ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

智能监控系统在水电厂安全运行中的运用

席煜阳

国能新疆阿克苏水电开发有限公司，新疆 阿克苏 843000

摘　要：随着水电能源开发规模扩大，水电厂安全运行管理面临日益复杂的挑战。新疆地区作为我国重要水电能源基地，其水电厂运行环境具有地域特殊性，对安全监控技术提出了更高要求。本文以国能新疆水电为研究对象，系统分析智能监控系统在水电厂安全运行中的具体运用。文章首先阐述智能监控系统的技术架构及功能设计，包括系统整体架构设计、数据采集模块建设、传输网络布局优化以及平台集成管理方案。其次深入探讨智能监控系统在水电厂安全运行中的实际应用，涵盖设备状态监测应用、安全风险预警功能、运行数据分析方法以及应急处置响应机制。最后对系统应用效果进行总结，分析运行效率提升表现、安全管理水平改善情况，指出系统运行中存在的问题，并提出后续优化发展建议。研究表明，智能监控系统的引入显著提升了水电厂安全运行管理的科学化水平，为新疆地区水电产业高质量发展提供了有力技术支撑。

关键词：智能监控；水电厂安全；运行管理

1 智能监控系统技术架构及功能设计

1.1 系统整体架构设计

分层分布式结构的架构模式是实现国能新疆水电智能监控系统整体架构设计的基础，考虑到新疆地域辽阔、气候环境复杂、网络基础设施分布不均等现实情况，采取分层分布式结构模式进行系统架构设计时，自下而上将整个系统分成感知层、网络层、平台层、应用层四层功能结构，并利用标准化接口对接方式完成上下层之间的信息交互。其中，感知层主要针对水轮发电机组振动监测、变压器油温监测、大坝位移监测、库区水位监测等各类传感器、摄像机、监测设备等的部署；网络层利用光纤专网、无线传输网、卫星通信链路搭建起厂区内、坝区、库区及远端管理中心的综合通信网络，满足实时监控数据回传的需求；平台层利用云计算技术搭建数据中心，实现海量监测数据的存储、计算、管理和采用分布式数据库的形式保证数据的安全；应用层面向管理维护人员提供可视化操作界面，并集成设备管理、告警管理、报表生成、视频调阅等功能模块。分层架构的设计能够提升系统的可扩展性以及可维护性，并且为后期的功能完善预留了较大的空间。

1.2 数据采集模块建设

数据采集模块建设是智能监控系统建设的重要部分，建设质量直接影响到整个系统的运行效果。国能新疆水电数据采集模块建设中，在全面覆盖、精准采集、可靠传输等方面进行严格把关。对于监测点位布设，做到涵盖水轮发电机组、主变压器、高压开关柜、调速系统、励磁系统、大坝安全设施、泄洪设施及库区环境等各个重点部位，总计布设各类监测点位2000 多个。对于采集参数类型，实现温度、压力、振动、位移、流量、电流、电压、功率、转速、油位、水位等多个方面的同步采集。对于采集频率设置，对关键运行参数采取每秒采集的高频率模式，对一般状态参数采取每分钟采集的一般频率模式，对环境参数采取每小时采集的低频率模式，通过不同的采集频率来保证精度的同时降低系统负载。对于采集设备选型，全部采用工业级传感器和采集终端，并且具有防尘、防潮、抗电磁干扰的功能，可满足新疆地区高温差、多风沙等恶劣气候环境的要求。另外，系统配置有冗余采集通道，在主采集通道出现故障时可无缝切换到备用通道，以保证数据采集的连续性与可靠性。

2 智能监控系统在水电厂安全运行中的应用实践

2.1 设备状态监测应用

设备状态监测作为智能监控系统在水电厂安全运行中最基础的应用场景，国能新疆水电通过智能监控系统实现对主要机电设备状态的实时监测和趋势分析。针对水轮发电机组监测而言，收集机组振动、摆度、温度、压力等参数，并利用频谱分析算法对机组运行状态进行判断，一旦发现振动幅值超过规定值则自动联动分级告警，以引起运维人员的注意。对于变压器监测来说，实时监测绕组温度、油色谱、铁芯接地电流等参数，应用油色谱分析模型判断变压器内部绝缘情况，达到对潜伏性故障的早期发现的目的。对开关设备进行监测，包括对断路器机械特性、触头温度、操作机构状态等进行监测，运用机械寿命预测模型计算设备剩余使用寿命，用于编制检修计划。对调速器、励磁系统、技术供水系统、排水系统、压缩空气系

ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

统等辅助设备进行监测，保证辅助设备的正常工作。通过设备状态监测的应用，运维人员能够了解设备的健康状态，从被动的抢修转变为积极主动的维护，可延长设备使用寿命。

2.2 安全风险预警功能

安全风险预警功能是智能监控系统的重要功能之一，它实现了由传统的事故事后处置向事前预防的转型。国能新疆水电在预警功能建设上已经建立起设备故障预警、运行异常预警、环境变化预警和人员行为预警等预警体系。针对设备故障的预警主要是运用历史运行数据以及故障案例库建立设备故障预测模型，并结合当前运行数据与正常运行模式的对比，及时发现设备的潜在故障隐患，比如在预警轴承磨损故障时能提前数天发出预警信号，给运维人员留下了较充分的时间去检修。对于运行异常预警来说就是基于运行参数相关联的规则库来实现的，如果出现相互矛盾的状态或者出现一些异常的参数组合情况就会触发预警。如果发现机组出力减小但导叶开度正常，则可能是出现了转轮汽蚀或者流道堵塞的情况。对于环境变化预警来说就是利用气象预报和库区水文信息来进行极端天气预警、洪水、冰凌等自然灾害，提前做好防范措施。对于人员行为预警来说就是借助于视频智能分析技术来识别作业现场人员是否存在违章作业、是否穿戴安全装备、有无进入危险区域等行为，并及时发出告警提示。基于多个维度建立起来的预警功能使得水电厂的安全风险防控能力得到了很大的提升。

2.3 运行数据分析方法

运行数据分析是智能监控系统开展深度应用的基础，基于水电厂实际运行特点，对数据分析方法进行了创新性的尝试。就长期趋势来看，将各关键运行参数进行长期趋势跟踪，并利用移动平均法、回归分析法等统计学方法来识别参数的变化趋势，判断设备性能的退化程度，例如分析机组效率随运行时间的变化趋势，判断转轮磨损导致的机组性能变化；分析关系，挖掘不同参数间的关系，建立参数关联网络，使得当某一个参数出现异常时，能够快速定位到相关参数的变化情况，有助于故障原因分析，例如分析励磁电流和机端电压、无功功率的关联关系判断励磁系统的调节性能；对比分析，进行同型号机组横纵向比较、同一机组不同时间段的历史数据对比，找到与正常工作状态的差异，发现异常情况；能效分析：建立水能利用效率计算模型，综合分析水位（上下游）、入库流量、发电流量、机组出力等参数计算水能利用率、发电耗水率，评价机组经济运行水平。结合多种维度的数据分析方法，除了帮助系统识别异常外，还可以为运行优化提供数据支持。

3 智能监控系统应用效果及发展建议

3.1 运行效率提升表现

智能化监控系统的应用提高了水电厂运行效率。国能新疆水电基于系统运行以来实际数据得知，智能监控系统的应用提高了水电厂的生产运行效率。首先，在巡检效率上，由于传统的巡检方式需要运维人员每天定时定点到各个设备区域进行巡检，耗费人力物力，并且有部分位置的盲区，但是通过智能监控系统能够实现设备状态的在线监测，使得运维人员只需要通过系统就可以了解各个设备的状态参数，因此可以将原先花费在巡检的时间精力节省下来，同时把这部分人力资源解放出来用于其他更有价值的设备检修和技术改造工作。其次，在故障处理上，通过智能化监控系统能够实现故障快速定位和初步原因分析，从而使得平均故障查找时间相对以前降低大约 50%，设备非计划停运时间得到显著降低。最后，在调度响应上，通过系统可以实现运行数据自动采集、报表自动生成，避免调度人员人工抄录、计算，保证调度指令及时准确传达和执行。同时针对基于设备状态监测数据的设备预计维护周期进行有计划有安排的预知性维护，取代以前必须按时到达规定时间周期进行维护的模式，提高设备的可用率到 98% 以上。各方面的运行效率得到了全面提高，为提高水电厂的生产效率和效益奠定了良好的基础。

