

小型水库大坝安全监测与隐患排查治理策略

王玉清

赣县区大埠乡人民政府 江西赣州 341100

摘要：小型水库大坝在防洪、灌溉、供水等领域意义重大，其安全状态直接影响下游群众生命财产安全与社会稳定。本文围绕小型水库大坝安全监测体系构建与隐患排查治理展开研究，先分析当前安全监测存在的问题，如监测设备老旧、自动化程度低、数据融合不足等；接着阐述隐患排查的关键内容，包括坝体裂缝、渗流异常、金属结构锈蚀等监测要点，以及无人机巡检、地质雷达探测等先进技术应用；最后从技术、管理、制度三个层面提出治理策略，如建设智能化监测系统、建立分级隐患台账、完善应急预案等，旨在通过全流程管控提升大坝安全性能与运行可靠性，为保障其长期稳定运行提供理论与实践依据。

关键词：小型水库大坝；安全监测；隐患排查；治理策略

小型水库大坝数量庞大且分布广泛，作为区域水资源调控的基础工程，在保障农业灌溉、城乡供水、防洪减灾等方面发挥着重要作用，是支撑乡村振兴与区域经济社会发展的重要基础设施。然而，受建设年代较早、设计标准偏低、运维资金短缺、管理力量薄弱等因素影响，部分小型水库大坝存在坝体渗漏、结构裂缝、启闭设备老化等安全隐患，严重威胁下游人民群众生命财产安全与生态环境安全。加强安全监测与隐患排查治理，通过科技手段实时掌握大坝运行状态，运用科学方法精准识别潜在风险，及时采取工程措施消除隐患，是破解小型水库大坝安全管理难题的关键路径。本文将结合典型案例与技术发展趋势，深入探讨安全监测体系优化路径与隐患治理创新策略，以期为提升小型水库大坝安全管理水平、推动水利工程高质量发展提供有益参考。

一、小型水库大坝安全监测现状

1. 监测技术与设备

当前，小型水库大坝安全监测技术与设备发展不均衡现象显著。部分经济条件较好或管理意识较强的小型水库，积极引入自动化监测系统，通过部署渗压计、位移传感器、应力应变仪等智能设备，结合物联网与5G传输技术，实现大坝渗流、位移、应力等关键参数的实时采集与远程传输，配合数据分析软件，可动态生成安全评估报告，为风险预警提供科学依据。然而，我国多数

小型水库仍沿用人工巡查、手工测量的传统监测模式，监测周期长、频次低，数据采集受天气、人员主观判断等因素干扰大^[1]。此外，部分水库虽配备了早期监测设备，但因运维资金短缺、技术更新滞后，设备老化、故障频发，监测精度大幅下降，难以满足现代安全监测对数据时效性、准确性和连续性的严苛要求。

2. 监测数据管理

监测数据管理水平滞后已成为制约小型水库大坝安全评估的瓶颈。随着自动化监测技术的推广，海量监测数据的高效处理需求日益凸显，但部分小型水库尚未建立统一的数据管理平台，数据分散存储于不同厂家的监测系统、纸质记录本或Excel表格中，格式不统一、标准不规范，缺乏有效的整合与共享机制，导致数据挖掘难度大，难以通过趋势分析预判安全隐患。人工监测数据管理问题更为突出，存在记录随意、字迹潦草、归档混乱等现象，部分关键数据缺失或错记，历史数据连续性差，无法形成完整的大坝安全演变档案。这种数据管理现状，使得安全管理人员难以对大坝运行状态进行全面、精准的综合研判，削弱了监测数据的应用价值。

3. 监测人员素质

监测人员专业能力不足严重影响小型水库大坝安全监测工作质量。部分小型水库监测岗位由非专业人员兼任，缺乏水利工程、自动化监测等专业知识储备，对新型监测设备的安装调试、操作流程和日常维护规范掌握不熟练，常因操作不当导致设备故障或数据采集偏差。面对自动化监测系统生成的复杂数据图表和异常数据报

作者简介：王玉清（1992.7-），女，汉，赣县韩坊人，大学本科，助理工程师，研究方向：水利水电工程。

警,因缺乏数据分析能力和专业经验,无法准确识别数据背后的安全隐患,更难以提出有效的应对措施。同时,部分监测人员安全意识淡薄,存在巡查走过场、数据记录敷衍等现象,致使安全监测工作流于形式。此外,多数小型水库缺乏系统的人员培训机制,难以跟上监测技术更新迭代的步伐,进一步加剧了监测工作的低效与隐患防控的薄弱^[2]。

