

石化化工产品碳排放系数研究

伍桂松
2022.9



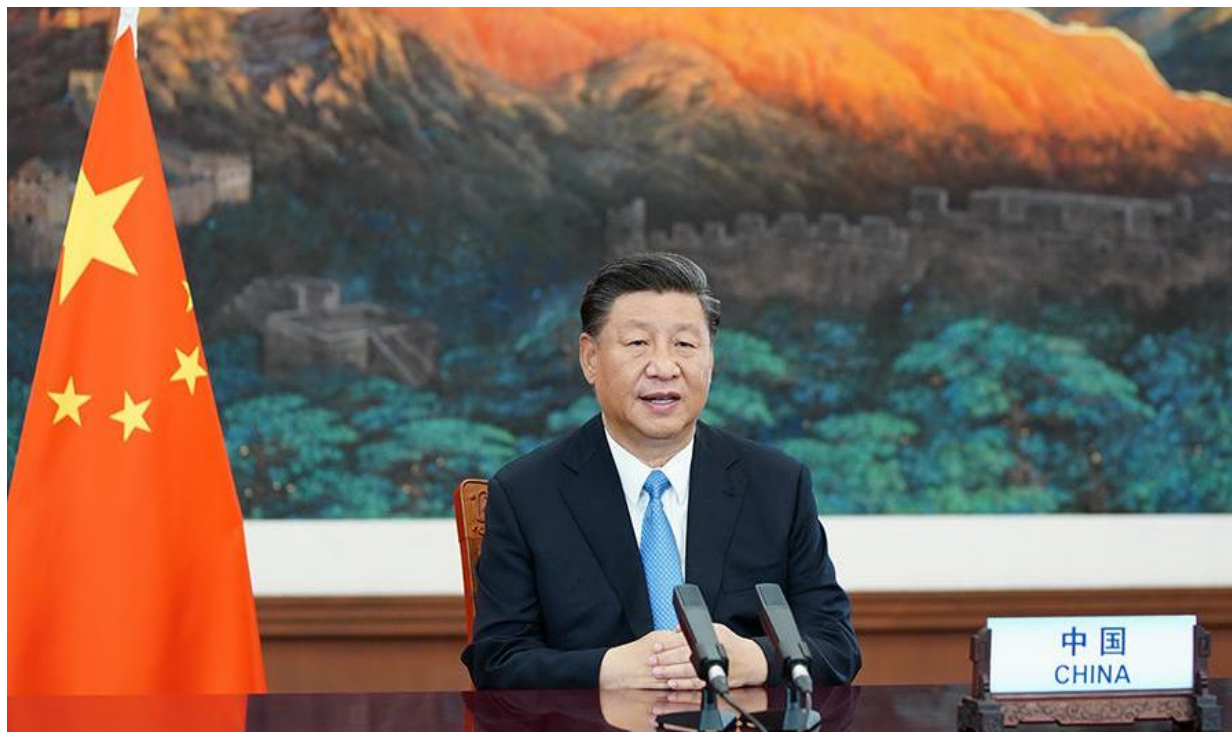
石油和化学工业规划院
China National Petroleum & Chemical Planning Institute



内容

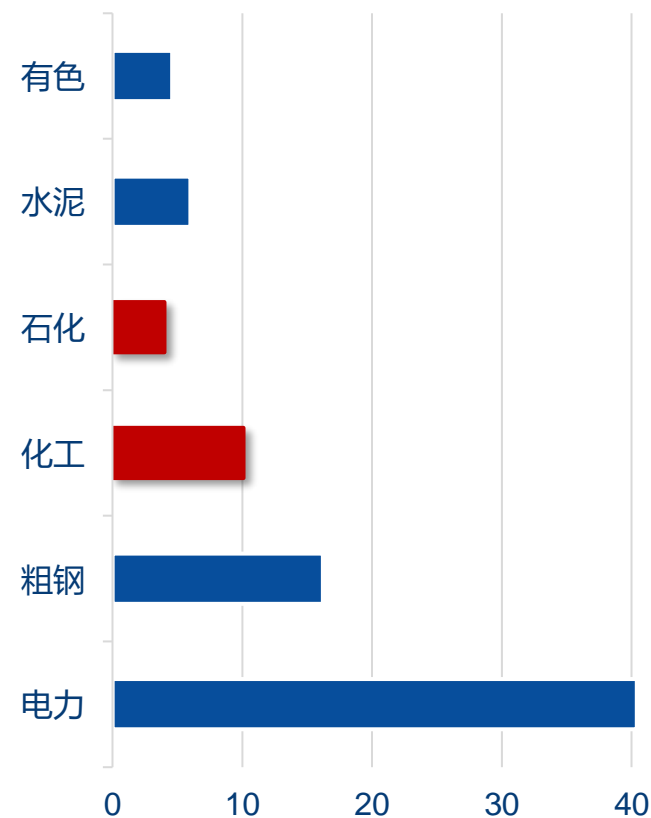
1. 背景
2. 方法
3. 初步成果
4. 应用

- **“中国力争2030年前实现碳达峰，2060年前实现碳中和” “双碳”目标的确立，将引起一场广泛而深刻的经济社会系统性变革。**
- “推进碳达峰碳中和是党中央经过深思熟虑作出的重大战略决策，是我们对国际社会的庄严承诺，也是推动高质量发展的内在要求。”
- 到2025年，绿色低碳循环发展的经济体系初步形成，重点行业能源利用效率大幅提升。单位国内生产总值能耗比2020年下降13.5%；单位国内生产总值二氧化碳排放比2020年下降18%；非化石能源消费比重达到20%左右——要为实现碳达峰、碳中和奠定坚实基础。
- 使发展建立在高效利用资源、严格保护生态环境、有效控制温室气体排放的基础上，统筹推进高质量发展和高水平保护，建立健全绿色低碳循环发展的经济体系，确保实现碳达峰、碳中和目标，推动我国绿色发展迈上新台阶”。
- 有序推进碳达峰碳中和工作，落实碳达峰行动方案。推动能耗‘双控’向碳排放总量和强度‘双控’转变，完善减污降碳激励约束政策，加快形成绿色生产生活方式。



