

# 基于智能传感器的烟草仓库电气安全监测系统

郭倩玉, 张琪, 赵忠帅, 何召明, 李鸿轩

(山东中烟工业有限责任公司青州卷烟厂, 山东 青州 262500)

**摘要** 为满足烟草仓库对电气系统安全监测的需求, 本研究设计了一套基于智能传感的监测预警系统。系统采用四级架构, 实现对电参数、温湿度等数据的分布式采集和集中处理。软件平台具有数据分析诊断与远程监控功能。结果表明, 系统达到高可靠性指标, 并取得显著的安全防护和经济效益, 该方案值得在烟草行业推广。

**关键词** 烟草仓库; 电气安全; 智能监测

中图分类号: TP27

文献标识码: A

文章编号: 2097-3365(2024)04-0055-03

烟草作为重要的经济作物, 其安全高效的仓储与运输对保证烟草供应链的连续性和国民经济的发展具有重要意义。然而, 由于烟草的易燃性, 烟草仓库一旦发生火灾, 后果极其严重。近年我国多起烟草仓库火灾引发重大人员伤亡和经济损失。经分析认为, 电气系统故障是导致仓库火灾的重要原因之一<sup>[1]</sup>。因此, 开发烟草仓库专用的电气安全监测预警系统, 对实时监测电气系统的运行参数, 评估系统状态, 发现故障隐患, 并及时预警报警, 能够有效减少火灾事故的发生, 保障生产安全与产品质量, 具有重要的社会价值和应用前景。

## 1 烟草仓库电气安全监测需求

烟草仓库电气安全监测的需求主要来自烟草仓库的特殊性。烟草属于易燃品, 仓库内存放大量烟草, 一旦发生火灾, 后果极其严重。近年来我国发生的烟草仓库火灾多达数十起, 造成的经济损失高达数亿元, 严重影响国家烟草产业安全。与普通仓库相比, 烟草仓库存在以下特殊性:

- 仓库内存放大量易燃物质。烟草的可燃性非常强, 一旦起火, 燃烧迅速、热量大, 这使得火灾带来的危害更大。
- 电气系统负荷大。仓库使用大量电气设备, 如烟机、传送带等, 系统负荷高、故障率也较一般仓库为高。电气故障是引发火灾的严重隐患。
- 环境温湿度要求高。烟草仓储要保证一定的温湿度, 避免质量问题, 这对电气系统的运行提出更高要求。

因此, 对烟草仓库电气系统的安全运行进行监测预警是必要的。

具体的监测内容应包括: 电气线路及设备的工作状态, 发现故障隐患<sup>[2]</sup>; 环境温度、湿度, 防止条件

异常, 影响烟草质量; 仓库内是否有烟雾, 及时发现起火状况。设立智能化的电气安全预警系统, 在监测参数超过设定阈值时, 发出声光报警, 并通过消息提醒相关负责人。实时监测和预警是保证烟草仓库电气安全、防止火灾的关键措施, 对减少生产事故损失, 保障烟草供应链安全都有重要意义。

## 2 系统总体设计思路

### 2.1 系统架构

烟草仓库电气安全监测系统的总体架构采用四级布局的分散式结构。

一级为采集级, 主要包括智能烟雾探测器、温湿度传感器、电流、电压、漏电流检测器等。这些传感器和探测器布置在烟草仓库的关键区域, 如临界区域、输送区域、制造区域等, 实现对环境参数和电气输配系统的全面采集。

二级为采集站级, 主要完成对一级采集节点数据的聚合与预处理。采集站通过 RS485 总线连接各采集节点, 并会定期收集各节点的监测数据, 进行滤波、归一化、格式化转换等预处理工作, 然后通过以太网上传到监控中心。

三级为监控中心级, 由工业计算机等组成, 安装数据库服务器、监控服务器、报警服务器等。该级负责对采集站的数据进行持久化存储, 实时监控和状态评估, 智能分析判断并由此产生控制指令和预警信息。所有监测与控制的核心处理功能均在此级完成。

四级为监控显示级, 包括监控显示终端和控制面板等。负责人机交互、接收监控中心的告警信息、显示报表、参数设置等。同时可向监控中心发送控制指令, 实现人为干预和状态调节。该架构充分考虑系统的分布特点和数据处理的等级规律, 能够实现对烟草

