

网络出版时间与地址: 2011-11-15 15:07; www.cnki.net/kcms/detail/11.2402.TD.20111115.1507.016.html

# 风流短路法在输送带火灾远程救援系统的应用

韩子维, 蒋曙光, 吴征艳, 谈建良, 刘 彬, 迟有洪

(中国矿业大学 安全工程学院, 江苏 徐州 221008)

**摘 要:** 为了有效降低输送带火灾所造成的伤亡程度, 对龙东煤矿西翼采区进行了试验研究, 设计了一套基于风流短路法的输送带火灾远程应急救援系统, 该系统在采区分别布置 6 道电控气动的自动救灾门, 根据井下火灾的具体情况, 通过光纤环网, 远程控制救灾门的开闭, 灵活改变风流的方向, 将有毒烟流直接导入回风巷, 同时遏制灾情向工作面的扩散, 达到控灾救人的目的; 而在正常时期, 救灾门承担过车的任务, 实现自动闭锁功能。

**关键词:** 风流短路; 应急救援; 电控气动自动门; 光线环网; 远程控制; 自动闭锁

**中图分类号:** TD726 **文献标志码:** A **文章编号:** 0253-2336 (2011) 11-0108-04

## Application of Air Flow Short Circuit Method to Remote Rescue System of Conveyor Belt Fire Disaster

HAN Zi-wei, JIANG Shu-guang, WU Zheng-yan, TAN Jian-liang, LIU Bin, Chi You-hong

(School of Safety Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221008, China)

**Abstract:** In order to effectively reduce the casualties degree of the conveyor belt fire disaster occurred in the mine, an experimental study was conducted in the West Wing Mining Block of the Longdong Mine. A remote emergency rescue system of the conveyor belt fire disaster was designed based on the air flow short circuit method. The system had several electric control pneumatic automatic rescue doors individually set up in the mining block. According to the certain conditions of the fire disaster occurred in the underground mine, with the optical fiber looped network, the open and close of the remote control rescue door and the air flow direction flexibly changed, the poisoned smoke flow could be guided to the air return gateway. Meanwhile the disaster expansion to the coal mining face should be controlled in order to have the target to control the disaster and rescue the miners. In the normal period, the rescue door would let the vehicles passing through and have the automatic interlock function.

**Key words:** air flow short circuit; emergency rescue; electric control pneumatic automatic door; optical fiber looped network; remote control; automatic interlock

### 1 概 述

近年来, 随着我国煤矿对生产机械化程度和产量要求的不断提高, 带式输送机在煤矿运输中所占的比例越来越大, 其工作时间也越来越长, 势必会增加输送带火灾的发生率, 虽大部分采用阻燃输送带, 但这只能降低着火概率, 不能完全遏制火源的产生, 而带式输送机又一般位于矿井的进风区, 一旦其发生火灾时, 着火范围影响大, 危害程度高<sup>[1]</sup>, 火灾产生的有毒有害气体将随着新鲜风流直接流入工作区, 影响井下工作人员的生命安全。

目前矿井火灾时期的风流控制是矿井火灾救灾的最主要措施之一。风流控制方式一般有全矿性反风、局部反风和短路法 3 种<sup>[2]</sup>。反风法是通过远程控制反风救灾门的开和关, 改变风流流动方向, 虽可以控制灾情向工作面的蔓延, 但如果没有准确掌握井下具体情况很可能导致上风侧人员伤亡的发生, 因此主要控风措施就是风流短路, 将烟流通过短路通道引入回风区域从而减少烟流的蔓延。但目前这些措施存在很明显的缺陷: ①大部分短路措施自动化程度低, 可操作性差, 在发生火灾情况下都要人为地去开关救灾门 (有时需关多处救灾门), 具有

收稿日期: 2011-04-12; 责任编辑: 赵 瑞

作者简介: 韩子维 (1987—), 男, 安徽芜湖人, 硕士研究生, 研究方向为煤炭安全监测监控软硬件开发。Tel: 0516-83885156, E-mail: hanzivei1030@126.com

