

# 基于 ZigBee 的热压机监控系统的的设计

李帷笏<sup>1</sup>, 梁万用<sup>2</sup>

(1. 河南职工医学院 教务处, 河南 郑州 451191;

2. 郑州轻工业学院 电气信息工程学院, 河南 郑州 450002)

**摘要:**针对多台热压机的无线实时监控和管理的问题,基于无线通信模块 JN5148,开发了一个基于 ZigBee 的热压机监控系统.该系统采用基于继电整定的 PID 控制算法,通过 ZigBee 无线网络建立了 PC 机与多台烧结炉的无线通信.运行结果表明,该系统设计方法应用方便,通信可靠性高,温度控制误差  $< 0.3^{\circ}\text{C}$ ,压力控制误差  $< 0.1\text{ kN}$ .

**关键词:**热压机;JN5148;PID;无线监控

**中图分类号:**TN80 **文献标志码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.2095-476X.2012.06.012

## Design of sintering machine monitoring system based on the ZigBee

LI Wei-jia<sup>1</sup>, LIANG Wan-yong<sup>2</sup>

(1. Teaching Affairs Office, He'nan Medical College for Staff and Workers, Zhengzhou 451191, China;

2. College of Electric and Information Engineering, Zhengzhou University of Light Industry, Zhengzhou 450002, China)

**Abstract:** Aiming at the problem of wireless monitoring and management for sintering machines, the wireless communication module JN5148 was used to develop a sintering machine monitoring system based on ZigBee technology. The system builds the wireless communication among the PC and many sets of sintering machines which using PID control algorithm based on relay setting and ZigBee wireless network. The running results showed that the methods is convenient, and its reliability is high, and temperature control error is less than  $0.3^{\circ}\text{C}$ , and pressure control error is less than  $0.1\text{ kN}$ .

**Key words:** sintering machine; JN5148; PID; wireless monitoring

## 0 引言

热压机是通过加热加压对材料进行加工成型的机器,广泛应用于金刚石制品、板类制品、石墨制品等的生产,产品的质量主要取决于3个方面,即温度压力的控制精度、工艺的设置合理性和整个工艺过程的实际工艺曲线<sup>[1-2]</sup>.目前,在产品生产过程中,为了保证产品质量、工艺协同性和安全性,每台

热压机往往由多人实时监控,造成人为失误的可能性较高,对企业的人力资源要求较高,车间环境也对工人的健康不利.同时,由于工人工作量大多是计件统计,这就导致有些工人可能为了更多的计件会去修改工艺时间,或者将不合适的产品混入.针对这些问题,已有学者、热压机制造企业和软件企业对热压机监控系统进行了研究和改进,如基于 PLC 的热压机 PID 控制系统研究<sup>[1]</sup>、烧结炉控制系

统设计<sup>[2]</sup>、热压机控制系统的 PID 改进<sup>[3]</sup>. 现有研究和应用只能对 1 台热压机进行有线控制,无法对多台和分布式的热压机系统进行控制.

鉴于此,本文设计一种基于 ZigBee 的热压机监控系统,在实现对温度和压力精确控制的同时,解决对多台热压机的无线实时监控和管理问题.

### 1 系统设计原理

#### 1.1 无线模块选择及无线网络构成

无线通信模块选用的是 Jennic 公司的超低功耗高性能无线通信模块 JN5148,该模块采用增强的 32 位 RISC 处理器,集成了 2.4 GHz IEEE802.15.4 兼容的收发器,具有 128 K ROM,128 K RAM 以及各种丰富的模拟和数字接口. JN5148 具有 28 位 AES 安全处理器,MAC 加速器,500 kb/s 或 667 kb/s 数据速率.

该系统中 ZigBee 网络由网络协调器、中继器和终端设备(无线传感器节点)3 部分组成. 无线传感器节点主要实现对温度、压力等数据的采集和处理,无线传输数据,执行主控 PC 命令等功能;网络中只有一个协调器节点,负责与所控制的子节点通信;中继器负责网内信息的路由.

