

双碳背景下的 中国石化产业白皮书

沙特阿美何以助力中国石化产业低碳高质量发展



序言



庞广廉
中国石油和化学工业联合会
党委常委、外资委主席兼秘书长

在全球能源格局经历深刻调整的国际形势下，能源安全与双碳绿色的要求日益凸显，推动全球经济向低碳化、绿色化转型。面对气候变化的严峻挑战，各国正积极响应，共同致力于减少温室气体排放，尤其是二氧化碳排放，以实现全球减排目标。双碳目标已成为全球共识，和各国的迫切任务，要求我们在全球能源结构转型中扮演积极角色，确保能源的可持续供应与环境的和谐共生。

中国作为世界上负责任的大国，低碳转型不仅是我们的使命，更是对全球减排承诺的坚定实践。“十五五”时期，作为我国全面建设社会主义现代化国家开局起步的关键五年，也是碳达峰前的关键五年，我国把生态文明建设纳入“五位一体”总体布局之中，确立绿色发展的新发展理念，未来发展将坚定地朝着生态优先、绿色发展的方向迈进。继续推动能源结构的优化升级，提升产业竞争力，新一代信息技术和绿色低碳技术应用日益广泛并向各产业领域渗透，将为实现碳达峰、碳中和创造条件，以实现经济与环境相互促进。

中国石油和化学工业联合会积极倡导行业企业的转型升级，推动绿色化改造，制定碳排放相关标准，并通过行业评奖等方式，鼓励企业向先进能效看齐，加快绿色低碳发展，有效地促进石化行业的绿色转型，为实现双碳目标做出积极贡献。

这本由复旦大学与沙特阿美联合编撰的《双碳背景下的石化产业高质量白皮书》，深入剖析了中国石化产业在低碳转型过程中面临的挑战，并从五大角度提供了多种解决方案和技术创新路径。它提供了行动指南，展现了石化产业的低碳高质量发展的未来愿景，为行业内外的专家、学者、企业家们提供了较为全面的视角，为中国石化行业节能降碳提供了宝贵的参考与借鉴。

展望未来，双碳发展是在充满不确定性时代中的确定性议题。我们期待与各界一道，共建共享，推动绿色发展，共同迎接石化产业的绿色未来，为构建人类命运共同体贡献力量。

contents 目录

01. 中国提出“双碳”目标，石化产业须奉行“低碳高质量发展”

中国提出“双碳”目标，意义重大	03
中国“双碳”政策的顶层设计和地方配套	09
中国“双碳”政策奉行“先立后破”	10
中国石化产业奉行“低碳高质量发展”	14

02. 要实现“低碳高质量发展”，中国石化产业面临诸多挑战和机遇

中国对原油需求依然强劲	18
石化产业能耗居高不下，值得关注	19
欧盟CSRD和CBAM落地在即，须考虑原材料碳排放问题	20
亟需建立碳足迹计量机制	21
石化产业发展机会在质而非量	22

03. 沙特阿美可以如何帮助中国产业践行低碳高质量发展

稳定可靠的原油供应，确保原料安全	25
低碳强度石油有助于提升中国石化产品终端竞争力	28
ARCHIE倡议，有助于中国石化有效计量其碳排放	30
COTC技术助力中国减油增化	31
材料转型，是中国高质量发展的基础	32
投资中国，引路中东	36

案例一 福建联合石化，繁荣一方	38
案例二 全生命周期的低碳原油	56
案例三 石化新材料转型，以东单为起点	70

01.

中国提出“双碳”目标
石化产业须奉行
“低碳高质量发展”

中国提出“双碳”目标 石化产业须奉行“低碳高质量发展”



中国提出“双碳”目标，意义重大

1 全球气候变暖，双碳是全球行动

全球气候变暖、极端气候情况频现，以二氧化碳为主的温室气体是全球极端气候的罪魁祸首。为应对全球气候变暖，以欧美日等发达经济体为首，全球主要经济体陆续签订了《联合国气候变化框架公约》、《京都议定书》、《巴黎协定》和《格拉斯哥气候公约》等系列国际协定，以对减碳控温做出制度性的安排。

2 中国是碳排放大国，全球温控目标的实现离不开中国

中国在20世纪90年代快速步入工业化，并迎来经济的腾飞。据联合国《2023年排放差距报告》显示，当下，中国的碳排总量位居全球第一，2倍于排名第二的美国，人均碳排全球排名第六，2倍于全球均值。

中国当下的人口占比约为全球的18%，其温室气体排放量占比约为全球的30%。如果中国可以成功实现其“双碳”目标，对于全球1.5°C温控目标的达成将大有裨益。

图1.1.2.1 2021年的温室气体排放量和2000年以来的趋势 (GtCO₂e)

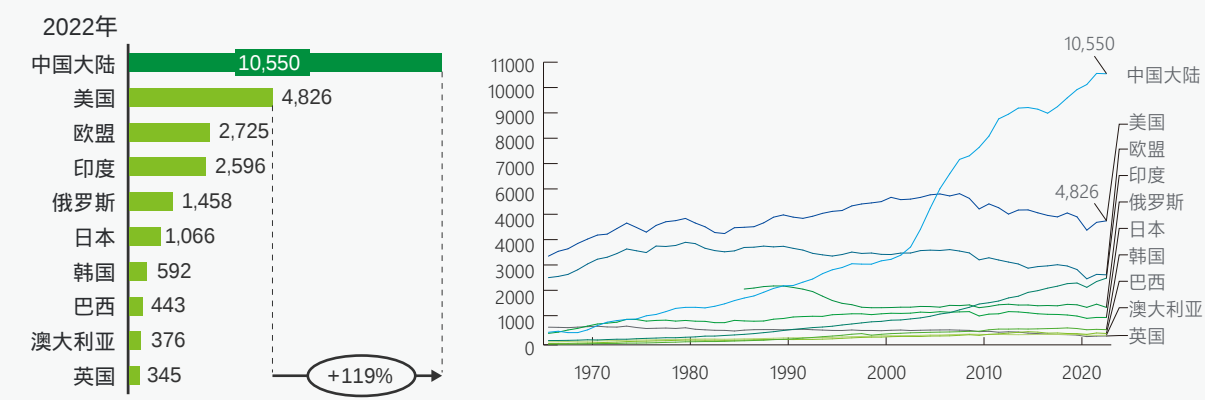
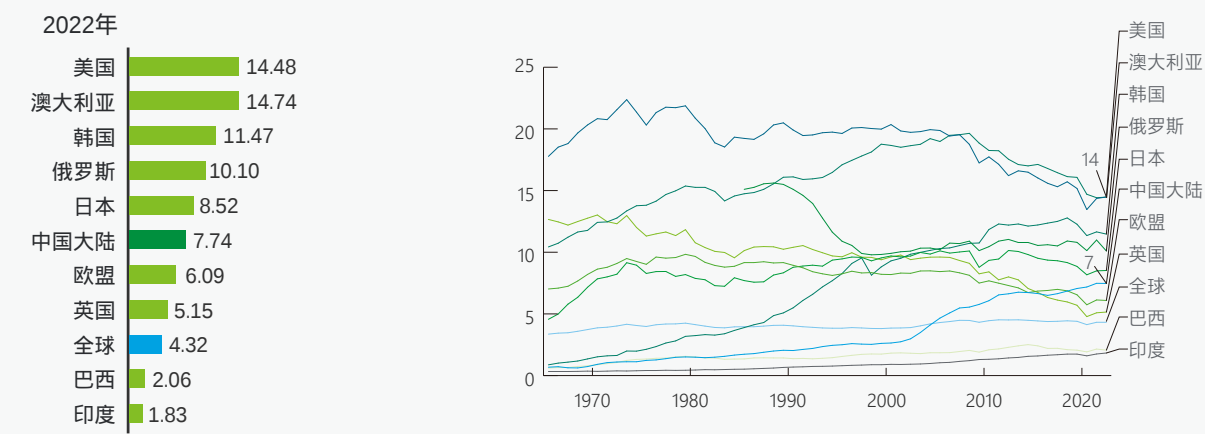
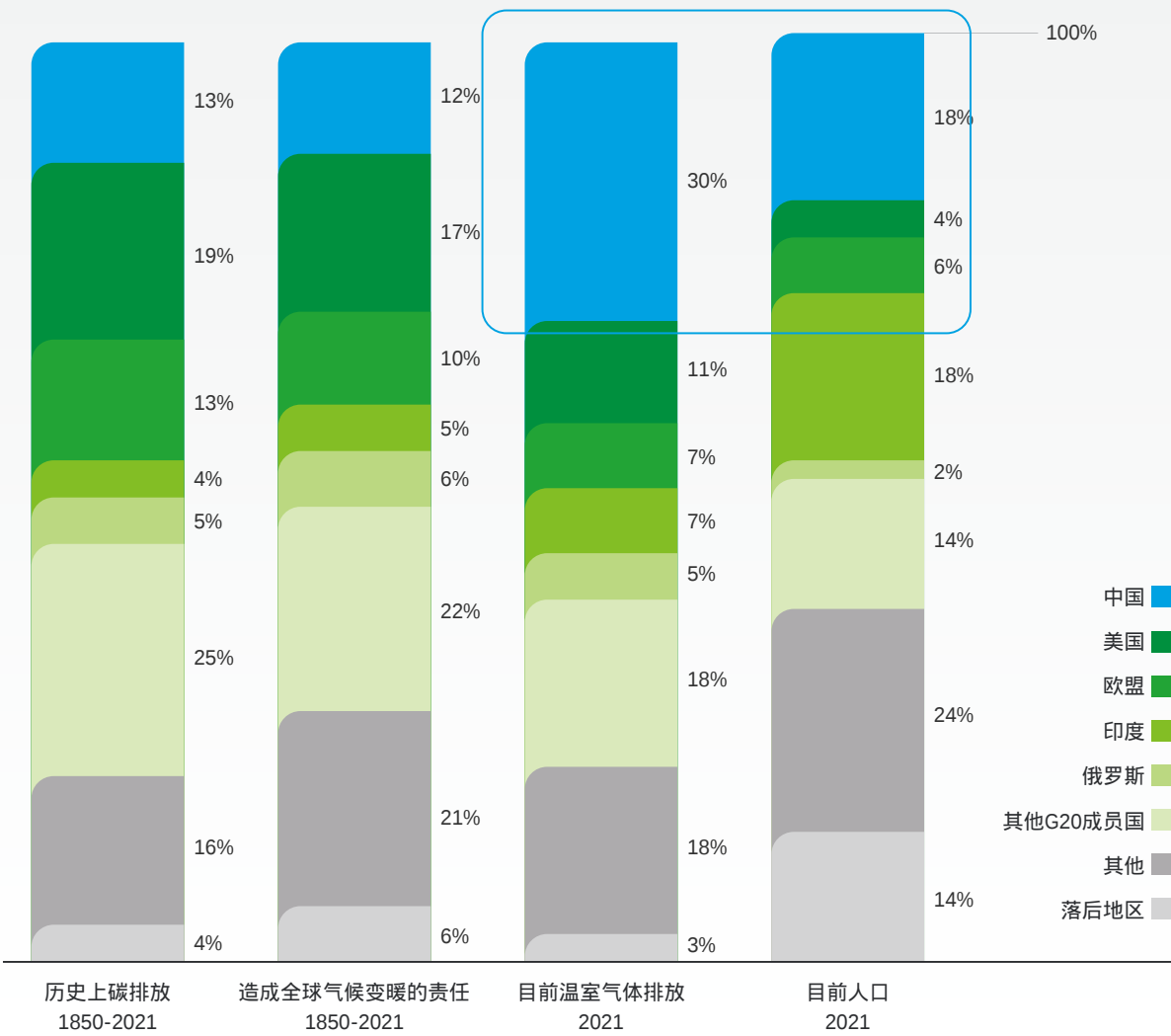


图1.1.2.2 2021年的人均温室气体排放量和2000年以来的趋势



数据来源：IMF-全球经济展望数据库，IMF-气候变化数据库，联合国《2023年排放差距报告》，项目组分析。

图1.1.2.3 全球主要经济体人口占比和温室气体排放占比



数据来源：联合国《2023年排放差距报告》，项目组分析。

2005年

时任浙江省省委书记的习近平首次提出“绿水青山就是金山银山”的“两山论”，习近平指出，“生态资源是最宝贵的资源，绿水青山就是金山银山。不要以牺牲环境为代价推动经济增长”，“当鱼和熊掌不可兼得时，要知道放弃，要知道选择，要走人与自然和谐发展之路。”

在“十一五”规划中，中国把能源消耗强度降低和主要污染物排放总量减少确定为国民经济和社会发展的约束性指标，把节能减排作为调整经济结构、加快转变经济发展方式的重要抓手和突破口。

2012年8月

国务院印发了《节能减排“十二五”规划》，要求到2015年，全国万元GDP能耗下降到0.869吨标准煤，比2010年的1.034吨标准煤下降16%，比2005年的1.276吨标准煤下降32%。

2020年9月

习近平认为，气候变化正在给世界各国带来现实而重大的挑战，任何一个国家都无法单独应对，需要各国通力合作。真正实现人类社会的可持续发展，需要人类共同参与。2020年9月，中国国家主席习近平在联合国大会上的讲话中郑重做出碳达峰和碳中和的承诺：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”

2008年6月

在国际能源会议上，习近平明确指出，“促进世界能源供求平衡、维护世界能源安全，是世界各国共同面临的紧迫任务……中国是国际能源合作负责任的积极参与者，在国际能源合作中发挥着建设性作用。中国将坚持走科学发展道路，坚持节约发展、清洁发展、安全发展，实行可持续的能源战略，努力为促进世界能源可持续发展、维护世界能源安全作出积极贡献。”

2017年4月

“十三五”期间，国家发展改革委、国家能源局联合发布《能源生产和消费革命战略（2016—2030）》，明确到2020年，能源消费总量控制在50亿吨标准煤以内，煤炭消费比重进一步降低，清洁能源成为能源增量主体，能源结构调整取得明显进展，非化石能源占比15%，单位GDP二氧化碳排放比2015年下降18%，单位GDP能耗比2015年下降15%。2020年，即“十三五”期末，中国非化石能源占一次能源消费比重由2015年的12%提高到15.9%，超额完成规划目标，单位GDP二氧化碳排放累计降低18.8%，超额完成规划目标。



4 中国“双碳”政策的意义

对中国而言，实现“双碳”目标对建立绿色发展现代经济体系、实现经济社会与生态环境保护协同发展具有重要意义。中国经济已经由高速增长阶段转向高质量发展阶段，碳达峰、碳中和是中国经济高质量发展的必然要求。“双碳”行动兼具经济效益、生态效益和政治意义。

在经济上，“双碳”政策的高效推进有利于经济结构绿色转型，加快形成绿色生产方式，促进“减污—脱碳”科技进步，催生新型脱碳经济，助推高质量发展。此外，“双碳”关乎到全球范围内新一轮产业竞争，发展低碳技术和产业将帮助中国企业抢占国际市场的先机，真正把“新质生产”、“高质量发展”落到实处。

在生态上，“双碳”政策有利于形成绿色生活方式，降低物质产品消耗和浪费，治理国土空间环境，实现节能减污降碳，从根本上遏制生态环境恶化，驱动中国生态文明建设。

在政治上，在国内视野下，“双碳”政策的目标与人民对于美好生活的向往相一致，是中国共产党“为人民服务”宗旨的具体体现；在国际视野下，“双碳”行动是中国参与全球治理的政治承诺，是落实《巴黎协定》温控目标的自主行动^[1]，能够有利彰显大国担当，展现中国力量 and 影响力。

长远来看，“双碳”政策是建设富饶、美丽和健康的现代化强国必不可少的环节，对推进中国式现代化有重要的战略意义。

5 “十四五”规划和2035远景目标中对“双碳”的目标设定

2021年3月，《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年规划和2035年远景目标纲要》发布。

在规划中，中国明确将积极应对气候变化，采取行动，制定2030年前碳排放达峰行动方案，落实2030年应对气候变化国家自主贡献目标——完善能源消费总量和强度双控制度，重点控制化石能源消费；实施以碳强度控制为主、碳排放总量控制为辅的制度，支持有条件的地方和重点行业、重点企业率先达到碳排放峰值；推动能源清洁低碳安全高效利用，深入推进工业、建筑、交通等领域低碳转型；加大甲烷、氢氟碳化物、全氟化碳等其他温室气体控制力度；提升生态系统碳汇能力……

在“十四五”期间，中国将继续推进能源革命，建设清洁低碳、安全高效的能源体系，将非化石能源占能源消费总量比重提高到20%左右。中国将推动煤炭生产向资源富集地区集中，合理控制煤电建设规模和发展节奏，推进以电代煤，有序放开油气勘探开发市场准入，加快深海、深层和非常规油气资源利用，推动油气增储上产，即“控煤稳油增气”。

根据“十四五”规划，到2025年，中国的生产生活方式绿色转型将取得显著成效——能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高，单位GDP能耗和二氧化碳排放分别降低13.5%和18%，主要污染物排放总量持续减少，森林覆盖率提高到24.1%，生态环境持续改善，生态安全屏障更加牢固，城乡人居环境明显改善。至2035年，中国将广泛形成绿色生产生活方式，碳排放达峰后稳中有降，生态环境根本好转，美丽中国建设目标基本实现。

中国“双碳”政策的顶层设计和地方配套

2020年9月，中国国家主席习近平，在联合国大会上的讲话中郑重宣布碳达峰和碳中和的承诺：“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。”该承诺正式拉开了中国的“双碳”序幕。

2021年9月，《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》出台。

《意见》要求立足新发展阶段，贯彻新发展理念，构建新发展格局，坚持系统观念，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系，把碳达峰、碳中和纳入经济社会发展全局，以经济社会发展全面绿色转型为引领，以能源绿色低碳发展是关键，加快形成节约资源和保护环境产业结构、生产方式、生活方式和空间格局，坚定不移走生态优先、绿色低碳的高质量发展道路，确保如期实现碳达峰和碳中和。

《意见》明确了中国的“双碳”目标的实现，要坚持“全国统筹、节约优先、双轮驱动、内外畅通、防范风险”的原则，并对社会经济全面发展、产业结构调整、能源、交通运输、城乡建设、可持续技术、碳汇、法律法规、统计检测体系、政策和政府组织保障等多方面提出了意见。其中，在产业结构调整方面，要求制定能源、钢铁、有色金属、石化化工、建材、交通、建筑等行业和领域的碳达峰实施方案。

2021年10月24日国务院发布《2030年前碳达峰行动方案》，接续《意见》进一步明确了重点行业、重点领域中央层面的碳达峰行动方案。

《方案》对石化化工行业碳达峰做出如下部署：优化产能规模和布局，加大落后产能淘汰力度，有效化解结构性过剩矛盾；严格项目准入，合理安排建设时序，严控新增炼油和传统煤化工生产能力，稳妥有序发展现代煤化工；引导企业转变用能方式，鼓励以电力、天然气等替代煤炭；调整原料结构，控制新增原料用煤，拓展富氢原料进口来源，推动石化化工原料轻质化；优化产品结构，促进石化化工与煤炭开采、冶金、建材、化纤等产业协同发展，加强炼厂干气、液化气等副产气体高效利用；鼓励企业节能升级改造，推动能量梯级利用、物料循环利用。《方案》要求到2025年，国内原油一次加工能力控制在10亿吨以内，主要产品产能利用率提升至80%以上。

为深入贯彻落实党中央关于碳达峰、碳中和重大战略决策部署和国务院相关工作安排，各地方政府因地制宜，相继制定了更为具体详细的碳达峰实施方案。

各地方政策目标与中央基本保持一致，内容主要覆盖产业结构和能源结构调整优化、绿色生产生活方式推行，但在具体指标和举措上有所因地制宜有所区别。

10亿以内

《方案》要求到2025年，国内原油一次加工能力

提升80%以上

主要产品产能利用率



深入贯彻落实
碳达峰、碳中和
重大战略决策部署

[1]于贵瑞、郝天象、朱剑兴，2022，《中国碳达峰、碳中和行动方略之探讨》，《中国科学院院刊》第4期，最后浏览于2024年8月。

中国“双碳”政策奉行“先立后破”

