

# 煤矿主通风机不停风倒机自动控制系统的应用

李波

(冀中能源股份有限公司东庞矿 河北 邢台 054100)

**摘要:** 主通风机承担着为井下输送新鲜空气、排放有毒有害气体的任务,是煤矿重要的安全设备,其安全与否直接影响到煤矿的正常生产和人身安全。本次研究主要针对现用风机的工况,结合风机性能曲线,合理地制定不停风倒机的设备启动流程,结合风机运行参数,通过反复试验,在保障风机运行安全的情况下,合理地设置倒机叶片角度,保证倒机期间的供风量[1]。通过实验数据编制相关PLC程序,实现正常情况下一键倒机、故障情况下自动倒机。同时,在监控系统因故障瘫痪的情况下,实现设备的就地集中控制,快速人工倒机。

**关键词:** 煤矿主通风机; 动叶可调; 瓦斯突出; 不停风倒机

## 0 引言

在煤矿的生产过程中,主通风机倒换风机时停风造成的瓦斯超限事故极为常见。因为主通风机按照传统的“停机倒机”操作方式,倒机时间过长或备用风机因为意外无法按预期启动,尤其是高瓦斯矿井,煤矿通风在短时间内将失去作用,很容易引发瓦斯超限事故,所以不停风倒机就显得尤为重要,也是一种趋势。但由于东庞矿东风井的风道太短,不容易加装测试风门,即使勉强加了一道测试风门,造价也会很高。因此,如何利用风机动叶可调的便利条件,在充分结合空气动力学和机械力学等理论基础并结合通风机运行工况,进行安全可靠的一键不停风倒机成为本次重点研究和实施的新课题。通过分析认为,对倒机工艺进行优化,进行不停风倒机,能够实现倒机轻扰通风系统,避免出现风流紊乱而导致的瓦斯超限事故。

## 1 煤矿通风机不停风倒机的提出

东庞矿东风井使用的是两台豪顿华 ANN 型轴流式动叶可调通风机,一用一备。每台风机由一台异步电动机拖动,电动机额定电压 6kV,额定电流 122A。

目前,风机控制系统由 2 套 PLC 柜(S7-300)、2 台工控机、1 台 UPS 柜和以太网交换机等组成,即采用典型的 PLC 加上位机控制模式。由于 PLC 的 CPU 和以太网模块型号陈旧,容易造成 PLC 死机,控制系统运行已接近 10 年,电气元件老化严重,部分模块出现数据采样不稳定、有偏差及误动作等问题;原控制系统设计的缺陷等因数等都给安全通风带来了一定隐患。

东庞矿东风井主通风机担负着高瓦斯区域 11 采区和 12 采区通风的任务,它的可靠运行与否,直接关系到矿井的正常安全生产和人员的生命安全。在 2013 年 5 月和 2019 年 3 月发生两次正常检修倒机出现的瓦斯预警,造成的原因是倒机时短时停风出现风流紊乱。分析认为,对倒机工艺进行优化,进行不停风倒机,能够实现倒机轻扰通风系统,避免出现风流紊乱而导致的瓦斯超限事故。

此外,不停风倒机可有效地避免在倒机过程中风流中断甚至反向的风险,随着东庞矿瓦斯问题日益突出,对主通风机供风的连续性、可靠性的要求也日益提高,更新电控系统已刻不容缓。不停风倒机可以有效地实现矿井供风的连续性,避免倒机过程供风的中断,同时可以大幅缩短倒机时间,为矿井安全生产提供可靠的保障。

## 2 煤矿通风机不停风倒机原理

### 2.1 主通风机动叶可调

豪顿华 ANN2500/1250B 风机可以零角度轻载启动,启动后再将风叶调整到所需角度,进入带载状态,实现快速启动,稳定带载进入运行工况。另外,ANN2500/1250B 型主通风机可以根据矿井需用风量和风压,在风机运行中调整风叶角度,使风机始终运行在最佳工况点,高效区域广,主机运行稳定,风机运行效率高,具有明显的节电效果。

ANN2500/1250B 风机监控系统先进,主要包括喘振监视装置、失速监测装置、振动监测装置、电动机轴承温度、线圈温度监测系统及流量和压力监测装置等,同时具有上传功能,风机监控系统完备无需另设风机在线

