



天津科技大学
Tianjin University of Science & Technology



碳排放达峰规划思路 —以优化开发区域为例

孙振清

天津科技大学经管学院 教授

天津市绿色发展决策行为分析实验室 主任

2020年12月21日

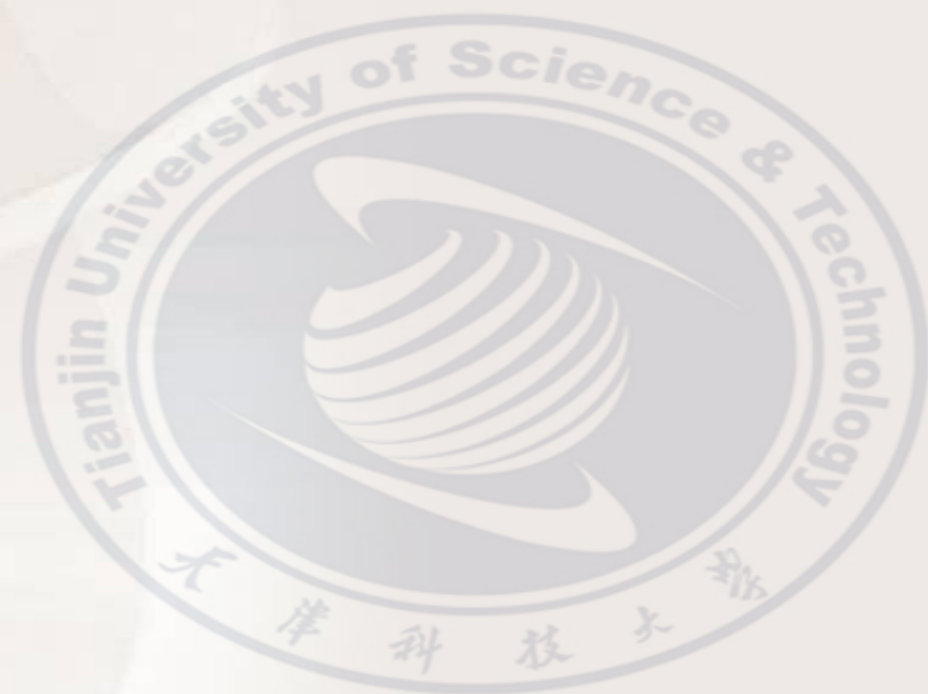




目录

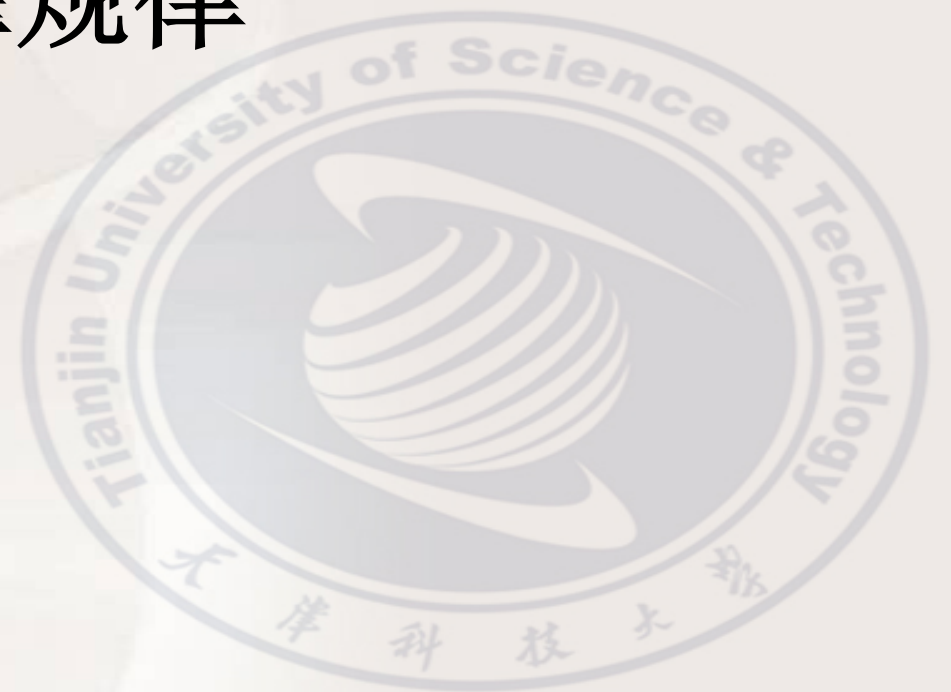


- 一. 碳排放峰值目标及达峰规律
- 二. 优化开发区域碳排放达峰路径
- 三. 京津冀碳排放及达峰情况
- 四. 政策建议





一、碳排放峰值目标及达峰规律



习总书记的对外承诺及各部门行动

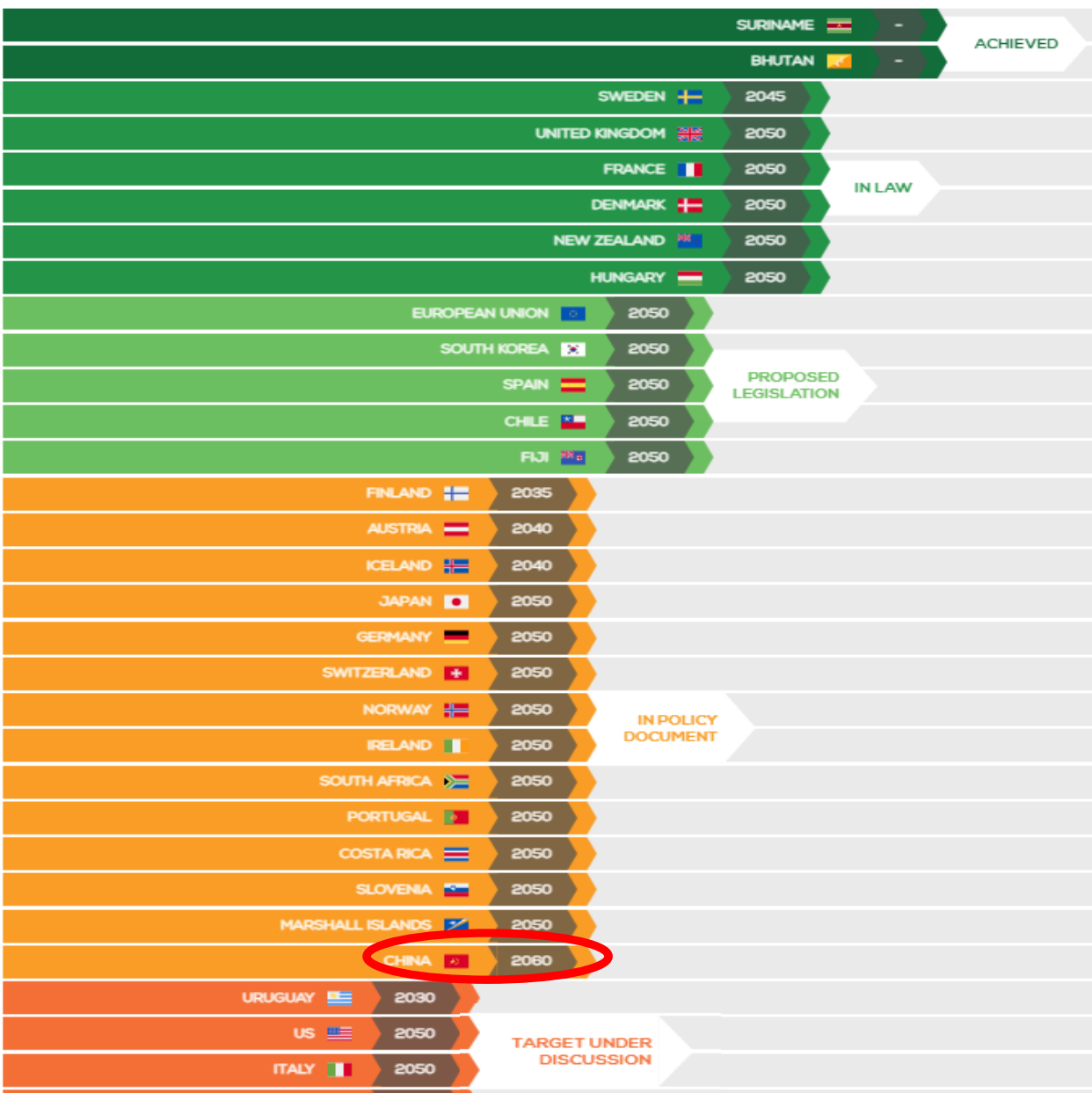
- ✓ 2020年9月22日，习近平总书记在第七十五届联大会议上宣布，“中国将提高国家自主贡献力度，采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争**2030**年前达到峰值，努力争取**2060**年前实现碳中和。”
- ✓ 12月12日在气候雄心峰会上宣布，到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到**25%**左右，森林蓄积量将比2005年增加60亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。
- ✓ 11月15日至17日，生态环境部党组中心组（扩大）集中学习。提出，生态环境部将突出以降碳为源头治理的“牛鼻子”，编制“十四五”应对气候变化专项规划，以**2030**年前二氧化碳排放达峰倒逼能源结构绿色低碳转型和生态环境质量协同改善。

