

CO₂ 汽提法尿素工艺技术及其提高其转化率的措施探析

高 箭 高 飞 唐 伟 (四川美青化工有限公司, 四川 遂宁 629200)

摘 要: 随着时代的不断发展, 目前的 CO₂ 汽提法尿素工艺在当前市场之中占据了较大的空间, 在经过数十年的发展之后, 针对其工艺的转化率问题, 就成为现阶段值得重点探讨的议题。因此, 本文在分析 CO₂ 汽提法尿素工艺技术的基础上, 针对 CO₂ 汽提法尿素工艺的转化率提高措施进行分析, 希望可以满足其后续的发展需求。

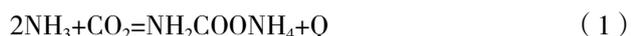
关键词: CO₂ 汽提法; 尿素; 工艺; 转化率

在 20 世纪 70 年代, 我国正式从荷兰引入 CO₂ 汽提法尿素生产工艺, 在经过后续的消化、吸收、探索与改进之后, 由于工艺本身占地小、流程短、节能, 并且方便操作, 从而呈现当前国内新建大型尿素装置的首选技术, 值得去深入的研究与分析。

1 CO₂ 汽提法工艺概述

1.1 工艺原理

针对 CO₂ 汽提法, 其核心工艺在于, 液氨与 CO₂ 之间在合成塔之中的反应, 从而生成氨基甲酸铵, 然后通过脱水生成尿素与水, 其过程主要包含了:



其中, 式 (1) 属于放热反应, 其反应热主要是用于副产蒸汽, 从而为了后续的分解与蒸发提供相应的加热蒸汽, 同时也能够提供动力蒸汽给蒸汽喷射器; 式 (2) 作为微吸热反应, 实际的反应速度是相对偏慢的, 在尿素合成过程中属于控制的步骤。

1.2 工艺流程

基于 CO₂ 汽提法的工艺流程进行分析, 其工艺流程框架示意图见图 1 所示, 其主要包含了 CO₂ 汽提压缩与净化、合成与汽提、循环、蒸发以及解吸水解等对应的工序。

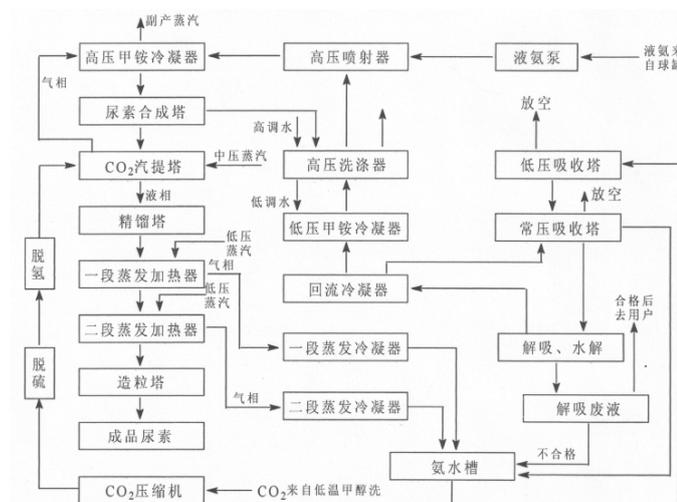


图 1 CO₂ 汽提法工艺流程框图

1.2.1 液氨升压

针对液氨的升压, 其主要为了能够将原本球罐之中的压力直接提升到 16.0~17.5MPa 左右, 然后当做喷射物

料, 就能够将其直接输送到高压喷射器之中, 而高压液氨泵就是其根本所在。

1.2.2 CO₂ 气体压缩和净化

对于 CO₂ 气体压缩和净化, 直接将原本低温甲醇洗工段的 CO₂ 原料气直接升压到 14.4MPa, 然后通过干法脱硫以及催化脱氢的方式, 从而将 CO₂ 气体之中残留的 H₂ 与 H₂S 直接脱除, 之后将其从底部直接输送到汽提塔之中, 而其中的关键组成在于 CO₂ 压缩机组、脱氢塔和脱硫塔。

