

煤化工酸性水汽提装置优化研究

雷 峰 李喜芳 (神木富油能源科技有限公司, 陕西 榆林 719319)

摘 要: 酸性水汽提装置是煤化工企废水处理工艺的重要组成部分, 它一方面可以对酸性水进行预处理, 使净化水满足排放标准, 减少煤化工企业的污染物排放量, 另一方面, 它还可以对酸性水中的氨气、硫化物等化学物质进行回收再利用, 兼具节能和减排功效。本文简单介绍了酸性水汽提工艺的分类, 指出了现阶段酸性水汽提装置中存在的问题, 并就这些问题给出了几条优化策略。

关键词: 煤化工; 酸性水; 汽提装置

0 引言

煤化工产品加工过程中会产生大量的酸性水, 酸性水中含有较多的硫化氢、氨气、氰化物等有毒害气体, 如果不经处理就直接排放, 将会给环境造成较大破坏。随着生态文明理念深入人心, 我国酸性水处理技术的研发力度也在不断加大, 酸性水汽提装置在煤化工企业中得到了广泛应用, 在节能减排和环境保护方面扮演着极其重要的角色。

1 酸性水汽提工艺的分类与概述

1.1 单塔加压汽提工艺

单塔加压气体工艺一般被应用于酸性水量较少, H_2S 和 NH_3 浓度较低的场景中, 它可以初步满足高纯度酸性气体回收要求, 能够对硫化物进行回收, 但对氨气的回收效果并不明显。这主要是因为同等压力和温度条件下, H_2S 在水中的溶解度要远低于氨气, 如果在超高压、低温的反应条件下, 这种差别就会更加明显。因此在酸性水汽提流程中, 一般会将塔顶温度控制在 $30\sim 50^\circ C$, 结合适宜气压, 就能够在较少的蒸汽耗量下得到氨气含量极低的酸性水。

1.2 单塔低压汽提工艺

在使用单塔低压汽提工艺进行酸性水汽提时, 需要先将含硫、含氨等有害物质的污水注入汽提塔中, 在蒸汽热源的作用下, 污水中挥发性较强的物质成分就会随着蒸汽逸散进气相中。接着, NH_3 和 H_2S 混合后的气体从汽提塔顶端排入硫磺回收装置, 氨经过喷嘴完全燃烧生成水和氮气, H_2S 则反应生成硫磺。单塔低压汽提工艺在较低的压力环境下就可以顺利完成, 具有投资成本少、能耗低、净化水质好、操作简便等特点。但同时这种工艺也有一定的局限性, 那就是输送含氨气体的管道容易发生结晶堵塞, 如果被堵塞的管道为制硫管道, 不仅会使硫磺产品品质下降, 还会使制硫流程无法正常运转。

1.3 双塔加压汽提工艺

顾名思义, 双塔加压汽提工艺就是设置两座汽提塔对酸性水进行处理, 我们可以简单将这两座塔称为 H_2S 塔和 NH_3 塔。由于 H_2S 与 NH_3 在水中的溶解度和挥发性都不相同, 两个汽提塔就可以通过不同的操作工艺将两者分别提取出来, 并回收为浓度较高的溶液。在具体

操作中, 酸性水会先进入 H_2S 塔, 并在塔中分为两路, 一部分经过塔底热水加热成为热进料, 流入塔的中上部, 另一部分则为冷进料, 直接进入塔顶, 塔底可以直接通入水蒸气, 也可以利用重沸器对塔底液进行汽提。其中汽提塔中上部要始终保持在中、低温条件, 以确保上升气流中的 NH_3 能够被充分洗涤。 NH_3 进入液相之后就会以氨盐的形式固定下来, H_2S 和 NH_3 则被汽提至顶部, H_2S 塔底就可以得到 NH_3/H_2S 分子比在 10 以上的中间污水, 接着, 中间污水再进入 NH_3 塔经过汽提得到达标的纯净水。这种工艺需要对酸性水进行两次汽提, 且中间需要严格控制气压与温度, 操作难度较大, 能耗也较高。

