ICS 93.020
CCS P 13

团　　体　　标　　准

T/GSC 005—2023

超长距离工程地质勘察水平定向钻探规程

Specification of Geological Investigation by Ultra-long Horizontal Directional Drilling

2023-12-28 发布　　2023-12-29 实施

中国地质学会　　发 布

中国地质学会（GSC）是组织开展国内、国际标准化活动的全国性社会团体。制定中国地质学会团体标准，满足市场需要，增加标准的有效供给，促进科技创新，是中国地质学会的工作内容之一。中国境内的团体和个人，均可提出制、修订中国地质学会团体标准的建议并参与有关工作。

中国地质学会团体标准按《中国地质学会团体标准管理办法》进行制定和管理。

中国地质学会团体标准草案经向社会公开征求意见，并得到参加审定会议的 3/4 以上的专家、成员的投票赞同，方可作为中国地质学会团体标准予以发布。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料寄给中国地质学会团体标准秘书处，以便修订时参考。

本文件版权为中国地质学会所有，除了用于国家法律或事先得到中国地质学会的许可外，不得以任何形式或任何手段复制、再版或使用本文件及其章节，包括电子版、影印件，或发布在互联网及内部网络等。

中国地质学会地址：北京市西城区百万庄大街 26 号

邮政编码：100037　电话：010-68999018　　传真：010-68995305

网址：www.geosociety.org.cn　电子信箱：zgdzxh@geosociety.org.cn

目　　次

目　　次 II
前　　言 IV
超长距离工程地质勘察水平定向钻探规程 1
1 范围 1
2 规范性引用文件 1
3 术语和定义 1
4 通则 3
5 钻探设计 3
5.1 一般规定 3
5.2 钻孔设计 3
5.3 钻进取心设计 4
5.4 钻探设备 5
5.5 泥浆系统 5
6 钻探施工 6
6.1 一般规定 6
6.2 钻前准备 6
6.3 钻进 7
6.4 轨迹控制 8
6.5 特殊地层钻进 9
6.6 孔内事故处理 10
6.7 废弃物处理 11
7 钻探取样 11
7.1 一般规定 11
7.2 取心 11
7.3 取水 12
7.4 取岩粉 13
8 孔内测试 13
8.1 一般规定 13

8.2 地应力测试 14
8.3 水文地质试验 14
8.4 综合测井 14
9 成果编制 15
9.1 一般规定 15
9.2 资料整理 15
9.3 成果报告 16
附 录 A （资料性附录） 成果报告相关表格 17

图 1 隧道水平定向钻探钻孔轨迹型式示意图 4
表 A.1 控向记录表 17
表 A.2 钻探班报表 18
表 A.3 水平钻孔柱状图记录表 19
表 A.4 涌水观测表 19
表 A.5 水平钻孔编录表 20

表 1 超长距离水平定向钻探钻孔直径 4
表 2 钻进取心方案 4
表 3 泥浆性能参数 6
表 4 特殊地层钻进要求 9
表 5 卡钻处理方案 10
表 6 现场测试常用方法 13

前　言

本文件依据 T/CAS 1.1—2017《团体标准的结构和编写指南》的有关要求编写。

本文件起草单位：中国地质大学（武汉），浙江华东岩土勘察设计研究院有限公司，长江岩土工程有限公司，陕西太合智能钻探有限公司，成都华建地质工程科技有限公司，河北永明地质工程机械有限公司，广东中煤江南工程勘测设计有限公司，北京六合伟业科技股份有限公司，中煤科工生态环境科技有限公司，青海省第二地质勘查院，中国地质科学院勘探技术研究所。

本文件起草人：窦斌，闫雪峰，郑君，牛美峰，田红，赖孝天，胡郁乐，王义红，颜慧明，叶晓平，陈云召，王坚，张明林，周光辉，李正前，庄生明，李勇，冯建宇，吴进磊，秦允海，廖先斌，刘海声，刘小平，余彦忠，曹晓毅，王玉涛，陈占荣，周治刚，陈晓林，刘志强。

考虑到本文件中的某些条款可能涉及专利，中国地质学会不负责对任何该类专利的鉴别。

本文件首次制定。

超长距离工程地质勘察水平定向钻探规程

1 范围

本文件规定了超长距离工程地质勘察水平定向孔钻探中的术语和定义、钻探设计、钻探施工、钻探取样、孔内测试以及成果编制。

本文件适用于岩质为主的各领域工程地质勘察钻探领域。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本文件。

GB 8978 污水综合排放标准

GB 9151 钻探工程术语

GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准

GB 50330 建筑边坡工程技术规范

GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准

GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准

3 术语和定义

3.1

水平定向钻探 horizontal directional drilling

采用安装于地表或巷道内的定向钻探设备，通过控制钻头使钻孔轨迹沿着设计孔眼轨道近水平延伸的地质勘察成孔方法。

3.2

超长距离水平定向钻探 ultra-long horizontal directional drilling

一台钻机在固定入孔点完成的单个钻孔的水平轨迹直线孔段距离 L 大于等于 1000m 小于 1500m（1000m≤L<1500m）的水平定向钻探工程。（500m≤L<1000m 为长距离、1000m≤L<1500m 为超长距离、L≥1500m 为特长距离）。

3.3

钻孔轨迹 drill trajectory

钻孔轴线上各点空间位置由孔深、倾角、方位角、高程、水平长度、偏移量等空间要素表征的变化状态。

3.4

倾角 inclination of borehole
钻孔轴线某点切线与水平面的夹角。

3.5

方位角 azimuth of borehole
自钻孔轴线在水平面投影上的某点指北方向起，顺时针方向与通过该点切线之间的夹角。

3.6

高程 elevation
钻孔轴线某点沿铅垂线方向到绝对基面的距离，称绝对高程，简称高程。

3.7

水平长度 horizontal distance
钻孔入孔点在水平面上的投影与钻孔轴线上某点在水平面上的投影之间的距离。

3.8

偏移量 borehole offset
钻孔轨迹与设计轨道之间的偏差。经钻孔轨迹上某点且垂直于该点的平面，该平面与钻孔设计轨道相交于一点，以该点为中心，沿水平长度方向看，钻孔实际轨迹上的点与该交点相对坐标的偏移量，向上偏移为“+”，向下偏移为“-”，向左偏移为“+”，向右偏移为“-”。

