

基于 PLC 的食品冷库监控系统设计

位周洋 张立辉
(吉林建筑大学)

摘要：为了保障食品冷库的安全性、便捷性，设计一种基于 PLC 的食品冷库监控系统。该系统使用 S7 - 1200 系列 PLC 为系统的控制核心，采用温湿度传感器、气体传感器，电参数采集模块对食品冷库的温度、湿度、气体环境以及配电状态进行实时的数据采集，对采集到的数据采用 PID 控制方法；利用 LabVIEW 完成对数据的处理和分析，实现对冷库参数的实时监控，并且通过对参数的算法预测，实现对食品冷库的参数进行提前干预，从而保证系统能够安全稳定的运行。

关键词：食品冷库；传感器；PID 控制；PLC；LabVIEW；算法预算

0 引言

食品安全问题一直是人们关心的问题，食品冷库是食品行业中的重要设备，它可以有效地保证食品的新鲜度和质量，而现在大多数食品冷库在参数检测方面，主要是以温度、湿度为主；在冷库的控制方面，往往也缺乏智能的调节控制和数据处理^[1]；在冷库的供电系统方面，几乎都是单一的利用现有市网，缺乏对新能源的利用。因此本文设计一种有效的食品冷库监控系统，该系统可以检测冷库的多个参数，结合光伏发电^[2-3]和智能控制^[4]等，提高食品冷库的运行效率和安全性。

1 系统总体结构设计

1.1 系统设计的需求分析

食品冷库最基本要求是需要保证食品储存的安全

性，以和顺制冷设备有限公司的食品冷库为例，其冷库的自动化控制系统中只采用温度传感器和湿度传感器实时检测冷库内的温度和湿度，但是食品冷库安全、稳定的运行是受到多种因素影响，除冷库内温度、湿度要求之外，冷库内的氧气浓度和二氧化碳浓度也会因影响瓜果蔬菜的呼吸作用和微生物的数量，从而影响食物的腐烂和变质速度，因此也需要对冷库内的气体环境进行检测。为了保证冷库系统的稳定运行，需要为其提供稳定的供电系统，因此也需要对冷库供电系统的参数进行检测。并且为了能够及时调整系统的参数，使其稳定运行，也需要对系统的参数数据进行分析 and 预测。

1.2 系统的总体设计

本文食品冷库监控系统^[5]由供电系统、下位机、采集单元、上位机、触摸屏和执行单元组成，系统的

基金项目：吉林省科技发展计划项目（项目编号：20230203022SF）。

总体框架图如图 1 所示。

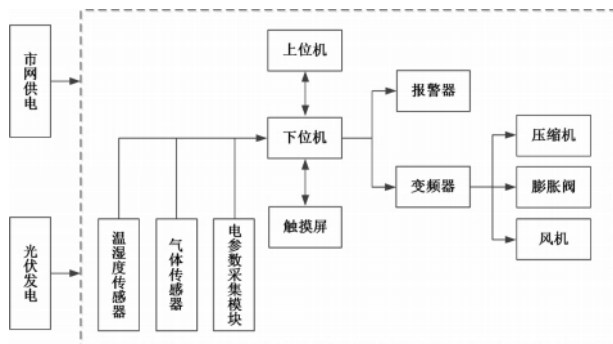


图 1 食品冷库监控系统整体框架图

供电系统：本文供电系统采取光伏发电和市网供电相结合的方式^[6]，这种方式可以有效地利用新能源发电，减少市网的依赖，并且结合市网可以保证系统的供电可靠性。

下位机：系统的下位机采用西门子 S7-1200PLC，可以接收传感器采集的数据，通过控制执行单元设备，来实现对冷库内参数的调整，也可以与上位机进行通信，实现远程的监控。

采集单元：采用温湿度传感器、气体传感器以及电参数采集模块，可以对冷库的温度、湿度、气体环境以及供电参数进行实时采集。

上位机：由 LabVIEW 软件作为上位机，接收来自下位机传递的数据，可以与 PLC 通信，可以对数据进行分析处理、显示、储存、报警等操作处理，同时也可以通过此界面完成对冷库的远程监控^[7]。

