

固态发酵型窖池多点温度监测系统

涂海洋¹ 刘英² 刘熙盛² 胡强¹

1. 宜宾电子科技大学研究院智能感知技术中心 四川 宜宾 644005

2. 四川宜宾恒生福酒业集团有限公司 四川 宜宾 644199

【摘要】：温度作为固态发酵型白酒酿造业评价窖池发酵质量的一个关键指标^[1]，是生产和质量重点关注的对象。入窖温度、发酵温度满足工艺要求就可以一定程度上知道该窖池出酒率高、品质好。国内酒厂获得窖池发酵温度普遍采用人工操作仪表和有线自动测量两种方式。这两种方式存在以下缺点^[2]：（1）测量时间和位置精度无法保证，效率低和浪费劳力；（2）布线成本高，易造成工业现场布线混乱；（3）可维护性，可扩展性差。于是本文设计了一种固态发酵型窖池多点温度监测系统，可通过工业 WIFI 定时上传到指定云服务系统，结合管理平台以及小程序，不但可以查看当前温度还可以查看历史温度曲线。帮助生产技术人员及时查看温度数据。分析历史数据差异，优化调整生产工艺。

【关键词】：固态发酵；窖池温度；物联网；温度枪

Multi-point Temperature Monitoring System for Solid-state Fermentation Cellars

Haiyang Tu¹, Ying Liu², Xisheng Liu², Qiang Hu¹

1. Intelligent Perception Technology Center Research Institute of Yibin University of Electronic Technology Sichuan Yibin 644005

2. Sichuan Yibin Hengshengfu Wine Group Co. Ltd. Sichuan Yibin 644199

Abstract: As a key index for evaluating the fermentation quality of cellar ponds in solid-state fermentation liquor brewing industry^[1], temperature is the focus of production and quality. If the cellar temperature and fermentation temperature meet the process requirements, you can know to a certain extent that the cellar has a high wine yield and good quality. Domestic wineries generally use manual operation instruments and wired automatic measurement to obtain the fermentation temperature of cellars. These two methods have the following disadvantages^[2]: (1) The measurement time and position accuracy cannot be guaranteed, the efficiency is low and labor is wasted; (2) The wiring cost is high, which is easy to cause chaos in industrial field wiring; (3) Poor maintainability and scalability. Therefore, this paper designs a solid-state fermentation cellar multi-point temperature monitoring system, which can be regularly uploaded to the designated cloud service system through industrial WIFI, combined with the management platform and small program, not only can you view the current temperature but also view the historical temperature curve. Help production technicians view temperature data in a timely manner. Analyze historical data discrepancies and optimize and adjust production processes.

Keywords: Solid state fermentation; Cellar temperature; Internet of Things; Temperature gun

引言

随着物联网技术的发展，带来了传统传感器技术的变革——数据信息化、传感器简单化（复杂数学算法通过云端服务器处理，减少传感器硬件设计难度）、低成本化、低功耗化等等。由此将很多以往觉得得不偿失的信息化改造变成可能。本文结合使用酒厂实际情况，设计了基于 WIFI 的三点式无线温度枪终端^[3]、基于阿里云的数据管理平台以及小程序，实现对窖池温度的监测。

1 硬件设计

1.1 系统构成

固态发酵型窖池多点温度监测系统专为监测酒企发酵池温度开发，终端采用 STM32 作为主控芯片，PT100 作为温度感应器件^[4]，利用无线 WIFI 通信将多点温度数据传递到指定平台，平台端对数据进行存储和展示，最后实现对窖池温度的

监测。系统传感器采用上、中、下 3 点式布局，每个窖池放置 2 台温度采集传感器终端，实现不同位置、不同层级温度数据的采集，实现窖池温度的立体化采集。该系统包括温度采集传感器终端、工业 WIFI/移动 WIFI 以及基于窖池温度信息化管理平台 APP 的展示端构成，其系统框图如图 1 所示。

