

# 大型合成氨生产节能分析

高 军

内蒙古鄂尔多斯化学工业有限公司 内蒙古 鄂尔多斯 016064

**摘要:** 大型合成氨生产是一个高能耗行业, 如何降低能耗、提高能源利用效率成为该行业发展的重要课题。通过分析大型合成氨生产的节能技术与措施, 提出了一些具体的解决方案。通过采用新型工艺、优化系统、应用节能仪表和控制系统以及智能化管理, 可以有效降低大型合成氨生产的能耗, 实现能源的高效利用。

**关键词:** 大型装置; 合成氨; 生产节能

## 1 大型合成氨生产工艺概述

大型合成氨生产是一项重要的工业过程, 涉及到高温高压条件下的合成反应。本节将对大型合成氨生产工艺进行概述, 以便更好地理解其中的能耗和节能问题。大型合成氨生产工艺主要包括以下几个主要步骤: 原料气脱硫、原料气转化、变换、脱碳、甲烷化、氨合成冷冻、氢氨回收工序和蒸汽系统。首先, 首先天然气加压, 经预热升温到所需指标后进行脱硫后与水蒸汽混合, 进入一段转化炉进行转化制氢气, 一段转化炉出来的工艺气进入二段转化炉, 在此引入空气, 进一步进行转化反应, 同时获得氨合成所需的氮气。工艺气在二段炉内燃烧掉一部分氢气, 放出热量以供进一步转化。二段转化气经余热回收后, 进入变换系统, 气体中的一氧化碳与水蒸汽反应, 生成二氧化碳和氢气, 从变换系统出来的气体经脱碳、甲烷化为合成氨提供纯净的氢氮混合气。氢氮混合气经压缩机压缩至工艺所需的压力, 送入合成塔进行合成氨反应。合成氨的生成是一个放热反应, 在反应过程中需要供应足够的热量来维持反应的进行。合成氨的选择性和产率取决于反应条件的控制。通过气体分离步骤将反应产生的合成氨从未反应的氮气和氢气中分离出来。这通常通过冷冻、减压等技术来实现。最后将分离得到的合成氨转化为液体氨产品, 以供各种工业应用。大型合成氨生产工艺中存在能耗问题是不可忽视的。主要能耗点包括气体压缩、反应器加热、气体分离和制氨过程。这些过程中的能耗主要来自于物料的处理和加热, 并且与反应条件的控制和系统的效率紧密相关<sup>[1]</sup>。为了降低大型合成氨生产的能耗, 需要采取一系列的节能措施。其中包括改进反应器设计和操作, 优化反应条件和催化剂的选择, 实施余热回收和利用技术, 优化气体分离过程以及提高系统的整体能源利用效率等。通过这些措施的应用, 可以实现能源的节约和环境的保护, 并提高大型合成氨生产的可持续性和经济

性。

## 2 大型合成氨生产工艺的特点

### 2.1 规模化和集约化

大型合成氨生产工艺通常具有庞大的生产规模和高度集约的工艺流程。这使得合成氨生产能够实现高效、连续和大规模的工业化生产, 同时也提高了生产效率和经济效益。

### 2.2 高能耗和高投入

合成氨生产需要消耗大量的能源和原材料, 同时需要精密的工艺技术和设备支持。因此, 大型合成氨生产的投资成本较高, 并且需要经过周密的规划和设计才能实现稳定运行。

### 2.3 高温高压和高转化率

合成氨反应需要在高温高压条件下进行, 这使得反应速度加快, 同时提高了原料的转化率。高温高压操作需要高度安全和可靠的设备及工艺控制技术, 以确保生产过程的安全性和稳定性。

### 2.4 环保和清洁生产

现代大型合成氨生产工艺注重环保和清洁生产, 采取一系列环保措施以降低污染排放和对环境的影响。例如采用低污染和清洁的能源、改进催化剂和反应器设计以降低废弃物排放等<sup>[2]</sup>。

### 2.5 多元化和灵活性

大型合成氨生产工艺不仅采用不同的原料和工艺路线, 而且具有较高的灵活性, 能够根据市场需求进行产品种类和规模的调整。这使得合成氨工业能够适应不同的市场需求和经济发展条件。随着技术的不断进步和市场需求的不不断变化, 大型合成氨生产工艺将继续朝着更加高效、环保和灵活的方向发展。

