

鄂尔多斯煤制油：绿动煤制油：科创赋能国家能源战略，低碳引领“煤”好未来

摘要：面对国际能源格局深刻变革和海上能源运输通道风险加剧的严峻形势，基于“富煤、贫油、少气”的能源资源禀赋，我国将煤制油技术定位为保障国家能源安全的战略选择。煤制油公司坚决贯彻习近平总书记关于煤制油煤化工产业的重要指示批示精神，认真落实集团公司发展战略，积极践行全球 ESG 标准体系，构建产学研用深度融合创新体系，全面深化改革，提升治企效能，通过科技创新促进煤直接液化技术迭代升级，延伸煤直接液化产品链，构建煤基产品标准体系，助力传统能源绿色低碳转型，推动煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展，为保障国家能源安全提供强劲动能，开启“煤”好未来。

一、实施背景

（一）我国能源安全现状与煤制油战略定位

当前，国际能源格局深刻演变，欧洲能源危机持续发酵，全球石油贸易海上运输通道风险攀升。而我国的能源结构为“富煤、贫油、少气”，石油的对外依存度已超过百分之七十，能源安全存在极大不确定性，因此将煤制油技术列为保障国家能源安全的战略支撑是必然选择。习近平总书记曾明确指出，“煤制油作为国家的能源战略，对国家经济发展和长治久安是一个重要的战略安排。煤炭作为我国能源结构的主要组成部分，把煤炭产业做大、做强、做好，具有深远的战略意义。”



图为 2009 年时任中共中央政治局常委、中央书记处书记、国家副主席习近平视察煤直接液化现场

（二）煤制油公司的职责使命与发展现状

国家能源集团肩负着保障国家能源安全与推动能源绿色低碳转型发展的双重使命。作为集团重要成员，煤制油公司遵循“建设‘创新引领、以煤为基、多能互补、产业协同、绿色低碳、数字智能’的世界一流能源供应商”的发展愿景，积极应对全球 ESG 标准升级，以技术创新驱动管理创效，发挥科技创新、产业控制和安全支撑“三个作用”，努力做强做优，增强产业链供应链韧性与安全水平，彰显央企担当。同时，对标世界一流企业，推动“三项制度”改革，开展“四基”建设，落实“四化”管理理念，在科技创新、价值创造、深化改革、绿色低碳上真抓实干。通过精益化管理和持续改进，增强核心功能和竞争力，努力成为落实新发展理念、创新驱动发展和实施国家重大战略的“三个排头兵”，发挥示范引领作用，推动可持续增长和高质量发展。



图为煤制油公司鸟瞰图

煤制油公司是国家能源集团的全资公司，位于内蒙古鄂尔多斯市伊金霍洛旗乌兰木伦镇，运营世界首套、全球唯一的百万吨级煤直接液化生产线、世界煤化工首个 10 万吨/年全流程 CO₂ 捕集封存项目、世界首套 35 万吨/年油渣萃取装置和一条 18 万吨/年煤间接液化生产线。主要产品为煤基柴油、石脑油、汽油、液化气、煤基特种燃料和煤基沥青，副产品有粗酚、液氧、液氮、液体二氧化碳等，煤基特种燃料研发应用已取得重要阶段性成果，主要性能指标达到世界领先水平。该公司现有员工 2095 人，本科及以上学历者占比 77%，具有中高级职称的员工占比 26.8%，管理和专业技术人员占比 19.3%，党员占比 31%。

2002 年，煤直接液化被列为国家重大科技攻关项目。2004 年，首个百万吨级煤直接液化示范项目开工建设。2008 年底投料试车并一次性投产成功，2011 年步入商业化运营，开创了煤制油产业“从无到有”的新局面。经过二十年创新发展，公司已形成集科研、生产、销售于一体的完整产业体系。

（三）发展中面临的挑战和努力方向

2021 年，习近平总书记视察国能榆林化工公司并发表重要讲话，指出“煤化工产业潜力巨大、大有前途，要提高煤炭作为化工原料的综合利用效能，促进煤化工产业高端化、多元化、低碳化发展，把加强科技创新作为最紧迫任务，加快关键核心技术攻关，积极发展煤基特种燃料、煤基生物可降解材料等。”

