

文章编号: 1673 - 9620 (2007) 04 - 0049 - 04

基于 CAN 通讯网的光纤瓦斯传感器的研究^{*}

蒋建明¹, 王正洪¹, 朱正伟¹, 徐守坤²

(1. 江苏工业学院 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

摘要: 系统采用了光纤瓦斯传感技术, 解决了传统催化燃烧技术所引起的零点漂移, 降低了传感器高温工作的危险性; 另一方面通过 CAN 通讯网使各传感器与控制中心能进行远距离实时通讯。

关键词: CAN; 光纤传感; 瓦斯

中图分类号: TD 713

文献标识码: A

Investigation of Methane's Fibre Sensor based on CAN Communication

JIANG Jian - ming¹, WANG Zheng - hong¹, ZHU Zheng - wei¹, XU Shou - kun²

(1. School of Information Science and Engineering, Jiangsu Polytechnic University, Changzhou 213164, China)

Abstract: By use of the technique of methane fibre sensor, the system resolved the problem of zero excursion with the conventional means of catalyst combustion and reduced the risk of running at high temperature. It is convenient for control center to keep fluent communication with remote coal spots via CAN communication net.

Key words: CAN; fibre sensor; methane

煤矿生产中的安全问题日益突出, 矿井瓦斯浓度达到 5 % ~ 16 % 就具有爆炸的危险性。因此实时监测矿井瓦斯浓度, 及早采取预防措施, 不仅能减少国家财产损失, 而且能有效保障矿井工人的人身安全。

经过多年的煤炭开采, 各采煤点离矿井口的距离越来越远, 传统的 RS - 485 通讯已难以满足系统通讯要求, 本系统应用 CAN 网络通讯, 解决了远距离通讯问题; 另外采用光纤瓦斯传感技术, 克服了催化燃烧工作时间长测量不稳定的缺点。系统结构如图 1 所示。

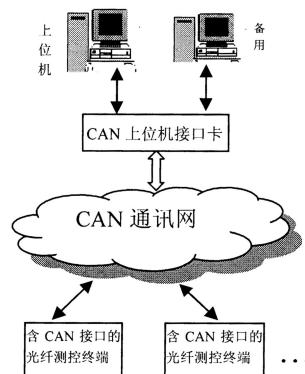


图 1 系统结构框图

Fig. 1 The system block diagram

^{*} 收稿日期: 2007 - 01 - 08

基金项目: 江苏省科技厅社会发展项目基金 (BS2003012)

作者简介: 蒋建明 (1970 -), 男, 江苏丹阳人, 讲师, 从事网络监测方面的研究。

1 瓦斯传感结构原理

催化燃烧式瓦斯传感器由检测元件、补偿元件、燃烧室、隔爆粉末冶金罩、金属外壳等组成。传感器工作时大气中的 CH_4 分子和 O_2 分子一起经隔爆粉末冶金罩进入燃烧室, 仪表电源(惠斯顿电桥)以较大的工作电流将铂丝温度加热到 CH_4 快速氧化的起始点, 在检测元件表面进行热化学反应释放热量。这样检测元件表面产生了温度增量 t , 铂丝本身既是检测元件又是热电阻温度计, 温度增量使铂丝热电阻产生阻值增量 Q , 它引起传感器内部的惠斯顿电桥两端的电压发生改变, 由相应的电压变化量的转换输出实现瓦斯浓度的测量。这种方法结构简单, 成本低, 在早期煤矿生产中得到广泛应用。但是由于瓦斯在铂丝线圈燃烧时产生的温度高达 900 以上, 铂丝因表面蒸发而使直径变细, 因而使阻值增加, 会导致仪器产生严重的零点漂移, 所以要经常对仪器进行校正, 同时由于传感器工作在高温情况下, 具有潜在的危险性, 为此采用光纤瓦斯传感技术^[1,2]。瓦斯终端测控图如图 2 所示。

