

# 复杂地质条件下水利勘查的风险评估应对策略

贾真

哈密托实水利水电勘测设计有限责任公司乌鲁木齐分公司

DOI:10.32629/hwr.v10i1.6768

**[摘要]** 复杂地质条件下水利勘查存在着各种不确定性风险,这些风险都会影响到工程的安全性以及稳定性。本文以水利勘查的地质环境复杂性和作业的特殊性为基础,构建出包含指标体系、权重分配和等级划分的风险评估体系,提出利用技术融合来准确识别风险的方法,建立起工程技术、动态调控、应急处置相互配合的风险防控策略,完善了标准规范、技术支撑、协同管理应对保障机制,给复杂地质地区的水利勘查工作提供理论依据和实践上的指导。

**[关键词]** 复杂地质条件; 水利勘查; 风险评估; 动态防控; 保障机制

中图分类号: S278 文献标识码: A

## Risk Assessment and Response Strategies for Water Conservancy Exploration Under Complex Geological Conditions

Zhen Jia

Hamitoshi Water Conservancy and Hydropower Survey and Design Co., Ltd.

**[Abstract]** Water conservancy exploration under complex geological conditions faces various uncertainties and risks, which can affect the safety and stability of the project. Based on the complexity of the geological environment and the unique characteristics of water conservancy exploration operations, this paper constructs a risk assessment system that includes an indicator system, weight allocation, and risk classification. It proposes a method for accurately identifying risks using technological integration, establishes a risk prevention and control strategy that integrates engineering technology, dynamic control, and emergency response, and improves the standard specifications, technical support, and collaborative management response and guarantee mechanisms. This provides theoretical basis and practical guidance for water conservancy exploration work in complex geological areas.

**[Key words]** complex geological conditions; water conservancy exploration; risk assessment; dynamic prevention and control; guarantee mechanism

### 引言

水利勘查是水利工程建设的前置性关键环节,其成果质量好坏直接影响到工程设计是否科学、施工是否安全。复杂地质条件下,岩土体性质的不均匀性、地质构造的复杂性、水文地质条件的动态变化等因素互相交织,使勘查作业面临多种潜在风险,如果没有系统的风险评估和科学的应对措施,很容易造成地质灾害、勘查数据失真、工程延误等问题。因此,在复杂地质条件下水利勘查风险评估的核心维度上,寻找精准高效的水利勘查风险识别途径,创建起全方位、多层次的风险应对体系,就成为保证水利工程建设质量与安全的重要课题,对水利勘查行业高质量发展有着重要的现实意义。

### 1 复杂地质条件下水利勘查风险评估的核心体系构建

#### 1.1 地质环境复杂性导向的风险评估指标体系

根据复杂地质条件下水利勘查风险形成机理,联系地质环境固有属性和勘查作业扰动特点,创建多维度的评价指标体系。指标选取聚焦岩土体工程特性、地质构造稳定性、水文地质条件、不良地质现象等核心要素,兼顾勘查技术适配性、作业区域环境敏感性等关联因素,确保指标体系能够全面反映复杂地质环境中风险的多元构成与演化规律<sup>[1]</sup>。通过准确界定各个指标的内涵,确定在不同的地质条件下指标的主要观测点,形成层次分明、逻辑严密的评估指标体系,为风险评估的科学性打下基础。

#### 1.2 勘查作业关联性的风险评估权重分配

根据复杂地质条件下水利勘查风险的传导路径和影响程度,用定性和定量相结合的方法来确定权重。根据地质灾害易发程

度、勘查作业难易程度、风险后果波及范围等各方面因素,对不同的评估指标赋予不同的权重,突出地质构造破碎带分布、地下水动态变化、特殊岩土体分布等关键风险源的权重占比,同时考虑勘查设备精度、作业流程规范性等人为可控因素的影响。权重分配过程很好地体现了地质环境复杂性与作业实操性的耦合关系,使评估结果能真实的反映出各个风险因素对勘查工作的影响程度。

