

# 基于PID-A1传感关联模型的冶金有毒气体监控系统

黄玉萍, 杨怀磊

(郑州旅游职业学院 信息工程系, 郑州 450009)

**摘要:** 针对冶金生产环境中的有害气体监控系统实时性和准确性不强的问题; 设计并实现了基于光离子传感器PID-A1关联模型的冶金有毒气体监控系统; 硬件部分设计了光离子传感器PID-A1的气体检测电路、数据处理P89V51RD2FN芯片的主控电路等, 软件设计包括软件工作流程、光离子传感器PID-A1关联性的程序实现等; 仿真实验结果表明: 文章系统保持平稳下降趋势, 最终在检测准确率86%附近达到稳定, 平均检测准确率比传统系统提高54%左右, 冶金生产环境得到明显改善。

**关键词:** 冶金现场; 有毒气体监控; 关联模型; 光离子传感器

## Model metallurgy toxic gas monitoring system Based on the PID-A1 sensing associated

Huang Yuping, Yang Huailei

(Department of Information Engineering, Zhengzhou Tourism College, Zhengzhou 450009, China)

**Abstract:** In view of the harmful gas monitoring system of metallurgy production environment the problem of real-time and accuracy is not strong. Designed and implemented based on light ion sensor PID-A1 associated metallurgy toxic gas monitoring system of the model. Hardware part designs the light sensors PID-A1 gas detection circuit, main control circuit, etc., of a data processing P89V51RD2FN chip software design including software workflow, light sensors PID-A1 correlation program implementation, etc. Simulation experiment results show that the system is maintained steady decline, finally achieve stability near the detection accuracy of 86%, the average detection accuracy is about 54% higher than that of the traditional system, metallurgy dramatically improve production environment.

**Keywords:** metallurgical field; poisonous gas monitoring; correlation model; light sensors

## 0 引言

现有的有毒气体监控系统是对单一传感器信号进行检测, 测量值在超限时进行报警。其缺点是各传感器之间的关联性不强, 无法做到全面的判断、推理、预警<sup>[1-2]</sup>。因此, 有必要针对现有系统的不足来构建关联性更强的有毒气体监控系统。

为了提高冶金现场有害气体监测的准确性和系统的实时性<sup>[3]</sup>。本文通过构建基于光离子传感器PID-A1关联模型的冶金有毒气体监控系统, 把各单项有毒气体检测传感器数据汇集在一起, 当冶金车间有毒气体含量超过阈值时, 发出报警, 并自动控制相应排气扇的开启与风量大小, 从而排除隐患。

## 1 系统结构

整个冶金现场有害气体监控系统结构如图1所示。系统组成包括光离子传感器PID-A1电路、A/D与D/A转换电路、主控电路NXPP89V51RD2FN、数码管显示、声光闪烁报警电路、排气扇、继电器开关控制电路等组成。

检测到的有毒气体首先通过光离子传感器PID-A1转化为电信号, 对该模拟信息进行处理后, 根据气体浓度与模拟信号之间的对应关系, 通过A/D转换芯片转换为数字信号送入单片机, 单片机NXP P89V51RD2FN对数据进行处理后通过

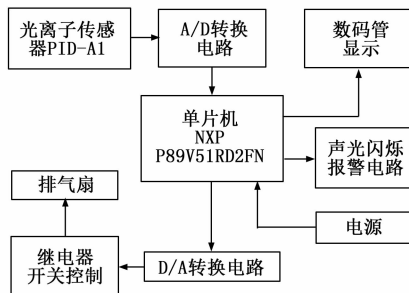


图1 系统整体结构

数码管显示各项有毒气体含量值, 如果某项测量值超过限值, 单片机控制声光闪烁报警器发出报警与信号显示, 当有毒气体达到一定的限值时, 系统通过继电器与D/A转换模块智能控制相应的排气扇的开启与风量大小, 同时根据关联性模型分析关闭相应的有毒气体产生设备, 当有害气体的浓度降低到安全值后, 系统则关闭或减小排气扇风量, 停止报警, 开启相关生产设备, 以达到智能化冶金有毒气体监控的目标。

