

doi: 10.7690/bgzd.2025.10.021

全过程数据管理的水电站智能安全管理平台研究

蒋 杨, 赵光明, 胡昌明

(国能大渡河大岗山发电有限公司安全监察处, 四川 石棉 625409)

摘要: 针对传统的水电站管理系统存在的问题, 提出开发全过程数据监控的水电站智能安全管理平台。利用移动互联网及云计算和大数据等技术进行研究分析, 系统开发包括安全知识库、安全监管、辅助决策支持、系统管理 4 大功能; 与水电站其他系统开发数据对接接口, 实现了全过程多系统集成联动, 搭建水电站安全监控系统, 形成全过程安全闭环管理, 达到了消除安全监管漏洞和盲区、节省人力和提高工作效率等效果。结果表明, 该平台对于水电站智能安全管理具有较大的推广价值。

关键词: 全过程数据; 水电站; 平台开发; 数据监控

中图分类号: TP18 **文献标志码:** A

Research on Intelligent Safety Management Platform of Hydropower Station Based on Whole Process Data Management

Jiang Yang, Zhao Guangming, Hu Changming

(Safety Inspection Department of Guoneng Dagangshan Power Generation Co., Ltd.,
Dadu River, Shimian 625409, China)

Abstract: Aiming at the problems existing in the traditional hydropower station management system, an intelligent safety management platform for hydropower station based on whole process data monitoring is proposed. Using mobile Internet, cloud computing and big data technology for research and analysis, the system development includes four functions: security knowledge base, security supervision, assistant decision support and system management; With the development of data docking interface with other systems of hydropower station, the whole process of multi-system integration linkage is realized, the safety monitoring system of hydropower station is built, and the whole process of safety closed-loop management is formed, which achieves the effects of eliminating safety supervision loopholes and blind areas, saving manpower and improving work efficiency. The results show that the platform has great promotion value for the intelligent safety management of hydropower station.

Keywords: whole process data; hydropower station; platform development; data monitoring

0 引言

安全管理对防止事故发生, 保障顺利发展起着巨大的作用^[1], 智能安全管理系统的高度重视已逐渐成为学术界和实务界关注的焦点^[2-4]。随着智能安全管理体系(security management system, SMS)研究的不断深入, 目前多是按照理论层次(theoretical level, TL)、实践层次(practical level, PL)和标准层次(standard hierarchy, SL)3个维度进行智能安全管理现状研究。在理论层次中, 研究者主要定性分析了智能安全管理体系概念的内涵和外延从系统^[5]、宏微观^[6]、流程^[7]、功能、控制、合规性、历史、理论与实践^[8]等, 其目的是更好地了解智能安全管理系统。早在 1973 年, Kysor 基于风险管理的视角定义了智能安全管理的特征, 为管理安全而设立组织结构、操作风险分析、安全保证的过程(包括

风险控制措施的定义和实施)以及风险沟通过程。McDonald 等^[9]探索了安全文化和智能安全管理体系两者联系, 进行相对精准的数学模型关联分析, 一般如 STAMP^[10]、Hale 的 SMS 框架^[11]、HFACS^[12], 社会技术模型^[13], Waring 的 SMS 模型和 Phoenix^[14]等。智能安全管理能否有效地在生产活动中发挥作用^[15], 就是要有统一形式的智能安全管理系统开发设计。当前实行一体化管理, 设计集成管理系统(integrated management system, IMS)实现模型和风险分析方法, 包括 QMS、SMS 和 EMS, 尤其是智能安全管理系统应该注意把智能安全管理软件程序与生产活动紧密联系起来, 所以结合智能安全管理的需求, 深度定制开发安全管理系统软件平台。

综上, 对于水电站的智能安全管理, 紧密水电站各项系统数据和管理需求, 构建全过程数据监控

收稿日期: 2024-10-07; 修回日期: 2024-11-15

第一作者: 蒋 杨(1987—), 男, 重庆人。

的智能安全管理平台是十分有必要的。现有管理系统缺乏实时数据分析，分析功能相对较弱，往往需要进行手动提取和整理，无法实现实时的数据分析和决策支持。同时，现有管理系统用户界面相对较为复杂，不够直观和易用，需要对用户进行培训和指导。并且相对于智能安全管理平台，现有管理系统的灵活性不足，往往需要花费大量的时间和成本来进行定制化开发。在日常管理中，各级人员在管理过程中仍然依靠人工提醒和统计耗时费力，管理软件功能单一，智能化不足等，现开发一套基于移动互联网和多系统数据联动的智能安全风险预警管理一体化应用系统。

