

# 矿井通风机运行稳定性监测体系的应用研究

李瑞文\*

(山西汾西瑞泰正中煤业有限公司,山西 晋中 031300)

**摘要:**矿井通风机也叫作“矿井肺脏”,旨在向地下供应充足的新鲜空气,稀释有害气体并移除悬浮煤尘,是矿井中最重要的通风设备。旨在综合考量矿井通风机特性,通过对其各项指标的实时监控,开发一套实时监测与故障诊断系统,自主识别并诊断常见的不平衡、不对中等各类转子机械问题。

**关键词:**矿井通风机;运行稳定性;监测体系

**中图分类号:**TD441 **文献标识码:**A **文章编号:**1004-5716(2024)12-0113-03

通风机在矿山部门、电厂部门等领域应用广泛。其性能的优劣直接关联着工作人员的生命安全,特别是在矿山环境中的通风机,因其承担着提供清洁空气、排除有害气体的重要职责,故而被形象地喻为“矿井的肺脏”,主要负责向地下供应充足的新鲜空气,稀释有害气体含量并清除悬浮煤尘,以确保地下工作者能够处于安全、稳定且环境宜人的作业环境中。据显示,煤矿安全事故中有七成多是因通风设备故障及通风管理不到位所致,因此,对正在运转的通风机实施有效地监控变得至关重要。

## 1 影响PLC控制系统稳定的干扰因素

PLC的干扰因素归纳为三类:首当其冲的是各类干扰源,其次涉及多样的传输途径,最后是各式接收终端。

### 1.1 电源引入的干扰

电源,堪称电子装置的“养分”,在电子系统中扮演着至关重要的角色,其性能直接关系到电子设备的抗干扰、稳定性等关键指标。PLC的能源接入通常借助电力系统来完成。雷电冲击、开关操作、大规模电气设备的启停、换流装置产生的谐波以及电网短路时的瞬时冲击等,由此引发的电力系统振荡,会通过传输网络传导至PLC,导致电力供应中断,此干扰亦会施加于PLC子系统、扩充机箱及I/O模板,情况恶劣时,将波及控制中枢,引发PLC运作故障<sup>[1]</sup>。

### 1.2 I/O信号线引入的干扰

借助PLC控制系统实现集中管理,聚合各装置的信息。在执行信号传送之际,PLC及其多样化的信号通道,会受到各种外部干扰的冲击。

鉴于此类信号通道所引发的干扰,往往会导致I/O

功能异常,进而无法有效传递任何有价值的信息,情况恶化时甚至可能致使元件受损或出现故障,由此对PLC的运作效能构成重大制约。

### 1.3 接地线引入的干扰机制

PLC系统的接地通常包含信号、模拟、数字等接地系统,以及屏蔽接地线,由于地线固有的阻抗特性,当信号通过地线传输时,会产生共模电压现象,这即共模干扰的表现。且非均匀的地线电位分布也是值得关注的问题,其根源在于地线及相关地线的处理不当,这不仅会引发故障,还可能对整个电网的运行效能造成负面影响<sup>[2]</sup>。

### 1.4 PLC系统的抗干扰机制

为提升PLC的抗干扰能力,实施特定的调控方法,确保其稳定工作,尽量减少干扰。为避免系统频遭干扰,可从3个方面进行考量与优化:①减弱干扰信号的幅度,②尽可能地降低噪声对电路的耦合效应,③增强电路自身的抗干扰性能。

### 1.5 电源系统的抗干扰机制

鉴于电源系统内部异常及失真会导致电能扰动,为了强化电源系统的稳固性,确有必要引入特定的电源系统解决方案<sup>[3]</sup>。且在A/C电源与PLC系统之间,引入双层屏蔽的隔离变压器及低频滤波器进行连接,可有效控制电力网络中的电压波动与失真状况,并减小电源系统所承受的影响;借助绝缘化机制,分离电源系统和信号的干扰与接地,避免PLC严重影响电力系统;在高频信号过滤处理中引入低通滤波器,降低系统输出电压的波动幅度,进而提升系统的电源供应稳定性。

\* 收稿日期:2024-09-08

作者简介:李瑞文(1982-),男(汉族),山西介休人,工程师,现从事煤矿大型设备维护与技术管理工作。

## 1.6 合理布线

在实际运用PLC设备时,应严格遵照特定的准则。在铺设线路时,确保将控制线、电源线与信号线区分开,并保持适当的距离,此类间隔的最佳距离为30cm。当开关与模拟输出信号之间需要长时间间隔时,通常会选用屏蔽线或双绞线进行连接;在特定高频段通常选择光缆。为了确保其在转换过程中的启停特性,可并行配置屏蔽层与均衡导线,并确保屏蔽层在两端均与地线相连。在传输模拟信号时,应用屏蔽层技术抵御外界高频噪声的影响。此外,为抵御外界高频干扰,往往需挑选多样化的插座与适配器<sup>[4]</sup>。