- 石化和化学工业高质量发展需要“碳达峰”和“碳中和”
 - 石化和化学工业实现碳达峰对我国碳达峰目标完成意义重大;
 - 石化和化学工业作为基础原材料产业仍有发展空间;
 - 石化和化学工业长期以来存在着产业结构偏重、原料路线偏煤、生产效率偏低的问题，碳减排压力大、碳减排的潜力也大;
 - 石化和化学工业突破资源环境约束、实现可持续发展需要强化“双碳”约束;
 - 化学工业与温室气体联系密切。

2020年碳排放情况



- 国家重视石化和化学工业的温室气体减排，制定了一系列政策指导行业的碳达峰和碳中和
 - 国家发改委----《石化化工重点行业严格能效约束推动节能降碳行动方案（2021-2025年）》。
 - 国家发改委----《高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021）版》，制定了炼油、纯碱等石化化工重点行业的能效水平。
 - 工业和信息化部----《“十四五”绿色发展规划》：实施工业领域碳达峰行业”作为工业发展的首要任务。
 - 工业和信息化部----《原材料工业“十四五”规划》：原材料主要任务之一“将围绕碳达峰、碳中和目标节点，强化碳效率发展理念，全面实施碳减排行动，将碳排放纳入环境影响评价，发挥减污降碳协同效应。制定石化化工、钢铁、有色金属、建材等重点行业碳达峰实施方案，确保2030年前实现达峰。
 - 国家生态环境部----《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》：减污降碳协同控制，将碳排放影响评价纳入环境影响评价体系。石化、化工等六大行业进行试点。并率先在吉林、浙江、山东、广东、重庆、陕西进行石化和化工试点。
 - 正在修订的《产业结构调整指导目录》——有利于产业绿色低碳转型，助力碳达峰碳中和。



工艺技术

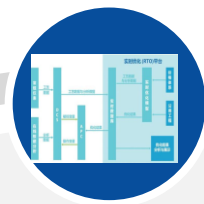
原料路线

操作管理

品种

末端治理

石化和化学工业



序号	项目名称
1	石化和化工行业碳达峰与碳中和路径研究
2	碳达峰碳中和背景下“十四五”煤化工产业高质量及低碳发展研究
3	中国能源化工行业碳达峰路径研究
4	**煤制烯烃项目“碳中和”方案研究报告
5	**煤制清洁燃料产业化技术升级示范基地项目碳中和实施方案
6	**煤炭深加工基地项目碳中和碳达峰方案
7	**现代煤化工产业基地碳中和示范实施方案
8	**公司煤基芳烃项目碳达峰碳中和、节能降耗方案编制
9	**二氧化碳资源化利用碳中和示范产业发展规划
10	**新能源新材料产业基地双碳先导发展区工作报告
11	**化工产业碳达峰及降碳实施方案
12	**石化化工行业碳达峰工作方案