1 什么是“先立后破”？

双碳议题下的“先立后破”最早出现在2021年7月的中央政治局会议上。面对一些地方急于求成、运动式“减碳”的情况，习近平总书记在主持中共中央政治局会议时强调，要统筹有序做好碳达峰、碳中和工作，尽快出台2030年前碳达峰行动方案，坚持全国一盘棋，纠正运动式“减碳”，先立后破，坚决遏制“两高”项目盲目发展。

同年12月，在中央经济工作会议上，习近平总书记再次强调，减污降碳是经济结构调整的有机组成部分，要先立后破、通盘谋划。

2022年10月16日，习近平总书记在党的二十大报告中强调，“实现碳达峰碳中和是一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。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。”

富煤贫油少气是我国的国情，以煤为主的能源结构短期内难以根本改变。实现碳达峰碳中和是一项复杂的系统工程，必须立足国情，坚持稳中求进、逐步实现，不能脱离实际、急于求成，搞运动式“降碳”、踩“急刹车”，不能把手里吃饭的家伙先扔了，结果新的吃饭家伙还没拿到手。

中国必须以保障安全为前提构建现代能源体系，以绿色、可持续的方式满足经济社会发展所必需的能源需求，提高能源自给率，增强能源供应的稳定性、安全性、可持续性，既保证有一个绿色清洁的环境，也要保证群众的生产生活正常进行。



2 中国“双碳”政策为什么要奉行“先立后破”？

根据环境库涅兹“倒U”曲线，人均GDP和环境退化率呈现先上升后下降的关系，即在经济发展早期，经济发展会在一定程度上以环境的损害为代价，而到经济发展到一定程度，人类会用经济发展的成果来反哺环境，进行环境的保护。

回顾欧盟、美国、日韩在碳达峰时实际的人民生活水平，以购买力平价计，欧盟、日韩等化石燃料自然禀赋相对较弱的经济体在其人均GDP购买力平价达到40,000左右时实现了碳达峰，而美国这一化石资源较为丰富的国家，则在人均GDP购买力平价达50,000时才实现碳达峰。碳排放主要来自能源和工业，中国能源结构更接近美国，拥有丰富的高碳资源，目前中国的人均GDP购买力平价才24,000左右，距离欧盟、日韩的40,000尚有40%的差距，不足美国50,000的一半。

图1.3.1 环境库涅兹“倒U”曲线

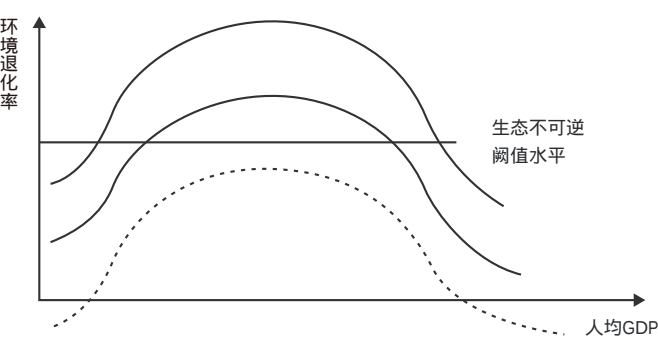
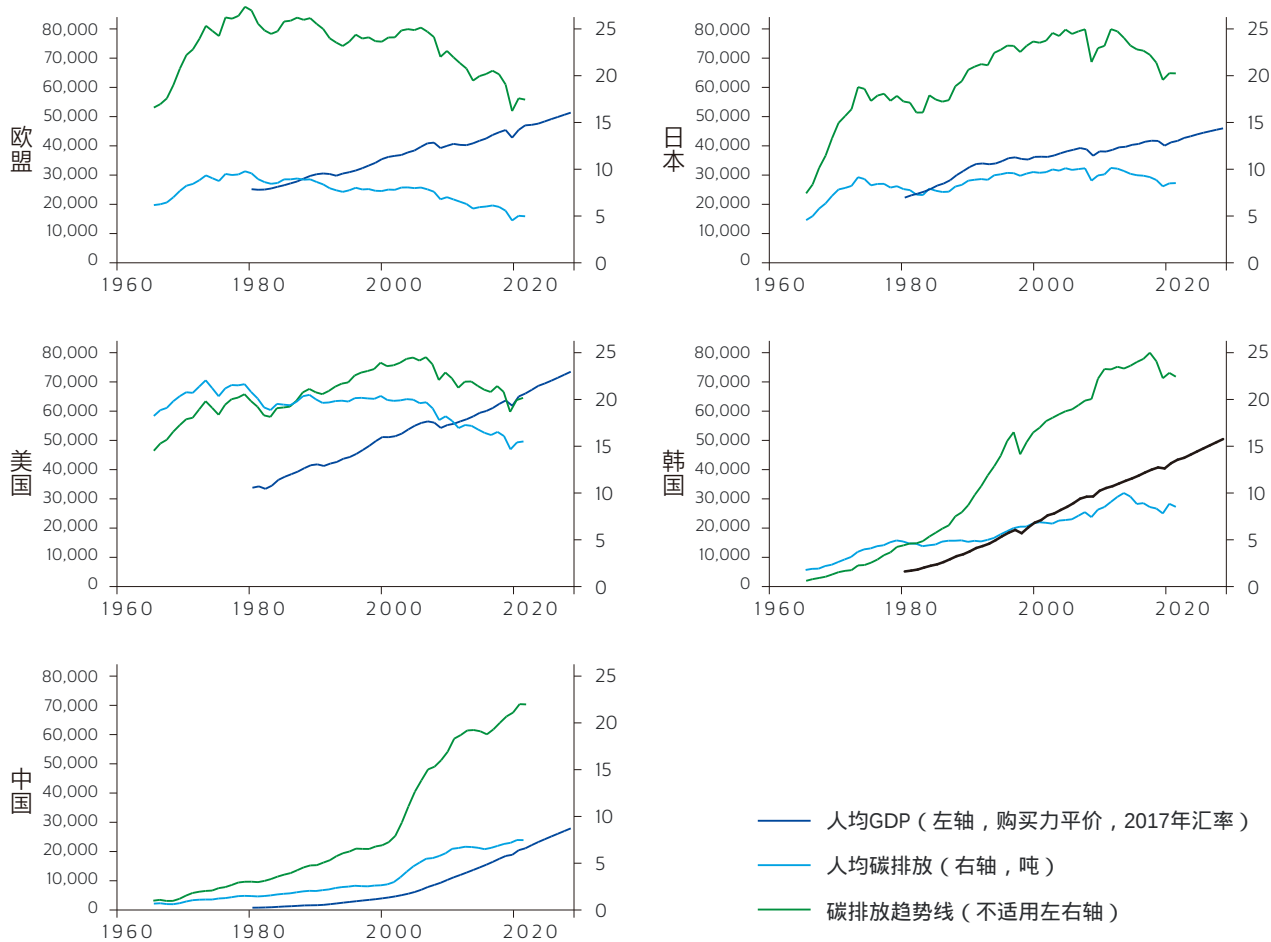


图1.3.2.1 世界主要经济体碳达峰时的人均GDP购买力平价



数据来源：IMF-全球经济展望数据库，IMF-气候变化数据库，项目组分析。

表1.3.2.2 世界主要经济碳达峰、碳中和时间轴

国家/地区	碳达峰年份	峰值（亿吨CO2）	碳中和年份	中和-达峰年份差
欧盟	1980/90	39.9/37.6	2050	60/70
美国	2007	58.84	2050	43
加拿大	2007	4.73	2050	43
日本	2013	12.83	2050	37
韩国	2013/18	6.2/6.59	2050	37/32
南非	(2014)	4.14	2050	36
澳大利亚	2009	3.64	2040	31
巴西	2014	3.78	n/a	/
中国	2030	105+	2060	30

数据来源：IMF-全球经济展望数据库，IMF-气候变化数据库， bp世界统计年鉴，OECD气候相关报告，公开资料，项目组分析。

再看各主要经济体的双碳时间轴，中国从碳达峰到碳中和的进程较欧洲缩短了1/2，较美加缩短了1/3，但中国的“双碳”基础更弱——人口规模和经济体量更大，目前的碳排总量2倍于美国、3倍于欧盟，对于中国而言，要实现“双碳”，时间更紧、任务更重。

作为全球最大的发展中国家，中国的工业化、城镇化，发展经济和改善民生的任务还在持续推进中，能源消费仍将保持刚性增长，这就意味着在降碳的同时需确保能源安全稳定的供应和经济社会的有序、平稳发展。



3 中国“双碳”如何“先立后破”？

“先立后破”在双碳目标设定、政策体系等多方面都有所体现。

在目标设定上，“1+N”体系设定了2025、2027、2030等多个时间节点，考虑实际、循序渐进，逐步实现2060年最终目标。

在政策体系的建立上，中国先行建立并完善适应当前阶段的政策框架，然后逐步深化和拓展，以适应更高的碳减排要求。

在技术和产业升级的路径选择上，首先倡导建立适应当前技术和市场条件的技术，然后在此基础上实现更高水平的技术和产业变革。

中国的能源结构以煤为主，2020年非化石能源消费比重不足16%，以化石能源为主的格局具有较大发展惯性，存在较为严重的“碳锁定”效应和路径依赖，能源转型难以一蹴而就，势必需要循序渐进的变革过程。在2021年9月的顶层设计中，基于中国“富煤贫油少气”的自然禀赋和能源结构，中国将重点放在了生态友好生产方式的发展，而非淘汰煤炭产业。

624.8万人

2018年，中国石化产业
直接就业人数

36.8万人

2023年年末，
仅中石化一家员工人数

13.78亿吨

2020年中国石化和化工行业
碳排放总量
占同期中国碳排放总量的
13%左右

14亿吨

2022年我国石化化工行业
碳排放量
约占工业碳排放量的18%、
全国碳排放总量的12%

中国石化产业奉行“低碳高质量发展”

1 石化产业是国民经济的支柱产业，也是碳排主要产业，对中国实现“双碳”目标意义重大

石化产业产值约占国内总产值15%左右，作为源头产业，产品种类多、关联覆盖广，具有明显的“榕树效应”，关乎国家的能源安全、经济发展和社会稳定。

从全球石油的发展历史来看，石油最早应用于照明，煤油灯打破了日出而作、日落而息的时间限制，极大提升了人类社会的生产能力；石油广泛应用于交通运输，汽车、火车、轮船、飞机等现代化交通工具在汽柴油的驱动下，极大地拓展了生产资料和产成品的流通半径，进而促进了现代工业和商业的发展。

随着现代社会的发展，石油的下游应用日渐丰富。今天，在工业制造和百姓生活中，有超过90%制成品含有来源于石油和天然气的成分材料，这些材料被制成太阳能电池板、汽车、智能手机、衣服、鞋履、药品等等。石油是当今生产、生活必不可少的基础资料。

此外，石化产业为百万家庭提供稳定就业。根据2018年的中国经济普查年鉴，中国石化产业的直接就业人口约达624.8万人，石化产业链下游产业如化学纤维制造业就业人口为49.3万人，相较和塑料制品业就业人口为47.1万人，以上不完全统计累计已逾700万人。2023年年末，仅中石化一家，就拥有员工36.8万人。由此可见，石化产业至少为百万家庭提供了稳定的就业。

石化产业是现代经济、社会发展脱不开的基石产业，但与此同时石化产业也是最主要的碳排产业之一。

根据中国国家统计局数据，2020年中国石化和化工行业碳排放总量约为13.78亿吨，占同期中国碳排总量约13%。2022年，我国石化化工行业碳排放量14亿吨，约占工业碳排放量的18%、全国碳排放总量的12%^[2]，加快推动石化产业高质量发展和绿色低碳转型，对实现“双碳”目标意义重大。

10亿吨

计划到2025年，
国内原油一次加工能力
控制在10亿吨以内，
主要产品产能利用率
提升至80%以上

2 “双碳”背景下，中国石化产业奉行“低碳高质量”发展

2021年9月，《中共中央、国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》（下简称《意见》）出台。对于石化产能，《意见》要求“对于未纳入国家有关领域规划的，一律不得新建改建扩建炼油和新建乙烯、对二甲苯、煤制烯烃项目。”对于石化消费，《意见》要求“严格控制化石能源消费……石油消费‘十五五’时期进入峰值平台期。”

2021年10月，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》，要求“通过优化产能规模和布局、调整原料结构和优化产品结构等方式推动石化化工行业碳达峰……计划到2025年，国内原油一次加工能力控制在10亿吨以内，主要产品产能利用率提升至80%以上。”

2022年3月，工信部、发改委、科技部、生态环境部、应急部、能源局联合发布《关于“十四五”推动石化化工行业高质量发展的指导意见》，明确了“双碳”背景下，中国石化产业要走“低碳高质量”发展路线。该《意见》要求到2025年，石化化工行业要基本形成自主创新能力强、结构布局合理、绿色安全低碳的高质量发展格局，高端产品保障能力大幅提高，核心竞争能力明显增强，高水平自立自强迈出坚实步伐；在产品方面，要增强高端聚合物（如高端聚烯烃）、专用化学品（如表面活性剂、碳纤维等尖端新材料）的产品供给能力。

就各地方而言，国内现有七大石化基地，分别是大连长兴岛、河北曹妃甸、江苏连云港、上海漕泾、浙江宁波、广东惠州和福建漳州古雷，各地分别出台了各自的“双碳”实施方案。

上海在2022年就发布了《上海市工业领域碳达峰实施方案》，2024年8月又发布了《上海市加快推进绿色低碳转型行动方案（2024—2027年）》，两个方案中对于石化化工产业的碳达峰均聚焦于推广应用原油直接裂解制乙烯、用能优化和物料循环利用等方面，并要求建设“碳中和”和新材料“园中园”，分别致力于减碳和提质。

2023年1月，宁波印发了《宁波市工业领域碳达峰实施方案》，对于石化产业，聚焦在强链延链和资源的高效利用。其中强链延链是指积极布局下游精细化工、化工新材料等高效低碳产业，资源的高效利用是指要加强废料、废气循环利用。

2023年8月，大连印发《大连市碳达峰实施方案》，要求通过有效管控产能、优化园区布局、实施“五减”举措来有序推动石化化工行业有序达峰。优化园区布局主要是指石化产业园区原则上集中布局在长兴岛（西中岛）石化产业基地和配套发展区、松木岛化工园区，其中长兴岛（西中岛）石化产业基地作为全市石化产业重点发展区域。五减举措主要是指调整产业结构、原料结构和用能结构，提高能效水平和增加碳捕集利用。

2024年7月，河北唐山印发《国家碳达峰（唐山）实施方案》，指出要加快建设曹妃甸国家级石化产业基地等重大石化项目，通过原料结构调整——煤制化肥向天然气、焦炉气和绿氢制化肥，转变行业用能方式等方式来推动石化化工行业碳达峰。



[2]中国石化新闻网的报道石化产业：在绿色转型中实现高质量发展 - 中国石化新闻网 (sinopec-news.com.cn)，http://www.sinopecnews.com.cn/xnews/content/2023-08/09/content_7073102.html，最后访问日期2024年9月24日。



各基地碳达峰实施方案的落地均离不开石化龙头企业的积极响应和身体力行。

2021年3月25日，中石油承诺，力争到2025年左右实现碳达峰，2050年左右实现“近零”排放，为实现国家“双碳”目标作贡献。中石油的“双碳”目标比国家目标分别提早5年和10年。

为实现其“双碳”目标，中石油提出了绿色低碳转型三步走，即清洁替代、战略接替和绿色转型，主要通过提升业务中的新能源业务占比和叠加技术节能来降低碳排。同时，为提高发展质量，中石油集中力量加快布局新材料、氢能、和碳捕集与利用与封存（Carbon Capture, Utilization and Storage，简称 CCUS）等战略性新兴产业，推进炼化转型升级，实施“新材料提速工程”，推动炼化业务从“燃料型”向“化工产品和有机材料型”转型，持续推进“减油增化”、“减油增特”、“减碳增绿”，以提高产品竞争力，着力打造“产品巨人”，加快迈向“炼化生精材”产业链中高端。

中石化大力推进传统能源低碳转型，规划到2025年，累计建成1000座加氢站或油氢混合站、5000座充换电站、7000座分布式光伏发电站点，新增中深层地热供暖面积5000万平方米，新能源供给能力达到1000万吨标煤，力争在“十四五”末，建成中国第一氢能公司，年减碳达到1000万吨以上。

民营石化龙头如恒力石化、东方盛虹、恒逸石化和荣盛石化等也紧跟国家“双碳”战略步伐，采取有效措施减少碳排放。

恒力石化在 2022 年首次发布了其企业社会责任报告。在报告中，恒力石化明确，在碳达峰、碳中和这一国家战略目标的引领下，恒力石化将绿色环保与智能制造作为企业发展的核心驱动力，高度重视环境保护与社会责任履行，秉承“要么不做，要做就做最好”的理念，坚定不移走“绿水青山就是金山银山”的绿色发展之路。据悉，在“十四五”期间，恒力集团将围绕“双碳”目标，探索产业发展新模式，加速布局新材料、新能源领域，持续攻关关键核心技术，将绿色发展、循环发展和低碳发展覆盖全产业链条，致力于打造“零排放”企业。

荣盛石化紧跟国家双碳战略步伐，积极采取有效措施减少工厂端的碳排放，包括但不限于在子公司成立碳排放管理小组、设立能耗追踪和管理机制等。2023年，荣盛石化温室气体排放总量下降13.43%。荣盛石化计划以2022年为基准年，到2025年节能项目减排量将累计不少于二氧化碳300万吨，单位产值碳排放强度下降5%，累计新增二氧化碳回收利用量50万吨，并实现公司各主要生产运营单位可再生能源全覆盖。

02.

