

# 合成氨生产工艺节能增效综合改造及其经济效益分析

余佳照 (潞安化工事业部, 山西 太原 030000)

**摘要:** 采取有效的措施对合成氨生产工艺进行综合改造, 可以实现合成氨产品生产的节能增效, 提升合成氨生产的经济效益水平。基于此, 本文从合成氨工艺流程、合成氨生产节能增效的重要性展开论述, 并提出了分子筛节能法、合成塔结构改造、运用水煤气工艺、重视资源合理利用这几项合成氨生产工艺综合改造措施, 并对这些措施的应用效果进行了调查, 结果显示, 借助上述综合改造措施, 合成氨生产作业所用的标煤减少了 15.6 万 t, CO<sub>2</sub> 的排放量减少了 24.08 万 t, 节能 28%, 合成氨生产净利润率环比增长了 8.51pct, 极大地提升了合成氨生产收益水平。

**关键词:** 合成氨; 成本控制; 提升经济效益

## 0 引言

实现合成氨生产的节能增效, 可以压缩能耗成本、提高生产收益, 因此, 为了积极推进合成氨生产节能增效建设的落实, 需要根据当前的生产工艺, 结合实际条件, 通过对各个工艺环节进行节能优化, 实现综合性的节能增效改造, 以减少生产运作所需的能耗, 深入优化合成氨生产水平。

## 1 合成氨工艺流程分析

一般来说, 合成氨工艺流程主要包括以下几个环节:

制取原料气, 该原料气主要有两种, 即氮气、氢气, 其中, 氮气制取用的材料以空气为主, 通过对空气进行物理液化处理, 即可获取所需的氮气, 氢气的制取用材料则包括, 天然气、焦炉气、重质油等, 通过让这些材料在高温水蒸气的环境下, 相互反应即可获取所需的氢气。

原料气净化, 获取到原料气后, 需要将原料气进行脱碳脱硫处理, 以便于原料气能够被顺利地应用到后续的合成氨工艺中。

氨合成, 将上述氢、氮两种原料气进行混合处理, 使其发生化合反应得到生成物氨。在此过程中, 为了让两种原料气顺利发生反应, 需要先对原料气进行压缩, 将其中的油排除, 然后进行加热, 由此得到合成气体, 最后, 再将合成气体中的氨气提取出来, 由此获得氨产品。此外, 考虑到受一些杂质等因素的影响, 原料气无法一次反应完全, 所以需要未反应的原料气循环输入到合成塔。

处理氨合成反应生成的其他产物, 两种原料气反应生成氨气的同时, 还会生成一些惰性气体, 可以直接将这些惰性气体收集并排除。

## 2 合成氨生产节能增效的重要性

就目前来看, 节能增效是化工产业发展的重要方向, 而合成氨产业作为工业产业体系中的重要组成部分, 节能增效一直以来也是合成氨产业发展的内在需求。此外, 竞争日益激烈的市场竞争环境, 也让合成氨领域企业对降本增效更加重视, 因此, 为塑造自身的竞争力, 该领域企业纷纷开展工艺流程的优化改造, 由此依靠工艺技术的进步, 降低合成氨生产成本, 以谋求立足和发展。此外, 在可持续发展观的影响下, 合成氨领域企业也逐渐认识到了节能的重要性, 而通过综合改造从根本上有效降低合成氨生产能耗, 是走绿色化工道路的重要路径, 这是使得合成氨生产的节能增效在企业的可持续发展方面也具有重要的意义。

此外, 从企业的经济效益角度来看, 合成氨的节能增效改造, 能够在节省生产成本的同时, 提高产量, 让企业获得更高的经济收益。在合成氨生产过程中, 需要大量的加热供能, 而且各类设备的运行也需要耗费大量的电能, 同时, 原料制备过程中的能源消耗也一直居高不下, 这使得能源成本占据了合成氨生产成本的主要部分, 而节能增效改造措施, 直接针对能源成本高的情况, 通过节能降耗, 可以有效减少合成氨生产的成本支出, 由此让企业获得更高的经济利润, 深入优化合成氨生产的效益水平, 因此, 在经济效益方面, 合成氨生产节能增效措施具有极高的实施意义。

## 3 合成氨生产工艺节能增效综合改造分析

### 3.1 分子筛节能法

分子筛技术是现阶段应用较为广泛的节能技术之一, 其在合成氨生产中的实践应用已经较为成熟, 所以, 运用该技术, 对合成氨生产工艺进行综合改造, 有助于合成氨生产企业顺利达到节能增效的目标。在

实践应用中,运用分子筛法能够有效改善进入氨气合成塔内,CO、CO<sub>2</sub>等杂质的净化工作效率,由此减少杂质对后续合成反应效率的影响,降低氨气合成的能耗,同时,分子筛法的应用也能够让催化剂的活性更高,延长催化剂的使用寿命,提高催化剂的使用效率,因此,在综合改造过程中,可以对原有的原料气净化设施进行分子筛技术改造,以减少原料气净化环节的能耗,实现节能增效。

