

# 基于 ZigBee 的填埋场渗漏检测传感器的设计

张冰,刘宏宇,王清华,张辰,王振翀

(中国矿业大学 机电与信息工程学院,北京 100083)

**摘要:** 针对垃圾填埋场防渗衬层的漏洞检测问题,设计了一种基于 ZigBee 的填埋场渗漏检测传感器,并对传感器的硬件结构和软件设计分别作了详细的介绍。该传感器将所采集到的漏洞信息通过 ZigBee 无线网络发送至上位机,由上位机对相关信息进行处理。

**关键词:** 渗漏检测; ZigBee; 传感器

中图分类号: TN925

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2012)04-0092-03

## The design of landfill leak detection sensor based on ZigBee technology

Zhang Bing, Liu Hongyu, Wang Qinghua, Zhang Chen, Wang Zhenchong

(Institute of Electrical and Mechanical, China University of Mining and Technology, Beijing 100083, China)

**Abstract:** To solve the problem of the landfill detection, we design the landfill leak detection sensor based on ZigBee technology. The landfill leak detection sensor collect information about the landfill leak hole, and send the information to the upper computer, then the upper computer could deal with it. The paper introduced the basic principle of the sensor, including the hardware and the software structure of the sensor.

**Key words:** leak detection; ZigBee; sensor

利用坑洼地填埋城市垃圾是目前大多数城市的垃圾处理方式<sup>[1]</sup>。采用填埋处理要考虑的一个极其重要的问题是对周边环境的影响,要防止废物的溶液滤沥以及雨水径流对水源的污染,因此填埋场的防渗衬层系统是必不可少的设施。研究调查表明,在施工中由于机械的或人为的不规范操作会致使防渗层破损,在运营时由于地基不均匀下陷、缩性形变、化学腐蚀等都会引起防渗层渗漏。如果漏洞不能及时发现并修补,垃圾渗滤液将会透过孔隙进入地下水和土壤,对环境造成严重的影响。因此垃圾填埋场的渗漏检测是一个极其重要的环节。

ZigBee 是一种新兴的短距离、低速率、低功耗的无线网络技术,是由 ZigBee 联盟制定的低成本、小体积、低功耗无线通信技术。它功耗低、延时短、安全性强、节点容量高,且工作在免执照频段 2.4 GHz,无需网络租用费用。应用 ZigBee 技术实现垃圾填埋场的渗漏检测系统组网简单、成本低廉。

本文基于 ZigBee 技术设计了一款应用于垃圾填埋场的渗漏检测传感器,该传感器能够准确监测填埋场的防渗层状况,及时发现漏洞,并将漏洞的地理位置信息

通过 ZigBee 无线网络发送至上位机。该传感器是个高精度的独立模块,具备防水功能,体积小巧,即插即用,便于系统的扩展和维护,能够解决垃圾填埋场的漏洞检测问题,对于垃圾填埋场的建设和维护具有极其重要的意义。

### 1 系统综述

该漏洞检测系统由传感器模块和上位机两部分组成。传感器模块位于各个监测点,监测填埋场的环境信息,同时将环境信息和地理位置信息通过 ZigBee 无线网络发送至上位机,上位机接收并处理来自传感器的数据,并人为地采取相应的措施。同时,上位机可以根据要求控制传感器的工作状况。本文着重讲述传感器模块的设计。该漏洞检测系统的结构框图如图 1 所示。

### 2 硬件设计

#### 2.1 传感器功能

该传感器的具体功能是:及时采集环境数据,把采集到的数据和地理位置信息经过 ZigBee 无线网络发送至上位机;同时可接收来自上位机的命令,如设定时钟、采样时间间隔、监测传感器电池电量等;监测并控制传感器的工作状态。



图 1 系统结构框图

## 应用奇葩

Example of Application

## 2.2 传感器结构

传感器由电源模块、数据采集模块、微控制器和 ZigBee 模块四部分组成<sup>[2]</sup>, 硬件结构如图 2 所示。系统采集到的信号经数据采集模块处理后, 得到目标信号, 目标信号经微控制器处理后, 通过串口传送至 ZigBee 模块, 再由 ZigBee 模块 IP-LINK 经 ZigBee 无线网络发送至上位机。

