

二氧化碳汽提法尿素装置增产 20% 工艺调整探究

金永福（盐湖元品化工有限责任公司，青海 格尔木 816099）

摘要：本文立足于提高二氧化碳转化率的重要性，简略阐述了二氧化碳汽提法尿素装置增产 20% 工艺的调整目标，并以某化工企业为例，在分析其当前二氧化碳汽提法尿素装置运行现状的基础上，从增加中压分解吸收系统以及开展双汽提塔改造两方面着手，对二氧化碳汽提法尿素装置增产 20% 工艺调整的具体措施进行详细分析，同时，提出温度控制、粉尘回收利用以及装置防腐蚀几方面控制要点，旨在为相关研究人员提供参考，实现装置增产降耗的目标，促进企业的经济效益的进一步提高。

关键词：二氧化碳汽提法；尿素装置；工艺调整；提升效益

0 引言

近些年，科学技术的发展进一步推动了化工行业的进步，新兴科技也加速传统设备和工艺的升级改造与调整进程，为了更好地实现增产目标，化工企业以提高二氧化碳转化率为目标强化开展二氧化碳汽提法尿素装置工艺调整工作。

与此同时，工艺调整可以为我国尿素生产长远效益的提高创造良好的条件，可以进一步满足高效节能建设目标，在当前保护环境和生态文明建设的时代背景下，工艺调整不仅能够提高产量，还能够契合可持续发展战略，对于企业乃至社会长效稳定发展均有着重要意义。

1 二氧化碳汽提法尿素装置增产 20% 工艺调整目标——提高二氧化碳转化率

二氧化碳转化率主要指的是二氧化碳在转化成尿素之后，在进入尿素合成系统的情况下其所体现的摩尔比，实质上是指尿素的合成率，二氧化碳转化率是提高二氧化碳气体法尿素装置产量的重要因素，二氧化碳转化率的提升代表更多的原料可以实现向尿素的转化，未反应的循环量较之以往会有所降低，在提高装置生产效率的同时达到降低能耗的效果。因此，提高装置产量的核心要义便是通过设备改进和工艺调整促进二氧化碳转化率的提升，使得在投料和装置条件相同情况下实现尿素产量的增加，有助于减少能源和原料的过度消耗，有利于进一步提高资源利用效率，为企业经济效益的提升创造良好的条件。

2 二氧化碳汽提法尿素装置增产 20% 工艺调整措施和控制要点分析

工艺概况：某化工企业的尿素装置于 1991 年正式投料，一次开车成功，时年达成生产目标，项目投资共 3900 万元。该装置运行至今已有三十余年，在

此过程中有过多工艺调整，但其生产能力始终未能进一步提升，根据当前所提出的增产 20% 的目标，有必要采取相应的工艺调整措施，以提高企业整体生产能力。

当前该厂采用的为 3# 尿素，设计日产 1400t，年产 51 万 t 尿素的造粒塔在实际进行尿素生产阶段，往往会从造粒塔顶部直接向大气中排放尿素粉尘和胺等物质，这在一定程度上污染周遭环境，为了有效实现生态环保的目标，需要开展技改工作，将相应的粉尘回收装置增设在造粒塔顶处。

目前，低压分解系统应用效果不强，是制约该厂二氧化碳汽提法尿素装置增产较好的重要影响因素之一，所以亟待开展系统改造工作。循环量与合成转化率之间有着密切的联系，二者直接关系到产量的提高。因此，本次工艺调整着重开展技术改造工作，通过采取降低低压循环系统分解吸收负荷的措施，额外使用中压分解吸收系统，进而提升高压合成转化率，确保循环量的合理性，同时，切实展现出现有高压设备自身的潜力，这不仅能够起到节约投资的作用，还可以在极大程度上促进增产幅度的提高。

2.1 提产增效对装置的调整措施

2.1.1 增加中压分解吸收系统

在将中压分解吸收系统加入到装置中之后，装置生产规模设计为日产尿素 190t，由于设备的规格大多一致，所以不需要对蒸发系统采取过大的改动措施便可以满足相关要求。

在完成改造工作之后，尿液在减压后将会进入到终压分解塔上部分的加热段内部，同热气体逆流接触换热，并向下部加热段中转移，通过加蒸汽实施加热，对甲胺进行再次分解，气液混合物将会进入到分解塔的下部实现分离，通过液位调节阀完成尿液的减压工

作之后, 将其输送到精馏塔的内部, 中压分解塔气相将会在闪蒸加热器中同二甲液共同被吸收冷凝, 继而产生相应的甲胺液, 并进入到中压冷凝器中实现进一步的吸收冷凝。气液混合物在离开中压冷凝器之后便会进入到中压液位槽内部, 进而实现分离形成气相和液相, 通过一甲泵加压之后, 液体便会进入到高压洗涤器内部, 完成气相减压之后进入到吸收塔当中。