## 1.7 接地干扰措施

在对配电箱内设备进行联接时,并在PLC中隔离设置一些其他组件。在进行接地操作时,应严格遵循与控制系统共用接地点的一致性要求。接地电阻需保持在100Ω以内,地线截面积至少为2mm<sup>2</sup>,并确保与PLC间的距离不超过50m。

## 2 矿井通风机运行稳定性监测体系设计

### 2.1 设计思路

鉴于煤矿安全管理的现状,特构建煤炭工业安全监控系统,旨在有效应对并解决当前的安全生产管理挑战。打造安全管理的科学化、现代化架构,依托煤矿安全生产标准框架与全面管理体系,打造高效、安全的运营环境。遵循“承旧推新、核心扩散、平台操作、双轨标准、全面布局、分步执行”的策略,对特定区域内煤矿生产安全进行有效集中管理,确保在遇到各种警报和安全风险时,能迅速且有效地进行处理,以确保煤矿的安全生产。

(1)继承创新:秉持高效资源调配原则,革新采集策略:在矿场部署预处理器,负责收集安全监控与影像资料。将地下安全管控与视讯系统整合优化,以期达成矿务安全风险自动化评估目标<sup>[5]</sup>。

(2)中心辐射:打造煤矿安全监控中心,全面整合与管理煤矿关键安全领域数据,包括瓦斯与视频监控等,实现对重大煤矿安全业务的统一高效管控。此外,后续依旧用中心硬件及软件开展系统建设与管理工作的,旨在避免冗余的重建工作。

(3)平台作业:构建安全监控体系,主要用于确保煤矿运营安全。依据国家安全规定准则、专业软件规范、煤炭管理数据接口规范,制定出涵盖管理规则、信息规范、技术指南及业务流程的标准体系。按标准在系统中接入瓦斯安全、工业视频、数据采集等监控系统,确保所有系统的数据可集中存储与管理,可用于全面统计分析,在此基础上构建统一的应用工作平台,为

管理人员提供真实依据和执行标准,以便其做出科学的决策和管理。

(4)二套规范:即打造二套标准的、满足平台接入标准的系统准则,即:煤炭开采安全规程及其支持架构指南、煤炭开采安全性与全面管理框架规范,各个接入系统依据统一标准与规范实施构建,以提升系统的可扩展性,优化资源配置,消除冗余建设与资源损耗,以提升效率并减少浪费。

(5)整体规划:指的是构建标准化的建设准则,在预防日后在执行系统构建及整合子系统过程中出现软硬件资源冗余问题。确保数据精确、系统可靠,并实现投资决策的智慧化。

(6)分步实施:指的是在完成系统的全面设计与规划之后,接着依据既定的建设准则执行。分阶段搭建各类安全监控联网子系统;重点建设煤炭安全生产监测联网平台,建立煤矿安全和矿井工业视频这两类监控联网子系统,以及数据采集与分析子系统;按照后期项目建设规划,接入人员定位系统、压风自救系统、供水施救系统、井下紧急避险、通讯联络等其他煤矿安全应用系统。

### 2.2 系统组成

该体系架构包含:PLC控制箱、工业PC、监控感应器、远端监控电脑与资讯通信网络等元素。PLC与工控机协同工作,对主通风机及其附属设备实施自动化控制与一键式切换功能。

在矿场调度中心实施远程监控计算机配置,能够对风机的远程操控以及实时展示其运行参数;视频监控系统是平台核心组件,可实时展现现场情景。系统内置的PLC与工控机均具备网络特性或装配有网络组件,可以将本监控系统的数据整合至全矿范围内的集成自动化体系之中。

### 2.3 系统主要功能及特点

(1)实现两台主通风机的现场统一开关操作、远端计算机操控及一键自动化切换与备用风机控制。

(2)当风门具备远距离操作功能时,能够执行一触即发的反风操作。

(3)能够及时进行网络化监控主通风机的风压、风量及轴功率等核心指标。

(4)该系统能够即时联网追踪其操作状态的各项数据,涵盖:电流量、电压值、能量输出、功率因素、轴承热度、振动频率,电机线圈温度、风机运作指示、风道开关状态等;可用实时曲线图展示电机轴承和风机轴承的温度,电机的电压、电流和功率,风流瓦斯浓度,风道的全压、静压、风量和风速。

(5)在线设置、在线警报机制上,需设定并监控风量、负压、电压、温度、振动位移等参数的临界值范围。当达到第一级警戒线时,控制单元须触发警告信号;一旦触及第二级阈值,则不仅应响起警报,还应自动停止运行,并激活故障应急切换机制。

