



文章编号:1671-251X(2020)11-0095-05

DOI:10.13272/j.issn.1671-251x.2020050005

矿用气体传感器自动标校系统研究

祝国源^{1,2}

(1. 中煤科工集团常州研究院有限公司, 江苏 常州 213015;

2. 天地(常州)自动化股份有限公司, 江苏 常州 213015)



扫码移动阅读

摘要:传统的矿用气体传感器人工标校方式易对人体造成伤害、劳动强度大、工作效率低、标校精度受人为因素影响大,而现有基于单片机等技术的自动标校仪器在同一时间只能进行单台传感器标校,只适合同类型传感器小批量标校。针对上述问题,设计了一种矿用气体传感器自动标校系统。该系统主要由服务器、上位机、智能标校柜、供排气控制箱及供排气管道等组成,实现了按预设条件同时对不同类型的矿用气体传感器进行批量自动标校验证、安全排放标校尾气、自动采集并保存标校过程数据。测试结果表明:经该系统标校后的矿用低浓度 CH_4 传感器对0,0.5%,1.5%,3.5% CH_4 的测量误差均在允许范围内;系统内每台智能标校柜可同步标校10台同类型的矿用气体传感器,最多可挂接60台传感器,且标校过程无人值守,实现了矿用气体传感器安全、高效、快速的出厂标校验证。

关键词:矿用气体传感器;传感器标校;自动标校;批量标校;集中供气;无人值守

中图分类号:TD67

文献标志码:A

Research of automatic calibration system for mine-used gas sensors

ZHU Guoyuan^{1,2}

(1. CCTEG Changzhou Research Institute, Changzhou 213015, China;

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

Abstract: Traditional manual calibration mode for mine-used gas sensors is easy to harm persons and has high labor intensity and low operation efficiency, whose calibration precision is greatly influenced by human factors. While existing automatic calibrators based on single chip microcomputer can only calibrate one sensor at the same time, which is applicable for calibrating the same type of sensors in small numbers. For the above problems, an automatic calibration system for mine-used gas sensors is designed. The system is mainly composed of server, upper computer, intelligent calibration cabinet, exhaust control box and exhaust pipe, which realizes automatic batch calibration of mine-used gas sensors with different types at the same time according to presupposed conditions, safe emissions of tail gas and automatic collection and storage of process data. The test results show that: For 0, 0.5%, 1.5%, 3.5% CH_4 , measurement errors of mine-used low concentration CH_4 sensors calibrated by the system are within permissible error range; One intelligent calibration cabinet in the system can synchronously calibrate ten mine-used gas sensors with the same type and links sixty sensors at most. The system realizes unattended calibration process and safe, efficient and fast calibration of mine-used gas sensors.

收稿日期:2020-05-06;修回日期:2020-11-16;责任编辑:李明。

基金项目:天地(常州)自动化股份有限公司研发项目(2019GY005)。

作者简介:祝国源(1964—),男,浙江兰溪人,高级工程师,现主要从事生产自动化工艺技术研究工作,E-mail:zgy2051@126.com。

引用格式:祝国源. 矿用气体传感器自动标校系统研究[J]. 工矿自动化,2020,46(11):95-99.

ZHU Guoyuan. Research of automatic calibration system for mine-used gas sensors[J]. Industry and Mine Automation,2020,46(11):95-99.

