

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2015.12.004

煤制天然气对居民燃气用具影响的研究

□ 北京市燃气集团有限责任公司 (100035) 卢建光
□ 北京市燃气集团研究院 (100196) 朱禹洲 姜鑫 刘丽珍
□ 北京城市管理科技协会 (100045) 武利亚

摘 要: 随着煤制天然气项目的不断上马,国内许多城市将有煤制天然气接入城市管网。煤制天然气绝大部分为甲烷并含少量氢气以及其它微量组分,属于合成天然气的一种,成分与常规天然气存在一定的区别。因此,在煤制天然气接入城市管网时会对下游用户造成一定影响。通过对比含氢量3%和10%的煤制天然气与城市常规天然气的成分及理化特征差别,采用华白数法、A.G.A.指数法分析该煤制天然气对居民燃气用具的影响,理论分析认为含氢量在10%以内的煤制天然气对居民燃气用具的燃烧影响不大,但是会增加燃气使用量。通过部分实验,实验结果与理论分析结果相符。

关 键 词: 煤制天然气 管道天然气 影响

Preliminary Study of the Effect of Coal to Synthetic Natural Gas on Gas Cooking Appliances

Lu Jianguang, Zhu Yvzhou, Jiang Xin, Liu Lizhen, Wu Liya

Abstract: With the continuous construction of coal to synthetic natural gas projects, coal to synthetic natural gas was accessed to urban gas pipeline network in many domestic cities. Coal to synthetic natural gas belongs to an artificial gas, whose ingredient is methane accounted for most and hydrogen accounted for small parts which have some differences properties with conventional natural gas. Therefore, some impacts will be caused when coal to synthetic natural gas is pumped into urban gas pipeline network. The comparison of compositions and physical and chemical characteristics between coal to synthetic natural gas whose hydrogen content was 3% and 10% respectively. Simultaneously, wobble number method and A.G.A. index method were adopted to analyze the impact of the coal and natural gas on resident gas cooking appliances. Through theoretical analysis, it is concluded that coal to synthetic natural gas whose hydrogen content within 10% had little impact on combustion of resident gas cooking appliances, but would increase gas usage quantity. Part of the experimental research was finished, experimental results and theoretical analysis results were in agreement.

Keywords: Coal to Synthetic Natural Gas Urban Gas Effect

1 背景

“十三五”期间，随着全国天然气需求量进一步加大，煤制天然气将成为管道天然气的重要补充气源之一。截止2014年5月，国家发改委核准和准予启动前期工作的煤制天然气项目共12个，总产能共计873亿m³/a；其中在建项目4个，合计产能151亿m³/a；获准启动前期工作项目8个，合计产能722亿m³/a。另外，还有待审批及规划的煤制天然气项目近60个，产能超过2 600m³/a^[1]。经过几年工程建设，目前核准在建煤制天然气项目已有部分投入生产运营，包括内蒙古大唐国际克什克腾煤制天然气工程、新疆庆华煤制天然气一期工程。其中，我国首个煤制天然气示范项目——克旗煤制天然气示范项目两个单元已于2013年12月18日成功投运，正式并入中石油管网^[2]。截止2015年5月21日，大唐国际克什克腾煤制天然气工程已累计向北京供气突破5亿m³。可以预见，我国以常规天然气为基础，补充使用煤制天然气的多气源供应局面必将形成。

随着新气源的不断引进，城市管网中的燃气特性将发生改变，改变后的燃气特性对现有的燃气用具产生怎样的影响，燃具是否能够正常使用，引发了燃气互换性的问题。因此开展煤制天然气对管道天然气的影响及其气源互换性的研究与分析是非常必要的。

2 煤制天然气简介

煤制天然气是将原料煤经过高温高压气化为CO、CO₂和H₂，然后CO、CO₂和H₂通过催化剂反应生成CH₄，同时生成其它副产品，如硫磺，重油等。根据文献与调研的资料，表1^[3]列出了几个煤制天然气项目产品的主要成分。

表1 几个煤制天然气项目的产品的气质成分

项目	含量/%				
	甲烷	氢气	二氧化碳	氮气+空气	一氧化碳
美国大平原	95.1~95.8	2.6~3.4	0.4~1.2	0.05~0.15	≤0.01
国内项目装置A	98.07	1.10	0.64	0.01	-
国内项目装置B	98.22	1.07	0.54	-	0.00

