

乙二醇单耗优化对生产成本的影响分析

包世龙 (河南龙宇煤化工有限公司, 河南 永城 476600)

摘要: 本文分析了乙二醇生产过程中单耗的优化对生产成本的影响, 重点探讨了原材料成本、能源消耗及环境效益的改善。通过工艺改进、节能设备应用和智能化控制等技术手段, 有效降低乙二醇的单耗, 减少生产成本并提升企业的经济效益。研究表明, 单耗优化提高了资源利用效率, 还能推动绿色生产和可持续发展, 为乙二醇行业的成本控制和技术创新提供了理论依据和实践指导。

关键词: 乙二醇; 单耗优化; 生产成本; 能源消耗

中图分类号: TQ223.16 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 022-0040-03

Analysis of the Impact of Optimizing the Unit Consumption of Ethylene Glycol on Production Costs

Bao Shilong(Henan Longyu Coal Chemical Co., LTD, Yongcheng Henan 476600, China)

Abstract: This paper analyzes the impact of optimizing unit consumption in the production process of ethylene glycol on production costs, with a focus on the improvement of raw material costs, energy consumption and environmental benefits. Through technological means such as process improvement, application of energy-saving equipment and intelligent control, the unit consumption of ethylene glycol can be effectively reduced, production costs can be cut down and the economic benefits of enterprises can be enhanced. Research shows that unit consumption optimization enhances resource utilization efficiency, promotes green production and sustainable development, and provides theoretical basis and practical guidance for cost control and technological innovation in the ethylene glycol industry.

Key words: Ethylene glycol Single consumption optimization Production cost Energy consumption

1 研究背景及意义

乙二醇是重要的化工原料, 广泛应用于聚酯、涤纶和抗冻剂等产品的生产。其生产过程中, 原材料和能源消耗占据了成本的主要部分。随着能源价格上涨和环保要求提高, 乙二醇生产企业面临降低成本和提高资源利用效率的压力。因此, 优化单耗, 特别是在原材料、能源消耗和排放控制方面的改进, 成为提升企业竞争力和实现可持续发展的关键。研究乙二醇单耗优化能够降低生产成本, 还能推动行业的技术进步与绿色发展, 具有重要的经济和环境意义。

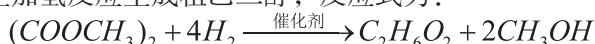
2 乙二醇生产工艺及单耗概述

2.1 乙二醇生产工艺流程

煤制乙二醇采用碳化-加氢两步间接合成法, 是一种高效的合成路径。第一步, 通过 CO 和亚硝酸甲酯在催化剂作用下发生碳化反应, 生成草酸二甲酯 (DMO), 反应式如下:



第二步, 将草酸二甲酯与氢气送入加氢反应器, 发生加氢反应生成粗乙二醇, 反应式为:



随后, 粗乙二醇经过精馏系统分离得到高纯度的乙二醇产品。此工艺的核心在于提高碳化和加氢反应的转化率。例如, 若碳化反应的转化率为 98%, 加氢

反应转化率为 95%, 则整体草酸二甲酯的生成效率接近 93%。通过优化催化剂性能及反应条件, 可以进一步降低原料消耗, 提高乙二醇的单耗效率, 同时减少副产物生成, 提升整体经济效益。

2.2 乙二醇单耗的定义与计算方法

乙二醇单耗是指生产单位乙二醇所消耗的原材料或能源的量, 是评估生产效率和成本控制的关键指标。在煤制乙二醇工艺中, 单耗主要涉及草酸二甲酯 (DMO) 和合成气的消耗量。其计算公式为:

$$\text{单耗} = \frac{\text{消耗量 (如DMO或氢气量)}}{\text{乙二醇产量}}$$

例如, 假设每吨乙二醇需要消耗 2.1t 草酸二甲酯和 1650Nm³/h 氢气, 则单耗分别为 2.1tDMO/吨乙二醇和 1650Nm³/h 吨乙二醇。如果通过工艺优化, 将草酸二甲酯的消耗减少至 1.9824t/吨乙二醇, 那么草酸二甲酯的消耗量可降低约 5.6%。通过进一步改进催化剂性能, 提高反应效率, 优化精馏分离工艺, 能够有效减少原料单耗, 降低生产成本, 还提高了资源利用率, 为企业带来更高的经济和环保效益。

