

# 煤化工煤制气工艺方法及问题探讨

贾红亮

河南龙宇煤化工有限公司 河南 商丘 476600

**摘要：**随着能源需求的日益增长与能源结构的调整，煤化工煤制气作为一种重要的煤炭清洁利用技术逐渐崭露头角。本文详细阐述了煤制气的主要工艺方法，包括固定床气化、流化床气化、气流床气化等，分析了各工艺的原理、特点、适用范围及优缺点。深入探讨了煤制气工艺在技术、环保、经济等方面面临的问题，如气化效率有待提高、污染物排放控制难度大、投资成本高昂等，并针对性地提出了相应的解决措施，包括研发新型气化技术、加强环保设施建设、优化项目投资策略等，旨在为煤化工煤制气产业的可持续发展提供理论支撑与实践指导。

**关键词：**煤化工；煤制气；工艺方法；问题；解决措施

引言：煤炭作为我国的主要能源之一，在国民经济发展中起着举足轻重的作用。然而，传统的煤炭直接燃烧方式不仅能源利用效率低，而且会带来严重的环境污染问题。煤制气技术作为煤炭清洁高效利用的重要途径，通过将煤炭转化为合成气（主要成分是一氧化碳和氢气），可进一步用于生产化工产品、发电、供热等多个领域，既能实现煤炭资源的优化配置，又能在一定程度上缓解能源供应紧张局面，降低环境污染，具有广阔的发展前景。

## 1 煤化工煤制气工艺方法

### 1.1 固定床气化工艺

固定床气化工艺作为煤化工领域的一项关键技术，其历史深远，是煤制气技术工业化应用的先驱之一。此工艺的核心在于利用固定的气化炉，将煤块或经过适当处理的煤粒装填其中。在气化过程中，气化剂起到了至关重要的作用，它们通常以空气、氧气、水蒸气或其混合气体的形式，从气化炉的底部或侧面注入。在一定的温度和压力条件下，这些气化剂与煤炭发生剧烈的化学反应，生成了包含一氧化碳、氢气、二氧化碳以及少量甲烷等成分的合成气。固定床气化工艺之所以能在煤化工领域占据一席之地，主要得益于其操作简便和技术成熟特性。此外，该技术对煤种的适应性相对较强，无论是粒度大小还是粘结性各异的煤炭，都能在一定程度上满足气化需求。在一些小型煤化工企业或是对煤气品质要求并不十分严格的场合，固定床气化炉凭借其经济性和实用性，依然保持着广泛的应用。然而，任何技术都有其局限性。固定床气化工艺也不例外。首先，由于气化反应是在相对静止的煤炭床层中进行，导致反应速度相对较慢，从而影响了生产效率。其次，煤炭的静止状态还容易引发局部过热现象，导致煤焦粘结，这不仅

会破坏气化过程的连续性，还可能对气化炉造成损害。再者，固定床气化产生的煤气中往往含有较多的杂质，如焦油、酚类等有害物质，这些杂质的去除需要耗费大量的能源和资源，增加了后续净化处理的难度和成本<sup>[1]</sup>。

### 1.2 流化床气化工艺

流化床气化工艺，以其独特的煤炭颗粒流化状态与气化剂反应的方式，成为了煤化工领域的一项重要技术。在气化炉中，通过通入高速气流，煤炭颗粒被悬浮并剧烈翻滚，形成了一种类似液体沸腾的流化状态。这种状态下，气化剂与煤颗粒之间的接触面积大大增加，从而确保了气化反应的快速进行。流化床气化工艺相较于固定床，具有显著的优势。首先，其气化反应速率极快，能够实现高效、连续的生产，这对于提高生产效率、降低成本具有重要意义。其次，由于煤颗粒在流化状态下不断翻滚，传热传质效率显著提高，有效避免了局部过热的现象，使得气化过程更加稳定。此外，流化床气化工艺对煤种的适应性也较强，尤其是对于那些高挥发分、低热值的煤炭，该工艺能够充分发挥其优势，实现高效气化。然而，流化床气化工艺也面临着一些挑战。在流化状态下，煤颗粒的磨损问题较为严重，这不仅会降低煤炭的利用率，还会增加设备的维护成本。同时，由于煤气中带出的固体颗粒较多，需要配备高效的除尘设备来确保生产环境的清洁和产品的纯度。此外，流化床气化生成的煤气中甲烷含量相对较低，这在一定程度上限制了其应用范围。对于一些特定化工产品的生产，如需要高甲烷含量的合成气作为原料时，流化床气化工艺可能需要额外补充甲烷，从而增加了生产成本和复杂性。