相当大的困难和危险性,也大幅增加了应急响应时间,不利于对火灾发展形势的及时控制,缺乏真正的现实性;②对于少数的自动控灾系统由于采用电控,一旦发生灾害停电,整体系统将失灵,同时也存在灵敏性低可靠性差的问题。针对这些问题,笔者在龙东煤矿西翼采区进行了试验研究,应用课题组多年来在硬件和软件上的研究成果,在井下采用多道以高压气体为动力的对开式远控自动救灾门,使其一部分处于常开,一部分处于常闭状态,并通过光纤环网与自行研制的 YCJKT 远程监控系统结合构成整个输送带火灾远程应急救援系统。

## 2 救灾监控系统

### 2.1 系统组成

该系统主要由救灾门、救灾门控制分站、远程监控总台 3 部分组成,如图 1 所示。远程监控总台包括 1 台工控机和总控制箱,工控机用来实时显示井下各道救灾门的开闭情况、西翼采区风流和烟雾传感器的状态,总控制箱采用 S7-200 PLC 控制系统,配合控制面板,负责接受井下各分站的数据以及远程发送救灾门开关的命令;救灾门控制分站包括防爆箱体、S7-200 PLC 控制盒、安全栅、电路板、光端机等,采集各类检测传感器(包括烟雾传感器、救灾门开闭和矿车位置传感器)信号,并通过光纤环网接收总台的命令,执行对救灾门的开闭。

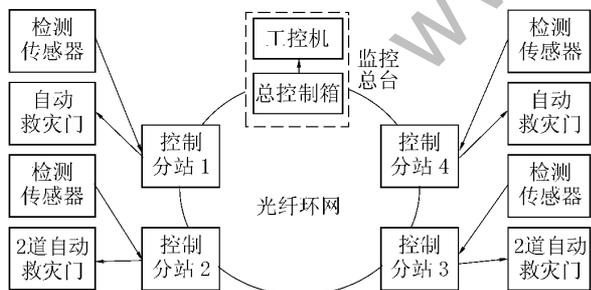


图 1 系统构成

### 2.2 系统运行原理

龙东煤矿西翼运输大巷采用架线电机车运送物料,布置有 2 条主要输送带运煤,分别为 1 号、2 号输送带,西翼采区为下山开采,采用“一进两回”的通风方式,西翼轨道下山进风,西翼运输下山、西翼探煤下山回风,因此整个系统通过在井下安装 6 道救灾门(2 道常闭,4 道常开),其中

西翼采区炸药库救灾门 F1 由分站 1 控制,西翼车场救灾门 F2 由分站 4 控制,西翼回风巷救灾门 F3、F4 由分站 2 控制,处于常开状态,西翼输送带运输大巷与总回风巷的联络巷救灾门 F5、F6 由分站 3 控制,处于常闭状态,在井下正常时期内,新鲜风流从西翼运输大巷,经过西翼车场到西翼轨道下山,再由工作面进风巷进入回采工作面 1 和回采工作面 2,污风则是从西翼运输下山和探煤下山,经采区回风巷汇入西翼总回风巷,正常时期风流如图 2a 所示。当输送带发生火灾时,系统进入应急救援状态,常开救灾门 F1、F2、F3 和 F4 自动关闭,防止高温气体进入炸药库,以及避免有毒有害气体从进风巷侵入工作面或从总回风巷倒流到工作面,同时常闭救灾门 F5、F6 自动打开,此时风流的方向被改变,由于西翼车场被救灾门封闭,风阻陡增,进入该区的新鲜风流几乎很少,达到遏制火灾灾情向此处蔓延的效果,在此处附近的工作人员可以通过救灾门中的逃生小门迅速进入工作面自保,而矿井大部分风流主要由输送带运输大巷通过联络巷进入总回风巷,输送带运输巷处的烟流则随着风流直接被导入总回风巷,救灾状态下风流如图 2b 所示。

