
		35~40	—	—	●	●	●	●	—	—	—	—
		40~45	—	—	—	●	—	●	●	—	—	—
		>45	—	—	—	—	—	—	—	—	—	●

注：1 1ct 为 1 克拉或 200mg。

2 ●为选择；—为不选择。

4.3.3 制作硬质合金钻头应符合下列规定：

1 钻头体可选用 ZT380 号以上钢级的无缝钢管制作，壁厚宜为 7.0mm~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 10.0mm~15.0mm。

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

4 硬质合金宜按现行国家标准《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 18376.2 的有关规定选择；硬质合金镶焊数量可按表 4.3.3-1 的规定选择，硬质合金镶嵌角及刃尖角可按表 4.3.3-2 的规定选择，硬质合金钻头切削具出刃量可按表 4.3.3-3 的规定选择。

表 4.3.3-1 硬质合金镶焊数量（颗）

钻头直径		76mm	96mm	110mm	130mm	150mm
岩石可钻性级别	1 级~4 级	4~6	6~8	7~8	8~10	10~12
	5 级~7 级	6~7	8~9	8~10	10~12	12~14
卵砾石层		—	9~12	12~14	14~16	16~18

表 4.3.3-2 硬质合金镶嵌角及刃尖角（°）

岩石级别	镶嵌角	刃尖角
1 级~4 级均质岩石	70~75	45~50
5 级~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 4.3.3-3 硬质合金钻头切削具出刃量（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 4.3.3-4 的规定

确定。

表 4.3.3-4 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)
60	10	1.5	1.5	4
76	10	1.5	1.5	4
96	10	1.5	1.5	6
110	10	1.5	1.5	6

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。

4.3.4 常用金刚石复合片钻头包括普通单管钻头、普通双管钻头, 普通单管钻头规格可按表 4.3.4-1 的规定选择, 普通双管钻头规格可按表 4.3.4-2 的规定选择。

表 4.3.4-1 普通单管钻头规格 (mm)

钻头规格	钻头胎体外径 D	钻头胎体内径 d	钻头钢体		总长 L	内螺纹		
			外径 D''	内径 d''		大径 D_1	小径 D_2	长度 L_1
R	30	20	28	21.5	80	26.0	25.0	25
E	38	28	36	30.0	80	34.5	33.5	32
A	48	38	46	40.0	100	44.5	43.5	32
B	60	48	58	50.5	100	56.5	55.0	40
N	76	60	73	62.0	120	69.0	67.5	40
H	96	76	92	79.0	120	86.5	85.0	45
P	122	98	118	102.0	140	111.0	109.0	45
S	150	120	146	124.0	140	133.0	131.0	50
U	175	144	170	148.0	140	162.0	160.0	50
Z	200	165	195	169.0	140	184.0	182.0	50

表 4.3.4-2 普通双管钻头规格 (mm)

钻头规格	钻头胎体外径 D	钻头胎体内径 d	钻头钢体		总长 L	内螺纹		
			外径 D''	内径 d''		大径 D_1	小径 D_2	长度 L_1
R	30	17.0	28	23	100	25	24.0	25
E	38	23.0	36	30	120	32	31.0	32
A	48	30.0	46	40	130	42	40.5	32
B	60	41.5	58	52	135	54	52.5	40
N	76	55.0	73	67	135	69	67.5	40
H	96	72.0	92	84	135	86	84.5	45
P	122	94.0	118	108	150	111	109.0	45
S	150	118.0	146	136	150	139	137.0	50
U	175	140.0	170	162	180	165	163.0	50
Z	200	160.0	195	187	180	190	188.0	50

4.4 现场准备

4.4.1 孔位应按钻孔任务书提供的坐标并考虑作业安全进行测放，钻孔定位后不得擅自移位。

4.4.2 陆地钻场修建应符合下列规定：

1 钻场地基应稳定。松软地层上的钻场应挖好排水沟；斜坡上的钻场填方部位不应大于地基面积的 1/3；松软地层上超深及特深孔的钻场基础应进行硬化处理。

2 露天钻场面积不宜小于 $10\text{m} \times 8\text{m}$ ；洞内钻场底面不宜小于 $8\text{m} \times 6\text{m}$ ，机窝顶面不宜小于 $1\text{m} \times 1\text{m}$ ，机窝高度不宜小于 7m。

3 钻场内应设置冲洗液循环系统。

4 陡峭山地钻场可采用桁架钻场。

5 雨季期间，水边钻场应采取防洪措施，河口或沟口的钻场应采取泥石流和洪水的防范措施，山区钻场应采取滑坡和塌方

的防范措施。

4.4.3 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 采用架空索道运输时，人行道路宽度不宜小于 1.2m；索道上、下站宜设置设备存放场所。
- 4 采用车辆、船舶搬运钻探设备时，应符合道路交通和水上运输的相关规定。

4.4.4 钻探设备的安装、拆卸应符合下列规定：

- 1 设备安装应稳固、周正、水平，各部联接螺栓应加防松垫紧固。
- 2 钻孔中心、立轴和天车前沿应在同一条直线上。
- 3 立、放钻架应在机长统一指挥下进行。立、放钻架时，左、右两边应设置牵引绷绳以防翻倒，不得自由倒落放钻架。滑车除检查和加油外，还应设置保护装置。整体搬迁轻型钻架，应在平坦地区，不得在高压电线、光缆下方进行立放钻塔作业。
- 4 钻架腿应压在基台枕木上。
- 5 安装斜孔钻架，前腿与水平面夹角应大于钻孔设计倾角 $2^{\circ}\sim 5^{\circ}$ ，后腿应与水平面呈 $77^{\circ}\sim 83^{\circ}$ 夹角。
- 6 电器设备安装场所应保持清洁、干燥；导电路路应绝缘良好，不得裸露，不得浸入油、水和杂物。
- 7 拆卸机械时，不得猛敲乱打，应保护机体上的孔眼，仪表、油管、螺钉、螺母等应装回原位或妥善保管。

4.4.5 设备使用与维护应符合下列要求：

- 1 按说明书及有关技术要求，使用与维护保养钻探设备。
- 2 填写钻探设备的使用维护和检修记录，并与设备档案一起保存。
- 3 保持钻探设备的清洁和润滑部件的润滑良好。

4.4.6 开孔应符合下列规定：

- 1 按钻孔结构设计开孔。
- 2 定期校正钻孔顶角和方位角。
- 3 逐渐加长钻具钻进。
- 4 套管宜下入完整基岩内 0.5m。管脚宜固定，连接丝扣应

涂抹粘结剂并拧紧。

4.4.7 孔口管管脚止水应符合下列要求：

- 1 孔口管应下入隔水层或相对隔水层中。
- 2 可选择黏土、水泥、胶塞、海带等材料进行止水。

5 钻探工艺和方法

5.1 回转钻进

I 硬质合金钻进

5.1.1 硬质合金钻进技术参数应根据岩性、孔径、钻头结构合理选择，硬质合金钻进钻压宜符合表 5.1.1-1 的规定，硬质合金钻进转速宜符合表 5.1.1-2 的规定，硬质合金钻进冲洗液量宜符合表 5.1.1-3 的规定。

表 5.1.1-1 硬质合金钻进钻压 (kN/块)

岩石可钻性	钻 压	
	普通合金	针状合金
1 级~4 级	0.3~0.6	1.5~2.0
5 级~7 级	0.5~1.0	1.5~2.5

表 5.1.1-2 硬质合金钻进转速 (r/min)

岩石性质	圆周速度	不同钻头直径的转速				
		150mm	130mm	110mm	96mm	76mm
弱研磨性软岩	1.2m/s~ 1.4m/s	150~180	180~210	210~250	250~300	300~350
中等研磨性的 中硬岩石	0.9m/s~ 1.2m/s	100~120	120~150	150~200	200~250	250~300
强研磨性的、硬性 裂隙岩石	0.6m/s~ 0.8m/s	80~100	100~120	120~160	140~160	160~180

5.1.2 硬质合金钻进应符合下列要求：

- 1 应保持孔内洁净。
- 2 宜保持压力均匀；出现糊钻或岩心堵塞等孔内异常现象

时，应提钻处理。

表 5.1.1-3 硬质合金钻进冲洗液量 (L/min)

岩石性质	不同钻头直径的冲洗液量		
	76mm	96mm	110mm
松软、易碎、易冲蚀	<60	<70	<80
塑性、弱研磨性、均质	100~120	120~150	150~180
致密、强研磨性	80~100	100~120	120~150

3 应选择合适的卡料或卡簧取心。

4 当采用硬质合金钻头干钻取心时，应降低转速并控制钻进时间。

5 宜控制回次进尺，每次提钻后，应检查钻头磨损情况。

II 金刚石钻进

5.1.3 金刚石回转钻进应合理选择钻压、转速、泵量及泵压等技术参数，并应符合下列规定：

1 金刚石钻进钻压应根据岩性、钻头唇面积、金刚石粒度、品级、浓度等进行选择，并应符合表 5.1.3-1 的规定。

表 5.1.3-1 金刚石钻进钻压 (kN)

钻头规格		B	N	H
钻头种类	表镶	4.0~7.5	6~11	8~15
	孕镶	4.5~8.5	8~12	9~15

2 金刚石钻进转速应根据岩性、岩层完整程度、钻进速度及钻头直径进行选择，并应符合表 5.1.3-2 的规定。

表 5.1.3-2 金刚石钻进转速 (r/min)

钻头规格		B	N	H
钻头种类	表镶	300~650	200~500	170~450
	孕镶	500~1000	400~800	350~700

3 金刚石钻进泵量应根据岩石的研磨性、完整程度、钻进速度和钻头直径进行选择，并应符合表 5.1.3-3 的规定。

表 5.1.3-3 金刚石钻进泵量 (L/min)

钻头规格	B	N	H
泵量	35~55	46~70	50~80

4 孔深 100m 以内的金刚石钻进，泵压宜为 0.5MPa~1.0MPa。孔深每增加 100m，泵压宜增大 0.2MPa~0.3MPa。

5.1.4 金刚石钻头使用应符合下列规定：

- 1 钻进时应按钻头和扩孔器外径从大到小排队使用。
- 2 新钻头下至孔底后，宜采用轻压、低转速进行初磨。
- 3 每回次钻进开始时，应轻压、慢转，待钻头到达孔底并钻进 0.15m 左右后，方可采用正常钻进参数。
- 4 发现孔底有硬质合金碎块、胎体碎块或金刚石等硬杂物，应及时采用冲、捞、粘、套、吸等方法清除。
- 5 换径处应用锥形钻头修整台阶。
- 6 升降钻具应平稳；钻具下降受阻时，应用管钳回转，不得冲撞。
- 7 打捞残留岩心或脱落岩心应用旧钻头或岩心打捞器进行。
- 8 每次起出孔外的钻头，应用游标卡尺测量并记录其高度和内外径，观察磨损状态，判断钻进技术参数的合理性。

5.1.5 钻头、扩孔器、卡簧之间配合应符合下列规定：

- 1 扩孔器外径应比钻头外径大 0.3mm~0.5mm；岩层破碎时宜加大扩孔器外径；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，并与卡簧座自由行程相匹配。
- 3 使用过的配对钻头、卡簧宜共同使用并保存。

5.1.6 金刚石回转钻进应符合下列规定：

- 1 宜使用润滑性冲洗液。

2 锁接头每班宜涂油。

3 应及时检查钻头水口，水口高度不得小于 3mm。

4 钻进过程中应随时观察供水压力和流量的变化，以防冲洗液中断造成事故。

5 每次下钻，应接上主动钻杆后开泵送水，轻压慢转，扫孔到底；不得将钻具直接下至孔底。

6 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的现象、钻头与岩心管丝扣部位有无喇叭或鼓状、钻头或扩孔器外径是否符合规定。

5.1.7 金刚石回转钻进宜使用单动双管钻具，并应符合下列规定：

1 单动性能和各部件连接的同轴度应良好。

2 内外管应无变形和裂伤，管端无喇叭形。

3 丝扣精度应符合要求。

4 装配好的钻具卡簧座底端与钻头内台阶的距离宜为 3mm~5mm。

5 作业现场应保持两套以上相同规格的完整钻具。

6 应定期拆卸加油，保持单动性能良好；丝扣和管径磨损严重时应及时更换。

7 应采用多触点钳或摩擦钳拧卸钻头、扩孔器、卡簧座与内管，不得用管钳拧卸。

8 退出岩心时，宜采用橡胶锤或木锤敲击内管。

5.1.8 钻进打滑岩层应符合下列要求：

1 宜选用金刚石品级高、粒度细的钻头。

2 宜选用胎体硬度较低的钻头。

3 可选用底面积较小的钻头，或选用金刚石浓度低的钻头。

4 可采用电镀钻头穿透较薄的打滑岩层。

5 宜减少冲洗液量或在冲洗液中加入研磨料，促进自锐。

6 可采用砂轮打磨使金刚石出刃。

7 宜适当提高钻压、降低转速。

8 可采用液动冲击回转钻进。

Ⅲ 金刚石复合片钻进

5.1.9 应合理选择金刚石复合片钻进的钻压、转速、泵量等技术参数，金刚石复合片钻进技术参数宜符合表 5.1.9 的规定。

表 5.1.9 金刚石复合片钻进技术参数

钻头规格	钻压 (kN)	转速 (r/min)	泵量 (L/min)
N	4.8~12.0	200~300	150~200
H	6.4~16.0	150~250	>200
P	8.8~22.0	120~200	>200

5.1.10 使用金刚石复合片钻头应符合下列规定：

1 相邻回次钻头内外径相近时应先用外径大的，再用外径小的。

2 钻头直径宜与钻孔直径相匹配。

3 金刚石复合片单管钻具宜使用扩孔器、带卡簧的取心机构及专用的扭卸工具。

4 钻头下入孔内后，应低速、轻压扫孔至孔底，钻进 0.15m 左右后可调整至正常钻进参数。

5 孔内有脱落岩心或残留岩心在 0.30m 以上时，应处理后再正常钻进。

5.2 冲击钻进

5.2.1 打入取样冲击钻进应符合下列规定：

1 宜用于土层、砂层及粒径小于 100mm 卵砾石地层。

2 应用小一级钻具打入地层取样，用大一级钻具扩孔。

3 钻具长度宜为 2.0m 左右，宜采用孔内冲击法。

4 应用套管护壁。

5.2.2 带止逆阀钻具打（压）入取样冲击钻进应符合下列要求：

- 1 宜用于粉细砂层、软土地层。
- 2 应先打入套管，然后取样钻进。
- 3 砂层中，可采用带爪簧的钻具打入取样钻进。

5.2.3 管钻取样冲击钻进应符合下列规定：

- 1 宜用于卵石粒径小于 130mm 的松散地层。
- 2 钻具规格应符合地层中 50% 以上卵石的粒径小于管钻阀门开口直径的要求。
- 3 抽筒长度不得小于 1.6m，冲程宜为 150mm~300mm。
- 4 跟管护壁应先跟管后取样，管钻外径与套管内径间隙应保持在 5mm~10mm。
- 5 管钻取样长度不宜超过抽筒长度的 1/2。
- 6 套管内水位宜高于管钻。
- 7 卵石粒径大于管钻直径的地层，可选用一字或十字钻头冲击破碎。

5.3 冲击回转钻进

5.3.1 冲击回转钻进的钻探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，并应配置抗震压力表。
- 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 供浆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。

5.3.2 液动冲击回转钻进钻头的选择与使用应符合下列规定：

- 1 冲击回转钻进宜采用硬质合金钻头和金刚石钻头。
 - 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、过水断面。
 - 4 孕镶钻头的金刚石粒度宜大于 60 目。
- 5.3.3 液动冲击回转钻进技术参数应符合表 5.3.3 的规定。

表 5.3.3 液动冲击回转钻进技术参数

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

5.3.4 液动冲击回转钻进应符合下列规定：

- 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，待孔口返水即可开动钻机慢速回转钻具，并缓慢调整控制阀，泵压自 0.5MPa 逐渐升高至冲击器规定的压力并提高转速钻进。
- 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，可配合启动冲击器进行处理。
- 5 当孔内坍塌掉块或岩粉过多时，不得使用冲击器钻进。
- 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。

5.3.5 气动冲击回转钻进应按现行行业标准《水电工程覆盖层钻探技术规程》NB/T 35066 的有关规定执行。

5.4 绳索取心钻进

5.4.1 绳索取心金刚石钻头、扩孔器规格应符合表 5.4.1 的规定。

表 5.4.1 绳索取心金刚石钻头、扩孔器规格 (mm)

名称及代号		规 格				
		B-AC	B-BC	B-NCT	B-HCT	B-PC
钻头	胎体外径 D_x	48.0	60.0	76.0	96.0	122.0
	胎体内径 D_y	25.0	36.0	48.0	64.0	85.0
	长度 L	70.0	80.0	80.0	100.0	130.0
扩孔器	胎体外径 D_x	48.5	60.5	76.5	96.5	122.5
	内径 d	34.0	46.0	60.0	80.0	102.0
	长度 L	120.0	130.0	150.0	165.0	180.0

5.4.2 绳索取心钻具规格应符合表 5.4.2-1 的规定，绳索取心钻杆规格应符合表 5.4.2-2 的规定。

表 5.4.2-1 绳索取心钻具规格 (mm)

钻具类别	部件	规格代号				
		A	B	N	H	P
常规型	钻头	48/25	60/36	76/48	96/64	122/85
	外管	46/36	58/48	73/63	92/80	118/102
	内管	31/27	43/38	56/51	73/67	95/89
加强型	钻头	—	—	77/46	97/61	—
	外管	—	—	73/63	92/80	—
	内管	—	—	54/49	70/64	—

5.4.3 绳索取心钻具总成的性能、装配及调整应符合下列要求：

- 1 内管总成应具有预定限位和悬挂部位，并应能发出就位信号。

表 5.4.2-2 绳索取心钻杆规格 (mm)

钻杆代号	公称尺寸	外径		内径	
		最大值	最小值	最大值	最小值
R-ACS	44	44.80	44.50	35.00	34.70
R-BCS	56	55.80	55.50	46.10	45.80
R-NCS	70	70.25	69.90	60.35	60.00
R-HCS	89	89.38	88.90	78.10	77.62
R-PCS	114	114.90	114.30	101.60	101.00

2 内管总成应具有岩心堵塞报信功能。

3 内管总成的长度应可调节,并保持卡簧与钻头内台阶间的合理距离。

4 采取岩心时,卡簧座应就位于钻头内台阶上。

5 内外管应同轴,单动灵活性好。

6 弹卡钳与弹卡挡头的顶面应保持 3mm~4mm 的间隙。

7 卡簧座与钻头内台阶之间应保持 2mm~4mm 的间隙。

8 内管总成应牢固地卡在外管总成中,不得自弹卡挡头端自由倒出。

5.4.4 外管总成的组装应符合下列要求:

