

基于单片机的生物质热风炉控制器的设计开发

何金凤

(唐山工业职业技术学院, 河北唐山063299)

摘要：为了使生物质热风炉在运行中能够更节能更环保，同时成本更低，在综合分析了当前的生物质热风炉控制器的优缺点，设计了一款新型的生物质热风炉控制器，该控制器采用了更先进的GD32单片机和显示效果更好、成本更低的LCD断码屏，优化了锅炉的各种风机的控制方式，增加了智能化的功能，降低了整机的成本。通过现场测试和长期运行测试，该控制器实现了生物质热风炉在运行中更节能更环保的目标。

随着国家制定“碳中和”环保目标，各地方对环保的要求越来越高。在锅炉领域内，锅炉燃烧产生的有害气体对环境的污染很严重，国家为了治理这方面的污染，近几年出台了关于燃煤锅炉改造的新政策。但是在有些区域，没有谷峰电政策，不太适合用电取暖，同时燃气输送也不方便，因此以再生能源为燃料的生物质锅炉成为了最佳选择。生物质锅炉燃烧的燃料为生物质颗粒，生物质颗粒是利用木材废料经过加工制成的环保燃料，该燃料符合国家的环保标准。随着生物质锅炉越来越多，市场上出现了多种生物质锅炉的控制器，其基本原则就是实现对生物质锅炉控制的智能化、节能化。笔者根据生物质锅炉的原理以及市场对生物质锅炉控制器的要求，以生物质热风炉为研究对象，设计了一款基于单片机控制的生物质热风炉控制器。该控制器经过严格的市场调研，吸收了现有的生物质热风炉控制器的优点，优化升级了控制方式，增加了控制功能，降低了成本，更加有利于实现热风炉的节能环保和市场推广。

1 生物质热风炉的结构及原理

1.1 生物质热风炉的机械结构及工作原理

生物质锅炉是以生物质颗粒为燃料的锅炉，通常分为生物质热水炉、生物质热风炉等多个种类。本文以生物质热风炉为研究对象，生物质热风炉工作原理是锅炉燃烧生物质颗粒产生热量，热量经过换热片产生热气，然后由风机以可调的风量排到室内，使室内房间温度升高。生物质热风炉的机械结构主要由炉体、炉体承载滚轮、燃烧池和点火装置、排烟和进风装置、热风排风装置、生物质颗粒料仓和送料装置等组成[1]。

1.2 生物质热风炉的电气部分及工作原理

生物质热风炉的电气部分由生物质料仓和送料装置、排烟和助燃装置、热风排风装置、自动点火装置等组成[2]。

1.2.1 生物质热风炉料仓和送料装置的电气控制结构及工作原理

生物质热风炉料仓和送料装置是热风炉的重要组成部分，其工作原理和电气控制结构如下。

生物质热风炉的料仓是存放生物质颗粒的地方，送料装置由送料电机和炉排组成，送料电机是一台自带调速装置的电机，由主控板输出的电压信号控制其转速。在锅炉工作的时候，送料电机启动工作，料仓内的生物质颗粒由炉排传送到燃烧池以供备用。该送料电机的转速可以人工手动调节，也可以由控制器根据燃烧室的火力档位进行参数的自动匹配。当室内温度过低，控制器会根据温度自动升高燃烧室的火力档位促进燃烧，然后送料电机也会升高转速，增加送料量。

1.2.2 生物质热风炉排烟和助燃装置的电气结构及工作原理

生物质热风炉的排烟装置由排烟管道和排烟风机组成。排烟风机是一台自带调速控制装置的风机，由主控板输出的电压信号控制其转速。排烟装置主要有排烟和助燃两个功能。排烟功能指：当热风炉燃烧池的生物质颗粒燃烧的时候会产生烟雾，排烟风机启动后烟雾会被排烟风机抽出燃烧室排出。助燃功能指：排烟风机运行时给燃烧室增加风力，增强空气的流通，促进生物质颗粒燃烧。当室内传感器检测到室内温度过低，控制器会升高排烟风机的转速，排烟风机转速越高则风力越大，生物质颗粒的燃烧火力越大，升温越快。排烟风机的转速可以人工调节，同时也可以由控制器根据温度进行自动调节。

