报告摘要

iGDP
绿色创新发展研究院
Institute for Global Decarbonization Progress

天津市低碳转型中长期展望
——基于 EPS 模型探索“双碳”路径

2026 年 4 月

关于绿色创新发展研究院（iGDP）

绿色创新发展研究院 (Institute for Global Decarbonization Progress, iGDP)，2014 年成立于北京，是专注绿色低碳发展的公益性国际化智库。 iGDP 自成立以来，根植我国绿色低碳实践，紧跟全球应对气候变化进程，服务决策者、实践者、投资者，通过跨学科、系统性、实证性的研究，推动能源和气候变化解决方案的科学化和精细化，与多方合作推动绿色低碳议题的多元化和国际化的沟通，提供有国际视野和前瞻性的解决方案及公共知识产品，为全球可持续发展做出贡献。

报告编写团队

绿色创新发展研究院（iGDP）：袁雅婷 , 杨鹂 , 李鑫迪 , 宋曼娇
天津科技大学：温丹辉

联系方式

绿色创新发展研究院（iGDP）：igdpoffice@igdp.cn

致　谢

非常感谢能源创新公司对本研究提供的技术支持。

免责声明

本报告编写及建模所需要数据和信息均基于公开、可得的数据源，报告内容是对所研究领域的初步探索，旨在加强相关领域的讨论交流，如有不足之处，敬请谅解并指正。报告中主要结论及观点仅代表作者迄今为止的认识，不反映作者所属机构以及研究支持方的立场。

引用建议

袁雅婷 , 温丹辉 , 杨鹂 , 李鑫迪 , 宋曼娇 .(2026). 天津市低碳转型中长期展望 : 基于 EPS 模型探索“双碳”路径 . 北京：绿色创新发展研究院 .

目 录

研究背景与目标 ····· 1

第一章 天津市低碳转型进程 ····· 2

低碳转型现状 ····· 2

低碳转型目标 ····· 3

第二章 模型工具和情景分析 ····· 5

第三章 天津市“双碳”路径 ····· 6

能耗双控与碳排放双控 ····· 6

支持实现碳中和的关键领域及主要目标 ····· 8

碳中和重点减排政策 ····· 9

投资需求及对 GDP 和就业的影响 ····· 13

第四章 结论及政策建议 ····· 14

参考文献 ····· 15

研究背景与目标

在全球气候变化风险持续加剧、低碳转型成为各国发展共识的背景下，我国明确提出碳达峰、碳中和目标，并将其作为推动经济社会全面绿色转型的重要战略方向。随着“双碳”工作由目标部署阶段逐步转向系统实施和成效评估阶段，地方层面特别是能源消费总量大、产业结构偏重的重点城市，在落实国家战略目标中的作用日益凸显。如何基于量化分析评估不同发展路径下能源消费和温室气体排放演变趋势，已成为提升地方“双碳”决策科学性、系统性和前瞻性的关键基础。

天津市作为我国北方重要的直辖市和先进制造研发基地，产业体系完整、工业基础雄厚，钢铁、石化、装备制造等高耗能行业集聚度较高，全市能源消费和碳排放总量在全国处于中等水平。同时，天津承担着重要的港口运输和区域枢纽功能，交通运输及城市运行相关能耗占比持续上升，加上工业用能刚性需求，天津低碳转型面临“结构偏重、约束趋紧、协同难度较高”等多重压力，也因此呈现出较为典型的结构性减排特征。

近年来，天津市围绕能源清洁低碳转型、重点行业节能降碳和城市绿色发展持续推进政策布局，在电力结构优化、工业能效提升、清洁能源利用以及绿色港口和绿色制造体系建设等方面取得了阶段性进展。例如，在电力领域持续提高外受电比例与非化石能源消费占比，在工业领域加快重点行业能效对标与技术改造，在交通与港口领域推进新能源替代与绿色基础设施建设。这些进展为天津进一步深化低碳转型奠定了现实基础，但从中长期看，实现碳达峰并稳步迈向碳中和，仍面临结构调整与系统协同的双重挑战。

在此背景下，一个关键问题逐渐显现：在现有政策持续推进的情况下，天津市中长期碳排放路径将呈现何种趋势，其是否能够顺利实现碳达峰目标并向碳中和过渡，不仅取决于单一领域或单项措施的推进力度，更取决于能源系统、产业结构与终端用能方式的整体协同转型效果。因此，有必要从系统视角出发，构建多情景分析框架，对不同政策组合下天津市能源消费和温室气体排放的演进路径进行定量评估，进而识别关键约束因素与潜在突破方向。

基于上述考虑，本报告采用开源的能源政策模拟模型——EPS China iGDP 2024，构建适用于天津市的情景分析框架，设置“2020 政策冻结情景”、“政策情景”和“双碳情景”三种发展路径，其中，“2020 政策冻结情景”用于构建在既有政策不再强化条件下的中长期排放基线，“政策情景”用于评估现有政策体系延续的减排成效，“双碳情景”则用于系统探索天津市在 2060 年前实现碳中和目标所需的关键技术路径和政策组合。模型覆盖电力、工业、交通、建筑以及土地利用与林业五大核心模块，以全面反映不同部门间的联动关系与减排潜力。

在模型分析基础上，本报告系统梳理天津市低碳转型的阶段性进展，并对中长期能源消费结构和温室气体排放趋势进行定量预测，重点识别在“双碳情景”下天津市需要重点关注的关键领域、主要目标设定以及优先实施的减排政策。同时，结合情景结果，对主要减排措施的投资需求及其对经济增长与就业的潜在影响进行评估，分析低碳转型的综合经济社会效应，为天津市在“十五五”期间及更长时期内统筹推进高质量发展与碳减排提供决策参考。

