

范哲超, 陆明. 基于国产 PLC 的光伏供电温室控制系统设计与实现[J]. 江苏农业科学, 2017, 45(15): 223–227.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2017.15.059

基于国产 PLC 的光伏供电温室控制系统设计与实现

范哲超¹, 陆明²

(1. 内蒙古机电职业技术学院, 内蒙古呼和浩特 010070; 2. 国家工程机械质量监督检验中心, 北京 102100)

摘要:采用国内主流可编程控制技术和太阳能光伏发电技术,结合传感器技术和自动检测技术,分析影响温室作物生长的因素,并进行优化调节控制,降低人力资源成本,实现专业化、精准化的农业生产管理。分析温室控制系统组成、硬件设计、实时监控和供电问题,设计温室环境控制柜、光伏供电柜和触摸屏用户界面,完全实现国有化设计和自主知识产权。经实地测试,数据采集精准,系统运行稳定,环境调节有效,可以满足现代化温室智能管理,在技术提升方面具备较强的可塑性,对北方地区环境具有广泛适应性。

关键词:温室;自动控制系统;PLC;光伏供电

中图分类号: TP273;S126 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2017)15-0223-05

随着社会经济和科学技术协同发展,现代设施农业已经成为各地区重点发展的创收项目。根据内蒙古自治区“8337”发展思路,以“把该区建成绿色农畜产品生产加工输出基地”为重点,不断创新农业生产经营方式,大力支持建设现代农业生产日光温室项目^[1]。然而目前在内蒙古自治区推广温室项目主要有如下制约因素:第一,该区地处北方,冬季温度大部分时间在 0℃ 以下,自然环境对温室生产种植影响较大;第二,该区温室结构简单,绝大部分是塑料温室,以日光温室为主;第三,该区温室自动化水平低,环境调控水平落后,控制系统依赖国外设备或器件,操作困难,人机交互性差^[2-3]。本研究设计基于国产 PLC 的光伏供电温室控制系统,旨在实现对温室多环境量的有效控制。

1 系统组成

该系统使用温度传感器、湿度传感器、光照传感器、压力传感器采集或监测温室内的温度、湿度、光照度、滴灌压力等环境参数信息,采用国产可编程控制器,驱动控制变频器、通风机、遮阳帘、交换风机、冷水泵、热水泵、灌溉水泵、补光灯等多种设备,有效调节温室气候,为作物生长发育提供最适宜的生态环境,大幅提高作物的产量和品质。开发独立光伏辅助供电系统将太阳能转换为电能,既绿色环保又节能减排。设计触摸屏监控程序,可实现控制系统操作人性化和过程可视化^[4-5]。

考虑到温室实际生产的安全性及可靠性,设计手动和自动 2 种工作模式,自动工作模式是周期性的 PLC 控制模式;手动工作模式是在出现突发事件时,手动操作控制执行器件工作。温室控制系统组成如图 1 所示。

