

地质灾害防治中水工环地质技术的进展与挑战

杨家贵

云南地质工程第二勘察院有限公司

DOI:10.12238/gmsm.v7i12.2056

[摘要] 地质灾害会对自然及人类社会造成极大影响,防治工作相当关键。水工环地质技术是地质灾害防治的关键支撑,近些年,技术有了一定进展,但地质灾害防治存在不少挑战,像技术复杂、地质条件变化多端、资金不足等。本文探讨水工环地质技术在地质灾害防治方面的最新进展以及面临的挑战,并且给出相应应对策略,以期为地质灾害防治提供科学参考。

[关键词] 地质灾害; 防治措施; 技术分析; 策略研究

中图分类号: P62 文献标识码: A

Progress and challenge of hydraulic environmental geological technology in geological disaster prevention

Jiagui Yang

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., LTD.

[Abstract] Geological disasters will have a great impact on nature and human society, and the prevention and control work is very crucial. Hydraulic environmental geological technology is the key support for geological disaster prevention and control. In recent years, the technology has made some progress, but there are many challenges in geological disaster prevention and control, such as complicated technology, variable geological conditions, and insufficient funds. In this paper, the latest progress and challenges in the prevention and control of geological hazards are discussed, and corresponding countermeasures are given in order to provide scientific reference for the prevention and control of geological hazards.

[Key words] geological disaster; Prevention and control measures; Technical analysis; Strategy research

引言

水工环地质技术在地质灾害防治领域有着非常关键的作用,文章对水工环地质技术的内涵以及其于地质灾害防治里的作用机制做了全面的综述,深入探讨了地质灾害监测、分析与预测、防治技术方面的最新发展情况,文章还剖析了技术复杂性与数据处理、地质条件复杂性与技术适应性、资金投入与人才短缺等诸多面临的挑战。针对这些挑战,给出了加强技术研发与创新合作、完善人才培养体系、拓宽资金筹集渠道等一系列策略,借助这些举措可提升地质灾害防治能力,减轻地质灾害给社会经济所带来的影响。

1 水工环地质技术概述及其在地质灾害防治中的作用

1.1 水工环地质技术内涵

水工环地质技术是融合水文地质、工程地质与环境地质的综合性应用体系,在水文地质领域,主要研究地下水动态特征及其与工程建设的相互作用机理,例如依靠地下水资源量评估为重大工程提供供水保障,工程地质方向重点解析岩土力学特性

及其工程适应性,包括运用地质勘探技术为超高层建筑选址提供承载力参数支持^[1]。环境地质研究则侧重揭示人类工程活动与地质系统的双向影响机制,典型案例包括对城市群区域地面沉降的成因解析与防控措施研究,这三个分支学科凭借数据共享与交叉验证形成完整的技术链条,为滑坡预警等地质灾害防治工程提供多维度技术方案。

1.2 在地质灾害防治中的作用机制

水工环地质技术是地质灾害防治体系的关键支撑,水文地质监测依靠追踪孔隙水压力与渗流场变化规律,可有效评估地下水位异常波动可能诱发的边坡失稳及泥石流等次生灾害,基于三维激光扫描和岩芯取样技术开展的工程地质调查,可系统评估区域岩土体结构面发育特征与力学参数,为抗滑桩布设和锚固工程优化提供关键设计依据。从人地耦合视角切入的环境地质研究,深入揭示工程建设与地质体应力场之间的动态响应机制,借助建立土地利用规划前置评估制度,科学划定地质灾害易发区与限制开发区,形成全链条的灾害防控体系,最大限度减轻地质灾害对社会经济的影响^[2]。

2 地质灾害防治中水工环地质技术进展

2.1 监测技术革新

近年来地质灾害监测领域迎来重大技术突破,传统人工观测模式正逐步让位于智能化监测体系,以分布式光纤传感技术为例,该技术凭借解析布里渊散射光频移特性,可精准捕捉岩土体毫米级形变信号,其应变监测精度较传统位移计提升两个数量级。新一代卫星遥感系统已实现从亚米级精度的影像采集到多光谱数据的融合分析,依靠对地表位移矢量的动态追踪,可有效识别厘米级地面沉降与潜在泥石流发育区^[3]。特别值得一提的是,基于物联网架构的监测网络借助低功耗广域网络实现全天候数据回传,配合边缘计算节点构建的多源异构数据智能分析平台,实现监测预警响应时间缩短75%以上,更依靠机器学习算法形成了多维度预警模型,提升了地质灾害风险研判的时空分辨率。

