

基于“双碳”背景下催化剂产业的机遇与挑战

康 宁 (中国石化催化剂有限公司上海分公司, 上海 201507)

摘要: 中国致力于在2030年之前实现碳排放峰值, 并积极推动在2060年之前完成温室气体净零排放目标, 在此背景下, 石油炼化行业和化工行业受到了不同的影响, 催化剂行业如何面对这一机遇与挑战, 成为了亟待解决的问题。

关键词: 碳中和; 碳达峰; 催化剂; 机遇与挑战

中图分类号: TQ426 文献标识码: A 文章编号: 1674-5167 (2025) 014-0001-03

Opportunities and Challenges in the Catalyst Industry under the “Dual Carbon” Background

Kang Ning(SINOPEC Catalyst Co., Ltd. Shanghai Branch, Shanghai 201507, China)

Abstract: China is committed to achieving its carbon emissions peak by 2030 and actively promoting the goal of net-zero greenhouse gas emissions by 2060. Against this backdrop, the petroleum refining and chemical industries are facing varying impacts. How the catalyst industry addresses these opportunities and challenges has become an urgent issue to resolve.

Keywords: carbon neutrality; carbon peak; catalyst; opportunities and challenges

在2020年9月22日举行的第七十五届联合国大会一般性辩论中, 国家领导人郑重宣布, 中国将进一步提升国家自主贡献力度, 实施更加强有力的政策措施, 力争在2030年前实现二氧化碳排放达峰, 并争取在2060年前达成碳中和。这一战略目标被简称为“双碳”目标。

“双碳”目标的“碳”是指二氧化碳(CO_2), 是全球最重要的温室气体。除二氧化碳之外, 还有甲烷、氧化亚氮等其他6种温室气体。碳达峰是指全球、国家、城市、企业等不同主体的二氧化碳排放在由上升转为稳定下降的过程, 碳排放的最高点即为碳排放峰值。由于达峰过程存在波动性, 一般需要过5年回溯确认。目前, 欧美等主要发达国家已经实现碳达峰, 而我国虽然“十一五”以来单位GDP的碳排放强度持续下降, 但碳排放绝对值尚未达峰。碳达峰是一个调整过渡期, 绝不能成为抢上高碳项目的“碳冲锋”或“攀高峰”。碳中和是指不同主体在一段时间内人为碳排放源与人为碳吸收达到平衡的状态。据测算, 2011年至2020年, 全球平均人为二氧化碳排放约390亿吨/年, 大约50%被陆地生态系统和海洋吸收, 有50%留在大气中。那是不是全球碳排放减少50%就可以碳中和了? 其实不然。自然生态系统本来是平衡的, 人为碳排放打破了自然平衡。因此碳中和强调, 只有人为碳吸收才能用来平衡人为碳排放。自然生态系统的确吸收了一定的人为碳排放, 但吸收能力在逐步下降, 而且已经深受其害。例如, 海洋吸收二氧化碳造成了酸化问题。因此, 实现碳中和, 首先必须大

力减排, 不要高估自然碳吸收的作用, 不能寄希望于自然碳吸收来平衡碳排放。因此, 人为碳吸收与人为碳排放源相平衡才叫作碳中和。

催化剂是一种能够加速化学反应进程的物质, 其作用机理在于降低反应活化能, 从而提升反应速率。值得注意的是, 催化剂并不会改变反应的总标准吉布斯自由能变化, 也不会影响化学平衡的位置。在反应过程中, 催化剂本身的质量和化学性质均保持不变, 这使得它能够在反应结束后被回收并重复使用。这种特性使催化剂在工业生产中具有重要的应用价值。在工业领域, 催化剂的应用极为广泛, 据统计, 约有90%以上的工业过程中使用催化剂, 而石油炼化企业和化工企业则是工业化催化剂的主要应用场所。近年来, 在全球经济逐步回暖及能源消费需求持续扩大的背景下, 石油炼化产业呈现出稳步上升的发展趋势。

