



城市交通大气污染物与温室气体协同控制技术 指南 2.0 版报告

Technical guidelines for coordinated control of air pollutants and
greenhouse gases in urban transportation (version 2.0)

宇恒可持续交通研究中心

2021.1

China SustainableTransportation Center

January , 2021

执行摘要

随着经济社会活动持续升级以及城镇化进程的加快，我国的温室气体排放和大气环境质量形势严峻。在多年实施工业与能源供应结构调整、技术升级改造等措施之后，传统工业行业的温室气体和空气污染物排放逐渐趋于稳定。交通领域逐渐成为我国温室气体和空气污染物排放的主要部门，并且随着经济的持续快速发展和人们生活水平的日益提升，未来交通领域的能耗和排放压力仍会呈上升趋势。因此，交通领域将逐渐成为影响我国温室气体排放达峰和空气污染物排放达标的重点和难点。

国内外经验表明，在工业化后期，即我国所处的当前阶段，交通领域会成为温室气体和大气污染物排放的重点领域，同时也是能够加强节能减排和大气质量改善的重要切入点。交通业已是三大碳排放源之一，占比 10%，机动车排放已经成为多个城市的首要 pm2.5 来源，长江干线、西江干线等水域的船舶大气污染物排放日益严重，交通领域已成为未来实施协同控制的关键一环。

近年来，随着碳中和和碳达峰目标、生态文明建设、绿色交通、交通强国等政策目标的提出以及《中国交通的可持续发展》白皮书等政策文件的出台，交通领域对节能减排和大气质量改善在顶层设计中的重要性逐步凸显。此外，温室气体与大气污染物排放的同源性以及减少温室气体排放对大气污染物控制的正协同效应也使得“双达”“双控”具有现实的可行性。

因此，基于交通领域的排放现状、政策目标导向、以及协同控制的可实施性三方面考虑，2019 年，在能源基金会的资助下，宇恒可持续交通研究中心出台了城市交通大气污染物与温室气体协同控制技术指南 1.0 版本，梳理了交通领域对大气污染物及温室气体排放影响，提出了采用协同手段解决 CO₂ 和污染物排放。该指南能够通过定量研究和费效分析，从交通部门的现行政策中筛选出协同效益最大化的措施，1.0 版本指南自推出后，已经在天津等多个城市应用并受到广泛好评。

2020 年，根据试点项目和城市的反馈，宇恒可持续交通研究中心对 1.0 手册进行了更新，在 1.0 手册提出的五项协同、四种算法、三个情景设置以及政策效果评估的基础上，增添了有关大数据、人工智能技术、出租车网约车的新能源化、

提升国V以上货车比例、推动低硫燃料、算法叙述、开放碳交易市场、关注多方面协同和社会经济可接受程度、新技术和新模式应用等内容，新版的手册更加适应十四五规划的需求，考虑了各地城市“双达”工作开展的需要，有助于塑造城市未来交通布局。

1.0 手册中的五项协同指的是基础信息协同、排放清单编制协同、目标设定与减排情景分析协同、协同技术措施工具箱和保障措施协同。基础信息协同指的是通过协同开展基础调研以及实地调研，收集交通的供给、需求、结构及相关政策等信息，得出本地交通活动的发展情况及特征分析。排放清单编制协同指的是通过大数据技术手段以及核算方法（能耗法、里程法、周转量法、起降法），以及统计年鉴、能源平衡表、政府文件、社会经济发展相关规划以及行业规划等资料，得出交通各部门的温室气体及大气污染物排放清单。目标设定与减排情景分析协同是指通过目标设定兼顾大气污染与温室气体排放控制的需求，通过情景分析得到协同控制的排放预测，根据社会经济发展相关规划以及行业规划、排放清单等资料，得出交通领域协同控制目标体系和排放模型及不同情景的排放（减排）量。协同技术措施工具箱是指通过减排成本曲线和基于排放清单的现状评估，识别政策减排效果，从而得出政策工具箱。在工具箱中，主要在土地利用布局、公共交通系统、步行和自行车系统、车辆以及油品管理、交通需求管理、交通出行替代、运输结构调整七个方面提出了十六项措施。保障措施协同指通过协同模型和标杆管理法，评估实施的组织机制建设要求，以及政策、技术、资金、能力建设等需求，了解政策支持、资金渠道以及市场规模，出台各类保障措施顺利落实的方案。

此外，2.0 手册参考了在 1.0 手册提出后的试点项目和城市实践经验。根据一版手册的内容，天津、昆明、广州等城市率先提出了各项措施，结合具体情况进行了实践。在城市实践中，2.0 手册提取了许多亮点，也总结了暴露出的部分问题。如广州市的交通大数据共享机制、可持续发展措施库和研究方法创新；深圳市的“三达”“目标、规划时间范围长、目标方向长远激进、综合考虑多个领域”；昆明市关注交通与经济发展的关系、多部门之间的协调以及准备储备策略；天津市突出了协同手段、以十三五为基点、以生态文明建设和交通强国建设为导向。而四个城市暴露出的问题包括依赖传统收集方式、关于电动车的数据分析和

政策引导缺失、协同技术措施中缺少对国内货车减排措施的指引、算法部分不够形象直观、对碳补偿和碳交易关注少、部分措施成本过高、新技术和新模式的运用相对缺乏等问题。这些问题和亮点推动和启发了 2.0 手册的出台，为未来交通领域的协同控制实施提供了案例和经验分享。

基于十四五规划的政策导向以及试点城市实践中的问题，2.0 手册作出了七项调整。首先，提出了结合互联网开放数据和城市基础空间数据，构建机器学习模型对城市道路机动车流量进行预测，实现时间与空间上的全覆盖。第二，结合国家新能源政策，2.0 手册提出了出租车网约车的新能源化和以旧换新。根据相关分析，每当一辆燃油出租车换成纯电出租车，每年就能减少 5 万吨的碳排放，相当于每年种植了 15 棵树，全国目前有超 50 万辆出租车，20 余万辆网约车，因此出租车和网约车实现新能源化潜力巨大。第三，基于重卡市场中节能减排具有很强的操作性和较高的社会接受度的考虑，2.0 手册提出了提升国 V 以上货车比例以及推动低硫燃料。第四，在减排量交叉弹性算法的段落加上狭义和广义的叙述，使手册更加形象和直观，便于参考。第五，在借鉴国际经验的基础上，提出开放碳交易市场，开放综合市场手段以加强碳排放控制。第六，手册提出要关注部门、区域多方面的协同，以及社会经济接受程度。我国目前处在经济增长的关键阶段，全面建成小康社会的冲刺阶段，实现碳中和、碳达峰、空气质量改善等目标的各项措施需要充分考虑其经济成本、系统效益，区域协调以及社会的可接受程度。第七，增强了对交通领域新技术和新模式的关注。包括结构优化、能效提升、能源替代，等措施中的子行业的技术更新。

在下一个工作阶段，2.0 手册的更新将结合地方城市十四五规划及相关专项规划的编制与实施；结合地方城市“双达”(碳达峰、空气质量达标)工作的研究、编制与实施；结合发改、生态环境、自然资源、交通等部门的行动计划及重点任务落实；借势新基建，贯彻新发展理念，吸收新科技革命成果，不断提升技术方法与模式创新，为生态文明建设以及十四五目标的完成添砖加瓦。

致谢

感谢能源基金会为本指南的研究提供资金支持，并协助组织专家进行研究成果的审阅讨论。

本指南由如下研究团队核心编写成员共同完成：

宇恒可持续交通研究中心(CSTC): 姜洋、陈素平、张元龄、刘洋、李剑华

本指南编写过程中，许多位专家参与了指南报告的专家咨询会。研究团队衷心感谢为本指南成果完善提出了诸多宝贵意见的各位。名单如下(排名不分先后)：

田智宇	国家发展和改革委员会能源研究所，能效中心副主任
徐洪磊	交通运输部规划研究院环境资源所，所长
吕学都	亚洲开发银行可持续发展和气候变化局，高级顾问
黄 莹	中科院广州能源所，中国科学院广州能源研究所副研究员
田智宇	国家发展和改革委员会能源研究所，能效中心副主任
林微微	能源基金会低碳城市项目主管
周柳辛	能源基金会低碳城市项目经理

免责声明

- 若无特别声明，报告中陈述的观点仅代表作者个人意见，不代表能源基金会的观点。能源基金会不保证本报告中信息及数据的准确性，不对任何人使用本报告引起的后果承担责任。
- 凡提及某些公司、产品及服务时，并不意味着它们已为能源基金会所认可或推荐，或优于未提及的其他类似公司、产品及服务。

1. 研究背景与目的

1.1. 碳中和的提出和生态文明建设的需要

2020年9月22日，中国国家主席习近平在第七十五届联合国大会一般性辩论上发表重要讲话强调，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，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和。这是迄今为止各国中作出的最大减少全球变暖预期的气候承诺，得到了国际社会的高度关注和积极评价。

习总书记在党的十九大报告中指出，建设生态文明是中华民族的千年大计，功在当代，利在千秋，对新时代加快生态文明体制改革、建设美丽中国作出了全面部署，要求推进绿色发展、着力解决突出环境问题、加快生态系统保护力度、改革生态环境监管体制等4大任务，并对交通强国、绿色出行、污染防治攻坚战、国土绿化行动、构建生态廊道等进行了明确部署。

绿色交通是交通运输行业加强生态文明建设和实现绿色发展的战略举措，是转变交通运输发展方式的重要抓手，对于推进交通运输现代化进程具有引领作用。交通部和国务院先后出台多项政策文件，以保障绿色交通体系的形成。2017年12月交通运输部印发《关于全面深入推进绿色交通发展的意见》，明确了绿色交通的总体要求和发展目标，提出了全面推进实施绿色交通发展七大工程和构建绿色交通发展三大制度保障体系。在2019年，交通部引发了《绿色出行行动计划（2019—2022年）》，2020-12-22国务院新闻办公室网站发布了《中国交通的可持续发展》白皮书，提出强化大气与水污染防治。坚决打好交通运输领域污染防治攻坚战，用最严格的制度、最严密的法治治理环境污染。

综上所述，从实现碳中和以及推动生态文明建设两个需求端出发，响应国家的交通强国建设纲要、十四五交通发展规划、绿色出行行动计划、绿色出行创建行动方案等相应政策文件，推动交通领域的节能减排刻不容缓。

