

# 基于 LPC1756 的井下环境监测系统设计

范晓妹<sup>1</sup>, 李 军<sup>2</sup>

(1. 无锡煤矿机械股份有限公司 生产部, 江苏 无锡 214124; 2. 无锡煤矿机械股份有限公司 技术部, 江苏 无锡 214124)

**摘 要:**针对煤矿安全生产的相关要求设计了基于 LPC1756 的井下环境监测系统。该系统通过 ZigBee 传感器节点采集井下的环境参数信息,并通过 ZigBee 网络传送到 ZigBee-WIFI 网关,网关通过 WIFI 把数据传输到无线采集点,然后,数据通过工业以太网传输到服务器,为井上监测人员作出安全生产决策提供依据。测试结果表明:该系统对井下环境参数的采集在准确率和稳定性上都能满足企业需求。

**关键词:**环境;监测系统;网关;工业以太网;服务器

中图分类号:TD76

文献标识码:A

文章编号:1671-9891(2017)04-0044-05

## 0 引言

煤炭是我国使用的重要能源之一,但我国超过 90%的煤炭都属于地下开采,如果管理不当,地下开采煤矿极易引发矿难事故。如何保障井下工作人员的安全是煤矿安全生产管理的重点,而井下环境的监测是保证煤矿安全生产的重要环节。<sup>[1]</sup>通过智能化的井下环境监测系统,可以使井上监测人员实时了解井下环境状况,统一指挥调度,减小矿难事故发生的概率,充分保障矿下工作人员的生命财产安全。目前,国内很多学者对矿井下环境的监测方法进行了研究,如:文献 2 针对传统瓦斯监测系统的不足,研究了基于 ZigBee 的瓦斯监测系统,该系统具有一定的精度和实用性;<sup>[2]</sup>文献 3 使用监测温度恒定的技术路线检测瓦斯浓度,提高了瓦斯监测的精确度;<sup>[3]</sup>文献 4 使用 PIC 单片机设计了一款瓦斯浓度监测装置,该装置硬件电路和功能比较简单,有一定改进空间;<sup>[4]</sup>文献 5 采用 AT89C52 单片机设计了一款可以采集井下温度和瓦斯浓度的装置,并使用 VB 编制了上位机监控程序。<sup>[5]</sup>综合分析以上文献,所设计的系统检测参数相对较少,已经不能满足目前煤矿生产企业对矿井下环境监测的需求。因此,本文设计了一款基于 LPC1756 的井下环境监测系统。该系统组网方便,检测参数齐全。系统的传感器节点可以采集井下瓦斯浓度、温湿度、一氧化碳浓度、氧浓度等信息,并通过 ZigBee 网络把数据汇总到 ZigBee-WIFI 网关。ZigBee-WIFI 网关对数据进行预处理和协议转换,并通过基于 IEEE 802.3 的井下 Ethernet 传输至井上监测站(服务器)。煤矿生产企业可以在服务器端实时监测井下环境,对一些影响安全生产的危险因素进行预判断。

## 1 系统整体方案

井下环境监测系统主要由三部分构成:井上服务器、环境参数采集与转换系统、Ethernet 网络,如图 1 所示。

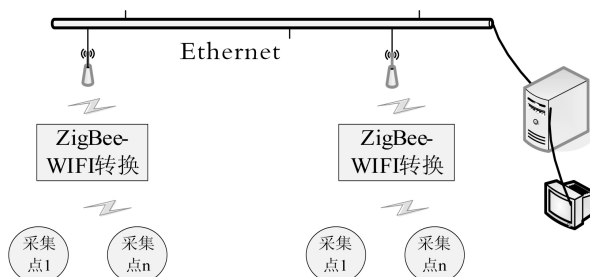


图 1 监测系统方案图

收稿日期:2017-08-16

作者简介:范晓妹(1971—),女,湖南长沙人,无锡煤矿机械股份有限公司生产部工程师。

环境参数采集与转换系统由以下部分构成:LPC1756 ARM 处理器、温湿度采集模块、瓦斯浓度采集模块、一氧化碳浓度采集模块、氧浓度采集模块、WIFI 模块、ZigBee 模块等(注:每个传感器模块都包含 ZigBee 芯片,实现了 ZigBee 网络的数据传输功能),如图 2 所示。

