

加氢裂化柴油汽提塔改造对柴油质量的影响及经济性分析

王佳琳 (中国石化海南炼油化工有限公司, 海南 洋浦 578001)

摘要: 某公司对加氢裂化柴油汽提塔进行升级改造, 采用天然气作为汽提介质。解决了加氢柴油带水外观混浊的问题, 同时改造后柴油的初馏点、5% 馏分温度以及闪点温度均有所下降。本文通过对改造背景和多种方案的选择进行分析, 对其投资情况、运行费用、产品效益等方面做了综合评价, 采用理论研究和实际数据相比较的方法, 以期给炼油企业汽提塔改造成决策工作提供一个全面而科学的参照依据, 帮助企业达到提高经济效益和提高产品质量。

关键词: 加氢裂化; 天然气汽提; 柴油带水; 经济性分析

中图分类号: TE624.4; TE965

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2026) 007-0097-04

Impact of Hydrocracking Diesel Stripping Tower Retrofit on Diesel Quality and Economic Analysis

Wang Jialin (Sinopec Hainan Refining and Chemical Co., Ltd., Yangpu Hainan 578001, China)

Abstract: A certain company upgraded and renovated the hydrocracking diesel stripping tower, using natural gas as the stripping medium. Solved the problem of cloudy appearance of hydrogenated diesel with water, and at the same time, the initial boiling point, 5% fraction temperature, and flash point temperature of the modified diesel have all decreased. This article analyzes the background of the renovation and the selection of multiple plans, and provides a comprehensive evaluation of its investment situation, operating costs, product benefits, and other aspects. By comparing theoretical research with actual data, it aims to provide a comprehensive and scientific reference for the decision-making work of refining enterprises in the transformation of their distillation towers, helping them achieve improved economic benefits and product quality.

Keywords: Hydrocracking; Natural gas stripping; Diesel water carryover; Economic analysis

1 改造背景

某企业加氢裂化系统中, 由于柴油汽提塔 1402C203 采用单一塔蒸汽汽提工艺且柴油成分中含有大量的饱和水, 在国产柴油品质不断提高的情况下, 造成所出产柴油及国 V 标准柴油外观变得越来越浑浊并且含水量逐渐升高, 所以使用者提出拒绝接收。为了降低柴油中的水分含量并确保出口柴油和国 V 标准的柴油满足用户的需求, 决定将塔底的蒸汽汽提工艺改为使用天然气进行汽提, 了解汽提塔改造成型对柴油品质影响及其经济性改变情况, 对炼油企业优化工艺流程和提升经济效益有着十分重要的意义。

2 方案选用

造成柴油带水的主要原因是装置柴油汽提塔原设计采用了蒸汽汽提^[1]。虽然经过多次调整工艺参数, 但柴油产品始终带水。在无能为力的情况下, 想到从工艺改造入手来解决柴油带水的问题。

目前国内柴油脱水的技术主要有工业盐脱水工艺、高效聚结脱水工艺^[2]、真空脱水工艺^[3]和惰性气(本文选用天然气)汽提工艺等。相比前几种脱水工艺而言, 选用天然气汽提工艺仅需增加一条天然气管线接

通原汽提蒸汽管线, 不仅设备简单、操作方便, 还能大大缩减投资成本。经过理论核算, 改用天然气汽提能够有效降低柴油含水量。

3 流程改造说明

柴油汽提塔原始设计流程为: 粗柴油自主分馏塔 1402C202 柴油侧线抽出后进入柴油汽提塔 1402C203, 经过柴油汽提塔底吹入的蒸汽汽提后, 合格的柴油产品由柴油塔底泵 1402P205 抽出, 经过一系列换热流程后送出装置; 塔顶气相混合汽提蒸汽返回主分馏塔 1402C202 后再次参与传质传热。其中的蒸汽最终伙同主分馏塔的汽提蒸汽一起聚集在塔顶经过塔顶冷却器冷凝成液相进入塔顶回罐, 由凝结水泵送出装置^[4]。

