

化工

碳中和系列报告一：碳中和背景下的化工行业发展

此篇报告作为我们碳中和系列报告中第一篇，主要研究解决了如下问题：
1、什么是碳中和，政策如何规划执行；2、化工行业碳排放量和强度如何；3、碳中和政策背景下化工行业的变化及未来企业发展方向如何？

中国积极应对气候问题，提出明确碳中和目标，政策文件陆续下发

气候变化是受全球关注的问题，而碳排放是引起气候变化的重要因素，加入 WTO 后的十年，我国碳排放量增长迅速，2020 年我国碳排放量占全球碳排放量比例约 31%，远高于其他国家和地区。2020 年 9 月，习近平主席于联合国大会一般性辩论上明确提出“2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和”的目标。过去一年，我国开始全面部署和落实碳中和任务，国务院及相关部门陆续出台政策 20 余项，一系列文件将构建起目标明确、分工合理、措施有力、衔接有序的碳达峰碳中和“1+N”政策体系。

我们将碳中和政策文件内容进行详细拆分，对碳达峰减排路径进行测算，结果显示，在目标情形下，降低能耗强度更加重要：能耗强度下降在碳达峰过程中贡献率为 76%，能源结构调整贡献率为 22%，2030 年碳达峰高度较 2020 年仍有 4.42% 的增长空间。

化工行业整体碳排总量不高，但单位排放强度较高，排碳按两部划分

化工产品生产过程中二氧化碳排放环节较多，大体可以划分成工业过程排放和公用工程排放。从总量上来看，包括石化在内的化工过程排碳占全国总碳排比重不超过 4%，而按照单位排放强度划分则被划分至中、重强度范围。化工特点为碳排总量低，碳排强度高。

从结构上来看，化工行业公用工程排碳受到能源结构中煤炭占比较高影响而较高，以煤化工企业为例，过程排碳和公用工程排碳占比大体一致，不同工艺过程和产品差异也较大。

对于一个典型的化工企业生产排碳过程，以公用工程碳排放强度和工业过程碳排放强度两个维度为评价标准，可以将现有化工产品大致分类，用以分析不同化工产品能效水平。我们将产品价格因素考虑在内，对单位收入碳排强度进行四象限划分，进一步分析不同化工产品产生经济效益下单位碳排放水平，发现同一类型的化工产品往往集中在同一个象限内，其中，煤化工属于工业过程和公用工程排放强度两高的化工子行业。

碳中和政策背景下，短期影响产业供需，长期化工企业发展模式或改变

我们认为，碳中和背景下化工企业发展模式或将发生改变。双碳政策下能源、原料审批难度加大，传统单纯依赖产能扩张的粗放型发展模式或难以为继，未来化工企业的长期发展，将沿着以下三种路径发展：1、下游精细化发展；2、同一原料、技术路径下的多元化发展；3、同一应用场景下提供解决方案的平台型发展。

风险提示：政策执行时间和强度变化；政策执行指标变化；行业安全环保事故

证券研究报告
2021 年 12 月 29 日
投资评级
行业评级
强于大市(维持评级)
上次评级
强于大市
作者
唐婕
分析师

SAC 执业证书编号：S1110519070001
tjie@tfzq.com

张峰
分析师

SAC 执业证书编号：S1110518080008
zhangfeng@tfzq.com

郭建奇
联系人

guojianqi@tfzq.com

行业走势图


资料来源：聚源数据

相关报告

- 1 《化工-行业研究周报:国家出台工艺技术设备目录，烧碱、DMF 价格上涨》2021-12-26
- 2 《化工-行业研究周报:两部委联合出台振作工业经济运行方案，碳酸锂、TDI 价格上涨》2021-12-20
- 3 《化工-行业专题研究:天风问答系列：农药行业三问三答》2021-12-19

内容目录

1. 什么是碳中和	5
1.1. 碳中和成全球趋势，全球主要经济体多数已提出碳中和目标	5
1.2. 中国积极应对减碳挑战，提出 2060 年碳中和目标	6
1.3. 我国碳达峰碳中和“1+N”政策体系推动实现双碳目标	7
1.4. 我国 2030 年碳达峰减排路径及贡献度分析	9
2. 我国化工行业碳排放情况：排放强度受关注	10
2.1. 化工行业碳排放总量不高，但单位 GDP 碳排放强度较高	10
2.2. 企业温室气体排放核算方法介绍	12
2.3. 不同化工产品碳排放强度差异何在	14
2.3.1. 国民经济整体工业过程碳排放占比不高，但化工行业占比较高	14
2.3.2. 典型化工产品碳排放强度分布情况	15
2.3.3. 以煤制甲醇为例，化工产品工业过程碳排放低于理论值	17
3. 碳中和背景下化工企业如何发展	18
3.1. 碳中和给化工行业带来的短期变化	18
3.1.1. 2021 年产能扩张放缓，固定资产增速放缓	18
3.1.2. 新能源相关化工品价格涨幅明显，需求结构发生变化	19
3.1.3. 部分化工企业进军新能源领域	20
3.1.4. 新能源相关化工企业发展迅速	22
3.2. 未来化工企业发展方向	22
3.2.1. 过去化工企业发展模式是“产能扩张+上游配套”	22
3.2.2. 未来化工企业三种发展模式	24
3.3. 未来具备发展潜力的企业的特点	27
3.3.1. 把握产业机遇，发展重在选择	27
3.3.2. 选择的背后是资本、研发、成本等多因素支撑	28
4. 风险提示	28

图表目录

图 1：碳中和示意图	5
图 2：全球主要经济体碳中和目标	5
图 3：1998~2020 年我国二氧化碳排放情况	6
图 4：2020 年碳排放量前五国家历年排放量	6
图 5：2020 年各国碳排放量占比情况	6
图 6：碳达峰碳中和“1+N”政策体系	7
图 7：《意见》是碳达峰、碳中和的顶层设计	8
图 8：碳排放量核算方法及影响因素	9
图 9：不同情形下我国 2030 年碳排放情况	10
图 10：1997~2019 年我国化工行业二氧化碳排放量	10
图 11：2019 年我国碳排放量前十行业（电力部门除外）	10
图 12：2020 年美国各行业碳排放占比情况（电力部门除外）	11

