

国产高压煤浆泵在煤化工领域的应用研究

祁文¹, 贾磊²

1. 陕西航天动力高科技股份有限公司, 陕西 西安 710100

2. 国能包头煤化工有限责任公司, 内蒙古 包头 014030

DOI: 10.61369/SSSD.2026030032

摘 要 : 高压煤浆泵对于煤化工项目而言至关重要, 其作为重要的输送设备, 质量如何、成本高低等均直接影响着煤化工项目的稳定运行与经济效益。国产高压煤浆泵在煤化工领域的应用具有突出优势且应用路径不断拓宽, 具有十分可观的应用前景。本文首先从工况适配性强, 满足极端运行需求; 技术自主可控, 核心性能对标国际; 成本优势显著, 全生命周期性价比高三方面分析国产高压煤浆泵在煤化工领域应用的突出优势; 其次, 总结提出国产高压煤浆泵在煤化工领域的具体应用路径; 最后, 对国产高压煤浆泵在煤化工领域的应用进行展望, 希望能为我国煤化工关键设备的相关技术研发、产品优化与行业应用提供理论参考和实践支撑。

关 键 词 : 国产高压煤浆泵; 煤化工领域; 应用路径; 未来展望

Research on the Application of Domestic High-Pressure Coal Slurry Pumps in the Coal Chemical Industry

Qi Wen¹, Jia Lei²

1. Shaanxi Aerospace Power High-Tech Co., Ltd., Xi'an, Shaanxi 710100

2. CHN Energy Baotou Coal Chemical Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia 014030

Abstract : High-pressure coal slurry pumps are crucial for coal chemical projects. As key conveying equipment, their quality, cost, and other factors directly affect the stable operation and economic benefits of coal chemical projects. Domestic high-pressure coal slurry pumps have prominent advantages in the coal chemical industry, with continuously expanding application paths and broad application prospects. Firstly, this paper analyzes the outstanding advantages of domestic high-pressure coal slurry pumps in the coal chemical industry from three aspects: strong working condition adaptability to meet extreme operation requirements; independent and controllable technology with core performance benchmarking international standards; and significant cost advantages with high cost-effectiveness throughout the entire life cycle. Secondly, it summarizes and proposes specific application paths of domestic high-pressure coal slurry pumps in the coal chemical industry. Finally, it looks forward to the application of domestic high-pressure coal slurry pumps in this field, aiming to provide theoretical reference and practical support for the related technological research and development, product optimization, and industrial application of key equipment in China's coal chemical industry.

Keywords : domestic high-pressure coal slurry pumps; coal chemical industry; application paths; future prospects

引言

很长一段时间以来, 我国的高压煤浆泵主要依赖国外进口, 不仅成本高昂而且存在维护服务滞后、供应链安全无法保障等严峻问题。而随着我国装备制造业技术水平的显著提升, 国产高压煤浆泵的自主研发与应用取得了突破性进展, 这在无形中推动我国煤化工产业的蓬勃发展。随着越来越多产品在示范项目与工业化装置中的成功应用, 我国在国产高压煤浆泵应用方面已经积累了丰富且宝贵的实践经验。然而, 国产高压煤浆泵在煤化工领域的应用不能停滞不前, 仍需要路径创新并持续优化核心技术。希望本文的研究能进一步突破应用瓶颈, 推动国产高压煤浆泵迈向崭新的发展阶段。

陕西航天动力高科技股份有限公司与国能包头煤化工有限责任公司联合研制的高可靠性高压煤浆泵, 从2022年7月开始工业运行, 至今已满三个年头。经实践证明, 该国产高压煤浆泵的产品性能、效率等技术参数和无故障连续运行时间均能满足实际工作需要, 并达到国际先进水平。详见图1和图2。

