

合成氨装置节能降耗措施探讨

张文杰

安徽省铜陵市安徽六国化工股份有限公司 安徽铜陵 24400

摘要: 随着时代的发展,科学技术的飞速发展,人们的生活中出现了许多化学产品。化学产品的种类很多,它的生产方式也各不相同,氨是一种广泛应用于农业肥料中的化学成分,它主要是通过煤、石油、炼油气等多种原料将氮和氢合成而成。氨气也被称为合成氨。其实合成氨的应用范围非常广泛,它对我国的工业、农业、医药工业都有很大的帮助。现在的合成氨工厂很多,大部分都是采用了煤化工的合成氨技术。

关键词: 氨厂; 耗汽; 节能; 降耗; 优化

Discussion on energy-saving and consumption-reducing measures for synthetic ammonia plant

Wenjie Zhang

Anhui Six Countries Chemical Co., LTD., Tongling, Anhui 24400

Abstract: With the development of society and the rapid advancement of science and technology, numerous chemical products have emerged in people's lives. These chemical products come in various types and are produced through different methods. Ammonia is a chemical compound widely used in agricultural fertilizers. It is primarily synthesized by combining nitrogen and hydrogen obtained from various sources such as coal, petroleum, and refinery gas. Ammonia gas is also known as synthetic ammonia. In fact, the applications of synthetic ammonia are extensive and it provides significant benefits to industrial, agricultural, and pharmaceutical sectors in our country. Currently, there are many synthetic ammonia plants, and a majority of them employ coal chemical technology for ammonia synthesis.

Keywords: ammonia plant; steam consumption; energy saving; consumption reduction; optimization

我国的化工科技在建国之后得到了迅速的发展,其中合成氨的发展速度较为迅速,由于其广泛地应用于各种行业因此其需求量也是十分巨大的。合成氨的工艺也在不断地改进当中其中占主导位置的合成氨制炼方式还是利用煤来直接合成氨。煤化工合成氨的生产成本相对低廉,而且生产出来的氨气纯度也很高,但是煤炭是一种不能再生的资源,这就意味着要用煤炭来生产合成氨,这就需要大量的煤炭来降低煤炭的使用,而随着国家的大力发展,国家的节能减排政策也在不断的完善。

一、煤化工合成氨工艺的流程分析

1.1 原料气的制取

在炼化过程中,生产合成氨所需的原料气体是其中的一项重要内容。煤化工生产合成氨原料气是利用水蒸气、氧气及其它催化剂对煤炭进行高温加热,从而使煤炭产生氢气、一氧化碳等易燃性气体。接着是第二阶段的蒸气转换,这样就形成了一种气体。

1.2 原料气净化

首先,一氧化碳的清除是一件非常困难的事情所以要想把一氧化碳更快的清除掉,我们应该把一氧化碳变成更好的

二氧化碳和氢气,这样就可以把一氧化碳中的杂质和大量的氢元素分离出来,这样就可以得到更多的氢来生产更多的氨。我们需要指出的是,一氧化碳的清晰处理本身就是一种继续生产原料气体,因为一氧化碳在生产中也会被转换成部分的氢。

一氧化碳排出后,要进行硫化物的去除,也就是脱硫。一方面是为了保证合成氨的品质,另一方面是由于硫化物具有一定的毒性,如果不及时将其除去,将会增加生产的风险。工业脱硫方法有多种,但最常见的方法有:物理吸附和低温甲醇清洗。经过一氧化碳转化后的粗原料气体,除了氢以外,还含有二氧化碳、一氧化碳、甲烷等成分,而二氧化碳的含量最高。在生产氨气的过程中,二氧化碳是一种有毒的物质,也是生产尿素和碳酸氢铵的主要原料。因此,在脱除转换气体中 CO₂ 时,应同时考虑 CO₂ 的去除,通常采用溶液吸附法。

1.3 原料气精炼

经一氧化碳变换和二氧化碳脱除后的原料气尚含有少量残余的一氧化碳、二氧化碳、氧和水等杂质。为了防止它们对合成催化剂的毒害,原料气在送往合成之前,必须经过精炼。原料气的精炼方法一般有三种,即铜氨液吸收法、甲

