

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2011.04.005

红外线中餐燃气灶炉膛改造的实验研究

□ 山东建筑大学热能工程学院 (250101) 李广鹏 崔永章

摘要: 研究了中餐燃气灶炉膛内的传热过程, 确定了改造方案, 通过对比改造前后的热效率, 改造后的中餐燃气灶具有更高的热效率, 证明了改造方案的可行性。

关键词: 红外线中餐燃气灶 辐射换热 对流换热 炉膛改造 热效率

Experimental Research on Reconstructing the Furnace Chamber of Infrared Chinese Gas Cooking Range

School of Thermal Energy Engineering, Shandong Jianzhu University Li Guangpeng, Cui Yongzhang

Abstract: The heat transfer processes in Furnace Chamber of the Infrared Chinese Gas Cooking Range are studied, and the reconstructed scheme is determined. Through comparing the experiments, it is found that the reconstructed Chinese Gas Cooking Range has a higher heat efficiency, which proves the feasibility of the reconstructed scheme.

Keywords: the Infrared Chinese Gas Cooking Range radiant heat transfer convection heat transfer the furnace chamber thermal efficiency

1 引言

中餐燃气灶主要用于宾馆、酒店和食堂等烹饪菜肴, 其主要特点是热负荷较大、火力集中、锅底热强度大和加热速度快。为了提高热效率, 减少环境污染, 不少学者在红外辐射燃烧器方面进行了大量研究, 并证实了红外辐射燃烧器应用到中餐燃气灶的优越性, 但对炉膛研究较少。本文通过对红外线中餐燃气灶炉膛的改造, 以研究其对热效率的影响。

2 中餐燃气灶炉膛换热分析

中餐燃气灶炉膛内的简化换热模型如图1所示。对于气体燃料, 燃烧完全产物主要是 CO_2 和 H_2O , 气

体辐射量相对较小。如果忽略气相辐射, 锅底接受的总热量主要有燃烧器表面的辐射换热和烟气对流换热。锅底接受的总热量可用式(1)表示。

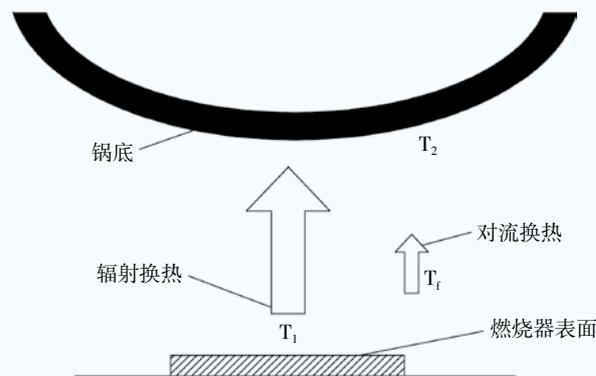


图1 炉膛简化换热模型

$$q_{total}=q_c+q_r=h_0(T_f-T_2)+F_{1-2}\varepsilon\sigma(T_1^4-T_2^4) \quad (1)$$

式中： q_{total} 为锅底接受的总热量， kw/m^2 ； q_c 为热烟气与锅底之间的对流换热， kw/m^2 ； q_r 为燃烧器表面与锅底的辐射换热， kw/m^2 ； T_f 为冲刷锅底的烟气温度， K ； T_1 为燃烧器表面温度， K ； T_2 为锅底温度， K 。

其中燃烧器表面与锅底的辐射换热量为

$$q_r=F_{1-2}\varepsilon\sigma(T_1^4-T_2^4) \quad (2)$$

式中： F_{1-2} 为图1中燃烧器表面到锅底表面的辐射换热角系数； ε 为表面辐射特性参数； σ 为斯蒂芬-玻尔兹曼常数， $\sigma=5.67\times 10^{-8}w/(m^2\cdot K^4)$ 。

大气式或鼓风机式中餐燃气灶的燃烧产物直接冲刷锅底，通过锅底表面进行对流换热。辐射换热受燃烧产物与燃烧表面对流换热的限制而导致值较小，锅底接受的热量以燃烧产物与锅底的对流换热为主。而红外辐射燃烧器以辐射和对流两种形式传热，一般辐射热量占总热量的45%~60%。可见，传统的大气式燃烧器的炉膛结构不能合理分配对流换热量和辐射热量，因此有必要对炉膛结构进行优化设计，以达到中餐灶高效利用的目的。

3 炉膛改造方案

图2为中餐灶结构示意图，炉膛结构主要影响烟气对流换热，烟气主要分为两部分：一是经锅圈排烟气，其对热效率影响较大；二是经烟道排烟气，其一般加热温锅灶后再排出，排烟温度约在200℃以上。经过锅圈流出烟气主要是以对流方式加热锅底和锅侧，提高速度有利于提高对流换热，则锅与炉膛耐火保温材料间隙、锅圈与锅之间间隙成为重要因素。另外，两股气流的分配也影响到中餐灶的热效率。