总书记的讲话为产业发展注入了强大信心。然而，通往高端化、多元化、低碳化的发展征程绝非坦途，面临着技术创新、经济效益与环境效益协同等多重挑战。作为我国现代煤化工产业的开拓者与引领者，煤制油公司牢记总书记嘱托，将挑战视为使命，将压力转化为攻坚克难的动力，坚定不移地推进关键核心技术突破与产品研发推广，奋力书写新时代的产业答卷，展现时代担当。

一是筑牢国家能源安全屏障。通过持续创新和设备国产化攻坚，掌握百万吨级煤直接液化关键核心技术，推动能源装备升级，构建非石油基战略能源供给体系，为保障国家能源安全提供科技支撑。

二是推动煤化工产业高端多元化发展。以“世界首套百万吨级煤直接液化技术”为引领，以煤基特种燃料和煤基沥青等高端、多元化产品供给带动煤化工产业升级，推动高质量发展。

三是引领传统能源低碳转型。煤直接液化项目实现产业化运行，推动高碳资源低碳化利用，实现煤炭由燃料向原料的高效转变，并以绿色发展理念和 CCS 项目、污水零排放、“无废工厂”建设等实践，实现了煤炭资源的就地转化和清洁、高效利用，带动煤化工产业健康可持续发展。

二、主要做法

（一）坚持自主创新——聚焦关键核心技术装备攻关

1.构建产学研用深度融合的创新体系

面对全世界化工行业最复杂的工况与严苛需求，公司积极推动“产学研用”深度融合，联合政府部门、科研院所及国内高校共建跨领域协同创新平台，充分汇聚各方核心优势。通过开展流体模拟计算、有限元分析与小试实验等系统研究，为技术持续优化提供坚实的理论支撑。同时，通过与石油化工科学研究院等专业院所开展钨系加氢改质催化剂的优化、开发和评价等，有效贯通从理论研究到产业应用的关键环节，实现技术创新成果向 ESG 实践效能的高质量转化。为培育与产业发展相适应的创新型人才，系统推进“优秀专家-大国工匠-青年人才”三支队伍建设，构建分层分类的全周期培训体系，创新采用导师带徒、仿真模拟等多元培养模式，并配套“选拔-培育-评价-推荐-奖励-示范”六位一体机制。截至 2024 年储备高端人才 55 名，含集团首席工程师 1 名、国能工匠 9 名，内部遴选工程硕博导师 5 名，为技术创新提供核心智力支持。在研发投入方面，建立健全稳定增长、动态调整的投入机制，2024 年科技研发投入达 3 亿元，投入强度达到 4.5%，居集团前列。

2.首创技术实现科技自立自强

煤制油公司牢固树立“创新是企业的第一动力”理念，不断丰富煤直接液化创新发展支撑，取得丰硕成果。首创高效现代煤直接液化工艺和工程化技术，实现了世界范围内的现代煤直接液化首次工业化。优化集成煤化工、石油化工和无机

化工等领域技术，集成创新成套工业化技术，构建了完整的煤直接液化技术体系。首创煤直接液化高效转化工艺并成功放大 1000 倍，实现了煤的高效定向转化。首创合成煤粉担载的高效煤直接液化催化剂并成功放大 1000 倍。首次实现了煤制油化工 CO₂ 捕集、陆相低孔低渗咸水层封存、监测预警评价体系为一体的 CCS 技术集成，成功建设运行亚洲首套全流程 10 万吨/年 CCS 示范工程。

3.关键装备“中国制造”增强底气

针对制约装置安稳优运行的“卡脖子”难题，联合中国一重、中核苏阀等行业领军企业与合肥通用机械研究院等院校持续进行攻关，推动实现了高差压减压阀、煤直接液化反应器、高温高压油煤浆进料泵、物料分配柱塞阀等多个关键设备的国产化。其中，高差压减压阀阀芯的使用寿命从改造前的 70 多小时延长到 3000 小时，整套系统可实现连续在线切换运行。高压进料泵连续运行 7437 小时创纪录，13 台耐磨离心泵国产化后，一个使用周期可节约近 5000 万元。国产进料泵实现了从小流量三柱塞的成功应用到更大流量五柱塞产品的开发，大幅降低了项目投资。被誉为煤液化装置“生命线”的煤直接液化高温高压物料分配柱塞阀，首次工程化应用后，现已实现连续、安全稳定运行 10272 小时，顺利通过项目验收。国产化煤液化反应器攻克了过渡段筒节绿色制造工艺，通过优化防沉积技术延长了运行周期，为产业链安全提供硬核支撑。

