

能源基金会资助项目

碳中和背景下交通部门近零排放战略、  
路径、对策研究（摘要）

交通运输部科学研究院

2022年10月

## 0.执行摘要

快速增长的运输与出行需求，不但增加了中国交通运输领域二氧化碳排放量（本研究将统一简称为“交通部门碳排放”），还加剧了城市拥堵、货运效率等挑战。交通部门的碳减排对于中国实现碳达峰、碳中和目标，降低能源进口依赖，推动新能源交通装备产业转型，都至关重要。

2020年9月，习近平总书记在联合国大会上宣布“中国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”；并于2021年10月指出“为推动实现碳达峰、碳中和目标，中国将陆续发布重点领域和行业碳达峰碳中和实施方案和一系列支撑保障措施，构建起碳达峰、碳中和‘1+N’政策体系”。“1”是指《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，是管总体的，发挥统领作用；“N”是指国务院印发的《2030年前碳达峰行动方案》为首的政策文件，包括能源、工业、交通运输、城乡建设等分领域分行业碳达峰实施方案。目前，我国的碳达峰碳中和“1+N”政策体系已基本建立。

《2030年前碳达峰行动方案》等“双碳”顶层设计中提出了一系列减少道路交通领域低碳发展的措施，涉及运输工具装备低碳转型、运输结构绿色调整、绿色交通基础设施建设等多方面。该方案指出，交通运输领域绿色低碳行动的目标为“确保交通运输领域碳排放增长保持在合理区间”。这表明，中国交通运输领域碳排在近期仍存在上升势头。与此同时，全球温室气体排放预测模型表明，为实现《巴黎协定》中全球温升不超过2°C的目标，全球交通运输业的温室气体

排放有必要在 2020 年至 2025 年之间达到峰值<sup>1</sup>。考虑到中国的交通运输温室气体排放仅次于美国和欧盟，因此，交通运输部门的减排对实现《巴黎协定》目标与中国 2060 年碳中和目标至关重要。

在交通运输部门不同运输模式低碳发展路径，需要在量化减排效果的基础上，科学的设计差异化的路径。公路运输是最主要的碳排放源，新能源工具装备的技术成熟度最高；考虑到航空和水运不成熟的减排技术与高昂的减排成本，近期动力电池和氢燃料电池技术突破与成本下降为道路交通领域减排带来了新机遇。为实现《巴黎协定》目标与中国 2060 年碳中和目标，促进低碳投资与技术创新，需要量化分析中短期不同路径下交通运输低碳发展情景的减排效果，进而提出面向碳中和的交通运输绿色低碳发展目标和实施途径。

为此，本研究基于自主研发的交通运输与经济、能源、环境仿真集成模型（T3E-SAM），结合了对中国交通部门中长期减排趋势进行预测，并识别了重点减排措施。并对未来 4 个低碳交通模式进行了探索性研究：一是结构调整潜力及未来路径设计；二是城际交通变革及未来路径设计；三是重型货车减排潜力及未来路径设计；四是共享化、智能化、电动化城市出行变革路径。

主要结论包括：

**（1）交通部门碳排放总量仍将增长一段时期，新能源运载工具推广的速度与广度决定了未来碳达峰、碳中和的时间**

中国客货运需求仍将持续增加，导致交通部门碳排放将持续增长。然而，随着国家“双碳”政策的实施，交通部门碳排放有望在 2034 年

---

<sup>1</sup> 国际能源署，2021；Fransen，2019

实现达峰（详见双碳政策推演情景），陆路石油消耗量有望在 2030 年实现达峰。如果采取更为积极的运输结构优化措施、新能源应用措施及低碳技术推广措施，交通部门的碳排放达峰时间可提前至 2030 年（见深度减排情景）。值得一提的是新能源汽车推广是最主要减排措施，其深度与广度将决定未来达峰的峰值、时间，以及未来碳中和的可能性。

到 2060 年，如果新能源交通运输工具装备技术成熟，交通部门的碳排放有望在 2020 年的基础上减少 78%。如果同时采取更积极的新能源汽车推广和运输结构优化措施，2060 年的道路交通领域的碳排放可在 2020 年基础上减少 92%，基本实现交通部门的近零排放（深度减排情景）。在交通部门的各项减排措施中，新能源汽车推广与应用碳减排潜力最大，其后依次为运输结构优化、车辆能效提升。短期来看，运输结构优化、传统燃料运输装备能效提升的减排成效显著；长期来看，新能源汽车推广与应用对道路交通领域实现近零排放将起到决定性作用。

