

基于物联网的危化品仓库远程监控及巡检系统设计

钱其沛, 潘倩倩, 刘 艳, 张 昀

(南京邮电大学 电子科学与工程学院, 南京 210003)

摘要:我国的危化品仓库目前已初具规模,但却缺乏一套系统化的管理方案,致使我国危化品仓库事故频发、造成大量人员、财物损失。针对当今危化品仓库强安全、低风险、高效管理的要求,结合远程摄像、Wi-Fi、蓝牙、RFID、温湿度传感器、气体传感器及小车巡检技术,介绍了危化品仓库监控及巡检系统。该系统可以记录危化品信息,对危化品仓库气体环境以及温湿度进行远程监测,实现无人小车巡检。实测显示,该系统具有自动化程度高、安全性好等特点,在危化品仓库管理方面得到了良好的应用。

关键词:危险化学品;仓库管理;危化品仓库

中图分类号:TP311 **文献标志码:**A **文章编号:**1671-1807(2019)10-0163-04

数据表明危化品事故中,9%发生在仓储过程。2015年天津港“8·12”瑞海公司危化品仓库发生特大火灾,造成了巨大的人员伤亡和财产损失,震惊了全国上下^[1]。随着我国原油产量和加工量不断增长,煤化工、天然气、油页岩化工发展速度加快,大量危化品亟待存储。但是,我国危化品仓储存储能力有限,更为严重的是仓储管理水平落后,安全管理意识较差,监控机制及巡检制度没有落实,导致事故频发。尤其是一些中小仓库,以及普遍存在的黑仓库,带来了严重的安全隐患。

基于以上现状,为了满足危化品仓库管理的特殊性和专业性,研发了一款基于物联网的危化品仓库远程监控及巡检系统。在此系统中,将RFID标签贴在危化品上,标签上记录有关危化品的信息,包括其名称、危险等级、存储位置等。仓库墙壁上安装温湿度以及气体传感器,通过Arduino读取传感器获得的数据并将其发送到电脑或手机,实时监控危化品仓库环境。另外,采用无人小车沿着固定预设路线巡检,安装在小车前端的摄像头将拍摄到的画面通过WiFi模块传回到电脑或手机,全方位监控仓库环境^[2]。此设计方案对仓库内部环境进行全方位监测,及时预警,减少了人力以及财力的消耗,也使得危化品仓库管理更加安全。

1 系统总体框架

基于物联网的危化品仓库远程监控及巡检系统在远程监控设计中使用了RFID射频识别模块、温湿度模块、气体传感器模块。无人巡检小车则融合了电源模块、三路红外传感模块、WiFi模块以及摄像模块。系统框图如图1。

2 详细设计

2.1 仓库建设要求

仓库结构、使用工具、仓库使用面积要符合国家标准。仓库门、窗、照明设备、电器设备、危化品装卸、搬运所使用的机械工具等均采用不可燃材料。要根据危化品特性来决定储存区域和储存种类。在安全监控通用技术方面,重大危险源安全监控预警系统以及报警系统、电源、资料的备份也必不可少。在本系统中,通过Sketch Up软件绘制模拟仓库演示图,如图2。

2.2 气体传感器模块

根据《危险化学品重大危险源安全监控通用技术规范》,当易燃易爆及有毒物质为气态或液态,库区应监控室内外的可燃与有毒气体浓度。MQ(气敏元件传感器)系列气体传感器采用活性很高的金属氧化物半导体作为敏感材料如 SnO_2 。氧负离子会由金属氧化物半导体加热后与空气中的氧气接触形成,这将

收稿日期:2019-06-07

基金项目:中国高等教育学会(SC2018Y05);南邮电子科学与技术国家级实验教学示范中心(教改201802);南京邮电大学教改项目(JG03315JX07,JG03318JX14);南京邮电大学科研项目(NY215166)。

