

水利工程地质勘察精准布孔技术与质量控制

武聚峰

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 河北 石家庄 050000

摘要: 水利工程地质勘察中, 精准布孔技术是获取可靠地质数据的关键。本文首先阐述前期准备与精准布孔基础, 包括资料收集、目标明确和场地条件研究; 接着介绍精准布孔技术方法, 涵盖常规、基于地质条件分析、特殊地质条件下及现代技术辅助布孔; 随后说明实施过程控制要点, 涉及方案设计与审批、施工过程管理和动态调整; 最后提出质量控制要素, 包含钻孔质量、取样与测试质量、原始资料整理控制。通过系统论述, 为水利工程地质勘察精准布孔提供全面指导。

关键词: 水利工程; 地质勘察; 精准布孔技术; 实施过程控制; 质量控制

引言: 水利工程作为基础设施建设的重要组成部分, 其安全性与稳定性至关重要。地质勘察是水利工程建设的首要环节, 精准的地质数据能为工程设计和施工提供可靠依据。在地质勘察中, 布孔技术的精准性直接影响勘察成果的质量。合理的布孔方案能够全面、准确地揭示勘察区域的地质条件, 排查潜在地质隐患, 为工程建设规避风险。然而, 水利工程地质条件复杂多样, 不同区域的地形地貌、地层岩性和水文地质特征差异显著, 这对布孔技术提出了更高要求。因此, 深入研究水利工程地质勘察精准布孔技术与质量控制具有重要的现实意义。

1 水利工程地质勘察前期准备与精准布孔基础

1.1 资料收集与分析

资料收集与分析是水利工程地质勘察前期准备的核心环节, 也是精准布孔的重要前提, 需全面收集各类相关资料并开展系统性分析。区域地质资料收集重点涵盖区域地质构造、地层岩性等基础信息, 系统梳理勘察区域地质演化规律与地层分布特征, 同时收集历史地质灾害情况记录, 梳理区域内地质灾害发生规律与影响范围^[1]。工程相关资料收集聚焦工程规划、设计文件要点, 明确工程建设规模、结构形式与建设标准, 精准把握工程对地质条件的具体要求, 确保布孔方案与工程需求高度适配。资料综合分析需整合各类收集到的资料, 结合工程建设需求, 梳理地质条件与工程建设的关联关系, 确定勘察重点区域与关键地质问题, 过滤无效信息、提炼核心数据, 为精准布孔提供科学可靠的初步依据, 保障布孔方案的针对性与合理性。

1.2 勘察目标与任务明确

勘察目标与任务明确是精准布孔的方向指引, 需结合水利工程不同建设阶段的特点, 确立清晰的勘察目标

与具体任务。明确水利工程不同阶段地质勘察目标, 可行性研究阶段聚焦工程建设可行性, 重点明确区域地质条件是否满足工程建设基本要求; 初步设计阶段侧重细化地质条件, 为工程初步设计提供详细地质参数; 施工图设计阶段聚焦具体施工区域, 提供精准地质数据支撑施工设计。在此基础上, 确定精准布孔需解决的具体地质问题, 重点围绕地基稳定性、边坡稳定性及地下水相关问题展开, 明确布孔需排查的地质隐患与需获取的地质参数, 让精准布孔工作更具针对性, 避免布孔盲目性, 确保布孔成果能够有效支撑工程设计与施工。

1.3 勘察场地条件研究

勘察场地条件研究是精准布孔的关键支撑, 需从地形地貌、地层岩性、水文地质三个维度开展详细研究, 为布孔方案优化提供依据。地形地貌特征分析需梳理场地地形地貌类型, 分析不同地形对布孔操作、孔位选择的影响, 划分场地地貌单元, 明确不同地貌单元与布孔点位、深度的关联关系, 优化孔位分布合理性。地层结构与岩性特征研究重点探索地层分布规律, 梳理地层分层情况与分布范围, 分析岩性变化特征, 挖掘岩性变化对布孔的指示作用, 为布孔深度、间距调整提供参考。水文地质条件调查聚焦地下水类型与分布特征, 明确地下水埋藏深度、分布范围, 分析水文地质参数对布孔的影响, 规避地下水对布孔施工与成果质量的不利影响, 进一步提升布孔精准度。

2 水利工程地质勘察精准布孔技术方法

2.1 常规布孔方法

网格布孔法是水利工程地质勘察中常用且基础的一种布孔方式。此方法适用于地形相对平缓、地质条件较为均匀的区域。在布孔过程中, 遵循均匀分布、全面覆盖的原则, 确保所获取的勘察数据具有代表性与完整

