

火电厂环境信息智能监测系统的设计

刘志强

国能亿利能源有限责任公司电厂 内蒙古 鄂尔多斯 014300

摘要：随着国家环保法规日益严格与火电厂环境管理精细化需求提升，传统监测手段已难以适配多污染物实时管控要求。本文针对火电厂环境监测需求，开展火电厂环境信息智能监测系统设计研究。分析了监测需求，涵盖生产流程环境影响、核心监测参数、系统功能及性能指标；剖析了传感器、数据传输、数据分析与处理、网络传输冗余保障机制四大关键技术；最后从总体架构、硬件、软件三方面完成系统核心设计，构建分层架构，明确硬件选型部署与软件模块功能。系统可实现火电厂废气、废水、固废、噪声全维度监测，保障数据准确实时传输与处理，为火电厂环境管理提供技术支撑。

关键词：火电厂；环境信息智能监测系统；核心设计

引言：火电厂作为能源生产核心，生产中易产生废气、废水、固废及噪声污染，随着环保标准趋严，传统监测方式难满足精准化、实时化管理需求。当前监测系统存在覆盖不全、数据处理滞后、预警不及时等问题，亟需设计智能监测系统。本文围绕火电厂环境监测实际需求，先明确监测范围与指标，再分析关键技术特性，最后完成系统总体架构、硬件与软件设计，旨在提升火电厂环境监测效率与精度，助力企业合规生产，推动能源与环境协调发展。

1 火电厂环境信息监测需求分析

火电厂作为能源生产核心设施，生产流程伴随多环节污染物排放，环境信息监测需围绕污染源头、管控标准与管理需求构建完整体系，具体需求可从以下四方面展开。（1）从生产流程与环境影响来看，火电厂以煤炭、天然气等为燃料，发电涵盖燃料燃烧、热能转化、电力输出等环节，各环节均存环境风险。燃烧产生含二氧化硫、氮氧化物、颗粒物的废气，超标会加剧大气污染；废水来自循环冷却、脱硫及生活污水，含化学需氧量、氨氮、重金属，恐污染水体；固废以粉煤灰、炉渣为主，处置不当易致扬尘或土壤污染；设备运行噪声也影响周边居民。故监测需覆盖废、水、固废、噪声，实现全流程风险管控。（2）在监测参数确定上，需依国家环保标准与火电厂污染特征明确核心指标。废气监测实时获取二氧化硫（ $\leq 35\text{mg}/\text{m}^3$ ）、氮氧化物（ $\leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ）、颗粒物（ $\leq 10\text{mg}/\text{m}^3$ ）浓度及烟气温度、流速、氧量，符合《火电厂大气污染物排放标准》；废水关注化学需氧量（ $\leq 50\text{mg}/\text{L}$ ）、氨氮（ $\leq 5\text{mg}/\text{L}$ ）、pH值（6-9）与悬浮物，满足工业废水排放要求；固废统计产生量、处置方式与资源化利用率；噪声在厂界设点监

测，确保昼间 $\leq 65\text{dB}$ 、夜间 $\leq 55\text{dB}$ ，符合区域标准。

（3）监测功能需求方面，系统需具备实时监测、数据管理、预警联动与报表生成功能。实时监测实现参数连续采集、动态展示与多监测点同步更新；数据管理完成存储、查询与追溯；预警联动在参数超标时触发声光报警、短信通知，并联动环保平台；报表生成支持按日、月、季自动生成报告，满足环保验收与监管需求。（4）性能指标要求上，系统需保障准确性、实时性、可靠性与可扩展性。准确性方面，监测数据误差 $\leq 5\%$ ，符合计量标准；实时性要求采集间隔 ≤ 1 分钟、传输延迟 ≤ 30 秒；可靠性方面，年均故障率 $\leq 1\%$ ，具备断电恢复、数据备份功能；可扩展性支持新增监测点与参数，适配产能扩张或标准升级需求^[1]。

2 智能监测系统关键技术

2.1 传感器技术

传感器技术是数据采集的核心，其工作原理基于物质特性转化。气体传感器利用敏感材料与目标气体的化学反应，将浓度变化转化为电信号；水质传感器通过离子选择性电极或光学吸收原理，将污染物含量转化为可测信号；噪声传感器借助压电元件，把声压振动转为电信号；颗粒物传感器依据光散射或 β 射线吸收，计算颗粒物浓度。在火电厂环境监测中，气体传感器响应快、体积小，但易受温湿度干扰，需定期校准；水质传感器无需人工取样，减少误差，却在高浊度水体中精度下降；噪声传感器可连续监测，数据连续性强，却易受背景噪声影响；耐高温颗粒物传感器能适应烟气环境，成本较高，且对细颗粒物分辨能力有差异。