2. 研究目的

2.1. 碳中和的定义+交通减排与碳中和

习总书记提出的 2060 目标中的碳中和是指企业、团体或个人测算在一定时间内，直接或间接产生的温室气体排放总量，通过植树造林、节能减排等形式，抵消自身产生的二氧化碳排放量，实现二氧化碳“零排放”。要达到碳中和，一般有两种方法：一是通过特殊的方式去除温室气体，例如碳补偿。二是使用可再生能源，减少碳排放。

要实现碳中和，我们首先需要了解碳的排放量，排放源以及中和碳的有效方法。根据 BP 统计数据，2019 年，中国碳排放总量为 98.3 亿吨，是 2000 年碳排放的 2.8 倍，2000 以来年均增速为 5.6%。分能源品种来看，根据 IEA 统计数据，2017 年的碳排放中，煤炭占 80%，石油占 15%，天然气占 5%。分行业来看，根据 IEA 统计数据，碳排放最大的三个行业分别是：电热生产（50%）、制造业和建筑业（30%）、交通业（10%）。这三个行业加起来占碳排放的 9 成，所以这三个行业的碳减排最为关键。

其中，就交通业而言城市层面，在深圳，交通方面对碳排放的贡献率高达 65.1%。中国层面，交通部门 2020 年交通运输的石油消耗量将达到 2.56 亿吨，约占一次能源消费总量的 57%，增幅和增速远超其他行业。随着经济的持续快速发展和人们生活水平的日益提升，未来交通领域的能耗和排放压力仍会呈上升趋势，交通行业能源需求仍将快速增长，预计 2050 年达到峰值，比 2020 年多 58%。因此，交通领域在当前阶段和未来都是影响我国温室气体排放达峰和空气污染物排放达标的重点和难点，这同时也说明交通行业的减排潜力很大，通过实现交通领域能源消费结构和运输结构调整，淘汰老旧设备等，可以为实现碳中和作出很大贡献。

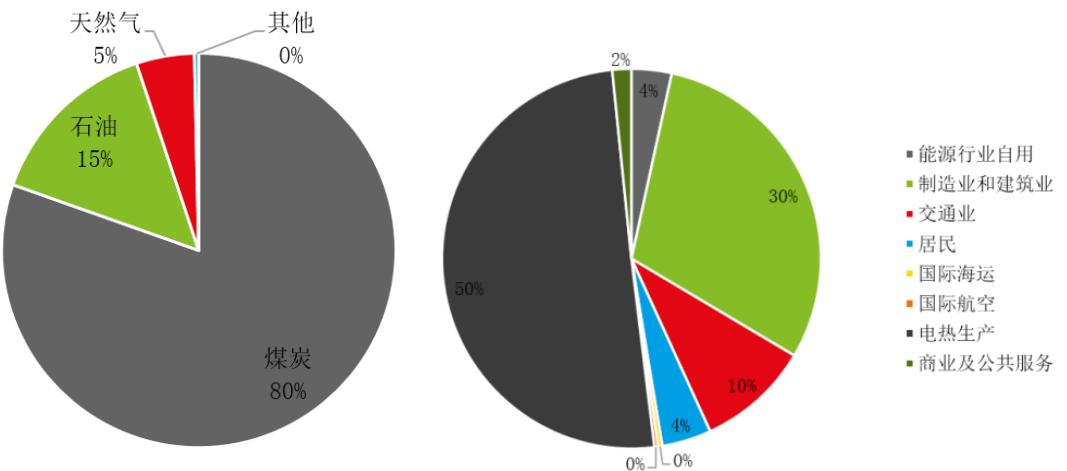


图 2-1 中国排放结构

在交通行业成为碳排放的第三大行业且交通需求持续增长，未来城镇化率不断提高和一线城市的后工业化的趋势下，交通行业能否实现转型，绿色交通体系能否顺利完成，成为我国实现碳中和道路上的重要问题。如果不针对交通领域的现状制定相应的减排政策，我国的碳中和目标实现遥遥无期。中国国家气候变化专家委员会副主任何建坤表示，实现碳中和需要从能源消费和经济转型、加大温室气体减排的速度和力度入手。一方面充分节约能源，发展循环经济，以最少的资源、能源消费，来支撑经济社会的可持续发展，大量采用先进的技术，促进产业升级换代。另一方面要切实加强能源替代，到 2050 年，中国必须建成一个以新能源和可再生能源为主体的“近零排放”的能源体系，非化石能源在整个能源体系中的占比要占到 70%-80%以上。而且在十四五期间，要率先实现二氧化碳排放达峰。由图中可知，当前阶段主要的减排途径是节能（提高能源使用效率）和新能源。其他两个关键行业的节能——电热生产、制造业和建筑业难度和社会可接受性均比交通行业低，如电热生产行业减排主要是用风、光可再生发电替代煤炭发电，或者在煤炭发电后面增加碳捕集装置。制造业和建筑业的减排方案包括用电或氢气加热，替代煤炭、天然气；原料的替代比较难，比如钢铁行业用焦煤炼铁，现在在探索用氢气还原炼铁。因此，从交通领域入手调整能源消费结构，减少能源消耗，实现节能减排，对实现碳中和目标有重要作用。因此，推进交通领域节能减排政策协同发展势在必行。

2.2. 生态文明建设与交通污染防治

我国当前的空气质量问题直接反应了大气污染防治工作中的漏洞，暴露了经济发展的需求和环境承载力之间的矛盾。我国各类交通装备保有量和各运输方式客货周转量均居于世界前列，且多年维持快速增长趋势，交通运输行业的快速发展在促进经济可持续增长的同时，也带来了大气污染排放量增长等问题。多个城市中交通工具排放对大气污染贡献占比持续上升，深圳市机动车对PM2.5的贡献率已超过52.1%。根据国家生态环境部发布的《2018中国生态环境状况公报》，2018年全国338个地级及以上城市中，城市环境空气质量达标城市仅占全部城市数的35.8%。由此可见，大气污染问题已经严重影响到了我国的生态环境，而交通行业的发展是大气污染问题日益严重的重要原因之一。



图 2-2 汽车排放对 PM2.5 贡献率

当前交通行业发展造成的大气污染物在大气污染物总量中占比逐年上升，交通领域减排防污工作也面临越来越大的压力，防污形势日益严峻。阻碍了我国实现生态文明建设的脚步。党的十九大报告明确提出到2035年实现生态环境根本好转的目标，这要求包括交通行业需要在现有基础上大幅削弱各类污染物排放总量，实现绿色发展，而交通行业是支撑国民经济持续快速发展的基础性、先导性和战略性行业，我国各类交通装备保有量和各运输方式客货周转量均居于世界前列，且多年维持快速增长趋势，实现交通领域的绿色发展已成为生态文明建设的重要基础，交通运输的绿色发展是推进生态文明建设的迫切要求。

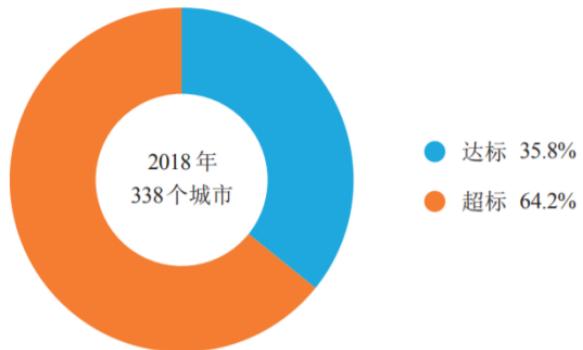


图 2-3 城市空气质量达标占比

综上所述，当前我国交通领域面临大气污染物控制、节能减排双重任务，交通领域的影响也日益加大，应采取什么样的方法才能取得完成双重任务的最大效益值得慎重衡量。

根据相关研究，温室气体与大气污染物排放具有同源性，且减排前者对后者有明显的效益。大气污染物（如一氧化碳（CO）、氮氧化物（NO_x）、二氧化硫（SO₂）、VOCs 等）与温室气体（如二氧化碳（CO₂）、甲烷（CH₄）等）中大部分气体都是由于化石燃料的燃烧而产生，这使得气候变化与大气污染在形成原因上同根、同源、同步。根据相关的测算，每减少一吨 CO₂ 排放，会相应减少 3.2 公斤 SO₂ 和 2.8 公斤 NO_x 排放，减少温室气体排放对大气污染控制具有显著的正协同效应，所以开展交通领域协同治理对于达到碳达峰和生态文明建设具有积极作用。

而交通运输作为对生态环境影响较大的行业之一，交通基础设施建设对周边生态环境的负面影响也日益受到公众的关注，随着行业的发展，交通运输对生态环境的影响也会逐步加大。如今，中国生态文明建设进入了快车道，我国生态文明建设进入一个必须紧紧抓住并且可以大有作为的重要战略机遇期。温室气体排放和大气污染物排放的同源性、交通运输的影响力和民众关注度、以及我国生态文明建设的需要促成了大气污染物与温室气体的协同控制方法的实际可操作性、战略性和关键性。应加强协同手段控制，高效建成绿色交通运输体系，持续保持战略定力，做好全面建设生态文明的大文章，不断推动我国生态文明迈上新台阶。

因此，把交通领域的节能减排和大气污染防治摆在更突出的位置，用协同手段推进交通领域的转型和温室气体、污染物的减少，以达到双管齐下的效果，是实现碳中和目标的必经之路，推进生态文明建设的重要途径，也是十四五规划中必然的发展要求。

2.3. 十四五规划与交通强国建设

除了生态文明建设和碳中和目标实现要求交通节能减排和污染防治以外，十四五交通发展规划和交通强国建设也需要交通领域持续推进绿色交通运输体系建设，实现双达的效果，落实交通运输行业鼓励开展节能减排和科技创新等政策措施，引导行业转型升级。

十四五规划在当前阶段的重要性以及建设交通强国的政策方向急需在交通领域推行协同手段实现节能减排和污染防治的双重任务，找到一条经济社会可持续发展与环境保护、应对全球气候变化协同双赢的路径。“十四五”综合交通运输发展规划编制工作启动视频会议强调，“十四五”综合交通运输发展规划是进入新时代、开启全面建设社会主义现代化国家新征程的五年规划，是全面推进交通强国建设的第一个五年规划，是推动交通运输高质量发展的五年规划，是贯彻落实中央完善规划体系、加强规划衔接要求的五年规划。要充分认识做好“十四五”综合交通运输发展规划的重大意义。在十三五规划引导我国生态文明建设领域取得重大的基础上，许多亟待解决的问题依然依赖于十四五规划的指导，如完善基础设施网络，提升运输服务品质，深化交通运输供给侧结构性改革，通过科技创新提供发展新动能。持续推进绿色交通发展，提高安全发展水平，提升行业治理水平，坚持扩大高水平开放，加强投融资政策研究等。2019年，由中共中央、国务院发布的《交通强国建设纲要》中指出，要强化节能减排和污染防治，优化交通能源结构，推进新能源、清洁能源应用，促进公路货运节能减排，推动城市公共交通工具和城市物流配送车辆全部实现电动化、新能源化和清洁化。打好柴油货车污染治理攻坚战，统筹油、路、车治理，有效防治公路运输大气污染。严格执行国家和地方污染物控制标准及船舶排放区要求，推进船舶、港口污染防治。降低交通沿线噪声、振动，妥善处理好大型机场噪声影响。开展绿色出行行动，倡导绿色低碳出行理念。这些措施如果能够在协同手段的框架下进行评价、核算，会能更高效、持续地服务于我国的交通强国建设目标。