图 13: 2011~2020 年美国化工行业碳排放情况	11
图 14: 各行业的碳排放强度	11
图 15: 识别和计算温室气体排放量的步骤	12
图 16: 合成氨企业 CO ₂ 排放单元和排放源识别简图	12
图 17: 企业温室气体排放类型	12
图 18: 企业温室气体排放计算方法	13
图 19: 2019 年我国按能源划分的碳排放占比情况	15
图 20: 我国按能源划分的碳排放情况	15
图 21: 典型化工产品单位产量碳排放分布情况	16
图 22: 典型化工产品单位收入碳排放分布情况	16
图 23: 典型化工产品单位收入碳排放分布情况	17
图 24: 化工生产企业分核算单元的碳源流识别示意	17
图 25: 煤制甲醇的工艺流程图	17
图 26: 2019-2021 化工子行业产能	18
图 27: 基础化工上市公司固定资产及增速	19
图 28: 基础化工上市公司固定资产、在建工程占比	19
图 29: EVA 价格	19
图 30: 磷酸铁锂价格	19
图 31: 碳酸二甲酯价格	19
图 32: 锂电用 PVDF 价格	19
图 33: EVA 下游应用占比	20
图 34: 碳酸二甲酯下游应用占比	20
图 35: 工业硅下游应用占比	20
图 36: 万华化学新能源产业链布局时间表	21
图 37: 万华化学锂电材料专利布局	21
图 38: 化工新能源样本营业收入及增速	22
图 39: 化工新能源样本净利润及增速	22
图 40: 化工行业及样本公司营收增速	22
图 41: 化工行业及样本公司净利润增速	22
图 42: 氨纶行业产能及增速	23
图 43: 氨纶行业 CR5 集中度	23
图 44: 钛白粉行业产能及增速	23
图 45: 钛白粉行业 CR5 集中度	23
图 46: 东方盛虹产业链逆向一体化	23
图 47: 万华化学产业链逆向一体化	24
图 48: 国际化工巨头巴斯夫发展历程	24
图 49: 万华化学产业链向下游延伸	25
图 50: 华鲁恒升产业链向下游延伸	26
图 51: 万润股份依托合成技术多产品布局	26
图 52: 万华化学基于汽车产业链的布局思路探索	27
图 53: 化工市值排名前十上市公司（除两桶油，亿元）	28

表 1:《巴黎协定》要点一览.....	5
表 2: 碳中和相关政策/文件梳理	6
表 3: 我国碳达峰、碳中和主要目标.....	7
表 4: 碳达峰十大行动主要内容.....	8
表 5: 2030 年碳达峰目标下, 三种减排因素的减排贡献.....	9
表 6: 常见化石燃料特性参数, 用于计算公用工程碳排放	13
表 7: 石化原料和产品的碳含量, 用于计算工业过程碳排放	14
表 8: 各类温室气体的温室效应换算系数	14
表 9: 典型化工产品碳排放情况及工业过程碳排放占比.....	15
表 10: 甲醇实际工业过程中的碳排放情况	18
表 11: 部分化工上市公司进入新能源领域产品列示	20
表 12: 多维度统计下排名前十的上市公司	28

1. 什么是碳中和

1.1. 碳中和成全球趋势，全球主要经济体多数已提出碳中和目标

碳排放是受全球关注的问题，IPCC《全球升温 1.5℃》报告指出，气候变化将是人类社会面临的重大挑战，实施碳中和战略是积极应对挑战的重要措施。

简单来讲，“碳中和”的定义就是人类活动造成的 CO₂ 排放量与人为 CO₂ 移除量在一定时期内实现相互抵消。碳中和是一个系统平衡过程，强调的是总体的平衡；同时碳中和是一个动态平衡的过程，在一段时期内排放总量与吸收总量保持平衡。

图 1：碳中和示意图



资料来源：成都市发改委，天风证券研究所

从全球范围来看，各国在气候问题上已达成共识，共同签署了《巴黎协定》，构建了 2020 年后全球气候治理的制度性框架。2015 年 12 月，《联合国气候变化框架公约》近两百个缔约方在巴黎气候变化大会上达成《巴黎协定》，各方将把“全球气温升幅控制在两摄氏度以内”作为目标，并为把升温幅度控制在 1.5 摄氏度以内而努力。

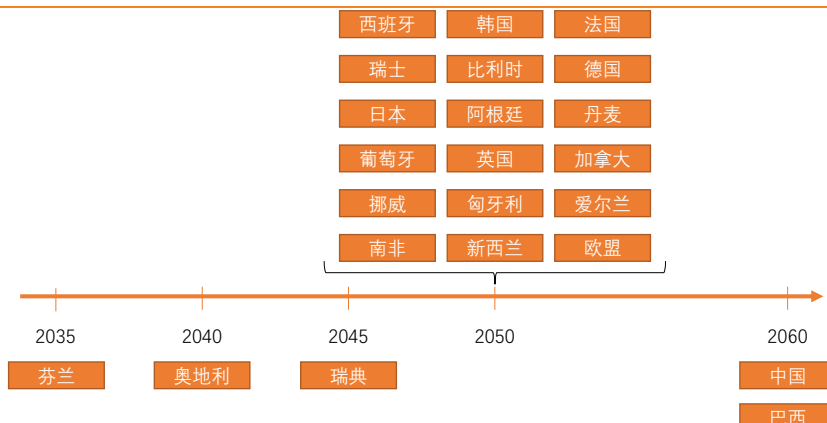
表 1：《巴黎协定》要点一览

要点	描述
长远目标	确保全球平均气温较工业化前水平升高控制在 2℃ 之内
减排目标	与会各方同意每隔 5 年重新设定各自的减排目标
评估目标	与会各方今后 4 年内重新评估各自减排目标，以便适时作出调整
透明度	缔约方汇报各自温室气体排放情况及减排进展，但赋予发展中国家适度“弹性”
资金	要求发达国家继续向发展中国家提供资金援助，并鼓励其他国家在自愿基础上提供援助，但未对具体金额作出规定
损失&破坏	协定包含“承认”损失和破坏的内容，主要是针对由气候变化引发的灾难

