

煤化工工艺中的节能减排技术研究

艾静

陕煤集团榆林化学有限责任公司，陕西省榆林市，719000；

摘要：随着全球对可持续发展的重视，煤化工行业的节能减排技术研究至关重要。本文聚焦于煤化工工艺各环节的节能减排技术，详细阐述了原料与预处理、反应过程、产品分离提纯以及废水处理等阶段的技术应用。通过原料选择优化、高效破碎筛分和煤浆制备输送技术，降低原料预处理能耗；利用高效煤气化技术、催化剂与助剂应用以及反应条件优化，实现反应过程的节能与减排；借助高效分离技术、节能型精馏技术和余热回收利用，提升产品分离提纯环节的能源利用率；通过优化废水处理技术、实现废水资源化利用和探索零排放技术，减少废水污染并提高资源利用效率。这些技术的综合应用能有效降低煤化工行业的能源消耗和环境污染，推动行业可持续发展。

关键词：煤化工工艺；节能减排技术；原料预处理；反应过程；废水处理

DOI：10.69979/3041-0673.25.06.083

引言

煤化工在现代能源和化工产业中占据重要地位，它以煤炭为原料，生产出多种具有高附加值的产品，满足了社会对能源和化工产品的需求。然而，煤化工行业属于高能耗、高排放的产业，在煤炭加工转化过程中，消耗大量能源的同时，也产生了大量的污染物，对环境造成了严重的压力。

1 煤化工原料与预处理环节的节能技术

1.1 原料选择与优化

原料的选择直接影响煤化工工艺的能耗和排放水平。不同种类的煤，其化学组成、热值、灰分、水分等性质差异较大，这些差异会在后续的加工过程中体现出来。例如，高灰分的煤在气化过程中，不仅会消耗更多的能源来处理灰分，还会导致废渣量增加，对环境造成更大的压力；而高水分的煤在干燥和气化过程中，会消耗大量的热量。在实际生产中，企业需要综合考虑多种因素来选择合适的原料。首先，要对煤的品质进行详细分析，包括煤的元素组成、工业分析、热值等指标。通过对不同产地、不同品种煤的对比研究，结合具体的煤化工工艺要求，选择最适宜的煤种。例如，在某大型煤化工企业中，通过对多种煤种的分析和试验，发现使用灰分含量低于 10%、热值高于 25MJ/kg 的煤作为原料时，气化过程中的能源消耗降低了 15%，废渣排放量减少了

20%。此外，还可以通过配煤技术来优化原料。将不同性质的煤按照一定比例混合，以达到改善煤质、提高气化效率、降低能耗和排放的目的。例如，将反应活性高但灰分较高的煤与灰分低但反应活性稍差的煤进行合理配煤，既能保证气化反应的顺利进行，又能减少废渣的产生。

1.2 高效破碎与筛分技术

破碎与筛分是煤化工原料预处理的重要环节，传统的破碎和筛分设备往往存在能耗高、效率低的问题。高效破碎技术通过改进设备结构和工作原理，提高了破碎效率，降低了能耗。例如，新型圆锥破碎机采用层压破碎原理，使物料在破碎腔内受到多个方向的挤压和剪切力，破碎比更大，能耗更低。与传统圆锥破碎机相比，新型设备的能耗可降低 20% 左右。高效筛分技术则能够更精确地对破碎后的煤炭进行分级，提高煤炭的品质均匀性。以香蕉筛为例，它具有较大的筛分面积和独特的筛分运动轨迹，能够有效提高筛分效率和精度。在某煤化工企业中，应用香蕉筛对破碎后的煤炭进行筛分，使进入后续工艺的煤炭粒度更加均匀，减少了因粒度不均导致的反应不完全和能源浪费问题。经过对比，采用香蕉筛后，气化过程的能源利用率提高了 10%，产品质量也得到了明显提升。