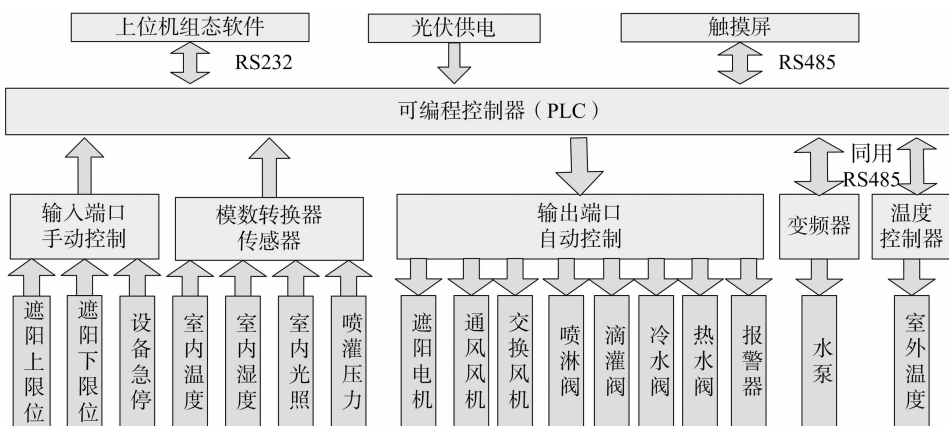


图1 系统组成

2 硬件设计

温室控制系统硬件电路主要包括 PLC 输入和输出控制电路、环境量采集、转换电路、光伏供电电路。

PLC 控制电路主要解决温室环境量调节控制、变频恒压灌溉、设备通讯等问题。PLC 控制电路选用增强型国产化台达 PLC DVP32ES2 作为核心旗舰级,该 PLC 带有 A/D 和 D/A

收稿日期:2016-08-27

基金项目:内蒙古自治区高等学校科学研究重点基金(编号: NJZZ16428)。

作者简介:范哲超(1983—),男,内蒙古察哈尔人,硕士,副教授,主要从事自动化及其应用技术研究。Tel:(0471)5279030;E-mail:4168365@qq.com。

转换单元,内建 1 组 RS-232,2 组 RS-485 通讯端口,提供 32 点 I/O 接口,其功能均满足系统设计要求。通过外接多种接触器和继电器,控制遮阳步进电机、通风机、滴灌喷淋电

磁阀、冷热水电磁阀、变频器、水泵等设备,实现相应操作功能。PLC 控制电路接线图如图 2 所示^[6]。

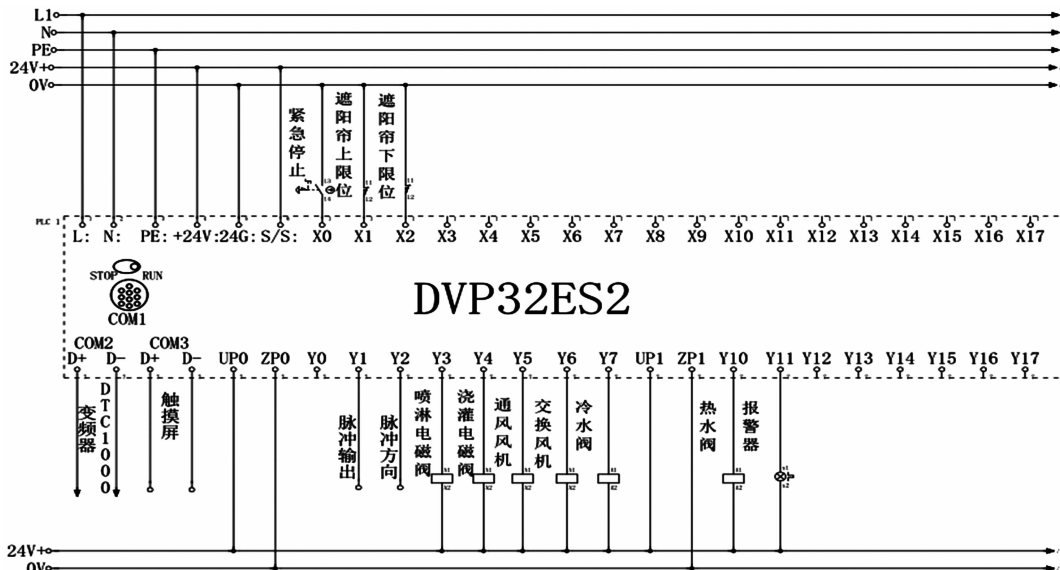


图2 PLC 控制电路接线图

环境量采集及转换电路主要解决温室内温度、湿度、光照、压力等环境量的自动检测问题,选用台达高性能数模转换器 DVP 06XA-E2,将 4 路传感器采集的 4~20 mA 电流模拟量转换为 PLC 能够处理的数字信号,环境量采集统一选用输入电压 24 V,输出为 4~20 mA 电流信号的传感器和变送器。温室外温度采集选用台达温度控制器 DTC1000,外接热电偶传感器 Pt100,实现温室内外温度采集处理,量程-50~150℃,测量精度为±0.5℃。温室内温度、湿度采集选用温