## 2 硬件设计

### 2.1 光离子传感器PID-A1气体检测电路

光离子传感器PID-A1模块由多个光离子传感器PID-A1构成, 分布在冶金车间空间环境的各个检测点, 主要作用是在不同的测试点检测有毒气体。通过有毒气体传感器探头检测的电压信号被送到运算放大器的反相输入端和同相输入端,

初始测量电压相等，当电压异常时，发出提示信号，并进行冶金有毒气体检测<sup>[4]</sup>。

电压发生变动的过程如下：光离子传感器 PID-A1 正常工作后，当没有检测到有害气体时，传感器阻值  $R_2$ 、 $R_3$  不发生变化，相应的检测电压信号也不变化；反之，当有害气体含量达到阈值时，光离子传感器 PID-A1 元件中的催化剂会对气体进行无焰燃烧，热电偶的阻值随燃烧热量而变化，在电路中产生电势差信号，此时运算放大器同相端的电位高于反相端电位，电压发生变动，信号经差动运算放大器放大后，输出的差模电压信号约为 +3.5 V 左右，差动运算放大器输出端的电压值约为：

$$V_o \approx 400(V_{3+} - V_{2-}) \quad (1)$$

式中， $V_{3+}$  为差动运算放大器的反相输入端输入信号； $V_{2-}$  为同相输入端输入信号。

### 2.2 数据关联处理主控电路的硬件设计

主控电路主要作用是应用关联性模型对与各个传感器检测到的有害气体数据进行实时的关联并作整体分析。主控电路的单片机采用 NXP 的 P89V51RD2FN 芯片，其晶振采用 11.059 2 MHz，满足低功耗和小体积的特性，而 A/D 转换芯片采用 ADC0809，为 8 位分辨率，0~5 V 对应输出数值为 0~255，其时钟信号 CLK 由单片机的 ALE 信号提供<sup>[5-6]</sup>。主控电路硬件设计如图 2 所示。

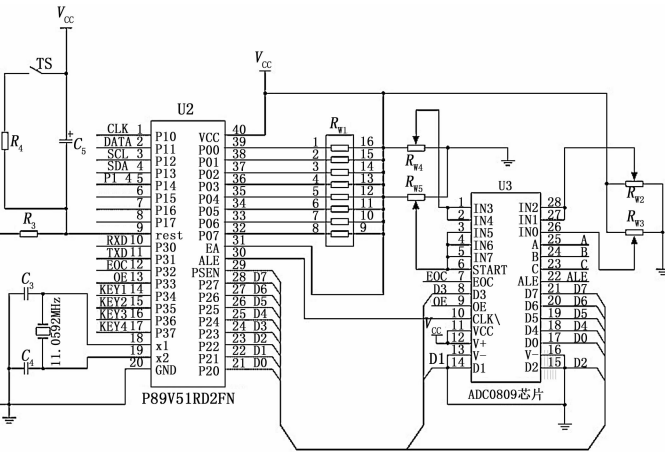


图 2 主控电路的硬件设计

图 2 中，主控电路的电源主要为 +5 V 输入。主控电路工作于 16 MHz 时性能高达 16 MIPS，具有片内 128 k 字节的程序存储器，4 k 字节的数据存储器和 4 k 字节的 E2PEOM；具有两个 16 位定时器/计数器；具有 53 个通用 I/O 口线、实时时钟 RTC、两个 USART、可工作于主机/从机模式的 SPI 串行接口、8 路 10 位 ADC、两路 8 位 PWM、与 IEEE1149.1 规范兼容的 JTAG 测试接口用于片上调试，以及 6 种可以通过软件选择的省电模式。控制器的 ADC 口与 PT100 的输出连接，SPI 接口与 nRF24L01 连接实现光离子传感器 PID-A1 检测的有害气体数据的收发及处理，PWM 口用来驱动监测台的报警单元。

