

# 矿井主通风机自动化控制系统研究

李 燕 (潞安化工集团五阳煤矿南丰工区, 山西 长治 046200)

**摘 要:** 矿井通风系统的主要作用是提高井下空气氧气浓度, 减少井下毒害气体含量, 调节井下温湿度。实现矿井通风系统的自动化控制对于提高矿井下作业的安全系数有积极影响。本文基于矿井主通风机自动化控制系统的工作原理, 分别探讨了通风系统的控制形式与方法、主通风自动控制系统的总体设计、软件设计与硬件设计, 并提出几点看法, 以供参考。

**关键词:** 矿井主通风机; 自动化控制; 系统研究; 设计

矿井主通风机的正常运行需要较大的电流和电压。在恶劣的工作环境中, 通风机运行存在安全隐患, 一旦发生事故, 会危害井下工作人员的生命安全。建设自动化矿井主通风系统可以实现对通风量的自动化调节, 减少系统失误操作。矿井自动通风系统涉及到大量先进的仪器设备和原理, 相关人员要做好软件系统与硬件系统的研究工作, 确保设计安装工作进行顺利。

## 1 矿井主通风机自动化控制系统概述

### 1.1 自动化控制技术的工作原理

自动控制系统是通风系统自动化运行的关键, 主要由以下部分构成:

#### 1.1.1 中央控制系统

该系统正常运行依赖微型计算机, 其主要工作原理是通过收集、整理矿井内的实际数据, 并使用科学的计算方式计算出当前井下需要的通风量, 向其他子系统传达指令, 实现对矿井通风的自动管理。通常情况下, 矿井系统的微型计算机有很多的接口, 不同的接口能够获得不同的数据信息, 或传达不同的指令。在使用这些接口控制煤矿通风时, 可以加快子系统的反应速度, 实现对子系统风量、风速的精确控制。此外, 微型计算机还可以与智能监控系统连接, 实现对井下情况的智能跟踪, 一旦发现有危险情况会发出警报。

#### 1.1.2 变频系统

这一系统主要被应用到通风系统当中, 用以控制通风机风速、风量。其主要工作原理是调整通风机内电机转速控制通风系统, 实现对风量、风速的精确管理<sup>[1]</sup>。这是一个全自动的系统, 不需要人工参与即可获得理想的工作效果。同时, 将该系统与传感系统联合使用, 能够进一步提高通风系统的工作质量。

#### 1.1.3 传感系统

该系统主要有各种类型的传感器构成, 如温度传感器、湿度传感器、毒害气体变化传感器等等。其主要工作原理是时分制或频分制的信号传输控制, 通过调整风门角度改变风量的大小, 从而实现对通风系统的自动控制。

### 1.2 矿井主通风机的原理

将机械能转变成气体能量是主通风机的主要工作原理。实际工作中可选择以下两种装置进行能量转化, 实

现对矿井需风点的持续通风:

#### 1.2.1 离心式通风机

这一装置主要由机壳、叶轮、电动机构成, 如果是大中型的通风机, 还会用到联轴器、皮带等设施。其主要工作原理是在压差作用下借助离心力使风从叶根流入叶道。工作过程中, 叶轮受传统装置的影响进行持续旋转, 在叶道旋转的过程中使叶片获得离心力, 从而将叶端抛出叶轮<sup>[2]</sup>。当流量较小的时候, 离心式通风机一般表现为单侧进气; 当流量较大的时候, 离心式通风机则会启动双侧进气模式。

#### 1.2.2 轴流式通风机

这一装置主要由叶轮、集流器、流线体、传动部件、扩散筒等装置构成。其主要原理在于驱动圆筒形机壳不断转动让气体流入集流器, 并借助速度和压力获得叶轮能量, 使风沿着轴排出。根据技术要求, 轴流式通风机的叶片数量需控制在以内; 其叶片的安装角度需控制在 $10^{\circ} \sim 45^{\circ}$  以内。

## 2 矿井主通风机的控制形式与方式

### 2.1 主要控制形式

矿井主动风机的自动控制形式可分为以下两种:

#### 2.1.1 PLC 控制形式

这是一种应用范围较广的控制形式, 可以根据采集到的风量、风压、温度等数据对通风系统进行精准控制。PLC 控制应用到了控制算法, 主要是根据具体数据内容传达控制指令, 完成对变频系统的控制。其主要工作流程包括上电初始化、自诊断、读入外设命令、输入现场信息、执行程序、输出控制信号、重复自诊断等等<sup>[3]</sup>。