实现碳中和成为世界各国抢占道德和技术制高点的举措

全球有127个国家以不同方式明确了碳中和目标进入零碳竞争的行列，其中苏里南、不丹已实现。写入法律的有英国、法国、新西兰等6国，列入政府文件的有包括中国在内的14个国家，其余的在讨论。

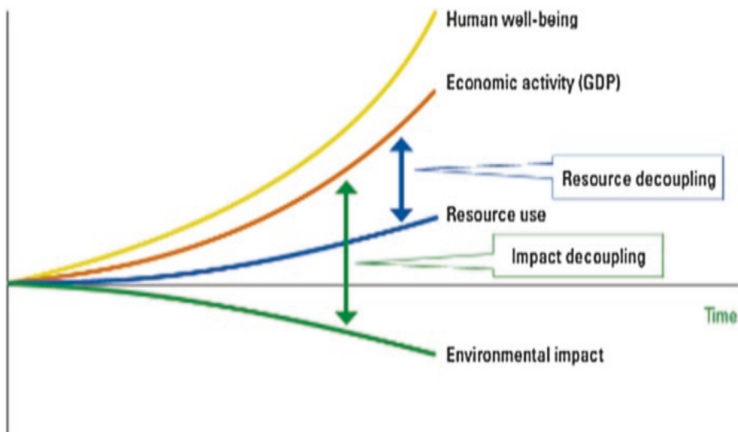
Source: <https://eciu.net/netzerotracker>

NET ZERO EMISSIONS RACE

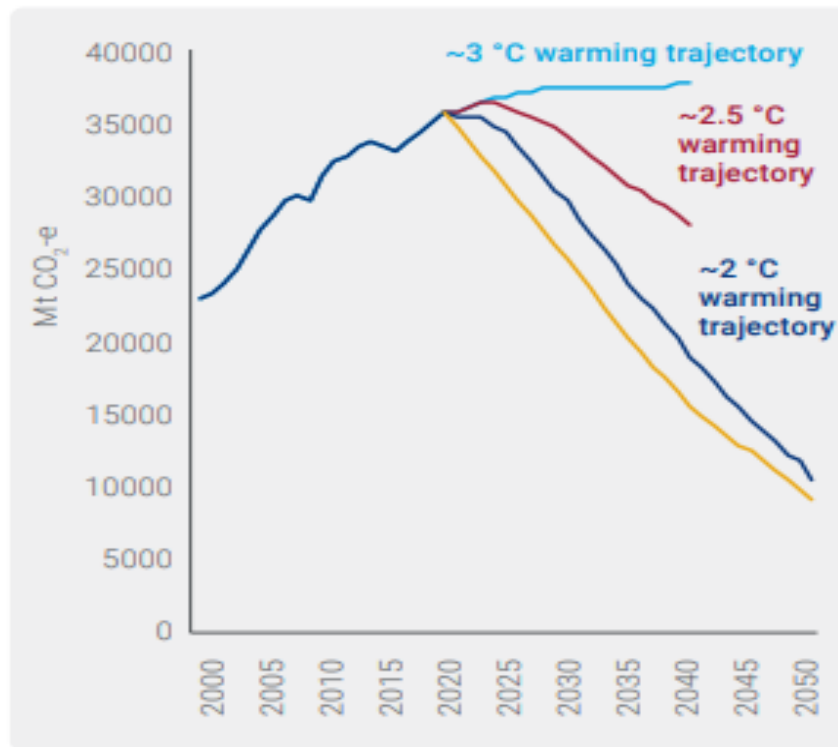


碳中和实现路径不同，成本差异较大

达峰和碳中和是经济社会发展和资源利用脱轨理论的体现，自然脱轨和强制脱钩，结果迥异。

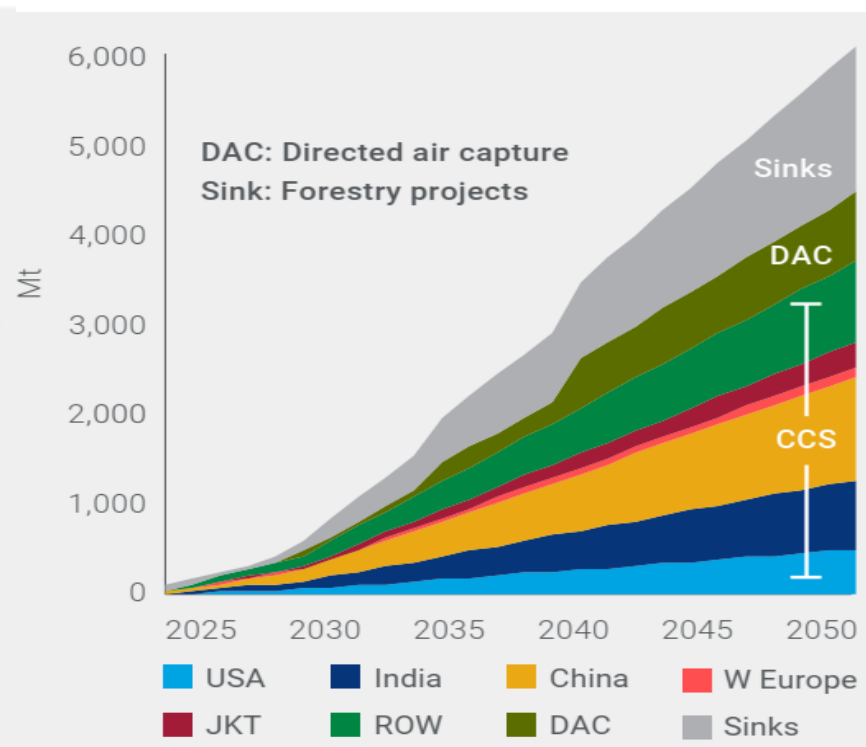


可持续的经济社会发展方式示意图



*Accelerated Energy Transition (AET)

