

重庆市工程建设标准

山地城市定向钻探技术标准

Technical standard for directional drilling in
mountainous urban areas

DBJ50/T-556-2026

主编单位:重庆市设计院有限公司

倬方钻探工程集团有限责任公司

批准部门:重庆市住房和城乡建设委员会

施行日期:2026年10月1日

2026 重 庆

重庆工程建设

重庆市住房和城乡建设委员会文件

渝建标〔2026〕19号

重庆市住房和城乡建设委员会 关于发布《山地城市定向钻探技术标准》的通知

各区县(自治县)住房城乡建委,重庆高新区建设局,万盛经开区住房城乡建设局、双桥经开区建设局、经开区生态环境建管局,有关单位:

现批准《山地城市定向钻探技术标准》为我市工程建设地方标准,编号为 DBJ50/T-556-2026,自 2026 年 10 月 1 日起施行。标准文本可在标准备案后登录重庆市住房和城乡建设技术发展中心官网免费下载。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市设计院有限公司负责具体技术内容解释。

重庆市住房和城乡建设委员会

2026 年 6 月 23 日

重庆工程建设

前 言

根据重庆市住房和城乡建设委员会《关于下达 2024 年度重庆市工程建设标准制定修订项目计划的通知》(渝建科[2024]17 号)文件要求,标准编制组经广泛调查研究,认真总结工程实践经验,参照有关国家标准,并在充分征求意见的基础上,制定本标准。

本标准共分 8 章。主要技术内容包括:总则、术语和符号、基本规定、定向钻探设计、钻探施工、环境保护、数字化与信息化、技术成果。

本标准由重庆市住房和城乡建设委员会负责管理,重庆市设计院有限公司和倬方钻探工程集团有限责任公司负责具体技术内容解释。本标准执行过程中如有意见或建议,请寄送重庆市设计院有限公司(地址:重庆市渝中区人和街 31 号,邮编:400015,网址:<http://www.cqadi.com.cn>)。

本标准主编单位、参编单位、主要起草人和审查专家：

主 编 单 位：重庆市设计院有限公司

倬方钻探工程集团有限责任公司

参 编 单 位：重庆川东南工程勘察设计院有限公司

重庆市南江勘测设计有限公司

重庆市建筑科学研究院有限公司

重庆市基础工程有限公司

重庆市地质矿产勘查开发集团检验检测有限公司

渝新力(重庆)工程技术有限公司

岩土科技(重庆)有限公司

主要起草人：何 平 姜来峰 刘 强 刘卫东 朱崇午

舒 智 杨福荣 陈智强 李成芳 覃 雯

林义华 于 浩 曾多权 陆炫曲 陈志祚

姜海燕 马翠莲 韦 松 张 亮 郑佩莹

曾凡杰 邓 飞 刘 帅 杨 柯 齐占凯

苏海元 周 磊 何天贵 姜 水 梁 叶

李保龙

审 查 专 家：冯永能 熊启东 刘东升 雷 用 张顺斌

张贵铜 李超友

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	定向钻探设计	6
4.1	设计依据	6
4.2	设计原则与要求	6
4.3	钻进方法选用	7
4.4	钻孔结构设计	8
4.5	钻探设备选择	10
4.6	定向轨迹设计	11
4.7	冲洗液设计	14
4.8	随钻测量	15
5	钻探施工	17
5.1	一般规定	17
5.2	施工组织方案	17
5.3	施工准备	18
5.4	钻探作业	20
5.5	钻孔取芯	22
5.6	事故的预防和处理	23
5.7	地下水测试	26
5.8	终孔验收	27
6	环境保护	28

6.1	实施前的准备工作	28
6.2	实施中的环境保护	28
6.3	实施后的环境恢复	29
7	数字化与信息化	30
7.1	数据采集与管理	30
7.2	信息化应用	31
8	技术成果	32
8.1	原始资料	32
8.2	成果资料编制	32
附录 A	定向钻探设计书	34
附录 B	定向孔孔身轨迹设计	36
附录 C	定向孔空间位置计算	39
附录 D	钻探原始记录表	42
	本标准用词说明	44
	引用标准名录	45
	条文说明	47

Contents

1	General provisions	1
2	Terms and symbols	2
2.1	Terms	2
2.2	Symbols	3
3	Basic requirements	4
4	Design of directional drilling	6
4.1	Design consideration	6
4.2	Design principles and requirements	6
4.3	Selection of drilling methodology	7
4.4	Design of borehole structure	8
4.5	Selection of drilling equipment	10
4.6	Design of directional trajectory	11
4.7	Design of flushing fluid	14
4.8	Measurement while drilling	15
5	Drilling operation	17
5.1	General provision	17
5.2	Organization plan of construction	17
5.3	Construction preparation	18
5.4	Drilling operation	20
5.5	Borehole coring	22
5.6	Accident prevention and response	23
5.7	Groundwater hydrological testing	26
5.8	Final hole acceptance	27
6	Environmental protection	28

6.1	Preparations before implementation	28
6.2	Environmental protection during implementation	28
6.3	Environmental restoration after implementation	29
7	Digitization and informatization	30
7.1	Data acquisition and management	30
7.2	Application of informatization	31
8	Technological achievements	32
8.1	Original data	32
8.2	Compilation of achievement materials	32
Appendix A	The design sheets of horizontal drilling	34
Appendix B	The body trajectory design of horizontal directional hole	36
Appendix C	The spatial position calculation of horizontal directional hole	39
Appendix D	Original record sheet of drilling	42
	Explanation of Wording in this standard	44
	List of quoted standards	45
	Explanation of provisions	47

1 总 则

1.0.1 为规范山地城市定向钻探,确保工程质量,保障公共安全与环境,制定本标准。

1.0.2 本标准适用于重庆市边坡、危岩、陡崖、管道(硐室)、横向受力建(构)筑物等项目的工程勘察定向钻探。工程施工、地下致灾因素探测与处理、边坡监测、应急救援中的定向钻探等可参照执行。

1.0.3 定向钻探除应符合本标准的规定外,尚应符合国家、行业和重庆市现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 山地城市 mountainous urban areas

分布于山地、丘陵及高原等非平原地带,具有独特空间形态,城市形态与生态环境受复杂地形地貌影响的城市聚落。

2.1.2 定向钻探 horizontal directional drilling

按预先设定的轨迹进行钻探,以获取钻探经过区地质资料的勘探手段。

2.1.3 岩石研磨性 rock abrasiveness

钻进过程中岩石对切削具的磨损特性。

2.1.4 造斜强度 deflecting rate

造斜钻具钻进单位进尺对钻孔全弯曲角的改变量。

2.1.5 遇层角 intersection angle with layer

钻孔轴线在遇层点的切线与其在岩(矿)层面上的垂直正投影所夹的锐角。

2.1.6 钻孔轨迹 borehole trajectory

钻孔延伸的路径,钻孔轴线上各点的位置,由孔深、倾角、方位角、高程、垂深、水平投影长度、偏移距离、三维坐标等空间要素表征的变化形态。

2.1.7 受控定向 controlled directional

采用定向造斜器具,使钻孔轴线沿设计轨迹延伸的工艺。

2.1.8 随钻测量 measurement while drilling

利用设置在孔内钻具中的测量装置,在钻进过程中监测钻孔空间要素、地质情况、钻进工况等参数,并通过电缆线或泥浆压力脉冲、电磁波等无线方式实时向孔口传递测量信息的方法。

2.1.9 孔内综合测试 comprehensive testing inside the borehole

利用专门仪器在孔内测量钻孔轨迹空间参数,采集各种地质结构特征及工程技术信息、孔内图像等,探测隐蔽致灾因素的综合物理测试方法。

2.1.10 工具面向角 tool face angle

在水平面上或在垂直于钻孔轴线的平面上,自磁高边或重力高边方向顺时针旋转至造斜工具面向的夹角。

2.2 符 号

2.2.1 定向钻探相关参数

L ——钻探深度,单位 m

B_k ——岩芯采取率,单位 %

K ——地层冲洗液漏失强度,单位 m/MPa·h

Q ——地层冲洗液漏失速度,单位 m³/h

λ ——钻孔返出冲洗液量占泵入量的比例,单位 %

Φ ——钻孔口径,单位 mm

2.2.2 岩石物理性质和颗粒组成

K_b ——岩石波速比

K_L ——岩芯的单位块度,单位 块/m

pH——酸碱度

K_C ——地层吸收系数,单位 m³/MPa·h

2.2.3 岩石完整性参数

K_f ——岩石风化系数

K_v ——岩石完整性系数

W ——裂隙性指标,单位 条/m

2.2.4 岩土强度参数

K_a ——岩石研磨性系数,单位 mg

R_C ——岩石饱和单轴抗压强度,单位 MPa

3 基本规定

3.0.1 定向钻探作业前应收集勘察范围内既有建(构)筑物地基基础、道路和地下管线等资料,并对其位置、走向等真实性进行复核。当穿越铁路、轨道、高等级公路、重要水域、高压铁塔等重要保护对象时,应征得有关部门同意,并采取有效的安全保护措施。

3.0.2 定向钻应按照勘探任务书执行,并应符合下列规定:

- 1 满足岩芯采取率的要求,正确鉴别岩土名称及其基本性质;
- 2 采取符合质量要求的岩土试样和开展原位测试工作;
- 3 鉴别滑带、滑面、破碎带、卸荷带、软弱夹层、裂隙特征等要素;
- 4 反映钻探范围内的地下水情况。

3.0.3 钻探作业前应按照附录 A 编制钻探设计书、制定施工组织方案。

3.0.4 钻探实施前项目负责人应对作业人员进行技术、环境保护、职业健康和安全生产交底。

3.0.5 钻探点位测放应符合下列规定:

- 1 钻探点高程允许最大偏差为 $\pm 0.05\text{m}$,平面位置允许最大偏差为 0.25m ;
- 2 钻探点位应设置有编号的标志桩,开钻前应核对桩号;
- 3 钻探结束后,应对钻探点位的坐标和高程进行复测;
- 4 钻探平面图中应标注钻探点的坐标和高程,且应采用统一坐标和高程系。

3.0.6 定向钻探岩芯采取率应符合表 3.0.6 的规定。

表 3.0.6 定向钻探岩芯采取率

勘探对象		岩芯采取率(%)
黏性土		≥90
粉土、砂土		≥70
碎石土		≥50
岩石	强风化	≥65
	中风化	≥80
断层、破碎带		≥85
滑带、滑面		≥90
软弱夹层、裂隙、卸荷带		≥95

3.0.7 定向钻探的操作和记录应由经过专业培训的工程技术人员承担,钻探原始记录表应由项目负责人签字验收。

3.0.8 当穿越铁路、轨道、高等级公路、高压铁塔、重要(建)构筑物等重要保护对象或外部作业影响等级为特级、一级时,应采用数字化导向系统,实时监测钻孔轨迹。

3.0.9 在滑坡、危岩场地进行定向钻探作业时,应加强场地及周边环境的监测与巡查工作。

3.0.10 勘探工作完成后,需保留的钻孔应设置防护装置,其它钻孔应按照勘探任务书要求封孔。

3.0.11 定向钻探施工应秉承绿色理念,实现节能降耗、低碳环保。

3.0.12 归档资料应符合建设工程文件归档相关要求。

4 定向钻探设计

4.1 设计依据

4.1.1 定向钻探设计书应根据合同、勘探任务书的要求,结合场地工程地质情况进行编制。

4.1.2 设计前应进行现场踏勘,收集作业区上空或地下障碍物资料,包括高压线路、既有地下管线和建(构)筑物基础的类型、范围、深度、数量等。

4.1.3 设计前应收集作业区的地质资料,包括作业区内岩土层情况、地形地貌、地质构造、水文等,以及同一地区已施工的钻孔资料。

4.2 设计原则与要求

4.2.1 钻探设计书的编制原则应符合下列规定:

