

水利水电工程水平定向钻探规程

Code for horizontal directional drilling of water and hydropower
projects

1 总 则

1.0.1 为适应水利水电工程建设需要，规范水平定向钻探方法、工艺、技术要求，保障钻探质量和作业安全，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于水利水电工程的水平定向钻探。

1.0.3 水利水电工程水平定向钻探除应符合本标准规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 水平定向钻探 horizontal directional drilling

以一定的开孔角进入地层,钻进过程中通过控制钻孔轨迹并实现长距离水平定向钻进的勘探方法。

2.1.2 开孔角 hole opening angle

水平定向钻孔开孔、钻头进入地层时,钻杆柱轴线与水平面的夹角。

2.1.3 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钻孔浆液。

2.1.4 特殊地层 special formation

可能产生涌水、突泥、坍塌、有害气体以及冲洗液非正常循环漏失等影响施工及安全的地层,如断层、软弱破碎岩层、瓦斯地层、岩溶地层等。

2.1.5 偏心楔 eccentric wedge

钻进过程中一种人工弯曲的钻孔造斜工具,又称钻孔导向楔。

2.1.6 螺杆钻具 positive displacement motor drill

一种以冲洗液为动力,把液体压力能转为机械能的容积式动力钻具,又称螺杆马达。

2.1.7 导向仪 guiding instrument

钻进过程中用于测量导向钻头的空间位置和姿态的仪器,一般由地下传感器和地面接收器组成,它们之间的信息传递方式分为有缆式和无缆式两类。

2.2 符号

α —开孔角

P_m —冲洗液压力

Q —泥浆泵的排量

V —冲洗液用量

G —冲洗液的静切力

Y_p —冲洗液的动切力

P_v —塑性黏度

A_v —表观黏度

V_d —钻进速度

V_s —水泥(砂)浆用量

D_e —钻孔直径

L —钻孔长度

3 基本规定

3.0.1 水平定向钻探孔位、观测段和测试点的布置，应能查明勘探范围内的地层岩性、地质构造、水文地质等地质条件，并结合相关资料分析判断不良地质条件和主要工程地质问题。

3.0.2 水平定向钻探应根据工程地质勘察大纲或专项任务书编制定向钻探设计书、制定作业计划，钻探作业前应进行技术交底。

3.0.3 水平定向钻探取心取样应按定向钻探设计书和作业计划执行，取心与取样方法应根据岩层性质、取心取样要求确定。

3.0.4 水平定向钻探实施前，应进行资料搜集和现场调查，分析评估钻探对既有地上、地下建（构）筑物和自然环境的影响，并制定有效措施，防止损害地下构筑物、管线等设施。

3.0.5 现场钻探记录及整理应及时、准确、完整。

3.0.6 钻探结束后应按要求提交成果资料，资料整编应符合现行行业标准《水利水电工程地质勘察资料整编规程》SL 567 有关规定。

3.0.7 钻探作业应符合现行国家标准《岩土工程勘察安全标准》GB/T 50585 的有关规定，并应符合职业健康、安全生产、环境保护等有关法律法规的规定。

4 钻探设计

4.1 一般规定

4.1.1 钻探设计应根据勘察大纲或专项任务书进行。

4.1.2 钻探设计前应了解和搜集相关资料，宜包括下列内容：

- 1 工程设计资料。
- 2 定向钻进技术和工艺。
- 3 场地条件、环境条件等。
- 4 钻孔拟穿越段地层岩性、地质构造及水文地质条件等。
- 5 既有地下管线、建（构）筑物等环境制约因素。
- 6 已有钻孔偏斜规律、防斜措施、测斜资料。

4.1.3 钻探设计书宜包括下列内容：

- 1 工程概况。
- 2 钻孔设计依据及条件。
- 3 钻探目的、内容及要求。
- 4 钻孔拟穿越段工程地质条件。
- 5 钻孔轨迹设计、结构设计、钻进方法及工艺设计。
- 6 取心取样、原位测试与试验要求。
- 7 检验、验收内容和要求。
- 8 施工工作量及进度计划。
- 9 质量安全环境职业健康保证措施。

4.2 钻孔轨迹设计

4.2.1 钻孔轨迹应满足勘察大纲或专项任务书的要求，宜与地下工程设计轴线平行或同轴。

4.2.2 钻孔轨迹应根据钻探目的、地形地质条件、环境条件采用“一”形、“L”形、“人”形或“∩”形等，具体钻孔轨迹形式选择宜符合本标准附录 A 的规定。

4.2.3 钻孔轨迹确定后应进一步进行下列设计内容：

- 1 定向钻孔轨迹控制点。
- 2 定向孔轨迹设计计算方法。
- 3 偏差要求。
- 4 造斜点或分支点的位置。
- 5 弯曲孔段的曲率和长度。
- 6 各孔段空间要素，包括各孔段的长度、各孔段始末点的顶角和方位角、各孔段始末点垂深和水平移距。

7 绘制设计的钻孔轨迹三维曲线图或二维投影图。

8 校核孔身曲率。

4.2.4 钻孔轨迹偏差应符合下列要求：

1 钻孔轨迹每 1000m 最大允许偏差不应超过 5m。

2 钻进过程每 25m 宜测量一次钻孔的顶角、方位角，钻孔顶角和方位角的测量精度分别为 $\pm 0.1^\circ$ 和 $\pm 3^\circ$ 。

3 取心钻进岩层分层长度量测最大允许偏差为 $\pm 5\text{cm}$ ，并宜在地层交界面处校核钻孔三维坐标。

4 当钻孔轨迹（倾角、方位角、深度）偏差超过规定时，应找出原因，并立即采取纠偏措施、及时更新记录报表。

4.3 钻孔结构设计

4.3.1 水平定向钻探应根据地层条件、设备机具、钻进工艺、冲洗液及冲洗方式、护壁方法等钻进技术条件，以及取心取样、孔内试验与测试的技术要求等综合考虑，进行钻孔结构设计。

4.3.2 水平定向钻探的钻孔结构设计，宜遵循减少换径次数、结构简单的原则，并留足适当的储备孔段。

4.3.3 水平定向钻探的钻孔结构应“从下往上”设计，取心取样钻孔终孔孔径不宜小于 76mm，有孔内试验与测试时，孔径不应小于测试探头直径。

4.3.4 钻孔结构设计应绘制钻孔结构图，钻孔结构图应标示各孔段和套管层序的直径、长度，以及变径台阶和套管头尾的处理技术要求。

4.4 钻探工艺设计

4.4.1 水平定向钻探应根据地层岩性、钻孔轨迹、钻机类型、取心取样技术要求、原位测试与孔内试验要求等综合因素，选择钻进方法、确定钻进工艺。

4.4.2 水平定向孔钻进方法和工艺设计应包括下列内容：

1 设备、器具和仪器类型选择及性能规格匹配。

2 不取心钻进工艺、钻具结构组合形式与规格选择。

3 取心钻进工艺、钻具结构组合形式与规格选择。

4 造斜、稳斜、纠斜的方法选择和技术措施。

5 定向方法及造斜器具，测量技术及测控仪器。

6 主要技术参数选择。

7 冲洗液配制及护壁、堵漏方法，固壁技术措施。

8 原位测试要求和技术措施。

9 调整或改变钻进工艺预案。

5 钻探设备与器具选择

5.1 一般规定

5.1.1 水平定向钻探设备与器具宜包括钻机、钻具、冲洗液设备、造斜器具和测控仪器等。

5.1.2 钻探设备与器具的选择应综合考虑钻探目的、场地条件、地质条件、钻孔轨迹、钻孔结构、埋深和长度、钻进工艺、护壁方式、试验与测试要求等因素。

5.2 钻机

5.2.1 水平定向钻探钻机类型宜选用调速范围大、扭矩和发动机功率合适的机型。

5.2.2 水平定向钻机的转速、扭矩、最大给进力等性能参数应满足钻进需要，绳索取心转速不宜小于 300r/min，空间造斜扭矩不宜小于 3000N·m，复杂地层给进力不宜小于 60kN。