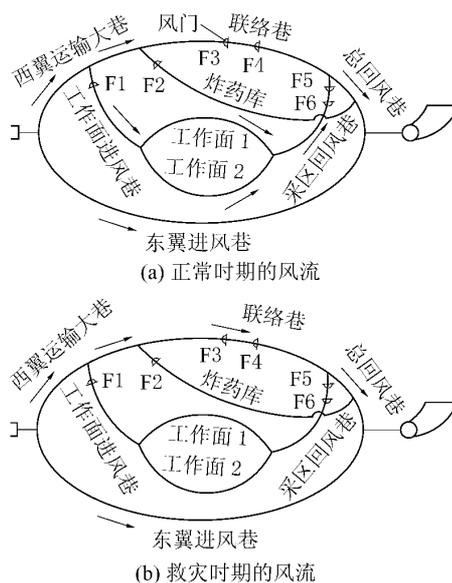


图 2 风流变化

## 3 系统设计和功能分析

### 3.1 网络结构

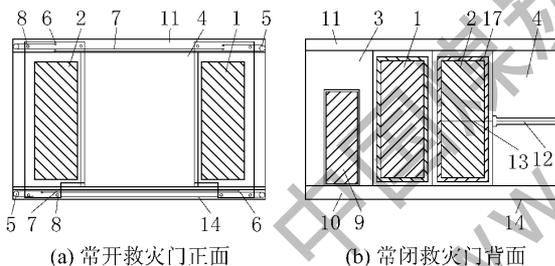
远程监控主站与井下各控制分站,构成基于

PPI协议的PLC网络,采用四芯光缆,构成双环光纤网,一旦光缆出现故障,则将自动切换到另一条。为了增加通信距离和传输速度,采用光端机实现光电信号的转换,但由于光端机会偶尔出现死机现象,避免此现象影响到整个系统的通信部分,主站和4个分站之间利用通信握手信号来判断彼此之间是否通信成功,如果主站没有接收到各分站的握手信号,则主站将各个光端机的供电源复位后再置位,立刻刷新光端机,保证整个通信网络畅通。

### 3.2 自动救灾门的研制

自动救灾门是整个系统的终端部分,负责执行总控台和分站的命令,它有以下4个部分组成。

1) 救灾门的机械传动结构。包括上下门梁、左右活动门、门体两侧的左右门框、右门框中的逃生小门、滑动轮、钢丝绳固定轴,左右活动门通过滑动轮分别挂卡在救灾门上下门梁内的导轨中,轴内设有牵引钢丝绳,牵引钢丝绳的转角处都设有导向滑轮,高压液气缸通过固定座安装在左门框上<sup>[3]</sup>。常闭和常开救灾门如图3所示。



1—右活动门; 2—左活动门; 3—右门框; 4—左门框; 5—导向滑轮; 6—钢丝绳固定柱; 7—钢丝绳; 8—滑动轮; 9—逃生小门; 10—下门梁; 11—上门梁; 12—汽缸; 13—推杆; 14—导轨

图3 救灾门结构

2) UPS不间断电源。该电源提供18V(1A)的电源2路,分别为控制电磁阀和PLC控制盒提供电源。由于控制盒内采用低功耗元件,而电磁阀的开启仅2~3s,动作能耗仅为0.6W·s,因而即使在发生灾害停电时也可持续工作5h,保证系统的正常运行。

3) 电磁阀。为二位五通防爆电磁阀,响应时间仅为20ms,工作电压24V,功率0.3W。

4) 100L立式储气罐。配合单向阀,与井下压风管连接,作为备用气源,在发生灾害出现停气的意外情况下,能为自动救灾门提供足够的气动力来运行。

救灾门运行的原理:当PLC控制盒发生开门信号时,电磁阀反动作气路(开门气路)接通压入气体,与左活动门相连的活塞推杆收缩,通过推杆的水平拉力和牵引左右2扇活动门的钢丝绳的作用下,带动装有滑轮的左右活动门在上下梁内的导轨中做平稳快速地相对运动,当开到位后,控制盒停止输出电压信号,开门气路线圈断开;同理,关门时,正动作气路接通,推杆伸出关上救灾门。

