

1,4-丁二醇生产工艺的优化研究

李 静

河南开祥精细化工有限公司 河南 三门峡 472300

摘 要: 1,4-丁二醇 (BDO) 作为重要的有机化工和精细化工原料, 其生产工艺的优化对于提升生产效率至关重要。本文主要研究BDO生产工艺的优化, 特别是炔醛法的改进。通过采用改良催化剂和低压操作技术, 优化了反应条件, 提高了生产安全性并降低了成本。同时, 对比分析了其他生产工艺, 如丁二烯法和顺酐法的优劣。本研究为BDO生产工艺的优化提供了理论支持和实践指导。

关键词: 1,4-丁二醇; 生产工艺; 优化

引言: 1,4-丁二醇 (BDO) 作为一种重要的化工中间体, 广泛应用于聚酯、聚氨酯、增塑剂及溶剂等多个领域。随着市场需求的不断增长, 优化BDO生产工艺, 提高生产效率与产品质量, 成为当前研究的重点。本研究通过对现有BDO生产工艺进行综合分析, 探索原料配比、反应条件、催化剂选择、设备设计与选型等方面的优化策略, 以期降低生产成本, 提升市场竞争力, 为BDO产业的持续健康发展提供有力支撑。

1 1,4-丁二醇的生产工艺概述

1.1 炔醛法 (Reppe法)

(1) 传统法与改进法的工艺流程及特点。炔醛法是生产1,4-丁二醇 (BDO) 的传统方法, 该法主要分为传统法和改进法。1) 传统法采用高压技术, 以甲醛和乙炔为主要原料。在高温高压及催化剂的作用下, 甲醛和乙炔反应生成1,4-丁炔二醇, 后者再经过加氢步骤生成BDO。此法特点是催化剂与产品无需分离, 操作费用低, 但存在较高的乙炔分压, 有爆炸危险, 因此反应器设计复杂且昂贵。2) 改进法克服了传统法的不足, 如BASF、Linde/Yukong、ISP、INVISTA等公司的工艺, 采用改良的催化剂和低压操作, 不仅降低了操作压力, 减少了设备投资, 还提高了生产效率和产品纯度。改进法通过淤浆床反应器进行丁炔二醇的合成, 并在较低的温度和压力下加氢得到BDO, 纯度可达99%以上^[1]。(2) 传统法。传统法工艺流程简述: 在高压 (13.8~27.6MPa) 和250~350℃的条件下, 乙炔与甲醛反应生成1,4-丁炔二醇, 然后用拉尼镍催化剂加氢制得BDO。(3) 改进法。以BASF的改进法为例, 首先将乙炔和甲醛放在淤浆床反应器中, 在79~90℃和0.12~0.13MPa条件下反应生成丁炔二醇, 经过滤后, 催化剂与反应物分离, 丁炔二醇在淤浆床内加氢生成BDO。改进法的特点是低压操作、催化剂易于分离、进

料组成灵活。

1.2 顺酐法

(1) 直接加氢和酯化加氢法的工艺路线与特点。顺酐法主要分为直接加氢和酯化加氢两种工艺。直接加氢法是将顺酐直接加氢制得BDO, 而酯化加氢法则先将顺酐与醇 (如甲醇或乙醇) 酯化, 得到相应的酯类化合物, 再经加氢反应制得BDO。直接加氢法工艺简单、设备投资少, 但选择性较低; 酯化加氢法则具有选择性高、产品纯度好的优点。(2) 三菱油化和三菱化成、英国Davy公司等工艺的比较。三菱油化和三菱化成公司开发的顺酐酯化加氢法工艺成熟、产品纯度高, 但在催化剂选择和反应条件优化方面仍有改进空间。英国Davy公司 (现Johnson Matthey) 开发的顺酐酯化加氢法则在催化剂选择上具有优势, 采用高活性、高选择性的催化剂, 显著提高了产品收率和纯度。

1.3 丁二烯法

丁二烯乙酰氧化法 (醋酸法) 是通过丁二烯与乙酸和氧气进行乙酰氧化反应, 生成1,4-二乙酰氧基-2-丁烯, 再经过加氢和水解步骤制得BDO。该工艺原料丰富、技术成熟, 但生产成本较高且工艺流程复杂。此外, 该工艺还存在一定的环境污染问题。

1.4 环氧丙烷法

环氧丙烷法是以环氧丙烷为原料, 通过催化异构化反应生成烯丙醇, 再经过氢甲酰化反应和加氢反应得到BDO。该工艺具有原料易得、产品纯度高优点, 但在催化剂选择和反应条件优化方面仍有待提高。此外, 该工艺还存在一定的安全风险, 需要严格控制反应条件和设备安全。

