

节能型温室大棚群集中供热智能监控管理系统

郑伟勇, 李艳玮

(河南工程学院 计算机学院, 郑州 451191)

摘要: 为了能够自动调节温室大棚内空气和土壤的温度, 采用并联按需供热方式设计了温室大棚群的供热系统, 同时, 设计了具有三层管理结构的集中供热智能监控系统, 主要由温度监控节点、大棚总节点和锅炉房管理中心组成; 温度监控节点利用传感器 Pt100 采集散热箱管道内热水的温度, 然后通过 ZigBee 无线网络发送到大棚总节点, 再根据预设的温度, 控制风扇的工作状态和管道控制阀来调节棚内的温度和管道换水操作; 大棚总节点利用热能表计算流入棚内的热量, 再将整个大棚内的温度数据处理后, 通过 CAN 总线发送到锅炉房的计算机上; 测试结果表明, 设计的系统工作稳定可靠, 大大提高了供热效率和自动控制水平, 整个大棚内各角落的温度差小于 0.5 °C, 为精细化和智能化农业发展提供了强有力的技术保障。

关键词: 温室大棚群; 温度采集; 供热管理; 风机控制; 智能调温

Intelligent Monitoring Management System for Centralized Energy-saving Greenhouse Group Heating

Zheng Weiyong, Li Yanwei

(College of Computer, Henan Institute of Engineering, Zhengzhou 451191, China)

Abstract: To adjust the temperature of the air and soil for the greenhouse automatically, the parallel heating method with demand is used to design a greenhouse heating system. Meanwhile, the centralized heating and monitoring management system that is composed of temperature monitoring nodes, general node and management center of boiler room is designed by three layers of management structure. The temperature monitoring node uses the sensor Pt100 to get the temperature of hot water in the radiator pipe and send it to the general node by ZigBee wireless network, adjusting the temperature of the greenhouse and water-exchanging operation by controlling the fans and pipeline valves according to the pre-set temperature. The general node can calculate the quantity of heat through the meter and send them to the computer in the boiler room through CAN bus after processing the whole temperature data. The test results show that the designed system works well and greatly improve the heating efficiency and automatic control level, which makes the temperature difference less than 0.5 °C, providing a powerful technical support for the refinement and intelligent agricultural development.

Keywords: greenhouse group; temperature acquisition; heating management; fan control; intelligent thermoregulation

0 引言

决定温室大棚内作物能否正常发育和生长的关键因素就是温度^[1-2]。在我国北方地区由于冬季温度较低, 传统的日照温室大棚很难对温度控制, 也限制了对作物的选育范围, 如果若遇到极寒天气, 还会对棚内的作物造成冻伤, 最终影响到作物的产量和质量, 甚至绝收^[3-4]。目前, 有一些传统的可对温室加温加热, 但不仅投入大, 操作使用繁琐, 而且只能对棚内的空气进行加温, 具有一定的局限性。由于作物的生长不仅需要适宜的空气温度, 更需要适宜的土壤温度, 如果仅通过空气与土壤进行热交换的方式会需要较长的时间, 又不利于作物的正常生长。为此, 设计了空气和土壤加温的供暖系统, 采用并联按需供热的方法, 并在每个大棚采用先进的智能控制装置, 根据作物的生长需要, 对棚内的温度进行自动的控制, 提高了供热效率, 也降低了温室的生产成本, 为实现优质、高产和智能

