

ICS 27.140
P 59
备案号: J899—2018

NB

中华人民共和国能源行业标准

P

NB/T 35114—2018

代替 DL/T 5125—2009

水电岩土工程及岩体测试造孔规程

Specification for Borehole Drilling in Geotechnical
Engineering and Rock Mass Testing
for Hydropower Projects

2018—04—03 发布

2018—07—01 实施

国家能源局 发布

中华人民共和国能源行业标准

水电岩土工程及岩体测试造孔规程

Specification for Borehole Drilling in Geotechnical Engineering
and Rock Mass Testing for Hydropower Projects

NB/T 35114—2018

代替 DL/T 5125—2009

主编部门：水电水利规划设计总院

批准部门：国 家 能 源 局

施行日期：2 0 1 8 年 7 月 1 日

中国水利水电出版社

2018 北 京

中华人民共和国能源行业标准
水电岩土工程及岩体测试造孔规程
Specification for Borehole Drilling in Geotechnical Engineering
and Rock Mass Testing for Hydropower Projects
NB/T 35114—2018
代替 DL/T 5125—2009

*

中国水利水电出版社出版发行
(北京市海淀区玉渊潭南路 1 号 D 座 100038)
网址: www.waterpub.com.cn
E-mail: sales@waterpub.com.cn
电话: (010) 68367658 (营销中心)
北京科水图书销售中心(零售)
电话: (010) 88383994、63202643、68545874
全国各地新华书店和相关出版物销售网点经售
清淞永业(天津)印刷有限公司印刷

*

140mm×203mm 32 开本 2.5 印张 65 千字
2018 年 7 月第 1 版 2018 年 7 月第 1 次印刷
印数 0001—3000 册

*

书号 155170·428
定价 **42.00** 元

凡购买我社规程,如有缺页、倒页、脱页的,
本社营销中心负责调换

版权所有·侵权必究

国家能源局 公 告

2018 年 第 4 号

依据《国家能源局关于印发〈能源领域行业标准化管理办法（试行）〉及实施细则的通知》（国能局科技〔2009〕52号）的规定，经审查，国家能源局批准《风力发电机组振动状态评价导则》等168项行业标准，其中能源标准（NB）56项、电力标准（DL）112项，现予以发布。

附件：行业标准目录

国家能源局

2018 年 4 月 3 日

NB/T 35114—2018

附件：

行 业 标 准 目 录

序号	标准编号	标准名称	代替标准	采标号	批准日期	实施日期
...						
34	NB/T 35114— 2018	水电岩土工程 及岩体测试造孔 规程	DL/T 5125— 2009		2018－04－03	2018－07－01
...						

前 言

根据《国家能源局关于下达 2014 年第二批能源领域行业标准制（修）订计划的通知》（国能科技〔2015〕12 号）的要求，规程编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，并在广泛征求意见的基础上，修订本规程。

本规程的主要技术内容是：岩土工程施工造孔，岩土体监测造孔，岩体测试造孔，工程质量检查孔造孔，安全生产、职业健康与环境保护。

本规程修订的主要技术内容是：

- 增加了“钻孔底部装置”术语。
- 增加了“微震声发射测试造孔”的内容。
- 增加了“钻孔摄像造孔和滑动测微计造孔”的内容。
- 增加了“职业健康要求”的内容。
- 增加了附录“造孔设备、工艺选择”“主要造孔设备技术参数”“护壁方法”。
- 删除了“孔壁应力测试造孔”“造孔设备”“造孔工艺”“潜水电钻钻进”“大口径取芯钻进”“大口径全断面钻进”“钻孔原位测试技术”术语。
- 删除了“潜水电钻钻进造孔”“深层搅拌桩施工造孔”“树根桩施工造孔”“大口径取芯钢粒钻进成井”的内容。
- 删除了附录“混凝土防渗墙单元工程质量评定表”“潜孔锤同步跟管钻进设备和机具表”“破岩滚刀钻头类型”。
- 将“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”“岩土边坡治理工程造孔”“大口径基岩监测井钻进成井”中的内容按照造孔方法分别调整到“冲击钻进造孔”“回转钻进造孔”中。

本规程由国家能源局负责管理，由水电水利规划设计总院提出并负责日常管理，由能源行业水电勘测设计标准化技术委员会负责具体技术内容的解释。执行过程如有意见或建议，请寄送水电水利规划设计总院（地址：北京西城区六铺炕北小街2号，邮编：100120）。

本规程主编单位：中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司

西北水利水电工程有限责任公司

本规程参编单位：中国科学院武汉岩土力学研究所

本规程主要起草人员：毛会斌 周彩贵 白雪源 张应海
王志硕 陈炳瑞 李邵军 高雄杰
李建刚 王佳佳 张妙芳 曹必正
黄文湘 韩 瑞 张述清 江 权
李 诺 孔令贵 王毓武

本规程主要审查人员：彭土标 杨 建 郭义华 朱建业
赵振庆 王亚群 王敬勇 许启云
夏宏良 曹进华 李文晏 王光明
谢北成 张文海 黄小波 李仕胜

目 次

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	4
4	岩土工程施工造孔	6
4.1	一般规定	6
4.2	冲击钻进造孔	7
4.3	回转钻进造孔	13
4.4	潜孔锤钻进造孔	21
4.5	螺旋钻钻进造孔	23
5	岩土体监测造孔	25
5.1	一般规定	25
5.2	大坝变形监测垂线孔造孔	25
5.3	多点位移计监测孔造孔	29
5.4	测斜仪位移监测孔造孔	29
5.5	坝基沉降监测孔造孔	30
6	岩体测试造孔	31
6.1	一般规定	31
6.2	应力解除法测试造孔	31
6.3	水压致裂法测试造孔	32
6.4	岩体渗流测试造孔	33
6.5	岩体高压渗透测试造孔	33
6.6	微震声发射测试造孔	33
6.7	钻孔摄像造孔和滑动测微计造孔	34
7	工程质量检查孔造孔	35
7.1	一般规定	35

7.2	大坝质量检查孔造孔	35
7.3	灌浆工程质量检查孔造孔	36
7.4	地下连续墙体质量检查孔造孔	36
7.5	桩体质量检查孔造孔	36
8	安全生产、职业健康与环境保护	37
8.1	一般规定	37
8.2	安全生产要求	38
8.3	职业健康要求	41
8.4	环境保护要求	42
附录 A	造孔设备、工艺选择	43
附录 B	主要造孔设备技术参数	44
附录 C	护壁方法	47
附录 D	大口径岩芯断芯方法	48
附录 E	大口径岩芯管螺纹规格	49
本规程用词说明	50
引用标准名录	51
附：条文说明	53

Contents

1	General Provisions	1
2	Terms	2
3	Basic Requirements	4
4	Borehole Drilling for Geotechnical Engineering	6
4.1	General Requirements	6
4.2	Percussion Drilling	7
4.3	Rotary Drilling	13
4.4	Down – hole Hammer Drilling	21
4.5	Auger Driling	23
5	Borehole Drilling for Rock and soil Mass Monitoring ...	25
5.1	General Requirements	25
5.2	Pendulum Boreholes for Dam Displacement Monitoring	25
5.3	Boreholes for Multipoint Displacement Mete Monitoring	29
5.4	Boreholes for Inclinator Displacement Monitoring	29
5.5	Boreholes for Dam Foundation Settlement Monitoring	30
6	Borehole Drilling for Rock Mass Test	31
6.1	General Requirements	31
6.2	Boreholes for Ground Stress Relief Method Test	31
6.3	Boreholes for Hydraulic Fracturing Stress Test	32
6.4	Boreholes for Rock Mass Seepage Test	33
6.5	Boreholes for High Pressure Penetration Test of Rock Mass	33
6.6	Boreholes for Microseismic Acoustic Emission Test	33
6.7	Boreholes for in – hole Camera and Rock Displacement Sliding Micrometer	34

7	Borehole Drilling for Construction Quality Inspection	···	35
7.1	General Requirements	·····	35
7.2	Boreholes for Dam Quality Inspection	·····	35
7.3	Boreholes for Grouting Quality Inspection	·····	36
7.4	Boreholes for Underground Diaphragm Wall Quality Inspection	·····	36
7.5	Boreholes for Pile Quality Inspection	·····	36
8	Production Safety, Occupational Health and Environmental Protection	·····	37
8.1	General Requirements	·····	37
8.2	Production Safety Requirement	·····	38
8.3	Occupational Health Requirement	·····	41
8.4	Environmental Protection Requirement	·····	42
Appendix A	Selection of Borehole Drilling Machines and Methods	·····	43
Appendix B	Technical Parameters of Main Borehole Drilling Machines	·····	44
Appendix C	Drilling Wall Protection Method	·····	47
Appendix D	Large Size Core Breaking Method	·····	48
Appendix E	Large Size Core Tube Thread Specification	···	49
	Explanation of Wording in This Specification	·····	50
	List of Quoted Standards	·····	51
	Addition: Explanation of Provisions	·····	53

1 总 则

1.0.1 为统一水电岩土工程及岩体测试造孔方法、工艺、技术要求，保障造孔质量和作业安全，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于水电工程地基与基础处理、边坡治理、岩土体监测与岩体测试等造孔。

1.0.3 水电岩土工程及岩体测试造孔，除应符合本规程外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术 语

2.0.1 造孔 borehole drilling

采用钻头或其他辅助手段钻入地层形成柱状圆孔的过程。

2.0.2 垂线孔 pendulum hole

用于安装位移观测垂线的垂直钻孔，分为倒垂线孔和正垂线孔。

2.0.3 钻孔顶角 drilling vertex angle

钻孔轴线上某点沿轴线延伸方向的切线与铅垂线之间的夹角。

2.0.4 钻孔倾角 drilling dip angle

钻孔轴线上某点沿轴线延伸方向的切线与其水平投影间的夹角。

2.0.5 钻孔方位角 drilling azimuth angle

在水平面上，自正北向开始，沿顺时针方向与钻孔轴线水平投影上某点的切线之间的夹角。

2.0.6 冲击反循环钻进 percussive reverse circulation drilling

在采用冲击钻进时，携带岩屑的冲洗介质由钻头和排渣管内管返回地面的钻进技术。与之相反称为正循环钻进。

2.0.7 冲抓锥钻进 cone grab drilling

利用锥形抓斗、借助抓斗张开闭合机构，在一定的冲程高度内，周期性地张开、收拢抓取孔底岩样的钻进。

2.0.8 泵吸反循环回转钻进 suction pump reverse circulation rotary drilling

利用泵的抽吸力和大气压力，使钻杆内部液体上升的反循环钻进技术。

2.0.9 气举反循环钻进 air lift reverse circulation drilling

压缩空气在一定深度的钻杆内孔与冲洗液混合，利用钻杆内外液体密度差进行反循环的钻进技术。

2.0.10 螺旋钻钻进 auger drilling

利用螺旋钻具碎岩输送岩样的钻进。

2.0.11 潜孔锤钻进 down-hole hammer drilling

利用高压水或压缩空气作为动力源驱动孔底冲击器的钻进。

2.0.12 冲洗液 washing fluid

钻进中用来冷却钻头、排除岩粉、保护岩芯及平衡地层压力的流体。

2.0.13 钻孔灌注桩 bored pile

通过造孔达到预定深度，并在孔内注入混凝土而筑成的基础工程。

2.0.14 地下连续墙 underground diaphragm wall

采用钻、冲、抓、振钻进方法，借助于泥浆的护壁作用，形成预定深度的沟槽，分段浇筑混凝土而形成的一道具有防渗、挡土和承重功能的连续的地下墙体。适用于地下铁路、地下公路、输水涵洞、水库、油库的挡土墙、防水墙、防渗墙等。

2.0.15 钻孔底部装置 device installed in the bottom of bore-hole

安装在钻孔底部，能确保传感器和钻孔的径向、底部、上部三方向良好接触，且便于传感器的安装与回收装置。

3 基本规定

3.0.1 施工单位应收集下列资料：

- 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 施工区内重要的环境因素和危险源以及电缆线、排污管道、自来水及煤气管道等资料。

