

# 污泥焚烧运管平台智能预警系统设计与应用

田淑霞 曹红 金浩 张剑峰

上海城投污水处理有限公司石洞口污水处理厂

DOI:10.12238/eep.v7i8.2205

**[摘要]** 本文介绍了某污水处理厂污泥焚烧运管平台数据巡视与预警系统的设计与实现。该系统通过实时监控污泥干化焚烧过程中的关键参数,实现了对异常情况的及时预警,提高了污水处理厂的生产效率和安全性。首先,构建了数据巡视模块,用于实时监控关键设备的运行参数;其次,当数据出现异常时进行报警,提醒工作人员及时排查解决;最后,系统采用机器学习算法对历史运行数据进行分析,形成预测模型,为工艺运行提供优化建议。实际应用表明,该系统有效提升了污水处理厂的智能化管理水平、运行效率及安全性,为实现智慧化运营提供了有力支持。

**[关键词]** 数据巡视; 预警系统; 污泥焚烧; 运管平台

**中图分类号:** TU992.3 **文献标识码:** A

## Design and Application of Intelligent Early Warning System for Sludge Incineration Pipeline Platform

Shuxia Tian Hong Cao Hao Jin Jianfeng Zhang

Shidongkou Sewage Treatment Plant of Shanghai Chengtou Sewage Treatment Co., Ltd

**[Abstract]** This paper introduces the design and implementation of data patrol and early warning system for sludge incineration pipeline platform in a sewage treatment plant. By monitoring the key parameters in the process of sludge drying and incineration in real time, the system realizes timely warning of abnormal conditions and improves the production efficiency and safety of sewage treatment plants. Firstly, a data patrol module is constructed to monitor the operation parameters of key equipment in real time. Secondly, when the data is abnormal, alarm is given to remind the staff to investigate and solve it in time; Finally, the system uses machine learning algorithm to analyze the historical operation data and form a prediction model to provide optimization suggestions for process operation. The practical application shows that the system effectively improves the intelligent management level, operation efficiency and safety of sewage treatment plants, and provides strong support for intelligent operation.

**[Key words]** data patrol; early warning system; sludge incineration; transportation platform

## 引言

随着环保标准的不断提高和数字化技术的快速发展,污水处理厂面临着前所未有的挑战。该厂作为国内领先的污水处理厂之一,致力于通过技术创新提升其污泥处理能力。本文聚焦于该厂污泥焚烧运管平台的数据巡视与预警系统的开发与应用,旨在通过实时监测和分析关键设备的运行状态,提高污泥干化焚烧运行的安全性和经济性。通过对污泥干化焚烧过程中主要关键参数进行数据巡视,该系统能够及时发现潜在的风险并采取预防措施,确保生产过程的稳定性和安全性。此外,系统还利用机器学习技术预测未来可能出现的问题,为运行人员提供决策支持,进一步提高智能化水平。本文详细阐述了数据巡视与预警系统的原理、设计思路及关键技术,并通过实例验证了该系统的有效性和实用性。

## 1 研究背景

该厂是行业内污水、污泥处置完整产业链的城市污水处理厂。近年来该厂通过提标改造,污泥处理部分已经扩展到污泥干化焚烧老线、污泥干化焚烧新线和污泥干化焚烧二期三部分。在污泥干化焚烧产能大幅提升的同时,对生产管控提质增效的要求也越来越高,如何满足日益提高的生产精细化要求成了亟待解决的难题。根据上海市数字化转型意见,利用新一代信息技术,如物联网技术、大数据分析、人工智能、数字孪生和虚拟现实等技术赋能传统行业已经成为必然趋势。2020年,该厂已经建立了污泥二期生产线的3D数字化展示模型,实现了设备数字场景、数字巡检及人员定位轨迹展现等功能。在此基础上,为了进一步提升污泥处理的智能化水平,本研究旨在增加工艺数据的数据巡视及预警预测功能,建立各工艺段设备能效评估及运行评价模型,

通过模型预测结果指导工艺运行,在满足污泥焚烧烟气排放标准的基础上,提高能源利用率,达到节能降耗的目的。

## 2 数据巡视与预警系统设计

### 2.1 数据巡视模块的功能与设计

数据巡视模块通过安装在关键节点的传感器和SCADA系统实时获取和监控污泥干化焚烧过程中的核心参数,如污泥含水率、干燥机温度、压力、燃烧炉温度及烟气排放指标等参数,通过网络连接,将监测数据以图表形式展示,实时直观反映设备运行状况。模块还具备数据统计与趋势分析功能,自动整理历史运行数据,计算统计数据如最大值、最小值、均值等,并绘制直方图和箱型图,以识别数据的正常范围和变化趋势。

