

家用天然气灶的研究

郭文博

王家琮

谭顺民

冉加川

(重庆建筑工程学院)

内容提要 本文对家用天然气灶的设计参数、技术指标、灶具和燃烧器结构以及测试装置和测试方法等进行了系统地、深入地分析与论述,是一篇家用天然气灶的设计、试验、使用及研究方面的综合性文章。

由于城市气化发展的加速和人民生活水平进一步提高的需要,对家用天然气灶的质量与功能提出更高的要求。如节能、低污染、使用方便、安全可靠及造型美观等。我们针对四川天然气燃烧特性设计了一种炉具,达到了上述要求。现将设计情况分述如下。

主要设计参数与技术指标

家用天然气灶的主要设计参数是以四川天然气特性为依据,适当调整喷嘴的直径,也可用于矿井气及其它燃气,有良好的适应性。

1. 主要设计参数的选用

灶前额定压力采用2000Pa,这不仅能满足部颁标准,也符合四川城市天然气管网实际;额定热负荷按标准规定一个主火燃烧器热负荷不小于2908W。经多年使用证明,由于四川气温较高,采用下限即可满足需要,但不能低于此值。因此,选用左火眼为2908W,右火眼也为2908W(外圈为2326W,内圈为582W,内外圈负荷比约4:1)。

2. 技术指标的确定

按《家用煤气灶》标准CJ4—83选用。

灶体设计

灶体设计的原则应保证炉具达到或超过前述标准的要求。在此基础上还应作到经济、卫生、安全、方便和美观可靠。

1. 炉面尺寸

炉面尺寸为720×420×125mm,使左右燃烧器有足够的间隔,可同时使用320mm铝锅及433mm铁锅或使用300mm铝锅及466mm铁锅,完全可满足川内人民生活特点及节假日家中来客较多之需要。

2. 灶面材料

灶面采用 $\delta = 0.5\text{mm}$ 的不锈钢,两端侧板采用 $\delta = 0.8\text{mm}$ 薄钢板冲压成型,表面用喷涂塑料。这种新工艺比喷涂油漆的防腐、耐磨、耐热及美观等方面均佳。

3. 灶内供气系统与燃烧器结构设计

为满足技术指标要求和安全自动点火阀的需要,设计如图1所示。

燃烧器头部是按灶具火力分布特点设计成三种类型。一种火盖为周边槽型孔,中间为五组圆孔,每组有三个孔。一种火盖为周边槽型孔,而中间小火是采用专用直管大气式燃烧器,火孔为火盖式侧孔。它们优点是燃烧稳定性好、燃烧完全、污染小、火力分布合理、火焰分档大小可调、火孔不易被杂

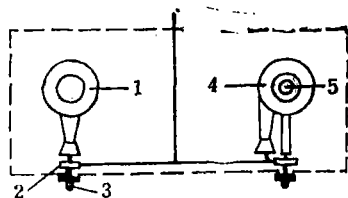


图1 供气系统及燃烧器示意图

1.中心进气燃烧器; 2.天然气进气及自动点火阀; 3.旋塞; 4.切线进气燃烧器; 5.中间小火中心进气燃烧器

物阻塞而且清理方便,是目前国际上最流行的一种。

4.调风板

调风板主要是控制一次空气系数用,即控制一次进风量。用户一次调好后,不必经常调节。如果使用燃气热值变化较大,就要在热值变化时,及时调节。

5.承液盘及锅支架

承液盘采用薄钢板冲压成型后搪瓷。锅支架有两种,一种为固定平锅支架,另一种为翻动支架。

为防止灶面温度过高,承液盘及支架与灶接触处均采用点接触。

6.自动点火装置(阀)

采用压电陶瓷。

7.接管方式

用内径为9.5mm橡胶管连接。

燃烧器计算

1.设计参数的选择

燃烧器是家用天然气灶具的核心装置,设计参数的选用是保证灶具良好工作的重要科学依据。现以四川天然气成分为主要依据,各种设计参数采用如下:

(1) 天然气低热值 $Q_{\text{低}} = 35.4 \times 10 \text{ kJ/m}^3$ *

(2) 天然气密度 $\rho = 0.73 \text{ kg/m}^3$

(3) 灶具额定压力 $P = 2000 \text{ Pa}$

(4) 灶具额定热负荷 Q

左眼2908W,右眼2908W,其中外圈2326W,内圈582W。

(5) 空气密度 $\rho_a = 1.293 \text{ kg/m}^3$

2.采用设计的计算公式

(1) 天然气喷嘴直径 d_1 的计算,按下列公式

$$F_1 = 196.4 \frac{B}{K} \sqrt{\frac{\rho}{P}} \text{ mm}^2 \quad (1)$$

式中: F_1 ——喷嘴断面面积; B ——每小时通过喷嘴的天然气体积;

即 $B = \frac{Q}{Q_{\text{低}}}$; K ——流量系数,与喷嘴形状

有关,则喷嘴直径 $d_1 = \sqrt{\frac{4F_1}{\pi}} \text{ mm} \quad (2)$

(2) 燃烧器喉部直径 D_2 的计算,根据能量守恒定律,在两种气体混合时,按下式计算:

$$D_2 = d_1 \sqrt{(1+n)(1+n \frac{\rho_a}{\rho})} \text{ mm} \quad (3)$$

式中: n ——引射的容积倍数, $n = \alpha_1 L_{\text{理}}$;

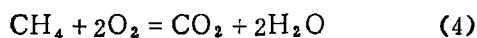
$L_{\text{理}}$ ——天然气的燃烧所需理论空气量(采用 $9.015 \text{ m}^3/\text{m}^3$); α_1 ——一次空气系数; ρ_a, ρ ——空气及天然气密度, kg/m^3 。

(3) 一次空气系数 α_1 的确定 为保证完全燃烧,过剩空气系数 $\alpha > 1$ (具体大多少,视燃烧方法而定),但随 α 法增大,燃烧产物体积亦增大,排烟热损失增大,因此 α 太大也不好。但当 $\alpha < 1$ 时,由于天然气燃烧所需空气不足,这时只能有一部分天然气燃烧,而另一部分天然气可能产生未燃烧或不完全燃烧,故在烟气中有可燃物。这就带来两种十分严重的恶果,一种是天然气燃烧所放出的热量减少,造成能源浪费,降低灶的

*标准状态下体积

热效率, 另一方面由于天然气不完全燃烧, 在烟气中CO含量高而污染大气, 影响人们的健康。四川天然气与矿井气中, 主要成分为甲烷, 因此以甲烷燃烧为代表分析如下:

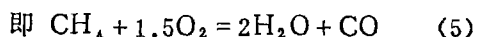
①甲烷完全燃烧



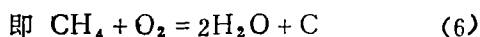
这时, 烟气中只有 CO_2 、 H_2O 及由空气中带入的 N_2 及过剩的 O_2 。

②不完全燃烧 天然气(甲烷)不完全燃烧, 最明显的特征是形成黄焰和产生CO。甲烷不完全燃烧可能有下列三种情况:

a. 有部分甲烷燃烧形成 H_2O 及CO



b. 有部分甲烷燃烧形成 H_2O 及C(以炭黑形式存在的固体炭粒)



c. 有部分甲烷未燃, 随烟气到大气中。实际甲烷燃烧反应相当复杂, 特别是中间过程, 这是属于纯燃烧理论的研究范畴, 不属于应用研究之列。

综上所述, 通过多次试验, 既要考虑燃烧的完全性又要考虑满足天然气燃烧的稳定性, 经试验及理论分析选用 $\alpha_1 = 0.65 \sim 0.7$ 之间为宜。

③渐缩管入口端 D_4 的计算

按经验公式: $D_4 = (1.5 \sim 2.0) D_2$ (7)

④渐扩管末端 D_3 的计算

由经验公式: $D_3 = (2.0 \sim 2.2) D_2$ (8)

⑤喉管长度 L_2 的计算

按经验公式: $L_2 = (1.0 \sim 1.5) D_2$ (9)

⑥渐缩管长度 L_1 的计算

按经验公式: $L_1 = (1.5 \sim 2.0) D_2$ (10)

⑦渐缩管进口处弧线曲率半径R

取 $R = (3 \sim 5) D_2$ (11)