Key words: mine-used gas sensors; sensor calibration; automatic calibration; batch calibration; concentrative gas supply; unattended

0 引言

矿用气体传感器是煤矿环境监控系统的核心设备^[1-3],其准确性和可靠性是整个系统可靠运行的基础。气体传感器出厂前必须进行整机性能测试检验,通气标校验证是其中重要的一环。传统的气体传感器通气标校工作采用人工方式逐台完成。因通气标校须在传感器所测气体环境下进行,矿用气体传感器标校用标准气体大多是 CH₄,CO 等易燃易爆、有害有毒气体,极易对人体造成伤害,同时人工标校操作复杂,劳动强度大,工作效率低,标校精度受人为因素影响大。针对上述问题,文献[4-6]采用单片机、组态软件技术设计标校仪器,可对 8 台气体传感器进行标校;文献[7]采用单片机技术开发了针对 64 台气体传感器的智能调校检定仪。该类自动标校仪器虽然可挂接多台传感器,但同一时间只能进行单台传感器标校,只适用于同类型传感器小批量标校。

为了满足气体传感器出厂批量标校需求,本文设计了一款矿用气体传感器自动标校系统。该系统可按预先设定的条件同时对不同类型的气体传感器进行批量通气自动标校验证,自动采集标校数据^[8]并将其保存到服务器数据库中,可对传感器分类标校数据进行远程实时查询,实现了安全、高效、快速的气体传感器出厂标校验证。

1 传感器标校原理和方法

传感器标校即对传感器特性进行评定,判断其能否达到有关标准规范要求,并以此为依据来科学、合理地校正传感器,具体包含测定、校正传感器误差和测试响应时间等。

矿用气体传感器标校验证依据国家安全生产监督管理总局发布的相关标准执行,标准对矿用气体传感器在标校验证过程中必须遵循的方法和步骤作出了具体规定。如矿用低浓度载体催化式 CH₄ 传感器需先在清洁空气环境中调零,待传感器零点在清洁空气中稳定后,以 30~300 mL/min 的恒定流量通入 2.0%CH₄ 标准气体,3 min 后将传感器显示值调至与标准值一致,反复校准 3 次后,以 30~300 mL/min 的恒定流量向传感器依次通入 0.5%,1.5%,3.5%CH₄ 标准气体^[9]进行验证。

2 系统架构

矿用气体传感器自动标校系统主要由服务器、上位机、智能标校柜、供排气控制箱及供排气管道等

组成,如图 1 所示。

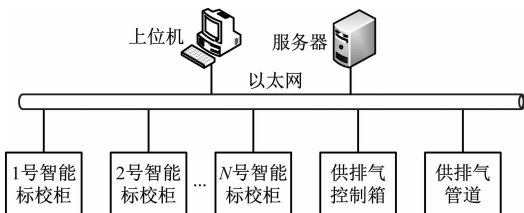


图 1 矿用气体传感器自动标校系统组成
Fig. 1 Composition of automatic calibration system for mine-used gas sensors

上位机负责对智能标校柜进行综合标校检测管理;根据气体传感器类型选择对应的通气标校控制程序,发送进气、吹气、排气等命令;同步采集智能标校柜反馈的各类信息,实时显示各智能标校柜及柜内挂接的传感器工作状态信息;采用定时截尾试验方法,对标校过程数据进行综合分析,形成传感器标校测试报告,并将相关数据发送到服务器进行统一存储管理。

服务器负责存储采集的标校过程数据,形成统计报表记录,并存档供查阅或打印。

智能标校柜接收上位机发送的标校命令,对传感器进行标校验证,并实时采集传感器标校过程数据。智能标校柜投入、退出系统灵活方便,数量配置可扩展,每台智能标校柜可挂接 60 台气体传感器。气体标校房按配置 10 台智能标校柜测算,可接入 600 台气体传感器进行标校验证。

供排气控制箱接收上位机发送的命令,控制供气管道上的电磁阀开闭,提供传感器标校所需的标准气体,并控制标校后的尾气分类排放至排气管道,实现尾气集中排放。

供排气管道实现气体输送,将气瓶中的标准气体经供气管道输送至各智能标校柜,并将标校后的尾气经排气管道分类排放。

3 智能标校柜设计

智能标校柜由电路单元与气路单元组成,如图 2 所示。电路单元包括工业一体计算机、调校接口板、柜体管理板、电流检测模块、温湿度传感器、继电器板、气体监测传感器等,主要完成电气性能监测控制;气路单元包括电磁阀、流量计、压力传感器、气体测试腔、排气泵、输气管等,主要完成标校气体输送、尾气排放等。

