

延迟焦化装置开工焦炭塔快速预热的探索及经济效益分析

马海彬 (中海油惠州石化有限公司, 广东 惠州 516086)

摘要: 介绍中海油惠州石化有限公司 420 万 t/a 延迟焦化装置概况, 焦炭塔预热温度满足切换条件是开工阶段最关键的环节, 常规的预热方式带来了诸多缺陷, 探索新的焦炭塔预热方式以及实践, 总结开工阶段焦炭塔新预热方式的实施效果。

关键词: 延迟焦化; 开工焦炭塔; 快速预热; 实施效果; 经济效益

中图分类号: TE624.3 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 030-0049-03

Exploration and Economic Benefit Analysis of Rapid Preheating of Coking Tower in Delay coking Unit

Ma Haibin (CNOOC Huizhou Petrochemical Co., LTD., Huizhou Guangdong 516086, China)

Abstract: This article introduces the overview of the 4.2 million tons/year delayed coking unit of CNOOC Huizhou Petrochemical Company. The preheating temperature of the coke tower that meets the switching conditions is the most critical link in the startup phase. Conventional preheating methods have brought many defects, and new preheating methods for the coke tower are explored and practiced, summarizing the implementation effects of the new preheating methods during the startup phase.

Key words: delayed coking; coke tower operation; rapid preheating; implementation effect; economic benefit

1 装置概述

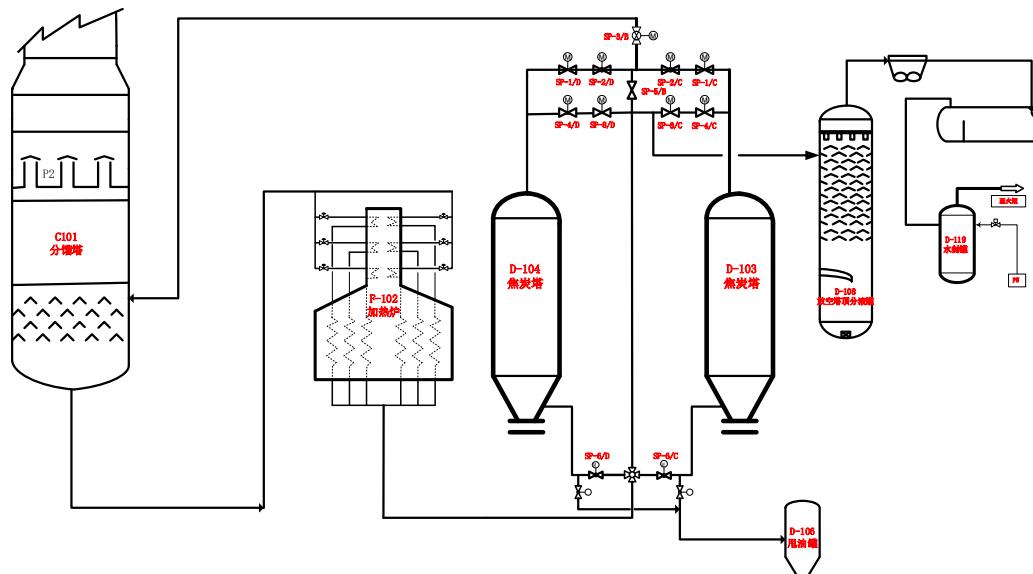
中海油惠州石化有限公司 420 万 t/a 延迟焦化装置引进美国 Foster Wheeler (简称 FW) 公司工艺包, 由中国石化工程建设有限公司 (SEI) 承担基础设计和详细设计, 中国石油天然气第一建设公司 (中油一建) 建设。装置占地面积 45205 m², 于 2006 年 4 月破土开工, 2008 年 11 月机械竣工, 2009 年 4 月 18 日首次开工成功。

采用两炉四塔大型化工艺路线, 生焦周期为 18h, 循环比为 0.3。装置设计年开工时间为 8400h, 操作弹性为设计原料进料量的 60% ~ 110%。装置由