#### 1.2 系统构成及原理

基于 ZigBee 的热压机无线监控系统由多台热压机(从机或终端节点)、协调器、RS232 通信电路及一台主控 PC 机(主机)组成(如图 1 所示). 该系统最多可接入 65 536 个终端节点,没有专用的路由节点,每个终端节点同时具备路由节点功能,能够入

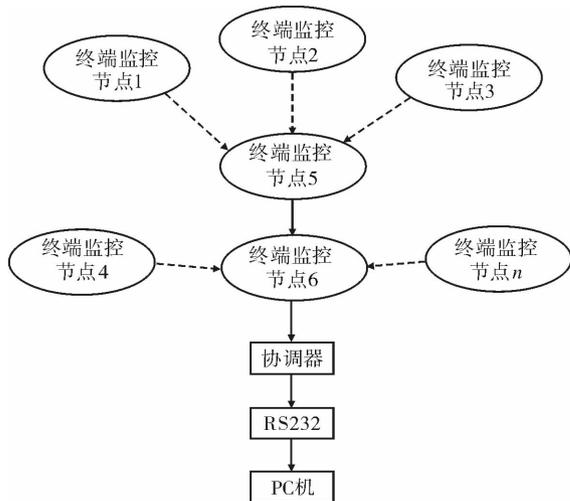


图 1 基于 ZigBee 的热压机无线监控系统结构图

网. 各终端节点有各自的编号(地址),其运行由各自控制系统控制,运行实时数据(温度、压力、报警和故障等)由控制终端的无线模块 JN5148 转变为数字信号并传输给 PC 机,同时接收 PC 机发送来的命令并执行,具有交换控制消息和收发数据的功能<sup>[5]</sup>. 主控 PC 机对数据处理后通过开发的软件界面显示出来,管理员可根据相应信息通过键盘或鼠标输入相应的控制命令,该命令经由 PC 机端无线模块发送到对应的热压机,实现对热压机的实时无线监控. 同时,主控 PC 机具有报警和警告功能.

### 2 系统电路设计

#### 2.1 终端节点总体结构

终端节点主要由热压机控制系统和无线模块 2 部分组成. 该系统为了维持原热压机控制系统的独立性,终端节点设计采用了 2 个独立的微处理器,一个负责热压机自身的控制,另一个归属无线通信模块,两者之间通过 SPI 接口实现数据通信.

#### 2.2 热压机控制系统的设计方法

2.2.1 热压机控制系统的组成原理 热压机控制系统的组成原理如图 2 所示. 该控制系统基于 ARM7,由数据采集模块、微处理模块、LCD 显示模块、键盘模块及控制输出模块组成. 数据采集模块负责信息的采集并将采集的信号(温度、压力等信号)转变为数字信号,传送给微处理模块;微处理模块主要控制整个节点的处理操作、路由协议、功耗管理、任务管理、控制数据显示和 JN5148 通信等<sup>[5]</sup>;输出模块主要实现数模转换、触发和控制电路等功能.

2.2.2 通信电路设计 JN5148 无线模块与热压机控制系统采用 SPI 通信方式,JN5148 采用隔离电源独立供电,数据线间选用 6N137 进行光电隔离,保

