

国网新源集团抽水蓄能电站大坝安全 在线监控系统建设综述

张 博¹, 黎中原², 马保东³, 李红伟¹, 袁鹏飞¹

(1. 国网新源控股有限公司检修分公司, 北京, 100053; 2. 中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司, 浙江 杭州, 311122; 3. 国网新源集团有限公司, 北京, 100034)

摘 要: 国网新源集团有限公司所辖抽水蓄能电站已建的水工建筑物安全监测系统(简称“新源 iDam 系统”), 主要侧重于监测数据的管理, 包括监测数据的输入、检查与审核、查询与统计、离线分析等功能, 缺少监测数据有效性在线识别、监测系统状态在线诊断等功能, 不具备大坝安全在线监控能力。笔者阐述了国网新源集团有限公司在原新源 iDam 系统基础上, 通过改造升级成大坝安全在线监控系统的技术路线。升级后的在线监控系统既能提供厂站级大坝安全管理的应用, 又能满足公司层面实行大坝安全监督管理信息化应用的需求, 为后续类似工程的在线监控系统建设提供参考。

关键词: 抽水蓄能电站; 水工建筑物安全监测系统; 大坝安全在线监控系统

Title: Overview of the online monitoring system construction for dam safety of pumped-storage hydropower stations of State Grid Xinyuan Group// by ZHANG Bo, LI Zhongyuan, MA Baodong, LI Hongwei and YUAN Pengfei// Maintenance Branch of State Grid Xinyuan Holdings Co., Ltd.

Abstract: The hydraulic structure safety monitoring system established for pumped-storage hydropower stations under the jurisdiction of State Grid Xinyuan Group primarily concentrates on monitoring data management, including functions such as the input, inspection and review of monitoring data, the query, statistics and offline analysis of data. However, the system lacks the functions of online validity identification of monitoring data and online diagnosis of monitoring system status, and does not possess the ability of online monitoring for dam safety. The author delineates the technical path to upgrade the online dam safety monitoring system based on the original hydraulic structure safety monitoring system. The upgraded online monitoring system not only provides the application of dam safety management at the hydropower station level, but also fulfills the needs of informatization of dam safety supervision and management, offering reference for online monitoring system construction for similar projects.

Key words: pumped-storage hydropower station; hydraulic structure safety monitoring system; online dam safety monitoring system

中图分类号: TV698

文献标志码: B

文章编号: 1671-1092(2026)02-0028-04

0 引 言

2015年, 国家能源局颁布了《水电站大坝运行安全监督管理规定》(国家发展和改革委员会令第23号), 其中第八条要求: “对坝高一百米以上的大坝、库容一亿立方米以上的大坝和病险坝, 电力企业应当建立大坝安全在线监控系统, 并且接受大坝中心的监督。”

目前, 国网新源集团有限公司所辖单位, 除新

安江、丰满、绩溪、沂蒙、敦化上下库坝已建成大坝安全在线监控系统, 具备在线监测、在线监控、巡检管理、缺陷管理、报告整编、政府监管、信息报送、安全监控、工作监督、防汛管理、应急管理 11 项功能外^[1], 其余生产单位已建的新源 iDam 系统仅具备在线监测、报告整编和信息报送 3 项功能。

随着新源 iDam 系统运行年限的增长及国家能源局对大坝安全管理要求的提升, 当前系统存在诸多不足, 主要体现在:

(1)无法实现大坝安全在线监控。监测方面缺少监测数据有效性在线识别、监测系统状态在线诊断,公司层面很难实时掌握下辖大坝安全状况和各项大坝安全工作开展情况。

(2)大坝安全评判及时性差、可信度低。以往大坝安全工作重点落脚于大坝安全监测工作,但未实现利用监测结果及时、准确评判大坝安全。常见的大坝安全评判工作方式或通过监测月报、季报、年报发现大坝异常,或通过单测点的监控指标发现大坝异常,前者及时性较差,后者准确性较差,易湮没于测值“噪声”或因评判证据单一而引起误判。