的现代化农业提供了有效的技术支持。

1 温室供暖与智能监控系统总体设计

1.1 温室供暖系统设计

由于在冬季的温室大棚失热量一般都大于日照的得热量, 为了保证棚内适宜作物生长的温度, 本方案采取了并联按需集中供暖的方式为温室大棚群内的空气和土壤分别供暖^[5]。供暖系统主要由集中供暖锅炉房、管道和温室大棚群组成。温室大棚内部主要由热能表、气暖进水控制阀、气暖散热箱、气暖出水控制阀、地暖进水控制阀、地暖散热细管和地暖出水控制阀等组成。其中, 气暖散热箱是由超导暖气片 and 风扇组成, 流经管道的水通过超导暖气片吸收, 并由风扇转动将热气吹到温室大棚内部, 为棚内的气体增温, 由于风扇的作用, 会使棚内的气体流通起来, 利于热量均衡分布。对土壤的加热方式是通过埋入地下的散热细管组成, 一般距离作物的根茎 15~20 cm, 实现与土壤的热交换。温室大棚供暖系统示意图如图 1 所示。

当气暖管道或者地暖管道内的水温降低到不能再利用时, 同时打开对应的进水控制阀和出水控制阀, 让从锅炉房供给的热水流入温室大棚内的管道, 并排除留存在管道内的冷水, 并回流到锅炉房内继续加热循环使用。

1.2 智能监控系统总体设计

传统的温室大棚大多是人工用温度计测量室温和土壤温

收稿日期: 2014-09-03; 修回日期: 2014-10-06。

基金项目: 国家自然科学基金项目(61379079)。

作者简介: 郑伟勇(1978-), 男, 河南郑州人, 硕士, 讲师, 主要研究方向为模式识别与软件工程方向的研究。

李艳玮(1980-), 女, 河南郑州人, 硕士, 讲师, 主要研究方向人工智能与计算机应用方向的研究。

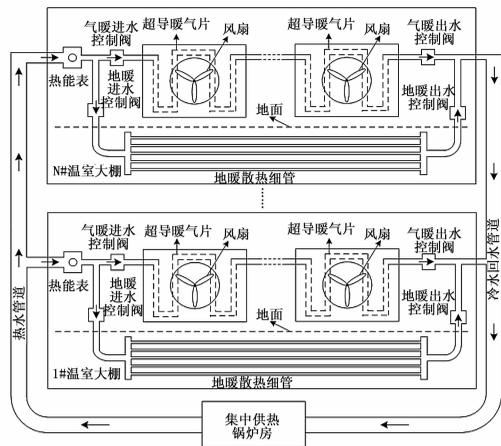


图 1 温室大棚供暖系统示意图

度,并根据经验来进行加温或者通风调节温度,这样不仅工作效率低,而且很难达到精准控制的目的。为此,在温室供暖系统的基础上又设计了一套智能监控系统,系统分棚内温度监控节点、大棚总节点和锅炉房管理中心三层结构。智能监控系统总体结构如图 2 所示。