5.2.3 取心钻进宜选择高转速钻机，非取心钻进宜选大扭矩钻机。

5.2.4 地质条件复杂、钻孔结构复杂、轨迹设计形式多的钻孔，宜选择钻深能力大、扭矩大、最大给进力大、钻进工艺适应性强的钻机型号与性能参数。

5.3 钻具

5.3.1 水平定向钻探采用不取心钻进工艺时，钻具结构宜选择“全面钻头+螺杆马达+无磁钻铤+钻杆”的组合形式。

5.3.2 水平定向钻探采用取心钻进工艺时，钻具结构宜选择“取心钻头+取心钻具（绳索取心钻具、反循环钻具）+螺杆马达（液动冲击器）+无磁钻铤+钻杆（绳索取心钻杆）”的组合形式。

5.3.3 在水平定向钻进施工中，宜根据岩石特性变化及实际钻进效果，对钻头类型进行更换或调整，钻头类型宜按照表 5.3.3 选择。

表 5.3.3 不同岩石特性钻头选择

岩石硬度	岩石可钻性级别	钻头类型	
		钻头材质	钻头结构
极软、软	1~3	钢质	斜板式导向钻头
软	3~4	硬质合金复合片	硬质合金铣齿式斜板式导向钻头 金刚石复合片斜板式导向钻头 钢质铣齿式牙轮钻头 硬质合金齿或复合片的环状取心钻头
中硬	4~6	硬质合金复合片	钢质铣齿式牙轮钻头 硬质合金镶齿式牙轮钻头 硬质合金齿或复合片的环状取心钻头
硬	7~9	硬质合金复合片 金刚石	硬质合金镶齿式牙轮钻头 金刚石复合片钻头 表镶金刚石全面钻头或环状取心钻头 孕镶金刚石全面钻头或环状取心钻头

岩石硬度	岩石可钻性级别	钻头类型	
		钻头材质	钻头结构
坚硬	10~12	金刚石	孕镶金刚石全面钻头或环状取心钻头

5.3.4 中长距离钻孔及以上级别钻孔宜选用金刚石绳索取心钻具。

5.4 冲洗液设备

5.4.1 冲洗液设备主要包括泥浆泵和冲洗液制备处理系统，其选择应综合考虑场地环境、地质条件、钻孔轨迹、钻孔结构、钻进方法与工艺等因素。

5.4.2 泥浆泵类型与性能参数应根据钻孔深度、钻孔结构、钻进方法与工艺、地层特性、冲洗液类型、试验要求等选择，并与造斜工艺相适应。

5.4.3 冲洗液宜采用搅拌机（器）制备，并宜备有测定冲洗液性能参数的比重计、粘度计、含砂量计（杯）、失水量测定仪和 PH 试纸等测试工具。

5.4.4 水平定向钻探施工应综合考虑场地条件、冲洗液类型和用量、环保要求，配置地面冲洗液处理系统或设置弃渣处置区，并应符合下列要求：

1 地面冲洗液处理系统应配置除砂或除泥单元设备，并在吸水管和输出管路中配置过滤装置，确保冲洗液循环使用。

2 冲洗液处理系统宜采用振动筛、压滤机、离心机等固控脱水设备，或脱水设备与絮凝剂、助滤剂等结合，或直接采用固化剂对冲洗液固化脱水。当脱水后弃渣采用车载外运时，其含水率宜小于 30%。

3 地面冲洗液处理系统宜采用有废浆零排放处理设备，处理后的余水应达到循环使用要求或达到当地水质排放标准要求。

4 地面冲洗液处理系统或弃渣处置区应满足建筑施工场界环境噪声排放、一般工业固体废物储存、处置场污染控制等相关法规及标准要求。

5.5 造斜器具

5.5.1 造斜器具宜包括斜面导向板、偏心楔、连续造斜器、螺杆钻具等类型。

5.5.2 造斜器具宜根据地层坚硬程度和完整性选择，并应符合下列要求：

1 软弱地层或（及）松散地层选择斜面导向板，造斜强度宜为 $3^{\circ}/3\text{m}\sim 15^{\circ}/3\text{m}$ 。

2 中硬及坚硬岩完整地层选择偏心楔造斜，楔顶角宜为 $2^{\circ}\sim 5^{\circ}$ 。

3 中硬完整地层选择连续造斜器，造斜强度宜为 $0.5^{\circ}/\text{m}\sim 2^{\circ}/\text{m}$ 。

4 中硬及以上地层，或中硬以下破碎地层选择螺杆钻具，造斜强度宜为 $3^{\circ}/30\text{m}\sim 15^{\circ}/30\text{m}$ 。

5.6 测量仪器

5.6.1 水平定向钻探应根据钻孔结构、钻进工艺、造斜器具类型、定向偏差要求和是否有磁场干扰等因素选择测量仪器种类与型号。

5.6.2 钻探导向仪器选择宜符合下列要求：

1 对埋深较浅的钻孔，无电磁干扰时，宜采用无线导向仪；有电磁干扰时，宜采用有缆式导向仪。

2 对距离长、埋深大、地面无通行条件的钻孔，无电磁干扰时，宜采用地磁导向仪；有强电磁干扰时，宜采用陀螺导向仪。

5.6.3 测量仪器的选择宜符合下列要求：

1 非磁性区宜选用磁感应式单点测斜仪、多点测斜仪、数字罗盘测斜仪等；磁性区宜选用不受磁场干扰的光纤陀螺测斜仪、光电测斜仪、应变片式测斜仪等。

2 使用偏心楔和连续造斜器定向时，宜采用单点定向仪；使用螺杆钻具造斜时，宜选用单点测斜仪、多点测斜仪、随钻测量仪。

6 钻探实施

6.1 一般规定

6.1.1 钻探实施应包括作业计划、作业准备、冲洗液制备、钻进作业、轨迹控制、封孔等。

6.1.2 钻探实施前应结合地质条件、设计孔深、轨迹偏差、取心取样、原位测试等要求合理安排施工工期。

6.1.3 钻探实施应按现行行业标准《水利水电工程钻探规程》SL/T 291 的规定执行，应对设备和机具进行检查、维护、保养。

6.2 作业计划

6.2.1 钻探作业前，应熟悉工程地质勘察大纲或专项任务书，以及水平定向钻探作业的各项要求。现场踏勘宜了解钻探区域的地质、地形地貌、交通、场地、水源等自然条件，并编制钻探作业计划。

6.2.2 钻探作业计划宜包括下列内容：

- 1 钻探目的与任务。
- 2 钻探设计书、执行技术标准等工作依据。
- 3 资源配置。
- 4 钻探方法与工艺。
- 5 钻孔轨迹、测控要求与措施。
- 6 取心取样、原位测试要求与方法。
- 7 作业场地规划布置。
- 8 进度计划。
- 9 钻孔质量保证措施。
- 10 环境与职业健康安全的管理。

6.3 作业准备

6.3.1 作业前宜按照设计图纸放出钻孔轨迹地面投影线确定孔位，根据孔位、投影线、钻探设备、安装方法、地形条件等因素确定作业场地。

6.3.2 作业前宜根据作业计划中的平面布置图确定各功能区位置，做好围挡、安全标识和交通疏导工作。

6.3.3 作业场地应符合下列要求：

- 1 作业场地宜单独围挡。
- 2 场地上方应避开高压线或其他影响机具吊装的障碍物，并保持安全距离，钻孔位置应避开地下管线及地下构筑物等设施。

- 3 场地宜平整硬化，地基可承载钻机、泥浆处理系统等大型设备，四周宜修砌排水沟。
- 4 在河滩或山谷中修建场地时，场地宜与水域保持一定距离，在洪水、暴雨季节场地高程应满足防洪水位要求。
- 5 钻场处于陡崖、陡坡下方时，应清除上方的危石；无法清除时宜设法避开或采取相应的安全措施。
- 6 在高海拔、严寒区等自然条件恶劣的地区，冬季施工时宜修建保温棚，并做好保温、通风措施。
- 7 泥浆池开挖完成后，宜在泥浆池中铺设防渗材料。

