



城市碳排放达峰路径研究及案例分享

王克

中国人民大学

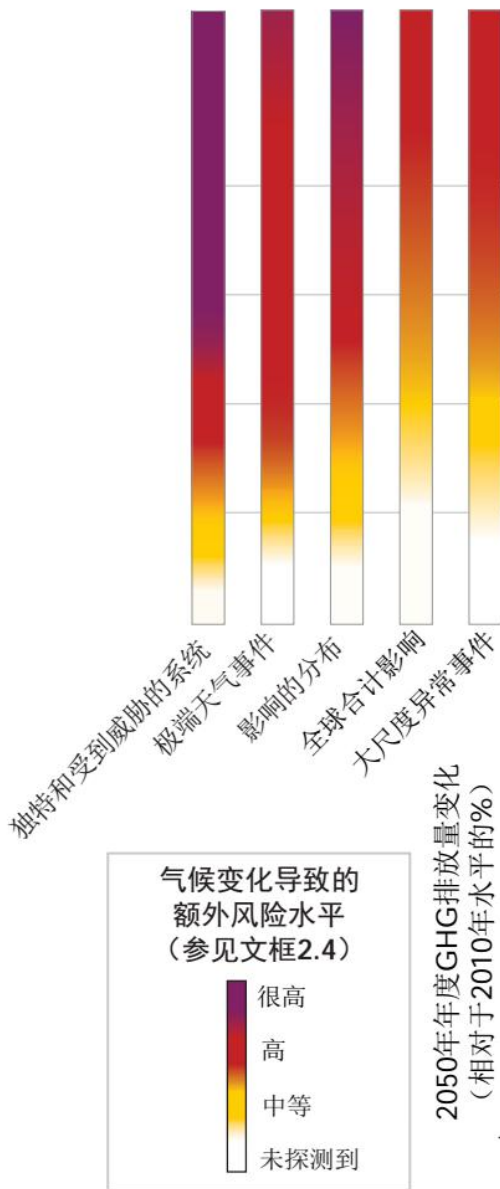
主要内容

- 为什么达峰：碳排放达峰的国际背景—实现2/1.5°C温控目标
- 为什么达峰：碳排放达峰的中国背景—创新发展路径，实现全面现代化目标
- 中国整体碳排放达峰的基本路径
- 中国试点城市碳排放达峰进展：以规划和行动方案为抓手，融入整体社会经济发展战略中
- 双达：碳排放达峰与大气环境质量达标
- 存在问题与展望

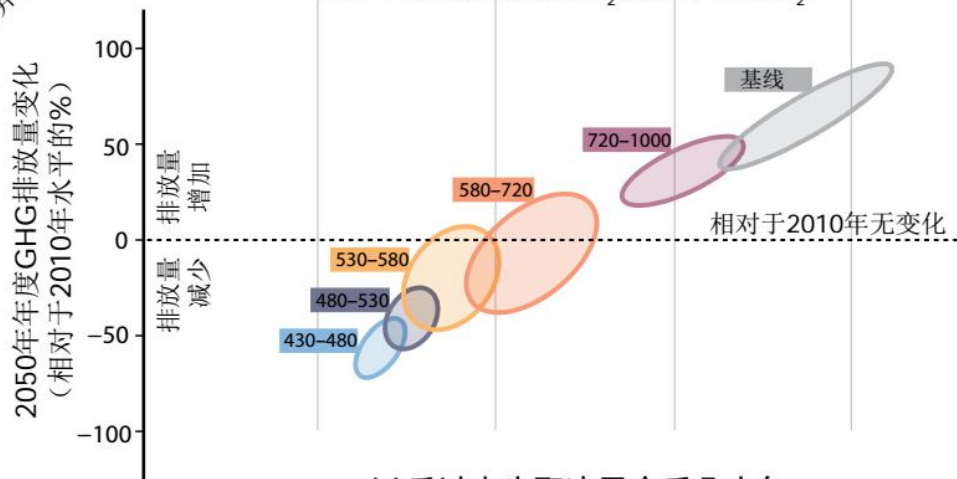
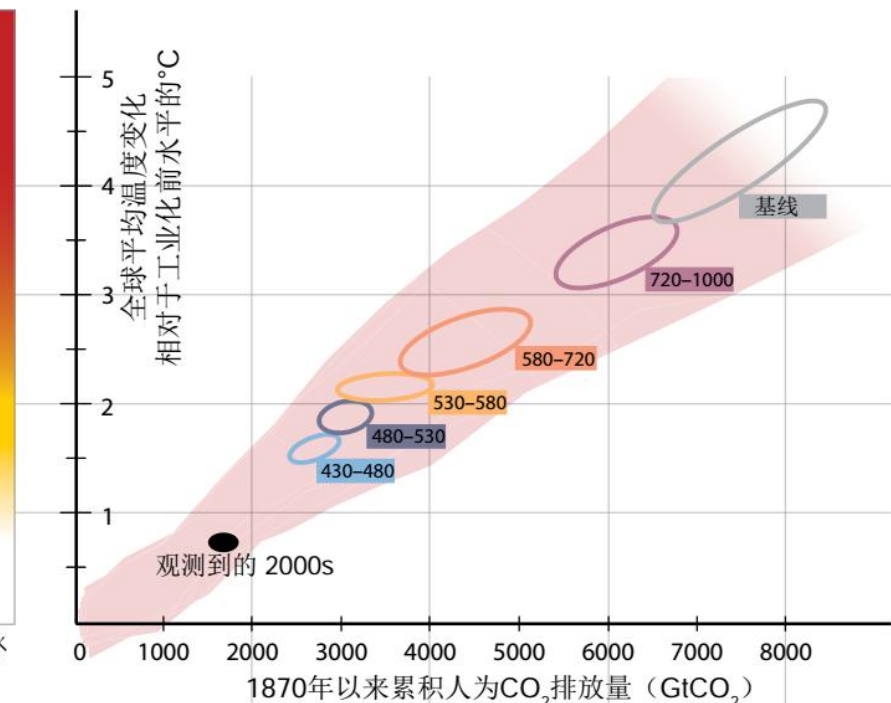
为什么要关注温室气体排放?



(a) 气候变化的风险

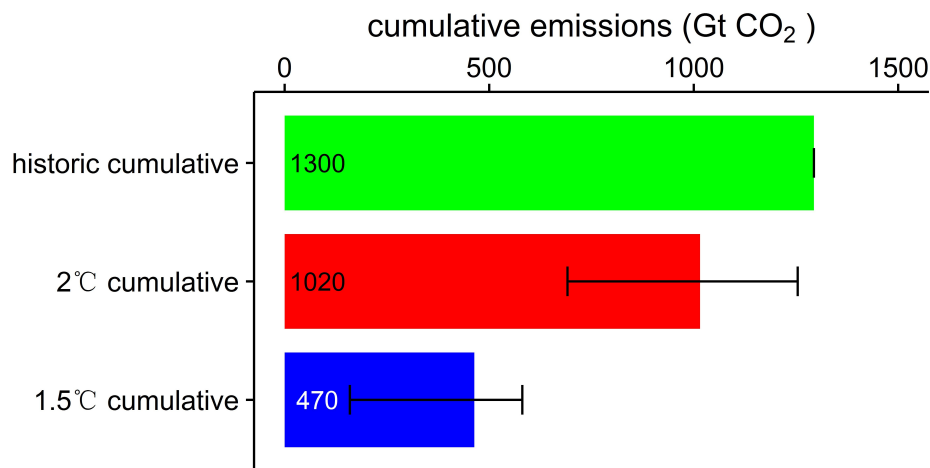
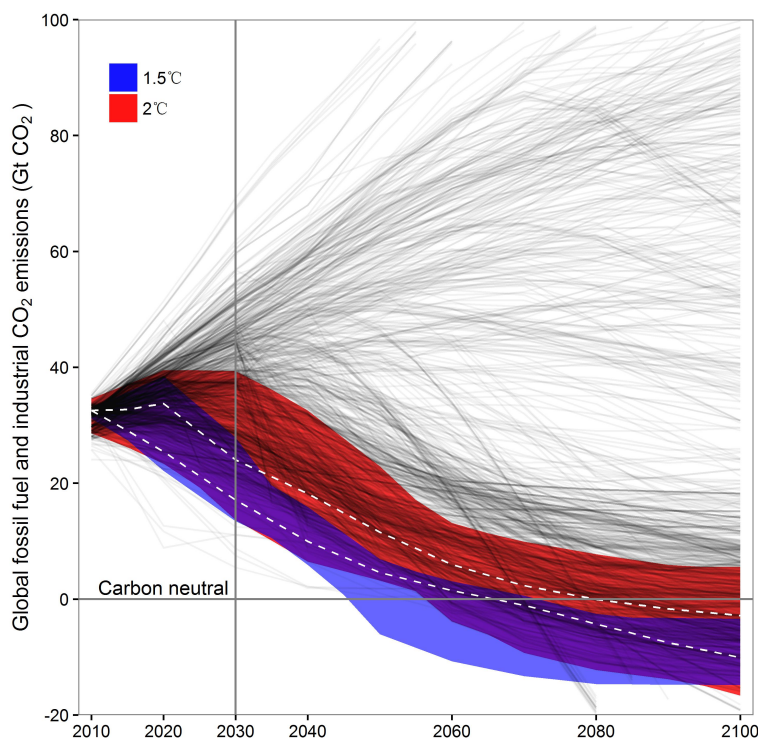


(b) 取决于累积CO₂排放量



(c) 反过来也取决于今后几十年的年度GHG排放量

全球实现2度/1.5度目标的挑战



2016年能源相关CO₂排放 (IEA) :
全球: 32.53Gt
中国: 9.1Gt
美国: 4810Mt
欧盟: 3180Mt

此图基于IPCC AR5数据库的251个2°C情景 (从1184个情景中按照可行性选择) 和最新研究中的37个1.5°C情景, 来源: 人大环境学院, 2016

主要国家NDC目标的力度评价及测算得到的更新要求

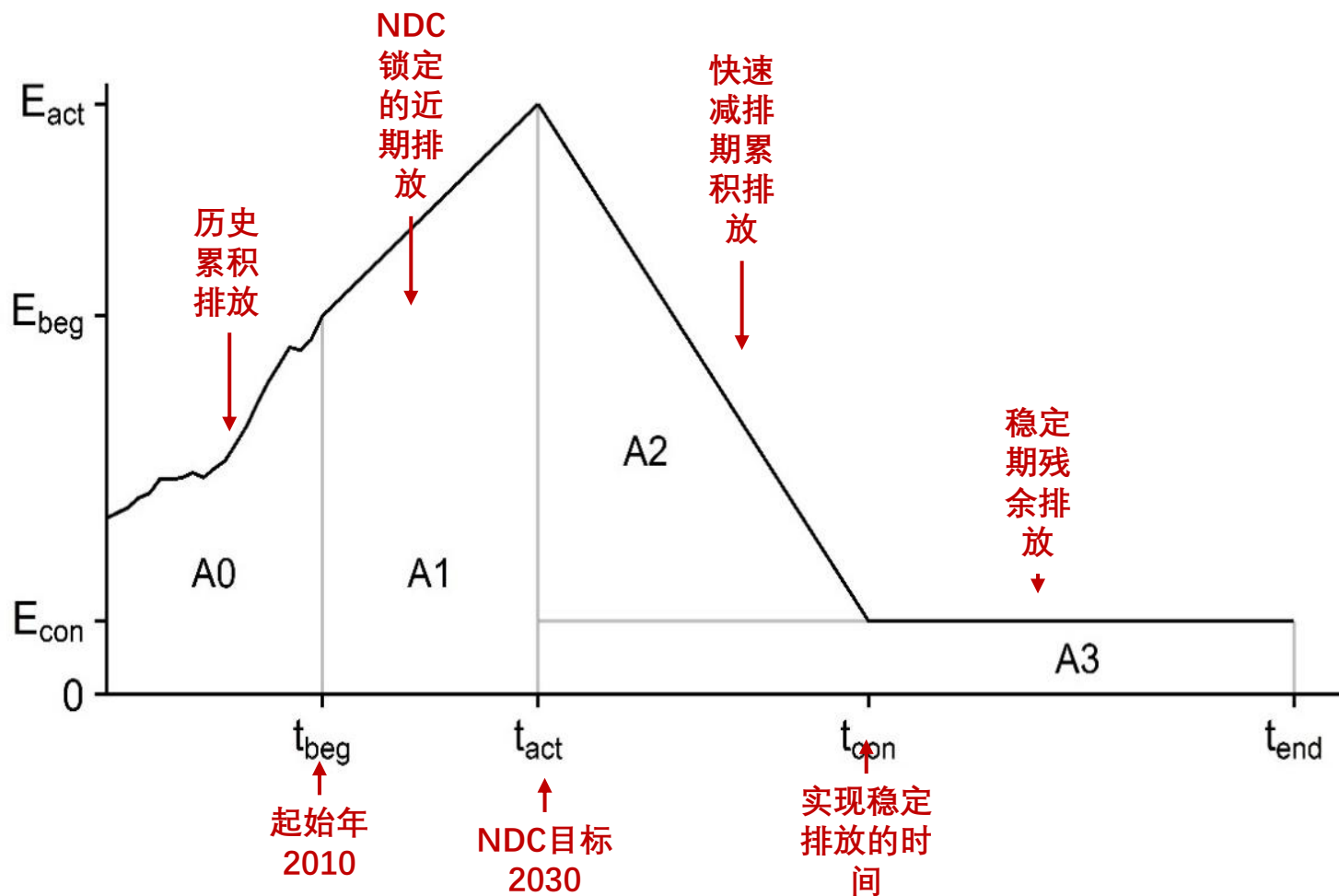
	NDC目标形式	NDC目标数值	减排率 (%)							
			基数方案		均等方案		能力方案		责任方案	
			2°C	1.5°C	2°C	1.5°C	2°C	1.5°C	2°C	1.5°C
美国	2025年碳排放相对2005年下降	26~28	*	46	77	83	56	80	85	120
欧盟	2030年碳排放相对1990年下降	40	*	53	61	72	81	106	113	145
中国	2030年碳强度相对2005年下降	60~65	84	89	87	91	75	80	69	73
印度	2030年碳强度相对2005年下降	33~35	77	84	*	40	52	66	*	39

● 2度/1.5度目标的路径要求

- 更高雄心的国家自主贡献目标及其更新
- 更早更低的全球碳排放量峰值
- 负排放技术的研发和部署（例如二氧化碳移除，CDR）（尤其针对1.5度目标）
- 公平和可持续的责任分担
- 有效的碳价机制：从国家到地区，最后到全球

因而，一个创新型全球气候治理体系的建立是必要而迫切的

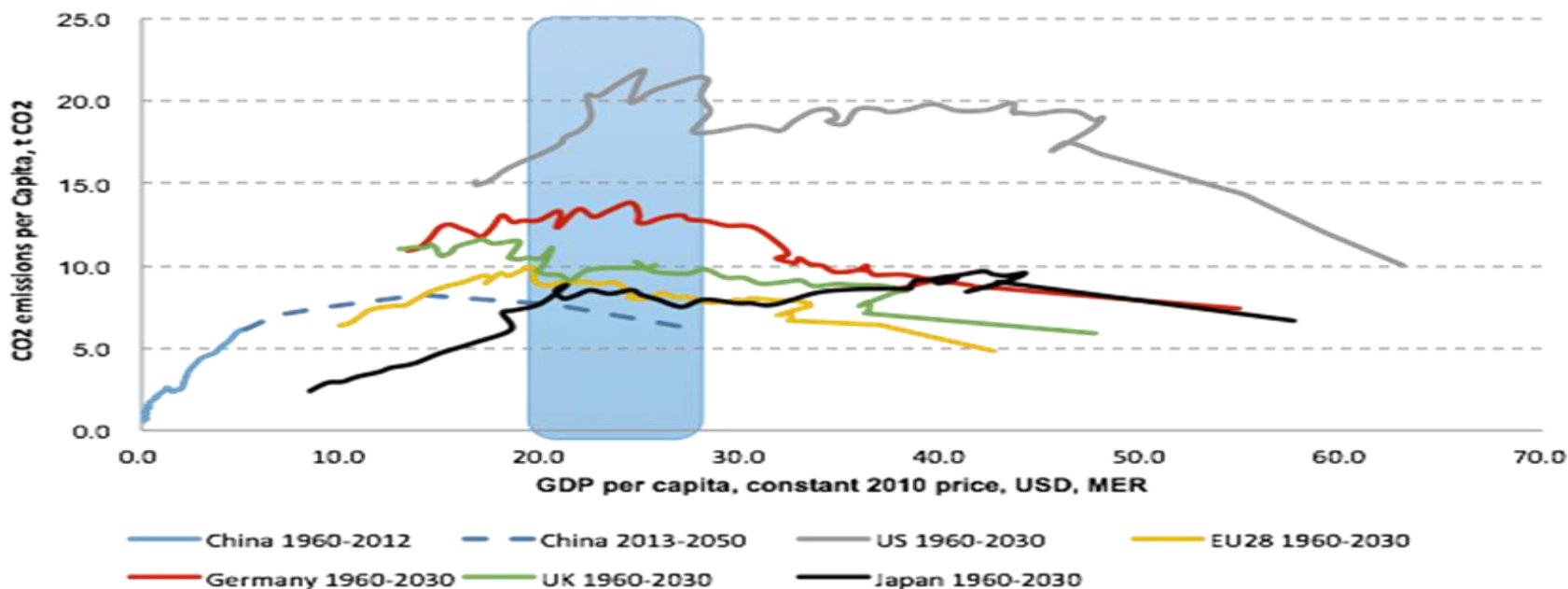
示意性排放路径



增长方式和发展路径创新：世界近现代工业化历史的启示

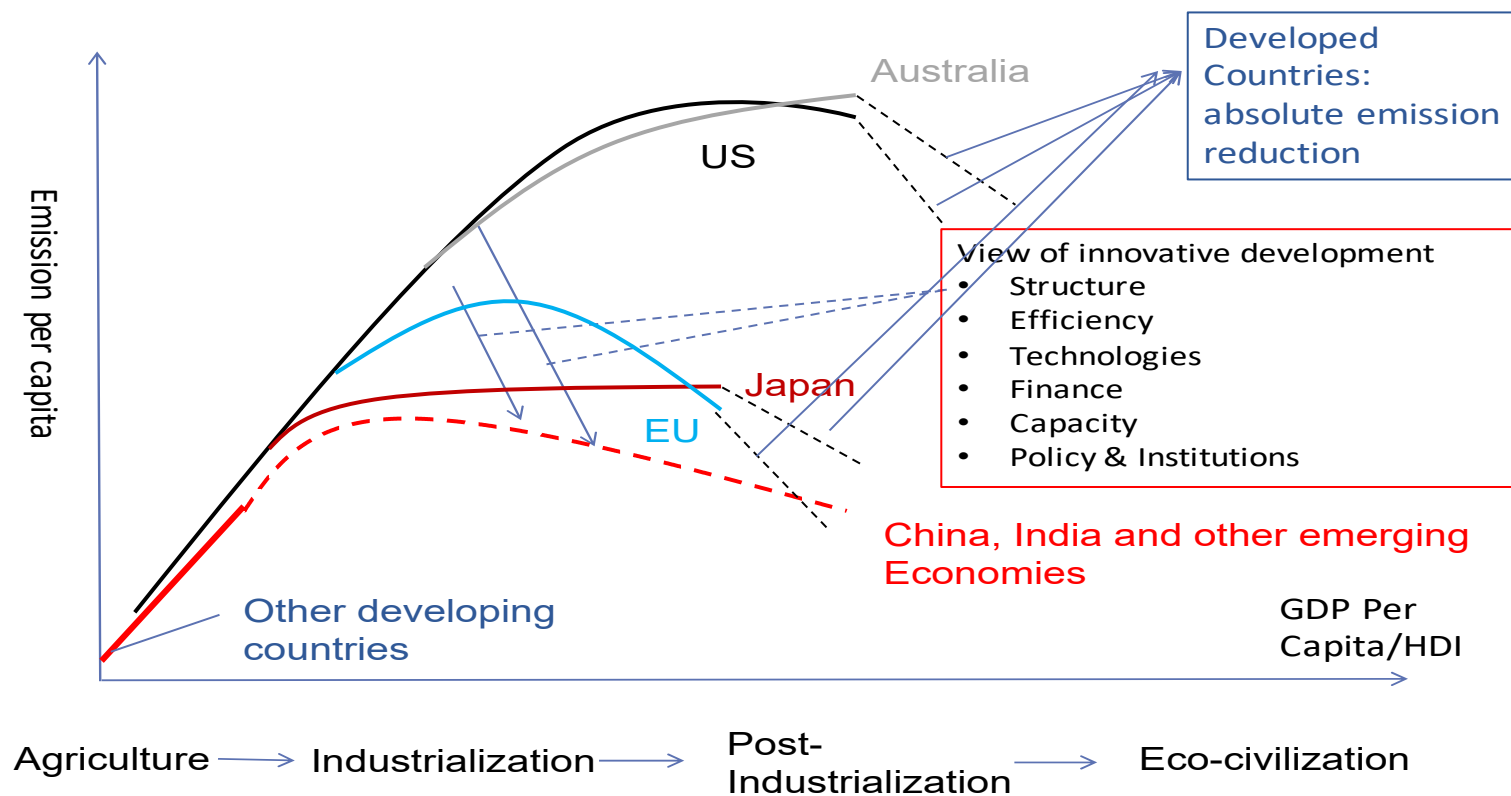
主要经济体人均GDP与人均CO2排放的关系

1. 达到相似发展水平可以对应相差悬殊的排放路径（水平）
2. 创新：中国存在峰值更低更早、排放轨迹更低的历史机会
3. 模型情景分析表明，中国可望在人均GDP达到1.4万美元左右达峰（2025年前后），若政策和体制安排到位，依然有进一步深化加速潜力。



Data sources: only contains energy related CO₂ emissions. Data of historical CO₂ emissions from 1960 to 2012 is quoted from CDIAC. Population and GDP information are cited from the World Bank. Data after 2012 is calculated based on INDC targets of each economy.

