

# 基于智能电子标签的贮运环境监测系统设计

王雪姣, 李新娥, 李杨

(中北大学 电子测试技术国家重点实验室, 太原 030051)

**摘要:** **目的** 加强贮运过程的监督管理, 保障物流物品的安全。**方法** 设计由智能电子标签、智能移动终端和管理系统组成的贮运环境监测系统。**结果** 智能电子标签能完成物品在仓库贮存和运输过程中对温度、湿度、冲击振动加速度等环境参数的实时采集和存储, 同时记录事件发生的时间; 智能移动终端用来移动读取传感器信息和存储模块内的测试数据, 且能与上位机进行通信, 把数据上传至计算机, 写入物流数据库; 上位机管理系统可以对智能移动终端和智能电子标签进行配置。通过对系统进行小环境试验, 在高低温箱内对环境参数进行采集, 温度误差为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 相对湿度误差为 $\pm 1\%$ , 冲击台试验加速度误差为 $\pm 2g$ 。**结论** 通过温度及冲击试验验证, 所设计电子标签对于环境参数的监测可行且稳定性好。

**关键词:** 贮运监测; 电子标签; 信息采集

中图分类号: TP216.2; TB487 文献标识码: A 文章编号: 1001-3563(2018)01-0012-05

## Design of Storage and Transportation Environment Monitoring System Based on Intelligent Electronic Tag

WANG Xue-jiao, LI Xin-e, LI Yang

(National Key Laboratory for Electronic Measurement Technology, North University of China, Taiyuan 030051, China)

**ABSTRACT:** The work aims to strengthen the supervision and management of the storage and transportation process, to ensure the safety of logistics items. A storage and transportation environment monitoring system composed of intelligent electronic tags, intelligent mobile terminals, intelligent mobile terminals and management system was designed. The intelligent electronic tags could collect and store such environmental parameters as temperature, humidity, impact acceleration and vibration acceleration in the process of warehousing and transporting the items in real time, while recording the time of the incident. The intelligent mobile terminal was used to movably read the test data in the sensor information and storage module and communicate with the host computer to upload the data to the computer and write in the logistics database. The management system of host computer could configure the intelligent mobile terminal and intelligent electronic tag. Based on the small environment test of the system, the environmental parameters in the high-low temperature chamber were collected. The temperature error was  $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ , the relative humidity was  $\pm 1\%$  and the acceleration error of impact table test was  $\pm 2g$ . Through the verification by the temperature and impact experiments, the feasibility and stability of monitoring the environmental parameters of electronic tags designed are good.

**KEY WORDS:** storage and transportation monitoring; electronic tags; information collection

在物流行业中, 贮运是一个不可或缺的组成因素, 贮运技术的进步能极大促进现代物流行业的飞速发展, 然而现代贮运技术仍然存在明显的缺点和不足<sup>[1-2]</sup>。目前, 国内外贮运监测技术主要有 3 种, 即人工定点巡检、有线传感网络和自动化识别技术。

人工定点巡检存在数据量庞大、劳动强度大、数据误码率高以及实时性差的缺点。有线传感网络由于传感器种类较多、数目巨大以及布设繁杂, 也带来不少弊端。各种自动识别监测技术, 例如生物识别、图像识别、条形码、磁卡以及 RFID, 虽然各有长处, 但监

收稿日期: 2017-04-20

基金项目: 王雪姣(1993—), 女, 中北大学硕士生, 主攻动态测试与智能仪器。

作者简介: 李新娥(1971—), 女, 博士, 中北大学教授, 主要研究方向为测试计量技术与仪器。

测参数和智能性普遍较差<sup>[3-4]</sup>。由此，这里拟设计一种基于智能电子标签的低功耗、微型化、能够智能感知触发的贮运环境监测系统，该系统通过基于 I2C 通信的数字式传感器进行环境信息的采集，包括温度、湿度、冲击加速度等，实现对被监测物品的实时监测。

### 1 系统硬件设计

在对贮运监测技术中的低功耗、微型化、人机交互以及安全性等问题进行分析和研究后，提出了由智能电子标签、智能移动终端和管理系统组成的贮运环境监测系统<sup>[5]</sup>，能够完成物品贮运过程中多种环境信息的采集、存储和传输，以及测试数据的处理、查询和统计分析等功能。系统总体方案见图 1。



