

化工烯烃分离装置乙烯精馏塔工艺操作及应用市场前景

舒茂芝（国能新疆化工有限公司，新疆 乌鲁木齐 830000）

摘要：在当前经济技术条件下，科技水平的提升，为化工行业提供新的发展机遇。烯烃分离工艺的进一步优化，加快乙烯、丙烯的生产效率，其市场应用前景广阔，提高企业的经济发展水平。运用烯烃分离技术进行乙烯分离作业时，精馏塔发挥着重要作用，各项工艺操作是否科学合理，直接影响着企业的生产效益及成本。本文围绕烯烃分离乙烯精馏塔工艺操作展开深入分析，同时，分析了乙烯精馏塔工艺的市场前景，希望对相关研究者有所帮助。

关键词：乙烯精馏塔；烯烃分离；工艺操作；市场前景

市场经济体制不断改革及复杂的经济环境背景下企业面临着机遇和挑战，化工烯烃分离装置乙烯精馏塔工艺操作中，烯烃分离装置扮演着至关重要的角色，需要企业投入高科技人才、先进技术、大量的项目资金等，保障烯烃分离装置稳定运行，持续强化产品生产质量。具体生产过程中需掌握乙烯精馏塔工艺操作流程，促使化工企业乙烯生产更加稳定，给企业带来巨大的经济效益。

1 烯烃分离装置

烯烃分离工艺。现阶段，化工企业常见烯烃分离装置工艺经过多次迭代，形成了多种分离流程。其中较为先进的技术流程为前脱丙烷、预切割、油吸收、后加氢的工艺方式。工艺为从甲醇制烯烃装置来的产品气经三段压缩，送到甲醇洗涤塔、碱洗塔，脱除甲醇、二氧化碳后，进入干燥器脱水，然后经脱丙烷塔分离出碳四等重组分，脱丙烷塔塔顶气相经产品气压缩机四段压缩并逐级冷凝后，进入预切割塔和油吸收塔，在油吸收塔塔顶分离出甲烷、氢气、氮气等轻组分后，预切割塔塔釜物料进入脱乙烷塔，在脱乙烷塔内进行碳二和重组分的分离，碳二进入乙炔加氢反应器，加氢后进入乙烯精馏塔，分离出乙烯产品。重组分进入丙烯精馏塔，分离出丙烯产品。脱丙烷塔塔釜物料进入脱丁烷塔，分离出混合碳四产品，重组分作为油品采出^[1]。

另有一种工艺流程为前脱丙烯、丙烷洗、后加氢，在产品气压缩机二段排出位置安装水洗塔与碱洗塔装置，并在三段排出位置安装脱甲烷塔装置，以此达到降低精馏塔工艺操作温度的目的。其他工艺技术流程为前脱丙烷、后加氢、多脱丙烷洗，产品气压缩机三段排出位置安装碱洗塔、水洗塔、脱丙烷塔，但工艺操作前期压缩机三断区域压力低，若脱丙烷塔运行温

度较高，将出现聚合现象，故此该系统应增设单塔脱丙烷，产品干燥处理后输送至脱丙烷塔。

2 乙烯精馏塔生产工艺

2.1 生产工艺

当今社会，乙烯已成为橡胶、塑料、纤维合成的重要化工原材料之一，每年产量位居化学产品前列，也是化工产业发展期间不可缺少的物料。工业领域中，多采用热裂解法制取乙烯，主要设备为管式裂解炉，经预热后放入石油烃，持续加热后发生裂解反应，产生大量的混合气体，其中乙烯与丙烯含量较大。乙烯精馏塔则是制备乙烯的关键装置。