### 2.3 声光闪烁报警电路

声光报警模块在设计时，如果空间有毒气体浓度在安全点以下工作，则工作状态指示灯为绿色闪烁状态，其工作状态由单片机 P1.1 口控制，指示灯闪烁由单片机程序控制 P1.1 口

输出方波来控制三极管  $VT_1$  的通断来实现。当有毒气体在空气中的含量超过限值时，程序将单片机 P1.3 口拉高，此时三极管  $VT_3$  导通，声光闪烁报警器报警，同时红色报警灯闪烁；黄灯闪烁则表示电路出现故障。其声光闪烁报警模块电路如图 3 所示。

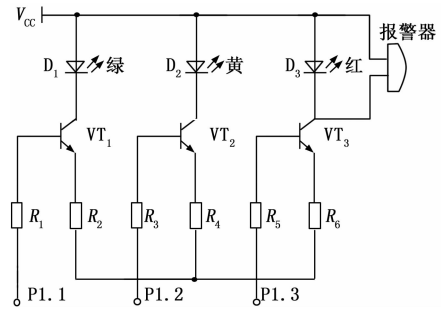


图 3 声光闪烁报警模块电路图

### 2.4 D/A 转换器设计

D/A 转换器设计时采用 8 位芯片 TLC5620，主要考虑到该芯片的低功耗和单一电源供电，数字值 0~255 对应的模拟输出电压为 0~+5 V，其有 4 个输出端分别为 DACA、DACB、DACC、DADC，经过放大电路后分别接到 4 个排气扇的驱动电路中，输出端分别是 OUT1、OUT2、OUT3、OUT4、单片机 NXP P89V51RD2FN 根据关联模型分别控制排气扇的风量大小。

### 2.5 继电器开关控制电路

继电器控制电路设计时，考虑到排气扇开启的安全性及灵敏性，综合考虑后采用继电器来控制排气扇的开启与关闭，当冶金现场的有害气体浓度达到阈值时，单片机程序将 I/O 口 P1.4、P1.5 置高，此时三极管  $VT_4$ 、 $VT_5$  导通，继电器常开触点闭合，排气扇开始工作；当有毒气体的浓度下降到安全值时，单片机程序控制继电器常开触点断开，排气扇停止工作。继电器电路只是控制排气扇的开启与关闭，其排风量大小由 D/A 电路控制。

## 3 软件设计

### 3.1 软件工作流程

单片机的控制程序以 C 语言为基础，在系统运行时，可以手动调整有毒气体报警的阈值，软件根据相邻区域之间的传感器关联性系数  $r$  判断出有毒气体的扩散速度，从而可以定位出泄漏点的位置，并根据扩散速度与区域浓度，通过控制相应区域的排气扇风速来控制有毒气体的扩散，并将废气排入回收管道。程序工作流程如图 4 所示。

### 3.2 光离子传感器 PID-A1 关联性程序实现

在冶金生产现场，光离子传感器 PID-A1 检测出的有毒气体浓度在不同区域有着不同的测量值，不同区域之间存在着关联性关系。设置传感器测量数据之间的关联性系数为  $r$ ， $r$  的计算公式如下：

$$r = \frac{E\{[X - E(X)][Y - E(Y)]\}}{\sqrt{E(X^2) - E(X)^2} \sqrt{E(Y^2) - E(Y)^2}} \quad (2)$$

其中： $X$ 、 $Y$  表示两组传感器的测量数据； $E(X)$  表示变量  $X$  的数学期望， $E(Y)$  表示变量  $Y$  的数学期望。当  $|r| < 0.3$  时，说明两个区域相距较远，有毒气体并没有扩散到该区域，不用采取报警等措施；当  $0.3 \leq |r| < 0.5$  时，说明有毒气体

