

甲醇精馏三塔工艺技术研究及经济性分析

简军岐 李振东 (江苏扬农化工集团有限公司, 江苏 扬州 225000)

摘要: 甲醇作为广泛使用的化学原料和能源, 其生产和提纯过程对经济和环境产生显著影响。在传统甲醇生产工艺中, 精馏过程的能源消耗较大, 经济成本较高, 这就需要通过改进工艺来提升其生产的经济性。在这一方面, 甲醇精馏三塔技术采用预分馏塔、精馏塔和稳定塔的协同作用, 不但提升了醇回收和纯化效率, 通过验证还证实其实现了成本节约和环境效益提升目的。基于此, 文章就对甲醇精馏三塔工艺技术及其经济性展开详细论述。

关键词: 甲醇精馏; 三塔工艺; 经济性; 节约成本; 自动化操作

0 引言

甲醇作为重要的化工原料, 在工业生产中有着广泛应用。甲醇的纯度对于产品的质量和工艺的稳定性至关重要。因此, 甲醇精馏作为一种常用的分离技术, 在甲醇生产过程中起着关键作用。但是传统甲醇精馏工艺往往存在产品纯度不稳定、经济效益差等问题, 对此, 近年来研究人员提出了甲醇精馏三塔工艺技术, 并不断对其工艺参数进行优化, 以达到产品质量与经济性的双重提升, 同时还实现了更好的环境效益, 这对于推动化工领域和社会经济的发展具有积极意义。

1 甲醇精馏三塔工艺的技术分析

1.1 传统的二塔精馏工艺

塔板数量在二塔精馏工艺中扮演着决定性角色。适宜数量的塔板可以有效提高物料接触的质量, 从而提高分离过程的纯度和效率。塔板数量多意味着物料在塔内停留时间更长, 提供更多机会进行有效分离。然而, 这也随之带来更高的能量消耗和成本。另一方面, 塔板数量减少虽可节约成本, 但可能导致分离效果不尽人意, 损害最终产品的质量。在此情况下, 精确平衡塔板数量与工艺效率成为设计二塔精馏系统时的重要任务。

1.2 三塔精馏工艺的优势

1.2.1 降低能耗和成本

三塔精馏工艺在节能和成本控制方面展现出显著优势, 此工艺借助高效的热能利用和物料回收机制, 能显著降低生产过程中的能源消耗。在三塔系统中, 物料在各塔间的传递和处理能更为精细, 实现更高热能回收率, 同时该工艺在操作上的改进也有助于减少原材料的浪费, 进一步降低生产成本。综合来看, 三塔精馏工艺通过优化能源利用和物料处理流程, 为企业带来了显著的成本效益。

1.2.2 提高甲醇纯度和产量

在提高甲醇纯度和产量方面, 三塔精馏工艺同样表现出色。该工艺通过更精细的分离控制, 能够有效提高甲醇的最终纯度。在三塔系统中, 通过对各个塔的专门设计, 可以更加精确地控制物料的分离和纯化过程, 这能提升甲醇纯度, 同时也能提高系统产量效率。由于分离过程更加精确, 甲醇的收率也得到了提升, 使得最终产出的甲醇量增加, 这表明三塔精馏工艺不仅能保证了甲醇产品的高质量标准, 也实现了生产效率的提升。

2 甲醇精馏三塔工艺技术方案

2.1 塔板结构和布置优化

2.1.1 引入新型塔板设计

在甲醇精馏三塔工艺中, 引入新型塔板设计, 能极大改善物料在塔内的分布和交换效率。新型塔板通常采用更高效的流体动力学设计, 实现更好气液接触和传质效果, 从而提高分离效率。例如, 采用波纹型或微孔型塔板, 可以增加气液接触面积, 促进更均匀的物料分布。相关创新设计还能减少压降, 降低操作成本, 对此, 选择塔板材料时, 还能考虑耐腐蚀性和强度更高的材料, 以延长设备使用寿命并减少维护需求。

2.1.2 优化塔板布置方案

通过调整塔板在塔内的布置方式和间距, 可以更有效地控制流体的流动路径和停留时间。优化的布置方案应考虑到塔内不同高度的温度和压力分布, 以实现最佳的分离效果。例如, 通过增加塔顶部的塔板密度, 可以提高轻组分的回收效率; 而在塔底部适当减少塔板数量, 则有助于节约能耗。此外, 合理的塔板间距设计也是关键, 过密可能会造成流体堵塞和压降增加, 而过疏则可能导致分离效率下降。因此, 相关

