

基于不同煤种的煤制气气化特性及工艺适配性研究

鲍 洋

国家能源集团宁夏煤业有限公司煤制油分公司 宁夏 银川 750411

摘 要: 文章基于不同煤种的煤制气气化特性及工艺适配性进行了深入研究。通过对多种煤种的气化反应活性、气化速率、煤气组成等关键参数的对比分析,揭示煤种特性对气化过程的影响机制。同时结合当前主流的煤气化工艺,探讨不同煤种与气化工艺的适配性,提出针对性的优化建议。研究发现,煤种特性与气化工艺的匹配程度直接影响气化效率和产品质量,为煤制气产业的可持续发展提供理论支持和实践指导。

关键词: 煤种;煤制气;气化特性;工艺适配性

1 煤制气气化基础理论

1.1 煤气化的定义

煤气化是指煤或焦炭、半焦等固体燃料在高温高压或加压条件下与气化剂反应,转化为气体产物和少量残渣的过程。气化剂主要是水蒸气、空气(或氧气)或它们的混合气,气化反应包括了一系列均相与非均相化学反应。所得气体产物视所用原料煤质、气化剂的种类和气化过程的不同而具有不同的组成,可分为空气煤气、半水煤气、水煤气等。煤气化过程可用于生产燃料煤气,作为工业窑炉用气和城市煤气,也用于制造合成气,作为合成氨、合成甲醇和合成液体燃料的原料。

1.2 气化反应的主要影响因素

气化反应的主要影响因素包括煤质、气化剂的种类和条件等。煤质对气化反应的影响主要体现在煤的化学成分、物理结构和反应性上。不同种类的煤具有不同的挥发分含量、固定碳含量、灰分含量和硫分含量等,这些成分会影响气化反应的速率和产物的分布。煤的物理结构如粒度、孔隙率和比表面积等也会影响气化反应过程。反应性则是指煤与气化介质发生化学反应的能力,反应性好的煤在气化过程中反应速率快,转化率高^[1]。气化剂的种类和浓度对气化反应也有重要影响,常用的气化剂有水蒸气、空气(或氧气)等。不同的气化剂会导致不同的气化反应路径和产物分布。气化条件如温度、压力和停留时间等也会影响气化反应过程,高温有利于气化反应的进行,可以提高反应速率和转化率。压力则会影响气化反应的动力学和热力学平衡,从而影响产物的分布。停留时间是指气化反应物在气化炉内的停留时间,停留时间过长或过短都会影响气化反应的进行和产物的组成。

2 不同煤种的气化特性分析

2.1 无烟煤的气化特性

无烟煤是煤化程度最深的煤种,其独特的物理和化学性质决定了其在气化过程中的表现。无烟煤通常呈现黑色坚硬且有光泽的外观,含碳量极高,一般在90%以上,而挥发分含量极低,通常低于10%。这些特性使得无烟煤在气化时具有显著的特点。无烟煤的高固定碳含量意味着它在燃烧或气化时能够释放出大量的热量,具有较高的热值,一般可达25000-32500kJ/kg。这一高热值特性使得无烟煤在气化过程中能够提供稳定而高效的能源来源。无烟煤的密度大、硬度大,使其在储存和运输过程中相对不易破碎和损耗。无烟煤的气化也面临一些挑战,由于其挥发分含量低,气化反应相对较难进行,需要更高的温度和压力条件。无烟煤在加热过程中不会产生胶质体,不具有粘结性,因此不能用于需要粘结性的煤气化工艺。在气化过程中,无烟煤的碳转化率通常较高,但气化气的有效成分可能相对较低。这是由于无烟煤的碳结构较为稳定,不易分解产生大量的可燃气体。因此在气化无烟煤时,需要优化气化条件,提高气化效率和气体品质。

2.2 烟煤的气化特性

烟煤是中等变质程度的煤种,其气化特性与无烟煤存在显著差异。烟煤在气化时黏结并产生焦油,煤气中的不饱和烃和碳氢化合物较多,煤气净化系统较复杂,但煤气的热值也较高。烟煤的挥发分含量相对较高,这使得其在气化过程中易于分解产生大量的可燃气体。烟煤的碳结构相对不稳定,易于与气化剂发生反应,从而提高气化效率。烟煤在气化过程中产生的焦油需要进行复杂的净化处理,以去除其中的杂质和有害物质。烟煤的气化还受到其煤质特性的影响。不同类别的烟煤在气化过程中的表现存在差异。在气化烟煤时,需要选择合适的气化炉和条件,以优化气化效率和气体品质。同时还需要对气化产生的焦油进行有效的净化处理,以

