

DOI:10.3969/j.issn.1000-1298.2010.04.025

果脯隧道式干燥机温湿度监控系统设计与试验*

韩清华^{1,2} 吴海华^{1,3} 叶金鹏² 毛志怀¹ 康泽² 范云涛³

(1. 中国农业大学工学院, 北京 100083; 2. 中国农业机械化科学研究院农副产品加工工程技术中心, 北京 100083;
3. 中国农业机械化科学研究院土壤植物机器系统技术国家重点实验室, 北京 100083)

【摘要】 设计了果脯隧道式干燥机多段温湿度监控系统。系统以可编程控制器与工控机为控制中心, 基于组态软件的二次开发, 对隧道式干燥机多段变温变湿干燥过程的温度、湿度和干燥时间进行实时监控和集中管理。运行试验表明, 该系统实现了温湿度的参数设置、实时动画显示、趋势曲线、数据库查询、报表输出打印等功能, 温度控制精度为 2℃, 相对湿度控制精度达到 8%。

关键词: 隧道式干燥机 果脯 监控 系统设计 组态软件 试验

中图分类号: S375; TP273 文献标识码: A 文章编号: 1000-1298(2010)04-0119-05

Monitoring and Controlling System of Temperature and Humidity for Tunnel-type Dryer

Han Qinghua^{1,2} Wu Haihua^{1,3} Ye Jinpeng² Mao Zhihui¹ Kang Ze² Fan Yuntao³

(1. College of Engineering, China Agricultural University, Beijing 100083, China

2. Agro-product Processing Engineering Center, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China

3. State Key Laboratory of Soil Plant Machinery System Technology, Chinese Academy of Agricultural Mechanization Sciences, Beijing 100083, China)

Abstract

The temperature and humidity monitoring and controlling system in a tunnel-type dryer was developed, based on supervisory control and data acquisition (SCADA) systems, industrial personal computer (IPC) and programmable logic controller (PLC). The customized IPC software of monitoring and controlling system monitors real-time temperature and humidity through the communication between IPC and PLC. The software functions realized drying processing parameters inputting, real-time data acquisition and displaying, dynamic and historical data curves, database inquiry and report forms printout. The accuracy of temperature and humidity controlling meets with the requirement of the drying room, with the maximum track error as 2℃ for temperature and 8% for relative humidity.

Key words Tunnel-type dryer, Preserved fruit, Monitoring, System design, SCADA systems, Experiment

引言

隧道式干燥机在农产品干燥行业中应用广泛, 但由于温湿度的控制方式单一, 不适合用于复杂的多段干燥工艺要求。因此, 有必要研究适用于多段

变温、变湿的隧道式干燥机监控系统, 以提高控制性能和水平, 减少热源浪费, 降低运行成本^[1]。本文采用 PLC 进行隧道式干燥机干燥过程控制, 采用工控机进行干燥过程管理, 基于组态软件的二次开发, 实现对隧道式干燥机分段干燥过程温、湿度实

收稿日期: 2009-06-19 修回日期: 2009-09-30

* 国家“863”高技术研究发展计划资助项目(2007AA100406)

作者简介: 韩清华, 博士后, 中国农业机械化科学研究院高级工程师, 主要从事果蔬深加工研究, E-mail: hanqinghua1971@sina.com

通讯作者: 毛志怀, 教授, 博士生导师, 主要从事生物质资源开发利用和农产品加工研究, E-mail: maozhh@cau.edu.cn

时监控和集中管理^[2]。

1 温湿度监控系统组成及原理

根据果脯的干燥机干燥工艺要求,将整个干燥过程划分为6个阶段,每个阶段的温、湿度值和上、下限可以任意设置;通过温度变送器测量干燥机热风的实际温度,根据设定温度和实际温度的差值,采用闭环PID控制算法,计算输出相应的电流控制信号驱动蒸汽调节阀,通过蒸汽调节阀的开启比例来控制蒸汽流量的大小,达到精确控制干燥机热风温度;通过湿度变送器测量干燥机的实际湿度,当实际湿度大于等于干燥机设定湿度的上限值时,开启排风机,降低湿度,当实际湿度小于等于干燥机设定湿度的下限值时,关闭排风机。

