

中华人民共和国地质矿产行业标准

DZ/T XXXXX—XXXX
代替 DZ/T 0017-91

工程地质钻探规程

Code of practice for engineering geological drilling

点击此处添加与国际标准一致性程度的标识

(报批稿)

本稿完成日期 (2022 年 1 月)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国自然资源部 发布

目 次

前言.....	IV
1 范围.....	1
2 规范性引用文件.....	1
3 术语与定义.....	1
4 总则.....	2
4.1 钻探目的.....	2
4.2 钻孔布置与孔位确定.....	2
4.3 钻孔深度.....	2
4.4 钻孔口径及钻具规格.....	2
5 设计.....	3
5.1 一般规定.....	3
5.2 施工组织设计.....	3
5.3 钻孔设计.....	4
6 施工准备.....	4
6.1 设备选择.....	4
6.2 场地踏勘.....	4
6.3 修整道路与场地.....	4
6.4 供水和排水.....	5
6.5 设备安装.....	5
6.6 钻塔安装.....	5
6.7 开孔.....	5
7 钻进方法与钻进工艺.....	5
7.1 人工冲击钻进（洛阳铲钻进）.....	5
7.2 机械冲击钻进.....	6
7.3 硬质合金钻进.....	6
7.4 金刚石钻进.....	8
7.5 金刚石复合片钻进.....	8
7.6 低频振动钻进.....	9
7.7 高频振动钻进（声波钻进）.....	10
7.8 液动潜孔锤钻进.....	10
7.9 气动潜孔锤钻进.....	11
7.10 直接贯入钻进.....	12
7.11 定向钻进.....	13
8 特殊区域钻探.....	13

8.1	水域钻探	13
8.2	岩溶区钻探	16
8.3	滑坡区钻探	16
8.4	冻土钻探	16
8.5	湿陷性黄土钻探	16
8.6	膨胀土钻探	17
8.7	断裂带、破碎带钻探	17
8.8	砂层钻探	17
8.9	卵砾石、漂石钻探	17
9	冲洗液	17
9.1	冲洗液选择	17
9.2	冲洗液配制	18
9.3	冲洗液管理	18
10	地质编录	19
11	钻孔样品采取	19
11.1	土试样等级与取样器选择	19
11.2	土样采取	20
11.3	岩样采取	21
11.4	水样采取	21
12	原位测试	21
13	质量要求与验收	21
13.1	质量要求	21
13.2	验收	22
14	环境保护	22
14.1	施工前环境保护	22
14.2	施工中环境保护	22
14.3	竣工后环境保护	22
15	资料归档	23
	参考文献	24

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件由中华人民共和国自然资源部提出。

本文件由全国自然资源与国土空间规划标准化技术委员会（SAC/TC 93）归口。

本文件起草单位：中国地质调查局水文地质环境地质调查中心、山西省第三地质工程勘察院、中国地质科学院勘探技术研究所、上海市岩土地质研究院有限公司、北京市地质工程勘察院、山东省地质矿产勘查开发局、河南省深部探矿工程技术研究中心、中勘冶金勘察设计研究院有限责任公司。

本文件主要起草人：李小杰、郑继天、叶成明、孙智杰、孙丙伦、金清山、李玉京、卢予北、孙建华、张建良、关晓琳、冯建月。

本文件代替DZ/T 0017-91《工程地质钻探规程》，与DZ/T 0017-91相比，除结构调整和编辑性改动外，主要技术变化如下：

- a) 修订了1991版的第1章“主题内容与适用范围”（见第1章）；
- b) 修订了1991版的第2章“引用标准”（见第2章）；
- c) 增加了“术语与定义”一章（见第3章）；
- d) 增加了“总则”一章（见第4章）；
- e) 删除了1991版的第3章“各类工程勘查钻探的工作要点”；
- f) 增加了“工程地质钻探钻孔口径及钻具规格”内容（见4.4）；
- g) 增加“声波钻进”、“直接贯入钻进”和“定向钻进”内容（见7.7、7.10、7.11）；
- h) 修订了1991年版的“水域钻探”（见8.1）、“冻土层钻探”（见8.4）内容；
- i) 修订了1991年版的第8章“钻孔原位测试与水文地质试验”（见第12章）；
- j) 增加了“地质编录”一章（见第10章）；
- k) 修订了1991年版的第7章“钻孔原状土样的采取”（见第11章）；
- l) 增加了“质量要求与验收”一章（见第13章）；删除了1991年版的第9章“工程质量基本要求”；
- m) 增加了“环境保护”一章（见第14章）；删除了1991版的第10章“施工安全的基本要求”一章；
- n) 增加了“资料归档”一章（见第15章）；
- o) 删除了1991年版的第11章“机械仪器、专用工具的使用与维护”；
- p) 删除了1991版的第12章“机台管理”；
- q) 删除了1991年版的附录A、B、C、D。

本文件为第一次修订。

工程地质钻探规程

1 范围

本文件规定了工程地质钻探的总则、设计、施工准备、钻进方法与钻进工艺、特殊区域钻探、冲洗液、地质编录、钻孔样品采取、原位测试、质量要求与验收、环境保护、资料归档等要求。

本文件适用于工程地质调查中的钻探工作。高层建筑基础工程、线路工程等专门工程地质勘查中的钻探工作，可参照执行。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中，注日期的引用文件，仅该日期对应的版本适用于本文件；不注日期的引用文件，其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 18376.2 硬质合金牌号
GB 50021 岩土工程勘察规范
DZ/T 0053 液动冲击回转钻探技术规程
DZ/T 0054 定向钻进技术规程
DZ/T 0227 地质岩心钻探规程
DZ/T 0273 地质资料汇交规范

3 术语与定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

声波钻进 sonic drilling

利用声波动力头产生的高频激振力、使钻具产生共振，借助压力和回转力的作用，使钻头切入土层的钻进方法。

3.2

直接贯入钻进 direct penetrate drilling

在不回转的情况下，通过推进或振动使取样器贯入地下，取得土样、气体样品和地下水样品的钻进方法。

3.3

振动钻进 vibration drilling

利用振动器产生的机械振动带动钻具破碎岩石的钻进方法。

4 总则

4.1 钻探目的

工程地质钻探的主要任务是查明地表以下地质结构，岩土体的性状、厚度、埋藏深度、分布范围以及水文地质条件等，并为采取试验样品，进行原位测试提供条件。主要包括：

- a) 探查岩土体的性状、厚度及其空间分布规律；划分岩土体层位及岩土体结构类型。
- b) 探查地质构造变化、破碎带空间分布、构造岩岩性、充填物、胶结程度及其随深度的变化情况。
- c) 探查风化带、滑坡体、岩溶等外动力地质现象的空间分布、规模、组成物质或填充物的性质及发育规律。
- d) 探查透水、含水层组的岩性、厚度、埋藏条件、渗透性、地下水的水位、水量和水质。
- e) 进行取样试验及原位测试，以了解岩、土体的工程地质性质及其空间变化规律。

4.2 钻孔布置与孔位确定

4.2.1 钻孔布置的一般原则：

- a) 在山地丘陵地区，勘探线主要布置在山间盆地、大型河谷及其他地形平缓的较大面积土层覆盖区；勘探线方向应垂直主要构造线或沿地貌和岩性变化较大的方向；对重大而具有代表性的动力地质现象和断裂构造带地段，应布置适当钻孔。
- b) 黄土地区，应把查明黄土垂直分层和水平变化规律、湿陷性等作为勘探重点。
- c) 冻土地区，应把查明冻土结构类型和季节性冻土的上、下界面，主要不良冻融现象作为勘探的重点。
- d) 其他如岩溶地区、滨海区、沙漠地区及其他分布有特殊岩土体的地区，应根据工程地质特点和主要工程地质问题布置钻探工作。
- e) 在布置的钻孔中，控制性钻孔数量宜占总数的 10%~30%。

4.2.2 钻孔孔位确定的一般原则：

- a) 工程地质勘探线(网)布置情况。
- b) 场地工程地质条件和施工便利条件。
- c) 施工安全与绿色勘查要求。

4.3 钻孔深度

钻孔深度应按照工程建设需要或拟查明工程地质问题确定。

- a) 平原盆地区孔深一般为 40m~80m；控制性钻孔孔深一般 80m~200m。或根据需要设计。
- b) 山地丘陵区勘查深度以 30m~50m 为宜；控制性钻孔应根据需要设计孔深；在第四系覆盖层厚度小于 5m 的地区，勘查深度以达到中等风化基岩为宜，或根据需要设计。

4.4 钻孔口径及钻具规格

钻孔口径应根据钻孔取样、测试要求、地层条件和钻进工艺等确定。对于采取原状土样的钻孔，钻孔口径不小于 110mm；采取岩石力学试样的钻孔，钻孔口径不小于 75mm；进行专门性试验的钻孔口径，按试验要求确定。在湿陷性黄土区，钻孔口径不小于150mm。

