

# 常减压装置压力容器腐蚀类型分析与检测

信召伟 聂志同 孙振贵 韩志超

(山东神驰化工集团有限公司 山东 东营 257000)

**摘要**常减压装置是原油进行一次加工的第一道工序,是将原油分馏成汽油、煤油、柴油、蜡油、渣油等组分的加工装置。该装置操作是否平稳影响整个石化企业的正常生产,因而被人们称为石化企业的“龙头”装置,也是设备腐蚀最为严重的部位。近年来伴随着油田的深度开采,原油重质化、劣质化程度不断加深,原油中硫、酸及盐含量日益增加,使得石化企业的设备腐蚀更加严重。

**关键词**常减压装置;设备腐蚀;检测技术

**DOI** 10.12252/j.issn.2096-6261.2021.12.1545

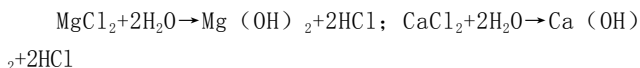
常减压装置在炼油企业的生产中占有非常重要的地位,需要其能具备良好的安全性和可靠性,但是在生产过程中存在很严重的腐蚀现象。本文主要是探讨常减压装置的安全生产管理措施,从设备的采购、安装、使用和日常保养维护方面进行强化管理,从其产生腐蚀的原因出发,探讨合理的防腐方式保障常减压装置的安全运行。

## 一、常减压装置主要腐蚀类型

通常来讲,常减压装置的腐蚀主要集中于低温轻油部位和高温重油部位,这方面的研究也多有报道。

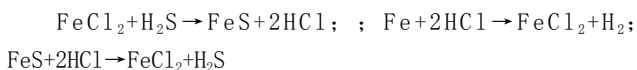
### (一) 低温部位的HCl-H<sub>2</sub>S-H<sub>2</sub>O型腐蚀

低温部位主要存在的是HCl-H<sub>2</sub>S-H<sub>2</sub>O型腐蚀,这主要是由于含盐引起的。当氯化氢、硫化物、水蒸气进入低温部位时,水蒸气开始冷凝,并凝结在金属表面,溶解了氯化氢形成盐酸溶液,此时由于水量极少,产生强烈的腐蚀作用,腐蚀反应按下式进行:首先是无机盐的水解:



然后:

$\text{Fe} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2$ ;  $\text{FeS} + 2\text{HCl} \rightarrow \text{FeCl}_2 + \text{H}_2\text{S}$ ; 由于H<sub>2</sub>S的存在,又引起下列反应:



当H<sub>2</sub>S存在时,可对该部位的腐蚀加速,构成HCl-H<sub>2</sub>S-H<sub>2</sub>O型循环腐蚀。

### (二) 高温部位的H<sub>2</sub>S-S-RCOOH型腐蚀

高温部位主要存在的是H<sub>2</sub>S-S-RCOOH型腐蚀,这主要是活性硫和环烷酸引起的。高温硫腐蚀主要是硫化氢、硫醇和单质硫腐蚀,而这些物质大多都是其他硫化物分解的产物,这些物质在大约300~400℃时能直接与金属发生化学反应:



形成的硫化亚铁在金属表面会形成比较松散的保护膜,受高速流体冲击后,腐蚀层容易破坏脱落,新的金属表面又暴露于介质中使腐蚀继续。在340~400℃时,硫化氢可分解产生单质硫,其活性比硫化氢更强,促使腐蚀加剧。环烷酸一般在低温时腐蚀并不强烈,一旦沸腾,特别是在高温无水环境中,腐蚀最激烈,腐蚀反应按下式进行:



由于Fe(RCOO)<sub>2</sub>是一种油溶性腐蚀产物,能为油流所

带走,因此不易在金属设备表面上形成保护膜。即使形成硫化亚铁保护膜,也会因与环烷酸发生反应,而完全暴露出新的金属表面,使腐蚀继续进行。统计资料和试验研究均表明,当原油酸值大于0.5mgKOH/g时,温度在270~280℃和350~400℃,环烷酸腐蚀最严重。环烷酸腐蚀具有鲜明的特征,在原油的高温高流速区域,环烷酸腐蚀呈锐缘的流线状沟槽,在低流速区域,则呈边缘锐利的凹坑状。由于环烷酸具有这种特殊的腐蚀形态,通常的工作环境为压力容器或管道,且对钢材具有较高的腐蚀速率,所以特别危险。