监控系统的组成框图如图1所示。由工控机IPC、可编程逻辑控制器PLC、PLC模拟输入模块和PLC模拟输出模块组成控制中心;温度变送器和湿度变送器提供4~20 mA的模拟信号,引风机和排风机的旋钮、过载保护组成输入元件,PLC模拟输入模块与温度变送器和湿度变送器相连,实时采集温度和湿度,输入端子连接旋钮和过载保护,采集开关信号;蒸汽调节阀、引风机电动机和排风机电动机组成输出元件,PLC模拟输出模块与蒸汽调节阀连接,输出4~20 mA的模拟信号控制蒸汽调节阀的开启

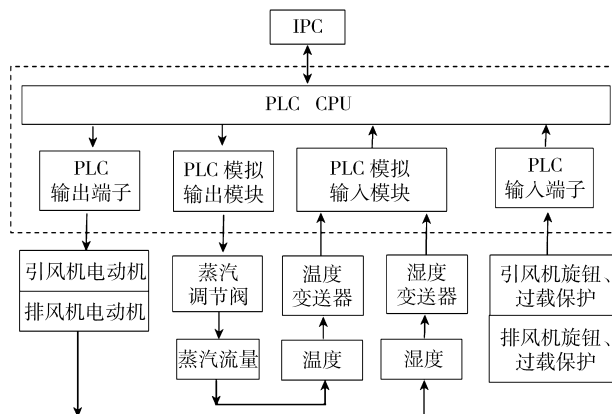


图1 温湿度监控系统组成框图

Fig. 1 Block diagram of temperature and humidity monitoring and controlling system

比例,PLC输出端子与引风机电动机、排风机电动机连接,输出开关信号控制电动机的启停^[3]。

2 硬件设计与配置

温湿度监控系统的硬件包括:可编程逻辑控制器PLC、模拟输入输出模块EM235、温湿度变送器THR、蒸汽调节阀SPV、调试/自动旋钮1SA、引风机旋钮2SA、引风机过载保护1FR、排风机旋钮3SA、排风机过载保护2FR、PLC-IPC连接电缆PPI Cable、工控机IPC。硬件配置原理图如图2所示。

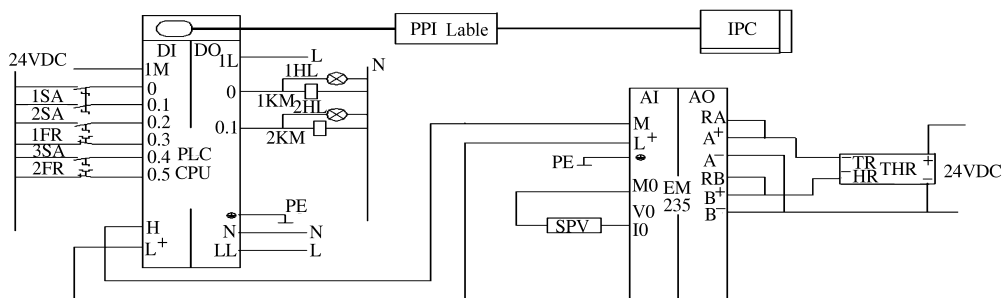


图2 硬件配置原理图

Fig. 2 Principle diagram of the hardware system

选用RPC-500/NOVO-7485型工控机IPC(P4 2.8 GHz CPU,512 MB DDR内存,Acer 17"显示器)作为上位机,内置128 MB显存的独立显卡,支持3D图形加速,能直观地监控干燥过程现场。该工控机可完成组态软件的设计,通过PPI电缆与PLC进行数据通信;PPI电缆连接工控机串行口与PLC的RS485通信口,完成RS232/RS485信号转换和PPI传输协议,实现PC机向PLC发送和接收命令^[4]。

PLC选用西门子S7-200系列的CPU 222,具有8路数字量输入端子,接收旋钮和过载保护的数字量输入信号;6路数字量输出端子,输出数字量信号控制继电器和信号灯的通断。同时组合了1个模拟

量扩展模块EM235,可接收4路模拟量输入,控制1路模拟量输出,将采集的温湿度模拟量信号转换为其相应的数字值,PLC计算的控制蒸汽调节阀开启比例的数字值转换为4~20 mA模拟量信号,以控制蒸汽调节阀^[5]。