创新发展路径：示意图



习近平总书记在“十九大”报告中高度重视应对气候变化国际合作

- 在五年工作回顾中，认为中国“引导应对气候变化国际合作，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者”
- 未来工作要求中，提出“积极参与全球环境治理，落实减排承诺。”

应对气候变化国内进展：尽快实现峰值目标，并开展碳排放总量控制

- 习近平总书记在十九大报告中提出要“积极参与全球环境治理，落实减排承诺”，**并将绿色低碳视为培育新增长点、形成新动能的重要领域**，成为深化供给侧结构性改革，构建现代经济体系的重要支撑。
- 严格管控碳排放轨迹和尽早实现碳排放峰值目标，在新常态背景下催生新的经济增长点和推动传统行业新的增长模式，促进经济发展质量和效益持续提升
- 国务院《“十三五”温室气体排放控制方案》提出“**要推动部分区域率先达峰**”，包括支持优化开发区域在2020年前实现碳排放率先达峰。鼓励其他区域提出峰值目标，明确达峰路线图，**在部分发达省市研究探索开展碳排放总量控制**。

排放加速达峰的意义与动力

- 加速达峰意味着经济加速升级转型，减小陷入中等收入陷阱的宏观风险，为实现第二个百年梦想目标奠定坚实的竞争力基础。
- 加速达峰意味着加速提高宏观经济要素效率竞争力，有利于形成长期繁荣的后劲。
- 加速达峰意味着结构调整，是经济转型升级的助推器，而不是增长的绊脚石（高碳污染的产业和企业受到抑制甚至要优先去产能；而在产业链高端的企业和新兴战略产业将得到长足发展，吸纳大量就业）。
- 清洁高效能源技术、市场的实际发展和十三五目标实施的实际进程表明，加速达峰、提高目标力度有很大潜力。中国应当为提高NDC目标力度做好准备。
- 加速达峰要求加速体制和政策的改革，驱动利益相关方加速行动。

**提高要素效率、加快能源转型，
提前达峰，支撑经济全面升级与
持续繁荣！**

中国的城市低碳发展已经进入到一个新的发展阶段，低碳试点城市的数量、覆盖范围、代表性、低碳探索的深入程度、政策措施的创新性等方面取得了非常大的进展。

类别	第一批	第二批	第三批
提出时间	2010.07	2012.12	2017.01
试点数量	13	29	45
提出的共同任务	<p>(1) 编制低碳发展规划 (2) 实行控制温室气体排放目标责任制 (3) 加快建立以低碳排放为特征的产业体系 (4) 建立温室气体排放数据统计和管理体系。建立完整的数据收集和核算系统 (5) 积极倡导低碳绿色生活方式和消费模式。</p>		
创新点	<p>要求试点地区明确提出本地区控制温室气体排放的行动目标、重点任务和具体措施；提出运用市场机制推动控制温室气体排放目标的落实。</p>	<p>任务清单扩容，包含编制本地区温室气体排放清单等内容，提出将低碳发展理念融入城市交通规划、土地利用规划等相关规划中。</p>	<p>首次提出具体的时间安排；明确设定碳排放峰值目标，申报建设体系目标包含碳排放总量、单位GDP碳排放量等14个指标。</p>

低碳试点城市峰值目标设定情况

		第一批	第二批	第三批	汇总
2020年左右	数量	1	10	5	16
	比例	12.5%	35.7%	11.1%	19.8%
2021-2025年	数量	3	8	30	41
	比例	37.5%	28.6%	66.7%	50.6%
2025-2030年	数量	1	8	10	19
	比例	12.5%	28.6%	22.2%	23.5%
未设置达峰年份	数量	3	2	0	5
	比例	37.5%	7.1%	0.0%	6.2%
汇总	数量	8	28	45	81
	比例	100.0%	100.0%	100.0%	100.0%

城市	低碳规划	颁布时间	颁布机构	峰值目标及描述
苏州	《苏州市低碳发展规划》	2014年2月	苏州市人民政府	2020年全市二氧化碳排放总量达到峰值，约为1.72亿吨，并经过5年的平滑期后自2025年开始稳步下降。
北京	《北京市“十三五”时期节能降耗及应对气候变化规划》	2016年8月	北京市人民政府办公厅	2020年，二氧化碳排放总量达到峰值并争取尽早实现，万元地区生产总值二氧化碳排放比2015年下降20.5%。
广州	《广州市节能降碳第十三个五年规划（2016—2020年）》	2017年4月	广州市人民政府办公厅	力争在2020年左右能源消费碳排放总量达到峰值，单位GDP碳排放比2015年下降23%。
武汉	《武汉市低碳发展“十三五”规划》	2016年7月	武汉市发展和改革委员会	基本完成武汉市2022年左右碳排放达峰主要工作与行动

- 《行动计划》明确了武汉市碳排放峰值目标
- 经过5年左右的努力，**到2022年，全市碳排放量基本达到峰值**，碳排放量控制在1.73亿吨
- 同时，工业（不含能源）、建筑、交通、能源领域和全市14个区（开发区）二氧化碳排放得到有效控制
- 武汉市低碳发展水平走在全国同类城市前列。

武汉市人民政府文件

武政〔2017〕36号

市人民政府关于印发武汉市碳排放达峰 行动计划（2017—2022年）的通知

各区人民政府，市人民政府各部门：

经研究，现将《武汉市碳排放达峰行动计划（2017—2022年）》印发给你们，请认真贯彻执行。



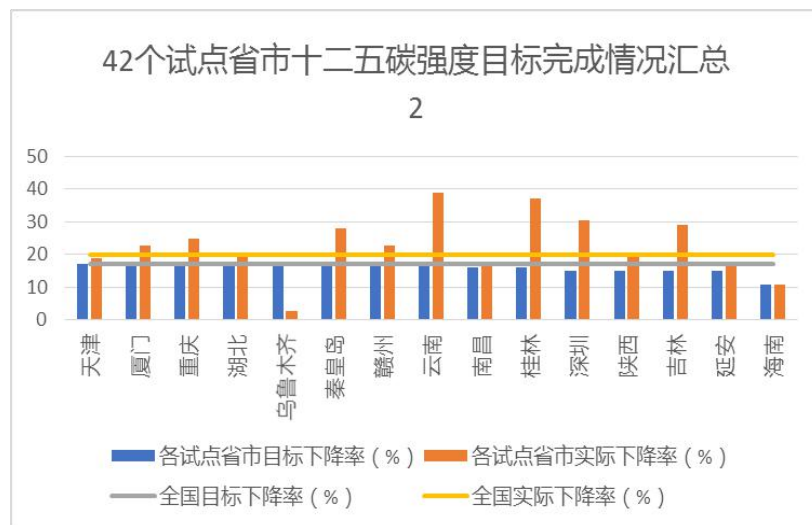
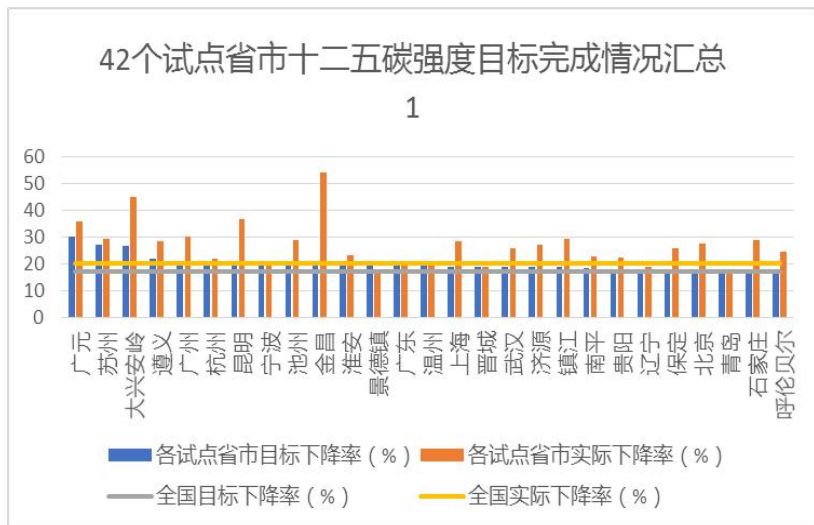
青岛市目标

- 青岛市在2013年颁布的《青岛市低碳发展规划（2011年—2020年）》中明确提出“到2020年，实现单位生产总值二氧化碳排放比2005年下降50%，力争在2020年达到二氧化碳排放峰值。”
- 该目标被2016年4月发布的《青岛市国民经济和社会发展第十三个五年规划纲要》纳入，明确提出“争取2020年全市碳排放总量达峰”，成为全市整体发展战略中的重要目标之一。
- **山东省低碳发展工作方案（2017—2020年）**提出全省二氧化碳排在2027年左右达到峰值，并要求制定分区域峰值年目标
 - 青岛、烟台市力争2020年前实现峰值年目标，探索开展碳排放总量控制

城市低碳发展重点任务

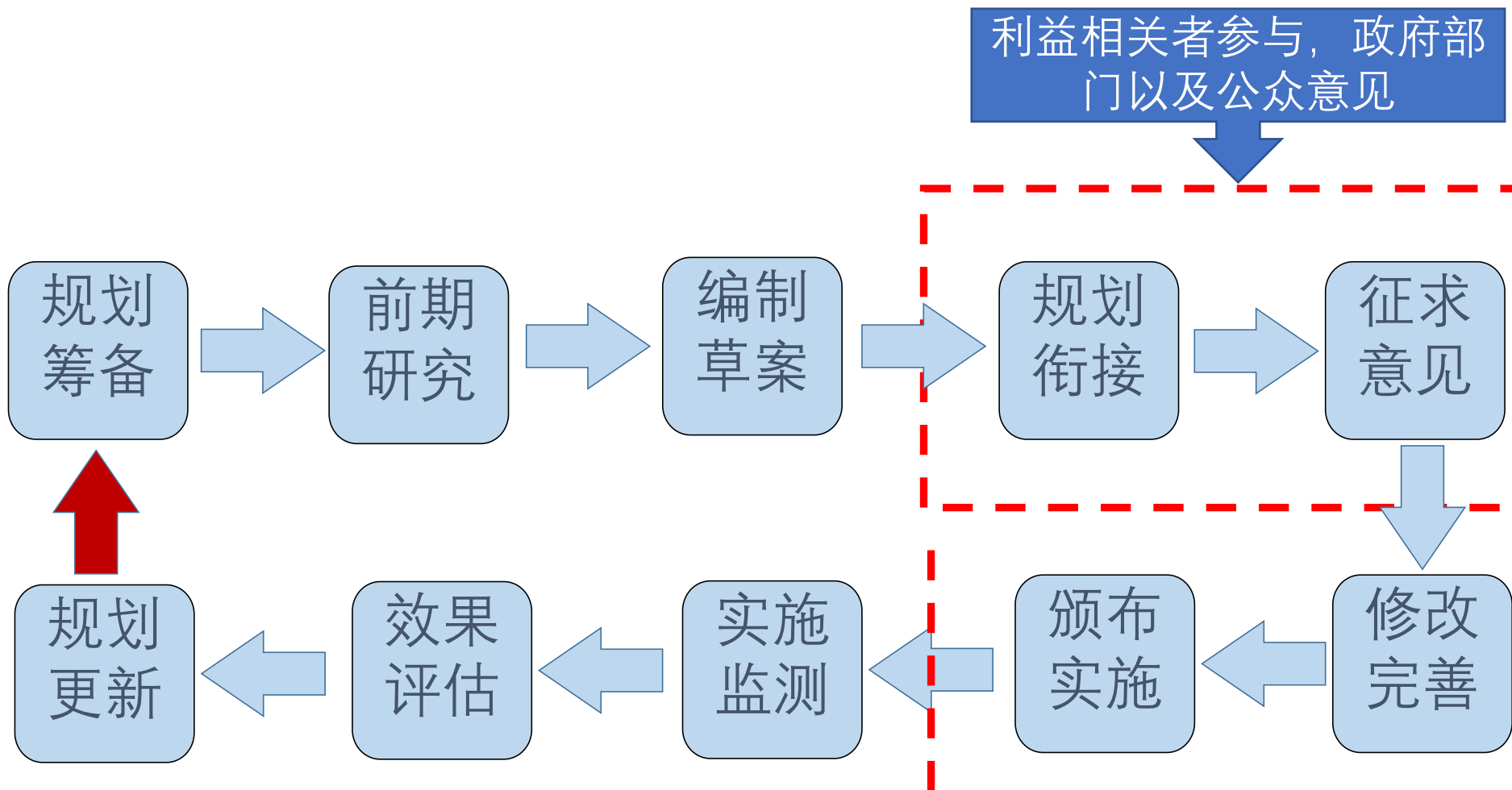
- **第一，增长方式的低碳转型。**通过改变产业发展方式，靠技术进步和创新驱动产业增长，促进传统产业的低碳转型，大力发展新型的绿色低碳经济，逐步实现经济增长和碳排放的脱钩。
- **第二，能源系统的低碳转型。**通过实施能源生产和消费革命，构建以清洁、低碳为特征的能源供应体系，合理控制能源需求总量，大幅提升能源利用效率和管理水平，逐步实现能源增长和碳排放的脱钩。
- **第三，消费模式的低碳转型。**通过转变市民生活和消费方式，在满足合理消费需求 and 提升生活品质的同时，通过广泛的宣传教育和积极的政策引导，形成绿色、低碳、节约的消费理念和生活消费方式，逐步实现消费增长和碳排放的脱钩。
- **第四，城市化模式的低碳转型。**城市形态、城市设计和城市连通性是决定城市温室气体长期排放水平的重要影响因素，通过改变新、扩建城市的城市形态、加强低碳基础设施建设，改善对土地利用模式与公共交通体系的设计和规划以实现低碳转型。

中国试点城市碳排放指标完成情况

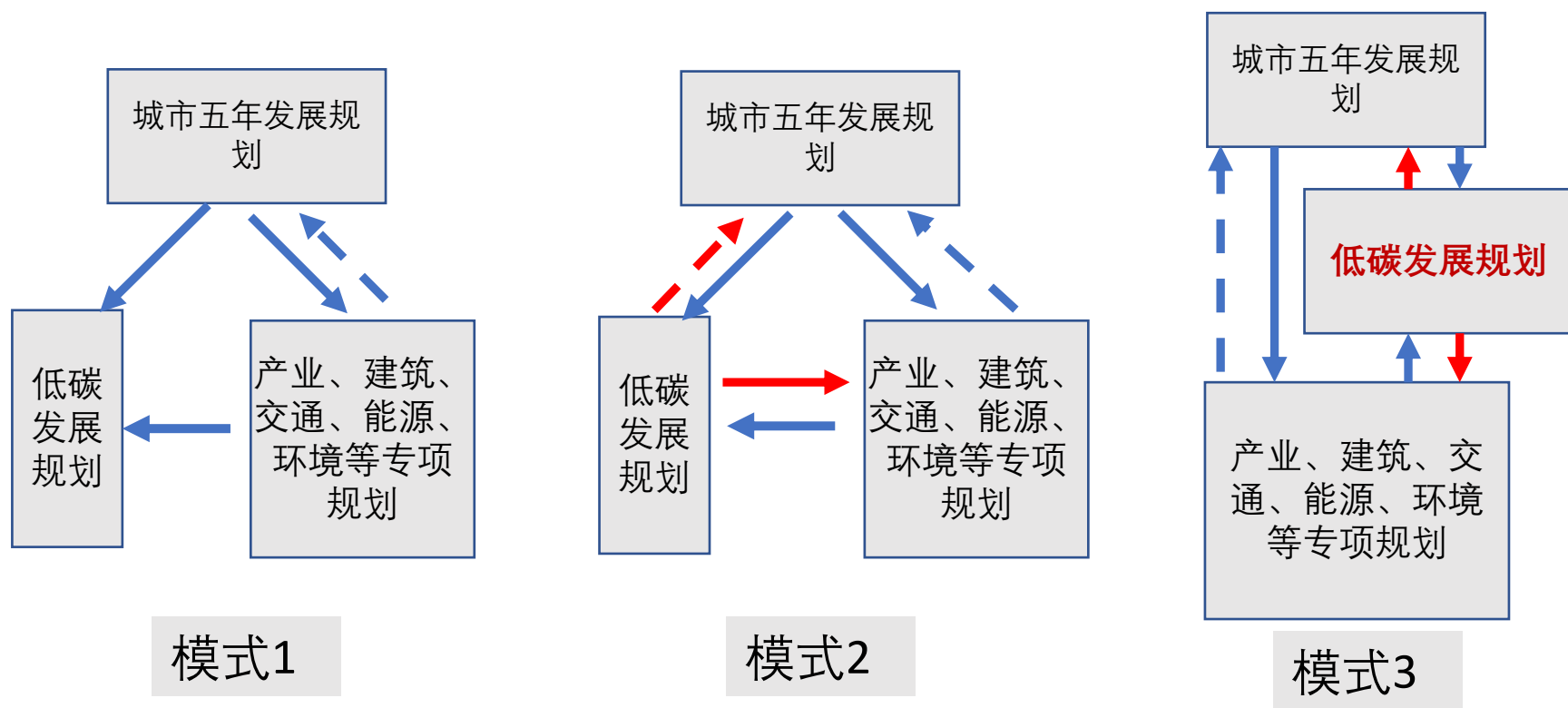


- 27个试点省市设定的碳强度目标高于全国目标
- 30个试点省市“十二五”期间的碳强度实际下降率要高于全国的碳强度实际下降率
- 40试点省市均完成了其“十二五”期间的碳强度下降目标，而且大部分试点省市是超额完成目标。

城市低碳发展规划流程



规划效果评估：城市低碳发展规划的定位以及对其他规划的影响



中国城市利用规划工具推动城市低碳发展与碳排放达峰的经验（1）

- 第一，试点城市规划总体遵照了编制城市低碳发展规划的一般性框架，包括了城市温室气体特别是二氧化碳排放的核算以及清单的编制，减排目标的确定及分解，分部门的低碳行动方案以及实施保障等。
- 第二，部分试点城市将低碳发展规划置于更为主流的地位，与其他专项规划的密切联系，碳排放控制目标（峰值目标）被国民经济和社会发展规划吸收，分行业碳减排目标以及非化石能源发展目标被其他专项规划所吸收，较好的发挥了低碳发展规划的引导作用。

中国城市利用规划工具推动城市低碳发展与碳排放达峰的经验（2）

- 第三，越来越多的城市**支持成立专业技术团队**，采用定量研究方法提高规划编制的科学性，譬如开展碳排放情景研究，基于减排潜力的重点领域识别和减排成本分析等。
- 第四，大部分试点城市的规划在具体内容上**发展规划的色彩较重**，突出了低碳发展在推动城市发展转型中的作用，进一步理清了与现有节能减排相关规划的区别与联系。部分试点城市的低碳发展规划探索**与空间与土地利用规划**进行更好的结合。

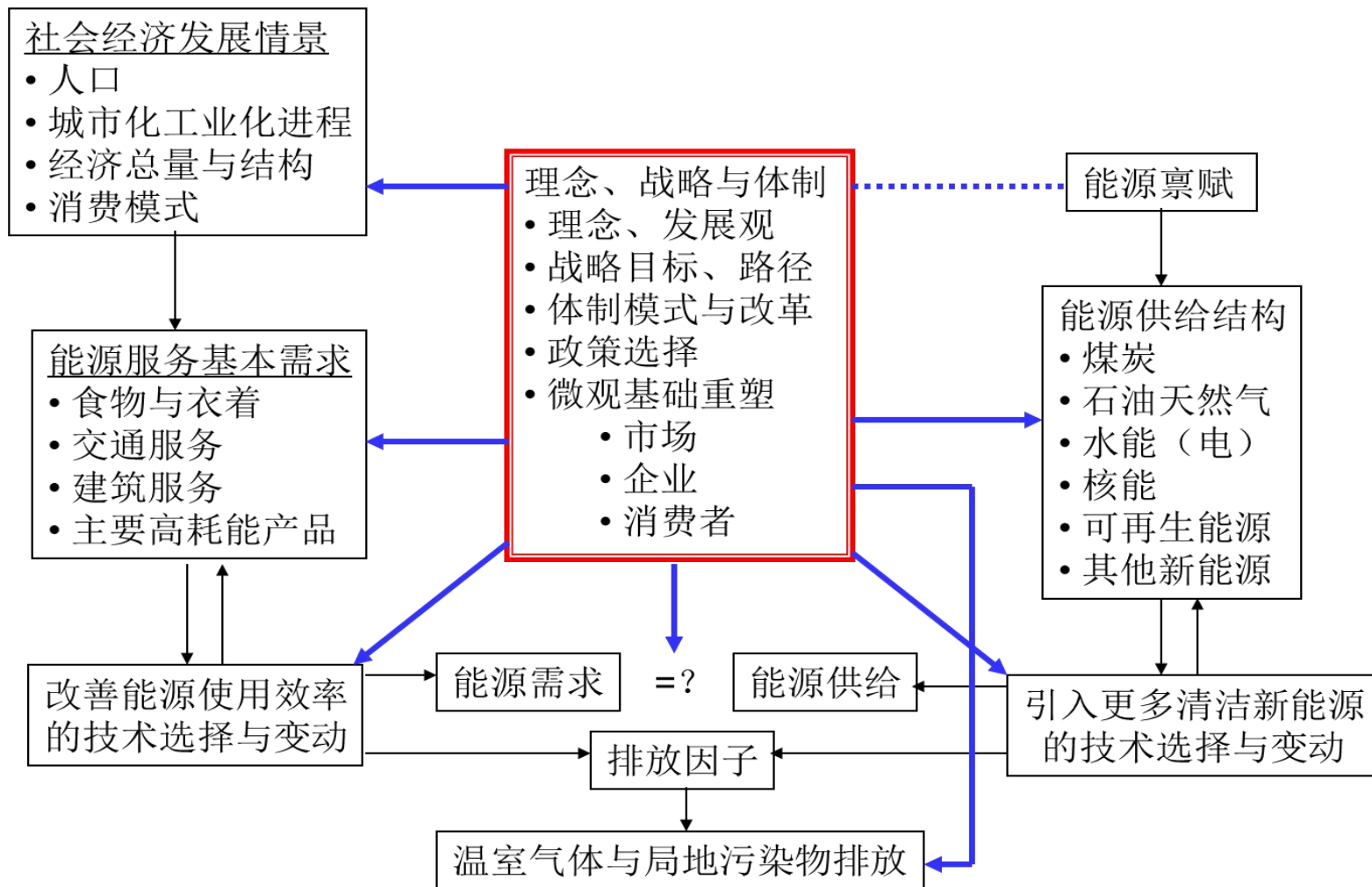
中国城市利用规划工具推动城市低碳发展与碳排放达峰的经验（3）

- 第五，各试点城市低碳规划多从自身特点出发，开展了较为系统的发展基础和面临挑战的分析，提出的规划目标，识别的重点领域以及提出的重点行动与项目，**均充分反应了城市定位。**
- 第六，试点城市在低碳发展规划编制过程中，**逐步建立或完善了城市能源和碳排放统计基础**，以适应低碳规划编制的要求。