烷化法和深冷液氮洗涤法。

1.4 氨的合成

氨的合成可以说是合成氨的最关键的一步，之前的提纯、提纯、提纯都是为了达到最大的纯度。氨气的合成必须在高温高压和催化剂的帮助下进行。由于氨的生产要求在这种环境下进行，因此氨气中的氨气浓度不能达到 10%-20%，因此要增加氨的浓度，就必须采用氢和氮两种不同的循环方式。利用氨的连续回收方法，将氨气抽出，与氢气进行连续的合成。

1.5 氨的分离

由于反应平衡的限制，合成反应在合成塔中进行。只有少量的氢氮生成氨气，其余的氢、氮没有发生反应。因此，要使合成柱的混合气体中的氢、氮得到最大程度的利用，并使之能获得完全的产物氨。通常使用两种方法来分离氨气。一类是水的吸附和凝结的分离。国内的大型氨气生产企业大多使用的是凝结分离技术。凝结分离技术是利用氨冷法将气体中的氨气凝结成液氨，再由分离机进行气液分离。

二、液氨产品的生产成本组成

根据 2020 年 9 月实际生产情况，液氨产品的生产变动成本组成及占比如表 1 所示。

表 1 液氨产品生产变动成本组成及占比%

组成	占比	组成	占比
净化气	79.54	循环水	2.18
氮气	8.38	电	0.35
催化剂	0.11	蒸汽	9.41
新鲜水	0.03		

从表 1 中可看出，原料净化气 (H₂) 加氮气的消耗占液氨生产成本 87.92%，蒸汽消耗占 9.41%，物耗及能耗综合占比接近 98.00%，因此合成氨装置降本增效主要围绕装置提高负荷，降低原料气及蒸汽消耗等方面进行操作优化，节能对标。

三、降低原料气消耗

3.1 惰气含量对原料气消耗的影响

装置高负荷生产时原料气中惰性气体甲烷含量与吨氨耗原料气变化趋势对比如图 1 所示。

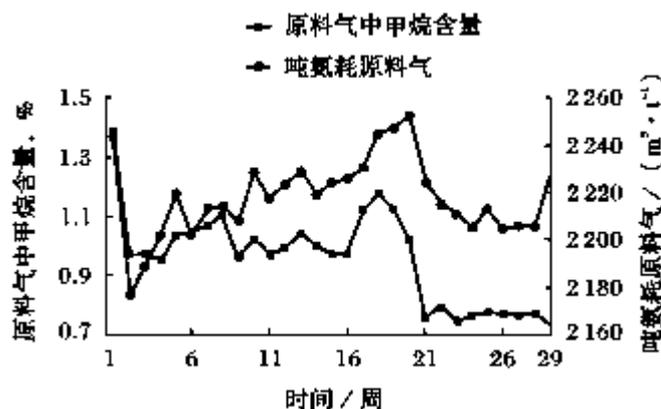


图 1 原料气中甲烷含量与吨氨耗原料气变化趋势对比

3.2 提高膜分离装置氢气回收率

为了确保合成环氧煤中惰性成分的稳定性，在常规操作中，必须设置部分工艺气体排放系统，以确保合成体系中惰性成分的稳定性。排出的过程气会带走大量的 H₂，造成原料气的浪费，所以需要采用后续的膜分离设备对其进行再利用。在 2019 年，膜分离设备升级，废气中的氢回收率由原来的 70% 提高到 90%。目前，合成塔进口甲烷浓度稳定在 9%~12% 之间，在此范围内，可以保证膜分离设备在高负载条件下的最佳回收能力，并能根据分析的结果，在不同的负载条件下，及时地保持高效气的回收率。

四、降低蒸汽消耗

4.1 余热的梯级使用

0.60 MPa 蒸汽，由于该装置的高负荷生产，导致合成氨装置汽轮机的高压缸产生了 0.35 MPa 的水蒸气，除了采用除氧器，没有其它低压蒸汽用户，剩余蒸汽也有排放。通过对蒸汽网络进行优化，富余的 0.35 MPa 蒸汽 (大约 3.5 吨/小时) 经管道输送至上游，以取代 0.60 MPa 水蒸气。该装置既能保证汽提效果，又能有效地解决富余低压蒸汽排出的问题，极大地节省了汽耗。

