

化工企业精馏塔控制节能优化及市场前景分析

丁 浩（国能新疆化工有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘 要：随着全球环保意识的不断提高，各国对化工业生产的环保要求也越来越严格。在现代石化工业领域中精馏作为其生产实践过程中的重要环节，精馏塔的市场前景广阔，未来发展潜力巨大，在当前能源价格不断上涨态势下，探究精馏操作的节能优化路径，成为行业绿色可持续发展的首要任务。本文对石化工业中精馏塔的控制和节能优化路径以及市场前景进行了简要探究，以供读者参考，希望对读者有所启示。

关键词：精馏塔；节能优化；市场前景

石化工业是我国工业生产中耗能较为严重的门类之一，而石化工业中能耗量最高的环节即精馏操作，其消耗的原油量可达炼油厂自身产量的约 10%。在能源价格居高不下的背景下，如难以实现对精馏操作能耗的有效控制，石油化工产业将面临巨大的成本挑战。为了抓住市场机遇，企业需要不断加强技术研发和创新，提高精馏塔的性能和效率，满足不断变化的市场需求。同时，企业还需要关注环保和新能源等新兴领域的发展趋势，积极拓展新的应用领域，为精馏塔市场的可持续发展注入新的动力。

1 精馏塔控制优化路径

1.1 精馏塔控制设计研究

1.1.1 精馏塔的产品控制

在石化工业中，精馏操作是指通过将特定浓度溶液注入精馏设备中，从而使冷凝汽化溶液于精馏塔顶端，完成操作。精馏在进行操作时的主要设备：精馏塔、冷凝器、再沸器、回流泵以及回流罐等等。在进行作业中，把溶液输进精馏塔，根据溶液中液体的沸点进行差异化分组，沸点低的易挥发，反之则较难挥发向下流动，从而与蒸气充分混合。

两组溶液混合并沸腾后，混合液的温度会有明显的波动情况。塔内压力不变时，因为混合液的分组情况及气压平衡的关系，其浓度与沸点也存在一定的关联，在沸点提高时，混合液的浓度会随之相应增加。在这种情况下，沸点较高的溶液进入釜液泵后会转变为塔底产品，沸点较低的溶液进入釜液泵后会转变为塔顶产品，从而使得混合液中存在的液体完成分离操作，转变为两种不同的石化产品。通过采取此种有效手段，以沸点为依托借助精馏装置实现汽化与冷凝，使得混合液能够得到彻底和全方面处理。

1.1.2 精馏塔的操作控制

分析与明确精馏塔的各项运行过程，强调其操作环

节中的控制重点，突出了精馏塔控制优化工作的现实意义。结合当前石化工业实际生产情况，精馏塔在进行精馏操作过程中，不可避免地会产生效能损失。效能损失源于多方面因素，液体流动的压力降低、浓度不平衡的流体相互传质和混合、不同温度物体之间发生热传导现象或相互混合都会导致一定程度上的效能损失。对其原因进行探讨，达到精馏塔能量消耗的过程，根据过程进行分析控制，使精馏塔发挥显著的效果。

由于装置的控制优化只能在产品符合相关标准的前提下进行，因此在对精馏塔进行操作控制前，应使精馏塔在其实际运行过程中满足原料及能量守恒原则，满足产品质量标准等原则性约束条件。在整个精馏塔及精馏装置中，总原料进量、精馏塔塔底釜液、塔顶馏出液和侧线平均采出量均应保持一致，其整体变化应具有相应平缓性，塔底及塔顶釜液、塔板蓄液需严格控制在标准范围内，以便上下工序稳定有序进行。精馏塔的重、轻组分产品均应符合相关质量规定，这需要通过将操作参数控制在规定范围内进行精馏作业来实现。通常来说，精馏塔的规定范围包括漏液、压力、压差和液泛限制。准确控制参数能够使精馏塔产出符合质量要求纯度的石化产品。

1.2 精馏塔控制方案研究

1.2.1 精馏塔控制系统研发

精馏塔的精馏机理、动态变化和相关约束条件极其复杂，在整个精馏过程中，需要控制较多变量，此类操作的关注对象都是精馏塔控制中的重难点。其中，预测技术受到近年来专业研究人士的普遍关注。此项技术在包括精馏塔在内的整个精馏装置中发挥至关重要的作用。现阶段，相关领域对精馏塔的控制研究主要分为两大方面，其一是详细分析其控制系统，其二是对控制精馏塔的组分进行探讨。但是，目前组分检测装置难以完全满足相关需求，例如，我国目前大