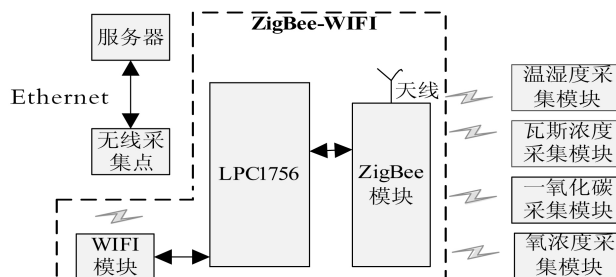


图2 环境参数采集系统图

温湿度、瓦斯、一氧化碳、氧浓度采集模块分别采集矿井内的温湿度、瓦斯浓度、一氧化碳浓度、氧浓度信息,ZigBee-WIFI 网关中的 ZigBee 模块负责接收从传感器节点发送的环境参数数据,LPC1756 ARM 把环境参数数据通过 WIFI 模块发送到无线采集点,并通过 Ethernet 网络把数据传送到井上服务器,井上人员通过上位机监测软件进行数据分析和安全生产管理。

## 2 硬件设计方案

### 2.1 LPC1756 ARM

该系统 CPU 采用了 NXP 公司生产的 ARM 处理器 LPC1756。<sup>[6]</sup>该处理器采用 Cortex-M3 内核,操作频率可以高达 100MHz,自带 256KB FLASH 程序存储器,32KB SRAM 数据存储器,4 个全双工 UART 通讯口(带小数波特率发生功能),6 路 12 位 A/D(转换速率最高可达 1MHz),1 路 10 位 A/D,4 个 32 位定时/计数器(包括 8 个捕获输入,10 个比较输出),6 路 PWM 输出,2 个 IIC 接口,1 个 SPI 接口,1 个 CAN2.0B 接口等,可用于低功耗、高集成度的场合。<sup>[7-8]</sup>由于 LPC1756 自带的 FLASH 和 SRAM 能够满足本系统的设计需求,故不要额外扩展。

### 2.2 ZigBee 模块

ZigBee-WIFI 转换以及各个井下参数采集模块都要实现 ZigBee 通信。ZigBee 模块采用了比较主流的 ZigBee 芯片 CC2530。CC2530 是一款低功耗无线传感网络芯片。<sup>[9]</sup>该芯片包含了完整的 ZigBee 解决方案,抗干扰能力强,具有超高的接收灵敏度,而且内部集成了 51 单片机内核,自带 256KB 程序存储器、8KB 数据存储器,8 路分辨率可调的 12 位 A/D 和 AES 安全协处理器,无需使用额外的 CPU 和扩展相应外设就可满足井下环境参数采集节点的设计需求。<sup>[10]</sup>环境参数采集节点的 CC2530 芯片所自带的输入输出以及模数转换接口可直接和各个环境参数采集传感器的电路模块相连,并为该芯片的天线接口设计了高增益天线。ZigBee-WIFI 转换部分的 CC2530 通过串行口与 LPC1756 相连。ZigBee-WIFI 转换部分如图 3 所示。

