



WRI CHINA



加速城市场景下新能源货车推广：北京实例分析及建议

ACCELERATING ZERO EMISSION TRUCK ADOPTION IN URBAN APPLICATIONS: BEIJING'S ANALYSIS AND RECOMMENDATIONS

薛露露 陈轲 刘笑影 程颖 宋丽英 任焕焕



新能源汽车国家大数据联盟
National Big Data Alliance of New Energy Vehicles

WRI.ORG.CN

引用建议：

薛露露，陈轲，刘笑影，程颖，宋丽英，任焕焕. 2023. 加速城市场景下新能源货车推广：北京实例分析及建议. 世界资源研究所研究报告. <https://doi.org/10.46830/wrirpt.22.00148>

校对

谢亮 hippie@163.com

设计与排版

张烨 harryzy5204@gmail.com

目录

| | |
|------|-------------------------------|
| V | 执行摘要 |
| XIII | Executive Summary |
| 1 | 引言 |
| 7 | 研究对象及方法 |
| 7 | 研究对象 |
| 8 | 研究方法 |
| 13 | 运输场景的定义 |
| 21 | 不同场景新能源货车技术与成本差距分析 |
| 21 | 不同场景新能源货车技术成熟度分析 |
| 33 | 不同场景新能源货车总拥有成本分析 |
| 39 | 总结与讨论 |
| 45 | 克服新能源货车技术与成本挑战的措施 |
| 46 | 政策效益估算 |
| 56 | 运输企业差异化的政策诉求 |
| 56 | 政策建议 |
| 61 | 附录 1. 北京新能源货车政策回顾与效果分析 |
| 65 | 附录 2. 本研究企业调研说明 |
| 67 | 注释 |
| 68 | 参考文献 |
| 71 | 致谢 |
| 71 | 关于作者 |

图目录

| | | |
|-----|------------------------------------|----|
| 图1 | 2021年北京市各车型新能源汽车保有量与市场渗透率情况 | 2 |
| 图2 | 2022年10月北京市新能源货车保有量构成 | 7 |
| 图3 | 本研究涉及的新能源货车技术性能分析指标与数据来源 | 8 |
| 图4 | 大中型企业反馈的在京注册货车或计划/已购买新能源货车的主力车型 | 14 |
| 图5 | 小微企业和个体户反馈的在京注册货车或计划/已购买新能源货车的主力车型 | 14 |
| 图6 | 2021年新能源汽车车型数量统计 | 15 |
| 图7 | 北京市2021年9月纯电动货车充电功率分布 | 22 |
| 图8 | 北京市纯电动货车的充电时间对新能源货车替代率的影响 | 23 |
| 图9 | 北京市轻微型纯电动货车2021年7月、9月和12月百公里电耗中位数 | 25 |
| 图10 | 北京2021年纯电动货车的日行驶里程统计 | 27 |
| 图11 | 微面、中面的TCO | 35 |
| 图12 | 4.5吨轻型普通货车在各运输场景下的TCO | 36 |
| 图13 | 4.5吨轻型冷藏货车总拥有成本对比 | 37 |
| 图14 | 不同类型重型货车总拥有成本对比 | 38 |
| 图15 | 影响运输企业购置新能源货车的主要因素 | 41 |
| 图16 | 微面、中面的TCO | 42 |
| 图17 | 现有经济激励措施对4.5吨轻型冷藏货车TCO的影响 | 46 |
| 图18 | 现有经济激励措施对4.5吨轻型冷藏货车TCO的影响 | 53 |
| 图19 | 不同政策对不同规模运输企业使用新能源货车的激励作用 | 56 |

表目录

| | | |
|----|--|----|
| 表1 | 2023年北京市新能源货车推广的主要政策 | 3 |
| 表2 | 计算TCO的各类货车车型说明 | 9 |
| 表3 | 总拥有成本的数据来源说明 | 10 |
| 表4 | 本文重货、轻抛货和冷链货物的分类依据 | 13 |
| 表5 | 2021年分货车车型的保有量占比与《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》中新能源货车车型统计 | 16 |
| 表6 | 货车日行驶里程与年行驶里程的关系 | 16 |
| 表7 | 轻微型货车运输场景及案例说明 | 17 |
| 表8 | 中重型货车运输场景及案例说明 | 18 |
| 表9 | 不同充电功率下纯电动货车的日间、夜间充电时间 | 22 |

| | | |
|------------|--|----|
| 表10 | 纯电动货车在不同运输场景下的日行驶里程分析 | 29 |
| 表11 | 分车辆技术、分车型的载质量对比 | 21 |
| 表12 | 新能源轻微型货车在不同运输场景下的替代率 | 31 |
| 表13 | 新能源重型普通货车在不同运输场景下的替代率 | 32 |
| 表14 | 北京市现状纯电动货车与传统燃油货车TCO对比 | 33 |
| 表15 | 北京市现状氢燃料货车与传统燃油货车TCO对比 | 34 |
| 表16 | 不同场景下新能源货车的技术成熟度与TCO对比 | 40 |
| 表17 | 解决新能源货车技术与成本挑战的措施汇总 | 45 |
| 表18 | 实现传统燃油货车总拥有成本平价，北京市纯电动货车所需的补贴金额 | 47 |
| 表19 | 北京市新能源货车优先路权政策现状 | 48 |
| 表20 | 解决北京市城市拥堵、夜间配送问题、加速新能源货车推广的可行方案与对比 | 49 |
| 表21 | 优先路权政策对不同场景纯电动货车总拥有成本的影响 | 50 |
| 表22 | 提高新能源货车最大允许总质量的国际案例 | 52 |
| 表23 | 允许新能源货车超载10%对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响 | 52 |
| 表24 | 完善充电基础设施对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响 | 54 |
| 表25 | 四项政策组合对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响 | 55 |
| 附表1 | 北京市新能源物流配送车优先通行政策概况 | 62 |
| 附表2 | 2021—2022年度示范应用项目的燃料电池汽车北京市级奖励金额 | 63 |
| 附表3 | 本研究调研的不同运输场景下运输企业的数量 | 65 |
| 附表4 | 本研究对运输企业分类的说明 | 66 |
| 附表5 | 本研究问卷调查的运输企业数量及企业类型 | 66 |

专栏目录

| | | |
|------------|------------------------|----|
| 专栏1 | 北京新能源货车发展概况 | 4 |
| 专栏2 | 新能源货车标称续航里程 | 28 |
| 专栏3 | 夜间配送政策的必要性与国际经验 | 51 |
| 专栏4 | 完善北京市加氢基础设施 | 58 |
| 专栏5 | 城市物流枢纽布局对物流效率的影响 | 59 |



元嘉国际公寓
YUANJIA INTERNATIONAL CONDOS

厢式货车

执行摘要

亮点

- 本文针对北京市不同运输场景，基于大样本的数据分析、运输企业调研，分析北京市近期如何加速新能源货车推广，才能够克服其技术与成本挑战，实现新能源汽车推广与减污降碳的目标，同时避免新能源货车推广对城市货运行业从业者就业与生计产生影响。
- 分析结果显示，目前，在北京的温度与工况条件下，适合北京市规模化推广新能源货车的场景包括轻微型货车的城市配送、重型牵引车的高频短倒等。
- 对轻微型货车而言，纯电动轻微型货车适合大部分城市配送场景，但在长里程场景与冷链运输场景下，仍面临突出的技术与成本挑战。相反，在获得京津冀燃料电池汽车示范城市群的市区两级全额补贴后，氢燃料电池货车（以下简称“氢燃料货车”）在长里程场景与冷链运输场景下，比纯电动轻微型货车更具技术与成本优势。
- 对重型货车而言，氢燃料货车（如自卸货车）基本能满足城市运输场景需要，且在获得京津冀燃料电池汽车示范城市群的市级补贴后，总拥有成本（Total cost of ownership, 以下或简称“TCO”）已低于燃油货车。
- 为加速新能源货车推广，北京市有关部门有必要采取多种措施，包括优化调整现行新能源货车优先路权政策、提高新能源货车最大允许总质量、完善新能源货车充电/加氢基础设施等。在所有政策中，优化调整现行新能源货车优先路权政策的效果最突出，且有助于节约政府财政支出。

研究问题

受技术进步与政策激励双重助推，北京市新能源货车保有量自2015年起快速增长，截至2021年底，北京新能源货车保有量达到2.6万辆，在全国城市中排名第五，仅次于深圳、成都、广州和西安（新能源汽车国家大数据联盟，2022）。

但由于成本高，部分车型技术尚未成熟，所以，新能源货车推广存在挑战。根据北京交通发展研究院统计，北京市新能源货车在货车保有量和销量中的占比不高。2021年底，北京市新能源轻微型货车保有量仅占同类货车保有量的5.4%，市场渗透率仅为8%。在公共领域车型中，新能源汽车推广水平位列最低，新能源中重型货车推广更是处于起步阶段，其保有量仅占中重型货车保有量的1.7%，市场渗透率仅为3%。

随着国家新能源汽车购置补贴政策彻底退出，北京市新能源货车推广政策也进入调整期。目前，北京市新能源货车推广的经济激励以“北京市燃料电池汽车示范应用项目”的氢燃料电池车辆补贴为主（财政部等，2020；北京市经济和信息化局，2022b）。针对纯电动轻型货车（特别是4.5吨以下轻型普通货车）的推广政策以优先通行政策为主，但该政策对新能源货车数量增长的激励效果也已经十分有限。针对纯电动微面、中面、中重型货车的地方推广政策几乎为“空白”。

随着新能源货车数量的增加，其推广也进入深水区：一些对成本、技术不敏感的场景（与企业）已实现了新能

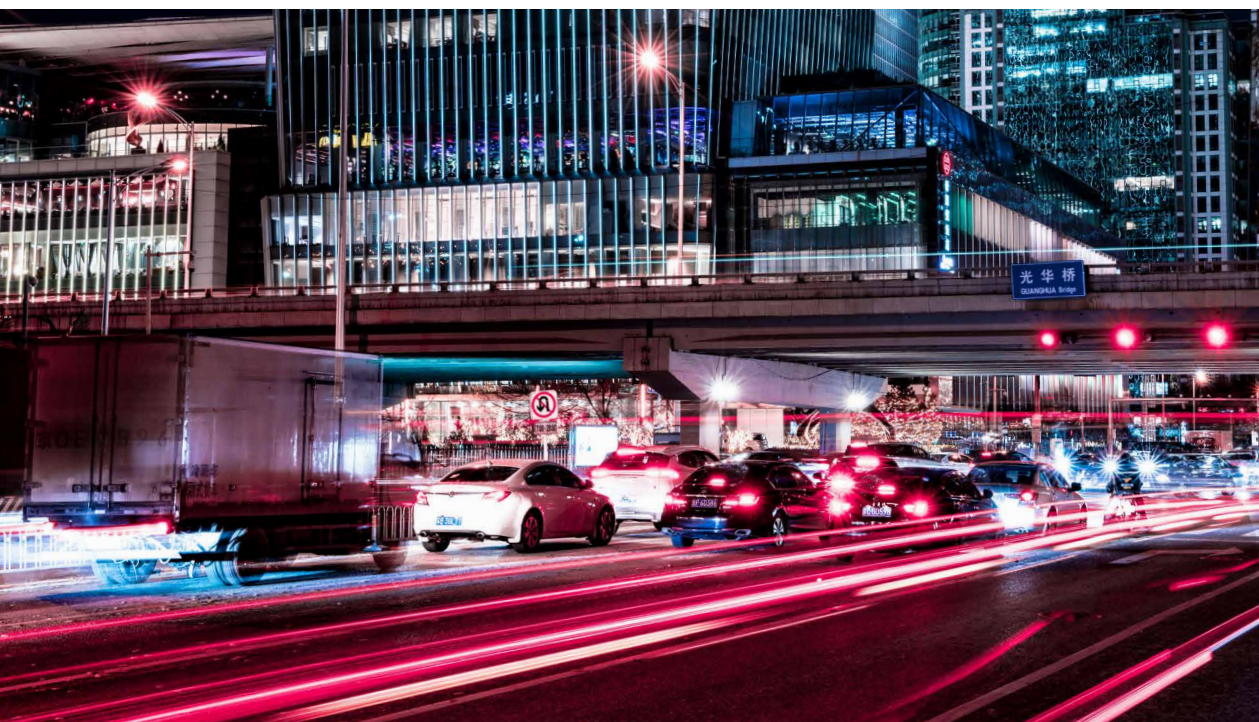
源货车的普及，亟须面向未使用新能源货车，或对新能源货车成本与技术敏感的场景（与企业）进行推广。

为实现2025年新能源汽车累计保有量达到200万辆（北京市人民政府，2022）以及公共领域车辆全面电动化先行区试点的目标，北京市亟须在补贴之外探索更多元的新能源货车推广措施。而北京推广新能源货车的经验也能为全国甚至全球（特别是其他冬季低温地区）提供参考。所以，本文试图回答：在目前技术水平下，北京市如何加速新能源货车推广——包括近期针对哪些场景优先推广新能源货车，需要提供哪些政策，才能够克服新能源货车的技术与成本挑战，助力北京实现上述目标；与此同时，如何避免推广新能源货车产生的潜在负面社会影响，包括对城市货运与物流行业从业者就业与生计的影响，并探讨如何能在一定程度上节约政府在新能源货车推广方面的财政资金（补贴）支出。

研究方法

本文基于北京交通发展研究院对北京市货品种类的统计（如轻抛货、重货）、《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》中主流的货车车型，以及北京交通发展研究院的货车运营监测数据与企业访谈分析得到的年行驶里程统计，将城市货运运输场景划分成12种类别。

针对北京市不同城市货运运输场景，本文采用大样本的数据分析、运输企业调研，分别从续航里程、补能时长与载货能力等维度，**分析新能源货车在不同场景下的技术成熟度、相对燃油货车的替代率（即替换一辆传统燃油货车**



需要的新能源货车数量),并计算不同运输场景下新能源货车与燃油货车总拥有成本的差距。

基于此,本文通过文献总结与定量分析,识别当下(2022—2024年)有助于弥合技术与成本差距的政策措施,评估其缩小技术与成本差距的效果,并基于企业问卷调查,分析不同类型的运输企业(如大中型企业、个体户等)对不同政策差异化的诉求,为北京市新能源货车推广提出有针对性的政策建议。

研究结果与建议

本文分析结果显示:不同场景下,纯电动货车与氢燃料货车的技术成熟度不同,与燃油货车总拥有成本差也不同,近期推广的潜力与适宜的零排放车辆技术各异。具体看,在当下(2022—2024年)北京的温度与工况条件下:

- 微面、中面场景:纯电动微面、中面的TCO已低于燃油汽车的TCO,但技术上仍面临续航里程不足的问题。所以,主机企业仍有必要研发契合用户使用需求的纯电动微面、中面车型。
- 最大总设计质量为4.490~4.495吨的轻型货车(以下简称“4.5吨轻型货车”)轻抛货运输场景:由于存在冬季续航里程衰减等问题,纯电动轻型普通货车只能满足(冬季)日行驶里程不超过160千米的中短里程场景,在长里程场景(日行驶里程200千米以上)下,其续航里程不足,所以,与燃油货车的替代率高(1.3~2)。在成本方面,纯电动普通货车在轻抛货中短里程场景下已与燃油汽车实现TCO平价,但在长里程场景下,由于纯电动货车

替代率高,因此仍存在TCO缺口。与纯电动轻型普通货车不同,氢燃料轻型货车在长里程场景下,能够具备技术上的优势,特别是**如果运输企业能够获得京津冀燃料电池汽车示范城市群市级与区级两级补贴,氢燃料轻型货车成本优势将比较明显,成为目前长里程场景下零排放车辆技术具有竞争力的选项¹**。

- 4.5吨轻型普通货车重货运输场景:在重货运输场景下,虽然纯电动普通货车基本满足日配送里程要求,但由于存在载质量损失,在车辆不超载的前提下,纯电动普通货车与燃油货车的替代率大于1(1.2~1.8),TCO远高于燃油货车。目前,氢燃料轻型货车在重货配送方面仍存在突出的载质量损失问题,亟须出台配套政策措施(如提高新能源货车最大允许总质量),且存在技术提升空间(如研发轻量化技术)。
- 4.5吨轻型货车冷链运输场景:纯电动4.5吨轻型冷藏货车受高电耗影响,与燃油冷藏货车的替代率高达2,在技术上无法较好满足该场景的配送需求,在成本上也远高于燃油冷藏货车的总拥有成本。氢燃料4.5吨轻型冷藏货车在技术上能满足冷链配送场景的需求。**如果运输企业能够获得京津冀燃料电池汽车示范城市群市级与区级两级补贴,氢燃料轻型冷藏货车更是具备TCO优势,是目前冷链场景下零排放车辆技术具有竞争力的选项²**。
- 中重型货车城市内运输场景:如果纯电动49吨半挂牵引车年行驶里程足够长,其TCO将与柴油车持平,甚至更低。在其他场景下,纯电动中重型货车仍面临技术与成本挑战。

对氢燃料中重型货车而言,如果能够与传统燃油货车实现1:1替代,多数氢燃料中重型货车车型在获得京津冀



燃料电池汽车示范城市群的市级和区级两级全额补贴后,其TCO甚至可低于传统燃油货车。例如,氢燃料自卸货车在不考虑载质量损失的条件下,技术与成本优势突出,是目前自卸货车零排放车辆技术有竞争力的选项。对载货汽车、42吨半挂牵引车的使用场景,如果能解决氢燃料货车的加氢问题(通过合理布局加氢站),在京津冀燃料电池汽车示范城市群补贴水平下,氢燃料货车能有望成为目前零排放车辆技术有竞争力的选项。但值得注意的是,氢燃料重型货车也存在突出的载质量损失问题。未来推广氢燃料货车,仍有待化解其载质量损失的问题,包括提高新能源货车的最大允许总质量,提升车辆能效、推动整车、储氢瓶、燃料电池系统等的轻

量化研发。新能源货车在不同运输场景下技术成熟度与TCO对比见表 ES-1。

值得注意的是,新能源货车在现实中遇到的技术与成本挑战更复杂:

一是货车经常需要“跨场景”运输,新能源货车技术与TCO缺口受“短板”场景(如长里程或重货运输场景)所制约。因此,相关政策制定与新能源货车技术研发,应关注“短板”场景。二是虽然氢燃料货车在很多场景下已与传统燃油货车达到TCO平价点,但受“北京市燃料电池汽车示范应用项目”推广数量少、先行示范区数量有限、补贴

表 ES-1 | 新能源货车在不同运输场景下技术成熟度与TCO对比

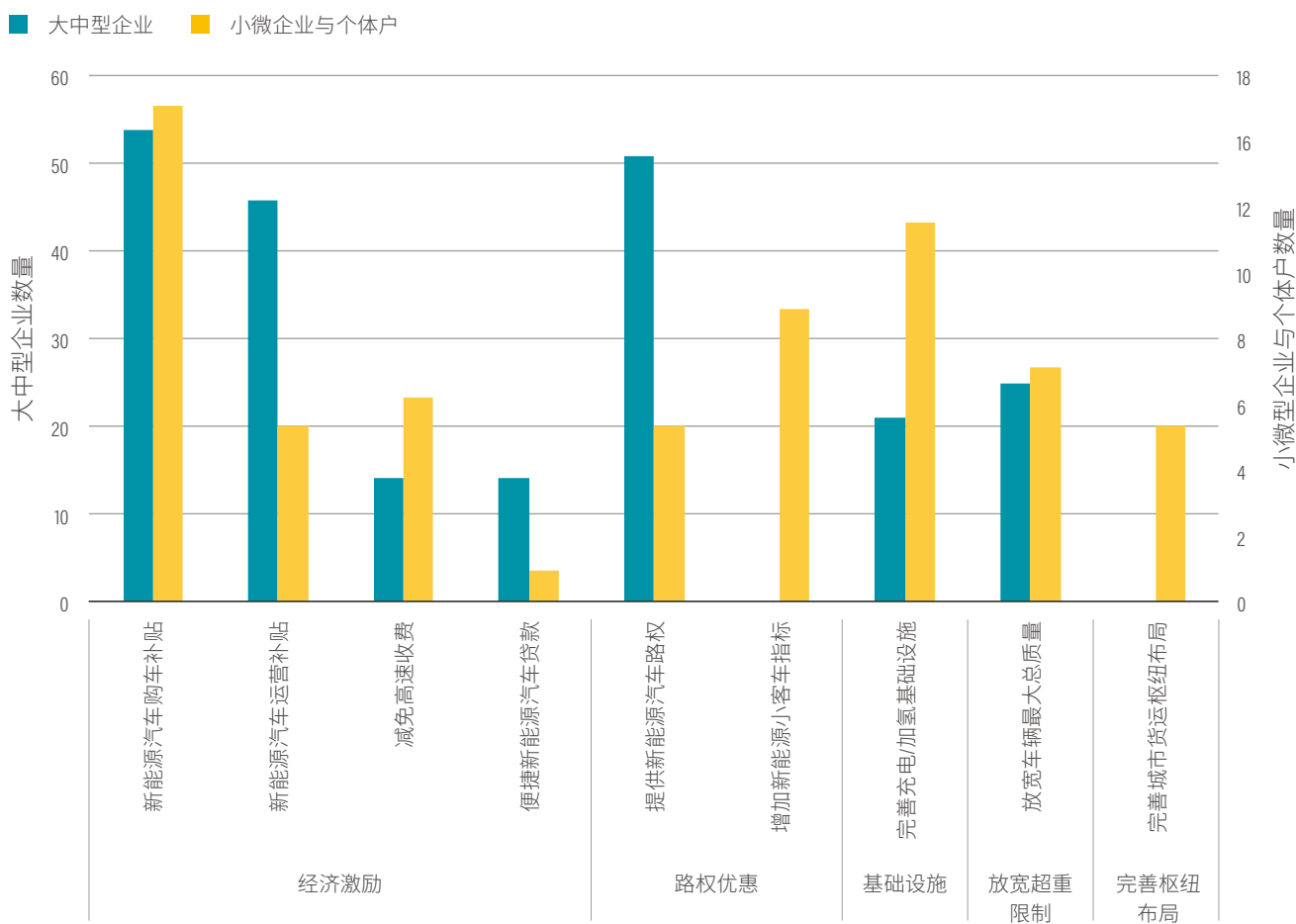
| 序号 | 运输场景 | 年行驶里程 (万千米) | 纯电动货车 | | | | | 氢燃料货车 | | | | |
|-----------------|---------------|----------------|-------|------|------|------|-----|-------|------|------|------|-----|
| | | | 替代率 | 续航里程 | 补能时长 | 载货能力 | TCO | 替代率 | 续航里程 | 补能时长 | 载货能力 | TCO |
| 微面 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 轻抛货、重货 | 2~4 | 1 | 黄色 | 黄色 | 绿色 | 绿色 | N.A. | | | | |
| | 中面 | | | | | | | | | | | |
| | 轻抛货、重货 | 2~4 | 1 | 黄色 | 黄色 | 绿色 | 绿色 | N.A. | | | | |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 轻抛货、短里程 | 0.9~3 | 1 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 1 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 绿色 |
| 3 | 轻抛货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 |
| 4 | 轻抛货、长里程 | 72~9 | 1.5 | 黄色 | 黄色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 |
| | 轻抛货、长里程 | 72~9 | 2 | 红色 | 红色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 |
| 5 | 重货、短里程 | 0.9~3 | 1.2 | 绿色 | 绿色 | 黄色 | 黄色 | 1.5 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 黄色 |
| 6 | 重货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1.2 | 浅绿色 | 浅绿色 | 黄色 | 浅绿色 | 1.5 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 黄色 |
| 7 | 重货、长里程 | 72~9 | 1.8 | 黄色 | 黄色 | 黄色 | 黄色 | 1.5 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 黄色 |
| 8 | 冷链 | 4.5~6 | 2 | 红色 | 红色 | 黄色 | 红色 | 1~1.2 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 浅绿色 |
| 重型货车 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 31吨自卸车 | 3.5~4.5 | 1 | 红色 | 红色 | 黄色 | 红色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 黄色 | 绿色 |
| 10 | 49吨(6×4)半挂牵引车 | 6 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 黄色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 |
| 11 | 42吨(4×2)半挂牵引车 | 6 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 红色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 绿色 |
| 12 | 18吨载货汽车 | 6 | 1 | 红色 | 红色 | × | 红色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | × | 绿色 |

