

# 基于 LabVIEW 的太阳能制冷监控系统设计

谢 檬, 令 灏, 王鑫朋

(西安交通大学城市学院, 西安 710018)

**摘要:** 随着全球人口急速的递增使得能源消耗量日益递增, 所以利用一些无限再生的能源来代替其它再生速度慢及不可再生能源是至关重要的, 太阳能即是无限再生的能源之一; 监控系统下位机设计采用 STM32F105 作为主控芯片完成数据的采集, 上位机设计是基于 LabVIEW 搭建的虚拟太阳能制冷监控系统, 通过串口通信的方式与下位机连接实现了对环境中温湿度的实时监测、数据存储、自动控制 and 报警等功能; 通过测试, 结果表明该系统温度准确性等级为 0.5, 分辨力为 0.1 °C; 湿度准确性等级为 0.5, 分辨力为 1%RH, 整个太阳能制冷监控系统运行正常。

**关键词:** 能源; LabVIEW; 串口通信; 制冷

## Design of Solar Refrigeration Monitoring System Based on LabVIEW

XIE Meng, LING Hao, WANG Xinpeng

(Xi'an Jiaotong University City College, Xi'an 710018, China)

**Abstract:** With the rapid increase of global population, energy consumption is increasing day by day. Therefore, it is very important to use some infinitely renewable energy to replace the slow and non-renewable energy. Solar energy is one of the infinitely renewable energy sources. The lower computer of monitoring system design uses STM32F105 as the main control chip to complete data collection. The upper computer design is a virtual solar refrigeration monitoring system built based on LabVIEW. Through serial port communication, the upper computer is connected with the lower computer to realize real-time monitoring, data storage, automatic control and alarm of temperature and humidity in the environment. The test results show that the temperature accuracy of the system is 0.5, and the resolution is 0.1 °C. Humidity accuracy level is 0.5, resolution is 1%RH, the whole solar refrigeration monitoring system operates normally.

**Keywords:** energy; LabVIEW; serial communication; refrigeration

## 0 引言

随着全球人口急速的递增, 能源的消耗是非常巨大的, 社会发展对能源的使用需求日益增多, 而能源的增长量是有限的, 能源消耗速度远远大于能源增长速度。利用无限再生的能源来代替其它再生速度慢及不可再生能源是至关重要的, 太阳能是无限再生的能源之一<sup>[1-5]</sup>。国外的大多数研究都是以将太阳能转换为热能的形式进行制冷为研究的主要方向, 众多的吸附式太阳能系统中采用太阳能集热器来吸收太阳能并转换为热能<sup>[6-8]</sup>。目前可实现用小面积的集热器产生比较大的制冷量, 以及使得真空管集热器来制冷, 以降低产品成本, 为未来的太阳能制冷系统的普及建立良好的技术支持<sup>[9-13]</sup>。国内太阳能制冷系统大多数采用将太阳能转化为电能, 为传统空调供电的形式来进行制冷。由于太阳能转化为电能过程所转化的电能是非常有限的, 经常出现供电不足, 乃至实时供电的电量无法带动功率较大制冷空调的情况。假若需要产生足够的电量, 则需要有巨大面积的场地来安装太阳能集热器为空调供电<sup>[14-16]</sup>。

目前市面上太阳能制冷的设备特别少见, 有的利用传统的发电方式来使用普通用电空调, 主要原因是太阳能制冷技术的不成熟<sup>[17]</sup>。最直接原因是效率低和经济性较差两大原因<sup>[18-19]</sup>。本文设计的太阳能制冷监控系统可以直观地监测工作环境的温度和湿度的实时变化, 同时控制制冷设备开启或关闭以实现温度和湿度的实时调节<sup>[20]</sup>。本文所设计的基于 LabVIEW 的太阳能制冷监控系统, 选用 STM32F105 单片机作为主控芯片完成数据的采集功能。上位机设计是基于 LabVIEW 搭建的虚拟太阳能制冷监控系统, 通过串口通信的方式与下位机连接, 实现了对环境中温湿度的实时监测、数据存储、自动控制和报警等功能。

## 1 总体方案设计

制冷监控系统由上位机和下位机组成, 下位机即硬件部分, 完成采集处理数据和控制的功能。上位机则接收下位机传输数据进行数据检测和控制下位机对受控装置的开关。

收稿日期: 2020-11-27; 修回日期: 2021-01-06。

基金项目: 教育部产学研项目(201902028026); 陕西省职业教育“1+X”证书制度专项研究课题(ZJX02001); 陕西省教育科学“十三五”规划 2020 年度课题(SGH20Y1384)。

作者简介: 谢 檬(1982-), 女, 陕西西安人, 硕士, 副教授, 主要从事虚拟仪器及智能仪器的设计方向的研究。

引用格式: 谢 檬, 令 灏, 王鑫朋. 基于 LabVIEW 的太阳能制冷监控系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2021, 29(7): 117-121, 126.

