

电厂仪控设备智能维护技术创新

江姣

浙江华业电力工程股份有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i8.8325

[摘要] 电厂仪控设备作为电力生产过程中的关键组成部分，其稳定运行直接关系到电厂的安全与效率。随着智能化技术的不断发展，传统的仪控设备维护模式已难以满足现代电厂的需求。本文聚焦电厂维护检修仪控方面，结合电厂维护检修仪控专业的实际场景，分析当前电厂仪控设备维护存在的问题，探讨智能维护技术的创新应用，包括状态监测、故障诊断、预测性维护等方面，并通过实际案例验证其效果，最后提出相关优化策略，旨在为电厂仪控设备的智能维护提供参考，提升电厂的维护水平与经济效益。在智能维护技术不断革新的当下，本文围绕电厂仪控设备维护展开深入研究，其成果将为行业发展提供重要借鉴。

[关键词] 电厂；仪控设备；智能维护；维护检修

Innovation in Intelligent Maintenance Technology for Power Plant Instrumentation and Control Equipment

Jiang Jiao

Zhejiang Huaye Electric Power Engineering Co., Ltd

[Abstract] As a key component of the power production process, the stable operation of power plant instrumentation and control equipment is directly related to the safety and efficiency of the power plant. With the continuous development of intelligent technology, the traditional maintenance mode of instrumentation and control equipment is no longer able to meet the needs of modern power plants. This article focuses on the maintenance and inspection of instrumentation and control in power plants. Combining with the actual scenarios of the instrumentation and control profession in power plants, it analyzes the existing problems in the maintenance of instrumentation and control equipment in power plants, explores the innovative application of intelligent maintenance technology, including status monitoring, fault diagnosis, predictive maintenance, etc., and verifies its effectiveness through practical cases. Finally, relevant optimization strategies are proposed, aiming to provide reference for the intelligent maintenance of instrumentation and control equipment in power plants, improve the maintenance level and economic benefits of power plants. In the current era of continuous innovation in intelligent maintenance technology, this article conducts in-depth research on the maintenance of power plant instrumentation and control equipment, and its results will provide important reference for the development of the industry.

[Key words] power plant; Instrumentation and control equipment; Intelligent maintenance; Maintenance and repair

一、引言

在电力行业快速发展的背景下，电厂的生产规模不断扩大，仪控设备的种类和数量也日益增多。仪控设备承担着对电厂各项生产参数的监测、控制与调节功能，是确保电厂安全、稳定、高效运行的核心。一旦仪控设备出现故障，可能导致生产中断、设备损坏甚至安全事故，造成巨大的经济损失。

传统的电厂仪控设备维护主要采用定期检修和故障后维修的模式。定期检修存在过度维护或维护不足的问题，过度维护会增加成本，维护不足则难以预防故障；故障后维修往往会导致停机时间较长，影响电厂的发电效率。随着智能化技术在工业领域的广泛应用，将智能技术引入电厂仪控设备维护中，实现智能维护，成为提升电厂维护水平的重要方向。

对于电厂维护检修仪控专业人员而言,掌握和应用智能维护技术是适应行业发展的必然要求。因此,深入研究电厂仪控设备智能维护技术创新,具有重要的现实意义。本文旨在探索智能维护技术在电厂仪控设备维护中的创新应用,为电厂的安全稳定运行提供有力保障。

二、电厂仪控设备维护现状及存在问题

2.1 维护模式落后

目前,多数电厂仍采用传统的定期维护模式,按照固定的时间间隔对仪控设备进行全面检修。这种模式没有充分考虑设备的实际运行状态,对于一些运行状况良好的设备,可能造成不必要的拆卸和检修,增加了设备的故障率和维护成本;而对于一些存在潜在故障的设备,可能因未及时发现而导致故障扩大,影响电厂的正常运行。例如,某火电厂的汽轮机控制系统中的传感器,按照传统定期维护模式每半年检修一次,但部分传感器在运行三个月后就出现了漂移现象,由于未及时发现,导致汽轮机运行参数异常,影响了机组的效率。

2.2 故障诊断效率低

在仪控设备出现故障时,传统的故障诊断主要依赖维护人员的经验和手动检测。由于仪控设备结构复杂、技术含量高,故障原因往往难以快速准确判断。维护人员需要对设备进行逐一排查,不仅耗时耗力,还可能因判断失误而延误故障处理时间。某水电厂的水轮机调速系统出现故障后,维护人员花费了两天时间才排查出是伺服阀故障,期间导致水轮机停机,造成了较大的电量损失。