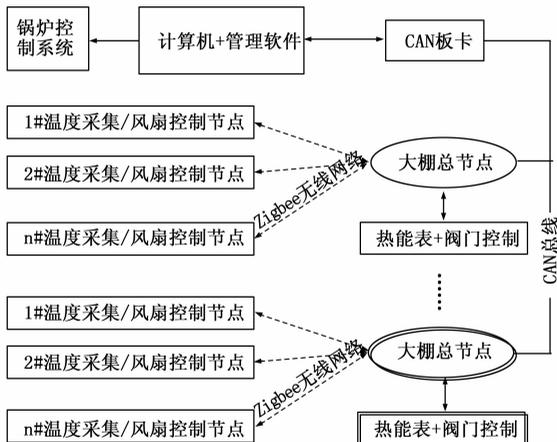


图 2 智能监控系统总体结构

温度监控节点主要负责采集气暖散热器管道和地暖散热器管内的热水温度 T_{pa} 和 T_{pg} ,并将温度信息通过 ZigBee 无线网络发动到大棚总节点,根据作物的生长需要,大棚总节点会将接收到的温度值与预设的适宜作物生长的空气温度值 T_{af} 和土壤温度值 T_{gf} 进行比较,如果当 $T_{af} + 20 \leq T_{pa}$ 或者 $T_{gf} + 10 \leq T_{pg}$ 时,表示管道内的热水携带的热量已经消耗殆尽,此时的热交换效率已经非常低,需要大棚总节点控制对应的进水控制阀和出水控制阀从锅炉房输出的热水管道补给新的热量源。如果当棚内空气的温度 $T_0 \leq T_{af} - 1.5$ 时,大棚总节点会启动散热器箱的风扇,直到 $T_0 = T_{af}$ 时风扇才停止工作。如果当棚内的温度 $T_0 \geq T_{af} + 1.5$ 时,此时就需要采取通风的方式进行放热。大棚总节点利用热能表记录大棚消耗的热量,并定期通过 CAN 总线发送到锅炉房管理中心的计算机,再根据定价标准向农户收取暖费,这样既能约束农户节约能源合理管理温室大棚,又降低了生产成本。通过长期的运行,锅炉房管理中心的计算机还能建立时间与能量需求的供热模型,为优化管理和节约能源提供数据支持。由于在设计上采用了 CAN 总线和 Zig-

Bee 无线通信的方式,使得系统具有了灵活的可扩展性,为系统的扩展预留了足够功能和接口资源。

2 系统智能监控节点设计

系统内的智能监控节点分为温度监控节点和总节点两种类型。温度监控节点与总节点之间通过 ZigBee 网络通信进行数据传输,都以嵌入式控制器 LPC2148 作为开发平台设计的,由于嵌入式控制器 LPC2148 自带 CAN 控制器,降低了开发的难度。主要包括 Pt100 温度传感器、放大调理电路、RC 型超声波热能表、风扇控制电路、显示器、管道控制阀、ZigBee 通信模块和 CAN 总线接口等组成。智能温度监控节点构成如图 3 所示。

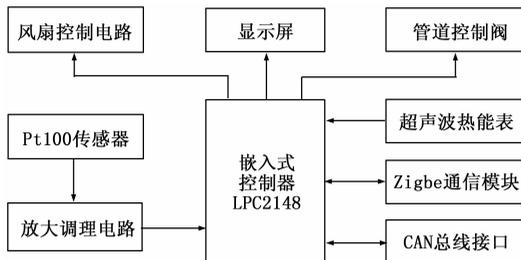


图 3 智能温度监控节点构成

温度监控节点主要负责利用传感器 Pt100 采集气暖管道水、地暖管道水和空气中的温度,经过处理后通过 ZigBee 通信模块发送到总节点,总节点根据设置的参数进行判决是否控制风扇或者管道换水控制阀。风扇和管道控制阀都是通过嵌入式控制器 LPC2148 的 PWM 接口驱动继电器的通断进行对应设备电源供电的控制。当需要更换大棚内管道中的水时,控制阀同时打开,热水就会自动流入气暖管道或者地暖管道。

2.1 温度传感器 Pt100 及放大调理电路

Pt100 是铂丝热电阻,受温度影响后其阻值会发生变化,且稳定性非常好,一般工作的温度范围为 $-200 \sim 650 \text{ }^\circ\text{C}$,具有复现性强、测量精度高和灵敏度高的优点^[6]。本方案采用了恒流源式测温电路,如图 4 所示。

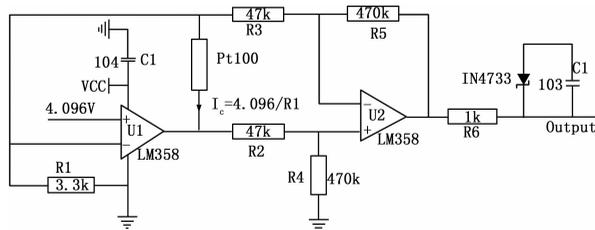


图 4 恒流源式的 Pt100 测温电路

为了降低由于通过 Pt100 的电流过大引起自身发热造成的测量误差,电路采用了二级串联放大的方法。通过运放 U1 将基准电压 4.096 V 转换为恒流源 $I_c = 4.096/R1$,电流流过 Pt100 时在产生的微弱的电压降 $U = R_{Pt100} \cdot 4.096/R1$,然后通过运放 U2 将该微弱压降信号放大 $R5/R3$ 倍,就输出了在期望范围内的电压信号,该信号可直接连控制器 LPC2148 的 AD 接口进行模数转化^[7]。由于其电阻和温度成一定非线性关系,所以采用了数字化非线性校正方法。需要先将 Pt100 的电阻值和温度对应起来后存入控制器 LPC2148 中 EEPROM 中,再通过查表的方式计算相应温度值。