1 水电站智能安全管理平台软件定位

智能安全管理的业务需要研究安全全过程管理方法，通过梳理优化水电站安全监管工作，形成安全闭环管理，消除安全监管漏洞和盲区。智能安全管理建立标准统一的安全知识库，依据要求和实际情况，基于机器学习和知识关联等技术手段，输入各类规程和文件，将现有非结构化的安全生产相关数据进行系统智能分析，通过数据 ETL 技术完成数据抽取和整理，同时对数据库的相关数据进行知识关联，最终完成安全生产知识的智能分类存储和管理。同时，可以根据设定规则进行相关安全知识分享，建设人工智能关联分析模块，基于安全履职要求，通过结构化处理后自动生成各部门各级角色履职清单，并自动派发给相关角色形成履职任务，系统落实管理人员履职尽责，强化监督管理，打通相关系统数据交互，最终实现履职考核统计分析的闭环管控模式。构建以安全业务为核心的多系统联动，研究现有安全业务场景，将本次在建系统与外部相关系统进行集成联动，自动调用综合管理平台发送相关短信通知角色履职任务及隐患信息，自动获取现场门禁系统信息完成角色履职任务确认，自动获取安风中心系统信息完成角色履职任务确认。

智能分析模型辅助决策研究中，基于大数据分析技术建设多场景下的统计分析模型，搭建基于人员安全履职业务的安全分析功能，并形成相关趋势分析报告，给出相应智能安全管理建议，从而进一步确定安全监管的操作建议，最终达到辅助决策的目标。

2 水电站智能安全管理平台架构

本系统采用 B/S 体系架构，智能安全管理数据平台流程如图 1 所示。

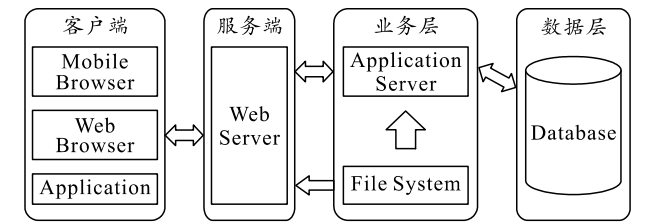


图 1 智能安全管理数据平台流程

客户端是各用户为使用平台功能通过 HTTP 协议向服务端请求数据，服务端是接收访问请求，客户端和服务端包括移动设备、电脑以及应用程序。业务层处理数据交互任务等服务端应用，另外数据层是主要包括数据上传、采集、传输、储存以及分析处理等。数据上传是各级人员将任务和现场照片以及描述信息上传到业务层，对数据采集主要是对履职任务和问题情况进行采集，数据传输是采集到的数据上传到服务端的过程，数据储存是采集到的数据保存在服务端，数据分析处理是对业务层产生的数据进行分析统计。

2.1 系统开发环境和部署架构设计

为方便开发移动多终端数据联动和操作等部署，操作系统选择 CentOS7.4，开发的语言选择 JAVA 语言，前端使用 VUE+elementUI+eChart+eslint 等多形式开发，后端使用 Sprint boot+Java11 进行开发，数据库使用 MySql 数据库，系统在 Linux 平台部署服务器，服务器所需资源如表 1 所示，另外还拓展内网外网的同时应用，部署的架构如图 2 所示。

表 1 服务器资源需求

资源名称	用途	数量	配置要求
内网 Web server	内网的 Web 应用部署	1	8 核 CPU、16 G RAM、500 G 硬盘
内网 Minio 文件 server	文件存储	1	8 核 CPU、16 G RAM、1 T 硬盘
内网 MySql 数据库 server	数据库	1	8 核 CPU、16 G RAM、800 G 硬盘
DMZ 区 Web server	DMZ 区 Web 应用 server	1	4 核 CPU、16 G RAM、500 G 硬盘

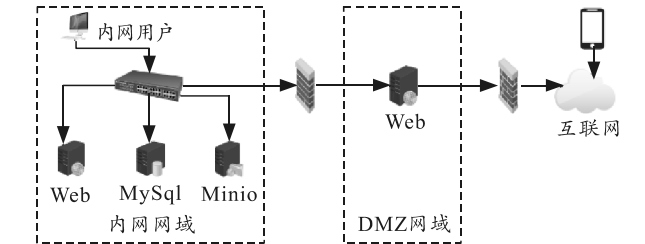


图 2 系统部署

2.2 全过程数据监控系统整体架构设计

水电站智能安全管理平台具有清晰的分层架

构, 整体框架如图 3 所示, 各层通过规范的接口相互依赖和配合, 实现系统的高内聚、低耦合, 这是一种比较典型的分层架构模式。总体来说, 应用层主要面向业务应用; 应用基础层和服务层面向应用层, 提供基础功能和业务服务支撑; 数据层面向服务层和应用基础层, 提供业务数据支撑; 环境层面向上层所有的层, 提供基础环境支撑。各层之间通过接口相连, bottom-up 的方式逐层组装, 最终构成完整的水电站智能安全管理平台。同时, 按照数