3、1.0 手册简介

从碳中和目标实现、生态文明建设推进、交通强国建设纲要三个需求端出发，以减少温室气体排放和减少大气污染物排放为导向，以交通领域的节能减排和污染防治为目标，2019年宇恒推出了1.0版手册，梳理了交通领域对大气污染物及温室气体排放影响，提出了采用协同手段解决CO₂和污染物排放。1.0手册采用基础信息协同、排放清单编制协同、目标设定与减排情景分析协同、协同技术措施工具箱、保障措施协同五步走，四种核心算法的方式，纳入多种交通方式和相关政策进行综合考量，提出了运输结构调整，能源结构优化等方向，老旧车淘汰、土地布局升级、推行低碳燃料、港口设施完善、公转铁等具体措施。



图 3-1 1.0 手册

该手册结合行业统计数据和交通大数据，准确掌握城市交通领域的二氧化碳和空气污染物排放现状；在此基础上，通过构建 LEAP-交通双达模型，采用情景分析方法，分析在碳排放和空气质量“双达标”约束下，特定城市交通领域未来的CO₂排放和主要空气污染物排放趋势；综合分析关键措施的减排协同效应，

设计交通领域可持续发展路径和政策建议，以期推动交通发展“十四五”规划工作开展，促进低碳城市试点工作，为实现城市碳排放和空气质量双达目标提供支撑。

3.1. 3.1 一版手册的步骤算法（协同+算法）

五项协同：

一版手册中包含五项基本协同，涵盖了从信息收集、清单编制、情景设定、政策和后续保障措施等流程。这套流程可以解决我国当前交通节能减排和污染防治工作中出现的缺少统筹考虑的环境表现目标、支撑交通行业环境影响的相关研究不足、政策措施侧重点不同，亟待统筹安排、交通与环境部门缺少协调或联动机制等问题。基础信息协同指的是在已知交通的供给、需求、结构及相关政策的前提下，通过协同开展基础调研以及实地调研，分析出本地交通活动的发展情况及特征。排放清单编制协同指的是在获取统计年鉴、能源平衡表、政府文件、社会经济发展相关规划以及行业规划等资料后，通过核算清单边界、大数据技术手段，分析空间形态等，列出交通各部门的温室气体及大气污染物排放清单。目标设定与减排情景分析协同指通过社会经济发展相关规划以及行业规划、大气污染控制目标、碳排放峰值（控制）目标、排放情景、模型方法、基础数据、关键假设、技术参数、政策措施参数、排放清单等，计算出交通领域协同控制目标体系和排放模型及不同情景的排放（减排）量，用情景分析作出协同控制下的排放预测。协同技术措施工具箱和保障措施协同强调根据前几部的分析来选择协同效果最好的政策，以及政策制定后各部门之间的协调。

四种算法：

协同分析方法包含减排占比分析和协同坐标分析。前者指根据提出减排 CO₂ 和大气污染物措施，将实施各措施后的碳、污染物减排量与基准情景比较，减排量大且比例均衡说明减排协同效果好，反之说明减排效果较差。协同坐标分析是根据提出减排 CO₂ 和大气污染物措施，将实施各措施后 6 种大气污染物减排占比与 CO₂ 减排占比在坐标系中进行比较（纵坐标为 CO₂，横坐标为大气污染物），对比结果在第一象限内说明都具有协同效应，距离横坐标和纵坐标对应取值越远，说明减排协同越好，反之效果较差。

报告中在核算各项数据和建立清单、评估政策效果时涉及能耗法、里程法、周转量法和起降法等算法。能耗法指通过能源消费总量来计算交通气体排放的总量。周转量法主要适用于营运交通领域的排放计算。周转量，是指一定时期内，实际运送的旅客人数或货物吨量与其运输距离的乘积。顾名思义，周转量法就是通过货运、客运周转量和每单位周转量的排放得出排放总量。里程法主要适用于道路机动车的排放计算。通过机动车保有量，（机动车）年行驶里程，和每单位里程的排放乘积得出排放总量。

3.2. 一版手册提出的措施

一版手册在土地利用布局，公共交通系统，步行和自行车系统，车辆以及油品管理，交通需求管理，交通出行替代，运输结构调整等方面，提出了依据交通确定土地开发强度、城市用地功能混合、控制开发街区尺度、提高公交覆盖率、建立步行与自行车网络、推广国六车辆和新能源交通工具、油品升级、淘汰老旧设备、公转铁、等关键措施。

3.3. 一版手册的实施效果

一版指南核算评估了各项措施的实施效果，为政策制定提出了前瞻性指导。控制城市机动车保有量、优化土地利用布局、构建步行和自行车系统等措施效益非常好；协同效果较好的措施包括淘汰老旧车、淘汰摩托车、燃油经济性提升、纯电动公交代替天然气公交、电动出租代替汽油出租、纯电动汽车代替汽油车、纯电动物流货车代替柴油货车、低排区政策、无车承运人等；协同效果一般的措施包括汽油柴油尾气标准提高、油品升级、天然气公交替代、气电混合动力公交车代替天然气公交、油电混合动力车代替汽油车、公交优先策略。实施效果不好的措施有天然气出租代替汽油出租和私家车油改气。

4、国内城市措施和实践综述（广州、深圳、昆明、天津）

根据一版手册的内容，天津、昆明、广州等城市率先提出了各项措施，结合具体实际情况，以城市为单位进行了实践，并且将在十四五规划和2.0手册的实施过程中将双达、协同手段等相关措施进一步强化。

一版手册主要包含五个协同、四个算法，各城市分别在梳理基础信息、编制排放清单、设置情景和目标、评估政策效果、制定后续保障措施方面进行了实践。

4.1. 广州市对一版手册的实践

广州市通过对社会经济发展、能耗和排放现状的调研，分析出下阶段的排放概况和趋势，并结合碳达峰目标和双达目标设定不同政策下的情景，制定多约束目标下广州市高质量发展的协同战略。

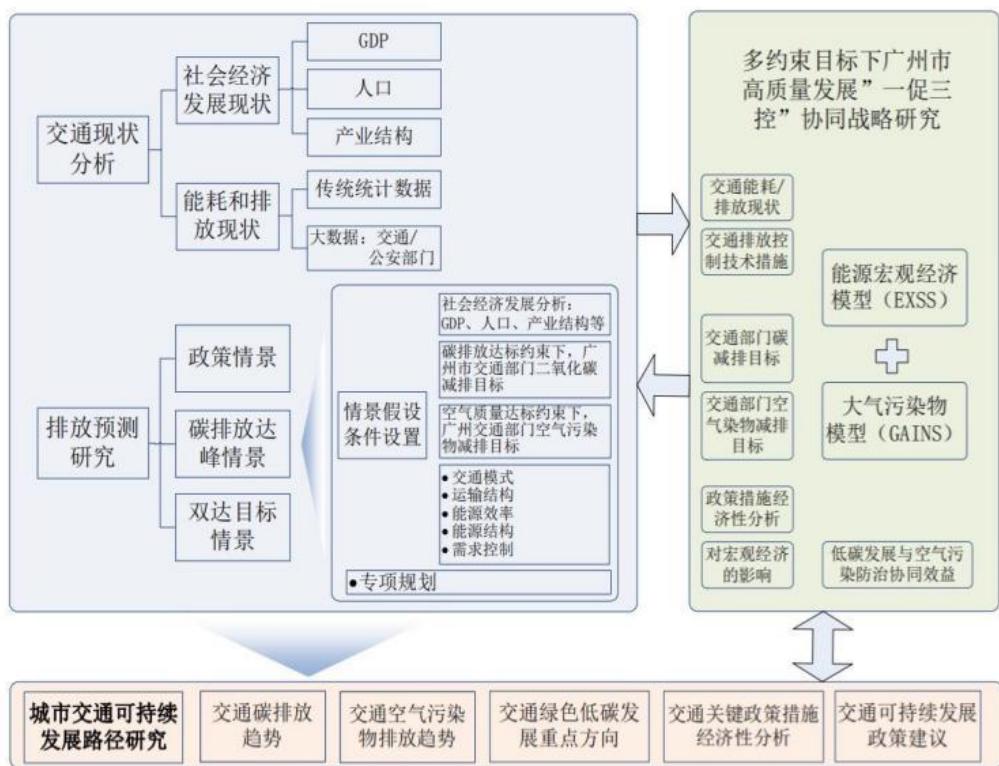


图 4-1 广州市分析流程图

活动 1：分析广州市交通领域能源消费和排放现状

通过桌面研究、座谈、实地调研、专家访谈等方式针对交通主管部门、企业、行业专家收集广州市各类运输方式的交通工具保有量、运营数据、道路车流量数据、能源消费数据等，准确掌握广州市交通部门详细的能源消费及 CO₂ 和主要空气污染物排放现状，同时挖掘交通和公安部门的大数据，分析典型运输方式的能耗和排放特征，建立广州市交通领域能源消费和碳排放数据库，为交通部门低碳发展路径研究提供数据支撑。

(1) 以传统统计数据为基础，结合桌面研究、座谈、实地调研、专家访谈等方式，获得准确的广州市各运输方式的活动水平和能源效率等数据，结合各种能源的排放因子，计算广州市交通领域的能源消费及 CO₂ 和主要空气污染物排放现状。

(2) 选取道路运输方式，通过调研交通和公安部门，收集广州市道路交通大数据，并根据广州市道路运输特征和数据的可获得性，筛选适用于广州市的以大数据为基础的道路运输排放模型，估算广州市道路交通 CO₂ 和主要空气污染物排放特征。