1 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。

2 外管总成螺纹丝扣部位应涂抹丝扣油并拧紧。

5.4.5 内管总成的组装应符合下列规定:

1 所有弹性销应装正,且开口方向一致。

2 装配在弹卡机构中的弹卡应动作灵活。

3 卡簧座、内管和内管总成上部连接应同轴,内管光滑平直。

4 卡簧的自由内径应比钻头内径小 0.2mm~0.3mm。

5.4.6 打捞器组装应符合下列规定：

- 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 8mm～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。

5.4.7 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。
- 3 每次提钻应对弹卡挡头拨叉、悬挂环、座环、扶正环等进行检查。

- 4 每次打捞岩心前，应检查打捞钩头部和尾部弹簧。

5.4.8 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，应使用多触点专用钻杆钳，不得用普通管钳拧卸或用铁锤敲击钻杆。

- 2 在下放钻杆过程中，螺纹连接的部位应上丝扣油。

- 3 在钻进过程中，宜采用冲洗液润滑剂。

- 4 下入孔内所用钻杆应拧紧。

- 5 钻杆使用搬迁中应进行垂直度检查和丝扣保护等。

5.4.9 绳索取心钻进不同规格钻头钻压可按表 5.4.9-1 的规定选择，绳索取心钻进转速可按表 5.4.9-2 的规定选择，绳索取心钻进泵量可按表 5.4.9-3 的规定选择。

表 5.4.9-1 绳索取心钻进不同规格钻头钻压 (kN)

钻头规格		A	B	N	H	P
表镶 钻头	最大压力	8	10	12	15	17
	正常压力	4～6	6～8	7～9	8～12	10～14
孕镶 钻头	最大压力	10	12	15	18	20
	正常压力	6～8	8～10	10～12	12～15	14～18

表 5.4.9-2 绳索取心钻进转速 (r/min)

钻头规格	A	B	N	H	P
表镶钻头	400~800	300~650	300~500	220~450	170~350
孕镶钻头	600~1200	500~1000	400~800	350~700	200~400

表 5.4.9-3 绳索取心钻进泵量 (L/min)

钻头规格	A	B	N	H	P
泵量	25~40	30~50	40~70	60~90	90~110

5.4.10 绳索取心钻进应符合下列规定：

- 1 内管投放前，应确认外管和钻杆内已无岩心。
- 2 投放内管总成可通过自重自由下落或开泵压送到位。在孔内无地下水或水位很低时，应用打捞器把内管总成送入孔内，或先在孔内泵入冲洗液，再投放内管总成。
- 3 打捞岩心前，回转器应顶起钻具 50mm~70mm，并回转钻柱扭断岩心。

4 打捞器下放应匀速，当确认内管总成已打捞成功后方可正常提升。

5.4.11 采用不起钻绳索取心栓塞做压水试验时，试验前应将钻头提离孔底一个试验长度，压水栓塞应直接从钻杆内下至试验段顶进行卡塞。

5.4.12 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。

5.5 定向钻进

5.5.1 定向钻孔设计前应了解钻孔地层条件，收集的资料宜包括下列内容：

- 1 定向钻孔所穿过的岩层结构、地质构造、岩石硬度、可钻性。

2 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。

3 已有钻孔偏斜规律、防斜措施、测斜资料。

4 造斜机具的造斜能力。

5.5.2 定向钻孔设计应包括下列内容：

1 定向钻孔开孔的孔位坐标及开孔顶角与方位角。

2 定向孔结构型式，钻孔轴线轨迹参数，各孔段起始点顶角与方位角及起始点坐标值。

3 定向钻孔设计轨迹二维投影图或三维图。

4 定向钻孔方法与造斜工艺。

5 定向钻孔护壁固孔措施。

5.5.3 定向钻孔宜选用平面型定向孔，穿河底定向钻孔宜选用垂面型定向孔。

5.5.4 定向钻孔造斜孔段应均匀造斜，采用偏心楔单点造斜或钻杆驱动连续造斜钻进时，造斜强度宜为 $0.2^{\circ}/\text{m} \sim 0.5^{\circ}/\text{m}$ ；采用螺杆马达孔底驱动进行造斜钻进时，造斜强度宜为 $0.5^{\circ}/\text{m} \sim 1.0^{\circ}/\text{m}$ ，并应保证钻杆组顺利通过和回转钻进工作安全。

5.5.5 造斜方法与造斜机具选择应符合下列要求：

1 全孔取心定向钻孔宜采用地面动力钻杆驱动、单点造斜钻进方法进行定向孔钻进。单点造斜工具宜采用偏心楔进行。

2 造斜段不要求取心的定向孔，可采用连续造斜器连续造斜进行定向孔钻进。连续造斜器可由地面动力钻杆驱动，也可由螺杆马达孔底驱动。

3 根据岩石可钻性，造斜钻头应选用专用的硬质合金、复合片或金刚石造斜钻头。

5.5.6 定向仪器、测斜仪选择应符合下列规定：

1 定向钻孔测斜仪器应根据测斜精度要求和地层是否有磁场干扰等因素进行选择。

2 孔内造斜定向应根据造斜机具、定向精度和是否存在磁

场干扰等因素分别选择定向仪。

3 经钻杆内下入的测斜仪或定向仪，其外径应小于钻杆组最小内径。采用磁性原理测定方位的测斜仪或定向仪，钻杆下部应配置长度 3m 以上的无磁钻杆。

5.5.7 定向钻进应符合下列规定：

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。

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。

3 造斜点和分叉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。

4 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。

5 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。造斜机具下入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 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。导斜钻具宜采用比原钻孔小一级的直径，钻具长度应小于 1.0m。

7 开泵时应将导斜钻具提离导斜槽，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，以便修正孔径，减少钻进阻力。

8 导斜钻进时，每回次进尺应小于钻具长度，不得使导斜钻具上端超过楔脚。导斜钻进孔段长度达到 1m~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。

9 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 0.5m～1.0m。

10 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。

5.5.8 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和测量仪器。

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 10m～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，宜重新测量。

3 造斜钻进应进行记录。

4 定向钻孔轨迹测量成果可按表 5.5.8 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 5.5.8 定向钻孔轨迹测量成果

序号	段长	孔深	顶角	方位角	X 坐标	Y 坐标	Z 坐标
0	L_0	H_0	θ_0	α_0	X_0	Y_0	Z_0
1	L_1	H_1	θ_1	α_1	X_1	Y_1	Z_1
2	L_2	H_2	θ_2	α_2	X_2	Y_2	Z_2
3	L_3	H_3	θ_3	α_3	X_3	Y_3	Z_3
4	L_4	H_4	θ_4	α_4	X_4	Y_4	Z_4
5	L_5	H_5	θ_5	α_5	X_5	Y_5	Z_5
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	L_i	H_i	θ_i	α_i	X_i	Y_i	Z_i

5.6 大口径钻进

I 一般规定

5.6.1 大口径钻进方法和钻机的选择应符合下列规定：

1 大口径金刚石钻进宜采用单管钻具，适用于中等至坚硬的岩层；旋挖钻进可用于覆盖层。

2 大口径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。在孔深 100m 及以上基岩中钻进时，钻探设备技术参数应符合表 5.6.1 的规定。

表 5.6.1 钻探设备技术参数

规定功率 (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

5.6.2 大口径钻具的制作应符合下列规定：

1 粗径钻具加工应采用电焊连接。焊接前应找正垫平，法兰盘、钻头、岩心管三者中心在 1.0m 长度内同轴度误差应小于 5mm。

2 大法兰盘外径磨损与岩心管相平时，应及时补焊。

3 套管电焊连接时应对直。下入孔内套管的管靴应坐落在基岩上，套管四周应填实，地面以上套管应采取固定措施。

5.6.3 地基及安装应符合下列规定：

1 应按所选设备类型进行修筑地基。确定孔位时，应设立孔位桩及辅助桩。

2 孔口应浇筑混凝土框，孔深较深或口径较大时应加钢筋。

3 枕木断面尺寸宜采用 300mm×300mm。枕木与机架间应采用螺栓紧固。

II 大口径金刚石钻进

5.6.4 大口径金刚石钻具和岩心管规格应符合表 5.6.4 的规定。

表 5.6.4 大口径金刚石钻具和岩心管规格（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	744	3.0	12~16	830	790	1500

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

5.6.5 镶焊金刚石复合胎体块，内、外出刃应对称，底出刃应一致；焊枪应对准胎块支撑体部位，镶焊温度应低于 750℃。

5.6.6 大口径金刚石钻进工艺参数应符合下列规定：

- 1 钻进线速度宜为 2.5m/s~3.0m/s。
- 2 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。
- 3 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。

5.6.7 断取岩心可采用楔断法和液压顶断法。岩心断开后，可采用绳套或专用工具提出地面。

5.6.8 金刚石复合胎体块工作层高度磨损至 1.5mm 时，应更新金刚石复合胎体块。

Ⅲ 旋 挖 钻 进

5.6.9 旋挖钻进前应合理布置施工场地，场地面积、空间、平整度等应能满足旋挖钻机及其他机械安全就位与正常作业需要，还应满足材料运输、钻渣及时外运等需要。临时供水、供电设施及泥浆、排渣等其他设施应能满足作业需要。

5.6.10 钢护筒制作及安装应满足下列规定：

- 1 护筒采用钢板卷制成型，其内径宜大于设计孔径 0.2m~0.4m，上、下口外围加焊加劲环。

2 护筒长度应根据工程地质条件确定，不宜小于 2m。

3 护筒安装时，先利用扩孔器将桩孔扩大，通过大扭矩钻头将护筒压入设计标高。压入过程中，应采取可靠措施保证护筒的垂直度满足设计要求。护筒顶宜高于地面 0.3m。

5.6.11 对黏结性好的地层可采用干式或清水钻进；对于松散易坍塌地层或有地下水分布、孔壁不稳定地层，宜采用泥浆护壁。泥浆制备与使用应满足下列规定：

1 泥浆池容积宜为钻孔容积的 1.5 倍～2.0 倍。

2 制备泥浆应选用适宜的设备。使用黏土时宜采用水力搅拌器；使用膨润土时宜采用泥浆搅拌机。

3 造浆后应检验泥浆比重、黏度、失水量、含砂量、pH 值等性能指标，并根据情况调整泥浆的性能。

4 钻进中应做到泥浆的循环利用，现场应设置泥浆回收池、沉淀池等设施。

5.6.12 钻进过程应满足下列要求：

1 钻孔作业前应对钻杆进行调直。

2 钻孔时先将钻斗着地，记录钻机钻头的原始位置。

3 在作业过程中，应实时监测液压系统的工作状态。

4 钻孔过程中应根据地质情况控制钻进速度。

5 施工过程中应持续检查成孔的垂直度。

6 当钻斗被挤压，充满钻渣后，应将其提出地表，在土方运输车方向卸渣。

7 应及时清运钻渣至规定的地点。

8 钻孔达到预定深度后，应测量孔深及沉渣厚度。

9 宜采用土样盒取样，并标明各样品所处的位置和取样时间。

5.6.13 完工后清孔应采用换浆法进行，并注意保持孔内水位。不得采用加深钻孔深度方法代替清孔作业。

6 水上钻探

6.1 一般规定

6.1.1 水上钻探准备与钻场类型选择应符合下列规定：

1 开工前，应搜集和掌握工区上下游的水文、气象、航运或水库运行资料。

2 应组织现场查勘，了解地形、水情和现有水上设备能力，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、周正，全部钉铺厚40mm~50mm木板，钻场周围应架设高度不低于1.2m的安全防护栏并配置足够救生、消防设施。

4 水上钻场类型选择应满足地质条件和勘探技术要求，并符合表6.1.1的规定。

表 6.1.1 水上钻场类型选择

水上钻场		钻探期间水文情况			安全系数	安全距离（m）	
		水深（m）	流速（m/s）	浪高（m）			
漂浮钻场	专用铁驳船	≥2.0	<4.0	<0.4	5.0~10.0	全载时吃水线与甲板面距离	>0.5
	木船	≥1.0	<3.0	<0.2	5.0~8.0		>0.4
	浮箱（筒）	≥0.8	<1.0	<0.1	>4.0		0.2~0.3
	舟桥	≥1.0	<4.0	<0.4	5.0~8.0		>0.4
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
	近海平台	≤30.0	<3.0	<2.0	5.0~8.0		>3.0

6.1.2 水上隔水套管的安装应符合下列规定：

1 覆盖层河床应选择筒状或齿状管靴；基岩河床应选择钉子伸出管口 50mm~100mm，尖头略向外倾斜的带钉管靴。

2 隔水套管应根据水深与流速情况确定保护套管定位点；保护定位的钢丝绳应有足够抗拉强度，应按水深和流速来确定定位点和数量，固定套管的钢丝绳不应少于 2 根。不同水深套管定位钢丝绳数量应符合表 6.1.2 的规定。

表 6.1.2 不同水深套管定位钢丝绳数量

水深 H (m)	定位绳根数 (根)	保险绳根数 (根)
$H < 20$	2	1
$20 \leq H < 30$	4	1~2
$30 \leq H < 40$	4	2~4

3 水位变幅较大时，宜设置伸缩套管。

6.2 漂浮钻场

6.2.1 漂浮钻场选择与安装应符合下列规定：

1 水上漂浮钻场以船舶为主，可采用钻探专用的钢质或木质船舶，宜采用双船结构。船舶吨位宜按工作负荷并考虑 5~10 的安全系数进行计算。船舶的选择应根据水流速度、钻孔深度和船舶吨位进行，并符合表 6.2.1 的规定。

表 6.2.1 船舶的选择

水流速度 (m/s)	<2		2~3		3~4	
孔深 (m)	≤ 200	> 200	≤ 200	> 200	≤ 200	> 200
双船吨位 (t)	2×30	2×40	2×50	2×80	2×80	$> 2 \times 100$
单船吨位 (t)	≥ 200				≥ 300	

2 双船搭建钻场，两船间距宜为 0.5m~1.0m，钻场骨架宜选择槽钢或工字钢，间距不应大于 1.5m，铺设枕木间距宜为 0.8m~1.0m。应用钢丝绳围箍船底。

3 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 0.8m~1.0m。

4 水深小于或等于 20m 时，主锚绞车应选择 30kN；水深大于 20m 时，主锚绞车应选择 50kN；安装绞车的位置应有横梁或加固。

5 钻机宜安装在钻场中后部，钻架架腿应增设木质垫板压于基枕木上并将其固定。

6 交通船应设置专用码头。非机动交通船应使用钢丝绳牵引，连接在固定索道上行驶，不得自由划行。

6.2.2 漂浮钻场抛锚定位，应符合下列规定：

1 锚绳的拉力应根据河床特点、水文情况、风力和船舶总吨位，并考虑 5~8 的安全系数计算，锚绳的破断力不得小于计算所得锚绳的拉力。

2 主锚绳直径宜为 15mm~38mm，长度应为水深的 5 倍~10 倍，宜为 100m~300m。

3 锚绳与水面的夹角宜为 10° ，主锚绳与前边锚绳夹角宜为 35° ~ 45° 。

4 主锚的固定应牢固可靠，并设锚漂。

5 抛锚定位由现场负责人或机长统一指挥，应有持证船工参加，先抛主锚、后抛边锚。在岸边固定主锚应选择在岩壁或其他坚固的场地，应先将主锚固定再向孔位移动船舶，并配合抛固边锚。

6 钻场长边方向应与水流方向一致，主锚的位置应在船舶的正前方；特殊情况下，可使用 2 根前边锚代替。

7 当水上有漂流物时，应在船舶前方适当位置设置人字筏。

6.2.3 难以抛锚定位的河段，漂浮钻场定位应符合下列规定：

1 在钻孔位置上、下游 18m~25m 处，各架设一根直径为 18mm~25mm 的平行于钻孔横断面的主钢丝绳；在钻孔上游

30m~40m 处，架设一根直径为 15mm~20mm 的辅助钢丝绳。主、辅钢丝绳垂度最低点距船舶工作面的距离宜分别为 8m~14m 和 14m~25m。

2 在船舶首部主枕木两端系上牵引钢丝绳，共同连接于辅助钢丝绳上滑轮的吊环上，再移钻场到钻孔设计位置，进行临时定位。

3 由直径为 8mm~12mm 的钢丝绳和载荷重量为 30kN~50kN 的滑轮组成四组复式滑车，将设置于船舶首尾的枕木四角连接在主钢丝绳上并呈 90° ~ 110° 夹角，通过调整四组复式滑车的间距达到船舶准确定位。

4 船舶定位后，定期检查主、辅钢丝绳与船舶各连接部位，并保持连接坚固。

6.2.4 浮箱（筒）钻场制作应符合下列规定：

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

3 钻场应为长方形，箱（筒）纵向并联排列不宜少于 8 排，每排不宜少于 10 个，分层分排绑扎，保持单箱（筒）的位置固定，保持整体牢固。

4 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。

6.3 桁架钻场

6.3.1 水深小于 3.0m、流速小于 4.0m/s，不适于船舶作业的水域，可采用桁架钻场，桁架钻场应符合下列规定：

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 40mm~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 顶面宜铺设厚 40mm 的地板。

6 周围栏杆应高于 1.2m。

6.3.2 桁架钻场架设应符合下列规定：

1 桁架钻场应按专项作业计划进行。

2 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，水上作业人员应系安全绳并穿戴安全防护救生用品。

3 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。

6.3.3 桁架钻场钻探应符合下列要求：

1 每天应有专人检查桁架的稳固情况。

2 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。

3 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。

6.4 冰上钻探

6.4.1 冰上钻探应在封冻期进行作业，冰层厚度不应小于 0.3m。冰冻期应根据历年水文资料 and 当地气象经验来确定。冰上钻探应掌握水文气象动态并设专人监测冰层安全情况。在接近解冻期，应关注可能的开江时间和冰层可能发生碎裂的概率并采取相应的安全措施。

6.4.2 冰上钻探应符合下列规定：

1 钻架腿应压在枕木上，应在架腿下垫长方木。

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 精减钻场内的器材设备，不常用的器材应远离钻场堆放。
- 5 钻场附近不得随便开凿冰洞，并应明确标示交通线路范围。
- 6 冰层钻头应选切削型钻头，切削具数量宜在 2 个~3 个，应保证钻进冲洗通道。
- 7 常规冰层钻探应选择低温冲洗液，当冰层厚度较大时，宜选择冷压缩空气做清孔介质。