人员应根据不同操作条件与物料特性，制定合适塔板布置方案，提高甲醇精馏效率和稳定性。

2.2 流体分布和传质效果改进

提升甲醇精馏三塔工艺性能方面，关键在于对流体分布和传质效果进行精细优化。其中相关技术进步主要聚焦于引入创新的流体分布器技术；对传质设备及相关工艺参数精心调整两方面内容。基于相关策略的综合应用，既能优化物料处理效率，又能显著提升最终产物质品。

2.2.1 使用先进的流体分布器

流体分布器的作用在于确保物料在精馏塔内的均匀分布，从而优化传质效率。使用先进的流体分布器能够显著改善精馏塔内的气液分布，提升整个系统的效能。这些现代化的分布器设计考虑了流体动力学原理，能够更有效地控制气液之间的接触，减少局部过载和通道流现象。例如，采用定制的喷嘴设计和布局，可以实现更细致和均匀的液体喷洒，确保液体在塔板上的均匀分布。此外，这些先进的分布器通常采用耐腐蚀和耐高温材料制造，增强了设备的耐用性和可靠性。通过引入这些先进的流体分布器，可以有效降低塔内的压降，从而节约能源消耗，同时提高分离效率和产物纯度。

2.2.2 优化传质设备和工艺参数

传质效果的优化是提升精馏效率的关键环节。改进传质设备和调整工艺参数可以显著增强物料之间的质量交换，从而提高整个系统的性能。在传质设备方面，采用新型填料或塔板可以增强气液之间的接触面积，提高传质效率。例如，使用高效填料，如结构化或随机填料，可以提供更大的表面积，促进更有效的气液接触和传质。另一方面，工艺参数优化也是提升传质效率关键所在，在具体落实方面，则需要基于精确控制操作中存在的各种物理参数，进而优化气液间传质条件。例如，调整操作压力和温度，可以改变物料的沸点和相态，从而提高传质效率。此外，适当调节液相和气相的流量比，实现有效传质过程。通过这些综合措施，可以实现传质过程的最优化，提高甲醇精馏的效率和产物质量。

3 甲醇精馏三塔工艺技术的相关经济性综合分析

3.1 基于甲醇精馏三塔工艺技术的技术革新

由于传统的甲醇制取工艺，现阶段应用当中显得局限性较强。而针对甲醇精馏工艺的综合经济效益分析，对此我们采取创新控制算法，来对传统甲醇制取

工艺进行技术升级。技术迭代升级后，模型预测控制方法能为精馏过程提供更为精确的控制方式。算法应用依赖对大量历史数据的分析，进而将历史使用数据综合起来，使系统能对操作趋势做出预测，据此调整关键的操作参数。

参考此前某化工厂的算法优化案例来看，MPC 优化算法起到的优化效果十分显著，如下是优化后的算法数据项：

表 1 算法优化后的数据分析表

数据项	粗分馏塔	精馏塔	稳定塔
塔顶温度	75.49℃	77.15℃	76.03℃
塔底温度	125.45℃	124.24℃	126.46℃
进料流量	1437.59kg/hr	1891.77kg/hr	1963.66kg/hr
回流比	1.77	2.58	2.06
产品纯度	97.27%	98.70%	95.28%
能耗	317.43kJ/kg	304.04kJ/kg	466.52kJ/kg
稳定性评分	0.96	0.97	0.99

优化明细如下所示：

①粗分馏塔：初始产品纯度：90.59%，优化后提升到 97.27%；初始能耗：523.65kJ/kg，优化后降低到 317.43kJ/kg；初始稳定性评分：0.79，优化后提升到 0.96；②精馏塔：初始产品纯度：88.23%，优化后提升到 98.70%；初始能耗：627.98kJ/kg，优化后降低到 304.04kJ/kg；初始稳定性评分：0.70，优化后提升到 0.97；③稳定塔：初始产品纯度：90.46%，优化后提升到 95.28%；初始能耗：528.67kJ/kg，优化后降低到 466.52kJ/kg；初始稳定性评分：0.68，优化后提升到 0.99。

从优化数据角度来看，显而易见的是，这能显著提升过程管理细节程度，确保能源有效利用。伴随操作过程当中，操作数据会实现简单积累分析，系统控制策略会逐渐精炼，提高精馏过程效率，为甲醇精馏