## 3 合成氨生产过程中的能耗分析

合成氨是一种重要的化工原料, 广泛应用于农业肥料、化学工业和能源等领域。然而, 合成氨的生产过程

中会消耗大量的能源,对环境产生负面影响。因此,对合成氨生产过程中的能耗进行分析是非常重要的。在合成氨的生产过程中,能耗主要来自于氮气和氢气的制备、气体的压缩、反应器加热、气体分离和制氨等步骤。首先,氮气和氢气的制备涉及到原料气转化、气体净化、和气体压缩等过程。这些过程需要耗费大量的能量来保证气体的纯度和压力。其次,反应器的加热是合成氨生产中的能耗主要来源。合成氨的催化反应需要在高温(400-500°C)条件下进行,同时要维持高压(150-300大气压)。提供足够的热量以维持反应器的温度是一个能耗较高的环节。再次,气体分离过程也需要消耗一定的能量。合成氨的生产过程中,需要将反应产生的合成氨与未反应的氮气和氢气进行分离。这通常通过冷冻、减压等方法实现,其中冷冻过程中需要提供额外的能量<sup>[3]</sup>。最后,制氨过程包括合成氨的冷凝、蒸发和分离等操作。这些操作也会消耗一定的能量。

#### 4 大型合成氨生产节能技术与措施

##### 4.1 高效催化剂的研发和应用

为了减少大型合成氨生产过程中的能耗,提高能源利用效率,需要采取一系列的节能技术与措施。其中,研发和应用高效催化剂是非常重要的。(1)高效催化剂可以在较低的温度和压力下实现合成氨的催化反应,从而降低能耗。传统的合成氨催化剂通常是铁、钼和钴等金属的组合,但这些催化剂的反应活性低,需要高温和高压才能实现合成氨的产率和选择性。因此,研发更高效的催化剂是减少能耗和提高能源利用效率的关键。

(2)高效催化剂还可以提高反应的选择性和转化率,减少副反应的发生,进一步减少能耗。例如,通过调控催化剂的物理和化学性质,可以提高铁催化剂的选择性和稳定性,降低氨的副产物的生成,提高反应的效率<sup>[4]</sup>。

(3)高效催化剂还可以延长反应催化剂的寿命,减少催化剂的更换频率和成本。通过研发更稳定和耐用的催化剂,可以减少催化剂的失活和脱活,延长催化剂的使用寿命,降低生产过程中的维护和换催化剂的成本,进一步提高能源利用效率。为了实现高效催化剂的研发和应用,还需要加强催化剂的设计和制备技术,提高催化剂的活性和稳定性。这可以通过结构优化、表面修饰、载体改性和活性位点的合理设计等方法实现。此外,还可以采用新型的催化剂支撑材料、载体结构和表面改性技术,进一步提高催化剂的效率和稳定性。

##### 4.2 余热回收和利用技术

大型合成氨生产过程中能源的消耗较大,为了提高能源利用效率,节约能源和减少碳排放,采取节能技术

与措施是重要的。其中,余热回收和利用技术是一项有效的节能措施。在合成氨生产过程中,存在大量的余热可以被回收和利用。一方面,合成氨反应器产生的高温烟气可以通过余热回收系统进行热交换,将烟气中的热能传递给需要加热的介质,如反应器进料气体、制氨过程中的冷凝液等。另一方面,合成氨生产过程中产生的废水和废气中也含有可回收的热能。通过合理的余热回收系统,这些热能可以回收利用,提供热源或热能供给给其他设备或生产过程中。具体来说,余热回收和利用技术包括:(1)余热回收装置:通过安装高效的换热器,将反应器烟气或废气中热能进行回收,实现热交换。这些热能可以在其他过程中被利用,比如加热反应器进料气体,提高进料气体温度,减少加热负荷。同时,也可以提供加热能源给其他生产过程中,如蒸汽发生器。(2)余热利用系统:利用回收的热能进行供暖、发电或其他加热需求。例如,通过蒸汽或热水发生器使用热能产生蒸汽或热水,供给其他设备或生产过程中的热能需求,减少外部能源的消耗<sup>[5]</sup>。(3)热力网络:构建合理的热力网络,将余热与需热设备连接在一起,实现多设备之间余热的共享。通过余热的互相利用,实现资源的最优配置,提高能源利用效率。(4)利用废水余热:对废水进行热能回收和再利用。通过合适的换热设备和回收装置,将废水中的热能回收出来,用于其他设备或过程中的加热需求,减少热能的浪费。

##### 4.3 新型的合成氨工艺和系统优化

大型合成氨生产过程中,为了降低能耗、提高能源利用效率,除了采用传统的节能技术与措施外,还可以应用新型的合成氨工艺和系统优化。首先,新型的合成氨工艺可以通过改善反应条件和反应体系,实现更高效的合成氨过程。比如,采用高效的催化剂和反应条件,如低温低压催化合成氨、电解合成氨等新型工艺,可以显著降低能耗,提高合成氨的产率和选择性。其次,系统优化也是降低能耗的有效手段。通过对整个合成氨生产系统进行综合分析和优化设计,可以降低能耗,提高能源利用效率。例如,通过合理的热电联供系统设计和调控,将电力和热能需求有效地整合在一起,实现能源的互相转换和利用。通过优化气体压缩与分离系统,减少能耗和压缩损失,也能实现节能效果。同时,采用先进的自动化控制系统和智能化管理技术,也能提高生产过程的能源效率。通过实时监测和精确调控各个环节的参数和操作条件,能够实现对能耗的精细控制和优化,有效降低能源消耗。新型的合成氨工艺和系统优化也需要结合其他节能技术和措施共同应用,才能发挥最大的

