

碳中和背景下石油石化行业发展动向及建议

总结石化企业在发展新能源、推动绿色低碳技术创新技术等方面的实践——中国正式向国际社会提出争取使二氧化碳排放量在 2030 年前达到峰值，在 2060 年前实现碳中和这一目标。本文首先分析了碳中和背景下石油石化行业发展面临的形势；系统分析了国内大型石油石化企业在发展太阳能、风能及地热等新能源、开展节能、二氧化碳捕集以及推动绿色低碳技术创新等 4 个方面的现状；总结了中石油、中石化和中海油等国内大型石油石化企业绿色低碳发展战略举措；最后，为落实碳中和要求，提出了“十四五”发展的措施建议，可为有关研究提供参考。

文 / 边钢月 张福琴

PROCESS-Tip

* 更多信息请扫描二维码：



chem.vogel.com.cn

* 反馈编码：A202112

根 据 2018 年联合国 IPCC 发布的报告，二氧化碳净零排放是指在一段特定时期内，全球人为二氧化碳排放量通过人为二氧化碳清除达到平衡。二氧化碳净零排放也被称为碳中和。

习近平主席 2020 年 9 月 22 日在第 75 届联合国大会上宣布，“中国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”。

从国内碳排放角度分析，碳排放量第一的是电力行业（主要指火电）占 41%；第二是交通行业（主要指油品）占 28%；第三是建筑和工业大概占 31%。我国要在未来 10 年内实现碳排放达峰、

40 年内实现碳中和，“十四五”是其关键时期。以能源系统为例，我国能源结构以煤为主，据统计，2019 年煤炭消费占比 57.5%，石油消费占比 18.9%，天然气消费占比 8.1%，化石能源消费总量占比为 84.5%。

由此可见化石能源消费占比比较大，能源系统要继续提高非化石能源比例，需要大力发展新能源和可再生能源，同时要采取存量开展节能和淘汰落后、二氧化碳捕集、推动绿色低碳技术创新以及加强碳交易等多项措施。

碳中和背景下面临的新形势
我国经济 2020 年实现正增长，未来发展速度可期

“十四五”期间，我国石油石化工业将面临着危中有机、机危并存的发展环境，根据中国社会

科学院经济研究所研究报告《中国经济报告(2020)》预测“十四五”时期，我国经济将由高速增长阶段进入新阶段，2021~2025 年我国经济将呈现平均为 5.7% 增长趋势。

落实国家“碳中和”目标，国家有关部门、行业在积极行动

1. 行业发布《中国石油和化学工业碳达峰与碳中和宣言》

2021 年 1 月 15 日，中国石油和化学工业联合会联合中国石油、中国石化等 17 家企业和园区，共同发起《中国石油和化学工业碳达峰与碳中和宣言》（以下简称《宣言》），坚决拥护习近平主席向国际社会作出的庄严宣示，石油石化行业将在《宣言》指导下推进行业的低碳绿色发展。

2. 国家生态环保部、工业和信息化部和国家发改委提出要求

本文作者供职于中国石油规划总院。

积极探索碳达峰路径,形成绿色低碳的产业链、供应链;碳市场的第一个履约周期已正式启动,石油石化行业要积极做好参与全国碳市场的准备。“十四五”期间,要坚决淘汰落后、低效产能,加大对可再生能源资源的利用力度,积极发展生物基材料,推进重点行业和重要领域绿色化改造,加快部署二氧化碳捕集、封存和利用,开展智慧能源大脑建设,提高能源利用效率。

国家出台的《产业结构调整指导目录(2019年本)》,在“五、新能源”中涉及“太阳能热发电集热系统、太阳能光伏发电系统集成技术开发应用、逆变控制系统开发制造”“生物质直燃、气化发电技术开发与设备制造”“海洋能、地热能利用技术开发与设备制造”以及“海上风电场建设与设备及海底电缆制造”。在“七、石油、天然气”中涉及“页岩气、页岩油、致密油、油砂以及天然气水合物等非常规资源勘探开发”。

国家先后还出台了《石油炼制工业污染物排放标准》《石油化学工业污染物排放标准》等要求。以炼化行业为例,要求炼化企业清洁生产水平将持续提升,COD、氨氮、二氧化硫以及氮氧化物等主要污染物排放指标将持续下降,碳排放水平得到进一步提升。