2017 年大检修改造增加天然气作为柴油汽提塔汽提介质, 从装置外引进一条天然气管道, 在原汽提蒸汽控制阀前与汽提蒸汽管道碰头。天然气在柴油汽提塔内完成汽提后混合塔顶气相进入主分馏塔再次参与传质传热, 最后从塔顶回流罐顶部气相出口排放到燃料气系统, 可以再次作为加热炉的燃料进行燃烧利用。

表 1 原料油性质数据

日期	密度 20℃	馏程/℃				硫	残碳	总氮
	kg/m ³	HK	30%	70%	终馏点	% (m/m)	% (m/m)	μg/g
3月2日	903.1	296.4	414.1	474.3	542.2	0.865	0.18	983
3月3日	902					0.82		
3月4日	900.4					0.733	0.28	
3月5日	895.1	302.2	409.1	470.8	541.8	0.868	0.16	1132
3月6日	879.3	249.7	400.3	466	541.1	0.812	0.22	968
3月7日	885.8	234.2	396.7	465.2	541.1	0.806		1017
3月8日	893.3	238.7	398.1	467.1	541.1	0.825		962
3月9日	894.6	241.5	397	466.6	541.3	0.82	0.28	948
3月10日	899.6					0.83	0.16	
3月11日								
3月12日	900.9	259	394.2	463	540.7	0.681	0.2	905
3月13日	898.4	265.9	400	466.3	540.5	0.686		929
3月14日	899.3	254	400.5	467.1	541.3	0.783	0.27	1076
3月15日	898.8	267.1	401.7	467.9	541.5	0.769	0.19	1057
3月16日	898.3	251.1	400.8	467.4	541.1	0.874	0.17	1018
3月17日	893.5					0.756	0.19	
3月18日	896.3					0.713	0.15	
3月19日	895	242.8	347	433.1	522	0.84	0.19	999
3月20日	896.1	273	398.6	464.9	540.5	0.802	0.16	944
3月21日	898.2	297.8	407.7	469.5	541.3	0.748	0.17	1086
3月22日	899.9	301.1	409.6	471.9	541.8	0.792	0.21	1043
3月23日	896.2	296.6	411	474	542	0.748	0.2	996

4 操作参数及柴油质量对比

4.1 操作参数变化

4.1.1 原料性质变化

表 1 为柴油汽提塔改用天然气汽提前后的原料油性质数据表。从表中可以看出原料油的密度、馏程以及硫、氮、残碳的含量等性质比较稳定。这对反应部分的稳定操作提供了良好的基础，为研究柴油汽提塔改用天然气汽提后对柴油质量的影响排除了干扰。

4.1.2 柴油汽提塔操作参数变化

表 2 为柴油汽提塔改用天然气汽提前后的操作参数记录表。从表中可以看出柴油汽提塔改用天然气汽提前后的柴油抽出温度以及抽出流量没有明显变化。发生变化的是汽提介质从平均流量为 0.51t/h 的蒸汽变成了平均流量为 0.08t/h 的天然气。

4.2 柴油质量数据对比

4.2.1 柴油水含量变化

改用天然气汽提后，柴油产品外观变得清澈透明，

不再混浊，柴油中水含量明显大幅下降。进一步表明柴油中的水分绝大部分来自汽提蒸汽。

4.2.2 柴油馏程变化

柴油塔改用天然气汽提后，柴油馏程中 HK 和 5% 馏分温度均有明显下降，分别降低了 20℃ 和 15℃ 左右；而 50%、95% 以及 KK 馏分温度都没有明显变化^[5]。这是因为用蒸汽汽提时过热蒸汽含有较高的热量，可以将柴油中的轻质部分更多地带到塔顶的缘故。

