

蜡油加氢精制与加氢裂化项目的技术经济分析

乔永明 刘发电 谢明明 (山东科谷介观科技有限公司, 山东 东营 257300)

摘要: 伴随着我国经济社会的飞速发展, 石油化工行业亦步亦趋地迈向了前所未有的发展壮阶。在这一领域之中, 特别是加氢裂化与加氢精制这两项核心技术, 成为行业发展的热门焦点。这些技术的发展与应用, 得益于科学技术的不断进步与创新。针对 2020 年本企业提出的将其加工能力扩增至每年 450 万吨原油的规划, 本研究深入探讨了采纳蜡油加氢精制与蜡油加氢裂化这两种处理技术的可行性。通过综合考量企业当前的基本状况、投资与经济效益评估、石油市场价格变动以及企业长远发展策略等因素, 得出了一个结论: 对于拓展其二次加工能力, 蜡油加氢裂化技术显得更加符合需求。

关键词: 蜡油加氢; 精制; 裂化; 技术; 经济

在石油化工生产的各个环节中, 加氢裂化与加氢精制工艺技术的深度融合研究被越来越多的化工企业所重视。这种重视不仅源于对技术创新的追求, 更在于这种组合工艺能够显著提升石油精炼的效率与效果, 从而为企业带来更为丰厚的经济收益。目前, 本企业在原油处理领域的初始能力为年处理 400 万吨, 且计划在 2005 年增加至年处理 450 万吨。这一增长带来的挑战之一是决定其二级加工设施的技术路线: 是倾向于蜡油加氢精炼技术还是加氢裂化技术。这一选择问题位于企业发展战略的核心位置。文章基于我国加入世界贸易组织 (WTO) 后石化行业所面临的新环境和机遇, 同时考虑到确保加工流程整体平衡的需求, 进行了这两种技术路线的经济和技术对比研究。

1 加氢精制与加氢裂化方案对比分析

1.1 基本条件分析

企业目前拥有的原油处理初级能力是每年 400 万吨, 其对重质油的进一步处理主要依赖于催化裂解和延迟焦化技术。针对提升最终产品品质和增加轻质油产出的目标, 目前正着手于建设催化重整和柴油加氢精炼的新设施, 同时对已有的焦化设备进行升级, 旨在消除生产过程中的限制因素。预计这些工程将在 2025 年 11 月全部完成, 届时将极大提高企业的整体运营能力, 确保其产品质量达到或超过中国石化目前的标准。考虑到原油供应状况和上级企业的战略布局, 本研究以年加工 360 万吨原油为基准进行分析。基于这些分析, 认为将企业的产能定位于每年加工 450 万吨原油是一个较为合理的策略。

1.2 方案介绍

1.2.1 装置生产量对比

该炼油过程包含多个工序, 如常减压、常压操作、

重油和联合催化处理、焦化, 及 60 万吨和 80 万吨的加氢精炼等。还计划引入蜡油加氢工艺, 并研究了加氢精炼与加氢裂化技术。常减压和常压操作分别稳定处理 250 万吨和 110 万吨原油。重油和联合催化的处理量固定在 270 万吨和 180 万吨。焦化处理量有小幅变化。60 万吨加氢精炼稳定处理 80 万吨原油。重整工序处理量有轻微波动。对于 80 万吨加氢精炼和蜡油加氢, 不同方案下的处理量有所不同, 如基本操作下分别为 56.22 万吨和 58.57 万吨, 而在其他方案中有所调整。在基础加氢精炼与裂化方案中, 原油处理量设为特定数值, 并在其他方案中有所调整。

1.2.2 主要产品产量

基础、加氢精化与加氢裂化三种不同配置下可以观察到各种产品的产量各有升降。汽油输出从基础设置的 111.43 万吨轻微上升至加氢精化的 113.73 万吨, 接着在加氢裂化处理中略降到 113.53 万吨。溶剂油的输出量在三种配置中均稳定为 2.17 万吨。灯油在各配置下产量一致, 维持在 9.05 万吨。对于航空煤油, 其输出从初始的 5.21 万吨增加到 9.26 万吨。柴油输出在基础配置为 148.17 万吨, 经过加氢精化处理增至 189.94 万吨, 而在加氢裂化过程中进一步提高至 204.41 万吨。硫黄的产出从基础的 1.2 万吨增至加氢精化的 2.02 万吨, 然后在加氢裂化中稍减至 1.85 万吨。焦炭输出在基础配置为 19.3 万吨, 加氢处理后稳定在 26 万吨附近。液态烃的输出则从基础的 30.34 万吨, 通过加氢精化上升到 32.29 万吨, 加氢裂化后微增至 32.95 万吨。