2.2 数据传输技术

数据传输技术分有线与无线两类。有线传输通过物

理线缆传输信号,如以太网、光纤等,依托稳定物理连接保障数据传输;无线传输借助无线电波等载体,如LoRa、4G/5G等,通过信号调制解调实现数据收发。有线传输速率高、丢包率低、抗干扰强,但布线成本高、灵活性差;无线传输部署灵活,覆盖范围广,却存在速率受限、信号易干扰、续航依赖电源的问题。选择策略需结合场景:核心固定监测点,优先选光纤或以太网;分散或临时监测点,可选LoRa、NB-IoT;移动或应急监测,采用4G/5G。同时考虑传输距离、数据量、干扰程度,必要时采用混合传输模式。

2.3 数据分析与处理技术

数据清洗通过建立质量标准,用统计方法识别异常值,采用插值、均值填充补全缺失值,过滤冗余数据,保障数据完整准确。数据融合整合多源数据,同类型传感器数据用加权平均、卡尔曼滤波降低误差;不同类型传感器数据构建关联模型,综合反映环境状况,避免单一维度局限。数据挖掘用聚类、分类、时序预测等算法提取规律,聚类分析划分污染时段与区域,分类分析判断环境状态,时序预测基于历史数据预估污染物变化趋势。通过上述技术,构建评估指标体系量化污染情况,结合趋势规律预测污染风险,为管控提供决策支持。

2.4 网络传输冗余保障机制

为保障火电厂环境信息智能监测系统数据传输稳定,采用双网络传输的冗余配置。该技术部署两条独立网络链路,当一路网络因故障、干扰等突发状况无法正常传输数据时,系统自动切换至另一路网络。通过链路聚合技术,将两条链路捆绑成逻辑链路,不仅提升带宽,还能在链路间合理分配数据流量。动态路由协议实时监控网络状态,自动调整路由路径,确保数据传输顺畅。双网络传输冗余配置大幅增强系统可靠性,避免因网络问题导致数据丢失或监测中断,有力支撑火电厂环境信息稳定、高效传输^[2]。

3 火电厂环境信息智能监测系统核心设计

3.1 系统总体架构设计

火电厂环境信息智能监测系统总体架构采用分层设计思路,遵循开放性、可靠性与可扩展性原则,整体划分为以下感知层、网络层、数据层与应用层。(1)感知层主要负责环境参数与设备状态信息的实时获取,其设计需覆盖火电厂全场景监测需求,包括废气排放口、废水处理站、固废堆放区及厂界周边等关键区域。该层通过部署不同类型的监测设备,实现对气态污染物、水质指标、颗粒物浓度、噪声分贝等参数的采集,同时具备数据预处理能力,可对原始数据进行滤波、降噪与格式

转换,减少无效数据传输,为后续数据处理奠定基础。

(2)网络层承兼顾稳定性与灵活性,采用有线与无线结合的混合传输模式。设计时需根据监测点位置与数据传输需求,选择适配的传输技术:对于固定且数据量大的核心监测点,采用光纤或工业以太网构建有线传输链路,保障高带宽与低延迟;对于分散或移动监测点,采用LoRa、NB-IoT等低功耗广域网技术,降低部署成本与能耗。同时,网络层需具备数据加密与链路冗余能力,防止数据传输过程中被篡改或丢失,确保数据传输安全稳定。(3)数据层采用分布式存储架构,结合关系型数据库与非关系型数据库的优势。关系型数据库用于存储结构化数据,如监测设备参数、用户信息与标准限值等,保障数据的一致性与事务性;非关系型数据库用于存储海量非结构化与半结构化数据,如实时监测数据、历史趋势数据等,满足高并发写入与快速查询需求。此外,数据层需设计数据备份与恢复机制,定期进行数据备份,避免因硬件故障或人为操作导致数据丢失,同时支持数据生命周期管理,对过期数据进行归档或清理,优化存储资源占用。(4)应用层面向用户需求,提供多样化的功能模块,设计时需遵循模块化与轻量化原则。应用层功能模块需覆盖监测数据展示、数据分析、预警管理与设备管理等核心需求,各模块之间保持相对独立,通过标准化接口实现数据共享与功能调用。应用层要支持多终端访问,适配电脑、手机等不同设备的显示需求,界面设计简洁直观,便于用户快速获取关键信息与操作,提升系统使用便捷性^[3]。