（二）坚持高端多元——丰富产品体系延链补链强链

1.积极发展煤基特种燃料

煤直接液化油品具有区别于石油基油品的大比重、高体积热值、高体积比热容、高热安定性、低硫、低氮、低芳烃、低凝点的“一大三高四低”特性，是不可多得的优异、清洁油品，具有作为国防和航空航天领域特种油品的潜质，应用前景极高。2017 年以来，习近平总书记多次就煤基特种燃料研发应用作出重要指示批示。集团公司依托煤炭直接液化国家工程实验室成立了航空油品研究室、低凝点油品研究室等科研机构。公司在集团支持下，积极践行能源安全新战略，坚持走差异化发展路线，研发煤基特种燃料，构建了涵盖“陆、海、空、天”全领域的稀缺性高端产品体系，可满足在极寒、高热等特殊环境与航空航天等领域对高性能燃料的需求。

2.开发碳素新材料

组织成立碳材料创新孵化中心，建立协同创新机制，围绕煤直接液化沥青直接利用和脱灰利用方向，加快推进高端沥青产品开发利用。紧抓新能源赛道，自主完成研发建设的以煤直接液化沥青为原料的针状焦中试装置已实现连续 14 个周期稳定运行，产品全部分析数据达到针状焦国标优级品水平，可为超高功率电极和高品质负极提供优质原料，为后续实施高端炭素材料研发应用抢占先机。与科研院所联合研究生产的防水材料和超硬质道路沥青已取得阶段性成果。开发基于煤液化沥青的直投式沥青改性剂配方和沥青改性剂制备新工艺，推动内蒙古地方标准《煤液化沥青复合改性剂应用技术规范》发布实施，并成功入选内蒙古自治区新型低碳公路材料院士创新中心成果转化推广目录。

3.开辟氢气综合利用新路径

依托国家重点研发计划项目“燃料电池车用氢气纯化技术”子课题“煤基脱碳氢气规模化验证评价”，建成了煤基脱碳氢气纯化示范装置，所产氢气纯度高，可作为燃料电池用氢气，为稳定、可靠、低成本氢源获取提供了可行路径，为煤化工副产氢气的商业化应用奠定了基础，目前正在进一步推进氢气产品销售全流程建设。同时组织成立了联合专班，加快推进 10 吨/天蓝氢综合利用项目前期工作，在氢能与新能源利用方面开展多方向探索。

（三）坚持绿色低碳——打造煤化工行业清洁发展标杆

1.“一水多用”破解水资源利用难题

面对“煤直接液化污水治理”这块公认难啃的硬骨头，利用“清污分离、污污分治、一水多用”的治理方法，提高了废水利用率，并探索应用浓盐水分质结晶等前沿技术，将其在系统内部“吃干榨净”，实现了污水零排放。同时为了更好地保护地下水资源，主动选择地表水净化替代地下水工程，建成投资 2.5 亿元的净水系统，通过管道引入储存在“地下水库”的矿井水和煤矿疏干水，经过净化处理后作为生产用水，大量减少了新鲜水用量。

2.废气综合治理守护蓝天碧水

该公司建成亚洲首套 10 万吨/年 CCS 示范装置，在完成封存 30 万吨二氧化碳的研究任务后持续进行监测，并根据市场需要生产液态二氧化碳产品。同时积极推进百万吨级 CCUS 示范基地建设，为实现“双碳”目标作出积极贡献。并持续加大技术资金投入，有计划、有步骤、系统性地实施装置环保减排升级改造。针对三台热电站锅炉实施烟气超低排放技术改造，新增锅炉、加热炉等装置的烟气在线监测系统，实现了对烟气的实时监控。通过建设硫磺回收烟气治理项目、恶臭气体治理装置、加氢稳定原料罐区及汽车装卸设施挥发性有机物治理技改项目等，对装置排放的废气和尾气进行深度处理和指标优化。投运低热值排放气回收利用项目，对生产过程中排放的酸性气、PSA 尾气、煤气化气、变换闪蒸气等进行全部回收再利用，让装置现场环境更加清新。

