

# 矿井瓦斯动态巡检与管控系统设计与应用

陆 铮

(天地(常州)自动化股份有限公司,江苏 常州 213015)

**摘 要:**为了解决目前瓦斯巡检管理过程中存在的人工巡检数据不能实时上传,数据处理结果无法及时反馈到现场等问题,依托手持终端、无线传输网络、信息发布终端等软硬件,通过研究瓦斯巡检管控的智能技术,设计开发了矿井瓦斯动态巡检与管控系统,系统采用巡检记录仪通过刷卡、拍照与多参数气体检测仪自动记录相结合的方式实时检测、记录。同时将相关信息传至地面数据中心,利用瓦斯巡检系统进行分析、存储和管理,根据分析处理结果生成相应报告,针对异常情况逐级预警与信息发布,保证地面与井下安全信息对称。结果表明,系统实施后有效杜绝了脱岗、漏检、误报等人为安全隐患,保证了检测数据的真实性,规范安全检测及管控过程。

**关键词:**矿井瓦斯;手持终端设备;无线传输;移动检测;现场管控

**中图分类号:**TD712;TD67

**文献标志码:**A

**文章编号:**0253-2336(2018)08-0125-05

## Design and application of mine gas dynamic detection and control system

LU Zheng

(Tiandi (Changzhou) Automation Co., Ltd., Changzhou 213015, China)

**Abstract:** In order to solve the manual inspection data can not be real-time upload existing gas inspection in the process of management, the results of data processing can not be timely feedback to the site and other issues, relying on the handheld terminal, wireless transmission network, information terminal hardware and software, through the intelligent control of gas inspection technology research, design and development of the inspection and control system of coal mine gas dynamic system. The patrol recorder through the credit card and take with the multi parameters gas detector automatically records the combination of real-time detection and recording. At the same time, the related information is transmitted to the ground data center in time, and the gas patrol system is used for analysis, storage and management. According to the analysis results, corresponding reports are generated, and early warning and information release for abnormal situations are carried out to ensure the symmetry of the safety information on the ground and underground. The results show that after the implementation of the system, it is effective to eliminate hidden dangers such as post job loss, missed detection and misreporting, which ensure the authenticity of the test data and standardize the process of safety detection and control.

**Key words:** mine gas; handheld terminal equipment; wireless transmission; mobile detection; on-site control

## 0 引 言

矿井瓦斯一直是我国煤矿灾害预防工作的重中之重。安全监测监控系统作为矿井安全生产的有力保障,在煤矿现场的瓦斯灾害预防与控制中发挥着至关重要的作用<sup>[1]</sup>,甲烷传感器能够实时、准确、连续地检测煤矿井下采掘工作面等重要区域以及机电

硐室、材料库等重要地点的瓦斯浓度,地面监控主机软件系统能实时显示井下监测点瓦斯浓度的变化情况,并根据《煤矿安全规程》的界限值发布报警信息。然而,长期以来矿井瓦斯监测及预、报警体系仍然存在着诸多问题,诸如存在局部区域监测盲点、传感器调校不当、监督管理不力、信息传递欠缺、数据处理及利用不充分等。由于以上问题的存在,伴随

收稿日期:2018-04-11;责任编辑:赵 瑞 DOI:10.13199/j.cnki.cst.2018.08.020

基金项目:中国煤炭科工集团有限公司二级企业技术创新资助项目(2017GY102)

作者简介:陆 铮(1970—),男,浙江平湖,高级工程师,现任天地(常州)自动化股份有限公司副总经理。E-mail:463290951@qq.com

引用格式:陆 铮.矿井瓦斯动态巡检与管控系统设计与应用[J].煤炭科学技术,2018,46(8):125-129.

LU Zheng. Design and application of mine gas dynamic detection and control system[J]. Coal Science and Technology, 2018, 46(8): 125-129.

物联网技术<sup>[2-3]</sup>、无线传输技术<sup>[4-5]</sup>与移动检测技术<sup>[6-7]</sup>的发展及在煤炭行业的推广应用,以全面检测、无线传输<sup>[8-9]</sup>、数据融合处理<sup>[10-11]</sup>、监测数据下行传递<sup>[12-13]</sup>、智能化管控等手段推进煤矿安全监测监控升级改造是目前煤矿安全监测监控领域的核心研究内容<sup>[14]</sup>。

