

先进碳材料技术创新对产业经济发展的驱动作用研究

韩 飞 彭效举 张景林 (山东胜星化工有限公司, 山东 东营 257300)

摘 要: 先进碳材料技术创新显著驱动产业经济发展, 石油化工产业经济效益得以提升, 生产成本下降, 高附加值产品开发出来, 市场竞争力增强, 产业结构实现升级; 贸易流通领域持续发展, 产品结构优化, 运输效率提升, 仓储模式革新, 供应链格局重塑; 油气储运及物流体系不断优化, 管道输送性能提升, 存储设施改进, 运输设备优化, 物流管理体系逐步完善。

关键词: 先进碳材料; 技术创新; 产业经济; 贸易流通; 油气储运

中图分类号: F426.72

文献标识码: A

文章编号: 1674-5167 (2025) 026-0019-03

Research on the driving effect of advanced carbon material technology innovation on industrial economic development

Han Fei, Peng Xiaojun, Zhang Jinglin (Shandong Shengxing Chemical Co., Ltd., Dongying Shandong 257300, China)

Abstract: Advancements in advanced carbon materials have significantly driven industrial economic development. The petrochemical industry has seen improved profitability, reduced production costs, and the creation of high-value-added products, thereby enhancing market competitiveness and upgrading industrial structures. In the trade and distribution sector, continuous progress has been made through optimized product structures, enhanced transportation efficiency, innovative warehousing models, and reshaped supply chain frameworks. Meanwhile, the oil and gas storage, transportation, and logistics systems have been continuously upgraded, featuring improved pipeline performance, enhanced storage facilities, optimized transport equipment, and gradually refined logistics management systems.

Keywords: advanced carbon materials; technological innovation; industrial economy; trade circulation; oil and gas storage and transportation

先进碳材料技术创新正深刻影响着产业经济发展的格局, 全球产业在升级, 技术在变革, 浪潮之中, 它是关键驱动力, 已渗透到石油化工、贸易流通、油气储运及物流等多个领域。产业经济效益得到提升, 贸易领域有了革新, 储运与物流体系持续优化, 先进碳材料技术创新的多维作用正日益凸显, 显露出对产业经济发展的强劲推动势能, 各领域发展因此获得新的活力注入。

1 先进碳材料技术创新对石油化工产业经济效益的提升

1.1 生产成本的降低与资源利用效率的提高

先进碳材料技术创新在石油化工产业, 极大促使生产成本降低, 资源利用效率提升, 生产工艺层面, 新型碳催化剂的研发与应用, 显著优化化学反应过程, 石化常见的催化裂化反应, 碳基催化剂凭借独特孔隙结构与高比表面积, 能在较低温度和压力条件下高效催化, 传统催化剂与之相比, 反应温度可降低 50–100℃, 压力降低 0.5–1.0MPa, 能源消耗因此大幅减少。原料处理环节, 先进碳材料技术有助于实现石油资源深度加工, 石油焦的精细化处理技术创新, 可将原本利用率较低的石油焦转化为高附加值碳材料产品, 像针状焦、负极材料专用焦等, 石油资源综合利用率从

以往 60%–70% 提升至 80%–90%, 单位产品的原料成本得以有效降低。

1.2 高附加值产品的开发与产品结构优化

石油化工产业借助先进碳材料技术创新, 成功开发出一系列高附加值产品, 推动着产品结构的优化升级, 新能源领域需求持续增长, 石化企业依托自身原料基础, 经过技术创新生产出适用于锂离子电池的负极材料专用焦, 这种材料的比容量稳定在 350–380mAh/g 区间, 首效数值超过 90%, 实际应用中能有效提升电池的续航时长与充放电稳定性, 其市场交易价格相比普通石油焦产品高出数倍^[1]。