说明:各颜色代表纯电动货车、氢燃料货车与同类燃油货车相比,在各运输场景下面临的技术或成本挑战。红色代表技术或成本存在突出挑战,黄色代表技术或成本存在一定挑战,浅绿色代表技术或成本挑战较小,深绿色代表技术或成本基本不存在挑战。

“N.A.”表示此技术不适用该场景,“×”表示该场景没有本地车型支撑定量分析。

来源:作者根据表14、表15总结。

图 ES-1 | 不同政策对不同规模运输企业使用新能源货车的激励作用



说明：问卷调查的问题设置中，企业可选择多个挑战。大中型企业的问卷设计较早，问卷中未包含“完善城市货运枢纽布局”这一选项。
来源：本研究对不同规模运输企业及个体户的调查问卷。

可能退坡以及未来氢气供应不足等因素影响，未被纳入示范项目的氢燃料货车将无法享受市、区两级氢燃料货车全额补贴。三是本研究中针对运输企业的问卷调查结果（见图 ES-1）显示，新能源货车技术不理想、成本高是运输企业面临的普遍挑战，小微企业与个体户对此更敏感。

为化解城市各场景下新能源货车技术与成本的挑战，本文从地方有事权且在当下对运输企业能起到直接激励作用的“需求侧”政策出发，定量分析不同“需求侧”政策对各运输场景下新能源货车的替代率与总拥有成本的改进效果。这一分析仅侧重纯电动轻微型货车相关场景，原因有二：一是氢燃料货车基本能满足城市场景运输的需要，且在“北京市燃料电池汽车示范应用项目”补贴下，氢燃料货车在绝大多数场景下能与燃油货车实现总拥有成本平价；二是纯电动重型货车数据有限。分析结果显示：

■ 第一，定量分析的四种措施中（发放新能源货车购置/运营补贴、优化调整现行新能源货车优先路权政策、

完善新能源货车充电/加氢基础设施、提高新能源货车最大允许总质量），**优化调整现行新能源货车优先路权政策对弥补纯电动货车与燃油货车TCO差距的效果最为显著**。四项政策组合对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响见表 ES-2。

- 第二，**综合施策下，实现纯电动货车与燃油货车TCO平价所需的政府补贴（纯电动货车购置/运营补贴）更少**。这说明，为节约政府财政支出，同时加速新能源货车推广，北京市有关部门有必要多措并举。
- 第三，不同政策措施对不同规模企业发挥的作用可能有差异。对大中型运输企业而言，优化调整现行新能源货车优先路权政策与发放新能源货车购置/运营补贴是激励企业置换新能源货车最主要的措施；对小微运输企业与个体户而言，发放新能源货车购置/运营补贴、完善新能源货车充电/加氢基础设施、增加新能源小客车购车指标是最重要的激励措施。

表 ES-2 | 四项政策组合对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响

| 运输场景 | 年行驶里程 (万千米) | 替代率 | 纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差 (万元/车) | 不同政策对弥合纯电动货车与传统燃油货车TCO差异的效果 (万元/车) | | | | 组合政策实施后纯电动货车与传统燃油货车TCO中位数之差 (万元/车) |
|-----------------|-------------|-----|----------------------------------|------------------------------------|------------------|-------------------|----------------|------------------------------------|
| | | | | 提高新能源货车最大允许总质量 | 完善新能源货车充电/加氢基础设施 | 优化调整现行新能源货车优先路权政策 | 发放新能源货车购置/运营补贴 | |
| 微面 | | | | | | | | |
| 对比新售燃油车 | 2~4 | 1 | TCO平价 | N.A. | N.A. | 4.8~19.1 | × | TCO平价 |
| 对比二手燃油车 | | 1 | -3.8~1.3 | N.A. | N.A. | | × | |
| 中面 | | | | | | | | |
| 对比新售燃油车 | 2~4 | 1 | TCO平价 | N.A. | N.A. | 4.8~19.1 | × | TCO平价 |
| 对比二手燃油车 | | 1 | 0.6~6.6 | N.A. | N.A. | | 0~2 | |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 0.9~3 | 1 | -0.2~4.1 | N.A. | N.A. | 2.1~14.3 | 0~2 | TCO平价 |
| 轻抛货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1 | TCO平价 | N.A. | N.A. | 8.3~21.4 | × | |
| 轻抛货、长里程 | 7.2~9 | 1.5 | -2.6~2.9 | N.A. | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| 轻抛货、长里程 | 7.2~9 | 2 | 10.1~15 | N.A. | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| 重货、短里程 | 0.9~3 | 1.2 | 5.0~9.7 | 4.8 | N.A. | 2.1~14.3 | 0~2 | |
| 重货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1.2 | 0.8~5.6 | 4.8 | N.A. | 8.3~21.4 | × | |
| 重货、长里程 | 7.2~9 | 1.8 | 7.0~11.4 | 7.2 | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| 冷链 | 4.5~6 | 2 | 25.1~29.0 | N.A. | 6.2 | 10.7~28.6 | 0~12 | |

说明：“N.A.”表示本文假设该政策不会对该场景产生影响，“×”表示该场景不需要补贴政策支持。
来源：作者计算。

为在更少的政府财政补贴下实现新能源货车的加速推广，并避免新能源货车推广对城市货运行业从业者就业与生计产生的影响，本研究建议北京市有关部门在当下有必要出台多元化举措，包括：

分场景、差异化推广纯电动货车与氢燃料货车

近期适合北京市新能源货车规模化推广的场景包括城市配送轻微型货车、使用纯电动换电重型货车的高频短倒场景。此外，在一些重型货车或城际运输场景，也应开展新能源货车的试点示范，如轻型货车的城际运输、重型自卸货车的渣土运输、半挂牵引货车的砂石骨料运输、重型载货汽车的快递/饮食品城内短驳运输，以及半挂牵引车的机械设备城内短驳运输等。

鼓励纯电动货车与氢燃料货车之间差异化发展，形成互补，避免重复投资。在北京市的温度条件与运营工况下，目前，纯电动技术适宜绝大多数轻型货车的城市配送场景，氢燃料技术适宜城市配送中长里程与冷链场景、重型自卸货车场景，以及半挂牵引货车与载货汽车的市内、城际运输场景。因此，应尽可能针对不同应用场景，给予纯电动货车与氢燃料货车差异化的政策导向。

优化调整现行新能源货车优先路权政策

调整现行货车日间限行政策，包括：对持五环内日间货车通行证的轻型冷危货车与中重型货车设置新能源汽车比例要求，要求市中心八个区放开对新能源物流车的区级限行要求，建立公平、透明的五环内日间货车通行证分配机制。

进一步扩大新能源货车路权优势、限制传统燃油货车通行，包括：扩大新能源货车与燃油货车夜间允许通行的时间差，给予新能源货车更长的时间窗口；研究限制传统燃油货车通行的措施，择机出台核心区超低货运排放区/零排放货运区政策。

话语权较大的收货企业通常出于成本、货品安全等考虑，不愿夜间收货，导致北京市夜间配送效果欠佳，日间配送仍为主流。为此，建议面向五环内的重点收货企业（如生鲜、饮食品、零售等行业企业）搭建“夜间诚信收货体系”，鼓励运输企业选择夜间配送。

提高新能源货车的最大允许总质量

在城市层面，建议北京市有关部门考虑实施一项政策，即允许在北京市范围内行驶的新能源货车，在其车货总质量未超过规定的最高限值10%的情况下，不予处罚。

在国家层面，工业和信息化部、交通运输部应考虑研究与修订相关标准，如《公路货运车辆超限超载认定标准》（交通运输部 and 公安部，2017）、《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》（GB 1589—2016）（原国家质量监督检验检疫总局等，2016），在满足最大轴荷的前提下，将新能源货车最大总质量限值提高1~2吨。

采取适当经济激励措施填补成本差

针对小微企业与个体户而言，由于通常采用“客改货”车辆，根据本研究调研，即便置换成新能源汽车，它们仍然会选择新能源小客车。所以，建议允许小微企业与个体户在保留现有的燃油小客车车牌的同时，通过0~2万元/车的纯电动货车购置或租赁补贴，鼓励其购置或租赁纯电动货车，并组织新能源货车试驾活动，提升其认知度。

针对大中型市属国有企业、事业单位与政府机关，设定新能源货车使用比例，鼓励在政府采购服务或工程项目中使用新能源货车。

针对重型货车场景，考虑在近期适当扩大参与燃料电池汽车示范应用区县的数量及补贴的货车数量³。同时，应避免过度提高补贴金额、刺激车队规模过度扩张或引入更多市场参与者，造成行业运力供给过剩，影响新能源货车推广。建议采取将老旧传统燃油货车置换为新能源货车、规制市场准入等方式，有节奏地推广新能源货车。

加大货车充电、加氢与停车设施供给

加强现有充电桩与停车位改造，包括通过专项补贴资金与绩效考核机制相结合的手段，提升公共充电桩的充电电压与功率，降低充电站出入口限高，在货车密集运行的商圈增加货车停车位、装卸区的施划与充电桩的建设。

集中新建兼容新能源货车充电的充电桩，通过专项补贴等方式，鼓励充电运营服务商与物流基地、批发市场的停车场开展合作，建设支撑各类货车的充电站。

简化新建加氢站审批流程，放宽氢气在非化工园区的制备要求；加强现有重点加氢站的运维管理，并满足对外开放经营的要求；从上游制氢环节上做好北京市车用氢气供应保障。

构建多级物流枢纽

在规划方面，完善城市配送的三级节点网络体系，降低城市物流配送距离与车辆载货量，提高城市配送效率；规划相应的共同配送中心，鼓励城市主要商圈采用共同配送。



EXECUTIVE SUMMARY

HIGHLIGHTS

- Using extensive surveys and vehicle on-board diagnostics data analysis, this study explores how Beijing can accelerate the adoption of zero emission trucks (ZETs) to reduce transport emissions while ensuring an inclusive transition of small carriers and individual truck drivers.
- The results show that under Beijing's harsh winter weather and driving cycles, for light-duty trucks (LDTs), battery electric vehicles (BEVs) are a technologically adequate and affordable option for most urban delivery duty cycles. However, for long-distance or cold-chain urban delivery cycles, light-duty BEVs have limitations. In contrast, with the city- and district-level Hydrogen Fuel Cell Electric Vehicle (FCEV) City Cluster subsidies, light-duty FCEVs become an economical alternative, with total costs of ownership (TCOs) reaching parity with that of internal combustion engine (ICE) LDTs.
- For heavy-duty trucks (HDTs), at present, FCEVs (such as fuel cell dump trucks) are a technologically adequate option that can meet the operational requirements of all urban delivery duty cycles, compared to BEV HDTs. After the city-level FCEV City Cluster subsidies, the TCOs of FCEV HDTs can be even lower than that of diesel HDTs.
- Beijing should adopt comprehensive measures, including optimizing the current preferential access policy, relaxing the gross vehicle weight (GVW) restrictions, providing economic incentives, and expanding charging and hydrogen refueling infrastructure. Among all the incentives, preferential access policy is the most cost-effective solution and should be prioritized.

Research question

Promoted by technological advances and policy incentives, the adoption of ZETs in Beijing has taken off. By the end of 2021, the number of ZETs on the road had reached 26,000, ranked fifth among Chinese cities, following Shenzhen, Chengdu, Guangzhou, and Xi'an. Even so, due to high cost and immature technologies, the stock penetration and market shares of ZETs remain low in Beijing. By the end of 2021, light-duty ZETs accounted for 5.4 percent of the LDT fleet and 8 percent of the annual sales, lower than zero emission passenger cars' fleet penetration and market share. The adoption of heavy-duty ZETs is even lower: heavy-duty ZETs represented 1.7 percent of the HDT fleet and 3 percent of the annual sales of HDTs in 2021.

With the complete phaseout of national new energy vehicle (NEV) purchase subsidies, Beijing lacks policy incentives to maintain the rapid growth of ZETs. The only economic incentive to promote ZETs is Beijing Hydrogen FCEV City Cluster subsidies targeted only at FCEV trucks. Although Beijing's current privileged road access policy (which only allows ZETs with daytime access permits to enter the Fifth Ring Road in the daytime; trucks without the permits can enter the area at nighttime) had successfully promoted ZETs, it has reached its maximum effects—there are few daytime access permits, all of which have been distributed to ZETs.

Therefore, newly added ZETs that do not have the permits will face the same access restriction as ICE trucks. Further, for electric delivery vans and HDTs, there are no policy incentives.

Future growth of ZETs is more challenging after the low-hanging fruits have been picked. In the past, ZETs were primarily adopted by large carriers (or logistic service providers) that are less cost sensitive. Now, to further promote ZETs, policymakers are confronted by more cost-conscious users (such as small carriers and individual truck drivers) and more challenging duty cycles (HDTs).

To support Beijing in reaching the target of 2 million NEVs on the road by 2025, the local government of Beijing should seek comprehensive solutions to promote ZETs. Beijing's success would also offer inspiration for other Chinese cities, as well as cities around the globe, especially for regions with cold winter temperatures. Therefore, the study aims to address how Beijing should design policies to promote ZETs, considering ZETs operating in divergent duty cycles by different sizes of fleet operators would have different obstacles with vehicle technologies and costs, while ensuring the inclusive transition of small carriers and individual truck drivers and minimizing the government's financial expenditure (subsidies) in promoting ZETs.



Research methodology

The study identifies 12 typical categories of urban delivery duty cycles based on local freights statistics documented by Beijing Transport Institute, mainstreamed ZET makes and models in China, and annual vehicle kilometers traveled statistics of trucks operated in Beijing summarized by Beijing Transport Institute.

Based on ZET technical performance analysis by National NEV Alliance and on surveys World Resources Institute conducted on local carriers, the study analyzes the technological readiness of ZETs for each duty cycle—particularly, range adequacy, payload losses, and charging/refueling time penalties—and calculates the availability rates of ZETs (that is, the number of ZETs needed to replace one ICE truck). Based on the availability rates, the differences in TCOs between ZETs and ICE trucks under each duty cycle are calculated.

The study then identifies the policies that are effective to fill the current (2022–24) technological and cost gaps of ZETs, based on literature review and quantitative analysis. Employing survey questionnaires, the study further reveals the perceived preferences on different policies by various sizes of carriers and then draws tailored recommendations.

Research findings and recommendations

The above analysis reveals that at present (2022–24), different ZET models operating in varying duty cycles have different degrees of technological readiness and TCO gaps (Table ES-1):

- **Delivery vans.** Although the TCOs of electric delivery vans are lower than their ICE counterparts, electric delivery vans still have range limitations. Therefore, automotive original equipment manufacturers need to improve the design of the vehicles to make them suitable for urban delivery.
- **LDTs for light good transportation.** Due to range degradation in the wintertime, electric LDTs can fulfill a maximum 160-kilometer (km) daily mileage (with a single charge), and it will require 1.3–2 electric LDTs to replace one ICE

LDT for long-distance duty cycle (daily mileage above 200 km). Therefore, electric LDTs have reached TCO parity with ICE LDTs in short- and medium-range duty cycles; under a long-distance urban delivery duty cycle, the TCOs of electric LDTs are still higher. FCEV LDTs, on the other hand, can meet the daily mileage requirements for all urban delivery duty cycles, and if the vehicle can be granted with both the city- and district-level FCEV City Cluster subsidies, the TCOs of FCEV LDTs will be lower than those of ICE vehicles. Therefore, FCEVs are a viable alternative for long-distance urban delivery duty cycle for light good shipments.

- **LDTs for heavy transportation.** Due to payload losses, both electric and FCEV LDTs have considerable TCO gaps compared to ICE vehicles. To overcome the challenges, deregulation of maximum GVW restrictions and technological improvement (energy efficiency improvements, the adoption of 70 megapascal/liquid hydrogen storage systems, and other lightweight measures) are necessary.
- **Temperature-controlled LDTs.** FCEVs are a viable option because electric LDTs tend to consume more energy in this duty cycle and can fulfill a maximum 160-km daily mileage. By contrast, FCEVs are more energy efficient and can fulfill more than a 260-km daily mileage. Further, after the city- and district-level FCEV City Cluster subsidies, FCEVs can reach TCO parity with their ICE counterparts, while the TCOs of BEVs are 43 to 54 percent higher than ICE vehicles.
- **HDTs in the urban delivery duty cycle.** When the annual vehicle kilometers traveled (VKT) is over 70,000 km, 49-tonne (t) electric tractor trailers are approaching TCO parity. If adopting the battery swapping technology, electric tractor trailers are particularly technologically feasible and financially competitive in the drayage duty cycles (for example, transporting bulk commodities in short distances between railway yards and concrete mixing stations). However, other types of electric HDTs would face significant technological and cost challenges.

FCEV HDTs, on the other hand, if not counting payload losses, can meet the technological

Table ES-1 | Technological readiness and TCO of ZETs in different duty cycles

| NO | DUTY CYCLES | ANNUAL VKT (10,000km) | BEV | | | | | FCEV | | | | |
|-------------------------|------------------------------|-----------------------|-------------------|--------|-------------------|---------|--------|-------------------|-------|-------------------|---------|--------|
| | | | AVAILABILITY RATE | RANGE | CHARGING DURATION | PAYLOAD | TCO | AVAILABILITY RATE | RANGE | CHARGING DURATION | PAYLOAD | TCO |
| Mini-van | | | | | | | | | | | | |
| 1 | Light & heavy goods | 2~4 | 1 | Yellow | Yellow | Green | Green | N.A. | | | | |
| | Mid-van | | | | | | | | | | | |
| | Light & heavy goods | 2~4 | 1 | Yellow | Yellow | Green | Green | N.A. | | | | |
| Light-duty truck | | | | | | | | | | | | |
| 2 | Light goods, short distance | 0.9~3 | 1 | Green | Green | Green | Green | 1 | Green | Green | Green | Green |
| 3 | Light goods, medium distance | 3.5~4.5 | 1 | Green | Green | Green | Green | 1 | Green | Green | Green | Green |
| 4 | Light goods, long distance | 7.2~9 | 1.5 | Yellow | Yellow | Green | Green | 1 | Green | Green | Green | Green |
| | Light goods, long distance | 7.2~9 | 2 | Red | Red | Green | Red | 1 | Green | Green | Green | Green |
| 5 | Heavy goods, short distance | 0.9~3 | 1.2 | Green | Green | Yellow | Yellow | 1.5 | Green | Green | Red | Yellow |
| 6 | Heavy goods, medium distance | 3.5~4.5 | 1.2 | Green | Green | Yellow | Green | 1.5 | Green | Green | Red | Yellow |
| 7 | Heavy goods, long distance | 7.2~9 | 1.8 | Yellow | Yellow | Yellow | Yellow | 1.5 | Green | Green | Red | Yellow |
| 8 | Temperature-controlled goods | 4.5~6 | 2 | Red | Red | Yellow | Red | 1~1.2 | Green | Green | Red | Green |
| Heavy-duty truck | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 31-t dump truck | 3.5~4.5 | 1 | Red | Red | Yellow | Red | 1 | Green | Green | Yellow | Green |
| 10 | 49-t (6x4) tractor trailer | 6 | 1 | Green | Green | Green | Yellow | 1 | Green | Green | Green | Green |
| 11 | 42-t (4x2) tractor trailer | 6 | 1 | Green | Green | Green | Red | 1 | Green | Green | Green | Green |
| 12 | 18-t straight truck | 6 | 1 | Red | Red | × | Red | 1 | Green | Green | × | Green |

Notes: Red indicates that there are significant technological or cost barriers in this duty cycle. Yellow indicates that there is some extent of technological or cost barriers in this duty cycle. Green indicates there are nearly no challenges. TCO = total cost of ownership. ZET = zero emission truck. VKT = vehicle kilometer traveled. km = kilometer. BEV = battery electric vehicle. FCEV = fuel cell electric vehicle. N.A. = not applicable. t = tonne. × = no data to support the analysis.

Source: Authors'summary based on Tables 14 and 15.

requirements of all the urban delivery duty cycles. Further, with the city- and district-level FCEV City Cluster subsidies, the TCOs of FCEVs have been even lower than those of ICE HDTs. Therefore, FCEVs are a viable technology option for HDTs in Beijing, particularly for dump trucks, 42-t tractor trailers, and straight trucks, if hydrogen refueling stations are readily available.

ZETs' technology and cost barriers are more complicated in the real world. First, ZETs often operate in different duty cycles, carrying

different types of freight and traveling varying daily mileages. Second, although the TCOs of FCEVs are lower than ICE vehicles with FCEV City Cluster subsidies, not all FCEVs are entitled to the subsidies. This is because the subsidies are earmarked for 1,090 FCEV trucks for 2021–23 and are only applicable to seven districts in Beijing. Without the city- or district-level FCEV subsidies, FCEV TCOs are still significantly higher than ICE vehicles.

Multiple policy solutions exist to overcome ZETs' technological and cost challenges. The study

focuses on the demand-side policies where the city has jurisdiction. The analysis covers only electric LDTs, because FCEVs can meet the technological requirement of most duty cycles (except for heavy-good transportation) and can reach TCO parity with the city- and district- level subsidies. In addition, data on electric HDTs are limited; therefore, the analysis may not be accurate. The results show the following (Table ES-2):

- First, among the four policy solutions to tackle the technological and cost challenges of ZETs (including subsidies, preferential access, expansion of the charging network, and relaxation of GVW restrictions), a preferential access policy can lead to the largest TCO reduction in most urban delivery duty cycles.
- Second, if the local governments employ comprehensive measures, the public subsidies needed to fill the TCO gaps will be less. Therefore, to save public expenditure while accelerating the adoption of ZETs, the Beijing government should consider deploying multiple policies, such as subsidies, preferential access, expansion of the charging network, and relaxation of GVW restrictions.
- Third, different sizes of carriers have different preferences on the policy solutions. According to the survey conducted by this study on different sizes of carriers, large carriers favor preferential access policy and subsidies, while smaller carriers are inclined toward subsidies and expansion of the charging network (Figure ES-1).

