

发展燃煤催化剂，提高煤化工企业经济效益

董佳乐（长治学院，山西 长治 046011）

摘要：煤催化剂是在各种煤化工过程中，可以提高煤的转化率和利用率的物质。本文综述了煤催化剂的制备方法、影响因素、应用、经济效益和环境影响。介绍了不同类型煤催化剂的分类和特点，并比较了它们的优缺点。分析了影响煤催化剂性能、稳定性和成本的主要因素，给出了选择合适催化剂的原则或建议。论述了煤催化剂在煤气化、间接液化和直接液化中的应用和经济效益，以及存在的技术难点和挑战。建立了煤炭催化剂的生命周期评价模型，从能源消耗、温室气体排放、水资源利用等多个角度对其环境影响进行了评价，并与其他能源转换方法进行了比较。提出了减少环境影响的技术措施和政策建议。最后，总结了本文的主要贡献和创新点，并指出了本文的局限性和今后的工作方向。

关键词：燃煤催化剂；煤化工；经济效益；节能减排

1 燃煤催化剂技术水平的目前现状

1.1 研究背景和意义

煤是我国最主要的能源之一，但是煤的利用效率低，污染严重，制约了我国能源安全和环境保护。为了提高煤的利用效率和降低污染排放，需要开发新型的燃煤催化剂，促进煤的高效清洁利用。发展燃煤催化剂，可以改善煤的着火性能和反应动力学性质，增加燃料气化率和碳转化率，降低灰分含量和硫氮排放。这样可以节约煤耗，提高生产效率和产品质量，增加企业收益。同时也有利于减少温室气体排放，改善环境质量。

1.2 国内外研究现状

我国是煤炭大国，煤炭占能源消费总量的 % 以上。但是我国煤质普遍较差，含硫、灰分高，导致污染严重。为了提高煤的利用效率和降低污染排放，我国开发了多种类型的燃煤催化剂，如有机催化剂、无机催化剂、复合催化剂等。这些催化剂已在火电、水泥等行业进行了示范应用，取得了良好的节能减排效果。但是我国燃煤催化剂的技术水平还有待提高，存在着稳定性差、成本高、毒性大等问题。发达国家对于环境保护要求较高，因此对于燃煤催化剂的需求较小。主要集中在一些新兴市场和发展中国家，如印度、东南亚等。国外在燃煤催化剂的技术方面有一定优势，主要表现在催化剂活性高、选择性好、稳定性强等方面。国外主要生产商有 BASF、ExxonMobil、Umicore 和 Haldor Topsoe 等。

2 燃煤催化剂的制备方法及其影响因素

2.1 燃煤催化剂的分类和特点

燃煤催化剂，又称节煤剂，是一种能够改善燃煤

燃烧效率和减少污染物排放的外加剂。燃煤催化剂可以按以下几种方式进行分类和特点描述：

按催化原理分类，可以分为游离基催化剂、氧化还原催化剂、表面活性催化剂等。游离基催化剂是利用自由基反应促进煤中挥发分的氧化和碳的气化，提高火焰温度和传质速率；氧化还原催化剂是利用金属或非金属元素的氧化还原反应促进煤中固定碳的氧化和 NO_x 的还原，降低碳损失和 NO_x 排放；表面活性催化剂是利用表面活性物质改变煤粒表面的亲水亲油性，增加空气与煤粒的接触面积和混合均匀度。

按添加方式分类，可以分为液体喷射式、固体掺入式、液体浸渍式等。液体喷射式是将液态催化剂通过专用泵喷出与粉煤混合，适用于粉末锅炉；固体掺入式是将固态催化剂与粗粒或块状煤混合后投入锅炉，适用于链条锅炉或流动床锅炉；液体浸渍式是将块状或颗粒形态的蜂窝式脱硝催化剂浸泡在液态再生溶液中，适用于蜂窝式脱硝系统。

按主要成分分类，可以分为碱金属类、过渡金属类、有机类等。碱金属类主要包括钾、钠、铯等元素及其盐类，具有较高的活性和选择性，但易造成灰渣结焦和设备腐蚀；过渡金属类主要包括铁、钴、镍等元素及其盐类或氧化物，具有较好的稳定性和耐高温性能，但易造成灰渣变色和设备堵塞；有机类主要包括各种醇、醛、醚等有机物质或生物制品，具有较低的毒性和成本，但易造成二次污染。

