

合成氨生产中的废气利用与节能措施

于经伟

西安航天源动力工程有限公司

DOI:10.12238/eep.v8i2.2513

[摘要] 工业化的高速发展加剧了环境污染、资源消耗等问题,基于可持续发展战略背景下,科学化的废气利用成为节能减排的关键手段。在工业合成氨生产中,废气收集利用至关重要,不仅是工业生产中重要的加工环节,也是耗能最大的生产环节,如何做好废气利用,带动企业经济效益的同时提升节能效益是当前合成氨企业的重中之重。鉴于此,文章研究中重点针对合成氨生产中的废气利用开展全面分析,旨在强化合成氨生产中废气利用效率,为节能效果提升提供有效保障。

[关键词] 合成氨; 废气利用; 节能

中图分类号: TE08 文献标识码: A

Waste gas utilization and energy-saving measures in synthetic ammonia production

Jingwei Yu

Xi'an Aerospace Source Power Engineering Co., Ltd

[Abstract] The rapid development of industrialization has aggravated the problems of environmental pollution and resource consumption. Under the background of sustainable development strategy, scientific waste gas utilization has become the key means of energy saving and emission reduction. In industrial synthetic ammonia production, the collection and utilization of waste gas is very important, which is not only an important processing link in industrial production, but also the most energy-consuming production link. How to make good use of waste gas, drive the economic benefits of enterprises and improve energy-saving benefits is the top priority of current synthetic ammonia enterprises. In view of this, this paper focuses on the comprehensive analysis of waste gas utilization in synthetic ammonia production, aiming at strengthening the efficiency of waste gas utilization in synthetic ammonia production and providing effective guarantee for improving energy-saving effect.

[Key words] synthetic ammonia; Waste gas utilization; energy conservation

合成氨生产中可产生大量氢气、一氧化碳等,一旦未经处理直接排放,将会直接造成大气污染和能源浪费。因而,合成氨生产中废气利用的优化不仅降低了能源消耗,还提高了企业的经济效益和环境效益,推动了企业的可持续发展。因此,通过合成氨生产中废气利用技术的优化,能够节约工业企业生产成本,提高资源利用率,充分贯彻落实节能减排理念,为生态环保贡献力量。

1 合成氨生产中废气利用的必要性

工业生产中废气利用与节能措施的实施是推动产业结构调整优化的关键。以合成氨生产企业为例,废气利用力度的加大是节能效率提升的关键,在企业的发展和环境保护中都发挥着重要的作用。因此,要明确合成氨生产中废气利用的必要性,从而提高工作人员的节能意识,不断推进废气利用与节能减排的优化。

1.1 工艺改进需求

合成氨生产企业在实际运行中,尽管生产技术、生产设备、原材料存在明显差异,但都具有共同点,即系统性与连续性融合、复杂性与规范性共存。首先合成氨生产中主要利用净化、脱硝工序,经过合成反应后的原材料肥料能够多次循环利用。一旦合成氨生产中的任一环节出现问题,将会直接影响到整体的生产效率,造成能源的消耗,因此合成氨生产过程具有系统性和连续性。其次合成氨生产流程较为复杂,不同的生产程序也有不同的处理要求,在合成氨生产中要求工作人员对原材料、催化剂等合理分配与控制,从而实现最大程度上的节能降耗,因而,合成氨生产过程具有规范性和复杂性的特点。

1.2 行业发展需求

合成氨生产过程具有高耗能、高污染的特点,主要因合成氨的生产以能源材料为基础,较为容易出现能源浪费的情况,还会

对环境产生不利影响。合成氨生产中投入的能源成本占整体生产成本投入的70%,合成氨生产消耗的能源占全国能源消耗的3%。与此同时,合成氨生产需要使用大量的氧气,从而产生二氧化硫、二氧化氮等有害气体,从而对环境造成了污染。因此,合成氨生产中废气利用的优化是行业的发展需求,只有加强对合成氨生产中废气利用的重视,提高废气的利用率,才能够实现合成氨生产企业的成功转型升级,为其持续发展提供有效保障。

1.3 市场发展趋势

在《中国落实2030年可持续发展议程国别方案》中明确指出要加强对生态环境的保护力度,推进绿色发展,着力解决突出的环境问题,建设人与自然和谐共处的生态文明社会。随着经济的快速发展,对环境造成了不同程度的危害,面临日益严重的环境污染问题,合成氨企业要加强节能减排的贯彻落实,通过科学有效的废气利用,顺应社会和市场的发展需求,为生态环境保护尽绵薄之力。

