

液氮储存升压与气化技术分析

金周明 赵树君 赵越
(上海航天电子技术研究所 上海 201903)

摘要: 本文结合自身工作情况,研究液氮储存升压与气化技术,以某化工厂 100 万 t/a 加氢裂化装置事故氮项目设计为例,该项目设计报告显示,应用真空绝热液氮储槽、低温液氮泵、高效水浴式气化器和真空绝热管技术,能够强化其工厂加氢裂化装置的安全性与稳定性,保证生产工作的顺利进行。

关键词: 液氮储存; 升压; 气化技术

1 液氮存储项目的设计难点

1.1 低温储槽蒸发率

蒸发率是从外部热量导入储槽里从而引发的液化气体的气化反应,在一天之内这些气化质量占有有效体积质量比例。储槽里的热量主要是依靠夹层绝热材料、内筒和外筒内的固定座等构件传入,选择合适的绝热材料会直接影响到低温储槽的蒸发率。

1.2 低温液氮泵出口压力

液氮经过低温液氮泵升压到 8.0MPa 后传入气化器当中,从而得到压力作用下的气体。

1.3 低温液氮管道的保冷性能

液氮和环境之间大概存在着 200℃ 的温度差,一般情况下经常应用的保温方法在低温液体运输的过程中会出现较大的冷量损失,特别是泵入口容易出现气蚀的现象。

2 事故氮项目的设计内容

2.1 工艺设计方案

石油化工工厂由于供气量不足,需要利用液氮气液相压缩比高的优势,构建液氮储槽、液氮泵、气化器、液氮槽车等设备,从而有效地防止仅使用气瓶所产生的供气不足现象。液氮升压、气化处理后向氢裂化装置供应。这里使用到的液氮来自于液氮槽车将液氮转送到炼油厂事故氮系统当中。结合工艺操作需求,需要增加两台液氮罐、两台液氮泵、一台气化器,预备两台液氮罐、两台液氮泵以及一台器官器的空间,保证后续能够及时补充装备空缺。

2.2 工艺操作流程的设计方案

首先是液氮储存区,液氮在化肥厂储槽 4111-V4-1、2 装入专用槽车,槽车把液氮运送到炼油厂事故氮区,然后把液氮卸除在低温液氮储槽 V-1、2。在加氢裂化装置发生事故时,液氮会从低温储槽输送到低温液氮泵 P-1、2 加压到 8.0MPa,在气化器里发生气化反应后经过管道输送到加氢裂化装置中。其次是气瓶区域,0.9MPa 氮气从炼油厂低压氮气管网中产生,经过氮压机加压处理后输送到氮气瓶 R-1 ~ 20。在加氢裂化装置事故的情况下,高压氮气经过管道输送到氢裂化装置中。

2.3 配管设计方案以及其他

在设计方案中需要增加液氮罐、液氮泵间配管、气化

器 D-1 氮气进出口等装置,完善低温热水进出口配管的配套设计。

3 设计方案重点

3.1 液氮储槽

低温液氮储槽属于一种立式固定式真空粉末绝热储槽装置,结构组成为三部分:第一,筒体。低温液氮储槽是双层圆筒形结构,外封头升级为蝶形,内筒和配管都采用奥氏体不锈钢材料制作而成,外筒应用 16MnR 制造,在夹层里充满绝热光砂然后抽成真空状态,与此同时还要设置经过特殊处理后的吸附剂,从而避免储槽的损坏,延长储槽使用寿命。第二,安装装置和控制系统的设置。储槽内外筒都会设置安装装置,内筒例安装两组安全阀和内筒防爆处理装置,外筒安装防爆装置。内筒的安全装置主要是由两套安全阀和爆破片组合而成,一套投入使用,一套用来储备,防止因为真空处理失败,增压多猛所导致的内筒升压超过使用限度所导致的强度被破坏或是被泄露。用户在应用安全装置之前需要提前阅览一遍《压力容器安全检查规程》,根据文件中的要求对装置进行一次专业的检测,检测无误后正式投入使用。外筒防爆装置是用来处理由于意外事故导致的真空失败现象以及内筒泄露现象,防止夹层内部的压力过度上升。第三,操作系统。储槽上安装各种类型的阀门,阀门装置在储槽底部的周围位置。