工程地质钻探钻孔口径及钻具规格见表1。

表1 钻孔口径及钻具规格

单位为毫米(mm)

钻孔口径	钻具规格										
	岩心管		套管			钻杆			绳索钻杆		
	外径	内径	代号	外径	内径	代号	外径	内径	代号	外径	内径
30	28	24	-	-		R-RG	25	17	-		-
38	36	30	C-EW	46	39	R-EG	33	24	-		-
48	46	40	C-AW	58	49	R-AG	43	33.5	R-ACS	44.5	35
60	58	51	C-BX	73	65	R-AG	43	33	R-BCS	55.5	46
76	73	63	C-NX	91	82	R-42L	42	33	R-NCS	69.9	60.3
96	92	80	C-HX	114	104	R-50L	50	39	-		-
110	108	99.5	-	127	118	R-60L	60	48	-		-
130	127	118	-	146	137	R-60L	60	48	-		-
150	146	137	C-SX	168	154	R-60L	60	48	-		-

5 设计

5.1 一般规定

5.1.1 钻探施工前宜编写施工组织设计和钻孔设计，并按规定进行审查。

5.1.2 施工过程中，若发现设计与实际情况不符时，应及时按相关规定履行变更手续，未经同意不得擅自变更设计。

5.2 施工组织设计

施工组织设计内容包括自然地理状况、地质情况、施工目的与要求、施工设备选择、供水、供电设计、钻进方法和工艺选择、质量保证措施、安全生产及环境保护措施、施工期限和费用预算、施工组织等。

- a) 自然地理状况：明确施工项目的地理和交通概况，地形地貌、工区气候和生活条件。
- b) 地质情况：岩土层的划分和岩石可钻性级别，地层构造和水文地质条件，影响钻探施工的主要地质因素
- c) 施工设计要求：钻孔布置与工作量、工程质量指标、钻孔原位测试、水文地质试验与观测及竣工后场地形态恢复等。
- d) 施工设备选择：钻机、泥浆泵、动力机、钻塔和抽水设备、原位测试设备仪器等。
- e) 供水、供电设计：根据工区水源条件，选择供水方法和设备；采用电力驱动时，提出供电方案、要求。
- f) 钻进方法和工艺选择：工艺方法的确定，新技术的应用，取心取样器具选用，钻孔护壁方法及冲洗液选择等。

- g) 质量保证措施：明确钻进、岩心采取等方面质量保证措施。
- h) 安全生产及环境保护措施：防寒、防火、防洪和预防地质灾害、钻探安全技术要求、废弃冲洗液处理措施等。
- i) 施工期限和费用预算：编制施工进度计划，确定开动钻机台数、钻孔施工顺序和钻机调度安排；编制费用预算，进行技术经济指标测算等。
- j) 施工组织：确定施工组织管理机构及形式，制定具体组织管理措施。

5.3 钻孔设计

钻孔设计内容包括地质条件、钻孔结构设计、钻进设备及场地、钻进工艺、钻进循环介质、钻孔质量要求、原位测试方法及要求、事故预防措施、施工进度安排等。

- a) 地质条件：明确地层划分和岩石可钻性级别、地质构造，着重说明影响钻探施工的主要地质因素。绘制钻孔地层设计柱状图，明确岩石可钻性级别、研磨性、破碎程度和各岩层厚度等。
- b) 钻孔结构设计：钻进深度、开孔口径和终孔口径，套管下入深度等。
- c) 钻进设备及场地：主要设备及性能；施工场地范围，水源和电力要求，三通一平要求；设备安装及钻前要求。
- d) 钻进工艺：各孔段钻进方法、钻头类型、钻具组合、钻进参数和技术要求；取心方法、取心工具及操作要求。
- e) 钻进循环介质：选择冲洗液类型及确定冲洗液性能指标，制定维护与管理、防漏堵漏措施等。
- f) 钻孔质量要求：孔斜、孔深、岩心采取率、水样采取质量等要求。
- g) 原位测试方法及要求：采取的原位测试方法、原位测试操作要求等。
- h) 事故预防措施：根据地层预测和以往工作经验，提出重点孔段施工要求，孔内事故及复杂情况预防与处理措施等。
- i) 施工进度安排：明确施工工序及进度安排。

6 施工准备

6.1 设备选择

应根据工程地质钻探目的、设计要求、地质条件、钻进方法、钻孔结构、经济合理性等因素选择工程地质钻机，并根据选定的钻机配备附属设备及工具。

6.2 场地踏勘

确定钻孔具体位置时，应现场踏勘。全面搜集和调查工区位置、地形地貌，周围建筑物，地下电缆、油气管道及给排水管道，巷道，墓穴等地下设施及三通一平状况和条件的资料；钻孔位置应避开高压线或钻塔(架)起落范围内的障碍物。必要时应进行地下管线探测。

6.3 修整道路与场地

- 6.3.1 根据场地条件、钻孔分布、设备条件等，确定是否需要修筑临时道路(便道)。
- 6.3.2 场地应平坦，具有足够的承载能力。斜坡地段，填方范围不应超过修建场地总面积的 1/4。雨季或施工期较长时，应结合具体条件采取打桩、夯实、砌墙等措施加固场地地基。
- 6.3.3 使用车装式钻机在松软地面施工时，应加固轮胎和桅杆支座部位，防止钻机下沉、歪斜。
- 6.3.4 在坑道内施工时，修建的钻室要稳固、平坦，并具备水源坑、排水沟及存放钻具的洞室。

6.4 供水和排水

6.4.1 根据场地水源条件、施工用水量、钻孔标高、钻孔分布情况，确定供水方法、供水设备、供水线路等。

6.4.2 在施工场地周围及钻孔处挖排水沟，将雨水和回水导流排出。

6.4.3 采用冲洗液护壁钻进时，应采取措施处理废弃冲洗液。

6.5 设备安装

6.5.1 应根据设备使用说明书要求，安装工程地质钻探设备。枕木规格、数量及布置的结构，应按设备类型、钻孔深度、钻进工艺方法以及施工地面实际稳固情况确定。

6.5.2 安装散装钻探设备时，钻机、水泵、动力机的机座与枕木或地梁要用螺栓连接牢固，相应的传动轮轴线对正，皮带松紧适度。

6.5.3 车装钻机安装时，宜采用千斤顶将车体支起，车体的前后轴或支承座应坐落在坚硬地基或枕木上，轮胎应离开地面并固定。

6.5.4 钻机安装应水平、稳固。钻机回转器(转盘)中心、天车中心(或天车前缘切点)与钻孔中心应在同一中心线上。

6.5.5 电气设备、照明设施安放在干燥、清洁的地方，严防油水及杂物侵入。电气设备引出线绝缘良好，外壳应接地保护。

6.6 钻塔安装

6.6.1 钻塔安装应在机长或班长统一指挥下，按照钻塔结构说明书要求进行。钻塔的构件不应任意打眼、调换、少装或改装。

6.6.2 安装钻塔时，不应在钻塔下面同时安装其它设备、逗留或做其它工作。

6.6.3 机械或液压起落钻塔前，应检查好卷扬机制动装置或液压系统是否灵活可靠。钻塔起落应平稳，不应猛起猛落。

6.6.4 钻塔起立到位后，应锁好固定卡销，钻塔的底脚应压在枕木或地梁上，用螺栓加垫拧紧。

6.6.5 根据各类钻塔的要求拴好绷绳，绷绳应分布对称，与地面夹角不大于 45° 。

6.7 开孔

6.7.1 开孔前应进行钻探技术交底，交底方由钻探技术负责人员、地质人员、安全管理人员和机长参加。交底应详细、具体。

6.7.2 开孔前应对钻探设备安装质量、水、电、交通、场地、安全防护设施等进行全面检查验收，要求达到施工设计和安全技术要求。

6.7.3 开孔前应备齐取心取样钻具、拧卸及测试工具、钻头、套管、岩心箱、油料、冲洗液材料等施工器具或施工材料。

6.7.4 需下开孔孔口管时，孔口管应进入稳定地层，管外环状间隙应进行封闭。

7 钻进方法与钻进工艺

7.1 人工冲击钻进（洛阳铲钻进）

7.1.1.1 黄土或不含碎石的黏性土地层，不取原状土样且地下水位以上的浅孔（一般深度 $\leq 20\text{m}$ ），可采用人工冲击钻进（洛阳铲钻进）方法。