湿度变送器,温度量程-40~80℃,湿度量程 0~100% RH (工作环境-40~80℃),湿度精度±3% RH (20%~95% RH,20℃)。光照度采集采用光照变送器 65 535 LUX,测量范围 0~65 535 LX、最大允许误差 7%、操作环境-20~70℃,0~80% HP。压力采集电路选用 YB-131 型压力传感器,压力范围 0~0.6 MPa、精度 0.5%。环境量采集及转换电路接线图如图 3 所示^[7]。

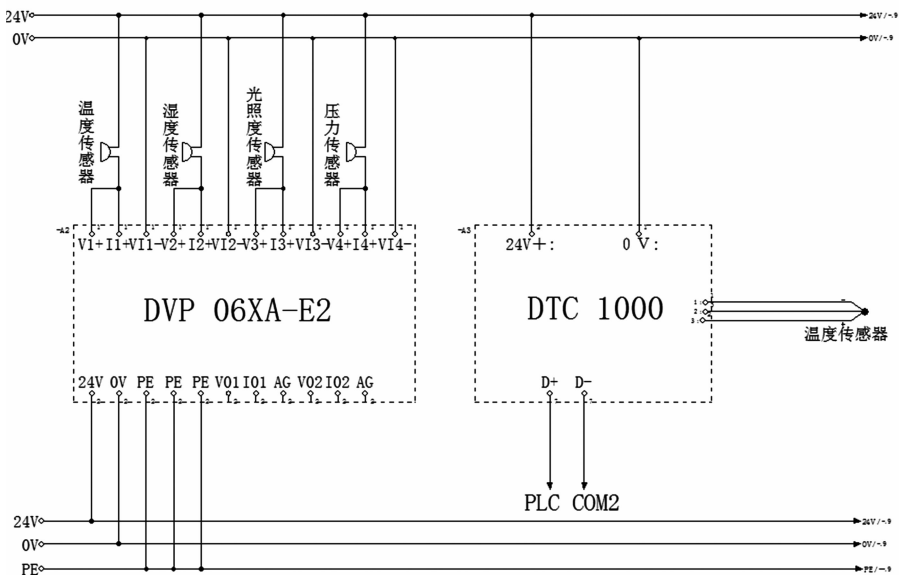


图3 环境量采集及转换电路接线

光伏供电电路主要为温室控制系统提供辅助电源,正常情况下使用工频供电,断电情况下切换光伏供电,进一步对比分析计算温室控制系统的工作负荷和耗电量。光伏供电电路主要采用屹晶微电子国产 EG8030 数字化三相纯正弦波逆变

发生器芯片为核心,该芯片能够采集电流信号、温度信号、三相电压信号,生成高精度、失真和谐波都很小的三相 SPWM 信号,具有输出稳压和各项保护功能,自主设计三相纯正弦波逆变功率板和驱动板,组成三相逆变电路。光伏储能单元使

用太阳能电池板和铅酸蓄电池,通过智能光伏控制器实现 1 kW 独立型交直流混合光伏供电系统,光伏供电系统电路如图 4 所示。

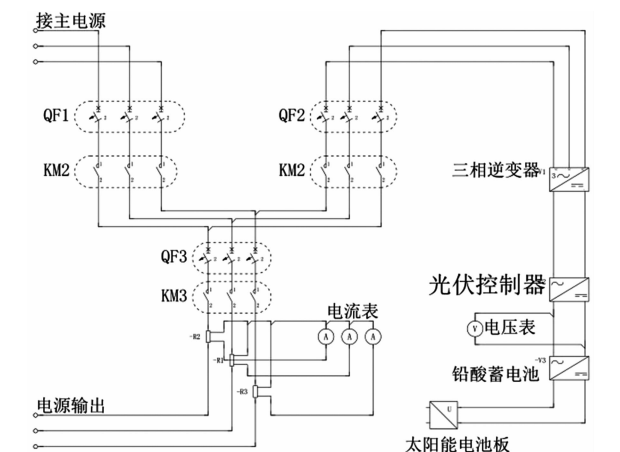


图4 光伏供电电路

3 程序设计

根据温室控制系统要求,利用台达 PLC 的编程软件 WPLsoft 开发 PLC 程序,主要包括报警程序、遮阳帘控制程序、灌溉喷淋控制程序,温湿度控制程序以及变频器、温度控制器、触摸屏等控制通信程序,PLC 和 A/D 转换器 I/O 端子分配如表 1 所示。