### 1.3 动态适配性的风险等级划分标准

根据水利勘查工作的阶段性特点和复杂地质条件动态变化的特点,建立多级风险划分标准。根据风险发生的可能性及影响后果的严重性将风险分为重大风险、较大风险、一般风险、低风险四个等级,用红、橙、黄、蓝四种颜色的标识系统进行可视化表示。等级划分过程中考虑地质条件的时空变异性,根据勘查前期、中期、后期不同作业场景制定差异化的等级判定阈值,使风险等级划分可以动态适应地质环境的变化和勘查工作的推进节奏,为风险应对策略的精准制定提供依据。

## 2 复杂地质条件下水利勘查风险的精准识别方法

### 2.1 多技术融合的地质风险源探测方法

在复杂的地质环境中,为了提高风险识别的全面性、准确性,应该使用多技术融合的综合探测系统。该系统把探地雷达、GIS空间分析、水文地质测绘等众多先进技术融合起来,创建全方位、多层次的风险源识别架构。探地雷达可以对岩溶发育区、断层破碎带等不良地质体进行高精度定位,识别出其埋深、规模和空间形态;GIS技术通过对多源地质数据(地质构造、岩性分布、地形地貌等)进行空间叠加与综合分析,揭示风险源的区域分布规律和发育特征<sup>[2]</sup>。同时利用水文地质测绘和实时监测可以获取地下水动态变化信息,即水位变化、流向流速、水压分布等,进而可以对可能出现的涌水、突水、流沙等水文地质灾害做出预判。多源数据和多种技术方法的协同使用,大大提高了对隐蔽性强、变异程度高的地质风险源的探测能力,弥补了单一技术在探测深度、分辨率、适用条件等各方面的不足。

### 2.2 地质—作业耦合的风险关联识别逻辑

识别水利勘查风险,不能脱离具体工程活动与地质环境之间的相互作用。按照地质条件、勘查施工的动态耦合关系,可以建立一个风险关联识别逻辑。该逻辑从地质—作业系统的界面入手,对桩基施工、基坑开挖、隧道掘进、工程降水等各项勘查工序,分析它们对周围地质体造成的影响,确定会引发的次生地质灾害,如围岩松弛、渗流破坏、地面沉降等。同时还要结合区域地质构造特征、岩土力学属性等固有风险因素,综合判断作业过程中风险传递的路径、连锁反应和叠加效应,弄清各地质风险因素与工程活动之间的因果关系和影响机制。建立该逻辑框架可以对显性风险、隐性风险、原位地质风险、工程触发风险进行系统的辨识,从而得到更加全面的风险清单和分类体系。

### 2.3 动态跟踪式的风险演化识别机制

就复杂地质条件所具有的时空变异性以及勘查工作渐进性而言,必须建立一套贯穿于勘查全过程的动态风险识别和更新

机制<sup>[3]</sup>。勘查前期主要依靠区域地质调查报告、历史灾害资料、遥感解译成果等进行初步的风险判断,得到风险识别基线。进入勘查中期,布设监测网络、开展实时地质编录、进行地球物理检测等手段,获得现场动态数据;将监测结果同初始模型进行对比分析,及时修正风险源的空间位置、危险等级、影响范围。

## 3 复杂地质条件下水利勘查风险评估应对的动态防控策略

### 3.1 工程技术优化导向的风险预防措施

在复杂的地质环境里进行水利工程勘查,要从工程技术最根本的地方出发,制定出系统且有差异的预防风险方案。对软土、膨胀土等特殊岩土体广泛分布的地区,在勘查前期应做详细的岩土工程勘察,确定其空间分布和物理力学性质,然后采取换填法、注浆加固、搅拌桩复合地基等处理措施,改善地基条件,提高岩土体的整体稳定性和承载能力。对地质构造破碎带、断层裂隙密集区或者岩溶强烈发育区,应改进勘查钻孔的平面布置和孔深设计,加大钻探密度,加深控制性钻孔,结合地球物理勘探等手段查明不良地质界面的展布特征,在井巷或者坑道勘查作业时,加强初期支护和超前支护措施,采用钢拱架、喷锚支护等刚性支撑结构,明显降低坍塌、掉块等施工风险。

