

# Discussion on the Application and Development of Low-carbon Ammonia Synthesis Technology in Engineering Design

Jia Liang

Jiaocheng County Energy Bureau, Jiaocheng, Shanxi, 030500, China

## Abstract

This paper mainly discusses the application and development of low-carbon ammonia synthesis technology in energy conservation and emission reduction. As an important chemical raw material, synthetic ammonia is widely used in various fields such as agriculture, chemical industry and energy. In this article, we introduce the process of low-carbon ammonia synthesis and its application in major fields such as coke oven gas, syngas, and natural gas. We also discussed the challenges and problems of low-carbon synthetic ammonia in process technology and the future development trend, in order to make its application in various fields more effective and perfect by improving technology, reducing energy consumption and reducing pollution, so as to meet the national requirements for energy conservation and emission reduction for the chemical industry, maintain the ecological environment, and better apply it widely.

## Keywords

low-carbon synthetic ammonia; technological process; energy conservation and emission reduction; ecological environment

# 低碳合成氨工艺技术在节能减排中的应用与发展探讨

梁嘉

交城县能源局, 中国 · 山西 交城 030500

## 摘要

论文主要探讨低碳合成氨工艺技术在节能减排中的应用与发展。合成氨作为重要的化工原料, 广泛应用于农业、化学工业和能源等各个领域。论文中, 我们介绍了低碳合成氨的工艺流程, 以及在焦炉煤气、合成气, 以及天然气等主要的领域的应用。我们还讨论了低碳合成氨在工艺技术上面面临的挑战和问题以及未来发展趋势, 以期通过提高技术、降低能耗、减少污染等方式, 使其在各领域的应用更加有效且完善, 从而达到符合国家对化工产业提出的节能减排要求, 维护生态环境, 更好的广泛应用。

## 关键词

低碳合成氨; 工艺流程; 节能减排; 生态环境

## 1 引言

低碳合成氨技术是一项重要的环保和经济挑战。由于氨是农业和工业的基础化学品, 因此低碳合成氨技术的开发和应用对于实现可持续发展至关重要。该行业的发展需要在技术、经济和环境方面做出平衡, 以便实现最佳的效果。论文主要探讨低碳合成氨工艺技术在节能减排中的应用与发展。

## 2 低碳合成氨的工艺流程

低碳合成氨的工艺流程包括原料准备、蒸汽重整、氨合成和分离纯氨。首先要将含有氮和氢的原料如天然气和空气准备好。接下来通过蒸汽重整将天然气与蒸汽反应生成氢

气和一氧化碳。然后将蒸汽重整产生的氢气与空气中的氮气在催化剂的作用下合成氨气。最后一步是通过冷凝、压缩和吸附等步骤分离纯氨。在合成的过程中, 为了降低能源消耗和碳排放, 可以采用高效催化剂、优化反应条件以提高转化率和选择性, 并利用废热回收和循环利用等措施。

## 3 低碳合成氨技术的主要应用领域

自 20 世纪 70 年代以来, 随着石油化工行业的快速发展, 天然气的开采量急剧增加, 而作为主要能源之一的石油化工行业却出现了严重的资源短缺问题。与此同时, 天然气的价格也不断上涨, 从而导致石油化工行业陷入了严重的困境。我们一直在大力发展低碳化工行业, 以此来缓解局面。低碳合成氨工艺技术作为一种新型的环保技术, 是以煤为原料合成氨的清洁生产工艺<sup>[1]</sup>。随着中国煤炭资源日益枯竭和环境保护力度不断加大, 传统合成氨工艺已经逐渐不能满足当前中国环保和能源方面的要求。因此, 中国将大力发展低碳合

【作者简介】梁嘉 (1984-), 男, 中国山西吕梁人, 本科, 工程师, 从事节能和能源清洁利用研究。

成氨技术作为一项重要战略目标。通过对传统合成氨工艺进行改造和创新,生产出一种新的低碳合成氨工艺技术。这是一种以煤为原料合成氨的清洁生产工艺技术<sup>[2]</sup>。

### 3.1 焦炉煤气

焦炉煤气是冶金行业、化工行业以及焦化行业等企业进行生产活动的重要能源之一。焦炉煤气中含有大量的一氧化碳和氢气,其总含氧量达到了60%,并且其中的一氧化碳和氢气的含量是各行业中最高的。因此,焦炉煤气被广泛地应用于化工领域。由于焦炉煤气具有燃烧值高、热值高、无碳等特点,因此,焦炉煤气成为工业企业生产活动中不可或缺的一种能源。

炼焦过程中,煤燃烧产生的焦油是焦炉煤气最主要的成分之一,因此,焦炉煤气也被称为焦油煤气。然而,在炼焦过程中,为了提高煤炭资源的利用率以及避免污染环境,就需要将焦油进行有效利用。传统合成氨工艺中使用的合成氨原料是石油和天然气等不可再生资源,因此就会产生大量的二氧化碳和二氧化硫等有毒有害气体。为了解决这一问题,中国正在积极推广使用低碳合成氨技术来代替石油和天然气等不可再生资源,从而提高煤炭资源的利用率,缓解中国环境压力。

