

# 合成氨生产过程的节能降耗分析

石峻

国家能源集团宁夏煤业有限责任公司烯烃二分公司 宁夏 银川 750000

**摘要:** 合成氨工艺技术作为无机化工领域的关键技术,涉及多学科知识,本文以煤合成氨为例,工艺包括半水煤气制取、原料气体净化等步骤,合成氨工业在发展中面临能耗与排放问题,还探讨了合成氨造气系统和合成系统的节能减排技术及措施,如煤气化、粉煤成型、造气炉机电一体化、富氧气化、低压合成、溴化锂制冷和合成尾气利用等,目的是提升资源利用效率,降低能耗和排放,推动合成氨工业绿色发展。

**关键词:** 合成氨生产;节能降耗技术;现状;措施

## 引言

合成氨工艺技术作为化工领域的重要组成部分,其复杂性和跨学科性不容忽视,随着全球对环保和可持续发展的日益重视,合成氨工业在节能减排方面面临着严峻挑战,我国作为合成氨生产大国,其能耗和排放问题尤为突出。所以研究和推广节能减排技术对于提升我国合成氨工业的竞争力、实现可持续发展具有重要意义,本文将重点探讨合成氨生产过程中的节能减排技术及措施,以期为相关企业提供参考和借鉴。

## 1 合成氨工艺技术概述

合成氨工艺技术是一项高度复杂且跨学科的综合性的技术,深深扎根于无机化工领域,广泛融合物理、化学、化工等多方面专业知识,它的核心是通过一系列精细控制的化学反应,把基础原料转化为氨这种重要的化工原料。以煤合成氨的过程,起始于半水煤气的制取。首先,煤炭被送入造气炉内,通过通入空气燃烧,使炉内温度迅速攀升。随后,蒸汽和空气被间断性地通入炉内,蒸汽与炽热的煤炭发生化学反应,生成氢气和一氧化碳,而空气中的氧气则被消耗,剩余氮气。在此过程中,还会产生一些杂质性气体和粉尘。为了确保后续步骤的顺利进行,这些杂质必须被去除,需要利用专门设备去除粉尘,并回收余热,从而得到半水煤气。接下来,原料气体的净化成为关键步骤,在净化过程中,主要任务是去除半水煤气中的硫元素,以防止在后续反应中损害设备和催化剂。脱硫后的气体还需经过变换工艺,进一步脱去少量的一氧化碳和二氧化碳,从而获得更为纯净的反应原料,经过这些精细的处理步骤,原料气体得以充分净化,为后续合成氨反应奠定了坚实的基础,整个工艺过程复杂而精细,体现了煤合成氨技术的高度专业性。

## 2 合成氨工业节能减排的现状

合成氨工业作为生产高热量物质氨的主要领域,在

发展中面临着不容忽视的能耗与排放问题,自20世纪50年代起,我国的合成氨工业如同雨后春笋般迅速崛起,并在全球总产量中占据了举足轻重的地位。据统计数据显示,这些企业的能耗大多徘徊在44至67吉焦每吨(GJ/t)的高位区间,与全球平均28GJ/t的先进水平相比,存在着显著的差距,这一现状不仅揭示了我国合成氨生产能效的巨大提升空间,也警醒我们必须正视并解决这一能耗高企的顽疾。面对这严峻的形势,我国的科研界并未退缩,而是积极投身于合成氨工业节能减排技术的研究之中,众多学者以高度的责任感和使命感,夜以继日地探索着既能保障生产效率,又能显著降低能耗和排放的有效方法。经过不懈努力,他们终于取得了一系列令人瞩目的研究成果,为合成氨工业的绿色发展提供了有力的科技支撑,尽管这些节能减排技术在理论上具有显著的优越性,但在实际生产中的普及率却并不高,存在着技术层面的限制因素以及适用性等问题,但更为关键的是缺乏相应的制度引导和技术支持体系。由于缺乏明确的政策导向和有利的技术支持,许多企业在面对节能减排技术的选择和应用时,往往感到无所适从,难以做出明智的决策。这种现状不仅影响了节能减排技术在合成氨工业中的普及和推广,也对企业环保与经济效益的双重提升造成了不利影响。一方面,高能耗和高排放不仅增加了企业的运营成本,也加剧了环境污染问题,损害了企业的社会形象;另一方面,节能减排技术的缺失也限制了企业生产效率的提升和市场竞争力的增强,制约了企业的可持续发展<sup>[1]</sup>。