工业一体计算机接收上位机命令,控制电磁阀输出相应动作,同时采集柜体管理板、压力传感器、气体监测传感器、温湿度传感器数据,将数据进行综合处理后发送至上位机。

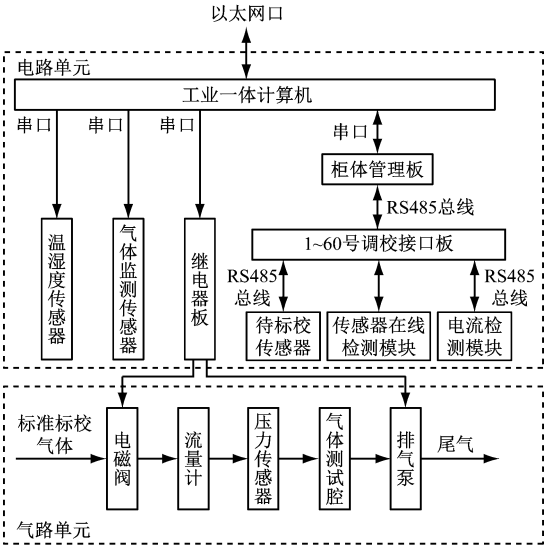


图2 智能标校柜组成

Fig. 2 Composition of intelligent calibration cabinet

柜体管理板接收工业一体机命令并发送给相应的调校接口板,同时采集 60 块调校接口板的数据,对数据进行优化处理后上传至工业一体机。

调校接口板主要完成气体传感器电气性能实时检测,将柜体管理板发送的标定命令通过通信接口转发给待标校气体传感器,同时采集气体传感器的标校反馈信息及电流检测模块、传感器在线检测模块信息,将信息汇总处理后发送给柜体管理板。

继电器板通过串口与工业一体机连接,接收工业一体机发出的控制命令,控制电磁阀、排气泵开闭,实现标准标校气体输送及尾气排放。

气路单元的流量计实现每路气体传感器所需标准标校气体的 200 mL/min 恒定流量供给。气体测试腔为待标校气体传感器提供稳定的气体测试空间。压力传感器实时监测供气管道压力。标校剩余尾气由排气泵负责排出。

4 标校测试设计

4.1 多路自动标校方式

气体标校是对气体传感器通入已知浓度的标准气体,根据气体传感器本体测量的气体浓度与标准气体浓度的误差是否在合格范围内判定气体传感器是否合格。要实现多路自动标校需解决以下 3 个关键问题:自动输送给定标校气体;自动修正气体传感器标校值、自动获取测量结果;对多个气体传感器同时给定标校气体、获取测量结果。

4.1.1 供气回路设计

供气回路包括将标准标校气体输送至智能标校柜边的集中供气管道回路和智能标校柜内部对气体传感器进行气体分配的气路单元。

矿用气体传感器自动标校系统用于通气标定的气体大多是有毒有害、易燃易爆的危险性气体,安全

保护极其重要。气体标校房采取集中供气方式^[10-11],气瓶与智能标校柜采用分区放置方式,气瓶中的标准气体通过供气管道输送至智能标校柜,装有易爆、有毒气体(CH₄、CO)与助燃气体(O₂)的气瓶也采用分开放置方式,高浓度可燃气体另设防回火装置。

集中供气管道回路采用 BA 级 SUS316L 不锈钢洁净管,配置一级和二级减压阀、单向阀、回火器、开关球阀、电磁阀,如图 3 所示。上位机通过供排气控制箱控制电磁阀选择所需的标校气体输送至供气管道,实现标校气体的自动输送给定。为安全考虑,不同类型的气体通过不同供气管道分开输送,同一类型不同浓度的气体通过同一供气管道分时输送。