资料来源：UNFCCC，天风证券研究所

碳中和成为全球趋势，海外主要经济体已陆续公布碳中和目标。根据联合国气候变化框架公约的披露，截至 2021 年 9 月已有 164 个国家递交了国家自主贡献方案，其中大多以 2050 年为碳中和目标年份，并以立法、颁布政策等多种方式推进工作。

图 2：全球主要经济体碳中和目标

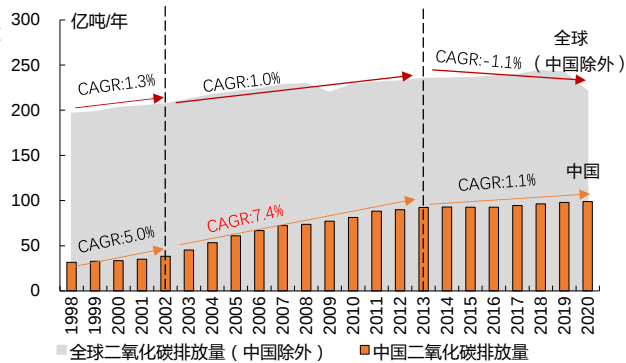


资料来源：新华网，欧盟，Climate Change News，各国政府网站，天风证券研究所

1.2. 中国积极应对减碳挑战，提出 2060 年碳中和目标

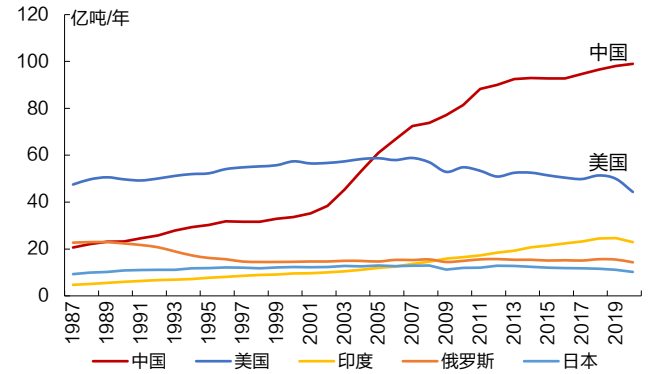
2001 年加入 WTO 之后，我国 CO₂ 排放量经历了 10 年的高增长期，2020 年我国碳排放量全球最高。加入 WTO 之前，我国碳排放量处于缓慢变化阶段，每年碳排放量大致在 30 亿吨。加入 WTO 后的十年，我国经济飞速发展，伴随而来的是 CO₂ 排放量快速增长，这一阶段碳排放量增长至约 95 亿吨/年。2020 年，我国碳排放量约占全球总量的 31%，排名第二的美国占比 14%。近几年，国家在能耗、环保等方面加大调控力度，碳排放量增长态势得到有效控制，从 2013 年起，我国碳排放量维持在每年 100 亿吨以下。

图 3：1998~2020 年我国二氧化碳排放情况



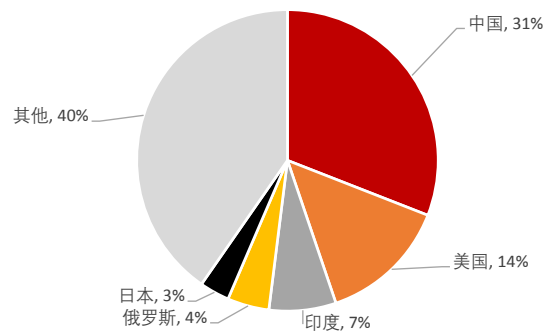
资料来源：Wind，天风证券研究所

图 4：2020 年碳排放量前五国家历年排放量



资料来源：Wind，天风证券研究所

图 5：2020 年各国碳排放量占比情况



资料来源：Wind，天风证券研究所

我国已提出实现碳中和的明确时间表，国家相关文件密集出台。我国最早于 2015 年向联合国递交的文件中提出 2030 年碳达峰目标，去年 9 月，习近平主席于联合国大会一般性辩论上提出更为明确的“2030 年前碳达峰、2060 年前碳中和”目标。过去一年，我国开始全面部署和落实碳中和任务，国务院及相关部委陆续出台政策 20 余项。

表 2：碳中和相关政策/文件梳理

发布年月	发文机关	文件/政策等
2015 年 11 月		《强化应对气候变化行动——中国国家自主贡献》
2020 年 09 月		第七十五届联合国大会一般性辩论
2020 年 12 月	生态环境部	《碳排放权交易管理办法（试行）》
2020 年 12 月		《新时代的中国能源发展》白皮书
2021 年 01 月	生态环境部	《关于统筹和加强应对气候变化与生态环境保护相关工作的指导意见》
2021 年 02 月	国务院	《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》
2021 年 03 月	全国人大	《“十四五”规划纲要》
2021 年 03 月	全国人大	《2021 年政府工作报告》
2021 年 04 月	央行、发改委、证监会	《绿色债券支持项目目录（2021 年版）》
2021 年 05 月	发改委	《污染治理和节能减碳中央预算内投资专项管理办法》
2021 年 05 月	住建部等	《关于加强县城绿色低碳建设的意见》
2021 年 07 月	发改委	《“十四五”循环经济发展规划》
2021 年 07 月	教育部	《高等学校碳中和科技创新行动计划》
2021 年 07 月		全国碳排放权交易市场上线交易正式启动

