

蒸汽旋转补偿器降低泄漏率应用研究

刘少彤 应华军 王海军 (国能新疆化工有限公司, 新疆 乌鲁木齐 831400)

摘要: 旋转补偿器是一种新型补偿器, 其作用是在热力管道热胀冷缩时产生相对旋转, 从而吸收管道的热膨胀, 减小管道产生的热应力。但是旋转补偿器在使用过程中经常会产生泄漏, 以我厂使用的旋转补偿器为例, 分析产生泄漏的主要原因, 并采取相应的措施, 达到降低泄漏率, 延长使用寿命, 增加企业效益。

关键词: 旋转补偿器; 泄漏原因; 降低泄漏率

0 引言

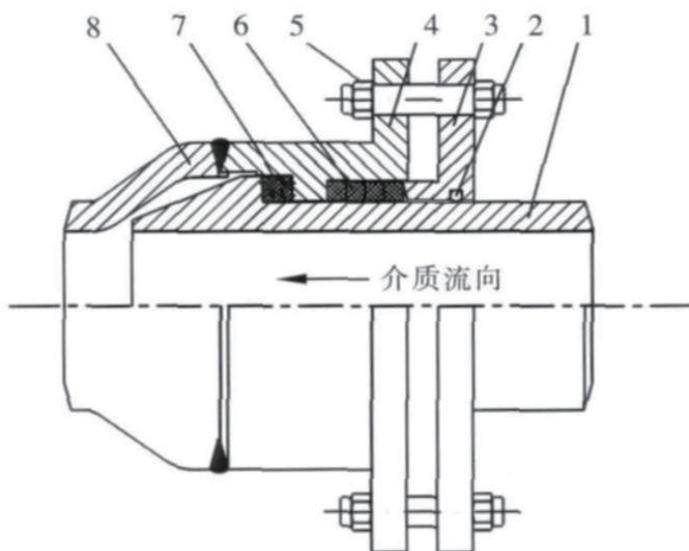
旋转补偿器作为一种新型的管道补偿器, 在补偿量、工程投资、运行可靠性等方面与传统补偿器相比, 都有其独到之处, 近年来在热力管网工程中得到了越来越多的应用。旋转补偿器通过 2 个组合和管道转弯实现热补偿。优点补偿量大, 推力小, 使用温度可达到 485℃, 最高压力可达 5.0MPa。国能新疆化工有限公司 4.2/1.6MPa 蒸汽系统管网设置了 60 台旋转补偿器, 主要作用是消除蒸汽管道应力, 通过旋转以达到吸收直管段上产生的热膨胀量的目的。目前旋转补偿器的主要问题是, 使用 2 年后发生泄漏率较高, 发生泄漏时必须全厂停汽停工检修, 大大影响企业的效益, 目前自 2018 年第一次泄漏以来, 几乎每年都发生泄漏。本文拟探讨分析造成泄漏的原因, 采取措施减少补偿器泄漏率, 使其性能更加稳定, 延长使用寿命, 增加企业效益。

1 旋转补偿器的工作原理和泄漏原因分析

1.1 工作原理

旋转补偿器的结构如图 1, 主要由旋转管、减摩定心轴承、密封压盖、密封座、压紧螺栓、密封材料、椎体连接管等组成。旋转补偿器的密封由端面密封和环向密封组成。端面密封的密封环材料有自密封功能, 蒸汽压力越高, 端面密封越紧实, 密封性能越好。环向密封通过密封压盖压紧密封材料, 使密封材料与旋转管、密封座之间紧密填充实现密封, 当旋转补偿器使用中发生泄漏, 可以紧固压盖螺栓实现消漏。并且密封材料的膨胀系数比刚才略高, 因此在高温工况下密封性更好。

旋转补偿器的布置方式有很多种, 下面以我厂旋转补偿器方形组合阐述旋转补偿器工作原理。方形组合补偿形式的立体图及俯视图分别见图 2、图 3, 图中 h 为旋转补偿器高度与 2 个长半径弯头的高。通过两



1.旋转管 2.减摩定心轴承 3.密封压盖 4.密封座 5.压紧螺栓
6.密封材料 7.减摩定心轴承(或密封材料) 8.锥体连接管

图 1 旋转补偿器的结构

个旋转补偿器和长度为 L 的力臂形成力偶,使大小相等、方向相反的一对力,由力臂分别环绕着 c 和 d 所在的轴中心旋转,就像杠杆转动一样,支点分别在两侧的 4 个旋转补偿器上,以达到力偶两侧直管段上产生的热膨胀量的吸收。在图 3 中虚线为热胀后的形态, ΔL 为补偿距离。

