

# Discussion on the difficulty of geological survey and design of hydraulic environment in geological disaster control

Jiagui Yang

Yunnan Geological Engineering Second Survey Institute Co., Ltd., Kunming, Yunnan, 650218, China

## Abstract

Geological survey and design of hydraulic environment play a key role in disaster management. However, complex geological conditions, problems in data integration and technical limitations limit the accuracy and effectiveness of survey and design. With the updating of the industry standard system and the improvement of the need for disaster prevention, solving these difficulties has become an urgent need. This paper analyzes the difficulties in the investigation and design of hydraulic environment in the process of geological disaster control, and puts forward corresponding countermeasures to provide theoretical support and practical guidance for geological disaster prevention and control.

## Keywords

geological disaster; Hydraulic environmental survey; Design difficulty; Strategy analysis

## 地质灾害治理中的水工环地质勘察与设计难点探讨

杨家贵

云南地质工程第二勘察院有限公司, 中国·云南昆明 650218

## 摘要

水工环地质勘察以及设计在灾害治理工作里起着关键的作用,但复杂的地质状况、数据整合方面存在的难题以及技术方面的局限性等因素,对勘察和设计的精准性以及有效性造成了限制。随着行业规范体系的更新以及防灾需求的提高,解决这些难点变成了迫切的需求。本文针对地质灾害治理过程中的水工环勘察与设计难点展开分析,并提出对应的应对策略,为地质灾害防治工作提供理论方面的支撑以及实践方面的指导。

## 关键词

地质灾害; 水工环地勘察; 设计难点; 策略分析

## 1 引言

在地质灾害治理工作当中,水工环地质勘察以及设计工作面临着诸多难点,地质条件的复杂特性、多源数据的获取与整合工作,以及勘察技术与方法所存在的局限性,这些都是勘察阶段面临的主要挑战,而设计方面的难点包含了设计依据的准确程度与时效特性、治理工程和周边环境的协调适配性,以及设计方案的优化与创新。应对策略主要有强化针对复杂地质条件的勘察技术研发工作、构建多源数据的共享机制、推动勘察技术的创新应用,另外还要加强勘察与设计之间的协同配合、引入生态设计以及系统规划的理念、鼓励设计创新以及多目标优化,本文着重探讨这些难点与相应的应对策略,为地质灾害防治工作提供科学的依据。

## 2 地质灾害治理中的水工环地质勘察难点

### 2.1 地质条件复杂性带来的勘察难题

在地质灾害高发区域开展水工环地质调查常面临特殊难题,这主要源于地下空间的高度异质性,岩土体材料从刚性基岩到松散沉积物呈现较大非均质性,这种物性参数的剧烈波动直接影响地层剖面解译的可靠性。以山区为例,岩体碎裂化与构造破碎带交织形成复杂渗流网络,导致地下水动态监测面临数据离散度大的困扰,而水文要素的定量表征恰是滑坡泥石流风险评估的关键依据。活跃的地质应力场还会诱发渐进式岩层形变,这种时效性变形过程干扰现场测试数据的稳定性,会降低工程地质模型的预测精度,最终制约防灾工程设计方案的优化决策<sup>[1]</sup>。

### 2.2 多源数据获取与整合难点

在水工环地质勘察工作中,多源异构数据的获取与融合始终是技术实施的关键瓶颈,勘察数据覆盖地质测绘、物探解译、水文动态监测等多种类型,这些数据在表征形式、测量精度和时间维度上存在较大差异。地质测绘成果多表现

【作者简介】杨家贵(1987-),男,彝族,中国云南大姚人,本科,工程师,从事水工环相关研究。

为空间矢量图形,物探数据主要反映岩土体物理特性参数,而水文监测则产出有时序特征的动态数据集<sup>[2]</sup>。在地形复杂的偏远区域,受制于交通可达性和设备布设难度,往往难以建立完整的观测序列,造成关键数据链断裂,数据融合阶段需处理格式转换、精度配准和时序对齐等技术难题,不同观测尺度下的数据耦合常出现基准偏差,时变数据的三维空间配准是增加了分析复杂度,这种多源异构数据协同分析的不足,直接制约着地质灾害防治决策的信息完备性,可能导致工程处治方案偏离地质本底条件。

### 2.3 勘察技术与方法局限性

水工环地质勘察领域仍面临多重技术瓶颈制约实践效能,传统岩芯钻探技术虽有地层剖面直接观测优势,但其施工周期长、经济成本高,在喀斯特地貌等生态敏感区域,机械作业引发的植被破坏与水土流失问题非常突出,物探手段中电磁法勘探易受岩层电性差异影响,在断裂带发育区域常出现数据漂移现象,例如某滑坡体勘察项目中磁法数据与钻孔验证结果偏差达32%。针对深层承压水监测,常规监测设备受限于传感器穿透深度,难以实现千米级含水层的实时动态捕捉,导致地下水流场建模存在系统性误差<sup>[3]</sup>。现有勘察体系多采用分项作业模式,水化学分析、岩体力学测试与生态评估等环节缺乏数据联动机制,这种技术割裂状态使得地质灾害成因分析时常出现“盲人摸象”的认知偏差,严重制约着边坡治理等工程的地质适配性决策。

