

文章编号: 1671-251X(2010)09-0133-05

矿井主通风机不停风倒机控制的研究与实现

于励民¹, 马小平², 任中华², 严栓柱¹

(1. 中平能化集团, 河南 平顶山 467000; 2. 中国矿业大学信电学院, 江苏 徐州 221008)

摘要:当矿井主通风机倒机时,在倒机的短暂停风时间内,高突矿井出现瓦斯超限现象。针对该问题,提出了三种矿井主通风机不停风倒机控制方案,即矿井主通风机变速调节的倒机控制方案,风门调节风阻的倒机控制方案,在通风机入口处加装对空百叶窗式风门的倒机控制方案,比较了三种方案的优缺点后确定采用在风机入口处加装对空百叶窗式风门实现不停风倒机控制方案最合理;详细介绍了该方案在平煤集团五矿的实现及应用。实际应用表明,该方案运行效果达到了预期目标。

关键词:矿井;瓦斯突出;通风机;倒机;不停风倒机;变频调节;风阻调节;对空百叶窗式风门

中图分类号:TD635 **文献标识码:**B

Research of Switching Ventilator Control without Blowing out of Main Ventilator of Mine and Its Implementation

YU Limin¹, MA Xiaoping², REN Zhonghua², YAN Shuangzhu¹

(1. Zhong Ping Energy Chemical Group, Pingdingshan 467000, China.

2. School of Information and Electrical Engineering of CUMT., Xuzhou 221008, China)

Abstract: When main ventilator of mine is switching, high outburst mines will appear over-limit phenomenon of gas concentration in short blowing-out time of switching ventilator. To solve the problem, the paper proposed three switching ventilator control schemes without blowing out of main ventilator of mine, namely switching ventilator control scheme of speed adjustment of main ventilator of mine, switching ventilator control scheme of adjusting wind resistance by air door and switching ventilator control scheme of installing louver air door at entrance of ventilator. It determined the switching ventilator control scheme without blowing-out implemented by installing louver air door at entrance of ventilator is the most reasonable after comparing advantages and disadvantages of the three schemes. It introduced implementation and application of the scheme in the fifth coal mine of Pingdingshan Mining Group. The actual application showed that operation effect of the scheme reaches expected target.

Key words: mine, gas outburst, ventilator, switching ventilator, switching ventilator without blowing-out, frequency-conversion adjustment, wind resistance adjustment, louver air door

0 引言

随着矿井开采深度的加大和工作面的延伸,高突矿井瓦斯涌出量和瓦斯压力逐渐增大,如何防治瓦斯突出,预防重大事故发生是煤矿安全生产的重中之重。矿井主通风机负责矿井的通风任务,其安

全运行状况是防治瓦斯的关键。日常生产中,当矿井主通风机倒机时,在倒机的短暂停风(通风系统失稳)时间内,高突矿井出现瓦斯超限具有普遍性,给矿井安全生产埋下隐患。如何保证倒机过程中风量、负压的平稳过渡,有效抑制瓦斯不超限,需从解决倒机过程中通风系统失稳的问题入手设计倒机方案,最终实现矿井主扇风机不停风自动倒机^[1-2]。

本文研究了矿井主通风机不停风倒机的关键问题,介绍了倒机方案的最终确定和实现。据文献检索,不停风倒机方案的提出及如何实现目前国内和

收稿日期: 2010-06-24

作者简介: 于励民(1953-),男,辽宁沈阳人,教授级高工,现为中平能化集团总经理,长期从事矿井机电管理与科研工作。E-mail: pml.ylm@pmjt.com.cn

© 1994-2011 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

国外均没有见到相关报道, 其研究成果可以填补国际和国内的空白, 对保证煤矿生产安全具有重要的现实意义。

1 现有矿井通风系统及倒机方式概述

现有矿井都配有独立完善的通风系统, 有很多种通风方式和主要通风机工作方法。不论哪一种通风方式和主要通风机工作方法, 主备用矿井主通风机均需每个月切换一次, 以便对矿井主扇风机机械和电气部分进行预防性检修。现在主备用矿井主通风机倒换均由手动完成, 具体操作程序: 停止主通风机运行, 关闭主通风机风门, 开启备用通风机风门, 启动备用通风机运行, 主备用矿井主通风机倒换工作完成。由于主备用矿井主通风机倒换工作需要时间, 因此, 存在以下问题:

