

危险品库房光纤无源温湿度监测方法

李天奎¹, 肖骊生¹, 张栓民²

1. 西安机电信息技术研究所, 西安 710065

2. 西安应用光学研究所, 西安 710065

摘要 火炸药危险品仓库的温湿度测试一般采用定时人工读数方式, 工作量大、不便于管理。针对其不能采用有源设备进行自动化测试、目前国内尚无适用于该环境的相关产品这一问题, 提出一种转换方法: 利用传统干湿球温度计所显示的温湿度刻度, 以光学方法将温湿度计上的温湿度数值变为光强值(光信号), 并以光纤发送出去, 采用单片机处理。这种无源测试温湿度传感器的实现方法, 采用光纤准直器和温湿度计相结合的方式, 把需要设定监测的温湿度范围放置在光纤准直器光栅的中间, 光纤端面的发射光扩展成均匀的平行光通过温湿度计, 在接收端使平行光束再聚焦回光纤端面。该方法成本低廉, 测试结果基本达到要求。

关键词 无源测试温湿度传感器; 光纤; 危险品库房

中图分类号 TP212

文献标识码 A

文章编号 1000-7857(2009)21-0099-04

A Method of Dangerous Goods Depot Fiber Optic Passive Monitoring of Temperature and Humidity

LI Tianlun¹, XIAO Lisheng¹, ZHANG Shuanmin²

1. Xi'an Institute of Electromechanical Information Technology,
Xi'an 710065, China

2. Xi'an Applied Optics Institute, Xi'an 710065, China

Abstract Against the risk of explosive atmospheres Explosive materials storage temperature and humidity testing has been used from time to time manual reading mode, the workload, it is not easy to manage and the current domestic non-relevant and applicable to the environmentally friendly products, active devices can not be used to automate tests, presents a unique conversion method: the use of traditional wet and dry bulb thermometer shows the temperature and humidity on the scale, the method of optical hygrometer on the temperature and humidity values into a light intensity value (light signal), and to optical fiber to send out, using passive testing microcontroller processing temperature and humidity sensors are implemented. Namely, using optical fiber collimator and a combination of temperature and hygrometer to monitor

temperature and humidity need to set the scope of optical fiber collimator placed in the middle of grating, optical fiber end face of the launch optical expansion swept up in a uniform parallel light through the hygrometer, at the receiving end so that the parallel light beam is then focused back to optical fiber end face. This method is its low cost, test results basically meet the requirements to solve the state material reserves, military, scientific research and production units and other inflammable and explosive dangerous goods depot in temperature and humidity monitoring.

Keywords passive testing temperature and humidity sensors; fiber; dangerous goods depot

0 引言

为保证火炸药仓库物资产品性能指标稳定, 储存环境须恒温恒湿, 这要求每天对仓库库房进行温湿度测量。按照现行国家标准 GB 50154《地下及覆土火炸药仓库设计安全规范》第2节“电气设备及室内线路”第6.2.1条“地下仓库的主洞室内、覆土库内、转运站站台和站台库内, 严禁安装和使用电气设备和敷设电气线路”的要求^[1], 地下及覆土火炸药仓库库房内不能使用现有的有源温湿度传感器及其系统。而国内相关温湿度自动测试的产品均是有源设备(即采用市电供电), 因此, 相关火炸药危险爆炸环境物资储存仓库的温湿度测试以往一直采用定时人工读数方式^[2], 具有取误差大、工作量大、不便于管理等缺点。

收稿日期: 2009-10-05

作者简介: 李天奎, 高级工程师, 研究方向为智能化自动控制工程, 电子信箱: ltl5616@126.com

相关文献资料^[3-6]表明,实际应用中大多采用的传感器是有源设备,文献[5]探讨了光纤传输方式,但其前端的传感器仍然是有源设备。目前国内开展光纤温度传感器研制的单位有多家,但光纤温度传感器的研制或生产偏重于中、高温,常温产品较少;而对光纤湿度传感器研制或生产几乎没有开展,原因是至今仍未找到能够实用的湿度传感头。文献[6]的方法可行,但其制作工艺要求、造价较高,不适合实际应用。国际上开展光纤温度传感器研制和生产的公司或研究机构有十几家,产品可靠性较高,但价格昂贵;且开发光纤湿度传感器的厂家较少,未见到相关产品或报道。本研究提出一种采用光纤测试的无源测试温湿度传感器方法。