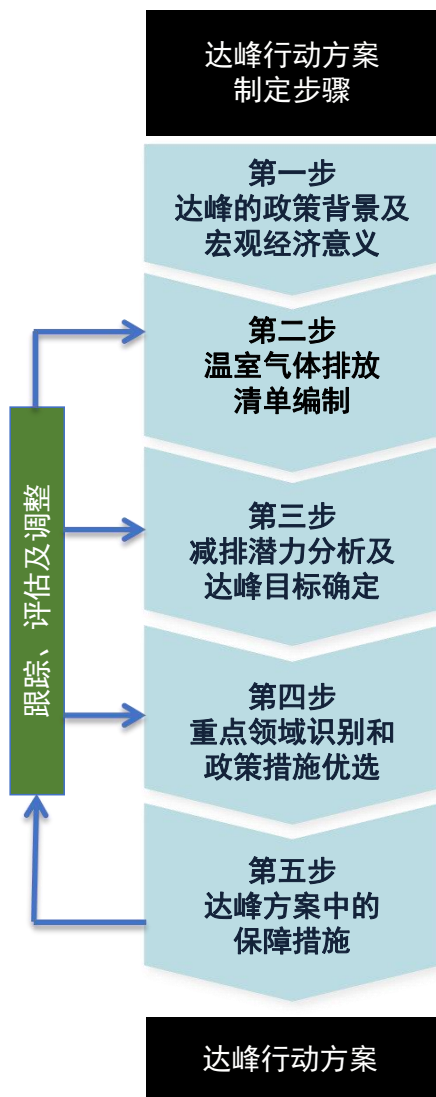
中国城市利用规划工具推动城市低碳发展与碳排放达峰的经验（4）

- 第七，大部分试点城市均设立了超过国家要求的碳排放控制目标，并超额实现该目标，体现了试点城市的先进性，也充分体现了低碳发展规划对城市发展转型的推动作用。
- 第八，试点城市在规划编制与实施过程中，提高了意识、凝聚了共识、培养了人才、锻炼了能力、积累了基础数据和方法等，为更加深入持久的低碳发展转型奠定了良好基础。

城市碳排放达峰的整体思路



城市制定达峰方案的一般步骤



摸清城市现状

- 明确城市经济、社会、环境发展现状、目标及相关政策
- 理解宏观形势背景，更好地统筹达峰目标和城市发展的其他发展目标

系统性了解城市温室气体排放情况

- 理清清单编制的要素、流程、方法、相关假设等
- 识别排放来源及重点部门，为城市确定达峰目标和提供基础依据

确定达峰目标

- 结合“自上而下”和“自下而上”两部分思路，统筹宏观发展现状进行综合分析，以确定达峰目标
- 梳理达峰背景下不同发展路径的选择和达峰目标之间的关系，着手战略部署

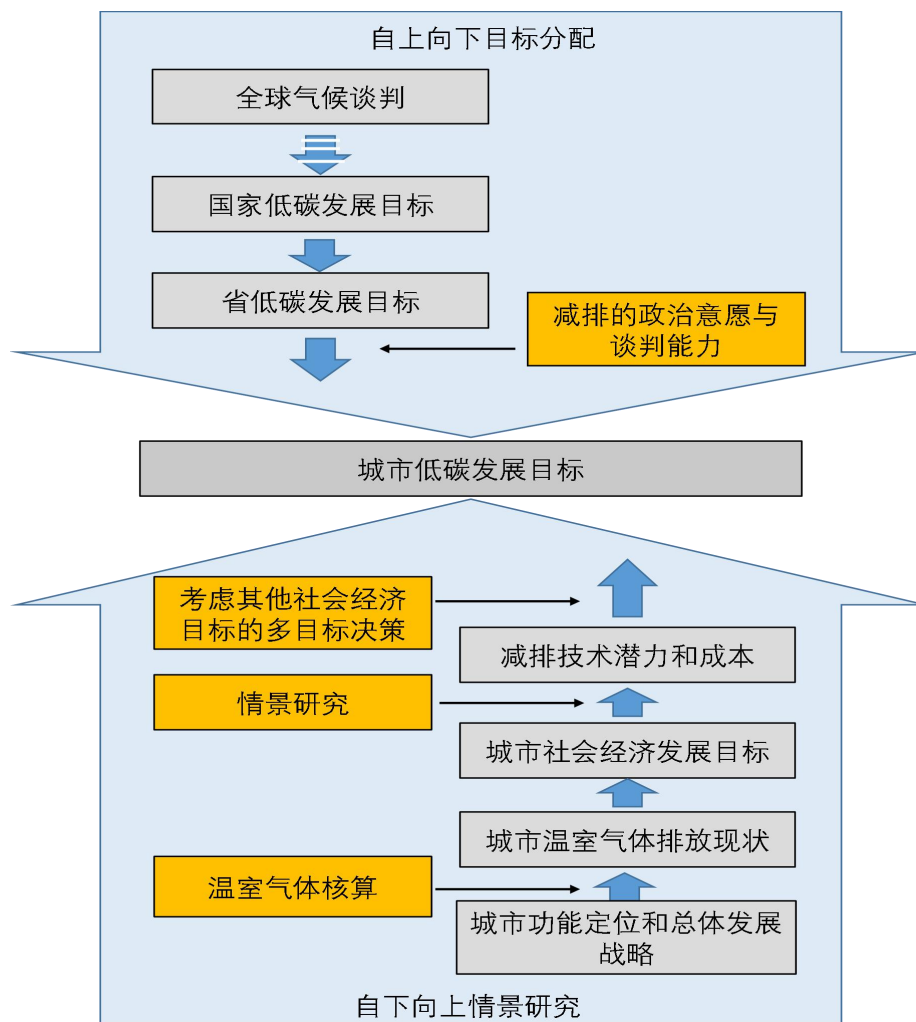
制定行动计划及落实达峰目标的具体行动措施

- 将达峰目标分解到具体的部门、行业、企业、项目等层面，提出不同时间、空间尺度的政策措施
- 在明确重点领域和可选政策措施之后，合理进行优选，加速达峰进程

保障达峰目标顺利实现

- 积极开展能力建设
- 充分发挥经济政策、多方融资渠道和市场机制的作用
- 制订有效的跟踪评估机制

城市低碳发展目标设定



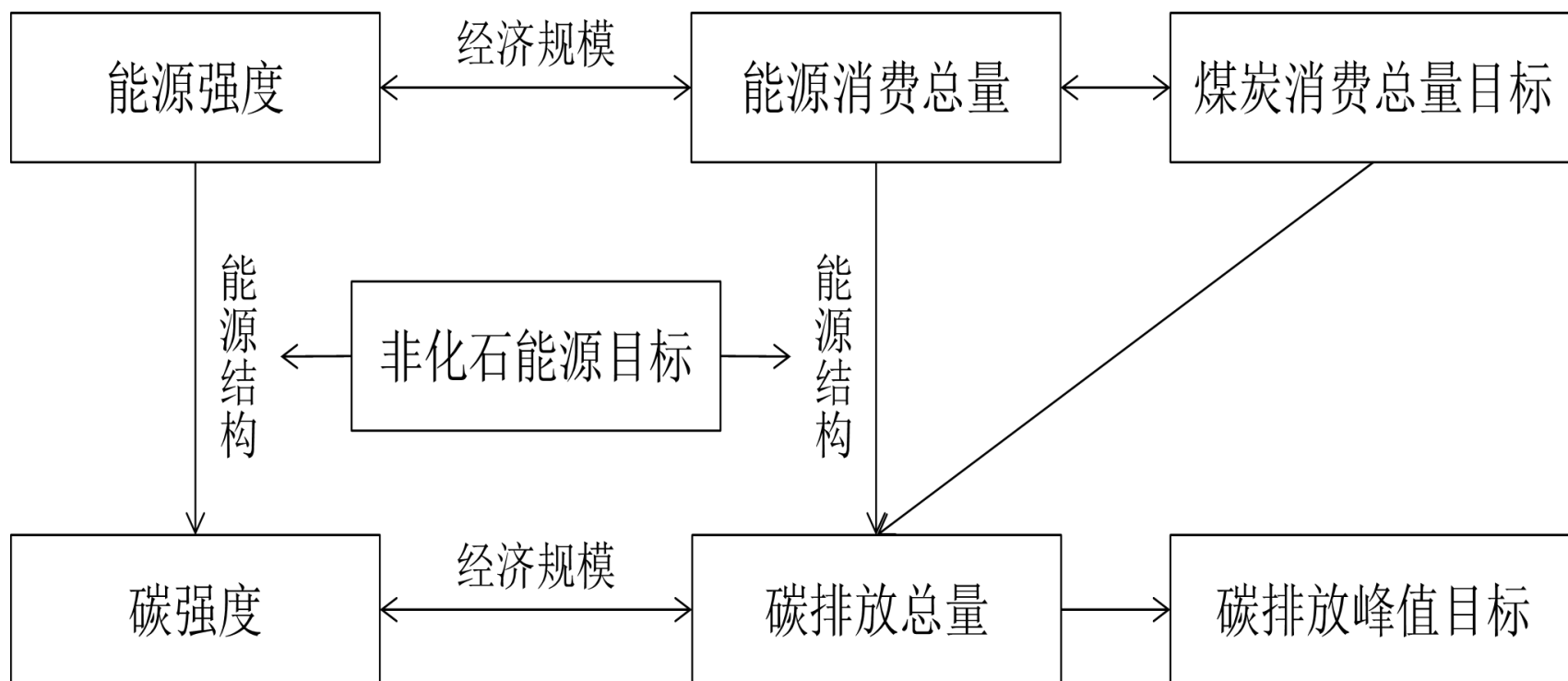
城市碳排放峰值目标



峰值目标的要素包括：到达峰值的**时间点**、峰值时的**排放量**、到达峰值前的**排放路径**（峰值时点以前各时间点的排放量）和到达峰值后的**排放下降路径**（峰值时点以后各时间点的排放量）。

来源：世界资源研究所，城市达峰知多少

峰值目标与其他目标之间的关联与协调



城市确定峰值目标—自上向下思路

- 各城市参考上级政府分解的目标，并通过横向对比，确定自身的定位，然后参照国家峰值目标时间表对号入座。
 - 对于经济发展水平较高的城市，可以设定2025年前达到排放峰值，提前探索峰值管理，为全国和其他城市达到峰值提供借鉴参考；
 - 对于经济发展水平中等的城市，可以设定2025年左右达到峰值，在借鉴先进城市工作经验的基础上，因地制宜提出适合本市的峰值目标和达峰路径，为全国排放峰值的实现做出贡献。
 - 对于经济相对落后、工业化和城镇化需求仍然较高的城市，可以设定2030年和全国同步达到峰值，或晚于全国达峰，在促进经济发展和推进工业化、城镇化的同时，也要增加低碳约束，避免发展过程中的高碳路径锁定。

城市确定峰值目标—自下向上思路

- 各城市根据自身减排的技术经济潜力，按照“尽力而为，量力而行”的原则，确定峰值目标时间和峰值排放量。
- 识别经济、产业结构、人口、城镇化进程、能源资源供应、重点耗能部门的服务量和技术效率等影响未来排放的重要驱动因素，预测其未来的变化，设定不同情景，模拟不同情景下的能源需求和排放，再根据技术可得性、经济可行性等标准，确定减排的目标、技术需求和投资需求等。
- 最后结合自上向下和自下向上两种方法，提出适合本市的排放峰值目标。

重点领域的识别方法

- 综合考虑各排放部门排放城市、段、综合与减排潜力、赋、段、比例、与位、构、势等因、市产与业发展趋势等因素，
- 建立甄选的部门重点领域的综合指标体系
- 定量分析与定性分析相结合
- 测算各关键领域的对实现碳发展目标贡献率。