2 合成氨生产中的废气利用

如表1所示,合成氨生产中会产生大量的废气,废气的直接排放不仅会污染环境,还会增加废气利用成本,因此合成氨生产中的废气有效利用较为关键。

表1 合成氨生产中排放尾气成分

成分	H ₂	N ₂	NH ₃	CH ₄	Ar
合成排放气 (%)	52.4-60	17.5-20	9-12	9.6-14.4	6-8
氨罐池放气 (%)	25-30	9.5-15.8	43.8-50	8.5-9.2	2.5-5
尾气典型组成 (%)	59.2	21.7	无氨基	11.6	7.7

2.1 合成氨生产中甲醇提取

良好化工环境下,小化肥生产设备带动联醇工艺,从而生产出大量高质量甲醇,从而满足现代社会的应用需求^[1]。合成氨生产中,联醇工艺的应用不仅提升了甲醇的利用率,且提高了合成氨的质量与产量,促进了合成氨生产企业的经济效益、社会效益的提高,从而推动了化工企业的健康可持续发展。

2.1.1 单一化合成氨工艺生产过程

目前,合成氨生产中氢气的转化率难以达到100%,氢气在与氮气反应中能够产生氨气,因此合成氨的质量与氢气的转化率存在着密不可分的关系。为了提升合成氨质量,可以对氢气的转化率进行控制,在转化率达到88%的情况下合成氨的质量能够达到22.48kg。

2.1.2 联醇工艺

目前可以从两个方面详细分析联醇工艺:首先是根据氢气与甲醇的反应推算出甲醇的产量,由 $\text{CO}(\text{g})+2\text{H}_2(\text{g})\rightleftharpoons\text{CH}_3\text{OH}(\text{g})$ $\Delta H=651\text{kJ}/\text{mol}$ 可知,当甲醇的转化率达到50%的时候,其产量

达到2.93kg。其次优化合成氨生产中其他废气的利用率,从而实现合成氨生产工艺流程的优化,提升合成氨的生产质量。由氢气与氮气的化学反应公式可知,3mol氢气与1mol氮气生成2mol氨气,氢气的转化率决定了合成氨的质量,当氢气转化率达到88%,合成氨质量最高,为20.66kg。因此得出相关结论:合成氨生产中氢气的转化率与合成氨质量存在着正相关的关系,其质量随着转化率的提升而提升^[2]。

比如,某企业需要在一年内生产出50000t质量的合成氨,每吨合成氨生产需要耗费2800Nm³的变换气。如果要实现企业的生产目标,就需要积极应用联醇工艺,在达到生产目标的同时能够降低企业生产成本。首先我们得知,6446t甲醇、45452t的合成氨是50000t质量的合成氨达成的必要条件。根据市场中精甲醇的价格(市场精甲醇价格为2300元/t,合成氨价格为2800元/t),6446t甲醇和45452t的合成氨能够创造出1300万元甲醇生产效益和5700万元合成氨生产效益。甲醇的生产按照150元/t的市场价格计算,企业所要投入的生产成本为966900元,由此可推算出合成氨生产中盈利可达到7000万元,而利用联醇工艺,企业的所得利益就会在原有的基础上增加600万元,因此,基于联醇工艺下企业合成氨生产不仅提升了经济效益,也满足了环保需求,为绿色工业发展提供了有效保障。

正常情况下,联醇工艺的应用需要以液体泵电机设备为辅助,为了满足常压精纯流程的需求,需要4台液体泵电机设备,其运行功率参数设置为7500W。合成氨的生长会在高压状态下发生变化,进而影响到6段压缩气体量,使得循环机压缩量出现变化,降低低功耗损失,也为联醇工艺应用中能源损耗的降低提供了有效保障。与此同时,甲醇生产也会产生一定的蒸汽损耗,根据数据统计,甲醇生产与蒸汽损耗的比例为1:4,为了控制标准煤气量,通过利用单一化的形式完成甲醇生产过程,将甲醇的产量与煤气的消耗量控制在1:1700。由此可知,相较于单一化的生产方式,联醇工艺的应用能够节省大量的煤炭资源。

2.2 合成氨生产中氢气提取

合成氨生产中的尾气大部分来源于合成氨原料中排出的循环性较强的惰性气体,还有一部分为氨罐中排出的气体。根据数据统计,1t合成氨的生产会排放出150—250m³的废气。另外,合成氨生产中产出的尾气中含有较高的氢气,氢气的含量占整体尾气的五分之三。氢气具有较高的应用价值,一方面能够单独出售,提高企业的经济效益。另一方面还能够将合成氨原料中的氢气回收,重新投入到氨合成系统中循环利用,从而提高氢气的利用率,也为合成氨产量的提高提供了有效保障。比如说中小型化肥厂,节能减排理念下,对氢气进行回收利用,在节省企业的生产成本的同时实现自身技能技术的优化,提高了企业的经济效益。根据相关数据统计,10000m³的氢气回收量等同于1500m³的氢气半水煤气,将其置于合成氨生产系统中循环利用,能够将氨气合成产量提高4.5%—5.5%,从而实现了合成氨生产中节能降耗目标^[3]。

