

# 煤气泄漏自动报警与自动排气装置设计

王志斌, 李世中, 崔巍

(中北大学 机电工程学院, 太原 030051)

**摘要:** 针对目前市场中的煤气报警器生产成本低和检测到煤气泄漏没有相应自动处理功能的问题, 提出了多点自动检测、自动报警和自动排气的方案; 设计了多检测点的无线传输电路, 自动报警及自动排气电路; 为了实现无线传输的目的, 对无线传输的发送与接收程序进行了设计; 通过软件仿真工具对煤气泄漏自动报警与自动排气装置的电路进行仿真与分析; 实验结果, 基于相同的一氧化碳检测指标要求, 煤气泄漏自动报警与自动排气装置的硬件电路选用性能相对较差的一氧化碳传感器可以检测到一氧化碳的泄漏信号; 实验结论, 采用多点自动检测报警的措施降低了对传感器性能的要求, 达到了降低成本的目的, 自动排气功能增强了报警器的综合性能。

**关键词:** 煤气泄漏; 无线传输; 多点检测; 自动报警; 自动排气

## Design on Automatic Alarm and Air Exhausting Device of Gas Leakage

Wang Zhibin, Li Shizhong, Cui Wei

(Mechatronic Engineering College, NUC, Taiyuan 030051, China)

**Abstract:** In view of high production cost of gas alarm in the present market and the problem that there is no corresponding automatic processing function when gas leakage is detected, this paper has put forward a scheme of multipoint automatic detection, automatic alarm and automatic air exhausting device, and has designed the wireless transmission circuit with more testing points and automatic alarm and air exhausting circuit. In order to realize wireless transmission, this paper has designed the sending and receiving procedures for wireless transmission, and made simulation and analysis on the automatic alarm and automatic exhaust device circuit for gas leakage through software simulation tools. Experimental results show that based on the same requirement of the carbon monoxide detect index, only selecting the carbon monoxide sensor with the relatively poor performance, gas leakage automatic alarm and automatic exhaust device hardware circuit can detect leakage signal of carbon monoxide. The experimental conclusion proves that the use of multi-point automatic detection and alarm measures reduced the demand for the sensor performance, and then achieved the purpose of reducing costs, and automatic exhausting function enhanced the comprehensive performances of alarm.

**Keywords:** gas leakage; wireless transmission; multi-point detection; automatic alarm; automatic air exhausting

## 0 引言

煤气作为一种重要的燃料被广泛用于各种工业炉和实际生活中, 给生活和生产带来便利的同时也带来了许多的安全隐患。经过调查和查询相关资料发现, 煤气报警产品并没有在生产尤其是生活中得到广泛的应用。主要原因是相关报警器产品采用单个一氧化碳传感器进行检测, 相应的对一氧化碳传感器的性能要求比较高, 从而导致了生产成本高, 针对这一问题提出采用多点检测的方案。相关的煤气报警器产品检测到煤气泄漏时只有提醒的功能, 没有相应的自动处理功能, 针对这一问题提出了通过报警器与排气扇有机整合以实现自动排气的方案。

## 1 多点检测的理论分析

室内的一氧化碳浓度要求不超过 24 ppm。一氧化碳浓度 100 ppm 是允许的最大值。设某一空间(厨房抽象成长方体  $V_1$  模型研究)为长 3 m、宽 2 m、高 3 m 的长方体空间, 体积是  $18 \text{ m}^3$ 。如果厨房内煤气泄漏的体积  $V_0 \geq (18 \times 10^{-4}) /$

$\text{cm}^3$ , 则分辨率为 1 ppm 的一氧化碳传感器就能检测到煤气泄露( $c$  为煤气中一氧化碳的浓度, 作为煤气的主要成分之一, 一般占 23%~31%左右)。如果按照相关的煤气报警器产品采用单点检测的原理(报警器中只使用单个的一氧化碳传感器), 对一氧化碳传感器各项性能指标都有较高的要求。

如果将长方体空间划分成若干个相同的小的长方体空间, 取特定的小长方体空间  $V_2$  作为研究对象。综合考虑泄漏煤气扩散速度  $v$  与一氧化碳传感器的响应时间  $t$  等因素, 当煤气发生泄漏时(相对于长方体  $V_1$  模型, 泄漏的煤气中的一氧化碳浓度大于等于 100 ppm), 所研究的小长方体空间可以把泄漏的煤气都囊括进来。因此, 研究对象小长方体空间  $V_2$  中一氧化碳的浓度是长方体空间  $V_1$  的  $\beta$  倍( $\beta = (V_1 / V_2)$ )。如果将煤气泄漏的检测点布置在长方体空间  $V_2$  内, 那么选用相对分辨率和灵敏度较低的一氧化碳传感器也能达到的检测性能要求。对一氧化碳分辨率和灵敏度等各方面的性能降低了要求, 从而达到降低成本的目的。