多数石化企业的组分检测装置存在技术水平落后的问题,欠缺实际生产过程中的在线控制能力,因而对控制系统的详细分析成为当前研究的重中之重。

精馏塔的精馏过程具有较强关联性,无法通过传统模式的最小二乘法来满足相应控制需要,其控制效果也不够理想。当前,针对精馏塔相关控制系统的研究多集中于实验装置的优化改进和设计理论的模拟推导,我国针对此项技术的研究也多致力于设备改良工作,因此其距离真正应用还有相当长的研发过程。在现代石化工业不断进步的背景下,精馏产品越来越难以满足纯度需求,促使相关研究基于迫切技术需要而加快进展步伐。

1.2.2 精馏塔控制技术应用

精馏塔和精馏装置采用控制方案优化的方式可使成本和工艺带来的负面影响最小化,并能够广泛适用于新建装置和旧有装置的改造。通过对塔顶压力控制、泄放量控制和塔釜液负荷预警等控制技术的应用,能够有效提升精馏塔运转效率、促进其控制不断优化。

针对塔顶压力控制阀优化运用传统的控制采用控制方案,节约自控回路及元件,塔顶不需要引进氮气,主流程与热旁路就可以进行反向调节,大大提高反应速率。此方案经过对塔顶冷凝器和分液罐的标高进行一定控制,充分利用冷凝器面积调节循环水消耗量,为回流泵提供汽蚀余量,以此有利于冷凝器抽芯,更便于节约框架搭建的成本。

经过引进 HIPPS 在根据 IL-3 等级的建设回路,连锁动作可自动在塔顶超压达到标准值后关闭再沸器热源,这样降低塔内温度及介质汽化含量。采用此种系统后,控制器可在压力超过连锁设定值后发出警告信号,促使 HIPPS 阀门在 1—2 秒内关闭,极大增强了装置的稳定性,降低了泄放的发生概率,从而保证人员和设备安全,减少了企业的经济损失。

2 精馏塔节能优化路径

2.1 精馏塔节能设计方案

2.1.1 进料温度与进料位置

作为精馏塔节能控制过程中的关键指标,进料温度和进料位置在整个精馏过程中占有重要地位。精馏塔进行精馏分离的主要动力来源于再沸器产生的热量,其与侧线进料操作之间关联性较为明显,但也存在热量于塔顶和塔底分布不均匀的显著缺点。因为精馏塔塔底部比塔顶的热量更高,所以内部的因返液过程也比较频繁,这就影响精馏过程的效果。在精馏塔

用冷却方法进行原料输送中,内置再沸器便需要更高的热量,使精馏塔内部储存更高的能量,以此保证分离状态下精馏系统原料的运送温度呈现出稳定递增的情况,再沸器系统的热负参数持续递减。

理论板数以及操作技术条件的前提是保证原料输送的位置,经过合适的原料输送位置确定最高点,减少分离能力的理论板数,保证精馏塔里面原料输送位置与塔底位置相同,避免能量浪费的情况出现。在精馏塔内部原料位置的标高参数高于最佳进料口时,最佳进料口位置的小组分质量会低于原料输入板储存的组分质量,其大质量组分混合物参数会高于原料输入板的参数,因而原料输送口可通过其位置变化来实现减少精馏过程中理论板数的目标,间接增加了塔板停留段数,有效保证精馏产品质量的稳定,促进组分混合物质量得到提升。

2.1.2 精馏塔内件选择

精馏塔的内件选择是精馏操作的重要环节。精馏塔包含填料塔和板式塔两大主要组成部分,其主要采用塔式混合接触方式进行精馏作业。在这两大主要构成部分中,填料塔采用散堆或规整方式进行作业。散堆填料多以颗粒状置于精馏塔底部,其形状、尺寸均不尽相同。规整填料多呈大小形状相近的规则块状结构,对快速提升精馏塔整体性能有显著作用。通常情况下,为确保精馏操作能源的有效节约,可通过在填料塔内部署分布器来提升填料效率,使料层上部液体分布更均匀,减轻分布不均给填料操作带来的负面影响,同时可显著拓展液体之间的传质与传热接触面,全面提高精馏操作效率。

板式塔内件设备主要应用于气液、液液之间接触分离的传质操作,分塔板和塔体两大主要组成部分。其中,精馏塔塔板依照固定间距水平而设置,通过在塔板部分均匀设置气液体穿透通道的方式,可保障不同形态介质充分发生反应。作为塔内能耗最为严重的部件,合理的内件选择将显著降低板式塔的能耗量。在选择塔板内件时,应着重选取参数较大、生产效率较高、压降参数较小、操作弹性较大、结构设置较简单的内件。但由于任何塔板内件都不能完全满足上述所有指标,因此石化生产企业可针对精馏过程的实际情况,依照工艺流程客观条件选择最适宜的内件。