国内煤矿针对瓦斯巡检管理也制定了很多管理方法,有的煤矿还安装了瓦斯巡检系统,目前该系统主要分为2大类,一类是巡检人员在井下巡检后,数据存储在巡检设备中,上井后对数据进行数据的统一管理;另一类是对瓦斯的检测与传输集成设计,实现数据的实时传输。但是这2类方式都存在缺陷。前一类由于数据不能及时上传,导致问题的发现存在滞后,另一类由于《煤矿安全规程》中电池的容量限制,导致一体式的硬件设计使用一段时间后无法满足井下一个班次的正常巡检,从而影响了巡检工作的正常执行。基于此,笔者设计了矿井瓦斯动态巡检与管控系统,通过巡检数据的实时上传下达,一是保证煤矿采掘工作面现场作业条件动态变化的情况下,瓦斯数据的准确实时传输;二是防止瓦斯巡检人员由于责任心不高,造成瓦斯巡检的虚报、假报等情况的发生,从而保证煤矿的安全生产。

## 1 矿井瓦斯监测现状分析

我国自从引进国外安全监测监控系统以来,在不断进行自我创新和技术改进过程中,取得了重大的技术突破,在长期使用过程中,在矿井瓦斯监测与控制方面依然存在如下问题:

1)重要区域监测不全面、存在监测盲点。目前的井下瓦斯传感器固定地设置在采掘工作面区域及其他重要位置的规定地点,诸如掘进工作面、长距离巷道风筒段、回采工作面等风流紊乱程度高,风速变化大,风流流态复杂,易引起瓦斯集聚的高风险区域未设置传感器,监测范围不够全面,存在监测区域盲点。

2)瓦斯检查制度执行不严、监督不力。我国煤矿根据《煤矿安全规程》建立了三级瓦斯检查监测制度:①瓦检员定时定点检查;②安全监测监控系统自动监测;③管理人员采用便携式仪器巡检。但实际执行过程中,由于巡检工人的素质参差不齐,脱岗、空班和漏检现象时有发生,数据的真实性难以保证,会造成人为安全隐患。

3)传感器调校不当。由于井下恶劣的环境条

件所致,传感器由于元器件老化等原因存在误差误报的现象,目前现场传感器调校技术手段有限,导致监测数据可靠性下降。

4)数据处理手段单一。人工巡检过程中产生大量数据,没有得到有效的分析利用,由于巡检数据的传输存在滞后性,传统模式经过一个班次汇报一次,最长的数据延迟时间达到8 h以上,因而导致巡检时发现异常情况时不能及时处理;人工巡检数据没有充分地自动监测数据融合,并应用于异常处理<sup>[15-16]</sup>。

5)新型便携式仪器功能单一。便携式瓦斯检测仪屏幕小、功能少,操作繁琐;存储数据项固定,系统扩展性及灵活性很差。此外,一体式便携式瓦斯检测仪由于功能过度集中,导致系统性能下降,存在储电不足、现场取证照片清晰度不足、实时传输操作难度大等问题<sup>[17-18]</sup>。

综合以上分析,需要加强矿井瓦斯的全面检测,以传输无线手段实现井下与地面信息传递来避免人为隐患,融合处理检/监测数据支持传感器调校,并实现精细化预警,开发先进的便携式仪器来提升监测灵活性,系统科学地进行监测过程管控,充分有效地利用监测数据进行风险预警,以拓展矿井瓦斯监测系统功能,推进安全监测监控系统升级改造。

## 2 瓦斯动态巡检与管控系统设计

基于以上矿井瓦斯监测现状,设计了一套矿井瓦斯动态巡检与管控系统,该系统通过现场工作人员携带巡检记录仪与多参数气体检测仪及数据上传终端,借助于无线网络将井下检测数据实时上传到地面服务器,实现对井下环境参数监测的全覆盖及动态检测。同时,地面服务器接收检测数据并实时处理后进行下发,数据下发分为2个方面,一方面,检测数据通过瓦斯异动模型运算进行异常分析,如有瓦斯浓度异常情形,将实时下发到巡检人员进行预警提示;另一方面,将瓦斯巡检数据实时发布到终端显示平台,如有瓦斯浓度超限情况利用声光报警器进行报警,提醒危险区域人员进行安全撤离。系统技术架构如图1所示。

