

P13

备案号：J87—2001



中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5125—2001

水电水利岩土工程施工及 岩体测试造孔规程

**Code for construction and rockmass
testing borehole for hydroelectric and
water resource geotechnical projects**

2001—02—12 发布

2001—07—01 实施

中华人民共和国国家经贸委 发布

中华人民共和国电力行业标准

P

DL/T 5125—2001

水电水利岩土工程施工及 岩体测试造孔规程

Code for construction and rockmass
testing borehole for hydroelectric and
water resource geotechnical projects

主编单位：国家电力公司西北勘测设计研究院

批准部门：中华人民共和国国家经贸委

批准文号：国经贸电力〔2001〕125号

前　　言

本规程是根据原电力工业部 1996 年电力行业标准计划项目技综字（1996）40 号文的安排，为了统一水电水利岩土工程施工及岩体测试造孔技术标准，确保造孔工程质量，在总结了水电水利工程勘察系统多年来开展岩土工程施工造孔工作经验的基础上，广泛征求各单位及有关专家的意见，经反复讨论修改编制而成。

本规程对各种施工条件下造孔的工艺技术要求和质量标准均作出了明确规定，是水电水利工程施工及岩体测试造孔技术的准则。

本标准由国家电力公司水电水利规划设计总院提出并归口。

本标准的起草单位：国家电力公司西北勘测设计研究院，国家电力公司水电水利规划设计总院，国家电力公司成都勘测设计研究院，国家电力公司昆明勘测设计研究院，国家电力公司华东勘测设计研究院。

本标准主要起草人：董定安、段文钰、张承志、杨俊志、崔金海、陈光孝、唐明时。

本标准由国家电力公司水电水利规划设计总院负责解释。

目 次

前言

1 范围	5
2 引用标准	6
3 总则	7
4 防渗墙施工造孔	8
5 钻孔灌注桩施工造孔	18
6 水工建筑物地基处理施工造孔	60
7 岩体边坡治理工程造孔	69
8 大坝变形观测孔造孔	76
9 钻孔地应力及岩体测试造孔	88
10 工程施工造孔质量检验	100

1 范 围

本规范主要包括防渗墙施工造孔，钻孔灌注桩施工造孔，水工建筑物地基处理施工造孔，岩土体边坡治理工程造孔，大坝变形观测造孔，钻孔地应力及岩体测试造孔，造孔的质量检验等内容。

本规程适用于水电水利工程建筑物与其它建筑物基础处理、基础变形监测、岩体原位测试、岩土体边坡治理、地基灌浆和注浆等工程施工的造孔工作。

2 引用标准

下列标准所包含的条文，通过在本标准中引用而构成为本标准的条文。本标准出版时，所示版本均为有效。所有标准都会被修订，使用本标准的各方应探讨使用下列标准最新版本的可能性。

- GB50287—99 水利水电工程地质勘察规范
- DL 5013—92 水利水电工程钻探规程
- DL/T 5050—2000 水利水电工程坑探规程
- DLJ 204—81 水利水电工程岩石试验规程
- SL 25—92 水利水电工程钻孔压水试验规程
- SL 46—94 水工预应力锚固施工规范
- SL 62—94 水工建筑物水泥灌浆施工技术规范
- SL 174—96 水利水电工程混凝土防渗墙施工技术规范
- JGJ 94—94 建筑桩基技术规范
- SDJ 207—82 水工混凝土施工规范

3 总 则

3.0.1 水电水利岩土工程施工及岩体测试造孔是一项技术复杂、质量要求高的地下工程，施工单位应根据设计要求和造孔目的，编制施工组织设计。没有施工组织设计文件不得施工。

3.0.2 施工单位必须按照设计文件施工，施工中如遇异常情况应由设计部门修改设计。

3.0.3 施工前，设计单位应向施工单位进行技术交底，并提供下列主要文件：

- 1 施工区域内工程地质和水文地质资料；
- 2 工程设计文件、钻孔平面布置图、工程工作量及工程进度要求；
- 3 造孔目的、施工质量标准及检验方法；
- 4 施工区内正常供水、供电及交通条件；
- 5 施工区内地下埋藏设施（如电缆线、自来水及煤气管道等）资料。

3.0.4 编制造孔施工组织设计主要内容：

- 1 确定钻孔结构和造孔工艺技术方法；
- 2 选择适宜的造孔机具；
- 3 施工现场布置及钻进冲洗液系统的设置；
- 4 建立工程质量管理体系；
- 5 编制施工组织及生产进度计划；
- 6 制订技术安全操作和劳动保护措施，做到文明施工。

3.0.5 施工场地位于井洞和廊道内作业时，必须进行通风及有害气体的监测工作，严防粉尘及有害气体伤害人体。

3.0.6 施工单位应对造孔技术及时进行总结，不断优化施工技术。

3.0.7 对从事造孔施工的人员应进行技术培训，并经考核合格方可上岗。

4 防渗墙施工造孔

4.1 一般规定

4.1.1 在松散透水地基或土石坝坝体内建筑深度小于 70m，墙厚 0.60m~1.00m 的防渗墙时，宜采用冲击钻进造孔成槽方法。在小型水工建筑物基础防渗、桩基工程、抽水泵站基础、水闸、堤防及防冲墙施工造孔时，可采用回转钻进方法。

4.1.2 依照设计文件，由测量确定建立防渗墙中心线和高程控制基准点。

4.1.3 防渗墙槽、孔段划分，应根据地基土性状及力学性能指标、钻进方法、机具性能和混凝土供应能力、墙体预留孔位置、浇筑导管布置等条件确定。

4.1.4 槽孔施工应注意下列事项：

- 1 施工期的水位变化；
- 2 孔口宜高出地下水位 2m 以上；
- 3 废浆、废渣、废水排放畅通；
- 4 在松散地基上修建钻机平台时，应先采取打桩或注浆等加固措施，以防止地基沉陷。

4.1.5 有特殊要求的工程，宜在地质条件类似的地点，或防渗墙地段内进行试验，以取得造槽成孔、泥浆护壁、混凝土浇筑等试验资料。

4.1.6 槽孔孔壁应平整垂直，不应出现梅花孔、小墙等。孔位允许偏差不得大于 0.30m；孔斜率不得大于 0.40%，含孤石、漂石、基岩面倾斜度较大的地层，孔斜率不得大于 0.60%；一、二期槽孔接头及套接孔的孔位中心偏差值，在任一深度内不得大于设计墙厚的 1/3。

4.1.7 造孔施工中，槽孔内泥浆面应保持在导墙顶面以下 0.30m ~0.50m。漏失地层必须采取预防措施，如发现泥浆严重漏失，

应立即堵漏并向槽孔内补充泥浆。

4.1.8 防渗墙嵌入基岩的深度必须符合设计要求，一般为 0.50m ~1.00m。钻进基岩时应采取岩芯、岩样，校测基岩面高程，并由地质人员鉴定验收。

4.1.9 造孔达到设计深度时，经现场质量检查验收合格后，方可进行清孔、换浆和浇筑混凝土。

4.1.10 防渗墙混凝土浇筑应按照 SL 174 执行。

4.2 冲击钻进造槽钻孔

4.2.1 造孔机械设备选择与安装应符合下列规定：

1 冲击钻进造孔主要机具由钻机、出渣清孔及打捞工具等组成。钻机一般使用 CZ—22 型、CZ—30 型。

2 钻机安装：

1) 在槽孔施工前应修筑混凝土导墙，铺设钻机轨道。当地基土松软时应采取加固措施，一般加固深度为 5m~6m。

2) 钻机轨道应平行于防渗墙中心线，轨枕间应填充道渣碎石，以防止地基产生不均匀沉陷。

3) 钻机必须牢固安装在轨道车上，并能沿轨道轴线纵横移动。

4.2.2 钻具选择应符合下列要求：

1 冲击钻头用 35 号钢或 45 号钢铸成，硫磷含量应小于 0.05%。钻头重量为 1t、1.2t、1.5t 等，其形状为一字形或十字形。

2 钻头直径应根据设计孔深和墙厚选择。孔深 10m~30m，钻头直径为 600mm~800mm；孔深大于 30m 时，开孔钻头直径为 800mm~1000mm。

3 砂卵石地层宜采用十字弧形钻头，冲击角为 60°~80°，底刃角为 150°~170°；在混凝土接头处采用十字形钻头的冲击刃角为 80°，在坚硬岩层或砂砾石层中十字形钻头冲击刃角为 80°~90°，底刃角为 175°~180°。

4 冲击钻具总长度应等于钻头圆周长度的 $2/5$ ，钻耳总长度不应小于钻头圆周长度的 $1/2$ 。

5 应根据钻头的磨损情况及时修复，以免影响造孔质量。

4.2.3 钻进造槽钻孔应遵守下列规定：

1 钻劈法钻进：

1) 开孔钻头直径应大于终孔钻头直径 30mm ，钻头磨损后应及时补焊。

2) 一、二期槽孔同时施工时，其间距应大于槽孔宽度 1.5 倍以上。

3) 主孔宽度应符合设计要求，副孔搭接处的宽度应大于主孔宽度，主、副孔高差不得小于 3m 。

4) 钻劈副孔时，应在相邻两主孔内放置接石筒，每钻进 $0.30\text{m} \sim 0.40\text{m}$ 时，提取钻渣一次。

5) 钻进中应根据钻进速度，均匀放松钢丝绳，做到勤松、少放。当孔内钢丝绳摆动过大时，应停钻调整后方可继续钻进。

6) 钻进中出现斜坡、小墙、梅花瓣和探头石等，应立即采取措施进行修孔。

7) 钻进中遇到漏失地层，孔内泥浆液柱突然下降时，应立即提升钻具，加大泥浆黏度和投入黏土球堵漏，保持孔内泥浆液面，并快速钻穿漏失层。

8) 基岩钻进中应密切注意钻具和钻头磨损情况，严防发生孔内事故。

9) 在砂卵砾石层中钻进使用抽筒捞渣时，每回次捞渣深度不得超过抽筒高度的 $1/2$ 。

10) 钻头外径出刃和抽筒肋骨片如有严重磨损时，必须及时修复。

2 采用两钻一抓法时，应先钻完主孔，后用抓斗抓取副孔岩土体，且要求两侧主孔的中心距离应等于抓斗的有效抓取长度。

3 采用抓取法施工时，应分主孔和副孔，主、副孔之间的距

离应小于抓斗的有效抓取长度。

4 出渣及清孔工具应具备如下性能：

- 1) 应能取出较大直径的岩屑和卵石；
- 2) 安装方便，具有足够的强度，不易损坏；
- 3) 在砂卵砾石层中钻进使用的抽筒，应与钻头直径相匹配；
- 4) 接石筒用 6mm 厚度钢板制成，其直径应根据主孔直径确定，高度宜为 500mm。

4.2.4 造孔泥浆应符合下列要求：

1 泥浆应具有良好的物理性、流变性和稳定性。造浆黏土应具有下列特征：

- 1) 经风干后，用手不易掰开、捣碎；
- 2) 干土破碎后，其断面具有坚硬的尖锐棱角；
- 3) 用刀切开时，切面光滑；
- 4) 水浸湿后有黏滑感；
- 5) 加水拌和后，易搓成直径小于 1mm 的细长泥条；
- 6) 用手指揉捻时，含砂量较少；

2 造浆黏土，黏土黏粒含量应大于 50%，塑性黏度大于 20CP，含砂量小于 6%，二氧化硅与三氧化二铝含量的比值应为 3 ~ 4。

3 制浆土料宜优先选用膨润土，膨润土的质量标准按照 SY560—85《钻井液用膨润土》的规定。

4 泥浆的性能指标和配合比，必须根据地层特性和造孔方法通过试验确定。

泥浆性能指标见表 4.2.4-1。

表 4.2.4-1 制配泥浆性能指标

项次	项 目	性 能 指 标	检 测 方 法
1	相对密度	1.1~1.15	泥浆比重计
2	黏 度	18s~28s	50000/70000 漏斗法

表 4.2.4-1 (续完)

项次	项 目	性 能 指 标	检 测 方 法
3	含 砂 量	<6%	
4	胶 体 率	>95%	量杯法
5	失 水 量	<30mL/30min	失水量仪
6	泥皮厚度	1mm/30min~3mm/30min	失水量仪
7	静切力	1min (2~3) Pa 10min (5~10) Pa	静切力计
8	稳 定 性	<3Pa	
9	pH 值	7~11	pH试纸

5 钻进不同地层黏土泥浆性能指标，见表 4.2.4-2。

表 4.2.4-2 不同地层泥浆性能指标

性 能 地 层 \	密 度 g/cm ³	黏 度 s	含 砂 量 %	失 水 量 mL 30min	胶 体 率 %	pH 值
不含水的黏性土层	1.00~1.08	15~16	<4	<30	≥90~95	8.5~11
粉、细、中砂层	1.08~1.10	16~17	4~8	<20		8.5~11
粗砂、砾石层	1.10~1.20	17~18	4~8	<15		8.5~11
卵石层、漂石层	1.15~1.20	18~28	<4	<15		8.5~11
承压水层	1.30~1.70	>25	<4	<15		8.5~11
遇水膨胀岩层	1.10~1.15	20~22	<4	<10		8.5~10.5
坍塌掉块岩层	1.15~1.30	22~28	<4	<15		8.5~10
软弱基岩	1.10~1.20	18~25	<4	<23		7~9
风化及破碎基岩	1.10~1.15	18~20	<4	<15		7~10.5

6 不同阶段泥浆性能测定项目，见表 4.2.4-3。

表 4.2.4-3 不同阶段泥浆性能测定项目

土料种类 阶段	膨 润 土	黏 土
鉴定土料造浆性能时	密度、漏斗黏度、失水量、静切力、塑性黏度	密度、漏斗黏度、含砂量、胶体率、稳定性
确定泥浆配合比时	密度、漏斗黏度、失水量、泥饼厚度、动切力、静切力、pH值	密度、漏斗黏度、含砂量、胶体率、稳定性、失水量、泥饼厚度、pH值
造孔过程中	密度、漏斗黏度、含砂量	密度、漏斗黏度、含砂量

7 拌制泥浆应遵守下列规定：

1) 配制泥浆的水质标准应按照 SDJ207—82 的规定；

2) 拌制泥浆应使用搅拌机，搅拌时间不应少于 30min；

3) 制浆黏土应经过 5mm 筛网筛分后使用，冬季应做好黏土的防冻工作；

4) 膨润土泥浆宜使用高速搅拌机搅拌，新浆液应经过 24h 浸泡后方可使用；

5) 储浆池内的泥浆应经常搅动，以保持泥浆性能稳定。

8 清孔泥浆黏度为 18s~20s，密度为 $1.1\text{g}/\text{cm}^3\sim1.2\text{g}/\text{cm}^3$ ，含砂量应小于 5%。

9 在砂层中造孔时，应提高泥浆密度和黏度，一般密度为 $1.2\text{g}/\text{cm}^3\sim1.4\text{g}/\text{cm}^3$ 、黏度为 25s~30s。

10 停钻超过 24h 时，应定时进行孔内泥浆循环，以防止出现泥浆离析、沉降、孔壁坍塌等。

11 泥浆净化处理：

1) 钻进及清孔的污浆和地表水，严禁流入储浆池内；

2) 钻进及清孔的污浆必须采用机械离心法及化学法等进行处理；

3) 采用循环沉淀净化方法时，应设置数个沉淀池和长度为 10m~15m、坡度小于 1% 的循环槽，并在孔口设置筛网，除去较

大颗粒的钻渣；

- 4) 泥浆净化处理后，经测定达到规定指标方可继续使用；
- 5) 必须做好施工现场废浆处理，如达不到国家规定的排放标准，不得经地下水道排放。

12 施工现场泥浆管理按照 5.4.3 执行。

4.2.5 冲击反循环造槽钻孔

1 钻孔机械设备的选择，应根据设计要求及现场施工环境和工程地质条件，配套选择冲击反循环钻机、砂石泵组、泥浆泵和搅拌机等。

2 钻进成孔：

- 1) 砂砾石层反循环冲击钻进，易产生大面积塌孔，钻进中应加大泥浆密度和泥浆黏度；
- 2) 在粒径为 50mm~100mm、具有胶结的卵砾石层中、宜采用短冲程、高频率冲击钻进；
- 3) 反循环冲击钻进风化基岩层时，冲击行程应大于 1.50m，并宜采用较大泵量。

4.2.6 冲击钻进造孔中遇到特殊情况时，应按下列方法处理：

1 导墙发生严重变形或底部坍塌时，应重新修筑导墙并采取安全施工措施。

2 地层严重漏浆时，应迅速填入堵漏材料，改善泥浆性能，必要时回填槽孔。

3 在孤石及基岩中钻进时，应改进钻具及钻头参数。

4 在施工中如遇雨天、大雪时，应作好混凝土的防冻和防水淋等措施。

5 钻进中常见事故预防和处理可按照表 5.2.1 执行。

4.2.7 成孔质量验收应包括下列内容：

- 1 孔位、孔深、孔斜、槽宽是否符合设计要求。
- 2 槽孔嵌入基岩深度是否达到设计要求。
- 3 一、二期槽孔间接头是否清理干净，套接厚度是否符合设计要求。

4 孔底沉渣厚度不得超过 0.20m，孔内泥浆性能指标是否符合规定。

5 施工原始记录是否齐全。

4.3 回转钻进造槽钻孔

4.3.1 造孔机械设备选择与安装应遵守下列规定：

1 叠孔防渗墙钻孔直径为 600mm~1000mm、深度小于 20m 时，应选择泵吸反循环钻机及相匹配的砂石泵组。

2 钻机安装：

- 1) 沿防渗墙轴心线一侧铺设钢轨、枕木，其轨道间距可根据钻机型号确定；
- 2) 钻机应安装在特制的机架上，并能沿防渗墙轴线纵、横向移动；
- 3) 钻场应平稳牢固，不得产生沉陷。

4.3.2 钻具选择：

1 钻具组成包括钻杆、粗径钻具、变径接头、加重块、连接盘、导正盘和沉淀管等。

- 1) 钻杆应具有一定刚度，内径为 100mm~150mm，钻杆连接宜采用法兰盘式或插接式接头；
- 2) 钻机起吊能力应与加重块和钻具重量相适应；
- 3) 导正盘和导正轮的直径应根据钻孔直径确定，导正盘的外径应小于钻头直径 50mm~75mm；
- 4) 沉淀管上开口边沿应倒角。

2 钻头类型：

- 1) 刮刀钻头。适用于土层、砂层、黏土夹小砾石层。钻头翼片分为双翼、三翼和多翼，每个翼片刃部应镶有硬质合金块，出刃宽度应根据地层确定。
- 2) 滚刀钻头。适用于中硬基岩地层钻进。钻头由多个滚刀组成，分为平底式、超前式和塔形（阶梯式）等。不同直径刀盘（钻头）所需滚刀数量，见表 4.3.2。

表 4.3.2 不同直径刀盘（钻头）所需滚刀数量

滚刀类型	钻孔直径 mm	圈 数	滚 刀 数 量			
			中 心 刀	正 刀	边 刀	小 计
单支点	600~750	3	1		3	4
	750~1000	4	2		5	7
	1000~1250	5	2		8	10
	1250~1550	6	2		12	14
双支点	1000~1350	4	2	2	4	8
	1350~1650	5	2	5	4	11

3 泵吸反循环钻头应符合下列要求：

- 1) 钻头进水口断面应开敞、平整，中心管距底端高度不宜大于 250mm，进水口直径宜小于钻杆内径 10mm~15mm；
- 2) 刮刀钻头导正环圆度误差不得大于 5mm，同心度误差不得大于 3mm；
- 3) 钻头翼片肩高应保持一致，不得有偏斜现象。

4.3.3 钻进成孔应遵守下列规定：

- 1 钻孔施工次序、排列形式应严格按照设计要求和地层条件确定。
- 2 护筒埋设应排列紧密，周正垂直，回填密实。护筒中心点偏离防渗墙轴线的距离不得大于 10mm，孔距误差不大于 15mm。
- 3 开孔钻进宜采用大于设计孔径 30mm 的三翼钻头，钻进 2.50m 深度后，更换同径筒状四翼钻头钻进。钻具长度不得小于 3m。

4 钻进技术参数按照“5.10 大口径钻进成孔”执行。终孔时宜采用大泵量冲洗钻孔 10min~20min，冲孔泥浆密度应大于 1.15g/cm³，黏度大于 20s。孔底沉渣厚度不得大于 0.10m。

5 泥浆配制指标按照表 4.2.4-1、表 4.2.4-2 执行。

6 钻进操作注意事项：

- 1) 泵吸反循环钻进启动砂石泵组，应按照 5.5.1 规定操作。启动砂石泵组待孔内形成正常反循环后，方可开动钻机慢速回转，将钻具下至孔底开始钻进；
- 2) 在砂卵砾石地层中钻进时，应控制钻进速度，观察排渣量；
- 3) 加接钻杆时，应将钻具提离孔底 0.50m~1.00m，并维持冲洗液循环 2min；
- 4) 孔内出现坍孔、涌砂等异常情况时，应迅速将钻具提离孔底，排除坍塌物及涌砂，并及时改变泥浆性能；
- 5) 停钻时应保持冲洗液正常循环 20min。