加热炉焦炭塔系统、分馏系统、放空系统、吸收稳定系统、216 罐区和公用工程几部分组成, 设计原料为蓬莱 19-3 减压渣油, 目前实际的原料包括减压渣油、减四线蜡油和催化油浆等, 同时兼顾加工轻重污油、污泥, 主要产品为干气、液化气、汽油、柴油、蜡油、重蜡油、焦炭等。

2 开工阶段焦炭塔预热的重要性

焦化装置检修结束后, 随着仪表调试完成、系统试压合格, 进入燃料气充压、柴油油运、蜡油油运、焦炭塔预热等开工准备阶段, 当四通阀切换至准备好的焦炭塔时, 装置进入生产阶段, 其中, 焦炭塔预



热是焦化装置开工最为重要的准备阶段。没有达到预热温度的焦炭塔是不能切至生产的，如果直接切换会导致焦炭塔因高温进料、静密封失效而泄露着火。直接进料的焦炭塔会造成顶盖机、底盖机等大型设备的损坏。焦炭塔从常温直接到500℃进料的反应温度会造成焦炭塔支撑构件、进料管线、油气管线、安全附件等相关设备因巨大应力而形成破坏性损伤，同时会导致塔内壁热应力损伤、材质劣化、衬里或隔热层损坏、蠕变变形等多种损伤机制。焦炭塔塔壁温度高于260℃，锥体温度不低于240℃，才能进料生产。

3 开工阶段焦炭塔常规预热方式与缺陷

开工过程中蜡油350℃恒温循环阶段，焦炭塔常规预热是倒引油气进入焦炭塔，预热速度为10℃-15℃/h，详见常规预热流程图（见图1）。

3.1 焦炭塔引油气预热

作为开工焦炭塔仪表安装、调试完成，特阀安装、调试完成，顶盖机、底盖机调试完成，顺序控制系统调试完成，试压合格。当加热炉出口350℃升温循环时，开工焦炭塔倒引开工线油气开始预热，焦炭塔吸热后产生的冷凝油通过甩油罐外送至重污油罐。为建立油气循环甩油罐顶气相进入分馏塔进料油气的下部。

3.2 加快预热速度采取的措施

由于350℃蜡油汽化量不足，提高加热炉注水量，增大焦炭塔预热所需的油气量。甩油罐顶气相由分馏塔改至放空塔，用以增大焦炭塔顶、底部的压差，增大油气循环。提高加热炉出口温度至370℃，增加蜡油组分汽化量，提高焦炭塔的预热速度。关闭油气出口的环阀，更多油气进入预热焦炭塔。放掉水封罐内的存水，放空系统直接与火炬系统连接，进一步降低

焦炭塔背压，以提高焦炭塔的预热速度。

3.3 常规油气预热存在的缺陷

常规焦炭塔预热方式为倒引油气，提高预热速度多次变动流程，使得操作难度大、风险大。常规油气预热时间长达16h以上，才能满足焦炭塔切至生产的要求。常规焦炭塔油气预热产生的甩油外送至污油罐区，产生大量污油；损失的这部分蜡油需要从装置外补充进来，用以平衡开工蜡油循环。增加加热炉注水量，使得甩油带水，甩油泵易抽空。不断提高加热炉出口温度，分馏塔底温度过高，会导致加热炉进料泵抽空。甩油罐顶气相由分馏塔改至放空塔，再通过水封罐直连火炬系统，以及关闭油气出口的环阀，虽然增大了焦炭塔前后的压差，提高油气循环量，同时也将开工循环油带入焦炭塔，使得开工循环油大量损失。油气直接放火炬造成经济损失，增加了火炬系统的负荷。

4 开工焦炭塔快速预热的探索

惠州石化延迟焦化装置检修期间将加热炉进料总分支的1.0MPa吹扫蒸汽更新为3.5MPa蒸汽，用于加热炉吹扫、预热、试压，同时也可用于开工焦炭塔的预热。

处在开工阶段的焦化装置开始油运时，选择一台加热炉参与油运，另一台加热炉用于开工焦炭塔的预热。开工焦炭塔预热前，对应加热炉的长明灯全部点燃，炉管管壁温度达到100℃以上，开始引3.5MPa蒸汽进入炉管，直到已经试压合格的开工焦炭塔。为防止水击，初期阶段开工焦炭塔打开放水阀，保持疏水。加热炉炉管试压合格，将炉管内的蒸汽全部输送到开工焦炭塔，开始3.5MPa蒸汽预热，焦炭塔顶部至放空塔建立蒸汽循环。加热炉点燃部分主火嘴，将炉出