1.4 单塔加压侧向抽出汽提工艺

单塔加压侧向抽出汽提工艺中, 酸性水会先被分为冷料和热料两种, 其比例大致为 $0.25\sim 0.40$ 。冷料进入汽提塔顶后会在一定的压力作用下排出纯度较高的酸性气体, 而热料则会与侧线抽出的气体以及塔底温度较高的纯净水进行换热, 并由塔的中上部注入。在重沸器作用下, 塔底高温足以将大部分的 H_2S 和 NH_3 汽提出去。在这个过程中, 塔顶的冷料会不断下沉, 而汽提蒸汽则会逐渐上升, 两者聚集、相互作用, 就会使汽提塔中间出现一个 NH_3 浓度最高, 而 H_2S 浓度较低的区域, 从这个区域可以抽出含氨量较高的侧线气, 对侧线气进行变温、变压等操作后, 就可以获得纯度高达 99% 以上的 NH_3 。利用这种工艺可以在单塔内同时获得 H_2S 和 NH_3 , 工艺流程较为简单、占地面积小、前期投入低, 并且对废水中 H_2S 和 NH_3 浓度具有极高的包容性, 是煤化工企业较为理想的一种酸性水处理工艺, 得到了广泛应用。

2 煤化工酸性水汽提装置优化策略

2.1 配备酸性水预处理设施

煤化企业酸性水排出量较大, 且产生酸性水的装置类型也非常多样, 来源比较复杂, 焦化污水中还会存在大量的焦粉, 但大部分煤化企业并没有完善的原料水处理流程, 酸性水在进入汽提塔前不会经过专门的除油或沉降、过滤处理, 污水中的杂质很容易对汽提塔的换热器造成堵塞。并且, 复杂的污水成分还会对进料温度产生一定影响, 如果进料温度达不到设定需求, 就需要加大塔底重沸器的运行负荷, 造成能源浪费, 换热器也需

要经常进行维护和清洁才能正常运转,不但增加了工作人员的工作量,也使煤化企业面临额外成本支出。针对这一情况,煤化工企业可以在酸性水处理前增加沉降步骤,通过48h的沉降降低污水含油量,借助多级过滤减少焦化污水中的焦粉含量。通过对原料水水质的把控,换热器堵塞情况可以得到明显改善,也有利于控制进料温度,降低能耗。按照生产标准规定,酸性水羟类含量 $< 500 \times 10^{-6}$ 才能保证系统持续正常运转,因此煤化工企业还应当保证酸性水在闪蒸罐内停留至少20min以上,确保水油分离,可以借鉴国外罐中罐的设计思路,在沉降罐中设置内罐,借助水利旋流的作用力去除油污。此外,在酸性水预处理过程中, H_2S 的挥发性也应当被纳入考量,酸性水体上层可以留有一定的油层,减少有毒有害气体逸出,还可以利用AP1620储罐代替AP1650储罐,以达到密闭排气效果。

2.2 酸性水汽提塔优化策略

酸性水中成分比较复杂,除了上面提到过的焦粉外,还有重烃、油泥等物质,其中焦粉会在蒸汽热源作用下,和重质油混合形成黏稠胶状物,堵塞汽提塔中的浮阀塔盘,使净化水质下降,汽提效果也大打折扣。如果没有进行及时清理,持续发展下去还会对整个装置产生不利影响,当堵塞情况较为严重时,煤化工企业就不得不停工清洗,延长生产周期也增加了成本支出。塔盘堵塞一方面与原料水质不佳有关,另一方面也受到传统塔盘容垢能力差的制约,这一点在酸性水汽提装置长期运行过程中表现尤为明显。设计人员可以在设计初期对塔内结构进行优化,让酸性水中的油泥、焦粉等杂质沉降在塔盘上,并增设相应的抗堵塞和自动清理装置,增强塔盘容垢能力,例如在缓冲罐与原料水罐中间增设反冲洗过滤器等。其次,含酚酸性水汽提难度较大,实际操作过程中,可以通过流程模拟计算进行操作优化,以降低酚酸含量。一些企业选择对含酚及非酚酸性水进行分开处理,当其中一套设备出现故障,另一套设备仍旧可以正常运转,有效提高了生产灵活性。酸性水中还含有较多的强酸根离子物质,会对水质的纯净度产生影响,因此,技术人员可以在汽提塔的中下部位置加入适量的NaOH溶液,以达到解离铵离子的作用,减少水中的氨气含量。第三,在选择塔板时,要尽量选用压降较小的板材,以优化重沸器与塔底的换热面积。最后,汽提塔操作压力与温度呈正相关,压力越低, H_2S 和 NH_3 的提取就越容易,重沸器的热负荷也会随之降低。但这并不意味着可以一味地降温,如果塔顶操作温度过低,就可能使酸性水析出硫化氢铵结晶,不仅会堵塞设备,还可能腐蚀管线,影响生产活动的正常运行。

