

天然气与人工煤气的快速经济置换

罗东晓^{1,3} 李明^{2,3}

(1.广州市煤气公司 2.华南理工大学强化传热与过程节能教育部重点实验室 3.华南理工大学天然气利用研究中心)

罗东晓等.天然气与人工煤气的快速经济置换.天然气工业,2005;25(11):111~114

摘要 针对传统燃气置换方法存在的弊端,提出了广东省广州市天然气置换中有别于常规方式的新思路——城市燃气分步置换技术。以美国燃气协会(A.G.A)提出的脱火互换指数、回火互换指数和黄焰互换指数的互换性判断准则作为理论依据,并辅以燃具实际燃烧性能测试,研究出了能同时适配人工煤气燃具和天然气燃具稳定燃烧的过渡气源组成及燃烧特性参数;提出了先用过渡气置换现有油制气,再用天然气与过渡气进行置换的二次置换技术思路。通过二次置换的方式可实现天然气与现有城市燃气的平稳互换,弥补了常规的分区域逐步置换方式的不足,圆满地解决了置换难题,达到了节省转换费用、缩短转换时间、消除安全隐患的目的,提高了经济、环保和社会效益。

关键词 天然气 人工煤气 燃气互换性 过渡气体 二次置换技术 燃烧 特性 测试 广州市

我国从20世纪80年代末开始推行天然气置换人工煤气的工作。现今,随着“西气东输”工程及2006年广东LNG项目的启动,全国城市燃气的气源结构发生了根本性变化,天然气为主导、液化石油气作为补充的气源格局已基本形成。可以预计,天然气置换人工煤气或液化石油气的工作不久将会在全国各地相继展开。

一、燃气互换性分析^[1,2]

依据燃气的燃烧特性指数(华白数与燃烧势),《城市燃气分类》(国家标准GB/T13611-92)将燃气分为三大族,即人工煤气、天然气和液化石油气,每族燃气又分成若干类别。一般情况下,不同族别的燃气不能互换。从燃气置换角度讲,有如下问题。

1.燃气的互换性问题

工业、民用燃烧器通常按确定的燃气组成和一定热负荷设计、制造和调整,对于某一既有的燃烧器,其允许燃气组成的波动范围是有限的。如燃气改变后,燃烧器不作调整,仍能有相近的热负荷、稳定的火焰、燃烧完全和可靠的点火,那么后一种燃气就可替换前一种燃气,说明其具有互换性。

2.燃烧器的适应性问题

不只是燃气气源具有互换性问题,燃烧器本身

对燃气组成变化也有一定程度的承受力,这属于燃烧器的适应性问题。

互换性和适应性都是要求燃气组成改变时,燃烧器仍能正常运行,这是一个问题的两个方面。互换性是对燃气燃烧特性的要求,适应性是对燃烧器性能的要求。当燃气具有完全互换性时,对燃烧器的适应性几乎没什么要求;适应性很好的燃烧器可适应燃气组成更大范围的波动,对燃气互换性可降低。实际上,不同燃气燃烧特性差异很大,所以互换性、适应性都是有限度的,超过一定的限度就难以适应和置换。

二、燃气置换方法研究

1.传统置换方法

作为城市燃气,由人工煤气向天然气直接转换时,必须对输配管网、燃烧器具等进行改造。国内外天然气转换的普遍做法是采用分区域逐步置换方式:对燃气管网进行施工改造,增添阀门、管线设施等,将整个城市燃气管网划分成若干置换片区。置换实施时,在不影响非转换区域供气的前提下,切断转换区域的管网系统与人工煤气管网系统的联系,然后降低转换区域内管网的压力。压力降低后,开始向转换区域输入天然气,即开始用天然气置换人

作者简介 罗东晓,1961年生,教授级高级工程师,华南理工大学教授;从事天然气置换及天然气利用技术研究工作;独立完成或作为第一发明人申报国家技术发明专利5项,其中4项进入实质审查程序,已发表论文14篇。地址:(510060)广东省广州市环市东路416号广州市煤气公司。电话:(020)88121161,87698575,13501520589。E-mail:ldx2005@sohu.com