严格按照系统功能设计程序逻辑,以温度控制程序为例,检测温度高于设定值,PLC 就会发出相应的指令控制开启通风机和水泵循环冷水;当测量值低于设定值,则打开循环热水泵和热风机对温室进行加温,同时考虑各环境参数之间的耦合关系。某一设备的开关会对多个环境因子产生影响,例如打开热交换风机增加温度,但同时湿度也降低,给温度控制带来了负面影响。针对以上情况,根据环境因子的重要性不同,设置不同的优先级,即温度 > 湿度 > 光照强度。根据优先级关系的降温控制程序如图 5 所示^[8]。

表 1 PLC I/O 分配表

DVP32ES2 输入输出分配表				06XA - E2 输出分配表	
输入	用途	输出	用途	输出	用途
X0	急停	Y1	高速脉冲输出	V1 +	温度传感器
X1	遮阳帘上位	Y2	脉冲方向	V2 +	温度传感器
X2	遮阳帘下限位	Y3	喷淋电磁阀	V3 +	光照传感器
COM1	连接上位机	Y4	浇灌电磁阀	V4 +	压力传感器
COM2	变频器、DTC1000	Y5	通风继电器		
COM3	触摸屏	Y6	交换风机继电器		
		Y7	冷水电磁阀		
		Y10	热水电磁阀		
		Y11	报警器		