图 1 贮运环境监测系统组成

Fig.1 Composition of storage and transportation environment monitoring system

#### 1.1 智能电子标签硬件组成

传感器信息采集存储模块主要由传感模块、辅助模块、报警模块、休眠唤醒模块、运动感知触发模块、电池电量监测模块、智能控制器、数据加密模块、存储模块、红外通信模块、电源管理模块组成<sup>[6]</sup>，原理见图 2a。

传感模块实现物品贮运过程中多种环境信息的采集；辅助模块包括 ID 号模块和实时时钟，能为每个智能采集单元产生唯一的 ID 号码，并提供时间基准。对传感模块进行电路调试，唤醒指示灯闪烁 3 次后定时采集一次环境参数，唤醒指示灯再次闪烁后进入低功耗模式；敲击传感器信息采集存储模块，采集单元进入突发采样状态，唤醒指示灯闪烁并伴有蜂鸣器报警；数据加密后以文本文档的格式存储在 SD 卡内，同时也存储在 Flash 存储器内。SD 卡是基于半导体的快闪记忆器，质量只有 2 g，但却具有移动灵活、安全性高、容量高、数据传输率快、功耗低和非易失性等优点。休眠唤醒模块通过定时方式和响应环境突然变化产生的外部应力（如温度和冲击达到一定阈值）切换传感器信息采集存储模块的工作状态（休眠、挂起和活动），实现正常贮运状态下和突发事件状态下的系统响应，降低采集单元的功耗。当传感器信息采集存储模块工作异常、环境异常变化或电池电压过低时，系统自动进行声光报警，提醒仓库管理员作出修正。电源管理模块实现对智能采集单元供电的管理，可根据指令关断或启动电源输出，实现系统低功耗<sup>[7-8]</sup>。传感器信息采集存储模块与便携式

信息处理模块之间的数据传输是通过红外通信模块来实现的。

#### 1.2 智能移动终端硬件组成

便携式信息处理模块主要由数据存储模块、红外通信模块、控制模块、电源管理模块、LCD 显示模块、无线模块及 USB 通信接口组成<sup>[9]</sup>，原理见图 2b。

数据存储模块的主体是大容量 Flash 存储器；电源管理模块实现对便携式信息处理模块供电的管理，可根据指令关断或启动电源输出；LCD 显示模块具有人机交互功能，能实时显示测试数据，触摸屏开机后进入显示操作主界面<sup>[10]</sup>；同时，为了对数据进行系统化管理，可通过无线模块或 USB 与上位机进行通信<sup>[11-12]</sup>。

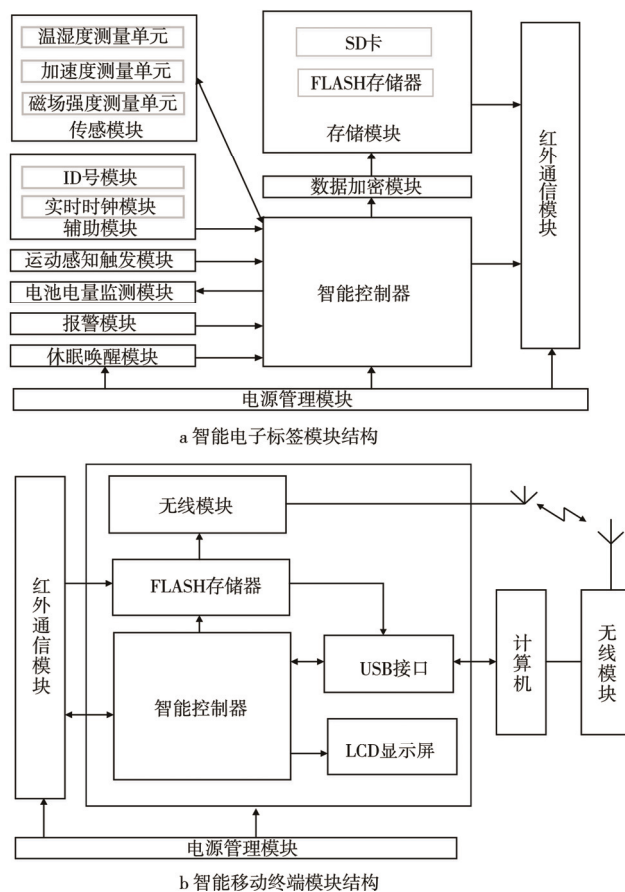


图 2 贮运环境监测系统硬件组成

Fig.2 Hardware composition of storage and transportation environment monitoring system