7.1.1.2 根据钻探设计深度和地层的含水率，选用弧形铲、圆十字形铲、圆形铲、掌形铲等。

7.1.1.3 钻进时，铲头和铲柄应安装牢固。孔深时，可在铲柄上端系保险绳，保险绳的另一端固定在孔口附近。

7.1.1.4 单次进尺宜为 100 mm~200mm。为保证钻孔垂直、圆滑，钻进时应经常变换方位。

7.1.1.5 冲击高度宜为 0.2m~0.5m。随着孔深的增加应酌情增加冲击高度。

7.1.1.6 提升铲头时，钻具垂直，避免与孔壁碰撞、摩擦，造成土样从铲头脱落。

7.1.1.7 每钻进 2m ~3m，应校对进尺。

7.2 机械冲击钻进

7.2.1 适用地层及要求

7.2.1.1 杂填土、黏性土层、黏土夹砾石、砂层、砂砾石与卵石、漂石为主的地层和脆性中硬基岩，可采用机械冲击钻进方法。

7.2.1.2 应根据地层特性，选择钻头。黏性土层及粒径较小的砂砾石、卵石层，可选用各类肋骨式抽筒；粒径较大的卵石层和胶结砂砾石，宜先选用冲击钻头，经钻头冲碎后再用抽筒捞砂；对松软土层，如砂性土、杂填土、含黏土砾石等地层，宜选用侧开无活门抽筒。

7.2.1.3 冲击钻头的刃角取决于岩性，软岩层以 65° ~80° 为宜；中硬岩层以 90° ~110° 为宜；硬岩以 110° ~120° 为宜；在切削刃外端应保留有 4° ~8° 的间隙角。钻头的形状包括一字形、工字形、十字形、马蹄形或圆形等。

7.2.2 钻进技术参数

7.2.2.1 钻具质量应根据钻进岩石性质确定。单位刃长上钻具相对重力：软岩层 200 N/cm ~300 N/cm，中硬岩层 350N/cm~400 N/cm，硬岩层 500 N/cm~600 N/cm，极硬岩层 650 N/cm~800 N/cm。

7.2.2.2 冲击高度 0.6m~1.1m 为宜，软岩层取小值，硬岩层取大值。

7.2.2.3 冲击频率 20 次每分钟~50 次每分钟为宜。

7.2.3 钻进操作要求

7.2.3.1 开孔时，应扶正冲击钻具，控制冲程高度，防止孔口偏斜。当孔内钢丝绳或冲击钻具摆动严重时，应停止冲击，待钢丝绳和钻具稳定后继续钻进。

7.2.3.2 钻进时，钻具连接部位和钢丝绳卡应连接牢固，钻具和钢丝绳连接接头转动灵活。

7.2.3.3 应随时检查钻头的外刃、抽筒的活门、肋骨片工况，发现问题及时处置。

7.2.3.4 采用冲洗液护壁钻进时，应保持孔内液柱高度平衡地层压力。

7.2.3.5 应合理控制捞砂间隔和捞砂量。

7.2.3.6 应控制回次进尺，以 0.5m~1.0m 为宜；采用抽筒钻进时，回次进尺长度不宜超过抽筒长度的一半；采用冲击钻头钻进时，回次进尺不应超过钻头本体长度。

7.2.3.7 采用跟管钻进时，抽筒与套管应基本保持同步深度，抽筒超前钻进长度不应超过套管底靴 0.5m。跟打套管时应边冲打边转动套管。

7.2.3.8 提钻遇阻时，可采用反冲击方法排阻。

7.2.3.9 应随时关注钢丝绳测深标记，保证测深标记与钻孔深度准确。

7.2.3.10 提钻后，应将钻具放倒或拴靠在钻塔上，不应悬空放置。

7.3 硬质合金钻进

7.3.1 适用地层及要求

7.3.1.1 硬质合金钻进方法适用于可钻性1级~7级岩石中钻进。胶结性的砂岩、黏土、亚黏土、泥岩以及风化岩层、遇水膨胀或缩径地层，宜选用肋骨钻头或刮刀式硬质合金钻头；可钻性3级~5级中、弱研磨性地层，铁质、钙质岩层、大理岩等，宜选用直角薄片式硬质合金钻头或单双粒品字型硬质合金钻头；研磨性强、非均质较破碎、稍硬岩层，如石灰岩等，宜选用犁式密集钻头或负前角斜镶硬质合金钻头；软硬不均、破碎及研磨性强的岩层，如砾岩等，宜选用大八角硬质合金钻头；砂岩、砾岩等，可用针状硬质合金钻头。

7.3.1.2 根据岩石类别选用GB/T 18376.2中G5~G50类硬质合金，根据钻头直径、地层特性等选择钻头用硬质合金的型号、规格、数量、镶焊角度和切削具出刃量。一般情况下，软岩选用直角薄片或方柱状合金，中硬岩选用八角柱状合金。

7.3.1.3 针状硬质合金胎块弧度应与钻头钢体弧度一致，厚度与钻头钢体壁厚相适应，钻头内外出刃各为1 mm~1.5 mm，底出刃不应大于胎体长度的1/2，一般为10 mm~12 mm，钻头体上镶焊的针状合金胎块数量，直径76mm以下钻头4块~5块为宜，直径96mm、122mm钻头6块~8块为宜，大口径钻头应适当增加。胎体的镶焊间距40 mm~50 mm为宜。钻头体内、外侧的胎体之间应补镶5 mm×5 mm×10 mm硬质合金块。

7.3.2 钻进技术参数

7.3.2.1 钻压

根据镶嵌合金型号、数量确定钻压值，每颗取0.5kN~1kN。中硬完整岩层取较大值，较软及破碎岩层选用较小值，选取范围见表2。刮刀钻头钻压可稍大。

7.3.2.2 转速

线速度以0.5m/s~2m/s为宜。针对不同口径和岩层硬度以及产状的差异，选用不同转速，见表2。中硬、完整、致密岩层可选较大值，较软破碎岩层选小值。

7.3.2.3 泵量

应满足冲洗液上返速度的要求，以0.2m/s~0.6m/s为宜，不同口径的泵量见表2。钻速快、岩屑颗粒大的选大值，反之选小值。

表2 普通硬质合金钻进技术参数表

钻进参数	单 位	钻 孔 口 径/mm				
		76	91	110	130	150
钻 压	kN	5~7	6~8	7~10	8~11	9~12
转 速	r/min	100~500	70~400	50~350	40~250	30~250
泵 量	L/min	50~120	60~140	70~160	90~160	100~200

7.3.2.4 针状硬质合金钻进技术参数

钻孔直径在75 mm~130 mm时，针状硬质合金钻进参数见表3。

表3 针状硬质合金钻进技术参数

钻头名称	岩石可钻性级别	钻压 kN	转速 r/min	泵量 L/min
四齿针状	5~6	6~8	150~300	80~130
六齿针状	6	9~12	100~200	80~120
四齿肋骨针状	4~6	6~8	100~250	100~130

7.3.3 钻进操作要求

7.3.3.1 取心硬质合金钻头的规格应符合设计要求。钻头上的硬质合金应镶嵌牢固，出刃均匀一致，不应用金属锤敲击硬质合金，超出外出刃的焊料应予清除。钻头切削具磨钝、崩刃、水口减小时，应及时修磨。

7.3.3.2 新钻头下孔时，应在距孔底 1m 以上慢转扫孔到底，逐渐调整到正常钻进参数。

7.3.3.3 孔内脱落岩心或残留岩心在 0.5m 以上时，宜采用旧钻头处理。

7.3.3.4 下钻中途遇阻，不应猛蹶，可采用自由钳扭动钻杆或开车试扫。

7.3.3.5 拧卸钻头时，严防钳牙咬伤硬质合金、合金胎块，或夹扁钻头体。不应用大锤敲击钻头。

7.3.3.6 钻进中不应无故提动钻具，应保持压力均匀，不应随意增大钻压。倒杆后开车时，应降低钻压。发现孔内有异常如糊钻、憋泵或岩心堵塞，处理无效时，应立即提钻。

7.3.3.7 取心时，应选择合适的卡料或卡簧。投入卡料后应冲孔一段时间，待卡料到达钻头部位后开车。采心时，不应频繁提动钻具。采用干钻取心时，干钻时间不宜超过 2 min。