4.2.3 柴油闪点变化

柴油塔改用天然气汽提后，柴油的闪点温度大约下降了 20℃ 左右。但是闪点仍远高于工艺卡片指标。这同样是因为用蒸汽汽提时过热蒸汽含有较高的热量，可以将柴油中的轻质部分更多地带到塔顶的缘故。进一步验证了柴油的闪点与油品中的轻质组分含量是密切相关的。

4.2.4 分离精度变化

柴油塔用蒸汽汽提时航煤的 95% 馏分温度一直低

表 2 柴油汽提塔操作参数

日期	柴油抽出温度/℃	柴油抽出量/t/h	汽提流量 t/h
3月2日	267.6	54.9	0.512
3月3日	265.3	55.6	0.505
3月4日	264.7	57.1	0.512
3月5日	266.9	58.4	0.513
3月6日	267.4	59.2	0.512
3月7日	270.1	62.5	0.512
3月8日	270.5	62.2	0.512
3月9日	271.5	57.4	0.511
3月10日	271.7	58.1	0.506
3月11日	271.8	57.4	0.515
3月12日	270.7	57.8	0.515
3月13日	270	55.3	0.513
3月14日	270.7	55.8	0.509
3月15日	269.2	54.8	0.514
3月16日	269.4	54.1	0.511
3月17日	271.6	52.9	0.088
3月18日	271.4	51.4	0.077
3月19日	271.1	52.2	0.079
3月20日	271.4	51.4	0.079
3月21日	272.9	50.6	0.078
3月22日	270.5	50.9	0.077
3月23日	272.7	48.9	0.079

于柴油的 5% 馏分的温度，两者之间处于脱空状态；而改为天然气汽提后航煤的 95% 馏分温度反而高出柴油的 5% 的馏分温度，两者之间开始重叠。这表明柴油汽提塔采用蒸汽汽提时柴油与航煤有较好的分离精度，改为天然气汽提后分离效果变差了。

这主要是因为汽提蒸汽的温度有 280℃ 左右，在汽提塔中不但能起到降低气相分压的效果，还给汽提塔提供热量。天然气进入汽提塔没有经过加热，温度比蒸汽低了很多，柴油的轻质组分被带到塔顶的数量相对少了很多，柴油产品的 KK 及 5% 点温度发生上移^[6]。然而航煤的 95% 点馏分温度在柴油汽提塔改用天然气前后并没有发生变化。改用天然气汽提后航煤的 95% 点同柴油的 5% 点发生重叠交叉，两者的分离精度变差。

5 柴油汽提塔汽提介质改造经济性分析

5.1 投资成本分析

新增一套外天然气进入管道需要完成管道选料、埋设、焊接和防腐处理工作，并且需要将原汽提蒸汽的控制阀之前和蒸汽管道进行碰头对接，其中涉及到管道切割、焊接、耐压试验过程中的装备和人工成本，

为了实现天然气和蒸汽 2 种汽提介质之间的切换控制和参数调整，需要增加天然气流量，压力检测仪表和控制阀以及原有 DCS 控制系统的组态提升以确保系统运行稳定和安全^[7]。鉴于天然气具有易燃易爆的特点需要增加泄漏检测装置，防火防爆设施和安全警示标识并健全应急预案和操作规程以符合安全生产规范的要求总体上讲此次改造为设备局部优化提升，资金投入规模比较可控并在大检修中执行，能够有效地减少停工和施工协调费用。

5.2 运行成本分析

运行成本的差异主要来自于汽提介质在消耗、能源使用和后续处理方面的费用，在计算蒸汽的成本时，必须考虑到锅炉用水、所用燃料的消耗以及蒸汽在传输过程中造成的损失，这使得每单位的蒸汽成本相对较高，而天然气作为一种购买回来的燃料媒介，虽然其价格比工业用的水更高，但是其单耗量却大大降低，两者的消耗成本差可通过以下公式量化：

$$\text{介质成本年节约额} = (\text{蒸汽单耗} \times \text{蒸汽单价} - \text{天然气单耗} \times \text{天然气单价}) \times \text{年运行小时数}$$