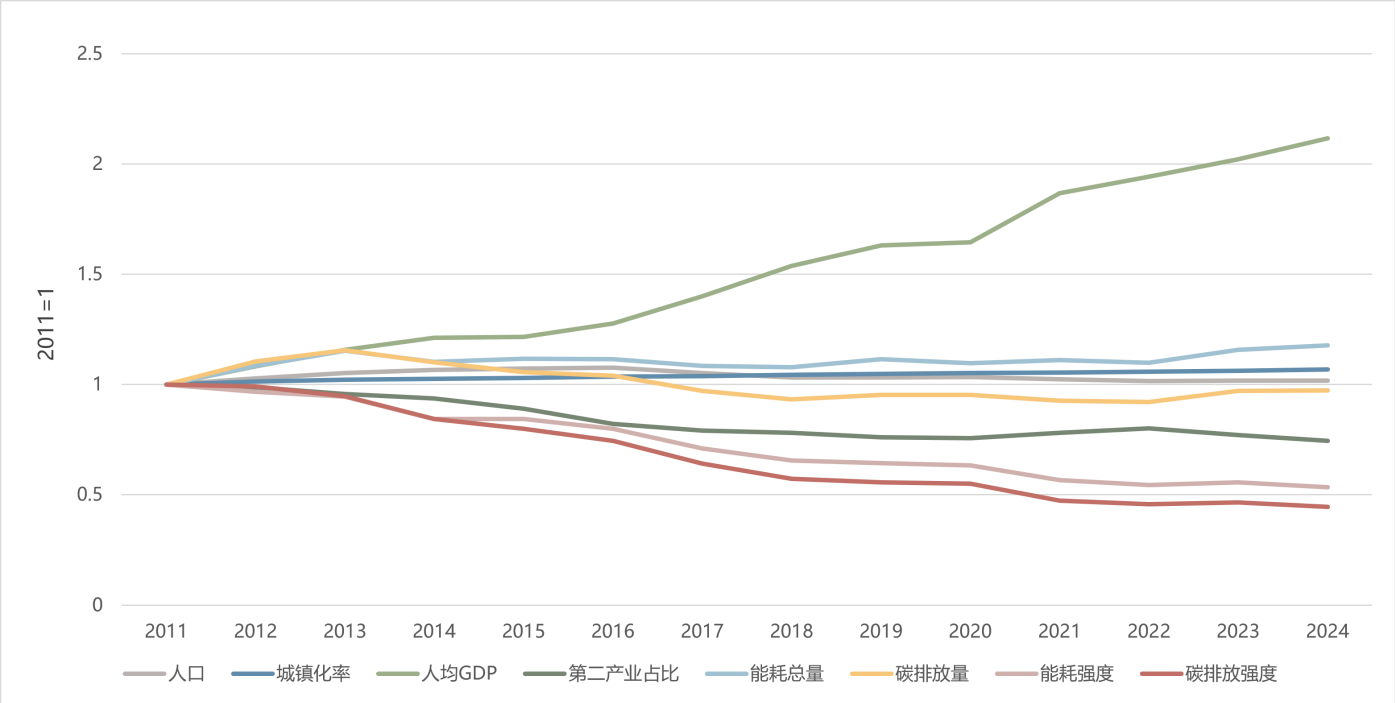
第一章

天津市低碳转型进程

低碳转型现状

天津作为我国北方重要的经济中心和制造业基地，近年来经济总量保持稳步增长。2024 年，全市地区生产总值（GDP）达到 18024.32 亿元，按不变价格计算，比上年增长 5.1%，增速较前两年明显加快。按常住人口计算，人均 GDP 为 132143 元 [1]，继续位居全国前列。

图 1 天津市社会经济发展与碳排放水平（2011-2024 年）[1]



天津市经济增长与碳排放总体已呈现出较为明显的“弱脱钩”趋势（见图 1）。2012 年以来，随着产业结构持续优化和能源利用效率提升，单位 GDP 能耗和碳强度稳步下降，经济增长对能源消耗和碳排放的依赖程度明显减弱。但从总量变化看，能源消费和碳排放尚未实现持续绝对下降，整体仍处于由“弱脱钩”向“强脱钩”转变的过渡阶段。

2024 年，天津市能源消费总量约为 8706 万吨标准煤 [2]，约占全国比重约 1.5%[3]。从结构看，能源消费仍以化石能源为主，其中煤炭占比约 50.4%，在钢铁、石化等重工业支撑下仍居主导地位；原油及一次电力消费占比分别约为 28%、13%。

[1] 数据来源：天津市统计年鉴

从发电结构看，天津市呈现出“装机清洁化加快、发电仍以火电为主”的阶段性特征。截至 2025 年底，天津市新能源发电装机占装机总量约 45%，超过煤电成为第一大电源 [4]。天津本地风光资源有限，发电利用小时数相对较低，煤电和燃气机组仍承担主要发电任务，火电发电量占比整体仍处于较高水平。同时，天津作为典型的负荷中心城市，本地发电能力难以完全覆盖用电需求，对跨区域电力输入依赖较高。随着特高压通道建设和区域电力市场发展，外来清洁电力占比持续提升，已成为优化电力结构、降低系统碳强度的重要支撑 [5]。

低碳转型目标

天津市将“碳达峰、碳中和”作为推动高质量发展的重要战略，将其纳入全市经济社会发展总体布局，通过制定《天津市碳达峰实施方案》等政策，形成了以顶层设计为牵引、部门协同推动、重点领域突破、制度机制保障为主要特征的“双碳”政策体系。

表 1 天津市低碳发展综合目标

指标	2025 年	2030 年
碳达峰阶段性目标	打牢基础	实现
单位地区生产总值能耗下降率	国家下达目标	大幅下降
单位地区生产总值二氧化碳排放下降率	国家下达目标	相比 2005 年下降 65% 以上
森林覆盖率	13.6%	/
重点行业能源利用效率	标杆水平	国际先进水平
非化石能源消费比重	>11.7%	>16%

来源：《天津市碳达峰实施方案》

在目标设定方面，天津明确提出 2030 年前实现碳达峰的总体要求，结合“十四五”、“十五五”两个关键时期，细化了能源结构、能耗强度与非化石能源消费比重等阶段性指标，为达峰提供量化支撑。在支撑这些目标的政策层面，天津围绕能源绿色低碳转型、节能降碳增效、工业和建筑领域低碳提升、交通运输绿色转型、生态碳汇能力提升等展开十大行动，并配合能源体制改革、绿色技术创新、碳排放核算与考核机制等制度安排，推动发展方式和生活方式的绿色转型。表 1 和表 2 分别总结了天津市整体及分部门低碳发展目标。

表 2 天津市重点行业和领域目标

类别	指标	2025 年	2030 年	政策文件
电力				
可再生能源	消费比重	>11%	/	《天津市可再生能源发展“十四五”规划》
	投产装机规模（万千瓦）	>800	进一步增长	
	装机占总装机比重	30% 左右	/	
天然气	消费量（亿立方米）	145	/	《天津市碳达峰实施方案》
光伏发电	装机规模（万千瓦）	560	/	《天津市可再生能源发展“十四五”规划》
风电	投产装机（万千瓦）	200	/	
外受电力	绿电比重	1/3	/	《天津市碳达峰实施方案》
电力消纳	可再生能源电力消纳占全社会用电量比重	22%	/	《天津市可再生能源发展“十四五”规划》

类别	指标	2025 年	2030 年	政策文件
工业				
钢铁	电炉钢产能占比	25%	25%	《天津市工业领域碳达峰实施方案》
水泥	水泥熟料单位产品综合能耗下降	3%	/	
消费品	印染低能耗技术占比	/	60%	
建筑				
绿色建筑	绿色建筑占新建建筑比例	100%	/	《天津市城乡建设领域碳达峰实施方案》
	星级绿色建筑占比	>30%	/	
交通				
绿色出行	绿色出行比例	>75%	80%	《天津市碳达峰实施方案》
新能源汽车	新增汽车占比	25%	50%	
碳强度	营运交通工具换算周转量碳排放强度	较 2020 年下降 5%	较 2020 年下降 9.5%	

第二章

模型工具和情景分析

天津市“双碳”路径的量化分析主要依托能源政策模拟模型（Energy Policy Simulator，EPS），该模型是一个基于系统动力学的免费和开源分析工具，用于模拟和评估不同能源与气候政策对能源消费、温室气体排放、污染物排放、投资需求及相关宏观社会经济指标的影响。天津 EPS 模型（EPS Tianjin 2024）是由 iGDP 在 EPS China-iGDP 2024 基础上开发的免费开源工具，旨在帮助决策者、研究者及相关从业人员采用情景分析方法，评估不同能源和低碳相关宏观社会经济指标的影响。

EPS 模型主体由 5 大行业模块构成，分别是交通、电力供应、建筑运行、工业、土地利用和林业。其中，交通模块包含道路交通、航空、水运、铁路和摩托车，建筑建造业和农业被划入工业模块。

本研究选择基年为 2020 年，预测年份为 2021-2060 年，并设置了三个情景模拟天津在不同政策参数设置下的能源和碳排放可能路径。

表 3 情景说明

情景	开始年份	结束年份	定义	功能
2020 政策冻结情景	2020	2060	仅考虑 2020 年及之前发布的政策	基准情景（用于基准比较）
政策情景			强化 NDC，双碳“1+N”政策体系	评估现有政策减排效果
双碳情景			2030 年前：政策情景 2031-2060 年：实现 2060 年碳中和的政策力度（国内外最佳实践）	识别实现碳中和的政策差距

