

化工生产中降低能耗精馏技术的思路

许锐

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司烯烃一分公司

DOI:10.12238/etd.v6i6.16804

[摘要] 化工生产中,精馏能耗问题备受关注。精馏能耗受工艺、设备和操作管理等因素影响。工艺因素涵盖回流比、进料状态等;设备因素涉及精馏塔类型、再沸器性能等;操作管理因素包括参数控制、设备维护及人员培训等。为降低能耗,可从多方面着手,如优化精馏塔设计、改进操作条件、采用先进控制策略、利用节能设备与技术以及使用新型塔板与填料,这些思路有助于提高精馏效率,减少能源消耗,促进化工生产的可持续发展。

[关键词] 化工生产;降低能耗;精馏技术

中图分类号: TQ028 **文献标识码:** A

Approaches to Reducing Energy Consumption in Distillation Technology for Chemical Production

Rui Xu

First Olefin Branch, Ningxia Coal Industry Co., Ltd., National Energy Group

[Abstract] In chemical production, the issue of energy consumption in distillation has attracted significant attention. Distillation energy consumption is influenced by factors such as process, equipment, and operational management: process factors include reflux ratio and feed state; equipment factors involve distillation column type and reboiler performance; and operational management factors encompass parameter control, equipment maintenance, and personnel training. To reduce energy consumption, approaches can be implemented from multiple aspects, such as optimizing distillation column design, improving operating conditions, adopting advanced control strategies, utilizing energy-efficient equipment and technologies, and applying new types of trays and packings. These approaches help to enhance distillation efficiency, reduce energy consumption, and promote the sustainable development of chemical production.

[Key words] Chemical Production; Energy Consumption Reduction; Distillation Technology

引言

在当今社会,化工产业作为经济发展的重要支柱,其能耗问题备受关注。精馏技术作为化工生产中常用的分离手段,广泛应用于石油、化工、制药等众多领域。然而,传统精馏技术能耗较高,不仅增加了生产成本,还与当下倡导的绿色可持续发展理念相悖。因此,探索化工生产中降低能耗的精馏技术思路迫在眉睫。通过创新精馏技术、优化生产流程来降低能耗,既能提高企业经济效益,又能减少对环境的负面影响,推动化工行业朝着绿色高效方向发展。

1 精馏技术在化工生产中的重要性

精馏技术作为化工生产中极为关键的分离手段,在整个化工领域占据着不可替代的重要地位,对化工生产的高效、稳定、可持续开展起着决定性作用。从产品质量层面来看,精馏技术是保证化工产品纯度和质量的关键。化工生产中,多数产品需要达

到一定的纯度标准才能投入使用。通过精馏过程,利用混合物中各组分挥发度的差异,能够实现针对不同物质的精准分离,有效去除杂质,从而获得高纯度的产品。在制药行业,药物的纯度直接关系到药效和安全性,精馏技术可确保药物达到严格的质量要求,为人们的健康保驾护航。在生产效率方面,精馏技术极大地提升了化工生产的效率。它能够实现连续化、大规模的生产操作,使生产过程更加流畅和高效。精馏塔等设备的合理设计和运行,可以在短时间内完成大量混合物的分离任务,增加产品的产量。而且,精馏技术可以与其他化工单元操作相结合,形成完整的生产工艺流程,进一步提高整体生产效率^[1]。成本控制上,精馏技术对降低化工生产成本意义重大。一方面,它能提高原料的利用率,减少原料的浪费。通过精确分离,将有用的组分充分提取出来,实现资源的最大化利用。另一方面,随着技术的不断进步,新型精馏设备和工艺的应用能够降低能源消耗,减少生产过

程中的能耗成本。在能源日益紧张的今天,这对于化工企业的可持续发展至关重要。

2 化工生产中精馏能耗影响因素分析

2.1 工艺因素

化工生产里,精馏能耗受诸多工艺因素影响,以下几方面尤为关键。(1)回流比:它是精馏操作的重要参数,直接影响能耗。回流比增大,精馏效果提升,但再沸器和冷凝器的热负荷增加,能耗显著上升;反之,回流比过小则会使分离效果变差。(2)进料状态:进料的温度、组成等状态不同,所需的加热或冷却能量也不同。例如,冷进料需要更多热量加热至泡点,热进料则可减少再沸器的能耗。(3)操作压力:压力改变会影响物质的沸点和相对挥发度。提高压力,物质沸点升高,再沸器加热难度增加,能耗增大;降低压力则相反,但可能影响分离效率。(4)塔板数与塔板效率:塔板数增多,理论上分离效果更好,但会增加流体流动阻力和再沸器、冷凝器负荷;塔板效率高,能在较少塔板数下达到分离要求,降低能耗。(5)进料位置:合适的进料位置可使精馏段和提馏段发挥最佳分离效果,减少不必要的能耗;若进料位置不当,会导致分离效率降低,能耗上升。