4.3.4 回转钻进中遇到特殊情况时，应按下列方法处理：

- 1 遇到孤石时应根据情况采用预爆和聚能爆破相结合的方法处理。
 - 2 卵砾石层中钻进宜采用冲抓锥抓取，其操作方法按照 5.3 执行。
 - 3 孔（槽）底沉渣厚度超过 0.30m 时，应采用泥浆循环排渣清孔。
 - 4 复杂地层第二次清孔，可利用混凝土浇筑导管输入泥浆循环清孔，清孔结束后混凝土浇注前的间隔时间不宜超过 30min。
- #### 4.3.5 成孔质量检验：
- 1 孔位偏差不得大于钻孔直径的 1/6。
 - 2 钻孔孔径、钻孔倾斜度、孔壁形状和沉渣厚度，宜采用桩径检测仪器和井斜仪进行检测。
 - 3 在混凝土浇筑前，孔内泥浆的密度应小于 1.3g/cm^3 ，黏度应小于 25s，含砂量应小于 10%。

5 钻孔灌注桩施工造孔

5.1 一般规定

5.1.1 在有地下设施(如输水管道、电缆、煤气管道、地下通道等)的地区施工时,应根据设计单位提供的资料采取处理措施。

5.1.2 设计桩孔间距过小时,应按间隔跳打的顺序施工,以免影响成桩质量。

5.1.3 造孔和灌注桩施工应连续进行,孔口应加防护设施。

5.2 冲击钻进造孔

5.2.1 钢丝绳冲击钻进造孔

1 钢丝绳冲击钻进适用于填土、黏性土、砂性土、砂层、卵砾石层、漂石层及风化基岩地层中成孔,钻孔直径一般为600mm以上,孔深一般不超过50m。

2 钢丝绳冲击钻进成孔的主要机具有冲击钻机(或卷扬机)和冲击钻头。冲击钻头应根据地层条件,可选用十字形、一字形、工字形钻头及碗形阀抽砂筒、单扇活门抽砂筒、双扇活门抽砂筒等。

3 设备安装可按照4.2.1执行。

4 钢丝绳冲击钻进应遵守下列规定:

1) 根据桩孔位置埋设护筒,并根据地层情况确定护筒下入的深度;

2) 开钻前应在孔内投入适量的黏土、碎石等,并以低锤勤击,超出护筒底口2m~3m后,方可采用正常冲程钻进;

3) 冲击钻进时,应采取勤放少放的方法控制放绳量;

4) 应经常检测钻头的磨损情况,并及时进行补焊修复;

5) 出现孔形不规则、孔径大小不一、孔斜超标等质量事故时,应立即停钻,测准事故孔段,然后用黏土和碎石回填事故孔

段，并采用小冲程、低冲次钻进重新成孔；

6) 每次停钻或捞渣后钻进时，应由小冲程逐渐增大至正常钻进冲程，以避免卡钻；

7) 每钻进 4m~5m，应测量钻孔孔径和钻孔形状，如遇缩径孔段时应经常测量；

8) 钻进过程中，应坚持勤捞渣的原则，每次捞渣后，应向孔内补充泥浆或黏土，使孔内的泥浆高度保持在孔口位置。

5 钻进技术参数：

1) 在护筒下部 2m~3m 内，宜采用小冲程（0.80m~1.00m）、低冲次（10 次/min~20 次/min）。泥浆相对密度宜为 1.35~1.50，并加入适量的黏土块和碎石，钻进中尽量不捞渣或少捞渣。

2) 在黏性土层中钻进时，在加清水或稀泥浆后宜采用 1m~2m 中、小冲程钻进，并将钻头上的泥块及时清除干净。

3) 在粉砂层或中粗砂层中钻进时，宜采用 1m~2m 中、小冲程钻进，泥浆相对密度宜为 1.20~1.35，并应勤投放黏土块、勤冲击、勤捞渣。

4) 在砂卵石层中钻进时，宜采用 2m~3m 中、高冲程钻进，并勤捞渣，泥浆相对密度宜为 1.35~1.50。

5) 在基岩中钻进时，宜采用 3m~4m 高冲程钻进，泥浆相对密度宜为 1.20。

6) 钻孔因故回填后重新钻孔时，宜采用小冲程（<1m）反复冲击，并加入黏土、碎石，泥浆相对密度宜为 1.35。

6 钢丝绳冲击钻进常见事故预防和处理见表 5.2.1。

表 5.2.1 钢丝绳冲击钻进常见事故预防和处理

事故类型	事故原因	预防和处理
桩孔不圆、检测器或抽砂筒下放困难	1. 转向装置失灵，钻头不转动； 2. 冲程过小，钻头无法转动； 3. 孔内泥浆黏度高，钻头转动阻力大	1. 经常检查转向装置的灵活性； 2. 经常检测泥浆黏度，并及时调整； 3. 发现孔壁不平整，应投入黏土和碎石、片石重新钻孔

表 5.2.1 (续完)

事故类型	事故原因	预防和处理
桩孔偏斜超标	1. 钻进时，钻机移位； 2. 孔内碎石、卵石大小不均，使钻头受力不均，有探头石； 3. 基岩层面倾斜	1. 经常检查钻机固定是否牢固，并及时进行加固； 2. 若发现孔内有探头石，应及时回填，加大冲程击碎探头石； 3. 钻进倾斜度较大的基岩时，采用低冲程、高冲次，若已偏斜，应回填重钻
钻头被卡，提起困难	1. 钻孔不圆，钻头被卡住； 2. 未及时焊补钻头，形成小径孔段； 3. 上部塌落物卡住钻头； 4. 在黏性土中，冲程过大，泥浆黏度过高，钻头被吸住； 5. 放绳过长，钻头倾倒顶住孔壁	1. 应分析判断卡钻原因，原因不明，不能随意处理，防止越卡越紧，应使钻头转动灵活，至孔径较大处上提； 2. 及时修补钻头，使用合格钻头； 3. 用泥浆泵向孔内输送优质泥浆，清除塌落物； 4. 若孔径已变小，应采用相应直径的钻头，上、下反复冲刮孔壁，使之增大到正常孔径； 5. 使用特制工具将顶住孔壁的钻头扶正
钻头掉入孔内	1. 钢丝绳磨断，绳卡松脱； 2. 转向装置与顶锥连接处脱开； 3. 冲击钻头本身在薄弱处断裂	1. 勤检查钻头、钢绳及转向装置等的磨损、损坏、断裂情况，并及时进行补救修理； 2. 用打捞钩打捞活套； 3. 用冲抓锥抓取

5.2.2 冲击反循环钻进造孔

1 冲击反循环钻进适用于填土、黏性土、砂性土、砂层、砂卵砾石、漂石和风化基岩层中成孔。成孔直径大于 600mm，孔深不超过 100m。

2 主要设备及安装：

1) 主要设备由冲击反循环钻机、射流泵或砂石泵组组成；

2) 设备安装按照 4.2.1 执行。

3 主要钻具由排渣管和冲击反循环钻头等组成。

4 冲击反循环钻进工艺及技术参数：

1) 黏性土。宜采用 0.50m 小冲程钻进，为防止泥包钻头和堵塞排渣管，排渣管底口应距离孔底 0.60m~0.80m。若地层塑性大可适当加入碎石。

2) 硬性土。宜采用 0.50m 小冲程钻进，排渣管底口应距离孔底 0.50m~0.70m。

3) 砂卵砾石层。宜采用 1.50m~1.00m 中小冲程钻进，并提高泥浆的相对密度和黏度。当孔壁不稳定时，投入适量黏土球，必要时改用正循环钻进，将投入的黏土挤入孔壁，待孔壁加固后，再恢复反循环钻进，并及时跟进排渣管。

4) 基岩。宜采用 1m~2m 冲程钻进，排渣管底口距离孔底 0.30m~0.50m。

5 冲击反循环钻进操作应遵守下列规定：

1) 手动和自动冲击要控制好松绳量，做到勤放绳、少放绳；

2) 经常检查提引器、钢丝绳等，并根据磨损情况及时更换或修理。

5.3 冲抓锥钻进造孔

5.3.1 冲抓锥钻进适用于松散砂土、黏土、填土、砂卵石地层中成孔。成孔直径一般为 600mm~1200mm，孔深不宜超过 20m。

5.3.2 冲抓锥钻进工艺及技术参数：

1 不密实的黏性土——宜采用 1.00m~1.50m 冲程钻进，防止抓瓣侵入过深，难以闭合和提升。

2 坚硬、较密实的黏土——宜采用 2m~3m 冲程钻进，若用双绳冲抓时，可用外套绳提锥连续冲击数次，使土松动，再收内套绳，闭合抓瓣抓土。

3 松散砂土——宜采用 0.50m~1.00m 小冲程钻进，应使用较大相对密度和黏度的泥浆，并投入黏土护壁。

4 砂卵石层——宜采用 1.50m~2.00m 中冲程钻进。若地层较密实时，冲程可加大至 2m~3m，且落锥要快，若地层稳定性差，可提高泥浆相对密度和黏度或投入黏土球挤入孔壁护壁。

5 粒径较大卵石和漂石——宜采用小冲程钻进，并用外套绳提起冲锥连续冲击，冲击时内套绳要慢放，利于抓取。

6 泥浆性能指标按照 4.2.4 执行。

5.3.3 冲抓锥钻进应遵守下列规定：

1 将冲抓锥提起（呈闭合状），检查锥中心是否与钻孔中心一致，并检查冲抓锥开闭是否灵活自如。

2 采用双绳冲抓锥时，应防止钢丝绳缠绕，冲抓时内套绳放松长度应比冲程多 1m~2m。

3 冲抓锥提出孔口 1.50m 时应停止提升，将出渣车推至冲抓锥下端，然后缓慢放松内套绳，使抓瓣张开卸渣。

4 冲抓锥钻进成孔是用抓瓣抓取土石成孔，不得用来击碎土石，若遇不可抓取的卵石、漂石、探头石时，应及时改用冲击钻头破碎钻进，防止损坏抓瓣。

5.4 正循环回转钻进造孔

5.4.1 正循环回转钻进适用于回填土、黏性土、砂性土、砂层，以及卵砾石含量小于 20% 和粒径小于 15mm 的卵砾石层及基岩中成孔。钻孔直径不宜大于 1000mm。

5.4.2 应根据成孔直径、深度、地层及桩孔质量要求选择施工设备，其主要技术性能必须满足施工要求。钻塔的提升载荷应大于 100kN，有效提升高度应能满足升降钻具的要求。

5.4.3 施工现场泥浆管理：

1 选用优质黏土配制泥浆，定期检测泥浆的相对密度、黏度、含砂量等性能指标，以便根据钻进需要随时进行调整。

2 根据施工场地的具体情况，设置泥浆循环系统和净化钻渣

分离处理的装置。

3 泥浆池和废浆池容积不小于桩孔容积的3~4倍，泥浆池宜设置两个，以保证不停钻条件下轮流清查与使用。

4 泥浆池、沉淀池、废浆池、泥浆循环槽不得渗漏、倒塌，且不得修建在新堆积的填土上。

5.4.4 应根据钻孔直径、地层、钻机性能等条件选择具有足够强度和较大过流量断面的钻杆，一般直径不应小于89mm。

5.4.5 钻头选择：

1 黏性土、淤泥质土、砂性土等地层，宜选用笼式钻头和刮刀钻头。

2 砂卵砾石层，宜选用镶焊大八角硬质合金的双腰带笼式钻头。

3 软质基岩（5级以下），可选用硬质合金笼式钻头、滚刀钻头。

4 硬质基岩，可选用牙轮钻头、钻粒钻头等。

5.4.6 钻进技术参数：

1 转速——钻头线速度不宜大于2.50m/s，在软硬不均地层、卵砾石层中钻进时，应适当降低转速。

2 钻进压力：

1) 在松散地层中钻进时，采用的钻压以能保持冲洗液畅通、及时排出钻渣为原则；

2) 在硬质岩层中钻进时，宜选用较大钻压。

3 冲洗液量——冲洗液的上返流速应不小于0.25m/s，冲洗液量可按公式（5.4.6）计算

$$Q=60 \times 10^3 A v \quad (5.4.6)$$

式中：Q——冲洗液量（L/min）；

A——钻孔环状空间截面积（m²）；

v——冲洗液在环状空间中的上返流速（m/s）。

若冲洗液在环状空间中的上返流速低于0.20m/s时，应在钻具组合中增加取粉管。

5.4.7 正循环回转钻进应遵守下列规定：

1 开钻前应对设备进行试运行，待运行正常后，向孔口护筒管内注入泥浆，钻进时应轻钻压、慢转速，以防止碰撞和挤压护筒管，待钻头穿过护筒管底口 1m 后，逐渐按正常参数钻进。

2 正常钻进时，不应随意变动钻进参数，以避免引起孔径变化，产生孔斜及孔内事故。

3 钻进操作时如遇钻具跳动、钻进阻力增大、憋泵、孔内漏水、涌水和钻孔偏斜等现象时，应及时查明原因，采取技术措施，调整钻进参数或更换钻头等，使之恢复正常。

4 升降钻具之前，应检查升降机的制动装置、离合器、提引器、天车、滑车等机具是否安全可靠，操作升降机要平稳，起下钻时钻具要扶正、对准，不得碰撞孔口护筒管。

5.4.8 正循环钻进常见事故的预防和处理见表 5.4.8。

表 5.4.8 正循环钻进常见事故的预防和处理

事故现象	事故原因	处理方法
孔壁坍塌	1. 地层松散，地压不平衡，含水丰富，泥浆稀化，失去护壁作用； 2. 操作不当，使孔内产生压力激动	1. 提高泥浆相对密度、黏度，如塌孔很严重，应回填重新钻进； 2. 按正确方法操作，升降钻具应缓慢平稳
钻孔偏斜超标	1. 钻机安装不平稳或因地基不均匀沉陷； 2. 钻具弯曲； 3. 钻进遇障碍物或陡倾角岩层	1. 钻机安装应平稳，地基要牢固； 2. 不使用弯曲的钻具钻进； 3. 发现孔内障碍物应及时处理，可用简式钻头钻穿；在钻进陡倾角岩层时，应加长粗径钻具，宜采用低转速、轻钻压钻进；当发现钻孔偏斜时，宜采用回填孔斜段重新钻孔
黏性土中钻进，效率低、憋泵	1. 泥浆黏度过大； 2. 钻压过大，孔底钻渣未能及时排出； 3. 糊钻、泥包钻头	1. 调整泥浆性能； 2. 调整钻进技术参数，排除孔底钻渣； 3. 冲洗孔底和钻头

表 5.4.8 (续完)

事故现象	事故原因	处理方法
砂砾石层中钻进效率低，钻头磨损严重	冲洗液上返流速小，钻渣不能及时排出，钻头重复破碎	1. 加大泵量，增大冲洗液上返流速； 2. 及时清理孔底，以保持孔底清洁
钻具跳动，回转阻力大，切削具崩刃，钻具折断	1. 孔内有大小不等的砾石、卵石及杂物等； 2. 操作不当； 3. 钻具磨损严重或有损伤	1. 可用冲击钻头破碎挤压石块通过此段地层； 2. 用抽砂筒或冲抓锥捞出大的石块； 3. 用打捞器打捞钻具

5.5 反循环回转钻进造孔

5.5.1 泵吸反循环回转钻进

1 泵吸反循环回转钻进适用于地下水位浅，渗透性弱的填土、黏土、砂层、砂卵砾石层和基岩地层中成孔，但卵石粒径不得大于钻杆内径的 2/3。

2 泵吸反循环回转钻进成孔直径一般在 600mm 以上，孔深宜在 50m~90m。

3 冲洗液循环系统应符合下列要求：

1) 循环池容积不小于桩孔容积的 2 倍；
2) 沉淀池容积视桩孔直径确定。桩孔直径小于 800mm 选用 6m³ 的沉淀池，小于 1500mm 选用 12m³ 沉淀池，大于 1500mm 选用 20m³ 沉淀池；

3) 循环槽的断面积应为砂石泵出水管断面积的 3~4 倍，循环槽的坡度不宜小于 1/100；

4) 应采用多级振动筛和旋流除砂器进行除砂；

5) 应及时清除沉淀池、循环池、循环槽中的沉渣。

4 泵吸反循环钻进钻杆内径应与砂石泵内径一致，并与地层

卵砾石粒径相适应。钻杆连接可采用插装式或法兰盘式等，但必须保证连接时对中、平直，连接处应设置“O”形密封圈。单根钻杆长度不宜大于3m。

5 泵吸反循环钻进应特别注意保持孔壁的稳定，孔内液面宜与孔口齐平。采用自流式供水时，孔内冲洗液下流速度应小于0.20m/s。用水泵供水时，应设缓冲装置，并使冲洗液下流速度不大于0.20m/s。

6 泵吸反循环钻头应符合下列要求：

- 1) 钻头上端应设置导正环，导正环与钻头应同轴，钻头体不得偏心、偏重；
- 2) 钻头翼片应均布焊接，底面上的切削具应呈梳齿状交错排列，以保证有效刻取岩石；
- 3) 钻头进水吸渣口应规整，流阻要小，其直径应略小于钻杆内径，距钻头端面0.20m~0.25m。

7 砂石泵组启动操作应遵守下列规定：

- 1) 启动前检查地面所有的管线和孔内钻具，必须连接可靠，不堵塞，不漏气；
- 2) 检查泵组运转部位的密封性和润滑是否良好，并向气水分离器和灌注泵加入足够的清水，严禁加入污水、脏水，以保证泵组处于良好状态；
- 3) 保持孔内冲洗液的液面与护筒管口（即孔口）相平，将钻头提离孔底0.15m~0.20m；
- 4) 启动砂石泵组时首先开动真空泵，待系统的真空度达450mm汞柱、气水分离器中的液面观察窗的水位上升到一半以上时，开动砂石泵，并闭真空泵及真空系统；
- 5) 启动已加满水的灌注泵，向砂石泵和系统内注水，直至孔口返水无气泡时，开动砂石泵，关闭灌注泵及其系统；
- 6) 砂石泵开动后，逐渐打开砂石泵出水阀门，使冲洗液形成反循环，并调节出水阀直至所需排量。

8 泵吸反循环钻进技术参数见表5.5.1-1。

表 5.5.1-1 泵吸反循环钻进技术参数

地层 规格参数	钻压 kN	转速 r/min	砂石泵排量 m³/h
黏土、硬土层	10~25	30~40	180
砂土层	3~15	20~40	180
砂层、砂卵砾石层	3~10	20~40	180
中硬以下基岩、风化基岩	20~40	10~30	140~160

9. 泵吸反循环钻进操作应遵守下列规定：

- 1) 砂石泵启动后，待反循环正常时，再将钻头下到孔底，并用低钻压、慢转速钻进，逐渐达到正常参数钻进；
- 2) 钻进过程中，应随时观察和检测泵吸反循环运行情况和钻进速度，并随着钻孔深度的增加，逐渐降低钻速，以防止因冲洗液密度加大，而使反循环终止；
- 3) 在砂卵砾石层中钻进时，为防止钻渣堵塞管路，可降低钻压或间断给进等方法钻进，以控制钻进速度；
- 4) 加接钻杆时，应先停钻，将钻具提离孔底 0.20m，维持反循环 1min~2min，将钻具内岩渣排净后停泵再加接钻杆；
- 5) 如孔内出现涌砂、塌孔现象，应及时将钻具提离孔底 0.50m~1.00m，以保持冲洗液循环排渣，并调整泥浆性能，使孔内泥浆液面不低于孔口，以抑制涌砂和孔壁坍塌；
- 6) 钻进至设计孔深后，以低泵量维持反循环进行排渣，直至达到清孔要求为止。

10 泵吸反循环钻进常见事故及处理方法见表 5.5.1-2。

表 5.5.1-2 泵吸反循环钻进常见事故及处理方法

序号	故障现象	故障原因	排除方法
1	真空泵启动时，系统真空度达不到要求	1. 启动时间不够； 2. 气水分离器中清水加量不足； 3. 管路系统漏气，密封不严； 4. 真空泵出现机械故障； 5. 操作方法有误	1. 适当延长启动时间，但不宜超过 10min； 2. 向气水分离器中加足清水； 3. 检修管路系统，尤其是砂石泵塞线和水龙头处不得漏气； 4. 检修或更换真空泵； 5. 按正确操作方法操作

表 5.5.1-2 (续)