## 3 瓦斯动态巡检与管控系统主要功能

### 3.1 数据通信

为解决以上问题,系统采用分体式设计模式,数据的采集与传输相分离;硬件由多参数气体检测仪

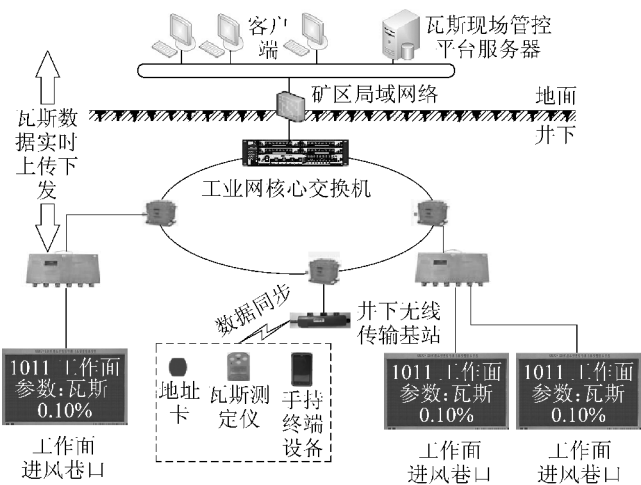


图 1 系统技术架构

Fig. 1 System technical framework

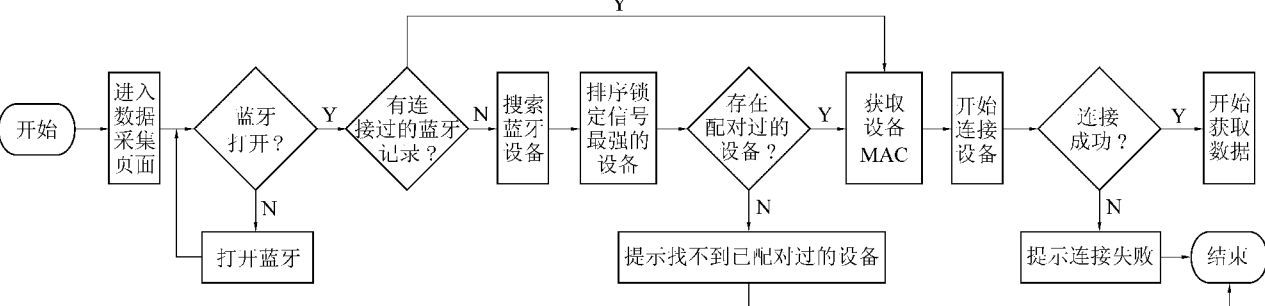


图 2 数据传输流程

Fig. 2 Data transmission process

具体地,井下布置若干个巡检地点,如图 3 所示,巡检人员在地点 1 刷卡,表示巡检人员到达地点 1 位置,此时手动刷卡进行数据录入与上传。可实现与人员定位数据的对比、与安全监控系统数据的对比,以保证人工巡检数据的准确性与监测数据的可靠性。

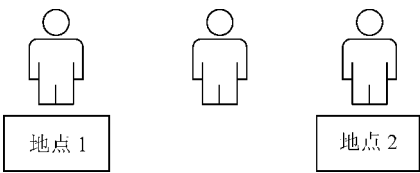


图 3 移动检测示意

Fig. 3 Mobile detection sketch

巡检人员在到达地点 2 之前,完成瓦斯测定仪检测数据的实时上传,上传数据周期可以设置,可根据井下基站部署的密度调整数据上传周期,可自动设置为 5、10、30 s 等,并进行实时数据上传,一般默认为 30 s。默认的上传人员及地点以打卡后的位置和人员为准,直至到达地点 2 进行打卡;通过数据的实时检测与传输,实现人工巡检数据上传的实时性,达到动态检测的目的。

和巡检记录仪 2 个部分组成。多参数气体检测仪用于甲烷、风速、一氧化碳、氧气等气体的数据采集;巡检记录仪从多参数气体检测仪通过蓝牙自动采集其测定的数据,同时将检测数据通过无线网络实时上传到地面数据中心,瓦斯测定仪与手持终端的数据通信流程如图 2 所示。

### 3.2 移动检测

移动检测是动态巡检与管控过程中最重要的环节。移动检测是指巡检人员随身携带数据采集设备,一方面动态监测环境气体数据,另一方面可在同一位置下实现传感器监测数据与瓦斯测定仪检测数据的比对,保证数据采集的准确性,并可为传感器调校提供辅助手段。

### 3.3 监测预警

在移动检测的基础之上,通过地面数据中心对检测数据依据瓦斯预警移动模型进行处理,对处理之后的数据通过手持终端及信息发布终端进行传递,出现瓦斯浓度异常时,发布预警信息。

瓦斯预警移动模型是利用正态分布实现瓦斯浓度预警。文献[9-10]中通过概率分布拟合得出了大量瓦斯监测数据近似服从正态分布,基于此,构造瓦斯浓度预警阈值范围的计算式如下:

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}} \quad (1)$$

其中,  $x_1, x_2, \dots, x_n$  为  $n$  个测点  $x$  的一组历史监测数据,作为分析样本;一般情况下,取最近一段时间内的历史数据,默认为 30 d,并动态更新样本数据;  $\bar{x}$  为样本数据的平均值;  $k$  为概率密度,按照  $3\sigma$  法则,默认值为 3,一般设置  $\sigma = \sqrt{\frac{(x_1 - \bar{x})^2 + (x_2 - \bar{x})^2 + \dots + (x_n - \bar{x})^2}{n}}$  为数据样本的标准差,主要反映符合正态分布的离散数据的离散程度;



根据式(1)实时计算出测点的瓦斯浓度预警范围,并更新到系统配置中,作为瓦斯预警状态的确定依据,当测点值超出此界限范围时发布预警信息<sup>[19-20]</sup>。

#### 4 系统应用分析

依据系统设计开发了配套软件,在山西阳煤集团某矿井进行系统部署开展了应用分析。系统的设计与实现充分利用了物联网技术,通过瓦斯动态巡检与管控系统在现场实际应用分析,在以下方面取得了良好的效果:

1)多参数气体检测仪与巡检记录仪分体式设计,如图4所示,该设计保证了检测、数据传递的灵活性,实现了全面监测,弥补了目前井下高风险区域存在监测盲点的问题。



(a) 多参数气体检测仪

(b) 巡检记录仪

图4 多参数气体检测仪与巡检记录仪

Fig.4 Multi parameter gas detector and patrol recorder

2)实现系统内部时钟、刷卡、自拍等功能,杜绝了不按时按地点巡检、脱岗、替班等现象,保证了监测数据的真实性,消除了人为安全隐患。

3)数据传输的及时性,使得井下与地面数据对称,为传感器调校提供了依据,提高了监测数据的可靠性,以人工检测与自动监测数据的融合处理方式作为瓦斯浓度预警与传感器调校提供可靠、便捷的手段。

#### 5 结 语

矿井瓦斯巡检管理系统的设计思路有助于推动传统的安全静态管理向动态管理方向发展,有效地防止瓦斯巡检工作中的脱岗、空班和漏检现象,系统实施前根据随机抽查标明巡检实际完成率不足30%,系统实施后配合相应的管理制度,巡检率达到百分之百,有效杜绝了人为造成的安全隐患,提升了安全检测及监督管理制度的标准化水平,提高了安全工作效率;该系统的应用弥补了目前瓦斯监测体系中的不足,通过井下网络、手持终端设备、信息发布终端实现信息的实时上传下达,利用物联网技术实现瓦斯巡检

智能化管控,现场应用达到了预期效果,具有较好的推广价值。

#### 参考文献(References):

- [1] 陈新军,刘明光.我国煤矿瓦斯安全监控系统综述[J].中州煤炭,2007(3):88-89.  
CHEN Xinjun, LIU Mingguang. Overview on safety monitoring and control system of coalmine gas[J]. Zhongzhou Coal, 2007 (3): 88-89.
- [2] 玄兆燕,王凯良,吴卓繁.基于物联网的矿井通风机远程监测系统[J].工矿自动化,2017,43(1):81-84.  
XUAN Zhaoyan, WANG Kaihang, WU Zhuofan. Design of remote monitoring system of mine ventilator base on internet of things[J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(1): 81-84.
- [3] 姚建铨,丁恩杰,张 申,等.感知矿山物联网愿景与发展趋势[J].工矿自动化,2017,42(9):1-5.  
YAO Jianshan, DING Enjie, ZHANG Shen, et al. Prospect of perception mine internet of things and its development trend [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 42(9): 1-5.
- [4] 张 骐,潘 涛,王 昊.基于物联网的煤矿安全管理平台研究[J].工矿自动化,2015,41(10):49-52.  
ZHANG Qi, PAN Tao, WANG Hao. Research of coal mine safety management platform based on internet of things[J]. Industry and Mine Automation, 2015, 41(10): 49-52.
- [5] 佟占生,王春明,李 凯.矿井无线传感器网络设计及应用[J].工矿自动化,2017,43(8):98-100.  
TONG Zhansheng, WANG Chunming, LI Kai. Design of mine wireless sensor network and its application [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(8): 98-100.
- [6] 王 军,顾义东,曾 苛.WiFi通信技术在煤矿信息化中的应用分析[J].工矿自动化,2017,43(7):90-92.  
WANG Jun, GU Yidong, ZENG Ke. Application analysis of WiFi communication technology in coal mine informatization [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(7): 90-92.
- [7] 陈小林,孙金钰.煤矿智能分体式瓦斯巡检系统设计[J].工矿自动化,2016,42(8):6-9.  
CHEN Xiaolin, SUN Jinyu. Design of an intelligent separated style gas inspection system for coal mine [J]. Industry and Mine Automation, 2016, 42(8): 6-9.
- [8] 刘传安,刘 建,都永正.煤矿安全监控系统便捷检查分析装备设计[J].工矿自动化,2017,43(3):74-77.  
LIU Chuanan, LIU Jian, DU Yongzheng. Design of convenient inspection and analysis equipment for coal mine safety monitoring and control system [J]. Industry and Mine Automation, 2017, 43(3): 74-77.
- [9] 董丁稳.基于安全监控系统实测数据的瓦斯浓度预测预警研究[D].西安:西安科技大学,2012:2-3.
- [10] 董丁稳,屈世甲,王红刚.基于多测点关联分析的工作面瓦斯浓度实时预警[J].中国安全科学学报,2015,25(1):111-115.  
DONG Dingwen, QU Shijia, WANG Honggang. Mine gas concentra-