### 2 系统软件设计

#### 2.1 智能电子标签程序

传感器信息采集和存储模块粘贴在物品包装箱外侧或内嵌于包装箱内，通过定时触发以及运动感知触发控制系统的工作状态，传感器进行环境信息的采集，将采集到的数据储存在大容量非易失性存储器

内,通过红外通信接口可以与便携式信息处理模块进行通信。主控芯片 STM32F407 在初始上电后要经过引导程序 and 用户程序过程。进入用户程序后,首先要进行系统初始化,初始化完成后系统先进入休眠状态,等待进入采样、存储、报警等工作过程。

系统工作流程为:系统接通电源后进行初始化,随后进入休眠状态等待定时中断或者运动感知触发中断进而唤醒系统,进行参数采集、存储、加密以及报警处理,采集、存储完后系统自动返回休眠状态,流程见图 3a。

### 2.2 智能移动终端程序

便携式信息处理模块用来移动读取传感器信息采集和存储模块内的监测数据。通过红外通信方式与传感器信息采集和存储模块进行通信,读取物品贮运全程环境信息、物流信息及 ID 号等,并将数据存储在内部大容量非易失性存储器内,也可通过 USB 接口或无线方式与上位机进行通信,把全部信息上传到计算机,写入物品信息数据库。便携式信息处理模块具有人机交互功能,能实时显示部分测试数据。

便携式信息处理模块主流程主要包括时钟初始化、通用输入输出(GPIO)初始化、串口初始化、实时多任务操作系统内核(UCOS)初始化、创建初始任务、启动任务等部分,流程见图 3b。

### 2.3 上位机

管理系统功能主要包括数据的采集、文件的管理、参数的设置、物流信息的写入、查询统计、波形处理及分析等<sup>[13]</sup>。数据采集是监测节点完成数据监测后,通过便携式移动终端的传输网络将数据传输到网络层,继而通过大型、高速网络传输到管理软件;参数设置是在贮运监测前或监测过程中,对监测节点的采样频率、采集时间等参数的配置;物流信息写入是在监测节点开始工作前,通过管理软件对贮运物品的基本信息、仓储信息进行输入<sup>[14-15]</sup>。

### 3 试验

为了验证智能电子标签的性能及测试精度,在此对智能电子标签进行实验室可靠性试验,记录并分析测试数据<sup>[16]</sup>。可靠性试验包括高低温存储试验和振动冲击试验,高低温试验利用重庆四达高低温交变湿热试验箱来提供储存环境,振动冲击实验选用上海坚融 CL-100 苏试 STI 冲击试验台。通过上位机管理软件读取智能电子标签 SD 卡中的数据,对数据解密后利用 Matlab 进行数据处理。

温湿度测量芯利用数字式温湿度一体传感器 SHT25,采用 I2C 通信协议,输出完全标定的数字信号,SHT25 性能指标见表 1。三轴加速度测量单元采用低功耗三轴线性加速度传感器 H3LIS331DL,芯片上集成的信号处理电路把加速度数据转换成 12 位数字量信号,H3LIS331DL 性能指标见表 1。

表 1 SHT25 和 H3LIS331DL 的性能指标  
Tab.1 Performance indicators of SHT25 and H3LIS331DL

| 芯片类型       | 内容        | 参数      | 典型值                    |
|------------|-----------|---------|------------------------|
| SHT25      | 温度        | 分辨率     | 12, 14 bit             |
|            |           | 量程      | -40~125 °C             |
|            |           | 精度      | ±0.2 °C                |
|            | 相对湿度      | 分辨率     | 8, 12 bit              |
| 量程         |           | 0%~100% |                        |
| H3LIS331DL | 冲击<br>加速度 | 量程(可编程) | ±100g, ±200g,<br>±400g |
|            |           | 灵敏度     | 7.5 mV/g               |

