

重催装置减温减压器的选型优化改造及经济成果

闵国良（中国石油天然气股份有限公司乌鲁木齐石化分公司，新疆 乌鲁木齐 830019）

摘要：重催装置2号减温减压器减温效果不好，减压阀马架断裂等影响装置长周期安全稳定运行的问题，利用大检修期间对工艺管线直管段重新进行计算更换，对阀门、减温减压器进行重新选型和更换。

关键词：减压阀；减温阀；减温减压器；优化改造；经济效益

乌鲁木齐石化公司150万t/a重油催化裂化装置为北京设计院1993年设计。装置于1995年投产，并于2004年和2016年先后进行了两次较大的改造，但水汽系统的减温减压器已经运行了22年，没有进行更换改造，现场减温减压器、阀门及温压补偿系统等仪表均无法满足工艺正常生产需求，改造以后降低了生产成本，提升了经济效益。

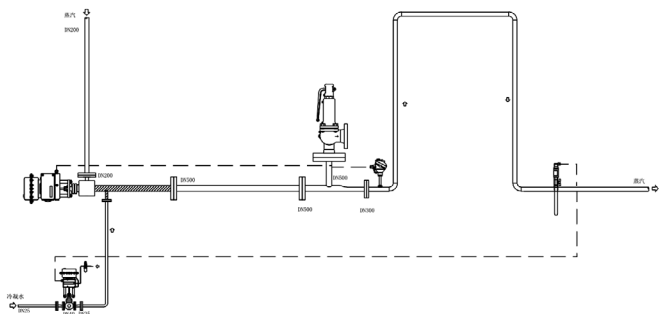


图1 乌石化重催 HV-2815 减温减压器现场布置图

1 问题产生的原因分析

1.1 工艺流程简介

重油催化裂化装置现有反应-再生系统正常运行时，一、二再外取热器和油浆蒸汽发生器共产生92.5t/h的中压蒸汽，背压汽轮机产生67t/h低压蒸汽供应装置中设备用热。最终，过剩的25.5t/h的中压蒸汽减温减压后与过剩的37.5t/h低压蒸汽均送入1.0MPa低压蒸汽管网。重催水汽流程中2号减温减压器HV-2815和TV2805就是将中压蒸汽减温减压后并到1.0MPa系统蒸汽管网中，一旦该减温减压器出现故障，会造成系统管网蒸汽压力和温度波动，进而影响重催压机背压，对重催装置安全稳定运行带来隐患。

1.2 减温减压器

就是将高参数（高温高压）蒸汽降为低参数（低温低压）蒸汽的装置。按照减温减压是否一体，可分为以下两类：①一体式减温减压器，减温和减压在同一个减温减压阀内进行；②分体式减温减压器，减温和减压分开进行，减压采用单独减压阀，它具有控制

精度高，运行平稳，调节灵敏，可有效消除静差影响等特点。本文重点介绍的是分体式减温减压器。

分体式减温器工作原理：分体式减温器是把减温水调节控制功能和雾化喷嘴分开，即需要一个减温水调节阀加上一个减温器喷嘴组合成一套减温器，减温水通过过滤器进入减温水阀，经减温水阀调节控制流量、压力后，经止回阀进入雾化喷嘴，由于进入减温器的减温水与喷嘴出口的蒸汽存在压差，产生雾化动力，经喷嘴离心发散后，将减温水雾化成极细的液滴喷出，与蒸汽主管道的高温过热蒸汽瞬间混合，实现蒸汽减温的目的。

分体式减温器通常也称作减温器喷嘴，结构型式繁多。按使用功能及雾化效果不同，常用的几种型式：插入式笛形喷嘴、插入式弹簧背压式喷嘴、环形多喷嘴减温器、文丘里减温器、小流量环形减温器、自力式减温器等。

