

# 常减压蒸馏装置运行末期常顶异常工况原因分析及措施

高志斌 中国石油广西石化公司

**【摘要】**常减压蒸馏装置是炼油工业对原油进行加工的主体装置，并为后续的二次加工提供原料，在石油炼制过程中起着至关重要的作用。近年来，由于原油劣质化，导致塔顶低温系统腐蚀介质含量上升、腐蚀加剧，频繁造成换热器泄漏失效，而目前针对低温腐蚀的工艺防腐手段由于缺乏足够的精准性，并没有很好的起到腐蚀控制作用。因此，如何对工艺防腐措施进行准确有效的控制，满足炼化企业长周期运行的目标，是亟待解决的重大工程问题。因此，主要分析常减压蒸馏装置运行末期常顶异常工况原因分析及措施。

**【关键词】**常减压蒸馏装置；运行；常顶

**【DOI】**10.12316/j.issn.1674-0831.2023.13.007

## 引言

减渣泵灌泵优化法，根据物料性质、温度、泵内存水（蒸汽吹扫气密）情况而实施，减渣泵是常减压装置重要机泵之一，除了给本装置换热网络提供大量回收热之外，还肩负着后续重要装置（渣油加氢、重油催化裂化）的供料，因此，灌泵预热效果的好与坏，质量的高与低不仅关系到减渣泵的高性能运行，也直接关系到几套装置的长周期运行和公司的高质量发展。

## 一、常减压蒸馏装置简介

某石化公司1000万吨/年常减压蒸馏装置为在役装置运行已有十几年了，一期设计工况加工苏丹混合原油1000×104t/a，二期设计工况加工沙轻、沙中混合原油1200×104t/a。要求常减压蒸馏装置的流程设计、主要工艺设备及管道的选型能适应一、二期两种工况，材质选择按原油的硫含量为2%（w）、酸值1mgKOH/g考虑。

装置设计一期工况的换热终温是300℃，二期工况的换热终温是290℃。换热网络中的换热器共有10个台位，换热流程简单可靠、操作灵活，对于不同工况的适应性强，该网络符合窄点技术要求。

装置的主要产品有：常顶石脑油、常一线油、常二线油、常三线油、减一线油、减二线油、减三线油和减压渣油。

常顶产品罐顶出来的不凝气经常顶气压缩机升压、冷却后与常顶油再接触。罐底抽出常顶油由泵送至压缩机出口与常顶气在加压条件下在接触罐中再一次接触以吸收常顶气中的轻烃（在操作需要时可将一部分作为冷回流返回常塔）。再接触罐顶的不凝气送至FCC装置的气压机入口缓冲罐，罐底液相经泵升压后，作为直馏石

脑油送至NHT装置。

## 二、常减压装置的能耗及产出分析

常减压装置的能耗主要分为燃料、蒸汽、水、电等，现从用能占比最大的这四个方面分别细化分析，对常减压装置的能耗流向进行考察。

燃料的消耗在总能耗中占最大比例，在换热过程中除了燃料油之外还有燃料气，燃料气包括：高压瓦斯、初馏环节的闪顶不凝气以及常压塔塔顶的低压瓦斯，减压蒸馏过程生成的减顶不凝气则会胺洗后送回减压炉补充燃料。如此循环，不仅减轻了工业污染，还做到了能源高效利用。

常减压蒸馏过程中需要多种不同用途的蒸汽，其中包括汽提蒸汽、1.0MPa的雾化蒸汽、抽空蒸汽以及0.5MPa的蒸汽。制作蒸汽的成本偏高，需求量也很大，并且在通入时经常加压使其稍高于标准气压，所以有必要对于各个位点的蒸汽压力进行监控，对相关能效进行分析与评估。

水作为能源介质分为脱盐水，新鲜水，循环水以及除氧水。其中循环水的用量最大，主要用于侧线产品的冷凝，新鲜水用于初顶注水和常顶注水，并在注水罐中存储以便循环使用，脱盐水用于电脱盐过程中，溶解原油中的可溶性盐随后分离出去。除氧水用于生产工艺过程中所用到的0.5MPa蒸汽。

常减压蒸馏过程中的耗电设备有机泵，电脱盐罐，抽真空机泵等。其中耗电量最多的设备是机泵，机泵负责物料的运输及压缩，在能源消耗占比中仅次于燃料，排行第二位。

原油经过电脱盐和初馏过程去除多余的水和盐分，

在这期间没有侧线产品产出。常压蒸馏过程中的主要产品产出为常一线煤油，常二线轻柴油，常三线重质柴油。常压渣油在这一过程中难以分离，需要送入减压塔做进一步处理。

减压蒸馏过程侧线产品主要为加氢裂化原料，润滑油原料，石蜡原料等。其中减一线为重质柴油，减二线、减三线为润滑油或加氢裂化燃料，塔底产出减压渣油，可作为催化裂化原料、渣油加氢原料、沥青的原料或用于石油焦化。

