



移动扫码阅读

王 栋,陆 伟,李金亮,等.煤矿输气与控制共用管线的高正压束管监测系统研究[J].煤炭科学技术,2019,47(12):141-144.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.12.020

WANG Dong,LU Wei,LI Jinliang,et al.Study on high positive pressure beam tube monitoring system of sharing pipeline for gas transmission and pump control[J].Coal Science and Technology,2019,47(12):141-144.doi:10.13199/j.cnki.cst.2019.12.020

煤矿输气与控制共用管线的高正压束管监测系统研究

王 栋,陆 伟,李金亮,徐 帅,秦传睿

(山东科技大学 矿业与安全工程学院,山东 青岛 266590)

摘 要:为解决负压束管监测系统气体传输过程中组分和浓度易失真,以及现有正压束管监测系统管路抗压性差、井下分布式正压泵难以远程控制的问题,提出了通过管路本身实现对正压泵远程控制的设计思路,研制了一种输气与控制共用管线的高正压束管监测系统,采用不同长度的管路验证了正压泵远程控制方案的可行性,并采用不同长度管路进行高正压输送气体试验。试验结果表明:输气管路的最优管径为 8 mm;正压泵的最优输出压力为 2.5 MPa;输气与控制共用管线的高正压束管监测系统不仅解决了气体组分和浓度失真问题,而且实现了远程控制启停正压泵和小流量、高正压输送气体,从而大幅缩短了气体传输时间,提高了煤矿自燃火灾监测的实时性。

关键词:自然发火;正压束管;束管监测;远程控制;气体采样;煤矿监测

中图分类号:TD67

文献标志码:A

文章编号:0253-2336(2019)12-0141-04

Study on high positive pressure beam tube monitoring system of sharing pipeline for gas transmission and pump control

WANG Dong,LU Wei,LI Jinliang,XU Shuai,QIN Chuanrui

(College of Mining and Safety Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China)

Abstract: In order to solve the problem that the composition and concentration of gas was easily distorted in the process of gas transmission in negative pressure beam tube monitoring system and the pipeline could not bear high pressure and distributed positive pressure pump was difficult to remotely control in the existing positive pressure beam tube monitoring system. The design idea of remote control of positive pressure pump by pipeline itself is proposed, and a high positive pressure beam tube monitoring system of sharing pipeline for gas transmission and pump control is developed. The feasibility of remote control scheme of positive pressure pump was verified by using pipeline of different lengths, and the high positive pressure gas transmission test was conducted by using pipeline of different lengths. The results show that the optimal pipe diameter of the pipeline is 8 mm. The optimum output pressure of positive pressure pump is 2.5 MPa. High positive pressure beam tube monitoring system of sharing pipeline for gas transmission and pump control could solve the problem that the composition and concentration of gas easily to distort, and could realized remotely control of starting and stopping positive pressure pump and gas transmission with small flow rate and high positive pressure, thus greatly shortening the gas transmission time and improving the real-time monitoring.

Key words: spontaneous combustion; positive pressure beam tube; monitoring and measuring of beam tube; remotely control; gas sampling; mine monitoring

0 引 言

我国煤炭自燃灾害十分严重^[1-2],在大型矿井中有 72.1%^[3]的矿井存在煤层自燃灾害,由煤自燃

引起的火灾占矿井火灾总数的 90%~94%^[4],煤自燃灾害已成为制约我国煤炭资源高效、精准、安全开采的瓶颈之一。因此,及时准确地预测预报矿井自燃火灾,不仅可以及时准确地采取预防灭火措施,而且

收稿日期:2019-06-18;责任编辑:赵 瑞

基金项目:国家重点研发计划资助项目(2018YFC0807906);国家自然科学基金资助项目(51574279)

