

因人为失误引发的安全事故。此外，自动巡检机器人和远程监控技术的普及，使工人无需进入高危工作环境，也能对设备进行全面监测和故障排查，从根本上保障了生产安全。

综上所述，自动化控制技术在冶金工业中的应用，不仅有效提高了生产效率和产品质量，还助力实现了节能减排和安全生产的目标，为行业的可持续发展提供了强有力的技术支持。

6 结语

随着技术的快速发展，自动化控制技术已成为推动冶金工业生产指标全面提升的核心驱动因素。在本文中，通过分析其应用现状与优势，我们可以清楚地看到，自动化技术对冶金工业生产率的显著提升、产品质量的有效保证、以及节能减排目标的实现起到了关键作用。同时，这一技术的

广泛应用加速了冶金行业整体升级，为其可持续发展提供了有力支撑。通过具体案例的探讨，不难发现自动化控制技术已渗透到冶金生产的多个环节，展现出较为成熟的技术成果和经济效益。

参考文献

- [1] 自动化控制技术在能源企业安全生产中的功能论述及应用分析. 于冬水;陈宇;胡志丽.自动化应用,2023(02)
- [2] 创新为本,品质铸魂.现代制造,2017(12)
- [3] 自动化控制技术在轧钢生产过程中的应用分析. 吕慧超.科技创新与生产力,2024(04)
- [4] 国内拧紧机控制技术的领先发展趋势. 朱博.科技创新导报,2020(04)
- [5] 自动化控制技术在电气工程中的应用. 秦伟.电子技术与软件工程,2020(16)

Technical and economic comparison between dry coal powder gasification and water-coal slurry gasification

Chao Wang

National Energy Group Xinjiang Hami Energy and Chemical Co., Ltd., Hami, XinJiang, 21408, China

Abstract

This paper systematically compares the techno-economic performance of two mainstream coal gasification technologies—Dry Coal Powder Gasification (DCPG) and Water-Coal Slurry Gasification (WCSG)—using the Texaco WCSG process and the Aerospace Furnace Powder Gasification (AFPG) process as representative examples. The analysis evaluates their process principles, technical characteristics, operational performance, investment costs, operating expenses, environmental impacts, and overall competitiveness. The study reveals distinct advantages and limitations in each technology regarding feedstock adaptability, gasification efficiency, plant scale, capital intensity, and operational flexibility. The Texaco WCSG process demonstrates operational stability, broad coal adaptability, and lower equipment wear, making it suitable for projects with significant feedstock quality fluctuations. Conversely, the AFPG process excels in gasification efficiency, cold gas utilization efficiency, plant scale, and operational flexibility, proving more appropriate for large-scale, high-efficiency, and flexible production requirements.

Keywords

dry coal powder gasification; water-coal slurry gasification; process technology; economy

干煤粉气化和水煤浆气化工艺的技术经济性对比分析

王超

国家能源集团新疆哈密能源化工有限公司，中国·新疆哈密 721408

摘要

本文围绕干煤粉气化和水煤浆气化两类主流煤气化技术，以德士古水煤浆气化和航天炉粉煤气化工艺为代表，从工艺原理、技术特点、运行性能、投资成本、操作费用、环境影响及综合竞争力等方面进行了系统的技术经济性对比分析。研究表明，两种工艺在原料适应性、气化效率、装置规模、投资强度、运行灵活性等方面各有优势与不足。德士古水煤浆气化工具有操作稳定、对煤种适应性较宽、设备磨损较低等特点，适合于原料煤质波动较大的项目；航天炉粉煤气化工艺则在气化效率、冷煤气效率、装置规模及运行灵活性等方面表现更优，适合于大规模、高效、灵活的生产需求。