6.3.4 地锚修筑应符合下列要求：

- 1 地锚应稳固，能承受静载、动载和应急推拉等荷载。
- 2 地锚宜采用地锚挡板与混凝土预制地锚结合。
- 3 混凝土浇筑地锚时，混凝土强度不宜低于 C30，养护时间不宜少于 48 小时。

6.3.5 钻机安装应符合下列要求：

- 1 钻机各系统组件应齐全无损，机械传动、液压回路、电控、循环管路等系统应连接稳固，仪表显示正常，各油路、水管畅通，无泄漏。
- 2 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。
- 3 雷电天气及六级以上风力时严禁安装钻机。
- 4 钻机应安装在设计轨迹延伸线的起始位置，钻机动力头的中心轴应与设计轨迹延伸线重合。
- 5 钻机采用地锚或锚定沉箱固定时，应满足在钻机最大推拉力作用下不发生移位。
- 6 钻机安装后应对钻机整体进行校平。

6.3.6 其它机械设备安装应符合下列要求：

- 1 其它机械设备宜按照作业计划布置平面图进行安装，冲洗液管路和电器线路应规范有序。
- 2 安装和固定机械设备时不宜直接敲击。连接螺栓宜对称拧紧，管路连接应密封可靠。各零部件应按规定安装齐全、完好。
- 3 电气设备、照明设施宜布置在干燥、通风处，并宜采用有效措施防止油、水和杂物侵入。电器的引线应做好绝缘和防护，接地应可靠。各类电路应正常、无漏电。
- 4 钻杆丝扣清洁完好，无变形或损坏。
- 5 零配件和钻探工具摆放有序。

6.3.7 导向钻具应根据钻孔轨迹设计、地层类型、钻孔深度及钻杆尺寸选择合适的组合形式。

6.3.8 无线导向仪施工前应对导向仪进行校核，并应符合下列要求：

- 1 检查导向系统（接收器、发射器、远程同步监视器）电源功能是否正常。
- 2 检查接收器、远程同步监视器信道是否匹配。

- 3 使用导向系统前应对导向系统进行校准。
- 4 更换发射器、接收器、钻头体时应重新进行校准。
- 5 钻进前宜测试施工区域干扰信号，确定合适的发射和接收频率。

6.3.9 试验作业前应对试验设备进行检查，并宜符合下列要求：

- 1 各类测试仪器的电源功能是否正常。
- 2 信号传输是否畅通，记录是否正常。
- 3 各类测试仪器是否在校准有效期内。

6.4 冲洗液制备

6.4.1 水平定向钻进应根据地层特性、钻进工艺、钻孔直径、长度，选择合适的冲洗液类型与造浆材料，制定完善的冲洗液制备与处理系统。

6.4.2 冲洗液制备应包含下列内容：

1 确定冲洗液的密度、漏斗黏度、静切力、动切力、失水量、泥饼厚度、含砂量、pH值等基本参数。

- 2 确定各种造浆材料的配合比。
- 3 计算冲洗液材料用量。
- 4 确定冲洗液制备方法与要求。
- 5 制定冲洗液循环、净化、排放措施。

6.4.3 冲洗液的选用应满足下列要求：

- 1 钻进致密、稳定地层时，宜选用清水或添加润滑剂作业。
- 2 用作水文地质试验的孔段，宜选用清水或易于洗孔的材料配制冲洗液。
- 3 钻进松散、破碎或胶结较差地层时，宜选用植物胶、聚丙烯酰胺等材料配制冲洗液。
- 4 钻进片岩、千枚岩、页岩、黏土岩等遇水膨胀地层时，宜选用钙处理泥浆或不分散低固相泥浆。

5 钻进可溶性盐类地层时，宜选用与该可溶性盐类相应的饱和盐水配制冲洗液。

6 钻进高压含水层或极易坍塌的岩层时，宜选用密度大、失水量小的冲洗液。

7 金刚石钻进宜选用清水、低固相、无固相泥浆或乳化泥浆等。

6.4.4 冲洗液性能应根据岩石的坚硬程度、水敏水化性和岩体的完整性综合选择，并宜按表6.4.4的规定取值。

表 6.4.4 冲洗液性能参数表

冲洗液性能	地层类型			
	花岗岩等坚硬完整地层	砂岩等中硬~软岩完整地层	砾岩层等松散破碎地层	泥页岩等水敏水化性地层
马氏漏斗黏度 (s)	40~55	50~60	80~120	35~50
塑性黏度 P_v (MPa·s)	8~12	8~12	15~25	6~12

冲洗液性能	地层类型			
	花岗岩等坚硬完整地层	砂岩等中硬~软岩完整地层	砾岩层等松散破碎地层	泥页岩等水敏水性地层
动切力 Y_p (Pa)	5~8	5~10	>10	3~6
表观黏度 A_v (MPa·s)	8~15	12~20	20~35	6~12
静切力 G_{10s}/G_{10min} (Pa)	2~6/5~10	3~8/6~12	5~10/15~20	2~5/3~8
失水量(ml)	10~20	8~12	8~12	8~12
PH	9~11	9.5~11.5	9.5~11.5	9~11

6.4.5 冲洗液制备材料应根据冲洗液性能要求和材料作用选择,并直接表 6.4.5 的规定选取。

表 6.4.5 冲洗液制备材料作用及加量表

组分	参考加量 kg/m^3	作用
膨润土	30.0~60.0	提高黏度、降低滤失量,提高胶结性
烧碱 (NaOH) 或纯碱 (Na ₂ CO ₃)	0.5~2.0	调节 pH 值,分散作用和软化水
腐植酸类,如腐植酸钾等	10.0~30.0	降低滤失量,选择其中一种或多种
纤维素类,如 CMC-LV、PAC-LV 等	1.0~5.0	
淀粉类,如羧甲基淀粉等	5.0~15.0	
水解聚丙烯腈类,如水解聚丙烯腈铵盐等	5.0~15.0	
纤维素类,如 CMC-HV、PAC-HV 等	2.0~10.0	提高黏度和切力
改性沥青、乳化沥青等	10.0~30.0	封堵,提高胶结性
随钻循环堵漏剂、超细碳酸钙等	10.0~50.0	封堵孔隙或裂缝
磺化单宁 (SMT)、木质素磺酸盐等	3.0~10.0	降低黏度
重晶石粉	视密度情况	提高密度

6.4.6 冲洗液用量计算应综合考虑地层特性、钻孔直径、钻孔长度、孔内漏失状况等因素,可按公式 (6.4.6) 计算:

$$V = \frac{k\pi D_e^2 L}{4} \times 10^{-6} \quad (6.4.6)$$

式中: V —冲洗液用量 (m^3);

D_e —钻孔直径 (mm);

L —钻孔长度 (m);

k —比例系数,取值范围为 3~5,一般取 3。

6.4.7 冲洗液的配方和性能参数在施工过程中应根据地层条件、钻进工艺、孔内情况等因素进行实时监测和调整,并应符合下列要求:

- 1 密度应控制在 $1.02g/cm^3 \sim 1.25g/cm^3$ 。
- 2 黏度应每 2h 测量一次,测量工具宜采用马氏漏斗测量。
- 3 静切力可用六速旋转黏度计测定,并按公式 (6.4.7-1) 计算:

$$G_{10s} \text{ (或 } G_{10min}) = R_3 / 2 \quad (6.4.7-1)$$

式中： G_{10s} 、 G_{10min} —分别为泥浆的 10s 或 10min 静切力 (Pa)；

R_3 —旋转黏度计静止 10s 或 10min 时的 3r/min 最大读值。

4 动切力可按公式 (6.4.7-2) 计算：

$$Y_p = 0.5 \times (2R_{300} - R_{600}) \quad (6.4.7-2)$$

式中： Y_p —冲洗液的动切力 (Pa)；

R_{300} 、 R_{600} —旋转黏度计 300 r/min、600 r/min 时的稳定读值。

5 失水量宜采用气压式加压失水量仪测量，压差 0.69MPa，测试 30min 滤液的体积。

6 冲洗液的失水量宜控制在 15ml/30min 以内，水敏性、易坍塌和松散地层失水量宜控制在 10ml/30min 以内。

7 经净化处理后的冲洗液含砂量应小于 0.5%。

8 冲洗液的 pH 值应控制在 9~11 的范围内。

6.4.8 水平定向钻作业过程中应保持稳定的冲洗液循环，钻遇漏失地层时要采取堵漏措施。

6.4.9 冲洗液应在专用搅拌容器或搅拌池中配制，从钻孔内返出的冲洗液应经沉淀池或冲洗液净化设备处理并调整后方可重复利用。

6.4.10 当钻进过程需要长时间中断时，应定期向孔内补充新冲洗液并活动钻具。

6.5 钻进作业

6.5.1 定向孔钻进应符合下列要求：

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 开孔钻进时应轻压慢转、稳定入土位置，符合设计开孔角后方可继续钻进。

