

Benefit analysis of hydrogen production by furnace gasification process and green electricity production in Hami region, Xinjiang

Chao Wang

National Energy Group Xinjiang Hami Energy and Chemical Co., Ltd., Hami, XinJiang, 721408, China

Abstract

As a vital component of future clean energy systems, hydrogen plays a strategic role in addressing global climate change and driving energy transition. This study examines the Hami region in Xinjiang, comparing the technical characteristics of hydrogen production through space furnace gasification and green electricity-based methods. The analysis evaluates energy efficiency, industrial chain potential, regional economic impact, and policy adaptability. Results indicate that space furnace gasification can serve as a crucial support for Hami's hydrogen industry in the short term. Long-term strategies should prioritize accelerating green hydrogen technology adoption and infrastructure development to achieve multi-energy complementarity and clean substitution, thereby facilitating the regional energy system's transition to low-carbon and zero-carbon pathways. The research provides valuable insights for optimizing hydrogen development pathways in Hami and similar resource-dependent regions.

Keywords

space furnace; hydrogen production by coal gasification; hydrogen production by green electricity; benefit analysis

航天炉煤气化工艺制氢与绿电制氢的效益分析——以新疆哈密地区为例

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

氢能作为未来清洁能源体系的重要组成部分, 在应对全球气候变化和推动能源结构转型中具有重要战略意义。本文以新疆哈密地区为研究对象, 对比分析航天炉煤气化工艺制氢与绿电制氢的技术特点, 从能源利用效率、产业链延伸潜力、区域经济带动作用及政策适应性等方面展开探讨。结果表明, 短期内航天炉煤气化制氢可作为哈密地区氢能产业的重要支撑; 长期来看, 则应加快绿电制氢技术推广与基础设施建设, 实现多能互补与清洁替代, 推动区域能源系统向低碳、零碳转型。本文研究对优化哈密及类似资源型地区的氢能发展路径具有参考价值。

关键词

航天炉; 煤气化工艺制氢; 绿电制氢; 效益分析

1 引言

在“双碳”目标背景下, 中国已将氢能纳入国家能源战略范畴, 并推动多元化制氢技术迈向新高度。新疆哈密作为中国重要能源基地, 煤炭、风能、太阳能资源十分丰富, 为各类制氢工艺提供了支撑。其中, 航天炉煤气化制氢依托成熟的煤化工技术, 可实现氢气大规模生产。绿电制氢则借助可再生能源发电, 通过电解水制取氢气, 二氧化碳排放量极低。两种制氢路径各有优势与挑战, 在哈密地区能源转型

中承担着不同角色。本文从技术可行性、环境影响、经济与社会效益等维度, 对两种制氢方式进行全面系统分析, 进而提出契合区域特色的氢能发展建议。

2 航天炉煤气化工艺制氢技术特点

2.1 技术原理与工艺环节

航天炉煤气化制氢技术在高温高压条件下, 使煤粉与气化剂(如氧气、水蒸气)发生反应, 生成以一氧化碳和氢气为主要成分的合成气, 再通过水煤气变换反应提高氢气比例, 最终利用净化系统去除杂质, 制得高纯度氢气^[1]。该过程涵盖原料预处理、气化、气体净化、氢气提纯等环节, 各环节技术成熟度高, 自动化控制水平先进。原料煤需经过干

【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。

燥、研磨等预处理步骤，确保粒度与水分符合气化要求；核心设备为气化炉，通过精准调节温度、压力及气化剂比例，实现高效转化；变换工段借助催化剂促使一氧化碳与水蒸气反应，生成更多氢气；净化系统采用吸收、吸附等方式去除硫化物、二氧化碳及其他杂质，将氢气纯度提升至99.9%以上。

2.2 原料供应与资源优势

哈密地区煤炭资源丰富，且开采成本较低，为航天炉煤气化制氢提供了稳定的原料保障。该地区煤炭运输条件便利，可通过铁路、公路及矿区内部运输网络高效输送至气化装置，有效降低原料供应链风险。哈密煤田地质条件优良，煤层厚、埋深浅，便于开展大规模机械化开采，煤炭产量稳定且品质优良，尤其是低灰、低硫煤种，有助于减少气化过程中杂质的生成，降低后续净化系统的负荷。

3 绿电制氢技术特点

3.1 技术原理与系统构成

绿电制氢通过光伏、风电等可再生能源发电，利用电解水装置将水分解为氢气和氧气。其系统主要由发电单元、电解单元、氢气纯化及储存单元，以及配套的电网和储能系统构成^[2]。模块化设计使系统具备灵活扩展能力，可适应不同规模的应用场景。光伏发电单元由大量光伏组件串并联组成，通过逆变器实现直流电向交流电的转换；风电单元借助风力发电机组将风能转化为电能。核心环节为电解单元，目前主流技术包括碱性电解槽等，各类技术在效率、成本及运行条件方面各具特点。氢气纯化单元采用变压吸附等技术去除电解产物中的杂质，使氢气纯度满足工业或燃料电池应用需求；储存单元通过高压气态、液态或固态储氢方式，为后续运输与使用提供保障。