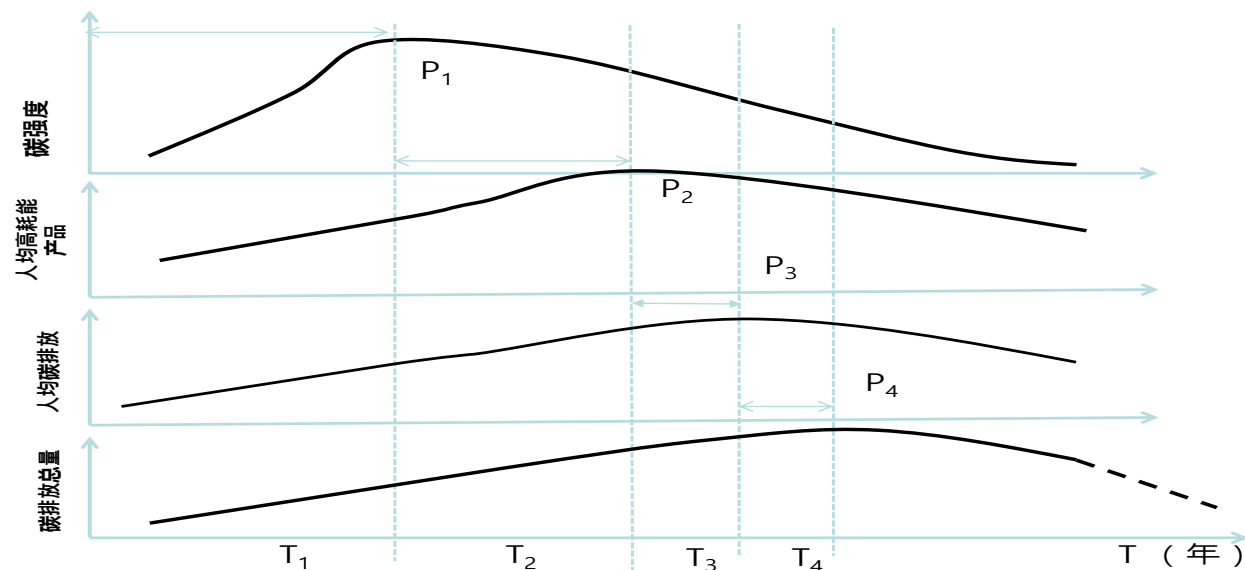
Source: Wood Mackenzie



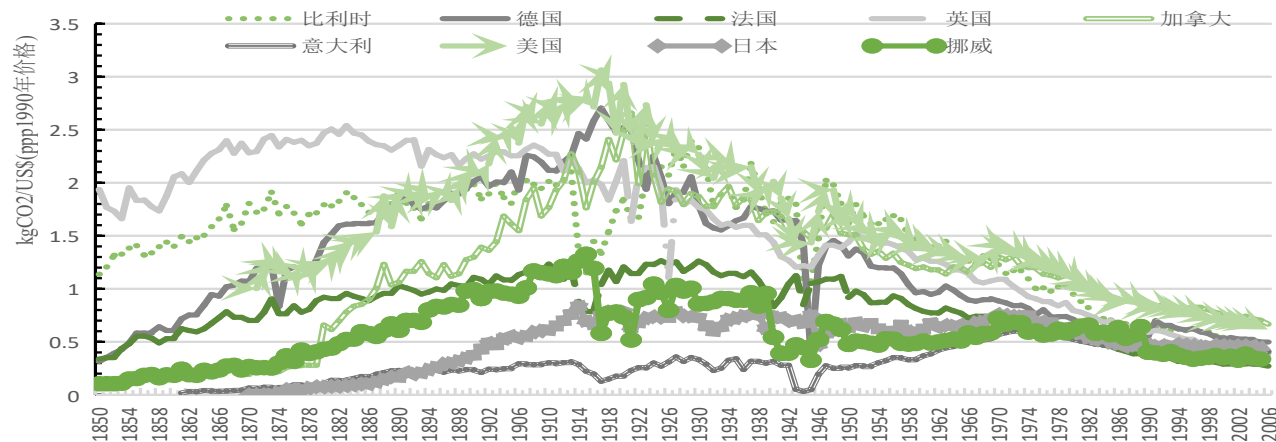
Source: Future_Energy___Wood_Mackenzie.pdf

达峰规律

- ✓ 发达国家人均CO₂排放峰值出现在基本完成工业化阶段之后
- ✓ 发达国家CO₂总量达到峰值的时间一般滞后于人均CO₂排放峰值时间
- ✓ CO₂排放总量达峰值时间一般早于能源消费总量达峰值时间
- ✓ 发达国家工业部门的CO₂排放峰值一般要早于全国CO₂排放总量峰值时间
- ✓ 不同发达国家人均CO₂排放达峰值时的人均碳排放量有较大差异



碳排放倒U型曲线的演化态势图



主要国家碳排放强度历史图 (单位: kgCO₂/US\$(ppp1990年价格))

数据来源: 碳排放来自<http://cdiac.ornl.gov/>; GDP数据来自Angus Maddison.
<http://www.ggd.net/maddison/oriindex.htm>

碳排放达峰规律发现

碳排放相关峰值出现顺序有一定规律：

- ✓ 碳排放强度先达峰—>人均达峰—>指标总量达峰。
- ✓ 高能耗产品先达峰—>碳排放量—>能耗量达峰。
- ✓ 其中高耗能产品达峰在碳强度达峰之后，与工业化进程有关。一般情况下，进入后工业化阶段后，人均碳排放达峰，碳排放总量随后达峰（也可能同时达峰）。

目前的能源结构模式下，碳排放达峰的必要条件是：

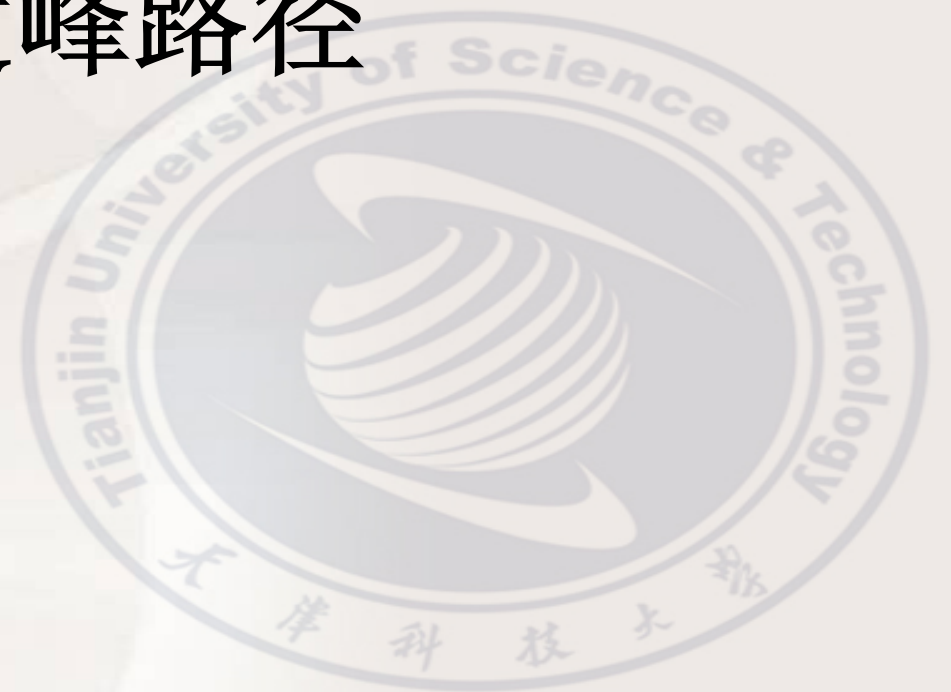
- ✓ GDP的CO₂强度年下降率 > GDP年增长率
近似等于：
- ✓ GDP能源强度年下降率 + 单位能耗CO₂强度年下降率 > GDP年增长率
- ✓ 单位能耗CO₂强度年下降率 > 能源消费年增长率

一般地，实现CO₂达峰，上述两个条件需同时实现。

	碳强度达峰 年（S1）	钢铁达峰 年（S2）	水泥达峰 年（S3）	人均碳排放 达峰年	碳峰值年（C）	钢铁达峰早于碳 峰值年（C-S1）	水泥达峰早于碳 达峰年（C-S2）
德国	1917	1974	1972	1979	1979	5	7
匈牙利	1964	1979	1979	1978	1978	-1	-1
挪威	1915	1973	1971	1999	2010	37	39
罗马尼亚	1989	1987	1980	1988	1989	1	8
法国	1925	1974	1974	1973	1979	5	5
英国	1883	1970	1973	1973	1973	3	0
波兰	1913	1980	1978	1987	1987	7	9
瑞典	1908		1973	1976	1976		3
芬兰	1976	2006	1974	2003	2003	-3	29
比利时	1929	1974	2007	1973	1973	-1	-34
丹麦	1943	1978	2006	1996	1996	18	-10
荷兰	1913	2007	1974	1996	1996	-11	22
爱尔兰	1967	2000	2005	2001	2006	6	1
奥地利	1908	2017	1974	2004	2005	-12	31
葡萄牙	1913	2017	2007	2002	2002	-15	-5
澳大利亚	1982	1998	2008	2007	2009	11	1
加拿大	1921	2000	2007	1979	2007	7	0
希腊	1998	2007	2007	2007	2007	0	0
意大利	1973	2006	2006	2004	2005	-1	-1
西班牙	1976	2007	2007	2005	2007	0	0
美国	1917	1973	2005	1973	2000	27	-5
日本	1914	2007	1996	2013	2013	6	17
新西兰	1910	2012	2015	2003	2006	-6	-9
墨西哥	1921	2017	2006	2006	2012	-5	6