3 钻进时，直线段轨迹测量计算频率宜每根钻杆一次。

6.5.2 钻进过程应按下列要求记录相关导向数据：

1 采用无线导向仪时，宜绘制钻孔轨迹平、剖面图。

2 采用有缆式导向仪时，司钻员应定时观察计算机处理的随钻数据，并进行数据采集。

3 钻进过程中应及时记录相关信息，钻探班报应符合本标准附录 B 的规定，钻孔岩心采取记录应符合本标准附录 C 的规定。

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 曲线段钻进时，一次钻进长度宜小于 0.5m，同时应估算延伸长度顶角变量，顶角变量应符合钻杆极限弯曲强度要求；所需顶角变量较大时，应采取分段施钻，延伸长度角度变化应均匀。

6 定向孔纠偏应平缓，不应出现大的转角。

7 钻进至既有管线或障碍物临近区域时，应慢速钻进并复核钻孔轨迹，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。

8 钻进遇到异常情况时，应停钻查明原因，问题解决后方可继续施工。

6.5.3 钻探相关报表应随钻进作业及时填写，对地层变化、钻进参数、钻进感觉、钻具状态、循环液情况、进尺快慢、机械状况、孔内异常、重要地质现象、取心情况等方面，宜作出准确及仔细的描述记录。

6.5.4 钻进作业过程中，当钻进轨迹附近有重要构筑物时宜开展监测工作。

6.6 轨迹控制

6.6.1 水平定向钻孔轨迹控制应符合下列要求：

- 1 应围绕设计轴线，建立地面、孔内测量控制系统。
- 2 导向、控向使用的仪器、测具应经过检查校正，精度应符合现行国家标准。
- 3 施工中应对钻孔轨迹的垂直与水平偏差、钻头的位置与俯仰角、导向的钻具面向角等参数进行测量。
- 4 水平定向钻孔实际轨迹偏离设计轨迹和设计要求时，应及时采取纠偏措施。

6.6.2 水平定向钻孔轨迹控制操作宜符合下列要求：

- 1 地表或水域条件允许时，可布置人工磁场增强导向信号。
- 2 宜安装导向孔定位套管。
- 3 水平定向钻机应固定牢靠，钻进过程中不应摆动和移位。
- 4 操作人员应依据导向系统显示的偏差数据及时调整孔内钻具姿态，保证钻孔轨迹偏差控制在允许范围以内。
- 5 每钻进一根钻杆，宜进行一次钻孔轨迹校核。
- 6 钻孔轨迹记录宜符合本标准附录 D 的规定。

6.7 特殊地层钻进

6.7.1 特殊地层钻进应符合下列要求：

- 1 随时观察孔口返浆量情况及钻进参数情况，发现异常及时采取措施处理。
- 2 分析特殊地层的具体情况，宜选择合适的钻进方法。
- 3 钻进过程中遇特殊地层，出现卡钻、掉钻、烧钻、埋钻、漏失、涌水等异常时应及时处理并记录，钻探异常情况记录宜符合本标准附录 E 的规定。

6.7.2 破碎地层钻进应符合下列要求：

- 1 孔口返浆量增加或减少时，应及时查明原因。
- 2 存在塌孔风险时，宜在冲洗液中添加防塌护壁材料或进行水泥浆固结护壁。
- 3 出现冲洗液漏失时，宜在冲洗液中添加堵漏材料或进行水泥浆固结堵漏。
- 4 出现钻孔涌突水时，应采取下列处理措施：
 - 1) 宜立即停止钻进，启用应急止水技术措施。
 - 2) 宜通过钻杆将水泥浆泵入孔内进行封堵。

3) 封堵加固成功后, 可继续钻进施工。

6.7.3 瓦斯地层钻进应符合下列要求:

1 发生瓦斯涌出、喷出异常状况时, 应立即采取阻断火源、加强通风、抽排瓦斯、撤离人员等措施。

2 瓦斯较多时, 喷出持续时间较长, 应将孔口处防喷器关闭, 排空孔内冲洗液后, 再用抽放瓦斯设备抽排。

3 瓦斯不多时, 可让瓦斯自然排放, 或采用注浆方法将周围通道堵住, 阻止瓦斯喷出。

4 封闭环境施工应保持正常通风, 通风系统因故中断、恢复正常通风后, 应进行瓦斯专项检测, 确认安全后方可恢复施工。

6.7.4 岩溶地层钻进应符合下列要求:

1 孔口返浆量减少时, 应及时查明原因。

2 钻遇岩溶洞穴时, 应立即关停钻机和泥浆泵。

3 溶洞较小且不影响钻进成孔时, 可继续钻进。

4 溶洞较大或影响钻进成孔时, 宜采取泵入混凝土进行填充封堵。

6.8 封孔

6.8.1 钻孔资料收集完成后应按钻探设计书要求进行封孔。

6.8.2 钻孔封孔方法宜根据穿越含水层的层数和孔段长度, 选择适当的封闭及隔离方法, 基岩段封孔方法宜采用封堵法, 孔口段覆盖层可采用回填法。

6.8.3 钻孔封孔材料宜采用水泥浆或水泥砂浆, 其配置应符合下列要求:

1 水泥宜采用 P.O 32.5 及以上标号水泥。

2 砂宜采用细砂。

3 水泥浆水灰比宜为 0.5:1~0.6:1, 水泥砂浆中水、水泥、细砂配合比宜为 0.4:1:1。

4 水泥(砂)浆中宜加入占水泥量 10%~20%的膨胀剂。

6.8.4 水泥浆或水泥砂浆用量可根据孔径、灌注长度按公式(6.8.4)计算:

$$V_s = 7.85 \times 10^{-7} \times D_e^2 \times L \times K \quad (6.8.4)$$

式中: V_s — 水泥(砂)浆用量, m^3

D_e — 钻孔直径, mm

L — 灌注长度, m

K — 水泥(砂)浆封孔附加系数, 一般取 1.3~1.7

6.8.5 封孔前宜用清水洗孔, 直至孔口返清水。

6.8.6 封孔宜采用导管灌注法, 水泥(砂)浆应搅拌均匀, 灌注时导管口应放置于距离孔底 0.3 m~0.5 m 处, 边灌注边匀速提升导管, 并使导管口始终保持在注浆面之下。

6.8.7 封孔过程中应填报钻孔封孔记录, 做到及时、准确、真实、齐全。

6.8.8 封孔过程中应加强质量控制，封孔完成后应进行封孔资料检查和封孔质量抽检。

6.8.9 封孔完成后应做好孔口恢复工作，涉及防洪安全的钻孔应按防洪管理部门的规定在孔口设置标识。

6.9 钻探记录

6.9.1 钻探记录应在钻探过程中同步完成，记录项目主要应包括钻探班报表、钻孔轨迹记录表、钻孔岩心采取记录表等。

6.9.2 钻探班报和钻孔轨迹记录应按钻进钻杆数量顺序逐项填写，钻孔岩心现场记录应按取心回次逐项填写。记录内容不得追记，误写之处可用横线划去在旁边更正，不得在原处涂抹修改。

