

天然气处理厂火炬放空阻火设施的设置

胡 玲 关昌凯 唐大威 刘慧敏 左 敏

中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司,四川 成都 610017

摘要:

为了防止火炬放空时发生回火,引发火灾、爆炸等事故,有必要对火炬放空系统阻火设施的设置进行研究。通过分析火炬放空过程中发生回火的工况,以及防止火炬回火和爆炸所采取的措施,调研了中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司设计的几个天然气处理厂及炼油厂的火炬放空系统阻火设施的设计、使用情况,对国内外相关标准中关于阻火设施的设置规定进行了分析对比。列举了国内阻火设施发生故障的案例。天然气处理厂火炬放空系统中阻火设施的设置是极其重要的。火炬头应选择带有吹扫气的阻火设施,放空系统设置阻火器需谨慎。

关键词:

火炬;阻火设施;浮力型密封;速度型密封;吹扫气

文献标识码:A

文章编号:1006-5539(2011)05-0028-03

0 前言

天然气处理厂火炬放空系统中阻火设施的设置是极其重要的。事故状态下,当系统内排放的烃类气体和空气混合后,其浓度达到了爆炸下限,同时遇到明火时,火炬放空系统即发生燃烧爆炸。

1 火炬放空系统发生回火的可能工况

a)当工厂停运,吹扫气断流失去密封时,火炬筒体及放空管内存留的烃类气体和自火炬头顶端倒流入火炬放空系统的空气混合,在达到爆炸下限时,立刻发生爆炸。

b)在火炬点火过程中,由于未置换尽火炬放空系统中的空气与放空的烃类气体混合,且处于爆炸下限,此时点燃长明灯有可能引发回火爆炸。

c)当火炬在燃烧过程中,排放气量急剧减少流速

很低,火炬及放空管直径又偏大时,吹扫气量不足,不能将大气中的空气阻止在火炬头外,空气倒流入火炬放空系统,在达到爆炸下限,即刻发生回火爆炸。

2 防止回火和爆炸的措施

2.1 放空气体压力高于大气压

应保证火炬放空系统放空气体压力高于大气压。在此工况下即使火炬未放空,但只要在靠近火炬头处连续注入吹扫气(燃料气或惰性气体)。如果火炬头未设吹扫气密封,注入气体的最小流速约为0.2~0.3 m/s即可阻火。

对没有吹扫气密封设施的火炬头,文献^[1]提到:“浮力型密封,要求吹扫气的流速为0.003 mm/s;速度型密封,要求吹扫气的流速为0.006~0.12 mm/s”。

国外某公司规范^[2]指出,可以利用公式或插图

收稿日期:

2010-10-29

基金项目:

中国石油天然气集团公司重点工程资助项目(Z2005-3)

作者简介:

胡 玲(1979-),女,四川资阳人,工程师,学士,主要从事天然气处理与加工的研究与设计工作。

来计算防止火炬放空管线回火所需吹扫气初始流率。

由上述可见,不同的公司标准所要求的吹扫气速率均有所差别,故还需咨询火炬头制造商的要求,在实际工程设计中,要综合各方面因素进行考虑,以选择合适的吹扫气量。

2.2 火炬头设分子封

分子封防止回火的原理是:当火炬处于停工或者放空量过小时,从火炬筒进口管道上连续通入分子量比空气小的吹扫气体,如氮气或甲烷,这些气体聚集在分子封中,阻止空气从火炬顶部倒流入火炬筒,从而避免在系统内形成爆炸性气体混合物。通入吹扫气密封的流量是影响分子封效果的主要因素,密封气的设计流量可按照其在火炬出口处流速 $0.015\sim 0.05\text{ m/s}$ 计算求得。

由 2.1、2.2 可以看出,火炬设置分子封,将大大减小吹扫气的用量。近年来,分子封由于其本身具有一定的优点,已经大量运用在各种低压火炬上。但是分子封的结构也有其局限性,比如由于迷宫式气体密封件容易被紧急降压启动时产生的冲击负荷破坏,造成堵塞。因此国外的一公司规定,分子密封只适用于火炬中气体速度不超过 60 m/s 的低压火炬,并禁用在高压火炬上。

