

# 天然气制合成氨环保性能分析

张志强 单新龙

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:** 本本文探讨了天然气制合成氨的基本原理及其环保性能。通过节能降耗、碳捕捉与利用、废水与废气净化以及资源循环利用等技术,可以有效提升天然气制合成氨的环保性能。同时,还提出技术创新、产业链协同及公众参与与教育等策略,以进一步优化其环保性能。

**关键词:** 天然气制合成氨; 环保性能; 技术与方法

## 1 天然气制合成氨的基本原理

天然气制合成氨的基本原理是一个复杂而精细的化学过程,它利用天然气作为主要原料,通过一系列化学反应,最终合成氨气。这一过程大致可以分为原料气的制备、原料气的净化、氨的合成等几个关键步骤。第一,天然气经过脱硫等预处理后,与水蒸气在高温条件下发生重整反应,生成以一氧化碳和氢气为主要成分的合成气。这一步骤是原料气制备的关键,它决定了后续反应的顺利进行以及最终产品的品质。第二,原料气需要经过净化处理,以一氧化碳的变换和二氧化碳的脱除为主。一氧化碳在变换反应中与水蒸气反应生成二氧化碳和氢气,而二氧化碳则通过脱碳工艺被去除。这些净化步骤确保了后续氨合成反应所需的氢气与氮气的纯度和比例。第三,经过净化后的氢气和空气中的氮气在高温高压的条件下,以催化剂为媒介发生化合反应,生成氨气。这一步骤是氨合成的核心,它需要精确控制反应条件,如温度、压力和催化剂的种类等,以确保反应的高效进行和产品的最大产率。这一过程中,原料的预处理、净化以及氨的合成等步骤都至关重要,它们共同决定了最终产品的质量和生产效率。同时,天然气作为清洁能源,在用于制合成氨的过程中展现了较高的环保性能,符合当前可持续发展的理念。

## 2 天然气制合成氨的环保性能分析

### 2.1 能源消耗与碳排放

能源消耗与碳排放是衡量天然气制合成氨环保性能的重要指标,相较于传统的煤炭或重油为原料的合成氨工艺,天然气以其清洁、高效的特点成为更理想的原料选择。天然气主要成分为甲烷,燃烧后产生的二氧化碳量相较于煤炭和重油显著减少,这有助于缓解全球变暖问题。然而,天然气制合成氨过程中仍然需要消耗大量的能源。这主要体现在原料气的制备、净化以及氨的合成等关键环节。原料气的制备过程中,天然气需要与水

蒸气在高温下发生重整反应,这一过程需要消耗大量的热能。而在原料气的净化阶段,为了去除一氧化碳和二氧化碳等杂质,也需要额外的能源消耗。最后,在氨的合成阶段,高温高压条件下进行的催化反应同样需要大量的热能。为了降低能源消耗和碳排放,天然气制合成氨工艺需要不断进行优化。例如,通过提高重整反应的效率,减少原料气的制备过程中的能源消耗;优化净化工艺,提高一氧化碳和二氧化碳的去除效率,从而减少净化过程中的能源消耗;在氨的合成阶段,采用高效的催化剂和反应器,提高合成反应的效率和产率,进一步降低能源消耗。

### 2.2 废水与废气处理

在天然气制合成氨过程中,会产生大量的废水和废气。这些废水和废气如果不经过妥善处理,将对环境和人类健康造成严重危害。废水主要来源于原料气的制备、净化和氨的合成等过程。废水中含有大量的氨氮、硫化物、有机物等污染物。为了处理这些废水,需要采用先进的废水处理工艺,如生物处理、化学沉淀、膜分离等。这些工艺可以有效地去除废水中的污染物,使其达到排放标准。同时,还可以考虑将废水进行回用,减少水资源的浪费。废气主要来源于原料气的制备和氨的合成过程;废气中含有大量的二氧化碳、氮气、甲烷以及微量的有害有机物<sup>[1]</sup>。为了处理这些废气,需要采用适当的废气处理工艺,如高温燃烧、催化氧化、吸收分离等。这些工艺可以有效地去除废气中的有害物质,减少其对环境的污染。除了废水与废气处理外,还需要对天然气制合成氨过程中产生的噪音和粉尘进行治理。通过采用消音器、隔音墙等降噪设备,以及采用布袋除尘器、湿式除尘器等除尘设备,可以有效地减少噪音和粉尘对环境 and 人类健康的影响。