3.2 安全管理水平改善

安全管理水平的改善是智能监控系统应用的重要成效。国能新疆水电充分利用智能监控系统持续运行带来的成果，在安全管理上取得了一系列成绩：设备安全方面，系统实现了设备故障早期预警和趋势预测，重大设备故障发生率降低了大约 60%，设备损坏所造成的经济损失也大幅度降低；机组非计划停运次数由以前的每年十几次降到现在的每年 3 次以内；设备可靠性水平得到了很大提高。人员安全方面，视频智能分析系统会对作业现场人员的行为进行实时监督，违章作业行为得到了有效管控，现场作业人员安全意识显著提高，而且该系统运行以来没有发生由于人员违章造成的人身重伤及以上事故。环境安全方面，大坝安全监测系统可以实时监测坝体变形、渗流、应力等参数，大坝安全处于受控状态；库区水文监测系统可以预警洪水、泥石流等自然灾害，确保下游群众的生命和财产安全。信息安全方面，网络安全防护体系能够抵御外来网络攻击，生产控制

ISSN：3078-8994
EISSN：3104-4492

系统没有发生网络安全事件。安全管理水平全面提升，使得水电厂能够实现长期稳定的安全运行。

3.3 系统运行存在问题

虽然智能监控系统已取得良好的应用效果，但其在运行过程中，仍有一些问题存在，主要体现在以下几个方面：数据质量方面，由于某些老旧传感器精度降低造成监测数据的偏差，影响状态判断的准确性；前端设备受新疆地区极端气候的影响，在冬季低温环境下，有部分传感器出现数据漂移现象，需加强设备环境适应性的改进；系统融合方面，智能监控系统与现有生产管理系统、检修管理系统之间的数据交互不够顺畅，存在部分数据重复录入的情况，系统间业务流程衔接有待优化；智能分析方面，现有的预警模型大多基于规则阈值或简单统计的方法，对于一些复杂的故障模式的识别能力较差，其误报率和漏报率尚需改进，深度学习等人工智能技术应用于故障诊断仍处于探索阶段；人员能力方面，部分运维人员对智能监控系统的操作使用不够熟练，对系统分析数据结果理解不深，存在盲目相信系统和忽视系统提示两种极端情况，而大量的复合型人才缺乏也限制了系统功能的充分发挥。综上所述，系统建设与应用工作是一项需要长期进行的工作。

4 结语

智能监控系统是国能新疆水电进行数字化转型的一个重要体现，通过开展智能监控系统的研究，阐述了智能监控系统的架构、应用实例及成效，结果表明，通过智能监控系统，构建分层分布式技术架构，能够实现水电厂设备状态全面感知、安全风险提前预警、运行数据深度分析及突发事件快速响应，大大提高了水电厂安全运行管理水平的科学性、精细度以及智能化水平。通过应用案例分析可知，智能监控系统的使用，不仅促进了运行效率的提高，而且实现了安全管理从被动向主动预防模式转变。但是就目前而言，智能监控系统的建设与应用仍然是一个需要较长时间才能完成的任务，在使用过程中，仍有一些数据信息不准确、系统之间不能有效融合、不能实现智能分析以及工作人员技能水平有待提高等问题存在。从现阶段来看，在今后发展过程中，结合人工智能、数字孪生、边缘计算等技术的发展，智能监控系统会越来越智能化、集成化及自主化，所以，在今后的工作中，应该加大技术投入力度和人才培养力度，将系统功能进一步完善、数据运用价值进一步挖掘出来，将智能监控系统应用到水电厂生产业务中，并为新疆地区的水电能安全高效供应做出贡献，也为我国水电行业的智能化发展贡献一份力量。

参考文献：

[1] 陈孝伟 , 杨海斌 , 何策策 . 面向高安全性的机房视频监控系统部署策略研究 [J]. 中国宽带 ,2026,22 (7):65-67.

[2] 蓝悦 . 基于物联网的农业机械远程监控与故障诊断技术研究 [J]. 农业开发与装备 ,2026,(7):81-83.

[3] 贺宇翔 , 唐若凝 , 冯志炜 , 等 . 人工智能驱动的中医药现代化：从经验范式到数据智能范式的转变 [J/OL]. 集成技术 , 1-23[2026-06-25].

[4] 赵梓萱 . AI 守护消防安全：智能防火监控的秘密——基于人工智能调度的防火监控信息系统设计 [J]. 中国科技信息 ,2026,38 (12):96-99.

[5] 张岩民 , 张雨 , 李荣泉 , 等 . 基于 LoRa 的智能换热站远程监控系统设计 [J]. 信息记录材料 ,2026,27 (12):43-45.

作者简介：席煜阳（1992.12—），男，汉族，河南周口，本科，助理工程师，研究方向：水电安全管理。