

电饭锅限温、保温温度的模拟测量

范茂兴 蔡 勇

(自动化系)

摘要 电饭锅检测线是采用空烧来代替煮饭,测量限温、保温通电时间的模拟方法来间接反映限温、保温的。用概率理论对测试数据进行了分析。重点介绍了根据环境温度、湿度和功率对空烧时间(限温、保温通电时间)进行修正的方法。

关键词 电饭锅; 温度; 保温通电时间; 限温通电时间; 空烧时间; 随机变量

0 前 言

保温式自动电饭锅的限温、保温温度的测量法按国家标准要用煮饭来测量。这种测量法作为型式试验或抽检是最直接和正确的,但作为产品的出厂检验则不是理想的方法。其一,检测费时费力,质检工人既要监视电饭锅保温指示灯和煮饭指示灯(也即限温指示灯)是否熄灭,又要同时看温度计读数,且效率低。其二,费粮。所以这种测量方法必将严重限制电饭锅的生产量,因此必须寻找一种简易快捷的测量方法来代替煮饭测量法。本文提出用空烧模拟法来测量电饭锅的限温、保温温度,即内锅里不放置任何东西通电加热,测量从通电到保温器、限温器跳断的持续时间,再经过必要的修正来间接反映温度值。经大力推广,目前已在国内90%以上的电饭锅厂中使用,如按年产1200万只电饭锅计,全年节粮、节电、节劳力是相当可观的。

1 限温、保温参数

1.1 限温温度

自动电饭锅国家标准 GB8968-88 中规定:限温温度的测定是向内锅加入额定容积的50%的水,再按米与水的重量比为1:2加入三级籼米。按图1所示把两支水银温度计放在内锅底部中心直径50mm范围内。其中温度计 C_1 与内锅底部保持接触, C_2 距锅底5mm,施加额定电压进行试验。在限温器切断电源后,5s内读取温度计 C_1 读数,然后加入50ml、80~90℃的热水,约10min后重新接通电源进行第二次试验,重复测试3次,取 C_1 温度计的三次

收稿日期:1993-10-23

读数平均值作为限温温度。合格的限温范围为 $T + 0.5^{\circ}\text{C} \sim T + 4.5^{\circ}\text{C}$, T 为试验地点水的沸点,以下假定 $T = 100^{\circ}\text{C}$ 。

1.2 保温温度

根据 GB8968-88 规定,按图 1 试验装置,在测量限温温度后再测量保温温度。用控温器保温的电饭锅,在限温器切断加热电路后,记录保温触点第 5、6、7 次接通和断开时温度计 C_2 的读数。取三次接通瞬间的读数平均值为最低温度,三次断开瞬间的读数平均值为最高温度。饭温均应保持在 $60 \sim 80^{\circ}\text{C}$ 范围内为合格。

用附加电热元件保温的电饭锅,在限温器切断主加热器电路 4h 后,在 5s 内读取温度计 C_2 读数,其读数(饭温)应比试验环境温度高 $45 \sim 55^{\circ}\text{C}$ 为合格。

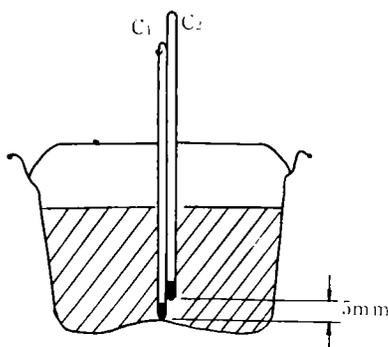


图 1 限温、保温温度测定装置

2 空烧模拟法

所谓空烧模拟法就是采用分别测量电饭锅空烧时从通电加热到保温器、限温器跳断时的空烧时间(保温通电时间和限温通电时间)来间接反映保温温度和限温温度。

2.1 电饭锅空烧

一般来讲同一规格的电饭锅的热容量是相同的。在相同的环境下(温度、湿度和电压等)烧相同重量的米和水混合物至同一温度的饭,在理想状态下各电饭锅所消耗的能量是相同的。由于电饭锅发热丝是电阻性的,根据楞次-焦耳定律,所吸收的热量(或说所消耗的能量)可用以下公式表示:

$$Q = 0.24 \times 4.18 I^2 R t \quad (\text{J}) \quad (1)$$

将 $P = I^2 R$ 代入上式,得热量的另一表达形式

$$Q = 0.24 \times 4.18 P t \quad (\text{J}) \quad (2)$$

也就是说,电饭锅功率(P)一定时,所吸收的热量与通电时间(t)成正比。

同理,如果用空锅加热,则加热到同一温度时各个电饭锅所消耗的能量也应该是相同的,但所花费的时间要比煮饭短得多。

再从控温器保温的电饭锅结构(见图 2)看,通电后发热盘传热给内锅,内锅再传热给限温器,限温器中的磁钢到达一定温度(居里点)时便失磁,这时限温器的机械部分便在弹簧的推力下使电源