⑧渐扩管长度 L_3 的计算

按理论公式

$$L_3 = D_3 - D_2 / 2 \tan \frac{\alpha_{\text{扩}}}{2} \text{ mm} \quad (12)$$

式中: $\alpha_{\text{扩}}$ ——渐扩管的扩张角,

取 $\alpha_{\text{扩}} = 6^\circ$ 。

⑨燃烧器头部火孔尺寸及个数的确定

按下列公式计算

$$\Sigma f = \frac{B(1+n)}{3600 V_{\text{出}}} \text{ m}^2 \quad (13)$$

式中: Σf ——火孔总面积; $V_{\text{出}}$ ——天然气空气混合物从头部火孔的出口速度, 它的大小与 α_1 及火孔直径有关。 $V_{\text{出}}$ 大时, 可以提高火焰对流传热系数, 从而达到提高热效率的目的。 $V_{\text{出}}$ 过大将造成火焰不稳定易脱水(特别对天然气更易产生)并增加天然气的不完全燃烧以及加大噪音, 故 $V_{\text{出}}$ 的选用是保证燃烧器正常工作的一个重要参数。

$$\text{火孔数 } n' = \Sigma f / f \quad (14)$$

式中: f ——单一火孔面积

⑩火孔间距S的确定

确定火口中心距离主要考虑两个因素: 保证传火时间不能太长, 即全部火焰孔被点燃时间不大于4秒。另外, 要保证2次空气的良好供应以达到最佳燃烧的原则。通过试验, 采用 $S = 4 \sim 5 \text{ mm}$ 为宜。

3. 燃烧器结构尺寸的确定

按前述公式, 实际设计采用计算与试验相结合的方式, 最后找出了不同形式燃烧器的点火喷嘴、小火喷嘴、主火喷嘴的直径、渐缩管入口直径与长度、喉管直径与长度、渐扩管直径与长度、头部直径火孔尺寸及个数等结构尺寸。如果燃气成分改变, 只改变点火喷嘴、小火喷嘴及主火喷嘴尺寸就可适应。

试验装置的组成及使用仪器

1. 测试系统组成

为正确试验和测试灶具的各项技术特性指标, 必须建立专用试验台, 该台的主要功能测试灶具的天然气额定压力、额定热负

荷、灶具严密性、表面温度、烟气中CO含量、噪音、抗风性能及其它燃烧工况等多项指标。其组成如图2所示。

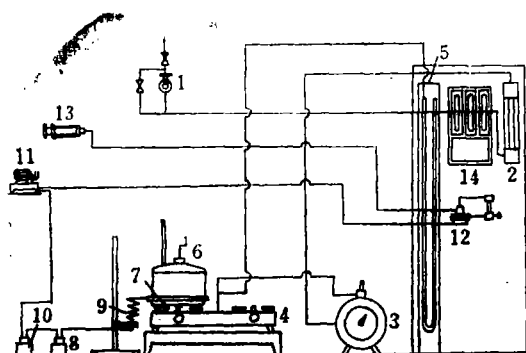


图2 灶具测试系统示意图

1.稳定阀, 2.转子流量计, 3.湿式流量表, 4.灶具, 5.U型压力管, 6.铝锅, 7.烟气取样环, 8.凝结水瓶, 9.烟气冷却器, 10.干燥瓶, 11.烟气取样泵, 12.流量控制器, 13.取气针管, 14.干湿温度计

2.采用仪器

采用仪器如下表, 规格精度略。

测试内容与结果分析

1.热负荷与灶前压力

灶的热负荷, 当天然气成分不变的情况下, 与喷嘴断面积、结构形式及灶前压力有关。经理论分析和多次试验, 热负荷和灶前压力之间的关系如图3所示。

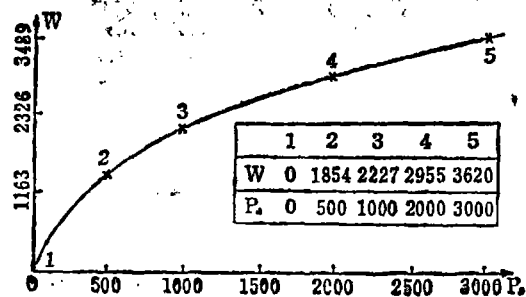


图3 热负荷与灶前压力的关系

采用仪器表

测定内容	采用仪器名称
室 温	干湿球温度计
天然气温度	玻璃温度计
水 温	玻璃温度计
大气压力	水银气压计
天然气流量	湿式气体流量计, 转子流量计
天然气热值	水流式热量计
天然气比重	气体比重测量仪
天然气成分	气相色谱仪
氧	热磁仪及吸收式气体分析仪
二氧化碳	吸收式气体分析仪
一氧化碳	色谱仪及比长管
噪 音	声 级 仪
时 间	秒 表
水 量	台 秤
耐 风 性 能	轴 流 风 扇
风 速	热 电 风 速 仪
天然气灶表面温度	WREA-20表面温度测定仪
天然气压力	U 型 压 力 计