6.5 近海钻探

6.5.1 近海钻探作业前应搜集工程勘察区域的基础资料，并根据钻孔任务书要求进行技术与安全交底。资料搜集应包括地形、地质、水文、气象、航运及障碍物分布情况等内容。

6.5.2 当水深超过 30m 时，应编制专项作业方案并进行论证。

6.5.3 近海钻探平台可选择浮动式平台和固定式平台，并应符合下列规定：

1 采用单体浮动式平台作业时，宽度应大于 6m，载重量应大于 200t。

2 采用双体拼装浮动式平台作业时，其单体载重量不应小于 50t。

3 浮动式平台抛锚定位应选择在能见度好、风浪小的平潮时进行。锚绳不应少于 8 根，其中首、尾不少于 2 根，两侧各不少于 2 根。

4 采用固定式平台时，平台应牢固可靠，平台底面应高出最高潮位 1.0m。

6.5.4 近海钻探的抛锚定位应符合下列规定：

1 锚的类型应与勘探区域海床适宜，锚的重量不应小于吨位相当海船的锚重，其数量不应小于 4 只，锚链长度应大于水深

的 5 倍。

2 锚绳应采用耐腐蚀的尼龙绳或钢丝绳；锚绳的安全系数宜为 5~8，并宜设置保险绳；锚绳与锚之间应连接可靠，并设置锚漂。

3 平台抛锚定位应选在能见度大于 100m，风力小于 5 级的平潮时进行，由专人统一指挥。

4 漂浮式钻探平台抛锚定位应先抛主锚、后抛副锚。锚泊船头宜垂直波浪方向，当海流流速较大时，宜沿海流流向锚泊交叉锚。

5 抛锚后锚绳与水面夹角宜为 $10^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 。

6 抛锚定位后，锚绳受力应均匀，锚机制动应可靠。

6.5.5 潮汐变化的近海海上钻探采用短套管时，应符合下列规定：

1 宜用于风力小于 5 级及以下气候环境下的近海海域钻探。

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

3 应备有足够数量的短套管，每根套管长度宜在 0.5m~1.0m 之间。

4 近海海上钻孔终孔后，应将套管全部起出。

6.5.6 采用伸缩套管钻进时应符合下列规定：

1 安装伸缩套管前，应掌握潮位变化情况。

2 伸缩套管外管下入海床地层不应小于 5m，管底端不得出现漏浆。

3 在最高潮水位下，伸缩套管的内、外套管，重叠长度不应小于 3m。

7 冲洗介质和护壁堵漏

7.1 冲 洗 介 质

7.1.1 冲洗介质应根据钻孔目的、地层特点、钻进方法等选用，并宜符合下列规定：

1 按钻孔目的选择冲洗介质种类宜符合表 7.1.1 - 1 的规定。

表 7.1.1 - 1 按钻孔目的选择冲洗介质种类

钻 孔 目 的	冲 洗 介 质
取心	泥浆、无固相冲洗液、清水
水文试验、孔内摄像	清水
孔内测试	清水、泥浆

2 按地层特点和钻进方法选择冲洗介质种类宜符合表 7.1.1 - 2 的规定。

表 7.1.1 - 2 按地层特点和钻进方法选择冲洗介质种类

地层特点		钻进方法	冲洗介质种类	备 注
岩 石	完整、较完整	合金	清水/空气	金刚石钻进浅孔也可使用清水
		金刚石	乳化液	
	完整性较差	合金、 金刚石	泥浆、无固相冲洗液	泡沫液用于漏失层或缺水地区
覆盖层		合金	清水、泥浆	—
		金刚石	无固相冲洗液	

7.1.2 不同地层对低固相泥浆主要性能的要求宜符合表 7.1.2 的规定。

表 7.1.2 不同地层对低固相泥浆主要性能的要求

性能指标	地 层 特 点				
	坍塌掉块地层	水敏性地层	漏失层	涌水层	卵砾石层
漏斗黏度 $T(s)$	23.00~30.00	18.00~25.00	30.00~60.00	>30.00	>40.00
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 $q(\text{mL}/30\text{min})$	15.00	<10.00	15.00	15.00	<15.00
静切力 ($10^{-5}\text{N}/\text{cm}^2$)	25.00~50.00	0~5.00	30.00~80.00	25.00~50.00	30.00~50.00
含砂量 (%)	<0.50	<0.50	<0.50	<0.50	<1.00
动塑比 (τ_0/η_0)	>3.00	>3.00	>3.00	>3.00	>3.00
pH 值	8.00~12.00	8.00~12.00	8.00~12.00	8.00~12.00	8.00~12.00

注： τ_0 为动切力 (mPa)； η_0 为塑性黏度 (mPa·s 或 cP)。

7.1.3 常用冲洗液处理剂可按表 7.1.3 的规定选择。

表 7.1.3 常用冲洗液处理剂

分类	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
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、腐殖酸钾
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

7.1.4 乳化冲洗液采用的乳化剂种类和用量可按表 7.1.4 的规定配制。

表 7.1.4 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。

7.1.5 不分散低固相泥浆的性能和配制应符合下列要求：

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

2 采用优质黏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。

7.1.6 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 $(2.0\sim3.0)\times10^6$ ，水解度宜为 30%，加量应大于 700ppm。

7.1.7 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，植物胶干粉加量宜为 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 4h~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。

7.1.8 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 1.05g/cm^3 。固相粒度的 80%~90% 控制在 $20\mu\text{m}$ 以下。

2 表观视黏度小于 $5\text{mPa}\cdot\text{s}$ ，屈服值小于 0.1Pa。

3 失水量不大于 18mL/30min。

7.1.9 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。

7.1.10 泥浆现场管理应符合下列规定：

- 1 宜配备漏斗黏度计、比重计。
- 2 应设置循环系统，包括储浆池、除砂池及循环槽。循环槽宽度宜大于 0.2m，长度宜大于 10.0m，并设隔板。
- 3 应及时除砂。
- 4 宜对泥浆性能进行检测、调整。

7.2 护壁堵漏

7.2.1 护壁堵漏材料及适用范围宜符合表 7.2.1 的规定。

表 7.2.1 护壁堵漏材料及适用范围

材料名称	材 料 要 求	适 用 范 围
套管	符合现行国家标准《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950 的有关规定	1. 松散覆盖层； 2. 中漏及以上、严重坍塌地层； 3. 洞穴、溶洞
泥浆或无固相冲洗液	根据地层特性，配制不同性能的泥浆或无固相冲洗液	1. 覆盖层； 2. 小漏及以下、破碎坍塌、掉块地层； 3. 水敏性地层
黏土	1. 用 $I_p > 17$ 的黏土； 2. 黏土中加纤维物； 3. 制成黏土球	小漏及以下地层

续表 7.2.1

材料名称	材 料 要 求	适 用 范 围
水泥	1. 高标号普通硅酸盐水泥加促凝型减水剂； 2. 硅酸盐水泥加促凝早强剂+高效减水剂； 3. 铝酸盐型水泥加高效减水剂	1. 覆盖层； 2. 严重坍塌、破碎岩层； 3. 大漏及以上地层
化学浆液	1. 有效固结岩石； 2. 可控制固化时间	1. 大漏及以上地层； 2. 破碎、坍塌地层

7.2.2 套管护壁堵漏应符合下列要求：

1 大裂隙、溶洞、空洞，承压水、漏水，极松散堆积层、漂卵石架空层，水文地质试验孔，均宜采用套管护壁。

2 套管下入前，应严格检查。不得将不符合要求的套管下入孔内。

3 金刚石钻进的钻孔采用反扣套管时，孔口应固定；采用正扣套管时，在丝扣部位用粘结剂粘牢，并将套管下至孔底或变径台阶处。

4 套管上端与孔口周围环状间隙应密封。

5 发现套管脱扣时应及时处理。

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。

7.2.3 泥浆护壁堵漏应满足下列规定：

1 一般破碎带可用加量 0.5%~1.0% 的高分子聚合物或加量 2.0%~3.0% 的广谱类护壁剂处理，宜采用小泵量钻进。

2 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。

3 水敏性地层，宜使用抑制性泥浆。

4 基岩断层破碎带宜快速穿过，并使用水泥封孔重新钻进。

7.2.4 使用水泥护壁堵漏时，应符合下列规定：

- 1 应做好地面试验，测定初、终凝时间，确定可泵送时间。
 - 2 配置水泥浆液的水灰比宜控制在 $0.45:1 \sim 0.60:1$ ，可加入适量减水剂。
 - 3 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。
 - 4 灌注水泥浆液时，可用泵入法、灌注器输送法或导管法，非干孔不得从孔口直接倒入，导管距孔底应小于 1.0m。
 - 5 严重漏失地层可采用膜袋注浆堵漏。
 - 6 灌浆前应准备足够的水泥浆，一次灌完；替换水泵入量应不低于管路容量的 1.5 倍。
- 7.2.5** 使用化学浆液护壁堵漏时，应符合下列要求：
- 1 灌注前应进行化学浆液试验，确定固化时间。
 - 2 灌注后应立即清洗灌注器，并涂油保护。
 - 3 操作时应戴好防护用具。

8 取 心 与 取 样

8.1 取 心

I 一 般 规 定

8.1.1 取心钻具种类可按表 8.1.1 的规定选择。

表 8.1.1 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	单管钻具	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 级~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
2		投球单管	胶结良好地层，软弱地层	3 级~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	双管钻具	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 级~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 级~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		压卡式单动双管	软硬互层、脆碎、酥碎易散失的地层	1 级~6 级	利用水压强制推动卡簧，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 级~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 级~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

续表 8.1.1

序号	钻具种类	适应的地层	岩石可钻性	说 明
8	无泵反循环	松软脆碎地层，松散或节理发育、易坍塌地层，易冲刷、溶蚀地层；干旱缺水地区或钻孔漏失可钻性5级以内的地层	1级~6级	钻具上下活动时，由于球阀作用而形成孔底反循环
9	喷反钻具	松软破碎地层，节理发育、硅化强的硬、脆、碎岩层	4级~12级	岩心有分选
10	冲击管钻	含水砂卵石层、砂砾石层	1级~6级	可保证颗粒级配正确，但扰动较大

8.1.2 采用卡簧卡取岩心时，应进行卡簧与岩心匹配试验。

8.1.3 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。

8.1.4 在松散软弱地层中宜选用配置扶正环的取心钻具。

8.1.5 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。

8.1.6 发现糊钻、憋泵或堵心时，应及时起钻。

8.1.7 特殊地层的岩心应及时鉴定。

II 钻 具 取 心

8.1.8 单管钻具取心应符合下列要求：

- 1 硬质合金钻头切削具磨钝、崩刃、水口减小时，应进行修磨。
- 2 取心时应选择合适的卡料或卡簧。
- 3 在松散、破碎岩层可采用干钻法取心。
- 4 回次结束前不得频繁提动钻具。

8.1.9 双管钻具取心应符合下列规定：

- 1 钻具应具有良好的单动性能。
- 2 卡簧座与钻头内台阶间隙宜为 3mm~5mm。
- 3 不得使用管钳拧卸钻具。

8.1.10 半合管取心应符合下列要求：

- 1 半合管应装箱保护；使用后的半合管应及时清洗、涂油。
- 2 应采用专用工具拆卸半合管。
- 3 组装卡箍时，宜先两端后中间，卡箍开口不得在同一方向；拆卸卡箍时，宜先拆卸中间卡箍，后拆卸两端卡箍。
- 4 退心时，应将打开的半合管与岩心箱平行对接，并缓慢退心。

Ⅲ 特殊取心

8.1.11 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 0.5m~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 0.5m~1.0m，可用沉淀法取心。

8.1.12 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 0.1m~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。

4 钻进时应注意观测仪表，及时记录钻速变化、回水颜色等。

8.1.13 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，无充填型溶洞应查明脱空高度，有充填型应进行取样。

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 0.5m~1.0m 左右，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 无充填溶洞段，应根据设计孔深及溶洞发育高度采用全孔下套管或下暗管隔离。

8.1.14 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 0.3m~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，以确定滑动面位置；可采用套钻钻进方法取心。

8.1.15 架空层取心应符合下列要求：

- 1 宜选用气动潜孔锤取心跟管钻进。
- 2 应控制下钻速度，确认钻具到位后方可进行正常的钻进操作。
- 3 应检查和调整钻具内管与中心钻头的密封效果。

8.1.16 大口径钻进取心应符合下列规定：

- 1 回次结束，应洗孔后提出钻具，并将孔内水抽干。
- 2 可采用 12.5mm～17.0mm 钢丝绳箍套岩心，并应试提岩心，不能提断时，应采用岩心楔断器插入岩心与孔壁间隙楔断岩心。
- 3 楔断岩心、提吊岩心及孔内升降物件时，孔底不得有人。

IV 定向取心

8.1.17 随钻测量定向取心器，可用于较完整的岩层采取定向岩心，以供确定岩层、结构面的产状。

8.1.18 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。

8.1.19 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 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 准确安装作定向标记的装置、卡簧、卡簧座、拧上金刚石钻头。

8.1.20 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 3min~5min 停止钻进。

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

8.1.21 起钻作业应符合下列要求：

- 1 平稳提升孔内钻具。
- 2 从容纳管内取出测量仪，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 卸下金刚石钻头和做标记装置；可在内管下端定向槽处用色笔再做定向标记，然后退出岩心。

4 将岩心按顺序排列在岩心箱内，用色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。

8.1.22 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。运用数字模型计算岩层层面产状、断裂面产状，应符合本规程附录 B 的规定。

8.1.23 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。

8.2 取 样

8.2.1 取样工具和方法适用性可按表 8.2.1 的规定选择。

8.2.2 取样应符合下列规定：

- 1 采取原状土样的钻孔孔径应比取土器外径大一级。
- 2 宜采用回转钻进方法。在地下水位以下应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，可采用侧喷式钻头冲洗钻头成孔。

表 8.2.1 取样工具和方法适用性

取 样 工 具		土样 质量 等级	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	
薄壁 取土器	固定活塞	I	◎	◎	◎	×	×	○	○	×	×	×	×
	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		×	×	○	◎	◎	×	×	×	◎	◎	○
	TA89/64.8 二重管环刀 取土器（单动）		○	◎	◎	×	×	○	○	×	×	×	×
束节式取土器		I ~ II	×	×	×	×	×	◎	◎	◎	◎	◎	○
原状取砂器			◎	◎	○	×	×	○	○	×	×	×	×
薄壁 取土器	水压固定活塞	II	◎	◎	○	×	×	○	○	×	×	×	×
	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：1 ◎为适用；○为部分适用；×为不适用。

2 采取砂土试样应有防止试样失落的补充措施。

3 束节式取土器和原状取砂器，根据取样经验可采取 I 级或 II 级土样。

3 在地下水位以上宜采用干钻法取样；土质较硬时，可采用二重管或三重管取土器取样。

4 在饱和软黏性土、粉土、砂土中取样，宜采用泥浆钻进。采用套管护壁时，应先钻进后跟管，套管跟进深度应滞后取样位置 3 倍孔径以上。不得强行打入未曾取样的土层。管内液面应始

终高于地下水位。

5 下入取土器前应先清孔。采用敞口取土器取样时，孔底残留厚度不得超过 50mm。

8.2.3 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级土试样应采用快速、连续的静压方式贯入取土器，贯入速度不小于 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级土试样可使用间断静压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 取土器入土长度不宜超过取样管总长的 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宜回转 2 圈~3 圈切断土样或静置后提出。

6 应平稳提升取土器。

8.2.4 回转取土器取样应符合下列规定：

1 采用单动二重管、单动三重管、双动三重管采取原状土试样时，使用预先校直的钻杆，在取土器上可接加重杆以避免钻具抖动，保持平稳回转钻进。

2 回转钻进时，冲洗液可选用清水、无固相冲洗液或低固相冲洗液；钻进参数可根据地层特点通过试钻或已有经验确定。

3 取样开始时应将泵量减至能维持钻进的最低限度。

4 回转取土器应具有可改变内管超前长度的替换管靴，内管管口至少与外管齐平，随着土质变软，可使内管超前量增至 50mm~150mm。

5 在硬质黏性土、密实砾砂、碎石土和软岩中，可使用单

动三重管取样器采取原状土试样；对松散无胶结的砂可用原状取砂器采取原状样。

6 采用无泵钻进取样，应使用专用钻具采取样品。

8.2.5 水样采取应在钻孔抽水试验后期或在长期观测孔中经抽水后进行。在钻孔作业过程中取样应符合下列规定：

1 单一含水层，可终孔后取水样。如有两层以上含水层，应止水分层取样。

2 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。

3 水样瓶应用所取水样洗净。水样瓶不应装得过满，腊封后，贴好标签，48h内送到试验室。

4 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。

8.3 岩心（样）保护

8.3.1 现场岩心（样）保护应符合下列要求：

1 退取岩心时，不得吊打岩心管，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（样）宜及时装入密闭容器并标识；关键部位的岩心（样）宜摄像后放入密闭容器并标识。

3 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，不得无故拉长或压缩松散、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，并在岩心箱对应位置作出标示；岩心牌宜用钢笔、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 岩心箱侧面宜用油漆标明“××工程、××区、××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。

8.3.2 岩心搬运应符合下列要求：

- 1 搬移时宜轻拿轻放；运输中应有防振、防淋等保护措施。
- 2 运输途中应有专人负责。
- 3 水上钻孔的岩心，每装满一箱后应及时搬移至洪水线以上的安全位置。

8.3.3 岩心保存应符合下列规定：

- 1 岩心交接应双方核对无误后签字确认并存档。
- 2 岩心堆放场所应通风、不漏雨。
- 3 岩心箱应分区堆放。垛高不得超过 1.5m。
- 4 岩心堆放场所宜配置专人看护，并建立台账。

8.3.4 岩心箱应符合下列规定：

- 1 岩心箱宜加盖。
- 2 岩心箱质地应坚固，适宜长期保存，可采用木质、塑料、塑钢、铝合金材质。
- 3 常用岩心箱的规格宜符合表 8.3.4 的规定。

表 8.3.4 常用岩心箱规格

钻孔规格 (mm)	槽宽 (mm)	隔槽数 (个)	外形规格 长×宽×高 (mm)	存放岩心总 长度 (m)
BQ (60)	48	6	1070×385×50	6.0
NQ (76)	55	5	1070×385×55	5.0
HQ (96)	69	4	1070×385×70	4.0
PQ (122)	92	3	1070×385×93	3.0
76	63	7	850×520×70	5.6
96	71	6	850×520×73	4.8
110	90	5	850×520×95	4.0
130	113	4	850×520×112	3.2
150	120	2	1070×275×130	2.0