三缸单作用高压双软管煤浆泵(适用于单
喷嘴气化炉)
工作介质: 煤浆
固体含量: $\leq 65\%$
煤浆比重: 1.24–1.265
颗粒尺寸: $\leq 3\text{mm}$
流量: 42.5–102 m^3/h
泵转速: 21–49 rpm
排出压力: $\leq 96\text{bar}$
进口压力: 0.09MPa (最大 0.32MPa)
煤浆温度: 55° (最高 80°)
驱动电机功率: 450kW
活塞直径: 200mm
行程: 400mm

图1 三缸单作用高压双软管煤浆泵技术参数



图2 国产高压煤浆泵

一、国产高压煤浆泵在煤化工领域应用的突出优势

(一) 工况适配性强, 满足极端运行需求

煤浆作为煤化工生产过程中不可或缺的输送介质, 特性显著, 比如高黏度 (1000–5000 $\text{mPa} \cdot \text{s}$)、高固含率 (60%–70%)、含硬质颗粒 (灰分、石英砂) 等, 且运行环境较为恶劣。而国产高压煤浆泵的突出优势表现为能针对复杂的工况进行针对性优化: 第一, 采用双缸或三缸柱塞式设计, 配合耐磨柱塞与高硬度阀座等核心部件。如此设计一方面有效提升了高压煤浆泵的耐磨性, 另一方面能有效抵御煤浆颗粒冲刷, 从而大大延长设备使用寿命; 第二, 改进液压驱动系统, 确保出口压力持续维持在稳定区间 (6.5–8 MPa), 并且控制流量波动不超过 $\pm 2\%$, 这样能保障气化炉供料的持续性和稳定性; 第三, 提升适配性, 匹配烟煤、无烟煤、褐煤等多种煤种的煤浆特性, 通过灵活调整泵体结构参数, 提升设备的灵活适配性。相较于进口设备, 国产高压煤浆泵在这方面的优势显著^[1–2]。

(二) 技术自主可控, 核心性能对标国际

我国对高压煤浆泵的技术攻关已持续十年之久, 在此过程中, 取得了突破性成就。现如今, 国产高压煤浆泵不再依赖进口设备, 其技术已成功实现自主可控, 具体表现在以下几方面:

第一, 动力系统。采用高度集成化的液压控制单元, 使整个系统的响应时间缩短至 0.1 秒, 不仅如此, 还实现了对流量和压力的实时动态调整, 从而更好地适应实际工况, 为煤化工生产提供稳定且强大的动力支持。

第二, 密封技术。国产高压煤浆泵实现了密封技术的创新性突破, 通过机械密封与填料密封的有机结合, 大幅度降低了泄漏量 ($< 5\text{mL/h}$)。设备的整体密封性能对标国际标准, 为解决“密封失效导致停机”的行业共性难题提供了科学有效的方案^[3]。

第三, 智能化升级。搭载振动、温度、压力等多类传感器并结合工业互联网平台, 实现实时监测、预警分析与远程

诊断, 大幅度缩短停机维护时间, 延长设备的无障碍运行时间 (MTBF ≥ 8000 小时), 为生产装置的长周期、连续性稳定运行提供有力的支撑和保障。

(三) 成本优势显著, 全生命周期性价比高

相较于进口设备, 国产高压煤浆泵的成本较低。下面从采购、运行、维护三方面具体阐述其优势的具体体现。第一, 采购成本仅仅为进口产品的 60%–70%, 而且还不需要额外支付高额关税和技术服务费等, 这能大幅度减轻煤化工前期投资压力; 第二, 国产高压煤浆泵采用液压系统节能设计与电机变频控制, 这能大幅度降低单位能耗。以单台泵为例, 如果其年运行时间大约为 8000 小时, 可能会节省超 10 万元电费; 第三, 鉴于柱塞、阀组、密封件的损坏频率较高, 针对这种情况, 我国已基本实现以上关键易损件的国产化供应, 并且采购周期由原本的 90–300 天大幅度缩短至 7–45 天, 对应的维护费用也显著降低。更为重要的是, 国产高压煤浆泵供应商还提供上门服务, 这能大幅度减少因设备检修给企业带来的严重损失^[4]。