1.3 一般对比

1.3.1 工艺

在进行蜡油加氢精制时, 目标是清除原油中的硫、

氮、氧和金属等不希望的成分，进而增强油品的整体品质。此过程主产物包括轻石脑油、柴油及尾油，其中柴油与尾油的产出比重分别是约 8.2% 与 88%。另一方面，蜡油加氢裂化融合了催化加氢和催化裂化两个过程，生成的主要产品涵盖轻、重石脑油、柴油及尾油，其中柴油和尾油的产出比例大概为 42% 和 34%。

针对加氢精炼配置，需要将大量尾油输送至催化处理装置，而与裂化配置相比，在处理同等量原油的情况下，后者的重催处理需求增加约 20 万吨 / 年，故需对两套重催化系统执行技术更新。在裂化配置中，主要的产物为柴油，尾油同样被引入催化处理流程，现行的重催化处理能力已充分满足裂化过程的需求。

1.3.2 产品质量

蜡油经过加氢精制和加氢裂化处理后的柴油产品质量比较的概览：关于硫含量，经过精制处理的柴油含硫量是 4×10^{-4} ，而经过裂化处理的柴油含硫量进一步降低到 3×10^{-6} ；在十六烷值，即柴油的燃烧性能指标上，精制柴油的值为 40，裂化柴油则提高到了 56；对于氮含量，精制过程中柴油的总氮为 767×10^{-6} ，裂化过程能够将氮含量大幅减少至少于 1×10^{-6} 。

1.3.3 操作费用

加氢处理设施，特别是加氢裂化系统，在运行过程中的成本相对较为昂贵。这种成本差异主要由装置

的折旧费用、维护开销、催化剂消耗、能量使用及其他辅助物料消耗等因素造成。当对比加氢精炼项目与加氢裂化项目的成本时，发现加氢精炼的年度平均每吨处理费用约为 157 元，而加氢裂化项目的相应费用则为 169 元。这表明，加氢裂化过程相较于精炼过程，其每吨原料的加工成本更高，具体高出了 7.6%。

1.3.4 汽柴比

在蜡油加工过程中，通过加氢精制技术的柴油产出比例为 8.2%，相较之下，加氢裂化技术能够将柴油产出比例提高到 42%。这两种技术方案下的柴油与汽油的比值分别达到了 1.671 : 1 和 1.81 : 1。这表明，通过实施加氢裂化技术，企业有能力每年额外生产大约 14.5 万吨柴油，以更有效地适应汽车市场对柴油不断增长的需求。

3 加氢精制与加氢裂化投资效益对比分析

为确保加氢精制与加氢裂化策略比较的公平性，设定两者年处理原油量均为 450 万吨。采用不同来源原油的到厂价格作为基准，通过市场对接成品油价格来确定产品估价，并利用比较分析法评估两方案的投资回报和潜在效益。

3.1 评价结果

在加氢精制计划中，总投资额约为 3.76 亿人民币，建设成本占此数的 3.49 亿人民币，其间的利息支出为 1,265 万人民币，且预留了 1,500 万人民币作为流动资

表 1：两种方案对比

项目指标	加氢精制方案	加氢裂化方案
总投资（万元）	37,621	49,453
建设投资（万元）	34,857	46,057
建设期利息（万元）	1,265	1,897
流动资金（万元）	1,500	1,500
销售收入（万元）	210,132	251,787
总成本（万元）	196,550	222,629
销售税金（万元）	9,478	15,140
所得税（万元）	1,354	4,626
税后利润（万元）	2,750	9,392
净现值（万元）	-790	24,711
财务内部收益率（税后）%	11.53	22.21
财务内部收益率（税前）%	15.36	30.20
投资回收期（年，税后、静态）	7.51	4.80
正常年单位加工费（元 / t）	157.44	169.31
占用资本回报率（%）	8.02	13.98

金。这个方案预计能带来 2.1 亿人民币的年销售额，而年度总开支预计为 1.97 亿人民币，包括约 947.8 万人民币的销售税费和 1,354 万人民币的所得税，从而实现 2,750 万人民币的税后年利润。项目的净现值 (NPV) 为负 790 万人民币，税后财务内部收益率 (IRR) 为 11.53%，税前为 15.36%，静态基础上的税后投资回收期约为 7.51 年。