## 二、常减压装置压力容器的全面检验

在常减压装置中,电脱盐罐、闪蒸罐、常压塔、常压汽提塔为关键设备。某石化厂常减压装置由国内设计,在第一次停工检修中,通过对常减压装置压力容器出厂原始资料进行初步审查的基础上,根据失效模式,制定压力容器全面检验方案。根据检验方案,对电脱盐罐、闪蒸罐、塔器、冷换设备、其他罐类压力容器进行了全面检验。

### (一) 塔器

#### (1) 常压塔

常压塔上部材质为20R+0Cr13A,下部为20R+00Cr17Ni14Mo2,塔顶的操作压力为0.14MPa,操作温度为157℃,该操作条件可提高塔顶温度使露点腐蚀后移,以避免塔顶低温露点腐蚀;常压塔底部操作温度为350℃,该操作条件下主要腐蚀机理为高温硫化物和环烷酸腐蚀,但由于设备材质为复合板,复层材料为00Cr17Ni14Mo2,能很好地预防腐蚀。经检查,复合板复层完好,塔盘、浮阀完好,塔顶无明显腐蚀,常二线、常三线抽出口集油箱变形严重;壁厚无明显减薄;经渗透检测,未发现超标缺陷。

#### (2) 常一线汽提塔

常一线汽提塔材质为16MnR,操作压力为0.17MPa,操作温度为192℃,代表性介质为常一抽出油,根据有关分析,该操作条件下基本无腐蚀机理。经检查,设备内壁有锈垢;壁厚无明显减薄;经磁粉检测,未发现超标缺陷。

#### (3) 常二、三线汽提塔

常二、三线汽提塔材质为20R+00Cr17Ni14Mo2,操作压力为0.17MPa,操作温度为240℃(上部)/305℃(下部),该操作条件下主要腐蚀机理为高温硫化物和环烷酸腐蚀,但由于设备材质为复合板,复层材料为00Cr17Ni14Mo2,能很好地预防腐蚀。经检查,复合板复层完好,塔盘、浮阀完好;壁厚无明显减薄;经渗透检测,未发现超标缺陷。

## （二）冷换设备

本次检修共检查冷换设备82台，无损检测发现严重缺陷情况分析：材质为碳钢或低合金钢的换热器：管板表面存在大量淤泥，管口处结垢明显，部分换热器防冲板下游管束已被沉积物堵死，部分换热器管口结垢呈褐色、污泥状，部分管束存在变形。材质为复合板的换热器：管板表面基本不存在淤泥，管口无结构现象。所有冷换设备壁厚无明显减薄；经表

面无损检测，发现8台有表面裂纹，2台接管处存在未焊透。本次检修发现装置中15台热媒水换热器腐蚀比较严重，并对其中共7台换热器管束进行更换，对部分冷却水换热器的管板以及管箱表面进行了防腐涂层处理。

## （三）罐类

### （1）电脱盐罐

设备材质为16MnR，操作压力为1.62MPa，操作温度为142℃，有保温层，介质为原油、水、破乳剂，腐蚀性介质有少量水、H<sub>2</sub>S，综合考虑上述条件主要腐蚀机理有硫化物应力腐蚀开裂、盐酸腐蚀，敏感性低。经检查，设备内表面无明显腐蚀；壁厚无明显减薄；经磁粉检测，发现接管角焊缝外表面有超标缺陷，经打磨已消除。

### （2）闪蒸罐

设备材质为16MnR，操作压力为0.31MPa，操作温度为158℃，有保温层，介质为原油、油气。经检查，闪蒸罐进料旋流式进料分布器螺栓松动，设备内表面无明显腐蚀；壁厚无明显减薄；经磁粉检测，发现内表面有超标缺陷，经打磨已消除。（3）其他罐类设备，除减顶气胺接触罐D204有明显腐蚀外，其他均无明显腐蚀，壁厚无明显减薄。经表面检测，未发现超标缺陷。