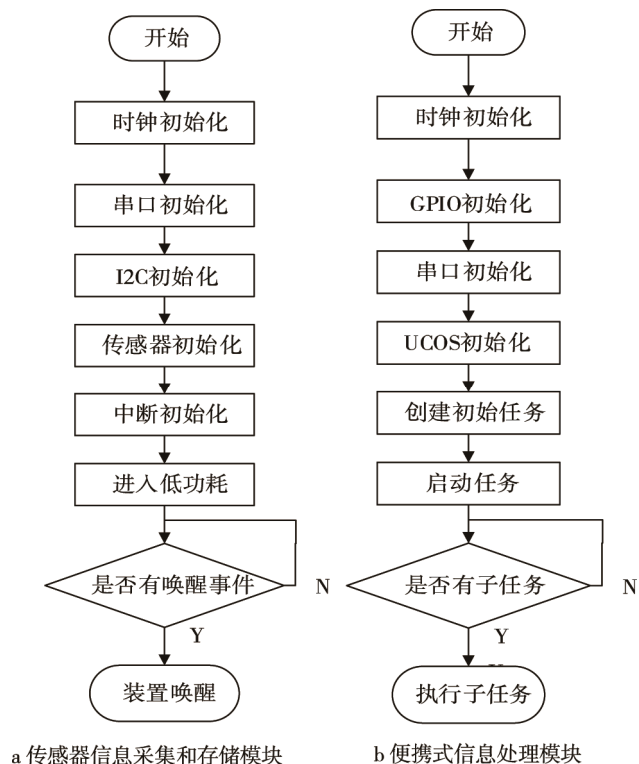


图 3 贮运环境监测系统主流程

Fig.3 Main flow chart of storage and transportation environment monitoring system

电子标签的程序设定为每小时进行一次定时采样,上电后,通过上位机管理软件对电子标签 ID 号、时间、采样频率进行配置,将高低温快速温度变化试验箱温度设置为-40 °C,相对湿度设置为 0%,一段时间后试验箱温湿度稳定在设置值,此时把低功耗状态的电子标签放入试验箱进行 4 h 的存储以及定时采数。通过 Matlab 处理的低温存储试验数据见图 4a。随后,将试验箱温度设置为 80 °C、相对湿度设



置为 70%，温湿度稳定后，放入电子标签放入进行 4 h 的存储以及定时采数。通过 Matlab 处理的高温存储试验数据见图 4b。

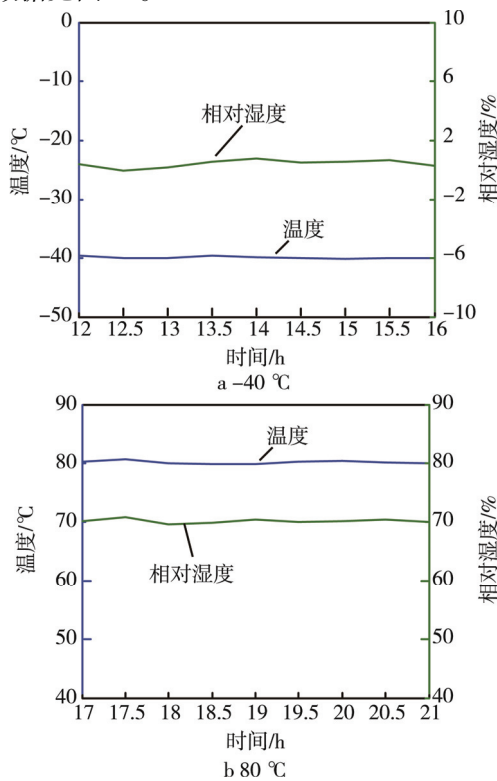


图 4 高低温测试温湿度数据

Fig.4 Temperature and humidity data in high and low temperature tests

冲击试验是为了验证电子标签在高冲击下的性能，在 10g~400g 中选取 3 个代表性数值，这里选择 40g, 200g, 380g 进行验证，经过多次实验，在放置 2 块厚毡片的前提下，台面依次从 200, 600, 900 mm 的高度落下所产生的加速度峰值分别为 40g, 200g, 380g 左右，因此，选取这 3 个高度进行试验。冲击试验时，通过敲击电子标签壳体，让电子标签在产生加速度前进入突发采样状态，从而保证可有效获取完整的加速度曲线。