1.2.3 生物质热风炉热风排风装置的电气结构及工作原理

生物质热风炉的热风排风装置是由排风百叶窗和排风风机组成。排风风机的作用是把换热片产生的热风输送到室内，升高室内温度。该装置的排风风机转速由室内温度传感器控制，当室内温度传感器检测到室内温度低于设定值，控制器自动调节排风风机升高转速，加大排风量，同时增加火力档位。当室内温度传感器检测到室内温度高于设定值，控制器自动调节排风风机降低转速，减小排风量，同时降低火力档位。

1.2.4 生物质热风炉自动点火装置的电气结构及工作原理

生物质热风炉的自动点火装置由生物质颗粒点火棒和燃烧池构成，点火棒是由主控板的开关量进行控制。当热风炉启动后，生物质颗粒会被输送到燃烧池，同时燃烧池内的点火棒得电工作，点燃生物质颗粒。当点火棒启动后，控制器会根据炉体温度判断是否点火成功，点火棒在经过点火成功一段时间后，自动断电停止工作。

2 生物质热风炉的硬件方案设计

通过对市场上生物质热风炉机械结构和电气结构的分析，笔者详细研究了热风炉机械结构和电气结构的组成及热风炉运行控制的优缺点[3]。市场上不同厂家的热风炉控制器区别较大，有的控制器功能多，但是成本高，很多功能并不实用，不利于推广。有的控制器成本虽低，但是功能简单，人机交互抽象，不能满足用户需求。经过研究分析，笔者研发设计了新型的热风炉控制器，该控制器具有自动化程度高、生产成本低、用户体验感好、控制精准、环保节能的优点。该控制器的总体设计方案框图如图1所示。