二、国产高压煤浆泵在煤化工领域的应用路径

(一) 场景精准适配: 聚焦细分工艺的定制化应用

煤化工生产环节诸多, 各环节的工艺也存在明显差异。国产高压煤浆泵唯有精准匹配不同生产场景, 才能将其性能优势充分发挥出来。首先, 针对煤气化装置核心进料场景, 国产高压煤浆泵的压力等级优化与流量范围全覆盖显得格外重要。一方面, 优化高压煤浆泵的柱塞材质, 另一方面, 改善其阀组结构, 以此来确保高固含煤浆输送的连续性与稳定性, 如此, 才能为气化炉的稳定运行提供强力支撑。其次, 针对煤制化学品延伸场景, 国产高压煤浆泵应动态适应多种细分领域的需求, 比如煤制烯烃、煤制乙二醇、煤制氢等^[5]。更进一步地来讲, 国产高压煤浆泵应根据反应体系压力波动与介质特性定制部件, 确保部件不易被腐蚀和

磨损，与此同时，搭配变频调速系统，保障设备即便处于复杂且动态工况中也能精准调节流量。最后，针对老旧装置升级改造场景，国产高压煤浆泵需要提供从选型到安装再到调试最后到回收的一站式服务，以此来满足需要替换进口泵的存量项目需求。最为关键的是，国产高压煤浆泵应注重结构优化设计，一方面，缩小安装尺寸，另一方面，适配原有管道接口，通过这两种举措让改造变得更便捷、更容易，同时，尽量将停机更换时间控制在72小时之内，以减少生产中断带来的不可预估损失。

（二）技术深度融合：赋能煤化工智能化升级

在智能制造时代，国产高压煤浆泵正积极与先进的数字化手段和煤化工工艺结合，具体表现为以下几方面：

第一，关于工艺协同：设计院与煤化工企业应建立密切的合作关系并联合开展工艺-设备耦合仿真分析，根据煤种特性优化调整泵体关键参数，比如冲程、冲次等，这样，能显著提升煤浆输送效率，增强气化反应性能，进而大幅度降低单位产品综合能耗^[6]。

第二，关于智能化管控：企业应积极搭建MES系统或工业互联网平台并将高压煤浆泵的运行数据接入系统或平台，旨在直观且清晰地呈现压力、流量、温度、振动值等泵体运行中的关键数据。相关人员可以借助边缘计算模块实现对设备整体的智能化管控，比如通过密封磨损预警、压力异常报警等精准把握设备的运行状态，还可以通过远程参数调节实时优化关键参数，确保设备始终处于理想的运行状态，最终达到“无人值守”的智能化运维状态。

第三，关于绿色低碳发展：在“双碳”目标的引领下，国产高压煤浆泵通过配套高效节能电机与加装余热回收装置，可实现对资源的高效循环利用。企业可以将液压系统产生的余热回收并应用于厂区供暖或工艺伴热，如此，能大幅度减少碳排放量，这对我国尽快实现“双碳”目标发挥着积极的推动作用^[7-8]。

（三）服务模式创新：提升全生命周期应用价值

若想确保国产高压煤浆泵作用的最大化发挥，关键是不不断创新服务模式，将设备与服务紧密融合起来，力争为用户提供周到且个性化的服务方案。首先，将优质服务理念融入售前咨询、售中安装与售后维护的方方面面，旨在为用户提供全生命周期的优质服务，提升用户满意度。具体而言，一方面，为设备建立专属档案，实时记录设备运行中的各项数据并建立完善的巡检机制，确保每个季度至少进行一次全面检查，另一方面，积极引入远程