3.9

水平定向钻机 horizontal directional drilling rig
用于水平定向钻孔的机械设备。

3.10

入孔角 entry angle
定向钻探施工过程中，钻头开始进入地层时，钻杆柱与水平面的锐角夹角。

3.11

钻孔入孔点 bore entry point
钻头进入地层开始钻进的起始点。

3.12

定点取心 appoint coring
在钻孔轨迹区域孔段的钻取岩心作业。

3.13

磁偏角 magnetic declination
地球表面任一点的磁子午圈同地理子午圈的夹角。

3.14

工具面角 tool face angle

孔底造斜工具弯曲的两个轴线所决定的平面，其高边方向线与该处钻孔断面上投影所形成的夹角。

4 通则

4.1 超长距离工程地质勘察水平定向钻探适用于常规垂直钻孔方法难以实施的长距离线性勘察工程，可实现揭露钻探范围内围岩的岩性特征、不良地质和特殊岩土以及水文地质等目的，水平定向钻探不推荐在超大型岩溶地层中使用。

4.2 采用超长距离工程地质勘察水平定向钻探时，应进行现场调查和资料搜集，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，并制定防止损害地下工程、管线等设施的措施。

4.3 钻探记录应由经专业培训的人员或工程技术人员承担，并由工程技术负责人签字验收。

4.4 施工过程中应做到文明施工，并符合健康、安全、环保及绿色勘察等相关法律法规的要求。

5 钻探设计

5.1 一般规定

5.1.1 钻探设计前应进行现场踏勘，查看地形、地貌和周围环境影响因素，初步确定钻机施工场地等。

5.1.2 钻探设计应根据建设方、设计方、勘察方意见和勘察目的、要求、施工条件等因素确定。

5.1.3 钻探设计宜包括下列内容：

a) 工程概况：项目、地点、任务、主要工程量；
b) 既有地质资料、地下管线和建（构）筑物基础资料；
c) 场地、钻孔轨迹、钻孔结构设计图；
d) 钻进方法和技术工艺、施工注意事项；
e) 取样规定与技术要求；
f) 钻探设备和泥浆设计方案；
g) 安全、环保和风险防控措施及应急预案；
h) 工程概预算。

5.2 钻孔设计

5.2.1 轨道设计应符合下列规定：

a) 钻探入孔点位置应根据勘察目的、场地环境等因素选择；
b) 孔眼轨道应根据探查目的设计，应穿越关键层位和地质体，且满足测试点和观测段布置要求；
c) 孔眼轨迹宜揭露不同的地质条件；当遇到高陡构造时，孔眼轨道宜垂直于地层面；当遇到倾斜地层时，孔眼轨道设计应防止顺层跑。

5.2.2 钻孔直径和配套钻具规格应符合国家现行产品标准的规定。成孔口径应根据钻孔取心方法、现场测试要求、地层条件以及钻探工艺等确定，并应符合表 1 的规定。

表1 超长距离水平定向钻探钻孔直径

钻孔类型	直径(mm)	
鉴别与划分地层/岩心钻孔	≥76	
钻孔电视、综合测井钻孔	比测试探头直径大10-20	
压水、抽水试验钻孔	软质岩石≥96	硬质岩石≥76

5.2.3 钻孔结构应符合下列规定：

a) 隧道进出口段水平定向钻探宜采用近水平钻孔轨迹型式；

注1：近水平钻孔轨迹，即将隧道入口或出口端面上的中心点作为钻孔轨迹入孔点，沿或平行隧道中心线进行水平定向钻探（见图1）。

b) 特长、深埋隧道洞身段水平定向钻探宜采用人字形、L 形等组合钻孔轨迹型式。

注1：根据隧道设计方案、区域地质资料、勘察大纲、交通条件和钻进设备能力等，将隧道洞身待勘察区域划分为若干段，区段交接处布置钻机；针对每段进行钻孔轨迹设计，钻孔轨迹型式可选人形或L形（见图1）。工程概况：项目、地点、任务、主要工程量。

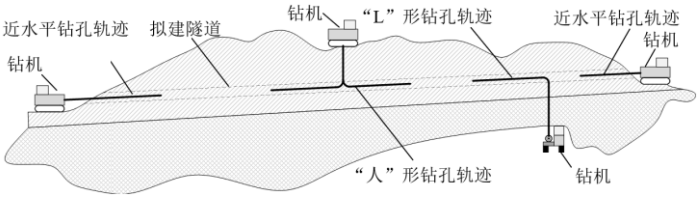

图1 隧道水平定向钻探钻孔轨迹型式示意图

5.3 钻进取心设计

5.3.1 取心方案应根据既有勘察成果和钻探目的确定，可参照表 2 选择。

5.3.2 钻孔长度应根据地质条件、工程规模、勘探目的、设备能力、工艺水平综合确定。

5.3.3 钻进回次长度应根据地层条件、取心要求确定，钻进回次长度不得大于岩心管长度，岩心管长度不宜小于 2.0 m。

5.3.4 用于制作室内试验的岩心样品毛样尺寸应满足试块加工要求。试样形状、尺寸和方向应按岩石力学试验设计要求确定。

5.3.5 确定岩石质量指标 RQD 时，宜采用 76 mm 口径（N 型）双层岩心管和金刚石钻头取心。

表2 钻进取心方案

岩性变化情况	取心方案	建议取心技术
较长距离岩性相同	全断面破碎钻进为主，定点取心次数不少于1次	提钻取心
较长距离岩性变化频繁	全孔取心钻进	绳索取心
存在岩性变化但不频繁	定点取心钻进	取心段较长时宜采用绳索取心，取心段较短时宜采用提钻取心
滑动带、软弱夹层、褶皱等	全断面破碎钻进为主，定点取心次数不少于 1 次	提钻取心

5.4 钻探设备

5.4.1 钻探设备应符合下列规定：

a) 钻机类型和性能参数应根据施工场地、地层条件、钻孔直径、埋深和长度等因素选择；
b) 钻机额定推拉力要求宜按设计中施工推/拉力计算值的 1.5 倍 ~ 2.0 倍选取；
c) 钻机功率应与钻探工程匹配，宜根据钻孔直径、长度和推拉力确定。