1.2.3 合成和汽提

在使用 CO₂ 汽提法时, 合成与汽提是核心, 通过合成塔、高压洗涤器、汽提塔以及高压甲铵冷凝器共同形成了高压圈。从高压冷凝器底部直接导出液体甲铵, 并且也包含了一定量的 CO₂ 和 NH₃, 通过两条管线, 直接将其输送到合成塔底, 然后将温度在 165~172℃ 之间的物料, 就会直接从塔底提升到顶部的位置, 在经过反应之后, 就会对应的生成温度在 180~185℃ 之间的反应液, 从而就会从塔顶的位置上直接流出来, 然后进入汽提塔上部的位置, 然后利用液体的分配器, 就可以实现每一根汽提管的合理分配处理, 然后沿着管壁形成液膜下降, 从而和汽提塔底部的 CO₂ 气体在汽提管之中与反应液实现逆向的接触, 针对反应液之中过剩的氨和没有进行转化的甲铵就会被蒸出与分解, 然后直接从塔顶排出来, 少量的甲铵和尿液则是直接从塔底排出; 针对从汽提塔顶排出来的气体, 在 14.22 MPa 的状态下, 然后直接混合形象的液氨以及高压洗涤器中的甲铵液, 之后, 将其直接输送到高压冷凝器的顶部位置, 这样就会生成二氧化碳、甲铵和铵, 然后进入到合成塔底部的位置。

1.2.4 循环

对于循环部分的工艺, 其主要是将汽提塔底部的汽提液当中还没有进行分解的甲铵来实现加热的分解处理, 这样就会直接逸出 CO₂、游离氨, 最后直接将温度在 90~95℃ 的尿液直接送入到尿液槽当中, 其设备包含了闪蒸槽、低压甲铵冷凝器、精馏塔等。

1.2.5 蒸发

蒸发, 主要是基于真空条件下, 在通过一段与二段的蒸发处理, 就可以直接将尿液槽中的尿液内水分充分蒸发并且控制在 1.0% 之下, 之后就可以直接送往造粒工序。在这一工序之中, 使用到的设备包含了一段与二

段的蒸发加热器和冷凝器。

1.2.6 解吸和水解

解吸与水解,主要是为了将工艺冷凝液之中残留的尿素直接水解成为氨和 CO_2 , 然后与残留的 CO_2 、氨等一并的解吸与回收,直接将氨和尿素的实际含量降低到 10×10^{-6} 以下,其使用的设备包含了水解塔与解吸塔。

2 CO_2 汽提法尿素的工艺技术特点分析

基于 CO_2 汽提法尿素的工艺技术特点进行分析,其主要包含:第一, CO_2 汽提法尿素工艺在相对应的合成压力条件下,就可以实现 CO_2 和 NH_3 的冷凝吸收,并且具有较高的回收效率,并且水碳比以及氨碳比返回相对偏低,反应压力偏低,能够实现热量的充分回收。第二,考虑到 CO_2 汽提法针对 CO_2 和 NH_3 的回收效率较高,这样可以满足低压系统负荷的减轻,最终将中压分解和回收工段大量的省去,从而在简化工艺流程的同时,也能够满足生产管理和实际的操作要求。第三,因为 CO_2 和 NH_3 的反应会成为甲铵的反应热,就会产生副产蒸汽,其本身能够用于分解反应以及蒸汽喷射器,并且考虑到 CO_2 的汽提冷凝温度较高,回收能量的过程相对的安全,所以,其工艺的能耗就能够得到有效的降低,并且也可以满足冷却水用量的节约。第四,在合成塔、 CO_2 汽提塔、高压甲铵冷凝器中物料的循环,主要是依靠重力的作用,从而简化了工艺流程,其设备的实际占地面积较少,并且开车时间短,操作更加的稳定。另外,工艺冷凝液在通过解吸与水解之后,就能够减少氨的损失,同时也能够有效的规避环境污染问题的出现。

3 CO_2 汽提法尿素提高 CO_2 转化率的措施

3.1 氨碳比的控制

基于汽提法反应原理的基本分析,提高物料的 NH_3/CO_2 , 就可以满足 CO_2 的转化率提高,并且还可以减少副反应,残留的氨能够与系统之中的 H_2O 直接生成 NH_4OH , 这样就可以保障反应直接朝着生成尿素的方向前进,这样也能够合理的降低设备的腐蚀问题。一般来说,当 NH_3/CO_2 每提高 0.1, 转化率就可以实现 0.5~1.0% 的提升。不过,如果氨碳比过高,就会导致系统压力进一步的增大,并且能量也会出现大量的损耗,从而让物料在反应塔内部所停留的时间也进一步的缩短,从而降低 CO_2 的转化率。所以,在实际的生产环节,就要求能够将氨碳比控制在 3.5 之内。