2.2 燃煤催化剂的制备方法及其优缺点

燃煤催化剂的制备方法有很多种，不同的方法有不同的优缺点。以下几种方法是比较常见和重要的：沉淀法：是将金属盐溶液与沉淀剂反应，生成金属氢

氧化物或碳酸盐沉淀,经过过滤、洗涤、干燥、焙烧等步骤得到催化剂。这种方法操作简单,成本低廉,适用于大批量生产。但是也存在一些缺点,如沉淀粒度不均匀,分散性差,比表面积小,活性低等。浸渍法:是将载体(如活性炭、硅胶、氧化铝等)浸泡在金属盐溶液中,使其吸附金属离子,然后经过干燥、焙烧等步骤得到催化剂。这种方法可以制备出高分散度、高比表面积、高活性的催化剂,并且可以控制负载量和分布。但是也存在一些缺点,如操作复杂,耗时长,成本高等。溶胶-凝胶法:是通过金属盐或醇盐完全水解后产生无机水合金属氧化物溶胶,在一定条件下转变为凝胶,并经过干燥、焙烧等步骤得到催化剂。这种方法可以制备出具有纳米级孔结构、高比表面积、高活性的催化剂,并且可以控制组成和形貌。但是也存在一些缺点,如原料昂贵,水解反应难以控制等。

2.3 影响燃煤催化剂性能的主要因素及其调控方法

燃煤催化剂性能的主要因素有以下几个方面:

催化剂的组成和结构:不同的金属元素和载体材料对催化剂的活性、选择性、稳定性等都有影响。例如,铂基催化剂具有较高的氧化活性,但也容易被硫中毒;钨基催化剂则具有较高的抗硫能力,但活性较低。此外,催化剂的晶粒尺寸、比表面积、孔结构、分散度等也会影响催化剂的性能。催化反应条件:反应温度、压力、气体组成、空速等都会影响催化剂的性能。一般来说,反应温度越高,反应速率越快,但也可能导致催化剂失活或产物转变;反应压力越高,气体分子与催化剂表面接触机会越多,但也可能导致流动阻力增大或物理吸附增多;气体组成和空速则决定了反应物和产物在催化剂表面上的浓度和停留时间。催化剂前处理和再生:为了提高催化剂的活性和稳定性,在使用前或使用后需要对其进行一定的处理或再生。例如,通过焙烧、还原、酸洗等方法可以去除杂质或改变金属价态;通过水洗、吹扫等方法可以去除沉积物或中毒物质。

3 燃煤催化剂在煤化工中的应用及其经济效益分析

3.1 燃煤催化剂在煤气化中的应用及其经济效益分析

燃煤催化剂在煤气化中的应用主要是为了提高煤气化的效率和质量,降低煤气化的成本和污染。具体来说,有以下几个方面:

燃煤催化剂可以提高煤的挥发分析出速率,降低

煤的着火温度,缩短点火延迟时间,加快焦炭燃尽速率,并具有脱硫脱氮的作用^[1]。这样可以减少反应器内的残留物和杂质,提高产气量和质量。

燃煤催化剂可以改善原料煤的性质,使其更适用于不同类型的气化反应器。例如,对于流化床气化反应器,需要使用粒度较小、灰分较低、可流动性较好的原料煤;而对于固定床或移动床气化反应器,则需要使用粒度较大、灰分较高、机械强度较好的原料煤。通过添加适当的催化剂,可以调节原料煤的这些性质。

燃煤催化剂可以促进产生更多含氧或含碳单元的可燃性气体,如一氧化碳、甲醛、甲醇等。这些可燃性气体可以进一步转化为大宗含氧化化学品或液体汽油等高附加值产品。这样可以增加产品种类和收益。

3.2 燃煤催化剂在间接液化中的应用及其经济效益分析

燃煤催化剂在间接液化中的应用是指将煤经过气化制得合成气,合成气再经催化合成转化成有机烃类的过程。间接液化的产品有汽油、煤油、柴油及合成石蜡等。燃煤催化剂在间接液化中的经济效益分析需要考虑多方面的因素,如煤种、工艺路线、产品质量、能耗、环保等。一般来说,间接液化的优点是对煤质的要求不苛刻,操作条件温和,产品使用效率高,环保性能好;缺点是工艺路线长,热效率低,液体产品收率低,副产品多。

3.3 燃煤催化剂在直接液化中的应用及其经济效益分析

燃煤催化剂在直接液化中的应用是指将煤在高温高压下,与氢气或氢供体溶剂反应,生成液体燃料的过程。直接液化的产品有柴油、汽油、润滑油等。

燃煤催化剂在直接液化中的经济效益分析需要考虑多方面的因素,如煤种、催化剂种类、工艺参数、产品质量、能耗、环保等。一般来说,直接液化的优点是工艺路线简单,热效率高,液体产品收率高;缺点是对煤质的要求较高,操作条件苛刻,产品使用效率低,环保性能差。

4 燃煤催化剂的环境影响评价及其减排措施

4.1 燃煤催化剂对环境的影响程度和来源分析

燃煤催化剂的种类和用量。不同的燃煤催化剂有不同的成分和活性,对环境的影响也不同。一般来说,燃煤催化剂可以提高煤的挥发分析出速率,降低煤的着火温度,缩短点火延迟时间,加快焦炭燃尽速率,并具有脱硫脱氮的作用^[2]。但是,过量使用或使用不