6.9.3 现场钻进过程记录应包括下列内容：

- 1 钻进方法、钻具名称、规格、护壁方式等。
- 2 钻进的难易程度、钻进速度、钻进参数的变化情况。
- 3 孔内情况，应注意缩径、地下水位或冲洗液位及其变化等。
- 4 取样及原位测试的编号、长度位置、取样工具名称规格、原位测试类型及其结果。
- 5 钻进异常情况、孔内事故及处理措施等。

7 钻孔取心取样

7.1 一般规定

7.1.1 水平定向钻探取心取样工作应根据钻探设计书和作业计划的要求,选择采用分段取心、连续取心、定点取样、连续取样等方式。

7.1.2 水平定向钻探取心段应根据地层特性合理控制取心取样钻进的回次进尺,最大长度不得超过岩心管或取样管长度。岩心采取率在完整的岩层中不宜小于 85%,在强风化岩层中不宜小于 60%,破碎岩层、碎石土层采取应满足钻孔任务书的要求。

7.1.3 水平定向钻探应根据地层情况和取心技术要求,采用连续取心、分段取心或配合交叉使用,在人工弯曲钻孔的纠斜、造斜孔段,不宜做取心要求。

7.1.4 岩土样品应密封保存,按钻进回次先后顺序排列,注明样品名称、取样时间、取样孔深、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得日晒、雨淋和融冻,保持密封、不得扰动。

7.2 钻孔取心

7.2.1 水平定向钻探取心钻进应符合下列要求:

- 1 取心方法应根据现场地形条件、地层特性、钻孔目的及技术要求选择确定。
- 2 取心钻器具选择应满足钻孔取心质量的技术要求与标准,并宜根据实际使用效果及地层变化情况作出必要调整或更换。
- 3 取心钻进参数、冲洗液类型及性能参数宜通过试钻或经验确定。
- 4 取心钻进方法应能配合及满足钻孔原位测试、水文试验等技术工作的要求。
- 5 断层、破碎带、软弱夹层和滑动面等取心难点孔段,宜采用针对性的取心钻进器具与操作方法。
- 6 岩样尺寸应满足试样加工的要求。
- 7 取出的岩心应按钻进回次先后顺序排列装箱,回次之间用岩心牌隔开,岩心牌内容应填写齐全并做好防水,岩心和岩心箱应及时编号标示。
- 8 取心记录应真实、准确、及时,按钻进回次逐次填写,全孔岩心应留存彩色照片。

7.2.2 采用分段取心钻进时,应符合下列要求:

- 1 钻进段岩性较为单一的条件下,可采用分段取心。
- 2 分段取心宜在每一种岩性地层中至少取心一次,在需重点查明的部位宜增加取心频次。
- 3 取心岩心管长度不宜小于 2m,直径应满足室内岩石试验要求,单回次进尺不得超过岩心管长度。
- 4 非取心段应及时采集岩屑样品进行地质描述与鉴定。

5 取心钻具下钻时，应控制下放速度，不得猛推快放。

6 下钻遇阻明显时，宜开泵循环，慢转推送钻具；若遇阻严重，宜及时起钻选换合适钻头进行通孔操作。

7.2.3 采用连续取心钻进时，应符合下列要求：

1 岩性类型变化较频繁、特殊地质条件及不良岩体影响范围较大的条件下，宜采用连续取心。

2 连续取心钻进可根据钻孔结构选择采用普通取心钻具、单双管取心钻具、半合管取心钻具、绳索取心钻具等钻器具，及适宜配套的取心钻头。

3 连续取心钻进可使用水平定向钻机于地表提供钻进所需动力，也可使用孔内钻具于孔底提供钻进动力，亦可同时使用地表与孔底两种动力提供钻进复合动力。

4 取心钻进孔段应做好定向测量现场数据观察与记录。

7.2.4 取心钻进操作应符合下列要求：

1 起钻下钻操作应平稳匀速，不猛刹猛放，不强拉强压，避免钻具摆动过大。下钻遇阻时不可强行加压推送钻具，应查明原因及时处理。

2 需要转动钻具时，严禁钻具猛烈反转，防止松扣、倒扣、脱扣情况。

3 下钻完毕钻头接近孔底，宜开泵压送冲洗液清洁孔底，并形成内外循环，然后轻压慢转开始钻进。

4 钻进过程中钻压和转速应根据地层条件及时调整，并宜均匀控制，减少蹩钻、跳钻现象。

5 钻孔冲洗液介质的性能应满足钻进与护壁需要，并宜根据地层变化及时进行参数测试及调整。

6 加强观察，防止断水、停泵、蹩泵、堵钻、停钻等情况，发生异常状态应及时处理。

7 严禁加足钻压状态时启动钻具回转。

8 钻进过程中，宜观察动力负荷、机械钻速、泵压钻压的各种变化，发现异常应果断处理，必要时宜停钻排查或起钻检查。

7.3 地质描述

7.3.1 钻孔取心段岩心应及时进行地质描述，描述内容应符合下列要求：

1 岩石描述宜包括地质年代、岩性、颜色、矿物成分、结构构造、风化程度、岩心采取率、岩石质量指标（RQD）。对沉积岩应描述沉积物的颗粒大小、形状、胶结物成分和胶结程度层厚等特征；对岩浆岩和变质岩应描述矿物结晶大小和结晶程度等特征。

2 结构面的描述宜包括类型、性质、产状、发育程度、闭合程度、起伏粗糙度、充填情况和充填物性质等。

3 可溶岩中溶蚀裂隙、孔、洞等的发育规模、充填物及充填程度等。

7.3.2 钻孔非取心段岩心应在搜集区域地质和工程地质测绘成果资料、了解非取心段地层岩性和地质构造发育情况基础上，对采集岩屑样品及时进行地质描述和分析判别，地质描述和分析判别应符合下列要求：

1 地质描述应剔除非鉴别层位的岩屑，描述内容宜包括：颜色、岩性、矿物成分、风化程度、颗粒大小、形状、均匀性。

2 分析判别宜利用已有基础地质资料和地质描述内容，结合综合测井资料和钻进参数进行，内容宜包括地层界线、地质构造、岩体结构等。

7.4 水样采集

7.4.1 钻孔水样宜分层、原位采集，采集的水样应代表天然条件下的水质情况。

7.4.2 取样工具应使用专用盛水容器和储样容器。

7.4.3 取水试样应符合下列要求：

1 盛水容器应干净，不得有残留杂质，取水试样前应先用被取水洗涤 2 次~3 次后方可使用。

2 取水试样过程中，应尽量减少水试样的暴露时间；测定不稳定成分的水样，应及时加入稳定剂。

3 存在多个含水层（段）时，宜分层（段）隔水取样。

4 按取样要求确定取样位置和次数，如遇勘察孔涌水量突然变大或减小，应适当增加取样次数。

5 采用冲洗液护壁的钻孔，应先进行洗孔，再进行提水或抽水，待水位恢复稳定后再进行水样采取。

6 采取水试样后，应做好取样记录，记录内容应包括取样时间、孔号、取样位置、取样人、加入稳定剂情况等。

7.4.4 水试样的保管与运送应符合下列要求：

1 取样后应及时加盖、蜡封，并贴标签。

2 水试样数量不应小于 1500mL，特殊测试项目应按有关规定采取水样，数量、质量满足相关规定。

3 水试样应及时送验，放置时间应符合试验项目要求。

8 钻孔试验与测试

8.1 一般规定

- 8.1.1** 钻孔试验与测试项目应根据勘察目的、地质条件、现场条件等选择确定。
- 8.1.2** 钻孔试验与测试宜包括地球物理测井、水文地质试验、钻孔岩体试验等，并合理安排试验测试顺序。
- 8.1.3** 测试段孔深较大时宜使用无缆设备，入孔仪器设备应设有防撞防卡保护装置，测试时应慢转缓推。
- 8.1.4** 测试人员应与钻探机组做好信息沟通，钻探机组应根据钻孔试验与测试要求提供钻孔基本信息，并做好扫孔、洗孔、孔内事故处理等现场配合工作。

