

白酒固态发酵的温度感知装置设计

高祥^{1a}, 蔡乐才², 居锦武^{1b}, 陈超^{1c}

(1. 四川理工学院 a. 机械工程学院, b. 计算机学院, c. 图书馆, 四川 自贡 643000; 2. 宜宾学院, 四川 宜宾 644000)

摘要:为实现白酒传统固态发酵过程的温度智能检测,设计了基于无线传感器网络的温度感知装置。该装置以数字式温度传感器为感知元件,采用无线传输技术、嵌入式技术、低功耗技术实现白酒窖池发酵温度的智能感知。详细介绍了装置的总体设计、硬件设计、软件设计。实验结果表明该装置具有较强的灵活性和鲁棒性,适用于白酒窖池固态发酵温度的智能感知。

关键词:固态发酵;感知;无线传感器网络;嵌入式技术

中图分类号:TS262.3;TS261.4

文献标志码:A

引言

目前高品质白酒的生产大多采用固态发酵的方式,发酵温度是影响发酵质量和白酒品质的主要参数。在整个白酒固态发酵生产过程中,粮食入窖温度、酒醅发酵温度、酒醅出窖温度都需要进行精确的检测和控制。通过调研发现,大多数中小型酒厂依然采用人工读取测温计的方式获取窖池的发酵温度,甚至有些酒厂依靠酿酒工人的体温感觉来控制入窖温度^[1-2]。工人每次测温时将测温杆插入窖池的深度和位置不准确,从而带来较大的人工操作误差和读数误差。另外,测温计只能获取单个窖池孤立的温度值,不能三维立体的实时感知整个窖池和厂间内多个窖池的温度分布状况,测温计也不便于在发酵车间内大范围的快速部署和维护,浪费了大量的劳动力,阻碍了白酒生产的数字化和信息化发展。本文根据生产的实际需要,设计了白酒固态发酵的温度感知装置。该装置集成嵌入式技术、无线传感器网络技术和低功耗技术,实现了窖池内温度的上、中、下三层动态立体感知,可以方便快速的安装在窖池内,较短时间内

实现全车间的温度感知覆盖^[3]。目前市场上出现的无线测温装置主要存在3个问题:(1)属于通用的测温装置,不能满足白酒固态发酵的特殊需求;(2)检测点单一,功耗较大,不能实时反映各窖池发酵过程的差异化;(3)基于 ZigBee 技术的产品成本高,通信距离短,组网不稳定,不适合应用于工业生产现场^[4]。本文设计的温度感知装置具有通信距离远、无线组网稳定、低功耗和操作维护简单等优点,适合白酒窖池的温度检测。

1 总体设计方案

白酒窖池的容量和形状没有统一的建造规范,各酒厂根据自身的条件来修建,数量从几十到上千个不等。为满足大多数窖池的测温需求,本文设计的温度感知装置选用直径 8 mm,壁厚 1 mm 的 304 不锈钢空心管作为测量杆。测量杆的基本长度为 150 cm,可根据窖池的具体深度做调整。装置的温度感知元件采用数字式温度传感器 DS18B20,它具有独特的单总线接口方式,测温范围为 $-55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim +125\text{ }^{\circ}\text{C}$,精度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ^[5]。由于每个 DS18B20 都具有唯一的出厂地址序列码,可以在一条

收稿日期:2014-10-08

基金项目:四川省科技创新苗子工程项目(20132075);四川省教育厅项目(13CZ0018);自贡市科技局创新团队项目(2013z167)

作者简介:高祥(1983-),男,山东胶州人,助教,硕士,主要从事物联网与测控技术方面的研究,(E-mail):319007gao@163.com

数据线上挂接多个同类型传感器。本装置将 DS18B20 分别安装在测量杆的上、中、下三层固定位置,采用氧化镁作为填充剂,各传感器之间未采取隔热处理,经过实际测试发现正常发酵状态下各传感器温度串扰现象不明显,可以忽略对采集数据的精确度影响。测温杆具体设计如图 1 所示。