2019至2023年, 催化剂行业石油炼化领域市场规模从175.5亿元增长至208.5亿元。石油炼化市场规模的增长主要得益于全球经济的复苏和能源需求的增长, 以及中国政府对绿色低碳化工的大力推动。此外, 新型催化剂在节能减排、提高生产效率方面的显著效果也促进了市场规模的扩大。近几年, 绿色化已成为我国催化剂行业发展的关键趋势。在全球环保意识不断提升与环保政策持续强化的背景下, 催化剂行业承受着日益沉重的环保压力, 绿色转型迫在眉睫。在“双碳”背景下, 炼化产业和化工产业所面临的一系列机遇与挑战对催化剂产业的发展都有一定的深远影响。

1 炼化行业变革对于催化剂产业的机遇与挑战

2021年下半年国务院发布《2030年前碳达峰行动方案》，国家发改委发布《完善能源消费强度和总量双控制度方案》，国家发展改革委员会等五部委共同印发《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）》等文件，一系列产业政策相继出台，旨在引导各地区科学有序推进高耗能行业节能降碳技术改造，有效遏制高耗能、高排放项目的无序扩张，为达成双碳目标提供坚实保障。在此背景下，推动碳减排与能耗降低将成为炼化行业未来发展的核心方向。

1.1 炼油产能过剩加剧，淘汰落后产能大势所趋

截至2019年，我国炼油能力已攀升至8.9亿吨/年。在“十四五”规划期间，多个炼化一体化项目陆续投产，预计到2025年，全国炼油能力将进一步提升至9.8亿吨/年。然而，《2030年前碳达峰行动方案》明确提出，到2025年，国内原油一次加工能力需控制在10亿吨/年以内，同时主要产品产能利用率需提升至80%以上，预示着我国油品及炼油副产品供应将面临明确的产能上限。

另一方面，在电动汽车和可再生能源快速发展的背景下，成品油市场面临供应过剩的压力不断加剧，这加速了炼油行业落后产能的淘汰进程。据估算，未来4年内，我国原油一次加工能力需淘汰5000万吨/年。

炼油能力的严控必将影响下游基础化工的发展，淘汰炼油落后产能使得来自炼厂副产液化气石油焦、硫磺、沥青等产品供应和贸易流向受到影响，其中影响较大的是碳四资源减少，炼化一体化工厂由于乙烯原料轻质化改造及烷基化油项目的建设基本实现碳四资源自用。

受炼油产能过剩影响，催化剂产业中炼油催化剂的发展亦会收到影响。

1.2 传统大宗石化产品竞争激烈，向下游高端化延伸

随着全球经济一体化和科技进步，石油化工行业的产能规模持续扩大。各大石油企业持续加大资本投入，着力提升生产效率，与此同时，新兴经济体和发展中国家对石化产品的需求呈现快速增长态势，为行业创造了广阔的发展空间。然而，市场竞争日趋白热化，企业纷纷通过并购重组、战略联盟等途径优化资源配置，以增强自身竞争力。炼化一体化工厂在减油增化，燃料型炼厂转产化工原料，传统大宗石化产品供应急剧增加，而需求已进入减速发展期，预计到2025年国内大宗石化产品将面临70%左右的过剩。

1.3 原料向多元化方向发展，轻烃资源利用成为热点

炼化行业将逐步形成以石油、油田轻烃、二氧化

碳、工业尾气、生物质及废弃高分子材料等多源原料并存的供应体系。这种多元化的原料结构将推动行业向更高效、更可持续的方向发展。轻烃原料路线的新技术应用是实现节能减排的有效途径，甲烷制乙烯、丙烷制丙烯酸、丙烷制烯腈等技术正在进行技术迭代升级。原油直接裂解制乙烯大大缩短生产流程，降低生产成本，大幅降低能耗和碳排放。轻烃在石化行业中的应用正变得更加广泛，特别是在合成树脂、塑料制品和新型燃料方面。轻烃行业的增长受益于炼化产业的升级、新能源汽车及相关材料需求的激增，以及绿色环保政策的推动。预计2024—2030年间，中国轻烃行业将迎来显著增长，并逐步成为全球轻烃生产和消费的重要力量。