8.2 地球物理测井

- 8.2.1** 地球物理测井方法应根据勘察目的确定，主要包括综合测井、钻孔声波、钻孔全景数字成像和钻孔摄像等方法。
- 8.2.2** 仪器性能指标、现场操作、成果资料整理应符合现行行业标准《水利水电工程勘探规程 第1部分：物探》SL/T 291.1的规定。
- 8.2.3** 水平孔地球物理测井设备宜采取串联方式连接，测试宜采用钻杆推进方式进行。
- 8.2.4** 水平孔井径测井宜采用多臂井径测井仪，钻孔声波测试宜采用柱状深孔换能器，并具有前置放大功能，具备防水、耐压性能。
- 8.2.5** 钻孔全景数字成像和钻孔摄像测试应符合下列要求：
- 1 测试时下井探管应安装居中装置。
 - 2 测试时应保持钻杆平稳推进或回拖，钻杆和测试设备应保持不旋转或低速转动。
 - 3 无缆钻孔电视设备图像采集时，应详细记录更换钻杆的时间，通过计算钻杆的位置和速度等方式来标定图像采集位置。
 - 4 无缆钻孔电视设备图像采集完成后，应立即取出存贮设备对视频资料进行处理和分析。
 - 5 钻孔全景数字成像成果解译时宜利用井径测井、井斜-方位测井资料进行方位角、顶角等校正。

8.3 水文地质试验

- 8.3.1** 水利水电工程水平定向钻孔宜开展水文地质观测和钻孔压水试验。
- 8.3.2** 钻探过程中应开展水文地质观测，观测工作应符合下列要求：
- 1 水文地质观测内容宜包括钻孔初见水位、稳定水位，自流孔水头、流量和水温，承压水分布孔段承压水头、涌水量等。
 - 2 观测设备安装及观测频次应符合现行行业标准《水利水电工程地质观测规程》SL 245

的规定。

3 钻孔水文地质观测过程中应及时做好记录，水文地质观测记录表应符合本标准附录 F 的规定。

8.3.3 钻孔压水试验宜符合下列要求：

1 压水试验栓塞位置定位应准确，应根据钻孔取心、钻孔全景数字成像等成果综合确定位置。

2 压水试验宜采用双栓塞止水、分段隔离进行。

3 压水试验设备及安装、现场试验操作、成果资料整理应符合现行行业标准《水利水电工程钻孔压水试验规程》SL 31 的规定。

8.4 钻孔岩体试验

8.4.1 水平定向钻孔宜根据揭露地层岩性、勘察目的开展钻孔岩体变形试验和地应力测试。

8.4.2 主要地层岩体宜进行钻孔岩体变形试验，并应符合下列要求：

1 钻孔岩体变形试验位置应根据钻孔揭露情况、试验目的等确定。

2 试验段宜采用金刚石取心钻进，孔壁宜平直光滑。

3 试验段不应跨越地层单元，岩性宜一致。

4 试验仪器设备性能、现场试验技术要求及资料整理应符合现行行业标准《水利水电工程岩石试验规程》SL/T 264 的规定。

8.4.3 水平定向钻孔中地应力测试宜采用水压致裂法、声发射法，测试时应符合下列要求：

1 地应力测试位置应根据测试目的、钻孔轨迹、钻孔揭露情况等确定。

2 测试孔段应避开岩体破碎松动掉块孔段，布置于基岩弱风化带以下岩性单一、结构完整的部位。

3 采用水压致裂法测试地应力时孔壁岩体压裂缝方向宜采用定向印模器和钻孔全景数字成像成果相结合的方法确定。

4 采用声发射法测试地应力时应采用岩心定向技术采集试样，并测试试验孔段的方位角、顶角。

5 测试仪器性能指标、现场测试技术要求及资料整理应符合现行行业标准《水利水电工程岩石试验规程》SL/T 264 的规定。

9 孔内事故预防和处理

9.1 一般规定

9.1.1 钻孔孔内事故宜分为钻具事故、取心事故、卡钻、埋钻及烧钻事故、套管事故、造斜事故、落物事故与测试事故等类型。

9.1.2 施工前应根据地质条件做好钻孔复杂情况分析,制定合理的钻探技术方案和事故预防处理方案,备足钻探器材。

9.1.3 钻进过程中应对钻探事故及时记录并分析,钻孔事故记录宜符合本附录 G 的规定。

9.2 孔内事故预防

9.2.1 孔内事故预防应符合下列要求:

- 1 操作人员应严格遵守钻探设计书和操作规程。
- 2 应根据地层条件正确选择钻进方法和钻进技术参数。
- 3 应根据地层条件和孔内情况正确选用、配制和调整冲洗液。
- 4 应及时检查并更换受损的钻探管材。

9.2.2 钻具事故、取心事故的预防应符合下列要求:

1 应选择合理的钻具结构、钻具组合与级配,不得使用弯曲或磨损严重的钻杆、接头和岩心管。

2 采用水平定向钻机时,下钻前应检查取心钻具和随钻测量仪器是否完好、夹持器功能是否正常、零部件是否齐全、取心钻具单动性是否良好,装入随钻测量仪器及连接部件时应连接可靠。

3 采用立轴式钻机时,升降钻具前,应仔细检查升降机制动装置、提引器、垫叉(或夹持器)功能是否正常、钢丝绳是否完好,发现问题应立即处理。

4 钻具至孔底前应开泵冲孔到底后,先慢钻轻压,然后用正常参数钻进,钻压、转速不宜过高。

5 起钻时应平稳提升孔内钻具。

9.2.3 卡钻、埋钻、烧钻事故的预防应符合下列要求:

1 在孔壁容易掉块、坍塌及常有探头石活动和岩石容易产生错动的地层中钻进时,应选用密度较大、黏度较高、失水量较小的冲洗液。

2 在吸水膨胀、缩径地层钻进时,宜采用超径钻头钻进。

3 钻进回转变阻时,应立即上下活动或转动钻具,不得无故关泵,不得猛压硬提。

4 岩石由硬变软,钻速突然加快,应控制钻速,减小钻压。

5 垂直孔段孔底岩粉厚度超过 0.3m、水平孔段钻孔下帮岩粉厚度超过 0.02m,应立即采取处理措施。

9.2.4 套管事故的预防应符合下列要求：

- 1 下入套管前，应先用异径钻具打小眼引孔；套管下入完成后，底部及孔口应封严固牢。
- 2 在破碎、坍塌地层下套管前，可配置高密度、高粘度冲洗液灌注孔内。
- 3 跟管钻进时，宜采用短岩心管。
- 4 下套管时中途遇阻，应提出套管进行处理。弯曲严重的浅孔可用套管钻头旋转下入，不得用强力打击套管。

9.2.5 造斜事故的预防应符合下列要求：

- 1 造斜时，应严格制造斜钻进参数，杜绝强压强顶
- 2 在稳斜阶段应采用低钻速、轻钻压钻进，钻杆柱下部宜采用较新钻杆。
- 3 造斜结束后，应采用专用修孔钻具修磨孔壁，粗径钻具应能顺利通过。
- 4 造斜孔段，宜采用低固相泥浆或油基泥浆。
- 5 每造斜1回次~2回次，宜拆开造斜器检查，更换磨损的轴承，保持转子单动灵活性。

在高固相泥浆孔中，每造斜1回次应清洗检查。

- 6 每回次造斜钻进结束后，应延长冲孔时间，防止发生岩粉埋钻事故。

9.2.6 落物事故的预防应符合下列要求：

- 1 孔口套管宜高出地面不少于20cm。
- 2 孔口操作应规范，孔口工具摆放应规整。
- 3 提钻后应立即用钢板或专用罩遮盖孔口。

9.2.7 测试事故的预防应符合下列要求：

- 1 测试前应先下入钻具通孔。
- 2 检查测试设备连接件螺纹情况，螺纹磨损过度、变形、损坏及配合不紧密应更换。
- 3 上下测试遇阻力时，应放慢升降速度，控制拉力，防止拉断。