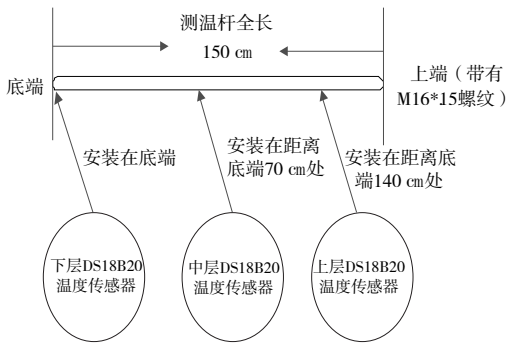


图 1 测温杆设计示意图

不锈钢测温杆的外部接口只需三条线:电源线、数据线、通过简单的驱动程序即可获取上、中、下三个传感器的温度信息。该装置的测控电路板和电池等安装于直径 80 mm,长 120 mm,壁厚 3 mm 的圆柱形防水铸铝壳体内,测温杆和铸铝壳体连接部分通过 M16 × 1.5 的螺纹固定在一起。

2 硬件电路设计

本装置的测控电路主要由主控电路、传感器接口电路、无线传输电路、充电电路、稳压电路、电压监测电路、报警指示电路、地址译码电路等组成^[6]。其中主控电路是整个测控电路的控制中心,负责各种参数的采集与传输,以及控制报警指示;传感器接口电路给 DS18B20 供电和提供硬件驱动;无线传输电路主要完成数据的无线发送和接受,并通过无线信号唤醒掉电模式下的控制器;充电电路便于使用过程中及时充电,避免了拆卸装置换电池的不便;稳压电路将锂电池的电压转化为各电路需要的稳定电压,保证整个装置的可靠供电;电压监测电路负责监测锂电池的电压变化情况,当出现电压不足或电量耗尽时通过报警指示电路提示用户及时充电;地址译码电路方便对多个温度感知装置进行地址编码,防止重复地址下的无线数据收发冲突。硬件电路的功能设计如图 2 所示。

2.1 主控电路

控制器采用 STC11L04E 单片机,内部集成 4 K 的

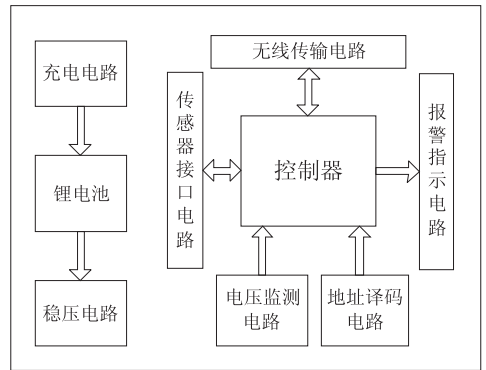


图 2 硬件电路的功能设计图

Flash 程序存储器,256 字节的 SRAM,1 K 的 EEPROM,同时还具有内部低压检测中断、掉电唤醒专用定时器和 5 个掉电唤醒外部中断等新功能。单片机在空闲模式下功耗小于 1.3 mA,掉电模式下功耗可以达到 μA 级,其超低功耗特性非常适合电池供电系统。

2.2 无线传输电路

为了实现无线数据的远距离稳定传输,选用了微功率的 CC1101 无线传输模块。CC1101 采用点对点的通讯方式,在保证低功耗的同时空中速率可达到 500 kbps,支持无线唤醒功能,空旷传输距离 300 m - 500 m,适合白酒固态发酵车间的无线测温。CC1101 与 STC11L04E 之间通过 SPI 方式连接,STC11L04E 没有专用的 SPI 接口,可以采用普通的 I/O 口模拟 SPI 时序,具体电路连接如图 3 所示。

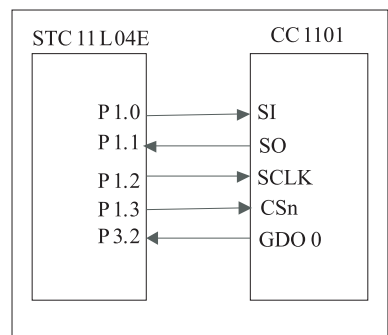


图 3 CC1101 与 STC11L04 的硬件连接图

2.3 充电和稳压电路

电源设计的好坏直接影响整个装置的运行周期和稳定性,为了在生产现场便于装置的充电,避免更换电池的麻烦,测控电路自带有充电电路。本装置的电源采用单节的爱克斯达 18650 锂电池。该电池采用松下电芯,电池容量 3400 mAh,满电电压 3.7 V,自带锂电池保护板,防止过充、过放对电池的损坏。充电电路以