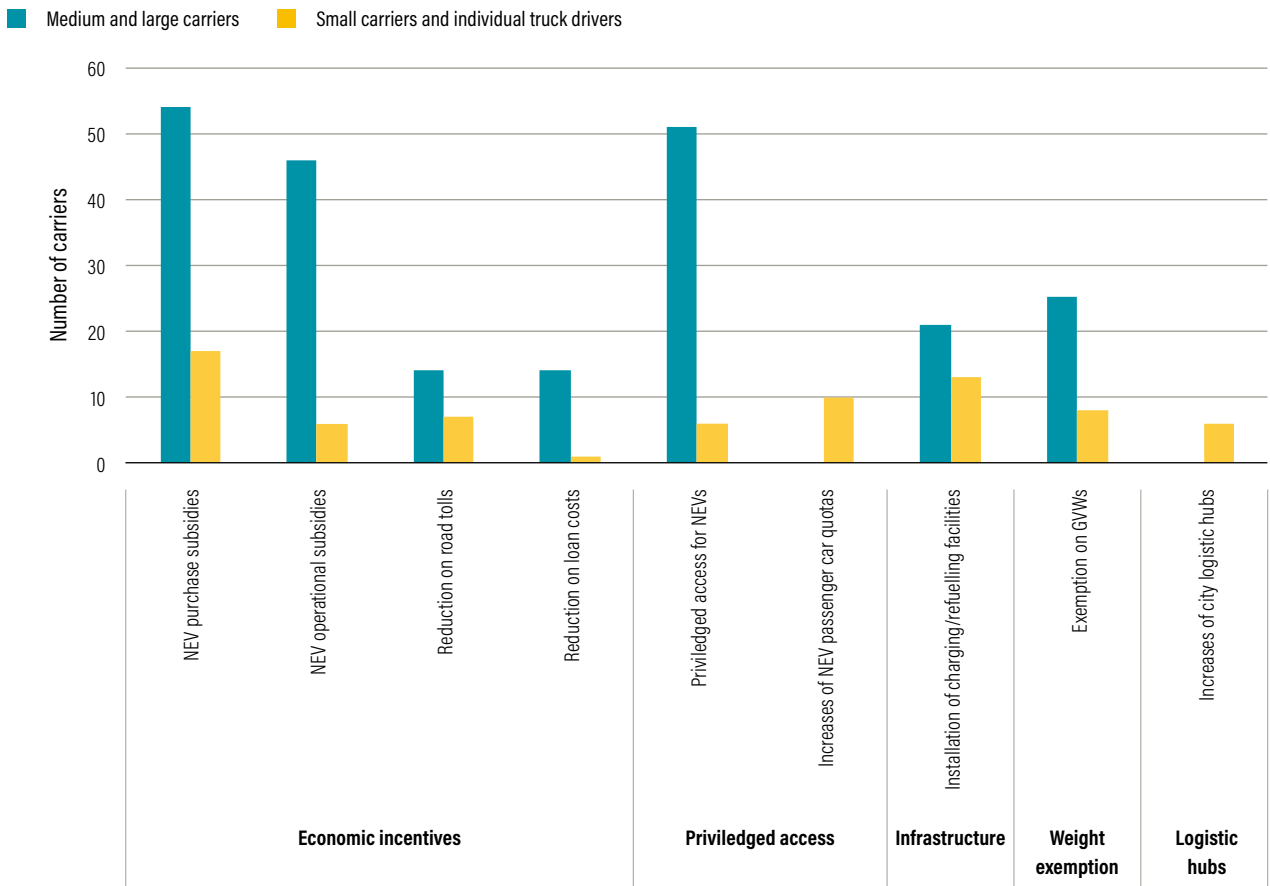
Table ES-2 | Policy impacts on reduction of availability rates and TCOs of ZETs in different duty cycles

| | ANNUAL VKT (10,000km) | AVAILABILITY RATE | GAPS BETWEEN BEV AND ICE TCO MEDIAN VALUES (10,000 CNY/vehicle) | POLICY EFFECTS IN REDUCING BEV TCOS (10,000 CNY/vehicle) | | | | TCO GAPS AFTER INTEGRATED POLICIES |
|------------------------------|-----------------------|-------------------|---|--|---------------------|---------------|-----------|------------------------------------|
| | | | | GVW RELAXATION | CHARGING FACILITIES | ACCESS POLICY | SUBSIDIES | |
| Minivan | | | | | | | | |
| Compared to new ICE | 2~4 | 1 | TCO parity | N.A. | N.A. | 4.8~19.1 | × | TCO parity |
| Compared to secondhand ICE | | 1 | -3.8~1.3 | N.A. | N.A. | | × | |
| Midsized van | | | | | | | | |
| Compared to new ICE | 2~4 | 1 | TCO parity | N.A. | N.A. | 4.8~19.1 | × | TCO parity |
| Compared to secondhand ICE | | 1 | 0.6~6.6 | N.A. | N.A. | | 0~2 | |
| Light-duty truck | | | | | | | | |
| Light goods, short distance | 0.9~3 | 1 | -0.2~4.1 | N.A. | N.A. | 2.1~14.3 | 0~2 | TCO parity |
| Light goods, medium distance | 3.5~4.5 | 1 | TCO parity | N.A. | N.A. | 8.3~21.4 | × | |
| Light goods, long distance | 7.2~9 | 1.5 | -2.6~2.9 | N.A. | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| Light goods, long distance | 7.2~9 | 2 | 10.1~15 | N.A. | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| Heavy goods, short distance | 0.9~3 | 1.2 | 5.0~9.7 | 4.8 | N.A. | 2.1~14.3 | 0~2 | |
| Heavy goods, medium distance | 3.5~4.5 | 1.2 | 0.8~5.6 | 4.8 | N.A. | 8.3~21.4 | × | |
| Heavy goods, long distance | 7.2~9 | 1.8 | 7.0~11.4 | 7.2 | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| Temperature-controlled goods | 4.5~6 | 2 | 25.1~29.0 | N.A. | 6.2 | 10.7~28.6 | 0~12 | |

Notes: TCO = total cost of ownership. ZET = zero emission truck. VKT = vehicle kilometer traveled. km = kilometer. BEV = battery electric vehicle. ICE = internal combustion engine. CNY = Chinese yuan. GVW = gross vehicle weight. N.A. = not applicable. × = no data to support the analysis.

Source: Authors' calculation.

Figure ES-1 | Preferred policies by different sizes of carriers



Note: Survey respondents can provide multiple preferred policies. The survey conducted to large carriers does not include the option of “increase logistic nodes.” NEV = new energy vehicle. GVW = gross vehicle weight.

Source: This study’s surveys on different sizes of carriers in Beijing.

According to the foregoing analysis, comprehensive policy recommendations for Beijing to speed up the adoption of ZETs are proposed.

Promote ZETs by duty cycle and avoid competition between BEV and FCEV technologies

In the near term, the duty cycles that are ready for large ZET adoption include LDTs operating in the urban delivery duty cycles and battery swapping tractor trailers deployed in the drayage duty cycles. Further, some heavy-duty ZETs can be tested and piloted, such as dump trucks operating in construction sites, tractor trailers used for short-haul bulk commodity transportation or parcel delivery, and heavy-duty straight trucks used for short-haul parcel delivery.

Policies that aim to promote ZETs should avoid creating competition between battery electric trucks and fuel cell electric trucks in the same duty cycles. Due to Beijing’s harsh winter and driving cycles, BEVs are fit for most urban delivery duty cycles, while FCEVs are suited for long-distance and temperature-controlled urban delivery cycles. Further, FCEVs are appropriate as dump trucks for construction sites.

Optimize the current preferential road access policy for ZETs

To effectively promote ZETs, the preferential road access policy should be improved, including the following actions:

- Requiring that HDTs and temperature-controlled LDTs with daytime access permits

to enter the Fifth Ring Road in the daytime be ZETs and establishing a fair system to distribute daytime access permits, particularly for small carriers and individual truck drivers.

- Strengthening the access restrictions on ICE trucks, such as reducing the off-hour delivery time windows for ICE vehicles, or even considering introducing zero emission freight zones at the city center.
- Adopting a “trusted vendor program” for receivers (such as fresh food products and retailers) to improve the effectiveness of the existing off-hour delivery policy.

Relaxation of GVW restriction for ZETs

The city government should allow ZETs driving within Beijing administrative boundaries to be free from penalties if their GVW is 10 percent overweight.

National government entities such as the Ministry of Industry and Information Technology and Ministry of Transport should consider amending the standards on “Definition of road freight vehicle oversize and overweight” and “Limits of dimensions, axle load, and masses for motor vehicles, trailers, and combination vehicles (GB1589-2016)” so that the maximum GVWs of ZETs can be increased by 1 or 2 t if not exceeding the maximum axle loads.

Subsidies for ZET adoption

For small carriers and individual truck drivers that use vans (registered as passenger cars instead of freight vehicles) for urban delivery, allow them to keep the current license plates for the vans (because Beijing has restrictions on license plates), and provide around 20,000 Chinese yuan purchase or rental subsidies to buy (or rent) electric trucks. Further, the local government and auto dealers can organize ride-and-drive events to draw media attention and allow these users to be exposed to the technology.

For public entities such as city-owned enterprises or schools, the city government could require public procurement of ZET services.

To accelerate FCEV adoption, the Beijing government could encourage more city districts to participate in

the FCEV City Cluster Demonstration Program (at present, 7 out of 16 districts have participated in the program) to allow more FCEVs to be entitled to the City Cluster’s purchase and operation subsidies.

When using public subsidies, the city should refrain from adopting large numbers of subsidies, to avoid an oversupply of ZETs and intensification of competition among carriers, which will not only reduce the revenues of ZET carriers but also worsen the TCOs of ZETs.

Expansion of charging (and parking) facilities and the hydrogen refueling network

The Beijing government should retrofit existing charging (and parking) facilities while investing in new charging and refueling stations for ZETs.

- To retrofit existing facilities, the Beijing government can provide subsidies to charging point operators and utility companies to increase the voltage and power outputs of public charging stations, elevating maximum height clearance for vehicles to enter charging stations, and adding ZET-only curb parking spaces and loading bays around key destinations.
- To install additional charging facilities, the government can provide subsidies to charging point operators, parking lot owners, and utilities to build charging points at major logistic centers and wholesale markets.
- To expand the hydrogen refueling network, the city should simplify the land-use approval procedure of hydrogen refueling stations, increase the supply of hydrogen, and allow for distributed hydrogen production (particularly within hydrogen refueling stations).

Increases in urban logistic nodes within the city

Having a sufficient number of evenly distributed urban logistic centers is crucial to reducing ZETs’ trip distances and payloads, thereby increasing the likelihood of ZET adoption. Therefore, the Beijing government should increase the land supply for logistic hubs located in the city centers (at present, they are located primarily in the suburbs), particularly planning for mini hubs and urban freight consolidation centers.



第一章

引言

根据北京交通发展研究院的统计分析，2021年，北京市每天约有30.9万辆货车在路上行驶，受限制外地车辆进京政策影响，其中88%为本地注册货车。本地货车的深度减排是北京市实现“十四五”应对气候变化和大气污染物治理目标的关键工作之一。根据《北京市“十四五”时期生态环境保护规划》（京政发〔2021〕35号）（北京市人民政府，2021），北京市计划在“十四五”时期实现二氧化碳排放总量达峰后“稳中有降，较峰值下降10%以上（不含航空客货运输碳排放）”，“主要污染物排放总量持续减少”。本地注册的货车是北京市机动车污染物排放与二氧化碳排放（简称“碳排放”）的主要来源之一：

- 在大气污染物排放方面，2020年移动源排放占北京市本地大气PM_{2.5}的46%，为最大排放源（生活源、扬尘源和工业源占比分别为16%、11%、10%，远低于移动源）（北京市生态环境局，2021）。在移动源排放中，机动车尾气排放占比约六成（即约占北京市本地大气PM_{2.5}的28%）；货车分别贡献了61%的氮氧化物、36%的一氧化碳和35%的PM_{2.5}排放（北京市生态环境局，2021）。
- 在碳排放方面，根据北京交通发展研究院测算⁴，2021年北京市交通领域直接与间接碳排放（包括燃料燃烧产生的碳排放与上游发电制氢产生的碳排放）约占全市直接与间接碳排放⁵的1/3，

道路交通占比达51%。其中，本地注册的货车为道路交通第二大排放源，在道路交通碳排放中占比约22%⁶（即约占全市全行业碳排放的4%）。

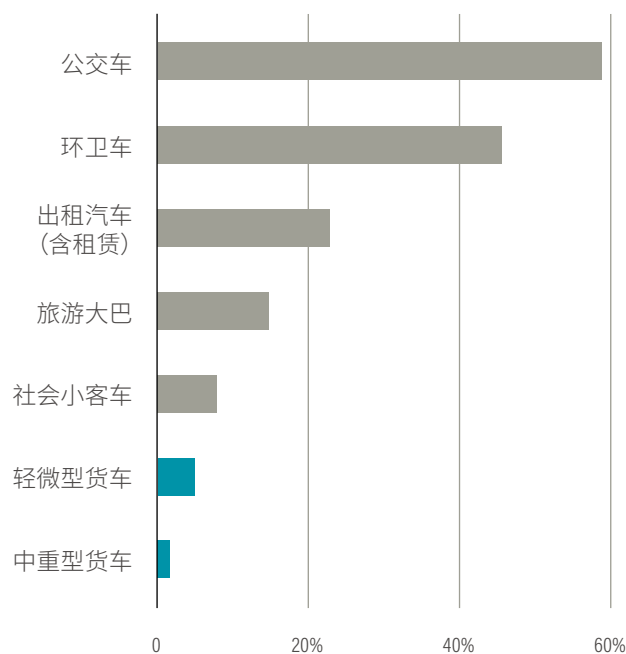
新能源货车成本高，部分车型技术尚未成熟，推广存在挑战。根据北京交通发展研究院统计，北京市新能源货车保有量自2015年起快速增长，2016—2021年的年均增长率高达92%。截至2021年底，北京新能源货车保有量达到2.6万辆，在全国城市中排名第五，仅次于深圳、成都、广州和西安（新能源汽车国家大数据联盟，2022）。尽管如此，北京市新能源货车在货车保有量和销量中的占比并不高：

- 在新能源货车保有量方面，根据北京交通发展研究院统计⁷，2021年底，北京市新能源轻微型货车保有量仅占轻微型货车保有量的5.4%，新能源中重型货车保有量更是仅占中重型货车保有量的1.7%。
- 在新能源货车渗透率方面——即新能源货车销量在货车销量的占比，根据中国汽车技术研究中心⁸基于车辆销售数据的统计，北京市2021年新能源轻微型货车的市场渗透率仅为8%，新能源中重型货车的市场渗透率更是仅有3%。

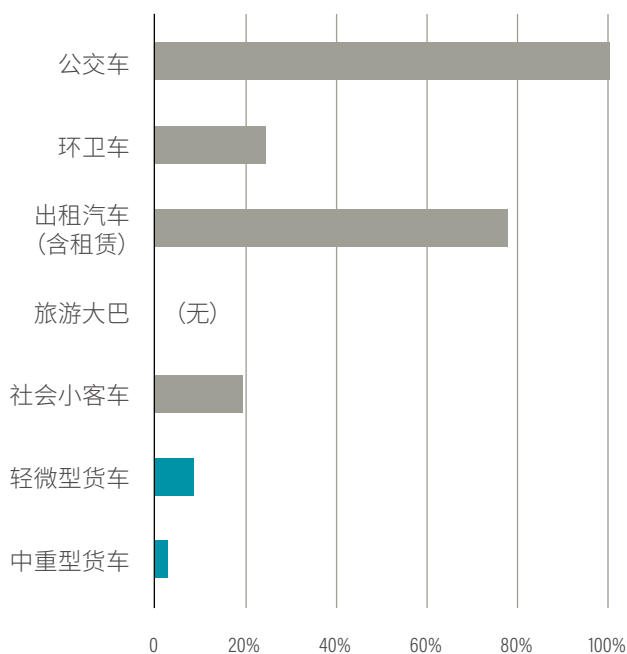
新能源货车的保有量和市场渗透率都在公共领域的车型中排名最低，甚至低于新能源社会小客车的保有量与市场渗透率水平（见图1）。

图 1 | 2021年北京市各车型新能源汽车保有量与市场渗透率情况

a. 2021年各车型新能源汽车的保有量占比



b. 2021年各车型新能源汽车的市场渗透率



说明：新能源旅游大巴的市场渗透率不可得，因此为缺失数据。

来源：新能源汽车保有量占比统计来自北京交通发展研究院，新能源汽车市场渗透率由中国汽车技术研究中心根据车辆销售数据统计。

此外，随着国家新能源汽车购置补贴彻底退出，北京市新能源货车推广的激励政策也进入调整期（见表1）。目前，北京市新能源货车推广的激励政策以“北京市燃料电池汽车示范应用项目”面向氢燃料电池车辆的补贴为主（财政部等，2020；北京市经济和信息化局，2022b）。针对纯电动轻型货车（特别是4.5吨以下轻型普通货车）的推广政策以新能源货车优先通行政策为主。但由于目前持有日间进五环通行证（以下简称“通行证”）的4.5吨以下轻型普通货车中，新能源货车占比已达到100%，加之通行证本身数量有限，几乎不发生变化，所以，通行证优先路权政策对新能源货车推广的激励作用已十分有限。此外，根据本研究分析，除国家针对新能源汽车的免购置税、车船税政策外，针对纯电动微面、中面、中重型货车的推广政策几乎为空白（见表1）。

随着新能源货车数量的增加，其推广也进入深水区：一些对成本、技术不敏感的场景（与企业）已实现了新能源货车的普及，亟须面向未使用新能源货车，或对新能源货车成本与技术敏感的场景（与企业）进行推广。根据北京交通发展研究院统计，2021年底，北京市户均营运性货车数为5.9辆，超过88%的运输企业（与个体工商户）的车辆数在5辆以下。这些企业对新能源货车技术与成本的敏感性都很强。如何确保这些小微运输企业与个体工商户（以下简称“个体户”）能够负担得起新能源货车的成本，是目前北京市亟须解决的问题。

表 1 | 2023年北京市新能源货车推广的主要政策

| | 纯电动 微面、中面 ² | 纯电动 轻型货车 | 纯电动 中重型货车 | 氢燃料电池 货车 |
|--------------------------------------|--|--|--------------|--|
| 国家新能源汽车 免购置税、车 船税 | 《关于延续和优化新能源汽车车辆购置税减免政策的公告》（财政部 税务总局 工业和信息化部公告2023年 第10号）、《中华人民共和国车船税法》 | | | |
| 国家新能源汽车 购置补贴 ¹ | × | × | × | 《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》（财建〔2020〕394号） |
| 北京市新能源汽 车购置与运营 补贴 ³ | × | × | × | 《关于开展2021—2022年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》（京经信发〔2022〕29号）、《关于开展2022—2023年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》（京经信发〔2023〕9号）、《大兴区促进氢能产业发展暂行办法（2022年修订版）》、《北京经济技术开发区关于促进氢能产业高质量发展的若干措施》 |
| 北京市新能源货 车优先通行政策 | × | 《北京市新 能源物流配 送车辆优先 通行工作实 施方案》 | × | × |

说明：1. 国家新能源汽车购置补贴于2022年12月31日终止，但仍有针对5个氢燃料电池汽车示范群的国家购置补贴。

2. 新能源货车车型分类见第21节。

3. 虽然《2020年北京市新能源轻型货车运营激励方案》（京交货运发〔2020〕17号）（北京市交通委员会等，2020）仍有效，但仅针对“自2020年9月1日起至2021年8月31日，一年周期内，累计报废或转出名下京籍汽油货车须达到5辆及以上、且更新不低于5辆（含）京籍新能源轻型货车”的车辆所有人，无法发挥新一轮新能源货车推广激励作用，因此未被纳入上述表格。

4. × 代表针对该车型无相关政策。

来源：财政部、税务总局、工业和信息化部（2023），国家税务总局（2019），财政部等（2020），北京市经济和信息化局（2022b），北京市经济和信息化局（2023），北京市大兴区人民政府（2022），北京经济技术开发区管理委员会（2022），北京市交通委员会等（2019）。

最后，北京推广新能源货车的经验对全国甚至全球也具有参考意义。一方面，无论是北京市政府，还是国家有关部委，都对北京市新能源汽车推广提出了新的目标。若实现这些目标，北京市有望进一步引领中国（乃至全球）城市的新能源货车推广。根据《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》（北京市第十五届人民代表大会，2021），北京市新能源汽车累计保有量要从2021年底的50多万辆，提升至2025年的200万辆。为实现这一目标，新能源货车也需要一定幅度推广。此外，工业和信息化部、交通运输部等八部门2023年出台的《关于组织开展公共领域车辆全面电动化先行区试点工作的通知》（工业和信息化部等，2023）也提出，包括北京在内的试点城市，2023—2025年内新增及更新公共领域车辆（包括城市物流配送、城市公交、出租、环卫等）中新能源汽车比例力争达到80%。

另一方面，北京市新能源货车推广能为其他冬季低温地区（如东北、华北和西北地区）提供参考。受冬季动力电

池低温性能衰减以及车辆采暖能耗增加的影响，2022年冬季，新能源汽车在全国低温地区平均有30%~40%的里程衰减（北京理工大学电动车辆国家工程研究中心和新能源汽车国家大数据联盟，2023）。

所以，本文的研究问题是在目前技术水平下，北京市如何加速新能源货车推广——包括近期针对哪些场景优先推广新能源货车，需要提供哪些政策，才能够克服新能源货车的技术与成本挑战，助力北京实现上述目标。与此同时，如何避免推广新能源货车产生的潜在负面社会影响，包括对城市货运与物流行业从业者就业与生计的影响，并探讨如何能在一定程度上节约政府在新能源货车推广方面的财政资金（补贴）支出。为解决上述问题，本文从新能源货车技术、成本的现状入手，分析不同运输场景下，新能源货车与传统燃油货车在车辆技术性能、总拥有成本方面的差距，并分析各类政策措施在缩小这种差距方面所发挥的效用。

专栏1 | 北京新能源货车发展概况

截至2021年底，北京市货车保有量为54.8万辆，其中轻型货车45.2万辆（占货车保有量之比为82%），中重型货车9.4万辆（占货车保有量之比为17%）（北京市统计局等，2022）。受城市生活类货物运输需求增长的影响，轻型货车2014—2021年的保有量年均增长率高达15%（见专栏图1）。在这一增长势头的驱动下，轻型货车在北京市货车保有量中的占比从2014年的54%快速攀升到2021年的83%（北京市统计局等，2022）。

在技术进步与政策激励双重推动下，根据北京交通发展研究院统计，北京市新能源货车保有量自2015年起快速增长，2016—2021年的年均增长率高达92%。截至2021年底，北京新能源货车保有量达到2.6万辆，其中，轻微型新能源货车占比达94%，且增速最快。尽管如此，传统燃油货车的保有量也在高速增长。2014—2021年，北京市传统燃油轻型货车保有量的年均增速达14%，是北京市轻型货车保有量的快速增长的驱动因素之一。其中，2019—2021年，传统燃油轻型货车保有量增长了6.3万辆，但同期，新能源轻型货车保有量仅增长了0.5万辆。

