

# 庭院及室内配气系统气源转换的探讨

□ 北京建筑工程学院 (100044) 程建锋 詹淑慧

□ 兖州市煤气公司 (272100) 赵延勇

**摘要:** 天然气置换液化石油气时, 应对现有管道系统进行分析 and 评估, 以提高其可再利用程度, 降低置换成本、缩短工期, 取得良好的经济效益。本文提出了现有管道利用程度的核算方法及可行的置换措施。

**关键词:** 管道再利用 附加压头 所需理论管长

## The Probe About the Gas Source Conversion of Courtyard and Indoor Gas Distribution Systems

Beijing Institute of Civil Engineering and Architecture Cheng Jianfeng Zhan Shuhui

Yanzhou Gas Group Company Zhao Yanyong

**Abstract:** When the Liquefied Petroleum Gas is replaced with the Natural Gas, it is necessary to analyze and assess the existing pipeline system. To do so can improve the degree of re-utilization, reduce replacement costs, shorten the construction period and achieve good economic benefits. Accounting methods of the degree of re-utilization and feasible replacement measures are mentioned in this paper.

**Keywords:** the re-utilization of the existing pipeline system additional pressure head the tube length required in theory

天然气与液化石油气是两种不同的城镇燃气体源, 在输配压力、燃具额定压力、华白数、热值和燃烧特性等方面存在很大差异, 不具有互换性。近年来, 随着天然气的广泛应用, 一些原有液化石油气管道供应的区域开始被天然气所置换。在置换过程中, 必然涉及到现有管道系统能否继续使用, 即再利用的问题。然而, 目前一些置换工程中采用了全部更换现有管道系统的方式, 置换成本较高。如果现有管道系统部分或全部不经改造即可满足用户燃具正常使用要求, 可以明显节省置换费用。因此, 对现有液化石油

气管道系统进行能否再利用的评估就具有非常重要的意义。

### 1 天然气置换液化石油气的理论分析

#### 1.1 热值与流量

城镇燃气中, 液化石油气的热值约为 $108.4\text{MJ}/\text{Nm}^3$ , 天然气热值为 $36.2\text{MJ}/\text{Nm}^3 \sim 45.5\text{MJ}/\text{Nm}^3$ 。液化石油气的热值大约为天然气的2倍多。在两种气源满足同样的热负荷需求时, 天然气流量大约要增加1倍多。

## 1.2 压降与燃具前压力

当管道流量增大,管段压力降 $\Delta P$ 会相应增加。在天然气置换液化石油气时,若管道不更换,管道压力降就会比转换前增大,燃具前压力会相应下降。

实验与研究的结论表明:液化石油气低压燃具的额定压力为2 800Pa,允许压力波动范围为2 100Pa~4 200Pa,而天然气低压燃具的额定压力是2 000Pa,允许压力波动范围为1 500Pa~3 000Pa。

## 1.3 置换时可能出现的情况

基于上述两点,若在天然气置换液化石油气时,现有管道如不进行更换,置换后可能出现两种情况:

(1)转换后燃具前的压力在其允许的压力波动范围之内。管道可不更换,可全部再利用,经济性好。

(2)转换后燃具前的压力不在其允许的压力波动范围内。如果不改造管道,将造成用户燃具不能正常燃烧。这种情况下,必须对原有管道进行部分或全部更换。此时,哪部分管道需要更换,哪部分管道可以再利用,将直接涉及到置换的投资、工期等诸多方面,应进行详尽分析,以保证置换的经济性。

## 2 典型的液化石油气管道供气方式

### 2.1 供气方式1

即管道通过区域调压站或者楼栋调压柜(箱)后,室外总立管沿建筑物外墙敷设至楼顶,经楼顶集中表箱后,分出若干根低压下降立管,沿着靠近用气房间的建筑外墙或阳台向下引至各层用户的供气方式。