监控装置。该类型风机具有喘振自动检测功能,发生喘振时能够自动报警并自动调整风叶角度,使风机运行离开喘振点,避免产生重大事故。

ANN系列风机采用了最新的动叶可调机构,采用液压调整机构,包括SIPOS 5 FLASH电动执行机构及液压系统等。其工作原理是:在操纵机构向刀片执行机构发送调整信号后,刀片执行机构的伺服马达脉冲经传动杆传送至外调整臂,再由外调整臂将调整动作传送至刀片角调整机构。调整机构的调整轴将调整动作通过拉叉传递到转动油封上,使其起动,转动油封再与液压系统连接,把油液输送到液压系统,形成一个回路。在调整浆叶角度时,调整阀的活塞在油缸内移动,使油缸的活塞移动,直至与调节阀保持平衡。油缸带动轮毂调整圆盘,将动作传至调整臂及刀片,带动刀片旋转。

## 2.2 对风机监控系统进行改造

对风机监控系统进行如下改造:

(1) 更换两台PLC控制柜,安装全新S7-300 PLC模块及其他元器件,能在柜门上远程手动控制油站、风门、叶片和高压柜等现场设备,在新PLC控制柜的面板上可以远程手动操作所有的现场设备,大大提高了可靠性和应急速度;

(2) 更换两台工控机和显示器,将组态软件更换为组态王;

(3) 增加2台管理型交换机,建立双工业以太网络;

(4) 增加对高压进线柜、高压联络柜、PT柜和所用变柜等高压配电柜的监测;

(5) 增加对正转柜分闸、弹簧储能等状态的监测,

能在监控后台上显示整个高压系统图;

(6) 增加对风门蝶阀开运行和关运行的监测;

(7) 实现系统的不停风倒机等功能<sup>[2]</sup>。

## 2.3 监控系统构架

PLC的控制核心是西门子S7-300,它具备各种通信功能,如Profibus、Modbus、以太网及OPC;本系统使用PLC(包括以太网模块)对控制计算机进行控制,并由开关组成局域网。该监控系统能够对生产过程进行可视化、数据采集和数据监测,并在测试和控制上实现网络化。系统拓扑图如图1所示。

## 2.4 监控系统主要功能

(1) 工作方式设自动、检修、人工三种模式。

① 自动模式:当在控制柜或配置软件的操作窗口内,选择风扇“待机”的指示灯是亮的,表明该风扇已满足了自动操作的要求,例如:高压柜和低压柜无故障,软起正常;电动机、轴承温度正常,各分站处于自动状态,挡板在对应的位置等,这时能自动起动;高压起动箱处于远程控制的情况下,能自动停机。可采用工业计算机(软按键)或PLC控制柜上的按键进行操作。

② 检修模式:一部维修后需要进行一次试车,但不会影响到另外一台机组的正常运转,这就是检修模式;这时,维修后的风机进风是通过风机的检修门或起动柜小车在测试位置上的自动启停。工作模式可按工业计算机(软按键)或PLC控制箱上的按键。

