

研究与开发

甲醛等有机挥发物释放量检测箱的 单片机控制系统设计

闫承琳, 周玉成, 侯晓鹏, 苗 虎

(中国林科院木材工业研究所; 国家林业局木材科学与技术重点实验室, 北京 100091)

摘要: 从硬、软件设计方面, 阐述所开发甲醛等有机挥发物释放量检测箱的控制系统特点。该系统由 ATmega2560 单片机构成控制器, 完成检测室内温湿度的实时监控及自动控制, 温度和湿度控制精度可分别达到 $\pm 0.5\%$ 和 $\pm 1\%$, 相对可编程控制器的系统成本降低, 且人机界面操作简便。

关键词: 有机挥发物; 控制系统; 人机交互界面; 单片机; 温湿度控制

中图分类号: TS67 文献标识码: A 文章编号: 1001-8654(2011)04-0018-04

Development of a Microcomputer Control System for Formaldehyde and Other Volatile Organic Compound Emissions Measuring Instrument

YAN Cheng-lin, ZHOU Yu-cheng, HOU Xiao-peng, MIAO Hu

(Research Institute of Wood Industry, Chinese Academy of Forestry;

Key Laboratory of Wood Science and Technology of State Forestry Administration, Beijing 100091, China)

Abstract: A control system, based on a microcontroller for a measuring instrument, was developed for formaldehyde and other volatile organic compound emissions. This article described the system hardware construction, software processing, and how to combine them in the system to realize real-time measuring and automatic controlling. The application of this system, for a 1-cubic formaldehyde measuring system, showed that the temperature and humidity control reached $\pm 0.5\%$ and $\pm 1\%$, respectively. The cost for this micro-controlled instrument was reduced compared with that for a programmable logic controller. An intelligent man-machine interface, based on a touch screen, was also designed to make this an easily operated system.

Key words: control system; man-machine interface; microcontroller; control of temperature and humidity

人造板及其制品释放的甲醛等有机挥发物 (Volatile organic compounds, VOC), 严重危害人类健康, 其检测方法与仪器的开发, 已是人造板领域的研究热点问题之一。

针对甲醛及其他 VOC 释放量检测与鉴定仪器

的开发, 国外目前普遍采用计算机与可编程控制器 (Programmable logic controller, PLC) 的系统架构, 仪器制造成本高, 不利于推广普及^[1]。为降低成本, 笔者设计开发了基于 ATmega2560 微处理器的单片机控制系统^[2], 实现检测室内温度和湿度的实时采集、监测及全自动控制。

本文阐述该单片机控制系统的软、硬件设计特点, 旨为人造板生产企业和质检机构提供参考, 促进检测方法的改进, 效率的提升。

收稿日期: 2011-03-16; 修改日期: 2011-06-20

基金项目: 国家高技术研究发展计划(863 计划)课题(2010AA101702)。

作者简介: 闫承琳(1981—), 女, 中国林科院木材工业研究所博士研究生。

通讯作者: 周玉成, 男, 中国林科院木材工业研究所研究员。

1 控制系统的总体方案

1.1 检测箱构成及其工作原理

检测箱主要由:检测室、温度控制子系统、湿度控制子系统、空气循环子系统和控制系统组成。

其中,温度控制子系统主要包括:控温水箱、水箱内加热管、制冷机、水泵以及放置于检测室内的热交换器。通过控制加热管与制冷机的运行,实现箱内水温的控制,相连水泵将水送入热交换器内,调节检测室内空气温度。

湿度控制子系统由湿度发生器、制冷机、气体流量计、气泵、控湿水泵等组成,通过湿气管连接,把具有一定湿度和压力的水蒸气送入检测室内,对检测室内空气进行加湿。

空气循环子系统包括风扇、挡风板。由湿度控制子系统输入的湿气与检测室内原有湿空气,在风扇作用下,经由热交换器进行加热,通过挡风板循环,形成具有一定风速、湿度和温度、混合均匀的气体^[3]。

控制系统由工控机、单片机控制器和触摸屏构成,其中工控机与单片机相连,单片机分别与温度、湿度和空气循环等 3 个子系统相连,并根据温、湿度传感器采集的信号,控制 3 个子系统,以保证检测室内的温度和湿度达到检测环境条件要求。