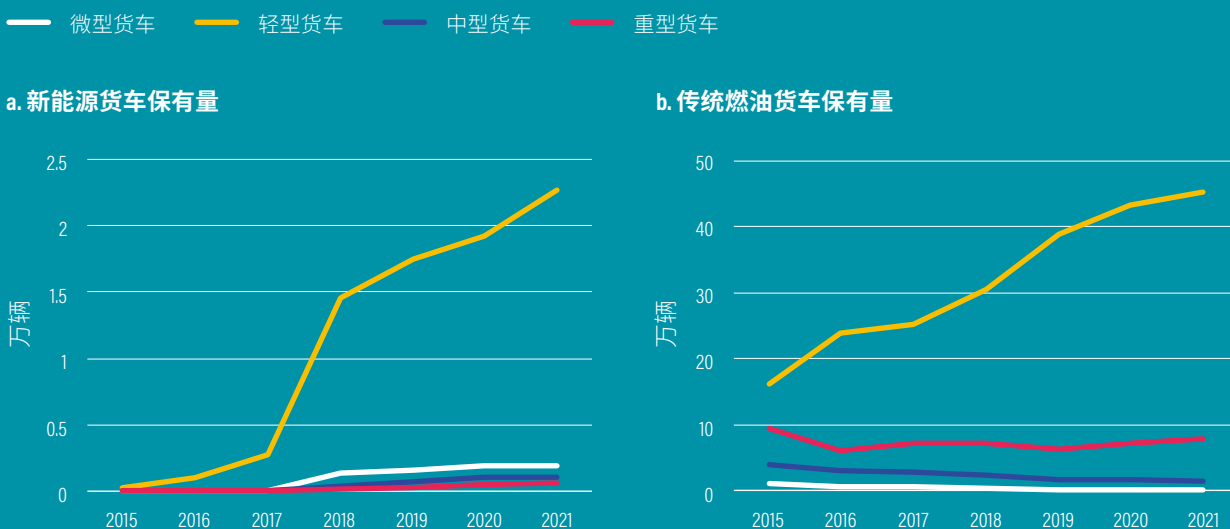
2015—2020年，北京市新能源货车市场渗透率在1%~12%范围内大幅波动变化，这一渗透率的波动与北京市的政策激励程度基本一致（见专栏图2）。根据不同时期政策特点，本文将北京市新能源货车的推广分成三个阶段：

第一阶段，即以购置补贴为主的阶段：2016年，随着北京市将新能源货车纳入补贴范畴，并根据中央资金提供1:1的地方补贴配套，北京市新能源货车的补贴金额达到高点。以额定输出功率60kW的新能源轻型货车为例，国家与北京市二级补贴可达到21.6万元。在购置补贴的激励下，2016年，北京市新能源轻型货车的市场渗透率也升至12%以上。但在2016年后，随着补贴的退出，北京市新能源轻型货车的市场渗透率持续下降，并在2019年一度降至1%左右。

第二阶段，即以运营激励为主的阶段：北京市的新能源货车激励政策重心从购置环节转向运营环节，分别出台了《2020年北京市新能源轻型货车运营激励方案》（京交货运发〔2020〕17号）（北京市交通委员会等，2020）和《北京市新能源物流配送车辆优先通行工作实施方案》（北京市交通委员会等，2019）。在这两项政策的激励下，北京市新能源轻型货车的市场渗透率于2021年反弹至8%。

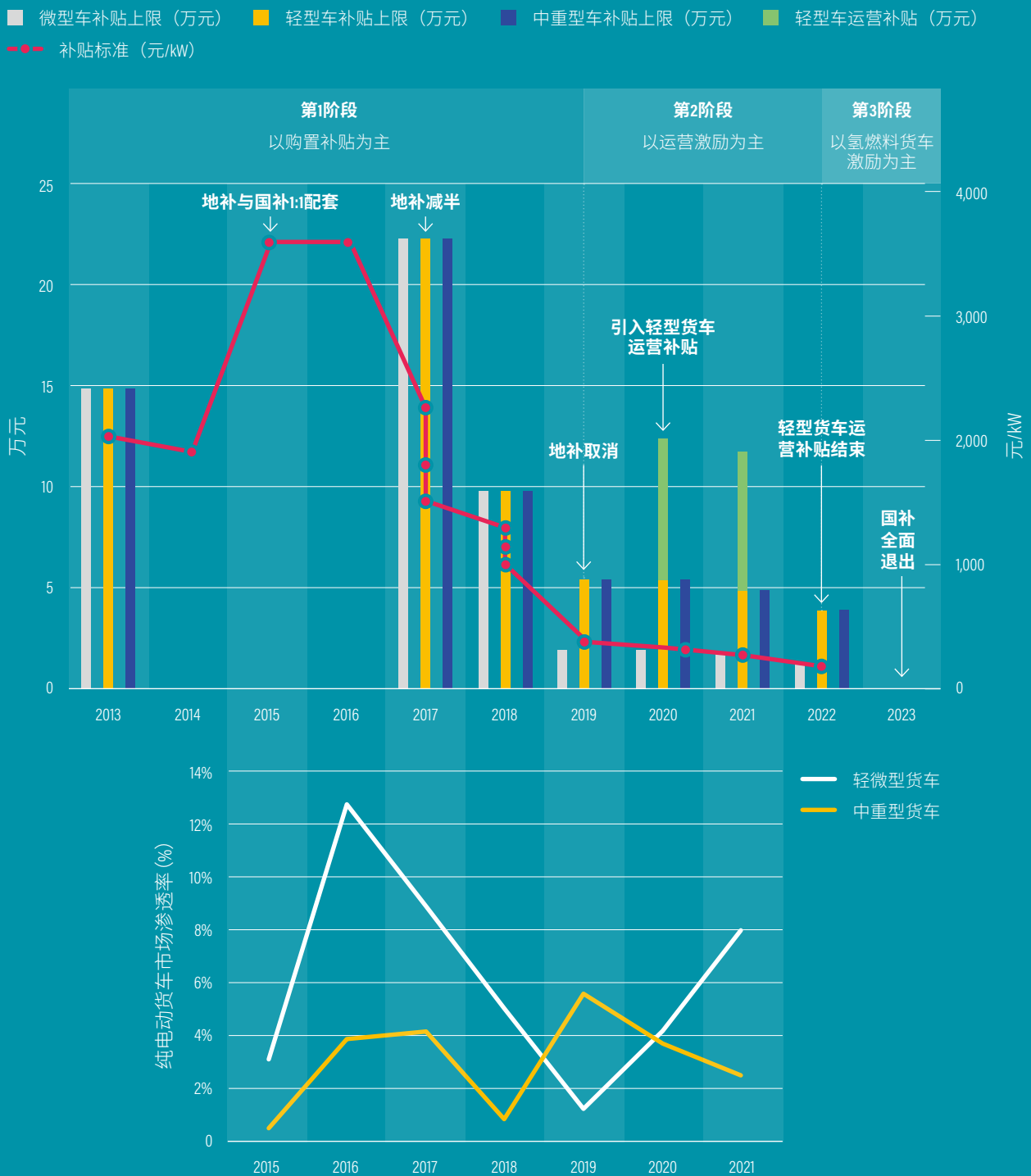
第三阶段，即以氢燃料货车激励为主的阶段：作为五大氢燃料电池汽车示范城市群之一，北京市自2022年起开始大力推广氢燃料货车，在国家补贴基础上，相继出台市级与区级补贴（北京市经济和信息化局，2022a和2022b；北京市大兴区人民政府，2022；北京经济技术开发区管理委员会，2022）。

专栏图1 | 北京货车保有量变化趋势（2015—2021年）



来源：新能源货车保有量来自北京交通发展研究院统计，传统燃油货车保有量来自《北京市统计年鉴》（北京市统计局等，2022）。

专栏图 2 | 2013—2023年上半年北京市纯电动轻微型、中重型货车市场渗透率及对应的部分经济激励政策



说明：1.图中仅展示适用于纯电动货车的补贴，未涵盖氢燃料货车的补贴。
 2.补贴上限及补贴标准均包括国家补贴和北京市补贴。自2020年起，国家开始区分公共领域和非公共领域设置补贴退坡，图中仅展示公共领域的补贴内容。
 3.受数据可得性限制，北京市新能源车市场渗透率从2015年开始。
 来源：作者根据附录1总结；纯电动货车市场渗透率由中国汽车技术研究中心作者提供。



第二章

研究对象及方法

2.1 研究对象

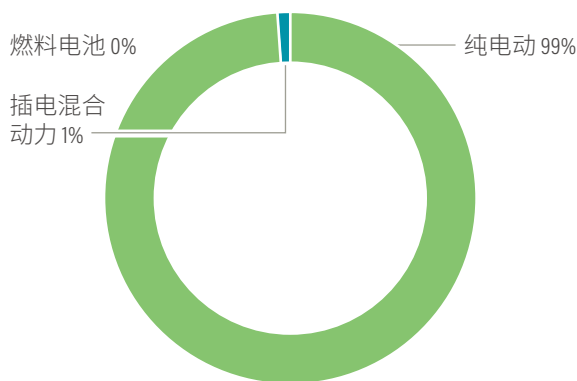
本文研究对象为北京市籍货车。受限制外地货车进入北京市六环政策的影响，根据北京交通发展研究院统计分析，2021年，北京市日均上路行驶的外地货车数量约占全市货车数量的12%，这部分货车不纳入本研究分析与政策建议范畴。

在车辆类型方面，根据《城市物流配送汽车选型技术要求》(GB/T 29912—2013) (原国家质量监督检验检疫总局等，2013) 与《城市物流车辆技术规范》(征求意见稿) (中国汽车工业协会，2023)，城市物流车包括微型货车、中型货车(含冷藏车、自卸车等)，但不包括专用作业车、多用途货车与危险货物运输车。本文沿用这一范围，并应用于重型货车。

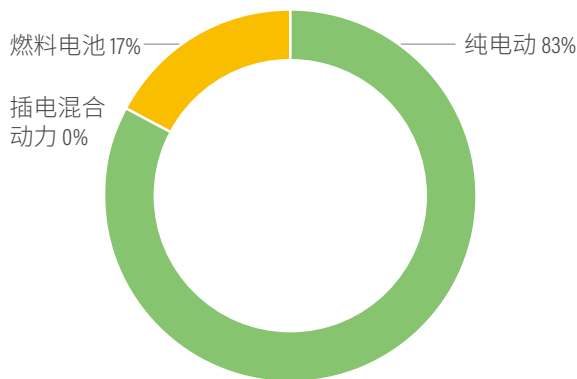
在新能源汽车技术方面，由于北京市科学技术委员会、原北京市经济和信息化委员会等部门2018年发布的《北京市推广应用新能源汽车管理办法》(京科发[2018]25号) (北京市科学技术委员会等，2018) 要求，北京市新能源汽车推广应用的政策(如财政补贴、新能源小客车指标管理政策等)主要针对纯电动汽车和燃料电池汽车，不涉及插电混合动力汽车。所以，本文研究对象只涉及纯电动汽车与燃料电池汽车，不含插电混合动力汽车。该范围对本文的影响不大，因为根据北京交通发展研究院统计，插电混合动力汽车在北京市的推广数量有限，其在北京市新能源微型和中重型货车保有量中占比不到1%(见图2)。

图 2 | 2022年10月北京市新能源货车保有量构成

a. 微型货车



b. 中重型货车



来源：新能源货车保有量构成来自北京交通发展研究院统计。

2.2 研究方法

不同运输场景采用的货车车型与运营组织方式有差异，因此，新能源货车的推广潜力和措施需要依据具体场景进行分析。

不同场景新能源货车技术与成本差距分析

本文根据货品种类、货车车型与年行驶里程三个维度将城市货运运输场景分成不同类别，然后针对不同运输场景，从车辆技术性能、总拥有成本两个维度分析当下（2022—2024年）新能源货车与传统燃油货车在车辆技术性能、总拥有成本方面的差距。

a. 新能源货车技术成熟度分析

新能源货车在某些场景下相较燃油货车有技术差距，如续航里程不足、百公里能耗高、载货损失大等。不同研究采用多种指标分析新能源货车技术成熟度（北京理工大学，2018）。受数据可得性限制，本文主要基于续航里程、补能时长与载货能力分析新能源货车技术成熟度，车辆动力性能、安全性能与车辆质量等不在本文分析范畴。

受技术不成熟影响，完成与传统燃油货车同等的运输里程与运输量，需要多辆新能源货车，即新能源货车相对燃油货车的替代率大于等于1（以下简称“新能源货车替代率”或“替代率”）（邱诗永等，2021）。替代率既在一定程度上反映新能源货车技术成熟度水平，也会影响新能源货车的成本。为定量分析不同场景新能源货车技术成熟程度及其对新能源货车成本的影响，并识别降低新能源货车替代率的措施，本文采用续航里程、补能时长与载货能力计算分场景新能源货车对燃油货车的替代率（见公式1与图3）。

$$\begin{aligned} & \text{分场景新能源货车对燃油货车的替代率} \\ &= \frac{\text{传统燃油货车日行驶里程} \times \text{载货量}}{\text{（新能源货车日行驶里程} \times \text{载货量）}} \quad \text{（公式1）} \end{aligned}$$

其中：传统燃油货车日行驶里程基于北京交通发展研究院监测平台以及企业调研获得，新能源货车日行驶里程基于车辆续航里程以及补能时长计算获得，并与企业调研数据相互验证。新能源货车与传统燃油货车的载货量来自“道路机动车辆生产企业及产品信息查询系统”（工业和信息化部装备工业发展中心，2018），并与企业调研数据相互验证。

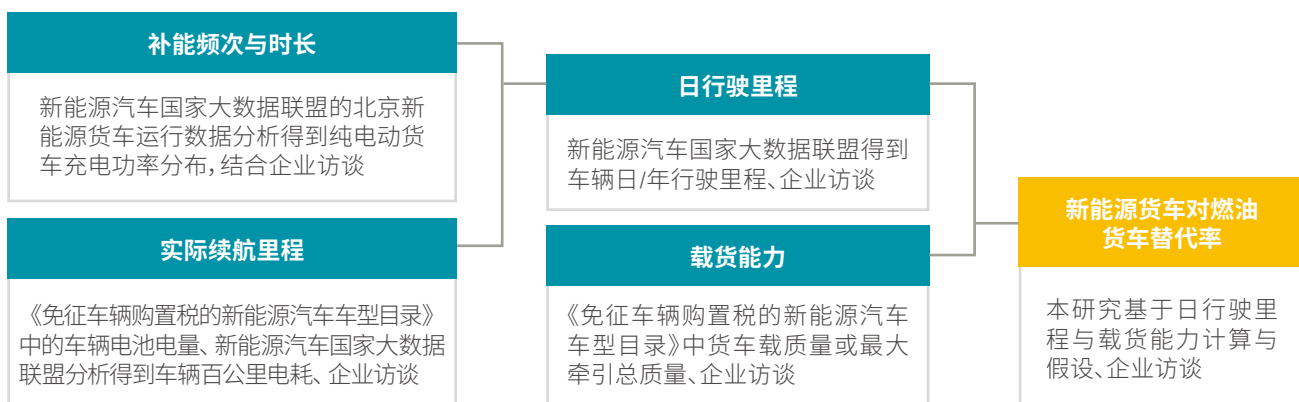
上述运输企业调研访谈与大样本数据分析的具体数据来源说明如下：

一是小样本的运输企业调研访谈，获得各场景新能源货车技术指标及新能源货车替代率。本研究访谈的运输企业共计23家，覆盖了北京市主要的运输场景（见附录2）。此外，这些企业已采购十几辆至200辆不等的纯电动货车与氢燃料货车，了解新能源货车运营特点与现状问题。由于访谈的企业样本量小、代表性有限，因此，本研究也借助大样本的数据分析作为补充。

二是基于大样本的数据分析，计算新能源货车替代率水平。具体数据来源包括：

- 基于北京交通发展研究院监测平台，分析2021年传统燃油货车的运营特征（如不同场景燃油货车的日行驶里程）。
- 利用新能源汽车国家大数据联盟接入的纯电动货车动态运行数据（30秒频次传输的车辆累计里程、充电状态等数据），分析北京市接入的不同类型纯电动货车在2021年7月（夏季）、9月（秋季）和12月（冬季）的技术性能（如

图 3 | 本研究涉及的新能源货车技术性能分析指标与数据来源



来源：作者绘制。

百公里电耗、充电功率分布等)与运营组织特征(如日充电频次、日行驶里程等)。

针对上述数据,为遵守数据隐私规定,世界资源研究所仅负责根据工作需要设定货车技术性能与运营组织相关的指标,北京交通发展研究院与新能源汽车国家大数据联盟负责对原始数据进行处理并分享分析后的结果。

b. 新能源货车总拥有成本(TCO)分析

基于新能源货车替代率,本文进而分析目前政策与技术水平下,新能源货车与传统燃油货车第一手车辆的总拥有成本差异,包括不同场景下新能源货车差异化的替代率、车辆购置成本、使用年限内运维成本(见公式2)。由于新能源货车仍处于推广早期,缺乏详尽的车辆残值收益数据,因而,本文在计算中不考虑车辆报废或转出时的残值收益⁹。

传统燃油货车TCO

= 购置成本 + 运维成本净现值

新能源货车TCO

= 新能源货车替代率 × (购置成本 + 运维成本净现值)

其中:

运维成本净现值 = $\sum_{t=1}^T [Cost_{o\&m-t} / (1+r)^{t-1}]$, 即年运维成本 $Cost_{operation-t}$ 的贴现, r 为贴现率, T 为车辆购买后的使用年限。 (公式2)

另外,无论是传统燃油货车还是新能源货车,其TCO都具有一定不确定性。例如,受购置成本、能源成本、年行驶里程、氢燃料电池车辆补贴等因素影响,新能源货车的现状TCO呈现一定程度的不确定性。为分析货车TCO的不确定性,本文参考Wu等人(2015)与Basma等人(2023)采用的方法,对车辆购置成本、运维成本的取值设定为概率密度分布,通过蒙特卡洛随机模拟的方法,模拟不同运输场景下货车的TCO及其不确定性:

- 在参数输入方面,由于缺乏足够样本,本文假设这些输入项取值均以同等概率出现,因而,采用均匀连续分布概率密度函数。另外,本文大部分参数获取时间为2022—2023年,若假设2024年与2023年相比,成本变化幅度有限,本研究计算的TCO结果适用于2022—2024年期间。
- 在随机模拟方法方面,本文利用Python实现蒙特卡洛随机模拟,针对每个场景循环计算100次,并重复多次。由于多次循环的TCO结果相近,相差在3%以内,所以,本文认为蒙特卡洛随机模拟的结果较稳健。
- 在结果方面,本文取不同年行驶里程段下(以1万千米为间隔)¹⁰100次循环得到结果的中位数进行比较。由于货车TCO结果近似于三角形分布——即TCO中位数出现的概率大,故采用TCO中位数进行分析的误差在合理范围内。

用于计算总拥有成本的车型、数据来源与假设见表2和表3。

表2 | 计算TCO的各类货车车型说明

| | | 总设计质量 (kg) | 轴数 | 发动机/电机额定功率 (kW) | 氢燃料电池额定功率 (kW) | 电池容量 (kWh) | 储氢量 (kg) | 等速法续航里程 (km) |
|------------|-----|------------|-----|-----------------|----------------|------------|----------|--------------|
| 4.5吨轻型普通货车 | 燃油 | 4495 | 4×2 | 90 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| | 纯电动 | 4495 | 4×2 | 60 | N.A. | 81 | N.A. | 360 |
| | 氢燃料 | 4495 | 4×2 | 65 | 81 | 22 | 12 | 510 |
| 4.5吨轻型冷藏货车 | 燃油 | 4490 | 4×2 | 110 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| | 纯电动 | 4495 | 4×2 | 64 | N.A. | 100 | N.A. | 400 |
| | 氢燃料 | 4495 | 4×2 | 65 | 81 | 30 | 12 | 510 |
| 31吨自卸货车 | 燃油 | 31000 | 8×4 | 257 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| | 纯电动 | 31000 | 8×4 | 250 | N.A. | 423 | N.A. | 340 |
| | 氢燃料 | 31000 | 8×4 | 220 | 120 | 127 | 36 | 608 |
| 42吨牵引车 | 燃油 | 42000 | 4×2 | 331 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| | 纯电动 | 42000 | 4×2 | 250 | N.A. | 282 | N.A. | 210 |
| | 氢燃料 | 42000 | 4×2 | 215 | 120 | 100 | 36 | 460 |
| 49吨牵引车 | 燃油 | 49000 | 6×4 | 331 | N.A. | N.A. | N.A. | N.A. |
| | 纯电动 | 49000 | 6×4 | 250 | N.A. | 282 | N.A. | 210 |
| | 氢燃料 | 49000 | 6×4 | 220 | 120 | 100 | 54 | 650 |

说明:本研究尽可能选择北京市主流车型作为TCO计算的基础。由于北京市尚无纯电动与氢燃料载货汽车,所以表中未包含该车型。此外,纯电动42吨牵引车与纯电动49吨牵引车车型既适用于充电式车辆,也适用于换电式车辆。“N.A.”表示该参数不适用。氢燃料货车续航里程为氢系统工作时续航里程。

来源:车型参数来自工业和信息化部(日期不详)。

表 3 | 总拥有成本的数据来源说明

| | 数据来源 | 是否为概率密度分布 | 说明 |
|------------------|--|-----------|---|
| 车辆购置成本 | | | |
| 车辆价格 | 企业调研、货车门户网站如卡车之家（卡车之家，日期不详） | 是 | 车辆价格为2022年一手车辆价格，新能源汽车不计入国家补贴。值得注意的是，本文仅比较一手车TCO，仅在微面、中面中考虑选购二手车的TCO |
| 车辆购置税、车船税税率 | 《中华人民共和国车辆购置税法》（国家税务总局，2018）、《中华人民共和国车船税法》（国家税务总局，2019） | 否 | 新能源货车免征车辆购置税和车船税的税率固定，不考虑概率分布 |
| 车辆运营成本 | | | |
| 车辆百公里能耗 | 企业调研、新能源汽车国家大数据联盟数据分析 | 是 | |
| 年行驶里程 | 企业调研、新能源汽车国家大数据联盟数据分析 | 是 | 对于微面、中面，本文基于企业问卷调查，将年行驶里程设定在20000~40000千米 对于轻型传统燃油货车，本文基于企业调研，将年行驶里程分成三个里程段，包括短里程（9000~30000千米）、中等里程（35000~45000千米）和长里程（72000~90000千米）。 对于中重型传统燃油货车，本文基于企业调研，将自卸货车的年行驶里程设置为35000~45000千米；其他货车（载货汽车和半挂牵引车）的年行驶里程数据较少，这里根据中汽数据有限公司（2022）文献设定为60000千米 本文不考虑随车龄增长，货车年行驶里程逐年下降的情况 |
| 能源成本 | 燃油价格（东方财富网，2009—2022）、《关于电动汽车用电价格政策有关问题的通知》（发改价格〔2014〕1668号）（国家发展改革委，2014）、企业调研 | 是 | 汽油和柴油成本基于北京市过去十多年（2009—2022年末）燃油价格的统计，取上四分位数为价格下限（汽油7.6元/升、柴油7.5元/升），取最大值为价格上限（汽油、柴油均为9元/升） 充电成本包括电价与充电服务费，取值为0.5~1.7元/千瓦时之间 |
| 维修成本 | 企业调研（轻微型货车）、毛世越等（2021）（中重型货车） | 是 | |
| 额外人工成本 | × | × | 因新能源货车充电、维修产生的额外人工成本，未计入TCO计算 |
| 保险成本 | 企业调研 | 是 | 保险包括交强险与商业保险 |
| 道路收费 | | | |
| 高速公路部分在年行驶里程中占比 | 毛世越等（2021） | 否 | 相关数据统计较少，不考虑概率分布 |
| 高速收费 | 《北京市货车收费标准公示表》（北京市交通委员会，2020） | 否 | 燃油货车与新能源货车统一按照车（轴）型收费，费用固定，不考虑概率分布 |
| 政策影响 | | | |
| 氢燃料货车国家补贴 | 《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》（财建〔2020〕394号）（财政部等，2020） | 是 | 考虑到国家补贴可能会逐年递减，本文考虑概率分布 |
| 氢燃料货车市级与区级购置地方补贴 | 《关于开展2021—2022年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》（京经信发〔2022〕29号）（北京市经济和信息化局，2022b）、《大兴区促进氢能产业发展暂行办法（2022年修订版）》（北京市大兴区人民政府，2022）、《北京经济技术开发区关于促进氢能产业高质量发展的若干措施》（北京经济技术开发区管理委员会，2022） | 是 | 地方补贴包括北京市市级补贴和大兴区/北京经济技术开发区的区级补贴（见附录1） |
| 氢燃料货车市级与区级运营补贴 | 《关于开展2021—2022年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》（京经信发〔2022〕29号）（北京市经济和信息化局，2022b）、《大兴区促进氢能产业发展暂行办法（2022年修订版）》（北京市大兴区人民政府，2022） | 是 | 地方补贴包括北京市市级补贴和大兴区的区级补贴（见附录1） |