活动 2：广州市交通领域 CO₂ 和主要空气污染物排放趋势预测

结合广州市未来的社会经济发展水平、城市空间规划以及交通领域的发展定位和规划，以 2015 年为基准年，分别以 2020、2025、2035 年为目标年，预测不同发展情景下广州市各类运输方式到 2035 年的能源消费需求、CO₂ 和主要空气污染物排放趋势，研究广州交通领域碳排放达峰的时间和峰值量。通过对比不同发展情景下广州市交通领域未来的二氧化碳及主要空气污染物排放趋势，分析各类运输方式未来的节能减排潜力及贡献，明确广州市交通领域可持续发展的重点方向和重要举措。

(1) 拟设定的发展情景：

现有政策情景，指以广州市目前已发布的政策文件为导向，综合考虑城市的社会经济发展水平、城市空间规划以及交通部门的发展定位和规划，交通部门的出行模式、能源结构、能源效率 均较现状水平有所优化和提高，能源强度和碳排放强度下降率以及空气质量达到规划水平。

(2) 碳排放达峰情景，指为了确保实现广州市碳排总量到 2020 年达到峰值的目标，在现有政策情景基础上，加大节能减排力度，交通部门的出行模式、能源结构、能源效率得到明显优化和提高，促进广州市交通碳排放尽早达峰。

(3) 双达目标情景，指在碳排放达峰情景基础上，进一步加大交通部门的节能减排力度，重点通过加快交通能源清洁化进程、加速出行模式转变等，促使广州市交通部门未来的能源消费需求和结构发生重大变化，在确保碳排放达标的

同时，综合考虑不同低碳政策措施对 NOx、HC、PM2.5、SO2 等空气污染物排放的影响，努力实现空气质量达标约束下广州市交通部门大气污染物减排目标，促进广州市交通领域的可持续发展。

活动 3：双达约束目标下广州市交通领域可持续发展路径研究

结合活动 2 的研究结果，通过与广州市“一促三控”协同战略研究的双向反馈，构建广州市交通领域可持续发展措施库，并筛选关键措施，定量评估关键政策措施的 CO₂ 和主要空气污染物减排协同效应及经济性，进而梳理出广州市实现交通可持续发展的路径，为实现城市“双达”目标提供支撑，促进广州市低碳城市试点工作。

(1) 根据确定的广州市交通领域可持续发展重点方向，结合国际先进城市发展经验和专家意见，建立广州市交通领域可持续发展措施库，并筛选出关键措施

(2) 分析关键技术和政策措施的节能减排潜力和经济性，从时间序列重点梳理出广州市交通部门实现可持续发展的重点政策、技术措施，确定广州市交通领域可持续发展路径。

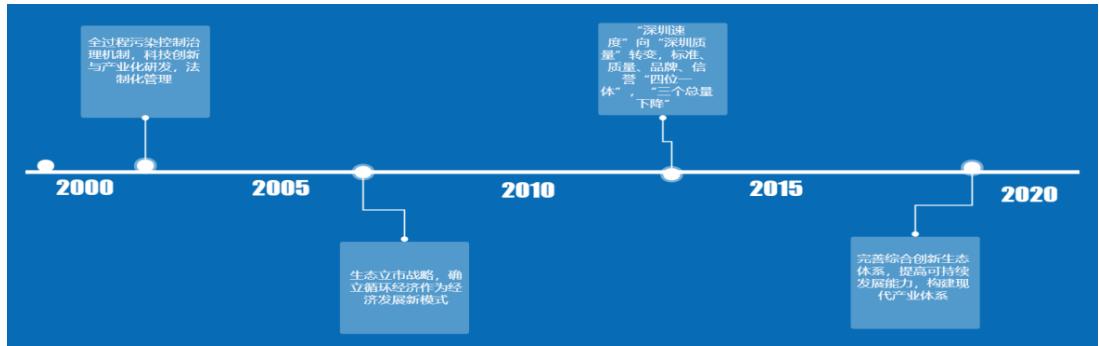
活动 4：城市交通领域可持续发展政策建议

在广州市交通领域可持续发展路径基础上，梳理形成广州市交通领域可持续发展政策建议，并提交广州市交通运输局和广东省交通运输厅，推动广州市交通发展“十四五”规划工作开展，为城市交通发展规划以及二氧化碳和空气污染物减排政策措施的制定提供决策依据，切实促进广州市交通领域的可持续发展，为国内城市交通绿色低碳发展研究提供参考。

4.2. 深圳市对一版手册的实践

深圳市在一版指南实用期间，采用系统性梳理历史实践案例和文件分析的方法，总结了往年的经验，设置了十四五期间的情景，提出了三达的指导思想，长期的城市交通规划，以及较之其他城市更激进的目标，采取了多方位、多领域的思维模式。在保障措施方面，构筑了完备的法律框架以保证政策延续性和政策效果。

活动 1：在历史经验和经典案件梳理中，深圳市主要分阶段总结了从 2000-2005、2006-2010、2011-2015、2016-2020 四个阶段的国际和国内背景、发展环境、突出问题、深圳市的基本判断和制定的经济社会发展战略，便于对照以往的问题和解决方案来预估未来形势和应对策略。



同时，深圳市还对过去制定的系统性政策框架、鼓励机制、优惠措施等进行了归纳，并将其作为项目研究中政策制定阶段的重要参考。

被授予特区立法权以来累计制定 200 多项法规，先行先试类和创新变通类占比达 73.63%；

生态环境保护方面：截至 2020 年上半年深圳共制定生态环保领域的地方性法规有 20 余部，包括深圳经济特区环境保护条例、饮用水源保护条例、大气污染防治条例、碳排放管理若干规定、绿色金融发展条例等，占全部地方性法规的 10%，很多被国家、省级立法吸收采用；

率先实施生态保护红线制度，探索建立党政领导干部任期生态审计制度、生态环保监管执法体制、监督追责制度、新型生态保护补偿机制、生态环境公益诉讼协作机制等生态文明体制改革创新举措；

具有前瞻性、系统性的城市发展规划：深圳市城市总体规划、国土空间总体规划、绿地系统规划、战略性新兴产业发展规划、质量发展规划、能源发展规划、可持续发展 规划等，以及与之相配套的具体实施方案；

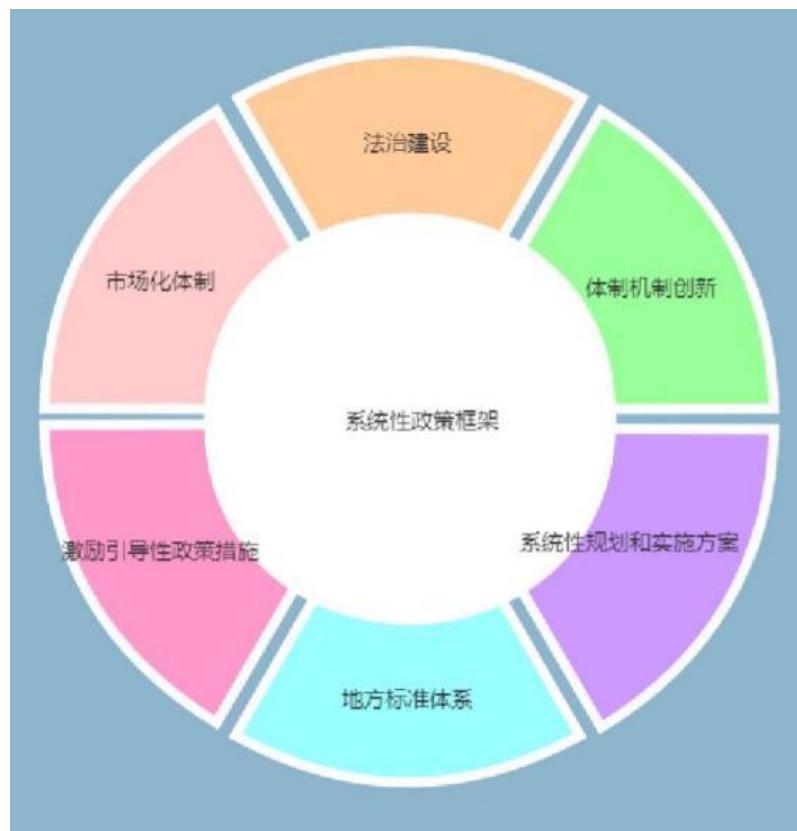


图 4-3 深圳市六位一体政策体系

深圳市过去在交通领域的政策和成就包括发展公共交通、慢行交通；积极推动低碳燃料和新能源汽车；大气污染防治形成强有力倒逼机制；积极推动绿色物流和绿色港口；多手段共治交通拥堵等