仓库区域的分散监测与集中控制,既能保证数据的全面采集,也能实现信息的有效处理与利用,总体合理、高效<sup>[3]</sup>。

## 2.2 系统功能模块

烟草仓库电气安全监测系统的功能模块设计紧密结合监测目标和应用需求,主要包括:数据采集模块、数据传输模块、参数分析诊断模块、智能控制模块、人机交互模块。

1. 数据采集模块负责组织和管理各类电气及环境监测传感器,对烟草仓库区域的温度、湿度、烟雾浓度、电流、电压、漏电流等数据进行高效可靠的采集。

2. 数据传输模块基于有线和无线通信设备或网络,实现监测数据从采集端到中央监控平台的传输。支持多种网络模式如WiFi、4G、以太网等。

3. 参数分析诊断模块利用数据库管理、数据挖掘、智能算法等对监测参数进行多维度分析,实现对电气系统运行状态和潜在故障隐患的智能识别与评估。

4. 智能控制模块根据系统状态评估结果,利用PLC、操作终端等设备,对仓库区域的电气系统实施智能化的状态调节或故障防护控制。

5. 人机交互模块提供图形化的监控页面,实现对系统运行的参数实时监控,并进行人为干预或设备控制,确保电气系统的安全可靠运行。

上述模块间数据互联、功能协同,构成一个信息闭环,实现对烟草仓库电气系统全生命周期的智能化监管。

## 3 系统软硬件设计

### 3.1 硬件设计

1. 温湿度传感器:选择测量范围广(-40℃~125℃,0~100%RH),温度精度±0.3℃,湿度精度±2%RH的数字输出产品。传感器采用精密的铂电阻和电容式湿敏元件,内置高速MCU和A/D转换电路,通过成熟的温湿度复合测量算法实现参数获取。支持多种通信接口如UART串口、I2C、SPI等,实现采集端的灵活连接。同时配置可编程非易失存储器,自定义设置数据存储周期,如1min~60min范围内可调,保证关键参数的历史曲线跟踪。传感器工作稳定可靠,校准周期长达2年,满足烟草仓储对环境准确监控的需求。

2. 烟雾传感器:选择烟雾检测技术成熟的光电互补式产品,采用精密的微处理器,配合云台式光电灵敏探测器,实现360°全方位灵敏检测。具有自动跟踪补偿算法,在温度-40℃~60℃、相对湿度10%~95%变

化大的环境下,保证检测性能稳定。具有两级火灾预警功能,预警点自动跟踪调整,实现极早期火灾报警。同时配置智能诊断电路,提供工作状态和故障提示。配件标准化,现场安装和调试简便<sup>[4]</sup>。

3. 电流互感器:考虑到线路电流的准确测量和监测系统的抗干扰需求,选用闭环互感器方案。采用导磁系数稳定、温漂优异的镍铁基南氏体材料,测量范围0~3000A,转换精度高达0.2级。互感器作为一种“绝对式”传感器,不需要运放,转换误差低,满足烟草生产线各类电机、变频器等负载设备电流的准确检测。

4. 电压采集器:选择宽量程(15V~1000V)、高精度(0.1级)的电压采集模块,内部集成电磁隔离、信号调理、A/D转换功能,通过标准电压信号采集电源电压,保证数据采集和设备安全。模块结构紧凑,直流供电设计,适合工业现场苛刻的工作环境。

### 3.2 软件设计

数据采集处理软件基于工业控制计算机和可编程逻辑控制器构成,利用面向对象的高级语言和关系型数据库进行开发。软件具备稳定的驱动框架,对各类智能化监测传感器提供标准接口,实现温度、湿度、烟雾浓度、电压、电流等多源异构数据的透明采集。通过配置不同的驱动程序,快速接入监测网络。数据采集管理实现对时间同步、检测质量(SNR)和采样频率等参数的调度优化,保证信号的有效提取。使用高性能数据缓存和独立的解析、滤波任务,对采集数据进行验证、去噪、压缩和校准等在线处理,提高传输效率。采集内容按既定的数据格式和文本协议进行组装和编码,持久化存储到关系数据库中,并建立完善的表结构,支持多维组合查询分析。软件全面支持OPC开放协议和Modbus现场总线规约,实现与各类智能检测设备的灵活接入与集成,构建横向可扩展的监测网络,是数据采集处理的核心<sup>[5]</sup>。

监控管理软件基于B/S三层浏览器/服务器模式构建,服务器端应用JAVA语言和关系数据库ACCESS开发。软件实现用户权限管理和基于角色的访问控制机制,保障系统数据和功能的安全。采用AJAX技术实现富客户端监测界面,支持多窗口并行显示。使用SVG、Canvas等高级绘制技术,通过动态曲线、层叠柱状图等直观形式,展示监测参数的实时变化和趋势,时间范围可灵活配置。优化的大数据读取算法,支持快速提示实时预警信息,并自动生成PDF格式的定期监测报表。软件全面支持Web页面访问和移动客户端,可使用PC、平板等多终端进行远程监控浏览。统一的

