

乙烯装置工艺技术优化及经济效益分析

陈如学 (中国石化海南炼油化工有限公司, 海南 洋浦 578101)

摘要: 近年来, 乙烯装置工艺技术的优化已成为业内普遍关注的焦点, 随着科技的不断进步, 对环保的要求也越来越严格, 提高生产效率、降低成本、增强市场竞争力, 目前乙烯装置在现代化工行业应用较为普遍, 其工艺技术的优化至关重要。本文通过对现有乙烯装置工艺技术不足的分析, 提出有针对性的优化策略, 并对优化后的经济效益进行详细分析, 为乙烯生产企业的经济发展奠定了基础, 提高生产乙烯装置的工艺技术。

关键词: 乙烯装置; 工艺技术优化; 经济效益

中图分类号: TQ221.21

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 020-0049-03

Technology optimization and economic benefit analysis of ethylene plant

Chen Ruxue (Sinopec Hainan Refining & Chemical Co., LTD., Yangpu Hainan 578101, China)

Abstract: in recent years, the optimization of ethylene plant technology has become the focus of the industry, with the progress of science and technology, the requirement of environmental protection is more and more strict, improve production efficiency, reduce cost, enhance market competitiveness, the ethylene plant application in modern chemical industry, the technology optimization is very important. Through the analysis of the process technology insufficiency of the existing ethylene plant, the targeted optimization strategy is put forward, and the optimized economic benefits are analyzed in detail, which lays a foundation for the economic development of ethylene production enterprises and improves the process technology of ethylene production plant.

Key words: ethylene plant; process technology optimization; economic benefit

作为石油和化工行业关键的基础原料, 乙烯在现代工业中占有举足轻重的地位, 在塑料、橡胶、纤维等众多领域都得到了广泛的乙烯的生产、乙烯销售市场需求随全球经济发展而不断增长。但目前乙烯装置面临的问题是原料成本不断上涨, 能耗居高不下, 生产效率亟待改善, 优化乙烯装置工艺技术, 不仅使乙烯生产质量和产量得到提高, 而且使企业经济效益明显提高, 在国际市场上竞争能力得到增强, 对石化产业的优质发展起到了促进作用。

1 乙烯装置现有工艺技术概述

1.1 主要工艺流程

乙烯装置工艺主要分为管式炉裂解和催化裂解工艺技术, 目前的乙烯装置多采用以原料预处理、裂解反应、产物分离等环节为主, 具有一定成熟性和经济性的管式炉裂解工艺。管式炉裂解工艺是原料先经预处理除去杂质和水分, 再进入石脑油、轻柴油等管式裂解炉, 在高温 750–900℃、短暂停留的条件下, 经裂解反应生成乙烯、丙烯、丁二烯等制品及其他副产物, 通过一系列精馏塔和分离设备将各组分逐个分离提纯, 经过急冷、压缩后, 裂解产物进入分离系统。

1.2 乙烯装置现行工艺技术存在的问题

①能源消耗过高。管式炉裂解环节需要大量热量来维持高温反应环境, 这使得耗油量非常大, 能源成本中所占比例相当高, 装置各环节的能源利用效率仍需提高, 存在能源浪费的情况, 因此, 在高温反应环

境下, 该环节需要进行乙烯生产中的裂解反应, 需要大量的燃料才能发热。虽然裂解炉设有热能回收系统, 但仍有许多热能因设计及操作所限而未能有效回收, 一些设备的老化使得热交换效率下降, 再加上缺乏保养和维护, 就造成了能源的浪费^[1]。②原料适应性较差。在原材料性质波动较大、裂解反应稳定性和产品收率均会明显受到影响的情况下, 对原材料的质量和成分要求更加苛刻, 使原材料的选择范围受到限制, 原材料的采购成本增加。裂解反应对原料的组成及性质极为敏感, 特别是对其氢气含量及分子量的分布有很强的敏感性, 原料的不当会造成裂解反应的不彻底, 从而使产品的收益率下降, 而且, 目前的工艺设计大多是针对具体的原材料进行优化, 在处理不同原材料时缺乏灵活性。③产品分布欠合理。由于当前工艺的产品分布较为固定, 导致部分产品出现积压或供货不足, 企业经济效益受到影响, 难以灵活迎合市场需求, 裂解反应的产品分布受热力学和反应动力学的控制, 调整难度较大, 缺乏有效的方法对产品分布根据市场的实际情况进行相应的调整。④环保压力较大。乙烯在生产过程中会产生大量的二氧化碳排放, 由于面临一定的环保压力, 乙烯装置需要满足更严格的环保法规要求, 因为全球对环境保护的重视程度越来越高, 化石燃料在乙烯生产过程中的大量使用对乙烯装置的排放控制也提出了更高的要求。⑤装置运行周期偏短。因裂解炉管出现结焦问题, 需经常停车检修清理, 使