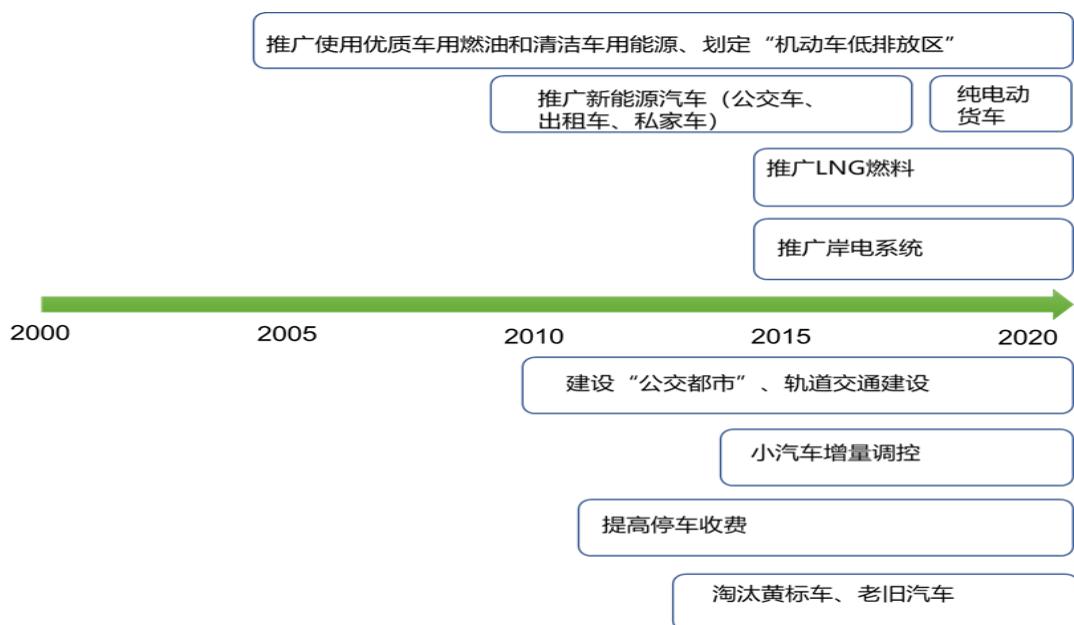


图 4-4 深圳市在交通领域的成就

活动 2：深圳市对十四五期间的经济社会发展程度、人口增长状况、各类减排措施和技术概况做了情景设定。

深圳市共设定了三种情景：基准情景，达峰情景，激进情景，并核算了不同情景下碳排放和大气污染物排放达标的条件和标准。

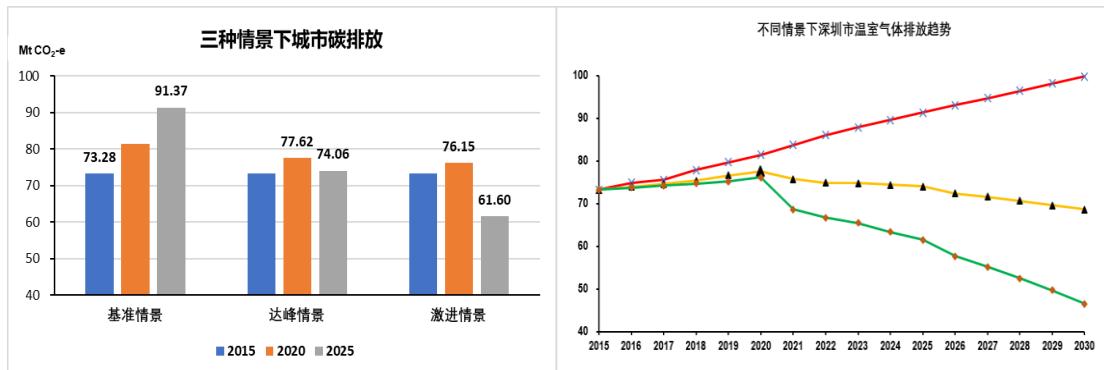


图 4-5 深圳市的不同情景下排放预测

活动 3：根据对历史经验的梳理和对三种情景设定的分析，深圳市提出了加强推广新能源汽车、完善公共交通，持续推进货物运输结构调整优化等措施。

4.3. 昆明市对一版手册的实践

活动 1：依据一版手册中“基础信息协同”要求分析的数据和范围，昆明市将研究范围划定为昆明市行政管辖区域，通过调研交通运输管理部门、企业、研究机构等，准确掌握昆明市交通领域能源消费、城市布局规划、气候特征、二氧化碳排放现状，并以交通领域大数据为基础，详细分析道路交通的能耗和排放特征，该调研涵盖全口径“大交通”，包括公路、各个交通工具、铁路、民航营运和非营运、以及其他摩托、三轮等，由于数据可获性原因不包括管道和非道路交通，民航只包含商业航空。方案基准年为 2019 年。在此基础上归纳了昆明市气候特征和城市格局及其与污染物的排放、扩散之间的关系，环境承载力和人口增长的趋势，交通特征方面，梳理了交通行为、各类交通运输工具保有量及特征、居民出行特征。

活动 2：以综合分析交通低碳发展与空气污染防治的协同效益为目标，采用情景分析方法，通过设定不同的发展情景，分析在碳排放和空气质量“双达标”

约束下，昆明市交通领域未来的能源消费需求、CO₂ 排放和主要空气污染物排放趋势，以上文所述研究为根基，综合分析关键措施的减排协同效益，设计昆明市交通领域可持续发展路径，推动昆明市交通发展“十四五”规划工作开展，促进碳达峰目标的实现，为实现城市碳排放和空气质量双达目标提供支撑。

在清单编制层面，昆明市分析了交通大气污染物排放现状——公路交通大气污染物排放总量和公路交通大气污染物主要排放源，并且分碳排放和大气污染物排放两方面分析了各交通运输工具排放占比，公路排放中各车型占比，同时加入了对交通与经济发展关系的分析。

交通大气污染物排放现状：昆明总体空气质量较优，交通污染物排放低于国家标准（20），公路交通大气污染物排放总量：16.80 万吨，其中 CO 占比最大，为 67.1%，其次为 NO_x，占比为 23.43%（23），公路交通大气污染物主要排放源：小型客车、重型货车、轻型货车和大型客车，CO、HC 最主要排放源是小型客车，NO_x、PM10、PM2.5 和 SO₂ 最主要排放源是重型货车.

碳排放方面，各交通运输工具共排放 CO₂:1185.77 万吨，其中公路排放占总体排放 96.32%，共排放 1142.11 万吨，公路二氧化碳排放中，小型客车占总排放 47.6%，其次为重型载货汽车占比为 25%

污染物	主要排放源	占比
CO	小型客车、轻型货车、重型货车	74.9%
NOx	重型货车、轻型货车、小型客车	89.1%
HC	小型客车、轻型货车、重型货车	83.5%
PM10	重型货车、小型客车、大型客车	80.7%
PM2.5	重型货车、小型客车、大型客车	80.9%
SO ₂	重型货车、小型客车、大型客车	72.7%

图 4-6 昆明市各类交通工具碳排放情况

除了各类交通工具碳排放的情况以外，昆明市还分析了交通与经济发展的关系，明确了交通与经济发展相关性越来越强的特点，并在制定政策时对经济层面有较多考量，研究了各类达峰路径的经济性。在各交通工具保有量及增长变化趋势与城市经济发展的相关性方面，近年各类型交通运输工具处于波动增长模式，整体增长速度放缓，小型载客汽车由高位增长转变为快速增长。

近年交通行业发展与经济 GDP 都呈增长趋势，且客货运周转量与 GDP 的相关性越来越强。

不同的情景设定也影响了经济发展程度的速度。2019-2035 年昆明经济分快速发发展和适度发展，2025 年、2029 年、2035 年经济快速发展情景下的 GDP 分别是适度发展情景的 1.05、1.1 和 1.16 倍。

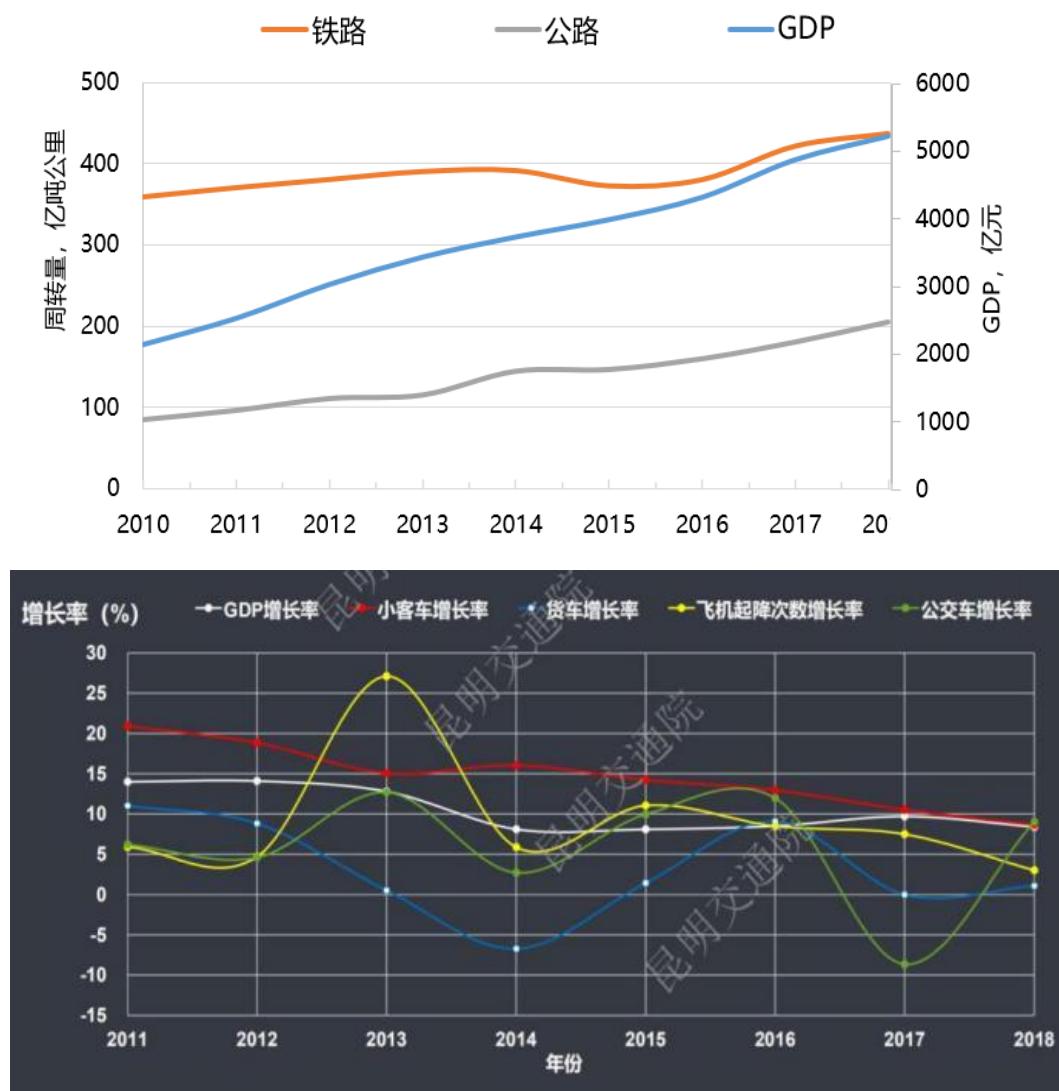


图 4-7 昆明市交通排放与经济发展关联性分析

此外，昆明市分析了重点项目的碳经济性排序，碳减排投资经济强度是指单位项目减排量的投资成本，碳投资强度，数值越低说明碳经济性越强，下面图展示的是昆明市重点工程，碳投资强度，碳排放以及投资规模。

