

文章编号:1006-2467(2007)01-0119-04

# 自动烹饪机器人

刘银华<sup>1</sup>, 闫维新<sup>1</sup>, 周晓燕<sup>2</sup>, 唐建华<sup>2</sup>, 刘小勇<sup>3</sup>, 付庄<sup>1</sup>, 赵言正<sup>1</sup>

(1. 上海交通大学 机械与动力工程学院, 上海 200240; 2. 扬州大学 旅游烹饪学院, 扬州 225009;  
3. 深圳繁兴科技有限公司, 深圳 518067)

**摘要:** 根据中式菜肴的烹饪原理对烹饪步骤和动作进行了分类, 综合各种动作的特点, 将烹饪划分为4个模块: 送料模块、中间出料和送回模块、烹饪模块以及火控模块, 各模块由相应的动作机构实现. 自动烹饪机器人包括送料机构、中间出料机构、锅具动作机构、划散机构、火控系统和控制系统. 实验验证表明, 该自动烹饪机器人可以在预定的程序下完成大多数中式菜肴特别是炒菜类菜肴的烹饪, 并将成为迈向烹饪自动化的关键一步.

**关键词:** 自动烹饪机器人; 烹饪原理; 中式菜肴

**中图分类号:** TP 242.3      **文献标识码:** A

## An Automatic Cooking Robot

LIU Yin-hua<sup>1</sup>, YAN Wei-xin<sup>1</sup>, ZHOU Xiaoyan<sup>2</sup>, TANG Jian-hua<sup>2</sup>,  
LIU Xiaoyong<sup>3</sup>, FU Zhuang<sup>1</sup>, ZHAO Yan-zheng<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Eng., Shanghai Jiaotong Univ., Shanghai 200240, China;

2. School of Tourism and Cooking, Yangzhou Univ., Yangzhou 225009, China;

3. Pansum Technology Limited, Shenzhen 518067, China)

**Abstract:** The principle of cooking Chinese meal was introduced and an automatic cooking robot was studied. According to the principle, the cooking can be divided into four modules: the deliver module, the mid-receive and return module, the cooking module and the fire-control module. The automatic cooker consists of six parts: the deliver mechanism, the mid-receive and return mechanism, the pot mechanism, the stir mechanism, the fire-control system and the control system. The experiment shows that this automatic cooking robot can cook most of Chinese dishes, and will be a milestone of cooking automation.

**Key words:** automatic cooking robot; cooking principle; Chinese meal

中式菜肴以其美味而闻名于世<sup>[1]</sup>, 但是它的烹饪方式却是非常的复杂. 传统的烹饪模式是厨师们在烟雾缭绕的厨房里工作, 因此烹饪出不理想的菜肴也不足为奇<sup>[2]</sup>. 烹饪一直是中国现代家庭的主要劳动, 现在人们的生活不仅节奏快, 而且工作压力大, 这种生活环境使得人们没有更多的时间去准备

中、晚餐, 因此要求由智能厨房代替传统的中式菜肴的烹饪方法和设备的呼声越来越高. 目前出现的一种家用自动烹饪机, 它的箱内不同部位容器的受热是由直热式、辐射式、组合式3种不同传导方式所得, 其温升也各不相同<sup>[3]</sup>, 这可以满足做荤菜、蔬菜、米饭、馒头等不同的温度要求, 但是它不能完整地表示

收稿日期: 2005-12-30

作者简介: 刘银华(1977-), 女, 湖南邵阳人, 硕士生, 主要从事机器人结构设计与仿真. 赵言正(联系人), 男, 教授, 博士生导师, 电话(Tel.): 013917908640; E-mail: yzhrzhao@sjtu.edu.cn.