内容

1. 背景
- 2. 方法**
3. 初步成果
4. 应用

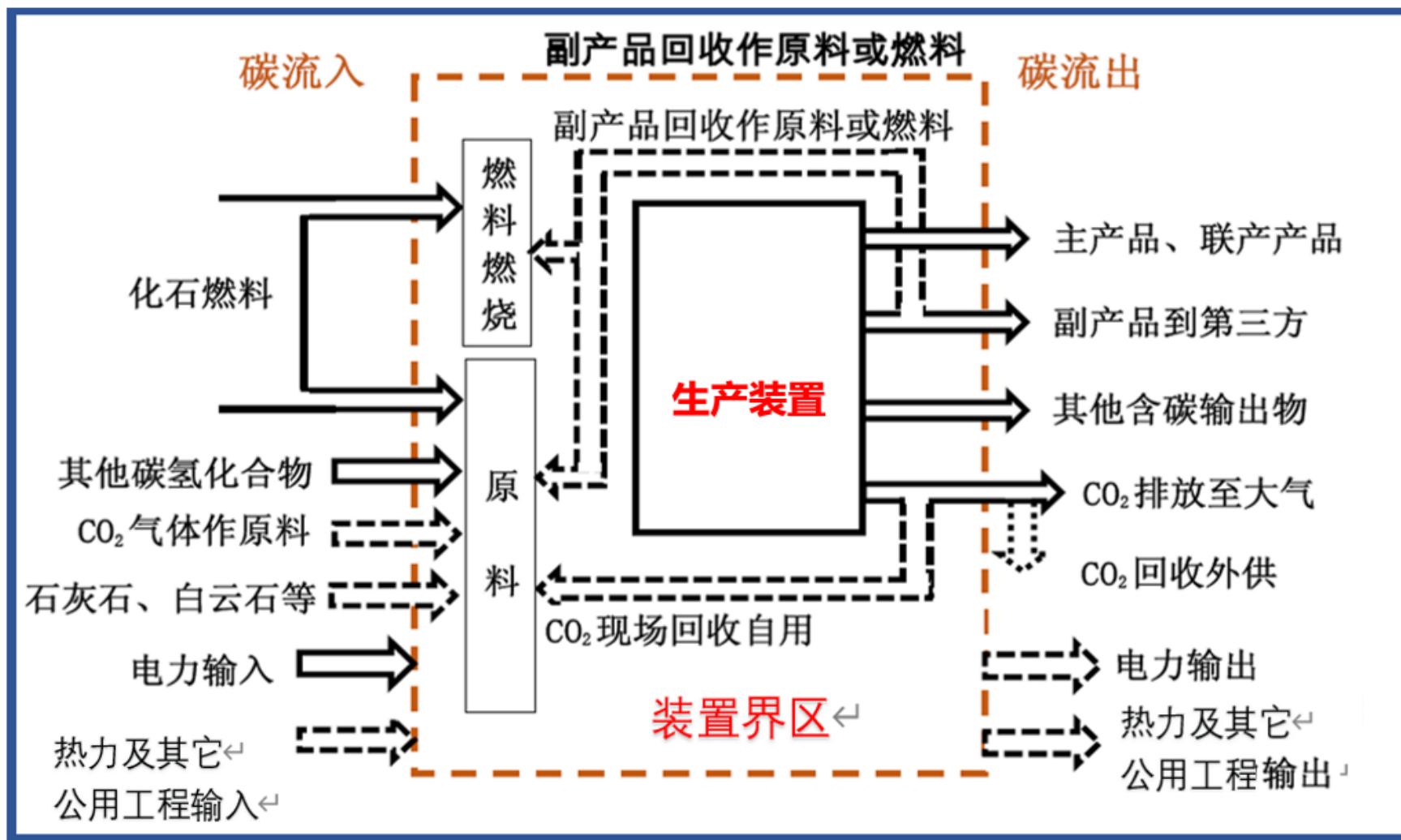
● 依据

- 《中国化工生产企业温室气体排放核算方法和报告指南（试行）》
- 《温室气体排放核算与报告要求 第10部分：化工生产企业》（GB/T 32151.10-2015）
- 《化工企业温室气体排放核查技术规范》（RB/T 252-2018）
- 《2006年IPCC国家温室气体清单指南》
- 《2006年IPCC国家温室气体清单指南-2019修订》
- 《石油化工设计能耗计算标准》GB/T 50441-2016
- 《重点行业建设项目碳排放环境影响评价试点技术指南（试行）》

方法

● 以生产装置为核算单元

- 物料平衡
- 能量平衡



温室气体排放计算



边界：以项目化工生产单元为研究对象、公用及辅助工程以外购计



项目分解：例如CTO项目分解成为煤炭制甲醇、甲醇制烯烃、聚乙烯、聚丙烯



联产品生产装置按高附加值产品总量的质量分数分摊--乙烯蒸汽裂解装置的碳排放分解（乙烯、丙烯、碳四、芳烃、氢气）



生产单元直接原料、燃料消耗（含加热炉燃料消耗）计入总的碳平衡计算直接排放



净公用工程消耗按标准能耗折算后计入计算间接排放

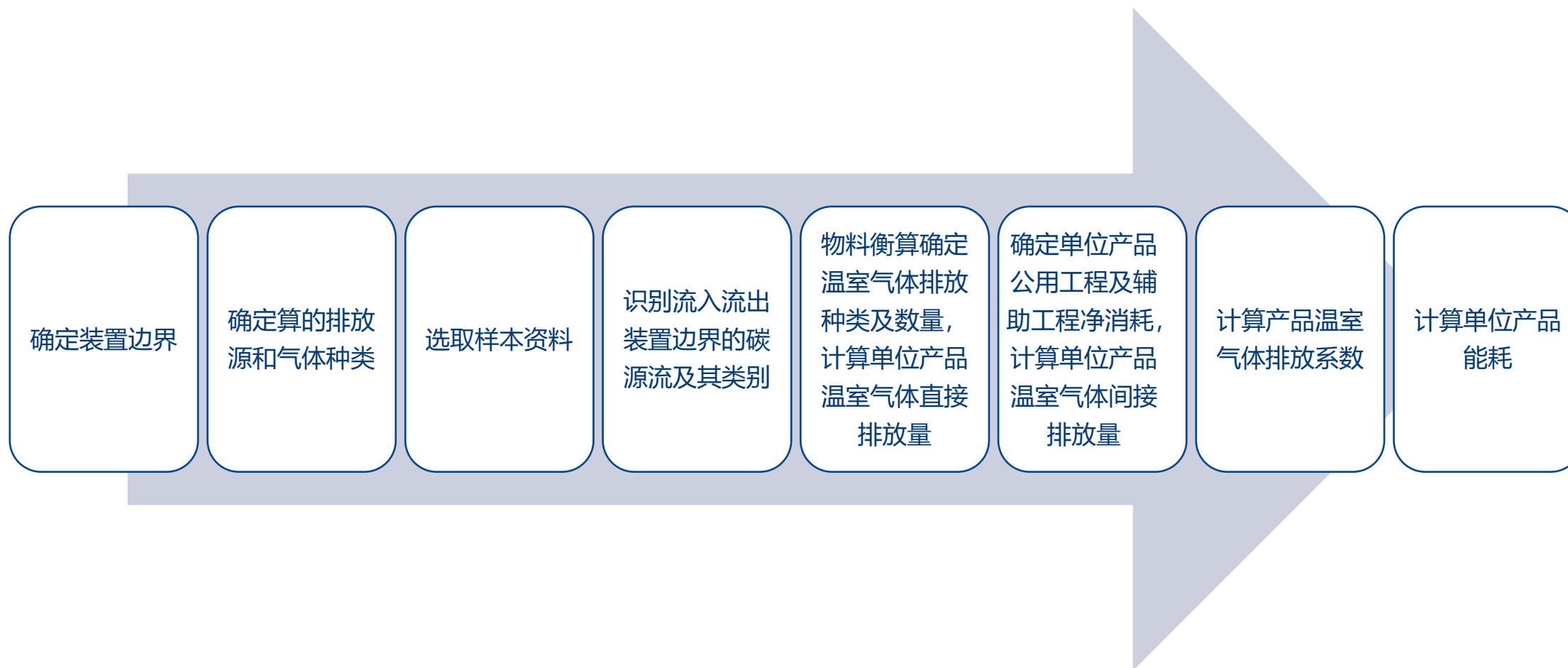
- 直接排放----外购原辅材料、燃料减出外输产品、副产品、燃料
- 间接排放----外购电力、蒸汽、冷冻及其它公用及辅助工程-减出输出的电力、蒸汽、冷冻及其它公用及辅助工程