图 5.5 定量法重点领域识别

不同类型城市重点领域的区别

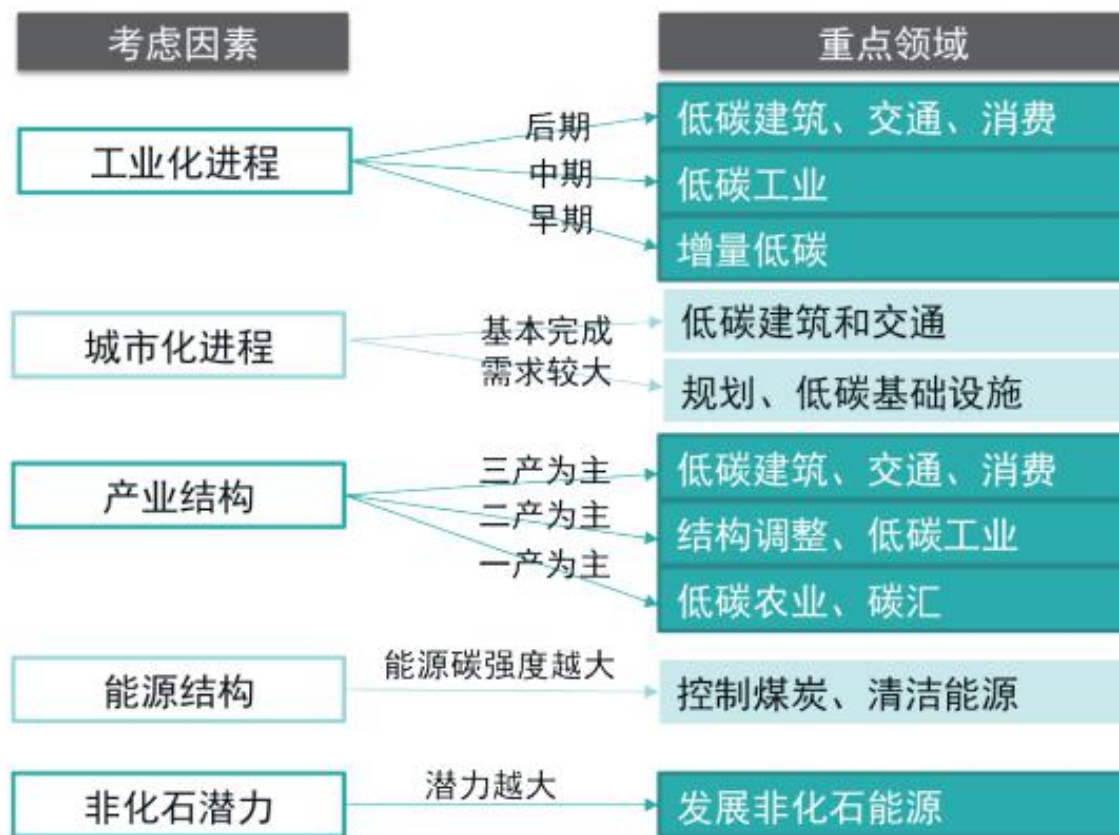


图 5.4 定性法重点领域识别

资料来源：
APPC达
峰手册

图 4-1 | 城市低碳发展规划在时间维度的优化：短期、中期、长期战略重点

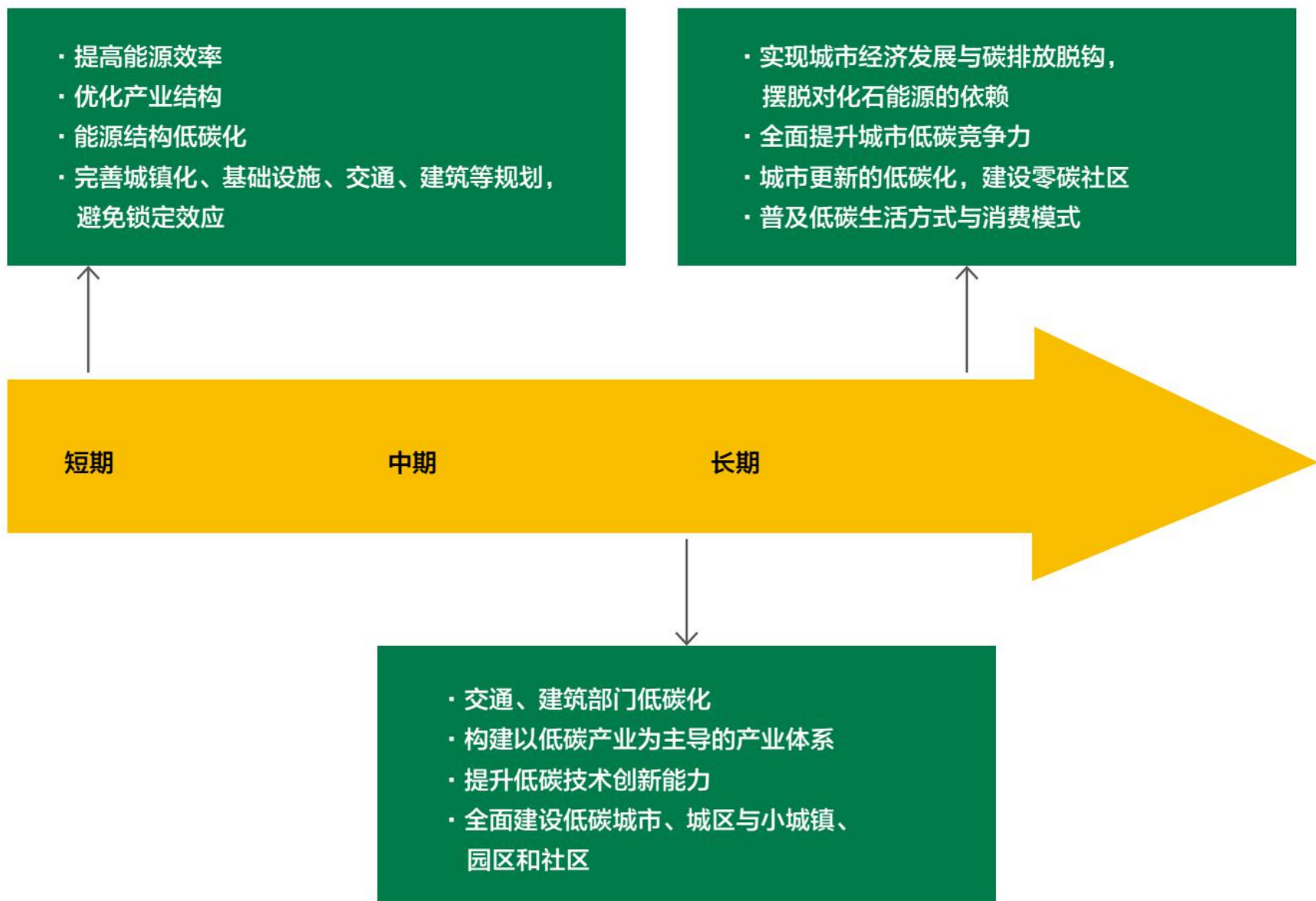


图 4-2 | 城市低碳发展规划在空间维度的优化：社区、城区、城市、城市群战略重点

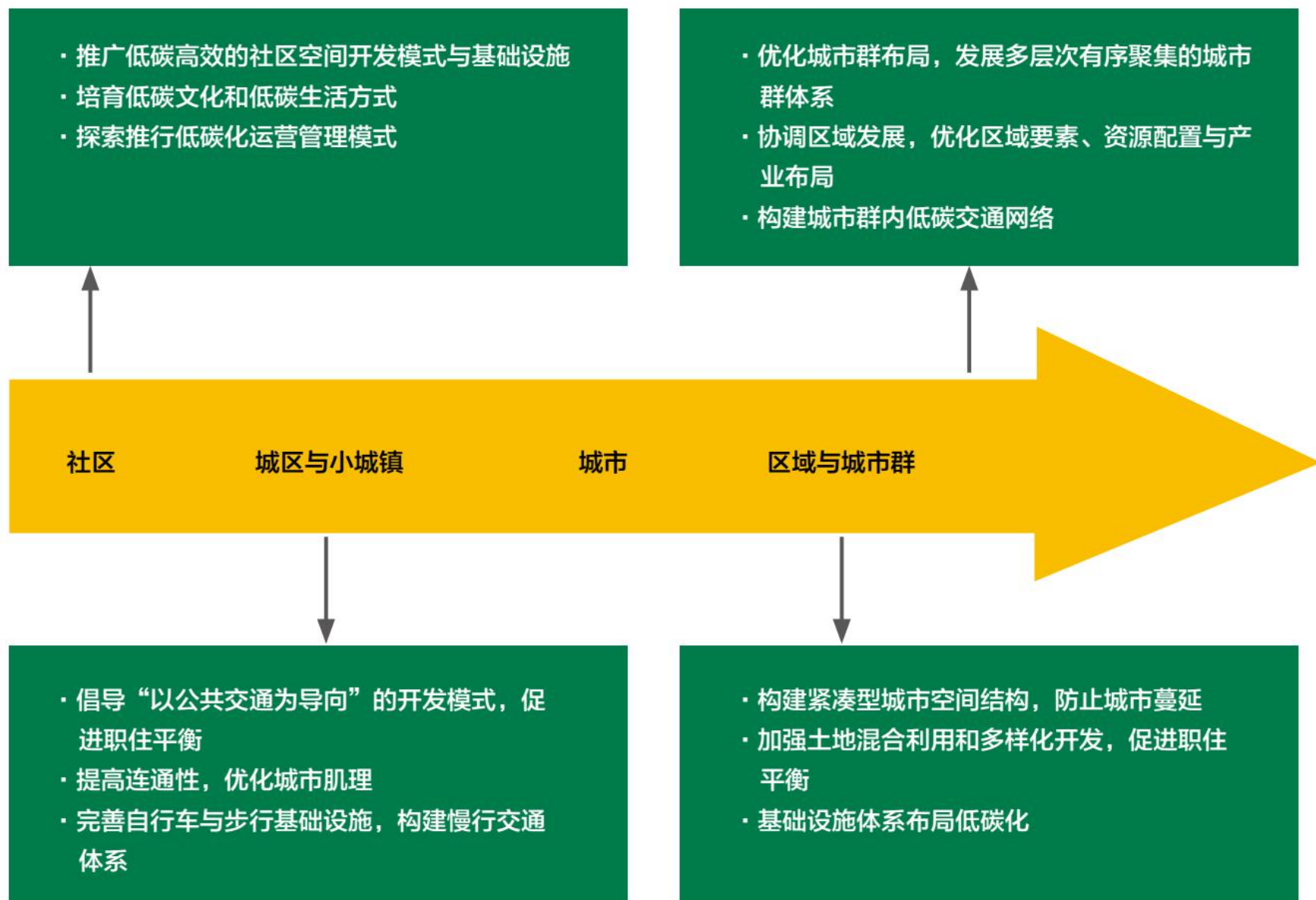
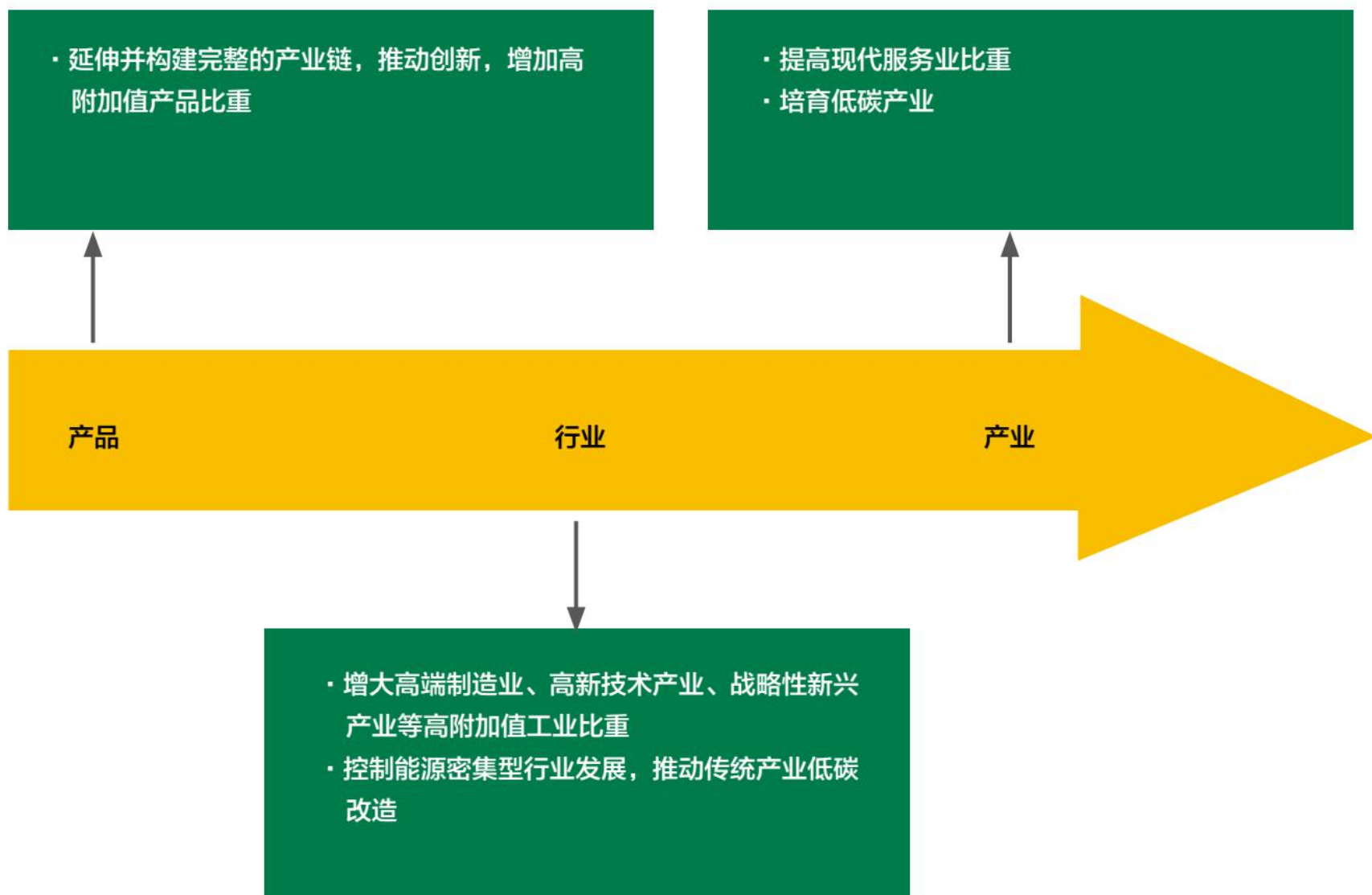


图 4-3 | 城市低碳发展规划在结构维度的优化：产品、行业、产业战略重点



低碳城市空间形态

维度	指标	示意图	
		高碳	低碳
密度	居住密度, 就业密度		
土地利用	土地利用混合程度		
连通性	街道密度, 交叉路口密度		
可达性	就业可达性, 购物可达性, 公交站点可达性, 与市中心、CBD等的距离		

低碳城市空间形态的主要特征

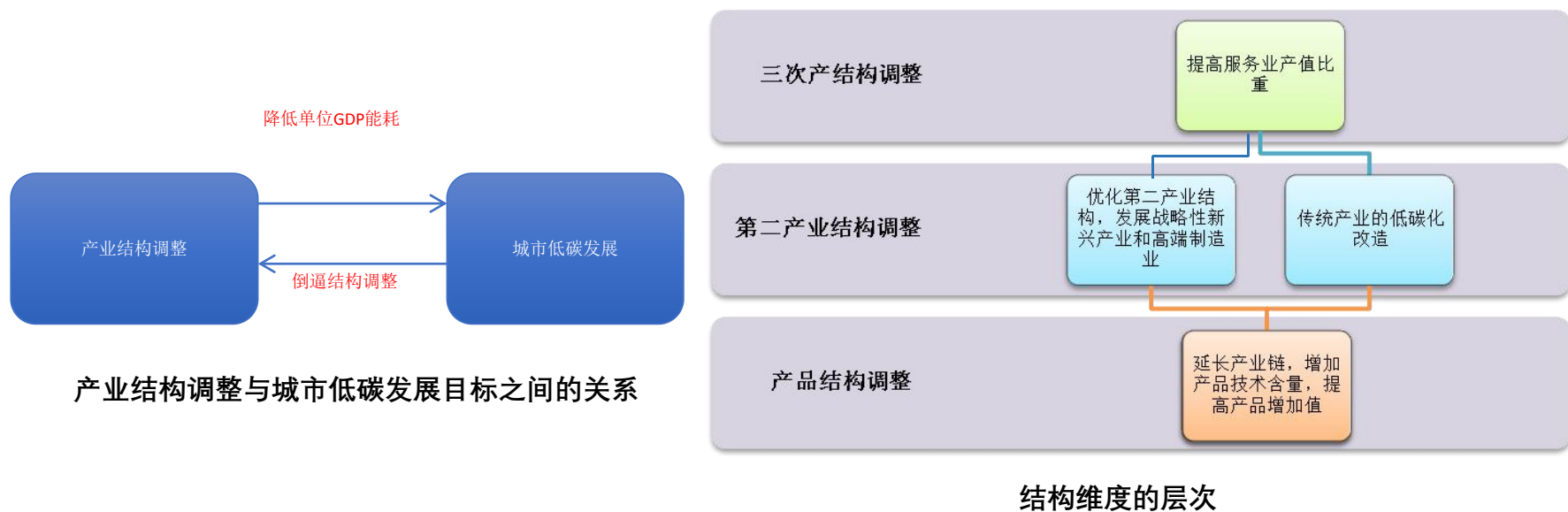
层次	指标类型	具体指标
城市层面	密度	人口密度（如居住人口密度）或人均建设用地面积, 就业密度
	邻近度	居民平均通勤距离, 与市中心的距离, 城市化用地的空间格局, 空间匹配度（居住/就业比）, 用地混合度, 混合开发地块比例
	可达性	单位空间范围内（如500米步行范围）能够获取的公共交通、服务和就业机会的居民或者社区比例, 公交站点500米半径覆盖率, 公交线路网密度
社区层面	密度	社区开发的密度, 容积率与地下容积率, 建筑密度
	多样性	各种用地功能在社区层面的水平混合利用和单体建筑物的垂直混合利用程度
	连通性	小街区、自行车与步行道为主的路网格局所占比例, 街区空间规模, 十字路口密度, 慢行交通路网密度, 行人过街绕行距离

低碳城市空间形态的评价指标体系示例

低碳城市空间形态政策措施举例

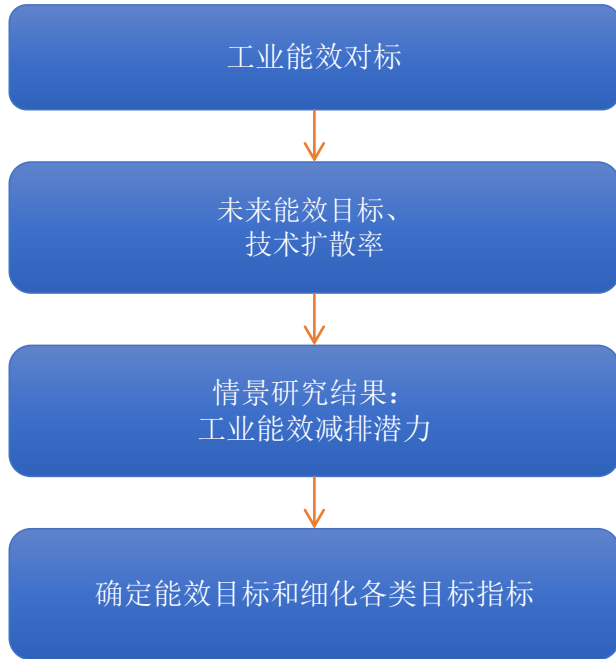
政策目标	规划策略与措施	政策领域
提高密度/改善城市空间结构、防止城市蔓延	土地利用规划管理应提高开发密度规定、改革土地功能分区、修订容积率规定	土地利用、规划
	城市增长边界 / 绿带政策 / 规划建成区边界等限制城市扩张	土地利用、规划
	混合功能的分区制，加强职住平衡、控制单一住宅功能的郊区建设	土地利用、规划
提高可达性（公交、商业与就业机会）	鼓励已有居住区或棕地再开发，空置建筑的维修再利用，以充分利用已有基础设施	土地利用、规划
	改变单一功能分区、鼓励混合用地分区	土地利用、规划
	鼓励公交导向型开发（TOD）	土地利用、规划
支持公共交通	优化公交线网规划；加强多种交通方式的换乘基础设施规划	规划、交通
	公交导向开发分区；对公交站点附近开发项目提供激励	土地利用、规划
鼓励非机动出行	特定地区限制机动车行驶或停车	交通
	机动车减速道路装置、增加步行道和自行车道	交通
	规定社区道路连接度、街区最大规模等	土地利用、规划
推广新能源汽车	新能源汽车和混合动力汽车的停车优先权	交通
提高建筑能效	区划规定鼓励多户住宅或其它非独栋住宅	规划
	协调存量建筑的更新改造	建筑规范

低碳产业体系与结构调整



结构维度：以提升碳生产率为低碳发展的核心目标，以转变经济发展方式和调整经济结构为主线，**优化城市产业、行业与产品结构**，实现碳排放控制与提升经济和技术竞争力的双赢。

工业能源效率

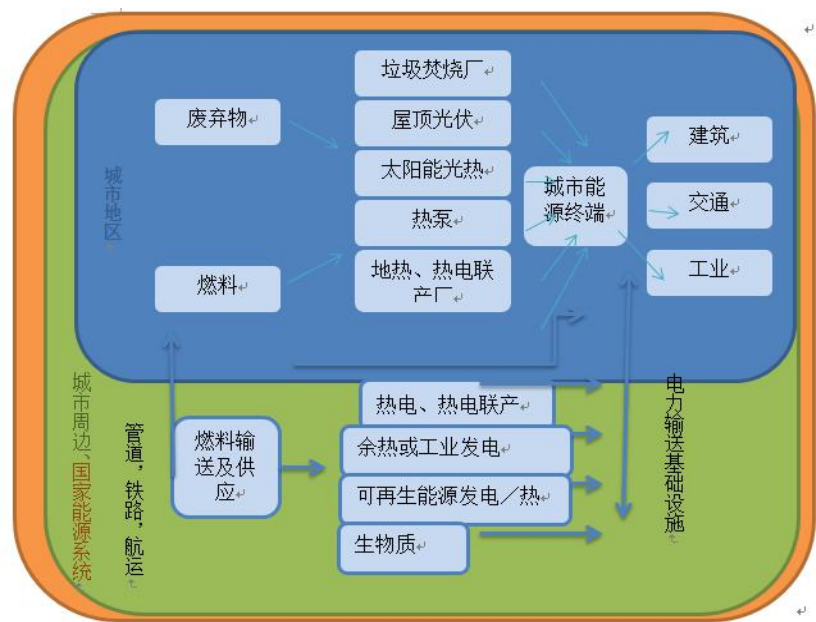


- 工业能源效率的未来潜力
- 中国经济发展的不平衡与二元结构
- 能效对标方法
- 工业能效目标与指标
- 工业能效对标与评价工具

城市低碳发展规划工业能效措施制定步骤

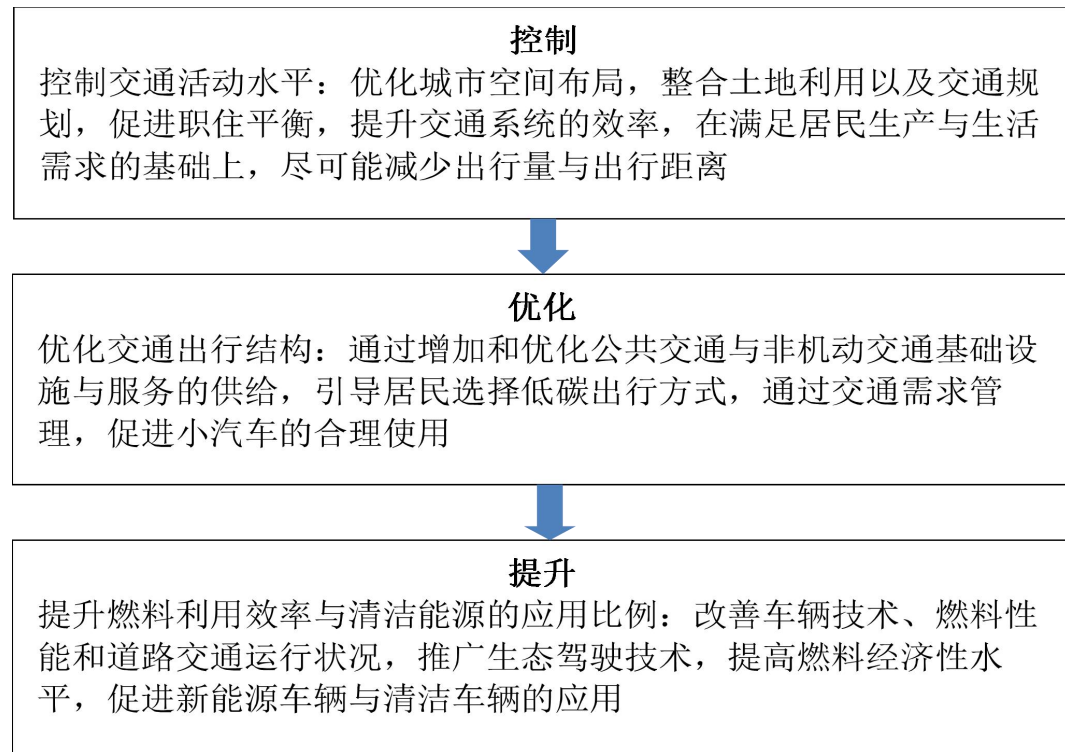
能源供应低碳化

- 提高能源加工、转化运输效率：燃煤电厂和热电厂的发电供热效率；推进传统电网向智能化电网的升级改造
- 发展非化石能源：按照城市的实际情况，因地制宜地大力发展可再生能源；在新建及既有建筑屋顶或外墙安装光电、光热系统
- 分布式能源及微电网：用户端自发自用为主，多余电量并入电网；智能地协调和平衡所有能源供应、需求及储存系统
- 优化化石能源结构——提高电气化率及天然气使用：通过非电煤炭使用部门的电气化和燃料替代而提高煤炭消费中电煤比重；推广天然气分布式能源系统的应用，继续拓展天然气在居民燃气供应、交通、发电、供热等领域的应用
- 发展碳捕集、利用与封存（CCUS）：试点碳捕集；鼓励本地技术研究，并因地制宜地开展应用示范

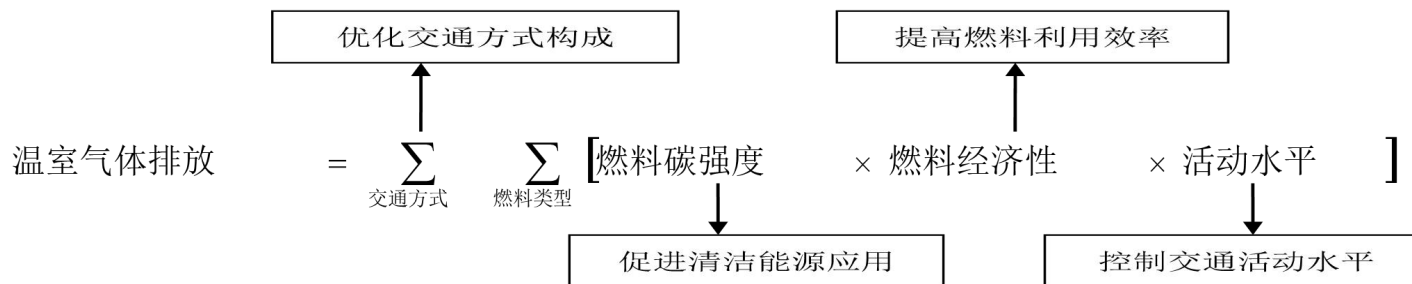


城市行政区划下能源供应系统

城市低碳交通发展的一般分析框架

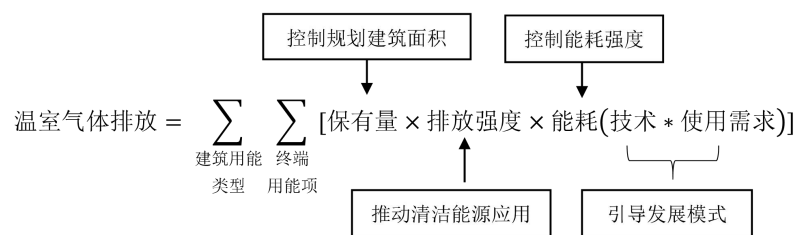


低碳城市交通一般发展策略



决定交通部门温室气体排放的因素与低碳交通发展对策

城市低碳建筑发展的一般分析框架



决定建筑部门温室气体排放的因素与低碳建筑发展对策

城市低碳建筑的部门研究应包括以下几个步骤：

1. 城市低碳建筑发展现状分析

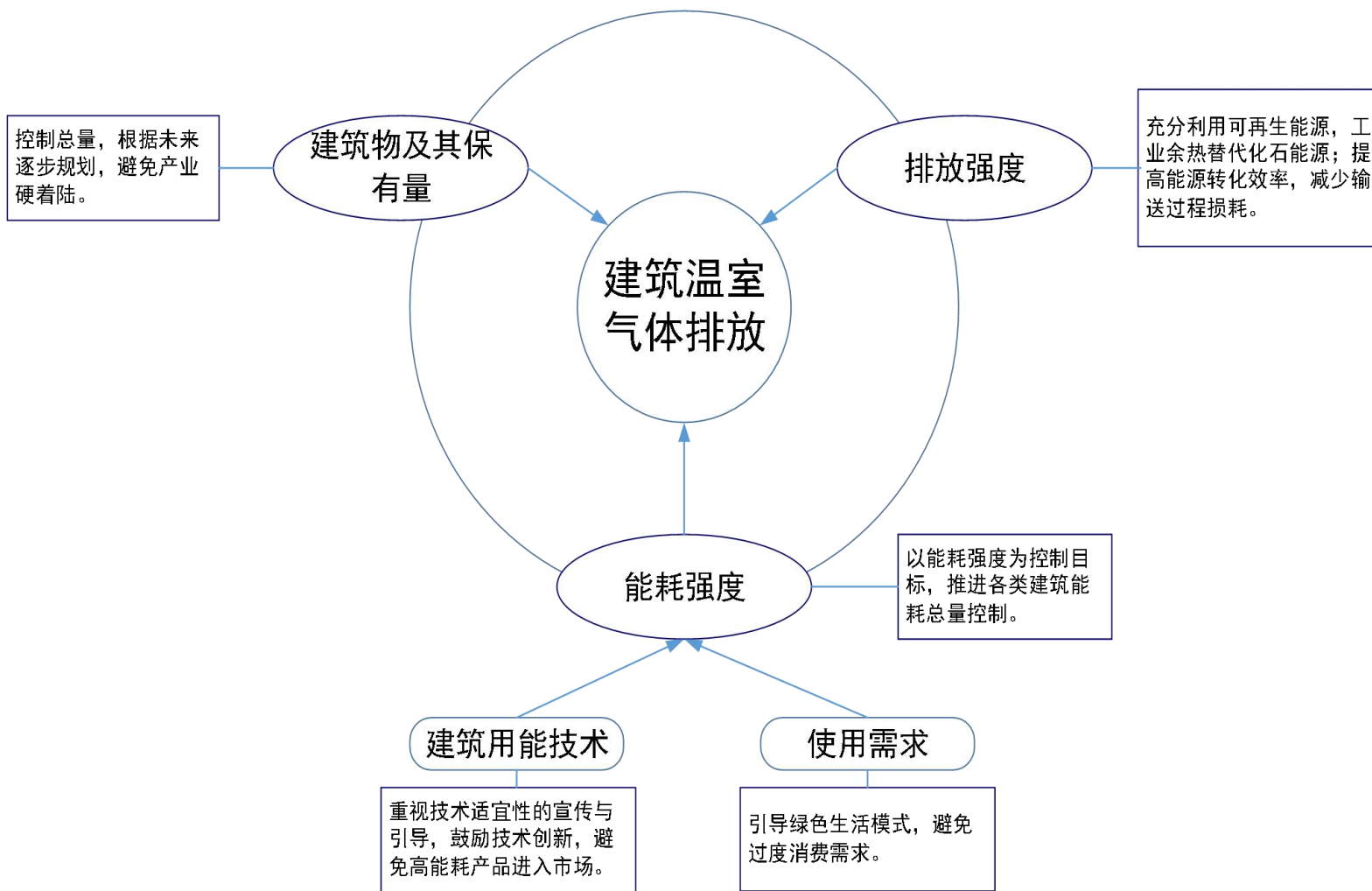
- 城市建筑发展现状分析
- 城市建筑温室气体排放现状分析
 - 自上向下 (Top-down) 测算方法
 - 自下向上 (Bottom-up) 测算方法
- 分析建筑部门温室气体排放的主要驱动因素

