

同时合理规划防治工程措施减少损失。制定完善的防洪应急预案是应对洪水灾害的保障,要明确职责分工与响应程序措施,定期演练检验其可行性有效性,提升协同作战与应急处置能力。

4.3 水利扶贫与民生改善

水利扶贫对改善贫困地区民生意义重大。贫困地区水利基础设施薄弱,灌溉设施老化、饮水不安全等问题,制约着农业发展与居民生活水平提升。为此,要加大投入,实施重点水利扶贫项目^[4]。农田灌溉上,新建改造灌溉渠道、泵站等,像一些贫困山区修建水池、铺设管道,解决了灌溉难题,推动特色农业发展;饮水安全方面,优先安排巩固提升工程,加强水源保护与水质改善,结合农村人居环境整治建设污水处理设施。此外,水利工程建设涉及移民安置,要尊重移民意愿,采取集中与分散安置相结合的方式,完善安置区基础设施与公共服务设施。同时,加大对移民后续发展支持,开展技能培训、提供就业信息,鼓励发展特色产业,如部分安置区发展葡萄种植,成立合作社,带动移民就业增收,实现“搬得出、稳得住、能致富”。

5 典型案例分析

5.1 案例选择标准

挑选典型案例时要兼顾地域代表性与工程类型多样性。地域上,山区地形复杂,水利建设面临施工难度大、水资源分布不均等挑战;平原虽地势平坦,却易排水不畅、频发洪涝;丘陵兼具二者部分特征,建设独具特点。工程类型方面,灌溉工程关乎农业生产与粮食产量;饮水安全工程是居民身体健康的保障;防洪工程能守护人民生命财产安全,降低自然灾害损失。选取涵盖不同地域和灌溉、饮水、防洪等工程类型的案例,有助于更全面、深入地剖析水利建设的经验与问题。

5.2 案例剖析

浙江省某乡镇地处平原与丘陵过渡、河流纵横之地,在“水美乡村”建设中,既对河道清淤疏浚、做生态护坡并种水生植物以改善水生态环境,又结合乡村旅游打造景观设施促进农村经济发展,还加强水资源管理建智能监测系统,提升了生态环境质量,带动旅游繁荣、增加农民收入;江苏省某镇位于平原,过去河道因过度开发和污染生态受损,该镇实施生态河道治理工程,采用生态护岸技术、清理垃圾淤泥、建设生态湿地并整治周边环境,使河流生态显著改善,生物多样性增加,提升了生态景观价值。

5.3 经验总结与启示

从上述案例可总结出宝贵经验与启示。一方面,政府主导与群众参与相结合至关重要。政府在水利建设中发挥主

导作用,制定规划、筹集资金并组织实施;同时发动群众参与,使其成为受益者和参与者。像浙江某乡镇“水美乡村”建设、四川某贫困县饮水安全工程,都因群众积极参与而提高了建设效率与质量,充分发挥了双方优势。另一方面,工程措施与非工程措施需协同。水利建设既要修建水利设施等工程措施,也要加强水资源管理、生态保护等非工程措施。江苏某镇生态河道治理便是有力例证,二者协同能更好实现水利建设目标,保障工程长期效益。

6 挑战与对策建议

当前水利事业发展挑战重重。资金上,投入不足且区域发展失衡,财政拨款有限、社会资本参与度低,许多项目受资金掣肘,同时区域间水利差距大,欠发达地区基础设施问题突出。工程技术方面,部分设施建设年代久远、标准低,存在设计施工缺陷,防洪抗旱能力差,且管护机制缺失,重建轻管现象普遍。生态层面,水资源开发利用中生态保护与经济发展矛盾尖锐,过度开发引发诸多生态问题,工程建设还破坏生物多样性。为推动水利事业发展,政府应加大投入,构建多元投资机制,完善生态补偿制度;技术上利用现代信息技术推广智能化监测,积极采用低碳技术;管理上建立“建管养”一体化长效机制;社会层面开展宣传教育活动,建立参与机制,鼓励公众监督,共同营造水利事业发展的良好氛围。

7 结论与展望

综上所述,本文深入剖析了乡镇水利工程与乡村振兴的紧密联系,凸显其在生态宜居与民生保障中的关键作用。通过案例与路径研究,明确了政府与群众协同、工程与非工程措施并重的重要性。同时,也看到当前乡镇水利工程在资金、技术、生态上面临挑战。不过,通过加大投入、推广技术、完善管理等对策,可推动其高质量发展,为乡村振兴筑牢根基。展望未来,随着数字技术与低碳理念融入,乡镇水利工程将加速向智慧化、绿色化转型,期待更多创新模式优化水利设施功能,提升保障水平,助力乡村全面可持续发展。

参考文献

- [1] 赵明明,李金龙,齐思达.乡村振兴战略背景下城郊农村区域生态宜居治理研究——以河北省城郊融合试点L县为例[J].农村经济与科技,2025,36(14):38-40+54.
- [2] 郭荣朝,张利敏,罗思梦,等.生态宜居视角的东莞市乡村振兴机制创新[J].农村经济与科技,2025,36(07):161-163+175.
- [3] 高鸿.生态赋能乡村振兴绘就宜居宜业新图景[N].四平日报,2025-03-20(006).
- [4] 邓岚.生态宜居视角下岷江上游地区乡村聚落宜居性研究[J].乡村科技,2025,16(06):25-29.