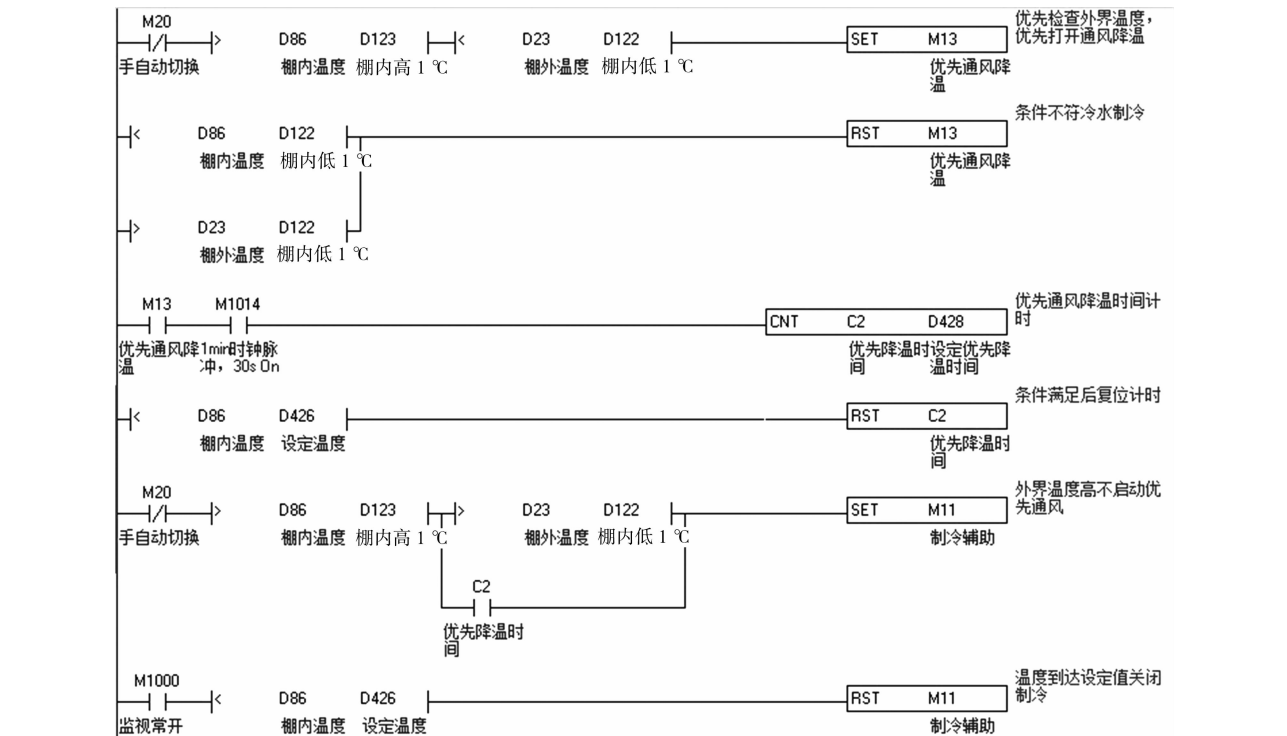


图5 降温控制程序

开发设计 PID 恒压滴灌控制程序,采用台达 VFD007EL43A 三相 380 V、750 W 变频器和德国威乐 PW - 176EAH、最大扬程 14 m、三相功率 290 W 水泵,当 A/D 转换器采集的实际水泵压力信号与给定值压力信号有偏差时,执

行 PID 运算程序,稳定控制变频器输出频率,实现恒压滴灌、喷淋,保证植物的正常摄水量和温室内湿度控制,变频器通讯程序如图 6 所示,PID 控制程序如图 7 所示。