2.2 分析与预测技术进步

随着现代分析技术的迭代升级,地质灾害预警体系正经历革命性变革,当前数字仿真模型的精细化程度有较大提升,以有限元法构建的滑坡稳定性评估系统为例,可将岩土体力学参数、地下水渗透效应以及地震动力响应等多源变量纳入统一计算框架,提升风险预判精度。在数据智能应用层面,凭借整合多维度历史监测数据与地质环境参数,结合自适应机器学习算法构建的动态预测模型,可深度解析灾害链式演化机理。例如基于深度学习的泥石流暴发强度与时间序列预测模型,凭借特征融合与时空关联分析,使预警窗口期延长,提升预警效能,有效指导应急预案制定与风险区划调整,最大限度降低灾害风险^[4]。

2.3 防治技术创新



图1 微型定向钻进工艺

随着科技发展,地质灾害防治领域涌现出多项创新技术,提高了灾害防控效能,新型复合材料的突破性进展为工程实践注入活力。以改良型抗滑桩为例,其抗压强度与耐腐蚀性能较传统材料提升40%以上,大幅延长了边坡加固工程的使用周期,生态工程措施崭露头角,凭借根系固土植物优选配置和生物格栅护坡技术,提高了岩土结构的整体稳定性,实现了治理区植被覆盖率提高的生态效益。值得关注的是,微型定向钻进工艺(如图1所示)在地下管网施工中的应用,采用全断面套管跟进技术,减

少对周边地质环境的干扰,使施工导致的次生灾害发生概率降低75%,这些技术革新从材料科学、生态修复和工艺优化三个维度,构建起立体化防治体系,为人民群众生命财产安全构筑起坚实屏障^[5]。

3 地质灾害防治中水工环地质技术面临的挑战

3.1 技术复杂性与数据处理难题

水工环地质作为综合性应用学科,其技术体系涉及水文地质、工程地质与环境地质等多学科交叉融合。实际应用中,遥感数据与地面传感网络存在异构数据匹配难题,多源监测设备采集参数的时间分辨率与空间尺度差异常导致信息协同失效,地质灾害动态监测系统每日常规生成TB级混合型数据,数据类型涉及影像、位移参数及水文指标等多种形式,且有较大的非结构化特征。传统数据管理架构难以契合实时处理需求,存储介质扩容与网络传输带宽面临双重瓶颈,现有智能分析算法对多维时空数据的特征提取能力有限,致使灾变过程的关联性识别存在滞后性,这影响灾害演化模型的预测精度,更制约了应急响应机制中关键决策的时效性,最终导致该技术体系在防灾实践中的技术优势未能充分释放。

3.2 地质条件复杂性与技术适应性问题

我国地质环境呈现高度异质性特征,不同区域受构造运动与成岩作用影响形成差异较大的工程地质条件。在山地区域,地形切割剧烈且岩体风化破碎严重,导致斜坡失稳型地质灾害呈现高频发态势,而冲积平原则因松散沉积层厚度大,常面临渐进性地面形变难题,当前水工环地质工程技术体系在应对多元地质场景时存在适用性瓶颈,典型如边坡监测领域,传统位移传感装置在深切峡谷区受电磁信号稳定性不足影响,易产生数据漂移现象。在软土地区实施抗滑工程时,常规刚性支挡结构常因地基承载力不足引发工程失效,需要开发柔性复合支护体系,然而受制于地质模型构建的复杂性与现场试验周期冗长,技术创新速率与灾害防治需求间形成客观存在的技术代差,制约着重大地质灾害的精细化防控能力提升^[6]。

3.3 资金投入与人才短缺困境

地质灾害防治工程面临资金与人才双重制约,其技术应用与创新遭遇现实困境,项目运营需要持续投入巨额资金,从智能监测设备采购到三维地质建模系统构建,每个技术环节都涉及高额成本支出。中西部经济欠发达区域受限于财政预算吃紧,常被迫压缩技术升级专项经费,致使新型遥感监测技术难以落地应用。水工环地质技术对从业者的专业技能要求较高,需要精通岩土力学原理,又需掌握地理信息系统开发能力,但现行教育体系存在明显断层,高校专业课程未能及时对接地质灾害预警算法研发等前沿领域,直接导致专业人才产出与行业需求失衡。现有技术人员的继续教育体系尚未健全,多数从业者仍在使用传统调查方法,难以适应基于机器学习的灾害预测模型应用需求,这种人才断层严重妨碍了防治技术的迭代升级。