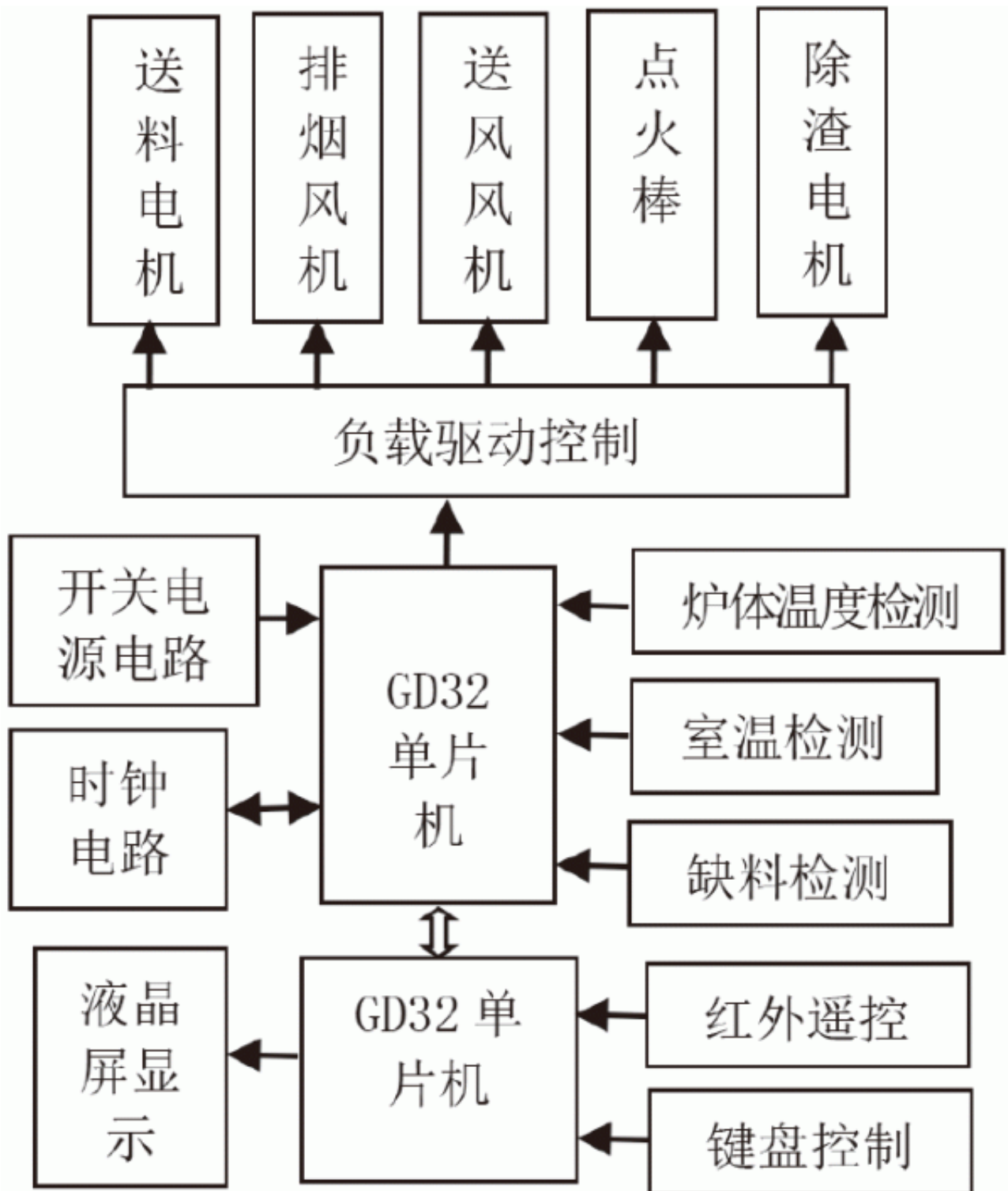


图 1 生物质热风炉控制器组成框图

2.1 生物质热风炉控制器的组成设计

该控制器由两块电路板组成，分别为核心驱动控制板、显示控制板。两块控制板的控制芯片均采用了兆易创新的GD32系列单片机，该单片机采用了二代M3内核，具有稳定性强、运行速度快、功耗低、使用成本低等优点。核心驱动控制板和显示控制板安装位置不同，为了保持通信的稳定性，两块控制板采用了Modbus通信协议。

2.1.1 核心驱动控制板组成及工作原理

核心驱动控制板由开关电源电路、时钟电路、传感器电路、负载驱动电路组成。

1) 电源电路。该控制器驱动的负载以风机电机为主，风机电机在工作的时候会产生大量的干扰信号，对电源的滤波有极高的要求[4]。该开关电源电路由220V变12V交流变压器、整流电路、滤波电路、12V转5V的稳压芯片组成，经过测试，该电源电路的输出电压稳定，滤波能力强，满足了整套控制板对电源的要求。电源电路组成框图如图2所示。

