

安全监测在小型水库运行管理中的应用研究

曹波

昌吉州呼图壁河流域管理处

DOI:10.12238/jpm.v6i5.7997

[摘要] 小型水库在我国水利工程体系中数量众多，广泛分布于各地，承担着防洪、灌溉、供水等重要功能，对区域经济发展和社会稳定起着不可或缺的作用。因其规模较小、建设标准相对较低，且部分水库建成年代久远，在长期运行过程中面临诸多安全隐患。安全监测作为小型水库运行管理的关键环节，能够实时掌握水库运行状态，及时发现潜在安全问题，为科学决策提供依据。基于此，本文对安全监测在小型水库运行管理中的应用进行探讨，以供相关从业人员参考。

[关键词] 安全监测；小型水库；运行管理；应用策略

Research on the application of safety monitoring in the operation and management of small reservoirs

Cao Bo

Hutubi River Basin Management Office, Changji Prefecture

[Abstract] There are a large number of small reservoirs in China's water conservancy engineering system, which are widely distributed in various places, and assume important functions such as flood control, irrigation and water supply, and play an indispensable role in regional economic development and social stability. Due to their small scale, relatively low construction standards, and the fact that some reservoirs have been built for a long time, they face many potential safety hazards in the long-term operation process. As a key part of the operation and management of small reservoirs, safety monitoring can grasp the operation status of reservoirs in real time, discover potential safety problems in time, and provide a basis for scientific decision-making. Based on this, this paper discusses the application of safety monitoring in the operation and management of small reservoirs for the reference of relevant practitioners.

[Key words] safety monitoring; small reservoirs; operation management; Apply policies

引言

近年来，极端天气事件频发进一步加剧了小型水库的安全风险。安全监测作为预防水库事故、保障安全运行的核心环节，通过集成传感器技术、物联网、大数据分析等现代信息技术，能够实现对水库关键参数的实时监控与智能预警，为水库的科学调度、维护加固提供数据支撑。因此，深入研究安全监测在小型水库运行管理中的应用，对于提升水库安全管理能力、防范安全事故具有重要意义。

一、小型水库安全监测的主要内容

（一）结构安全监测

坝体变形监测是结构安全监测的关键环节，沉降监测通过水准测量等技术，定期测量坝体不同位置高程变化，以此判断坝体是否均匀沉降，若出现过或不均匀沉降，预示坝体内部

结构受损，像坝基软弱土层压缩就易引发此类问题。位移监测则借助全站仪等设备，监测坝体水平和垂直方向位移，能及时察觉坝体滑动趋势。渗流监测同样不容忽视，渗流量监测可直观反映坝体渗漏情况，一旦渗流量突变，存在集中渗漏通道。浸润线监测则能了解坝体内部渗流场分布，若浸润线抬高，会降低坝体稳定性，需立即采取措施，保障坝体结构安全。

（二）水文气象监测

库水位监测是掌握水库运行状态的基础，利用水位计实时记录库水位变化，为水库调度提供关键数据，防止水位过高威胁大坝安全或过低影响供水等功能。降雨量监测依靠雨量站设备，准确测量库区降雨量，结合降雨历史数据和实时变化，可预测入库流量，为防洪调度争取时间。入库流量监测通过流量测验设备计算流入水库的水量，了解入库流量变化规律，有助

于合理安排水库泄洪，保障水库在不同水文条件下稳定运行，避免因水文条件变化引发安全事故。

（三）环境与设备监测

水质监测关乎水库水质安全，定期对水库不同点位水样进行理化指标检测，如酸碱度、溶解氧、氨氮等，防止水质恶化影响下游用水安全，也能及时发现污染源，采取治理措施。闸门启闭状态监测则保障水库泄洪等功能正常，借助传感器实时反馈闸门开启高度、运行状态等信息，确保在洪水等紧急情况下，闸门能正常操作，避免因设备故障导致水库无法有效调控水位，维护水库整体运行的稳定性与安全性。

二、当前小型水库安全监测存在的问题

（一）监测设施不完善

部分小型水库在建设初期，未充分考虑安全监测需求，导致监测设施配备严重不足。如一些水库仅有简单的水位标尺，缺乏专业的渗流、位移监测设备。已有的监测设施也存在布局不合理问题，难以全面反映水库各区域真实状况。像坝体关键部位未设置沉降观测点，无法及时察觉潜在变形隐患。且部分设施老化严重，长期风吹日晒、雨水侵蚀，测量精度大幅下降，数据可靠性大打折扣，无法为水库安全评估提供有效支撑。

（二）技术手段落后

许多小型水库仍依赖传统人工观测方式，耗费人力且效率低下。人工观测间隔时间长，难以捕捉到数据瞬间变化，对突发安全问题反应迟缓。在数据传输上，多采用人工记录、定期报送模式，无法实现实时远程传输，信息滞后严重。分析数据时，依旧依靠简单计算和经验判断，缺乏先进数据分析软件辅助，难以从海量数据中挖掘潜在风险，无法精准评估水库安全状况。