1.2 控制系统需求分析

控制系统的主要任务是:对加热管等执行元件和温湿度传感器检测元件进行控制,将系统的调整时间控制在 3~4 h;检测室空气温度控制在 $(15 \pm 0.5) \sim (50 \pm 0.5) ^\circ\text{C}$,精度在 $\pm 0.5 ^\circ\text{C}$;空气湿度控制在 $(40 \pm 1) \% \sim (50 \pm 1) \%$,精度在 $\pm 1 \%$ 。

用户通过人机交互界面,简单设定系统参数,即可实现系统的自动运行,并且,显示屏可实时显示过程参数及其变化;检测过程完成后,系统显示历史过程曲线,供用户分析温湿度随时间的变化规律。

1.3 控制系统方案设计

系统总体布局及连接如图 1 所示。

具体实现方法:单片机控制器分别与 9 个温度传感器、3 个湿度传感器连接,分别采集检测室内上、中、下三层的温度与湿度信号,传送给单片机控制器;选择 AT mega2560 作为微处理器,对传感器和继电器等采集到的模拟信号和开关量输入信号进行处理,利用固态调压器实现模拟量的输出,利用继电器等控制调速风扇、水泵、限位开关等开关量的输出。制冷机组、水泵、气泵和调速风扇保持开启,系统对其状态进行实时监控与预警。

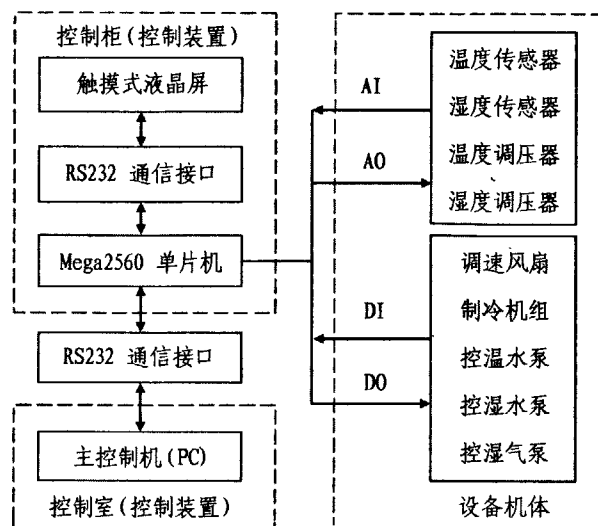


图 1 单片机控制系统的总体布局与连接

Fig. 1 Arrangement of the microcomputer control system

系统将采集得到的平均温度值和平均湿度值,同设定值进行比较,利用自适应(Proportion integration differentiation, PID)控制算法,判断控制输出,使检测室环境的温湿度,在规定的时间内达到检测要求范围,且不超过系统设定的最高临界温度和临界湿度。

如温度未达设定值,驱动控制继电器闭合,接通加热器;如温度超过临界值,则断开加热器加速降温,直至达到设定值。如湿度偏小,通过调高湿度发生器内水温,增加检测室内空气湿度,反之则停止湿度发生器内的水温加热,以降低室内湿度,最终使得检测环境达到要求。

系统将所测温度和湿度的实时数据、曲线和系统控制点状态等,在基于触摸屏的人机交互界面上实时显示。

2 控制系统硬件的模块化设计

根据控制系统要求,将复杂过程划分为若干个相互独立的基本控制单元,从而实现对系统的级联控制,达到复杂系统的预定目标。本系统的硬件划分为 5 个模块:

1) 人机交互模块,实现系统参数设定,各执行部件的状态、温湿度的实时显示等功能;

2) 开关量控制模块,实时读取系统各开关量信号,供微处理器查询;并根据微处理器发出的信号,控制系统相应部件的动作;

3) 模拟量采集处理模块,主要完成实时读取系统各模拟量的数值,并进行 A/D 转换和分析;

4) 模拟量输出模块,根据实时读取的各模拟量数值,同设定值进行比较,对系统输出信号进行控制;

5) 外扩存储模块,使用外扩 EEPROM 存储器 AT24C256,对数据进行存储与读取。

利用这种设计方法可大大缩短系统的硬件研发周期,实现多人单一任务的快速开发;有利于企业标准化生产秩序的建立,更加方便与快捷地对系统进行测试和修改,形成新的产品系列;同时方便系统的重用、升级、维修和产品废弃后的拆卸、回收和处理,可以减少或消除对环境的不利影响。

3 控制系统的软件设计

系统软件设计分为单片机监控和主控制机数据处理 2 个部分,主要实现功能包括:模拟量变化和制点状态的监控,以及通信接口设置,信号处理分析,运行安全保护,可视化人机交互,以及数据传输与处理等。