作者简介:王 栋(1993—),男,山东菏泽人,硕士研究生。E-mail:879444549@qq.com

还可以减少防灭火造成的经济损失,防止火灾事故的发生,促进煤矿的安全生产^[5-7]。目前,束管监测系统作为一种有效的煤自燃火灾监测技术被广泛应用于煤矿企业的日常工作中^[8-10]。束管监测系统的主要工作原理是将监测点气体通过管路输送到井下或地面某处进行集中分析,通过气体组分和浓度的变化,来判断矿井自燃火灾的发生发展状态。按照输气方式的不同可以分为负压束管^[11]和正压束管^[12]2种类型,其中负压束管虽然最为常用,但其存在推动力小、气体组分和浓度易失真、管路易出现水堵现象等问题^[13]。近年来,许多学者对束管监测系统进行了深入的研究以求改善其存在的问题,陆伟等^[12]首次提出以正压作为采样气体的输送方式,研制了一种正压束管监测系统;李尚国^[14]通过试验研究验证了采用正压输气方式能使采样气体浓度不变,所测得的数据能够真实反映出煤自然发火状态;白光星等^[15]通过试验及拟合经验函数等方法对比分析了正压与负压束管的性能,表明在同等采样长度下正压束管的采样时间与采样流量均更优。但现有的正压束管监测系统管路抗压性差,在高正压输送条件下管路容易破损,并且各正压泵分布在井下相距数千米远、危险性较大和人员不常去的位置,要实现正压泵的远程控制存在困难。因此,针对正压与负压束管系统普遍存在的问题,提出一种输气与控制共用管线的高正压束管监测系统,并采用不同长度管路进行高正压输送气体试验,确定输气管路的最优管径及正压泵最优输出压力,从而使束管监测系统在煤矿监测领域得到更好的应用。

1 高压束管监测系统组成结构及工作原理

输气与控制共用管线的高正压束管监测系统主要由正压泵、负压吸气管线、正压输气管线(束管)、气路切换控制装置、信号发生器、信号接收启停控制器及气体浓度与成分检测器等组成,具体结构如图1所示。

1) 正压泵。正压泵主要是将负压气体转换成正压气体,从而使采样气体在管路中以正压方式输送,其具有一定负压吸气能力和较强的正压加压能力。

2) 负压吸气管线。连接监测点与正压泵进气口,管内呈现负压状态,在正压泵的作用下,采样气体经负压吸气管线进入正压泵体内。

3) 正压输气管线。正压输气管线由聚乙烯材质制成,管壁中包裹2层环形金属网,不仅增加了管路的承压能力,而且2层金属网构成回路,可用于传

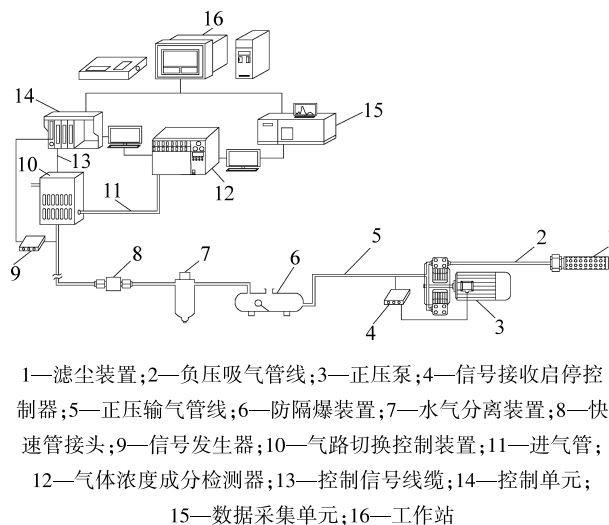


图1 输气与控制共用管线的高正压束管监测系统

Fig.1 High positive pressure beam tube monitoring system of sharing pipeline for gas transmission and pump control