### 3.3 控制系统

由于救灾门F5和F6设置在联络巷中,而在联络巷布有轨道,行车比较频繁,因此为了不影响正常生产,该救灾控制系统在正常时期和救灾时期执行着不同的功能,以适应矿井的特殊要求。

1) 在正常状态。在正常时期里,F1、F2、F3、F4始终处于常开状态,供井下员工通行,无任何动作,而联络巷中的救灾门F5、F6既要满足矿车的通行,又要实现两门闭锁功能,避免出现风流短路<sup>[4]</sup>。为了更好地实现此功能,该系统摒弃了以往需人力开启救灾门和机械闭锁方式,采用新的触感自动开门和程序闭锁方式,在轨道上安装4个自行研制的压入式传感器装置,每个装置两端都配有传感器,通过轨道两侧的信号来检测矿车行驶的位置。根据平时矿车进入联络巷的最多节数为6节和平均速度约1m/s,且救灾门反应时间为0.5s,开或闭的时间为2s,维持开启状态时间为5s,因此需将救灾门布设在救灾门F5前5m处S1-1和S1-2,救灾门F5内5m处S2-1和S2-2,救灾门F6前5m处S3-1和S3-2,救灾门F6内5m处S4-1和S4-2,前2处执行开启F5的功能,而后2处则执行开启F6的功能,如图4所示。

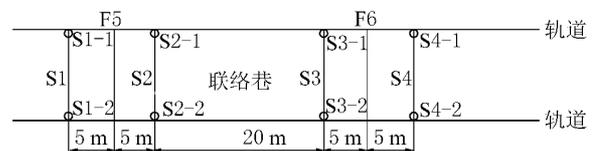


图4 传感器装置布置

当矿车经过S1时,只要任意一个车轮压到装置,接触到传感器,处在关闭状态的救灾门F5就打开,如果处在开启状态则将关门倒计时钟复位0,重新计时,无论是单节还是6节矿车都能顺利通过救灾门而不被夹到,此时置放在F6处的语音报警器1开始提示前方救灾门处在开启状态,等矿

车过了 S2 后 F5 将自动关闭, 结束提示, 当经过 S3 时如果 F5 处于关闭状态那么救灾门 F6 打开, F5 处的语音报警器 2 提示前方救灾门处在开启状态, 否则 F6 无任何动作直到收到 F5 关到位信号, 避免矿井中任何外在信号的干扰, 过了 S4 后 F6 也将自动关闭, 同理逆行过程也实现自动闭锁。

2) 在救灾状态。由于输送带火灾初期会产生大量的烟雾, 如果采用烟雾传感器, 可以较早监测到火灾的发生<sup>[5]</sup>, 因此在输送带输送机末端布置 2 个传感器, 当系统救灾门控制分站监测到烟雾传感器的信号, 并超过预设值时, 声光报警器就在监控总台处发出紧急鸣叫声, 但为了不盲目进入救灾状态, 此时有手动和自动 2 种控制方式: ①通过总台控制面板按钮人为启动该救援系统; ②如果在规定时间内总台里无人控制, 则井下救灾门控制分站自动启动系统, 一旦关闭自动控制, 只能通过手动方式去实现。系统启动后, 监控总台通过环网以巡点方式依次给各分站发送命令, 分站收到对应的命令后, 对各自的救灾门进行开或闭, 改变井下风流方向。在此期间, 联络巷中的救灾门控制系统将屏蔽所有轨道上传感器传过来的信号, 井下 6 道门只能由监控总台控制, 保证救灾门都处在应急救援状态, 同时可以根据井下救灾情况的变化和救援需要开闭指定的救灾门。

#### 4 结 语

1) 在发生输送带火灾时, 通过 6 道救灾门的开闭组合, 利用风流短路法, 既可以将有毒气体直接排入总回风巷, 同时也避免了灾情向工作面的扩散, 有利于井下救援工作的顺利展开, 确保了井下设备以及工作面员工的安全。

