

基于动态监测与多指标融合的水库运行管理安全评价系统及方法研究

刘宏 杜守波 龙威

盱眙县桂五水库管理所，江苏淮安，211700；

摘要：针对传统水库运行管理中存在的主观性强、数据滞后及应急响应不足等问题，本文提出一种水库运行管理与安全评价系统及方法，通过信息化手段实现水库全要素动态监测与科学评估。系统由水库要素监测感知子系统、安全评价体系构建子系统、安全诊断与预警子系统及安全评价子系统构成，集成实时水位、安全鉴定、督察检查等关键性指标与大坝监测、调度管理等赋分性指标，构建“一票否决”与综合评分相结合的评价模型。关键性指标（如安全鉴定、实时水位）采用动态颜色编码预警，赋分性指标通过分层量化评分，最终形成综合安全评价结果。系统基于GIS地图实现区域运管安全驾驶舱可视化，支持多层级数据联动与闭环管理。本方法通过动态感知、实时预警与科学决策，显著提升水库运行管理的客观性、准确性和应急响应能力，为水库安全高效运行提供技术支撑。

关键词：水库运行管理；安全评价体系；关键性指标；动态监测；信息化闭环管理

DOI：10.69979/3060-8767.25.05.037

引言

涉及水利工程运行管理技术领域，尤其涉及一种水库运行管理与安全评价系统及水库运行管理安全评价方法。水库主要负责河流管理、防洪蓄水、灌溉发电等，对人民的生产生活影响巨大，其运行效率受管理水平影响。水库运行管理是通过科学的技术手段和有效的管理措施，全面监控和维护水库结构安全，合理调控水资源利用，保护周边生态环境，预防灾害风险，实施信息化管理，以确保水库的安全稳定运行和可持续发展。

水库运行管理的核心是管控风险，然而，传统的水库运行管理存在着诸多问题，例如人力成本高、数据处理效率低、调度决策不准确、技术设施不完善等，导致应急响应和预警机制不完备。省级水库运行管理多采用省、市、县、所四级管理模式，省级水库主管部门对全省水库进行统筹管理，市水行政主管部门对市管辖范围内的水库进行统筹管理，县水行政主管部门对县管辖范围内的水库进行统筹管理，各水库管护所或水库产权所有者则承担基层水库管理单位的职责，直接负责巡检养护、运行调度、安全生产、应急处置、工程管理以及防洪防汛等工作。由于不同水库规模、管理类型、地域特征和兴利目标各异，且大部分水库建成时间较早、地处偏远、地域分布广、自然条件较差，因此日常管理相对较为粗放，管理水平和监管力度存在参差不齐的情况。建立水库运行管理安全评价体系及系统变得尤为重要，以确保水库运行安全和有效管理。

水库要素监测感知是实时了解水库状况的关键工

具，是水库运行管理的重要组成部分。通过监测水库的水位、流量、温度、水质和气象条件等参数，可以及时掌握水库的运行状况，以便作出相应的调整和决策。水库运行管理安全评价是为了全面评估水库结构、设备及管理制度的安全性和稳定性，预防和减少可能的自然灾害和人为事故对水库运行的影响，保障周围环境和社会经济的稳定，同时确保运行符合法律法规和安全标准，从而有效管理和保护水库运行安全。传统的水库运行管理安全评价方法如结构安全系数法、模糊综合评价法、层次分析法等已被众多学者应用到实际工程中，并取得了良好的效果。

但是，传统安全评价方法也存在一些缺点：

主观性和经验性强：传统方法往往依赖于专家的主观判断和经验积累，对结构安全、地质灾害等风险的评估容易受到个体主观意见的影响，导致评估结果的不确定性较大；

数据获取困难：传统方法缺乏系统化的实时数据采集和监测手段，数据来源不足或者数据质量不高，难以及时发现和预测潜在的安全风险；

缺乏综合性和动态性：传统方法通常局限于静态的安全评价，缺乏对水库运行状态动态变化的全面评估，难以综合考虑不同因素的交互影响，如结构、水文、气象等多方面因素的综合作用；

应急响应能力不足：传统方法在灾害发生后的应急响应能力有限，缺乏快速、有效的应对措施。对于突发事件的预警和应急预案制定不够全面和实时。因此，需

要结合现代技术手段和科学方法,逐步改进和完善水库运行管理安全评价体系,提升其科学性、准确性和实用性,实现水库运行管理信息化建设。本发明所要解决的问题是提供一种信息化综合管理水库运行的水库运行管理与安全评价系统及科学性、准确性和实用性的水库运行管理安全评价方法^[1]。

1 技术方案

水库运行管理与安全评价系统解决上述问题采用的一个技术方案为:

一种水库运行管理与安全评价系统,包括水库运行管理安全评价子系统,还包括:一水库要素监测感知子系统,用于利用监测设备智能感知水库运行安全监测要素,并利用通信链路将监测设备感知获取的水库运行安全监测要素数据传输至数据平台,且在数据平台中将通过通信链路传输的水库运行安全监测要素数据存入标准的数据库表中;一水库运行管理安全评价体系构建子系统,用于收集水库基础资料,确定水库运行管理安全评价指标体系、确定关键性指标和确定赋分性指标;一水库运行管理安全诊断与预警子系统,用于根据各项关键性指标评价办法进行鉴定,根据各项赋分性指标评价办法进行赋分,并根据关键性指标鉴定结果和赋分性指标评分情况得到水库运行管理评价结果。

所述水库运行管理安全评价子系统,基于对水库要素监测感知子系统收集的大量水库运行安全监测要素数据的分析,优化水库运行策略和管理措施,提高运行效率和安全性,并结合水库运行管理安全评价体系构建子系统和水库运行管理安全诊断与预警子系统实现对水库运行安全性的全面评估,覆盖监测与评估的各个方面,形成管理体系闭环。

作为改进,所述水库运行管理安全评价子系统还包括单库运管安全驾驶舱模块,用于展示水库运行管理安全评价状态,包括关键性指标研判展示和赋分性指标研判展示。

作为改进,所述关键性指标研判展示具体由以下单元展示:安全鉴定展示单元,以文字标签的形式展示安全鉴定结果以及安全鉴定有效时间截止日期,其中安全鉴定结果的一类坝、二类坝、三类坝分别以绿、黄、红三色进行实时变动,若超过安全鉴定有效时间截止日期,也会赋予红色进行联动展示,实现安全鉴定动态监管;实时水位展示单元,以折线图的形式展示水库水位及下游断面水位实时过程区县,并与防洪高水位、限制水位进行实时比较,若实时水位为正常水位赋予绿码,实时水位超限制水位赋予黄码,实时水位超防洪高水位赋予红码;督察检查展示单元,以文字标签的形式统计展示督察检查次数、督察检查问题数、督察检查整改数、整

改率;安全监测展示单元,对水库的安全监测类型进行统计展示和监测预警;设备的在线离线统计展示;以及预警、亚预警、正常的动态展示。

作为改进,所述赋分性指标研判展示具体为以列表的形式展示赋分性指标各指标得分情况和赋分性指标综合得分。

作为优选,所述水库运行管理安全评价子系统还包括区域运管安全驾驶舱模块,基于 GIS 地图和水库运行管理安全评价状态,用于展示区域运管安全状态。作为优选,所述区域运管安全驾驶舱模块具体包括:一运管安全综合评价展示单元,以红色、黄色、绿色对区域水库运管安全综合评价状态进行统计展示,点击后联动地图进行水库分布展示;一评价列表展示单元,以列表的形式展示区域内所有水库的运管安全信息,并提供按照检索要素的检索查询及导出功能,且点击列表表格内水库名称进行地图联动展示;一关键性指标展示单元,以饼图的形式展示安全监测的正常、亚预警、预警、离线水库的水库统计个数,以图形的形式展示一类坝、二类坝、三类坝的水库统计个数以及占比情况,以图形的形式展示实时水位正常、超限制、超防洪高的水库统计个数,以标签的形式展示督察次数、督察检查问题数、督察检查整改数、整改率,点击以进行地图联动展示。

水库运行管理安全评价方法解决上述问题采用的一个技术方案为:一种应用于上述水库运行管理安全诊断与预警子系统的水库运行管理安全评价方法,具体包括如下步骤:

将水库运行管理安全评价指标体系分为 4 项关键性指标和 34 项赋分性指标;

根据各项关键性指标评价办法进行鉴定;

根据各项赋分性指标评价办法进行赋分;

根据步骤(2)的关键性指标鉴定结果和步骤(3)的赋分性指标评分情况得到水库运行管理评价结果。

作为改进,关键性指标评分规则为,如果任何一个关键性指标的得分是 0,则整个评估结果为 0,仅全部关键性指标得分为 1,则整个评估结果为 1,关键性指标总得分计算公式如下:

$$K = \prod_{i=1}^4 k_i \quad (i=1,2,3,4)$$

其中,K 为关键性指标总得分,四个关键性指标中大坝安全监测指标 K1,安全鉴定指标 K2,水库实时水位指标 K3,督察检查指标 K4 分别对应的得分记为 k_i ($i=1,2,3,4$)。

作为改进,所述水库运行管理评价结果根据综合得分 S 得出,水库运行管理最终评价结果表示为:

结果表示为:
$$\begin{cases} \text{“红码”} & \text{if } S = 0 \\ \text{“黄码”} & \text{if } S \in (0,1) \\ \text{“绿码”} & \text{if } S = 1 \end{cases}$$

其中, 综合评分 S 为关键性指标总得分, K 和赋分性指标总得分 F 的乘积。

作为改进, 所述赋分性指标总得分 F 由赋分性指标

综合得分 F' 按所在等级赋分得到; 其中, 赋分性指标综合得分 F' 大于等于 800 分为第一等级, 赋分性指标总得分 F 为 1; 赋分性指标综合得分 F' 大于等于 600 分且小于 800 分为第二等级, 赋分性指标总得分 F 为 0.5; 赋分性指标综合得分 F' 小于 600 为第三等级, 赋分性指标总得分 F 为 0^[2]。

2 附图

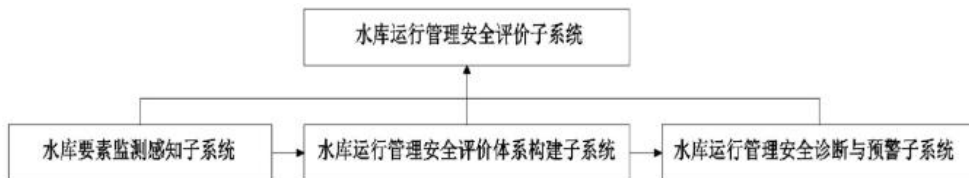


图 1 是本系统的总体结构图

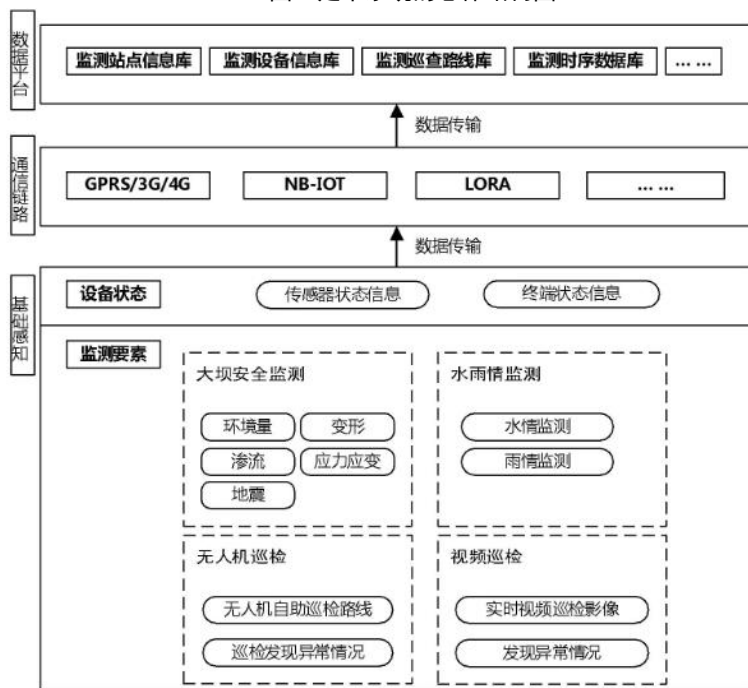


图 2 是水库要素监测感知子系统的数据运行图

3 有益效果

(1) 水库运行管理安全评价方法的优点在于, 采用关键性指标一项指标否定即起否决作用, 并融合赋分性指标评价, 使得水库运行管理安全评价更为科学性、准确性和实用性。

(2) 水库运行管理与安全评价系统的优点在于, 形成了水库运行安全管理体系闭环, 可通过不断地诊断、预警、评估和反馈, 实现水库运行安全管理的持续改进; 围绕水库运行的工程安全、调度安全、日常管理和基础保障四个关键环节, 实现监测要素在线监测和实时预警, 实现水库巡查自动化及闭环处置可视化, 实现水库运行管理工作流程化、档案化, 提升水库运行管理监测和预

警应对能力^[3]。

参考文献

- [1] 王东芹, 杜恩燕. 探析加强水库安全管理的对策建议[J]. 工程建设与设计, 2025, (06): 232-234. DOI: 10.13616/j.cnki.gcjsysj.2025.03.276.
- [2] 王榕, 李尧, 徐立娜, 等. 基于单一供水目标水库的安全管理分析与思考[J]. 东北水利水电, 2024, 42(09): 61-64+72. DOI: 10.14124/j.cnki.dbslsd22-1097.2024.09.012.
- [3] 谢劼. 水利工程施工安全管理在忠防水库除险加固工程中的应用[J]. 湖南水利水电, 2024, (04): 104-105. DOI: 10.16052/j.cnki.hnslsd.2024.04.029.