2021 年 09 月	发改委	《完善能源消费强度和总量双控制度方案》
2021 年 09 月	中共中央办公厅、国务院办公厅	《关于深化生态保护补偿制度改革的意见》
2021 年 09 月	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》
2021 年 10 月	发改委等	《关于严格能效约束推动重点领域节能降碳的若干意见》
2021 年 10 月	中共中央办公厅、国务院办公厅	《关于推动城乡建设绿色发展的意见》
2021 年 10 月	国务院	《2030 年前碳达峰行动方案的通知》
2021 年 10 月		《中国落实国家自主贡献成效和新目标新举措》
2021 年 10 月		《中国本世纪中叶长期温室气体低排放发展战略》
2021 年 11 月		央行宣布推出碳减排支持工具
2021 年 11 月		2000 亿元专项再贷款支持煤炭清洁高效利用
2021 年 11 月	发改委等	《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021 年版）》
2021 年 12 月	工信部	《“十四五”工业绿色发展规划》

资料来源：新华网，国务院，发改委，工信部，央行，证监会，生态环境部，教育部，天风证券研究所整理

2021 年 9 月 22 日，中共中央、国务院发布了《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》，提出碳达峰、碳中和主要目标。《意见》主要从单位 GDP 能耗、单位 GDP 二氧化碳排放、非化石能源消费比重、森林覆盖率、森林蓄积量和风电、太阳能发电总装机容量等方面提出了具体目标，此份文件也成为我国碳中和政策框架“1+N”中的引领性文件。

表 3：我国碳达峰、碳中和主要目标

指标	单位 GDP 能耗 (tce/万元)	单位 GDP CO ₂ 排放 (kg CO ₂ /PPP 美元)	非化石能源消 费比重 (%)	森林覆盖率 (%)	森 林 蓄 积 量 (亿 m ³)	风电、太阳能 发电总装机容 量 (亿 kWh)
2020	0.57	0.39	15.9	23		
2025	0.49 比 2020 年下降 13.5%	0.32 比 2020 年下降 18%	20	24.1	180	
2030	大幅下降	0.31 比 2005 年下降 65%以上	25	25.	190	12
2060			80			

资料来源：Wind，国务院，天风证券研究所整理

1.3. 我国碳达峰碳中和“1+N”政策体系推动实现双碳目标

一系列文件将构建起目标明确、分工合理、措施有力、衔接有序的碳达峰碳中和“1+N”政策体系。《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》（以下简称《意见》）作为“1”，在碳达峰碳中和“1+N”政策体系中发挥统领作用，将与 2030 年前碳达峰行动方案共同构成贯穿碳达峰、碳中和两个阶段的顶层设计。“N”则包括能源、工业、交通运输、城乡建设等分领域分行业碳达峰实施方案，以及科技支撑、能源保障、碳汇能力、财政金融价格政策、标准计量体系、督察考核等保障方案，未来各个领域的碳达峰实施方案将陆续出台。

图 6：碳达峰碳中和“1+N”政策体系



资料来源：国务院，发改委，工信部，生态环境部，市场监管总局，国家能源局，中国财富管理 50 人论坛，天风证券研究所

《意见》提出了构建绿色低碳循环发展经济体系、提升能源利用效率、提高非化石能源消费比重、降低二氧化碳排放水平、提升生态系统碳汇能力等五个方面的主要目标。实现碳达峰、碳中和是一项多维、立体、系统的工程，涉及经济社会发展方方面面，《意见》提出了 31 项重点任务，明确了碳达峰碳中和工作的路线图、施工图。

图 7：《意见》是碳达峰、碳中和的顶层设计



资料来源：《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》，天风证券研究所

《2030 年前碳达峰行动方案》是“N”中为首的政策文件，更加聚焦 2030 年前碳达峰目标，相关指标和任务更加细化、实化、具体化。《方案》重点提出了碳达峰十大行动，在能源、节能、工业、城乡建设、交通运输、循环经济、科技创新、碳汇、全民行动、试点建设等十个方面作出部署，规划了一系列行动目标。

表 4：碳达峰十大行动主要内容

碳达峰十大行动	重点关注内容
能源绿色低碳转型行动	严控跨区外送可再生能源电力配套煤电规模，新建通道可再生能源电量比例原则上不低于 50%。到 2030 年，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上。 “十四五”、“十五五”期间分别新增水电装机容量 4000 万千瓦左右。 到 2025 年，新型储能装机容量达到 3000 万千瓦以上。到 2030 年，抽水蓄能电站装机容量达到 1.2 亿千瓦左右，省级电网基本具备 5% 以上的尖峰负荷响应能力。
节能降碳增效行动	将年综合能耗超过 1 万吨标准煤的数据中心全部纳入重点用能单位能耗在线监测系统。
工业领域碳达峰行动	石化化工行业：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。
城乡建设碳达峰行动	到 2025 年，城镇建筑可再生能源替代率达到 8%，新建公共机构建筑、新建厂房屋顶光伏覆盖率力争达到 50%。
交通运输绿色低碳行动	到 2030 年，当年新增新能源、清洁能源动力的交通工具比例达到 40% 左右，营运交通工具单位换算周转量碳排放强度比 2020 年下降 9.5% 左右，国家铁路单位换算周转量综合能耗比 2020 年下降 10%。陆路交通运输石油消费力争 2030 年前达到峰值。 “十四五”期间，集装箱铁水联运量年均增长 15% 以上。到 2030 年，城区常住人口 100 万以上的城市绿色出行比例不低于 70%。 到 2030 年，民用运输机场场内车辆装备等力争全面实现电动化。
循环经济助力降碳行动	到 2030 年，省级以上重点产业园区全部实施循环化改造。 到 2025 年，大宗固废年利用量达到 40 亿吨左右；到 2030 年，年利用量达到 45 亿吨左右。 到 2025 年，废钢铁、废铜、废铝、废铅、废锌、废纸、废塑料、废橡胶、废玻璃等 9 种主要再生资源循环利用量达到 4.5 亿吨，到 2030 年达到 5.1 亿吨。 到 2025 年，城市生活垃圾分类体系基本健全，生活垃圾资源化利用比例提升至 60% 左右。到 2030 年，城市生活垃圾分类实现全覆盖，生活垃圾资源化利用比例提升至 65%。
绿色低碳科技创新行动	
碳汇能力巩固提升行动	到 2030 年，全国森林覆盖率达到 25% 左右，森林蓄积量达到 190 亿立方米。
绿色低碳全民行动	
各地区梯次有序碳达峰行动	选择 100 个具有典型代表性的城市和园区开展碳达峰试点建设。