7.3.3.8 保持孔内清洁。孔底有硬质合金碎片时，应捞净或磨灭。

7.3.3.9 使用肋骨钻头或刮刀钻头钻进时，应及时扫孔、修孔。

7.3.3.10 合理控制回次进尺。每次提钻后，应检查钻头磨损情况。

7.3.3.11 水溶性或松软矿层钻进取心，可采用单动双管钻具。

7.4 金刚石钻进

7.4.1 适用地层及要求

7.4.1.1 孕镶金刚石钻头适用于可钻性 5 级~12 级岩石钻进；天然表镶金刚石钻头适用于可钻性 4 级~10 级岩石钻进。

7.4.1.2 根据钻具不同，钻头和扩孔器可分为单管、双管（单动）和绳索取心三类。

7.4.1.3 金刚石钻头与扩孔器的规格、性能应符合相关产品标准的规定。

7.4.1.4 金刚石钻具规格代号与对应公称尺寸见表 4。

表4 金刚石钻头规格代号

单位为毫米（mm）

规格代号	R	E	A	B	N	H	P	S
公称尺寸	30	38	48	60	76	96	122	150

7.4.2 钻进参数选择

按照DZ/T 0227执行。

7.4.3 钻进操作要求

按照DZ/T 0227执行。

7.5 金刚石复合片钻进

7.5.1 适用地层及要求

复合片钻头为切削型钻头，复合片兼有金刚石聚晶层的高耐磨性和硬质合金的高抗冲击韧性，在可钻级别4级~8级岩层中钻进效率高，工作寿命长。

普通单双管复合片钻头的规格参见表5。

表5 金刚石复合片钻头规格

单位为毫米（mm）

钻孔口径	外径	内径
76	77	55
91	95	75
110	113	93
130	135	113
150	155	132

7.5.2 钻进参数选择

7.5.2.1 钻压

钻压通常取决于复合片的镶嵌数量，一般每片500N~1000N，随着复合片磨钝，接触面积增大而钻压逐渐增加。

7.5.2.2 转速

转速比金刚石钻进低，线速度以0.5 m/s~1.5 m/s为宜。

7.5.2.3 泵量

泵量应比相应口径的金刚石钻进增大20%~50%。

7.5.3 钻进操作要求

7.5.3.1 应采用宽而深的内外水槽，以提高排粉效果和冷却钻头性能。

7.5.3.2 其他按照7.3.3条款执行。

7.6 低频振动钻进

7.6.1 适用地层及要求

7.6.1.1 砂、粉土、黏性土及卵砾石和碎石土等地层，可选用低频振动钻进方法。

7.6.1.2 低频振动钻进宜采用无阀管钻，根据钻孔口径要求，其岩心管可用直径为89mm~168mm无缝钢管制成，长度为1.5m~2.5m；岩心管的轴向侧面开1个~2个窗口，长度为500mm~700mm，总宽度

为岩心管本体直径的 0.3 倍~0.6 倍；岩心管靴上部通过螺纹与岩心管链接，下部有刃口，刃口锥度角为 10° ~ 20° ，管靴外径应比岩心管外径大 2 mm~4 mm，内径则应比岩心管内径小 2 mm~4 mm。

7.6.2 钻进技术参数

7.6.2.1 振动器振动频率以 1200 次每分钟~2500 次每分钟为宜。

7.6.2.2 振动器工作时，最大振动力应比钻具重力大 20%~30%。随孔深增加、钻具重力加大，可适当调节振动力大小。

7.6.3 钻进操作要求

7.6.3.1 钻进前应检查钻具及振动器的各个部件，振动器内部应有充足的润滑油。

7.6.3.2 将钻具与振动器接好，使天车、振动器、钻孔中心保持在一条垂线上。振动器与钻具连接紧固。

7.6.3.3 使用电驱动的振动器时，经常检查电源线接头连接情况，防止漏电和接触不良。

7.6.3.4 启动振动器后，缓慢放松钢丝绳，少松勤放，不应一次放绳过多，导致振动器倾斜。为防止振动器倾斜，应设有导正钢丝绳或导正架。

7.6.3.5 钻进中应根据进尺快慢和振动器工作稳定情况，适当调节上下冲头的间距，保持钻进最佳效果。

7.6.3.6 遇有孔内阻力，应边振动边提拉，不应强力提拉。

7.7 高频振动钻进（声波钻进）

7.7.1 适用地层和要求

7.7.1.1 砂土、粉砂土、黏土、砾石、粗砾、漂砾、冰碛物、碎石堆、垃圾堆积物(包括木头、混凝土、沥青等)覆盖层，砂岩、灰岩、页岩、板岩等软基岩层连续取心，可选用高频振动钻进（声波钻进）方法。

7.7.1.2 通常采用外层套管和内层钻管组成的双管系统。

7.7.1.3 钻孔最大深度可达 120 m；取心直径 100mm ~300mm。

7.7.2 钻进操作要求

7.7.2.1 应把振动器的振动频率调节到能够获得最快的钻进速度和最佳的取心率。

7.7.2.2 一般，先利用内层钻管系统取心钻进约 3m，外层套管跟进至孔底。提取岩心管时，外层套管保持原位。岩心管和钻头继续向下钻进 3m，套管跟进至孔底。重复以上步骤直至设计深度。

7.7.2.3 外层套管既可与内层钻管同时向下推进，也可超前内层钻管推进；或内层钻管先向下推进，采集非扰动的连续岩心样品并提出钻孔后，再推进外层套管。具体操作方法视地层条件、取样对象和取样要求而定。

7.7.2.4 钻进过程中的振动，使外层套管容易起拔。为了防止脱扣，内层钻管应为右旋扣，并且钻进和取样时按顺时针方向回转。外层套管应为左旋扣，向下推进时按反时针方向回转。

7.8 液动潜孔锤钻进

7.8.1 适用地层和要求

7.8.1.1 可钻性级别为 6 级~12 级岩层，可选用液动潜孔锤钻进方法。在坚硬、致密的“打滑”岩层可采用液动冲击回转钻进。

7.8.1.2 液动冲击器可与绳索取心钻具配套组成金刚石绳索取心液动冲击器。

7.8.1.3 应根据钻进方法、钻孔深度、钻孔直径、岩石可钻性和破碎程度以及冲洗介质类型等合理选用液动冲击器。硬质合金冲击回转钻进宜选用低频高功型冲击器，金刚石冲击回转钻进宜选用高频低功型冲击器。

7.8.2 钻进技术参数

7.8.2.1 影响液动潜孔锤钻进效率的钻进参数主要有钻压、转速、冲击功和冲击频率等，选择范围按照 DZ/T 0053 执行。

7.8.2.2 硬质合金冲击回转钻进，可采取低转速、适当钻压的钻进参数。

7.8.2.3 金刚石冲击回转钻进参数一般与金刚石回转钻进相近，钻压和转速可取金刚石回转钻进钻压和转速的下限。

7.8.2.4 冲洗液量直接影响液动冲击器的输出特性（冲击功和冲击频率等）。在稳定地层中，应以满足冲击器的额定泵量为主。

7.8.3 钻进操作要求

7.8.3.1 应选择转速调节范围较大、钻压控制精度较高的岩心钻机。硬质合金液动潜孔锤钻进时，钻机的最低转速不高于 40r/min。

7.8.3.2 应选择泵压大（2MPa~6MPa）、泵量可调的泥浆泵。

7.8.3.3 应选用心轴通孔直径较大、转动灵活、密封性好、耐高压维护方便的水龙头。

7.8.3.4 泥浆泵高压胶管的内径不小于 $\phi 25\text{mm}$ ，耐压不低于 10MPa。

7.8.3.5 通常在泥浆泵输出管与水龙头高压胶管之间设置稳压罐。稳压罐容积应不小于 0.03m^3 ，安全压力不低于 15MPa。

7.8.3.6 冲击回转钻进主要采用专门为冲击回转钻进设计的硬质合金或金刚石钻头，也可采用硬质合金翼状钻头、牙轮钻头。孕镶钻头的金刚石粒度通常大于 60 目，浓度以 75%~90% 为宜。应适当增加钻头的水口、水槽过水断面，降低液动冲击器背压。

7.8.3.7 应根据岩层特性、钻进深度、冲击器性能要求等情况正确选择冲洗液类型，确定性能参数。应使用含砂量低、润滑性能和流变特性好的冲洗液。

7.8.3.8 宜采用清水或低固相冲洗液，并使用旋流除泥器、离心机等净化处理设备对冲洗液净化处理。

7.8.3.9 冲击器下孔前应检查各部件的配合安装，启用新的冲击器时，应先在孔口进行压水冲击试验，如发现工作异常，及时处置。

7.8.3.10 钻具连接时要拧紧接头螺纹，确保钻具螺纹密封良好。

7.8.3.11 升降钻具要稳，不应猛拉猛蹶，防止损伤钻头。

7.8.3.12 启动冲击器时，应缓慢逐步增大泵量。

7.8.3.13 使用各种间隙配合的冲击器时，应定期检查、调整锤程、阀程。

7.8.3.14 钻进时，应注意观察泵量和水泵压力的变化，并据此判断孔内情况。遇到异常情况应及时提钻检查。

7.8.3.15 暂时不用的冲击器，应擦拭干净、涂油、妥善保管。

7.9 气动潜孔锤钻进

7.9.1 适用地层和要求

7.9.1.1 中硬以上岩石或胶结的卵石、漂石层，可选用气动潜孔锤钻进。

7.9.1.2 在坚硬、弱含水且水位很深的岩层中钻进，可选用低压气动潜孔锤钻进；在水位浅的坚硬基岩或胶结的卵石、漂石层中钻进时，可用高压气动潜孔锤钻进。

7.9.2 技术参数选择

7.9.2.1 供气量

供气量应根据潜孔锤对风量的要求和钻孔环状上返风速计算来确定，风量可按式（1）计算：

$$Q=47.1K_1K_2(D^2-d^2)V \dots\dots\dots (1)$$

式中：

Q—钻进所需的空气量，m³/min；

K₁—孔深损耗系数，孔深100m~200m取1.0~1.1；

K₂—孔内涌水时，气量增加系数，中等涌水量取1.5；

D—钻孔直径，m；

d—钻杆外径，m；

V—环状间隙气流上返速度，m/s，以15m/s~25m/s为宜。

7.9.2.2 钻压

应根据钻进方式、设备性能及钻具匹配、潜孔锤的性能等合理选择钻压。全面钻进时，一般单位直径的压力值为50N/mm~150N/mm；取心钻进时，在中硬岩层一般单位面积钻压为75 N/cm²~200N/cm²。

