

doi:10.3969/j.issn.1671-5152.2016.04.006

燃气自闭阀切断流量与燃具热负荷匹配性分析

□ 北京市燃气集团研究院(100011) 车立新 王凡

□ 北京市公用事业科学研究所(100011) 柴家凤 陈文柳

摘要: 本文通过对居民燃具耗气量变化影响因素及自闭阀流量影响因素分析, 确定了与燃具热负荷匹配的自闭阀切断流量, 便于发挥自闭阀的安全功能。

关键词: 自闭阀 燃具 流量匹配

1 自闭阀概述

燃气在城市居民生活中已经成为重要的清洁能源, 燃气在供给我们能量的同时, 由于其易燃易爆的特性, 户内燃气泄漏、着火事件时有发生, 为了达到安全使用燃气的目的, 在保证燃气系统本质安全的基础上, 还可采取安全防护技术实现燃气安全双保险。

自闭阀是国内外户内燃气系统中使用较多的安全防护产品, 它安装在终端燃具上游, 当户内燃气系统的压力、流量出现异常时自动切断燃气, 待故障原因查明、排除后人工恢复供气。

通过分析近年户内燃气事故可知, 大部分着火爆炸是胶管脱落、破裂导致燃气快速泄漏引起的, 在这种工况下, 燃气系统的流量已超出燃具额定热负荷流量, 所以如果系统中安装自闭阀就可以避免泄漏着火事故的发生。另外, 户外枝状供气管线中的末端调压箱发生故障时, 较高的压力可能会损坏户内燃气设施, 造成泄漏事故, 因此, 自闭阀压力切断功能可以保证在供气压力异常时切断燃气, 避免恶性事故。

目前自闭阀产品根据不同类型执行不同的产品标准, 同时具有压力、流量自闭功能的产品执行CJ/T447《管道燃气自闭阀》, 只具有流量自闭的产品执行CJ/T180《建筑用手动燃气阀门》。其中对于自闭流量

技术指标的规定这两本标准各有不同的描述, CJ/T447规定: 标称的过流自动关闭流量不应大于额定流量的2倍; 额定流量为自闭阀在额定进口压力和最大允许压降工况下的流通能力。CJ/T180中规定: 过流切断装置的切断流量应与其配套使用的燃具热负荷相适应。居民用户使用的燃具在热负荷方面是多元化分布的, 自闭阀标准并未明确规定自闭流量与燃具热负荷的匹配关系, 因此需要进行相关分析、研究, 以便在自闭阀选用工作中切实发挥自闭阀的安全功能。

2 居民燃具热负荷概述

居民使用的燃具主要有3类: 灶具、热水器、采暖热水炉。

2.1 灶具热负荷

目前家用灶具产品标准执行GB16410-2007《家用燃气灶具》: 单个燃烧器额定热负荷 $\leq 5.23\text{kW}$ 的燃气灶; 额定热负荷 $\leq 5.82\text{kW}$ 的燃气烤箱和燃气烘烤器; 额定热负荷 $\leq 4.19\text{kW}$ 的燃气饭锅; 以及上述复合功能的灶具。经过调研, 市场常见的灶具为双眼灶, 单眼热负荷为 3.2kW 、 3.8kW 、 4kW 、 4.2kW 、 5kW 。

2.2 热水器热负荷

目前热水器产品标准执行GB6932-2001《家用燃

气快速热水器》：热负荷不大于70kW。经过调研，常见热水器热负荷为16kW（8L）、20kW（10L）、22kW（11L）、24kW（12L）、32kW（16L）。

2.3 采暖热水炉热负荷

目前采暖热水炉产品标准执行GB 25034-2010《燃气采暖热水炉》：热负荷小于等于70kW。经过调研，常见采暖热水炉热负荷为16kW、20kW、24kW、28kW、32kW。

3 天然气燃具热负荷变化范围分析

3.1 天然气热值的分析

GB/T 13611《城镇燃气分类和基本特性》将天然气按照不同的华白数进行分类：3T、4T、6T、10T、12T。我们以北京市使用的12T天然气为例进行分析。

12T天然气华白数为50.73MJ/m³，变化范围45.67MJ/m³~54.78MJ/m³，也就是说天然气的热值也在一定的变化范围内，所以我们并不能使用某一固定的热值代替12T天然气的热值。GB/T13611“城镇燃气分类和基本特性”还规定了燃具进行各类极限测试的实验气组分及热值，因此我们采用界限气热值作为12T天然气热值的变化范围：28.54MJ/m³~41.03MJ/m³。

