

优化病险水库勘察技术路线的探讨

王艳龙

河北省水利水电勘测设计研究院集团有限公司 天津 300220

摘要：本论文聚焦于病险水库勘察技术路线的优化问题。通过深入分析当前病险水库勘察技术路线存在的不足，结合实际工程需求，探讨了一系列优化策略，涵盖勘察手段的合理选择、勘察数据的高效处理与分析以及勘察流程的优化等方面。旨在提高病险水库勘察的准确性、效率和科学性，为病险水库的除险加固和安全运行提供可靠的技术支撑。

关键词：病险水库；勘察技术路线；优化策略；数据处理

引言

病险水库严重威胁着下游人民生命财产安全和区域经济社会的可持续发展。准确、全面地勘察病险水库的状况是实施有效除险加固措施的前提。然而，当前病险水库勘察技术路线在实际应用中暴露出诸多问题，难以满足日益增长的水库安全保障需求。因此，探讨优化病险水库勘察技术路线具有重要的现实意义和紧迫性。

1 病险水库勘察的重要性

病险水库长期运行，受多种复杂因素影响，安全隐患显著。水流持续冲刷坝体，致使防护层磨损，混凝土骨料外露，严重破坏结构完整性，削弱坝体抗侵蚀及外力能力。地壳运动与地基不均匀沉降改变坝体应力分布，建筑材料老化、腐蚀，微观结构劣化，力学性能和承载能力下降，易出现贯穿性裂缝、局部塌陷等结构性病害，渗漏问题频发，危及坝体稳定性。同时，水库泥沙淤积抬高底部高程，减少有效库容，泄洪设施因长期未维护或超期服役而老化，大幅降低防洪能力。遭遇暴雨、洪水等极端天气时，病险水库因结构脆弱、功能缺陷，难以承受水位骤升与强大水压，溃坝风险剧增。溃坝将导致洪水冲向下游，瞬间摧毁房屋、道路等基础设施，造成大量人员伤亡与巨额财产损失。洪水携带泥沙和污染物，破坏土壤团粒结构，降低土壤肥力，引发水土流失，污染水体，恶化水质，严重破坏区域生态平衡，对农业生产、居民生活和生态环境产生长期负面影响。因此，精准勘察病险水库状况至关重要。专业勘察运用地质雷达、声波探测等先进技术，精确评估坝体稳定性，排查深层裂缝、潜在塌陷等隐患。借助高精度监测设备确定渗漏位置与程度，科学判断其对坝体及周边环境的影响。全面掌握泄洪设施运行状况，确保洪水来临时泄洪通道正常、高效运行，有效预防溃坝。勘察获取的关键信息，为制定科学除险加固方案提供依据，助

力工程人员精准施工，提高工程有效性与可靠性，保障水库安全，守护下游人民生命财产安全，维护区域生态与经济社会稳定^[1]。

2 当前病险水库勘察技术路线存在的问题

2.1 勘察手段单一

（1）现阶段，部分病险水库勘察工作过度依赖传统的地质钻探与坑探手段。地质钻探凭借钻取岩芯获取地层信息，坑探则通过开挖探坑直接观察地质结构。然而，这些传统手段弊端显著。地质钻探需耗费大量人力、物力与时间，每完成一个钻孔都要经历设备搬运、安装调试、钻进作业等系列流程，且钻孔间距往往较大，难以全面覆盖复杂地质区域，致使获取的信息存在局限性。坑探同样工作量巨大，不仅要进行土方开挖，还需支护以保障安全，对周边环境破坏明显，尤其是在生态敏感区域，其实施难度和对环境的负面影响更为突出。（2）面对复杂地质条件，传统手段更是力不从心。在岩溶发育地区，地层中岩溶通道纵横交错，形态复杂多变。仅依靠钻探，由于钻孔位置的随机性，极有可能遗漏关键的岩溶通道，无法精准确定渗漏路径与隐患位置。例如，某岩溶地区病险水库，前期仅采用钻探勘察，未发现岩溶通道，按常规方案进行除险加固后，仍频繁出现渗漏问题，后续借助地球物理勘探技术才查明错综复杂的岩溶通道，这充分暴露了单一勘察手段在复杂地质条件下的不足。

2.2 勘察数据精度不足

（1）在数据采集环节，部分用于病险水库勘察的设备精度欠佳。以测量水库水位的仪器为例，一些传统的机械水位计精度有限，在水位微小波动时难以准确测量，无法满足对水库水位变化精确监测的需求。坝体变形监测方面，早期的百分表式位移计受环境因素影响大，测量精度难以达到毫米级，对于坝体可能出现的微

小裂缝、位移等变化难以察觉,延误病害早期发现时机。(2)数据采集频率的不合理也是一大问题。水库渗漏量受季节、降水、库水位变化等多种因素影响,呈现动态变化特征。若数据采集频率过低,如仅在枯水期和丰水期各测量一次渗漏量,就无法捕捉到渗漏量在不同时段的峰值与谷值,难以准确把握渗漏量随时间的变化规律,不利于分析病害发展趋势,也无法为及时采取有效的防治措施提供准确依据^[2]。

