

漫谈电饭

二十世纪的九十年代,是我国的电饭锅产品向压力化进军的十年,迄今为止电饭锅压力化的产品,在专利技术上已经形成了较为完整的知识产权基础,从其仅有的几个产品样品来看,业已具备了产品商品化所需的诸多条件。电气压锅的商品化定型尚待由市场完成筛选而最终完成定型。大型企业在电饭锅压力化上的投入,远不如它们在塑料化、电子化上的投入。而面对压力锅行业的安全问题,压力锅的国家标准中的某些谬误条款,对于电饭锅行业来说其步履艰难是可以理解的。

一、“电气压锅”有共同的发明目的

但由于“ \square 式结构”中的“力”的驾驭方式不同,其发明效果在安全、节能、传热、机电一体化上有明显的技术突破,因此,其专利技术才从实用新型专利发展到发明专利。

“电气压锅”是由锅盖、内锅、外锅、密封圈、电热盘、开关以及膜片式力传感器等组成,烹饪功能是将压力-时间实现二维自动控制和一维选择(指用一个旋钮选定压力和时间)的自动烹饪控制技术做保障。电气压锅的初级产品已能为无沸腾烹饪提供量化的烹饪温度史的自动控制,实施烹饪过程“力”的驾驭。“电气压锅”是将电饭锅的外锅锅沿上设置六个锅牙,与压力锅盖上的六个盖牙刚性连接,巧妙地将电饭锅的外锅底部设计成弹性臂,其目的是要实现锅盖、密封圈、内锅的轴向动密封。电气压锅没有独立的压力锅和专用传感器,这种结构显示出具有较高的机电一体化设计水平,其特征结构由ZL91100026.7号专利所标明“ \square 式结构”。

笔者1991年1月申请了有关电饭锅

压力化的“ \square 式结构”发明专利,并于1993年6月获得中国发明专利权。“ \square 式结构”既解决了压力安全问题,又解决了压力自动控制问题,而且避开了压力锅的国家标准中谬误条款的束缚。“ \square 式结构”的这些成果是在大幅度节省原材料的基础上取得的。

“ \square 式结构”、“ \square 式结构”是ZL91100026.7号专利其结构特征的专用名词。“ \square 式结构”给出了一种电饭锅压力化的结构形式,它描述了由内锅、锅盖、密封圈、外锅、电热盘及闪动开关组成的电压力锅,形成锅内压力的闭环式自动控制,并且具备彻底清除使用中的压力安全隐患的特点。所述“ \square 式结构”也可称其为:“动底式”结构它具有以下特征:

- 1) 锅盖仅与内锅呈密封连接,而没有力学连接;锅盖与外锅呈刚性力学连接;
- 2) 外锅底部呈弹性臂设计,弹性臂上固定着电热盘,内锅就坐在电热盘上;这样锅盖通过弹性臂与内锅形成了弹性连接;
- 3) 电热盘与内锅呈传热学连接;
- 4) 电热盘与闪动开关串联接入电源,形成电器连接;
- 5) 弹性臂的位移驱动闪动开关,形成位移连接;
- 6) “ \square 式结构”的物理量转换及闭环式压力控制模式如注解:

从控制流程示意可以看出:市电经二维开关进入电热盘加热内锅底,由锅盖、密封圈、内锅所形成的密封锅,因受热而产生压力,这一锅内压力,由“ \square 式结构”,准确地传递给弹性元件,再经弹性元件的位移来驱动二维开关,形成锅内压力的闭环式自动控制。这种压力控制的温度灵敏度可达 0.3°C ;它

在电扇直接吹锅盖而散失热量时,仅需几秒钟便可完成加热控制。锅内压力(温度)控制的灵敏度,显示出“ \square 式结构”的优越性。而在电热意外失控的情况下,“ \square 式结构”中内锅与锅盖轴向动密封位移距离——位移高度差是有限的,可通过最高工作压力、动密封最大位移、力学结构强度设计来确保压力安全。“ \square 式结构”彻底地解决了压力安全问题,同时带来了良好的机电一体化基础,是电饭锅走向压力化的根本保障。

二、电饭锅压力化所带来的问题

1. 压力安全——由于现有压力锅技术的安全性不可借鉴,压力安全设计成为电饭锅压力化的第一个课题,面对压力锅界尚未解决的压力安全问题,首先要突破压力锅的现有国家标准中谬误条款的束缚,压力安全的成败直接关系到压力化的成败。