3.2 资源条件与能源优势

哈密地区年均日照时长充足，太阳能辐射量大，风力资源稳定且分布广泛，具备大规模发展绿电制氢的自然条件。依托本地风光资源开展发电制氢，能够减少对化石能源的依赖，实现全生命周期近乎零碳排放。哈密位于新疆东部，属温带大陆性气候，晴天占比高，年日照时长超3000小时，太阳能资源充裕且稳定；同时，该地地处山口区域，风力资源丰富，年平均风速较高，有利于大型风电场的建设与运营。

4 环境影响对比分析

4.1 航天炉煤气化制氢的环境压力

煤炭开采可能导致地表沉陷及土壤与水资源污染；若气化过程中产生的废气、废水处理不当，会对区域生态造成不利影响。尽管通过高效除尘、脱硫脱硝、废水循环利用及CCUS技术可在一定程度上缓解上述问题，但环境风险仍客观存在。在煤炭开采阶段，井工开采会破坏地下含水层，导致地表水位下降，露天开采则直接破坏地表植被，引发水土流失。气化阶段产生的一氧化碳、硫化氢等废气若处理不彻

底，会污染大气环境；废水中含有大量悬浮物、重金属等污染物，若未经处理直接排放，将污染土壤和水源。虽然高效除尘和脱硫脱硝技术可有效去除颗粒物及硫化物，但二氧化碳排放问题仍较为突出。尽管CCUS技术能捕获大部分二氧化碳，但其当前投资成本高、运行流程复杂，大规模应用仍面临挑战。因此，航天炉煤气化制氢需在全产业链采取严格环保措施，方可实现可持续发展。

4.2 绿电制氢的环境友好性

绿电制氢在运行阶段几乎不排放污染物，对大气、水体及土壤的影响极小，但风光电站建设可能占用土地、影响局部生态系统，因此在规划阶段需开展生态评估并实施生态恢复措施。搭建光伏发电站与风力发电场需占用一定面积土地，若选址不合理，可能破坏当地植被，影响野生动物栖息地^[3]。此外，光伏组件与风机的制造过程会消耗能源与资源，产生一定污染物排放，但相较于煤炭开采及煤气化，这些环境影响更具局部性且可控性更强。通过科学选址、采用生态友好型设计（如光伏+农业、风电+牧场模式），并加强设备回收再利用，可进一步降低绿电制氢全生命周期的环境影响。可见，绿电制氢在环境友好性方面优势显著，是推动氢能产业绿色发展的关键路径。

4.3 全生命周期对比

从全生命周期视角来看，绿电制氢的碳排放量远低于煤气化制氢，但需考虑光伏、风电设备制造及报废回收环节产生的环境影响。煤气化制氢若搭配CCUS技术，可有效降低碳排放总量，但仍高于绿电制氢的碳排放水平。全生命周期分析（LCA）是衡量不同制氢技术环境影响的关键方法，其覆盖从原材料获取、设备制造、能源生产到最终废弃处理的全流程。对于绿电制氢，主要碳排放来源于光伏组件、风机及电解槽的生产过程；对于煤气化制氢，碳排放则主要集中在煤炭开采、运输及气化阶段^[4]。即便将设备制造环节的碳排放纳入考量，绿电制氢全生命周期的碳排放量仍仅为煤气化制氢的九分之一。若煤气化制氢与CCUS技术结合，可将碳排放降低50%以上，但仍无法达到绿电制氢的近零排放水平。从长远来看，绿电制氢是实现氢能产业深度脱碳的必要途径。

4.4 区域生态与社会接受度

绿电制氢凭借清洁特性更易获得社会认可，对改善区域环境质量和提升居民生活水平具有积极作用；煤气化制氢虽能创造就业机会，但需通过严格环保措施增强公众信任。在能源转型阶段，公众的接受度与支持度至关重要。具有环保属性的绿电制氢项目，更易获得当地社区支持，有助于改善区域空气质量，减少雾霾等环境问题，提升居民健康水平。若煤气化制氢项目环保措施落实不到位，易引发公众担忧与反对，导致项目建设及运营面临更高社会风险。因此，煤气化制氢企业应加大环保投入，提高污染物治理水平，积极开展社区沟通与环境教育工作，以获取公众理解与支持。政府