2.3 乙二醇单耗优化的重要性

对乙二醇的单耗进行优化在减少生产开销、增强资源的使用效率和促进可持续发展上都起到关键作用。首先, 企业可以通过减少原材料和能源的使用,

显著地降低生产的成本，从而提高其经济效益。例如，通过改进反应流程、提升原料的转化效率和使用节能工具，可以显著减少合成气和蒸汽等资源的使用，进而降低原材料和能源的消耗，从而直接减少整体生产成本。单耗的优化可以增强企业的市场竞争能力，特别是在面对能源价格的不稳定和环境保护政策越来越严格的情况下，减少成本和提高工作效率变得尤为关键，这也是企业持续发展的核心要素。最后，单耗优化对环境保护也产生正面的影响。通过降低能源使用和减少废气排放，这有助于实现绿色生产的目标，减轻环境污染，符合社会可持续发展的要求。

3 乙二醇单耗优化对生产成本的影响分析

3.1 单耗优化对原材料成本的影响

在合成气法制乙二醇的生产工艺中，原材料和能源消耗占据了生产成本的核心部分，其中能源消耗尤为重要。根据我国行业标准《甲醇、乙二醇和二甲醚单位产品能源消耗限额》(报批稿)，依据合成气法制乙二醇生产工艺，该装置能源消费构成有电力、各梯级蒸汽、各耗能工质等，2023年乙二醇装置电力消耗占装置总能耗的6.72%，各梯级蒸汽占装置总能耗的90.48%及少量的水、压缩空气和氮气等辅助介质。从生产成本角度看，梯级蒸汽的高占比意味着其优化潜力最大。假设每吨乙二醇生产需要消耗5.5t蒸汽，而蒸汽价格为150元/吨，则蒸汽的原料成本为825元/吨乙二醇。如果通过优化反应热效率、提高余热回收效率将蒸汽消耗降低至4.3t/吨乙二醇，则蒸汽成本可节约180元/吨乙二醇，这对大规模生产的企业来说具有显著的经济效益。根据我国行业标准《甲醇、乙二醇和二甲醚单位产品能源消耗限额》(报批稿)，乙二醇单位产品能耗均优于国标≤850kgce/t先进值。

此外，优化原料消耗如草酸二甲酯(DMO)和氢气的使用也对降低生产成本具有直接作用。假设在传统工艺中，草酸二甲酯的单耗为2.1t/吨乙二醇，而通过改进催化剂性能使其单耗减少5.6%至1.9824t/吨乙二醇，若草酸二甲酯价格为2200元/吨，则单耗优化可为企业每生产1吨乙二醇节约258.72元的原料成本。基于此，结合智能化监控和精细化管理，能够减少能源浪费和物料损失，为企业实现节能降本目标提供重要支持，同时增强其在行业中的市场竞争力。

3.2 单耗优化对能源消耗的影响

单耗优化在提高能源使用效率和减少不必要浪费方面的效果是显著的。在乙二醇的制造过程中，主要的能源来源包括蒸汽、电力和冷却水等，其中，蒸汽通常被视为最主要的能源消费。通过对热交换系统进行优化、提升反应器的热效能以及强化废热的回