Abnormal Identification and Early Warning Model Construction of Reservoir Dam Safety Monitoring Data

Wenbo Zhai¹ Gezhan Wang² Laiyuan Zheng²

1. Toutun River Basin Water Conservancy Management Center of Xinjiang Uygur Autonomous Region, Changji, Xinjiang, 830023, China

2. Tianjin Water Transport Engineering Research Institute Co., Ltd., Tianjin, 300000, China

Abstract

As a key infrastructure of water conservancy project, the safe and stable operation of reservoir dam directly affects the safety of people's lives and downstream, regional economic development, and ecological environment balance. With the continuous development of monitoring technology, dam safety monitoring has gradually shifted from traditional manual patrol inspection to automated and information monitoring accumulating massive monitoring data. However, how to accurately identify abnormal information from these complex data and issue effective safety warnings in time has become the core problem to ensure dam safety. This will focus on the construction of abnormal identification and early warning model for reservoir dam safety monitoring data, providing practical reference for dam safety management.

Keywords

reservoir dam; safety monitoring; data anomaly recognition; early warning model construction

水库大坝安全监测数据异常识别与预警模型构建

翟文博¹ 王戈战² 郑来源²

1. 新疆维吾尔自治区头屯河流域水利管理中心, 中国·新疆 昌吉 830023

2. 天津水运工程研究院有限公司, 中国·天津 300000

摘要

水库大坝作为水利工程的关键基础设施, 其安全稳定运行直接关系到下游人民群众的生命财产安全、区域经济发展以及生态环境平衡。随着监测技术的不断发展, 大坝安全监测已从传统的人工巡检逐步转向自动化、信息化监测, 积累了海量的监测数据。然而, 如何从这些繁杂的数据中精准识别异常信息, 并及时发出有效的安全预警, 成为保障大坝安全的核心难题。本文将围绕水库大坝安全监测数据异常识别与预警模型的构建展开探讨, 为大坝安全管理提供实践参考。

关键词

水库大坝; 安全监测; 数据异常识别; 预警模型构建

1 引言

水库大坝是保障流域防洪、供水的关键基础设施, 其安全运行关乎民生与经济发展。当前大坝监测已进入自动化时代, 海量数据中潜藏着坝体渗漏、变形等安全隐患信号, 但传统识别方法难破数据复杂、响应滞后困局。构建科学的异常识别与预警模型, 能从繁杂数据中精准捕捉风险、及时传递预警, 为大坝安全管理提供技术支撑, 对防范事故、守护下游安全意义重大。

2 监测数据异常识别与预警的重要意义

水库大坝在长期运行过程中, 会受到水文气象条件变化、地质环境影响、工程材料老化以及人类活动等多种因素的作用, 可能出现坝体渗漏、变形超标、应力异常等安全隐患。这些隐患在初期往往表现不明显, 但若不能及时发现并采取措施, 随着时间推移, 可能引发大坝溃决等严重事故, 造成不可估量的损失。监测数据作为反映大坝运行状态的“晴雨表”, 蕴含着大坝结构变形、渗流、应力应变等关键信息^[1]。通过对监测数据进行分析, 识别其中的异常波动或趋势变化, 能够提前发现大坝潜在的安全风险, 为管理人员制定维修加固方案、调整运行策略提供科学依据。而有效的预警机制则能在异常情况出现时, 迅速将预警信息传递给相关部门和人员, 为应急处置争取宝贵时间, 最大限度降低事故发生概率和危害程度。例如, 某地区水库曾因强降雨导

【作者简介】翟文博(1990-), 男, 中国辽宁清源人, 本科, 工程师, 从事水利工程建设、水库运行管理研究。

致坝体渗流量异常增大,由于预警模型及时识别出数据异常并发出预警,管理人员迅速采取泄洪、加固坝体等措施,成功避免了坝体渗漏加剧引发的安全事故。

3 当前监测数据异常识别与预警存在的问题

3.1 数据质量管控能力薄弱,基础数据可靠性不足

自动化监测系统虽实现了数据的实时采集,但数据质量管理环节存在明显短板,导致监测数据难以满足异常识别的精准性要求。一方面,设备运维机制不完善,传感器长期暴露在潮湿、高水压、强腐蚀的坝体环境中,易出现灵敏度下降、零点漂移等故障,而定期校准、故障排查等运维工作往往滞后,使得部分监测数据存在系统性偏差;另一方面,数据传输与存储环节防护不足,山区水库的复杂地形易导致无线通信信号中断,造成数据丢失;同时,部分监测系统未建立数据备份与校验机制,偶发的系统故障可能导致历史数据损坏,且无法通过交叉验证恢复^[1]。此外,恶劣天气(如雷电、暴雨)会对监测设备产生电磁干扰,使数据出现瞬时脉冲式噪声,若未及时过滤,会直接影响后续异常识别算法的判断结果,增加误判风险。

