

柴油加氢装置分馏系统技术对比研究

Technical Comparison for the

Distillation section in Diesel Hydrotreating Unit

李义禄 (中海油惠州石化有限公司, 广东 惠州 516086)

Li Yilu (CNOOC Huizhou Petrochemicals Company Limited, Guangdong Huizhou 516086)

摘要: 本文以中海油惠州石化 340 万 t/a 柴油加氢装置的分馏系统进料为基准, 利用模拟软件对双塔方案、单塔方案分别进行计算, 并进行技术对比。计算结果表明, 不考虑石脑油中硫化氢含量影响时, “微湿汽提+重沸炉”单塔方案最优。

关键词: 柴油加氢; 分馏系统; 双塔流程; 单塔流程

Abstract: Basing on CNOOC Huizhou Petrochemicals Company Limited'3400KTA diesel hydrotreating unit, this paper executes technical comparison for two towers process and single tower process according to calculation and practical data. The results show that the optimized single tower process is superior if the naphtha containing hydrogen sulfide can be sent to consequent unit.

Key words: diesel hydrotreating; distillation section; double tower process; single tower process

柴油作为压燃式发动机燃料, 具有良好的燃油经济性和环保性能^[1]。近年来清洁柴油燃料升级步伐加快, 企业面临的市场竞争日益激烈, 柴油加氢工程化技术发展迅猛^[2]。随着柴油加氢精制应用日益广泛, 如何使其投资以及运行成本降低成为工程设计首要考虑因素。

本文以中海油惠州石化 340 万 t/a 柴油加氢装置的分馏系统为研究对象, 利用模拟软件对分馏系统进行模拟, 比较了两种分馏方案的投资及运行成本情况, 并利用标定结果进行了验证。

1 流程简述

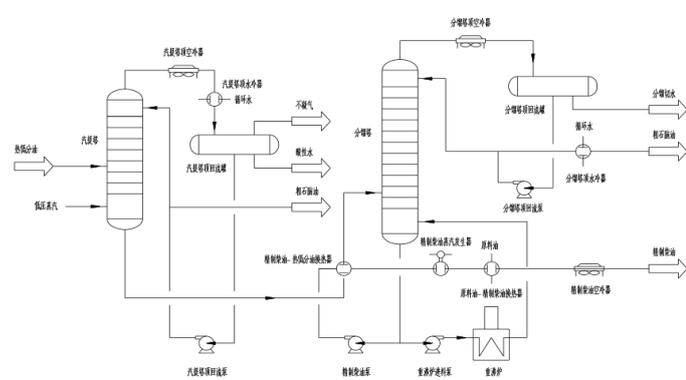


图 1 双塔流程方案

340 万 t/a 柴油加氢装置以直馏柴油为主要原料, 通过加氢脱除原料中的硫氮等杂质, 反应产物通过换热降温、分离后, 油相进入分馏系统, 经过汽提、分馏, 最终柴油产品送至罐区。本文着重分析油相进入分馏系统

的工艺比较, 依据产品的最终用途, 分馏系统主要有双塔流程和单塔流程。

图 1 所示为双塔流程的分馏方案, 低分油送至汽提塔, 经低压蒸汽汽提后, 塔顶气冷却至 40℃, 在塔顶回流罐中进行气、油、水三相分离。汽提塔底油经换热后送至分馏塔, 分馏塔底热源为重沸炉, 塔顶气相冷凝后送入塔顶回流罐中进行油、水分离, 石脑油一部分回流, 另一部分冷却至 40℃送出装置, 塔底柴油产品经换热器、空冷器冷却至 50℃送至罐区。

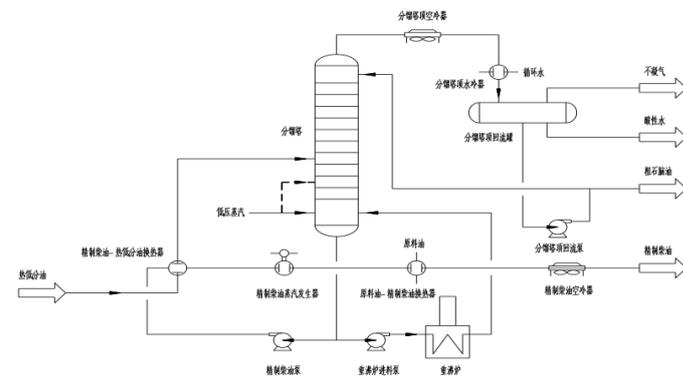


图 2 单塔流程方案

图 2 为单塔流程的分馏方案, 来自反应部分的低分油经与柴油产品换热后送至分馏塔, 塔底热源为重沸炉, 塔顶气相经空冷器和水冷器冷却至 40℃, 在塔顶回流罐中进行气、油、水三相分离。不凝气送至下游装置; 粗石脑油一部分回流, 另一部分送至下游装置。塔底精制