达峰措施投资成本收益分析一览表								
策略 (S)	减排具体项目 (P)	投资规模 (亿元)	碳减排量 (万吨)	碳投资强度 (万元/吨 CO ₂)	减排贡献率	投资合作		
						政府	社会	PPP (政企)
机动车燃料结构调整	电动私家车	78	83.85	0.93	34.13%	√	√	
	氢能私家车	8.9	7.33	1.21	2.98%	√	√	
	出租、网约电动化	3.39	29.6	0.11	12.05%	√	√	
	中小型货运货车电动化	1.1	9.1	0.12	3.70%	√	√	
	部分中大型客车电动化	0.12	2.06	0.06	0.84%	√	√	
	电动公交车	40	6.43	6.22	2.62%	√		
	公交车油改气	3.89	0.24	16.21	0.10%	√		
	出租车油改气	1.17	1.39	0.84	0.57%		√	
	充电桩建设	75.62	/	/	/	√	√	
	加氢站建设	2.5	/	/	/	√	√	
出行结构调整	自行车廊道	0.5	0.35	1.43	0.14%	√		
	分时段专用公交车道	/						
	优化公交运营 (公交覆盖面广、智能调度)	2.8	32.79	34.55	13.35%	√		
强制淘汰老旧车辆	轨道覆盖、轨交P+R	0.6 (1130)						
	2025年淘汰国二、2030年前淘汰国三	0.01	52.79	0.001	21.49%	√	√	
	提升货运效率							
提升货运效率	智慧物流	26	8.98	1.32	8.01%	√	√	
	公转铁		10.7					
	甩挂运输	/	/	/	/	√		
合计		1374	245.61	3.49	100%			

经济强度万元/吨



图 4-8 昆明市减排措施成本分析

活动 3：昆明将排放情景分为基准情景（既有规划和政策）、节能情景、达峰协同情景、理想情景，估算不同情景下各类交通运输工具的减排潜力和对碳排放和六种大气污染物减少的贡献率、各排放源的达峰时间和标准，公路出行中三大车型的减排量，并作比较。

达峰情景下，昆明交通碳排放 2029 年达到峰值，峰值 CO₂ 排放 1346.7 万吨，同期较基准情景减排 251.7 万吨。公路是最主要碳排放源，于 2028 年达峰，峰值 CO₂ 排放 1289.1 万吨，占当年碳排放总量的 95.7%。历年铁路、民航

CO₂ 排放总量占比较少，达峰年 CO₂ 共占交通领域排放的 4.35%。交通大气污染物排放主要来源于公路，达峰情景污染排放从 2019 年开始缓慢下降，达峰年占交通领域排放的 83.4%。公路交通中，CO₂ 和污染物排放最高的是小型载客汽车，达峰年各占公路排放的 54.3%和 34.2%，其次是重型载货汽车。

在碳排放的设定下，基准情景在 2035 年前不能达峰。达峰协同情景在 2029 年达峰，峰值 1347 万吨 CO₂，比基准情景减排 15.75%，即 251.7 万吨 CO₂，理想情景比基准情景减排 18.5%（31 页，图），其中公路碳排放占总量的 96.32%，峰值 1289 万吨（2028 年）铁路碳排放总体较少并持续缓慢增长，航空 2035 年碳排放量比 2019 年翻一番。

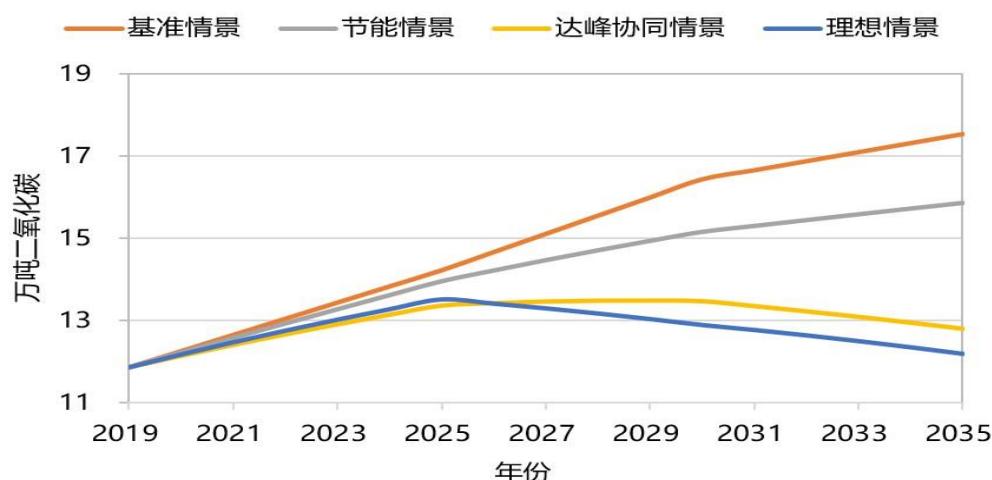


图 4-9 昆明市三种情景下达标预测

活动 4：昆明市梳理了燃料结构调整、客运里程下降、淘汰老旧车辆、货运周转提高等措施的协同效果，核算了它们的贡献程度和成本效益，有利于帮助昆明市选择合适的交通管理政策及技术措施。

CO₂ 和污染物排放协同上，强制淘汰老旧车措施协同性最好，减排大气污染物最多，机动车燃料结构调整（油改气、油改电、氢能）减排二氧化碳效果最好。

在所有措施中，强制淘汰老旧车减排大气污染物效果显著，同时减排 3.43% 的 CO₂，协同性较好；货运能效提升 整体 CO₂ 和大气污染物减排量较少，减排效果不明显；出行结构调整的 CO₂ 和大气污染物减排量较小，协同效果不明

显；机动车燃料结构调整的 CO₂ 减排比例最大，大气污染物减排均衡，协同效果明显；

CO、NO_x 和 HC 和 CO₂ 减排对比，所有政策都具有正向协同效应，三种措施中：强制淘汰老旧车减排污染物最多，协同减排效果最为显著，机动车燃料结构调整淘汰二氧化碳最多，协同效应次之。PM10、PM2.5、SO₂ 和 CO₂ 减排对比，所有政策都具有正向协同效应；三种措施中：PM10 和 PM2.5 与 CO₂ 对比，强制淘汰老旧车协同减排效果最为显著；SO₂ 与 CO₂ 中，机动车燃料结构调整协同减排效果明显。

CO ₂ 和大气污染物减排占比协同性比较			
策略序号	策略名称	减排占比分析	减排占比分析协同性
1	强制淘汰老旧车辆	大气污染物 > CO ₂	明显
2	货运能效提升	CO ₂ > 大气污染物	不明显
3	出行结构调整	大气污染物 > CO ₂	明显
4	机动车燃料结构调整	CO ₂ > 大气污染物	较明显

CO ₂ 和大气污染物减排协同坐标比较	
排放源	减排效果
CO ₂ 与CO对比	强制淘汰老旧车辆>机动车燃料结构调整>出行结构调整>货运能效提升
CO ₂ 与NO _x 对比	强制淘汰老旧车辆>机动车燃料结构调整>出行结构调整>货运能效提升
CO ₂ 与HC对比	强制淘汰老旧车辆>机动车燃料结构调整>出行结构调整>货运能效提升
CO ₂ 与PM ₁₀ 对比	强制淘汰老旧车辆>机动车燃料结构调整>出行结构调整>货运能效提升
CO ₂ 与PM _{2.5} 对比	强制淘汰老旧车辆>机动车燃料结构调整>出行结构调整>货运能效提升
CO ₂ 与SO ₂ 对比	机动车燃料结构调整>强制淘汰老旧车辆>出行结构调整>货运能效提升

图 4-10 昆明市协同坐标比较

活动 5：政策路径保障方面，提出四大策略、十八大工程来切实保障政策的效果和延续性。

通过提出减少碳排放，提出包括《碳达峰研究》、《城市交通能源结构调整计划》等政策来指导昆明城市如何实施碳达峰，制定四大减排措施直接对交通体系的各车型减碳降污染，并制定储备策略来确保特殊紧急情况下如何达标，共同推动昆明城市碳达峰。

昆明市同时提出了储备措施以应对变化，达峰情景制定四大减排策略应对交通体系各车型减碳降污染，为保证 2029 年减排 251.7 万吨 CO₂，在实施达峰情景策略基础上制定了储备策略，协助昆明交通减碳降污染，并增加一个储备新策略和五个储备具体减排项目，达峰年追加减碳 44 万吨，以保证达峰完成目标。

昆明市根据活动 3 中的情景设置增加了储备策略减排项目，包含出行结构调整、提升货运效率、强制淘汰老旧车辆、机动车污染排放控制等方面，在储备项目实施的情况下达峰年提前两年-四年。

储备策略减排项目分析				
策略 (S)	减排具体项目 (P)	碳减排量 (万吨)	储备政策增加后达峰年	
出行结构调整	鼓励顺风、共享车辆出行			
提升货运效率	城区小型电动车替换大型物流车	36.5 (2029年)	2027年	
强制淘汰老旧车辆	2025年前淘汰100%国三及以下老旧货车			
机动车污染排放控制	加装汽车尾气净化装置 低硫汽油	7.6 (2029年)	2025年	

图 4-11 昆明市储备减排项目

4.4. 天津市对一版手册的实践

活动 1：基于建立的适用于天津市的交通大气污染物和温室气体排放计算模型，根据天津市生态局、官方技术指南、统计年鉴、轨道集团大数据、民航官网、

AIS 数据和港航局提供的信息，对 2019 年天津市交通大气污染物和温室气体排放情况进行评估，把握天津市交通领域大气污染物和温室气体的排放情况。并基于排放清单对既有措施实施效果进行评估。

活动 2：基于国内外经验以及既有措施的实施效果制定协同控制策略，并对协同控制策略减排效果以及协同性进行评估，最后提出适合天津的大气污染物和温室气体协同控制策略，为天津市十四五绿色交通规划的制定奠定基础。

根据活动 1，得出天津市总体排放情况：2019 年天津市交通领域减排效果显著，但 NOx、SO2 与 CO2 排放上升。近三年交通领域客货周转量逐年增长，但 PM2.5 、 HC、CO 排放不增反减。

在收集基础信息后，天津市整合城市大气污染物及温室气体排放总量、排放结构，识别重点排放部门和排放源。道路交通为天津市交通领域排放的主要来源，排放平均占比约 68.0%。道路交通减排效果显著，但 NOx、CO2 、SO2 排放仍持续增加。客运车辆的排放占比约 48.2%，其中贡献最高的为微小型客车；货运车辆的排放占比约 51.8% ，其中贡献最高的为重型货车。营运车辆的排放占比约 67.7%，其中贡献最高的为重型货车；非营运车辆的排放占比约 32.3% ，其中贡献最高的为微小型客车。纯电动车辆以 3.7% 的占比仅贡献了 1.5% 的 CO2 排放，节能减排效果显著。

水运、航空、轨道类交通运输工具与道路比起来排放较少。水运交通为交通领域排放的第二大来源，排放平均占比约 24.1%。水运交通排放持续增加，增长速率逐步加快。航空运输为交通领域排放的第三大来源，排放平均占比约 7.6%。2019 年航空运输起降架次减少，污染物排放有所下降。轨道交通在交通领域排放占比最小，排放平均占比约 0.2%。轨道交通排放有所增加，增长速率有所下降。