1.3 煤浆制备与输送技术

表 1：煤浆制备与输送技术要点及优势

技术要点	具体内容	优势	应用效果
优化制浆工艺	精确控制煤水比例，添加分散剂	提高煤浆浓度，降低黏度	煤浆浓度从 55% 提高到 60%，黏度降低 20%，输送能耗降低 15%
选用高效搅拌设备	采用新型搅拌桨叶，优化搅拌方式	使煤浆混合更均匀，稳定性更好	减少沉淀现象，保障输送顺畅，提高气化效率 5%
合理设计管道	选择合适管径，优化管道走向	降低输送阻力	输送阻力降低 30%，每年节省输送能耗成本 50 万元
采用节能输送泵	选用新型柱塞泵或螺杆泵	提高输送效率，降低能耗	输送效率提高 20%，能耗降低 10%

煤浆制备与输送是水煤浆气化工序的关键环节，对整个煤化工生产过程的能耗有着重要影响。在煤浆制备过程中，优化制浆工艺可以有效降低能耗。精确控制煤水比例是提高煤浆浓度的关键，较高的煤浆浓度意味着在气化过程中可以减少水分蒸发所消耗的能量。同时，添加适量的分散剂能够降低煤浆的黏度，提高其流动性，从而减少输送过程中的能耗。某企业通过优化制浆工艺，将煤浆浓度从 55% 提高到 60%，同时添加高效分散剂，使煤浆黏度降低了 20%，输送能耗降低了 15%。选用高效搅拌设备可以使煤浆混合更加均匀，提高煤浆的稳定性。新型搅拌桨叶的设计和优化的搅拌方式能够增强搅拌效果，减少煤浆中的颗粒团聚现象，避免沉淀的产生。

2 煤化工反应过程中的节能与减排技术

2.1 高效煤气化技术

煤气化是煤化工的核心反应过程，高效煤气化技术对于降低能耗和减少排放至关重要。传统的煤气化技术存在气化效率低、能耗高、污染物排放量大等问题。而先进的煤气化技术，如干粉煤加压气化技术，具有气化效率高、碳转化率高、能耗低等优点。干粉煤加压气化技术采用干粉进料方式，避免了水煤浆气化中水分蒸发带来的能量损失。其气化温度较高，能够使煤炭更充分地反应，碳转化率可达到 98% 以上。与传统的水煤浆气化技术相比，干粉煤加压气化技术的能耗降低了 25% 左右，同时减少了二氧化碳等温室气体的排放。例如，在某大型煤化工项目中，采用干粉煤加压气化技术后，每

年可减少二氧化碳排放。

2.2 催化剂与助剂的应用

在煤化工反应过程中，催化剂和助剂的合理应用可以显著提高反应效率，降低能耗和排放。例如，在合成气制甲醇的反应中，使用高效的铜基催化剂能够降低反应的活化能，使反应在较低的温度和压力下进行，从而减少能源消耗。同时，催化剂的活性和选择性也会影响产品的质量和收率，高选择性的催化剂可以减少副反应的发生，提高产品的纯度，减少后续分离过程中的能耗。助剂的添加也能起到节能和减排的作用。

3 煤化工产品分离与提纯环节的节能技术

3.1 高效分离技术

煤化工产品分离与提纯过程中，高效分离技术的应用可以降低能耗，提高产品质量。传统的分离方法，如简单的蒸馏和过滤，往往效率较低，能耗较高。膜分离技术作为一种新型的高效分离技术，具有分离效率高、能耗低、操作简单等优点。在煤化工中，膜分离技术可以用于气体分离、液体分离等多个方面。例如，在合成气的净化过程中，采用气体膜分离技术可以有效地分离出氢气、一氧化碳等有用气体，同时去除二氧化碳、硫化氢等杂质。与传统的分离方法相比，气体膜分离技术的能耗降低了 30% 左右。在液体分离方面，纳滤膜和反渗透膜可以用于分离煤化工废水中的有机物和盐分，实现水资源的回收利用，减少废水排放。

3.2 节能型精馏技术

表 2：节能型精馏技术要点及优势

精馏技术	技术原理	节能优势
热泵精馏技术	利用热泵将塔顶低温蒸汽的热量传递给塔底再沸器	减少外部供热，节能 30% - 50%
多效精馏技术	将多个精馏塔串联，利用前一塔的塔顶蒸汽作为后一塔的热源	提高能量利用率，节能 20% - 40%
热耦精馏技术	通过特殊的塔结构，实现塔间热量耦合	减少再沸器和冷凝器的热负荷，节能 15% - 30%
隔壁塔精馏技术	在一个塔内实现多组分的分离，减少塔设备数量	节省设备投资和能耗，节能 10% - 20%