操作系统分为三部分:首先是充装口,在充装口的位置设置液体进出口和快速转换接头,为工作人员向储槽输入液体或是输出液体提供便捷;其次,增压器和压力调节装置,增压器布设装置在储槽外部的下方,压力调节装置是由增压阀、减压阀、安全阀、增压器、进液阀、回气阀组合而成,用户可以结合自己的实际需求对阀门进行相应地调节,帮助储槽排除需求压力过高的液体;第三,排液阀。排液阀局域结构紧密、无需占用过大空间的特点。储槽与增压器共同组合成一个完善的封闭式系统,在无需外加能源的条件下可以向外提供液体或是气体,从而有效地保证液体与气体的纯度。

3.2 气化器

利用高效水浴式气化器,通过 90℃ 低温热水和高压液氮换热处理,能够很大程度上减少设备的投资,同时也能够更好地满足用户对于供氮的需求。

3.3 真空绝热管

真空绝热管属于高真空多层绝热低温液体输送管,它的工作压力一般情况下低于 20MPa,设计温度在 -270°C ,工作介质为 LN_2 、 LO_2 、 LAr 、 LH_2 、 LHe 、 LNG ,内管和外观的材质为 $0\text{Cr}18\text{Ni}9$,夹层压力不高于 0.004Pa ,管道的冷损量小于或等于 $0.5 \sim 2\text{W/m}$,管道真空漏率小于 $2 \times 10^{-10} \text{Pa} \cdot \text{L/s}$ 。

在液氮罐路的输送过程中,因为液氮温度与环境温度的差距非常大,经常应用的聚氨脂发泡保温方法在低温液体输送时会产生较大的热量损失状况,特别是泵入口容易出现气蚀。但是真空管系统是多层结构形态,内外管都需要应用特殊材质的不锈钢管,夹层中要利用先进的高真空专用多层绝热、单辐射类型的复合材料,保证夹层持续处于真空状态,将冷量损失降到最低。

4 液氮储罐的危险性分析

液氮属于加压类型的气体,具有以下危险特征:扩散性、可缩性、膨胀性、窒息性。扩散性是由于气体分子之间的间距较大,会产生比较大的相互作用,因此气体容易扩散,能够自发性地将任何容器充满;可缩性与膨胀性的作用原理是由于气体的热胀冷缩反应比液体和固体要明显,它的体积随着温度的上升和下降发生涨缩反应,氮气充装容器为压力容器,容器受到热辐射时会因为介质导致体积扩大,内压急速升高导致压力容器出现爆炸的状况。窒息性是因为压缩气体都存在着一一定的窒息性,氧气和压缩空气例外。

氮气在常压状态下无毒,但是当工作环境中氮气的浓度升高、氧气就会相应地减少,从而产生单纯的窒息作用。当氮浓度大于标准数值时,人体吸入后就会出现头晕、头痛、眼光、恶心、心跳加快和胸闷气短的反应,甚至还会失去知觉,进而出现阵发性痉挛、瞳孔收缩等症状,如果不能及时逃离这种环境,就会导致死亡。氮麻醉会引发一些神经类型的症状,严重的情况下会出现昏迷。高压作用下的氮气会引起减压表现。液态氮具有明显的低温作用,当皮肤不小心触碰到液态氮时就会造成皮肤冻伤。

具有不燃性的压缩气体,需要将其储存在阴凉通风的位置,仓库温度控制在 30°C 以内,要注意远离火种和热源,避免阳光直接照射。在验收过程中要特别注意品名,验瓶日期,使用需要遵循入仓顺序。在搬运液氮储罐时需要轻拿轻放,避免钢瓶和附近受到损坏。

