

# 爆破针型泄压阀的特点及应用

刘海亮<sup>1</sup>, 王磊<sup>1</sup>, 刘良海<sup>2</sup>

(1. 江苏瑞朗博机械设备有限公司, 江苏 南京 211300;

2. 中国石化工程建设有限公司, 北京 100101)

**摘要:** 介绍了爆破针型泄压阀的工作原理、特点及应用。爆破针型泄压阀巧妙地应用了压杆失稳的欧拉定律, 利用细长杆的压杆失稳触泄压。与传统的压力泄放装置相比, 爆破针型泄压阀具有泄放精度高、不受介质温度和腐蚀性影响、无疲劳、无碎片、复位简单、维护成本低等优势, 在国内已经开始在反应釜、换热器及地面火炬等领域得到越来越多的应用。

**关键词:** 泄压阀 爆破针 压力容器

安全泄压装置是承压设备的保护装置, 用来防止承压设备中的压力超过设计允许值。目前应用最为广泛的安全泄压装置是弹簧式安全阀和爆破片装置。

ASME 锅炉及压力容器规范及其规范案例在对弹簧式安全阀及爆破片装置相关要求之规定之外, 还规定了爆破针型泄压阀在制造、测试和使用等方面的要求<sup>[1-2]</sup>。在满足相关要求的前提下, 爆破针型泄压阀可以作为非重闭式泄压装置使用。较弹簧式安全阀和爆破片装置而言, 爆破针型泄压阀的泄放精度高且不受介质温度和腐蚀性影响, 不会因承压设备中压力频繁变化而疲劳失效, 泄压后无需拆卸管道即可快速更换触发元件实现复位, 停工成本低, 无碎片无堵塞, 长期使用成本低。因为具备了这些优点, 爆破针型泄压阀已经成为很多工况下的首选泄压装置。本文将探讨爆破针型泄压阀的特点和典型应用, 供工程设计人员在工作中参考。

## 1 爆破针型泄压阀的工作原理

爆破针型泄压阀的设计依据是压杆失稳的欧拉定律。触发部件是一根细长杆, 叫做爆破针。其典型结构如图 1 所示。

爆破针是控制阀门密封或泄压的关键部件, 其安装于阀体外部, 不与介质接触。其一端与杆笼内侧相接而另一端与阀杆相连, 通过阀杆向阀

瓣施加载荷, 控制阀瓣与阀座的接触与分离。活塞式阀瓣和阀座是泄压阀的密封件。当阀瓣与阀座紧密接触时泄压阀实现密封, 当阀瓣与阀座分离时泄压阀实现泄压。

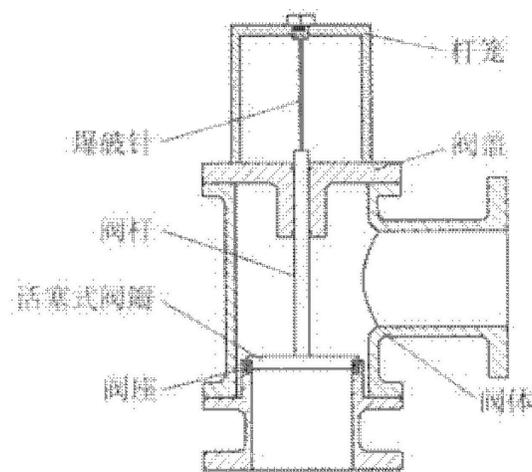


图 1 爆破针型泄压阀的典型结构

根据压杆失稳的欧拉定律, 对仅承受轴向压缩载荷的细长压杆而言, 当轴向载荷  $F$  小于杆的失稳临界载荷  $F_{cr}$  时, 压杆将维持直线平衡状态, 并具有抗侧向干扰的稳定性。当载荷  $F$  达到失稳临界载荷  $F_{cr}$  时, 压杆将在瞬间由直线平衡转变为不稳定的侧弯曲线平衡。这种压杆丧失其直线形状的平衡而转变为非稳定曲线平衡的过程称为压杆失稳。发生失稳后, 杆件就丧失了承载能

收稿日期: 2013-01-22。

作者简介: 刘海亮, 男, 2005年毕业于北京化工大学化工过程设备专业, 硕士, 工程师, 从事化工设备设计工作。联系电话: 025-58087512; E-mail: andyliu@reliablemech.com