## 3 合成氨生产过程的节能减排技术及措施

### 3.1 合成氨造气系统的节能减排技术进展

#### 3.1.1 煤气化

在合成氨生产流程中,造气系统的煤气化环节是能源消耗的主要构成部分,传统上此环节主要以煤炭为气

化原料,无烟煤使用较少,随着无烟煤成本不断攀升,合成氨企业积极寻求降低成本的替代方案,在此背景下一系列先进煤气化技术应运而生并在行业内广泛应用。气流床气化技术、多喷嘴水煤浆加压气化技术、GSP粉煤加压气化技术是提升煤炭适用性和转化率的关键技术,它们不仅能提高煤炭利用效率,还能在一定程度上降低生产成本,增强企业市场竞争力,其中气流床气化技术在煤气化过程中因高效、灵活展现出显著优势,多喷嘴水煤浆加压气化技术通过优化喷嘴设计提高了气化效率和稳定性,GSP粉煤加压气化技术特别适用于粉煤气化,可进一步提高煤炭转化率。但每种煤气化技术都有独特的优缺点,所以合成氨企业在选择适合自己发展的煤气化技术时,需综合考虑原料特性、生产成本、环境影响、技术成熟度等多因素,通过科学评估和精心选择,企业可确保所选技术在节能减排方面潜力最大化发挥,实现经济效益和环保效益的双重提升。

### 3.1.2 粉煤成型

在当前的合成氨企业生产中,大型采设设备得到了广泛的使用,随之也出现了大量的粉煤,对环境造成了严重的破坏,粉煤若未妥善处理,会导致资源浪费且可能严重污染环境,所以合成氨企业为达成节能减排目标,亟需研发与应用粉煤成型技术。粉煤成型技术能将粉煤转化为有特定形状和强度的煤块,运用该技术既能减少粉煤扬尘污染,又可提高煤炭资源利用效率。在煤块采购环节,合成氨企业可积极考虑黏土煤球、石灰碳化煤球和复合黏结煤球等成型煤块,这些成型煤块相比传统散煤,燃烧效率更高、燃烧性能更稳定,能在保障生产需求的同时大幅降低生产成本。具体来看,黏土煤球添加适量黏土作黏结剂,让煤粉紧密结合成有一定强度和耐用性的煤球;石灰碳化煤球利用石灰石和煤粉在高温下反应生成的碳化物作黏结剂,也能制出高质量煤球;复合黏结煤球采用多种黏结剂复合使用,以实现更好的成型效果和燃烧性能。通过采购和使用这些成型煤块,合成氨企业在节能减排方面成效显著,还能提升煤炭资源利用效率、降低生产成本,实现了经济效益和环保效益的双重提升,因此粉煤成型技术的研发和应用对合成氨企业可持续发展意义重大。

### 3.1.3 造气炉机电一体化

如今的合成氨企业在造气系统中的加炉方式开始利用自动化控制模式,但在造气流程中出渣环节依旧依赖人工,这种传统方式效率低下且可能导致煤气泄漏,对整体生产效率有不利影响,而造气炉机电一体化技术应运而生,为合成氨企业节能减排和提升效率提供了新方

案。该技术通过高度集成机械与电气系统,实现出渣过程的自动化和智能化,这不仅显著提高出渣效率、减少人工干预,还从根本上解决煤气泄漏问题,保障生产过程的连续性和稳定性,可以降低人力成本,使企业能将更多资源投入提升核心竞争力上<sup>[2]</sup>。尽管造气炉机电一体化技术在我国合成氨行业的应用尚处于起步阶段,但其展现出的巨大潜力和优势不容忽视,为充分发挥该技术价值,合成氨企业需不断完善和优化它,包括加强技术研发以提高设备可靠性和耐用性、加强人员培训以确保操作人员熟练掌握机电一体化设备操作技能以及建立完善维护体系来保障设备长期稳定运行。

### 3.1.4 富氧气化

在合成氨企业的生产流程中,造气系统至关重要,富氧气化技术的引入为其带来了革命性变革,富氧气化技术是在传统吹风和造气系统基础上补充氧气以提升气化效率与质量,该技术不仅显著提高生产效率,让造气系统高效运行,还大大降低潜在运行风险,为企业安全生产提供有力保障。富氧气化技术主要有纯氧气化和增氧气化两类,纯氧气化是使用纯度极高的氧气进行气化,这种方式能最大程度提高气化效率,使煤炭等原料得到更充分利用,进而生产更多合成气,但纯氧气化所需设备成本高,维护费用也昂贵,这对一些规模小或经济实力有限的企业有经济压力。增氧气化则是更经济且易实施的方法,它通过增加空气中氧气含量来提高气化效果,无需高纯度氧气,设备成本和维护费用较低,而且还能根据企业实际需求灵活调整,使气化过程更符合生产要求。对于合成氨企业而言,选择富氧气化方法需综合多方面因素,首先要依据自身生产需求和经济实力确定气化方案,若企业规模大、经济实力雄厚且对生产效率要求高,纯氧气化或许是更好选择;若企业规模小、经济实力有限或对生产成本控制严格,增氧气化可能更合适。