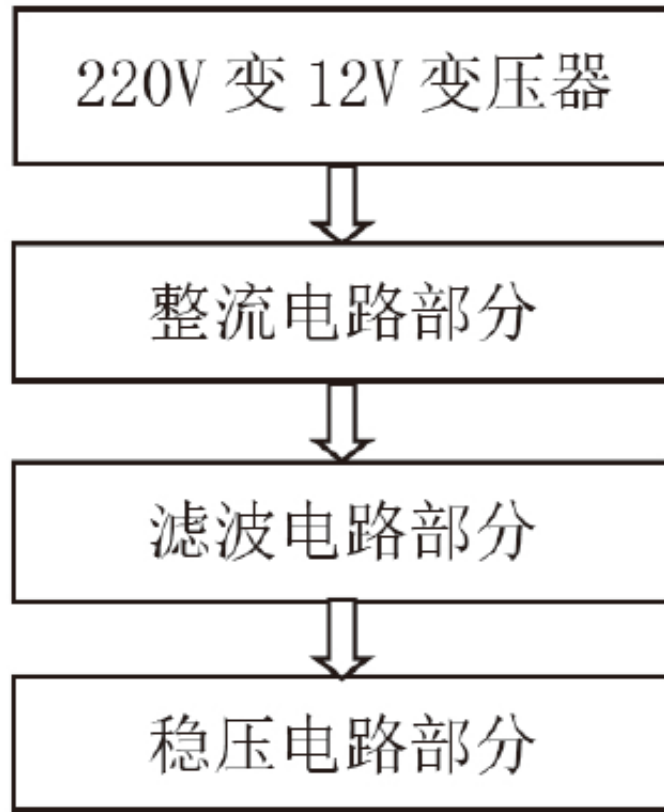


图 2 电源电路组成框图

2) 时钟电路。控制器的时钟电路由DS1302和外围电路构成，该时钟电路成本低、稳定性高，经过测试和实践满足控制器的要求。DS1302时钟芯片是由DALLAS公司生产，该芯片稳定性好、精度高，可以对年、月、日、周、时、分、秒进行计时。该时钟电路为控制器的定时功能、工作时间设定提供时间基准。

3) 传感器电路。控制器在工作的时候，需要通过传感器的信号判断当前整机的工作状态，传感器就是控制器的眼睛。该锅炉控制器负载的状态是根据对应的温度值变化的。因此传感器的数量和稳定性决定了控制器的稳定性和准确度。根据实际需求，该控制器采用了3个传感器，分别为炉体温度传感器、室内温度传感器、缺料检测传感器，3个传感器的作用如下。第一，炉体温度传感器的作用是检测炉体的实际温度，根据炉体的温度可以判断点火棒是否引燃了生物质颗粒，以确定是否点火成功，是否熄火成功。控制器可以根据炉体温度设定超温报警值，保护整个炉体和炉体内各部件的安全。炉体温度一般在300~400度，因此该传感器采用了K型热电偶，该类型传感器检测范围可以从0~1300度，同时线性度好、灵敏度高，稳定性和均匀性较好，抗氧化能力强，符合高温环境的要求。第二，室内温度传感器的作用是检测热风排风口的温度，控制器可以根据室内温度值对热风排风风机的转速、排烟风机的转速、进料电机的转速进行调整。该控制器具有自动模式和手动模式，在自动模式下控制器会根据该温度值自动匹配各风机电机的转速，实现智能控制。有特殊要求的情况下，客户可以通过手动模式手动调整各风机电机的转速。第三，缺料检测传感器，该传感器的作用是判断输送到燃烧池的生物质颗粒是否达到数量要求，该传感器采用了一款接近开关，当生物质颗粒达到一定数量后，生物质颗粒会堆积到规定高度，接近开关感应到后开始动作，送料电机停止送料[5]。该传感器要求响应快、稳定性高，本控制器中采用了国产的接近开关，经过实践，完全满足了产品的性能要求。

4) 负载驱动控制电路。根据生物质热风炉的机械结构和控制对象，本文设计了一套稳定性高、控制科学的负载驱

动电路。该驱动电路控制的负载是调速送料电机、调速排烟风机、调速热风排风风机、点火棒、除渣电机。调速送料电机、调速排烟风机、调速热风排风风机的驱动控制电路由双向可控硅、光耦等器件组成。双向可控硅由单片机调节导通角来控制调速电机的转速。光耦可以有效地对驱动电路和单片机进行电气隔离，防止干扰单片机电路。点火棒和除渣电机是由12V继电器电路进行控制，继电器电路由续流二极管、三极管等元器件组成，单片机通过控制三极管的通断来控制继电器的开关。续流二极管并联在继电器线圈的两端，可以有效减小线圈通电时产生的反相电压对单片机电路产生的干扰。

2.1.2 显示控制板组成及工作原理

显示控制板由液晶屏电路、按键和遥控器电路组成，该控制板的控制芯片是GD32系列单片机。当用户操作按键或者遥控器的时候，显示控制板把数据通过Modbus协议以数据帧的形式传送到核心驱动板，核心驱动板接收到数据帧以后进行解析，控制对应的控制对象。