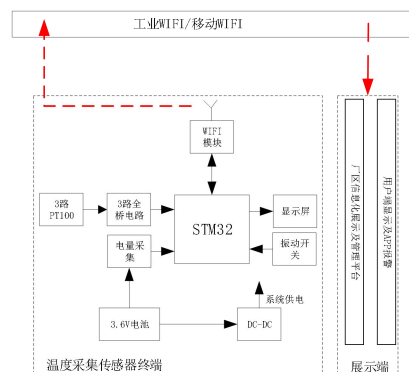


图 1 系统框图

1.2 传感器电路设计

依据《工业铂热电阻技术条件及分度表》，PT100 的温度计算在-200℃到 850℃ 的测量范围内^[5]，其计量温度值的公式为：

$$R_t = R_0 [1 + At + Bt^2 + C(t - 100)t^3] \quad -200^\circ\text{C} < t < 0^\circ\text{C}$$

$$R_t = R_0 (1 + At + Bt^2) \quad 0^\circ\text{C} < t < 850^\circ\text{C}$$

式中， $A = 3.90802 \times 10^{-3} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ， $B = -5.5775 \times 10^{-7} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ， $C = -4.183 \times 10^{-12} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ 。

PT100 温度传感器的使用方法有两线制、三线制、四线制。三线制可以有效规避导线电阻和接触电阻带来的影响，故此次采用三线制。根据窖池使用温度范围和环境温度范围情况，电路设计测量范围为-5℃~80℃。如图 2 所示，R40、R41、PT100、R45，构成了电桥电路^{[6][7]}，桥正极电压通过高精度基准芯片产生的 2.048V 电压供电。通过运放 U3A 对电桥电压进行 100 倍放大，在经过 U3B 运放进行 4 倍放大，最终实现 400 倍的信号放大。

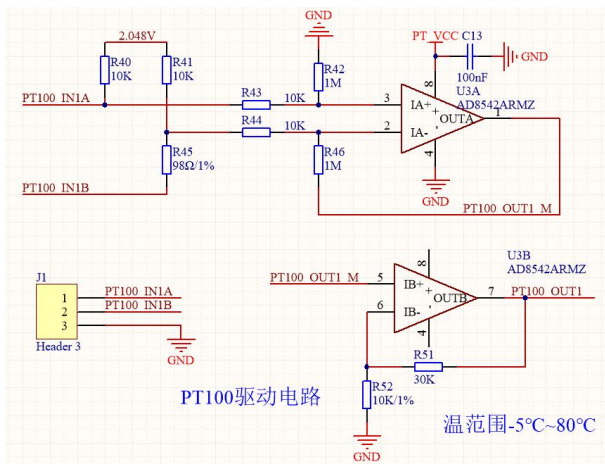


图 2 PT100 处理电路

具体计算公式如下，R45 值远小于 R44 所以在计算式忽略其对放大倍数的影响：

$$V_{OUT} = 2.048 \times \left[\frac{PT100}{R40} \times \left(1 + \frac{R46}{R44} \right) - \frac{R45}{R41} \times \frac{R46}{R44} \right] \times \left(1 + \frac{R51}{R52} \right)$$

即可得到电桥输出电压 VO 和 ADC 输入电压 VOUT 的关系为：

$$VO = V_{OUT} \div \left(\frac{R46}{R44} \times \frac{R51}{R52} \right)$$

设 $R40=R41=R_a$ 则 PT100 和 VO 的关系为：

$$PT100 = \frac{R_a \times (VO + R45)}{R_a + R45} \div \left(1 - \frac{VO + R45}{R_a + R45} \right)$$

在通过查表或者 PT100 的温度计算公式，即可计算出当前温度范围。运放为轨到轨运放，采用单电源供电最大输出电压

在 0~VCC (3.3V) 之间，Rref (即电路中的 R45) 选取为 98 Ω，计算可知电路最低测量温度约为-5℃，最大温度为约为 80℃ (PT100=131.5 Ω)。

VOUT 电压信号采集使用 STM32F103 内部 ADC 进行采集，该 ADC 具有 12bits 采样精度，电路设计时采用 3.3V 作为电压基准，所以可得到温度分辨率为 $\Delta T = (T_{\max} - T_{\min}) \div 2^{12} = [80 - (-5)] \div 1024 \approx 0.083^\circ\text{C}$ 。由于运放噪声以及 AD 有效位数等因素影响，实际精度大概在 0.5℃，对窖池温度监测来说，符合其监测要求。