与企业需共同推动绿色氢能文化建设，提高公众对氢能产业的认知与接受度，营造有利于不同制氢技术协调发展的社会环境。

5 经济与社会效益分析

5.1 成本构成与竞争力

航天炉煤气化制氢依托成熟产业链，原料成本低、规模效应显著，短期内成本优势明显；绿电制氢成本受设备投资及电价影响较大，但长期有望通过技术进步与规模化应用降低成本。煤气化制氢成本主要由煤炭采购、设备折旧、能源消耗、人工及环保处理等费用构成。由于煤炭价格相对稳定且低廉，加之技术成熟、生产规模较大，目前煤气化制氢的单位成本仍低于绿电制氢。绿电制氢成本主要由风光发电成本、电解槽投资及运行维护费用等构成^[5]。随着风光发电成本快速下降及电解槽技术不断进步，绿电制氢成本呈逐年下降趋势。据行业预测，未来 10-15 年，在多数应用场景中，绿电制氢成本有望与煤气化制氢持平甚至更低，在经济性方面将具备更强竞争力，成为氢能产业的主导发展路径。

5.2 产业链带动与就业创造

两种制氢方式均能带动上下游产业发展，创造就业岗位。其中，煤气化制氢可依托现有煤化工基础，推动煤炭、运输、装备制造等产业升级；绿电制氢则能促进风光发电、储能、氢能装备等新兴产业兴起。煤气化制氢产业链涵盖煤炭开采、洗选加工、运输、气化装置制造、气体净化、氢能储运等环节，可带动传统产业转型升级，创造大量就业岗位。绿电制氢产业链包括光伏组件、风机、电解槽、储能设备等制造领域，以及燃料电池汽车、氢能储能等氢能应用相关领域。新兴产业的发展不仅形成新的经济增长点，还推动高端装备制造与新能源技术迈向新台阶。两种制氢方式各有侧重，共同促进氢能产业链的完善与拓展，为区域经济多元化发展提供有力支撑。

5.3 能源安全与供应稳定性

煤气化制氢能快速响应市场需求，保障能源供应稳定；绿电制氢需通过储能及电网优化提升供应稳定性，但有助于减少对化石能源的依赖，增强能源结构的安全性。能源安全是国家经济社会发展的重要支撑，煤气化制氢依托国内丰富的煤炭资源，不受国际能源市场波动影响，在能源供应紧张时可快速调整产量，维持氢能供应稳定。绿电制氢依赖可再

生能源，其供应稳定性受自然条件影响较大，但通过配套储能系统与智能电网技术，可显著提高绿电制氢供应的可靠性。绿电制氢的发展有利于降低对进口石油、天然气等化石能源的依赖，提升国家能源自给率，增强能源结构的抗风险能力。两种制氢方式协同发展，可为国家能源安全构建更坚实的保障。

5.4 区域经济转型与可持续发展

绿电制氢符合“双碳”目标要求，助力哈密地区能源结构向清洁化转型；煤气化制氢在过渡期可发挥支撑作用，为产业升级及技术创新奠定经济基础。哈密地区作为传统能源基地，长期依赖煤炭资源开发，经济结构相对单一。发展绿电制氢可助力培育新能源产业，推动经济转型升级，实现从“煤城”向“新能源之都”的转变。绿电制氢项目的建设与运营将吸引大量投资，带动当地基础设施建设及人才流入。煤气化制氢可继续依托资源优势，为地区经济稳定提供支撑，并通过技术改造与环保升级，逐步向低碳化方向发展。对两种制氢方式进行合理布局，将推动哈密地区实现经济、社会与环境的协调可持续发展。

6 结语

当前阶段，航天炉煤气化制氢具有技术成熟、成本较低、规模效应显著等优势，可作为区域氢能产业的重要支撑；绿电制氢在环境友好性方面优势突出，是实现“双碳”目标的关键路径，但需突破成本及供应波动性方面的瓶颈。哈密地区在充分利用煤炭资源的同时，应加大可再生能源制氢发展力度，实现两种技术路线优势互补。通过技术创新、政策引导与产业链完善，有望推动哈密地区氢能产业实现高质量发展，为中国能源转型提供可借鉴的经验。

参考文献

- [1] 张勇,纪凤坤,谭晓琴,等. 绿电制氢技术路线分析与经济性评价[J].中国高新科技,2025,(16):148-150.
- [2] 杨子健,周鑫. 平衡绿电制氢高波动性的氢气储运及调峰系统[J].石油化工设计,2025,42(02):1-6+73.
- [3] 夏子航.加快推动绿电制氢产业发展[N].上海证券报,2025-03-12(008).
- [4] 庄富豪,吴军,朱瑞金,等. 绿电制氢产业关键技术现状及展望[J/OL].综合智慧能源,2025,11(02):1-9.
- [5] 詹媛媛. 深层地下煤气化技术及其产品方案研究[J].大化肥,2022,45(03):154-159.