

交流耦合法在砂尘试验设备浓度控制中的应用

张景飞¹, 马志宏², 李红行³, 刘志鸿³

(1. 郑州大学 工程力学系, 郑州 450001; 2. 空军装备研究院 雷达所, 北京 100085;

3. 郑州煤炭工业(集团)有限责任公司 生产技术部, 郑州 450003)

摘要: 采用了交流耦合技术中的浓度在线监测装置。简要介绍了砂尘浓度闭环控制的组成和结构, 并对交流耦合法的特点和原理进行了分析和研究, 指出了影响测量效果的环境因素。结合设备中应用的砂尘浓度测量闭环控制系统, 说明了运用交流耦合法进行浓度测量的具体流程和操作方法。通过实际应用, 验证了良好的控制效果, 达到了预期的控制目的。

关键词: 砂尘; 闭环控制; 交流耦合; 浓度控制

中图分类号: TP278 **文献标识码:** A

文章编号: 1672-9242(2011)02-0110-04

Application of AC-coupling Method in Concentration Control of Sand and Dust Test Equipment

ZHANG Jing-fei¹, MA Zhi-hong², LI Hong-xing³, LIU Zhi-hong³

(1. Department of Engineering Mechanics, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China;

2. Institute of Radar and Electronic Countermeasures of the Air Force Equipment Academe, Beijing 100085, China;

3. Department of production and technology, Zhengzhou coal industry (group) Co., Ltd., Zhengzhou 450003, China)

Abstract: AC-coupling method was applied in real-time concentration inspection of sand and dust in sand and dust test equipment. The composition and framework of closed loop control system were introduced. The characteristics and theory of AC-coupling method were analyzed and studied. Factors affecting the measurement effects were also put forward. Combining the closed loop control system of concentration measurement of sand and dust in the equipment, the specific operation flow and methods were introduced. The control effect of the control system was validated with practical application. It was proved that the control system has good control effect and achieves the expected goal.

Key words: sand and dust; closed loop control; AC-coupling; concentration control

砂尘环境是引起许多军用武器装备, 包括电子产品失效的一个重要环境因素^[1]。砂尘环境试验是分析、评价军用装备在沙漠和干旱地区工作性能和可靠性的重要手段^[2]。

收稿日期: 2010-07-23

作者简介: 张景飞(1974—), 男, 内蒙古自治区镶黄旗人, 硕士, 讲师, 从事力学和安全工程方面的研究。

国内砂尘浓度的测量目前普遍采用“质量法”,但其缺点是测量用时较长,不能连续测量砂尘浓度及输出的电信号,因而无法用智能仪表和计算机对砂尘浓度进行实时监控。光电式浓度仪只能测尘的浓度,不能测砂的浓度。本设备在保留质量法测试手段的同时,另外采用了交流耦合技术对砂尘的浓度进行实时闭环控制,可提高我国军用武器装备对环境的适应性及可靠性^[3]。

1 砂尘试验设备浓度控制原理

该设备的功能是在给定截面的风道内,按吹砂和吹尘2种工作状态,提供规定的砂尘浓度、风速、温度和湿度的含砂尘气-固两相流,对被吹袭试件进行国军标要求的吹砂尘环境模拟试验。其控制系统主要由温度控制系统、湿度控制系统、砂尘回收输送及加料系统、砂尘控制系统、风速控制系统、余砂尘清理系统和PLC控制系统等部分组成。

试验过程主要由调稳、除湿、调速及控制砂尘浓度等闭环控制组成,图1为整个试验控制过程工作原理。其中设备内砂尘浓度由安装在试验段进口风道顶部的砂尘浓度仪测量,并输出4~20 mA标准直流信号到控制器,经控制器运算后输出4~20 mA的控制信号,通过调节供料电磁阀开关频率来改变加砂尘量,并适时控制吸尘器开关控制调节砂尘浓度。