### 3.2 实时监测驱动的风险动态调控策略

建立全面的、反应迅速的、数据准确的实时监测体系,是实现风险动态管理的主要技术支撑。该体系应以地质体变形、地下水位及水质动态变化、支护结构内力及变形、周边环境振动等主要指标为中心,综合运用传感器网络、远程传输和物联网技术,实现数据自动采集、实时传输和云端处理的目的。同时辅以定期的人工巡检和地质编录,形成人机结合、上下联动的监测机制,保证数据连续、可靠。数据集成之后利用大数据分析、人工智能算法等建立多参数耦合的风险预警模型,设置不同的风险等级阈值区间<sup>[4]</sup>。当监测数据异常或者接近预警阈值时,系统会立即发出预警信号,并启动相应的动态调节机制,包括调整掘进参数、优化开挖步序、加强临时支撑、实施应急降水等技术手段,实现勘查过程的实时反馈和风险控制。

### 3.3 分级分类的风险应急处置方案

根据前期风险评估和等级划分的结果,要建立分级分类、有针对性的应急处置体系。评定为重大风险等级的区域或工况要编制专项应急预案,明确应急指挥体系架构、内外部协调机制、应急处置流程和救援物资储备标准,配备大功率排水泵、快速支护系统、注浆堵漏装置等专业抢险设备,定期组织多部门参与的实战化应急演练,提高协同作战能力。对较大风险区域应制定针对性的、可操作性强的现场处置方案,加强关键环节的巡查频次和监测密度,在风险征兆出现时能第一时间启动应急程序,采取人员疏散、作业暂停、临时加固等初步响应措施。

## 4 复杂地质条件下水利勘查风险评估应对的保障机制

### 4.1 标准化的风险评估实施规范

健全复杂地质条件下水利勘查风险评估标准规范体系,对

评估流程、指标选取、方法应用、等级划分等重要环节的操作要求做出明确的规定。规范制定时充分考虑行业技术标准与实践经验,依照地质类型、勘查场景的不同开展差异化的细化工作,保证评估工作的规范化、标准化。

#### 4.2 技术创新与人才支撑体系

加大水利勘查风险评估与应对的技术创新力度,鼓励新技术、新方法的研究和应用,突破复杂地质条件下隐蔽风险识别、动态监测预警等关键技术瓶颈。构建多层次的人才培养体系,加强地质勘查、风险评估、工程技术等专业人才的培养和引进,提高从业人员的专业素质和实际操作能力<sup>[5]</sup>。依靠技术创新和人才支撑的双重力量,给复杂地质条件下水利勘查风险应对提供持续的技术保障和人才储备。

#### 4.3 多主体协同的风险管控机制

建立政府监管、行业自律、企业主责、技术支撑单位协同的风险管控机制。确定各个主体的职责定位,政府部门加强行业监管和指导,完善相关政策法规,行业协会发挥桥梁纽带作用,推广先进经验和技术标准,勘查企业落实主体责任,建立健全内部风险管理制度,技术支撑单位提供专业的评估、监测、咨询服务。

### 5 结束语

复杂地质条件下水利勘查的风险评价与应对是系统性、综

合性的工作,直接关系到水利工程建设的安全和效果。本文以建立科学完善的风险评估体系为基础,提出精准高效的风险识别方法,构建动态适配的防控策略和全方位保障机制,形成起覆盖“评估-识别-防控-保障”全流程的风险应对框架。该框架充分体现了复杂地质条件的特殊性以及勘查作业的实操性,重视技术手段和管理机制的有机融合,为水利勘查工作安全有序地开展提供有力支持。

#### 参考文献

- [1]贺敬哲.复杂地质条件下岩土工程勘查技术的运用[J].中国资源综合利用,2025,43(12):21-23.
- [2]高吉.复杂地质条件下应用多道瞬态面波的滑坡区域勘查[J].矿产勘查,2025,16(09):2155-2163.
- [3]周硕.地质勘查新技术在复杂地质条件下的适用性分析[J].世界有色金属,2025,(17):208-210.
- [4]孟振,林泮源.复杂地质条件下矿产资源勘查找矿方法分析[J].生态与资源,2025,(08):112-114.
- [5]朱荣利,任传涛.简述复杂地质条件下地质环境问题对矿产资源勘查方法影响分析[J].中国金属通报,2023(1):83-85.

#### 作者简介:

贾真(1986—),男,汉族,甘肃会宁人,大学本科,中级工程师,研究方向:水利水电。