表 3 | 总拥有成本的数据来源说明(续)

| | 数据来源 | 是否为概率密度分布 | 说明 |
|--------------------|---|-----------|---|
| 氢燃料货车市级与区级加氢到站价格补贴 | 《北京市关于支持氢能产业发展的若干政策措施》(北京市经济和信息化局, 2022a) | 是 | 地方补贴包括北京市市级补贴(见附录1) |
| 新能源货车优先路权政策 | × | × | 路权措施的影响主要体现在收益侧, 未计入成本计算 |
| 车辆使用年限 | | | |
| 车辆使用年限 | 企业调研 | 否 | 企业调研显示, 6年使用年限较常见, 所以假设轻微型和中重型新能源货车使用年限为6年 |
| 动力电池/燃料电堆的更换 | × | × | 企业调研显示, 新能源货车的质保为5~8年, 因此动力电池/燃料电堆的更换成本未计入TCO计算 |
| 新能源车与燃油车运力 | | | |
| 新能源货车与燃油货车替代率 | 企业调研、本研究分析(轻微型货车)、本研究假设(中重型货车) | 否 | 对新能源轻微型货车, 本文基于企业调研、新能源汽车国家大数据联盟等数据分析获得不同场景下的日行驶里程、实际载质量, 然后进行计算得到新能源货车替代率。对新能源中重型货车, 由于实际样本少, 本文假设新能源货车替代率为1 |
| 贴现率 | | | |
| 贴现率 | Phadke等(2021)和Hunter等(2021) | 否 | 由于私营企业通常会选择较高的贴现率, 因此, 本文采用7%的贴现率。为简化计算, 本文不考虑概率分布, 即不考虑不同类型企业与市场环境对贴现率的影响 |

说明: “×”表示本研究未考虑该成本项。

来源: 作者总结。

克服不同场景新能源货车技术与成本挑战的措施建议

在此基础上, 本文识别当下(2022—2024年)有助于弥合技术与成本差距的新能源货车推广政策措施, 并基于企业问卷调查与访谈, 分析不同类型的运输企业(如大中型企业、个体户等)对政策差异化的反馈, 有针对性地提出新能源货车推广政策建议。

首先, 本研究基于文献分析, 识别城市有事权且在当下对运输企业能起到直接激励作用的政策措施, 如发放新能源货车购置/运营补贴、优化调整现行新能源货车优先路权政策、完善新能源货车充电/加氢基础设施、提高新能源货车最大允许总质量等。本文进一步定量分析不同政策(包括单一政策与组合政策)对降低新能源货车在不同场景下替代率与总拥有成本的效果。为此, 本文基于上述新能源货车替代率与TCO计算方法, 将各类政策换算成对新能源货车替代率改善的效果或直接的TCO成本效益。该方法可用于分析各类政策的潜在力度, 及对弥合新能源货车与燃油货车TCO之差的效果, 但无法识别最优政策组合。

其次, 本文采用问卷调查与“一对一”访谈相结合的方法, 面向不同规模的运输企业(包括承运人、第三方物流企业、个体户与司机)开展调查, 分析运输企业潜在差异化的政策诉求, 并针对小微企业的不同诉求, 对北京市新能源货车推广工作提出更精细化的建议。具体问卷调查与访谈方法说明如下(详见附录2):

- 线上调查于2022年12月开展, 面向65家有大中型运输企业的资深从业者, 定向发放问卷, 收到有效问卷60份(置信区间为80%, 误差范围为15%¹¹) (Cochran, 1977)——结果前后矛盾或明显不符合事实的问卷被排除在外。
- 线下调查于2023年5月在北京市新发地农产品批发市场开展, 通过便捷抽样方法(*convenient sampling*), 面向小微企业与个体户发放问卷, 共发放24份问卷, 有效问卷为20份(置信区间为80%, 误差范围为15%)。

问卷问题主要包括新能源货车技术性能与成本挑战及政策诉求, 如促使其购置新能源货车最主要的激励措施、对现有政策的熟悉程度等。



第三章

运输场景的定义

在不同运输场景下，采用的货车车型、运营组织方式、新能源货车推广潜力均有差异，需要依据具体场景进行分析。本文中，运输场景由货物分类、货车车型与年行驶里程三个维度定义。

在货物分类方面，基于北京交通发展研究院的统计，2019年北京公路运输需求总量达3.1亿吨，涉及18个类别²，包括9类生活型物资与8类生产型物资（见表4）。

货物分类对新能源货车推广的影响在于：一是货物密度大的类别（特别是重货）对新能源货车的载货能力有更高要求，二是需要冷藏、冷冻和恒温运输的货物对新能源货车的能耗与续航里程有更高要求。为此，本研究将北京市18类货物分成轻抛货、重货和冷链货物三类（见表4）。

表4 | 本文重货、轻抛货和冷链货物的分类依据

| | 货物分类 | 货物密度 (kg/m ³) | 北京市18类典型货物 |
|---|---------------------|---------------------------|--|
| 重货 (货物密度 ≥210kg/m ³) | 钢铁、五金材料 | 810以上 | 矿建材料、水泥、钢铁和有色金属、石油和天然气、煤矿和矿石、木材、化工材料、化肥及农药 |
| | 陶瓷片、建材 | 481~561 | |
| | 饮料 | 360~481 | 饮食品及烟草、盐 |
| | 饮食品 | 240~360 | |
| | 机械设备 | 192~216 | 机械设备 |
| 轻抛货 (货物密度 <210kg/m ³) | 电子仪器（电脑、冰箱等） | 168~192 | 电子仪器设备 |
| | 柜子、艺术品等 | 128~144 | 日用品、衣服及纺织品 |
| | 小家电设备 | 112~128 | |
| | 纺织品 | 80~96 | |
| | 箱子、木制品、金属片、铝制品、装饰品等 | 16~80 | 快递、农林牧渔产品 |
| 冷链货物 | × | × | 农林牧渔产品、医药产品 |

说明：表中，北京市18类典型货物中不含“其他”类别。货物密度来自美国国家货运物流协会（NMFTA）对零担货物密度的定义。密度大于等于210 kg/m³的货物为重货，密度小于210 kg/m³的货物为轻抛货（中国汽车技术研究中心北京工作部，2017）。运输性质（是否需要冷链运输）则是基于本研究对运输企业访谈。

来源：货物分类与货物密度来自美国国家货运物流协会（National Motor Freight Traffic Association）对零担货运设置的“国家货物分类（National Motor Freight Classification）”（National Motor Freight Traffic Association, n.d.）。

在货车车型方面，本文侧重于北京市主流且当前市场上供给数量多的新能源货车类型。

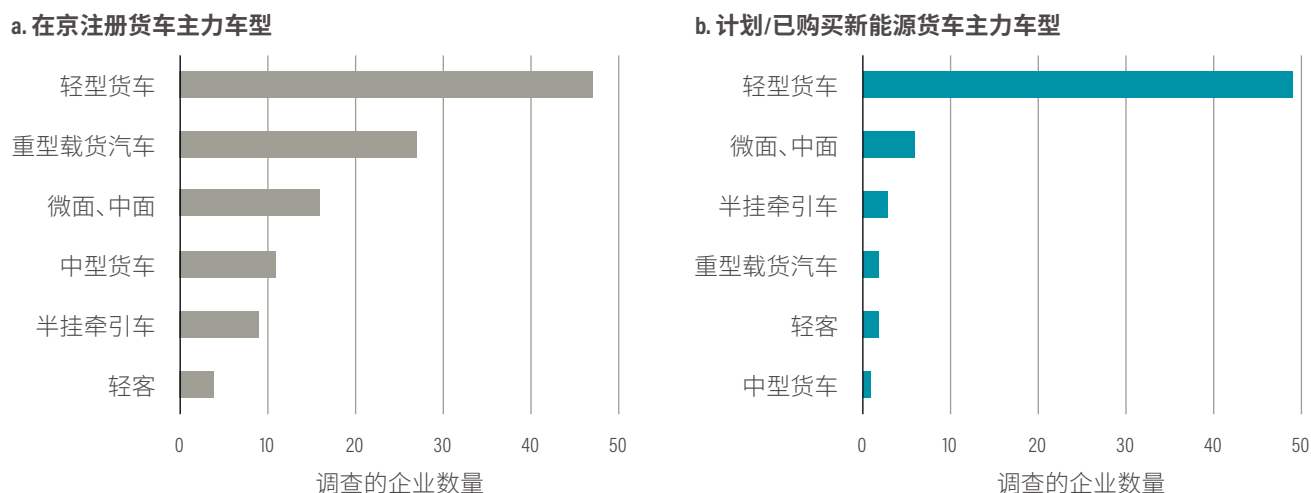
首先，本研究对运输企业的问卷调查以及统计数据分析显示，北京市主流的轻微型与中重型货车车型包括：

- 在轻微型货车中，由于一些非法“客改货”的微面、中面与轻客未计入官方货车保有量，所以，目前国内城市缺乏对轻微型货车保有量与车型结构的完整统计。受货物分类构成及北京市日间进五环货车限行行政

策的影响，绝大多数北京市运输企业（含个体户）以4.5吨轻型货车为主力车型，也有部分企业选择以微面、中面为主力车型。相较之下，在京企业较少以轻客（依维柯）或微型货车为主力车型，因而，这两种车型不在本文分析范畴（见图4、图5）。

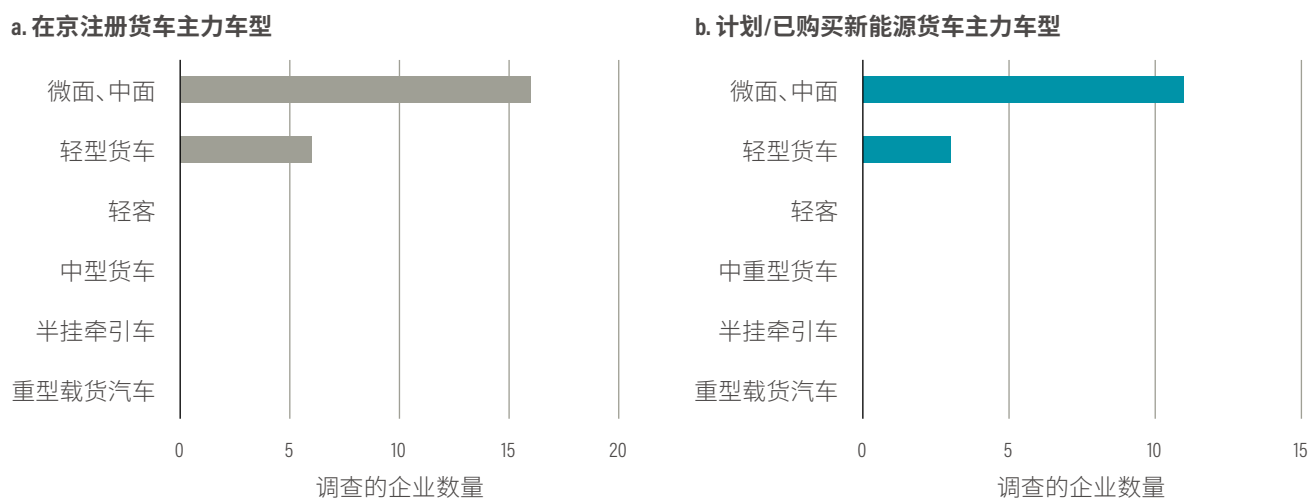
- 在中重型货车中，根据北京市统计局和国家统计局北京调查总队（2022）统计，2021年，北京市以重型货车为主，其中重型货车保有量中的占比为83%。相较之下，中型货车保有量较少，只有1.6万辆，在中重型货车保有量中占比不到17%，故不在本文考虑范畴。

图4 | 大中型企业反馈的在京注册或计划/已购买新能源货车的主力车型



说明：企业可选择多款主力车型。
来源：作者针对北京市运输企业开展的问卷调查。

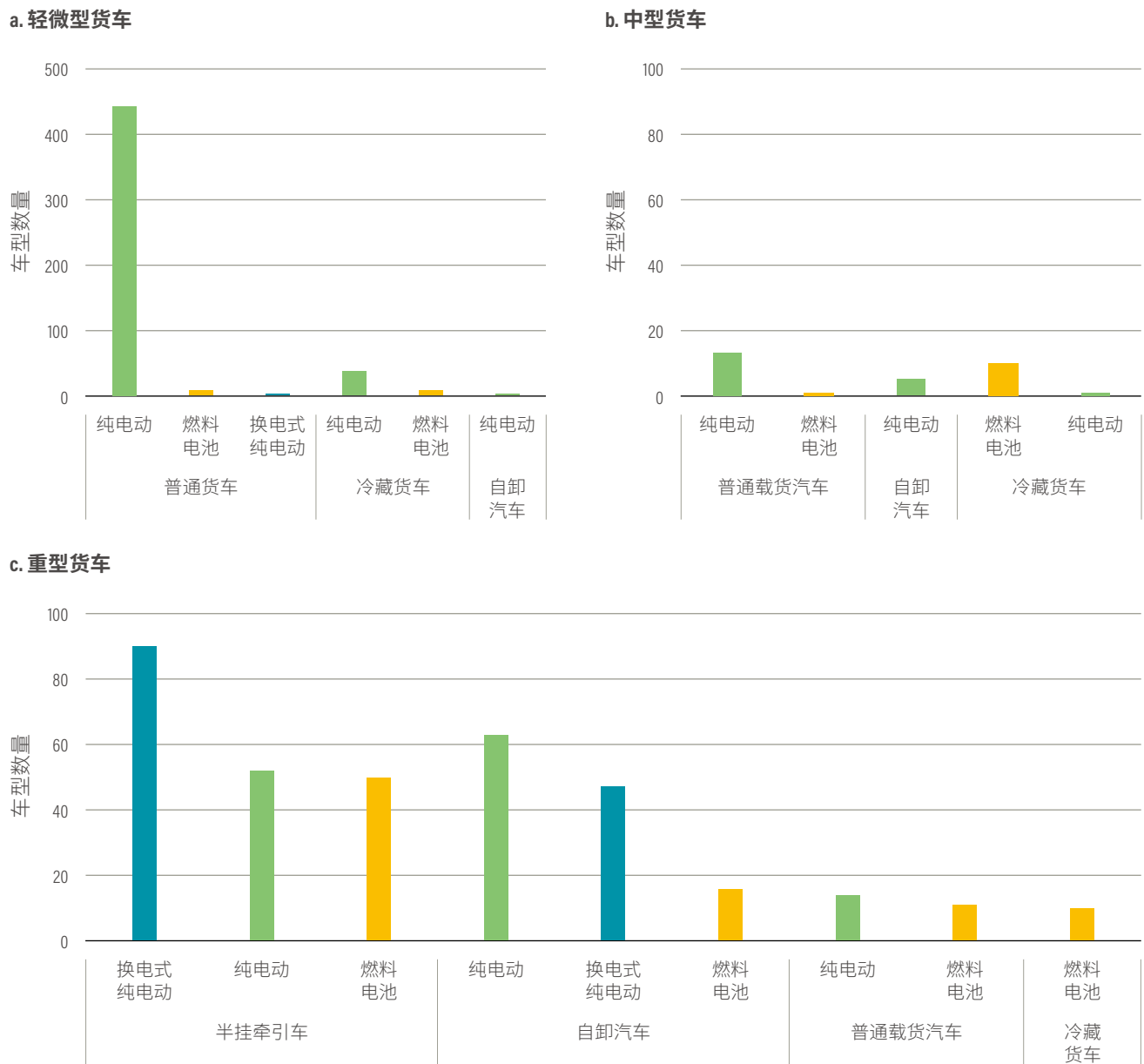
图5 | 小微企业和个体户反馈的在京注册或计划/已购买新能源货车的主力车型(单位:企业数量)



说明：企业可提供多款主力车型。
来源：作者针对北京市运输企业开展的问卷调查。

其次，本研究对2021年《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》（工业和信息化部，2021）的分析¹³显示，2021年国内市场的新能源货车车型以4.5吨以下轻型货车（含冷藏货车）、半挂牵引车、重型自卸货车与重型载货汽车为主。相反，轻型自卸车、中型货车（含载货汽车、自卸汽车、冷藏车等）、重型冷藏货车的新能源车型数量少，均在15种以下，故不在本文运输场景的分析范畴，即不作为近期北京市新能源货车推广的重点场景（见图6）。

图6 | 2021年新能源汽车车型数量统计（单位：车型数量）



说明：不含对货车底盘的统计。不含插电式混合动力汽车、微面、中面车型的统计。
来源：中华人民共和国工业和信息化部公告（工业和信息化部，日期不详）

本文运输场景所包含的具体货车车型与原因见表 5。

在年行驶里程方面，年行驶里程的差异既影响新能源货车与传统燃油货车的替代率，也影响新能源货车总拥有成本（见表 6）。值得注意的是，货车日行驶里程与年行驶里程在一些情况下并无线性关系¹⁴。出于简化的目的，本文不考虑此类情况，而是基于日运营天数假设计算车辆年行驶里程。

基于北京交通发展研究院的货车运营监测数据与企业访谈，北京市传统燃油货车年行驶里程大致如下：

- 微面、中面的年行驶里程短，多集中于40000千米以下。
- 4.5吨轻型货车的年行驶里程跨度较大：短的只有9000千米，长的可至60000千米，甚至90000千米。

表 5 | 2021年分货车车型的保有量占比与《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》中新能源货车车型统计

| | 总设计质量 (T) | 2021年在北京市货车保有量中占比 | 2021年新能源货车车型数量的统计 | 是否计入分析及原因 |
|-------------|-----------|-------------------|-------------------|-----------------------|
| 微型货车 | | | | |
| 普通货车 | ≤1.8 | 0.3% | × | 不计入 (保有量少) |
| 冷藏货车 | ≤1.8 | | × | |
| 轻型货车 | | | | |
| 微面、中面 | 1.8~3 | 82.5% | × | 计入 |
| 轻客(依维柯) | 3.5~4.5 | | × | 不计入 (保有量少) |
| 普通货车 | 4.2~4.5 | | 372 | 计入 |
| 冷藏货车 | 2.2~4.5 | | 47 | 计入 |
| 自卸汽车 | 2.3~4.5 | | 1 | 不计入 (新能源车型少) |
| 中型货车 | | | | |
| 普通载货汽车 | 4.5~12 | 2.9% | 14 | 不计入 (保有量少, 新能源车型少) |
| 冷藏车 | 4.5~12 | | 11 | |
| 自卸汽车 | 4.5~12 | | 5 | |
| 重型货车 | | | | |
| 普通载货汽车 | 12~31 | 14.3% | 25 | 计入 |
| 半挂牵引车 | 31~49 | | 192 | 计入 |
| 自卸汽车 | 16~31 | | 126 | 计入 |
| 冷藏车 | 14~31 | | 10 | 不计入(新能源车型少) |

说明：2021年《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》中新能源货车车型的统计不含插电式混合动力汽车、微面、中面汽车、货车底盘的统计。“×”表示本文未统计相关车型的新能源车型数量。

来源：中华人民共和国工业和信息化部公告(工业和信息化部，日期不详)

表 6 | 货车日行驶里程与年行驶里程的关系

| | 年行驶里程：低 | 年行驶里程：高 |
|----------------|---|--|
| 日行驶里程：低 | <p>车辆行驶天数少，使用效率低</p> <p>新能源货车：</p> <ul style="list-style-type: none"> · 与燃油货车替代率为1 · 无潜在成本优势 | <p>车辆行驶天数多，使用效率较高</p> <p>新能源货车：</p> <ul style="list-style-type: none"> · 与燃油货车替代率为1 · 有潜在成本优势 |
| 日行驶里程：高 | <p>车辆行驶天数少，使用效率低</p> <p>新能源货车：</p> <ul style="list-style-type: none"> · 与燃油货车替代率大于1 · 无潜在成本优势 | <p>车辆行驶天数多，使用效率较高</p> <p>新能源货车：</p> <ul style="list-style-type: none"> · 与燃油货车替代率大于1 · 有潜在成本优势 |

来源：作者总结。

■ 重型货车的年行驶里程跨度也很大：传统燃油自卸货车年行驶里程相对较短，一般为36000~60000千米；载货汽车与半挂牵引车年行驶里程最长，多在60000千米以上。

最后，综合货车车型、货物分类及年行驶里程，本研究将北京市城市货运运输场景分成12类，包括轻微型货车的8类场景（见表7）与中重型货车的4类场景（见表8）。值得注意的是，由于跨类别运输的货物种类、年行驶里程有较大不确定性，所以，本文综合所有场景的结果，作为跨类别场景的结果。