7.9.2.3 转速

转速以20r/min~60r/min为宜，软岩取大值，中硬岩取小值。

7.9.3 钻进操作要求

7.9.3.1 应根据地层、钻孔结构等情况，选择合适的潜孔锤钻具组合。

7.9.3.2 下钻前应检查管路密封性能，钻杆、潜孔锤内有无杂物。钻具螺纹处应涂抹丝扣油。

7.9.3.3 应保持孔底清洁，如孔底落入金属物时，不应将潜孔锤下入孔内。

7.9.3.4 潜孔锤即将下至孔底时，应先送气，边送气边回转，将潜孔锤下至孔底；停钻时需先将钻具提离孔底0.2m左右，将孔底残余岩屑全部排出孔口，待主动钻杆提出孔口后，停止送气。

7.9.3.5 每钻进0.3m~0.5m后，将钻头提离孔底，强力吹孔一次。

7.9.3.6 钻进时，应随时注意孔内情况及气压变化，如发现气压忽然增大或潜孔锤在孔内工作不正常时，应立刻处理，处理无效及时提钻检查。

7.9.3.7 每次加接钻杆，可向钻杆中加注0.3kg左右的润滑油。

7.10 直接贯入钻进

7.10.1 适用地层和要求

7.10.1.1 未受压密实的土层，可选用直接贯入(DPT)钻进方法。不适于沼泽湿地、陡坡等不易安置设备及操作的场地，或坚硬的大砾石土层、岩石及硬质黏土等不易贯穿的地层。

7.10.1.2 直接贯入钻进无回转静压力压入岩土，遇阻力较大或不进尺时配备冲击作用的钻进方法。此种取样方法方便、简易、便于野外取样，在进行土壤污染调查取样时可优先选用。

7.10.2 钻进操作要求

7.10.2.1 单杆系统

将采样工具连接于钻杆末端，钻杆直径略小于采样器，其适用范围在12.7mm~54.6mm之间（一般为25.4mm）。采样时，将钻具贯入至预定深度进行采样。样品采集后，将采样工具同钻杆一起提出地面。如需采集另一样品，将钻杆重新连接新的采样器，贯入钻孔采样。

7.10.2.2 双管系统

双管系统包括内杆和外管两部分，采样工具连接于内杆。外管起稳定孔壁和保护作用，直径31.75mm~106.6mm。采样时将钻具（包括内、外管，内管超前外管）一起贯入至预定深度。样品采集后，只将连接有采样工具的内杆抽出，外管则停留在原处不动。当采集第二个样品时，只需将接有采样工具的内杆插入，与外管一起贯入土层。直至所有样品采集完成，将整组钻具提出地面。

7.11 定向钻进

因地形、地面建筑物无法安装钻探设备时，宜采用定向钻进技术。当采用定向钻进技术时，按照DZ/T 0054执行。

8 特殊区域钻探

8.1 水域钻探

8.1.1 水域钻探平台选择

江、河、湖、海等水域工程地质钻探，应借助水域钻探平台（钻探船、小型水上平台、索桥、桁架、排筏等）完成。本着适用、安全、经济、简便的原则选择水域钻探平台。见表6。

表6 水域钻探平台

水域钻探平台		适用条件				安全系数及工作面高度	
		水域	水深 m	流速 m/s	浪高 m	载重安全系数	钻探平台工作面高度 m
漂浮钻探平台	钢质钻探船	江、河、湖、海	>1.5	<4	<0.4	>3	与水面距离 >0.5
	木质钻探船	江、河、湖、海		<3	<0.2		
	浮动式小型平台	江、河、湖、海	<5	<4	<0.2		
	油桶筏钻探平台	河、湖	>0.5	<1	<0.1	不限	
	竹、木筏钻探平台	河、湖					
架空钻探平台	钢管桩支撑式小型平台	江、河、湖、海	<20	-	-	>3	潮差+浪高+4
	钢索桥钻探平台	狭窄急流河谷	-	<5	-	8~10	潮差+浪高+4
	桁架式钻探平台	间歇性河、湖	<0.5		-	>3	与水面距离 >0.5
水陆两用工程作业车		沿海潮间带滩涂及湖泊沼泽地带					

8.1.2 水上钻探船

8.1.2.1 单体钻探船

- 8.1.2.1.1 可选用自航式钢质船、木船，载重量一般不小于 150t，海上钻探载重量宜在 500t 以上。宜选用驳船、运载货船、水上工程作业船、汽车轮渡摆渡船、改装的登陆艇等。
- 8.1.2.1.2 采用单体钻探船，钻机可安装在船的一侧中间部位，也可安装在船头或尾部，钻机立轴应尽量靠近船帮。
- 8.1.2.1.3 采用汽车轮渡摆渡船、登陆艇，可利用能起落的踏板作为工作平台，根据钻孔深度在靠近接合部位的船体或踏板上开洞作为钻孔位置。
- 8.1.2.1.4 采用大型驳船、运载货船、工程船施工深孔，宜在船体中舱底部开洞，焊接法兰盘连接通向舱面的导向管，在船面上铺设钢梁安装钻机。
- 8.1.2.1.5 工作平台底梁应选用不小于 18 号工字钢或槽钢，数量不少于 4 根，底梁伸出船帮一侧（或首、尾部）一般应小于 2.5m，伸出部分用斜支撑加固，底梁、斜支撑与船体构架之间用螺栓固定。

8.1.2.2 双体钻探船

- 8.1.2.2.1 双体钻探船可以是钢质船也可以是木船，海上钻探应以钢质船为主，其它水域可以木船为主。钻探船载荷应根据流速、孔深决定，可参考表 7 选择。

表7 双体钻探船载荷

流速 m /s	<2		2~3		3~4	
孔深 m	≤100	>100	≤100	>100	≤100	>100
双体钻探船 载荷 t	30	40	50	60	80	>80

- 8.1.2.2.2 双体钻探船两条船的几何形状、尺寸、高度、运载能力应基本相同。拼装时，两船应保持平行、对称，中间预留 0.35m~0.5m 的孔位间距。
- 8.1.2.2.3 可用不少于 4 根 22 号以上工字钢或槽钢或不少于 4 根 250mm×250mm 方木作平台底梁横置于两船间，用螺栓和船帮固定，底梁长度应超出船体两侧各 0.5m。
- 8.1.2.2.4 应使用钢丝绳围箍船底，并用紧绳器拉紧，使底梁、船体紧紧连固成一体。
- 8.1.2.2.5 根据平台、设备布置需要，铺设基台木，除孔口外，其余铺地板。
- 8.1.2.3 钻探船锚泊定位和移泊
 - 8.1.2.3.1 钻探船应根据水域工况进行锚泊定位，以确保孔位准确和人员安全。
 - 8.1.2.3.2 钻探船应使船头顶流逆水停泊。海域钻探应考虑潮汐和风浪因素。
 - 8.1.2.3.3 应采用多方向锚定。钻探船正前、正后方抛主锚，左右两侧抛边锚，锚总数量不应少于 6 只。地形位置允许时，前主锚和一侧边锚应固定在岸上。
 - 8.1.2.3.4 钻探船在水中锚泊，应对所承受水流阻力、冲击力、风力三种外力进行估算。锚的总重量一般为钻探船所受三种外力作用之和的 1/12~1/5；主锚应比边锚重量大 1/4~1/3。
 - 8.1.2.3.5 锚绳宜选用柔性和挠性好的钢丝绳，锚绳直径取决于钻探船载重吨位，常用直径 15.5mm~25 mm 的 D 型钢丝绳。