二、小型水库大坝隐患排查要点

1. 结构安全隐患排查

结构安全隐患排查是保障小型水库大坝稳定运行的关键。需对坝体、坝基、坝肩等核心部位开展系统性检查:通过目视与仪器检测相结合,观察坝体表面是否存在纵向、横向裂缝,测量裂缝宽度与深度,判断是否因不均匀沉降或应力集中导致塌陷、滑坡;利用地质雷达、钻孔勘探等技术,探测坝基是否出现渗漏通道、管涌现象,评估地基承载能力变化;针对坝肩,排查山体是否存在滑坡迹象,检查岩石风化程度与裂隙发育情况,避免因坝肩失稳引发溃坝风险。对于混凝土坝,重点检测混凝土碳化深度、裂缝扩展趋势,分析钢筋锈蚀程度,综合评估结构耐久性,确保大坝结构安全可靠。

2. 渗流安全隐患排查

渗流异常是威胁大坝安全运行的核心风险,排查需从数据监测、水质分析、现场巡查等多维度展开系统性研判。通过在坝体与坝基关键部位布设测压管、流量计等专业设备,实时采集渗流量数据,结合渗流方向与历史数据对比,精准定位集中渗漏通道;同步采集渗漏水样,分析浑浊度、泥沙含量及化学成分,若出现浑水、水质突变或离子浓度异常,表明坝体内部可能存在土体流失、管涌或侵蚀现象。同时,实地巡查坝后坡面、排水体,重点观察是否存在湿润带扩大、渗水点异常集中等表象特征^[3]。此外,全面检查排水沟、排水孔、反滤层等排水设施运行状态,及时清理堵塞物,修复损坏结构,避免因排水不畅导致坝体浸润线上升,引发渗透变形、滑坡等严重安全事故,确保大坝渗流处于可控状态。

3. 附属设施安全隐患排查

附属设施的安全运行直接关系大坝整体功能,需对溢洪道、输水洞、闸门开展专项检查。针对溢洪道,先清理周边杂草淤泥,采用目视与仪器检测相结合的方式,检查底板、边墙有无裂缝、剥落、冲刷破损,精确测量过流断面尺寸,评估因长期冲刷导致的形态变化,确保

泄洪能力达标。对输水洞,利用水下机器人、声呐探测仪,或安排专业人员进洞勘察,排查洞壁裂缝、渗漏点,监测水流流态,防止结构损伤影响输水。对于闸门系统,重点测试启闭机性能与控制功能,检查闸门启闭灵活性,查看止水橡皮磨损老化情况,以及门槽是否存在异物卡阻,保障闸门在防洪、灌溉等作业中安全运行,避免因附属设施故障引发事故。

三、小型水库大坝隐患排查方法

1. 定期巡查

建立科学的定期巡查制度是小型水库大坝隐患排查的基础防线。巡查人员需严格遵循既定路线与周期,对大坝坝体、坝基、坝肩及溢洪道、输水洞等附属设施开展全覆盖检查。巡查过程中,通过目视观察坝体表面有无裂缝、塌陷、滑坡迹象,仔细记录渗流位置、水量及水质变化,同步检查闸门启闭状态、溢洪道畅通性等设施运行情况^[4]。针对发现的细微异常,如坝坡局部湿润、附属设施轻微磨损等,需立即拍照记录并标注具体位置,形成规范的巡查日志,第一时间上报管理部门,确保隐患问题早发现、早处置,避免风险扩大化。

2. 仪器监测

借助专业监测仪器对大坝关键参数进行实时或定期监测,是精准排查隐患的核心手段。通过部署自动化监测系统,可对大坝渗流量、位移变化、应力应变等数据进行高频次采集,搭配人工定期校验测量,确保数据完整性与准确性。利用数据分析软件对监测数据进行趋势分析、阈值比对,一旦发现渗流量骤增、位移突变等异常情况,即刻启动深度排查程序。结合历史数据与设计标准,判断异常变化是否超出安全阈值,为大坝安全状况评估提供量化依据,实现隐患问题的早期预警与科学研判。

3. 专家评估

面对结构损伤复杂、成因难以判定的安全隐患,引入专家评估机制是破解难题的关键举措。邀请水利工程、地质勘探、结构安全等领域的资深专家,通过现场勘察、调阅监测数据、分析设计资料等方式,对大坝安全状况进行系统性诊断。专家凭借丰富的理论知识与实践经验,能够精准识别潜在风险,深入剖析隐患根源,并结合工程实际提出针对性治理方案^[5]。例如,针对坝基渗漏隐患,专家可通过地质条件分析与渗流模拟,推荐灌浆加固、增设防渗墙等优化方案,为科学治理提供专业支撑,保障大坝隐患治理的有效性与可靠性。