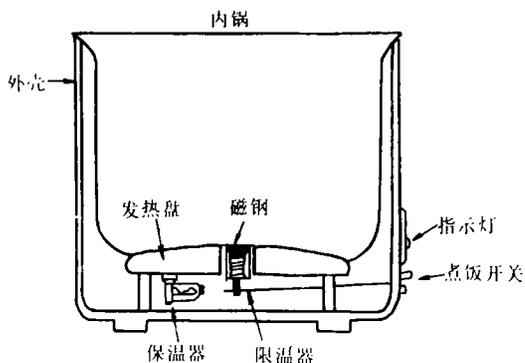


图 2 控温器保温的电饭锅结构剖面图

触点断开。保温器安装在发热盘上,它的双金属片到一定温度便动作,使电源触点断开。所以煮饭和空烧对电饭锅来讲是无差别的,仅有通电持续时间(限温通电时间和保温通电时间)长短而已,不会对电饭锅本身造成任何损坏。根据公式(2)和电饭锅控温的结构,可以用空烧来代替煮饭以间接测量温度参数。

2.2 空烧和煮饭时间的随机性

用空烧来代替煮饭对电饭锅检测,最重要的一步就是要找出温度与加热时间之间的函数关系。这可以通过大量的试验来取得,试验时环境温度、湿度、电源电压和电饭锅的功率必须一致,否则测试数据将有很大的离散性而没有利用价值。这几个因素的影响将在2.3节中讨论。

从电饭锅通电空烧(不按下煮饭开关)开始计时,当保温器跳断时(保温指示灯亮)记录下保温通电时间,再按下煮饭开关(煮饭指示灯亮)继续计时,直到限温器跳断时(保温指示灯亮)记录下限温通电时间。再用同一个电饭锅进行煮饭试验,测出保温器、限温器跳断时的温度。重复多次,就可得到粗略的升温与空烧时间的对应关系。试验数据显示,一个电饭锅用同一个内锅,在测试环境基本相同的条件下多次测量到的保、限温通电时间不会完全相同,但都在一定的取值范围内。所以这种具有取值依赖于试验结果,在试验结束之前不能预先断定它取什么具体值,但有一定取值范围的保、限温通电时间是一种连续型随机变量。产生随机误差的原因主要是电饭锅是间接传热、内锅与发热盘接触紧密程度及测量误差。所以用煮饭法来测量保、限温通电时间也会产生这类随机误差。用大量电饭锅测试时还有零件加工质量和按装质量差别引起的随机误差。理论上可以证明,如果某个数量指标呈现随机性是有许多随机因素影响的结果,而每个随机因素的影响又都不太大,这时数量指标就服从正态分布。电饭锅保温、限温通电时间的测量值也具有这种性质。图3为1100W电饭锅保、限温通电时间测量值的概率密度函数 $f(t)$ 图形,图中 t_k 是对应保温合格范围60~80℃的时间,