作者简介:钱其沛(1999—),男,江苏无锡人,南京邮电大学,本科生,研究方向:电子技术;刘艳(1977—),女,南京邮电大学,副高,硕士,研究方向:电子技术与信号处理;潘倩倩(1999—),女,南京邮电大学,本科生,研究方向:信号处理;张昀(1975—),女,南京邮电大学,硕士生导师,博士,研究方向:信号处理与5G通讯。

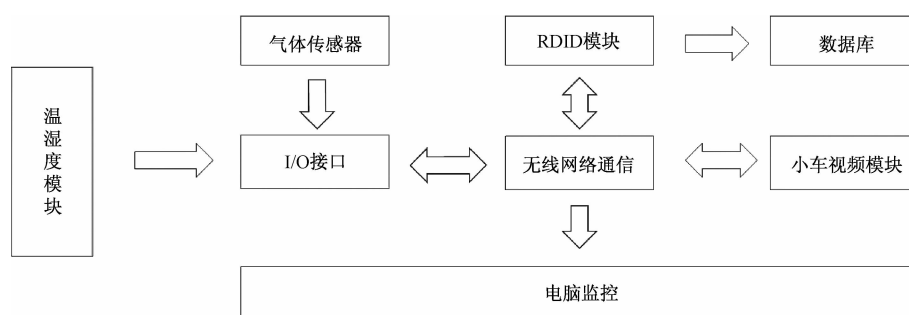


图 1 危化品仓库远程监控及巡检系统总框

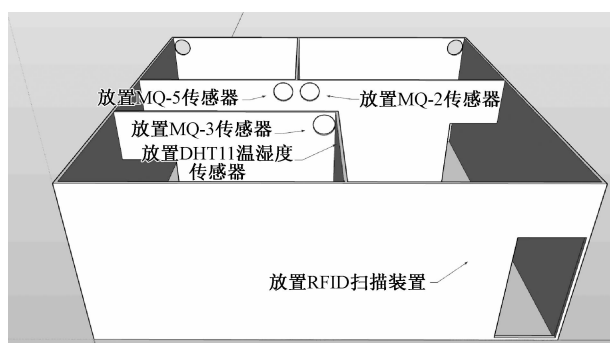


图 2 危化品仓库模型

导致金属氧化物表面势垒升高,而可燃气体能与氧负离子反应从而使表面势垒降低,以此检测气体浓度^[3]。

应用范围:MQ-2:烟雾;MQ-3:酒精;MQ-4:天然气;MQ-5、6、9:可燃气体;MQ-7:一氧化碳;MQ-8:氢气;MQ-131:臭氧;MQ-135:空气污染;MQ-136:硫化氢;MQ-137:氨气;MQ-138:有机蒸汽等。

2.3 温湿度传感模块

除了检测气体浓度,危化品仓库对温度和湿度的要求也很高,温湿度变化过大很可能导致安全隐患。根据《危险化学品重大危险源安全监控通用技术规范》,仓库周围的环境温度、湿度应实时监控,以便在温湿度骤变时采取有效应对措施。例如,当夏季库区温度过高时,可以及时做出决策,避免易燃易爆化学品达到燃点引发事故^[3]。

温湿度传感系统使用 DHT11 温湿度传感模块^[4],这是一种温度和湿度复合传感器。它采用的数字模块采集技术和温湿度传感技术确保了其高可靠性和出色的长期稳定性。除此之外,它对环境变化十分敏感,对其余因素的影响抗性强,性价比很高。

2.4 RFID 技术

传统条码易损坏、易被污染、扫描距离近,不适合

运用于危化品的出、入库,因此可以用 RFID 技术替代。RFID 标签分为两类,以有源和无源来区分。有源标签自带电池,附着在物品标签上的数据可通过电磁场传出去,终端阅读器便能自动接收到磁场,从而达到追踪物品的目的。无源标签采用波束供电技术,把接受到的读写器射频能量转化为电能,为标签内电路供电。射频识别系统最重要的优点是非接触识别,它能穿透固态及气态的非金属透明材料来阅读标签^[5],包括涂料、油漆,并且读取速度很快,大多数情况下不到 100 毫秒。危化品对环境有着十分严苛的要求,使用 RFID 技术使其可以在绝大多数环境下自由、快速地读出危化品信息。

