

探究低温液化气体压力管道的超压分析与解决办法

魏秋华 (江苏省特种设备安全监督检验研究院常熟分院, 江苏 常熟 215500)

摘要: 鉴于低温液化气体自身膨胀系数较大的实况, 很可能造成用于运输低温液体的压力管道在部分工况下压力反常增高, 不利于压力管道安全、稳定运行, 很可能对其经济效益创造情况造成负面影响, 故而应积极探究解决以上不良情况的方法措施。本文从运行工艺、介质属性、设备装置等方面解读管道压力异常高的原因, 并提出和相配套的改善建议, 希望有助于减少超压问题, 使实践生产活动安全、有序推进。

关键词: 压力管道; 低温液化气体; 超压分析; 解决方法

0 引言

管道输送是当下我国工业领域中常用的运输方式之一, 目前其在化工、石油、冶炼等产业中就能有应用。其中, 压力管道是常用的管道类型之一, 其占用比例近些年有不断增加趋势。为提升储运效率, 需要将气体液化, 而液化气体一定要在高压或者低温条件下方能维持液体状态, 这也是近些年国内工业生产对低温储罐需求量不断增加的主要原因之一^[1]。石化企业生产阶段频繁发生安全事故这一情况, 预示着安全形势不尽人意, 相关部门人员应积极探究提升压力管道运输安全性的方法, 尤其是要关注压力管道的超压情况。

1 项目案例

D 液化气站始建于 1977 年, 主要用于充装瓶装液化气、丙烷等物质, 炼油厂气体分馏生产车间是其原料气的主要来源, 原料气历经过滤器、储罐被统一整合至烃泵内并升压。大部分工况下, 其是在长度达 1250m 压力管道的协助下被运输到装瓶间。本液化气站采用间歇式法完成丙烷的充装任务, 充装周期设定成 1~2d, 压力 1.2MPa。充装过程开启原料线阀门, 完毕后闭合。弱探查出现压力反常态升高或特殊工况下有排解掉原料的要求时, 可以采用启用去低压管网端阀门的方法, 基本上能顺利的将其排放到炼油厂低压管网。整改之前存留着如下几点不足: 丙烷充装工序完毕, 闭合两侧阀门后, 在间歇时段, 丙烷管道内部压力持续攀升, 在部分时间节点上明显高于正常的作业压力, 为规避因超压引起安全事故, 需要指派人工开启管网端阀门, 借此方式去降低管道内压, 把管线中储有的丙烷气体排至低压管网, 完成泄压操作。

2 成因分析

原料进口端阀门发生内漏问题, 造成低温液化后的丙烷渗透至管线内, 在高温条件作用下, 管线中液化气体形体胀大, 使管道内达到“满液”, 和温度改变过程相伴随的是, 管道内部压力急剧上升, 如果温度不断上升, 将会造成瓶中液体膨胀效应持续增大, 气化量明显增多, 液化后的丙烷的体积膨胀率是自然睡的十多倍, 基本上是不能被压缩处理的, 但是在压力管道管壁的限制下, 液化丙烷的膨胀过程陷入到受压状态, 以上便是诱导瓶中压力值骤然上升的主要原因。

给予如下系统化的计算过程阐述压力管道内部压力的变化过程、特征: 假定在温度为 t_0 工况下, 液态丙烷气体充满整个压力管道, 管道中形成的内压用 P_0 表示。 P_0 实质上就是在温度 t_0 下, 被充装的液化丙烷气体持有的饱和蒸

气压力, 因为环境温度上升, 当管道内中的丙烷液从 t_0 上升到 t , 丙烷液体的原始体积 V_0 , 即管道内体积。若没有管道的管束, 液化后的丙烷体积很容易扩增至 V 。

$$V = V_0 + \beta (t - t_0) V_0 = V_0 (1 + \beta \Delta t) \quad (1)$$

在 (1) 式内, β 代表的是液化丙烷气体升温至 t 时的体积膨胀系数 ($^{\circ}\text{C}^{-1}$); Δt 是丙烷气体的温差 ($^{\circ}\text{C}$)。