表7 | 轻微型货车运输场景及案例说明

| 序号 | 运输场景 | | 传统燃油货车运营实例 |
|----|------------------------|--|---|
| 1 | 微面、 中面 | 跨类别 短里程 · 日均行驶里程：100~200km · 年行驶里程：20000~40000km | 从六环外到新发地批发市场或网络货运平台派单： · 日均运次：1~2次/日 · 日均行驶里程：100~200km · 载货量：0.5~0.8t |
| 2 | | 轻抛货 (日用品) 短里程 · 日均行驶里程：30~100km · 年行驶里程：9000~30000km | 从旧宫新桥等仓库向北京市各商超等目的地配送： · 日均运次：1~2次/日 · 次均距离：30~50km · 日均行驶里程：30~100km · 实际载货体积：10~12m ³ |
| 3 | | 轻抛货 (日用品) 中等里程 · 日均行驶里程：100~200km · 年行驶里程：10000~60000km | 从旧宫新桥等仓库向北京市各商超等目的地配送： · 日均运次：1~2次/日 · 次均距离：50~100km · 日均行驶里程：100~200km · 实际载货体积：10~12m ³ |
| 4 | 4.5吨 轻型 普通 货车 | 轻抛货 (快递) 长里程 · 日均行驶里程：200~300km · 年行驶里程：60000~90000km | 从顺义空港、大兴等物流基地的配送中心向北京市各分拨中心、末端网点配送： · 日均运次：3次/日 · 次均距离：70~100km · 日均行驶里程：210~300km · 实际载货体积：10~12m ³ |
| 5 | | 重货 (饮品) 短里程 · 日均行驶里程：30~100km · 年行驶里程：9000~30000km | 从亦庄、通州等附近的仓库向北京市各商超等目的地配送： · 日均运次：1~2次/日 · 次均距离：30~50km · 日均行驶里程：30~100km · 载货量：1.4~1.8t |
| 6 | | 重货 (饮品) 中等里程 · 日均行驶里程：100~200km · 年行驶里程：10000~60000km | 从亦庄、通州等附近的仓库向北京市各商超等目的地配送： · 日均运次：1~2次/日 · 次均距离：50~100km · 日均行驶里程：100~200km · 载货量：1.4~1.8t |
| 7 | | 重货 (饮品) 长里程 · 日均行驶里程：200~300km · 年行驶里程：60000~90000km | 从亦庄、通州等附近的仓库向北京市各商超等目的地配送： · 日均运次：3次/日 · 次均距离：60~100km · 日均行驶里程：200~300km · 载货量：1.4~1.8t |
| 8 | 4.5吨 轻型 冷藏 货车 | 冷链 (农林牧渔、 医药) 短、中等里程 · 日均行驶里程：30~200km · 年行驶里程：9000~60000km | 从丰台大红门、通州马驹桥附近冷库向北京市各商超等目的地配送： · 日均运次：1~2次/日 · 次均距离：30~100km · 日均行驶里程：30~200km · 载货量：1.2~1.4t |

说明：表中为传统燃油货车的运营场景。其中，微面、中面的年行驶里程基于车辆一年运营200天计算得出，轻微型货车年行驶里程基于车辆一年运营300天计算得出。
来源：本研究对运输企业的访谈。

表 8 | 中重型货车运输场景及案例说明

| 序号 | 运输场景 | | 传统燃油货车运营实例 | |
|----|--------------------|-------------------|--|--|
| 9 | 16~18 吨载货 汽车 | 轻抛货 (快递) | <ul style="list-style-type: none"> 日均行驶里程：200~500km 年行驶里程：60000~150000km | 从天津、河北、山东、河南等外埠物流中心到北京市内的顺义机场物流园区、大兴亚洲一号等大型分拣站 <ul style="list-style-type: none"> 日均运次：1次/日 日均行驶里程：200~500km |
| | | 重货 (电子设备仪器及元件) | <ul style="list-style-type: none"> 日均行驶里程：280~300km 年行驶里程：84000~90000km | 从河北廊坊等地的制造企业到北京市内海淀区上地、中关村等地的信息技术企业 <ul style="list-style-type: none"> 日均运次：2次/日 日均行驶里程：280~300km |
| 10 | 4×2 半挂牵 引车 | 重货 (机械设备) | <ul style="list-style-type: none"> 日均行驶里程：300~350km 年行驶里程：90000~99000km | 从天津市武清区、天津港到亦庄、房山、朝阳、海淀等地的市内汽车零售企业 <ul style="list-style-type: none"> 日均运次：2次/日 日均行驶里程：300~350km |
| 11 | 6×4 半挂牵 引车 | 重货 (矿建材料) | <ul style="list-style-type: none"> 日均行驶里程：720~1080km 年行驶里程：216000~324000km | 从张家口、承德、唐山等环京区域的矿山到北京市内搅拌站 <ul style="list-style-type: none"> 日均运次：2~3次/日 日均行驶里程：720~1080km |
| 12 | 重型 自卸 货车 | 重货 (矿建材料) | <ul style="list-style-type: none"> 日均行驶里程：120~200km 年行驶里程：36000~60000km | 从北京郊区砂石骨料生产企业或渣土处理企业到北京市内搅拌站/施工工地 <ul style="list-style-type: none"> 日均运次：3~4次/日 日均行驶里程：120~200km |

说明：表中主要为传统燃油货车的运营场景。年行驶里程基于车辆一年运营 300 天计算得到，因而，可能高估车辆年行驶里程。

来源：本研究对运输企业的访谈。





第四章

不同场景新能源货车技术与成本差距分析

4.1 不同场景新能源货车技术成熟度分析

虽然新能源货车技术快速发展，但其技术成熟度与传统燃油货车相比仍有不足，导致：

一是目前，新能源货车存在不适用的场景。基于北京市交通发展研究院数据分析，虽然新能源轻微型货车已在北京所有（9类）生活物资运输场景中得到广泛应用，但在很多场景中仍未得到应用：一是轻型自卸车、中型货车（含载货汽车、自卸汽车、冷藏车等）、重型冷藏货车场景，本身新能源货车车型数量少，故不存在推广的基础；二是一些重型货车运输场景（如使用重型载货汽车的快递运输等）中，由于新能源货车与传统燃油货车技术与成本差距大，新能源货车推广数量微乎其微。

二是即便新能源货车在一些场景中得到应用，但其相对传统燃油货车替代率大于1，无法与传统燃油货车实现1:1替代。这对运输企业的成本管理与车辆运营组织都提出了新要求。

由于不同场景对新能源货车的技术性能要求不一，所以，本文从补能时长、续航里程和载货能力三个维度，分场景分析新能源货车的技术成熟度，计算得到不同场景新能源货车与燃油货车的替代率。

补能频次与时长

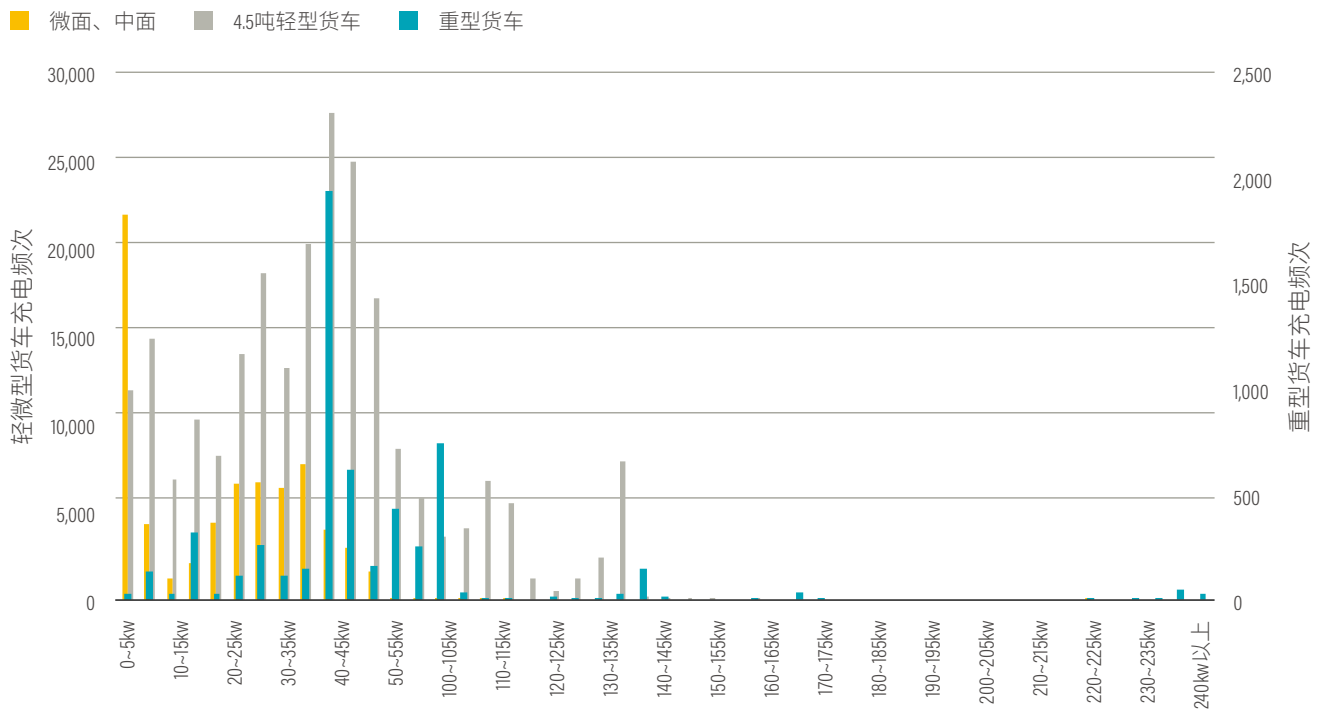
本节利用新能源汽车国家大数据联盟的大数据分析及企业访谈，分析北京市新能源货车当前的补能时长对各场景新能源货车替代率与成本的影响。

补能时长既包括新能源货车充（换）电（或加氢）的时间，也包括寻找、等待充电桩（或加氢站）与绕行的时间。受数据可得性限制，本研究不考虑车辆寻找（或等待）充电桩或加氢站的时间；此外，由于换电时间较短，本文也不考虑换电货车的补能时长。

在充电时间方面，新能源汽车国家大数据联盟分析与本研究对运输企业调研的结果显示：

- 无论在秋季还是冬季，北京市纯电动轻微型货车均以“一天一充”为主。特别是在冬季，纯电动货车不会因续航里程衰减而增加充电次数。另外，大部分纯电动轻微型货车在夜间充电，可能是为降低充电对日间配送的影响。由于北京市纯电动轻型货车的充电功率不高——主要集中于30~60千瓦（见图7），如果不考虑冬季低温对充电的影响，纯电动轻型货车的夜间充电时间为2~3小时。如果需要日间补电，纯电动轻型货车需要0.5~1.5小时的充电时间（见表9）。
- 北京市纯电动重型货车（不含换电）多采用“一天一充”，充电时间同样集中在夜间。如果不考虑冬季低温对充电的影响，纯电动重型货车的夜间充电时间为2~6小时。如果需要日间补电，纯电动重型货车需要1~3小时的充电时间。

图 7 | 北京市2021年9月纯电动货车充电功率分布



来源：新能源汽车国家大数据联盟分析。

表 9 | 不同充电功率下纯电动货车的日间、夜间充电时间 (单位:h)

| | | 3.5kW | 30kW | 60kW | 120kW |
|-----------------------|------|-------|------|------|-------|
| 微面、中面 (42kWh) | 日间补电 | N.A. | 0.6 | N.A. | N.A. |
| | 夜间充电 | 9.6 | 1.6 | N.A. | N.A. |
| 4.5吨轻型普通货车 (86kWh) | 日间补电 | N.A. | 1.1 | 0.5 | N.A. |
| | 夜间充电 | N.A. | 2.7 | 1.6 | N.A. |
| 4.5吨轻型冷藏货车 (90kWh) | 日间补电 | N.A. | 1.2 | 0.6 | N.A. |
| | 夜间充电 | N.A. | 2.9 | 1.7 | N.A. |
| 重型自卸货车 (432kWh) | 日间补电 | N.A. | N.A. | 2.8 | 1.4 |
| | 夜间充电 | N.A. | N.A. | 6.1 | 3.3 |
| 重型载货汽车 (229kWh) | 日间补电 | N.A. | N.A. | 1.5 | 0.8 |
| | 夜间充电 | N.A. | N.A. | 3.6 | 2.0 |

说明：假设日间补电电池荷电状态 (SOC) 从 40% 充至 80%；夜间补电 SOC 从 20% 充至 100%。夜间补电时，对快充而言，为保护电池，SOC 从 80% 到 100% 时，充电功率会下降，因而，本文对充电功率在 10kW 以上的夜间充电，在充电时间基础上增加 0.5h。“N.A.”表示充电功率不适用该场景。

来源：作者计算。

在加氢时间方面，氢燃料货车的加氢时间与传统燃油货车类似（亚洲清洁空气中心等，2023）。但值得注意的是，本研究调研显示，由于目前北京市投入运营的加氢站数量少、设备故障率高，所以，氢燃料货车的实际加氢时间较长。一方面，一些位于昌平区、延庆区的氢燃料货车需要额外行驶30~50千米，才能抵达距离最近的加氢站。另一方面，个别加氢站（如大兴区海珀尔加氢站）由于服务的氢燃料货车多，加之压缩机作业与偶发故障等，个别高峰时期排队甚至长达近5小时。

补能时长既影响新能源货车与燃油货车的替代率，也影响新能源货车的总拥有成本，以轻型货车为例：

■ 在新能源货车与燃油货车的替代率方面，由于纯电动货车比传统燃油货车多0.5~2时的（日间）补电时间，所以，在同样运营时间窗口内，纯电动货车的行驶里程要比传统燃油货车短。2019年，《北京市新能源物流配送车辆优先通行工作实施方案》（北京市交通委员会等，2019）出台，对持通行证的纯电动轻型货车，提供了比燃油轻型货车更长的2小时日间通行时间¹⁵，从而弥补了纯电动货车的（日间）补电时间。

但值得注意的是，对未持通行证的纯电动轻型货车而言，由于仅能夜间进入北京市，且夜间通行时间窗口（夜间23时至第二天早6时）与传统燃油货车一致，因而，存在夜间运力折损。根据本研究计算，在长里程的场景下，燃油货车在夜间7小时通行窗口内可完成三趟循环配送，但纯电动货车只能完成两趟循环配送，相较于燃油货车只能实现1.5:1的替代率（见图8）。

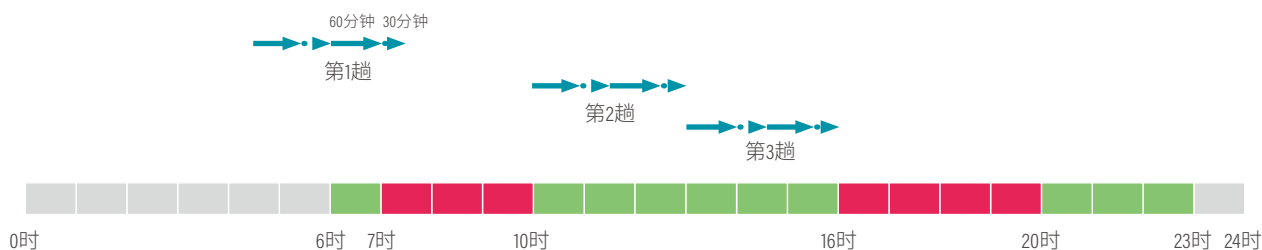
■ 在总拥有成本方面，本研究对企业的访谈显示，纯电动轻型货车在结束一天配送后需要（夜间）充电2~3小时。这意味着纯电动货车司机相较于燃油货车司机，要多出2~3小时的工作时间，为此，运输企业要额外支付纯电动货车司机的加班工资。

由于补能时长受充电/加氢基础设施覆盖程度影响，为缩短新能源货车补能时长至半小时内（根据本研究对运输企业调研，理想的充电时长在半小时内），需要北京市城市管理委员会等部门加大货车充电/加氢基础设施的投资，特别是扩大货车快充桩覆盖程度。此外，扩大纯电动货车夜间的通行窗口，也能帮助纯电动货车弥补补能时长方面的劣势，改善其替代率高的问题。

图 8 | 北京市纯电动货车的充电时间对新能源货车替代率的影响(示意图)

a. 持通行证的新能源货车：日间运行，新能源货车与燃油货车能够实现1:1替代
(纯电动货车与传统燃油货车替代率为1:1)

a). 传统燃料轻型货车:270km



b). 纯电动轻型货车:270km

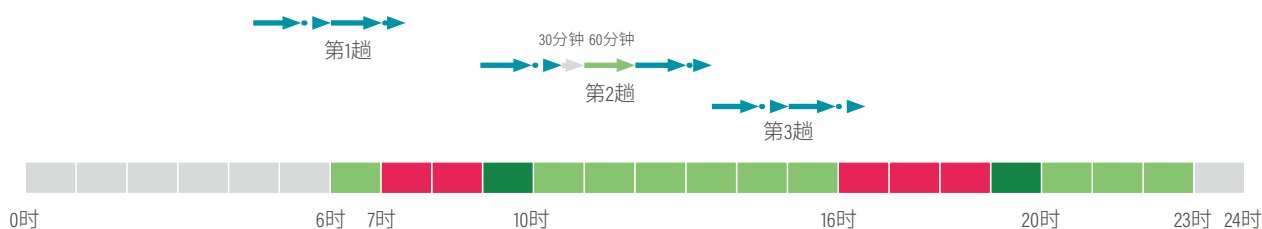
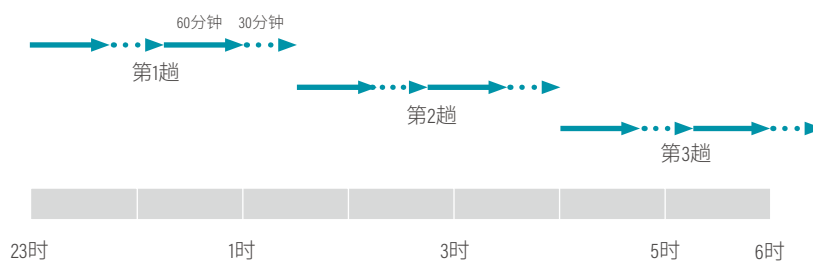


图 8 | 北京市纯电动货车的充电时间对新能源货车替代率的影响(示意图)(续)

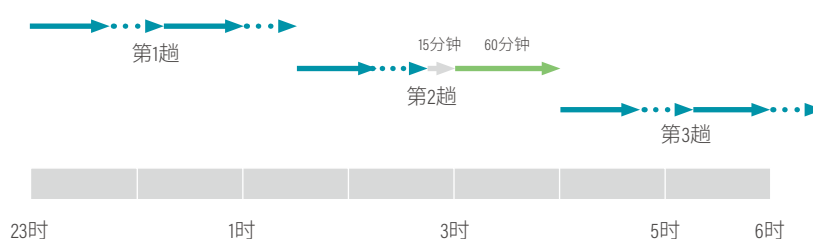
b. 未持通行证的新能源货车: 夜间运行, 新能源货车与燃油货车无法实现1:1替代

(纯电动货车与传统燃油货车替代率为1.5:1)

a). 传统燃料轻型货车: 270km



b). 纯电动轻型货车: 180km



说明: 1. 假设车辆日间行驶速度为45km/h, 车辆夜间行驶速度为60km/h; 一级配送中心到二级配送中心的单程距离为45km, 单次装卸货耗时30min。
 2. 蓝色箭头指货车通行时间(实线)与装卸货时间(虚线); 灰色箭头指本文假设的货车寻找(或等待)充电桩与绕行的时间; 绿色箭头指本文假设的货车充电时间。
 3. 灰色时段指不需要通行证的时段, 所有车辆在该时段均可通行。
 来源: 作者根据企业调研绘制。

续航里程

本节首先分析北京市新能源货车实际续航里程, 在此基础上, 结合补能时长(日补能频次), 分析新能源货车目前的(最大)日行驶里程, 以及是否能满足各场景运营需要, 并支撑新能源货车与燃油货车替代率的计算。

虽然根据本文分析(见专栏二), 在无日间补电的情况下, 纯电动货车标称续航里程能满足实际行驶里程要求, 但在实际使用中, 纯电动货车受冬季低温、载货重量、冷藏货车制冷机组¹⁶运转等因素影响, 百公里能耗比标称能耗更高, 实际续航里程比标称续航里程更短。根据新能源汽车国家大数据联盟对北京市纯电动货车2022年分季节的百公里电耗中位数(见图9)的分析:

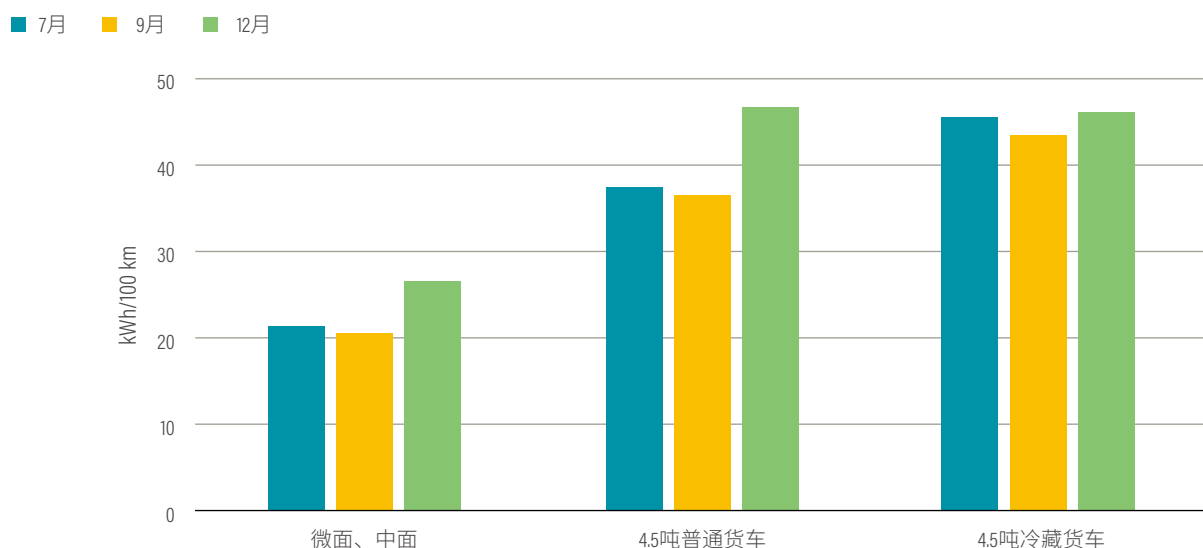
- 受气温影响, 纯电动4.5吨轻型普通货车夏季(7月)、冬季(12月)的百公里电耗比秋季(9月)要高。其中, 冬季百公里电耗中位数最高, 达47千瓦时/100km, 比秋季

中位数(36千瓦时/100km)高出30%。在秋季, 搭载86千瓦时电池的纯电动4.5吨轻型普通货车续航里程(以下均指SOC从100%使用至20%所对应的行驶里程)可达191千米, 但在冬季则降至146千米。

- 纯电动4.5吨轻型冷藏货车存在“制冷”与“蓄冷”耗电(例如, 制冷4~8℃范围内电耗可达1.5~3千瓦时/小时), 所以, 虽然纯电动4.5吨轻型冷藏货车百公里电耗的季节差异性较小——夏季与冬季的百公里电耗相当(高出秋季4%~6%), 但纯电动4.5吨轻型冷藏货车百公里电耗显著高于普通货车的电耗, 达43~75千瓦时/100km。搭载90千瓦时电池的轻型冷藏货车各季节续航里程都在160千米左右。

对比下, 氢燃料货车气候适应性更好, 实际续航里程更长。本研究对北京市运输企业访谈显示, 即便在持续制冷(与满载水平)下, 氢燃料4.5吨轻型冷藏货车百公里耗氢量在2.5~3.0千克/100km左右, 仅比氢燃料4.5吨普通货车的百公里耗氢量高出约0.5千克/100km。在这一能效