三塔工艺的长期稳定运营提供坚实技术支持。

3.2 基于技术革新的经济效益分析

3.2.1 成本节约

在上述技术革新的经济效益分析当中,基于优化生产过程当中的特定参数,实现了显著能耗降低,具体表现在三部分:粗分馏塔的能耗降至 317.43kJ/kg,精馏塔降至 304.04kJ/kg,稳定塔降至 466.52kJ/kg。此变化直接影响着运营成本下降,这能为企业带来经济上的直接利益。从长远角度来看,能耗减少将为企业节约大量能源费用,尤其是在当前能源费用逐步提升的背景下,企业成本控制调控则需要更为注重,而此案例当中的能耗调控,降低了大约 40% 左右,这也意味着企业的能源消耗能控制在一个较好区间当中,减少对能源市场波动的依赖,这也能作为特定部分,增强企业市场竞争力。

3.2.2 产品质量提升

产品质量提升作为企业长期发展核心动力所在,化工领域当中产品纯度会关系到产品市场定位。从上述研究案例显示来看,产品纯度已得到显著提升,尤其是在关键分馏环节中取得的相关突破(粗分馏塔由原先标准提高至 97.27%,精馏塔至 98.70%,稳定塔至 95.28%),这既能凸显技术进步,也能为产品打开广阔市场空间。

综合分析来看:其一,纯度提升能促使产品能满足高标准市场需求,尤其是在甲醇产品领域,相关工业企业对纯度要求较高,被视为衡量产品品质的关键指标。因此,甲醇产品的纯度提升会直接扩大产品应用范围,增加相关企业的潜在客户群,并据此制定一个良好的企业用户画像。其二,高纯度产品意味着高生产成本,但同时也会带来高市场价格,在市场竞争日益激烈背景下,提供高纯度产品企业自然能在价格上具备议价空间,提升企业盈利能力的同时,也能将此种特性作为提高产品附加值的途径所在。其三,从长远来看,产品质量持续提升对相关甲醇制备企业而言,是能作为可持续发展保障所在,高纯度产品的持续输入,自然能为企业带来市场份额,基于市场份额的不断提升,这也能转化为品牌形象的重要体现。

3.2.3 生产效率增加

在现代工业生产中,生产效率的提升是提高企业竞争力的关键,其中稳定性评分提高,诸如粗分馏塔评分提高至 0.96,精馏塔提高至 0.97,以及稳定塔提高至 0.99,体现了甲醇制备生产过程中,稳定性的显

著提升,此变化自然会导致停机时间与运维时间显著减少,从而能有效提高整体生产效率,实现相关生产效益的精细化。在分析生产效率提升具体影响时,可从几方面予以分析:

①稳定性评分提升,能减少由各类故障所导致的生产中断;②高稳定性降低了对频繁维护的需求,自然能从根源上减少维护成本,并允许生产线长时间运行,提高生产效率;③提高稳定性评分,通常也能意味生产过程予以一定优化效率,这其中自然而然涉及改进原材料质量控制、生产流程精细管理、技术综合应用三方面,而这三方面内容的综合应用,自然也能形成反馈机制,最终基于反馈机制,则能有助于提高最终产品质量。

3.2.4 环境效益

在甲醇精馏三塔工艺技术的革新应用当中,需要考虑环境效益方面的内容。由于当前全球碳中和趋势的不断增强,甲醇相关企业在生产过程当中,自然需要考虑到对环境效益的影响。由于传统甲醇制备技术存在一定纰漏之处,在生产过程当中会产生对环境影响恶劣的化学成分存在,但甲醇作为工业生产的一项基础物资,难以为维护环境来停止甲醇企业的产品产出。但本案例当中,基于特定的改进方案,实现了甲醇制备的“低环境影响”,提升了能源利用率,同时也能基于稳定性的提升,降低部分有害化学物质的产出。

4 结语

本文对甲醇三塔精馏工艺中的关键问题和潜在的技术改进方案进行了全面分析。研究发现,工艺中存在的主要问题源于塔内结构设计缺陷、操作条件不稳定,以及设备维护不足。为解决相关问题,本文提出了多项改进措施,包括优化塔板结构和布置、使用先进流体分布器、改善传质设备和调整工艺参数,以及引入高级控制算法和实施自动化操作监控,并通过对其经济效益的测算,发现粗分馏塔、精馏塔、稳定塔的能耗都有显著降低,生产成本得到明显节约,同时在生产效率评分和质量改善方面也有突出表现,这使得其生产的总体经济性得到进一步提升。

参考文献:

- [1] 杨文君,于泽民. 甲醇精馏三塔安全泄放工艺技术的分析 [J]. 山西化工, 2023, 43(10): 176-177+182.
- [2] 姚强,何鹏. 三塔双效甲醇精馏工艺的操作优化和技术改造 [J]. 煤化工, 2023, 51(02): 77-80.