国内石油石化企业绿色低碳实践

发展新型能源

1. 天然气

中国石油在“稳油”的基础上,为构建清洁、低碳、高效以及安全的能源体系,加强了天然气产供储销体系建设,推进了发展天然气业务。



中国海油加快天然气发展,一是下大力气勘探开发天然气、供应液化天然气(LNG)及开发非常规气。二是利用天然气发电,依托LNG资源建设了多个天然气发电厂,莆田燃气电厂2016年以来,贡献清洁电力104亿kW·h,累计减排氮氧化物8665 t、SO₂9930 t、CO₂540万t。

2. 风能和太阳能

虽然,我国风电起步早、规模比较大,但是我国光伏发电发展的速度快、出现了后来居上的局面,风电和光伏目前均提前完成了国家“十三五”规划风能和太阳能装机的目标。2010~2018年期间,国内的光伏装机规模从小于1GW发展到了174.5GW,国内风电装机规模从44.7GW增长到209.5GW,年均增长为21.3%。光伏发电量和风力发电量占总发电量的比例2018年分别达到2.6%和5.2%,与世界水平基本保持一致。其中风力发电量连续5年超过核电成为国内第三大电源。

中国石油2017年开始在加油站屋顶进行光伏项目试点,2020年开始布局光伏产业,例如在玉门等地发展光伏示范项目,目前总光伏发电装机规模为35MW。

中国石化2016年开始涉足光

伏发电业务,例如在加油站屋顶设计“自发自用”光伏发电工程。装机容量“十三五”规划目标为500MW,实际只完成了22%,目前有35个加油站屋顶光伏项目和陕西白水集中式农光互补项目(20MW)已投产,累计年发电量近1亿kW·h,光伏发电装机规模85MW。

中国海油2018年底开始进军海上风电业务,首个风电项目——竹根沙海上风电项目年发电8.65亿kW·h。

3. 氢能

中国石油在储氢材料、加氢站、管道输氢以及燃料电池等多项储备技术领域有一定的进展,开发了低水碳比重整制氢催化剂,为大庆石化公司等制氢装置节能降耗作出了贡献。

中国石化围绕氢能发展推进产业布局,计划重点:一是发展氢能和燃料电池汽车产业,基础设施布局应适度超前,特别是要抓好国家级示范基地建设。“十四五”将积极融入中国氢能产业布局和地方氢能发展规划,加快构建形成氢能生产、提纯、储运和销售全流程产业链格局。二是在氢能供应方面,将在现有的炼化、煤化工制氢基础上,进一步扩大氢

气生产利用规模，大力发展可再生电力制氢，并积极利用边际核电、可再生能源弃电以及电网谷电等制氢，持续优化氢气来源结构。三是在氢能加注设施领域，未来几年，将以京津冀、长三角和珠三角为重点，以码头港口、物流枢纽和高速公路氢走廊为依托，大规模布局建设加氢站，满足氢燃料公交车、物流车和出租车的氢气需求，助力形成氢电互补的新能源汽车发展格局。

4. 地热

我国有丰富的地热资源，主要分布在沉积盆地内，如松辽盆地、渤海湾盆地等，在中国西南部如滇西、藏南等地区有高温地热资源。

中国石油于 20 世纪七八十年代在华北地区就利用了地热进行供暖，先后开展了中低温地热发电试验、华北油田中低温地热发电试验和辽河油田地热能的研究与利用；大庆油田地热评价与应用研究，为生产办公建筑物供暖制冷，完成热泵改造项目 31 项，年替代标煤能力达 4.65 万 t。中国石油截至 2019 年累计地热项目 68 个，累计地热能直接利用年替代标准煤达 15×10^4 t。

中国石化地热业务发展较

快，在利用中深层地热方面处于领先地位。在河北、陕西、河南和山东等省建成地热供暖能力 $5\,700 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。其中在河北省建成供暖能力超 $2\,300 \times 10^4 \text{ m}^2$ ，本着“政府主导、市场运作、统一开发、技术先进、环境保护、百姓受益”的原则，2009 年在河北雄县打造了第一座地热供暖“无烟城”；截至 2019 年底在雄安新区地热供暖能力超 $700 \times 10^4 \text{ m}^2$ 。