工煤气,人工煤气则在预先设定的放散点放散,直至天然气浓度达到要求。这种方案存在如下不可避免的弊端。

(1)每个置换小区必须重复完成一套完整的置换工作程序,包括置换区域隔离、气源置换、燃具更新与改造等。一个置换周期中,真正用于燃具改造或更换的时间只占20%,大部分时间用于常规的重复性工作,因而置换效率低下,进展缓慢。

(2)为满足分区域置换要求,需对现有管网进行施工改造,增添大量阀门、管线,投资巨大,增加企业经济负担,且遍地开挖道路,阻碍交通,影响市容和市民生活。

(3)多次进入用户家中,给用户带来太多干扰,且部分燃具改造户热水器停用时间达3~5d,对用户生活造成较大的影响。

(4)需放散大量燃气,存在安全隐患、浪费和环境污染问题。

(5)需投入大量的人力,现场组织、管理难度高;且在有限的时间内完成大规模的燃具改造量,燃具质量难以保证,存在安全隐患。

2. 天然气置换新技术思路

一般来讲,天然气与人工煤气间没有互换性。但是,对于两种燃烧特性差异不是特别大的燃气,如天然气与油制气(人工煤气7R类别),有可能存在一种介于两者之间的中间气体——过渡气。这种过渡气对前两种气源都具有互换性。置换工作开始时,先由过渡气置换油制气,第二步则由天然气置换过

渡气,即采用二次置换的方式实现两种气源的平稳过渡。

将向管网供应过渡气的这段时间,称之为天然气与人工燃气之间转换时的过渡期。在供应过渡气的同时,要对现有管网内的所有燃具进行改造或者更换,使之适配天然气气源。在过渡期初始,天然气燃具比例为零,以后逐步增加,直至过渡期末期达到100%。管网使用过渡气期间,对于油制气燃具来说,新的运行点在其燃烧特性曲线范围内,对天然气燃具来说,其运行点也在特性曲线范围内,过渡气同时适配两类燃具燃烧。尽管这两类燃具在燃烧该气体时,运行点不在最佳位置,但都未超出各自的燃烧特性曲线范围,不产生黄焰、回火、离焰及脱火现象,烟气中的CO含量也符合要求。待整个城市燃气管网内的所有燃具都改变为天然气燃具时,将供应气源由过渡气切换为天然气,燃具的工作点恢复到最佳位置,标志着天然气置换工作完成。

过渡期的长短,取决于城市燃气管网规模、企业人力物力财力的统筹、总体置换方案技术水平、置换的组织协调工作、气源厂的生产调度能力等等。过渡期愈短,社会总体效益愈显著。

三、广州市燃气的二次置换技术

1. 广州市燃气气源

广州市燃气管网目前使用的气源为油制气,2006年将转换为澳大利亚天然气,两种气源的组成及燃烧特性如下表1。

表1 广州市燃气管网油制气、澳大利亚天然气组成(体积分数)与燃烧特性表

项目	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	高位热值 (MJ/m ³)	低位热值 (MJ/m ³)	华白指数 (MJ/m ³)	燃烧势	相对 密度
油制气	40.35	20.90	18.3	1.7	0	2.5	0.6	2.35	8.5	4.8	29.68 (7088) ¹⁾	27.09 (6471)	39.58 (9453)	87.15	0.56
天然气	0	88.77	0	7.54	2.59	1.01	0	0.07	0	0	44.61 (10656)	40.39 (9647)	56.05 (13387)	41.85	0.63

1)注:括号里的单位为 kcal/m³,下同。

从表1中参数可以看出,天然气与油制气的热值、火焰传播速度、组成等均有一定差异,就两种气源的燃烧特性参数讲,两者间不能直接互换。按二次置换思路,必须研制一种燃烧特性介于天然气和油制气之间的中间气体用作过渡期的供应气源,此过渡气同时适配油制气与天然气两类燃具的燃烧。