1.3 重催装置改造前减温减压器介绍

1.3.1 减温阀

TV-2805减温阀选用的是BP公司的阀门，经过工艺及仪表车间历年检修情况反馈，该减温阀内漏情况严重，阀芯处有内漏现象，而且无旁路调节控制，阀门填料处也存在泄漏且无法修复，工艺人员只能通过手轮控制阀门来控制管线温度。

1.3.2 减压阀

HV-2815减压阀选用的也是BP公司的阀门，在设计时为水平安装，减压阀执行机构部分重达80kg且设计无支撑，在2016年运行中该减压阀气缸连接阀门马架突然断裂，经维保单位紧急修复后带病运行至2019年4月。

1.3.3 温压补偿

从公式 $Q = K\sqrt{\Delta P\rho}$ 可以看出，在 ΔP 不变的情况下流体的流量与流体的密度成开方关系或正比关系，而大多数流体（尤其是气体）的密度会随着工况条件的变化而变化，所以流体的密度要进行温度、压力补

偿。改造前的温度、压力变送器由于管线变径及安装位置等问题,补偿效果不佳。

1.3.4 工艺管线变径

HV-2815 减温减压器在设计时,由于受管线安全阀的影响,其入口管线由 DN200 变为 DN500,经过安全阀后又变为 DN300 管径,造成了该减温减压器安装困难,同时管道管径突然变大,流量不变的情况下,管道压力变小,流速变小,而压力变送器安装在连续变径后的管线上,间接影响压力测量的准确性,温压补偿效果不佳,影响蒸汽计量结果。

基于以上原因,按照公司装置 4 年一修的要求,确保设备可靠性,本次检修将对重催装置 2 号减温减压器重新选型进行更换。

2 选型依据及计算方法

2.1 工艺提供的仪表阀门选型参数表

2.1.1 减温减压器——3.9MPa 中压蒸汽减压阀入口、出口的流量、温度、压力的确定

重催装置对减温减压器工艺要求,主要是将装置产生的 65t/h 中温中压蒸汽降低为低压蒸汽送入低温低压管网。针对我厂重催工艺要求和现场实际情况,提出以下五点选型要求:①进口中温中压蒸汽压力 P_1 和温度 T_1 : $P_1 \leq 3.82\text{MPa}/T_1 \leq 425^\circ\text{C}$;②出口蒸汽流量 Q : 减温减压装置出口流量 Q (10~65t/h),在变化范围 30%~100% 内调节比较理想;③出口蒸汽压力 P_2 : 出口蒸汽压力 P_2 (0.85~1.35MPa) 的调节精度不低于 2.5 级。误差不大于 $\pm 0.04\text{MPa}$;④出口蒸汽温度 T_2 : 出口蒸汽温度 T_2 (250~280 $^\circ\text{C}$);调节精度不低于 2.5 级。误差不大于 ± 2.51 ;⑤噪音:装置正常运行时,在减温减压阀下游 1m,同时距管壁 1m 处测其噪音,噪音音级应不大于 80 分贝。

2.1.2 减温减压器——减温水阀前后参数的确定

根据减温水的流量特性、蒸汽和减温水工艺参数选型表,首先确定减温水调节阀选用气动单座调节阀。液体介质调节阀的计算公式(1)表示如下:

$$C_{\text{vif}} = 1.17Q \sqrt{\frac{G}{P_1 - P_2}} \quad (1)$$

式中: C_v 表示流量系数,国内用 K_v 表示流量系数,国际上用 C_v 表示流量系数,其换算关系为: $C_v = 1.167K_v$,此式取 1.17 倍; Q 表示最大流量, m^3/h ; G 表示介质相对密度; P_1, P_2 为最大流量时的进出口压力, bar。

根据公式(1),计算得到计 $C_v = 7.371$,而减温水

流量调节选用等百分比特性阀最为理想,阀全开时,应至少通过正常流量的 1.25 倍,这是一个防止阀工作在全开或全关位置的安全系数;从阀的特性和经济角度的考虑,和调节阀厂商选型样本针对单座阀的 C_v 选择与阀口径对应一览表,可初步选定减温水调节阀的口径为 DN25。应能保证在正常流量时,等百分比阀的开度保持在 80% 左右,最大不能超过 90%,最小不能低于 30%。