确保气化气的清洁和高效利用。

2.3 褐煤的气化特性

褐煤是煤化程度最低的煤炭品种，其气化特性与无烟煤和烟煤存在显著差异。褐煤通常呈现出褐色或黑褐色，质地较为疏松，光泽度相对较低。其高水分含量、高挥发分含量和低固定碳含量是褐煤气化过程中的主要特点。褐煤的高水分含量使得其在气化前需要进行脱水处理，以提高气化效率和气体品质。高挥发分含量使得褐煤在气化过程中易于分解产生大量的可燃气体，但也可能导致不完全燃烧和污染物排放增加。褐煤的固定碳含量较低，这直接影响了其气化过程中的热值输出，为了获得与高固定碳煤种相同的热量输出，需要消耗更多的褐煤，从而增加了燃料成本和运输负担。褐煤在气化过程中也表现出一些优势，由于其化学结构的特点，褐煤在化学反应中表现出较高的活性，这使得它在一些特定的化工应用中具有优势。在气化褐煤时，需要综合考虑其水分含量、挥发分含量和固定碳含量等因素，选择合适的气化炉和气化条件，以优化气化效率和气体品质。还需要采取有效的措施来减少不完全燃烧和污染物排放，确保气化过程的环保和高效。

2.4 其他煤种（如泥炭）的气化特性

泥炭作为一种独特的煤炭资源，在气化过程中也表现出一些独特的特点。泥炭通常具有低灰、低硫、低热值、低堆比重和高水分的特性。这些特性使得泥炭在气化过程中需要采取特殊的技术和措施。泥炭的高水分含量使得其在气化前需要进行脱水处理，以提高气化效率和气体品质。泥炭的挥发分产率较高，气化过程中易于分解产生大量的可燃气体。然而泥炭的固定碳含量相对较低，这直接影响了其气化过程中的热值输出^[2]。泥炭的气化还受到其化学反应活性的影响，由于其化学结构的特点，泥炭在化学反应中表现出较高的活性，这使得它在一些特定的化工应用中具有优势。在气化泥炭时，需要选择合适的气化炉和气化条件，以优化气化效率和气体品质。还需要采取有效的措施来减少不完全燃烧和污染物排放，确保气化过程的环保和高效。还需要考虑泥炭的储存和加工条件，以防止不必要的化学反应发生，确保气化过程的稳定性和安全性。

3 煤气化工艺及其适配性分析

3.1 碎煤加压气化技术

碎煤加压气化技术是一种广泛应用于煤气化领域的传统工艺。该技术通过将破碎至一定粒度的煤块与气化剂（通常是氧气、水蒸气或二者的混合物）在加压条件下进行气化反应，生成以一氧化碳和氢气为主要成分

的合成气。碎煤加压气化技术的核心在于其加压操作，这有助于提升气化反应速率，提高煤的转化效率，并有利于后续的气体净化与合成步骤。该工艺适配性广泛，尤其适合处理低阶煤种，如褐煤、长焰煤等，这些煤种因挥发分高、固定碳含量相对较低，在传统气化技术中可能面临效率不高的问题。碎煤加压气化技术通过加压和适当的温度控制，能够有效利用这些煤种的挥发分，提高气化产物的品质。该技术对煤的灰熔点要求相对宽松，进一步扩大了其原料适应性。碎煤加压气化技术也存在一定的局限性，如设备投资较大，操作压力较高，以及气化过程中可能产生的焦油、酚类等污染物需要复杂的净化处理。

3.2 BGL气化技术

BGL气化技术是一种先进的干法加压气化工工艺，以碎煤为原料，采用纯氧作为气化剂，在高温高压条件下进行气化。该技术的主要特点是能够高效地将煤转化为合成气，同时实现灰渣的熔融排出，有效减少了气化过程中的环境污染。BGL气化炉采用流化床与固定床相结合的设计，使得气化过程更加稳定，对煤种的适应性也更强。BGL气化技术的适配性分析显示，它特别适用于处理高灰熔点、高灰分含量的煤种，如无烟煤、贫瘦煤等。这些煤种在传统气化技术中往往因灰熔点高、气化难度大而被限制使用。BGL气化技术通过优化气化炉结构和操作条件，成功克服这些难题，实现高效、清洁的气化过程，该技术还能有效处理含硫量较高的煤种，通过气化过程中的硫转化，降低后续脱硫的成本和难度。

3.3 Shell气化技术

Shell气化技术是一种高效、灵活的煤气化工艺，采用干煤粉进料，以纯氧和水蒸气作为气化剂，在高温高压条件下进行气化反应。Shell气化炉采用粉煤气化与水煤浆气化相结合的设计，具有气化效率高、气化产物品质好、对煤种适应性强等优点。Shell气化技术的适配性分析显示，它几乎可以处理所有类型的煤种，从低阶的褐煤到高阶的无烟煤，都能实现高效气化。这主要得益于Shell气化炉的高温高压操作条件，以及先进的氧气注入和气流控制技术。Shell气化技术还能有效处理含硫、含氮等有害元素的煤种，通过气化过程中的化学反应，将这些有害元素转化为易于处理的形态，降低后续净化处理的难度和成本。Shell气化技术也面临一些挑战，如设备投资大、操作复杂度高，以及对原料煤粉的粒度、水分等要求较高^[3]。