● 研究重点产品

- 高耗能行业重点领域：炼油、纯碱、烧碱、电石、乙烯、对二甲苯、黄磷、合成氨、磷铵
- IPCC指南清单产品
- 生产量大的产品
- 温室气体负荷较大产品
- 碳汇潜力大产品
- 以温室气体作为产品或副产品

● 重点工艺单元和技术

- 一次能源不完全燃烧—直接排放
- 合成气变换—直接排放
- 氧化—直接排放
- 硝化—直接排放
- 电解
- 热裂解
- 深冷
- 精细分离
- 气体压缩



内容

1. 背景
2. 方法
- 3. 初步成果**
4. 应用

初步成果—建立了四十多个产品一百多条原料技术路线，数百个场景的排放清单

序号	产品	原料路线
一	甲醇	褐煤
		烟煤
		无烟煤
		天然气
		焦炉气
二	合成氨	优质无烟块煤
		非优质无烟块煤、型煤
		粉煤（包括无烟粉煤、烟煤）
		天然气
		焦炉气
三	氢气	电解水
		煤制合成气
		天然气制氢
		甲醇制氢
四	磷酸一铵	传统法 料浆法
五	黄磷	
六	纯碱	氨碱法（轻质）
		联碱法（轻质）
		氨碱法（重质）
		联碱法（重质）
七	磷酸	湿法
		热法
八	硝酸	浓硝酸
		稀硝酸
九	尿素	水溶液全循环法

序号	产品	原料路线
十	己二酸	苯经环己烷
		苯经环己烷
		苯经环己烯
		苯经环己烯
十一	己内酰胺	苯法
		甲苯法
		苯酚法
十二	己二腈	己二酸法
		丁二烯法
		丙烯腈法
十三	己二胺	己二腈加氢法
十四	炭黑	新工炭黑
		乙炔炭黑
十五	电石	密闭式
		密闭式
十六	钛白	氯化法
		硫酸法
十七	乙丙烯	乙烷蒸汽裂解
		LPG蒸汽裂解
		石脑油蒸汽裂解
		甲醇制烯烃
		煤制烯烃
		催化裂解制烯烃
十八	丙烯腈	氨氧化法
十九	环氧乙烷	乙烯空气氧化
		乙烯氧气氧化
二十	乙二醇	环氧乙烷水合
二十一	环氧丙烷	氯醇法
		直接氧化法
		共氧化法

序号	产品	原料路线
二十二	丁醇	丙烯羰基合成
二十三	辛醇	总溶剂生物发酵
		丙烯羰基合成
二十四	环氧氯丙烷	皂化法
		甘油法
		直接氧化法
二十五	异丙醇	丙烯水合法
		丙酮加氢法
二十六	悬浮法聚氯乙烯	电石法
		乙烯法
二十七	聚丙烯	本体法
		气相法
二十八	LDPE	高压管式法
		高压釜式法
二十九	LLDPE	气相法
三十	HDPE	管式淤浆法
		釜式淤浆法
三十一	醋酸	羰基合成法
三十二	醋酸乙烯	乙烯法
		乙炔法
三十三	EVA树脂	高压管式法
		高压釜式法
三十四	烧碱	离子膜法
三十六	PTA	BP技术
三十七		英威达技术
三十八	无水氟化氢 (HF)	
三十九	四氟乙烷 (HFC-134a)	
四十	五氟丙烷 (HFC-245fa)	
四十一	三氟化氮 (NF3)	
四十二	四氟乙烯 (TFE)	
四十三	六氟丙烯 (HFP)	

初步成果—甲醇

产品数据库：褐煤、烟煤、无烟煤、天然气、焦炉气

工艺数据库：固定床气化、气流床气化、蒸汽转化.....

工艺数据库：原料燃料消耗、“三废”排放.....



产品碳排放对标与减排 企业碳排放对标与减排
园区碳排放对标与减排 区域碳排放对标与减排
产品数据库、企业数据库、园区数据库

公用工程数据库、企业数据库：不同电热来源条件下

工艺数据库：公用工程及辅助工程消耗.....

初步成果—甲醇

产品简介

产品名称	甲醇
产品性质	又称羟基甲烷，是结构最为简单的饱和一元醇，其化学式为 CH ₃ OH/CH ₄ O，能突出甲醇的羟基，CAS 号为 67-56-1，分子量为 32.04，沸点为 64.7℃。
产品合成工艺	天然气蒸汽转化-合成-精馏
生产情况	2021 年国内甲醇产能 9743 万吨/年，产量 7765 万吨

工艺简述

天然气原料甲醇装置可采用一段蒸汽转化技术、联合转化技术和联合自热转化技术。

传统一段蒸汽转化技术：转化炉采用顶烧式方箱炉，水碳比为 2.4~3.0，转化压力 1.4~2.4MPa，出塔温度 860~880℃，系统输出中压蒸汽。联合转化技术：传统一段转化与二段纯氧部分氧化联合转化工艺，水碳比为 2.5，转化压力为 4.0MPa，二段出口残余甲烷为 1.0%，系统蒸汽自身平衡。联合自热转化技术：一段转化与部分氧化合转化技术，一段转化与二段在一台设备内进行。水碳比为 2.5，转化压力为 4.0MPa，二段出口残余甲烷为 1.0%vol，系统蒸汽自身平衡。