据信息等最新规范标准, 搭建具有 B/S 架构的移动互联和多系统数据联动的智能安全管理软件平台, 完成标准统一的安全知识仓库管理、安全监管履职考核、安全数据驾驶舱等相关系统的数据接口, 促进消除安全监管漏洞和数据盲区, 为构建以安全业务为核心的多系统联动体系, 打通数据之间壁垒, 构建安全生产管理的业务闭环, 本系统与其他软件系统也进行数据对接, 主要包括安风中心、智慧园区、工业电视、智能工作票柜、综合管理平台。

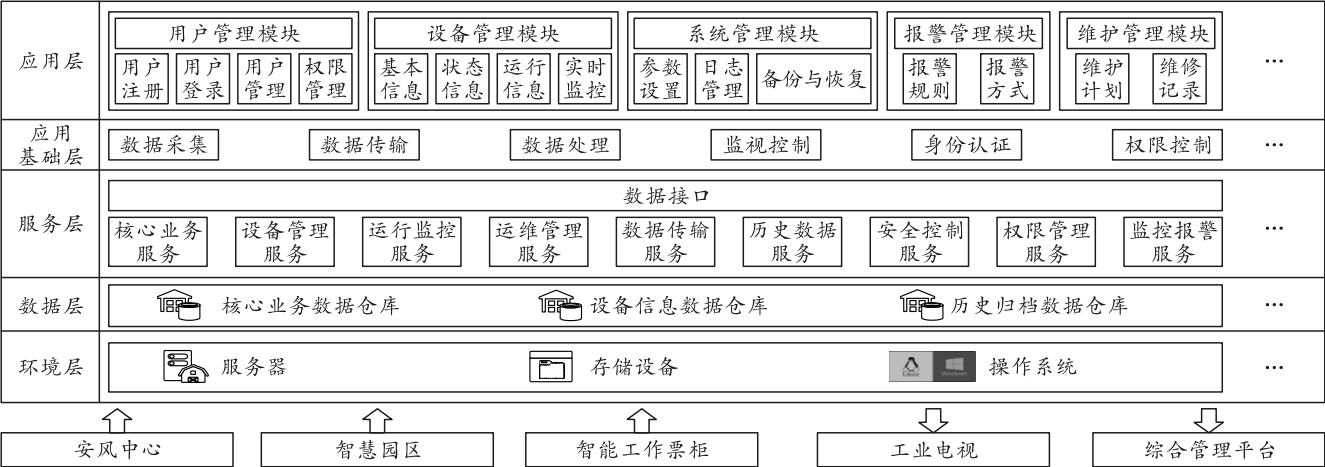


图 3 智能安全管理平台整体框架

3 水电站智能安全管理核心技术

3.1 全过程数据监控的系统功能

系统功能主要包括安全知识库、安全监管、辅助决策支持、系统管理 4 大功能以及数据接口, 主要功能结构如图 4 所示。

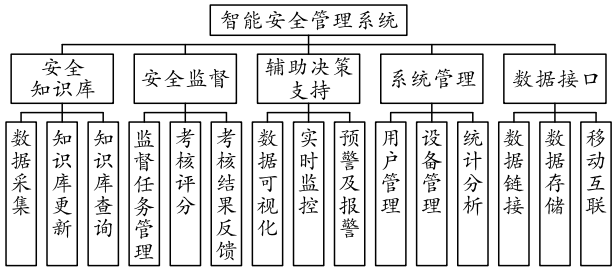


图 4 系统功能结构

系统安全知识库是收集各类安全管理文件、规章和制度, 形成安全知识数据汇集; 同时, 对数据进行整理、编目, 数据清洗处理, 合理利用数据, 建立知识关联, 形成数据标签, 辅助安全生产作业关联, 形成统一的电子化记录。

系统辅助决策支持模块包括数据可视化、实时监控、预警及报警、安全生产指标统计、问题统计、违章行为统计、履职统计、考核统计。统计均按单位、部门、时间、安全生产类别等查询统计条件,