3.0.2 施工单位应编制施工组织设计，并应包括下列内容：

- 1 工程概况。
- 2 施工区内正常供水、供风、供电及交通条件。
- 3 钻孔结构和造孔工艺技术方法。
- 4 造孔机具选择。
- 5 施工现场布置。
- 6 工程质量管理体系。
- 7 资源配置及生产计划进度编制要求。
- 8 安全技术操作和职业健康及环境保护措施。

3.0.3 施工单位应建立健全质量管理体系与管理制度，实施质量目标管理，设置专职质量检查人员。

3.0.4 施工单位应建立健全职业健康安全管理体系与管理制度，实施职业健康安全目标管理，设置专职安全人员，制定专项施工方案及安全防护措施。施工作业前应分专业对施工人员进行安全技术交底。

3.0.5 施工单位应建立健全环境管理体系与管理制度，实施环境目标管理，并制定水土保持及环境保护专项方案。

3.0.6 造孔作业过程中宜及时总结，以持续优化工艺和方法。

3.0.7 在井巷洞、管道内作业时，对不同工序产生的有害气体及粉尘含量应分别进行检测和分析，并根据检测结果制定相应预防措施，选择适宜的通风方法、风筒直径、风机功率，排除或降低有害气体及粉尘浓度。

3.0.8 造孔作业人员应进行岗前培训，经考核合格后方可上岗。培训内容应主要包括工艺流程、操作规程、事故预防及处理。

4 岩土工程施工造孔

4.1 一般规定

4.1.1 岩土工程施工造孔可采用冲击钻进、回转钻进、冲击回转钻进和螺旋钻钻进等方法。

4.1.2 应根据地层岩性、技术要求及施工条件等因素确定相应的钻孔工艺流程。造孔设备、工艺选择应符合本规程附录 A 的规定，主要造孔设备技术参数应符合本规程附录 B 的规定。

4.1.3 钻进准备工作应符合下列要求：

1 清除施工场地内所有地面障碍物，查明并避开地下管线，对附近有隔震要求的建筑物和危房采取保护措施。

2 平整场地，固化处理松软土；敷设排水设施。

3 完成施工供水、供电、运输道路及临时设施。

4 复核测量控制点，准确测放孔位并标记。

5 钻机安装应稳固、周正、水平，钻孔中心、立轴中心和天车前沿应在同一条直线上，安装完成后应检查设备运行安全可靠。

4.1.4 施工区的规划布置应符合下列要求：

1 应考虑冲洗液循环、排水、清渣系统的安装设置；在循环作业时，保证冲洗液循环通畅、污水排放彻底、钻渣清除顺利。

2 废浆、废渣、废水应排放至指定地点并做妥善处理。

3 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。

4.1.5 开孔护孔管应安放稳固，当钻孔停工时，孔口应设置相应的防护设施。

4.1.6 造孔过程中应进行孔斜控制和泥浆性能控制。

4.1.7 钻孔护壁方法应符合本规程附录 C 的规定。

4.1.8 钻进记录应详细、真实、及时、准确。

4.1.9 钻孔完成后，应及时进行钻孔验收。

4.2 冲击钻进造孔

4.2.1 冲击钻进造孔机具的选择及安装应符合下列规定：

1 造孔设备主要包括钻机、卷扬机、水泵，应根据地质条件、钻机的适用条件和施工要求进行钻机和配套设备选型。

2 冲击钻头应用硫磷含量小于 0.05% 的 35 号~45 号钢铸成。钻头重量宜为 1.0t、1.2t、1.5t 等，其形状为一字形或十字形。

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

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

5 冲击钻具总长度应大于钻头圆周长度。

4.2.2 冲击钻进造孔应符合下列规定：

1 活门抽砂筒直径应小于钻孔直径 300mm。

2 在孔口护筒下部 2m~3m 钻进时，宜采用小冲程、低冲次。泥浆比重宜为 1.35~1.50，并加入适量的黏土块和碎石，钻进中宜不捞渣或少捞渣。

3 在黏性土层中钻进时，可加清水或稀泥浆，采用中、小冲程钻进，应及时清除钻头上的泥块。

4 在粉砂层或中粗砂层中钻进时，宜采用中、小冲程钻进，泥浆比重宜为 1.20~1.35，并应勤投放黏土块、勤冲击、勤

捞渣。

5 在砂卵石层中钻进时，宜采用中、高冲程钻进，勤捞渣，泥浆比重宜为 1.35~1.50。

6 在基岩中钻进时，宜采用高冲程钻进，泥浆比重宜为 1.20。

7 钻孔因故回填后重新钻孔时，宜采用小于 1m 冲程反复冲击，并加入黏土、碎石，泥浆比重宜为 1.35。

4.2.3 冲击正循环造孔应符合下列规定：

1 应在孔口位置埋设护筒，并根据地层情况确定护筒下入深度。开钻前应在孔内投入适量的黏土、碎石等，并应小冲程高频次锤击，超出护筒底口 2m~3m 后，方可采用正常冲程钻进。在孔口护筒下部 2m~3m 钻进时，宜采用小冲程、低冲次。泥浆比重宜为 1.35~1.50，并加入适量的黏土块和碎石，钻进中宜不捞渣或少捞渣。

2 正常冲击钻进时，应勤送绳，每次少松绳，应经常检测钻头的磨损情况，并及时补焊修复。

3 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，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。

4 每钻进 4m~5m，应测量钻孔孔径和钻孔形状，如遇缩径孔段时应加密测量。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。

5 钻进过程中，应坚持勤捞渣，每次捞渣后，应向孔内补充泥浆或黏土，使泥浆高度保持在孔口位置。

6 冲击钻进防渗墙槽孔，钻机应牢固安装在可沿轨道轴线纵横移动的轨道车上，轨道应平行于防渗墙中心线，轨枕间应填充道渣碎石。孔位、孔深、孔斜、槽宽及嵌入基岩深度应符合设计要求。一期、二期槽孔间接头应清理干净，套接厚度应符合设计要求，孔底沉渣厚度不应超过 0.2m。

4.2.4 冲击反循环造孔应符合下列规定：

1 黏性土宜采用 0.5m 小冲程钻进，排渣管底口应距离孔底 0.6m~0.8m，若地层塑性较大可加入适量碎石。

2 硬性土宜采用 0.5m 小冲程钻进，排渣管底口应距离孔底 0.5m~0.7m。

3 砂卵砾石层宜采用中小冲程钻进，并提高泥浆的比重。孔壁不稳定时，可投入适量黏土球，必要时改用正循环钻进，将投入的黏土挤入孔壁，待孔壁稳定，再恢复反循环钻进并及时跟进排渣管。

4 基岩宜采用中冲程钻进，排渣管底口距离孔底 0.3m~0.5m。风化基岩层钻进时，冲击行程应大于 1.5m，并宜采用较大泵量。

5 手动和自动冲击钻进应控制好松绳量，做到勤放绳、少放绳。

6 应经常检查提引器、钢丝绳等，并根据磨损情况及时更换或修理。

7 冲击反循环钻进防渗墙槽孔过程中，地层严重漏浆时，应迅速填入堵漏材料，调整泥浆性能，必要时回填槽孔；导墙发生严重变形或底部坍塌时，应采取安全措施，重新修筑导墙。槽孔质量应符合本规程第 4.2.3 条第 6 款的规定。

4.2.5 冲抓锥造孔应符合下列规定：

1 粒径较大的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。

2 钻进时将冲抓锥提起并呈闭合状，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。

3 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。

4 冲抓锥提出孔口 1.5m 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。

5 冲抓锥钻进中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。

6 密实的黏性土宜采用中冲程钻进，应防止抓瓣嵌入过深，难以闭合和提升。

7 硬、较密实的黏土宜采用高冲程钻进，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。

8 散砂土宜采用小冲程钻进，应使用较大比重的泥浆，并投入黏土护壁。

9 卵石层宜采用中冲程钻进。若地层较密实时，冲程可加大至 2m~3m，且落锥快速，若地层稳定性差，可提高泥浆比重或投入黏土球挤入护壁。

4.2.6 冲击钻进过程中，应使用具有良好的流变性和稳定性的泥浆。拌制泥浆应使用搅拌机，搅拌时间不应少于 30min。膨润土泥浆宜使用高速搅拌机搅拌，新浆液应浸泡 24h 后方可使用。储浆池内的泥浆应经常搅动，停钻超过 8h 时，应定时进行孔内泥浆循环。泥浆性能应符合下列规定：

1 造浆黏土黏粒含量应大于 45%，塑性指数应大于 20，含砂量应小于 5%，黏土中二氧化硅与三氧化二铝含量的比值宜为 3~4。

2 如果没有符合标准的造浆土料，宜优先选用膨润土，膨润土的质量应符合现行国家标准《钻井液材料规范》GB/T 5005 的规定。

3 泥浆的性能指标和配合比，应根据地层特性和造孔方法通过试验确定。基浆性能指标应符合表 4.2.6-1 规定。

4 不同阶段泥浆性能测定项目应符合表 4.2.6-2 的规定。

4.2.7 泥浆净化处理应采取下列措施：

1 钻进及清孔的污浆和地表水应排放至指定地点，防止流入储浆池。

表 4.2.6-1 基浆性能指标

序号	项目	性能指标	检测方法
1	比重	1.10~1.20	泥浆比重计
2	漏斗黏度 (s)	16~28	500mL/700mL 漏斗法
3	含砂量 (%)	≤5	含砂量测定仪
4	胶体率 (%)	≥96	量杯
5	失水量 (mL/30min)	<30	失水量仪
6	泥皮厚度 (mm)	2~4	失水量仪
7	1min 静切力 (N/m ²)	2~5	静切力计
8	稳定性 (g/cm ³)	≤0.03	量杯、泥浆比重计
9	pH 值	7~11	pH 试纸或电子 pH 计

表 4.2.6-2 不同阶段泥浆性能测定项目

阶段	土 料 种 类	
	膨润土	黏土
鉴定土料造浆性能时	比重、漏斗黏度、失水量、静切力、塑性黏度	比重、漏斗黏度、含砂量、胶体率、稳定性
确定泥浆配合比时	比重、漏斗黏度、失水量、泥饼厚度、pH 值	比重、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	比重、漏斗黏度、含砂量	比重、漏斗黏度、含砂量

2 钻进及清孔的污浆应采用旋流器或化学法进行处理。

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 应做好施工现场废浆处理，排放标准应符合有关法规要求，不应经地下水道直接排放。

4.2.8 冲击钻进常见事故预防和处理应符合表 4.2.8 的规定。

表 4.2.8 冲击钻进常见事故预防和处理

事故类型	事故原因	预防措施	处理措施
钻孔不圆、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能； (2) 经常检测泥浆黏度，并及时调整	发现孔壁不规整，应投入黏土和碎石、片石重新钻孔
钻孔偏斜超标	(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	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	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) 冲击钻头在薄弱处断裂	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	(1) 用打捞钩打捞活套； (2) 用冲抓锥抓取

4.3 回转钻进造孔

I 正循环回转钻进

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

4.3.2 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，其外径不应小于 89mm，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。

4.3.3 正循环回转钻进技术参数应符合下列规定：

1 较软或均质土层钻头的转速宜为 40r/min~80r/min，较硬或非均质地层，钻头转速范围宜为 20r/min~40r/min。

2 黏土层、硬土层钻进压力宜为 10kN~25kN；砂土层钻进压力宜为 5kN~15kN；砂层、砂砾石层钻进压力宜为 3kN~10kN。

3 在中硬以下基岩、风化等硬质岩层钻进，可通过配置加重钻铤或配重块提高钻压，钻进压力宜为 20kN~40kN。

4 冲洗液的上返流速不应小于 0.25m/s，冲洗液量可按下式计算：

$$Q=60 \times 10^3 A v \quad (4.3.3)$$

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)。

5 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。

4.3.4 正循环回转钻进应符合下列规定：

1 开钻前应对设备进行试运行，并向孔口护筒管注入泥浆。钻进时应轻压、慢转，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。