试验过程：依次将电子标签以及标准传感器固定在冲击台上，电子标签固定时采用水平方向放置，x 轴、y 轴为平行地平面方向，z 轴为垂直地平面方向，标准传感器连接到冲击台上位机的相应通道；放置 2 块厚毡片，将台面上升到一定高度后，用镊子之类的物品敲击电子标签，将其从休眠状态唤醒（伴随声光报警），随即让台面下落。标准传感器的数据会实时传送到冲击台的上位机，通过上位机可以得到标准传感器的加速度曲线，从而可将电子标签采集的数据与标准传感器采集的数据进行比较分析。通过 Matlab 处理的冲击数据见图 5。敲击电子标签后，控制台面上落的时间是随机的，产生冲击的时间也是随机的。电子标签采集的数据与标准传感器采集的数据对比结果见表 2。

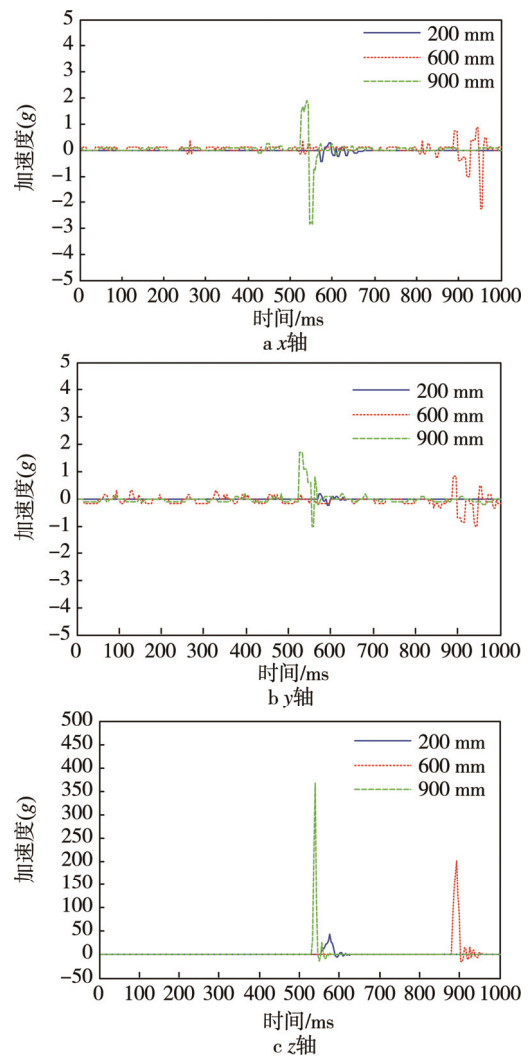


图 5 冲击测试数据

Fig.5 Impact test data

表 2 电子标签与标准传感器采集数据对比  
Tab.2 Comparison of electronic tag and standard sensor acquisition data

| 测试项目       | 电子标签测试结果 | 标准传感器测试结果 |
|------------|----------|-----------|
| z 轴冲击加速度峰值 | 42.98g   | 43.76g    |
|            | 202.71g  | 201.24g   |
|            | 368.24g  | 370.73g   |

#### 4 结语

从测试数据可以看出，在试验箱环境下，温湿度基本保持恒定，由于试验箱自身的温湿度调整，低温测试结果中，温度为  $(-40 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度为  $(0 \pm 1) \%$ ；高温测试结果中，温度为  $(80 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$ ，相对湿度为  $(70 \pm 1) \%$ 。高低温存储试验结果表明，电子标签可以在高低温存储过程中可靠工作。冲击测试数据与标准传感器数据进行比较，可知误差为  $\pm 2\text{g}$ ，能准确采集冲击信息。

针对物品贮运监测的需求,在分析了贮运监测技术基本概况的前提下,提出了贮运监测的方案。贮运监测系统包括智能电子标签、智能移动终端和上位机管理系统,基于ARM微处理器的智能电子标签具有低功耗、微体积的特点。经测试,智能电子标签在高温80℃、低温-40℃存储时均能准确采集温湿度信息,经过多次冲击试验证明,其能准确采集冲击加速度信息,具有较高的可靠性。