二、优化开发区域碳排放达峰路径

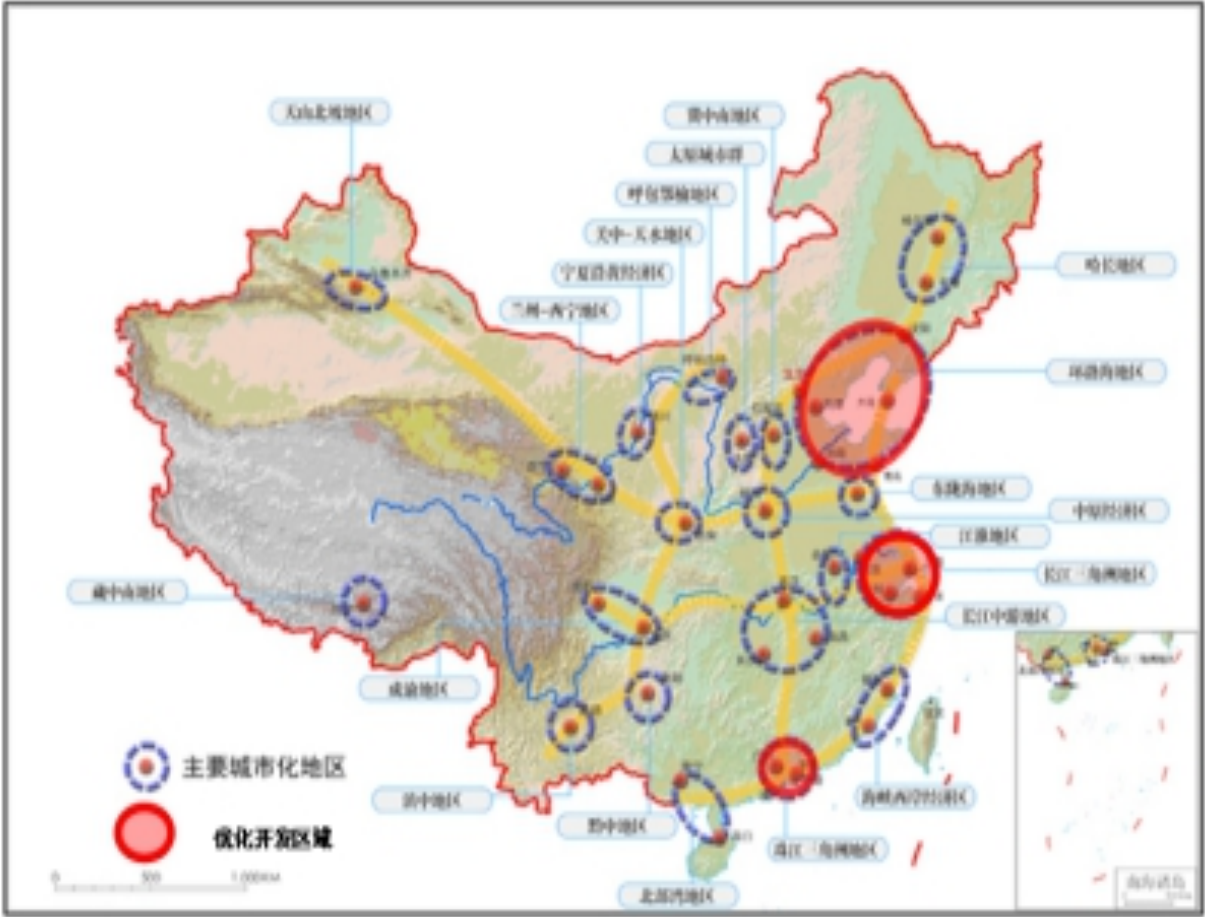


优化开发区域情况

优化开发区域由环渤海优化开发区域、长三角优化开发区域、珠三角优化开发区域这三大优化开发区域组成，其跨越了**6个省、3个直辖市**，共涉及**45个城市**。

优化开发区域指标的全国占比

指标/全国	2005	2010	2015	2016	2017
GDP 占比	44.8	42.9	41.0	40.3	39.5
人口数量占比	19.2	21.2	21.5	21.6	21.5
能耗占比	31.3	32.6	32.5	32.8	32.3
碳排放占比	33.4	32.2	33.5	34.2	33.7



我国优化开发区域位置图

优化开发区域城市工业化水平

茗编扛庇硫矗□□□獐肺

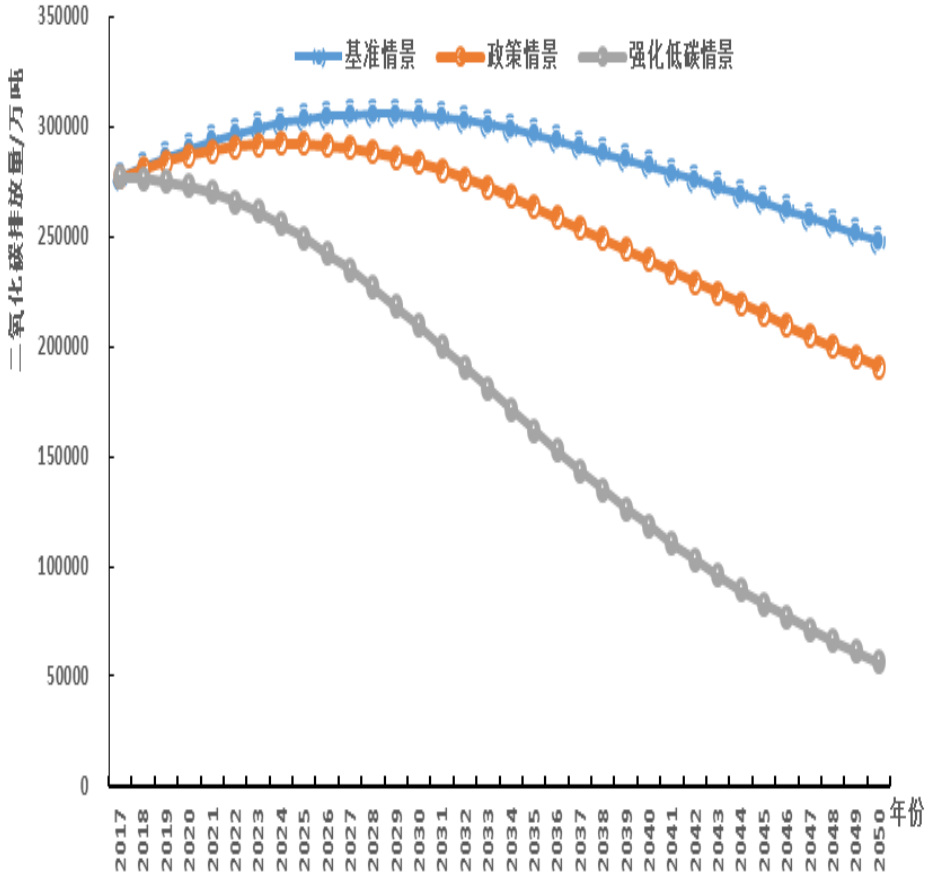
基本指标	前工业化阶段 (1)	工业化实现阶段			后工业化阶段 (5)
		工业化初期 (2)	工业化中期 (3)	工业化后期 (4)	
人均 GDP 经济发展水平/2010 年美元	827-1654	1654-3308	3308-6615	6615-12398	12398 以上
城市			保定、廊坊、秦皇岛、鞍山、抚顺、本溪、辽阳、营口、江门、肇庆 (10 个)	沧州、唐山、烟台、沈阳、滨州、盘锦、潍坊、湖州、舟山、绍兴、嘉兴、泰州、中山、东莞、惠州 (15)	北京、天津、大连、青岛、威海、东营、上海、杭州、宁波、南京、镇江、常州、无锡、苏州、扬州、南通、广州、深圳、珠海、佛山 (20 个)

不同情景下优化开发区域碳排放达峰趋势

毕口渲簋哩窠口质

情景	指标	增速%			绝对值		
		2020-2030	2030-2040	2040-2050	2030	2040	2050
基准情景	情景说明	无政策干预，参数和指标符合历史趋势。					
	人口/万人	1.16	0.29	-0.12	34868	35910	35476
	GDP/亿元	6.93	5.64	4.58	689154	1193141	1866537
	能耗/Mtce	1.12	-0.10	-0.51	1755	1738	1650
政策情景	情景说明	根据优化开发区域减排部署，完成既定的减排目标					
	人口/万人	1.03	0.04	-0.28	34054	34177	33226
	GDP/亿元	6.30	4.99	3.81	640217	1042296	1515505
	能耗/Mtce	0.82	-0.55	-0.89	1699	1609	1471
强化低碳	情景说明	实行更严格的减排措施。					
	人口/万人	0.30	-0.28	-0.29	31518	30646	29784
	GDP/亿元	5.69	4.51	3.35	590777	918063	1276348
	能耗/Mtce	0.38	-1.09	-1.34	1610	1443	1262