5.4.2 钻具组合选型应符合下列规定：

a) 取心施工时，钻具组合宜采取“取心钻头+岩心管+螺杆马达+钻杆”的结构组合形式；
b) 不取心施工时，钻具组合宜采取“全断面钻头+螺杆马达+无磁钻铤+钻杆”的孔内组合钻具形式；
c) 无磁钻铤最小长度应符合 GB 12523 的规定；
d) 宜选择通水条件较好的螺杆钻具；
e) 应根据钻进方案合理选择螺杆钻具转速和扭矩等性能参数。

5.4.3 钻头选型应符合下列规定：

a) 钻头选型时，应根据设备情况、钻孔形式、地层性质等选取；
b) 施工中，应根据地层特点对钻头类型进行调整；
c) 对极软岩和部分软岩，宜采用钢质斜板式导向钻头等钢质切削具；
d) 对软岩和较软岩，宜选用镶嵌硬质合金齿或金刚石复合片斜板式导向钻头、铣齿式牙轮钻头等硬质合金切削具或金刚石复合片切削具；
e) 对较硬岩和部分坚硬岩，宜选用镶嵌硬质合金齿的镶齿式牙轮钻头、表镶天然金刚石钻头、孕镶人造金刚石钻头等硬质合金或金刚石切削具。

5.4.4 泥浆设备应符合下列规定：

a) 孔内泥浆循环返速宜不低于 1.0 m/s；
b) 地面泥浆处理系统应符合 GB12523 的规定；
c) 地面泥浆处理系统宜采用有废浆零排放处理设备的处理系统；
d) 地面泥浆处理系统可根据工程地质特点，配置高目振动筛与离心机设备，泥浆循环使用；
e) 泥浆处理系统应配置脱水设备，弃渣含水率低于 30%，满足车装外运的要求；
f) 泥浆处理系统宜采用振动筛、压滤机、离心机等固控脱水设备与药剂（絮凝剂、助滤剂等）相结合的处理方式，也可采用固化剂对泥浆固化脱水。

5.5 泥浆系统

5.5.1 泥浆系统的设计应包括下列内容：

a) 确定钻孔泥浆比重、粘度、静切力、动切力、滤失量、泥饼厚度、允许含砂量、pH 值等基本参数；
b) 造浆材料配合比；
c) 钻孔泥浆材料用量计算；
d) 泥浆制备；
e) 制定钻孔泥浆循环、净化、管理措施。

5.5.2 泥浆体系应符合下列规定：

a) 钻进致密、稳定地层时，宜选用清水；
b) 用作水文地质试验的孔段，宜选用清水或易于洗孔的泥浆；
c) 钻进松散、掉块、裂隙地层或胶结较差的地层时，宜选用植物胶泥浆、聚丙烯酰胺泥浆等；
d) 钻进片岩、千枚岩、页岩、黏土岩等遇水膨胀地层时，宜采用钙处理泥浆或不分散低固相泥浆；
e) 钻进可溶性盐类地层时，应采用与该地层可溶性盐类相应的饱和盐水材料配置泥浆；
f) 钻进高压含水层或极易坍塌的岩层时，应采用密度大、失水量少的材料配置泥浆；
g) 金刚石钻进宜选用清水、低固相或无固相泥浆、乳化泥浆等。

5.5.3 泥浆性能应根据地质情况确定，可参照表 3 选择。

表3 泥浆性能参数

泥浆性能	地层类型			
	砂岩、泥页岩	花岗岩等坚硬围层	砾岩层	软泥岩层
马氏漏斗粘度（s）	50～60	40～55	80～120	35～50
塑性粘度PV（mPa·s）	8～12	8～12	15～25	6～12
动切力YP（Pa）	5～10	5～8	＞10	3～6
表观粘度AV(mPa·s)	12～20	8～15	20～35	6～12
静切力G_{10S}/G_{10min}(Pa)	3～8/6～12	2～6/5～10	5～10/15～20	2～5/3～8
滤失量(ml)	8～12	10～20	8～12	8～12
pH	9.5～11.5	9～11	9.5～11.5	9～11

5.5.4 泥浆用量计算应根据钻孔直径、钻孔长度、孔内漏失状况等因素确定，可按公式(1)计算：

$$V = k\pi \frac{D_e^2}{4} L \quad \text{.....(1)}$$

式中：

V：钻孔泥浆用量（m^3）；

De：钻孔直径（m）；

L：钻孔长度（m）；

k：比例系数，取值范围为 3~5，一般取 3。

5.5.5 钻孔泥浆配方和性能参数应根据施工过程中地层条件、钻进工艺、孔内情况等因素实时监测和调整。

6 钻探施工

6.1 一般规定

6.1.1 钻探前应编制施工组织方案，宜包括钻探准备、钻进、轨迹控制、取心和取样、特殊地层钻进、孔内事故处理、废弃物处理、安全和环境保护措施，以及事故处理应急预案等。

6.2 钻前准备

6.2.1 作业场地应符合下列规定：

a) 场地位于高压线附近应满足安全距离要求，应避开影响钻杆吊装的障碍物；
b) 钻孔位置应避开地下管线及地下构筑物等设施；
c) 场地应通过工程机械对耕土和其它土分离处理，平整压实后铺垫土工布，填土压实，上方铺垫钢道板，四周开挖排水沟；
d) 在斜坡上修建场地时，原地面应挖成台阶，填土应分层夯实；
e) 在河滩或山谷中修建场地时，场地应与水流保持一定距离，泥浆池开挖完成后再在表面铺防渗材料；
f) 在陡崖、陡坡下修建场地时，应清除上方危石；无法清除时应避开或采取安全措施；
g) 在高海拔、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；
h) 施工前应按设计图纸放出钻孔轨迹中心线，确定入孔点，根据入孔点、中心线、钻探设备、安装方法、地形条件等因素确定场地面积和施工便道边界，做好围挡、安全标示和交通疏导工作；
i) 修建地锚时，采用地锚挡板与水泥预制地锚结合安装，水泥地锚浇筑时，水泥标号不低于C30，养护时间不低于 48 小时；
j) 修建场地应节约用地，保护自然环境。