- tion real-time pre-warning at working face based on correlation analysis of multi-site monitoring data[J]. China Safety Science Journal, 2015, 25(1): 111-115.
- [11] 戴 磊, 牛光东. 煤炭企业信息化管理系统的研究[J]. 工矿自动化, 2009, 35(3): 75-78.
- DAI Lei, NIU Guangdong. Research on information management system of coal enterprises[J]. Industry and Mine Automation, 2009, 35(3): 75-78.
- [12] 赵海涛, 黄 超, 李珊珊. 瓦斯巡更监测分站的设计[J]. 煤炭科学技术, 2008, 36(7): 84-86.
- ZHAO Haitao, HUANG Chao, LI Shanshan. The design of gas patrol monitoring station[J]. Coal Science and Technology, 2008, 36(7): 84-86.
- [13] 陈 鸿, 牟 颖, 马 成. 基于 RFID 的动态瓦斯巡更管理系统[J]. 矿业安全与环保, 2010, 37(4): 34-36, 91.
- CHEN Hong, MOU Ying, MA Cheng. Dynamic gas patrol management system based on RFID [J]. Mining Safety and Environmental Protection, 2010, 37(4): 34-36, 91.
- [14] 王 婴, 谢俊生. 煤矿通风工区瓦斯巡检管理系统的研制[J]. 矿业安全与环保, 2009, 36(6): 36-38.
- WANG Ying, XIE Junsheng. Development of gas inspection management system in coal mine ventilation area[J]. Mining Safety and Environmental Protection, 2009, 36(6): 36-38.
- [15] 陈 君. 主数据管理平台建设研究[J]. 铁道工程学报, 2016, 33(5): 134-136.
- CHEN Jun. Research on the construction of the main data management platform [J]. Journal of Railway Engineering Society, 2016, 33(5): 134-136.
- [16] 唐丽均, 杨智勇. 煤矿井下精确定位技术比较分析[J]. 煤矿现代化, 2014(4): 71-72.
- TANG Lijun, YANG Zhiyong. Comparison and analysis of precise location technology in coal mine [J]. Coal Mine Modernization, 2014(4): 71-72.
- [17] 仲丽云. 煤矿安全监控系统存在的问题及其改进探讨[J]. 工矿自动化, 2010, 36(6): 92-94.
- ZHONG Liyun. Discussion on problems existing in coal mine safety monitoring and control system and its improvement[J]. Industry and Mine Automation, 2010, 36(6): 92-94.
- [18] 赵 丹, 刘 剑, 马 恒. 煤矿安全监测监控系统传感器设置[J]. 煤矿安全, 2009, 40(10): 64-67.
- ZHAO Dan, LIU Jian, MA Heng. Sensor setting of coal mine safety monitoring and monitoring system[J]. Safety in Coal Mines, 2009, 40(10): 64-67.
- [19] 李继林. 煤矿安全监控系统的现状与发展趋势[J]. 煤炭技术, 2008, 27(11): 3-5.
- LI Jilin. Present situation and development trend of coal mine safety monitoring system[J]. Coal Technology, 2008, 27(11): 3-5.
- [20] 叶锦娇. 基于无线传感器网络的煤矿瓦斯巡检管理系统[J]. 煤矿安全, 2012, 43(3): 63-65.
- YE Jinjiao. Coal mine gas inspection management system based on wireless sensor network [J]. Safety in Coal Mines, 2012, 43(3): 63-65.