

# 背压对平衡波纹管式安全阀性能的影响

张鑫佳

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司煤制油化工安装检修分公司 宁夏 银川 751400

**摘要:** 通过调节背压调节器孔板尺寸改变排放背压,开展30%~50%背压比区间的性能与排量试验。结果表明,背压超出临界值会引发安全阀颤振、频跳,降低密封性能,使回座压力升高、开启高度减小;背压越高,安全阀开启高度与排量系数越低,实际泄放量远低于额定值,且背压对阀门整定压力无明显影响。研究明确了背压与安全阀工作特性的关联,为安全阀背压工况下的合理应用提供了试验依据。

**关键词:** 安全阀;背压;排量减低系数

引言:背压是安全阀出口存在的压力,包括附加背压(安全阀未开启时,出口存在的压力)、排放背压(安全阀开启后排放系统中产生的出口压力)。背压会影响安全阀的操作,导致开启压力的变化、动作不稳定、排量能力下降。虽然,为平衡和消除背压对安全阀性能特征和排放特征的影响,开发出了平衡波纹管式安全阀,但它也只能平衡和消除部分背压,并且没有一套完整的理论和试验来验证平衡波纹管式安全阀实际平衡和消除背压的能力。为此,需要通过理论计算分析和试验来分析、验证安全阀的背压对安全阀的动作性能和排量系数的影响。该文主要研究排放背压对平衡波纹管式安全阀性能和排放的影响。<sup>[1]</sup>

## 1 理论计算分析

1.1 背压的产生和平衡波纹管式安全阀平衡、消除背压的原理和受力分析

### 1.1.1 背压的产生

安全阀在开启前后,作用在升力零件(阀瓣、反冲盘)上的介质力是完全不一样的。当开启前介质力完全是使升力零件向上开启,而开启后介质力不仅使升力零件向上开启,同时一部分介质力试图让升力零件向下关闭。安全阀开启后,作用在升力零件使升力零件向下关闭的安全阀腔体内的压力叫排放背压。<sup>[2]</sup>

1.1.2 平衡波纹管式安全阀平衡、消除背压的原理和受力分析

平衡波纹管式安全阀是为平衡和消除背压对安全阀动作性能、排放特征的影响而设计的,其结构和受力分析与普通式安全阀的结构对比,在同样的背压条件下,由于升力零件受介质力向下的作用面积明显减少,因此平衡波纹管式安全阀平衡、消除背压基本原理是减小由安全阀泄放产生的排放背压或者实际使用工况下产生的附加背压对升力零件背面的作用面积减少,减小反作用

力,而达到平衡背压的作用。

### 1.2 平衡波纹管式安全阀受力分析

根据平衡波纹管式安全阀的开启后的数学模型,在时间为t时:

动力学方程:

$$\int_{A_d} P_d dA + \Delta \int d(mv) - (F_l + kh) - \int_{(A_d - A_g)} P_b dA = 0$$

当背压 $P_b$ 在一定范围内,安全阀将会稳定的排放,但开启高度可能达不到规定的开启高度,因而实际泄放量将会低于规定的额定泄放量。

当背压 $P_b$ 在超过某个范围内时,安全阀达不到规定的开启高度,还会引起机械性能不稳定,造成颤振、频跳等现象;阀门还可能超排放、回座压力过高,密封性能下降等隐患;同时安全阀的实际泄放量将会低于安全阀生产厂家提供的额定泄放量。

当腔体内压力 $P_2$ 在超过临界压力比时,会使安全阀处于亚临界状态排放,实际排放量大大低于厂家提供的额定排量值。<sup>[3]</sup>

## 2 试验装置和程序

### 2.1 试验装置的设计

本次试验选择HT系列平衡波纹管式安全阀,型号为HTB-01CB/2J3的安全阀进行试验。整定压力为1.0MPa,进口连接为2",喉部直径d为34.5mm,超压排量系数 $K_d 0.93$ ,在常温下该阀门的理论排量 $Q$ 为8592.867Kg/h,排放压力 $P_d \leq 10\%P_s$ ,回座压力 $P_r \geq 10\%P_s$ ,开启高度 $h \geq 11.5mm$ 。当背压比 $K_b(K_b = P_b/P_s)$ 小于30%时对排量几乎无影响;通过改变调节器孔板开孔尺寸 $\Phi d$ 调节阀门排放背压研究背压比为30~50%之间对排量的影响。

表1 背压发生器调节器孔板尺寸

项目	1	2	3	4	5	6
背压比 $K_b = P_b/P_s$	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40
API520排量系数比	0.68	0.71	0.75	0.78	0.82	0.86

续表:

项目	1	2	3	4	5	6
孔板尺寸 $d_2$ (mm)	40.67	42.25	44.20	45.91	47.94	50.08
项目	7	8	9	10	11	12
背压比 $K_b = P_b/P_s$	0.38	0.36	0.34	0.32	0.30	
API520排量系数比	0.88	0.92	0.96	0.98	1	
孔板尺寸 $d_2$ (mm)	51.72	53.99	56.39	58.34	60.37	