力,压力的微小增加将引起弯曲变形的显著增大。这种细长杆的稳定和失稳的特性非常适合用于压力泄放装置的触发。

正常工况下,承压设备内部压力处于系统能够承受的安全压力之下,泄压阀高压侧与低压侧的压差  $P$  在活塞阀瓣上产生的压力小于爆破针的失稳压力  $F_{cr}$ ,爆破针保持稳定。同时,爆破针的反推力通过阀杆将阀瓣推向阀座,使阀瓣与阀座紧密接触,此时泄压阀处于密封状态,如图2所示。

在非正常工况下,承压设备内部压力上升至封闭系统的设计压力之上,泄压阀高压侧与低压侧的压差  $P$  在活塞阀瓣上产生的压力大于爆破针的失稳压力  $F_{cr}$ 。爆破针发生失稳,其有效长度瞬间大幅度减小。爆破针作用在阀杆上的推力会骤然降低,从而阀瓣在介质压力作用下与阀座瞬间分离,介质实现准确、快速泄压,如图3所示。

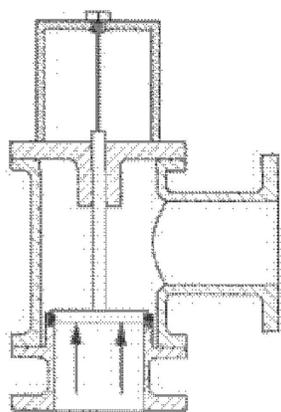


图2 爆破针型泄压阀正常工况

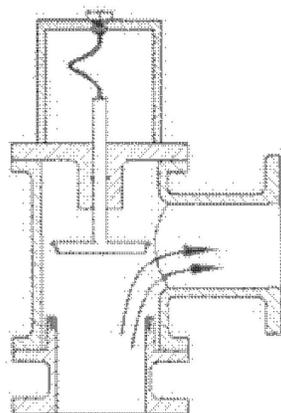


图3 爆破针型泄压阀的泄放状态

通过观察爆破针及阀杆的状态,可以清晰地判断爆破针型泄压阀是否发生了泄压。另外,也可以在相应位置安装霍尔传感器等感应元件,实现阀门泄压信号的远传。

当承压设备的内部压力恢复至安全压力之下

后,现场操作人员可以借助外力将阀瓣推回至阀座内以实现重新密封。然后更换爆破针,阀门恢复正常工作状态,实现爆破针型泄压阀的复位。整个过程是无需拆卸系统管路的。

## 2 爆破针型泄压阀的优势

### 2.1 与普通爆破片比较

1) 泄放精度不受管道内介质温度和腐蚀性的影响。由于压力泄放的触发部件安装于阀门外部,完全不与介质接触,介质的温度和腐蚀性对于泄放压力没有影响,而爆破片需要与介质直接接触,其泄放压力受介质的影响很大。

2) 泄放精度较高。爆破针型泄压阀的泄压精度通常能达到  $\pm 5\%$  以内。如果用户有特殊要求,泄压精度甚至能够达到  $\pm 2\%$  以内,这是爆破片很难达到的。

3) 阀门的泄放压力不会由于管道内压力的循环变化而发生改变。爆破针失稳时的内部应力低于材料的屈服极限,即处于材料的弹性变形范围内。因而,即便管道内的压力经常变化,爆破针也不会出现疲劳而改变其失稳临界载荷。这意味着阀门的泄放压力不会发生改变,只要爆破针型泄压阀没有泄压动作,就无需定期更换爆破针。

然而,普通爆破片爆破时的片内应力高于材料的屈服极限,即处于材料的塑性变形范围内。若由于管道内脉冲压力或循环压力的作用,爆破片的应力经常达到屈服极限以上而没有发生爆破,爆破片会发生疲劳进而导致其性质改变。因此爆破片需要定期更换,以避免因发生疲劳而提前爆破。

4) 是否发生泄压易于判断。操作人员通过观察爆破针及阀杆的状态,可以很容易地判断爆破针型泄压阀是否发生了泄压。也可以通过在相应位置安装位置开关等感应元件,实现阀门泄压信号的远传。而对于爆破片而言,除非采用特殊的监控装置,否则很难判断其是否发生了泄压。

5) 复位简单、停工成本低。在阀门泄压之后,无需拆卸管道和阀门,从阀门外部即可将阀门复位并更换爆破针。然而,爆破片在发生泄压之后,必须将其拆卸才能完成更换。

6) 泄压过程中不会产生碎片。用户通常会担心爆破片爆破过程中产生的碎片会影响下游设备的运行,而爆破针型泄压阀的使用者完全没有必要担心因泄压产生的碎片。

7) 长期使用成本低廉。尽管爆破针型泄压阀的初次采购成本要略高于爆破片,但爆破针的购置成本和更换时的停工成本均远低于爆破片,并且爆破针无需定期更换(根据相关标准规定,爆破片需要定期更换<sup>[3]</sup>),所以爆破针型泄压阀的长期使用成本要远低于爆破片装置。

