

石油化工管道应力及柔性设计分析

杨 丽 冉晓利 (山东三维石化工程股份有限公司, 山东 淄博 255000)

摘 要: 在石油化工网络中, 石油化工管道设计是石油运输建设事业的必要前提, 有效实现大跨度区域间的装置连接。而石油化工管道设计中的应力计算和分析是管道设计的基础构成, 可以科学地实现优化石油化工事业的结构, 从而提升石油运输的稳定性。本文就石油化工管道的应力进行分析, 在设计中增加管道柔性, 避免管道因为热胀冷缩而引起设备损耗。

关键词: 石油管道; 应力分析; 柔性设计

1 石油化工管道应力的定义

1.1 应力的定义

研究石油化工管道的应力主要是研究其对于管道的刚硬度的影响, 减少破坏从而加强应力研究。管道会由于内外力、温度和适度等因素导致变形, 而形状发生改变之后, 会由管道内部相互作用产生的内力、抵抗外部因素的相互作用力, 尽量保持形态不变^[1]。通过观察管道可以发现, 在管道内部出现的某一点截面面积上的内力称之为应力。管道的尺寸大小和材料质量与应力没有关系, 而是由于外部载体所产生的应力 > 材料本身的承受力, 即可认定为是管道和元件之间发生了强度的改变。

1.2 应力的形式

一次应力, 是由于管道收到重力、压力或者是外部载体而产生应力。一次应力能够有效平衡这些外力, 其大小与外部载体成正比关系。应力的主要特点是没有局限性, 也就是说当管道达到极限时, 即使外部不在增加载体, 管道还是会发生形态改变, 直到结构最后被破坏。二次应力是在管道变形后受到约束而产生的, 可能是温度和适度的变化或者是端点位移。不同的是, 二次应力具有局限性, 当局部变形后管道可以维持状态, 则不会继续形变。

1.3 应力的分类

分析应力主要是静态和动态。静态分析主要是管道收到的静态载体, 也就是管道的重力、温度变化而引起的形变, 不会随着时间而改变的载体。动态分析就是指管道的设备情况以及地震引起的局部振动等。

1.4 研究的意义

分析石油化工管道的应力, 其实是探讨管道刚强度和振动幅度等问题, 为安装管道和材料选择提供有力的依据, 确保石油化工系统设计安全, 管道更具稳定性和耐压性; 确保石油化工建设事业的安全性^[2]。研究应力可以有效避免管道布局过程中出现的应力问题, 提前预防由于温度和湿度发生变化时所产生的应力现象。

2 石油化工管道中的应力分析和应用

2.1 石油化工管道的承重力

石油化工管道设计工作中, 支架的主要作用是用来承载管道的外部载体, 将管道系数控制在系统允许的一次应力范围内。一次应力的大小是衡量石油化工管道系统是否正常运行的标准, 如果一次应力过大, 容易破坏管道系统。那么管道的一次应力大小取决于管道的布局、载体和内部元件的截面面积。在石油化工管道建设过程中, 不能随意更改计划步骤, 一次应力的大小则可以通过支架调整平衡。

2.2 调整二次应力和端点位移

一般来说, 一次应力没有局限性, 允许值不能超过管道材料运行的应力范围, 视为安全数值, 但是由于石油化工管道系统会受到外界因素的影响发生变形, 其过程受到阻挠而发生的二次应力, 对热胀的许用应力进行计算热态和动态, 其应力数值不能 > α_A 值, 也就是说 $\alpha_A = f(1.25\alpha_c + 0.25\alpha_k)$, 其中 α_A 指的是热胀承受应力范围值, α_c 、 α_k 指热态和冷态情况下的应力承受数值, f 是应力的降低指数。所以, 正确使用支架可以有效调整石油化工管道系统的应力状态, 能够让石油化工管道适应各种形变因素所需要的条件, 确保端点数值在允许范围内, 避免发生端点位移的现象。实际情况下, 一般会有支架来减少机泵的进出口管道对于设备进出口的受力, 同时, 还要消除支架产生的杠杆效应。如图所示:

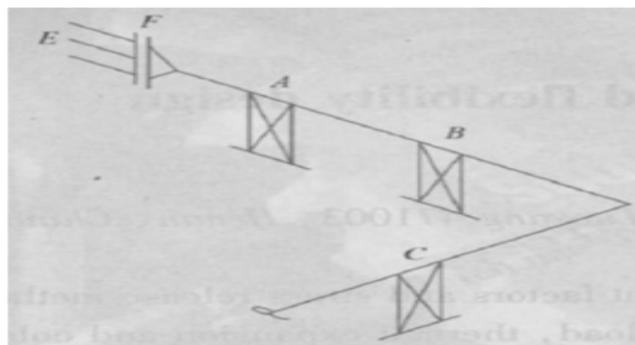


图1 机泵进出口的管道支架设计图

2.3 刚性支架和限位支架的应用

设置刚性支架能够有效降低管道的振动幅度, 承受外界因素而引发的载体转移。一般情况下, 在环境条件允许的情况下可以选择刚性支架。原因是因为刚性支架结构简单、维修费用不高, 购买成本低。在使用支架的时候, 要充分考虑到双拉杆的垂直支架, 从而出现脱落载体的现象。当出现此类情况时, 双拉杆的总载体负荷将达到100%。同时, 为了避免管道机组的容量增大, 导致参数高, 石油化工管道的直接增加, 从而对应的管道设备推动力增大。此时, 应当使用限位支架。使用支架的主要原则有三: ①在端点附近设置限位支架, 能够有效降低某个支点的推力; ②在合适的位置设置限位支架, 可以改变管道的固有频率; ③能够有效预防石油化工管道发生下沉, 增强管道的稳定性。

3 石油化工管道应力分析基础上的柔性设计

3.1 柔性设计的意义

上文提到, 管道与其相连接的设备会由于温度、湿度

的变化而形变,设备导致的管口位移或者下沉等现象都会产生相应作用力。具有柔性的管道也会发生一定的形变,只是会减少局部的应力,确保管道的各个元件安全运行。当使用刚度较大的管道时,应力会局部聚集,造成设备的严重损坏,因此,设计管道时必须具备柔性。

3.2 柔性设计的要求

实际操作中,设计的温度低于 -50°C 或者是 $>100^{\circ}\text{C}$ 或者是受到外部强制位移时需要进行柔性设计。在具体分析中,管道系统、设备和支架是一个整体,根据实际情况建立模型进行分析,考虑到管道元件、管线的约束以及滑动摩擦力的影响,所以需要根据不同的施工情况让各个元件处于允许的范围内,确保管道系统的安全运行。

3.3 柔性增加的方法

3.3.1 改变管道的几何形状

管道自身的方向改变具有柔性,通过增加弯头或者改变走向的方法,有效提高管道的柔性。进行该项操作时,需要严格遵守操作流程,避免管道流体粘度大或结晶而引发一系列问题。

3.3.2 加载预应力

根据施工现场,降低管道内各个元件的应力。一般来说,施工人员会采用冷拉的方式。主要步骤是管道从安装到主动形成管道要求的初始位移和应力,冷拉是用于平衡管道内的热胀冷缩现象或者是支架跟端点位移导致的不良现象。

(上接第30页)化工相关设施的和谐性。例如要优先考虑管廊附加余量,设计人员要尽可能的将余量控制在15%左右,如果管道设计的难度以及工程施工标准都在不断增加,设计人员要适当提高余量百分比。其次,为了避免石油化工管道在使用过程中出现倒灌现象,要尽可能保证管道与管道的衔接保持在45度角左右,如果因某些问题达不到这一要求,管理人员要定期排除管道内部存在的积液。