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，应查明原因，及时调整钻进参数或采取更换钻头等措施，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，不应碰撞孔口护筒管。

4.3.5 造孔允许偏差及检测方法应符合表 4.3.5 的规定。

表 4.3.5 造孔允许偏差及检测方法

序号	项 目				允许偏差	检测方法	
1	孔径	承重桩			(0~50)mm	用井径仪或 超声波测井仪	
		支护桩			±30mm		
2	垂直度				<1%	用测斜仪或 超声波测井仪	
3	孔深				(0~300)mm	复核钻头高 度和钻杆长度	
4	孔 位	承 重 桩 孔	1 根 ~ 3 根， 单排桩基垂直于 中心线方向和群 桩基础的边桩	$D\leqslant 1000\text{mm}$	(0~ $D/6$)mm， 且不大于 100mm	基 坑 开 挖 后，重新放出 纵横轴线，对 照轴线用钢尺 检查	
				$D>1000\text{mm}$	[0~(100+ 0.01 H)]mm		
			条形桩基沿中 心线方向和群桩 基础的中间桩	$D\leqslant 1000\text{mm}$	(0~ $D/4$)mm， 且不大于 150mm		
				$D>1000\text{mm}$	[0~(150+ 0.01 H)]mm		
		支护桩孔			(0~ $D/12$)mm		

注 1 D —桩的设计直径 (mm)；

2 桩径允许偏差正值指平均断面，负值仅指个别断面；

3 H —施工现场地面标高与桩顶设计标高的距离 (m)；

4 大口径基岩监测井钻孔，孔位、孔深、孔径、终孔垂直度及孔底沉渣应满足设计规定要求。

4.3.6 正循环回转钻进常见事故的预防和处理方法应符合表 4.3.6 的规定。

表 4.3.6 正循环回转钻进常见事故的预防和处理方法

事故现象	事故原因	预防和处理方法
孔壁坍塌	(1) 地层松散，含水丰富，泥浆比重偏低，地压不平衡，失去护壁作用； (2) 操作不当，使孔内产生压力激动	(1) 提高泥浆比重，如塌孔很严重，应回填重新钻进； (2) 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用筒式钻头钻穿；在钻进陡倾角岩层时，应加长粗径钻具，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
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，产生重复破碎	(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

II 反循环回转钻进

4.3.7 地下水位浅且卵石粒径不大于钻杆内径的 2/3 的弱渗透

性填土、黏土、砂层、砂卵砾石层和基岩地层中，宜采用泵吸反循环回转钻进成孔。填土、黏土、砂性土、砂层、砂卵砾石及较软基岩地层中，宜采用气举反循环回转钻进成孔。

4.3.8 泵吸反循环回转钻进成孔直径宜大于 600mm，孔深宜在 50m~90m。

4.3.9 泵吸反循环回转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。钻杆连接可采用插接式或法兰盘式，但应保证连接对中、平直，连接处应设置“O”形密封圈。单根钻杆长度不宜大于 3m。

4.3.10 冲洗液循环池容积不应小于桩孔容积的 2 倍。循环槽的断面积应为砂石泵出水管断面积的 3 倍~4 倍，循环槽的坡度不宜小于 1/100。沉淀池容积应根据桩孔直径合理确定。应采用多级振动筛和旋流除砂器进行除砂，及时清除沉淀池、循环池、循环槽中的沉渣。

4.3.11 泵吸反循环回转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 0.2m/s；采用水泵供水时，应设缓冲装置，使冲洗液下流速度小于 0.2m/s。

4.3.12 泵吸反循环回转钻头应符合下列规定：

- 1 钻头上端应设置导正环，导正环与钻头不应产生偏心、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。
- 3 钻头进水吸渣口应圆滑，流阻要小，其直径应略小于钻杆内径，距钻头端面 0.20m~0.25m。

4.3.13 砂石泵组启动操作应符合下列规定：

- 1 应检查泵组运转部位的密封性和润滑是否良好，检查良好后向气水分离器和灌注泵加入足够的清水，不得加入污水、脏水。

2 保持孔内冲洗液液面与护筒管管口相平，并将钻头提离孔底 0.15m~0.20m。

3 启动砂石泵组时首先开动真空泵，待系统的真空度达 0.6MPa、气水分离器中的液面观察窗的水位上升到一半以上时，关闭真空泵及真空系统。

4 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。

5 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。

4.3.14 泵吸反循环回转钻进技术参数应符合表 4.3.14 的规定。

表 4.3.14 泵吸反循环回转钻进技术参数

地层	技术参数		
	钻压 (kN)	转速 (r/min)	砂石泵排量 (m ³ /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

4.3.15 泵吸反循环回转钻进应符合下列规定：

1 砂石泵启动后，待反循环正常时，再将钻头下到孔底，并由低钻压、慢转速钻进，逐渐达到正常参数钻进。

2 钻进过程中，应随时观察和检测反循环运行情况 and 钻进速度，并随着钻孔深度增加，逐渐降低钻速，防止因冲洗液密度加大，使反循环终止。

3 在砂卵砾石层中钻进时，降低钻压或采取间断给进方法，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 0.5m~1.0m，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。

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。

4.3.16 气举反循环回转钻进机具选择应符合下列规定：

1 宜选用转盘式和动力头式钻机，空气压缩机风量应为 $9\text{m}^3/\text{min}\sim 12\text{m}^3/\text{min}$ 、风压应为 $0.7\text{MPa}\sim 1\text{MPa}$ 。

2 钻杆应与钻机、孔径和孔深相适应。选用单壁钻杆或双壁钻杆内壁要平整，要有足够的强度，连接对中性要好。

3 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。混合器的安置位置应随孔深增加而下降，宜每 25m~30m 调整一次。

4.3.17 气举反循环回转钻进技术参数选择应符合下列规定：

1 冲洗液量可按下式计算：

$$Q=900\pi d^2 v \quad (4.3.17-1)$$

式中：Q——冲洗液量（ m^3/h ）；

d ——排渣管或钻杆内径（m）；

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

2 混合器的沉没系数可按下式计算：

$$k_s = \frac{s}{s+h_r} = \frac{s}{H} \quad (4.3.17-2)$$

式中： k_s ——沉没系数；

s ——混合器没入孔内水位以下的深度（m）；

h_r ——气举钻进时的气举高度（m）；

H ——混合器的沉没深度（m），即混合器没入钻孔的深度。

4.3.18 造孔允许偏差及检测方法应符合本规程表 4.3.5 的规定。

4.3.19 反循环回转钻进常见事故及处理方法应符合表 4.3.19 的规定。

表 4.3.19 反循环回转钻进常见事故及处理方法

序号	事故现象	事故原因	处理方法
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应漏气； (4) 检修或更换真空泵； (5) 按正确操作方法操作
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	(1) 检修管路、注意检查真空管路上的阀门是否打开； (2) 将钻头提离孔底，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) 将钻具提离孔底，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

续表 4.3.19

序号	事故现象	事故原因	处理方法
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
8	孔壁坍塌	(1) 地层松散，稳定孔壁所需的水头压力不足； (2) 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，抬高水头，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) 调整泵量减小抽吸作用

4.4 潜孔锤钻进造孔

4.4.1 基岩地层宜采用潜孔锤钻进造孔。大口径桩孔施工宜采用气动潜孔锤钻进。深孔、超深孔钻进宜采用液动潜孔锤。取芯钻进时宜采用硬质合金钻头，全断面钻进可采用金刚石钻头、牙轮钻头。

4.4.2 潜孔锤钻进应根据钻孔深度、孔径等选择相适应的潜孔锤钻机规格型号及相应的钻具。

4.4.3 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。钻孔直径大于 800mm 的桩孔宜采用泵吸反循环、气举反循环方法，钻孔直径小于 800mm 的桩孔宜采用正循环方法。

4.4.4 潜孔锤钻进技术参数应符合下列规定：

1 钻进压力应采用加重扶正器和钻具自重加压，保持钻头压力宜为 $300\text{N}/\text{cm}^2 \sim 500\text{N}/\text{cm}^2$ 。

2 钻进坚硬地层时宜采用低转速，钻头回转线速度宜为 $0.2\text{m}/\text{s} \sim 0.4\text{m}/\text{s}$ 。

3 反循环潜孔锤钻进的风量应满足潜孔锤性能的要求，宜为 $20\text{m}^3/\text{min} \sim 60\text{m}^3/\text{min}$ 。正循环潜孔锤钻进时，风量除满足潜孔锤性能要求外，环状空隙中空气的上返流速不应小于 $15\text{m}/\text{s}$ 。

4 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，宜比潜孔锤工作压力大 0.15MPa 。

4.4.5 潜孔锤钻进应符合下列规定：

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。

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 $0.2\text{m} \sim 0.3\text{m}$ ，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，并及时处理。

5 停钻前应将钻具提离孔底 0.1m~0.2m，并维持冲洗液循环 1min~2min，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 每一回次钻进提钻后，应检查冲击器及钻头磨损情况。

4.4.6 松散及破碎地层宜采用潜孔锤同步跟管护壁钻进，并应符合下列规定：

1 应使用高强度的粗径钻杆，钻杆与套管长度相一致，宜为 1.5m。

2 套管壁厚度不应小于 4mm，其弯曲度不超过 0.1%，屈服强度大于 500MPa；套管靴、套管及套管接头不应有损伤或影响强度的缺陷存在。

3 跟管钻进前，宜用同径或略大一点的钻头预先钻凿好导向浅孔。跟管钻具下孔前应逐个检查风动潜孔锤、跟管偏心钻头、套管及套管靴的完好情况及联接可靠性，并检查有无堵塞物，以确保通道畅通。在钻具使用中或使用结束后应加注润滑油进行维护保养，并对磨损、变形较严重的部件随时进行更换。

4 在钻进过程中应按编号顺序加接钻杆及套管并将丝扣拧紧。每钻进 0.5m~1m 时，宜用大风量排出孔底和管内岩渣。每钻进 10m 应将钻具提出孔外，并认真检查偏心钻头是否张敛自如。

5 跟管钻进孔深超过 40m 且跟管困难时，可更换成常规潜孔锤钻进。

4.4.7 造孔允许偏差及检测方法应符合本规程表 4.3.5 的规定。

4.4.8 潜孔锤钻进常见事故的预防及处理方法应符合表 4.4.9 的规定。

表 4.4.9 潜孔锤钻进常见事故的预防处理方法

序号	事故现象	事故原因	预防及处理
1	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、气路堵塞	(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
2	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
3	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

4.5 螺旋钻钻进造孔

4.5.1 淤泥、土层、砂土层、含有少量黏土的密实砂层宜采用螺旋钻钻进造孔。

4.5.2 螺旋钻造孔直径宜为 200mm~2000mm, 孔深不宜大于 40m。孔深超过地下水位时, 宜采用套管护壁钻进。

4.5.3 钻头选用应符合下列要求:

- 1 黏性土、较硬土、冻土及强风化岩石应选用尖底钻头。
- 2 松散地层宜选用平底钻头。
- 3 杂填土及小颗粒卵砾石地层应选用靶式钻头。
- 4 混凝土块、条石及地下障碍物应选用筒式钻头。

4.5.4 螺旋钻钻进转速宜为 30r/min~60r/min; 采用小扭矩钻机钻进压力宜为 10kN~15kN, 采用大扭矩钻机钻进压力宜为 20kN~30kN。

4.5.5 螺旋钻钻进应符合下列规定:

- 1 每回次钻进深度不应超过螺旋长度。

- 2 保持匀速钻进，避免损坏机械和发生孔内事故。
- 3 提钻遇阻时，不得强行起拔钻具。
- 4 钻进中遇地下水时，应采取护壁措施。
- 5 钻进软硬不均地层时，应匀速缓慢钻进，不得强行加压钻进。
- 6 每回次钻进提钻后应检查钻头，发现螺旋钻弯曲或损坏时，应立即修复或更换。
- 7 完成钻孔任务后应进行孔深测量，虚土厚度不宜大于 100mm。

5 岩土体监测造孔

5.1 一般规定

5.1.1 岩土体监测造孔宜主要包括坝体、堤防、坝基、边坡的变形监测孔造孔。

5.1.2 钻孔施工应根据地层岩性、技术要求、设备及施工条件等因素，确定设备类型和钻进方法。可采用潜孔锤、液压锚固工程钻机、回转工程钻机或其他适宜的方法钻进成孔。

5.1.3 钻机应安装牢固，钻机滑轨和机器之间不能松旷；塔上滑车、钻机立轴钻杆和孔位应在同一条线上，钻机立轴固定在垂直的方位上，钻进中应经常检查，随时校正。

5.1.4 钻孔使用的钻杆、岩芯管应进行调直处理，其同心度不应大于 2mm/10m，使用的岩芯管应无损伤变形，丝扣完好，磨损度不超过壁厚的 1/3，弯曲度不超过 2mm/m。钻杆弯曲度不超过 0.75mm/m。钻杆和钻杆接手单边磨损不超过 2mm，均匀磨损小于 1.5mm。钻杆、岩芯管、接箍的丝扣加工应符合要求；连接后应松紧适度，紧密不晃动，轴线保持不变。

5.1.5 监测孔应详细、准确记录钻孔深度、孔径及孔径变化、测斜记录、保护管下入深度、地质条件变化等内容。

5.2 大坝变形监测垂线孔造孔

5.2.1 造孔机械设备选择与安装应符合下列规定：

1 钻机扭矩应大于 5kN·m，立轴通孔直径不宜小于 90mm。

2 水泵宜选用变量水泵，水泵压力 3MPa~5MPa，排水量应大于 250L/min。

3 钻塔应根据施工现场条件确定，其承载力不应小于 100kN。

4 孔斜仪宜选用液面水平测量仪和环测法水准测斜仪。

5 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。

5.2.2 宜选用孕镶金刚石大口径钻头，金刚石的粒度、浓度、品级、胎体硬度应根据所钻岩石性质来确定。钻具的选择应符合下列规定：

1 粗径钻具组选用 ZT380、ZT490 无缝钢管加工。岩芯管规格宜符合本规程附录 E 的有关规定。宜选用壁厚 6mm~8mm 的粗径钻杆并加钻杆扶正器。

2 应减少孔壁与粗径钻具之间的间隙。常用粗径钻具的长度及孔壁环状间隙应符合表 5.2.2 的规定。

表 5.2.2 粗径钻具的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

5.2.3 垂线保护管的埋设，宜采用灌注二次水泥砂浆回填固定。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应小于 50mm。

5.2.4 开孔钻进应符合下列规定：

1 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类型确定。浅孔宜采用一径到底。钻孔开孔直径与钻孔深度的关系应符合表 5.2.4 的规定。

2 钻孔施工放样位置与设计孔位坐标偏差为 $\pm 20\text{mm}$ 。

3 孔口导向管中心与设计坐标偏差为 $\pm 5\text{mm}$ 。

4 采用比设计孔径大两级的钻头开孔，钻进深度 1m~2m，安装导向管，经测量校正后，浇筑水泥砂浆固定，并在导向管上

表 5.2.4 钻孔开孔直径与钻孔深度的关系

钻孔深度 (m)	开孔直径 (mm)					
	328	277	248	222	181	171
>90	√	√	—	—	—	—
70~90	—	√	√	—	—	—
50~70	—	—	√	√	—	—
30~50	—	—	—	√	√	—
≤30	—	—	—	—	√	√

注 “√”表示推荐选用；“—”表示不推荐选用。

端刻划钻孔坐标定位十字线。

5 宜采用硬质合金钻头钻进，超过导向管底端以下 0.5m~1.0m 后，换用金刚石钻头钻进。

5.2.5 孕镶金刚石钻头钻进技术参数应符合表 5.2.5 的规定。

表 5.2.5 孕镶金刚石钻头钻进技术参数

钻头直径 (mm)	转速 (r/min)	线速度 (m/s)	钻压 (kN)	泵量 (L/min)
151	114~310	0.90~2.45	20~32	60~135
171	114~248	1.02~2.22	23~36	68~143
181	114~248	1.01~2.20	26~40	78~170
222	65~180	0.76~2.09	30~46	88~197
248	65~180	0.80~2.21	34~52	98~220
277	65~114	0.94~1.66	38~58	110~246
328	60~114	1.02~1.96	42~66	150~300

注 1 钻头唇部厚度为 12mm~14mm。

2 金刚石浓度 100%，金刚石切削比例系数为 0.40~0.60。

5.2.6 钻进应符合下列规定：

1 宜采用孔底加压钻进方法，确保垂线孔的垂直度。

2 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。

3 钻进中应及时调节水量大小，确保钻头底部有足够的冲洗液量，防止发生烧钻事故。

4 由硬质合金钻进改为金刚石钻进时，应采用旧的金金刚石钻头钻进深度 0.3m 后，更换新的金刚石钻头钻进。

5.2.7 孔斜预防应符合下列规定：

1 开孔钻具与孔口管内壁间隙不应大于 2mm，换径时应使用孔内导正器。

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 以内，每钻进 2m 应测量孔斜一次。孔深 20m 以后，每钻进 2m~4m，应测量孔斜一次。

5.2.8 应根据实际情况在调整钻孔轴线纠斜、局部填封纠斜、越级换径纠斜、导向器纠斜、扩孔纠斜中选择一种方法进行钻孔纠斜，并应符合下列规定：

1 调整钻孔轴线纠斜时，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 局部填封纠斜时，应在钻孔偏斜较大孔段，用高强度等级砂浆掺合石块填封钻孔，待凝固后进行导向钻进纠斜。

3 越级换径纠斜时，应一次缩小孔径 2 级~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 2 级~3 级金刚石钻头钻进纠斜。

4 导向器纠斜时，应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纠斜。

5 当发现钻孔偏斜时，可采用导向钻具扩孔纠斜。

5.2.9 造孔质量与检验应符合下列要求：

1 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。

2 根据设计要求检查孔位、孔深、终孔孔径、钻孔垂直度。

3 倒垂取芯钻孔，钻孔岩芯获得率不小于 90%，并对岩芯进行地质描述。

4 垂直度偏差允许范围为 0~1‰，下入护管后的有效铅垂空间直径不应小于 70mm。

5 垂线保护管连接牢固、密封，位置、深度准确。

5.2.10 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。

3 钻孔原始记录、质量检查及工序验收资料。

5.3 多点位移计监测孔造孔

5.3.1 钻孔直径应根据测量点数确定，孔径不宜小于 90mm。

5.3.2 在软土松散地层、滑坡体地段，宜采用 SD 系列半合管钻具，泥浆护壁或跟管护壁钻进造孔。

5.3.3 钻进应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定。

5.3.4 仪器安装完毕后，应按设计要求修建孔口保护设施。

5.4 测斜仪位移监测孔造孔

5.4.1 钻孔直径应根据地质条件和设计要求确定，不宜小于 130mm，在一个钻孔内安装两种以上监测仪器时不应小于 175mm。钻孔孔斜每 100m 不应大于 2°00'。

5.4.2 钻进应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定。

5.5 坝基沉降监测孔造孔

5.5.1 钻孔直径宜为 222mm，每 100m 钻孔孔斜不应大于 $1^{\circ}00'$ 。钻孔施工放样孔位与设计孔位坐标允许偏差应为 $\pm 20\text{mm}$ 。钻孔终孔后应复测孔位坐标。

5.5.2 岩石地层钻孔岩芯采取率应大于 95%，黏土地层应大于 90%，破碎带应大于 85%，砂和砂砾层应大于 80%。

5.5.3 监测孔钻孔保护套管直径宜为 146mm~168mm，孔壁与保护管之间应回填密实。

5.5.4 机具选择与安装、技术参数、钻进成孔、孔斜预防、钻孔纠斜应符合本规程第 5.2.1 条~第 5.2.8 条的规定。

6 岩体测试造孔

6.1 一般规定

6.1.1 岩体测试造孔宜主要包括地应力测试、渗流测试及高压渗透测试、微震声发射测试、钻孔摄像、岩体位移滑动测微计的造孔。

6.1.2 造孔设备宜采用立轴式回转钻机，金刚石或合金钻头钻进。

6.1.3 钻孔冲洗介质应采用清水或压缩空气。

6.1.4 原始记录应详细记录孔深、测斜数据、孔底残留物、构造带位置、孔径变化等。

6.2 应力解除法测试造孔

6.2.1 每 100m 孔深，直孔钻孔顶角偏差的允许范围应为 $0^{\circ} \sim 1^{\circ}00'$ ，斜孔钻孔顶角偏差的允许范围应为 $0^{\circ} \sim 1^{\circ}30'$ ；测试孔为水平钻孔时，宜上仰 $1^{\circ}00' \sim 1^{\circ}30'$ 。

6.2.2 应力解除法测试造孔除应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 宜采用直径 130mm 取芯金刚石钻头钻进至符合测试条件的孔深位置。

2 宜采用直径 130mm 全断面平底式孕镶金刚石钻头将孔底研磨平整，研磨深度应为 20mm~30mm。

3 孔壁应力测试小孔，宜采用直径 36mm 或 45mm 金刚石取芯钻头，对准孔底中心定位钻进，钻进深度为 0.5m，取出岩芯观察，符合测试条件时，即可终孔。

4 测试孔和套钻应力解除孔，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 宜采用外径 130mm、内径 113mm 薄壁金刚石钻头套钻带有测试元件的测试小孔。

6 孔壁应力测试造孔解除钻进深度宜为 0.38m~0.45m，孔底应力测试造孔解除钻进深度宜为 0.1m~0.2m，并应将套钻岩芯完整地取出孔外，以供测试。

7 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。

6.2.3 套钻采取岩芯应符合下列规定：

1 应先将孔底岩粉冲洗干净，然后提取岩芯。

2 提取岩芯时，应一次成功。

3 采取岩芯时，宜用压楔法楔断岩芯，也可投入适量铅丝卡取岩芯，不得采用冲击楔断法。大口径岩芯断芯方法应符合本规程附录 D 的规定。

6.3 水压致裂法测试造孔

6.3.1 水压致裂法测试造孔除应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定外，尚应符合下列要求：

1 不得使用乳化液和泥浆作为冲洗液。

2 不应进行孔内爆破或使用冲击钻进方法造孔。

3 测试段应选在岩性均一，无软弱结构面、节理面，钻取完整柱状岩芯长度大于 3m 的地段。

6.3.2 造孔用辅助设备应符合下列规定：

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。

6.3.3 测试钻孔质量验收应符合下列要求：

1 应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，以供确定试验地段。

2 探查钻孔是否畅通无阻。

3 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。

4 每 100m 孔深，直孔钻孔顶角偏差的允许范围应为 $0^{\circ}\sim 2^{\circ}00'$ ，斜孔的钻孔顶角偏差的允许范围应为 $0^{\circ}\sim 3^{\circ}00'$ ；水平钻孔时，宜上仰 $1^{\circ}00'\sim 1^{\circ}30'$ 。钻孔深度每 100m 允许偏差为 $\pm 0.20\text{m}$ 。

6.4 岩体渗流测试造孔

6.4.1 岩体渗流测试造孔应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定。

6.4.2 洞室内造孔应进行通风，对无瓦斯工作面，风速不低于 0.2m/s ，人均吸入新鲜空气量不低于 $4\text{m}^3/\text{min}$ ，并应设专人负责监测，不得使用内燃机作动力。