要实现“低碳高质量发展”
中国石化产业
面临诸多挑战和机遇



1000座

规划到2025年，
累计建成加氢站或油氢混合站

5000座

规划到2025年，
累计建成充换电站

7000座

规划到2025年，
累计建成分布式光伏发电站点



“减油增化”
“减油增特”
“减碳增绿”

要实现“低碳高质量发展” 中国石化产业面临诸多挑战和机遇

中国对原油需求依然强劲

作为全球最大的发展中国家,中国的工业化、城镇化,发展经济和改善民生的任务还在持续推进中,中国经济必须保持向前向上发展。

石化产业炼化装置前期投入大、生命周期长,对地方经济带动作用显著,对中国经济稳健发展至关重要,各地依然将根据实际情况改建扩建新建符合国家政策方向的炼化一体项目,以保障地方经济发展和社会稳定。

在能源结构上,能源安全是底线。在能源优化上,中国所采取的是“控煤稳油”的措施,旨在确保能源安全,避免煤炭、石油作为燃料的骤降导致国内能源供给短缺,进而影响正常的生产和生活。

在产品结构上,传统上,中国石油炼化产品的80%~90%为汽柴油等燃料油,主要应用于交通运输领域。近年,随着新能源汽车的兴起,车用燃油呈现下行趋势,各石化企业纷纷采

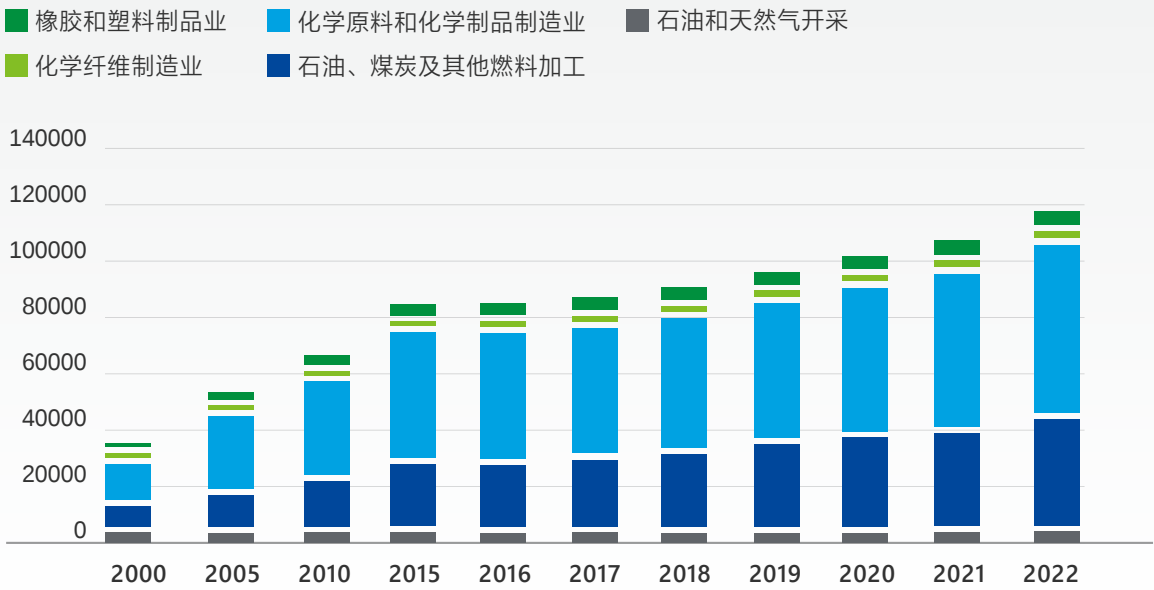
取“减油增化”转型,即在石油炼化环节降低“燃料油”,提高“原料油”收率。燃料油的产业链相对较短,而原料的产业链相对较长、全链路的附加值相对较高。通过“减油增化”,石化企业可以做深、做强产业链,同时减少因燃料油燃烧而产生的碳排,助力中国双碳目标的实现。

2023年,中国石油炼化产能达9.2亿吨/年,是全球第一的石油炼化国。据悉,2024-2027年将有8500万吨/年产能开工,同期将有3500万吨产能淘汰,预计将净增5000万吨产能,届时中国原油一次加工能力将达10.1亿吨,触及产能天花板。

基于“经济发展”、“控煤稳油”、“减油增化”三大基调,在可以预见的未来,中国对石油需求依然强劲,建立稳健的伙伴关系,保障中国的石油安全,对中国石化产业低碳高质量发展至关重要。

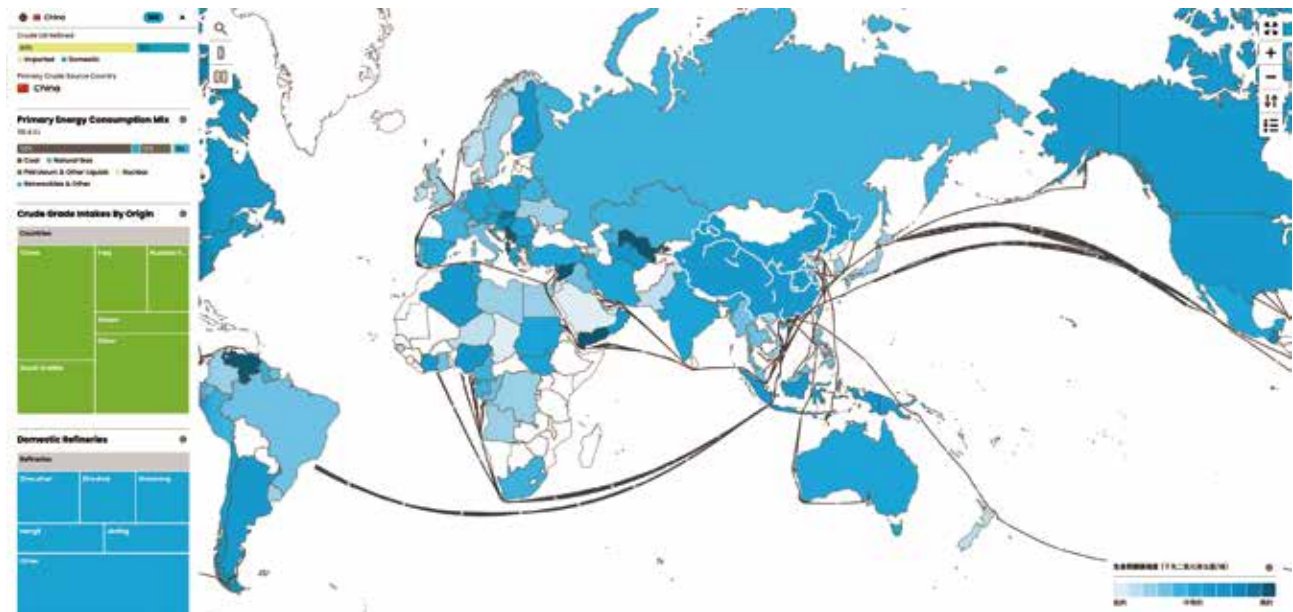
石化产业能耗居高不下，值得关注

图2.2.1 石化行业能源消耗量（单位：万吨标准煤）



数据来源：胡汉舟. 中国能源统计年鉴. 2023. 北京：中国统计出版社, 2024。

图2.1.1 中国原油进口来源



13.78亿吨
2020年中国石化
和化工行业碳排放总量

2020年中国做出了3060“双碳”承诺,石化行业作为高能耗、高排放的产业,在能源结构转型和减排两方面面临着巨大压力。《中国能源统计年鉴》数据显示,中国石化行业五个主要子行业能源消耗量在2020-2022年期间依然不断增加。

若以碳排来计,据中石化《对石化低碳发展思考与实践》的报告,2020年中国石化和化工行业碳排放总量约为13.78亿吨,占同期中国碳

排总量约13%。2022年,我国石化化工行业碳排放量14亿吨,约占工业碳排放量的18%、全国碳排放总量的12%。^[3]

石化产业能耗居高不下、碳排依然保持高位,值得我们关注。

[3] 中国石化新闻网的报道石化产业：在绿色转型中实现高质量发展 - 中国石化新闻网 (sinopecnews.com.cn), http://www.sinopecnews.com.cn/xnews/content/2023-08/09/content_7073102.html, 最后访问日期2024年9月24日。

欧盟CSRD和CBAM落地在即，须考虑原材料碳排放问题

欧盟向来是全球碳排的排头兵，近期欧盟陆续通过了《企业可持续发展报告指令》(Corporate Sustainability Reporting Directive,以下简称“CSRD”)和欧盟碳边境调节机制(Carbon Border Adjustment Mechanism,以下简称 CBAM)，以上两大政策均将碳排计量范围从范围 1、范围 2 拓展至范围 3。^[4]石化企业，不管是出于对自身碳排计量和产品竞争力的关切、还是出于对下游客户碳排计量和产品竞争力的关切，均须重视原材料碳排放问题。

2022 年 11 月 28 日，欧洲理事会通过了《企业可持续发展报告指令》，该指令在 2023 年 1 月 5 日正式生效。CSRD 旨在强制在欧盟经营的各类企业发布其企业社会责任报告，披露其在环境、员工、公司治理等方面的表现。在环境类别下，企业需要披露其经营活动对气候变化、环境污染所产生的影响。企业需要遵循全球报告倡议框架(Global Reporting Initiative,以下简称 GRI)来编写其企业社会责任报告。

目前，GRI 已经发布了石油与天然气、煤炭、农牧渔和采矿行业的标准，并成为全世界应用最广的可持续发展报告框架。在石油和天然行业的标准中，明确了温室气体的排放报告中，需要披露其范围 1、范围 2 和范围 3 的温室气体排放。由于这些企业需要在企业可持续发展报告中披露其全链路的碳足迹，当这些企业进行供应链布局时，他们必须将原材料碳排纳入考虑。据悉，首批 1.2 万家大型企业将在 2025 年 1 月 1 日依据新规发布其 2024 财年的可持续发展报告。

此外，GRI 正在着手制定纺织品和服装行业的标准。纺织行业是石化行业重要下游行业。一旦对应的标准发布，作为上游原料供应商的石化企业必须考虑披露和降低其产品碳排以满足下游客户的信息披露和减碳需求。

2023 年 4 月，欧洲议会通过了欧盟碳边境调节机制(Carbon Border Adjustment Mechanism,以下简称 CBAM)，旨在对出口到欧盟的产品，根据其生产过程中的碳排放量，进行碳关税的征收，进而促使企业节能减排，进一步推动全球双碳目标的达成。

CBAM 目前已覆盖钢铁、铝、水泥、化肥、电力和氢等碳密集行业，征收对象分为简单产品和复杂产品，简单产品即生产过程中没有使用含有隐含碳排放的材料，例如天然的石料。除简单产品外的其他产品，都属于复杂产品，其碳排放的计征范围会追溯至其原材料的碳排，即我们常说的减排目标中的范围 3。

目前，石化产业本身暂不在 CBAM 的征收范围，但 CBAM 文件已明确表示，其碳税征收范围将在 2030 年扩展至与欧盟碳交易机制(European Union Emission Trading Scheme,以下简称 EUETS)《Directive 2003/87/EC.》相同的范围，而后者碳交易范围覆盖了矿物油炼油厂。这意味着，从 2030 年开始，石油炼化生产活动也将被纳入 CBAM 计征范围。

此外，由于石油炼化产业涉及诸多产业和产业链诸多环节，最终产品庞杂，不乏复杂产品。这些产品的碳税计征中不得不考虑到其上游石化原材料的碳排。基于此，基于对下游客户对产品碳排的关切，炼化企业在采购原油产品时，必须考虑原油的碳强度，这将直接影响最终下游产品的碳税计征。

对中国这一世界制造大国而言，中国石化企业及其下游产业将很难避开欧盟 CSRD 和 CBAM 对其产品进入欧盟企业供应链的影响，必须及时布局。



中国石化企业必须建立起可靠的碳足迹计量机制，掌握产品碳排放申报的话语权。



亟需建立碳足迹计量机制

2021 年 10 月，《国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》提出探索建立重点产品生命周期碳足迹标准。

2023 年 4 月，国家发改委等多部门联合印发《碳达峰碳中和标准体系建设指南》，要求 2025 年，制修订不少于 1000 项国家标准和行业标准(包括外文版本)，与国际标准一致性程度显著提高，主要行业碳核算核查实现标准全覆盖，重点行业和产品能耗能效标准指标稳步提升。实质性参与绿色低碳相关国际标准不少于 30 项，绿色低碳国际标准化水平明显提升。《指南》明确了中国碳达峰碳中和标准体系框架，但未明确具体的碳核算核查、碳信息披露、化石能源清洁低碳利用、生产和服务过程减排、碳捕集利用与封存、碳排放交易的规则。

2023 年 11 月，国家发改委等多部门印发了《关于加快建立产品碳足迹管理体系的意见》，要求“推动建立符合国情实际的产品碳足迹管理体系，完善重点产品碳足迹核算方法规则和标准体系，建立产品碳足迹背景数据库，推进产品碳标识认证制度建设，拓展和丰富应用场景”。

2024 年 5 月，生态环境部等 15 部门联合印发《关于建立碳足迹管理体系的实施方案》，要求到 2027 年，碳足迹管理体系初步建立，制

定出台 100 个左右重点产品碳足迹核算规则标准；到 2030 年，碳足迹管理体系更加完善，应用场景更加丰富，制定出台 200 个左右重点产品碳足迹核算规则标准。

中国正在积极推进碳足迹标准的建设，通过多部委联合出台一系列政策文件来加强碳足迹管理。生态环境部和国家发展改革委等部门发布的《产品碳足迹核算标准编制工作指引》，《关于加快建立产品碳足迹管理体系的意见》等，进一步明确了碳足迹管理体系的建设目标和要求，这些政策文件的出台，共同推动了中国在碳足迹管理方面的标准化和规范化进程，为实现“双碳”目标提供了有力支撑。

值得注意的是，根据 CBAM 相关规定，如果相关企业无法提供可靠的碳排放数据，则其出口至欧盟的产品的碳排放量计量将采用默认值。基于目前对“默认值”的有关规定，该默认值极有可能会高于实际碳排放量，进而加高碳税壁垒、降低产品的竞争力。据此，中国石化企业必须建立起可靠的碳足迹计量机制，掌握产品碳排放申报的话语权。

[4] SBTi科学碳目标倡议的三大范围：范围1——生产活动的直接温室气体排放；范围2——外购的电力产生的间接温室气体排放；范围3——其他上下游的原材料、运输等环节产生的温室气体排放。

9.2亿吨

2023年原油一次加工能力居于世界首位

7.6亿吨

同年，中国原油消费量仅次于美国居世界第二

石化产业发展机会在质而非量

2021 年 10 月,国务院印发《2030 年前碳达峰行动方案》,强调要通过优化产能规模和布局、调整原料结构和优化产品结构等方式推动石化化工行业碳达峰,计划到 2025 年,国内原油一次加工能力控制在 10 亿吨以内。方案中提到的原油一次加工能力的产能红线在之后 2022 年的《“十四五”现代能源体系规划》和 2023 年的《关于促进炼油行业绿色创新高质量发展的指导意见》等文件中一再被重申,其中《指导意见》中还提到“对 200 万吨 / 年及以下常减压装置有序淘汰退出”,即要淘汰落后产能。

2023 年中国原油一次加工能力达 9.2 亿吨,居世界首位。同年,中国原油消费量达 7.6 亿,仅次于美国居世界第二。

就供给端而言,据悉 2024-2027 年将有 8300-8600 万吨 / 年产能开工(见表 2.5.1),同期将有 3500 万吨产能淘汰,预计将净增 5000 万吨产能,届时中国原油一次加工能力将达 9.8 亿吨。

就消费端而言，2023年国内石油消费达7.6亿吨，由于新能源汽车兴起，车用燃油消费下行，新增消费需求或主要来自石油化工行业，即业内常说的“减油增化”，预计中国石油消费将在2025-2050年期间在8亿吨/年的水平上实现消费达峰。

综上，在“双碳”政策下，未来，中国石化产业的发展机会在质而非量。

目前中国大量基础石油化工产品均已经实现自给自足，并可以对外出口。但在一些中高端领域，如特种工程材料、高端聚烯烃材料、高性能合成橡胶、高性能合成纤维、功能性膜材电子化学品等，中国自给率依然较低。（见表2.5.2）

以特种工程材料为例，据中国化工信息中心数据和弗若斯特沙利文分析，2021年，中国高性能聚酰胺自给率26%，液晶聚合物自给率仅19%，虽然这些特种工程材料消费量不大，但价值极高。中国石化企业必须主动布局“炼化生精材”产业链中高端，提高发展质量。



表2.5.1 2024-2027年间我国在建、拟建炼化一体项目

公司名称	项目名称	炼油规模(万吨/年)	预计投产时间
中国石化	镇海炼化二期炼化一体项目	1100	2024
	古雷炼化二期炼化一体项目	1600	2025
中国石油	大连石化搬迁项目	1000	2024
中国海油	大榭石化炼化一体项目升级改造扩建	600	2024
	惠州石化三期炼化一体项目	500-800	规划
华锦集团	华锦阿美炼化一体项目	1500	2025
山能集团(控股)	裕龙岛炼化一体项目(一期)	2000	2024
合计		8300-8600	

数据来源：中石化新闻网等，光大证券研究所整理。

表2.5.2 2021年我国主要化工新材料生产及消费情况

序号	材料类型	产量（万吨/年）	产值（亿元/年）	消费量（万吨/年）	自给率（%）
1	特种工程材料	340	741	550	62
2	高端聚烯烃材料	750	975	1300	58
3	高性能合成橡胶	494	1600	557	89
4	高性能合成纤维	7.4	200	12.7	58
5	功能性膜材料	60	600	90	67
6	电子化学品	60	300	80	75

数据来源：《石油科技论坛杂志》，转引自中国石油新闻中心，<http://news.cnpc.com.cn/system/2023/11/14/030117279.shtml>，最后浏览日期2024年9月25日。

03.

沙特阿美可以如何帮助中国石化产业
践行低碳高质量发展

沙特阿美可以如何帮助中国产业 践行低碳高质量发展

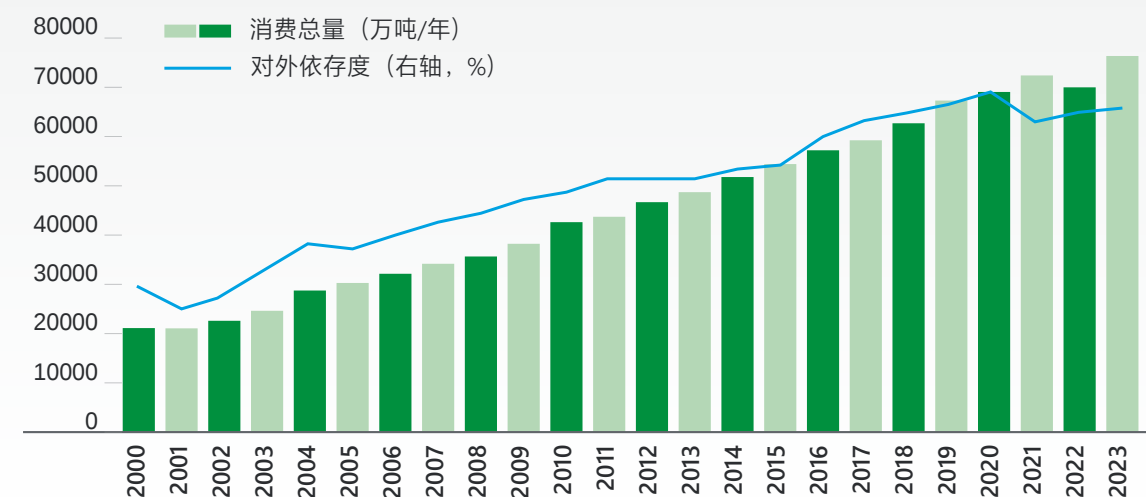
稳定可靠的原油供应，确保原料安全

作为世界的工厂和世界经济增长引擎，中国对石油的需求持续增长。保障中国的石油供应和稳定发展，对全球繁荣至关重要。

优秀的合作伙伴必须不断提升自身能力，才能为中国的持续增长注入源源不断的动力，成为中国能源安全和重化工产业高质量发展可信赖的伙伴。沙特阿美基于强大的实力、先进的技术、以及对客户和合作伙伴的诚信和责任，在全球主要原油供应商中保持着领先的合同履约率，持续为中国发展提供高质稳定的原油。



图3.1.1 中国原油消费量和对外依存度



数据来源：国家统计局。

2590

亿桶油当量

石油和天然气储量

1280

万桶油当量/天

2023年，其石油天然气产量

1 99.8%，全球最可靠的原油供应商之一
秉持着对客户和合作伙伴负责的态度，依托丰富的资源和强大的日产能力，叠加OSPAS系统（原油供应、规划和调度系统），2023年，沙特阿美以99.8%的可靠性继续保持全球最可靠原油供应商之一的地位。

2 压倒性的产量优势

作为沙特的国家石油公司，沙特阿美对全球一些大型优质油田拥有独家开采权，从而可以为全球供应高品质、高性价比的原油产品。

沙特阿美坐拥2590亿桶油当量的石油和天然气储量，以数十倍的优势远超其他石油巨头，2023年，其石油天然气产量高达1280万桶油当量/天，远超竞争对手。

3 先进的供应链管理：OSPAS神经中枢

OSPAS（原油供应、规划和调度系统）是沙特阿美高效运营的神经中枢。通过使用10万多个传感器从油井、管道、工厂和终端收集信息，OSPAS使沙特阿美能够利用实时数据分析、监控并引导油气在其网络中的流动，帮助沙特阿美准确了解每个环节的运营和遇到的挑战，快速评估和管理其油田设施和数千公里的管道，调整生产方向，从而为世界各地客户提供可靠的产品供应。同时，OSPAS让无数优秀人才和流程规范都可以充分发挥作用，为沙特阿美成为全球领先的能源和化学品公司奠定了重要的基石。