### 1.1 监控系统结构框图

监控系统结构框图如图 1 所示，硬件电路主要由温湿度传感器、单片机最小系统、串口电路和受控装置电路四大部分组成。

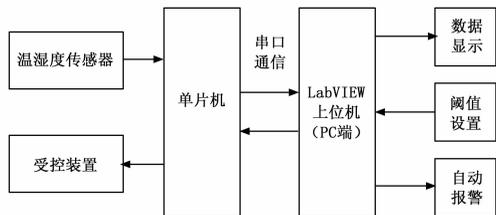


图 1 监控系统结构框图

温湿度传感器用来检测环境中的温度和湿度，并产生电信号，单片机用于对湿湿度的数字信号进行处理和分析。通过串口将所处理数据以串口通信的方式送给 LabVIEW 上位机，通过上位机对所进行数据显示，阈值的设置，并将接收的温湿度数据与所设阈值进行比较判断后，将所判断后的结果发送给单片机，单片机处理后对受控装置进行相应的动作指示，同时上位机自动触发相应的报警。硬件设计中受控装置为制冷压缩机、干燥机和加湿机，在实际设计中采用 LED 发光二极管来代替。

### 1.2 受控装置电路

受控装置电路是硬件电路中进行温湿度调节实现控制功能重要电路，设计采用并联的四路电路，前两路连接的是制冷压缩机的增压与减压功能，太阳能利用热转换的方式将热能储存于压缩机之中，当制冷压缩机增压时将热能从低压环境排放于高温环境之中时实现了制冷的功能；若制冷压缩机减压则停止对热能的能量转换同时将热能排放于外界环境中释放了暖风，实现了加热的功能。另外两路分别连接干燥机和加湿机。当上位机发出制冷/加热/干燥/加湿的信号时将会对相应的功能器件启动工作，实现环境中湿湿度的控制功能。

在实际硬件设计中采用高亮 10 mm 的发光二极管代替温度控制中的制冷压缩机的制冷、加热功能和湿度控制中的干燥机及加湿机的干燥、加湿功能。当二极管灯亮时代表对应的功能器件启动工作状态。设计中为了保护二极管被击穿在每个二极管正极前串联了保护电阻。

## 2 软件程序设计

制冷监控系统中上位机完成接收下位机传输数据进行数据检测和控制下位机对受控装置的开关。本设计选用 LabVIEW 进行上位机的设计，所设计上位机具有数据保护、检测、控制及数据存储等功能，方便了用户的使用。

### 2.1 下位机程序设计

太阳能制冷监控系统软件设计是由 LabVIEW 上位机及计算机针对下位机的驱动程序来完成的。太阳能制冷监控系统的下位机程序流程图如图 2 所示，下位机的程序流程自上而下依次为系统初始化、传感器响应、采集数据、发送数据至上位机，受控装置响应。

由于所使用的 DHT11 传感器已经集成了 A/D 转换，所以在下位机的流程中传感器响应之后直接将温湿度进行实时采集并送入单片机。初始化是对传感器及各个电子元器件的预热，在上电之后，传感器不断响应，响应预热之后才可进行数据的采集。传感器工作后直接将模拟量转化为数字量，单片机采集传感器输出的数字信号，单片机把接收到的数字量进行数据格式的转化向上位机发送处理后的数字量，上位机将判断后的指令发送给单片机，由单片机对该指令进行处理后对受控装置进行控制，受控装置受到单片机的控制进行相应的响应，如制冷压缩机、干燥机及加湿机工作的启停。