从单耗数据对比可知，天然气单耗仅为蒸汽单耗的 15.7%，在常规市场价格体系下，可实现显著的介质消耗成本节约。

经过改造后的天然气以汽提介质形式存在的化学能量可以随着塔顶气相传入燃料气系统中，并最后经加热炉燃烧加以利用达到能量回收目的，同时使柴油产品中水分含量显著降低，降低后续脱水过程能耗和操作成本，没有新增含油污水外排，而天然气则最终传入燃料气系统进行燃烧，避免因蒸汽冷凝水中夹带轻烃组分所带来的资源浪费和环保风险等问题，并降低污水处理及环保监测费用。通过全面测算可知该设备改造后运行成本能够得到显著降低，而且汽提介质单耗降低能够降低介质输送系统维护工作量和备件消耗成本，进一步提高运行经济性。

5.3 产品收益分析

产品收益的改变与柴油产品的品质、组分分配及其随后的处理和应用价值息息相关，在综合考虑到产品在改造之后其特性发生了相应的变化后，发现经过改造的柴油产品不仅外观变得清晰且透明，并且水分含量也有了明显的减少，从而使得产品的品质更加稳定，这样不仅可以降低由于油品模糊或者水中含有过多的成分而造成的顾客抱怨的风险和质量问题所带来的经济损失，而且还可以提高该产品的市场竞争能力，并对产品的定价给予相应的品质支持。另外经过改造的天然气在汽提作用的影响下随同塔顶部气体一同进入燃料供应体系并用作加热炉的燃料进行燃烧，成功

地进行了汽提过程中的能量再利用,这减少了加热炉对外部购买燃料的需求,进而降低了整个设施的燃油成本并提高了资源的利用效能。

6 结论

加氢裂化柴油汽提塔改为天然气汽提后,柴油外观清澈透明,柴油中的水含量下降效果明显,完全达到了改造的预期目标。加氢裂化柴油汽提塔改为天然气汽提后,柴油闪点降低 20℃左右,初馏点降低 20℃左右,5% 馏出点降低 15℃左右,柴油 5% 馏出点降低后与航煤 95% 点重叠度增加,降低了柴油与航煤的分离精度。加氢裂化柴油汽提塔改为天然气汽提后,柴油的密度、腐蚀以及十六烷指数没有变化。从经济角度看,尽管在改造初期要花费一定费用,但是在长期运营期间通过降低能耗、降低维护成本及产品质量提升所产生经济效益来达到收回成本并提高利润,有利于企业增强经济效益与市场竞争力的同时,也促进了产品的质量改善。

参考文献:

[1] 马温亮,宋培丽.加氢精制柴油带水终结方案探

讨——氢气汽提应用 [J]. 现代商贸工业,2010(1):300.

[2] 辛丁业,冯忠伟等.柴油加氢改质装置柴油雾浊原因分析及解决方法 [J]. 石油炼制与化工,2019,50(12):21-26.

[3] 张耘赫,赵森,魏效征.渣油加氢装置汽提塔操作对分馏塔顶腐蚀的影响 [J]. 石油化工应用,2024(08):97-100.

[4] 孙开俊,庄强.加氢装置脱硫化氢汽提塔的腐蚀与对策 [J]. 石油化工腐蚀与防护,2022(04):21-24.

[5] 杨振巍.连续催化重整装置脱烯烃汽提塔方案对比 [J]. 石油炼制与化工,2024(12):77-80.

[6] 雷东海,于洋洋,陈国栋,冯刚鹏,刘冬,石先谋.柴油加氢裂化装置汽提塔改造研究 [J]. 四川化工,2025,28(06):32-35.

[7] 谢慧琦.加氢裂化装置汽提塔事故分析及风险管控 [J]. 广东化工,2020(22):104-105+103.

作者简介:

王佳琳(1987-),男,黑龙江兰西人,毕业于河北工业大学,本科,技师,研究方向:加氢裂化。