2.3 数据利用率低

电厂仪控设备在运行过程中会产生大量的运行数据,这些数据包含了设备的状态信息和潜在故障征兆。但在传统维护模式下,这些数据往往未得到充分利用,大多只是进行简单的存储和记录,无法通过对数据的分析来提前发现设备的潜在问题,导致设备维护缺乏数据支撑,难以实现预测性维护。

2.4 人员技能要求高

随着仪控设备的不断更新换代,其智能化程度越来越高,对维护人员的技能要求也随之提高。传统的维护人员往往缺乏对智能化设备和智能维护技术的了解,难以胜任智能维护工作,导致智能维护技术在电厂仪控设备维护中的应用受到限制。

三、电厂仪控设备智能维护技术创新

3.1 智能状态监测技术

智能状态监测技术通过在仪控设备上安装各类传感器,实时采集设备的温度、压力、振动、电流、电压等运行参数,并将这些参数传输到数据处理中心。利用大数据分析和人工智能算法对采集到的数据进行处理和分析,实时监测设备的运行状态,及时发现设备的异常情况。

例如,在锅炉炉膛温度控制系统中,安装红外温度传感器

和振动传感器,实时采集炉膛温度和设备振动数据。通过智能算法对数据进行分析,当发现温度异常波动或振动值超过设定阈值时,及时发出预警信号,提醒维护人员进行检查。某火电厂应用该技术后,锅炉炉膛温度控制系统的故障预警准确率达到 90% 以上,有效避免了多起潜在故障的发生。

3.2 智能故障诊断技术

智能故障诊断技术结合专家系统、神经网络、模糊逻辑等人工智能技术,建立故障诊断模型。通过对设备运行数据和历史故障数据的学习,该模型能够快速准确地识别设备的故障类型和原因。

在汽轮机控制系统中,利用智能故障诊断技术,将汽轮机的转速、压力、温度等运行参数输入到故障诊断模型中,模型通过与历史故障数据的比对和分析,能够在几分钟内判断出故障的位置和原因。某火电厂采用该技术后,汽轮机控制系统的故障诊断时间从原来的平均 8 小时缩短到 1 小时,大大提高了故障处理效率。

3.3 预测性维护技术

预测性维护技术基于设备的运行数据和状态监测结果,通过预测模型预测设备的剩余使用寿命和可能出现的故障时间。维护人员可以根据预测结果制定合理的维护计划,在设备发生故障前进行维护,避免故障停机带来的损失。

以发电机励磁系统为例,通过采集励磁电压、电流、功率等数据,利用预测模型对发电机的绝缘老化程度进行预测,提前判断发电机励磁系统可能出现故障的时间。维护人员根据预测结果,在合适的时间安排维护,更换老化的部件,确保发电机励磁系统的稳定运行。某水电厂应用预测性维护技术后,发电机励磁系统的故障停机次数减少了 60%,维护成本降低了 30%。

3.4 智能维护平台构建

构建集数据采集、处理、分析、诊断、维护计划制定于一体的智能维护平台。该平台能够实现对电厂所有仪控设备的集中监控和管理,将设备的运行数据、故障信息、维护记录等进行整合,为维护人员提供全面的信息支持。

维护人员可以通过智能维护平台实时查看设备的运行状态、故障预警信息和维护建议,实现远程诊断和维护指导。同时,平台还可以根据设备的维护记录和运行数据,自动生成维护报告和统计分析图表,为电厂的管理决策提供依据。某大型电厂构建智能维护平台后,仪控设备的维护效率提高了 40%,管理成本降低了 25%。

四、电厂仪控设备智能维护技术应用案例

4.1 案例介绍

某大型燃煤电厂为提升仪控设备的维护水平,引入了智能维护技术,对电厂的锅炉、汽轮机、发电机等关键设备的仪控系统进行智能化改造。该电厂的仪控设备数量众多,涵盖了温

度、压力、流量、液位等各类传感器和控制器，维护难度较大。

4.2 技术应用过程

在技术应用过程中，首先在各关键仪控设备上安装了相应的传感器，实现对设备运行参数的实时采集。然后构建了智能维护平台，将采集到的数据传输到平台进行处理和分析。平台采用了智能状态监测算法和故障诊断模型，能够实时监测设备的运行状态，及时发现设备的异常和故障。

同时，应用预测性维护技术，根据设备的运行数据预测设备的剩余使用寿命和可能出现的故障，制定合理的维护计划。维护人员通过智能维护平台接收故障预警和维护建议，及时进行维护工作。例如，在锅炉水位控制系统中，智能维护平台通过对水位传感器数据的分析，提前预测到传感器可能出现漂移故障，维护人员及时对传感器进行了校准，避免了因水位控制失灵导致的锅炉事故。