序号	故障现象	故障原因	排除方法
2	真空泵启动时，真空度达到要求，但不吸水，或吸水而启动砂石泵时不上水	1. 真空管路或循环管路被堵； 2. 钻头水口被堵塞； 3. 吸程超过设计高度	1. 检修管路、注意检查真空管路上的阀门是否打开； 2. 将钻头提高孔底，并作正循环冲洗
3	灌注泵启动时，灌注阻力大，孔口不返水	1. 管路系统被堵塞物堵死； 2. 钻头水口被孔底沉淀物埋住	1. 清理管路系统堵塞物； 2. 将钻具提高孔底，用正循环冲堵
4	砂石泵启动正常循环后，循环突然中断或逐渐中断循环	1. 管路系统密封不好产生漏气； 2. 管路突然被堵； 3. 钻头水口被堵； 4. 吸水胶管损坏；	1. 检修管路，紧固砂石泵塞线压盖或水龙头压盖； 2. 冲洗管路； 3. 清除钻头水口堵塞物； 4. 更换吸水胶管
5	在黏土层中钻进时，进尺缓慢甚至不进尺	1. 钻头结构不合理或不适应该地层； 2. 形成泥包钻头或糊钻； 3. 钻进参数不合理	1. 检查钻头，必要时更换钻头或重新设计钻头； 2. 清除泥包，调节冲洗液性能，增大泵量解除泥包糊钻； 3. 调整钻进技术参数；
6	在基岩中钻进时，进尺很慢或不进尺	1. 岩石较硬，钻进压力偏低； 2. 钻头损坏切削具崩落，或钻头有缺陷	1. 加大钻进压力调整钻进技术参数； 2. 修复钻头或更换钻头
7	在砂层、砂卵砾石层中钻进时，冲洗液循环突然中断或排量突然减小，钻具在孔内跳动	1. 钻进进尺过快，管路被钻渣堵死； 2. 冲洗液的密度过大； 3. 冲洗液中钻渣含量过大； 4. 孔底有较大直径的卵砾石	1. 降低钻进速度，关闭砂石泵出水阀，以造成管路内较大的瞬时压力波动，可清除堵塞物，或用正循环冲洗堵塞物，否则应起钻排除； 2. 立即停钻提动钻具，调整冲洗液密度至符合要求； 3. 降低钻速，加大泵的排量及时清渣； 4. 起钻后清除大直径卵砾石

表 5.5.1-2 (完)

序号	故 障 现 象	故 障 原 因	排 除 方 法
8	孔壁坍塌	1. 地层松散，稳定孔壁所需的水头压力不够； 2. 钻孔内漏水，孔内水位下降； 3. 操作不当，孔内产生压力激动； 4. 松散地层泵量过大，孔壁失稳造成坍孔	1. 向孔内及时补充冲洗液量，必要时改换泥浆钻进，或抬高水头高度，或下护壁管； 2. 向漏水层位投入泥球堵漏； 3. 注意操作，升降钻具应缓慢； 4. 调整泵量减少抽吸作用

5.5.2 气举反循环钻进

1 气举反循环钻进适用于填土、黏性土、砂性土、砂层、砂卵砾石及较软基岩中成孔。一般在孔深 10m 左右才能形成气举反循环钻进，孔深 50m 以内效率较高，随着孔深的增加，钻进速度逐渐降低。

2 气举反循环钻进的主要机具：

1) 主要机械设备：钻机一般选用转盘式和动力头式钻机。空气压缩机一般选用风量为 $9\text{m}^3/\text{min} \sim 12\text{m}^3/\text{min}$ ，风压 $0.70\text{MPa} \sim 1.00\text{MPa}$ 的空气压缩机。

2) 主要机具：

钻杆——选用钻杆应与钻机、孔径和孔深相适应，无论选用单壁钻杆或双壁钻杆，都要有足够的强度且更换方便，连接对准性好，内壁要平整；

混合器——分外供气和内供气两种形式。外供气式混合器安置在双壁钻杆内外管之间，内供气式混合器安置在风管与中心钻杆（排液管）之间。随着孔深增加，混合器的安置位置应随之下降，宜每 $25\text{m} \sim 30\text{m}$ 调整一次。

3 气举反循环钻进技术参数：

1) 冲洗液量 Q 的确定：

$$Q=900\pi d^2 v \quad (5.5.2-1)$$

式中： Q ——冲洗液量 (m^3/h)；

d ——排渣管（钻杆）内径 (m)；

v ——混合液在排渣管中的上返速度 (m/s)，一般 $v=2\text{m/s} \sim 3\text{m/s}$ 。

气举反循环混合液的最小流量是根据排渣中混合冲洗液的上返流动速度要求来确定。

2) 混合器的沉没系数 k_s ：

$$k_s = s / (s + h_r) = s / H \quad (5.5.2-2)$$

式中 s ——混合器没入孔内水位以下的深度 (m)；

h_r ——气举钻进时气举高度 (m)；

H ——混合器沉没深度指混合器没入钻孔的深度 (m)。

沉没系数 k_s 一般应在 $0.60 \sim 0.80$ 之间，但不应低于 0.50 。

通常在气举反循环中气举高度为 $6.50\text{m} \sim 30\text{m}$ 。

3) 钻压、钻速见表 5.5.1-1。

5.6 潜水钻钻进造孔

5.6.1 潜水钻适用于淤泥、淤泥质土、黏性土、砂土及强风化基岩地层，成孔直径可根据所钻岩土层性质确定，孔深宜小于 50m 。

5.6.2 潜水钻钻头选择：

- 1 黏性土、淤泥及淤泥质土、砂土，宜用笼式钻头。
- 2 砂卵石层、强风化基岩，可用镶嵌硬质合金的笼式钻头。
- 3 孤石及基岩，可用镶嵌硬质合金的筒式钻头。

5.6.3 潜水钻钻进应遵守下列规定：

1 根据不同地层配制不同性能指标的泥浆，并经常检测泥浆的性能指标。

- 1) 黏土、黏性土层中，可注入清水，自然造浆护壁排渣；
- 2) 砂层、砂土层中，应配制相对密度为 1.1 的优质泥浆，孔口排出泥浆相对密度以 $1.2 \sim 1.4$ 为宜；

3) 砂卵砾石层中，孔口排出泥浆相对密度可增大至 1.3~1.5。

2 应注意控制钻进速度，淤泥、淤泥质土中不应大于 1m/min。对其它地层，以不超过钻机负荷、钻机不跳动为宜。

3 出现缩径、严重塌孔、钻孔偏斜或泥浆突然漏失时，应及时回填，重新钻进。

4 加接钻杆时，应先停止电钻转动，将电钻提离孔底 0.20m~0.50m，维持泥浆循环排渣 3min~5min，然后停泵加接钻杆。

5 为防止潜水钻因钻杆折断等原因掉入孔内，应在潜水电钻上加焊吊环，系保险钢丝绳固定在孔外。

6 潜水钻、卷扬机、砂石泵的电缆线均应接入配电箱内，集中控制。通往潜水钻的电缆线不得破损，绝缘良好。

7 钻进中电流一般控制在 30A~40A，不得超过 60A (22kW 电动机)。电流突然上升时，说明电钻超负荷，应立即将电钻上提，以减轻钻头负荷。

8 钻进中严禁超负荷强行钻进。

5.7 螺旋钻钻进造孔

5.7.1 螺旋钻适用于黏性土、填土、粒径不大的卵砾石层及淤泥质土中成孔。若在地下水面上以上钻进成孔效果更佳。

5.7.2 螺旋钻分为长螺旋钻和短螺旋钻两种，其成孔直径为 300mm~1000mm，孔深在 30m 以内，孔深超过地下水水面时，宜采用跟管护壁钻进。

5.7.3 螺旋钻主要机具具有导向钻架、卷扬机、螺旋钻具、动力机等。

5.7.4 不同的地层宜选用不同型式的钻头：

1 尖底钻头——适用于黏性土、较硬土、冻土及强风化岩石。

2 平底钻头——适用于松散土层。

3 耙式钻头——适用于杂填土及小颗粒卵砾石层。

4 筒式钻头——适用于钻进混凝土块、条石及地下障碍物等。

5.7.5 螺旋钻钻进应遵守以下规定：

1 钻进技术参数——转速宜为 $30\text{r}/\text{min} \sim 60\text{r}/\text{min}$ ；钻进压力采用小扭矩钻机时加压为 $10\text{kN} \sim 15\text{kN}$ ，大扭矩钻机时加压为 $20\text{kN} \sim 30\text{kN}$ 。

2 回次钻进深度不得超过螺旋长度。

3 钻进中孔内发生异常情况时，应立即停机提钻检查。

4 钻进中应保持均速给进，以免损坏机械和发生孔内事故。

5 提钻遇阻时，严禁强行起拔钻具。

6 钻进中遇地下水时，钻进深度不得超过初见水位，以防钻孔坍塌。

7 钻进软硬不均地层时，应均速缓慢钻进，严禁加压强行钻进而产生钻孔弯曲。

8 回次钻进后应检查钻头，发现螺旋钻弯曲或损坏时，应立即修复或更换，以防在孔内发生事故。

5.8 潜孔锤钻进造孔

5.8.1 潜孔锤钻进适用于卵石、漂石、基岩地层中成孔。

5.8.2 潜孔锤钻进，排渣可采用泵吸反循环、气举反循环和正循环方法。泵吸反循环、气举反循环适宜于钻孔直径大于 800mm 的桩孔，正循环方法适宜于钻孔直径小于 800mm 的桩孔。

5.8.3 潜孔锤钻进的主要机具包括钻机、空气压缩机和砂石泵组。钻具包括水龙头、钻杆、加重扶正器（钻挺）、钻头等。反循环钻进，应使用双通道水龙头和双壁钻杆。

5.8.4 钻进技术参数：

1 钻进压力——采用加重扶正器（钻挺）和钻具自重加压，保持每厘米钻头直径的压力为 $300\text{N} \sim 500\text{N}$ 。

2 转速——钻进坚硬地层时以低转速为宜，钻头回转线速度

$0.20\text{m/s} \sim 0.40\text{m/s}$ 为宜。

3 风量——反循环潜孔锤钻进的风量应满足潜孔锤性能的要求，一般为 $24\text{m}^3/\text{min} \sim 27\text{m}^3/\text{min}$ 。正循环潜孔锤钻进时，风量除满足潜孔锤性能要求外，还需满足排渣要求，即环状空隙中空气的上返流速应不小于 15m/s 。

4 风压——选择的空气压缩机的额定排气压力，应大于潜孔锤工作压力和平衡地层水柱的压力，一般比潜孔锤工作压力大 0.15MPa 。

5.8.5 潜孔锤钻进操作应遵守下列规定：

1 钻进前，应认真检查钻机、空气压缩机、冲击器等机具，并进行试运行，以确保钻进正常运行。

2 保持冲洗液循环系统或排渣系统畅通，采用反循环钻进时，应保持孔内水位与孔口持平。

3 冲击器工作前应将钻具提离孔底 $0.20\text{m} \sim 0.30\text{m}$ ，待供气与排气正常后，再慢转轻压钻进。

4 钻进时应连续不断送风，随时观察空气压缩机的运转、排气压力、钻具的振动冲击以及进尺变化等情况，若有异常应查明原因，及时处理。

5 停钻前应将钻具提离孔底 $0.10\text{m} \sim 0.20\text{m}$ ，并维持冲洗液循环 $1\text{min} \sim 2\text{min}$ ，待孔底清洁后，方可停气和中断冲洗液循环，以避免钻渣进入冲击器而影响工作性能及寿命。

6 每一回次钻进后，应检查冲击器及钻头磨损情况。

5.8.6 潜孔锤钻进常见事故的预防处理见表 5.8.6。

表 5.8.6 潜孔锤钻进常见事故的预防处理

事故现象	事故原因	预防与处理
冲击器不工作	1. 空压机能力太小； 2. 钻具气路漏气； 3. 钻渣进入冲击器内气路堵死	1. 按要求配备空压机； 2. 检查送气通道，密封情况，并及时更换损坏的密封圈； 3. 按操作要求进行操作，提钻前应排渣，拆卸冲击器进行清洗，除去钻渣

表 5.8.6 (续完)

事故现象	事故原因	预防与处理
钻头合金磨损很快	1. 转速过高； 2. 孔底不清洁	1. 降低转速； 2. 增强排渣能力
泵吸反循环突然中断	1. 地面设备管路漏气； 2. 钻具水、气道串通	1. 适度降低转速； 2. 检查钻具连接处密封圈是否已损坏，并及时更换

5.9 桩孔扩底钻进造孔

5.9.1 扩底钻进是在桩孔钻进至设计深度后，采用扩底钻具，切削孔壁，扩大孔底直径的钻进方法。适用于地下水位以上的坚硬、硬塑、可塑、软塑状态的黏性土及密实、中密、稍密的砂土层。不宜在流塑状态的黏性土、松散砂土、碎石土、卵砾石层中进行扩底钻进。

5.9.2 根据地层选择扩底钻头：

- 1 上开式扩底钻头适用于地下水位较低及含水量较少的黏性土层，或孔壁稳定的软质岩层。
- 2 下开式扩底钻头适于地下水位较高的黏性土、砂层、砂土层。

5.9.3 钻进注意事项：

- 1 扩底钻头下至孔底后，开动钻机逐渐增大轴向压力，迫使扩底翼逐渐张开切削孔壁岩土，钻进速度不宜大于 $0.50\text{m}/\text{min}$ ，直到扩底翼张开到极限位置，再回转数圈。
- 2 扩底钻进时，转速要低于正常钻进的回转速度，钻进速度宜在 $0.50\text{m}/\text{h} \sim 1.00\text{m}/\text{h}$ 。
- 3 提升钻具时，必须在扩底钻头完全收拢和钻机停止转动后进行。

5.10 大口径基岩钻进造孔

5.10.1 大口径（钻孔直径 $750\text{mm} \sim 1200\text{mm}$ ）钻孔适用于探查岩

体缓倾角结构面和软弱夹层取芯造孔，也可适用岩体抗滑桩基造孔等。砂卵砾层中宜采用冲击钻进，坚硬岩石宜采用钢粒钻进，中硬及较软岩石宜采用金刚石复合片及硬质合金钻进，或采用硬质合金破岩滚刀全断面钻进。

5.10.2 大口径钻进的准备工作：

1 设备选择

设备选择的原则应具有足够的功率、扭矩、提升力，转盘通孔应与井径相适应，以及多级变速等技术性能。钻塔应具有足够的稳定性和承载能力。在基岩中钻进孔深 100m 以内，其钻机技术参数见表 5.10.2。

表 5.10.2 钻机设备技术参数

额定功率 kW	转盘扭矩 kN·m	主卷扬提升力 kN	钻塔承载力 kN
50~70	10~20	50	250

2 钻场修筑及机械安装

- 1) 应根据所选用设备类型修筑钻场，并埋置井口管；
- 2) 应在井口处浇筑钢筋混凝土方框，防止地基沉陷；
- 3) 应用 30cm×30cm 的枕木，枕木与机架间用螺栓紧固。

5.10.3 大口径钢粒取芯钻进成孔：

1 大口径钻具：

大口径钢粒取芯钻进的钻具结构示意图见图 5.10.3-1，其

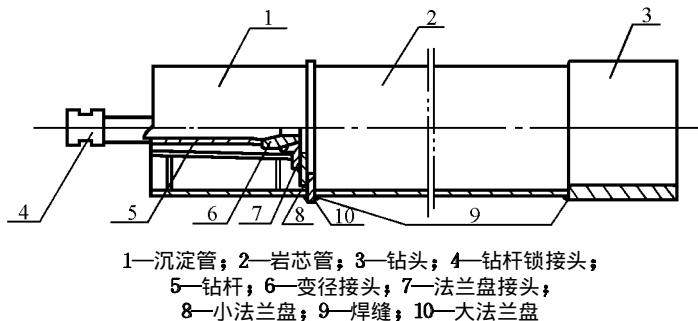


图 5.10.3-1 大口径基岩取芯粗径钻具结构示意图

规格见表 5.10.3-1。

表 5.10.3-1 大口径钢粒取芯钻具规格

钢具规格 mm	钻头				岩芯管			备注
	外径	壁厚	长度	钢号	外径	壁厚	长 度	
1150	1150	50	500	ZG35	1140	20	1000	开孔用
1050	1050	50	800	ZG35	1030	20	1000	
950	950	50	800	ZG35	930	20	1000~2000	
850	850	45	800	ZG35	830	20	2000	
750	750	40	800	ZG35	730	20	2000	备用

注：在岩芯管的上部应设置同径的取粉管，其长度为 0.50m。

2 制作大口径钻具应遵守下列规定：

1) 粗径钻具组装焊接时，应采用电焊连接，焊接前要找正、垫平，法兰盘、钻头、岩芯管中心的不同轴度在 1m 长度内应小于 2mm；

2) 大法兰盘外径磨损与岩芯管相平时，应及时补焊，以减少岩芯管的磨损。

3 钻进技术参数：

1) 大口径钢粒钻进的转速，线速度为 0.85m/s~2.00m/s。钻头压力应根据岩性和动力机的功率确定。冲洗液量应根据岩性变化和钻头直径等因素适当调整。以直径 1150mm 钻头为例，除水口面积外，有效面积达 1400cm²，其钻进技术参数见 5.10.3-2；

2) 采用多次投砂法钻进时，应根据不同岩性每次投砂量宜为 30kg~50kg；

表 5.10.3-2 钻进技术参数

岩石可钻性级别	岩石名称 (举例)	钻进总压力 kN	泵量 L/min	线速度 m/s	一次投砂法的投砂量 kg/回次
10	石英板岩	154~182	600~750	0.85~2.00	100~150
8~9	花岗岩	112~140	650~750	0.85~2.00	80~120
6~7	砂 岩	56~98	600~700	0.85~2.00	40~60
4~5	黏土岩	28~42	600~700	0.85~2.00	20~30

3) 钻粒钻头水口一般为3~4个，均匀分布在钻头唇面上，形状宜为单弧形，水口高度为150mm~200mm，上宽为60mm~100mm，下宽为120mm~200mm；

4) 钻进压力应根据岩石可钻性确定，见表 5.10.3-3。

表 5.10.3-3 不同岩石级别钻头唇面单位钻进压力

岩 石 名 称	岩石可钻性级别	钻头唇面单位压力 kPa
黏土岩	4~5	200~300
灰 岩	5~6	300~400
砂 岩	7~8	400~700
花岗岩	8~9	800~1000

4 钢粒钻进应遵守下列规定：

- 1) 宜采用较长粗径钻具和孔底加压的方法进行钻进；
- 2) 开钻前，应将钻具提离孔底，然后送入冲洗液，以低转速钻至孔底，逐渐转入正常参数钻进；
- 3) 钻进时，正确掌握孔内情况，及时调整钻进技术参数；
- 4) 钻进中，应保持孔内钢粒均匀适量，中途补投砂时，应提动钻具，均匀投砂；
- 5) 钻进中应经常检查转盘固定螺丝连接是否牢固，若发现异常，应停机处理后再继续钻进；
- 6) 钻进中因故停钻时，应将孔内钻具提离孔底0.50m 以

上；

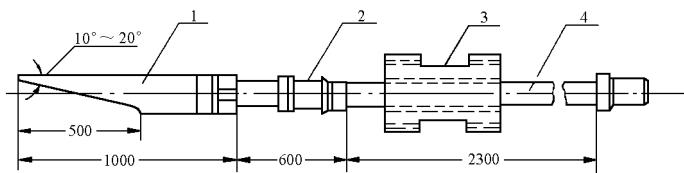
7) 回次终了时，应将钻具提离孔底 0.20m~0.30m，进行清洗钻孔后，再提升钻具。

5 断取岩芯时应遵守下列规定：

1) 断取岩芯要按先清除孔底岩粉，后断取岩芯的工序进行，避免钻孔中沉淀的岩粉给断取岩芯工作带来困难。

2) 排除孔内积水时，应选择相适应的排水水泵，并用专用绳索将其吊挂在井内，吸水龙头距离孔底 0.30m。动力及照明电缆线绝缘良好。

3) 楔断和提取岩芯时，采用楔断法或液压法楔断岩芯的长度宜为 1.20m 以上。当岩芯柱较短时，宜采用爆破法断取岩芯，并内爆破应符合 DL/T 5050 有关条文。如发生岩芯自断钻进阻力加大时，应立即提钻将岩芯取出。楔断大直径岩芯的楔断器和楔断大直径岩芯见图 5.10.3-2 和图 5.10.3-3。



1—楔尖；2—接头；3—重铊（吊锤）；4—钻杆

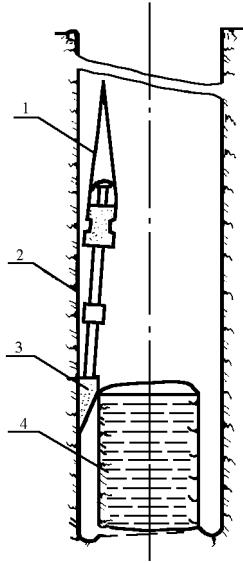
图 5.10.3-2 楔断大直径岩芯楔断器示意图（单位：mm）

4) 井下吊取岩芯时，当发现井壁不稳定、照明不佳、排水不正常等情况，严禁进入井下作业；井口应有专人指挥，井口和井下不得同时作业；井深超过 10m 时，应监测井内氧气含量和有害气体情况，必要时应进行通风；必须采用钢丝绳捆绑岩芯，起吊岩芯时应将井下人员撤离后进行，严禁井下作业人员与岩芯同时起吊。