四、小型水库大坝隐患治理策略

1. 工程措施

工程措施是消除小型水库大坝结构性安全隐患的核心手段。针对坝体裂缝,依据裂缝成因与规模,采用不同处理方式:对于浅层裂缝,可通过表面涂抹防渗材料、灌浆封堵进行修复;对深层裂缝,则需采用压力灌浆、填充混凝土等技术,增强坝体结构整体性。针对坝基渗漏问题,可结合地质条件,选用混凝土防渗墙截断渗漏通道,或通过帷幕灌浆形成防渗帷幕,降低坝基渗透压力^[6]。对于溢洪道底板冲刷破损、输水洞洞壁裂缝等附属设施损坏情况,及时开展结构修复、加固改造工作,如采用抗冲耐磨混凝土修补溢洪道,对输水洞进行内衬加固,确保各设施满足设计运行要求,提升大坝整体安全性。

2. 非工程措施

非工程措施通过优化管理与强化意识,为大坝安全运行提供长效保障。建立健全涵盖监测、巡查、维护等环节的安全管理制度,明确水利、运维、监管等部门的职责边界,形成责任清晰、协同高效的管理体系。定期组织监测人员参加专业技能培训,内容涵盖监测技术、数据分析、设备维护等领域,提升人员隐患识别与应急处置能力。同时,面向水库周边居民开展多形式安全宣传教育,如发放安全手册、举办知识讲座、推送警示案例,普及安全用水、保护大坝设施的重要性,增强群众安全意识,减少因人为破坏、违规操作引发的安全风险,构建全民参与的安全防护网络。

3. 应急处置

完善的应急处置体系是降低大坝安全事故损失的关键防线。制定应急预案时,需明确应急指挥机构、专家咨询组、抢险救援队伍等组织架构,细化预警发布、信息报送、分级响应等应急程序,并针对溃坝、洪水漫顶等不同险情,制定包括人员疏散、物资调配、工程抢险在内的具体处置措施。定期开展多部门联合应急演练,模拟突发场景检验预案可行性,优化资源调度与协同机制,提升应急队伍实战能力。当大坝出现安全隐患或突发事故时,迅速启动应急预案,通过科学指挥、高效响应,有序开展抢险救援工作,最大限度降低灾害对下游群众生命财产及生态环境造成的损失。

五、结论与展望

1. 结论

小型水库大坝的安全监测与隐患排查治理是一项系

统性、长期性的复杂工程,关乎下游区域人民生命财产安全与社会稳定大局。本研究通过深入剖析当前安全监测现状,揭示出监测技术参差不齐、数据管理薄弱、人员素质不足等问题;围绕结构安全、渗流安全、附属设施安全等核心领域,详细阐述隐患排查的要点与方法,为精准识别潜在风险提供技术路径;并从工程措施、非工程管理、应急处置等维度提出针对性治理策略,形成“监测-排查-治理”全链条解决方案。实践表明,强化小型水库大坝安全管理,不仅是防范水利工程风险的关键举措,更是推动区域经济可持续发展、筑牢民生安全防线的重要保障。

2. 展望

随着物联网、云计算、卫星遥感等前沿技术的深度融合,小型水库大坝安全监测将迈向智能化新阶段。未来,自动化监测系统将集成多源传感器与边缘计算技术,实现坝体位移、渗流、应力等参数的毫秒级动态感知与实时预警。大数据与人工智能技术将深度赋能隐患排查,通过机器学习算法对海量监测数据进行模式识别,精准预测隐患演变趋势;同时,利用数字孪生技术构建大坝虚拟模型,模拟不同工况下的安全状态,为治理决策提供可视化支持。此外,加速安全管理信息化平台建设,打通部门间数据壁垒,实现监测数据跨区域、跨层级共享分析,推动安全管理从经验驱动向数据驱动转型,全面提升小型水库大坝安全治理的科学化、精细化水平。

参考文献

- [1] 陈丽媛, 杨阳, 纪君娜. 水库大坝安全管理中的问题和解决措施研究[J]. 中国设备工程, 2022, (05): 51-52.
- [2] 吴晨. 某小型水库病险隐患分析及采取的对策[J]. 地下水, 2022, 44 (06): 269-272.
- [3] 葛栋. 小堰水库均质土坝除险加固防渗处理与结构计算[J]. 河南科技, 2022, 41 (13): 56-59.
- [4] 贾建军. 水库大坝安全监测中存在的问题及对策[J]. 中国水运, 2019, (17): 117-118.
- [5] 吴海燕. 小型病险水库处理对策分析与研究[J]. 黑龙江水利科技, 2022, 50 (07): 208-210.
- [6] 杨永辉. 小坑水库大坝安全监测系统改造方案探讨[J]. 广东水利水电, 2020, (07): 55-58.