

人工智能在电厂智能加药控制系统中的应用研究

李英

华电阜康热电有限公司

DOI:10.32629/pe.v3i6.18051

[摘要] 文章聚焦人工智能在电厂智能加药控制系统中的应用研究。首先阐述其重要性: AI实现精准加药以保障水质,助力降本增效与绿色发展,通过智能运维提升系统稳定性。接着提出应用策略:构建“通用+定制”适配性AI模型体系,搭建全链条数据治理体系夯实数据基础,推进“AI+运维”融合并完善人才保障。研究表明,AI可破解传统加药系统局限,为电厂加药控制智能化升级提供技术支撑,兼具经济与环境效益。

[关键词] 人工智能; 电厂智能加药; 控制系统

中图分类号: TP18 **文献标识码:** A

Research on the Application of Artificial Intelligence in Intelligent Dosing Control System of Power Plant

Ying Li

Huadian Fukang Thermal Power Co., Ltd.

[Abstract] This article focuses on the application research of artificial intelligence (AI) in the intelligent chemical dosing control system of power plants. First, it elucidates its importance: AI enables precise chemical dosing to ensure water quality, helps reduce costs and increase efficiency, and promotes green development, while improving system stability through intelligent operation and maintenance. Next, it proposes application strategies: constructing a "general + customized" adaptable AI model system, building a full-chain data governance system to solidify the data foundation, promoting the integration of "AI + operation and maintenance," and improving talent support. Research shows that AI can overcome the limitations of traditional chemical dosing systems, providing technical support for the intelligent upgrading of power plant chemical dosing control, and offering both economic and environmental benefits.

[Key words] Artificial intelligence; Intelligent chemical dosing in power plants; Control system

引言

电厂加药控制系统是保障水汽品质、维系设备安全的关键环节,传统系统依赖人工经验与固定参数,难以应对水质动态波动,易引发药耗浪费与水质超标问题。人工智能技术的突破为加药控制智能化转型提供可能。本文聚焦AI在该领域的应用,先剖析其保障水质、降本增效等核心价值,再提出模型构建、数据治理等落地策略,为电厂加药系统升级提供技术参考。

1 人工智能在电厂智能加药控制系统中应用的重要性

1.1 精准加药,水质保障新高度

电厂加药控制的核心目标之一是通过精准投加药剂维持水质稳定,这直接关系到锅炉、汽轮机等核心设备的运行安全与寿命。然而传统加药系统长期依赖人工经验或固定参数设定,存在明显的局限性:水质会因机组负荷波动、原水季节变化、水源

地污染等多重因素产生复杂动态差异,人工仅凭过往经验调整加药量,往往存在滞后性,而固定参数设定则完全无法适配这种动态变化,最终常出现两种问题——药剂投加不足时,水中杂质无法有效处理,导致水质超标,加剧设备腐蚀结垢;投加过量则不仅造成药剂浪费,多余药剂还会增加后续水处理负担,形成恶性循环。人工智能技术的应用彻底打破了这一困境,为精准加药提供了可靠技术支撑。系统通过分布在水汽系统各关键节点的传感器,实时采集pH值、浊度、电导率、溶解氧等多维度水质数据,经边缘计算模块初步处理后传输至AI核心单元。AI利用梯度提升树、支持向量机等机器学习算法,结合历史运行数据构建高精度水质变化预测模型,能够敏锐捕捉水质参数0.1级的细微波动,并在数百毫秒内完成响应计算。

1.2 降本增效,开启绿色经济新篇章

降本增效与绿色环保是新时代电厂实现可持续发展的核心

诉求,二者相辅相成,而人工智能在智能加药控制系统中的深度应用,恰好为这一诉求提供了强有力的技术支撑。从成本控制维度来看,AI的精准加药能力直接直击传统加药模式的核心痛点——药剂浪费。传统系统因投加精度不足,每年在缓蚀剂、杀菌剂等药剂上的无效消耗占比高达20%以上,而采用AI智能加药系统后,这一问题得到根本性解决。据国内某大型燃煤电厂实际运营数据统计,其引入AI加药系统后,药剂消耗量平均降低15%~30%,仅循环水系统每年就减少药剂采购成本近80万元。同时,精准投加避免了过量药剂与水中杂质反应生成的沉淀物,大幅降低了过滤器反洗频率和废水处理药剂的使用量,使后续水处理成本降低约12%。在人力成本方面,AI系统构建的全自动运行体系,彻底改变了传统加药需专人每2小时巡检、人工记录参数并调整阀门的工作模式,一套系统可替代3~4名运维人员的重复性劳动,不仅降低了人工操作强度,更减少了人为操作失误带来的风险,间接节约了人力管理成本。从环保效益来看,AI的价值同样突出。精准投加让药剂残留量控制在国家排放标准的1/3以下,避免了过量药剂随脱硫废水、循环水排放对周边水体和土壤造成的污染。