4 应对水工环地质技术挑战的策略

4.1 加强技术研发与创新合作

产学研协同创新网络的构建需要形成多方联动机制,在理论研究层面,科研院所应充分发挥学科积淀优势,重点突破地质灾害风险评估、地下水资源建模等水工环境领域的共性技术瓶颈,高等教育机构可凭借组建多学科交叉的科研团队,依托国家级重点实验室资源,系统性培养有创新思维的专业技术人才。产业部门则需构建技术转化服务平台,将理论研究成果与行业应用场景深度对接,例如针对喀斯特地貌区域开发的智能监测系统,依靠集成北斗定位、三维地质建模与机器学习算法,构建天地一体化的实时预警体系。具体实践中,可借鉴日本地热资源开发技术体系与欧洲地质灾害防治标准,结合我国西南地区特殊地质条件,形成有自主知识产权的技术解决方案。这种产学研用深度融合的创新模式,能提升科技成果转化效率,更能促进区域地质灾害防治能力的跨越式发展。

4.2 完善人才培养体系

高等院校应当以行业需求为导向重构课程体系,在地质工程专业中增设智能监测技术、灾害链分析等前沿课程模块,将数值模拟软件操作和无人机勘测技术融入课堂教学,推动产学研深度协作,在地勘院所和防治企业建立实战化教学平台,使学生在参与边坡雷达监测、泥石流预警系统调试等真实课题中提升实战能力。针对行业从业者,建议构建分层培训体系,每季度举办技术沙龙和案例研讨会,邀请首席工程师剖析北斗变形监测、InSAR数据处理等实操技术,支持企业联合高校开发慕课资源和微认证项目,建立学分银行制度,允许技术人员借助移动学习终端完成知识迭代,例如某省地矿局开展的“地质云”应用研修班,借助十二周的混合式教学,使百余名工程师掌握了三维地质建模与风险智能评估技术。建议设立“地灾防治英才计划”,对创新应急预案的技术团队给予科研经费倾斜,并在职称评审中设立绿色通道,激发行业创新活力。

4.3 拓宽资金筹集渠道

建议政府部门在灾害防治领域构建多元化的资金保障体系,凭借财政预算倾斜与社会资本联动形成支持合力,以年度财政预算为例,可划拨不低于10%的专项资金用于筹建地质灾害防治基金,重点扶持高校院所开展水工环地质关键技术攻关,同步推

进监测仪器的迭代升级与应急抢险队伍的梯队建设。在市场化运作层面,可借助所得税抵扣或用地审批优先权等政策杠杆,激励民营企业参与防治工程投资建设。发行地质灾害防治专项债券能拓宽公众参与渠道,所募资金还可定向投入新型监测仪器的采购与智能预警平台的搭建,更可创新金融支持模式,联合商业银行推出“地质安全贷”等特色金融产品,为防治产业链上下游企业提供基准利率下浮的融资方案,有效破解技术转化过程中的资金瓶颈,加速三维激光扫描、InSAR遥感监测等前沿技术在实际防治场景中的规模化应用。

5 结语

综上所述,水工环地质技术在地质灾害防治中发挥着极为关键且不可替代的作用,面对技术复杂性以及数据处理方面的状况、地质条件复杂性以及技术适应性方面的情形、资金投入以及人才短缺方面的问题等诸多挑战,应当强化技术研发与创新合作,完善人才培养体系,拓宽资金筹集渠道,经由实施这些措施,可提升地质灾害防治能力。

参考文献

- [1]邹思鑫.水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用探究[J].内蒙古煤炭经济,2025,(04):172-174.
- [2]郭占林.地质灾害防治中水工环地质技术的运用分析[J].中国减灾,2025,(04):52-53.
- [3]姬志帅.水工环地质技术在金属矿山地质灾害防治中的应用[J].中国金属通报,2024,(12):176-178.
- [4]吕媛.水工环地质技术在矿山地质灾害防治中的应用探究[J].中国金属通报,2024,(12):222-224.
- [5]屈梦娜.水工环地质勘探工作中的技术要点探讨[J].城市建设理论研究(电子版),2024,(33):167-169.
- [6]梁文继,王鹏程,公智勇.水工环地质技术在矿山地质灾害治理中的应用研究[J].科技与创新,2024,(22):169-171.

作者简介:

杨家贵(1987--),男,彝族,云南省大姚县人,本科,水工环中级工程师,从事水工环相关研究。