由于煤气发生泄漏的小的长方体空间不能确定, 因此提出了布置多点检测的方案。根据不同的厨房面积以及不同的使用环境等因素可以灵活的选取检测点的个数。

## 2 煤气泄漏自动报警与自动排气装置总体方案设计

### 2.1 系统的组成

煤气泄漏自动报警与自动排气装置系统由信号处理与识别

收稿日期:2015-08-27; 修回日期:2015-09-25。

**作者简介:** 王志斌(1988-), 男, 山西晋中人, 硕士研究生, 主要从事质量与可靠性工程方向的研究。

李世中(1969-), 男, 河北栾城人, 教授, 硕士研究生导师, 主要从事目标探测识别、系统仿真方向的研究。

电路、单片机 STC89C52 与 NRF905 模块<sup>[1]</sup>组成的无线传输电路和外围控制电路三部分组成。系统的方块图 1 中,虚线框内是一个检测点的组成部分。根据具体的应用场合,系统可以包含不同的检测点个数,如 A 检测点、B 检测点等等。系统的方块图如图 1 所示。

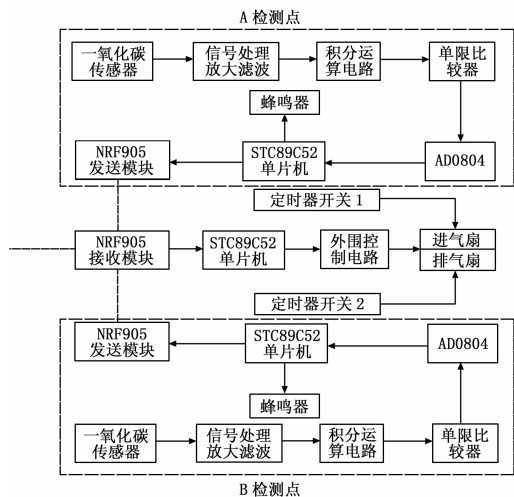


图 1 系统的方块图

## 2.2 系统的工作原理

一氧化碳传感器检测到煤气的泄漏信号时,经过信号的预处理滤波和放大<sup>[2]</sup>,再经过积分器和电压比较器的识别。自动检测电路的比较器输出一个电平 ( $U_{OH}$ 、 $U_{OL}$ ),经过 ADC0804 转换<sup>[1]</sup>输出 8 位二进制数,程序对输出二进制数的大小进行判断。如果大于比较值,通过程序将蜂鸣器与单片机 STC89C52 相连的接口赋为低电平,蜂鸣器发出声响,NRF905 发送模块发送预设的数据,NRF905 接收模块接收数据,通过程序将外围控制电路与单片机 STC89C52 相连的接口赋为低电平,外围控制电路工作,最后控制排气扇的状态<sup>[2-4]</sup>。如果小于比较值,将不执行后面的动作,继续与下次 ADC0804 转化后的二进制数进行比较。

多点检测的方块图中进气扇和排气扇采用对称布置,增强排气效果。定时器开关与继电器的开关是并联关系,二者任意一个开关闭合,气扇都能正常工作。

## 3 电路设计

### 3.1 自动检测电路

选用 LM358 芯片对传感器的信号进行放大,由于传感器输出的是电流信号 (微安 ( $\mu A$ ) 级别的电流信号),放大之后负载需要电压驱动,因此放大电路选择电压串联负反馈的结构<sup>[5]</sup>。根据电压并联负反馈电路的放大倍数<sup>[5]</sup>计算公式:

$$A_{uf} = \frac{U_o}{I_i} \approx \frac{U_o}{I_f} = \frac{1}{F_{iu}} = -R \quad (1)$$

式中,  $A_{uf}$  为电压并联负反馈电路的放大倍数;  $I_i$  为电流信号源的电流 (mA);  $U_o$  为输出电压 (V);  $I_f$  为反馈电流 (mA);  $F_{iu}$  为反馈系数;  $R = R_1 = 2 \text{ M}\Omega$ 。