从热负荷与压力关系曲线中可看出, 曲线调节变化规律好, 易于用户根据灶具需要自由调节火力。

2.引射器性能试验

根据灶具结构需要, 在满足更好地吸入所需的一次空气量, 并使之良好混合, 最后能在扩散管末端恢复所需要静压力条件下, 选用多种引射器型式, 在试验室进行筛选, 最后确定如图1的三种结构型式, 这三种型式均能满足要求。

3.燃烧器头部试验

由于头部结构是按用户需要,并考虑了灶具火力分布特点,故设计成为多种结构型式。最后通过理论计算及试验筛选定型为3种不同结构。通过多次试验证明,采用的3种不同结构,头部都具有良好的燃烧稳定范围,火力易调节并分布均匀、热效率高、烟气中CO含量低等优点。

4. 火焰形态的观测

一般家用灶具上,采用的燃烧方法均为大气式(本生火焰)燃烧方式。火焰由内、外锥所组成,如图4所示。

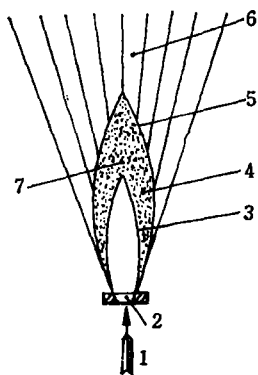


图4 本生火焰示意图

1.天然气与空气混合物;2.火孔;3.第一火焰前沿(天然气与一次空气燃烧区);4.第2火焰前沿(天然气与2次空气扩散混合燃烧区);5.燃烧产物与天然气;6.燃烧产物与空气;7.火焰高温区。

通过观测可以看出,由于采用带有2次引射喷嘴,天然气与空气混合好,燃烧完全,火焰内、外锥分明,总轮廓清晰,呈蓝色,无黄焰产生。在负荷调节范围内,火焰稳定而有力,火焰最高温度点在内锥略上方处。

5. 调节比

燃烧器正常工作的最小热负荷与最大热负荷之比叫做调节比。一般来说,在燃烧器头部不采用特殊的稳焰条件下,调节比越大越好。

6. 传火试验

头部设计的合理性及点火方式的可靠性,直接影响传火效果。传火所需的时间不应大于4秒。

7. 抗风性能

灶具的抗风性能也是灶具质量优劣的一项重要指标。一台良好灶具应能在周围一定风速作用下(标准要求 1m/s 风速下)火焰不熄灭。这点在高层建筑中更具有重要安全意义。

8. 灶具表面温度

灶具表面温度无论从设计、制造或使用来说,均希望灶具表面温度越低越好。因此灶的表面温度低不仅能提高灶的热效率,而且对使用者也是安全的。为降低表面温度,可采取以下技术措施。

(1) 减薄、减少支架宽度与长度,在保证热效率条件下,适当增加支架高度。

(2) 锅圈与灶眼留有一定孔隙,侧面采用点固定。

(3) 锅圈与承液盘采用点接触,减少传热面积。

(4) 承液盘与灶体也采用点接触。

(5) 适当加大灶眼面积,防止负荷开大时,烧灶面。

9. 噪音

噪音也是一种污染,质量好的灶具噪音更小。为保证人民身体健康,噪音应小于65dB。当灶具突然关闭时,噪音应小于85dB。

10. 一空气系数的测定

一次空气系数大小对燃烧工况起主要作用。因此,设计燃烧器时对选用的一次空气系数值要十分重视。这样才能保证炉具具有良好的燃烧特性。

11. 烟气中CO含量的测定

CO是剧毒有害气体,对人体十分有害。它的产生是由于天然气未完全燃烧所致。因

此,在标准中把烟气中CO含量作为衡量灶具卫生标准的主要技术指标。烟气中CO多少与火孔热强度、一次及二次空气供应、燃气成分、冷壁作用、支架高度及其它因素有关。

12. 灶具严密性

灶具严密性是灶具加工制作质量的重要指标之一,应先在测试各项技术指标之前进行严密性检测。按规范在10kPa压力下,持续一分钟,应不漏气。

13. 自动点火试验

阀应有较好的严密性。在点火起动10次中,点燃次数应不小于8次,而且不得出现连续两次点不燃现象。

14. 灶具热效率

热效率为衡量家用燃气灶工作时,有效地利用燃气燃烧热量的重要指标,在符合卫生标准情况下,灶的热效率越高越好。就是要在保证设计参数及其它技术指标情况下,提高灶的热效率,使同样数量的天然气发挥更大的经济效益,从而达到节约能源的目的。在额定负荷下,按规范热效率应大于55%,我们设计炉具热效率与热负荷的关系