温度和湿度测量选用JWSK-6ACC02A宽温型温湿度变送器,该变送器响应快,探头外加过滤器,可用于高精度、高温、防尘和防水要求的测量场合。温度测量范围为0~100℃,精度可达到0.5℃,相对湿度测量范围为0~100%,精度为2%,温度和湿度模拟信号传输均为三线制,电流输出4~20 mA。蒸汽调节阀选用ZXMO-16B型,该产品体积小,质量

轻,可调范围广,阀容量大,流量特性精确,动作稳定可靠。公称压力为 1.6 MPa,公称直径为 50 mm,控制信号 4 ~ 20 mA。当控制信号输入到电气阀门定位器,带动蒸汽调节阀的气动执行器,产生信号压力,输入到膜室,在膜片上产生推力,压缩弹簧,使推杆移动,带动阀杆、阀芯,改变套筒上窗口流通面积,直到弹簧的反作用力与信号压力作用在膜片上的推力相平衡,达到自动调节蒸汽流量的目的。

3 软件设计及开发

3.1 PLC 程序

烘房的监控程序采用模块化设计,由主程序和各子程序组成,系统程序流程图如图 3 所示。主程序调用各子程序,实现初始化和控制 PLC 运行。各

子程序独立完成各自功能,互不干扰。共有 4 个子程序:温湿度模拟量输入子程序、分段干燥时间设定子程序、分段干燥温湿度设定子程序、蒸汽调节阀 PID 控制子程序。

温湿度变送器电流输出信号 4 ~ 20 mA 对应 PLC 模拟输入模块的数值范围为 6 400 ~ 32 000,计算温度和湿度实时值的公式为

$$\begin{cases} y_{ti} = \frac{x_{ti} - 6400}{256} \\ y_{hi} = \frac{x_{hi} - 6400}{256} \end{cases}$$

式中 y_{ti} ——温度实时值,℃
 y_{hi} ——湿度实时值,%
 x_{ti} ——PLC 采集的温度模拟量输入值
 x_{hi} ——PLC 采集的湿度模拟量输入值

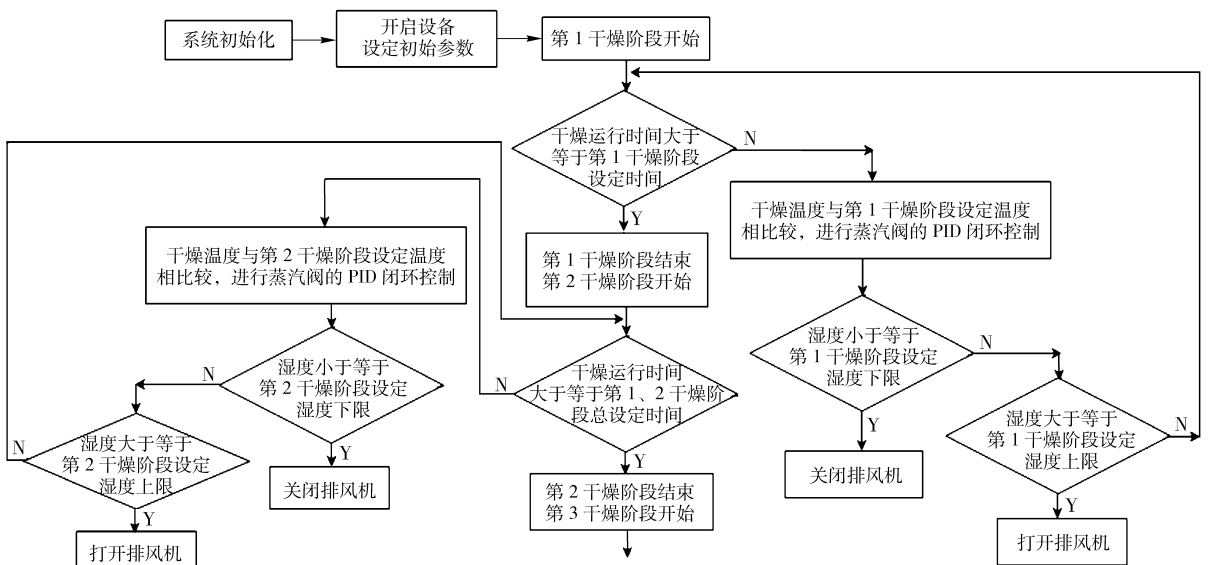


图 3 监控系统程序流程图

Fig. 3 Flowchart of monitoring & controlling system program

PID 控制是一种最普遍采用的控制方法,具有算法简单、可靠性高以及不需要精确的控制对象数学模型等优点^[6]。图 4 所示为基于蒸汽调节阀的闭环 PID 控制框图。