8.1.2.3.6 水上锚泊定位时，应预先在孔位处抛设浮标；钻探船拖行至孔位浮标上游正前方，在预定位置先抛下前主锚，之后分别抛置后主锚、左、右两侧边锚。

8.1.2.3.7 钻探船固定后，测量水深，下保护套管。

8.1.2.3.8 钻探船起锚、移泊时，若孔距在 25 m 之内，可不用全部起锚，调整个别锚位，采用收紧和放松相对应的锚绳进行移泊；孔距大时，应全部起锚后重新进行定位、抛锚。

8.1.3 浮筏式钻探平台

8.1.3.1 在水浅、流缓、不通航的河道，可选择取材方便、经济、适用、简便的油桶、竹、木等拼扎成浮筏式钻探平台。

8.1.3.2 浮筏式钻探平台应专门设计制作，总载重量应按钻探设备预计总荷载取大于 3 倍安全系数确定。

8.1.3.3 浮筏式钻探平台规格以不小于 6m×9m 为宜；浮力仓的布设应均匀、对称。

8.1.4 水上桁架式钻探平台

8.1.4.1 水上木桩桁架式钻探平台

8.1.4.1.1 适用于水深小于 1.5m 泥质河床、湖、塘。

8.1.4.1.2 木桩宜用直径 120mm 圆木打入泥层 1m 以深，间距一般为 1m，其主要承载部位（塔脚、机座）应适当增加桩数。

8.1.4.1.3 木桩顶铺基台木用扒钉固定，相互之间加斜撑支护加固。

8.1.4.2 钢管桩支撑式小型平台

8.1.4.2.1 在水较深、流急、浪较高的水域进行工程地质钻探，可采用钢管桩支撑式小型平台。

8.1.4.2.2 平台的承载能力应大于工作荷载的 3 倍，横向承载能力应根据当地的风力、水流和波浪冲击力确定，安全系数不小于 5。

8.1.4.2.3 平台甲板规格尺寸一般应不小于 6m×9m，主承载构架应采用不小于 22 号工字钢制作。

8.1.4.2.4 钢管桩可采用无缝钢管制作或定制型桩，直径不小于 500mm，壁厚不小于 10mm。

8.1.4.2.5 钢管桩打入地下深度应根据地层承载力和风浪产生的侧向力计算确定，一般砂层不小于 5m。

8.1.4.2.6 平台甲板宜采用分体拼装结构，便于运输和水中移位。

8.1.4.2.7 平台可设计为自身升降式，可利用钢管桩作支撑，运用液压油缸升降。

8.1.4.2.8 平台应首先在岸边组装，可在特制平驳上将平台甲板组装好，然后拖至孔位固定。

8.1.4.2.9 打钢管桩应首先从平台甲板中心桩孔打入第一根，然后依次对角打入其它桩。

8.1.4.2.10 钢管桩可采用振动锤打入，应加强导向措施，确保垂直度。

8.1.4.2.11 拆卸平台时，可先用液压油缸将平台顶起，拔出支撑杠，然后回缩油缸使平台下降，最终落在漂浮在水面上的特制平驳上。使用振动锤逐一拔出钢管桩后拖走平台。

8.1.5 水域钻探施工

8.1.5.1 江、河、湖上施工宜选择在枯水季节和无风季节，洪水汛期和大风季节不宜水上施工；海域钻探施工期宜选择在 6 月底前，台风和大风期间不应施工。

8.1.5.2 钻探平台固定后，首先安装钻进隔水保护套管。保护套管直径比钻孔直径大 2 级~3 级；流急、水情复杂的江、河及海域宜选用外接箍厚壁套管；河床为砂层、卵石层、风化基岩时，管底应带有

齿状管靴，用锤击打入岩层内；下入长度以进入稳定地层内 3m~5m 为宜；孔较深，需钻进基岩及进行压（注）水试验的钻孔，保护套管应下入基岩内 0.5m~1.5m。

8.1.5.3 钻探平台受水（潮）位变化上下浮动，孔口应安装补偿导向管，跟随钻探船浮动，以控制钻进隔水保护套管不受水（潮）位变化而影响正常钻进。补偿导向管和钻进保护套管之间应采取动态止水措施，长度为水（潮）位变化差的 1 倍~1.5 倍。

8.1.5.4 钻进中，应及时观测水（潮）位变化，测算进尺数并修正因钻探船上下浮动而引起的孔深误差。

8.1.5.5 应随时观察锚绳的松紧程度，发现钻探平台受外力影响而产生位移，应及时调整。

8.1.5.6 水域钻探设备、钻进方法和钻进工艺、取心（取样）方法、冲洗液性能、钻孔原位测试等与陆上钻探基本相同。

8.2 岩溶区钻探

8.2.1 岩溶地层一般宜采用轻压、慢转的参数钻进。

8.2.2 在岩溶较为发育地区钻探时，当钻至距溶洞顶板 2m~3m 时，应采用减压、减速钻进，随时关注钻具放空等岩溶地层的预兆。

8.2.3 当钻穿溶洞顶板时，应立即停钻，用钻具试探溶洞底板深度，判断有无充填物及其性质等。

8.2.4 为防止钻孔偏斜或其他事故，当钻穿溶洞后，应根据溶洞深度情况，采用下入适当直径的导向管或用加长的粗径钻具钻进，采用轻压慢转至溶洞底板以下 2m~3 m，取出完整岩心后，下入套管隔离溶洞。

8.2.5 为防止钻穿溶洞顶板时岩心脱落，应采用卡簧或爪簧取心钻具卡取岩心。

8.2.6 为防止事故，倒杆时应吊住钻具、减慢提下钻速度，并注意钻具遇阻情况。

8.3 滑坡区钻探

8.3.1 一般应采用单动双管或干钻。在潜在滑动带，回次进尺以 0.3m~0.5m 为宜。

8.3.2 根据施工地层情况、滑坡体稳定程度、滑动面位置及滑床岩性等情况，确定下套管方法以及深度。

8.3.3 遇有漏水时，可采用优质冲洗液顶漏钻进；遇有严重漏水时，可选用空气钻进法。

8.3.4 钻进中应随时检查钻孔是否有偏斜、错开，钻具偏磨、提下钻遇阻等迹象，若发现异常，应立即提钻检查。

8.4 冻土钻探

8.4.1 为查明冻结或融化作用形成的不良冻土现象的发生、发展及分布规律的工程地质钻探，宜分别在其发育期（2、3 月或 7、8、9 月）进行；查明多年冻土上限埋深及工程特性的工程地质钻探宜在 9、10 月进行。

8.4.2 应设置孔口管。孔口管应高出地面 0.1m~0.2m，下入冻土 0.5m~1.0m。

8.4.3 含冰松散地层，宜采用干钻方法，转速不宜高于 20r/min，回次进尺以 0.2m~0.5m 为宜；高含冰量地层，可采用快速干钻方法，回次进尺不宜大于 0.8m；冻结的碎石和基岩，应根据岩石可钻性级别选择硬质合金、金刚石复合片（PDC）和金刚石等相应的钻进方法。

8.4.4 采用硬质合金钻头、金刚石复合片（PDC）钻头时，宜使用肋骨式钻头或外出刃大的钻头。采用金刚石钻进时，应改进钻头结构，增加水口数量。

8.4.5 低温冲洗液性能应满足散热系数小、失水量低、黏度大的要求，可加入氯化钠（NaCl）、氯化钾（KCl）等无机盐类或乙二醇等，以降低冲洗液的冰点。加入水解聚丙烯酰胺（PHP）、水解聚丙烯腈（HPAN）和四硼酸钠（ $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7$ ）等有机添加剂以提高冲洗液的性能。

8.5 湿陷性黄土钻探

- 8.5.1 宜采用干钻，避免使用冲洗液。可采用无水回转钻进或薄壁钻头锤击钻进。
- 8.5.2 坍塌处，可采用套管护壁。
- 8.5.3 遵循“少打、多提、勤量”的原则，回次进尺以0.5m-1m为宜。
- 8.5.4 勤清孔，保持孔底清洁。
- 8.5.5 提钻取样时，保证孔内残留土厚度达到技术要求。

8.6 膨胀土钻探

- 8.6.1 取心时，宜采用单动双管取心钻具钻进。
- 8.6.2 不取心时，可采用肋骨合金钻头钻进。
- 8.6.3 应采用失水量小、造壁性能好的优质冲洗液。
- 8.6.4 勤清孔，保持孔底清洁。

8.7 断裂带、破碎带钻探

8.7.1 松软、胶结性差、怕冲刷岩层钻进

- 8.7.1.1 应采用双层岩心管或无泵钻进，钻头出刃要大些，一般为1.5mm~2mm，钻压、转速、冲洗液量适当减少，回次进尺以0.5m为宜。
- 8.7.1.2 无泵钻进时，孔底要保持清洁，操作时要经常提动钻具，软地层提动高度80mm~100mm，硬地层提动高度50mm-80mm；钻压不宜过大，软地层以1.5 kN~2 kN为宜，硬地层以2 kN~4 kN为宜；转速一般为100r/min~150r/min。
- 8.7.1.3 冲洗液粘度不宜过高，一般控制在18s-20s，失水量控制在15mL/30min以下。

