

影响燃气蒸箱热效率测试因素的探讨

□ 上海酒店设备工程成套有限公司 (201802) 张 健

摘 要: 本文主要介绍了燃气蒸箱热效率的测试与计算方法以及补水温度变化、增压泵增加、注水至盛水容器过程、燃气蒸箱箱门开启等因素对热效率测试的影响,并通过相关实验进行分析与探讨,指出在测试时应避免这些因素对燃气蒸箱热效率测试的影响。

关键词: 热效率 能效 补水温度 增压泵 注水 蒸箱箱门 误差

Impact of Gas Steamer Oven Range with Thermal Efficiency Factors of Test

Shanghai Equipment Hotel Crop., Zhang Jian

Abstract: In this paper, the thermal efficiency of gas steamer oven testing and calculation methods as well as supply water temperature, booster pump to increase water injection process to the water container, gas steamer oven door open and so the impact on the thermal efficiency of testing and experiments conducted by analysis and discussion, pointed out that these factors should be avoided in the tests on the thermal efficiency of gas steamer oven testing.

Keywords: thermal efficiency energy efficiency supply water temperature booster injection gas steamer oven door error

1 引言

燃气产品的节能工作已是现今最为热闹的话题之一,这是因为燃气产品的节能工作不仅能够淘汰一些高耗能、高污染的旧产品,对于推广具有能效高、环境保护效果好的产品有着重要的推进作用;而且重要的是燃气产品的节能工作可以减少燃气能源的大量消耗,减少燃气燃烧产物对环境的污染。商用燃气产品作为燃气产品的主要组成部分之一,其节能工作也在积极开展,特别是浙江和上海两地纷纷推出其地方标准:浙江省于2010年3月实施地方标准

DB33/T777-2010《商用燃气灶具能效等级评定》;上海市于2010年8月实施地方标准《上海市燃气行业商用燃气器具能效和环保优质产品评定规则(试行)》,并开始进行商用燃气器具能效和环保优质产品评定工作。商用燃气产品节能工作的开展使人们对于热效率指标——作为评价一个燃气产品是否节能的指标给予更为关注,燃气蒸箱作为主要的商用燃气产品之一,研究影响燃气蒸箱热效率的测试因素对于正确判定燃气蒸箱的热效率、确定燃气蒸箱能效等级有着重要的作用,同时减少并避免这些因素影响测试结果,使得到的燃气蒸箱热效率更具有科学性、公正性

和可比性。

2 上海市地方标准中热效率测试与计算方法的描述

(1) 实验室环境要求：实验室温度应为 $20\text{℃} \pm 5\text{℃}$ ，在每次实验过程中室温波动应小于 $\pm 2\text{℃}$ 。

(2) 试验用冷水温度要求：测试时补水温度应在 $15\text{℃} \sim 25\text{℃}$ ，测试过程中补水温度变化 $< 5\text{℃}$ 。

(3) 实验装置准备：按图1所示整箱左方连接在额定燃气压力下燃气流量表装置，右方是由电子称显示的直读补水装置。

(4) 热效率的测试与计算方法：

a. 蒸箱在正常工作状态下，由进水阀1进水放满水箱，额定燃气压力下点燃燃烧器，在最大热负荷下运行。关闭进水阀1，同时打开补水阀2和开启增压水泵电源，蒸箱中的冷水烧沸后开始产生蒸汽，稳定运行15min以上，至蒸箱处于稳定均匀地产生蒸汽状态，各部件温度达到稳定状态，确认蒸汽稳定均匀地

产生并进入蒸屉，水槽中的水不断通过浮球阀进入补水水槽，电子称读数均匀下降。可用以下方法判定达到稳定状态：在蒸箱热负荷稳定的条件下，连续测量每隔2min电子称读数下降量，至连续3个时间段电子称读数下降量变化小于5g，可认为达到稳定状态。

b. 在稳定状态下，再次对盛水容器补水到90%的水量，5min后，开始测试热效率，同步记录10min的燃气消耗量和水的消耗量。

c. 按以下公式计算热效率：

$$\eta = \frac{(G_2 - G_1) \times [q_2 - t \times 0.0041868]}{\Delta V \times f \times Q_L} \times 100\% \dots \dots (1)$$