2.2 RC型超声波热能表

RC型超声波热能表主要是由流量传感器、温度传感器和计算器组成。

根据流量传感计算实时流过管道的水量,并与传感器测量到的温度差进行积分运算,就能得出消耗的热量值。本系统采用的是高集成度的产品RC-40,利用直通管设计,公称直径为40 mm,表体高度为130 mm,长度为200 mm,最大工作压力为1.6 Mpa,测量温度范围4~95℃,最大热量读数为 $10^6 \text{ kW} \cdot \text{h}$,具有计量准确度高、无压损、防阻塞和运行稳定的优点。通过RS-485与控制器LPC2148连接直接读取流入大棚的热量值,最后经过CAN总线发送到锅炉房管理中心。

2.3 ZigBee通信模块ZM2410

ZM2410是周立功出品的2.4 GHz的高集成度的ZigBee模块,采用单芯片设计方案,内嵌串口透明传输(点对点和对多点)通讯协议,支持空中升级固件或配置远程模块信息,具有较强的抗干扰能力,高达7 dBm的功率输出和-100 dBm的接收灵敏度,可满足远距离通讯,最高无线通讯速度可达1 Mbps;具有多达16位的短地址配对方式,理论上系统最大容纳的节点数量为65535个。由于自身具有16个通信通道,经过配置后可实现自适应的切换,避免了同频干扰^[8]。输出接口采用TTL电平的串口,可直接与控制器LPC2148的串口连接,对其进行无线通信的配置,方便实现数据通信。

3 锅炉房管理中心与验证实验

3.1 锅炉房管理中心

在锅炉房管理中心运行的计算机安装了PCI的CAN总线采集卡,与每个温室大棚的总节点连接进行数据交互。同时,为了管理和监控每个大棚的耗能和温度情况,还采用Visual Basic 6.0开发了专业的管理软件^[9]。Visual Basic 6.0是一个功能极其强大的集成环境,采用面向对象技术和图形化的应用进行开发,通过菜单、界面、图形浏览工具、对话框以及嵌入的各种生成器设计了各个功能模块,轻松地完成各种复杂的操作^[10-11]。主要的功能包括:用户登录、参数设置、温度显示、曲线分析、统计分析、数据库管理、热能收费、炉温控制、日志和报表打印等。锅炉房管理中心的管理软件实时获取供暖管道内的热水水温和冷水回流变化情况,及时调整锅炉房的温度控制和水循环,在降低能耗的前提下,大大提高了系统的供热效率。

3.2 验证实验

黄瓜是一种对温度比较敏感的作物,在生长发育阶段一般需要10℃左右的昼夜温差。为了进行充分的光合作用,要求白天控制室温在25~30℃;在夜间为了降低呼吸作用带来的自身消耗,一般要求控制前半夜温度在18~20℃,后半夜温度控制在12~15℃即可。同时,也要提供根部生长的适宜温度,一般要求控制在白天的土壤温度在20~23℃,夜间的土壤温度在12~15℃。温度过低会导致作物的生长停滞,甚至死亡。

为了验证整个供暖系统的工作性能和温度监控节点对环境的调节能力,从黄瓜种植基地温室大棚群内选取了1个大棚作为样本,进行了24小时测试,并对这个大棚的空气温度和土壤温度变化趋势进行了记录,记录周期为3小时,8个时间的温度值如表1所示。