生产连续性受到影响，检修频繁，更换炉管导致维修费用较高，炉管内壁在裂解反应过程中易发生结焦现象，使热传递效率受到影响，严重时还会引起炉管堵塞，高温、腐蚀性介质使设备腐蚀速度加快、寿命缩短。⑥操作复杂且安全风险高。乙烯厂的运行条件十分苛刻，需要极其熟练的操作人员和精细的操作控制，而装置面临的安全风险更高，高温、高压和过程介质的易燃、易爆都是需要对反应条件进行精确控制、操作难度较大，涉及多个复杂的化学反应，同时，一旦发生泄漏，可能引发严重安全事故，如乙烯、丙烯等介质易燃易爆。

2 乙烯装置工艺技术优化措施

2.1 优化裂解炉操作

2.1.1 改进燃烧技术

燃烧技术的改进在涉及裂解炉的工业过程中至关重要，例如现代乙烯的生产，提高燃烧效率的关键措施是采用新型高效燃烧器，通过优化燃烧器内部结构和燃烧反应条件，使燃料与空气等助燃物充分混合，这就是新型燃烧器能够使燃料更理想，传统的燃烧器常会因为混合不均匀而导致一些燃料不能充分燃烧，不但造成能量的浪费，而且还可能对环境和产品质量产生不良影响。并且新的 HEPA 能让燃料分子充分接触到氧分子，达到完全燃烧，降低不完全燃烧的能量损耗，同时，直接影响炉内温度分布的调节方式，合理的布置可以保证火苗均匀分布在炉膛内，避免局部过冷或过热的情况发生。如果局部过热，可能会导致裂解反应过于剧烈，产生一些不必要的副反应，影响产品质量，而局部过冷则会使裂解反应不充分，降低生产效率^[2]。

2.1.2 优化裂解炉管设计

研究开发提高裂解炉新型裂解炉管材及结构，从材质上来说，采用表面涂层工艺或采用特殊合金材质是一种行之有效的处理方式，在裂解炉运行过程中，结焦是一种常见的问题，而焦炭在炉管内壁堆积，会使传热效率受到影响，使炉管热阻增大，从而对裂解反应的进行造成影响。特殊合金材料则提高炉管的耐高温和抗结焦性能，其物理和化学性质如熔点高、导热性能好、耐腐蚀等，这些创新举措可以延长炉管使用寿命，降低了炉管清焦的次数，生产效率也因此得以提高，同时，对炉管的管径、长度、排列方式进行优化，使裂解反应的选择性提高，使单位原料获得更多目标产品的同时，让裂解反应朝着生成目标产品的方向进行。

2.2 加强能量回收与利用

2.2.1 增设余热回收系统

余热锅炉、空气预热器等设备设置在裂解炉出口

等高温部位，是实现能量循环利用的有效方法，裂解炉出口的高温烟气和产物携带着大量热能，如果直接排放到环境中，无疑是一种巨大的浪费，目前裂解炉出口的高温烟气和产物中含有大量热能，余热锅炉可以利用这些高温热能将水转化为蒸汽，蒸汽可用于驱动汽轮机发电，提供热能用于其他工艺过程。而空气预热器则可以在空气进入燃烧器的过程中，预热燃烧所需的空气，使其温度升高，这样做的好处是，预热后的空气可以在减少加热空气，更快地让燃料到达着火点，提高燃烧效率，通过设置余热回收系统，显著提高了综合利用能源的效率，相应降低了装置能耗，这对企业降低生产成本，提高经济效益意义重大，对节能减排工作目标的实现也将起到积极的促进作用。

2.2.2 优化制冷系统

在制冷过程中，降低制冷能耗的关键在于制冷系统的工艺流程和设备选型的优化，混合冷媒制冷技术的运用，更能提升制冷效能，混合冷剂制冷是将多种不同沸点的冷剂混合在一起，利用其蒸发和在不同温度下凝结的特性来达到制冷的目的。这种方式可以在更广的温度范围内提供有效的制冷，降低制冷设备的复杂程度和能源消耗，比传统的单一冷剂制冷效果更好，叠式制冷是在不同的温度区间内，通过多个制冷循环的组合，使整体制冷效率得到提高，同时，优化制冷系统的一项重要措施是合理利用装置内低温余热，实现冷量的梯级利用。例如，在某些低温余热存在的部位，制冷系统中的冷剂可以利用这些余热进行预热，降低制冷过程中冷剂所吸收的热量，从而减少制冷能耗，这种梯级利用冷量的方式可以使机组内部的能量潜力得到充分挖掘，使整个机组的能量利用效率进一步提高。

2.3 提升原料适应性

2.3.1 开发原料预处理新技术

原料的性质对最终产品在化工生产过程中的质量、生产效率等方面的影响至关重要，针对不同性质的原材料适应性的关键在于研发新的预处理技术和工艺，例如加氢精制工艺，它可以将原料中的不饱和烃与氢气在一定温度、压力、催化剂的作用下发生化学反应，使原料中的杂质如硫、氮等有害元素去除。溶剂提取技术是将原料中的杂质，利用特定溶剂中不同物质的溶解度差异进行提取，使原料中的杂质含量降低，这些预处理技术可以提高原材料的质量，使其与后续的工艺如裂解等更贴切，通过对原材料进行深度处理，不仅可以减少杂质对设备的腐蚀和对裂解反应的干扰，还可以提高原材料的适应性，使该装置可以对原材料进行更多种类的处理，增强企业在原材料采