3.2 原料纯度的控制

由于氨与二氧化碳的反应,在甲铵生成之后,其反应是体积的不断缩小,所以,提升压力,就能够促进反应直接朝着生成甲铵的方向前进,以此来提高 CO_2 的转化率。但是过高的压力会影响生产的安全性,当合成系统压力达到一定程度之后,其对应的转化率会逐渐上升到一个特定值,就不会再出现明显的提升过程,并且更高的压力,对于设备也会提出全新的要求。所以,在 CO_2 汽提法尿素生产之中,就要求将系统压力控制在 13.5~14.5MPa 之间。而在合成温度方面,考虑

到甲铵转化成为尿素的反应属于一个吸热反应,温度升高,可以促进尿素生产。但是过高的温度会造成设备腐蚀和能耗加大,所以一般要求将合成系统的温度控制在 180~185℃ 之间。

3.3 合成系统压力与温度的控制

针对 CO_2 汽提法的原料纯度控制,要求其液氨的纯度超过 99.5%, 这一点一般都可以满足要求;主要是需要控制原料二氧化碳的纯度,这主要是为了避免高压设备本身可能出现的腐蚀问题,一般来说,在原料二氧化碳之中会考虑到少量防腐空气的融入,不过一定要控制好量,否则就会对于其纯度产生影响,进而降低实际的转化率。针对这个问题的分析,就可以选择将脱硫和脱氢装置直接添加在二氧化碳压缩机的三段出口位置,以此来提高其纯度,并且针对混入控制之前的纯度,要求其超过 98.5%, 混入空气之后,其纯度需要超过 95%, 而含氧量则控制在 0.7~0.9% 之间。

3.4 开好回收、解吸水解系统

对于尿素合成系统没有转化的游离 CO_2 、游离氨、 $\text{NH}_2\text{COONH}_4$ 直接进入到中低压回收系统之中进行回收利用,这样就可以提高实际的转化率,并且降低系统的能耗。在系统之后没有反应的 CO_2 和 NH_3 会直接吸收转化成为氨水然后输送到解吸与水解系统,加入蒸汽直接水解氨水之中残留的尿素,并且将氨水之中的 CO_2 和 NH_3 解吸之后再重新转入到尿素合成装置进行循环的利用,这样就可以满足转化率的提升。开好回收与解吸水解系统,就是为了能够实现系统压力与温度的控制,尤其是需要做好解吸塔气相出口温度的掌握,以此来降低气体之中的实际含水量,并且也可以保持良好的冷凝作用,从而满足回收的需求。

4 结语

总而言之,考虑到 CO_2 汽提法尿素工艺存在诸多优势,就成为企业提高经济效益的有效途径之一。在 CO_2 汽提法尿素工艺中,还需要重点考虑其转化率,因为其直接关系到生产成本、质量与企业发展,所以就需结合企业自身的实际情况,找到对应的工艺程序,从而促进工艺的可持续发展。

参考文献:

- [1] 刘贵福. CO_2 气提法尿素中压系统改造总结 [J]. 氮肥技术, 2020(02):12-14.
- [2] 王付生. CO_2 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.
- [3] 陈龙斌. CO_2 气提法尿素生产中串联中压技术的应用价值 [J]. 化工管理, 2018(23):114-115.
- [4] 王贤金, 苏镇, 李永灿. CO_2 汽提法尿素工艺减少蒸汽消耗的根本途径探索 [J]. 化工管理, 2018(14):195-196.
- [5] 郭文龙, 张龙, 王晓辉, 等. CO_2 汽提法尿素装置提高 CO_2 转化率的措施 [J]. 中氮肥, 2019(5):35-38.
- [6] 张鹏伟. CO_2 汽提法尿素的工艺技术及提高 CO_2 转化率的措施 [J]. 化工设计通讯, 2020, 46(02):13+16.