导致液氮储罐发生危险事故的主要原因在于:第一,材料使用不合理,储罐属于压力容器类型,在选择设备时需要提前综合分析材质方面的问题,将容易影响设备使用寿命的负面因素尽可能排除;第二,焊接缺陷,如果液氮储罐的中罐、管道和法兰存在脱焊的问题,就会在运行的过程中导致液氮泄露,从而引发容器爆炸的状况。

5 液氮储存升压气化系统调试工作存在的问题以及解决方案

液氮储存升压气化系统在进行调试工作的过程中经常会出现以下几项问题:第一,水浴式气化器在运行过程中中

会时不时发出沉重的响声,并且伴有震动声;第二,中压液氮的储存压力值下降,无法向管网提供稳定持续的气源。为了在根本上改善问题,首先需要了解水浴式气化器的结构图,针对气化盘管组固定结构进行全面地检查,将各个部位的附件固定好,从而防止盘管出现松动现象。

工作人员可以针对气化器在运动的过程中出现的沉重响声或是不连续性的响声进行判断发现,气化器运行过程中产生不正常的响声和振动是由于水击现象。气化器水蒸气加热管是“O”型结构,顶部开启一个小孔,当水蒸气的阀门打开以后,可以向气化器提供蒸汽,但是 O 型加热管到水蒸气阀门之间管道里的水不能全部排放,在这期间,水蒸气和水进行充分接触,大量的水蒸气产生冷凝作用,形成了一个空穴。水蒸气的膨胀速度逐渐加快,产生水击现象,导致气化器出现振动。

综上所述,为了改善液氮储存升压气化系统出现的问题,需要将工作的重点放在消除气化器产生的水击现象。当气化器通入水蒸气后,防止水蒸气和水在水蒸气的管道内接触,就能够有效地避免水击现象,因此需要针对仪器进行以上改进:先把水蒸气母管改造为气化器顶部引入,然后在底部打开一个小孔,将母管中的水彻底排除。接下来改造 O 型加热管,在水蒸气母管的周围引出六根水管,在水管的四周均匀布设几个小孔,然后将水管安装焊接,该过程要确保一排小孔位于水管的底部位置,在运行的过程中水能够通过水管排出。将增压盘管的进口改装成从气化器底部进入,从而减小外接液体管道的长度,降低液相流动的损耗,尽可能降低增压盘在气化器里的高度,将液柱的高度升高,经过改造后的增压盘应设置于气化器的底部。中亚液氮储存槽到气化器之间的液相管道需要使用聚氨酯进行保冷处理,防止液体在管路中吸收热量,产生蒸发效应,导致流动阻力的损失。

6 结语

以上是以某化工厂为例关于液氮储存的重点和难点,以及升压系统和气化技术应用的研究。液氮储存作为现代工业生产中非常重要的环节,液氮储存的效果直接影响着工业产品的质量。与此同时,液氮储存一旦出现问题,就容易导致安全设备的损坏,有毒气体泄露,对人们的安全造成威胁,因此相关方面的工作人员需要高度重视液氮储存,合理分析液氮储存升压气化系统运行过程中容易出现的问题,并采取科学的应对措施,有效地预防问题的发生,在根本上保证液氮储存的安全性与稳定性。

参考文献:

- [1] 曹云祥.制氧液氮贮存加压汽化控制系统分析和改造[J]科技创新与应用.2013(05):70.
- [2] 李伟龙.液氮超低温作用对于压裂技术影响[J]学周刊.2016(02):232.
- [3] 王显方.液氮深冷处理钢领的制备及性能分析[J]浙江职业技术学院学报.2017(04):4-7.

作者简介:金周明(1987.07-),男,汉族,专科,助理工程师,研究方向:激光焊接。