#### 2.1.2 变频调速控制形式

这一形式的工作原理在于改变电机转速调整风量, 涉及到 $n_1=60f_1/p$ ,  $n_1$  其中主要表示电机的转速,  $f_1$  表示风机的供电频率,  $p$  表示通风机电机的极对数。变频调速控制形式具有节能的优势, 在电机转速降低时, 通风机的运行功率也会随之减少。比如, 电机的转速降到之前的 $1/2$  时, 其运行功率会减少到之前 $1/4$  的, 进一步实现对能耗的精准把控。

### 2.2 具体控制方法

一种是模拟量的控制方法, 比如数字信号控制方法或模拟信号控制方法。在变频器的输入端输入模拟信号,

借助模拟数据实现对控制器频率的控制。在 A/D 模块的帮助下对模拟信号进行转换, 将其变为 0~10V 的电压或 4~20mA 的电流。受自身技术局限, 这种方法不能被独自应用到通风系统中, 需要与 PLC 联合使用。另一种开关指令控制方法。通过将 PLC 与继电器节点相连明确通风机实际的运转数据, 并根据相关数据调整电机的运行状态, 从而改变其输出频率。由于变频器的输出频率是固定的, 异步电机控制方法对变频器无效, 所以这种方法只能被应用到没有电机、却需要连续变速的系统当中。

### 3 主通风机自动化控制系统的总体设计

#### 3.1 总体结构设计

总体结构设计时需要考虑到励磁系统、高压开关柜系统、计算机控制系统、风门控制系统四大部分的设计问题。

##### 3.1.1 要做好励磁系统的结构设计

设计过程中要考虑到通风系统电机的手动启动、自动启动以及其受网络信号控制自启动、传递励磁信号等运行情况, 并设计励磁系统的动态监测系统。通过监测励磁电流、励磁电压、功率运输等内容实现对风机的控制, 使相关装置能够根据命令内容执行相应程序。

##### 3.1.2 要做好高压开关柜系统的结构设计

根据高压开关柜实际的电气参数、状态参数对其进行失电压、过电压、欠电压、速断、过流的监测, 保证高压开关柜的正常运行, 为通风系统内风机电机正常启动、电抗器正常切除做好准备。

##### 3.1.3 要做好计算机系统的结构设计

考虑到工业计算机对整个通风系统的重要性, 需要对其功能、运行状态进行良好的设计管理。不仅要开发其数据储存、数据传输、数据查询等功能, 还需要控制其运行状态, 使其能够充分发挥自身的中转功能, 实现对通风系统的智能化控制。

##### 3.1.4 要做好风门控制系统的结构设计

该结构设计主要围绕着就地控制柜和电动机监测系统展开。如果该系统采用了手动形式的风门控制方式, 需要做好磁力启动器、风门行程开关的设计; 如果该系统采用了自动形式的风门控制方式, 需要做好 PLC 命令接收系统的设计。设计风机电动机的监测系统时, 要考虑到风门遥控问题和电动机轴承状态、风机状态的监测问题, 确保系统的具体运转数据可以被准确的传送到工业计算机。

#### 3.2 具体功能设计

主通风机自动控制系统的功能设计需要考虑到矿井下工人对工作环境的具体要求。一方面, 要满足工人对工作环境安全的具体要求。矿井工作的工作环境较为恶劣, 主通风机或井下其他设施容易受外界环境的影响发生故障, 对井下通风情况造成影响, 埋下安全隐患。设计系统的具体功能时, 需要考虑到设备的故障报警问题、自动修理问题与备用设备的自启动问题。开发系统的智能监控功能和故障停机指示功能, 允许主计算机获取子系

统设备的故障记, 并实现对备用设备的自启动管理。另一方面, 要满足工人对井下通风状况良好的具体要求。开发风道风门自动倒换功能、网络通信功能, 将传感系统与主系统相连, 由主计算机根据传感系统监控数据调整通风量和风速, 达到降低井下毒害气体浓度、提高井下氧气浓度的自动控制目标。

#### 3.3 参数计算设计

设计人员要使用科学的计算方式计算通风机的静压 ( $P_{d1} = \frac{1}{2} P_1 (\frac{Q}{A_1})^2$ )、轴功率 ( $N_s = N_r + N_d + N_c$ ), 电动机的输出功率 ( $N_e = 0.94 N_r$ ), 通风机的设备效率 ( $\eta = K_{pst} * \frac{P_{st} * Q}{1000 N_s}$ ), 通风机的静压效率 ( $R = \frac{P_{st}}{Q^2}$ ) 等等。借助以上公式实现对通风机流量的精准把控, 保证通风量、通风风速能够满足保证井下空气的良好流通。