## 3 地质灾害治理中的水工环地质设计难点

### 3.1 设计依据准确性与时效性问题

水工环地质设计在地质灾害防治实践中面临基础资料可靠性的多重制约,从技术层面分析,岩土工程勘察受制于复杂地形条件,特别在西南岩溶地貌区,受喀斯特发育规律影响,隐伏溶洞的三维空间展布常呈现较大不确定性,直接造成设计参数失真,工程区地质环境有较大时空变异性。以2022年泸定地震引发的次生地质灾害为例,震后区域水文地质条件发生突变,致使勘察成果适用性锐减。随着行业规范体系动态更新,若设计单位未能及时掌握最新技术标准(如2023年新颁布的边坡工程防护规范),沿用旧有设计方法将导致防治工程与现状地质条件产生系统性偏差,削弱灾害防控效能<sup>[4]</sup>。

### 3.2 治理工程与周边环境协调性设计难点

在水工环地质工程实践中,工程措施与周边环境的有机融合始终是实施难点。以滑坡防治中常见的大型挡土墙为例,其施工过程中往往随着植被破坏、地形重塑等干扰行为,可能打破原有生态系统的动态平衡,工程体量、结构形态与天然地貌的适配性若未妥善处理,易形成生硬的人工构筑物界面,削弱区域景观的整体美学价值。截排水系统等工程对水文循环的扰动需要精准把控,地下水径流路径的偏移可能引发补给区与排泄区的连锁反应,若调控措施失当,影响水

资源分布格局,甚至可能触发次生环境风险,这种多维度的环境响应机制,构成了工程设计中生态友好性、景观协调性与水文稳定性协同优化的核心命题。

### 3.3 设计方案优化与创新难点

水工环地质设计领域的技术革新面临多重现实挑战,传统设计方法虽积累了大量经验,但在应对非线性地质灾害问题时仍显得捉襟见肘,在突发性地质灾害场景中暴露出时效性不足的缺陷,工程实践中,成本控制、治理效果提升与施工可行性之间往往存在矛盾,例如加固措施强度与工程预算呈现较大正相关,这种多目标优化问题常使技术决策陷入两难。传统设计思维的惯性与技术手段的局限形成双重制约,使得突破性进展举步维艰,新型防护材料的开发要突破传统工艺模式,从实验室研发到工程化应用需要跨越漫长的转化周期,其间还需借助多维度可靠性测试与复杂环境验证,这些技术壁垒严重迟滞了防灾技术的迭代升级,制约着行业整体效能的突破<sup>[5]</sup>。

## 4 应对地质灾害治理中水工环地质勘察与设计难点的策略

### 4.1 勘察难点应对策略

#### 4.1.1 强化复杂地质条件勘察技术研发

在复杂地质环境中,常规勘察手段常因数据采集精度不足影响工程判断,这要求地质勘探领域需要在技术研发层面寻求突破。在技术应用层面,可重点推广三维电阻率成像、瞬态电磁探测等物探手段,依靠分析岩土层介电常数与导电率的动态响应特征,构建高分辨率地下空间模型。针对特殊地形区域,应研制有地形自适应性的勘探装备系统,例如集成多传感器阵列的山地智能钻探平台,其折叠式机械臂与自动调平装置能有效提升陡坡地带的取样效率。借助多维度技术攻关,可破解复杂地层信息获取的技术瓶颈,更能为科学防治地质灾害奠定坚实基础。

#### 4.1.2 建立多源数据共享与整合机制

水工环地质勘察工作需要综合处理地质结构分析、水文动态监测、气象参数采集等多元信息维度,当前行业实践中,不同管理部门和科研机构间存在十分突出的信息壁垒,各类专业数据的孤岛化现象严重制约了协同研究效能,建议构建跨系统的数据中枢平台,同步建立统一的元数据标准和交换协议,依靠行政协调与技术激励相结合的方式推动数据归集。以实际应用场景为例,省级地质调查院可定期更新区域断裂带分布图谱,流域管理机构实时共享河道径流量及地下水位监测数值。借助分布式计算框架对异构数据进行融合处理,深度挖掘数据间的时空关联和演化规律,可系统解析地表-地下水文耦合机制及地质应力场分布特征,这种多维数据协同分析模式拓展了传统勘察方法的技术边界,能较大提升勘察成果的科学价值和决策支持效能,为滑坡预警系统优化和地下水资源评估等重大工程提供多源数据支撑。

### 4.1.3 推动勘察技术创新与应用

建议科研院所与行业龙头企业协同推进勘测技术研发创新,重点探索无人机低空遥感勘测系统的研制,充分发挥其机动性强、操作简便的优势,构建区域性三维地质模型数据库,较大提升野外数据采集效率,应加快新型勘测技术的成果转化步伐,借助能力提升班提升从业人员的技术应用能力,结合典型案例示范新型装备在复杂地形中的作业优势,推动行业形成技术升级的良性循环。随着创新技术的规模化应用,将全面优化水工环地质调查工作的技术体系,突破传统方法在隐患识别精度方面的局限,为地质灾害防治工程提供精准可靠的基础数据支撑。