3.2 安全问题

安全是石油化工管道设计工作人员首先要考虑的问题,如果某些管道设计时忽略了安全方面的因素,在管理中一定要着重开展安全措施。首先,石油化工管道设计人员在设计管道时应确保管道的进出口处都存在切断阀,而且切断阀旁边都有8字盲板,这两种措施能够有效避免管道因意外或者人为情况出现的有毒气体泄漏、有毒液体泄漏等问题。其次,在设计石油化工管道时要合理放置毒气报警装置,确保一旦管道发生气体和液体泄漏,工作人员能够立即得知。最后要设置管道的自我保护装置,防止管道因过热自燃。另外,为了保证管道各项保护装置能够立即得到应用,要增加管道安全装置的标志警示。

3.3 吊支架问题

由于吊支架的设计水平会直接影响到石油化工管道的运行质量,因此设计人员要从两个方面考虑:一是吊支架设计方案,二是吊支架材料选择。选择支架材料时,首先考虑支架的承重量以及支架的强度。设计吊支架安装方案时,尽量减少弹簧支架的使用频率,弹簧支架不仅成本高,而且使用年限比较短,可能没过多久弹簧支架就会失去其

3.3.3 合理使用弹簧型支架

在释放位移约束的时候,需要保证管道系统稳定运行。但是弹簧支架容易本身能够消除动态设备振动的影响,从而遭到破坏。而且,不能过多地使用弹簧支架,容易导致管道系统的状态不稳定。综上所述,需要根据位移的位置,施工现场情况选择适合的弹簧支架。

在以上几点增加管道柔性的方法里,可以设置补偿装置,让管道具有更强的柔性。但是由于安装补偿装置的成本太高,使用要求过于苛刻,寿命较短,从而容易发生管道泄漏的现象。

4 结束语

由上所得,石油化工管道的应力分析和柔性设计是为了有效避免热胀冷缩,也避免不合理设计支架导致端点位移等因素而引起的形变问题,进而影响管道的正常运行。在严格按照施工要求的情况下,平衡管道系统的元件之间的受力,避免管道本身被破坏;减少设备接口的受力,避免由于受力问题而引发的安全事故。所以,需要将石油化工管道的应力与柔性设计进行深入分析,结合探讨,才能更加优化,符合石油化工管道建设事业所需要的设计。

参考文献:

- [1] 谢明. 石油化工管道设计的应力分析与柔性设计研究[J]. 决策探索(中),2019,No.621(07):17-18.
- [2] 李国永. 石油化工管道设计中基于应力分析的柔性设计分析[J]. 化工管理,2019,No.532(25):86-87.

本来的作用。

3.4 材料选择以及采购问题

由于石油化工管道的特殊性,所以管道设计材料的选择以及采购都有着明确的标准。首先是材料选择方面,选择石油化工管道材料时,要考虑到材料的安全性,特别是管道材料对于管道内各种设置所产生的影响。第一,不同等级管道衔接处的金属垫片和螺栓在选择时,优先以它的强度为主要考虑对象。第二,衔接处的法兰,要尽可能选择国外品牌,而且法兰质量要与金属垫片和螺栓的适配度一致。第三,设计人员要考虑到管道材料的隔热性,由于单独依靠管道保护不妥当,所以管道周围会存在一层保护层,保护层的选择要根据实际情况确定。其次是材料采购。材料采购一定要根据管道设计的总量开展,而且管道设计人员会明确阐述材料采购的数量以及质量。为了保证材料质量,采购人员要将材料样品送到厂家进行检验,并再三检查厂家的材料生产许可证、合格证等等。

综上所述,石油化工管道设计中应注意的事项非常多,而且每一内容都会直接影响到石油化工管道的安全生产性以及经济效益。为了保证管道质量,设计人员一定要严格按照相关标准开展工作。

参考文献:

- [1] 李杰斌. 石油化工管道设计要点分析[J]. 化工管理,2020(02):158-159.
- [2] 孔维维,田涛. 石油化工管道设计应注意的问题[J]. 化工设计通讯,2018,44(08):24.