

水工环地质勘察技术与应用研究

杨 青

山西省地质工程勘察院有限公司 山西 太原 030024

摘 要：水工环地质勘察技术涵盖水文、工程、环境地质勘察，应用于水利、城市建设、矿产开发等领域。但存在技术适用性匹配不足、数据整合分析能力薄弱、新技术应用成本较高等问题。优化策略包括推动技术组合创新、构建一体化数据平台、加强专业人才培养，以提升勘察水平，推动行业持续发展。

关键词：水工环；地质勘查技术；应用研究

引言：水工环地质勘察是保障水利、城市建设、矿产开发等领域工程安全与生态稳定的关键工作，其核心技术涵盖水文、工程、环境地质勘察等多方面，在水利工程建设、城市地下空间开发、矿产资源开发与生态保护等众多领域应用广泛。然而，当前技术应用中存在技术适用性匹配不足、数据整合分析能力薄弱、新技术应用成本较高等问题。本文将深入剖析这些问题，并提出针对性优化策略，以推动水工环地质勘察技术更好地发展与应用。

1 水工环地质勘察核心技术

1.1 水文地质勘察技术

（1）地下水监测技术

通过布设监测井网，结合水位计、水质检测仪等设备，长期监测地下水位、水温、水质及水流方向等参数。自动监测系统可实现数据实时传输与远程监控，为分析地下水动态变化、评价水资源量提供连续数据支持。此外，同位素示踪技术通过追踪水中同位素的分布与迁移，可精准识别地下水补给来源与径流路径。

（2）抽水试验与渗水试验

抽水试验通过在钻孔中抽水，观测水位下降与涌水量的关系，计算含水层的渗透系数、导水系数等水文地质参数，评估地下水开采潜力。渗水试验则适用于测定包气带土层的渗透性能，常用于分析雨水入渗、地表水与地下水的转化关系，为水资源评价和防渗工程设计提供依据。

1.2 工程地质勘察技术

（1）钻探与取样技术

钻探是获取地下岩土体样品的主要手段，按钻进方式可分为回转钻探、冲击钻探、振动钻探等。回转钻探适用于坚硬岩层，能获取高质量岩芯；冲击钻探适用于松散地层，效率较高。取样过程中需采用合适的取样器，确保样品的代表性和完整性，为岩土体物理力学性

质试验提供可靠样本^[1]。

（2）物探技术

物探技术通过探测地下岩土体的物理性质（如密度、磁性、电性、弹性等）差异，推断地质构造与岩土体分布。常用方法包括地震勘探、电法勘探、磁法勘探、雷达勘探等。地震勘探通过分析地震波传播速度与反射特征，可查明断层、溶洞等隐蔽构造；地质雷达利用高频电磁波反射，适用于探测浅部地层结构和地下管线，具有分辨率高、效率快的特点。

1.3 环境地质勘察技术

（1）污染地质调查技术

通过土壤采样、地下水采样，结合化学分析方法，测定污染物的种类、浓度及分布范围。便携式检测仪可实现现场快速检测，实验室分析则能精准测定微量污染物。同时，利用遥感技术监测地表植被变化、水体颜色异常等，可辅助识别潜在污染区域，为污染溯源和治理提供线索。

（2）地质灾害监测技术

针对滑坡、崩塌、泥石流等地质灾害，采用地表变形监测（如GPS、全站仪）、深部位移监测（如测斜仪、钻孔应力计）等技术，实时捕捉灾害体的变形特征。预警系统通过设定阈值，当监测数据达到临界值时自动发出警报，为防灾减灾争取时间。此外，无人机航测可快速获取灾害区域的地形地貌数据，助力灾情评估与应急决策。

2 水工环地质勘察技术的应用领域

2.1 水利工程建设

（1）水库与坝基勘察

在水库建设的前期规划中，选址阶段的水文地质与工程地质勘察至关重要。水文地质勘察聚焦于评价库区水资源补给状况以及渗漏风险，通过对区域水文循环、地下水动态等要素的深入分析，为水库的蓄水能力和长期稳定性提供基础数据。工程地质勘察则着重查明坝基

岩土体的物理力学性质,如强度、变形特性,以及渗透性指标,同时精准定位断层分布等地质缺陷。例如,综合运用钻探取样与物探技术,可有效识别坝基是否存在软弱夹层等潜在隐患。针对此类问题,采用灌浆技术进行加固处理,通过向岩土体中注入水泥浆液等材料,填充孔隙、胶结裂隙,显著提高坝基的整体强度和抗渗性能,从而确保大坝在各种工况下的稳定性。

