

余热回收系统热媒水冷却器泄漏原因及处理措施分析

王晓楠

(中国石油天然气股份有限公司辽阳分公司 辽宁 辽阳 111003)

摘要: 余热回收系统广泛应用于输油领域,系统中热媒水冷却器出现泄漏情况,影响装置长周期平稳运行。通过对水冷器的水质、工艺操作、材质、设备制造及腐蚀机理进行综合分析,得出影响冷却器泄漏的原因。分析认为主要是热媒水系统超负荷运行,偏高的热媒水循环量对换热器管束、管束与管板焊口处造成冲击并且发生了垢下腐蚀,最终导致泄漏情况发生,并提出了相应的处理措施。

关键词: 冷却器; 泄漏; 原因分析; 措施

1 装置简介

余热回收系统是辽阳石化俄罗斯原油加工优化增效改造工程的一个独立单元,在系统内建立热媒水循环系统,并设置补热设施、冷却设施及除油设施,为联合生产装置提供取热热媒水和用热热媒水^[1]。热媒水循环系统经加压、取热、补热、用热、冷却等过程,取出装置低温余热,提供给用热单元换热,充分利用能源,降低装置能耗。主要流程简如图1所示。

热媒水冷却器共有2台,设备位号为0603-E102A/B,设备型式为固定管板式换热器,设备规格为 $\phi 1224\text{mm} \times 8340\text{mm}$,换热面积为 470m^2 。管程介质为循环水,材质为S30408,操作压力为0.4MPa,操作温度为 $32 \sim 42\text{℃}$;壳程介质为热媒水,材质为Q345R,操作压力为0.35MPa,操作温度为 $70 \sim 91\text{℃}$;管板材质为16Mn III + S30408。

2 泄漏情况

(1) 中心控制室内操人员发现热媒水定压缓冲罐内停止补热媒水后,罐内的水量仍上升,初步怀疑补水阀关闭不严,安排操作人员到现场重新校紧阀门,同时安排人员到现场排查^[2]。

经现场检查发现热媒水冷却器0603-E102B运行过

程中有异常声响,通过关闭冷却器壳程热媒水出/入口阀门,打开出口阀前管线低排阀,发现壳程一直有水从低排处排出;立即安排对冷却器壳程流出的热媒水进行采样分析,发现其结果远远高于热媒水的正常指标,并且与循环水采样分析结果接近,初步确定热媒水冷却器0603-E102B管程发生泄漏,循环水泄漏到热媒水中。次日,再次安排对冷却器壳程内的热媒水进行采样分析,其结果与上一次结果一致,由此确定热媒水冷却器0603-E102B管程发生泄漏,管程循环水泄漏到壳程热媒水中。分析结果如下表所示。

表 热媒水与巡检水采样分析数据表

采样项目	电导率 / ($\mu\text{s}/\text{cm}$)	总磷 / (mg/L)	钙 / (mg/L)
换热器壳程热媒水	1873	3.6	756
换热器管程循环水	1958	3.9	793
系统内热媒水 (正常)	766	0.45	283

(2) 对0603-E102B进行解体检查,发现冷却器管束及封头内结垢严重,管板表面还存在大量黏泥,严重部位主要集中在热媒水(壳程)入口、循环水(管程)出口处的管板与管束上。通过高压水清洗后,对0603-E102B的两端管板进行着色检查(PT),并进行壳程水压试验,共发现管束与管板9处焊口存在泄漏(图2),有1处需要加管堵进行封堵管束。经分析确认,热媒水冷却器0603-E102A同样存在泄漏问题,发现管束与管板32处焊口存在泄漏问题(图3),有5处需要加管堵进行封堵管束。