原灶是采用强制鼓风燃烧器，其过剩空气量高达1.6以上，烟气量较高，锅圈间隙较大。而红外辐射燃烧器的过剩空气系数仅在1.05以下，烟气流量大大降低，在原锅圈条件下流速较低。烟气冲刷锅底，速度越大对流换热越强，因此提出减少锅圈与锅之间的距离，以适当提高烟气冲刷的速度。

常用的炉膛的耐火材料是粘土砖和水泥，其具有一定的蓄热能力，但炉温提升慢，且重量较重，不容易更换。硅酸铝板耐火温度高，高铝型可达到1400℃以上，因此采用环形硅酸铝板作为耐火保温材料。

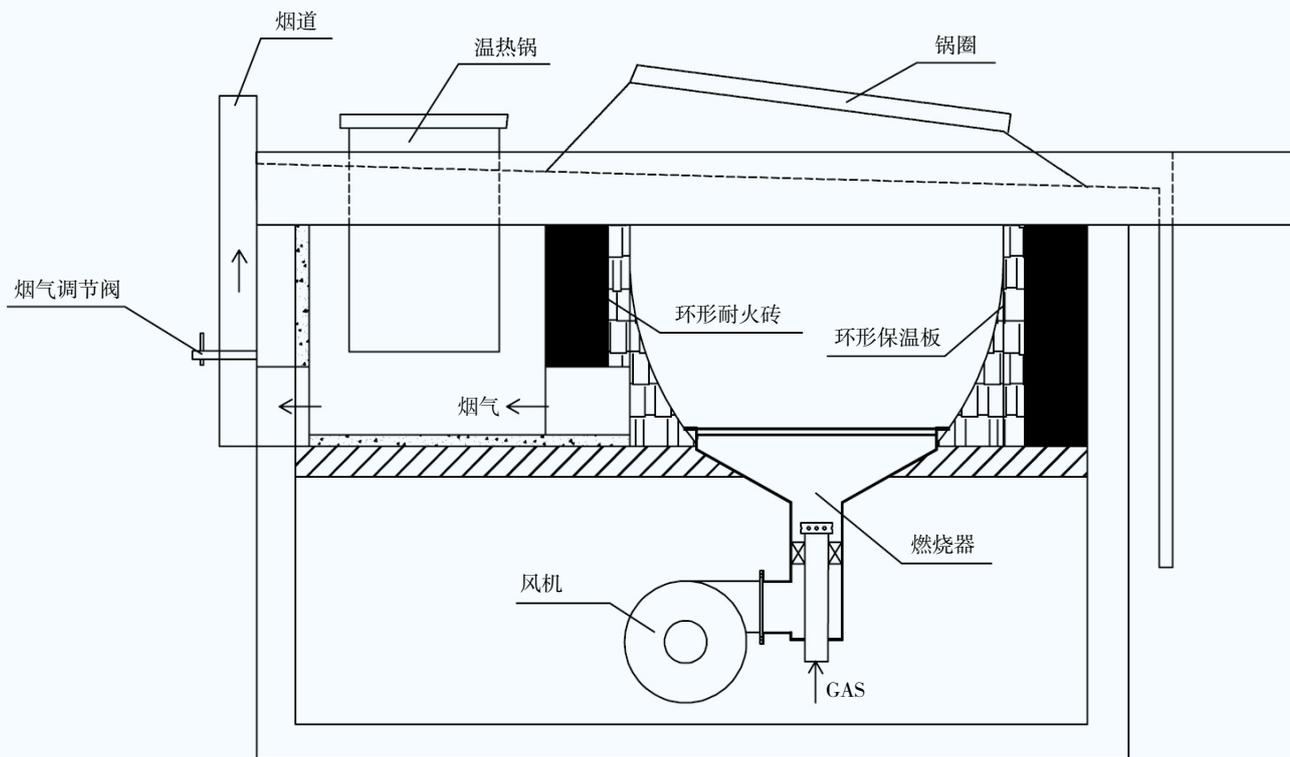


图2 中餐炒菜灶结构示意图

本方案将原锅圈与锅之间的距离9mm现改为5mm；在炉膛的烟气出口设置挡烟板，减少烟气外排量；炉膛部位是对流冲刷的主要受热部位，改善该部位的气流组织也必然会影响到热效率，因此设计了锥形硅酸铝块，形成烟气与锅底之间有效冲刷。