③ 人工模式:这种模式是在PLC或系统出现故障,无法使用自动运行程序进行控制时,紧急起动的方法。操作人员应在充分理解风机工作条件后,将相应设备的

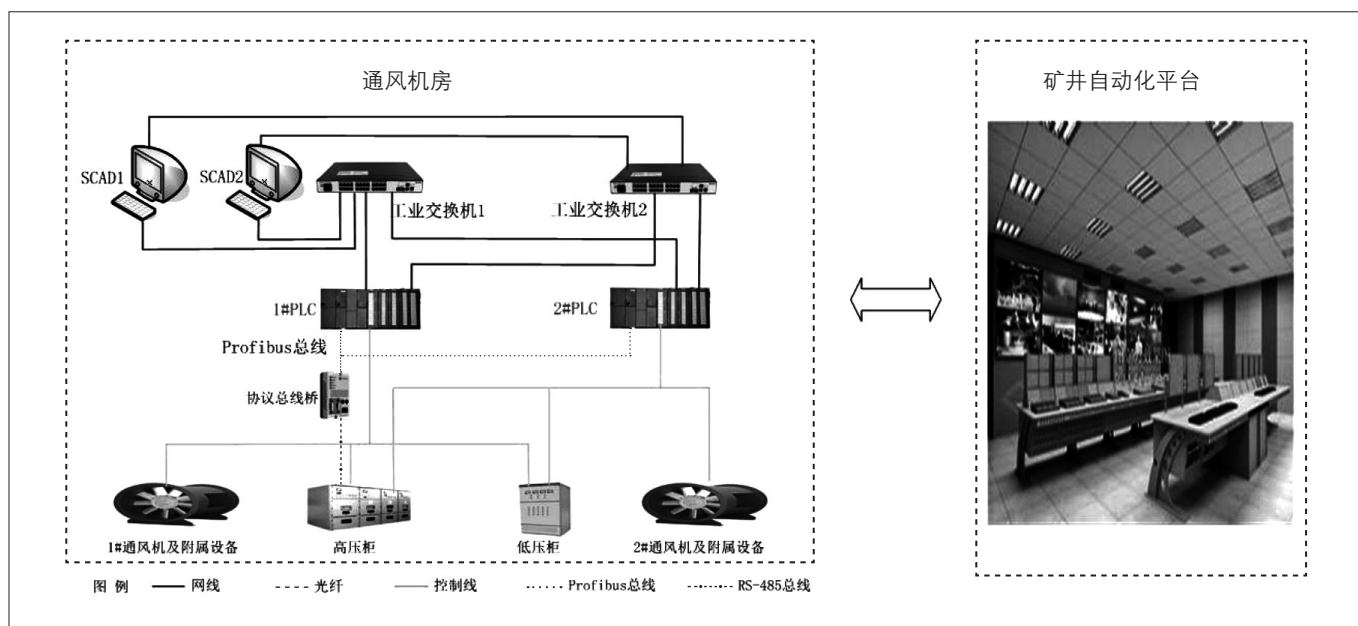


图1 系统拓扑图

工作模式切换切换到“就地”，并能在 PLC 控制箱上遥控按键或设备现场和上位机的单控屏幕起停各个设备。

(2) 对风机电动机轴承温度、绕组温度进行监控，并对其进行超温预警。

(3) 对风扇主轴承温度进行监控，并对其进行超温预警。

(4) 对主轴轴承的振动进行监控，并对其进行超频报警。

(5) 对风机进口压力、叶轮压力和出口压力进行监控，并绘出压力、风量图。

(6) 对电动机电压、电流、有功、无功和功率因数进行采集和显示。

(7) 显示高压柜和低压柜的系统示意图，展示各个分站回路的体系结构。

(8) 绘制温度、压力和空气流量曲线、振动曲线、电流曲线等，制作报告，提供历史资料查询。

(9) 实时显示系统报警信息、实时报警，打印和查询历史报警信息。

(10) 对油泵马达、加热器和冷却风扇进行操作和转换，对油温、油位、油压和过滤器状态等进行监控。

(11) 控制马达起动柜分合闸，监控其远控、故障、分/合闸和小车操作位置的状况。

(12) 对所述阻尼器的电控制动器进行控制，以实现所述阻尼器的开启和关闭，并对其远控、过转矩、运行和就位等进行监控。

(13) 对密闭风扇及其加热器进行启动和关闭的控制。

(14) 监控风机的故障信号，当故障发生时，叶片角会自动降低，从而使其脱离喘振区；当速度超过 120S 时，电动机会自动断开。

(15) 对电动机制动器进行控制，使风机能迅速制动，并对风机制动器的位置和状况进行监控。

(16) 能够在控制室的中央控制台对风机等主要设备进行控制。

(17) 故障自检显示、报警，能显示故障发生位置、时间、原因和故障消除时间等。

(18) 生成各种报告，并对记录进行查询。

(19) 在显示器上应该显示重要的运行信号和一群警报信号，并且具有警报功能，即使 PLC 出现故障或无图形显示系统，也能在配电箱中正常工作。

(20) 通风与制冷设备：PLC 控制箱必须有良好的通风和制冷能力，并有相应的防尘措施；全部电气控制，可在 -5 ~ 40℃ 的环境中长时间工作。

(21) 风机的起动和停止要求一键动作；同时，保持

了最原始的手工操作，以保证当 PLC 出现故障，高、低压电源和断路器正常时，可以进行现场人工启动。

(22) 监测系统构成共享收集到的全部数据信息的小型以太局域网。每个工业计算机上的系统配置软件都会将整个系统的工作情况，通过屏幕窗口向用户反馈，同时也可以对系统进行屏幕窗口的控制。这些画面窗口、数据、报警信息，可以通过以太网传输到远方的监控设备，以便管理者能够随时掌握风机机房的系统状态，并进行远程监控。