节能效果。例如结合余热回收和利用技术,将生产过程中产生的废热有效回收和利用;结合节能设备和高效催化剂的开发与应用,进一步降低工艺过程中的能耗<sup>[1]</sup>。

#### 4.4 节能仪表和控制系统的應用

在大型合成氨生产中,节能仪表和控制系统的應用是非常重要的节能技术与措施。通过合理的配置和优化,能够实现能源消耗的精确监测、自动化控制和智能调节,从而降低能耗、提高能源利用效率。(1)节能仪表的應用可以实现能耗数据的实时监测和分析。通过在关键设备和装置上安装能耗仪表和传感器,能够实时采集和记录能耗数据。通过对这些数据进行分析 and 统计,可以了解生产过程中的能耗分布和能耗变化规律,找出能源消耗较大的环节和问题。在监测的基础上,管理人员可以制定相应的节能策略和措施,针对性地优化节能方案,实现能耗的精细管理。(2)控制系统的应用可以实现能耗的智能化控制和优化。通过自动化控制系统,可以实时监测和控制生产过程中的各个参数和操作条件。根据节能的要求和策略,调整控制系统的参数设定,实现对能耗的精细控制和调节。比如,通过智能控制系统对温度、压力、流量等参数进行精确控制,优化能耗和效率,并保持生产过程的稳定性和可靠性<sup>[2]</sup>。(3)节能仪表和控制系统还能够实现对设备的自动检测、故障诊断和智能维护。通过实时监测设备状态和运行参数,对设备进行智能维护和优化。及时发现设备的故障状况,进行维护和修复操作,保障设备的正常运行和高效利用。通过智能维护,可以减少设备的故障停机时间,提高设备利用率和生产效率。

#### 4.5 智能化管理和优化策略

大型合成氨生产过程中的智能化管理和优化策略是一项重要的节能技术与措施,能够提高能源利用效率、降低能耗和减少碳排放。首先,智能化管理和优化策略可以通过数据分析和建模来实现,通过收集和分析生产过程中的各项数据和指标,建立模型和算法,预测和评估能耗变化、能源消耗和排放情况。通过对这些数据和模型的综合分析,可以精确把握产品质量、能耗关键指标和效率水平,及时发现存在的问题和优化潜力。其

次,智能化管理和优化策略可以通过改进运作流程和参数调整来实现,基于数据分析和模型预测,结合先进的控制技术和自动化系统,对生产过程中的温度、压力、流量和气体组成等关键参数进行精确控制。通过优化设定参数和控制逻辑,实现生产过程的最优化运行,减少能耗和排放,提高能源利用效率<sup>[3]</sup>。智能化管理和优化策略还可以通过改进设备和工艺技术来实现,通过引入先进的装备和新兴的工艺技术,提高生产过程的能源利用效率、产品质量和安全性。例如,采用高效催化剂、改进反应器设计和运行条件、优化能源传递和转换装置等措施,实现生产过程的能耗降低和能源优化利用。最后,智能化管理和优化策略还可以通过培训与人员管理来实现,通过对人员进行培训和技能提升,提高生产现场的管理水平、自主决策和问题解决能力,促进员工对于节能意识和责任意识培养和提升,进一步推动智能化管理和优化策略在生产实践中的应用。

#### 结束语

大型合成氨生产的节能是一个非常复杂且具有挑战性的问题,但也是可以通过合理的技术和措施来解决的。这些节能技术的应用不仅可以降低能耗、提高能源利用效率,还可以促进大型合成氨生产的可持续发展和环境保护。未来,我们应该进一步研究和推广这些节能技术,不断创新和优化,为大型合成氨生产实现更高的能源节约和环境效益做出更大贡献。

#### 参考文献

- [1]王英花.浅析合成氨生产过程中的节能与降耗[J].化工管理,2019(23):53-54.
- [2]史绍靖.合成氨生产中节能减排技术的应用探究[J].农家参谋,2018(15):213.
- [3]孙晨曦.焦炉煤气制LNG富氢尾气的应用[J].化工管理,2019(23):52-53.
- [4]栾兴国.膜分离技术用于合成氨厂回收氢气并为LNG(液化天然气)提供甲烷[J].区域治理,2018(26):163.
- [5]程立斌,闫庆雷.合成氨工艺分析及节能改造措施[J].化工设计通讯,2017,43(06):2+19.