8.7.2 硬、脆、碎岩层钻进

- 8.7.2.1 应采用双层岩心管或喷射式孔底反循环钻具钻进。
- 8.7.2.2 双层岩心管钻进时，岩心管长约2m，钻头水口要小，钻压一般为6kN~8kN，转速一般为140r/min~180r/min，冲洗液量要适宜，不宜提动钻具，回次进尺以0.5m~1m为宜。
- 8.7.2.3 喷射式孔底反循环钻具钻进时，回次终了应停转冲孔，孔底清洁后停泵，等3min~5min自行沉淀卡取岩心，孔底沉淀岩粉不应超过0.3m，回次进尺以0.5m~0.8m为宜。
- 8.7.2.4 冲洗液粘度不宜过高，一般控制在10s~20s，失水量控制在10mL/30min以下。

8.8 砂层钻探

- 8.8.1 应根据砂层的透水性、流动性、颗粒大小、厚度及埋深等，选用不同性能的优质冲洗液。一般情况下冲洗液粘度22s~28s，失水量10ml/30min以下，比重1.15~1.2。提钻时应随时向孔内回灌冲洗液。
- 8.8.2 采用跟管钻进时，套管直径应比钻具直径大1~2级；钻具下至孔底后，应采用边回转、边送水、边提动钻具、边跟套管的操作方法。
- 8.8.3 采用冲击法跟管钻进时，钻具长度一般为2.5m~3.5m，回次进尺以0.5m为宜；钻具冲进深度不宜超过套管靴以下0.5m。
- 8.8.4 取心时，宜采用单动双管取心钻具钻进。

8.9 卵砾石、漂石钻探

- 8.9.1 宜采用钢粒钻进或钢粒与硬质合金混合钻进；粒径较大时，根据实际条件，可采用冲击、爆破、反循环、潜孔锤等钻进方法。

- 8.9.2 取心时，宜采用特制钢丝钻头、冲抓钻头、双管、孔底喷反等钻具钻进。
- 8.9.3 钻进参数一般采用中压力或大压力、低转速、中泵量。
- 8.9.4 应采用优质冲洗液护壁，一般冲洗液粘度 22s~30s，失水量 10ml/30min 以下。

9 冲洗液

9.1 冲洗液选择

- 9.1.1 应根据地层性质、工程要求、钻孔类型、钻进方法、设备条件合理选择冲洗液类型，确定合适的冲洗液性能。
- 9.1.2 在缺水地区施工时，宜采用节水冲洗液（空气、泡沫、水雾、泡沫泥浆、雾化泥浆等）。
- 9.1.3 在松散、掉块、破碎地层钻进时，应提高冲洗液的黏度和切力。
- 9.1.4 在易水化膨胀坍塌的泥页岩地层钻进时，应使用失水量低的冲洗液，宜选用钾基泥浆、钙处理泥浆等具有较强抑制性的聚合物低固相或无固相冲洗液。
- 9.1.5 在易漏、裂隙地层钻进时，宜选用密度较低的冲洗液，并加入适量的堵漏材料。
- 9.1.6 在涌水地层钻进时，应选用加重冲洗液。
- 9.1.7 在可溶性盐类、碱类地层钻进时，宜采用过饱和、饱和或欠饱和盐水聚合物冲洗液，也可选用油基冲洗液。
- 9.1.8 在冻土层钻进时，应选用散热系数小、失水量低、黏度大的低温冲洗液。
- 9.1.9 金刚石钻进，宜选用低固相或无固相冲洗液、乳化泥浆冲洗液。
- 9.1.10 绳索取心钻进宜选用无固相和低固相冲洗液，并添加润滑剂。
- 9.1.11 各类地层所用冲洗液性能要求见表 8。

表8 各类地层所用冲洗液性能

地层性质	密度 g/cm ³	马氏漏斗黏度 s	失水量 mL/30min	含砂量 %
黏性土、基岩地层	1.02~1.08	18~20	<15	<4
砂土、砂层	1.02~1.10	18~28	<20	
卵砾石层	1.10~1.2	22~40	<20	
坍塌、掉块地层	>1.10	22~40	<10	
吸水膨胀地层	1.02~1.10	18~28	<8	
漏失岩层	1.02~1.10	20~28	<12	
涌水地层	>1.10	22~28	<12	

9.2 冲洗液配制

- 9.2.1 根据地层性质，设计冲洗液的密度、黏度、失水量等主要技术指标，选择造浆黏土和处理剂。
- 9.2.2 一般应采用优质黏土粉作为造浆基本材料，其造浆率应在 12m³/t 以上，优先选用钠土。
- 9.2.3 配制冲洗液应选用淡水，不应使用具有腐蚀性或受污染的水。
- 9.2.4 基浆配制方法：在配浆罐（或搅浆池）中加入清水，然后加入纯碱搅拌溶解，加入造浆黏土，充分搅拌或预水化处理，加入其它处理剂。
- 9.2.5 处理剂的配制：先在配制罐中加入清水，然后按照计算量，均匀加入处理剂，保持搅拌直到充分水化溶解。

9.2.6 按照设计配方，将配制好的冲洗液处理剂液倒入基浆液混合并搅拌均匀。

9.2.7 需要提高冲洗液密度时，可适量加入重晶石粉、石灰石粉等加重剂；需要降低滤失水量时，可适量加入腐植酸钠、水解聚丙烯腈钠、钠羧甲基纤维素等降滤失剂；需要降低黏度，可适量加入磺甲基单宁、腐植酸钠、腐植酸钾、磺化褐煤(SMC)等降粘剂；需要增加黏度，可适量加入羧甲基纤维素(CMC)、复合离子型聚丙烯酸盐等增粘剂；水敏地层用冲洗液，可适量加入磺化沥青、改性沥青、腐植酸钾等抑制剂。

9.3 冲洗液管理

9.3.1 机台宜配备漏斗黏度计、比重秤、含砂量仪、失水仪等简易测试器具。

9.3.2 宜设置简易的冲洗液循环系统；深孔可配备除砂器、振动筛等净化设备。

9.3.3 在保证孔壁稳定的前提下，应尽量降低冲洗液密度，减小冲洗液静液柱压力。

9.3.4 易漏地层钻进，应适当提高冲洗液黏度，加入防漏材料，提高冲洗液的防漏能力。

9.3.5 易塌地层钻进，进入易塌地层前调整冲洗液性能，控制滤失量。

9.3.6 裂缝发育、破碎岩层钻进应适当提高冲洗液密度，降低冲洗液的滤失量，改善泥皮质量，减少孔内压力激动。

9.3.7 应采取防止雨水或地面水的浸入措施，不应随意向冲洗液中加入清水。

10 地质编录

10.1 钻进过程中，应由经过专业训练的技术人员进行地质描述和编录。编录应及时、真实，按回次逐次编录。

10.2 岩心编录、描述方法按照 GB 50021 执行。

11 钻孔样品采取

11.1 土试样等级与取样器选择

11.1.1 土试样质量等级见表 9。

表9 土试样质量等级

质量等级	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：不扰动是指土样原位应力状态已改变，但土的结构、密度、含水量变化很小，满足室内试验各项要求。		

11.1.2 根据不同等级土试样要求和土层特点，选择取样器具。见表 10。

表10 不同等级土试样的取样工具和方法

土试样质量等级	取样工具和方法		适用土类										
			黏性土					粉土	砂 土				砾砂、碎石土、软岩
			流塑	软塑	可塑	硬塑	坚硬		粉砂	细砂	中砂	粗砂	
I	薄壁取样器	固定活塞	●	●	▲	×	×	▲	▲	×	×	×	×
		水压固定活塞	●	●	▲	×	×	▲	▲	×	×	×	×
		自由活塞	×	▲	●	×	×	▲	▲	×	×	×	×
		敞口	▲	▲	▲	×	×	▲	▲	×	×	×	×
	回转取样器	单动三重管	×	▲	●	●	▲	●	●	●	×	×	×
		双动三重管	×	×	×	▲	●	×	×	×	●	●	▲
II	薄壁取样器	水压固定活塞	●	●	▲	×	×	▲	▲	×	×	×	×
		自由活塞	▲	●	●	×	×	▲	▲	×	×	×	×
		敞口	●	●	●	×	×	▲	▲	×	×	×	×
	回转取样器	单动三重管	×	▲	●	●	▲	●	●	●	×	×	×
		双动三重管	×	×	×	▲	●	×	×	×	●	●	●
	厚壁敞口取样器	▲	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲	×
III	厚壁敞口取样器	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	▲	×
	标准贯入器	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×
	螺旋取土钻头	●	●	●	●	●	▲	×	×	×	×	×	×
	岩心取土钻头	●	●	●	●	●	●	▲	▲	▲	▲	▲	▲
IV	标准贯入器	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	×
	螺纹钻头	●	●	●	●	●	▲	×	×	×	×	×	×
	岩心钻头	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●	●