购上的灵活性^[3]。

2.3.2 优化裂解工艺参数

建立材料性质和裂解工艺参数的关联模型，对密度、成分、沸点等因素影响进行裂解工艺参数优化处理，使其达到最佳的裂解效果，不同的原料可能需要不同的裂解温度，如果原料的碳链较长，要使其有效裂解，可能需要较高的裂解温度，停留时间也是重要的工艺参数，停留时间过长可能造成裂解过度，副产物过多，而停留时间过短，可能会造成裂解反应的不彻底。同样地，稀释比也会影响裂解反应，适当的稀释比可以对反应系统的反应物的浓度起到调节作用，促使裂解反应的发生，通过对原料性质的变化进行实时监测，对裂解温度、停留时间、稀释比等工艺参数建立的关联模型进行及时调整，确保裂解产物分布和产品收率在不同的原料条件下都能得到比较理想的结果。

2.4 调整产品结构

2.4.1 采用先进的分离技术

在化工生产中，通过引进高效精馏塔、萃取精馏、变压吸附等先进的分离技术和设备，提高产品的分离精度和收率，高效精馏塔可以使不同沸点的产品在塔内更有效地分离，如塔板的回流比的控制等，通过优化塔内结构和运行条件，萃取精馏在精馏过程中加入一种可以改变混合物的萃取剂，使分离效果提高。变压吸附技术是在压力发生变化时，利用不同气体吸附和解吸特性的不同，使气体分离的一种技术，这些先进的分离技术可以提高产品的纯净度，提高产品的收益率，同时，优化分离流程也是调整产品结构的重要手段，通过灵活调整各产品的产出比例，可以满足市场对不同产品的需求。

2.4.2 开展产品深加工

根据市场需求对乙烯装置的部分产品进行深加工是提高产品附加值和经济效益的有效途径，例如，将乙烯进一步加工生产聚乙烯、聚丙烯等高分子材料，或者将乙烯氧化生产环氧乙烷等。聚乙烯和聚丙烯是广泛应用于塑料制品、包装材料等领域的重要原材料，具有巨大的市场需求。环氧乙烷是一种重要的生产的产品有聚酯纤维，表面活性剂等，企业通过开展产品深加工，既提高了产品附加值，又拓宽了企业的市场渠道，增强了企业在市场中的竞争力。

3 乙烯装置工艺技术优化的经济效益

3.1 提高生产效率

在生产效率方面，通过精心优化操作条件与工艺流程，乙烯装置能够提升乙烯收率并且增强装置的处理能力，从而直接推动乙烯增产，乙烯在应用先进裂解技术优化运行参数的情况下，可以提高2%–5%的

收率，从而使企业直接增收。

3.2 降低能耗和成本

技术优化促进了能耗和成本的降低，工艺和设备优化后，能耗明显下降，比如，提高分离技术和热整合结构，可以减少10%–15%的能耗，这既减少了能源支出，同时也反映了企业在节能减排上所下的功夫，节能减排力度也明显加大，而且新装备的应用，使得设备的保养更换费用也随之降低，成本降低意味着价格优势更大，或在市场竞争中获利空间更大。

3.3 原料成本优化

选择裂解原料，如乙烷等成本低、收率高的裂解原料使原料成本大大降低，将乙烯厂原料由丙烷转化为乙烷，每吨乙烯的原料成本能降低20%–30%，这一改变能够显著增强企业盈利能力，对企业来说是一笔不小的节约。

3.4 提高产品质量

先进的分离技术有助于提高乙烯的纯度，能够满足高端市场的需求，进而提高产品附加值。采用深冷分离技术可以获得用于生产高质量聚乙烯等乙烯衍生产品的聚合级乙烯，高品质的产品往往能够在市场上卖出更高的价格，从而为商家带来更多的好处。

3.5 减少环境污染

优化后的乙烯厂在环境方面的表现更好，减少了温室气体排放和其他污染物的产生，并且可以降低乙烯厂的温室气体排放量10%–15%，通过提高能效和采用环保设备，既符合环保要求，也降低了企业可能面临的环保处罚风险，又能间接对企业经济效益产生正面影响，同时也有利于企业社会形象的提升。

4 结语

综上所述，通过对乙烯装置工艺技术进行优化，可以有效降低装置的能耗和生产成本，提高产品收率和质量，优化产品结构，增加企业的销售收入和经济效益。在当前激烈的市场竞争环境下，工艺技术优化是乙烯装置实现可持续发展和提升竞争力的必然选择。相关企业应加大对工艺技术研发和创新的投入，不断探索和应用新的技术和方法，持续优化乙烯装置的运行，最大限度地实现企业的经济效益和社会效益。

参考文献：

- [1] 于海军,胡让,许康,王慧.乙烯装置工艺技术优化研究[J].流程工业,2025(01):62-65.
- [2] 莫书勤.乙烯装置裂解炉区域工艺改造和优化[J].中国石油和化工标准与质量,2023(09):178-180.
- [3] 任梟雄,王雅琪.乙烯装置分离及节能工艺探讨[J].河南化工,2024,41(04):52-55.