## **（2）运输结构优化减排效果有限，呈现先上升后下降的趋势**

大宗货物运输量占我国全社会货运量的 60% 以上，公路运输是最主要的运输方式。

通过一系列政策措施推动大宗货物“公转铁”“公转水”。铁路运输方面，未来通过建设铁路运输专用线、推进铁水联运信息交换、加快多式联运等措施，增加铁路运输货运量。在铁路得到充分的应用的情景下，铁路运输量将持续增加，但考虑铁路运输线路有限性及铁路运输效率。未来最乐观的情况下（极限情景，运输结构调整政策做到极致），2060 年货运量能够从 2020 年的 46 亿吨增长到 2060 年的

91 亿吨，增长近 100%。水路运输方面，受限于运输场景及运输时效性的需求，内河货物量增长存在上限，沿海货运量增速稍快。通过对高等级航道、多式联运枢纽等基础设施的建设，以及水运船舶的大型化、标准化推进，能够进一步增加水路货运量。内河货运量从 2020 年的 41 亿吨增长到 2060 年的 61 亿吨，增长 20 亿吨。沿海货运量能够从 2020 年的 55 亿吨，增长到 2060 年的 85 亿吨，增长 30 亿吨。

通过建模分析，得到在实现最优的运输结构调整的情景下，即到 2060 年，铁路、水路运输承担绝大部分长距离大宗货物运输的情景下，通过运输结构调整的举措在 2040 年左右碳减排效果最大，能够减排 1.57 亿吨。2040 年后，考虑到低碳化货运车辆的普及，运输结构调整所产生的减排量逐步减少。仅采用运输结构调整能够带来的减排效果有限，需要多种减排措施组合实施。

具体路径上，未来可以大力发展多式联运，推动各种交通运输方式深度融合，进一步优化调整运输结构，提升综合运输效率。在基础设施方面，提升多式联运运载能力和衔接水平，达到基础设施的硬联通。在运输服务方面，创新多式联运组织模式，提高服务水平，升级服务软联通。在技术方面，推进集装箱技术应用，增加适箱货物产品。

### **(3) 高铁将承担更多城际客运量，民航是长距离城际客运主力**

铁路运输逐步成为最主要的城际客运方式。自 2008 年首条高铁开通以来，铁路运输逐步成为最主要的城际运输方式，2019 年铁路运输周转量占比达 42%。2019 年公路运输量最大，但降低趋势明显，较 2012 年峰值下降 65%，年均下降 12%。民航运输距离持续上升，2019 年为 1774 公里。铁路运输平均距离持续下降，自 2008 年峰值以来，下降了 25%，年均下降 2.3%。与高铁普及时间重合，对中短

距离的客运替代效应显著，公路、水路平均运距持续缓慢下降。

高铁基础设施建设仍将持续发展。以“八纵八横”高速铁路主通道为主骨架，以高速铁路区域连接线衔接，以部分兼顾干线功能的城际铁路为补充的综合运输铁路网将逐步完善，到 2035 年高速铁路里程将达到 7 万公里。随着居民生活水平提高，民航客运量、客运周转量仍将大幅增长。民航机场将从 2021 年的 248 个增长到 2035 年的 400 个左右，考虑到长距离运输仍旧是民航出行的主要优势、民航运输服务质量较高、在人口密度较低的西部地区仍有较大的增长空间，民航运输量仍将大幅增长。考虑未来高铁对民航的替代作用。基于文献调研，假设八纵八横通道规划开通后将比现有线路额外覆盖 69 个国内机场，对额外 834 条航线将造成影响。50 万人口城市高铁通达后，中国高铁线路将几乎覆盖 90% 以上中国机场，高速铁路可能替代整体的民航班次 35% 以上。

减排效果呈现上升趋势。减排量从 2025 年的 800 万吨，逐步增长到 2035 年 2100 万吨，到 2060 年 3500 万吨，相当于减少了 2021 年民航客运的碳排放的 50%。减排总量仅为货物运输结构减排量的 20%。

未来城际客运低碳路径设计上，高铁和民航运输均需要进一步应用如轻量化材料，高效发动机（驱动）等节能措施。高铁将研发下一代高速机车，进一步提高电动化率。民航飞机需要研究探索新能源应用技术，实现低碳转型。