9 孔内试验与测试

9.1 水文地质观测

9.1.1 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 水位稳定标准为水位观测间隔 10min，当连续 3 次观测数据变幅均小于 2cm 时，量测工作即可结束。测稳定水位前宜排出孔内一定水体，待水位恢复后进行。

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。

9.1.2 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 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 10mm；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。

9.2 水文地质试验

9.2.1 水电工程钻孔水文地质试验宜包括抽水试验、注水试验和压水试验，钻进水文地质试验孔应符合下列规定：

- 1** 冲洗液应采用清水。
- 2** 孔底沉淀物厚度不应大于 10cm。
- 3** 松散地层钻孔宜采用跟管钻进。

9.2.2 抽水试验应符合现行行业标准《水电工程钻孔抽水试验规程》NB/T 35103 的有关规定。

9.2.3 压水试验应符合现行行业标准《水电工程钻孔压水试验规程》NB/T 35113 的有关规定。

9.2.4 注水试验应符合现行行业标准《水电工程钻孔注水试验规程》NB/T 35104 的有关规定。

9.3 工程地质测试

9.3.1 静力触探、动力触探、标准贯入等试验应符合现行行业标准《水电工程钻孔土工原位测试规程》NB/T 35102 的有关规定。

9.3.2 进行十字板剪切试验、旁压试验、波速试验的钻孔应符合现行行业标准《水电工程钻孔土工原位测试规程》NB/T 35102 的有关规定。

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、接箍应严格按照相关技术要求进行加工、检验与验收，不符合质量要求的不得使用。

2 弯曲的钻杆、岩心管应及时校直。不得使用弯曲和磨损过大的管材。

3 钻杆、钻具出现裂纹或丝扣严重磨损与变形时，不得下入孔内。

4 长期停用的管材、打捞工具，在下入孔内前应经过严格检查；采用喷反钻具钻进时，下钻前应检查管路是否畅通。

5 钻具下入孔内前连接接头应拧紧。定向钻孔偏心楔与钻杆的连接铆钉、螺钉应有足够的强度。

10.1.2 起下钻应控制升降速度。

10.1.3 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，预防卡钻、埋钻、烧钻事故的发生。

10.1.4 扫孔、扩孔时，或定向钻孔过楔面钻进、修扩孔时，应挂好提引器，并控制好速度。孔内钻具不得长时间悬空回转。

10.1.5 采用拉、提、顶、打等方法处理事故时，应及时拧紧钻杆。

10.2 孔内事故处理

10.2.1 钻场应配备常用的打捞工具。每个勘探项目应备有反丝

钻杆、割管器具和千斤顶等处理器具，并应设专人维护管理。

10.2.2 孔内事故发生后，应查清事故孔段的孔深、地层情况，事故钻具的位置、规格、数量、判明事故类型，并制定详细处理方案。

10.2.3 卡钻、埋钻、烧钻事故的处理应符合下列要求：

- 1 在孔壁不稳定情况下，应先护壁、再处理。
- 2 处理事故用扩孔钻具应带有内导向，且连接牢固。
- 3 发现钻具遇卡时，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，再采用反出钻杆、扩孔或掏心钻进方法处理。深孔可采用人工造斜的方法进行处理。
- 4 定向钻孔弯曲段孔壁出现键槽卡钻征兆时，可采用带导向的长钻具扫除键槽。
- 5 发现烧钻时，首先应提动钻具，无效时应采用打、反、磨、削等方法处理。

10.2.4 钻具折断与脱落事故的处理应符合下列要求：

- 1 处理钻杆多头脱落事故，应先下入打印器，探明情况后分别进行处理。
- 2 采用掏心方法处理岩心管事故时，应使用比事故钻具小一级的钻具。
- 3 用丝锥锥紧钻具后，应立即提钻检查钻具，不得长时间停留孔内。

10.2.5 孔内事故处理所用打捞工具、处理方法及过程应详细填入班报表。

10.2.6 事故排除后，应总结经验教训，重大事故应根据有关规定填写事故报告表。

11 验收与质量评定

11.1 钻探质量

11.1.1 钻探质量应包括岩心采取率、岩心品质、孔内试验与测试、孔斜、孔深、原始记录、终孔处理。

11.1.2 不同岩土体钻孔岩心采取率和试验完成率指标应符合表 11.1.2 的规定。

表 11.1.2 不同岩土体钻孔岩心采取率和试验完成率指标

岩 土 体 特 性		冲洗液	评价项目及指标	
			岩心采取率	试验完成率
完整新鲜岩类		清水	≥95%	—
较完整的弱风化、微风化岩类			≥90%	—
较破碎的弱风化、微风化岩类		无固相冲洗液或 低固相冲洗液	≥85%	—
全风化、强风化岩类			≥70%	—
软硬互层、硬脆碎、软酥碎、 软硬不均岩类			符合合同或任务书要求	
软弱夹层、断层破碎带				
覆盖层	取心孔		≥85%	—
	专门性取心孔		≥95%	—
	水文地质试验孔	清水	—	≥90%
	原位测试孔	无固相冲洗液或 低固相冲洗液	≥85%	≥90%
		清水	—	≥90%

11.1.3 岩心品质不得有选择性磨损、对磨、冲蚀、顺序颠倒等现象。

11.1.4 钻孔顶角的偏差，直孔每 100m 孔深不应大于 3° ，斜孔每 100m 孔深不应大于 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。钻孔孔斜控制应符合下列规定：

- 1 开孔时应选铅直的主动钻杆，不得使用立轴间隙过大的钻机。
- 2 开孔的粗径钻具应随钻孔延伸而加长。
- 3 开孔时应校正钻机，使立轴中心对准孔位。孔口管应镶铸牢固，满足钻孔设计要求。
- 4 不应轻易换径。换径时应使用变径导向钻具，或采用其他导正定位措施。
- 5 基岩钻进时，钻具的岩心管长度宜大于 3m。
- 6 可采用孔底加压等措施增加钻具的稳定性。
- 7 钻进溶洞岩石、软硬互层，宜采用低转速、轻钻压钻进。
- 8 对于超深孔和特深孔，钻场基础宜进行硬化处理，设备安装应稳固；每钻进 5m~10m 宜进行一次孔斜校正。
- 9 钻孔孔斜超过地质要求时，应及时进行处理。

11.1.5 钻孔深度应测量准确。每钻进 100m、下护壁套管、水文地质试验前、终孔后以及有特殊地质要求时，均应校正孔深。孔深误差超过 0.3% 时，应找出原因并更正。

11.1.6 原始记录应符合下列要求：

- 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、钻孔封孔记录、竣工记录、验收记录。岩心钻探班报应符合本规程附录 C 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，不得事后补写。
- 4 钻进中应认真记录掉钻、坍孔、钻速变化、回水颜色、

钻进感觉等现象或钻进过程情况等，不得漏记，不得伪造。

11.1.7 钻孔现场验收后应进行终孔处理，并做好记录。

11.2 钻探验收

11.2.1 钻探验收宜采用单孔验收。

11.2.2 验收人应由钻探机组、项目勘探负责人和项目地质负责人三方组成。

11.2.3 验收在钻探结束后、设备未撤离前进行。

11.2.4 验收应形成钻孔验收表。钻孔验收应符合本规程附录 D 的规定。

11.3 钻探质量评定

11.3.1 钻孔竣工验收后，应由勘探单位、项目勘探负责人和项目地质负责人共同进行钻孔质量评定，并填写钻孔质量评定表，钻孔质量评定应符合本规程附录 E 的规定。

11.3.2 钻探质量评定应根据岩心（样）采取率、岩心（样）品质、孔内试验与测试、原始记录、孔深及孔斜误差、终孔处理等项目进行综合评定，并应符合本规程附录 F 的规定。

11.3.3 钻探质量等级应根据钻孔综合评定总分确定，并应符合本规程附录 F 的规定。

12 安 全 生 产

12.1 一 般 规 定

12.1.1 钻探作业单位应符合下列要求：

- 1 应建立、健全保障安全生产的规章制度并贯彻执行，保留安全活动记录。
- 2 应设置专职或兼职安全员，安全员应经过安全培训，并取得上岗证。
- 3 应定期进行工地安全检查，消除隐患。
- 4 应编制应急预案并演练。

12.1.2 作业人员应符合下列要求：

- 1 上岗前应接受安全教育培训并考试合格。
- 2 进入钻场工作时，应穿劳保服、劳保鞋，佩戴安全防护用品。
- 3 上下钻塔时应系安全绳。

12.1.3 极端天气应停止作业，复工前应进行安全检查。

12.2 钻 场 安 全 规 定

12.2.1 钻场安全应符合下列要求：

- 1 钻场应避开山洪、泥石流、危岩、滚石及其他危险区域。
- 2 雨季时，应预防洪水、泥石流、山体崩塌或滑坡对钻场的危害。
- 3 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，并宜采取隔离措施。
- 4 保持钻场整洁。场内不得有油污。钻场上溅有冲洗液时，应及时冲洗干净。

12.2.2 钻场防火应符合下列规定：

- 1 钻场内应备有足够的灭火器材。
- 2 内燃机排气管或火炉烟囱，应伸出钻场外 0.5m 以上，穿过钻场处应安装隔热装置。
- 3 钻场火炉应与地板隔离。炉灰应倒在指定地点。
- 4 草原及林区钻探，钻场周围应设置防火道。
- 5 电器失火时，应切断电源后灭火。油料着火时，不得用水扑救。

12.2.3 钻场防寒应符合下列要求：

- 1 钻场内应备有取暖设施。
- 2 柴油机、水泵及供水管线停用时，应放净积水。

12.2.4 钻场防风应符合下列规定：

- 1 高 10m 以上的钻塔，应设安全绷绳。
- 2 大风超过 6 级时，应增设绷绳或卸下钻塔蓬布。

12.2.5 钻场防洪防汛应符合下列要求：

- 1 汛期，设备和物资应放在洪水位警戒线以上。
- 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。

12.2.6 钻场防雷电应符合下列规定：

- 1 在雷电富集区，钻塔应安装与钻塔绝缘的避雷针。
- 2 避雷针接地极应埋入地下。
- 3 避雷针高于钻塔顶不应小于 1.5m，下引线与钻塔及绷绳距离不应小于 1.0m，接地极与电机的接地、孔口管及绷绳接地处的距离应大于 3m。

12.2.7 位于陡坡与滑坡体上的钻场应符合下列要求：

- 1 钻场上方的松动岩石应清除，并应设置警示标志及护栏。
- 2 应观测滑坡体上钻场的基础变形、沉降情况，发现异常应立即停止作业并撤离人员。

- 3 应设置排水系统。
- 4 危险路段应设置安全防护设施。

12.3 钻进过程安全规定

12.3.1 钻进操作应符合下列要求：

- 1 设备运转中，不得拆卸、修理；发现响声异常时，应及时停机检查。
- 2 所有仪表应工作正常。
- 3 应设置胶管防缠绕及水龙头防脱落装置，钻进中不得扶持水龙头及胶管。
- 4 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。

12.3.2 升降钻具应符合下列要求：

- 1 随时检查升降机的制动装置、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。
- 2 应检查钢丝绳的磨损情况，当每一捻距内断丝超过 1/7 时应及时更换。
- 3 操作升降机人员应与孔口和塔上人员紧密配合。孔口操作人员应站在钻具起落范围以外；摘挂提引器时应防止回绳碰打。
- 4 操作升降机应平稳，不得猛刹猛放；升降过程中不得用手扶摸钢丝绳。
- 5 抽、插垫叉应防止砸手，跑钻时不得抢插垫叉。
- 6 提钻后钻具处于悬吊状态时，不得探视或触摸钻具内岩心。

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。

12.3.4 大口径钻进应符合下列规定：

1 孔周不得堆放杂乱物件并应设防护栏；闲散人员不得围观。

2 孔内应采用低压照明，使用 12V~36V 低压变压器。

3 孔内与孔口不得同时作业。孔内作业应戴安全帽，系安全带和安全绳，孔口应设专人看守。

4 所用工器具应采用绳系或吊桶运送，不得直接向井下投放。

5 孔下取心作业，应先上人后提物，人和物不得同时提升。

6 升降钻具前，应检查卷扬刹车、离合器、滑轮组、吊钩保险销等是否完好和灵活可靠。

7 提升钻具或岩心遇阻时，不得强行起吊，应适当与转盘配合，或停机处理后，再行起吊。

8 提放钻具时，提引器的快拆卡子应安全可靠；重物放倒摘掉快拆卡子时，应立即用绳子拉住吊钩。

12.4 水上钻探安全规定

12.4.1 水上钻探安全应符合下列规定：

1 应编制水上作业安全管理办法，办理相关手续，按规定悬挂标志。

2 水上钻场、水上交通工具等应备有足够的救生衣、救生圈、通信设备，规定呼救信号并保持信号畅通。

3 水上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，水上钻场下游宜设救生安全站，配备救生艇和必要的通信、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2.0m等恶劣天气或船舶横摆角大于 3° 时，不得进行水上钻探作业；当预计有6级及以上大风浪时，船舶要及时移开孔位避风，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。

11 海上作业应配备救生艇，钻场应储存足够的淡水、食品、急救药品等。

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 岩石可钻性分级

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 ²)	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	
1~4	<100	<30	>0.37	—	>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	90~190	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	175~275	34~42	0.29~ 0.35	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	260~360	40~48	0.27~ 0.32	1.90~ 2.60	1.40	白云母斜长片麻岩、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、黑云母石英片岩
8	340~440	46~54	0.23~ 0.29	1.50~ 2.10	—	花岗岩、矽卡岩化闪长玢岩、石榴子矽卡岩、石英闪长斑岩、石英角闪岩、黑云母斜长角闪岩、伟晶岩、黑云母花岗岩、闪长岩、斜长角闪岩、混合片麻岩、凝灰岩、混合岩化浅粒岩

续表 A

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 ²)	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	
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、橄榄岩、混合岩、闪长玢岩、石英闪长玢岩、似斑状花岗岩、斑状花岗闪长岩
10	500~610	59~68	0.17~ 0.24	0.80~ 1.20	—	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、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、英安质角砾熔岩
11	600~720	67~75	0.15~ 0.22	0.50~ 0.95	—	凝灰岩、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 岩心定向参数的测取与计算

B.0.1 岩心定向参数测取（图 B.0.1）应符合下列要求：

1 应从测斜仪读取所测孔段的顶角（ θ ）、方位角（ α ）和刻痕方位角（ α_k ）。

2 测取定向参数应将岩心柱直立在桌面上，代表岩层下部的岩心应在下方。

3 宜用游标卡尺或借助卡规量取岩心直径（ d ）。

4 在岩心表面上，宜用色笔过层面椭圆最低点 A 画岩心横断面的圆周线 ADECA。

5 应准确量取层面椭圆最高点 B 至圆周线 ADECA 的距离（ h ）。

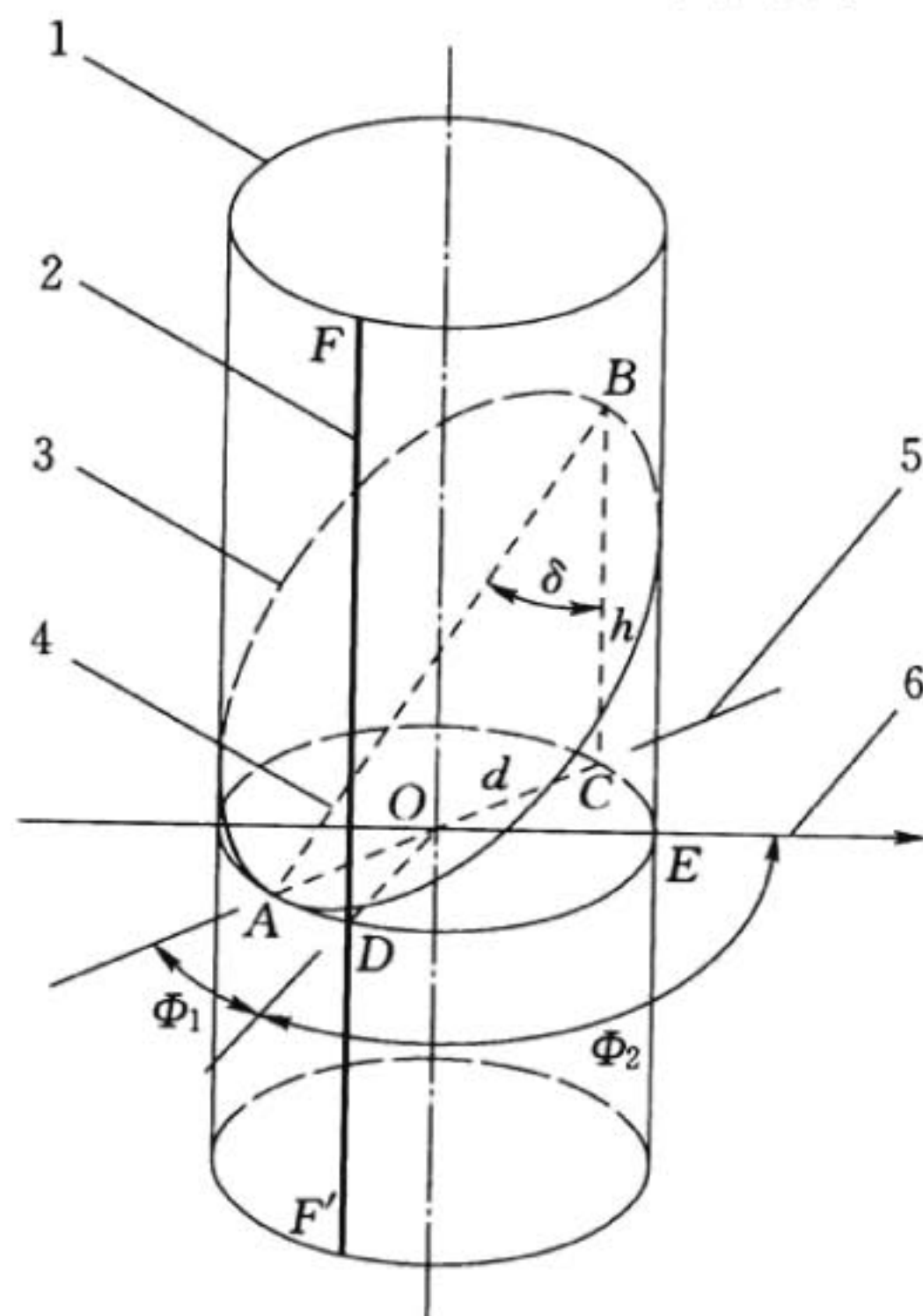


图 B.0.1 岩心定向参数测取

1—岩心；2—岩心刻痕线；3—岩心层面椭圆周线；4—岩心层面椭圆长轴；5—岩心层面椭圆长轴投影；6—钻孔方向投影

6 应在圆周线 ADECA 上, 用钢卷尺量取由刻痕与圆周线 ADECA 的交点 D 沿顺时针方向到 A 点的弧长 DA。

B. 0. 2 岩心定向参数的计算应符合下列规定:

1 钻孔遇层角 (δ) 可按下式计算:

$$\delta = \operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{d}{h} \right) \quad (\text{B. 0. 2 - 1})$$