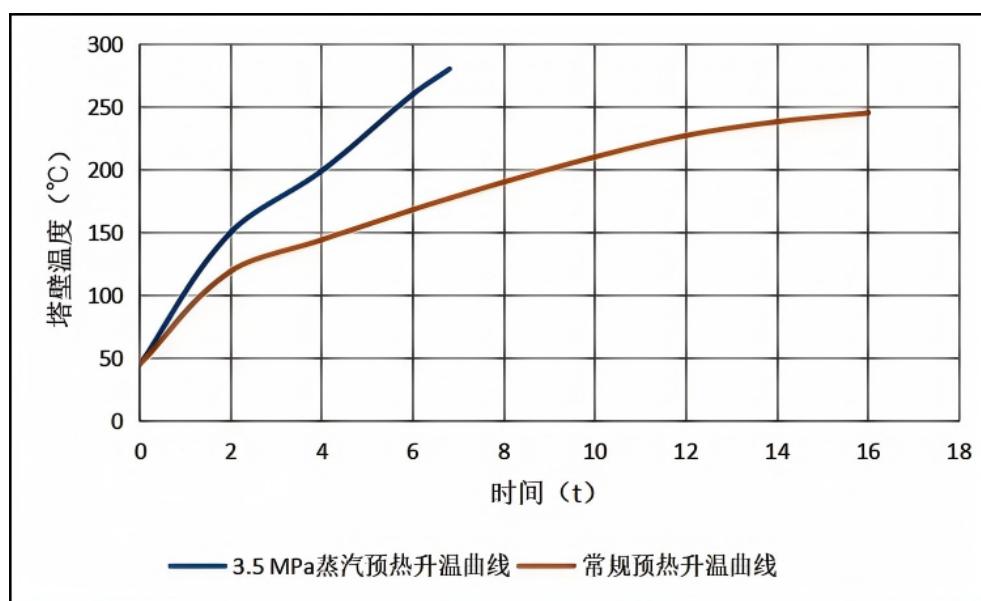


图2

表 1

预热方式名称	燃料气	3.5MPa 蒸汽	污油	补充开工蜡油	火炬气	电	合计
常规油气预热	15.1 万元	7.7 万元	32.5 万元	150.7 万元	3.4 万元	5.1 万元	214.5 万元
3.5MPa 蒸汽预热	1.2 万元	4.4 万元	-	-	-	2.1 万元	7.7 万元
节省费用 206.8 万元							

口温度升至 400℃，以提高焦炭塔的预热速度。提高 3.5MPa 蒸汽用量，以提高焦炭塔的预热速度。利用放空塔入口压控阀控制焦炭塔压力，控制焦炭塔的预热速度。被焦炭塔吸收热量的剩余蒸汽通过放空塔空冷冷却后，进入放空塔顶分液罐，用于分液罐的水循环。当焦炭塔已满足切换生产的条件，停止 3.5MPa 蒸汽预热，加热炉引分馏塔底油建立循环，焦炭塔改正常预热流程，做好切换的准备。加热炉出口温度升至 400℃时，按常规操作切换至焦炭塔生产。

5 实施效果

采用 3.5MPa 蒸汽预热开工焦炭塔，预热时间由原来的 16h 降低至 6.5h，缩短了开工周期；开工焦炭塔用 3.5MPa 蒸汽预热相比于常规预热流程简单，操作风险小，节省 9.5h 开工周期。详见对比图（图 2）。

常规开工焦炭塔预热污油产量 320t（累积量），放火炬 15h 累计 1.2Wm³，3.5MPa 蒸汽预热开工焦炭塔实现零污油、零放火炬。

经济效益显著（计算数据来自于累计值和成本核算）：

5.1 计算焦炭塔常规预热产生的消耗与价值

①燃料气消耗与价值。常规开工焦炭塔预热加热炉需点主火嘴 20 台/路，六路进料需点火 120 台，每小时消耗燃料气：550Nm³/h × 6=3300Nm³/h，16h 预热时间燃料气的消耗与价值：(3300Nm³/h × 16) 52800Nm³ × 0.839kg/Nm³ × 3411 元/t=15.1 万元。