1.3 智能运维,稳定运行新保障

加药系统作为电厂水汽循环与废水处理的关键环节,其稳定运行直接关系到电厂整体生产的连续性,一旦出现故障停机,可能引发锅炉结垢、汽轮机腐蚀等连锁问题,造成每小时数十万元的经济损失。传统加药系统的运维模式存在明显短板:故障诊断多依赖人工定期巡检和事后排查,运维人员需携带工具逐台检查计量泵、阀门等设备,不仅耗时费力,更难以发现管路堵塞、泵体磨损等隐性故障。某电厂曾因人工未及时察觉循环水加药泵密封渗漏,导致药剂泄漏量累计超500升,不仅污染周边区域,还迫使机组降负荷运行8小时,直接损失达20余万元。人工智能技术的应用,为加药系统运维带来了革命性变革。AI智能加药控制系统通过在计量泵、溶液箱、管路等关键部位部署压力传感器、流量变送器、振动监测仪等设备,实时采集泵体流量、出口压力、设备振动频率、阀门开关反馈等多维度运行数据,经5G网络传输至边缘计算节点进行实时分析。系统利用长短期记忆网络(LSTM)算法构建故障预警模型,结合设备历史故障数据和运行参数阈值,能够提前2~3天识别计量泵叶轮磨损、管路积垢堵塞等潜在隐患,并通过声光报警、手机APP推送等方式向运维人员发出分级预警。当循环水加药系统的杀菌剂投加泵出现流量波动超过5%的异常时,AI系统可在3秒内完成故障定位,自动触发备用泵启动程序,同时关闭故障泵进出口阀门,整个切换过程耗时不超过10秒,有效避免了因杀菌剂投加中断导致的循环水系统微生物黏泥滋生问题。

2 人工智能在电厂智能加药控制系统中的应用策略

2.1 构建适配性AI模型体系,强化核心算法支撑

AI模型的适配性直接决定电厂智能加药控制系统的控制精度与运行效果,需紧扣不同加药场景的工艺特性与水质波动规律,构建“通用算法框架+场景定制优化”的双层AI模型体系,

实现算法与工况的深度匹配。

电厂加药系统涵盖锅炉给水、循环水、脱硫废水等子系统,各系统差异显著:锅炉给水需严控pH值与溶解氧;循环水受环境温度影响大,易滋生微生物与结垢;脱硫废水成分复杂,污染物浓度波动剧烈,单一算法无法满足全场景需求。为此,通用算法框架搭建数据预处理、特征提取、模型推理的标准化模块,场景定制层则针对各系统特性选择适配算法。循环水系统中,水质参数与药剂投加量呈复杂非线性关系,梯度提升树算法可精准挖掘二者关联,规避投药偏差;锅炉给水水质随机组负荷动态变化,长短期记忆网络(LSTM)凭借时序预测能力,提前1~2小时预测水质趋势,为氨和联氨投加提供指导;脱硫废水场景采用“卷积神经网络(CNN)+支持向量机”混合模型,CNN提取水质光谱数据深层特征,支持向量机实现絮凝剂投加量精准计算。模型构建后需建立“数据积累-离线训练-在线微调”迭代机制:每周收集原水成分、机组负荷等实时数据,清洗标注后纳入训练集;每月通过离线服务器重训练模型,更新参数适配水质季节变化;日常运行中,系统实时对比模型输出与实际水质偏差,采用增量学习算法微调模型,避免设备老化、药剂批次变化导致的模型漂移。

2.2 搭建全链条数据治理体系,夯实数据应用基础

数据是人工智能在电厂智能加药控制系统中发挥作用的“燃料”,其质量直接决定AI模型预测精度与控制效果,因此必须以“数据全生命周期管理”为核心,构建覆盖采集、传输、处理、存储的全链条数据治理体系,为AI应用筑牢数据根基。在数据采集环节,需要建立“全域感知+多维关联”的采集架构,打破传统单一参数采集的局限。针对加药系统关键节点,部署精度达0.01pH的在线pH计、分辨率0.1NTU的浊度仪、误差小于±0.5%的电磁流量计等高精度设备,实现水质参数、药剂流量的毫秒级实时采集;同时通过工业总线接口,同步接入机组负荷、蒸汽压力、原水水质化验报告等关联数据,形成“水质-工艺-环境”多维度数据矩阵。