式中 δ ——层面椭圆长轴与钻孔轴线的夹角 ($^{\circ}$);

d ——岩心直径 (mm);

h ——层面椭圆最高点 B 至圆周线 ADECA 的距离 BC (mm)。

2 Φ_1 应按下式计算:

$$\Phi_1 = \operatorname{tg}^{-1} \left[\frac{\operatorname{tg}(\alpha_k - \alpha)}{\cos \theta} \right] \quad (\text{B. 0. 2 - 2})$$

式中 Φ_1 ——在 ADECA 截面上, OD 线与 OA 线之间的夹角 ($^{\circ}$), O 为 ADECA 截面上圆心。

α_k ——刻痕方位角 ($^{\circ}$);

α ——方位角 ($^{\circ}$);

θ ——所测孔段的顶角 ($^{\circ}$), 当 $\theta < 10^{\circ}$ 时, $\Phi_1 \approx \alpha_k - \alpha$ 。

3 Φ_2 应按下式计算:

$$\Phi_2 = \frac{2 \overline{DA}}{d} \times \frac{180^{\circ}}{\pi} \quad (\text{B. 0. 2 - 3})$$

式中 Φ_2 ——在 ADECA 截面上, OD 线与 OE 线之间的夹角 ($^{\circ}$), O 为 ADECA 截面上圆心;

\overline{DA} ——在 ADECA 截面上圆周线 D 沿顺时针方向到 A 点的弧长 (mm)。

4 终点角 (Φ) 应按下式计算:

$$\Phi = \Phi_1 + \Phi_2 \quad (\text{B. 0. 2 - 4})$$

式中 Φ ——层面椭圆长轴在水平的投影与钻孔轴线在水平投影面的夹角。

附录C 钴探班报

表 C 钻探班报

钻机型号	_____	计划孔深	_____m		接班孔深	_____m	前班岩心编号尾数	_____
水泵型号	_____	机高	_____m		本班进尺	_____m	本班岩心编号尾数	_____
动力类型	_____	地距	_____m		交班孔深	_____m	原始记录编号	_____
				年	月	日	单位：m	

[illegible]

作业单位:

机长：

班长:

记录员:

附录 D 钻孔验收

表 D 钻孔验收

终孔坐标：X Y H 编号：

工程名称					钻孔位置					水上 <input type="checkbox"/> 岸上 <input type="checkbox"/> 洞内 <input type="checkbox"/>			
钻孔编号			计划孔深	m	终孔孔深			m	施工日期				
作业单位									验收日期				
钻孔主要目的及试验项目													
钻孔结构	孔径						下入	直径					
	深度						套管	深度					
覆盖层钻进深度						m	冲洗液种类/使用深度		/ m				
覆盖层分层情况和钻进特点													
基岩钻进深度						m	冲洗液种类/使用深度		/ m				
岩石名称及钻进特点													
压水试验		0~100m		100~200m		200~300m		>300m		其他试验			
(段、次)													
软弱夹层及地质界线取样状况													
孔内试验未成功及孔深变异的原因													
水文地质观测内容及完成情况													
地层名称		覆盖层		其中砂、砾卵石层				基岩		其中破碎带			
钻进深度 (m)													
岩心长度 (m)													
岩心采取率 (%)													
孔深误差				m		孔斜误差				终孔水位		m	
终孔处理情况													
原始记录质量简述		详细、完整				及时、准确				清晰、工整			
钻孔验收主要参加人员		勘探专业人员： 地质专业人员：											
勘探专业负责人验收意见		签字： 年 月 日											
地质专业负责人验收意见		签字： 年 月 日											

附录 E 钻孔质量评定

表 E 钻孔质量评定

终孔坐标：X

Y

H

编号：

工程名称					钻孔位置		钻孔编号	
设计孔深	m	终孔孔深	m		覆盖层厚	m	基岩进尺	m
作业单位			难度系数		开工日期		竣工日期	
1 岩心采取率 (满分 40 分)	地层种类	累计厚度	采取率	计分	说明			
	覆盖层							
	基岩							
	加权平均分							
2 岩心品质 (满分 10 分)	计分	说明						
	分							
3 水文地质观测 (满分 10 分)	计分	说明						
	分							
4 水文地质试验 及其他试验 (满分 30 分)	试验内容	试验次数	比分	计分	说明			
5 原始记录 (满分 10 分)	计分	说明						
	分							
6 孔斜误差	扣分	说明						
	分							
7 孔深误差	扣分	说明						
	分							
8 终孔处理	扣分	说明						
	分							
专门性 目的钻孔 (满分 100 分)	计分	目的：						
	分	完成情况：						
综评总分		分		质量等级				
勘探专业负责人意见：					地质专业负责人意见：			
年 月 日					年 月 日			

附录 F 钻探质量评定

F.1 钻探质量评定项目分值与等级

F.1.1 钻探质量评定应根据岩心（样）采取率、岩心（样）品质、水文地质观测、孔内试验与测试、原始记录等项目进行综合评定，各评定项目分值宜符合表 F.1.1 的规定。

表 F.1.1 各评定项目分值

评定项目	岩心（样）采取率	岩心（样）品质	水文地质观测	孔内试验与测试	原始记录
分值	40	10	10	30	10

注：1 表中评定项目无质量要求的钻孔，该项分值应按比例分摊至其余评定项目中。

2 特殊地质条件的专门性钻孔，专门性目的对应的评定项目分值按 100 分计算。

F.1.2 钻探质量等级与分值应符合表 F.1.2 的规定。

表 F.1.2 钻探质量等级与分值

评定项目		质 量 等 级			
岩心（样） 采取率	地层情况	优	良	合格	不合格
	完整岩层	40~38	37~32	31~24	<24
	软弱夹层、破碎岩层、滑动带	40~34	33~28	27~22	<22
	松散地层	40~36	35~28	27~24	<24
	土层	40~36	35~30	29~24	<24
岩心（样）品质		10~9	8~7	6	<6
水文地质观测		10~9	8~7	6	<6

续表 F.1.2

评定项目	质 量 等 级			
孔内试验与测试	30~27	26~22	21~18	<18
原始记录	10~9	8~7	6	<6
孔深误差	0	-1	-2	-3
孔斜误差	0	-1	-2	-3
终孔处理	0	-1	-2	-3

注：孔深误差、孔斜误差、终孔处理未达到相应的等级要求，从各评定项目得分中扣除。

F.2 钻探质量评定项目评分

F.2.1 岩心（样）采取率的评定得分应符合下列规定：

1 岩心（样）采取率的评定得分应按下式计算：

$$n=40k \quad (\text{F.2.1})$$

式中 n ——岩心（样）采取率项目评定得分（分）；

k ——岩心（样）采取率；松散地层中，清水钻进、泥浆钻进时，岩心（样）采取率用相对岩心（样）采取率，相对岩心（样）采取率为实际岩心（样）采取率除以 0.85；植物胶钻进时按实际岩心采取率计算。

2 全孔有多类不同岩层时，应按加权平均法评定得分。

F.2.2 岩心（样）品质应包括原始结构、软弱夹层、接触界面、岩溶界线，是否有选择性磨蚀、对磨、冲蚀、顺序颠倒，岩心（样）品质评分应符合表 F.2.2 的规定。

表 F.2.2 岩心（样）品质评分

序号	岩心（样）品质	得分
1	全孔岩心（样）品质优	10~9
2	全孔岩心（样）品质良好，仅有少量回次较差	8~7

续表 F. 2. 2

序号	岩心（样）品质	得分
3	全孔岩心（样）中，有 10% 的回次岩心（样）品质较差	6
4	全孔岩心（样）中，有 20% 的回次岩心（样）品质较差	<6

注：松散地层植物胶金刚石钻探取样的钻孔，以圆柱状岩心（样）所占比例为评分依据，圆柱状岩心（样）达到 60% 按满分计算。

F. 2. 3 水文地质观测的内容应包括各含水层的初见水位、稳定水位、承压水顶底板深度、承压水水头、单位涌水量的测量、起下钻水位，水文地质观测评分应符合表 F. 2. 3 的规定。

表 F. 2. 3 水文地质观测评分

序号	水文地质观测成果	得分
1	查明	10~9
2	基本查明	8~7
3	基本查明，但有个别缺项	6
4	未查明，或缺项较多	<6

F. 2. 4 孔内试验与测试宜包括抽水、注水、压水试验以及动力触探、静力触探和标准贯入试验，孔内试验与测试评分应符合表 F. 2. 4 的规定。

表 F. 2. 4 孔内试验与测试评分

序号	孔内试验与测试成果	得分
1	符合规程和任务书要求，数据准确，无漏试孔段	30~27
2	基本符合规程和任务书要求，数据准确无原则性差错，因钻探措施不力而造成的漏试孔段不大于试验段的 10%	26~22
3	基本符合规程和任务书要求，数据有少量差错或涂改，或因钻探措施不力而造成的漏试孔段不大于试验段的 10%~20%	21~18
4	有 20% 以上成果基本符合任务书和规范要求，且数据混乱或涂改较多，漏试孔段达 20% 以上	<18

注：1 常规抽水试验，每段试验成功三点按满分计分；成功一点计分 80%。试验不成功者，不得分。

2 一个钻孔中，有两种及以上的试验时，按照试验的主次，确定比分。

F.2.5 原始记录宜包括钻探班报、孔内试验与测试记录、岩心编号、岩心箱编号及岩心牌等现场原始记录，原始记录评分应符合表 F.2.5 的规定。

表 F.2.5 原始记录评分

序号	原始记录状况	得分
1	填写详细、及时、准确、清晰、工整，但仅有少量非原则性差错	10~9
2	填写及时、较详细、较清晰，但有漏记个别重要地质现象（如掉块、掉钻、漏水、涌水等），孔内试验或测试记录有少量的涂改，岩心编录无漏号、重号、放置无颠倒，岩心牌填写内容较齐全，岩心编号正确	8~7
3	填写较马虎，一般性数据错误、漏记较多，岩心编录无重大错误	6
4	记录较混乱，涂改较多，重要地质现象漏记较多，岩心编录差错较多	<6
5	不在现场及时完成，事后补填	0

F.2.6 孔斜超过规定值后，每超过 1° ，应从综合评定总分中扣 1 分。

F.2.7 孔深误差超过规定值后，每增加孔深的 0.1%，应从钻孔综合评定总分中扣 1 分。

F.2.8 终孔处理宜包括封孔和长观管安装，未按规定处理的应从综合评定总分中扣分，终孔处理评分应符合表 F.2.8 的规定。

表 F.2.8 终孔处理评分

序号	终孔处理状况	得分
1	不要求终孔处理或按照任务书要求进行了终孔处理的钻孔，达到规程及任务书要求的，记录详细	0
2	基本达到规程及任务书要求的，记录欠详细	-1
3	达到规程及任务书要求的，记录简单，稍有错误	-2
4	未按任务书及规程要求进行，且记录混乱	-3

F.3 钻探质量综合评定

F.3.1 钻孔难度系数宜设置为 1.00、1.05，并宜符合表 F.3.1 的规定。

表 F.3.1 钻孔难度系数

序号	钻 孔 情 况	难度系数
1	覆盖层深度 40m 以内，没有严重架空现象，孔深不超过 150m，仅有压水试验，基岩没有严重的破碎带者	1.00
2	全孔基岩，孔深 200m 以内，岩石完整，仅有压水试验	
3	覆盖层深度 40m 以上，有严重架空现象或漏失	1.05
4	覆盖层深度 40m 以上，孔深 100m 以上；有抽水、压水试验	
5	全孔基岩，孔深 100m 以上，严重破碎及漏失的钻孔	
6	全孔基岩，孔深 200m 以上，有水文地质试验和较严重破碎岩层	

F.3.2 各评定项目得分之和为钻孔初评总分，钻孔初评总分乘以难度系数为综评总分，钻孔综评总分超出 100 分时，按 100 分计。应根据钻孔综评总分确定质量等级，钻探质量等级与综评总分应符合表 F.3.2 的规定。

表 F.3.2 钻探质量等级与综评总分

质量等级	优	良	合格	不合格
综合评定总分 N	$N \geq 90$	$90 > N \geq 75$	$75 > N \geq 60$	$N < 60$

F.3.3 钻探质量等级降级处理应符合下列要求：

1 当钻孔综评总分达到本规程表 F.3.2 的规定分值，但主要目的有一项未达到表 F.1.2 规定的对应等级时，钻孔质量等级应降低一级。

2 钻孔因事故或其他主观因素未达到计划孔深，根据对钻孔目的影响的大小，应在综评总分中扣除 5 分～10 分，或降低

一级。

3 根据表 F. 1. 2 的规定，岩心采取率、岩心品质、水文观测与试验均不合格者，钻探质量评定等级为不合格。

F. 3. 4 采取补救措施的钻孔，宜对补救钻孔质量等级重新评定。

本规程用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准执行的写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950
- 《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 18376.2
- 《水电工程覆盖层钻探技术规程》NB/T 35066
- 《水电工程钻孔土工原位测试规程》NB/T 35102
- 《水电工程钻孔抽水试验规程》NB/T 35103
- 《水电工程钻孔注水试验规程》NB/T 35104
- 《水电工程钻孔压水试验规程》NB/T 35113

中华人民共和国能源行业标准

水电工程钻探规程

Specification for Drilling Exploration of Hydropower Projects

NB/T 35115—2018

代替 DL/T 5013—2005

条文说明

修 订 说 明

《水电工程钻探规程》NB/T 35115—2018，经国家能源局2018年4月3日以第4号公告批准发布。

本规程是在《水电水利工程钻探规程》DL/T 5013—2005的基础上修订而成，上一版的主编单位为中国水电顾问集团成都勘测设计研究院，主要起草人是：谢北成、张道云、徐键、赖寒、吴锡贤、费大勇、黄猛、段文钰、朴苓。

本标准修订过程中，编制组进行了广泛调研和详细分析，总结了我国水电水利工程钻探实践经验，调整了原规程的章节结构，增加、修订和删除了相应的技术内容。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《水电工程钻探规程》编制组按章、节、条顺序编制了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与规程正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 录

3 基本规定..... 89

4 准备工作..... 91

4.1 作业计划 91

4.2 设备与机具选择 91

4.3 钻头分类与选择 92

4.4 现场准备 94

5 钻探工艺和方法..... 96

5.1 回转钻进 96

5.2 冲击钻进 98

5.3 冲击回转钻进 98

5.4 绳索取心钻进 99

5.5 定向钻进 101

5.6 大口径钻进 103

6 水上钻探 105

6.1 一般规定 105

6.2 漂浮钻场 105

6.3 桁架钻场 106

6.4 冰上钻探 107

6.5 近海钻探 108

7 冲洗介质和护壁堵漏 109

7.1 冲洗介质 109

7.2 护壁堵漏 110

8 取心与取样 114

8.1 取心 114

8.2 取样 119

NB/T 35115—2018

8.3 岩心（样）保护	122
9 孔内试验与测试	123
9.1 水文地质观测	123
9.2 水文地质试验	123
10 孔内事故预防和处理	124
10.1 孔内事故预防	124
11 验收与质量评定	125
11.1 钻探质量	125
11.2 钻探验收	126
12 安全生产	127
12.1 一般规定	127
12.2 钻场安全规定	127
12.3 钻进过程安全规定	127
12.4 水上钻探安全规定	128
附录 A 岩石可钻性分级	129
附录 F 钻探质量评定	130

3 基本规定

3.0.1 地质要求或期望的孔深能否实现依赖事前钻探作业计划与现场实施，钻探作业计划的任务之一就是明确孔身结构。孔深与孔径变化是相互影响的，一般来讲，孔浅，孔径变化少；孔深，孔径变化多。

多年来，水电工程钻探既采用地质岩心钻探公称口径系列，也采用冶金钻探公称口径系列。水电工程钻探以钢粒钻进、合金钻进为主时期，由于受钻探技术的限制及套管护壁的需要，钻孔口径较大，主要为 223、175、150、130、110、91、76mm；随着金刚石钻进技术日益广泛使用，钻孔口径逐渐向小口径方向发展，一度以 91、76、56mm 为主；在岩土体物理力学性能测试孔中，也曾使用 46、30mm 的口径。近年来，在使用便携式钻机在料场及堤防勘探中查明浅部地层的情况时，其钻孔口径仅 25.4mm。20 世纪 80 年代以来，结合水电工程覆盖层钻探特点，成都院开展了数次科研工作，形成钻孔口径为 130、110、94、77mm 系列，在砂卵石层及基岩软弱层钻探中取得了显著效果，已在水电水利、工业与民用建筑等勘察领域广泛应用，自成一套钻孔口径系列。

根据现行国家标准《地质岩心钻探规程》DZ/T 0227—2010 及《地质岩心钻探钻具》GB/T 1690—2014 的规定，钻孔公称口径系列为 30、38、48、60、76、96、122、150mm。为了统一钻孔公称口径，结合水电工程钻探实践现状，将口径 91mm、94mm 归集于公称口径 96mm，将口径 76、77mm 归集于公称口径 76mm，将口径 56mm 归集于公称口径 60mm，保留水电水利工程钻探广泛使用的口径 110、130mm，形成水电工程钻探公称口径系列为：30、38、48、60、76、96、110、122、130、150、

175、200mm 共 12 个口径，作为水电工程钻孔公称口径基本系列。

作为复杂地层，尤其是复杂覆盖层，因有其特殊性，其钻孔口径还要参照现行行业标准《水电工程覆盖层钻探技术规程》NB/T 35066—2015 的有关规定确定。

3.0.2 钻孔深度分级的目的在于统一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。

3.0.3 钻进方法的分类多种多样。按破岩工具分为钢粒钻进、合金钻进、金刚石钻进、金刚石复合片钻进和牙轮钻进；按机械破碎地层方式分为回转钻进、冲击钻进、冲击回转钻进；按取心钻具不同可分为单管钻进、双管钻进及三重管钻进；按采取岩心的方式分为提钻取心、绳索取心、反循环连续取心取样等；按冲洗介质分为清水钻进、泥浆钻进、空气钻进等；按冲洗介质循环方式分为正循环钻进、反循环钻进、孔底局部反循环钻进；特殊钻进如：冲抓锥钻进、大口径钻进、定向钻进等。根据不同的分类方式进行组合，形成不同的钻进方法，如：金刚石回转钻进、金刚石双管单动回转钻进、金刚石冲击绳索取心钻进等。本规程按机械破碎地层方式分为回转钻进、冲击钻进、冲击回转钻进三类，目的在于简化明晰。修订原地质结构特点为地层特点。