(2) 渠道与堤防勘察

渠道勘察需全面评估沿线岩土体的渗透特性,防止因渗漏导致的水资源浪费和渠道失稳。堤防勘察则重点查明堤身填土的质量状况、堤基土层的分布规律以及管涌等渗透破坏风险,为堤防的加固设计和防渗处理提供关键参数。此外,环境地质勘察关注工程建设对周边水体、植被等生态系统的潜在影响,通过科学评估提出针对性的生态保护措施,实现水利工程建设与生态环境的协调发展^[2]。

2.2 城市建设与地下空间开发

(1) 地基基础勘察

在城市建筑、地铁等工程的地基勘察工作中,精确获取地基土的性质参数是保障工程安全与稳定的基础。采用钻探取样方法,能从不同深度获取具有代表性的土样,通过室内土工试验,可准确测定地基土的承载力、压缩模量等关键力学指标。同时,运用原位测试技术,如静力触探能连续记录土层对探头的阻力变化,标准贯入试验可根据锤击数判断土层的密实程度,二者结合能全面评价地基的稳定性。基于这些详实的数据,可科学合理地选择基础类型,例如在地质条件复杂、承载要求高的区域选用桩基,在地基土较均匀且上部结构荷载较大的情况下采用筏板基础。此外,物探技术可利用电磁波、声波等物理场的传播特性,高效探测地下孤石、防空洞等潜在隐患,提前发现并处理这些问题,能有效避免施工过程中的塌方、设备损坏等事故,为工程建设保驾护航。

(2) 地下水与城市内涝防治

水文地质勘察聚焦于精准分析城市地下水的赋存特征,涵盖含水层的分布、厚度、水位动态变化等方面,为地下水的合理开发与保护提供科学依据,防止因过度开采导致地面沉降等地质灾害。同时,结合暴雨径流模型,通过对城市地表水系的走向、排水管网的布局以及地层的渗透性能进行详细勘察,能够准确评估城市在不同降雨强度下的排水能力。依据勘察结果,可优化排水系统设计,合理规划排水管网的管径、坡度和排水口位置等参数,提升城市排水系统的运行效率,增强城市应对内涝的能力,保障城市居民的生命财产安全和正常生

产生活秩序。

2.3 矿产资源开发与生态保护

(1) 矿山地质环境勘察

在矿产资源开发筹备阶段,矿山地质环境勘察是不可或缺的关键环节。通过全面且细致的环境地质勘察工作,能够精准查明矿区地下水系统的结构、补给排泄条件以及水质状况,同时清晰掌握土壤的物理化学性质、肥力水平以及植被的覆盖类型、生长状况等。基于这些详实的数据,运用专业的模型和分析方法,可科学预测矿产开采可能引发的一系列生态问题,如地下水污染导致的饮用水源安全威胁、土地荒漠化造成的生态环境退化等。在矿产开采过程中,需建立实时动态的地质环境监测体系,对地质环境变化进行全方位、不间断的跟踪。一旦发现潜在风险,立即采取针对性措施,如采用帷幕注浆技术拦截地下水污染扩散,通过植被恢复工程重建受损生态系统,最大程度减少矿产开采对生态环境的破坏,实现矿产资源开发与生态保护的协调共进。

(2) 尾矿库安全勘察

尾矿库作为矿产开发过程中的重要设施,其安全状况直接关系到周边生态环境和人民生命财产安全。尾矿库安全勘察需运用多种先进技术手段,全面评估坝体岩土体的稳定性,精确测定库区的水文地质条件,确定坝体的渗透系数和抗震性能等关键参数。通过对这些参数的深入分析,提前识别可能引发溃坝事故的隐患因素,并制定科学合理的防范措施。同时,持续监测尾矿渗滤液对周边土壤和地下水的污染情况,一旦发现污染迹象,迅速制定并实施有效的防参与处理方案,如建设防渗墙、采用化学处理技术等,切实保障周边环境的安全稳定,为矿产资源开发的可持续发展筑牢生态防线^[3]。

3 水工环地质勘察技术应用中的问题与优化

3.1 应用中存在的主要问题

(1) 技术适用性匹配不足

工程勘察中,不同技术都有其特定的适用场景与条件,技术适用性匹配不当会严重影响数据精度。在复杂岩溶地区,地下溶洞形态多样、分布无规律且隐蔽性强。传统钻探技术受钻孔数量、间距及深度制约,难以全方位、精准地揭示溶洞的空间分布状况,极易遗漏关键地质隐患,给后续工程建设带来极大安全风险。而在电磁干扰强烈的区域,如靠近大型变电站、通信基站等地,物探技术采集的数据会受到严重干扰,导致数据解译时误差增大,无法准确反映地下地质信息,进而影响勘察结果的可靠性和工程决策的科学性。