#### **（4）新能源重型货车的普及速度和广度决定了交通部门碳排放是否能够大幅减碳**

在我国交通运输领域碳排放结构中，公路货运是最主要的碳排放

源，占比近 60%。其中重型卡车碳排放量占公路货运碳排放总量的比例超过 60%。推广新能源重型货车是货运减排的核心，但是目前来看，推广新能源重卡还存在着一些制约瓶颈。未来新能源的技术路径还不清晰，车辆成本过高。新能源重卡的比重未来会进一步提升。从降本速度来看，电动重卡仍将在短期内领先。根据国际清洁交通委员会的预测，电动重卡相对于柴油重卡的拥有总成本平价将在未来 15 年内实现。

重型卡车车辆数将持续增加到 2040 年前后，新能源重型货车保有量占比将从 2030 年起快速增加，从 2030 年的 10% 增加到 2050 年的 95%，到 2060 年的 100%。从市场渗透率来看，2035 年新能源重型货车渗透率将超过 50%，2040 年超过 80%，2050 年超过 98%。

新能源重型货车应用所产生的减排效果显著。相较于双碳推演情景，新能源重型货车应用情景下，2030 年、2035 年、2040 年、2050 年、2060 年减排效果分别为 3481 万吨、1.15 亿吨、1.36 亿吨、2.01 亿吨、5260 万吨。在 2050 年减排效果最为突出。新能源重型货车的普及速度和广度决定了碳排放的减排效果。

#### **(5) 随着“使用而非拥有”的理念深入人心，共享化变革城市交通出行**

随着汽车+物联网、云计算、大数据、人工智能在产品技术层面深度融合，“新一代汽车智能交通+智慧能源+智慧城市”在系统层面呈现融合发展趋势，从而使“使用而非拥有”理念深入人心，共享汽车模式成为城市出行主流。共享+智能+电动化汽车能够衍生多种业务模式，包括顺风车、网约车、分时租赁、P2P 租车等。每种模式相互交叉，基本满足全方面的城市居民用车需求。

“使用而非拥有”成为大部分城市居民的共识。大部分城市居民不再拥有私家车到 2060 年，私家车保有辆将减少到 5544 万辆，较 2021 年下降 78%。城市总体车辆数将显著下降，城市出行效率大幅上升。

随着共享化在城市中的普及，减排效益显著，2035 年、2040 年、2050 年、2060 年分别能够带来 1388 万吨、9050 万吨、5315 万吨、696 万吨的减碳效果。同时，私家车保有辆将减少到 5544 万辆，较 2021 年下降 78%。网约车将为城市出行提供大部分运力，城市出行效率将大幅提升。

城市客运变革与新能源汽车产业变革融合发展。未来汽车产业发展会沿着电动化、智能化、出行服务的路径。乘用车领域，电动化已成为行业的主流，智能化是现阶段车企的主战场，未来将主要竞争出行服务。

#### **(6) 适度超前的减排措施在 2050 年后能够带来减排成本的下降**

双碳政策推演情景的减排成本，主要包括两方面成本，基础设施建设成本及运营成本。基础设施建设成本呈现先增后减的趋势，基础设施建设成本在 2036-2040 年间达到峰值。总的基础设施建设成本为 1.2 万亿元；运营成本呈现相似的趋势，从 2021-2025 年间的 3778 亿元，快速增长到 2036-2040 年的 15.4 万亿元。运营成本是最主要的减排成本，总量达 60.6 万亿元。到 2021-2060 年减排总成本为 61.8 万亿元。

在深度减排情景下，基础设施建设成本呈现先增后减的趋势，基础设施建设成本在 2036-2040 年间达到峰值。总的基础设施建设成本为 2.1 万亿元；运营成本呈现相似的趋势，从 2021-2025 年间的 406



亿元，快速增长到 2036-2040 年的 16.1 万亿元。运营成本是最主要的减排成本，总量达 47.4 万亿元。值得一提的是，到 2051-2060 年，由于新能源装备的普及，运营费用的减排成本为-7338 亿元，表明相较于基准情景减排具有了经济性。

对比深度减排情景与双碳政策推演情景可知，前期深度减排成本高于双碳政策推演情景减排成本，随着新能源运载工具带来的运营成本优势，深度减排情景下在 2041-2050 年就将具有经济性，因此，前期相对激进的减排措施能够在未来展现更好的经济性。