在完成这部分工艺调整之后, 该企业二氧化碳汽提法尿素装置运行效果有了明显提升, 其尿素产量上升为 190t/d, 每吨尿素的蒸汽耗为 1020kg, 氨耗则是 590kg。低压系统的压力能够维持在 0.2MPa 以下, 可以充分满足预期目标。但结合实际情况来看, 因为高压系统处在超负荷运行的状态下, 合成台内部产生超温现象, 温度大概为 185℃, 在汽提塔出液中存在相对较高的二氧化碳和氨含量。若要进一步促进产量的提升, 便有可能会带来低压系统超压以及消耗不断增大等问题, 与此同时, 对于蒸发系统来说, 其在操作方面相对困难, 无法充分满足尿素产品在质量方面的相关要求^[1]。

2.1.2 实现增产目标开展双汽提塔改造

在尿素装置产量满足 190t/d 的情况下, 气体塔出液会出现超温现象, 同时, 中压以及低压分解吸收能力有所降低, 压力也会随之增大, 这一过程中产生明显的消耗增加问题, 蒸发系统无法实现顺畅操作。工作人员在对该二氧化碳汽提法尿素装置进行检修过程中发现, 汽提塔分布器上所呈现出的液位痕迹同顶部之间有着 30mm 左右的距离, 并且产生一定的满液现象。由此可见, 当前的汽提塔在运行过程中无法满足增加产量的目标, 再加上该企业已经更换了汽提塔, 所以可以借此机会开展双汽提塔改造。

存在于合成塔中的尿液会经过业务调节阀进入到两台汽提塔当中, 而在汽提塔的顶部会通过液体分布器的使用对尿液展开均匀分配, 使其流入到气体管内部, 同时沿着管壁逐渐向下部分流入。

二氧化碳气体经由两塔底部分别进入, 并在汽提管内部同液膜逆流产生接触, 实现汽提, 与此同时, 使用中 -2.0MPa 饱和蒸汽提供热量, 为甲胺的正常分解创造良好的条件, 在进行加热以及汽提的过程中, 从尿液中分离的二氧化碳和氨分别为 75% 和 80% 左右, 还会在蒸发作用下产生一部分水。汽提塔出口液体会在各自完成减压工作之后汇入到中压分解塔内部, 气体则会在离开汽提塔之后进入到高压甲胺冷凝

器当中。

企业以某次大修为契机开展双汽提塔并联改造工作, 在配管方面基本上能够实现完全对称一致, 并尽可能保障阻力接近, 当单塔进液控制阀条件有限的情况下, 通过各塔二氧化碳进气阀的应用实现对于气量的有效调节, 使两塔的负荷能够达到相对平衡的效果。在正式开车之后, 其单塔负荷较之以往呈现出明显的降低, 汽提效率也有了大幅提升, 汽提塔蒸汽压力从原本的 2.1MPa 下降到了 1.6MPa, 温度也呈现出明显的降低, 此时期含氨质量分数维持在 9%~10% 范围之内, 而中、低压系统的负荷与从前相比也有了明显的减少, 系统压力大约为 0.1MPa。平均每吨尿素的氨耗以及蒸汽耗分别下降到 575kg 和 980kg。每日所产尿素高达 245t, 在极大程度上满足二氧化碳汽提法尿素装置增产 20% 目标, 并且有效降低了设备自身的腐蚀率, 可以延长其使用年限, 提升企业经济效益。

2.2 降耗控制要点

2.2.1 温度控制

二氧化碳汽提法尿素装置在生产运行的过程中涉及到高压、中压以及低压三种控制系统的应用, 而结合实际情况来看, 尿素制备的效果以及原材料利用效率直接受到温度控制的影响, 若是无法高效落实温度控制便会导致装置面临一定的损坏风险, 进而造成尿素生产成本的大幅提升。

首先, 对于高压系统来说, 若是尿液的温度上升到 175℃ 以上, 为科学把控液面高度便会产生一定的甲胺液溢出现象, 使设备出现一定的腐蚀问题, 进而使尿素原材料自身的纯度受到一些负面影响。为此, 工作人员在这一阶段应当保障氧气的充足性, 确保材料能够产生更加充分的化学反应, 保障甲胺分解效率, 进一步减少温度控制所面临的风险^[2]。

其次, 对于中压系统来说, 若是其存在过高的温度便有可能会限制结晶温度, 降低其结晶效率。同时, 温度过高还会对装置内部温度差的产生造成负面影响, 使得冷凝器中存在一定的甲胺结晶存留, 增加装置出现堵塞现象的可能性, 不利于进一步实现尿素生产效率的提升。

最后, 针对低压系统, 工作人员同样需要强化落实温度控制工作, 以免出现温度过高的现象, 确保甲胺的温度能够始终维持在 72℃ 范围之内, 避免低压系统存在过大的负荷, 难以支撑甲胺的正常分解, 为低压冷凝系统的高质量运行创造良好的条件。