### 3.2 合成气

合成气是指以煤为原料,在一定的温度、压力和催化剂的作用下,通过化学反应产生的气体。这种气体在中国是非常常见的,而合成氨则是生产合成气的主要方式。因此,合成氨可以说是合成气最主要的生产用途。合成气的主要用途有两个,一个是用于生产尿素,另一个则是用于生产合成氨。尿素和合成氨都是主要的化肥原料,并且两者对经济发展的贡献也是非常大的。随着人们生活水平不断提高,对于化肥和合成氨产品的需求也在不断增加,从而导致供应严重不足。为了解决这一问题,我们在对传统合成氨工艺进行改造时采用了低碳合成氨工艺技术。

### 3.3 天然气

低碳合成氨工艺技术的应用,有效缓解了天然气短缺的问题。在此过程中,该工艺技术的应用使得天然气资源得到了合理利用。在合成氨生产过程中,这种低碳合成氨工艺技术能够产生大量的合成气,从而在很大程度上节约了天然气资源。此外,由于低碳合成氨工艺技术可以将合成氨过程中产生的二氧化碳进行合理回收利用,从而达到降低二氧化碳排放量的目的。因此,该工艺技术的应用可以有效缓解中国当前面临的能源短缺问题。不仅如此,该工艺技术还能够将二氧化碳进行资源化利用,从而解决当前中国所面临的环境问题。

## 4 低碳合成氨技术在节能减排中的应用

随着工业化进程的不断加快和对环保的要求越来越严格,该技术将在工业领域发挥越来越重要的作用。然而,低

碳合成氨技术也面临着许多挑战和问题。下面我们将简要介绍这方面的问题,并探讨未来该领域发展的趋势。

### 4.1 低温低压下催化剂的活性和选择性

与传统的合成氨技术相比,低碳合成氨技术对催化剂的活性和选择性要求更高。因此,开发高性能的催化剂是该领域研究的重要内容。目前,已经开发出许多具有不同结构和性能的催化剂,如Bi基催化剂、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 基催化剂、分子筛催化剂等。但是,如何开发高性能的催化剂仍然是一个悬而未决的问题。

在工业生产中,为了提高合成氨效率和降低能耗,通常使用Ru基催化剂。因此,在实际应用中,往往会使用一些特殊结构的催化剂来提高催化活性和选择性。例如,将 $\text{TiO}_2$ 改性后,制备成一种具有较强耐硫性能的 $\text{TiO}_2$ 基催化剂,并将其应用于合成氨反应中。然而,该方法不能有效地改善催化活性和选择性。另外一个值得关注的问题是在低温低压下提高活性和选择性。目前,常用的低温低压条件主要包括300℃左右和60℃~70℃两种温度范围。对于300℃以下温度范围的低温低压条件下活性和选择性,大多数研究者认为较低温度可以促进催化剂的活性和选择性,但不能有效改善催化活性。因此,未来需要探索一种更有效的提高催化剂活性和选择性的方法。此外,还需要对现有研究结果进行系统分析和总结。

### 4.2 $\text{CO}_2$ 的去除

在现有的合成氨技术中,有两种方法可以用于去除 $\text{CO}_2$ ,即化学吸收和化学分离,原理都是利用某些物质与 $\text{CO}_2$ 中的氢原子结合形成化合物,然后通过化学反应将 $\text{CO}_2$ 分离出来。该技术可以使合成氨的温度降低到适合氨合成的温度,从而提高了能源和资源的利用率。化学吸收法适用于低浓度、低压力、低流量、低热量的工艺条件。对于高浓度、高压力、高温度和高热量的工艺条件,该方法不能发挥作用。化学分离法可分为两种类型,即物理分离法和生物分离法。物理分离法是利用化学方法将 $\text{CO}_2$ 从气体中分离出来。这是一种简单高效的方法,但它不能从根本上解决氨合成过程中 $\text{CO}_2$ 排放过多的问题。生物分离法是一种利用微生物代谢产物去除 $\text{CO}_2$ 的方法。目前,该方法已被广泛应用于氨合成过程中,但其应用范围有限。因此,我们需要寻求新的方法来去除 $\text{CO}_2$ 。例如,通过筛选合适的微生物和将其转化为具有生物活性的催化剂,可以达到去除 $\text{CO}_2$ 的目的。此外,我们还可以通过改进工艺条件来实现氨合成过程中 $\text{CO}_2$ 的去除和回收。

### 4.3 二氧化碳的资源化利用

目前,世界各国都在大力推进二氧化碳的资源化利用,以实现经济和社会可持续发展的目标。在未来的发展中,这一方向将成为主要发展趋势。

二氧化碳是一种温室气体,可以通过大量减少二氧化碳排放量来保护环境。此外,二氧化碳还可以作为一种重要

的原料用于许多化工产品的生产。例如，通过二氧化碳脱氢合成天然气技术可以生产甲醇，这些甲醇又可以通过直接还原法转化为氢气。通过这种方法，可以将二氧化碳转化为氢气和一氧化碳。此外，还可以将其用于合成燃料电池中的电解质。这些反应可以提高反应速率和选择性，从而提高燃料电池的效率<sup>[1]</sup>。此外，二氧化碳还可以用于生产农药、化肥、洗涤剂等化工产品。