5.10.4 大口径硬质合金及金刚石复合片钻头取芯钻进成孔：

1 大口径环状取芯钻具见表 5.10.3-1。钻头及岩芯管结构型

式应符合下列要求：



1—钢丝绳；2—孔壁；3—楔

断器；4—大直径岩芯

图 5.10.3-3 楔断大直
径岩芯示意图

1) 覆盖层钻进的钻具，宜采用多翼锥式硬质合金钻头，上端连接沉淀管捞取较大颗粒岩屑；

2) 基岩取芯钻进宜采用阶梯式硬质合金钻头；

3) 为减轻钻具的摩阻力，可在岩芯管外壁加焊 8 条纵向肋骨，加强钻具强度和刚度。

2 钻进技术参数：

1) 钻进压力——钻具自重加压，
钻进压力为 $35kN \sim 45kN$ ；

2) 转速—— $15r/min \sim 39r/min$ ；

3) 泵量—— $1500L/min \sim 1800 L/min$ 。

3 钻进应遵守下列规定：

1) 基岩采用清水钻进，覆盖层宜采用泥浆护壁钻进，泥浆性能指标应符合表 4.2.4-1 和表 4.2.4-2 的规定；

2) 穿过覆盖层深入到基岩后，下

入套管用水泥进行止水；

3) 钻进断取岩芯方法按照 5.10.3 执行；

4) 钻进中应随时检查钻头切削具磨损及镶焊质量状况，对脱落的切削具应及时打捞干净；

5) 由钢粒钻进更换为硬质合金或金刚石复合片钻头钻进时，必须先将孔底残留钢粒打捞干净，防止损坏钻头切削具；

6) 其它操作注意事项，按照 5.10.3 执行。

5.10.5 大口径全断面钻进成孔：

1 破岩滚刀钻头类型应根据不同岩层进行选择。可选用 BD 系列大口径组合式牙轮钻头（直径为 $500mm \sim 2000mm$ ）和 CG 系

列滚刀钻头，见表 5.10.5-1。每个钻头安装滚刀的数量随钻头直径来确定，见表 5.10.5-2。

表 5.10.5-1 大口径破岩滚刀类型

滚刀类型	适用岩层名称举例	可钻性等级
楔齿形长齿	松散砂卵石、黏土	1~5
楔齿型中长齿	泥灰岩、页岩	3~4
楔齿型短齿	灰 岩	5~7
球 齿 型	轻微风化的花岗岩	7~8

表 5.10.5-2 钻头直径与滚刀数量

钻头直径 mm	破岩滚刀数量(个)			备注
	中心刀	边 刀	正 刀	
800~900	1	3	1	表内所列滚刀是指 8 系列滚刀，即大头直径为 200mm
900~1200	2	3~4	1	
1200~1500	2	4~6	2	

2 全断面正循环钻进技术参数：

- 1) 转速——应保证钻头外圈切削刀具线速度小于 1.50m/s。
- 2) 钻进压力——用滚刀钻头钻进时，为提高钻进效率，减少钻头磨损，应在钻具上加配重。钻压配重见表 5.10.5-3。

表 5.10.5-3 钻压配重

钻头直径 mm	800	1000	1200	1500	2000
配重 kN	40~50	50~70	70~100	100~120	150~200

- 3) 泵量及循环方式——采用正循环排渣时，应加大泵量使泥浆上返速度大于 0.40m/s。

3 全断面反循环钻进技术参数：

- 1) 转速——按下式计算：

$$n=120 c/D \quad (5.10.5)$$

式中 n ——钻头转速 (r/min);
 c ——滚刀大头直径 (mm);
 D ——钻头直径 (mm);
 120——滚刀的转数标准值 (120r/min)

2) 钻进压力——由粗径钻具的自重来实现，单只滚刀所需钻压见表 5.10.5-4。总压力等于单只滚刀压力乘以滚刀数量。

表 5.10.5-4 单只滚刀钻压

岩层类型			单只滚刀所需钻压 kN
分 类	岩石名称	可钻性等级	
软 岩	土、砂、黏土岩	2~4	20~30
中硬岩	石灰岩、砂页岩	5~6	30~40
硬 岩	石英砂岩、花岗岩	7~8	40~50

3) 泵量及循环方式——采用泵吸方法或气举方法两种方式。钻杆内冲洗液的上升速度应大于 3m/s。当钻杆内径为 150mm 时，应选用泵吸方法，流量需 210m³/h；如采用气举反循环方法，流量需 130m³/h。

- 4 大口径全断面钻进应遵守下列规定：
- 1) 在钻进过程中，严防孔内掉入各种金属器件等；
 - 2) 起、下钻具时，应检查粗径钻具的滚刀、刀座、连接盘紧固螺栓、加重块、导正盘，以及异径接头是否磨损、松动、脱焊、破裂等，必要时应进行修复或更换；
 - 3) 钻头护筒上的护块磨损后，应及时修补；
 - 4) 为保证钻头的使用寿命，减少磨损，钻头配重上端应加导正器；
 - 5) 刀座材质为合金钢，更换时应用 J507 焊条焊接；
 - 6) 钻进中注意观察仪表，控制合理的钻压及足够的悬吊量，进行减压钻进；
 - 7) 钻具连接螺栓必须采取防松措施；
 - 8) 在钻进中，如发生钻机振动较大，必须采取固定措施，防

止钻机位移；

9) 开钻前先向井内供水，待水面上升到预定高度时，开启反循环系统，直到反循环系统工作正常后，开动转盘钻进；采用泵吸方法时液面应保持在井深 5m 以内，气举方法应保持混合器没入液面下的深度大于 10m；

10) 开动转盘前，应将钻具提离孔底 0.30m~0.50m，待转盘正常回转后，再将钻具缓慢放至孔底，逐渐加大钻压进行正常钻进；

11) 钻进中随时观察反循环系统运行情况，停钻或提钻时，应先将井内岩渣排除干净；

12) 粗径钻具应安装上开式沉淀管；

13) 应备有通用和专用的打捞工具（如电磁深水打捞器、矢锥等）。

5.10.6 起、下钻具时应遵守下列规定：

1 起、下钻具前，检查卷扬机刹车、离合器、游轮组、吊钩保险销子等是否灵活可靠，起重钢丝绳是否完好。

2 提升钻具或岩芯遇阻时，严禁强行起吊。

3 提放钻具时，提引器的快卡子应安全可靠；重物放倒摘掉快卡子时，应立即用绳索拉住吊钩，防止吊钩摆动伤人。

4 升降钻具或起吊岩芯时，操作要平稳，不得猛提、猛刹车，防止发生事故。

5 操作人员应与井口人员明确分工，紧密配合，由专人统一指挥，确保安全生产。

5.11 钻孔深层搅拌桩

5.11.1 深层搅拌法用于处理淤泥、淤泥质土、粉土、砂性土及含水量较高的黏土等软土地基。通过专制的深层搅拌机具，利用水泥、石灰等材料作为主固化剂，将软土硬结成具有整体性、水稳定性和一定强度的优质地基。

5.11.2 深层搅拌法施工前应作好下列准备工作：

1 施工现场应平整，并清除地上、地下障碍物。低洼场地应清淤，分层回填黏性土料并夯实，在高（陡）边坡或高层建筑物附近施工时，应采取措施确保边坡稳定。地表过软时，应采取措施防止施工机械失稳（下沉、倾倒）。

2 按照桩位设计图实地测放桩位，作出桩位标志，其误差不得大于 50mm，所测放的轴线应妥善保护。

5.11.3 深层搅拌法施工机械安装必须遵守下列规定：

1 深层搅拌钻机的组装应在平整较硬的地面上进行。

2 灰台和泵房应靠近钻机布置。存放水泥的基台应离开地面 0.30m 以上，周围应挖排水沟。空气压缩机安装应防止粉尘和浆液污染。

3 送粉、送浆、送风管路连接必须可靠，不得泄漏，接口处应加保险销。

4 电器设备应严防油、水、粉尘、浆液污染入侵。现场电线绝缘要良好。

5 开钻前应对各系统进行调试，对计量器具进行率定，使其符合设计规定。

6 根据设计要求先进行成桩试验，确定搅拌桩的配比和施工工艺。

5.11.4 深层搅拌桩成桩施工应遵守下列规定：

1 施工采用的固化剂和外掺剂制成的加固土必须通过室内试验合格后方可使用。固化剂浆液应严格按设计配比拌制，经筛选后倒入集料斗用泵连续送入。制备好的浆液不得离析，停置时间不得超过 2h，浆液拌制的罐数、固化剂与外掺剂用量、泵输送浆液的时间等均应有专门统计记录。

2 搅拌桩的垂直度偏差不得超过 1%，对设计要求搭接成墙的桩施工应连续进行，相邻桩施工时间间隔不得超过 24h。

3 深层搅拌法分为湿法（又称水泥浆搅拌方法）和干法（又称粉喷搅拌方法）两种。施工时必须按下列步骤进行：

1) 湿法施工——深层搅拌钻机就位对中桩位→预搅下沉→制

备固化剂浆液→喷浆搅拌提升→重复搅拌下沉→重复搅拌提升直至孔口→关闭搅拌钻机移位；

2) 干法施工——深层搅拌钻机就位对中桩位→送气下沉至设计深度→打开料斗盖子进行加料（水泥），然后盖好盖子准备送粉→钻头反旋转喷水泥粉搅拌上升至设计停灰面，并在桩体关键部位（桩头、桩端）进行复搅和复喷→检测料罐内水泥量，确认喷粉量是否达到设计标准，对未达到质量标准的应立即进行复搅复喷，将深层搅拌钻机移位至下一桩位。

4 采用湿法施工预搅下沉时不宜冲水，当遇到较硬土层下沉太慢时，可适量加水；干法施工时地下水位以上可加水，使水泥水解，但不得过量加水，以免影响桩身强度。

5 搅拌钻机喷浆（粉）提升的速度应满足搅拌钻头旋转一周提升量为 15mm~17mm 的工艺要求。孔深记录误差不得大于 50mm，时间误差不得大于 5s。

6 施工中因故停工、停电时应注意如下事项：

1) 施工中因故暂时停浆（粉），宜将搅拌头下沉至停浆（粉）点以下 0.50m，待恢复正常供浆（粉）后再继续喷浆（粉）提升；

2) 若停机 1h 以上，应先将搅拌钻头提至地面，并用清水（气）清洗设备和管道，防止水泥浆（粉）在设备和管道中凝固结块。

5.11.5 质量检验：

1 施工过程中的记录要准确，并对每根桩进行质量检查评定。发现不合格的桩必须采取补桩、补强或加强邻桩等措施。

2 搅拌桩应在成桩后 7d 内，用轻便触探器钻取桩身加固土样，检查搅拌均匀程度和桩身强度。检验桩的数量应不少于已完成桩数的 2%，总桩数在 20 个以内时，应检验 2 个桩。

3 经触探检验对桩身强度有怀疑时，应钻取芯样，制成试块，测定其强度。

4 对相邻桩搭接要求严格的工程，应在桩体养护到一定龄

期后，按设计要求选取数根桩体进行开挖，检查桩体部分外观质量。

5 在一个单元工程内应选1~3根桩进行单桩载荷试验，检查其承载力。

6 施工结束15d后方可开挖基槽（坑），基槽（坑）底端标高0.50m以上宜采用人工开挖。基槽开挖后，检验桩位、桩数与桩顶质量。

5.12 钻孔树根桩造孔

5.12.1 钻孔树根桩主要用于建筑物的软土地基加固（如古建筑物整修、地下铁道穿越、桥梁工程）。造孔直径为75mm~250mm，钻孔深度小于30m，钻孔角度多为斜孔。

5.12.2 钻孔树根桩施工前应作好下列准备工作：

1 查清地基的持力层、下卧层、岩土体的性状及水文地质等。

2 收集需要加固处理建筑物的结构设计、沉降观测和损坏等资料。

3 树根桩在施工前，应安设监测装置，应经常观测记录建筑物的沉陷与抬动等情况。

5.12.3 钻孔机械设备选择与安装应遵守下列规定：

1 机械设备选择

1) 钻机选择应根据施工场地狭窄、钻孔直径较小和钻孔角度多变的特点，选用轻便型立轴式油压钻机；

2) 泥浆泵宜选用变量泵，并配备高、低速水泥浆搅拌机；

3) 钻塔可根据施工条件采用桅杆、双腿和三腿轻便型钻塔。

2 设备安装

1) 按照设计要求的钻孔倾角和方位埋设基枕木，钻机就位后，调整钻机的方向和立轴角度使其符合设计要求，将钻机固定在基台木上；

2) 制浆设备、钢筋笼制作设备、材料储存等应布置在施工方

便的地方。

5.12.4 钻具选择应符合下列规定：

1 在钢筋混凝土和砖石结构及基岩基础中，可采用潜孔锤、牙轮钻头、硬质合金钻头、孕镶金刚石钻头钻进。

2 在黏土层中可选用肋骨硬质合金钻头，或大出刃硬质合金钻头钻进。

3 钻具直径和长度应根据钻孔孔径、孔深、孔斜要求以及施工场地空间等因素确定。

5.12.5 钻进成孔应遵守下列规定：

1 在硬基上开孔时，应先凿平孔口，再用金刚石钻头或硬质合金钻头开孔钻进；在软基上开孔时，应埋设 1m~2m 长度孔口保护管。

2 当穿过杂填土地层、缩径或塌孔地层、淤泥质土层时，宜采用套管护壁。

3 在复杂地层中采用冲洗液钻进时，宜使用植物胶优质泥浆。

4 钻进中应采用防止孔斜措施，确保钻孔角度符合设计要求。

5 孔底沉渣厚度不得超过 0.10m。

6 在加固处理特殊、危险建筑物基础时，应采取安全防护措施。

7 钻进技术参数和操作注意事项，应按照 DL5013 执行。

5.12.6 下入钢筋笼应遵守下列规定：

1 钢筋笼的形状和规格应符合设计要求。

2 根据设计要求和桩孔直径，下入桩孔中的钢筋、钢筋束或小型钢筋笼均应居中，钢筋笼外径应小于设计桩径 30mm~50mm。混凝土保护层厚度应大于 20mm。

3 向桩孔内下入钢筋笼时要对准孔位、吊直扶稳，缓慢下沉，避免碰撞孔壁。在斜孔中应采取措施防止钢筋笼（束、筋）端部插入孔壁土体中。在施工时应尽量缩短吊放和焊接时间。

5.12.7 灌注浆液应遵守下列规定：

1 灌注浆液方式可采用循环式或纯压式。如采用纯压式注浆时宜分两次进行，即在第一次注浆的浆液初凝后终凝前，再进行第二次注浆。注浆压力必须符合设计要求。

2 注浆管应采用直径 20mm 的钢管制作，管底 1m 范围内制作成花管状，其孔眼纵向四排、直径为 8mm、孔距为 100mm。并将第二次注浆管的花管部分包裹封闭，防止第一次注浆时浆液进入管内，注浆管下入孔内距孔底 0.20m。

3 采用注浆材料和配合比应符合设计规定，通常采用 425 号或 525 号普通硅酸盐水泥，砂料应过筛清洗，配制时可适量加入减水剂及早强剂。配合比为：

纯水泥浆采用水泥：水 = 1.00 : 0.40 ~ 1.00 : 0.50

水泥砂浆浆采用水泥：砂：水 = 1.00 : 0.30 : 0.40

4 注浆应连续进行，对注浆管要不定时上下串动，注浆结束时应立即起拔注浆管，并保持边拔管边向孔内注浆。注浆结束后由于水泥浆液收缩，孔口标高宜高于设计标高。

5.12.8 钻孔树根桩必须与上部结构联成整体，在穿过既有建筑物基础时，应凿开基础，将主钢筋与树根桩主筋焊接牢固，并将基础顶面上的混凝土凿毛，浇注一层大于原基础强度的混凝土。

5.12.9 质量检验时，主要检查树根桩与上部结构联接是否符合设计要求。

5.13 钻进冲洗液及净化处理

5.13.1 钻孔冲洗液分为清水和泥浆，钻进冲洗液及净化处理，按照 4.2.4 执行。

5.14 清 孔

5.14.1 桩孔终孔后，选择相应的清孔方法将孔底和泥浆中的沉渣清除。

5.14.2 清孔方法：

1 掏渣清孔

采用钢丝绳冲击钻进和冲抓锥钻进的桩孔，用掏渣清孔方法掏出的钻渣粒径小于2mm时为止，并保持孔内泥浆相对密度为1.10~1.25。亦可在清渣后投入适量浸泡过的散、碎黏土，低锤拌浆，使孔底剩余钻渣悬浮于泥浆之中，用掏砂筒捞除。干孔作业施工的桩孔，用掏土方法清除虚土，不得用冲洗液循环清除孔底虚土。

2 冲洗液正循环清孔

用正循环回转钻进成孔的桩孔，钻进至设计标高后，将钻头提高孔底0.10m，输入相对密度为1.05~1.08的干净泥浆进行循环，泥浆的上返流速不小于0.25m/s，直至孔口返出的泥浆性能指标与输入的泥浆性能指标一致时为止。

3 泵吸反循环清孔

用泵吸反循环钻进成孔的桩孔，钻进至设计孔深后，立即将钻头提高孔底0.10m，继续进行泵吸反循环，直到排出的泥浆与输入的干净泥浆性能指标基本一致时为止。清孔过程中，要始终保持孔内原有浆液面的高度，防止孔壁坍塌。

4 压缩空气清孔

压缩空气清孔的主要机具包括空气压缩机（常用6m³/0.70MPa~9m³/0.70MPa）、出水管、送气管、气水混合器等。出水管直径一般不小于108mm，送气管直径为20mm~25mm，管路系统连接密封可靠，确保清孔效果。出水管底端距离孔底0.20m~0.30m。

5.14.3 清孔过程中应随时测量孔底沉渣厚度，泥浆的含砂量及泥浆相对密度。当沉渣厚度达到规定要求、泥浆含砂量不大于6%、泥浆相对密度为1.05~1.08时，可终止清孔，并保持孔内浆液高度，防止孔壁坍塌。孔底沉渣厚度的测量，可采用钻杆连接平底钻头测量沉渣厚度，严禁用测绳测量沉渣厚度。清孔结束后，2h内应进行混凝土灌注。

5.15 钢筋笼制作与吊装

5.15.1 钢筋的种类、钢号、尺寸规格应符合设计要求。钢筋焊接质量应符合 SDJ207—82 的规定。

5.15.2 钢筋笼允许尺寸偏差应符合下列要求：

钢筋笼直径：±10mm

钢筋笼长度：±100mm

钢筋笼弯曲率： $\leq 1\%$

主筋弯曲率： $< 1\%$

主筋间距：±10mm

箍筋间距：±20mm

加强筋间距：±10mm

5.15.3 钢筋笼主筋混凝土保护层厚度水下灌注时为 50mm，干孔灌注时为 30mm。

5.15.4 焊接要求：

1 箍筋（含加强筋）必须上下搭接，焊接长度为箍筋直径的 8~10 倍。

2 分段制作的钢筋笼，在同一截面内主筋焊接接头不得超过主筋总数的 50%，并间隔焊接，主筋焊接长度为主筋直径的 8~10 倍。

5.15.5 为确保钢筋笼制作质量，制作场地应平整，并设置必要的等分支撑架等工艺装备。

5.15.6 钢筋笼的吊装定位：

1 应根据钢筋笼直径大小和长度在顶端设置 2~4 个起吊点，以避免起吊时产生不可恢复的变形。

2 吊装时，应对准孔位，垂直轻放，不得左右转动，严禁猛落和强制下入。

3 钢筋笼吊装入孔后的位置允许偏差：钢筋笼中心与桩孔中心偏差：±10mm；钢筋笼定位标高：±50mm。

4 分段吊装时，上下主筋应对正，保证钢筋焊接的质量符合

5.15.4 的规定。

5 钢筋笼吊装完毕后，应将主筋点焊于孔口护筒上，使其固定。

5.16 混凝土的配制与灌注

5.16.1 桩孔混凝土灌注方法分干孔灌注和水下灌注。水下灌注必须采用导管法灌注混凝土。配制混凝土的水泥，应根据设计选择。所用水泥标号不得低于 425 号，配制混凝土强度干孔灌注不得低于 C15，水下灌注不得低于 C20。

5.16.2 配制混凝土的粗骨料应选用质地坚硬的卵砾石或碎石，粒径为 5mm~40mm 的连续级配。钢筋混凝土用导管浇筑时，最大粒径不得大于钢筋最小净距的 1/3，且不得大于 50mm。干孔灌注素混凝土粗骨料粒径不得大于桩径的 1/4，最大不得大于 70mm，并符合表 5.16.2-1 的规定。粗骨料中泥土及杂物等的含量应符合表 5.16.2-2 的规定。