(3)监测资料整编、信息报送工作效率低。监测资料整编涉及监测数据量大,整编内容多,图、表要求高,导致资料整编的工作量较大。水电站大坝需要向国家能源局大坝安全监察平台报送监测数据、水情数据、巡视检查信息和在线监控信息,目前多采用人工填报的方式,重复工作量大,工作效率低。

(4)大坝安全生产、管理短板不易识别。监测、巡视检查、监控、信息报送、缺陷隐患管理等大坝安全业务往往不易察觉工作短板和管理趋势性变化。

鉴于上述问题,当前新源 iDam 系统无法满足行业法规要求,也不利于新源集团层面对各大坝安全监督管理的提升。因此,将现有的新源 iDam 系统升级改造成大坝安全在线监控系统很有必要。

1 预期目标

建成后的抽水蓄能电站大坝安全在线监控系统,针对大坝的工程特点和地质、水文等具体情况,以大坝安全信息化建设为基础,立足于工程运行过程中获得的监测、巡检信息,运用科学、实用、直观、便捷多源信息监视、控制技术,形成可视化、图形化、实时化的分析、预警系统,实现大坝安全评判从“单一信息”向“多源信息融合”、“静态”向“动态”、“人工”到“智慧”、“碎片化”到“共享化”的重要升级,提升大坝安全日常管理的效率、成效和技术水平,确保更及时、高效地发现和消除缺陷隐患,实时精准评判大坝运行性态,确保大坝运行安全^[2]。

该系统在原有水工建筑物安全监测系统基础上升级改造而成,继承了安全监测数据集中管控的

优势,可实现水工建筑物远程诊断、大坝安全性态分析评估、预测预警等功能^[3]。

(1)系统建立多层次、多维度的大坝安全评判和预测模型,融合与大坝安全相关的各类信息,可以及时、精准评判大坝安全,达到在线监控大坝安全的目的。

(2)建立监测数据、水情数据、巡视检查信息、在线监控信息与国家能源局大坝安全监察平台的报送通道,实现相关信息的自动报送。

(3)实现监测资料智能整编,通过预设模板等方式,自动生成整编报告;实现大坝安全生产、管理行为数字化,设计相应的管理评价指标,高效、精准洞察生产管理短板。

2 系统设计

2.1 系统架构

系统按照功能自下而上可分为数据层、应用层、表现层和用户层四个部分。

(1)数据层:将系统中所包含的各类信息集成到统一的数据库服务器中,包括在线监控的规则与定义、监测、报告整编等各类信息和文档资料的集成。系统提供专业的数据交换软件,实现对上述各类信息的集成。数据交换软件自动运行,对于需要计算和处理的数据,自动根据设定的算法和流程进行处理。

(2)应用层:系统结合大坝安全工作的实际需求,利用数据层中汇集的各类数据,开发在线监测、安全监控、巡检管理等业务模块,应用层可向上提供各类业务应用接口。

(3)表现层:对系统中包含的各类信息进行展示,用户能够通过浏览器来访问所需要的信息。

(4)用户层:结合用户实际工作中的要求,按照不同人员的管理职责和信息传递流程,对各类信息进行专业处理。对于不同类型的用户,组合出不同的业务模块和业务流程。

上述各部分功能上有明确的分工,又协同配合,完成整个系统的数据存储、网络访问、信息入库、信息管理、信息查询、信息综合分析监控等流程,并根据不同层次用户的特点和要求,向用户提供多种访问方式和特定内容。升级后的平台系统框架见图1。



图 1 大坝安全在线监控系统框架

Fig. 1 Framework of online dam safety monitoring system

2.2 功能设计

系统面向公司所有大坝安全相关的用户,主要包括大坝安全在线监控、巡检管理、缺陷管理、政府监管、安全监控(综合管理)、防汛管理、应急管理、工作监督等功能,支持上述业务信息的分析、流转和管理。升级后的系统主要功能结构见图2。