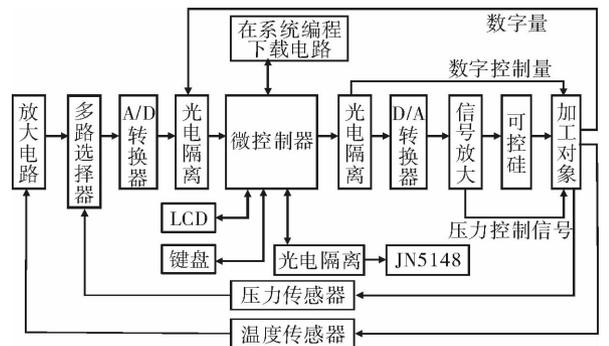


图 2 热压机控制系统结构框图

证了通信系统和控制系统电气上的独立。

## 2.3 协调器设计

协调器节点负责网络的组织和维护,是主控 PC 机与每个监控节点的数据通道,该节点与 PC 通信采用 RS232 接口实现。

## 3 系统软件设计

### 3.1 热压机控制算法设计实现原理及效果

**3.1.1 控制算法原理及实现方法** 由于热压机的加工对象类型较多,温度变化范围和随机性较大。因此,常用的 PID 控制方法不能满足热压机的这些特殊要求。本文采用基于继电整定的模糊 PID 控制算法来实现系统控制,其系统结构和原理如图 3 所示。首先,可以通过继电整定法得到 PID 参数  $K_{p0}$ ,  $K_{i0}$ ,  $K_{d0}$ , 将这些参数分别作为模糊 PID 的初始比例系数、积分系数和微分系数。然后,根据系统偏差  $e$  和偏差变化率  $e_c$ , 采用高效的模糊推理法,实现系统 PID 参数  $K_p$ ,  $K_i$  和  $K_d$  的实时调整,这种独特的实时操控能力使得 PID 控制器具有较强的自适应能力,从而使系统处于最优状态,并能达到期望的温控效果<sup>[3-5]</sup>。

**3.1.2 控制算法实现方法及应用效果** 该系统中 PID 控制分温度控制和压力控制 2 个独立的控制算法,温度的继电整定的实现过程是:先满功率加热,当温度达到 600 °C 时,以 600 °C 为设定值,高于设定值加热停止,低于设定值满功率加热,连续进行 3 个周期后,系统可以得到振荡周期和振荡幅度,从而利用 Z-N 公式<sup>[5]</sup> 计算出 PID 的相关参数。由于压力反应速度快,容易造成危险,因此压力继电整定采用限幅整定的方式。

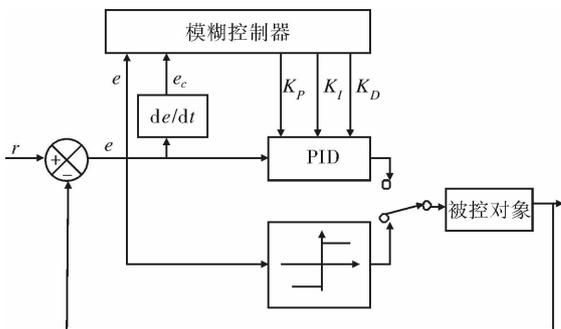


图3 模糊PID控制器算法结构图

模糊 PID 智能控制算法在该系统中的设计实现,解决了成品 PID 仪表操作不便、价格昂贵等缺

点,提高了温度和压力的控制精度。在实际运行中,温度控制在对温度要求较高的保温阶段控制误差  $< 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 升温阶段误差  $< 0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ , 压力控制在整个工艺过程中误差均  $< 0.1\text{ kN}$ 。

### 3.2 无线通信系统程序设计

基于 ZigBee 的热压机控制系统的无线通信程序设计主要包括终端节点程序设计和协调器程序设计,这 2 部分的流程图分别如图 4 和图 5 所示。系统的有效运行需要根据通信协议建立有效的通信方式,以保证数据传输的可靠性<sup>[6-7]</sup>。当协调器启动后,进行通信硬件和传感器网络的初始化,形成一个基于 ZigBee 的无线传感器网络。首先,设置各从机为数据接收状态,然后设置协调器为等待状态,等待主控 PC 机发送指令或路由器和节点发送的信息;然后,当协调器节点接收到主控 PC 机的控制指令时,协调器节点需要快速解析这些指令,并发送这些指令到相关的终端节点;当协调器节点接收到节点数据后,迅速对数据包进行解析,并通过数据接口将其发送到主控 PC 机上。

### 3.3 主控 PC 机的系统程序设计

基于 ZigBee 技术的无线通信数据的发送和接收均由 PC 机控制,由传感器节点中的 ZigBee 通信传输模块对信息进行简单处理后,主控 PC 机请求连接,依次与各个节点建立通信并得到实时数据;建立通信联系后的节点及控制器按照主控 PC 机的命令执行任务<sup>[8-9]</sup>。主控 PC 机得到来自各节点实时数据后,先对这些数据包进行解析,将这些数据保存,每个节点均有历史数据,主控 PC 机也根据这些数据(温度、压力数据)进行及时处理,并对这 2 类数据在坐标的纵横轴上进行描点,可以得到实时的温度和压力曲线。对特定时间内的曲线进行实时分析,对于程序可自动处理的异常信息,则及时发出处理命令;否则,通过弹出框和声音提示,管理员根据实际情况进行决策,判断热压机的实时运行情况,以便设备能正常有效地运行。