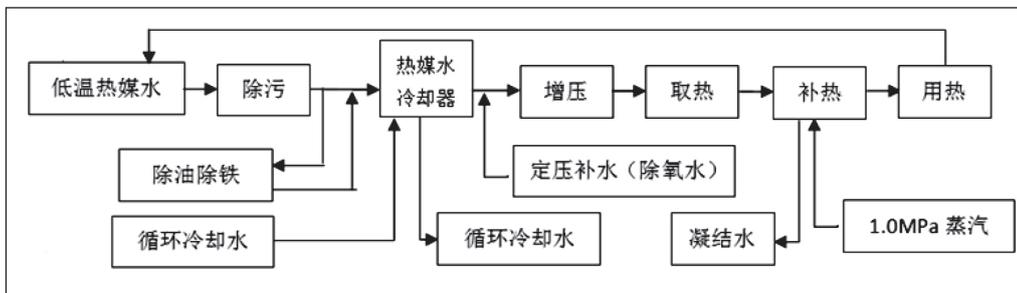


图1 余热回收系统流程简图

3 原因分析

(1) 防冲挡板是在换热器中为了防止流体直接冲刷

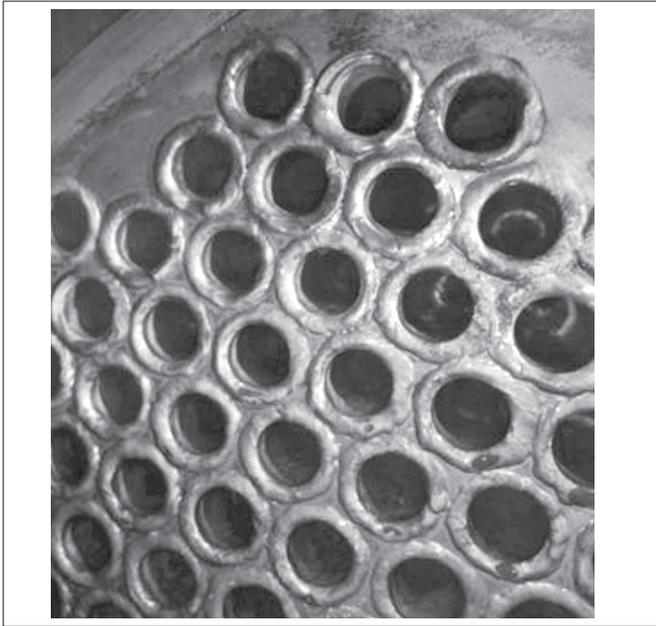


图2 热媒水冷却器 0603-E102B 漏点

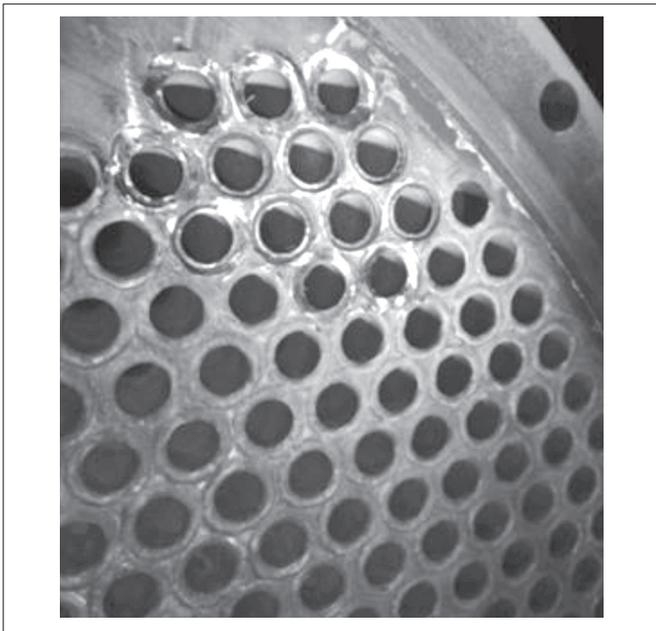


图3 热媒水冷却器 0603-E102A 漏点

管子而引起管子振动失稳而设置的。通过使用内窥镜对热媒水冷却器 0603-E102A/B 内部防冲挡板进行检查, 检查发现防冲挡板未发生脱落现象。

(2) 根据电偶腐蚀机理, 当不同金属材料相互接触时, 由于腐蚀电位不同, 当处于同一介质中, 造成异种金属接触部位的局部腐蚀。热媒水冷却器的换热管材质为 S30408, 管板材质为 16Mn III + S30408, 使用光谱分析仪对热媒水冷却器两端管板进行光谱分析, 其中 Ni > 8%、Cr > 18%, 与换热管焊接处的管板确定为 304 不锈钢材质, 不存在异种金属焊接问题^[3]。

(3) 经分析, 冬季正常工况下, 热媒水管网设计

流量为 1900t/h; 夏季正常工况下, 热媒水管网设计流量为 1400t/h, 2 台热媒水冷却器热媒水侧设计流量为 1500 t/h。实际运行工况为冬季热媒水管网流量约 2600t/h, 夏季热媒水管网流量约 3000 t/h, 各装置对热媒水实际需求量远超基础设计值。偏高的热媒水循环量对换热器管束、管束与管板焊口处造成冲击, 最终导致泄漏发生。