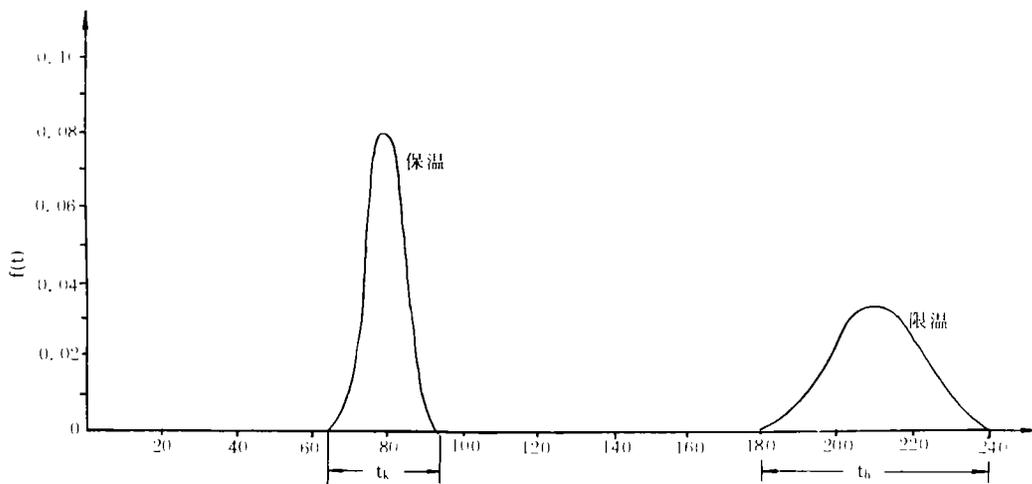


图3 保温、限温通电时间测量值分布

t_k 是对应限温合格范围100.5~104.5℃的时间。从图中可看到保温通电时间的离散性较小,这是因为保温器控温温度低,相对限温器传热效率高(见图2)。而限温器是间接传热,控

温温度高,所以离散性较大。

对不同规格的电饭锅进行长期的测试,可以得到较为全面的数据。表1列出了额定电压为220V、额定功率为700W和900W的某厂电饭锅在不同环境温度下对应保温、限温合格范围的空烧时间取值范围。例如环境温度在10℃时,900W电饭锅从通电开始到限温器跳断的限温通电时间取值范围为240~340s,这段时间对应的限温温度为100.5~104.5℃,此关系可通过煮饭来验证。

表1 某厂220V 700W,900W电饭锅空烧时间取值范围

		0(℃)	5(℃)	10(℃)	15(℃)	20(℃)	25(℃)	30(℃)	35(℃)
700W	保温(s)	111~146	104~139	92~127	80~116	71~107	66~101	62~98	59~95
	限温(s)	279~386	268~375	250~357	233~340	218~325	206~313	196~304	188~295
900W	保温(s)	110~143	103~137	92~126	82~115	73~107	68~101	65~98	62~95
	限温(s)	267~358	257~358	240~340	224~324	210~310	199~299	190~290	182~282

2.3 空烧时间的修正

在工厂的实际测试中,环境温度、湿度随季节变化,电网电压经常波动,有时低至180V,此外同一规格电饭锅的功率也有差异,再加上2.2节中谈到的几个固有因素,产生的误差是相当大的,因此,测量的空烧时间就不能作为判断保、限温温度是否合格的依据。所以必须预先排除各种因素产生的误差。

零件质量和按装质量是固有的,最有效的方法是通过筛选提高保温器和限温器的控温一致性。放内锅时,将内锅左右旋转几下,可使内锅与发热盘接触紧密,增加热传导系数。对于供电电压,工厂一般是按装大功率三相稳压器供电,保证电源电压稳定在220V或110V(出口锅),消除因电压波动引起的空烧时间误差。对于其它因素则不能通过某种硬措施消除影响,只能根据具体情况分别修正。

2.3.1 根据实测功率进行修正 根据公式(2)可知,热容量相同的电饭锅加热至同一温度,功率大的锅所花的时间要比功率小的锅所花的时间少。由于判断实测空烧时间是否合格,只能有一个标准取值范围(见表1),所以必须根据实测功率对实测空烧时间进行修正,统一折算成在额定功率时的空烧时间,公式(2)可重写为

$$Q_{\text{STD}} = 0.24 \times 4.18 P_N t_{\text{STD}} \quad (3)$$

式中 Q_{STD} 为额定功率(P_N)电饭锅空烧至保温器或限温器跳断所需要的总热量, t_{STD} 为所需要的标准加热时间。测量时可以认为各个电饭锅热容量是相同的,所需的总热量也是相同的,而只有空烧实测时间(t)随实测功率(P)变化,即

$$Q_{\text{STD}} = 0.24 \times 4.18 P t \quad (4)$$

由式(3),(4)可得

$$t_{\text{PMV}} = t_{\text{STD}} = \frac{P}{P_N} \cdot t \quad (5)$$

式(5)中 t_{PMV} 表示了不同功率电饭锅折算为额定功率时所花费的时间,根据2.2节可知 t_{PMV} 也是一个随机变量,这个修正值可以同表1中的取值范围作比较,判断是否合格。