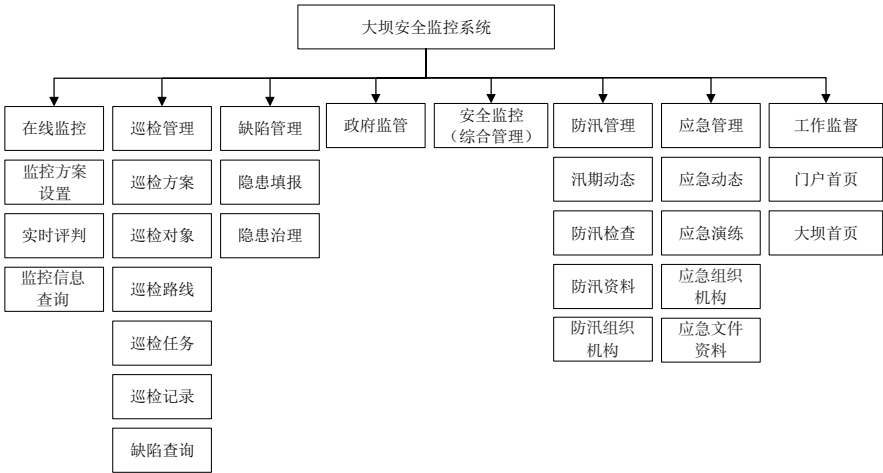


图 2 大坝安全在线监控系统主要功能

Fig. 2 Main functions of online dam safety monitoring system

求。根据需求分析结果,制定详细的建设规划,包括平台架构、功能模块、数据流程等,确保规划科学合理,具有前瞻性和可扩展性。

(2)确保安全监控(智慧评判)结果精准。

采用规则推理法等相关智能算法,将大坝安全有关的多源异构信息进行融合,模拟工程师对大坝安全评判思路,通过规则推理进行综合评判。

根据大坝的结构特点、安全隐患和薄弱部位,制定合理的监控方案。系统应能够灵活、便捷地设置监控方案,并自动将监控方案规则化,形成规则库,并支持用户自定义修改。

大坝安全在线监控评判模型见图3。

(3)确保在线监控方案的合理性。

2.3 在线监控方案制定

大坝安全在线监控系统建设的重要内容之一是制定大坝安全在线监控方案,主要内容包括确定大坝安全的监控对象、监控项目、监控规则和指标等。

管理人员将制定的监控方案设置在大坝安全在线监控系统中,当监测数据实时接入时,触发安全监控评判,展示监控评判结果,及时发出预警。

2.4 建设重点

大坝安全在线监控系统的建设主要包括以下建设重点。

(1)确保需求明确,科学规划。

深入调研抽水蓄能电站大坝安全在线监控的实际需求,包括监测指标、数据传输需求、预警需求等,确保系统能够全面满足大坝安全管理的各项要

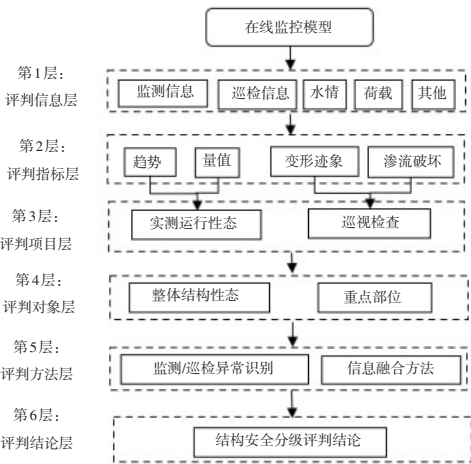


图 3 大坝安全在线监控评判模型

Fig. 3 Evaluation model of online dam safety monitoring system

在线监控系统发挥真正实效的关键之一在于根据大坝的结构特点、安全隐患和薄弱部位制定监控方案,确定监控部位、监控对象、监控项目、监控要素和监控模型(监控指标)。

根据抽水蓄能电站的蓄水安全鉴定资料和实测监测资料,分析其结构特点、安全隐患和薄弱部位。同时参照DL/T 5313—2014《水电站大坝运行安全评价导则》,制定在线监控方案,并通过专家评审。