(23) 系统具有自动切换功能。①故障倒机：当运行风机因高压停电或发生超温、振动过大等跳闸信号时，运行风机停车并自动开启备用风机；②一键倒机：当需要切换风机时，系统具有一键不停风倒机和一键反风功能。

通过分析主通风机运行特性曲线，对各种工况及叶片角度下进行启动运行试验，分析振动、负压和风量电流等运行参数，制定风机启动流程，按流程进行手动启动试验，达到预期目标后编制 PLC 程序，实现自动化控制。图 2 为启动工艺流程图。

为避免双排风机并联挂网时发生“抢风”，系统参考风机特性曲线，结合风压、风量建立了风阻、振动等参数的数学模型，利用模糊控制原理实现了风机叶片角度、风门开关比例等的平稳控制<sup>[3]</sup>。

### 3 煤矿主通风机不停风倒机技术的应用

实现对主通风机不停风倒机等功能。并可在监控系统故障情况下，远程就地手动完成主通风机倒机，大幅

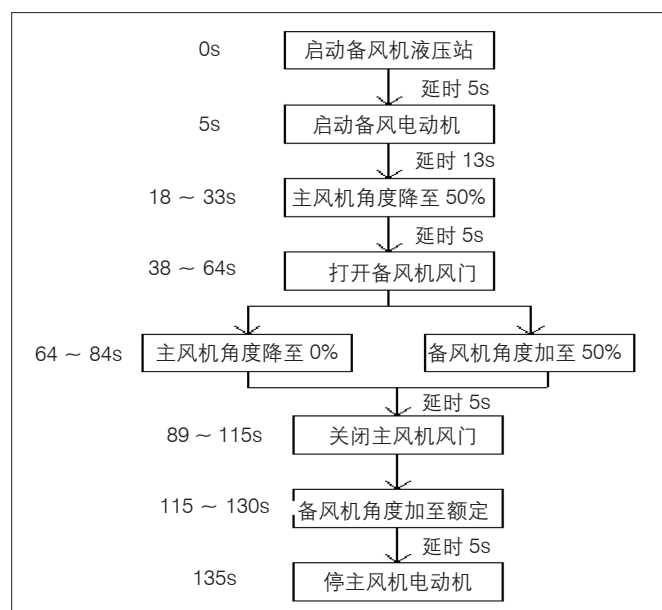


图 2 启动工艺流程图

(下转第 34 页)



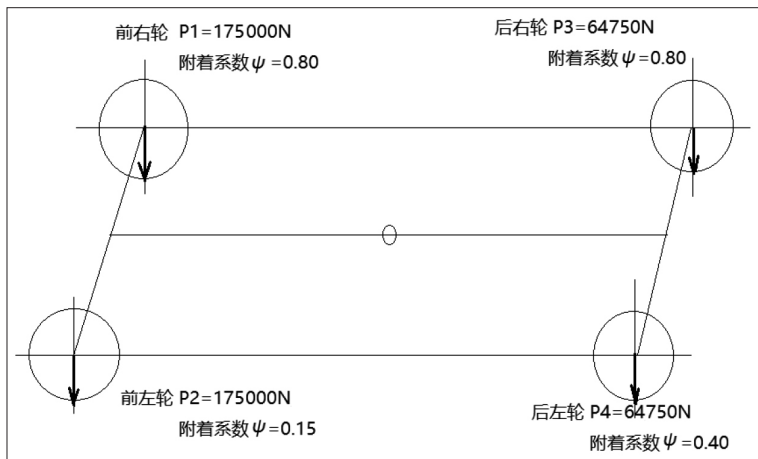


图3 地下装载机四轮受力分布图<sup>[1]</sup>

根据车轮负载及车轮所在路面的附着系数，可以计算出每个车轮及整车可以输出的最大转矩。可以知道NO-SPIN通过性能最好，POSI-TORQ W/ SPRING次之，POSI-TORQ W/O SPRING再次之，标准差速器最差。