6.4.3 主测试孔与辅助观测孔的直径宜为 75mm，测试段孔径应一致，孔壁应平整、光滑；每 100m 孔深，直孔钻孔顶角偏差的允许范围应为 $0^{\circ}\sim 1^{\circ}00'$ ，斜孔钻孔顶角偏差的允许范围应为 $0^{\circ}\sim 2^{\circ}00'$ 。

6.5 岩体高压渗透测试造孔

6.5.1 岩体高压渗透测试造孔应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定。

6.5.2 主动孔、被动孔视地质条件可为直孔或斜孔。主动孔直径不应小于 110mm，被动孔和渗压孔直径不应小于 75mm。应全孔采取岩芯，岩芯采取率不低于 95%。

6.6 微震声发射测试造孔

6.6.1 微震声发射测试造孔除应符合现行行业标准《水电工程

钻探规程》NB/T 35115 的有关规定外，尚应符合下列规定：

1 永久式微震声发射测试造孔单向传感器钻孔直径不应小于 47mm；三向传感器钻孔直径不应小于 75mm；采用非标准传感器，钻孔直径宜大于传感器直径 10mm~15mm。

2 可回收式微震声发射测试造孔单向传感器钻孔直径不应小于 75mm；三向传感器钻孔直径不应小于 110mm。当钻孔钻进到指定位置，应更换相应直径的十字钻头，对孔底进行磨平。

3 钻孔穿越破碎带、软弱带、土层、覆盖层等，终孔后应安装壁厚不小于 2mm 的镀锌套管，且确保套管与岩土介质密切耦合。

4 孔底岩石碎屑难以清除时，宜增加钻孔深度 30cm~40cm，然后通过注浆封存难以清除的岩石碎屑，消除岩石碎屑对传感器与钻孔底部及孔壁耦合的影响。

6.6.2 测试钻孔质量验收应符合下列要求：

- 1 孔深、孔斜符合设计要求。
- 2 钻孔畅通无阻、孔底无岩屑。
- 3 钻孔底部装置与孔底、孔壁刚性接触，耦合良好。

6.7 钻孔摄像造孔和滑动测微计造孔

6.7.1 钻孔摄像造孔和滑动测微计造孔应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定。

6.7.2 摄像孔直径不应小于 50mm。滑动测微计终孔孔径不应小于 110mm。孔位偏差不应大于 10cm。摄像孔孔斜每 100m 不应大于 $2^{\circ}00'$ ，滑动测微计钻孔孔斜每 50m 不应大于 $2^{\circ}00'$ 。

7 工程质量检查孔造孔

7.1 一般规定

7.1.1 当选用钻孔检查工程质量时，应根据检查部位、钻孔孔位、孔径、孔深、孔向等编制钻孔质量检查实施大纲，并经批准后实施。

7.1.2 钻孔岩芯采取率应满足检查要求，芯样需要做试件时还应满足室内试验相关规范要求。

7.1.3 钻进冲洗液应满足钻具润滑、减震的要求，宜采用乳化冲洗液。

7.1.4 检查结束后，应对检查孔按技术要求进行灌浆和封孔。

7.2 大坝质量检查孔造孔

7.2.1 钻孔设计应满足大坝质量检查要求。

7.2.2 造孔设备选择及安装应符合本规程第 5.2.1 条的规定。

7.2.3 钻具选择应符合下列规定：

1 在水泥砂浆凝结体和基岩中钻进取芯，可采用 75mm～110mm 金刚石单动双管钻具或 SD 单动双管钻具。

2 在坝体混凝土中钻进取芯宜采用特制大直径金刚石单动双管钻具，其钻孔直径应大于混凝土中粗颗粒直径的 1.5 倍～2 倍，宜为 150mm～222mm。

3 岩芯管容纳岩芯的长度宜为 3.5m～5.5m。

7.2.4 钻进技术参数、工艺应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115 的有关规定。

7.2.5 取芯应符合下列规定：

1 全孔岩芯采取率不低于 98%，重点检查部位岩芯采取

率 100%。

2 起钻提升过程中应减少振动。

3 钻具提出孔口后应将其缓慢放平，不得锤击钻具。

4 在拧卸钻具过程中不应振动，采取岩芯时应轻拿轻放，合管或液压推动退出岩芯，将其放入岩芯箱中，防止人为损坏岩芯。

5 岩芯应按先后顺序排列编号，岩芯牌逐项用碳素笔填写。

7.3 灌浆工程质量检查孔造孔

7.3.1 钻孔设计应满足灌浆工程质量检查要求。

7.3.2 灌浆工程质量检查孔造孔应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115、《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》DL/T 5148 的有关规定。

7.4 地下连续墙体质量检查孔造孔

7.4.1 钻孔设计应满足地下连续墙体质量检查要求。

7.4.2 地下连续墙体质量检查孔造孔应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115、《水电水利工程混凝土防渗墙施工规范》DL/T 5199 的有关规定。

7.5 桩体质量检查孔造孔

7.5.1 钻孔设计应满足桩体质量检查要求。

7.5.2 桩体质量检查孔造孔应符合现行行业标准《水电工程钻探规程》NB/T 35115、《钻孔灌注桩施工规程》DZ/T 0155 的有关规定。

8 安全生产、职业健康与环境保护

8.1 一般规定

8.1.1 应建立健全安全生产管理机构，贯彻执行国家的安全生产方针、政策、法规，做好对安全生产工作全过程的监督、考核。

8.1.2 应做好从业人员安全生产教育培训工作，对需要持证上岗的工种应进行专业培训，取得合格证书。

8.1.3 编制施工组织设计时，应依据工程环境和生产条件制定相应的安全生产、职业健康及环境保护内容，明确工程项目安全生产、职业健康及环境保护责任人、考核目标、工作重点等。

8.1.4 工作人员进入钻场工作时，应正确佩戴劳动防护用品，禁止酒后作业。

8.1.5 洞室内施工应进行有效通风，风、水、电及照明线路架设应符合安全要求。

8.1.6 施工现场应配备医药保健箱，备有外伤药物和一定数量的急救药品。

8.1.7 雷雨季节进行钻孔作业，应采取必要的防雷措施。遇有6级以上大风，禁止进行钻孔作业，同时采取必要的防风、加固措施。汛期应采取有效措施严防山洪、泥石流对钻孔作业造成次生灾害。冬季施工，应采取必要的保温、防冻、防滑措施。

8.1.8 在软土地基及滑坡体施工，现场除安装钻机外，其他设备宜安置在滑坡体以外适当的位置，加强巡视监测。

8.1.9 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。

8.1.10 应制定工地消防制度，落实消防责任人，按规定配置消防器材。

8.1.11 应制定安全应急预案并组织演练。

8.2 安全生产要求

8.2.1 造孔作业安全应符合下列要求：

1 启动机械运转后，检查仪表是否灵敏可靠，发现异常响声或仪表失灵，应停机检查修理。

2 升降钻具前应检查升降机系统是否完好可靠，升降工具是否齐全完好。起重钢丝绳每一捻距内断丝超过 1/7 时应予更换。

3 操作升降机者应与孔口、钻塔上方人员协同配合，并按对方发出的信号进行操作，不应猛刹快放。升降过程中不应用手导扶钢丝绳。

4 插抽垫叉应待钻具停止升降时进行。跑钻时不得抢插垫叉。

5 粗径钻具提出孔口后应立即盖好孔口盖，放倒粗径钻具时，操作人员应站在钻具起落范围之外。

6 机上水龙头应设置安全绳，在钻进中不得用手扶持水龙头及胶管。

7 当孔内出现不正常情况时，应由机长、班长操作。

8.2.2 孔内事故处理安全应符合下列要求：

1 首先查明事故原因，计算孔内滞留钻具的准确位置，然后确定处理方法。

2 采用吊锤吊打钻具时，打头或打箍应系好安全绳，在吊打过程中应经常拧紧振松的接头。

3 使用千斤顶起拔钻具时，卡瓦应卡牢固并拴绑安全绳，钻杆顶端拴好提引器或提篮。

4 反扭孔内钻具时，操作人员应站在手柄反转范围之外。

5 在处理事故过程中，应盖好孔口，以防异物掉入孔内。

8.2.3 作业现场防火应符合下列规定：

1 现场内应备有灭火器材设备。

2 内燃机排气管或火炉烟筒应伸出钻场外 0.5m 以上，与篷布接触处应有隔热装置。

3 现场火炉应与木、竹质地板隔离，炉灰应倒在指定地点。

4 现场存放的易燃品应远离火源。

5 电器失火时，应先切断电源再灭火。

8.2.4 作业现场防寒应符合下列要求：

1 在高寒地区造孔时，供水管路应包裹保暖材料，停止作业时应将内燃机、水泵及供水管路的积水全部放尽。

2 现场工棚要保温并应配有取暖设备。

3 孔内回水、回浆应排到指定地点。

8.2.5 作业现场防风应符合下列规定：

1 竖立钻塔时应减少迎风面积。

2 钻塔塔角应固定牢固可靠。

3 高度 10m 及其以上的钻塔，应设置安全绷绳，雷雨季节应安设避雷针。

4 风力超过 6 级时，应增加绷绳并卸下钻塔篷布。

8.2.6 作业现场防汛应符合下列要求：

1 在作业现场上方坡面修筑排水沟。

2 物资材料应存放在洪水位线以上。

3 准备防汛物资，确定防洪措施。

4 选择确定撤退路线。

5 汛期应设专人值班。

8.2.7 洞内造孔作业现场安全生产应符合下列要求：

1 清除洞顶可能活动岩块，必要时应采取支护措施。

2 采用低压安全照明设施，动力线路、照明线路均应挂在洞壁上。

3 物资材料应整齐堆放在底板一侧，并采取衬垫等保护措施。严禁存放易燃易爆物品。

4 保持洞内交通道路畅通，危险地段应增设安全防护设施。

5 洞内应有良好的通风设施，如中断施工，复工前应先通风后监测，确认无有害气体和空气中的含氧量达到标准后方可复工。

6 洞内应备有足够数量灭火设备，如灭火器、沙袋等。

7 应及时清除岩粉、岩渣及浆液等垃圾。

8 洞内不得明火取暖。

8.2.8 采用管架在陡坡上造孔现场安全规定应符合下列要求：

1 清除施工区陡坡上方的危石并设置安全护栏，人、畜不得进入施工区。

2 采用脚手架铺设钻场时，钢管的规格不应小于直径48mm、壁厚3.5mm。各部件连接牢固可靠并与坡体锚杆连接成一体。脚手架的设计安装应符合《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ 130的有关规定。