例如有一额定功率为700W的电饭锅,在20℃时实测功率 $P = 720\text{W}$,实测限温通电时

间 $t_L = 320\text{s}$, 代入式(5)可得

$$t_{PMV} = \frac{720}{700} \times 320 = 329\text{s}$$

从表1中20℃一栏可查到合格范围为218~325s, 比较后可判断限温通电时间是不合格的。实测是合格的, 而修正后为不合格, 说明如果该电饭锅换成功率率为700W的发热丝则所需时间为329s, 超过了合格范围。这是限温器的动作温度偏高, 吸收的热量已超过标准总热量 Q_{STD} 。

2.3.2 根据环境温度、湿度进行修正 气温的变化对空烧时间有着很大的影响, 这可从表1清楚地看到。如果整个车间装空调保持恒温恒湿, 就可避免温、湿度引起的误差。但实际上这种方法是不切实际的。因为电饭锅生产都是流水线装配、检测, 车间非常大, 装整体空调耗资巨大, 特别在冬天和夏天也不能做到始终保持在某一温度。另外零部件都是通过悬挂输送带传送到装配线, 电饭锅装配好后就直接上检测线, 在短时间内温度不能完全达到平衡, 也会带来影响。所以各工厂都采用根据温、湿度进行修正的方法, 节省投资和用电费用。

某厂生产的220V、700W电饭锅的保、限温通电时间修正曲线见图4。图中曲线是对表

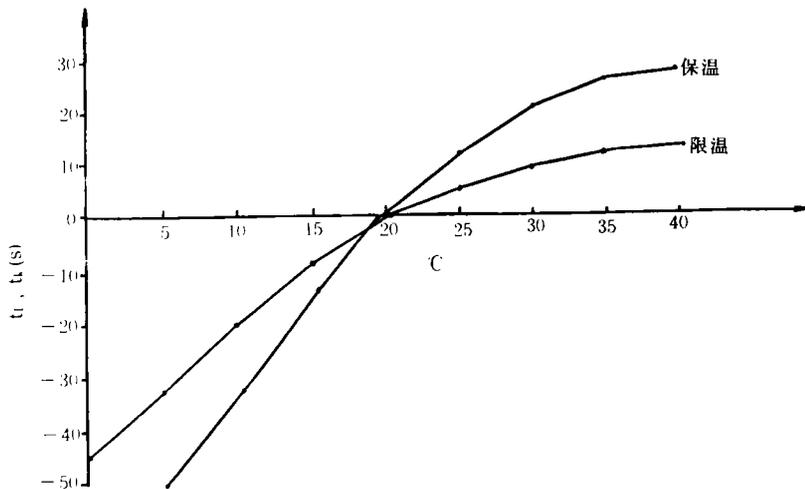


图4 保温、限温通电时间修正曲线

1 数据进行分段线性化得到的, 在整个温度范围内, 修正值是非线性的, 在 $\Delta 5\text{C}$ 范围内则认为线性。保温通电时间修正值比限温通电时间修正值小的原因, 一如前所述保温器相对限温器传热效率高, 二是保温温度比限温温度低, 空烧时间也短, 所以温度对保温通电时间的影响相对限温通电时间要小一些。从图中可看到在20℃时修正值均为零, 说明在20℃时测量到的时间就是式(3)中的 t_{STD} , 不必进行修正。这个基准的选择是任意的。气温低于20℃, 首先要加热到20℃, 再加热到保、限温器跳断, 所化时间肯定要比在20℃时开始加热的时间长, 所以要从实测值中减去多化的时间, 多化的时间可从图4中查到, 最后得到折算为在20℃时的实测时间。反之, 气温高于20℃时, 就要在实测时间上加上少花的时间。例如环境温度为28℃, 实测限温通电时间 $t_L = 290\text{s}$, 从图4可得30℃时修正值为21.45s, 25℃时修正值为11.95s, 可计算得到28℃时的修正值 $t_{L,MV} = 17.6\text{s}$, 折算成20℃时的限温通电时间

为 $307.6s(t_L + t_{LMV})$ 。

2.3.1 节中已讲到取值范围以额定功率为基准,现在温度选用 20C 为基准,这样就不需要根据温度范围和功率偏差范围设定多个标准取值范围,如临时需要调整取值范围,就非常方便。