2.2 设备因素

在化工生产精馏环节,设备因素存在诸多影响能耗的问题。精馏塔方面,塔板效率低下是常见问题。部分老旧塔板设计落后,气液传质效果差,为达到分离要求,需增加塔板数或提高回流比,这无疑大幅增加了再沸器和冷凝器的负荷,导致能耗飙升。而且塔体的保温性能不佳,大量热量散失到环境中,造成能源的浪费。再沸器和冷凝器的传热效率问题突出,再沸器结垢现象普遍,污垢降低了传热系数,使得加热物料需要更多的能量。冷凝器的冷却介质分布不均,部分区域冷却效果差,影响蒸汽的冷凝效果,为保证冷凝效果,不得不加大冷却介质的流量,增加了能耗。泵和压缩机等动力设备也存在不足,泵的选型不合理,扬程和流量与实际需求不匹配,导致泵在低效区运行,消耗过多电能。压缩机的压缩比设置不当,或者内部部件磨损严重,使得压缩过程的效率降低,需要额外的能量来完成气体压缩,这些设备问题严重影响了精馏过程的能耗水平。

2.3 操作管理因素

在化工生产精馏环节,操作管理因素存在的问题对能耗影响显著。操作参数控制方面,部分操作人员未精准掌握最佳操作条件。比如回流比,若随意增大,虽能提升分离效果,但会使再沸器和冷凝器负荷增加,能耗大幅上升;进料温度、流量不稳定,也会破坏精馏塔内的气液平衡,为维持正常分离,需额外消耗能量。设备维护管理不到位,精馏塔、再沸器、冷凝器等设备缺乏定期检查和保养,塔板堵塞、填料损坏、换热器结垢等问题频发。这些问题降低了设备的传热和传质效率,使精馏过程能耗增加。例如,换热器结垢后,传热系数下降,要达到相同加热或冷却效果,就需更多能量输入^[2]。人员培训不足也是关键问题,操作人员对精馏原理和节能技术了解有限,难以根据生产实际情况进行优化操作。在遇到突发状况时,无法及时采取有效措施调整操

作参数,导致能耗异常升高。而且,缺乏节能意识,在日常操作中不注重能源节约,也造成了不必要的能耗浪费。

3 降低能耗的精馏技术思路

3.1 优化精馏塔设计

优化精馏塔设计是降低化工生产中精馏能耗的关键举措,可从以下方面着手。(1)合理选择塔型:根据物料特性和分离要求,选择合适的塔型,如填料塔或板式塔。填料塔传质效率高、压降低,适用于热敏性物料;板式塔操作弹性大,适用于处理量大的情况。(2)优化塔板结构:采用高效塔板,如新型浮阀塔板、导向筛板等,可提高气液传质效率,减少塔板数,降低塔高,从而降低能耗。(3)改进填料性能:选用高性能填料,如规整填料,其比表面积大、传质效率高,能有效提高分离效果,减少回流比,进而降低再沸器和冷凝器的热负荷。(4)优化进料位置:通过模拟计算和实验研究,确定最佳进料位置,使精馏段和提馏段发挥最佳分离效果,减少不必要的能量消耗。(5)加强塔体保温:采用优质保温材料对塔体进行保温,减少热量散失,降低热损失,提高能源利用效率。

3.2 改进操作条件

改进操作条件是降低精馏能耗的重要途径,通过精准调控能有效提升能源利用效率。(1)优化回流比:回流比是影响精馏能耗的关键参数,过高会增加再沸器和冷凝器负荷,过低则影响分离效果。需根据物料性质和分离要求,精确计算并控制适宜的回流比,在保证产品质量前提下降低能耗。(2)调整操作压力:合理降低操作压力,可降低物质沸点,减少再沸器加热量。但要注意压力变化对分离效率的影响,需综合权衡确定最佳操作压力。(3)控制进料状态:预热进料可减少再沸器能耗,同时稳定进料的温度、流量和组成,能保持精馏塔内气液平衡稳定,避免因波动导致的额外能耗。(4)优化塔釜加热方式:采用高效加热设备和加热方式,如使用新型换热器,提高加热效率,降低加热能耗。(5)精准控制塔顶冷凝:根据塔顶蒸汽负荷,精确调节冷凝介质流量和温度,避免过度冷凝造成的能源浪费。

