

文章编号:1671-6833(2017)05-0018-05

非接触式红外测温灶具防干烧系统设计

李毅丰,毛晓波,杨怡航,朱 枫

(郑州大学 电气工程学院,河南 郑州 450001)

摘 要:为防止锅具干烧引发灶具炸裂、火灾等重大安全问题,设计了一种灶具防干烧系统. 该系统采用红外温度传感器 MLX90614 对锅具底部进行非接触式实时温度监测,实时温度数据由 STM32 单片机通过 SMBus 总线进行采集和处理. 温度监控模块在锅底温度超出正常加热区间后会声音报警,达到干烧阈值温度后则通过串行接入灶具热电偶温度检测回路的控制电路切断燃气管路. 实验结果表明,该系统能在达到预设温度时切断燃气管路,有效避免灶具干烧.

关键词:非接触式;红外测温;灶具;防干烧

中图分类号:TP277 文献标志码:A doi:10.13705/j.issn.1671-6833.2017.05.021

0 引言

作为清洁能源,燃气已经成为居民生活的主要能源. 但使用锅具烹饪食物时,常会由于忘记关闭灶具而引发安全问题. 为此,我国专门制定了家用燃气灶具标准<sup>[1]</sup>来规范燃气灶具生产,有效预防了由于溢锅等原因导致燃气灶熄灭引发的燃气泄漏事故. 该标准规范了灶具燃气意外熄灭的安装防护,但没有涉及燃气过度燃烧造成的锅具干烧问题. 锅具干烧轻则损坏锅具,重则引发火灾,是危害厨房安全的一大隐患. 针对这一问题,海尔厨电采用燃气灶头上加装防干烧探头直接测量锅具温度,实现干烧检测与防护<sup>[2]</sup>. 宁波方太厨具有限公司采用在邻近待测温锅具或待测温食物附近设置压电式无源无线温度传感器<sup>[3]</sup>来设计锅具防干烧系统. 以上两种系统分别采用了接触式和非接触式测温方案,海尔的接触式测温探头居于燃气灶头中央,改变了传统燃气灶头的结构,不具通用性. 另外,接触性测温的关键是探头与锅底要有良好的热传导性能,当探头与锅底接触紧密时可以满足这一要求,但长时间使用后,探头与锅底之间会积累油污或食物残渣的焦化物,造成测温不准而使防干烧功能失效. 文献<sup>[4]</sup>根据压电式无源无线温度传感器的工作原理

提出的测温系统将压电式无源无线温度传感器设置在邻近待测温锅具或待测温食物的位置,但该系统需要安装在专用的锅具上,这样虽不用在面板或灶具燃烧器上开孔,但要求专用锅具配合才能使用,限制了通用性.

红外测温技术基于黑体辐射定律,通过测量物体自身辐射的红外能量来测定其表面温度. 日前,红外测温已经被广泛应用到水下、仓储、医疗、生产等诸多领域<sup>[5-9]</sup>,有关提高温度传感器测试精度的研究也有多种方案<sup>[10-11]</sup>. 针对目前灶具防干烧系统中存在的问题,笔者设计了一种非接触红外测温灶具防干烧系统,无需对现有灶具灶头和锅具进行改造,仅在灶具面板上增开一个窗口,通过窗口由温度传感器实时监测锅底的红外辐射信号,从而测定锅底温度. 该系统不干扰被测锅具的温度场,且响应速度快、精度高.

1 干烧检测方法

干烧是指锅具在加热过程中,与锅具接触的液体成分完全蒸发后,灶具持续对锅具进行加热而造成锅具温度持续升高的现象,可分为两种情况:

(1)锅具内有食物且有液体(如水),但与锅具内底直接接触的食物较黏稠,液体不能在锅具

收稿日期:2017-03-11;修订日期:2017-06-19  
基金项目:国家自然科学基金资助项目(61473265);河南省高等学校重点科研资助项目(17A413011);郑州大学大学生创新创业训练计划项目(201610459008)  
通信作者:毛晓波(1965—),男,郑州大学教授,研究方向为仿生机器视觉、智能仪器仪表, E-mail: mail\_mxb@zzu.edu.cn.

内底对流,形成干烧;

(2)直接加热纯液体物质,待液体蒸发完后继续加热形成干烧.