2.2 精馏塔节能操作方案

2.2.1 科学合理的选择回流比

精馏过程的能耗及塔底再沸器加热蒸汽量、塔顶

冷凝器冷却水用量等都有密切的联系。在实际生产时,二者用量都和塔内上升的蒸汽总量成正比的。在精馏塔塔顶产品流量保持不变后上升蒸汽量与摩尔气体常数也成正比,此刻塔内回流比的增加,蒸汽加热量、冷却水用量以及操作费用都出现明显递增的情况。当塔内回流比减小时,精馏塔能耗将会逐渐下降。因此,在保证产品质量的同时尽可能减小回流比,就成为精馏塔节省能耗的首要操作。通过不断实验对比分析可得出,强调设备费用和操作费用的平衡,即确定最优回流比,对实现节能有最显著意义。在加热蒸汽费用占总费用大概 70% 左右时,大气中的温度将明显高出塔顶冷凝装置的温度,冷冻的费用也会有所增高。根据目前生产时间对比来看,节能过程应在不降低产品质量的情况下,尽力降低再沸器的能耗,以达到控制能耗的最终效果。

2.2.2 运用合理的精馏塔操作压力

操作压力对精馏塔的耗能有一定的影响,其指数的降低将大大增加物系挥发度并提高平衡温度,进而加剧精馏塔的能耗。基于此种现象,精馏塔可在实际生产操作过程中,适当减小回流比并降低操作压力,通过降低压力的方式进行精馏工作,规避塔内高沸点物质在分离过程中,被高价值加热介质所利用导致的热传面积减少问题。在精馏原料组分不发生显著变化的前提下,增加操作压力可使塔顶温度不断升高,随着压力值进一步提升,塔釜再沸器的传热温度将低于常规大气压,精馏产品产生的能耗相应减少。因此,石化企业应基于自身切实生产状况来调控精馏塔操作压力,在保证正常生产的前提下避免不必要的损失。

3 精馏塔市场前景分析

3.1 优势分析

随着社会经济的蓬勃发展,化工产业在我国取得了前所未有的进步。在当今的能源危机和环保压力下,节能技术和绿色生产已成为全球工业发展的重要趋势。作为化工生产中的核心设备,精馏塔的节能技术改进已成为行业关注的焦点。化工企业不断的挖掘新技术、捕捉市场趋势、加大投资和拓展领域。如今,精馏塔化工产业已在我国经济发展中发挥着关键作用。

3.2 劣势分析

目前,市场上已经出现多种精馏塔节能技术,如热集成精馏、热泵精馏、反应精馏等。这些技术能够有效地降低能耗,提高生产效率,减少环境污染。其中,

热集成精馏技术通过优化热力学过程,将多个精馏塔集成在一起,实现能量的循环利用,节能效果显著。

从市场角度看,随着全球能源结构的转型和环保政策的加强,化工精馏塔节能技术的市场需求将会持续增长。同时,随着技术的进步和成本的降低,这些节能技术的普及率 and 市场份额也将进一步提高。然而,市场发展的同时也面临一些挑战。例如,新技术的研发需要大量的资金和时间投入;市场对新技术的接受程度和认知度有限;以及与现有生产设备的兼容性问题等。

3.3 前景分析

尽管当前面临诸多挑战,但未来化工精馏塔节能技术具有广阔的市场前景和社会价值。随着环保政策的日益严格和市场竞争的加剧,越来越多的企业开始重视节能技术的应用。未来科学技术的不断进步和应用范围的不断扩大,精馏塔节能技术将会有更大的发展空间。企业应该加大投入力度,积极推广和应用精馏塔节能技术,以降低生产成本,提高市场竞争力。政府、企业和研究机构应加强合作,加大研发投入,推动精馏塔节能技术的创新和应用,为构建可持续发展的未来作出积极贡献。

4 结论

综上所述,化工业在当前社会生产和能源领域中发挥的重要作用,其精馏过程作为能耗较严重的环节,对其进行控制和节能优化研究,不仅能够确保精馏塔等装置长期有效运行,而且其节能目标的实现,对促进我国化工生产不断迈向新台阶有着重要现实意义,同时,对实现能源产业可持续绿色发展也具有重要价值。精馏塔节能技术具有重要发展前景,企业应该积极应对市场变化,加强技术创新和应用,以适应日益激烈的市场竞争,为构建企业的可持续发展作出积极贡献。

参考文献:

- [1] 李小刚. 精馏塔控制和节能优化路径探究 [J]. 化工管理, 2023(29):64-67.
- [2] 叔宝祺. 精馏塔控制和节能优化路径探析 [J]. 化工管理, 2023(03):45-47.
- [3] 张露, 高小键, 姚政, 黄雪萍, 白海涛. 天然气处理厂精馏塔堵塞成因及防治对策研究 [J]. 石油与天然气化工, 2022(02):102.
- [4] 薛美盛, 祁飞, 吴刚, 等. 精馏塔控制与节能优化研究综述 [J]. 化工自动化及仪表, 2021, 33(6):7.