触摸屏：采用西门子的触摸屏，可以实现人机交互，方便现场操作人员对冷库进行简单直观的操作。

执行单元：本文选取的执行设备，如压缩机、风机和报警器等，可以根据 PLC 的控制信号，实现对冷库参数的调整，并且在出现参数异常的时候，能够及时发出报警信号。

2 硬件设计

2.1 光伏设计

光伏发电的设计由光伏组件、变换器以及储能设备所组成，其中光伏组件主要是完成太阳能转换成直流电，变换器将直流电变换成幅值和频率与电网一致的交流电。考虑到现实中的环境因素，光伏的发电量会根据环境的变化而变化，因此在光伏发电量比较充裕的时候，可以为冷库提供电能，并且通过储能设备将多余的电量储存起来；在光伏发电不足的时候，可以利用储存的电能，同时也可以从电网中得到电能的补充，从而保证系统的正常运行，光伏设计框架图如图 2 所示。

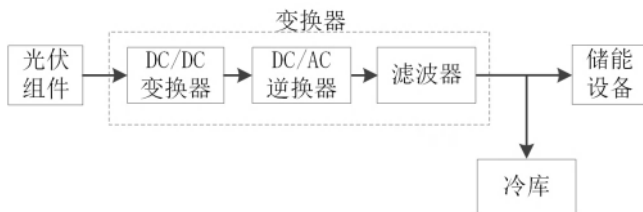


图 2 光伏设计框架图

2.2 PLC 的选型

根据系统设计的需求，本设计选取西门子 S7-1200 系列 CPU1215C 的 PLC，该型号具有 2 个以太网通信 PROFINET 接口，可用于程序编写、触摸屏通信或者 PLC 与其他设备的数据通信，并且具有 8 个信号模块扩展和 3 个通信模块，此外该型号的 PLC 还支持开放的以太网协议与第三方的设备通信。因此该型号的 PLC 不仅能满足对执行设备的控制需求，而且还能够满足 PLC 与触摸屏和上位机的通信需求，适应于食品冷库监控系统的控制需求。

2.3 传感器的选型

温湿度传感器：由于冷库中的温度和湿度对食品的安全性影响较大，因此本设计需要保证冷库内的温湿度在一定的范围内，本文选取的温湿度传感器是 DHT11 温湿度传感器，DHT11 温湿度传感器

器温度测量范围为 $-20^{\circ}\text{C} \sim 60^{\circ}\text{C}$ 、湿度测量范围为 $5\%\text{RH} \sim 95\%\text{RH}$ ，符合食品冷库内部温湿度的变化要求，可以用于冷库的测量。

气体检测模块：选取氧气传感器、二氧化碳传感器以及氨气传感器对冷库的气体环境进行检测，氧气浓度、二氧化碳浓度主要是影响食品的储存安全，而氨气作为食品冷库主要的冷媒，对人体是有害的。因此，也需要检测氨气的浓度，以免冷媒漏泄影响人身安全。

电参数采集模块：在电力参数检测方面，本文用电参数采集模块对系统的供电参数进行监控，该模块性能稳定，可以实时检测系统的电压、电流的数值参数，用于对供电模块的安全预算，从而保证系统的安全性。

2.4 触摸屏的选型

本文选取西门子的触摸屏作为现场人机交互设备，触摸屏和 PLC 之间采取以太网的通信方式。并且触摸屏具有数据显示直观，操作简单的特性。能够简单化对系统的操作，更好地实现工人和设备的直接对接。

3 软件设计

3.1 PLC 的程序设计

本设计的控制单元选取的是西门子的 S7-1200PLC，因此在编程软件上选取 TIA Portal V18。PLC 首先进行系统的初始化，然后接收传感器采集的数值，程序包括自动控制和手动控制两个部分。手动控制时，可以根据需求人为地调整冷库内的参数。在自动控制模式下，根据传感器采集的数值和预先设置的参数进行对比，自动完成对冷库参数的调整，如采集的数值不在设定的范围内的时候，可自动调节变频器系统，通过控制相应的设备，对冷库内的参数进行调节，从而使得冷库内参数到达设定范围内。PLC 的