### 2.2 预警系统设计

预警系统包括:数据异常报警(含数据长时间不动、数据为0等情况的报警)、上下限报警(对于污泥干化焚烧过程中的主关键参数均设置上下限的报警功能)、数据变化规律(通过统计分析历史运行数据最大值、最小值、均值、中位数、标准差等数据,绘制数据分布直方图及箱型图,可以分析得到数据值的正常范围、变化规律等,当所采集参数不在正常范围内或者超出一定区间范围时的报警)。系统设置预警范围,当数据一旦超出范围即刻触发报警机制,通过声光信号、弹窗、短信或APP推送等形式通知相关人员及时响应,分析预警情况,采取响应措施,消除安全隐患,保障生产及设备的正常稳定运行。

例如通过分析所监测温度、压力等工艺参数变化,针对污泥处理关键设备的运行工况进行诊断预警。干化过程中,通过分析历史运行过程中不同污泥进泥量、蒸汽参数情况下出口载气温度、压力等变化规律,对其运行工况进行诊断,当发现设备效能降低时,及时预警,提醒现场工艺人员进行检查;焚烧过程中,焚烧带平均温度及温度随时间的变化趋势进行诊断,当发现设备效能降低时,及时预警,提醒现场工艺人员进行检查。

### 2.3 预测模型的建立

污泥焚烧的燃烧过程是个复杂的系统,存在惯性、滞后、非线性、时变、工作环境和干扰的不确定性,同时,其热值及含水率无法准确实时计算测量。因此,在依托于数据巡视模块和预警系统的基础上,该厂二期干化焚烧过程利用所采集的历史运行数据(干化过程:污泥处理量、蒸汽参数、载气入口流量、出口温度、压力、冷凝水温度等;焚烧过程:燃烧温度、辅助燃料投加量、空气预热温度、流量等),采用人工神经网络、随机森林、支持向量机等机器学习算法,建立不同运行工况下干化蒸汽耗量/干化尾气参数、辅助燃料投加量/燃烧温度、蒸汽产量等预测模型。并采用交叉验证确保其泛化能力。预测结果包括数值预测和解释,能够生成预警信息,以优化系统运行或预防设备故障。

## 3 关键技术与实现

### 3.1 数据采集与处理

在该厂的污泥处理过程中,传感器技术至关重要。通过部署高性能传感器,如温度、压力传感器及流量计等,系统能够实时

监测污泥含水率、干燥机温度、压力、燃烧炉温度和烟气排放指标等关键参数。这些传感器提供精确的实时数据,且能在复杂工业环境下确保数据准确性与可靠性。为了保证机器学习模型的有效性,系统对原始数据进行深度清洗与预处理,包括剔除异常值、填补缺失数据和统一数据格式等操作。

### 3.2 机器学习算法的应用

采用了人工神经网络、随机森林和支持向量机等机器学习算法来构建预测模型。这些算法以其强大的非线性拟合能力和鲁棒性,适用于复杂系统的预测任务。通过调整学习率、正则化系数等参数,确保模型既能良好拟合训练数据,又具备出色的泛化能力。为了验证模型的可靠性和有效性,应用了交叉验证等多种技术进行全面评估。数据集被划分为训练集和测试集,以便在未知数据上评估模型表现。

### 3.3 系统集成与部署

系统采用了微服务架构模式,确保灵活性与可扩展性。通过将系统分解为独立的服务模块,如数据采集、处理及模型训练,系统能有效适应未来业务变化并简化维护与升级流程。用户界面设计强调用户体验与易用性,运用现代Web技术如React或Vue.js构建响应式界面。界面直观展示关键参数、预警信息及数据分析结果,并提供数据筛选、报表导出等功能,使用户能高效获取所需信息。正式部署前,执行了严格测试与调试,涵盖单元、集成及性能测试等环节。

## 4 应用案例分析

### 4.1 数据巡视与预警系统应用案例

该厂利用数据巡视系统实时监控关键参数。例如,在污泥干化过程中,系统监测到干燥机出口温度持续低于正常范围,提示可能是蒸汽供应不足或干燥机内部堵塞。系统随即发出警告,指导操作人员检查蒸汽系统并进行维护,快速识别并解决了潜在问题。另有一次,系统发现焚烧炉燃烧温度突然下降,超过了预设阈值,可能导致燃烧不完全和污染物排放增加。系统立刻触发预警,通知操作人员采取行动。通过增加辅助燃料投入量,及时调整燃烧条件,避免了一起环境污染事件的发生。此次预警不仅预防了经济损失,还有效防止了环境污染。