表1 黄瓜温室大棚24小时空气和土壤温度测量数据(单位:℃)

时间	空气温度(℃)				土壤温度(℃)		
	1#温控点	2#温控点	3#温控点	4#温控点	5#温控点	6#温控点	7#温控点
3:00	15.31	15.69	15.75	15.62	14.15	14.53	13.65
6:00	14.14	14.38	14.42	14.20	13.26	13.45	13.03
9:00	26.53	26.55	26.67	26.38	20.53	20.66	20.17
12:00	30.12	30.29	30.36	30.08	22.44	22.58	22.32
15:00	28.84	28.96	28.92	28.73	21.19	21.35	21.01
18:00	23.56	23.69	23.77	23.64	19.76	19.58	19.31
21:00	20.49	20.58	20.61	20.52	17.33	17.40	17.23
24:00	19.02	19.14	19.23	19.19	15.59	15.63	14.96

从表1中的测试结果可知,该温室大棚24小时内都能够通过气暖和地暖管道进行自动调节,保证了棚内空气和土壤温度不论是在白天还是在夜间都控制在黄瓜最适宜生长的环境,且昼夜温差能控制在10℃左右,最大限度的促进了生长。实验结果表明:系统工作稳定可靠,风机工作正常使棚内气体循环流通,在同一时刻整个大棚内各角落的温度差小于0.5℃,克服了温度不均的问题,为建设精细化和智能化的温室大棚提供了技术保证。

4 结论

为使温室大棚内的空气温度和土壤温度均能满足作物的最佳生长条件,借助并联集中供暖的方法设计了气暖和地暖系统,利用风扇定点散热对室温进行控制,根据管道内热水的变化情况,通过控制进水和出水控制阀进行换水,实现了对管道内的热水的最大限度的利用。通过对种植黄瓜的温室大棚进行测试表明:系统能够实时采集大棚内空气和土壤的温度,并使温室内的各处温度达到均衡,各处温差较小,温差小于0.5℃,为作物提供了最佳的生长环境,也大大提高了供暖系统的利用率,为建设节能型温室大棚群提供了有效的技术手段。

参考文献:

- [1] 胡衡,梁岚珍.基于ZigBee和ARM的温室大棚多点温度采集系统的设计[J].江苏农业科学,2014,42(7):416-419.
- [2] 张慧颖.基于物联网的温室大棚智能监测系统的设计[J].湖北农业科学,2014,53(14):3402-3406.
- [3] 李世红,陈斌,胡慧铺.基于CAN总线和GPRS的温室大棚监控系统的设计[J].浙江农业学报,2014,26(4):1090-1094.
- [4] 吴昊,何鹏,杨曼.基于Android的温室大棚监控管理信息系统研究[J].农机化研究,2013,35(11):79-83.
- [5] 许明,闫旻.基于ARM11和WinCE的温室大棚嵌入式监控系统设计[J].仪表技术与传感器,2013(3):88-90.
- [6] 刘刚,陈树新.基于STM32的铂热电阻桥式测温系统设计与实现[J].自动化与仪表,2014,29(1):53-56.
- [7] 张修太,胡雪惠,翟亚芳.基于PT100的高精度温度采集系统设计与实验研究[J].传感技术学报,2010,23(6):812-815.
- [8] 张永梅,王凯峰,马礼,等.基于ZigBee和GPRS的嵌入式远程监测系统的设计[J].计算机科学,2012,39(6):222-225.
- [9] 彭高丰.温室大棚环境智能自动测量与调节系统研究[J].计算机测量与控制,2012,20(10):2664-2665.
- [10] 曹新,董玮,谭一西.基于无线传感网络的智能温室大棚监控系统[J].电子技术应用,2012,38(2):84-87.
- [11] 刘艳朋,杨宝祝,王元胜.基于B/S的森林火灾预警与指挥系统设计[J].计算机工程与设计,2013,34(1):360-365.