(1) 倒机过程中, 必然会有一段时间井下无风, 容易造成高突矿井瓦斯超限问题。

(2) 因为备用通风机处于冷备用状态, 即运行通风机停转后再启动备用通风机, 如果备用通风机因某种原因突然无法启动, 而运行通风机已经停转, 容易引发事故。

(3) 在备用通风机故障情况下, 即使迅速恢复原通风机的运行, 也会造成倒机时间过长。

2 矿井主通风机倒机控制系统分析

2.1 对矿井主通风机倒机控制系统的设计要求

高突矿井主通风机按照现有的方式倒机时, 即使经历短暂的停机(一般 2~4 min)也会出现瓦斯超限现象, 给安全生产带来隐患, 因此, 要想实现不停风, 其前提就是不停机。本文就是研究在不停机情况下的通风机自动倒机系统, 涉及各种倒机方案的设计及其可行性评价。不停风倒机方案的设计主要考虑以下方面问题: 井下通风系统稳定, 井下瓦斯不超标, 通风机设备的运行安全和双回路供电电网的承受能力等, 同时主通风机倒机过程要遵循安全、可靠、稳定、经济、节能等原则。

2.2 矿井主通风机倒机控制系统关键问题分析

通风机正常停机倒机过程中很常规的问题在不停风倒机过程中会带来一系列的问题:

(1) 通风机倒机过程中, 如何避开通风机的喘振区, 从而确保通风设备安全。

(2) 通风机在大风阻下的堵转问题, 以及对于通风机设备安全的影响。

(3) 通风机倒换过程中 2 个风门同时开启时

在备用通风机启动之前产生的风路短路, 以及备用通风机启动之前因风路短路造成的备用通风机反转对正向启动的阻力。

(4) 带压力情况下阻力加大对风门开启和闭合的影响。

(5) 如何防止倒机过程中通风系统失稳现象, 并造成的井下瓦斯超限问题。

(6) 双机同时工作时如何使通风系统风量尽可能平稳过渡, 防止井下扬尘和火灾发生。

(7) 倒机过程中多台电动机同时工作及电动机启动过程时电网的承受能力。

(8) 其它不可预见的问题。

围绕矿井主通风机倒机过程中通风系统失稳的关键问题, 需要做以下研究工作:

(1) 2 台通风机并联运行时的工作曲线及通风机的喘振区域的实际确定。

(2) 通风机单电动机运行时的工况曲线和通风管网风阻的配合。

(3) 调速方案中 2 台通风机联合运行时的功率与风量关系, 2 台通风机共同运行过程中如何分配功率, 以实现风量与负压的平稳过渡。

(4) 风门开度与系统风阻间关系的确定。

(5) 2 个风门同时开启时出现风路短路现象的影响度分析。

(6) 空气动力学模型的建立和系统的非线性研究。

(7) 通风机监控系统的性能要可靠, 操作要简单, 可维护性好。

(8) 通风机监控系统的经济性要好, 在初期投资和运行节能方面需均衡考虑。

3 矿井主通风机倒机控制系统方案设计

根据对矿井主通风机倒机控制系统设计要求及关键问题的分析, 矿井主通风机倒机控制系统的核心问题是控制通风系统稳定, 以保证井下瓦斯不超限。在不停风倒机过程中, 可以从对通风机的风量调节的角度来开展倒机控制系统方案的研究和设计。当前通风机的风量调节方法主要有变速调节、风叶角度调节和风门开度调节 3 种。

风叶角度调节方法是将通风机的风叶角度从零开始, 先启动电动机, 等到挂网后再逐步调节风叶角度来增加负压和风量。类似的调控方法目前在风叶在线可调矿井主通风机中已有应用, 一方面风叶在线可调矿井主通风机造价昂贵, 另一方面绝大部分

在用矿井主通风机不具有在线调控的能力, 该方案实施的难度会非常大。另外, 本着安全、可靠、经济、节能的原则, 笔者初步考虑主通风机变速调节、风门调节风阻和在通风机入口处增加对空风门 3 个方案。

方案一: 矿井主通风机变速调节的倒机控制系统

矿井主通风机变速调节是通过改变通风机的转速来实现对矿井通风机系统的风量调节, 即考虑在倒机过程中, 让运行通风机减速, 备用通风机的转速逐步增加, 从而实现矿井通风系统风量和负压的平稳过渡。该方案需要在矿井主通风机电控系统中加装变频调速装置, 且在倒机过程中存在风阻短路问题, 风门带压开启和关闭困难。