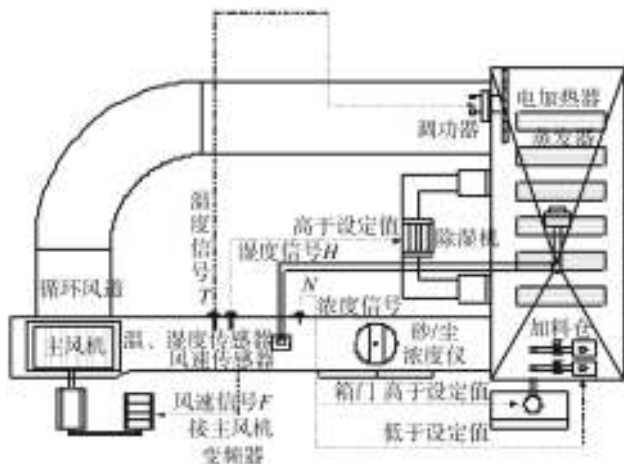


图1 砂尘试验设备控制过程工作原理

Fig. 1 Working principle of control process of sand and dust test equipment

本试验设备力图对砂尘浓度的测控实现动态实

时闭环控制,即当在设定值范围之内时,设备正常运转;当低于设定值范围下限时,能及时自动补充砂尘,以提高循环风道内气-固两相流中砂尘的浓度,待粉尘浓度升至设定值范围时即自动停止补充砂尘;当超出设定值范围上限时,又能及时启动排砂尘系统工作,抽去循环风道内气-固两相流中多余的砂尘颗粒,待砂尘浓度降到设定值范围之内时即停止排砂尘。其工作流程如图2所示。

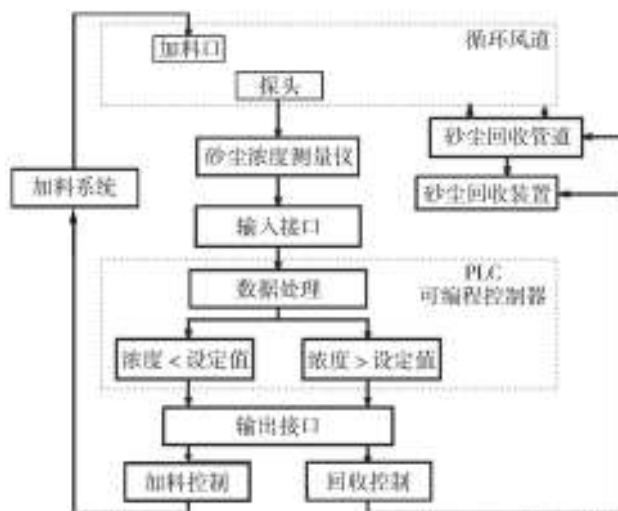


图2 砂尘浓度控制系统工作流程

Fig. 2 Working flow chart of sand and dust concentration control system

2 交流耦合法的原理与特点

当所测区域内颗粒流经过应用耦合技术的传感器时,颗粒对传感器探头的撞击、摩擦和静电感应所产生的电荷就会被探头接收到。由于探头的表面积跟所测区域的横截面积相比非常小,大部分接收到的电荷是由于粒子流经过探头附近所引起的静电感应而形成^[4]。排放浓度越高,感应、摩擦和撞击所产生的静电荷就越强。当前用于接收、放大、分析和处理电荷的主要技术有2种:交流耦合和直流耦合技术,而目前业内普遍采用交流耦合技术。

2.1 交流耦合法监测砂尘浓度的原理

交流耦合技术是测量电荷信号围绕电荷平均值的扰动量。在交流耦合技术中电荷的正负平均值被过滤清除,然后系统探测剩余扰动信号的电场、波峰值、均方根值以及其他各种混合变化。以上数值中,

均方根值能够准确显示信号的标准偏移,因此交流耦合技术以监测电荷信号的标准偏移来确定交流信号的扰动量,并以即时扰动量的大小来确定颗粒的适时浓度^[5]。

粉尘颗粒流经传感器探头时产生静电电荷感应现象,探头根据接收电荷量多少确定区域内的含尘量,电荷的强弱与流经探头的粉尘浓度成正比。

用仪器监测颗粒浓度,换算公式为:浓度排放值=总量排放值÷(流速×烟道截面积)。如果系统工况相对稳定,含尘气流流速变化不大($\Delta v < \pm 15\%$,其中 v 为含尘气流速度),则可直接利用质量法对仪器进行排放浓度值校定。