温室气体排放系数

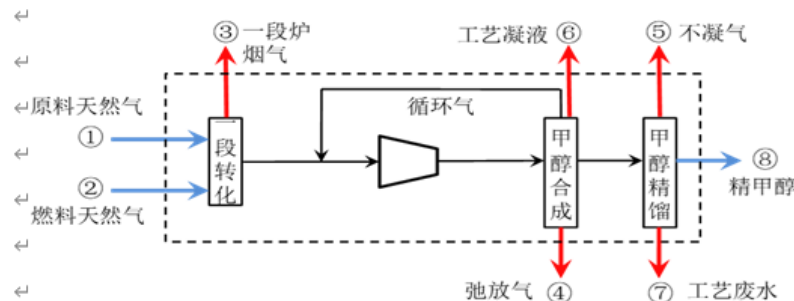
装置水平	产品名称	原料路线	工艺描述	直接温室气体排放系数	间接温室气体排放系数		温室气体排放系数	
					按标准能耗折算二氧化碳排放量	电力按全国电网排放因子·0.581kgCO ₂ /GWh	按标准能耗折算二氧化碳排放量	电力按全国电网排放因子·0.581kgCO ₂ /GWh
平均水平	甲醇	天然气	天然气蒸汽转化-合成-精馏	0.4835	0.1409	0.0790	0.6244	0.5625
先进水平				0.4593	0.1339	0.0751	0.5932	0.5344

排放类型

甲醇生产的温室气体排放甲醇生产的温室气体排放主要包括二氧化碳。甲醇的碳排放计算范围为从碳素原料和能源进入甲醇生产界区开始，到甲醇成品计量入库的整个生产过程。碳排放计算的范围主要包括：合成气制备（蒸汽转化）、甲醇合成与精馏等部分。

排放源

甲醇生产的碳排放源如下图所示：



能耗

装置水平	产品名称	工艺路线	工艺描述	装置能耗
平均水平	甲醇	天然气	天然气连续转化	1.1052
先进水平				1.0505

初步成果----甲醇



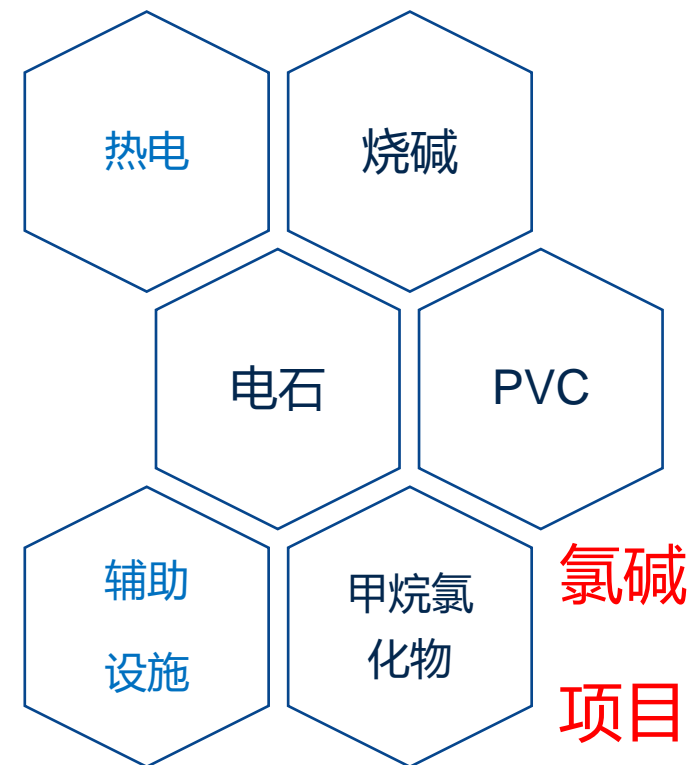
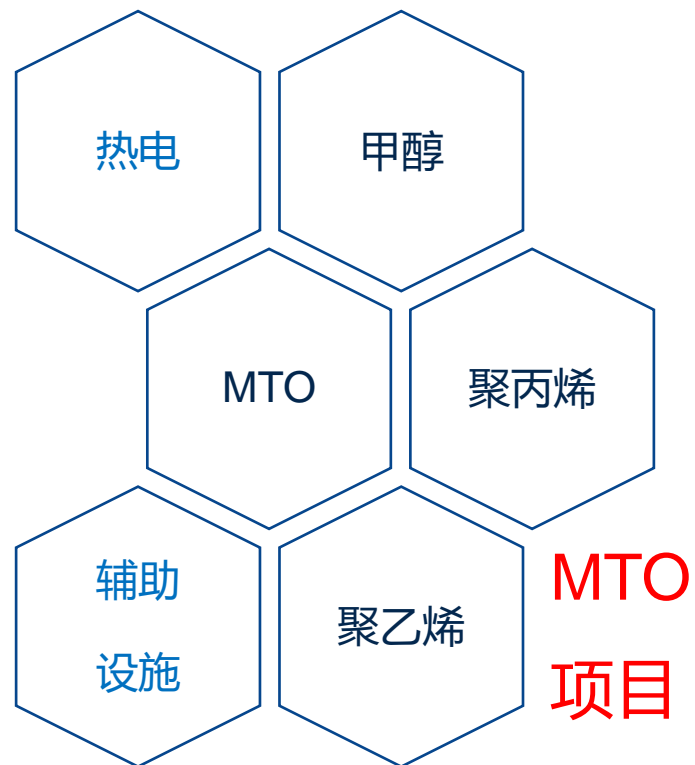
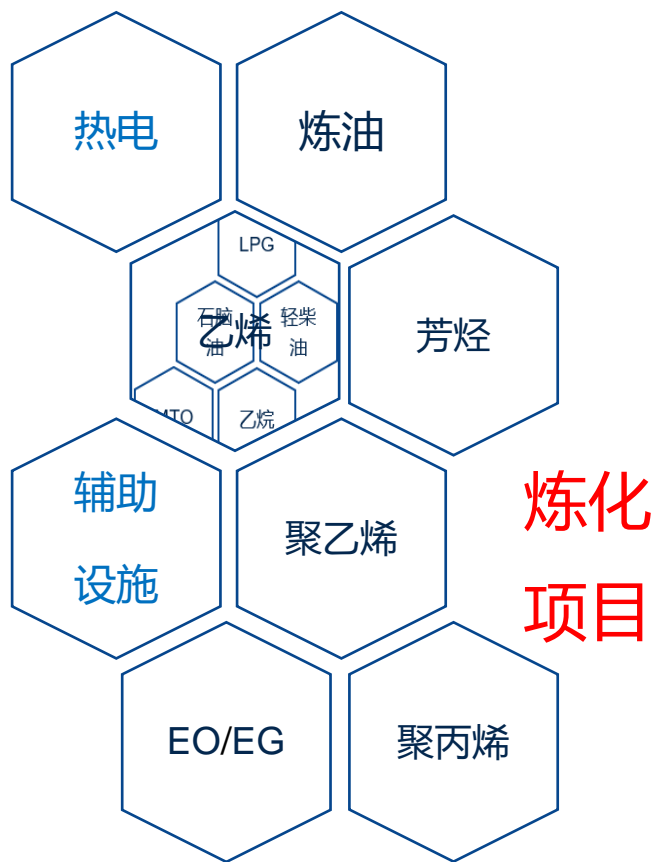
原料	工艺路线	排放种类	装置水平	温室气体排放系数				综合能耗		
				按标准能耗折算	电力按全国电网排放因子	热电来源A	热电来源B	按标准能耗折算	热电来源A	热电来源B
天然气	蒸汽转化	主要包括二氧化碳	平均水平	0.624	0.563	0.587	0.580	1.105	1.091	1.088
			先进水平	0.593	0.534	0.558	0.551	1.051	1.037	1.034
焦炉气	纯氧转化		平均水平	0.620	0.562	0.639	0.671	1.348	1.355	1.367
			先进水平	0.589	0.534	0.607	0.638	1.280	1.287	1.299
烟煤	气流床		平均水平	3.204	3.122	3.592	3.884	1.856	2.005	2.117
			先进水平	3.043	2.966	3.412	3.690	1.763	1.905	2.012
褐煤	加压移动床		平均水平	3.491	3.405	3.912	4.228	1.919	2.081	2.202
			先进水平	3.317	3.235	3.716	4.017	1.823	1.976	2.092
无烟块煤	固定床		平均水平	3.450	3.161	3.524	3.666	1.782	1.811	1.865
			先进水平	3.277	3.003	3.347	3.483	1.693	1.720	1.772