### 1.3 气流床气化工艺

气流床气化工艺，作为煤化工领域的一项尖端技

术,以其高效、灵活的特点,正在逐步成为煤制气的主流技术之一。该工艺的核心在于将煤炭精细研磨成煤粉,并与气化剂(主要是纯氧和水蒸气)混合后,通过精密设计的喷嘴,以极高的速度喷入气化炉内。在高温高压的极端环境下,煤粉与气化剂瞬间发生剧烈的化学反应,生成富含一氧化碳、氢气等有效成分的合成气。气流床气化工艺之所以备受青睐,主要得益于其多方面的显著优势。首先,其气化效率极高,煤炭的转化率可达到90%以上,这意味着更多的煤炭能够被有效转化为合成气,从而提高了资源的利用率。其次,该工艺的反应速度极快,单台气化炉的生产能力巨大,完全能够满足大规模煤化工项目的需求,为企业的生产提供了强有力的支持。此外,气流床气化工艺对煤种的适应性极强,几乎可以处理各种煤种,特别是对那些高灰分、高硫分的劣质煤也能进行有效利用,这进一步拓宽了其应用范围。然而,气流床气化技术也并非完美无缺。其设备投资巨大,需要配备高精度的煤粉制备系统、能够承受高温高压的气化炉以及复杂的冷却、除尘系统等,这些都增加了企业的运营成本。同时,该技术门槛较高,操作难度较大,对操作人员的专业素质提出了极高的要求。因此,企业在引进气流床气化技术时,需要充分考虑自身的技术实力和人才储备,以确保技术的顺利运行和企业的持续发展。

## 2 煤化工煤制气工艺面临的问题

### 2.1 技术问题

(1) 气化效率有待提高。尽管气流床气化等先进工艺在气化效率方面有了很大进步,但从整个煤化工产业来看,仍有提升空间。一方面,煤炭的气化反应是一个复杂的热化学过程,受到煤种、气化剂组成、反应温度、压力等多种因素的影响,如何优化这些参数,使煤炭在气化过程中更充分地转化为合成气,是当前研究的重点之一。另一方面,气化过程中的能量利用效率也需要进一步改善,减少能量的浪费,提高整个工艺的热经济性。(2) 设备可靠性与稳定性。煤化工煤制气设备运行在高温、高压、强腐蚀等恶劣环境下,对设备的可靠性和稳定性要求极高。例如,气化炉的内衬材料需要承受高温、高速气流的冲刷以及煤渣的侵蚀,在长期运行过程中容易出现磨损、开裂等问题,一旦发生故障,不仅会导致生产中断,还可能引发安全事故。此外,像煤粉制备系统中的磨煤机、输送管道等部件,也经常面临堵塞、磨损等困扰,影响设备的正常运行。

### 2.2 环保问题

(1) 污染物排放控制难度大。煤制气过程中会产生

大量的污染物,如二氧化硫、氮氧化物、颗粒物、焦油、酚类等。其中,二氧化硫和氮氧化物的排放会导致酸雨等环境问题,颗粒物污染空气,焦油和酚类物质若处理不当,会污染土壤和水体。虽然目前已有一些污染治理技术,如脱硫、脱硝、除尘等,但在实际应用中,要实现污染物的超低排放仍面临诸多困难。一方面,这些污染治理技术本身存在成本高、运行复杂等问题;另一方面,煤制气工艺的复杂性使得污染物的产生源头多样,难以从根本上进行全面控制。(2) 水资源利用与污染。煤制气工艺是一个用水大户,从煤炭的预处理、气化、合成气净化到后续的化工产品生产,各个环节都需要消耗大量的水资源。而且,生产过程中产生的废水成分复杂,含有大量的有机污染物、重金属离子等,若未经有效处理直接排放,会对地表水、地下水造成严重污染。如何实现水资源的高效利用,提高废水的回用率,以及研发高效的废水处理技术,是煤制气产业面临的紧迫环保任务<sup>[2]</sup>。

### 2.3 经济问题

(1) 投资成本高昂。煤化工煤制气项目的投资规模巨大,主要体现在设备购置、厂房建设、技术研发等多个方面。以一个中等规模的气流床气化煤制气项目为例,其总投资可能高达数十亿甚至上百亿元。如此高额的投资不仅对企业的资金实力提出了极高的要求,也使得项目的投资回收期较长,一般需要5-10年甚至更长时间,这在一定程度上限制了企业的投资积极性,也给企业的财务风险带来了巨大压力。(2) 产品市场竞争力。煤制气的最终产品,无论是合成气用于化工生产,还是进一步转化为天然气、甲醇等产品,都面临着来自传统能源和其他替代能源产品的激烈竞争。一方面,国际油价、天然气价格的波动会影响煤制气产品的市场价格,当油价、天然气价低迷时,煤制气产品的成本优势不明显,市场份额容易受到挤压;另一方面,可再生能源如太阳能、风能等的快速发展,使得清洁能源市场竞争日益激烈,煤制气产品在环保形象上相对处于劣势,也需要在价格、性能等方面不断提升竞争力。