采用表格或图形化方式, 对各指标统计数据进行分析, 可按月度、季度、年度生成统计报表以实现数据可视化。

系统管理具备常用的分类分级用户准入管理认证, 为系统各角色用户设置系统菜单权限、模块功能权限和数据访问权限。还建设以微信公众号为移动互联的安全管理数据接口, 让安全管理不再局限于工作场所, 强化各部门协同配合, 通过公众号上传安全监管信息, 同时自动跟踪安全执行情况, 直到完成安全闭环管控。

3.2 水电站智能安全管理平台实现流程

水电站智能安全管理平台通过安装传感器和监测设备, 实时采集水电站的运行状态、水位、水流量、发电量、温度、压力等数据, 并对这些数据进行分析, 以实现水电站的智能监控和预测。通过自动化控制系统, 实现水电站的自动化管理, 如自动调节水位、水流量、水泵转速等, 以提高水电站的运行效率 and 安全性。通过互联网技术, 实现水电站的远程监控和操作, 可以在任何地方通过手机或电脑实现水电站的实时监测和控制, 提高了水电站的运行效率和管理水平。通过数据分析和建

模，实现对水电站的运行状态预测和故障预警，及时发现并解决水电站的故障和问题，保障水电站的安全运行。通过人工智能和大数据技术的应用，实

现对水电站运行数据的深度挖掘和分析，提高水电站管理水平和运行效率，智能安全决策控制如图 5 所示。

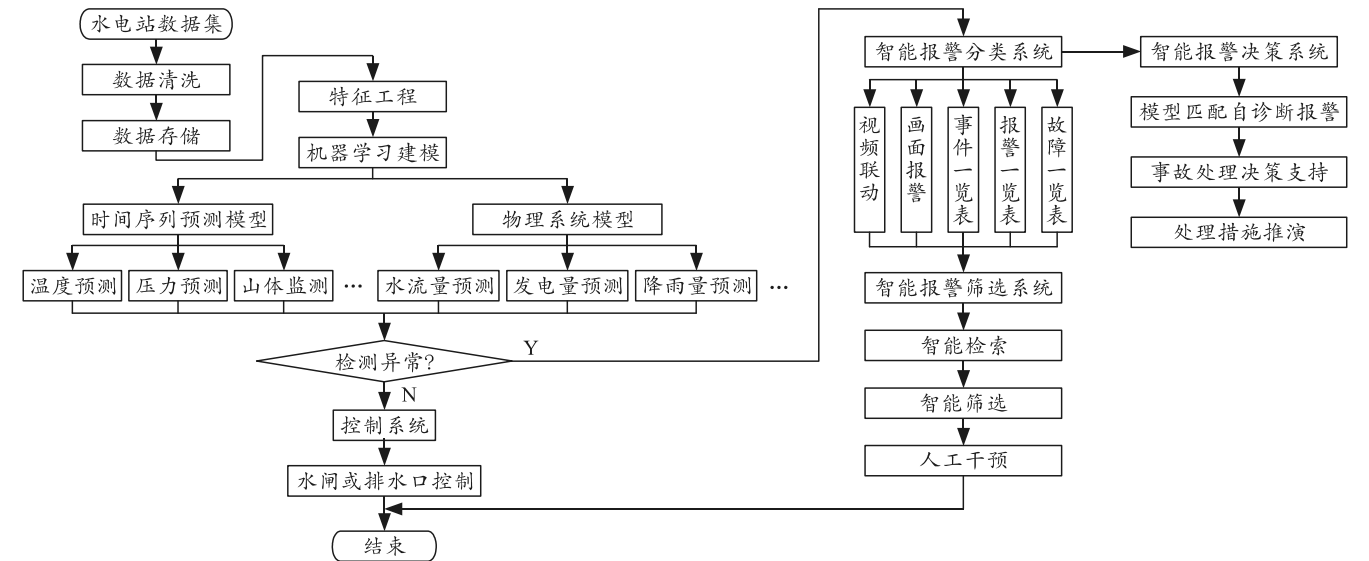


图 5 智能安全决策控制

4 水电站智能安全管理平台应用

智能安全管理平台如图 6 所示，数据包括对安全生产指标统计、问题统计、违章行为统计、履职情况分析以及考核统计。安全生产指标统计是按单位、部门、时间、安全生产类别等查询统计条件，采用表格和图形化方式，生成各历史时段的数据报表；问题统计指按单位、部门、时间、风险点、风