3.1 单片机监控部分设计

单片机监控部分具体任务包括:

1) 单片机控制器对温湿度信号进行采集、A/D 转化为数字量,并存储到外扩 EEPROM 中。

2) 将转化得到的数值与设定值进行比较,得到模拟量输出的数字信号,对该数字信号实现 D/A 转换处理后,进行控制输出。

3) 利用与单片机控制器连接的触摸屏对处理后的数字量进行必要的显示,并按自适应 PID 控制算法产生的相应控制量,从输出通道送往执行单元,达到监控设备运行状态的目的。

3.1.1 模块层次化设计方案

在系统软件设计中,以模块层次化为结构框架进行模块划分,每个模块根据其功能,在不同层次上还可以细化为更小的模块,以便在程序设计中灵活应用^[4]。主要分为:

1) 初始化模块;

2) 串口通信模块,主要是 RS232 串口通信协议的制订,包括通信帧结构的设计、波特率设置等;以及初始化 USART 接口、数据帧发送和接收等部分;

3) 模拟信号采集处理模块,包括 ADC 和软件滤波两个任务模块,实现实时采样;

4) 模拟量输出模块,包括定时器重载、溢出中断处理、DAC 和控制算法输出等模块;

5) 数据存储模块,包括数据读出和写入两个任务模块;

6) 开关量控制模块,主要是开关量端口设置,输入/输出开关量的读取与输出控制,以及状态变化的适时预警;

7) 可视化人机交互模块,触摸屏与单片机通信,完成控制参数设定,实时监测数据保存,以及数据的曲线、图形等方式显示,开关量的动作控制操作和状态显示,并实现系统报警提示。

该部分软件可以使用 C 语言进行程序编写,ICCAVR 编译器进行编译。

3.1.2 程序设计

上述各层次的小模块在主程序中,由主函数按照一定的顺序结构调用,协调实现系统的自动化控制,保障设备正常运行,异常情况报警提示等。单片机监控部分软件流程如图 2 所示。

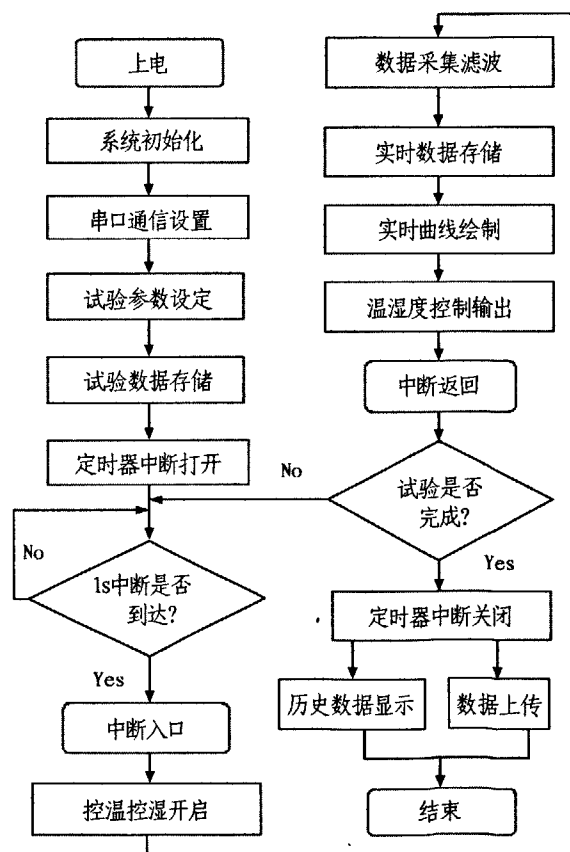


图 2 单片机监控部分软件设计流程

Fig. 2 SCM monitoring system flowchart

具体实现过程:

1) 系统上电,进行单片机微处理器的硬件初始化设置,即各 I/O 端口的初始状态设定,以及软件初

始化设置,包括系统参数、状态变量、定时器/计数器、中断、ADC、数据存储等模块初始化;

2) 单片机与触摸屏串口通信实现数据交换,在参数设定界面中,系统利用人机交互模块,完成操作人员信息输入、控制参数设定等;

3) 单片机控制器调用数据存储模块的数据写入函数,保存上一步骤录入的信息和数据;