已知 V_0 是常数, 在管道设备的舒服下, 丙烷气体体积将会被压缩, 管道内压压力值相应提高, 并且有^[2]:

$$\frac{V - V_0}{V} = \alpha (P - P_0) = \alpha \Delta P \quad (2)$$

在 (2) 式中, α 是丙烷气体升温至 t 时的压缩系数 (MPa^{-1}), 把 (1) 式带进 (2) 式, 则有:

$$P = P_0 + \frac{\beta \Delta t}{(1 + \beta \Delta t) \alpha} \quad (3)$$

$$\Delta P = \frac{\beta \Delta t}{(1 + \beta \Delta t) \alpha}$$

ΔP 实质上就是 P 与 P_0 的差值, 代表温度 $t_0 \sim t$ 范围内管道内压值的增加情况, 丙烷气体的不可压缩性是其形成的驱动性因素。通过解读 (3) 式, 不难发现 ΔP 与 β 两者之间存在着正相关性, 和 α 是反比关系。并且以上这两个系数之间存在较明显的差异, β 与 α 的比值通常 > 1.8 , 这就意味着温度波动会对管道内压值形成较大影响。

假定在 20°C 条件下, 压力管道中能实现满液, 通过查阅相关资料, 得知丙烷的饱和蒸汽压, 即 P_0 、 α 、 β 分别是 0.817MPa 、 $2.33 \times 10^{-3}\text{MPa}^{-1}$ 、 $3.52 \times 10^{-3}\text{^{\circ}C}^{-1}$, 参照公式 (3) 能够测算出 21 、 22 、 23 、 24 、 25°C 的理论压力分别是 2.323 、 3.818 、 5.303 、 6.777 、 8.241MPa 。

通过分析以上数据, 可以判断当压力管道内出现满液情况时, 管道内压值上升和温度升高过程同步增加, 在这样的工况下如果不能及时泄压, 则很容易会超出管道的设计压力, 甚至可以抵达管道的爆破压力, 诱发安全事故。

3 解决办法

首先, 更换来料口阀门, 定期检修维护。既往有多生产实践表明, 来料阀阀门内漏是造成管道内压力升高的主要原因之一^[3]。因为输送管道相对较长, 间歇期输送管道中储存有大量的液化后丙烷气体, 历经数次泄压操作, 无法解除原料持续渗进装瓶之间的管道中的情况。判断来料口阀门运行的有效性, 是处理以上现实问题的关键一个环节, 所以调换新的来料口阀门, 不尽可能较顺利的解除安全隐患, 还能够降低原料气的排放量。

其次, 将安全阀装设在管道末端, 如果发生管线超压

情况,则能实现自动泄压。既往相关人员针对管道内压力改变情况缺乏全面认识,在设计层面上暴露出一定缺陷问题^[4]。参照现行的压力管道规范做出的规定,由于两侧端切断阀均处于闭合状态下,在环境温度、阳光辐射或伴热等多种影响因素的作用下,液体体积出现热膨胀,为缓解或消除以上不良情况,建议将安全泄压装置安装到汽化的管道系统上,并设计安全阀定压值 2.0MPa。这样当管道运行阶段内压实际值高于以上设定值时,则安全阀即可对其进泄压操作,无需组织人力进行,不仅能降低人力成本,也能解除既往因人工泄压不及时、不彻底而引发的管线超压相关安全隐患。

再者,尽量规避出现阳光照射情况,有针对性的改善装瓶间中的通风条件。阳光形成照射作用是造成室温上升的直接因素,众所周知,间歇期中管道介质没有汽化,所以很难及时、快速将管道中的热量带走带,伴随时间的延长,管道温度上升过程与室内升温同步进行^[5]。故而,在不对室内通风效果形成负面影响的工况下,应尽量减少或者规避出现阳光照射情况。另外,通过增强空气流动性去调控室内温度,建议定期应用离心风机为装瓶间提供充足的风量。

最后,针对以上情况严加管理。具体是落实如下几点方法:一是建设健全设备包机包区制度,对压力管道严格

实施承包机制,指派专人完成常规检查、维修及养护等工作,确保相关问题发现与接触的时效性,加大对管道及安全附件工作状态的监测、控制力度;二是定期测试检查阀门、安全阀,尽早发现阀门内漏或安全阀失效等问题,及时更换新件。