### 2.2 上位机主程序设计

监控系统上位机的主程序流程图如图 3 所示，程序流程主要由读取数据、处理温湿度数据、结果显示、判断温湿度范围、发送控制指令等流程组成。

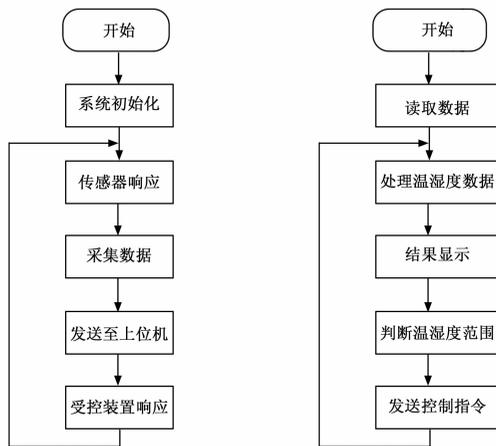


图 2 下位机程序流程图

图 3 监控系统主程序流程图

读取数据所读取的是所采集到的温湿度数据，将其与上位机监控系统所定义的预期值进行比对，显示实时数据。对下位机发送控制指令信号，若受控装置的控制器件工作，则上位机所对应的指示灯亮，制冷压缩机增压、制冷压缩机减压、干燥机和加湿机分别对应绿灯、红灯、黄灯和蓝灯。通过设定被测量的上限线就可以控制环境中的温湿度。

### 2.3 上位机温湿度控制及报警子程序设计

温湿度控制及报警子程序流程图如图 4 所示。

温湿度控制及报警子程序设计是在主程序运行后开始进行的，首先将所接收的温湿度值在上位机前面板进行波形及数据的显示，显示之后根据用户的需求设定所需的温湿度上限和下限，紧接着对所接收的温湿度数据与设定温湿度上限进行比较，若温湿度数据大于等于设定上限时，布尔指示灯显示温湿度过高报警报警，发送制冷指令给下位机；反之温度小于设定上限时再对接收的数据判断是否在设定的温湿度上下限范围之内，若在范围内时不发送任何指令，不在范围内时，温湿度过低报警，发送加热指令给下位机，给下位机发送完指令及不发送指令结束后均返回到波形、数据显示继续运行程序流程。

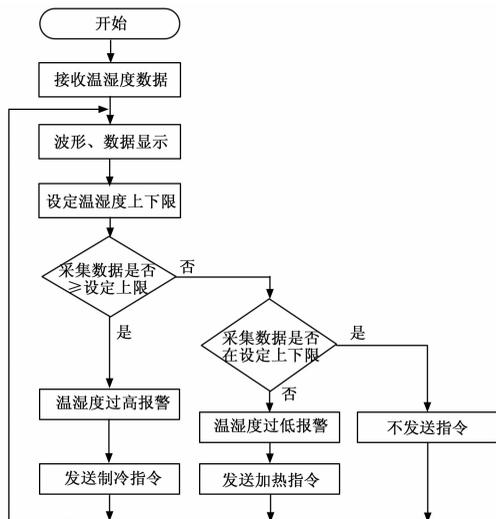


图 4 温湿度控制及报警子程序流程图

### 3 监控系统前面板设计

监控系统前面板设计为 3 个子面板: 登录界面子面板、观测界面子面板和数据存储子面板。

#### 3.1 登录界面子面板

登录界面子面板如图 5 所示, 主要是为了保护用户的数据及防止他人的不规范操作导致意外发生。



图 5 登录界面子面板

#### 3.2 观测界面子面板

观测界面子面板如图 6 所示, 包括串口配置模块、系统控制模块、报警及自动控制模块和波形显示模块。



图 6 观测界面子面板

##### 1) 串口配置模块:

串口配置模块用来与下位机通信时端口选择及各参数的设置, 在串口选择中设置了两个端口 COM2、COM3 以供选择, 启动上位机后将会对这些端口默认选择为 COM2

端口, 接受数据由于还没开始接受不进行显示, 停止位默认为 1, 波特率按照波特率所能设定的最小值 2 400, 停止位默认为 10, 超时默认为 10 000。

##### 2) 系统控制模块:

该模块使用字符串输出控件作为当前时间的显示, 布尔按钮控制系统执行开启监控、停止监控和退出系统的功能, 并显示工作时所发送的各个指令。

##### 3) 报警及自动控制模块:

报警及自动控制模块完成对环境温湿度的控制。布尔报警灯用来显示报警, 设置绿色报警灯为制冷指示、红色报警灯为加热指示、紫色报警灯为加湿指示、黄色报警灯为干燥指示。

温度过高时布尔灯显示为绿色, 此时开始制冷工作; 温度过低时布尔指示灯显示为红色, 此时开始加热工作。用以设定温度上下限的滑动杆及温度计的控制和显示范围均为 0~50 ℃, 温度计和滑动杆均设计为 5 个刻度, 每个刻度为 10 ℃。温度在设定上限及下限时在滑动杆的旁边会显示其设定的值, 所设定的值可精确到小数点后 1 位。