式中：

η —— 蒸箱的热效率，%；

G_1 —— 热效率测试前的电子称初读数，kg；

G_2 —— 热效率测试后的电子称终读数，kg；

q_2 —— 水蒸汽焓为 2.68MJ/kg （标准状态）；

t —— 冷水的温度， ℃ ；

ΔV —— 燃气耗量（标准状态）， Nm^3 ；

F —— 标准状态下燃气修正系数；

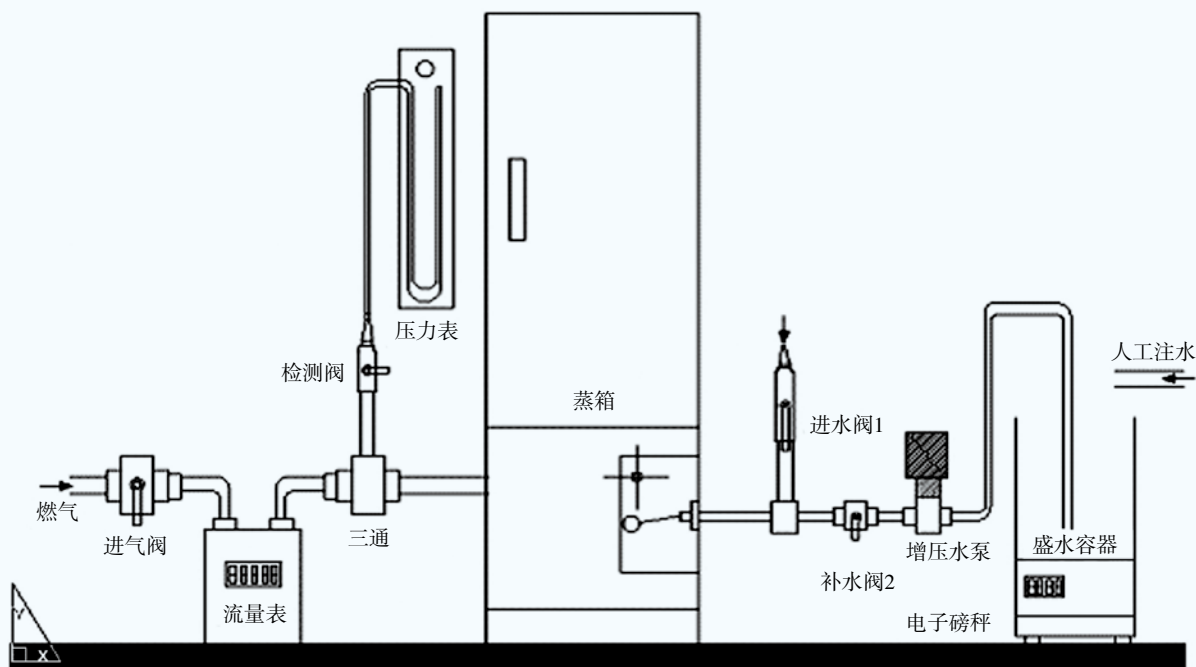


图1 上海市地方标准燃气蒸箱热效率测试装置图

注：盛水容器（容积约20L）铝桶或铝锅；数字显示式电子称（最大称重量 $\geq 20\text{kg}$ ，精度 $\leq 5\text{g}$ ），盛水容器置于电子称上（去皮后），使容器加水到90%的水量（约18kg左右）；增压泵（静扬程10m~15m、流量 $> 2\text{L/min}$ ），增压泵的吸水管悬空插在容器冷水内离容器底部约1cm。