9.3 孔内事故处理

9.3.1 孔内事故处理应符合下列要求：

1 事故发生后，应先考虑护壁，再处理事故。尽量保持冲洗液循环，必要时加大泵量或泵压恢复循环，冲开孔内障碍物；对于复杂地层，应同时保持孔内压力平衡。

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

3 采用拉、提、顶、打等方法处理事故时，钻杆应拧紧；强力起拔事故钻具前应检查设备的可靠性；处理事故过程中起下钻应平稳，确保孔壁稳定。

- 4 事故排除后，应总结经验教训，采取预防措施；重大事故应根据有关规定填写事故

报告。

9.3.2 钻具事故、取心事故的处理应符合下列要求：

- 1 在钻进中，发生钻具事故，宜先对扣或锥取，对接后应立即提钻检查钻具，不得继续钻进和卡取岩心。
- 2 如打捞不成功，应根据孔内情况，采取倒扣、套铣、侧钻绕障等方法处理。
- 3 钻进过程中发生岩心堵塞、岩心脱落、绳索取心打捞失败等故障，应调整钻进参数、活动钻具，提钻后宜根据地层情况重新捞取。

9.3.3 卡钻、埋钻、烧钻事故的处理应符合下列要求：

- 1 发现钻具遇卡或埋钻时，应保持冲洗液畅通，先用顶拉、回转、振击等方法活动钻具，若处理无效，宜采取反出钻杆、扫孔、扩孔或掏心等方法进行处理。
- 2 发现烧钻时，应提动钻具，无效时应采用向上打、反、透、磨、扩等方法处理。
- 3 处理事故用的扩孔钻具，必须带有内导向，导向器应焊接牢固。
- 4 发生压差卡钻后，应在冲洗液中加入一些原油、柴油或专用解卡剂。
- 5 事故位置较深采用上述办法无效时，可选择较好的造斜点进行侧钻绕障。

9.3.4 套管事故的处理应符合下列要求：

- 1 发生套管事故，应分析钻孔孔径、弯曲度、地层孔洞、冲洗液漏失等情况，确定事故原因和事故套管情况然后制定处理对策。
- 2 套管事故的处理，宜采取对扣、振击、锥取或千斤顶顶拔的方法进行打捞。
- 3 打捞无效时可采取套铣、磨铣、割管、侧钻绕障等方法处理。
- 4 套管断裂、脱节后，应将事故套管全部起拔后再重新下入，不得将上部套管坐在孔内下部套管上端继续钻进。
- 5 事故处理后重新下套管时应在套管外壁适当涂刷润滑脂，确保丝扣拧紧上满、密封良好；套管底部宜稳定、不得悬空。下管后应进行止水或水泥固井，并按照下入顺序记录套管的根数和长度。

9.3.5 造斜事故的处理应符合下列要求：

- 1 如发生造斜器转子轴折断，造斜器落入孔内，可用带导向的公锥打捞，处理无效时，可在孔内灌注水泥进行侧钻。
- 2 发生钻杆在造斜孔段折断后，应采用公锥或母锥打捞折断钻杆，或套铣后再打捞钻杆；在无法打捞出钻杆或钻具的情况下，可放弃丢失的钻杆及钻具，钻分支孔重新钻进。
- 3 发生键槽卡钻后，应设法将被卡钻具导出，不得强力起拔。
- 4 发生键槽卡钻后，可用带钻铤的长岩心管钻具扫除键槽，用带反钻头或铣刀式异径接头的钻具钻进。提钻时如遇键槽阻卡，可开车向上扫除键槽。

9.3.6 落物事故的处理应符合下列要求：

- 1 发生小工具、钻头翼片、合金块、胎体块等金属落入钻孔时应采用下入磁力打捞器

（或捞桶、弹簧钻头等）捞取或磨铣的方法，确保孔内干净后方可重新钻进。

2 提引器、钢丝绳等落入钻孔时应采用下入抓桶、捞矛等方法进行处理。

9.3.7 测试事故的处理应符合下列要求：

1 发生探头卡埋等测试事故时，应上下提拉，合理控制拉力。

2 测绳或电缆未拉断时，宜采用穿心打捞。

3 发生测绳或电缆拉断、脱落事故时，应先用捞钩打捞测绳或电缆，然后用打捞筒或取心钻具套取测试探头。

10 质量与验收

10.1 钻探质量

10.1.1 钻探质量验收应包括钻孔轨迹测量间距与偏差、岩心采取率与样品采集、水文地质观测、孔内试验与测试、原始记录报表、封孔等项目，并应根据钻孔设计书要求确定主控项目和一般项目。

10.1.2 钻孔实际轨迹偏差与测量间距应符合本标准第 4.2.4 条的要求。

10.1.3 钻孔岩心采取率应符合本标准第 7.1.2 条的要求或钻探设计书的要求，样品采集应符合相关试验的要求。

10.1.4 水文地质观测、孔内试验与测试应符合第 8 章的要求。

10.1.5 原始报表记录应符合本标准第 6.9 节的要求。

10.1.6 封孔要求应符合本标准第 6.8 节的要求。

10.2 钻探验收

10.2.1 验收应由专项委托方或项目负责人组织相关专业人员进行。

10.2.2 验收应逐孔按钻探设计书要求和钻探质量指标逐项进行，钻孔验收表的内容可参考本标准附录 H 的规定。

10.2.3 验收应在钻孔成孔、钻孔试验与测试结束后，相关设备未撤离前进行。

10.2.4 验收结果宜分为“合格”和“不合格”，主控项目全部满足要求、一般项目基本满足要求为合格，主控项目不满足要求为不合格。

10.2.5 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。

10.2.6 钻探验收后由验收人在验收表上签署验收意见并存档。

11 资料整编

11.0.1 水平定向钻探成果资料宜包括资料性成果和成果报告。

11.0.2 资料性成果宜包括下列内容：

- 1 钻孔平面布置图。
- 2 钻探现场记录。
- 3 钻孔岩心地质描述记录、岩心照片。
- 4 试验与测试成果表及影像。

11.0.3 成果报告应包括水平定向钻探报告、附图、附件，并宜符合下列要求：

1 水平定向钻探报告宜包括概述、钻探技术工效评价、现场试验测试适宜性分析、工程地质条件及问题、结论及建议等章节内容，并宜符合下列要求：

- 1) 概述宜包括工程概况、工作目的、工作依据、实施过程、完成工作量。
 - 2) 钻探技术工效评价宜包括钻探机具选择、钻进工艺与事故处理分析、轨迹控制与中靶精度分析、取心取样效果分析等。
 - 3) 现场试验测试适宜性分析宜包括仪器选择、过程控制、成果分析、效果评价等。
- 2 附图宜包括工程地质平面图、钻孔柱状图、钻孔轨迹工程地质剖面图。
- 3 附件宜包括试验与测试成果等。

附录 A 钻孔轨迹形式

A.0.1 隧洞工程钻孔轨迹宜平行隧洞轴线布置，钻孔轨迹形式布置宜符合下列要求：

- 1 隧洞进出口段地形较陡时，宜采用“一”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.1-1。
- 2 隧洞进出口段地形较缓或存在障碍物时，宜采用“∩”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.1-1。
- 3 隧洞洞身段宜采用竖直的“L”形或“人”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.1-1。
- 4 当隧洞轴线高程平面内存在距轴线较近的冲沟时，可充分利用冲沟地形条件从冲沟内布孔，宜采用水平的“L”形或“人”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.1-2。