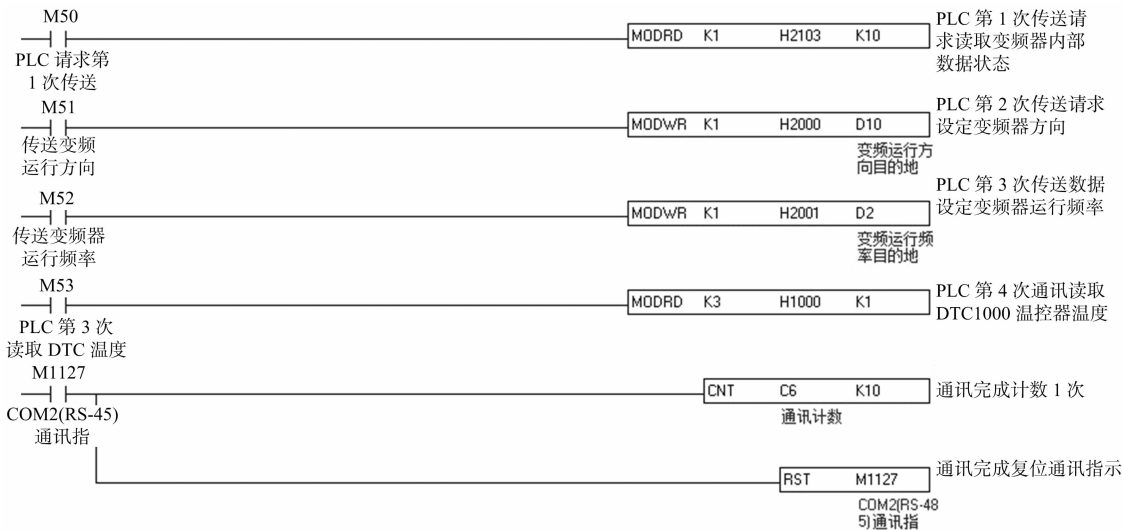


图6 变频器通信程序

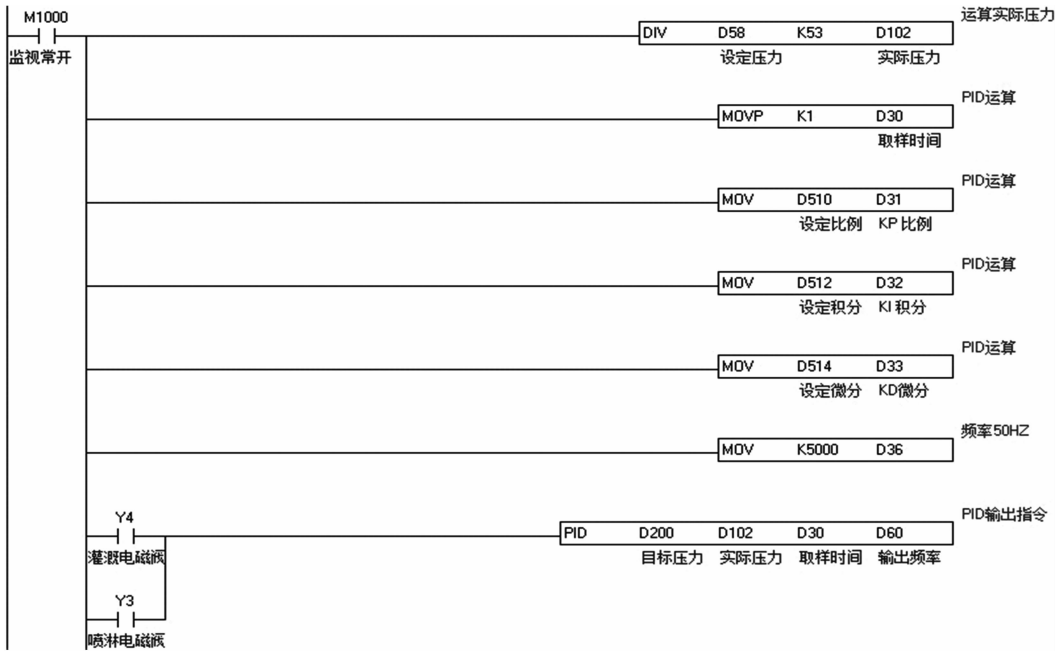


图7 PID 控制程序

4 触摸屏设计

温室控制系统使用台达 DOP - B07S411 触摸屏作为用户界面,利用台达 DOPSoft 软件开发自动控制、手动控制、数据监控、历史曲线、报警记录等 5 个用户界面(图 8 至图 11)。用户可以通过自动控制界面设定温度、湿度、光照度、遮光网电机速度、喷淋压力、灌溉压力、灌溉启动/停止时间、优先通风降温时间和报警延迟时间等参数,实时观测室内温度、室外温度、湿度、光照强度、水泵压力、输出频率,输出电流和母线电压等数据;可通过手动界面操作通风、降温、加热、喷淋、灌溉、遮阳等功能,调控温室环境因素,使作物达到最佳生长状态^[9]。



图8 自动控制界面

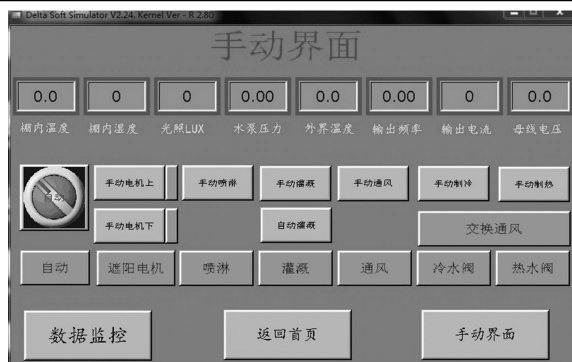


图9 手动控制界面

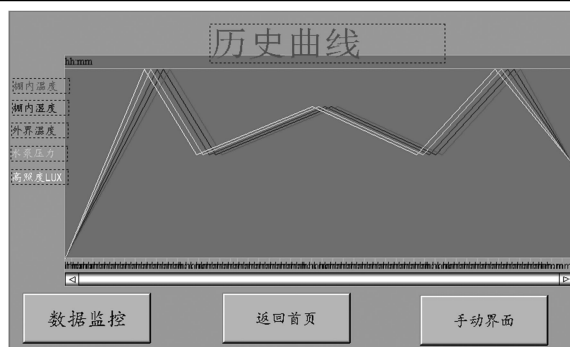


图11 历史曲线界面

日期	棚内湿度	棚内温度	外界温度	水泵压力	光照度
28/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
29/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
30/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
31/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
32/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
33/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
33/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
34/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
35/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
36/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0
37/08/2016	0.0	0	0.0	0.00	0