锅压力化

王永光

提出锅盖与外锅实现弹性旋合式连接,形成动缝式泄压——一种不可堵塞的泄压方法,彻底地、精确定量地解决了压力使用安全问题。

2. 压力控制与自动控制设计——闭环式压力自动控制,它涉及形成闭环控制的各物理量之间的转换,要求转换的函数关系简单而稳定;所述简单即两物理量的函数关系不受其它因素影响而变得复杂;所述稳定即传感器及其检测的时效稳定性。还有就是被控物理量的选取要合适,这些都是成败的关键。

3. 结构设计——“□”式结构实际上是将定型电饭锅的结构与压力锅的结构巧妙结合而成,使得电气压锅的结构设计简单化。在定型电饭锅的基础上,将外锅底膜片化,外锅沿锅牙化;在锅盖与内锅之间加设密封圈;电饭锅的锅盖带着卷边翻出锅盖牙,与外锅牙呈旋合式连接;由膜片式外锅底的弹性位移驱动闪动开关,形成闭环式压力自动

控制;压力安全问题由“□”式结构特有的超压自泄功能确保。

由于电气压锅的结构设计好似电饭锅结构设计的临摹,所以电饭锅压力化产品与其商品化设计的矛盾,并不突出。

4. 力学设计——“□”式结构以及以后的泄压槽技术,可以准确地限定锅内最高压力值,因此,电气压锅的力学设计,实际上是驾驭“□”的技巧。首先是要确定锅内最高压力值,此后确定内锅口径,依此求出各个部位的受力强度,进而通过强度设计确定零部件的具体结构和尺寸。电气压锅的力学设计与压力锅的力学设计相比较,具有精确设计、节省材料的特征。电气压锅的力学设计及其核心技术形成于二十世纪的最后十年,而目前压力锅的力学设计等主要技术,则是1680年法国医生丹尼斯·帕平确立的,显然属于不同技术时代的产物。

5. 传热学设计——电气压锅的传热学设计首先从电热盘开始,由于电饭锅的电热盘,在电饭锅中除用于加热,还兼有用其余热焖熟饭的功能,它的设计热容量太大,不能直接用在电气压锅上。顺便指出:传热学设计的这一细节曾经被日本人的电脑电饭锅所忽略。

压力化后锅内温度均匀,可以省去保温层、立体加热、厚釜均温等日本人所采用的蹩脚的“传热学设计”。也实现了日本人的电脑电饭锅,费劲周折而未能满意的锅内均温问题。

6. 自动控制设计——压力化后将锅内温度的物理量转换成压力,可方便而稳定地实施对锅内温度(压力)的自动控制。凡是知道温度控制的难度的设计者,都力求将温度转化成其它物理量,而日本人的电脑电饭锅却采用了线性的

温度—电量转换传感器,这恐怕是日本人败笔的根源。

7. 内锅设计——压力化后内锅的高度与直径之比,也可摆脱定型电饭锅的内锅设计条例的束缚,将锅身高度与内锅口径之比选在0.65左右,当然这仅是传热学设计对内锅高度的设计要求。电气压锅的内锅应该给消费者怎样的形象值得进一步探讨。其力学设计是要满足最高工作压力值时的受力,当内锅的锅底材料设计厚度达2mm时,可采用变薄拉伸工艺节省用材。内锅口上设有若干限压槽,是整机限压设计的要求。

铝质内锅仍然是首选,铝的导热性能相比不锈钢优一个量级,特别是与不粘涂层技术结合后,铝质内锅的市场份额仍是最高。

不锈钢内锅与“□”式结构结合后,由于内锅底与电热盘之间最高时有数百公斤的压合力,有关薄壁不锈钢内锅的变形问题、省去内锅的复合底问题,就有了在设计上创新的余地,在实施开发之前虽不便再进一步预测,这里只是提请注意无复合底不锈钢内锅与“□”式结构结合的特征关系。

8. 烹饪设计——在压力化后由于实现了锅内温度史的量化控制,可以依据多种食物的烹饪需求,为每种食物设计最佳的锅内压力(温度)烹饪曲线,并为消费者选择汤、粥、肉、饭等所烹饪食物的烹饪曲线给予方便。有关烹饪多功能的扩展应在蒸、煮、炖、熬、煨、焖、烧的范围内,设计最高工作压力应在100~120kpa范围,设计烹饪时限为5~60min。