3 交通道路应安全可靠，危险路段应设安全栏杆，铺设木板应固定并采用挂安全网防护措施。

4 造孔现场应有可靠的排水系统。

5 遇6级以上大风或连续雨雪天气应停止施工，复工前应进行安全检查。

6 遇狂风暴雨时，应制定防止发生泥石流或山体滑坡、崩塌危及施工现场的措施。

8.2.9 水上施工造孔安全规定应符合下列要求：

1 在水上施工造孔作业前，应调查掌握施工区域的水深和水下地形地貌情况，并与航运管理部门商定划分施工作业区的范围，确定悬挂航运部门规定标志的位置。

2 采用钻船施工造孔时，钻船、渡船及救生船上应备有足够数量的救生衣、救生圈、通信联络设备及船的堵漏材料等。

3 采用脚手架搭建钻机平台时，钻场、交通桥及脚手架的安装与设计应符合国家现行有关标准的规定，同时应设置安全栏杆挂网防护，备有救生衣、救生圈。

4 钻场或钻船、渡船、交通桥和码头应悬挂安全警示、指示标志标牌，夜间应有良好的照明设施，危险部位应有红色警示标志。

5 不常用的材料、工具、设备，应堆放在岸边洪水位以上位置，妥善保管。

6 不得强行起拔钻具，使用千斤顶时应坐落在孔口管上。

7 雨季施工、水深急流时，应设专人昼夜值班，经常检查钻场或钻船锚固部位的安全情况，及时调整锚绳，随时清除套管与锚绳和管架上的漂浮物。

8 近海作业应配备救生艇，钻场应储存足够的淡水、食品及急救药品等。

9 停工停钻时，钻场或钻船上应有专人值班，负责清除锚绳、套管和管架上的漂浮物，排除船舱积水，注意现场防火、防风安全，并且应与项目部保持通信联络。

8.3 职业健康要求

8.3.1 应制定职业健康管理制度、操作规程。

8.3.2 应根据项目特点设置职业健康管理机构，配备专职或兼职人员。

8.3.3 应对项目的职业病危害因素检测评价，识别分析工作过程中可能产生或存在的职业病危害因素，向作业人员进行职业危害告知。

8.3.4 应制定职业健康应急预案并定期演练，配备现场急救用品、设备。

8.3.5 进入施工现场的各级人员应在相应的医疗机构进行职业健康体检。患有职业禁忌症的人员，不应进入现场从事相关

工作。

8.3.6 应开展职业卫生培训，使作业人员了解职业健康警示标识的含义，并针对警示的职业病危害因素采取有效的防护措施。

8.4 环境保护要求

8.4.1 冲洗液原材料和处理剂应符合环境保护要求，冲洗液、油料、化学灌浆材料不得排入江河或农田，应经妥善处理后排放至指定地点。

8.4.2 造孔作业产生的固体废弃物应及时清理，按要求堆放在指定地点并妥善处置。

8.4.3 做好施工区域的安全卫生防护工作，夜间施工应降低噪声，不得扰民。

8.4.4 保持现场文明施工，应做到责任到人，各司其职，工完料尽、人走场地清。

附录 A 造孔设备、工艺选择

表 A 造孔设备、工艺选择

孔深 (m)	孔径 (mm)	适用地层	钻进方法	主要钻机	钻头类型	适用对象
≤500	30~200	1~12 级	取芯回转 钻进	立轴式、动力头式回转 钻机	金刚石、硬质合金、 金刚石复合片	大坝基础处 理灌浆造孔、 排水孔
≤300	800~1200	卵砾石层、7 级以上坚硬 地层	潜孔锤钻进	全液压动力头车装式钻 机、拖车式转盘钻机、车装 式转盘钻机、散装式转盘 钻机	球齿钻头	水文水井、 锚固孔
≤130	800~3500	黏性土、砂类土、含少量 砾石、卵石土	冲击正循环	转盘式钻机、动力头式钻 机、CZ 系列工程钻机	鱼尾锥、双腰带笼式 锥、刺猬锥、双径六角 钻锥、牙轮钻	灌注桩孔、 防渗墙造孔
		黏质土层、粉质土层和 中、粗砂层，卵砾石含量少 于 20%，且粒径小于钻杆 内径的地层	冲击反循环		三翼空心单尖钻锥、 牙轮钻头、楔齿滚刀钻 头、球齿滚刀钻头、圆 筒封闭式钻锥、球齿滚 刀钻头	
≤100		黏性土、粉砂、细砂、中 粗砂含少量砾石	正循环回转	GPS - 15、GPS - 20、 KP3500、BDM - 2	硬质合金、金刚石复 合片、牙轮钻	
		黏性土、粉砂、细砂、中 粗砂含少量砾石、卵石土含 量少于 20%、软岩	反循环回转		鱼尾锥、双腰带笼式 锥、刺猬锥、双径六角 钻锥、牙轮钻	
≤20	500~2500	松散土层、砂土、黏土	冲抓锥	—	冲抓锥	

附录 B 主要造孔设备技术参数

B.0.1 主要冲击钻机设备参数应符合表 B.0.1 的规定。

表 B.0.1 主要冲击钻机设备参数

序号	钻机型号	钻孔直径 (mm)	钻孔深度 (m)	钻机重量 (kg)	钻具冲击次数 (次/min)	钻具冲程 (mm)	备注
1	CZ-20	600	120	1000	40/45/50	450~1000	—
2	CZ-22	750	200	1300	40/45/50	350~1000	—
3	CZ-30	1000	250	2500	40/45/50	500~1000	—
4	CJF-20	2000	80	4000	46	1500~3000	反循环
5	YCJF-25	2000	80	8000	30	110~1130	全液压反循环

B.0.2 主要回转钻机设备参数应符合表 B.0.2 的规定。

表 B.0.2 主要回转钻机设备参数

序号	钻机型号	钻孔直径 (mm)	钻孔深度 (m)	钻杆直径 (mm)	立轴回转角 (°)	转速 (r/min)
1	G-3	150	100	42/50	0~360	17~395
2	XY-2	200	300	42/50/60	0~360	70~1145
3	XY-4	200	1000	42/50/60	0~360	37~985
4	GPS-15	800~1500	50	168	0	13/23/42
5	GPS-20	800~2000	80	168	0	8/13/23/42/56
6	BDM-2	2500	100	180	0	10/20/34
7	KP3500	3500	130	180	0	0~24

B.0.3 液压式回转钻机设备参数应符合表 B.0.3 的规定。

表 B.0.3 液压式回转钻机设备参数

序号	型号	钻孔直径 (mm)	钻孔深度 (m)	额定转矩 (N·m)	动力头扭矩 (kN·m)	转速 (r/min)	备注
1	ZYJ-380/ 210	65~113	150	380	—	210	架柱液压式
2	ZDY650	75~110	150	650	—	110/230	全液压式
3	KT2500	1800~2500	130	—	180	0~12	全液压 动力头式
4	KTY3000	1500~3000	130	—	100~200	0~16	全液压 动力头式
5	BZCFY 150CA	500~2000	150	—	30	0~20	车载全液 压动力头

B.0.4 冲击式回转钻机设备参数应符合表 B.0.4 的规定。

表 B.0.4 冲击式回转钻机设备参数

序号	型号	钻孔直径 (mm)	钻孔深度 (m)	冲击器	回转扭矩 (N·m)	转速 (r/min)	备注
1	ZGYX-5500	65~102	15~20	DZYG38	750	0~200	液压式
2	ZGYX-4500	108~130	40	340A	—	0~80	液压式
3	ZGYX-660	76~115	25	—	980	0~160	—

B.0.5 主要螺旋钻机设备参数应符合表 B.0.5 的规定。

表 B.0.5 主要螺旋钻机设备参数

序号	钻机型号	钻孔直径 (mm)	钻孔深度 (m)	钻杆转速 (r/min)	机头电动 功率 (kW)	钻杆最大 输出扭矩 (kN·m)
1	BQZII	300~400	10	85	22	2.47
2	LZ-10	300~400	10	98	30	2.63
3	ZJL30	400~1000	30	—	55×2	50
4	CFG31	400~800	31	12	55×2	83

B.0.6 潜孔钻机设备参数应符合表 B.0.6 的规定。

表 B.0.6 潜孔钻机设备参数

序号	钻机型号	钻孔直径 (mm)	最大钻 孔深度 (m)	回转转速 (r/min)	钻具回 转扭矩 (kN·m)	工作压力 (MPa)	备注
1	KQ250	250	16	22.3	9.43	0.49~0.69	—
2	CM351	90~165	40	0~72	3.4	1.05~2.46	—
3	KQG-150	165	17.5	49	2.43	2.5	—
4	FY100	80~150	30	—	—	0.5~10	冲击式
5	KQZ100-2	80~150	60	78	—	0.5~0.8	—

附录 C 护 壁 方 法

表 C 护 壁 方 法

护 壁 方 法		材 料 要 求	适 用 条 件
浆液护壁	泥浆或无固相冲洗液	根据地层特性，配制不同性能的泥浆或无固相冲洗液	(1) 一般漏失地层； (2) 水敏性地层； (3) 覆盖层
	化学浆液	(1) 有效固结岩石； (2) 可控制固化时间	(1) 漏失严重的裂隙地层； (2) 破碎坍塌地层； (3) 漏失严重的覆盖层
	水泥浆	(1) 高强度等级普通硅酸盐水泥加速凝型减水剂； (2) 硅酸盐水泥加速凝早强剂+高效减水剂； (3) 铝酸盐型水泥加高效减水剂	(1) 严重坍塌破碎带； (2) 严重漏失破碎裂隙地层； (3) 覆盖层
黏土护壁		(1) 黏性大的黏土； (2) 黏土中加纤维物； (3) 制作成黏土球	浅部一般漏失、裂隙地层
套管护壁		符合现行国家标准《钻探用无缝钢管》GB/T 9808 的要求	(1) 松散覆盖层； (2) 严重坍塌漏失地层； (3) 较大的洞穴

附录 D 大口径岩芯断芯方法

D. 0. 1 大口径岩芯断芯方法应符合表 D. 0. 1 的规定。

表 D. 0. 1 大口径岩芯断芯方法

断芯方法	操作方法	注意事项
自然折断法	岩芯达到一定长度后，在机械振动下，顺其节理、层理、裂隙等折断	尽量使用长的岩芯管延长回次进尺
卡料卡取法	投卡料前，将钻具提高孔底一段距离，投卡料后要开大泵量，使卡料冲到钻头与岩芯的环状间隙而卡住岩芯，然后开车扭卡岩芯	卡料由硬块石、钢粒和铁丝三种材料组成，其大小应根据岩芯与岩芯管内径间隙大小而定
岩芯楔断器	利用岩芯楔断器将岩芯楔断后再卡取	适用完整、坚硬地层
小直径掏芯法	采用小直径掏芯使大直径岩芯振断，然后再取芯	适用完整、坚硬地层

D. 0. 2 岩芯楔断器（图 D. 0. 2）结构组成应符合下列要求：

- 1 楔尖部分长度宜为 1000mm。
- 2 接头部分长度宜为 600mm。
- 3 钻杆部分长度宜为 2300mm。

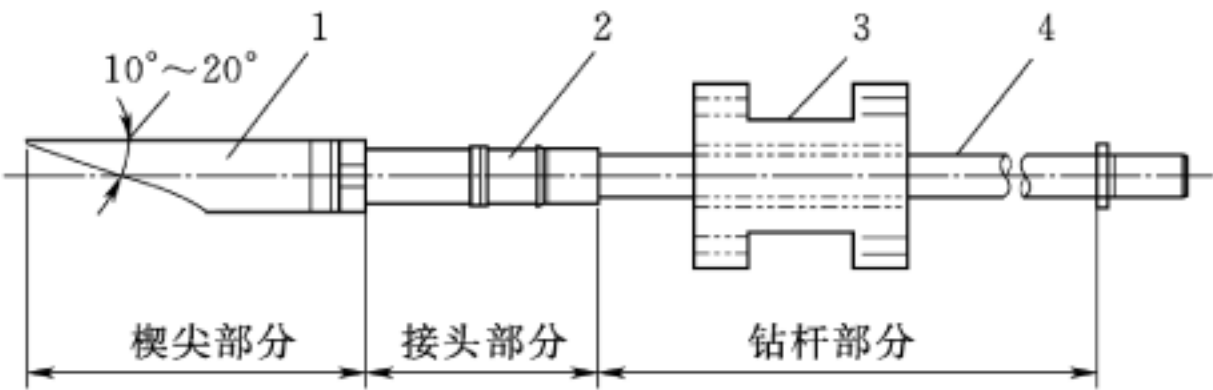


图 D. 0. 2 岩芯楔断器

1—楔尖；2—接头；3—吊锤；4—钻杆

附录 E 大口径岩芯管螺纹规格

表 E 大口径岩芯管螺纹规格 (mm)

外径 D	壁厚 b	螺纹底径 d'_0	螺纹内径 d'_1	螺纹长度 L	齿底厚度 t
177.80	7	$170.04^{+0.26}_0$	$168.54^{+0.16}_0$	60	2.36
	8				
219.10	8	$209.05^{+0.30}_0$	$206.05^{+0.18}_0$	75	3.28
	9				
244.50	8	$234.05^{+0.30}_0$	$231.05^{+0.18}_0$	75	3.35
	9				
273.00	9	$262.05^{+0.34}_0$	$259.05^{+0.21}_0$	75	3.44
	10				
325.00	10	$313.06^{+0.34}_0$	$310.06^{+0.21}_0$	75	3.62
	11				