程序流程图如图 3 所示。

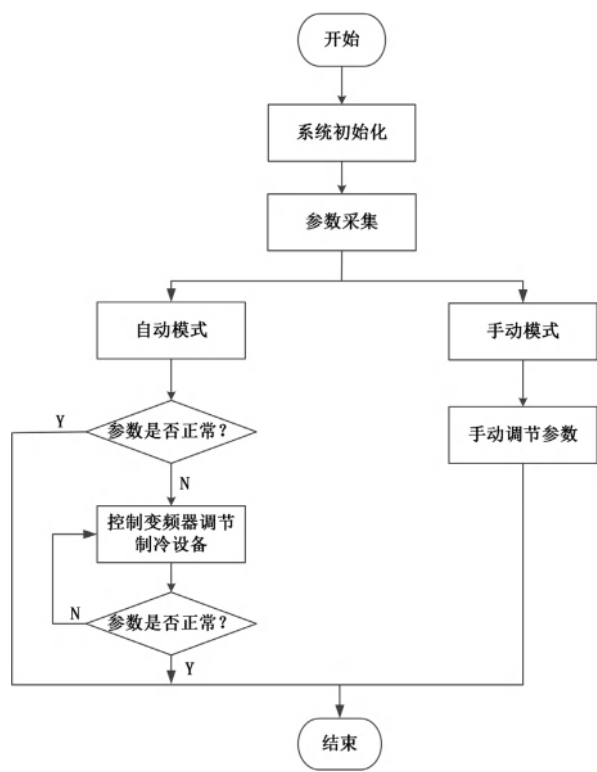


图 3 PLC 的程序流程图

对系统中采集到的参数进行控制时，本文采取 PID 控制。以冷库内温度检测为例，PID 控制流程如图 4 所示，温度传感器采集到的参数 $C(t)$ 作为模拟量输入，通过 A-D 转换器将模拟信号转换为对应的数字信号 $T(n)$ 作为反馈值，与温度的设定值 $T_{\text{set}}(n)$ 比较得出误差 $e(n)$ 。误差 $e(n)$ 作为 PID 控制器的输入量，经过 PID 算法的控制，输出 $D(t)$ 到执行机构运行。通过以上的调节控制，从而来确保冷库的参数保持稳定，PID 参数设置梯形图如图 5 所示。

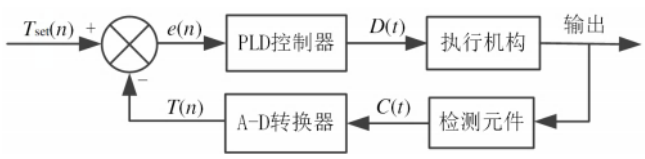


图 4 PID 控制流程图

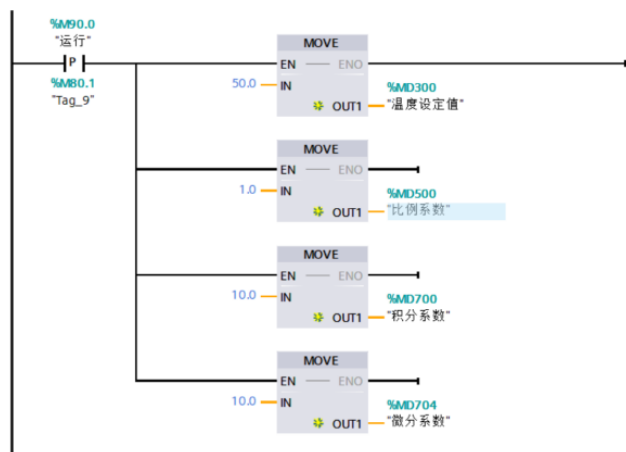


图 5 PID 参数设置梯形图

3.2 上位机程序设计

上位机程序设计采用 LabVIEW 软件进行设计。在食品冷库监控系统中，需要设计监视食品冷库整体设备运行状态、冷库的参数数值、配电情况。设置参数曲线，在参数出现异常的时候，能够启动报警来提示工作人员，并且记录食品冷库的警报记录，可方便历史报警情况的查询。食品冷库上位机监控系统的界面如图 6 所示。