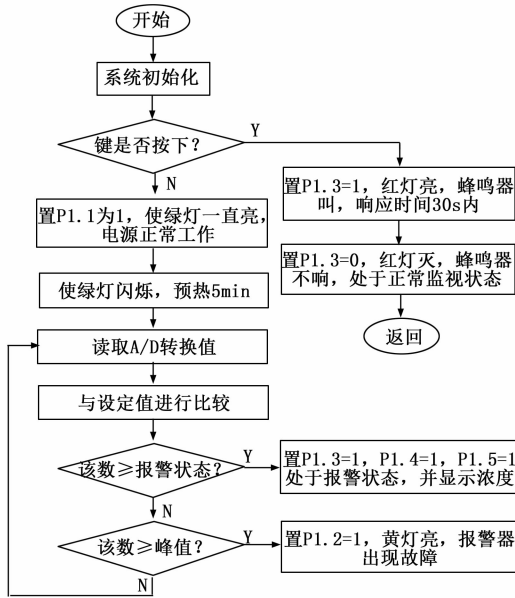


图 4 软件工作流程

正在向该区域进行扩散, 应触发报警系统, 并开启排风扇进行空气净化; 当  $0.5 \leq |r| < 0.8$  时, 说明该区域的有毒气体含量已经很高了, 应马上撤离人员, 并采取应急措施, 封堵泄漏点, 该区域所有排气扇要全力工作进行排气。

传感器模拟信号经 ADC 转换, 同时返回转换后的 8Bit 数据, 输入为:

- bool sgl: 1—单端方式;  
0—差分方式;
- bool odd: 1—单端方式下选通奇数通道;  
差分方式下奇数通道 (1, 3) 为+;  
0—单端方式下选通偶数通道;  
差分方式下偶数通道 (0, 2) 为+;
- bool sel: 1—在前两种通道选通的基础上选择 高位通道;  
0—低位通道;

输出为: 8bitAD 转换值。

其 C 语言程序为:

```

ADC_CLK = 0;
ADC_CS = 1; //准备启动 ADC;
ADC_CS = 0; //启动数据串行传输;
ADC_DIO = 1; //发送启动位;
ADC_CLK = 1; _nop_ ();
ADC_CLK = 0; //发送 sgl 位;
ADC_DIO = sgl; ADC_CLK = 1; _nop_ ();
ADC_CLK = 0; //发送 odd 位;
ADC_DIO = odd; ADC_CLK = 1; _nop_ ();
ADC_CLK = 0; //发送 sel 位;
ADC_DIO = sel; ADC_CLK = 1; _nop_ ();
ADC_CLK = 0; _nop_ ();
for (i=0; i<8; i++) //发送八个转换时钟脉冲;
{ADC_CLK = 1; _nop_ ();
ADC_CLK = 0; _nop_ ();
}
for (i=0; i<8; i++) //12 个时钟脉冲下降沿, 此时数据线上
    
```

已发出 LSB 信号;

```

{tmp >>= 1;
if (ADC_DIO) { tmp |= 0x80; }
ADC_CLK = 1; ADC_DIO = 1; //先写 1 后再读, 否则读数将
不预期;
_nop_ (); ADC_CLK = 0; //转换数据在时钟下降沿发出;
第 19 个时钟下降沿末数据发送完毕; 第 20 个 clk 无效;
}
ADC_CS = 1; //结束本次操作;
    
```

### 4 实验与分析

系统平台仿真实验监控以采集到实时数据为基础, 选取某冶炼工厂 2013 年 12 月 5 日 00:00~8:00 共 8 个小时内监测到的生产环境低空区域有毒气体 SO<sub>2</sub> 浓度的监测值。

将两个区域的传感器数据作为自变量, 计算两个区域传感器数据之间的关联系数, 考虑到气体的流通速度会导致两个传感器时存时间差, 因此, 将两个传感器的检测数据延迟 10 min 计算, 得  $r = 0.6683$ , 表明两个区域的有毒气体含量存在较为显著的关联性。随着排气扇的对空气进行净化, 两个区域之间的关联性也随着时间推移而变化, 其模拟变化曲线如图 5 所示。