6.2.2 设备安装、搬运应符合下列规定：

a) 设备配件齐全无损，钻机安装应使地锚稳固，且应满足在钻机最大推拉力作用下不发生失效。安装后应检查部位连接情况，确保连接可靠；
b) 安装和拆卸机件时，辅助起吊臂保持锁死状态时，起吊臂下严禁人员逗留，不应用锤直接敲击，连接螺栓应对称拧紧，管路连接应密封可靠，零部件应按规定安装齐全、完好，发现损坏或磨损过限的零件，应更换；
c) 电气设备、照明设施应放在干燥、清洁的地方，电器引线应绝缘，接地应可靠，遇雷电及6级以上风力时应停止操作。
d) 清理场地时应先拆卸地锚，将钻机运出后，再将设备、料具全部搬离场地。

6.2.3 施工作业前，应按下列内容检查校核：

a) 检查导向系统、测试仪器电源，是否有漏电现象，是否有钻机接地等安全措施；
b) 每次使用前，应按操作说明书对导向系统、测试仪器校准；更换零件、钻具后应重新校准；
c) 检查信号传输、记录、显示是否正常；
d) 钻进前，应测试施工区域干扰信号，确定通信频率；
e) 机械油管、水管是否畅通，是否有泄漏现象；
f) 钻杆丝扣是否清洁完好，是否发生变形或损坏。

6.2.4 应根据设计交底与施工图纸，利用全站仪或GPS复核钻机定位参数。

6.2.5 钻探准备时，应根据初勘资料和钻孔设计交底，在泥浆搅拌罐中预先配置适量泥浆。

6.3 钻进

6.3.1 导向钻具组合应根据地层类型、取心要求、穿越长度及钻杆尺寸选择。

6.3.2 钻探导向仪选择宜符合下列规定：

a) 对于埋深较浅、无电磁干扰的钻探工程，宜采用无缆式导向仪；
b) 对于埋深较浅、有电磁干扰的钻探工程，宜布设人工磁场采用有缆式导向仪；
c) 对于距离长、埋深大、无电磁干扰、地面无通行条件的钻探工程，宜采用有缆式导向仪；
d) 对于埋深大、强电磁干扰的钻探工程，宜采用惯性导向仪。

6.3.3 在钻进到定点取心位置或取心段前应调整好钻孔轨迹，不宜在取心位置或取心段纠偏及调整轨迹。

6.3.4 钻进施工应符合下列规定：

a) 施工前钻机应试运转，时间不应少于 15min，确定设备运转正常且钻头喷嘴有泥浆流出；
b) 第一根钻杆入土钻进时应轻压慢转、稳定入土位置，符合设计入土角后方可继续钻进；
c) 钻进时，直线段测量计算频率宜每根钻杆一次；
d) 采用无缆式导向仪时，按附录 A.1 要求记录，并绘制钻孔轨迹剖面图；采用有缆式导向仪时，司钻应定时观察计算机处理的随钻数据，并对数据采集；
e) 控向员应及时将测量数据与设计值对比，引导司钻员调整钻进轨迹；
f) 钻进至既有管线临近区域时，应慢速钻进并复核钻孔轨迹，测算与交叉管线的距离，确认在安全许可范围后再恢复正常钻进；
g) 曲线段钻进时，一次钻进长度宜小于 0.5m，同时应观察延伸长度顶角变量，顶角变量应符合钻杆极限弯曲强度要求，应采取分段施钻等使延伸长度顶角变化均匀的措施；
h) 施工过程中泥浆应保持稳定循环，当遇到异常情况时，应停钻查明原因，停钻期间应向孔内定时补充新泥浆并活动钻具；
i) 泥浆应在专用搅拌容器或搅拌池中配制，从钻孔内返出的泥浆应经沉淀池或泥浆净化设备处理、调整后可重复利用，并按附录 A.2 要求记录钻孔泥浆情况；
j) 钻孔纠偏应平缓。

6.3.5 边坡钻探时，应满足下列要求：

a) 安排专人监视边坡土体位移情况，发现异常应采取确保人身和设备安全的措施；
b) 下套管深度应根据边坡稳定程度、滑动面位置、滑床岩性确定；
c) 钻进过程中应检查钻孔是否偏斜，发现孔内不正常时应及时停钻检查。

6.4 轨迹控制

6.4.1 钻孔轨迹控制精度应符合下列规定：

a) 围绕设计轨道，建立地面、孔内测量控制系统；
b) 导向、控向使用的仪器、测具应经检查校正；
c) 施工中应测量：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。
d) 1500m 以内钻孔轨迹水平偏移量不应超过±3m；垂直偏移量不应超过±2m。

6.4.2 钻孔轨迹精度控制宜采取下列措施：

a) 在地面通行允许的条件下，宜布置人工磁场增强导向信号的精确性；
b) 安装导向孔定位套管；
c) 在入孔点后侧应将钻机通过地锚固定在地面上；

d) 应根据导向系统显示的偏差数据及时调整孔内钻具姿态，保证钻头偏差控制在允许范围内；
e) 每钻进 10m 应测量一次钻孔倾角、方位角，钻孔倾角和方位角测量数据应满足钻探要求，并宜在地层交界面处校核钻孔坐标；
f) 当倾角、方位角、深度等钻孔轨迹偏差超过规定时，应找出原因，并采取纠偏措施、更正记录报表；
g) 孔内测试时应对钻孔轨迹复测；
h) 钻孔钻至滑动断层等特殊构造时宜对钻孔轨迹复测；
i) 终孔时应对全孔轨迹复测。