加热时温度示意图如图 1 所示.使用锅具加热食物时,锅内食物的初始温度一般是从室温附近开始不断上升,如图 1 中虚线的阶段 A 所示,锅底加热面的温度变化如图 1 中实线的阶段 A.在锅内温度加热至液体沸腾后,如锅具内液体与锅底充分接触并能对流蒸发,锅具内底会维持在液体的沸点温度附近,如图 1 中虚线的阶段 B,从而锅具外底也会维持在由不同材质和热容确定的某一温度,如图 1 中实线的阶段 B 所示.当发生干烧时,由于锅内液体的冷却作用消失,锅内锅外的温度迅速上升,如图 2 中阶段 C 所示.

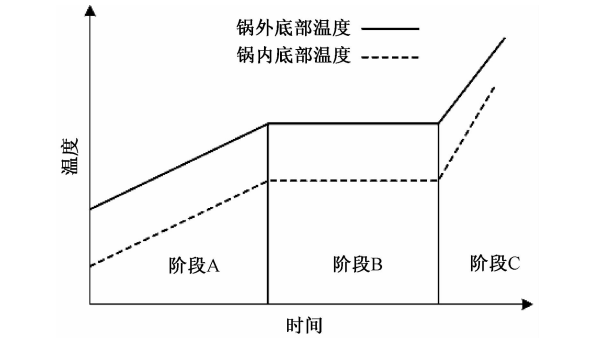


图 1 加热食物时锅底内外温度示意图

Fig.1 Schematic diagram of the temperature inside and outside the pot when heating the food

由于各种锅具热容不同,锅内食物成分多种多样,发生干烧时锅底的温度会大不相同.为简化试验,表 1 为用 FLUKE MT4 MAX + 测温仪实测不同锅具直接对水进行加热过程中阶段 B 的一组数据.

表 1 不同锅具大火加热沸水时锅底内外温度

Tab.1 Different temperature inside and outside the pot bottom when boiling water with big fire

锅具类型	锅底食物面/℃	锅底加热面/℃
单层底不锈钢锅	99.2	262.4
双层底不锈钢锅	99.8	228.8
尖底铁炒锅	100.5	218.1
平底陶瓷煎锅	99.3	258.8
耐高温陶瓷砂锅	101.0	324.6

表 1 中锅底食物面加热温度与水的沸点 100 ℃ 接近,锅底下面即加热面的温度相差较大,尖底铁炒锅与耐高温陶瓷砂锅的温差 106.5 ℃.造成锅底内外温差的原因是液体沸点的存在,不同锅具温差不同的原因则是由于锅具材料的热传

导能力和不同体量锅具的热容的差异.因此,不能通过直接测定的锅底加热面的温度来判定干烧的发生时刻.

在图 1 中,干烧发生在阶段 B 和阶段 C 的交界,可根据食物加热过程中阶段 B 到阶段 C 的温度变化来判定锅具是否发生干烧,即检测锅底温度由阶段 B 转换到阶段 C 的时刻.对于正常加热过程这一规律没有问题,但如果开始加热时锅内没有食物或液体,图 1 中就不会有阶段 B.鉴于此,另附加一个锅底加热温度阈值  $T_c$ ,根据表 1 数据,可设干烧阈值为 360 ℃,一旦达到阈值  $T_c$ ,即判定发生干烧.

## 2 系统硬件设计

非接触式测温防干烧系统由 STM32 单片机、MLX90614 红外测温、热电偶熄火保护装置、语音报警模块、OLED 显示屏幕等 5 个模块构成.其硬件结构框图如图 2 所示.

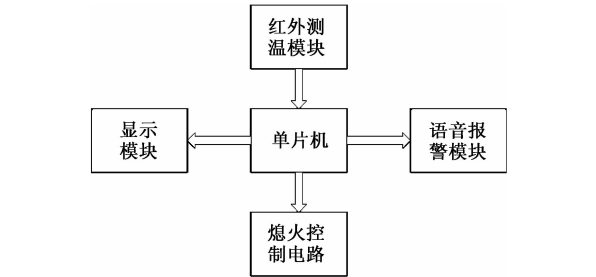


图 2 系统硬件结构框图

Fig.2 System hardware block diagram

### 2.1 红外测温模块

红外测温模块选用的 MLX90614 传感器为 TO-39 封装形式的无接触式红外线温度感应芯片.包括 1 个红外热电堆感应器和 1 个信号调制器.信号调制器内含 17 位低噪声放大器 ADC 和 DSP 元件,能够进行高精度温度测量. MLX90614 有 SMBus 和 PWM 两种数字输出方式,默认为 SMBus 方式.在无特殊设定时,10 位的 PWM 输出方式温度测量范围为 20 ~ 120 ℃,解析度 0.14 ℃. MLX90614 在 -40 ~ 125 ℃ 环境温度及 -70 ~ 382.2 ℃ 物体温度范围内进行出厂校准. MLX90614 测温精度随着环境温度和被测物体温度的不同而变化<sup>[12]</sup>. MLX90614 传感器测温精度范围如图 3 所示.