3.2 异常识别方法适配性差,难以应对复杂工况

现有异常识别方法未能充分适配大坝运行的动态复杂性,导致识别效果不佳。传统方法中,人工经验判断依赖管理人员的专业能力,不同人员对“异常”的界定标准存在差异,且面对海量监测数据时,难以快速捕捉隐藏的异常趋势;固定阈值法虽操作简单,但未考虑大坝运行工况的动态变化——例如,库水位骤升骤降时,坝体变形量的正常范围会显著扩大,若仍沿用常规水位下的阈值,易出现“误报警”;而低水位运行时,微小的渗流量异常可能被掩盖,导致“漏报警”。智能算法的应用也存在局限,部分水库直接套用通用的机器学习模型(如标准 SVM、BP 神经网络),未结合大坝监测数据的时间序列特性(如季节性周期、长期缓慢变形趋势)进行模型优化,导致模型对坝体渐变式异常(如坝基缓慢渗漏)的识别灵敏度不足,无法提前预警潜在风险。

3.3 预警响应机制协同性不足,应急处置效率低下

预警体系与应急管理的衔接存在断层,导致预警信息无法有效转化为处置行动。首先,预警级别划分缺乏量化依据,部分水库仅简单将预警分为“正常”“异常”两级,未结合异常指标的偏离程度、发展速率、影响范围等因素细化级别,管理人员难以判断风险紧急程度,可能出现“过度响应”或“响应不足”;其次,信息传递链路不畅,预警信息多通过单一渠道(如内部系统通知)传递,未覆盖下游乡镇政府、村委会等基层单位,且缺乏信息反馈机制,发布方无法确认接收方是否及时获取预警内容;最后,应急处置预案与预警机制脱节,预案中未明确不同预警级别对应的处置流程、责任部门及资源调配方案,例如严重预警发布后,需协调哪些单位参与抢险、调用哪些设备物资,均未提前明确,

导致应急启动时出现部门推诿、资源短缺等问题,错失最佳处置时机。

4 监测数据异常识别与预警模型的构建流程

4.1 全流程数据治理策略:筑牢模型数据基础、

数据质量是决定异常识别与预警模型精准度的核心前提,任何数据层面的偏差或缺陷,都会直接传导至模型分析环节,导致异常误判或漏判。因此,必须构建“采集-清洗-整合-质控”全流程闭环治理机制,从源头保障输入数据的可靠性、完整性与有效性,为模型运行奠定坚实基础^[1]。

在数据采集环节,需采用“自动化设备为主、人工校验为辅”的双轨模式。针对大坝不同监测场景,科学选型设备:坝基渗压、坝体应力等深埋式监测点,优先选用具备 IP68 防护等级、抗电磁干扰的高精度传感器;坝顶位移监测则搭配北斗定位与 GNSS 双模设备,提升数据采集稳定性。同时,建立“月度校准+季度维护”的设备管理台账,每次校准需记录校准时间、校准人员、误差值等信息;采集数据时同步捕获环境参数(如监测点温度、湿度、风速)与设备运行状态(如电池电量、信号强度),若后续数据出现异常,可通过这些信息快速溯源,判断是设备故障还是坝体实际状态变化。数据清洗阶段需实施分级精细化处理,避免“一刀切”导致数据失真。对于缺失值,根据缺失时长与场景差异化处理:连续缺失不超过 24 小时且数据波动平缓(如常态水位下的渗压数据),采用线性插值法补充;缺失时长超过 24 小时或处于特殊工况(如暴雨、泄洪期间),则结合同期同区域相似监测点数据趋势,搭配人工现场巡检记录(如坝面是否有积水、裂缝)进行交叉修正,确保补充数据贴合实际工况。对于异常值,先通过 3σ 原则初步筛选(剔除超出均值 ± 3 倍标准差的数据),再由水利工程、数据建模领域专家组成复核小组,结合设备日志、环境记录综合判断——若异常由传感器故障(如信号中断)导致,判定为“伪异常”并剔除;若异常与库水位骤升、坝体局部渗漏等情况关联,则判定为“真异常”并保留,为后续分析提供有效样本。最后,建立多源数据统一整合标准。针对自动化监测系统输出的结构化数值数据(如位移毫米数、渗流量立方米/小时)、人工巡检生成的非结构化数据(如坝面裂缝照片、文字描述)、卫星遥感获取的空间影像数据,制定统一的数据编码规则与坐标系(如采用 2000 国家大地坐标系)。通过搭建大坝安全监测数据中台,实现各类数据的关联存储与实时调用,例如将某监测点的位移数据与对应区域的遥感影像、人工巡检记录绑定,使模型能同时获取数值、图像、文字多维度信息,大幅提升输入数据的丰富度与关联性。

4.2 多技术融合适配策略:提升异常识别能力

大坝监测数据受水文气象、地质环境、工程结构等多重因素影响,呈现出非线性波动、多指标关联、随时间动态变化的复杂特征,单一技术方法难以全面覆盖各类异常场