- 1 因地制宜,安全优先;
- 2 根据钻孔目的、钻孔深度、终孔口径、钻孔倾角和安装运输条件等,选择合理的定向钻进技术;
- 3 选择合理的钻机、泥浆泵及配套的钻杆、工器具等;
- 4 选择合理的钻进工艺与取芯技术方法;
- 5 选择合理的人工受控定向钻进技术体系;
- 6 钻孔口径应满足鉴别与划分地层、取样送检和原位测试等的要求,当需造斜时,还需满足造斜器具规格尺寸的要求。

4.2.2 钻探设计书格式应符合附录 A 的规定,且应包含下列内容:

- 1 钻探目的与任务;

- 2 钻探施工条件；
- 3 钻探方法与设备选择；
- 4 钻探施工设计；
- 5 技术方案与施工组织管理；
- 6 安全文明施工；
- 7 环境管理与保障措施。

4.3 钻进方法选用

4.3.1 岩土层的可钻性分级应符合表 4.3.1 的规定。

表 4.3.1 机械回转钻进岩土层可钻性分级

岩石可钻性级别	压入硬度 (kg/mm ²)	钻进时效(m/h)		代表性岩土层
		金刚石	硬质合金	
I~II	—	—	>6.00	碎石土、填土,砂土,粉土,粉质黏土,黏土等
III	<80	—	>4.50	粉砂岩、泥岩、砂质泥岩,页岩等
IV	75~100	—	>3.90	砂岩,泥灰岩,灰岩,白云质灰岩等
V	90~190	2.90~3.60	2.50	卵石土、白云岩、硅质页岩
VI	175~275	2.30~3.60	2.00	硅质灰岩

4.3.2 岩石的研磨性分级应符合表 4.3.2 的规定。

表 4.3.2 岩石研磨性分级

研磨性等级	弱		中			强		
研磨性指标(mg)	<5	5~10	10~18	18~30	30~45	45~60	60~90	>90

4.3.3 根据岩石特性、钻进口径和深度以及岩芯采取率等综合因素合理选择钻进方法,并符合表 4.3.3 的规定。

表 4.3.3 钻进方法选用

岩石特性	岩石可钻性	I~II	III~IV	V~VI		
	岩石研磨性	—	弱	弱	中	强
钻进方法	硬质合金钻进	★	★	★	★	★
	聚晶、复合片钻进	★	★	★	★	★
	表镶金刚石钻进	—	—	—	★	★
	孕镶金刚石钻进	★	★	★	★	★

注：★：适用；—：不适用。

4.3.4 根据不同的地层和岩芯采取率要求，取芯方法宜按表 4.3.4 选择。

表 4.3.4 取芯方法选择

地层取芯方法	普通单管钻具	单动双管钻具	双动双管钻具	绳索取芯钻具	双级单动双管钻具	三重管钻具	半管钻具	喷射反循环双管钻具
较完整和少裂隙的岩层	★	★	—	★	—	—	—	—
可钻性 I - VI 级松软、破碎、易冲蚀、水敏性地层	—	—	★	★	—	★	★	★
粉状、硬脆碎、无胶结、较破碎地层	—	—	—	—	★	★	★	★
断层、破碎带、滑带、滑面、软弱夹层、裂隙、卸荷带	—	—	★	—	★	★	★	★

注：★：适用；—：不适用。

4.4 钻孔结构设计

4.4.1 钻孔结构设计依据应包含下列内容：

- 1 钻孔目的和任务书要求；

2 钻探作业区的地形条件、地质条件、地质结构、岩石物理力学性质；

3 钻孔的设计深度、方位方向和顶角方向；

4 终孔口径；

5 钻进方法、钻探设备技术性能参数。

4.4.2 钻孔结构设计应包含下列内容：

1 钻孔开孔口径、终孔口径及各孔段口径级配；

2 各孔段深度及套管下入深度；

3 孔斜控制要求、造斜点与造斜率设计；

4 钻孔轨迹剖面(垂直段、造斜段、稳斜段、水平段)规划。

4.4.3 钻孔口径和轨迹应符合下列规定：

1 应根据测试要求、地层条件和钻进工艺等确定钻孔开孔和终孔口径：

1) 采取原状土样的孔段,孔径应不小于 $\Phi 110\text{mm}$ ；

2) 压水试验孔段,孔径应不小于 $\Phi 110\text{mm}$ ；

3) 采取岩石力学试样的取芯孔段,孔径应不小于 $\Phi 91\text{mm}$,且岩样直径能满足测试试验要求；

4) 原位测试、随钻测量、仪器试验孔段,孔径应大于仪器外径 10mm 以上。

2 连续取芯钻进应参照现行行业标准《地质岩芯钻探规程》DZT 0227 确定钻孔开孔和终孔口径；

3 钻头、扩孔器外径尺寸应根据不同的钻探目的与深度、钻进方法与地层情况、取芯取样和测试仪器等因素确定；

4 应根据测试要求、地层条件和钻进工艺等确定钻孔轨迹。

4.4.4 确定换径次数应考虑下列因素：

1 勘察对钻孔口径的要求；

2 套管护壁；

3 钻机的功率；

4 钻具级配；

- 5 备用口径;
 - 6 钻进效率;
 - 7 钻探成本及综合效益。
- 4.4.5 应采用自孔底到孔口的方法设计钻孔结构,并形成钻孔结构设计图。
- 4.4.6 套管的规格、数量和下入深度应根据钻孔结构设计和土层深度确定。
- 4.4.7 套管的安装,应考虑套管回收起拔及套管事故的处理。

4.5 钻探设备选择

- 4.5.1 钻探设备包括钻机设备、泥浆设备、钻具设备等。
- 4.5.2 钻探设备的选择应符合下列规定:
- 1 根据钻孔目的、钻孔深度与性质、终孔口径、钻孔倾角、钻进工艺、取芯要求和安装运输条件等,选择钻机类型及与其配套的泥浆泵、钻杆及钻具等;
 - 2 输入功率应留有盈余,扭矩、起拔力、给进力等应有一定的储备,按照设计的 1.5 倍~2 倍选择;扭矩应满足开孔口径和安放套管的深度及最大孔深钻进需求;回转速度应满足回转取芯钻进需求;起拔力(回拖力)应满足钻孔口径、安放套管、孔深及复杂地层条件要求;
 - 3 应选用重心低、调速范围较宽、重量适当、给进行程大的机型。
- 4.5.3 钻机设备的选择应符合下列规定:
- 1 垂直开孔实施的定向孔,应选择立轴钻机、全液压力头式岩芯钻机;
 - 2 斜孔开孔(或小角度开孔)实施的定向孔,应选择便携式液压钻机、全液压力头式岩芯钻机;
 - 3 水平开孔应选择便携式液压钻机、全液压力头式钻机;

4 在既有地下空间实施的定向孔,应选择坑道钻机、便携式液压钻机、全液压动力头式岩芯钻机;

5 地质条件复杂、钻孔结构复杂、轨迹设计形式多的钻孔,应选择钻深能力大、扭矩大、最大给进力大、钻进工艺适应性强的钻机设备。

4.5.4 泥浆设备包括:泥浆泵、泥浆制备设备、泥浆固控设备等,设备的选择应符合下列规定:

1 泥浆泵的性能参数应满足钻进工艺和排渣的需求,工作性能和结构元件应满足钻进工况的需要;

2 泥浆制备设备应根据施工场地、地质条件、钻孔结构、钻孔深度、钻进工艺、冲洗液种类、冲洗液处理材料、护壁方式等因素综合考虑选配;

3 泥浆制备设备单个冲洗液搅拌机容量不应小于 1m^3 ,搅拌转速不应小于 $800\text{r}/\text{min}$;

4 泥浆固控设备应选择振动筛、离心机、压滤机等。

4.5.5 钻具的选择应符合下列规定:

1 根据钻进地层、钻孔结构、套管级数、钻进工艺、取芯方法和质量要求等综合因素进行钻具选配,包括钻杆、取芯钻具、钻头 etc;

2 根据钻机一次性推进长度或现场空间布置情况确定单根钻杆的长度。

4.6 定向轨迹设计

4.6.1 受控定向设计的依据除应满足本标准第 4.1 节的规定外,尚应收集下列资料:

1 以往的钻探资料;

2 拟投入的钻探设备性能参数。

4.6.2 钻孔宜根据地形、地质条件及钻探目的和要求选择轴线

轨迹类型,并宜符合下列规定:

- 1 横向建构物,宜采用“一”形;
- 2 水平管道(硐室)、深埋长隧洞,宜采用“一”形、“\”形、“人”形或“L”形;
- 3 跨江(湖)穿越工程,钻孔轨迹宜沿着穿越工程的轴线进行,进口段宜采用“\”形或“L”形。

4.6.3 定向孔轴线轨迹设计宜符合下列规定:

- 1 根据地形地貌条件确定开孔位置;
- 2 设定定向钻孔类型、孔身结构(剖面)形式,并绘制设计孔身结构简图;
- 3 设定造斜点的孔深位置;
- 4 设定钻孔各段的空间要素;
- 5 定向弯曲轨迹设计计算参照现行行业标准《定向钻探技术规程》DZ/T 0054 执行,并绘制设计的钻孔轨迹三维曲线图或二维投影图;
- 6 利用地层的自然致斜规律,减少人工造斜工作量。遇层角不应小于 30° ,在条件许可时宜选用较大的遇层角,造斜点的位置宜避开开构造破碎带、溶洞以及松软、难造斜的不良地层。

4.6.4 定向设计计算宜符合下列规定:

- 1 孔身轨迹设计在垂直平面内,定向孔身轨迹设计计算参照附录 B;
- 2 计算孔身剖面(钻孔轴线)参数,包括各孔段顶角、方位角、长度、垂深、水平位移、中靶孔深及终孔深度;
- 3 计算钻孔的空间位置,绘制设计的孔身剖面图和水平投影图,钻孔空间位置计算参照附录 C;
- 4 校核孔身造斜强度。

4.6.5 根据造斜工器具性能特点和钻孔实际,定向造斜钻进方法宜按表 4.6.5 选择。

表 4.6.5 定向造斜钻进方法

指 标	定向造斜方法			
	稳定器 +钻铤组合	机械连续 造斜器	随钻定向	
			有线随钻测量	无线随钻测量
目的	防斜、增斜、降斜	造斜、纠斜、绕障		
适用孔深	任何深度	小于 1000m	任何深度	
适用钻孔口径	≥Ø150mm	≥Ø76mm	≥Ø96mm	≥Ø122mm
使用钻杆类型	普通钻杆	普通钻杆	普通钻杆、 通缆钻杆、 绳索钻杆	普通钻杆、 绳索钻杆
造斜动力	钻机驱动		孔底螺杆马达驱动	
造斜控制精度	低	低	高	高
造斜率控制精度	低	低	高	高
对冲洗液要求	无	不能有堵漏颗粒物,固相含量要低,粘度不宜过高		
定向造斜成本	低	低	较高	高

4.6.6 测量仪器的选择应符合下列规定：

1 应根据作业环境、钻孔深度、定向精度、场地是否有地下管线或磁场干扰等因素选择定向工具；

2 应根据钻孔结构设计、套管结构、钻进工艺、定向器具类型、定向的偏差要求和是否有磁场干扰等因素选择测量仪器的种类与类型；

3 磁性作业区应选择不受磁场干扰的测量仪器,非磁性场地应选择磁感应式测量仪器；

4 在定向精度满足地质要求时,应选择单点测斜仪;在定向精度要求较高时,应选择随钻测斜仪,并随时监控和调整角度；

5 定向钻进,应选择无线测斜仪；

6 钻进含煤瓦斯地层,随钻测量系统应符合现行国家标准《爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求》GB/T 3836.1、《爆炸性