(2) 数据整合与分析能力薄弱

在工程勘察工作里,数据整合与分析环节存在明显短板。勘察过程中会生成大量水文、工程、环境地质等多类型数据,且这些数据来源广泛分散,涵盖现场采集、实验室检测、不同监测设备等多个渠道。由于缺乏统一的数据管理平台,各数据系统间难以实现有效对接与共享,数据流通存在阻碍,形成一个个“信息孤岛”。此外,面对多源异构数据,现有的分析手段综合处理能力欠佳,无法充分挖掘数据间的内在关联,难以构建精准的地质现象立体模型,更难以对地质变化进行动态预测,这极大限制了勘察数据在工程建设决策中的指导作用。

(3) 新技术应用成本较高

在工程勘察领域,无人机航测、三维地质建模等新兴技术展现出显著优势,可大幅提升勘察效率与精度。无人机航测能快速获取大面积、高分辨率的地理信息数据,三维地质建模则可直观呈现地下地质结构。然而,这些新技术的推广应用面临成本难题。一方面,设备购置费用高昂,专业无人机、高精度传感器以及三维建模软件等价格不菲,且后续的维护、升级也需要持续投入资金。另一方面,新技术对操作人员的技术水平要求较高,需要投入大量时间和资源进行培训。受此影响,在资金和技术实力相对有限的中小型项目中,新技术的推广应用受到较大限制^[4]。

3.2 优化策略

(1) 推动技术组合与方法创新

在工程勘察工作中,为实现勘察效率和准确性的双提升,需积极推动技术组合与方法创新。应依据具体的勘察目标以及复杂多变的地质条件,科学合理地采用“钻探+物探+遥感”等多技术组合模式,充分施展各技术的独特优势。以岩溶区勘察为例,地质雷达可凭借其快速、无损的特点,对地下地质情况进行大面积扫描,精准圈定可能存在溶洞等异常的区域;随后,通过钻探技术对异常区进行验证,获取更直接、详细的地质信息,二者相互补充,有效提高勘察结果的准确性。此外,为促进新技术在更广泛领域的应用,还需加大研发力度,致力于开发低成本、便携式的勘察设备,降低新技术的购置与使用成本,从而降低新技术应用门槛,推动勘察行业整体技术水平的提升。

(2) 构建一体化数据管理与分析平台

在工程勘察领域,数据的有效管理与深度分析至关重要。为此,需构建一体化数据管理与分析平台,首先建立全面涵盖水文、工程、环境地质等多领域数据的数据库,对各类数据进行统一编码、分类存储,实现数据的标准化管理,打破以往数据分散、难以共享的壁垒,

确保数据在不同部门和项目间的顺畅流通与高效利用。同时,引入地理信息系统(GIS)和先进的三维建模技术,借助GIS强大的空间分析和数据处理能力,对海量地质数据进行可视化处理,将抽象的数据转化为直观的图形和图像。在此基础上,构建精准的三维地质模型,全方位、动态地展示地质现象的空间分布和内在联系,使地质人员能够更深入地理解地质结构,显著提升对地质现象的解释能力,进而提高地质预测的精度,为工程建设提供更可靠的地质依据。

(3) 加强专业人才培养

在工程勘察行业不断发展变革的当下,加强专业人才培养是推动技术进步与应用落地的关键。应积极开展系统且全面的勘察技术培训活动,依据不同岗位需求和技术发展趋势,制定针对性强的培训课程,涵盖无人机航测、三维地质建模、大数据分析等新兴技术领域,提升从业人员对新技术的认知、掌握和运用能力,着力培养既具备扎实地质专业知识,又熟悉信息技术、数据分析等多领域技能的复合型人才。注重通过项目实践来锤炼人才。鼓励从业人员积极参与各类实际勘察项目,在实际工作中积累经验,将理论知识与实际操作紧密结合。在项目实践中,不断探索新技术、新方法的应用场景和优化方式,提高技术应用的熟练度和创新性,进而推动勘察技术与实际应用实现深度融合,为工程勘察行业的持续发展提供坚实的人才支撑。

结束语

水工环地质勘察技术作为保障工程建设安全、促进资源合理开发及生态保护的关键力量,其重要性不言而喻。当前,虽在技术应用中存在技术适用性、数据整合分析及新技术成本等问题,但通过推动技术组合创新、构建一体化数据平台以及加强专业人才培养等优化策略,可有效突破瓶颈。未来,随着技术的持续进步与优化策略的深入实施,水工环地质勘察技术必将为水利、城市建设、矿产开发等领域提供更精准、高效的服务,推动行业高质量发展。

参考文献

- [1]汪向丽,苏兴荣.探测雷达技术在水工环地质勘察工作中的应用分析[J].工程建设与设计,2023,(19):151-154.
- [2]黎春霖.水工环地质环境勘察中的技术应用及关键点分析[J].西部探矿工程,2023,35(09):27-28.
- [3]许彬.矿山水工环地质勘察技术应用分析[J].世界有色金属,2023,(13):121-123.
- [4]封进勃.水工环地质勘察技术的应用研究[J].工程技术研究,2022,7(16):206-208.