由表1数据可见，煤制天然气的气质成分有其固有的共同特点：其一，含有CH₄、CO₂、H₂等几种气体；其二，不含多碳烷烃类气体，热值稍低于一般的管道天然气；其三，产品中含有一定量的H₂，燃烧势高于一般的管道天然气。基于此，可以认为煤制天然气产品的主要成分范围见表2。

表2 煤制天然气产品的一般气质成分变化范围

成分	甲烷	氢气	二氧化碳
含量/%	> 95	1~4	≈1

到目前为止，国内尚未制定煤制天然气产品的国家标准。而且上述变化范围是稳定期的数据，在投产初期各成分会有波动，特别是氢气含量可能升高。本文后文也将以此含量范围对煤制天然气进行分析。

3 相关理化特性的变化

为了研究煤制天然气与管道天然气的区别，本文将在两种气质的主要成分波动范围内，分别选取一个较为典型的气质为代表，对其进行比较分析。以上述煤制天然气产品的主要成分范围为基础，假设某一时刻气质成分如表3所示（氢含量为3%）。管道天然气选取陕京天然气，其主要组成见表4。由于氢气具有燃烧速度快、爆炸极限范围大等特性，而且在投产初期或者变换装置流程时有可能出现含氢量升高的情况，出于安全与全面的考虑，本文还假设另外一种含氢量较高（氢含量为10%）的煤制天然气气质用于比较分析，其气质成分见表5。为了便于说明，下文简称含氢量3%的煤制天然气产品为SNG0，称含氢量10%的煤质天然气产品为SNG1。

表3 煤制天然气(SNG0)的气质成分

成分	甲烷	氢气	二氧化碳	氮气
含量/%	95.80	3.00	1.10	0.10

表4 陕京天然气的气质成分^[4]

成分	甲烷	乙烷	丙烷	二氧化碳	硫化氢	其他
含量/%	95.95	0.91	0.14	1.29	0.0002	1.71

表5 含氧量较高的煤制天然气(SNG1)的气质成分

成分	甲烷	氢气	二氧化碳	氮气
含量/%	88.80	10.00	1.10	0.10

下面对两种煤制天然气与陕京天然气的性质差异进行详细分析,分析对比的属性包括:高位热值、理论空气量、华白数、燃烧势。几种气质的差异统一列于表6中。

表6 煤制天然气与陕京天然气理化特性差异

项目	陕京天然气	SNG0		SNG1	
		值	差异	值	差异
高位热值, MJ/Nm ³	39.01	38.55	1.18%	36.66	6.02%
理论空气量, Nm ³ /Nm ³	9.32	9.19	1.39%	8.69	6.76%
华白数, MJ/Nm ³	51.96	51.92	0.01%	50.96	1.92%
燃烧势	39.0	42.9	10.12%	51.15	31.15%

依据GB 13611-2006规定,虽然SNG0与SNG1与陕京天然气的性质存在一定差异,但是都在12T天然气范围内。

4 对居民燃气灶具影响的理论分析

4.1 华白数判定

由之前的分析可知,3种气质都为12T天然气,其华白数与适用气质的偏差不超过5%,因此这三种气质都可用于这些灶具。

但是SNG0的高位发热量比陕京天然气的低1.18%。现在国内大部分还是以体积计量,因此这些用户的燃料消耗量会有所增加。如果是SNG1,高位发热量比陕京天然气低8.04%。此时燃料消耗量会增加将近十分之一,燃料费用明显增加。

4.2 A.G.A.指数判定

A.G.A.互换性判定法的判定指数计算方法包括3

个指数:(1)离焰互换指数 I_L ;(2)回火互换指数 I_F ;(3)黄焰互换指数 I_Y 。3种气质计算结果见表7。

可见,即使是极限情况的SNG1气质在A.G.A.互换性判定法下,也可以置换原来的陕京天然气。

5 对居民燃气灶具影响的实验验证

5.1 实验设计

为了验证上述理论分析的可靠性,本文设计了实验方案对其进行验证。

本实验只针对氢气进行验证。为了避免其他成分造成干扰,本文单独设计了纯甲烷混氢气的实验;同时,为了保证实验气与实际气情况相同,还设计了实际管道天然气混氢气的实验。为了避免管道天然气的波动对实验结果造成影响,本文采用由管网气压缩而成的CNG作为实验气。该管道气的主要成分见表8。