图 9 | 北京市轻微型纯电动货车2021年7月、9月和12月百公里电耗中位数



来源：新能源汽车国家大数据联盟的分析。

水平下，储氢量12千克的氢燃料4.5吨轻型冷藏货车的续航里程可达260千米以上¹⁷。

在实际续航里程和补能时长的影响下，本文分析不同场景下北京市纯电动货车的日行驶里程能否满足运营要求。为此，本文基于新能源汽车国家大数据联盟分析的纯电动货车百公里电耗、日充电次数与纯电动货车电耗中位数，计算出各场景下纯电动货车日行驶里程，并与纯电动货车分车型的实际日行驶里程（见图 10）进行校验。其结果（见表10）显示：

- 微面、中面场景：根据本研究测算，在一天一充（即仅夜间充电）的情况下，纯电动微面、中面（搭载42千瓦时电量）能满足冬季日行驶里程130千米以内、秋季日行驶里程160千米以内的配送需求。在一天两充（除夜间充电外，也有日间补电）的情况下，纯电动微面、中面的日行驶里程更长，能满足200千米以内的配送要求。但在实际使用中，根据新能源汽车国家大数据联盟的分析结果，纯电动微面、中面以一天一充为主，且约90%北京市纯电动微面、中面的冬季日行驶里程低于120千米，秋季日行驶里程低于140千米。这说明，受电池容量不足、百公里电耗高的影响，无论在秋季还是冬季，纯电动微面、中面只能满足部分场景的配送要求，主机企业仍需针对该场景优化纯电动微面、中面的配置与车辆性能。
- 4.5吨轻型普通货车轻抛货与重货场景：根据本研究测算，在一天一充的情况下，秋季纯电动轻型普通货

车（搭载86千瓦时电量）能实现200千米以内的日行驶里程，可满足重货运输的场景，但无法满足轻抛货长里程（如快递）的场景；冬季车辆续航里程下降，只能满足日行驶里程150千米以内的配送需求，在中等里程的轻抛货与重货运输场景下，也可能面临续航里程不足的问题。在一天两充的情况下，纯电动轻型普通货车基本能满足除轻抛货长里程之外所有场景的配送需要。在实际使用中，根据新能源汽车国家大数据联盟的分析，纯电动轻型普通货车以一天一充为主，北京市约90%的纯电动轻型普通货车冬季日行驶里程低于160千米，秋季日行驶里程低于200千米，与本研究计算结果几乎一致。这说明，如果温度适宜，纯电动轻型普通货车的续航里程几乎能满足所有场景的日行驶里程要求，仅在轻抛货长里程场景下遇到挑战。但在冬季，纯电动轻型普通货车的续航里程严重“缩水”，在中等里程场景下也可能面临续航里程不足的问题，所以，主机企业应提高纯电动轻型普通货车的低温适应性。

- 4.5吨轻型冷藏货车（搭载90千瓦时电量）城市冷链配送场景：根据本研究测算，在一天一充的情况下，纯电动轻型冷藏货车的续航里程大约能满足该场景160千米以内日行驶里程的要求，但无法满足日行驶里程160~200千米的要求。所以，主机企业亟须提升车载制冷设备的效率，或加速氢燃料冷藏货车的研发。
- 城市重型货车场景（不含换电重型货车¹⁸）：由于目前北京市推广的纯电动重型货车数量不多，冬季投入运

表 10 | 纯电动货车在不同运输场景下的日行驶里程分析

| 运输场景 | | 一天一充（夜间充电） | | | 一天两充（夜间充电、日间补电） | | |
|-------------------------------------|--|-----------------------|------------|---|-----------------------|------------------------------|--|
| | | 日最大行驶里程 | 充电时间 | 对运营的潜在影响 | 日最大行驶里程 | 充电时间 | 对运营的潜在影响 |
| 微面、中面 搭载电量中位数: 42kWh | · 跨类别： 日均行驶里程为 100~200km | 冬季 134km, 秋季 168千米 | 2~10h 夜间充电 | · 秋季, 纯电动货车的续航里程能满足部分日行驶里程要求, 无法满足日行驶里程160km以上的要求 · 冬季, 续航里程下降, 只能满足日行驶里程130km以内的要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 | 冬季 201km, 秋季 252km | · 约0.5h 日间补电 · 2~10h 夜间充电 | · 无论在秋季还是冬季, 纯电动货车均能满足该场景的日行驶里程要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 |
| | · 轻抛货： 日均行驶里程为30~300km | 冬季 146km, 秋季 191km | 2~3h 夜间充电 | · 秋季, 纯电动货车的续航里程基本能满足日行驶里程200km以内的要求, 但无法满足轻抛货长里程运输场景的要求 · 冬季, 续航里程下降, 只能满足日行驶里程160千米以内的要求, 无法满足中、长里程场景的要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 | 冬季 220km, 夏季 287km | · 1h 日间补电 · 2~3h 夜间充电 | · 秋季, 纯电动货车基本能满足重货运输、轻抛货长里程运输场景的要求 · 冬季, 续航里程下降, 能满足日行驶里程200km以内的要求, 无法满足长里程运输场景的要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 |
| 4.5吨轻型普通货车 搭载电量中位数: 86kWh | · 重货： 日均行驶里程为30~200km | 冬季 146km, 秋季 191km | 2~3h 夜间充电 | · 秋季, 纯电动货车的续航里程基本能满足日行驶里程200km以内的要求 · 冬季, 续航里程下降, 只能满足日行驶里程160km以内的要求, 无法满足部分中等里程场景的要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 | | | · 无论在秋季还是冬季, 纯电动货车能满足该场景的日行驶里程要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 |
| 4.5吨轻型冷藏货车 搭载电量中位数: 90kWh | · 冷链： 日均行驶里程为 30~200km | 约160km | 2~3h 夜间充电 | · 纯电动货车的续航里程仅能满足日行驶里程160km以内的要求, 但无法满足日行驶里程160~200km的要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 | 约240km | · 1h 日间补电 · 2~3h 夜间充电 | · 纯电动货车的续航里程基本能满足该场景的日行驶里程要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 |
| 自卸货车 搭载电量中位数: 423kWh | · 重货： 日均行驶里程为120~200km | 约140km | 3~6h 夜间充电 | · 纯电动货车的续航里程仅能满足该场景日行驶里程140km以内的要求, 但无法满足日行驶里程140~200km的要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 | 约210km | · 1.5~3h 日间补电 · 3~6h 夜间充电 | · 纯电动货车的续航里程基本能满足该场景的日行驶里程要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 |
| 载货汽车 搭载电量中位数: 229kWh | · 轻抛货： 日均行驶里程为 200~500km · 重货：日均行驶里程为280~300km | 73~132km | 2~4h 夜间充电 | · 纯电动货车的续航里程几乎无法满足该场景日行驶里程要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 | 110~198km | · 1~2h 日间补电 · 3~4h 夜间充电 | · 纯电动货车的续航里程几乎无法满足该场景日行驶里程要求 · 额外支付司机加班为车辆充电的工资 |

说明：1. 表中运输场景的参数为传统燃油车的运营特征。

2. 受数据限制，无法区分运输轻抛货与重货电耗的差异以及重型货车不同季节的电耗差异。

3. 表中不考虑换电重卡（如半挂牵引车、自卸货车）。此外，纯电动重型货车的能耗分析未区分季节，仅分析秋季纯电动重型货车在不同行驶工况、载重量下的电耗。

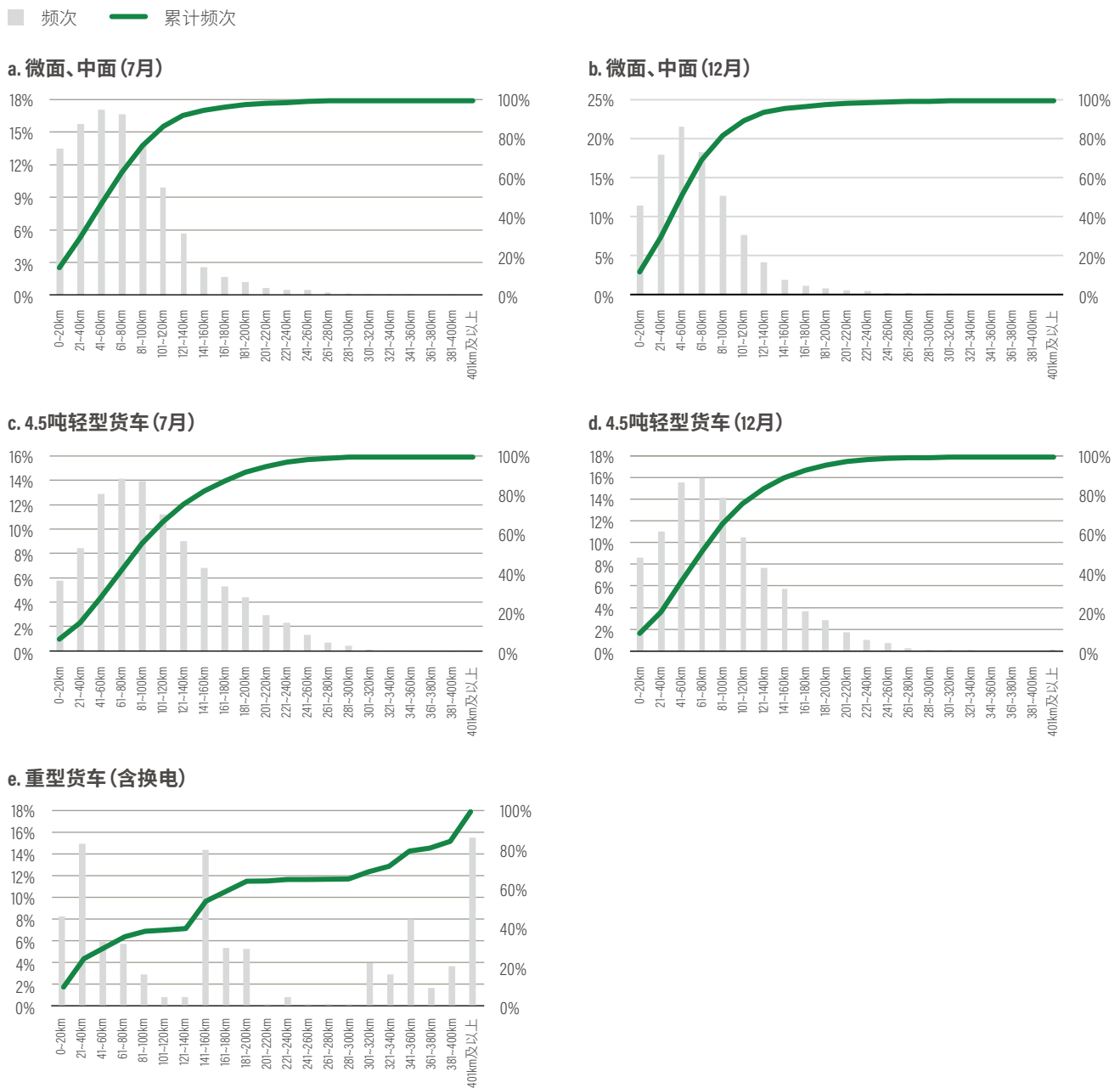
4. 假设日间充电后，SOC 增加 40%。各类货车充电时间见表 9。

来源：作者分析。实际续航里程来自新能源汽车国家大数据联盟分析的纯电动货车百公里电耗进行的计算，其对应 SOC 从 100% 使用至 20%。搭载电量中位数来自本研究对 2021 年《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》（工业和信息化部，2021）中新能源货车车型的统计。

营的车辆更少，所以，本研究对纯电动重型货车的能耗分析未分季节。根据本研究测算，由于纯电动自卸货车在北京市有较多爬坡工况，百公里电耗高，在一天一充的情况下，纯电动自卸货车（搭载423千瓦时电量）只能满足140千米以内的日行驶里程，无法满足北京市自卸货车主流的140~200千米的日行驶里程。由于纯电动载货汽车搭载的电池电量低（229千瓦时），即便一天两充，也无法满足该场景的日行驶里

程要求。在实际使用中，根据新能源汽车国家大数据联盟的分析，纯电动重型货车日行驶里程的分段特征突出，北京市约半数的纯电动重型货车日行驶里程低于160千米，这说明，虽然纯电动技术正趋于成熟，但仍存在百公里电耗高与续航里程不足的问题，既需要主机企业针对使用场景优化纯电动汽车的配置与能耗，也需要政府部门与运输企业甄别适合纯电动重型货车推广的场景，避免与氢燃料重型货车形成竞争。

图 10 | 北京2021年纯电动货车的日行驶里程统计(单位:km)



说明：频次指所有统计车辆日行驶里程归一化结果。累计频次为所有统计车辆日行驶里程归一化后的累计的数值。
来源：新能源汽车国家大数据联盟分析。

解决纯电动货车续航里程对新能源货车替代率的影响，除主机企业提升新能源货车的相关技术——特别是降低新能源货车在低温环境、制冷与爬坡工况下的百公里能耗之外，运输企业与政府部门也需发挥作用，包括：

一是运输企业可通过优化运营组织等措施，降低新能源货车续航里程对替代率的影响。例如，本研究对企业的访谈显示，一些快递企业对纯电动车辆运营进行优化（如

定制车辆排班与调度算法、优化动态行车路线、提升交货效率等）后，其日行驶里程可达260千米以上，高于北京交通发展研究院统计的北京市快递行业纯电动轻型货车的日平均行驶里程（154千米）。

二是北京市城市管理委员会、北京市规划和自然资源委员会等部门应完善相关基础设施，包括提升（快充）充电/加氢基础设施覆盖度，加强多级物流枢纽设施建设等，减少新能源货车的补能时长与配送距离。

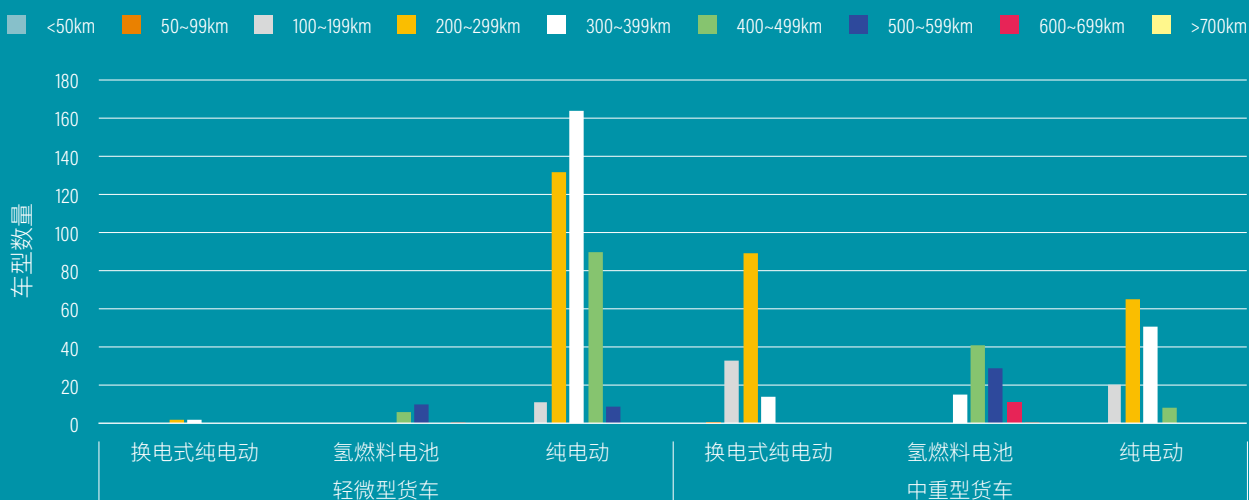
专栏 2 | 新能源货车标称续航里程

本文对2021年《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》中新能源货车标称续航里程的分析（见专栏图3）显示：

轻微型货车：对纯电动货车，95%的车型的标称续航里程为200~400千米，部分车型的标称续航里程甚至可达400千米以上。对氢燃料货车，其标称续航里程更长：所有氢燃料货车车型的标称续航里程都超过400千米，并集中在400~600千米。这说明，理论上，在无日间补电的情况下，新能源轻微型货车可满足北京城市场景下日行驶里程的要求。但实际上，受冬季低温、载货重量、冷藏货车制冷机组的影响，纯电动轻微型货车实际续航里程与标称续航里程有较大差异（见正文分析）。

中重型货车：纯电动中重型货车的标称续航里程均为200~400千米，理论上可满足北京市市内运输（如渣土、建材等）场景的日行驶里程要求¹⁹。但实际上，受冬季低温、载货重量、爬坡工况等影响，纯电动中重型货车的实际续航里程与标称续航里程也有差距。相较之下，氢燃料中重型货车的标称续航里程最长，85%的车型的标称续航里程超过400千米，并集中在400~600千米。理论上，如果加氢站布局合理，氢燃料货车可满足北京市市内运输的场景要求，甚至能满足一些短途城际运输的场景要求。

专栏图 3 | 2021年《免征车辆购置税的新能源汽车车型目录》中新能源货车的标称续航里程



来源：中华人民共和国工业和信息化部公告（工业和信息化部，2021）。

载货能力

本研究企业调研显示，目前，新能源货车在重货运输场景下有突出的载质量损失问题；如果车辆不超载，载质量损失将影响新能源货车的替代率。为分析不同车型载质量损失的差异，本节基于北京市主流新能源货车车型，与同主机企业生产的同车型传统燃油货车的额定载质量（或准拖挂车总质量）进行对比。结果显示，新能源4.5吨轻型货车与自卸货车在重货运输场景下载质量损失问题突出，特别是氢燃料货车。具体而言（见表 11）：

（1）微面、中面：新能源货车的载质量损失问题不突出。例如，对载质量较大的中面（如1100千克），纯电动汽

车约有10%的载质量损失。此外，根据《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》（GB 1589—2016）（原国家质量监督检验检疫总局等，2016），微面、中面的最大允许总质量为4.5吨，高于其实际标称的最大允许总质量，所以，纯电动微面、中面的载质量损失可忽略不计。

（2）4.5吨轻型货车：新能源4.5吨货车载质量损失问题严重，特别是氢燃料货车。

对纯电动4.5吨货车而言，其载质量损失的不确定性主要受电池带电量大小影响。整体上，相对于同类型燃油货车，纯电动4.5吨厢式货车与冷藏货车有10%~35%的载质量损失。

表 11 | 分车辆技术、分车型的载质量对比(单位:kg)

| 车型分类 | 传统燃油货车载质量 | 纯电动货车载质量 | | 与传统燃油货车载质量差异 | 氢燃料货车载质量 | | 与传统燃油货车载质量差异 |
|-------|-----------------------|--------------|-------|--------------------------|-------------|--------|---------------------------|
| | | 车型1电量 | 车型2电量 | | 车型1储氢量 | 车型2储氢量 | |
| 微面、中面 | 495~1100 | 车型1电量：42kWh | 1000 | -110 (-10%) | N.A. | N.A. | N.A. |
| 轻型货车 | 4.5普通(厢式)货车 | 车型1电量：81kWh | 1330 | -505~-140 (-28%~-10%) | 车型1储氢量：12kg | 1100 | -735~-370 (-40%~-25%) |
| | | 车型2电量：107kWh | 1200 | -635~-270 (-35%~-18%) | × | × | × |
| | 4.5吨轻型冷藏货车 | 车型1电量：62kWh | 1230 | -605~-265 (-35%~-18%) | 车型1储氢量：12kg | 800 | -1035~-695 (-56%~-46%) |
| | | 车型2电量：90kWh | 1130 | -705~-365 (-38%~-24%) | × | × | × |
| 重型货车 | 31吨自卸车 | 车型1电量：423kWh | 11270 | -6535 (-37%) | 车型1储氢量：36kg | 12570 | -5235 (-29%) |
| | | 车型2电量：355kWh | 13820 | -3985 (-22%) | 车型2储氢量：36kg | 15870 | -1935 (-11%) |
| | 49吨半挂牵引车 ¹ | 车型1电量：282kWh | 38105 | -1895 (-5%) | 车型1储氢量：36kg | 37700 | -2300 (-6%) |
| | | 车型2电量：350kWh | 37670 | -2330 (-6%) | × | × | × |

说明：1.半挂牵引车采用的是“准拖挂车总质量”，而非“额定载质量”。

2.由于北京市推广的新能源载货汽车数量少，表中未含载货汽车数据。

3.绿色代表新能源货车载质量损失不突出，红色代表新能源货车载质量损失突出。括号中百分比为新能源货车相对于燃油货车载质量减少的比例。

4. N.A. 代表该技术不适用。× 代表无。

来源：主流车型根据北京市持通行证新能源货车统计获得，车型载质量信息来自“道路机动车辆生产企业及产品信息查询系统”（工业和信息化部，2018）。

对氢燃料4.5吨货车而言,受车载储氢瓶(主要为35兆帕 III型瓶)、氢燃料电池系统与动力电池的重量影响,氢燃料4.5吨货车的整备质量更重,导致其载质量损失比同类型纯电动4.5吨货车更大。加之4.5吨货车载质量本身就不高,所以,氢燃料4.5吨货车载质量损失的问题最突出:氢燃料轻型普通货车约有0.3~0.7吨的载质量损失(相当于传统燃油轻型普通货车载质量的25%~40%);氢燃料轻型冷藏货车的载质量损失问题更严重,约有0.6~1.0吨的载质量损失(相当于传统燃油冷藏货车载质量的46%~56%)。

(3)自卸货车:新能源自卸货车的载质量损失问题也较突出,而氢燃料自卸货车与纯电动自卸货车的载质量损失相当,为3.9~6.5吨(相当于传统燃油货车载质量的22%~37%)。

(4)半挂牵引车:新能源半挂牵引车载质量损失问题并不突出。由于采用换电技术,纯电动半挂牵引车搭载的电池电量不高(282~350千瓦时),因此,与传统燃油半挂牵引车相比,有1.8~2.3吨的载质量损失(相当于燃油半挂牵引车载质量的5%~6%)。目前,氢燃料半挂牵引车续航里程不高,因而,载质量损失也不明显——与纯电动半挂牵引车的载质量损失相当。

针对新能源货车载质量损失的问题,运输企业目前有两种做法:一是非法超载运输。在这种情况下,虽然新能源货车与传统燃油货车可实现1:1替代,但由于交通运输部加强了全国高速公路入口治超工作(交通运输部,2019)以及国务院安全生产委员会(2020)要求轻型货车总设计质量不得超过4.5吨,超载的新能源货车无法驶入高速公路,因此,不仅其行驶范围受限,也会面临超载处罚。二是不超载运输。在这种情况下,新能源货车与传统燃油货车的替代率高的问题突出。

解决这一问题,需要政府部门与企业共同发力:首先,有关部门可借鉴国际经验,结合国内实际情况,研究是否可以允许新能源货车超载一定比例(如5%~10%),或在现有标准中(如《公路货运车辆超限超载认定标准》(交通运输部 and 公安部,2017)、《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》(GB 1589—2016)(原国家质量监督检验检疫总局等,2016),对部分车型适当放宽对新能源货车最大允许总质量的要求。其次,主机企业与零部件供应商应一道提升动力电池能量密度、降低新能源货车能耗、促进氢燃料货车轻量化。

新能源货车与燃油货车替代率

上述分析显示,受补能时长、续航里程与载货能力的影响,在不同场景下,新能源货车与传统燃油货车替代率存在差异。此外,不同企业同一场景下,新能源货车的替代率也不一。综合北京市运输企业访谈及大数据分析,得到目前北京市新能源货车的替代率情况如下(见表12和表13):