(6)可调整高压柜、操作风门及其他各类设备的合分闸。

(7)在监控中心,风机及风门系统的模拟数据能够实现同步实时显示。

(8)能够呈现即时警报资讯,构建警报历史资料库,并支持输出即时警报、日汇总报告及月度概览。历史数据每年循环存储,超出部分自动溢出。

(9)监控系统之电源供给架构包含在线模式、西门子的UPS以及双层防雷设施。UPS在线模式确保监控系统的电力供应稳定且纯净,具备高度可靠性。一旦系统电源出现断电情况,备用电池将随即启动,足以支撑1h的持续供电需求。

(10)视频监控系统集成通信端口,能够将相关信息传输至矿井调度中心,从而实现设备运行状态的远程实时监测。

(11)配置环境温度与烟雾传感器,实现对环境状态的实时监控,以有效预防火灾事故的发生。

### 3 通风监测系统监测方案

为确保风机运行状态监测的全面性,基于对典型故障的剖析,统筹评估监测的实践性与精确度,最终确定的策略涵盖对风机运作期间的气流总量、电能调控指示、热度和振动迹象的跟踪监测。

#### 3.1 监测风机风量

风机风量监控主要用于确认风机输送的空气量,是否与地下作业的实际需要一致,为达成适应性优化风机运作状态,以确保通风效益最大化之目的。

在风道系统中安装两套取压环装置,分别位于取压环1和取压环2位置,以准确测量风机在风道内的动态压力分布情况。通过计算两测点间的压力差,结合风道横截面积与风量修正系数,确定风道内风流量,采用如下关系表达式:

$$Q=KA\Delta v$$

式中: $Q$ ——风道内的风流量, $m^3/s$ ;

$K$ ——风量修正系数,此参数可根据现场的实际测量结果进行调整设定;

$A$ ——风道的横截面积, $m^2$ ;

$\Delta v$ ——风道内部的压力差, $MPa$ 。

#### 3.2 监测电气信号

检测电气信号、监测电能信号,主要借助电流感应

器、电压感应器等装置来监察风力发电系统运行期间的电流与电压指标。

#### 3.3 监测温度

温度监测主要以电气轴承、定子监测对象,监控手段主要依托部署于风机内部的PT100类型温度感应器实现数据收集,具备高度的精确度与稳定性。

#### 3.4 监测风机运行振动信号

在执行风力发电机运行过程中的振动信号收集任务时,应于振动表现最为显著的区域安置振动传感器(共计4个),提高风机振动监测的精确度。

### 4 线下应用情况

以主通风机控制系统FBCDZ.NO29/2\*450为分析案例,在未进行改良之前,该风机执行恒定转速运作模式,鉴于长时间以高速度运转,该风力系统的能量消耗与损耗显著增加,进而引发频繁的机械问题,因此在实际操作过程中常遇多种故障。据数据统计,风力发电机的平均故障次数高达0.4次/d,同时其运行能源消耗量居高不下,严重阻碍了通风系统的稳定性和经济性。在对矿井通风机运行稳定性监测系统更新优化之后,在风力发电机的操作阶段,其平均故障次数已降至0.05次/d,风机故障减少了88.4%。风机运行阶段每分钟转速从1450r减少至了1200r,在运作期间,能源消耗平均减少了17.2%,明显增强了矿井通风体系在操作阶段的经济效益。

### 5 结论

在我国能源结构体系中,煤炭资源一直扮演着核心和主导的角色。考虑到煤矿开采领域的特殊性,煤炭开采过程经常面临各种安全事故,这对矿工的身心健康乃至生命安全构成了重大威胁。在现有阶段,煤矿生产的各个流程均面临着更为严苛的标准。鉴于此矿场已部署了安全管理系统,其主要功能在于即时追踪矿场的各项技术指标,以提前识别和应对潜在问题,防止轻微故障演变成重大事故。

#### 参考文献:

- [1] 周福宝,魏连江,夏同强,等.矿井智能通风原理、关键技术及其初步实现[J].煤炭学报,2020,45(6):2225-2235.
- [2] 闫大群.基于网络解算的综采工作面瓦斯浓度监测预警系统研究[D].西安科技大学,2018.
- [3] 杨帅,撒占友,王相君,等.基于环境监测的矿井通风三维仿真辅助决策系统设计[J].中国安全生产科学技术,2020,16(1):80-84.
- [4] 王凯,郝海清,蒋曙光,等.矿井火灾风烟流区域联动与智能调控系统研究[J].工矿自动化,2019,45(7):21-27.
- [5] 刘剑.矿井智能通风关键科学技术问题综述[J].煤矿安全,2020,51(10):108-111,117.