现出中国烹饪的精髓<sup>[4-6]</sup>。

本文研制的自动烹饪机器人是一种新型的机器人,它能实现如下的功能: 使锅具内的食物均匀受热; 将原料自动地、准确无误地投入锅具内; 自动完成烹饪全过程; 实现自动清洗。

### 1 中式菜肴的基本烹饪原理

中式菜肴与西餐的烹饪方法不同,根据它的不同烹饪过程可以分为: 炒菜类:加油,加主料,加调料,铲炒,淋水和淀粉,搅拌,移盘,完成; 烧、烩菜类:加油,投主料,翻炒,加水,投调料,晃锅,移盘,完成; 煎、炸菜类:加油,投主料,铲翻,捞料,倒油,移盘,完成; 熘菜类:加油,投主料,铲翻,捞料,倒油,加汁,加水淀粉,投料,搅拌,移盘,完成; 汤、羹菜类:加汤,投料,投调料,去浮沫,加水淀粉,淋油,移盘,完成。

从上述过程可以看出,中式菜肴的烹饪过程的动作主要有5部分:加油、加料、铲炒、搅拌、倒油水。综合各种动作的特点,可将烹饪过程用4个模块来实现:送料模块、中间出料和送回模块、烹饪模块以及火控模块。图1列出了各模块的功能。

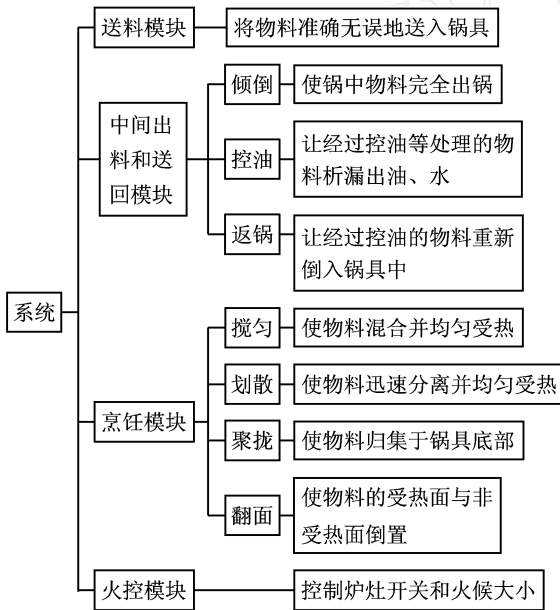


图1 各模块功能

Fig.1 The function of each module

## 2 中式菜肴烹饪机器人系统及实验

### 2.1 系统基本结构

由于人工烹饪时,厨师在烹饪的过程中发挥着重要作用,他可以决定何时投料,投入多少和怎样操作才可以使菜肴的味道更好,具有很大的灵活性。但对于一台机器来说,它的灵活性受到限制,不可能完

全模仿人工烹饪,必须采用种各机构动作的配合作用来达到人工烹饪的要求。

根据图1的内容,将自动烹饪机器人的结构分成4个基本部分:送料机构,中间出料机构,锅具动作机构,划散机构。这4个机构的配合动作可以实现图1的动作。即送料机构可以将已标准化的物料准确无误地送入锅具内;锅具动作机构和划散机构几乎可以完成所有的烹饪工作,还可以与中间出料机构实现中间控油;划散机构有利于汤、羹菜类的烹饪,在设计时还将自动清洗机构设计在划散机构中。火控模块与锅具动作机构关联密切,火的控制贯穿着整个烹饪过程。

图2是机器人机构的整体结构,总体尺寸:1 000 mm ×600 mm ×1 500 mm,下面将具体讨论各机构的结构和功能。

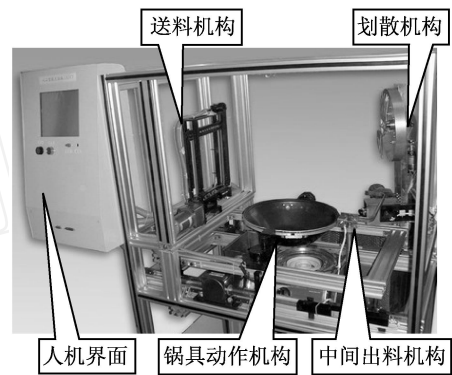


图2 自动烹饪机器人结构图

Fig.2 The structure of automatic cooker

2.1.1 锅具动作机构 锅具动作机构是自动烹饪机器人的核心机构,它有下列功能: 使物料在锅具内受热均匀; 与划散机构配合动作实现物料在锅具内的搅拌和划散; 与中间出料机构配合,实现中间出料; 实现块状物料在锅具内的大翻和小翻; 将控油后的油(或刷锅废水)倒入油槽(或废水槽)。