②3.5MPa 蒸汽消耗与价值。惠州石化焦化装置开工过程中，蜡油循环 350℃恒温阶段，压缩机已经开始启运，每小时所用蒸汽量 22t/h，压缩机 16h 3.5MPa 蒸汽的消耗与价值：22t/h × 16 × 218 元/t=7.7 万元。

③电量消耗与价值。16h 预热时间电量的消耗与价值：5536 度 × 16 × 0.58 元/度=5.1 万元。

④污油产量与价值。16h 预热时间产生的污油 320t（累计），污油价值计算：320t × 1100 元/t=35.2 万元。⑤补充开工蜡油用量与价值。补充 320t 开工蜡油价值计算：320t × 4710 元/t=150.7 万元。⑥火炬气排放与价值。焦炭塔常规预热 15h 放火炬 12000m³（累计），计算价值：12000m³ × 0.839kg/Nm³ × 3411 元/t=3.4 万元。

5.2 计算焦炭塔 3.5MPa 蒸汽预热产生的消耗与价值

①3.5MPa 蒸汽消耗与价值。预热开工焦炭塔的

3.5MPa 蒸汽用量 8t/h-10t/h，平均值为 9t/h，6.5h 焦炭塔预热时间计算价值：9t/h × 6.5 × 218 元/t=1.3 万元。焦化装置开工过程中，蜡油循环 350℃恒温阶段，压缩机已经开始启运，压缩机 6.5h 3.5MPa 蒸汽消耗与价值：22t/h × 6.5 × 218 元/t=3.1 万元。3.5MPa 蒸汽费用合计为：1.3 + 3.1=4.4 万元。②燃料气消耗与价值。开工焦炭塔用 3.5MPa 蒸汽预热时加热炉需点主火嘴 4 台/路，六路进料需点火 24 台，每小时消耗燃料气：110Nm³/h × 6=660Nm³/h，6.5h 预热时间燃料气的消耗与价值：(660Nm³/h × 6.5) × 0.839kg/Nm³ × 3411 元/t=1.2 万元。③电量消耗与价值。6.5h 预热时间电量的消耗与价值：5536 度 × 6.5 × 0.58 元/度=2.1 万元。

5.3 两种预热方式所产生的经济消耗对比表（见表 1）

在除氧水、软化水、循环水、生产用水、净化风、工业用风等消耗不参与计算的情况下，焦炭塔 3.5MPa 蒸汽预热相比于焦炭塔常规预热可以增加经济效益 206.8 万元。

6 结论

延迟焦化装置开工阶段焦炭塔预热一直是困扰我们的难题，常规预热焦炭塔耗时长，污油产量大，经济损失严重。采用 3.5MPa 蒸汽预热开工焦炭塔不但实现零污油、零放火炬，而且降低操作风险，减少因焦炭塔预热不均匀产生的应力破坏，增加经济效益 206.8 万元，同时延迟焦化装置开工周期的缩短，为全厂提前 9.5h 投入生产创造了巨大的经济价值。新的开工焦炭塔预热方式开辟了一条技术创新之路，值得炼油行业推广。

参考文献：

- [1] 寇荣魁, 赵昊宇, 王蒙. 延迟焦化装置焦炭塔进料管线焊缝开裂原因分析及对策 [J]. 石化技术, 2025(4).
- [2] 张飙, 韦勇任. 延迟焦化装置长周期运行的影响因素及应对措施 [J]. 山东化工, 2025(11).
- [3] 刘健, 王红涛, 孙士可. 延迟焦化装置焦炭塔预热过程优化研究 [J]. 炼油技术与工程, 2021, 51(8):12-15.
- [4] 李出和, 乔凯. 延迟焦化装置焦炭塔的预热及操作优化 [J]. 化工设计通讯, 2020, 46(4):34-35.
- [5] 张铁, 刘初春. 延迟焦化装置焦炭塔生焦操作与安全联锁的优化 [J]. 石油炼制与化工, 2019, 50(7):86-90.