输控制信号。

4) 信号发生器。信号发生器的主要功能是向井下分布式正压泵输出启停控制信号。

5) 信号接收启停控制器。信号接收启停控制器的功能是检测控制信号并对其分析识别,进而控制正压泵的启动与停止。

6) 气体浓度与成分检测器。气体浓度与成分检测器为气相色谱仪或者多种气体浓度传感器,用来对气体的组分和浓度进行检测分析。

具体的工作过程如下:信号接收启停控制器接收到信号发生器发出的启动信号,控制正压泵启动,在泵的作用下将气体输送到气体浓度成分检测器中分析检测,数据采集单元对采样气体的成分、浓度进行采集并上传到工作站。完成一路采样气体分析检测后,通过控制单元控制气路切换控制装置将该路采样气体排空,从而进行其他路采样气体的分析检测。

2 煤矿井下分布式正压泵的远程控制

2.1 工作原理

信号发生器产生、发出数字控制信号,如:0、1,数字信号通过正压输气管管壁中的金属网传输给井下的信号接收启停控制器,信号接收启停控制器接收到信号发生器发来的信号并对其识别,当识别到“0”信号对正压泵进行关闭,当识别到“1”信号对正压泵进行开启。

2.2 井下分布式正压泵远程控制试验

根据上述远程控制原理,研发出信号发生器和信号接收启停控制器,并利用长度为1、2、5 km的管

线进行测试,测试结果表明,正压泵运行状态均为启动状态。

由试验结果可知:通过管线本身实现对井下分布式正压泵远程控制的方法和原理是正确的,研发的信号发生器和信号接收启停控制器符合要求,解决了正压泵的远程控制难题。

3 高正压束管监测系统的气体传输

3.1 正压输气管直径的确定

正压输气管直径与气体传输过程中的阻力损失密切相关,根据流体力学原理,气体传输过程中阻力损失计算式为

$$H_f = \lambda \rho L v^2 / (2d) \quad (1)$$

式中: λ 为试验比例系数; ρ 为气体的密度, kg/m^3 ; L 为正压输气管的长度, m ; v 为正压输气管中气体的平均流速, m/s ; d 为正压输气管直径, m 。

从式(1)可以看出,气体传输过程中的阻力损失与输气管直径成反比,管径越大,阻力损失越小,相应的传输时间越短。因此为选择合适的输气管直径尺寸,笔者设计了气体在不同输气管直径条件下的传输时间试验,并获得了相关的试验数据。不同输气管直径高正压束管气体传输时间测试系统如图 2 所示。



图 2 不同管径高正压束管气体传输时间测试系统

Fig.2 Gas transmission time test system of high positive pressure beam tube under different tube diameter

根据目前市场上通用的管径管材,分别选取内径为 6、8 mm 的输气管进行试验,具体试验过程如

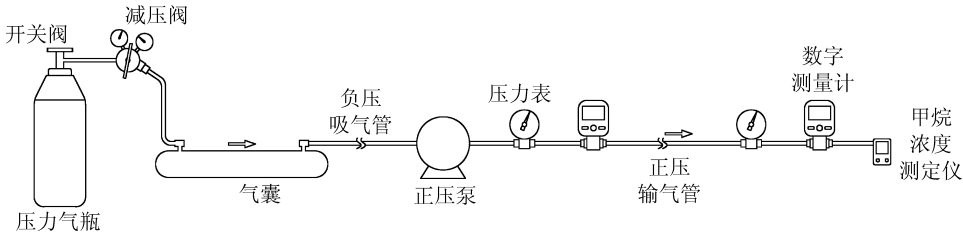


图 3 不同压力高正压束管气体传输时间测试系统

Fig.3 Gas transmission time test system of high positive pressure beam tube under different pressure

试验中,用充装体积分数 1% 标准甲烷气体的气囊模拟井下采空区环境,正压输气管末端放置甲烷浓度检测仪,管长 5 000 m,管径 8 mm。开启正压泵,在一定时间后,甲烷浓度检测仪检测到甲烷并且