## 4.2 设计难点应对策略

### 4.2.1 加强勘察与设计协同及动态设计

在地质工程实践中,勘察设计与方案编制间的信息孤岛现象常引发设计参数与场地条件失配问题,为此需要构建贯穿工程全生命周期的协同工作机制,建议在可行性研究阶段即组建联合工作小组,由设计团队基于拟建物特征提出关键性岩土指标需求,指导勘察单位优化钻孔布设方案与原位测试项目。勘探实施期间采用 BIM (如图 1 所示) 协同平台实现地质信息可视化共享,设计人员可同步进行多工况数值模拟与敏感性分析,特别是在边坡治理等隐蔽工程中,当开挖面揭露的软弱夹层或结构面产状与初勘数据存在 10% 以上偏差时,应启动分级预警机制并召开四方会审,由注册岩土工程师与结构工程师联合签署设计变更单,必要时采用三维激光扫描技术进行逆向建模。这种基于实时地质信息的迭代设计方法,能规避过度保守设计造成的资源浪费,防止勘察盲区引发的工程风险,真正实现岩土工程的可控性与经济性统一。

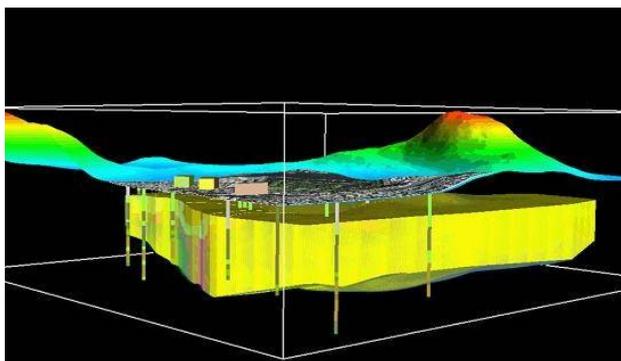


图 1 BIM 技术

### 4.2.2 引入生态设计与系统规划理念

地质灾害防治需要突破传统工程思维的局限,建立生态-灾害协同治理的科学模式,在材料选择层面,可引入有

自修复功能的生物基复合材料,例如采用植物纤维加固模块替代部分刚性结构,能提升坡体稳定性又避免化学污染,工程空间布局应遵循仿生学原理,如在泥石流易发区,凭借三维地形模拟在拦挡坝间隙预留生态廊道,同步推进耐旱灌木与深根乔木的立体种植,形成动态平衡的生态缓冲带。这种多尺度整合策略要求地质学家、生态规划师与社区代表共同参与,将灾害防治工程转化为集安全屏障构筑、生物多样性维系、乡村产业振兴于一体的综合治理模式,最终实现灾害风险消减与区域可持续发展相耦合的治理目标。

### 4.2.3 鼓励设计创新与多目标优化

当前地质灾害防治工程普遍存在设计维度单一的技术瓶颈,难以应对日趋复杂的灾害场景。为破解这一难题,需要在技术路径创新层面实现突破,建议设计团队突破常规思维定式,重点研发复合型解决方案,例如引入装配式支护体系,在提升边坡稳定系数的同时可实现 30% 以上的材料成本节约。在此基础上,采用多维度优化策略,在保障工程安全的基础上统筹考虑全生命周期成本控制、生物护坡技术融合等多元需求,借助参数化建模技术构建决策模型,对多项关键参数进行敏感性分析,精准识别出环境友好型与经济兼备的优选方案。这种技术革新较大提升工程综合效益,更可推动地质灾害防治领域的技术革新,为构建更具适应性的防灾体系提供科学支撑。

## 5 结语

地质灾害治理中的水工环地质勘察与设计存在诸多复杂难点,但借助强化技术研发、构建数据共享机制以及推动技术创新应用等办法,可有效提高勘察与设计的精准程度和科学水平。强化勘察与设计的协同配合、引入生态设计以及系统规划理念、鼓励设计创新以及多目标优化,可提升地质灾害防治工程的综合效益。随着技术持续进步以及防灾需求不断提高,地质灾害治理领域会迎来更多创新与突破。

## 参考文献

- [1] 李顺昌. 定远县大锅山矿山水工环地质条件分析及治理工程设计 [J]. 世界有色金属, 2022, (07): 127-129.
- [2] 白银. 基于矿山开采的水工环地质勘查系统设计及应用 [J]. 世界有色金属, 2022, (03): 88-90.
- [3] 夏野潇. 矿山水工环地质勘查工作的设计流程研究 [J]. 世界有色金属, 2022, (02): 158-160.
- [4] 姚文静. 基于遥感技术的矿山水工环地质勘查信息评价系统设计 [J]. 世界有色金属, 2021, (22): 38-39.
- [5] 任翔鹏. 基于云计算的矿区水工环地质调查数据发布系统的设计 [J]. 世界有色金属, 2021, (21): 11-12.