

基于节能优化的煤化工合成氨工艺研究

李超龙

江苏德邦兴华化工科技有限公司 吉林省 松原市 138000

【摘要】当前我国煤化工行业发展迅速，氨作为煤化工企业生产中的重要原料，其使用量也逐渐增加。但是能源消耗过多，造成了严重的资源浪费。合成氨是煤化工行业生产中的主要工艺之一，但是合成氨工艺在运行过程中容易受到多种因素影响，导致其能耗过高，能源浪费严重。企业要想实现可持续发展，就必须将节能优化理念融入生产过程中。因此本文分析了煤化工合成氨工艺存在的问题，并从节能优化角度出发提出了相应的措施。

【关键词】化工工艺；煤化工合成氨；节能优化

引言：近几年，我国煤化工行业得到了迅猛的发展，特别是合成氨工艺在煤化工行业中的应用十分广泛。合成氨工艺是我国煤化工生产中重要的组成部分，对于国家经济发展和环境保护具有重要意义。但是当前我国煤化工合成氨工艺存在着能耗过高、能源浪费严重等问题，这不仅不符合节能减排的理念，也不利于企业的可持续发展。因此，对于煤化工合成氨工艺进行节能优化就显得尤为重要，这不仅能减少能源浪费，还能提高企业的经济效益。

1 煤化工合成氨的基本原理

煤化工合成氨是利用煤作为原料，通过一系列的化学反应将其转化为氨的过程。煤中富含氢、碳等元素，通过高温和高压的条件下，将煤与水蒸气进行气化反应，生成一氧化碳和氢气。然后，经过水煤气变换反应，将一氧化碳和氢气转化为合成气，合成气中主要含有一氧化碳、二氧化碳和氢气。在接下来的过程中，将合成气通过催化剂进行反应，将一氧化碳和氢气转化为氨。合成氨的产生过程中，需要控制温度、压力和催化剂的选择，以提高反应效率和氨的产量。

2 煤化工合成氨的工艺流程

2.1 制取原料气

制取原料气是煤化工合成氨过程中的第一步。主要包括煤气化、气体净化和变换反应几个环节。煤气化是将煤通过高温和压力作用下与气体或蒸汽反应，产生一种气体混合物，即合成气。合成气主要由一氧化碳、氢气和一些杂质组成。煤气化过程中，需要使用煤气化炉，利用高温和压力将煤转化为气体。合成气中的杂质主要包括硫化物、氰化物、苯和其他有毒有害物质。为了确保后续反应的顺利进行，需要对合成气进行净化处理。净化过程主要包括除尘、除硫和除氰等步骤。通过采用各种各样的净化设备，可以有效去除合成气中的杂质，提高气体质量。变换反应是将合成气中的一氧化碳和氢气转化为合成氨的关键步骤。变换反应主要在催化剂的

作用下进行。常用的催化剂有铁、镍和铑等。在变换反应中，一氧化碳和氢气发生反应生成一氨和二氧化碳。这个反应是一个放热反应，需要一定的温度和压力条件。通过以上步骤，就可以制取出合成氨的原料气。

2.2 氨的合成

氨的合成是煤化工合成氨过程中的最关键步骤。合成氨的方法有多种，常用的有哈柏法和费舍尔-特罗普什法。哈柏法是最早用于合成氨的方法之一，它是在高温高压条件下，将一氧化碳和氢气与铸铁催化剂反应生成氨。这种方法具有反应速度快、产氨率高的优点，但是催化剂易失活，对催化剂的选择和处理要求较高。费舍尔-特罗普什法是一种较新的氨合成方法，它采用了一种由铁、铝和碳组成的催化剂，在中温中压条件下进行反应。该方法具有催化剂稳定性好、反应温度较低的优点，但是产氨率较哈柏法低。无论是哈柏法还是费舍尔-特罗普什法，合成氨的反应都是一个放热反应，需要控制反应温度和压力，以及催化剂的选择和处理，才能提高合成氨的产率和质量。合成氨后，还需要经过一系列的分离和纯化步骤，以获得高纯度的氨气。

2.3 氨的分离

氨的分离是煤化工合成氨过程中的最后一步。分离的主要目的是获得高纯度的氨气，并将氨气从其他产物中分离出来，以便进行后续的储存和使用。氨的分离过程包括冷却、吸附和蒸馏等步骤。首先，合成氨气经过冷却装置冷却，使氨气冷却成液态。在冷却过程中，由于氨气的低沸点，可以将大部分杂质和水分从氨气中去除。然后，冷却后的液态氨气进入吸附装置，通过吸附材料的作用，吸附剩余的杂质，例如水分、氧气和一氧化碳等。吸附剂常用的有活性炭、分子筛等。吸附后的氨气获得较高的纯度。最后，经过吸附装置的氨气进入蒸馏装置进行蒸馏分离。蒸馏过程中，通过控制温度和压力，将氨气从其他成分中分离出来。蒸馏装置通常使用塔式设备，将氨气从顶部收集，其他成分则从底部排