软件平台,实现对仓储电气系统运行的集中管理和决策支持。

#### 4 系统可靠性分析与应用效果

##### 4.1 可靠性分析

烟草仓库电气安全监测系统通过针对软硬件的可靠性分析和测试,全面验证系统的高可用性。主要试验内容和结果如表 1 所示。

表 1 烟草仓库电气安全监测系统的可靠性测试汇总表

项目	内容	指标	结果
硬件可靠性	设备 MTBF	≥ 4.5 年	合格
软件可靠性	单元测试覆盖率	≥ 92%	合格
软件可靠性	条件测试覆盖率	100%	合格
软件可靠性	可用性	99.95%	合格
软件可靠性	连续运行时间	≥ 8000 小时	合格
环境适应性	高温试验	80℃	合格
环境适应性	低温试验	-40℃	合格
环境适应性	湿热试验	60℃, 95%RH	合格
环境适应性	振动试验	6G	合格

从表 1 中可以看出,监测系统的各项指标均达到或超过设计规范要求。具体分析如下:系统选用的监测设备、采集终端和网络设备可靠性高,其平均故障间隔均在 4.5 年以上,完全满足长周期稳定运行的需求。在软件过程和开发测试方面,执行严格的质量控制,包括代码 Review、详尽的单元测试等措施。测试覆盖率和可用性监测指标显示软件设计和实现达到高水准。连续运行试验在全负荷条件下持续超过 8000 小时没有出现异常。表明软件具有足够的鲁棒性和容错能力。环境试验验证系统工作的适应性,能适应仓储空间的温度、湿度及振动变化,没有超过允许误差范围,运用条件得到验证。通过一系列全面的可靠性测试,软硬件指标均达到国际先进水平,完全满足烟草仓储对监测系统高可用性的需求,长期稳定可靠地运行。

##### 4.2 应用效果评估

烟草仓库电气安全监测系统投入使用一年来,各项监控性能指标稳步提升,在减少事故损失、提高系统可靠性等方面展现出良好的应用效果。主要效果汇总如表 2 所示。

从应用统计数据可见,新型监测系统具有明显的安全防范和系统优化作用。具体来说:电气故障相关的安全事故和设备损坏大幅减少,降低 90% 以上的物

资和生产损失,保证烟草质量安全。借助系统的实时监测和智能分析,电气设备的检修响应速度显著加快,停机时间缩短 70%,系统可用性和生产效率明显提升。精准的状态评估分析实现设备保养的转变,将保养周期扩大 60%,设备运维的经济性大幅提高。综合测算投资回收期不足 1.5 年,新系统具有良好的经济效益。可见烟草仓库专用电气安全监测系统性能优越,总体应用效果显著,值得进一步推广应用。

表 2 烟草仓库电气安全监测系统的应用效果

应用效果	主要指标	效果评价
安全保障	电气故障相关事故降低	90% 以上
运维效率	检修停机时间缩短	70% 以上
运维效率	保养周期延长	60%
经济效益	设备损坏损失降低	70% 以上
经济效益	烟草报废损失降低	显著下降
经济效益	投资回收期	≤ 1.5 年

#### 5 总结

本文针对烟草仓库电气系统的安全监测需求,设计了一套基于智能传感器的安全监测预警系统。系统采用分散式架构,能够实现对电气线路、温湿度及烟雾浓度的全面监测和数据采集。通过工控机和可编程逻辑控制器构成的数据处理平台,对监测信息进行分析处理,实时评估电气系统的安全状态。同时借助监控管理平台,实现对系统的远程监视与控制。该方案经过可靠性分析和效果评估,软硬件指标均达国际先进水平,在防范电气事故、减少损失等方面展现出良好效果。

#### 参考文献:

- [1] 冯海洋. 电气工程及其自动化的智能化技术分析[C]//中国智慧城市经济专家委员会. 2023 智慧城市建设论坛广州分论坛论文集. 甘肃电投张掖发电有限责任公司, 2023.
- [2] 马艳梅. 基于智能传感器的消防监测系统研究与实现[J]. 太原学院学报(自然科学版), 2022, 40(03): 31-37.
- [3] 贾刚, 傅霖煌, 赖远桥. 基于智能传感器技术的列车轴温监测系统的研究[J]. 机械设计与制造工程, 2021, 50(10): 59-62.
- [4] 李嘉敏. 基于无线智能传感器的袋式除尘设备监测系统的研究[D]. 太原: 太原科技大学, 2021.
- [5] 马钧钊, 张利华. 基于多通信方式的烟草仓库监测系统网关的设计[J]. 硅谷, 2012, 05(13): 12, 47-49.