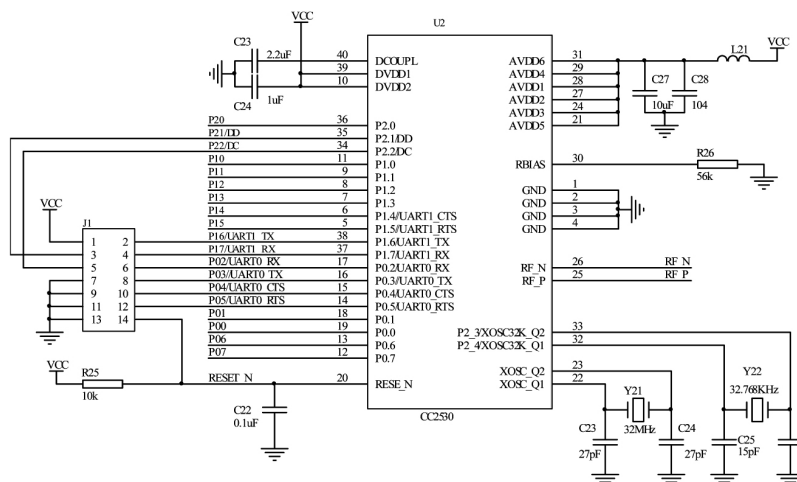


图3 CC2530 原理图

### 2.3 ZigBee 模块高增益天线部分设计

ZigBee 模块的天线采用了射频同轴的 IPEX 天线,为了增加传输数据的可靠性和稳定性,天线前端使用了一片德州仪器公司生产的 CC2591 芯片,通过使用 CC2591 可使系统以高功率传输数据(可达 21dBm 以上),灵敏度可达-95dBm。CC2530 输出的差分信号通过匹配电路(由电感和电容组成)进行信号匹配后传输到 CC2591,信号进一步经过巴伦滤波、放大、阻抗匹配(50Ω)后通过天线发送出去。<sup>[11]</sup>图 4 为 ZigBee 模块高增益天线部分设计方案图,图 5 为 CC2591 接口原理图。

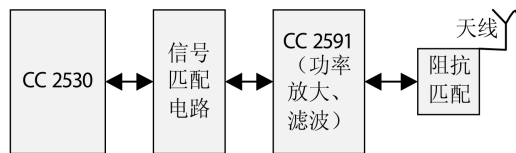


图 4 ZigBee 模块高增益天线部分设计方案图

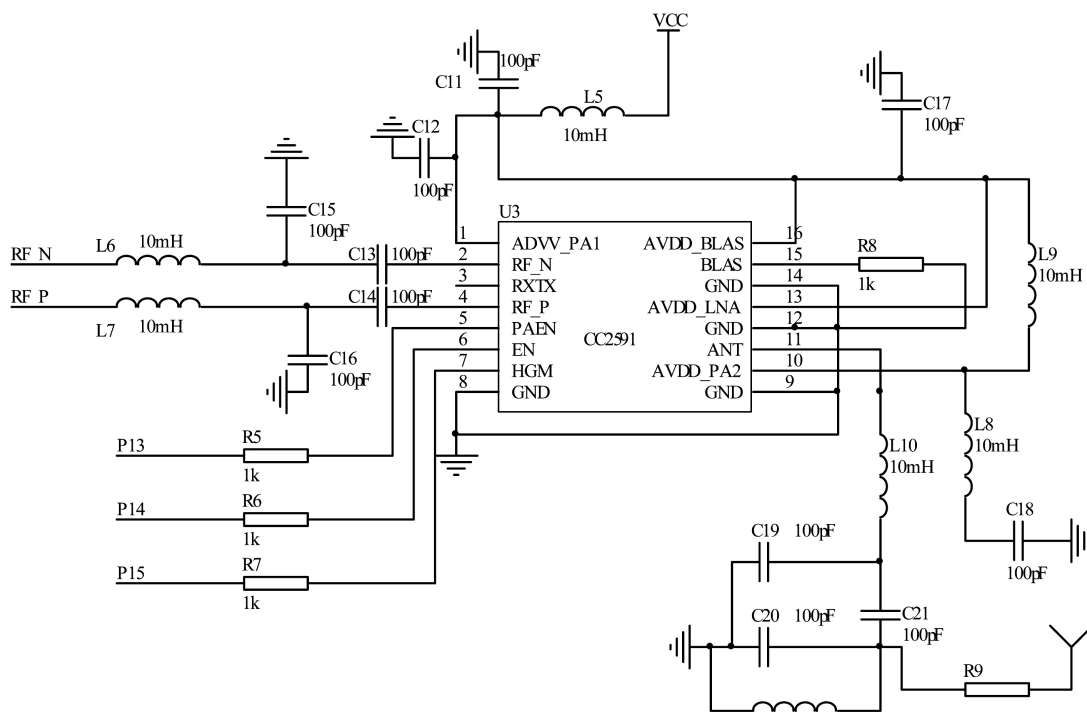


图 5 CC2591 接口原理图

### 2.4 WIFI 模块

WIFI 模块只包含于 ZigBee-WIFI 转换部分,环境参数采集节点无该模块。LPC1756 通过该模块把采集汇总的井下环境参数数据通过 WIFI 网络发送到与 Ethernet 连接的无线采集点。本系统的 WIFI 功能实现采用了海凌电子科技有限公司生产的 HLK-RM04 嵌入式无线模块。LPC1756 ARM 通过 UART 接口与 HLK-RM04 连接实现串行异步通信,通过命令对 HLK-RM04 的工作模式以及 IP 等参数配置后,可以实现数据的 UART-WIFI 传输。<sup>[12]</sup>