3.2 天然气燃具额定耗气量计算

3.2.1 燃具热负荷与耗气量换算

热负荷与耗气量换算按照公式（1）计算：

$$Q = \frac{3600}{H_i} \times P \quad (1)$$

其中：Q—天然气流量（m³/h）；

H_i—天然气低热值（kJ/m³）；

P—燃具热负荷（kW）。

3.2.2 常用燃具耗气量计算

经过计算，常用燃具耗气量见表1、表2、表3。

3.2.3 天然气燃具耗气量分析小结

由于热值的变化，耗气量是有所变化的，当热值最小、华白数处于下限值时，耗气量最大，考虑到今后城市供气朝着多元化气源方向发展，为了不产生在正常供气情况下自闭阀发生切断的误动作，我们选取燃具在12T的最大流量与自闭阀进行匹配，因此，常用天然气燃具耗气量分布为：0.81m³/h、0.96m³/h、1.01m³/h、1.06m³/h、1.26m³/h、2.02m³/h、2.52m³/h、

表1 常用天然气双眼灶具耗气量

序号	热负荷（kW）		灶具耗气量（m ³ /h）
	单眼热负荷	双眼热负荷	
1	3.2	6.4	0.56~0.81
2	3.8	7.6	0.67~0.96
3	4.0	8.0	0.70~1.01
4	4.2	8.4	0.74~1.06
5	5.0	10.0	0.88~1.26

表2 常用天然气快速热水器耗气量

序号	热负荷（kW）	热水器耗气量（m ³ /h）	热水产量（L）
1	16	1.40~2.02	8
2	20	1.75~2.52	10
3	22	1.93~2.78	11
4	24	2.11~3.03	12
5	32	2.81~4.04	16

表3 常用天然气采暖热水炉耗气量

序号	热负荷（kW）	采暖热水耗气量（m ³ /h）
1	16	1.40~2.02
2	20	1.75~2.52
3	24	2.11~3.03
4	28	2.46~3.53
5	32	2.81~4.04

2.78m³/h、3.03m³/h、3.53m³/h、4.04m³/h。

4 液化石油气燃具热负荷变化范围分析

4.1 液化石油气热值的分析

GB/T 13611《城镇燃气分类和基本特性》将液化石油气按照不同的华白数进行分类：19Y、20Y、22Y。我们以北京市使用的20Y液化石油气为例进行分析。

20Y华白数为79.64MJ/m³，变化范围72.86MJ/m³~87.53MJ/m³，也就是说其热值也在一定的变化范围内，所以我们并不能使用某一固定的热值代替20Y的热值。GB/T 13611《城镇燃气分类和基本特性》还规

定了燃具进行各类极限测试的实验气组分及热值,因此我们采用界限气热值作为20Y液化石油气热值的变化范围:82.78MJ/m³~116.48MJ/m³。

4.2 液化石油气燃具额定耗气量计算

4.2.1 常用燃具耗气量计算

按照公式(1)对常用燃具耗气量进行计算,结果见表4、表5、表6。

表4 常用液化石油气双眼灶具耗气量

序号	热负荷(kW)		灶具耗气量(m ³ /h)
	单眼热负荷	双眼热负荷	
1	3.2	6.4	0.20~0.28
2	3.8	7.6	0.23~0.33
3	4.0	8.0	0.25~0.35
4	4.2	8.4	0.26~0.37
5	5.0	10.0	0.31~0.43

表5 常用液化石油气快速热水器耗气量

序号	热负荷(kW)	热水器耗气量(m ³ /h)	热水产量(L)
1	16	0.49~0.70	8
2	20	0.62~0.87	10
3	22	0.68~0.96	11
4	24	0.74~1.04	12
5	32	0.99~1.39	16

表6 常用液化石油气采暖热水炉耗气量

序号	热负荷(kW)	采暖热水耗气量(m ³ /h)
1	16	0.49~0.70
2	20	0.62~0.87
3	24	0.74~1.04
4	28	0.87~1.22
5	32	0.99~1.39

4.2.2 液化石油气燃具耗气量分析小结

与1.3小节相同的原因,我们选取燃具在20Y的最大流量与自闭阀进行匹配,因此,常用液化石油气燃具耗气量分布为:0.28m³/h、0.33m³/h、0.35m³/h、0.37m³/h、0.43m³/h、0.70m³/h、0.87m³/h、0.96m³/h、

1.04m³/h、1.22m³/h、1.39m³/h。

5 自闭阀切断流量技术参数的确定

5.1 自闭阀切断流量与燃具热负荷匹配影响因素

自闭阀切断流量与燃具热负荷匹配研究的目的既要保证户内燃气系统的流量超出燃具耗气量时切断燃气,又要保证燃具在正常的耗气量变化范围内不发生误切断。所以我们从燃具和自闭阀两方面进行分析。

5.1.1 燃具的耗气量变化影响因素分析

燃具的耗气量是通过喷嘴输送到燃烧器头部,喷嘴是影响燃具耗气量的核心元件,喷嘴流量计算见公式(2):

$$L_g = 0.0035 \mu d^2 \sqrt{\frac{P}{S}} \quad (2)$$

其中: L_g —喷嘴流量(m³/h);

d —喷嘴直径(mm);