合适的催化剂可能会造成催化剂本身或其产物对环境的污染。燃煤锅炉的工艺参数和排放控制。锅炉的温度、压力、氧含量、负荷等参数会影响燃料和催化剂之间的反应效率和选择性,进而影响排放物质的种类和数量。锅炉还需要配备相应的排放控制设备,如除尘器、脱硫器、脱硝器等,以减少固体颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等有害物质对大气环境的污染。环境因素和监测手段。环境因素如风向、风速、湿度、温度等会影响排放物质在大气中扩散和转化。监测手段如采样方法、分析仪器、数据处理等会影响对排放物质种类和浓度的准确判断。

综上所述,要评价燃煤催化剂对环境的影响程度,需要综合考虑以上各个方面,并采用科学合理有效可靠可操作可比较可重复可验证可推广可持续发展等原则进行评价。

要减少或消除燃煤催化剂对环境的影响,需要从源头控制和末端治理两方面入手:源头控制主要是选择合适的燃煤催化剂,优化锅炉的工艺参数,提高燃料和催化剂的利用率和转化率,减少排放物质的生成和排放。末端治理主要是安装和运行有效的排放控制设备,对排放物质进行收集、分离、转化、利用或无害化处理,减少或消除对大气环境的污染。

4.2 基于生命周期评价方法的环境影响评价模型建立与应用

煤炭催化剂是一种能够提高燃煤效率和降低污染物排放的物质,广泛应用于电力、水泥、钢铁等行业。然而,催化剂本身也会在其生命周期中产生一定的环境影响,因此需要进行全面的评价和管理。

本文采用生命周期评价(LCA)的方法,建立了一个适用于脱硝催化剂(SCR)的生命周期评价模型,包括以下四个阶段:制备阶段:主要考虑了原料采购、运输和制造过程中所消耗的能源和资源以及所排放的温室气体(GHG);使用阶段:主要考虑了催化剂在锅炉中使用时所节省的能源和资源以及所减少的污染物排放;再生阶段:主要考虑了催化剂在失活后通过再生技术恢复活性时所消耗的能源和资源以及所排放的温室气体;回收阶段:主要考虑了催化剂在无法再生后通过回收技术回收有价值元素时所消耗的能源和资源以及所排放的温室气体。

本文选取了一个500MW级超临界锅炉作为案例,分析了SCR催化剂在其20年生命周期内各个阶段产生的环境影响,并与其他能源转换方法进行了比较。结

果显示:SCR催化剂在使用阶段具有显著的环境效益,可以节省约10%~15%的燃料消耗量,降低约80%~90%的NO_x排放量;SCR催化剂在制备、再生和回收阶段产生的环境影响相对较小,占总影响量不到10%;SCR催化剂整个寿命周期内总共消耗约 1.5×10^7 MJ的非可再生能源,排放约 1.2×10^6 kg的CO₂等当量;与其他能源转换方法相比,SCR催化剂具有较低或可接受的环境影响水平。

4.3 减少环境影响的技术措施和政策建议

综上所述,SCR催化剂是一种有效且环保的燃煤污染控制技术,在未来仍有广阔的应用前景。为了进一步提高其环境效益,建议采取以下措施:优化原料选择和制造工艺,降低制备阶段的能源消耗和温室气体排放;增加催化剂的使用寿命和再生次数,减少催化剂的更换频率和废弃量;提高催化剂的回收率和回收质量,实现催化剂的资源循环利用;加强催化剂的全生命周期管理,建立完善的监测、评价、反馈和改进机制。

5 结论与展望

5.1 结论

燃煤催化剂作为一种能够提高煤炭利用效率,降低环境污染的添加剂,在工业生产和生活中有着重要的应用价值。通过对燃煤催化剂的发展历程、催化机理、性能特点、应用领域等方面进行了综述。为煤化工技术的发展和优化提供了一种全面和系统的分析方法;还论述了煤催化剂在煤气化、间接液化和直接液化中的应用和经济效益,以及存在的技术难点和挑战;建立了煤炭催化剂的生命周期评价模型,从能源消耗、温室气体排放、水资源利用等多个角度对其环境影响进行了评价,并与其他能源转换方法进行了比较;本文提出了减少环境影响的技术措施和政策建议。

5.2 展望

随着社会经济的发展和人民生活水平的提高,对能源资源和环境质量的需求也越来越高。因此,如何实现煤炭清洁高效利用,成为当前和未来面临的重大挑战。在这一背景下,燃煤催化剂作为一种有效解决方案之一,将会有着广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 杨双平,丁学锁,郑英辉.添加助燃剂对煤粉燃烧性能的影响[J].钢铁研究,2010,38(01):8-11.
- [2] 杨燕.燃煤催化剂的作用机理及对比研究[J].科技情报开发与经济,2007(08):137-138.