2.3 数据处理与分析方法落后

(1)当前病险水库勘察数据处理仍以人工操作为主。面对海量且复杂的地质剖面图、渗流监测数据、岩土力学参数等资料,人工处理效率极为低下。人工绘制地质剖面图时,需花费大量时间对钻孔数据进行整理、计算与绘图,且易因人为疏忽产生误差。在分析渗流监测数据时,人工逐点分析数据变化,难以快速发现数据异常和潜在规律,延误对水库渗漏状况的判断。(2)在数据分析领域,缺乏先进的模型与软件支持。多源勘察数据,如地质数据、水文数据、水库运行数据等,因缺乏有效的整合分析工具,无法发挥协同作用。难以通过建立综合模型,从整体上剖析病险水库的病害特征,例如无法准确判断地质条件与水库运行状态对坝体稳定性的耦合影响,阻碍了对病险水库病害发展趋势的准确预测。

2.4 勘察流程缺乏系统性

(1)病险水库勘察涵盖多个紧密关联的环节,但当前各环节间缺乏有效衔接。资料收集阶段,对水库历史运行数据、地质勘察报告、设计图纸等信息收集不全面,且未能深入挖掘其潜在价值。在制定勘察方案时,未能充分利用这些历史资料,导致方案缺乏针对性,可能遗漏关键勘察内容。(2)现场踏勘与勘察实施环节同样存在问题。现场踏勘发现的地质异常、坝体隐患等问题,未能及时反馈至勘察实施环节,调整勘察重点与方法。例如,踏勘时发现坝体局部存在疑似裂缝,但在后续勘察实施过程中,未针对该区域增加勘探点或采用更精细的勘察手段,导致问题未能深入查明。(3)数据处理与报告编制阶段,因前期环节信息沟通不畅,导致数据处理时缺乏必要的背景信息支撑,难以对数据进行准确解读。报告编制也常因各环节数据衔接问题,无法全面、准确地反映病险水库实际状况,降低了勘察成果质量,影响后续除险加固决策的科学性。

3 优化病险水库勘察技术路线的策略

3.1 多元化勘察手段结合

(1)在病险水库勘察中,融合多种勘察手段是提升勘察质量与效率的关键。地球物理勘探技术凭借其独特

优势,能与传统钻探、坑探形成互补。以瞬变电磁法为例,该方法基于电磁感应原理,通过向地下发射脉冲电流,观测二次感应电磁场变化,从而获取地下地质结构信息。在探测岩溶地区病险水库时,瞬变电磁法可快速扫描大面积区域,依据不同地质体电磁响应差异,识别出潜在的岩溶空洞、裂隙等异常区域。其探测深度大、效率高,能在短时间内为后续钻探提供宏观指导,确定重点钻探区域,大幅减少盲目钻探工作量。(2)地质雷达法则利用高频电磁波在地下介质中的传播特性,对浅层地质结构进行精细探测。在水库坝体渗漏勘察中,地质雷达可清晰分辨坝体内部不同介质界面,如发现与渗漏相关的含水量异常区域。通过对雷达图像的分析,初步圈定渗漏位置与范围,随后钻探取芯对异常区域进行验证,分析渗漏原因,实现精准勘察。此外,无人机航拍技术为病险水库勘察注入新活力。无人机搭载高清摄像头与多光谱传感器,能快速获取水库周边地形地貌、植被覆盖及坝体外观等宏观信息。从航拍图像中,可直观识别水库周边潜在的滑坡、泥石流等地质灾害隐患,评估其对水库安全的影响。同时,通过对比不同时期航拍图像,监测坝体外观变化,辅助判断坝体稳定性^[3]。

3.2 提高勘察数据精度

(1)高精度的勘察数据是准确评估病险水库状况的基础。在坝体沉降监测方面,新型数字水准仪采用电子成像与数字图像处理技术,测量精度可达毫米级甚至亚毫米级。相较于传统水准仪,其受环境因素干扰小,能实时、精准监测坝体微小沉降变化,及时察觉因坝体不均匀沉降引发的潜在病害。水库水位监测对于掌握水库运行状态至关重要。压力式水位计利用水压与水位的线性关系,通过高精度压力传感器测量水位,具有精度高、灵敏度强、响应速度快等优点。可实时将水位数据传输至监测系统,准确记录水位在不同时段的变化,为分析水库水量平衡、渗漏情况提供可靠数据。(2)合理设置数据采集频率是获取关键信息的保障。对于处于病害发展关键时期的病险水库,如坝体出现明显裂缝且渗漏量呈上升趋势,应加密数据采集频率。以渗漏量监测为例,从常规的每日一次提升至每小时一次,确保捕捉渗漏量的细微变化,及时掌握病害发展动态。对于变化敏感区域,如水库坝肩与山体接触部位,因地质条件复杂、受力情况特殊,易出现渗漏与变形,需增加数据采集频率,以便早期发现病害迹象,为制定防治措施提供准确依据。