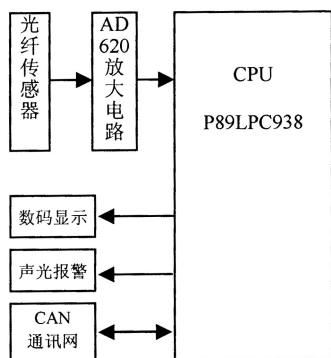


图 2 瓦斯终端测控结构图

Fig 2 The structure of methane measure terminal

光纤瓦斯传感技术的工作原理是: 光源发出的光经瓦斯吸收后分为两束, 两束光交替地被斩波器斩光, 再分别通过中心频率为 λ_1 、 λ_2 的干涉滤光片, 光信号由探测器接收后经锁相放大器放大就可以得到所需的差分信号。由于系统中由耦合引入的损耗很大, 滤光片带宽也比较宽, 探测到的光功率很低, 瓦斯浓度变化带来的信号波动相当小, 给信号检测带来了很大难度, 只能达到极小的灵敏度。随着光纤光栅滤波器的出现, 由于其自身具有和光纤天然相容的特点, 可以解决由于使用干涉滤光片带来的问题, 降低损耗, 简化传感器的结构。使传感器真正实现全光纤化的设计, 提高传感器的

稳定性和实用性。目前常用的光纤瓦斯传感技术为差分吸收检测技术。系统结构如图 3 所示。

差分吸收检测的工作原理是光波通过气体时考虑到光路的干扰因素, 此时 Lambert - Beer 定律可表示为

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) \exp[-(\alpha(\lambda) + \beta(\lambda))CL + \gamma(\lambda)]$$

式中 $I(\lambda)$ - 透射光强; $I_0(\lambda)$ - 入射光强; $\alpha(\lambda)$ - 一定波长下的单位浓度、单位长度气体的吸收系数; L - 待测气体与光相互作用的长度; C - 待测气体的浓度; $\beta(\lambda)$ - 光路干扰系数。

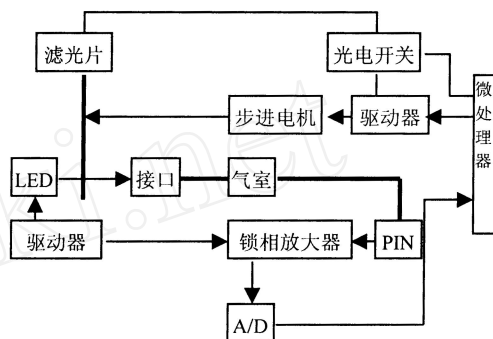


图 3 光纤传感差分吸收系统框图

Fig 3 The structure of fibre sensor difference absorption

实际应用中还应包含一个比例系数 K , 则上式改写为:

$$I(\lambda) = I_0(\lambda) K(\lambda) \exp[-(\alpha(\lambda) + \beta(\lambda))CL + \gamma(\lambda)] \quad (1)$$

当两个波长 λ_1 、 λ_2 相近的单色光通过待测气体时 Lambert - Beer 定律分别表示为:

$$I(\lambda_1) = I_0(\lambda_1) K(\lambda_1) \exp[-(\alpha(\lambda_1) + \beta(\lambda_1))CL + \gamma(\lambda_1)] \quad (2)$$

$$I(\lambda_2) = I_0(\lambda_2) K(\lambda_2) \exp[-(\alpha(\lambda_2) + \beta(\lambda_2))CL + \gamma(\lambda_2)] \quad (3)$$

由 (2)、(3) 两式推导可得:

$$C = \frac{1}{[I(\lambda_1) - I(\lambda_2)]L} \left\{ \ln \frac{K(\lambda_1) I_0(\lambda_1) I(\lambda_2)}{K(\lambda_2) I_0(\lambda_2) I(\lambda_1)} - [I(\lambda_2) - I(\lambda_1)] \right\} \quad (4)$$

由于 λ_1 、 λ_2 相差很小, 可认为 $K(\lambda_1) \approx K(\lambda_2)$ 则式子 (4) 又可简化为:

$$C = \frac{1}{[I(\lambda_1) - I(\lambda_2)]L} \ln \frac{K(\lambda_1) I_0(\lambda_1) I(\lambda_2)}{K(\lambda_2) I_0(\lambda_2) I(\lambda_1)} \quad (5)$$

适当调节光学系统使 $K(\lambda_1) I_0(\lambda_1) = K(\lambda_2) I_0(\lambda_2)$, 则式子 (5) 又可简化为:

$$C = \frac{1}{[I(\lambda_1) - I(\lambda_2)]L} \ln \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} \quad (6)$$