4 结束语

通过本文论述的内容,发现阀门内漏是造成管道发生超压问题的主要原因之一,并且管道压力升高过程是有一定规律可以遵循的。相关人员在实践中应不断摸索与总结经验,采用综合办法处理管道超压问题,进而使压力管道运输过程安全性得到更大保障,创造出更多的经济效益。

参考文献:

- [1] 刘太成.压力容器和压力管道应力腐蚀开裂机理及影响因素分析[J].化工设计通讯,2020,46(08):77-78.
- [2] 浦哲,石生芳,魏星.液化天然气槽车装卸站管道检验技术研究[J].上海煤气,2020,78(03):16-19+35.
- [3] 崔建龙,马金足,景芳.浅谈液化石油气站压力管道的定期检验[J].石化技术,2020,27(05):162+166.
- [4] 浦哲,任彬,刘书宏,等.液化天然气低温设备 RBI 技术应用实践[J].上海化工,2020,45(02):65-68.
- [5] 郭少宏,曹福想,姚勇.液化石油气站装卸连接装置改造的安全隐患分析[J].中国特种设备安全,2020,36(03):62-66.

(上接第 187 页)量检查,并对跑偏、位移的部件进行矫正,对老化、磨损的部件进行维修或更换,确保皮带机始终处在健康的设备结构、工况状态之中,将设备主体引起的跑偏故障发生几率降至最低水平。

3.2 优化皮带机的跑偏调整机制

在皮带机原有的设备结构、运行机制上进行创新优化,通常能达到更加理想的防偏技术应用效果。例如,可将托辊支架两端原有的安装孔改造为长孔,从而使托辊存在一定的位置调整空间,以此作为改善皮带机跑偏状态的基础条件。在完成这一改动后,采取如下调整策略:当皮带受到种种因素影响已形成跑偏趋势时,若皮带向左侧偏移,则将其下方左侧的托辊组向前调整,或将下方右侧的托辊组向后调整。反之,若皮带向右侧偏移,则将其下方右侧的托辊组向前调整,或将下方左侧的托辊组向后调整。这样一来,托辊与皮带的位置关系可始终保持动态稳定,从而化解皮带跑偏的影响,并防止跑偏程度不断增大的情况发生。

3.3 增设皮带机的运行监控系统

在信息化、智能化的工业发展背景下,将自动控制技术、传感器技术等融入到皮带机运行体系当中,形成敏感、动态、全天候的感知监控系统,也不失为提高设备防偏能力、降低故障影响程度的有效方法。例如,可将红外传感器、PLC 控制器纳入到设备系统当中,对跑偏故障实施针对性的监控与响应。在生产运行中,布置于皮带下方的激光发生器会垂直向上发射红外线,光线位置应与皮带的标准中轴线相同。在此背景下,一旦光线未与中轴线重合,

即表明皮带已偏离于正常轨迹。这时,传感器的接收端便可将异常信息传输至 PLC 控制中心,从而触发通信警报、紧急制动等响应机制,在防止跑偏故障进一步加剧的同时,提醒现场人员及时进行故障处理与设备恢复。

3.4 加强皮带机的生产应用管理

在矿山生产当中,现场管理也是保障皮带机安全运行、达到防偏技术目标的重要工作。一方面,应要求和监督装料、送料人员依规施工,避免物料在皮带上发生堆放不均、结构不稳的情况。另一方面,也应做好外部威胁因素的排查防控工作,严格防止大块碎石、尖锐物体出现在皮带机上方或周围,以进一步降低跑偏鼓掌的发生几率。

4 结论

总而言之,跑偏故障是皮带机运行过程中常见的故障类型之一,其对采矿生产的影响是多样且严重的。研究发现,跑偏故障在影响因素上具有多源性特点,所以相关人员在应用防偏技术时,也应做到统筹兼顾、多处着手,从设备主体、生产管理等角度出发,综合实现跑偏故障的有效解决。

参考文献:

- [1] 王超.矿山皮带机跑偏原因及其防偏措施[J].中国高新科技,2019(22):126-128.
- [2] 陈维炳.带式输送机跑偏原因分析及处理方法[J].机电信息,2019(24):66-67.

作者简介:

左颜清(1971-),男,汉族,山西临汾人,学历:大学本科学历;现有职称:工程师;研究方向:采矿工程。