3.3 采用先进控制策略

在化工生产精馏环节,采用先进控制策略是降低能耗的关键手段,能显著提升精馏过程的效率与稳定性。第一。模型预测控制(MPC)。它借助建立精确的精馏过程数学模型,对系统未来动态进行预测,并据此优化控制变量。通过考虑精馏塔的多变量特性和约束条件,MPC可实时调整操作参数,如回流比、进料流量等,使精馏过程始终在最优工况下运行,减少能量浪费。第二。模糊控制技术。该技术适用于精馏过程中存在的不确定性和非线性问题。它依据操作人员的经验和知识,构建模糊规则库,将输入的过程变量模糊化处理,然后根据规则进行推理和决策,输出控制信号。模糊控制能快速响应过程变化,有效应对干扰,确保精馏塔的稳定运行,进而降低能耗。第三。神经网络控制。神经网络具有强大的非线性映射能力,能够学习精馏过程中复杂的输入-输出关系。通过对大量历史数据的学习和训练,神经网络可自适应调整控制参数,实现对精馏过程的精确控制。它能够捕

捉到传统控制方法难以处理的复杂动态特性,提高精馏效率,降低能源消耗。高精度的传感器能实时准确地获取精馏过程的关键参数,如温度、压力、流量等;而高性能的执行器则能快速、精确地执行控制指令,确保控制策略的有效实施。采用先进控制策略能够充分发挥精馏系统的潜力,实现节能降耗的目标,为化工生产带来显著的经济效益和环境效益。

3.4 利用节能设备与技术

在化工生产精馏过程中,利用节能设备与技术是降低能耗的有效途径。高效换热器是节能的关键设备,传统换热器在传热效率上存在局限,而新型高效换热器采用了先进的传热技术和材料,如板式换热器、螺旋板换热器等。它们具有更大的传热面积和更高的传热系数,能在更短时间内完成热量交换,减少加热和冷却过程中的能量损耗。例如在精馏塔的再沸器和冷凝器中应用高效换热器,可显著降低能源消耗。热泵精馏技术也是一大亮点,它通过热泵将塔顶低温蒸汽的热能提升为高温热能,重新用于塔底加热。这一过程减少了对外部高温热源的依赖,实现了热量的循环利用,大幅降低了精馏过程的能耗。热泵精馏技术尤其适用于沸点差较小的物系分离,能有效提高能源利用效率^[3]。新型塔内件同样不可忽视,如高效填料和新型塔板,高效填料具有比表面积大、压降小等优点,能增强气液传质效果,提高精馏效率,减少回流比,从而降低能耗。新型塔板则在设计上进行了优化,改善了气液分布,提高了传质效率,使精馏过程更加节能。余热回收系统能将精馏过程中产生的余热进行回收再利用,如将塔顶蒸汽的余热用于预热进料或其他工艺环节,实现能量的梯级利用,进一步降低了整个生产过程的能耗。通过这些节能设备与技术的综合应用,化工生产精馏过程的能耗将得到有效控制。

3.5 采用新型塔板与填料

在化工生产精馏过程中,采用新型塔板与填料是降低能耗、提高分离效率的重要手段。新型塔板在设计上进行了创新,以提升气液传质效率。导向筛板是其中的典型代表,它在普通筛板基础上增加了导向孔,能引导液体流动,减少返混现象,使气液接

触更加充分,从而提高分离效果。垂直筛板则利用气体喷射形成的液滴群进行传质,传质面积大,效率高,可在较低的压降和较小的回流比下实现分离,大大降低了能耗。高性能填料同样优势明显,规整填料具有比表面积大、空隙率高、压降低等特点。如金属板波纹填料,其独特的波纹结构能使气液分布更均匀,增加气液接触时间,提高传质效率。相较于传统填料,它能在更小的塔径内达到相同的分离效果,减少设备投资和占地面积。陶瓷填料则具有良好的耐腐蚀性和热稳定性,适用于一些特殊物系的分离,能保证精馏过程的长期稳定运行。新型塔板与填料的组合使用,能进一步发挥协同效应。塔板为填料提供了稳定的气液分布条件,而填料则增强了气液传质能力,两者结合可优化精馏塔的性能,降低能耗。在实际应用中,根据不同的物系和工艺要求,合理选择和搭配新型塔板与填料,能有效提高精馏过程的经济效益和环境效益。

4 结语

未来,科技的持续进步必将催生更多高效节能的精馏技术。在化工行业,精馏环节能耗高一直是制约可持续发展的难题。新涌现的技术有望从原理、设备、控制等多方面实现突破,如更智能的控制系统可精准调节精馏参数,新型材料制成的塔板与填料能大幅提升分离效率。化工企业应敏锐捕捉这些技术动态,积极拥抱新技术,将其融入生产流程。持续优化生产过程,不仅能降低能耗、削减成本,还能减少污染物排放。如此,方能切实实现节能减排目标,推动化工行业朝着绿色可持续方向稳健发展。

[参考文献]

- [1]刘奇波,耿伟.化工生产中降低能耗精馏技术的思路[J].化工管理,2022(21):44-46.
- [2]王焱.化工生产中降低精馏技术能耗的措施[J].化工设计通讯,2020,46(2):98-99.
- [3]段艳芳.化工生产中精馏操作影响因素分析及节能技术[J].中国科技期刊数据库工业 A,2024(2):0069-0072.