2 1,4-丁二醇生产工艺中的关键问题

2.1 原料配比问题

原料乙炔和甲醛的配比是BDO生产过程中的核心要

素之一。乙炔作为主要的碳源，与甲醛在催化剂的作用下反应生成1,4-丁二醇，再进一步加氢制得BDO。配比的合理性直接关系到生产效率的高低和产品质量的好坏。配比过高或过低，都会导致反应效率下降，副产物增多，甚至影响催化剂的寿命。因此，在实际生产过程中，需要严格控制乙炔和甲醛的配比，并对其进行不断的优化调整，以实现生产效率和产品质量的最大化。

2.2 反应条件控制

(1) 温度和压力：在炔醛法生产BDO的过程中，温度和压力是影响反应效率和产品质量的两大关键因素。过高的温度会加速副反应的发生，导致产物选择性降低；而过低的温度则会使反应速率减慢，生产效率降低。同样，压力过高会增加设备和操作的难度，而压力过低则可能导致反应不完全。因此，需要根据原料性质、催化剂类型以及产品要求等因素，合理设定温度和压力条件，以实现最佳的反应效果。(2) 催化剂活性：催化剂的活性直接影响到反应速率和产物选择性。高活性的催化剂能够加速反应进程，提高生产效率；同时，选择性好的催化剂能够减少副产物的生成，提高产品质量。因此，在生产过程中，需要选择高性能的催化剂，并定期进行更换和维护，以保持其良好的活性。

2.3 设备设计与选型

(1) 反应器、换热器、分离器等关键设备：这些设备的设计选型直接影响到生产过程的稳定性和安全性。反应器需要能够承受高温高压的条件，同时确保反应物料的有效混合和传热；换热器需要高效地传递热量，以降低能耗；分离器则需要准确地分离出产物和副产物。因此，在设备设计和选型时，需要充分考虑生产工艺的需求和设备的性能特点。(2) 设备的运行效率、寿命与维护成本：高效的设备运行能够降低能耗和生产成本；长寿命的设备能够减少停机时间和更换频率；而低维护成本的设备则能够降低整体运营成本。因此，在设备选型时，需要综合考虑这些因素，以实现最佳的设备性能和经济效益。

2.4 环境污染问题

BDO生产过程中产生的废水和废气如果处理不当，会对环境造成严重的污染。因此，需要采取有效的废水处理和废气治理措施。废水处理可以采用生化处理、物化处理等方法；废气治理则可以采用吸附、催化燃烧等技术。同时，还需要加强环境监测和环保管理，确保废弃物的达标排放和环境的可持续发展。

3 1,4-丁二醇生产工艺的优化策略

3.1 原料配比优化

原料配比是影响BDO生产效率和产品质量的关键因素之一。优化原料配比策略主要包括以下两个方面：

(1) 采用先进的分析技术确保原料配比的准确性。为了确保原料乙炔和甲醛的配比准确无误，应引入高精度的分析仪器和技术，如气相色谱(GC)、液相色谱(LC)或核磁共振(NMR)等，对原料进行精确测量。这些技术能够提供原料的详细成分信息，帮助生产人员准确掌握原料的配比情况。同时，还应建立严格的原料质量控制体系，确保原料的纯净度和稳定性，为生产高质量BDO奠定基础^[2]。(2) 根据实际生产情况动态调整配比以适应不同生产需求。在BDO生产过程中，原料配比并非一成不变。生产人员应根据实际生产情况，如反应器的温度、压力、催化剂活性等因素的变化，动态调整原料配比。通过实时监测生产数据，结合生产工艺的反馈，生产人员可以灵活调整配比，以确保反应的高效性和选择性。此外，针对不同市场需求和产品规格，生产人员也应相应调整原料配比，以满足客户的多样化需求。

3.2 反应条件优化

反应条件是影响BDO生产效率和选择性的重要因素。优化反应条件策略主要包括：(1) 优化反应温度和压力。反应温度和压力是影响反应速率和选择性的关键因素。为了获得最佳的生产效果，生产人员应对反应温度和压力进行精确控制。通过实验研究和数据分析，找到最适合当前生产条件的温度和压力组合。同时，还应关注反应过程中的热效应和压力变化，确保反应在安全、稳定的条件下进行。(2) 采用先进的控制系统实时监测反应条件。为了实现对反应条件的实时监测和精确控制，应引入先进的控制系统，如集散控制系统(DCS)或可编程逻辑控制器(PLC)。这些系统能够实时监测反应温度、压力、流量等关键参数，并根据预设的算法和模型自动调整工艺参数。通过采用先进的控制系统，生产人员可以更加准确地掌握反应进程，及时调整工艺参数，以提高生产效率和选择性。