内容

1. 背景
2. 方法
3. 初步成果
4. **应用**

应用----碳积木



应用----碳积木 全生命周期碳评价



行业分析

项目评价

企业诊断

区域规划



应用—行业

序号 [↙]	工艺技术 [↙]		产能总规模 [↙]	占比 [↙]
1 [↙]	天然气 [↙]	一段转化/两段转化 [↙]	1059 [↙]	11.5% [↙]
2 [↙]	烟煤 [↙]	气流床 [↙]	5660 [↙]	61.3% [↙]
3 [↙]	无烟煤 [↙]	常压固定床间歇气化/富氧连续气化 [↙]	1345 [↙]	14.6% [↙]
4 [↙]	焦炉气 [↙]	纯氧非催化转化 [↙]	1171 [↙]	12.7% [↙]

.....

装置规模 [↙]	2020年 [↙]
产能≥100万吨 [↙]	38% [↙]
60万吨≤产能<100万吨 [↙]	22% [↙]
30万吨≤产能<60万吨 [↙]	23% [↙]
10万吨≤产能<30万吨 [↙]	15% [↙]
产能<10万吨 [↙]	1% [↙]
总计 [↙]	100% [↙]

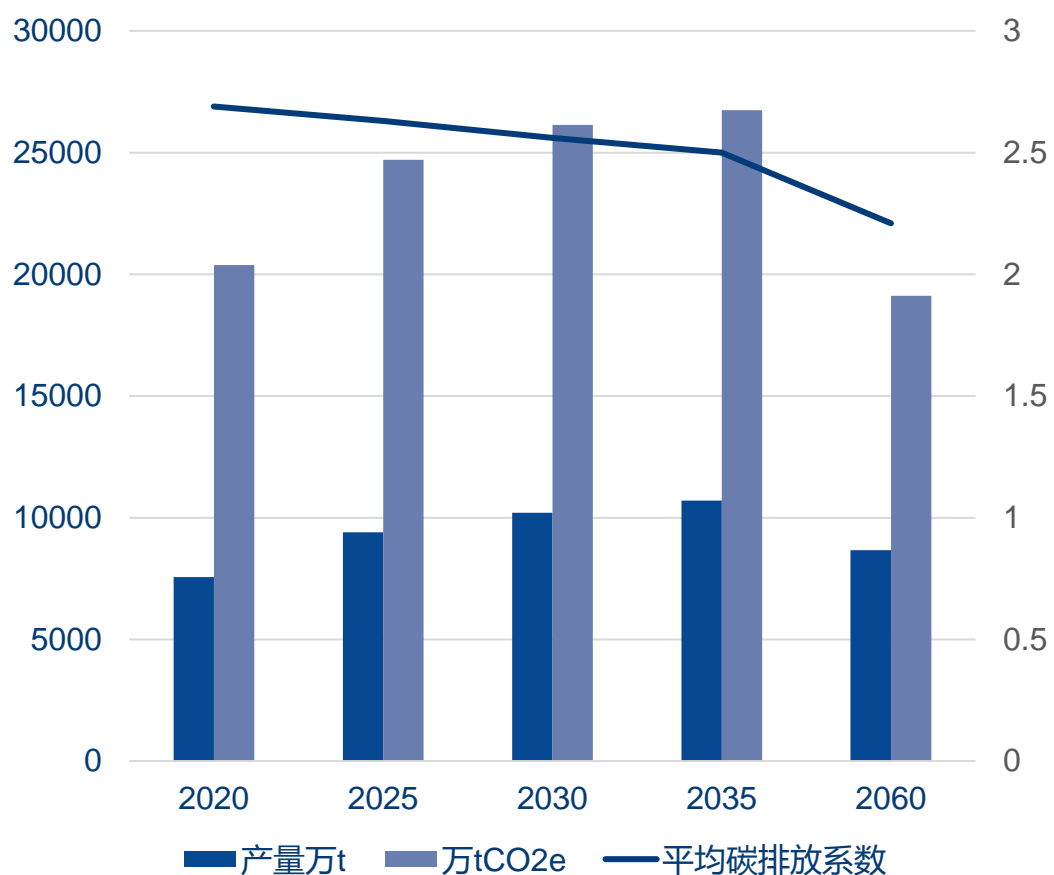
.....