目前,氢气回收中变压吸附回收法应用的较为普遍,该回收

方法的主要原理是通过常温状态下的不同压力下氢气与其他成分吸附容量差异性,利用吸附剂回收氢气。因此,变压吸附回收法的应用能够将氢气中大量的杂质一次性去除,从而起到良好的回收效果。与此同时,变压吸附回收法回收的氢气纯度较高,一般可达到80%—85%。另外水电解制氢也是氢气提取中常用的方法,但是消耗的电能较高,整体的生产成本较高,对电力行业的发展造成了一定的限制。根据现有市场分析,1t氢气回收会产生1.8元的生产成本,合成氨尾气的氢气回收会产生0.2元的生产成本。举例:某企业每年可生产30000t的合成氨,每小时排出600—1000m³的尾气,从合成氨尾气中每小时可提取400m³/h的氢气,该企业运行一年(30个工作日)就可以提取300*10³m³的氢气。根据现有市场中氢气的销售价格,企业运行一年回收氢气的收益高达500万元。如果借助水电解制氢工艺完成氢气的提取,需要消耗1500万KW·h的电能,而合成氨生产尾气中氢气的回收能够在不消耗大量电能的情况下提升合成氨生产企业的经济效益,与此同时践行了可持续发展理念,减少了新能源消耗,为我国能源行业的绿色发展做出了贡献。

2.3 合成氨生产中其他废气利用

合成氨生产中产生的尾气具有较高的应用价值^[4]。首先合成氨生产中产生的尾气组分包含多种稀有气体,通过稀有气体的销售提升了合成氨生产企业的经济效益,也为能源利用率的提升提供了有效途径。比如说合成氨生产中产生的尾气包含氮、氩物质的粒径在200—300mm之间,且水溶性较高,因此可以利用雷蒙机对氮半成品进行处理,因氮颗粒自身特性均匀,能够降低受溶剂型体系对产品的影响。其次可以将合成氨生产中产生的尾气取代传统煤气,通过合成氨煤气的燃烧满足日常家庭的能源需求。根据相关数据统计,大型合成氨生产企业每年生产的合成氨煤气在4万吨以上,可供5000户家庭的日常能源需求。由此可见,合成氨尾气的利用不仅节约了煤资源,且提升了人们的生活质量。

3 合成氨生产中的废气节能

随着社会经济的高速发展,我国各个行业都将进入转型升级的重要阶段,为了实现健康可持续发展,各个行业必须要及时调整自身产业结构,结合新时代发展需求节能减排^[5]。根据相关数据统计,近年来我国合成氨下游消费量总体向着“减肥增化”

的方向发展,基于生态环保理念背景下,合成氨生产中的废气在多个领域得到了较为广泛的应用,比如说电厂脱硝脱硫工序、车用尿素领域等。为了切实满足新时期节能环保的要求,合成氨生产企业要加强对技术工艺的重视程度,通过合成氨生产中废气处理利用的优化,有效缓解企业节能减排的压力,降低能源消耗,控制生产成本,从而提高合成氨企业的节能效益,推动企业的可持续发展。比如说,在合成氨生产中对联醇工艺、变压吸附回收法等进行有效利用,在提高甲醇、氢气等提取率的同时,提高合成氨的产量,降低能源消耗,减少有害气体的排放,提高企业的经济效益,实现能耗最小化、效益最大化的生产发展目标。

4 总结

综上所述,合成氨生产中废气利用成效直接影响着企业的生产发展,因此要加强对合成氨生产中废气利用的重视,通过尾气成分的深入分析研究实现废气利用的最大化,优化合成氨生产的工序流程,借助科学化手段提升合成氨企业的生产质量和效率,同时也为尾气中其他成分的有效利用提供有效保障,旨在提高企业的经济效益,降低能源消耗,践行绿色发展理念,推动合成氨企业的健康可持续发展。

[参考文献]

- [1]赵昕晖,袁祥征,王伟.合成氨生产工艺中气体交换与热能回收的优化研究[J].化肥设计,2025,63(01):58—61.
- [2]李建灿.煤化工合成氨工艺分析及节能优化措施研究[J].中国石油和化工标准与质量,2024,44(21):145—147.
- [3]殷梦凡,王倩.可再生能源电解水制氢—低温低压合成氨万吨级工业示范流程设计[J].化工学报,2025,76(02):825—834.
- [4]马英桂.合成氨生产中的废气利用与节能效益[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(02):21—23.
- [5]崔东旭,胡晓宇,刘现宁,等.基于AspenPlus模拟的生活垃圾气化电化学提质制二甲醚系统评估[J/OL].能源环境保护,1—9[2025—03—18].

作者简介:

于经伟(1995—),男,汉族,山东青岛人,硕士研究生,工程师设计员,能源化工废气治理。