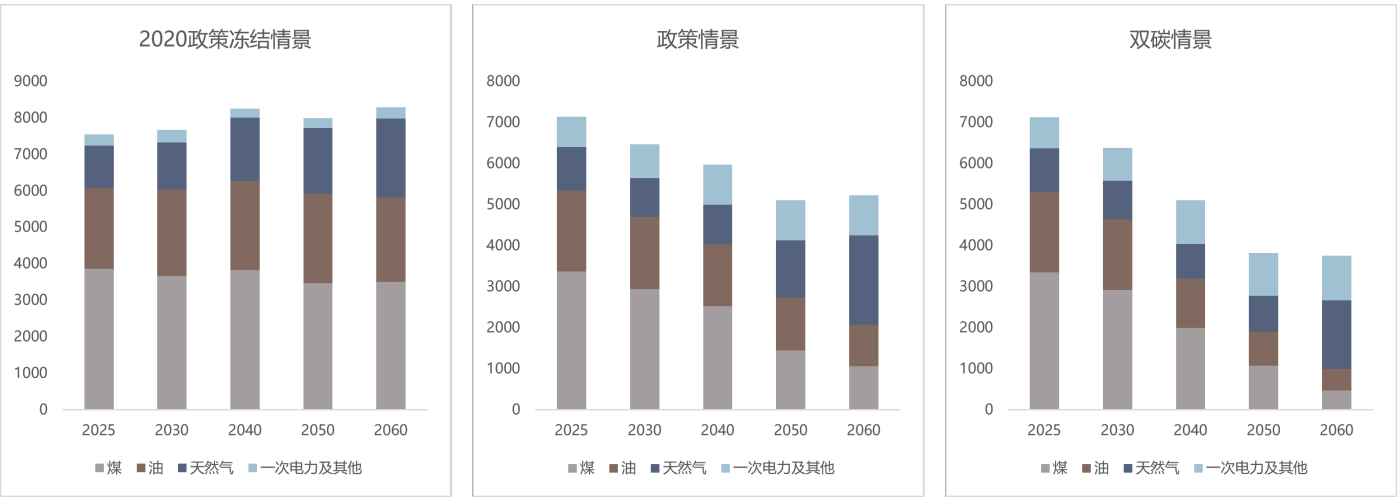
第三章

天津市“双碳”路径

能耗双控与碳排放双控

随着政策力度加大，天津市能源消费将实现提前达峰并在中长期呈现明显下降趋势。2020 政策冻结情景下，能源消费总量 预计于 2035 年达到峰值，在政策情景和双碳情景中，天津市能源消费总量均已实现提前达峰，且峰值水平较 2020 年水平分别小幅增加约 159 万吨标准煤和 163 万吨标准煤。2030 年之后，在双碳情景下，能源消费下降趋势明显快于政策情景，主要得益于产业结构加快优化以及低碳技术替代力度进一步加大。到 2060 年，双碳情景下能源需求较政策情景预计减少约 1465 万吨标准煤，总量降至约 3.8 亿吨标准煤，整体规模接近“十四五”时期能源消费水平的一半。

图 2 天津市一次能源消费结构（单位：万吨标煤）



在各类情景设定下，天津市煤炭消费均呈现持续下降趋势，其中双碳情景下降幅度更为显著。在政策情景下，煤炭消费占比由 2025 年的约 47% 下降至 2060 年的 20%，而在双碳情景下，则进一步降至 13%。

作为过渡性能源，天然气在两种情景下占比均有所提升，但在双碳情景下增长更为明显，至 2060 年天然气占比约达 44%。这一变化主要源于天津一次能源资源相对匮乏、对外依赖度较高，同时依托环渤海地区较为完善的 LNG 接收站、跨区域输气管网和管网基础，使天然气在保障能源安全及满足调峰需求方面具有现实优势。因而，在工业替代和供热等领域，天然气在中短期内仍将发挥重要过渡作用。

一次电力及其他能源在两种情景下均呈现快速增长，成为推动能源结构转型的核心增量。在政策情景下，其占比由 2025 年的 10% 增长至 2060 年的 19%；在双碳情景下，增长更为显著，由 2025 年的 11% 提升至 2060 年的 29%，在更高强度碳减排路径下，终端电气化及非化石能源替代将成为天津实现深度脱碳的关键支撑。

[2] 包含作为原料用的能源消费量。

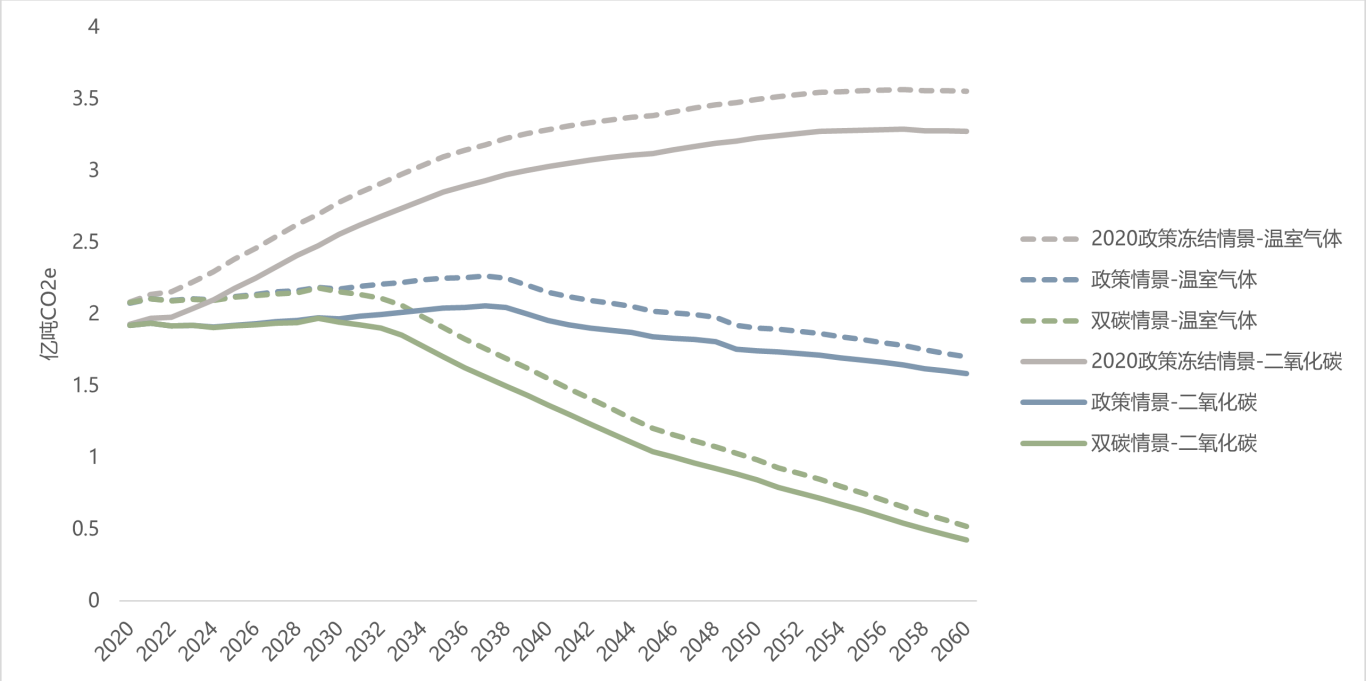
表 4 三个情景下能源消费结构占比

情景	能源品种	2025	2030	2040	2050	2060
2020 政策冻结情景	煤	51%	48%	46%	43%	42%
	油	29%	31%	30%	31%	28%
	天然气	15%	17%	21%	23%	26%
	一次电力及其他	4%	5%	3%	3%	4%
政策情景	煤	47%	46%	42%	28%	20%
	油	27%	27%	25%	27%	19%
	天然气	15%	15%	16%	27%	42%
	一次电力及其他	10%	13%	16%	19%	19%
双碳情景	煤	47%	46%	39%	28%	13%
	油	27%	27%	23%	22%	14%
	天然气	15%	15%	17%	23%	44%
	一次电力及其他	11%	13%	21%	27%	29%