1) 液晶屏电路。该控制器的显示屏采用的是7寸LCD断码屏，在市场上TFT屏、LCD断码屏是常用于锅炉控制器的显示屏。但是7寸的TFT屏价格昂贵，考虑成本因素，本设计选择了LCD断码屏，同时随着技术的进步，LCD断码屏显示效果显著提升，在色彩显示和质量方面甚至可以与TFT屏相媲美。该显示屏的显示元素包括室内温度的设定值和实际值、各种风机电机的工作状态和参数设置、报警信息和错误代码，完全满足了该控制器的要求。

2) 按键和遥控电路。该控制器采用的按键为弹片按键，由6个按键组成，分别为设置键、数值调节键、定时键、风量档位键、火力档位键等，同时也设置了一些组合按键。该按键布局充分考虑了用户的操作习惯和交互的便捷性。考虑到客户操作的多样性，该控制器同时配备了红外遥控器，其遥控器按键功能跟弹片按键功能一致。

3 生物质热风炉控制器软件系统设计

生物质热风炉控制器由核心驱动控制板和显示控制板组成，这两块电路板由2个单片机分别控制，两块控制板的通信采用Modbus通信协议实现通信。两块控制板需要根据其控制对象编写不同的单片机程序。

3.1 驱动程序和功能服务程序编写思路设计

控制核心板程序设计：控制核心板编写的驱动程序包括时钟电路、NTC温度传感器、K型热电偶等驱动程序。根据控制对象，应用程序包括负载的控制程序和显示控制板的通信程序等。显示控制板程序设计：显示控制板的驱动程序包括LCD断码屏、按键、遥控器等部分的驱动程序[6]。应用程序编写的部分包括断码屏显示的元素程序编写、按键处理、遥控器按键处理、通信程序等。该控制器控制逻辑相对复杂，本设计使用了状态机的编程思想进行程序编写。

3.2 部分程序设计流程图

生物质热风炉控制器的负载由若干路继电器和若干路双向可控硅控制。继电器控制的负载的工作状态是开和关两种状态，双向可控硅控制的负载的工作状态是几个档位的转速，因此在程序编写时候采用状态机的编写思想比较合适。根据整机的工作原理，本设计编写的部分主程序流程图如图3所示。