注:对二氧化碳排放量的预测仅包含煤炭、石油、天然气的直接排放。



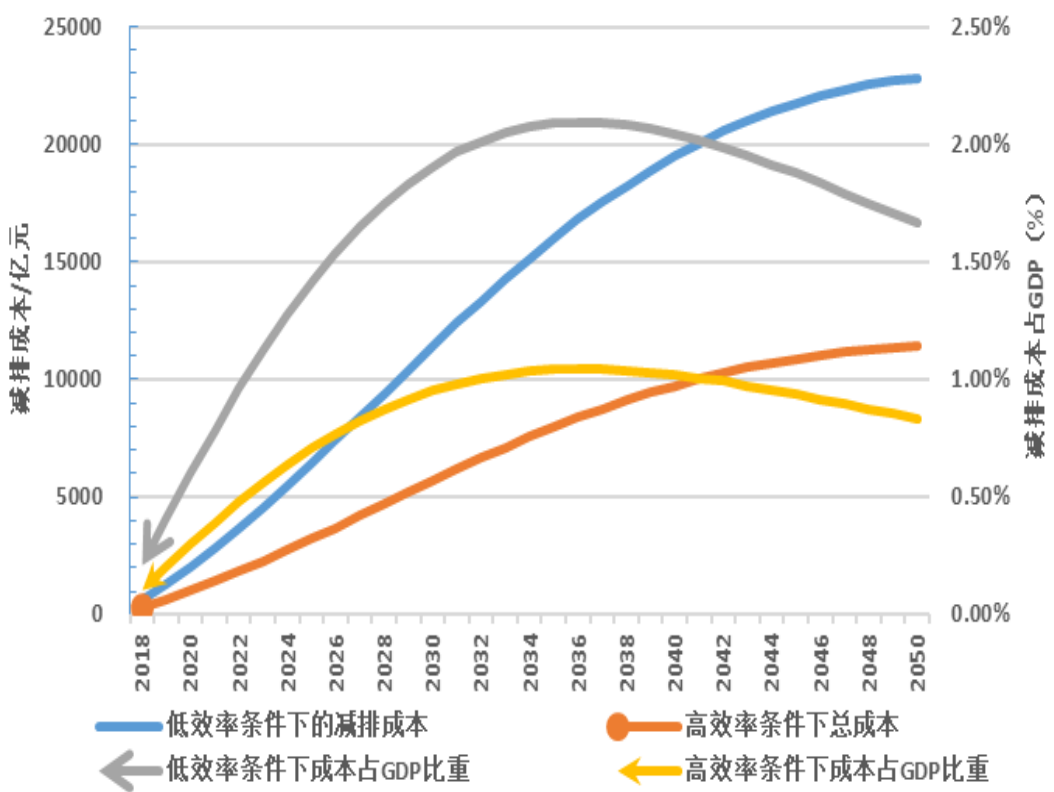
减排成本预估

减排成本假定

单位：美元

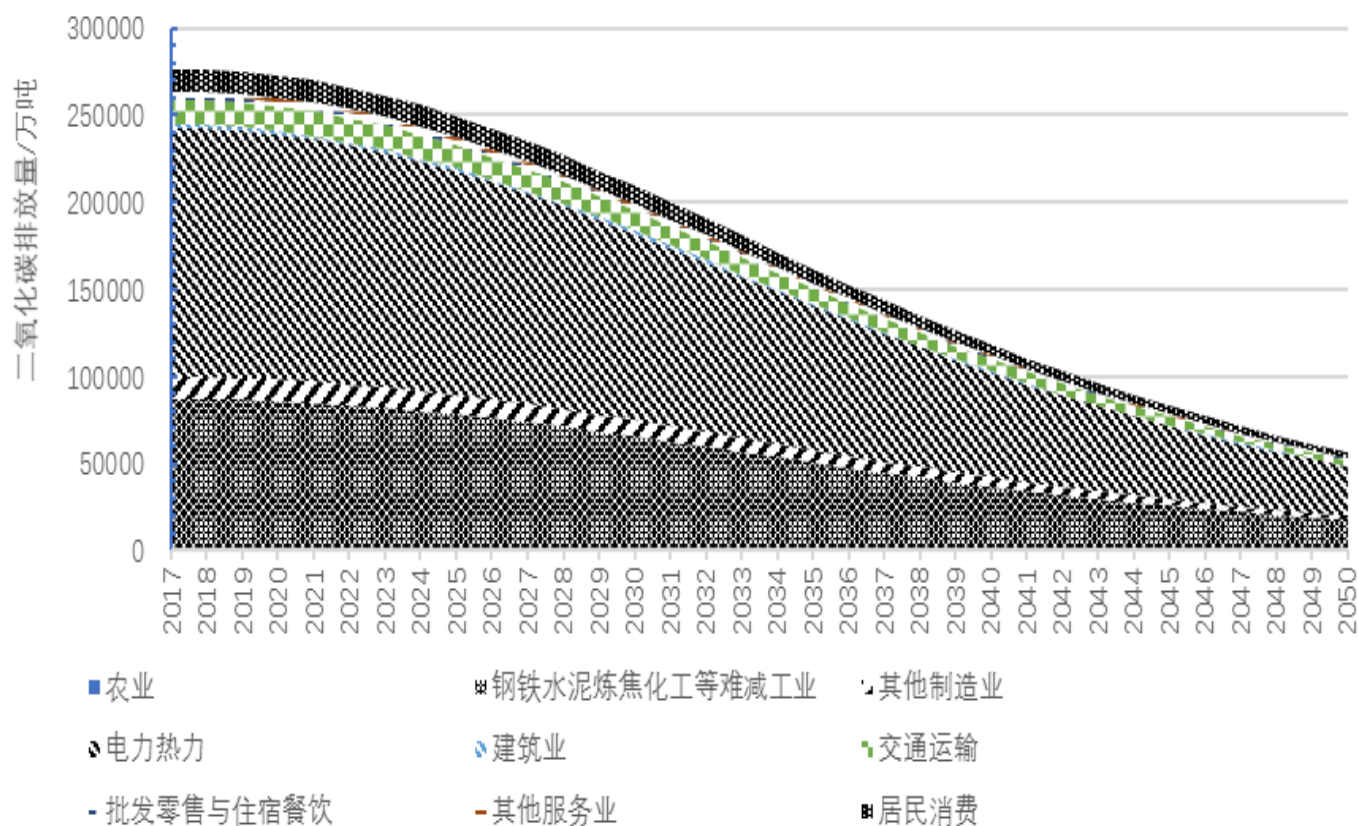
情景	效率	农业	钢铁水泥炼焦化工等难减工业	其他制造业	电力热力	建筑业	交通运输	批发零售与住宿餐饮	其他服务业	居民消费
基准	低	80	200	80	160	80	80	80	80	200
	高	40	100	40	80	40	40	40	40	100
强化低碳	低	120	300	120	240	120	120	120	120	300
	高	60	150	60	120	60	60	60	60	150

注：汇率1美元=6.9人民币



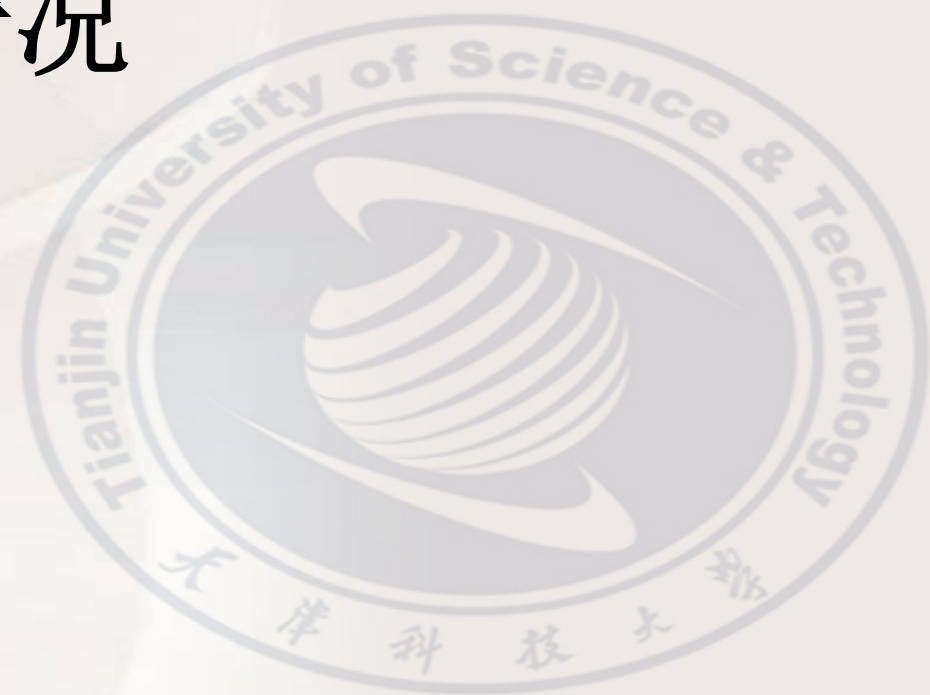
Country	Year	Value
China	2010	1.00
China	2011	1.00
China	2012	1.00
China	2013	1.00
China	2014	1.00
China	2015	1.00
China	2016	1.00
China	2017	1.00
China	2018	1.00
China	2019	1.00
China	2020	1.00
China	2021	1.00
China	2022	1.00
China	2023	1.00
China	2024	1.00
China	2025	1.00
China	2026	1.00
China	2027	1.00
China	2028	1.00
China	2029	1.00
China	2030	1.00
China	2031	1.00
China	2032	1.00
China	2033	1.00
China	2034	1.00
China	2035	1.00
China	2036	1.00
China	2037	1.00
China	2038	1.00
China	2039	1.00
China	2040	1.00
China	2041	1.00
China	2042	1.00
China	2043	1.00
China	2044	1.00
China	2045	1.00
China	2046	1.00
China	2047	1.00
China	2048	1.00
China	2049	1.00
China	2050	1.00
China	2051	1.00
China	2052	1.00
China	2053	1.00
China	2054	1.00
China	2055	1.00
China	2056	1.00
China	2057	1.00
China	2058	1.00
China	2059	1.00
China	2060	1.00
China	2061	1.00
China	2062	1.00
China	2063	1.00
China	2064	1.00
China	2065	1.00
China	2066	1.00
China	2067	1.00
China	2068	1.00
China	2069	1.00
China	2070	1.00
China	2071	1.00
China	2072	1.00
China	2073	1.00
China	2074	1.00
China	2075	1.00
China	2076	1.00
China	2077	1.00
China	2078	1.00
China	2079	1.00
China	2080	1.00
China	2081	1.00
China	2082	1.00
China	2083	1.00
China	2084	1.00
China	2085	1.00
China	2086	1.00
China	2087	1.00
China	2088	1.00
China	2089	1.00
China	2090	1.00
China	2091	1.00
China	2092	1.00
China	2093	1.00
China	2094	1.00
China	2095	1.00
China	2096	1.00
China	2097	1.00
China	2098	1.00
China	2099	1.00
China	2100	1.00
China	2101	1.00
China	2102	1.00
China	2103	1.00
China	2104	1.00
China	2105	1.00
China	2106	1.00
China	2107	1.00
China	2108	1.00
China	2109	1.00
China	2110	1.00
China	2111	1.00
China	2112	1.00
China	2113	1.00
China	2114	1.00
China	2115	1.00
China	2116	1.00
China	2117	1.00
China	2118	1.00
China	2119	1.00
China	2120	1.00
China	2121	1.00
China	2122	1.00
China	2123	1.00
China	2124	1.00
China	2125	1.00
China	2126	1.00
China	2127	1.00
China	2128	1.00
China		