为了使电路之间不产生相互干扰,选择有源滤波电路滤除高频信号的干扰。低通滤波器中的 LM385 起电压跟随器的作用,输入电压取决于 RC 的取值<sup>[5]</sup>。根据截止频率<sup>[5]</sup>计算公式:

$$f = \frac{1}{2\pi RC} \quad (2)$$

式中,  $f$  为截止频率 (Hz);  $R$  为电阻 ( $k\Omega$ );  $C$  为电容 ( $\mu F$ );  $R = R_2 = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $C = C_1 = 100 \text{ nF}$ 。

为了更加精准地对信号的识别,先经过积分运算电路对信号的处理,再经过单限比较器 (反应灵敏)。在积分电路中,输出电压<sup>[5]</sup>的计算公式:

$$u_o = -\frac{1}{RC} \int_{t_1}^{t_2} u_i dt + u_o(t_1) \quad (3)$$

式中,  $t_1$ 、 $t_2$  为积分时间 (s);  $u_i$  为积分器的输入电压 (V);  $u_o$  为积分器的输出电压 (V);  $R = R_3 = 2 \text{ k}\Omega$ ,  $C = C_2 = 100 \text{ nF}$ 。

电阻  $R_4$  为静态平衡电阻,用来补偿偏置电流所产生的失调,一般取  $R_3 = R_4$  <sup>[5-6]</sup>。电阻  $R_5$  是积分漂移泄漏电阻<sup>[5]</sup>,用来防止积分漂移所造成的饱和或截止现象。单限比较器选用专用芯片 LM339,电压比较器的阈值电压<sup>[5]</sup>计算公式:

$$U_T = -\frac{R_7}{R_6} U_{REF}, U_{REF} = \frac{R_8}{R_8 + R_9} VC4 \quad (4)$$

式中,  $U_T$  为比较器的阈值电压 (V);  $U_{REF}$  为比较器的参考电压 (V)。

比较器的高低电平 ( $U_{OH}$ 、 $U_{OL}$ ) 由芯片 LM339 决定。比较器的电压传输特性<sup>[5]</sup>如图 2 所示, A 或 B 检测点的电路如图 3 所示。

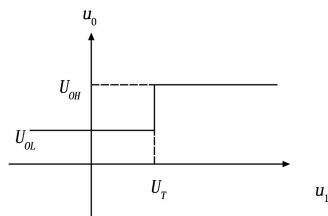


图 2 电压传输特性

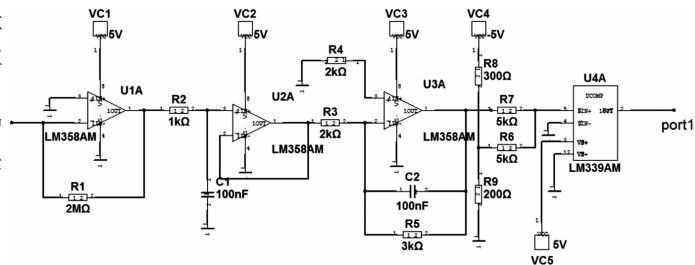


图 3 检测点的电路

### 3.2 无线传输的电路

考虑到多点检测方案的要求和布置自动检测点的灵活性,因此采用无线传输的途径。用单片机 STC89C52 和 NRF905 无线模块实现无线传输发送和接收。单片机 STC89C52 的电源电压是 5 V, NRF905 无线模块的电源电压 3.3 V, 为了满足无线模块的电源电压,采用了降压芯片 AMS1117-3.3。单片机 STC89C52 的 I/O 口与 NRF905 的接口之间需要接 200  $\Omega$  的电阻降压。无线传输主要实现的功能,当 port1 端口 (AD0804 的模拟信号输入端口) 输入高电平  $U_{OH}$  (模拟量) 时,发送信号单片机的 P3-6=1 (蜂鸣器发出报警声), port2 端口 (接收信号单片机 STC89C52 的 P1-4) 输出低电平 (0 V); 当 port1 端口输入低电平  $U_{OL}$  (模拟量)

时, 发送信号单片机的 P3<sup>6</sup>=0, port2 端口输出高电平 (5 V)。无线传输通过硬件连接和软件的控制实现。无线传输的发送与接收电路如图 4、5 所示。