6.5 特殊地层钻进

6.5.1 特殊地层钻进应符合下列规定：

a) 分析孔口返浆量及钻进参数，有异常应及时停钻；
b) 分析遇不良地质情况，选择合适的处理方法；
c) 处理方案确定后，宜及时处理。

6.5.2 特殊地层钻进应按表 4 确定。

表4 特殊地层钻进要求

类型	现场判别	钻进要求
涌水地层	孔口返浆量增加，钻进参数变化不大	①如果涌水量不大，可继续钻进； ②如果涌水量大，宜采用注浆的方法，通过钻杆将水泥浆泵入孔内进行加固、封堵，待水泥固化、孔口返浆量恢复稳定后，则可继续钻进施工。
破碎带地层	含水地层破碎带，孔口返浆量增加； 无水地层破碎带，孔口返浆量减少；返出岩屑形状不规则、返屑量显著增大；钻压小幅下降	①如果不影响成孔，宜根据地层岩性采取提高泥浆稳定孔壁能力； ②如果发生垮塌掉块，影响成孔，宜提高泥浆的抑制、护壁能力； ③如改变泥浆性能无法解决成孔问题，宜采用注浆的方法，通过钻杆泵入水泥进行加固，待水泥固化、孔口返浆量恢复稳定后，则可继续钻进施工。
岩溶地层	孔口返浆量增加或者减少，钻压骤降	①如果溶洞较小、不影响成孔，则继续钻进； ②如果影响成孔，宜采用注浆的方法，通过钻杆泵入水泥进行填充封堵，待水泥固化、孔口返浆量恢复稳定后，则可继续钻进施工。
瓦斯地层	孔口返浆中出现气泡	①杜绝一切可能产生火源、断电，加强通风，同时尽快撤出施工人员，对施工棚进行警戒，进一步研究考虑采取抽排瓦斯的具体安全措施； ②若孔内瓦斯涌出量较小时，可以继续缓慢钻进，同时让瓦斯自然排放，或采用注浆的方法，用水泥浆将周围通道堵住，阻止瓦斯的喷出； ③若孔内瓦斯涌出量较大或顶钻时，喷出持续时间可能较长，应将孔口处防喷器关闭，在排空孔内泥浆后，接入抽放瓦斯设备进行抽放； ④严禁采用压风钻进工艺； ⑤若实施瓦斯抽放，应按照GB 50471要求计算套管下入深度并进行孔口试压； ⑥在实施井下瓦斯抽放钻孔时，钻机应配备瓦斯超限自动断电保护设备；

		⑦在恢复正常通风后，应由瓦斯检测员进行专项检测，证实瓦斯浓度低于规定允许浓度，确认安全后方可恢复施工。

6.6 孔内事故处理

6.6.1 孔内事故类型可包括但不限于卡钻、埋钻、钻杆断裂及脱落、钻头脱落等。

6.6.2 孔内事故处理前准备工作应包括下列内容：

a) 事故发生后，应根据钻杆余尺或钻具长度，精确计算事故部位孔深，确定处理事故钻具长度；
b) 根据钻具或其他有关标志，分析事故发生原因和严重程度，确定处理方法和打捞工具；
c) 综合分析事故钻具结构、钻孔结构、孔内围岩岩性、孔壁稳定程度、事故发生前和发生时的泥浆循环、钻具扭矩、钻具推进和回拉阻力、钻机和泥浆泵声音变化等钻进记录和异常情况，形成事故处理方案、实施步骤和安全措施。

注：孔内事故发生时一般会有先兆或出现异常情况，如泥浆循环情况、钻具扭矩、钻具推进和回拉阻力、钻机和泥浆泵声音变化等。

6.6.3 卡钻、埋钻事故处理时应符合下列规定：

a) 卡钻初期应维持大泵量循环，并经常转动、前后推拉钻具。在分析确定卡钻原因基础上，应按表 5 分别采用不同处理方法；

表5 卡钻处理方案

键槽卡钻	应设法将被卡钻具导出，然后休整键槽处孔壁，不得强力提拔；修整孔壁键槽应不断改换具体钻具的位置和方位，接长岩心管进行扩孔、或使用带铣刀刃的岩心管接头向上反扫破坏键槽。
掉块卡钻	开始以提、窜为主，继而用推拉结合或增加工作钢丝绳数来增大提升能力；提、顶、窜无效时，应采用震、打等方法解卡。
泥包、泥皮粘附卡钻和岩粉埋钻	可以采用油浴或碱水浴解卡法，首先降低泥浆密度，再将一定数量的石油、废柴油或废机油通过泥浆泵压注到卡钻事故孔段，浸泡8h~16h，每隔1.5h~2h前后活动钻具一次；也可注入2%~3%纯碱溶液浸泡解卡。
盐酸溶解卡法	将3%~5%浓度的稀盐酸溶液通过泥浆循环系统注入钻孔内，浸泡1h~2h，并辅助活动钻具，再配合拉顶一般可以解卡。

b) 上述方法处理无效后，应将钻杆全部返回，再用削、磨钻头，将异径接头处理掉；也可以用小直径钻头扫透异径接头并扫掉岩心，下入公锥捞取岩心管。无效时，采用磨、切方法逐步消灭。

6.6.4 钻杆断裂、脱落事故处理时应符合下列规定：

a) 当发生钻杆事故时，应将钻机连接的钻杆抽出，然后对孔内事故位置扩径处理，接着连接钻杆打捞器推入孔内打捞；
b) 事故断口较正、螺纹完好时，应用相应螺纹端对接打捞；事故断口为外螺纹锁接头和光钻杆时，应合理选用丝锥，小口径金刚石钻具只能用公锥；
c) 事故断口偏斜不严重时，可推入带导向罩的公母捞锥捞取；钻孔超径，事故断口偏离中心较大时，可用弯钻杆、捞钩或磁力打捞器寻找事故断口；

d) 事故断口磨损、变形、破损，宜用通天母锥或打捞器捞取，事故断口上有障碍物，应先去除；
e) 采用丝锥打捞孔内钻具时应低速小扭矩回转钻具，拧紧丝锥后立即提钻。严禁继续钻探；
f) 当孔内条件无法打捞或打捞失败，可对原钻孔轨迹分支改孔，绕过事故段。

注：改孔利用定向钻头在合适孔段侧向钻进，暂时偏离设计钻孔轨迹。待穿过孔内掉落钻具影响段后，调整钻头角度，将钻孔轨迹纠正回原设计轴线。

6.6.5 钻头脱落事故处理，应符合下列规定：

a) 钻头磨（切）削具脱落时应根据事故情况，采用粘取法、冲捞法、抓取法、磨灭法、钻取法或套钻等处理方法；

注：打捞磨（切）削具可用抓筒、喷射反循环钻具、粘筒或磁力打捞器，也可用掏芯钻头在孔底钻进200mm小孔，将掉落的磨（切）削具冲进小孔内，然后换用原钻头钻进取心，取出碎屑。也可用磨孔钻头磨灭掉落的磨（切）削具。

b) 牙轮钻头脱落时，宜采用套管公锥对扣打捞；取心钻头，应先将内部岩心除去，再用小一级钻头或炮弹钻头挤夹，或套管公锥对扣打捞；
c) 当孔内条件无法打捞或打捞失败，可对原钻孔轨迹分支改孔，绕过事故段。