图 3 中  $T_a$  为环境温度,  $T_o$  为被测物体温度.可以看出,在 0 ℃ 以上时,随着被测物体温度的升高, MLX90614 传感器测温精度由  $\pm 0.5$  ℃ 变为  $\pm 4$  ℃,测温精度不断降低.根据表 1,干烧时锅

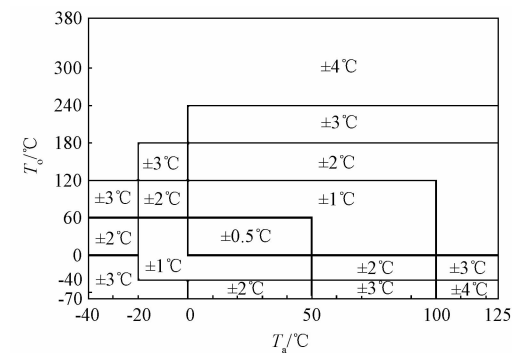


图3 MLX90614 测温精度 ( $T_a$ ,  $T_0$ )

Fig.3 Measurement accuracy of MLX90614  
( $T_a$ ,  $T_0$ )

具底部加热面温度在218℃以上,结合设定的360℃干烧阈值上限,对应的MLX90614传感器测温精度为±4℃.

2.2 熄火控制电路

《家用燃气灶具》标准<sup>[1]</sup>规定:燃气灶具均需要配备熄火保护装置,灶具熄火保护装置应满足开阀时间不大于15 s,闭阀时间不大于60 s. 根据火焰在燃烧时的热、光、离子等特征,目前有热电偶、光敏和离子等火焰检查方式<sup>[13]</sup>,热电偶常用于开放式环境燃烧的火焰检查,如燃气灶具;离子检测常用于密闭式环境燃烧的火焰检查,如燃气热水器. 不管是哪种火焰检测方式,在火焰均匀燃烧时都会形成稳定电流回路来保持供气通路中的电磁阀打开. 一旦灶具熄火,不管是意外事件还是正常关闭,离子或光电火焰检测方式会立即失去电磁阀电流回路,由于热电偶本身热容的存在,会在环境空气的冷却下,热电偶产生的电势逐步降低而失去电流回路,这个过程只有几秒钟,失去电流回路后,电磁阀会在弹簧的作用下关闭供气通路,从而防止燃气泄漏.

为了独立于燃气灶具的熄火保护装置,本系统的防干烧熄火控制回路通过在电磁阀驱动回路中串行接入一个小型信号继电器的常闭开关来实现.

2.3 语音报警模块和显示模块

考虑到语音报警时语音时长较短,选用能存储120 s语音信号的ISD4002-120芯片来录制语音报警信息. 语音输出选用音乐蜂鸣器.

显示模块采用OLED屏幕,可视尺寸27 mm×26 mm,分辨率为128×64点阵,工作电压为3.3 V. 屏幕不需要高压,功耗较低.

灶具防干烧系统由于电池供电,其主要目的是在干烧发生时切断燃气通路,为延长干电池供电时间,语音报警模块和显示作为辅助可选模块.

3 软件设计

3.1 单片机工作流程

单片机系统由灶具打火开关启动,初始化后进入温度监控模块,监控模块判定锅具干烧后向串接在燃气通路电磁阀驱动回路中的小型信号继电器发出控制信号,通过电磁阀切断供气通路,之后通过OLED屏幕显示干烧时最高温度,并通过语音报警模块播放预置声音. 单片机程序流程如图4所示.