精馏是煤化工产品分离与提纯的重要单元操作,能耗较高。节能型精馏技术通过改进精馏塔的结构和操作方式,实现了能耗的降低。热泵精馏技术利用热泵将塔顶低温蒸汽的热量传递给塔底再沸器,从而减少了外部供热,节能效果显著。多效精馏技术将多个精馏塔串联,利用前一塔的塔顶蒸汽作为后一塔的热源,提高了能量利用率。与传统精馏技术相比,多效精馏技术可节能 20% - 40%。在某煤化工产品分离项目中,采用多效精馏技术后,能耗降低,产品生产成本下降了 15%。热耦精馏技术通过特殊的塔结构,实现塔间热量耦合,减少了再沸器和冷凝器的热负荷,节能 15% - 30%。隔壁塔精馏技术则在一个塔内实现多组分的分离,减少了塔设备的数量,不仅节省了设备投资,还降低了能耗,节能 10% - 20%。

4 煤化工废水处理与资源化利用技术

4.1 废水处理技术的优化

生物处理技术是煤化工废水处理的常用方法之一,但传统的生物处理工艺对高浓度有机废水和氨氮废水的处理效果有限。通过改进生物处理工艺,如采用厌氧 - 好氧联合处理技术,可以提高对有机物和氨氮的去除率。某企业采用厌氧 - 好氧联合处理工艺后,废水中有机物的去除率达到了 95% 以上,氨氮的去除率达到了 90% 以上,出水水质达到了排放标准。此外,高级氧化技术也是一种有效的废水处理方法。如芬顿氧化技术、臭氧氧化技术等,可以通过产生强氧化性的自由基,氧化分解废水中的有机物。这些技术具有反应速度快、处理效果好等优点,能够有效降低废水中的有机物含量,提高废水的可生化性。

4.2 废水资源化利用技术

废水资源化利用是实现煤化工可持续发展的重要途径。通过对废水中的有用物质进行回收和利用,可以减少资源的浪费,降低生产成本。在煤化工废水中,含有一定量的甲醇、酚类等有机物,可以通过萃取、精馏

等方法进行回收利用。同时,废水中的水资源也可以通过膜分离技术、蒸发结晶技术等进行回收利用。采用反渗透膜和纳滤膜技术,可以去除废水中的盐分和有机物,得到可回用的淡水。蒸发结晶技术则可以将废水中的盐分结晶出来,实现水资源的零排放或近零排放。某煤化工企业通过采用蒸发结晶技术,将废水中 95% 以上的水资源进行了回收利用,减少了新鲜水的取用,降低了生产成本。

5 结论

煤化工行业的节能减排对于实现可持续发展具有重要意义。通过在原料与预处理环节采用优化原料选择、高效破碎筛分和煤浆制备输送技术,可以从源头降低能耗;在反应过程中应用高效煤气化技术、合理使用催化剂与助剂、优化反应条件,能够实现节能与减排的双重目标;在产品分离与提纯环节利用高效分离技术、节能型精馏技术和余热回收利用技术,可提高能源利用率;在废水处理与资源化利用方面,优化废水处理技术、实现废水资源化利用以及探索零排放与近零排放技术,能减少废水污染并提高资源利用效率。然而,目前煤化工行业在节能减排技术的应用和推广方面仍面临一些挑战,如技术成本较高、部分技术尚未完全成熟等。

参考文献

- [1] 魏琴. 智能化技术在化工节能减排工艺中的应用[J]. 化学工程与装备, 2024, (11): 166-168.
- [2] 付芳芳. 节能减排技术在新型煤化工领域的应用分析[J]. 内蒙古煤炭经济, 2022, (17): 133-135.
- [3] 孙伟伟, 李启民, 张佩龙, 等. 探讨节能减排技术在新型煤化工领域的应用标准[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42(14): 179-181.
- [4] 许来灿. 煤化工企业中电气节能技术应用分析[J]. 能源与节能, 2021, (09): 70-71+196.
- [5] 巩强. 节能减排技术在新型煤化工中的运用[J]. 化学工程与装备, 2021, (07): 9-11.