### 4.2 系统效果评估

引入数据巡视与预警系统后,该厂实现了生产效率的显著提升。系统通过实时监控关键参数,能快速识别异常并及时响应,减少了非计划停机时间,大大提高了生产效率,整体产能得到显著增强。该系统还显著降低了安全事故的发生率。通过提前预警,厂内得以及时采取措施,避免了设备故障引发的意外事故。例如,在焚烧炉温度异常下降时,系统立即通知操作人员,有效避免了潜在的安全风险。工作场所安全状况得到明显改善。系统的引入还带来了显著的经济效益。通过对能源消耗的精确监控,厂里能更好地管理能源使用,减少了不必要的浪费。系统实施后,减少了设备故障和非计划停机时间,降低了维护成本等。

## 5 结果讨论

### 5.1 数据巡视的有效性

数据巡视在该厂的应用有效地提升了日常生产中对关键参数的实时监控能力。通过对污泥干化焚烧过程中的主关键设备参数(如污泥含水率、干燥机温度、压力、燃烧炉温度、烟气排放指标等)进行数据巡视,系统能够及时发现异常情况,如数据长时间不动、数据为0等现象,并通过上下限报警功能在参数偏离正常范围时发出警示。通过对历史运行数据的统计分析,系统能够绘制出数据分布直方图和箱型图,从而揭示数据的正常范围和变化规律。这些功能共同作用,显著增强了工厂的故障预防能力,减少了非计划停机时间,提高了生产效率。

#### 5.2 预警系统的准确性

预警系统的准确性得到了充分验证。通过对关键参数的实时监控和数据分析,系统能够在异常情况发生之前及时发出预警。例如,在检测到干燥机温度持续下降时,系统能够迅速识别出可能是蒸汽供应不足或干燥机内部堵塞等问题,并立即通知操作人员进行检查。系统还能监测焚烧炉不同位置的温度变化趋势,一旦发现温度偏离正常范围,便能够及时提醒现场工艺人员进行检查,确保焚烧过程的稳定性和安全性。这些预警不仅有助于预防设备故障,还能够有效减少环境污染风险,确保生产过程的连续性和合规性。

#### 5.3 预测模型的指导性与决策支持

当污泥处理系统工艺运行发生异常时,为协助工艺员尽快查找原因,除了借助工艺运行专家决策库给出定性化的建议之外,另一方面还可以借助工艺预测模型来给出量化建议,如炉膛温度过高或低时,分析模拟不同进泥量、不同一次风、二次风温度和炉膛温度控制目标要求情况下的工艺参数,如辅助燃料投加量等,通过模拟计算,给出工艺运行调整的建议,从而做出

最优化的决策。

#### 5.4 系统的局限性与改进建议

尽管数据巡视、预警系统和预测模型在该厂的应用取得了显著成效,但系统仍面临局限性,主要体现在对数据质量和多样性的依赖。为提升系统性能,建议采取以下措施:加强传感器和数据采集设备的维护,确保数据准确无误;引入更多类型的传感器和数据源,扩大数据覆盖范围;持续优化预测模型和诊断算法,提高其对特殊工况的适应性;建立用户反馈机制,吸纳一线操作人员的意见以促进系统不断改进。

#### 6 结束语

综上所述,该厂污泥焚烧运管平台的数据巡视与预警系统的开发与应用,显著提高了污泥处理过程的智能化管理水平。通过对关键设备参数的实时监控与异常预警,不仅提升了生产效率,还降低了能耗和污染物排放,为实现智慧运营奠定了坚实的基础。未来的研究将进一步优化系统功能,拓展应用场景,以更好地适应不断变化的环保要求和技术进步。

#### [参考文献]

- [1]段妮娜,谭学军,张辰.基于Aspen Plus对污水处理厂污泥干化焚烧的热工模拟与优化[J].给水排水,2023,49(7):22-28.
- [2]何云.新时期城市污水处理厂污泥的处置与综合利用[J].资源节约与环保,2022(7):73-76.
- [3]林涛.垃圾焚烧炉污泥掺混燃烧特性及SNCR优化调整模拟研究[D].华南理工大学,2023.

#### 作者简介:

田淑霞(1982--),女,汉族,甘肃庆阳人,本科,职称:中级工程师,研究方向:环保方向。