环境第2部分:由隔爆外壳“d”保护的设备》GB/T 3836.2及《爆炸性环境第4部分:由本质安全型“i”保护的设备》GB/T 3836.4的规定。

4.6.7 定向造斜器具的选择宜符合下列规定:

1 软弱地层及松散地层选择斜面导向板,造斜强度为 $3^{\circ}/3\text{m}\sim 15^{\circ}/3\text{m}$;

2 中硬及坚硬完整地层选择偏心楔造斜,造斜强度为 $2^{\circ}/3\text{m}\sim 5^{\circ}/3\text{m}$;

3 中硬完整地层选择连续造斜器,造斜强度为 $1.5^{\circ}/3\text{m}\sim 6^{\circ}/3\text{m}$;

4 中硬及以上地层,或中硬以下破碎地层选择螺杆钻具,造斜强度为 $0.3^{\circ}/3\text{m}\sim 1.5^{\circ}/3\text{m}$ 。

4.7 冲洗液设计

4.7.1 根据地层特性、钻进工艺、钻孔口径、长度等因素设计,选择适宜的冲洗液材料和处理剂。

4.7.2 冲洗液设计宜包含下列内容:

1 确定冲洗液的比重、粘度、失水量、泥皮厚度、允许的含沙量、pH值、动切力、静切力等基本参数;

2 确定所需材料的配合比例,并计算材料用量;

3 确定冲洗液制备及材料的使用方法;

4 制定冲洗液循环、净化、处理等措施。

4.7.3 选择冲洗液体系应符合下列规定:

1 钻进自稳性较好的完整地层,应采用“无固相冲洗液”循环作业;

2 钻进松散破碎地层、砂土层应采用常规细分散冲洗液体系、常规不分散低固相冲洗液体系、植物胶冲洗液体系及LBM(低粘增效粉)-GLA(改性沥青)冲洗液体系;

3 钻进水敏性地层,应采用具有强包被作用的有机高分子聚合物和含有 K^+ 或 NH_4^+ 的冲洗液处理剂;

4 钻进水溶性地层,应使用盐水冲洗液体系;

5 钻进高压含水层或极易坍塌的岩层时,应采用高密度、小失水量冲洗液体系;

6 针对危岩、卸荷带定向钻的孔内电视(摄像),应结合勘察目的选择冲洗液;

7 冲洗液的选择不应影响岩芯的鉴别与地层划分、取样送检和原位测试等的要求;

8 冲洗液性能及参数应保证复杂地层的稳定,须采用环保冲洗液,使用无毒、无害(或者低毒、低害)、低污染的冲洗液处理剂原料应符合现行国家标准《钻井液材料规范》GB/T 5005 规定。

4.7.4 配制冲洗液,对钙膨润土应提前与水、纯碱拌合进行预水化处理 24h 以上,形成基浆;提前对粉剂高分子聚合物处理剂进行水溶解处理。

4.7.5 配制搅拌冲洗液应有足够的搅拌时间,搅拌叶片转速应大于 600r/min 以上,配制好的冲洗液应静置 3h 以上。

4.8 随钻测量

4.8.1 随钻测量实施的孔内条件应符合下列规定:

1 钻孔的终孔口径应比测量测试仪器外径大 10mm 以上且不小于 $\Phi 96\text{mm}$;

2 钻孔终孔后,应及时进行冲孔,清除残留在孔里的岩粉和掉块,必要时更换新的泥浆液,做好钻孔泥浆护壁;

3 下测量与测试仪器前,必要时应钻扫孔,保证孔壁平顺通畅。

4.8.2 随钻测量应符合下列规定:

1 钻孔轨迹和钻进参数测量内容:

- 1) 随钻测量倾角、方位角、工具面向角；
 - 2) 随钻测量钻压、扭矩、转速、环空压力。
- 2 无缆存储式测斜仪的投放与提升,需安装在钻杆柱上适当的位置,依靠钻杆推送到孔底、提升出口口；
- 3 有缆式测斜仪的投放与提升：
- 1) 采用钻杆推送或提升法时,应将电缆线按自上而下的顺序逐根穿入钻杆中心孔,将测斜仪器探管固定于最下端钻具的岩芯管(或专用仪器保护筒)内,通过钻杆依次连接推送至孔底,提升时同步随钻杆逐根抽出,全程防止电缆线缠绕、挤压、刮损；
 - 2) 采用泵压法(水力加压)通过专用输送器将测斜仪器带电缆线总成推送至孔底,推送前应检查输送器密封性、电缆线固定牢度,泵压参数应匹配仪器防护要求,避免高压冲击损坏仪器。
- 4.8.3 钻探控向仪器选择应符合下列规定：
- 1 埋深大、地面无通行条件的钻孔:无电磁干扰时,应采用有缆地磁导向仪;存在电磁干扰时,应采用陀螺导向仪；
 - 2 埋深较浅的钻孔:无电磁干扰时,应采用无线导向仪;存在电磁干扰时,应通过布设电缆圈制造人工磁场,采用有缆式导向仪。

5 钻探施工

5.1 一般规定

- 5.1.1 钻探实施包括施工准备、技术交底、地层钻进、轨迹控制、封孔等。
- 5.1.2 钻探设备、机具、仪器等应具备出厂合格证书或国家计量检定证书,并满足工程功能需求。
- 5.1.3 钻探实施前应结合场地地质复杂程度、设计孔深、取芯取样与原位测试及试验要求,合理安排施工工期,保证钻探实施质量。
- 5.1.4 属于危险性较大的钻探施工作业,应编制钻探安全施工专项方案。

5.2 施工组织方案

5.2.1 制定施工组织方案前,应熟悉勘探任务书及作业的各项要求,进行现场实地踏勘,并调查了解下列内容:

1 场地各功能区的环境因素、施工条件、安全风险与职业健康危害情况;相关地质情况,包括区域地层、岩性、地质构造、地质条件、不良地质(危岩、落石、断层、溶洞)、地下有毒有害气体等;

2 场地各功能区地形地貌、气象水文、地下水情况,包括地区历年降水量、历史最高水位、地下水动态和周期变化规律等;以往地质勘探资料,包括测量桩、采样点、封孔桩、物探成果等;周围的建(构)筑物距离及稳定性,地下管线(电力线路、通讯电缆、燃气管道、给水与排污管道等)的走向及埋深;

3 钻探作业区地下空洞、人防工程或其它地下工程(城市地铁等)及设施状况;地下埋藏物等情况,包括古墓、旧基础、废弃井

筒等；上方高压输电线及钻探塔架起落范围内的障碍物情况等；

4 施工现场水通、电通、路通和场地平整状况等；

5 施工对周边环境的影响,包括振动、噪声、泥浆排放、交通条件等。

5.2.2 施工组织方案应包含下列内容：

1 任务来源和工程概况；

2 钻探目的与任务；

3 执行的相关规范、规程等技术标准；

4 人员和设备配置；

5 轨迹设计及钻探工艺、取芯取样与原位测试、试验内容；

6 施工现场平面布置图；

7 进度计划及保证措施；

8 钻探质量保证措施；

9 文明施工、环境与职业健康、安全管理措施及应急预案；

10 预期成果。

5.3 施工准备

5.3.1 作业前应按照勘探任务书确定开孔点,根据开孔点、钻探设备、安装方法、地形条件等因素确定施工作业场地范围。

5.3.2 应根据施工组织方案的平面布置图,做好围挡、安全标识和交通疏导工作。

5.3.3 施工作业场地应符合下列规定：

1 场地位于高压线影响范围内,应满足安全距离要求；

2 作业场地应单独围挡,避免交叉作业,钻孔位置应避开地下管线及地下构筑物等设施；

3 场地应平整硬化,地基承载力应满足钻机、净浆系统等大型设备的荷载要求,做好作业现场地面排水系统,并保持排水性能良好；

4 在河滩或山谷中修建场地时,场地需要与洪水位保持一定距离,并做好泥浆池防渗措施。在洪水、暴雨季节,应有防护措施,增加监测巡查;

5 在陡崖、陡坡体(下)修建场地时,应清除上方的危石,确保施工安全;

6 在自然条件恶劣的地区,冬季施工时应修建保温棚,并做好保温、通风措施;

7 泥浆池开挖完成后,应在泥浆池表面铺防渗材料防止冲洗液渗漏;

8 修建场地应节约用地,施工结束后应进行自然环境恢复。

5.3.4 钻探设备的安装应符合下列规定:

1 安装钻机时,辅助起吊臂应保持锁死状态,起吊臂下严禁人员逗留;

2 钻机各系统组件齐全无损,安装后应检查机械传动、液压回路、电控、循环管路等系统连接情况,确保连接稳固;

3 钻机应安装在设计轨迹延伸线的起始位置,钻机动力的中心轴应与设计轨迹延伸线重合;

4 将钻机用地锚螺栓固定,应置于稳定岩土层内,地锚应采用地锚挡板与混凝土预制地锚结合,混凝土浇筑地锚时,混凝土强度不应低于 C30,养护时间不应少于 48 小时;

5 钻机安装稳固,地锚固定牢靠,钻进过程中不产生钻机摆动和移位。使用立轴钻机时,应确保“提升滑轮、回转器、孔口”三点一线;

6 钻机前端与斜立的孔口工作面应有足够的距离,为孔口管和孔口装置的安装提供足够的空间。

5.3.5 其它机械设备的安装应符合下列规定:

1 其它机械设备应按照施工组织方案布置平面图进行安装,保证各功能布局合理,冲洗液管路和电器线路规范有序;

2 安装和固定机械设备时不能用锤直接敲击。连接螺栓应

对称拧紧,管路连接应密封可靠。各零部件应按照规定安装齐全、完好;

3 供电系统应符合规定,电缆线应架空并采用三相五线制,电器的引线必须绝缘,接地可靠,应有漏电保护装置;

4 电气设备、照明设施应放在干燥、清洁的地方,严防油、水和杂物侵入;

5 零配件和钻探工具应摆放有序,不影响钻探取芯操作和岩芯摆放。

5.3.6 施工作业前,应完成下列检查校准工作:

1 核查各类测试仪器电源,检查信号传输、记录状态是否正常,并在地表完成仪器校准;

2 检查各仪表显示是否正常;

3 检查机械油管、水管是否畅通无泄漏;

4 检查各电路工作是否正常,有无漏电情况,钻机接地等安全措施是否到位;

5 检查钻杆丝扣是否清洁完好、无变形损坏。

5.3.7 钻探技术交底应包含下列内容:

1 工程项目的特点、地质条件、取样和测试的内容、施工要求与难点;

2 主要施工技术方案,采用的工艺、技术、重点环节与关键工序,特殊地质风险(如涌水、破碎带、溶洞等)的应对措施;

3 存在的环境不利影响与保护措施;

4 存在的危险因素、职业健康安全风险及预防措施;

5 应对突发事件的应急处置;

6 其它相关技术问题与注意事项。

5.4 钻探作业

5.4.1 钻孔施工轨迹控制精度应符合下列规定:

1 钻孔轨迹水平偏移量绝对值应不大于 1% 孔深,垂直偏移量绝对值应不大于 0.5% 孔深。轨迹偏离靶区和设计要求时应及时采取纠偏措施,必要时起钻更换钻具组合;