综合以上三点，炼油催化剂市场在未来有可能会进一步萎缩，不宜继续扩大炼油催化剂产能，催化剂在炼油行业中的应用需走向多样化，革新化的格局。

2 化工行业变革对催化剂产业的机遇与挑战

2.1 高端聚烯烃产业发展迅速

2020年我国高端聚烯烃产量约580万吨，消费量1280万吨，自给率仅45%，对进口依存度较高。国外 α -烯烃生产能力达535.3万吨/年，而我国大规模 α -烯烃生产仍处于空白。国内以乙烯三聚生产1-己烯为主，产能较小，与国外差距较大。中石化、中石油正在引领国内聚烯烃产品逐步向高端化升级，提高技术转化和应用。

用于光伏封装胶膜的聚烯烃弹性体（POE）和乙烯-醋酸乙烯酯（EVA）发展前景看好。2019年国内POE消费量为25万吨，全部依赖进口。随着国内光伏双玻组件、双面电池的大规模应用，POE胶膜将进一步提升市场规模。目前，万华化学、山东京博、惠生公司、天津石化、茂名石化等企业从中试到产业化项目已进入赛道。

2019年我国光伏级EVA产量仅13.4万吨，消费量53.19万吨，进口依存度高达75%。国内EVA产品主要以中低端发泡为主，光伏、涂覆、膜料等EVA高端产品较少；高VA含量的高端产品仍依赖进口。国内在建的EVA生产能力为175万吨/年，产能将翻番。但新建EVA装置生产光伏膜料需要较长装置调试和探索磨合期，未来1~2年光伏料供应仍然紧张。

国内超高分子量聚乙烯（UHMWPE）以生产中低端产品为主，进口料占领了高端市场。目前有效产能5.2万吨/年，在建产能23万吨/年。随着UHMWPE国产化技术的突破，投资进入高速增长期。未来低端板材、纤维民用产品竞争激烈，军用材料、锂电隔膜、滤材、医疗等领域发展潜力大。

未来聚烯烃催化剂市场前景广阔，发展潜力大。

2.2 绿色低碳工艺对高能耗/高污染工艺的替代

“双碳”背景下，相关高耗能的化工行业将会面临一次深度的供给侧结构性改革，电石作为高污染、高耗能、高碳排放的“三高”产品，发展受限。国内电石原料路线的化工产品主要有PVC、醋酸乙烯、BDO等，其中电石法占据了总产能的80%左右。

能耗双控下，电石供应受限，生产成本增加，价格强势上涨，带动下游PVC、醋酸乙烯、BDO等产品价格暴涨，终端产品承压较大。电石法PVC、醋酸乙烯、BDO产品的质量与石油化工路线的产品质量有一定差距，在高端应用上受到制约，乙烯法PVC、醋酸乙烯迎来发展的黄金周期。

2.3 煤化工面临诸多尖锐挑战，新增产能难度加大

煤化工催化剂行业作为煤化工领域的重要组成部分，自20世纪中叶以来，随着全球能源需求的不断增长和环保要求的日益严格，其发展历程可谓波澜壮阔。早期，煤化工催化剂主要用于合成氨、甲醇等基础化学品的生产，随着技术的进步，其应用范围逐渐扩展到合成树脂、合成橡胶、合成纤维等领域。进入21世纪，在全球能源转型和环保理念深化的背景下，煤化工催化剂领域正迎来崭新的发展契机。我国现代煤化工中煤制烯烃、煤制乙二醇发展最快，其中煤制烯烃产能占烯烃总产能的20%以上，煤制乙二醇产能占乙二醇产能的37%，成为石油化工产业的有益补充。当今煤化工发展遇到CO₂排放、能耗双控、市场竞争、水资源短缺等诸多挑战，新上项目难度加大。以大气污染防治为例，根据《中华人民共和国大气污染防治法》，企业排放的废气必须符合国家规定的排放标准。煤化工催化剂企业在生产过程中，若不满足排放要求，将面临罚款、停产甚至关闭的风险。以某煤化工企业为例，因未达到大气污染物排放标准，被当地环保部门罚款100万元并要求其停产整治。