表 5.16.2-1 卵砾石颗粒级配范围

级 配 情 况	公称 粒径 mm	累计筛余，按重量计 %								
		筛孔尺寸（圆孔筛） mm								
		2.5	5	10	15	20	30	40	60	80
连续 粒 级	5~15	95~100	90~100	30~60	0~10	0				
	5~20	95~100	90~100	40~70		0~10				
	5~30	95~100	90~100	70~90		15~45	0~5	0		
	5~40		90~100	75~90		30~65		0~5	0	
单 粒 级	10~20		95~100	85~100		0~15	0			
	15~30		95~100	95~100	85~100		0~10	0		
	20~40				80~100		0~10	0		
	30~60				95~100		75~100	45~75	0~10	0
	40~80				95~100		70~100	30~65	0~10	

5.16.3 细骨料宜采用中粗砂，颗粒级配应符合表 5.16.3-1 的规定，其泥土及杂物等的含量应符合表 5.16.3-2 的规定。

表 5.16.2-2 混凝土用卵石和碎石的技术要求

项次	项 目	高标号 ($\geq C30$ 号) 混凝土	一般混凝土
1	空隙率不大于 %	45	45
2	卵石软弱颗粒含有量，按重量计不大于 %	5	10
3	针片状颗粒含量，按重量计不大于 %	10	15
4	泥土、杂物（用冲洗法试验），按重量 计不大于 %	1	2
5	硫化物和硫酸盐的含量（折算为 SO ₄ ）， 按重量计不大于 %	1	1
6	强度以岩石试件（边长 $\geq 5\text{cm}$ 的立方体）在饱水状态下的抗压极限度与混凝土强度等级之比，不小于 %	150	150
7	卵石有机含量（用比色法试验）	颜色不得深于标准色，如深于 标准色，则应以混凝土进行强度 对比试验，加以复核	
8	抗冻性按硫酸钠法试验时，最少循环 次数（且其重量损失不超过 10%）	寒冷地区处在水位变化范围内的或处在吸水范围内的混凝土结 构 7 次，暴露在空气中遭受湿气 影响但不在吸水范围内的混凝土 结构 5 次，严寒地区分别为 10 次 和 7 次	

注

- 1 有抗冻要求的混凝土，所用卵石按高标号混凝土技术要求执行。
- 2 针状颗粒是指其长度大于该颗粒所属粒级的平均直径 2.4 倍者；片状颗粒是指厚度小于 0.4 倍者；平均粒径是该颗粒上下限粒径的平均值。

表 5.16.3-1 混凝土用砂颗粒级配区

网眼尺寸 mm	分 区 筛 余 量 %		
	一 区	二 区	三 区
10.00	0	0	0
5.00	10~0	10~0	10~0
2.50	35~5	25~0	15~0
1.25	65~35	50~10	25~0
0.63	85~71	70~41	40~16
0.315	95~80	92~70	85~55
0.16	100~90	100~90	100~90

表 5.16.3-2 混凝土用砂的技术要求

项次	项 目	高标号 ($\geq C30$ 号) 混凝土	一般混凝土
1	含泥量, 按重量计不大于 %	3	5
2	云母含量, 按重量计不宜大于 %	2	
3	轻物质含量, 按重量计不宜大于 %	1	
4	硫化物及硫酸盐含量, 按重量计 (折算成三氧化硫) 不大于 %	1	
5	有机质含量 (用比色法试验)	颜色不应深于标准色, 如深于 标准色, 则应配成砂浆, 进行强 度对比试验, 予以复核	

注

1 对有抗冻、抗渗或其它特殊要求的混凝土用砂, 其含泥量不应大于 3%。云母含量不应大于 1%。

2 对含有颗粒状的硫酸盐或硫化物, 经专门检验, 确认能满足混凝土耐久性要求时方可采用。

5.16.4 拌制混凝土用水应符合 SDL207—82 的规定。

5.16.5 根据工程设计要求, 需在混凝土中掺合外加剂时, 必须先进行试验, 以确定外加剂的种类、掺入量及掺入程序。

5.16.6 混凝土拌和要均匀, 在输送和灌注过程中能保持良好的

和易性、流动性，并满足输送及灌注所需的初凝时间。

5.16.7 混凝土配合比应根据设计要求，对采用的原材料性质必须先经过实验室试配与调整，以确保达到设计要求及经济合理的混凝土配合比。

5.16.8 混凝土配合比应符合下列要求：

1 水灰比：一般为 0.40~0.60，水下灌注不得大于 0.50。
2 每 $1m^3$ 混凝土水泥用量：水下灌注不得低于 370kg，干孔灌注不低于 300kg。

3 含砂率：水下灌注为 40%~45%，干孔灌注为 30%~35%。

4 坍落度：水下灌注为 16cm~20cm，干孔灌注为 7cm~9cm。

5.16.9 混凝土拌制：

1 每盘混凝土应严格按施工配合比投料，不得超过下列规定的偏差：

- 1) 水：±2%
- 2) 水泥：±2%
- 3) 粗、细骨料：±3%
- 4) 外掺剂：±0.3%

2 混凝土控制最短搅拌时间见表 5.16.9。

表 5.16.9 混凝土搅拌最短时间 s

坍落度 cm	搅拌机类型	搅拌机容积 L		
		<400	400~1000	>1000
≤3	自落式	90	120	150
	强制式	60	90	120
>3	自落式	90	90	120
	强制式	60	60	90

注：冬季施工和掺入外加剂时，适当延长搅拌时间。

5.16.10 混凝土灌注机具：

1 隔水封隔器

一般采用与桩身等强度的混凝土制作，其技术规格见图 5.16.10。

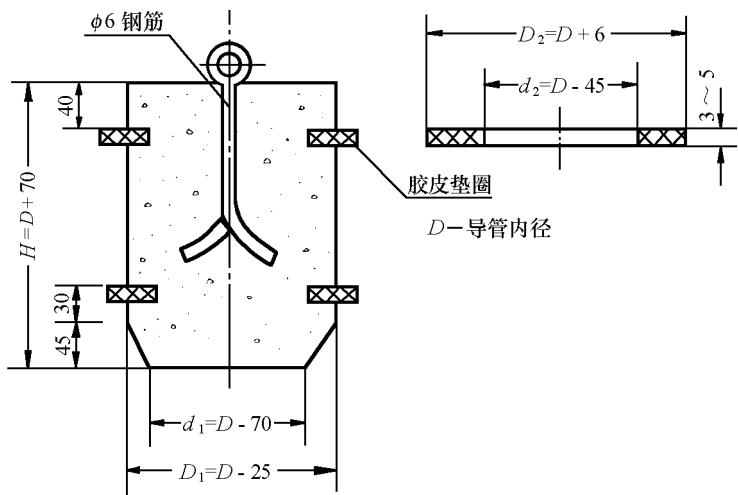


图 5.16.10 隔水封隔器

2 导管

1) 灌注导管一般用无缝钢管或钢板卷焊制作，导管的技术规格见表 5.16.10；

表 5.16.10 导管规格和适用范围

导管内径 mm	适用桩径 mm	通过混凝土 能 力 m^3/h	导管壁厚 mm		备 注
			无缝钢管	钢板卷管	
200	600~1200	10	6~8	4~5	
230~255	800~1500	15~17	6~8	5	导管连接和卷焊管 焊缝必须密封不漏水
300	≥ 1500	25	8~10	6	

2) 导管长度：组合成导管柱后，上部应有长度为 0.30m、0.50m、1m 的短管，中部一般为 2m，最下端一节为 4.50m～6.00m；

3) 导管可用法兰盘连接或螺纹连接，并用 4mm～5mm 厚的橡胶垫圈或橡胶“O”形密封圈密封，连接处不得泄漏。采用法兰盘连接时，法兰盘外径宜比导管外径大 80mm～100mm，法兰盘厚度为 12mm～16mm，在其周围对称设置连接螺栓一般不应少于 6 个，并在法兰盘与导管连接处设置与螺栓孔错开的筋板或加强筋，以加强连接强度和防止挂笼；

4) 导管制作和组合技术要求：

导管连接部位内径偏差不得大于 2mm，每节导管的平直度偏差不得超过 0.5%；内壁应光洁、平整；应对组合导管柱作过球试验，即将制作好的隔水封隔器投入能顺利通过；应对组合导管柱作压水试验，压水压力为 0.5MPa～0.7MPa 时，导管柱连接处及焊缝，管身不得有渗漏。

3 漏斗及储料斗

1) 漏斗和储料斗可用厚度为 4mm～6mm 的钢板制作，并用角钢加固，不得漏浆，泄料顺畅、不留浆；

2) 漏斗和储料斗的容积之和应根据桩孔初灌量确定；

3) 漏斗设置高度应操作方便，并保证灌注到最后阶段有足够的压力。当桩顶低于孔内水位时，漏斗设置高度应高于孔内水位 2m，当桩顶高于孔内水位时，漏斗设置应高于桩顶 2m。

5.16.11 混凝土灌注：

1 干孔灌注

1) 干孔灌注适应于无水或少水的桩孔，若孔底水深超过 50mm，必须进行抽水方能进行灌注。灌注应快速，使混凝土对孔壁迅速形成超过渗水压力的压力；若孔内渗水上升速度大于 6mm/min 时，不能采用干孔灌注方法灌注；

2) 混凝土可直接投入或用串筒进行灌注，串筒应对准桩孔中心，且串筒底口距混凝土面不得大于 2m，距桩顶 2m 范围的混凝

土应用振捣器分层捣实。

2 水下灌注

- 1) 吊装灌注导管位于桩孔中心，导管底口距孔底 0.30m~0.50m；吊装导管时，应防止撞坏钢筋笼。
- 2) 隔水封隔器应用 8 号铅丝悬吊于导管内水位以上。
- 3) 首批混凝土出料时，应检测其坍落度和制作一组试块。
- 4) 首批混凝土灌注后，应观察孔口返水（泥浆）是否正常，并测量导管埋深是否达到要求。
- 5) 进入正常灌注后，应连接不断地进行灌注，严禁中途停灌。正常情况下每灌注 3m~4m 测量一次，进入桩顶部位应随时测量，发现严重超径、缩径、漏失层位等应随时进行测量，并观察孔口返水（泥浆）是否正常。灌注过程中要适时提升，拆除部分导管，保持 2m~6m 的导管埋深。
- 6) 灌注过程中如出现钢筋笼上浮，应及时采取以下措施：加强钢筋笼与孔口护筒的固定；适当减少导管埋深，但不得少于 2m；灌注速度要快，防止灌注时间过长影响混凝土的流动性。
- 7) 灌注工作接近结束时，由于导管内与外环状空间内混凝土面高差减小，超压力降低，此时环状空间内泥浆含钻渣量多，导致灌注阻力增大，可采取向孔内注水稀释掏渣或用泵抽吸泥浆等方法，确保灌注顺利进行。
- 8) 灌注结束后，应及时清洗现场和灌注机具。
- 9) 灌注中常见故障及处理方法，见表 5.16.11。

表 5.16.11 灌注中常见故障及处理方法

常见故障	产生故障的原因	故障处理方法
隔水封隔器卡在导管内	1. 隔水封隔器翻转或胶垫过大； 2. 隔水封隔器遇物卡住； 3. 导管连接不直； 4. 导管变形	用长钻杆冲捣或振动，若无效时可提出导管，取出隔水封隔器重放，并检查导管连接的垂直度或更换变形的导管

表 5.16.11 (续完)

常见故障	产生故障的原因	故障处理方法
导管内进水	1. 导管连接处密封不严，垫圈损坏或放置不平整，法兰螺栓松动； 2. 初灌数量不够，混凝土未埋住导管下端	1. 提出导管，检查垫圈密封情况； 2. 提出导管，清除灌入的混凝土，重新开始灌注，增加初灌量，调整导管底口至孔底高度
混凝土在导管内出不去或流动不畅	1. 混凝土配比不符合要求； 2. 混凝土搅拌质量不符合要求； 3. 混凝土严重泌水离析； 4. 导管内进水，造成混凝土严重稀释分离； 5. 灌注时间过长，混凝土已初凝	1. 按混凝土比例要求重新拌和并检查坍落度； 2. 检查水泥品种、标号和质量，按要求重新拌制； 3. 按设计配合比重新拌和； 4. 上下提动导管，使导管疏通。若无效，提出导管进行清理后重新插入混凝土内，将导管内泥浆、浮浆、杂物等清除干净，恢复灌注
灌注混凝土不连续造成断桩	1. 导管提升过快，造成导管底部离开混凝土面； 2. 灌注过程中因故中断	1. 适当降低导管提升速度，控制好导管在混凝土中的埋深； 2. 排除故障继续浇筑混凝土
灌注混凝土过程中产生夹层	1. 导管埋深不够，渗入浮浆； 2. 孔壁坍塌物混入混凝土内； 3. 导管进水使部分混凝土稀释	1. 增加导管埋深； 2. 增大泥浆密度； 3. 更换泄漏件；
钢筋笼错位或回窜	1. 钢筋笼焊接质量不符合要求； 2. 钢筋笼与孔口管固定不牢固	1. 吊起钢筋笼重新焊好下入孔内； 2. 检查钢筋笼固定情况，并加焊固定

5.16.12 高温季节施工：

1 高温季节施工配制混凝土宜选用矿渣硅酸盐水泥，并应采取降温措施。

2 室外温度超过 30℃时，混凝土中应适量加入缓凝减水剂，

以调整混凝土的凝结时间，使其在 4h~8h 内具有灌注所需的流动性。

3 温度过高时，宜在夜间施工，灌注时间不宜超过 4h，在使用缓凝剂的同时，还应在保持水灰比不变的条件下，适度增大水及水泥用量。

4 灌注工作结束后，应及时对桩头进行养护。

5.16.13 低温季节施工：

1 室外气温低于 5℃ 时，配制混凝土宜选用硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥，水灰比不应大于 0.50，宜掺入外加剂并采取保温措施。

2 拌制后的混凝土温度应保持在 10℃~20℃ 为宜。水及骨料需加热时，温度不得超过表 5.16.13 的规定。

表 5.16.13 拌和水及骨料的最高温度

项次	项 目	水 ℃	骨料 ℃
1	标号小于 525 号的普通硅酸盐水泥、矿渣硅酸盐水泥	80	60
2	标号大于或等于 525 号的硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥	60	40

注：宜将水温加到 100℃，骨料不加热。但水泥不应与 80℃以上的水直接接触。

3 使用热水拌制混凝土时，应先将水和骨料稍加搅拌后，再加入水泥，搅拌时间可适当延长。

4 冬季施工灌注的混凝土，受冻前其抗压强度应符合下列规定：硅酸盐水泥、普通硅酸盐水泥配制的混凝土为设计强度的 30%，矿渣水泥配制的混凝土为设计强度的 40%。

5 混凝土灌注结束后，应立即对桩顶进行保温养护，气温低于 5℃ 时，不得浇水养护。

5.16.14 混凝土质量检查：

1 为了检查和控制混凝土质量，应按下列要求提取混凝土试样进行检验：

1) 首批灌注的混凝土，应提取试样，检查和易性、坍落度，

并制作一组试块；

2) 按指定部位提取混凝土试样，水泥批次变化应提取混凝土试样；

3) 混凝土试块应在 20℃±3℃ 条件下进行水中养护或模拟桩孔条件养护。

2 应用养护 28d 龄期的试块作轴心抗压强度试验，或按工程设计特殊需要可作抗剪、抗弯、抗渗、抗冻等项目的试验。

6 水工建筑物地基处理施工造孔

6.1 一般规定

6.1.1 灌浆造孔直径、钻孔位置、倾角方向和造孔深度必须符合设计要求。造孔可采用金刚石取芯或全断面钻头、金钢石复合片钻头、硬质合金钻头、小口径牙轮钻头和潜孔锤钻进技术等。

6.1.2 回填灌浆和造孔在衬砌混凝土达到设计强度 70% 以后进行。

6.1.3 固结灌浆和造孔在回填灌浆结束 7d 以后进行。

6.1.4 钢板衬砌段的接触灌浆和造孔应在混凝土衬砌 60d 后进行。

6.1.5 素混凝土衬砌时，可直接造孔进行灌浆。钢筋混凝土衬砌时，应在预埋管中造孔灌浆，以避免损坏混凝土中的钢筋。

6.1.6 灌浆造孔应按设计的次序编号进行。钻进中应记录岩石裂隙、软弱夹层、孔壁掉块、塌孔和水文地质等情况。

6.1.7 施工现场应道路畅通、场地平整，并设置专用风、水、电管线。

6.2 回填灌浆造孔

6.2.1 施工机具选择：

1 在小直径隧洞中进行回填灌浆造孔施工时，可搭设临时脚手架作为工作平台施工，在大直径隧洞中则应采用专用台车进行施工。

2 钻孔宜采用风动气腿式凿岩机或冲击回转钻机。

6.2.2 回填灌浆造孔应遵守下列规定：

1 隧洞回填灌浆造孔施工应由较低的一端开始，向较高的一端推进，并分成区段进行造孔，每区段长度不宜大于 50m，区段端部必须封堵严密。

2 回填灌浆造孔可在同一区段内，将同一序孔全部钻完后再进行灌浆，或单孔分序施工。

3 开孔钻进时，应以较小压力钻进，待钻进 50mm~100mm 后再加大压力钻进，并保持钻杆方向与钻孔设计轴线一致。

4 钻进中应适当给水冲洗钻孔，以降低粉尘，严禁打干钻。中途停钻时应将钻具提出孔外。

5 回填灌浆造孔前，应对衬砌混凝土的施工接缝和缺陷处进行全面检查，对可能漏浆的部位，以及围岩坍塌、溶洞、严重超挖等特殊情况及时进行处理。

6 造孔结束后，应将钻孔冲洗干净再进行灌浆。

6.3 固结灌浆造孔

6.3.1 机具选择：

造孔机械可根据钻孔终孔深度确定，终孔深度小于 5m 时，宜选用风动或电动凿岩机造孔，终孔深度大于 5m 时宜选用回转式钻机或潜孔锤冲击回转钻机造孔。

6.3.2 固结灌浆造孔应遵守下列规定：

1 灌浆孔成孔后，应将孔内岩粉杂物冲洗干净，并用压力水进行裂隙冲洗，直至回水清洁时为止，其冲洗压力可为灌浆压力的 80%，但最大不得超过 1MPa。

2 固结灌浆前应按照设计和灌浆规范进行压水试验，试验孔数不少于总孔数的 5%。钻孔总数少时，可经协商确定。

6.3.3 灌浆造孔成孔后，应进行单孔质量检验，检验内容包括：钻孔位置、钻孔倾角与方位角、孔径、冲洗钻孔、钻孔深度（包括所穿过地层的位置及厚度）。

6.4 帷幕灌浆造孔

6.4.1 钻孔机械设备选择与安装应遵守下列规定：

1 应根据施工场地大小和造孔深度，选择相适应的立轴式油压钻机或全液压坑道钻机造孔。

2 应选用多缸往复式灌浆泵，其压力必须满足灌浆设计要求，排量不得低于 100L/min。

3 钻机的安装应根据钻孔数量，可考虑铺设轨道移动式钻机平台。

6.4.2 粗径钻具长度不应小于 3m，在廊道和井洞内可视施工条件确定。

6.4.3 钻进成孔应遵守下列规定：

1 开孔时应采用轻压、慢转，钻进至设计孔段灌浆之后，镶嵌孔口管，并用水泥砂浆固结。

2 帷幕灌浆孔钻至灌浆段后，宜采用压力水冲洗钻孔，其压力为灌浆压力的 80%，孔底沉淀厚度不得超过 0.20m。在基岩复杂地层中是否进行裂隙冲洗，应通过现场灌浆试验确定。

3 钻孔孔壁应平直，遇到洞穴、塌孔或掉块难以钻进时，可先进行灌浆，再继续钻进造孔。

4 采用自上而下分段灌浆时，先导孔应在冲洗裂隙后，自上而下分段进行压水试验。采用自下而上分段灌浆时，先导孔仍应在冲洗裂隙后自上而下分段进行压水试验。

5 灌浆钻进造孔应采用清水或压缩空气作冲洗液介质。

6 钻进技术参数应按照 DL5013 执行。

7 灌浆钻孔在钻进过程中，应详细记录钻孔裂隙、软弱夹层、掉块坍塌、地下水位等情况。

8 造孔质量检查：

1) 核对钻孔深度、孔径、孔斜是否符合设计要求；

2) 冲洗钻孔记录是否符合设计标准。

6.4.4 除执行本规程外，其它还应遵守 SL62 之规定。

6.5 高压喷射注浆施工造孔

6.5.1 高压喷射注浆方法，是利用高压水流或浆液将土层、砂层、砂砾石地层切割注入胶凝材料，搅拌凝结成墙体或桩体，适用于水电水利工程的挡水堤坝、涵闸、泄水及其它建筑物地基的