资料来源：国务院，天风证券研究所

1.4. 我国 2030 年碳达峰减排路径及贡献度分析

《意见》中提出了单位 GDP 能耗强度、单位 GDP 二氧化碳排放强度、森林蓄积量等方面的明确目标，为不同减排路径减排贡献度测算提供了依据。我们按照《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》项目综合报告的测算，如果顺利完成 2030 年碳达峰目标，我国碳排放总量峰值为 104.73 亿吨，较 2020 年碳排放总量仍有 4.42% 增长空间，我国 2030 年因单位 GDP 能耗强度下降而减少的碳排放为 174.50 亿吨，因单位能耗碳排放强度下降而减少的碳排放为 51.03 亿吨，贡献度分别为 76% 和 22%，**达峰过程中的能耗下降贡献度高于因能源结构调整而带来的碳排下降。**（注：此减排并非意味着二氧化碳排放实际减少量，而是相比较不设限的条件下理论排碳量的差值）

图 8：碳排放量核算方法及影响因素



*由于各类指标的单位不完全统一，故添加一个系数来消除此影响，取值为 1.001。

**森林固碳系数采用相关文献的结论，即 8%。

资料来源：清华大学气候变化与可持续发展研究院《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告，李继峰等《我国实现 2060 年前碳中和目标的路径分析》，天风证券研究所

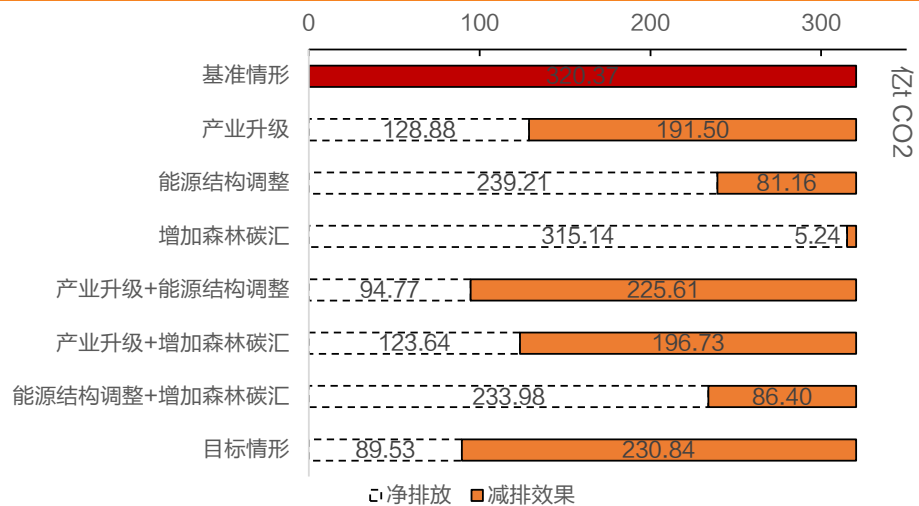
表 5：2030 年碳达峰目标下，三种减排因素的减排贡献

减排效果分析	2005	2030E
①基准情形，单位 GDP 能耗强度、单位能耗碳排放强度和森林蓄积量都不变时，随着 GDP 的增长，碳排放也将增长		
GDP 指数	1	5.45
单位 GDP 能耗强度/t ce · PPP 美元 ⁻¹	26.1	26.1
单位能耗碳排放强度/t CO ₂ · t ⁻¹	2.32	2.32
碳排放/亿 t CO ₂	60.6	330.27
森林蓄积量/亿 m ³	124.56	124.56
森林碳汇/亿 t CO ₂	9.96	9.96
净碳排放/亿 t CO ₂	50.64	320.31
②目标情形，三方面因素同时达到条件，顺利完成 2030 年目标		
GDP 指数	1	5.45
单位 GDP 能耗强度/t ce · PPP 美元 ⁻¹	26.1	10.97
单位能耗碳排放强度/t CO ₂ · t ⁻¹	2.32	1.75
碳排放/亿 t CO ₂	60.6	104.73
森林蓄积量/亿 m ³	124.56	190
森林碳汇/亿 t CO ₂	9.96	15.2
净碳排放/亿 t CO ₂	50.64	89.53
累计减排/亿 t CO ₂		230.77
目标情形下三种减排路径的贡献度	减排贡献/t CO₂	贡献度
单位 GDP 能耗下降	174.50	0.76
单位能耗碳排放下降	51.03	0.22
森林蓄积量增加	5.24	0.02
总计	230.77	1

*由于碳捕集没有明确的目标，故未纳入此处的计算

资料来源：清华大学气候变化与可持续发展研究院《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告，李继峰等《我国实现 2060 年前碳中和目标的路径分析》，天风证券研究所

图 9：不同情形下我国 2030 年碳排放情况



注：

(1) 单位 GDP 能耗下降代表产业升级；单位能耗碳排放下降代表能源结构调整；提高森林蓄积量代表增加森林碳汇。

(2) 基准情形下，2030 年三个因素相对于 2005 年都没有发生改变；目标情形下，2030 年三个因素都顺利达成目标。

资料来源：清华大学气候变化与可持续发展研究院《中国长期低碳发展战略与转型路径研究》综合报告，李继峰等《我国实现 2060 年前碳中和目标的路径分析》，天风证券研究所