险等级等查询统计条件进行分析；违章行为统计指按单位、部门、时间、违章类型等查询统计条件进行分析；履职情况分析指按不同部门分级分岗位分人设定查询统计条件进行分析；考核统计指按单位、部门、时间、人员角色、履职完成情况等查询统计条件，对考核前、后几名人员进行图表展示，可设置排名人数。



图 6 安全管理平台

智能水电站管理平台基于数据融合了机器学习以及水电站状态、设备运行状态、采集数据等相关参数。平台经过仿真测试环境的反复测试,利用设备状态预测技术获得水电站重要设备的剩余寿命开展精准维护,并在实际运行环境下进行验证,考虑了实际运作的约束条件,其精确度、可靠性、可用性得到认可,在智能水电站管理平台得到验证,大幅减少了人工管理操作工作量,优化了备品备件的采购周期,优化了水电站安全管理运营效率,极大降低了成本。

5 结论

水电站智能安全管理平台,通过建立标准统一的数据接口,构建多系统联动数据管理,并且设计智能分析模型辅助决策,实现全过程数据监控的智能化,有效地优化了现有管理平台灵活性不足、数据集成难度大、缺乏实时数据分析、用户体验较弱等不足,对高效智能的安全管理提供了新的平台系统。该平台在保证操作可靠性的同时也兼顾了管理的灵活性。通过持续优化,该平台能有效助力水电站运营团队提高工作效能,实现成本效益最大化,为用电企业或个人用户提供高可靠、低成本的供电服务。总之,从智能技术和安全管理 2 个角度说明了全过程数据监控的水电站智能安全管理平台价值所在,体现了智能化管理带来的共赢。平台的推广应用,将为提高整体国家能源利用效率和供电质量打下坚实基础。

参考文献:

- [1] International Civil Aviation Organization (ICAO). Safety Management Manual (SMM) (AN/474)[S]. ICAO, Montreal, 2013.
- [2] 王俊淞,段斌,吴万波,等.水电工程智能安全管控系统建设方案研究[J].中国安全科学学报,2021,31(S1): 96-102.
- [3] 王桂平,张煦,韩长霖,等.梯级水电站集控智能一体化关键技术的研究与应用[J].中国水利水电科学研究院学报(中英文),2022,20(6): 497-505.
- [4] BIEDER C. Safetyscience: A situated science: An exploration through the lens of Safety Management Systems[J]. Safety Science, 2021, 135: 105063.
- [5] ZHANG L. The application of system approach in SMS construction[J]. China Civil Aviation, 2010(2): 19-21.
- [6] DU C Y, WANG Z H, DU C F, et al. On the Necessity of Establishing Coal Mine Intrinsic Safety Management System[J]. Safety in Coal Mines, 2007, 38: 90-93.
- [7] HUANG Y J. Study of occupational health and safety management system based on process approach[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2011(7): 197-202.
- [8] YORIO P L, WILLMER D R, MOORE S M. Health and safety management systems through a multilevel and strategic management perspective: Theoretical and empirical considerations[J]. Safety Science, 2015, 72: 221-228.
- [9] MCDONALD N, CORRIGAN S, DALY C, et al. Safety management systems and safety culture in aircraft maintenance organisations[J]. Safety Science, 2000, 34: 151-176.
- [10] KAZARAS K, KONTOGIANNIS T, KIRYTOPOULOS K. Proactive assessment of breaches of safety constraints and causal organizational breakdowns in complex systems: A joint STAMP-VSM framework for safety assessment[J]. Safety Science, 2014, 62: 233-247.
- [11] HALE A R, HEMING B H J, CARTHEY J, et al. Modelling of safety management systems[J]. Safety Science, 1997, 26: 121-140.
- [12] WIEGMANN D A, SHAPPELL S A. Human error analysis of commercial aviation accidents: application of the Human Factors Analysis and Classification System(HFACS)[J]. Aviation, Space, and Environmental Medicine, 2001, 72: 1006-1016.
- [13] DUIJM N J. Safety-barrier diagrams as a safety management tool[J]. Reliability Engineering and System Safety, 2009, 94: 332-341.
- [14] EKANEM N J, MOSLEH A, SHEN S H. Phoenix-A model-based Human Reliability Analysis methodology: Qualitative Analysis Procedure[J]. Reliability Engineering & System Safety, 2016, 145: 301-315.
- [15] 樊启祥,陆佑楣,李果,等.金沙江下游大型水电工程智能建造管理创新与实践[J].管理世界,2021,37(11): 206-226, 13.