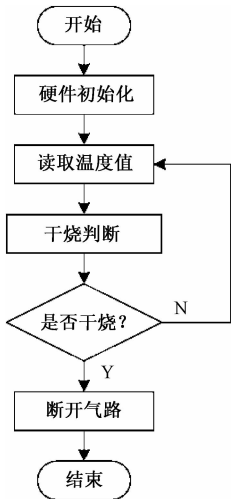


图4 单片机程序流程图

Fig.4 Flow chart of the microcontroller program

3.2 自适应干烧判定算法

实际温度与测量温度如图5所示. 实测中传感器测得锅底温度会有偏差,如图5中实线所示. 直接用实测温度难以确定干烧时刻.

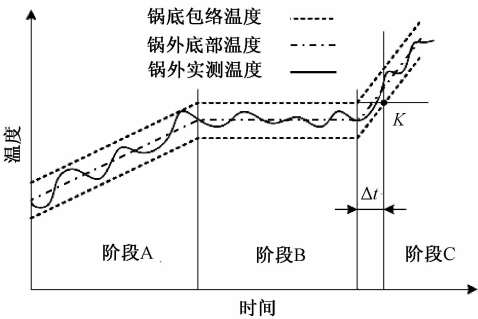


图5 锅底实测温度与实际温度关系图

Fig.5 The measurement and actual temperature  
of the pot bottom

用每次采样得到的温度值进行加权平均得到温度值 $T_w$ ,再用新测到温度值逐步修改该平均值.

$$D_{CD} \leftarrow T_N - T_w;$$
$$T_w \leftarrow T_w + \delta \times D_{CD},$$

式中: $T_N$  为新测到的温度值; $D_{CD}$  为本次测量的温度值; $\delta$  是介于 0 和 1 之间的因子,用以控制新的样本对加权平均值的影响。经测试, $\delta$  取为 1/8 或 1/16 时效果较好。

通过以上算法,可以滤掉直接测到的温度值的波动,在此基础上,给定一个 10 ℃ 的温度区间,形成图 5 虚线所示的包络线,当阶段 B 的上包络线与阶段 C 的下包络线相等时,即交点 K 处,判定干烧发生,此时,距阶段 B 结束的时间为  $\Delta t$ 。

### 3.3 传感器清洁

本系统采用非接触式红外传感器来实时锅底的温度检测,当红外传感器窗口被意外遮挡时,测到的温度值是遮挡物的温度。显然,该温度值接近室温。还有一种情况,在灶具上没有锅具,燃气空烧时也测不到正常的加热温度。检测到这两种情况时,系统设置 5 min 定时,并提示传感器清洁,定时到后如没有得到人工干预则自动关闭燃气通路。

## 4 系统测试

对表 1 所用 5 种锅具加水进行大火加热测试,得到如表 2 所示断气温度。

表 2 不同锅具大火烧水时切断燃气时锅底温度  
Tab.2 Different cut-off temperatures of pot bottom when boiling water with big fire

锅具类型	锅底加热面/℃	干烧升温/℃
单层底不锈钢锅	285.5	23.1
双层底不锈钢锅	256.3	27.5
尖底铁炒锅	247.2	29.1
平底陶瓷煎锅	286.4	27.6
耐高温陶瓷砂锅	352.5	27.9

由表 2 可以看出,干烧时升温较阶段 B 加热时的恒温高出 30 ℃ 以内会自动切断燃气。

观察锅内水被烧干到切断燃气,单层底不锈钢锅用时 2 s,耐高温陶瓷砂锅用时 13 s,其它锅具在 5 s 左右。分析原因,应该是不同锅底的热容不同,耐高温陶瓷砂锅热容最大,所以用时最长。

几种锅具自动断火没有对锅底造成干烧损伤,在清理锅底水垢时也没有形成死垢,由此可以看出,对以上几种被测锅具,防干烧系统效果良好。

## 5 结论

(1)采用 MLX90614 测试模块和 STM32 单片机,设计了非接触式红外测温灶具防干烧系统。通过串行接入灶具热电偶回路的开关电路,能在干烧即将发生时快速切断燃气供气,防止锅具干

烧事故。

(2)通过自适应干烧判定算法,对红外传感器实时测温的波动进行过滤,解决了实时测温值波动造成的干烧误判。

(3)为避免传感器被意外遮掩造成温度监测失效,在灶具打火时刻设置定时器,如锅具在定时结束仍未达到规定阈值温度,系统会报警提醒使用者清理传感器灶具窗口表面,该报警信号同样适用于灶具空烧。

### 参考文献:

[1] 中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局,中国国家标准化管理委员会. 家用燃气灶具: GB 16410-2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2008.