在生产阶段,若是甲胺液本身存在过高的浓度,便会在一定程度上增加尿液的温度,进而对后续的冷凝与结晶产生间接的负面影响。基于此,为了切实提升二氧化碳气体法尿素装置的合理运行,工作人员应当在工作中强化落实对于甲胺液循环量以及浓度的合理把控,技术人员也应当从具体问题出发展开全面分析,进一步明确环境因素所能够造成的影响。

2.2.2 粉尘回收增值利用

从实际情况来看,混凝土造粒塔在排放阶段会产生一定的粉尘杂质,而其中涉及到诸多尿素,若是未能及时有效处理并排放便会严重影响生态环境,并且会造成农田损失。而粉尘的散落也会伴随有价值化学物质的浪费,难以更好实现当前尿素制备环保化和节能化的目标。存在于粉尘中的尿素有着极高的可回收率,所以相关工作人员需要从工艺调整的角度不断完善技术和相关装置,对现有的粉尘回收利用方式实施创新,使得装置系统长度得以进一步延长,此举能够助力尿素生产效率的提高,还能契合当前社会发展中有关生态环保的要求。

针对粉尘回收利用,工作人员需要事先通过气口增压装置的应用使得粉尘能够集中在雾化洗手区,开展雾化工作保障其能够实现高效吸收,提升尿素成分吸收成效。完成吸收后的物质将会向更加纯净和干燥的气体转化,可以利用冷凝装置以及三级分离空间,向空气中排放。此举可以起到降低气体中尿素含量的作用,并且能够减少其中金属物质的含量,减少对于不必要材料的过量应用,还可有效减少气体排放对生态环境和周遭居民所造成的影响。现阶段我国二氧化碳汽提法尿素装置较之以往已经有了极大的提升,后续依旧会不断优化,可以在增加循环次数的基础上提升各种资源的利用效率。在此过程中,装置所受到的腐蚀以及损害同样会得到降低,对于尿素生产技术的长效稳定发展有着重要意义^[3]。

2.2.3 装置防腐蚀维护

对于二氧化碳气体法尿素装置来说,腐蚀现象同样是制约其产量提高的重要因素,通常情况下会使用钝化良好的不锈钢材料制作尿素合成塔,其本身有一定的抗腐蚀效果,但若是在装置长期运行的工程中没有重点关注其腐蚀现象并及时采取相应的改善措施,便会增加其产生腐蚀问题的隐患,严重情况下还会增加尿素装置运行阶段的安全风险。温度、氨碳比以及甲胺液浓度是导致尿素装置出现腐蚀问题的重要原

因。其中温度会催化腐蚀,而若是没有高效落实对于甲胺液浓度以及氨碳比的控制也会造成腐蚀速度以及强度的增加^[4]。

为了有效应对尿素装置的腐蚀问题,工作人员应当精准掌握问题所在,进而采取针对性的解决措施。企业需要针对技术人员展开全方位的专业能力和素质的工作,确保技术人员均能够严格按照技术规范开展工作,并保障原材料配比的科学性和有效性,在日常工作时需要实时动态地关注装置运行状况,以免受到主观因素影响造成尿素装置被腐蚀。另外,相关工作人员完成工艺调整之后应当重点加强对于尿素装置的运维管理,定期检查有关装置的使用状况,还要将相关信息完整记录下来,方便后续作为参考进行随时调整。在适当的情况下,工作人员需要将检测装置合理放置在尿素合成塔相应的位置,采用远程监控的手段,依托于大数据技术全面开展对于尿素装置性能的监管工作。此举能够帮助工作人员及时处理尿素装置所存在的腐蚀问题,在此过程中还应当对有关材料的腐蚀状况实时监控,以便于从各个环节着手为二氧化碳气体法尿素装置的运行提供保障,降低其出现腐蚀问题的可能性^[5]。

3 结论

综上所述,合理调整二氧化碳汽提法尿素装置的工艺能够更好地实现企业增产20%的目标,并且可以有效适应当前企业增产降耗的要求,对于企业发展经济效益以及生态效益的提升有着重要意义。因此,相关企业应当依托于技术改造高效实施工艺调整,为企业生产效率和收益的提高创造良好的条件。

参考文献:

- [1] 王启武,郭伟,许晓虎,等.CO₂汽提法尿素装置开车过程中合成系统超压分析[J].氮肥技术,2022,43(01):27-29.
- [2] 侯立业.CO₂汽提法尿素装置池式反应器液位调节阀故障判断及处理[J].中氮肥,2022(01):24-27.
- [3] 孙云龙,徐亮.CO₂汽提法尿素装置低负荷条件下产出优等品的控制措施[J].氮肥与合成气,2021,49(09):34-36.
- [4] 赵小芳.40万t/a CO₂汽提法尿素装置节电技改措施研究应用[J].氮肥与合成气,2021,49(02):24-26+41.
- [5] 王付生.CO₂汽提法尿素装置高压设备入塔检测前的工艺处理[J].中氮肥,2020(02):37-40.