减温水为清洁的除盐水。根据介质特性、工艺参数、使用要求和阀故障时的位置要求等,减温水调节阀的执行机构首先选择结构简单、动作可靠和便于维修的气动一薄膜执行机构,其作用方式为气一开;阀体材质选用 WCB;考虑到减温水调节阀关闭压差较大,阀芯和阀座选用 316+ 堆焊司钛莱合金;填料选择柔性石墨+聚四氟乙烯;减温水调节阀泄露等级 IV 级。阀门定位器为高精度智能型定位器,能接受由控制系统输出的 4~20mA 标准信号,并能根据蒸汽的输出温度值及时调整减温水调节阀的开度大小。

2.1.3 减温减压器——减压阀前后参数的确定

一般减压阀选型主要有 5 点要求:①进口压力的波动应控制在进口压力给定值的 80%~105%,如超过该范围,减压阀的性能会受影响;②通常减压阀的阀后压力 P_c 应小于阀前压力的 0.5 倍,即 $P_c < 0.5P_1$ 。减压阀的每一档弹簧只在一定的出口压力范围内适用,超出范围应更换弹簧;③在介质工作温度比较高的场合,一般选用先导式活塞式减压阀或先导式波纹管减压阀;④介质为空气或水(液体)的场合,一般宜选用直接作用薄膜式减压阀或先导式薄膜式减压阀;⑤介质为蒸汽的场合,宜选用先导活塞式减压阀或先导波纹管式减压阀。

2.2 减压阀的选型计算

根据下游工艺装置设备用汽要求,需将操作压力为 3.8MPa 的蒸汽通过减压调节阀降至 1.1MPa 使用。蒸汽的工艺参数如下:一次蒸汽流量,最大流量 65t/h, $Q = 40\text{t/h}$;一次蒸汽温度 390 $^\circ\text{C}$;减压阀前压力, 4.2MPa;减压阀后压力, 1.35MPa (G);计算压差 $\Delta P = P_1 - P_2$, 为 28.5bar。蒸汽减压调节阀 C_v 计算将根据计算压差和阀进口压力 ΔP 进行计算,即:

$$\Delta P < \frac{P_1}{2} \text{ 时, } C_{\text{vif}} = \frac{QK}{13.67\sqrt{\Delta P (P_1 + P_2)}} \quad (2)$$

式中: C_v, Q, P_1, P_2 与减温水调节阀中的定义相同, $K = 1 + (0.0013 \times \text{过热温度}^\circ\text{C})$ 。(P_1 和 P_2 , 为最

大流量时的进出口压力, bar, 计算时应换算成绝对压力, 再代入公式(2)进行计算; Q为最大流量, kg/h。)由此计算得到 C_v 计=185, 同时按照厂家选型依据, 同时根据调节阀口径选择原则, 为保证在正常流量下线性阀开度保持在70%, 最大不能超过80%, 最小不能低于10%, 最大允许噪音不大于85dB, 最终选择口径为DN200。

300℃蒸汽属于高温介质, 管道内有可能会产生闪蒸和气蚀现象, 因此, 蒸汽减压调节阀的选择不仅要考虑介质特性和工艺参数、使用要求和阀故障时位置等最基本的因素外, 同时需考虑阀门长期处于高温工况下其使用寿命、调节灵敏度、防闪蒸和防气蚀冲刷对阀门造成的影响等种种因素。根据上述要求, 阀内设三级级节流降压, 保护阀座及阀体免受冲击, 延长使用寿命; 同时流量可调比大、不平衡性小、稳定性好、不易震荡, 且有降低噪音作用。因此, 蒸汽减压调节阀选用多孔式套筒导向型调节阀, 其阀体材质选用WCB, 阀芯和阀座选用316+全部堆焊司钛莱合金, 蒸汽介质要求阀泄漏量小, 阀泄漏等级选CLASSV。