2. 未来城市建筑温室气体排放情景分析

- 建筑规模与用能设备保有率情景分析
- 能耗强度：使用需求、用能技术与能源构成情景分析
- 未来建筑碳排放情景分析

3. 城市建筑碳减排潜力与路径分析

城市低碳建筑发展的政策框架与建议



促进城市低碳建筑发展的政策框架

城市低碳发展投融资机制框架图

资金来源

公共资金

碳市场

慈善事业和非政府机构

资本市场

企业直接投资

资金管理者

国家政府

外国政府

双边多边金融机构

商业性金融机构

政策性金融机构

地方政府

资金需求

基础设施建设

产业项目

科技等服务支撑

融资和风险管理工具

直接投资
(基金、贷款、债券、股权、PPP)

政策/财政支持
(赠款、补贴、奖励、碳市场)

增信
(贴息、担保)

保险

支持体系

绿色银行体系

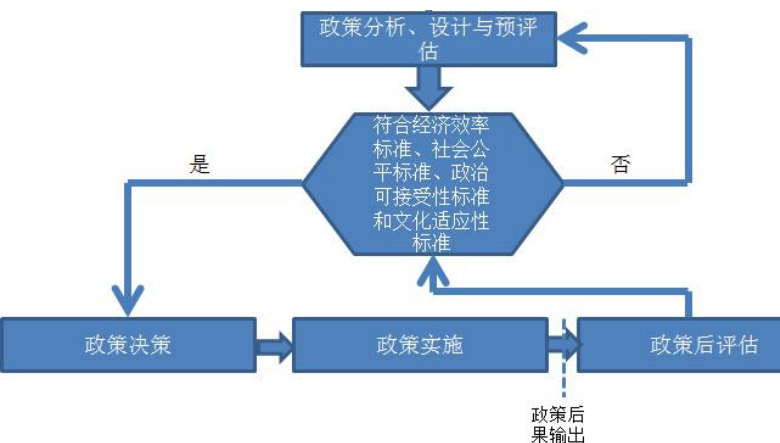
能力建设

技术支持

数据信息跟踪

质量标准与评级

政策制定、实施与评估的框架



一般性框架

评估工作方法	评估工作内容
评估指标体系的构建	需要构建具有较强适用性、符合我国城市发展现状的并且能够针对不同城市特性分析评估的指标体系。城市在制定低碳规划时，应该先考虑城市定位，制定目标管理指标体系，将城市规划的总目标转化为评价指标，从而可以直接对城市规划效果进行总体评估。
评估开展方式	评估工作主要包括收集实际检测数据与规划数据对比、实例分析、提出建议三方面。规划部门可以通过年度评估报告对规划的年度完成情况进行总结，并提出改进措施。同时，第三方评估机构可以以政府部门的年度评估报告作为基础资料，定期开展评估。在评估的过程中，应该保证评估开展的科学性、客观性、有效性和社会参与性。
评估结果的应用	政府应该以评估报告的形式向社会公开年度城市低碳工作情况的总结评价，提出及对下一年的城市建设的期望和建议。同时，相关部门可以建立一套评估保障机制，保障评价成果能够及时反馈到各部门并被有效使用。

青岛市达峰路径

峰值目标确定-研究方法

能耗总量

青岛国民经济与社会发展十三五规划、青岛**行业专项规划、山东省节能减排十三五规划、山东省能源发展规划、国家能源十三五规划、国家能源生产与消费革命战略……

社会经济情景

GDP增长速度
人口规模

能源效率

万元GDP能耗

能源结构

煤控目标

天然气比重

可再生能源比重

电力需求

油品燃料

能耗总量

现状：实地测量、国家推荐
未来：参考相关机构研究的国家参数

X

碳排放强度

燃料排放因子
电力排放因子

碳排放量

通过分析青岛市重点领域、行业和部门的减排潜力，结合城市相关经济社会发展目标，最终确定达峰目标。

校验：是否满足**碳排放强度下降**目标

工业

工业增加值增长率

行业增加值占比

行业增加值能耗

工业用能结构

建筑

人均建筑面积 * (考虑增长率) * 人口 * (增长率、人口结构) * 单位面积能耗

交通

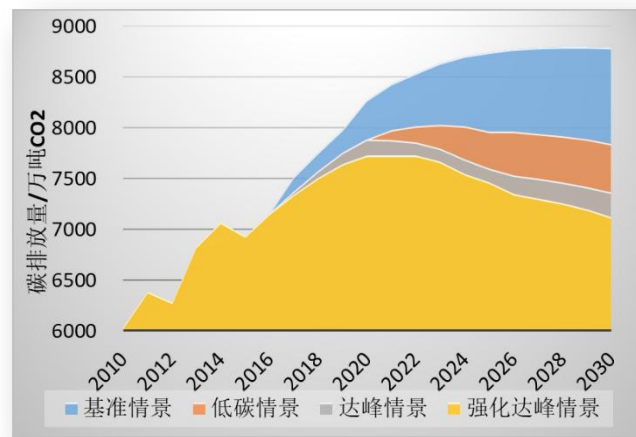
运输周转量 (城市客运、公路、铁路、水运、航空、) * 单位周转量能耗

碳排放

青岛市碳排放达峰情景分析

实现2020年左右碳排放达峰，需满足的主要条件：

- ✓ 继续提高能源效率，促进单位GDP能源消费强度大幅下降（十三五、十四五期间五年下降目标均需 $\geq 20\%$ 以上）
- ✓ 加大能源结构优化力度（2025年天然气、可再生能源比重分别达到 16% 和 8% ，目前水平不足 6% 和 2% ）
- ✓ 提高经济发展质量（GDP增速在十四五期间控制在 7% 以下）
- ✓



青岛碳排放预测情况

巨大挑战！

新旧动能转换过渡可能造成能源双重消费

2018年，青岛市发布《青岛市新旧动能转换重大工程总体规划》。当下，正是新旧动能转化的关键时期，新动能尚未成型，大批新兴产业项目亟待上马，而旧动能仍未成功转型。这种情况会造成能源的双重消费



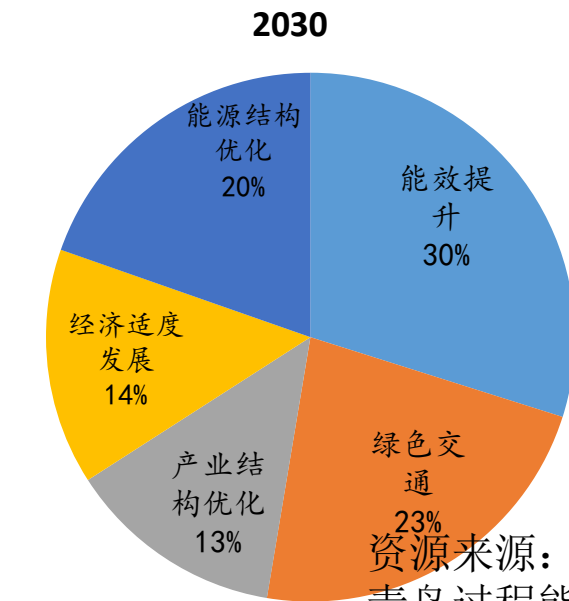
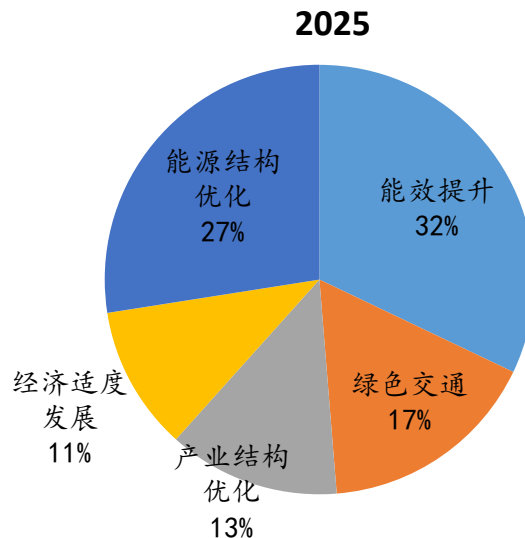
资源来源：中科院青岛过程能源所，2018



青岛市达峰路径

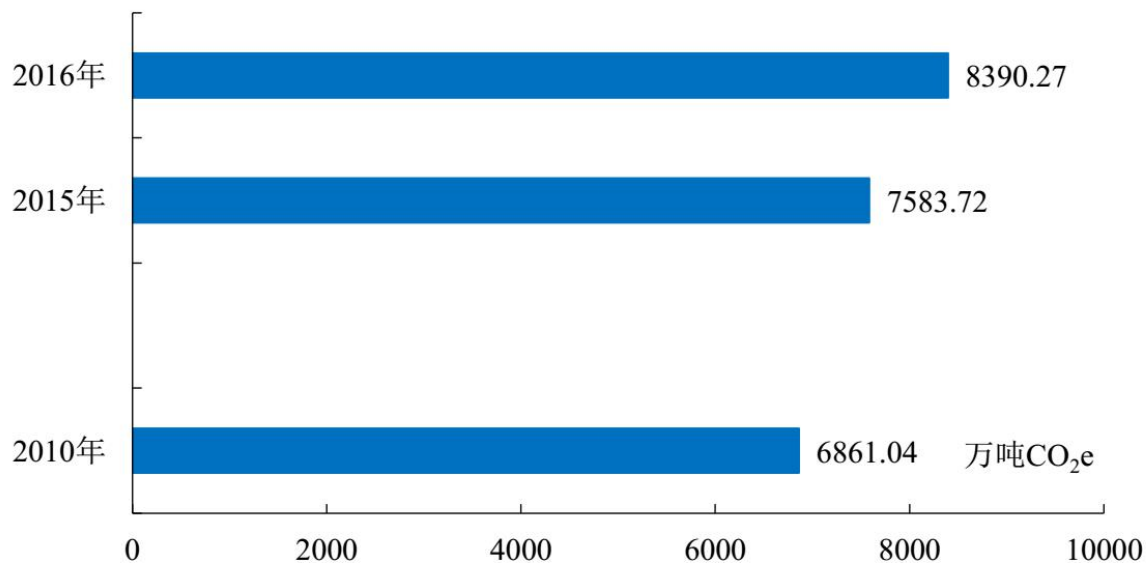
重点领域的识别

指标		减排量		贡献率	
		2025	2030	2025	2030
一、能效提升					
1	降低单位工业增加值能耗	208.76	211.70	16.30%	12.74%
2	降低私家车百公里能耗	33.77	44.32	2.64%	2.67%
3	降低公路货运百吨公里能耗	48.12	61.56	3.76%	3.70%
4	提升单位面积铲除，降低公共建筑面积能耗	34.55	59.68	2.70%	3.59%
5	提升家电节能率，降低住宅建筑能耗	85.54	119.35	6.68%	7.18%
小计		410.75	496.56	32.08%	29.88%
二、产业结构优化					
1	调整工业内部行业结构	165.54	220.80	12.93%	13.28%
小计		165.54	220.80	12.93%	13.28%
三、绿色交通					
1	增加和优化公交线路	52.99	117.18	4.14%	7.05%
2	大幅推广新能源汽车	56.80	69.90	4.44%	4.21%
3	快速推进轨道交通	33.08	93.34	2.58%	5.62%
4	优化公路运输方式	19.94	22.94	1.56%	1.38%
5	适度控制私家车保有量	49.72	73.81	3.88%	4.44%
小计		213.05	378.21	16.64%	22.76%
四、优化能源结构					
1	提高天然气比重	126.29	138.03	9.86%	8.30%
2	发展可再生能源电力	225.60	188.39	17.62%	11.33%
小计		351.89	326.42	27.48%	19.64%
五、经济适度发展					
1	适度控制GDP增长速度	139.22	240.09	10.87%	14.45%
总计		1280.45	1662.07	100.00%	100.00%



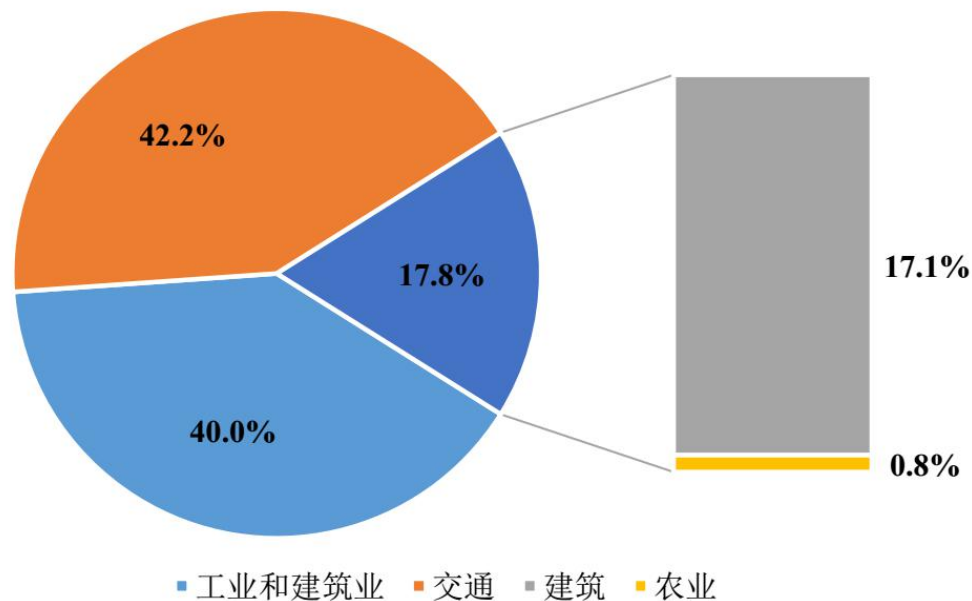
资料来源：中科院青岛过程能源所，2018

图 2-4 成都市历年温室气体排放总量



数据来源：成都市历年温室气体清单报告

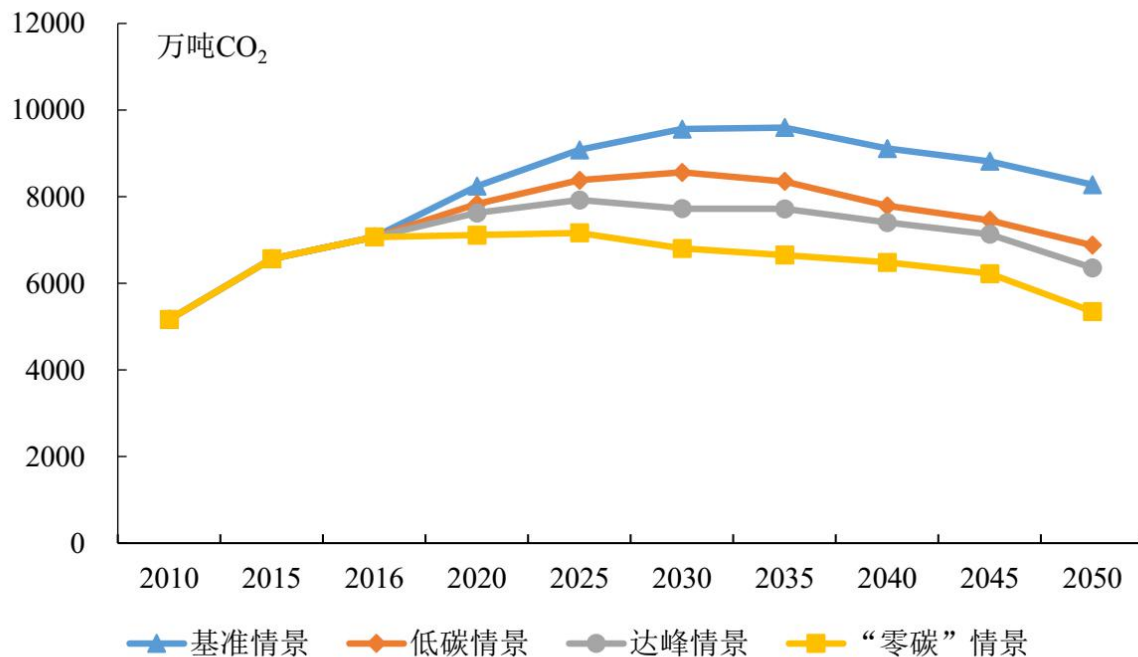
图 2-6 成都市 2016 年化石燃料燃烧 CO₂ 排放分部门构成



资料来源：成都
市经济信息中心，
2018

数据来源：成都市 2016 年温室气体清单报告

图 3-30 成都市碳排放总量变化趋势



成都市碳排放变化趋势及达峰关键部门

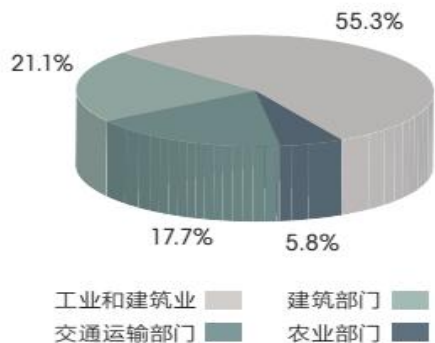
图 3-33 成都达峰关键部门（按排放量占比）



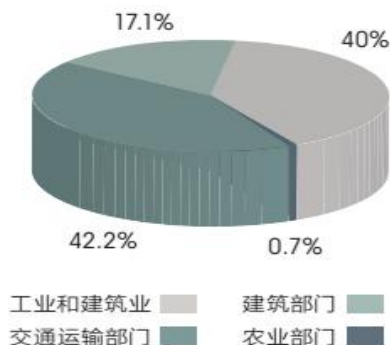
资料来源：成都市经济信息中心，2018

数据来源：本研究分析结果；a 基准情景，b 低碳情景，c 达峰情景，d “零碳”情景；红色方块表示“关键”，橙色方块表示“较关键”，绿色方块表示“一般”

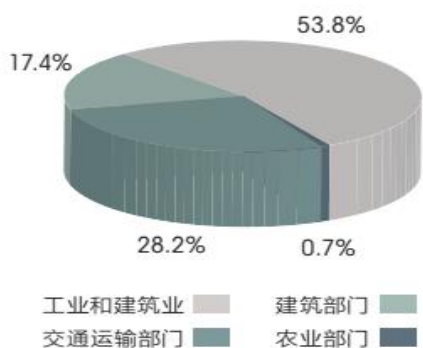
青岛市2016年分部门碳排放构成



成都市2016年分部门碳排放构成



贵阳市2016年分部门碳排放构成



三市达峰情况比较

	成都	青岛	贵阳
基准情景达峰年份	2035年	2030年前未达峰	2030年前未达峰
达峰情景达峰年份	2025年	2020年	2025年
基准情景峰值碳排放较基准年增加百分比	+35.7%	+26.9%	+113.4%
达峰情景峰值碳排放较基准年增加百分比	+12%	+11.9%	+61.6%
达峰情景下,达峰年排放较基准情景下该年排放	-17.5%	-11.9%	-24.2%

- 不同城市的资源禀赋、经济社会发展水平、发展阶段不同，产业结构、能源结构、发展路径等方面也存在差异。
- 需要比较不同城市的碳达峰趋势和路径区别，分析经济发展与碳减排的关系，总结经验
- 不同城市在减排潜力分析、重点领域识别、达峰方案和行动的完善等方面有各自特色，需要相互借鉴与交流

问题与讨论：代表城市制定达峰方案过程中都面临哪些挑战？

- 城市规划具有锁定效应，短期内技术难以重大突破，能源结构没办法做出重大调整的前提下，现有技术推广与行为调整，到底有多大潜力，需要付出多大代价？
- 理念（碳排放达峰在政府目标中处于什么位置？） 、方法（自下向上的基于部门的研究方法）、数据（详细的部门数据）、政策抓手、目标分解与责任体系
- 碳排放达峰的具体行动、项目以及各自贡献
- 碳排放达峰的投资及资金来源、成本、收益
- 碳市场、绿色金融等政策手段，对于城市的实质性意义？
- 机构调整带来的额外挑战：能力建设、方法与数据的积累，与现有发展规划的衔接等

问题与讨论：核心工作流程和关键环节以及基础能力/数据/信息支持

- 承上：领导的认同以及明确城市整体发展战略中碳排放达峰工作的定位
- 启下：分部门、分地区的目标分解与落实；责任体系
- 城市局部达峰与城市整体达峰的关系？
 - 如何考虑部门之间的相互影响
 - 分部门达峰目标与方案与整体达峰目标与方案之间的对应关系
- 自下向上的方法以及相应的数据支持
- 成本收益分析框架、方法与数据
- 开放平台：方法、数据、案例的共享
- 长期战略：更好的融入城市总体规划