(4) 通过观察, 裂纹主要集中在管板上方的换热管与管板间的焊缝处, 该处为壳程高温热媒水的入口(温度约达 90℃) 和管程低温循环冷却水的出口(温度约达 42℃), 并且在管束内及循环水侧管板结垢十分严重。经分析认为:

① 在控制热媒水给水温度指标时, 利用安装在冷却器循环水回水管线上的气动调节阀进行调节, 此操作会使管束中循环冷却水的流动状态改变, 造成流速过低。经检测, 管束内的冷却水流速经常低于 0.9m/s, 使换热管内结垢严重, 易发生垢下腐蚀, 影响换热效果。

② 热媒水冷却器的热媒水入口处温度较高, 温度约达 90℃, 管程循环冷却水的出口的实际运行温度在 50 ~ 55℃, 远大于设计温度, 同时循环冷却水的浓缩倍数在 2.5 ~ 4.0 范围内, 使水中的难溶盐类易在此传热面上结垢, 并且发生生物黏泥附着情况^[4]。水垢的附着速度随温度的升高而加快, 即使通过加入一定量的水处理剂, 也不能彻底避免结垢。当水温大于 50℃时, 沉积物附着速度加快, 仍会产生垢下腐蚀。

③ 换热管与管板处的焊接部位, 是换热器最容易发生泄漏的部位, 若不能保证焊接质量, 极易产生残余变形、残余应力。同时, 此处也是热媒水入口部位, 对管束直接造成冲击, 循环水在浓缩过程中 Cl⁻、SO₄²⁻等浓度会增加, Cl⁻、SO₄²⁻会使金属上保护膜的保护性能降低, 尤其是 Cl⁻ 离子。根据氯化物应力腐蚀开裂机理, 垢下氯离子会在局部浓缩, 即使介质中氯化物的含量很低, 也可能对不锈钢促成应力腐蚀开裂 (SCC)。

(5) 根据制造图纸的技术要求, 换热管(规格 φ 25mm × 2mm) 端部要高于管板 1.5^{+0.5}₀ mm, 且为 45° 角焊缝连接形式(图 4)。从现场失效的一处有焊缝剥离的接头处可以看出换热管端部低于管板端面(图 5), 焊缝根部存在未熔合现象, 而且是单道焊, 同时在壳程入口处经热媒水诱导产生管束振动, 多方面共同作用会产生较大的应力, 当焊接强度不能够满足要求时, 将导致焊缝开裂。

4 处理措施

(1) 对热媒水冷却器 0603-E102A/B 进行高压水清洗除垢, 对壳程进行试压, 检测试压水质的氯离子浓度小于 25mg/L, 试验压力为 1.5MPa, 检查泄漏情况, 对换热