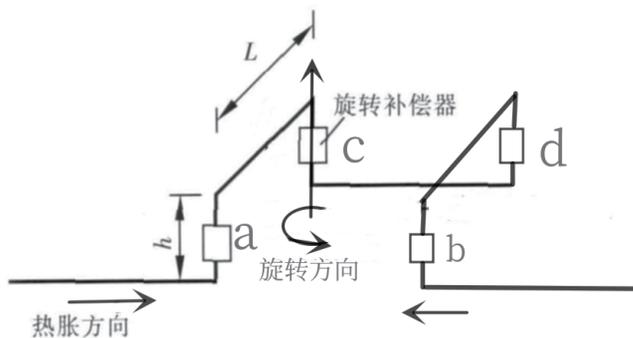


图 2 方形组合补偿形式立体图

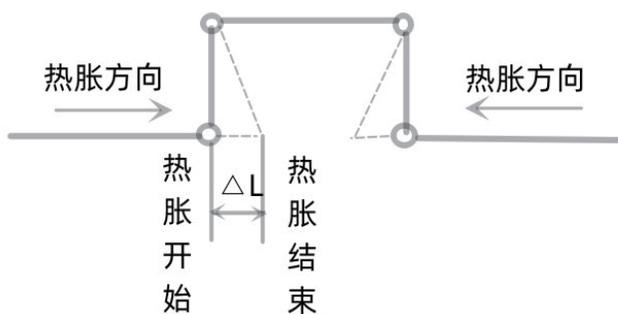


图 3 方形组合补偿形式俯视图

1.2 泄漏原因分析

蒸汽旋转补偿器的工作原理是通过旋转运动来吸收和补偿热力管道因温度变化而产生的热膨胀。然而,由于设计、制造、安装和运行等方面的原因,蒸汽旋转补偿器可能会出现泄漏。泄漏的主要原因可能包括密封失效、材料老化、连接松动等。

1.2.1 环向密封失效

我厂 2018 年停工检修开工期间,出现旋转补偿器大量泄漏现象,泄漏部位均是从密封压盖和密封座之间间隙大量泄漏蒸汽,并且紧固螺栓无法消漏。于是紧急停工处理,拆解密封压盖检查密封发现密封材料均已失效,失效原因为经氧化及浸水导致密封填料变质,由原石墨黑色氧化变白,呈块状剥落,原密封材料为石墨填料环,自 2016 年使用至 2018 年。

1.2.2 端面密封失效

后期我厂更换完环向密封填料后,仍有个别旋转

补偿器经常泄漏。经分析在管口载荷的影响下,旋转补偿器在环向应力分布并不均匀,芯管会产生一定的偏斜,这就导致了端面密封的密封端面上的接触比压分布不均,接触比压的最小值会减小。如果最小的接触比压达不到密封要求,就会出现密封失效,发生泄漏事故。现场的泄漏,多是由于管口载荷过大,导致了密封环接触比压过小,密封失效。

1.2.3 运行工况波动

每次在开工系统投用蒸汽阶段以及蒸汽系统温度力大幅度波动时会有部分旋转补偿器泄漏。由于补偿器端面密封随着压力升高而密封性能越好,因此,开工阶段及工况大幅波动时泄漏是因为端面密封未达到最好状态,随着蒸汽压力升高达到稳定状态,泄漏情况往往会消失或者减轻。但是如果频繁工况波动,容易导致环向密封材料由于长时间受到介质冲刷而失效,起不到密封作用,从而导致泄漏。

1.2.4 安装维护不当

压紧螺栓松动或者紧固不均匀,或者未进行“冷紧”,均能导致密封压盖压紧作用力不均匀,密封填料不紧实,容易泄漏。更换密封填料时未按照要求加装足够的密封填料,也会导致泄漏。

2 蒸汽旋转补偿器降低泄漏率的方法

为了降低蒸汽旋转补偿器的泄漏率,我们可以从以下几个方面入手:

2.1 更换新型旋转补偿器

通过改进蒸汽旋转补偿器的设计,提高其密封性能和耐用性,降低泄漏的可能性。旋转补偿器更新换代较快,可以选用更新型式的旋转补偿器。我厂使用的是某厂家生产的第二代无推力旋转补偿器,比如某厂家已更新到第七代耐高压双保险免维护旋转补偿器,可耐用更高压力,内部密封填料的抗氧化能力更强,密封压盖法兰上方增加了一组弹簧,当填料泛起微量磨损时,依赖压紧弹簧的张力给予补偿,从而延长产品发生泄漏时间。当磨损量超过弹簧张力补偿量时,只需扳紧弹簧压紧法兰上方的螺帽不需要停气修复。