图10 自动监控界面

数据监控界面在线记录温室当前温度、湿度、光照度,用

户可以实时观测各参数的变化情况。历史曲线界面记录温室内温度、湿度、光照度、水泵压力和温室外温度,主要用于分析温室内环境因素的变化趋势。报警界面主要记录报警事件,提醒用户及时处理险情,保证作物正常生长^[10]。

5 运行结果

本系统在察哈尔现代农业示范园区草莓日光温室试运行,春季设置温室内温度 18 ~ 25 ℃,相对湿度不低于 70%,每日补光 2 h,经测试采用温室控制系统的草莓作物成长成熟期比传统日光温室缩减 10 d 左右,产量提高 30% 左右,草莓肉质口感明显改善。结果表明,温室控制系统运行稳定,环境调节效果明显,不受外界气候影响,功率低、耗电少,光伏充放供电 4 h 以上,触摸屏界面友好,易于操作,国产化程度高,性价比好,实际应用价值很高(图 12)。

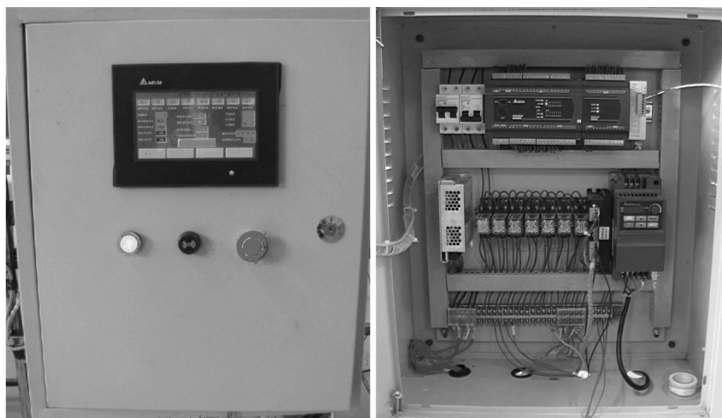


图12 控制柜实际运行

参考文献:

- [1] 杭柱柱. 全面贯彻习近平视察内蒙古讲话精神深入实施“8337”发展思路[J]. 北方经济, 2014(4): 4-8.
- [2] 韩毅, 许春雨, 宋建成, 等. 基于物联网的日光温室智能监控系统设计与实现[J]. 北方园艺, 2016(9): 207-210.
- [3] 王治军, 李浙昆, 韩子伟, 等. 基于 PLC 的温室智能控制系统研究开发[J]. 安徽农业科学, 2015, 43(23): 354-356.
- [4] 马万征, 毛罕平, 李忠芳, 等. 温室环境多变量控制系统解耦现状及发展趋势[J]. 江苏农业科学, 2012, 40(2): 313-314, 331.
- [5] 章海亮, 刘雪梅, 刘燕德. 温室环境下多变量的控制系统设计[J]. 农机化研究, 2010, 32(4): 147-150.
- [6] 卞和营, 王军敏. 基于 PLC 的温室大棚自动控制系统设计[J]. 安徽农业科学, 2014, 42(4): 1247-1249.
- [7] 胡金山, 王熙. 基于 PLC、MCGS 组态技术的北方寒地温室环境监控系统设计[J]. 江苏农业科学, 2015, 43(10): 510-512.
- [8] 付焕森, 赵振江. 基于 PLC 和组态技术现代农业温室控制系统设计[J]. 农机化研究, 2013(12): 185-188.
- [9] 张伏, 王唯, 张亚坤, 等. PLC 和 MCGS 组态软件在温室控制中的应用[J]. 农机化研究, 2014(10): 205-208.
- [10] 田茸, 李虹, 张宁. 基于 MCGS 温室监控系统的设计研究[J]. 北方园艺, 2013(24): 211-214.