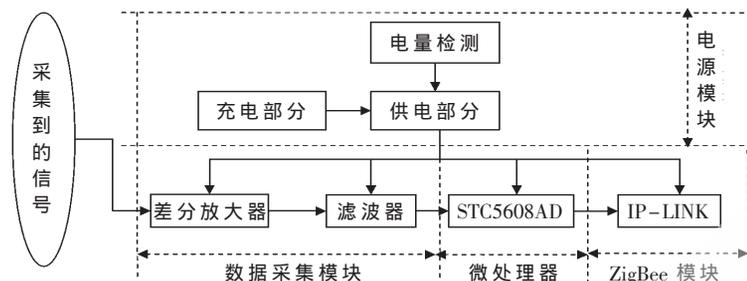


图 2 传感器硬件结构图

如图 2 所示, 电源模块包括供电、充电和电量监测三个部分。电源由锂电池进行供电。供电部分为整个系统提供稳定的 3.3 V 电压, 该部分包含过流保护, 当电池输出电流超过安全范围时, 电路将自动切断; 充电部分可为锂电池进行充电, 在充电的同时也为传感器提供稳定的工作电压; 电量监测部分可及时监测锂电池电量, 以保证传感器工作的正常进行。

数据采集模块负责监控区域内的数据采集, 该模块由差分放大器和滤波器组成。由于目标信号中混杂着大量的干扰信号(干扰信号主要为大地噪音), 因此在目标信号进入单片机之前, 要对其进行滤波。差分放大器首先对目标信号进行初步的提纯, 滤掉其中的共模信号, 在过滤后的信号中, 主要存在的噪声即 50 Hz 的大地噪音, 因此只需滤除大地噪音即可。在本设计中, 选用的滤波器是五阶的低通巴特沃斯滤波器, 经过现场实验, 将滤波器的截止频率设为 3 Hz, 便可保留目标信号, 并且完全滤除大地噪音。

微处理器对滤波后的信号进行 A/D 转换并处理所得数据。本设计所选的微处理器是宏晶公司生产的 STC5608AD, 该单片机自带 A/D 转换功能, 它的电压转换范围是 0~V<sub>cc</sub>, 然而随着锂电池电量的消耗, 其输出电压 V<sub>cc</sub> 会出现波动, 因此 A/D 转换的精度受到了一定的影响。为解决这一问题, 本设计引进了精密基准源。通过读取精密基准源的信息, 计算出当前 V<sub>cc</sub> 的精确值, 即可得到精确的转换结果。

ZigBee 模块选用赫立讯公司生产的 IP-LINK1223-5142, 它负责传感器与上位机之间的无线通信。一方面, 传感器通过 ZigBee 无线网络向上位机申请时钟、发送数据等; 另一方面, 上位机可通过 ZigBee 无线网络向传感器发送命令, 如设定采样间隔时间、监测电池电压、检查单片机和电源的工作状态等。

## 2.3 传感器主要元件的芯片选择

由于垃圾填埋场的特殊环境, 对于传感器也有特殊

的要求: 传感器要有高的精确度, 电源要有强大的续航能力, 而且传感器要适应垃圾填埋场的恶劣环境。因此, 选择合适的芯片是本设计的一个重要环节。

传感器采用锂电池供电, 锂电池容量大、放电稳定, 且没有记忆效应。采用 LTC1844 为传感器系统提供稳定的 3.3 V 电压。LTC1844 是一款 150 mA、微功率、低噪声、VLDO 线性稳压器。它具有一个 1.6 V~6.5 V 的宽输入电压范围。电源电流仅为 35 μA, 即使在压降条件下也不例外。在整个温度、电压和电流范围内具有 1.75% 的电压准确度。

充电电路采用美国 TI 公司生产的先进锂电充电管理芯片 BQ2057C, 利用 BQ2057C 芯片及简单外围电路可设计低成本的锂电池充电器, 非常适用于便携式电子仪器的紧凑设计。BQ2057C 可以动态补偿锂电池组的内阻以减少充电时间, 带有可选的电池温度监测, 利用电池组温度传感器连续检测电池温度, 当电池温度超出设定范围时, BQ2057 关闭对电池充电。内部集成的恒压恒流器带有高/低边电流感测和可编程充电电流, 充电状态识别可由输出的 LED 指示灯实现, 具有自动重新充电、最小电流终止充电、低功耗睡眠等特性。

差分放大器采用 ADI 公司的 AD8275。AD8275 是一款增益为 0.2 的差分信号放大器, 可把 ±10 V 信号转换成 +4 V, 它具有快速稳定时间和低失真性, 内置精密激光调整匹配电阻, 可确保低增益误差、1 ppm/°C (最大值) 的低增益漂移和 80 dB 的高共模抑制比。低增益漂移和低失调漂移连同它的快速稳定时间, 满足传感器需要的精确而迅速捕获数据的采集要求。

滤波器选用 MAXIM 公司的五阶、低通、巴特沃斯滤波器 MAX7414。它是一款开关电容式滤波器, 由 MOS 电容、开关电容和运算放大器组成, 不仅功耗低(工作模式只需 1.2 mA, 休眠模式 0.2 μA)、体积小, 在芯片典型电路中确定了接地电容和积分电容, 只需一个电容就可以控制时钟周期, 从而设置滤波截止频率。