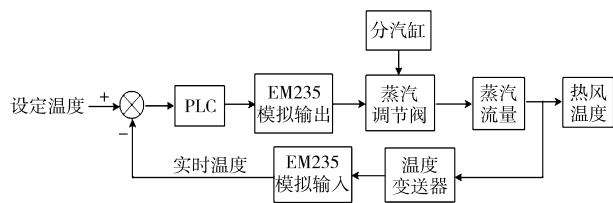


图 4 基于蒸汽调节阀的闭环 PID 控制框图

Fig. 4 Diagram of closed-loop PID control system based on pneumatic proportional valve

PLC 通过模拟模块 EM235 输出 4 ~ 20 mA 电流信号控制蒸汽调节阀的开启比例,PLC 通过模拟模

块 EM235 采集温度电流信号,经温湿度模拟量输入子程序转换为温度实时值,与设定温度进行比较,利用 PID 控制算法对温度误差信号进行处理。

3.2 工控机组态软件

软件系统是在全中文工控组态软件 MCGS (monitor and control generated system)基础上二次开发完成的。MCGS 软件是一套基于 Windows 平台,用于快速构造和生成上位机监控系统的组态软件系统,MCGS 系统包括组态环境和运行环境。用户在组态环境中完成所有的组态配置,设计和构造自己的应用系统;运行环境是一个独立的运行系统,它按照组态结果数据库中用户指定的方式进行各种处理,完成用户组态设计的目标和功能。能够完成现场数据采集、实时和历史数据处理、报警和安全机制、流程控制、动画显示、趋势曲线绘制和报表输出

以及企业监控网络等功能,基于 MCGS 二次开发的监控系统功能如图 5 所示^[7-8]。

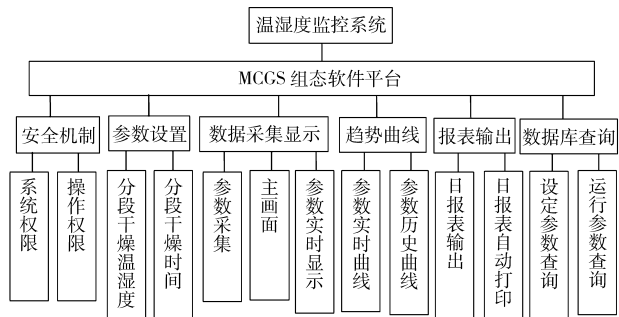


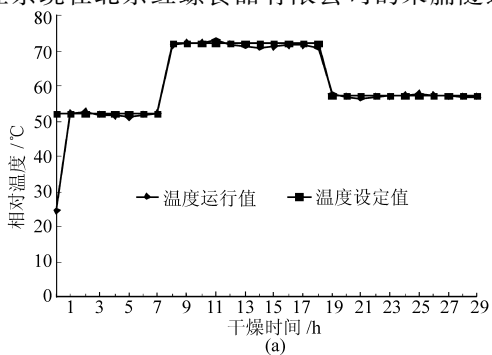
图 5 监控系统的功能图

Fig. 5 Function diagram of monitoring and controlling system

组态软件建有系统管理者和操作员组的安全机制,系统管理者键入工程密码,可以进行系统操作、参数设置和退出监控系统的权限操作,操作员组只能进行简单的日常操作;干燥过程分为 6 个阶段,每个干燥阶段顺序独立运行,可任意设置干燥时间、干燥温度、湿度上下限值;数据采集显示功能包括参数采集、主画面和参数实时显示,组态软件 MCGS 支持西门子 PPI 通信协议,可以直接和 S7-200PLC 进行通信,读取 CPU 222 的数据,设计满足监控要求的主画面,建立与实时数据库的连接,实现数据和流程的可视化,将各参数的采集数据进行实时显示;趋势曲线可以更直观地显示各参数的数据变化趋势,包括参数实时曲线和历史曲线;报表输出是指当日整点时间显示每小时的平均值,同时在每天 8 点自动打印当日提取的日报表;数据库包括干燥设定参数数据库和干燥运行参数数据库。可以根据选取的时间范围查询浏览该时间段的参数值,还能打印成报表。监控系统的部分运行界面如图 6 所示。