### 2.2 供气方式2

即管道通过区域调压站或者楼栋调压柜(箱)后,经过底层集中表箱后沿建筑外墙引若干低压上升立管分别进入各层用户或经过室内总立管、各用户支管和户内燃气计量表引至末端设备的供气方式。

### 2.3 供应方式3

即调压装置和集中表箱都设置在天面,即中压管道沿建筑物外墙敷设至楼顶,经楼顶中-低压调压箱调压后,进入集中表箱后,分出若干根低压下降立管,沿着靠近用气房间的建筑外墙或阳台向下引至各

层用户的供气方式。

## 3 现有管道系统可再利用程度的核算及相应解决措施

### 3.1 调整调压装置的出口压力

以末端燃具前为计算起点,利用各计算管段已知量,即计算流量、管径、管长和天然气相关性质参数,根据雷诺数和管材选择相应的水力计算公式,计算各管段的摩擦阻力损失,再考虑局部阻力损失和附加压头,从而可以逐段反算出调压装置出口压力,然后调整调压装置的出口压力值等于该计算值即可。

然而,若各层燃具前压力取同一值时,由于各层户内管长度不一,可知各层用户所需的调压装置出口压力各异;若各层用户燃具前压力设定值不同时,调压装置出口压力能稳定在某一压力值的几率比较小,并且此解决措施计算量很大,调整值也很难准确确定,故从理论上说,该解决措施的可操作性差。

### 3.2 对部分管段,调整管径或者增减阻力等措施

保持现有液化石油气管道供气系统时调压装置出口压力值不变,由于庭院管大都埋地敷设,为避免管网的再次开挖,增加造价,埋地庭院管尽量完全再利用。因而埋地庭院管的压力降是既定的,再结合燃具前允许压力波动范围,即可求得剩余压力降值,通过调整剩余管段的管径和增减阻力等措施来消耗此剩余压力降,确保燃具稳定燃烧。

由燃气管道摩擦阻力损失计算公式可知,在其他条件不变的情况下,管段摩擦阻力是管段内径和计算长度的函数。设定燃具前的压力和求得的剩余压力降值,然后考虑局部阻力损失和附加压头后,导出该管段的摩擦阻力,再利用剩余管段的已知参数(含管径)计算出该摩擦阻力所对应的理论管长,即可定量确定现有液化石油气管道系统的再利用程度。核算结果可能出现两种情况:

(1)所需理论管长大于剩余管段实际管长,若该管段不做改造,末端燃具前压力会增大。如果出现超过天然气末端燃具前的最大允许压力,在不调整剩余管段管长的情况下,可对该段部分管段逐级缩减管径或采取增阻措施,来增大剩余段的压力降,反复核

算直至到末端燃具前压力回落到允许波动范围。

(2) 所需理论管长小于剩余管段实际管长, 若该管段不做改造, 末端燃具前压力会降低, 如果出现低于天然气末端燃具前的最小允许压力, 在不调整该管段管长的情况下, 可对该段部分管段逐级增大管径或采取减阻措施, 来减少剩余段的压力降, 反复核算直至到末端燃具前压力回落到允许波动范围。

需要特别指出, 如果调整剩余管段管径和增减阻力等措施受到限制, 那么就必须要改造前部分甚至是埋地管段了, 现有管道系统的可再利用程度就降低了。

## 4 各典型供气方式应注意的问题

### 4.1 计算管段的分界点选取

一般地, 计算起点选在调压装置出口, 终点选在末端燃具前。不便于改动的管段命名为第一计算管段, 例如部分埋地管和爬墙管等, 而此后到燃具前命名为第二计算管段即剩余计算段。其中第二计算管段是重点讨论的。