RFID 标签可使用 EPC (Electronic Product Code) 编码,在仓库门口设置 RFID 阅读器,将其接到电脑上便可直接读出标签内容并显示到可显示文本之处,例如 Excel 表、Word 文档。

3 小车巡检设计

本系统还设计了小车智能巡检。小车沿着仓库内预设路线巡检,实时传回图像,同时小车终端也携带多种传感器,可动态测量仓库内数据。尤其当仓库发生状况,工作人员进去有危险的时候,小车可替代人工进行巡查看。

3.1 小车结构

小车安装了 L293D 四驱稳压拓展板和集成 2 个 H 桥的 L293D 电机驱动芯片,从而实现各个马达独立驱动运行。此外,小车包含红外接收头,支持 2 路舵机,拥有 WIFI、超声波、蓝牙、红外避障、红外循迹接口。

小车采用 STM32F103ZET6 系统板,通过 Keil 编译与 STLink 串口下载能可将程序烧录到板中。这款系统板最高支持 72 MHz 工作频率,带有 64 K 字节 SRAM 和 256 K 闪存程序存储器。

3.2 小车摄像

小车摄像头模块采用 RAK5206 高清图传^[6],使

用 5V 电压为其供电。硬件镜头则使用全玻璃光学镜头,调焦后十分清晰。视频输出格式为 Mjpeg,可以很方便地保存在电脑中。WiFi 模块采用 EP-N8508 无线网卡,将小车接收到的图像传输到电脑中。电脑端则安装有 OpenWrt 固件、UVC 摄像头驱动、Ser2net 串口转发软件、mjpg-streamer 视频解析软件等。

3.3 循迹算法设计

在本设计中,在仓库中预设固定路线,采取红外探测法使小车在白色地板上沿黑线行走,本方案采用三路红外循迹模块,通过编程实现各种复杂线路巡检。

红外寻迹模块由一体化反射型光电探测器 RPR220 组成^[7],其排列十分紧密,从左到右,共 3 个,同时向前发、收红外光。因为红外线在不同颜色的物体表面具有不同的反射强度,红外模块在小车行驶过程中会接收到地面不同的反射光。若红外光发射到地板上,会产生漫反射,漫反射光被小车上的接收管接收,从而输出低电平;而黑色具有吸收所有色光的特性,若红外线照射到黑线上,便不会产生反射光,接收管便不会有反应,从而输出高电平。单片机依据输入的电平高低,从而确定小车是否要调整前进的方向^[8-9]。为了计算简便,可将 RPR220 反射型光电探测器的序号记为 k 。

由于红外发射和接收管组成的寻迹传感器容易受外在光影响,每路传感器会根据不同的反光强度输出不同的电压,将输出电压的最大值与最小值分别记为 $V_{\max_k}$ 和 $V_{\min_k}$ 。为了求得小车位置的偏移量 P ,当小车开始寻迹后,在采样的某个瞬间,可将某路传感器 A/D 采样值记为 T_k 。此时收到的数据略有繁琐,为了更加便捷快速地处理数据,在此采用归一化的方法,使得数据能够变为 0 到 1 之间的小数,记为 S_k 。考虑到小车接收到地面的漫反射光的组成十分多元,而需要的只有黑色与白色。在这里我们便采用图像二值化方法,将图像上的灰度值定为 0 或 255,使得单片机处理的数据非 1 便 0,并将其记为 G_k 。

$$S_k = \frac{T_k - V_{\min_k}}{V_{\max_k} - V_{\min_k}} \quad (1)$$

$$G_k = \begin{cases} 0, & S_k \leq 0.6 \times (S_{\max} - S_{\min}) \\ 1, & S_k > 0.6 \times (S_{\max} - S_{\min}) \end{cases} \quad (2)$$