## 3 解决煤化工煤制气工艺问题的措施

### 3.1 技术改进措施

(1) 研发新型气化技术。加大对新型气化技术的研发投入,鼓励科研机构、高校与企业合作,联合攻关。例如,开发基于等离子体技术的气化方法,利用等离子体的高温、高活性特点,有望进一步提高气化效率,减少对煤种的限制,降低反应过程中的能量消耗。同时,注重气化技术与其他相关技术的集成创新,如将煤气化

与生物质气化相结合,实现能源的多元化利用,提高整个系统的能源转换效率。(2)提高设备可靠性。采用先进的材料科学技术,研发耐高温、高压、耐腐蚀的设备材料,延长设备的使用寿命。例如,在气化炉内衬材料的选择上,应用新型陶瓷复合材料,提高其抗磨损、抗侵蚀能力。加强对设备的监测与维护技术研究,利用物联网、大数据等信息技术,实现对设备运行状态的实时监测,提前预警设备故障,及时进行维修保养,确保设备的稳定运行。

### 3.2 环保优化措施

(1)在强化污染物排放治理方面,除了研发和推广应用一体化脱硫脱硝除尘技术等先进治理技术外,还应加强对煤制气过程中污染物产生源头的控制。这包括通过精细化管理和优化工艺参数,减少焦油、酚类等有害污染物的生成。例如,在气化过程中,通过精确调整气化剂的组成和比例,可以显著降低焦油的产生量,从而减轻后续污染治理的负担。同时,建立更为严格的环境监管制度至关重要。政府应加大对违规排放企业的查处力度,公开曝光典型案例,形成有效的震慑作用。此外,通过举办环保法律法规培训班、开展环保宣传活动等方式,提高企业的环保意识和法治观念,促使其自觉遵守环保法规,加强污染治理。(2)在水资源保护与循环利用方面,节水型工艺和设备的采用是减少水资源消耗的有效途径。以煤炭预处理环节为例,推广应用干法选煤技术可以替代传统的水洗选煤方式,大幅减少用水量。此外,研发高效的废水处理技术同样至关重要。基于膜分离技术的废水处理系统因其高效、稳定的特点而备受关注。通过该技术,废水中的有害物质可以被有效去除,从而实现废水的达标排放或回用。为了进一步提高水资源的利用效率,企业还应加强对水资源的管理。制定合理的用水定额,明确各生产环节的用水需求,鼓励企业通过技术创新降低单位产品的用水量。同时,建立水资源循环利用体系,实现水资源的闭环管理,确保水资源的可持续利用<sup>[3]</sup>。

### 3.3 经济应对措施

(1)在优化项目投资策略方面,政府应发挥积极的引导作用。通过出台一系列相关政策,如设立专项产业

基金、提供贴息贷款等,为煤化工煤制气项目提供长期、低成本的资金支持,从而有效减轻企业的资金压力。这些政策不仅有助于提升项目的融资效率,还能吸引更多的社会资本投入,推动煤化工产业的健康发展。企业在项目规划阶段,则需充分做好市场调研和可行性研究,确保项目规模和投资方案的科学性与合理性,避免盲目投资带来的经济损失。此外,通过引入战略合作伙伴,企业可以共同分担投资风险,分享项目收益,从而提高项目的整体抗风险能力和市场竞争力。(2)在提升产品市场竞争力方面,企业应加强对煤制气产品的深加工,通过技术创新和工艺优化,将合成气转化为高附加值的化工产品,如烯烃、芳烃等,从而拓宽产品的市场应用领域,提升产品的附加值和盈利能力。同时,注重品牌建设和市场营销同样重要。企业应通过有效的宣传手段,向市场传递煤制气产品在能源供应稳定性、国内资源保障等方面的优势,提升产品的知名度和美誉度。

结束语:煤化工煤制气工艺作为煤炭清洁高效利用的关键技术,在能源领域具有重要地位。目前,虽然煤制气工艺已经取得了长足的发展,拥有多种成熟的工艺方法,但仍然面临着技术、环保、经济等诸多方面的问题。通过研发新型气化技术、强化环保治理、优化投资策略等一系列措施,可以逐步解决这些问题,推动煤化工煤制气产业向更高水平、更可持续的方向发展。在未来,随着科技的不断进步和政策的持续引导,煤化工煤制气有望在我国能源结构调整和经济发展中发挥更大的作用,为实现能源安全与环境保护的双赢目标奠定坚实基础。

### 参考文献

- [1]王强,李华,张峰等.煤制气工艺与环境[J].化工技术与开发,2024,53(04):1-6.
- [2]刘建国,王刚,孙晓等.煤制气工艺最新研究进展及发展趋势[C].//2024年中国煤化工产业大会论文集.2024:103-109.
- [3]陈飞,赵宇,刘军等.一种煤化工合成气黑水节能、减碳及资源化处置的组合工艺[J].应用化工,2024,53(10):3083-3089.