柴油经换热器、空冷器冷却至 50℃送至罐区。

2 方案对比分析

应用流程模拟软件进行计算，在装置不生产稳定石脑油的情况下，单塔流程可以满足柴油产品质量要求，其优点是装置投资低、运行能耗低，但对操作要求较苛刻，有柴油产品铜片腐蚀不合格的风险，通常的解决方案是在塔底通入蒸汽，来降低塔内油气分压，脱除精制柴油中的硫化氢组分，但缺点会使柴油产品带水。为了更好的解决上述问题，既满足产品质量要求，又达到节能降耗的目的，经讨论研究将汽提蒸汽进入分馏塔的位置上移至分馏塔中下部，图 2 虚线部分为优化流程，简称该优化方案为“微湿汽提 + 重沸炉”方案，表 1 为流程模拟软件计算结果。

表 1 汽提蒸汽进料塔位置分析

项目		数据			
分馏塔主要操作条件	蒸汽量, t/h	1.0			
	塔压, MPaG	0.25			
	进料温度, °C	280			
	塔底温度, °C	300			
	塔底蒸汽量, t/h	1			
柴油质量	进料板位置	塔底	塔底 -3	塔底 -10	塔底 -12
	闪点, °C	< 60	< 60	< 60	< 60
	H ₂ S 含量, ppmw	2.0*10 ⁻¹³	8.0*10 ⁻⁸	2.0*10 ⁻⁶	1.2*10 ⁻³
	H ₂ O 含量, ppmw	202	153	143	140
	重沸炉负荷	能耗, kW	8748	8318	8270
塔顶负荷	能耗, kW	7155	6467	6379	6347

由计算结果可以看出，汽提蒸汽在塔底上第 10 块进料板位置时产品 H₂S 满足要求，同时能耗最低，因此选择该塔板作为蒸汽最优进料位置。

表 2 二种方案对比

项目		汽提 + 分馏双塔方案	微湿汽提 + 重沸炉方案
主要设备	产品分馏塔, 台	1	1
	硫化氢汽提塔, 台	1	0
	汽提塔顶回流罐, 台	1	0
	汽提塔顶空冷器, 台	2	0
	汽提塔顶水冷器, 台	2	0
汽提塔主要操作条件	汽提塔顶回流泵, 台	2	0
	塔压, MPaG	0.85	-
	塔顶温度, °C	152	-
	进料温度, °C	280	-
	塔底温度, °C	276	-
分馏塔主要操作条件	塔底蒸汽量, t/h	4.2	-
	塔压, MPaG	0.3	0.25
	塔顶温度, °C	163	156
	进料温度, °C	310	280
	塔底温度, °C	327	300
柴油质量	塔底蒸汽量, t/h	0	1
	闪点, °C	< 60	< 60
	H ₂ S 含量, ppmw	2.20E-08	1.25E-13
总体能耗	H ₂ O 含量, ppmw	2.00E-04	1.76E-04
	能耗, kg 标油 /t	4.83	4.19

将“微湿汽提 + 重沸炉”的单塔汽提方案与双塔方案在设备投资和能耗上作简单对比分析，见表 2。

如表 2 所示，单塔流程相对于双塔流程减少一个汽提塔以及辅助设备（塔顶回流罐、空冷器、水冷器回流泵等），投资可以减少约 500 万人民币。在柴油产品均满足国 V 标准条件，且水含量几乎相等情况下，单塔流程比双塔流程能耗低 0.64kg 标油 /t，按照柴油加氢装置 100% 负荷（年加工量为 340 万 t）、每千克标油按照 3.5 元人民币计算，每年可节约 761.6 万元人民币。

3 实施效果

该装置于 2017 年 9 月 29 日首次开车成功，2018 年 9 月 4 日 ~7 日进行了标定，标定结果显示各项参数符合设计要求且部分高于设计要求，装置能耗低，产品指标满足国 V 要求，综合性能获得一致好评，具体产品标定实测数据如表 3 所示。

表 3 产品标定实测数据

参数名称	时间	2018/9/04	2018/9/05	2018/9/06	2018/9/07
		16:00:00	16:00:00	16:00:00	10:00:00
精制柴油闪点, °C		62	66	66	61
精制柴油铜片腐蚀		1a	1a	1a	1a
精制柴油含水量, ppm		73	113	89	75

表 4 同类装置能耗对比表

应用单位	装置规模, 万 t/a	分馏系统流程	产品性质	标定能耗, kgEO/t
惠州石化	340	单塔（微湿汽提 + 重沸炉）	国 V 柴油	4.33（透平未投用）
国内某装置	375	双塔	国 V 柴油	4.79

惠州石化 340 万 t/a 柴油加氢装置与同类装置相比，分馏系统采用单塔“微湿汽提 + 重沸炉”方案，运行能耗更低，在液力透平未投用的情况下每加工 1t 原料可以降低 0.46 kgEO/t 能耗。

4 结论

①在不出稳定石脑油的情况下，分馏系统采用单塔（汽提 + 重沸）流程，装置柴油产品完全满足国 V 质量要求；

②与双塔流程相比，经优化的“微湿汽提 + 重沸炉”单塔汽提流程在装置投资和节省能耗都有优势；

③经优化的单塔流程符合当今社会节能减排、环保增效的社会发展目标和当今企业的发展趋势，具有巨大的社会效益。

参考文献:

- [1] 徐明春, 杨朝合. 石油炼制工程 (第四版) [M]. 北京: 石油工业出版社, 2009.
- [2] 李立权. 柴油加氢技术的工程化发展方向 [J]. 炼油技术与工程, 2015, 45(6): 1-6.