4) 当用户点击“确定”按钮时,系统打开定时器中断,在模拟量采集处理模块中通过 A/D 转化、滤波、D/A 转换和输出等,并把实时数据通过 I2C 总线存入外扩数据存储模块中,实现对系统实时数据的存取、处理和监控。然后读取存入外扩 EEPROM 的实时数据,绘制温度与湿度的实时监控曲线,并监控开关量输入状态,从而实现设备的过程控制;

5) 当监测过程结束时,系统进入历史曲线界面,显示整个过程温湿度的变化曲线,并通过串行通信,上传至主控制机。

3.2 主控制机数据处理程序设计

主控制机数据处理的任务包括:主控制机与单片机控制器进行串行通信,对接收得到的数据进行处理和存储,实现查询分析以及历史数据打印等功能。

该部分软件使用 Visual Basic 语言进行程序设计,任务划分为:系统参数设置模块、数据传输模块、历史数据显示和曲线绘制模块以及打印模块,人机交互界面采用多级下拉式菜单或窗口的结构设计^[5]。系统控制流程如图 3 所示。

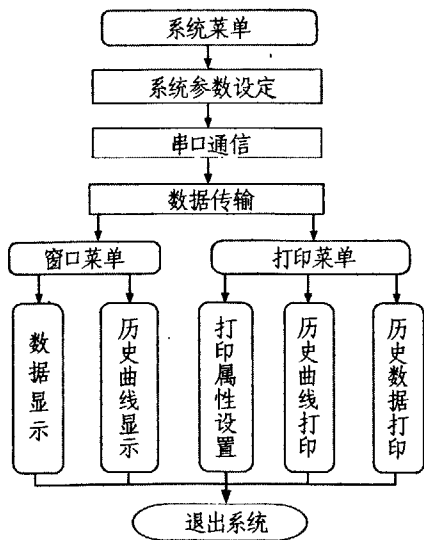


图 3 主控制机数据处理软件设计流程

Fig.3 Host computer flowchart

4 结语

该单片机控制系统的硬件设计采用模块化方法,实现了相应模块功能,并通过端口利用、外围电路连接和必要端口预留等方式,保证在单片机控制器中合理、有效地分配任务,并为硬件电路的扩展提供了一定的空间。

在该系统的软件设计中,通过模块层次化方法,完成相应功能模块、任务模块和专用函数的随时添加、删除和修改,使得系统的调试、维护、扩充和重构非常方便。

这种硬、软件设计的充分结合,使得控制系统可根据检测箱的具体要求,进行功能的增加和精简。

该单片机控制系统应用在 1 m³ 气候箱中,实现了检测箱的全自动化监测与控制,温湿度控制精度(表 1),达到并超过了 LY/T 1612-2004《甲醛释放量检测用 1m³ 气候箱检测》的要求。与笔者所在项目组开发的基于 PLC 的控制系统相比,该系统的湿度控制精度相同,温度控制精度略低。

该控制系统具有基于触摸屏的人机交互界面,操作简便、信息丰富、监测直观;并且,由于采用性价比高的单片机控制器,以及 RS232 总线式通信结构,成本比 PLC 控制系统可降低 1/3 左右。

表 1 控制系统的温湿度精度检测结果
Tab.1 Temperature and moisture accuracy of the control system

控制系统	温度精度/℃	湿度精度/%
基于单片机的控制系统	±0.5	1
基于 PLC 的控制系统	±0.3	1
LY/T 1612-2004	±0.5	3

参考文献:

[1] Yu-cheng Zhou, Cheng Fang, Yuan An, et al. Controllability of linear feedback control systems with communication constraints [J]. Scientia Silvae Sinicae, 2003, 39(6): 131-135.
[2] Yu-cheng Zhou, Cheng Fang, Yong-ping Chen, et al. Almost disturbance decoupling of linear singular systems[J]. Scientia Silvae Sinicae, 2004, 40 (5): 157-163.
[3] 周玉成,程放,李晓群. 非线性系统鲁棒渐近跟踪[J]. 木材工业, 2003, 17(5): 11-13.
[4] 江海波,王卓然,耿德根. 深入浅出 AVR 单片机: 从 ATmega48/88/168 开始[M]. 北京: 中国电力出版社, 2006: 458-468.
[5] 刘辉,庞佑霞,谢明华,等. 电壁炉性能参数自动测试台的设计与应用[J]. 长沙大学学报, 2008, 22(5): 8-10.

(责任编辑 向 琴)