钻进方法的选择是钻探作业计划的重要内容之一。钻进方法是否科学合理：一看是否满足地质任务书的基本要求；二看是否充分考虑钻进效率与钻探成本。

3.0.5 勘探单位是具有独立法人资格的组织，作业单位为直接从事钻探作业的主体。为劳动者配备必要的劳动防护用品，是国家劳动法及职业健康安全管理体系的基本规定。

3.0.6 鉴于以往钻探作业时，发生过牲畜误食废弃冲洗液死亡和废弃柴油、机油污染农田的环境影响事件，故新增本条内容。

4 准备工作

4.1 作业计划

4.1.1 编制钻探作业计划的目的是加强钻探作业的计划性、科学性、针对性、适宜性，一批次钻探任务相应制定一作业计划；一批次钻探任务中有特深、超深、定向钻进、超深覆盖层、水上钻探等钻孔的，则在作业计划的基础上编制专项作业方案；若该批次钻探任务中仅有特深、超深、定向钻进、超深覆盖层、水上钻探等钻孔的，用专项作业方案代替该批次作业计划。

特深、超深、定向钻进、超深覆盖层、水上钻探等钻孔作业难度大、风险高，要求操作人员技术高，需配备专用设备，故要编制专项作业方案。专项作业方案内容包括：钻探目的、质量标准、钻场设计、钻孔结构、钻进工艺、专用设备及附属机具选择、护壁堵漏措施、工期计划、孔内事故预防及处理措施等。

4.1.2 作业计划要根据地质任务书要求及勘探单位实际情况增加或减少相关的内容，以增强作业计划的针对性和实用性。

4.1.4 技术交底是作业计划及专项作业方案成功实施的重要基础工作，技术交底时要明确钻探的目的和要求，明确钻孔结构、难点、重点、工期及质量要求，明确安全防护措施，明确环境保护措施等。

4.2 设备与机具选择

4.2.1 钻探设备主要包括：钻机、水泵（或空压机）、钻塔、动力机、冲洗液制备设备、钻进参数检测仪表和附属设备等。

4.2.2 水电工程钻探常用的回转钻机为立轴式地质岩心钻机，其规格型号根据钻孔深度、钻进方法选择。全液压动力头钻机动

力头能沿桅杆移动，导向性较好，给进行程长，便于钻进过程中增减钻杆；由于环境条件苛刻、恶劣，便携式全液压动力头钻机以其适应能力强、搬迁转运便利，越来越受到欢迎；声波钻机作为全液压动力头钻机的一种，利用高频振动回转钻进，其钻进速度快，也逐渐应用于作业环境许可的勘探项目中。

4.2.4 为了利于钻机运转稳定、方便安装与拆卸、减少材料消耗，孔深 200m 以内的钻孔在条件允许的情况下尽可能采用与钻机组装成一体的随机钻架。

4.2.7 金刚石钻进选用扭矩、升降能力足够、变速范围大的液压钻机是为了钻进时稳定性好；配备压力表、转速表、扭矩表的目的是便于观测钻进参数情况；采用电力驱动是为了实现低噪声、仪表化和自动化。使用变量泵调节泵量是为了泵量稳定，也便于通过压力表监测管路故障（堵塞或破裂）。配备小型搅拌机是为了满足采用低固相泥浆和植物胶冲洗液的需要。

为满足压水试验的需要，推荐使用强度高、不泄漏的锥度钻杆接手。

4.3 钻头分类与选择

4.3.1 钻头的形式多种多样，结构各异，种类繁多，为了便于选择使用，参照《地质钻探手册》（中南大学出版社，2014）按照常用分类方法对钻头进行了分类。

4.3.2 目前，金刚石钻头品种、规格繁多，选择时应注意厂家说明。金刚石品级越高，浓度越低，底刃金刚石承受压力越大，故选择时应考虑金刚石的品级和浓度；表镶金刚石钻头对胎体无特殊要求，孕镶金刚石钻头的金刚石需要保持自锐和更新，故选择的金刚石品级、胎体硬度和耐磨性与岩层的特性相适应。参照《地质钻探手册》（中南大学出版社，2014），增加了“硬质合金取心钻头”和“金刚石钻头”选择的内容。

4.3.3 根据现行国家标准《钻探用无缝钢管》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。

关于钻头规格，在《水利水电工程钻探工具图册》（能源部水利部水利水电规划总院、东北勘测设计院）中，规定了水电工程钻探常用钻头的规格与相应的尺寸，用于金刚石钻进的无论单管钻具还是双管钻具，主要有 46、59、75、91mm 四种直径的钻头，用于合金回转钻进的钻头直径有 59、75、91、110、130、150mm，用于水文工程大口径钻进的钻头直径有 180、225、250、280、332、430mm。覆盖层砂卵石用钻头直径还有 77、94mm 两个规格。本次修订中依据《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950—2014 的规定，分为普通钻头和绳索取心钻头，绳索取心钻头在相关章节介绍，普通钻头包括单管钻头和双管钻头，钻头直径统一为 30、38、48、60、76、96、110、122、130、150、175、200mm。

为便于新旧钻头对照使用，新旧钻头对照如表 4 - 1 所示。

表 4 - 1 新旧钻头对照表 (mm)

钻头新规格		旧钻头直径
规格代号	直径	
R	30	—
E	38	36
A	48	46
B	60	56/59/60
N	76	75/76/77 (SD 系列)
H	96	91/94 (SD 系列) /95
—	110	110
P	122	122
—	130	130/133
S	150	146/150
U	175	172/178
Z	200	200

参照《地质钻探手册》（中南大学出版社，2014），对“表 4.3.3-1 硬质合金镶焊数量”“表 4.3.3-2 硬质合金镶嵌角及刃尖角”及“表 4.3.3-3 硬质合金钻头切削具出刃量”中的钻头直径进行了调整。

4.3.4 金刚石复合片（又称 PDC），近年来在石油钻井和地质勘探中得到广泛应用。它比硬质合金钻头的使用寿命高出数十倍，时效提高 50% 以上。

结合近几年水电钻探常用的口径和勘探技术的发展趋势，对钻头口径系列进行了补充和调整。对普通单管钻头、双管钻头增加了 30、38、48、175、200mm 五种口径规格。同时，为保持与公称口径的一致性，将原 75、95mm 两种直径调整为 76、96mm。

目前正在使用的金刚石复合片钻头的规格还包括 110mm、130mm 两种口径，由于这两种规格其他行业应用极少，水电钻探中需用时，联系生产单位定制，制作规格不统一，故在表中未列出。

4.4 现场准备

4.4.1 水电工程钻探钻孔位置分为陆地、水上两类，陆地按地形分为平缓地区、陡峭地区。钻孔定位是通过钻孔测放来实现，陆地平缓地区可一次性实现测放至地质提供的钻孔坐标位置；陆地陡峭地区及水上孔位的测放，根据便道修筑及水上钻场搭建工作推进，需多次测放，直至测放至地质提供的钻孔坐标位置为止。

4.4.2 钻场分为陆地钻场和水上钻场。水上钻场是水电钻探的特点，涉及情况复杂多样，在本规程第 6 章中规定。陆地钻场次分为露天钻场和洞内钻场，并分别作了相应的规定；调整了“洞内钻场”规格是为了提供洞内钻探基本的作业条件。

水电水利钻探以前多用清水做冲洗液，一般不重复使用；目

前普遍使用乳化冲洗液、低固相泥浆或无固相冲洗液，要在钻场内设置冲洗液循环系统。

4.4.4 汲取以往的事故教训，增加“整体搬迁轻型钻架，只限在平坦地区，并不得在高压电线、光缆下进行。”

4.4.6 开孔是保证正常钻进的基础。由于开孔不符合要求往往引起质量和孔内事故。开孔作业注意事项如下：

- 1 孔口管下至较完整的地层。
- 2 孔口管下正，使上部与下部套管（孔口管）之间保持同心。
- 3 孔口管下端封固，使回水正常、水文观测资料准确和套管不致于松动。
- 4 下入孔内的套管（孔口管），丝扣用松香或粘结剂粘牢上紧。

4.4.7 管脚止水的目的是隔离上部含水层，防止地表水流入钻孔和冲洗液的漏失，其常用方法如下：

- 1 黏土止水：适用于干孔。为提高止水效果，可掺入膨胀材料。作业时，将泥球投入孔底，捣实后打入套管即可。
- 2 水泥止水：效果好，但待凝时间长。作业时，用导浆管将灰水比为 0.5 : 1 的水泥浆注入孔底，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：利用管靴斜面挤压套在其外的胶塞使之膨胀而达到止水的目的。作业时，先采用导向钻具用小一级的孔径钻进一定深度后再下管止水。

5 钻探工艺和方法

5.1 回转钻进

I 硬质合金钻进

5.1.1 表 5.1.1-1 硬质合金钻进钻压、表 5.1.1-2 硬质合金钻进转速和表 5.1.1-3 硬质合金钻进冲洗液量在原规程的基础上，参照《地质工程钻探工艺与技术》（中南大学出版社，2008）进行了修订。

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：

$$v = \frac{\pi D n}{60} \quad (5-1)$$

式中 v ——钻头切削具的线速度（m/s）；

n ——钻头每分钟转速（r/min）；

D ——钻头直径（m）。

线速度（ v ）直接反映了切削具运动的快慢，消除了钻头直径大小的因素，是一个经验取值。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，随着金刚石钻进的普遍应用，这类岩层均采用钻进效率更高的金刚石钻进。

II 金刚石钻进

5.1.3 金刚石钻进技术参数主要包括钻压、转速、泵量，它们既独立又互相联系，操作中要综合考虑地层情况、钻进设备、机具等因素，做到统筹兼顾，才能达到良好的钻进效果。动力一定时，一般首先保证钻压，然后再调整转速；振动增加功耗、加剧

钻头磨损、降低取心质量，故常常通过调整钻压和转速加以控制。在加大钻压和转速时为改善排粉效果需要增大泵量，其他条件不变时，增大泵量就会增大泵压，在实际钻探作业中，二者均应保持在一定的范围，这需调整它们之间的影响因素（主要包括钻具结构、钻头水口的数量与大小、扩孔器的形状与规格等）来满足。

1 钻压大可获得较高的钻进效率，钻进坚硬完整岩层常采用较大钻压；水电水利工程钻探浅孔较多，采用的多为轻型钻机，钻压过大往往会将钻机顶起，故要根据实际情况，采取脚架压住钻场等措施以便加大钻压。钻进过程中，随金刚石的磨损逐渐加大钻压；孕镶钻头按单位面积与钻进岩性确定钻压；在钻探作业中根据实际情况对照表 5.1.3-1 规定的钻压值调整使用。

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；计算钻压还要考虑钻压损失，如钻杆因挠曲在孔壁摩擦，每 100m 损失约 500N，在孔深 30m 以内的冲洗液反作用力约 1000N。

2 转速通常按钻头线速度换算，表镶金刚石线速度为 1.0m/s~2.0m/s，孕镶金刚石线速度为 1.5m/s~3.0m/s。

3 泵量与泵压的选择主要考虑排粉及冷却的需要。水口过水面积影响排粉和冷却金刚石钻头的效果，故钻头水口高度保持 3mm 左右。

5.1.5 扩孔器起保径、扩孔和扶正的作用，对侧刃有较高的耐磨性要求。扩孔器的保径作用使新更换的钻头能顺利地下到孔底，扩孔器的扩孔作用增大了钻具与孔壁之间的过水断面、减少提钻抽吸力、有利于孔壁稳定，故扩孔器要比钻头直径大 0.3mm~0.5mm（在破碎岩层中，扩孔器直径要加大至 1.0mm）。扩孔器的寿命一般是钻头的 3 倍以上。

5.1.6 采用润滑性能良好的冲洗液是为了钻进过程中起到减阻、减振的作用，是金刚石钻进必不可少的手段。

5.1.8 选用金刚石品级高、浓度低、唇面积小的钻头和提高钻压等措施，是为了增大金刚石底刃面对岩石的作用力。

选用胎体硬度较低的钻头、减少冲洗液量或在冲洗液中加入研磨料、采用砂轮打磨使金刚石出刃锐等措施，目的是提高金刚石的自锐性。

改变切削具破碎岩石的方式，充分利用岩石抗压而不抗冲击的特性采用冲击回转钻进，常常可以取得较好的效果。

5.2 冲击钻进

5.2.1 打入取样冲击钻进多用于地下水丰富的地层，分为孔口击入法与孔底击入法两种。孔底击入法是用钢丝绳提动冲击钻杆打击取样筒进行，其优点是辅助时间少、装备简单，多用于浅孔。

5.2.2 带止逆阀钻具打（压）入取样冲击钻进能用于地下水位以下地层、流砂质地层中钻进。在流砂和淤泥层中采用平底阀；在砂层中采用能自动张开和合拢的弹簧片阀；在容易液化的地层中钻进时，采用静压法取样钻进。

5.3 冲击回转钻进

5.3.1 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。

5.3.2 可钻性级别 5 级～7 级岩层选用硬质合金钻头。可钻性级别 9 级～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。

5.4 绳索取心钻进

5.4.1 绳索取心金刚石钻头、扩孔器的选择使用原则如下：

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。

2 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。

5.4.2 地矿行业常用的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具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，要符合国家现行标准《地质岩心钻探钻具》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。

5.4.3 内管总成通过中空钻杆安装就位，内管总成的卡簧与钻头内台阶之间要保持合理距离，以确保卡簧座就位钻头内台阶上卡断岩心。

5.4.4 外管总成组装前要检查外管的平直度，在所有螺纹连接

部位要先涂抹润滑油再拧紧。

5.4.5 内管总成组装时要拧紧各连接部位，组装完成要检查卡簧座、内管与内管总成之间要同轴度，弹性销开口方向要一致，弹卡要灵活；其中到位报信机构工作弹簧预压力按钻孔深度进行调节。

5.4.6 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。

5.4.7 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。

5.4.8 绳索取心钻杆的日常维护内容包括：下入孔内的钻杆要拧紧，不用普通管子钳拆卸，不用铁锤敲打钻杆，钻进过程中不要盲目加压，钻杆与套管之间不要间隙过大等等。

5.4.9 随着绳索取心使用规格的不断増加，钻进技术参数选择参照《地质岩心钻探规程》DZ/T 0227—2010。

5.4.10 绳索取心钻进，内管到位报讯十分重要，目前主要通过泵压变化来鉴别。内管到位时通常会产生 0.7MPa~1.0MPa 的泵压增值。

一般情况下，内管总成安装就位是通过中空钻杆由内管自重或开泵水压送到钻具内；当孔内无水或地下水位很低时，要通过打捞器把内管总成送入孔内，或者孔内先送水再投放内管总成，主要目的是防止内管总成自由下落至孔底时，因速度过快，冲击力过大造成破坏总成。

打捞器投放前要先扭断岩心，打捞器投放速度要均匀，当听到轻微的撞击声后，再开动绳索取心绞车，缓慢提升钢丝绳。

5.4.11 绳索取心钻孔压水试验，优先选用不起钻栓塞，以减少起下钻工序和提高钻进工效。

5.4.12 在易坍塌破碎岩层中钻进时，为减少起钻时对孔壁的抽吸作用，在起出钻具前，要先捞出岩心。

5.5 定向钻进

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”。

5.5.1~5.5.4 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。

5.5.5 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。

5.5.6 非磁性地层一般选用磁感应式测斜仪，如单点测斜仪、多点测斜仪、随钻测斜仪等；磁性地层则选择不受磁场干扰的测斜仪，如陀螺测斜仪、光电测斜仪、应变片式测斜仪等。使用偏心楔或钻杆驱动连续造斜器进行孔内定向时，一般采用单点定向仪，且只有在钻孔顶角不小于 3° 时才能使用。

5.5.7 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，另一边则与孔壁接触。

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 5-1 所示。

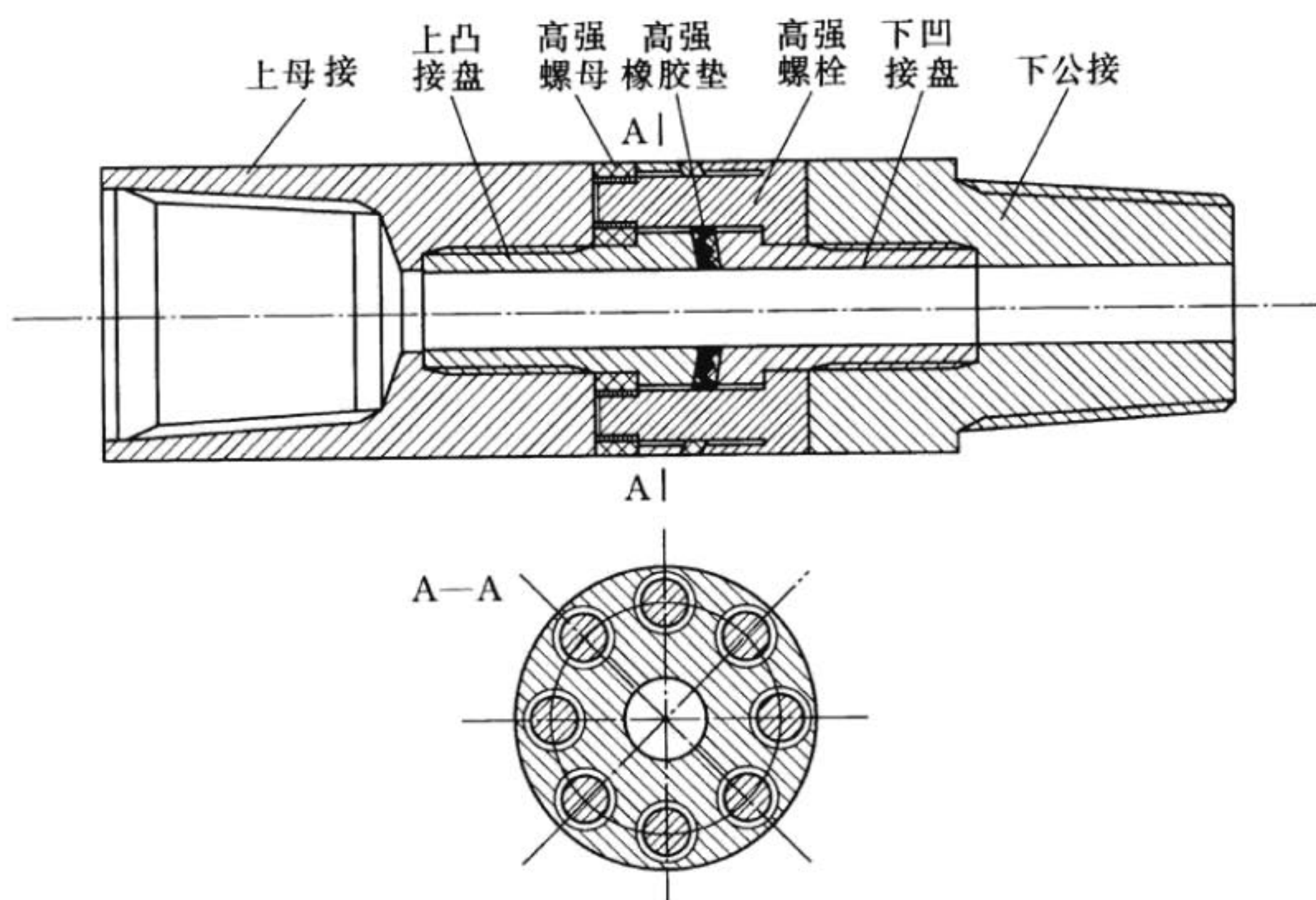


图 5-1 弹性钻杆结构示意图

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。

5.5.8 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、方位角值经过计算求得的。一般是将钻孔轴线分成若