在具体的改造工作中,需要在原料气净化环节增设一个套分子筛干燥系统,借此在原料气进入合成塔之前,对其进行再次的净化,由此进一步减少原料气中的杂质含量,提高后续化合反应的效率,减少循环次数,达到节能增效的效果。

在改造操作中,需要借助分子筛系统的安装,将弛放气处,设置在分氨的后面,由此合理化回路结构中,“冷”、“热”设施布置的位置,减少弛放气期间氨冷器的能耗。而上述增加了分子筛系统的回路结构,会让系统运行后,压力显著降低,所以,也要做好配套设备的调试,以保证系统的稳定运作。而这种压力降低的情况,会有效地缓解合成气压缩机高压、低压缸之间的压力损失问题,降低了压缩机的功率损失,实现了节能增效。

待分子筛系统安装完成后,需要对原料气体中的杂质含量进行检查,正常来说,H<sub>2</sub>O、CO<sub>2</sub>、CO等杂质在原料气中的含量会与以往相比出现明显的下降,但如果未检测出明显下降,则需要重新进行调整和安装,以保证改造效果。

### 3.2 合成塔结构改造

在合成氨的生产工艺中,氨气的合成属于核心环节,所以用于合成氨气的合成塔也是合成氨生产设备体系中的关键部分。而在此环节中,节能增效的主要路径就是实现催化剂在原料气中的均匀分布,只有通过此方法,才能保障氨气合成反应的效率,减少合成反应运行能耗。

就目前来看,合成塔的节能增效改造常用基于托普索工艺的合成塔,这种合成塔相较于传统的合成塔,能够更好地控制反应温度,结合专用的催化剂,能够让反应效率更高,能耗更低,由此提升合成氨生产水平。在具体的改造操作中,可以采用3床层2段中间换热式的合成塔结构,这种合成塔结构塔径2400mm,能够达到15MPa的压力,结合专用的催化剂,可以有效控制三床层的温度,为反应提供良好的温度、压力

条件,并确保催化剂在原料气中的分布更加均匀,提高反应效率,降低能耗,达到节能增效的效果。待安装完毕后,需要启动系统进行调试检测,一般来说,经过上述的改造后,合成塔所输出反应气中的含氨体积积可以达到22%,在反应气体含氨体积占比方面与传统的合成塔相比有显著的提高,所以,如果未检查到显著提高,则需要对合成塔的安装进行检查,以及时发现和处理安装中存在的问题,确保此项改造环节的落实效果能够顺利达到预期。从合成氨的生产成本上看,氨合成环节作为核心生产环节,企业需要在此环节支出大量的供热用、反应催化用能耗成本,这使得此环节的能耗成本一直占据总能耗成本的主要部分,而借助此项工艺,通过针对该生产环节,进行能耗成本的控制,可以有效削减总的能耗成本,让合成氨生产的经济收益更高,有助于合成氨企业经济收益水平的提升。

### 3.3 运用水煤气工艺

在传统的合成氨生产工艺中,通常会使用半水煤气,进行原料气的输送。其中,半水煤气属于一种混合煤气,即用空气、水蒸气混合气制取出的煤气,当混合煤气中的成分符合 $(H_2+O)/N_2=3.1\sim 3.2$ 时,这种混合煤气即为半水煤气。这种半水煤气中的N<sub>2</sub>含量较高,一般能够达到18.5%,这使得其在运输原料气时,往往需要消耗更多的动力,因此,为实现合成氨生产的节能增效,需要对此项工艺进行改善,并将原料气的运输材料,替换成为水煤气,即通过水蒸气气化制的煤气,这种煤气的N<sub>2</sub>含量明显低于半水煤气仅为8.5%,由此可以有效地降低原料气输送期间的动力消耗,让N<sub>2</sub>能够从运输气体中顺利分离,提高了反应的效率。

在综合改造上,水煤气工艺的应用也比较简单,只要在传统半水煤气制取过程中,取消加氮这一生产环节,即可实现运用水煤气进行原料气的运输。但在此过程中,可以考虑取消加氮环节的同时,适当延长吹风时间,这样可以提高水煤气的制取效率,由此进一步降低合成氨生产工艺能耗,提高节能增效综合改造工作的落实效果。

### 3.4 重视资源合理利用

在合成氨的生产过程中,除了会产出所需的氨气以外,还会产生大量的热能,废水等,这些也可以作为节能增效综合改造的立足点。在改造过程中,可以通过构建余热的收集、回收设施,将收集到的余热循