诊断系统并运行备件预置机制，这样，能在降低设备故障率的同时显著提升其平均无故障运行时间。其次，重视人才培育，通过定期开展专题培训，帮助煤化工企业操作人员和维护人员扎实掌握设备操作与维护技能，提升他们的智能操作水平。通常情况下，培训内容涉及设备结构原理、操作规程、故障诊断、应急处置等诸多方面。不仅如此，企业还应鼓励员工积极考取与岗位线相关的职业技能证书，开拓他们的视野，以此来减少人为操作的失误率，确保设备安全、稳定的运行^[9]。最后，开发并推出设备租赁服务，以此来满足某些短期项目的实际需求并匹配中小煤化工企业的发展趋势，通过提供专业运维团队，减少客户的前期投入成本，通过搭建设备共享平台，为闲置设备的跨企业流通搭建桥梁，以此来整体提升设备的利用效率。

三、国产高压煤浆泵在煤化工领域应用的未来展望

未来，国产高压煤浆泵在煤化工领域的应用，会不断向更高性能与极端工况适应性突破，也会深度融合数字化与智能化技术，而且还会构建更开放、更灵活的产业创新生态，同时，拓展多元化应用场景，确保国产高压煤浆泵实现可持续发展。比如，国产高压煤浆泵会进一步融合人工智能技术、数字孪生技术、大数据技术等并为用户提供更先进的远程运维服务，通过打通制造商与用户间的数据壁垒，实现信息共享，为用户提供设备智能化预测、检修与调配服务，以此来优化商业模式，赢得用户信赖，增长经济效益^[10]。不仅如此，国产高压煤浆泵的应用场景还会实现横向拓展与纵向延伸，更为重要的是，逐步开拓海外市场，让优秀的国产设备一步步走向国外煤化工领域，以此来实现由“进口替代”到“出口开拓”的跨越式发展。

四、结语

由上文的分析可知，国产高压煤浆泵在煤化工领域的应用展现出独特优势，通过多元化的应用路径，具有广阔的发展前景。陕西航天动力高科技股份有限公司的高压煤浆泵相关产品项目已服务于国家能源、中国石油、中国石化、中国海油、中煤能源、中国华能、陕西延长石油、华鲁恒升、浙江石化等40余家大型煤化工和石油化工客户，相关产品及服务成熟可靠，实现替代进口和降本增效等积极效果。

参考文献

[1] 刘金权, 徐明辉, 蒋彦斌. 国产高压煤浆泵在多喷嘴对置式水煤浆气化工工艺中的应用及前景探讨 [J]. 氮肥与合成气, 2025, 53(8): 5-10.
[2] 牛刚. 高压油煤浆进料泵国产化研究及应用改进 [J]. 设备管理与维修, 2022(13): 67-69.
[3] 高波, 郑军. FELUWA 高压煤浆泵故障案例分析 [J]. 氮肥与合成气, 2022, 50(7): 52-54.
[4] 边亭亭, 罗腾齐, 黄公青, 等. 煤气化装置多元料浆泵软管破裂的原因分析及对策 [J]. 氮肥与合成气, 2025, 53(6): 46-48, 51.
[5] 金洪伟. Tricon 系统介绍及其在煤直接液化高压油煤浆进料泵国产化上的应用 [J]. 户外装备, 2021(4): 127-128.
[6] 许思顺. 高压煤浆泵电流异常波动分析 [J]. 能源化工, 2025, 46(3): 79-81.
[7] 孔德升, 马廷卫, 马艳军. 高压煤浆泵标定方法及注意事项 [J]. 大氮肥, 2024, 47(5): 298-301.
[8] 曹昆朋, 魏静. 浅谈高压煤浆泵的运行维护管理 [J]. 氮肥与合成气, 2024, 52(1): 33-36.
[9] 周政. 高压煤浆泵电气控制系统改进小结 [J]. 中氮肥, 2022(2): 58-61.
[10] 杨振江. 德士古水煤浆气化工工艺高压煤浆泵运行探讨 [J]. 化工管理, 2024(36): 144-147.