6.7 废弃物处理

6.7.1 施工设计应规划地面泥浆处理系统或弃渣处置区。

6.7.2 施工余水或废浆外排应符合 GB 8978 的规定。

6.7.3 施工弃渣填埋应符合 GB 18599 的规定。

6.7.4 施工弃渣用于基础工程地基、管道基槽及沟槽回填时应符合 GB 50202 与 GB 50330 的规定。

7 钻探取样

7.1 一般规定

7.1.1 钻探取样应具有代表性，应揭示岩性，滑动带、软弱夹层、褶皱等特殊地质以及水文等条件，反映地层地质信息。

7.1.2 钻探宜在每种岩性地层或滑动带、软弱夹层、褶皱、岩溶等重点查明部位中至少钻取岩心 1 次，并定期采集岩粉；当地质条件发生变化时，应增加岩心钻取数量和提高岩粉采集频次；当地质条件复杂、特殊地层发育、岩性多变时，宜采用全孔取心。

注：勘察钻孔采取气体样品技术尚不成熟，基于岩心室内试验和现场观察定性判断围岩中气体情况。

7.2 取心

7.2.1 取心试样应符合下列规定：

a) 取心前应保证孔内无金属落物，孔眼畅通无阻，取心工具工作正常，取心筒光滑，无泥沙和异物；
b) 取心时宜根据场地地层特点通过试钻或经验确定钻进参数，选择清水、泥浆、植物胶等作循环介质；
c) 取心钻进参数选择和泥浆泵量要求，应根据钻孔实际情况和地质要求确定；

注：PDC取心钻头钻压30～50kN，金刚石取心钻头钻压为60～90kN，转速为50～70r/min，排量符合螺杆设计参数，疏松砂岩可适当降低排量。

d) 破碎地层取心，回次进尺宜减少；
e) 取心孔段钻时应加密钻进参数、岩屑情况、泥浆性能变化等现场数据记录，结合初勘报告，随时分析掌握孔内情况，准备断心起钻；
f) 断心层位宜选在完整、强度较低的孔段；
g) 断心部位前 0.5m，钻压宜比原钻压多加 10~20kN 形成粗心；
h) 断心时，宜将钻具回拉 0.3m~1.0m，确定岩心爪抱住岩心后再继续回拉，但回拉不得超过 1.5m，且拉力增量不得超过 200kN；
i) 割完芯再试探是否有余芯，然后将钻具拉回 0.2m~0.5m，循环泥浆 10min，冲通钻头水眼后抽出钻具。
j) 取心段平均岩心采取率应达到 70%以上。

7.2.2 取心试样处理、保管应符合下列规定：

a) 岩心出筒后应按采集的先后在现场按从上到下、从左到右顺序排列。每回次钻进采集的岩心应填写岩心卡片，标明工点名称、钻孔编号、岩心采集位置，岩心采取率、钻进回次编号和地质描述，留存全孔岩心彩色照片；
b) 选择代表性岩心装箱保存，按钻进回次先后顺序排列，注明钻进长度和岩土名称，且每一回次应用岩心牌隔开；原状样品在运输和保管过程中应平稳安放，不得日晒、雨淋和融冻，保持密封、不得扰动，岩心保留时间应根据勘察要求确定，并应保留至钻探工作检查验收完成；
c) 取心钻探记录应由经专业人员按钻进回次如实填写，描述地层、地下水、岩心采取率和钻进过程中的异常情况等；
d) 钻探应提供现场原始记录、钻孔柱状图和照片等，钻孔柱状图记录可按本规范附录 A.3 执行；
e) 用作长期观测的钻孔应做好维护，对交通、环境、安全有影响的钻孔应采用封孔作业。当需要对封孔质量进行验证时，应进行透孔取样。

7.3 取水

7.3.1 取水试样应符合下列规定：

a) 采取的水试样应代表天然条件下的水质情况；
b) 水样中不应含有油污等杂质；
c) 取水样前盛水器皿应先用被取水洗涤 2～3 次，不得有残留杂质后方可取样，器皿内应保留 20%的空间；
d) 在勘察孔返浆口取水时，应先停钻，待孔口流出新鲜水后再取水；对于采用泥浆护壁的钻孔，应先洗孔，待所测区段孔壁冲洗干净后，再取水样；
e) 遇勘察孔涌水量突然变大或减小，应适当增加取样次数；
f) 作侵蚀性测定的水试样数量不应小于 1500mL；其他特殊测试项目应按有关规定采取水样。

7.3.2 水试样处理、保管应符合下列规定：

a) 取水试样过程中，宜减少水试样的暴露时间，取样后应及时加盖、蜡封，并贴标签；
b) 测定不稳定成分的水样时，应及时加入稳定剂；

c) 采取水试样后，应做好取样记录，记录内容宜包括取样时间、孔号、取样位置、取样人、是否加入稳定剂等；
d) 水试样应及时送验，放置时间应符合试验规定。

7.4 取岩粉

7.4.1 取岩粉试样应符合下列规定：

a) 全断面钻进施工时，宜以钻杆为采集单位，每根钻杆正常钻进过程中应进行岩粉采集；取心钻进施工时，可暂停取岩粉；
b) 每根钻杆钻进过程中应至少进行岩粉采集一次，遇岩性发生明显变化或返浆池泥浆颜色发生改变，应适当增加岩粉采集次数；
c) 遇钻进中途意外停止，刚恢复正常钻进时不应进行岩粉采集，直至返浆口返浆量恢复正常方可进行岩粉采集；
d) 岩粉采集时，将准备好的筛网在返浆口进行岩粉采集，泥浆透过筛网流进返浆池，岩粉留在筛网中；不得在返浆池和振动筛后取样；
e) 将筛网中的岩粉倒入岩粉样盆，加入无污染清水小心初次清洗，滤掉泥浆；
f) 将采集到的岩粉保存至自封袋，并写好标签，每份岩粉不少于 500g；
g) 每次取样后，清除残留在筛网上的岩粉并清洗岩粉样盆。

