

烯烃分离前脱丙烷前后加氢技术优缺点及经济效益分析

王开录 (国能新疆化工有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830000)

摘要: 随着社会经济的不断发展, 我国工业领域对烯烃的需求量日益增多, 使得烯烃分离工艺的运行成本较高, 并且能耗较大, 为有效降低烯烃分离的能耗, 减少生产成本, 需要对烯烃分离工艺进行优化。本文简要分析了烯烃分离前脱丙烷前后加氢技术的工作原理后, 重点阐述了这两种技术各自的优缺点, 旨在提高烯烃分离工艺的运行质量和效率, 分析在优缺点下不同的费用情况, 以达到最佳的经济效益。能为相关人员提供参考和借鉴。

关键词: 烯烃分离; 前脱丙烷前加氢技术; 前脱丙烷后加氢技术; 优缺点对比; 经济效益分析

烯烃是化工生产的重要原料之一, 在生产这种原料的过程中, 需要采用分离工艺, 而分离工艺的运行质量和成本, 直接关系到化工生产的成本, 因此降低烯烃分离工艺的成本, 控制其能耗, 是企业创收的关键手段。现阶段, 在烯烃工艺运行过程中, 主要有两种技术形式, 即前脱丙烷前后加氢技术, 这两种技术手段的优势各异, 运行成本和能耗存在较大的差异性, 这就要求企业对这两种工艺的优缺点进行综合对比分析后, 结合实际情况, 有针对性地选择相应的工艺流程, 为企业创造更多的经济效益。

1 烯烃分离工艺技术简析

1.1 前脱丙烷前加氢技术

1.1.1 在烯烃前脱丙烷前加氢工艺运行的过程中, 主要涉及到以下几个工艺环节

①应用催化剂。前脱丙烷前加氢技术本质上属于典型的催化加氢反应, 因此, 在工艺在运行期间, 需要用到活性较强的催化剂, 确保丙烷能够产生相应的脱氢反应, 在选择催化剂的过程中, 各大企业主要是应用乙炔加氢催化剂, 这种催化剂的性能较强, 能够满足丙烷对催化的实际要求; ②反应条件。在操作前脱丙烷前加氢技术时, 工艺条件是否具备合理性, 直接关系到该技术的应用效果。首先, 在烯烃分离工艺中, 前脱丙烷前加氢工艺的反应温度要控制在 400°C 左右, 若 $< 300^{\circ}\text{C}$ 会影响到反应速率, 若 $> 500^{\circ}\text{C}$ 可能会造成副反应, 导致丙烷的转化率不理想。其次, 压力条件对该工艺的反应速率和丙烷转化率, 起着决定性作用。通常情况下, 要将前脱丙烷前加氢的压力控制在 $1\sim 10\text{MPa}$ 以内。最后, 在设计空速的过程中, 为避免反应器的体积发生异常情况, 要将该项工艺条件控制在 $1000\sim 5000\text{h}^{-1}$ 以内, 若超出该数值会加大副反应的发生概率。另外, 由于这种工艺是典型的加氢

反应, 因此, 在实际操作过程中, 要保证氢气量的充足, 要严格控制氢气的浓度, 常规情况下, 应控制在 $20\%\sim 40\%$ 以内^[1]。

1.1.2 前脱丙烷前加氢技术的主要特点, 体现在以下几方面

①高选择性。在催化剂的作用下, 前脱丙烷前加氢技术产生化学反应后, 会拥有较高的选择性, 具体表现两方面, 一方面是能够促使丙烷在有选择的情况下成功转化成丙烯, 究其原因, 乙炔加氢催化剂本身的活性位点与该技术具备较强的适应性。另一方面, 能够降低丙烷在脱氢反应过程中, 副反应的发生概率; ②可控性强。这种技术本身的可控性较强, 在实际应用中, 通过对温度、空速以及压力等技术参数的优化调整, 就能够得到相应的反应条件, 企业可根据烯烃分离的具体要求, 有针对性的调节优化反应条件, 促使生产过程更具适应性。

1.2 前脱丙烷后加氢技术

前脱丙烷后加氢技术的工作原理为, 利用前三段压缩装置对上游产品气进行科学有效的处理后, 将处理后的产品气输送到水洗塔中, 利用该装置进行洗涤加工后, 再输送到碱洗塔气相, 经过凝液汽提塔后, 送进干燥装置加以处理后, 进入脱丙烷塔。通过对该技术的分析可知, 相较于前加氢技术, 这种技术的性能要更加强大。因此在烯烃分离工艺中, 要加大对前脱丙烷后加氢技术的应用力度, 充分展现出这种技术的优点。

前脱丙烷后加氢技术的主要特点, 体现在以下几方面: ①资源利用。前脱丙烷后加氢反应有利于提高丙烷资源的综合利用效率, 减少不必要的资源浪费, 实现丙烷资源的高效利用, 为企业获取更多的经济效益和社会效益; ②环境友好。这种技术对生态环境的