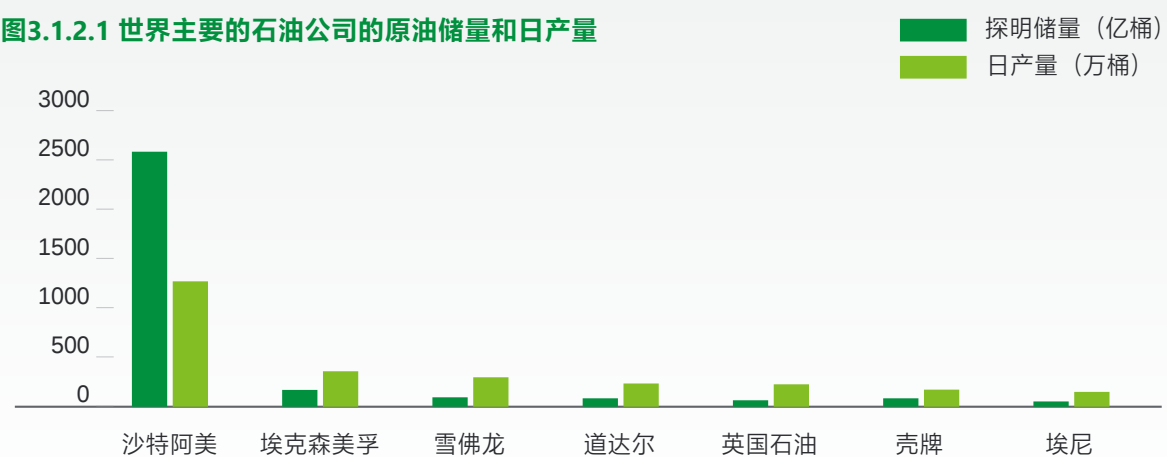
4 中国优先，伙伴优先

1991年10月1日，第一艘满载阿拉伯轻质原油的油轮抵达中国南部。从那时起，沙特阿美开始稳定、安全、可靠地向中国客户供应原油，为中国的增长奇迹护航。

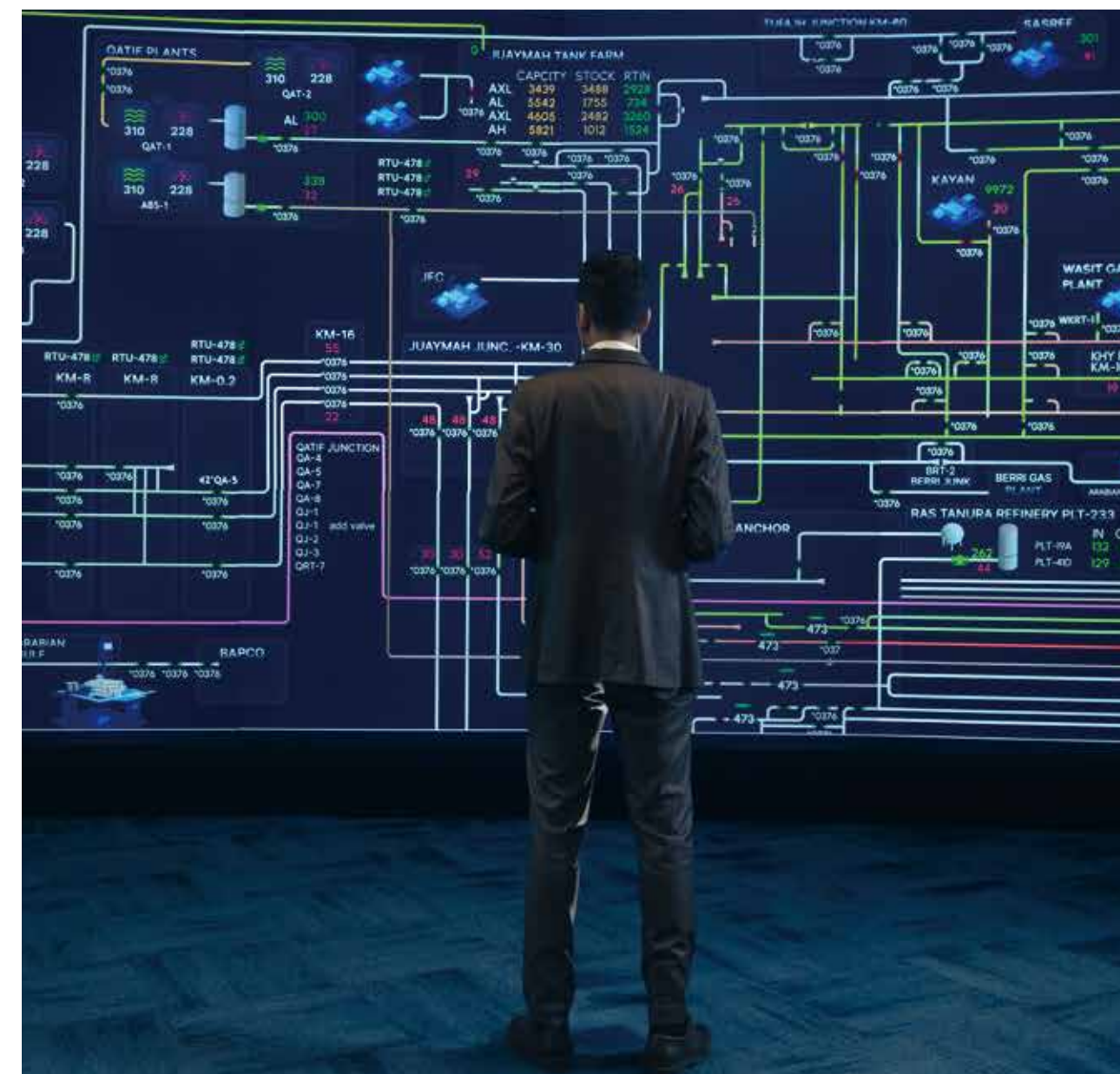
福建联合石化是沙特阿美在华投资的首个世界级中外合资炼化一体项目。沙特阿美秉持“中国优先，伙伴优先”的原则，投产15年以来，不仅100%保障完成了原料供应计划，而且会优先保障福建联合石化的原料需求调整计划。

沙特是中国最重要的原油进口国，双方长期稳定合作，沙特阿美是中国最为稳定可靠的合作伙伴，切实保障了中国在石化领域的原料安全。

图3.1.2.1 世界主要的石油公司的原油储量和日产量



数据来源：www.statista.com、中国石油和化学工业联合会官网和公众号。



沙特阿美如何达成
99.8%的供应可靠性？



更多关于沙特阿美LCI
请参看案例二
全生命周期的低碳原油

5.6 亿吨
2023年原油进口量

低碳强度石油有助于提升中国石化产品终端竞争力

1 低碳强度原油，碳强度比行业均值低50~70%

沙特阿美的原油碳强度比行业均值低50~70%^[5]，是全球最低的碳强度的石油之一，相较于其他原油更有助于降低终端产品出口欧盟的碳关税，进而提升终端产品在国际贸易中的竞争力。

2 25亿元的碳税节约，有效提升产品的竞争力

中国是全球最大的原油进口国，2023年原油进口量高达5.6亿吨。如果中国进口的原油碳强度都能降低至和沙特阿美相当，则意味着可以减碳1.25亿吨。假设有20%的碳排放因为范围3计算方式被计入下游化工产品的碳排放中，则意味着计征量减少2500万吨。按照中国当前碳交易价格100元/吨计算，相当于25亿元的收益，如有下游产品出口到欧盟，则可在CBAM中创造更多的碳关税减免的收益。

3 沙特阿美缘何可以生产出低CI值的原油？

作为全球最主要的产油国，沙特阿美拥有丰富的石油储量并且是世界第二大产油国，占全球石油供应量的10%，其原油产品CI值是十大产油国中最低的，比全球均值低50~70%。沙特阿美采取多种举措以降低其原油碳强度。

[5]该数据是基于毕马威、沙特阿美、《自然通讯》、油气行业气候倡议组织等四家机构的独立报告得出。



周密油藏管理，提升整体资源使用效率

在油田开采前，沙特阿美便开始采取周密的油藏管理举措，使用多分支井和智能完井技术等精细的油藏管理和生产方法，有效减少水的生产和能源的消耗，从而降低过程中温室气体的排放。



多举措降低火炬燃烧碳排

在采油环节，开采过程中的火炬燃烧碳排^[6]火炬燃烧：石油开采过程中，将甲烷等伴生气体燃烧，以避免甲烷直接排入空气中。]是最主要的碳排来源，沙特阿美从1977年就开始不再进行火炬燃除，改为收集开采过程中的天然气，通过先进的火炬气回收系统，将火炬气排放量保持在天然气产生量的1%以下，这一成果奠定了沙特阿美在行业内的领先地位，并得到了世界经济论坛的认可。

在石油的开采过程中排放的甲烷，也是一种温室气体。相关研究表明其温室效应是同等重量二氧化碳的100倍以上。2018年，沙特阿美启动了严格的甲烷泄漏检测与修复（LDAR）计划，对甲烷的排放进行全面的监控和测量，并在当年将甲烷排放降至0.06%的行业最低水平。

目前沙特阿美的原油碳强度已是前十大主要产油国中最低的。即便如此，沙特阿美依然不曾松懈和自满，依旧保持高投入，积极推动技术更新，努力进一步降低其原油产品

[6]火炬燃烧：石油开采过程中，将甲烷等伴生气体燃烧，以避免甲烷直接排入空气中。



碳捕集技术，变废为宝

在厂区，沙特阿美在下属的哈维耶天然气厂（Hawiyah）采用碳捕集技术，每天捕集量高达3000万标准立方英尺的二氧化碳，通过管道输送到85公里外的乌斯曼尼亚（Uthmaniyah）油田，然后注入油藏，实现二氧化碳驱油开采。

在运输途中，沙特阿美采用移动碳捕获（MCC）创新技术，开发了面向汽车和卡车的碳捕集与封存技术。借助该技术，运输车辆可以在加油站卸载捕获的二氧化碳，用于后续进行地下封存，或通过回收利用将二氧化碳转化为其他形式的材料。



智能监控，提升炼油厂运营效率

在沙特阿美的阿布盖格炼油厂，智能传感器密切监测着原油炼化过程的每一个细节，人工智能持续分析数据，实时检测异常、识别故障，并提供相应的修正建议，实现效率的最大化，提高了生产效率。在新技术的运用下，2019年至2022年，炼油厂的产品碳强度减小了31.8%。

和石化产品的CI值，并且提出到2050年，确保全资子公司及运营实体实现科学碳目标倡议中范围1和范围2的温室气体净零排放目标。

ARCHIE倡议，有助于中国石化有效计量其碳排放

沙特阿美石油公司是ARCHIE倡议的发起者之一。ARCHIE倡议由来自斯坦福大学、匹茨堡大学、卡尔加里大学的专家学者和来自沙特阿美等能源企业的业内专家发起，旨在提高温室气体（GHG）排放量估算，并促进能源供应链的透明度。

ARCHIE倡议的任务是提高对不同来源的温室气体排放影响的认识，希望通过向利益相关方提供与各种能源排放有关的透明数据，鼓励其作出更明智的决策。

ARCHIE倡议使用前沿技术和方法来跟踪能源的生产和消费，使人们能够更清楚地了解能源的来源和相关的温室气体排放。

ARCHIE倡议还使用生命周期分析（LCA）来评估和量化能源供应链各个阶段的温室气体排放，这使利益相关者能够做出基于数据的决策。

ARCHIE为全球石油化工行业的相关利益者提供了一个可视化工具和模型，可以对全球92%的油田进行碳排监控和计量，估算对应石油产品全生命周期的碳足迹，进而帮助相关利益者做出有效的业务决策。2021年，ARCHIE对全球96个国家的4100个油田进行了碳排测算，覆盖了全球92%的原油。

沙特阿美愿意链接ARCHIE倡议和中国石化企业，基于ARCHIE的成功经验，帮助中国石化企业更好进行其原料碳排放追溯、帮助其建立自身的全生命周期碳足迹计量标准和体系。

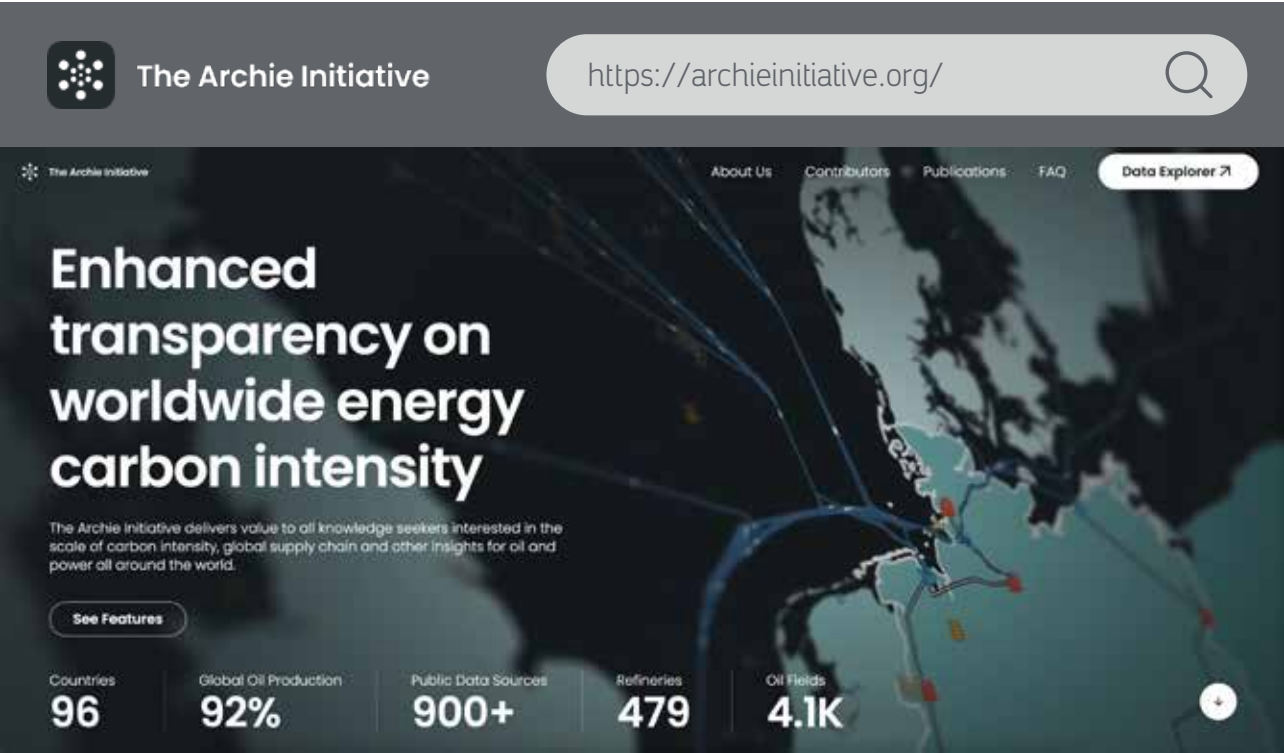
COTC技术助力中国减油增化

通常而言，在现有成熟技术和工艺条件下，原油在炼油厂需要经历加热蒸馏的环节，被转化为各种馏分，如石脑油、柴油、汽油和煤油等，再将馏分产物作为化学品生产的原料。这一转化的过程不仅流程长，成本高，而且会产生大量的碳排放，且原油的化工品转化率仅有8%至12%。而沙特阿美的COTC（Crude Oil to Chemical，原油到化学品）技术可以绕过传统的炼油过程、直接将原油转化为化学品，从而减少炼化过程中的碳排放的同时，大幅提升转化率。沙特阿美的目标是将转化率提升至70%到80%，从而奠定在该领域的领先地位。

目前，在所有“油转化”的研究方向中，最为前沿的是原油热处理直接制化工品（TC2CT-M）技术，沙特阿美已经与行业领先的美国技术提供商西比埃（CB&I，现为McDermott）和雪佛龙鲁玛斯全球（CLG）签订合作开发协议，采用目前最为先进的技术推进油转化的研发进程，这项合作将有效推动该技术的商业化运用。

此外，在石油炼化过程中，催化剂对于提升蒸馏效率和优化产品质量起着至关重要的作用。对催化剂的研究，是所有COTC技术共同探寻的方向。沙特阿美不断根据需要研制催化剂，以期实现乙烯和丙烯产出的最大化，从而推动COTC的提升。最终极且最完美的催化剂是只用一步就可完成对任何类型的原油的预处理并将其直接转化为化工品。沙特阿美正与阿卜杜拉国王科技大学展开合作项目，雄心勃勃地探寻着可将原油直接转化为化工品的终极催化剂。目前这一项艰巨的任务尚在初期，但已经取得了众多成果，申请了近50项专利，第一代性能优越的催化剂已开发成功，并且计划在2025年建设一套世界级的原油热处理直接制化工品装置。

沙特阿美的科学家团队在COTC的道路上不断探索，寻求突破，保持业界领导地位，这必将助力中国“减油增化”之路大步向前。



试想一下，原油到化学品的直接转化率可以提升至70%到80%，会发生什么？





更多关于沙特阿美材料转型
请参看案例三
石化新材料转型，以东单为起点

超90%

工业制造和百姓生活中
制成品含有来源于
石油和天然气的成分材料

材料转型，是中国高质量发展的基础

工业制造和百姓生活中有超过90%制成品含有来源于石油和天然气的成分材料，这些材料被制成太阳能电池板、汽车、智能手机、衣服、鞋履、药品等等。中国是世界第一炼化大国，也是“世界工厂”，在中国从制造大国向着智造强国转型的过程中，材料的革新是众多行业转型发展的基础。

沙特阿美作为中国重要的合作伙伴，也是世界级的先进的化学品的生产商，化工产品业务涵盖芳烃、烯烃和聚烯烃等基础化工产品，以及用于各行各业的高性能化工产品。沙特阿美既是中国化工行业发展的可靠供应商，也是各类新材料研发的技术合作者，更是推动千万下游伙伴转型发展的基础力量。

1 依托塑料产品回收利用，推动中国循环经济落地

“双碳”背景之下，中国大力发展循环经济，国家发改委印发的《“十四五”循环经济发展规划》提出要加快推进塑料废弃物规范回收利用和处置，明确了循环经济以资源的高效利用和循环利用为核心，以“减量化、再利用、资源化”为原则，以低消耗、低排放、高效率为基本特征，通过提高塑料废弃物的回收利用率，减少对原生塑料的需求，从而降低资源消耗和碳排放。

沙特阿美的材料转型计划从两方面着手进

行，一方面是开启材料循环，通过提升回收率，实现碳循环；另一方面是提升材料效率，即提升材料的强度，减少损耗，延长材料的使用寿命。

沙特阿美的材料转型计划与中国的循环经济发展目标高度契合。

石化行业作为众多塑料制品的上游，对下游产品的回收利用可以起到关键的作用，沙特阿美致力于推动循环经济的发展。

沙特阿美推出了业内首款经国际可持续发展与碳认证计划(ISC PLUS)下属机构认证的循环聚碳酸酯。该循环聚碳酸酯使用回收的混合废塑料加工生产而成，可应用于电子电气、汽车和城市建设领域。相较于目前市场上常见的基于石油基的同类产品，经认证的循环聚碳酸酯产品有望将碳足迹减少23%左右。

在包装材料方面，沙特阿美通过技术创新和外部合作，联合下游企业，实现回收材料的开发利用。

沙特阿美旗下的沙特基础化工公司SABIC和全球乳制品公司Arla的合作，实现部分产品包装的100%可再生，新的可再生材料实现了10%的生产用料节约、15%的生产用能削减，从而在实现环保的同时，降低了生产成本，成功实现为下游客户创造价值。

超30%

2023年中国新能源汽车
产量占比

此外，SABIC还和烘焙食品包装袋生产商圣约翰包装（St. Johns Packaging）合作，推出了含有30%回收塑料的包装袋产品，有效降低了废旧塑料的产生。通过圣约翰包装遍及全球的业务，沙特阿美可有效推动塑料的回收和循环利用的发展，助力行业提升塑料回收率，解决塑料废弃物带来的问题和挑战。

沙特阿美不断推动塑料的回收和循环利用的发展，助力行业提升塑料回收率，解决塑料废弃物带来的问题和挑战。

2 材料助力新能源汽车发展，有利于中国双碳目标实现

交通领域是碳排的主要领域，据中国交通运输部的数据显示，现阶段的中国能源消费结构中，交通用能占比约17%。

中国是全球第一大汽车制造国，2023年中国的汽车产量超3100万辆，其中新能源汽车渗透率达到45%，且新能源汽车的增速远高于传统燃油车。

对于新能源汽车和传统燃油车，轻量化都是大势所趋，自身质量的减轻将有效提升新能源车的续航和降低燃油车的能耗，前者有助于推动新能源车的普及、后者则有利于减少燃油车对环境的损害。