防渗处理和加固工程，见表 6.5.1-1。根据地基处理形式的不同，可选择旋转喷射注浆、定向喷射注浆和摆动喷射注浆工艺，见表 6.5.1-2。

表 6.5.1-1 高压喷射注浆适用工程范围

防 渗 止 水 工 程	防渗止 水注浆	1. 防治土坝、堤防、贮水池、港湾、基坑竖井的渗漏； 2. 防治土堤、土坝、桥梁、水闸的基础渗漏掏刷； 3. 沟道或地下较浅层水的截堵（地下截水墙）； 4. 板桩等防渗工程不连续部位的整体连接； 5. 防治盾沟、地下管道的泄漏
	接触面 注 浆	1. 土与石、土与混凝土、混凝土接触面缝隙的防漏； 2. 破碎带的止水
加 固 工 程	增 强 注 浆	1. 建筑物不均匀沉陷的防治； 2. 稳定固化地基与基坑相邻建筑物基础的保护；地下建筑工作面的稳定；软基增强固化；防治砂基液化；建筑复合式地基；盾沟、隧道等地下工程的周边和起止处防护；坍塌滑坡；竖井壁稳定； 3. 防治桥、涵闸等建筑物墩台基础、岸坡的冲刷坍塌； 4. 增加锚固力； 5. 独立的建筑物基础
	防震注浆	1. 设备、厂房基础防震； 2. 堤、坝砂土壳体的整体锚固防震

表 6.5.1-2 高压喷射注浆形式

形式	旋 喷 法		定 喷 法 (提升法)	摆 喷 法 (提摆法)
	旋喷法	旋提喷法		
喷嘴运 动方式	只旋转 不提升	边旋转 边提升	不旋转只提升	沿一定的方向边旋摆边提升 (一般 20°~30°)
固结体形状	圆 盘	圆 柱	薄板墙	较大厚 度的板墙

6.5.2 机具设备选择：

1 施工前应根据设计要求、地层土质条件，选择相适应的工程钻机造孔和喷射注浆设备，或采用振、打、冲等方法，将特制的喷射管一次下到设计深度。

2 高压喷射注浆泵在卵砾、漂石地层中，喷射水压力宜大于35MPa；在淤泥及淤泥质土层中，喷射水压力宜小于25MPa。其使用主要机具设备及技术参数见表 6.5.2。

表 6.5.2 喷射注浆主要机具及技术参数

项 目 \ 方 法	单 管 法	双 重 管 法	三 重 管 法
主要设备名称	高压泥浆泵 钻 机 搅拌机 高压管 喷射单管	高压泥浆泵 钻 机 搅拌机 高压管 空气压缩机 喷射双重管	高压水泵 钻 机 搅拌机 高压管 空气压缩机 喷射三重管 泥浆泵
高压水或浆	P MPa	20~25	20~25
	Q L/min	>70	>70
	喷嘴直径 mm	1.5~3.0	1.5~3.0
	喷嘴个数	1~2	1~2
压缩空气	P MPa		0.70
	Q m³/min		≥ 2
	d mm		2~4
水泥浆	P MPa	20	0.70~1.00
	Q L/min	25~100	60~150
	喷嘴直径 mm	1.2~1.3	2~3.2
	喷嘴个数	1~2	1~2
喷射管径 mm		42~50	42、50、23
提升速度 cm/min		20~25	10~15
			6~12

表 6.5.2 (续完)

项 目	方 法	单 管 法	双 重 管 法	三 重 管 法
旋 转 速 度 r/min	20	5~10	5~10	5~10
钻 孔 孔 径 mm	46~59	91~130	130~170	

注：在工程需要时可采用高水压、高浆压同时（双高压）喷射增强切割搅拌加固效果。

6.5.3 机械设备的布置与安装必须遵守下列规定：

1 造孔机械及辅助设备的安装，可按照 DL5013 进行。在采用泥浆护壁造孔时，应修筑泥浆循环槽及多个沉淀池，进行泥浆的收集与净化。

2 注浆系统的供水、供气、供浆设备应分开布置，防止相互干扰与污染。机械安装要求稳固、周正、水平，各部连接螺栓要加垫紧固，插口要穿保险销。

3 电机设备必须严防油水污物侵入。施工现场电线应绝缘良好。

4 安全防护设施要牢固可靠，消防设备要齐全。冬季施工要作好防冻措施。

6.5.4 钻进造孔采用泥浆护壁时，泥浆的性能指标应符合 4.2.4 的规定。

6.5.5 造孔施工应遵守下列规定：

1 造孔施工程序：测量放线定孔位→钻机安装→钻进成孔→单孔质量验收。

2 钻孔位置偏差不得大于 50mm，孔口应埋设孔口管，并用水泥砂浆浇筑固定。

3 按照设计要求钻进造孔，岩芯（样）采取率不得低于 90%，并作好岩芯（样）的编录工作。

4 钻进过程中应详细记录不同地层的厚度和岩性、地下障碍

物、洞穴、涌水、漏浆等情况；如发现与提供的资料不符时，应及时提出修改设计。

5 终孔深度应大于设计孔深 0.20m。孔底沉渣不得大于 0.10m。防渗工程的钻孔孔斜每 100m 应小于 1°00'。钻孔经验收合格后，方可进行高压喷射注浆。

6.5.6 高压喷射注浆浆液性能指标的确定应遵守下列规定：

1 浆液材料的选择

1) 注浆的浆液材料为水泥和水，水泥浆液中加入的掺合料必须符合设计要求；

2) 水泥的品种标号应符合设计要求；

3) 水泥使用前应进行质量鉴定和筛网筛选；

4) 注浆用水应符合 JGJ63—89《混凝土拌和用水标准》的规定；

5) 浆液内掺合的砂应为质地坚硬的天然砂或机制砂，其各项指标为：细度模数宜小于 2，粒径宜小于 1.50mm，硫化合物(SO₃) 含量宜小于 1%，含泥量及有机物含量宜小于 3%；

6) 浆液内掺用的黏土塑性指数不宜小于 14，黏粒（粒径小于 0.005mm）含量不宜低于 25%，含砂量（粒径 0.05~0.25mm）宜小于 5%，有机物含量不宜大于 3%；

7) 浆液内掺合的粉煤灰应为精选的粉煤灰，不宜粗于同时使用的水泥，烧失量宜小于 8%，SO₃ 含量宜小于 3%；

8) 外加剂的种类和掺用数量应根据注浆目的，凝结体性能要求及浆液的特性，并通过室内试验和现场注浆试验确定。

2 浆液配制

1) 注浆浆液的水灰比应按照工程设计要求确定，采用单管、双重管和三重管法的浆液其水灰比值宜为 1:1~1:1.50；

2) 浆液中掺合黏土、砂或粉煤灰时，水泥含量应大于 30%；

3) 浆液应具有良好的流动性和稳定性，结石的渗透性或强度应达到设计标准；纯水泥浆可不再进行性能试验；加掺合料的浆液应根据工程需要进行性能试验；

4) 水泥浆液自制备至用完的时间宜小于 2h，掺合速凝剂的浆液应通过试验确定；

5) 浆液的密度变化范围，采用单管、双重管、三重管时应为 $1.36\text{g/cm}^3 \sim 1.50\text{g/cm}^3$ ；

6) 浆液配制计量要准确、投料应均匀、连续搅拌；搅拌时间不得少于 3min，高速搅浆机搅拌的时间不得少于 1min，掺用黏土或粉煤灰搅拌浆液的时间应增加 1/2。

6.5.7 孔口回浆应经沉淀处理后方可利用。废弃浆液应及时清除。

6.5.8 高压喷射注浆施工应遵守下列规定：

1 施工工序为：高喷台车就位→试喷率定→下入喷射管定向→喷射注浆→回浆提升→终孔停喷回灌→冲洗管路→移动高喷台车。

2 喷射管下入钻孔前，应送水、送气试喷，将水、气压力和流量调节到设计规定的压力和流量。

3 下喷射管时为防止喷嘴堵塞，宜在下管同时低压输送水、气、浆，或对喷头采用临时性保护措施。

4 喷射管下至设计孔深后，应按规定的压力、流量值送水、气、浆喷射 1min~3min，待回浆冒出孔口时，再按设计规定的提升、旋转和摆动速度，自下而上全孔连续作业。中间因故停喷时，提升的搭接长度不应小于 0.50m。停喷时间超过 2h 应冲洗管路。

5 喷射浆液密度、回浆密度和回浆量每 20min~30min 测量记录一次。

6 终止喷射时，应停止送水、送气、送浆，然后将喷射管提出进行冲洗，并利用喷射浆液或回浆进行静压回灌，直至浆面不下降为止。

7 高压喷射注浆时，应对处理工程和邻近建筑物，进行渗漏、沉降、倾斜、裂缝等观测。

8 喷射注浆中发生异常情况时，应按下列规定处理：

1) 喷射注浆中发现回浆量减少或不回浆时，应立即停止喷射

提升，待查明原因后，宜采取降低水压力、加大浆液密度、掺加速凝剂、改用水泥砂浆或向孔内填入黏土堵塞漏浆等措施；

2) 喷射注浆孔口回浆量超过喷浆量的 20%时，应提高喷射压力，加快提升速度；

3) 喷射注浆中邻近钻孔发生窜浆时，应按上述第一项方法处理，或增大一序孔间距；

4) 孔口回浆密度小于规定值时，应停止喷射提升，待查明原因后进行处理。

6.5.9 高压喷射注浆质量检查：

1 质量检查在高压喷射注浆结束 28d 后进行，检查孔的数量为施工总孔数的 2%~5%，不足 20 个孔的工程至少检查 2 个孔。

2 高压喷射注浆质量检查内容包括：防渗墙或桩体的渗透系数、抗压强度、弹性模量、连续性和连接质量，以及加固处理已建工程地基的观测资料。

3 质量检查方法：

- 1) 布置围井进行开挖检查及抽水试验；
- 2) 钻孔取芯检查，并进行压（注）水试验；
- 3) 现场动测试验及荷载试验；
- 4) 安装测压管和量水堰进行渗漏观测。

6.5.10 工程竣工验收：

高压喷射注浆施工结束后，施工单位应提出验收报告，由建设单位组织验收。工程验收应提交下列资料：

- 1 高压喷射灌浆设计文件；
- 2 高压喷射注浆施工合同书；
- 3 高压喷射注浆施工组织设计；
- 4 原材料试验报告；
- 5 施工质量检验报告（含单元工程质量验收）；
- 6 有关的专题研究报告；
- 7 施工原始记录；
- 8 竣工报告和竣工图件。

7 岩体边坡治理工程造孔

7.1 一般规定

7.1.1 在需要锚固的岩体上钻孔至设计深度后，下入锚固体，使用注浆泵通过注浆管将水泥浆或水泥砂浆注入锚孔中，待浆液凝固后达到锚固效果。

7.1.2 应详细了解地质结构及滑动层面位置和施工环境等情况。

7.1.3 锚固孔倾角与方向、孔径和孔深必须符合设计要求。

7.1.4 施工造孔过程中，应配合设计对锚固区段的位置和岩层分层厚度进行验证。

7.1.5 锚桩和预应力锚索孔孔口坐标误差不得大于 100mm。

7.1.6 预应力锚索孔定位，可在浇筑边坡混凝土时，采用以锚索孔为中心预留锚索垫墩位置的方法进行。

7.1.7 排水孔施工造孔的倾角与方向、孔径、深度等必须符合设计要求。覆盖层宜采用跟管护壁钻进。

7.2 钻孔锚桩施工造孔

7.2.1 锚桩孔施工准备：

- 1 施工单位应按照施工详图进行锚桩孔放样定位。
- 2 应将锚桩孔口的覆盖物清除干净，并用木料支护或混凝土砌护，以保护好孔口的安全。
- 3 施工场地平整，工作平台搭设稳固，道路畅通，并设置专用风、水、电管线。

7.2.2 锚桩钻孔施工：

- 1 钻孔设备应根据地层岩（土）体的性质结构，桩孔直径、深度等选择相适应的机械设备。
- 2 钻孔机械安装应遵守下列规定：

1) 钻机宜安装在基岩或混凝土基础墩上，并用螺栓将机架与枕木联成一体，使其周正、水平、牢固。

2) 应在孔口处浇筑混凝土框架，预埋孔口管，设置可靠无泄漏的冲洗液循环系统。

3 造孔施工应遵守下列规定：

1) 开孔钻进前应将孔口岩面凿平，缓慢转动钻具轻压钻进，待钻进一定深度，逐渐转为正常钻进；

2) 钻进技术参数：采用环状取芯钻进和全断面钻进方法时，可按照 5.10.3, 5.10.4, 5.10.5 执行。

7.2.3 锚桩井的施工方法：

1 锚桩井用于桩体直径大于 1500mm 和桩体断面为矩形、长方形的锚桩，其深度应按设计要求确定。

2 锚桩井施工可采用机械或人工开挖，松散地层采用混凝土沉井护壁的施工方法进行。

3 开挖施工及不良地质段的临时支护处理等，应按 DL/T 5050 规定执行。

7.2.4 桩体钢筋混凝土施工应遵守下列规定：

1 锚桩孔、井达到设计深度后，应将桩孔、井底清理干净，其沉渣厚度不得大于 0.10m。

2 钢筋笼制作与吊装按照 5.15 执行；灌注混凝土按照 5.16 执行。

3 当设计有特殊要求，为增加抗滑桩群整体侧向抗剪切力，需将单桩顶部用钢筋混凝土梁连接。

7.2.5 锚桩钻孔施工结束后，应进行质量验收。

7.3 锚杆施工造孔

7.3.1 锚杆施工造孔应遵守下列规定：

1 锚杆孔水平方向孔距误差不应大于 50mm，垂直方向孔距误差不应大于 100mm；锚杆孔孔底偏斜距不宜大于锚杆长度的 3%；锚杆孔的孔深误差不得超过 50mm。

2 锚杆钻孔机械的选择应根据地质及施工条件等确定。可采用气动冲击凿岩机、潜孔锤、回转式钻机、移动式凿岩台车等。

3 钻孔用水对周边地基和锚固段围岩有不良影响时，应采用无水钻孔方法成孔。

4 钻孔成孔条件困难时，可采用固结灌浆或跟管钻进成孔，但不得采用泥浆钻进。

5 钻孔过程中，若有地下水从孔内溢出，可采取灌浆堵水的措施。

6 锚杆锚固段宜采用风水联动清洗干净，提高锚杆注浆后的锚固效果。

7.3.2 水泥砂浆锚杆安装应遵守下列规定：

1 拌制水泥砂浆使用的水泥和水的质量应符合设计要求和SL46的规定。

2 水泥砂浆配合比（重量比）必须符合设计要求。常用配合比为：

1) 水泥:砂:水=1:1:0.50；

2) 水泥:水=1:0.45~1:0.50；

3) 骨料宜采用中、细砂，最大粒径应小于2.50mm，使用前必须经过筛分和清洗干净；

4) 拌制水泥砂浆应均匀，防止石块或其它杂物混入，随拌随用，在初凝前使用完毕。

3 注入水泥砂浆前应检查注浆器的工作性能，并用水或稀水泥浆润滑管路。

4 安装锚杆宜用“先插锚杆后注浆”的工艺。锚杆安装后孔内必须注满水泥砂浆，孔口应采用临时性封堵固定措施。

5 安装水泥药卷锚杆时，水泥药卷应先在清水中浸泡后，方可下入锚孔内。

6 安装锚杆后，在水泥砂浆未凝固之前不得敲打、碰撞或拉拔锚杆。

7.3.3 模型预应力锚杆安装应遵守下列规定：

- 1 锚杆在存放、搬运和安装过程中，应保持杆体和部件的完好，杆件上端螺纹应采取保护措施，防止损坏。
- 2 锚杆安装前应检查钻孔深度。
- 3 楔缝式锚杆入孔前，应将楔子与杆体组装好。锚杆入孔就位后，对杆体的外露端施加压力，使锚头张开与孔壁紧密结合，再安装垫板，拧紧螺母。
- 4 倒楔式锚杆入孔前应将外楔片、楔块和冲击杆等部件组装好，并进行临时捆扎定位。锚杆入孔就位后，对冲击杆施加压力将楔片楔紧，提出冲击杆，安装垫板，拧紧螺母。

5 锚杆张拉应按下列方法进行：

- 1) 张拉锚杆可采用拉伸机、空心千斤顶、专用预应力扳手等机具进行，张拉过程中应保持锚杆轴向受力；
- 2) 张拉力的大小必须符合设计要求；
- 3) 间距较小的锚杆群，张拉锚杆时应注意相互影响。

7.3.4 锚杆孔灌注水泥砂浆应按下列方法进行：

- 1 水泥砂浆的质量应符合 7.3.2 的规定。根据工程需要可适当提高水灰比，必要时应经过“注浆密实性试验”确定注浆工艺。
- 2 封孔注浆应在锚杆张拉之后规定的时间内完成。

7.4 预应力锚索孔造孔

7.4.1 锚索孔的孔深、孔径、倾角、方位角均应符合设计要求。其允许误差应符合下列规定：

- 1 孔深误差不得大于 0.20m。
- 2 机械式锚固段孔径不得大于设计孔径的 3%，最大不得大于 5mm。
- 3 孔斜误差不得大于 3%，有特殊要求时不大于 0.8%。
- 4 锚索孔偏角误差不得大于 1°00'。

7.4.2 钻孔机械设备选择及安装应遵守下列规定：

1 锚索孔施工可选用潜孔锤或回转钻机。

2 钻机安装：

1) 钻机就位准确，钻机立轴中心轴线与锚索孔的倾角及方位角符合设计要求；

2) 钻机应固定牢靠；

3) 锚孔施工过程中，钻机的位置不得随意变动，直至锚索孔验收合格后方可移动钻机。

7.4.3 锚索孔施工造孔应遵守下列规定：

1 开孔时应低压、慢转导向钻进，并校核钻孔倾角及方位角是否符合要求。

2 钻进宜采用潜孔锤钻进方法，其技术参数为：

1) 转速—— $30\text{r}/\text{min} \sim 90\text{r}/\text{min}$ ；

2) 钻压——宜与冲击器对岩石冲击力相近，垂直孔应根据钻头直径和钻具重量确定，一般每厘米钻头直径的压力为 $300\text{N} \sim 500\text{N}$ ；

3) 风量——应满足冲击器作功所需的风量。

3 采用潜孔锤钻进造孔时，应控制钻速，每钻进一回次，应倒杆充分排粉和修正孔壁。

4 钻孔用水对周边岩（土）体有不良影响时，应采用无水钻孔方法。

5 钻进破碎地层时，宜采用固结灌浆方法、局部封孔方法及小径超前灌浆方法等固结护壁。

6 施工过程中，若有地下水从孔内溢出时，应采取注浆堵水措施。

7 钻进孔内水泥固结孔段时，应用同级钻头钻进。

8 松散土层锚索孔成孔，可采用跟管钻进方法。

9 机械式锚索锚固段宜选用金刚石钻头钻进成孔。

10 钻孔过程中，应采用导向钻具钻进，及时测斜、纠斜。

11 钻进施工过程中必须对岩层、岩性和孔内情况等进行详细记录。

7.4.4 钻孔应穿过岩体滑动面，锚固段应设置在新鲜完整的岩层中。施工中发现与上述要求不符时，应提出修改设计。

7.4.5 锚索孔终孔后，锚固段应清洗干净，孔底沉渣不得大于0.20m。

7.4.6 锚索编制、下锚、注浆、张拉等可按照SL46执行。

7.5 排水孔施工造孔

7.5.1 排水孔钻进工艺、设备的选择应符合下列规定：

1 在岩石中钻孔，可选用风动凿岩钻机或回转式钻机潜孔锤钻进。

2 覆盖层钻孔，宜选用回转跟管护壁钻进和潜孔锤冲击跟管钻进。

7.5.2 排水孔钻进应遵守下列规定：

1 根据设计和岩石情况确定孔位并作出标记，孔位偏差不得超过100mm。

2 钻孔深度、孔径应符合设计要求，钻孔宜一径到底。

3 破碎复杂地层宜采用跟管钻进，套管壁厚不得小于3.50mm，单根套管长度为1m~2m。

4 钻孔终孔后应清洗干净，测量孔斜，每100m孔斜度不得大于2°00'。

7.5.3 排水管安装应符合下列规定：

1 排水管的规格、型号、材质应符合设计要求，过滤器长度不得小于孔内渗流孔段长度。

2 按照设计要求，将过滤管准确地下入到孔内渗流孔段。

3 排水管孔口部位应用水泥砂浆固定，其面积不小于0.30m×0.30m；排水管应超出孔口0.30m，并将排出的水引入排水沟内。

7.5.4 在松软土层中埋设孔隙水压力计（以下称孔压计）应遵守下列规定：

1 采用直径为110mm的钻具钻进至设计埋深仪器位置上部

0.50m，下入保护套管至孔压计埋设位置上部1.30m处。

2 将孔压计连接在钻杆下端，利用钻杆（导向）将孔压计送至孔底，使用钻机立轴向下施加压力，将测试原件（传感器）压入孔底土层中0.50m设计要求的位置，经检测孔压计完好后，下入黏土泥球封孔直至套管口，然后将孔压计所有电缆线穿入保护套管引至地面观测仪器。