1 传统温湿度监测方法

一般民用温湿度自动监测的方法很多,但大多是有源设备。有源设备工作时,现场设备需由电源通过电缆供电。而危险品库房环境温湿度的自动监测须采取无源措施,即采用无源设备和非金属传输介质传输信号的方式进行温湿度的测试。无源设备工作时现场无需依靠外加电源。采用非金属无源传输介质,库房环境不会因传输介质而产生异变,也不会因非金属传输介质中产生雷电感应而造成爆炸或火灾。

对危险品库房,一般采用传统温湿度监测方法进行监测,即采用干湿球温度计作为库房温湿度测量,通过人工读取干湿球温度计刻度。对这种人工读取方法,当温湿度在短时间内出现急剧变化时,难以及时掌握,也很难及时采取相关措施,可能导致物资性能指标降低。

2 光纤无源温湿度监测方法

本研究采用转换方法,利用传统干湿球温度计所显示的温湿度刻度,以光学方法将温湿度计上的温湿度数值变为光强值(光信号)并以光纤发送出去,通过光电转换,进行数据处理,利用传输设备(光纤)进行远距离传输,在远端利用相关接收控制设备进行数据收集存储,并连接计算机进行数据处理、显示、打印存档等一系列管理。

光纤无源测试温湿度传感器可分温湿度测试装置、采集变送主机两部分。将作为无源设备的温湿度测试装置放置在危险品库房,而把作为光电转换、信号处理的有源设备——采集变送器放置在危险品库房外的安全距离区域。

2.1 温湿度测试装置

温湿度测试装置由温湿度计、光纤准直器和光纤组成(图1)。其中,温湿度计采用传统的干湿球温度计,其刻度精度要求是1个刻度为0.1℃。光纤准直器由尾纤与自聚焦透镜^[7-8]精确定位组成,它可将发射端光纤内的传输光转变成准直光(平行光),穿过温湿度计,将发射端发射准直光耦合到接收端准直器内,将温湿度变化转换成光信号变化在光纤中传出去。光纤采用非金属外套的光纤尾纤^[9]。为保证其测试精度,准直器采用优质非球面透镜,利用Code V光学设计软件,采用大口径光纤准直器^[10-12](20 mm 光束直径),并根据光源

波长为准直透镜镀上增透膜,提高透过率。

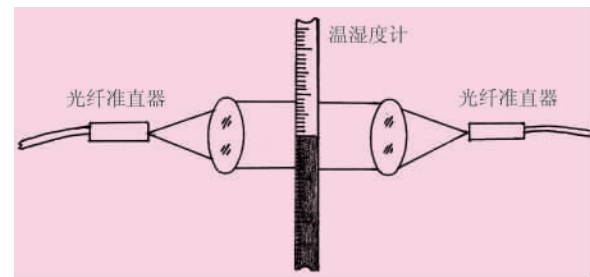


图1 温湿度测试装置

Fig. 1 Temperature and humidity test device

温湿度测试装置的结构采用全密封型遮光方式,光纤准直器和温湿度计均放置在一个遮光体内,温湿度计的温湿度感应球裸露在外部,把需要设定监测的温湿度范围放置在光纤准直器光栅的中间,光纤准直器将光纤端面的出射光扩束成均匀的平行光,通过温湿度计,在接收端使平行光束再聚焦回光纤端面。在监测范围内温湿度的变化与光强成反比,线性度取决于光源的均匀性,通过采用特殊的抗干扰措施,使光强的变化只与温度有关。需要人工观察时,可打开观察窗进行观察。