一般地, 对于室外集中挂表, 分界点选在集中表箱, 对于室内分户挂表, 以引入管(户内管)与庭院分配管连接点为分界点。

### 4.2 第一计算管段有小分支流量的处理方法

在工程应用中, 小流量的用户对水力计算的结果影响比较小。对于该管段中由相同管径和管材组成的一段管段, 可把其上的小流量用户当作途泄流量来考虑, 并把它们分配到与之相邻的节点流量中, 就能有效减少管网节点数, 减少水力计算工作量<sup>[1]</sup>。

### 4.3 供应方式1的分析

计算分界点选在天面的集中表箱, 第一计算管段对各层用户来说都是一样的, 即集中表箱出口的压力相同, 但该计算管段中的沿建筑物外墙的低压上升立管要考虑附加压头的影响。对于该供气方式的第二计算段(低压下降立管至末端燃具前), 天然气的附加压头是负值, 因此, 该管段的最大压力损失在最底层, 最小压力损失在最高层, 最高层燃具前的压力高于最底层, 所以, 最高层末端主要防止超压工作即大于燃具前最大允许压力, 而最底层主要防低于燃具最小允许压力, 即小区内最不利用户点在最高和最低层, 中间必有一临界层用户末端燃具前压力和天然气燃具额

定压力相当, 此楼层现有管道系统可完全利用。

但需指出的是, 附加压力所占份额取决于建筑物的高度, 如果是高层建筑, 其所占份额会更大。

### 4.4 供应方式2的分析

在底层外墙设置集中表箱的供气方式的第一计算管段基本上是埋地的庭院管, 第二计算管段(外墙低压上升立管至末端燃具前), 天然气产生的附加压头是正值, 该管段的最大压力损失在最底层, 最小压力损失在最高层。

对于户内挂表的下环上行供气方式, 庭院管作为第一计算管段, 户内管作为第二计算管段。

### 4.5 供应方式3的分析

建筑外墙外的中压上升立管不在此文讨论范围。此供气方式的第二计算管段同供气方式1的第二计算管段的分析方法和结论一致。

## 5 案例

某小区原液化石油气供应系统, 采用楼栋调压供应4栋居民楼26户, 其分布示意图见图1。1号、2号及3号居民楼采用供气方式2, 4号楼采用供气方式1。如果保持该小区楼栋调压柜出口压力为3 100Pa, 设定各层天然气管道末端燃具前压力为1 500Pa, 即最小允许压力。家用膜式燃气表阻力损失取120Pa。每个用户装设一台燃气双眼灶(26MJ/h)和一台10升燃气热水器(84MJ/h), 所需天然气流量为2.77m<sup>3</sup>/h, 天然气密度 $\rho = 0.802\text{kg/Nm}^3$ , 运动粘度 $\nu = 12.56 \times 10^{-6}\text{m}^2/\text{s}$ (计算值)。

从楼栋调压柜到最远集中表箱作为第一计算管段, 集中表箱出口引出10根低压下降立管到各层用户末端燃具前看做各楼层的第二计算管段。部分第一计算管段采用埋地敷设, 第二计算管段各楼层长度不同, 因此, 首选第二种核算方法和解决措施。

基于上述的理论分析和参数设定, 第一计算管段水力计算结果和第二计算管段所需理论管长的计算结果分别见表1、表2。

从表1、表2可以看出, 第一计算管段末即集中表箱出口压力为1 709Pa(含表压降), 第二计算管段的核算过程相当于对该管段进行等压降设计, 即各层用户末端燃具前压力均为1 500Pa。