环用于前期的原料气体加热上,以提高热能的利用率,达到节能增效的目的。

此外,在氨气合成后,还会产生低热值的炉渣,这些炉渣可以被用于三废焚烧,由此实现循环利用,节能增效的效果。但在此过程中,应当注意,需要对这些可循环利用的余热、产出物质,进行集中的管理,并提前规划好这些资源的再利用方案,然后结合实际情况,完成配套的资源再利用设施建设,由此提高合成氨生产过程中的综合改造效率。

此外,为了更好地完成资源循环利用,还要加强生产管理,并明确各类废料、废气、废热的实际价值,科学地规划出资源再利用成本同时,也要在生产过程中,提高管理工作的精细度,避免资源浪费,确保综合改造工作的落实效果能够顺利达到预期。为此,应当在综合改造方面,制定出配套的管理制度,明确改造后的各类设施节能运行方案,同时构建出自动化能耗监测系统,以实时监测设备运行能耗状态,由此及时发现和改造能耗过高的生产环节,持续推动合成氨生产作业的节能增效水平的发展。在此环节中,由于大部分企业的合成氨生产规模都比较大,所以生产过程中会产生大量的废料、废热,而这些废料废热的高利用率处理,能够让企业在减少能耗的同时,获取额外的废料、废热收益,同时结合能耗监控系统,来平衡废料、废热处理收益与能耗成本支出之间的平衡,由此让这些废料、废热资源能够得到科学的利用,深入优化企业的合成氨生产经济收益水平。而且虽然循环利用环节的改造需要一些前期的投入,但是后期带来的收益,可以有效覆盖前期的投入,让企业的合成氨生产得到更多的盈利,推动合成氨生产经济收益水平的发展。

#### 4 合成氨节能增效改造对企业经济效益的影响

为了深入分析节能增效改造的经济效益,对实施上述节能增效措施的企业进行了财务方面的调查。根据企业进行节能增效改造前的财务报告显示,该企业季度营收8.72亿,环比增长1.94%,同比下降12.52%,净利润同比下降39.36%,环比下降32.15%。通过对内外因素的分析,了解到企业的生产成本较大,导致合成氨的价格较高,而现阶段,合成氨生产领域的降本增效操作,让市场价格竞争更加激烈,同时,经济下行也对企业的营收造成的一定的影响。

此后,企业采取了上述节能增效措施,并投资对现有生产设施进行了改造,让合成氨生产作业所用的

标煤减少了15.6万t,CO<sub>2</sub>的排放量减少了24.08万t,节能28%,极大地降低了企业生产成本。根据企业节能增效改造后的财务报告显示,企业的季度营收达到了9.35亿元,净利润同比增长了18.04%,环比增长了8.51pct,由此可见,合成氨节能增效改造能够为企业带来更高的经济效益。

在节能增效改造过程中,企业借助上述的资源利用措施,极大地减少了废料、废热的处理支出,同时,将这些废料、废热作为资源,获取更多的收益,提高了合成氨生产作业的经济收益。此外,上述各个针对具体生产环节的节能增效改造措施,让各个生产环节的能耗利用率更高,由此减少了整体的能耗成本支出。在此过程中,虽然前期需要投入一些成本用于节能增效改造,但后续循环利用、各个生产环节上带来的增收,很快就会覆盖前期的改造投入,尤其是循环利用方面,企业可能需要额外构建一个循环利用的系统,以实现资源的有效利用,这使得前期的支出稍高,但合成氨生产产生的废热、废水利用带来的收益往往更大,因此,整体上来看,节能增效改造是一个提高合成氨生产收益的有效措施。

#### 5 结论

综上所述,在合成氨的生产工艺上,运用合适的综合改造方法,可以促进合成氨生产的降本增效。在合成氨的生产中,借助有效的节能方法、改善现有的工艺,可以让生产作业所需的能耗更低,由此强化合成氨生产企业的市场竞争力,为合成氨企业带来更高的经济效益,推动合成氨生产领域的高质量发展。

#### 参考文献:

- [1] 陈习刚,李伟,吴祥平.合成氨装置二段转化炉内件改造研究[J].大氮肥,2023,46(05):329-332.
- [2] 沈明军,孙祥鑫,曲顺利.可再生能源制绿氨工艺技术分析[J].氮肥技术,2023,44(04):1-5.
- [3] 张朝龙,杨丽亚,董欣宜,张瑞芹,王克.合成氨行业CO<sub>2</sub>与大气污染物排放清单及减污降碳潜力研究:以河南省为例[J].环境科学研究,2020(11):1-17.
- [4] 沈曙华.合成氨生产工艺节能增效综合改造的探索[J].上海化工,2020,31(08):31-32.

#### 作者简介:

余佳照(1993-),女,山西浑源人,2019年6月毕业于中北大学,化学专业硕士学位,现为化工助理工程师。