中国石油集团工程设计有限责任公司西南分公司(简称 CPE-SW)设计的克拉 2 气田中央处理厂 2 套火炬,选用的是沈阳黎明公司的低压火炬,排放能力各为 $1\,500\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,设置有分子封,使用燃料气作吹扫气,吹扫气的量为 $13\text{ m}^3/\text{h}$,火炬头出口速率约 $0.001\,5\text{ m/s}$;长北气田中央处理厂火炬^[3],选用的是 HAIWEI 公司的高压多点式音速火炬,排放能力 $500\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,未设置分子封,使用氮气作吹扫气,吹扫气的量为 $50\text{ m}^3/\text{h}$,火炬头出口速率约 0.03 m/s ;迪那气田油气处理厂火炬,选用的是 JOHN ZINK 公司的 COANDA 高压火炬,排放能力 $1\,800\times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,使用燃料气作为吹扫气,未设置分子封,吹扫气的量为 $23\text{ m}^3/\text{h}$,火炬头出口速率约 0.003 m/s 。可见不同的火炬头制造商,吹扫气密封设施不同,吹扫气量也有所不同,且吹扫气量都较文献中提及的数值小很多。

2.3 保证火炬筒出口流速

国内在 20 世纪 70 年代末引进分子封型火炬头前,在火炬燃烧过程中,为保证筒体的出口放空气的速度大于一定数值,通常情况下也注入燃料气或惰性气体。注入气体的最小流率按保证筒体出口流速为 $0.9\sim 1.2\text{ m/s}$ 计算求得。

2.4 火炬放空管路上设水封罐

水封罐也是防止回火和爆炸的可靠措施之一,目前水封罐广泛应用于炼油厂火炬放空系统。但是水封罐有其局限性,当放空气体为低温气体时水封罐可能结冰。在寒冷地域,如果伴热保温不好,罐内液体也容易结冰,此时需要注入防冻剂。水封罐还会增加放空气排放阻力,并引起水封罐周围管道的振动^[4]。当放空量较小时,可能引起火炬火焰形成脉冲状,水封罐无法对上游侧的放空管进行回火保护。基于以上原因,近年来国内的天然气处理厂已经很少使用水封罐防止火炬回火和爆炸。

3 阻火器的运用

根据文献^[5]放空管道必须保持畅通,任何可能引起放空管道畅通的因素都要避免。因此,在放空管道上安装阻火器必须慎重。

一般的阻火器是由铜丝网等阻火材料组成,由于其结构的特殊性,可能存在以下几个问题:

- a)由于放空气体流速较高,容易破坏阻火器结构,丝网脱落后残留在放空管道中不易察觉,时间长了极易造成堵塞;
- b)放空气体若含有少量杂质,可能造成阻火器堵塞,阻断放空气流;
- c)如果阻火器安装在靠近火炬端,在火炬点燃后,由于热膨胀等因素,可能导致事故发生;
- d)放空气含有 H_2S 等腐蚀介质时^[6],放空管道中易生成硫化铁,引起自燃的风险应当予以考虑,设计和选材都应引起重视。

国外一些公司规定,只能在无法使用吹扫气且排放气体是洁净烃类气体时才可使用阻火器,一般来说设置了阻火器需同时设置相应的爆破片,阻火器的位置应靠近放空火炬端,但需为其维护和检查留出一定通道,目的是为了防止放空管内发生爆炸。应该定期检查安装的所有阻火器,特别是那些没有连续放空气体通过的阻火器、处于吸入工况下使用的阻火器和堵塞危险相对较高的阻火器。