7.4.2 岩粉试样处理、包装应符合下列规定：

a) 岩粉应用无污染的清水缓慢冲洗，并充分搅动，水满时应慢慢倾倒，直至清洗出岩粉本色；
b) 洗净的岩粉应采用自然晾晒法或烘烤法干燥处理；

注：自然晾晒法将清洗后放有孔深标签的岩粉按钻进轨迹顺序依次摊晒在粉样台上，且相邻两个岩粉样品之间的晾晒距离不应小于5cm；烘烤法是按一个烤盘装一包岩粉样品的原则，将清洗后放有孔深标签的岩粉置于烤箱内烘烤，温度不应大于85℃。

c) 岩粉干燥后，分装两袋，一袋供室内实验用，一袋用来描述和保存；
d) 装岩粉时，应将标注工程名称、钻孔编号、桩号、样品编号、样品名称、钻孔长度、取样人和取样日期的标签放入自封袋中；
e) 将袋装岩粉按样品编号及孔深顺序依次排序保存。

8 孔内测试

8.1 一般规定

8.1.1 钻孔成孔以后，可根据需求进行地应力测试、水文地质试验、综合测井、孔内电视、瓦斯测试等。

注：现场试验方法可根据勘察目的、围岩条件按表6进行选择。

表6 现场测试常用方法

现场测试方法	应用条件
地应力测试	在钻孔围岩完整的取心孔段实施。
水文地质试验	孔口返回的泥浆变稀释，或钻孔出现涌水现象。

综合测井	钻孔设计轨迹钻进完成后，宜进行一次全孔综合测井。
孔内电视	钻孔设计轨迹钻进完成后，宜进行一次全孔孔内电视扫描。
瓦斯测试	根据初勘报告分析可能存在瓦斯的地层，或孔口泥浆出现气泡。

8.1.2 测试钻孔应无坍塌、掉块；测试前应对钻孔扫孔、洗孔，应保证孔壁平顺通畅，孔内固相含量低。

8.1.3 在孔内测试过程中，测试仪器设备在水平孔内应慢转缓推；孔内测试设备应设有防撞保护装置。

8.2 地应力测试

8.2.1 地应力测试时，应根据既有勘察报告，初步了解钻孔完整段分布情况以及裂隙或破碎带的分布距离，确定钻孔在设计断面上的相对位置。

8.2.2 测试孔段应布置于基岩风化带以下的完整岩体内，宜布置于岩性单一、结构完整的地段，避开岩体破碎松动的地块。

8.2.3 测试孔段应全部取心并记录坐标位置、埋深、钻进时间、钻孔事故等信息，了解覆盖层、基岩及孔径变化位置。

8.2.4 原生裂隙水压致裂法测段内包含的裂隙应紧密闭合。应选择不同产状的原生裂隙段，避免测段含有多条裂隙。

8.2.5 测试孔段孔径不应大于钻头直径的 5%~10%，最大孔径不应超过设计孔径 5mm，长度应大于 6 倍孔径。

8.2.6 测试孔段应选择合理的钻进方法和钻具组合，测试段 2~3m 长度的孔壁宜完整、光滑，钻孔应符合 GB/T 50266 的规定。

8.2.7 孔壁和孔内水质不清洁时宜洗孔。洗孔时钻具应下到孔底，最大泵量泵入，至孔口回水清洁时结束。无回水，洗孔时间不应少于 15min。压水法洗孔操作应符合 DL/T 5331 的规定。

8.3 水文地质试验

8.3.1 水文地质试验应根据需求，查明地下水类型及特征，主要含水层和隔水层的分布规律和埋藏条件，划分水文地质单元，分析场地地下水对围岩级别、施工开挖和支护工程的影响。

8.3.2 压水试验栓塞位置定位应准确，并宜安放在岩石较完整部位。钻孔压水试验应分段隔离。当钻孔采用逐段钻进、逐段压水时，宜采用单栓塞隔离。对于岩体完整、孔壁稳定的孔段，可连续钻进不超过 40m 的长度，采用双栓塞分段隔离进行压水试验。

8.3.3 试段长度宜为 5m，相邻试段应互相衔接。当遇断层破碎带、裂隙密集带、溶蚀带等强透水带的孔段时，试段长度应根据强透水带性状、厚度等确定。同一试段不宜跨越透水性相差悬殊的岩层。

8.3.4 钻孔涌水量、地层渗透系数等水文地质参数应通过现场试验获得，记录表格可参照附录 A.4。

8.4 综合测井

8.4.1 综合测井实施前应了解钻孔编号、所在位置、钻孔结构、泥浆性质、孔内出水、孔内安全等

施工条件和测井任务。

8.4.2 终孔直径应比物探综合测井探管外径大一级以上，且不应低于 76mm。

8.4.3 自然电位、电阻率、孔内温度、声波等测试的钻孔或孔段，孔内应填充钻井液或清水。

8.4.4 孔内电视

8.4.5 孔内电视测试可获得钻孔内深部岩体的结构面图像，地层分界面图像，破碎带分布情况等地质信息。

8.4.6 测试前，应将钻具推送至孔底进行洗孔，宜采用清水循环，必要时应加澄清剂澄清。

8.4.7 当钻孔轨迹长度大于 500m 时，钻孔图像采集宜采用无缆钻孔电视设备。

8.4.8 钻孔图像采集过程中，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。

9 成果编制

9.1 一般规定

9.1.1 现场记录内容不得追记或转抄，误写处可用横线划去在旁边更正，不得在原处涂抹修改。

9.1.2 钻探成果应签署完备，归档保存。

9.1.3 钻探成果宜包括下列内容：

a) 水平钻孔结构剖面图；
b) 水平钻孔地质柱状图；
c) 水平钻孔综合测井曲线图
d) 水平钻孔电视影像图；
e) 钻压记录图；
f) 扭矩记录图；
g) 钻进速度图；
h) 原位测试成果图表；
i) 室内试验成果图表；
j) 岩心彩色照片；
k) 钻探现场记录表。

9.2 资料整理

9.2.1 钻探记录应在钻探过程中同时完成，记录内容宜包括岩土描述及钻进过程，可按本规范附录 A.5 执行。

9.2.2 钻探现场记录表应按钻进钻杆数量顺序逐项填写，当同一钻杆钻进过程中发生变层时，应分行填写，不得将若干钻杆或若干层合并一行记录。

9.2.3 岩石描述宜包括地质年代、地质名称、颜色、主要矿物、结构、构造和风化程度、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、形状、胶结物成分和胶结程度；对岩浆岩和变质岩应描述矿物结晶尺寸和结晶程度。