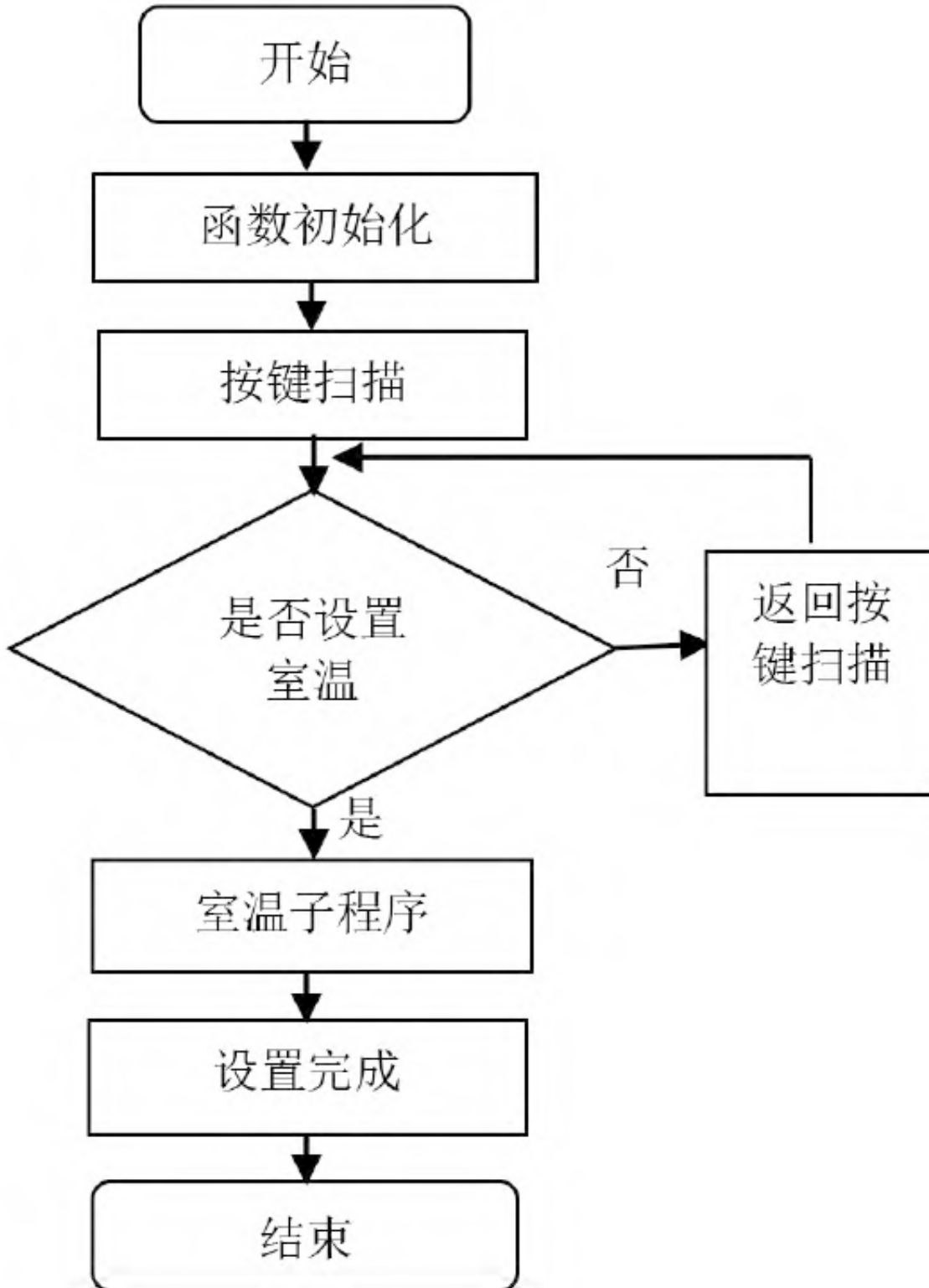


图 3 部分主程序流程图

4程序调试过程及结果

4.1显示控制板的程序调试

本程序采用Keil软件进行了编写调试，首先对显示控制板的显示屏、按键驱动程序进行了调试，把写好的程序下载

到显示控制板内，结合Keil软件自带的调试功能观察显示屏的动态刷新效果和按键的消抖效果，然后再对红外遥控驱动程序进行调试，这三部分的驱动程序调试成功后，通过串口打印功能，调试串口数据的传输，为后续与核心驱动控制板的联调做准备。

4.2核心驱动控制板的程序调试

显示控制板调试成功后，笔者利用显示屏观察核心控制板其他功能的状态，首先调试的是两种温度传感器的驱动程序，然后调试时钟的驱动程序。驱动程序调试完成后，笔者利用串口打印功能调试成功了串口传输功能，然后通过Modbus协议实现了显示板和核心驱动板的通信，最后调试了功能服务程序，实现了整机的联调。

5结语

该生物质热风炉控制器的设计从用户的需求出发，以节能降耗、智能应用为目标，笔者设计了可靠的硬件电路，编写了科学合理的软件程序。笔者通过对整机的测试，成功实现了预定的功能，在测试过程中发现的问题也通过各种程序调试手段得到了圆满解决。

[1]王晓林.生物质颗粒热风炉技改与示范[J].现代农机,2018,36(1):47-49.

[2]高海华,李波,管永伟.生物质热风炉的结构设计与应用[J].河南科技,2018,43(22):59-61.

[3]孟宪勇,孙本元,白志忠.应用生物质燃料热风炉烘干小麦效果探讨[J].粮食储藏,2021,50(2):48-51.

[4]袁俊,张庆民,刘非非,等.生物质燃料在热风炉中的应用[J].河南建材,2019,21(4):91-92.

[5]王长兴,朱凯.浅谈生物质热风炉在北方谷物烘干机中的推广[J].现代化农业,2019,41(4):72.

[6]张平,刘勇,纪鸿波.生物质热风炉供热原理及热效率试验方法研究[J].江苏农机化,2018,34(5):52-54.

原文地址：<http://www.china-nengyuan.com/tech/200762.html>