2.3 减温减压器——雾化蒸汽的选择

按照工艺提供的运行参数, DN300的管径, 平均流量65t/h, 经计算流速很低。斯派莎克公司生产的SAD减温器不含运动部件, 属于固定喷嘴的雾化式减温器。因喷嘴的生产成本低, 较适合于微小流量及大流量工况。该型减温器使用高压蒸汽来雾化进入的冷却水。所以该型减温器适用于既有减压又有减温的场合。其减温器所用的雾化蒸汽压力至少为进入减温器蒸汽压力的1.5倍, 最小值为0.3MPa。蒸汽量通常为主蒸汽量的2%~5%, 温度在100℃左右。基于上述选型依据, 本次改造最终选用斯派莎克SAD250CM6F0型减温减压器, 梅索尼兰6寸51-41445A减压角阀和1寸88-21124型减温水阀。

3 改造措施效果及经济效益

3.1 改造实施效果

本次检修过程中采用斯派莎克公司生产的蒸汽雾化型减温器、梅索尼兰的减压阀和减温水阀代替原来的BP公司喷雾型减温器、减压阀及减温水阀。

新更换的减压阀水平安装, 重量较大, 特设置了阀门支架, 消除了长期因应力而造成的马架断裂情况, 同时对两台阀门增加了复线, 便于在设备运行时, 进行的临时检修作业, 降低了工艺风险。在温压补偿方面, 将现场温度测点于压力测点进行对调, 并将工艺

管线多次变径问题也一并解决。

3.2 经济效益增长

改造优化后的经济效益增长体现在多个方面。首先, 优化消除了减压控制阀支架断裂、阀门内漏及填料泄漏等仪表隐患, 这大大提升了企业的生产稳定性, 从而保证了连续、高效的生产流程。这不仅减少了因设备故障导致的停工和维修成本, 同时也为企业节省了因设备停机造成的潜在损失。

其次, 改造后解决了减温阀减温效果差、能耗高的问题。优化后的减温阀具有更好的减温效果, 同时能耗也大大降低。这不仅为企业节省了大量的燃料成本, 也响应了国家节能减排的号召, 有效降低了生产过程中的碳排放。

此外, 改造还解决了控制阀无法投自动的问题, 使得控制阀能够根据生产需要进行自动调节, 提高了生产过程的自动化程度, 减少了人工操作的误差和不便。

同时, 优化提高了温压补偿仪表的精度, 温度和压力指示更加准确。这使得企业对减温水流量实现了更为精确的控制, 从而提高了产品的质量和稳定性。

通过减温减压器的改造, 使用原减温减压器每年消耗中压蒸汽519400t, 减温水44388t, 使用现在的减温减压器每年消耗中压蒸汽504453t, 减温水37668t。因此, 改造后装置每年节约中压蒸汽24947t, 减温水6720t, 按照每吨蒸汽250元, 每吨水4.10元计算, 每年直接节约费用约376.4万元。

4 结论

本次重催装置减温减压器由斯派莎克减温减压器、梅索尼兰减压阀及减温水阀替代原BP公司的减温减压器后, 减温水阀增加了前后截止阀、副线阀、止回阀等给水管道设施, 能承受较高的压差, 可避免高压介质通过较小的间隙产生气蚀, 形成对阀座面的气蚀破坏, 并减少了泄漏量, 提高了调节精度和灵敏度, 解决了减温水阀无法投自动的问题。开工转正常后工艺蒸汽管网出口蒸汽压力基本控制在 1.0 ± 0.1 MPa, 出口蒸汽温度控制在250~280℃, 精度不低于2.5级。噪音不大于80分贝, 完全满足工艺需求, 解决了生产过程中仪表设备隐患给工艺生产带来的瓶颈问题, 确保装置长周期稳定运行。

作者简介:

闵国良(1981-), 男, 汉族, 新疆乌鲁木齐人, 本科, 工程师, 研究方向: 从事炼化仪表专业。