4 阻火设施事故案例

案例一,最近国内某炼油厂因为 110 kV 外电网架空线遭雷击,引起厂内短时停电,导致合计约 150 t/h 排放量的气体排向设计能力为 910 t/h 的火炬,由于火炬分子封制造质量上的缺陷,分子封内的钟罩脱落堵塞火炬筒体,导致火炬排放不畅憋压,当火炬系统压力达到 0.22 MPa 时,又引发大约 250 t/h 的裂解气排

往火炬系统,火炬系统压力随之增至 0.591 MPa,超出了裂解炉出口裂解气管线的设计压力,该管线的设计压力为 0.35 MPa,使裂解炉出口裂解气管线膨胀节失稳泄漏着火,发生重大火灾事故。这是一起由火炬分子封制造质量引起火炬堵塞,分子封内的固定筋板与钟罩的连接方式不尽合理,造成连接处成为薄弱环节,在系统停车时造成火炬憋压,最终导致裂解炉出口裂解气管线膨胀节失稳泄漏着火的火灾事故。

案例二,某炼油厂火炬放空系统的火炬头设有分子封,且放空管上又增设阻火器、水封罐等阻火设施,在开工试车时刚一通入放空气就将阻火器中的铜丝网吹至下游的水封罐内。同时,水封罐内的水也全部吹至火炬筒底部,使这些阻火设施形同虚设。

5 结论

通过对天然气处理厂火炬放空系统可能发生回火爆炸的工况的研讨,了解了火炬放空系统发生回火爆炸危害及防回火爆炸设施对火炬系统安全运行的

重要性。根据对 CPE-SW 近年来设计的火炬放空系统工况的调研,作者对天然气处理厂火炬放空系统中阻火设施的设计提出如下建议:a)火炬头应带有吹扫气的阻火设施;b)放空系统设置阻火器需谨慎。

参考文献:

- [1] API 521-2007, Guide for Pressure-Relieving and Depressuring Systems[S].
- [2] DEP80. 45. 10. 10-2010, Design of Pressure Relief, Flare and Vent Systems[S].
- [3] 刘 熔. 天然气净化厂超压自动放空系统设置 [J]. 天然气与石油, 2009, 24(5): 37-40.
- [4] 余汉成. 超量放空时放空立管工况分析与垂直反力计算[J]. 天然气与石油, 2009, 27(5): 10-13.
- [5] GB 50183-2004, 石油天然气工程设计防火规范[S].
- [6] 王 澎. H_2S 对天然气处理设备的腐蚀及相应对策[J]. 天然气与石油, 2010, 28(2): 34-36.

(上接第 8 页)

凝管或再启动压力过高。通过计算^[3-6],确定管③在满足停输再启动条件下,起点温度为 68℃,起点压力为 0.92 MPa 时单耗最小,为 3.42 MJ/t·km。

4 结论

a)通过将表征管道效率的各参数的测试值与理论值进行对比分析,提出了理论对比分析法。

b)运用该法分析塔河油田集输管道运行效率可以发现:管道实际运行单耗与理论运行单耗相差不大,管道运行效率较高。与常用的评价方法相比,该法能更合理地评价管道的运行情况。

c)在保证管道安全运行前提下,通过计算确定合理输油温度和压力可进一步提高管道运行效率。

参考文献:

- [1] 喻西崇, 冯叔初, 李玉星. 多相流管道温降公式的推导[J]. 油气储运, 2000, 19(4): 22-25.
- [2] 陈家琅. 石油气液两相管流 [M]. 北京: 石油工业出版社, 2005, 107-112.
- [3] 徐国栋. 基于指数积分函数的热油管道停输时间计算方法 [J]. 油气田地面工程, 2009, 28(11): 7-8.
- [4] 罗立新. 塔河油田超稠油掺轻油降粘可行性研究 [J]. 石油地质与工程, 2010, 24(1): 107-109.
- [5] 秦 光. 人口稠密地区的输气管道设计 [J]. 天然气与石油, 2010, 28(11): 1-3.
- [6] 杜明俊, 马贵阳, 陈笑寒. 冻土区埋地热油管道停输温降数值模拟 [J]. 天然气与石油, 2010, 28(4): 54-56.