实际应用中, 波长 λ_1 的光一般对应检测气体的吸收光谱, 波长 λ_2 的光不被检测气体吸收, $I(\lambda_1)/I(\lambda_2) < 1$ 。对 $\ln[I(\lambda_1)/I(\lambda_2)]$ 进行泰勒展开:

$$\ln \frac{I(\lambda_2)}{I(\lambda_1)} = -\ln \left[1 + \left(\frac{I(\lambda_1)}{I(\lambda_2)} - 1 \right) \right]$$

$$\frac{I(\lambda_2) - I(\lambda_1)}{I(\lambda_2)}$$

把上式代入 (6) 式得:

$$C = \frac{1}{[I(\lambda_1) - I(\lambda_2)] L} \frac{I(\lambda_2) - I(\lambda_1)}{I(\lambda_2)} \quad (7)$$

式中波长 λ_1, λ_2 为已知, 气体吸收系数 μ_1, μ_2 可以测量, 则气体浓度可以从 $I(\lambda_2) - I(\lambda_1)$ 和 $I(\lambda_2)$ 的测量中求出^[3~5]。但 $I(\lambda_1), I(\lambda_2)$ 信号

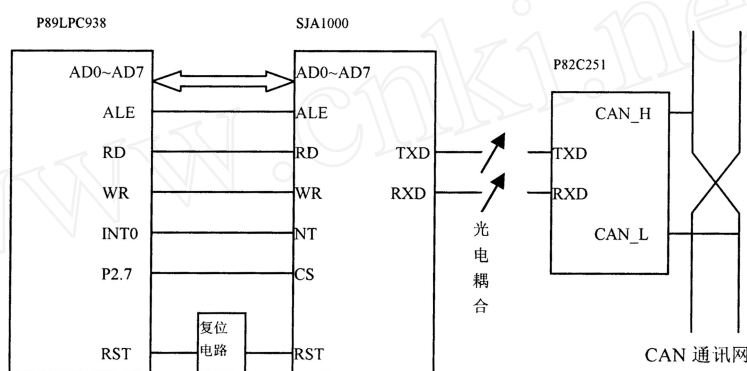


图 4 测控终端 CAN 通讯口

Fig 4 The CAN communication node of measure terminal

CAN 是一种多主方式的串行通讯总线, 设计规范要有高的位速率, 高抗电磁干扰性, 而且能够检测出产生的任何错误。当信号传输距离达到 10 km 时, CAN 仍可提供高达 50 kbps 的数据传输速率。而且 CAN 总线具有很高的实时性能。CAN 通讯协议主要描述设备之间的信息传递方式, 仅定义了开放系统互连模型 (OSI) 的最下面两层: 数据链路层和物理层。通讯中可以使用多种物理介质如: 双绞线、光纤等。本系统采用双绞线传输, CAN 信号使用差分电压传送, 两条信号线被称为 CAN_H 和 CAN_L, 静态时均为 2.5 V 左右, 此时状态表示为逻辑“1”, 也称“隐性”。当 CAN_H 比 CAN_L 高表示逻辑“0”, 称为“显形”, 此时通常电压值为 $V(\text{CAN}_H) = 3.5 \text{ V}$ 和 $V(\text{CAN}_L) = 1.5 \text{ V}$ 。

在图 3 中, CAN 控制器采用 PHILIPS 的 SJA1000, 工作在 BasicCAN 模式下可直接与 P89LPC938 接口。收发器采用 PHILIPS 的 P82C251, 可以在低至 5 kbps 的传输速率下工作,

非常弱小, 因此采用仪表放大芯片 AD620 放大, 由于本系统采用的 CPU (P89LPC938) 内带 A/D 转换, 因此信号放大后直接输入 CPU 处理。

2 瓦斯测控终端

CPU 不断处理输入数据, 当瓦斯浓度达到一定值, 此时输入信号电压幅度也达到一定值, 经 CPU 内部 A/D 转换后达到或超过设定值时, CPU 通过改变引脚电平使外围电路发出声光报警, 起到现场预警作用。CPU 另外一个重要功能是通过 CAN 通讯网不断向服务器发送数据, 下面介绍一下测控终端 CAN 通讯接口电路, 如图 4 所示。

满足远距离传输数据时的低速率要求。同时采用高速光耦来实现收发器与控制器之间的电气隔离, 保护系统控制电路。应注意光耦两端电压需要采用隔离电压 $> 1000 \text{ V DC}$ 的电源^[5,6]。CAN 通讯节点数据发送程序框图如图 5 所示。