湿度的变化对空烧时间也有影响,特别是梅雨季节,尤为严重。图 5 为湿度的修正曲线,也是分段线性化的。湿度高就意味着内锅与空气的热绝缘差,即加大了热容量,要比正常湿度时多化时间才能把内锅烧到同一温度。例湿度为 $85\%RH$,可从图 5 得到 $80\%RH$ 的修正值为 $1s$, $90\%RH$ 时为 $3s$,可计算出 $85\%RH$ 时的修正值 $t_{RH} = 2s$,最后在实测时间中减去这个修正值。

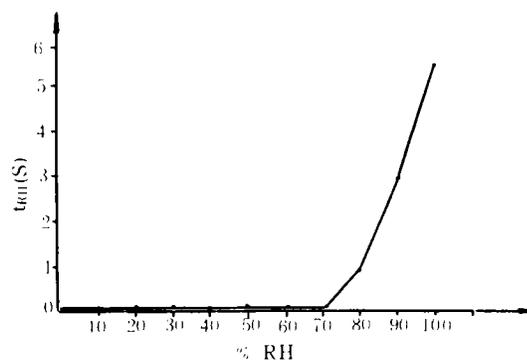


图 5 湿度修正曲线

2.3.3 保温、限温通电时间取值范围的性质 综合以上各修正,最终可得经修正的限温通电时间 T_L 如下

$$\begin{aligned} T_L &= t_{PMV} + t_{LMV} - t_{RH} \\ &= t_L \times \frac{P}{P_N} + t_{LMV} - t_{RH} \end{aligned} \quad (6)$$

各参数意义如前各小节所述,将实测保温通电时间 t_k 和保温修正时间 t_{KMV} 分别代替式(6)的 t_L 和 t_{LMV} ,即可得经修正的保温通电时间 T_k

$$T_k = t_k \times \frac{P}{P_N} + t_{KMV} - t_{RH} \quad (7)$$

T_L 和 T_k 已折算为在额定功率、 20C 时的空烧时间,与合格范围比较后就可判断对应的限温、保温温度是否合格。表 2 为额定电压为 $220V$ 、额定功率为 $900W$ 的电饭锅在气温 28.5C 、湿度 $62.8\%RH$ 时的实测数据和修正值,保温合格范围为 $73\sim 107s$,限温合格范围为 $210\sim 310s$ 。

表 2 实测数据表

实测功率(W)	保温通电时间(s)		限温通电时间(s)	
	实测	修正	实测	修正
906	69	75	250	264
890	77	82	261	271
904	75	81	275	290
859	80	82	272	274
818	85	83	297	284

从表 2 可看到实测值有大有小,但修正后的时间则比较接近,说明这种方法是切实可行的。经过修正后是否会产生错判呢?从 2.2 节中已知保、限温通电时间是一种随机变量,在实际中很难找到空烧时间和温度一一对应的函数 $\varnothing(t)$ (见图 6),而有象图 6 中阴影部分的带

状范围。所以不存在完全与温度合格区间对应的时间区间(图6中 t_2),因此范围应选小一些(如图6中 t_1),这就可能把合格的锅判作为不合格。如果范围选得大一些(如图6中 t_3),则可能把不合格的锅判作合格。在实际检测中,范围总是选小些,这样将把在合格与不合格边缘状态的临界锅判为不合格,但因为临界锅是极少数,所以误判不会很多,却杜绝了把不合格锅判作合格锅的情况。为减少临界锅,工厂也预先对保、限温器进行筛选,把控温性能一致的按装在同一规格的电饭锅上,所以限温、保温温度的合格率均可以做到95%以上。

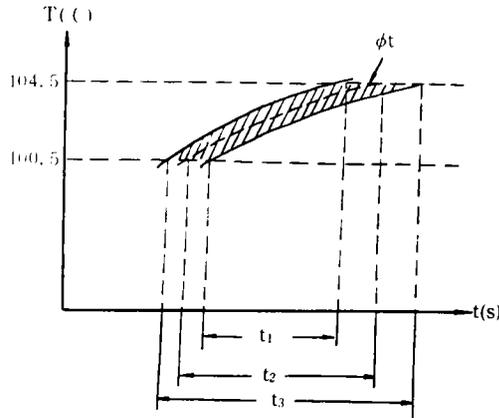


图6 空烧时间与限温温度的关系

3 实施方法

3.1 检测线工作安排

国内各大电饭锅制造厂都在开发并投产电脑电饭锅,这种锅热效率高,保温与限温空烧时间很接近,按照以前检测普通电饭锅的顺序安排^[2],保温、限温通电时间测试是分开的,中间测电气参数,但不能满足对电脑锅的测试。图7为经过调整后的顺序安排,先测电气参数,后测保、限温通电时间,这样既可测普通电饭锅又可测电脑电饭锅。