在强化低碳情景下，优化开发区域现在已经达峰，煤炭、石油、天然气、其他能耗比值由目前的**49:23:7:21**，变为**2050**年的**8:9:4:80**。届时，主要碳排放源于热力电力和钢铁水泥炼焦化工等难减工业。

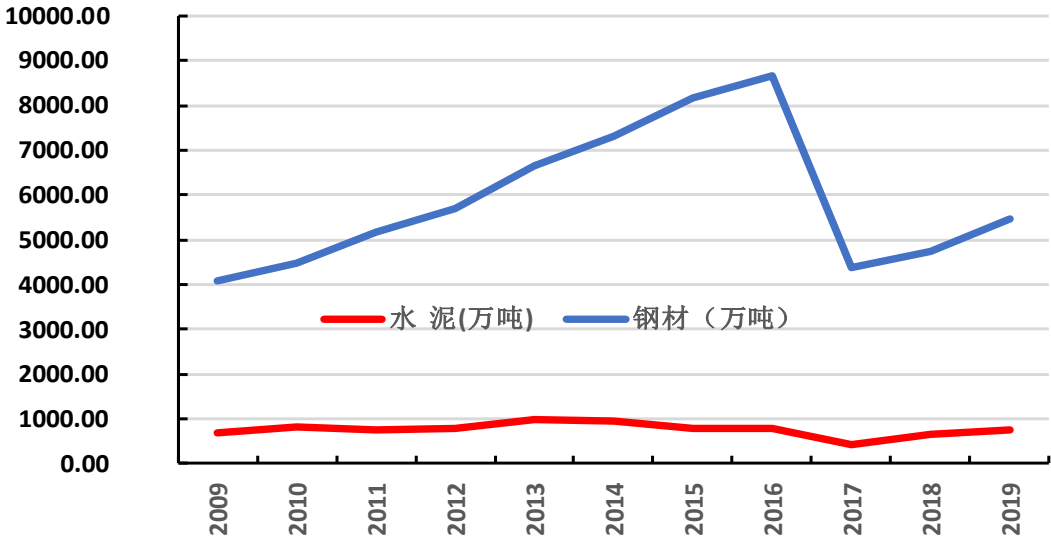
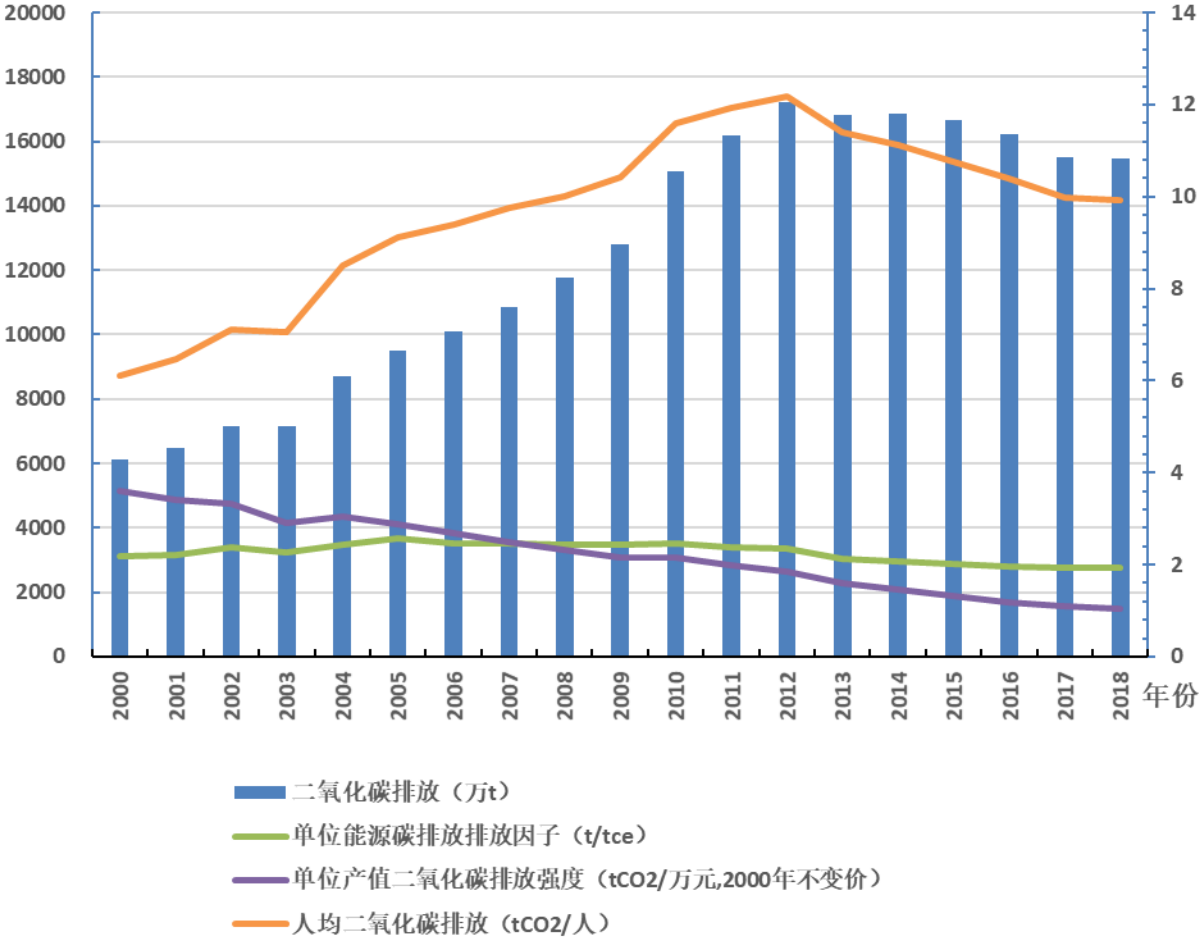