$$P = \frac{\sum_{k=1}^3 G_k \times k}{\sum_{k=1}^3 G_k} - 2 \quad (3)$$

根据以上三个式子,我们便可求得小车位置偏移量,其中 $S_k, S_{\max}, S_{\min}, G_k, P$ 分别表示归一化值、最大值、最小值、图像二值化后的值、位置偏移量。由上述算法可得,小车前进时,小车中间传感器处于预设路线上,说明位置偏移量为 0,小车继续前进;当右侧传感器处于预设路线上,位置偏移量为负数;当左侧传感器处于预设路线上,位置偏移量为正数。

在使用该方法得到小车位置偏移的信息后,可以通过左、右轮速差调节以达到控制小车沿黑线寻迹的目的。为实现该目标,需要调节小车左右电机组的 PWM 占空比差值。采用 PID 控制算法^[10],一般的位置式数字 PID 算法的数学模型如下:

$$u(k) = K_p e(k) + K_i \sum_{j=0}^k e(j) + K_d [e(k) - e(k-1)]$$

最终的寻迹算法如图 3。

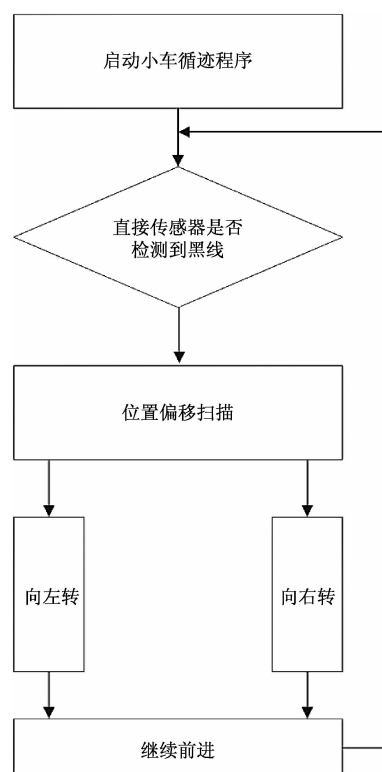


图 3 寻迹算法流程图

4 测试结果

根据实际测试数据显示,用户端计算机可对仓库内部的温湿度以及气体的数据进行有效采集,达到了实时监控的目的。数据将保存在 Arduino IDE 中,便于人员对数据进行查看。实物模型如图 4。