（三）资金投入不足

小型水库多由地方管理，地方财政往往面临较大压力，对水库安全监测资金投入有限。资金匮乏使得新设备购置、旧设备维护更新计划难以落实。高精度渗流监测仪器因价格高昂，无法引入，只能继续沿用老旧设备。日常监测工作也因资金不足，无法定期开展，像水质监测频次被迫减少，不能及时掌握水质动态变化。有限资金分配不合理，重建轻监监测现象普遍，导致安全监测工作进展缓慢。

（四）数据应用不足

小型水库积累了大量监测数据，但缺乏有效整理和深度挖掘。多数水库仅将数据用于简单报表制作，未建立完善数据库系统，数据存储分散、格式不统一，查询调用困难。在水库运行管理决策中，数据应用更是严重缺失，未能依据历史数据预测趋势、制定科学调度方案。各部门间数据共享程度低，形成数据孤岛，无法整合多方数据进行综合分析，极大限制了数据价值发挥，难以借助数据提升水库安全管理水平。

三、安全监测在小型水库运行管理中的应用策略

（一）推广低成本自动化监测技术

物联网（IoT）传感器与无线传输技术的有机融合，能为小型水库关键参数监测带来革命性变革。在水位监测方面，可在水库不同位置安装 IoT 水位传感器，利用无线传输技术将水位数据实时回传至管理中心，管理人员能随时掌握水位动态，精准把控水库蓄水量。针对渗流监测，部署渗流传感器，其可实时感知坝体渗流变化，借助无线信号把数据快速传输，无需人工前往现场测量，大大降低人力成本。对于变形监测，采用位移传感器实时监测坝体位移情况，数据同样通过无线传输，实现远程监控。通过这一系列自动化监测设备的应用，不仅减少人工巡查频次，还能及时捕捉数据细微变化，让水库运行状况尽在掌握，提升监测效率与准确性，为水库安全运行筑牢基础。

（二）构建智能预警系统

大数据和人工智能（AI）技术为水库安全监测数据的深度分析提供有力支撑，利用大数据技术，收集整合水库长期积累的监测数据，涵盖水位、渗流、变形等多维度信息。借助 AI 算法对这些海量数据进行建模分析，构建风险预警模型。针对坝体渗漏情况，模型可通过分析渗流量、水质变化等数据特征，提前预测渗漏风险。当坝体出现异常沉降时，模型依据位移、沉降数据变化趋势，及时发出预警信号。智能预警系统 24 小时不间断运行，相较于传统人工判断，能更敏锐察觉异常，让管理人员提前采取应对措施，有效预防坝体渗漏、沉降等严重安全事故，保障水库安全稳定运行。

（三）完善监测数据管理平台

建立统一的水库安全监测数据库是提升管理效率的关键，在数据存储方面采用云端存储技术，将水位、渗流、设备运行状态等各类监测数据存储于云端，解决本地存储容量限制和数据易丢失问题，且方便数据备份与恢复。借助互联网技术，实现数据远程访问，管理人员无论身处何地，只要有网络，就能通过电脑或移动终端登录平台查看数据。搭建多部门共享平台，水利、环保、应急管理等部门可实时获取水库监测数据，打破数据壁垒。水利部门依据水位、渗流数据进行水库调度，环保部门借助水质监测数据开展水环境治理，应急管理部门参考风险预警数据制定应急预案，通过数据共享，各部门协同合作，全面提升水库运行管理效率。

（四）加强重点部位监测

坝体、溢洪道、放水设施等关键部位关乎水库安全核心，在坝体监测中部署 GNSS 位移监测设备，其能高精度实时监测坝体水平和垂直位移，精度可达毫米级，及时发现坝体细微变形。安装渗压计，精准测量坝体内部渗透压力，判断渗流是否正常。针对溢洪道，安装流量监测设备，实时掌握溢洪流量，确保在洪水来临时溢洪道运行正常。在放水设施处，安装压力

传感器、流量传感器等，监测放水压力与流量，保障放水安全。通过这些重点部位部署高精度监测设备，实现对水库重点隐患的全方位、实时监控，一旦出现异常，迅速响应，将安全隐患扼杀在萌芽状态，切实保障水库安全运行。

（五）优化资金投入机制

地方政府应认识到小型水库安全监测的重要性，在财政预算中设立专项经费，用于购置先进监测设备、建设智能预警系统、维护数据管理平台等。积极探索 PPP（政府与社会资本合作）模式，吸引社会资本参与。社会资本可凭借其技术和资金优势，参与监测系统建设与长期运维，政府则负责监督管理，确保项目符合安全标准和运行要求。通过 PPP 项目引入专业科技公司，由其负责监测设备安装、软件研发与后续维护，政府支付服务费用。这种模式既能缓解政府财政压力，又能引入先进技术与管理经验，保障监测系统持续稳定运行，提升小型水库安全监测水平。