碳纤维复合材料是汽车轻量化替代最具发展潜力的材料，也是沙特阿美的重点研发材料之一。目前碳纤维材料在车身体结构的运用还局限在跑车和高端车领域。但随着减排需求的日益迫切，碳纤维的运用领域正不断扩大。

沙特阿美正在致力于新技术、新工艺的开发，以降低碳纤维的制造成本，进而推动汽车行业大幅降低碳排放。这与中国这一汽车制造大国、汽车消费大国不谋而合。



25亿立方米
中国混凝土年产量

10亿吨
每年混凝土和水泥生产制造的碳排放量

3 建筑材料的低碳转型，是基建大国的必经之路

中国是基建大国，根据中国混凝土与水泥制品协会的数据，目前中国的水泥产量占世界总产量的一半，同时也是全球最大的混凝土消费国，目前中国混凝土年产量约为25亿立方米，每年混凝土和水泥生产制造的碳排放量约为10亿吨，约占中国碳排放总量的10%，减碳任务艰巨。

经过多年的布局发展，沙特阿美已经成功将75种非金属材料运用于建筑工程领域，实现部分或全部替代现有的产品材料，其中有32种产品用于水泥、沥青和土壤等领域的施工，例如复合材料混凝土、纤维材料混凝土和聚合物改性沥青等；有32种材料可在建筑结构和管道等运用领域可替代钢材，如强化玻璃纤维塑料GFRP(Glass Fiber Reinforced Plastic)在水渠和桥梁等建筑施工中替代钢材使用；有16种产品可在门窗、地板、墙板等房屋装修施工中使用，例如非金属包覆材料。

目前，沙特阿美已将强型热塑管(RTP, Reinforced Thermoplastic Pipes)和强化玻璃纤维(GFRP)钢筋大规模运用于自身建筑工程领域，并且实现了很好的性能提升和节能降碳的效果，未来在建筑施工领域的运用前景广阔。

为了更好地推动中国建设领域的材料转型，沙特阿美与中国建筑科学院紧密合作，于2022年初启动了非金属材料创新中心(NEXCEL)，利用中国建材总院的专业知识和资源，促进非金属材料技术的研发和应用。

NEXCEL中心研发的新型超分散型减水剂，是以乙烯为原料的石化产业下游的产物，用于制作超高性能混凝土时，可减少20%的水泥使用，减少近30%用水量，降碳减排效果显著。2023年，该减水剂在山东墨水河大桥项目中成功应用，在满足该项目超高性能混凝土性能标准的同时，成功降低了该工程20%的二氧化碳排放量。



4 中国可再生能源发展迅猛，材料升级锦上添花

受益于用能结构转型，近年来中国可再生能源装机总量保持强劲增长，2024年的装机总量已超16亿千瓦，其中风能和太阳能的装机总量已经提前达成2030年的目标。目前中国新增发电量中，已经有超过80%来自可再生能源，在此背景下，光伏电池的产量也增长迅速。非金属太阳能面板中的关键材料为ETFE(Ethylene Tetrafluoroethylene, 乙烯-四氟乙烯共聚物)薄膜，相较于传统的钢化玻璃，具有透光性好，耐久性强、抗冲击性能优异等特点。ETFE薄膜的厚度远低于玻璃，

可将光伏电池片的厚度做到低于1mm，可以大大降低光伏板重量，能更好地满足各类轻量化、便携化的场景使用需求。此外，采用ETFE薄膜可提升光伏面板的密封性，有效阻隔水汽，从而提升了薄膜电池在恶劣环境下使用的稳定性，延长使用寿命。

综上可见，沙特阿美的新材料的卓越性能和更低碳排，能够为推动中国材料转型贡献一份力量。

超过16亿千瓦
2024年的装机总量





更多关于沙特阿美福建联合石化
请参看案例一
福建联合石化，繁荣一方

1700
亿元以上

以1:5的动力
带动了地方关联产业产值

投资中国，引路中东

2007年沙特阿美入股福建联合石化，携手中石化联合投资400亿元，打造了一艘年炼油1200万吨（最新为1400万吨）、年产乙烯110万吨的石化航母，并以1:5的动力带动了地方关联产业1700亿元以上的产值。

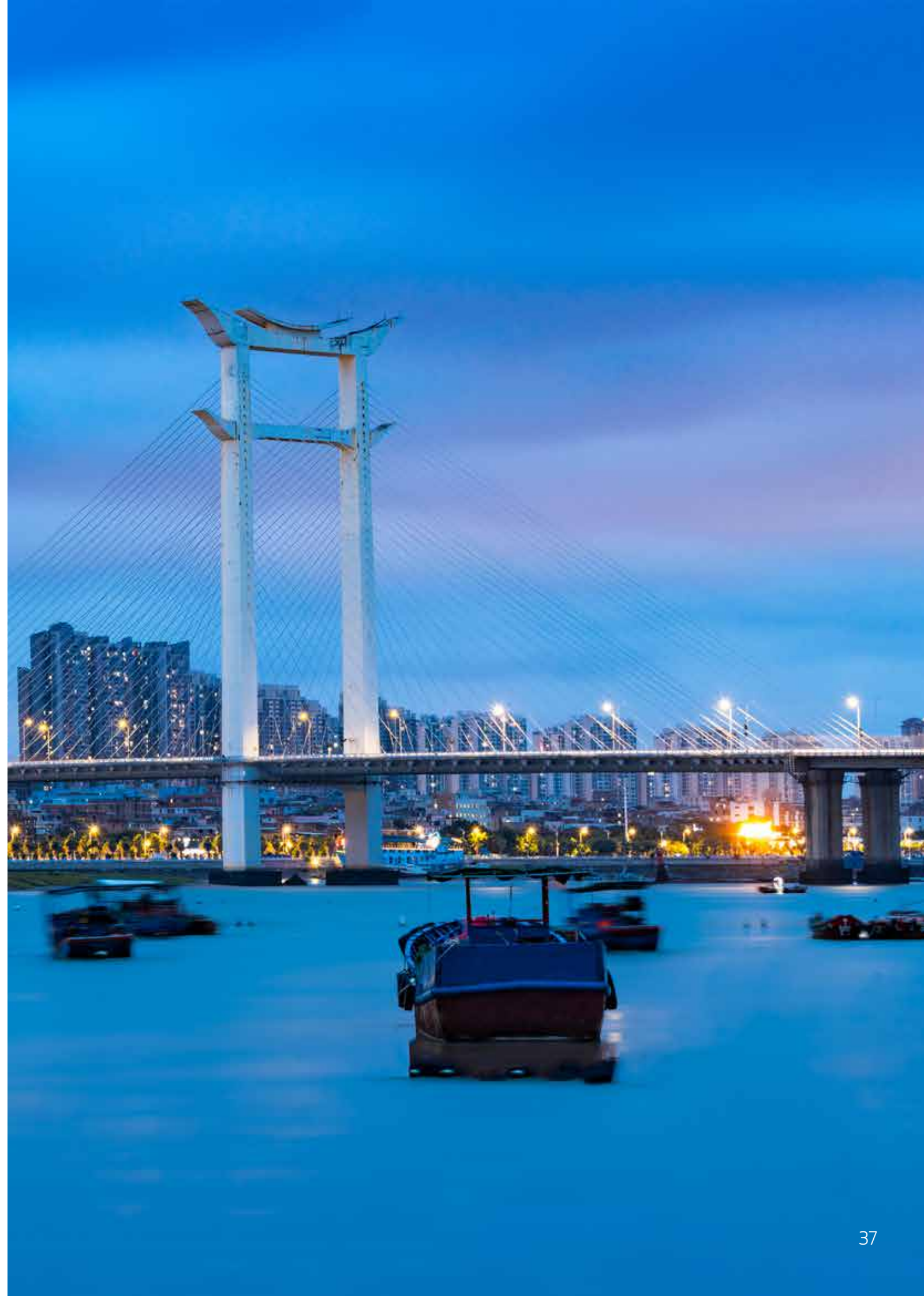
2023年，沙特阿美战略入股荣盛石化，双方及其关联方公司就原油采购、原料供应、化学品销售、精炼化工产品销售、原油储存及技术分享等多方面开展深层次的长远合作。

2023年以来，沙特阿美和中国的国际石化行业巨头荣盛石化签署了一系列合作协议。基于双方的协议，荣盛石化拟收购沙特阿美旗下位于沙特朱拜勒地区的朱拜勒炼化公司

50%的股权，以联手共同开发、设计、建设、持有和运营世界级的炼化一体项目，进而实现其“一带一路”出海布局。

2024年，沙特阿美总裁兼首席执行官阿敏·纳瑟尔在多个场合表达了沙特阿美优先中国的投资策略，拟进一步投资中国。

阿拉伯谚语说，朋友是生活中的阳光。潮平两岸阔，风正一帆悬。中沙合作的友谊之舟已经扬起新帆，在中沙友好的暖阳中，向阳而行！



案例一
福建联合石化，繁荣一方



序言

700年前，马可波罗远渡重洋来到中国，发现世界上唯一媲美埃及亚历山大港的东方大港——泉州。

600年前，郑和七下西洋，开启了以泉州为起点的“海上丝绸之路”的传奇，促进了中国与以沙特王国为代表的中东地区的经济和文化交流。

2007年，在一座世界级的石化城，福建联合石化有限公司（Fujian Refining & Petrochemical Company Limited，以下简称“福建联合石化”）崛起于海峡西岸的湄洲湾畔，中国首个中外合资的世界级炼化一体项目再续历史的荣光。

十五年来，福建联合石化坚持“开放包容、诚信担当、安全环保、专业敬业”的企业核心价值观，创造价值、满足客户、造福员工、回报股东、贡献社会，致力于成为“具有持续竞争力的世界级石油化工公司”。

历经十五年发展，“大炼油、大乙烯、大芳烃”的梦想已然照进实现。福建联合石化已成长为一艘年炼油千万吨、年生产乙烯百万吨，年产值百亿、年纳税数十亿的石化巨轮，为地方经济建设、社会发展和中国石化产业的发展做出了积极贡献。

在福建联合石化成立十五年之际，沙特阿美站在外资合作伙伴的角度，分享福建联合石化成功运行15年来积累的成果与经验，以期对中国推进大型炼化一体化发展战略有所帮助。

“欣悉福建炼油乙烯一体化合作项目建成投产,谨向你们表示热烈祝贺!希望你们抓住国家支持福建省加快建设海峡西岸经济区和实施石化产业振兴规划的重大机遇，努力把福建联合石油化工有限公司培育为世界级石化产业基地,为福建省的经济社会发展做出新贡献。”

2009年10月30日

习近平向福建省委、省政府、中国石化集团公司发来贺信

强强联合，生而不凡

2007年，沙特阿美携手中国石化投资400亿建设了中国首个中外合资的世界级炼化一体项目福建联合石化。作为强强联合的产物，福建联合石化注定生而不凡。

中国石化成立于1983年，是中共中央对全国重要的炼油、石油化工和化纤企业实行集中领导、统筹规划、统一管理，合理利用石油资源，加快发展石化工业，提高经济效益，增加财政收入，改善人民生活的重要载体，在中国石化产业发展上具有举足轻重的作用。福建联合石化中方股东深谙中国市场，对中国石化产业政策、地方政策、上游原料

进口配额、下游产出流通都具有重要甚至决定性的影响。

沙特阿美是沙特阿拉伯政府所属企业，全权负责沙特阿拉伯的石油开发。沙特阿拉伯石油储量仅次于委内瑞拉、产量仅次于美国，对全球石化产业的原料供应具有举足轻重的影响。沙特阿美作为股东方，可以为福建联合石化提供稳定的、可负担的、高质量的石油。

强强联合，为福建联合石化的发展奠定了良好的开局。

400亿

2007年，建设了中国首个中外合资的世界级炼化一体项目福建联合石化



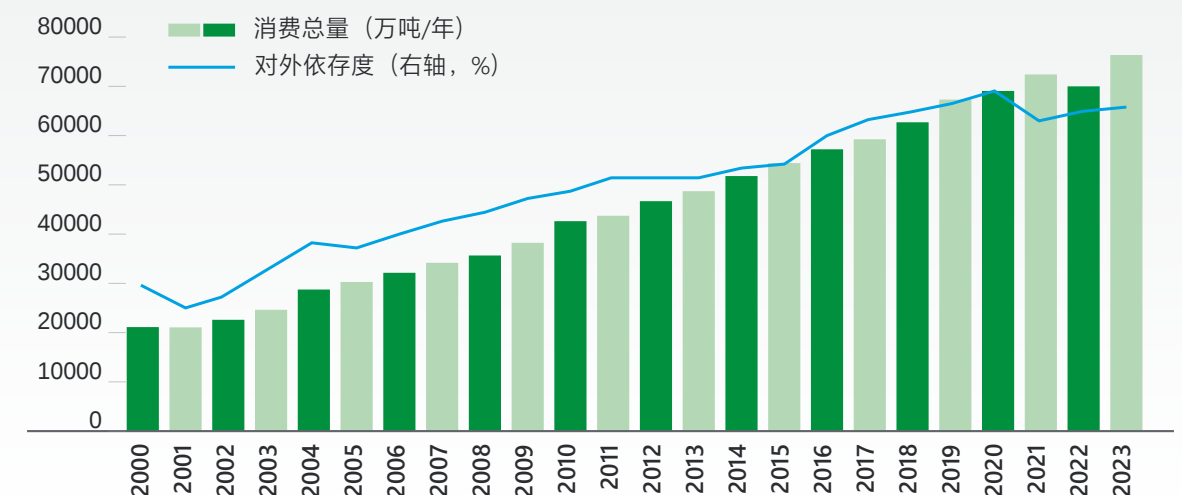
99.8%，全球最可靠的原油供应商之一

作为世界的工厂和世界经济增长引擎，中国对石油的需求持续增长。保障中国的石油供应和稳定发展，对全球繁荣至关重要。

优秀的合作伙伴必须不断提升自身能力，才能源源不断地为中国的持续发展注入动力，成为中国能源安全和石油化工产业高质量发展可信赖的伙伴。

尽管全球能源市场挑战不断，但沙特阿美基于强大的实力、先进的技术、以及对客户和合作伙伴的诚信和责任，在全球主要原油供应商中保持着全球最高的合同履约率。2023年，沙特阿美以99.8%可靠性保持着全球最可靠原油供应商之一的地位。

图2 中国原油消费量和对外依存度



数据来源：国家统计局。

沙特阿美如何达成99.8%的供应可靠性？

能源安全已成为当今越发重大的全球性挑战，现实地威胁着全球主要经济体的稳定发展。要为全球提供稳定可靠的石油供应，并非易事！

作为沙特的国家石油公司，沙特阿美拥有诸多大型优质油田拥有独家开采权，从而可以为全球供应高品质、高性价比的原油产品。

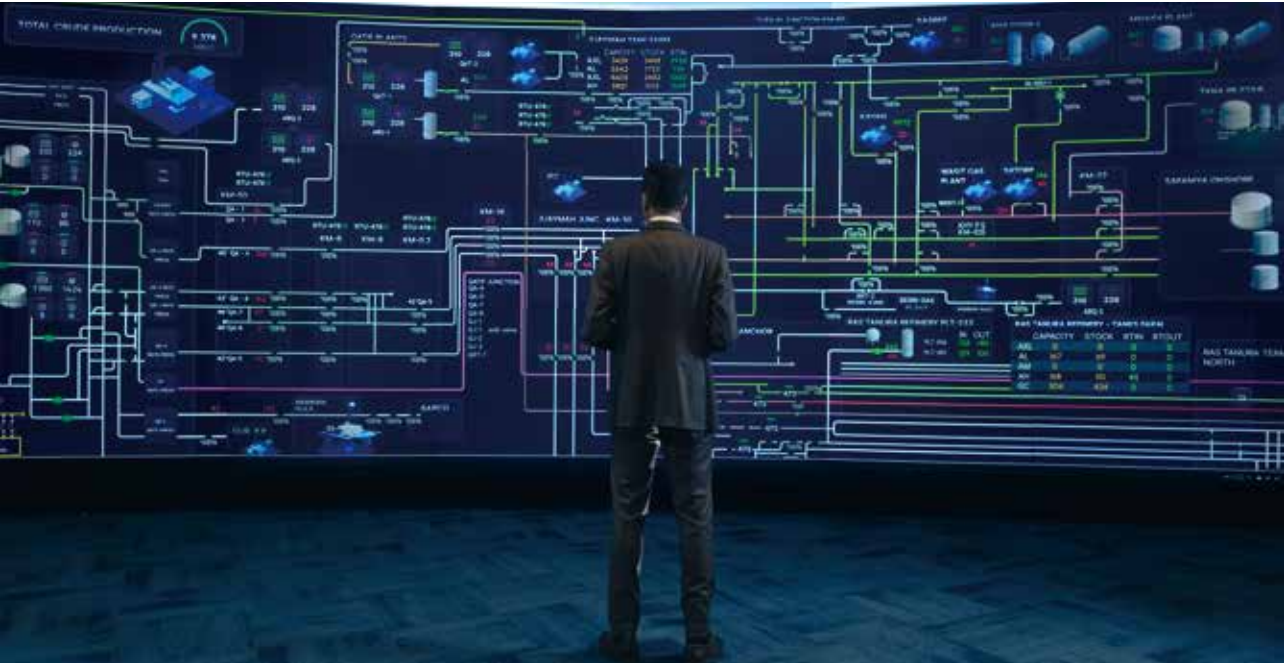


沙特阿美如何达成99.8%的供应可靠性？

先进的供应链管理：OSPAS神经中枢

OSPAS（原油供应、规划和调度系统）是沙特阿美高效运营的神经中枢。通过使用10万多个传感器从油井、管道、工厂和终端收集信息，OSPAS使沙特阿美能够利用实时数据分析，监控并引导油气在其网络中的流动，帮助沙特阿美准确了解每个环节的运营和遇到的挑战，快速评估

和管理其油田设施和数千公里的管道、调整生产方向，从而为世界各地客户提供可靠的产品供应。同时，OSPAS让无数优秀人才和流程规范都可以充分发挥作用，为沙特阿美成为全球领先的能源和化学品公司奠定了重要的基础。



炼化一体，更加高效

1984年，随着沙特阿美在沙特朱拜勒（Jubail）的全球第一个千万吨级炼化一体化项目投入运营，大型炼化一体化项目成为全球石油化工产业的新趋势。

彼时，中国的石化产业整体还处于早期阶段，炼化分离是主流，炼化企业规模小——平均产能不足世界平均水平的50%，炼化结构不合理——乙烯及其下游的三大合成材料、基本有机化工原料等产量不足，石化生产企业与地方传统化工结合不足，无法有效支撑下游经济发展。

2006年，中国政府发布了“十一五”经济发展计划，提出要按照基地化、大型化、一体化方向，调整石化工业布局。正是在这样的背景下，福建联合石化诞生了。

福建联合石化是中国首个中外合资的世界级炼化一体化项目，项目涵盖1200万吨/年的

炼油产能，主要加工沙特原油。同时，该项目还包括一套80万吨的乙烯裂解装置、一套80万吨的聚乙烯装置、一套40万吨聚丙烯装置和一套70万吨芳烃联合装置。项目各装置的高度一体化，有助于最大化利用资源，体现了各股东方“倡导绿色环保、奉献清洁能源”的共同理念及对安全环保的高度关注。

大型炼化一体化项目可以极大程度促进石油化工产业降本增效、节能减排和对资源的高效利用，是石化产业突破“能源三难困境”（Energy Trilemma）、实现经济社会可持续发展目标的最重要战略举措之一。研究显示，与同等规模炼厂相比，采取炼油-乙烯-芳烃的炼化一体化方式，原油加工的产品附加值可提高25%，建设投资节省10%以上，能耗降低15%左右。