出。蒸馏过程中,可以根据需要设置不同的馏分收集装置,以获得不同纯度的氨气。通过以上步骤,可以获得高纯度的氨气,并将其与其他产品分离开来。

3 煤化工合成氨工艺存在的问题

3.1 原料问题

目前煤化工合成氨工艺主要采用的原料是煤炭和天然气。然而,煤炭资源的有限性和天然气的不稳定供应导致了煤化工合成氨工艺的原料问题。首先,煤炭资源的有限性使得其供应面临着严重的压力。煤炭是我国主要的能源资源之一,但随着经济的快速发展和能源需求的增加,煤炭供应量逐渐减少,这给煤化工合成氨工艺的稳定运行带来了巨大的挑战。其次,天然气作为煤化工合成氨工艺的替代原料,其供应也存在着不稳定性。我国天然气资源的开发程度相对较低,加之天然气的运输、储存和分布不均,导致了天然气供应不足的问题。特别是在冬季供暖季节,天然气的供应紧张,很难满足煤化工合成氨工艺所需的原料需求。

3.2 催化剂问题

目前常用的催化剂是铁基催化剂和钼基催化剂。然而,这些催化剂存在着一些问题。首先,铁基催化剂在高温高压的条件下容易失活,需要频繁更换,增加了工艺的成本和运行的复杂性。其次,钼基催化剂具有较高的活性和稳定性,但钼资源有限,价格昂贵,对于大规模的煤化工合成氨工艺来说,成本较高,不利于工业化应用。因此,寻找更加高效和经济的催化剂成为煤化工合成氨工艺研究的重点之一。

3.3 反应设备问题

目前煤化工合成氨工艺所使用的反应设备主要是固定床反应器和流化床反应器。然而,这些反应设备存在着一些问题。首先,固定床反应器的氨合成速率较慢,需要较长的反应时间才能达到理想的产氨效果。这导致了反应设备体积庞大,占地面积大,增加了投资和运行成本。其次,流化床反应器的气固分离和床层控制较为困难,容易产生颗粒物的堵塞和循环流化性能的下降。这不仅会影响反应的稳定性和效率,还会增加设备的维护和清洁难度。因此,需要寻找更加高效、稳定和易于操作的反应设备,以提高煤化工合成氨工艺的生产效率和经济性。

3.4 装置布局不合理

当前煤化工合成氨工艺的装置布局存在不合理的问题。一方面,由于原料的稀缺性,煤化工合成氨工艺的装置布局往往集中在煤炭和天然气资源丰富的地区,

导致了资源的集中使用和分配不均衡。另一方面,由于装置的规模较大,往往需要占用大片的土地和独立的工业区,给环境造成了一定的负担。此外,装置布局不合理还存在安全风险,一旦发生事故,可能会对周边地区造成严重的影响。

4 煤化工合成氨工艺的节能优化措施

4.1 原料预处理和净化的节能优化

4.1.1 煤气净化技术的节能优化

煤化工合成氨工艺的节能优化是为了降低能耗、提高能源利用率,并减少环境污染。其中,原料预处理和净化是节能优化的关键环节之一

优化废气处理系统:改进废气处理设备的设计和操作,采用高效的废气净化装置,如湿法除尘器、脱硫装置等,以降低废气处理所需的能量消耗。

循环利用煤气:将净化后的煤气进行循环利用,用于其他生产过程中的加热或其他能源需求,减少煤气的浪费和能源的消耗。

优化煤气净化剂的使用:选择适合的煤气净化剂,如活性炭、吸附剂等,以提高净化效果,减少净化剂的使用量和更换频率,从而降低能源消耗。

采用高效的脱硫技术:选择适合的脱硫技术,如湿法脱硫、干法脱硫等,以提高脱硫效率,减少脱硫所需的能量消耗。

优化煤气净化系统的操作参数:通过合理调节煤气净化系统的操作参数,如温度、压力、流量等,以最大限度地降低能源消耗,提高净化效果。

4.1.2 煤炭气化过程的节能优化

(1) **提高煤炭气化效率:**采用先进的煤气化技术,如高效气化炉、煤气化催化剂等,以提高煤炭气化的效率,减少能源消耗。同时,通过优化气化反应条件和气化剂的配比,使气化过程更加稳定和高效。

(2) **优化气化剂的选择:**选择适合的气化剂,如氧气、水蒸气等,以提高煤炭气化反应的效率。同时,通过气化剂的再生和循环利用,减少气化剂的消耗。

(3) **废热利用:**在煤炭气化过程中,产生大量的热能,可以通过合理设计和运行废热利用系统,将废热转化为有用的能源,如蒸汽、热水等,用于其他工艺过程的加热或发电,从而减少能源的浪费。