2 钻孔顶角和方位角的测量精度分别为 $\pm 0.1^\circ$ 和 $\pm 3^\circ$ 。

5.4.2 钻孔轨迹控制操作应符合下列规定:

1 根据设计轨道,建立地面、孔内测量控制系统;

2 导向、控向使用的仪器、测具使用前应检查校正,精度应符合现行国家标准;

3 安装孔口定位导向套管,保证开孔定向准确;

4 使用刚性满眼钻具,利用扶正器(稳定器)与钻铤组合的稳斜钻具,保持钻杆柱在孔内居中,实现钻孔轴线保直;

5 钻孔上部每钻进 30m~50m 应进行一次钻孔轨迹校核,造斜孔段 5m~10m、水平段 15m~20m 应进行一次钻孔轨迹校核,在特殊地层段可加密校核;

6 当倾角、方位角、深度等钻孔轨迹偏差超过规定时,应采取纠偏措施,并记录在钻探原始记录表中;

7 采用无线导向仪时应绘制钻孔轨迹平、剖面图;采用有缆式导向仪时,司钻员应定时观察并采集计算机处理的随钻数据,记录钻孔轨迹;

8 穿越软弱夹层、破碎地层、滑带、断层等特殊地质段时,应对钻孔轨迹加密复测;

9 孔内测试前应对钻孔轨迹进行复测;

10 钻孔终孔前应对全孔轨迹进行复测。

5.4.3 定向孔钻进应符合下列规定:

1 施工前钻机应进行试运转,时间不少于 15min,确定机具各部分运转正常方可钻进;

2 第一根钻杆在进入点钻进时应轻压慢转、稳定进入点位置,符合设计入土角后方可继续钻;

3 钻进时,直线段轨迹测量计算频率宜每根钻杆一次;

4 控向员应及时将测量数据与设计值进行对比,引导司钻员调整钻孔轨迹;

5 钻进至既有管线或障碍物临近区域时,应慢速钻进并复核先导孔轨迹,测算与交叉管线或障碍物的距离,确认在安全许可范围后再恢复正常钻进;

6 定向孔纠偏应平缓,避免出现大的转角;

7 钻机操作人员在钻进过程中需及时记录相关信息,钻探原始记录表应符合本规程附录 D 的规定。

5.4.4 涌漏、岩溶地层、破碎带及滑带、软弱结构面等复杂地层钻进应符合下列规定:

1 随时关注孔口返浆量情况及钻进参数情况,发现孔口返浆量增加或减少应及时查明原因,如有异常及时停钻;

2 确定钻遇涌水地层时,应立即关停钻机和泥浆泵,同时关闭开孔点止水装置;钻遇岩溶地层时,应立即关停钻机,提出钻杆后再关停泥浆泵;

3 钻进过程中遇相关特殊地层、异常情况时应及时记录。

5.5 钻孔取芯

5.5.1 各勘探对象的岩芯采取率应满足勘探任务书的要求,并符合表 3.0.6 的规定。

5.5.2 对滑面、滑带、破碎带、卸荷带、软弱夹层、岩体裂隙等需重点查明部位,应采取措施满足采取率要求。

5.5.3 钻进回次进尺需根据岩土地层情况、钻进方法及工艺要求、工程特点等确定,应符合下列规定:

1 在黏性土中,回次进尺不应超过 2.0m;在粉土、饱和砂土中,回次进尺不应超过 1.0m,且不得超过取土筒(器)长度;在预计的地层界面附近及重点探查部位,回次进尺不应超过 0.5m;采取原状土样前清土时,回次进尺不应超过 0.3m;

2 在软质岩层中,回次进尺不应超过 2.0m;在破碎岩石或软弱夹层中回次进尺应为 0.5m~0.8m;

3 回次最大长度不应超过岩芯管或取样管长度;

4 地层界线附近及重点探查部位,岩层应采用单动双管钻具,配合低固相泥浆或干钻;软弱土层、夹层应采用薄壁取土器轻压慢转钻进;较破碎~破碎岩石优先采用双层岩心管钻具;强破碎岩石及遇水易软化软弱夹层应采用半合管钻具及干钻工艺取芯。

5.5.4 取出的岩芯应按钻进回次先后顺序排列装箱,每回次之间用岩芯牌隔开,岩芯牌内容填写齐全并做好防水,柱状岩芯和岩芯箱按要求编号及保存。岩芯标记应按照下列程序进行:

1 岩芯在脱离岩芯管前应做出定向标记;

2 岩芯取出后根据岩芯上的定向标记正确摆放。

5.5.6 岩芯样品应密封保存,按钻进回次先后顺序排列,注明样品名称、岩性类别、取样时间、取样孔深、岩样方向、取样人、是否进行特殊处理等;原状样品在运输和保管过程中不应日晒、雨淋和融冻,保持密封,不应扰动;样品保留时间应根据勘探任务书要求确定。

5.6 事故的预防和处理

5.6.1 钻具卡钻、埋钻、烧钻事故的预防和处理,应符合下列规定:

1 卡钻:

1) 应制定预防措施,严格按照规定操作,及时发现并处置孔内异常情况;

2) 孔壁坍塌导致的卡钻,应采用强力回转、起下钻、套铣打捞、加大冲洗液洗孔等方法处理;

3) 沉渣卡钻,应启动钻机强力回转钻具并上下活动,配合大泵量冲孔等方法;

- 4) 键槽卡钻需先扫除键槽,再进行解卡;
- 5) 严重卡钻,应采用套铣筒铣去卡点周围障碍物,再缓慢起拔解卡,必要时采用侧钻绕障工艺避开事故钻具。

2 埋钻:

- 1) 定期检查泥浆性能指标,定期清理循环槽、泥浆池、沉淀池等;
- 2) 每回次结束后,延长冲洗液冲孔时间,保持孔内清洁和孔壁稳定;孔内事故处理过程中,应保持冲洗液循环;钻具在孔内时,不得中断冲洗液循环;
- 3) 钻孔穿过松散破碎、易坍塌岩层或流砂层时,应采取有效的护壁堵漏措施。发生卡钻事故时,应维持冲洗液正常循环,防止孔内沉砂埋钻;
- 4) 钻进复杂地层时,应避免快速起下钻引起的孔壁失稳坍塌;
- 5) 钻孔轻微坍塌,应采用大泵量冲孔,低速回转扫孔通过;严重坍塌(钻具被埋、无法活动),严禁强力起拔,宜先加固孔壁、固结坍塌体,再逐步套铣、震击解卡;
- 6) 采空区顶板垮塌引发埋钻,应先对垮塌区域注浆固结,加固顶板及垮塌体,再采用跟管钻进方式穿越垮塌段。

3 烧钻:

- 1) 应确保水泵送水正常、冲洗液循环畅通,严禁无冲洗液钻进;
- 2) 钻进过程中,应防止钻头过热;
- 3) 钻进软岩层时,应适当控制钻进速度;
- 4) 发生烧钻事故时,应立即停止钻进;
- 5) 烧钻事故处理完成后,应更换损坏的钻具,经检查合格后方可重新钻进。

5.6.2 套管事故的预防和处理方法宜按表 5.6.2 执行:

表 5.6.2 常见套管事故及处理方法

套管事故类型	处理方法
套管偏斜	将套管柱向上提一段距离,扭转后重新下入固定。
套管掉落	(1)上端的丝扣完好,不歪斜,可从孔口补充套管,在孔内直接连接; (2)上端丝扣损坏,宜起拔所有套管后重新下入; (3)下套管跑钻时,宜捞出事故套管后更换。
套管脱节和错动	应将套管全部拔出,重新下入。
套管折断	(1)可采用套管公锥或捞矛打捞,再重新下入完好套管; (2)套管难以起拔,可采用同径套接、同径座接等方法进行修复处理; (3)若折断的套管位置较深,可起拔所有套管后重新下入;若允许换径,可下入小一级规格的套管。

5.6.3 钻孔护壁堵漏方法应根据岩层情况、堵漏工具、地下水情况和护堵材料进行选择。常用护壁堵漏方法及适用范围应符合表 5.6.3 的规定。

表 5.6.3 护壁堵漏方法及适用范围

护壁堵漏方法	适用范围
泥浆	高渗透砂层、砾石层、破碎地层及存在微裂缝地层的护壁与堵漏。
水泥灌注	细微裂缝、孔隙引起的漏失及中等以上漏失地层,地下承压水、水流速度较小的地层。
冻胶泥浆及化学絮凝	孔隙水、承压水较大,存在涌水、漏失的地层及溶蚀性地层;水泥浆难以胶结成型的地层。
套管隔离	胶结性差、极松散破碎地层、溶洞、大裂隙、破碎带等严重漏失地层及孔壁不稳定地层。
复合堵漏法	破碎、坍塌、漏、涌、喷等多种复杂情况并存、单一堵漏方法难以奏效的复杂地层。

5.6.4 钻进中出现涌水和透水情况的处理,应符合下列规定:

1 钻进中发生少量涌水,应利用高压泥浆泵平衡孔内涌水压力,继续钻进;

2 涌水量较大,明显影响钻进作业或可能导致地下水位大

幅下降时,应将钻杆拉出,及时中断钻进作业;

- 3 加大钻进泥浆密度,抵御和封堵涌水或透水的通道;
- 4 对钻进液的粘度、过滤性和抑制性参数进行调整,以达到降低透浆和涌水的效果;
- 5 使用水泥浆、胶水等临时封堵涌水点;
- 6 如果无法直接封堵涌水点,应采用孔内阻隔装置和孔口涌水导流装置疏泄。

5.7 地下水测试

5.7.1 地下水位观测应符合下列规定:

- 1 钻孔施工至含水层后,应停止钻进,进行孔内水位首次观测;后续每钻进 5m(含水层段每 2m)观测一次;钻孔终孔后观测稳定水位,每隔 1~5 分钟观测一次,直至连续三次观测水位变幅不大于 2cm,记录稳定水位深度;

- 2 采用测水绳、电测水位计,工具精度应不低于 $\pm 1\text{cm}$,使用前需校验;

- 3 量测时应确保工具探头至孔底无阻挡,读数准确,记录观测时间、水位埋深、孔口标高,计算地下水位标高。

5.7.2 水压测量应符合下列规定:

- 1 压力表精度不小于 0.4 级;
- 2 孔口与钻杆间隙应密封,待压力稳定后测量;
- 3 压力表安装位置应与含水层中心标高一致;
- 4 应连续测量 3 次,每次间隔 15min,取平均值作为实测水压值;
- 5 高压含水层水压测量时,应安装防喷装置,操作人员注意安全。

5.7.3 压水试验应符合下列规定:

- 1 压水试验前应清理孔内沉渣,确保孔壁完整、无坍塌。

- 2 流量计量精度不小于 1%，压力表精度不小于 0.4 级；
- 3 设备安装后应进行密封性检验；
- 4 每级压力稳定时间 $\geq 30\text{min}$ ，稳定标准为流量波动 $\leq 5\%$ ；
- 5 孔壁坍塌、漏水量过大无法稳定压力，或达到设计最大压力且流量稳定时，终止试验。