干直线或曲线段，求得各测段的垂直深度和水平位移，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几种，相应的计算公式可以参照《地质钻探手册》（中南大学出版社出版，2014），并可以利用计算机中的 Excel 软件输入公式进行计算。

5.6 大口径钻进

I 一般规定

5.6.1 旋挖钻进因钻机自动化、机械化程度高，施工现场移位灵活方便，施工效率高，是近几年在工程施工中应用较广的大口径钻进。在交通方便的水电工程土料场的勘探施工中，对于要求土料取样量大，且用常规钻探方法无法达到要求时，可使用旋挖钻进的方法进行钻孔取样。

II 大口径金刚石钻进

5.6.4 大口径金刚石钻进钻孔口径有 426、529、630、720 及 850mm，因大口径钻孔主要是供地质人员下孔观测，故推荐了 630、720 及 850mm 三种规格的孔径。

5.6.6 单位压力是指钻头底唇面承受的压强，一般采用压强为 18MPa~20MPa。

III 旋挖钻进

旋挖钻进取样的机理与回转钻进的正、反循环取样不同，前者是通过钻斗提升心样，后者是通过冲洗液循环带出心样。旋挖钻进要控制固相含量，提高黏度，防止快速沉淀，还要控制终孔前两钻斗的旋挖量，成孔深度达到设计要求后，尽快进行终孔验收、钻机移位工作。

旋挖钻进成孔前要检查钻头保径装置、钻头直径、钻头磨损情况，钻进过程中对磨损超标的钻头要及时更换。根据土层情况

正确选择钻斗底部切削齿的形状、规格和角度。钻机就位时，要保持平整、稳固，不发生倾斜。钻进成孔过程中，根据地层、孔深变化，合理选择钻进参数，及时调制泥浆，保证成孔质量。

5.6.10 根据护筒标高、孔口标高及孔深，计算出孔底标高，以便钻孔时控制。

5.6.11 钻进过程中要控制钻头在孔内的升降速度，防止因浆液对孔壁的冲刷及负压而导致孔壁坍塌。在进入砂层和卵石层时，要适当减慢钻进速度，提高泥浆的黏度，缩短回次进尺，保证孔壁稳定。钻进达到设计孔深停钻后，要注意保持孔内泥浆的液面高度。

5.6.12 旋挖钻进中根据地质情况控制钻进速度的常用方法是：由硬地层钻到软地层时，要适当加快钻进速度；当软地层变为硬地层时，要减速慢进；在易缩径的地层中，要适当增加扫孔次数，防止缩径；对硬塑层要采用快转速钻进，以提高钻进效率；砂层则要采用慢转速慢钻进并适当增加泥浆比重和黏度；如出现卵石层，对于粒径较小的卵石层采用斗式钻头慢速钻进，粒径较大的卵石层采用锥形螺旋钻头钻进后更换斗式钻头清渣，对于深度较浅的卵石层采取人工直接开挖的方法穿过该层后改用旋挖钻机钻进的方法。

6 水上钻探

6.1 一般规定

6.1.1 本规程所指的近海平台为自升式平台。随着海上工程钻探装备和方法的技术进步，当前在江苏沿海水深 10m~30m 范围的海上风电场钻探中，采用了一些桩腿 50m 左右的自升式平台进行钻探作业，该自升式平台基本满足了水深 30m 以内的近海工程钻探，因此将适应水深从小于 10m 调整为水深小于等于 30m。

原规程的竹木筏钻场取材困难，索桥架空钻场成本高昂，在水电工程钻探中多年未使用，本次修订时予以删除；油桶归并于浮箱（筒）漂浮钻场。

6.2 漂浮钻场

6.2.1 漂浮钻场一般有船舶和浮箱（筒）钻场。多用于大江、大河水域或近海钻探作业，同一水域可移动重复使用多次，缺点是体积庞大，工地进出场搬迁困难。

漂浮钻场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、潮汐、风浪、水流速度等情况，再按照经济、适用、安全的原则确定。

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。工作负荷包括船上设备材料自重、钻机卷扬的提升力和给进油缸的动荷载。

在大江、大河及近海钻探中，采用单船的情况越来越多。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，故选择大吨位船舶。

6.2.2 锚绳常用钢丝绳的破断力如表 6-1 所示。

表 6-1 钢丝绳的破断拉力

钢丝绳直径 (mm)	破断拉力 (kN)
18.5	176.4~252.4
20.0	207.3~296.0
25.0	314.1~448.8
38.0	774.4~1058.4

在大江、大河及近海钻探中，由于单船的使用，吨位较大，为增强钻探船的稳定性，用于主锚的钢丝绳直径需增大，长度需加长。

6.2.4 浮箱（筒）钻场包括浮箱钻场和浮筒钻场，浮筒钻场通常采用油桶制作而成。常用的油桶规格为：直径 600mm，高度 900mm，容积 220L，油桶自身重量 30kg，单只油桶浮力 190kg。

钻场荷载重量主要考虑钻机、水泵、发电机、搅拌机等及其动力机（相应规格的柴油机），还要考虑脚架、钻杆、套管、钻具、压水器材、工具、枕木、木板、浆材、循环浆液、作业人员及其他。另外还需考虑制作钻场材料的重量。通常孔深 150m 以内的钻孔，以上重量约 4t，再考虑 4 倍安全系数计算所需油桶数量约 80 个~90 个。结构型式：纵向有 8 排油桶，每排 10 个。1 排~4 排及 5 排~8 排并联在一起，第 4 排与第 5 排之间空出 0.5m~1.0m 的距离，像双船一样，中间留出钻孔位置，便于撤离油桶筏。在迎水面上，每 4 排并联的前面横排 3 个桶，共 6 个桶，如图 6-1 所示。油桶钻场绑扎连成一体后，长约 10m、宽约 6m，面积约 60m²。

6.3 桁架钻场

6.3.1~6.3.2 桁架钻场机动性和适应性比较好，既能用于陆地，也能用于浅水和海滨，同样适用于构筑钻场与彼岸相连的桥

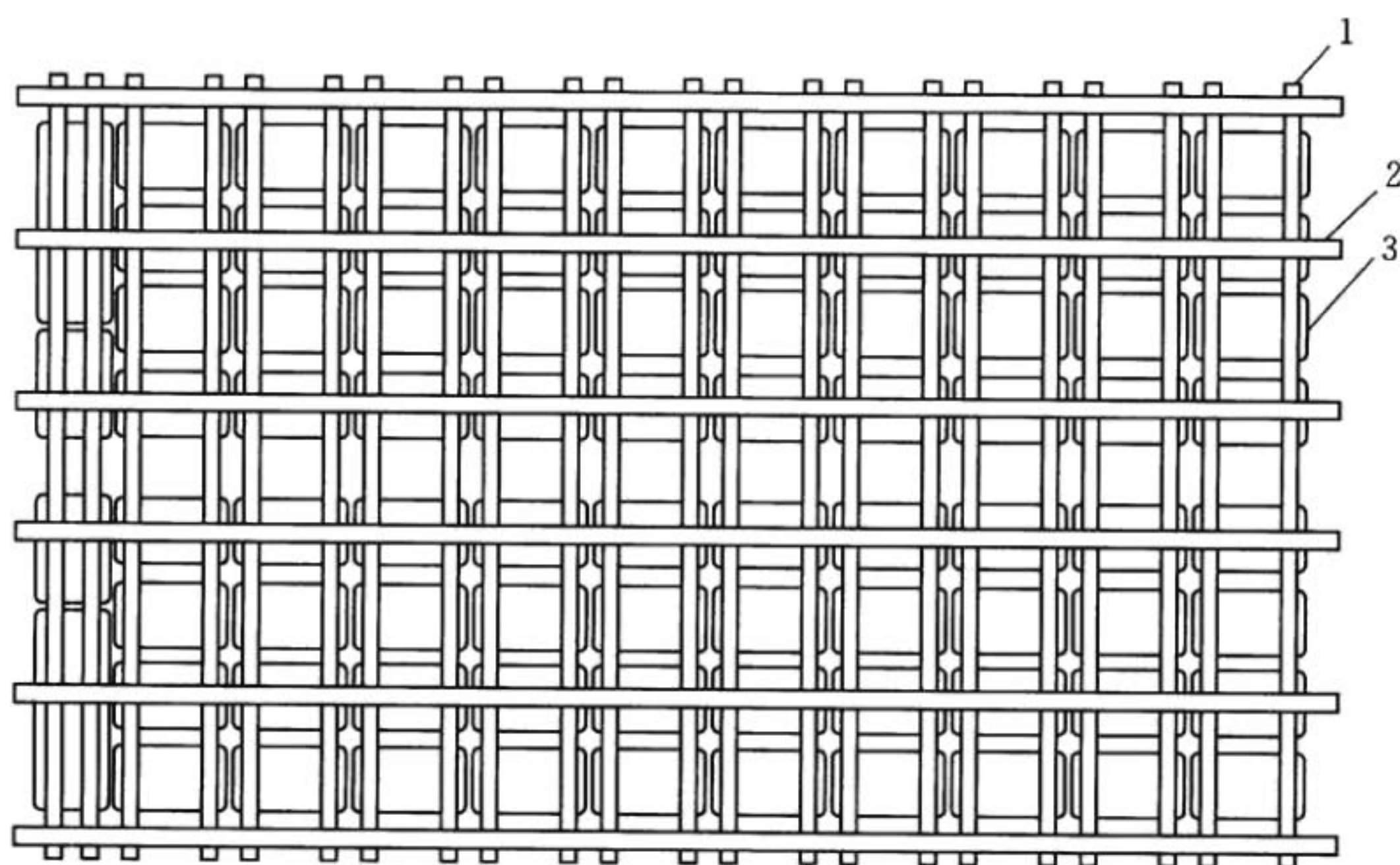


图 6-1 浮箱（筒）钻场拼装平面示意图

1—横杆；2—纵杆；3—油桶

梁（俗称管桥），在水上构筑时，适当增大立柱下端面积，以防止沉降。

桁架钻场一般采用钢管和扣件搭建；为便于在台板下连接套管，进行冲洗液循环槽布置和设备搬迁时的装卸工作，钻场常常高出水面约 1.5m；钻场平整，桁架下端要加固，立柱间除用水平拉手绞接外，还要用斜拉手加固。

6.3.3 钻进过程中要经常检查桁架钢管扣件螺栓是否紧固，立柱底端管座是否被水冲蚀、淘空。

6.4 冰 上 钻 探

6.4.2 冰层钻探用钻头上的切削具一般为 2 个～3 个，以保证最大的冲洗通道。正循环钻进时，钻头外径比钻具直径要大 5mm～6mm。

冰层钻探的低温冲洗液常用的有煤油、专用柴油为主的循环液体、乙醇水溶液、乙二醇水溶液和其他防冻剂。

6.5 近海钻探

近海钻探同时也适用于江河水域钻探。

6.5.2 原规程近海钻探的范围是指钻孔孔位距离海岸小于 3 海里，海水深度小于 10m 的近海或入海河流河口区域内，孔深在 100m 以内的一般工程钻探。但随着海洋岩土工程钻探技术的不断进步，据有关资料表明近海是指 5m~50m 海域范围，结合近些年海上风电勘探的经验，当水深超过 35m 或孔深超过 100m 时，随着海水深度的增加，以及海上环境的改变，对漂浮式钻探平台，护孔套管、钻探机械，钻塔提吊能力等均需要重新选择，为此，有必要编制专项作业方案并论证。

6.5.3 近海钻探由于受潮汐相关的潮差、流向、浪高等影响，当采用浮动式平台作业时，为确保人员设备安全，对平台提出了要求。

6.5.4 抛锚、起锚和移动钻探平台要结合作业期间季节风向和潮流。锚重量与所选平台相匹配，锚链长度要大于 5 倍的水深，锚绳优先采用耐蚀尼龙绳，选择钢丝绳时需进行必要的防海水腐蚀处理。

6.5.5~6.5.6 用常规套管做护孔套管时，为了应对潮汐变幅，便于套管接长或拆卸，以及起下钻有足够操作空间，钻机机架高于平台 0.5m~1.0m 控制。无论是海上钻探还是江河钻探，钻孔终孔后均将套管全部起出，以免碍航运。

7 冲洗介质和护壁堵漏

由于近年泡沫液和压缩空气的使用日益增多，增加了空气及泡沫液的内容，故将冲洗液修订为“冲洗介质”，包括液态和气态两类。主要冲洗介质的类型有清水、泥浆、无固相冲洗液、乳化液、泡沫液和空气。

7.1 冲 洗 介 质

7.1.1 本次修订时增加一款按钻孔目的选择冲洗液的规定。

泥浆按固相分散程度分为细分散泥浆、粗分散泥浆及不分散低固相泥浆。钠基膨润土或钙基膨润土与淡水搅拌加纯碱处理形成稳定的悬浮液为细分散泥浆，一般适宜于孔壁稳定地层；在细分散泥浆中加入絮凝剂等形成适度絮凝的为粗分散泥浆，包括钙处理泥浆、钾基泥浆及盐泥浆，适用于水敏性地层、盐碱地层及浅海地层。

泥浆按固相加入量分为低固相泥浆和普通泥浆，低固相泥浆是指固相加量按重量计算不超过5%的泥浆，其他为普通泥浆。

7.1.3 絮凝剂与选择性絮凝剂本属一类，故修订时合并成一项，其中水解度30%聚丙烯酰胺、醋酸乙烯酯与顺丁烯酸酐共聚物为选择性絮凝剂。

7.1.5 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。

7.1.6 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 1.0×10^6 、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 1.0×10^6 、水解度 60% 以上，加量 300ppm~500ppm。

7.1.7 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。

7.1.8 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 $15\mu\text{m} \sim 20\mu\text{m}$ 及冲洗液密度在 $1.02\text{g}/\text{cm}^3 \sim 1.05\text{g}/\text{cm}^3$ 范围。

7.1.9 空气泡沫是由水、压缩空气、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%~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%~0.75%。

7.2 护壁堵漏

7.2.1 套管护壁堵漏的方法在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，故对原规程中各类护壁堵漏的方法进行了调整。

目前使用比较广泛的漏失分级，一是按照漏速、漏失强度、漏径比及吸收系数等指标，量化分级为Ⅰ级～Ⅴ级；二是按漏失程度表述为微漏、小漏、中漏、大漏及严重漏失，使用时参照表7-1的标准分类。

表 7-1 按漏失速度分类

分级		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ	Ⅳ	Ⅴ
漏失程度描述		微漏	小漏	中漏	大漏	严重漏失
1	漏速 (m ³ /h)	<10.00	10.00~ 20.00	20.00~ 50.00	>50.00	单泵或双 泵不返水
2	漏强 (m/hMPa)	<7.00	7.00~ 20.00	20.00~ 45.00	45.00~ 50.00	>55.00
3	漏径比 (m ³ /hm)	0.08~ 0.82	0.82~ 1.64	16.40~ 4.10	4.10~ 6.00	>6.00
4	吸收系数 (m ³ /hMPa)	0.10~0.50		0.50~1.50		>1.50

漏强按下式计算：

$$K = \frac{Q}{\Delta p S} \quad (7-1)$$

式中 K ——漏强 (m/hMPa)；

Q ——漏速 (m³/h)；

Δp ——压差 (MPa)；

S ——漏失面积 (m²)，通过漏失段长及孔径计算得出。

漏径比为漏速与孔径之比。吸收系数是漏速与压差之比。

7.2.2 在《水利水电工程钻探工具图册》(能源部水利部水利水电规划总院、东北勘测设计院)中，套管直径有34、44、57、73、89、108、127、168、172、219、273、325mm等规格。

在《地质岩心钻探钻具》GB/T 16950—2014中，护壁套管规格代号如表7-2所示。

表 7-2 套管规格代号 (mm)

X 系列	代号	C-RX	C-NX	C-HX	C-PX	C-SX	C-UX	—
	外径	73	91	114	140	168	194	—
W 系列	代号	C-EW	C-AW	C-BW	C-NW	C-HW	C-PW	C-SW
	外径	46	58	73	91	114	140	168

通常套管有厚壁套管和薄壁套管之分,壁厚 6mm 以下称为薄壁套管,壁厚 6mm~12mm 称为厚壁套管。地质钻探套管的口径有 273、219、168、133/127mm 等厚壁套管及 146、127、108、89、73mm 等薄壁套管。引用油气钻探套管口径有 219、168、140、114mm 等厚壁套管。

水电工程钻探使用的护壁套管口径主要有 58、73、89、108、114、127、140、146、168、194、219mm 等规格。

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如表 7-3 所示。

表 7-3 常用套管与钻孔公称口径匹配关系表 (mm)

规格代号	B	N	H	—	P	—	S	U	Z
公称口径	60	76	96	110	122	130	150	175	200
套管规格	58	73	89	108	114	127	146/140	168	194

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。

7.2.3 抑制性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%~0.5%）的低固相冲洗液或具有一定移植性的粗分散泥浆。

7.2.4 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 取心与取样

8.1 取 心

I 一般规定

8.1.1 取心钻具的选择参照原规程，根据近年来水电工程常用取心钻具情况，删除了“管靴弹簧取样器”；按单管、双管钻具、冲洗液循环方式、钻进方式调整排列顺序；由于涉及覆盖层，修订“适应的岩性”为“适应的地层”，更准确；参照《地质钻探手册》（中南大学出版社，2014）及附录 A，修订了表中岩石可钻性的内容。