在能源消费方面，交通领域能耗持续增加，增长速度较为稳定，道路交通能耗位居首位，但单位能耗排放水平较低。从构成看，交通领域主要能耗来源于道路领域，占交通领域总能耗的 91.4%，其次为轨道，占交通领域总能耗的 4.9%，水运和航空占比较小，分别为 3.1% 和 0.5%。水运交通单位能耗排放水平最高，

为 7.8，其次为航空运输与道路交通领域，其单位能耗排放水平分别为 1.6 与 0.7，轨道交通单位能耗排放水平最低，仅为 0.4。

天津市为对 2025 年相关政策实施效果进行评价，设定了排放预测的基准情景，即 2025 年现状各项政策均维持不变情景。在此情景假设下对 2025 年交通领域排放清单进行预测。综合考虑现状已实施政策的减排效果、减排潜力、节能效果以及协同性，建议大力推广绿色货运、甩挂运输政策，深度挖潜运输结构调整潜力，持续淘汰老旧车辆，其余政策均可维持现状。

经测算，2025 年交通领域减排效果比 2019 年更为显著，但 CO₂ 和 SO₂ 仍有所上升。道路交通排放占比有所下降，水运交通 PM_{2.5} 排放占比超过道路交通。交通领域能耗仍呈快速增长趋势，道路交通能耗仍位居首位。2025 年交通领域减排效果与目标值差距较大，应加大 CH、CO、SO₂、CO₂ 的控制。

在中目标情景下，CH、CO 与 CO₂ 无法达到预期减排目标，其他污染物均可实现目标。高目标情景下，污染物以及温室气体减排效果均可达到预期减排目标。

高目标情景比中目标情景的减排效果更优，为保障实施措施在满足减排目标的同时确保实施难度最小，实施难度较大的政策选用中目标，而对于 CO 与 CO₂ 减排效果较好的政策，在保障实施难度的同时尽量使用高目标，例如新能源车推广等措施。

政策	减排效果	减排潜力	节能效果	协同性	政策延续建议
小客车调控	√		√	√	维持现状
运输结构调整		√	√	√	挖掘潜力
老旧车淘汰	√				持续淘汰
新能源公交			√	√	维持现状
绿色货运		√		√	大力推广
甩挂运输		√	√	√	大力推广
差异化收费					维持现状

中心城区货车限行					维持现状
----------	--	--	--	--	------

图 4-12 天津市减排措施评估

活动 3：十三五期间，天津市响应国家号召，制定多种节能减排措施，均取得了显著成效。根据一版手册的政策效果评估步骤，对 2014-2017 年实施的小客车调控、运输结构调整、老旧车淘汰、新能源公交、绿色货运、甩挂运输、差异化收费、中心城区货车限行等政策进行了效果评估。

节能效果中，2019 年各措施节能量比 2018 年增加 22%，其中小客车调控节能贡献最大。运输结构调整节能率最高，其次为小客车调控与甩挂运输。

减排效果中，2019 年各措施减排效果较上年度更为显著，平均比 2018 年多减排 21%。老旧车淘汰政策对 PM2.5、NOx、CH 以及 CO 的减排贡献最大，小客车调控对 SO2 与 CO2 的减排贡献最大。

政策名称	2018 年节能量	2019 年节能量
小客车调控	240.0	290.1
运输结构调整	9.3	11.8
老旧车淘汰	0.0	0.0
新能源公交	1.3	2.9
绿色货运	0.5	0.7
甩挂运输	0.3	0.4
差异化收费	-	0.0
中心城区货车限行	-	0.0
合计	251.4	306.0

政策	PM2.5	NOx	HC	CO	CO2	SO2
小客车调控	49	307	1051	7864	5953619	39
运输结构调整	45	2317	119	1314	316148	2
老旧车淘汰	353	5114	2311	14758	0	0
新能源公交	35	1983	35	802	62107	0
绿色货运	3	137	21	185	14117	0
甩挂运输	1	40	6	54	7621	0

差异化收费	1	22	-1	-3	181	0
中心城区货车限行	3	59	3	12	0	0
合计	490	9979	3545	24986	6353793	41

图 4-13 天津市减排措施评估

在制定后续措施时，为保障措施达到最大协同效益，天津市应用了一版手册中的 5.2. 污染物减排量交叉弹性数法对各类政策进行评估。

根据一版手册内容，弹性系数大于 0 说明政策对温室气体和二氧化碳减排具有协同效应；小于 0，则无协同效应；弹性系数越接近于 1，两项气体的协同效果最好；弹性系数小于 1，说明政策对温室气体减排效果更好；反之，弹性系数大于 1，政策对大气污染物的减排效果更好。

狭义是指排放总量为某项政策直接影响到的交通工具，直观反映了政策的性质，对未来政策制定具有指导意义。如甩挂运输的狭义排放总量是试点企业采用甩挂运输方式的重型货车排放量。

广义是指排放总量为某项政策适用的所有交通工具，反映了政策在此地区的协同效果，可为政策在此地区的实施效果做评价对比。如甩挂运输的广义广义排放总量是天津市域内所有重型货车排放量。

在制定后续措施时，为保障措施达到最大协同效益，天津市应用了一版手册中的 5.2. 污染物减排量交叉弹性数法对各类政策进行评估。

根据一版手册内容，弹性系数大于 0 说明政策对温室气体和二氧化碳减排具有协同效应；小于 0，则无协同效应；弹性系数越接近于 1，两项气体的协同效果最好；弹性系数小于 1，说明政策对温室气体减排效果更好；反之，弹性系数大于 1，政策对大气污染物的减排效果更好。

狭义是指排放总量为某项政策直接影响到的交通工具，直观反映了政策的性质，对未来政策制定具有指导意义。如甩挂运输的狭义排放总量是试点企业采用甩挂运输方式的重型货车排放量。

广义是指排放总量为某项政策适用的所有交通工具，反映了政策在此地区的协同效果，可为政策在此地区的实施效果做评价对比。如甩挂运输的广义广义排放总量是天津市域内所有重型货车排放量。

根据狭义弹性系数结果分析，运输结构调整类政策协同减排效果最优，能源结构类措施协同减排效果一般，而车辆排放类政策无协同性。

根据广义弹性系数结果分析，运输结构调整类政策中，运输结构调整协同性最佳，小客车调控、甩挂运输次之，中心城区货车限行最差。能源结构调整类政策中，绿色货运协同性最佳，新能源公交次之。车辆排放类政策中，老旧车淘汰较好，差异化收费次之。

5、1.0 手册的不足

虽然一版手册用科学的算法评估了当前交通领域的温室气体排放和大气污染物排放数据，并提出了协同手段治理措施，评估了措施的协同效果，但是一版手册在天津、昆明落实过程中出现了一定程度的问题，仍然有上升空间。

问题 1：在基础信息信息协同过程中，依旧多依赖于传统收集方式，对大数据、人工智能等新技术运用较少

问题 2：关于电动车的数据分析和政策引导缺失。

问题 3：协同技术措施中缺少对国内货车减排措施的指引。

问题 4：算法部分，减排量较差弹性分析方法的减少相对晦涩难懂，不够形象和直观。

问题 5：技术措施多集中在减排层面，对碳补偿领域例如国际通行的碳交易等方面涉及较少。

问题 6：需进一步协调国家宏观经济约束和措施之间的矛盾，部分措施成本过高，过于理想性。

问题 7：交通领域新技术和新模式的运用相对缺乏

6、2.0 手册的亮点

2020 年，面对十四五规划在即以及交通领域变化提出的新要求，宇恒推出了手册 2.0，该手册基于两个定位，一是服务天津特别是十四五规划的政策制定，另一方面是服务全国的智库机构，因指南还需要技术上的应用和探索来升级。所以通过天津的工作来总结经验，形成科学的政策制定模型，提供基础性技术支撑的导向工具，便于支撑全国其他城市的工作。2.0 版本总结的基础上作出的更新有很多亮点。

亮点 1：大数据和人工智能技术的运用

2.0 手册在 1.0 手册的基础上对数据和人工智能技术应用方面进行了革新。包括结合互联网开放数据和城市基础空间数据，构建机器学习模型对城市道路机动车流量进行预测，实现时间与空间上的全覆盖。从互联网开放平台获取大量街道典型断面的街景影像，并以此为训练集，构建深度学习算法，精确识别机动车道、公交车道、人行道等基础设施，以及行人、小汽车、公共汽车、货车数量；基于街道属性、网络拓扑关系、城市建成形态等数据指标，通过特征工程构建模型变量体系，基于拥堵指数计算道路阻抗系数 alpha，构建机器学习模型。基于该方法预测某城市全部道路 24 小时机动车流量，绝对误差在 14% 以内。这些数据统计方法和技术对未来的交通减排有重要意义。

亮点 2：提出了出租车网约车的新能源化和以旧换新

首先，在车辆及油品管理方面，除了传统的推广国六标准车辆、推动油品升级、推广使用电、氢燃料等新能源交通工具、通过财政补贴和政策优惠鼓励老旧车淘汰以外，还提出了出租车网约车的新能源化和依旧换新。这个目标从长远角度来看具有高度的前瞻性和针对性。2019 年 5 月 20 日，中国发布了第一个传统燃油车退出时间表研究报告——《中国传统燃油车退出时间表研究》。报告中提到出租车和网约车将作为第一梯队实现全面电动化，最早将于 2020 年在如北京、上海等特大型城市以及如重庆、成都等新能源汽车推广领先城市率先退出，并将于 2030 年前在中国全面推出。此外，出租车和网约车实现新能源化是大势所趋，给社会环境带来的好处也是显而易见的。出租车和网约车是城市交通的重要组成部分，同样也是道路交通排放的重要组成部分，据计算，每当一辆燃油出租车

换成纯电出租车，每年就能减少 5 万吨的碳排放，相当于每年种植了 15 棵树，而据统计，全国目前有超 50 万辆出租车，20 余万辆网约车，也就意味着将所有燃油出租车换成纯电出租车就相当于种植了 1000 万棵树。2.0 版本提出有关出租车网约车新能源化的措施和细节与实现碳中和的目标高度契合。