1200万吨/年

福建联合石化是中国首个中外合资的世界级炼化一体化项目，项目涵盖，炼油产能



石化巨擘，繁荣一方

石化产业往往是一方经济的支柱产业，对于泉州而言，福建联合石化是当仁不让的“石化航空母舰”。

石化航母，为美好生活加油

截至2022年7月，福建联合石化成立十五年来，已发展成为集炼油、乙烯、芳烃一体化的大型石化企业，累计加工原油1.4亿吨，生产乙烯1300万吨，累计实现产值7210亿元，实现利税超过1200亿元，纳税额连续多年名列福建省工业企业前列，为地方经济建设和社会发展做出了积极贡献，是引领福建实现“石化强省”目标的龙头企业。

工业制造和百姓生活中有超过90%的制成品含有来源于石油和天然气的成分材料，这些材料被制成太阳能电池板、汽车、智能手机、衣服、鞋履、药品等等，因此石化产业是国民经济的命脉。福建联合石化，这座世界级的石化城正以1:5的动力带动新型材料、纺织、电子、汽车、食品、配套产业、第三产业等关联产业1700亿元以上的产值。

1.4亿吨

截至2022年7月
福建联合石化累计加工原油

7210亿元

累计实现产值

纺织服装产业是泉州市经济第一大支柱产业，也是泉州市最具竞争力和最有发展潜力的传统优势产业之一。据统计，全市纺织服装企业超过一万家。

泉州市代管的县级市晋江，位于“闽南金三角”核心，以“中国鞋都”称号闻名天下，它囊括了除李宁外的国内十大运动品牌，安踏、特步、乔丹、匹克、361°、鸿星尔克等均出自晋江。

不管是衣服还是鞋子，均离不开石化材料。坐落于泉州的联合石化为当地的纺织服装产业提供了丰富的原材料，促进了泉州轻工业的发展。

关爱员工，发展员工

繁荣一方不仅仅体现在对经济的贡献和产业的带动上，更在滋养一方人。

福建联合石化为2000多名员工提供了安全稳定和持续发展的就业机会。

福建联合石化关注员工的个人发展和职业生涯规划，追求员工与企业的同步发展，努力为员工提供健康良好的工作环境和公平的竞争环境，为员工提供学习、培训的机会，鼓励员工自我学习与发展。



这里没有老外，只有文化相似的好朋友。

沙特阿美始终致力于成为中国重要的合作伙伴，从1998年以来，沙特阿美及沙特政府就源源不断地派遣员工支持中国的高质量发展。

1998年，10名经过层层选拔的优秀沙特少年来到中国厦门，他们是沙特向中国派遣的第一批留学生。

彼时，中国尚未正式加入WTO，厦门还没有发展起来，大部分的本地人还不会说英文，但是沙特已坚定看好东方大国的崛起。

为了融入当地，这些优秀的沙特少年克服重重挑战，用两年时间就熟练掌握了中文，陆续进入厦门大学、中国石油大学开始了他们在中国的学习、工作和长期生活，逐步历练成中沙合作的一根根坚实的纽带。

26年后的今天，这一项目仍在继续。当年的沙特少年，陆续迈上了中沙合作项目的重要岗位，切实推动着中沙合作。他们中的一些人已在中国娶妻生子，成了名副其实的中国女婿，在中国生活的时间甚至超过了他们在沙特的时间。

“这里没有老外，只有文化相似的好朋友。很开心福建联合石化让我们为泉州海上丝路传奇、中国和沙特文化交流续写了新的篇章。”福建联合石化公司副总裁海森先生如是说。



重视员工健康和安全

作为炼化工厂，最重要的员工关怀就是真正重视员工健康和安

全。自成立以来，FREPI以“零事故、零伤亡、零污染”为目标，在安全环保方面直接累计投入达80亿元，并且仍然在持续升级完善。

福建联合石化的安全生产管理遵循“操作完整性管理体系”（Operations Integrity Management System，OIMS），并定期开展生产安全领导力培训以培养提升员工安全意识、引导规范员工安全行为，激发员工参与安全生产管理的积极性和主动性，从而促使员工自觉自愿地安全工作。

在厂区的大墙上，“在我的视野里，无人受伤”十个大字赫然在目，在会议室的桌面上，“会前一分钟安全提醒”时刻提醒着每一个员工安全的重要性。

对于福建联合石化而言，OIMS安全生产管理不仅仅是保护自己的员工，更是保护着站在身后的一方水土和人民。



保留和赋能老员工

在合资之初，为实现福建联合石化“成为具有持续竞争力的世界级石油化工公司”愿景，福建联合石化需要快速提升员工的专业能力并达世界一流的水平。

当时面临两个问题，一个是很多原有员工不满足合资企业运营能力要求，另一个是现代化企业对人员数量的要求比传统企业少。

福建联合石化遵循了对员工负责、不放弃本地员工的基本原则，组织开设培训教学，最大限度保留了企业的老员工。

点亮员工

福建联合石化对于大量石化青年而言是一个鼓励、提升和点亮自己的大平台。

福建联合石化引入沙特阿美的“Innovation Hub”，定期举行“创新日”，鼓励员工提出好想法，让创新创造价值。

在这个组织里，诞生了一批如庄荣春、张肇宏、林镇杰、吴良江、钱程一样的“爱迪生”，和一批批市劳模、省劳模、乃至全国劳模。





睦邻友好，回报一方

大型炼化企业往往面临严重的毗邻困扰——公众担心石化企业对地方水土的污染、危害周边居民健康，因而对大型炼化企业持负面甚至抵制态度。

福建联合石化主动增设公众监督热线，随时接受地方百姓的监督，同时举办了系列“工厂开放日”活动，加强公司与社会各界的交流沟通，维护公司与周边社区的睦邻友好关系，增进公众对石化企业的认识和了解。

进入厂区，可以看见几只黑天鹅悠闲地游弋在厂区汇集经处理后外排污水的池塘里。

福建联合石化立足企业，辐射社会，积极参与公益事业通过助学、助孤、扶残、扶贫、赈灾等一系列活动，支持社区卫生、教育、体育、慈善事业发展。

福建联合石化先后参与了“海西春雨行动”“金秋助学”捐资助学、“共建美好社区”捐赠活动，帮助周边社区居民建设饮水、排涝、道路工程。截至2021年，福建联合石化累计对外捐赠近2000万元。

2000万元

截至2021年
福建联合石化累计对外捐

绿色低碳，持续领跑

在业界有一种说法，石化行业很难突破“三难”困境，即同时保证原料的充分供应、更低成本和更低的碳足迹。石化行业要实现高质量发展，则必须突破“三难”困境。

要同时满足绿色低碳和降本增效，唯有通过不断创新。福建联合石化不断探索和实践先进的节能减排措施，持续领跑石化产业的绿色低碳发展。



汽电联产 节能减排

早在2009年，福建联合石化就同步配套建设了中国首套高度集成的汽电联产大型环保节能项目（Integrated Gasification Combined Cycle, IGCC）。该装置采用福建联合石化溶剂脱沥青装置的脱油沥青为原料，生产氢气、超高压蒸汽和发电，并副产氧气和氮气，满足了福建联合石化炼化一体项目所需电力、蒸汽与40%的氢气需求，从而实现了节能和减少温室气体排放的目标。



VOCs减排49%

“十三五”期间，福建联合石化陆续投入超过10亿元，相继建成投用了丁二烯尾气加氢装置、FCC烟气净化与原料适应性改造、锅炉燃机烟气脱硝改造、油气回收与污水处理场异味治理等一系列环保项目，进一步削减挥发性有机物的排放，VOCs核算排放量削减比例达到49%。



光伏绿电

2023年，福建联合石化光伏项目一期全容量并网发电。该项目建设覆盖面积达16万平米，规划装机容量21.05MW，是福建省最大的分布式光伏项目。



屡获殊荣

通过持续投资于创新技术，福建联合石化真正实现了社会效益和经济效益的双赢，2020年以来连续4年获中央污染防治专项资金补助，2022年被评为福建省绿色工厂，2023年入选国家级绿色工厂，同时入选当年国家级重点行业能效“领跑者”企业，细分赛道仅5家企业荣获此殊荣。

低碳，不仅仅在炼化

沙特阿美原油碳密度^[1]低于全球均值50-70%

随着疫情后的经济复苏，以及石油化工和新材料产业的发展拉动，全球对石油的需求屡创新高。沙特阿美的原油产量高达全球的1/8。因此，沙特阿美一直通过技术创新和高质量运营，致力以更高效、更负责任的态度为全球提供原油。

在全球主要油田中，沙特阿美的原油碳密度是最低之一。

据斯坦福大学2018年领导完成的一项针对全球8966个油田的研究，沙特阿美供应的原油在全球主要油田中的碳密度水平最低，比全球平均水平低50-70%。这一成绩得益于沙特阿美在油田管理、点火放喷、温室气体管理等方面的持续技术创新和高标准运营。

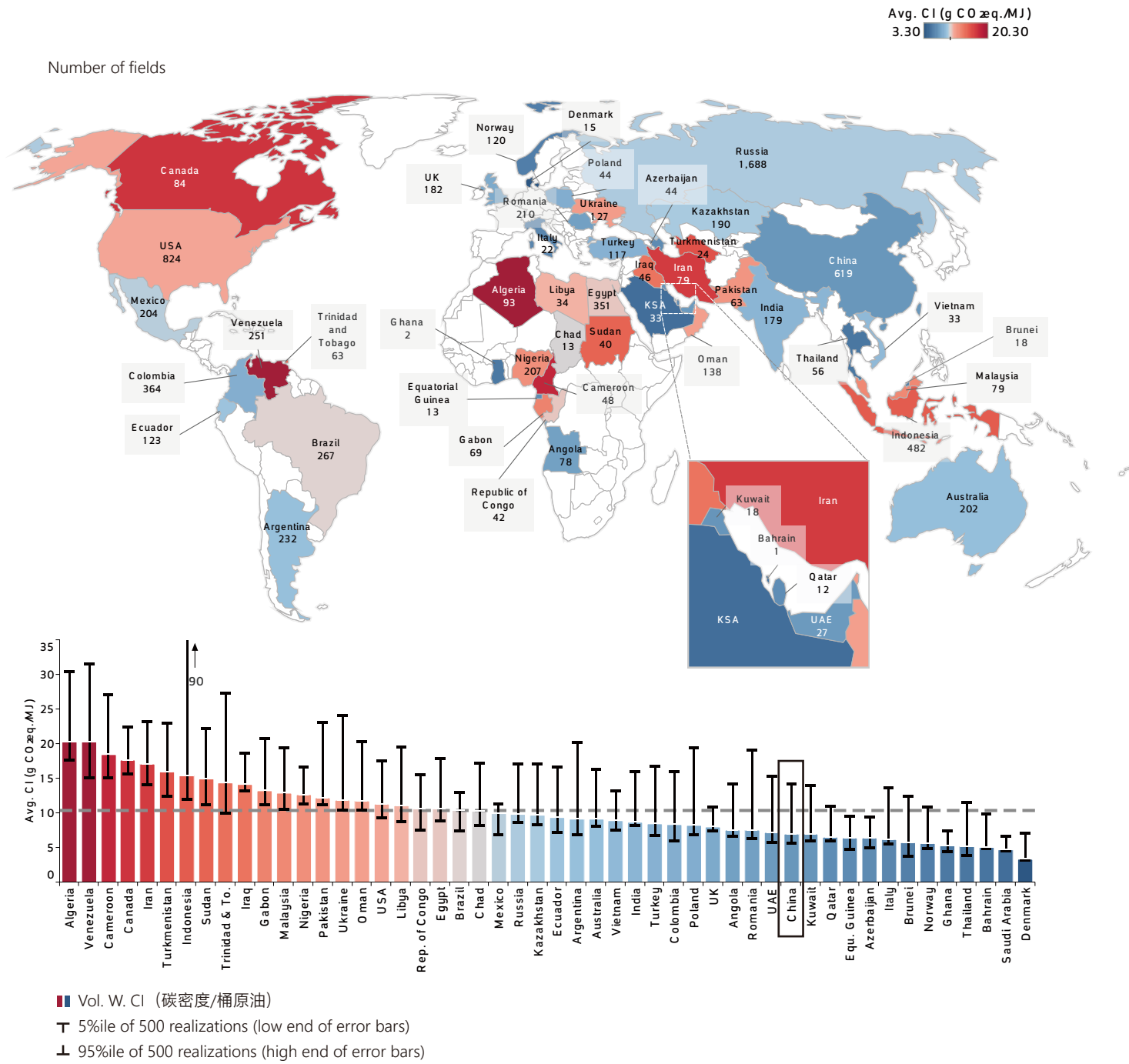
“原油碳密度”的重要性日益凸显。

全球温室气体核算体系（GHG Protocol）正在快速向范围3排放（Scope 3）管理迈进，更低的“原油碳密度”将从供应链端降低下游石化产品的碳足迹，提升产品的碳溢价和国际竞争力。



[1] Carbon Intensity, CI: refers to the carbon emissions produced during the exploitation, processing and transportation of crude oil. “原油碳密度”（Carbon Intensity, CI）：是指原油在开采、加工、运输过程中产生的碳排放。

图2 全球主要原油生产国原油碳密度



资料来源：<https://www.aramco.com/-/media/downloads/who-we-are/ci-saudi-crude-map.pdf>

展望未来，再扬新帆

400亿元

2007年
沙特阿美入股福建联合石化
携手中石化联合投资

1700亿元

以1:5的动力
带动了地方关联产业产值

福建联合石化建成以来，股东们持续投入、不断提质增效，打造了这艘静卧在湄洲湾畔的石化航母，为地方“石化-化纤-纺织-鞋服-锂电-新能源-新材料”产业链提供源源不断的血液和动力，形成了良好的“榕树效应”。

2007年沙特阿美入股福建联合石化，携手中石化联合投资400亿元，打造了一艘年炼油1200万吨（最新为1400万吨）、年产乙烯110万吨的石化航母，并以1:5的动力带动了地方关联产业1700亿元以上的产值。

2023年，沙特阿美战略入股荣盛石化，双方及其关联方公司就原油采购、原料供应、化

学品销售、精炼化工产品销售、原油储存及技术分享等多方面开展深层次的长远合作。

2023年以来，沙特阿美和中国的国际石化行业巨头荣盛石化签署了一系列合作协议。基于双方的协议，荣盛石化拟收购沙特阿美旗下位于沙特朱拜勒地区的朱拜勒炼化公司50%的股权，以联手共同开发、设计、建设、持有和运营世界级的炼化一体项目，进而实现其“一带一路”出海布局。

2024年，沙特阿美总裁兼首席执行官阿敏·纳瑟尔在多个场合表达了沙特阿美优先中国的投资策略，拟进一步投资中国。

结语

2024年7月，党的二十届三中全会提出要培育壮大长期资本、耐心资本，发展新质生产力，践行高质量发展。

从一个海港小镇到广厦万千的大都市，从没有一条街道到千亿产业基地，从只有一个码头到现代化的石化枢纽，以及最新的荣盛石化炼化一体化项目，沙特阿美及其合作伙伴积极引进行业标杆的系统化管理与新型科技，助力中国高质量发展，携手中资企业走进中东，共同续写海上丝路传奇。



案例二

全生命周期的低碳原油

—— 沙特阿美是如何做到低碳原油的



序言

在全球气候变暖的背景之下，1990 年联合国发表《联合国气候变化框架公约》，部分发达国家率先开始了节能减排的规划，之后的《京都议定书》、《哥本哈根协议》和《巴黎协定》等一系列针对温室气体排放的国际框架协议逐渐生效，影响了越来越多的国家参与到节能减排的队伍中，向低碳发展模式转型，降低经济生产的活动中的碳排放。

欧盟向来是减碳的排头兵。2023 年 4 月，欧洲议会通过了欧盟碳边境调节机制 (Carbon Border Adjustment Mechanism, 以下简称 CBAM)，旨在对出口到欧盟的产品，根据其生产过程中的碳排放量，进行碳关税的征收，进而促使企业节能减排，进一步推动全球双碳目标的达成。

CBAM 目前已覆盖钢铁、铝、水泥、化肥、电力和氢等碳密集行业，征收对象分为简单产品和复杂产品，简单产品即生产过程中没有使用含有隐含碳排放的材料，例如天然的石料。除简单产品外的其他产品，都属于复杂产品，其碳排放的计征范围会追溯至其原材料的碳排，即我们常说的减排目标中的范围 3 [1]。CBAM 对碳税计征上溯至原材料，体现全球“双碳”趋势下，领跑者拟开启含碳产品全生命周期的碳排管理。

石化产业目前暂不在 CBAM 的征收范围内，但 CBAM 文件已明确表示，其碳税征收范围将在 2030 年扩展至与欧盟碳交易机制 (European Union Emission Trading Scheme, 以下简称 EUETS)《Directive 2003/87/EC.》相同的范围，而后的碳交易范围覆盖了矿物油炼油厂。这就意味着，从 2030 年开始，石油炼化生产活动也将被纳入 CBAM 计征范围。

此外，由于石油炼化产业涉及诸多产业和产业链诸多环节，最终产品庞杂，不乏复杂产品。这些产品的碳税计征不得不考虑到其上游石化原材料的碳排。因此，基于对下游客户产品碳排的关切，相关炼化企业在采购原油产品时，不得不考虑原油的碳强度，这将直接影响最终下游产品的碳税计征。

在此背景下，沙特阿美提出了全生命周期的石油碳排管理。我们希望和相关利益者分享沙特阿美的低碳石油实践，以帮助地方政府、石化企业更好应对新的减碳挑战。

[1] SBTi 科学碳目标倡议的三大范围：范围1——生产活动的直接温室气体排放；范围2——外购的电力产生的间接温室气体排放；范围3——其他上下游的原材料、运输等环节产生的温室气体排放。

从产品层面出发重新定义碳强度

碳强度 (Carbon Intensity, 后简称CI) 通常是指单位国内生产总值 (GDP) 的二氧化碳排放量，也称为碳排放强度，用于衡量经济增长与碳排放之间的关系。为了更好地追踪各行业各类产品的碳排放情况，在特定的产业中，采用单位产品的碳排放量进行计量，从而有了产品碳强度的概念，产品的碳强度指的是其生产过程各个环节的碳排放量的总和。