9.2.4 岩体描述宜包括结构面、结构体、岩层厚度和结构类型，并宜符合下列规定：

a) 结构面描述宜包括类型、性质、产状、组合形式、发育程度、延展情况、闭合程度、粗糙程度、填充情况和填充物性质及充水性质等；
b) 结构体描述宜包括类型、形状和尺寸、完整程度等。

9.2.5 围岩定名、描述术语及记录均应符合 GB 50021 的规定。鉴定描述应以目测、手触方法为主，并可辅以标准化、定量化方法或仪器。

9.2.6 现场钻进记录宜包括下列内容：

a) 钻进方法、钻具名称、规格、护壁方式等；
b) 钻进难易程度、进尺速度、操作手感、钻进参数变化；
c) 缩径、地下水位或泥浆液位及其变化等孔内情况；
d) 取样及原位测试编号、长度位置、取样工具名称规格、原位测试类型及其结果；
e) 异常情况。

9.3 成果报告

9.3.1 钻探报告编制应利用勘察取得的地质资料，在综合分析基础上确定，原始资料使用前均应整理、检查、分析，确认无误。

9.3.2 钻探报告应资料完整，内容详实准确、数据无误、图标清晰、重点突出，结论应依据充分、建议合理。

9.3.3 钻探报告应包括总报告和钻探现场记录、司钻记录、控向记录、涌水记录、岩心照片、钻孔电视展开图、物探综合测井表、钻探点坐标、高程数据一览表。

9.3.4 成果报告编写提纲宜包括下列内容：

a) 前言：任务依据、目的与任务、工程概况、执行的技术标准、钻探方法及工作量布置情况、勘察工作过程等；
b) 自然地理概况：项目地理位置、气象、水文和交通条件等；
c) 工程地质条件：地形地貌、地层岩性、地质构造、岩层的类型、性质和物理力学参数、新构造运动、水文地质条件、地震与地震动参数、不良地质和特殊性岩土的发育情况等；
d) 工程地质评价与建议：包括沿线水文地质及工程地质条件评价、工程建设场的稳定性和适宜性评价、不良地质与特殊性岩土及其危害和影响程度评价、环境水或土的腐蚀性评价、岩土物理力学性质及其设计参数评价、工程地质结论与建议等。

9.3.5 总报告图表宜包括地质平面图、地质纵断面图、不良地质和特殊性岩土一览表等。

附 录 A
（资料性附录）
成果报告相关表格

表 A.1 控向记录表

工程名称					施工日期			年 月 日		
钻孔编号					钻孔坐标					
序号		1	2	3	4	5	6	7	8	9
开始时间										
结束时间										
工作时长（分）										
CL钻杆长度（m）										
MD累计长度（m）										
Away水平长度（m）										
HS面向角（°）										
Inc倾角（°）										
AZ磁方位角（°）										
Elev实际高程（m）										
偏移量（m）	（上+下-）									
	（右+左-）									
里程桩号										
备注										
第 页 共 页		记录员				负责人				

表 A.2 钻探班报表

钻探班报表									
工程名称				施工日期			年　月　日		
钻孔编号				钻孔坐标					
序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
日期									
开始时间									
结束时间									
每根钻杆纯钻进时间（min）									
停机时间（min）									
事故处理时间（min）									
钻进压力（MPa）									
旋转压力（MPa）									
进浆流量（L/min）									
返浆流量（L/min）									
泥浆压力（MPa）									
转速（R/min）									
进浆密度（g/cm3）									
返浆密度（g/cm3）									
进浆粘度（s）									
返浆粘度（s）									
交接班									
取样编号（岩粉）									
备注									
第　　页 共　　页		记录员				负责人			

表 A.3 水平钻孔柱状图记录表

水平钻孔柱状图记录表				
工程名称		施工日期	年　月　日	
钻孔编号		钻孔坐标		
层序				
孔深（m）				
标高（m）				
厚度（m）				
图例				
岩性描述				
层序				
岩样	取样位置（m）			
	岩心采取率（%）/岩粉质量（kg）			
	RQD（%）			
原位测试	类型			
	测试类型			
第　页 共　页				

表 A.4 涌水观测表

涌水观测表										
工程名称					施工日期			年　月　日		
钻孔编号					钻孔坐标					
序号	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
日期										
测试时间										
涌水时间（s）										
涌水体积（m3）										
涌水量（m3/h）										
现场天气状况										
现场温度（℃）										
备注										
第　页 共　页			记录员				负责人			
注1：岩粉取样编号对应钻杆编号，如：YF1对应1号钻杆； 注2：取本根钻杆岩粉样时间，在接下一根钻杆之前； 注3：钻进出现异常应及时分析原因并取样。										

表 A.5 水平钻孔编录表

水平钻孔编录表											
工程名称						施工日期			年 月 日		
钻孔编号						钻孔坐标					
钻杆序号		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
进尺（m）	自										
	至										
地层名称											
地层描述	颜色										
	状态										
	密度（g/cm3）										
	湿度										
	成分及其他										
岩石质量指标RQD（%）											
岩样/岩粉	编号										
	取样位置（m）										
	取样器型号										
	岩心采取率（%）/岩粉质量（kg）										
原位测试类型及成果											
备注											
第 页 共 页				记录员				负责人			

参考文献

[1] GB 8978 污水综合排放标准。
[2] GB 9151 钻探工程术语。
[3] GB 50202 建筑地基基础工程施工质量验收标准。
[4] GB 50330 建筑边坡工程技术规范。
[5] GB 12523 建筑施工场界环境噪声排放标准。
[6] GB 18599 一般工业固体废物贮存和填埋污染控制标准。
[7] GB/T 5005 钻井液材料规范。
[8] GB 50021 岩土工程勘察规范。
[9] AQ 2004 地质勘探安全规程。
[10] DZ/T 0054 定向钻探技术规程。
[11] DZ/T 0227 地质岩心钻探规程。
[12] JGJ/T 87 建筑工程地质勘探与取样技术规程。
[13] JTG C20 公路工程地质勘察规范。
[14] TB 10012 铁路工程地质勘察规范。
[15] TB 10014 铁路工程地质钻探规程。

ICS 93.020
CCS P 13
关键词：工程地质勘察、水平定向钻