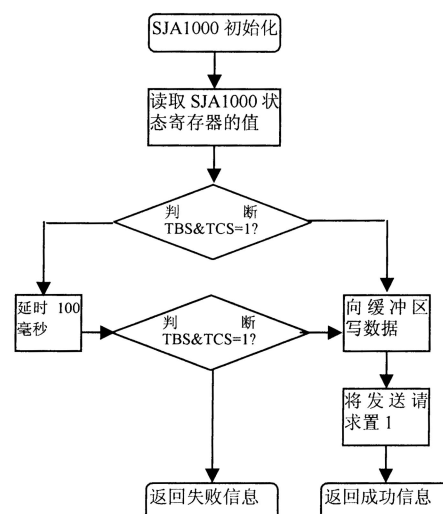


图 5 CAN 通讯节点程序流程图

Fig 5 The flowchart of CAN communication node

3 系统上位机控制

CAN 通讯上位机接口卡采用 PCI-5110 单路智能 CAN 接口卡, 该接口卡是一款采用 PCI 接口、集成微处理器的 1 路 CAN 接口卡, 即插即用, 符合 PCI2.1 规范。它采用 SMD 表面安装工艺技术、4 层电路板工艺, 安装有光电隔离模块, 实现完全电气隔离的 CAN 接口/PCI 控制电路, 抗干扰能力强, 非常适合在长时间工作的 PC 机上使用。同时集成 8 kB 高速双端口存储器, 可有效提高数据吞吐量, 适合用于需要进行大量数据传输的 CAN 通讯应用场合; 硬件采用中断接收方式, 可最大限度地减轻 PC 负荷; 对 PC 的硬件、软件环境要求并不严格。该卡支持软件包括 VC++、C++ Builder、Delphi 等。另外, PCI-5110 接口卡还支持高层协议的驱动库接口, 比如 CANopen、DeviceNET 等, 实现 CAN-bus 在高层协议中的应用。本系统采用的是 Delphi 开发的上位机软件。

上位机系统采用 Delphi 结合 Microsoft SQL Server2000 数据库作为其后台支持实现数据的实时显示与数据库数据更新。在 DELPHI 7 中, 绝大多数数据集控件能够直接和数据库服务器相连接, 当连接建立以后, 数据集控件可以自动地和数据库服务器进行数据交换。当连接打开时, 数据集控件会从数据库服务器取得数据; 当有记录提交时, 它会将数据返回给数据库服务器进行更新, 瓦斯浓度对应时间由服务器上采集。这样可以让多个数据集控件共享同一连接 (通过数据库连接控件实现), 也可以让每个数据集控件使用自己的连接。在进行数据库编程时, 往往在程序的设计过程中使用多个数据控件, 本系统使用专门的数据库连接控件让多个数据集共享同一连接。这样可以方便地对数据库连接进行统一管理。同时, 数据库连接控件有自己的一些参数设置, 使连接管理起来更加灵活。数据

库的连接方法采用了 TADOConnction 控件。TADOConnction 控件属于 ADO 组件, 适合在 ADO 方式下与数据库进行连接。控件封装了 ADO 技术中的 Connction 对象, 提供一个到数据库服务器的连接。一个 TADOConnction 控件的连接可以为多个 ADO 数据集共享。TADOConnction 控件可以通过改变其属性值来控制与数据库之间联系的属性和情况。上位机控制界面实时显示各监测点瓦斯浓度的数据与变化曲线, 同时提供查询历史数据功能。当某监测点瓦斯浓度超过警戒值 (根据实际情况设定), 在控制界面醒目位置闪烁变化提醒控制中心人员, 这样一方面可起到预防作用, 另一方面可以使控制中心与现场采煤点及早采取措施, 大大减少了事故发生率。

4 结 论

该系统具有传输距离远, 数据传输稳定的特点, 由于采用光纤传感技术, 克服了使用时间长而引起精度降低的现象, 适合于大中型煤矿的瓦斯浓度远程监控系统。

参考文献:

- [1] 俞启香. 矿井瓦斯防治 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1992.
- [2] 中华人民共和国煤炭工业部. 防治煤与瓦斯突出细则 [M]. 北京: 煤炭工业出版社, 1995.
- [3] 蒋承林, 俞启香. 煤与瓦斯突出机理的球壳失稳机理及防治技术 [M]. 徐州: 中国矿业大学出版社, 1998.
- [4] 董敏明. 新型瓦斯传感器关键技术的研究 [J]. 中国矿业大学学报, 2003, 33 (1): 56-58.
- [5] 陈连坤. 嵌入式系统的设计与开发 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [6] 周立功. ARM 嵌入式系统软件开发实例 [M]. 北京: 北京航空航天大学, 2005.