2.2 选用优质密封材料

选择耐高温、抗氧化、耐磨损的优质密封材料,提高蒸汽旋转补偿器的使用寿命和密封性能。目前我厂使用补偿器内密封填料为柔性石墨填料,耐高温、氧化、磨损性能一般,使用寿命较短。可选用市面上耐高温、抗氧化性和耐磨损性较好的密封材料。

2.3 靠近补偿器的管道处设置滑动支撑

在靠近补偿器的管道处设置滑动支撑，减小旋转补偿器管口的弯矩对密封性能的影响，使端面密封压紧，降低泄漏。

2.4 提高蒸汽系统运行平稳率，精心操作，避免工况波动

工况越稳定，对旋转补偿器环向密封填料冲刷磨损越少，可以延长密封材料使用寿命。

2.5 严格安装和维护

在安装和运行过程中，要严格按照操作规程进行，避免安装不当或维护不足导致的泄漏问题。压紧螺栓并紧固均匀，及时进行“冷紧”，更换密封填料时按照要求加装足够的密封填料等。

2.6 定期检查和维修

补偿器泄漏初期泄漏量较小，一般通过紧固密封压盖螺栓即可消漏。如果泄漏时间较长，则会导致密封填料氧化及磨损程度变大，此时再通过紧固压盖螺栓已往往无法消漏。因此定期对蒸汽旋转补偿器进行检查和维修，及时发现并处理可能存在的泄漏问题，可以达到不停工消除漏点，避免停工造成重大经济损失。

3 蒸汽旋转补偿器降低泄漏率的应用研究

为了验证上述降低泄漏率的方法的有效性，我们需要进行实际的应用研究。根据我厂目前的实际情况，第一种更换新型旋转补偿器的方法实现起来比较困难，成本较大，无法实现。其他方法可根据实际情况验证。

3.1 选用优质密封材料

通过比选，我们选取进口奥赛罗品牌高温高压石墨镍丝盘根作为密封填料，高温高压石墨盘根由优质的合成纤维和纳米石墨浸润滑剂、阻隔剂，内衬镍镉金属丝紧密编织而成。具有良好的耐高温耐高压性能和很好的耐化学抗氧化性能。其性能由于原装柔性石墨填料。

2022年以前，停工检修旋转补偿器更换的填料为普通石墨盘根，拆解检查发现填料经过1年的使用，已磨损氧化严重，密封性能较差，旋转补偿器泄漏次数较多。2022年8月停工检修期间，旋转补偿器更换使用进口填料，其后使用状况良好，未发现泄漏补偿器。2023年6月停工检修期间，拆解检查旋转补偿器密封填料，发现该填料状态保持较为完好，具备继续使用的要求。

3.2 靠近补偿器的管道处设置滑动支撑

2021年停工消缺检修期间我们选取2118轴4.2MPa中压蒸汽旋转补偿器位置1处设置滑动支撑，并考虑管道热膨胀位移偏安装，如图4和图5所示。该部位旋转补偿器a往年经常泄漏，2018年至2020年平均每年泄漏1次，2021年检修后至2023年未曾泄漏。

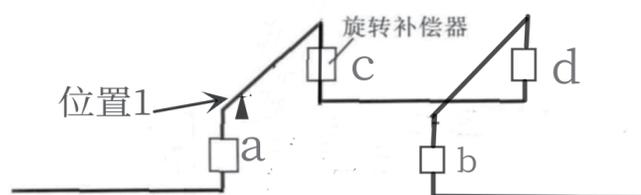


图4 增设滑动支撑位置及示例



图5 现场增设滑动支撑图示

3.3 安装巡检检修平台

为了方便定期检查和维修，考虑在所有旋转补偿器位置依托管廊钢结构安装检修巡检平台，这样既可以满足运行岗位人员日常巡检要求，有可以在紧急泄漏情况无需临时搭设检修脚手架，方便检修人员快速展开检修，有利于尽快消除泄漏。

4 结语

通过本研究，针对旋转补偿器泄漏原因，我们可以得出一些降低蒸汽旋转补偿器泄漏率的结论和建议，可以达到降低旋转补偿器泄漏率的目标。这也为我们今后的旋转补偿器选型、热力管道设计及施工提供了一定的经验。

参考文献：

- [1] 郭平. 旋转补偿器在热力管道上的应用. 煤与热力, 2009, 29(05): 13-16.
- [2] 高宏福. 免维护旋转补偿器在工业供热管网中的应用探讨 [J]. 工程建设与设计, 2019, (20): 50-51.
- [3] 张再阳, 颜廷俊, 宋章根等. 高温高压下旋转补偿器强度及密封性能分析 [J]. 化工设备与管道, 2016, 53(03): 53-57.