3.4 E-gas气化技术

E-gas气化技术是一种创新的煤气化工艺，它结合了

流化床气化和催化转化的优点,以煤或生物质为原料,在相对较低的温度和压力条件下进行气化反应。E-gas 气化技术的核心在于其独特的催化气化炉设计,通过引入催化剂,降低气化反应的活化能,提高气化效率和产物品质。E-gas 气化技术的适配性分析显示,它特别适用于处理含水量高、热值低的劣质煤种,如泥炭、风化煤等。这些煤种在传统气化技术中往往因气化效率低、产物品质差而被视为难以利用的资源。E-gas 气化技术通过催化气化的方式,有效提高了这些劣质煤种的气化效率和产物品质,为它们的资源化利用提供新的途径。E-gas 气化技术还具有操作灵活、设备投资相对较小等优点。

4 煤种与气化工艺适配性优化建议

4.1 根据煤种特性选择气化工艺

在选择气化工艺时,首要考虑的是煤种的特性。不同煤种在挥发分、固定碳、灰分、硫分以及灰熔点等方面存在显著差异,这些特性直接影响气化过程的选择和操作条件。而对于高灰熔点、高灰分含量的煤种,如无烟煤,BGL 气化技术通过熔融排渣的方式能有效处理这些难题。对于煤质多变或希望实现灵活生产的场景,Shell 气化技术因其广泛的煤种适应性和高效的气化性能而备受青睐。建议根据煤种的具体特性,结合气化工艺的技术特点、运行成本、环保要求等因素,进行综合分析,选择最适合的气化工艺。

4.2 提高气化效率与产品质量的措施

提高气化效率和产品质量是煤气化工艺优化的关键。一方面,可以通过优化气化炉的结构设计,如改进气化炉内的气流分布、增加催化剂的使用等,来提高气化反应速率和转化率。另一方面,加强原料煤的预处理,如破碎、筛分、干燥等,以改善煤粉的粒度分布和水分含量,有助于气化过程的稳定进行。严格控制气化过程中的操作条件,如温度、压力、气化剂配比等,也是提高气化效率和产品质量的重要手段。加强气化产物的后续处理,如气体净化、脱硫脱氮等,可以有效提升产品的品质,满足不同的市场需求。建议企业加大对气化工艺和设备的研发投入,引进先进技术和管理经验,

不断提升气化效率和产品质量。

4.3 煤制气工艺的可持续发展方向

煤制气工艺的可持续发展方向在于实现高效、清洁、低碳的煤气化生产。应积极推进煤气化技术的创新升级,开发更加高效、环保的气化工艺和设备,降低能耗和污染物排放,提高资源利用效率^[4]。加强煤制气产业链上下游的协同发展,推动煤炭资源的深加工和综合利用,形成循环经济产业链。积极探索煤制气与可再生能源、氢能等清洁能源的融合发展路径,实现能源结构的优化和转型升级。加强国际合作与交流,引进国际先进的煤气化技术和管理经验,推动煤制气产业的国际化发展。建议政府和企业共同加大对煤制气工艺可持续发展的支持力度,制定相关政策和标准,引导产业向高效、清洁、低碳方向发展。同时加强公众对煤制气工艺及其可持续发展重要性的认识,营造良好的社会氛围,推动煤制气产业的健康、持续发展。

结束语

本文通过对不同煤种的煤制气气化特性及工艺适配性的系统研究,为煤制气产业的优化升级提供了科学依据。未来,应继续深化煤种与气化工艺适配性的研究,推动煤气化技术的创新与发展。加强煤制气产业链的协同发展,实现资源的最大化利用,为构建清洁、低碳、高效的能源体系贡献力量。

参考文献

- [1]赵俊杰,吴豪,周健,孙奇辉,罗立全,陈笔,俞路军.基于煤质与燃烧特性优化火力电站配煤掺烧方法[J].神华科技,2019,17(05):89-93+96.
- [2]姜智春.动力配煤掺烧研究浅析[J].全面腐蚀控制,2023,37(12):77-81.DOI:10.13726/j.cnki.11-2706/tq.2023.12.077.05.
- [3]张磊.粉煤气化制甲醇装置变换工艺选择与优化[J].化学工业与工程技术,2021,042(003):21-25.
- [4]杨强国.大型煤制烯烃甲醇合成工艺优化研究[J].大氮肥,2019,42(04):217-220.