图3是锅具运动机构的机构原理图,它有3个运动:水平移动、晃动和翻转。各个运动可以实现如下的动作:

(1) 水平移动可将锅具水平移至任何位置,在

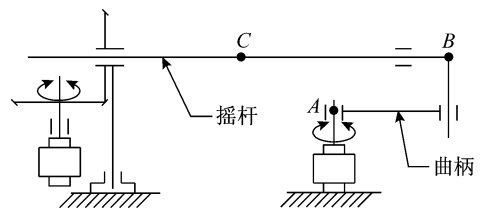


图3 锅具动作机构原理图

Fig.3 The principle of the pot mechanism

这些位置可以辅助实现自动送料和中间出料;

(2) 锅是烹饪的基本功能,它可以实现菜肴的均匀受热,通过变速运动还可以实现对小块物料的大翻.晃锅的动作速度不能太快,以免将物料飞出锅外.设定晃锅的速度(图 3 中曲柄的角速度)为  $\omega = 15.7 \text{ rad/s}$ ,角加速度  $\alpha = 0$ ,则锅具中心(图 3 中 C 点)的加速度

$$a_C = a_B + a_{C/B} \quad (1)$$

$$a_B = a_B + a_B^n \quad a_B = 0, \quad a_B^n = \omega^2 r \quad (2)$$

式中: $a_B$  为 B 点(曲柄端部)加速度; $a_{C/B}$  为 C 点相对于 B 点的加速度; $a_B, a_B^n$  分别为 B 点切向和法向加速度; $r$  为锅具的半径,在此机器人中,锅具的半径  $r = 140 \text{ mm}$ .将式(2)和曲柄摇块机构中摇杆的角速度和角加速度公式代入式(1),可得图 3 中锅具中心 C 点的加速度曲线  $a_x, a_y$ , x 轴的正方向定义为图 3 中锅具的水平向右移动, y 的正方向定义为垂直于 x 轴方向,向内.

因为物料在锅具内的运动是依靠锅具表面的摩擦激励作用来实现变速和翻转运动的,有必要对锅具的加速度方向进行分析.由图 4 得出加速度  $a_x, a_y$ ,容易得出中心 C 点的加速度与 x 方向的夹角  $\theta$ ,

$$\tan \theta = \frac{a_x}{a_y} \quad (3)$$

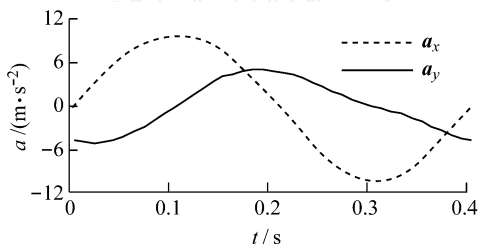


图 4 锅具中心的加速度曲线

Fig. 4 The acceleration curve of the pot-center

图 5 是锅具中心 C 点加速度与 x 方向的夹角的曲线.从图 5 可以看出,即使是匀速运动,锅具也是做变速和变加速运动,而且在运动的一个周期中,总有加速度变化最大的时候.此时,物料受到的激励作用最大,运动状态的变化也最明显.

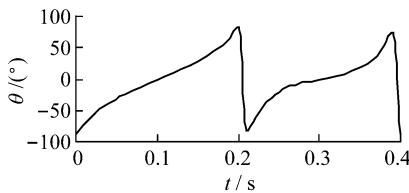


图 5 角曲线

Fig. 5 The curve of

(3) 翻转运动不但可以将油(污水)倒出锅具

外,还可以辅助实现中间出料动作的倾倒和加速物料的翻转,使物料更易均匀受热.