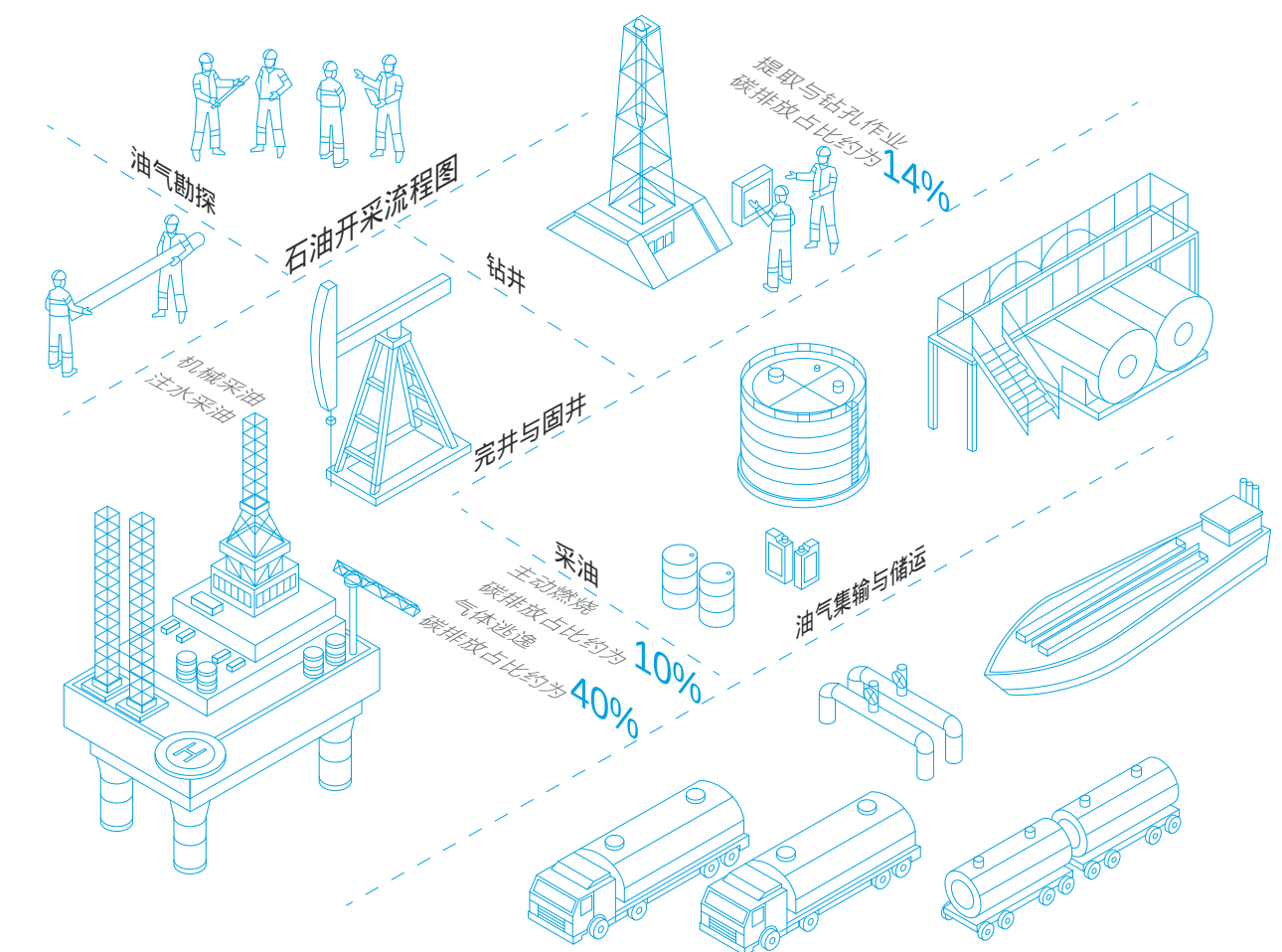
对于原油来说，CI值是衡量原油生产中开采、运输等环节碳排放总量 (CO₂e) 的指标，单位一般为kgCO₂e/bbl (1桶原油的等效碳排放量) 或kg CO₂e/boe (1桶原油的当量能量的碳排放量)。

原油产品的碳排放从何而来？

石油的开采需要经历油气勘探、钻井开采和原油运输等环节，过程中使用各类能源、化石燃料的燃烧和温室气体的逃逸等，都是碳排放的来源。

其中采油环节的碳排放占比最高，由于开采石油过程中通常有伴生的甲烷等温室气体，无论是气体的直接逃逸还是主动将其燃烧，都不可避免地会产生大量碳排放。

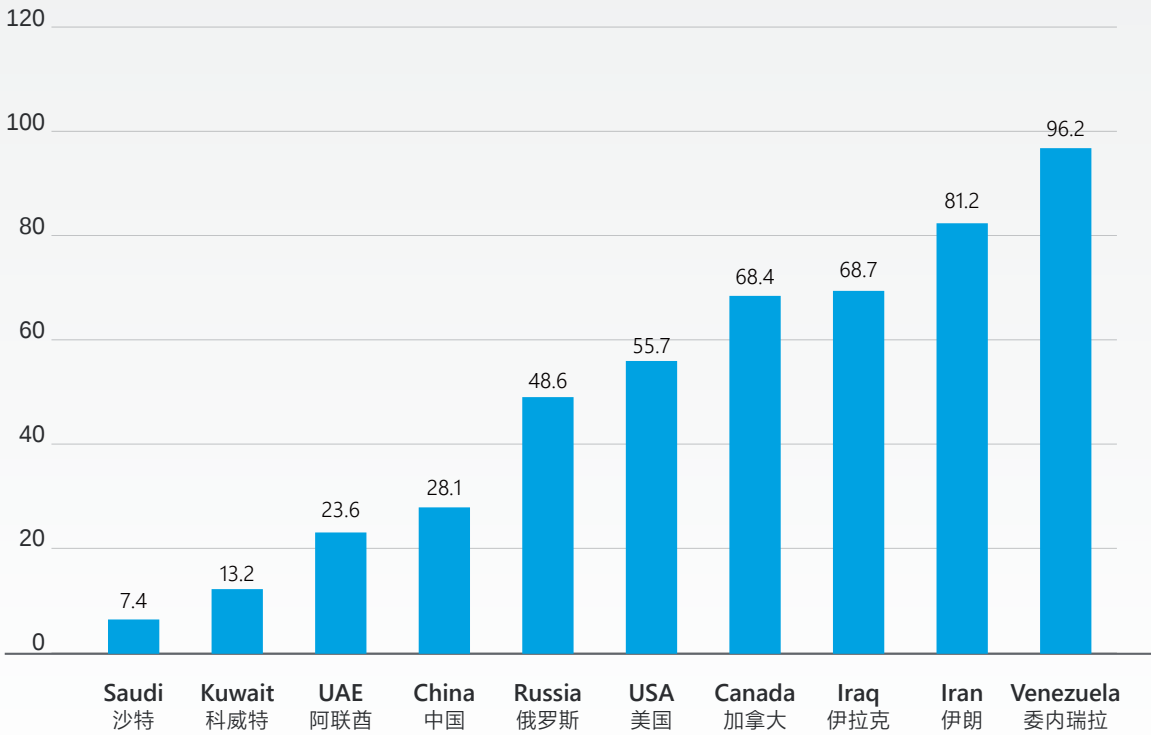
图1 石油开采流程图



为何沙特阿美可以生产出低CI值的原油？

原油开采过程中，由于油藏本身埋藏深度不同、开采环境不同、开采企业的技术水平不同、开采过程中使用的能源类型不同，导致各油田出产的原油产品的CI值存在较大的差异。在全球十大产油国中，沙特的原油CI最低。

图2：全球原油产量最高的10个国家原油CI值（单位：kgCO2e/bbl）



数据来源：<https://www.nature.com/articles/s41467-023-41701-z>, <https://archieinitiative.org>.

作为全球最主要的产油国，沙特阿美拥有丰富的石油储量并且是世界第二大产油国，占全球石油供应量的10%，其原油产品CI值是十大产油国中最低的，比行业平均水平低50~70%。

周密油藏管理，提升整体资源使用效率

在油田开采前，沙特阿美便开始采取周密的油藏管理举措，使用多分支井和智能完井技术等精细的油藏管理和生产方法，有效减少水的产生和能源的消耗，从而降低过程中温室气体的排放。

早在1951年，沙特阿美便开始对世界上最大的常规油田——加瓦尔（Ghawar）油田的生产进行精心化管理。沙特阿美没有遵循油田最大化开采的行业惯例，而是通过精心平衡整个业务组合的产量，来实施油田管理，根据计划启用新油田，来提升整体的资源使用效率。

多举措降低火炬燃烧碳排



天然气回收减少火炬燃烧碳排

在采油环节，开采过程中的火炬燃烧碳排^[2]是最主要的碳排来源，沙特阿美从1977年开始不再进行火炬燃除，改为收集开采过程中的天然气，通过先进的火炬气回收系统，将火炬气排放量保持在天然气产生量的1%以下，这一成果奠定了沙特阿美在行业内的领先地位，并得到了世界经济论坛的认可。作为世界银行“2030年常规火炬零碳排”行动计划的签署者，沙特阿美降低火炬碳排的努力还在继续。



甲烷泄漏检测与维修计划

在石油的开采过程中排放的甲烷，也是一种温室气体。相关研究表明其温室效应是同等重量二氧化碳的100倍以上。

2018年，沙特阿美启动了严格的甲烷泄漏检测与修复计划，对甲烷的排放进行全面的监控和测量，并在当年将甲烷排放降至0.06%的行业最低水平。

未来沙特阿美计划利用卫星技术进行更精确的甲烷排放监测，将日常火炬排放降低到绝对最低的限度，以保持领先地位。

[2] 火炬燃烧：石油开采过程中，将甲烷等伴生气体燃烧，以避免甲烷直接排入空气中。



热电联产和新能源投入，环保降碳

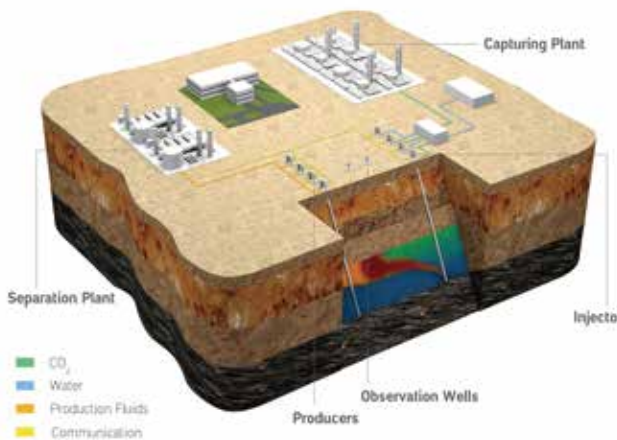
沙特阿美的热联电厂项目，通过收集工厂废气中的热量，通过热联电进行发电，降低了油田生产对国家电网的依赖度，并且设定了100%实现电力自给自足的目标。

在可再生能源的使用方面，沙特阿美在福建的项目中，引入了太阳能发电为厂区供能。



智慧油田，全盘统筹

沙特阿美旗下的胡莱斯（Khurais）油田，也是世界上最大的智慧油田，在2020年被纳入灯塔工厂，智慧油田技术帮助提高胡莱斯油田产量的同时，还实现了降低18%的能耗，从而有效降低了单位原油产品的碳强度。



二氧化碳驱油开采，一举两得

沙特阿美在下属的哈维耶天然气厂（Hawiyah）采用碳捕集技术，每天捕集量高达3000万标准立方英尺的二氧化碳，通过管道输送到85公里外的乌斯曼尼亚（Uthmaniyah）油田，然后注入油藏，实现二氧化碳驱油开采，有效保持了油藏中的压力、提高了原油采收率，同时将二氧化碳储存于地下，避免其发挥温室效应作用。

优化运输叠加移动捕获，减少运输碳排

在碳排放较低、容易被忽视的原油运输环节，沙特阿美也全面发力。一方面，沙特阿美通过数据分析优化运输路径和调度来减少燃料消耗，以降低间接碳排。另一方面，沙特阿美选择更环保、更高效的油管运输，来降低碳排。

在沙特境内，沙特阿美负责运营90条原油和成品油管道，总长度达12000英里。东-西石油管道是其中最重要的管道之一，2016年管输能力曾一度扩大至700万吨/日。

沙特阿美采用移动碳捕获（MCC）创新技术，开发了面向汽车和卡车的碳捕集与封存技术。借助该技术，运输车辆可以在加油站卸载捕获的二氧化碳，用于后续进行地下封存，或通过回收利用将二氧化碳转化为其他形式的材料。据悉，最新一代的车辆碳捕集技术，可捕获卡车尾气中40%的二氧化碳，并将其储存在车内，整体的降碳排效果显著。由于更多的原油是通过油轮运输的，沙特阿美正探索将这项技术运用于大型运输船舶上。



以“灯塔工厂”之光，照亮智能生产之路

沙特阿美的阿布盖格炼油厂（Abqaiq Plants）是世界上最大的炼油厂之一，已经运营70年，在2021年成为了灯塔工厂。沙特阿美改造了工厂的生产流程，使其更加数字化，在炼油厂里智能传感器密切监测着原油炼化过程的

每一个细节，人工智能持续分析数据，实时检测异常、识别故障，并提供相应的修正建议，实现效率的最大化，提高了生产效率。在新技术的运用下，从2019年至2022年，炼油厂的产品碳强度减小了31.8%。



“减油增化”，降低碳排

石油的主要用途之一是作为燃料运用于交通运输领域，因此，在石油全生命周期的碳排放中，80%的碳排来自于燃烧使用环节。减少石油产品作为燃料使用，将有效降低石油全生命周期的碳排放量。目前全球主要的做法是“减油增化”，以降低石油作为燃料使用的比例。

通常而言，在现有成熟技术和工艺条件下，原油制化学品的转化率仅有8%至12%，最高可达50%，而沙特阿美的COTC（原油直接制化学品）技术可以绕过传统的炼油过程，直接将原油转化为化学品，从而减少炼化过程中的碳排放的同时，大幅提升转化率。沙特阿美的目标是将转化率提升至70%到80%，从而奠定在该领域的领先地位。

目前，沙特阿美已经与行业领先的美国技术提供商西比埃（CB&I，现为McDermott）和雪佛龙鲁玛斯全球（CLG）签订合作开发协议，采用目前最为先进的技术推进油转化的研发进程，这项合作将有效推动该技术的商业化运用。如该目标得以实现，理论上可将石油全生命周期的碳排放量降低50%以上。

2.46亿吨

每年回收二氧化碳相当于减少5300万辆汽车的排放量

二氧化碳在建筑行业的再利用

混凝土是全球使用最广泛的建筑材料，也是高碳排产品，其原材料水泥的碳排放已经占到全球碳排放总量的7%。在混凝土的生产过程中，沙特阿美创新性地将二氧化碳固化入混凝土中，该举措一方面通过碳捕集降低了二氧化碳的排放，另一方面可以缩短混凝土的生产周期、提高混凝土的强度和耐用性。若全球预制混凝土行业广泛采用此项混凝土加碳技术，预计每年可回收2.46亿吨二氧化碳，相当于减少5300万辆汽车的排放量。

目前沙特阿美的原油碳强度已是前十大主要产油国中最低的。即便如此，沙特阿美依然不曾松懈和自满，依旧保持高投入，积极推动技术更新，努力进一步降低其原油产品和石化产品的CI值，并且提出到2050年，确保全资子公司及运营实体实现科学碳目标倡议中范围1和范围2的温室气体净零排放目标。

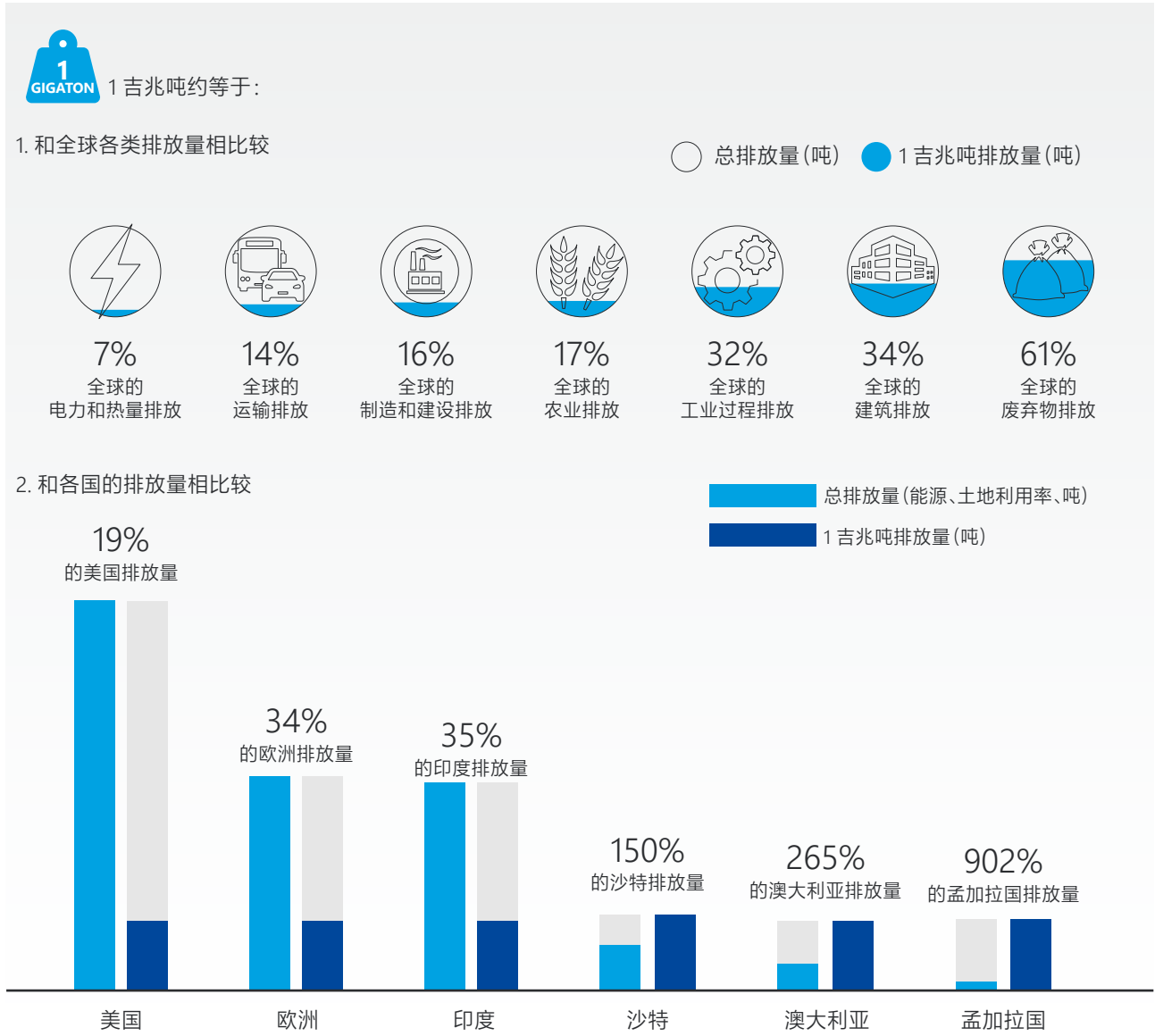


沙特阿美的低碳原油 对全球和中国的意义

全球石油的消费量不断增长，在 2023 年达到每日 1.017 亿桶的新高，预计 2024 年需求将进一步增长至每日 1.03 亿桶。无论是作为燃料还是化工原材料，石油的地位不言而喻。

1 Gigaton的美好图景

沙特阿美的石油的碳强度比行业平均水平低 50~70% 不等，如果整个石油和天然气行业都实现了与阿美相同的低碳排放生产，那么全球每年将可以减少超过一吉吨的二氧化碳排放。



25亿碳汇值

中国是全球最大的原油进口国，2023年原油进口量高达5.6亿吨。中国主要从中东国家和俄罗斯进口原油，中国石油来源国见表1。

如果这十个国家的原油碳强度都能降低至和沙特阿美相当，则意味着可以减少碳排放1.25亿吨。假设有20%的碳排放因为范围3

计算方式被计入下游化工产品的碳排放中，则意味着计征量减少2500万吨。按照中国当前碳交易价格100元/吨计算，相当于25亿元的收益，如有下游产品出口到欧盟，则可在CBAM中创造更多的碳关税减免收益。

5.6亿吨
2023年原油进口量

图1：2023年中国原油进口结构

Ranking 排序	Country 国家	Crude oil carbon intensity 石油碳强度 (kgCO2e/bbl)
1	Russia 俄罗斯	48.6
2	Saudi Arabia 沙特阿拉伯	7.4
3	Iraq 伊拉克	68.7
4	Malaysia 马来西亚	71
5	UAE 阿联酋	23.6
6	Oman 阿曼	61
7	Brazil 巴西	25.7
8	Angola 安哥拉	50.4
9	Kuwait 科威特	13.2
10	USA 美国	55.7

数据来源：www.nature.com、国家统计局。

展望未来，再扬新帆

2007年沙特阿美入股福建联合石化，携手中石化联合投资400亿元，打造了一艘年炼油1200万吨（最新为1400万吨）、年产乙烯110万吨的石化航母，并以1:5的动力带动了地方关联产业1700亿元以上的产值。

中国已连续多年成为沙特最大的石油出口国，未来，沙特阿美将进一步加大对华投资，助力中国低碳高质量石化产业建设。

结语

沙特阿美作为全球石油巨头，其低碳实践对全球“双碳”目标的达成至关重要。沙特阿美在原油的开采、原有的运输、炼化、额外的碳捕集和二氧化碳再利用等诸多举措和成果值得各国、各石化企业学习借鉴。



案例三

石化新材料转型，以东单为起点



序言

2024年9月25日,全球一体化能源和化学品公司沙特阿美与中国男子篮球职业联赛（以下简称“CBA联赛”）续签合作协议，宣布双方将继续携手，共同推进中国篮球事业的蓬勃发展。

