

# 氨 (NH<sub>3</sub>) 合成化工技术工艺研究

郭 富 (阳煤集团太原化工新材料有限公司, 山西 太原 030400)

**摘要:** 氨是当前时代化工产业中应用较为广泛的化工材料, 对于我国化工产业发展具有重要意义。目前时期我国化工产业进行氨合成时, 主要是以高温高压的化工生产环境, 利用催化剂对氮和氢进行化工合成。本文对氨合成化工技术工艺展开全面分析, 从技术选择、合成装置、净化技术以及低耗能技术等四个方面, 对氨合成化工技术工艺进行深入研究, 以推动我国化工产业发展。

**关键词:** 氨; 合成化工技术; 装置; 净化技术; 低耗能

## 0 引言

随着我国化工产业的逐渐发展, 氨合成化工技术工艺研究也愈加深入, 以实现氨合成能源损耗的降低, 并实现合成技术工艺的优化, 为我国化工产业氨应用提供保障。而随着我国低压非平衡化学工艺的逐渐发展, 也为氨合成化工技术工艺的研究提供了新途径, 通过对相关装置的利用, 不仅能够实现能耗的降低, 更能够提升氨合成的技术工艺实时效, 促进我国化工产业的发展与进步。

## 1 氨合成工艺流程

氨合成在化学反应中, 主要特点是放热、缩小体积等可逆转反应, 其中环境温度、合成压力对化学反映的平衡性产生了一定程度的影响。为当经过混合后的气体氢氮摩尔比达到 3 时, 整体氨气平衡浓度随着温度降低、反之压力增加。但在较低温度下, 氨合成的反应速度十分缓慢, 需采用催化剂来加快反应。由于受到所用催化剂活性的限制, 温度不能过低, 因此为提高反应后气体中的氨含量, 氨合成宜在高压下进行。当工业上用铁催化剂时, 压力大多选用 15.2~30.4MPa, 即使在这样压力条件下操作, 氮气物质结合过程中, 同样需要与氢气进行反应为氨, 因此氨合成塔出口气体中氨浓度通常为 10%~20%。

决定反应的主要因素是铁催化剂的活性, 反应所产生的氨与氮气、氢气的分离以及氮、氢气的循环使用。氨合成采用添加有助催化剂的铁催化剂。助催化剂的成分有氧化钾物质、氧化铝物质、氧化镁物质、氧化钙物质、氧化钴等物质。开工前铁催化剂的主要成分为四氧化三铁物质, 它对氨合成反应没有催化作用, 投用前需用氢气将其还原成金属铁才有活性。不同还原条件下得到的催化活性有很大差异。

正常生产时, 铁催化剂常因氮氢混合气中含有少量硫化物、碳的氧化物等气体而降低活性, 通常规定一氧化碳和二氧化碳不超过 10ppm。铁催化剂的寿命与其制造质量、使用条件有密切关系, 短的 1~2 年, 长的可达 8~9 年。现代氨合成流程采用离心式循环压缩

机。反应器出口气体先经过锅炉给水预热器, 回收一部分热能后再通过换热器, 将反应器入口气体加热到 130~140℃。再通过水冷却器, 冷交换器, 第一、第二氨冷凝器, 冷却到 0℃ 以下, 大部分氨冷凝下来。在氨分离器中将液氨分离后, 循环气经冷交换器进入压缩机, 与新鲜气混合, 再经换热, 最后进入氨合成反应器。如此循环操作, 进行生产。为了回收循环气中弛放的氢气, 近年来工业上开发了膜分离、变压吸附和深冷分离三种方法, 有的氨厂已经采用。

## 2 氨合成技术工艺研究

在化工产业的氨合成工艺流程中, 涉及到了合成温度、合成空间速度、合成压力以及合成中惰性气体含量等多方面因素, 要想实现对氨合成技术工艺的优化, 就需要注重对相关影响因素的控制。因此, 在氨合成的实际过程中, 就可以通过对氨净值控制, 实现化工合成效率的推升, 并利用氨分离技术, 降低氨冷负荷情况的发生概率, 这就需要对进口气体中的惰性气体以及氢气、氮气等进行有效控制。在氨合成技术工艺优化的过程中, 为了充分提升化工合成效率, 可以将氨合成环境的压力和空间速度控制在 15~30MPa 和 10000~30000h<sup>-1</sup> 的区间内, 并将合成环境的温度控制在 400~500℃ 的区间内<sup>[1]</sup>。而根据氨合成化工技术工艺规模的差异, 在大型氨合成环境的压力设计中, 其压力区间宜设计在 15~25MPa 内, 小规模的压力宜设计在 20~30MPa 区间内, 需要根据实际合成情况进行工艺控制。

## 3 氨合成技术工艺装置研究

在氨合成化工技术工艺中, 涉及到的主要工艺装置就是用于环境控制的高压合成塔以及催化塔, 能够为氨合成化工技术工艺提供合成环境的压力设计和温度控制。而在对氨合成化工技术工艺进行优化时, 就可以结合现代技术体系, 通过工艺装置控制来实现合成气的科学化配置。

而实际过程中, 就需要通过天然气自热转化技术、非催化部分氧化技术的联合应用, 使合成反应温度达到 1790~1920℃ 的区间内, 结合催化剂床的合理配布, 全

面提升氨合成化工技术工艺中水蒸气与甲烷的转化反应时间,提升氨合成化工技术工艺的效率,尤其是在大规模的氨合成化工环境中,更适合作为合成制备的主要方式。氨合成技术工艺装置结构如图 1。