[2] 张鹏. 防干烧过热保护在大火力家用燃气灶上的应用综述和开发研究[J]. 电器, 2012 (S1): 541-545.

[3] 宁波方太厨具有限公司. 一种防止锅具干烧的无线测温装置及其工作方法: CN105784155A[P]. 2016-07-20.

[4] 王琼. 无源无线声表面波温度传感器的设计[D]. 杭州: 浙江大学生物医学工程与仪器科学学院, 2011: 6-9.

[5] 蒋军. 一种非接触式红外通讯电路设计与实现[J]. 微处理机, 2016(2): 86-89.

[6] 谷红伟, 李瑛, 许文海, 等. 露天煤垛内部高温非接触式红外测量方法[J]. 煤炭学报, 2014, 39(S1): 123-129.

[7] 李晓媛, 孟昕元, 苏星, 等. 基于 HKG-07A 红外脉搏传感器的智能睡眠唤醒仪[J]. 郑州大学学报(工学版), 2015, 36(3): 30-33.

[8] 王佳. 基于 MLX90615 和 STM32 的多点红外温度测量系统设计[J]. 现代电子技术, 2013, 36(14): 146-148, 151.

[9] 张恒艳, 谢文博, 赵阳, 等. 基于观测器不确定 T-S 模糊系统的跟踪控制[J]. 郑州大学学报(工学版), 2016, 37(2): 15-20.

[10] 郑贵林, 刘丽莎. 基于 MLX90614 的非接触式测温仪[J]. 自动化与仪表, 2014(10): 12-15.

[11] 邓万宇, 李力, 牛慧娟, 等. 基于 Spark 的并行极速神经网络[J]. 郑州大学学报(工学版), 2016, 37(5): 47-52.

[12] MELEXIS. MLX90614 family Single and Dual Zone Infra Red Thermometer in TO-39[EB/OL]. (2015-06-29) [2017-03-20]. <https://www.melexis.com/en/documents/documentation/data-sheets/mlx90614>.

[13] 王宇. 燃气灶火焰检测方式探讨[J]. 煤气与热力, 2013, 33(2): 25-27.

Design of a Cooker Anti-overheating System Based on Non-contact Infrared Temperature Measurement

LI Yifeng, MAO Xiaobo, YANG Yihang, ZHU Feng

(School of Electrical Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** In order to prevent the serious safety problem caused by the dry pot burning and stove explosion and firing, an anti-overheating system was designed. The system of infrared temperature sensor MLX90614 on the bottom of the pot was used to realize the non-contact real-time temperature monitoring. The real-time temperature data was collected and processed by the STM32 microcontroller and SMBus. When the temperature of the bottom of the boiler was beyond the normal heating range, the temperature monitoring module could send a voice alarm. When the threshold value of the dry burning temperature was reached, the gas circuit could be cut off by the control circuit serially connected in the thermocouple temperature detection circuit. Experimental results showed that the proposed system could cut off the gas path once the preset temperature reached and prevent the dry pot burning effectively.

**Key words:** non contact; infrared temperature measurement; cooker; anti overheating

(上接第 17 页)

Automatic Recognition System of Driver’s License Based on Local Features

MA Ling<sup>1,2</sup>, JIANG Huiqin<sup>1,2</sup>, LIU Yumin<sup>2,3</sup>

(1. School of Information Engineering, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 2. Digital Medical Image Technique Research Center, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China; 3. Business School, Zhengzhou University, Zhengzhou 450001, China)

**Abstract:** In order to meet the practical requirements of automatic application and renewal of driver’s license, a high speed system for automatic recognition of driver’s licenser was designed and implemented. The hardware was designed to capture the image of the driver’s license that contained the smallest identifiable features. Because of the complex background such as the shadow line and so on in the driver’s license images, the existing recognition algorithms had the low recognition accuracy, universality and robustness problems. This paper first solved the segmentation difficulties for uneven illumination, noise, tilt and shadow line character by combined adaptive binarization and morphological processing. Then, the Blob analysis was used to extract the important local features of the driver’s license, and the recognition accuracy was further improved by using the prior information and the correlation matching algorithm. The experimental results showed that not only the false recognition rate was 0, but also the practical products was developed, and the better social effects were achieved.

**Key words:** texture elimination; binarization; image segmentation; blob analysis; character recognition