## 2.2 试验程序

按试验方案连接好被试验阀门和各个检测装置;

按ASME(美国工程师协会)的《PTC 25》对型式试验的规定,先进行性能试验,再进行排量试验;

先进行不安装背压调节器试验,测出被试阀门的性能参数(整定压力 $P_s$ 、排放压力 $P_d$ 、回座压力 $P_r$ 、开启高度 $h$ )和排量参数(排量系数 $K_{d1}$ 、排放压力 $P_d$ 、开启高度 $h$ );

通过调节调节器孔板大小调节背压,使背压从高到低依次试验,试验按照ASME(美国工程师协会)的《PTC

25》对型式试验的规定完成性能试验参数和排量试验参数的记录。

## 3 试验数据

3.1 被试安全阀未安装背压调节器时性能试验数据如表2。

表2

项目	整定压力 MPa	排放压力 MPa	回座压力 MPa	开启高度 mm
数据	1.02	1.07	0.903	10.86

3.2 被试安全阀未安装背压调节器时排量试验数据如表3。

表3

项目	排放压力 $h$	开启高度 $h_{mm}$	排量系数 $K_{d1}$
数据	1.083	11.85	0.92

3.3 被试安全阀安装背压发生器和背压调节器后性能试验数据如表4。

表4

项目	贝亚调节器尺寸 mm	排放背压MPa	整定压力MPa	排放压力MPa	回座压力MPa	开启高度mm	备注
1	38	0.016-0.271	1.018	1.059	0.994	0.485-3.80	颤振
2	40	0.15-0.26	1.011	1.047	0.975	1.08-3.316	颤振
3	42	0.16-0.325	1.009	1.062	1.015	0.718-4.408	颤振泄漏
4	45	0.387	1.013	1.052	0.986	3.903	回座颤振
5	47	0.368	0.994	1.065	0.967	4.87	回座颤振
6	48.5	0.338	1.006	1.063	0.96	5.985	
7	50	0.332	0.992	1.063	0.968	6.017	
8	55	0.28	0.992	1.068	0.958	8.725	
9	60	0.26	1.007	1.056	0.946	9.065	

从表4中可以看出,排放背压过高会严重影响安全阀的机械特性,序号3安全阀4的排放背压降到0.368MPa左右时,安全阀在排放过程中未发生颤振等问题,但在回座过程中依然出现了轻微的颤振;当排放背压降到

0.338MPa左右时,排放过程中不再发生颤振等问题,开启高度随排放背压的降低而增大。<sup>[4]</sup>

3.4 被试安全阀安装上背压发生器和背压调节器后排量试验数据如表5。

表5

项目	背压调节器尺寸 mm	排放背压MPa	均排放压力MPa	开启高度mm	排量系数 $K_{d2}$	备注
1	38	0.016-0.492	1.083	0.87-7.26	0.456	颤振
2	40	0.148-0.511	1.087	1.08-3.316	0.414	颤振
3	42	0.215-0.491	1.076	2.174-7.015	0.454	颤振泄漏
4	45	0.442	1.063	5.043	0.686	回座颤振
5	47	0.425	1.077	6.48	0.709	回座颤振
6	48.5	0.407	1.083	7.39	0.773	
7	50	0.396	1.086	7.418	0.818	

续表:

项目	背压调节器尺寸 mm	排放背压MPa	均排放压力MPa	开启高度mm	排量系数Kd2	备注
8	55	0.338	1.084	9.89	0.885	
9	60	0.286	1.087	11.31	0.916	

从表5可以看出, 安全阀出现颤振时会大大降低其排量; 随排放背压的减小和排放过程不颤振安全阀的开启高度越来越高, 排量系数也越来越高。

#### 结束语

通过理论计算分析和试验验证, 可得出如下结论:

性能特征方面, 排放背压存在临界背压, 超过允许值, 可能会导致安全阀机械性能遭到破坏, 引起安全阀颤振、密封性能降低等; 排放背压对安全阀整定压力无影响; 排放背压会引起安全阀回座压力升高, 从而使阀门的密封性能受到影响, 排放背压超过允许值后其回座压力超过相关标准关于启闭压差不得小于2%Ps的规定; 安全阀开启高度随排放背压的升高而减小。

#### 排量特征方面

排放背压超过允许值后, 安全阀在排放的过程中会出现颤振现象, 排放过程十分不稳定。排放背压的存在, 引起开启高度的降低, 导致安全阀的实际排量降低。

#### 参考文献

- [1] 弹簧式安全阀安全技术监察规程[s]. TSGZF001—2006
- [2] 弹簧直接载荷式弹簧式安全阀[s]. GB / T12243—2005
- [3] 压力容器安全技术监察规程[z]. 北京: 中国劳动社会保障出版社. 1999
- [4] 石智豪, 压力容器安全操作技术, [M]. 劳动部锅炉压力容器安全杂志社. 1989