层级	主要依据及代表地区
I	<ul style="list-style-type: none"> 特大型城市（如北京、上海、深圳等）； 功能性示范区域（如海南、雄安等）；
II	<ul style="list-style-type: none"> 传统汽车限购先行城市（如天津、杭州、广州等）； 蓝天保卫战重点区域省会城市（如石家庄、太原、郑州、济南、西安、南京、合肥等）； 新能源汽车推广领先城市、产业集群区域核心城市及经济发展沿海城市（如重庆、青岛、成都、长沙、昆明等）；
III	<ul style="list-style-type: none"> 蓝天保卫战重点区域，如华北（河北、河南、山东）、长三角（江苏、浙江、安徽）、汾渭平原区域（山西） 新能源汽车产业集群区域，如泛珠三角（广东、福建）、中部（湖南、湖北、江西）； 其他新能源汽车推广或低碳发展示范城市如贵阳等；
IV	<ul style="list-style-type: none"> 其他区域，西北（新疆、西藏、宁夏、甘肃、陕西、青海）、东北（黑龙江、辽宁、吉林），西南（广西、云南、贵州、四川）、内蒙古自治区。

图 6-1 传统燃油汽车退出区域层级划分及代表地区

优先级	乘用车		商用车		
	PV1	PV2	CV1	CV2	CV3
车型类别	出租及分时租赁车、网约车	公务车	私家车	城市公交、环卫、城市轻型物流车、场地车、通勤车	普通客车、专用车、城际物流车

图 6-2 传统燃油汽车退出优先级

车型分类	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
乘用车 PV1-a	I, II	III	IV				
乘用车 PV1-b		I, II	III, IV				
乘用车 PV2			I, II	III	IV		
商用车 CV1	I, II	III	IV				
商用车 CV2			I	II	III	IV	
商用车 CV3			I	II	III	IV	

注：PV1-a 主要指出租车、网约分时租赁车等非公务用车；

PV1-b 指公务车，主要指党政机关及事业单位用车；

PV2 主要指私家车等；

CV1 主要指城市公交、环卫、轻型物流、通勤、港口机场场内运输车等；

CV2 主要指其他中轻型专用车、中型物流车和普通客车等；

CV3 主要指中、重型货车等。

图 6-3 传统燃油汽车退出时间表

亮点 3：提出了提升国 V 以上货车比例以及推动低硫燃料

继续提高国五和国六货车比例，不仅符合国家的政策引导，而且从重卡市场中节能减排具有很强的操作性和较高的社会接受度。从现在的市场来看，2018年全国柴油车保量中，国五货车占比仅有323.2万辆，占比仅有15.4%。80%以上的柴油车还是国五以下。而国五及以上标准货车的优势在于更加严苛的污染物排放标准。1辆重型柴油车污染排放超750辆汽油车，虽然，柴油车在国内仅占机动车保有量的8%左右。但是，在机动车四项污染物排放总量中，其排放了57.3%氮氧化物和77.8%颗粒物，是机动车污染防治的重中之重。所以，治理柴油车排放污染刻不容缓。随着柴油消费量的增长以及环保要求的日益严格，传统货车不再符合当前环保要求的标准：车用柴油质量标准也在不断提高，硫含量、密度、芳烃含量等主要指标控制越来越严格。应继续提高国五以上货车的比例有利于减少尾气污染物排放，促进大气污染的防治进程。

我国燃油市场的高需求量、低硫燃料的较大提升空间以及企业和机构的完备使得低硫燃料的推行能够很大程度上帮助推进交通节能减排目标的完成。亚太地区是全球最大船用燃料油消费市场，约占全球市场的半壁江山。其中，新加坡是最大的低硫燃料消费国。而根据隆众资讯数据显示，中国港口吞吐量约为新加坡的7倍，但保税船用燃料油加注量仅为新加坡的四分之一，据金联创预计，今年中国保税低硫燃料油的需求量约达1500万吨左右，同比增长15.38%。发展潜力巨大。

从机构方面来看，中国低硫燃料油的供应有三个来源：国内炼厂生产、从国外保税进口以及混兑调合。浙江、山东、河北、大连等地自贸区均获许开展不同税号下保税油品混兑调合业务。截至今年5月，中石化、中石油、中海油、中化集团旗下炼厂及部分民营炼厂，已成功生产符合国家标准的低硫重质船用燃料油。这些机构的试点成功将逐步推动中国成为低硫燃料大国。

亮点 4：算法部分加入狭义广义叙述

在减排量交叉弹性算法的段落加上狭义和广义的叙述使手册更加形象和直观。狭义是指排放总量为某项政策直接影响到的交通工具，直观反映了政策的性质，对未来政策制定具有指导意义。如甩挂运输的狭义排放总量是试点企业采用

甩挂运输方式的重型货车排放量。广义是指排放总量为某项政策适用的所有交通工具，反映了政策在此地区的协同效果，可为政策在此地区的实施效果做评价对比。如甩挂运输的广义广义排放总量是天津市域内所有重型货车排放量。从广义狭义双视角分析评价各项措施对大气污染物和温室气体减排的协同程度，能更精准地为全国各地区的政策制定提供数据支撑。

此外，2.0 手册还在政策协同性表格中加入了有关运输物流类，相关政策包括船舶燃油新能源化、岸电接用比例、甩挂运输、运输结构调整（公转铁）、国 V 以上货车替代传统货车等相关数据，核算了这些减排技术和政策对减排目标的可行性、贡献程度及相应的成本效益，进而明确关键减排技术和政策实施的优先顺序和时序，为下一步制定分规划时段的项目清单和实施方案提供了依据和初步政策模型。

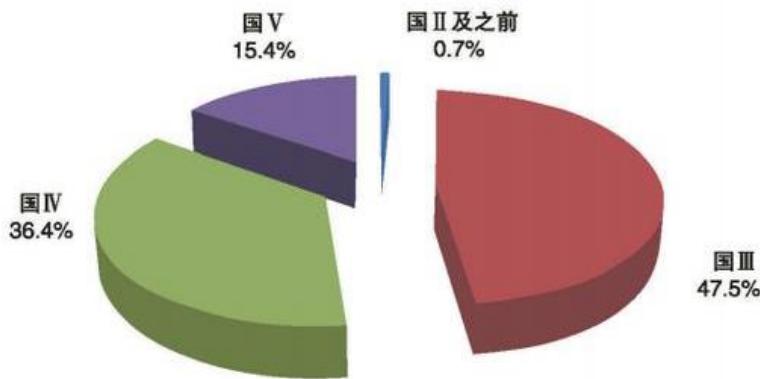


图 6-4 按排放标准阶段划分的柴油车保有量构成

亮点 5：提出开放碳交易市场，开放综合市场手段以加强碳排放控制

国家在未来阶段，为了实现碳中和以及碳达峰目标，会大力支持碳排放市场交易的开展，鼓励用市场机制带动环境保护。碳排放交易，是指运用市场经济来促进环境保护的重要机制，允许企业在碳排放交易规定的排放总量不突破的前提下，可以用这些减少的碳排放量，使用或交易企业内部以及国内外的能源。《京都议定书》第 17 主题规定，碳排放交易是一个可交易的配额制度，以议定书附件 B 所列承诺的减排和限排承诺计算的配额为基础。例如，全球限定 100 单位的碳排放量，A 国获得 15 单位的指标，B 国获得 10 单位的指标，其他国家则获

得其余 75 单位的指标。如果 A 国只排放了 10 个单位，而 B 国排放了 12 个单位，那么 B 国就可以从 A 国购买 2 个单位的碳排放量。目前，在推动碳排放交易方面，欧盟走在世界前列，已经制定了在欧盟地区适用的气体排放交易方案，通过对特定领域的万套装置的温室气体排放量进行认定，允许减排补贴进入市场，从而实现减少温室气体排放的目标。2.0 手册在借鉴国际经验的基础上，讨论了我国交通领域开放碳市场以及优化碳市场管理的长远影响及对碳中和目标实现的作用。

亮点 6：提出要关注部门、区域多方面的协同，以及社会经济接受程度

我国目前处在经济增长的关键阶段，全面建成小康社会的冲刺阶段，实现碳中和、碳达峰、空气质量改善等目标的各项措施需要充分考虑其经济成本、系统效益，区域协调以及社会的可接受程度，因此 2.0 手册中在结合 1.0 手册中对各项措施的协同效益分析基础上，综合考虑了区域之间的措施协同，不同部门领域的协同，以及措施的经济效益排序。

亮点 7：关注交通领域新技术和新模式的作用

首先，中国当前的大气污染物排放结构中，60% 和 40% 的 NOX 和 VOC 排放来自于移动源，因此交通领域的达峰压力较之其他行业更大。其次，在交通领域发展规模不稳定的情况下实现达峰很困难，我国可借鉴的发达国家达峰经验均在规模已经稳定的情况下实现，而我国在不稳定的阶段实现达峰，需要依赖技术和模式大幅提升。2.0 手册关注到了交通领域实现达峰的压力以及技术和模式更新的必要性，提出了现阶段交通领域可以采取的措施：结构优化（公转铁，公交优先）、能效提升（燃硫提升，单车单船的效率提升，运输组织优化）、能源替代（电动化，新能源化，传统模式改造），并且关注了在这些措施中的子行业的技术更新。

亮点 8：关注碳排放的平台监测

中国的空气质量监测平台已初步完善，在世行支持下，中国环境科学研究院与国际应用系统分析研究所合作开发的 GAINS-JJJ 模型能够有效评估中国各城市空气质量改善的潜力，成为空气污染标准制定和政策设计的核心支撑工具。虽然监

测污染物排放的体系平台已经健全，但是目前在交通领域缺乏与实现碳中和以及碳达峰目标相契合的，碳排放监测平台及标准。因此，2.0 手册更新了与碳排放清单核算、国际标准对比、减排潜力和成本评估，以及对实现指定目标下最优策略的评估相关的内容，系统梳理了美国和欧盟的经验，利用已经建立的城市平台帮助经验在其他区域的推广，为碳排放的统一标准和平台的实现提出了可参考的建议。

7、结语

自 1.0 手册推出以来，在多个试点城市得到了大量的实践和反馈，对城市的交通减排规划作出了重要贡献。在下一个工作阶段，2.0 手册的更新将结合地方城市十四五规划及相关专项规划的编制与实施；结合地方城市“双达”（碳达峰、空气质量达标）工作的研究、编制与实施；结合发改、生态环境、自然资源、交通等部门的行动计划及重点任务落实；借势新基建，贯彻新发展理念，吸收新科技革命成果，不断提升技术方法与模式创新，为生态文明建设以及十四五目标的完成添砖加瓦。



图 7-1 十四五工作规划指示