5. 其他能源

中国石油还积极推进生物质能，在吉林已经建成了 $60 \times 104 \text{ t/a}$ 玉米燃料乙醇生产基地。

开展二氧化碳捕集和利用技术

近年来，我国重视二氧化碳捕集技术（CCS），该技术被编入《国家中长期科技发展规划纲要（2006 年～2020 年）》、中石油吉林油田二氧化碳捕集驱油、中石化胜利油田二氧化碳捕集驱油、华能北京高碑店热电厂二氧化碳捕集示范工程以及神华集团内蒙古二氧化碳捕集封存项目等。各示范工程详细情况如表 1 所示。

推广二氧化碳驱油三次采油技术

从 2008 年开始，吉林油田建

成了 4 个二氧化碳驱油与埋藏试验区，年埋存 CO_2 能力 35 万 t，年产油能力超过 10 万 t，是国内目前规模最大的二氧化碳驱油与埋存项目。“三北”地区的大庆油田、长庆油田和新疆油田均在有针对性地开展二氧化碳驱油与埋藏技术攻关和先导试验，如果年产油规模约 50 万 t（其中最大增油量约 30 万 t/a），年需注入 CO_2 约 100 万 t，年耗电量高达 2 亿 $\text{kW} \cdot \text{h}$ 。

目前已有国内炼化企业建设二氧化碳聚酯项目，主要原料为二氧化碳和环氧丙烷或环氧乙烷，生产可降解塑料二氧化碳聚酯 PPC 产品。例如内蒙古蒙西集团公司采用长春应用化学研究所的技术，利用水泥生产过程中产生的二氧化碳，已建成 $3\,000 \text{ t/a CO}_2$ 共聚物装置，产品的主要用途为包装和医用材料；中国海洋石油总公司和中科院长化所合作，在海南东方化工城兴建 0.3 万 t/a CO_2 共聚物可降解塑料项目。以上项目实现了二氧化碳用作原料生产化工产品项目目标，直接为碳减排作出了贡献。

推动绿色低碳技术创新

中国石油新能源领域技术创新取得了多项新成果：开发形成砂

表 1 国内碳捕集技术示范工程

项目	捕集对象	捕集方法	回收量和成本	利用和封存
中国石油吉林油田二氧化碳捕集驱油	长岭气田	化学吸收法	截至 2011 年 5 月 8 日，吉林油田公司累计生产含 CO_2 天然气 18.3 亿 m^3 ，通过开展 CO_2 驱油试验累计产油 11.7 万 t ，封存 CO_2 16.7 万 t 。	用于陆相沉积低渗透油藏二氧化碳驱油，提高单井产量和采收率。
中国石化胜利油田二氧化碳捕集驱油	燃煤电厂	化学吸收法	每年预计可减少 CO_2 排放 3 万多 t，并可提高采油率 20.5%。	用于“低渗透油藏二氧化碳驱油”先导试验
华能北京高碑店热电厂二氧化碳捕集示范工程	热电厂	化学吸收法	年回收 CO_2 $3\,000 \text{ t}$	捕集的二氧化碳卖给食品工厂
华能石洞口第二电厂二氧化碳捕集	电厂	化学吸收法	预计年捕集 CO_2 10 万 t ，工程投资约 1 亿元。	捕集的二氧化碳卖给食品工厂
神华集团内蒙古自治区鄂尔多斯市二氧化碳捕集封存全流程项目	煤制油生产线	变压吸附	设计年捕集封存 CO_2 10 万 t ，未来将分两步建成年收集与封存 CO_2 100 万 t 和 300 万 t 的项目，工程投资约 2.1 亿元。	经过提纯、液化等环节，运送到距离捕集地约 $17 \times 10^3 \text{ m}$ 地下约 $3\,000 \text{ m}$ 的区域封存起来。

岩地层回灌、电磁法地热勘探等10项中低温地热评价与配套技术；集成创新5项高温地热钻完井技术，研发高温地热钻井设备和工艺；新一代低成本生物航煤制备关键技术、玉米燃料乙醇工业化优化升级，纤维素制燃料乙醇技术研究攻关有重要进展。