CN3052 芯片为核心,配置少量的电阻、电容即可形成 4.2 V 的恒压充电模式。测控电路上的数字芯片和传感器都有特定范围的工作电压,为了实现各芯片和传感器的正常工作,设计了 3.3 V 的稳压电路。稳压电路选用了电荷泵芯片 MAX1759,宽输入电压 1.6 V - 5.5 V,输出电压在 2.5 V - 5.5 V 之间可调,稳定输出电流 100 mA,通过搭配少量的电阻和电容组成 3.3 V 稳压电路。

3 软件设计

系统的软件设计主要有:系统初始化程序、温度采集程序、无线唤醒与传输程序、电压监测中断服务程序、报警指示灯控制程序。系统上电后首先完成各部分的初始化工作,配置好相应的寄存器和参数。初始化完成后,单片机和 CC1101 无线模块进入休眠模式,等待外部无线信号的唤醒,同时关闭晶体管来切断其余电路的供电。当 CC1101 接收到唤醒信号,利用中断激活单片机采集温度,并通过 CC1101 无线模块传输温度数据给外部的数据终端^[7]。电压监测中断服务程序负责监测锂电池的电压状态,当电量不足时唤醒单片机采集电压信息,单片机控制报警指示灯提醒充电,并将电量信息无线传输给外部的数据终端。具体的软件流程如图 4 所示。

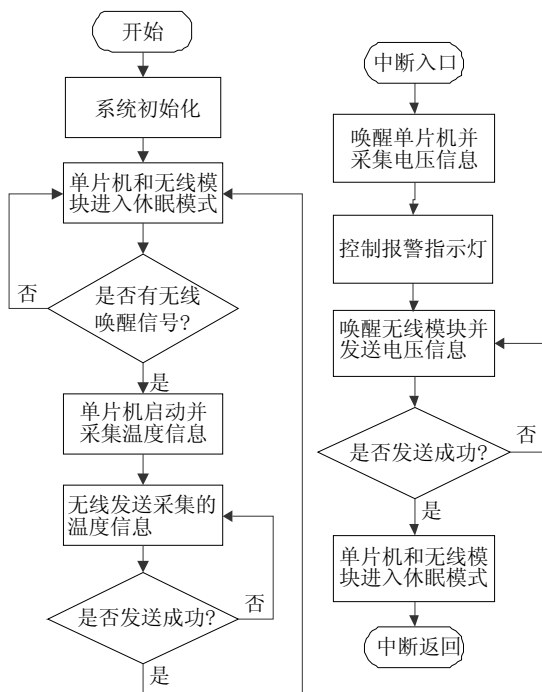


图 4 软件整体流程图

4 运行结果与分析

本系统运行在四川省自贡市某酒厂的窖池发酵车间,车间长度为 150 m,宽度为 40 m,窖池数量为 50 个,窖池容量为 2 m × 1.5 m × 1.5 m。选取了 8 个窖池进行测温实验,整个固态发酵周期为 7 天,温度采集周期为 15 min 一次。利用 MATLAB 软件^[8-9]对某窖池前中期共计四天的发酵温度数据进行了曲线分析,横坐标为采集温度的时间轴,纵坐标为扩大 100 倍后的温度值(图 5),其中曲线 a 为窖池上层酒醅温度变化曲线,曲线 b 为窖池中层酒醅温度变化曲线。从图 5 可以看出固态发酵前中期窖池上层和中层酒醅的温度变化情况,控制糟醅的入窖温度在 24.5 °C 左右,入窖开始阶段,酒醅上层和中层的发酵温度缓慢爬升,两者的温差很小,说明发酵微生物的繁殖和代谢不活跃。酒醅经过大约一天的固态发酵,上层和中层的温度开始迅速爬升,说明发酵微生物开始快速繁殖和代谢。同时中层温度比上层温度爬升的幅度更大,两者的温差越来越大,主要由于上层酒醅的保温效果不如中层好,抑制了发酵微生物的繁殖和代谢。固态发酵经过三天左右进入到中期阶段,上层和中层的温度均保持缓慢波动变化,上层温度保持在 32.8 °C 上下微小波动,中层温度保持在 34.5 °C 上下微小波动,说明发酵微生物的繁殖和代谢达到平衡状态。本装置采集的温度数据精确度较高,真实反映了白酒固态发酵过程中窖池内部酒醅温度的动态变化情况。经过计算,装置一天的耗电量约为 10 mAh,采用 3400 mAh 的锂电池可稳定供电 9 月以上,实际应用中可将采样周期延长 4 倍以上,那么装置可以稳定运行 3 年充电一次。