乙烯精馏塔流程为从乙烯干燥器来的物流中含有乙烯、乙烷以及少量未反应的氢气，这股物流进入乙烯精馏塔。乙烯精馏塔塔顶气相用 -41°C 的丙烯冷剂部分冷凝后送入乙烯精馏塔塔顶回流罐，回流罐罐顶的不凝气在尾气冷却器中用乙烷汽化回收的冷量二次冷凝，冷凝液相由重力自流返回乙烯回流罐，不凝的弛放气返回脱丙烷塔回流罐。乙烯回流罐的液相通过泵打回乙烯精馏塔作回流。从乙烯精馏塔第7块塔盘处采出高纯度聚合级乙烯产品，由重力自流去乙烯罐区。从乙烯精馏塔第102块塔盘处采出液相去绿油罐。乙烯精馏塔设有塔釜再沸器和中间再沸器，塔釜再沸器用 -25°C 丙烯蒸汽回收冷量，中间再沸器的冷量用于产品气的冷却。塔釜出料组分主要为乙烷，乙烷经尾气冷却器和冷箱回收冷量后，进燃料气管网。同时，塔顶还设有气相平衡线与罐区相连，用于平衡压力，稳定外送流量。

2.2 气相平衡线

乙烯精馏塔顶与罐区之间的气相平衡线开度，直接影响液相回流情况，关系到乙烯生产质量。在乙烯精馏塔生产工艺中，气相平衡线充当着平衡罐区和乙

烯精馏塔气体与液体的动态压力的作用,帮助乙烯塔和罐区的气液相之间体积置换。若在乙烯精馏塔与罐区未能设计气相平衡线,将造成罐区压力持续升高,罐区顶部气相乙烯无法回收利用,只能通过自带冰机冷凝回收部分气相乙烯,但是环境温度很高时,汽化量增大,只能放火炬控制压力,会造成极大的物料浪费。因此气相平衡线与塔顶气相管线交会,从冷凝器入口连接回流罐,维护压力平衡,能够促使产品凝液能自主流进罐区。

3 乙烯精馏塔中间再沸器的影响

乙烯精馏塔设置中间再沸器是可以减少塔的理论塔板数,降低设备建设费用,增加操作弹性,并且可以作为一种冷源降低其他生产单元的操作费用。当提高中间再沸器的负荷时,相当于提高了提馏段的气液传质效率,可以降低塔釜的乙烯损失,但是中间再沸的温度负荷过高,会使得乙烯精馏塔的重组分不断上移,影响精馏段的产品纯度,对产品的质量会有很大的干扰。同时也加大精馏段的负荷。这种操作在开工初期乙烯精馏塔引合格乙烯垫塔循环时可以使用,此时塔内都是高纯度乙烯,没有乙烷成分,随着开工碳二进入乙烯精馏塔,塔内提馏段和精馏段的乙烯浓度差并不大,暂时的提高中间再沸器的负荷,可以快速的建立提馏段的浓度差,减少塔釜的乙烯物料损失。当浓度梯度缓慢建立后,恢复中间再沸的正常再沸即可。

在乙烯精馏塔高负荷运转时,此时的塔内分离效率达到峰值,若中间再沸器的负荷过大,可能使精馏段的处理能力达到上限,在进料组分变化的情况下,很容易造成乙烯产品的质量波动。此时可以适当提升底部再沸器的负荷,降低中间再沸的负荷,这样可以降低精馏段负荷,保证产品质量。但由于中间再沸负荷的降低,提馏段的处理能力也随之降低,若底部再沸供热能力上限,也会造成塔釜乙烯损失上升,这就需要工艺操作人员依据当前生产状况,对乙烯精馏塔的运行负荷做出判断,找到最佳的中间再沸操作温度和流量,保证精馏塔的稳定运行。

4 乙烯精馏塔顶部和侧线采出的影响

乙烯精馏塔采出位置设置侧线采出通常是为了减少乙烯产品中的甲烷含量,但是这种采出方式会是塔内回流较大,乙烯产品缺少顶部的几层塔板传质传热,更容易受到进料产品的组分的上升气相的影响,对于高纯度聚乙烯产品的产品质量在高负荷的运行工