Q_L ——测试燃气的低热值（标准状态）， MJ/m^3 。

3 影响燃气蒸箱热效率测试因素的探讨

3.1 补水温度变化对热效率测试的影响

上海市地方标准《上海市燃气行业商用燃气器具能效和环保优质产品评定规则（试行）》中燃气蒸箱热效率计算公式（1）中涉及到（冷）补水温度，但标准中对补水温度的要求较为宽泛：补水温度应在 $15^\circ\text{C}\sim 25^\circ\text{C}$ ，测试过程中补水温度变化 $<5^\circ\text{C}$ 。而补水温度的高低变化会对燃气蒸箱热效率的计算产生一定的影响。假设在其他测试数据不变的情况下，计算补水温度分别为 15°C 、 18°C 、 20°C 、 22°C 和 25°C 情况下对应的热效率值，变化情况如表1所示。

表1 补水温度变化对热效率计算的影响表

补水温度 $^\circ\text{C}$	计算热效率值 %
5	76.85
10	76.49
15	76.24
20	75.99
25	75.62

从表1分析可知，补水温度的不同对热效率的计算有着1.2%左右的影响。相对于实验室环境温度变化对热效率的影响，补水温度变化对热效率的影响要大，但实验室环境温度的要求却比补水温度要求要高，因此，建议对补水温度的要求应更为严格。可参照GB20665-2006《家用燃气快速热水器和燃气采暖热水炉能效限定值及能效等级》中对于进水口冷水温度的要求： $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$ 。减少由补水温度变化对热效率计算带来的影响，对补水温度的控制可通过设置恒温水箱的方法进行实现。

3.2 增压泵的增加对热效率测试的影响

从上海市地方标准《上海市燃气行业商用燃气器具能效和环保优质产品评定规则（试行）》中实验测试装置图1可以看出：燃气蒸箱燃烧补水整个过程都是通过增压泵完成的，虽然标准中对增压泵的规格作出了要求，但对供水压力的大小却没有作出任何规

定，但通过增压泵供水会出现两个问题：

（1）增压泵补水压力的波动会对补水量的多少产生极大的影响，会造成补水量波动幅度较大，且从热效率计算公式（1）也可以看出补水量与热效率是成正比例关系的，补水量的波动也会使热效率产生相应的波动。

通过实验测试分析如下：按图1所示连接1台以天然气为气源的燃气蒸箱进行单位时间内的补水量测试，在燃气蒸箱产生蒸汽后测试单位时间内的补水量，如图2所示。

从图2分析可知：燃气蒸箱在产生蒸汽后继续燃烧，前十几分钟内单位时间内的补水量逐渐上升，到后十几分钟单位时间内的补水量则相对稳定，但波动幅度相对较大。这是由于虽然测试起始阶段在燃气蒸箱产生蒸汽后，但蒸箱水箱箱体内的冷水尚未全部烧干，蒸汽是由蒸箱水箱箱体内的上部分水烧沸后所产生的，此时蒸箱水箱箱体内的水温由于不能搅拌，水温是不均匀的，蒸箱水箱箱体内的下部分水仍处在较低的温度，即整个水箱尚未达到基本热平衡状态，水温是上高下低，到整个水箱箱体内的水全部烧干并达到基本热平衡尚需一段时间，所以前期燃烧所产生的热量不仅要加热产生蒸汽，而且还需要加热水箱箱体下部的冷水，所以前期单位时间的补水量相对较少。而随着水箱箱体内部水温的逐渐上升，燃烧所产生的热量更多的用于产生蒸汽，所以单位时间内的补水量呈现逐渐上升的趋势。但由于增压泵的安装，使补水水压有所波动而造成后十几分钟单位时间内的补水量波动较大，很难达到标准中对于稳定状态的判定要求。

（2）从实验测试装置图1可知：实验装置图中并未出现温度计，那么可以判定补水温度是直接用水银温度计在盛水容器中进行测试得到的，但补水过程是通过增压泵实现的，而通过增压泵补水可能会对冷水在通过增压泵后的水温产生一定的影响，即可能会使增压泵前后的冷水温度有所不同，换言之，增压泵会使补水温度上升些许，从而对热效率的计算产生一定的误差。