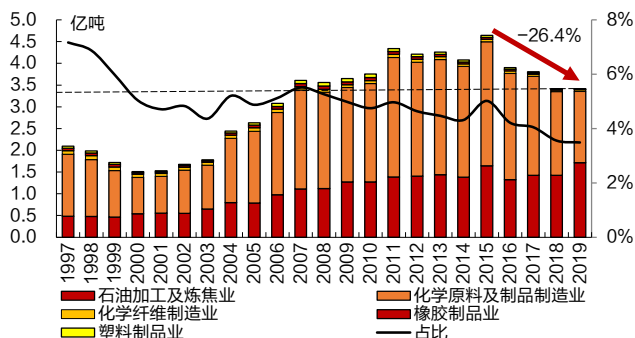
2. 我国化工行业碳排放情况：排放强度受关注

2.1. 化工行业碳排放总量不高，但单位 GDP 碳排放强度较高

化工行业碳排放量不高，2015 年以来下降明显。根据 CEADs 的统计，2019 年我国石油加工及炼焦业、化学原料及化学制品业的碳排放量分别为 1.72 亿吨、1.64 亿吨，化学纤维制造业、橡胶制品业和塑料制品业的排放量较小。除电力部门外，2019 年我国石油加工及炼焦业、化学原料及化学制品业的碳排放量虽然排名靠前，但前 3 位的排放量远大于化工行业的碳排放。

1997~2019 年，我国化工行业碳排放量最高的年份是 2015 年，为 4.64 亿吨，2019 年相较于 2015 年已下降 26.4%，为 3.41 亿吨。化工行业碳排放高峰期已过，2019 年排放量已下降到 2008 年的水平。

图 10：1997~2019 年我国化工行业二氧化碳排放量



资料来源：Wind，天风证券研究所

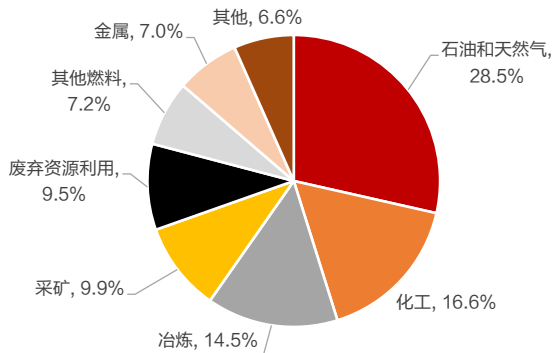
图 11：2019 年我国碳排放量前十行业（电力部门除外）



资料来源：Wind，天风证券研究所

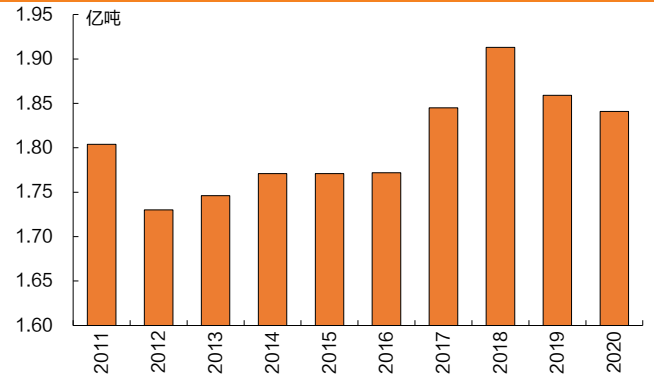
行业结构特征不同于中国，美国化工行业碳排放占比更高，2018~2020 年出现下降。根据美国“温室气体报告项目（GHGRP）”的数据，除电力部门外，2020 年美国化工行业碳排放量占比为 16.6%，虽然占比比中国高，但总量比中国小。美国化工行业碳排放 2018 年达到高峰，为 1.91 亿吨，其后逐年下降，2020 年为 1.80 亿吨。

图 12：2020 年美国各行业碳排放占比情况（电力部门除外）



资料来源：GHGRP，天风证券研究所

图 13：2011~2020 年美国化工行业碳排放情况



资料来源：GHGRP，天风证券研究所

化工行业中各子行业排放强度处于中高水平。2017 年，我国石油加工及炼焦业、化学原料及制品制造业、化学纤维制造业的碳排放强度分别为 0.51 吨/万元、0.18 吨/万元、0.05 吨/万元，在除电力部门外的 33 个行业中分别排名第 6 位、第 10 位和第 17 位。据平新乔等人分类，将碳排放强度低于 0.05 吨/万元、介于 0.05 吨/万元至 0.5 吨/万元之间、高于 0.5 吨/万元的行业分类为“轻排放行业”“中排放行业”“重排放行业”，则化学纤维制造业、化学原料及制品制造业处于中排放行业内，石油加工及炼焦业处于重排放行业内。