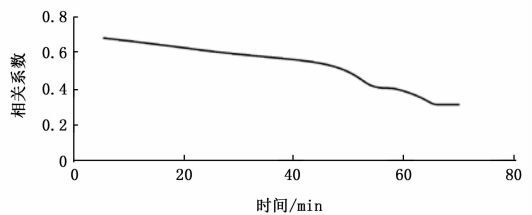


图 5 传感器关联系数变化模拟曲线

因此, 在关联性系数发生显著变化时, 就要考虑是否发生了异常故障, 采取相应的自检措施, 对相应的设备进行检查, 从而避免事故的发生。开启排气扇对冶金现场的空气进行空气置换, 并通过系统智能控制排气扇的风量。

为了进一步说明本文系统的优越性, 统计本文系统和传统系统下的有毒气体检测准确率, 对比结果如图 6 所示。

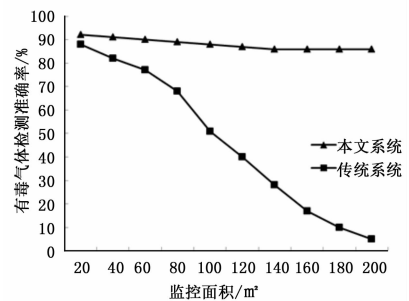


图 6 有毒气体检测准确率对比

图 6 中, 随着监控区域的增加, 传统系统的有毒气体检测准确率呈现大幅度下降趋势, 而本文系统保持平稳下降趋势, 最终在检测准确率 86% 附近达到稳定, 平均检测准确率比传统系统提高 54% 左右, 这主要是由于本文系统采取数据关联模型, 通过关联性系数, 增加了传感器之间的关联性监控, 能及时采集到各传感器的数据并进行综合对比分析, 使得本文

系统的有毒气体检测准确率始终高于传统系统,说明本文设计监控系统监控准确率高,实时性强,性能稳定。

### 5 结语

本研究提出的基于关联性模型的冶金有毒气体监控系统是对现行安全系统的完善与提升,系统可以将所有传感器数据做关联性分析,从而保障了有毒气体监控系统对于事故、故障更加准确及时的预警。

#### 参考文献:

[1] 陈卓. 闪速炉反应塔炉衬保护监测及蚀损预报系统 [D]. 长沙:

中南大学, 2001.

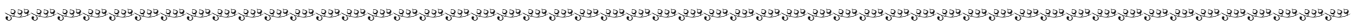
[2] 孙永进, 王宇, 赵吉明, 等. 载人航天器有害气体检测系统设计 [J]. 计算机测量与控制, 2013, 21 (4): 980-982.

[3] 余锡存, 曹国华. 单片机原理及接口设计第二版 [M]. 西安: 电子科技大学出版社, 2007.

[4] 张武健. 基于纹理干扰细化的动态火焰识别方法 [J]. 科技通报, 2013, 8: 151-153.

[5] 赵玮. 应用统计学教程 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2003.

[6] 邹哲强. 煤矿安全监控系统可靠性指标的测定方法 [J]. 工矿自动化, 2010, (4): 42-44.



(上接第 2790 页)

节点, 分别对应图 4 (b) 和 4 (c)。其中可调光 LED 灯具装有红外传感器, 可实现移动人员跟踪照明, 也可称传感器节点。

### 4 系统软件设计

本系统中智能终端设备、车辆检测节点、CO 浓度检测节点、车位检测节点、风机执行器以及 LED 灯具节点的软件设计均采用 C 语言为开发语言, 其中智能终端以嵌入式 WinCE 为操作平台, WinCE 是一个具有抢占式多任务功能, 并具有强大的通信能力的嵌入式操作系统[6]。它提供了灵活的内存访问机制, 使系统中不同类型的应用程序可以充分使用系统提供的 RAM、ROM 以及闪存, 并有选择地有效利用处理器提供的虚存、保护等功能。