注 表列规格系地质钻探岩芯管螺纹统一标准，钻头直径宜比岩芯管直径大 4mm~6mm。

本规程用词说明

1 为便于在执行本规程条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先应这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”。

4) 表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指明应按其他有关标准执行的写法为：“应符合……的规定”或“应按……执行”。

引用标准名录

- 《钻井液材料规范》 GB/T 5005
- 《钻探用无缝钢管》 GB/T 9808
- 《水电工程钻探规程》 NB/T 35115
- 《水工建筑物水泥灌浆施工技术规范》 DL/T 5148
- 《水电水利工程混凝土防渗墙施工规范》 DL/T 5199
- 《钻孔灌注桩施工规程》 DZ/T 0155
- 《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》 JGJ 130

中华人民共和国能源行业标准

水电岩土工程及岩体测试造孔规程

NB/T 35114—2018

代替 DL/T 5125—2009

条 文 说 明

修 订 说 明

《水电岩土工程及岩体测试造孔规程》NB/T 35114—2018，经国家能源局 2018 年 4 月 3 日以第 4 号公告批准发布。

本规程是在《水电水利岩土工程施工及岩体测试造孔规程》DL/T 5125—2009 的基础上修订而成。上一版负责起草单位是中国水电顾问集团西北勘测设计研究院、西北水利水电工程有限责任公司；参加起草单位是中国水电顾问集团成都勘测设计研究院、四川准达岩土工程公司；主要起草人员是赵翔、王志硕、王晓岚、董定安、段文玉、完颜柏龄、杨俊志。

本规程修订过程中，编制组进行了广泛的调查研究，总结了我国水电岩土工程施工造孔和岩土体测试造孔方面的实践经验，吸收了前沿的造孔技术，淘汰了落后的工艺和设备。

为便于广大设计、施工等单位有关人员在使用本规程时能正确理解和执行条文规定，《水电岩土工程及岩体测试造孔规程》编制组按章、节、条顺序编写了本规程的条文说明，对条文规定的目的、依据以及执行中需注意的有关事项进行了说明。但是，本条文说明不具备与标准正文同等的法律效力，仅供使用者作为理解和把握规程规定的参考。

目 次

3	基本规定·····	56
4	岩土工程施工造孔·····	57
4.2	冲击钻进造孔·····	57
4.3	回转钻进造孔·····	58
4.4	潜孔锤钻进造孔·····	59
4.5	螺旋钻钻进造孔·····	60
5	岩土体监测造孔·····	62
5.1	一般规定·····	62
5.2	大坝变形监测垂线孔造孔·····	63
5.3	多点位移计监测孔造孔·····	64
5.4	测斜仪位移监测孔造孔·····	64
5.5	坝基沉降监测孔造孔·····	64
6	岩体测试造孔·····	65
6.2	应力解除法测试造孔·····	65
6.3	水压致裂法测试造孔·····	66
6.4	岩体渗流测试造孔·····	66
6.5	岩体高压渗透测试造孔·····	67
6.6	微震声发射测试造孔·····	67
7	工程质量检查孔造孔·····	68
7.1	一般规定·····	68

3 基本规定

3.0.1~3.0.2 主要强调岩土工程施工造孔是一项施工技术复杂、质量要求高的地下隐蔽性工程。因此，需要尽量全面收集资料并做好施工组织设计。

3.0.7 指出了水电工程在地下洞室或在水工建筑物廊道中施工时，必须具备良好的通风工作条件，重视对有害气体的监测工作，以确保安全生产。尤其注意在进入已停止工作时间较长的洞室及廊道中施工前，必须监测有害气体，在确认符合安全规定时进行施工。

4 岩土工程施工造孔

4.2 冲击钻进造孔

4.2.1 冲击钻进包括冲击反循环钻进和冲击正循环钻进。冲击反循环钻进主要适用于填土、淤泥、黏土、粉土、砂土、砂砾等地层；冲击正循环钻进主要适用于填土层、淤泥层、黏土、粉土、砂土，也可用于卵砾石含量不大于15%、粒径小于10mm的部分砂卵砾石层和软质基岩、较硬基岩。

冲击钻进用的钻头主要是十字弧形铸钢钻头，遇到特殊地层采用其他形式钻头时，要保持钻头直径及形状不变，否则将造成卡钻或影响槽孔形状。钻头重量要满足钻机性能，开孔钻头直径一般由孔深决定。钻头冲击刃角、长度及钻头磨损修复等按本规程规定执行。

4.2.2 冲击钻进过程中，冲程、频次的分级见表4-1。

表 4-1 冲击钻进冲程、频次分级

冲程（m）			频次（次/min）		
小冲程	中冲程	高冲程	低频次	中频次	高频次
0.8~1	1~2	2~3	10~20	20~30	30~50

4.2.6 不同地层泥浆性能指标符合表4-2的要求，对漏失地层，视漏失泥浆程度，采取适当加大泥浆黏度、回填混凝土进行处理。

表 4-2 不同地层泥浆性能指标

地层	性能指标					
	比重	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	8~11

续表 4-2

地层	性能指标					
	比重	黏度 (s)	含砂量 (%)	失水量 (mL/30min)	胶体率 (%)	pH 值
粉、细、中砂层	1.08~1.10	16~17	4~8	<20	—	8~11
粗砂、砾石层	1.10~1.20	17~18	4~8	<15	—	8~11
卵石层、漂石层	1.15~1.20	18~28	<4	<15	—	8~11
遇水膨胀岩层	1.10~1.15	20~22	<4	<10	—	8~10
坍塌掉块岩层	1.15~1.30	22~28	<4	<15	—	8~10
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	—	7~11
承压水层	1.30~1.70	>25	<4	<15	—	9~11
涌砂	1.08~1.10	16~17	4~8	<20	—	9~11
坍塌掉块岩层	1.15~1.30	22~28	<4	<15	—	8~10

4.3 回转钻进造孔

4.3.1 回转钻进钻孔分类方式很多。按照是否取芯、取样可分为取芯钻进和全断面钻进；按照钻头材料可分为金刚石钻进、金刚石复合片钻进、硬质合金钻进；按照泥浆循环方式可分为正循环和反循环回转钻进；按照用途可分为大坝基础处理灌浆、排水孔等施工进行的常规取芯回转钻进和钻孔灌注桩、防渗墙等施工进行的常规不取芯的回转钻进。

常规取芯回转钻进设备和工艺与水电钻探一致。回转钻进中遇到特殊情况，采取下列措施：

- 1 遇到孤石，条件具备时采用预爆和聚能爆破相结合的方法处理。
- 2 卵砾石层中钻进一般采用冲抓锥抓取。
- 3 在砂卵砾石地层中钻进，若出现塌孔无法钻进时，可向孔内抛入黏土球，或灌入水泥浆封堵，待凝固后再进行钻进。

4 孔、槽底沉渣厚度超过 0.3m 时采用泥浆循环排渣清孔。

5 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，清孔结束距混凝土浇注的间隔时间不宜超过 30min。

4.3.3 正循环回转钻进钻头线速度不宜大于 2.5m/s，在软硬不均地层、卵砾石层中钻进时，应适当降低转速。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；在硬质岩层中钻进时，宜选用较大钻压。为满足排渣的要求，应保证足够的冲洗液量，并结合冲洗液类型、钻头类型选择不同的上返流速，见表 4-3。

表 4-3 冲洗液上返流速 (m/s)

钻头类型	清水	泥浆
合金钻头	≥ 0.35	≥ 0.25
滚刀钻头	≥ 0.40	≥ 0.35

4.3.7 反循环回转钻进造孔大多采用泵吸反循环和气举反循环回转钻进，是目前较先进的技术方法。气举反循环回转钻进一般在孔深 10m 左右才能形成，50m 以内效率较高，随着孔深增加，钻进速度逐渐降低。

4.3.17 气举反循环回转钻进沉没系数 k_s 取值一般在 0.60~0.80 之间，但不低于 0.50，通常在气举反循环回转钻进中气举高度 h_r 为 6.50m~30m。气举反循环回转钻进混合液的最小流量根据排渣中混合冲洗液的上返回流速度要求确定。

4.4 潜孔锤钻进造孔

4.4.1 潜孔锤钻进按照动力介质有空气潜孔锤、液动潜孔锤和泡沫潜孔锤三种类型，分别以压缩空气、泥浆和泡沫作为动力介质。

大口径潜孔锤造孔主要机具包括钻机、空气压缩机、砂石泵组、大口径单头或多头潜孔锤及配套钻头、水龙头、钻杆、加重

扶正器、气水混合器、取粉筒等，具体可根据实际情况选择使用。反循环钻进使用双壁钻杆或三通道、四通道钻杆及配套的多通道气水龙头。

国内研发的 FGC-15D 型大直径潜孔锤，钻孔直径 800mm~1500mm；采用贯通式潜孔锤及四通道钻杆系统，压缩空气闭式循环，潜孔锤工作压力不受孔深的影响；单独的气举反循环气路，供气举反循环排渣。该套钻具包括水龙头、油雾器总成、主动钻杆、短钻杆、四通道钻杆、气水混合器、潜孔锤、钻头和附件等部分。

4.4.6 潜孔锤同步跟管护壁钻进技术参数通常情况下按下列情况选定：

1 采用 WC150 冲击器，配用 GZ168 跟管钻具时，工作风压一般为 0.5MPa~1.2MPa，供风量一般为 $6\text{m}^3/\text{min}\sim 10\text{m}^3/\text{min}$ ，转速一般为 30r/min。

2 采用 WC110 冲击器配直径 135mm 常规钻头时，工作风压一般为 0.5MPa~0.7MPa，供风量一般为 $4\text{m}^3/\text{min}\sim 6\text{m}^3/\text{min}$ ，转速一般为 30r/min。

4.5 螺旋钻钻进造孔

4.5.1 螺旋钻在地下水位以下钻进不易成孔，在含砾石较多的地层中不易钻进且易损坏钻具。

4.5.3 钻头主要根据不同地层情况来选用：

1 淤泥、黏性不强的土层、砂土、胶结较差粒径较小的卵石层，选用双螺钻头。

2 胶结好的卵砾石和强风化岩石，选用锥形螺旋钻头和单螺钻头。

3 中风化基岩选用截齿筒式取芯钻头、锥形螺旋钻头，或者截齿直形螺旋钻头。

4 微风化基岩选用牙轮筒式取芯钻头、锥形螺旋钻头，或

者双层底的旋挖钻头。

5 冻土层含冰量少的选用斗齿直形螺钻头、旋挖钻头，含冰量大的可用锥形螺旋钻头。

4.5.4 采用筒式钻头钻进时，每次钻取土层厚度小于筒身高度，并适当加水冷却钻具。

4.5.5 螺旋钻钻进严格按本条规定进行操作，否则会造成孔内事故，且不易处理。在施工中合理选择螺旋钻头螺距、扭矩、转速及轴心压力等参数。螺旋钻的螺距一般为钻具直径的 0.5 倍～0.7 倍，大直径螺旋钻取 0.5 倍。

为准确控制钻孔深度，在机架上或机管上作出控制的标尺，以便在施工中进行观测、记录钻进深度。采用探测锤测量孔深及虚土厚度，虚土厚度等于钻进孔深与测绳孔深的差值。

5 岩土体监测造孔

5.1 一般规定

5.1.1 坝体位移垂线观测包括坝体、坝基的水平位移、垂直位移，坝体及地面沉降裂缝等项目，一般观测值可精确到0.10mm。观测基准点是整个位移变形观测的基础，观测基点位置若有超标准的变更，将关系到整个观测资料的精度。因此，垂线孔对钻孔直径、钻孔偏斜度要求很高，钻孔施工难度大，造孔施工中必须重视孔位基点、钻孔结构、垂线保护管安装及锚块埋设质量等。