注：●适用，▲部分适用，×不适用；

- 11.1.3 采取 I、II 级质量等级土样，应使用薄壁取样器，采用连续快速静压贯入法取样。
- 11.1.4 粉土、饱和砂土层中采取 I、II 级样品，可采用原状取砂器。
- 11.1.5 采取砂土原状土样时，宜采用环刀取砂器，用连续压入或重锤少击法采取。
- 11.1.6 硬、硬塑以上的硬质黏性土等土层取样，可采用回转压入法，使用单动、双动二重管或三重管采取。
- 11.1.7 非胶结的砂、卵石层取样，可采用双动三重管回转取样器。

11.2 土样采取

11.2.1 取样器下入前，应严格检查密封效果、出水孔是否通畅、土样筒与半合管或衬管是否安装稳固及有无变形；使用限制球阀取样器时，应将弹簧张力调节适度，软土宜松，硬土宜紧；使用活阀取样器时，应检查活阀杆是否灵活；使用活塞取样器应检查环卡的可靠性；使用回转压入取土时，应检查取样器的单动、双动装置是否灵活可靠，内管是否锁紧，内管超前应符合要求，自动调节内管超前度的弹簧功能是否符合要求。

11.2.2 取样钻孔应保持圆直，钻孔直径比取样器外径大1级~2级。采用跟管护壁措施时，套管底部距取样位置应不小于5倍套管直径的距离。

11.2.3 采取原状土样前，应清孔到底，孔底残留浮土或沉渣厚度不应大于5cm；冲击钻进应在距取土深度1m左右停止冲击改用回转钻进；回转钻进在拟取土样深度0.5m以上，应采取减压钻进；地下水位以上的钻孔，应采用干钻。

11.2.4 下放取样器时不宜太快，不应冲击下放到孔底。密实黏土和一般黏性土入土长度不应大于取样器直径的3倍；对于软土不应大于取样器直径的4倍。取土长度不应超过取样器有效长度，且不宜少于20cm。压入取土时，应连续压入。

11.2.5 当采用下击法取样时，冲击高度不应超过打杆行程往复距离；当采用上提活阀式取样器时，钻具不应在孔内回放，以免活阀脱开发生掉样；在饱和软黏土取原状土试样时，提升取样器前，应在孔底静止停留2min~3min，然后回转2圈~3圈，再匀速提出。

11.2.6 提钻取样时，拧卸钻具要轻，同时做到快提、稳放，防止土样被蹶落。拆卸取样器时，应使用专用工具拧卸（链钳、自由钳、专用扳手等），不应碰撞和敲打，防止变形。

11.2.7 在卸样与退土时，应用专用工具拧卸，退土，取、放、拧卸、咬钳等操作应轻、稳。

11.2.8 取样器用完后应清洗干净，并涂油保养，妥善保管。

11.3 岩样采取

11.3.1 宜采用金刚石钻头或硬质合金钻头钻进取样。

11.3.2 软质岩石及风化破碎岩石宜采用双层岩心管钻头钻进或绳索取心钻进。易冲刷和松软的岩石宜采用双管钻具或无泵反循环钻进。硬、脆、碎岩石宜采用双管钻具、喷射式孔底反循环钻进或冲击回转钻进。

11.3.3 需要测定岩石质量指标时，宜采用外径75mm双层岩心管和金刚石钻头取样。

11.4 水样采取

11.4.1 水样应能代表天然条件下的水质情况，不应含有油污等杂质。

11.4.2 弱含水层取样时，应先降水提干，待孔内水位上升后取样；含水层涌水量较大时，应先抽出2倍以上孔内水体积后再取样。

11.4.3 取样前，取样器应先用被取水洗涤2次~3次后，方可取样。

11.4.4 水样应及时送检。

12 原位测试

标准贯入试验、静力触探试验、动力触探试验、十字板剪切试验、旁压试验、波速测试要求按照GB 50021执行。

13 质量要求与验收

13.1 质量要求

13.1.1 岩心采取率

13.1.1.1 工程地质钻探应全孔取心，岩心采取率要求见表11。

表11 岩心采取率要求

地层	采取率 %		无岩心间隔 m
	平均	单层	
黏性土、完整基岩	>85	>70	<1
砂类土	>70	>50	<2
风化带、破碎带	>65	>40	<2
卵砾类土	>60	满足颗粒级配分析的要求	<2

13.1.2 孔深

采取原状土样、原位测试、主要层位变换、终孔或每钻进50 m，均应校对孔深，允许误差1%。

13.1.3 孔斜

13.1.3.1 垂直孔孔斜不应超过 2° ，斜孔的孔斜按照设计要求进行。钻孔方位角无特殊要求时可不测量。

13.1.3.2 一般每钻进50 m或终孔时测量一次孔斜。特殊孔段的孔斜测量按设计要求进行。

13.2 验收

钻孔完工后，应接单孔或工程项目进行验收。根据工程质量指标要求，逐条逐项进行检查和评定。钻孔质量等级可划分为三级：

- a) 优良钻孔：各项工程质量指标及要求，全部达到设计要求；
- b) 合格钻孔：各项工程质量指标及要求，基本达到设计要求；
- c) 不合格孔：各项工程质量指标及要求，均未达到设计要求，或主要质量指标未达到设计要求。对经过补救后，仍未达到设计要求的钻孔，应予以报废。

14 环境保护

14.1 施工前环境保护

14.1.1 施工场地确定后，应对其周围的自然环境（地质、地貌、水环境、植被、生物、大气、土壤和人文环境等）进行调查，并应依据有关法律、法规，制定实现环境保护标准和要求的具体措施。

14.1.2 修建通往施工场地的道路时，应避免堵塞和填充自然排水通道，并尽量减小设备搬迁过程对自然环境的破坏或影响。

14.1.3 施工场地应设置废泥浆、生活污水处理设施，包括污水沟、污水池或污水处理设备等。污水沟、污水池，应进行防渗漏和防垮塌处理。

14.1.4 施工场地设置冲洗液循环系统时，采用铁皮或塑料箱槽，确需挖掘泥浆池或循环槽时，底部应做好防渗处理。

14.2 施工中环境保护

14.2.1 配制钻探泥浆时，应优先选择无毒或低毒且易降解的化学处理剂，不应使用对环境和生态造成严重污染和损害的化学处理剂。在水库或水源地附近作业时，禁止使用危害人、畜健康的泥浆材料和处

理剂。位于农田、湖泊或居民区附近的钻孔，禁止使用铁铬木质素磺酸盐、亚硝酸盐、红矾等对环境和地下水易造成污染的化学处理剂，限量使用 CaCl_2 、 NaCl 等处理剂。应尽可能使用高分子聚合物或含钾类处理剂。

14.2.2 钻孔施工中产生的废泥浆、废水、污水等，可先进行沉降隔油处理后重复利用，泥水分离，泥渣可进行固化处理。需要外排的废水、污水应达到排放标准。

14.2.3 应控制和降低施工场地环境噪声，必要时安装隔音带和消声装置。

14.3 竣工后环境保护

14.3.1 钻探工作结束后，泥浆池、废液池和污水池中的剩余泥浆、淤泥应妥善处置。

14.3.2 对钻探施工中捞出的岩屑、絮凝物，应进行固化或无害化处理。

14.3.3 现场内的包装物、塑料、废料以及生活垃圾等，应统一回收利用，无法再利用的，可集中运送至垃圾处理站点。

14.3.4 施工设备和人员撤离现场后，应将宿营地、施工场地，恢复到原来的自然地貌和景观。临时占用的农田应进行复垦。

15 资料归档

资料归档应按照DZ/T 0273或者合同约定执行，宜包括以下资料：

- a) 钻孔设计书；
- b) 开孔和终孔通知书；
- c) 钻孔小结；
- d) 钻孔工程地质柱状图；
- e) 岩心照片；
- f) 岩心编录表；
- g) 钻探班报表；
- h) 岩石质量（RQD）统计表；
- i) 钻孔质量验收书。

参 考 文 献

- [1] GB 50734-2012 冶金工业建设钻探技术规范
 - [2] TB 10014-2012 铁路工程地质钻探规程
 - [3] JGJ/T 87-2012 建筑工程地质勘探与取样技术规程
 - [4] NB/T 35115-2018 水电工程钻探规程
 - [5] 林宗元. 岩土工程试验监测手册. [M]. 北京: 中国建筑工业出版社版, 2005
 - [6] 《工程地质手册》编委会. 工程地质手册 (第五版). [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2018
-