### 4 主通风机自动化控制系统的软件设计

#### 4.1 PLC 通信软件的设计

主通风机自动控制系统涉及到主控制柜与就地柜之间的通信问题与主控制柜与励磁柜之间的通信问题。如果系统选择了遥控方式, 主控制柜的 PLC 可以自动接收风门的开关状态数据, 并将控制指令下发到工控机上。在 PLC 的指令传输给就地柜后, 就地柜的 PLC 根据指令内容调整风门状态。如果系统选择了手动方式, 则由就地柜柜门上的按钮决定了风门状态。在此情况下, 想要改变风门状态, 需使用就地柜上 PLC 按钮。此外, 在励磁柜上安装 PLC 可以实现对电动机的自动启停控制。

#### 4.2 自动倒换控制软件的设计

通常情况下, 为保证通风系统在设备故障的情况下仍能正常运行, 会为系统配备两套通风设备, 即一套为主工作设备, 另一套为备用工作设备。传统的双机系统由于对备用设备的利用程度不够、对主工作设备的依赖程度过高导致主设备使用寿命缩短, 双机系统运行效率低下。在自动控制系统下, 设计人员要做好正常倒机、故障倒机的软件设计。设计风机倒机工作流程时, 需要设计好风机的自动倒换时间, 并做好其正常或故障的判定设计。系统判定风机是否正常运行 (Y/N), 如果正常运行 (Y), 则进入下一程序, 判定是否到倒换时间 (Y), 如果到了倒换时间, 1 号风机停机, 2 号风机备用; 当系统判定风机发生故障 (N), 直接启动 1 号风机停机程序, 由 2 号风机备用。系统运行期间, 两套风机系统可以互逆使用。比如, 当备用风机 (2 号风机) 发生故障后, 可启动 2 号风机停机程序, 由 1 号风机工作。该系统的 PLC 编程运转情况如下: 在一段程序内, 下达自动倒机指令, 2 号电机启动 (正向合闸); 在二段程序内, 2 号风机常态运转, 延时开启 2 号风门, 同时关闭 1 号风门; 在三段程序内, 2 号风门打开, 1 号风门关闭; 在四段程序内, 对机组进行巡, 并发出下一段指令。

#### 4.3 上位机组态软件的设计

上位机组态软件是整个自动控制系统的关键, 具有收集传输实时数据、生成数据、回路调控等多种功能。



上位机组态软件的功能由编程实现。工作人员通过组态王、MCGS 等组态软件应用到矿井主通风机自动控制系统当中,可以进一步完善系统的图形功能,优化系统的操作程序,降低系统的操作难度。以 MCGS 组态软件为例,工作人员可使用该软件生成集主控、设备构件、应用、数据整理等功能于一体的主控结构,实现自动控制系统、自动报警、存盘处理等功能。

## 5 主通风机自动化控制系统的硬件设计

### 5.1 传感器的选择设计

传感器对于自动控制系统的运行质量其决定作用。只有选择性能指标优越(如精准度高、抗干扰性强、输出稳定等)的传感器才能够为主计算机传送精准的监控数据。选择通风系统的传感器时,需要注意以下几点:①选择速度传感器时,需要选择灵敏度良好、频率范围大、可测位移小、工作温度跨度大的传感器,比如 CD-21-C/S 系列的风机速度传感器;②选择温度传感器时,要选择灵敏度高、便携性良好、有专门线路、有较强抗干扰能力的传感器,并根据具体技术指标(如量程在  $-20\sim 200^{\circ}\text{C}$ 、输出在  $4\sim 20\text{mADC}$ 、准确度在  $0.25\%\text{F.S.}$ 、 $30\text{mA}$  限流)选择传感器,以免传输数据存在误差,影响系统正常运行;③选择具有良好防腐性能,温漂小,稳定性良好的压力传感器,确保其对风机出口、风机入口的压力检测良好,从而精准的计算出风机的流量。期间,工作人员可按照以下技术指标选择压力传感器:输出形式为  $4\sim 20\text{mADC}$ ,供电电源在  $+24\text{VDC}$ 、准确度  $\pm 0.5\%$ ,介质温度在  $-20\sim 86^{\circ}\text{C}$  以内,环境温度在  $-10\sim 60^{\circ}\text{C}$  以内,响应时间在  $30\text{ms}$  以上的传感器。