对比之下，加氢裂化计划的总投资高达 4.95 亿人民币，其中建设成本为 4.61 亿人民币，其间利息支出为 1,897 万人民币，流动资金同样设定为 1,500 万人民币。该方案预计年销售收入为 2.52 亿人民币，年度总成本为 2.23 亿人民币，含销售税费约 1.51 亿人民币和 4,626 万人民币的所得税，最终能够实现 9,392 万人民币的税后年利润，且净现值提高到 2.47 亿人民币。此方案的税后财务内部收益率达到 22.21%，税前达到 30.20%，其静态基础上的税后投资回收期缩短至 4.80 年。

在两种方案中，年度单位加工费用分别是 157.44 元 / 吨和 169.31 元 / 吨。从资本回报率来看，加氢裂化方案以 13.98% 的比率超越了加氢精制方案的 8.02%（详情见表 1）。

3.2 效益分析

3.2.1 投资效益

在企业，尽管已经建立了较为全面的炼油流程，面对原油加工量增至年 450 万吨的目标时，某些生产限制仍旧显现。特别是在催化处理能力受限以及焦化处理能力扩增至年度 100 万吨之后，额外的蜡油处理成为新的挑战。若选择前进加氢精制项目路径，还需对既有设备进行相应的升级改动，这一决策会使得项目的初始资金需求有所上升。总体上，比起加氢精制项目，加氢裂化项目所需的资金投入额外增加约 1.2 亿人民币。

3.2.2 经济效益

在评估加氢精制与加氢裂化两种项目时，以下经济指标的对比分析揭示了它们的财务表现差异（见表二）：

表 2：两组方案财务差异

指标	加氢精制方案	加氢裂化方案
内部收益率（税后）	11.53%	22.21%
税后利润（万元）	2,750	9,392

3.2.3 柴油收益效益影响

在保持经济分析的其他变量不变的前提下，只将柴油销售价格提升 5%，分析显示加氢精炼项目的内

部收益率达到了 19.36%，而加氢裂化项目的内部收益率则上升到了 30.7%。这表明，在一个将高品质柴油以更高价格出售的市场环境中，投资于加氢裂化项目将获得更为显著的经济收益。

3.2.4 原油价格方案影响

在条件下只对原油价格上涨 5% 而其他因素保持不变的情况下进行的估算显示，加氢精炼项目的税后利润出现下滑至 -3,419 万元；反观加氢裂化项目，其税后利润能够保持在正值，达到 2,512 万元。这种对比反映出，在原油价格上调的情况下，加氢精炼项目相比加氢裂化项目更容易受到负面影响，暴露了其相对较弱的抵御原油价格波动的能力。

4 结语

在权衡加氢精制与加氢裂化策略时，关键在于全面评估加工流程、产品品质、融资能力及经济效益。尽管加氢裂化的初投资比精制多出约 1.2 亿，但其对应处理 450 万至 500 万吨原油的能力显著，而加氢精制初期成本低，面对未来严格的产品标准和环保规定时，却可能需额外改造，增加不确定性。加氢裂化在提高优质柴油产量、满足技术标准及中国石化期望方面表现突出，且具备生产灵活性，能生产更多高品质航空煤油及增值产品。因此，加氢裂化项目更契合企业的长期发展战略，其经济效益和市场适应性的优势明显。

参考文献：

- [1] 李可发, 彭东庆, 白振民. 提高原料适应性的加氢裂化预处理催化剂级配研究 [J]. 当代化工, 2022, 51(06): 1384-1387.
- [2] 练弢, 练泽平, 毛存彪, 张爱萍, 肖寒. 催化裂化柴油掺炼重整芳烃油加氢精制与加氢裂化试验研究 [J]. 工业催化, 2022, 30(05): 44-49.
- [3] 韩飞. RN-32/RHC-1 催化剂在加氢裂化装置的应用 [J]. 石化技术, 2022, 29(04): 253-254.
- [4] 孙建怀. 分子筛型加氢裂化催化剂不注氮预硫化新技术应用 [J]. 现代化工, 2022, 42(01): 226-229.
- [5] 张雯惠, 华睿, 齐随涛. 低温费托合成蜡油加氢裂化精制技术的研究进展 [J]. 化工进展, 2021, 40(S1): 81-87.
- [6] 阎凯. 渣油加氢装置单系列开停工优化 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2023, 43(24): 151-153.

作者简介：

乔永明 (1991-)，汉族，男，山东省潍坊市，专科，2014 年毕业于：滨州学院，职称：无，研究方向：化工工程。