图 14：各行业的碳排放强度

(t CO ₂ /万元) 行业	1997	2005	2010	2017
1 黑色金属冶炼及压延加工业	7.67	3.28	2.31	2.19
2 非金属矿物制品业	8.23	5.5	2.51	1.61
3 废弃资源综合利用业	-	0.11	0.03	1.52
4 煤炭采选业	7.59	3.06	1.11	0.98
5 石油和天然气开采业	1.1	0.42	0.32	0.57
6 石油加工及炼焦业	3.11	1.37	0.84	0.51
7 黑色金属矿采选业	2.3	0.65	0.33	0.29
8 煤气的生产和供应业	5.29	2.04	0.52	0.26
9 有色金属冶炼及压延加工业	4.24	0.7	0.33	0.23
10 化学原料及制品制造业	2.13	0.68	0.32	0.18
11 造纸及纸制品业	1.63	0.63	0.29	0.15
12 非金属矿采选业	1.09	1.02	0.29	0.13
13 有色金属矿采选业	0.44	0.21	0.11	0.07
14 普通机械制造业	0.61	0.2	0.12	0.07
15 食品制造业	1.21	0.28	0.12	0.06
16 饮料制造业	0.45	0.27	0.11	0.05
17 化学纤维制造业	0.95	0.2	0.11	0.05
18 金属制品业	0.39	0.15	0.07	0.05
19 专用设备制造业	0.38	0.17	0.08	0.05
20 食品加工业	-	0.17	0.06	0.04
21 纺织业	0.35	0.18	0.08	0.04
22 木材加工及竹藤棕草制品业	0.61	0.29	0.07	0.03
23 烟草加工业	0.09	0.04	0.01	0.02
24 皮革毛皮羽绒及其制品业	0.1	0.06	0.03	0.02
25 家具制造业	0.26	0.09	0.03	0.02
26 印刷业记录媒介的复制	0.17	0.09	0.06	0.02
27 医药制造业	0.92	0.11	0.08	0.02
28 自来水的生产和供应业	0.08	0.06	0.02	0.02
29 服装及其他纤维制品制造	-	0.07	0.04	0.01
30 文教体育用品制造业	0.14	0.08	0.04	0.01
31 电气机械及器材制造业	0.18	0.07	0.03	0.01
32 仪器仪表文化办公用机械	0.12	0.03	0.02	0.01
33 电子及通信设备制造业	0.08	0.02	0.01	0

资料来源：平新乔等《中国碳排放强度变化趋势与“十四五”时期碳减排政策优化》，天风证券研究所

2.2. 企业温室气体排放核算方法介绍

企业是碳排放的主体，从企业层面来讲，在确定排放清单边界后，一般采取以下步骤计算温室气体排放量：识别温室气体排放源，选择温室气体排放量计算方法，收集活动数据和选择排放因子，应用计算工具，将温室气体排放数据汇总到企业一级。

图 15：识别和计算温室气体排放量的步骤

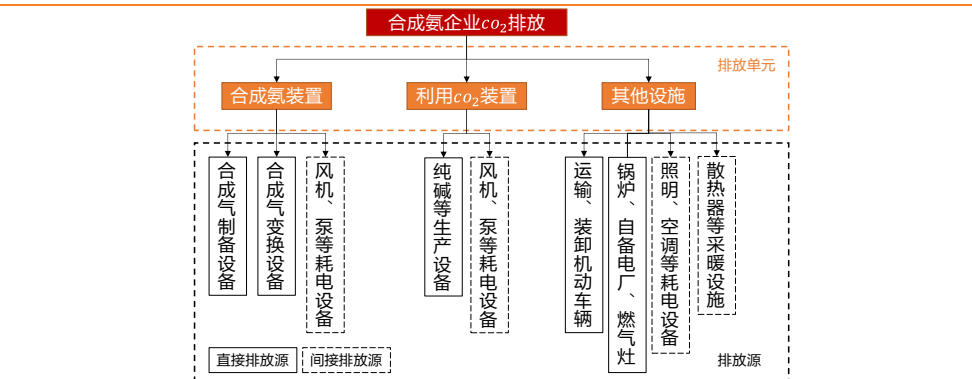


资料来源：IPCC《温室气体核算体系企业核算与报告标准（修订版）》，天风证券研究所

第一步为确定排放源，企业可细分到反应装置和具体设备。

以化学原料和化学制品制造为例，行业中通用企业、合成氨或甲醇企业的主要排放单元包括：主体装置、合成氨装置、甲醇装置、利用 CO₂ 装置（如纯碱装置等）、其他公用及配套工程等；直接排放源主要包括：煤或天然气等蒸汽重整设备（即合成气制备设备）、合成气变换设备、下游利用 CO₂ 生产设备（如碳化塔、降膜蒸发器等）、蒸汽锅炉、电站锅炉、火炬、自有车辆等；间接排放源主要包括：使用外购电力和热力的设备。

图 16：合成氨企业 CO₂ 排放单元和排放源识别简图



资料来源：天津市发改委《天津市化工行业碳排放核算指南（试行）》，天风证券研究所

第二步为选择温室气体排放量计算方法，国际上已经发布相关核算标准，国内也已陆续出台各行业核算标准，总体可分为公用工程排放和工业过程排放两类。细分来看，报告主体的温室气体（GHG）排放总量应等于燃料燃烧 CO₂ 排放量，加上废气火炬燃烧 CO₂ 排放量，加上工业生产过程 CO₂ 排放量，减去企业 CO₂ 回收利用率，再加上企业净购入电力和热力隐含的 CO₂ 排放量。

图 17：企业温室气体排放类型



资料来源：国家发改委《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，天风证券研究所

图 18：企业温室气体排放计算方法

$$\begin{aligned}
 \text{排放总量} &= \text{燃料燃烧} + \text{火炬燃烧} + \text{工业过程} - \text{回收利用} + \text{净购入电力/热力} \\
 \text{燃料燃烧} &= \text{化石燃料消费量} \times \text{含碳量} \times \text{碳氧化率} \times \frac{44}{12} \\
 \text{火炬燃烧} &= \text{气流量} \times (\text{非}CO_2\text{物质含碳量} \times \text{碳氧化率} \times \frac{44}{12} + CO_2\text{体积浓度} \times 19.7) \\
 \text{工业过程} &= \{\text{原料投入量} \times \text{原料含碳量} - [\text{产品产出量} \times \text{产品含碳量} + \text{废弃物量} \times \text{废弃物含碳量}]\} \times \frac{44}{12} \\
 \text{回收利用} &= (\text{外供气体体积} \times \text{外供气体}CO_2\text{纯度} + \text{自用气体体积} \times \text{自用气体}CO_2\text{纯度}) \times 19.7 \\
 \text{净购入电力/热力} &= \text{外购电力消费量} \times CO_2\text{排放因子}, \text{或外购热力消费量} \times CO_2\text{排放因子}
 \end{aligned}$$