鉴于此，建议在增压泵出口处安装水流量稳压阀、水压力表和水银温度计，三者的安装可以解决上述出现的问题，按3图所示连接实验图（取消进

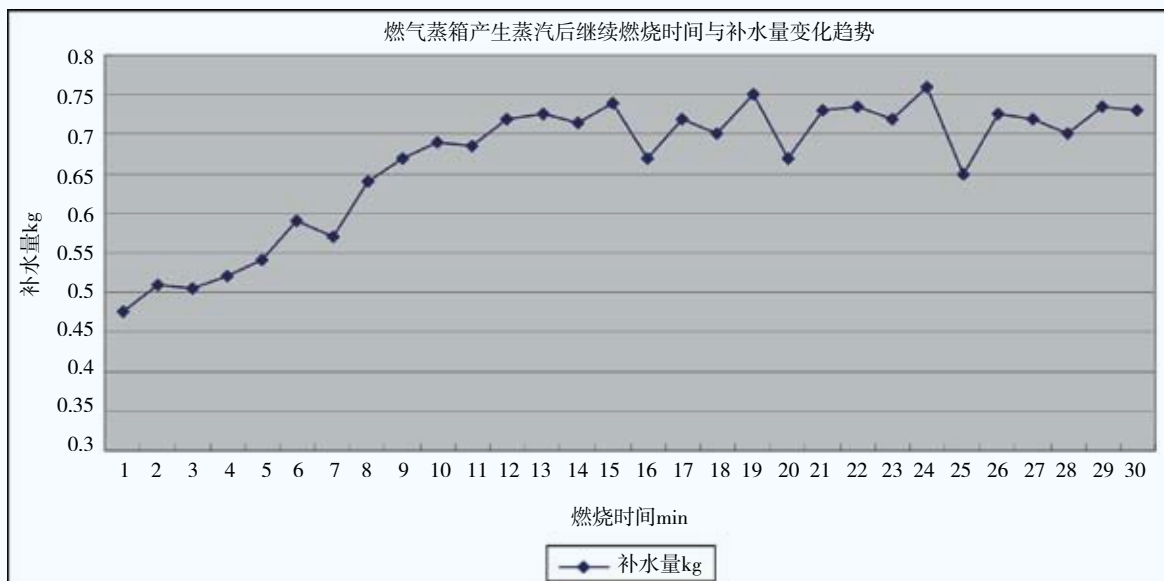


图2 燃气蒸箱产生蒸汽后继续燃烧时间与补水量变化趋势图

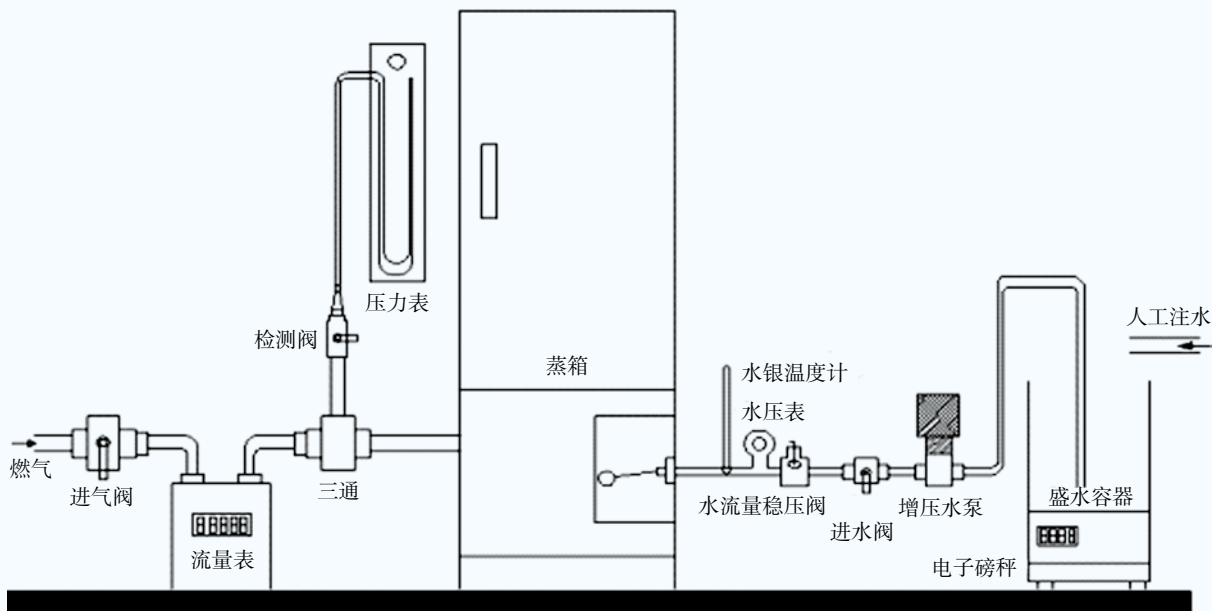


图3 上海市地方标准燃气蒸箱热效率测试装置图

水阀1，将补水阀2作为唯一进水阀，以让浮球阀适应增压泵；在增压泵出口增加温度计，测试补水冷水温度；在增压泵出口同时安装水流量稳压阀，稳定水流量，调节补水压力；在增压泵出口还需设置水压表，监测补水压力）。

（1）水流量稳压阀的安装有利于稳定供水压力，这样可以避免补水压力的波动对补水量产生较大

的波动；

（2）水压表的安装有利于监测整个补水过程中的水压情况，并且可以通过水流量稳压阀的调节将测试时的补水水压进行统一，使测试数据更具可比性；

（3）水银温度计的安装可以监测整个补水过程中冷水温度的情况，并且将增压泵出口的水温作为整个测试过程中的冷水温度，可以避免增压泵使用前后

对供水温度产生的影响。

在燃气蒸箱上安装水流量稳压阀、水压力表和水银温度计后重新测试该台以天然气为气源的燃气蒸箱单位时间内的补水量，在燃气蒸箱产生蒸汽后测试单位时间内的补水量变化趋势见图4。