3 用水泥砂浆抹平孔口部位，作好孔口保护。

4 填写孔压计安装埋设记录，绘制钻孔安装结构图。

7.5.5 排水孔造孔、排水管和孔压计的安装，应有准确、完整的原始记录和图件资料。

8 大坝变形观测孔造孔

8.1 大坝位移观测垂线孔造孔

8.1.1 基本要求：

1 坝体位移观测垂线孔，广泛用于水工建筑物的位移观测，一般钻孔有效直径不得小于 150mm，垂线保护管的直径不论钻孔深浅，均不应小于 127mm。

2 钻孔开孔直径、换径深度与次数，应根据地质条件、设计孔深和选用的钻机机型确定。钻孔直径宜采用一径到底。

3 钻孔施工放样位置与设计孔位坐标偏差不得大于 20mm。

4 孔口导向管中心与设计坐标偏差不得超过 5mm。

5 孔深 0m~20m 每钻进 1m 必须测量孔斜一次。

6 垂线保护管的埋设，宜采用二次水泥砂浆灌注回填固定。

7 垂线锚块的埋设应符合设计要求，钢丝垂线与保护管管壁的距离不得小于 50mm。

8.1.2 造孔机械设备选择与安装：

1 造孔机械设备选择应符合下列规定：

1) 钻机——扭矩应大于 5kN·m，立轴通孔直径不得小于 90mm；

2) 水泵——宜选用变量水泵，最大水泵压力不得小于 5MPa，最大排水量不得小于 250L/min；

3) 钻塔——应根据施工现场条件确定，其承载力不得小于 100kN。

2 造孔机械安装应遵守下列规定：

1) 将钻机安装在混凝土支垫墩上，活动机架应能沿孔位坐标水平移动，并用经纬仪校正钻机立轴和钻孔中心点在同一垂线上，再将钻机地脚螺栓紧固；

2) 钻塔顶部天车前沿、立轴中心和孔口中心三点必须呈一直线。钻塔四脚必须用螺栓紧固在钻机混凝土支垫墩上。

8.1.3 钻具选择应符合下列规定：

- 1 选用同轴度好、刚性强的钻具组。
- 2 选用壁厚 6mm~8mm 的粗径钻具并加钻杆扶正器。
- 3 减少孔壁与粗径钻具之间的间隙。常用粗径钻具长度及孔壁环状间隙见表 8.1.3。

表 8.1.3 粗径钻具长度及孔壁环状间隙

环状间隙 mm	0.50	1.00	1.50	2.00	2.50	3.00
粗径钻具长度 m	2~3	3~4	4~6	6~8	8~10	10~12

8.1.4 钻进造孔：

1 开孔：

1) 采用比设计孔径大两级的钻头开孔钻进深度大于 1m 后，埋设导向管。经测量校正后，浇筑水泥砂浆砌置支承体，并在导向管口刻划钻孔坐标定位十字线；

2) 宜采用硬质合金钻头钻进深度超过孔口导向管底端 0.50m~1.00m 后，换用金钢石钻头钻进，以防孔口导向管松动或损坏金钢石钻头。

2 钢粒钻进造孔应遵守下列规定：

1) 钢粒钻头的技术规格应符合表 8.1.4-1 的要求：

表 8.1.4-1 钢粒钻头技术规格

钢 级	DZ40	注 1. 水口均为单弧形，允许用氧气切割； 2. 钻头唇部严重变形必须切除后方可使用
壁厚 mm	15~18	
总长度 mm	500~600	
螺纹长度 mm	75~100	
水口高 mm	200	
水口上宽 mm	30~50	
水口下宽为圆弧长度	$\frac{1}{6} \sim \frac{1}{8}$	

2) 钢粒形状为直径 2.50mm~4.00mm 的圆柱体，热处理后的硬度应大于 HRC50，抗压强度见表 8.1.4-2；

表 8.1.4-2 钢粒抗压强度

钢粒直径 mm	2.50	3.00	3.50	4.00
直径与长度变化范围 mm	2.30~2.70	2.80~3.20	3.30~3.70	3.80~4.20
抗破碎压力 N/粒	9800	12000	14000	16000

3) 钻进技术参数应根据岩石物理性质、设备能力、钻头直径、钢粒质量等因素进行选择，见表 8.1.4-3；

表 8.1.4-3 钢粒钻进技术参数

钻头直径 mm	转速 r/min	钻 压 kN	冲洗液量 L/min
170	60~120	30~45	60~80
220	60~120	30~45	60~100

- 4) 采用一次投砂法时，一般回次投砂量为 5kg~12kg；
- 5) 粗径钻具必须配置长度为 1.50m 的上开口马蹄形取粉管，回次钻进提钻前应冲洗钻孔，孔底沉淀超过 0.50m 时应进行打捞；
- 6) 钻进中应根据岩石变化、钻进速度、回水等情况及时调节冲洗液量，以保持钻头唇面有足够的钢粒刻取岩石；
- 7) 每回次钻进提钻后，应仔细检查钻头唇面磨损形状、取粉管内岩粉粗细、岩芯直径均匀度等情况，以优化钻进技术参数；
- 8) 在岩石性质及孔径相同的条件下，投砂量和钻进技术参数必须保持一致；

9) 钻头水口不宜过大。

3 大口径金钢石钻进造孔应遵守下列规定：

1) 孕镶金钢石大口径钻头，金钢石的粒度、浓度、品级、胎体硬度等，应根据所钻岩石性质来确定；

2) 钻进技术参数见表 8.1.4-4；

表 8.1.4-4 孕镶金钢石钻头钻进技术参数

钻头直径 mm	转速		钻压 kN	泵量 L/min
	转速 r/min	线速度 m/s		
151	114~310	0.90~2.45	20~32	60~135
171	114~248	1.02~2.22	23~36	63~143
222	65~180	0.76~2.09	30~46	88~197
275	65~114	0.94~1.66	38~58	110~246

注

1 钻头唇部厚度为 12mm；

2 金钢石浓度 100%，布满度 48%，金钢石参加切削比例系数为 0.40~0.60。

3) 回次钻进提钻后，应仔细检查钻头磨损情况，优化钻进技术参数；

4) 为确保垂线钻孔的垂直度，宜采用孔底加压钻进方法；

5) 钻进中及时调节水量大小，确保钻头底部有足够的冲洗液量，防止发生烧钻事故；

6) 由硬质合金钻进改为金钢石钻进时，应采用旧的金钢石钻头钻进深度 0.30m 后，更换新的金钢石钻头钻进。

4 空气潜孔锤钻进造孔应遵守下列规定：

1) 技术参数应根据岩石可钻性、孔壁稳定性、钻孔深度以及地下水等情况来选择。其钻进技术参数见表 8.1.4-5。

表 8.1.4-5 空气潜孔锤钻进技术参数

钻机转速 r/min	钻 压 kN	空气压缩机风量 m ³ /min	风 压 MPa
10~30	0.30~0.52	24~27	1.40~1.70

2) 钻孔直径宜一径到底，采用大直径钻杆，每隔 2m 加一个扶正器。扶正器与钻孔孔壁之间的配合间隙不得大于 5mm。

3) 钻进中无异常情况不得提动钻具。如发现阻力较大、进尺变慢和憋车时可适当提动钻具，严禁强拉硬提。

4) 遇到孔壁不规则、钻进和起下钻受阻时，应送风上下串动钻具，利用锤击修平孔壁，严禁开车旋转钻具。

8.1.5 防止孔斜应遵守下列规定：

1 开孔钻具与孔口管内壁间隙不得大于 2mm，换径时必须使用孔内导正器。

2 钻杆、粗径钻具、扶正器相互连接同轴度要好，正常钻进粗径钻具长度不应小于 6m。

3 钻进软弱夹层、硬脆碎及陡倾角地层时，应降低转速，减压钻进。

4 孔深 20m 以后，每钻进 1.50m~2.00m，必须测量孔斜。

5 宜采用金钢石钻头钻进，确保钻孔垂直度。

8.1.6 钻孔纠斜方法：

1 调整钻孔轴线纠斜方法：应在钻机机座下安装 180mm×70mm 槽钢制成的井形框架，使钻机能沿钻孔轴线 25mm 范围内移动。

2 局部填封纠斜方法：在钻孔偏斜较大孔段，用高标号水泥掺合石块填封钻孔，待水泥凝固后进行导向钻进。

3 跳级换径纠斜方法：应一次缩小孔径 2~3 级，经测斜使套管中心线垂直，并用水泥浆将套管固定，再换用小一级金钢石钻头钻进。

4 导向器纠斜方法：将导向器放置在纠斜位置，经检查无误后回填水泥砂浆，待其凝固后继续钻进。

5 扩孔纠斜方法：当发现钻孔偏斜时，可采用导向钻具扩孔钻进。

8.1.7 造孔质量检验：

钻孔终孔后清除孔底残留，磨平孔底，冲洗钻孔。然后自下而上每隔 2m 逐段测量孔斜，并作出钻孔投影图、钻孔柱状图，整理原始资料。对不符合要求的孔段进行处理直至合格。

8.1.8 垂线保护管安装应遵守下列规定：

1 根据钻孔投影图计算出钻孔底部中心与孔口中心的偏斜值，以确定钢筋耳环空间距离，并将钢筋耳环焊接在保护管下端。

2 当钻孔深度小于 30m 时，宜采用一次灌注方法安装保护管；钻孔深度大于 30m 时，应采用二次灌注方法安装保护管。

3 保护管应符合下列要求：

1) 选用钢管的圆柱度允差小于 $\pm 0.50\text{mm}$ ，加工前的弯曲度每 1m 应小于 1mm；

2) 保护管两端连接螺纹加工不得有裂纹、损伤，螺纹部分应涂丝扣油，连接后同轴度要好，不松动、不漏水，保护管内壁应除锈涂防锈漆；

3) 保护管下入钻孔之前，应在地面连接、调整、编号，做好记录；

4) 辅助工具材料及机械设备均应检查校对，不符合要求的严禁使用。

8.1.9 垂线锚块埋设应遵守下列规定：

1 根据垂线保护管各测点高程的偏心值绘制投影图，确定锚块中心位置，确保垂线钢丝距保护管壁任何一点不小于 50mm。

2 锚块埋设前，必须对钢丝与锚块连接处进行拉力试验，并在保护管内试放，检查锚块埋设位置是否符合设计要求。

3 埋设锚块宜选用水灰比为 0.50:1 的水泥浆，保护管底部注浆量以能将锚块埋入为限，严禁将垂线钢丝埋入水泥浆中。

8.1.10 浮标组件安装应遵守下列规定：

- 1 锚块埋设 5d 后，方可进行浮标组件安装。
- 2 浮标体应由专业厂家生产和安装调试。
- 3 油箱应安装水平、周正、牢固，浮标必须位于油箱正中，并保持平衡，移动后能迅速恢复原位。
- 4 浮标复位精度，在 X、Y 轴两方向上均不得超过 0.04mm。油箱加盖后，浮标在油箱内应能自由移动。

8.1.11 竣工验收：

- 1 根据设计要求检查孔位、孔深、孔斜、终孔有效孔径。
- 2 检查保护管数量、埋入深度、保护管偏斜度。
- 3 检查锚块埋入深度、中心位置与保护管管壁的最小距离。
- 4 检查浮标组件安装精度，是否符合设计要求。
- 5 竣工验收应具备下列资料：
 - 1) 孔位坐标设计图、钻孔结构设计图件及技术要求；
 - 2) 竣工报告、钻孔平面投影图、钻孔柱状图、保护管测斜投影图和浮标组安装剖面图；
 - 3) 钻孔原始记录、质量检查及工序验收资料；
 - 4) 浮标组出厂合格证及安装技术要求。

8.2 多点位移监测孔造孔

8.2.1 基本要求：

1 多点位移监测孔是在坝体、堤防、岩（土）体滑坡和高层建筑基础中通过钻进造孔，安装埋设有导向内槽的铝合金测斜管，将测斜仪下入测斜管内，测量建筑物与岩（土）体各层位原型变化数据，掌握其变形规律，为工程设计及安全运行提供资料。

2 钻孔直径应根据地质条件和设计要求确定，一般不得小于 130mm，如在一个钻孔内安装两种以上监测仪器时应大于

175mm。钻孔深度由设计确定，钻孔孔斜每100m不得大于2°00'。

3 测斜管应选用内径60mm以上、内壁开有双向导槽的铝合金管或硬质塑料管。测斜管内壁应平整圆滑，导槽不得有裂纹结瘤，内径公差±0.50mm，椭圆度不得大于0.15mm，弯曲度每1m不得大于1mm，内槽安装累计偏斜度每100m不得超过2°00'。

4 在滑坡体钻进中应注意掌握地层结构、岩性、滑动面位置、地下水活动等情况，并采取岩土样进行试验，为埋设位移观测仪器提供准确资料。

8.2.2 造孔机械设备选择与安装应符合下列规定：

1 钻孔机械设备选择

- 1) 根据钻孔设计要求、地层特点和施工环境选择钻机类型，一般常用SGZ-Ⅲ、XY-Ⅱ型钻机；
- 2) 水泵宜选择变量泵，最大排水量150L/min，最大泵压5MPa，并配备高、低速泥浆搅拌机；
- 3) 钻塔型式及高度应根据施工条件确定，其承载能力不得小于50kN。

2 钻孔机械设备安装

- 1) 多点位移监测钻孔多布置在地质条件复杂地区，在覆盖层上开孔钻进时应浇筑混凝土基础，在基岩面开孔时应预先埋设地脚螺栓，钻机安装应水平、周正、稳固，并埋设孔口保护管；
- 2) 钻孔中心与立轴中心和天车前沿必须呈一直线；
- 3) 在软土地基及滑坡体上施工，现场除安装钻机外，其它设备应安置在滑坡体以外适当的位置；
- 4) 钻场周围应挖排水沟，设置安全防护措施，并有专人监测施工区岩（土）体的稳定安全情况。大风、雷雨天气作业人员应撤离现场，停止施工。

8.2.3 钻具选择应符合下列规定：

1 硬质合金、钢粒和金刚石钻进的钻具应按照DL5013执

行。

2 禁止使用冲洗液钻进的工程，宜采用潜孔锤或空气钻进。

3 软土松散地层、滑坡体地段，宜采用 SD 双层单动双级半合管钻具并用植物胶配制的优质泥浆护壁钻进造孔。必要时可采用跟管护壁钻进。

8.2.4 钻进成孔应遵守下列规定：

1 孔口应下入孔口保护管，其上端丝扣必须完好。

2 钻进技术参数可按照 DL5013 相关条文执行。

3 钻进中应合理掌握回次进尺量，及时调整钻进技术参数，发现糊钻、烧钻、卡钻和岩芯堵塞等异常情况时，应立即提钻处理。

4 在破碎、风化地层钻进困难时，应采用水泥灌浆固结孔壁，然后继续钻进。

5 钻场冲洗液循环系统不得渗漏，废浆、废水应排出到远离钻场的地方。

8.2.5 测斜管埋设应遵守下列规定：

1 冲洗钻孔后，宜采用长度为 3m 的钻具，自上而下检查钻孔内是否有障碍物。

2 将测斜管排列整齐，逐根进行丈量、记录和编号。

3 将测斜管底端用盖封堵严密，并按照设计要求位置将测试原件固定在测斜管上，然后逐根下入测斜管至设计位置，测斜管接头处应用防水胶带密封。

4 调整测斜管方向，使测斜管内壁导槽垂直于坝、堤等建筑物轴线或对准滑坡体滑动方向，并使测斜管居钻孔中心位置，然后向孔内下入直径 3mm~5mm 的粗砂（或水泥砂浆）充填封堵，将测斜管固定在钻孔中。

5 测斜管安装后，应用测扭仪分段测定测斜管导槽的扭转角度，以确定测量的位移方向及初始值。

6 用水泥砂浆将孔口管固定，孔口地面用水泥砂浆抹平，然后将孔口盖拧紧在孔口保护管上。

7 填写安装埋设记录，绘制钻孔测斜管安装结构图。

8.2.6 质量检查验收：

- 1 钻孔布置位置、测斜管埋设深度及层位必须符合设计要求。
- 2 钻孔回填应密实牢固，孔口应浇筑混凝土防护墩。
- 3 测斜仪在测斜管导向槽内的任意孔段均应滑动自如，并建立初始测试值。
- 4 竣工报告、竣工图件、记录资料必须准确、完整、清晰。

8.3 坝基沉陷观测标孔造孔

8.3.1 基本要求：

1 坝基沉陷观测标分为双金属管标和双弦基点标两种类型。在垂直钻孔保护管内，安装固定两根不同材质的金属管或两根殷钢丝，利用不同金属膨胀率作为测定坝基上、下游地面沉陷的观测基点。

2 观测标钻孔直径一般为 222mm，钻孔孔斜每 100m 不得大于 $1^{\circ}00'$ 。

3 观测标钻孔保护套管直径宜采用 146mm~168mm，孔壁与保护套管之间应回填密实。

4 观测标钻孔施工放样孔位与设计孔位坐标误差不应大于 $\pm 20\text{mm}$ 。钻孔终孔后应复测孔位坐标。

5 观测标安装应按照坝基上、下游地面沉陷观测设计要求进行。

8.3.2 造孔机械设备选择与安装应遵守下列规定：

1 机械设备选择：

- 1) 坝基沉陷观测标钻孔宜选用立轴式油压钻机；
- 2) 水泵排水量大于 $200\text{L}/\text{min}$ ，水泵压力为 4MPa 。

2 钻机安装：

1) 钻机应安装在混凝土机座上，保持水平，稳固可靠，并校准钻机立轴中心线，使其与钻孔中心点呈一直线；

2) 钻塔塔脚应用螺栓固定，钻塔天车前沿、立轴中心和钻孔中心应在同一垂直线上。

8.3.3 钻具选择按照 **8.1.3** 执行。

8.3.4 钻进成孔，按照 **8.1.4** 执行。

8.3.5 防斜及纠斜措施，按照 **8.1.5** 和 **8.1.6** 执行。

8.3.6 坝基沉陷观测标的安装应遵守下列规定：

1 保护套管埋设

1) 钻孔钻进至设计深度后清洗钻孔，直至回水完全澄清，并持续 20min 之后结束；

2) 自下而上每隔 5m 孔段，测定钻孔偏斜值；

3) 观测标保护套管应采用同径接箍连接，其螺纹应符合 **DZ1.1—84《地质岩芯钻探管材螺纹》** 规定；保护套管内壁应除锈涂漆，底部封闭，防止漏水；

4) 观测标保护套管下入孔内之前，应根据钻孔底部中心与孔口中心的偏心值，采用直径为 10mm 的钢筋制作耳环，将其焊接在距管底 0.30m 处；

5) 在下入保护套管之前，向孔底注入高度为 0.50m 的水泥砂浆，将保护套管坐落在水泥砂浆中，并用千斤顶或钻机将其提直固定在孔口；

6) 在保护套管内测定偏斜值，调整位置使其达到设计要求后，用水灰比为 $0.50:1$ 水泥浆，将保护套管与孔壁固结， 3d 后再次测定保护套管的偏斜值，并绘制保护套管结构图和中心投影图。

2 双金属管标安装

1) 安装双金属管标前再次校测保护套管偏斜值，以确定双金属管标座垫位置；

2) 在地面按顺序检查试安装连接双金属管座垫，固定双金属管，并进行丈量、编号和记录；

3) 向观测标保护套管内注入高于管底 0.50m 的水泥浆，按编号顺序将双金属管下入保护套管内，再次注入高度为 $0.30\text{m} \sim$

0.50m 的水泥浆；

4) 在保护套管内下入直径为 20mm 的塑料管至孔底，并灌注高度为 1.20m 的沥青充填物；

5) 双金属管标外管口套装橡皮隔板、卡规板及管帽；

6) 修建混凝土防护井，并加井口盖；

7) 防护井内应充填 20mm~30mm 厚的炉渣或细砂。

3 双弦基点标安装

1) 修建双弦基点标观测房，浇筑混凝土观测仪支座平台；

2) 自上而下测定观测标保护管套偏斜值，以确定殷钢丝锚块位置；

3) 将不锈钢殷钢丝一端固定在横担上，另一端固定在锚块上并进行拉力试验；

4) 利用放浆筒在保护套管底部注入高于孔底 1.20m 的水泥浆，将锚块与扶正环缓慢放入孔底，然后再向上提离孔底 50mm~100mm 使其成悬垂状态；

5) 拉紧双弦殷钢丝，调整与保护套管的间距使其符合设计要求，再安装观测组件等；

6) 调整拉力计、观测标尺，使其符合设计规定。

8.3.7 质量检查验收应提交以下资料：

1 孔位验收资料。

2 观测仪器设备质量的核定技术资料。

3 孔径、孔斜测量及保护套管安装测试成果表。

4 钻孔投影图、钻孔柱状图、保护套管投影图及观测标安装剖面图。

5 竣工报告。

9 钻孔地应力及岩体测试造孔

9.1 钻孔孔壁应力测试和孔底应力测试造孔

9.1.1 基本要求：

1 孔壁应力测试造孔：系采用套钻应力解除法测求岩体应力数据。测试孔造孔直径为 36mm 或 45mm，钻孔深度为 50cm；套钻应力解除孔造孔直径为 130mm，应力解除深度为 38cm~45cm，并要求连续钻进、一次成孔。测试点孔径要均匀、孔壁光洁，大孔与小孔（测试孔）的同轴度偏差不得大于 2mm。其测试程序应符合 DLJ204 的规定。