能耗和产出直接关系到常减压过程的能效水平，在建立能效指标的时候需要充分考虑到生产工艺流程，能源投入以及侧线产品的产出，通过本节对装置的能耗和产出整理介绍，为能效指标的分析打下基础。

### 三、常减压蒸馏装置运行末期常顶异常工况原因分析

#### 1.塔板水力学计算

通过塔板水力学计算可以得出结论：当塔盘开孔率降低50%及以上时，会造成常压塔顶部塔盘出现轻度淹塔的情况，进而导致常顶塔盘压降升高。

根据以上结盐温度和塔板水力学计算的结果，可以初步得出结论为装置运行至生产末期，常压塔顶部氯化铵盐结盐析出，形成垢下腐蚀，由于时间积累造成铵盐及腐蚀产物堆积造成常压塔顶部塔盘开孔率下降，降液管底隙有效流通面积减小，加工量提高后，塔顶部气相负荷增大，塔板干塔压降骤升，常压塔顶部部分塔板出现淹塔的情况。

#### 2.氯化铵结盐温度计算

根据塔顶各项参数可算得氯化铵盐KP值，由KP值查得塔顶氯化铵盐析出温度在130~140℃左右，三蒸馏常压塔常顶循抽出温度约140℃，根据相关文献资料，氯化铵沉积一般发生在常压塔中上部，通过常顶氯化铵盐的KP值的计算结果，可以证明常压塔顶部存在氯化铵盐结晶析出的条件。

#### 3.氯化铵腐蚀

原油中含有一些天然的含氮化合物，由于环状结构的特性，造成含氮化合物性质较为稳定且不易分解，但三蒸馏电脱盐注水采用硫磺回收来脱硫净化水，脱硫净化水中含有氨的成分，同时原油中含有一些有机氯化物，在电脱盐系统中无法有效脱除，在蒸馏过程中受热分解或水解，产生HCl，氨和HCl在一定的温度和压力下反应生成氯化铵盐。氯化铵盐是无色晶体或白色颗粒性粉末，极易吸潮，吸湿点一般在76%左右，当空气中相对湿度大于吸湿点时，氯化铵即产生吸潮现象。

氯化铵盐随着温度的降低析出结晶，结晶温度与氨和HCl的浓度有关，干燥的氯化铵盐不具有腐蚀性，但是氯化铵盐天然具有极强的吸潮性，而分馏塔有汽提蒸汽的工艺，存在相对潮湿的客观环境，氯化铵盐一般容易沉积在降液管底隙和塔盘边缘的流动死区，与汽提蒸汽接触后吸潮，造成垢下腐蚀。

### 四、措施

#### 1.强化原油电脱盐技术

在常减压蒸馏装置工艺的防腐中，除了使用缓蚀剂外，还需要加强原油电脱盐技术在防腐工作中的应用。常减压蒸馏装置在加工原油的过程中，如原油中含有过量水分，同时在脱盐罐容积不够的情况下，会使原油无法得到沉淀，在原油中水含量无法得到降低的情况下可能会导致冲塔事故的发生，因此有必要加强电脱盐技术的应用。首先，可以利用增加电脱盐罐的方式促进电脱盐水平提升；其次，在电脱盐技术的基础上利用交流变压器实现电脱盐，进一步调整原油沉淀周期，以延长沉淀周期的方式有效提高脱水率。针对混合阀与混合器的问题，对其位置进行调整，并结合原油、水、破乳剂的配比强化脱盐效果。

#### 2.常顶除盐系统的应用

除盐脱氯设备主要由混合器、萃取滤芯、常顶除盐撬的油水分离器等组成。首先通过混合器，将净化水均匀分散到常顶油中，利用氯离子在油水两相中的溶解度差异，将油中的氯离子萃取到水相中；其次，用24根萃取滤芯，深度捕获常顶油中的盐类离子，并将油水进行初步分离。水相在除盐撬中得到充分沉降，实现了油水的快速分离。盐分溶于水相中被带出装置。对常顶油进行洗涤后，整个常顶油系统的含盐量得到降低，避免了常压塔顶部塔盘出现结盐，同时降低了常压塔塔顶的原油—常顶油气换热器、常顶回流泵、常顶空冷等设备的腐蚀速率，从而达到了常顶油在线脱盐脱氯防腐的目的。值得注意的就是常顶除盐系统的压降要控制在不高于200kPa，以防止压降过高而降低常顶油的处理量。脱除氯离子后的常顶油，与从原油—常顶油气换热器下来的常顶油混合后，进入常顶回流罐D105，含盐的净化水进入常顶外排的酸性水，送出装置。