性。网格间距的确定并非随意为之，而是要综合多方面因素。需结合勘察精度要求，精度要求高则间距适当缩小；考虑地层均匀性，地层变化大则间距也应减小；同时还要参照工程建设需求，综合梳理场地地质条件差异，合理设定间距，避免间距过大遗漏地质信息，也要防止间距过小造成资源浪费。勘探线布孔法多应用于地形复杂或者地质构造有明显走向的区域。勘探线布置方向的选择至关重要，要紧紧密结合区域地质构造走向、地层分布规律以及工程轴线方向，如此才能精准捕捉地质构造特征^[2]。勘探线上孔距的确定方法也需科学合理，要参考地层变化规律与勘察深度要求，根据地质条件复杂程度灵活调整。当地质条件复杂时，孔距适当缩小，确保孔位分布能够有效反映地层与构造的分布特征。

2.2 基于地质条件分析的精准布孔

依据地质构造布孔时，要重点关注断层、褶皱等主要地质构造。针对这些构造制定专门的布孔策略，围绕构造延伸方向与影响范围布置孔位。在构造复杂部位，遵循加密布孔原则，通过增加孔位数量细化地质构造信息，精准排查构造隐患。依据地层岩性布孔，要区分软弱地层与坚硬地层的布孔差异。软弱地层稳定性差，需适当加密孔位、调整布孔深度，确保获取完整地层参数。岩性变化带是地质情况复杂区域，要重点布置孔位，明确岩性变化界限与变化规律，为工程设计提供精准支撑。结合水文地质条件布孔，要明确含水层与隔水层的布孔要求。针对不同类型地下水分布特征优化孔位布置，同时关注地下水动态变化对布孔的影响，根据变化情况调整布孔深度与间距，确保能够精准获取地下水分布与水文地质参数。

2.3 特殊地质条件下的精准布孔技术

在岩溶地区布孔，要先梳理岩溶发育规律，明确岩溶分布范围、发育强度与埋藏深度。依据这些规律确定布孔点位与深度，遵循针对性布孔的特殊要求，重点排查岩溶空洞、裂隙等隐患。滑坡体地区布孔，要结合滑坡体结构特征优化布孔方案。孔位布置需覆盖滑坡体前缘、后缘及滑动面关键部位。滑坡监测孔布置遵循全面覆盖、重点突出原则，确保能够实时捕捉滑坡体变形特征。深厚覆盖层地区布孔，深入研究覆盖层特性，结合覆盖层厚度、岩性组成选择适配布孔方法。针对深部地质信息获取需求，优化布孔深度与技术手段，精准掌握深部地层结构与工程地质特性。

2.4 现代技术辅助精准布孔

地球物理勘探技术辅助精准布孔作用显著。电阻率法、地震勘探法等通过探测地层物理性质差异，梳理地下

地质结构特征，为孔位选择、深度确定提供参考。布孔过程中将物探成果与布孔方案深度结合，优化孔位分布合理性。地理信息系统技术支持为精准布孔提供有力保障。GIS可整合地形、地质、水文等各类信息，实现地质信息可视化呈现。基于GIS的空间分析功能，梳理地质条件空间分布规律，开展孔位优化分析，为布孔决策提供科学依据，推动布孔方案更贴合场地实际与工程需求。

3 水利工程地质勘察精准布孔实施过程控制

3.1 布孔方案设计与审批

布孔方案设计与审批是精准布孔实施的首要环节，直接决定布孔实施的科学性与规范性，需严格把控设计质量与审批流程^[3]。布孔方案设计要点聚焦多维度因素整合，综合考虑勘察区域地质条件、工程建设具体要求与适配的勘察方法，梳理各因素之间的关联关系，结合前期勘察基础资料，细化布孔点位、深度、间距等核心参数，确保布孔方案兼具科学性与合理性，能够有效支撑地质勘察工作开展。方案审批流程与要求需严格遵循行业技术规范，先完成内部审核，由专业技术团队对方案可行性、参数合理性进行全面核查，再组织外部专家评审，充分吸纳行业专业意见，针对审核与评审中提出的问题，细化优化措施，对布孔方案进行完善调整，确保方案符合工程需求与勘察标准后再启动实施。

3.2 布孔施工过程管理

布孔施工过程管理是保障布孔质量的核心，需从定位标记、操作规范、资料整理三个方面强化管控，确保施工过程有序可控。钻孔定位与标记需采用精确测量与定位方法，依托专业测量设备获取精准坐标数据，确保孔位定位误差控制在规范范围内，同时做好孔位标记，满足标记的清晰与持久性要求，避免后续施工中出现孔位混淆、丢失等问题。钻孔施工操作规范需明确钻进方法选择与参数控制，结合地层岩性特征选择适配钻进方式，精准调控钻进速度、压力等参数，加强钻孔偏斜监测，及时发现偏斜问题并采取针对性纠正措施，保障钻孔垂直度与完整性。现场记录与资料整理需全程同步开展，详细记录钻孔过程中出现的各类地质现象，准确记录地层层、岩性变化等核心信息，及时整理与初步分析现场资料，为后续布孔调整与成果汇总提供可靠支撑。