2) 经过可靠性冗余设计, 在通信网络、供电和气动力关键方面都有了很好的保障。

3) 该系统采用手动和自动 2 种启动方式, 避免井下非灾害烟雾的干扰 (如放炮时产生的烟雾), 可以根据井下具体情况来决定是否有必要启动救灾系统, 具有很强的灵活性。

4) 系统不仅实现应急救援的任务, 同时也负责过车的任务, 整体实现全自动化功能。

5) 远程应急救援系统的研制成功, 对带式输送机火灾烟流控制和排放起了关键性的作用, 同时也为井下灾害尤其是火灾类的应急救援和灾情控制

提供参考方案。

#### 参考文献:

- [1] 谢旭阳, 周凤增, 周心权, 等. 赵各庄矿胶带输送机火灾风流状态分析 [J]. 煤矿安全, 2002, 33 (6): 31-33.
- [2] 吴兵, 周心权, 谢宏, 等. 矿井火灾风流的远程自动控制 [J]. 煤矿安全, 2003, 34 (10): 13-15.
- [3] 邵昊, 蒋曙光, 吴征艳, 等. 推拉式自动风门系统在南洛河铁矿中的应用 [J]. 采矿与安全工程学报, 2008, 25 (4): 449-452.
- [4] 严俭祝, 蒋曙光. 煤矿常闭风门组的 PLC 自动控制系统 [J]. 煤矿安全, 2002, 33 (10): 23, 42.
- [5] 封士彩, 黄民. 矿用带式输送机火灾监控技术的研究 [J]. 煤炭科学技术, 2002, 30 (2): 54-56.
- [6] 刘文. 龙东煤矿西翼胶带巷火灾风流控制技术 [D]. 徐州: 中国矿业大学, 2007: 45-55.
- [7] 王德明, 张广文, 鲍庆国. 矿井火灾时期的风流远程控制系统 [J]. 中国安全科学学报, 2002, 12 (1): 60-63.
- [8] 郑运廷, 王广云. PLC 控制自动风门的设计 [J]. 煤矿机械, 2005, 26 (10): 102-103.
- [9] 孙建华, 邵芝梅. 煤矿自动控制风门的选择与应用 [J]. 煤矿机械, 2006, 27 (8): 134-136.
- [10] 王德明, 王月军, 方健之, 等. 采用电话网络实现对井下风门的远程控制 [J]. 煤炭科学技术, 2000, 28 (3): 33-35.

(上接第 80 页)

涌出占 29.8%, 煤壁占 38.7%, 采落煤占 31.5%。

#### 参考文献:

- [1] 范天吉. 煤矿瓦斯综合治理技术手册 [M]. 长春: 吉林音像出版社, 2003: 97-109.
- [2] 陈大力. 综掘工作面瓦斯预测技术的研究 [J]. 煤矿安全, 2001, 32 (8): 4-7.
- [3] 李化敏, 苏承东, 宋常胜. 采空区顶板垮落与瓦斯涌出关系的模拟实验研究 [J]. 煤炭工程, 2007 (11): 72-75.
- [4] 卢平, 童云飞. 综放面瓦斯涌出规律与涌出量预测 [J]. 西安矿业学院学报, 1995, 15 (3): 230-235.
- [5] 陈大力, 秦永洋. 综采工作面瓦斯涌出规律及影响因素分析 [J]. 煤矿安全, 2003, 34 (12): 7-10.
- [6] 李宗翔. 综放工作面采空区瓦斯涌出规律的数值模拟研究 [J]. 煤炭学报, 2002, 27 (2): 173-178.
- [7] 陈开岩, 张占国, 林柏泉, 等. 综放工作面抽放条件下瓦斯涌出及分布特征 [J]. 采矿与安全工程学报, 2009, 26 (4): 418-422.
- [8] 杨胜强, 俞启香, 王钦方, 等. 单元法测定瓦斯分布及旋转射流驱散积聚瓦斯 [J]. 中国矿业大学学报, 2003, 32 (5): 530-533.