### 2.3 固体废物管理

天然气制合成氨工艺在生产过程中不可避免地会产

生一定量的固体废物，这些固体废物主要来源于催化剂的更换、工艺副产品的产生、设备维护产生的废弃物以及工艺过程中可能产生的固体污染物。如何合理有效地管理这些固体废物，以减少其对环境的污染，是天然气制合成氨工艺环保性能评估的重要部分；在合成氨的生产过程中，催化剂会随着时间的推移而逐渐失活，需要定期更换。这些废旧的催化剂往往含有有毒有害物质，如果处理不当，可能会对环境造成严重的污染。对于废旧催化剂的处理，应该采取专门的回收和处理技术，确保其安全无害化；在天然气制合成氨的过程中，可能会产生一些副产品，如硫酸铵、碳酸铵等。这些副产品虽然在一定程度上可以作为资源回收利用，但如果处理不当，也可能成为污染源。需要建立完善的副产品回收利用体系，确保资源的最大化利用。设备维护过程中产生的废弃物，如废旧管道、阀门、仪表等，也需要进行妥善的处理。这些废弃物往往含有金属和其他有害物质，如果随意丢弃，可能会对环境 and 人类健康造成危害；对于这些废弃物，应该采取专门的回收和处理措施，如废旧金属的回收利用、有害废物的无害化处理等。

#### 2.4 环境风险评估

在天然气制合成氨的生产过程中，可能会存在一些潜在的环境风险，如泄漏、火灾、爆炸等。这些风险一旦发生，不仅会对环境造成严重的污染，还可能对人员的生命和财产安全造成威胁。为了降低这些环境风险，需要进行全面的环境风险评估。这包括识别潜在的环境污染源和风险因素，评估其对环境和人类健康可能造成的影响和危害程度，以及制定相应的风险控制和应急响应措施；在环境风险评估的过程中，需要采用科学的方法和工具进行评估。例如，可以采用风险矩阵法、故障模式与影响分析法等方法进行评估<sup>[2]</sup>。这些方法可以帮助我们更准确地识别和分析潜在的环境风险，为制定风险控制和应急响应措施提供科学依据；在天然气制合成氨的生产过程中，还需要建立完善的监测和预警系统。这包括设置在线监测设备，实时监测生产过程中产生的废气、废水、固体废物等污染物的排放情况；建立环境预警系统，及时发现和处理可能存在的环境风险；制定应急预案，确保在风险发生时能够迅速有效地进行应对和处理。

### 3 提高天然气制合成氨环保性能的技术与方法

#### 3.1 节能降耗技术

通过优化生产工艺和采用先进的节能技术，可以显著降低能源消耗和生产成本，同时减少对环境的影响。第一，提高原料的转化率和选择性是节能降耗的关键。

通过优化重整反应的条件，如温度、压力和催化剂的选择，可以提高甲烷的转化率和氢气的选择性，从而减少原料的浪费。此外，优化净化过程中的条件，如提高一氧化碳变换的效率和减少二氧化碳的排放，也可以进一步降低能耗。第二，采用高效的设备和工艺也是节能降耗的有效途径。例如，使用高效的热交换器来回收和利用余热，可以减少热量的损失；采用先进的催化剂，可以提高反应速率和选择性，降低反应温度和压力，从而减少能耗。第三，对生产过程中的能源进行管理和监控也是必不可少的。通过建立完善的能源管理系统，实时监测和分析能源的消耗情况，可以及时发现和解决能耗过高的问题；制定合理的能源利用计划，优化生产流程，也可以进一步降低能耗。

#### 3.2 碳捕捉与利用技术

通过将生产过程中产生的二氧化碳进行捕捉、分离和利用，不仅可以减少温室气体的排放，还可以实现资源的循环利用。碳捕捉技术主要包括化学吸收、物理吸附和膜分离等方法。其中，化学吸收法是目前应用最广泛的方法之一，通过利用碱性溶液与二氧化碳反应，生成稳定的碳酸盐，从而实现二氧化碳的捕捉。物理吸附法则是利用吸附剂对二氧化碳的吸附作用进行捕捉，具有操作简便、成本低廉等优点。而膜分离法则是利用高分子膜对二氧化碳的选择透过性进行分离，具有高效、节能等优点；在捕捉到二氧化碳后，还需要进行后续的处理和利用。一种常见的方法是利用二氧化碳进行化学反应，生成碳酸盐、尿素等化学品，实现资源的循环利用。另一种方法是将二氧化碳进行封存，通过注入地下或海洋深处等方式，避免其排放到大气中。

#### 3.3 废水与废气净化技术

在废水处理方面，常用的方法包括生物处理、化学沉淀和膜分离等。生物处理法是利用微生物的代谢作用将废水中的有机物和氮化物转化为无害物质；化学沉淀法则是通过添加化学药剂与废水中的污染物发生反应，生成沉淀物进行去除；膜分离法则是利用高分子膜的选择透过性对废水进行过滤和分离；在废气净化方面，常用的方法包括高温燃烧、催化氧化和吸收分离等。高温燃烧法是将废气中的可燃物质在高温下进行燃烧，生成二氧化碳和水蒸气等无害物质；催化氧化法则是利用催化剂的催化作用将废气中的污染物氧化为无害物质；吸收分离法则是利用吸收剂对废气中的污染物进行吸收和分离<sup>[3]</sup>。