2.3 提升汽提装置节能功效

煤化工产业在我国国民经济中占据着极其重要的地位,随着煤化工产业规模的不断扩大,生产过程中产生的酸性水量也在不断增加,酸性水处理装置却没有得到

相应的技术更新和规模拓展,很多煤化工企业面临着装置负荷不能满足需求的问题,酸性水汽提装置扩能改造迫在眉睫。此外,在生产过程中,双塔加压汽提工艺需要经过两次处理,而单侧加压侧线抽出工艺则需要配备完整的氨精制工艺,两者都会产生较高的蒸汽能耗,导致煤化工企业产出氨的成本要远高于其实际价值,与可持续发展观念相悖。因此,煤化工企业应当将酸性水汽提装置节能改造放置在重要的战略位置,首先,在条件允许的情况下可以将双塔加压汽提工艺以及单塔加压侧线抽出工艺改造为单塔低压汽提工艺,在改造过程中要注意核算汽提塔的高度和直径是否能与提升负荷相匹配。尤其在单塔加压侧向抽出汽提塔上部,一般会设置氨精馏段,要结合实际情况考量是否需要拆除。当 H_2S 和 NH_3 全部吹出后,塔顶气量会瞬间增大,因此技术人员还要对塔顶冷负荷以及气相管线进行考察,防治氨结晶对管道造成堵塞。其次,还可以通过对现有装置改造来实现节能减排的目的,比如在循环泵回路设置中,过低回流温度会使循环泵能力下降,加剧析出液结晶,既不利于节能减排,又可能对设备产生不利影响。因此在操作过程中,技术人员应当严格控制回流温度,还可以用变频电机对循环泵空冷器风机进行替换,以实现有效的温度控制,降低能耗输出。

3 结论

在煤化工企业中,酸性水处理一直是一个比较棘手的问题,酸性水中含有大量的有毒害物质,析出的盐类还会对汽提塔形成腐蚀和堵塞,对煤化工企业正常的生产活动造成了较大阻碍。因此,煤化工企业或单位一定要重视酸性水处理问题,积极引进先进技术对酸性水汽提塔、循环泵回路、重沸器、净化水空冷器等装置进行优化,以提升其运行效率,为企业的持续发展奠定良好基础。

参考文献:

- [1] 高明,薄德臣,陈建兵.酸性水汽提装置研析[J].当代化工,2018,47(07):1426-1428.
- [2] 贾涛.酸性水汽提装置工艺流程优化研究[J].石化技术,2019,26(12):15+29.
- [3] 尚佳欢,罗强,程亚川,蒋德强.酸性水汽提装置长期运行的技术改造[J].硫酸工业,2019(07):23-25+28.
- [4] 范峥,景根辉,刘壮,林亮,田润芝,姬盼盼,李文君,刘艳军.酸性水汽提装置节能优化研究[J].化学工程,2020,48(12):73-78.
- [5] 董晓博,姬智裕.论酸性水汽提装置工艺流程优化研究[J].中国化工贸易,2019,11(21):99.
- [6] 边波,杨成剑.优化酸性水汽提工艺降低装置加工损失[J].化工管理,2017(15):85-85.
- [7] 刘成军.酸性水汽提装置工艺流程优化探讨[J].中外能源,2017,22(12):58-64.