如图5。

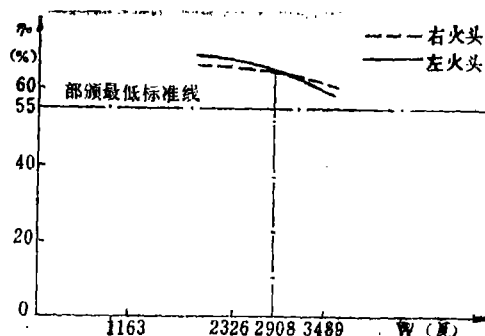


图5 热负荷与热效率关系

参 考 文 献

- [1] 城市煤气设计规范TJ28—78 1979年
- [2] 家用煤气灶标准CJ4—83 1983年
- [3] 燃气燃烧与应用 1981年
- [4] 中国技术政策 第2、第6号 国家科学技术委员会
- [5] 建筑技术政策 城乡建设环境保护部批准颁布 1986年

(本文收到日期 1986年11月31日)

上接 (106页)

参 考 文 献

- [1] 赵冠春、钱立伦《焓分析及其应用》,高等教育出版社,1984年
- [2] 杨东华《焓分析和能级分析》科学出版社,1986年
- [6] 项新耀 现代用能理论及其在节能中的应用 《华北石油设计》 1984年第1期第1~7页
- [4] Tomlinson T. R and Banks R. LPG extraction process cuts energy

needs, OGJ, July 15 (1985), 81.

- [5] Chiu chen, hwa Exergy analysis aids equipment design for cryogenic Process, OGJ, Jan. 18 (1982), 88.
- [6] Ahern J. E 著 黄志潜译 《能量系统的焓分析方法》机械工业出版社,1984年
- [7] 王遇冬 物流混合过程的焓损失《华北石油设计》,1986年第4期第1~6页
- [8] 宋文平、王加璇《节能原理》水利电力出版社,1985年

(本文收到日期 1987年4月29日)

81 Calculation of Natural Gas Viscosity and Its Computer Program

This paper proposes a set of calculation formulas of natural gas viscosity which are obtained from computer fitting by use of the chart concerned. The viscosity values calculated by this set of calculation formulas are uniform with the values obtained from the chart. Based on this set of calculation formulas, a computer program had been worked out, which can be applied in the design calculation concerned.

Jiang Huanbin

85 Modelling of Selectively Adsorbing H_2S Process in MDEA Aqueous Solution in Plate Tower

According to the principles of chemical thermodynamics and dynamics, this paper proposes a mathematic model of equilibrium solubility and reaction dynamics of H_2S and CO_2 in MDEA aqueous solution, and derives the calculation program of this adsorption tower plate by plate. Verifying by the test data, the results coincide better to a certain extent, it can satisfy the engineering requirement. The model not only can be used in engineering practice but also has definite theoretical significance for explaining the nature of the MDEA adsorption process.

Zhu Likai, Chen Gengliang

WINDOW OF ENERGY SOURCES ECONOMY

95 Research of Home Natural Gas Stove

This paper systematically and deeply analyses and reviews the design parameters, technical index, stove body and combustion head structure, as well as testing apparatus and method of the home natural gas stove. It is a comprehensive article about design, test, utilization and research of home natural gas stove.

Guo Wenbo, Wang Jiacong, Tan Shunmin, Ran Jiachuan

101 Application of Exergy Analysis Method in Light Hydrocarbon Recovering Technology Process

Light hydrocarbon recovering unit is not only an energy source system but also an energy consumption system. So how to reduce energy consumption and to reasonably use energy are regarded by people day by day. In this paper, the application of exergy analysis method in process of light hydrocarbon recovering technology is introduced according to three aspects as following: to accurately evaluate that the quantity of energy consumption system is excellent or inferior; to expose its the weakest link and to realize the optimum design of energy consumption unit.

Chen Huifang