资料来源：国家发改委《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，天风证券研究所

第三步为收集活动数据和选择排放因子，企业可自行实测或采用推荐参数。一般来讲，燃料消费量、原料投入量、产品产出量等数据可通过企业日常运营记录获得，相关物质的含碳量、碳氧化率等数据可以依据国家标准测定，或采用推荐值。

之后企业可运用计算工具计算碳排放量，并最终汇总得到排放数据。下文所附的 3 张表为计算过程中可能会用到的参考数值，本文对化工品碳排放的测算也将基于以下数据。

表 6：常见化石燃料特性参数，用于计算公用工程碳排放

燃料品种		低位发热量**	热值单位	单位热值含碳量（吨碳/GJ）	燃料碳氧化率***
固体燃料	无烟煤*	20.304	GJ/吨	27.49×10^{-3}	0.94
	烟煤*	19.57	GJ/吨	26.18×10^{-3}	0.93
	褐煤*	14.08	GJ/吨	28.00×10^{-3}	0.96
	洗精煤*	26.334	GJ/吨	25.40×10^{-3}	0.93
	其它洗煤*	8.363	GJ/吨	25.40×10^{-3}	0.9
	型煤	17.46	GJ/吨	33.60×10^{-3}	0.9
	焦炭	28.447	GJ/吨	29.40×10^{-3}	0.93
液体燃料	原油	42.62	GJ/吨	20.10×10^{-3}	0.98
	燃料油	40.19	GJ/吨	21.10×10^{-3}	0.98
	汽油	44.8	GJ/吨	18.90×10^{-3}	0.98
	柴油	43.33	GJ/吨	20.20×10^{-3}	0.98
	一般煤油	44.75	GJ/吨	19.60×10^{-3}	0.98
	石油焦	31.998	GJ/吨	27.50×10^{-3}	0.98
	其它石油制品	41.031	GJ/吨	20.00×10^{-3}	0.98
	焦油	33.453	GJ/吨	22.00×10^{-3}	0.98
	粗苯	41.816	GJ/吨	22.70×10^{-3}	0.98
气体燃料	炼厂干气	46.05	GJ/吨	18.20×10^{-3}	0.99
	液化石油气	47.31	GJ/吨	17.20×10^{-3}	0.99
	液化天然气	41.868	GJ/吨	17.20×10^{-3}	0.99
	天然气	389.31	GJ/万 Nm ³	15.30×10^{-3}	0.99
	焦炉煤气	173.54	GJ/万 Nm ³	13.60×10^{-3}	0.99
	高炉煤气	33	GJ/万 Nm ³	70.80×10^{-3}	0.99
	转炉煤气	84	GJ/万 Nm ³	49.60×10^{-3}	0.99
	密闭电石炉炉气	111.19	GJ/万 Nm ³	39.51×10^{-3}	0.99
	其它煤气	52.27	GJ/万 Nm ³	12.20×10^{-3}	0.99

*基于空气干燥基

**低位发热量为单位质量的燃料在工业锅炉中燃烧所产生的热量

***碳氧化率指燃料中的碳在燃烧过程中被氧化成二氧化碳的比率

资料来源：国家发改委《中国石油化工企业温室气体排放核算方法与报告指南（试行）》，天风证券研究所

表 7：石化原料和产品的碳含量，用于计算工业过程碳排放

物质	产品中的碳元素含量
乙腈	0.5852
丙烯腈	0.6664
丁二烯	0.888
炭黑	0.97
炭黑原料	0.9
乙烷	0.856
乙烯	0.856
二氯乙烷	0.245
乙二醇	0.387
环氧乙烷	0.545
氰化氢	0.4444
甲醇	0.375
甲烷	0.749
丙烷	0.817
丙烯腈	0.8563
氯乙烯单体	0.384

资料来源：IPCC，天风证券研究所

表 8：各类温室气体的温室效应换算系数

温室气体名称		化学分子式	换算系数
二氧化碳		CO ₂	1
甲烷		CH ₄	21
氧化亚氮		N ₂ O	310
氢氟碳化物 (HFCs)	HFC-23	CHF ₃	11700
	HFC-32	CH ₂ F ₂	650
	HFC-125	CHF ₂ CF ₃	2800
	HFC-134a	CH ₂ FCF ₃	1300
	HFC-143a	CH ₃ CF ₃	3800
	HFC-152a	CH ₃ CHF ₂	140
	HFC-227ea	CF ₃ CHFCF ₃	2900
	HFC-236fa	CF ₃ CH ₂ CF ₃	6300
	HFC-245fa	CHF ₂ CH ₂ CF ₃	1030
全氟化碳 (PFCS)	PFC-14	CF ₄	6500
	PFC-116	C ₂ F ₆	9200
六氟化硫		SF ₆	23900

资料来源：重庆市发改委《重庆市工业企业碳排放核算和报告指南（试行）》，天风证券研究所

2.3. 不同化工产品碳排放强度差异何在

不同化工产品的碳排放特征不同，未来可能会面临不同的监管环境。我们依据国家标准和温室气体核算报告体系给出的数据，梳理分析了各种化工品在公用工程和工业过程两方面的碳排放情况，细化了化工产品的能效分析。

我们发现，化工产品工业过程碳排在总排放量中的占比高于一般行业，但不同化工产品公用工程和工业过程碳排放的比例各有差异，其中煤化工产品排放强度较高。在对煤制甲醇这一典型化工产品的分析中，我们计算发现其工业过程碳排放与国家标准差距不大，且小于理论碳排放值。

2.3.1. 国民经济整体工业过程碳排放占比不高，但化工行业占比较高

我国工业过程排在总排放中占比较小，且近几年碳排放量稳定。我国能源消费以煤炭

以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/186000044225010145>