湿度过低时布尔指示灯显示为黄色, 此时开始加湿工作。当湿度过高时布尔灯显示为紫色, 此时开始干燥工作。湿度上下限的滑动杆及湿度计的控制和显示范围均为 0~100%RH, 湿度计和滑动杆均设计为 5 个刻度, 每个刻度为 10%RH。湿度在设定上限及下限时在滑动杆的旁边会显示其设定的值, 所设定的值可精确到小数点后 1 位。

##### 4) 波形显示模块:

波形显示模块采用两个波形图分别显示温度和湿度的变化曲线, 同时, 在波形图右上角数字显示实时温度和实时湿度。

波形图的横轴为实时时间, 分为 5 个时间间隔, 在波形显示实时数据过程中横轴的时间将会随着时间的改变而更新, 图中由于未启动运行时间数据未更新, 所以显示的时间为默认的时间, 显示的时间可具体到年、月、日、时、分、秒, 甚至精确到毫秒为时间单位, 可显示 5 秒的实时波形曲线。所显示的实时温度的数值为小数点后 1 位, 湿度的数值为整数位, 温度波形曲线为黄色曲线, 湿度波形曲线为蓝色曲线。

#### 3.3 数据存储子面板

数据存储子面板如图 7 所示, 包括温湿度实时波形数据记录表和历史数据存储表。



图 7 数据存储子面板

1) 温湿度实时波形数据记录表:

数据记录波形图表主要完成对温湿度的波形图进行存储、显示温湿度的实时波形、观测面板设置的上下限波形以及导出历史波形曲线图。温湿度记录波形图表的温度和湿度纵轴设定范围分别为 0~50 ℃、0~100%RH, 横轴均设定为 12 个时间间隔, 可显示两分钟的实时数据与设定上下限的对比波形图。

2) 历史数据存储表:

历史数据存储表将采集到的数据记录在 Express 表中, Express 表设置了三列, 分别为序号、温度值和湿度值, 可在记录过程中显示 29 列的温度和湿度的值。设计中利用两个布尔控件作为开始记录和结束记录的按钮, 利用方形布尔灯来显示记录是否开启, 若开启记录则灯亮, 反之灯灭。右上角显示记录数据存储的文件名为“数据.xls”, 使得初次操作的用户可以找到储存的文件。

4 监测系统测试

监测系统功能测试选择西安市五月某天早晨 9 点, 下午 2 点, 晚上 10 点这 3 个时间节点来采集室内环境温湿度数据。串口配置为 COM2、停止位为 1、波特率为 2 400、终止位为 10、超时为 10 000。

4.1 早晨 9 点测试

早晨 9 的观测界面如图 8 所示, 此时显示当前时间为 20 年 5 月 15 日 09 时 02 分 18 秒; 设置的温度范围为 20.0~30.0 ℃, 湿度范围为 25.0%~60.0%RH; 采集的温度数据为 28.5 ℃, 湿度数据为 69%RH。在波形图中显示的 5s 时间间隔中温度实时波形保持在 28.0 ℃左右的范围内, 湿度实时波形在 65%~70%RH 的范围内。

此时湿度高于设定范围, 黄灯开始报警, 上位机发送干燥指令 FF, 干燥机处于工作状态。测试结果与早晨室内环境温度相对较低、空气湿度较高的情况相一致。

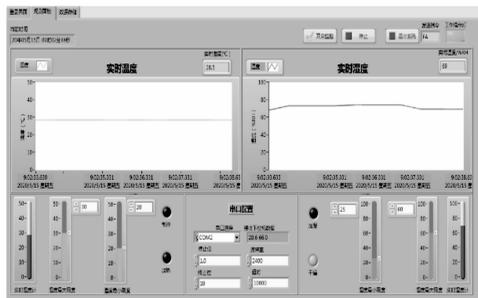


图 8 早晨 6 点观测界面

4.2 下午 2 点测试

下午 2 点的观测界面如图 9 所示, 此时显示当前时间为 20 年 5 月 15 日 02 时 04 分 24 秒; 设置的温度范围为 20.0~30.0 ℃, 湿度范围为 25.0%~60.0%RH; 采集的温度数据为 37.0 ℃, 湿度数据为 24%RH。在波形图中显示的 5s 时间间隔中温度实时波形保持在 37.0 ℃左右的范围内, 湿度实时波形在 24%RH 左右的范围内。