8) 安装后可以在线调整其设定压力。如果用户有调整爆破针型泄压阀设定压力的需求,只要其在订货时提前说明,阀门生产厂家可以提供相应的解决方案,通过改变爆破针直径或有效长度等参数调整阀门的设定压力,并且此类调整可以在不拆卸管道和阀门的情况下完成。然而,若要通过更换爆破片以达到调整爆破压力的目的,则必须要进行管线拆卸。

## 2.2 与弹簧式安全阀比较

1) 爆破针型泄压阀的设定压力不会因为管道内压力的循环变化而发生改变,无需定期校验。而循环变化的压力却可能导致普通弹簧式安全阀内弹簧的疲劳失效,这也是安全阀需要定期校验的重要原因。

2) 介质的温度和腐蚀性对于爆破针型泄压阀的泄压精度没有影响,而对普通安全阀的泄压精度却影响较大,尤其是低温等苛刻工况。

3) 在爆破针型泄压阀泄压之前,即便在压力系统内的压力接近设定点时,爆破针型泄压阀始终可以保证紧密密封,不会出现安全阀常见的渗漏或频跳等现象。

4) 在工作压力很低或者很高时,爆破针型泄压阀依然可以保证较高的泄压精度,而这对安全阀而言是极难实现的。

## 3 爆破针型泄压阀相关标准

ASME 锅炉及压力容器规范标准将爆破针型泄压阀列为可以采用的非重闭式泄压装置,并在第 VIII 卷第 1 册 UG 篇对其制造、测试和使用进行了相关规定<sup>[1]</sup>。同时 ASME 根据爆破针型泄压阀

的实际使用情况和反馈编写了规范案例 2091-3 《爆破针型泄压阀》<sup>[2]</sup>,对于爆破针型泄压阀的制造、测试和使用进行了更为详尽的规定。另外,API 520-I-2001 《压力泄放装置的尺寸确定和选择》中规定了爆破针型泄压阀的设置和尺寸确定<sup>[4]</sup>,API 520-II-2003 《压力泄放装置的安装》中规定了爆破针型泄压阀的安装要求<sup>[5]</sup>。

目前,与上述 ASME 和 API 等国际标准对应的国内标准,如:GB 150-2011 《压力容器》和 GB/T 24921.1-2010 《石化工业用压力泄放阀的尺寸确定、选型和安装标准》还没有涉及爆破针型泄压阀。国内已有企业参照上述国际标准制定了企业标准,作为企业制造和测试爆破针型泄压阀的依据。

## 4 爆破针型泄压阀的应用领域

由于爆破针型泄压阀具有上述的技术特点和优势,在相关领域内得到越来越多的应用和认可。爆破针型泄压阀的几个典型应用有:

1) 作为管壳式换热器或反应釜的过压保护装置。由于管壳式换热器或反应釜存在管束破裂或壳体内部的压力过高的危险,目前多数换热器和反应釜均设置弹簧式安全阀作为其过压保护装置。但是安全阀泄压能力有限,依然存在隐患,若采用爆破针型泄压阀即可解决这一问题。

2) 作为地面火炬分级控制阀的旁路阀,可保证分级控制阀因故障无法正常开启时火炬系统的安全。近年来,在中石油乌鲁木齐石化分公司和中国石化武汉分公司的地面火炬系统中均采用了爆破针型泄压阀。

## 参考文献:

- [1] ASME 锅炉及压力容器规范 第 VIII 卷第 1 册 UG138 压力容器建造规则 爆破针型泄压阀的最低要求 [S]. 2010.
- [2] ASME 锅炉及压力容器规范 规范案例 2091-3 爆破针型泄压阀 [S]. 2010.
- [3] HG/T 20570.3-1995 爆破片的设置和选用 [S].
- [4] ASME 锅炉及压力容器规范 第 VIII 卷第 1 册 UG127 压力容器建造规则 不重新闭合泄压装置 [S]. 2010.
- [5] ASME 锅炉及压力容器规范 第 VIII 卷第 1 册 UG131 压力容器建造规则 泄压装置泄放量的验证 [S]. 2010.