4 试验验证

监控系统在北京红螺食品有限公司的果脯隧道



(a)

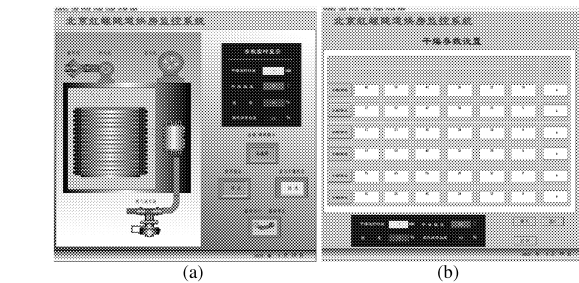


图 6 监控系统的运行界面

Fig. 6 Running picture of monitoring & controlling system

(a) 主画面 (b) 参数设置

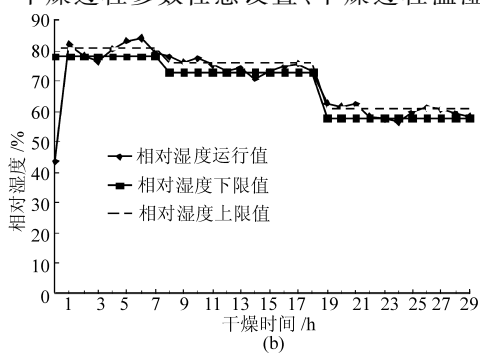
式干燥机进行运行试验。在枣脯的干燥试验过程中,温湿度随时间变化曲线如图 7 所示,整个干燥过程分为 3 个阶段,第 1 干燥阶段的温度运行值为 51.2 ~ 52.7℃,相对湿度为 76.3% ~ 84.3%,温、湿度误差范围分别为 1.5℃和 6%;第 2 干燥阶段的温度运行最小值为 70.9℃,最大值为 72.9℃,相对湿度运行值为 71.5% ~ 78.2%,温、湿度误差分别为 2℃和 6.7%;第 3 干燥阶段的温度实时值为 56.5 ~ 57.9℃,相对湿度为 56.6% ~ 62.8%,温度误差为 1.4℃,相对湿度控制范围为 6.2%。达到了隧道式干燥机温度控制精度 2℃,相对湿度控制精度 8%的要求。

试验证明该系统具有性能稳定可靠、安装简单等特点,能完成温湿度的数据采集、动画显示、趋势曲线绘制、实时和历史数据处理和报表输出打印等功能,实现了隧道式干燥机多段温湿度的实时监控和集中管理。

5 结论

(1) 该监控系统采用 PLC 与工控机为控制中心,基于组态软件的二次开发,实现了隧道式干燥机多段温湿度的实时监控和集中管理,温度控制精度达到 2℃,相对湿度控制精度为 8%。

(2) 该系统具有性能稳定可靠、安装简单、实现干燥过程参数任意设置、干燥过程温湿度和干燥时



(b)