2.2 交流耦合法的特点

目前,在国内应用比较普遍的实时颗粒浓度监测系统采用的技术主要有交流耦合技术、直流耦合技术和光电技术。

其中,光电技术的原理主要是通过监测粉尘颗粒的透光率来确定粉尘的浓度。光电技术存在以下不足:1)体积特别细小的粉尘颗粒很难甚至不能被探测到,因而其使用范围较窄,只能监测空气中体积较大的粉尘颗粒;2)光学镜面的安装维护比较困难,尤其是为保持镜面的洁净,需用高质量的干燥压缩空气长时间喷吹镜面,否则,粉尘粘附堆积镜面会严重影响透光率的测量而造成误差。

交流耦合技术和直流耦合技术的原理是:基于当风道内含尘气流经过应用耦合技术的探头时,颗粒对探头的撞击、磨擦和静电感应会产生电荷,且粉尘浓度越高,由撞击、磨擦和感应所产生的静电荷就越强。而交流耦合技术与直流耦合技术之间的不同之处在于:交流耦合技术只测量由静电感应产生的电荷信号围绕着电荷平均值的扰动量(它将电荷的正负平均值过滤清除掉,然后测量剩余扰动信号的变化)并以即时扰动量的大小来确定颗粒浓度。直流耦合技术正好相反,它完全滤除所有的交流信号,只监测由粉尘颗粒对探头的直接撞击和磨擦引起的直流电子传导所产生的正负电荷的平均值,经过放大、分析和处理来确定粉尘排放量。

上述2种耦合技术,由于测量方法的不同,造成以下明显的差异。

1)由于接收信号的“信噪比”较差,使直流耦合

技术的监测精确性比交流耦合技术的低。这是由于安装在风道内的探头表面积远比风道的横截面积小,探头所能接收到的电荷中,大部分是粉尘流经探头附近时引起静电感应所产生的电荷,而直接靠粉尘颗粒对探头表面撞击和磨擦产生直流电导的只占据少数,同时直流放大器本身所产生的直流信号误差包括自我偏移、温感和时间漂移等噪声比较大,因此只靠直流电子传导方式传进探头的信号比较小^[6]。

2)直流耦合技术容易受诸多因素的影响,使总直流电荷正负抵消造成电荷正负平均值接近0而导致直流耦合监测系统失效。交流耦合技术由于感应电荷本身就具有不规则的扰动性,因此,能确保探头即时接收到可测、有效的交流电荷信号。

3)在实际应用中,由于直流耦合技术靠的是粉尘颗粒与探头表面的直接撞击和磨擦以直流电导方式传进探头,所以必须经常拆卸清洁来保证探头表面没有粉尘粘附堆积,否则会严重妨碍直流耦合探头接收信号而影响测量精度。交流耦合探头在大多数情况下,即使在其表面有粉尘粘附堆积,也不至于影响感应电荷的耦合,因此并不需要经常清洁^[7]。

目前,实时颗粒浓度监测技术已广泛应用于工业生产、气象和环保等领域,但从技术层面来说,大多属于实时开环控制,其主要的功用是监测、记录粉尘颗粒总量或浓度,启动粉尘超标报警等,而应用实时颗粒浓度监测技术来完成实时闭环测控粉尘浓度的报导很少。

3 交流耦合法的影响因素

影响电荷感应交流耦合法颗粒浓度传感器的接收信号的主要因素中,大部分都可以人为控制,但当其中一个或多个因素在实况应用中大量改变时,其监测浓度信号也会因而改变。对各影响因素的技术分析和探讨如下。

1)排放颗粒物质。颗粒的表面硬度、平整度、可塑性等,将决定颗粒如何与其他物质互相感应,同时又具有多相性,使得颗粒表面的组成与内部不同,这些原因将改变颗粒的电荷感应性。

2)排放总量。当电荷感应探头以总量来显示