实际测试中,小车通过寻迹模块沿黑线运动,能够十分清晰地将所拍摄到的周围环境通过 WiFi 模

块传送到用户端计算机。实测结果如图 5、图 6。

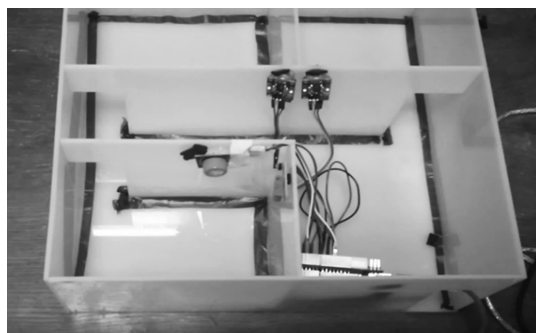


图 4 仓库实物模型

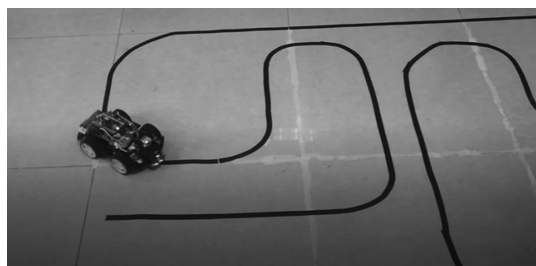


图 5 小车巡检

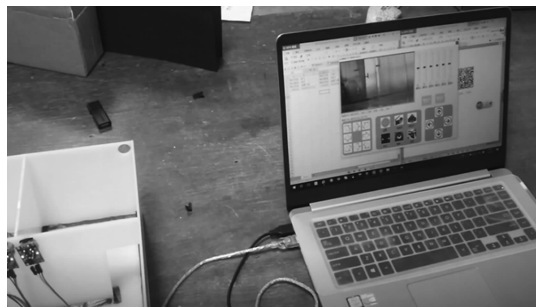


图 6 pc 端视频监控

5 结束语

本系统为基于物联网的危化品仓库远程监控及

巡检系统,对危化品仓库管理系统进行设计,分为远程监控、小车巡检两部分。远程监控使用 Arduino 开发板,结合温湿度传感器、气体传感器和 RFID 模块,使其能真正运用到危化品仓库中;小车巡检使用 STM32 开发板,制作小车进行循迹。运用摄像头技术拍摄周围环境并反馈至电脑端,具有交互式和创新性。实测显示,该系统具有自动化程度高、安全性好等特点,可在危化品仓库管理方面得到良好应用。

参考文献

- [1] 范祥,叶春明,全伟亮.新形势下我国危化品仓储安全问题研究[J].物流科技,2016(10):148-151.
- [2] LIY M,BAI L,FENG X M,etal. Design of GPS-based intelligent logistics management system [C]//Informa-tion Technology for Manufacturing Systems III. 2012: 485-490.
- [3] 关磊,刘骥,魏利军.危险化学品重大危险源安全监控通用技术规范研究[J].中国安全生产科学技术,2008,4(6):15-19.
- [4] 孙恒.基于 RFID 技术的高校固定资产管理系统设计与应用[J].实验技术与管理,2015,32(1):253-254.
- [5] 耿雪霏. RFID 技术在物流管理中的应用[J].包装工程,2005,26(2):118-121.
- [6] 周杰,邓炳光,张治中.基于物联网的物流车载终端系统的设计[J].电视技术,2018,42(2):87-93.
- [7] 张喜红,王玉香.红外寻迹小车寻迹控制策略的改进[J].江汉大学学报,2017,45(2):168-172.
- [8] 房桦,明志强,周云峰,等.一种适用于变电站巡检机器人的仪表识别算法[J].自动化与仪表,2013,28(5):10-14.
- [9] 刘薇,苏俊源,尚秋峰.基于彩色区域识别快速报警指针识别算法[J].电测与仪表,2014,51(20):25-30.
- [10] HAN JIALE,LI EN,TAO BINGJIE,et al. Reading recognition method of analog measuring instruments based on improved Hough transform[C]// International conference on Electronic measurement & instruments Chengdu: IEEE, 2011:337-340.

Design of Remote Monitoring and Inspection System for Hazardous Chemicals Warehouse Based on Internet of Things

QIAN Qi-pei, PAN Qian-qian, LIU Yan, ZHANG Yun

(Electronic Science and Engineering College,Nanjing University of Posts and Telecommunications,Nanjing 210003,China)

Abstract: China's hazardous chemicals warehouse has begun to take shape, but it lacks a systematic management plan, which caused our country dangerous goods warehouse accident to happen frequently and formed massive personnel, property loss. In order to satisfy the demand of high safety, low risk and efficient management of dangerous chemicals in the dangerous chemicals warehouse, the monitoring and inspection system for hazardous chemicals warehouse is proposed. Combining remote camera, Wi-Fi, Bluetooth, RFID, temperature and humidity sensor, gas sensor and trolley inspection technology, the system can record hazardous chemicals information, monitor the gas environment, temperature and humidity of hazardous chemicals remotely, and realize unmanned trolley inspection. The measurement shows that the system has the characteristics of high degree of automation and good security. It has been well applied in hazardous chemicals warehouse management.

Key words: dangerous chemicals; warehouse management; dangerous chemicals warehouse