## 3.2 合成氨合成系统的节能减排技术

### 3.2.1 低压合成

在我国工业技术不断进步的背景下,合成氨的工业技术也在进步,当前行业发展焦点已转向研发低能耗、高附加值的合成系统,以此更好地满足节能减排的迫切需求,在此背景下,众多合成氨企业纷纷把目光投向国际,积极借鉴和学习国外先进经验与生产技术。在这个学习过程中,一些有前瞻性的合成氨企业已取得瞩目成果,成功研制出低压合成装置,这一创新技术的出现,标志着我国合成氨工业在节能减排方面迈出坚实步伐,采用低压合成技术,企业在大幅降低生产压力的同时,

实现了生产效率的显著提升。这种技术转变不仅有助于显著减少能源消耗，而且能够有效降低生产过程中的碳排放，还为我国合成氨工业的绿色发展提供了强有力的技术支撑。低压合成技术的成功应用，标志着对传统合成氨生产工艺的重大革新，同时也彰显了我国合成氨企业在技术创新和节能减排方面的卓越成就，该技术的普及和推广，将极大地推动我国合成氨工业制造朝着更高效、更环保的方向迈进，为实现国家的节能减排目标和可持续发展战略贡献出不可或缺的力量，且这项技术的广泛应用，预示着我国合成氨工业将迎来一个更加绿色、可持续的发展新时代。

### 3.2.2 溴化锂制冷

在合成氨的工业制造中，低位余热利用是企业实现节能减排、提升经济效益的关键环节，溴化锂制冷技术的引入为达成这一目标提供了全新方案，它巧妙地将低位余热作为溴化锂制冷设备的驱动能源，实现了能量的高效转化与循环利用。溴化锂制冷技术依据溴化锂溶液的吸湿性和热效应，把低位余热转化成制冷所需的冷能，在这个过程中，溴化锂溶液吸收热量后产生物理变化并释放冷量用于制造冷水，这种制冷方式不但避免了传统制冷方式的高能耗问题，而且能在低能耗条件下保障设备稳定运行，极大地降低了合成氨企业的能源消耗。更关键的是，溴化锂制冷技术在循环利用过程中能持续为合成氨生产流程供应所需冷水，不管是用于冷却反应釜、冷凝器还是其他需降温的设备，它都能提供稳定、高效的制冷效果，确保生产流程顺利推进。对合成氨企业而言，溴化锂制冷技术不仅能有效减少企业能源消耗及生产成本，进而提升经济效益；还能通过高效利用低位余热，帮助企业减少碳排放，推动企业的绿色发展，溴化锂制冷技术对企业节能减排和经济效益提升均有着积极作用。

### 3.2.3 合成尾气利用

在合成氨生产这一广阔领域中，合成尾气的综合利用已然成为备受瞩目的焦点，它既与资源利用效率提升紧密相关，更是实现节能减排目标的关键，这一技术核心是对合成尾气温度的精准控制和基于尾气各组分沸

点差异的精细精馏处理，通过复杂精细操作，可将原本被视作废弃物的尾气有效转化为氧气、甲烷等高附加值副产品，极大提升资源利用效率，为合成氨生产的绿色发展开辟新径。相较于传统合成氨工艺，合成尾气综合利用系统优势无可比拟，在环保方面，该系统实现尾气零排放，通过精细尾气处理工艺，尾气有用成分被彻底转化为生产材料或副产品，避免尾气污染环境，真正践行绿色生产理念，这不仅有助于改善空气质量、减少温室气体排放，更体现企业责任担当<sup>[3]</sup>。从经济效益角度，该系统潜力巨大，企业通过回收利用尾气有用成分，既能降低原材料成本、减少对新资源依赖，又能增加额外收入，这种资源最大化利用不仅有助于提升企业盈利能力，还能缩短投资回收周期，为企业长远发展奠定基础。合成尾气综合利用系统还有力支持氨合成企业节能减排目标，通过深度利用尾气能量和物质，企业可大幅降低能源消耗和废弃物排放，提升整体生产效率和环保水平，该技术推广应用不仅能提升企业市场竞争力，更能为社会可持续发展贡献力量，实现经济效益与社会效益双赢。

### 结语

综上所述，合成氨生产过程中的节能减排技术及措施对于提升资源利用效率、降低能耗和排放具有重要意义。通过煤气化、粉煤成型、造气炉机电一体化等技术的应用，可以显著降低造气系统的能耗和排放，低压合成、溴化锂制冷和合成尾气利用等技术的推广，也有助于提升合成系统的节能减排效果。随着技术的不断进步和政策的持续引导，合成氨工业将朝着更加绿色、高效的方向发展。

### 参考文献

- [1] 王晓玲. 合成氨工艺分析及节能改造研究[J]. 中国化工贸易, 2020, 12(27): 159-161.
- [2] 相世财. 合成氨工艺分析及节能改造措施[J]. 化工设计通讯, 2020, 45(07): 8-9.
- [3] 王亚军, 刘韶东, 何勇. 合成氨工艺分析及节能改造研究[J]. 化工管理, 2020(30): 171-172.