关键词

干煤粉气化；水煤浆气化；工艺技术；经济性

1 引言

煤气化技术作为现代煤化工的核心环节，在煤炭清洁高效利用方面发挥重要作用。随着能源结构调整以及环保要求不断提高，煤气化技术的应用范围日益拓宽，不仅用于合成氨、甲醇、烯烃等化工产品的生产，还在 IGCC 发电、多联产系统及碳捕集利用等领域体现出良好前景。作为水煤浆气化代表的德士古水煤浆气化工，因其技术成熟度与运行稳定性在国内外得到广泛应用。我国自主研发的先进干煤粉气化技术就是航天炉粉煤气化工艺。近年来在大型煤化工项目中迅速普及，两种工艺于技术原理、设备结构、运行特性及经济指标等方面存在显著差异。选择恰当的工艺路线对项

目的投资效益、运行成本和环境表现具有决定性作用，对这两种典型煤气化工艺做系统的技术经济性对比分析，具有重要的理论意义以及工程参考价值。

2 工艺原理与技术特点

2.1 德士古水煤浆气化工

德士古水煤浆气化工把水煤浆当作原料，按一定比例将煤粉与水混合制成浆体，通过高压泵输送至气化炉顶部，与氧气在高温高压环境下进行部分氧化反应，生成以一氧化碳和氢气这两种主要成分的粗合成气，此工艺采用的是气流床气化技术，气化炉内反应温度甚高，物料的炉内停留时间不长，气化效率颇高^[1]。水煤浆进料方式具有输送稳定、安全性高、对煤种适应性较宽等优势，可对烟煤、次烟煤、褐煤等多种煤种进行处理，加入水煤浆可降低气化炉内峰值温度，减少设备出现的腐蚀与磨损，延长炉衬寿命。然而，

【作者简介】王超（1988-），男，中国甘肃金昌人，本科，工程师，从事煤化工研究。

由于水煤浆中存有大量水分，必须消耗额外热量进行蒸发，这在一定程度上引起冷煤气效率降低，制备水煤浆的过程需要消耗一定的电力与水资源，对原料煤的水分、粒度同样有特定要求。

2.2 航天炉粉煤气化工艺

航天炉粉煤气化工艺采用的是干煤粉进料途径，通过氮气或二氧化碳把干燥磨细的煤粉送往气化炉，在高温状态下和氧气进行气化反应，此工艺同样属于气流床气化技术范畴，但鉴于采用干法进料，原料中水分极少，气化炉内的反应温度更高，碳转化率与冷煤气效率同样相对更高。干煤粉进料系统具备输送效率高、能耗低、对原料水分要求宽松等特性，特别适宜处理水分含量较高的褐煤等低阶煤，因煤粉制备环节，工艺流程相对简易，降低了相关设备投资及运行维护成本。但干煤粉输送时要严格把控煤粉浓度与输送速度，对设备密封性以及控制系统要求颇高，较高的反应温度也对气化炉衬里和相关设备的耐高温性能提出了更严苛的要求。

3 技术性能对比分析

3.1 原料适应性

德士古水煤浆气化工艺适应煤种的范围较宽，可以处理多种煤种，涵盖烟煤到褐煤，对原料煤灰熔点、灰分含量等指标的要求较为宽松。通过调整水煤浆浓度和气化参数，可在一定区间内适配不同性质的原料煤，针对灰分含量过高或灰熔点过低的煤种，处理仍存在难度。航天炉粉煤气化工艺在原料适应性方面同样展现良好态势，尤其在处理低阶煤方面优势突出，因采用干法进料，对原料煤水分含量无严格限制，能够有效利用诸如褐煤等水分较高的煤种，此工艺对煤的灰熔点要求相对不高，通过优化气化参数和添加助熔剂等途径，可对多种劣质煤进行处理，两种工艺在原料适应性上各有侧重，德士古工艺于处理中高阶煤方面经验丰沛，航天炉工艺在利用低阶煤方面优势显著。