5.8 终孔验收

5.8.1 钻孔完工后，应根据勘探任务书要求进行终孔验收，并应符合下列规定：

1 验收应由钻探负责人与勘察项目负责人组织相关人员进行；

2 验收应在钻孔成孔和钻孔试验与测试结束后、相关设备未撤离前进行；

3 对验收不合格钻孔应根据不合格指标的类型和性质，采取相应补救措施或返工，并应重新组织验收，直至验收合格；

4 对经过补救后，仍未达到设计要求的钻孔，应予以报废。

5.8.2 钻孔封孔方法应符合下列规定：

1 封孔应遵循“设计先行、分层隔离、密实可靠、安全环保”原则；

2 含水层、破碎带等关键层位，应分层分段封孔，重点密封含水层顶底板上下 5m~10m 范围；

3 岩层应采用 42.5 级及以上水泥浆（可掺膨胀剂），土层应采用黏土球，特殊地层选用专用封孔材料；

4 封孔前应清洗钻孔，注浆法需将注浆管下至孔段底部、连续灌注至孔口返浆，黏土球封孔需分层捣实；

5 孔口用水泥浆封闭深度不小于 1m。

5.8.3 钻孔施工结束后的场地应进行清理恢复。

6 环境保护

6.1 实施前的准备工作

6.1.1 钻探实施前,应加强环境因素调查,识别环境敏感因素。

6.1.2 钻探实施方案中应采用环境保护措施。同时,钻探实施方案应分析项目危险源、监控预防措施、火灾爆炸事故应急处置程序、突发环境事件及其后果。

6.1.3 宜通过宣传教育和培训等,强化勘探施工人员的生态环境保护意识。

6.2 实施中的环境保护

6.2.1 实施中的环境保护宜坚持“绿色”全过程覆盖原则,将绿色环保意识和行动贯穿于勘探活动的全过程、全方位、各环节、各工序。

6.2.2 实施清洁生产应符合下列规定:

1 应从资源能源利用、勘探装备与作业流程、钻进工艺、泥浆污染物的产生与废弃物的处理及环境管理等方面,实施清洁生产和污染物的全过程控制;

2 应采用资源利用率高、污染物产生量少的工艺和设备;

3 应采用有利于资源利用和保护环境、防止污染的钻探方法及工艺技术;

4 应采用环保无害型冲洗液,使用环保型泥浆材料和处理剂;

5 应保持勘探作业现场干净整洁、工具管材摆放有序。

6.2.3 安装座落钻孔套管时,应有效隔离地层与套管之间的环

空间隙,规范使用套管鞋,并封闭孔口管,防止换径后在钻进过程中冲洗液过量渗入地下水系统。

6.2.4 钻探作业现场地面应进行防渗处理,防止油液渗透污染地表。

6.2.5 应使用冲洗液不落地和固相净化控制系统,减少或避免冲洗液直接污染地表环境。通过专用设备和工艺技术净化冲洗液,分离岩粉和钻渣,及时清除冲洗液中的有害固相(岩粉),净化后的冲洗液可再利用。施工期间所产生的生活污水和机械冲洗废水严禁直接排入地表水体。

6.2.6 施工期间噪声控制应符合现行国家标准《建筑施工场界环境噪声排放标准》GB 12523 的规定。

6.3 实施后的环境恢复

6.3.1 废弃岩芯应回填至原钻孔或项目范围内的其他钻孔内,无法回填的应按一般固体废物管理,严禁随意倾倒。

6.3.2 应及时清理施工现场的生产管材、工器具、剩余的冲洗液处理剂以及生活生产垃圾。

6.3.3 钻孔终孔验收后,结合钻探现场实际,应对场地的冲洗液池、循环槽、沉淀池(等)坑恢复平整,清除现场遗留的油污、废浆液等污染物。对可能产生污染的岩粉岩屑应进行固化或无害化处理。

6.3.4 设备撤场后,应对勘探现场进行环境恢复与治理。

7 数字化与信息化

7.1 数据采集与管理

7.1.1 钻头位置、轨迹、姿态等信息的实时采集与监测,可采用数字化导向系统,并根据监测结果进行动态调整,应符合下列规定:

1 数字化导向系统应具备高精度定位、实时监测、轨迹纠偏等功能;

2 利用数字化导向系统,实时采集并监测钻头的位置、轨迹、姿态等信息,并与设计轨迹进行对比;

3 根据监测结果,调整钻进参数,确保钻孔轨迹符合设计要求。

7.1.2 钻进参数、泥浆性能、孔壁稳定性等数据的实时采集与监测,可利用传感器技术,以此确保施工安全与质量,应符合下列规定:

1 应在钻杆、钻头、泥浆循环系统等关键部位安装传感器,用于实时采集并监测钻进参数、泥浆性能、孔壁稳定性等;

2 对监测数据进行分析与处理,以便及时察觉施工过程中存在的安全隐患和质量问题;

3 根据监测结果,及时对施工方案作出调整,确保施工安全和质量得以保障。

7.1.3 数据采集工作应符合相关规范要求,并应符合下列规定:

1 应制定详尽的数据采集方案,明确采集方法、精度要求、质量控制措施等内容;

2 应对采集的数据进行现场检查与复核,确保数据真实可靠;

3 应建立数据采集日志,记录采集时间、地点、人员、设备等信息,实现数据的可追溯。

7.1.4 数据管理应符合下列规定:

1 应建立统一的数据管理平台,实现数据的集中存储、管理以及共享;

2 数据管理平台应具备数据入库、查询、统计、分析、可视化等功能;

3 应建立数据安全机制,对数据进行分级分类管理,并采取必要的安全防护措施。

7.2 信息化应用

7.2.1 应建立信息共享平台,实现各方信息的实时共享与协同工作,并应符合下列规定:

1 信息共享平台应兼容数据管理平台,同时具备项目管理、任务变更、文档管理、进度管理、质量管理等功能;

2 信息共享平台应支持多种终端设备的访问;

3 信息共享平台应具备在线协作功能。

7.2.2 信息共享平台应具备权限管理、版本控制、在线协作等功能,并应符合下列规定:

1 应针对不同用户设置不同的数据访问权限,确保数据的安全性与保密性;

2 应对文档进行版本管理,记录文档的修改历史,方便用户追溯和回滚;

3 应支持多人同时在线编辑文档、评论和批注,提高协作效率。

8 技术成果

8.1 原始资料

8.1.1 钻探原始记录表应按照附录 D 规定的内容和格式由编录员现场及时填写,并符合下列规定:

- 1 岩土鉴别和描述应符合国家现行规范、标准规定;
- 2 记录内容应准确、齐全、字迹清晰;
- 3 不得涂抹修改,误写处可用横线划去后在旁边更正;
- 4 应有钻探班长、编录员及项目负责人或检查人签字。

8.1.2 原始资料应包含下列内容:

- 1 勘探任务书或勘察纲要、合同;
- 2 钻探工程技术设计(包括设计变更)文件、施工组织方案、阶段性工作总结、完工技术工作总结等;
- 3 安全技术交底记录,开钻前安全、工程技术等方面的要求或说明;
- 4 钻探原始记录表;
- 5 现场测试记录表,随钻测量、孔内综合测试等过程记录;
- 6 新技术试验记录表,记载新设备、新工艺、新技术、新材料等现场试验数据等。

8.2 成果资料编制

8.2.1 编制成果报告前须对原始记录资料整理、检查、综合分析,确认无误后方可使用。

8.2.2 钻探成果报告应包含下列内容:

- 1 工程概况与地质条件概述;

- 2 勘探任务书完成情况；
- 3 钻孔技术成果资料：
 - 1) 钻探原始记录表；
 - 2) 现场测试记录表；
 - 3) 钻孔结构剖面图、钻孔弯曲曲线图、钻孔轴线轨迹剖面图和水平投影图等；
 - 4) 施工现场、开、终孔及岩芯彩色照片及有关影像资料；
 - 5) 钻探数字化成果。
- 4 新技术试用情况；
- 5 环保、质量、职业健康安全情况。

附录 A 定向钻探设计书

A.0.1 项目概述

- 1 项目背景与目的(工程需求、地质目标等)
- 2 项目位置与范围
- 3 设计依据(技术标准、法规要求等)

A.0.2 地质与工程条件

- 1 地质概况
- 2 地层结构与岩性(垂向/水平方向变化)
- 3 构造特征(断层、裂缝、倾角等)
- 4 工程难点
- 5 潜在风险(井壁稳定性、漏失等)
- 6 水平段轨迹控制要求

A.0.3 钻探设计

- 1 钻孔结构设计
- 2 井径与套管程序
- 3 井眼轨迹参数(造斜点、造斜率、靶窗尺寸等)
- 4 钻探工艺
- 5 钻具组合(BHA 设计、导向工具选择)
- 6 钻井液体系(性能要求、防塌防漏措施)
- 7 轨迹控制技术(随钻测量/LWD/MWD 方案)
- 8 终孔方案

A.0.4 备与材料

- 1 设备选型(钻机扭矩、泥浆泵泵压等参数匹配)
- 2 工具清单(马达、测量仪器等)
- 3 套管及固井材料

A.0.5 施工计划

- 1 分阶段进度安排(直井段、造斜段、水平段)
- 2 关键节点控制
- A.0.6 安全文明施工与环境保护
 - 1 危险源辨识及预防控制措施
 - 2 施工安全措施
 - 3 应急预案
 - 4 环境保护(岩屑处理、废液回收、场地恢复)
- A.0.7 质量与风险控制
 - 1 质量控制指标(井径、轨迹误差等)
 - 2 风险预案(卡钻、井涌等应对措施)
- A.0.8 技术交底
 - 其他 附件
 - 地质剖面图、水平轨迹设计图
 - 设备技术参数表

附录 B 定向孔孔身轨迹设计

B.0.1 设计定向孔孔身轨迹的目的是指导钻探施工,便于对钻孔实际轨迹进行控制。

B.0.2 定向钻探施工过程中,钻孔的垂直孔深、水平位移和中靶距离 3 个指标数据,均应基本与设计数值吻合才行,偏距过大则不能满足中靶要求。

B.0.3 通常把孔身轨迹设计在垂直平面内(只有顶角变化而无方位变化)、水平面内(只有方位角变化而无顶角变化)。

B.0.4 孔身轨迹有多种形式,最常用的有直线——曲线(增斜)型和直线——曲线(增斜)——直线(稳斜)型两种。

B.0.5 垂直平面内定向孔设计计算

1 直线——曲线(增斜)型孔身轨迹

已知开孔顶角 θ_0 ,造斜点孔深 L_1 ,靶点垂深 H ,水平位移 S ,求解曲线段顶角增量 γ ,平均造斜强度 i ,曲线段弧长 L_2 ,中靶孔深 L (如图 B.1 所示)。

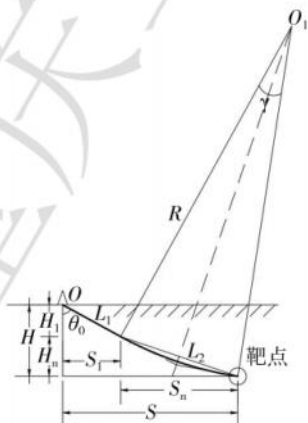


图 B.1 直线-曲线(增斜)型孔身轨迹计算图

其计算公式如下：

- 1) 曲线段顶角增量 γ (公式推导从略)

$$\gamma = 2 \left[\operatorname{tg}^{-1} \left(\frac{S - L_1 \sin \theta_0}{H - L_1 \cos \theta_0} \right) - \theta_0 \right]$$

- 2) 曲线段平均造斜强度 i (°/m)

$$i = \frac{114.6 \sin \frac{\gamma}{2}}{\sqrt{(S - L_1 \sin \theta_0)^2 + (H - L_1 \cos \theta_0)^2}}$$

- 3) 曲线段弧长 L_2 (m)

$$L_2 = \frac{\gamma}{i}$$

- 4) 曲率半径 R (m)

$$R = \frac{57.3}{i}$$

- 5) 钻孔中靶孔深 L (m)

$$L = L_1 + L_2$$

2 直线—曲线(增斜)—直线(稳斜)型孔身轨迹

已知靶点垂直孔深 H , 水平位移 S , 开孔顶角 θ_0 , 曲线段平均造斜强度 i , 造斜点孔深 L_1 , 求解曲线段顶角增量 γ , 曲线段长度 L_2 , 稳斜段长 L 和靶点孔深 L (如图 A.2)。