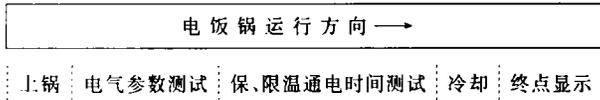


图7 电饭锅检测线顺序安排示意图

3.2 时间信号的采集与处理

计算机选用STD总线工业控制机——STD V40系统Ⅱ,在一块V40 CPU上就集成了绝大部分PC机的功能,在软件上与MS-DOS兼容,为用户提供了一个优良方便的开发环境,最主要的是可靠性高、抗干扰能力强,适用于各种苛刻的工业环境。图8为计算机系统硬

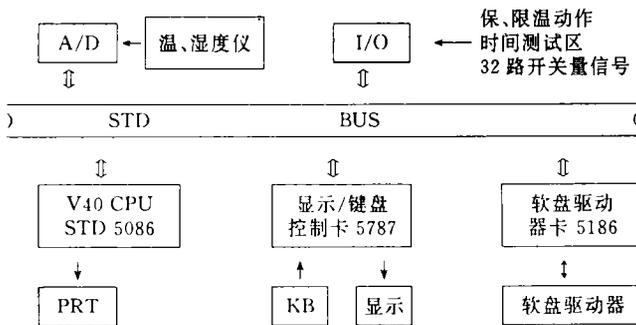


图8 STD V40系统Ⅱ硬件框图

件框图。保、限温通电时间测试区的开关量信号通过 I/O 模板输入计算机处理。

保、限温时间信号的采集和处理在每秒一次的中断服务程序中完成,程序对 32 个工位上电饭锅电源的通("1")断("0")状态进行判别并分别计时,图 9 为某个电饭锅经过检测线时电源通断的情形。

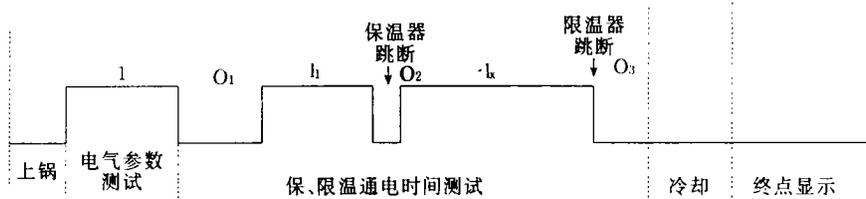


图 9 电饭锅电源通断示意图

为保证各种规格的电饭锅的保温、限温器跳断时都在测试区内,初始通电位置并不都是从测试区第一个工位开始的,如图 9 所示。这时就会产生第一个"0"态 O_1 ,通电后产生第一个"1"态 1_1 ,保温器跳断后产生第二个"0"态 O_2 ,再经操作工人按下煮饭开头继续加热,产生第二个"1"态 1_2 ,限温器跳断后产生第三个"0"态 O_3 。 O_2 和 O_3 具有相同的性质,一样处理。为分别处理以上 4 种状态,对每个电饭锅设立了 3 个计数单元,一是保温计数单元,累计 1_1 持续时间;二是限温计数单元,累计 1_2 持续时间;三是标志单元,累计 O_2 与 O_3 持续时间,各单元初始值均为零。软件处理框图如图 10 所示。