2.2 采集变送主机

采集变送主机由光学系统(光源、耦合器、功率稳定电路)、光电转换装置和信号放大电路、数据处理(单片机处理、模数转换电路)^[13]和通信接口部分组成,采用标准RS-485串行接口,集测量、控制、通信等功能为一体,可实现与上位机连接使用,构成一个强大的温湿度测控网络^[14](图2)。

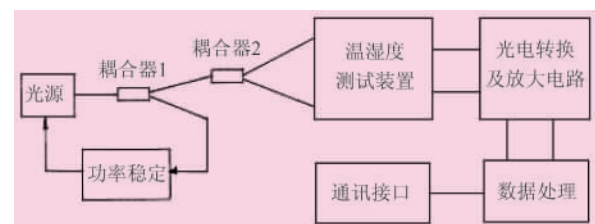


图2 采集变送主机原理示意

Fig. 2 Schematic diagram of the host transmission acquisition

2.2.1 光学系统

光纤温湿度传感器将光强变化转换为温度信息,难免要受到光源强度起伏的影响,因而消除光源强度起伏是解决光纤温湿度传感器的关键技术。通过采用消除光源强度起伏的抗干扰措施,采用相除方法,即从光源分出的两路光,一路送入传感部分,另一路反馈回光源。反馈回的部分有两个用途:一路用于稳定光源控制电路,另一路送入单片机去除传感部分来的光强,从单片机处理完的信号只与温度变化有关^[10],使光强的变化只与温湿度有关。光源本身发光是否稳定,决定了系统的重复性是否一致,光学系统采用光源伺服稳定功率

表 3 干球温度 10℃、湿球温度 8℃时的光功率变化、温度、湿度和误差
Table 3 Optical power change value of dry bulb temperature 10℃, wet bulb temperature 8℃

测试干球温度光功率测量值/nW	830	840	825	810	800	845	855	815	795	805
测试干球温度值/℃	9.9	9.7	10	10.3	10.5	9.6	9.4	10.2	10.6	10.4
测试温度误差/℃	-0.1	-0.3	0	0.3	0.5	-0.4	-0.6	0.2	0.6	0.4
测试湿球温度光功率测量值/nW	810	850	830	860	805	795	825	790	845	855
测试湿球温度值/℃	8.3	7.5	7.9	7.3	8.4	8.6	8	8.7	7.6	7.4
测试相对湿度误差/%	3	-5	-1	-7	4	6	0	7	-4	-6

表 4 干球温度 12℃、湿球温度 8℃时的光功率变化、温度、湿度和误差
Table 4 Optical power change value of dry bulb temperature 12℃, wet bulb temperature 8℃

测试干球温度光功率测量值/nW	805	840	800	830	850	850	820	815	815	835
测试干球温度值/℃	12.4	11.7	12.5	11.9	11.5	11.5	12.1	12.2	12.2	11.8
测试温度误差/℃	0.4	-0.3	0.5	-0.1	-0.5	-0.5	0.1	0.2	0.2	-0.2
测试湿球温度光功率测量值/nW	815	805	815	835	800	840	850	810	800	820
测试湿球温度值/℃	8.2	8.4	8.2	7.8	8.5	7.7	7.5	8.3	8.5	8.1
测试相对湿度误差/%	2	4	2	-2	5	-3	-5	3	5	1

4 结论

以光学方法,将温湿度显示装置的温湿度数值变为光强度,并以光纤发送出去,采用单片机处理的光纤无源温湿度监测,可解决物资储备、易燃易爆等危险品库房的温湿度自动监测问题。

采用光源伺服稳定功率控制技术是解决光源本身发光稳定的成熟技术,而采用相除法消除干扰光则是利用先进的单片机软件技术实现误差修正。

本研究包括温湿度自动测试系统前端部分,其湿度的转换计算还需远程软件的支撑,测试精度还有待提高,即温度精度达到 $\leq \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度达到 $\leq \pm 5\% \text{RH}$ 为最佳。

参考文献 (References)

[1] 中国兵器工业总公司, 中华人民共和国物资部. GB 50154-1992 地下及覆土火炸药仓库设计安全规范[S]. 北京: 中国计划出版社, 1992.
China Weapons Industry Corporation, People's Republic of China Commodity Department. GB 50154-1992 Underground and fills in the fire blasting explosive warehouse design safety standard [S]. Beijing: Chinese Plan Publishing House, 1992.