表8 管道气的主要气质成分

组分名称	甲烷	乙烷	二氧化碳	氮气
含量(%)	92.1	3.4	1.3	1.9

实验中等比例增加混氢气的量,并测试燃气的热值,灶具的灶具热负荷、烟气中O₂含量、烟气中CO含量、烟气中NO_x含量几个项目。

5.2 实验用配气系统介绍

实验采用计算机自动配气系统,由计算机操控平台、控制箱、配气箱和原料气体4大部分组成,配制气体种类包括国家城市燃气分类标准GB/T13611-2006规定的燃气试验气。配气精度:±1%。配制燃气试验气体最大输出流量:6m³/h。

5.3 实验结果及分析

纯甲烷混氢气的实验结果见表9。

为了便于分析实验结果,本文将烟气中O₂含量、烟气中CO含量、烟气中NO_x含量3个重要参数表示于

表7 典型煤制天然气与陕京天然气A.G.A.互换性指数计算结果表

气质种类	离焰互换指数(I_L)	回火互换指数(I_F)	黄焰互换指数(I_Y)
SNG0	1.01	0.99	1.03
SNG1	0.97	1.04	1.08
各指数限值	< 1.06	< 1.20	> 0.80

图1中。

可以很清楚地看到,随着氢含量的增加,燃气热值降低,燃气流量不变,灶具热负荷下降。烟气中一氧化碳含量逐渐减少,而氧气与氮氧化物含量有所增加。

观察燃烧火焰,随着氢气的加入,燃具的火焰逐渐缩短,有发生回火的趋势。

管道气混氢气的实验结果见表10。

同样的,本文将烟气中O₂含量、烟气中CO含量、烟气中NO_x含量3个重要参数表示于图3中。

可见,管道气的实验结果与纯甲烷趋势一致,因此这两组实验可以互相印证,实验结果是可靠的。但是管道气的一氧化碳含量较纯甲烷的要高,这应该是由于管道气中包含其他烷烃,热值较高,容易不完全燃烧造成。

6 研究结论

从气质理化特性的偏差来看,以陕京天然气为

表9 纯甲烷混氢气的实验结果

序号	甲烷含量	氢气含量	燃气低热值 (MJ/m ³)	烟气中O ₂ 含量 (%)	烟气中CO含量 (ppm)	烟气中NO _x 含量 (ppm)
1	100.0%	0.0%	34.0	13.7	41	10
2	96.0%	4.0%	33.0	13.6	37	13
3	92.0%	8.0%	32.1	13.5	28	16
4	88.0%	12.0%	31.1	13.6	29	15

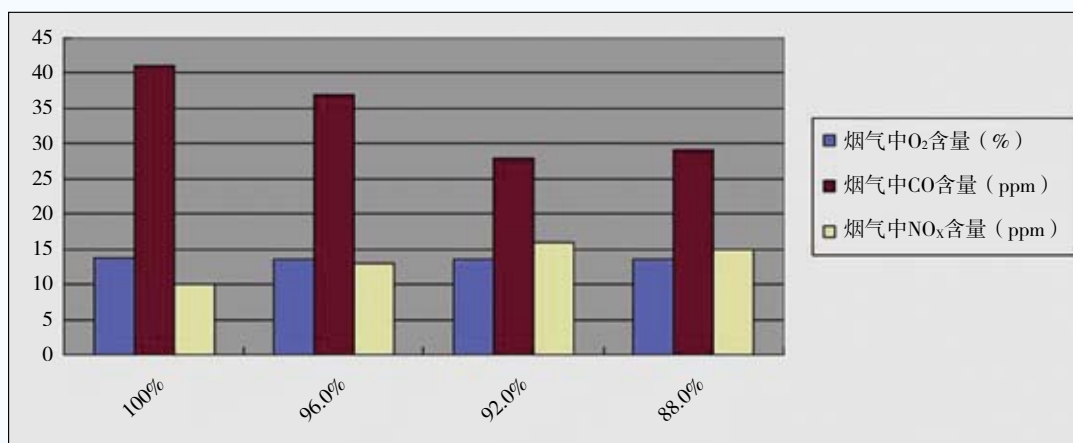
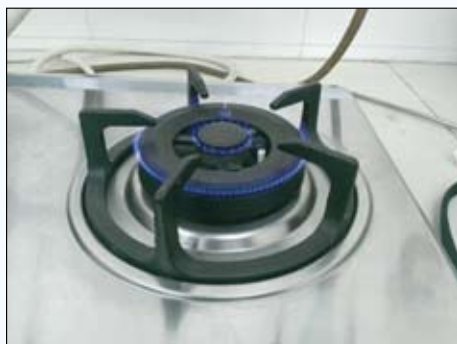