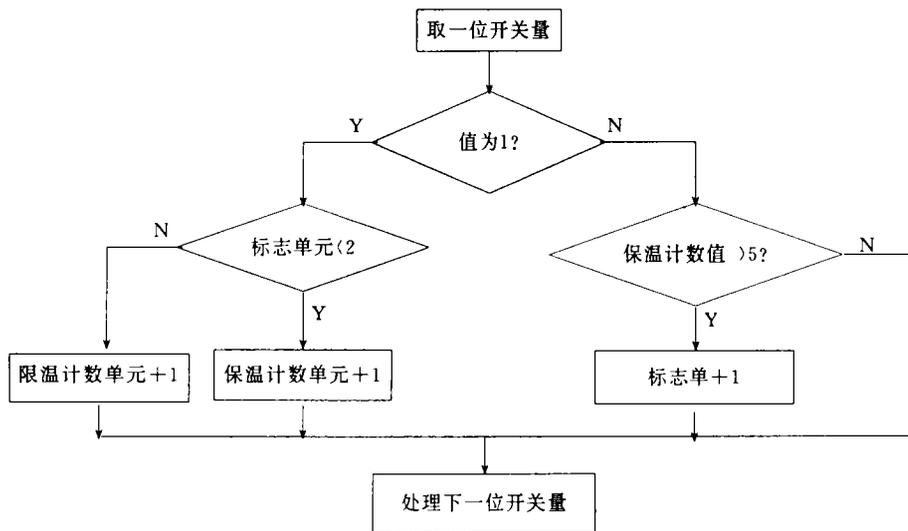


图 10 保、限温时间测试数据处理框图

测试中要求操作工人在保温器跳断 3s 后再按下煮饭开关,产生较长的 O_2 ,以保证计算机判断保温跳断的准确性。因为电饭锅从一个工位进入下一个工位时,偶尔会产生不该出现的"0"态,如果此时正好采集开关量信号,就会采集到虚假的跳断信号。通过判断标志单元是否小于 2s 就可避免错判,保证保温器跳断后的 1_2 累加入限温计数单元。当保温计数值大

于5s,标志单元加1,是为了分别处理 O_1 与 O_2 (及 O_3)。如果小于5s,肯定是 O_1 态,就不作任何处理,大于5s就累加 O_2 和 O_3 的持续时间,保证时间测量的准确性。总的限温通电时间为图9中所有“1”态之和,测量精度为 $\pm 1s$ 。生产现场装有温湿度仪,每个电饭锅进入测试工位,计算机采集存放当时的温湿度,待该电饭锅出测试区后,就根据实测的温、湿度和功率对实测时间按(6)、(7)式进行修正。当电饭锅进入终点显示工位,就同步显示该电饭锅的实测时间值和修正后的时间值(见表2)。

在很多工厂,电网经常换电停电,不采取措施会造成测时不正确和显示错位等不正常情况。计算机配备不间断电源,停电时仍可工作,不会因停电丢失测试数据。另外在程序中也采取相应措施,一停电就停止检测,待来电后再从原断点继续运行,保证正确的衔接。短时间停电,检测线上电饭锅不必取下冷却后再重测,如停电时间较长,电饭锅因散失热量多,为保证测试正确需取下重测。

4 小 结

本文讨论了用空烧时间代替煮饭测温的方法,从理论上也从实测数据上进行了分析,通过全国十几家电饭锅厂20几条检测线的实际运行,证实这种方法是切实可行的,并得到广东省质检机构的认可。电饭锅参数计算机辅助检测线通过了国务院电子振兴办和轻工业部的鉴定,并获得轻工业部科技进步三等奖。

从实验数据看,时间与温度之间的关系是有一定统计规律的,也就是说模糊的,而现在以几种精确的方法来修正,其间肯定存在着差异,这方面的关系仍需进一步探讨。

参 考 文 献

- 1 自动电饭锅国家标准. GB 8968-88
- 2 蔡勇. 微机在电饭锅检测中的应用. 无锡轻工业学院学报, 1990, 9(2): 60~65
- 3 范茂兴等. 电饭锅参数的计算机辅助测试(CAT). 无锡轻工业学院学报, 1987, 6(3)
- 4 Wadsworth G P, Brya G J. 林少宫等译. Applications of Probability and Random Variables. 高等教育出版社, 1984
- 5 广东电饭锅厂. 电饭锅测试数据资料. 1991
- 6 广东容声家用电器实业公司. 电饭锅检测线检测数据资料. 1993

Simulation Test of Limit Temperature and "Keep Warm" Temperature for Electrical Rice Cooker

Fan Maoxing Cai Yong

(Dept. of Auto.)

Abstract A simulating method is introduced into Electrical Rice Cooker Test Line by control of electrified time through temperature limiter and "Keep Warm" controller at vacant pot instead of realing cooking. Testing data have been analysed with the theory of probability. According to environment temperature, humidity and electric power, a revised method of electrified time at vacant pot was then introduced emphatically.

Key-words Electrical rice cooker; Temperature; Electrified time "Keep Warm" controller; Temperature limiter; Vacant pot; Random variable