（六）建立标准化监测制度

明确规定不同季节、不同运行状况下的监测频率，如在汛期，库水位、渗流量等关键指标应增加监测频次至每日多次，而在枯水期可适当减少，但仍需保证定期监测。数据报送要求也需清晰界定，规定数据的格式、报送时间以及接收部门，确保数据及时、准确传递。详细制定应急响应流程，当监测数据出现异常，如渗流量突然增大超过警戒值、坝体位移速率过快等，立即启动相应等级的应急响应。从发现异常到上报、再到组织专家评估以及采取应急措施，每个环节都有明确的时间节点和责任人。通过这样一套标准化制度，让小型水库的监测工作有章可循，保障监测工作科学、有序开展，有效提升水库运行的安全性和可靠性。

（七）加强数据与管理的联动

在水库调度方面依据实时监测的水位、入库流量等数据，结合水库的防洪、灌溉、供水等功能需求，科学制定调度方案。当库水位接近汛限水位且入库流量持续增大时，及时加大泄洪量，保障水库防洪安全。对于除险加固工作，参考坝体变形、渗流等长期监测数据，精准定位安全隐患部位，为制定针对性的加固方案提供数据支撑。若监测发现某段坝体存在较大沉降且渗流异常，在除险加固时可着重对该部位进行地基处理和防渗加固。避免以往“重监测、轻应用”的问题，让监测数据真正成为指导水库科学管理的有力工具，提升水库整体运行效率和安全性，实现从数据采集到管理决策的高效转化。

（八）推进“空天地”一体化监测

通过对不同时期卫星影像的分析，可探测坝体及周边区域的地表形变，提前察觉存在的地质隐患，潜在的滑坡区域。无人机巡检则具有灵活便捷的优势，可低空飞行至水库难以到达的区域，如坝体的背水坡、溢洪道的边墙等，利用高清摄像头

和热成像仪，近距离拍摄坝体表面状况，识别裂缝、渗漏等明显异常。地面传感器作为基础监测手段，持续精准采集水位、渗流、位移等实时数据。将这三者有机结合，从高空的卫星、低空的无人机到地面的传感器，构建起全方位、多尺度的监测网络。在洪水期，卫星可实时监测库区范围的雨情、水情变化，无人机快速巡查水库周边受洪水影响区域，地面传感器紧盯坝体关键部位，极大提高对水库隐患的识别能力，确保及时发现并处理各类安全问题。

（九）强化基层人员技术培训

基层水库管理人员是保障水库安全运行的一线力量，其技术水平直接影响监测工作质量。定期组织培训课程，邀请专业技术人员授课，内容涵盖监测设备操作技巧。详细讲解水位计、渗流仪等设备的安装、调试与日常维护，使管理人员能熟练上手操作，确保设备正常运行。在数据分析方面，教导管理人员如何运用简单软件对监测数据进行整理、分析，通过数据趋势判断水库运行状态是否正常。应急处置技能培训也至关重要，模拟诸如突发管涌、洪水漫坝等紧急情况，培训管理人员正确的应对流程，包括如何快速启动应急预案、组织抢险救援等。通过系统培训，提升管理人员的专业素养，使其在日常工作中能够准确操作设备获取可靠数据，面对突发状况能冷静、有效地处理，全面提升小型水库的安全管理水平。

结束语

综上所述，一系列创新策略的实施显著改善了小型水库安全监测状况，大幅提升了监测效率与管理水平。从推广低成本自动化监测技术降低人力成本，到构建智能预警系统提前防控风险，再到完善数据管理平台促进多部门协同，各个环节紧密相扣，形成了一个有机的整体。随着科技不断进步，我们应持续探索新的监测技术与管理模式，进一步优化安全监测体系，让小型水库在安全、稳定的运行状态下，更好地服务于社会经济发展与生态环境保护。

【参考文献】

- [1]苟其青，舒富林，周宝佳.小型水库运行管理问题与对策[J].水利信息化，2023，（01）：87-92.
- [2]孙民，李晓哈.加强小型水库运行管理的审计建议[J].审计月刊，2022，（08）：46-47.
- [3]李连国，温朗昇.小型水库管理模式创新与实践[J].水利技术监督，2021，（08）：67-71.
- [4]王荣鲁，叶莉莉，李哲，等.小型水库运行管理问题及对策[J].中国水利，2021，（04）：34-37.
- [5]肖仕燕，刘学祥，喻江，等.小型水库运行管理现状与管理方法[J].云南水力发电，2021，37（01）：184-185+188.
- [6]吕建红，罗小巧，仇健.关于加强小型水库运行管理有效措施探讨[J].浙江水利科技，2020，48（03）：38-40.