### 2.5 温湿度采集模块

《煤矿安全规程》中详细规定了井下采掘面以及进风口下的环境温度,但是并未规定井下作业的湿度要求。在实际工作过程中,湿度直接影响矿工的工作舒适度,也必须要进行检测,所以本系统对温度和湿度等两个参数都进行了采集。具体而言,系统采用了数字式 SHT11 温湿度模块,该模块集成了温度和湿度两个传感器,可以采集温度和相对湿度,并且具有极高的响应速度和抗干扰能力,能够完成相应任务。<sup>[13]</sup>该模块使用 I2C 接口通讯,时钟引脚(SCK)和串行数据引脚(SDA)与 CC2530 的两个 I/O 口连接,CC2530 通过模拟时序的方式读取温湿度数据。同时,SHT11 的电源和地脚之间加了一个 100nF 的去耦滤波电容,SDA 引脚加了一个 4.7kΩ 的上拉电阻。<sup>[14]</sup>

## 2.6 瓦斯浓度采集模块

瓦斯浓度是煤矿开采井下作业最需要监测的参数,矿难事故往往和井下瓦斯浓度超标有关。<sup>[15-16]</sup>系统采用了催化燃烧型瓦斯传感器 MJC4-2.8J。<sup>[17]</sup>该传感器检测瓦斯准确率高,带温湿度补偿功能,防爆等级为 Exdib I。通过额外的两个电阻与该传感器组成检测电桥,瓦斯浓度升高,检测部分的电阻增大,检测电压也发生变化,电压变化量和瓦斯浓度呈正比。电压信号经过 INA128 仪用放大器放大 10 倍后接到 CC2530。

## 2.7 一氧化碳浓度采集模块

一氧化碳具有可燃性,对井下作业存在安全隐患,而且是无色无味的有毒气体,直接影响矿工的健康。系统采用了英国 Alphasense 公司生产的 CO-AF 一氧化碳传感器。<sup>[18]</sup>该传感器由工作电极(阳极)、对电极(阴极)和参考电极组成。参考电极为工作电极提供一个合适的工作电位,当一氧化碳浓度上升时,工作电极和对电极之间的电流随之上升,两者呈线性关系。传感器信号经过放大电路放大后传送给一氧化碳浓度采集模块的 CC2530 进行模数转换等处理。

## 2.8 氧浓度采集模块

氧气浓度高低对人体的生理机能影响极大,特别是在井下相对密闭的环境中,对氧气浓度的检测显得尤为重要。一般要求工作面进风流中氧浓度不得低于 20%。氧气浓度检测采用英国 Alphasense 公司生产的 O2-A2 氧气浓度传感器,该传感器测量的氧气浓度范围为 0%-30%。O2-A2 输出信号通过调理放大后由氧浓度采集模块的 CC2530 做进一步处理。

## 3 软件设计方案

整个系统软件采用了 C 语言编写,LPC1756 ARM 部分的程序采用 KEIL 软件调试,CC2530 部分的程序采用 IAR 软件调试。井下环境监测系统 ZigBee-WIFI 网关中的 ZigBee 模块在 ZigBee 网络中担任 PAN 协调器的作用,局部联网数据都通过该 ZigBee 模块接收,并由 LPC1756 对数据进行处理后通过 WIFI 模块发送出去。ZigBee-WIFI 网关中的 ZigBee 模块工作流程如图 6 所示。各个传感器数据采集模块相当于 ZigBee 终端,其功能相对简单,主要完成传感器数据的采集和发送,其工作流程如图 7 所示。