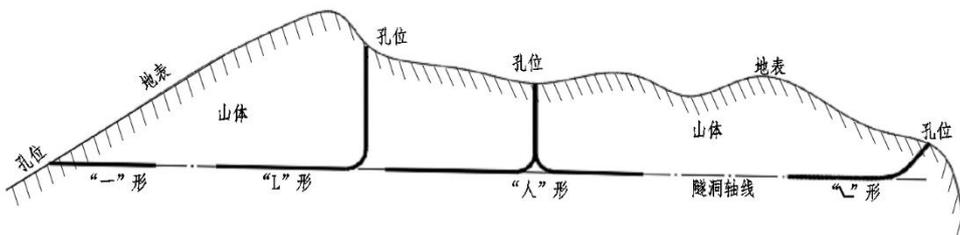


图 A.0.1-1 隧洞水平定向钻孔剖面轨迹形式示意图

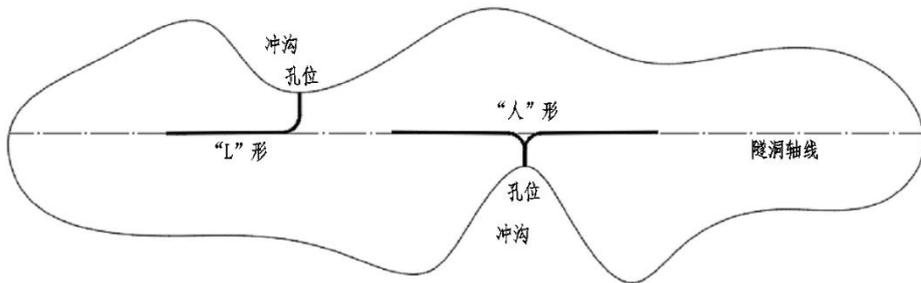


图 A.0.1-2 隧洞工程水平定向钻孔平面轨迹形式示意图

A.0.2 跨江（海）穿越工程钻孔轨迹宜平行穿越工程的轴线布置，钻孔轨迹形式布置宜符合下列要求：

- 1 进出口段地形平缓时，宜采用“∩”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.2。
- 2 进出口段地形高陡或存在障碍物时，宜采用“L”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.2。

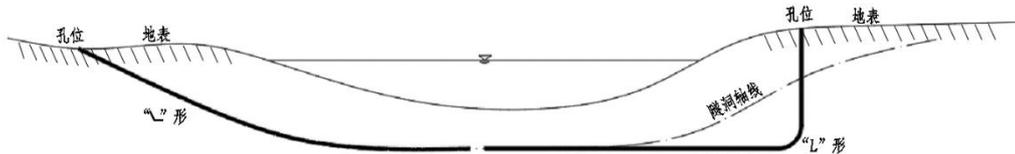


图 A.0.2 跨江（海）穿越工程水平定向钻剖面孔轨迹形式示意图

A.0.3 枢纽工程地下洞室群水平定向钻探轨迹宜平行或沿建筑物轴线布置，钻孔轨迹形式布置宜符合下列要求：

- 1 地下洞室进出口段存在平缓台地时，宜采用“一”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.3。
- 2 地下洞室（群）进出口附近存在平缓台地时，宜采用“∩”形钻孔轨迹形式，见图

A.0.3。

3 地下洞室（群）进出口段地形高陡或存在障碍物时，宜采用竖直的“L”形钻孔轨迹形式，见图 A.0.3。

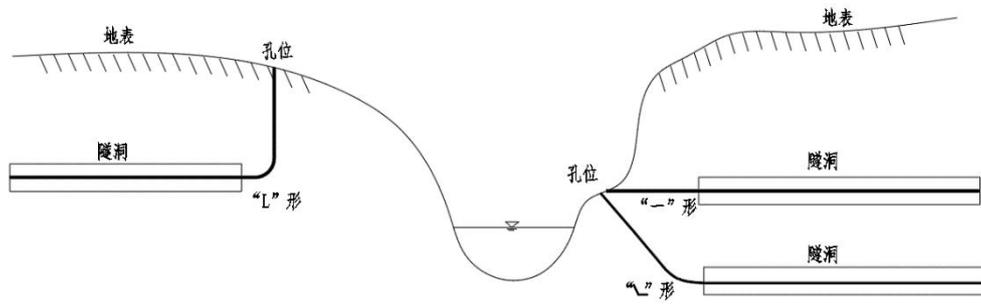


图 A.0.3 地下洞室群水平定向钻孔剖面轨迹形式示意图

附录 B 钻探班报表

表 B _____ X X 钻孔钻探班报表

序号	时间			工作内容	孔深 (m)	钻头直径 (mm)	粗径钻具规格 (mm)	钻进参数					冲洗液性能				钻进速度 (m/h)	岩心采取编号 (岩粉)	回水及孔内情况	备注
	起	止	每根钻杆钻进时长 (分)					给进压力 (kN)	回转扭矩 (N·m)	转速 (r/min)	泥浆泵压 (MPa)	冲洗液泵入量 (L/min)	冲洗液消耗量 (L/min)	进浆密度 (g/cm ³)	返浆密度 (g/cm ³)	进浆粘度 (s)				
1																				
2																				
3																				
4																				
5																				
6																				
7																				
8																				
9																				
10																				
本班工作情况	(包括①钻探异常情况②事故处理情况③水文地质观测记录④孔深校正记录⑤安全生产控制及效果等)																			

第 页/共 页

机长:

班长:

记录:

其他人员:

附录 C 钻孔岩心采取记录表

表 C X X 钻孔岩心采取记录表

回次	孔深 (m)		进尺 (m)	钻孔直径 (mm)	取心取样方法	采取长度 (m)	采取率 (%)	柱状岩心长度 (m)	获得率 (%)	≥10cm 柱状岩心长度 (m)	RQD (%)	试样采取情况	备注
	起	止											
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													
10													

第 页/共 页

机长:

班长:

记录:

其他人员:

附录 D 钻孔轨迹记录表

表 D ____X X____ 钻孔轨迹记录表

工程名称:

工程地点:

实施单位:

钻机型号:

日期:

开孔角 (°)				初始方位角 (°)						钻头-传感器距离 (m)					
孔口高程 (m)				夹持器-孔口 距离 (m)						设计钻进总长 (m)					
序号	开始时间	结束时间	工作时间 (分)	钻杆长度 (m)	钻具长度 (m)	累计长度 (m)	钻孔深度 (m)	工具面向角 (°)	顶角 (°)	方位角 (°)	实际高程 (m)	高程偏移量 (m) (下+上-)	水平偏移量 (m) (右+左-)	测控方法与仪器	备注
0															
1															
2															
3															
4															
5															
6															
7															
8															
9															
10															

第 ____ 页/共 ____ 页

机长:

班长:

记录:

其他人员:

附录 E 钻探异常情况记录表

表 E ____X X____ 钻探异常情况记录表

工程名称:

工程地点:

实施单位:

钻机型号:

日期:

序号	发现时间	孔深部位	现象描述	处理措施	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

第 ____ 页/共 ____ 页

机长:

班长:

记录:

其他人员:

附录 F 水文地质观测记录表

表 F X X 钻孔水文地质观测记录表

工程名称:

工程地点:

实施单位:

钻机型号:

日期:

序号	时间	孔深 (m)	水位 (m)	冲洗液概况	冲洗液循环情况	冲洗液消耗量 (L/min)	漏失孔深 (m)	漏失量 (L/min)	涌水水孔深 (m)	流量 (L/min)	水头 (m)	水温 (℃)	水样采取情况	其它
1														
2														
3														
4														
5														
6														
7														
8														
9														
10														

第 页/共 页

机长:

班长:

记录:

其他人员:

附录 G 钻孔事故及处理记录表

表 F X X 钻孔事故记录表

工程名称:

工程地点:

实施单位:

钻机型号:

日期:

序号	出现时间	孔深部位	事故现象描述	事故分析	事故处理	备注
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						

第 页/共 页

机长:

班长:

记录:

其他人员:

附录 H 钻孔验收表

表 H 钻孔验收表

工程名称		实施单位			
孔 号		设计孔深 (m)		作业时间	
钻孔位置		实际孔深 (m)		验收时间	
序号	验收项目	验收结果	备 注		
1	钻孔轨迹测量间距				
2	钻孔轨迹偏差				
3	孔深				
4	孔径				
5	岩心采取率				
6	试样采取				
7	水文地质观测				
8	孔内试验与测试				
9	岩心标识和保护				
10	原始记录				
11	长观装置安装				
12	封孔				
……	……				
验收意见					
验收参加人员					
钻探负责人		项目负责人			

本标准用词说明

- 1 为了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该这样做的：
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”。

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/975024011103011043>