此时温度高于设定范围, 绿灯开始报警, 上位机发送制冷指令 FD, 制冷压缩机处于工作增压工作状态; 湿度低于设定范围, 紫灯开始报警, 上位机发送加湿指令 F9, 加湿机处于工作状态。测试结果与下午室内环境温度高, 湿度较低的情况相一致。



图 9 下午 2 点观测界面

4.3 晚上 10 点测试

晚上 10 点的观测界面如图 10 所示, 此时显示当前时间为 20 年 5 月 15 日 10 时 00 分 28 秒; 设置的温度范围为 20.0~30.0 ℃, 湿度范围为 25.0~60.0%RH; 采集的温度数据为 27.8 ℃, 湿度数据为 41%RH。在波形图中显示的 5s 时间间隔中温度实时波形保持在 28.0 ℃左右的范围内, 湿度实时波形在 41%RH 左右的范围内。

此时温度和湿度均处于所设定范围内, 所有报警灯都未报警, 所有控制器件均处于关闭状态。测试结果与晚上室内环境温湿度度适宜的情况相一致。

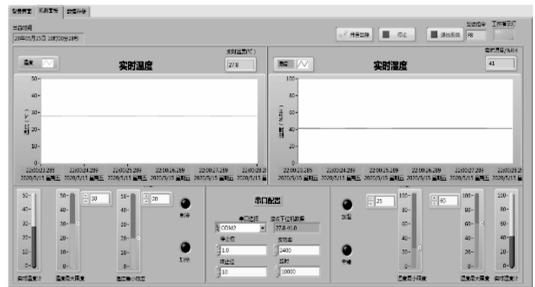


图 10 晚上 10 点观测界面

4.4 数据存储测试

数据存储测试界面如图 11 所示, 点击开始记录后正常记录数据, 绿色工作状态灯点亮。设定温度范围: 20.0~30.0 ℃; 湿度范围: 25%~60%RH。历史数据存储表显示采集的 29 组数据, 最后 1 组数据为实时采集数据, 数据存储界面各项功能工作正常。

5 监测系统误差分析

5.1 实验数据采集

监测系统选用 TCP/IP 网络型温湿度计所测温湿度数据为标称值, 采集温度为 0.0 ℃、10.0 ℃、20.0 ℃、30.0 ℃、40.0 ℃、50.0 ℃; 湿度为 20%RH、40%RH、60%RH、80%RH、90%RH、95%RH。

根据相对误差公式:

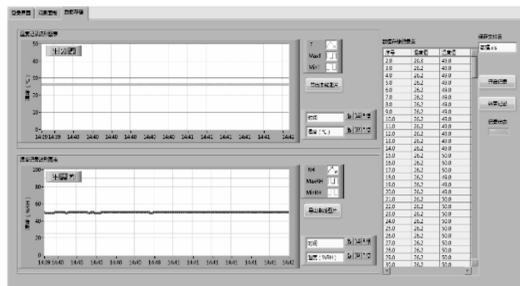


图 11 数据存储测试界面

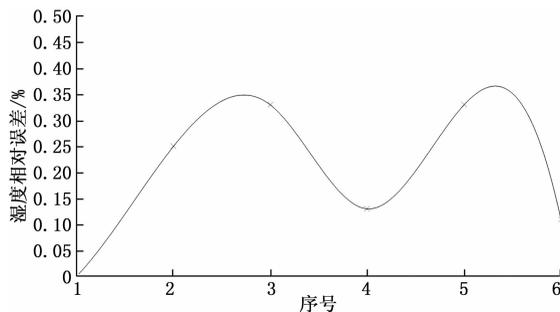


图 13 湿度相对误差拟合曲线

$$\delta = \frac{\Delta A}{L} \times 100\% \quad (1)$$

式中,  $\delta$  为相对误差,  $\Delta A$  为绝对误差,  $L$  为真值, 计算出系统的误差, 见表 1。

表 1 数据记录及相对误差表

序号/ 参数	温度			湿度		
	真值/ ℃	标称值/ ℃	相对误差/ %	真值/ %RH	标称值/ %RH	相对误差/ %
1	0.0	0.01	—	20	20.0	0
2	10.0	9.98	0.20	40	39.9	0.25
3	20.0	20.06	0.30	60	60.2	0.33
4	30.0	30.09	0.30	80	80.1	0.13
5	40.0	39.90	0.25	90	90.3	0.33
6	50.0	50.13	0.26	95	94.9	0.11