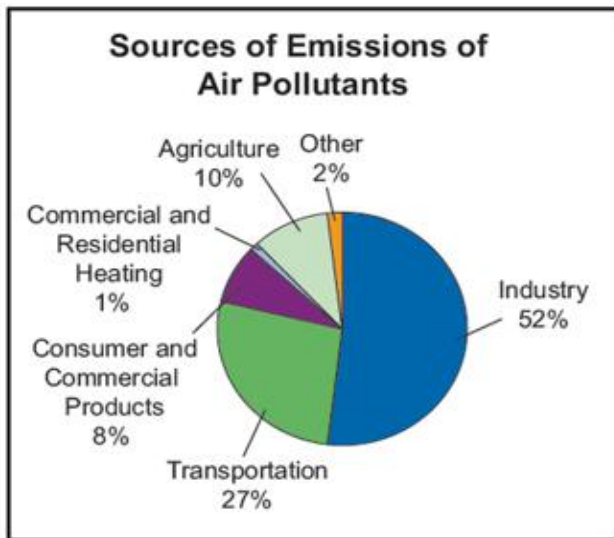
国家顶层设计文件的相关要求

时间	文件名称	具体要求
2015.5	中共中央国务院关于加快推进生态文明建设的意见	发挥 节能与减排的协同作用 ，全面推动重点领域节能减排积极应对气候变化，……，通过节约能源和提高能效，优化能源结构，……，有效控制二氧化碳……等温室气体
2015.8	《中华人民共和国大气污染防治法》修订版	第二条 防治大气污染，应当以改善大气环境质量为目标，坚持源头治理，规划先行， 转变经济发展方式，优化产业结构和布局 ，调整能源结构。 防治大气污染，应当加强对燃煤、工业、机动车船、扬尘、农业等大气污染的综合防治，推行区域大气污染联合防治，对颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、氨 等大气污染物和温室气体实施协同控制 。
2015.9	生态文明体制改革总体方案	为加快建立系统完整的生态文明制度体系，加快推进生态文明建设，增强生态文明体制改革的 系统性、整体性、协同性 ，制定本方案。
2018.3	组建生态环境部	应对气候变化职能转入，打通CO和CO2，完成了协同的体制安排
2018.5	全国生态环境保护大会	要打通地上和地下、岸上和水里、陆地和海洋、城市和农村、 一氧化碳和二氧化碳 ，贯通污染防治和生态保护，加强生态环境保护统一监管。 生态环境部门要履行好职责， 统一政策规划标准制定，统一监测评估，统一监督执法，统一督察问责 。
2018.6	中共中央 国务院关于全面加强生态环境保护坚决打好污染防治攻坚战的意见	提升生态环境治理的系统性、整体性、 协同性 协同推动经济高质量发展和生态环境高水平保护 加快推行排污许可制度，对固定污染源实施全过程管理和 多污染物协同控制

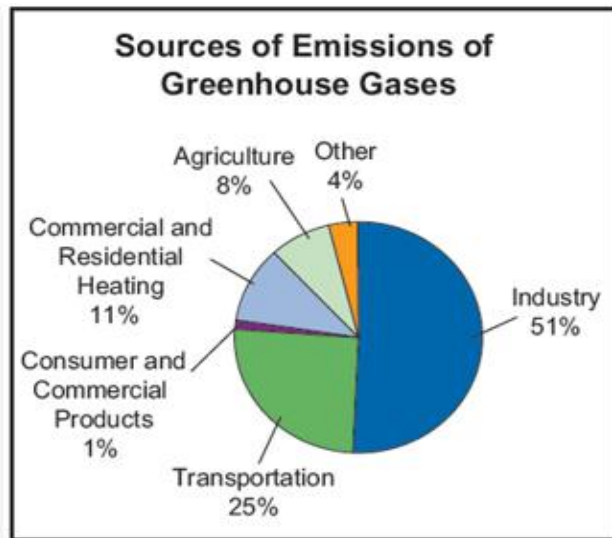
• 国内开展协同管理的要求

- ✓新《大气污染防治法》：对颗粒物、二氧化硫、氮氧化物、挥发性有机物、氨等大气污染物和温室气体实施协同控制。
- ✓国家机构改革重新部署应对气候变化工作：纳入生态环境保护的统一框架下管理，为下一步协同管理常规大气污染物和温室气体创造了条件。
- ✓“十九大”报告：持续实施大气污染防治行动计划，打赢蓝天保卫战；引导应对气候变化国际合作，成为全球生态文明建设的重要参与者、贡献者、引领者。
- ✓生态环境部把应对气候变化的目标任务纳入“十四五”规划纲要和“十四五”生态环境保护规划，进一步强化温室气体排放控制和适应气候变化工作，并与大气污染治理、生态环境保护、节能等工作领域更好衔接。

- 我国的一次能源消费主要依赖以煤炭为主的化石燃料，化石燃料在燃烧氧化过程中会同时释出温室气体（CO₂、CH₄等）和大气污染物（SO₂、NO_x等），部分温室气体和大气污染物产生的同源性导致对两者的控制存在协同效应。
- 协同效应能全面考量政策实施的效果及成本，对综合成本进行优化，有利于提高政策措施的经济性，以实现在有限的经济资源约束下最大程度削减温室气体和大气污染物的双赢。



Canada Environment (2004)



Canada Environment (2004)

- 大气污染物与温室气体排放的同源性和控制措施的同效性，使得两者之间的治理存在协同效应。
- (1) **排放的同根同源性**：
如煤炭等化石燃料在燃烧过程中会排放颗粒物、二氧化硫、氮氧化物等空气污染物，也会排放二氧化碳、黑碳等气候污染物。

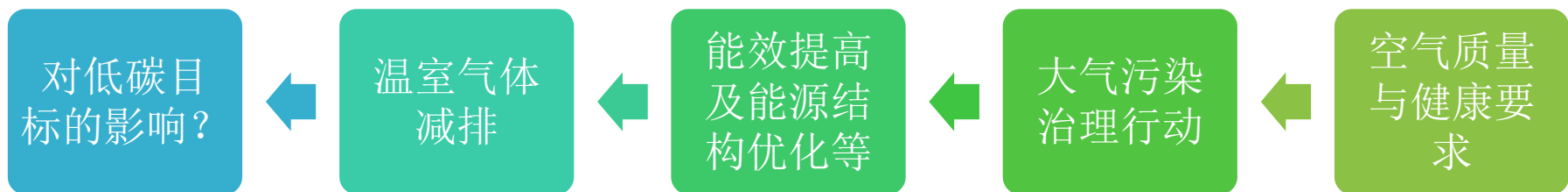
中国强化应对气候变化行动政策和措施	打赢蓝天保卫战三年行动方案
实施积极应对气候变化国家战略	调整优化产业结构，推进产业绿色发展
完善应对气候变化区域战略	加快调整能源结构，构建清洁低碳高效能源体系
构建低碳能源体系	积极调整运输结构，发展绿色交通体系
形成节能低碳的产业体系	优化调整用地结构，推进面源污染治理
控制建筑和交通领域排放	实施重大专项行动，大幅降低污染物排放
努力增加碳汇	强化区域联防联控，有效应对重污染天气
倡导低碳生活方式	健全法律法规体系，完善环境经济政策
全面提高适应气候变化能力	加强基础能力建设，严格环境执法督察
创新低碳发展模式	明确落实各方责任，动员全社会广泛参与
强化科技支撑	
加大资金和政策支持	
推进碳排放权交易市场建设	
健全温室气体排放统计核算体系	
完善社会参与机制	
积极推进国际合作	

• (2) **措施的同效性**：例如，四大结构优化（能源结构、产业结构、运输结构、用地结构）既是大气污染综合治理的源头控制措施，同样是温室气体控制的重要措施。

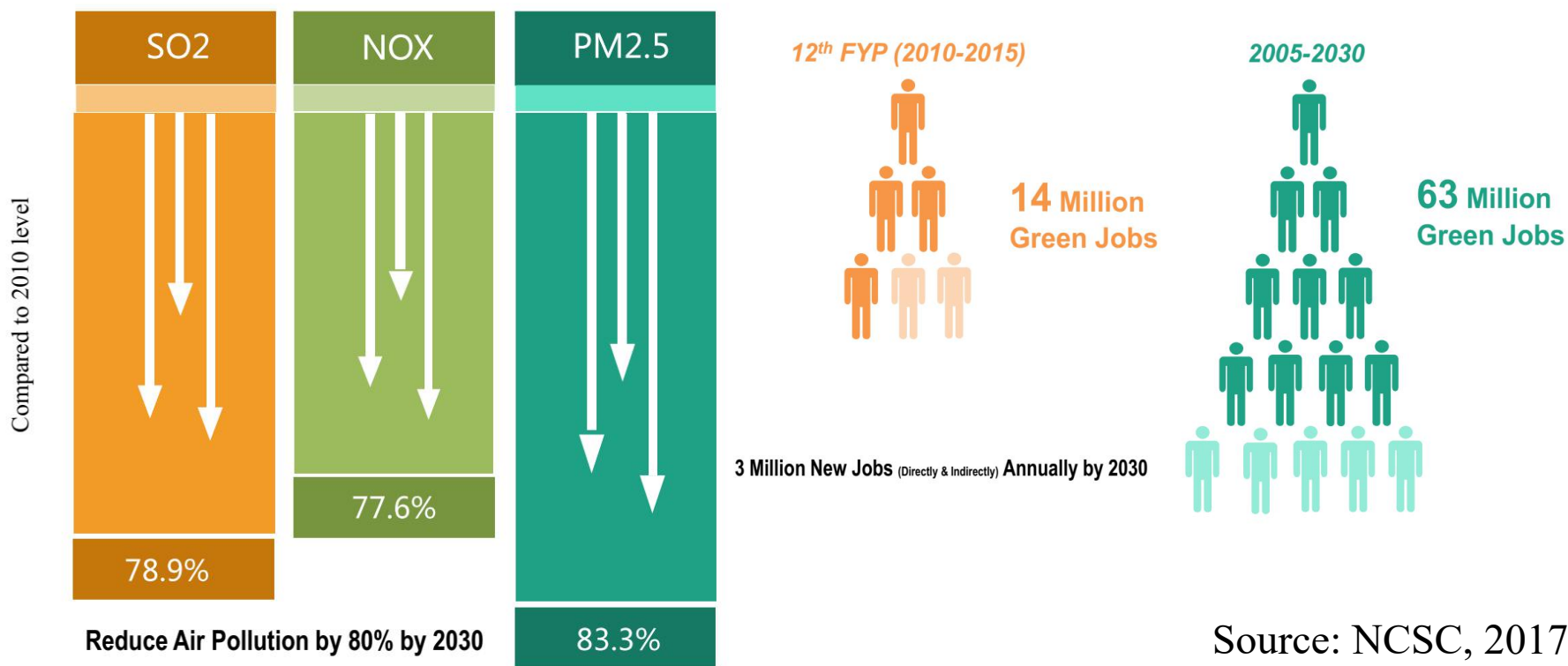
• **大气污染防治进入深水区！**

资料来源：Gao Qingxian, Research Findings and Lessons Learned from the Study on the Control of Greenhouse Gas and Air Pollutants, 2019.01.18-19 Beijing.

大气污染治理与温室气体减排的双向协同

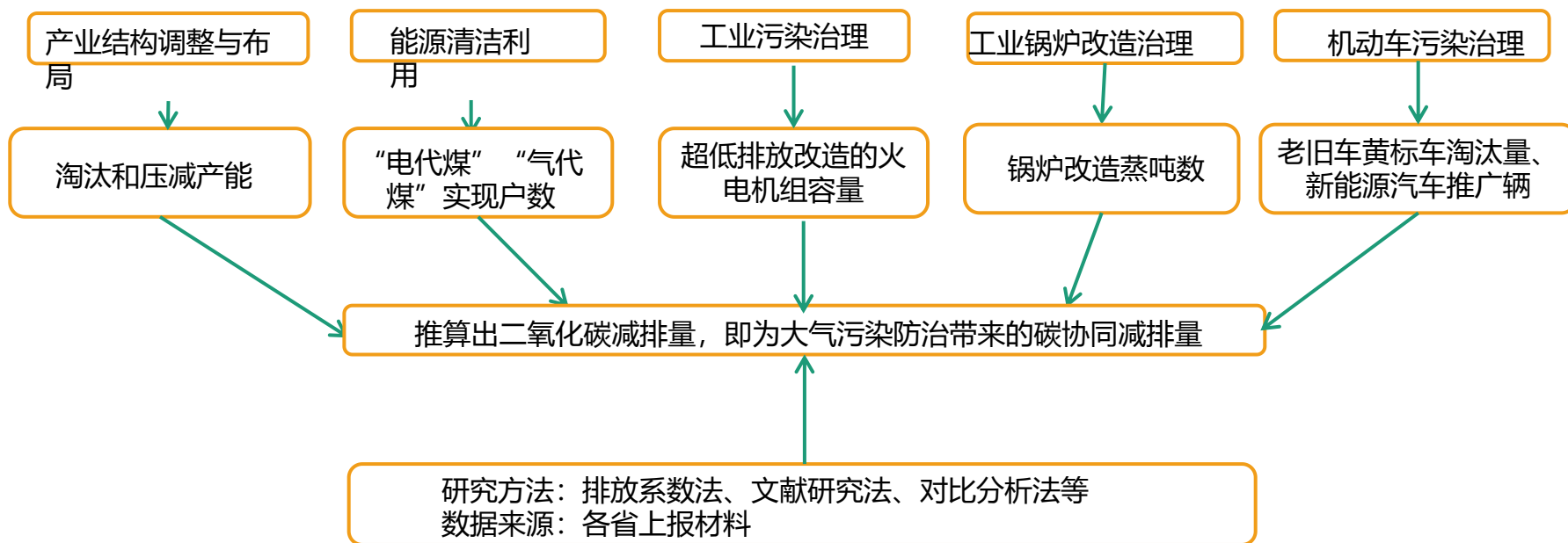


中国实现NDC目标可带来的环境与社会经济协同效应



《大气污染防治行动计划》实施的 碳协同减排效果评估

分析技术框架





碳协同减排效果评估/Carbon synergies assessment

研究范围/ range

- **评估范围:** 以《大气十条》实施的政策措施为对象，通过对**全国31个省**实施《大气十条》有关政策措施的梳理整合，从5个方面进行评估（资料来源于各省上报材料）。
- **时间范围:** 2013-2017年，基础年为2013年。
- **空间范围:** 全国及31个省（市、自治区），部分**政策措施费效分析**以京津冀及周边2+26个城市为主。



一级政策措施	二级政策措施
1、产业结构调整与布局调整 (2项子措施)	1) 淘汰落后产能 2) 压缩过剩产能
2、能源清洁利用 (3项子措施)	1) 散煤清洁利用 2) 燃煤“双替代” 3) 建筑节能管网改造
3、工业污染治理 (1项子措施)	1) 电力行业超低排放改造
4、锅炉改造与治理 (3项子措施)	1) 煤改电 2) 煤改气 3) 其他清洁能源
5、机动车污染治理 (2项子措施)	1) 黄标车与老旧车淘汰 2) 新能源汽车



碳协同减排效果评估/Carbon synergies assessment

减排量核算

1、各措施五年碳协同减排量

措施	减排量/万吨
产业结构调整	73674.73
能源清洁利用	5020.595
工业污染治理	-5571.1
锅炉改造治理	54453.57
机动车污染治理	3289.49

初步评估，《大气十条》实施五年期间全国实施产业结构调整、能源清洁利用、工业污染治理、锅炉改造治理和机动车污染治理等措施产生的碳协同减排量总计为**130867.29**万吨

2、各措施各年度碳协同减排量（万吨）

措施	2013	2014	2015	2016	2017	2013-2017
产业结构调整	15683.5	13866.4	11581.5	12395.5	20445.09	73674.73
能源清洁利用	-	-	-	-	-	5020.60
工业污染治理	0	-2057.02		-2399.86	-1114.22	-5571.1
锅炉改造治理	-	-	-	-	-	54453.57
机动车污染治理	416.9	975.48	703.35	707.8	485.96	3289.49

备注：能源清洁利用和锅炉改造治理只有五年总数据。

碳协同减排效果最为明显。

- 产业结构调整碳协同减排量从2015年开始，逐年上升；机动车污染治理碳协同减排量2014年达到峰值后，平缓下降。
- 电力行业超低排放改造2017年增加的碳排放量为2016年的一半。

3、各措施协同减排效果评估

(1) 构建协同减排当量指标

为了评估各项减排措施对于SO₂、NO_x、PM_{2.5}、CO₂等大气污染物的综合减排效果,特构造协同减排当量指标A_{Peq},将减排效果归一化以反映多污染物协同减排的线性累积效果.计算公式如下:

$$A_{Peq} = \alpha S + \beta N + \gamma P + \delta C$$

式中: S、N、P、C分别代表SO₂、NO_x、PM_{2.5}和CO₂的减排量; α、β、γ、δ分别为SO₂、NO_x、PM_{2.5}和CO₂的效果系数(或权重值)。

这里通过环境税中污染当量值的倒数来获取不同污染物的权重值。污染当量值的倒数表示单位污染物的有害程度、毒性和处理费用与指定单位量主要污染物的比值,并以此作为协同减排当量指标中各污染物的权重值。

大气污染物污染当量值

污染物	污染当量值 (千克)	污染当量值倒数	污染权重
SO ₂	0.95	1.05	1
NO _x	0.95	1.05	1
PM	2.18	0.46	0.44
CO ₂	20	0.05	0.05

3、各措施协同减排效果评估

(1) 构建协同减排当量指标

根据污染物减排量核算结果和碳协同减排量核算结果，以SO₂的污染当量值倒数为基准，其他污染物的污染当量值倒数与之相比较，计算了协同减排当量指标A_{peq}。

一级政策措施	二级政策措施	污染物减排量（万吨）				
		SO ₂	NO _x	PM _{2.5}	CO ₂	A _{peq}
1、产业结构调整	淘汰落后产能	179.16	112.2	73.44	73674.73	4007.41
2、能源清洁利用	散煤清洁利用（煤炭洗选加工），燃煤双替代	119.44	11.22	53.04	5020.60	405.03
3、工业污染治理	电力行业（燃煤电厂）超低排放改造	283.67	269.28	44.88	-5571.1	294.14
4、机动车污染治理	淘汰黄标车、老旧车	0	78.54	4.08	3289.49	244.81
合计		582.27	471.24	175.44	76413.72	4951.39

3、各措施协同减排效果评估

(2) 构建措施“协同控制比”

“协同控制比”是碳减排量与大气污染物减排量的比值。构建大气污染物协同减排当量指标 A_{Peq'} 来表示除CO₂外的大气污染物综合减排量，将减排效果归一化以反映多污染物协同减排的线性累积效果。计算公式如下：

$$A_{Peq'} = \alpha'S + \beta'N + \gamma'P$$

式中：S、N、P分别代表SO₂、NO_x和PM_{2.5}的减排量； α' 、 β' 、 γ' 分别为SO₂、NO_x和PM_{2.5}的效果系数(或权重值)。

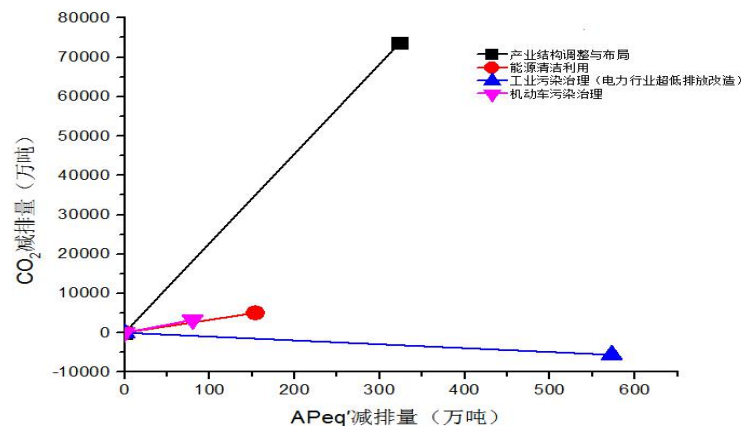
这里通过环境税中污染当量值的倒数来获取不同污染物的权重值，与协同减排当量指标中的各污染物权重相同。

一级政策措施	二级政策措施	污染物减排量（万吨）					协同控制比
		SO ₂	NO _x	PM _{2.5}	A _{Peq'}	CO ₂	CO ₂ /A _{Peq'}
1、产业结构调整	淘汰落后产能	179.2	112.2	73.44	323.67	73674.7	227.62
2、能源清洁利用	散煤清洁利用（煤炭洗选加工），燃煤双替代	119.4	11.22	53.04	154.00	5020.60	32.60
3、工业污染治理	电力行业（燃煤电厂）超低排放改造	283.7	269.3	44.88	572.70	-5571.1	-9.73
4、机动车污染治理	淘汰黄标车、老旧车	0	78.54	4.08	80.34	3289.49	40.95
合计		582.3	471.2	175.44	1130.70	76413.7	67.58