由图2与图4对比可知：在增压泵后安装水流量稳压阀，可以减少在达到基本热平衡后单位时间内补水量的波动性，而且可以通过水压力表监测整个实验过程中进水压力是否发生变化，进水压力的变化对于补水量的多少将会产生较大的影响，进而影响到燃气蒸箱热效率的正常测试。

3.3 测试过程中注水至盛水容器对热效率测试的影响

众所周知，燃气蒸箱的燃烧过程可分为如下几个阶段：第一阶段为燃气蒸箱冷态开始燃烧至冒出少量蒸汽（需耗时10min~15min），即加热水箱箱体内部的过程；第二阶段为在燃气蒸箱产生少量蒸汽的同时，开始缓慢补水至产生大量蒸汽并进入相对较大补水量状态（需耗时10min~15min），即使水箱箱体内部达到热平衡状态的过程；第三阶段为刚开始的相对较大补水量在单位时间内尚未稳定，还存在波动性且需要持续一段时间（需耗时10min~15min）才能达到稳定状态，即蒸发稳定状态；第四阶段为稳定产生大量蒸汽，且单位时间内的补水量变化很小，近似于达到恒定状态。但标准中规定的盛水容器是仅为容积约

20L的铝桶或铝锅，因此，对于大功率的燃气蒸箱实验过程中不可避免的要往盛水容器中注水以满足蒸箱所需补水量的需要。但大量实验测试数据表明：燃气蒸箱在热效率实验测试过程中往盛水容器中注水会使热效率测试产生一定的波动，燃烧1台以天然气为气源的燃气蒸箱，在燃气蒸箱水箱内达到热平衡后进行单位时间内的补水量测试，测试过程中进行1次对盛水容器的注水，实验测试趋势见图5。