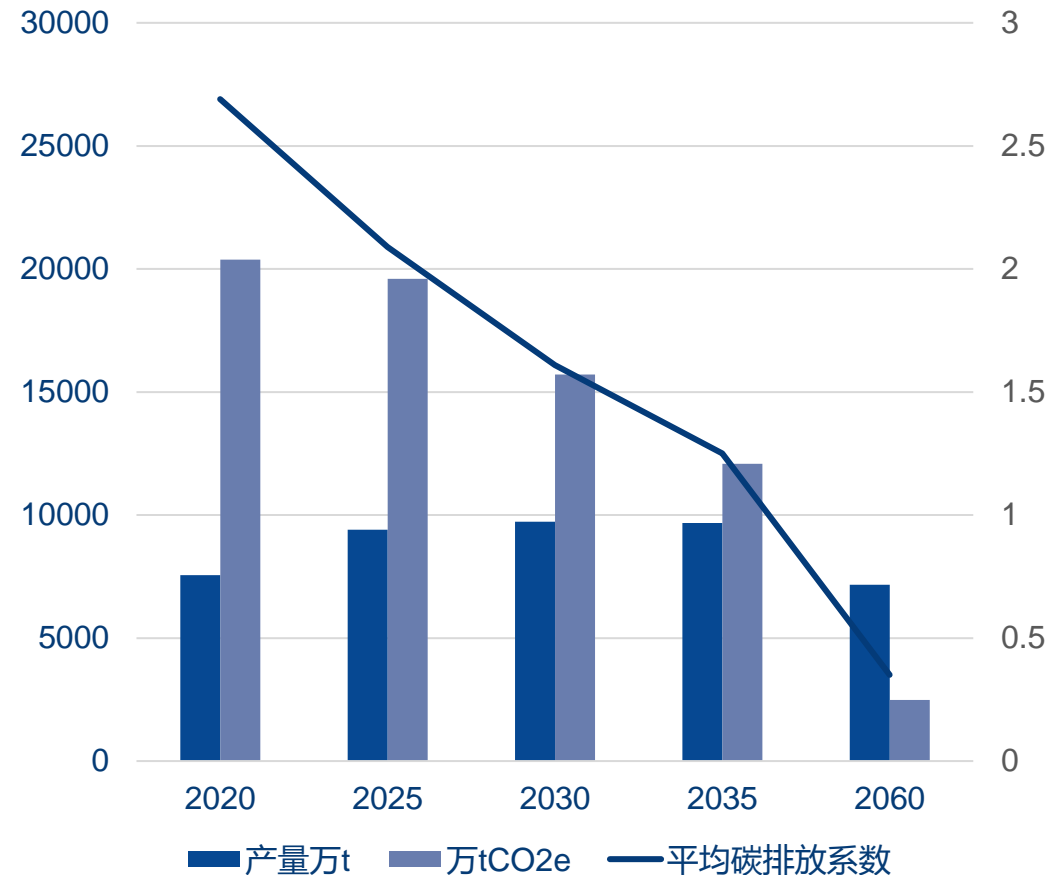
序号 [↙]	工艺技术 [↙]		产能 [↙] 万 t/a [↙]	产量 [↙] 万 t [↙]
1 [↙]	天然气 [↙]	一段转化/两段转化 [↙]	1059 [↙]	542 [↙]
2 [↙]	烟煤 [↙]	气流床 [↙]	5660 [↙]	5377 [↙]
3 [↙]	无烟煤 [↙]	固定床气化 [↙]	1345 [↙]	1009 [↙]
4 [↙]	焦炉气 [↙]	纯氧非催化转化 [↙]	1171 [↙]	634 [↙]