坝体位移垂线观测分为正垂线和倒垂线观测。垂线下端固定在钻孔底部，观测仪器安装在孔口，使其成为一条顶端自由的铅垂基准线进行位移观测的钻孔称为倒垂线孔。与之相反，称为正垂线孔。

1 正垂线观测一般选择在具有代表性的坝段内，钻孔或井管（坝体预留孔）内径可根据观测设计而定，一般孔径大于设计位移值的3倍~4倍。

2 倒垂线观测是由浮标体组、垂线、观测平台和锚固点四部分组成。倒垂线是将一根不锈钢丝的根部埋设在钻孔保护管底部坝基的基岩内，顶端固定在浮体连杆上，并将不锈钢丝拉紧，成为一条顶端自由的铅垂基准线，用来测定坝体的位移。

3 钻孔直径150mm~300mm，钻入基岩深度不少于15m，钻孔偏斜值不大于钻孔直径的1/2，其有效孔径不小于垂线保护套管的直径。

4 垂线为直径0.80mm~1.00mm的不锈钢钢丝，上端固定在浮标体组连杆上，下端与埋设锚块相连，倒垂线与保护套管

内壁的距离不小于 50mm。

5 锚块可用直径 32mm 的圆钢制成，长度为 500mm，顶部安装垂线钢丝，中部加工成几个台阶以阻止在水泥浆中滑动，锚块上部和下部设置两组呈十字形的短棒，便于锚块的安装定位固定。

6 垂线保护套管采用地质钻探用 ZT490 级无缝钢管，在地质条件较差的坝址，保护套管一般是直径为 146mm、壁厚 4.75mm 的地质套管，用来保护锚块和垂线。

5.2 大坝变形监测垂线孔造孔

5.2.1 造孔机械设备通常情况下按照以下因素来选择与安装：

1 造孔机械设备根据钻孔设计深度、岩层条件、钻进方法及钻孔结构等进行选择。一般选择电动机作动力、大通孔立轴、扭矩大、变速范围大的钻机，水泵根据所需的泵压与泵量选择。

2 钻机通常坐落在混凝土基座上，要平整、坚固，确保钻机在运转中不晃动，否则会致使钻孔歪斜。为确保钻塔的稳固性，钻塔底座填方部分一般不超过塔基面积的 1/4。在山坡修筑地基时，地基靠山坡一边的坡度要适当，一般坚硬稳固岩石的坡度不大于 80° ，地层松散时坡度不大于 45° 。

3 垂线孔测量孔斜，以前都用液面水平法进行测量，俗称浮标筒体。随着科研成果转化，目前市场已有采用环测法测量原理生产的 XS-60 型水准测斜仪出售。

5.2.4 通常垂线孔钻进采用直径大、刚性强的钻具。一般采用直径为 222mm 的金钢石钻头钻进，钻杆直径不小于 89mm，岩芯管直径应为 219mm，单动扶正器直径应为 219mm。

5.2.6 倒垂孔施工中，空气潜孔锤钻进因只适用于浅孔，一旦出现孔斜偏差，将无法进行纠斜，易造成废孔，一般很少采取这种工艺，故本次修订删除了空气潜孔锤钻进垂线孔的内容。

5.3 多点位移计监测孔造孔

5.3.1 多点位移计是一种监测边坡深部位移的有效手段，在国内已被广泛使用。

5.3.2 多点位移计钻孔施工，通常根据安装仪器表筒外径和地层情况确定钻孔结构，预防钻孔弯曲，否则“锚固头”难以下至设计孔深位置。

仪器安装就位后，灌浆工序很重要，要采取可靠措施，防止水泥浆进入测杆护管内，否则将会发生严重事故。

多点位移计安装完毕后，要有牢固的孔口保护设施，否则容易受到损坏。

5.4 测斜仪位移监测孔造孔

测斜仪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依据。

5.5 坝基沉降监测孔造孔

坝基沉降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钢丝绳，利用不同金属膨胀率作为测定坝基上、下游地面沉降的观测基点。坝基沉降观测标基准点，是在建立大坝基础沉降观测网时，在大坝上下游 2km~6km 处，分别建立 1 座~2 座双金属管标或双弦基点标，作为沉降观测检测网的基准点，其监测精度可达到 0.10mm。

6 岩体测试造孔

6.2 应力解除法测试造孔

6.2.2 应力解除法测试包括孔壁应力测试和孔底应力测试。孔壁应力测试是在测试小孔的孔壁上安装测试原件，便可监测到孔壁岩石的初始应力值，然后采用与大孔直径相同的钻头对测试小孔进行套钻钻进，在钻进过程中可同时监测到孔壁应力解除值。孔底应力测试是在孔底岩面上安装测试原件，便可监测到孔底岩石的初始应力值，然后采用与原钻孔直径相同的金刚石薄壁钻头套钻钻进测试孔底岩石，在钻进过程中可同时监测到孔底岩石应力的解除值。测试钻孔结构及岩体原位应力测试见图 6-1。

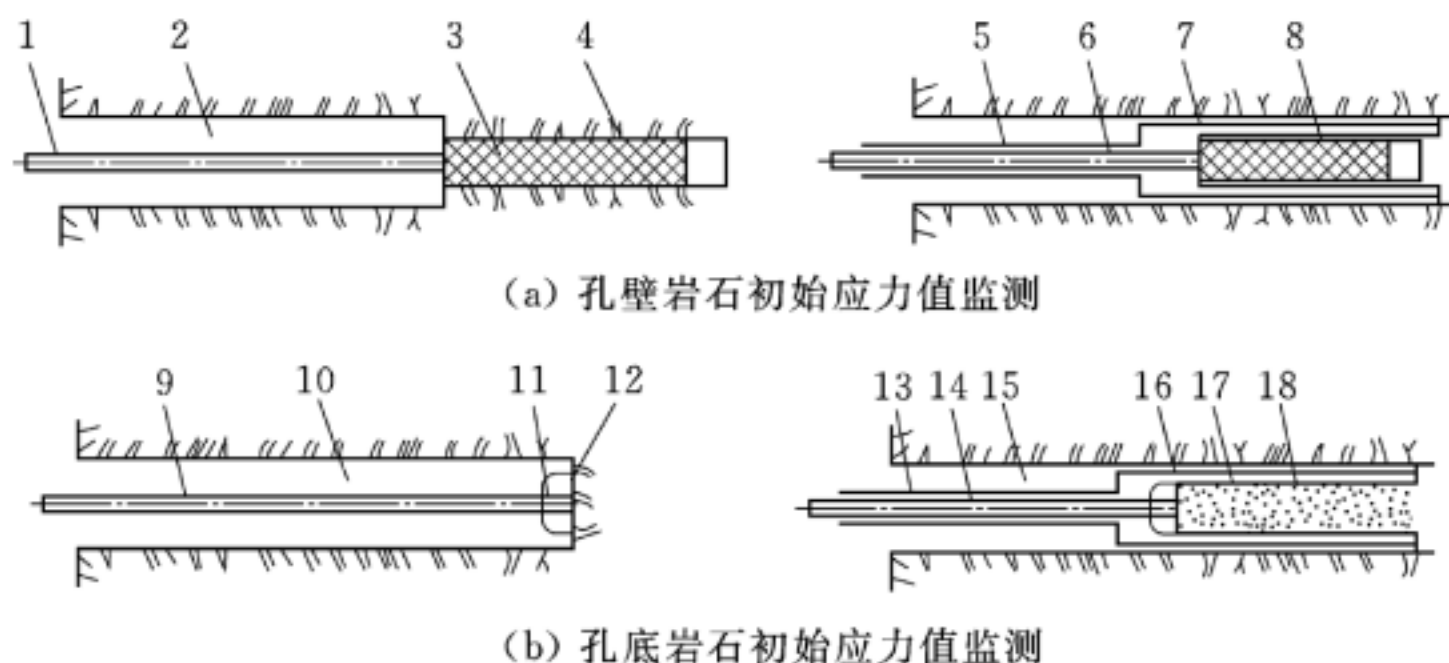


图 6-1 测试钻孔结构及岩体原位应力测试

- 1、6、9、14—测试电线；2、10、15—大钻孔；3—测试小孔孔壁；
4、11—测试原件；5、13—钻杆；7、16—套钻钻具；8—测试小
孔岩芯；12—测试钻孔孔底；17—套钻孔壁；18—套钻岩芯

为了使测试原件能够与测试岩石表面紧贴在一起，从而保证测试数据准确无误，按下列要求对测试岩面进行清洗：

1 采用钻杆冲洗钻孔时，钻杆底端距离测试孔底 0.50m 左右。

2 不采用钢丝刷刷洗测试岩面。

3 清洗测试岩面一般采用空气压缩机利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，直至达到测试原件安装要求为止。

6.2.3 套钻采取岩芯是测试工作的最后一道工序，要确保捞取岩芯一次成功，避免多次捞取造成对岩芯的损伤而给测试工作带来困难。

6.3 水压致裂法测试造孔

6.3.1 钻孔水压致裂应力测试对钻孔成孔质量要求高，采用绳索取芯钻具金刚石钻进技术。在钻进过程中要详细记录岩层变化情况和采取岩芯的长度，以便为选择试段位置提供依据。钻孔成孔后，检查钻孔是否畅通，测试段位置是否准确，并做到不漏掉符合测试条件的地段，以满足测试工作的要求。

6.4 岩体渗流测试造孔

6.4.1 渗流测试造孔位置的确定要满足地质需要，试验孔位可在地下洞室，也可在其他需要的部位，不受空间地点限制。测试造孔的方向有水平孔也有斜孔等，要根据岩层的产状而定；压水试验在原位进行测试时，为了能真实准确地反映岩体的特性，将开挖区和干扰影响区避开，因此要新开挖平洞，或利用原平洞加深到可进行试验的部位；对主测试孔与辅助观测孔的孔深也只提出原则，要根据具体地质条件才能确定，且要求尽量避开干扰破坏区对测试结果的影响，目的是使原位测试数据真实可靠；试段长度要求，对于特殊岩体（如断层带、裂隙密集带等）透水性相差悬殊的孔段，均根据具体情况确定试段的位置和长度；造孔中只允许用清水或空气洗孔，不准使用乳化液和泥浆等作洗孔介

质，目的是避免油膜吸附与泥皮吸附等堵塞孔壁裂隙，影响原位测试的准确性。

6.5 岩体高压渗透测试造孔

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

6.6 微震声发射测试造孔

6.6.1 可回收式微震声发射测试造孔，对钻孔质量要求高，钻孔直径误差不超过 $\pm 0.50\text{mm}$ ；钻孔孔底要求磨平，且用高压水冲洗干净；难以冲洗干净的钻孔，要进行注浆封堵处理；传感器安装底部装置要三个方向刚性接触，不可使用橡胶、塑料等有弹性或较强吸能能力的材料。

7 工程质量检查孔造孔

7.1 一般规定

7.1.1 工程质量检查孔主要用于坝体混凝土浇筑质量、防渗墙质量、坝体及防渗墙底部与基岩接触面质量检查，断层破碎带、软弱夹层以及高压输水隧洞、岔管灌浆效果检查等。检查孔位置、深度及数量由设计、地质、监理单位确定。根据需要做压水试验和物探综合测井。

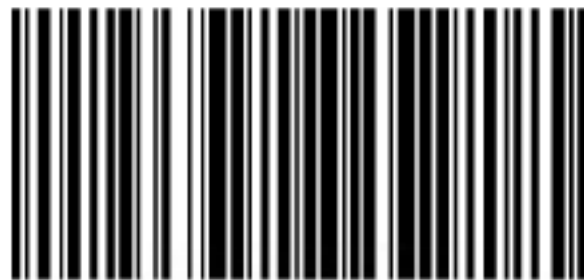
NB/T 35114—2018
代替 DL/T 5125—2009

微信号：Waterpub-Pro



唯一官方微信服务平台

销售分类：水电工程



155170.428

定价：42.00 元