从图5可以看出：由于在测试过程中对盛水容器进行注水，造成单位时间内补水量发生波动，注水后瞬时补水量有所下降，且下降过程中也存在着补水的波动，持续一段时间后补水量上升趋于稳定，与注水前单位时间内补水量相近，注水过程由于短时补水量下降造成该段时间内的热效率值相对偏低，使测试得到的数据产生一定的误差性。另外，标准中的规定是：在稳定状态下，盛水容器中水少时再次对盛水容器补水到90%的水量，5min后，开始测试热效率。但从大量实验数据分析可知，注水补水5min后的补水量还处于不稳定状态，此时开始测试热效率会产生误差，而注水补水8min左右后，补水量基本已经趋于稳定状态，且与注水补水之前的补水量相近。所以，建议燃气蒸箱热效率测试时所选用的盛水容器容积应相对较大（容积约30L），避免实验过程中对盛水容器进行注水，使补水量下降从而导致计算的热效率值偏

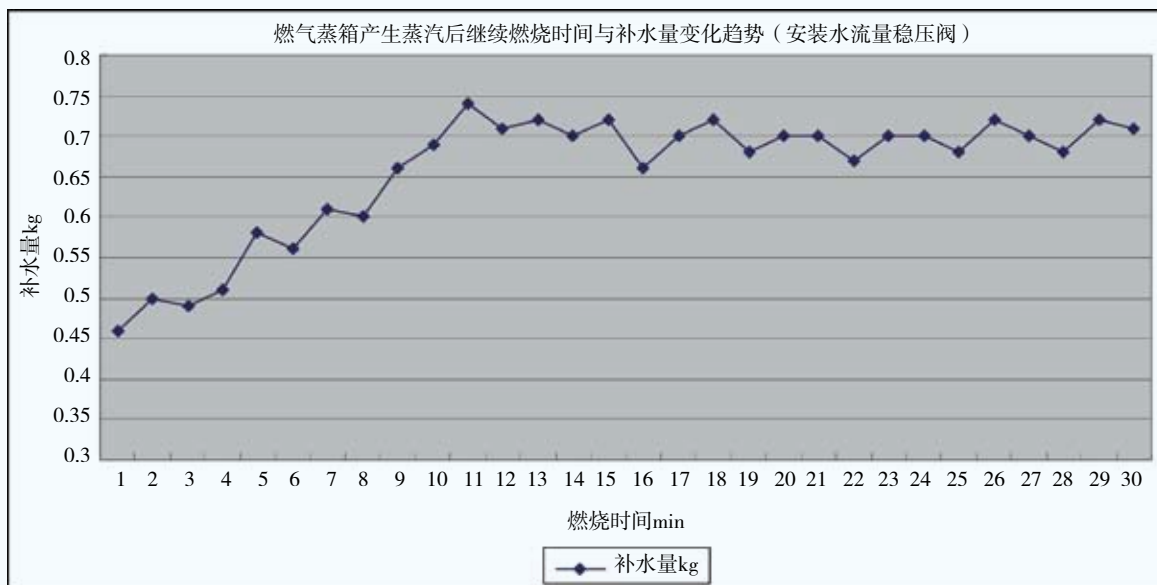


图4 燃气蒸箱产生蒸汽后继续燃烧时间与补水量变化趋势图 (安装水流量稳压阀)