2.1.2 划散机构 划散在中式菜肴的烹饪过程中起着重要的作用,它由用于划散的梳形搅拌器和用于聚拢的罩子组成.为了简化整个机构,将清洗喷头安装在罩子内以实现清洗功能.为了节约用水,分别将 6 个小喷头安装在锅盖的不同方位,这样可以用较少的水将锅具和锅盖内部清洗干净;搅拌的功能可以使黏性物料均匀受热,防止粘锅等现象出现.

2.1.3 送料机构 对于自动烹饪机器人来说,各种菜肴的原料及其比例应是预先配备好的标准化菜单,因此送料机构只需在预定的时间点将各种原料准确无误地送入锅具内.根据烹饪步骤,可将菜盒分成 4 个腔,油、主料、配料和调味品分别被包装在菜盒的各个腔内,并用薄膜密封.

图 6 是送料机构的结构图,料盒的密封薄膜前端卡紧在弹性轴里.当主驱动轮顺时针转动时,皮带与弹性轴的摩擦力  $F_1$  和  $F_2$  使弹性轴绕自身轴顺时针转动并沿与 x 轴相反方向平行移动,从而将料盒的密封薄膜撕掉,料盒内的物料掉入已准确移动在其正下方的锅具内,实现自动送料.

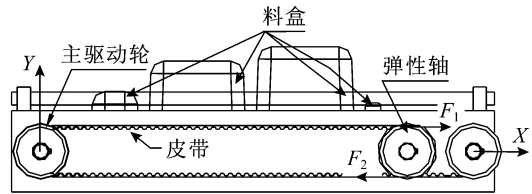


图 6 送料机构

Fig. 6 The structure of the deliver mechanism

2.1.4 中间出料机构 中间出料机构将与锅具动作机构配合使用,实现油炸食品的出锅、滤油和回锅动作.中间出料机构本身需有升降和翻转两个运动.图 7 是中间出料的机构动作流程图(以油炸肉丸为例).

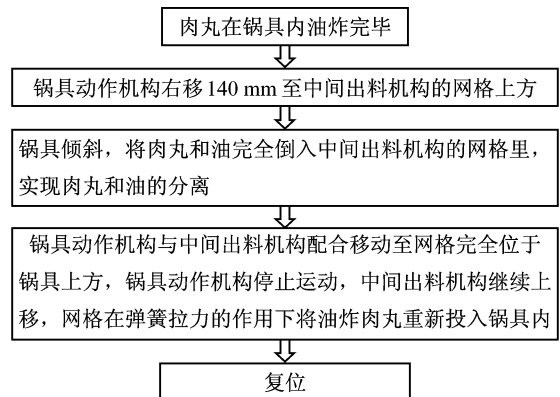


图 7 中间出料动作流程

Fig. 7 The process of mid receive and return

## 2.2 自动烹饪机器人控制系统

自动烹饪机器人作为一种家用电器,它的特殊性要求其操作便捷.在设计机器人软件系统时,使用了模块化和面向对象的设计方法,主要包括运行环境监控模块、动作模块、火候控制模块和人机交换,对于前两部分由于必须进行相应的通信和信息交换,为保证其运动的稳定性和可靠性,采用了基于 Controller Area Network(CAN)总线的模块控制方式. CAN 网络具有反应快、可靠度高的特点,有利于设备的功能扩展和系统升级.示教和人机交换通过 COM(Component Object Mode)实现.

图 8 是自动烹饪机器人控制系统框图,环境监控系统是自动烹饪机器人的重要组成部分之一,它包括的功能模块有: CAN 总线通信; 对配菜中心生产的有条形码的半成品菜肴原料进行识别,以确认需烹饪的菜名; 环境监控(温度、空气中 CO 浓度等).