为避免传感器漂移影响数据准确性,还需建立定期校准机制,每月结合标准溶液对水质传感器进行校验,每季度对流量仪表进行标定,确保采集数据的可信度。数据传输环节采用“5G+工业以太网”双链路冗余模式,解决传统单一传输方式的延迟与中断问题。工业以太网用于传输海量历史数据与非实时指令,依托成熟的TCP/IP协议保障数据传输的稳定性;5G网络则聚焦实时控制数据,凭借其毫秒级时延、高可靠性的特性,将水质波动、设备状态等关键数据快速传输至AI控制单元,确保加药指令的即时响应。同时在传输链路中嵌入数据加密模块,采用AES加密算法对敏感数据进行加密处理,防止数据在传输过程中被篡改或泄露。数据处理是提升数据质量的核心环节,需构建“分层处理+智能校验”的处理机制。首先通过边缘计算节点对原始数据进行初步过滤,剔除因传感器故障导致的跳变值、空值等明显异常数据;随后采用孤立森林算法识别隐性异常值,如循环水浊度在无明显干扰下的缓慢异常升高,避免人工判断的疏漏;最后

通过数据归一化将不同量级的参数(如pH值0-14与药剂流量0-100m³/h)统一转换至[0, 1]区间,消除量纲差异对AI模型训练的影响。存储环节采用“边缘+云端”的混合存储架构,实现性能与安全的平衡。边缘计算节点存储近72小时的实时运行数据,满足AI系统快速调用与即时决策的需求;云端数据库则采用分布式存储技术,长期存储历史运行数据、模型训练数据及设备档案,通过数据备份与容灾机制确保数据安全。

2.3 推进“AI+运维”融合升级,完善人才保障机制

推进“AI+运维”融合升级并完善人才保障机制,是确保人工智能在电厂智能加药控制系统中持续稳定发挥作用的关键支撑,需构建“预测性维护技术落地+复合型人才培养”的双向保障体系,实现技术效能与人力价值的协同提升。

“AI+运维”技术融合的核心是打破AI模块与加药设备的信息壁垒,构建“实时监测-智能预警-精准处置”闭环运维流程。首要任务是实现AI运维模块与加药系统设备的深度绑定,在计量泵、搅拌器、药剂输送管路等关键设备上加装振动传感器、压力变送器、能耗监测模块,实时采集设备运行数据——如捕捉计量泵叶轮磨损的频率异常、监测管路堵塞的压力骤升、记录设备功率的细微波动。这些数据实时传输至AI运维平台后,与预构建的故障预警模型比对。该模型结合设备出厂参数、历史故障记录、运维手册等多源信息,可提前3-7天识别泵体密封老化、阀门卡涩等潜在隐患,并按“紧急-重要-一般”三级生成预警信息。紧急隐患(如药剂泄漏)触发声光报警并推送至运维人员手机APP;重要隐患(如叶轮磨损)则自动生成含故障位置、原因分析、处置方案的运维工单,同步调度备品备件库存,大幅缩短处置周期。某电厂循环水加药系统中,AI运维模块通过监测搅拌机振动异常,提前5天预警轴承磨损故障,避免了药剂搅拌不均问题,减少经济损失约15万元。人才保障需建立“分层培养+岗位适配+团队协作”立体化体系,破解技术与经验脱节难题。针对

一线运维人员,开展“AI基础操作+应急处置”专项培训,覆盖预警识别、工单处理、简单排障等技能,通过模拟故障考核,确保其3分钟内响应紧急预警、10分钟内抵达现场。针对技术骨干与工程师,重点培训“模型优化+系统调试”,邀请AI算法专家讲解参数调整方法,组织参与系统升级实践,提升解决AI系统漂移、数据偏差等复杂问题的能力。

3 结语

人工智能为电厂智能加药控制系统注入了核心动能,其在精准控药、降本增效与智能运维中的应用,既破解了传统加药模式的粗放化难题,又筑牢了水质安全与机组稳定运行的双重防线。构建适配性AI模型、完善全链条数据治理、深化“AI+运维”融合,是技术落地的关键路径。未来,随着算法迭代与数据价值深挖,人工智能将进一步推动电厂加药系统向更智能、更高效、更绿色的方向升级,为电力行业高质量发展提供坚实支撑。

[参考文献]

- [1]王典,卢卫,黄晓峰,等.电厂加药计量泵换型改造对比分析[J].大众标准化,2023,(06):193-195.
- [2]袁宏伟,赵宁,陈拓,等.燃煤电厂脱硫废水软化试验研究[J].科学技术创新,2021,(21):33-35.
- [3]牛昆.浅谈智能控制在电厂热工自动化中的应用[J].中国高新区,2017,(24):116.
- [4]胡新来.浅谈智能控制在电厂热工自动化中的应用[J].城市建设理论研究(电子版),2016,(31):30-31.
- [5]涂玉琴.工业锅炉水质分析中炉水协调磷酸盐的可编程逻辑控制器智能控制[J].科学技术与工程,2016,16(29):266-270.

作者简介:

李英(1992-),女,汉族,新疆额敏人,大学专科,助理工程师,研究方向:人工智能、电厂智能加药、控制系统。