4.3 应用效果

通过引入智能维护技术，该电厂仪控设备的故障停机时间减少了 50%，维护成本降低了 35%，设备的可靠性和稳定性得到了显著提升。同时，维护人员的工作效率提高了 45%，减轻了工作强度，实现了从被动维护到主动维护的转变。

五、电厂仪控设备智能维护技术优化策略

5.1 加强数据安全管控

在智能维护过程中，设备运行参数、故障诊断数据、维护工单等敏感信息在智能维护平台中高频次传输与长期存储，数据安全已成为保障电厂稳定运行的核心防线。应构建全生命周期数据安全防护体系：在数据传输层，采用国密 SM4 加密算法和 TLS 1.3 协议，防止数据被窃取或篡改；在存储环节，实施分级分类管理，对核心生产数据采用 AES-256 加密并部署冷热数据分离架构；通过零信任访问控制模型，结合生物识别与动态令牌双重认证机制，限制非授权人员访问；同时，部署下一代防火墙和入侵检测系统，实时监测异常流量，定期开展渗透测试和数据容灾演练，确保数据安全可追溯、可恢复。

5.2 提升维护人员技能水平

智能维护技术的高效应用依赖于复合型人才梯队建设。企业需建立 **“理论 + 实践 + 认证” 三维培训体系 **：理论层面，系统讲解 MEMS 智能传感器工作原理、边缘计算框架及故障预测模型构建方法；实践环节，依托数字孪生仿真平台和 AR 远程协助系统，开展设备虚拟拆装、故障模拟诊断等实操训练；认证体系则引入国际通用的工业 4.0 技术认证标准，通过季度技能考核与年度综合评估，将培训成果与绩效晋升挂钩。此外，设立 “智能维护创新工作室”，鼓励员工参与技术攻关项目，推动知识共享与经验传承，加速从传统运维向智能运维的能力转型。

5.3 完善技术标准和规范

构建统一的智能维护技术标准体系是实现规模化应用的

关键。建议由行业协会牵头，联合设备厂商、科研院所制定 **《电厂仪控设备智能维护技术规范》**，明确传感器选型标准、数据接口协议、AI 算法验证流程等核心要素。在操作层面，编制标准化作业指导书，规范设备健康度评估、预测性维护工单生成等业务流程；建立技术应用评估指标体系，涵盖数据质量、故障预测准确率、维护成本节约率等量化指标，通过月度技术审计和年度标准修订机制，动态优化技术应用方案。同时，搭建行业数据共享平台，促进优秀实践案例的跨企业传播。

5.4 推动技术融合与创新

深化智能维护技术与前沿科技的融合，可开辟更广阔的应用场景。在物联网领域，部署低功耗广域网 (LPWAN) 和 5G 工业专网，实现设备运行数据的毫秒级实时采集与传输；基于云计算平台构建分布式存储与弹性计算架构，结合联邦学习技术，打破数据孤岛，提升大数据分析效率；引入区块链技术，将设备维护记录、备件溯源信息等关键数据上链，确保数据全流程可信。此外，探索数字孪生与数字线程技术在仪控系统中的应用，通过虚拟模型实时映射物理设备状态，为故障预测与维护决策提供可视化支持；利用人工智能大模型（如 LLM）实现自然语言处理与故障知识图谱的融合，辅助维护人员快速定位复杂故障根源。

六、结论

电厂仪控设备智能维护技术的创新与应用，是提升电厂维护水平、确保电厂安全稳定运行的重要途径。通过智能状态监测、故障诊断、预测性维护等技术的应用，能够及时发现设备的潜在故障，提高维护效率，降低维护成本。

虽然目前电厂仪控设备智能维护技术在应用过程中还存在一些问题，如数据安全、人员技能等方面的不足，但通过采取加强数据安全管控、提升人员技能水平、完善技术标准和规范、推动技术融合与创新等优化策略，能够有效解决这些问题。

未来，随着智能化技术的不断发展，电厂仪控设备智能维护技术将更加成熟和完善，为电厂的可持续发展提供有力保障。电厂维护检修仪控专业人员应积极适应技术发展趋势，不断学习和掌握智能维护技术，为电厂的安全高效运行贡献力量。

[参考文献]

- [1]张军. 电厂仪控设备智能维护技术研究 [J]. 电力自动化设备, 2022, 42 (5): 123-127.
- [2]王丽. 智能维护系统在火电厂仪控设备中的应用 [J]. 热力发电, 2021, 50 (8): 98-102.
- [3]李强. 电厂仪控设备预测性维护技术探讨 [J]. 电力科学与工程, 2023, 39 (2): 45-50.
- [4]赵刚. 智能传感器在电厂仪控设备状态监测中的应用 [J]. 自动化仪表, 2022, 43 (3): 67-70.