4 实验测试及结果分析

4.1 实验测试系统

为对比改造前后中餐灶热效率，在原有额定负荷为18kW的红外中餐燃气灶的基础上对炉膛进行烟道、锅圈和炉膛结构的改造，并对改造后的热效率进

行测试，实验装置的布置和流程如图3所示。

4.2 实验数据分析

(1) 改造烟道实验

如前所述燃烧产生的烟气可分为两部分，一是随烟道排走，二是随锅圈排走。改造烟道后热效率变化见图4。在额定热负荷18kW下热效率约为45%，相比于改造前可提高5%左右。原因是改造烟道后改变烟气流量分配，增加了冲刷锅底的对流烟气量。

(2) 改造锅圈实验

为研究锅圈对效率的影响，将所有烟气口全部封闭，测试发现热效率降低明显。将原锅圈与锅之间的距离10mm现改为5mm后进行热效率测试，结果见图5，

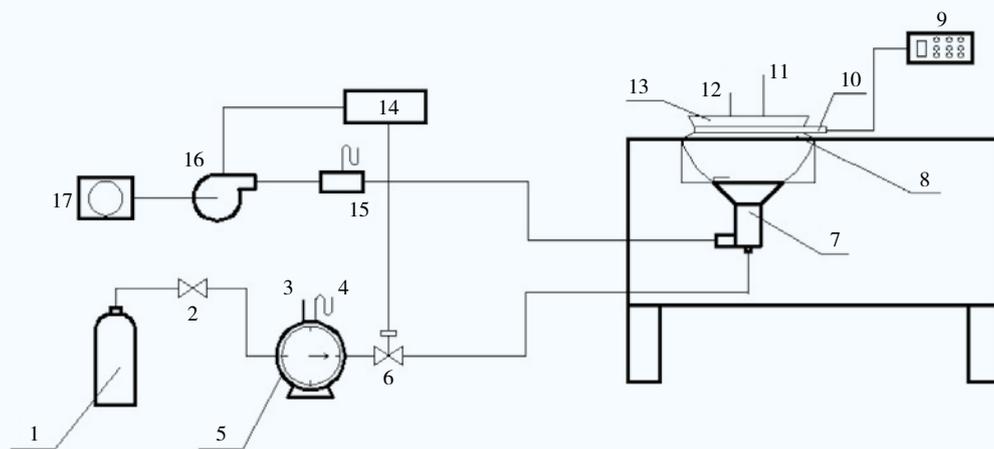


图3 实验测试系统

1、LPG瓶 2、燃气稳压阀 3、温度计 4、U型压力计 5、湿式流量计 6、燃气比例阀 7、燃烧器 8、锅支架 9、烟气分析仪 10、烟气取样环 11、搅拌器 12、温度计 13、实验用锅 14、自动控制模块 15、孔板流量计 16、三速风机 17、变压器

