

“双碳”背景下煤化工产业绿色低碳发展路径探讨

■ 宋世杰 杨 岚

习近平总书记在党的二十大报告中提出，要“积极稳妥推进碳达峰碳中和”，“立足我国能源资源禀赋，坚持先立后破，有计划分步骤实施碳达峰行动”，“推动能源清洁低碳高效利用，推进工业、建筑、交通等领域清洁低碳转型”。“碳达峰碳中和”已成为我国经济社会发展一项长期的、顶层的硬约束。

我国贫油少气、煤炭资源相对丰富，煤炭是目前我国的主体能源和重要原料，我国以煤为主的能源结构短期内难以根本改变。2021年，我国原煤产量达到41.26亿吨，占全球煤炭总产量的52.3%，稳居全球第一。适度发展煤化工产业，既是国家能源战略技术储备和产能储备的需要，也是推进煤炭资源清洁高效利用和产业转型升级、推动能源经济高质量发展和保障国家能源安全的重要举措。“双碳”背景下煤化工产业面临环境保护、绿色发展的双重要求，如何有效解决煤化工“三废”问题，彻底杜绝“挖了一堆煤，冒了一股烟，脏了一滩水”现象，真正实现煤化工产业绿色低碳转型和高质量发展，已成为当下亟待思考和解决的重要议题。

国内外煤化工产业发展概况

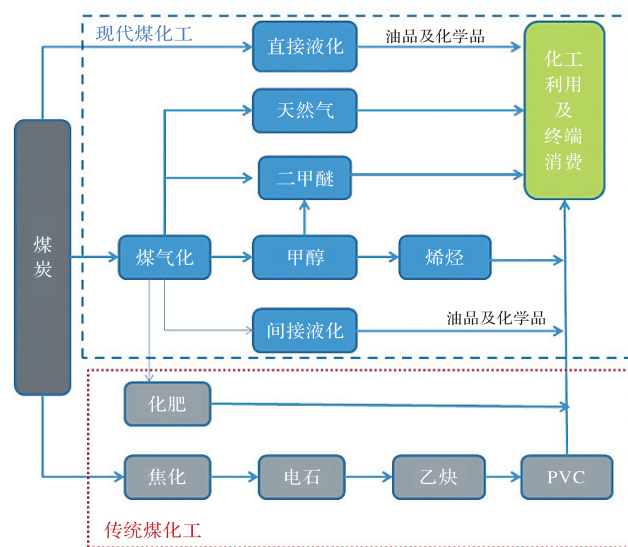
煤化工起源于近代工业革命，伴随着世界钢铁工业的迅速兴起，带动了焦化（包括半焦）、焦炭气化、副产回收及综合利用技术的不断创新与完善。近代工业革命后，煤炭作为化学工业原料得到广泛利用。到19世纪，已形成完整的煤化工工业体系。20世纪以来，许多有机化学品多以煤为原料进行生产，煤化工成为化学工业的重要组成部分。直到今天，煤化工仍然在化学工业中占据重要地位。

第二次世界大战前夕及大战期间，德国为发动和维持战争，大规模开展煤制油研究工作及工业化生产，直接液化技术和间接液化技术（F-T合成）分别实现工业化，并建立了大型低温干馏装置，半焦气化后经F-T合成生产液体燃料，低温焦油经简单处理后用作海军船用燃料，或经高压加氢生产汽油和柴油。二战末期，德国煤基液体燃料产能达到480万吨/年，同时还从煤焦油中提取各种芳烃及杂环有机产品，作为染料、炸药等的原料。

1973年，中东战争以及随之而来的“石油危机”，使世界石油化学工业的发展深受石油价格猛涨的影响，煤原料路线重新受到重视。特别是20世纪90年代以来，

国际石油价格剧烈波动，各国加紧以煤为原料的化学工业技术研发，在煤液化、煤气化、碳一化学等方面开发了一系列战略性储备技术。进入21世纪，油价不断攀升，石油原料紧缺和成本居高不下，促使煤转化利用进入新一轮的发展时期，大规模煤气化技术、大型甲醇合成技术、甲醇制烯烃、合成油等石油替代技术的开发和工业化进程不断加快，世界煤化工产业从传统煤化工进入现代煤化工阶段。

整体来看，国际上煤化工产业比较发达的国家主要有美国、德国、荷兰、日本和南非。南非Sasol公司成立于1950年，主要从事化工产品和液体燃料的商业化生产与销售，早在1955年就在南非最大城市约翰内斯堡以南80公里的萨索尔堡兴建了世界首座煤制油工厂。在七十多年的发展历程中，Sasol公司不断完善煤炭间接液化F-T合成技术，已形成世界上最大的以煤基合成油品为主导的大型综合性煤化工产业基地，生产汽油、柴油、蜡、燃气、氨、乙烯、丙烯、聚合物、醇、醛、酮等二百余种燃料及化工产品，保证了南非近40%的油品供给。商业化煤炭间接液化工艺方面，除南非Sasol公司外，还有荷兰Shell公司开发了固定床（SMDS）工艺，美国Mobil公司开发了甲醇制汽油（MTG）工艺、低压合成二甲醚工艺等。商业化煤炭直接液化工艺主要有美国的氢煤法H-Coal和HTI工艺、德国的二段液化IGOR工艺和日本的NEDOL工艺。各种煤化工工艺技术的突破，推动了全球



现代煤化工与传统煤化工主要工艺技术路线图