P —燃气表压(Pa);

S —燃气比重(空气为1)。

从公式(2)可以看出,燃气压力是燃具耗气量变化的影响因素,在GB16410、GB6932-2001、GB25034-2010中对燃气压力范围进行了规定,见表7。

表7 燃具试验用燃气压力

	液化石油气	天然气	人工煤气
最高压力/Pa	3 300	3 000	1 500
额定压力/Pa	2 800	2 000	1 000
最低压力/Pa	2 000	1 000	500

5.1.2 自闭阀流量影响因素分析

自闭阀安装在户内燃气系统中,当燃气压力变化时,通过自闭阀的燃气流量因为燃气压力的变化会发生变化,两种状态可用PV=RT进行折算,用表7允许的压力变化数值进行计算,自闭阀流量的变化可忽略不计,也就是说,燃具允许的压力波动对自闭阀流量不产生影响。

5.2 自闭阀切断流量确定

自闭阀切断流量与燃具负荷匹配除了考虑燃气压力影响之外,还要考虑产品的允许误差:自闭阀流量误差、燃具热负荷误差。在GB16410、GB6932-2001、

GB25034-2010中规定热负荷最大允许误差为10%；在CJ/T447、CJ/T180中规定切断流量最大允许误差为10%。

根据上述影响因素确定的自闭阀切断流量计算值见表8、表9。

表8 与天然气燃具匹配的自闭阀切断流量

燃具额定负荷 (kW)	燃具耗气量 (m³/h)		考虑燃具、自闭阀误差	空气介质的自闭阀切断流量 (m³/h)
	额定燃气压力	最高燃气压力		
3.2×2	0.81	0.99	1.20	0.89
3.8×2	0.96	1.17	1.42	1.06
4.0×2	1.01	1.24	1.50	1.11
4.2×2	1.06	1.30	1.57	1.17
5.0×2	1.26	1.54	1.87	1.39
16	2.02	2.47	2.99	2.23
20	2.52	3.09	3.74	2.79
22	2.78	3.40	4.11	3.06
24	3.03	3.71	4.49	3.34
28	3.53	4.33	5.23	3.90
32	4.04	4.94	5.98	4.46

表9 与液化石油气燃具匹配的自闭阀切断流量

燃具额定负荷 (kW)	燃具耗气量 (m³/h)		考虑燃具、自闭阀误差	空气介质的自闭阀切断流量 (m³/h)
	额定燃气压力	最高燃气压力		
3.2×2	0.28	0.30	0.37	0.47
3.8×2	0.33	0.36	0.43	0.56
4.0×2	0.35	0.38	0.46	0.59
4.2×2	0.37	0.40	0.48	0.62
5.0×2	0.43	0.47	0.57	0.74
16	0.70	0.76	0.91	1.19
20	0.87	0.94	1.14	1.48
22	0.96	1.04	1.26	1.63
24	1.04	1.13	1.37	1.78
28	1.22	1.32	1.60	2.07
32	1.39	1.51	1.83	2.37

5.3 自闭阀切断流量分级

根据自闭阀切断流量计算值进行合理分级：0.6m³/h、0.8m³/h、1.2m³/h、1.5m³/h、2.5m³/h、3.5m³/h、5.0m³/h，并于燃具热负荷对应以便自闭阀的选用，见

表10、表11。

表10 自闭阀与天然气燃具的对应关系

序号	燃具	自闭阀切断流量 (空气)
1	3.2kW、3.8kW、4.0kW、4.2kW双眼灶	1.2m³/h
2	5.0 kW双眼灶	1.5m³/h
3	8L热水器；16kW采暖热水炉	2.5m³/h
4	10L、11L、12L热水器；20kW、24kW采暖热水炉	3.5m³/h
5	16L热水器；28kW采暖热水炉	5.0m³/h

表11 自闭阀与液化石油气燃具的对应关系

序号	燃具	自闭阀切断流量 (空气)
1	3.2kW、3.8kW、4.0kW双眼灶	0.6m³/h
2	4.2kW、5.0 kW双眼灶	0.8m³/h
3	8L热水器；16kW采暖热水炉	1.2m³/h
4	10L热水器；20kW采暖热水炉	1.5m³/h
5	11L、12L、16L热水器；24kW、28kW、32kW采暖热水炉	2.5m³/h

6 结束语

自闭阀作为技术成熟的户内安全防护产品，在日本应用非常普及，自上世纪80年代推广使用以来，对日本户内安全水平的提升起到重要作用。北京市近年来逐步加大推广使用力度，已经突显出了明显的安全效果，随着自闭阀与其它各类户内安全技术产品的推广使用，北京市的户内燃气安全水平将会实现大幅度提升，燃气的应用也将更安全、更便利、更舒适。

主办：中国城市燃气协会信息委 咨询电话：010-62032933



燃气
资讯

为促进会员单位信息的交流和发展服务