高端材料领域, 高品质针状焦的研发与规模化生产成为行业关注的焦点, 针状焦作为制备超高功率石墨电极的核心原料, 伴随钢铁行业技术升级进程加快, 加上新能源锂电负极材料市场规模快速扩张, 相关市场需求出现急剧上升态势, 生产工艺上进行创新调整, 采用先进的液相碳化技术手段, 能够有效控制针状焦的晶体排列结构与微观表面形貌, 使其产品质量指标达到国际先进产品标准, 切实满足了高端市场对优质针状焦的实际使用需求, 显著拉高了产品的附加值水平, 促进了石化产业整体产品结构的优化调整。

1.3 市场竞争力的增强与市场份额的扩大

先进碳材料技术创新让石油化工企业在市场竞争中赢得显著优势,推动市场份额扩大,产品性能层面,先进碳材料技术生产的产品性能卓越,碳纤维复合材料具备高强度、低密度、耐腐蚀特性,应用于航空航天、汽车制造等高端领域,航空航天领域,碳纤维复合材料制造的飞机零部件,可使飞机结构重量减轻 15%~20%,实际使用中降低燃油消耗与运营成本,提升飞机飞行性能与安全系数,在航空材料市场占据竞争优势。市场拓展环节,企业经过技术创新持续开发新应用领域,拓展市场边界,“双碳”战略推进过程中,石化企业开发出低排预焙阳极专用焦,使用中减少电解铝过程的能耗、物耗和碳排放,契合电解铝行业绿色低碳发展需求,成功打开新市场空间,提升企业在相关市场的份额占比。

1.4 产业结构的升级与产业链延伸

先进碳材料技术创新加速石油化工产业结构升级,促进产业链延伸,产业结构上,技术创新推动石化产业从传统炼油和基础化工产品生产,转向高端碳材料生产等技术密集型、高附加值领域,一些石化企业加大碳纤维、石墨烯等先进碳材料研发与生产投入,逐步减少对传统低附加值产品依赖,实现产业结构优化升级。产业链延伸上,先进碳材料技术创新带动上下游产业协同发展,上游石化原料生产企业为先进碳材料生产提供充足原料保障,下游催生一系列新兴产业,以碳纤维复合材料为基础的高端装备制造产业、以碳纳米管为关键材料的电子器件产业等都在此列,产业链延伸增强产业整体竞争力,创造更多经济增长点,推动产业经济持续发展。

2 先进碳材料技术创新对贸易流通领域的推动

2.1 产品结构优化与贸易品类拓展

先进碳材料技术创新推动石油化工等相关产业产品结构优化,拓展贸易流通领域产品品类,高端碳材料领域,技术创新实现针状焦、负极材料专用焦等产品规模化生产应用,针状焦用于制备超高功率石墨电极,钢铁行业加快转型升级步伐,新能源锂电负极材料市场快速兴起,带动其市场需求出现急剧增长态势,生产工艺上进行创新调整,改进液相碳化技术参数,企业能够有效控制针状焦的晶体排列结构与微观表面形貌,提升产品各项质量指标,满足高端市场实际使用需求,针状焦在贸易流通中的实际交易量显著增加^[2]。新能源产业需求持续带动下,负极材料专用焦的研发与批量生产取得实质性突破,该材料具备高比容量、良好充放电循环性能,成为锂离子电池负极材料的优质选择,这一产品的出现丰富了贸易流通领域新能源相关产品的具体种类,给贸

易商带来了新的业务增长方向。

2.2 运输效率提升与物流成本降低

运输环节,先进碳材料技术创新对提升运输效率、降低物流成本作用明显,碳纤维复合材料用在物流载具上,连续纤维增强热塑性复合板材制造的碳纤维轻量化货厢,性能优势很突出,这种货厢材料密度远低于传统钢材和铝材,具体数值在 $1.2\text{g}/\text{cm}^3$ — $1.6\text{g}/\text{cm}^3$ 范围,对比钢材 $7.8\text{g}/\text{cm}^3$ 和铝材 $2.7\text{g}/\text{cm}^3$ 有大幅降低。厢式货车尺寸为 15.6m 长、2.8m 宽、3.06m 高的情况下,碳纤维轻量化货厢重量只有 3.3t,比传统同型号铝合金货厢要轻 1.3t 多,货厢重量减轻后,车辆运输过程中能耗显著降低,单次运输能够装载的货物更多,运输效率因此提高,单位货物运输成本随之降低,帮助物流企业在贸易流通中赢得成本优势。