3、措施协同减排效果对比

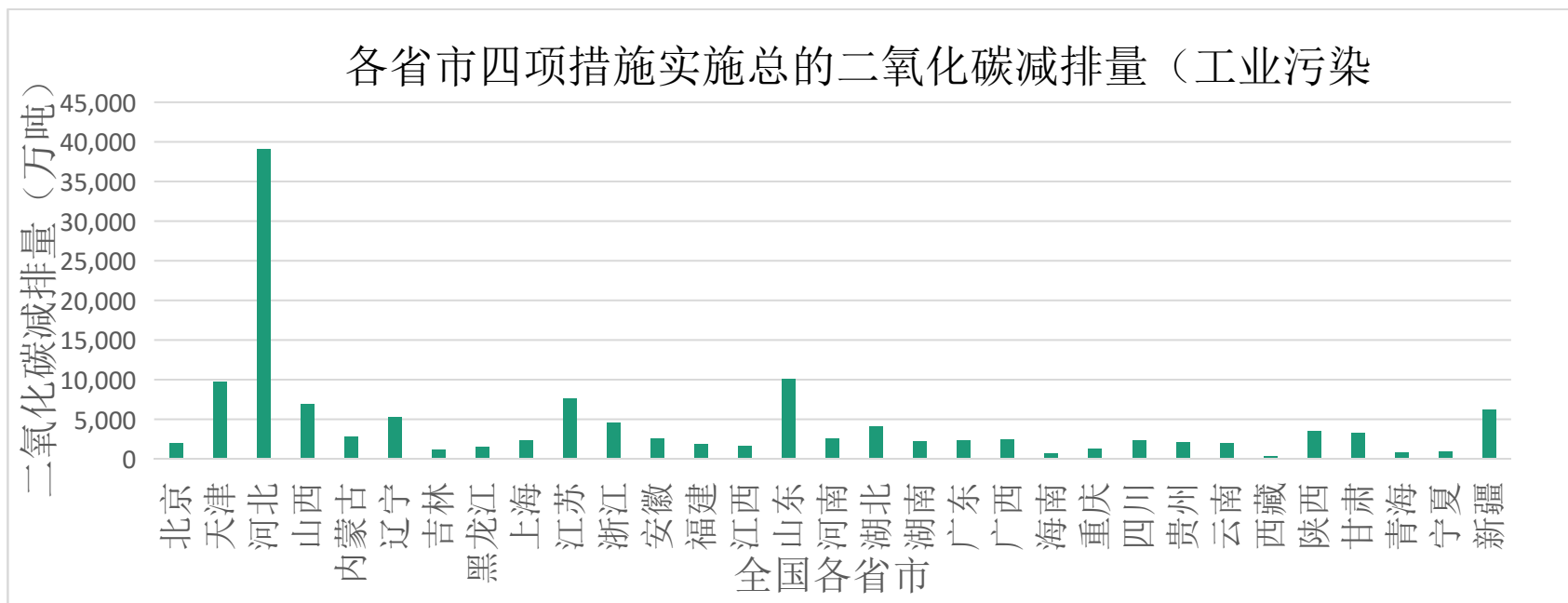
- 从措施协同减排当量来看，产业结构调整具有最高的协同度，其次是能源清洁利用，机动车污染治理。电力行业超低排放改造具有反向的协同效果。协同减排当量反映协同减排的总量。
- 从措施“协同控制比”来看，协同减排程度从高到低依次为产业结构调整、机动车污染治理、能源清洁利用，工业污染治理具有负的“协同控制比”。“协同控制比”反应措施协同减排的效率。

一级政策措施	二级政策措施	协同减排当量（万吨）		协同控制比	
		APeq	排序	CO ₂ / APeq'	排序
产业结构调整	淘汰落后产能	4007.41	1	227.62	1
能源清洁利用	散煤清洁利用（煤炭洗选加工），燃煤双替代	405.03	2	32.60	3
工业污染治理	电力行业（燃煤电厂）超低排放改造	294.14	3	-9.73	4
机动车治理	淘汰黄标车、老旧车	244.81	4	40.95	2



4、各省市实施措施减少的二氧化碳排放量

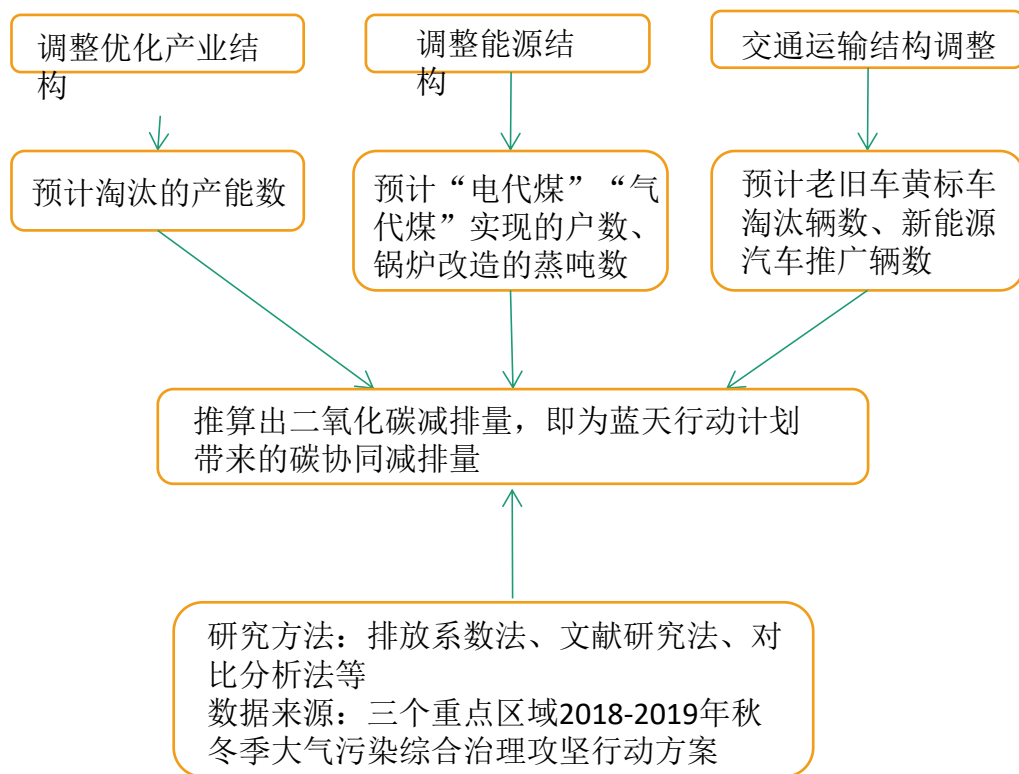
- 从措施来看，产业结构调整与布局措施在各省的碳协同减排效果最为明显。
- 从省市来看，最明显的是河北省（39041万吨），其次为山东省（10123万吨）和天津市（9670万吨）。



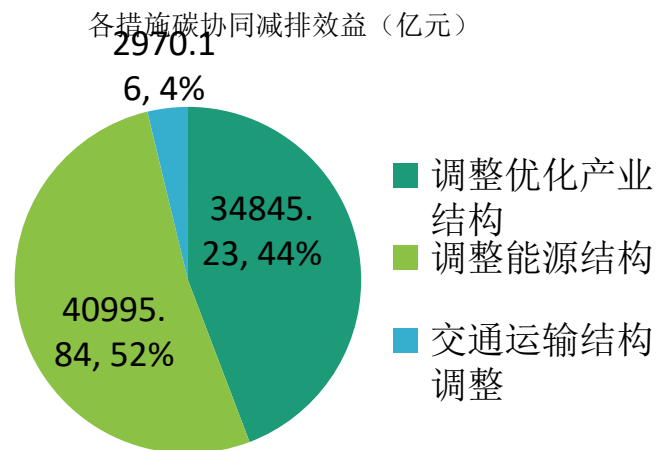
蓝天行动

《蓝天行动》费用效益分析预评估

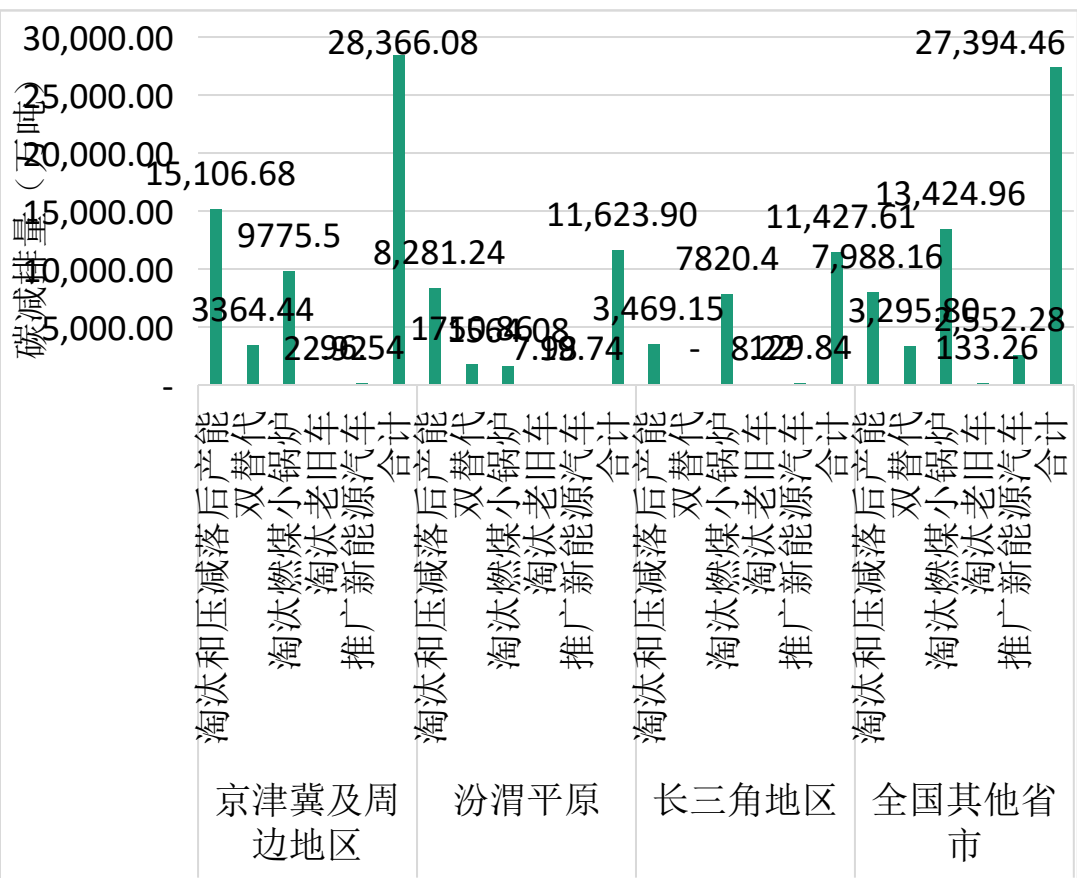
(四) 碳协同减排效益



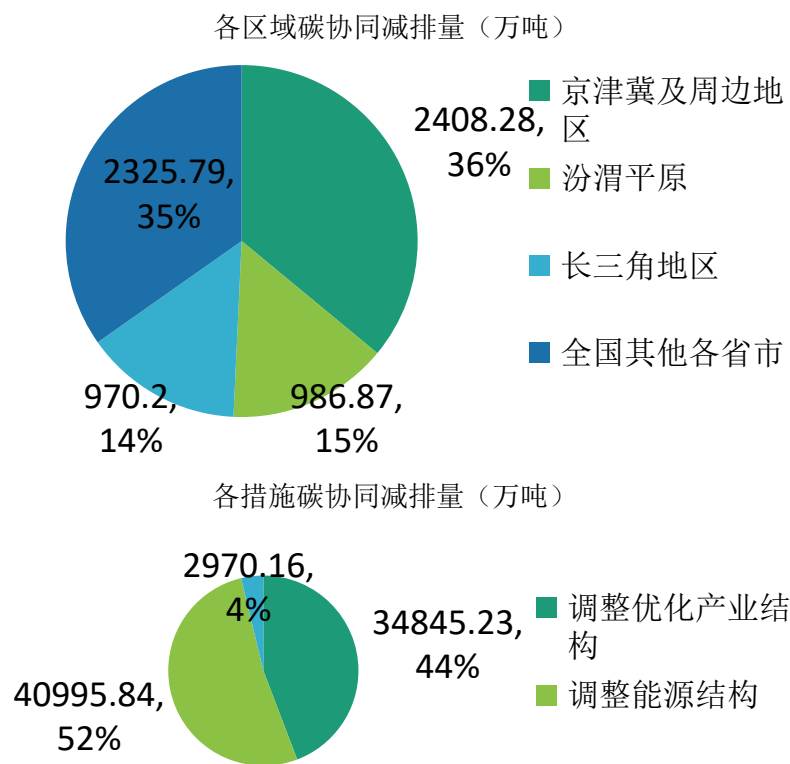
- 2018-2020年，《蓝天行动》的三项措施实施的碳协同减排效益估算共计6691.07亿元。



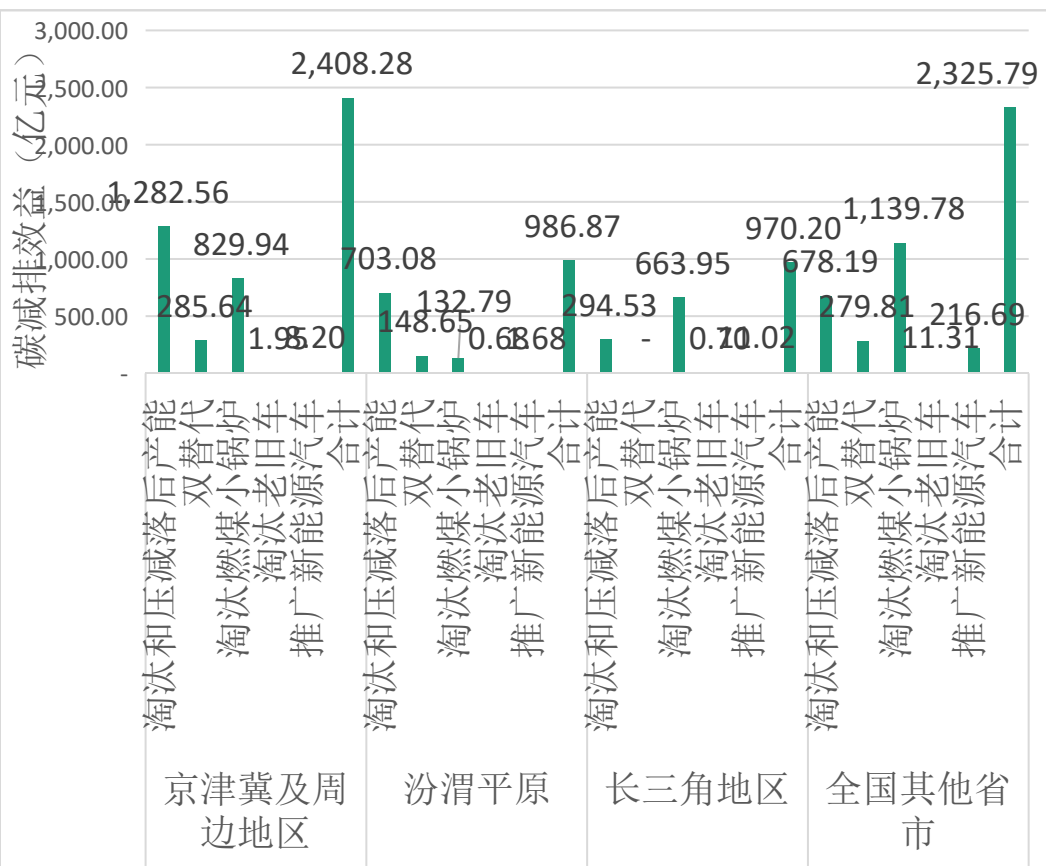
《蓝天行动》费用效益分析预评估



《蓝天行动》碳协同减排量合计：78811.23万吨

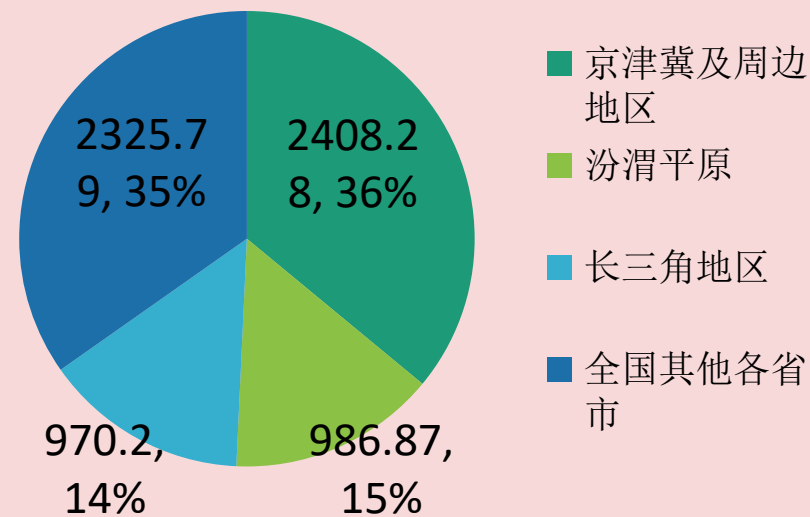


《蓝天行动》费用效益分析预评估



碳协同减排效益：6691.14亿元

各区域碳协同减排效益（亿元）



双达案例：青岛市面临的挑战



高质量发展面临的资源与环境约束



大气环境质量进一步下降难度加大



碳排放达峰要求能源、产业进行优化调整

如何将大气环境治理控制目标和温室气体排放控制目标协同

通过实现高质量发展，提高要素效率，同步实现大气环境治理控制目标和碳排放达峰目标（必由之路）

青岛市开展协同研究的重要意义

□ 宏观层面：

- ✓ 是打造“开放、现代、活力、时尚”国际大都市的内生需求
- ✓ 是完成十五大攻势、推动新旧动能转化的助推器

□ 具体层面：

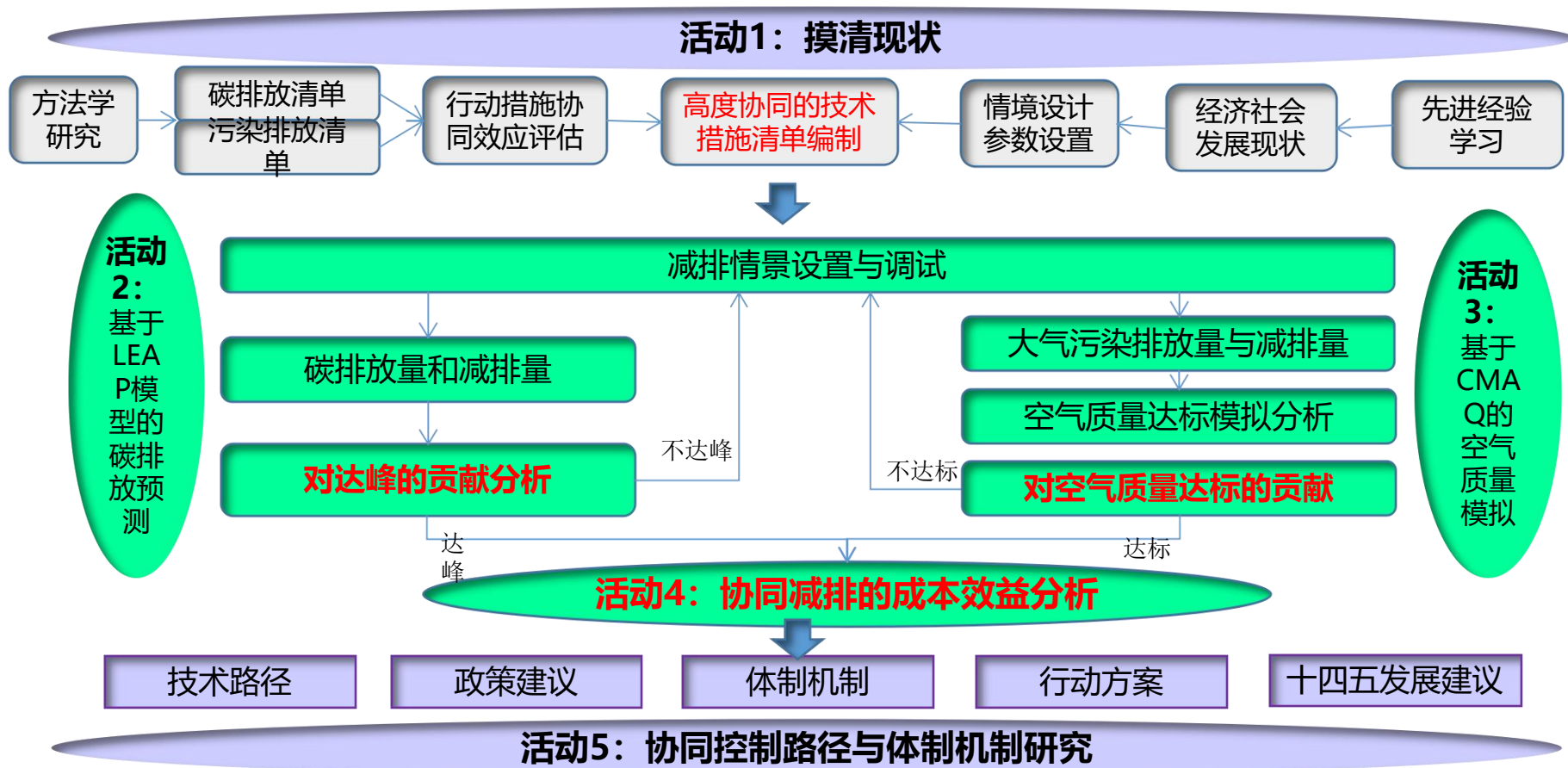
- ✓ 可以最大限度实现数据、方法、资源的共享，落实综合、协调的减排措施，有利于优化资源配置、提高管理效率，降低减排成本，更快地实现空气质量达标和控制温室气体排放
- ✓ 是职能转隶后，生态环境局推动气候变化工作的重要抓手



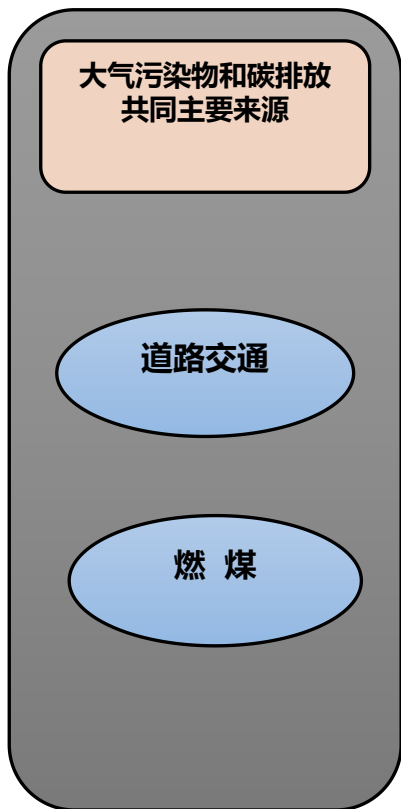
研究目标

- 青岛市碳减排与空气污染治理协同控制研究
- **项目目标：**拟找出适合青岛市碳减排和大气污染治理协同控制的最有效、最经济的行动举措，提出青岛市十四五期间协同控制的工作路径和发展目标，旨在推动青岛市经济高质量发展和城市竞争力进一步提升。同时也为国家和地方主管部门完善协同控制政策提供支撑。
- **适时努力融入高质量发展目标，追求三个目标的协同**