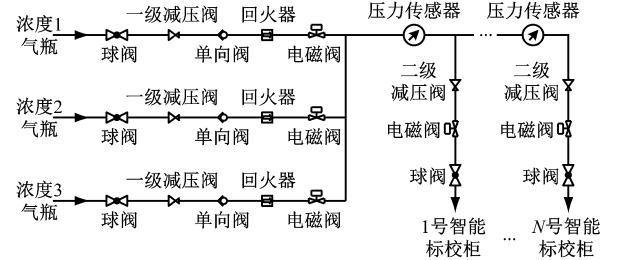


图3 集中供气管道回路

Fig. 3 Circuit of concentrative gas supply line

智能标校柜内部气路单元如图 4 所示。智能标校柜通过供气入口的电磁阀选择所需标校气体^[12],再通过气体分配器给 10 个气体测试腔供气。10 个供气回路设计独立的流量计,保障以 200 mL/min 的恒定流量提供标校气体。1 个供气回路最多可实现对 10 个气体传感器同时供气。设计单向阀以避免通气回路之间发生串气干扰。

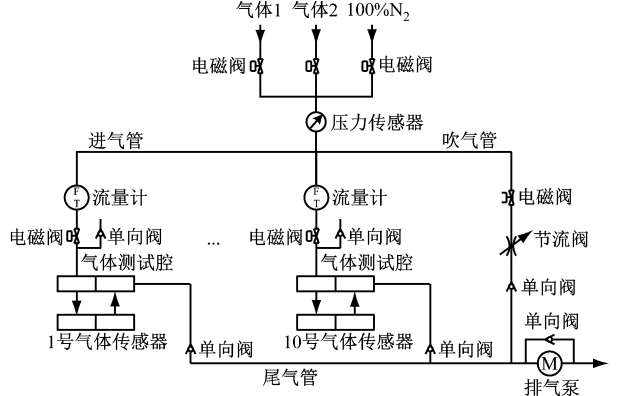


图4 智能标校柜内部气路单元

Fig. 4 Unit of inner gas circuit of intelligent calibration cabinet

标校开始及结束时集中使用体积分数为 100% 的 N₂ 吹扫,以清除供气管道及气体测试腔内的残留气体。传感器通气标校后,剩余的尾气分类接入排气管道排出^[13]。对高浓度 CH₄ 传感器进行标校时,吹气管同步注入体积分数为 100% 的 N₂,用节流阀进行流量设定,对尾气进行稀释,实现安全

7 结语

针对矿用气体传感器出厂标校时无法实现闭环标校及大批量气体传感器同时标校的问题,依据国家安全生产监督管理总局发布的相关标准,设计了一种矿用气体传感器自动标校系统。该系统可根据现场需求灵活布置智能标校柜,各智能标校柜相互独立,采用分布式方式接入系统,可对不同类型气体传感器同时进行标校。智能标校柜供气回路采用气路单元模块化设计,气路单元一次可同时完成10台同类型气体传感器标校气体给定,柜内最多可挂接60台气体传感器(10台为1组类型单元),采用分批方式完成标校。该系统可实现不同标校气体多路自动输送给定、标校参数自动写入、测量结果自动获取、尾气自动分类排放等功能。测试结果表明,经该系统标校后的气体传感器测量误差在允许范围内,且标校全程无需人员参与,实现了矿用气体传感器安全、高效、快速的出厂标校验证。

参考文献(References):

[1] 张雁鹏. 矿用气体传感器智能调校系统[D]. 太原:太原理工大学,2013.
ZHANG Yanpeng. Intelligent calibrator system for mine gas sensor[D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology,2013.

[2] 王素玲. 矿用气体传感器远程智能调校系统研究[J]. 机电工程技术,2015,44(8):117-118.
WANG Suling. The coal mine gas sensor remote intelligent calibration system [J]. Mechanical & Electrical Engineering Technology, 2015, 44 (8): 117-118.