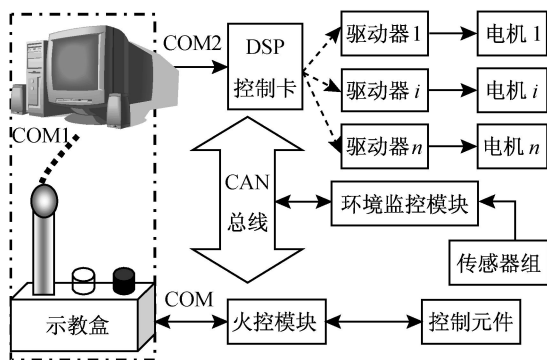


图 8 自动烹饪机器人控制系统

Fig. 8 The control system of automatic cooker

实时状态三维显示使用高级语言 C++ 调用 Windows 的三维库函数 OpenGL 等,并且结合示教仪接口函数,与示教仪同步显示当前各种部件的三维状态,可以直观地反映当前自动烹饪机器人各个控制部分的运行情况.

菜肴管理和定制系统是整个上位机的控制部分的核心.首先,它与示教仪接口函数进行实时的数据传输处理;其次,它与实时状态三维显示模块部分进行通信;最后,它包含一套完整的处理模块,大大地方便了软件使用人员对整个控制系统地操作,并且可以调用不同的效果模板进行创造性的操作,最后另存为标准的菜肴文件.

下位机根据传递的参数进行相应的动作控制.

## 2.3 实验

自动烹饪机器人机构的合理性需要通过实验来验证.利用该自动烹饪机器人对五柳鲢鱼、鱼香肉

丝、咖喱鸡翅、家常豆腐、宫保鸡丁、回锅肉片等几种菜肴自动烹饪.实验表明,该自动烹饪机器人在控制系统的作用下可以烹饪出可口的菜肴.

## 3 结 语

本文介绍了中式菜肴自动烹饪机器人的系统组成、功能和特点.目前,经过实验,该机器人已实现自动烹饪.自动烹饪机器人主要由 6 部分组成:锅具动作机构、送料机构、中间出料机构、划散机构、火控系统和控制系统.实验表明,这 6 部分配合可以实现对大部分中式菜肴特别是炒菜类菜肴的自动烹饪.采用模块化和面向对象的设计控制系统使自动烹饪机器人的操作简单而生动,同时也为系统提供了很大的升级空间.

## 参考文献:

- [1] 张延生. 中国烹饪工业化浅析[J]. 中国烹饪研究, 1996(2): 50 - 54.  
ZHANG Yan-sheng. Analysis of the industrialization of Chinese cuisine [J]. *Chinese Cuisine Research*, 1996(2): 50 - 54.
- [2] HE Ling-yan. Measurement of emissions of fine particulate organic matter from Chinese cooking [J]. *Atmospheric Environment*, 2004, 38: 6557 - 6564.
- [3] 祝原铮. 家用自动烹饪机[J]. 家用电器, 2002(3): 20 - 21.  
ZHU Yuan-zheng. Family automatic cooker [J]. *Household Electrical Appliance*, 2002(3): 20 - 21.
- [4] 侯 兵. 中国烹饪产业化发展的趋势及其原则[J]. 扬州大学烹饪学报, 2003(2): 7 - 10.  
HOU Bin. The trends of industrialized development for Chinese cuisine and its principle [J]. *Culinary Science Journal of Yangzhou Univ*, 2003, 20(2): 7 - 10.
- [5] 薛党辰. 滑炒技法探析[J]. 中国烹饪研究, 1999(4): 47 - 51.  
XUE Dang-chen. On saut éstir skill [J]. *Chinese Cuisine Research*, 1999(4): 47 - 51.
- [6] 张传军. 中国烹饪质量表述及形成途径[J]. 吉林特产高等专科学校学报, 2004, 13(2): 13 - 15.  
ZHANG Chuan-jun. The expression and forming path of the Chinese cooking quality [J]. *Journal of Jilin Local Specialty College*, 2004, 13(2): 13 - 15.
- [7] Uwe H, Dimitar W. Temperature control for food in pots on cooking hobs [J]. *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, 1999, 46(5): 1030 - 1034.