2.5 与常规电站大坝安全在线监控系统的区别

抽水蓄能电站相较于常规电站,最独特的就是具有发电和抽水两种主要运行方式,并在这两种运行方式之间随时转换从而起到调峰填谷的作用。此外,抽水蓄能电站库水位的变频和变幅都较常规电站要大。鉴于此,抽水蓄能电站与常规电站的大坝安全在线监控系统在监测感知与监控重点等方面有较大差异。

监测感知方面,由于抽水蓄能电站的特殊性和复杂性,其大坝安全在线监控系统需要具备更高的技术要求,包括高精度的传感器、快速的数据处理和分析能力、可靠的通信和传输系统等,同时系统还需要具备智能化的预警和应急响应能力,以应对可能出现的紧急情况。

监控重点方面,一是抽蓄电站要求监控抽水与发电过程中库水位变化对大坝结构的影响,关注大坝的变形、渗流、应力性态是否超安全指标;二是要求监控库水位的变化过程和当前水位,当库水位超过“超抽”警戒水位后及时告警;三是除了将水库大坝纳入安全监控范围,还包括了输水系统和地下厂房等建筑物。

2.6 应用效果

新源抽水蓄能电站大坝安全在线监控系统基于DL/T 5313—2014《水电站大坝运行安全评价导则》,将专家评判诊断方法、思路分解为一系列规则和推理控制条件,将推理诊断所依据的事实抽象为结构化/非结构化数据,将专家推理过程转化为数据运算,开发大坝安全诊断产生式推理系统,实现大坝安全智能诊断。

建成后的抽水蓄能电站大坝安全在线监控系统集成和共享大坝安全数据,并提供业务模块给技术人员和管理人员开展大坝安全工作,实现大坝安全实时精准评判、信息自动报送和一键整编、内部

监管等应用目标,有效管控了大坝安全风险,提高了大坝安全管理工作效率。

3 结 语

国网新源集团抽水蓄能电站大坝安全在线监控系统是在原新源 iDam 系统基础上升级完成的,充分继承了原系统的数据集中管控优势,同时又融合了在线识别、在线诊断和在线监控等功能,以工程问题和运行管理疑点为导向来超前预控风险,通过技术和管理手段,及时发现问题,快速诊断异常,是集团公司实现集约化、专业化、平台化监督大坝、输水系统等水工建筑物运行安全状况的重要手段,实现了水工建筑物在线结构安全实时综合评判等主要功能。 ■

参考文献:

- [1] DL/T 2096—2020,水电站大坝运行安全在线监控系统技术规范[S].
- [2] 沈静.新丰江电站大坝安全在线监控系统设计——融合在线监测、智能巡检、结构安全度计算与综合评判[J].大坝与安全,2021(6):38-42.
- [3] 邱伟.抽水蓄能电站水工建筑物监测统一管理系统建设[J].大坝与安全,2023(4):21-24.
- [4] 杨鸽,范振东,傅春江,等.基于奇异谱分析的大坝安全监测数据异常值识别技术研究[J].水力发电,2021,47(8):125-129.
- [5] 李啸啸,张晨,傅春江,等.锦屏一级拱坝安全在线监控研究与应用[J].大坝与安全,2018(2):37-41.
- [6] 傅春江,张秀丽,沈海尧,等.特高拱坝在线安全评判研究与应用[J].大坝与安全,2018(2):1-6.
- [7] 崔何亮,张秀丽,王玉洁,等.水电站大坝在线监测管理平台的探索与实践[J].大坝与安全,2018(2):31-36.
- [8] 戴天将,傅春江.水电站大坝运行安全管理和新技术新发展[J].大坝与安全,2024(4):1-5.
- [9] 赵新华,李慧滢,何宇,等.新安江水电站大坝安全监测系统探讨和监测效果分析[J].水利科学与寒区工程,2021,4(6):61-63.
- [10] 沈静,杨彦龙,余鸿慧,等.富春江水电站水库安全应急预案及溃坝计算[J].大坝与安全,2015(3):6-13.

收稿日期:2024-07-10;修回日期:2024-09-04

作者简介:张 博(1985—),男,湖北黄冈人,高级工程师,主要从事大坝安全监测自动化及数据诊断分析等工作。

作者邮箱:838340285@qq.com