#### 4.1 KNX 通信内核软件架构

KNX 标准根据 OSI 参考模型而设计, 典型的 KNX 节点设备主要完成几个方面的功能: 按照 KNX 协议的要求与总线进行通信; 对 KNX 设备进行系统管理; 实现特定的功能。KNX 通信内核的软件架构如图 5 所示。

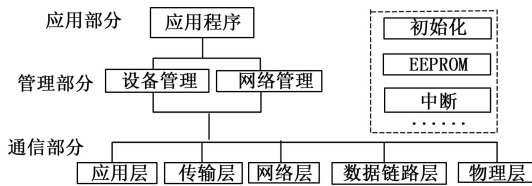


图 5 KNX 通信内核软件架构图

#### 4.2 智能终端软件设计

智能终端旨在提高地下停车场监控管理的自动化、系统化、智能化, 减少人员工作量, 提高服务质量。智能终端以嵌入式 WinCE 为操作平台, 在其上开发 KNX 协议栈, 同时采用 Microsoft Visual Studio2005 编程技术和 Access2007 数据库完成开发[7]。智能终端的功能包括: 用户管理、监控管理、系统维护、车位信息查询、系统日志、数据分析与报表打印等关键部分。智能终端功能模块如图 6 所示。

### 5 结论

本文设计了一种基于 KNX 的地下停车场智能监控网络及车位引导系统, 在对 KNX 通信内核研究的基础之上, 开发出 KNX 节点设备, 完成对整个停车场管理系统的设计。该系统

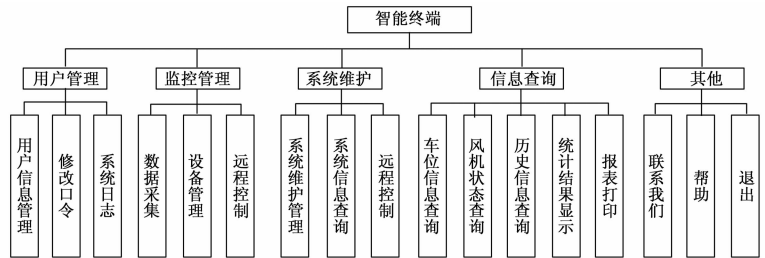


图 6 智能终端功能模块图

能够对整个地下停车场进行全方位的管理, 实现照明管理、通风管理、车位检测及车位引导等功能, 有效地解决了传统地下停车场监控和管理方式单一、智能化程度低、控制方式不合理、引导系统不完善等问题, 同时缓解了城市停车难、难停车的压力。通过现场测试, 该系统性能稳定、实时性高、灵活性好、抗干扰能力强, 具有一定的推广和应用价值。

#### 参考文献:

[1] 基于 ZigBee 网络的地下停车场管理研究 [J]. 北京工业职业技术学院学报, 2009, 8 (2): 25-29.

[2] 胡兵, 齐斌. KNX/EIB 系统在酒店客房智能控制中的应用设计 [J]. 现代建筑电气, 2012, (3): 40-45.

[3] 陈爽. 基于现场总线 KNX 的楼宇自动化技术研究及产品开发 [D]. 重庆: 重庆大学, 2007.

[4] 何东. 基于 WinCE 的手持导航终端的设计与实现 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2011.

[5] Zhang J, Zhang M. A Design of Embedded Multimedia Player Based on WINCE [J]. Procedia Engineering, 2011.

[6] 王志伟. 基于 WinCE 的智能终端核心板的设计与实现 [D]. 武汉: 武汉理工大学, 2009.

[7] 杨辉, 刘海龙, 高子洁. 基于 ARM9 及 WinCE6.0 的塔机安全监控系统 [J]. 计算机测量与控制, 2012, (1): 78-80.

[8] 吴志红, 杨跃臣. 嵌入式停车场管理系统 [J]. 计算机应用, 2010, 30 (11): 3126-3129.