下:将不同管径、不同长度的正压输气管分别与正压泵连接,正压输气管末端处放置甲烷浓度检测仪,在正压泵进气口释放体积分数 1% 的标准甲烷气体,启动正压泵,甲烷标准气体直接被吸入泵体,后经加压输出至管路末端。把启动正压泵至甲烷浓度检测仪浓度稳定在 1% 时所用的时间记为气体传输时间。试验过程中,同时测试正压输气管在不同长度下(1 000、2 000、5 000 m)的气体传输时间。试验数据见表 1。

表 1 不同管径高正压束管气体传输时间参数

Table 1 Gas transmission time parameters of high positive pressure beam tube under different tube diameter

泵体输出 压力/MPa	d/mm	L/m	气体传 输时间/s	气体传输速 度/ $(\text{m} \cdot \text{s}^{-1})$
1	6	1 000	217	4.60
		2 000	749	2.67
		5 000	2 673	1.87
1	8	1 000	108	9.26
		2 000	459	4.36
		5 000	1 992	2.51

由表 1 可知,在相同管路长度下,管径 8 mm 的气体传输时间远短于管径 6 mm 的传输时间。在 5 000 m 管路长度下,管径 8 mm 的气体传输时间为 1 992 s,比管径 6 mm 下气体传输时间减少 681 s。因此,将正压输气管直径确定为 8 mm。

3.2 正压泵输出压力的确定

正压泵的输出压力越大,气体推动力越大,相应的气体传输时间就越短。为了测试正压泵在不同输出压力下的气体传输时间,从而确定正压泵的最优输出压力,设计了相应的试验。不同压力高正压束管气体传输时间测试系统如图 3 所示。

浓度稳定在 1%,此时记录气体传输时间。在试验过程中,分别测试了 0.5~4.0 MPa 压力条件下 8 组不同正压泵输出压力下的气体传输时间,气体传输时间与不同正压泵输出压力的关系如图 4 所示。

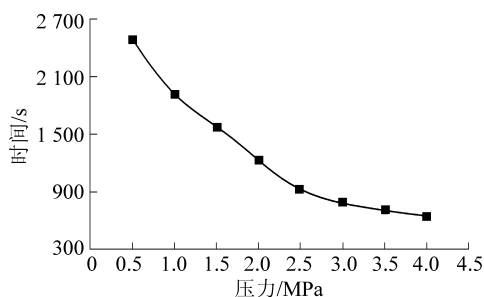


图4 气体传输时间与正压泵不同输出压力的关系

Fig.4 Relationship between gas transmission time and different output pressure of positive pressure pumps

由图4可知:随着泵体输出压力的增加,气体传输时间缩短,当泵体输出压力2.5 MPa时,气体传输时间为921 s。而当泵体输出压力达到2.5 MPa后,随着泵体输出压力的增加,气体传输时间的减速变缓,传输时间逐渐趋于稳定,因此选择2.5 MPa作为泵体的最优输出压力。

4 结 论

1)提出了一种输气与控制共用管线的高正压束管监测系统,通过管线本身实现对井下分布式正压泵的集中远程控制,输送气体管路和开停泵信号传输线路合二为一,形成了独立的监控系统。

2)通过对系统关键部件正压泵及正压输气管进行试验,确定了正压输气管的最优管径及正压泵的最优输出压力。

3)在管路长度5 000 m情况下,该系统输气时间仅为921 s,实现了采样气体的远距离快速输送,符合束管监测系统的要求。

参考文献(References):

- [1] 韩 亮.煤自燃指标气体生成特性及内在规律性研究[D].太原:太原理工大学,2017:1-2.
- [2] 刘喜军.深井煤岩瓦斯动力灾害防治研究[J].煤炭科学技术,2018,46(11):69-75.
LIU Xijun. Study on coal and rock gas dynamics disaster prevention and control in deep mine[J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(11): 69-75.
- [3] 周福宝.瓦斯与煤自燃共存研究(I):致灾机理[J].煤炭学报,2012,37(5):843-849.
ZHOU Fubao. Study on the coexistence of gas and coal spontaneous combustion (I): disaster mechanism[J]. Journal of China Coal Society, 2012, 37(5): 843-849.
- [4] 李学诚.中国煤矿安全大全[M].北京:煤炭工业出版社,1998:13-25.
- [5] 王 理,王 峰,葛学玮,等.ZS15型煤矿束管监测系统[J].煤矿安全,2008,39(7):82-83,87.