2.3 仓储模式革新与仓储效能增强

先进碳材料技术创新推动仓储模式革新,增强仓储效能,石油焦等碳材料仓储领域,气膜仓储技术应用表现突出,山东港口东营港的千万吨碳材料综合型数字集散交易中心项目,采用约顿气膜建设气膜通用仓库,投影面积达到 32400 m^2 ,南北长度 270m,南北宽度 120m(轴线尺寸),膜顶高度 42m,包含 2m 高挡墙,气膜仓结构轻便,成本相对较低,施工进度快,能够快速满足仓储容量增加的实际需求^[3]。它的密封性和隔热性良好,实际使用中减少能源消耗,处理散装货物过程里,降低物料损失和环境污染程度,气膜仓可依照港口实际需求和未来发展计划快速拆卸、重新配置,适应不断变化的市场需求,极大提升仓储空间利用的灵活性和仓储运营的整体效能水平。

2.4 供应链格局重塑与贸易竞争力提升

先进碳材料技术创新重塑贸易流通领域供应链格局,提升相关企业贸易竞争力,国际形势呈现复杂多变态势,碳纤维产业领域,美国“对等关税”政策实施后,中国碳纤维行业面临挑战,也让国产替代进程随之加快,国内企业持续增加研发投入力度,在高纯度原丝制备工艺、高精度氧化碳化流程、表面处理技术方法等关键技术环节取得实质性突破。T300、T700 级碳纤维已实现规模化量产,T800 级碳纤维完成技术攻关工作并进入小批量生产阶段,T1000 级超高强度碳纤维目前已进入具体研发环节,产业链上下游相关企业加强联合攻关协作,共同构建起自主可控的完整产业链条,供应模式从原本依赖进口状态逐渐转变为部分产品实现出口销售,这一转变增强了在全球碳纤维贸易市场中的实际话语权,有效提升了相关企业的贸易竞争能力,改变了以往形成的供应链格局状态,推动贸易流通领域朝着更具自主性和竞争力的发展方

向持续迈进。

3 先进碳材料技术创新对油气储运及物流体系的优化

3.1 管道输送性能的提升

油气管道输送领域,先进碳材料技术创新带来显著变革,碳纤维复合材料投入应用,切实改善了管道性能,这种材料兼具轻质与高强特性,密度处于 1.5–2.0g/cm³ 区间,仅为钢材密度的四分之一左右,却能承受极高压力,深海油气开采作业中,用它制造海底输油管道,可大幅减轻管道自身重量,降低铺设过程中的难度与成本,管径 0.5m、长度 10km 的管道铺设项目里,采用碳纤维复合材料管道比传统钢材管道减轻重量约 1500t,极大减少了对铺设设备的压力要求。材料本身卓越的耐腐蚀性,能够抵御海水、油气中复杂化学物质的侵蚀作用,高含硫油气田环境中,普通钢材管道腐蚀速率达到每年 0.1–0.5mm,碳纤维复合材料管道的腐蚀速率几乎可以忽略不计,且它良好的抗疲劳性能能够应对深海环境的交变载荷,显著延长了管道的使用寿命,保障了油气输送的稳定性与连续性,减少了因管道腐蚀导致的泄漏风险与维修频次。