三、京津冀碳排放及达峰情况

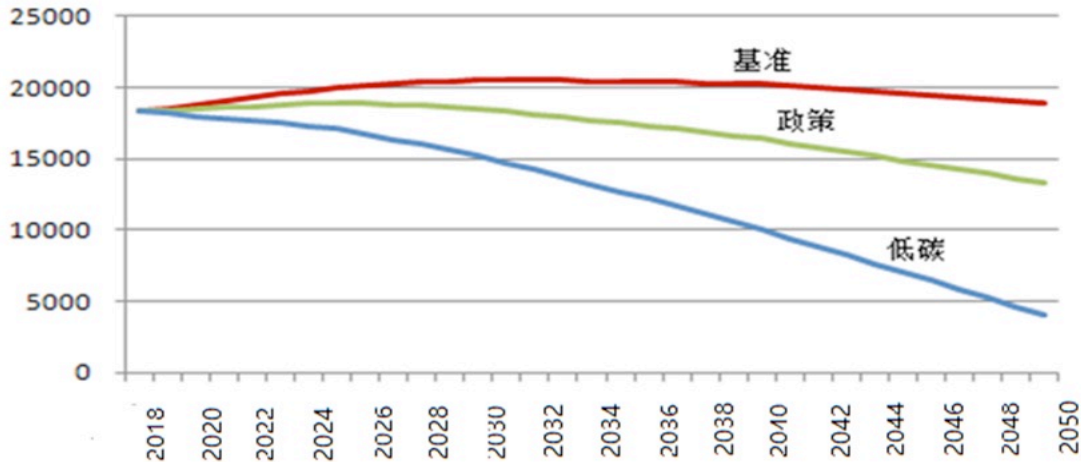


天津碳排放



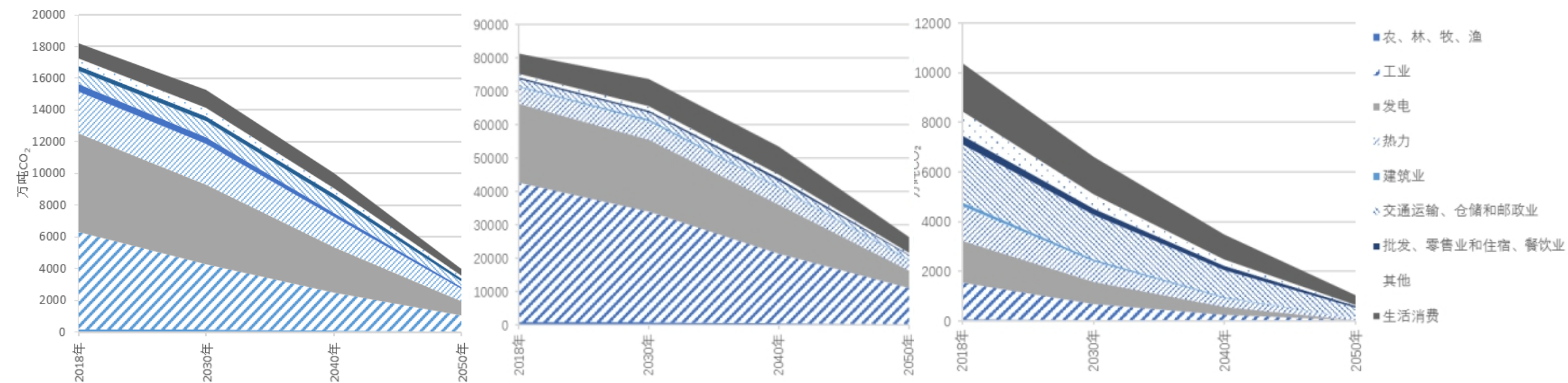
天津2009-2019年钢材和水泥产量

京津冀峰值及路径



情景类型	基准情景	政策情景	低碳情景
情景说明	基准情景,无政策干预,参数和指标符合历史趋势,2030年之后排放达峰。	国家根据国家自主贡献安排减排,2030年前达峰。	国家朝着 1.5 度温升目标努力,2030 年下降至 2010 水平的 80%,2050 年下降至 2010 水平的 30%左右。
京津冀能源结构	北京 2030 年化石燃料占 68%,2050 占比 59%; 天津 2030 化石燃料占比 75%,2050 占比 50%; 河北为全国平均水平	北京 2030 年化石燃料占 62%,2050 占比 40%; 天津 2030 化石燃料占比 75%,2050 占比 50%; 河北为全国平均水平	北京 2050 年实现近零排放 (10%); 天津 2050 年实现化石燃料占比 15%; 河北为全国平均水平。

京津冀减排路径



天津市

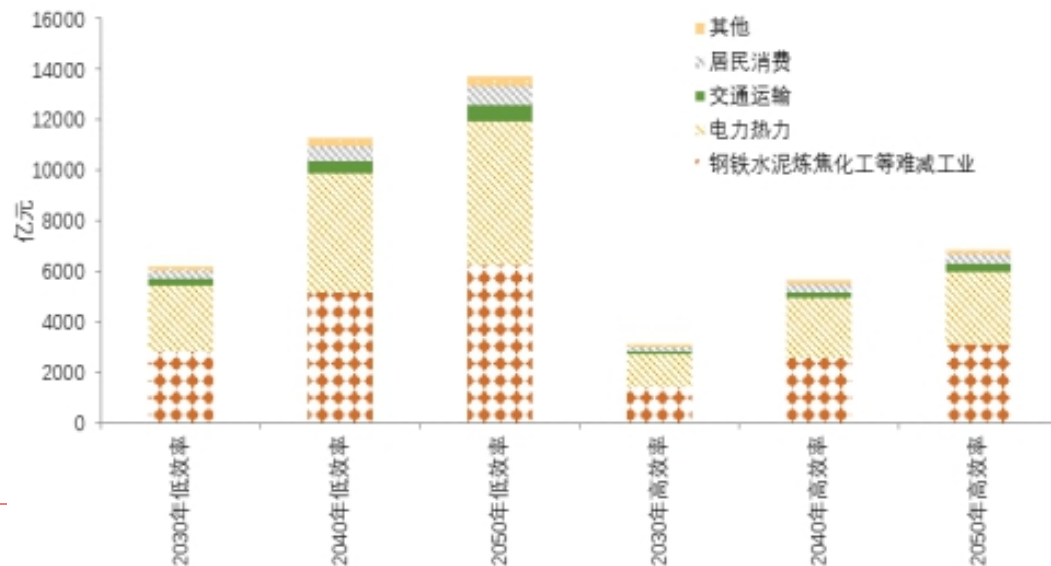
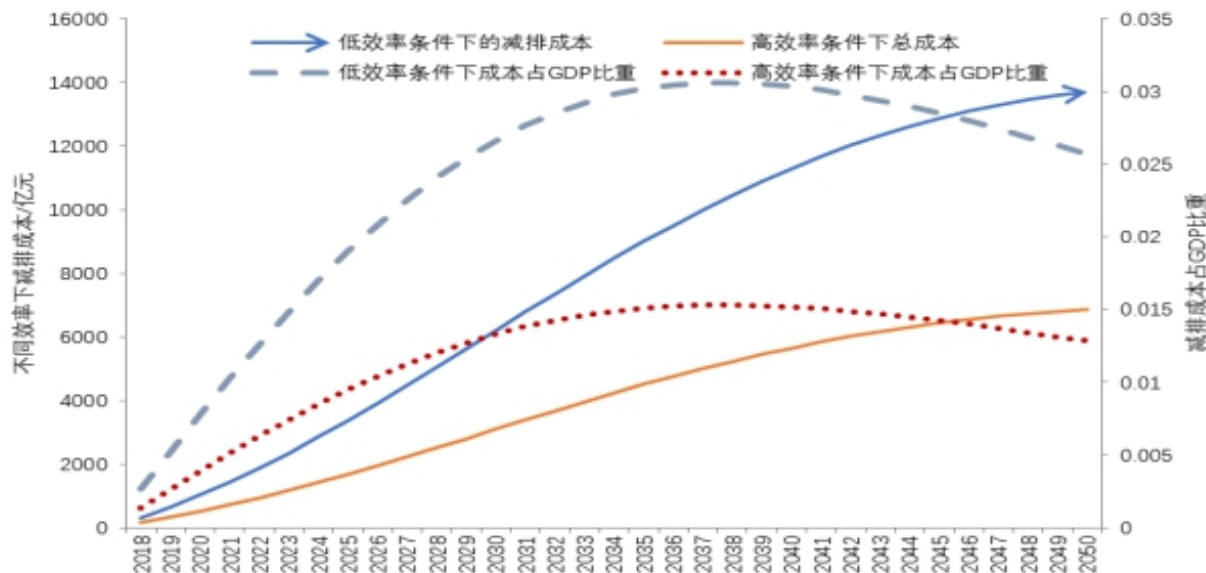
河北

北京

京津冀减排成本

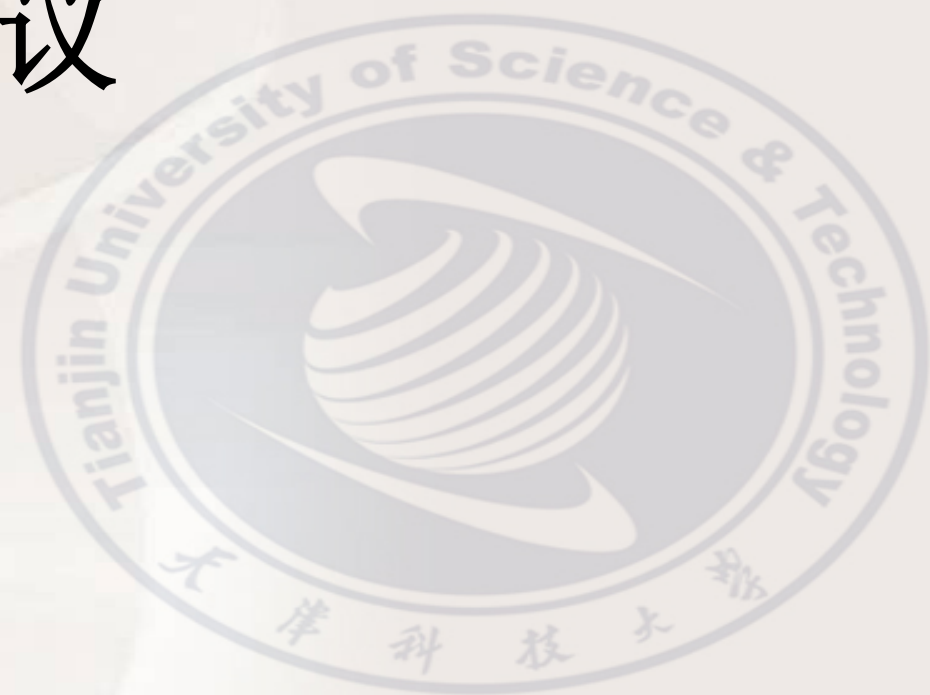
强化低碳情景下，低效率条件下的减排成本在2037年达到峰值，占GDP的3.06%，高效率条件下在2037年达到1.53%。