#### 参考文献:

- [1] 刘刚. 中国物流业现状分析[D]. 北京: 对外经济贸易大学, 2004.  
LIU Gang. China's Logistics Industry Status Analysis [D]. Beijing: University of International Business and Economics, 2004.
- [2] 刘军, 阎芳, 杨玺. 物流工程[M]. 北京: 清华大学出版社, 2014.  
LIU Jun, YAN Fang, YANG Xi. Logistics Engineering[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2014.
- [3] 蔡改成, 李桂娥. 仓储管理[M]. 大连: 大连理工大学出版社, 2011.  
CAI Gai-cheng, LI Gui-e. Warehouse Management[M]. Dalian: Dalian University of Technology Press, 2011.
- [4] 赵建华. 现代安全监测技术[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2006.  
ZHAO Jian-hua. Modern Security Monitoring Technology[M]. Hefei: China University of Science and Technology Press, 2006.
- [5] 刘磊. 贵重物品储运过程信息获取技术研究[D]. 太原: 中北大学, 2016.  
LIU Lei. Valuable Goods Storage and Transportation Process Information Acquisition Technology Research[D]. Taiyuan: North University of China, 2016.
- [6] 丰雷. 基于ARM的储运记录仪技术研究[D]. 太原: 中北大学, 2013.  
FENG Lei. Based on ARM Storage and Transportation Recorder Technology Research[D]. Taiyuan: North University of China, 2013.
- [7] 吕经纬. UHF标签芯片模拟前端及低功耗关键技术研究[D]. 杭州: 杭州电子科技大学, 2015.  
LYU Jing-wei. Research on Technology of Analog Front End and Low Power Consumption in UHF Tag Chip[D]. Hangzhou: Hangzhou University of Electronic Science and Technology, 2015.
- [8] 堵成蕾. 低功耗电子货架标签系统的设计与实现[D]. 武汉: 武汉纺织大学, 2016.  
DU Cheng-lei. Design and Implementation of Low Power Electronic Shelf Label System[D]. Wuhan: Wuhan Textile University, 2016.
- [9] 刘宝钊, 张晴晖, 李俊菽, 等. 基于无线传感网的手持式温室监控系统研究[J]. 中国农机化学报, 2014(6): 83—86.  
LIU Bao-chuan, ZHANG Qing-hui, LI Jun-qiu, et al. Research on Handheld Greenhouse Monitoring System Based on Wireless Sensor Network[J]. Journal of Agricultural Mechanization, 2014(6): 83—86.
- [10] 杨铠曳. 人机交互技术的应用分析[J]. 科技风, 2016(23): 16.  
YANG Kai-ye. The Application of Human-computer Interaction Technology Analysis[J]. Technology Wind, 2016(23): 16.
- [11] 周旋, 谌建飞, 赵丹, 等. 基于ZigBee的实验室远程监测系统设计[J]. 中国教育信息化, 2017(4): 84—88.  
ZHOU Xuan, CHEN Jian-fei, ZHAO Dan, et al. Design of Remote Monitoring System Based on ZigBee[J]. China Education Information Technology, 2017(4): 84—88.
- [12] 李泉, 马应魁, 李金明, 等. 基于ZigBee的粮库温湿度监测系统设计[J]. 兰州石化职业技术学院学报, 2016(1): 30—33.  
LI Quan, MA Ying-kui, LI Jin-ming, et al. Design of Temperature and Humidity Monitoring System Based on ZigBee[J]. Journal of Lanzhou Petrochemical College of Technology, 2016(1): 30—33.
- [13] 郑少峰. 现代物流信息管理与技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2016.  
ZHENG Shao-feng. Modern Logistics Information Management and Technology[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2016.
- [14] 王大伟. 基于RFID的物流管理系统设计及应用[J]. 电子设计工程, 2016(20): 66—68.  
WANG Da-wei. Design and Application of RFID Based Logistics Management System[J]. Electronic Design Engineering, 2016(20): 66—68.
- [15] 黄志雨, 嵇启春, 陈登峰. 物联网中的智能物流仓储系统研究[J]. 自动化仪表, 2011(3): 12—15.  
HUANG Zhi-yu, JI Qi-chun, CHEN Deng-feng. Research on Intelligent Logistics Warehouse System in Internet of Things[J]. Process Automation Instrumentation, 2011(3): 12—15.