#### 3.4 资源循环利用技术

资源循环利用技术是提高天然气制合成氨环保性能

的另一种有效途径,通过回收和利用生产过程中的废弃物和副产品,不仅可以减少资源的浪费,还可以降低生产成本和环境污染。在资源循环利用方面,可以考虑将废水中的有机物和氮化物进行回收和利用,如通过生物处理将废水中的有机物转化为生物肥料;将废气中的二氧化碳进行捕捉和利用,如通过化学反应将其转化为碳酸盐等化学品;将生产过程中产生的固体废弃物进行回收和处理,如将废旧催化剂进行再生和再利用;还可以考虑将天然气制合成氨与其他生产工艺进行集成和耦合,如将合成氨过程中的氢气用于其他化工产品的生产,实现资源的最大化利用。通过这些措施,可以进一步提高天然气制合成氨的环保性能和经济效益。

#### 4 天然气制合成氨环保性能优化的建议与策略

##### 4.1 技术创新

为了不断提升环保水平,企业应加大在技术研发上的投入,致力于开发更高效、更环保的生产技术和工艺。催化剂是天然气制合成氨过程中的关键材料,其性能直接影响反应效率和产物选择性。因此,应加大对新型催化剂的研发力度,探索具有更高活性、更稳定和更易回收的催化剂材料,以降低生产过程中的能耗和排放;反应器是合成氨工艺中的核心设备,其结构设计和操作参数对生产效率有重要影响。通过采用先进的反应器设计技术,如多级反应器、流化床反应器等,可以提高反应效率和传质效率,进一步降低能耗和排放;引入先进的控制系统和监测设备,实现对生产过程的精确控制和实时监测,及时发现并处理生产中的问题,提高生产效率和环保性能。

##### 4.2 产业链协同

加强与上下游产业的合作,实现资源的优化配置和共享,可以降低生产成本,提高资源利用率,从而间接提升环保性能。通过签订长期稳定的供应合同,确保原料的稳定供应和质量可控。同时,可以共同探索天然气资源的综合利用方式,如将天然气中的其他组分(如甲烷、乙烷等)进行深加工或提取有价值的副产品,实现资源的最大化利用;签订购销合同、建立战略合作关系等方式,实现产品的稳定销售和市场拓展。可以共同探索产品的多元化应用方式,如将合成氨用于生产其他化

工产品或作为清洁能源的原料,以拓宽市场需求和销售渠道;还可以考虑与其他环保企业进行合作,共同研发和推广环保技术和产品<sup>[4]</sup>。通过共享技术、资源和市场经验,形成产业协同优势,共同推动天然气制合成氨行业的绿色发展。

##### 4.3 公众参与与教育

加强公众对环保知识的了解和认识,提高公众的环保意识,可以形成全社会共同关注和支持环保事业的良好氛围;举办讲座、展览、公益活动等形式,向公众普及环保知识和理念,提高公众对环保问题的认识和理解。可以邀请专家和学者进行讲座和交流,为公众提供权威的环保信息和建议;建立志愿者团队、开展环保志愿服务等方式,鼓励公众积极参与环保事业,共同推动天然气制合成氨行业的绿色发展。可以通过设立环保奖励制度,对在环保方面做出突出贡献的个人或企业进行表彰和奖励,以激发公众的环保热情和参与度;还可以加强与媒体的合作,通过新闻报道、网络传播等方式,扩大环保宣传的覆盖面和影响力。通过与媒体的合作,可以及时传递环保信息和动态,提高公众对环保问题的关注度和认识水平;也可以借助媒体的力量,监督和推动企业在环保方面的责任和义务落实。

##### 结束语

综上所述,天然气制合成氨作为一种重要的化工生产工艺,在环保性能方面具有较大潜力。通过不断的技术创新和产业链协同,可以实现资源的最大化利用和废弃物的最小化排放。同时,公众参与与教育也是推动环保事业发展的重要力量。未来,我们应继续致力于提升天然气制合成氨的环保性能,为可持续发展贡献力量。

##### 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,2023,43(03):187-189.
- [2]宋栋东.合成氨工艺技术的现状及发展趋势[J].山西化工,2022,42(05):31-33.
- [3]李丹.气态烃类自热重整转化制合成氨工艺[J].氮肥与合成气,2020,48(07):12-14.
- [4]何发明,曾庆,吴剑,胡强.天然气裂解制氢与水电解制氢合成氨工艺特性比较[J].化肥设计,2020,58(02):5-9.