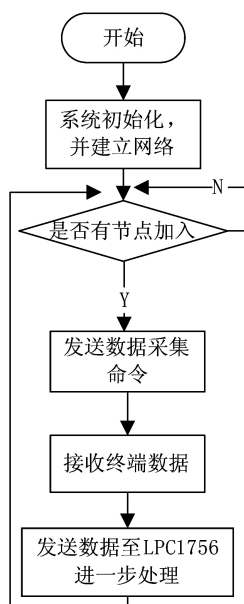


图6 网关中的 ZigBee 模块工作流程图

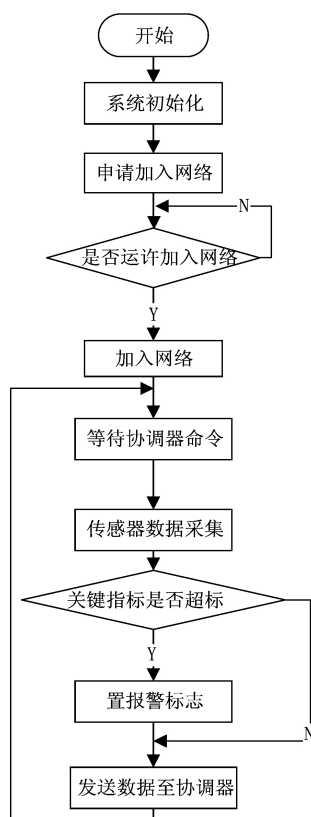


图7 ZigBee 终端工作流程图

#### 4 测试分析

为验证系统性能,实验室分别构建温度为 18℃、20℃、25℃、30℃,湿度为 70% RH、75% RH、80% RH、85% RH,甲烷体积浓度为 0.5%、0.8%、1.0%、1.5%,氧气体积浓度为 20%、25%、30% 的实验环境进行测试。其中温度和湿度真值以机械式温度计、湿度计的标定为准,甲烷浓度和氧气浓度的测试则在标准浓度密闭装置中进行,由于实验条件的限制,实验并没有对一氧化碳浓度进行检测。测试情况如表 1~表 4 所示。

表 1 温度测试结果表

实际温度/℃	测试温度/℃	误差/%
18	17.9	0.56
20	20.1	0.50
25	25.2	0.80
30	30.2	0.67

表 2 湿度测试结果表

实际湿度/%RH	测试湿度/%RH	误差/%
70	71.4	2.0
75	76.3	1.7
80	79.1	1.1
85	86.3	1.5

表 3 甲烷浓度测试结果表

实际体积浓度/%	测试体积浓度/%	误差/%
0.5	0.51	2.0
0.8	0.78	2.5
1.0	0.98	2.0
1.5	1.48	1.3

表 4 氧气浓度测试结果表

实际体积浓度/%	测试体积浓度/%	误差/%
20	20.3	1.5
25	24.5	2.0
30	30.8	2.7

从测试表分析可知,温度平均测试误差为 0.63%,湿度平均测试误差为 1.58%,甲烷体积浓度平均测试误差为 1.98%,氧气体积浓度平均测试误差为 2.07%,测试结果能满足系统设计的要求。

#### 5 结束语

为保障井下矿工作业的安全性而设计的基于 LPC1756 的井下环境监测系统,在部分煤矿开采企业试验和试用表明,系统监测数据准确,稳定性高。井上工作人员可以通过服务器端的监测数据及时了解井下的环境状况,为矿工的安全生产提供切实保障。

#### 参考文献:

- [1]黄剑波,朱宗玖,徐欢.基于 ZigBee 的井下人员生理指标监测系统[J].工矿自动化,2014(2):8-10.
- [2]顾强,仇毅,刘斌斌,等.基于 ZigBee 的瓦斯监测系统研究[J].电子技术应用,2015(3):65-67.
- [3]朱高中.基于单片机的矿井瓦斯浓度监测系统的研究[J].仪表技术与传感器,2012(11):95-97.
- [4]倪涛.基于单片机的矿井瓦斯检测报警系统[J].煤矿机械,2010(12):201-204.
- [5]付华科,任子晖,李伟冻.基于单片机的矿井瓦斯浓度及温度监测系统[J].仪表技术与传感器,2010(7):87-88.
- [6]龚应忠,管亮,冯新沪,等.双通道差分式阻抗谱检测技术及仪器研究[J].分析化学,2016(1):160-166.
- [7]蔡锦达,杨卫光,宋韞崢.基于 ARM 的化学免疫分析仪温度控制系统[J].仪表技术与传感器,2013(10):39-41.
- [8]李凤祥,李芳.基于 ARM 的伺服刀塔控制系统的设计[J].无线互联科技,2012(10):99-100.
- [9]张京,杨启良,戈振扬,等.温室环境参数无线传感器网络监测系统构建与 CC2530 传输特性分析[J].农业工程学报,2013(7):139-147.
- [10]李新慧,俞阿龙,潘苗.基于 CC2530 的水产养殖监控系统的设计[J].传感器与微系统,2013(3):85-88.
- [11]刘冰,李文书,许参.利用 ZigBee 技术实现远程电力抄表系统[J].测控技术,2015(10):130-133,137.
- [12]王赞森,马维华.手机 WiFi 热点的电子秤自动质监系统设计[J].单片机与嵌入式系统应用,2014(4):21-24.
- [13]王毅,万英.基于 IIC 总线的温湿度测量系统的设计[J].福建师范大学学报(自然科学版),2014(6):40-45,61.
- [14]周晓倩,马孝义,陈磊.基于精确灌溉的气象数据采集器的设计[J].农机化研究,2014(3):190-193,198.
- [15]王显维.基于 MQ-5 和 AT89C51 的煤矿瓦斯监测报警器的设计[J].黑龙江科技信息,2014(13):108-109.
- [16]李志杰.煤矿瓦斯治理工作的关键技术分析[J].技术与市场,2014(9):170-170.
- [17]王文杰.一种煤矿瓦斯监控系统的设计[J].科技资讯,2015(13):13-14,17.
- [18]李翼飞,马鹏飞.基于单片机的矿用一氧化碳检测系统的设计[J].传感器世界,2013(9):18-21.