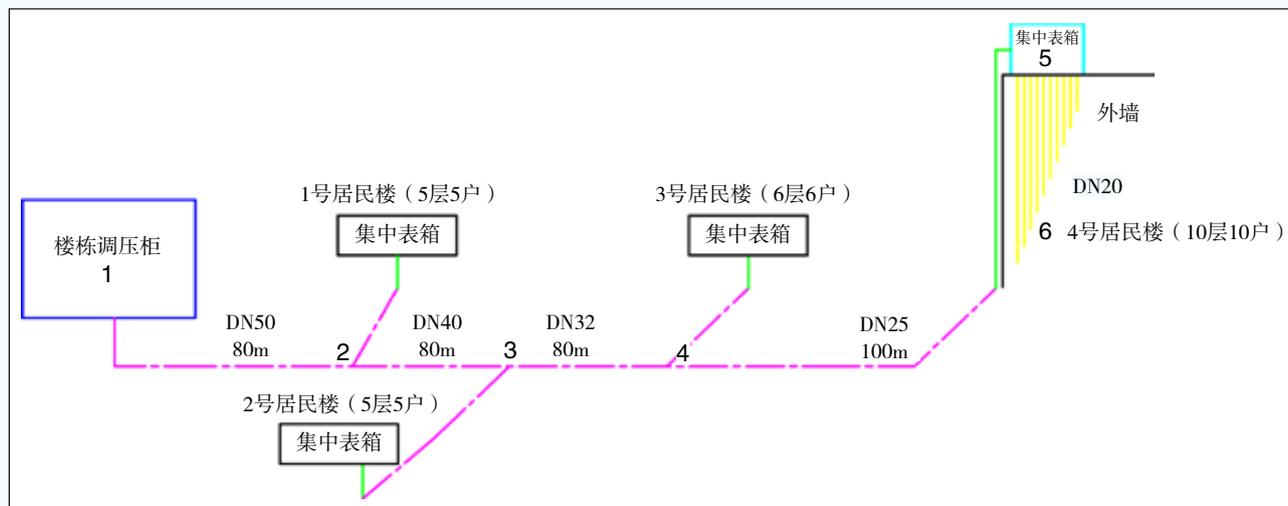


图1 某小区燃气管道布置示意图

表1 第一计算管段的水力计算结果

管段号	额定流量 (Nm <sup>3</sup> /h)	同时工作 系数	计算流量 (Nm <sup>3</sup> /h)	管径 (mm)	管段管长 (m)	单位长度 压力降 (Pa/m)	摩擦阻力 损失 (Pa)	管段压力 降 (Pa)	管段标高 差 (m)	附加压头 (Pa)	实际压力 损失 (Pa)
2—1	72.02	0.216	15.56	50	80	1.12	89.82	94.32	0	0.00	94.32
3—2	58.17	0.219	12.19	40	80	2.49	198.90	208.84	0	0.00	208.84
4—3	44.32	0.236	10.46	32	80	3.21	256.64	269.47	0	0.00	269.47
5—4	27.7	0.270	7.48	25	100	8.02	802.00	842.10	30	144.35	697.75

表2 第二计算管段所需理论管长计算结果

管段号 (楼层)	额定流量 (Nm <sup>3</sup> /h)	同时工作 系数	计算流量 (Nm <sup>3</sup> /h)	管径 (mm)	各层所需理 论最长管长 (m)	单位长度 压力降 (Pa/m)	摩擦阻 力损失 (Pa)	管段压力 降 (Pa)	管段标高 差 (m)	附加压头 (Pa)	实际压力 损失 (Pa)
5—6 (十)	2.77	1	2.77	20	44.25	4.01	177.45	195.19	-3	-14.44	209.63
5—6 (九)	2.77	1	2.77	20	40.98	4.01	164.32	180.76	-6	-28.87	209.63
5—6 (八)	2.77	1	2.77	20	37.71	4.01	151.20	166.32	-9	-43.31	209.63
5—6 (七)	2.77	1	2.77	20	34.43	4.01	138.08	151.88	-12	-57.74	209.63
5—6 (六)	2.77	1	2.77	20	31.16	4.01	124.95	137.45	-15	-72.18	209.63
5—6 (五)	2.77	1	2.77	20	27.89	4.01	111.83	123.01	-18	-86.61	209.63
5—6 (四)	2.77	1	2.77	20	24.62	4.01	98.71	108.58	-21	-101.05	209.63
5—6 (三)	2.77	1	2.77	20	21.34	4.01	85.58	94.14	-24	-115.48	209.63
5—6 (二)	2.77	1	2.77	20	18.07	4.01	72.46	79.71	-27	-129.92	209.63
5—6 (一)	2.77	1	2.77	20	14.80	4.01	59.34	65.27	-30	-144.35	209.63