3.3 催化剂优化

催化剂在BDO生产过程中起着至关重要的作用。优化催化剂策略主要包括：(1) 选用高性能的催化剂。高性能的催化剂能够提高反应的转化率和选择性，从而降低生产成本和能耗。在选用催化剂时，应综合考虑催化剂的活性、稳定性、再生性以及成本等因素。通过实验研究和技术评估，选择最适合当前生产条件的催化剂。

(2) 定期更换和再生催化剂。催化剂在使用过程中会逐渐失活，导致反应效率下降。为了保持催化剂的活性，生产人员应定期更换和再生催化剂。通过采用先进的再

生技术和设备,可以有效延长催化剂的使用寿命,降低生产成本。同时,还应建立严格的催化剂管理制度,确保催化剂的安全存储和使用^[3]。

3.4 设备设计与选型优化

设备的设计和选型对于BDO生产过程的稳定性和效率具有重要影响。优化设备设计与选型策略主要包括:

(1) 采用先进的设备结构和材料。先进的设备结构和材料能够提高设备的运行效率和寿命。在设备选型时,应综合考虑设备的性能、安全性、可靠性以及维护成本等因素。通过采用先进的设备技术和材料,如耐腐蚀合金、高效传热元件等,可以提高设备的整体性能,降低能耗和维修成本。(2) 优化设备选型,降低设备维护成本。设备选型不仅要考虑其性能,还要考虑其维护成本。在选择设备时,应优先选择那些易于维护、易于更换的部件和设备。同时,还应建立严格的设备管理制度,定期对设备进行维护和保养,确保设备的正常运行和长期稳定性。

3.5 精制工艺优化

精制工艺是提高BDO产品纯度和质量的关键环节。优化精制工艺策略主要包括:(1) 采用高效的分离技术和纯化方法。高效的分离技术和纯化方法能够显著提高BDO产品的纯度。在精制过程中,应采用先进的分离技术,如蒸馏、萃取、结晶等,以及高效的纯化方法,如离子交换、活性炭吸附等。通过采用这些技术,可以有效去除产品中的杂质和副产物,提高产品的纯度和质量^[4]。(2) 优化精制过程中的废水、废气治理。精制过程中产生的废水和废气如果不进行妥善处理,会对环境造成严重影响。为了加强环境保护,生产人员应优化精制过程中的废水、废气治理策略。通过采用先进的废水处理技术和废气净化设备,如生物降解、化学沉淀、催化燃烧等,可以有效降低废水和废气的排放量,减少环境污染。

3.6 自动化控制与智能管理

自动化控制和智能管理是提高BDO生产效率、降

低成本和加强环境保护的重要手段。优化自动化控制与智能管理策略主要包括:(1) 引入先进的自动化控制系统和智能管理技术。先进的自动化控制系统和智能管理技术能够实现对生产过程的实时监测和精确控制。通过引入这些技术,生产人员可以更加准确地掌握生产过程中的关键参数和数据,及时调整工艺参数和优化生产计划。同时,还可以实现远程监控和故障诊断等功能,提高生产过程的可靠性和安全性。(2) 实时监测生产数据,调整工艺参数,优化生产计划。通过实时监测生产数据,生产人员可以及时发现生产过程中的问题和异常。结合生产工艺的反馈和数据分析结果,生产人员可以调整工艺参数和优化生产计划。例如,根据原料供应情况和市场需求变化,调整生产负荷和产品规格;根据设备运行情况和能耗数据,优化设备运行模式和节能措施等。通过不断优化生产计划,可以实现生产效率和经济效益的最大化。

结束语

通过对1,4-丁二醇生产工艺的优化研究,我们深入剖析了现有工艺的不足,并提出了针对性的改进措施。这些策略不仅有助于提高生产效率、降低成本,还能显著提升产品质量,满足市场的多样化需求。未来,我们将继续探索更先进、环保的生产工艺,为1,4-丁二醇行业的可持续发展贡献力量,同时期待与业界同仁携手合作,共同推动技术创新与产业升级。

参考文献

- [1]谢君.我国1,4-丁二醇生产技术分析及展望[J].广东化工,2021,(11):111-113.
- [2]董慧,张欣.浅谈1,4-丁二醇的生产技术及市场分析[J].河南化工,2021,(07):68-69.
- [3]裴壮壮,洪玉倩,史立文等.1,4-丁二醇的生产工艺及市场分析[J].化工时刊,2022,(03):23-27.
- [4]李芳芳,赵新民.1,4-丁二醇生产工艺及其技术进展探讨[J].化工管理,2019,(12):125-126.