[3] 郭妍. 矿用气体传感器无人值守调校及废气处理系统[D]. 太原:太原理工大学,2015.
GUO Yan. Mine gas sensor unattended calibration and exhaust gas treatment system [D]. Taiyuan: Taiyuan University of Technology,2015.

[4] 刘西青,田慕琴,王伟,等. 矿用气体传感器检测系统的开发[J]. 煤炭技术,2015,34(4):268-270.
LIU Xiqing, TIAN Muqin, WANG Wei, et al. Development of mine gas sensor's detection system [J]. Coal Technology,2015,34(4):268-270.

[5] 康琛笠,张熹. 基于神经网络的矿用气体传感器多路智能校验仪的研发与应用[J]. 山西煤炭管理干部学院学报,2016,29(1):48-49.
KANG Chenli, ZHANG Xi. Development and application of intelligent multi-channel calibrator for mine-used gas sensor based on neural network[J]. Journal of Shanxi Coal-Mining Administrators College,2016,29(1):48-49.

[6] 李红委,田慕琴. 矿用气体传感器智能调校系统的研

制[J]. 煤炭技术,2014,33(4):202-205.
LI Hongwei, TIAN Muqin. Development of intelligent calibration system of mine-used gas sensor[J]. Coal Technology,2014,33(4):202-205.

[7] 赵耀原,田慕琴,张雁鹏. 64路矿用气体传感器智能调校检定仪的研究开发[J]. 煤炭学报,2014,39(增刊1):267-272.
ZHAO Yaoyuan, TIAN Muqin, ZHANG Yanpeng. Research and development on intelligent calibration and verification instrument for 64 gas sensors[J]. Journal of China Coal Society,2014,39(S1):267-272.

[8] 何美燕,杨帮华,陆文宇,等. 基于CVI的气体传感器自动标定系统设计[J]. 仪表技术与传感器,2012(12):173-175.
HE Meiyang, YANG Banghua, LU Wenyu, et al. Design of automatic calibration system for gas sensors based on CVI[J]. Instrument Technique and Sensor, 2012(12):173-175.

[9] AQ 6203—2006 煤矿用低浓度载体催化式甲烷传感器[S].
AQ 6203—2006 Coal mine low-concentration carrier catalytic methane transducer[S].

[10] 孙志强,白向玉,吴冬梅. 高校实验室集中供气系统的应用与管理[J]. 实验技术与管理,2018,35(10):10-14.
SUN Zhiqiang, BAI Xiangyu, WU Dongmei. Application and management of centralized gas supply system in university laboratories [J]. Experimental Technology and Management,2018,35(10):10-14.

[11] 张永春,常臻,袁晓鹰,等. 实验室集中供气系统设计探讨[J]. 实验室科学,2018,21(6):152-154.
ZHANG Yongchun, CHANG Zhen, YUAN Xiaoying, et al. Discussion on the design of centralized gas supply system in laboratory [J]. Laboratory Science,2018,21(6):152-154.

[12] 冯博,田慕琴. 矿用气体传感器无人值守校验系统的研究[J]. 自动化仪表,2014,35(1):59-62.
FENG Bo, TIAN Muqin. Research on the unattended calibration system of mine gas sensor [J]. Process Automation Instrumentation,2014,35(1):59-62.

[13] 彭剑,曹广忠,黎俊龙,等. 基于LabVIEW的气体传感器程控标定系统[J]. 仪表技术与传感器,2009(10):35-38.
PENG Jian, CAO Guangzhong, LI Junlong, et al. Programmable calibration system for gas sensors based on LabVIEW [J]. Instrument Technique and Sensor,2009(10):35-38.

[14] 梁宏增. 流速和湿度对气体传感器及电子鼻的影响研究[D]. 大连:大连理工大学,2011.
LIANG Hongzeng. Study on the impact of gas flow rate and humidity on gas sensors and electronic nose [D]. Dalian: Dalian University of Technology,2011.