方案二: 风门调节风阻的倒机控制系统

用风门调节风阻是在倒机过程中对矿井主通风机的风门进行控制, 属于改变网路特性的调节方法, 即通过控制风门的开度, 以改变通风网路的阻力, 进而使工况点改变, 使双机倒换时通风系统能较为平稳过渡。如果仅从风门上考虑而不涉及电动机本身调速的话, 这就要考虑 2 台通风机的协同工作、电网的承受能力, 尤其是双机并联的时段里, 通风机在不稳定区工作时, 很容易发生喘振现象。轴流式通风机在喘振区域长时间运行, 将可能导致叶片断裂, 叶轮的机械部件也可能损坏, 若不及时采取有效措施制止, 将会造成机毁房塌的严重后果。因此, 轴流式通风机在运行中必须防止风机喘振现象发生。

经查证相关资料, 对于一般轴流式通风机来说: 当风量降为正常风量的 30% 左右时, 将发生喘振现象^[3-4]。为了防止通风机喘振现象的发生, 可通过控制风门避开喘振区或者尽量缩短在喘振区的时间, 以实现不停风情况下矿井主通风机的双机自动倒换。可采用以下 2 种途径:

途径一: 在降下运转通风机风门的同时升起备用通风机风门, 当备用通风机风门开度达到一定程度(保证通风机启动后风量>30%)时, 再启动备用通风机, 这样整个倒机过程可以尽可能保证不停风。

缺点: 带压调节风门存在风阻短路现象, 随着井下风网的变化容易落入喘振区威胁通风机安全。

途径二: 如果途径一实现困难, 即喘振区不可完全避免, 那么当通风机达到喘振区时, 所属风门应在条件允许的情况下尽可能快速启闭, 从而缩短机组在喘振区工作的时间, 减小喘振带来的不利影响。

优点: 不存在风阻短路现象。

缺点: 带压调节风门容易发生大风阻下堵转现象, 直接危及通风设备安全。

2 种途径对比: 途径一和途径二是对立的, 途径一可在一定程度上避开喘振区域, 风量较稳定, 但是双机并联工作的时间较长, 对电网的承受能力要求较高, 节能性稍差; 途径二双机并联工作的时间较短, 对电网的承受能力要求不高, 但是会有短时间在喘振区工作, 其抽风量不如途径一稳定。

风门调节风阻的倒机控制系统在控制方法存在风门的开度和 2 台通风机的配合问题, 由于风门的启闭需由驱动机构来实现, 更进一步说就是启闭风门驱动机构的 2 台电动机和通风机的多台电动机在启闭时间上的配合必须准确, 在实际操作中难度大。

方案三: 在通风机入口处加装对空百叶窗式风门的倒机控制系统

在矿井主通风机原设计挂网风门的基础上加装对空风门, 即在矿井主通风机的入口处将原来的风门改造成 2 个联动的风门: 一个为对空风门, 另一个为挂网风门, 如图 1 所示。为缩短风门开闭时间, 对空风门和挂网风门均选用百叶窗式风门, 该风门开闭时间可控制在 30 s 内完成。具体倒机程序:

(1) 开启备用通风机(此时通风机处于空运转状态, 所谓空运转是指风流从对空百叶窗进, 出风口出)。

(2) 检查备用通风机运转正常后, 关闭原运转通风机的挂网风门, 同时打开对空风门(2 个风门由同一驱动机构带动), 使原运转通风机处于空运转状态。

(3) 打开已运转备用通风机的挂网风门, 同时关闭对空风门(2 个风门由同一驱动机构带动), 使已运转备用通风机处于正常运转状态。

(4) 检查备用通风机运转正常后, 停下原运转通风机, 完成倒机过程。

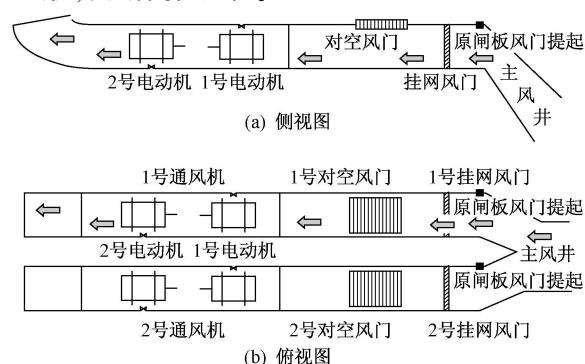


图 1 增添对空风门的通风回路

采用百叶窗式风门的优点:

(1) 百叶窗式风门借鉴了井下局扇“均压风门”的思想,可以在大风阻情况下灵活开、闭,克服了闸板式风门在带压情况开闭困难的问题,提高了风路切换的安全性。

(2) 百叶窗式风门切换速度快,30 s 可实现风门的状态转换。

4 3 种方案的优缺点及方案确定

4.1 方案一的优缺点

优点:(1) 通风机启动、运行安全平稳。实行变频调速运行方式能够避免工频启动时大电流对电网的冲击,消除电动机工频启动时强大的启动转矩,减少电动机的机械磨损。(2) 可随时手动调节频率改变电动机的转速,合理供给井下各用风点的需风量,节电效果明显。

缺点:设备初期投资费用高,经济性较差;倒机过程中存在风阻短路现象,井下很短时间内无风或微风;风门带压开启和关闭困难。

4.2 方案二的优缺点

优点:设备投入少,工程造价相对较低,操作简便,故障率低。该方案易于产品化,适于在高瓦斯矿井推广。

缺点:通风机在自动倒换的过程不如方案一平稳,要防止通风机长时间工作在喘振区;倒机过程中存在风阻短路现象,井下很短时间内无风或微风;节能性不如方案一好。

4.3 方案三的优缺点

优点:将原来备用通风机冷备用状态能否运行的不确定性,变为主启动的热备用,可以克服原倒机模式中备用通风机因某种原因突然无法启动的安全隐患;降低了启动风阻,提高了备用通风机启动的成功率;配套的通风机监控系统具有矿井主通风机不停风自动倒机、“一键式”操作倒机和自动识别运行通风机故障的功能,使倒机过程中对通风系统的影响由传统方式下的“系统停风”缩短为“风量波动”,故障状态下的倒机时间缩短,提高了系统的安全性。

缺点:存在 30 s(风门打开的时间)的井下无风现象。

通过对 3 种方案的优缺点分析,可见在通风机入口处加装对空百叶窗式风门实现不停风倒机控制方案最合理,易于实现自动控制。因此,笔者最终确定选用该方案来实现矿井主通风机不停风倒机控制。

5 不停风倒机控制系统应用

平煤集团五矿为高突矿井,该矿已三风井现安装 2 台 BDK 系列煤矿用防爆型主通风机,随着矿井开采深度的加大和工作面的延伸,从 2007 年 4 月到 2008 年 12 月,因已三风井主通风机倒机检修,出现了 5 次瓦斯超限事故,造成了严重的安全隐患。针对该问题,2009 年 5 月笔者在平煤集团五矿已三风井实施了在风机入口处加装对空百叶窗式风门实现不停风倒机控制系统。该系统于 2009 年 4 月完成安装调试,截至目前为止,已经连续安全运行 16 个月,以“一键自动倒机方式”共进行了近 20 次倒机操作,均顺利实现,杜绝了瓦斯超限现象。

5.1 系统结构及特点

不停风倒机控制系统的总体结构如图 2 所示,具有以下特点:

(1) 具有现地手动、远方手动和远方自动 3 种操作模式;并可以实现在任意情况下的手动和自动的无扰动切换。

(2) 具有定期倒机和故障情况下不停风倒机功能。

(3) 可以实现对通风机的负压、流量、轴温、配套电动机工作参数及状态的在线实时监测。

(4) 以高性能 PLC 为控制核心,用触摸屏集中显示,技术先进。

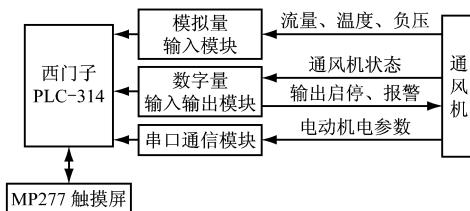


图 2 不停风倒机控制系统的总体结构

5.2 应用效果

平煤集团五矿已三风井改造前后的主通风机倒机控制系统的风速及瓦斯体积分数对比分别如图 3、图 4 所示。

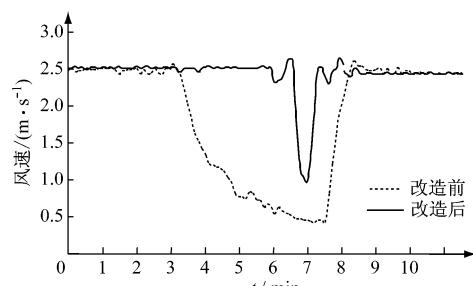


图 3 改造前后的主通风机倒机控制系统的风速对比

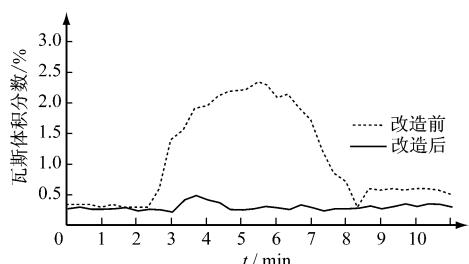


图 4 改造前后的主通风机倒机控制系统的瓦斯体积分数对比

从图 3、图 4 可看出, 改造后的主通风机倒机控制系统克服了传统的停机倒机过程的停风、微风现象, 风量波动时间短(30 s), 风量最低值维持在正常风量的 40% 以上; 根除了传统的停机倒机过程中停风造成的瓦斯超限现象。

6 结语

主通风机不停风倒机控制系统在平煤集团五矿己三风井的运行效果达到了预期目标, 取得了显著

的经济和社会效益, 在保证煤矿通风系统在倒机期间的稳定和提高通风机的倒机成功率的研究和实践上达到国际领先水平。该系统通过了平煤集团的验收, 并于 2009-11-15 通过了河南省科学技术厅组织的鉴定。矿井主通风机不停风倒机控制系统在平煤集团五矿己三风井的实现, 对其它矿井现有主通风机的改造和新通风机的选型设计意义重大, 可以推广应用到所有矿井。

参考文献:

- [1] 昌泽舟, 安庆丰. 轴流式通风机实用手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [2] 商景泰. 通风机实用技术手册 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2005.
- [3] 杨林. 轴流式通风机喘振预警方法的研究 [J]. 矿业安全与环保, 2008(2): 44-46.
- [4] 李洛虎. 利用分流器消除轴流式通风机喘振 [J]. 煤炭科学技术, 1998(1): 50-52.

第 20 届全国煤矿自动化与信息化学术会议 暨第 2 届中国煤矿信息化与自动化高层论坛会议纪要

中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会与中国煤炭工业技术委员会信息与自动化专业委员会于 2010-08-21—26 日在兰州召开了第 20 届全国煤矿自动化与信息化学术会议暨第 2 届中国煤矿信息化与自动化高层论坛会议。出席会议的有来自全国大型煤矿企业集团公司、科研院所、设计院、大专院校等 40 多个单位的 60 余名代表。

中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会主任、中国煤炭工业技术委员会信息与自动化专业委员会主任孙继平教授作了工作报告, 介绍了第 20 届全国煤矿自动化与信息化学术会议暨第 2 届中国煤矿信息化与自动化高层论坛会议征文、论文集编辑出版和会议筹备等情况, 总结了中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会 2009 年度主要工作, 制订了 2011 年度工作计划, 并就如何将中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会年会办出品牌、办出特色提出了要求。中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会副主任于励民教授级高工作了煤矿自动化专委会工作报告。中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会副主任马小平教授宣读了“第 19 届全国煤矿自动化与信息化学术会议优秀论文名单”和“中国煤炭学会关于增补金利国、郑茂全同志为中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会委员的批复”。大会由中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会副主任胡穗延研究员主持。

大会学术报告由中国煤炭学会煤矿自动化专业委员会副主任马小平教授主持, 共有 10 位专家教授围绕我国煤矿自动化与信息化建设的热点和前瞻性问题作了学术报告。

- (1) 孙继平教授: 煤矿监控、通信与信息化技术回顾与展望
- (2) 于励民教授级高工: 矿井主通风机不停风倒机控制的研究与实现
- (3) 胡穗延研究员: 全矿井综合自动化信息系统的现状与展望
- (4) 马小平教授: 煤矿安全生产物联网系统
- (5) 谭得健教授: 我国煤矿自动化现状及发展趋势
- (6) 赵增玉教授级高工: 矿井高压供电线路防雷耐雷技术的研究
- (7) 张瑞新教授: 信息化发展趋势与煤炭企业信息化
- (8) 宋建成教授: 矿用高稳定度三相数字化电源和大容量不间断本安电源的研究
- (9) 徐文浩高工: 煤炭产量远程监测系统
- (10) 钱建生教授: 煤矿综合信息化
- (11) 孙继平教授: 安全避险“六大系统”中的安全监控、人员定位和通信系统

本次会议共收到 91 篇应征论文, 经评审, 录用 89 篇, 并收入《第 20 届全国煤矿自动化与信息化学术会议暨第 2 届中国煤矿信息化与自动化高层论坛论文集》, 并评选出 13 篇优秀论文。