健康发展而言,起着积极的促进作用,在催化剂的作用下,反应条件对温度要求较低,无需高温条件也能够实现理想的作业目标。不仅减少了烯烃分离对能源的消耗,还将烯烃分离前脱丙烷工艺对生态环境的不良影响控制在最小范围内,另外这种工艺,还能够减少各种废物的产生。

2 烯烃分离前脱丙烷前后加氢技术综合对比分析

2.1 能源消耗

在烯烃分离前脱丙烷前后加氢工艺运行期间,均需要消耗大量的资源能源,其中包括水资源、电能以及蒸汽等,这些能源的用量,对工艺系统的运行成本,起着决定性作用。因此企业在选择前后加氢技术的过程中,需要重点考虑成本问题,将公用工程的消耗量控制在最小范围内,实现成本最小化、效益最大化的生产目标^[2]。

经实践证明,公用工程的物流量与烯烃分离装置的尺寸参数以及运行成本呈正相关,即物流量越大,尺寸以及设备投资额也会随之升高,并且二者之间的关系为指数幂的曲线关系,当烯烃分离装置的成本突然升高后,各种生产费用也会出现相同的情况。因此,在选择前加氢和后加氢技术时,要优先选用公用工程物流量较低的技术,这两种技术对循环冷却水、蒸汽以及电能的消耗,存在一定的差异性,具体内容详见表1。

表1 烯烃分离前脱丙烷前后加氢技术公用工程消耗对比

消耗量 / t (乙烯 + 丙烯)	前脱丙烷 前加氢技术	前脱丙烷 后加氢技术
低低压蒸汽	0.045	0.23
低压蒸汽	0.014	0.02
中压蒸汽	1.3	1.2
循环冷却水	115	120
电能	25	18

通过对表1的观察分析可知,相较于前脱丙烷前加氢技术,后加氢技术的公用工程消耗相对较低,能够在一定程度上,降低设备的运行成本。但前加氢技术的操作较为简单,可以更好的控制综合能耗,而加氢技术对综合能耗的控制能力一般,在公用工程消耗方面二者的差异不大,均能够为企业的经济效益,提供坚实的保障。

2.2 试剂消耗

在烯烃分离前脱丙烷前加氢技术与后加氢技术

中,均要用到乙炔加氢催化剂,这种催化剂的性能较强,主要作用就是将反应产物乙烯中的杂质有效去除,如乙炔组分等,将产品中的乙炔含量控制在合理范围内,为下游装置的顺利运行奠定良好的基础。

前脱丙烷前加氢技术与后加氢技术的工艺流程存在一定的差异性,因此二者对试剂的消耗量也有所不同,前者4年左右,对乙炔加氢催化剂的消耗量在15m³左右,后者的消耗量在10m³左右,并且后加氢技术3-5年的干燥剂消耗量为200m³而前加氢技术的干燥剂消耗量要更高在230m³左右。

通过对这两种技术试剂消耗量的对比分析能够发现,烯烃分离前脱丙烷后加氢技术,对各种试剂的消耗量要更少,原因在于,这种技术对传统复杂的工艺流程进行了优化和完善,在一定程度上简化了工艺流程,能够减少对试剂的使用。但相较于前加氢技术,该技术的操作难度要更大,对技术人员的专业水平提出了更高的要求,一旦操作不当,导致反应条件不合理,不仅会加大试剂的消耗量,还会影响到烯烃分离装置的正常运行。因此,在操作烯烃分离前脱丙烷后加氢技术时,要加强对各个技术参数的控制,确保该项技术的实用价值能够发挥到最大。

2.3 产品回收率

通过对产品回收率的验证,能够直接反映出烯烃分离前脱丙烷前后加氢技术的作业能力,掌握这两项技术对生产要求的完成质量和效率。因此企业在优化工艺流程的过程中,需要做好这两项技术的产品回收率对比分析。

从烯烃分离技术的实质出发,衡量该技术产品的回收率指标,应从两方面入手,一方面是在脱甲烷塔顶装置运行期间乙烷的损失,即该这种物质中乙烯具体的损失量。另一方面是丙烯的损失量。一般情况下,丙烯会在两个环节中出现损失分别是C₄产品中以及燃料气中,对这两个环节进行动态化追踪和管控,就能够掌握在工艺系统运行期间,产品具体的回收率。经过调查分析后,烯烃分离前脱丙烷前加氢技术的乙烯产品的回收率为99.7%,丙烯产品的回收率为99.6%。前脱丙烷后加氢技术乙烯与丙烯产品的回收率分别为99.6%、99.8%。

结合上述分析结果可知,前脱丙烷前加氢技术的乙烯回收率要更高,但后加氢技术的丙烯产品回收率要更高。这就要求企业联系现实情况,根据生产的实际要求,有针对性地优化设计烯烃分离工艺流程。

3 烯烃分离前脱丙烷后加氢技术的工艺流程优化要点

在优化精简优化前脱丙烷后加氢工艺的过程中,可从以下几方面入手:

3.1 减少脱水与制冷系统的负荷

在前脱丙烷后加氢技术运行期间,上游装置会将物质输送进烯烃分离设备,主要的作业工序为:烯烃分离装置展开三段压缩,对物质中的酸性气体进行分离处理后,在采用洗涤工艺进行处理,上述操作结束后,将已经干燥完成后的物质输送进脱丙烷,展开分离处理。这时塔顶物流会开始作业,将分离后的物质顺利输送到脱丁烷塔,能够获得混合产品,该产品中的混合物质,一种是 C_4 ,另一种是 C_5 。塔顶物流会对混合产品进行四段压缩处理,并加以冷凝,在这种工艺条件下。产品的一部分会进入到脱甲烷塔中,该装置的塔顶含有大量的甲烷氢,当其开始加热升温后,就会实现燃料气管网的有效输送。当脱甲烷塔底的物流接受到物质后,会将其运送进脱乙烷塔内,对 C_2 产品与 C_3 产品展开相应的分离处理, C_2 产品通过塔顶物流,在乙炔加氢的影响下,会顺利流通到乙烯精馏塔的内部,这时塔顶会产生成品,即聚合级乙烯。与此同时,塔底的 C_3 产品顺利流通到丙烯精馏塔内后,塔顶就会产生成品,即聚合丙烯。乙烯精馏塔与丙烯精馏塔内部的产品均会被输送到各自的灌区内部。为进一步减少制冷系统与脱水系统的负荷,在产品气压缩的工艺流程中,要加强对冷却脱水技术的应用。这种技术形式指的是,燃料气经过压缩处理后,会逐渐冷却直至降低到常温,并且当原料气处于正常温度后,会离析出一部分物质,如游离水或者液烃等,将这两种物质有效分离后,再加以冷却和脱水处理,既能够提高脱水系统与制冷系统的运行能力,还能够延长烯烃分离设备的使用年限。

3.2 优化改良汽提塔

在烯烃分离前脱丙烷后加氢技术中,汽提塔起着至关重要的作用,但这种装置在运行过程中容易发生故障问题,体现在以下几方面:①碱洗塔顶出口冷却器异常。这种装置在运行期间,温度可能会发生异常情况,出现过低的问题。出现这种情况的主要原因在于,水份在未经过冷凝处理的情况下就输送进了脱水系统中,使得系统的负荷较大,若不及时采取行之有效的措施,对这种问题进行处理,就会造成冻塔等不良现象,影响到精致汽提塔的正常运行。对此,想要

解决这一问题,要做好脱水系统的检验检测工作,确保其工作能力符合要求的前提下,对碱洗塔塔顶冷却器的温度进行升高处理,将其温度控制在 14°C 左右,能够有效提高汽提塔的工作能力;②汽提塔塔压异常升高。汽提塔正常的操作压力在 0.7MPa 左右,但在实际运行过程中,操作压力异常升高到 0.8MPa 左右,与正常操作有差距。究其原因,汽提塔可能存在堵塞或者进料量过大等问题。想要控制这一现象,最直接有效的手段,就是对进料量加以调节,促使塔压降低到合理范围内。

具体而言,在应用前脱丙烷后加氢技术时,要对各个工艺环节的工作原理有详细的了解和认识,通过精细化的工艺流程,提高加氢工艺的运行水平。

4 经济效益分析

4.1 脱丙烷前加氢技术经济效益分析

脱丙烷前加氢技术的优点是可以提高乙烯的纯度,减少乙烯精馏塔的能耗,降低乙烯的生产成本。此外,脱丙烷前加氢技术还可以提高丙烯的收率,增加丙烯的附加值。

脱丙烷前加氢技术的缺点是需要增加加氢反应器和催化剂,增加了装置的投资和运行费用。同时,加氢反应器的操作和维护也较为复杂,需要定期更换催化剂。

4.2 脱丙烷后加氢技术经济效益分析

脱丙烷后加氢技术的优点是可以避免加氢反应器的设置,简化了装置的流程,降低了投资和运行费用。此外,脱丙烷后加氢技术还可以减少乙烯中的乙炔含量,提高乙烯的质量。

脱丙烷后加氢技术的缺点是需要增加乙烯精馏塔的规模和能耗,提高了乙烯的生产成本。同时,脱丙烷后加氢技术还会降低丙烯的收率,降低丙烯的附加值。

综上所述,在烯烃分离工艺中,前脱丙烷前加氢技术与后加氢技术的优势各异,不同技术的成本以及能源消耗也有所差别,企业在规划设计工艺流程时,要基于现实所需和价格,以及装置的投资和运行费用,有针对性地选择合适的前脱丙烷前后加氢技术,为企业的生产活动,提供有力的技术支持。

参考文献:

- [1] 孙冬冬,李松波. 烯烃分离装置开工过程优化研究 [J]. 山东化工, 2020,49(06):135-136+140.
- [2] 李雪,江洪波,李德飞,等. 甲醇制烯烃工业装置的分离优化 [J]. 现代化工, 2023,43(11):219-223.