4.2 合成气压缩机

在相同的进气流量条件下，通过增大进口压力，使压缩

机的压缩比保持不变,从而使输出压力增大,从而使输出压力增大。所以,在相同的进料负载下,增加压气机的入口压力,可以使压气机的速度减小,从而减小汽耗。根据上述原理,通过对合成气压缩机设计进气压力(绝压)为 2.85 MPa,实际操作时只有 2.40 MPa,通过不断的调节,使合成气压缩机的进口压力由 2.40 MPa 提升到 2.70 MPa,同样的进料流量下,可以减少 200 r/min 左右,节省蒸汽约 4 t/h,为设备负荷的进一步增加提供了空间。

五、进一步节能降耗探讨

5.1 优化提升蒸汽品质

根据有关厂商的数据,采用一套耐高压的旋转式补偿装置,可以取代 5~8 套自然补偿装置,从而大大缩短了管道的长度,减少了管道的数量,减少了管道的损耗。若采用先进的节流技术,如采用旋转补偿器、新型保温毯等,可有效地减少管道内的压力损耗和热损耗,从而达到节约能源的目的。

由于合成气压缩机汽轮机的高压缸材料选择,使其高压汽缸的高压蒸汽进汽温度只有 490℃,所以需要 10~20℃ 的高压水汽冷却到 480℃,再送入合成设备,这就造成了合成气压缩机在高负载状态下的高压缸主汽门完全打开,不能调整余量,造成合成气压缩机的低压缸超负荷,机室压力超过设计。

5.2 增加换热器回收工艺气热量

氨压缩机出口工艺气原流程被循环水换热器冷却降温,换热后的循环水又重新作为凝汽式汽轮机的蒸汽表面冷凝器冷却水使用。氨压机出口工艺气体介质的设计温度为 130℃,全负荷时的介质流量为 70.9 t/h,采用氨制冷剂冷凝器,能将出口制冷量的 9.42×10^7 kJ/h,具有很好的回收利用价值。若能在工艺气体进入氨制冷剂冷凝器前,串联 1 个换热器,将制冷机的制冷量和制冷机进行换热,将制冷机的制冷水和热水换热,既能为制冷机提供高效、稳定的热源,又能减少制冷机的循环水换热,增加制冷机的换热性能,提

高制冷机的真空度,减少蒸发器的蒸发量。

六、结束语

本案例中作为运行了 40 多年的老装置,随着运行周期的增加,能耗高、消耗大的情况也逐渐突显。可以通过对标先进、对标设计,不断挖掘装置的节能潜力,另外也可以考虑依托全厂资源,采用新型节能技术,进一步优化工艺流程,提高装置的节能增效能力,使产品市场竞争力不断提升。

参考文献:

- [1] 窦增艳.浅谈合成氨装置脱碳系统的优化[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(02):98-100.
- [2] 盛娜.合成氨尿素装置减排 CO₂ 节能创新工艺发展前景[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(02):165-167.
- [3] 张鹏.合成氨装置节能降耗措施探讨[J].大氮肥,2022,45(06):424-427.
- [4] 秦旭,喻贵伦.“双碳”背景下气头合成氨装置减排降碳实践总结[J].中氮肥,2022(05):31-35.DOI:10.16612/j.cnki.issn1004-9932.2022.05.015.
- [5] 郁腾达,杨秀曙.天然气蒸汽转化制氢装置节能降耗技术的优化和改造[J].节能与环保,2022(06):61-62.
- [6] 赵晓飞,杨晓宇,刘雅文.合成氨行业节能降碳改造怎么做?——访中国氮肥工业协会会长顾宗勤[J].中国石油和化工,2022(05):20-22.
- [7] 李军,王静,杨旭.节能降碳改造案例之五陕化公司节能降碳经验做法[J].中国石油和化工,2022(05):24-25.
- [8] 杨凯鹏.天然气蒸汽转化制氢装置节能降耗分析[J].化工设计通讯,2022,48(02):4-6.
- [9] 郭涛.合成气压缩机组控制系统智能化升级改造[J].中氮肥,2021(05):54-56+60.DOI:10.16612/j.cnki.issn1004-9932.2021.05.014.
- [10] 孙帅.合成氨节能改造运行总结[J].山东化工,2021,50(15):144-145+154.DOI:10.19319/j.cnki.issn.1008-021x.2021.15.058.