(下转第 76 页)



## 8 结束语

梁启超《郑和传》对郑和下西洋的伟大壮举做了大量考析,对后人认识我国古代远洋航海提供了一个途径。但另一方面,该书也存在对明代以前中国海运史论述失实、对郑和船队航海认识失误的问题,这需要广大学者做好基础研究工作,以批判吸收的态度来对待其中的观点。

## 参考文献:

- [1]王天有.郑和远航与世界文明——纪念郑和下西洋 600 周年论文集[C].北京:北京大学出版社,2005.
- [2]金健人.韩国研究(第四辑)[M].北京:学苑出版社,2000.
- [3]何光岳.百越源流史[M].南昌:江西教育出版社,1989.
- [4]王勇.吴越移民与古代日本[M].东京:日本国际文化工房,2001.
- [5]罗懋登.三宝太监西洋记通俗演义[M].上海:上海古籍出版社,1985.
- [6]莫里逊.新大陆之光——哥伦布传[M].长沙:湖南文艺出版社,1992.
- [7]马吉多维奇.世界探险史[M].北京:世界知识出版社,1988.
- [8]王天有,万明.郑和研究百年论文选[C].北京:北京大学出版社,2004.
- [9]巩珍.西洋番国志[M].北京:中华书局,2000.
- [10]莫里森.哥伦布传(上册)[M].北京:商务印书馆,1998.

## Argument of Errors in Liang Qi-chao's *Zheng He Biography* on Recognition of Scientific Navigation

SHI Cun-long

(Waterborne Transport Research Institute, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

**Abstract:** The article is the author's follow-up to *Study on the Role of Ideological Guidance and Enlightenment of Zheng He's Biography by Liang Qi-chao*. It analyzes and criticizes the errors of *Zheng He Biography* in recognizing scientific navigation. The first is that the history of Chinese shipping before Ming Dynasty, elaborated in *Zheng He Biography*, is false, refuting that China is a so-called continental country, and the event that Xu Fu sailed to sea to explore the Three Sacred Mountains attached to Nagasaki, Japan two thousand years ago; the second is to argue the errors of Zheng He's fleet in navigation, elaborated in *Zheng He's Biography*.

**Key words:** Zheng He's Voyages to Western Ocean; Scientific navigation; Argument of errors

(上接第 48 页)

## Design of Under-mine Environmental Monitoring System Based on LPC1756

FAN Xiao-mei<sup>1</sup>, LI Jun<sup>2</sup>

(1.Dept. of Production, Wuxi Coal Mine Machinery Shareholding Co., Ltd., Wuxi 214124, China;

2.Dept. of Technologies, Wuxi Coal Mine Machinery Shareholding Co., Ltd., Wuxi 214124, China)

**Abstract:** According to the requirement of coal mine safety production, an under-mine environmental monitoring system based on LPC1756 is designed. The system collects information of under-mine environmental parameters through ZigBee sensor nodes, and transfers them to ZigBee-WIFI gateway through ZigBee network. The gateway transmits data to the wireless collection points through WIFI. Then, the data is transmitted to a server by industrial Ethernet. It can provide the basis for mine monitors to make safety production decisions. The test results show that this system can meet the requirements of enterprises in terms of the accuracy and stability of collected under-mine environmental parameters.

**Key words:** Environment; Monitoring system; Gateway; Industrial Ethernet; Server