[2] 中央气象局. 湿度查算表(乙种表)[M]. 北京: 中国气象出版社, 1980.
China Central Weather Bureau. Humidity conversion table (Grade B table)[M]. Beijing: China Meteorological Press, 1980.

[3] 韩兆福, 陈遵银. 基于温湿度传感器的仓库自动测试系统仪表技术与传感器[J]. 仪表技术与传感器, 2001(4): 29-30, 33.
Han Zhaofu, Chen Zunyin. Instrument Technique and Sensors, 2001(4): 29-30, 33.

[4] 胡在华, 彭楚武, 夏一翔. 测控系统中智能式温湿度传感器的实现[J]. 传感器世界, 2001(2): 39-42.
Hu Zaihua, Peng Chuwu, Xia Yixiang. Sensor World, 2001(2): 39-42.

[5] 王晓雷, 吴必瑞, 蒋群, 等. 煤矿井下温湿度监测和光纤通信系统的研究[J]. 工矿自动化, 2008(6): 63-65.
Wang Xiaolei, Wu Birui, Jiang Qun, et al. Industry and Mine Automation, 2008(6): 63-65.

[6] 张向东, 李育林, 彭文达, 等. 光纤光栅型温湿度传感器的设计与实现[J]. 光子学报, 2003, 32(10): 1166-1169.
Zhang Xiangdong, Li Yulin, Peng Wenda, et al. Acta Photonica Sinica, 2003, 32(10): 1166-1169.

[7] 朱少丽, 徐秋霜, 刘德森. 自聚焦透镜在光纤准直器中的应用分析[J]. 西南师范大学学报: 自然科学版, 2004(3): 379-382.
Liu Shaolin, Xu Qiushuang, Liu Desen. Journal of Southwest China Normal University: Natural Science Edition, 2004(3): 379-382.

[8] Toyokazu Sakamoto. Coupling characteristic analysis of single-mode and multimode optical-fiber connectors using gradient-index-rod lenses[J]. Applied Optics, 1992, 31(25): 5184-5190.

[9] 廖延彪. 光纤光学[M]. 北京: 清华大学出版社, 2001.
Liao Yanbiao. Optical fiber optics[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2001.

[10] 丁原, 王智, 杨文波. 光纤准直器结构研究与设计 [J]. 长春大学学报, 2005(2): 8-11.
Ding Yuan, Wang Zhi, Yang Wenbo. Journal of Changchun University, 2005(2): 8-11.

[11] 杨群, 易佑民, 俞强, 等. 一种新型光纤准直器的研究[J]. 安徽大学学报: 自然科学版, 2006(2): 59-63.
Yang Qun, Yi Youmin, Yu Qiang, et al. Journal of Anhui University: Natural Sciences Edition, 2006(2): 59-63.

[12] Kadomi M, Tanaka H, Seto T, et al. Development of a low-cost collimator with a ball lens (D lens)[J]. IEIC Technical Report, 2002, 102(287): 19-23.

[13] 孙涵芳. MCS-51 系列单片机原理及应用[M]. 北京: 北京航空航天大学出版社, 1998.
Sun Hanfang. MCS-51 series monolithic integrated circuit principle and application [M]. Beijing: Beijing University of Aeronautics and Astronautics Press, 1998.

[14] 陈建仁, 崔杰军. 利用单片机控制的温湿度测试系统[J]. 郑州粮食学院学报, 2000(2): 78-80.
Chen Jianren, Cui Jiejun. Journal of Zhengzhou Grain College, 2000(2): 78-80.

[15] 张雷琛. 现代气象观测[M]. 北京: 北京大学出版社, 2000.
Zhang Aichen. Modern meteorological observation [M]. Beijing: Peking University Press, 2000.

(责任编辑 陈广仁)