## 7 结语

在选择差速器种类时，要根据车辆实际使用工况进行合理选配。使用锁止性能更好的差速器可以提高车辆的动力性和通过性，有效减小轮胎磨损，提高车辆的效率。但是也要知道随着锁止性能的提高，车辆的转向性能也随之下落。以POSI-TORQ带弹簧的差速器为例，因为有弹簧给摩擦片一个预压力，差速器左、右半轴将需要一个较大的分离转矩，才能让左、右车轮实现不同转速。这个转矩在原地转向和重负荷转向体现尤其明显，需要转向系统提供更大的转向力矩。

对于矿用机械的差速器选用原则：NO-SPIN仅允许使用在一根驱动桥上，一般来说，装载机用在前桥，矿卡用在后桥，这样可以充分利用最大负荷桥的附着力。因为井下矿用机械多用铰接式转向，当两根驱动桥都使用NO-SPIN差速器时，转向阻力非常大，操作者会有明显卡顿的感觉。POSI-TORQ W/ SPRING可以在大部分工况下替代NO-SPIN，能够消除NO-SPIN内在的振动问题，而且如果工况特别需要允许前、后桥同时使用。标准差速器用来和NO-SPIN配合使用。POSI-TORQ W/O SPRING可用于替代标准差速器，以得到更好的通过性能，并不降低转向性能。采用摩擦片元件的限滑差速器，易产生摩擦异响，需采用车桥制造商推荐的为限滑差速器作了抗磨添加的润滑油。

## 参考文献：

- [1] 高梦熊. 地下装载机 [M]. 北京：冶金工业出版社，2011:225-240.
- [2] 陶泽南，贾巨民，徐柳，等. 差速器的性能要求与试验项目研究 [J]. 军事交通学院学报，2019,21(10):77-81.
- [3] 陶泽南. 差速器总成结构与性能参数分析 [J]. 内燃机与配件，2019(07):38-40.
- [4] 张启城. 汽车差速器的参数化设计，有限元分析及实验 [D]. 天津：河北工业大学，2018.

**作者简介：**张春(1979.11-)，男，汉族，内蒙古巴彦淖尔人，本科，工程师，研究方向：工程机械；宋云平(1985.12-)，男，汉族，吉林松原人，本科，工程师，研究方向：工程机械。

(上接第30页)

提高了主通风机运行的可靠性，提高了通风的可靠性，为矿井安全生产提供了切实的保障。不停风倒机可有效避免在倒机过程中风流中断甚至反向的风险，随着东庞矿瓦斯问题日益突出，对主通风机供风的连续性、可靠性的要求也日益提高，更新电控系统已刻不容缓。不停风倒机，将有效实现矿井供风的连续性，避免倒机过程供风的中断，同时可以大幅缩短倒机时间，为矿井安全生产提供可靠的保障。

## 4 结语

目前，轴流式主风机的不停风倒机已经在国内普遍使用，但基本为增加对空风门，在倒机过程和大气连通，实现不停风倒机。但其过程中虽然不停机，但仍然不可避免地会短时间存在停风的过程，不利于矿井安全生产。

东庞矿本次通过叶片的开度调整，配合以风门的开关，同时并不增设对空风门。而实现真正的不停风倒切风机，这在国内类似风机的使用中仍属首次，具有极大的推广意义。

## 参考文献：

- [1] 董素玲. 基于模糊控制的煤矿主井通风机不停风倒机自动控制系统的的设计 [J]. 工矿自动化，2015,41(9):39-43.
- [2] 于励民，马小平，任中华. 矿井主通风机不停风倒机自动控制系统的研究和实现 [J]. 工矿自动化，2010,36(9):227-230.
- [3] 孟琳山，马小平，李全保. 矿井主通风机不停风倒机控制系统改进方案 [J]. 工矿自动化，2012,38(11):9-10.