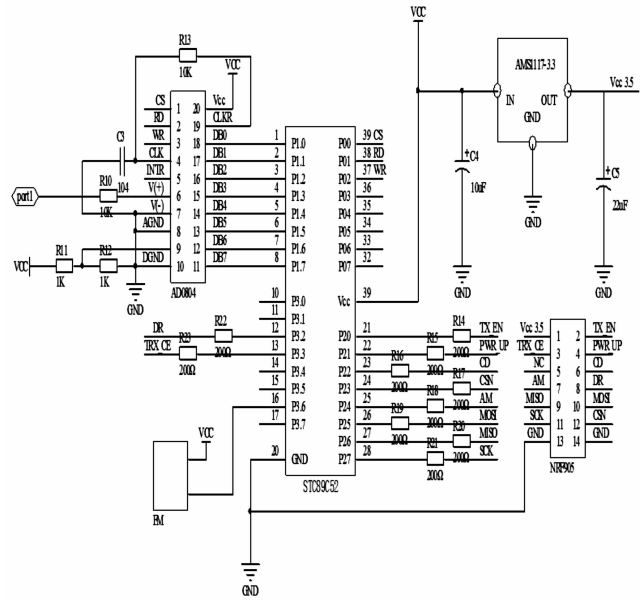


图 4 无线传输的发送电路

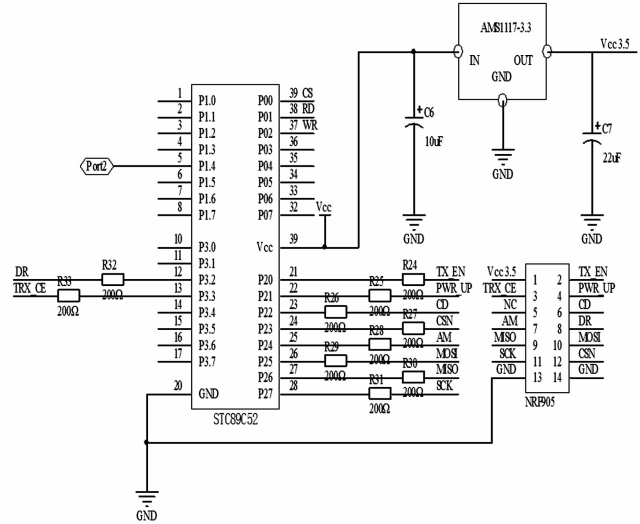


图 5 无线传输的接收电路

3.3 驱动气扇的电路

外围电路控制排气扇的工作状态<sup>[7-9]</sup>。外围电路是由单片机的弱电控制电扇工作的强电<sup>[6-9]</sup>, 因此采用光耦器件 MCT6 将弱电与强电隔离, 避免强电和弱电的直接接触<sup>[9]</sup>。电阻 R<sub>34</sub> 是限流电阻, 避免过大的电流通过光耦器件 MCT6。根据 MCT6 的数据手册, 限流电阻 R<sub>34</sub> 取 100Ω, 电源 VC6 取 10 V。选择 EDR201A05 型号的继电器, 根据 EDR201A05 的数据手册, 电源 VC7 取 5 V。继电器的突然闭合和断开会产生涡流, 可能损坏继电器, 因此在继电器两端需要并联一个保护二极管 D1, 型号为 1N3879A。型号为 2N2712 的三极管 Q1 具有开关的功能<sup>[5]</sup>。三极管 Q1 发射结的电压 u<sub>BE</sub> 与开启电压 U<sub>om</sub> 的关系受光耦器件 MCT6 的控制。当 port2 端口输入高电

平 (5 V) 时, 光耦器件 MCT6 不工作; 当 port2 端口输入低电平 (0 V) 时, 光耦器件 MCT6 开始工作。驱动气扇的电路如图 6 所示 (接收信号单片机的外围电路)。(注意: 发光二极管 LED1、LED2, 信号发生器 XFG1 和示波器 XSC1 以及灯泡 X2 都是为了电路调试的需求, 在实际电路中可以略去, 负载灯泡 X2 由气扇取代。)