在强化政策与技术路径下，天津市有望按期实现 2030 年前碳达峰的目标。在双碳情景下，温室气体与二氧化碳排放均于 2029 年前后达到峰值，峰值水平分别约为 2.2 亿吨 CO_2e 和 2.0 亿吨 CO_2，较 2020 政策冻结情景的峰值分别减少约 1400 万吨 CO_2e 和 1300 万吨 CO_2。

2030 年之后，相较政策情景，双碳情景下排放下降速度进一步加快，但预计在 2045 年前后减排速度放缓。到 2035 年，温室气体和二氧化碳排放较峰值水平分别下降约 13% 和 14%。展望长期，到 2060 年，温室气体和二氧化碳排放预计分别降至约 5200 万吨 CO_2e 和 4200 万吨 CO_2，整体排放水平基本接近近零排放状态，碳中和目标将基本实现。从部门结构看，届时工业、建筑和交通部门二氧化碳排放分别约为 400 万吨、3 万吨和 125 万吨。

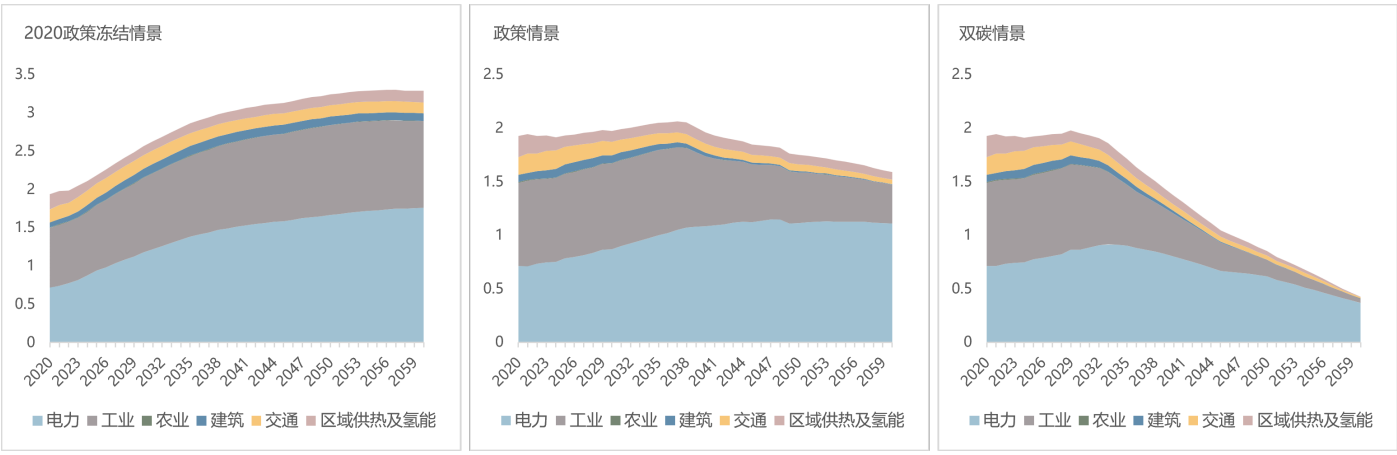
图 3 三个情景下温室气体和二氧化碳排放（2020-2060）[3]



[3] 考虑 CCUS 等碳捕集及利用等技术，未考虑碳汇。

从分部门排放结构看，工业和电力部门是天津市温室气体和二氧化碳排放的主要来源，煤炭在电力生产和工业制造中的高比例使用，对整体排放水平具有决定性影响。相比之下，交通、建筑和农业部门的排放规模相对较小，但仍构成排放重要补充来源。在双碳情景下，2030 年后全市碳排放进入显著下降通道，主要受电力部门加快推进电源结构清洁化带动，同时通过电力低碳化向工业等终端部门传递减排效应，使电力与工业部门成为减排贡献最为集中的关键领域。

图 4 三个情景下分重点部门二氧化碳排放（2020-2060）（单位：亿吨 CO_2）



支持实现碳中和的关键领域及主要目标

电力、工业（以制造业为主）作为天津市最主要的温室气体排放行业和领域，其转型路径对实现 2060 年碳中和目标具有决定性影响。基于模型量化结果，表 5 展示了双碳情景下天津市主要行业及领域关键指标的变化情况。

表 5 双碳情景下关键部门或领域的政策模拟分析结果

		2025	2030	2040	2050	2060
综合目标	二氧化碳排放相对于 2020 年变化（%）	1%	-11%	-29%	-56%	-78%
	温室气体排放相对于 2020 年变化（%）	4%	-8%	-25%	-53%	-75%
	非化石能源消费占能源消费总量的比重（%）	22%	29%	36%	50%	59%
	风电、光伏发电总装机量（GW）	15	16	16	16	16
电力	煤电发电量占比（%）	43%	40%	36%	21%	7%
	煤电装机容量占比（%）	39%	37%	36%	25%	15%
	可再生能源发电量占比（%）	43%	42%	40%	40%	27%
	可再生能源装机容量占比（%）	46%	49%	50%	56%	43%
工业	煤炭消费占工业终端消费比例（%）	40%	39%	28%	8%	0%
	电力消费占工业终端消费比例（%）	24%	30%	36%	49%	61%
建筑	电力消费占建筑终端消费比例（%）	47%	59%	72%	97%	99%
交通	电力消费占交通终端消费比例（%）	23%	40%	55%	67%	70%
	单位周转量碳强度（客运）累计下降率（相对于 2020 年）（%）	56%	75%	84%	87%	95%
	单位周转量碳强度（货运）累计下降率（相对于 2020 年）（%）	29%	46%	62%	89%	98%

注：工业部门能源消费不包含原料用能。

在双碳情景下，天津电力部门碳排放预计于 2033 年左右达到峰值。达峰之后，随着电源结构持续优化，煤电占比逐步下降：煤电发电量占比由 2030 年的约 43% 降至 2060 年的 7%，装机占比由 39% 降至 15%，传统高碳电源逐步退出主导地位。与此同时，非化石能源占比稳步提升，由 2030 年的 22% 提高至 2060 年的 59%。受本地资源禀赋约束，天津风电和光伏装机规模增长空间相对有限，电力系统更多依赖外来清洁电力输入。在此过程中，天然气发电作为灵活性调节电源适度增加，在保障电力系统安全运行和承接煤电替代方面发挥过渡性作用。总体来看，电力部门通过电源结构优化、外来清洁电力输入以及灵活性调节电源的组合路径，成为推动全市减排的关键支撑。

工业部门方面，碳排放预计于 2028 年左右达峰，随后进入加速下降阶段。作为钢铁、石化等重工业集聚地区，天津工业部门减排在达峰后仍面临较大压力，但随着能源结构优化和燃料替代，减排空间逐步显现。模型结果显示，工业终端煤炭消费占比由 2030 年的约 40% 降至 2060 年接近零，同时电力占比由 24% 提升至 61%，电气化成为推动工业深度减排的核心途径。在此基础上，还需同步推进高耗能行业技术改造、低碳燃料替代（如氢能等），并结合能效提升和碳捕集利用与封存（CCUS）等技术手段，逐步降低剩余排放。总体而言，天津工业领域实现碳达峰具备较好基础，但迈向碳中和依赖持续的结构调整与技术进步。

碳中和重点减排政策

为支持天津市“双碳”目标实现，电力、工业、建筑和交通等重点领域仍需持续推进绿色低碳转型，进一步完善并落实涵盖节能与能效提升、能源结构优化、终端用能电气化、需求侧结构调整以及 CCUS 等低碳技术应用在内的政策体系和实施机制，强化跨部门协同推进能力。