## 三、检验结果分析

根据常减压装置压力容器的使用情况、失效模式制定检验方案。通过全面检验，发现部分缺陷是制造遗留问题，所以压力容器的制造监督检验必须严格把关，进一步提高监督检验工作的有效性，避免把缺陷带到使用环节。对于低温轻油部位，为做好设备的防腐工作，装置采用的中和剂和缓蚀剂两种，根据UOP炼厂操作经验，塔顶罐切水的PH在5.5~6.5之间，腐蚀是最小的。装置根据原油性质变化和化验结果，调整中和剂的注入量，保证PH在范围之内，同时调整缓蚀剂的注入量，保证铁离子的含量在3mg/L以下，从而确保低温轻油部位较好地预防了防腐。对于高温硫腐蚀和环烷酸腐蚀，由于工艺防腐技术尚不成熟，现在多采用通过选耐蚀材料进行材质升级的办法来防腐。装置高温部位均采用316L不锈钢，很好地预防了腐蚀。

## 四、做好设备防腐，保障常减压装置的安全运行

腐蚀对常减压装置产生很大的危害，且系统运行时发生腐蚀最严重的部位就是常减压装置，为保证其安全运行，不仅需要从设备的采购、安装、使用和维护方面提升管理和维修水平，还需要做好设备的防腐工作。

常减压装置的防腐主要是从工艺、材料和监控三个方面来保证。工艺的优化主要是指对注氨、注碱、注缓蚀剂以及

脱盐工艺的参数进行优化，以此来对塔顶系统的腐蚀进行减缓和控制。其中最重要的缓解是脱盐，使原油脱除氯化物能有效降低Cl<sup>-</sup>含量，从而实现控制腐蚀。在此过程中也能脱除部分Na<sup>+</sup>，降低了加工装置中出现催化剂中毒的几率。此外，深度脱盐可脱除Mg和Ca盐。注氨可中和塔顶，馏出系统的H<sub>2</sub>S和HCL，降低冷凝水的PH值而缓解腐蚀情况。氨与H<sub>2</sub>S可能会结晶出NH<sub>4</sub>CL发生晶下腐蚀，最好通过综合使用中和剂来避免。如果两顶部没有铜质合金，可将污水的PH值控制在7以上。上述措施对冷凝系统和塔顶的腐蚀速度有很好的抑制作用，但由于冷凝的局部酸腐蚀和塔顶的低PH值操作，这就需要对其进行保护而注入缓蚀剂，缓蚀剂在金属表面形成的保护膜能有很好的抗水性而形成保护。

材料方面的防护措施主要是选用经济的防腐材料来对高温部位进行防护，由于进口原油的比例较高，且原油的含硫量较高，常减压装置存在炼制含硫原油或是混合炼制的情况。对于新装置的选材要适应高硫原油的炼制，对于现有设备，可通过更新设备和技术改造来时期能满足相关国家和企业标准。

在常减压装置的常顶换热器出口处安装在线腐蚀监测系统对腐蚀情况进行监控，探明腐蚀规律，促进防腐工艺改进，保障原油加工。通过分析监测到的数据对腐蚀速率的趋势进行判断，找出引起腐蚀加速的原因，制定对应的措施进行控制。根据腐蚀相关数据，对原油的加工工艺进行优化，起到一定的指导作用。该系统还可对腐蚀动态数据进行监测，了解固定位置的腐蚀速率等数据，建立完善的装置腐蚀数据库。

除以上几个防腐措施外，还需要对防腐工作加强管理，落实到实处。对原油加强管理，对其中的酸、硫以及Cl<sup>-</sup>含量进行严格控制，在生产中做好腐蚀监测工作，了解设备和管道的腐蚀信息，强化各项工艺防腐措施来预防腐蚀，保障安全生产。

## 五、结语

在炼油企业的基础装置中，常减压装置是起着很重要的作用。比较常见的设备有常减压加热炉、常减压塔、机泵、换热器和设备间的连接管线等。炼油中的原料多为易燃易爆，且在高温高压下进行，要求设备有很好的安全性。如何保障常减压装置的安全生产是一个很重要的课题，它直接关系到人生安全和企业的经济效益。通过采取相应的措施，严格控制各项防腐指标，常减压装置能长周期运行达到3年以上。同时说明国内已经具备10Mt/a常减压装置的设计能力，整体设计水平已经达到国内先进水平。

## 参考文献

- [1] 中国石化设备管理协会. 石油化工装置设备腐蚀与防护手册[M]. 北京: 中国石化出版社, 2001.
- [2] 张艳玲, 郑俊鹤, 刘小辉. 常减压装置主要腐蚀机理分析与防护措施[J]. 安全技术, 2019, 10(2): 15-17.
- [3] 韩冰, 胡军, 李普方, 等. 10Mt/a常减压蒸馏装置设计探讨[J]. 石油化工设计, 2018, 28(3): 5-7.