收工作，有可能显著减少能源的消耗。例如，在传统的生产工艺中，每吨乙二醇的生产可能会消耗1.2t的蒸汽。但是，通过调整反应器的工作温度和压力，并使用更高效的热交换设备，可以将蒸汽的消耗量减少到1.1t/吨乙二醇。假如蒸汽的成本定为150元每吨，那么在进行单次能耗优化之后，每吨乙二醇的能源开销将会降低15元。在大规模的生产活动中，这种节能策略可以显著降低成本，特别是在能源价格波动较大的市场背景下，通过优化能源使用，企业可以获得更广阔的成本管理空间。

此外，优化能源使用有助于降低生产成本，还能增强整个生产流程的稳定性和持久性。在当代乙二醇的制造过程中，数字化控制系统被越来越多的公司所采纳，它们通过对能源使用的实时监控和优化，进一步提升了生产流程的细致管理质量。智能控制系统可以根据生产的负荷和实际的需求来动态地调整能源的供给，可以避免能源的过度使用和浪费。例如，可通过智能预测模型来调整蒸汽的供应量，或者采用余热回收技术，将废热转化为可以再利用的能源，从而极大提高能源的使用效率。这一系统化和智能化的优化策略有助于减少能源的消耗，还为企业在追求绿色生产和低碳排放的目标上提供了强有力的支撑，提升企业在环境保护政策日趋严格的市场环境中的竞争能力。

3.3 单耗优化对环境和经济效益的影响

单耗优化在减少生产成本上起到了重要作用，也对环境的保护带来了长远的影响。在乙二醇的制造过程中，由于能源和原材料的大量消耗，直接导致二氧化碳(CO₂)和其他污染物的大量排放。通过对单耗的优化以及降低原材料和能源的使用，可以显著减少生产过程中的碳排放量。例如，如果乙二醇的生产每降低1t合成气(CO或氢气)的使用量，就可以减少2.5tCO₂的排放量。如果能够通过工艺优化每年减少5000t合成气的消耗，那么每年大约可以减少12500t的CO₂排放。这种环境效益有助于企业更好遵循越来越严格的环境保护政策，避免因排放超出标准而受到罚款或生产限制的风险，还能提升企业在社会责任方面的形象，并在消费者和政府各部门中增加其信誉。此外，降低能源的使用和排放也为企业达到碳平衡的目标提供机会，这与全球的绿色发展方向是一致的。

从经济收益的视角分析，单一消耗的优化可以实现直接的成本减少和间接的利润增加。首先，减少对能源和原材料的依赖可以降低制造成本，从而提高公司的利润。例如，通过对生产工艺和设备的优化，每吨乙二醇的能源成本降低了50元，原材料成本也减少了120元。因此，每年能生产200000吨乙二醇的

企业有可能节省高达2400万元的成本。从长远角度看,优化资源消耗可以提高公司的运营效益,还能增强其在激烈的价格竞争中的市场地位和竞争优势。并且企业通过提升资源的使用效率来降低废物处理和环境治理的成本,减少可能的环境污染风险。这些因素共同作用促进企业的经济效益持续上升。因此,单耗优化既构成了控制生产成本的核心环节,也是实现环境可持续发展的关键路径,两方面相补为企业创造了双重的经济效益。

4 乙二醇单耗优化的实施路径与前景

4.1 单耗优化的技术手段与策略

单耗优化的核心在于系统性改进工艺流程和设备配置,通过降低能源和原材料的消耗,实现资源利用效率的提升。例如,将碳化反应器的布局由“两串三并”优化为“四台并联”,显著降低了系统阻力,从而减少压缩机的蒸汽消耗,使蒸汽单耗由5.5t/吨乙二醇降低至4.3t/吨,每吨节约蒸汽成本180元。此外,通过将关键压缩设备靠近反应器以缩短输送距离,以及在管道中优化换热配置,减少预热蒸汽和循环水的消耗,进一步提升了生产效率和能源利用率。这些改造降低了生产单耗,还有效提高了设备的稳定性和使用寿命。