2 终端软件设计

终端主控芯片采用 STM32F103RC，终端供电采用一次性锂电池，所以在软件设计上采用了三种工作模式从而实现了功耗管理，三种模式为：待机模式、工作模式（数据显示、数据采集以及无线传输等）、调试模式。待机模式下可通过定时器以及振动开关实现到工作模式的切换、工作模式到调试模式通过振动开关切换，调试模式到待机模式通过定时器（超时）以及振动开关切换，工作模式到待机模式通过定时器（超时）切换。其软件流程图如图 3 所示：

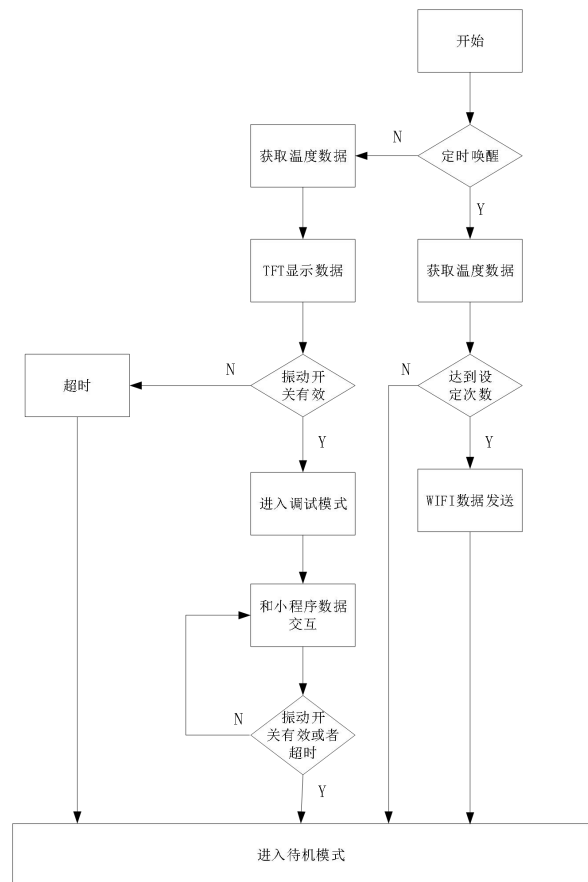


图 3 软件系统流程图

3 结语

本文提出固态发酵型窖池多点温度监测系统主要用于固

态发酵型酒企窖池温度监测，通过工业 WIFI 发送到云服务器存储及处理并将结果发送到展示端。所得结论如下：

（1）传感器设计上面，采用上中下三点式数据采集，每口窖池放置两台终端设备，实现多点多层次的温度数据采集，更真实的反馈窖池温度情况。

（2）通过对多口窖池温度监测以及车间主任对被测窖池的出酒品质统计，反映出窖池温度对出酒品质有着直接的影

响。

通过目前的数据采集虽然证明了窖池温度的变化对出酒品质有着很大的影响，但并没有分析出影响的关系。温度对应的就是窖池内微生物的新陈代谢活跃程度，而窖池菌落的分布比例，组成成分才是直接影响出酒品质的因素，所以下一步工作应该分析窖池主要菌落活跃程度和温度的关系，从而通过窖池温度分析出主要菌落的活跃程度。

参考文献：

- [1] 赖登辉,薛常有,潘文华.入窖七因素的变化规律及相互关系的研究(四):入窖酸度[J].酿酒科技,2011,202(4):43-45.
- [2] 章力,徐保国.基于 WSN 的白酒发酵温度监测系统设计[A].总线与网络,2014(3):23-26.
- [3] 刘蔚.酒窖无线温度监测系统[B].机床电器,2012(6):44-46.
- [4] 唐军,杜秀君.三线制 PT100 温度测量系统的设计[A].无线互联科技,2022,第 3 期:71-72.
- [5] JJG229-2010《工业铂、铜热电阻检定规程》[S].
- [6] 倪榕生.基于 PT100 的数字温度仪表误差校正[J].电子技术与软件工程,2021(13):217-220.
- [7] 金俊成,王吉新,魏以嘉.At-1 型全自动测温电桥[J].宇航计测技术,1995,15(06):30-34.