2. 过渡气互换性的理论计算与分析^[3~5]

(1)过渡气与油制气、天然气与过渡气互换性计算

美国燃气协会(以下简称A.G.A)提出的互换性判断准则,进一步从燃烧的稳定性方面分析,使用离焰、回火和黄焰3个互换指数来对燃气的互换进

行判定,这是目前国际上权威的判定法。按照该判定法,过渡气的脱火互换指数 I_L 、回火互换指数 I_F 和黄焰互换指数 I_Y 必须同时符合表 2 中所规定的范围时,过渡气才与油制气具有互换性。

表 2 置换气体互换极限表

互换指数	热值高的天然气		
	适 合	勉强适合	不适合
I_L	<1.0	1.0~1.12	>1.12
I_F	<1.18	1.18~1.20	>1.20
I_Y	>1.0	1.0~0.7	<0.7

表 3 过渡气体组成(体积分数)与燃烧特性表

项目	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	O ₂	N ₂	CO	CO ₂	高位热值 (MJ/m ³)	低位热值 (MJ/m ³)	华白指数 (MJ/m ³)	燃烧势	相对密度
过渡气体	21.01	60.61	0.06	5.04	1.88	0.06	1.34	0.05	0.03	1.09	6.20	2.62	35.00 (8360)	31.63 (7554)	46.18 (11029)	63.29	0.57

表 4 12T 天然气燃具基准气体组成(体积分数)与燃烧特性表

项目	H ₂	CH ₄	C ₂ H ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₃ H ₆	C ₄ H ₁₀	C ₄ H ₈	O ₂	N ₂	高位热值 (MJ/m ³)	低位热值 (MJ/m ³)	华白指数 (MJ/m ³)	燃烧势	相对密度
12T 基准气	0	85.54	0	7.27	2.50	0	0.97	0	0.76	2.91	42.99 (10270)	38.93 (9298)	53.50 (12768)	63.29	0.65

基准气偏差为 13.6%),按照 A.G.A 的互换性判断公式,计算结果见表 5。

表 5 过渡气与油制气燃具基准气及天然气燃具基准气互换指数计算结果表

项 目	与油制气基准气 互换结果	与 12T 天然气燃具 基准气互换结果	
A.G.A 综合指数	I_L	1.01	1.03
	I_F	0.64	1.20
	I_Y	0.80	4.78
互换性结论	勉强适合 (有产生黄焰趋势)	勉强适合 (有产生离焰趋势)	

(2)过渡气体互换性分析

比照表 2 的判断指标,对表 5 的互换性计算结果进行分析,从而得出结论:在供应过渡气体期间,亦即天然气置换期内,对于既有的油制气燃气具来说,过渡气与油制气具有互换性,但要注意避免产生黄焰;而对于天然气燃气具,过渡气与其基准气同样具有互换性,但要注意的却是避免产生离焰。总而言之,采用表 3 中的过渡气对广州市进行二次分步

1)过渡气体与油制气的互换性计算

将表 1 中的油制气作为基准气,以按照二次分步置换技术的原理,并通过计算机优选程序优选出的下表 3 中的过渡气体作为油制气燃具的置换气(选取的过渡气的华白数与基准气偏差为 16.7%),按照 A.G.A 的互换性判断公式,计算结果见表 5。

2)天然气与过渡气体的互换性计算

广州市将要转换的澳大利亚天然气可以归入 GB/T13611-92 中 12T 类别。以 12T 天然气燃具的基准气(表 4)作为本项目燃具的基准气,表 3 中的过渡气体作为 12T 天然气燃具的置换气(华白数与