单片机选择宏晶科技生产的 STC12C5608AD。STC12C5608AD 是单时钟/机器周期单片机, 是高速、低功耗、超强抗干扰的新一代 8051 单片机, 指令代码完全兼容传统的 8051, 但速度提高了 8~12 倍。内部集成 MAX810 专用复位电路, 4 路 PWM, 8 路高速 10 bit A/D 转换器, 有很强的抗干扰性。由于垃圾填埋场的工作环境恶劣, 而且由于该传感器的高精度要求, 选择接外部晶振, 外部晶振频率为 18.432 MHz。

IP-LINK 模块是赫立讯公司推出的基于 ZigBee 技术的嵌入式无线模块。本设备选用 IP-LINK1223-5142, 它包含一个高性能的 8 bit 8051 微处理器和一个符合 2.4 GHz IEEE802.15.4 标准的射频收发器, 实现了单片机数据和上位机命令的相互传送。

### 3 软件设计

以硬件电路为基础,Keil C 为开发工具,软件<sup>[3]</sup>主要实现了以下功能:

(1)请求时钟。为了实现传感器低成本、低功耗的目标,该传感器无自带时钟,而采集的数据信息需包含采样信息和采样信息时间,因此,在采样之前,传感器先向上位机请求时钟。

(2)传感器丢失报警。传感器会定时(60 s)向上位机发送信号,如果上位机连续 10 次没有接收到此信号,就认为此传感器丢失,便发出警报,通知工作人员来处理相关问题。

(3)传感器低压报警。当传感器供电电压低于一定水平时,便向上位机发出信号,上位机即时将该信息显示在工作窗口上,并由工作人员处理。

(4)新到传感器自动加入网络。本设计应用了 ZigBee 无线 Mesh 网状网络拓扑结构,该结构具有自组织和自愈功能,即网络节点能够感知其他节点的存在,并确定连接关系,组成结构化网络,当增加、删除节点或节点位置发生变动时,网络能够进行自我修复。因此随着填埋场的扩大,可以不断地在新开辟区域安装新的传感器,新到传感器自动加入网络,无需人工干预,这给填埋场的扩大和维护带来了极大的方便。

(5)定时向上位机发送数据。工作人员可根据需要通过上位机设定传感器发送数据的时间间隔。

程序开始执行后,首先进行系统初始化,包括相关变量的初始化、单片机相关寄存器和 I/O 口初始化以及 IP-LINK 初始化等。初始化完成后,向上位机请求时钟,若请求时钟成功,则程序继续往下执行,若请求 10 次还得不到时钟信息,则跳过该步骤,继续往下执行,进行数据采样。为了使采样结果更准确,采用多次采样取平均值的方法,然后将所得数据打包,再通过 ZigBee 发送给上位机。上位机接收到数据后,进行相关处理,最终将结果显示到工作窗口上。程序流程图如图 3 所示。

本文设计了一款应用于垃圾填埋场的基于 ZigBee 的渗漏检测传感器,并对其硬件结构和软件设计进行

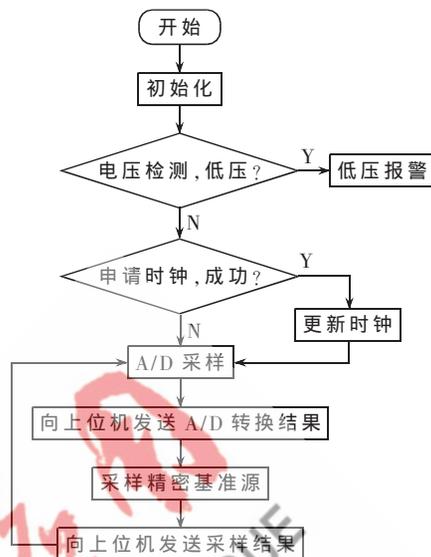


图 3 程序流程图

了详细介绍。该传感器可适应垃圾填埋场的恶劣环境,精确度高、体积小、即插即用,传感器本身自带的充电功能使传感器应用起来更加方便,而且它可以自适应 ZigBee 网络的拓扑结构,随着填埋场的扩大,可以不断地在新开辟区域安装模块。为系统的扩展和维护带来了极大的方便。本设计性能可靠,对于目前普遍存在的垃圾填埋场的漏洞检测问题具有极大的应用价值。

#### 参考文献

- [1] 王斌,王琪,董路.垃圾填埋场防渗层渗漏检测方法的比较[J].环境科学研究,2002,15(5):47-48,54.
- [2] 梅丽凤,王艳秋,张军.单片机原理及接口技术[M].北京:清华大学出版社,2009.
- [3] BRIAN W K, DENNIS M R. C 程序设计[M].北京:机械工业出版社,2004.

(收稿日期:2011-10-27)

#### 作者简介:

张冰,女,1987年生,硕士在读,主要研究方向:检测技术与自动化装置。