图1 纯甲烷混氢气的实验结果



(a)



(b)

注: a为含氢量12%的火焰情况, b为纯甲烷的火焰情况

图2 火焰情况对比

表10 管道气混氢气的实验结果

序号	管道气含量	氢气含量	燃气低热值 (MJ/m ³)	烟气中O ₂ 含量 (%)	烟气中CO含量 (ppm)	烟气中NO _x 含量 (ppm)
1	98.1%	1.9%	32.6	12.7	72	16
2	96.0%	4.0%	32.1	12.8	72	19
3	93.9%	6.1%	31.6	13	70	20
4	91.9%	8.1%	31.1	13.3	69	22
5	89.8%	10.2%	30.6	13.3	69	21

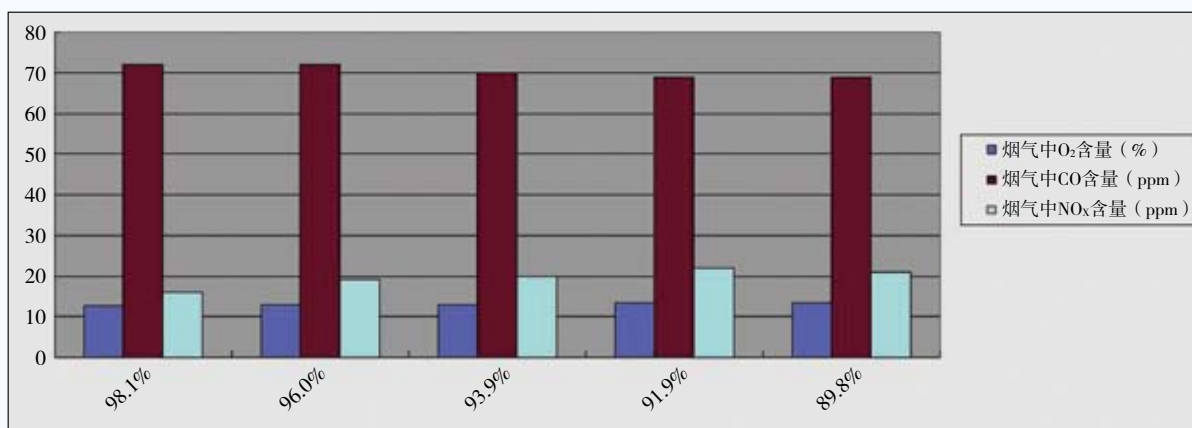


图3 CNG混氢气的实验结果

基准气，以含氢3%的SNG0为置换气，除了燃烧势偏差较大，达到10.12%外，高位发热量偏差1.18%，理论空气量偏差1.39%，华白数偏差0.01%，偏差都非常小，能够满足互换性要求；以含氢10%的SNG1为置换气分析，虽然高位发热量偏差6.02%，理论空气量偏差6.76%，华白数偏差1.92%，燃烧势偏差31.15%，偏差大于SNG0，但是依然满足华白数偏差限制。

通过A.G.A指数法分析，SNG0的离焰指数为1.01，回火指数为0.99，黄焰指数为1.03；SNG1的离焰指数为0.97，回火指数为1.04，黄焰指数为1.08，均处于允许的范围之内，因此两气源间存在互换性。

通过实验研究可以发现，随着氢含量的增加，燃气热值降低，燃气流量不变，灶具热负荷下降；烟气中一氧化碳含量逐渐减少，而氧气与氮氧化物含量有所增加。观察燃烧火焰，随着氢气的加入，燃具的火焰逐渐缩短，有发生回火的趋势。但是，在实验的混氢气比例范围内，居民燃气灶具的燃烧情况没有受到太大影响。

本文只针对居民燃气灶具进行研究，但是据相关运行实例来看，煤制天然气含氢量较高时会对燃气轮机造成一定影响。因此煤制天然气接入天然气管网，如果区域内存在燃气电厂用户，则其影响还需要深入分析。

参考文献

- 1 桑建新. 我国煤制天然气现状和未来产业链发展[J]. 煤炭经济研究, 2013; 33(10): 27-32
- 2 李传锐. 我国煤制天然气发展现状、政策与应用分析[J]. 化学工业, 2015; 33(1): 1-9
- 3 潘海宁. 煤制天然气进入城市燃气领域可行性研究[J]. 2015; 40(1): 65-70
- 4 项友谦. 煤气热力工程常用数据手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000
- 5 同济大学. 燃气燃烧与应用[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2000