2 孔底应力测试造孔：测试孔造孔直径宜为 130mm，要求孔身平直、孔径均匀、孔底水平光洁、无残留岩粉、干燥，测试探头必须水平粘贴在孔底中心。孔底套钻应力解除孔造孔直径为 130mm，钻进深度为 10cm~20cm，并要求连续钻进、一次成孔，孔径要均匀，套钻孔径与原孔径同轴度偏差不得大于 2mm。其造孔和测试程序应符合 DLJ204 的规定。

3 钻孔顶角的允许偏差，每 100m 孔深时，直孔不应大于 $1^{\circ}00'$ ，斜孔不应大于 $1^{\circ}30'$ 。

4 测试孔为水平钻孔时，宜向上仰 $1^{\circ}00' \sim 1^{\circ}30'$ ，以便于排除岩粉。

5 测试钻孔应在岩性均一、无软弱结构面或节理面、钻取完整柱状岩芯长度大于 50cm 的孔段。

6 钻进中如遇破碎岩石时，应将其钻穿后采用高标号早强水泥灌注固结后再重新钻进，防止孔壁掉块发生卡夹测试设备的事故。

7 钻进中应采用清水钻进，不得采用乳化液或泥浆作钻进冲洗液。

9.1.2 钻孔机械安装应遵守下列规定：

1 钻孔机械应安装在地锚螺栓或混凝土地基机座上，以确保钻机周正、稳固，并用经纬仪校正钻机立轴、孔位、钻孔倾角和方向。

2 钻造水平钻孔时，钻机立轴行程下死点距离孔口不宜大于1m。

3 钻孔中心、立轴中心，与天车前沿呈一垂直直线。

9.1.3 钻进成孔：

1 开孔定位钻进应遵守下列规定：

1) 孔位岩面，宜采用水泥浆抹平或人工凿平后开孔钻进；

2) 应选用平直的立轴钻杆和性能良好的立轴及卡盘，并要求卡盘夹持的钻杆与立轴的不同轴度小于1mm；

3) 开孔钻进宜采用直径150mm金钢石钻头和单管短钻具，以轻压力、低转速钻进新鲜基岩深度0.30m~0.50m后，将直径146mm导向管按要求镶装在孔口。

2 孔壁应力测试造孔应遵守下列规定：

1) 钻进成孔，宜采用直径130mm取芯金钢石钻头钻进至符合测试条件的孔深位置；

2) 研磨孔底，宜采用直径130mm全断面平底式孕镶金钢石钻头将孔底研磨平整，其研磨深度应超过原孔深20mm~30mm；

3) 钻造孔壁应力测试小孔，宜采用直径36mm（也可采用45mm）金钢石取芯钻头对准孔底中心定位钻造孔壁应力测试小孔，其钻进深度为50cm，如取出岩芯观察符合测试条件时，即可安装测试原件进行测试工作；

4) 钻造测试孔和套钻应力解除孔时，宜采用导向钻具钻进，以确保钻孔的同轴度符合规定要求；

5) 套钻应力解除钻孔，宜采用130mm×113mm（外径×内径）薄壁金钢石钻头套钻带有测试原件的测试小孔（即孔壁应力解除钻孔），解除钻进深度宜为38cm~45cm，并要求将套钻岩芯完整的取出孔外，以供测试用；

6) 钻进测试小孔和套钻应力解除孔时，钻进技术参数应保持

一致，连续钻进一次成孔。

3 孔底应力测试造孔应遵守下列规定：

1) 钻进成孔，宜采用直径 130mm 金钢石钻头钻进至符合测试条件的孔深位置；

2) 研磨测试孔底，宜采用直径 130mm 全断面平底式孕镶金钢石钻头，将测试孔底研磨成水平光洁的岩面，其研磨深度宜超过原孔深 20mm~30mm，并达到符合安装测试原件的条件；

3) 套钻孔底应力解除孔，宜采用 130mm×113mm（外径×内径）薄壁金钢石钻头套钻装有测试原件的孔底（即孔底解除应力钻孔），解除钻进深度为 10cm~20cm；并要求将套钻岩芯完整的取出孔外，以供测试用；

4) 套钻孔底应力解除孔时，要求钻进技术参数保持一致，连续钻进一次成孔；

5) 套钻孔底应力解除孔时，宜采用导向钻具钻进，确保应力解除孔的同轴度。

4 钻进造孔技术参数：

1) 钻进压力：钻进压力要均匀，不宜过大；钻进测试小孔和套钻应力解除孔时，钻压宜为 4kN~8kN，研磨孔底时钻压宜为 1.5kN~3kN；

2) 转速：钻进中宜采用低、中速钻进；钻进测试小孔和套钻应力解除孔时，宜采用 60r/min~80r/min；

3) 冲洗液量：钻进水平钻孔时，宜采用 40L/min ~ 60L/min；钻进垂直钻孔时应适当加大冲洗液量；

4) 水泵压力：钻进套钻应力解除孔和钻造测试小孔时，水泵压力不得大于 0.20MPa。

5 清洗测试岩面应遵守下列规定：

1) 采用钻杆冲洗钻孔残留岩粉时，钻杆底端应距离测试孔底 0.50m 左右；

2) 严禁采用钢丝刷刷洗测试岩面；

3) 清洗测试岩面宜采用较大风压将水分吹干，并要求用纱布

绑扎脱脂棉浸以丙酮，反复擦洗测试岩面油质杂物，直至达到安装测试原件的要求。

6 套钻采取岩芯应遵守下列规定：

- 1) 应先将孔底岩粉冲洗干净后捞取岩芯，以确保取芯工作顺利进行；
- 2) 捞取岩芯时，应一次成功，以避免多次打捞而损伤测试岩芯；
- 3) 采取岩芯时，宜采用导向楔断器取芯方法，并以压楔法将岩芯楔断，严禁采用冲击楔断取岩芯的方法；
- 4) 采用投卡料方法采取岩芯时，可投入适量铅丝卡取岩芯，当确认岩芯被卡牢扭断时，即可将岩芯取出地面。

9.2 水压致裂原位应力测试孔造孔

9.2.1 基本要求：

- 1 测试钻孔的布置，应避开地形地貌等突变的地段、断层破碎带及裂隙密集等应力集中区或应力释放区。
- 2 测试段应选在岩性均一、无软弱结构面或节理面、钻取完整柱状岩芯长度大于3m的地段。
- 3 试验段钻孔应采用直径为91mm、75mm、59mm金钢石钻头或硬质合金钻头造孔。要求孔径一致、孔壁光洁，禁止采用钻粒钻进造孔。
- 4 钻孔顶角允许偏差，每100m孔深时，直孔不得大于 $2^{\circ}00'$ ，斜孔不得大于 $3^{\circ}00'$ ，水平钻孔宜向上仰 $1^{\circ}00' \sim 1^{\circ}30'$ 。
- 5 钻孔深度每100m误差不应超过0.20m。
- 6 钻进冲洗液应采用清水。禁止采用乳化液和泥浆作冲洗液。

9.2.2 钻孔机械安装应遵守下列规定：

- 1 钻孔机械应安装在地锚螺栓或混凝土地基机座上，以保证钻机稳固、周正，运转中不摆动，起吊钻具时机体不抬动。
- 2 钻孔中心、立轴中心，与天车前沿呈一直线。
- 3 校正钻机立轴与钻孔的角度和位置是否符合设计要求。

9.2.3 钻进造孔应遵守下列规定：

1 开孔钻进新鲜基岩 5m~10m 后，埋设孔口导向管，校正导向管角度并用水泥浆固结管脚止水。

2 钻进中应采用性能良好的双层单动岩芯管金钢石钻具钻进，避免岩芯被扭断、对磨，以保持岩石的原始状态。要求回次钻进岩芯采取率达到 90% 以上，岩芯要完整，两个回次钻进之间的岩芯能够对接起来。

3 钻进过程中要详细记录岩石完整、破碎、掉块卡钻、掉钻、漏水等情况的准确位置及厚度。

4 金钢石钻头、硬质合金钻头的内、外径磨损不宜超过 0.40mm。

5 钻进过程中如遇破碎岩层时，必须将其钻穿后用高标号水泥浆灌注固结后再继续钻进，防止发生卡夹测试设备的事故。

6 严禁在孔内进行爆破或使用冲击钻进方法造孔。

7 回次钻进采取岩芯应一次打捞干净，以免多次打捞损坏岩芯的完整度，影响试验段位置的选择。

8 岩芯箱内标牌所注钻孔的深度、回次进尺、回次岩芯采取率、岩芯编号、孔号以及岩芯箱顺序号必须准确无误。

9.2.4 钻进技术参数：

硬质合金和金钢石钻头钻进技术参数，应根据岩性、钻头结构、孔径、设备能力及孔壁稳定情况进行选择，见表 9.2.4-1、表 9.2.4-2、表 9.2.4-3、表 9.2.4-4。

表 9.2.4-1 硬质合金钻头钻进技术参数

岩 石	钻进技术参数			
	钻进压力		转速 r/min	泵量 L/min
	普通硬质合金 kN/块	针状硬质合金 kN/块		
均质 1~4 级	0.35~0.60		200~350	50~80
均质 5~6 级 部分 7 级	0.80~1.20	1.50~2.00	150~250	50~80

表 9.2.4-2 金钢石钻进压力 kN

钻头种类	钻头直径 mm			
	46	59	75	91
孕镶钻头	4~7	4.50~8.50	8~12	9~15
表镶钻头	3~6	4~7.50	6~11	8~15

表 9.2.4-3 金钢石钻进转速 r/min

钻头种类	钻头直径 mm			
	46	59	75	91
孕镶钻头	600~1200	500~1000	400~800	350~700
表镶钻头	400~800	300~650	200~500	170~450

表 9.2.4-4 金钢石钻进冲洗液量

钻头直径 mm	46	59	75	91
泵量 L/min	30~40	35~55	46~70	50~80

9.2.5 防止钻孔弯曲应遵守下列规定：

- 1 粗径钻具长度不得小于 4m。
- 2 钻孔变换孔径时，应采用变径导向钻具钻进，其钻进深度达 3m~4m 后方可正常钻进。
- 3 钻孔深度超过 100m 时，宜采用金钢石绳索取芯钻具钻进造孔。
- 4 不得采用弯曲、变形、磨损的钻具钻进。
- 5 钻进岩溶地层、软硬互层、陡倾角岩层时，宜采用低转速、轻钻压钻进。
- 6 发现钻孔弯曲时必须及时采取措施纠正。

9.2.6 测试用辅助设备应符合下列要求：

1 钻杆连接处，输液（水、油）管路，应在30MPa压力条件下无渗漏现象。

2 供水水泵压力应大于3MPa，排水量应大于100L/min。

3 测试使用电源380V，三相，功率为5kW。

9.2.7 测试钻孔质量验收：

1 钻孔终孔后，应检查钻孔深度、孔斜是否符合规定要求。

2 根据钻孔岩芯和原始记录核实完整岩石、破碎岩石、软硬互层以及孔壁掉块等地层的准确位置及厚度，以便确定试验地段。

3 探查钻孔是否畅通无阻。

4 核实地下水位和水文地质试验资料，以及原始记录是否准确、齐全。

9.3 特殊岩体渗流测试造孔

9.3.1 基本要求：

1 特殊岩体主要包括：

1) 断层及破碎带、岩体蚀变带；

2) 节理密集带（从岩芯完整率的量化指标可进行判断）；

3) 其它特殊岩体，如中间岩层为透水层，相邻岩层为相对不透水层等。

2 测试钻孔宜垂直于特殊岩体面布置。

3 在平洞中开挖钻孔施工场地，其尺寸不得小于4m×4m×4.50m（长×宽×高）。

4 主测试孔与辅助观测孔的间距，以满足观测到渗流变化的目的来确定。

5 主测试孔与辅助观测孔的直径宜为75mm，要求测试段孔径一致，孔壁平整、光洁。

6 钻孔顶角的允许偏差，在每100m孔深时，直孔不得大于1°00'，斜孔不得大于2°00'。

7 主测试孔与辅助观测孔的深度，由所测试段部位深度、试

段长度、相邻岩层顶底板厚度等确定，应避开影响测试成果的干扰破坏区。

8 主测试段长与辅助钻孔压水试段长度要求相同。

9 对辅助压水段安置压水试验封隔器的部位，应选在岩性均匀及无软弱结构面、并能钻取完整柱状岩芯的长度大于 0.50m 以上的孔段。

10 应采用清水或空气洗孔钻进。

9.3.2 设备与机具应符合下列要求：

1 水泵功能

1) 供水量应大于 150L/min；

2) 水泵压力不低于 5MPa；

3) 供水均匀，压力稳定。

2 流量计

应有较大的量程范围和较高的精度，能承受不低于 5MPa 的压力。

3 压力表

1) 压力表的工作压力应保持在有效范围之内（即极限压力值的 1/3 至 3/4），由于试验用的压力值变化幅度较大，试验时必须备齐可供更换的合格的压力表；

2) 必须配备适应高压力条件下可靠稳定的管线及阀门。

4 稳压罐

工作压力不低于 5MPa，容积不小于 20L。

9.3.3 钻孔机械安装应遵守下列规定：

1 在地下洞室中安装钻机时，应埋设地锚螺栓或浇筑混凝土平台与机架牢固连接，钻机安装应周正、水平、稳固，并用仪器校正钻机立轴、孔位、倾角和方向，使其符合设计要求。

2 钻孔中心与立轴中心及天车前沿应在一条直线上。

3 为保证水平钻孔精度，防止偏心摆动，要求钻机立轴下死点距离孔口宜小于 1m。

4 钻机立轴钻杆、粗径钻具、压水试验封隔器等应适合洞室

空间的尺寸。

9.3.4 地下洞室造孔应遵守下列规定：

1 在洞室内工作必须进行强制通风，对无瓦斯工作面，通风速度不低于 0.20m/s ，人均吸入新鲜空气量不低于 $4\text{m}^3/\text{min}$ ，并设专人负责进行监视、监测。

2 洞内照明应采用 36V 以下的安全电压，工作面照明必须采用行灯，其距离不得大于 3m ，总功率不应少于 500W 。

3 电源动力线路必须有足够的容量，并配备合格的电器保护开关。

4 应架设专用水管线送水，并将废水排出洞外。

5 洞内造孔严禁使用柴油机作动力，以改善作业环境免受噪声、废毒气影响。

6 其它有关安全规定应按 DL/T 5050 执行。

9.3.5 测试孔造孔应遵守下列规定：

1 开孔钻进时，应将孔口岩面凿平。

2 开孔钻进宜选用金钢石钻头或硬质合金钻头短钻具钻进，并以轻钻压、慢转速钻进至新鲜基岩 $0.50\text{m}\sim 1.00\text{m}$ 后，下入孔口管并使之固定；

3 随时检查调整立轴、卡盘、钻具的角度，使其符合设计要求。

4 采用金刚石钻具钻进至设计深度后，取出岩芯，冲洗钻孔。

5 钻进技术参数：

1) 钻压——在水平钻孔钻进中，钻压宜为 $6\text{kN}\sim 12\text{kN}$ ，钻进直孔应适当降低钻压；

2) 转速——宜采用 $150\text{r}/\text{min}\sim 300\text{r}/\text{min}$ ；

3) 泵量——宜为 $40\text{L}/\text{min}\sim 60\text{L}/\text{min}$ 。

9.3.6 下入三段（或多段）压水试验封隔器应遵守下列规定：

1 压力损失的确定，应在公式计算之后，经现场模拟率定确定。

2 封隔器位置的确定，在主测试孔与辅助观测孔内下入相同的封隔器，每套由三个橡胶囊组成。封隔器下至试段顶板、底板及辅助试段上部三个部位。

3 封隔器的长度为测试段钻孔直径的7~10倍。

4 封隔器效果检查时，应将三个串通的封隔器橡胶囊充气或充水后，保持10h以上不泄漏为合格。

5 主压水段与辅助压水段由两套独立的送水管路系统组成，分别送入压力水，其压力值应保持一致。

6 主压水孔压水试验封隔器的安装与辅助观测孔压水试验封隔器的安装设置应保持一致，以便观测接收其变化。

7 压力值与稳定标准：

1) 压力分级为：0.30MPa → 0.60MPa → 1.00MPa → 0.60MPa → 0.30MPa，如因工程特殊需要也可提高压力等级；

2) 观测孔每一级压力值稳定4h~8h，每30min观测一次，其波动变化符合要求时视为稳定。

8 有关压水试验规定按照SL25执行。

9.4 钻孔岩体高压渗透测试造孔

9.4.1 基本要求：

1 高压渗透试验是为了了解岩体在高水压作用下的渗透特性。试验钻孔一般布置在高压输水隧洞、岔管等部位。

2 高压渗透孔分主动孔和被动孔，主、被动孔要成组布置，必要时还应布置相应的渗压孔，并采用高压抗渗水泥砂浆永久封闭埋设渗压计。

3 主、被动孔视地质条件可为直孔或斜孔。

4 主动孔直径不得小于110mm，被动孔和渗压孔直径不得小于75mm。

5 钻孔岩芯是确定结构面和选择试段的依据，必须全孔采取岩芯，岩芯采取率不得低于95%。

6 钻孔孔壁应保持光洁稳定清洁，孔底残留岩粉厚度不得超过2mm。

过 20mm。

7 钻孔应按设计要求定位。

9.4.2 钻孔机械设备选择及安装应遵守下列规定：

1 机械设备选择

- 1) 钻机回转器的扭矩、提升力和加压力，以及卷扬机的提升力必须符合设计要求；
- 2) 供水应采用多缸往复式水泵，水泵压力应大于试验压力 1.5 倍，单泵排水量不得小于 100L/min；泵组总排水量不得小于 400L/min；
- 3) 试验主要附属设备有高压输水管、高压阀门、高压流量计、钻孔压水试验封隔器、潜水泵、微机、电子流量计等。

2 设备安装

- 1) 钻机安装必须稳固、周正，立轴中心线应符合设计方位角和顶角要求；
- 2) 水泵组安装应在同一水平面上，进、出水总管应并联，并安装压力表；
- 3) 试验用水应经一级水池过滤后放入二级水池，水泵由二级水池吸水；
- 4) 水泵出水管至孔内试验用水管路中间，用框式安装方式分别设置大、小流量进水阀门及大、小流量计，并在其尾部安装压力表；
- 5) 用高压软管与压水试验封隔器连接，将水送入孔内；
- 6) 在水泵出水管处，设置三通回水管至二级水池，以调节试验用水量；
- 7) 在压水试验封隔器下入孔内之前，应在地表先做模拟试验检查，确认各部位准确无误后方可下入孔内。

9.4.3 钻具选择、钻进技术参数确定按照 DL5013 执行。

9.4.4 成孔质量检查和验收：

- 1 钻孔完成后要检验孔深、孔斜，孔深必须用钻杆测量，测量孔斜应在钻孔上、中、下段及变径处进行。

2 核查全孔岩芯描述资料及结构面的准确位置，如误差较大时应纠正或作试验。

3 检查原始记录是否准确、齐全、整齐。

4 对钻孔进行单孔竣工验收，检查钻孔任务书及各项试验资料是否达到设计要求。

10 工程施工造孔质量检验

10.1 原材料及配制质量检验

10.1.1 进入施工现场的原材料，必须符合设计要求，并附有生产厂家、生产日期及质量检验报告单等。

10.1.2 焊接材料的规格、材质、型号及焊接形式、焊接工艺应符合 JGJ18—84《钢筋焊接及验收规程》的规定。

10.1.3 混凝土配制及水泥、砂石骨料、拌和用水、外加剂等应符合 SDJ207—82 的规定。

10.2 工程施工造孔质量验收

10.2.1 岩土工程施工造孔工序多，应严格控制每道工序的质量，并逐项进行质量检验和详细记录。

10.2.2 钻孔竣工后必须按单孔进行验收，除验收钻孔位置，倾角与方向、孔身平直度和终孔深度外，各项原始资料图表应准确、齐全、清晰并装订成册。

10.2.3 工程验收应提交下列资料：

- 1 工程设计文件。
- 2 工程施工合同书。
- 3 工程施工组织设计。
- 4 工程施工记录或施工记录汇总表。
- 5 混凝土配制，原材料出厂质量保证书，材质检验报告和试块试压记录等资料。
- 6 仪器仪表率定（标定）证书。
- 7 单元工程质量验收表。
- 8 工程专项试验报告。
- 9 设计变更通知书，事故处理记录及有关文件。
- 10 竣工报告及竣工图件。