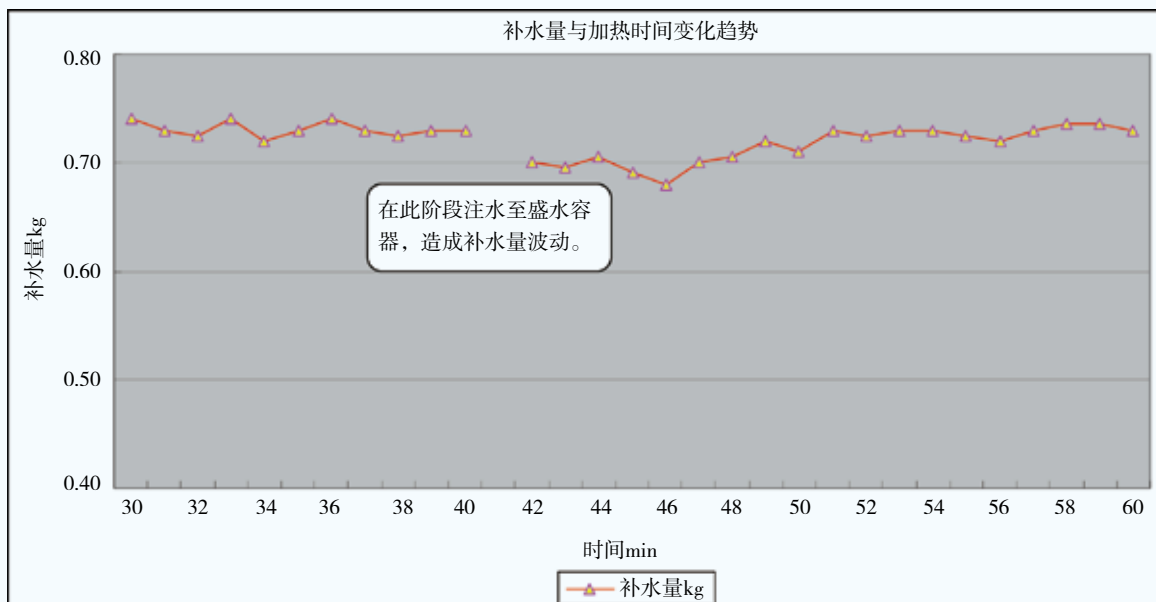


图5 燃气蒸箱达到热平衡后补水量与加热时间变化趋势图（测试过程中注水）

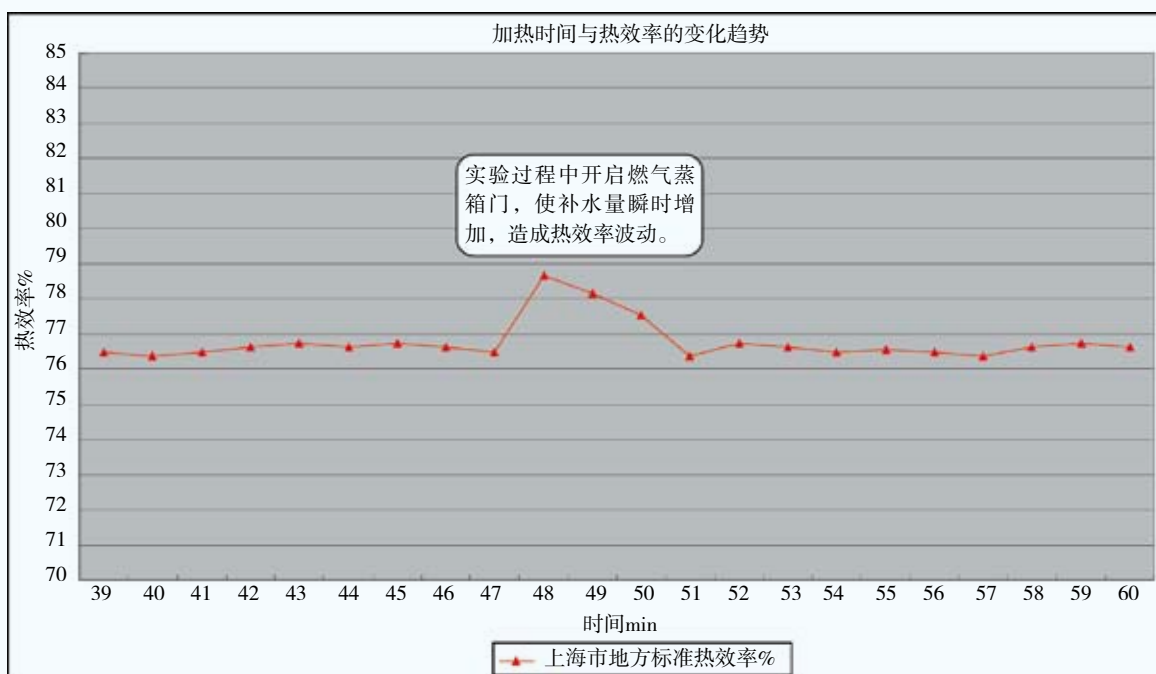


图6 燃气蒸箱达到热平衡后加热时间与热效率变化趋势图（测试过程中开启箱门）

低；若实验过程中对盛水容器进行注水，那么必须在注水后，继续燃烧8min以上在进行热效率的测试，这样可以大大减少并避免注水至盛水容器对热效率测试的影响。

3.4 测试过程中开启燃气蒸箱箱门对热效率测试的影响

由于燃气蒸箱热效率的测试过程会持续相对较长

的一段时间，因此，实验人员有可能会在测试过程中开启燃气蒸箱箱门查看，那么燃气蒸箱体门的开启会对燃气蒸箱的热效率产生怎样的影响呢？测试1台以天然气为气源的燃气蒸箱进行单位时间内补水量的测试，在燃气蒸箱水箱内达到热平衡状态后测试数据如图6所示。

从图6分析可知：由于在实验过程中将燃气蒸箱箱门开启，造成蒸箱背压瞬时下降，同时大量蒸汽散失，补水量瞬时大量增加，造成热效率的波动，而且关门后单位时间内补水量的稳定同样也需要一段时间，造成该段时间内的热效率值相对偏高，因此在实验过程中应禁止对燃气蒸箱箱门的开启，这样会使测试得到的热效率值偏高。

4 结论

(1) 燃气蒸箱的热效率测试与计算方法的明确规定对于开展商用燃气器具能效和环保优质产品评定工作有着重要作用。

(2) 标准中对补水温度的要求应该更为严格，减少补水温度波动对热效率产生的影响。建议补水温度的要求应定为： $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 。

(3) 燃气蒸箱蒸发效率的测试装置中应增加水流量稳压阀、水压力表和水银温度计，减少供水压力波动对热效率测试的影响。