- WANG Li, WANG Feng, GE Xuewei, *et al.* ZS15 coal mine beam tube monitoring system[J]. Safety in Coal Mines, 2008, 39(7): 82-83, 87.
- [6] 张军杰,李长录,于文海,等.煤矿束管监测系统的应用[J].煤矿安全,2010,41(6):84-86.
ZHANG Junjie, LI Changlu, YU Wenhui, *et al.* Application of coal mine beam tube monitoring system[J]. Safety in Coal Mines, 2010, 41(6): 84-86.
- [7] 阮国强,王 理,王华民,等.束管监测系统在矿井防灭火中的应用[J].煤矿安全,2000,31(8):25-26.
RUAN Guoqiang, WANG Li, WANG Huamin, *et al.* The application of fire monitoring system with beam tube in fire prevention[J]. Safety in Coal Mines, 2000, 31(8): 25-26.
- [8] 邓 军,张 群,金永飞,等.JSG-8型矿井火灾束管监测系统应用[J].矿业安全与环保,2013,40(3):47-49,54.
DENG Jun, ZHANG Qun, JIN Yongfei, *et al.* Key technologies for application of JSG-8 mine fire bundle tube monitoring system[J]. Mining Safety and Environmental Protection, 2013, 40(3): 47-49, 54.
- [9] 房文杰,李长录.矿用束管监测系统工作站的分析比较与发展趋势[J].工矿自动化,2012,38(4):55-57.
FANG Wenjie, LI Changlu. Analysis and comparison of workstation monitoring system of mine-used beam tube and its development trend[J]. Industry and Mine Automation, 2012, 38(4): 55-57.
- [10] 薛 毅,邬剑明,王俊峰.矿井自燃火灾束管监测系统应用研究[J].工矿自动化,2014,40(4):102-104.
XUE Yi, WU Jianming, WANG Junfeng. Application research of mine spontaneous combustion fire monitoring system with beam tube[J]. Industry and Mine Automation, 2014, 40(4): 102-104.
- [11] 刘爱华,蔡康旭.煤自然发火预报的研究及软件的开发[J].煤炭学报,2007,32(7):724-728.
LIU Aihua, CAI Kangxu. Study on predicting coal spontaneous combustion and software development[J]. Journal of China Coal Society, 2007, 32(7): 724-728.
- [12] 陆 伟.矿井井下火灾及有毒有害气体正压束管监测系统:ZL201110023649.1[P].2014-11-26.
- [13] 房文杰,李长录.煤矿束管监测系统的应用与存在的问题[J].煤矿安全,2012,43(5):58-59.
FANG Wenjie, LI Changlu. Application and the existing problems of coal mine beam tube monitoring system[J]. Safety in Coal Mines, 2012, 43(5): 58-59.
- [14] 李尚国.正压束管在矿井火灾监测系统中的应用[J].煤炭技术,2017,36(9):156-157.
LI Shangguo. Application of positive pressure beam tube in mine fire monitoring system[J]. Coal Technology, 2017, 36(9): 156-157.
- [15] 白光星,聂百胜,尹京梅,等.矿用束管正压与负压输气研究[J].煤矿安全,2016,47(8):61-64.
BAI Guangxing, NIE Baisheng, YIN Jingmei, *et al.* Study on positive and negative pressure gas transmission for bundle tube system of coal mine[J]. Safety in Coal Mines, 2016, 47(8): 61-64.