置换,可实现燃气管网油制气与天然气的平稳过渡。

(3)过渡气源构成与配比的确立方法

过渡气源构成是由油制气与天然气按一定比例混配而成。其配比确立的原理如图 1。

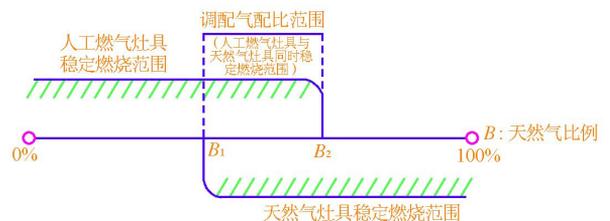


图 1 调配气构成与配比的确立原理图

在油制气中混入天然气,形成“天然气+油制气”混合气,将此过渡气同时供给油制气燃具和天然气燃具燃烧。随着天然气混入量(天然气所占比例 B)的逐步增加,对天然气燃具而言,天然气所占比例小于 B_1 时,燃具不能正常燃烧,而达到 B_1 时,燃具运行点开始进入稳定燃烧区域, B 达到 100% 时为纯天然气,其运行点位于该区域的正中央,即进入最佳燃烧工况;而对油制气燃具而言,天然气所占比例为

0时,燃具运行点处于稳定燃烧区域的正中心位置,即此时为最佳燃烧工况,随着 B 的加大,燃具运行点逐渐偏移,燃烧工况趋于恶化,而达到 B_2 时,燃具运行点开始脱离稳定燃烧区域,燃具不能正常燃烧。

天然气所占比例 $B_1 < B < B_2$ 这段区间的混合气体称之为过渡气源。该气体可以同时满足油制气燃具和天然气燃具稳定燃烧。

3. 试验验证与实施

在调查了解广州市燃气管网在用的各类油制气燃具的相关资料基础上,对收集的大量数据进行统计分析,重点是燃具品牌、型号、市场占有率及相关的燃具燃烧特性、燃具使用过程中存在的问题,并采取科学的方法确定能够代表管网燃具实际运行状态的典型燃气具品牌与型号。在试验室内,用过渡气对典型的燃具进行燃烧性能测试。

气源厂生产过渡气供应管网进行第一次置换。供应过渡气期间,最大限度加速更换或改装管网内油制气燃具的步伐,使其变为天然气燃具。待管网内所有燃具更换或改装完毕并进行确认后,管网气源一次性或逐步转换为天然气气源,即进行第二次置换。之后,再对极少部分改装效果不太理想的燃具进行调整后,至此,整个管网气源的置换工作圆满结束。

4. 提高燃具适配性措施^[6]

城市燃气的互换包含两方面的内容:一是燃气气源的互换性,二是燃烧器的适应性。以上都是在燃气具一定的情况下,对燃气气源的互换性进行讨论的,燃烧器适应性的提高对燃气的成功互换同样有着非常重要的意义。因此,实施二次置换技术中天然气与过渡气的互换步骤时,研制开发出一种能够适应气源波动范围较广的新型天然气燃气具,则

更有利于二次置换技术的实施。

四、结 论

若顺利实现燃气二次置换,可取得多项效益。

(1)经济效益。节省管网改造工程费用约为220元/户;杜绝气源放散,减少浪费约8.0万元人民币。

(2)社会效益。一个60万户规模的城市燃气管网,采用常规置换方式需4年左右的时间完成天然气转换,而利用本技术则只须8个月,可缩短天然气转换时间3年以上。此外,还可最大限度减少对用户的影响,入户次数减少,热水器无须停用;不必开挖道路,影响交通。

(3)环保效益。避免燃气直接放散,减少对大气的污染;消除燃气放散过程中的安全隐患;提前关闭污染严重的人工煤气气源生产厂。

参 考 文 献

- 1 中国国家标准 GB/T13611—92,城市燃气分类,1992
- 2 徐文渊,蒋长安.天然气利用手册.北京:中国石化出版社,2002
- 3 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.北京:中国建筑工业出版社,2000
- 4 马晓茜.天然气燃烧特性及其与其它燃气的互换性分析.天然气工业,2001;(5)
- 5 陈赓良.天然气的互换性及其标准化.天然气工业,1999;19(2):102~107
- 6 赖元楷,罗东晓.统一天然气热值标准是中国天然气工业发展的需要.城市燃气,2005;7:7~12

(修改回稿日期 2005-09-21 编辑 居维清)