在双碳情景下，相较 2020 政策冻结情景，2021-2060 年间天津市累计减排规模可达约 58 亿吨 CO_2e，体现出强化政策路径在中长期减排中的显著效果。总体来看，减排贡献主要集中在电力清洁化和工业深度减排两个关键领域，同时建筑和交通部门电气化与能效提升形成重要支撑。政策情景和双碳情景下各重点部门和领域的政策实施设定目标如表 6 所示。

表 6 双碳情景下重点行业及领域下关键政策的设定目标

部门	政策	政策情景	双碳情景
交通 [6,7]	零排放汽车新车销量占比	**LDVs:** 客运 - 2025: 57%, 2030: 67%, 2060:100% 货运 - 2030: 33%, 2050: 83%, 2060:100% **HDVs:** 客运 - 2030: 100% 货运 - 2030: 25%, 2050: 75%, 2060: 100%	**LDVs:** 客运 - 2025: 57%, 2035: 100% 货运 - 2030: 33%, 2040: 100% **HDVs:** 客运 - 2030: 100% 货运 - 2030: 25%, 2045: 100%
	提高燃油经济性	**LDVs:** 相较 BAU 下降 客运 - 2030 年 69%，2035 年 86% 货运 - 2030 年 42% **HDVs:** 相较 BAU 下降 货运 - 2030 年 38%	**LDVs:** 相较 BAU 下降 客运 - 2030 年 69%，2035 年 86% 货运 - 2030 年 42% **HDVs:** 相较 BAU 下降 货运 - 2030 年 38%
	交通运输结构优化	**个人出行（小轿车）** - 2030 年周转量相较 BAU 减少 8% **道路货运** - 2030 年周转量相较 BAU 减少 10%	**个人出行（小轿车）** - 2050 年周转量相较 BAU 减少 20% **道路货运** - 2050 年周转量相较 BAU 减少 30%，部分转为铁路或水运
建筑 [8-10]	建筑节能	2025 年，新建居民建筑、公共建筑分别执行节能 78%、83% 地方标准，之后保持不变	在政策情景基础上，每 10 年再提升 20%，2035 年后保持不变
	建筑电气化	新建**居民建筑** 2030 年 100% 电气化 新建**商业建筑** 2060 年 100% 电气化 新建**农村住宅** 2060 年 100% 电气化	新建**居民建筑** 2030 年 100% 电气化 新建**商业建筑** 2030 年 100% 电气化 新建**农村住宅** 2030 年 100% 电气化
	既有建筑改造	每年 1%	每年 2%
	分布式光伏推广	2030 年分布式光伏发电提供全社会用电量的 3%，此后为 2.7%	2030 年分布式光伏发电提供全社会用电量的 2%，此后基本不变

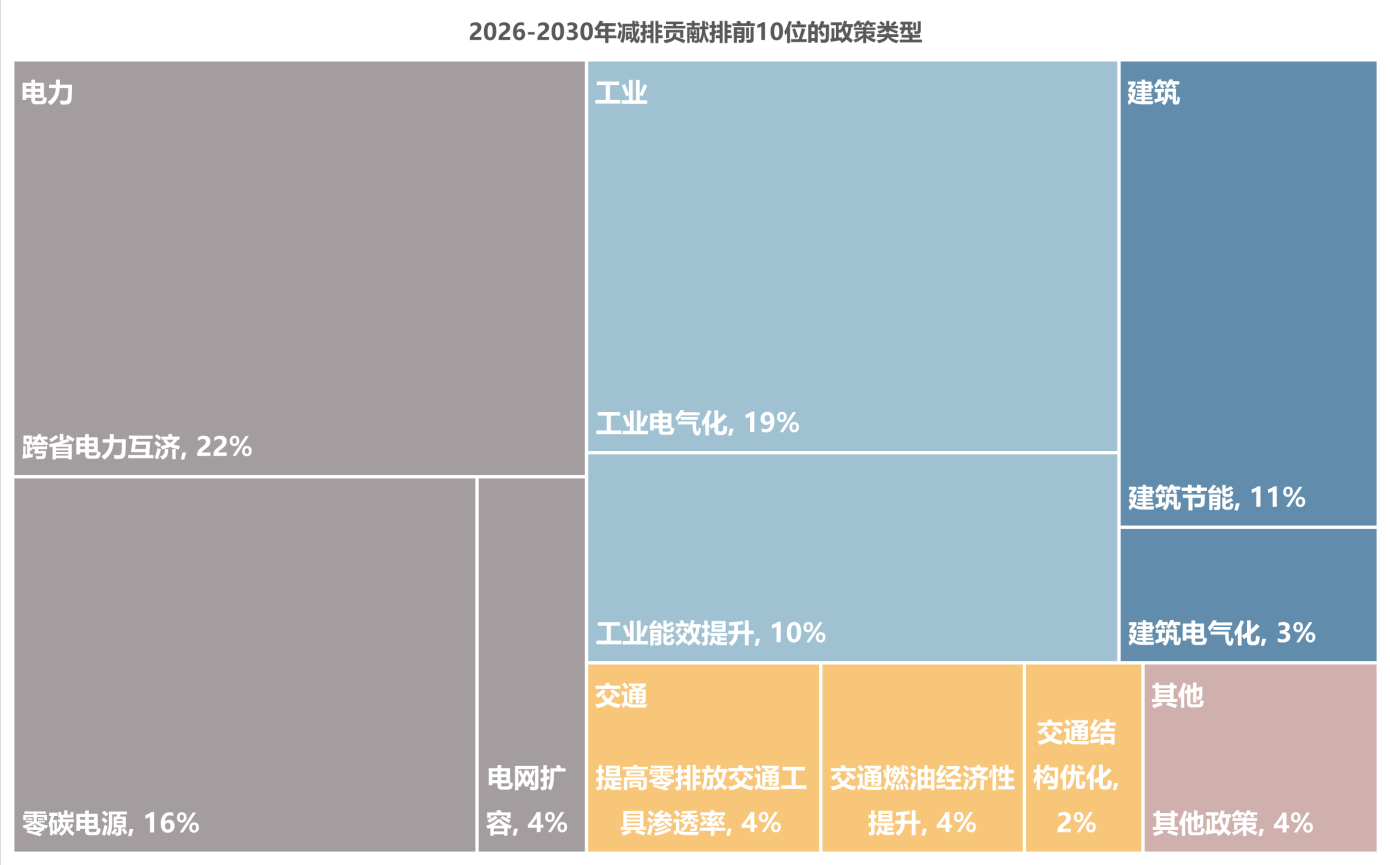
部门	政策	政策情景	双碳情景
工业 [11-14]	工业能效提升	相较 BAU 能耗降低（2030 年） 造纸　　5% 化工　　4% 水泥　　4% 钢铁　　7% 其他行业 3%	相较 BAU 能耗降低（2030 年，2060 年） 造纸　　5%，36% 化工　　4%，42% 水泥　　4%，30% 钢铁　　7%，55% 其他行业 3%，29%
	工业电气化	2030 年达到 32% 2060 年达到 50%（不包含原料）	2030 年达到 32% 2060 年达到 71%（不包含原料）
	工业氢能应用	到 2060 年，钢铁行业 81% 的中高温热转为由氢能提供	以下行业部分高温热由氢能提供 水泥：2030:0，2060:73%; 化工、石化和炼焦：2030:0，2060:19%; 钢铁：2030:0，2060:81%; 橡胶和塑料：2030:0，2060:53%
	减少产品需求（循环经济）	/	2050 年相较 BAU 水泥、钢铁需求分别减少 37% 和 20%
	工业过程 CCS	/	从 2030 年起开始实施，化工、水泥及钢铁行业过程 CO_2 在 2060 年通过 CCS 减排 95%、90% 和 60%
	水泥熟料替代	水泥熟料替代比例 2030 年 25%，2060 年达到 50%	水泥熟料替代比例 2030 年 30%，2060 年达到 100%
非二 [15-19]	含氟气体减排措施	2050 年通过替代及销毁减少含氟气体排放潜力达到 100%	2050 年通过替代及销毁减少含氟气体排放潜力达到 100%
	农业畜禽管理	2025 年畜禽粪污利用率达 89% 以上	2025 年畜禽粪污利用率达 89% 以上
	膳食结构调整	2060 年肉制品占比减少 42%	2060 年肉制品占比减少 69%
	氧化亚氮减排措施	工业 - 通过安装减排设施，2060 年减少 50% 的氧化亚氮排放	工业 - 通过安装减排设施，2060 年 100% 消除氧化亚氮排放
电力 [12,20-22]	可再生能源发电量占本地发电量比重	2030 年达到 22% 左右	2030 年达到 22% 左右，2060 年 80% 左右
	发展储能	2060 年达到 0.8 吉瓦	2060 年达到 0.8 吉瓦
	需求响应	2060 年大于 800 兆瓦	2060 年大于 800 兆瓦
	电厂配备 CCS	/	2030 年起实施，到 2045 年所有化石燃料火电厂 100% 配置 CCS