3.2 硬件系统设计

硬件系统设计需围绕数据采集、传输与控制三大核心功能,确保硬件设备的稳定性、准确性与环境适应性,满足火电厂复杂工况下的长期运行需求,具体如下:(1)传感器选型与部署需依据监测参数特性与现场环境条件确定。选型时优先考虑精度高、稳定性强且具备抗干扰能力的传感器,同时需满足国家计量标准与环保监测规范,确保监测数据的合法性与有效性。部署设计结合火电厂厂区布局,采用多点分布式部署策略,在污染物产生与排放关键节点加密部署传感器,实现监测覆盖无死角;对于易受环境因素影响的区域,需为传感器配置防护装置,如防尘、防腐、耐高温外壳,减少环境对传感器性能的影响,延长设备使用寿命。(2)数据采集终端设计要具备数据采集、预处理与传输功能,采用工业级硬件方案,保障设备在恶劣环境下的稳定运行。终端硬件核心包括微处理器、数据采集模块、存储模块与通信模块,微处理器需具备较强的数据处理能

力,支持多通道数据同时采集;数据采集模块需适配不同类型传感器的信号输出格式,如模拟量、数字量与脉冲量等,实现数据的精准采集;存储模块需具备一定的本地存储容量,在网络中断时临时存储监测数据,待网络恢复后进行数据补传,避免数据丢失;通信模块需支持多种传输协议,可根据网络层设计灵活切换有线或无线传输方式,确保数据及时上传。(3)控制与供电系统设计。控制模块要具备远程控制能力,可根据应用层指令对传感器与数据采集终端进行参数配置与状态调控,如调整采集频率、校准传感器等;同时需具备故障自诊断功能,实时监测硬件设备运行状态,当设备出现故障时自动发出故障信号,便于维护人员及时排查。供电系统要采用双回路供电方案,主供电采用工业交流电,备用供电采用蓄电池或太阳能供电,确保在断电情况下设备仍能正常工作;对于偏远区域的监测设备,优先采用太阳能供电,降低布线成本,同时需配置电源管理模块,优化电能消耗,延长备用供电时间。

3.3 软件系统设计

软件系统设计要以硬件设备为基础,围绕以下数据处理、功能实现与用户交互三大核心,确保软件的稳定性、安全性与易用性,满足火电厂环境监测的业务需求。(1)数据处理软件设计要实现数据接收、清洗、融合与分析的全流程处理。数据接收模块需支持多协议数据接入,可同时接收来自不同硬件设备的监测数据,采用异步接收方式,避免因数据量过大导致系统卡顿;数据清洗模块需建立数据质量评估标准,通过异常值检测算法识别超出合理范围的数据,采用插值法或均值法补全缺失数据,过滤重复与无效数据,提升数据质量;数据融合模块需结合多源监测数据的特性,采用加权平均、卡尔曼滤波等算法消除数据冗余与冲突,实现数据的互补与优化,提高数据的可信度;数据分析模块需具备基础统计分析与趋势分析能力,可计算监测数据的均值、最大值、最小值等统计指标,绘制数据变化趋势图,为后续环境评估与预警提供数据支持。(2)功能模块设计要覆盖火电厂环境监测的核心业务需求,采用模

块化开发方式,便于功能扩展与维护。实时监测模块需实现监测数据的实时展示,以数字、图表等形式直观呈现各监测点的参数值,支持按区域、参数类型进行数据筛选与查询;预警管理模块需建立多级预警机制,根据监测数据与标准限值的差异设置不同预警级别,当数据超标时自动触发预警,通过声光、短信等方式通知相关人员,同时记录预警信息 with 处理过程;设备管理模块需建立设备台账,实时监测硬件设备运行状态,记录设备维护与校准信息,支持设备故障报修与维修跟踪,确保设备正常运行;报表管理模块需支持自定义报表生成,可根据用户需求生成日报、月报与年报,报表内容需包含监测数据统计、超标情况分析等信息,支持报表导出与打印。(3)软件安全与界面设计。安全设计采用多层次防护策略,数据传输过程中采用加密算法对数据进行加密,防止数据被窃取与篡改;用户管理模块需实现用户身份认证与权限分级管理,不同角色用户分配不同操作权限,避免越权操作;系统需具备日志记录功能,记录用户操作与系统运行日志,便于追溯与审计^[4]。

结束语:本文完成火电厂环境信息智能监测系统的设计,明确监测需求,梳理关键技术,构建分层架构,设计硬件与软件模块,形成完整监测方案,可实现多污染物实时监测与智能处理,为环境管理提供支持。但系统在极端环境适应性与数据深度挖掘方面仍有不足,未来可优化传感器防护与算法模型。

参考文献

- [1]慕灯聪,李峥,徐振生.火电厂环境信息智能监测系统的设计[J].高师理科学刊,2021,41(4):44-48.
- [2]连能利,秦威,王理伪.厂级监控信息系统中的火电厂数据传输监测系统的设计[J].移动信息,2025,47(3):283-285.
- [3]谢敏,李磊,楚英言,齐帅,杨智军.火电厂垂直提升带式机智能监测系统的设计与实现[J].电力系统装备,2025(3):91-93.
- [4]杜赢.基于物联网的火电厂设备实时监测系统的设计[J].自动化应用,2025,66(3):201-203.