

水电站运行管理中的智能化技术应用研究

杨健

四川省都江堰水利发展中心 四川成都 611230

DOI: 10.12238/ems.v7i4.12753

[摘要] 随着科学技术的快速发展,包括水电站运行管理在内的许多行业都逐渐被智能化技术所渗透。在传统的水电站调度模式下,以人工监控为主,存在着效率低下,误差大等固有缺陷。近年来,随着智能化技术的引入,水电站运行管理方式发生了巨大的变化。通过将先进传感技术、大数据分析技术和人工智能算法相结合,实现了水电站运行状态实时监控、故障预警和智能调度,有效提高了电站运行效率和安全性。

[关键词] 水电站; 运行管理; 智能化技术; 应用

智能化技术的应用,使水电站的自动化程度大大提高,同时也给水电站的运行管理带来了新的生机。该方法可使水电站对电网的需求做出更准确的反应,实现对水资源的优化利用,降低能源浪费^[1]。同时智能运维平台还能对设备进行远程监测和诊断,及时发现和处理隐患,有效地延长设备的使用寿命,降低运营成本。可以预见,在今后的水电站运行和管理中,智能化技术将是一个不可缺少的组成部分,它将促进水电行业向更高效率、更绿色、更可持续的方向发展。

一、水电站运行管理中应用智能化技术的重要性

(一) 提高运行效率与稳定性

智能技术在水电站运行管理中的应用,极大地提高了电站的运行效率和稳定性。水电站采用智能控制系统,可以对水轮机和发电机组等关键设备进行实时监控和精确控制,该系统能自动调节机组运行状态,使机组能适应各种工况及用电需求,保证机组在各种工况下均能高效稳定运行^[2]。此外该智能控制系统还可以深度分析设备运行数据,对潜在的故障进行检测和预警,有效降低由于设备故障造成的停工期,进一步提升水电站的总体运行效率。

(二) 优化资源利用与节能减排

将智能技术应用于水电站,可以有效地利用水资源,达到节能减排的目的。该系统能根据水库水位、流量等实时数据,对水轮机进水开度进行自动调节,以达到最大限度的利用水资源。在此基础上,通过优化调度策略,减少不必要的能量消耗,提高电站的能量效率,所以智能化技术的应用将为水电资源的高效利用提供一种新的思路和方法。

(三) 降低运维成本与提升安全性

在水电站中采用智能化技术,可降低运行费用,提高运行安全水平。利用远程监测和智能故障诊断系统,使水电站管理人员能够对设备运行状况进行实时监控,不需要经常到现场巡视,及时发现和处理异常情况,节约人力资源。

二、水电站运行管理中应用智能化技术的策略

(一) 智能监控系统部署

采用智能技术,尤其是智能监测系统的部署,已经成为提高水电站运行效率,保证机组安全运行的重要手段。通过

将物联网、大数据、云计算、人工智能等先进技术相结合,对水电站运行状态进行全面、实时的监控、预警和远程监控,可为水电站的智能化运行打下了坚实的基础。

智能监测系统的部署与实现,是一项系统工程,需求进行详细的调查和规划,对水电站的设备布局、运行环境、监测要求、现有技术条件等进行深入的研究,明确其功能定位、技术架构及性能指标^[3]。如在小型水电站中,需要对水轮机、发电机组等关键设备的运行状况进行监测,同时还要对水位、流量和水质等环境参数进行监测。如水位传感器可以是雷达型或压力型,以保证测量数据精确到 ± 0.01 米;流量计选择电磁流量计和超声波流量计,确保流量测量误差小于 $\pm 2\%$ 。这些传感器可以实时采集数据,并将数据通过有线或者无线传输到监控中心。而且在智能监测系统部署中,对数据进行有效的处理和分析是关键,为此可以构建基于云计算、边缘计算等技术的数据处理平台,实现对海量数据的实时分析与反馈。比如,利用 Hadoop HDFS 等分布式存储技术,支持每秒数万条数据的吞吐量,并通过 Spark 流媒体 (Spark Streaming) 实现设备状态的快速诊断和预警。为提高系统的可靠性和稳定性,还需要对网络通信、数据处理服务器和存储系统进行双备和多备份,以保证系统在单点故障时仍能正常工作。另外,为了保证数据的安全传输和存储,还需要在网络中部署防火墙和入侵检测系统等安全措施,保护监控数据不受外部网络攻击,并遵循国家信息安全标准,如 ISO 27001,确保数据传输与存储的安全性。此外在智能应用方面,可引入机器学习算法,深入挖掘机组历史数据,建立机组运行状态预测模型,利用 SVM、随机森林等方法预测机组故障概率,提前做好检修计划,降低停机时间。通过设置临界阈值,如水轮机振幅大于 0.1 mm、发电机温升高于 85°C 等,自动启动报警机制,并以短信、邮件等形式及时通知维修人员,保证故障快速响应。通过科学、合理的规划与实施,能够有效地提高电站运行管理的智能化水平,为水电站的安全稳定运行提供强有力的保证。

(二) 远程诊断与维护系统建立

智能技术在小水电站运营管理中的应用,使管理方式逐

渐发生变革，而建立远程诊断和维修系统显得尤为重要。该系统的目标是通过整合先进的信息技术，对小水电站进行全方位、全天候的监测，从而推动无人值班模式的推广，提高运行效率，保证电站的安全运行^[4]。基于物联网、大数据和云计算技术的水电站远程诊断与维修系统是一种有效的手段，该系统可以对设备的运行状况、环境监测数据等信息进行实时采集和处理，并利用智能算法对故障进行分析诊断，从而对潜在的故障进行检测和预警，为运维人员提供决策支持。