注：本表中所涉及减排政策以及目标设置来源于 EPS 模型政策库以及碳中和情景设置

为实现碳中和目标，天津市在不同阶段的减排重点应有所侧重，并根据发展进程动态优化政策组合与实施力度。2026-2030 年间，天津市温室气体排放总体处于达峰平台期，一方面应围绕重点领域持续发力，巩固达峰基础。结合减排贡献结构看（图 5），跨省清洁电力输入（约 22%）和零碳电源发展（约 16%）是电力领域的主要减排来源，同时需配合电网扩容提升系统消纳能力；工业领域则以工业电气化（约 19%）和能效提升（约 10%）为核心抓手；建筑领域重点推进节能改造（约 11%）并提升电气化水平；交通领域通过提高新能源汽车渗透率和优化运输结构形成协同减排效应。

另一方面，也需着眼中长期转型需求，提前布局关键低碳技术和基础设施。考虑到天津本地可再生能源资源约束，应同步强化外来清洁电力配置能力和本地电力系统灵活性建设（包括适度发展天然气调峰电源），并加快推进氢能利用、CCUS 等技术的示范应用与规模化条件培育。通过“稳达峰”与“促转型”并行推进，为 2060 年实现碳中和目标奠定坚实基础。

图 5 “十五五”期间二氧化碳减排重点政策（政策情景）

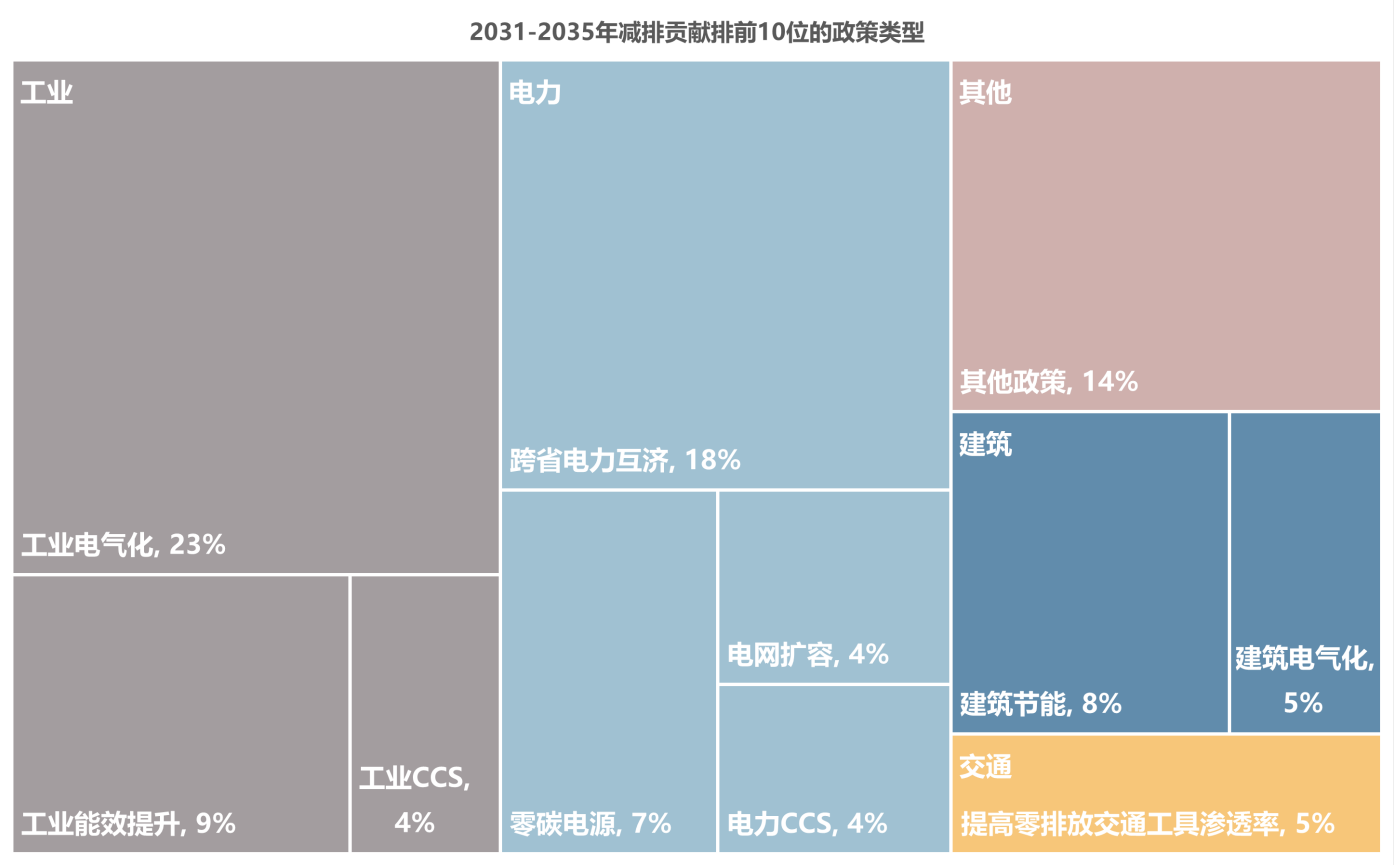


百分比为该政策带来的温室气体（CO_2、CH_4、N_2O 和含氟气体）减排量占总减排量的比重，不含碳汇。

“十六五”时期（2031-2035 年），天津市碳排放进入达峰后的加速下降阶段，减排重心由“稳达峰”转向“深度降碳”，工业和电力仍是最主要的减排领域。具体来看，工业领域贡献最为突出，主要依靠工业电气化（约 23%）和能效提升（约 9%），同时部分工业行业开始引入 CCS 等技术（约 4%），推动钢铁、石化等行业进一步降低排放。电力领域则以跨省电力调入（约 18%）为主，同时通过发展零碳电源（约 7%）以及电网扩容和电力 CCS（各约 4%），持续降低电力系统碳强度。