况下极容易造成产品质量的波动。因此,在进料组分中甲烷成分含量不高的情况下,可以采用顶部回流采出的方式,这种方式可以提高乙烯产品的质量,增大乙烯塔的高负荷的处理能力,对于生产中的波动抗干扰的能力更加突出。同时,顶部采出的方式更加有利于罐区气相平衡线的气相乙烯的回收,直接将回收至乙烯回流罐的乙烯直接采出,不再经过塔顶的几层塔盘,对于乙烯精馏塔的运行干扰更加小,减少了运行之中的干扰因素,利于生产的平稳操作,也可以提高乙烯塔的生产瓶颈。

5 乙烯精馏塔进料温度的影响

乙烯精馏塔的进料温度会影响到塔内的气液传质平衡,通常一般进料状态在工艺设计中都以泡点进料为主,因此在实际生产运行中,乙烯进料的温度对操作的影响是非常显著的。当乙烯中乙炔很小时,可以不使用乙炔加氢反应器,可以直接由脱乙烷塔回流罐顶部出料直接进入干燥器后进入乙烯精馏塔,那么这时乙烯的进料会有可能低于泡点温度,使得乙烯塔内部塔盘气相减少,液相增多,造成提馏段的负荷增加,在高负荷运转工况下,可能会使底部再沸超负荷运行,并且增大乙烯损失。同时由于再沸过大,在进料温度和压力产生变化时,由于提馏段的负荷过高,极容易使得塔内提馏段组分上移,对正常的工艺操作造成产品质量波动。但当进料温度大于乙烯精馏塔的设计泡点温度时,在满足乙烯精馏塔的处理能力之下时,可以减少再沸能耗,但会提高回流比,增加顶部乙烯冷凝器的负荷。这种情况下,适合低负荷运转,因为甲醇制烯烃的工艺中,乙烯中乙烷的含量很低,低负荷运行时乙烯精馏塔精馏段的处理负荷是过量的,在这种情况下,满足产品质量的情况下,还可以降低再沸负荷,降低乙烯精馏塔的运行能耗。

6 乙烯精馏塔的进料组分影响

乙烯精馏塔的进料组分变化对精馏塔的影响还是很大的,尤其在开工初期,进料组分不稳定的情况下,对乙烯精馏塔的操作运行有着很大的干扰。

开工初期的时候,乙烯精馏塔的进料有甲烷过高和重组分过高的情况,这两种工况都会影响到乙烯精馏塔的正常运转。当乙烯进料中的甲烷过量时,会使得乙烯精馏塔的压力持续增高,塔顶甲烷大量聚集,造成塔顶冷凝器传热效率低下,乙烯冷凝量变低,从而影响回流量,减慢开工乙烯产品合格速率,并产生大量不合格乙烯,造成回炼能耗增加。这种情况应调

整预切割塔的再沸和压力,尽量减少向后续流程产生的甲烷,并且在乙烯精馏塔塔顶和回流罐顶部持续排放,减少塔顶甲烷不凝气体,提高乙烯塔顶冷凝器的换热效率,降低塔内压力,以快速建立塔内气液相平衡。

当乙烯精馏塔的进料混入了过量重组分之后,会在提馏段内不断富集,当塔釜内重组分排出不够及时,塔内重组分过量,会使得塔釜再沸的热量大部分被重组分吸收,并且在乙烯塔釜正常操作温度下,重组分并不会汽化,无法形成传质传热,就会使得塔釜温度不断升高,但是塔内压力却无法提升,造成乙烯精馏塔塔釜再沸器的换热温差不断降低,热阻上升,最后导致加不上热的情况,使得塔釜液位不断涨,最后造成满塔事故。在这种工况时,应该加大塔釜的排放,及时将塔釜内的重组分排出,加大塔釜与底部再沸器的温差,并减少进料,待乙烯精馏塔的进料合格将塔内提馏段的物料置换干净,其间要注意再沸器的流量变化,这种置换过程会由于物料组分的变化导致换热效率突然改变,要及时关注底部再沸器进物料温度的变化,避免造成其他生产单元的波动。当温度回到正常操作区间时,也说明塔釜的重组分置换完成。