3.2 存储设施的改进

先进碳材料技术在油气存储设施方面实现重要改进,天然气存储中,PVDC 衍生纳米碳材料优势独特,它有均一且狭窄的孔径分布,借准凝结现象实现高效气体存储,研究显示,孔道尺寸控制在约 4–12Å 时,对天然气中甲烷存储效果最佳,实际存储应用里,PVDC 多孔碳材料制成的存储容器,相同体积下比传统存储方式容纳更多天然气。某新型天然气存储罐采用 PVDC 多孔碳材料内衬,存储量较同规格传统储罐提升约 20%–30%,PVDC 多孔碳材料的疏水性避免因吸附水、二氧化碳等杂质降低存储能力,稳定化学性质减少与存储介质反应,确保持续设施高效稳定运行,提升天然气存储安全性与经济性。

3.3 运输设备的优化

在油气运输设备领域,先进碳材料技术创新推动着设备性能的优化升级,以油罐车这类常见运输工具为例,采用碳纤维复合材料来制造罐体,能够切实减轻车身整体重量,碳纤维复合材料罐体的密度要远低于传统金属罐体,在充分保证罐体自身强度与使用安全性的前提下,能够大幅降低车辆的自重^[4]。就像一款载重量达到 30t 的油罐车,将原来的金属罐体替换成碳纤维复合材料罐体之后,车辆的自重可以减轻大约 5t,车辆自重的有效降低,使得燃油的消耗出现显著减少,在进行长途运输的过程中,每行驶一百公里的燃油消耗能够降低 10–15L,碳纤维复合材料具备良

好的耐腐蚀性,这减少了罐体因为腐蚀而产生的维护成本,它优异的抗冲击性能也进一步提升了运输过程中的安全系数,提高了油罐车的日常运营效率与实际使用寿命,在提升运输效率时,也降低了运输过程中的能源消耗与整体运营成本。

3.4 物流管理体系的完善

先进碳材料技术创新对油气物流管理体系的完善起到积极作用,油气集输环节,应用先进碳材料制成的智能传感设备,可实现对管道内油气流量、压力、温度等参数的精准监测,基于碳纳米管的传感器具有高灵敏度与快速响应特性,能实时反馈油气输送状态,将监测数据的误差控制在极小范围内,流量监测误差可控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,这些传感器还具备良好的耐高温、耐高压性能,能够适应油气输送的复杂环境^[5]。精准数据为物流管理系统提供了可靠依据,使管理人员可以及时调整输送策略,优化运输路径,合理安排存储资源,在应对突发情况时,像管道泄漏或压力异常,基于先进碳材料技术的监测系统能够迅速发出警报,并借助数据分析定位问题所在,为快速响应与处理提供有力支持,进而提升整个油气物流管理体系的智能化水平与应急处理能力,保障油气储运及物流体系的高效、安全运行。

4 结语

先进碳材料技术创新的持续向前推进,为石油化工产业注入了效能提升的强劲动力,为贸易流通领域开辟出更为广阔的发展空间,也让油气储运及物流体系变得更趋向高效,它在降低成本、优化结构、增强竞争力等多个方面所发挥的作用,正深度融入到产业发展的脉络之中。随着相关技术的不断突破,这种驱动力量将会变得更加强劲有力,为产业经济的高质量发展提供坚实稳固的支撑,助力构建起更具活力与韧性的产业生态环境。

参考文献:

- [1] 杨晓君,蒋民强,陈红光,等.上海碳纤维及其复合材料技术创新发展与展望[J].高科技纤维与应用,2024,49(05):13-24.
- [2] 梁永芳,张晖.基于专利情报分析的储能硬碳负极材料技术创新方法及路线研究[J].中国发明与专利,2024,21(10):50-57.
- [3] 任晓莉.生物质衍生碳材料的制备及其性能研究[M].化学工业出版社:2022.
- [4] 朱锦,生物基高分子材料技术与应用创新团队[R].浙江:中国科学院宁波材料技术与工程研究所,2021.
- [5] 陈文佳,湛凯.加快提升浙江省新材料技术创新能力的对策研究[J].科技通报,2024,40(06):101-105.