其中，钢铁水泥炼焦化工等难减工业和电力热力等产业的减排成本及占比最高，因此，实现碳中和需付出更大努力及更高成本。





四、政策建议



建议一、领导重视，持续强化现有政策执行力度

减排温室气体的能源和气候变化政策汇总表

政策类型	政策选项	我国执行情况
基于价格的机制	CO ₂ 税	未采用
	投入或产出过程税/费（燃料或车辆税）	采用
命令与控制	减排行动补贴	减排污染物有，减排 CO ₂ 未有直接补贴
	排放交易系统（限额交易或基准线和配额）	有试点，全国市场正准备
	技术标准（燃油混合指令、最低能效标准）	出台燃油标准
	绩效标准（车辆平均 CO ₂ 效率）	未有碳排放标准
	禁止生产某些产品	对环境污染的产业有
	报告要求	上市及纳入碳市场企业有
	操作资格要求（如氢氟碳化合物处理证书）	采用（危化品专门机构、专人处理）
技术支持政策	土地利用规划和区划	采用
	公共和私营部门的研发示范（RD&D）资助	采用
	政府采购	采用
	绿色认证（可再生能源配额或清洁能源标准）	采用
	上网电价补贴	采用
	新技术设施的公共投资	采用
信息和自愿措施	消除获得绿色技术的融资障碍	部分采用，正在消除
	评级及标识	采用
	公共信息运动（要求企业披露环境信息等）	部分采用
	教育及培训	采用
	产品认证及标识	采用
	奖励计划	采用

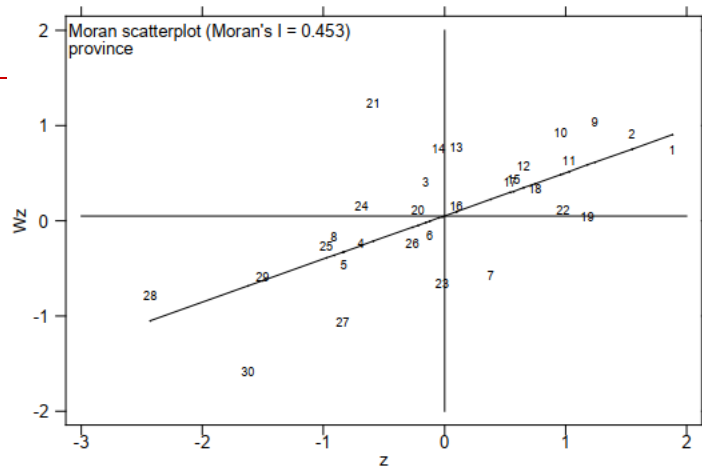
资料来源：作者参照 OECD⁴⁵⁶文件和国内资料整理。

建议三、加大区域内外融合与协同力度，建设共同富裕基础上的零碳社会

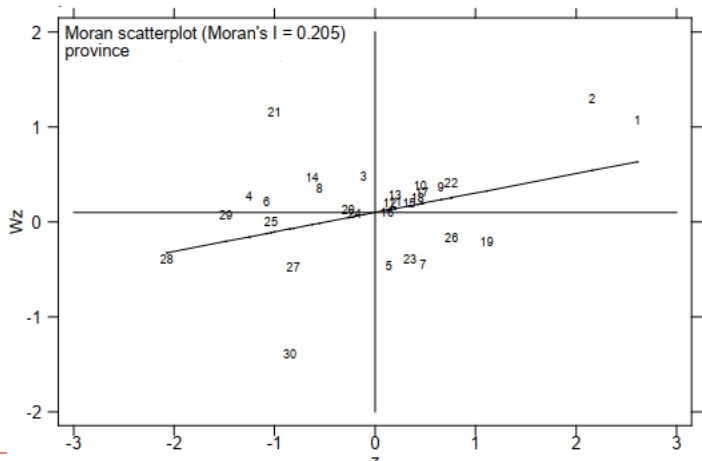
我国省市创新大多呈现高-高和低-低聚集现象，说明绿色产品和工艺创新上不仅存在空间相关性，且非均衡分布。

绿色产品和工艺创新的空间溢出效应显著为正：邻近地区绿色产品创新水平每提升1个百分点，本地区的绿色产品创新水平则会提升 **0.302** 个百分点；邻近地区绿色工艺创新水平每提升 1 个百分点，本地区绿色工艺创新水平则会提升**0.234** 个百分点。

研究表明，气候治理与环境治理、绿色技术创新之间协同效应非常显著。气候治理可协同提升环境治理水平，且对邻近地区存在空间溢出效应；进一步的气候治理举措可显著提升区域生态环境质量，促进区域绿色发展。



绿色产品创新Moran's I指数散点图



绿色工艺创新Moran's I指数散点图
序号表示我国30个省市

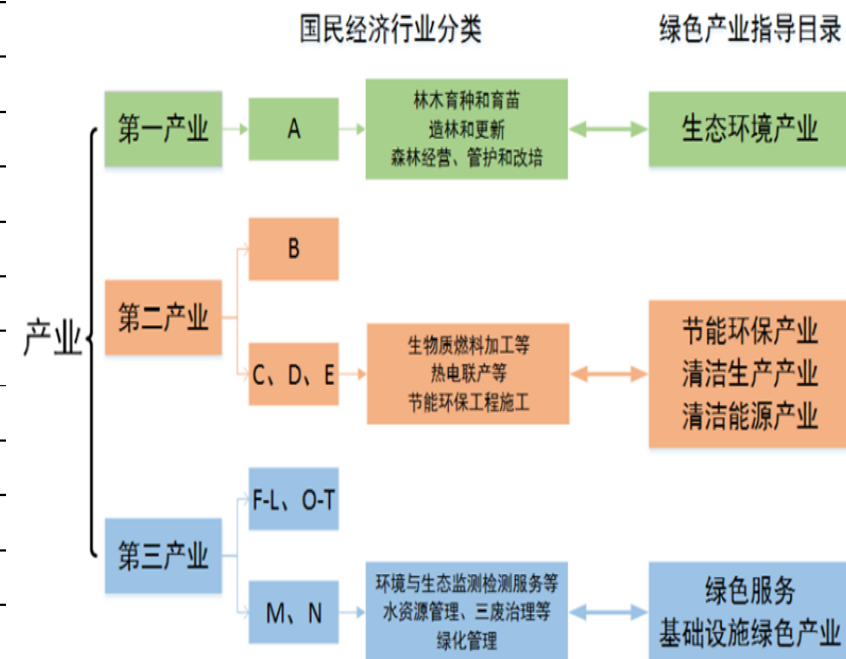
建议四、扩大全国碳市场覆盖范围和纳入行业

- ✓ 碳交易试点提升了本区工业及整体绿色发展
- ✓ 工业化水平影响碳市场对工业绿色发展影响，处于后工业化和工业化后期阶段的区域，作用更明显些。
- ✓ 在减碳和降强度上存在区域差异。
- ✓ 需要在机制设计时，关注地区间经济发展、能源结构和技术进步等的差异。



建议五、加强零碳、低碳技术研发和推广

领域	内容	创新类型
电气化	成本更低、效率更高的电池	渐进式
	适用于处理水泥和化学品的电炉	突破式
	用于钢铁生产的铁的电化学还原	突破式
材料效率和循环能力	新消费品设计	渐进式
	材料可追溯性、收集、分类和回收技术	渐进式
	新业务模式：产品和服务，共享经济	渐进式
新材料	低碳水泥和混凝土化学品	突破式
	建筑用生物材料	突破式
	纤维素基纤维做塑料的替代材料	突破式
氢	更便宜的电解/1740 元/kW（250\$/kW）	渐进式
	更便宜的氢燃料电池及氢气罐	渐进式
	氢的远距离运输	渐进式
生物化学和合成化学	提高生物质转化效率	渐进式
	源于木质纤维素和藻类的能源和原料	渐进式
	合成化学包括直接从空气中捕获 CO ₂	突破式
碳捕获与使用	提高捕获效率，尤其是水泥	渐进式
	将碳用于混凝土、聚合物和碳纤维	渐进式



注：按照国民经济行业分类，各字母含义如下：A农、林、牧、渔业；B采矿业；C制造业；D电力、热力、燃气及水生产和供应业；E建筑业；F批发和零售业；G交通运输、仓储和邮政业；H住宿和餐饮业；I信息传输、软件和信息技术服务业；J金融业；K房地产业；L租赁和商务服务业；M科学研究和技术服务业；N水利、环境和公共设施管理业；O居民服务、修理和其他服务业；P教育；Q卫生和社会工作；R文化、体育和娱乐业；S公共管理、社会保障和社会组织；T国际组织

绿色产业类别划分

2020/12/21

Source: http://www.energy-transitions.org/sites/default/files/ETC_MissionPossible_ReportSummary_English.pdf



谢 谢！

敬请指正！

sunzq@tust.edu.cn