3.2 气化效率与产品气质量

气化效率为衡量煤气化工艺性能的核心指标，直接关系到装置的能耗水平和运行经济性。德士古水煤浆气化工艺因原料含有大量水分，消耗部分热量以蒸发水分，导致冷煤气效率相对欠佳，该工艺的碳转化率依旧维持在较高水准。通过优化操作参数以及反应器设计，能够在一定程度上弥补水分引发的效率损失^[2]。航天炉粉煤气化工艺借助干法进料，原料中水分含量极低，气化炉内反应温度更高一筹，有利于提升碳转化率和冷煤气效率，因反应温度高，气化产物里甲烷等烃类物质含量偏少，合成气品质愈发优良，更契合作为化工合成原料的要求。但过高的反应温度或许会导致合成气中二氧化碳含量增多，对后续变换及净化工序提出更高要求，基于相同的原料条件，航天炉工艺在气化效率及产品气质量上具有一定优势。

3.3 装置规模与运行灵活性

装置规模是影响煤气化项目经济性的关键所在，经过多年发展起来的德士古水煤浆气化工艺，技术成熟度颇高，单炉处理能力已达较大体量，足以满足大型煤化工项目的需求。该工艺的设备在标准化方面程度高，易于实现系列化以及大型化。航天炉粉煤气化工艺作为新一代气化技术，在装置大型化方面发展迅速，单炉处理能力已近乎达到国际先进水平。因采用干法进料系统，设备布局稍显紧凑，所占面积较小，有利于装置开展扩能改造。就运行灵活性而言，两种工艺均可依照下游产品需求调整气化参数，实现对负荷的灵活调控。德士古工艺因水煤浆进料系统惯性偏大，负荷调节速度相对迟缓。航天炉工艺的干煤粉进料系统响应速度更快一筹，能更快适应下游需求变化。

3.4 设备可靠性与维护要求

设备可靠性对装置的连续运行时间及维护成本有直接影响。德士古水煤浆气化工艺的气化炉采用了耐火砖衬里结构，因水煤浆的冷却作用，炉内温度分布相对均匀一致，衬里磨损与腐蚀程度较轻微，使用期限较长。该工艺的进料系统相对简易，设备故障率不高。水煤浆制备系统中的磨煤机、高压煤浆泵等设备需定期维护保养，运行成本不低，航天炉粉煤气化工艺中的气化炉一般采用水冷壁结构，可承受更高的反应温度，热效率更高^[9]。但鉴于反应温度偏高，炉内高温腐蚀及冲刷磨损问题更显突出，对设备材料与制造工艺的要求愈发高。干煤粉输送系统中的锁斗、输送管线等设备必须严格控制其密封性能，维护要求较为苛刻，两种工艺在设备可靠性方面各有特性，德士古工艺的设备维护相对简易，但存在较多维护点；航天炉工艺关键设备所含技术含量高，维护难度较大，但设备数量相对而言较少。

4 经济性对比分析

4.1 投资成本

投资成本是项目决策中关键的考量因素，德士古水煤浆气化工艺因技术成熟，设备标准化程度极高，其投资估算相对明晰，此工艺须建设水煤浆制备系统，如研磨、混合、储存等设备，导致固定投资的增长，鉴于水煤浆浓度不高，需要更大规模的气化炉及后续变换、净化装置，进一步增加了投资强度。航天炉粉煤气化工艺虽然减少了水煤浆制备系统，但需要建设煤粉干燥、研磨以及输送系统，部分设备投资同样数额较大，该工艺对气化炉以及相关设备的制造要求更为苛刻，设备造价相对较高。在不同规模项目下，两种工艺的投资成本表现各不相同，需要依照具体条件予以详细测算，在大型项目范畴内，两种工艺投资强度的差距相对较小。在中小型规模的项目当中，德士古工艺相对有一定优势。

4.2 运行成本

运行成本主要有原料消耗、动力消耗、人工成本以及维护成本等。就原料消耗而言，航天炉粉煤气化工艺因气化