技术路线图

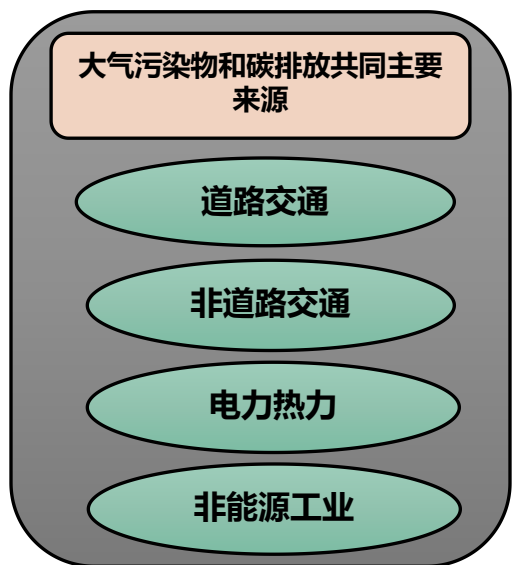


进展1：大气污染物和碳的同根同源分析



排放部门	碳排放占比	SO2	NOx	PM _{2.5}	PM10
道路交通	15%	46%	89%	26%	23.8%
工业生产	1%	7.97%	5%	5.1%	3.9%
燃煤	60%	26%	6%	28.8%	21.8%
扬尘	-	-	-	21.1%%	31.5%
合计	76%	80%	100%	60%	81%

案例：深圳碳排放和大气污染物排放的同根同源分析



排放部门	碳排放占比	PM _{2.5} 贡献
道路交通	51.8%	41.0%
非道路交通	13.2%	11.0%
电力热力	19.1%	8.0%
非能源工业	3.4%	15.0%
合计	87.6%	75.0%

碳排放
废弃物处置7.7%

大气污染物
扬尘12%

进展2：碳协同减排效果评估

《大气十条》碳协同减排评估

措施分类	措施内容		完成情况
优化产业结构与布局	1	持续实施“散乱污”企业治理	排查出散乱污企业2461家，截至2017年10底，全部完成整治，其中整改提升1044家，关停取缔1316家、其他类101家。
	2	加快推进老企业搬迁改造	125户老城区污染生产企业企业已经关停，累计下达搬迁计划18批，搬迁企业新项目竣工81户，开工在建21户；完成了青钢、碱厂等老城区高排放企业搬迁工作。
优化能源消费结构与布局	1	推进燃煤锅炉综合整治	淘汰燃煤锅炉277台，总吨位2633.7蒸吨。截止2017年12月全市建成区和县级市主城区10吨及以下燃煤小锅炉已全部淘汰，完成率100%。
	2	严格控制新上耗煤项目	除董家口经济区、平度新河生态化工区外，市域原则上不再新上传统燃煤供热项目。新上燃煤项目必须出具煤炭等（减）量替代方案。
	3	清洁能源替代	清洁能源供热项目累计达到4800万平方米。新建燃气管道787公里，新增天然气用户34.5万户。2016年，全市配送到户的兰炭和洁净型煤共计6万吨。2017年，共完成政府补贴清洁煤配送7.7万吨，洁净炉具配送3.3万台。
优化运输结构与布局	1	发展公共交通	2016年底地铁3号线全线开通试运营，2017年底地铁2号线东段开通试运营。
	2	积极推广节能环保运输工具	推广新能源汽车4.6万余辆，新建充电终端1.4万余个。
强化工业污染综合防治	1	全力推进工业污染源提标改造	全市现有的253台10蒸吨/小时以上燃煤锅炉均已完成污染治理设施升级改造。
	2	强化挥发性有机物（VOCs）污染控制	完成工业挥发性有机物治理项目300余个。
提高移动源污染防治水平	1	加快淘汰老旧车辆	累计淘汰黄标车16.5万辆。
	2	提升油品质量	全面销售国V车用燃油，新车执行国V排放标准。
	3	推进加油站改造	761家加油站全部按照要求完成了二级油气回收治理，其中位于城市建成区的206家全部完成了三级油气回收治理。
加强面源污染综合防治	1	切实加强秸秆禁烧管控	在全省率先将秸秆禁烧纳入考核范围，全市实现秸秆露天“零焚烧”，实行全域禁烧。2016年，将秸秆禁烧工作纳入环境空气质量生态补偿考核，秸秆焚烧火点由2013年的27处降至2017年的2处。
	2	强化道路扬尘污染治理	市区和四市主干道机扫和冲洗（洒水）率均达到100%，次干道机扫和冲洗（洒水）率分别达到95%以上，面积达到3500余万平方米。
	3	开展建筑工程扬尘在线监测	2017年，开展了建筑工程扬尘在线监测工作，全市累计647个建筑工程项目安装监测系统

实施效果：

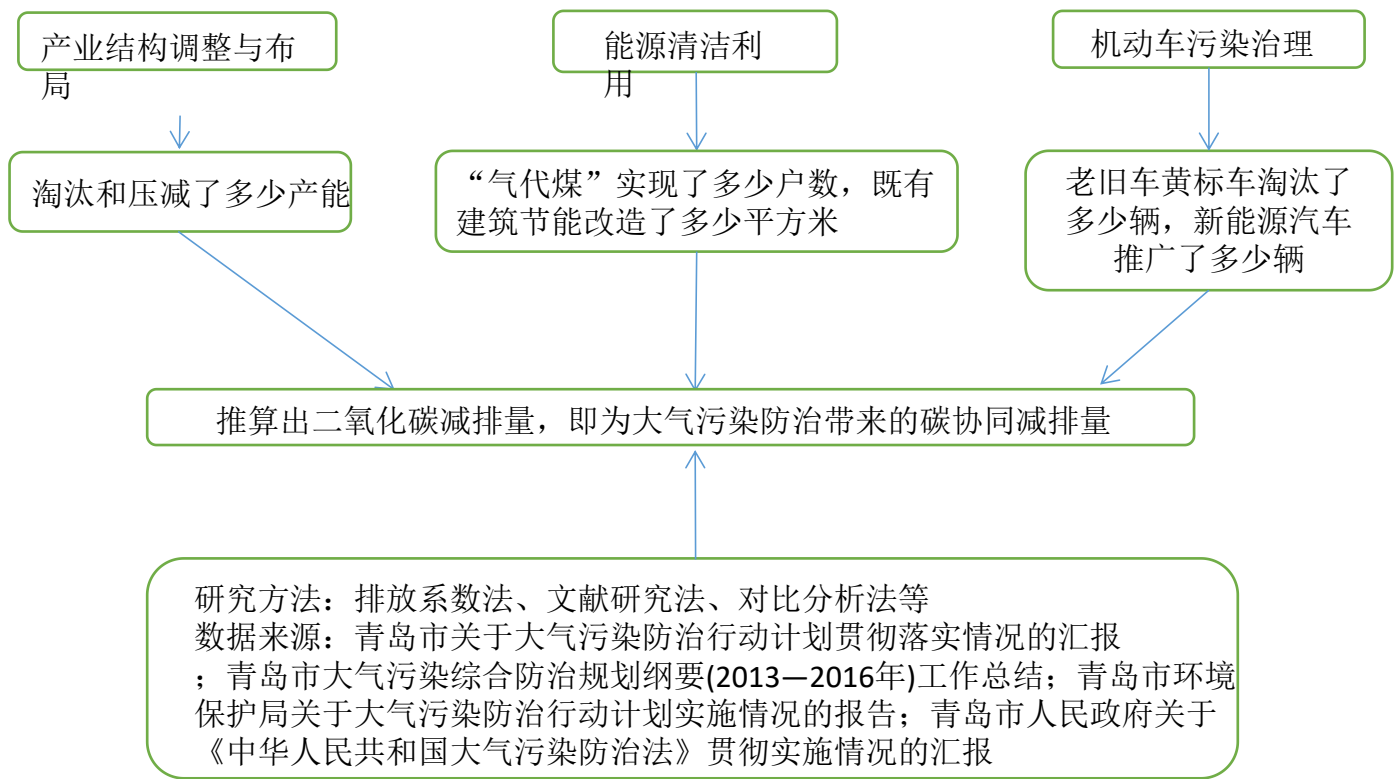
2017年二氧化硫、氮氧化物、烟粉尘排放量较2013年分别削减了8.13吨、9.21吨、2.67吨，排放量分别下降了83.95%、84.68%、63.42%。

2017年，青岛市市区空气质量优良天数为292天，比2013年增加26天；PM_{2.5}、PM₁₀、SO₂、NO₂浓度分别为37、76、14、33微克/立方米，与2013年相比，分别降低43.9%、29%、74.1%、17.5%

进展2：碳协同减排效果评估

《大气十条》碳协同减排评估

分析技术框架



协同减排效果评估/Carbon synergies assessment

研究范围/ range

- **评估范围：**以《大气十条》实施的政策措施为对象，通过对青岛市实施《大气十条》有关政策措施的梳理整合，由于数据的可得性，从3个方面进行评估。
- **时间范围：**2013-2017年，基础年为2013年。
- **空间范围：**青岛市。



一级政策措施	二级政策措施
1、产业结构与布局调整 (2项子措施)	1) 淘汰落后产能
	2) 压缩过剩产能
2、能源清洁利用 (2项子措施)	1) 燃煤“双替代”
	2) 建筑节能改造
3、机动车污染治理 (2项子措施)	1) 淘汰黄标车
	2) 推广新能源汽车

协同减排效果评估/Carbon synergies assessment

(一) 减排量核算

1、各措施五年碳协同减排量

一级政策措施	二级政策措施	数据来源	CO ₂ 减排量（万吨）
1、产业结构调整	淘汰落后产能	淘汰压减60万吨炼钢、50万吨炼铁产能（钢铁110万吨）； 淘汰60万吨落后水泥粉磨产能	钢铁：70.30万吨 水泥：36.96万吨
2、能源清洁利用	燃煤双替代	新增管道燃气用户：34.5万户； 完成既有建筑节能改造：747.4 万平方米	气代煤：134.48万吨 建筑节能：21.38万吨
3、机动车污染治理	淘汰黄标车、推广新能源汽车	淘汰黄标车16.5万辆； 推广新能源汽车4.6万余辆	淘汰黄标车：14.22万吨 推广新能源汽车：32.18万吨

备注：时间上界定为大气十条实施期间（5年）内总计完成的；新增管道燃气用户视作燃煤双替代中的“气代煤”。

- 初步评估，《大气十条》实施五年期间青岛市实施产业结构调整、能源清洁利用和机动车污染治理等措施产生的碳协同减排量总计为309.52万吨。
- 从措施来看，能源清洁利用和产业结构调整与布局两项措施的碳协同减排效果最为明显。

2：碳协同减排效果评估

《蓝天行动》碳协同减排评估

措施分类	措施内容	
优化产业结构与布局	1	加大淘汰落后产能和过剩产能力度
	2	着力调整产业布局
	3	持续实施“散乱污”企业治理
	4	严格控制“两高”行业新增产能
	5	加快推进老企业搬迁改造
优化能源消费结构与布局	1	持续实施煤炭消费总量控制
	2	严格控制新上耗煤项目
	3	加快淘汰落后燃煤机组
	4	提升天然气供给能力
优化运输结构与布局	1	加大公路运输污染控制力度
	2	积极推广节能环保运输工具
强化工业污染综合防治	1	全力推进工业污染源提标改造
	2	强化挥发性有机物（VOCs）污染控制
	3	加强工业窑炉专项整治
	4	强化无组织排放控制管理
提高移动源污染防治水平	1	加快淘汰老旧车辆
	2	提升油品质量
	3	不断强化船舶污染控制
加强面源污染综合防治	1	切实加强秸秆禁烧管控
	2	强化道路扬尘污染治理
	3	加强矿山扬尘综合管控

预期效果：

到2020年，环境空气质量细颗粒物（PM_{2.5}）、可吸入颗粒物（PM₁₀）年均浓度达到《环境空气质量标准》二级，二氧化氮（NO₂）、臭氧（O₃）年均浓度持续改善，二氧化硫（SO₂）年均浓度不超过一级标准限值，空气质量优良率不低于80.1%，重污染天数不超过4天。

碳协同减排效果评估/Carbon synergies assessment

各措施碳协同减排量

一级政策措施	二级政策措施	数据	CO ₂ 减排量（万吨）
1、调整能源结构	双替代	新增天然气用户9.4万户	气代煤：18.32万吨
2、交通运输结构调整	推广新能源汽车	我市自运行新能源公交车以来，共减少碳排放约21万吨	

备注：目前只收集到1年的数据；新增燃气用户视作燃煤双替代中的“气代煤”。

➤ 初步评估，《蓝天计划》实施期间青岛市实施调整能源结构和交通运输结构等措施产生的碳协同减排量总计为39.32万吨。

进展3：温室气体排放控制的主要措施

主要措施

主要成效

青岛市低碳发展规划

- **低碳型城市空间布局。**空间布局优化，企业搬迁改造
- **低碳技术创新与应用。**特色技术研发、示范和推广
- **绿色低碳产业。**传统产业改造，发展高端制造业、高新技术产业、战略性新兴产业以及低碳型现代服务业
- **低碳能源供应。**工业节能，锅炉/窑炉改造，清洁能源
- **低碳交通运输。**公交优先，新能源车船，运力结构
- **绿色低碳建筑。**建筑节能改造，新能源建筑
- **低碳政府和社会消费。**政府节能，低碳生活和消费
- **低碳生态。**增强碳汇能力，增加森林资源

产业结构优化，三产比重56.4%；六大高耗能行业占比下降至16%，高新技术产业占比5.3%

2018年相对2013年煤炭削减 万吨，清洁能源利用比重提升至3%，天然气比重提升至

十三五”以来，道路运输行业单位运输周转量能耗下降2.8%，沿海营运船舶单位运输周转量能耗下降2.6%，港口生产单位吞吐量综合能耗下降2%。累计推广新能源公交车3941辆，推动轨道交通发展线网长度104.35km

累计完成既有节能改造面积**万平方米，开工建设绿色建筑 万平方米。实施绿色建筑、绿色智慧住区、被动式超低能耗建筑等省级示范项目15个

2010年以来共完成新增造林65万亩

进展3：温室气体排放控制的主要措施

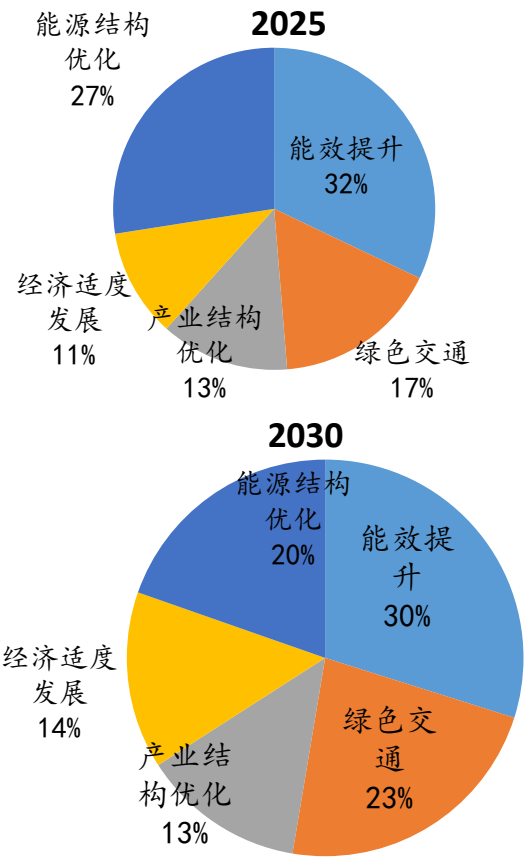
行动措施		发展目标
能效提升	规上工业清洁节能行动	规上工业清洁生产和能源审计100%贯标；重点行业企业每五年至少做一轮清洁生产和能源审计
	规上工业碳评估行动	试点推行碳评估制度，2025年规上企业碳评估制度推行率达到50%，2030年推行率100%
	公-铁-水货物联运行动	加强货运铁路基础设施建设能力，强化港口、铁路、公路的无缝，至2030年推动30%的公路货运需求向铁路转移
	建筑绿色认证行动	新建住宅新建住宅和公共建筑100%绿色认证；2025年新建住宅和公共建筑分别执行85%节能标准和70%节能标准，2030年新建公共建筑执行75%节能标准。
	既有建筑节能改造行动	每年推动80万平方米以上的既有大型公共建筑节能改造，改造后建筑能效提升20%以上
能源结构优化	稳步控煤行动	按着山东省下达任务目标稳步压减煤炭消费量，2030年煤炭消费占比降至22%以下。
	落后火力发电机组淘汰行动	2020年之后逐步淘汰火力发电落后机组，2030年前淘汰目前装机规模的1/3左右。
	加大外电入青行动	2030年外电引入量占电力总消费量的70%以上。
	实施散煤替代行动	推动电代煤、光代煤、地热代煤、热泵代煤等多种散煤替代方式，力争2025年前，实现散煤利用100%清洁化替代。
	清洁能源集中供热行动	开发大型热电联产和工业生产余热潜力,大力推广污水源、海水源等可再生能源供热方式，2025年实现集中供热清洁能源占比超过40%，2030年实现集中供热清洁能源占比达到60%
	生物质资源综合利用行动	推进秸秆、禽畜粪便等废弃生物质资源阶梯式能源化利用，提升废弃资源综合利用率。
	光伏/光热规模化推广行动	规模化推进太阳能的光伏、光热利用，提升可再生能源利用比重。
	风电	推动国电电力青岛西海岸新区大村风电、华润风力发电项目、青岛沃尔风力发电有限公司风电等一批风电项目建设。
	氢能行动	

进展3：温室气体排放控制的主要措施

	行动措施	发展目标
绿色交通	综合运输网络体系提升行动	进一步调整优化综合交通网络结构，推动港口、航空、铁路、高速公路、城际客运等交通方式的对接和多式联运，实现优势和功能互补
	公交车电动化行动	利用纯电动公交车逐步替代有轨电车和燃油公交车，2025年前实现100%电动化
	出租车清洁化行动	鼓励清洁能源与电动出租车同步发展，2025年公交清洁化率达到100%。
	燃油汽车规模控制行动	适度控制燃油小汽车拥有量的增长率，2020-2030年间力争控制在3%以内；
	共享出行行动	鼓励共享出行，2030年私家车年均行驶里程控制在1.2万公里以内。
	新能源汽车规模发展行动	加强充电桩等配套设施建设，大规模推动新能源汽车发展，2030年力争全市新能源私家车推广100万辆以上，占私家车拥有量的30%以上。
	燃油摩托车取缔行动 轨道交通快速发展	实施燃油摩托车2025年全部取缔行动。 2030年轨道交通客流量和平均运距均相当于2020年的1.5倍。
产业结构优化	现代服务业品牌提升行动	大力发展现代金融、现代物流、现代旅游、商务服务、健康养老等优势特色的服务业，2022年服务业增加值占GDP比重提升至59.2%，2030年服务比重升至68%
	电器制造业产值提升行动	推动传统家电制造业向智能家电和智能生态跨越，2022年主营业务收入突破2400亿,2030年突破3000亿元
	铁路设备制造业产值提升行动	做强整车制造，2022年铁路运输设备制造业主营业务收入达到1200亿元，2030年突破1800亿元。
	汽车制造业产值提升行动	打造国家重要的汽车制造和新能源乘用车产业基地，到2022年，汽车产能突破180万辆，汽车制造业主营业务收入突破1700亿元，2030年突破2500亿元。
	食品饮料业改造提升行动	发展7条百亿级产业链，提升食品制造业，提升乳品、海洋食品品牌，2022年主营业务收入突破千亿，2030年突破1300亿元
	橡胶塑料业退城进园稳步发展行动	推进绿色化、智能化发展，2022年突破600亿元，2030年主营业务收入突破700亿元。
	石油加工业改造提升行动 化学原料和化学制品制造业改造提升行动 钢铁行业资源节约行动	提升精炼石油产品制造业，超前布局先进化工新材料产业，2022年主营业务收入突破800亿，2030年突破1000亿元。

进展3：温室气体排放控制的主要措施

指标	减排量		贡献率		
	2025	2030	2025	2030	
一、能效提升					
1	降低单位工业增加值能耗	208.76	211.70	16.30%	12.74%
2	降低私家车百公里能耗	33.77	44.32	2.64%	2.67%
3	降低公路货运百吨公里能耗	48.12	61.56	3.76%	3.70%
4	提升单位面积铲除，降低公共建筑面积能耗	34.55	59.68	2.70%	3.59%
5	提升家电节能率，降低住宅建筑能耗	85.54	119.35	6.68%	7.18%
	小计	410.75	496.56	32.08%	29.88%
二、产业结构优化					
1	调整工业内部行业结构	165.54	220.80	12.93%	13.28%
	小计	165.54	220.80	12.93%	13.28%
三、绿色交通					
1	增加和优化公交线路	52.99	117.18	4.14%	7.05%
2	大幅推广新能源汽车	56.80	69.90	4.44%	4.21%
3	快速推进轨道交通	33.08	93.34	2.58%	5.62%
4	优化公路运输方式	19.94	22.94	1.56%	1.38%
5	适度控制私家车保有量	49.72	73.81	3.88%	4.44%
	小计	213.05	378.21	16.64%	22.76%
四、优化能源结构					
1	提高天然气比重	126.29	138.03	9.86%	8.30%
2	发展可再生能源电力	225.60	188.39	17.62%	11.33%
	小计	351.89	326.42	27.48%	19.64%
五、经济适度发展					
1	适度控制GDP增长速度	139.22	240.09	10.87%	14.45%
	总计	1280.45	1662.07	100.00%	100.00%



难点与问题

- 如何定义协同，协同的评价标准？
- 协同与不协同相比，有哪些明确的改善？譬如省钱？提高政策效果，降低目标与政策之间的冲突？以及初步考虑如何解决
- 协同方向：以谁为主，谁协同谁；
- 模型方法，两套数据和方法，尺度不同，以谁为主；
- 要不要做大气环境质量模拟？
- 如何体现对高质量发展的含义？面临的困难？与碳排放和环境污染的关系
- 要不要做成本效益分析（基于措施的）？
- 政策建议怎么提（针对环境部门，能否提一些更具体的内部职能整合的一些建议）



谢谢!

中国人民大学环境学院

王克

wangkert@ruc.edu.cn