9. 电热盘设计——电热盘的问题多被忽视,因此特意说明:压力化后仍沿用电饭锅的加热方式,其离心浇铸铝电热盘的热容量太大,应改用压铸法生产



电热盘，电热盘的质量应作到在180~250g范围，可大大改善了自动控制性能。另外，采用镶嵌式电热盘也能很好地满足设计要求。

10. 成本问题——从上述介绍的电气压锅的产品结构概况，就某一具体产品的成本与电饭锅比较、定义，笔者试图在产品图纸没有确定和设计出来之前，给电气压锅的成本以尽量具体的概念，这里采用比较推导法，因此回顾电饭锅的成本史同样有意义。

a. 电饭锅自1961年在日本定型生产，是靠将电热盘的底座向上延伸成外锅而打开市场的，也就是说电饭锅因为有了外锅才得以打开市场；请注意从底座到外锅是商品化过程，是以增加了成本为代价得到的市场，这外锅的成本增加占总成本的5%。

b. 1991年在我国由广东的企业率先将电饭锅的外锅加套上一层印花铁皮，使电饭锅的外观由鼓型变成直桶印花型外观，由于引进了印铁技术大大改变了其商品的外观价值，企业取得了更大的利润，这也是以增加成本为代价所赢得的市场，印花铁皮所增加的成本，占总成本的10%左右。

c. 1994年还是在外观上采用了塑料化设计，使得普通型的电饭锅产品提高了它的商品档次，塑料化所增加的成本占总成本的15%。

d. 1994年采用内锅不粘锅涂层，使得电饭锅成本在塑料化的基础上增加10%。

e. 1994年在塑料化的基础上实施电脑化，由电子芯片实施烹饪功率史的控制；电脑化所增加的成本占塑料化电饭锅的50%。

f. 1994年压力化中的“匚”式结构与电动时控压力技术结合，形成由锅内压力驱动的锅内压力史的自动控制，同是在塑料化的基础上，所增加的原材料成本占塑料

化总成本的20%。顺便指出：塑料化的电气压锅产品其数字化显示产品（或称：假电脑化），所需增加的成本占塑料化产品总成本的20%，也就是说预计数显塑料化的电气压锅产品，其成本与机电一体化产品成本一致，这里将数显成本与电动时控成本视为等同。

以塑料化电饭锅产品为基础，回顾电饭锅的成本增加史，设法讨论电饭锅压力化产品的成本增加的量化概念。

结语

机电一体化设计——机电产品中的机与电多是通过传感器连接的，而传感器又是自动控制中各个物理量之间转换的重要器件，而在“匚”式结构中，内



锅、密封圈、锅盖所组成的密封容器，就是一个压力传感器——由锅内压力产生锅盖与内锅的相对位移，这是将压力转换成位移的传感器；在“匚”式结构中，外锅底的弹力与锅内压力相当，由锅内压力引起外锅底的弹性位移，其函数关

系简单而稳定，外锅也参与了压力转换成位移，是传感器的重要组成环节。将传感器的设计溶于机电一体化的设计中，是家用电器的优秀设计方法。

顺便指出：日本人的电脑电饭锅将机（锅）与电（电脑），通过函数关系不稳定的线性温度传感器连接，且不说他的机与电分体设计的水准，仅仅看他的温度传感器，就认定了他的失败。

（责编 朱冬梅）

作者简介

王永光——中国科学院退休高级工程师，退休前曾在中国科学院力学研究所工作长达35年。王先生于1985年开始研究压力锅，受科研文化熏陶逐渐形成了自己的安全哲理，力主在压力锅界推介弹性学派，以解决压力锅产品的爆锅顽疾，已获得中国发明专利（权）。该专利技术包括无沸腾烹饪方法和由弹性元件组成的压力控制结构。在产品设计上提倡机电一体化设计；在压力安全上主张不单独设立安全装置，或者是安全装置的零部件故障不得引起压力安全事故；在烹饪方面主张既要适应营养化的要求，又要适应膳食平衡的饮食新潮，因此强调产品工作压力的动态可控性。在产品的合开盖力上采用按开式的合开盖结构，而逐渐放弃沿用压力锅扣牙式旋合结构的合开盖形式。目前，王先生正与包括“美的”在内的多家企业合作开发新一代的电饭锅压力化的产品。

注解※“匚”式结构的物理量转换及闭环式压力控制模式

中华烹饪→模糊集合→烹饪程序→机械编程→时间模拟量→减速齿轮→同步电机→市电●

功能选择 → \ / ← 市电●

↑压力→力→弹性元件→位移→二维开关 → 电热盘 → 锅底加热水 → 锅内压力 ↓

————— 闭环控制 —————

※“匚”——音方Fang，中华书局1980年重印《辞海》上册445页：
“匚”甲夫央切，音方，阳韵，与别。受物之器见《说文》。
“巳”注音符声声符之一，读如佛，唇齿声。如汉语拼音F。
※电脑位置：点击“插入”、点击“符号”后，在“宋体”中寻找“部首及难检字”寻找“匚”偏旁字。