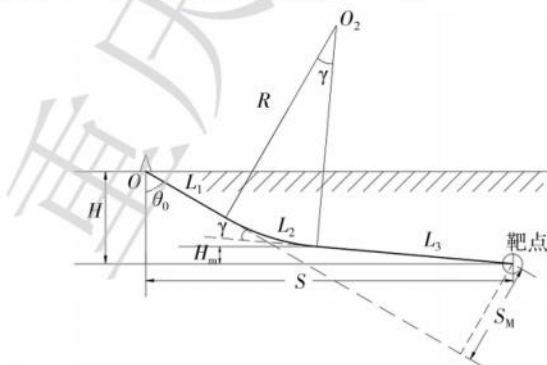


图 A.2 直线—曲线(增斜)—直线(稳斜)型孔身轨迹计算图

其计算公式如下：

- 1) 曲线段顶角增量 γ (公式推导从略)

$$\gamma = 2\text{tg}^{-1} \left[\frac{H_M - \sqrt{H_M^2 - (2R - S_M)S_M}}{2R - S_M} \right]$$

式中：

$$R = \frac{57.3}{i}$$

$$H_M = \frac{H}{\cos \theta_0} - L_1 + (S - H \text{tg} \theta_0) \sin \theta_0$$

$$S_M = S \cos \theta_0 - H \sin \theta_0$$

- 2) 曲线段长度 L_2

$$L_2 = \frac{\gamma}{i}$$

其中：

$$\theta_t = \theta_0 + \gamma$$

- 3) 稳斜段长度 L_3

$$L_3 = \frac{S - L_1 \sin \theta_0 - R(\cos \theta_0 - \cos \theta_t)}{\sin \theta_t}$$

- 4) 靶点孔深 L

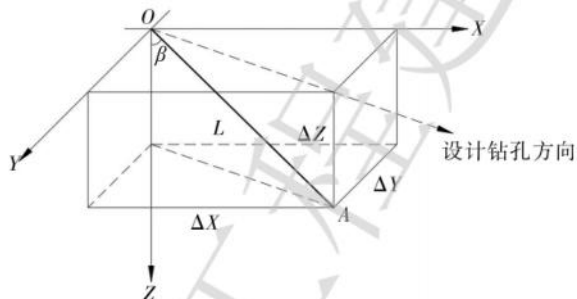
$$L = L_1 + \frac{\gamma}{i} + L_3$$

附录 C 定向孔空间位置计算

C.0.1 定向孔施工过程中,必须随时对钻孔的空间位置进行计算或作图,以便动态掌握孔身轨迹的变化情况并和设计轨迹比照。

C.0.2 当实际轨迹和设计轨迹相差较大时,应及时采取纠、造斜措施并最终满足中靶要求。

C.0.3 假设某定向控制孔段 L 的空间形态如图 B.1 所示。



图中:

β ——钻孔倾角

Δa ——实际方位与设计方位夹角增量

ΔX —— L 在设计方向水平投影长度增量

ΔY —— L 在水平面上偏离勘探线长度增量

ΔZ —— L 的垂深投影长度增量

C.0.4 平均角法(均角全距法)

此法认为:钻孔轴线上任意两测点间的测段为一条直线,将测段上、下两点角度的简单平均值假设成为整个测段的顶角和方位角,钻孔轴线被认为与角(顶角或方位角)成一切线,并覆盖测段全长。此法由于简便,计算不复杂,加之较精确,因而在现场获得广泛应用。

平均角法(均角全距法)的计算公式见式(B-1)~(B-3):

$$\Delta X_{1,2} = \Delta L_{1,2} \sin \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \cdot \sin \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (\text{C-1})$$

$$\Delta Y_{1,2} = \Delta L_{1,2} \sin \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \cdot \cos \frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2} \quad (\text{C-2})$$

$$\Delta Z_{1,2} = \Delta L_{1,2} \cos \frac{\theta_1 + \theta_2}{2} \quad (\text{C-3})$$

C.0.5 曲率半径法(又叫变角圆柱螺线法、柱面圆切法)

此法认为钻孔轴线上任意两测点间的测段为一条等变螺旋角的圆柱螺旋曲线,用它代表钻孔的真实轴线。此曲线具有球面圆弧形状平滑,可用圆周或球面的一部分表示。螺线在两端点处与上、下两测点处的钻孔轴线方向相切,圆弧的确定由两个方向的矢量和已知的两测点间的距离所给定。

曲率半径法的计算公式见式(B-4)~(B-6):

$$\Delta X_{1,2} = \frac{\Delta L_{1,2} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) (\cos \alpha_1 - \cos \alpha_2)}{(\theta_2 - \theta_1) (\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (\text{C-4})$$

$$\Delta Y_{1,2} = \frac{\Delta L_{1,2} (\cos \theta_1 - \cos \theta_2) (\sin \alpha_2 - \sin \alpha_1)}{(\theta_2 - \theta_1) (\alpha_2 - \alpha_1)} \quad (\text{C-5})$$

$$\Delta Z_{1,2} = \frac{\Delta L_{1,2} (\sin \theta_2 - \sin \theta_1)}{(\theta_2 - \theta_1)} \quad (\text{C-6})$$

C.0.6 最小曲率法

此法认为钻孔轴线上任意两测点间的测段为一段平面的圆弧,圆弧在两端点处与上下两测点处的钻孔方向线相切。圆弧的确定也是由测段开始与末尾两个方向的矢量和已知的两测点间的距离所给定。并用钻孔曲线段相对应部分的狗腿严重性推导出来的一比例系数,平滑顶角与方位角适合钻孔轴曲线。

最小曲率法的计算公式见式(B-7)~(B-10):

$$\Delta X_{1,2} = \frac{\Delta L_{1,2}}{2} (\sin \theta_1 \sin \alpha_1 + \sin \theta_2 \sin \alpha_2) RF \quad (\text{C-7})$$

$$\Delta Y_{1,2} = \frac{\Delta L_{1,2}}{2} (\sin \theta_1 \cos \alpha_1 + \sin \theta_2 \cos \alpha_2) RF \quad (\text{C-8})$$

$$\Delta Z_{1,2} = \frac{\Delta L_{1,2}}{2} (\cos\theta_1 + \cos\theta_2) RF \quad (\text{C-9})$$

$$RF = \frac{2}{\delta} \tan \frac{\delta}{2} \quad (\text{C-10})$$

式中： RF ——是一个大于 1 且很接近 1 的修正系数，在全弯曲角 δ 足够小的情况下，可近似认为 $RF=1$ 。

δ ——两测点间的全弯曲角。

本标准用词说明

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 条文中指明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

- 1 《钻探工程术语》GB/T 9151
- 2 《地质岩芯钻探钻具》GB/T 16950
- 3 《矿井井下高压含水层探水钻探技术规范》GB/T 24505
- 4 《土方机械水平定向钻机术语》GB/T 25603
- 5 《城市地下空间与地下工程分类标准》GB/T 41925
- 7 《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585
- 8 《城市地下空间规划标准》GB/T 51358
- 9 《工程地质钻探规程》DZ/T 0017
- 10 《定向钻探技术规程》DZ/T 0054
- 11 《水文水井地质钻探规程》DZ/T 0148
- 12 《地质岩心钻探规程》DZ/T 0227
- 13 《绿色地质勘查规范》DZ/T 0374
- 14 《地质钻探孔内事故预防与处理技术规程》DZ/T 0389
- 15 《地质钻探护壁堵漏技术规程》DZ/T 0410
- 16 《建筑工程地质钻探技术标准》JGJ 87
- 17 《城市地下空间利用基本术语标准》JGJ/T 335
- 18 《绿色勘探技术规程》T/GRM 090
- 19 《煤矿坑道勘探用钻机》MT/T 790
- 20 《煤炭地质钻探规程》MT/T 1076
- 21 《煤矿井下定向钻进技术规程》NBT 10173
- 22 《工程勘察标准》DBJ50/T-043
- 23 《地下空间水平定向钻探技术规程》T/CSUS 89
- 24 《爆炸性环境 第 1 部分:设备 通用要求》GB/T 3836.1
- 25 《爆炸性环境 第 2 部分:由隔爆外壳“d”保护的的设备》GB/T 3836.2

26 《爆炸性环境 第 4 部分：由本质安全型“i”保护的的设备》
GB/T 3836.4

27 《钻井液材料规范》GB/T 5005

重庆工程建设

重庆市工程建设标准

山地城市定向钻探技术标准

DBJ50/T-556-2026

条文说明

2026 重 庆

重庆工程建设

目 次

1	总则	51
3	基本规定	52
4	定向钻探设计	54
4.1	设计依据	54
4.2	设计原则与要求	54
4.3	钻进方法选用	56
4.4	钻孔结构设计	56
4.6	定向轨迹设计	57
4.7	冲洗液设计	58
4.8	随钻测量	59
5	钻探施工	61
5.1	一般规定	61
5.2	施工组织方案	61
5.3	施工准备	62
5.4	钻探作业	62
5.5	钻孔取芯	63
5.6	事故的预防和处理	63
6	环境保护	64
6.1	实施前的准备工作	64
6.2	实施中的环境保护	64
6.3	实施后的环境恢复	65
7	数字化与信息化	66
7.1	数据采集与管理	66
8	技术成果	67

8.1 原始资料·····	67
8.2 成果资料编制·····	67

重庆工程建设

1 总 则

1.0.2 对于山地城市边坡、危岩和陡崖场地,采用垂直钻探揭示滑面、软弱夹层、竖向裂隙和卸荷裂隙等重要地质特征较困难,而采用定向钻探则相对容易。市政管线(如输水、燃气管道)、地下洞室工程(如隧道、人防工程)等定向管道场地,以及横向受力建(构)筑物,如挡土墙、桥梁墩台等,采用定向钻孔能更好地获取沿线地质特征。

工程施工,如隧道超前地质预报、管线非开挖铺设;地下致灾因素探测,如岩溶、空洞、断层等灾害体的探查;应急救援,如塌方救援中快速钻孔通风或输送物资等定向钻探未列入本标准,可参照执行。

3 基本规定

3.0.1 定向钻探作业前应收集勘察区内既有建(构)筑物地基基础、道路和地下管线等资料,钻探设计时应避让或设置有效的保护措施,实施前应进行复核,确定其准确位置,避免造成破坏。当穿越铁路、轨道、高等级公路、重要水域、高压铁塔等重要保护区域时,应征得有关部门的同意,采取的安全保护措施应得到有关部门的认可。

3.0.2 勘探任务书是钻探工作的作业指导书。本条是对定向钻探的基本要求,需要查明地层结构、岩土层性状、滑带、滑面、破碎带、卸荷带、软弱夹层、裂隙特征以及地下水情况,并能采取符合质量要求的岩土试样和开展勘探任务书所要求的原位测试工作。

3.0.4 交底需涵盖工艺要点(如钻进参数控制)、环保措施(如泥浆循环利用)、职业健康(如粉尘防护)及安全规范(如孔口防护)。交底目的是强化作业人员的责任意识,降低施工风险,确保符合《安全生产法》及《环境保护法》要求。

3.0.5 勘探点设计位置因工程特点、场地地形情况等因素的影响,在实际工作中可能会有偏差,但其误差应满足本条提出的要求。钻孔位置、孔口高程应采用仪器测定,钻探结束后,应对钻探点位的坐标和高程进行复测。