东单体育馆是沙特阿美在中国首个合作改造的篮球馆，沙特阿美将以此为契机，拉开“投入新可能，球场改造计划”的序幕。

在东单体育馆的改造中，沙特阿美携手子公司沙特基础工业公司和英利奥体育用品有限公司，用可回收塑料制品制造高性能篮球地板，使得场馆建材本身符合可持续发展的要求，同时具备卓越的运动性能。

有研究数据显示，每使用1公斤环保材料生产化工产品，可减少约2公斤的碳排放。据悉，5-10年后，这些低碳高性能的篮球馆地板将被回收再利用，以减少塑料垃圾的填埋或焚烧，进而在更长的周期里降低其碳排、提高其使用价值。

东单体育馆不仅是沙特阿美正“投入新可能，球场改造计划”的开始，同时也是沙特阿美“材料转型（Material Transition）”计划在中国具体实践。

作为一家全球领先的综合国际石油公司，在全球“减油增化”的大趋势下，沙特阿美正在积极推动石化新材料发展。

沙特阿美希望以东单体育馆改造为契机，与国内外石化产业的伙伴分享沙特阿美石化新材料的故事，互相学习借鉴，以推动全球石化产业的新发展，助力全球材料领域的节能减碳和可持续发展。

东单体育馆改造项目拉开“投入新可能”的序幕

25 岁的体育中心迎“新装”

北京东单体育中心于1996年投入使用，拥有1个室外足球场、7个室外篮球场和篮球、游泳、乒乓球、网球和羽毛球等各类体育场馆，是北京市中心内规模最大的群众性体育场馆之一，见证了一代又一代人挥洒运动汗水的身影。

2020年，在运营20多年后，东单体育中心的各项设施都面临不同程度的老化问题，无法满足当下的使用标准，至此，东单体育中心迎来了升级改造计划。此次改造计划覆盖了结构、外立面、室内铺装和各类系统工程，是一次全面的更新改造。

沙特阿美助力东单篮球馆环保焕新

东单篮球场作为中国街头篮球文化的重要地标，承载了众多篮球爱好者的美好回忆，以东单体育中心升级改造为契机，沙特阿美启动了“投入新可能，球场改造计划”，将东单篮球场作为沙特阿美在中国的首个合作改造的篮球馆。

在东单体育馆的改造中，沙特阿美携手子公司沙特基础工业公司和英利奥体育用品有限公司，用可回收塑料制品制造高性能篮球地板，使得场馆建材本身符合可持续发展的要求，同时具备卓越的运动性能。5-10年后，这些低碳高性能的篮球地板将被回收再利用，以减少塑料垃圾的填埋或焚烧，进而在更长的周期里降低其碳排、提高其使用价值。有研究数据显示，每使用1公斤环保材料生产化工产品，可减少约2公斤的碳排放。



材料的转型升级是实现全球碳中和的必经之路

材料需求增长不可避免，材料碳排值得关注

随着全球人口的不断增加，世界经济总量的不断增长，预计到2060年，对各类材料的需求量将是2011年的两倍。

就目前而言，全球各类材料的生产、使用和最终处置等环节所产生的碳排放已经占据全球总量的近四分之一。例如在建筑领域，按照目前的需求增长和碳排放情况预测，到2050年全球的混凝土二氧化碳排放量将达到惊人的40亿吨，这都意味着巨大的减排压力。此外，材料的腐蚀也是全球各界面临的一大挑战。全球每年因材料腐蚀而产生的损失高达1.5万亿美元。

1.5万亿美元

全球每年因材料腐蚀而产生的损失

沙特阿美“材料转型”助推材料升级换代助力全球碳中和目标的达成

沙特阿美是全球最大的石油生产商，其低碳实践对全球达成“双碳”目标至关重要。沙特阿美从石油生产加工的各环节全面着手，不断降低生产活动的碳排放，并提出全生命周期的石油碳排放管理。

通过各项技术的叠加，沙特阿美出产的石油产品的碳强度（CI值），即单位产品生产过程中所排放的二氧化碳的量，在全球名列前茅，因此沙特出产的原油，也是十大主要产油国中原油CI值最低的。同时作为业务遍及全球50多个国家的世界级、先进化学品生产商，沙特阿美意识到了材料的升级转型对全球达成碳排放目标的重要性，早早开启了“材料转型”计划。

按照目前的材料生产、消费模式，二氧化碳的排放将难以被目前的减排行为所覆盖，各行各业的排放量必将继续增长，导致全球范围内的碳中和目标难以达成。

要实现整体的碳中和目标，必须打破现有的材料结构，开发在生产环节碳排放更低、使用环节更加耐用、全生命周期更具可持续性的新型材料，才能让全球碳中和的目标之路走上正轨。

目前以石油和天然气为原材料的各类化工制品，已经占据我们日常使用的工业品的90%以上，这些材料被制成太阳能电池板、汽车、智能手机、衣服、鞋履、药品等等，因此材料产品的转型有巨大的市场空间。

沙特阿美的材料转型计划从两方面着手进行，一方面是开启材料循环，通过提升回收率，实现碳循环；另一方面是提升材料效率，即提升材料的强度，减少损耗，延长材料的使用寿命。

3.5吨

哈拉德天然气厂的团队创新方法帮助哈拉德天然气厂减少的二氧化碳当量的温室气体排放

40%

实现的成本节约

借助循环经济的东风，沙特阿美推动材料回收

英国艾伦·麦克阿瑟基金会 (Ellen MacArthur Foundation) 在中国循环经济协会主办的 2019 中国循环经济发展论坛活动期间发布了《循环经济：应对气候变化的另一半蓝图》中文版，指出建立循环经济是实现气候目标的基本步骤。循环经济对资源再利用的重视，可有效减少温室气体的排放，同时做到降低成本。

石化行业作为众多塑料制品的上游，对下游产品的回收利用可以起到关键的作用。沙特阿美致力于对循环经济的投入，通过资源的减量使用，重复使用和回收利用，构建起循环模式。

变质高密度聚乙烯的再利用

高密度聚乙烯(High Density Polyethylene, HDPE)是一种常见的塑料材料，具有高密度、高强度、耐磨、耐腐蚀等特性，常用于包装、医疗器械、汽车零部件、建筑等领域。

沙特阿美旗下哈拉德 (Haradh) 天然气厂从一个废水蒸发塘成功回收3500公斤变质的高密度聚乙烯，并将其制成花盆、电缆管线等塑料制品。

通常高密度聚乙烯的回收难度很大，但哈拉德天然气厂的团队采用了一种创新方法收集，并进行重新研磨，再将这些高密度聚乙烯与新制高密度聚乙烯以及线性低密度聚乙烯颗粒掺杂使用，从而有效拓展了材料的使用范围，可用于制造不同的塑料产品，实现有效的回收利用。

这一回收举措，帮助哈拉德天然气厂减少了3.5吨二氧化碳当量的温室气体排放，既避免了废弃物的产生，又实现了40%的成本节约。



超90%

石油和天然气为原材料的各类化工制品已经占据日常使用的工业品数量

23%

经认证的可循环聚碳酸酯产品
有望将碳足迹减少量

经认证的循环聚碳酸酯有望减碳23%

聚碳酸酯，即我们所熟知的PC塑料，广泛应用于建筑、汽车、医疗器械、航空航天、包装、电子电器、光学透镜等领域。

沙特阿美推出了业内首款经国际可持续发展与碳认证计划(ISC PLUS)下属机构认证的循环聚碳酸酯。循环聚碳酸酯使用回收的混合废塑料加工生产成新的聚碳酸酯，应用于电子电气、汽车和城市建设领域。

基于对循环聚碳酸酯产品全生命周期的碳排放评估研究，相较于目前市场上常见的基于石油基的同类产品，经认证的可循环聚碳酸酯产品有望将碳足迹减少23%左右。

用再生塑料铺设高速道路

沙特阿美使用再生塑料铺设公司自有高速道路，通过将再生塑料添加到沥青中，有效提高了沥青的强度，使得铺设的路面更加经久

耐用，同时减少了10%的沥青使用量，从而降低了成本。

可回收、可降解，包装材料的有效循环

沙特阿美在产品包装领域，通过开发可降解材料和建立有效的回收体系，实现包装材料的循环使用。

沙特阿美旗下的SABIC提出了TRUCIRCLE™可持续解决方案，通过技术创新和外部合作，实现回收材料的开发使用，加速塑料循环经济，帮助减少废旧塑料直接进入环境中或者进行焚烧造成的污染。

在包装循环方面，沙特阿美旗下的沙特基础化工公司SABIC和全球乳制品公司Arla的合作，实现部分产品包装的100%可再生，新的可再生材料实现了10%的生产用料节约、15%的生产用能削减，从而在实现环保的同时，降低了生产成本，成功实现为下游客户创造价值。此外，SABIC还和烘焙食品包装袋生产商圣约翰包装（St. Johns Packaging）合作，推出了含有30%回收塑料的包装袋产品，有效降低了废旧塑料的产生。通过圣约翰包装遍及全球的业务，沙特阿美可以有效推动塑料的回收和循环利用的发展，助力行业提升塑料回收率，解决塑料废弃物带来的问题和挑战。

展望未来，沙特阿美将探索更多可持续发展解决方案，沙特阿美旗下的沙特基础化工公司SABIC已经研发出了全球首款循环聚合物，可将废弃塑料直接转化为成分不同的聚合物，以适配不同的使用场景，这对于推动塑料的可持续应用和减少废弃塑料对环境影响具有重要意义。

沙特阿美正在致力于进一步提升各类材料的回收比例，甚至考虑使用完全可再生原料替代现有材料，从而进一步降低对环境的影响。



沙特阿美的非金属材料解决方案

通过推动全球材料革新，实现降碳减排

材料腐蚀是全球工业生产和生活面临的一大挑战，造成的损失巨大。沙特阿美非金属材料的开发，可减少材料腐蚀，延长其使用周期，降低材料在生产和使用过程中

碳纤维在汽车领域的应用

随着汽车工业的飞速发展，汽车行业已成为非金属产品的消费大户，各类非金属新型材料不断替代原有材料，提升汽车产品性能的同时，降低了汽车的整体重量。汽车整车重量的降低对于交通领域的减碳至关重要。燃油汽车在使用环节产生的碳排放远高于生产环节所产生的量，根据相关数据总结，汽车整備重量每减少100千克，百公里油耗可降低0.3-0.5升，对应着0.7-1.1千克的二氧化碳排放量，因此轻型材料的运用，对汽车使用环节的降碳效果显著。

在众多汽车的新材料中，碳纤维无疑是一款明星产品，其运用范围广、知名度高、是很多行业的理想材料，具有重量轻、强度强的特点。碳纤维用于汽车制造领域中，可大幅降低汽车重量，同体积的碳纤维重量仅为钢材的25%，但其抗拉强度可达钢材的7倍以上，轻量化效

果显著。此外，碳纤维材料具有优秀的减振性能，吸收冲击的能力是金属的5倍，能够有效提升碰撞过程中人员的安全性。再者，碳纤维复合材料具有一次成型的优势，大大提高了材料的集成度，减少了零部件的数量，具备可塑性强、造型自由、安装快速和维护成本低等特点。

但受限于制造工艺，碳纤维材料成本较高，多用于高端产品，难以在汽车行业中广泛使用，对行业整体的降碳成果有限。针对这一难题，沙特阿美已经与多个伙伴开展合作，着手新技术的开发，以减少制造碳纤维的能耗，力求将其制造成本降低50%，并计划在沙特建设一座碳纤维制造厂。这一目标的实现，将大幅提升碳纤维在非高端产品中的运用，从而推动汽车行业大幅降低碳排放。



非金属材料在建筑工程领域的应用

经过多年的布局发展，沙特阿美已经成功将75种非金属材料运用于建筑工程领域，实现部分或全部替代现有的产品材料，其中有32种产品用于水泥、沥青和土壤等领域的施工，例如复合材料混凝土、纤维材料混凝土和聚合物改性沥青等；有32种材料可在建筑结构和管道等运用领域替代钢材，如强化玻璃纤维塑料（GFRP, Glass Fiber Reinforced Plastic）在水渠和桥梁等建筑施工中替代钢材使用；有16种产品可在门窗、地板、墙板等房屋装修施工中使用，作为非金属包覆材料。

2015年，沙特阿美在胡莱斯（Khurais）油田项目中大规模部署了增强型热塑管（RTP, Reinforced Thermoplastic Pipes），该类型的管道具有无需焊接、柔韧性好、比传统管道更易铺设等优点。因此，原本计划需要70天才能完成的胡莱斯管道连接与施工工程，最终只用了不到两天时间。RTP管道所具备的易安装和重量轻等特点，也可降低安装施工过程中的能耗，从而降低碳排放。RTP管道在建筑施工中也可用于新建排水管道或各类老旧管线的修复和替换。

2018年，沙特阿美在吉赞经济城（Jazan Economic City）21公里的雨水排水管道项目中使用了强化玻璃纤维（GFRP）钢筋。GFRP具有抗拉强度高、耐腐蚀和自重轻等优良特点。近年，GERP在建筑施工领域的运用逐年增长，尤其在具有特殊性能要求的施工领域，具有更加广阔的运用空间。

2021年，沙特阿美与美国混凝土协会（ACI）携手，宣布成立Nex非金属建筑材料卓越中心，开发和推广非金属材料在建筑和施工行业的应用，推动混凝土设计、施工和材料通行标准的制定、推广与应用，为沙特阿美在建筑领域的新材料运用提供强大的技术和实践支撑。



—— 沙特阿美的“材料转型（Material Transition）”对中国意味着什么

ETFE薄膜助力光伏新能源发展

传统太阳能光伏面板的主要原材料是金属和玻璃，而沙特阿美在2024年第一季度使用了1900块非金属太能面板，部署了80千瓦容量的太阳能。

非金属太阳能面板中的关键材料为ETFE（Ethylene Tetrafluoroethylene, 乙烯-四氟乙烯共聚物）薄膜，相较于传统的钢化玻璃，具有透光性好，耐久性强、抗冲击性能优异等特点。ETFE薄膜的厚度远低于玻璃，可将光伏电池片的厚度做到低于1mm，可以大大降低光伏板重

量，能更好地满足各类轻量化、便携化的场景使用需求。此外，采用ETFE薄膜可提升光伏面板的密封性，有效阻隔水汽，从而提升了薄膜电池在恶劣环境下使用的稳定性，延长使用寿命。

沙特阿美仍正在不断推动光伏相关的高分子和混合高分子材料研发，致力于在未来提供更多的太阳能解决方案，从环保可再生的能源获取和新型材料使用两方面着手，大幅降低碳排放。



2590

亿桶油当量

沙特阿美石油和天然气储量

中国是世界第一炼化大国，也是“世界工厂”，在中国从制造大国向着智造强国转型的过程中，材料的革新是众多行业转型发展的基础。

沙特阿美作为中国重要的合作伙伴，坐拥2590亿桶油当量的石油和天然气储量，以数十倍的优势远超其他石油巨头，并不断将产业链向下游延伸，同时也是世界级的先进

化学品生产商，化工产品业务涵盖芳烃、烯烃和聚烯烃等基础化工产品，以及用于各行各业的高性能化工产品，业务遍及全球50多个国家。

沙特阿美既是中国化工行业发展的可靠供应商，也是各类新材料研发的技术合作者，更是千万下游伙伴转型发展的基础力量。

依托塑料产品回收利用，推动中国循环经济落地

“双碳”背景之下，中国大力发展循环经济，国家发改委印发的《“十四五”循环经济发展规划》提出要加快推进塑料废弃物规范回收利用和处置，明确了循环经济以资源的高效利用和循环利用为核心，以“减量化、再利用、资源化”为原则，以低消耗、低排放、高效率为基本特征，通过提高塑料废弃物的回收利用率，减少对原生塑料的需求，从而降低资源消耗和碳排放。

石化行业作为众多塑料制品的上游，对下游产品的回收利用可以起到关键的作用。沙特阿美虽然拥有丰富的资源储备，但仍致力于对循环经济的投入，通过资源的减量使用、重复使用和回收利用，构建起循环模式，联合行业上下游，有效助力我国循环经济落地。



减量化
再利用
资源化

材料助力新能源汽车发展，有利于中国双碳目标实现

交通领域是碳排的主要领域，据中国交通运输部的数据显示，现阶段的中国能源消费结构中，交通用能占比约17%。

中国是全球第一大汽车制造国，2023年中国的汽车产量超3100万辆，其中新能源汽车渗透率达到45%，且其增速远高于传统燃油车。对于新能源汽车和传统燃油车，轻量化都是大势所趋，自身质量的减轻将有效提升新能源车的续航和降低燃油车的能耗，前者有助于推动新能源车的普及、后者则有利于减少燃油车对环境的损害。

碳纤维复合材料是汽车轻量化替代最具发展潜力的材料，也是沙特阿美的重点研发材料之一。目前碳纤维材料在车身主体结构的运

用还局限在跑车和高端车领域。但随着减排需求的日益迫切，碳纤维的运用领域正不断扩大，一些中低端车型也开始运用碳纤维材料以减轻整车质量，例如北京汽车2016年款BJ40的发动机罩盖、车顶盖均采用碳纤维材料，最终减重50%左右；上汽荣威E50车型的引擎盖使用了碳纤维复合材料。

沙特阿美正在致力于新技术、新工艺的开发，以降低碳纤维的制造成本，进而推动汽车行业大幅降低碳排放。这与中国这一汽车制造大国、汽车消费大国的发展需求不谋而合。

3000万辆

2023年
中国的汽车产量超3000万辆
其中超30%为新能源汽车

25亿立方米
中国混凝土年产量

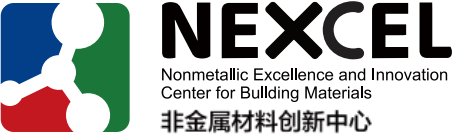
10亿吨
每年混凝土和水泥生产制造的碳排放量

建筑材料的低碳转型，是基建大国的必经之路

中国是基建大国，根据中国混凝土与水泥制品协会的数据，目前中国的水泥产量占世界总产量的一半，同时也是全球最大的混凝土消费国，目前中国混凝土年产量约为25亿立方米，每年混凝土和水泥生产制造的碳排放量约为10亿吨，约占中国碳排总量的10%，减碳任务艰巨。

为了更好推动中国建设领域的材料转型，沙特阿美与中国建筑科学院紧密合作，于2022年初启动了非金属材料创新中心（NEXCEL），利用中国建材总院的专业知识和资源，促进非金属材料技术的研发和应用。

NEXCEL中心研发的新型超分散型减水剂，是以乙烯为原料的石化产业下游产物，用于制作超高性能混凝土时，可减少20%的水泥使用量，减少近30%用水量，降碳减排效果显著。2023年，该减水剂在山东墨水河大桥项目中成功应用，在满足该项目超高性能混凝土性能标准的同时，成功降低了该工程20%的二氧化碳排放量。



中国可再生能源发展迅猛， 材料升级锦上添花

16亿千瓦

风能和太阳能的装机总量
已经提前达成
2030年的目标

受益于用能结构转型，近年来中国可再生能源装机总量保持强劲增长，2024年的装机总量已超16亿千瓦，其中风能和太阳能的装机总量已经提前达成2030年的目标。目前中国新增发电量中，已经有超过80%来自可再生能源，在此背景下，光伏电池的

产量也增长迅速，带动ETFE 材料的使用。沙特阿美ETFE薄膜以其卓越的性能和更低的碳排，将助力中国光伏产业发展，加快中国进行能源结构的优化调整，从根本上降低碳排放。

结语

2024年7月，党的二十届三中全会提出要培育壮大长期资本、耐心资本，发展新质生产力，践行高质量发展。

从一个海港小镇到广厦万千的大都市，从没有一条街道到千亿产业基地，从只有一个码头到现代化的石化枢纽，以及最新的荣盛石化炼化一体化项目，沙特阿美及其合作伙伴积极引进行业标杆的系统化管理与新型科技，助力中国高质量发展，携手中资企业走进中东，共同续写海上丝路传奇。