但是由于该工艺技术成本较高，因此目前还没有得到广泛应用。目前，这一方向正在快速发展和演变中。同时，随着科技的不断进步和工艺技术的不断提高，二氧化碳的资源化利用将得到进一步开发和应用。例如，通过各种技术手段将二氧化碳转化为燃料或高附加值化学品等。在未来的发展中，该技术还将进一步提高其技术水平和工艺水平；

同时还需要进一步提高其经济性和环保性能；此外还需要不断加强对该工艺技术的研究和开发力度，以确保该工艺技术能够更好地适应实际生产需求；最后还需要不断完善该工艺技术的配套设施和管理制度，从而达到低碳环保，维护环境生态的作用。

5 案例

低碳合成氨对国民经济的发展有关键性的作用，但该领域作为高耗能产业，国家对该行业提出了明确的要求和实施指南，对于提升行业能效水平，降低碳排放强度，加快行业绿色低碳转型有重要指导作用。为响应新要求，山西省内一家重点肥业公司，从生产工艺装备水平、各用能环节能源利用状况进行分析，全方位了解企业节能方面的不足，设计制定了规划（以合成氨为例），见表 1。

表 1 山西某化肥企业年度节能目标表

| 项目           | 单位     | 2020 年    | 2021 年 | 2022 年 | 2023 年 | 2024 年 | 2025 年 |
|--------------|--------|-----------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 综合能源消费量（当量值） | tce    | 27613.95  | 265372 | 264601 | 263974 | 263347 | 262719 |
| 合成氨产量        | t      | 205425.81 | 180000 | 180000 | 180000 | 180000 | 180000 |
| 合成氨单位产品综合能耗  | kgce/t | 993.89    | 993.50 | 993.00 | 992.50 | 992.00 | 991.50 |

该企业以焦炉煤气为原料生产合成氨，充分利用能源，年合成氨 18 万吨。既变废为宝，延长了煤炭产业链，又改善环境，创造了收益。是一个具有循环型、环保型、成本低，抗风险指数高的节能工程项目。通过全方位的审计流程，该企业为更好地实现节能目标，从管理方面和工艺装备、余热余能回收和利用方面进行了升级调整：

①建立和实施企业能源管理体系：有利于将工作职责落到实处，进而对各个环节流程成体系化管理，便于识别发现问题，并持续改进，提高节能工作整体效果和效率。

②设备完善：企业按照管理要求补充配备三级能源计量器具，并做好所有能源计量器具的日常维护和巡检，确保适应能源管理的要求。

③根据企业资金筹备情况及时引进空压机余热回收、螺杆膨胀机回收低温余热两项节能技术改造措施作为企业的节能技术储备项目。

④规范技能基础管理：从人员素质提升和现场基础管理两方面进行，充分利用班会、广播、微信平台、培训等时间进行节能基础知识宣传；从小的跑、冒、滴、漏抓起，时刻让全体人员意识到浪费能源的利害关系。

除此之外，规范企业用能情况，提高企业用能管理水平，降低能源消耗是一个需要长期践行的目标，最终实现能源管理方针并达到预期的能源消耗或使用目标。

6 低碳合成氨技术的未来发展趋势

随着对氨生产技术的不断探索和研究，目前氨生产工

艺已经比较成熟，并且在工业生产中得到了广泛应用。在未来的发展中，我们应积极探索和研究新技术，如催化加氢、低温氨合成等工艺技术，并对其进行创新和改进。另外，还应注重低碳合成氨技术在大型工厂中的应用。因为大型工厂具有规模大、数量多、工艺复杂、安全要求高等特点，因此需要更先进的低碳合成氨技术。在大型工厂中应用低碳合成氨工艺技术是一个新的发展趋势。例如，在石油化工行业中应用该工艺技术可以使炼油和石油化工的生产更加安全和高效。只有这样才能促进低碳合成氨技术在节能减排中的应用与发展，为企业创造更高的经济效益。

7 结语

低碳合成氨技术在节能减排中的应用和发展具有重要的意义。随着工业技术的不断发展和进步，有必要加强氨生产过程中的技术创新和工艺改造。通过提高技术效率、降低成本实现节能降耗，减少对环境的影响，低碳合成氨技术可以在经济和生态环境两方面做出平衡，以便实现最佳的效果。

参考文献

[1] 盛娜.合成氨工艺技术的应用现状及其发展趋势[J].中国石油和化工标准与质量,2023(9).  
[2] 卢军.现代化采矿工艺技术在采矿工程中的应用探讨[J].测绘与勘探,2022,4(2):34-36.  
[3] 胡轶坤,曹军文,张文强,等.高温固体氧化物电解池应用研究进展[J].发电技术,2023,44(3):361-372.