3.0.6 本条提出的是基本要求,具体标准应根据勘探任务书要求执行。由于定向钻实施的代价较高,因此对于滑面、软弱夹层、裂隙、卸荷带等需重点查明的对象,应通过扩大钻孔口径、改进钻探方法、取芯工艺和冲洗液等措施保证满足岩芯采取率要求。

3.0.7 钻探原始记录表是编制勘察成果的基础资料之一。由专业培训的人员或专业技术人员现场记录,确保描述标准化(如岩芯颜色、节理产状)。项目负责人验收签字,明确责任主体,保证

记录真实性与可追溯性。

3.0.8 外部作业影响等级的判定应符合《城市轨道交通结构安全保护技术规范》CJJ/T-202 的有关规定。

3.0.9 滑坡、危岩场地地质条件复杂,安全风险大,在定向钻探作业过程中可能因振动、地下水变化等因素引发地质灾害。加强监测与巡查工作,可及时掌握场地稳定性动态,发现异常情况并采取应对措施,保障作业安全和周边环境安全。

3.0.10 需保留的钻孔应设置牢固的孔口防护盖或围栏,确保能承受一定荷载、防止人员或杂物坠入,并在明显位置设置标识牌,标明钻孔编号、孔深、用途等信息;在人员活动频繁区域应增设警示标志和隔离措施,防护装置应具备耐久性以抵御自然环境影响,并定期检查维护。不需要保留的钻孔应按照勘探任务书要求及时封孔。

3.0.11 勘探施工应采用低能耗设备、环保泥浆(如生物降解型)、岩屑回收利用等措施,减少碳排放及土地污染,响应“双碳”目标。

4 定向钻探设计

4.1 设计依据

4.1.2 本条规定了设计前需全面掌握作业区障碍物信息的要求,是确保施工安全与合规性的基础:

1 障碍物类型与影响:地上障碍物(如高压线路):需明确电压等级、净空高度,避免钻机设备(如井架)与带电体安全距离不足引发触电事故;地下障碍物(如既有管线、桩基):需精准定位其埋深、走向及材质(如燃气 PE 管、混凝土桩),防止钻进过程中因误触导致管线破裂、桩基扰动等次生灾害;

2 数据获取方式:通过城建档案馆调取管线竣工图、权属单位现场交底;采用物探等手段(如电磁法探测金属管线、地质雷达扫描非金属管线)复核;对无法避让的障碍物,需制定专项保护方案(如套管隔离、人工开挖暴露)。

4.1.3 地质条件对钻探设计影响很大,比如,钻进特性参数(如岩石可钻性级值、研磨性指数)直接影响钻头选型;硬岩层需匹配高钻压、低转速参数及高强度钻头(如 PDC 钻头);松散砂层、淤泥层易塌孔,需设计高粘度泥浆护壁或套管跟进工艺;断层带、裂隙发育区可能引发泥浆漏失,需设计堵漏预案(如桥接材料、水泥封堵)等。因此,在钻探设计前需通过收集、调查场地的勘察资料、同一地区已施工钻孔资料,获取相关地质钻探信息,作为钻探设计的重要依据。

4.2 设计原则与要求

4.2.1 本条规定了钻孔设计书的编制应遵循的原则和要求:

1 因地制宜原则,需结合工程地质条件、气候特征及场地限制,优化施工方案,减少环境干扰并保障施工安全。例如,在复杂地层中需优先考虑稳定性控制措施,避免因地质突变引发施工风险;

2 技术方案科学性,根据钻孔目标参数(深度、倾角、终孔口径等),采用人工受控定向钻进技术体系,通过多方案比选确定最优路径,确保轨迹精度与施工效率。需结合设备运输条件,选用适配性强的钻进工艺;

3 设备选型要求:钻机、泥浆泵及配套钻杆应满足钻孔深度与孔径需求,优先选用模块化、高兼容性设备以降低维护成本。例如,在硬岩地层中需配置高强度钻杆及耐磨钻头;

4 钻进工艺要求:采用分层取芯技术,结合实时监测数据调整钻进参数(如转速、钻压、泵量)。对特殊地层(如破碎带)需采用套管护壁或化学加固工艺;

5 定向技术体系要求:人工受控定向钻进需随钻测量,实现钻孔轨迹动态修正,误差控制应满足目标层位精度要求;

6 钻孔口径要求:终孔口径需为原位测试设备预留下放、提升及正常作业的操作空间,需满足设计规定的岩芯取样规格要求。

4.2.2 设计书编制需兼顾技术可行性与经济合理性:

1 目的与任务:明确工程地质勘察等核心目标,细化地层鉴别、取样、测试等任务;

2 钻探施工条件:涵盖场地地形、工程地质条件、交通条件、水电供应及潜在风险(如地下管线、滑坡体),需附现场踏勘报告及风险应对预案;

3 方法与设备选择:明确钻进工艺流程图,说明设备参数(如钻机扭矩、泵压范围)及选择依据,突出技术经济性对比;

4 钻探施工设计:包含进度计划、人员分工、质量控制节点及应急预案。例如,采用动态管理法优化资源配置,减少窝工现象;

5 安全文明施工:包括危险源辨识及预防控制措施、施工安全措施、应急预案;

6 环境管理与保障措施:制定泥浆循环利用、废渣分类处置及噪声控制方案,符合绿色施工标准。敏感区域需设置隔离带及实时监测系统。

4.3 钻进方法选用

4.3.2 研磨性指标(mg)是表征岩石或地层对钻具(如钻头、钻杆)磨损能力的关键参数,通常通过实验室标准测试方法测定,以单位质量损失(毫克,mg)量化。

4.3.3 通过岩石可钻性及研磨性合理选择适用的钻进方法,如套管钻进、硬质合金钻进、聚晶或复合片钻进及孕镶金刚石钻进等,以满足不同地层条件下的钻探需求。

4.3.4 钻孔取芯方法有多种,对一些松软、特殊不易取芯的地层,取芯方法有时可选用组合式取芯,如喷射反循环双管、半合管组合钻具。取芯钻具的选择原则是减少扰动,有效保护,保持原状,提高取芯率。

4.4 钻孔结构设计

4.4.1 钻孔结构设计需以勘察任务书为核心,结合勘探需求(如岩芯取样、原位测试、抽水试验等)明确开孔与终孔口径、套管层次等参数,确保钻孔功能与目标匹配。设计需遵循“简化结构、优化成本”原则,减少换径次数及套管层级。终孔口径与钻进工艺密切相关,硬岩地层推荐金刚石钻进以保障成孔精度。

4.4.4 套管层级要留有余地,预留一级口径,以应对复杂情况;换径次数过多是孔斜的重要诱因,满足功能需求的前提下,尽量减少换径次数,以确保钻孔精度与施工安全。钻孔口径需满足勘察取样、测试、定向钻进工艺、孔壁稳定及轨迹控制的要求。

4.4.5 自下而上的设计方法以终孔需求为核心,通过逆向分层

优化结构,兼顾勘探精度与施工效率。设计图需清晰反映地层适应性及工艺匹配性,为钻探作业提供可操作性指导。

4.6 定向轨迹设计

4.6.1 收集以往的钻探资料,为设计方案的科学性、针对性和可实施性提供依据,规避设计与施工脱节风险。场区及周边以往的钻探资料,包含地层分布、岩性特征、岩土体物理力学指标、水文地质条件、不良地质体分布及以往钻探施工记录等内容。钻探设备性能参数包含钻具系列规格、设备钻进能力、定向控制精度、成孔口径适用范围、设备作业空间要求等指标,是保障设计方案落地实施的关键施工依据。

4.6.2 定向钻孔的类型根据钻孔轴线不同进行分类,一般有“一”形、“\”形、“人”形或“L”形,如图 4.6.2-1~4.6.2-3;无复杂地形地质约束、需快速贯通的场景宜采用“一”形;地形高差较大或需避开中间层位障碍宜采用“\”形;需跨越中间障碍物、分区域钻探或双向贯通的工程宜采用“人”形;从特定点位开孔,需快速进入水平段的场景宜采用“L”形钻进。

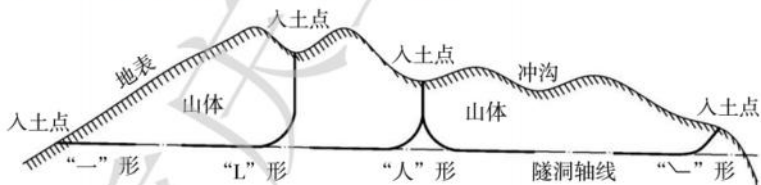


图 4.6.2-1 山地定向钻孔轨迹剖面示意图

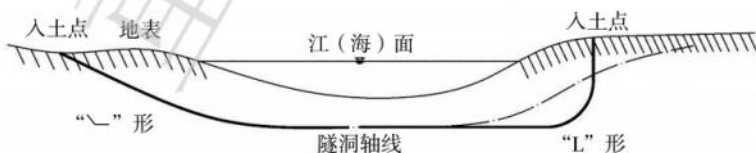


图 4.6.2-2 跨江(湖)穿越工程定向钻孔轨迹剖面示意图

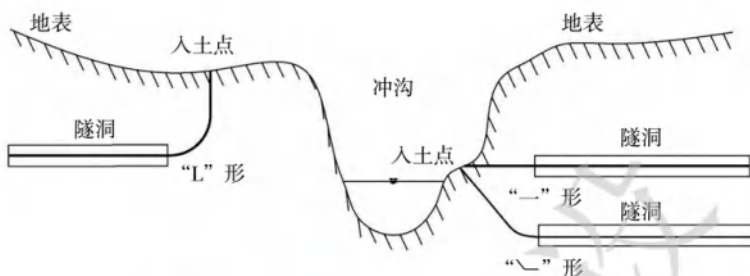


图 4.6.2-3 地下硐室群定向钻孔轨迹剖面示意图

4.6.3 优先设计短距离的定向钻孔和简单轨迹的孔身结构。孔身结构包括开孔与孔口管口径、换径次数及深度、技术套管口径与深度、造斜段孔径及长度、终孔口径等。

造斜点位置宜选在较稳定的中硬岩层部位,宜避开构造破碎带、坚硬、脆、破碎岩层和溶洞以及砂层、淤泥层、卵石层、强风化软塑层、含水松散层等易塌孔、难造斜的不良地层。

空间要素包括 a)造斜段的长度与深度;b)始末点的顶角、方位角、垂深;c)水平移动距离;d)空间三维坐标值。

4.6.5 结合定向钻探工程实践现状,吸收引进了随钻测量(有线随钻和无线随钻)定向钻探先进技术。根据孔深,本《标准》提出了分别利用稳定器(扶正器)与钻铤组合、机械连续造斜器、随钻(有线和无线)测量与螺杆马达组合的定向三类造斜方法。

4.6.6 磁性场地必须选择不受磁场干扰的测量仪器,如陀螺测斜仪、光电测斜仪、应变式测斜仪等;非磁性场地宜选择磁感应式测量仪器,如单点测斜仪、多点测斜仪、随钻测量仪。

4.7 冲洗液设计

4.7.1 冲洗液具有清除和携带岩粉、清洁孔底、冷却和润滑钻头钻具、稳定孔壁,保护岩芯、满足孔底螺杆马达工作需求的作用。泥浆护壁和化学浆液护壁是行之有效的护壁方式,较之套管护

壁,既能提高钻进速度,又有利于减轻对地层的扰动破坏。

4.7.2 冲洗液的基本参数是保障钻孔安全、高效钻进的核心依据,需根据地层特性(如松散度、水敏性、含水性)动态调整。技术指标为现场施工的需求,可在实验室模拟地层条件验证后确定。