中国石化技术创新，致力于绿色技术生产研发：茂名石化致力于绿色化工产品生产的研发，“十二五”以来累计开发新产品80多个，其中10个达到国际先进水平。2018年生产了低气味环保型聚烯烃材料产品、绿色环保的轮胎材料产品等20个绿色化工产品，产品产量比2017年增长1.27%。

低碳绿色发展战略布局

在碳中和、能源低碳转型的大背景下，国内大型石油石化企业及园区主动作为，例如中国石油、中国石化、中国海油等提出了绿色低碳战略举措，启动了绿色低碳绿色发展战略布局，具体如下。

1. 中国石油天然气集团有限公司的绿色低碳战略举措

积极履行《中国石油和化学工业碳达峰与碳中和宣言》，构建“清洁低碳、安全高效”的现代能源体系，正在制定新版《绿色发展行动计划》，全面启动绿色企业创建，从绿色产品和服务、绿色生产和工艺、绿色文化和责任三大方面落实公司绿色低碳发展战略。

将构建完善的绿色低碳决策考核机制、构建系统科学的应对气候变化风险评估体系、构建完整高效的低碳监测核查智能系统，进一步扩大国际国内合作，提升中国石油应对气候变化治理能力。

中国石油全面提高资源能源综合利用率，扩大生产用能清洁替代规模，大幅降低温室气体排放，积极参与碳排放权交易市场建设；稳步推进绿色制造体系，发展节能环保、CCUS等新业务，加强绿色生态产业链技术攻关和示范工程建设，做社会低碳转型的积极推动者。

2. 中国石油化工集团有限公司的绿色低碳战略举措

将深入贯彻新发展理念，有序推进能源替代，提高洁净能源和非化石能源消费比例，试点开展碳达峰碳中和，强化甲烷控排管理，实施二氧化碳捕集、利用与封存的全产业链示范项目建设，大幅降低二氧化碳排放强度，持续推进能效提升计划和绿色洁净发展计划，奋力打造世界领先洁净能源化工公司。

3. 中国海洋石油集团有限公司的绿色低碳战略举措

坚持绿色发展理念，推动公司绿色低碳发展战略，将统筹做好碳达峰、碳中和顶层设计，积极构建绿色低碳发展体系。

一是全面推进绿色清洁生产，加快建设绿色油田、绿色工厂，提升生产过程效能，降低碳排放；

二是全面推进低碳产业发展，加快构建天然气产供储销体系，提升公司油气供应链中，清洁低碳能源占比至60%以上；

三是积极推进从传统油气向新能源跨越，发展与海洋资源为主体的新能源，推动海上风电发展，海洋能源综合利用，加快CCUS、碳汇等消碳技术攻关与布局；

四是着力提升碳资产管理能力，主动参与碳排放权交易市场建设和石油化工行业的碳排放实

施方案制定工作。

此外，中海油2019年发布了《绿色发展行动计划》，明确了近期、中期和远期三个阶段的绿色发展目标，致力于发展成为中国特色国际一流的清洁能源生产和供给企业。

4. 国家能源投资集团有限公司的绿色低碳战略举措

目前，国家能源集团先后建成60万t级煤制烯烃、百万吨级煤炭直接液化、400万t级煤炭间接液化示范项目和10万t级碳捕集与封存，正在培育吉林碳排放的煤基新材料产业，研究煤电化新材料一体化发展，推动煤制油煤化工项目与绿电绿氢项目融合发展，积极探索二氧化碳捕集（CCUS）技术产业化路径，促进二氧化碳驱油等碳减排项目合作建设，积极构建煤制油煤化工产业协同创新格局。

“十四五”发展措施建议

国家层面抓紧制定2030年前碳排放达峰行动计划，鼓励有条件的地方率先达峰，同时强化监督。

在国家统一组织下，按基础超前、攻关试验以及产业化应用3个层次，在氢能、地热以及天然气水合物等重点领域组织实施重大科技项目，突破一批关键核心技术，储备一批战略性技术，推广应用一批产业化技术。

由于二氧化碳捕集、封存一体化集成项目往往跨企业跨行业，涉及技术领域众多，资金需求量大，建议国家进一步推出鼓励CCS集成示范的补贴和税收优惠。适时开展国际技术合作，加强技术和装备制造的国产化率，进一步降低二氧化碳的捕集成本。 ●