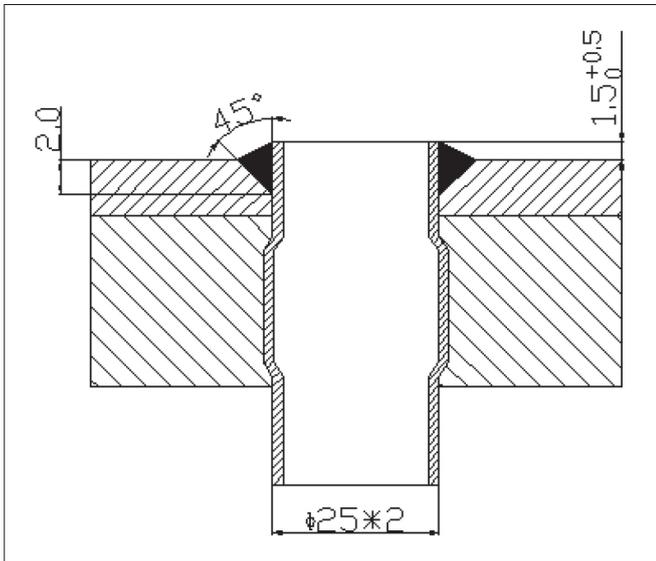


图4 管板与换热管焊接结构示意图

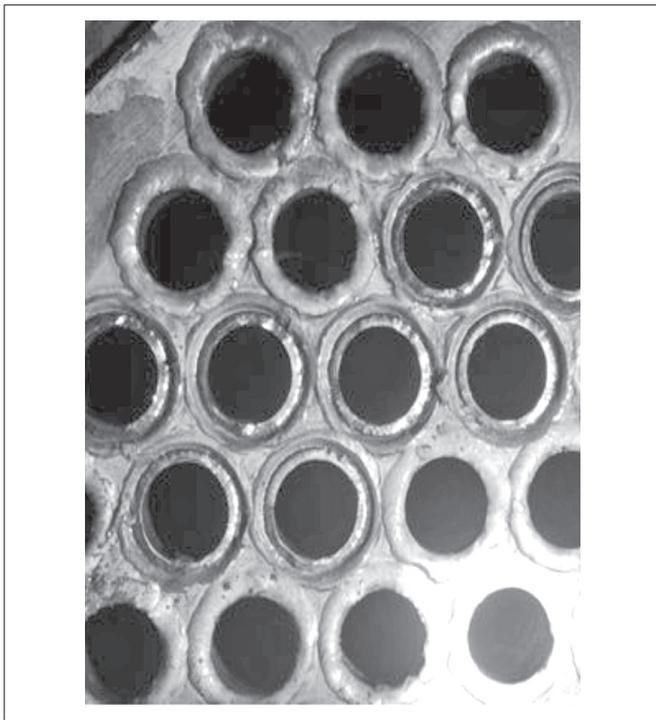


图5 现场管板与换热管焊接结构

管与管板焊缝处进行打磨补焊,对泄漏管束用管堵进行封堵,堵漏完成后打压至1.5MPa继续查漏补漏,直至壳程1.5MPa,保压30min,壳程水压试压结束。同时,调整热媒水系统的运行方式,避免超负荷运行,严格控制循环水回水温度和热媒水温度,延缓结垢时间^[5]。

(2) 经与设计院和主管部门研究确定改变热媒水系统运行方式。

①热媒水冷却器0603-E102A/B循环水侧进水阀门全开,回水阀门保持足够开度,保证冷却水过量,循环水回水温度严格控制 $\leq 42^{\circ}\text{C}$;

②热媒水冷却器0603-E102A/B热媒水侧旁通阀门保持一定开度,通过调节回水阀门控制热媒水温度;

③将热媒水侧温度0603-TIC3005测温点移至换热器出口与旁通线汇合后,以准确显示冷却后热媒水温度。

(3) 通过对热媒水冷却器的热媒水和循环冷却水出口温度进行监测,避免超温运行,定期到现场测量热媒水冷却器管程循环冷却水流速,控制管程循环水流速不低于0.9m/s,掌握热媒水冷却器的运行状况,利用检修期间对热媒水冷却器进行解体,对封头、管箱、管束进行高压水清洗除垢,试压检查管束及换热管和管板间焊缝的漏点并及时进行处理。

5 结语

此次热媒水冷却器发生泄漏的原因首先是热媒水系统超负荷运行,偏高的热媒水循环量对换热器管束、管束与管板焊口处造成冲击;其次,换热器结垢严重,发生垢下腐蚀,最终导致泄漏情况发生,同时对其他可能导致泄漏的原因以及换热器内部结垢问题进行了分析。通过采取有效的堵漏措施,改变热媒水系统的运行方式,热媒水冷却器运行较平稳,未发生泄漏问题。在今后的生产操作中,要严格按照设计值指导生产运行,发现与设计不符立即查找原因,并及时解决,保证装置的安全、平稳、长周期运转。

参考文献:

- [1] 邓剑,胡春荣,杨永豪,等.新建炼油厂水冷却器腐蚀泄漏原因分析及防护对策[J].石化技术,2017,(04):202-203.
- [2] 王志勇,樊志强,段志栋.水冷却器泄漏原因浅析及处理措施[J].杭州化工,2019,49(01):36-39.
- [3] 王华明,李丁,刘小平,等.甲烷化水冷却器泄漏原因分析及对策[J].化工机械,2008,36(5):305-307.
- [4] 王新龙.炼油厂水冷却器泄漏的危害与原因分析[J].山东化工,2013,42(05):128-129.
- [5] 刘跃辉.水冷却器频繁泄漏原因及对策分析[J].现代工业经济和信息化,2018,8(03):79-80.

作者简介:王晓楠(1988.02-),男,汉族,辽宁辽阳人,本科,工程师,研究方向:石油化工设备维护。