8.1.2 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。

8.1.3 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。

8.1.5 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。

8.1.6 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。

8.1.7 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。

II 钻具取心

8.1.8~8.1.10 水电工程钻探常用的取心钻具为单管、双管和半合管钻具，故增加常用的单管、双管和半合管取心的内容。双管钻具应用于覆盖层中钻进，利用其优良的单动性能和适宜的卡

簧座与钻头内台阶间隙可以获得近似原状的优质岩心。

Ⅲ 特殊取心

8.1.11 为了提高破碎岩层取心质量，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。

8.1.12 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：

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° 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，使岩心在短时间内入内管；③限制回次进尺。

8.1.13 遇溶洞时要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。

8.1.14 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”。

8.1.16 大口径取心常用钢丝绳箍套岩心后上提使岩心断开或采用岩心楔断器楔断岩心。岩心楔断器如图 8-1 所示。

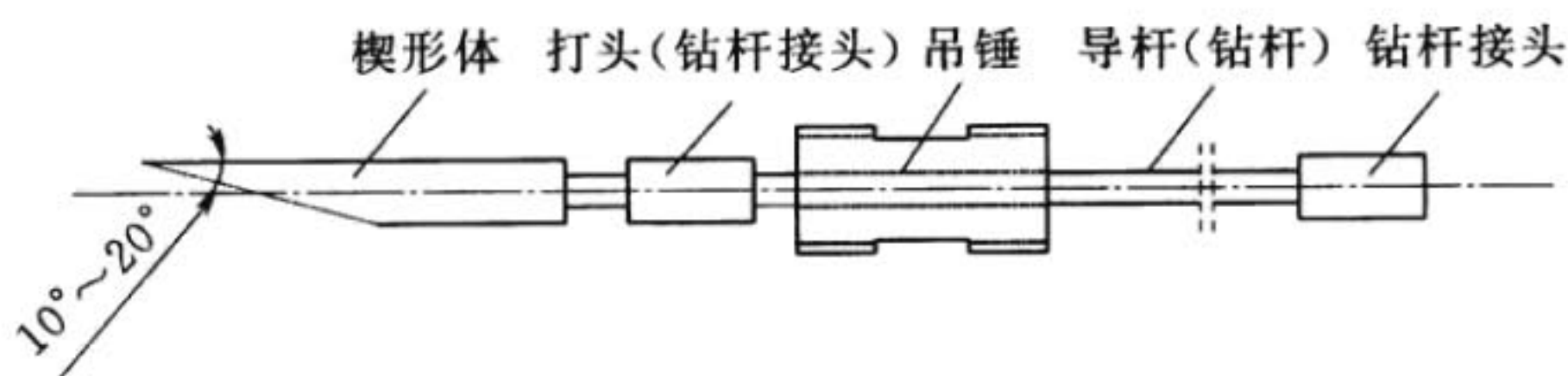


图 8-1 岩心楔断器示意图

IV 定向取心

8.1.17 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 SDQ、YD-56 和 KDS-I 定向取心器。SDQ 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做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 8-2 所示。

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 上方和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 17 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

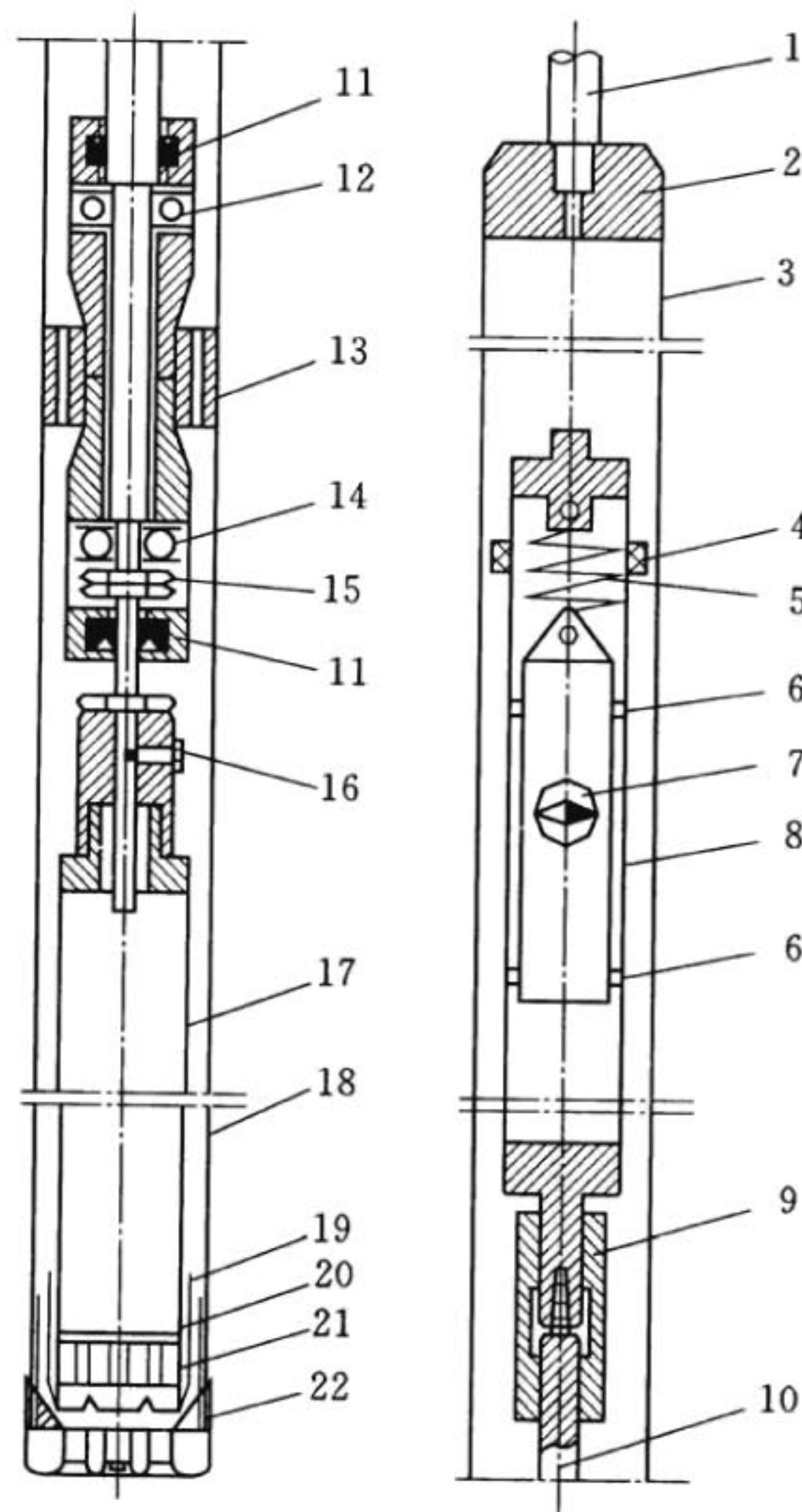


图 8-2 SDQ 型定向取心器示意图

- 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

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 17 和外管 18 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Ⅳ级以上完整或微裂隙的岩层。

8.1.22 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、产状测量顺序三个步骤进行，定向岩心复位测量仪如图 8-3 所示，岩心复位实测仪主要技术参数如下：

(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 $\pm 1.5^{\circ}$ 。

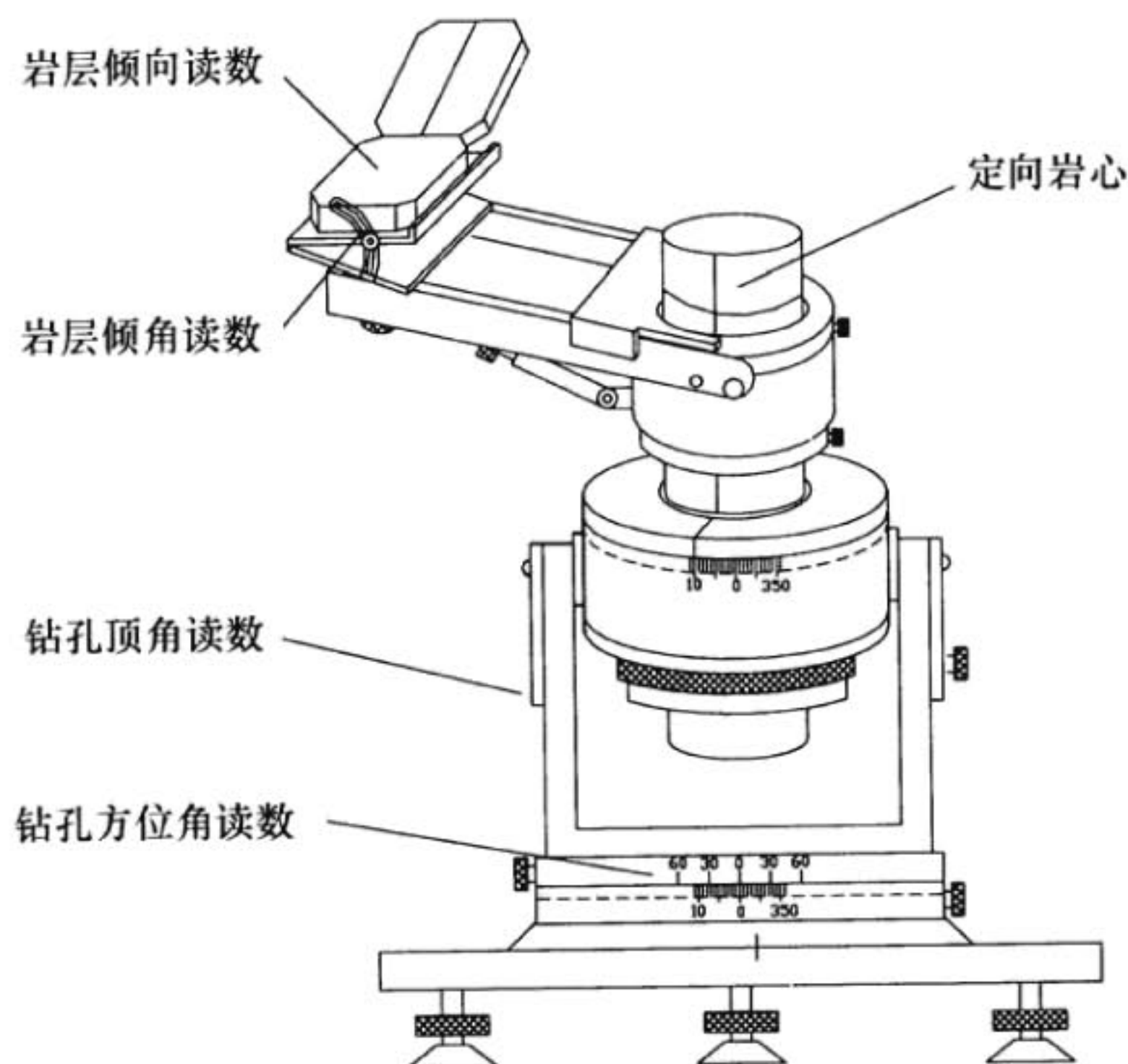


图 8-3 定向岩心复位测量仪示意图

具体操作步骤如下：

(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角指向即为岩层倾向。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。

8.2 取 样

8.2.1 土样质量等级划分标准如表 8-1 所示。

表 8-1 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
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：1 不扰动是原位应力状态虽已改变，但土的结构、密度和含水量变化很小，能满足室内试验各项要求。

2 无条件采取 I 级样且在工程技术条件允许情况下，可用 II 级样代替 I 级。

I 级原状土试样主要供物理力学性能试验；II 级原状土试样

仅供物理性能试验。表 8.2.1 参照《建筑工程地质勘探与取样技术规程》JGJ/T 87 附录 C 的规定，结合水电工程钻探取样实际，取消了Ⅲ级、Ⅳ级土试样和Ⅰ级土试样中“探井（槽）中刻取块状土样”的内容。

8.2.2 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。Hvorslev 对“套管下部对土层扰动和取样质量影响”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而不可采取原状土样。

8.2.3 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。

8.2.4 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。

使用泥浆做冲洗液，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。

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，一般通过试钻确定。国际土力学基础工程学会取样分会提供了一些经验参数，如表 8-2 所示，可供参考。

表 8-2 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)	泵量 (L/s)
美国 垦务局	砂类土： 1.30~1.70； 黏性土： 1.70	砂：100~127； 黏性土：50~ 100	—	砂：105~175； 粉质软黏土：250~200； 较硬黏土：350~530	—
美国陆军 工程师团	1.00	—	—	—	孔径 100mm： 1.2~2.0； 孔径 150mm： 3.2~3.6
日本土质 工程学会	0.80~0.25	—	500	—	—

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，形成小规模的循环流，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。

8.2.5 乳化冲洗液、泥浆甚至清水都会对水样产生污染。故在抽水试验后期或在长期观测孔中经抽水后再采取水样。

8.3 岩心（样）保护

根据原规程并结合现场实际操作，补充了现场岩心（样）保护的内容；参照地质矿产勘探、油气勘探及目前常用岩心箱规格情况，增加了岩心箱规格的内容。

9 孔内试验与测试

水电工程钻探不仅仅是钻孔取心，还有大量的水文地质试验和工程地质测试工作，因此，本次修订增加了“孔内试验与测试”的技术要求。

9.1 水文地质观测

9.1.1 根据近 10 年来水电工程钻探中水位测量情况，初见水位常常采用测钟，简便易用，本次修订作了补充。

9.2 水文地质试验

9.2.1 水文地质试验主要是抽水试验、注水试验和压水试验，为了不影响试验成果，采用清水作为冲洗液；为保证试验能顺利实施，采用跟管钻进。

10 孔内事故预防和处理

10.1 孔内事故预防

10.1.2 钻具与孔壁间隙较小，起下钻时易产生抽吸和压力激荡，导致孔壁坍塌，故要增大孔壁和钻具间的间隙、控制起下钻速度以保持孔内液面高度从而维持孔壁稳定，防止孔内事故。

11 验收与质量评定

钻探作业的验收与质量评定在《水电工程勘探验收规程》NB/T 35028—2014 中有规定。但实施几年来，各水电勘测单位仍沿用《水电水利工程地质钻探质量验收规定》（水电规勘〔1997〕0003 号）进行钻孔竣工验收和质量评定。

11.1 钻探质量

11.1.1 岩心钻探六项质量指标是：岩心采取率与岩心整理、钻孔弯曲与测量间距、孔深误差测量与校正、简易水文观测、原始班报表、封孔。针对水电工程钻探特点，钻探质量侧重于岩心采取率、岩心品质、水文地质观测、水文地质试验及工程地质测试、孔斜、孔深、原始记录、终孔处理。

11.1.2 不同地质要求、不同钻进工艺，其岩心采取率及试验完成率的质量标准要有区别。

覆盖层与基岩特性不同，其钻进方法不同，质量标准也要有所不同。

11.1.4 钻孔发生偏斜通常是在深度为 0m～50m 的孔段，因此，该孔段每钻进 5m～10m 要校测孔斜。发现孔斜，一般情况下，采用水泥浆封孔后重新扫孔钻进即能纠偏；如不能纠偏，需根据纠斜孔段地质情况采用适宜的纠斜方法和器具。

11.1.7 钻孔完工后应进行验收，本次修订强调验收应在现场进行，其原因是钻孔系地下工程，一般具有一次性及隐蔽性的特点，一经撤离或封孔，不可能再现。

终孔处理包括封孔和长期观测设施的安装。

封孔工作要按照钻孔任务书的要求进行，深度小于 20m 的干孔采用从孔口直接注入稠水泥浆的方法封孔；有水钻孔则采用

下入导浆管，导浆管口距孔底小于 0.5m，然后用泵入法或注入法进行灌浆封孔，水灰比通常为 0.5~0.6，并记录导浆管长度；采用注入法进行灌浆封孔时，要注意随浆液高度的上升逐渐上提导浆管。

堤防及涵闸地基部位的钻孔封孔时：在砂层中，每次回填实际孔段长不超过 1m；在黏土层中，将黏土搓成直径 2.0cm~2.5cm 的泥球并风干，每次向孔内投入高 0.3m 的泥球并捣实，依次按要求回填至孔口。使用水泥浆或砂浆封孔时，下入注浆管，采用孔底循环压力封孔，以保证封孔质量。

基岩钻孔、封孔记录内容应包括：孔径、孔深、下导浆管深度、水泥标号、水灰比、灌入量、封孔日期、操作者；堤防钻孔、封孔记录内容应包括：孔径、孔深、粗砂填入量、黏土球直径、黏土填入重量、操作者。

11.2 钻探验收

11.2.1 水电工程钻探验收一般采用单孔验收，也有采用批次钻孔验收的，如营地勘探钻孔、移民集镇勘探钻孔等。

11.2.3 钻探未验收，设备不撤离。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

12.1.3 极端天气是指在一定地区一定时间内出现的历史上罕见的气象。其发生概率通常小于5%或10%，总体可以分为极端高温、极端低温、极端干旱、极端降水等几类，其特点是发生概率小、社会影响大。

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，钻场要避开山洪、泥石流、危岩、滚石及其他危险区域。

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

钻场靠近居民点、学校、旅游区、交通线路时，常常因被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，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要设置防火道，并按当地防火有关规定采取预防措施，以防止发生森林火灾。

12.3 钻进过程安全规定

12.3.2 钻进中，为了预防回绳时提引器碰打操作人员，推荐使用正反拧不旋转钢丝绳。

12.4 水上钻探安全规定

12.4.1 停工停钻时，要派专人值班，负责排除舱内积水、监视和清除锚绳和套管上的漂浮物，并做好水上钻场的防火工作。

附录 A 岩石可钻性分级

岩石可钻性是岩石破碎工具钻碎的难易程度，即抗钻性能，与岩石的强度、硬度、弹塑性、研磨性及结构特征相关；测定岩石可钻性的方法有综合分级法、微钻法、破碎比功法、切槽法等。原规程使用的岩石可钻性表是 1958 年地质部颁布的，是引用前苏联的标准；本次修订引用了《地质岩心钻探规程》DZ/T 0227—2010 中所采用的综合分级法。

附录 F 钻探质量评定

本附录为增加的内容，原《水电水利工程地质钻探质量验收规定》（水电规勘〔1997〕0003号）发布至今已在水电工程各勘测设计单位执行了多年，其科学性、可操作性均受到各勘测设计单位的好评，本次修订时引入其主要内容，作为钻探质量评定的依据和标准。