### 5.2 系统误差分析

#### 1) 温度相对误差:

由表 1 所得的温度相对误差拟合曲线如图 12 所示, 温度相对误差曲线较为平缓, 误差保持在 0.25% 左右, 说明数据的可信程度相对较高。

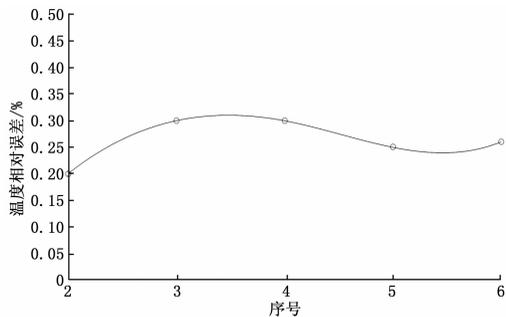


图 12 温度相对误差拟合曲线

#### 2) 湿度相对误差:

湿度相对误差拟合曲线如图 13 所示, 湿度相对误差曲线波动大, 相对误差最低为 0.00%, 最高可达 0.35%, 湿度数据可信程度不一致, 有些测量数据可信度高, 有些测量数据可信度较低。

#### 3) 仪表精度及等级分析:

由所测数据可得, 温度的最大绝对误差为 0.13℃, 湿度的最大绝对误差为 0.3%RH, 计算精度等级公式见式 (2)。

$$\Delta A = \pm \alpha * Am \% \quad (2)$$

式中,  $\Delta A$  为绝对误差,  $Am$  为仪表量程,  $\alpha$  为精度。

温度测量仪精度为 0.26%, 准确度等级为 0.5, 分辨力为 0.1℃; 湿度测量仪精度为 0.4%, 精确度等级为 0.5, 分辨力为 1%RH。

## 6 结束语

本文所设计的基于 LabVIEW 的太阳能制冷监控系统, 可以实时监测太阳能制冷过程中环境的温度和湿度变化, 上位机采用 LabVIEW 搭建监控平台, 包括登录界面、监测界面、数据存储界面, 可以完成数据存储、自动控制 and 报警等功能。系统经过测试, 温度测量准确度等级为 0.5, 分辨力为 0.1℃; 湿度测量的准确度等级为 0.5, 分辨力为 1%RH, 初步具备太阳能制冷监控的实用功能, 方便了人们的生活。

### 参考文献:

- [1] 王广君, 姜建金, 马成勇. 基于 STM32 的多源数据采集系统设计 [J]. 电子技术应用, 2019, 13 (11): 2-6.
- [2] 王 威, 张秋云, 江 虹, 等. 基于 FPJA 和 TCP/IP 的多路系统设计和实现 [J]. 电子技术应用, 2019, 13 (6): 4-6.
- [3] 刘 遒, 郭立红, 陈 媛, 等. 基于通信协议的接口测试用例自动生成框架 [J]. 测控技术 2020, 28 (1): 6-10.
- [4] 葛 辉, 王 硕, 隋修武, 等. 超声波流量测量的误差分析与补偿办法研究 [J]. 传感器与微系统, 2018, 34 (10): 3-6.
- [5] 赵 丹, 肖继学, 刘 一, 等. 智能传感器技术综述 [J]. 传感器与微系统, 2019, 33 (9): 20-23.
- [6] 屠小伟, 俞润超, 杨庆华. 基于 STM32 和 USB 的多通道数据采集系统设计与实现 [J]. 自动化与仪表, 2020, 41 (5): 4-7.
- [7] 杨天豪, 肖 杰, 熊肖磊, 等. 通用嵌入式远程数据采集器研究与设计 [J]. 自动化与仪表, 2019, 40 (1): 8-9.
- [8] 乔占通, 赵 娟. 一种智能温室大棚监控系统的设计 [J]. 科技资讯, 2020, 18 (6): 26-28.
- [9] 李玉淋. 基于 C# 的智能农业监控系统的设计 [J]. 海峡科技与产业, 2018 (8): 68-69.
- [10] 冯可荣, 施晓光. 储运环境温湿度验证关键技术研究 [J]. 计量技术, 2019 (12): 57-59.
- [11] 史艳红, 孙琼菲. 基于单片机和 WiFi 的智能室内环境监控系统设计 [J]. 物联网技术, 2019, 9 (4): 36-38, 41.
- [12] 王恕清, 张 昕, 许立华, 等. 不同冷却方式制冷系统的热点问题分析 [J]. 制冷与空调, 2020 (6): 84-89.

(下转第 126 页)