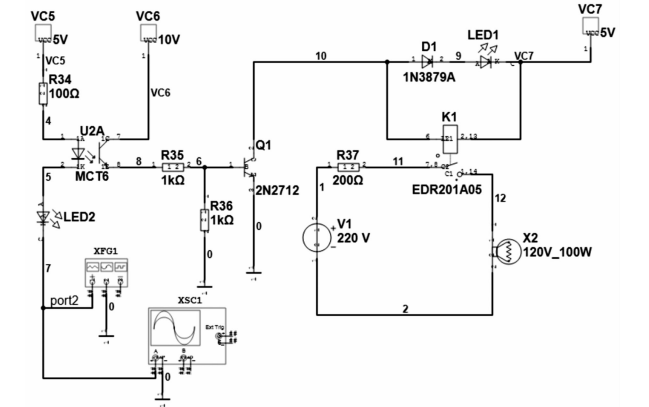


图 6 驱动气扇的电路

4 无线传输的软件设计

ADC0804 的片选 CS 置低, 对 NRF905 发送模块进行初始化以及寄存器的配置<sup>[10]</sup>。启动 AD 转换, 进行数据的转换, 判断转换的数据 t 是否大于 0X80。如果 t 大于 0X80, 蜂鸣器发出报警声, NRF905 发送模块设置为发送模式, 发送预设的数据。否则, 再次执行 AD 转换。无线传输的发送程序流程如图 7 所示。

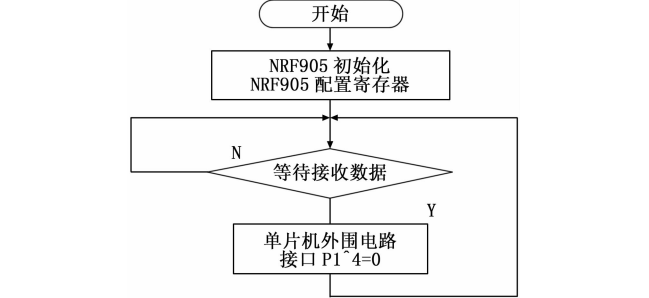


图 7 发送的程序流程图

对 NRF905 接收模块进行初始化<sup>[10]</sup>以及寄存器的配置。如果接收到数据, 将外围控制电路与单片机 STC89C52 相连的接口赋为低电平。否则, 继续等待接收数据。无线传输的接收程序流程如图 8 所示。

5 实验结果与分析

5.1 不同型号一氧化碳传感器实验结果对比分析

取 3×2×3 的长方体空间作为测试环境。基于同一测试环境, 选取表 1 中的一氧化碳传感器进行测试。不考虑一氧化碳传感器的基线漂移的情况下, 对同一氧化碳传感器在不同的一氧化碳的浓度下进行测试, 一氧化碳传感器测试曲线 c-u 如图 9 所示。测试曲线表明放大电路输出相同的电压值, 不同的一氧化碳传感器对一氧化碳浓度有不同的要求。在相同的测试环境

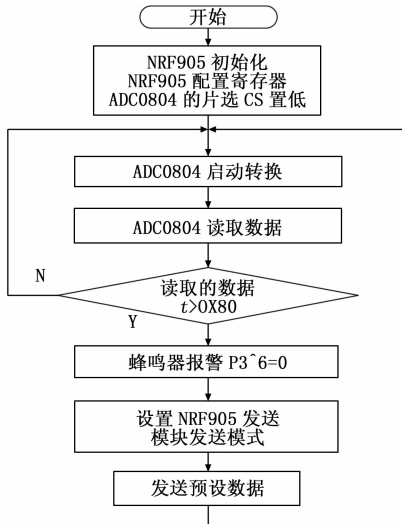


图 8 接收的程序流程图

表 1 一氧化碳传感器

序号	CO 传感器名称	灵敏度/ ( $\mu\text{A}/\text{ppm}$ )	分辨率/ ppm	量程/ ppm	基线漂移/ ppm
1	7-CO-1000	$0.085 \pm 0.025$	0.5	0~1000	0~3
2	4-CO-2000	$0.020 \pm 0.010$	10	0~2000	0~10
3	4-CO-500	$0.070 \pm 0.015$	1	0~500	0~3
4	3-CO-500	$0.08 \pm 0.02$	1	0~500	0~3

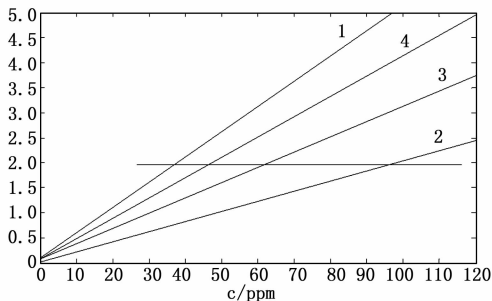


图 9 测试曲线 c-u

下,不同的检测点的一氧化碳的浓度不同,因此,选取合适的

(上接第 232 页)

[6] McIlhagga W. The canny edge detector revisited [J]. International Journal of Computer Vision, 2011, 91 (3): 251-261.