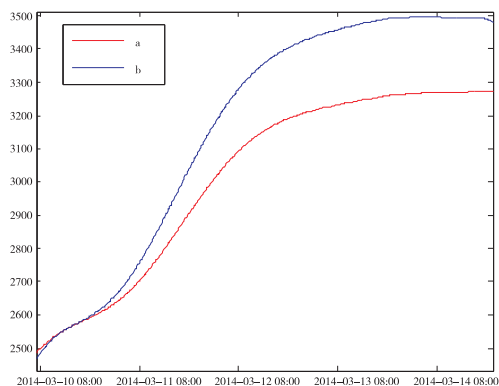


图 5 某窖池上层和中层酒醅前中期温度变化曲线

5 结束语

本文对白酒窖池温度检测的关键技术进行了研究,设计了基于无线传感器网络的温度感知装置。系统具有测温准确、无线组网稳定、通信距离远、低功耗等特点,满足了白酒窖池温度采集密度大、测量精度高的要求。另外,本系统成本低,方便在工业现场部署安装。实际运行结果表明,系统运行可靠稳定,实现了窖池三维温度场的动态立体感知,为优化白酒固态发酵工艺和提高白酒品质提供了可靠的数据支持。

参考文献:

- [1] 沈怡方.白酒生产技术全书[M].北京:中国轻工业出版社,2011.
- [2] 胡承,沈才洪.对中国白酒发展中一些问题的思考[J].酿酒,2008(2):6-9.
- [3] 刘伟荣,何云.物联网与无线传感器网络[M].北京:电子工业出版社,2013.
- [4] 赵殿臣,翟顺,王卫红,等.基于 ZigBee 的白酒厂窖池无线测温装置[J].酿酒科技,2011(7):60-63.
- [5] 祝志威,蔡乐才.基于无线传感器网络的大棚温度采集存储系统[J].四川理工学院学报:自然科学版,2011,24(4):477-479.
- [6] 张春元.实时低功耗无线传感器网络设计[J].仪表技术与传感器,2013(1):90-91.
- [7] 王志勇,孙顺远,徐保国.基于 SI4463 的低功耗无线窖池测温系统的设计与应用[J].计算机测量与控制,2014,22(2):519-521.
- [8] 徐瑞,黄兆东,阎凤玉.MATLAB2007 科学计算与工程分析[M].北京:科学出版社,2008.
- [9] 陈杰.MATLAB 宝典[M].3 版.北京:电子工业出版社,2011.

Design of Temperature Sensing Device for White Spirit Solid State Fermentation

GAO Xiang^{1a}, CAI Lecai², JU Jimvu^{1b}, CHEN Chao^{1c}

(a. School of Mechanical Engineering, 1b. School of Computer

Science, 1c. Library, Sichuan University of Science & Engineering, Zigong, 643000 China;

2. Yibin University, Yibin, 644000 China)

Abstract: In order to achieve an intelligent detection of temperature in the traditional solid-state fermentation process of liquor, a temperature sensing device based on wireless sensor network is designed. which senses intelligently the fermentation temperature of cellar by digital temperature sensors. and use an embedded technique with features of wireless transmission and lower power dissipation. In this paper. we discuss the system framework, as well as design methodology for inhardware and software. The experimental results show that the system works well and has a flexibility and robustness.

Key words: solid state fermentation; intellisense; wireless sensor network; embedded technology