图 7 温度和相对湿度随干燥时间的变化曲线

Fig. 7 Change curves of temperature and relative humidity with drying time

(a) 温度 (b) 相对湿度

间的数据采集、动画显示、趋势曲线绘制、实时和历史数据处理和报表输出打印等功能。

态软件的二次开发来实现多种控制策略,需要元器件少,具有较大的可修改性和扩展性,方便进一步升级,降低了成本,提高了系统的性价比。

(3) 整个监控系统主要以 PLC 程序控制和组

参 考 文 献

- 1 陈厚荣, 阚建全, 张建军, 等. 蒸气加热式花椒烘干房设计[J]. 西南农业大学学报:自然科学版, 2004, 26(2): 233 ~ 235.
Chen Hourong, Kan Jianquan, Zhang Jianjun, et al. The design of a steam-heated drying-house for Chinese prickly ash[J]. Journal of Southwest Agricultural University: Natural Science, 2004, 26(2): 233 ~ 235. (in Chinese)
- 2 韩清华, 李树君, 张云川, 等. 食用菌工厂化栽培环境的远程监测系统[J]. 农业机械学报, 2008, 39(8): 123 ~ 127.
Han Qinghua, Li Shujun, Zhang Yunchuan, et al. Remote monitoring system of edible fungus industrial cultivation environment[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(8): 123 ~ 127. (in Chinese)
- 3 卢剑, 陈立新. 基于 PLC 与 PC 机监控管理软件的液位测控[J]. 微计算机信息测控自动化, 2006, 22(28): 121 ~ 123.
Lu Jian, Chen Lixin. Measurement & control of liquid level basing on PLC and PC's monitor and control management software [J]. Control & Automation, 2006, 22(28): 121 ~ 123. (in Chinese)
- 4 朱奕丹, 吴凯波. 主从式 S7-200 PPI 通信与 MCGS 监控组态设计[J]. 自动化技术与应用, 2006, 25(5): 21 ~ 23.
Zhu Yidan, Wu Kaibo. S7-200 PPI host-slave communication[J]. Techniques of Automation & Applications, 2006, 25(5): 21 ~ 23. (in Chinese)
- 5 严盈富. 基于 PLC 和组态软件的包衣系统研究[J]. 微计算机信息测控自动化, 2006, 22(31): 67 ~ 69.
Yan Yingfu. Research of wrap-covering system based on PLC and configuration software[J]. Control & Automation, 2006, 22(31): 67 ~ 69. (in Chinese)
- 6 陈立平, 黄文倩, 孟志军, 等. 基于 CAN 总线的变量施肥控制器设计[J]. 农业机械学报, 2008, 39(8): 101 ~ 104.
Chen Liping, Huang Wenqian, Meng Zhijun, et al. Design of variable rate fertilization controller based on CAN bus[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(8): 101 ~ 104. (in Chinese)
- 7 何强, 栗震霄, 陈宝军. 数字化粮情测控系统性能测试[J]. 粮油加工, 2006(9): 69 ~ 71.
He Qiang, Li Zhenxiao, Chen Baojun. Digital detection system's performance test [J]. Cereals and Oils Processing, 2006(9): 69 ~ 71. (in Chinese)
- 8 胡国良, 龚国芳, 杨华勇. 盾构模拟试验平台监控系统[J]. 农业机械学报, 2007, 38(1): 164 ~ 167.
Hu Guoliang, Gong Guofang, Yang Huayong. Condition monitoring system of simulator test rig for shield tunnelling machine [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2007, 38(1): 164 ~ 167. (in Chinese)

(上接第 113 页)

- 11 王相友, 李霞, 王娟, 等. 气调包装下果蔬呼吸速率研究进展[J]. 农业机械学报, 2008, 39(8): 94 ~ 99.
Wang Xiangyou, Li Xia, Wang Juan, et al. Advances of respiration rate in modified atmosphere packaging for fruits and vegetables[J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2008, 39(8): 94 ~ 99. (in Chinese)
- 12 Gormley R. Chill storage of mushrooms[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 1975, 26(4): 401 ~ 411.
- 13 李霞, 王相友, 王娟. 双孢蘑菇主动气调包装试验[J]. 农业机械学报, 2009, 40(9): 131 ~ 137.
Li Xia, Wang Xiangyou, Wang Juan. Active modified atmosphere packaging experiment for *Agaricus bisporus* [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(9): 131 ~ 137. (in Chinese)
- 14 王娟, 王相友, 李霞. 气调包装下双孢蘑菇呼吸特性[J]. 农业机械学报, 2009, 40(10): 102 ~ 105, 70.
Wang Juan, Wang Xiangyou, Li Xia. Respiration characteristics of *Agaricus bisporus* under modified atmosphere packaging [J]. Transactions of the Chinese Society for Agricultural Machinery, 2009, 40(10): 102 ~ 105, 70. (in Chinese)