[7] Garcia-Lamont J. Analogue CMOS prototype vision chip with pre-witt edge processing [J]. Analog Integrated Circuits and Signal Processing, 2012, 71 (3): 507-514.

[8] Fiorio C, Mercat C, Rieux F. Adaptive discrete Laplace operator [M]. Advances in Visual Computing. Springer Berlin Heidelberg, 2011: 377-386.

[9] 唐 祚, 闫德勤, 刘彩凤. 基于小波变换的脑部医学 Demons 图像配准 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (7): 2515-2517.

[10] Gai S, Yang G, Wan M, et al. Hidden Markov tree model of images using quaternion wavelet transform [J]. Computers & Electrical Engineering, 2014, 40 (3): 819-832.

[11] 赵 磊, 陈 琼, 陈 中. 一种新的改进 OPTA 细化算法 [J]. 计

检测点可以降低对一氧化碳传感器的性能要求。

## 5.2 驱动气扇的电路仿真现象描述

用方波信号模拟 port2 端口 (接收信号单片机的 P1.4) 输出高电平 (5 V)、低电平 (0 V)。观察到的电路仿真现象: 当方波由 5 V 跳转到 0 V 时, LED2 点亮, 继电器闭合, 灯泡点亮; 当方波由 0 V 跳转到 5 V 时, LED2 熄灭, 继电器断开, 灯泡熄灭, LED1 短暂闪烁后熄灭。

## 6 结论

基于相同的煤气泄漏环境, 选取不同的检测点会影响测试的结果。提出应用无线传输的方法, 使得自动检测点可以灵活布置。采用多点检测, 降低了对一氧化碳传感器的要求并且可以根据应用场合灵活的选取检测点的数量。通过报警器与排气扇的有机整合增强了执行能力。实验表明, 同一测试环境下, 多点检测可以降低对一氧化碳传感器的性能要求, 从而达到降低成本的目的。

## 参考文献:

[1] 王小增, 杨久红. CO 浓度检测仪硬件电路设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2007 (6).

[2] 边晓明, 卞晓强, 盘桥富. 基于 51 单片机和 NRF905 模块的无线打分器设计与制作 [J]. 传感器世界, 2013 (2).

[3] 王小增, 曾 辉, 杨久红. CO 气体检测温度自补偿实现及硬件电路设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2007 (11).

[4] 王金明, 李传宝, 李忠虎. 基于 TDLAS 技术的低浓度 CO 检测系统设计 [J]. 仪表技术与传感器, 2015 (9).

[5] 华成英, 童诗白. 模拟电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

[6] 阎 石. 数字电子技术基础 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2006.

[7] 刘忠富, 游国栋, 于为民. 新型低功耗 CO 检测系统的研制 [J]. 自动化仪表, 2008, 29 (10).

[8] 陈军统. 基于 9S12XS128 单片机煤气报警器设计 [J]. 制造业自动化, 2012 (6).

[9] 李建忠. 单片机原理及应用 [M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2002.

[10] 杨敬伟, 杨景发. 设施农业专用二氧化碳监控系统设计 [J]. 农机化研究, 2014 (6).

[11] 计算机应用, 2008, 28 (10): 2639-2642.

[12] 张 懿, 刘 旭, 李海峰. 自适应图像直方图均衡算法 [J]. 浙江大学学报 (工学版), 2007, 41 (4): 630-633.

[13] 扈佃海, 吕绪良, 文刘强. 一种改进的直方图均衡化图像增强方法 [J]. 光电技术应用, 2012, 27 (3): 65-68.

[14] 姜柏军, 钟明霞. 改进的直方图均衡化算法在图像增强中的应用 [J]. 激光与红外, 2014, 44 (6): 702-706.

[15] 魏本征, 赵志敏, 华 晋. 基于改进形态学梯度和 Zernike 矩的亚像素边缘检测方法 [J]. 仪器仪表学报, 2010, 31 (4): 838-843.

[16] 孙根云, 柳钦火, 刘 强, 等. 图像的模糊边缘检测算法 [J]. 光电工程, 2007, 34 (7): 141-144.

[17] 李 杰, 彭月英, 元昌安, 等. 基于数学形态学细化算法的图像边缘细化 [J]. 计算机应用, 2012, 32 (2): 514-515.