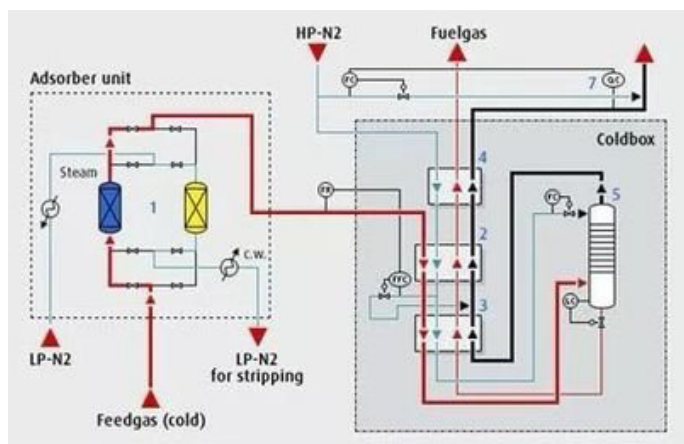


图 1 氨合成技术工艺装置结构图

#### 4 氨合成净化技术工艺研究

氨合成化工技术工艺作为化工生产的技术体系,在实际的合成中,会产生一些污染物质,包括了硫化物、氨氮、氯化物等化工污染物,而随着我国绿色生产理念的提出以及环境保护工作的不断深入,在氨合成化工技术工艺的研究与优化中,氨合成化工净化技术工艺的研究与应用是极为必要的,是实现化工生产可持续发展的必然举措<sup>[2]</sup>。

基于此,在氨合成化工技术工艺的研究中,就需要根据我国《污水综合排放标准》的相关要求,进行氨合成化工技术工艺中净化技术工艺的研究与实践应用,降低氨合成化工技术总造气废水以及悬浮物质的产生率,以此降低对环境的污染影响。这就需要在氨合成化工技术工艺中加强对合成净化设备的优化处理,通过净化设备对氨合成化工技术工艺过程中产生的废水进行生化、冷却、沉淀等环节的净化处理,以此实现对氨合成化工技术工艺污染的降低与控制,实现氨合成化工技术工艺的绿色化发展。

实际过程中,需要根据氨合成化工技术工艺的实际情况进行净化技术工艺的落实:无烟煤氨合成化工技术工艺中,净化技术的优化措施就可以从造气、半水煤气脱离、压缩机变化、换气脱硫、压缩机脱硫、压缩机铜洗以及合成等环节中进行净化技术的落实。甲烷脱硫的氨合成化工技术工艺实践中,则需要在造气、半水煤气脱硫的基础上,结合变换气脱硫和压缩机脱硫的净化技术工艺,并通过甲烷化处理。实现氨合成化工技术工艺中污水净化效率提升。而在大规模化工生产的氨合成技术工艺中,还可以通过低温净化来降低污染影响,通过低温液氮洗、低温甲醇洗的技术工艺流程,达到氨合成

污水净化效果。

#### 5 氨合成低耗能技术工艺研究

随着我国节能理念的提出与发展,现代化工生产中降低化工技术工艺的能耗也是推动化工产业生产发展的关键途径。因此,现代氨合成化工技术工艺实践中,对于低耗能技术的研究也愈加深入,现代新建的天然氨合成化工生产装置的综合能耗已经降到了 29.3G/Jt 氨以下。而随着现代技术的逐渐发展完善,现阶段较为突出的低耗能氨合成化工技术工艺主要包含了以下三种:

##### 5.1 作用于合成气制备工艺单元的低耗能技术体系

合成气制备工艺单元作为氨合成化工技术的核心环节,加强对合成气制备工艺单元的节能处理,就能够有效降低能耗,其主要的技术方式就包含了预转化技术、低水碳比转化技术、换热式转化技术<sup>[3]</sup>。氨合成低耗能技术工艺流程图如下:

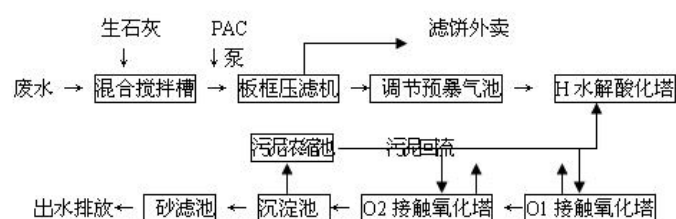


图 2 氨合成节能工艺流程图

##### 5.2 作用于 CO 变换工艺单元的低耗能技术体系

作用于 CO 变换工艺单元的低能耗技术主要就包含了等温 CO 变换技术和低水碳比变换反应技术。

##### 5.3 作用于氨合成工艺单元的低耗能技术体系

采用新型氨合成塔和低压高活性催化剂,开发气体分布更均匀、阻力更小、结构更合理的合成塔及其内件,实现“等压合成”。其中以钨基催化剂为核心的 KAAP 工艺为代表。

#### 6 结束语

综上所述,氨合成化工技术工艺的研究与优化对于我国化工产业发展具有重要意义,是降低化工污染,提升氨合成效率并降低合成工艺能耗的必然途径。实际过程中,要注重氨合成化工技术工艺的控制,以推动且产业的现代化与科学化发展。

#### 参考文献:

[1] 薛智英. 煤化工合成氨工艺分析及节能优化措施研究[J]. 装备维修技术, 2020, No.175(01):108-108.  
 [2] 肖超, 钟光合, 唐谟坤, 等. 基于 Cu-Mo-NH<sub>3</sub>-H<sub>2</sub>O 系铜铜分离研究[J]. 稀有金属, 2019, v.43; No.282(09):104-109.  
 [3] 刘德明, 李诗凯, 唐佳杰, 等. 溶剂热法合成 Li<sub>3</sub>V<sub>2</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>3</sub> 的形貌及粒径控制研究[J]. 广州化工, 2019, v.47(20): 71-74.