### 5.2 采集板卡的选择设计

采集板卡要选择抗干扰能力强、使用方便、具有精密测量功能的采集板卡。在根据相关技术指标选择采集板卡后,工作人员要做好地址设计、模拟信号输入接口设计、信号输入量程设计等多项设计工作。同时,要考虑采集板的采集方式(如查询方式、中断方式等),根据主通风机自动系统的具体需求合理选择查询方式,并根据具体需求插针短接。在设计采集板卡时,工作人员需要注意跳线位置的设置管理,确保模拟地与信号地在板内连接,避免出现非线性误差。

### 5.3 PLC 机型的选择设计

在选择 PLC 机型时,需要考虑到以下问题:其 CPU 的个数和位数,其 RAM 的容量、其扫描速度、其 I/O 点数、其编程语言,选择硬件安装方便、软件功能强大的 PLC 机型。首先,工作人员要注意甄别不同机型的指令处理周期,选择具有高速处理功能、储存器容量较大的机型。其次,要注意分析 PLC 机型的拓展性能,考察其电磁兼容性和强抗振动,分析其是否能够适应矿井工作环境。最后,要考虑其网络通信性能。选择支持 AS-I、MPI、PROFIBUS 等以太网总线连接的 PLC 机型,观察 PLC 集成 CPU 的多点连接编程器。此外,工作人员还需要考虑到 PLC 组态站、站窗口、模块排列规则、槽规则、

网络组态等内容的设计管理,确保 PLC 系统能够稳定运行。

## 6 主通风机故障的报警和诊断系统

### 6.1 运用变频调速系统保证矿井安全

变频调速系统主要通过改变电动及定子供电频率来实现风机的同步调速,在调速的过程中可以有效减少通风机的启动时间,保证电动机和通风机的安全性,延长其使用寿命,为煤矿安全运行提供保证。除此之外,变频调速功能的应用也使得电动机的功率得到合理控制,节约电能的同时避免了短时间内过高符合给通风机带来的影响。除此之外,自动化控制系统还可以根据风机的参数设置报警条件,当风机转数下降到一定程度后自动开启故障警报,让管理人员可以更快的注意到风机的故障情况,避免安全事故的发生。在查找故障原因的过程中还可以调用自动化控制系统中的故障原因相关数据,对设备发生故障的原因进行分析,为故障的维修提供方向。

### 6.2 对主通风机的运行温度进行检测

自动化控制系统还可以通过对主通风机的运行温度进行检测,一旦温度检测结果呈现危险情况就自动进行跳闸停机,有效避免安全事故的发生。在温度检测的过程中主要对以下三个通风机的部件进行检测,一是风机轴伸段,二是风机非伸端,三是电机轴伸端和非伸端的温度检测。一旦通风机在工作中上述的任何一个部位的温度上升过高时,便被系统认定为可能会出现安全隐患,在这个过程中会自动发出提示音,提醒操作人员温度过高,及时进行检查,如果反复忽视提升,那么就会在接下来的工作过程中实施跳闸停机,以这种方式避免安全隐患的出现。

### 6.3 风机自动切换功能

一旦在矿井中发生安全事故,为了保证矿井内的通风效果同时确保设备安全,风机控制柜会通过跳闸来保护设备安全,并且再通过 PLC 系统 PROFIBUS 通讯自动切换到备用风机上进行启动,保证设备安全的同时做好对工作人员的生命安全防护工作,实现安全生产。

## 7 结束语

综上所述,要想保证矿井生产的安全,就需要做好通风系统的设计与建设工作。在设计过程中融入智能设计观念,将通信技术、自动控制技术、智能监控技术等多种自动化技术应用到系统建设当中,实现对通风机风量、风的压强、井下的温湿度、毒害气体的浓度的动态监控,从而为井下工人打造一个安全、通畅的工作环境。

### 参考文献:

- [1] 黄静. 矿井主通风机不停风倒机系统功能与应用[J]. 煤矿现代化, 2020(06):189-191.
- [2] 张超. 矿井主通风机状态监测与故障预警系统研发[D]. 西安: 西安科技大学, 2020.
- [3] 康兰伟, 等. 自动化系统及新型节能技术在矿井主通风系统中的应用[J]. 内蒙古煤炭经济, 2019(24):179-180.