## 4 结论

本文基于 ZigBee 技术对热压机监控系统进行设计,该系统采用基于继电整定的 PID 控制算法,通过 ZigBee 无线网络建立了 PC 机与多台烧结炉的无线通信。利用 JN5148 模块的无线接收发送功能实现了多台热压机的实时无线监控,给生产管理人员带

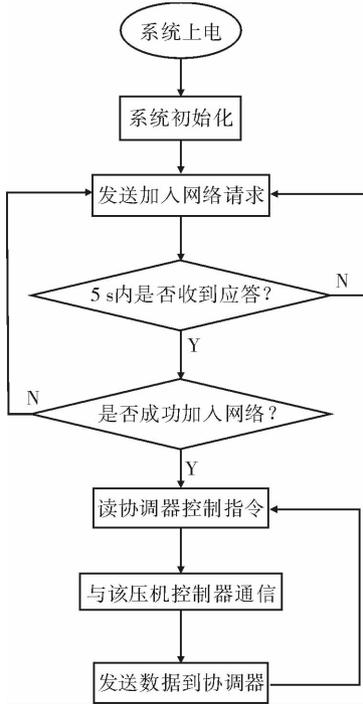


图 4 终端节点程序流程图

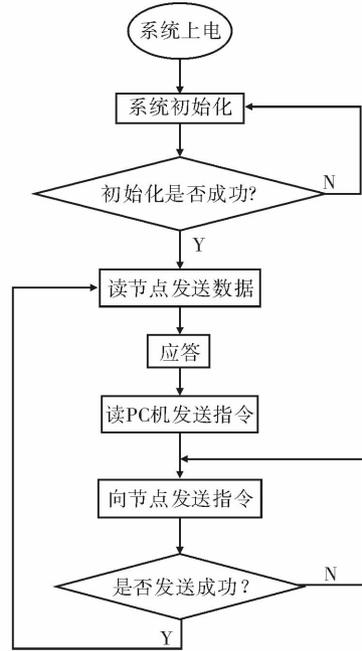


图 5 协调器程序流程图

来很大的方便.管理者可以通过该系统了解和实时监控每个机器的运行情况,通过该系统同时对每台热压机进行工艺修改和系统设置,保证了产品的合格率;模糊 PID 智能控制算法在该系统中的应用,提高了温度和压力的控制精度,在实际使用中温度控制误差  $< 0.3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,压力控制误差  $< 0.1\text{ kN}$ .实际运行情况表明,该系统运行安全可靠.

参考文献:

[1] 李明,杨承,杨成梧.基于 PLC 的热压机 PID 控制系统[J].林业机械与木工设备,2004,32(12):56.  
 [2] 张峰.立式高温真空烧结炉控制系统的设计[J].真空,2010,47(2):68.  
 [3] 李明,杨承,杨成梧.热压机控制系统的 PID 改进[J].控制工程,2006,13(1):45.

[4] 任秀丽.ZigBee 无线通信协议实现技术的研究[J].计算机工程与应用,2007,42(6):143.  
 [5] 王耀南,孙炜.智能控制理论及应用[M].北京:机械工业出版社,2008.  
 [6] 纪友芳,林美娜.模糊 PID 复合智能控制参数自整定研究[J].微计算机应用,2007,8(28):828.  
 [7] 昂志敏,金海红,范之国,等.基于 ZigBee 的无线传感器网络节点的设计与通信实现[J].现代电子技术,2006,29(10):47.  
 [8] 刘瑞强,冯长安,蒋延,等.基于 ZigBee 的无线传感器网络[J].遥测遥控,2006,29(5):57.  
 [9] 梁万用,张宇翔,胡智宏,等.基于 NRF401 的烧结炉无线监控系统的设计[J].郑州轻工业学院学报:自然科学版,2007,22(4):55.