7 乙烯精馏塔进料水含量的影响

当进料中水含量变多,会出现乙烯精馏塔冻塔情况,塔内进料口位置含有一部分游离水,处于低温状态下游离水与烃融合,转变成烃水合物,当此类物质不断增多,不断堵塞管线和塔盘,塔压差随之上升,最终形成冻塔。其中游离水产生属于最根本原因,多是由于干燥剂再生后露点较高、压缩机注水不合理,造成干燥器运行负荷增加等等。企业为获得高纯度的乙烯产品,加快生产效率,生产流程中会有乙烯与产品气两种干燥器,以此去除全部水分。但在运用干燥器过程中,若氮气露点超过 -55°C 到 -66°C 之间,干燥器的再生露点会超过标准,使得干燥器再生不完全,运行时间周期减短,造成少量的游离水带入后续流程,在长时间的运行下,使得乙烯精馏塔出现冻塔现象。

8 乙烯精馏塔工艺应用市场前景分析

8.1 市场需求分析

随着化工、石油和天然气等行业的快速发展,对乙烯的需求量不断增长。截止 2022 年中国乙烯消费量超过 6 亿 t, 占据全球消费总量的 40% 左右, 位列世界之首。尽管基数及经济增长方面分析来看乙烯的需求速度有些下降, 但乙烯的市场前景仍然很大, 虽

然在 2021 年我国乙烯的人均消费仅 42kg, 和世界上的发达国家相比而言还有一定的差距, 但预计在 2030 年左右, 我国全年乙烯的产量在 8 亿 t 左右, 所以在未来低碳发展将成为中国乙烯工业的必然选择。乙烯精馏塔作为生产乙烯的关键设备, 其市场需求也随之增加。同时, 随着技术的进步和环保要求的提高, 乙烯精馏塔也在向高效、节能和环保的方向发展, 这为其市场拓展提供了更多机会。

8.2 市场应用情况及必然选择

作为石油化工产业的核心之一的乙烯工业, 经过科学技术的发展, 已经具备了雄厚的实力。2022 年, 我国乙烯产能再创新高, 新增 565 万 t, 总产能达到 4733 万 t, 稳居全球乙烯生产国之首。自 2000 年至 2022 年, 我国蒸汽裂解装置的平均规模由 22 万 t/a 提升至 83.3 万 t/a, 百万吨级乙烯装置增至 20 套, 产业布局的持续优化为我国乙烯工业的高质量发展奠定了坚实基础。乙烯精馏塔技术, 作为一项重要的分离技术, 在化工行业中展现出广阔的应用前景。乙烯精馏塔工艺在化工企业中的广泛应用, 推动了整个行业现代化发展的水平, 对现代化工行业的发展起到积极的作用。首先, 乙烯精馏塔工艺可以通过改装优化装置达到节能的效果, 以此降低生产成本。其次, 从企业的生产实际出发, 解决生产问题, 可以利用先进的技术对乙烯精馏塔工艺进行改造优化, 提高生产效率。最后, 企业的大量资金投入, 可以培养技术型人才, 提升自身技术水平和流程能力, 为企业降本增效提供坚实的后盾。

9 结语

总而言之, 在时代快速发展背景下, 化工企业规模日渐扩大, 乙烯作为主要生产内容, 产品纯度与生产效率关系到企业的综合效益与市场占有率, 烯烃分离装置乙烯精馏塔在化工生产中具有不可替代的地位。鉴于此应掌握烯烃分离乙烯精馏塔的工艺操作流程与要点, 明确烯烃分离装置的运行原理, 同时, 随着市场的发展和技术的进步, 乙烯精馏塔的应用前景也愈发广阔。未来, 我们应继续加大对乙烯精馏塔的研究力度, 推动其向更加高效、环保和智能化的方向发展, 以满足市场的不断增长需求, 保障化工企业乙烯生产有条不紊地推进, 创造更大的经济效益。

参考文献:

- [1] 刘继龙. 年产 6 万 t 丁烯分离装置生产工艺设计 [J]. 山东化工, 2022, 51(18): 170-173.