4.7.3 1 “无固相冲洗液”是以水溶性聚合物为主,兼以其它添加剂配制而成的人工钻井冲洗液,具有特定的粘度、流变性、较低的失水性以及防塌、护壁、护心、紊流减阻等性能,如植物胶或水解聚丙烯酰胺等;

3 钻进水敏性地层,常用的有机高分子聚合物和含有 K^+ 或 NH_4^+ 的冲洗液处理剂包括钾石灰-聚合物冲洗液体系、钾铵基-聚合物冲洗液体系、LBM(低粘增效粉)-GLA(改性沥青)冲洗液体系、双聚冲洗液体系等。

4.7.4 预水化工艺是冲洗液设计的科学基础,其作用直接关系到钻孔护壁、岩芯质量及钻进效率,需严格执行时间与配比要求。

4.7.5 通过高速剪切力彻底破碎黏土颗粒及高分子聚合物的团块,确保添加剂(如增粘剂、降滤失剂)均匀分散,避免局部浓度不均导致性能波动。静置 ≥ 3 小时可使冲洗液中的微气泡自然逸出,含气量降低,避免钻进时因气侵导致密度波动。通过优化搅拌与静置工艺,确保冲洗液具备高稳定性、强携岩能力和低风险,为复杂地层钻进提供可靠保障。

4.8 随钻测量

4.8.1 孔内测量包括测量钻孔顶角、方位角、孔径、地下温度等。本条通过严格规定终孔口径、测量参数、清孔护壁及扫孔操作,旨在保障孔眼完整性及测量数据可靠性,避免因孔内条件不良导致的施工风险与数据误差。

4.8.2 随钻测量技术通过实时监测与精准控制,实现复杂地层高效钻进与轨迹优化,是定向钻孔的核心支撑。

4.8.3 本条文针对不同钻孔条件和电磁环境,规定了钻探控向仪器的选型原则,以确保钻孔轨迹控制的精度和可靠性。具体说明如下:无电磁干扰时:优先选用有缆地磁导向仪,地磁导向仪通过测量地球磁场确定钻头方位,适用于深孔且无需地面通行条件。有缆设计可实时传输数据,提高控制精度。存在电磁干扰时:选用陀螺导向仪,陀螺仪基于惯性导航原理,不受电磁干扰影响,但成本较高且需定期校准。

5 钻探施工

5.1 一般规定

5.1.2 本条文根据《建设工程质量管理条例》(国务院令第 279 号):规定工程材料、设备必须符合国家质量标准,并提供质量证明文件。本条文旨在确保定向钻工程所使用的设备、机具和仪器的质量可靠、性能达标,以保障施工安全、精度,避免因设备缺陷导致钻探事故或质量缺陷。

5.1.4 本条文所称“危险性较大的钻探施工作业”,指易引发坍塌、管线破坏、人员伤亡、环境事故等重大风险的作业,需编制钻探安全专项施工方案:

1 穿越敏感区域:距建(构)筑物基础水平距离 $\leq 3\text{m}$;与交通基础设施基础净距 $\leq 5\text{m}$;穿越水深 $\geq 3\text{m}$ /宽度 $\geq 50\text{m}$ 水域,或生态、文物、饮用水源保护区;与重要管线净距 $\leq 1\text{m}$;

2 工程参数超限:钻孔长度 $\geq 300\text{m}$ 、埋深 $\geq 10\text{m}$;涉及有害、易燃易爆介质管线施工;

3 地质条件复杂:含卵砾石层(粒径 $\geq 50\text{mm}$ 含量 $\geq 30\%$)、岩溶、断层等;地下水埋深 $\leq 2\text{m}$ 或存在承压水;湿陷性黄土、膨胀土、淤泥质黏土地层;

4 其他高风险情形:工作坑/接收坑开挖深度 $\geq 2\text{m}$ 且无有效支护;地下管线探测不明或存在未探明障碍物;夜间施工、多种交叉作业,或场地狭窄(宽度 $\leq 5\text{m}$)、临近人员密集区。

5.2 施工组织方案

5.2.1 钻探功能区包括钻探作业区、材料堆放区、泥浆处理区

等。按照《岩土工程勘察规范》GB50021 的要求:钻探施工前应充分了解场地地质条件和环境因素;确保全面掌握作业区域的地质、环境、地下设施及施工条件,以制定合理的钻探方案,规避钻探施工风险,保障人员安全,减少对周边环境的影响。

5.3 施工准备

5.3.1 通过对钻探场区合理规划确保钻探设备安装、材料堆放和施工通道的设置符合安全、高效作业要求。

5.3.4 本条文规定了钻探设备安装的技术要求,旨在确保钻机安装稳固、定位准确,保障施工安全和钻孔质量,防止因安装不当导致设备损坏、孔斜超标或人身伤害事故:

1 起吊作业:起吊臂液压锁必须处于锁死状态,并设置机械限位装置;起吊半径内;设置警戒区(≥ 1.5 倍臂长),专人指挥;

2 地锚设置要求:数量不少于 4 个(对角布置);抗拔力 ≥ 1.5 倍钻机最大反力。结合地区钻探经验,安装完成后宜空载试运行 30 分钟,确保机具安装稳固。

5.3.7 本条文旨在规范钻探施工前的技术交底内容,确保施工人员全面掌握工程特点、技术要求和风险防控措施,提高施工质量与施工作业安全性,减少因信息传递不全导致的工程事故或效率损失。

5.4 钻探作业

5.4.2 通过测量钻孔轨迹垂直偏差、钻孔轨迹水平偏差、钻头深度和位置、钻头俯仰角、导向钻具的工具面角等进行钻孔轨迹校核。

5.4.4 本条文中的复杂地层类型包括破碎带、流砂层、膨胀性黏土、溶洞、高压含水层等,需详细记录其深度、厚度及特征。复杂

地层钻进前应充分收集地质资料,制定针对性预案,强调动态化、精细化施工管理。

5.5 钻孔取芯

5.5.3 本条文规定了钻进回次进尺的控制要求,旨在确保岩土取样的完整性、地层鉴别的准确性,并提高钻探质量和安全性。回次进尺的确定需综合考虑地层特性、钻进方法、工程需求等因素。在工程地质勘察中,某些薄层(如软弱夹层、破碎带)可能对工程稳定性产生重要影响,需精确识别其位置和厚度。由于破碎带或软弱夹层岩芯易损耗,回次进尺应足够小,确保薄层不被遗漏或混淆,确保地质编录准确性。关键部位取芯需配套适配工艺。

5.6 事故的预防和处理

5.6.1 卡钻、埋钻和烧钻是钻探中常见事故。卡钻:孔内掉块或孔壁坍塌引发的取芯钻具、螺杆钻具、液动锤、测斜测试仪器卡阻等情况。埋钻:在钻孔施工过程中,钻具在孔内被岩粉、钻粉沉埋或被孔壁坍塌物、流砂等埋住,导致不能转动、提升,也不能通水的情况。烧钻:在钻探施工过程中因钻进参数不当、冷却润滑不足等原因引起钻具因过热而受损的情况。

施工中,以做好预防措施为第一要务。处理卡钻、埋钻、烧钻事故时,宜根据实际情况选择合理的处置方式。

5.6.2 套管事故是指在钻探施工过程中,套管因各种原因未能正常发挥作用,导致的一系列事故,包括偏斜、掉落、脱节和折断等。处理方法需根据事故类型灵活选择。

6 环境保护

6.1 实施前的准备工作

6.1.1 钻探实施前开展现场实地踏勘,对钻探施工区域的环境因素进行调查,诸如地下管线与水源地分布、施工对动植物栖息地的潜在影响、已登记的古树名木和文物保护范围等。地下管线若遭破坏,会引发燃气泄漏、供水供电中断等严重问题;水源地受污染,将直接威胁居民饮用水安全。施工若对动植物栖息地造成破坏,会影响生物多样性,损害古树名木和文物更是对历史文化资源的破坏。通过全面识别环境敏感因素,能提前制定应对策略,避免施工对环境造成不可逆影响。

6.1.2 本条的规定是从源头上降低勘探活动对环境的负面影响,宜选择先进的钻探技术、工艺方法以及新材料,以实现高效、节能、降耗、减排、环保,减轻勘探活动对环境的负面影响。高效的技术可缩短施工周期,减少能源消耗与污染物排放;节能、降耗技术符合可持续发展要求。

6.1.3 勘探施工人员是一线作业者,其生态环境保护意识直接关系到各项环保措施的落实效果。通过宣传教育和培训,能使施工人员深入理解生态环境保护的重要性,掌握环保知识与技能,在施工过程中自觉采取环保行动,保障环境保护工作的顺利开展。

6.2 实施中的环境保护

6.2.2 从资源能源利用、勘探装备与作业流程等多个方面实施清洁生产和污染物的全过程控制,可确保勘探活动的每个环节都符合环保要求,提高资源利用水平。通过对每个环节的严格把

控,减少污染物的产生和排放,实现清洁生产。

6.2.3 地下水一旦受到污染,治理难度大、成本高。采取这些措施能有效保护地下水资源。

6.2.4 油液中含有的有害物质会对土壤和水体造成严重污染,破坏生态环境。防渗处理能有效避免油液泄漏对环境的危害。

6.2.5 施工期间产生的生活污水和机械冲洗废水若直接排入地表水体,会造成水体污染,危害水生生物的生存和人类健康,因此严禁直接排放。

6.2.6 根据《建筑施工场界环境噪声排放标准》(GB12523)的规定,为控制钻机施工噪声并确保场界排放限值达标(昼间 70dB,夜间 55dB),在噪声敏感点应采取综合控制措施:选用低噪声施工工艺与设备,并加强设备维护;现场设置移动声屏障围挡;严格避免在夜间(22时至次日6时)及午间(12时至14时)进行高噪声作业;进行噪声监测,必要时及时调整降噪措施。

6.3 实施后的环境恢复

6.3.4 环境恢复治理时,应坚持因地制宜、注重实效,自然修复和人工修复相结合的原则,可根据施工场地的实际情况,采用必要的工程技术手段,选择合适的恢复治理方法,提高治理效果。场地恢复平整时不应产生新的挖损破坏,实现生态环境的有效恢复。

7 数字化与信息化

7.1 数据采集与管理

7.1.1 数字化导向系统为钻头位置、轨迹、姿态等信息的实时采集与监测提供了有力支持。系统具备的高精度定位、实时监测、轨迹纠偏等功能,可保障钻探施工按照设计要求进行。高精度定位能实时确定钻头的位置,实时监测便于及时掌握钻头的动态,轨迹纠偏则可在发现偏差时迅速调整,避免钻孔偏离设计轨迹。

7.1.4 数据管理对数据的有效利用和保护至关重要。建立统一的数据管理平台,实现数据的集中存储、管理与共享,可避免数据的分散和混乱,提高数据的利用效率。不同部门和人员可通过平台方便地获取所需数据,促进信息流通。

8 技术成果

8.1 原始资料

8.1.1 本条规定了钻探原始记录表的填写标准和复核要求。编录员需在现场及时填写记录表,并符合现行国家标准《岩土工程勘察规范》(GB 50021)的相关要求。签字确认环节是为了明确责任,确保记录的真实性和可靠性。

8.1.2 原始资料是钻探工作的基础依据,本条规定涵盖了钻探全流程的核心数据,是技术成果编制和质量控制的重要支撑。特别强调了新技术试验和孔内事故记录的保存,为后续技术改进提供参考。

8.2 成果资料编制

8.2.2 本条对钻探技术成果的组成作了规定,并强调了现场影像资料的留存。完备的钻探资料为勘察单位的室内资料整理提供依据,亦是保障勘察报告甚至工程质量的重要措施。

重庆工程建设