#### 3.注水措施

##### (1) 注水量

I套常减压装置常顶挥发线注水量约3.5t/h，占常顶油气总量的10%~15%。增加注水量能保证塔顶挥发线及冷凝冷却系统存在一定量的液态水（10%~25%），

注水量太小达不到洗盐和溶解氯化氢的目的，由于水量小，容易气化，未气化的水更容易形成极强的酸性环境，腐蚀明显加剧。

### (2) 注水位置

常顶油气空冷器不是对称布置的，由于油气进料分布不均匀，介质会发生偏流，而注水点在油气线出来弯头处，注水也无法达到均匀分布。除在塔顶大油气线馏出处注水外，在6台空冷器前也可以增加注水点，以减缓空冷器管束腐蚀结垢。为保证注水正常，可以通过红外测温仪检测空冷器温度来监测。

### (3) 注水水质

I套常减压装置2016年增加三顶注水，注入的水为污水汽提净化水，其水质较差，氨氮含量较高，COD（化学耗氧量）超标，pH值变化大。依据中石化工艺防腐管理规定对净化水水质制定指标，对净化水水质要求有所提高，注水改为净化水（pH7.9）。

### (4) 注水形式

I套常减压装置常顶注水采用的是导流管，不是注水喷头，应当选用专业可拆卸的喷头。

## 3. 定点测厚

定点测厚布点原则应参考中国石化《加工高含硫原油装置设备及管道测厚管理规定》进行，对于易腐蚀和冲刷部位应优先考虑布点，如系统在注水点以后的管线、常减压高低速转油线等，同时，I套常减压装置较老，经过多次扩能改造，设备扩能改造管线未能同步匹配，会造成管线流速增大，造成冲刷腐蚀。应结合装置特点对常压塔塔顶低温系统相应部位布点测厚。

### (1) 常压塔

塔顶封头、4层以上塔壁、各侧线抽出口短节、进料段以下塔壁及塔底封头。

### (2) 常压塔顶冷凝冷却系统

空冷器、冷却器壳体及出入口短节，常顶回流、常顶循管线以及返塔部位塔壁、常顶回流分液罐罐壁。

## 4. 其他操作优化措施

### (1) 减压塔顶操作温度优化建议

目前减压塔顶回流温度59℃，塔顶操作温度95℃，同行业减压塔塔顶回流温度一般为40~50℃，塔顶温度一般为60~70℃左右。减压塔顶温度高，造成抽真空难度大，抽真空蒸汽耗量大。建议调整减压塔顶回流量及回流温度，降低减压塔顶温度至65℃左右，预计可以减少抽真空蒸汽用量2t/h。

### (2) 减压炉通风操作优化建议

减压炉烟气氧含量为5.8%，减压炉烟气氧含量偏高，烟气氧含量高，造成热量损失大。建议时刻关注烟气氧含量数据，适当调整风门开度，将烟气氧含量控制在2%~3%。在当前排烟温度下，烟气氧含量从5.8%降低到2%，则加热炉效率可从88.7%提高到90.5%。预计可减少燃料气用量37kg/h。

### (3) 减压塔操作优化

目前减压塔操作压力1.63kPa，过汽化率13.8%。减渣中530℃以下馏分占20%。属于高真空、高过汽化率、浅拔操作，用能不合理。建议适当降低真空度，或是适当降低减压炉出口温度，降低减压塔过汽化率，从而降低减压塔的能耗。

## 五、结语

针对三蒸馏运行末期常顶异常工况的分析，得出常压塔顶结盐造成塔盘开孔率降低影响常压塔的稳定操作，并通过停工检修期间对常压塔的联检验证了推论结果，最终通过调研增上常顶循除盐工艺。通过开工初期的运行数据，可以证明顶循除盐工艺能够降低顶循系统中盐垢和腐蚀产物，减轻了常压塔顶的腐蚀，对装置长周期运行打下了坚实的基础。

## 参考文献：

- [1] 王俊杰. 常减压装置塔底奥氏体不锈钢弯头开裂原因分析及处理[J]. 全面腐蚀控制, 2023, 37(01):40-44.
- [2] 刘光普, 孙文刚, 曾浩见, 等. 常减压蒸馏装置中和缓蚀剂的筛选与评价[J]. 炼油与化工, 2022, 33(06):25-27.
- [3] 汉继程, 夏渊, 缪磊, 等. 常减压蒸馏装置的腐蚀风险分析与控制建议[J]. 腐蚀与防护, 2022, 43(10):113-116+120.
- [4] 陈约瑟. 常压塔顶换热器的腐蚀泄漏和防护措施[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2022, 39(04):30-33.
- [5] 瞿宾业. 常减压蒸馏装置塔顶塔盘与浮阀腐蚀分析及防控措施[J]. 石油化工腐蚀与防护, 2022, 39(04):59-64.