3.固废资源化利用打造“无废工厂”

本着源头减量、资源化利用、无害化处置的原则，采用原料替代、工艺改造、技术更新等措施，扎实推进固废综合治理。针对煤直接液化生产过程中产生的“残渣”——煤液化沥青，建成投产世界首套 35 万吨/年油渣萃取示范装置，以煤液化沥青为原料，萃取生产出不同等级的煤液化沥青产品，变“废”为宝，提升了产品的附加值。经过萃取的沥青产品具有高软化点、低硫、低氮、高芳烃环烷烃等特点，由于全流程加氢，相较市场的其他沥青产品更加环保。主导建立《煤液化沥青》产品国家标准，实现了煤基沥青产品化、资源化管理。针对生产过程中产生的煤泥及污泥，通过自备电厂进行协同处理，并将粉煤灰、硫酸铵等固体废弃物作为混凝土、化肥原料进行销售。通过运用多种措施，实现了固废的全部资源化、无害化利用，为美丽中国建设助力添彩。

（四）坚持精益管理——驱动治理效能持续提升

1.落实现代企业制度增强发展动能

在公司治理中，明确党委重大事项前置研究程序，发挥总经理办公会专题议

事作用，动态优化权责清单和管理授权手册，健全完善决策管理体系与决策督办机制，实现治理机制协调运转、有效制衡。推动制度立、改、废、释全生命周期规范化、科学化管理，实现法律审核 100% 嵌入业务流程，做实全方位“伴随式”法律支持。常态化开展重点领域审计监督，推动标本兼治。刚性推行中层干部任期制与契约化管理，全面实施竞聘上岗与 1 年试聘期考核，建立“人人有契约、肩上有担子”的责任传导机制。全面推进全员绩效考核工作，将年度绩效考核结果与各单位评优评先直接挂钩。建立差异化薪酬分配机制，重点向生产一线和核心技术岗位倾斜，实现收入“能增能减”，充分激发员工队伍活力。同时，将履行社会责任融入公司的生产经营全过程，组织开展村企共建、消费帮扶、志愿服务、社会救援等活动，凝聚正能量，为企业发展营造良好内外部环境。

2.开展专项行动全面推进提质增效

组织实施提质增效专项行动，全面开展增利因素盘点分析，将成本管控贯穿于投资决策、工程建设、生产运营全过程。安全生产领域通过设备高负荷运行、研石分选利用、固废自行消纳等增效；设备管理端推进油煤浆换热器研发等技改，实施修旧利废降本；工程建设中投建低热值气回收项目年节煤 2.6 万吨，建设神东供热项目减少外购电；管理中强化预算管控，争取财税优惠，优化库存管理，通过大宗物资框架采购降本，并组织开展劳动竞赛激励提升效能，落实巡视整改和巡察监督保障执行。

3.深化数智建设筑牢生产安全根基

公司以青年创新创效工作室为载体，聚焦煤直接液化工程特性，针对信息壁垒、数据孤岛及状态监测价值转化不足等问题，通过大数据分析产业深度协同的创新模式，在集团信息化总体架构下重构了以本质安全为核心的智慧化管理体系。共投入近亿元，深度参与国家能源集团智慧化工项目，建成生产运营综合管控系统、MES 系统等 10 个智慧化统建项目（9 项已投用，1 项在建）。自建项目已完成 AI 视频监控、工业控制系统网络安全、高级报警等 8 项，正在实施设备数字化智慧平台、实验室管理系统国产化升级等 10 个新项目，为行业数字化转型提供示范路径。