图 6 上位机界面设置

4 算法设计

本文在算法预测方面选取的是 BP 神经网络算法，BP 神经网络算法是在模拟人脑神经组织的基础

上发展起来的计算系统，同时它有较强的非线性映射能力、自学习和自适应能力、泛化能力、容错能力等优点。本设计的变量参数较多，以食品冷库中冷藏冷库的平均温度的变化为例，如图 7 所示。

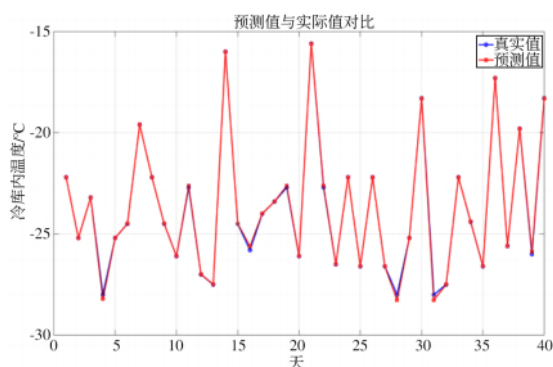


图 7 温度预测

通过仿真分析可以知道，预测值与实际值的数值和变化趋势基本相同，并且样本的均方差根误差为 7.75%，平均绝对百分比误差为 0.126%，说明数据预测的整体精度比较高。本文的 R 系数如图 8 所示，由图可知， R 系数的数值非常接近 1，说明预测值和输出数据之间的关系越密切，这极大验证了预测值和输出值之间的相关性。

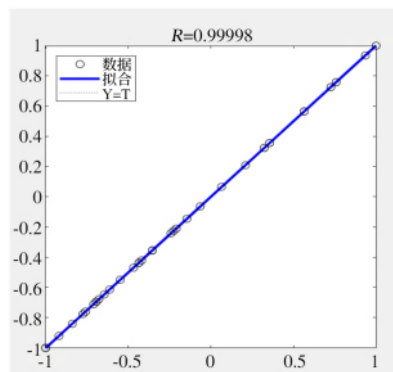


图 8 R 系数图

5 结束语

本文根据食品冷库的发展现状、要求以及食品冷

库的主要组成设备需求，设计一种基于 PLC 的食品冷库监控系统，该系统的控制单元选取 S7-1200PLC，以 LabVIEW 作为其上位机，完成对于系统参数的测量和控制，提出总的系统设计方案、硬件和软件的设计。该系统完成了参数的采集、数据的分析与预测，不仅保证食品冷库稳定的运行，还可以有效地提高食品冷库的工作效率。

参考文献

- [1] 潘永平，王钦若，张慧. 大型冷库网络控制系统设计 [J]. 微计算机信息，2006，22（31）：42-44，29.
- [2] 陈知鱼，吴小山. 基于钙钛矿太阳能电池实验的

光伏新能源技术分析 [J]. 集成电路应用，2023，40（4）：19-21.

- [3] 刘向军. 太阳能电池背板发展趋势 [J]. 中国科技信息，2023（12）：136-138.
- [4] 汪文蝶. 基于 LabVIEW 的远程实验数据采集系统设计 [J]. 无线互联科技，2024，21（10）：96-98.
- [5] 丁杰东. 冷库智能化监控系统的实现 [J]. 建筑热能通风空调，2006，25（3）：90-92.
- [6] 陆一川. 新能源与传统电力的融合发展分析 [J]. 集成电路应用，2022，39（3）：234-235.
- [7] 笱新，于忠得. 基于 GSM 技术的食品冷库远程监控系统设计 [J]. 大连工业大学学报，2014，33（6）：461-464.

（收稿日期：2024-08-07）