3.3 布孔过程中的动态调整

布孔过程中的动态调整是提升布孔精准度的关键，需结合地质条件变化与勘察进度需求，灵活优化布孔方案，避免布孔工作僵化。根据地质条件变化调整布孔，施工过程中若遇到意外地质情况，需快速制定科学应对策略，梳理地质条件变化对布孔的影响，实时优化布孔

方案,调整孔位、深度或间距,确保布孔能够精准捕捉地质信息。根据勘察进度与需求调整布孔,合理控制勘察进度与布孔密度的关系,避免进度过快导致布孔精度不足,或进度过慢造成资源浪费,结合工程不同阶段勘察需求,针对性调整布孔方案,优化布孔密度与实施节奏,确保布孔成果能够满足各阶段勘察工作的核心需求,保障地质勘察工作高效推进。

4 水利工程地质勘察精准布孔质量控制要素

4.1 钻孔质量指标控制

钻孔质量指标控制是精准布孔质量控制的核心,直接决定勘察成果的可靠性,需从深度、直径、垂直度三个关键维度强化管控^[4]。钻孔深度控制核心是确保达到设计勘察深度,结合前期勘察资料与工程需求,明确钻孔设计深度,采用规范的深度测量方法,严格控制测量精度要求,避免深度不足导致地质信息缺失,或深度过度造成资源浪费。钻孔直径控制需满足不同勘察方法与取样要求,根据勘察目的与取样类型,确定适配的钻孔直径,同时注重钻孔直径的均匀性保障,减少直径偏差对取样、测试工作的不利影响,确保钻孔质量符合勘察标准。钻孔垂直度控制需明确垂直度测量方法与标准,依托专业测量设备开展垂直度监测,及时采取有效措施减少钻孔偏斜,降低钻孔偏斜对勘察成果的干扰,保障钻孔能够精准获取地下地质信息。

4.2 取样质量与测试质量控制

取样质量与测试质量控制是保障勘察数据真实性的关键,需贯穿取样、保存、运输及室内测试全流程。取样方法选择与操作规范需结合不同岩土层特性,选用适配的取样方法,规范取样操作流程,采取有效措施避免样品污染与扰动,确保样品能够真实反映地层原始特性。样品保存与运输要求需明确合适的保存环境与容器选择,根据样品类型控制保存温度、湿度等环境参数,规范样品包装流程,确保样品在运输过程中的完整性,防止样品损坏、变质影响测试结果。室内测试项目与方法选择需结合勘察面临的地质问题与工程建设要求,合理确定测试项目,选用科学准确的测试方法,强化测试过程管控,保障测试方法的准确性与可靠性,确保测试

数据能够为工程设计提供有效支撑。

4.3 原始资料整理与质量控制

原始资料整理与质量控制是勘察成果汇总的重要基础,需注重资料的完整性、准确性与规范性。原始资料完整性检查需全面核查钻孔记录、取样记录等各类相关资料,确保所有勘察环节的资料齐全,避免资料缺失导致勘察成果分析出现偏差,保障勘察成果的完整性。原始资料准确性审核需对记录的各类数据进行全面复核与校正,仔细排查记录过程中出现的错误,排除虚假信息,确保原始资料能够真实、准确反映勘察实际情况^[5]。原始资料规范性整理需按照行业统一格式与标准开展资料整理工作,规范资料填写、分类与归档流程,让整理后的资料条理清晰,便于后续地质分析、成果编制及工程设计参考使用,提升勘察成果的实用性与规范性。

结束语

水利工程地质勘察精准布孔技术与质量控制是一个系统性工程,涉及前期准备、技术方法选择、实施过程控制和成果质量把控等多个环节。通过全面收集资料、明确勘察目标、深入研究场地条件,为精准布孔奠定基础;根据不同地质条件选择适配的布孔方法,并借助现代技术提升布孔效率和精准度;在实施过程中严格管理施工过程,根据实际情况动态调整布孔方案;从钻孔质量、取样与测试质量、原始资料整理等方面强化质量控制,确保勘察成果真实可靠。只有做好每个环节的工作,才能为水利工程建设提供高质量的地质勘察服务。

参考文献

- [1]林枝祥.农业水利工程地质灾害风险防控体系构建[J].江西农业,2025(24):112-114
- [2]莫云凯.原位测试技术在水利工程地质勘察中的应用研究[J].现代工程科技,2025,4(20):141-144.
- [3]韦廷涛,韦红,李国平,等.塔式背包钻机在水利工程地质勘察中的应用[J].广西水利水电,2023(5):21-25.
- [4]季小凯,刁经纬,李冬,等.原位测试技术在水利工程地质勘察中的应用研究[J].珠江水运,2024(9):37-39.
- [5]刘松良.浅谈水利工程中地质勘察与岩土治理问题探究[J].水上安全,2023(3):44-47.