- 淘汰落后产能
- 低碳原料
- 技术进步：高压气化、等压合成
- 绿电置换
- 电气化：提高电气化率、电驱改气驱
- 绿氢原料
- 绿氢+CO₂合成甲醇

低碳情景下甲醇行业碳排放



强化低碳情景下甲醇行业碳排放



• 指标

- 温室气体排放总量
- 碳排放总量
- 单位工业增加值碳排放
- 单位总产值碳排放
- 单位产品碳排放
- 单位能耗碳排放

• 碳评价

- 横向（项目排放水平）
- 纵向（近三年排放比较）
- 区域
- 碳达峰

• 企业碳排放三本账

- 现状
- 新建
- 新带老削减

项目碳排放总量 $E_{\text{总}}$ 计算公式如下：

$$E_{\text{总}} = E_{\text{燃料燃烧}} + E_{\text{工业生产过程}} + E_{\text{电和热}}$$

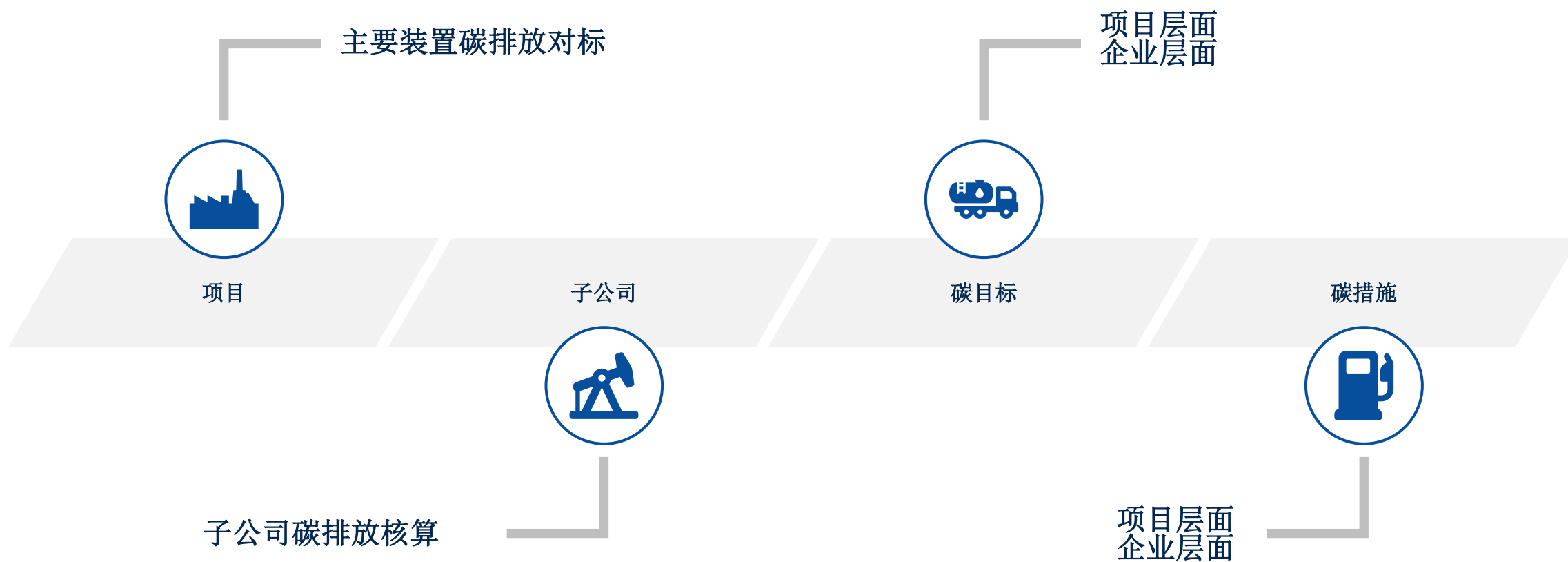
$E_{\text{燃料燃烧}}$ 为企业所有净消耗化石燃料燃烧活动产生的二氧化碳排放量，单位为吨 CO_2 (tCO_2)；

$E_{\text{工业生产过程}}$ 为企业工业生产过程产生的二氧化碳排放量，单位为吨 CO_2 (tCO_2)。

$E_{\text{电和热}}$ 为企业净购入电力和净购入热力产生的二氧化碳排放量，单位为吨 CO_2 (tCO_2)。

1. 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》（国发〔2021〕4号）；
2. 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》（环综合〔2021〕4号）；
3. 生态环境部《关于加强高耗能、高排放建设项目生态环境源头防控的指导意见》（环环评〔2021〕45号）；
4. 生态环境部《建设项目环境影响评价分类管理名录（2021年版）》（部令第16号）。
-
11. 生态环境部办公厅《关于加强企业温室气体排放报告管理相关工作的通知》（环办气候〔2021〕9号）；
12. 生态环境部办公厅《关于印发〈省级二氧化碳排放峰值行动方案编制指南〉的通知》（环办气候函〔2021〕85号）。

- 《重点行业建设项目碳排放环境影响评价试点 技术指南（试行）》
- 《广东省石化行业建设项目碳排放环境影响评价编制指南》
- 《海南省规划碳排放环境影响评价技术指南》
- 《海南省建设项目碳排放环境影响评价技术指南》
- 《河北省钢铁行业建设项目碳排放环境影响评价试点技术指南》
- 《江苏省重点行业建设项目碳排放环境影响评价技术指南》
- 《山东省钢铁行业建设项目温室气体排放环境影响评价技术指南》
- 《山东省化工行业建设项目温室气体排放环境影响评价技术指南》
- 《山西省重点行业建设项目碳排放环境影响评价编制指南》
- 《陕西省重点行业建设项目碳排放环境影响评价试点工作通知》
- 《浙江省建设项目碳排放评价指南》
- 《北京市建设项目环境影响评价中试行开展碳排放影响评价的通知》
- 《重庆市规划环境影响评价技术指南——碳排放评价》
- 《福州市生态环境局关于福州市重点行业建设项目碳排放环境影响评价的指导意见》



应用—区域（园区、行政区域）



项目层面

- 碳排放强度
- 碳排放变化
- 碳排放对标
- 降碳潜力

企业层面

- 碳排放总量
- 碳排放强度
- 碳排放质量
- 碳排放变化
- 降碳潜力

区域碳排放研究

- 碳排放强度
- 碳排放贡献
- 碳排放质量
- 降碳潜力

- 碳排放总量
- 碳排放构成
- 碳排放质量
- 降碳目标
- 降碳措施

行业层面

区域层面

欢迎探讨交流，谢谢！

伍桂松 材料化工处

010-64283544

13801080887

wuguisong@npcpi.com



石油和化学工业规划院

China National Petroleum & Chemical Planning Institute