催化剂的性能提升和科学管理是单耗优化的另一关键环节。通过采用高效催化剂如Pd/Al₂O₃,并优化反应条件(如温度、压力的精准控制),催化剂的有效运行时间大幅延长,单吨催化剂的乙二醇产量显著提升。此外,通过减少副产物生成(如1,2-丁二醇的含量从0.243%降低至0.122%),提高了乙二醇的产品收率。这种精准的催化剂管理策略,降低了非计划停车的风险,还显著减少了原料的浪费,为单耗优化提供了重要支持。

智能化控制和综合能源管理为单耗优化提供了更高效的路径。数字化系统的应用使得生产过程中的温度、压力和循环气流量实现了实时监测和动态调节,例如合成系统的循环气流量优化后显著减少了能源消耗和物料浪费。此外,冬季利用余热进行市政供暖,企业降低了循环水的使用量,还实现了能源的二次利用,进一步提升了经济效益。综合这些技术手段与策略,单耗优化贯穿于工艺设计、设备选型和管理控制全流程,为企业实现节能降耗和经济效益最大化奠定基础。

4.2 单耗优化实施中的关键因素

单耗优化的成功实施取决于多项关键因素,包括设备优化、管理制度完善及催化剂性能提升等。设备优化是最直观的影响因素。例如,将原醇洗塔由板式塔改为填料塔后,塔内阻力下降,循环量增加,同时提高了硝酸和水的吸收效率,有效降低了亚硝酸甲酯

的含量,延长了催化剂的使用寿命。数据显示,优化后催化剂的有效运行时间从620天延长至1350天,每吨催化剂产乙二醇增加约7500吨,大幅度降低非计划停车和催化剂更换的频率,为装置连续稳定运行奠定了基础。

4.3 乙二醇单耗优化的未来发展趋势

未来乙二醇单耗优化将更注重余热的深度利用和综合能源效率的提升。例如,在尾气系统中增加合成气的优化利用,可以提高反应原料的循环效率,还能减少新鲜合成气的需求,降低原料单耗。同时,将碳化汽包副产的低压蒸汽用作脱轻塔和丙酮回收塔的热源,通过多级能源梯级利用,显著降低了装置的外部蒸汽消耗。这种热能耦合策略将成为未来优化的重点方向,通过最大化副产能量的利用降低生产成本,还推动了生产过程的绿色化和可持续发展。

未来单耗优化还将结合智能化能源管理系统,对装置用能进行全面评估并持续改造。通过实施先进的热能回收技术,如将高温废热转化为生产工艺中的低温热源,进一步减少能源浪费。同时,结合实时监测与动态优化技术,企业能够精确控制各工艺环节的能量投入和消耗,实现精准化、动态化的能耗管理。这种基于数据驱动的优化方式,有助于企业达成节能减排目标,还能显著增强市场竞争力,推动乙二醇行业向更加智能、高效和可持续的方向发展。

5 结束语

乙二醇单耗优化在降低生产成本、提高能源利用效率和推动可持续发展方面具有重要意义。通过技术创新、管理优化和智能化应用,企业能够显著降低原材料和能源消耗,从而提升经济效益并减少环境影响。未来,随着智能化技术的普及和环保要求的不断提高,乙二醇单耗优化将朝着更加高效、绿色和系统化的方向发展。

参考文献:

- [1] 储根云,范英杰,张大伟,等.煤制乙二醇关键技术与低碳集成工艺的研究进展[J].化工进展,2022,41(3):1654-1666.
- [2] 张彬,杨为民,杨卫胜.合成气制乙二醇生产过程的先进控制及应用[J].化工进展,2020,39(z1):43-49.
- [3] 李银岭,包世龙,祝静惠,等.煤制乙二醇装置影响负荷提升的问题及优化改进[J].中氮肥,2023(6):62-65.
- [4] 靳丽丽.煤制乙二醇生产成本控制[J].河北化工,2018,41(3):152-154.

作者简介:

包世龙(1987-)男,汉族,甘肃通渭人,本科学历,工程师,现主要从事化工生产与管理工作。