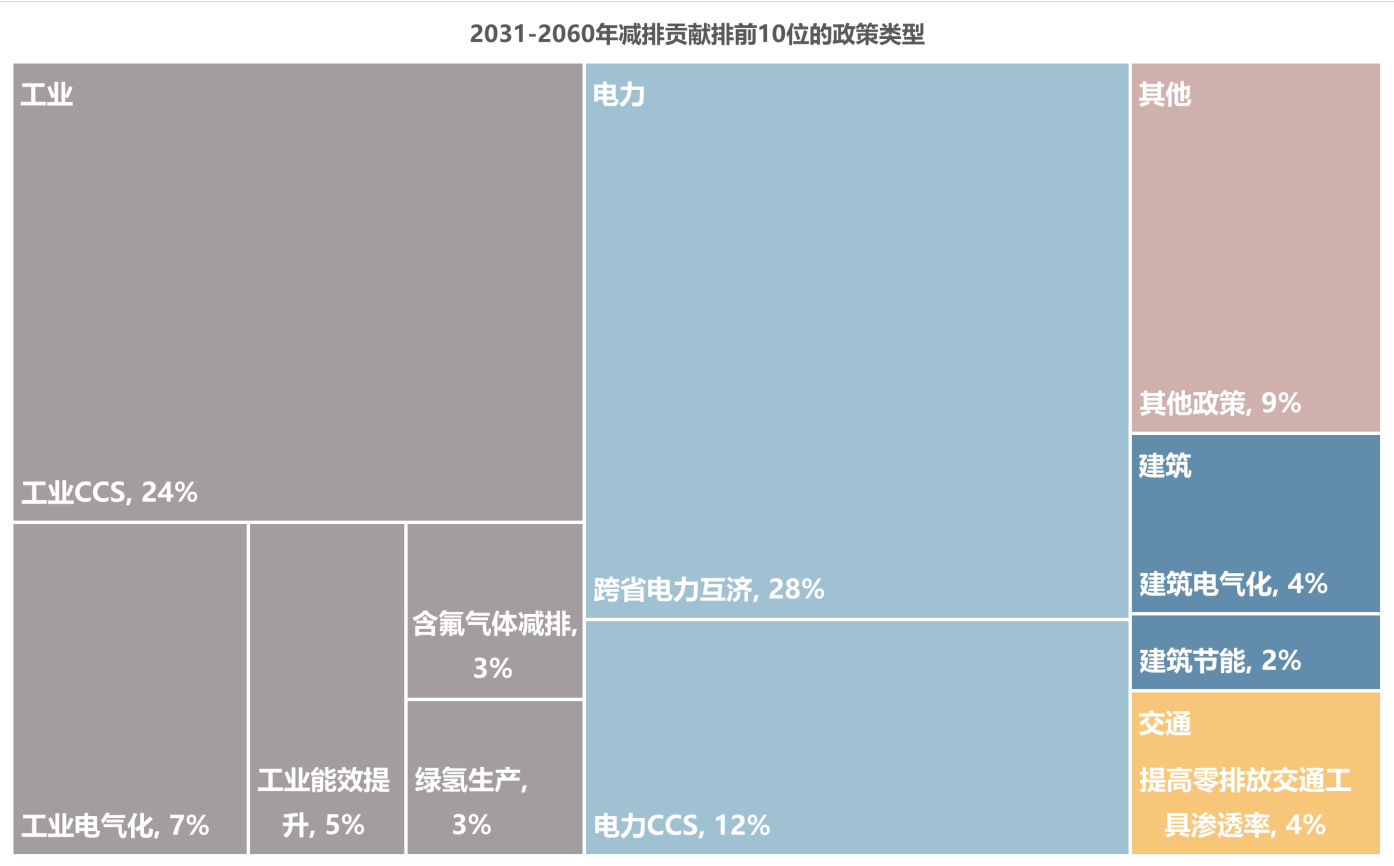
建筑和交通领域的减排更多体现为配套支撑，分别以建筑节能（约 8%）、建筑电气化（约 5%）以及提高零排放交通工具市场占比（约 5%）为主。

图 6 “十六五”期间温室气体减排重点政策



注：百分比为该政策带来的温室气体（CO_2、CH_4、N_2O 和含氟气体）减排量占总减排量的比重，不含碳汇。

图 7 2031-2060 年间温室气体减排重点政策



注：百分比为该政策带来的温室气体（CO_2、CH_4、N_2O 和含氟气体）减排量占总减排量的比重，不含碳汇。

从 2031-2060 年中长期来看，天津市减排进入深度脱碳阶段，减排重心由结构优化逐步转向关键技术规模化应用与系统性降碳，工业和电力仍是决定性领域。其中，工业 CCS 贡献约 24%，成为后期减排的核心手段；工业电气化（约 7%）和工业能效提升（约 5%）继续发挥作用，外加绿氢替代等措施，共同推动高耗能行业的减排。电力领域则以跨省电力互济为主（约 28%），同时电力 CCS 贡献约 12%，形成“外电输入、本地降碳”的组合路径。建筑和交通领域也分别通过建筑电气化、建筑节能和提高零排放交通工具渗透率提高辅助支撑。

投资需求及对 GDP 和就业的影响

根据模型估算，天津市实现碳中和目标所需投资需求[4]较大。在 2025-2035 年期间，重点领域低碳转型投资累计需求约为 1.6 万亿元（以 2020 年不变价计算）；在 2025-2060 年期间，累计投资需求规模约为 7 万亿元。总体来看，前期以终端用能转型和基础设施建设为主，后期则更多转向深度减排技术和系统优化投入。

分部门看，交通领域投资需求最为突出。EPS 模型主要考虑交通电气化、氢能替代、燃油经济性提升及交通运输结构优化等因素。在双碳情景下，2025-2030 年天津交通领域投资需求约为 1.1 万亿元，投资重点集中在新能源汽车购置，尤其是轻型客运车辆电动化。2025-2060 年累计投资需求约为 9 万亿元，交通领域在中长期仍将是用能替代和技术升级的重点方向。

建筑领域投资相对平稳，主要来自既有建筑改造、终端电气化及分布式光伏应用等。2025-2035 年投资需求约为 1100 亿元，其中近一半投资用于满足公共建筑制冷和通风需求增长。到 2060 年，累计投资约为 4200 亿元，体现以能效提升为主、增量需求为辅的特征。

电力领域投资集中在电网能力提升、电源结构优化和 CCS/CCUS 低碳技术配置。考虑到天津本地可再生能源资源有限、电力对外依赖程度较高，模型测算 2025-2035 年投资需求约为 3100 亿元，主要用于输电网建设、外来电力消纳能力提升以及电力 CCS 项目部署。2025-2060 年累计投资约为 9000 亿元，电网强化与低碳技术配置将持续推进。

工业领域投资呈现“前低后高”的特征，EPS 模型主要考虑工业提升能效和燃料替代、过程排放控制、CCS 低碳技术配置、氢能利用等因素。2025-2035 年投资需求为 845 亿元，其中氢能相关投资占比超过一半，CCS 约占 30%。随着深度减排推进，2025-2060 年累计投资需求将增至约 1.6 万亿元，工业领域在后期对关键技术的依赖显著增强。

[4] 本报告所指低碳投资为有望促进减排的资产购置和基建建设活动，具体范围为：交通部门包含电动车充电设施固定投资成本、道路、航空、铁路、水运和摩托车交通工具购置成本；电力部门包含电网储能、输配电网建设和电源建设投资；建筑部门包含建筑用能设施购置和分布式光伏建设成本；工业部门则包含工业 CCS、工业过程排放控制和工业能耗提升投资成本。

第四章

结论及政策建议

结合情景分析结果与天津市能源结构和产业特征，未来低碳转型需在保障能源安全与经济稳定的前提下，突出关键领域、强化政策协同，分阶段有序推进。

一、提升跨省绿电配置能力，构建以“外电为主、本地调节”电力体系

针对天津本地可再生能源资源约束明显、电力对外依赖度较高的特点，应将跨省清洁电力作为中长期增量电力的主要来源。建议提前锁定西北、华北等清洁能源基地的中长期绿电交易规模，逐步提高绿电比例，并完善价格形成机制。同时，加快北部电网及滨海新区输变电通道扩建，提高外来电力接入和消纳能力。在系统运行层面，可在滨海新区、临港工业区等重点负荷区域布局电网侧储能和气电调峰机组，提升电网灵活性与调峰能力，并探索绿电直供模式，优先保障重点工业企业和港口用电低碳化。