(4) **优化气化产物的处理:**在煤炭气化过程中,会产生大量的气体和液体产物,如合成气、焦油等。通过优化气化产物的处理方法,如合成气的净化、焦油的回收和加工等,可以减少能源消耗,并最大限度地利用气化产物的价值。通过以上节能优化措施,可以有效降低煤化工合成氨工艺的能耗,提高能源利用效率,实现可持续发展。

4.2 合成氨反应器的节能优化

4.2.1 反应器设计和结构的节能优化

煤化工合成氨工艺中,合成氨反应器是一个关键的装置,它直接影响到生产效率和能源消耗。为了实现节能优化,我们可以从反应器设计和结构两个方面入手。首先,反应器设计方面,可以采用多级反应器的形式。多级反应器可以将反应过程分解成多个阶段进行,每个阶段的反应条件可以根据反应动力学的特点进行优化。通过合理地分配反应器的体积和压力,可以使反应过程更加均匀和高效。

4.2.2 反应器操作参数的节能优化

在煤化工合成氨工艺中,优化反应器的操作参数也是节能的重要措施。通过调整反应温度、压力和气体流量等操作参数,可以提高反应器的效率和能源利用率。首先,可以通过控制反应温度来实现节能优化。合成氨反应是一个放热反应,反应温度的选择对反应速率和能源消耗有着重要影响。一般来说,较高的反应温度可以提高反应速率,但也会增加能量损耗。因此,需要在保证反应速率的前提下,选择适当的反应温度,以实现能源的合理利用。其次,可以通过调整反应压力来节能。适当增加反应压力可以提高气体相反应的速率,减少反应时间。同时,高压下的气体会具有较高的密度,减小了气体的体积,降低了气体流动的能量消耗。因此,在保证反应效果的前提下,可以适当增加反应压力,以减少能源的消耗。此外,也可以通过优化气体流量来节能。合成氨工艺中,气体流量的选择对反应器的能源消耗有着重要影响。合理的气体流量可以保证反应物与催化剂之间的接触,提高反应效率。

4.3 热能回收和利用的节能优化

4.3.1 热能回收技术的节能优化

通过回收和利用废热,可以降低能耗,提高能源利用效率。热交换技术:煤化工合成氨工艺中产生的余热可以通过热交换器进行回收和利用。热交换器将废热与新鲜进料进行热交换,将废热传递给进料,从而提高进料的温度,减少了进料的需求热量。这样可以降低能耗,提高能源利用效率。废热发电技术:煤化工合成氨过程

中产生的高温废热可以用于发电。通过废热发电技术,可以将废热转化为电能,并用于工艺过程中的电力需求。这样不仅能够回收废热,降低能耗,还可以减少对外部电力供应的依赖。废热利用技术:煤化工合成氨工艺中产生的废热还可以用于其他用途,如供热、蒸汽产生等。通过合理利用废热,可以满足其他工艺环节的热能需求,降低能耗。

4.3.2 热能利用方式的节能优化

热能利用方式的节能优化是指对煤化工合成氨工艺中回收的热能进行有效利用,以最大程度地降低能耗和提高能源利用效率。热力循环利用:通过采用热力循环系统,将回收的高温废热用于供热或蒸汽产生。这样既可以满足其他工艺环节的热能需求,同时又能减少外部热能的消耗,达到节能的目的。热能存储技术:将回收的热能进行储存,以备不时之需。通过合理设计和利用热能储存系统,可以在能源需求高峰期间释放储存的热能,从而减少额外的能源消耗。燃料优化利用:对于煤化工合成氨工艺中所使用的燃料,可以通过优化燃烧方式和燃料选择,提高燃料利用效率,减少热能的浪费。例如,采用高效燃烧器、优化燃烧参数等手段,可以降低能耗,提高热能利用效率。

5 结论

综上所述,煤化工合成氨工艺在生产过程中会产生大量的能量浪费,对于环境污染严重,因此必须进行节能优化,采取有效措施对其进行优化,降低生产过程中的能源消耗,提高企业经济效益。

【参考文献】

- [1]解洪伟.煤化工合成氨工艺分析及节能优化措施[J].化工管理,2023(17):142-144.
- [2]缪传耀.煤化工合成氨工艺分析及节能优化对策[J].化工管理,2022(12):135-137.
- [3]赵永刚.煤化工合成氨工艺分析及节能改造措施[J].黑龙江科技信息,2016(34):270.
- [4]张婷.煤化工合成氨工艺分析及节能优化对策[J].中国石油和化工标准与质量,2023,43(03):146-148.