三、实施效果

（一）凸显战略价值，点煤成金启新程

公司依托煤直接液化技术，开发出具备“一大三高四低”特性的煤基特种油品，成功应用于航天领域，破解了国内航天煤油资源有限、来源单一的瓶颈。2024 年，煤直接液化制备航天煤油的成套工艺获能源行业科技创新成果奖。同年 11 月 30 日，煤基航天煤油作为长征十二号火箭主动力燃料在海南文昌首飞成功，标志着我国成为全球首个实现煤基燃料航天应用的国家，技术水平国际领先。央视、新华网等主流媒体广泛报道此里程碑事件。与此同时，公司已构建煤基碳素新材料高端产品研发矩阵体系，未来可有效突破传统煤化工企业以单一油品为主导的产业格局，向“油—化—新材料”多元转变，进一步延伸产业链。



图为我国新型运载火箭长征十二号运载火箭点火起飞现场

（二）斩获多项成果，持续保持技术领先

该公司获多项国家级奖项，包括 2017 年“煤制油品/烯烃大型现代化煤化工成套技术开发及应用”国家科技进步一等奖（煤化工领域首次）、专利金奖、煤炭科技特等奖及工业大奖表彰奖。拥有专利 337 项，参与制定国家标准 6 项，主导制定行业产品标准 22 项，核心技术获 9 个国家和地区专利授权。装备国产化攻坚成效显著，关键设备国产化率从 70%提升至 98%，通过持续创新，实现了国产装备从量的积累到质的飞跃，全面提升了系统效能，为装置的安稳优运行铺平了道路，为我国大型煤化工项目装备选型提供了重要支撑。



图为百万吨级煤直接液化反应器

（三）提升经济价值，彰显主力军担当

公司始终将价值创造作为核心导向，2011 年至 2024 年，首条生产线累计转化煤炭 3941.78 万吨，生产油品 1156.71 万吨。装置运行安全稳定，单周期运行最高达 428 天（远超 310 天设计值）。项目的实施有力推动煤化工全产业链升级，上游环节，带动特种燃料和特种材料研发突破；中游环节，促进大型压力容器等特种装备制造、精密仪表加工等行业技术进步；下游环节，为煤制油产品提供优质深加工原料。这些成果不仅优化了煤炭富集地区产业结构，更成为区域经济高质量发展的典范。

（四）践行社会责任，赋能企业长远发展

该公司作为煤制油煤化工行业人才培养的重要基地，培养专业技术人才超 2000 名，间接带动就业超万人，并派驻援疆干部支援边疆经济建设。在驻地区域组织开展无偿献血、植树绿化等志愿活动，实施“村企共建”项目，捐赠资金用于花亥图村的基础设施建设和旅游开发，有效促进当地就业和创业。并积极开展消费帮扶，荣获当地政府颁发的“优秀帮扶企业”称号。作为国家危险化学品应急救援基地，社会救援覆盖蒙陕晋边界 250 公里区域，累计完成社会救援 487 次，安全疏散群众千余人次，挽回经济损失上亿元，为维护周边社会稳定作出了积极贡献。



图为煤制油公司开展社会救援现场

（五）彰显环保价值，引领绿色低碳未来

经过不懈努力，公司在水资源管理中取得丰硕成果，使污水回用率达 98%，实现污水零排放。通过使用周边煤矿净化疏干水进行生产补水，完全替代工业地

下水使用。持续优化工艺生产流程，吨油水耗降至 5.82 吨，为行业树立了全新标准。此外，建成的亚洲首套 10 万吨/年 CCS 示范装置为碳减排探索了可实施路径。运行了 35 万吨/年油渣萃取装置，使油渣综合利用率超 95%，并研发了出针状焦、超级活性炭产品。废气治理升级后，排放指标优于国标。获自治区安全文化示范企业和鄂尔多斯市“无废工厂”称号，连续三年（2021-2023）获中国石油和化学工业联合会能效“领跑者”标杆企业称号，推动行业绿色转型。



图为亚洲首套 10 万吨/年 CCS 示范工程

未来，煤制油公司将始终牢记习近平总书记的嘱托，坚持“旗帜领航，干在实处，走在前列”，胸怀“国之大者”，扛牢保障国家能源安全政治责任，努力创建低碳转型中国范例，强化能源安全科技屏障，不断扩大我国现代煤化工产业优势，努力打造“国之重器”，在新时代科技报国、能源报国的征程上谱写崭新华章。