3.3 采用先进的数据处理与分析技术

(1)计算机软件在病险水库勘察数据处理中发挥

着重要作用。专业地质数据处理软件具备强大的数据处理与绘图功能。在处理地质勘察数据时,可自动导入钻孔数据、地球物理勘探数据等,通过内置算法进行数据拟合、插值计算,快速生成准确的地质剖面图、等值线图。与人工绘图相比,软件绘图效率提高数倍,且精度更高,有效避免人为误差。大数据分析技术与人工智能算法为多源勘察数据分析提供了新途径。通过建立水库渗漏模型,收集大量历史渗流监测数据、地质数据、气象数据等,运用机器学习算法对数据进行训练。模型可学习不同因素对渗漏的影响规律,预测未来渗漏发展趋势。如基于长短期记忆网络(LSTM)的渗漏预测模型,能考虑时间序列数据特征,提前预判渗漏量变化,为及时采取防渗措施提供决策支持。(2)地理信息系统(GIS)技术将各类勘察数据进行空间整合与可视化展示。通过构建病险水库三维地理信息模型,将地质结构、水位变化、坝体变形等数据以直观的方式呈现。决策者可在模型中进行空间分析,如模拟洪水演进路径、分析渗漏扩散范围等,从整体上把握病险水库病害特征与发展态势,为制定科学合理的除险加固方案提供有力支撑。

3.4 优化勘察流程

(1) 建立完善的勘察流程管理体系是保障勘察工作高效、有序开展的核心。在资料收集阶段,全面收集水库历史运行数据,包括历年水位变化、蓄水量、水质监测数据等,以及地质勘察报告、设计图纸、施工记录等资料。对这些资料进行深入分析,挖掘其中与病险相关的信息,如历史上出现的渗漏事件、坝体维修记录等,为制定针对性勘察方案提供依据。现场踏勘后,及时汇总发现的问题,如坝体裂缝走向、宽度,周边地质异常现象等,并组织专家进行分析。根据分析结果,调整勘察方案,如增加勘探点、改变勘察手段等,确保勘察工作聚焦关键问题。(2) 在勘察实施过程中,加强地质、水文、测量等各专业之间的沟通协作。不同勘察手段获取的数据应相互印证与补充,如地质钻探数据与地球物理勘探结果进行对比分析,验证异常区域的准确性。在数据处理与报告编制阶段,建立严格的数据审核制度。对采集的数据进行多轮审核,确保数据真实性、准确性

与完整性。报告编制过程中,充分整合各环节信息,全面、准确反映病险水库实际状况,为后续除险加固决策提供可靠依据^[4]。

3.5 培养专业勘察人才

(1) 专业勘察人才是推动病险水库勘察技术进步的重要力量。在培训内容上,针对新型勘察技术,详细讲解其原理、适用范围与操作要点。如开展地球物理勘探技术培训,使勘察人员掌握瞬变电磁法、地质雷达法等仪器设备操作,学会分析处理探测数据。对于先进的数据处理与分析方法,组织专题培训,让人员熟悉大数据分析软件、人工智能算法在病险水库勘察中的应用。在勘察流程管理培训中,明确各环节工作流程、质量标准与责任分工,提高勘察人员流程意识与管理能力。(2) 定期组织勘察人员参加学术交流活动与行业培训课程,了解国内外病险水库勘察领域最新研究成果与技术发展动态。鼓励勘察人员在实际工作中进行技术创新,如探索新的勘察方法组合、改进数据处理流程等,并及时总结经验。通过内部培训与交流分享,将个人经验转化为团队知识,提升整个勘察团队技术水平,为优化病险水库勘察技术路线提供人才保障。

结语

优化病险水库勘察技术路线对保障水库安全极为关键。多元勘察手段结合、提升数据精度、运用先进分析技术、优化流程并培养专业人才,可显著提升勘察质量与效率,为除险加固筑牢技术根基。未来,随着病险水库情况愈发复杂,持续关注新技术、新方法,不断完善勘察路线,才能更好地守护水库安全,维护人民生命财产与生态环境稳定。

参考文献

- [1] 刘志明.病险水库主要问题及除险策略[J].水利规划与设计,2021(5):55-57
- [2] 车建波.小型水库常见病险及除险加固处理方法初探[J].中小企业管理与科技:中旬刊,2021(9):182-184
- [3] 苗壮.水库岩溶渗漏勘察技术要点[J].冶金管理,2020(01):162-163.
- [4] 李洪蕊,牛智勇.关于淄川区小型水库塘坝除险加固的研究[J].水利水电工程设计,2021,40(01):32-33+36.