(4) 燃气蒸箱热效率测试过程中应注意盛水容

器中水少时注水后补水量的变化情况，减少注水后由补水量的瞬时波动造成的热效率误差，建议可选用容积相对较大的盛水容器。

(5) 燃气蒸箱热效率测试过程中应禁止对燃气蒸箱箱门的开启。

(6) 影响燃气蒸箱热效率测试的因素有很多：如供水压力大小对热效率的测试影响等，都是需要今后在实验过程中注意的。

参考文献

- 1 GB20665-2006. 家用燃气快速热水器和燃气采暖热水炉能效限定值及能效等级[S]
- 2 CJ/T187-2003. 燃气蒸箱[S]
- 3 DB33/T777-2010. 浙江省商用燃气灶具能效等级评定[S]
- 4 上海市燃气行业商用燃气器具能效和环保优质产品评定规则（试行）[S]

工程信息

贵州省铜仁地区天然气利用项目签约

2010年12月30日，铜仁地区行署与中石油昆仑天然气公司贵州分公司签署天然气利用项目建设合作协议，该项目涉及铜仁地区10县（市、特区）天然气管网、配套气站及调峰发电厂的规划和建设，总投资估算逾35亿元。

近期，在对接央企招商活动中，通过两轮会谈和公开挂牌，中石油昆仑天然气公司贵州分公司获得铜仁地区天然气利用项目的特许经营权。目前在铜仁市区4个气站选址已经完成。

据悉，“十二五”期间，中石油昆仑天然气公司贵州分公司将在铜仁地区投资建设支、

干线管道，一期建设“都匀—凯里—铜仁”的支线管道，二期建设从铜仁分输站铺设至区内各县（市、特区）的城际管道，发展城市燃气工程；与铜仁地区工业园区同步规划、建设工业管网与调压站，实施气代煤、气代油工程；发展车用天然气，建设覆盖全区的汽车加气网络；建设热电联产分布式能源项目，作为电网调峰、应急备用电源点，并为工业园区提供工业蒸汽，为中高档小区提供暖气和冷气。“十二五”末，铜仁地区力争天然气在一次性能源比例中占10%。

（本刊通讯员供稿）