在具体实施过程中，需要先建立功能完备的远程监测中心；该中心集视频监控、环境监测和设备监控于一体，能全面监测小水电站的运行状态。例如，监控系统采用高清摄像机，24小时全天候监控电站重点区域，1080P分辨率的图像保证了细节的清晰；环境监测系统实时监测空气温度、湿度及空气品质等参数，并以每分钟更新一次的频率，保证了数据的时效性与准确性。如温度传感器的精度需达到 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ ，湿度传感器的精度需达到 $\pm 3\%$ ，而且空气质量传感器可同时检测多种污染物，如PM2.5、PM10、CO₂等。当这些环境参数超出设定阈值，如当温度超过 40°C ，湿度低于20%RH时，系统会自动发出警报。而且还可以通过集成远程操控和自动化控制系统，进一步推广无人值班模式，通过远程控制界面，操作人员可实时查看设备的运行状况，并可对设备进行远程启停和参数调整等操作，自动控制系统根据预先设定的逻辑及算法，自动完成设备的操作及维修工作。如当水位超过设定值时，能自动打开泄水闸，保证电站的安全运行；当设备发出故障警告时，系统自动切换到备用设备，保证电力供应。另外，该系统具有完善的故障诊断和预警机制，在分析与学习历史数据的基础上，系统可以识别设备的正常工作方式与异常模式，在设备发生异常时，给出报警信号，指出可能的故障原因及解决方法。这些措施的实施，建立和完善了小水电站远程诊断和维修系统，不但可以提高运行维护效率，降低现场人员的工作量，而且还保证水电站的安全运行。智能化技术的应用，使小水电站管理向智能化和高效方向发展。

(三) 能效管理系统升级

智能技术的应用，使水电站的能源效率管理发生了革命性的变化，能效管理系统升级，旨在通过集成先进的能效分析模块和智能节能技术，实现对电站能耗的精细化管理与优化，进而提升整体能效水平，促进水电站的可持续发展。升级后的能源管理系统可以实现对水电站能耗的实时监控和分析，可以对各个地区的能源消耗进行采集、处理，利用能源效率分析模块，对能源消耗较大的区域或设备进行识别，从而为用户提供一个直观的能源消耗分布图及节能潜力分析报告，为制定节能优化策略提供科学依据

在具体实施过程中，需要对水电站各种设备进行全面排查，确定能耗数据采集点，并在采集点安装电流、电压等高精度传感器，以保证数据的准确实时性。这些传感器将采集

到的能量消耗数据通过无线或有线传输到能源效率管理系统中，以一分钟一次的频率进行数据采集，数据准确度优于0.1%。同时，对水泵、发电机等关键设备的转速、流量、功率因数等运行参数也要进行采集，数据中心在接收传感器数据之后，利用智能算法对数据进行深度剖析。该系统先计算出电厂的总能耗，再将其按设备、地区或时段再细分，最后得到能耗分布图及能耗趋势图。之后将行业标准与历史数据进行对比，对能耗较大的区域或设备进行识别，提出节能优化方案。如对于大功率设备如水泵、风机等，该系统能准确地测量消耗电量，并对其进行分析，找出能耗异常的设备或区域。当设备发现能耗超标时，系统会及时发出警告，并给出相应的节能优化方案，如调整设备运行参数、更换高效节能设备等。另外，智能化节能技术的应用对提高能源效率管理体系具有重要意义，该系统利用变频技术，对水泵、风机等设备的转速进行动态调节，使其不会长时间处于高负荷状态，从而达到节能降耗的目的。同时为了提高电厂的功率因数，降低无功损失，可采用无功补偿技术，进一步提高能源效率。如采用变频技术可使水泵功率因数由0.8提高到0.95以上，无功补偿技术可使水泵能耗降低20%左右。该系统将能源效率分析模块与智能节能技术相结合，实现了水电站能源消耗的精细化管理与优化。这些措施的实施不仅可以降低水电站的能源消耗，提高水电站的整体能源效率，而且可以为水电站的可持续发展打下良好的基础。在今后的工作中，能源效率管理系统将会随着智能技术的进步而不断提高，给水电站的运营管理带来更大的方便与效益。

结束语

综上所述，智能化技术在水电站运行管理中的应用，大大提高了发电效率和安全水平，达到了高效利用水资源、稳定发电的目的。通过智能监测、数据分析和远程调度，可在降低运行成本的基础上，提高应急处理能力。未来随着科技的进步，智能化将在水电站管理中发挥更加核心的作用，促进水电行业向绿色、智能和可持续发展的方向发展。

【参考文献】

- [1] 马贵，徐涛，舒君侠. 基于物联网技术的水电站工器具智能化管理研究[J]. 电气技术与经济，2024，(10): 293-295.
- [2] 张科峰. 智能化技术在流域水电站设备管理中的应用[J]. 电力安全技术，2024，26(06): 20-22+43.
- [3] 张星燎，关杰林，李香华，丁伦军. 流域梯级水电站运行管理智能化建设探索与实践[J]. 人民长江，2022，53(11): 211-217+223.
- [4] 罗浩，王文超，李佳栋，刘敏琦. 浅谈近代智能化技术在水电工程中的应用[J]. 四川水力发电，2020，39(04): 127-130.

作者简介：杨健，1973.12，男，汉，四川省邛崃市，本科，工程师，研究方向：水电站运行。