由于1 500Pa是天然气燃具前最小允许压力,所以,计算所得管长也即是所需理论最长管长。所需理论计算管长和现有实际管长比对,会发现高楼层用户

所需理论最长管长大于现有实际管长,但是由于调压柜出口压力是3 100Pa,天然气末端燃具前压力不会超过最大允许压力,所以,高楼层的管道系统基本上可

全部再利用。中间必存在一临界楼层即该楼层用户所需理论最长管长与现有实际管长相当，但临界层以下楼层必须采取逐级增大第二计算管段部分管径或采取减阻措施来减少压力降，如果还不能满足，就只有改动部分第一计算管段了。

## 6 结论

在天然气置换液化石油气过程中，可以通过对现有管道系统进行评估分析，尽可能部分或全部利用，以节省置换费用、缩短工期，取得较好的经济效益：

(1) 在天然气置换液化石油气时，首先要根据新的气源——天然气的性质，按相应的水力计算公式，核算现有管道系统水力工况，是否可以满足燃具前允许的压力波动，以确定现有管道系统的可再利用程度。

(2) 若庭院及室内液化石油气管道供应系统不可完全再利用，就以不便改动管段，如埋地敷设作为

第一计算管段。在假定第一计算管段不更换的情况下，核算第二计算管段。如果只更换第二计算管段的管道能够满足用户要求，则第一计算管段管道可以完全再利用。

(3) 若核算后发现，只更换第二计算管段的管道不能满足用户燃具的要求，此时则需要对管道进行新的水力计算与设计，改动第一计算管段甚至更换所有管道，置换成本及工期将增加。

### 参考文献

- 1 张宁, 田贯三. 中压燃气管网的简化与流量折算系数的研究[J]. 煤气与热力, 2007; 27(7): 12-16
- 2 段常贵. 燃气输配(第三版). 北京: 中国建筑工业出版社, 2001

## 安全管理消息

### 邯郸市煤气公司全力做好冬季供气保障工作

进入冬季以来，随着气温不断下降，日供气量也不断增加，供气设备负荷加大，给安全供气增加了压力。邯郸市公用局煤气公司提早动手，周密部署，供气、巡线、维修职工奋战在工作岗位上，按照事先制订的保供预案，从气源保证、管线维护、设施检修、应急抢险等方面，采取有力措施，全力做好燃气保供工作。

为确保冬季供气高峰期间能够安全供气，该公司开展了设备检修和保养工作，对全市燃气管网设施进行大检修，对液化石油气储灌站、天然气门站、铁西储配站、滏东储配站的储供气设施进行了详细检查，对储气柜、球罐、风机等重点部位进行全面细致排查，发现问题，立即处理。此外，加强了对8.4km天然气长输高压管线的巡

线工作。对管线沿途标志桩的丢失和损毁情况进行统计，并对管线17处阳极测试桩进行了电极测试，检查管线的腐蚀情况，检测数据均在合理范围之内。各设备管理班组，从设备主体到每一个零部件，进行全面彻底地维护保养，检修中坚持问题查不清不放过、处理不彻底不放过的原则，决不让设备“带病上岗”。加强值班力量，中层以上干部24h轮流值班，主要岗位负责人24h通讯工具畅通。目前，公司已备足、备齐各类设施、燃气具配件，服务部、液化石油气换瓶点正常营业，燃气服务热线——5512345全天服务不间断，及时处理各类用气故障，为居民正常生活提供有力保障。

(韩军 马国庆 卢琳)