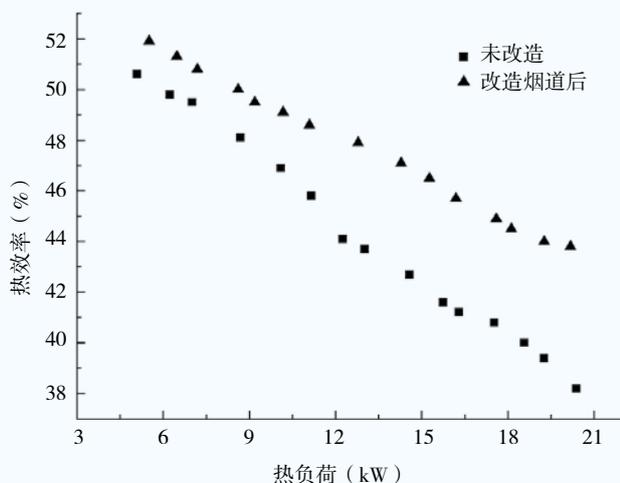


图4 改造烟道后热效率

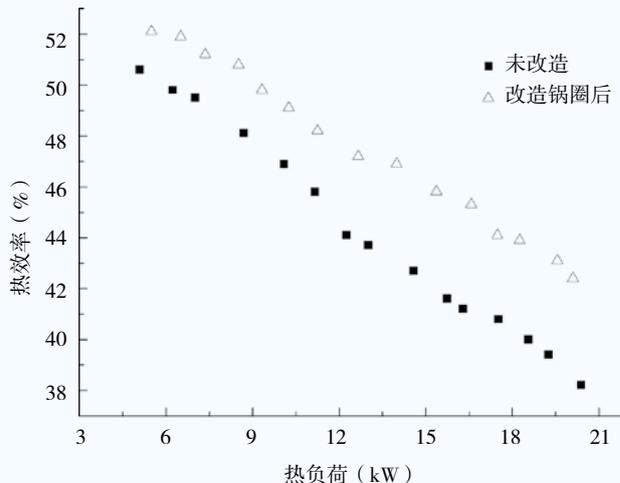


图5 改造锅圈后热效率

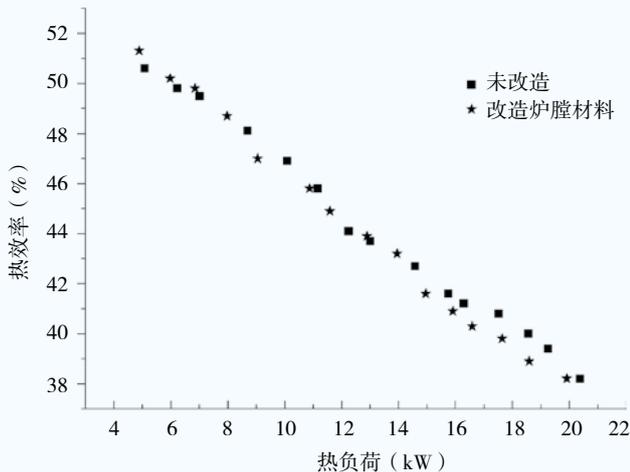


图6 改造炉膛材料后热效率

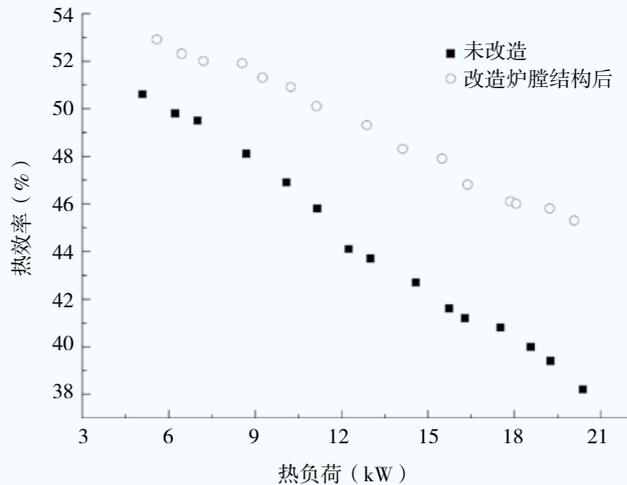


图7 炉膛改造后热效率

其效率提高在8%左右。在低负荷下热效率提高低于高负荷下热效率的提高，原因是高负荷下烟气流速较大，气流冲刷速度大增强了对流换热量。

(3) 改造炉膛结构实验

在实验中发现红外中餐燃气灶锅圈的温度较高，高达120℃以上。原因是燃烧表面的辐射换热有很大一部分辐射到原先的耐火粘土砖上，而将热量传递给锅圈。另外，点火后测定热效率，低于燃烧器稳定一定时间后的热效率。原因也是粘土砖的吸热，因此将耐火砖改为轻质的硅酸铝纤维板。

改为硅酸铝纤维板后的测试结果见图6，灶的热效率基本没变化，但锅圈温度快速降低，基本维持在60℃以下，操作环境大大改善。

改造炉膛形状后的测试结果见图7，其约提高2%~4%之间，其中负荷越大提高越高，说明对流换热的加强，额定负荷下热效率达到49.5%。

5 结论

(1) 实验结果表明，中餐燃气灶热效率与烟道、锅圈、炉膛结构有关。合理分配烟气在烟道和锅圈处的流量，通过调节烟道流量可提高热效率8%；减小锅圈间隙，降低锅圈流通面积可提高热效率8%；将圆柱炉膛改为锥形炉膛，可提高热效率2%~4%。

(2) 炉膛材料虽对热效率影响不大，但将普通

粘土砖改为硅酸铝板，可加快炉膛温升，降低锅圈温度和炉膛无效蓄热，改善操作环境。

参考文献

- 鲁岩. 鼓风式预混中餐灶空气-燃气混合室改造实验研究[J]. 节能技术, 2008; (4):363-365
- 胡正, 林其钊. 中餐炒菜灶的系统热效率分析[J]. 工业加热, 2007; (4):10-12
- 黄志甲, 张旭, 胡国祥. 金属纤维燃烧器在中餐燃气灶的应用[J]. 煤气与热力, 2003; 23(3):146-149
- 陈明, 侯根福, 段常贵. 中餐燃气灶采用红外线无焰燃烧的可行性研究[J]. 哈尔滨建筑大学学报, 2001; (1):80-84
- 徐吉浣, 施惠邦, 徐振平. 复合层多孔陶瓷板燃气辐射器的研究[J]. 煤气与热力, 1994; (4):33-36
- 傅忠诚. 燃气燃烧新装置[M]. 北京:中国建筑工业出版社, 1984
- Colleen Stroud, Melvyn C.B. Characterization of the thermal and fluid flow behavior of industrial ribbon burners, ScienceDirect, 2008; Fuel 87: 2201-2210
- 同济大学, 重庆建筑大学, 哈尔滨建筑大学, 北京建筑工程学院. 燃气燃烧与应用(第三版)[M]. 中国建筑工业出版社, 2000