对于现有的煤化工装置，考虑新能源与煤气化相结合，电解水制绿色氢气，走出化石能源消费企业用CO₂换H₂的怪圈，实现煤、化、光、电、热多联产，是目前电解水制氢成本较高的前提下，实现煤化工与新能源耦合的可行方案。

综合以上三点，在未来化工行业的发展中，催化剂产业大有可为，应作为重点研发及市场开拓方向。

3 新能源与石化产业耦合对催化剂产业的机遇与挑战

针对我国富煤贫油少气的资源禀赋，碳达峰必定要建立在对煤炭消耗的控制上。因此，终端电气化率提升和前端电力的深度脱碳是减碳降碳的关键。做好

光伏、风电等可再生能源发电与石化产业耦合是炼化行业的发展方向。今后，绿色电力供应装置用电将成为实现碳中和目标的重要途径。

绿氢——电解水制氢，氢气生产甲醇、合成氨、1,4-丁二醇(BDO)等。光伏的增量，受限于电网的消纳能力，目前“光伏+制氢”是深受青睐的发展模式。氢气的消纳和生产化工产品相结合，实现能化共轨。目前尚需解决的问题是：新能源发电的不稳定性与化工装置生产连续性的矛盾；电解水制氢生产的甲醇、合成氨成本高，缺乏经济性问题，降低风光发电制氢成本是新能源发展面临的课题。

绿氧——替代空分，降低燃烧碳排放，作为化学品生产原料。大型的炼化企业几乎都有自备电站，能大幅降低生产成本。以再生能源电力替代传统煤电，使用可再生能源电力来运行自身装置，减少二氧化碳的排放，大炼化企业积极谋划、运筹绿电项目。可以预见，未来配套绿电的大炼化企业和没配套绿电的中小化工企业的盈利能力将出现明显的分化。

在新能源快速发展的背景下，催化剂的研发方向要顺应新能源发展方向，持续推进。

4 结论

在“双碳”战略下，催化剂行业的发展重心将逐步从炼油催化剂向化工催化剂、新能源、新能源催化剂转变，催化剂产业将从工艺路线，产品结构进行全方位升级，通过推进负碳吸收技术发展，资源和能源的绿色低碳化，切实降低炼油及化工行业产业链的能耗及排放。

参考文献：

- [1] 傅向升. 谈谈全球化工企业的转型 [J]. Industry Observer, 2022(6):16-18.
- [2] 田原宇, 谢克昌, 乔英云, 等. 碳中和约束下的煤化工产业展望 [J]. 中外能源, 2022, 27(5):17-23.
- [3] 李忠, 张鹏, 孟凡会, 等. 双碳模式下碳一化工技术发展趋势 [J]. 洁净煤技术, 2022(01):28-30.
- [4] 孙仁金, 胡启迪, 荆璐瑶, 等. 石油石化行业助力中国实现“双碳”目标实施建议 [J]. 油气与新能源, 2022(3):102-104.
- [5] 王嘉, 张元波, 苏子键, 等. “碳中和”背景下高效, 低成本减碳脱硝催化剂的制备及其性能研究 [C]// 第十二届中国金属学会青年学术年会暨首届“碳中和”冶金青年科学家沙龙论文集 (二), 2024.
- [6] 胡国文, 汪宝堆. 基于学科交叉与“双碳”背景的新型化学实验的设计——以“一种纳米管光催化剂的合成, 表征及其光催化实验”为例 [J]. 云南化工, 2023, 50(4):117-120.