二、聚焦钢铁和石化行业，推进电气化替代与 CCUS 协同减排

结合天津钢铁、石化产业集中、碳排放占比高的特征，应分行业推进差异化转型。钢铁行业重点提升短流程电炉炼钢比例和废钢循环利用水平，逐步压减长流程产能；石化行业加快推进电驱动替代、余热利用及原料结构优化，降低过程排放强度。在此基础上，建议在南港工业区、大港石化基地等重点区域，优先布局 CCUS 一体化示范工程，推动形成“捕集—运输—利用 / 封存”的完整链条建设。同时，对新增及技改项目强化能效和碳强度约束，提高电气化比例要求，从源头控制新增排放。

三、依托港口枢纽优势，推动集疏运结构优化与重型运输清洁替代

围绕天津港这一核心枢纽，应将交通减排重点放在运输结构优化和重型运输工具转型上。一方面，加快推进“公转铁”“公转水”，提高铁路和水运在港口集疏运中的占比，降低公路运输依赖；另一方面，推动港区集装箱卡车电动化或氢能化，完善充换电和加氢基础设施布局。在城市层面，应明确公交、出租车及网约车新能源替代时间表，并在滨海新区探索重卡换电或氢能示范线路，形成可复制推广的应用模式。

四、以公共建筑和园区为重点，推进存量节能改造与终端用能电气化

考虑天津建筑以存量建筑为主、公共建筑能耗增长较快的特点，应优先推动大型公共建筑节能改造和精细化用能管理。建议分批实施节能改造和能耗限额管理，提升运行效率，同时推广高效电制冷、电采暖等替代方式，降低化石能源使用比例。在产业园区和开发区，推动分布式光伏与建筑一体化应用，提高就地消纳水平，并逐步建立重点建筑能耗在线监测平台，提升运行阶段节能管理能力。

五、深化京津冀能源与产业协同，强化碳市场与政策联动机制

依托京津冀协同发展，应进一步推动区域电力市场一体化和绿电交易机制，提升跨区域清洁能源配置效率。同时，加强与周边地区在产业布局上的协同，推动部分高耗能环节优化布局。在制度层面，强化碳市场与能源政策联动，提高碳价对企业投资和技术选择的引导效果，并建立动态评估机制，根据排放变化和技术进展及时调整政策力度。

参考文献

[1] 天津市统计局 , 国家统计局天津调查总队 . 2024 年天津市国民经济和社会发展统计公报 [R/OL]. (2025-03-21) [2026-03-26]. https://stats.tj.gov.cn/tjsj_52032/tjgb/202503/t20250321_6889872.html

[2] 天津市统计局 . 天津统计年鉴 2025[EB/OL]. 天津 : 天津市统计局 , 2025[2026-03-26]. https://stats.tj.gov.cn/nianjian/2025nj/zk/indexch.htm

[3] 中华人民共和国国家统计局 . 中国统计年鉴 2025[EB/OL]. 北京 : 中国统计出版社 , 2025[2026 03 26]. https://www.stats.gov.cn/sj/ndsj/2025/indexch.htm

[4] 北极星电力市场网 . 天津：截至 2025 年 12 月底新能源发电装机占总装机的比例为 44.59%[EB/OL]. (2026-01-15) [2026-03-31]. https://m.bjx.com.cn/mnews/20260115/1479687.shtml

[5] 人民日报 . 建设能源革命先锋城市，服务经济社会高质量发展 [EB/OL]. (2024-06-10)[2026-03-31]. https://paper.people.com.cn/zgnyb/html/2024-06/10/content_26063873.htm

[6] 中国汽车工程学会 , 中国汽车技术研究中心有限公司 . 汽车产业绿色低碳发展路线图 1.0[Z/OL]. https://www.miit.gov.cn/jgsj/zbys/qcgy/art/2023/art_d81533fcc5aa4748a68c7e232bf12a5e.html.

[7] 国家发展和改革委员会能源研究所课题组 .“十三五”及 2030 年交通部门节能目标研究 [R/OL]. (2017). https://www.efchina.org/Reports-zh/report-20170301-1-zh.

[8] 住建部科技与产业化发展中心 . 建筑领域碳达峰碳中和实施路径研究 [M]. 中国建筑工业出版社 , 2021.

[9] 住建部 . 城乡建设领域碳达峰实施方案 [Z/OL]. (2022)[2026-03-26]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-07/13/content_5700752.htm.

[10] 住建部 . “十四五”建筑节能与绿色建筑发展规划 [Z/OL]. (2022). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-03/12/content_5678698.htm.

[11] 清华大学气候变化与可持续发展研究院等 . 中国长期低碳发展战略与转型路径研究 [M]. 北京 : 中国环境出版集团 , 2021.

[12] 科技部等 . 科技支撑碳达峰碳中和实施方案（2022—2030 年）[Z/OL]. (2022-06). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-08/18/content_5705865.htm.

[13] 工业和信息化部等 . 工业能效提升行动计划 [Z/OL]. (2022). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-06/29/content_5698410.htm.

[14]LYNN PRICE, NINA KHANNA, NAN ZHOU, 等 . Reinventing Fire: China – the Role of Energy Efficiency in China’s Roadmap to 2050[R]. Lawrence Berkeley National Laboratory.

[15] 国家发展和改革委员会 . 关于推进污水资源化利用的指导意见 [Z/OL]. (2021-01-11). https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/tzgg/202101/t20210111_1264795.html.

[16] 中国营养学会 . 中国居民膳食指南 2022[M]. 人民卫生出版社 , 2022.

[17]YAO BO, KATERINE ROSS, JINGJING ZHU, 等 . Opportunities to Enhance Non-CO2 GHG mitigation in China[R/OL]. World Resources Institute, 2022. https://wri.org.cn/sites/default/files/2022-01/opportunities-enhance-non-co2-ghg-mitigation-china-EN.pdf.

[18] 中华人民共和国国务院新闻办公室 . 中国的粮食安全 [M]. 人民出版社 , 2019.

[19] 煤层气（煤矿瓦斯）开发利用“十三五”规划 [Z/OL]. (2016-12-04). https://www.gov.cn/xinwen/2016-12/04/content_5142853.htm.

[20] 国家能源局 . 国家能源局关于征求 2021 年可再生能源电力消纳责任权重和 2022—2030 年预期目标建议的函 [Z]. 2021.

[21] 国家发展和改革委员会 , 能源局 . 关于加快推动新型储能发展的指导意见 [Z/OL]. (2021). https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-07/24/content_5627088.htm.

[22] 国务院 . 2030 年前碳达峰行动方案 [Z]. 2021.

关于绿色创新发展研究院

绿色创新发展研究院 (Institute for Global Decarbonization Progress, iGDP)，2014 年成立于北京，是专注绿色低碳发展的公益性国际化智库。 iGDP 自成立以来，根植我国绿色低碳实践，紧跟全球应对气候变化进程，服务决策者、实践者、投资者，通过跨学科、系统性、实证性的研究，推动能源和气候变化解决方案的科学化和精细化，与多方合作推动绿色低碳议题的多元化和国际化的沟通，提供有国际视野和前瞻性的解决方案及公共知识产品，为全球可持续发展做出贡献。

联系方式：

电话：86-10-8532 3096
邮箱：igdpoffice@igdp.cn
网站：www.igdp.cn
地址：中国北京市朝阳区秀水街 1 号建外外交公寓 6-2-62