- 微面、中面:虽然纯电动微面、中面电池容量不足、百公里电耗高,只能满足部分场景(日行驶里程150千米以内)的配送要求,但为简化计算,本文假设纯电动微面、中面与燃油微面、中面的替代率为1——即车辆通过日间补电弥补续航里程的不足,这一假设可能低估纯电动微面、中面的实际替代率。
- 轻型普通货车:在轻抛货运输场景下,受低温续航里程衰减影响,纯电动轻型普通货车(冬季)只能满足160千米以内的配送需求。这导致在轻抛货长里程(日行驶里程300千米左右)场景下,纯电动轻型货车替代率高达1.3~2。由于氢燃料轻型货车不存在续航里程限制,所以,在轻抛货长里程场景下,氢燃料轻型货车替代率为1。在重货运输场景下,由于纯电动轻型货车存在载质量损失,所以,其替代率在1.2~1.8之间。由于氢燃料轻型货车载质量损失比纯电动货车更突出,所以,在重货运输场景下,氢燃料轻型货车替代率比纯电动货车更高,达1.5。
- 轻型冷藏货车:纯电动冷藏货车受续航里程与载质量损失双重影响,替代率较高达2。氢燃料冷藏货车仅受载质量损失影响,替代率比纯电动冷藏货车低,在1.2~1.5之间。
- 中重型货车:由于目前北京市推广的新能源重型货车数量少,实际车辆替代率尚不明确。出于简化考虑,本文假设新能源重型货车替代率为1。这一假设可能适用于纯电动换电式重型货车与部分氢燃料货车,但不适用于载货汽车与自卸货车,因而,可能低估此类货车的TCO。

表 12 | 新能源微型货车在不同运输场景下的替代率

| 运输场景 | | 传统燃油货车运营案例 | 新能源货车运营案例 | 新能源货车替代率 | |
|------------|--------------|---|---|--|-----------------------------|
| 微面、中面 | 跨类别 | 短里程 · 日均行驶里程: 100~200km · 年行驶里程: 20000~40000km | 从六环外到新发地批发市场, 或为网络货运平台服务 · 日均运次: 1~2次/日 · 日均行驶里程: 100~200km · 实际载货量: 0.5~0.8t | 暂无 | -- |
| | 轻抛 (日用品) | 短、中等里程 · 日均行驶里程: 30~200km · 年行驶里程: 9000~60000km | 从旧宫新桥等仓库向北京市各商超等目的地配送: · 日均运次: 1~2次/日 · 次均距离: 30~80km · 日均行驶里程: 30~200km · 实际载货体积: 10~12m ³ | 从旧宫新桥等仓库向北京市各商超等目的地配送: · 日均运次: 1~2次/日 · 次均距离: 30~80km · 日均行驶里程: 30~160km · 实际载货体积: 10~12m ³ | 1~1.3 (纯电动货车)、1 (氢燃料货车) |
| 4.5t轻型普通货车 | 轻抛 (快递) | 长里程 · 日均行驶里程: 200~300km · 年行驶里程: 60000~90000km | 从顺义空港、大兴等物流基地的配送中心向北京市各分拨中心、末端网点配送: · 日均运次: 3次/日 · 次均距离: 70~100km · 日均行驶里程: 200~300km · 实际载货体积: 10~12m ³ | 从顺义空港、大兴等物流基地的配送中心向北京市各分拨中心、末端网点配送: · 日均运次: 2次/日 (纯电动货车)、3次/日 (氢燃料货车) · 日均行驶里程: 160~200km (纯电动货车)、200~300km (氢燃料货车) · 实际载货体积: 10~12m ³ | 1.3~2 (纯电动货车)、1 (氢燃料货车) |
| | 重货 (饮品) | 短、中等里程 · 日均行驶里程: 30~200km · 年行驶里程: 9000~60000km | 从亦庄、通州等附近的仓库向北京市各商超等目的地配送: · 日均运次: 1~2次/日 · 次均距离: 30~100km · 日均行驶里程: 30~200km · 实际载货量: 1.4~1.8t | 从亦庄、通州等附近的仓库向北京市各商超等目的地配送: · 日均运次: 1~2次/日 · 日均行驶里程: 30~160km (纯电动货车)、30~200km (氢燃料货车) · 实际载货量: 1.2~1.4t (纯电动货车)、1.1t (氢燃料货车) | 1.2~1.8 (纯电动货车)、1.5 (氢燃料货车) |
| 4.5t冷藏货车 | 冷链 (农林牧渔、医药) | 短、长里程 · 日均行驶里程: 30~200km · 年行驶里程: 9000~60000km | 从丰台大红门、通州马驹桥附近冷库向北京市各商超等目的地配送: · 日均运次: 1~2次/日 · 次均距离: 40~100km · 日均行驶里程: 40~200km · 实际载货量: 1.0~1.4t | 从丰台大红门、通州马驹桥附近冷库向北京市各商超等目的地配送: · 日均运次: 1次 (纯电动货车)、1~2次/日 (氢燃料货车) · 次均距离: 40~100km · 日均行驶里程: 40~100km (纯电动货车)、40~200km (氢燃料货车) · 实际载货量: 1.2~1.4t (纯电动货车)、0.8t (氢燃料货车) | 2 (纯电动货车)、1.2~1.5 (氢燃料货车) |

说明: 表中“运输场景”一列中的日均行驶里程为传统燃油货车的里程数据。其中, 微面、中面的年行驶里程基于车辆一年运营 200 天计算得到, 微型货车年行驶里程基于车辆一年运营 300 天计算得到。“-”表示本研究调研企业没有该新能源汽车车型。

来源: 本研究对运输企业的访谈。

表 13 | 新能源重型普通货车在不同运输场景下的替代率

| 运输场景 | | 传统燃油车运营案例 | 新能源车运营案例 | 新能源货车替代率 | |
|-------------------------------|-------------------|---|---|--|---------------------------|
| 16~18吨 载货 汽车 (不含冷藏车) | 轻抛 (快递) | 长里程 · 日均行驶里程: 200~500km · 年行驶里程: 60000~150000km | 从天津、河北、山东、河南等外埠物流中心到北京市内的顺义机场物流园区、大兴亚洲一号等大型分拣站 · 日均运次: 1次/日 · 日均行驶里程: 200~500km | 暂无 | -- |
| | 重货 (电子设备仪器及元件) | 长里程 · 日均行驶里程: 280~300km · 年行驶里程: 84000~90000km | 从河北廊坊等地的制造企业到北京市内海淀区上地、中关村等地的信息技术企业 · 日均运次: 2次/日 · 日均行驶里程: 280~300km | 暂无 | -- |
| 重型半挂 牵引车 (不含冷藏车) | 重货 (工业、机械设备) | 长里程 · 日均行驶里程: 300~330km · 年行驶里程: 90000~99000km | 从天津市武清区、天津港到亦庄、房山、朝阳、海淀等地的市内汽车零售企业 · 日均运次: 2次/日 · 日均行驶里程: 300~330km | 暂无 | -- |
| | 重货 (矿建材料) | 长里程 · 日均行驶里程: 720~1080km · 年行驶里程: 216000~324000km | 从张家口、承德、唐山等环京区域的矿山到北京市内搅拌站 · 日均运次: 2~3次/日 · 日均行驶里程: 720~1080km | 换电重型货车从北京郊区矿山到北京市内搅拌站或从铁路站点到北京市内矿山/搅拌站的短驳 · 日均运次: 3次/日 · 日均行驶里程: 720~1080km | 1 (换电重型货车) |
| 自卸车 | 重货 (矿建材料) | 中等里程 · 日均行驶里程: 120~200km · 年行驶里程: 36000~60000km | 从北京郊区砂石骨料生产企业或渣土处理企业到北京市内搅拌站/施工工地 · 日均运次: 3~4次/日 · 日均行驶里程: 120~200km | 纯电动自卸车、氢燃料自卸车从北京郊区砂石骨料生产企业或渣土处理企业到北京市内搅拌站/施工工地 · 日均运次: 2~3次/日 · 日均行驶里程: 80~140km、(纯电动自卸车)、120~200km (氢燃料自卸车) | 1.4~2 (纯电动自卸车)、1 (氢燃料自卸车) |

说明: 表中“运输场景”一列中的日均行驶里程为传统燃油货车的里程数据。其中, 微面、中面的年行驶里程基于车辆一年运营 200 天计算得到, 轻微型货车年行驶里程基于车辆一年运营 300 天计算得到。“--”表示本研究调研企业没有该新能源汽车车型。

来源: 本研究对运输企业的访谈。

4.2 不同场景新能源货车总拥有成本分析

本节将对目前政策与技术水平下，各场景下新能源货车与传统燃油货车TCO的差异进行分析和比较，以识别出适合近期推广新能源货车的场景。

考虑到蒙特卡洛随机模拟得到的TCO结果区间跨度较大，直接对比新能源货车TCO与传统燃油货车TCO存在难度，本文将不同年行驶里程段下（以1万千米为间隔）TCO的中位数进行比较。由于各类货车TCO结果近似于三角形分布——即TCO中位数出现的概率大，采用TCO中位数进行对比分析的误差有限。

分场景的TCO结果如表 14和表 15所示。

表 14 | 北京市现状纯电动货车与传统燃油货车TCO对比

| 运输场景 | 年行驶里程(万km) | 替代率 | 不同里程段纯电动货车与传统燃油货车TCO中位数之差 | 实现TCO平价的年行驶里程(万km) | 说明 |
|-----------------|------------|-----|---|--------------------|--------------------|
| 微面 | | | | | |
| 轻抛货、重货 | 2-4 | 1 | 纯电动货车比传统燃油货车低0.8~5.9万元 | 大于1~2 | 纯电动货车已具备经济性 |
| 中面 | | | | | |
| 轻抛货、重货 | 2-4 | 1 | 纯电动货车比传统燃油货车低4.2~高1.2万元 | 大于2~2.5 | 纯电动货车已具备经济性 |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 0.9~3 | 1 | 纯电动货车比传统燃油货车低0.2~高4.1万元，差异部分为传统燃油货车TCO的-1%~15% | 大于2~3 | 纯电动货车即将达到TCO平价的临界点 |
| 轻抛货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1 | 纯电动货车比传统燃油货车低0.9~4.7万元 | 大于2~3 | 纯电动货车已具备经济性 |
| 轻抛货、长里程 | 72~9 | 1.5 | 纯电动货车比传统燃油货车低2.6~高2.9万元，差异部分为传统燃油货车TCO的-4%~5% | 大于6~7.5 | 纯电动货车即将达到TCO平价的临界点 |
| 轻抛货、长里程 | 72~9 | 2 | 纯电动货车比传统燃油货车高10.1~15万元，差异部分为传统燃油货车TCO的17%~25% | 大于10也无法实现平价 | 纯电动货车有显著成本差距 |
| 重货、短里程 | 0.9~3 | 1.2 | 纯电动货车比传统燃油货车高5.0~9.7万元，差异部分为传统燃油货车TCO的18%~36% | 大于4~6 | 纯电动货车与TCO平价点仍有差距 |
| 重货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1.2 | 纯电动货车比传统燃油货车高0.8~5.6万元，差异部分为传统燃油货车TCO的2%~15% | 大于4~6 | 纯电动货车即将达到TCO平价的临界点 |
| 重货、长里程 | 72~9 | 1.8 | 纯电动货车比传统燃油货车高7.0~11.4万元，差异部分为传统燃油货车TCO的12%~19% | 大于10万千米也无法实现平价 | 纯电动货车与TCO平价点仍有差距 |
| 冷链 | 4.5~6 | 2 | 纯电动货车比传统燃油货车高25.1~29.0元，差异部分为传统燃油货车TCO的43%~54% | 大于10万千米也无法实现平价 | 纯电动货车有显著成本差距 |
| 31吨自卸车 | 3.5~4.5 | 1* | 纯电动货车比传统燃油货车高21.4~33.7万元，差异部分为传统燃油货车TCO的17%~26% | 大于6~8万千米 | 纯电动货车有显著成本差距 |
| 49吨(6×4)半挂牵引车 | 6 | 1* | 纯电动货车比传统燃油货车高10.5万元，差异部分为传统燃油货车TCO的6% | 大于7~8万千米 | 纯电动货车与TCO平价点仍有差距 |
| 42吨(4×2)半挂牵引车 | 6 | 1* | 纯电动货车比传统燃油货车高18.9万元，差异部分为传统燃油货车TCO的12% | 大于7~10万千米 | 纯电动货车有显著成本差距 |
| 18吨载货汽车 | 6 | 1* | 纯电动货车比传统燃油货车高14.2万元，差异部分为传统燃油货车TCO的12% | 大于6~9万千米 | 纯电动货车有显著成本差距 |

说明：* 由于新能源重型货车相较柴油重型货车替代率未知，此处设置为1。对传统燃油货车与纯电动货车，TCO为不同年行驶里程段下TCO的中位数。实现TCO平价的年行驶里程参考的也是TCO中位数。虽然纯电动4.5吨轻型货车的替代率在部分中里程场景下可能大于1，但在表中的里程范围（35000~45000km）内无运力折损。计算TCO的具体假设见第2.2节。

来源：作者计算。

表 15 | 北京市现状氢燃料货车与传统燃油货车TCO对比

| 运输场景 | 年行驶里程 (万km) | 替代率 | 不同里程段氢燃料货车与传统燃油货车TCO中位数之差 (市级+区级补贴) | 氢燃料货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差 (市级补贴) | 说明 |
|-----------------|-------------|-----|--|---|--|
| 微面 | | | | | |
| 轻抛货、重货 | 2~4 | | | N.A. | |
| 中面 | | | | | |
| 轻抛货、重货 | 2~4 | | | N.A. | |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 0.9~3 | 1 | 氢燃料货车比传统燃油货车低2.5~6.9万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车高13.3~18.6万元，差异部分为传统燃油货车TCO的48%~68% | 只有在获得城市群示范全额补贴（含大兴区/北京经济技术开发区补贴）的条件下，才能达到TCO平价 |
| 轻抛货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1 | 氢燃料货车比传统燃油货车低6.0~8.9万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车高11.3~14.6万元，差异部分为传统燃油货车TCO的29%~38% | |
| 轻抛货、长里程 | 7.2~9 | 1 | 氢燃料货车比传统燃油货车低10.9~12.9万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车高7.7~8.8万元，差异部分为传统燃油货车TCO的13%~15% | |
| 重货、短里程 | 0.9~3 | 1.5 | 氢燃料货车比传统燃油货车高7.3~11.6万元，差异部分为传统燃油货车TCO的27%~43% | 氢燃料货车比传统燃油货车高31.9~37.0万元，差异部分为传统燃油货车TCO的118%~136% | 即便获得城市群示范全额补贴（含大兴区/北京经济技术开发区补贴），仍与TCO平价存在2万~12万元不等的成本差 |
| 重货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1.5 | 氢燃料货车比传统燃油货车高4.5~9.0万元，差异部分为传统燃油货车TCO的12%~23% | 氢燃料货车比传统燃油货车高29.2~33.4万元，差异部分为传统燃油货车TCO的76%~87% | |
| 重货、长里程 | 7.2~9 | 1.5 | 氢燃料货车比传统燃油货车高1.5~2.6万元，差异部分为传统燃油货车TCO的2%~4% | 氢燃料货车比传统燃油货车高24.9~27.3万元，差异部分为传统燃油货车TCO的41%~45% | |
| 冷链 | 4.5~6 | 1 | 氢燃料货车比传统燃油货车低9.7~15.3万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车高5.3~10.7万元，差异部分为传统燃油货车TCO的9%~19% | 只有在获得城市群示范全额补贴（含大兴区/北京经济技术开发区补贴）的条件下，才能达到TCO平价 |
| 冷链 | 4.5~6 | 1.2 | 氢燃料货车比传统燃油货车低2.9~8.3万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车高12.6~18.6万元，差异部分为传统燃油货车TCO的22%~32% | |
| 31吨自卸车 | 3.5~4.5 | 1* | 氢燃料货车比传统燃油货车低39.7~50.5万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车低0.2~11.5万元 | 即便获得城市群示范部分补贴（不含大兴区/北京经济技术开发区补贴），也能达到TCO平价 |
| 49吨（6×4）半挂牵引车 | 6 | 1* | 氢燃料货车比传统燃油货车低19.2万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车高23.7万元，差异部分为传统燃油货车TCO的13% | 只有在获得城市群示范全额补贴（含大兴区/北京经济技术开发区补贴）的条件下，才能达到TCO平价 |
| 42吨（4×2）半挂牵引车 | 6 | 1* | 氢燃料货车比传统燃油货车低54.9万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车低11.4万元 | 即便获得城市群示范部分补贴（不含大兴区/北京经济技术开发区补贴），也能达到TCO平价 |
| 18吨载货汽车 | 6 | 1* | 氢燃料货车比传统燃油货车低54.9万元 | 氢燃料货车比传统燃油货车低19.8万元 | |

说明：* 由于新能源重型货车相较柴油重型货车替代率未知，此处设置为1。对氢燃料货车而言，TCO为获得市级或市级与区级政府对氢燃料货车的全额补贴后，不同里程段的TCO中位数。“NA”表示技术不适用该场景。计算TCO的具体假设见第2.2节。

来源：作者计算。

微面、中面的运输场景

在20000~40000千米年行驶里程范围内，纯电动微面、中面已与传统燃油微面、中面实现TCO平价（见图 11）。

轻型普通货车的运输场景

(1) 轻型普通货车的轻抛货运输场景

对于纯电动4.5吨轻型普通货车而言，即便考虑冬季续航里程衰减，在35000~45000千米年行驶里程范围内（见图 12 “中等里程”），纯电动货车已达到TCO平价点。然而，在较短的年行驶里程（9000~30000千米）或较长的年行驶里程（72000~90000千米）范围内，纯电动货车离TCO平价仍有一定距离，最多比传统燃油货车TCO高25%。其中：

- 在较短年行驶里程范围内，纯电动货车运营成本优势不突出，其TCO最多比传统燃油货车高4万元/车。
- 在长年行驶里程（72000~90000千米）范围内，纯电动货车存在续航里程不足与冬季续航衰减的问题，需要1.5~2辆纯电动货车才能完成1辆传统燃油货车

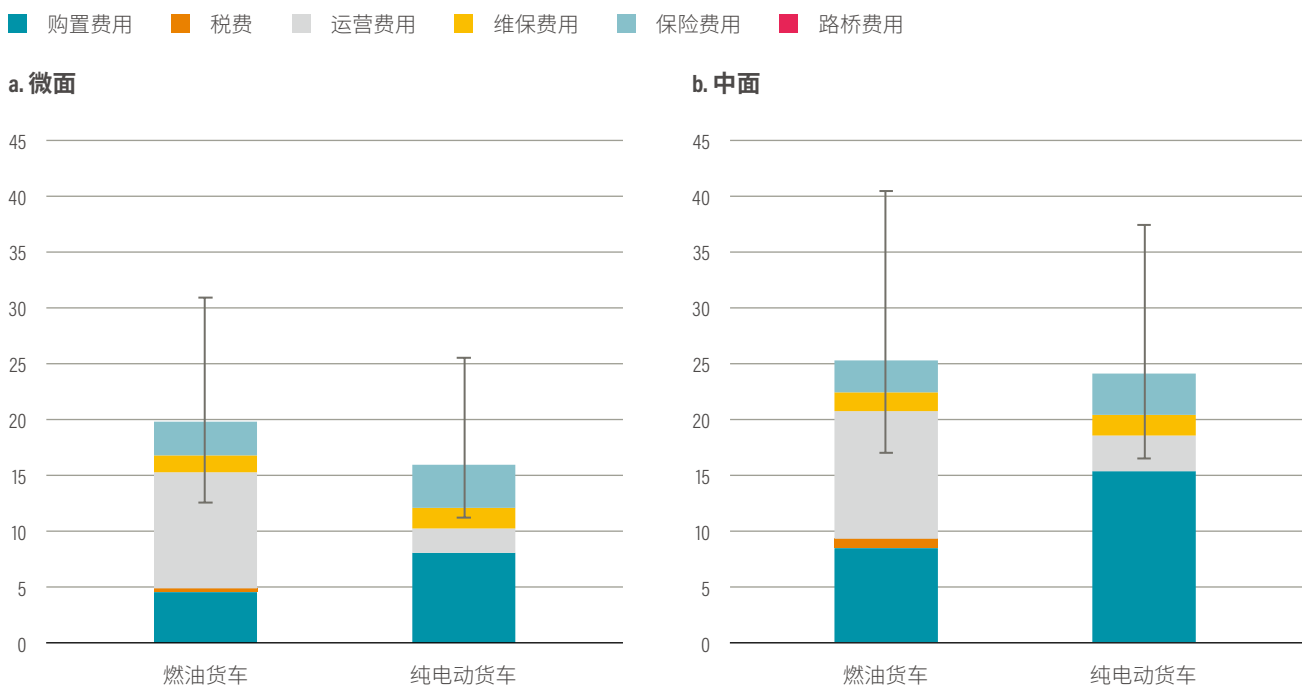
的配送里程，所以，其与传统燃油货车的TCO缺口较大——最高可达15万元/车。

降低纯电动货车在这一场景下对新能源货车的替代率，要做到以下几点：第一，需要主机企业和电池企业降低纯电动车辆的能耗，提升其（低温环境）续航里程；第二，也需要城市规划等部门完善城市多级货运枢纽布局，缩小城市配送半径；第三，运输企业有必要重视纯电动货车与传统燃油货车在运营组织方面的不同，并进行优化，提升纯电动货车的运营效率。

对于氢燃料4.5吨轻型普通货车而言，与纯电动货车不同，如果能够被纳入并完成2021—2022年度示范应用项目，获得北京市市级以及大兴区（或北京经济技术开发区）区级的全额补贴，氢燃料货车有望在所有年行驶里程范围实现与传统燃油货车的TCO平价。特别是在轻抛货长里场景下，氢燃料货车比纯电动货车技术与成本优势更明显，是目前技术水平下零排放车辆技术²⁰有竞争力的选项。

值得注意的是，如果只获得北京市市级补贴——即车辆不在北京市氢燃料示范区内，氢燃料货车将无法实现TCO平价，且仍将较传统燃油货车TCO有10余万元的缺口。

图 11 | 微面、中面的TCO(单位:万元/车)



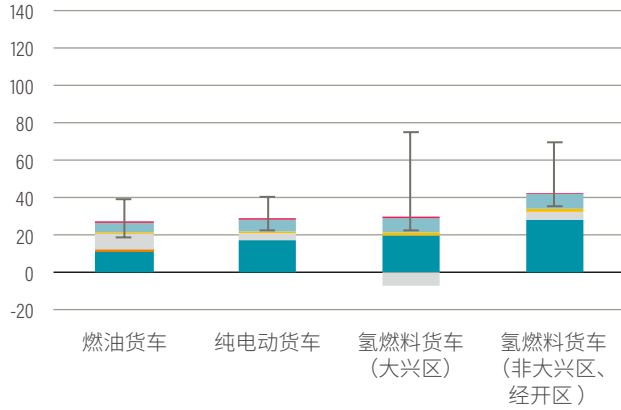
说明：误差线上限、下限分别代表蒙特卡洛随机分析得到的TCO的最大值与最小值。对传统燃油微面、中面与纯电动微面、中面而言，柱状图的值（单一数据）代表蒙特卡洛随机分析得到的TCO的中位数。

来源：作者计算。

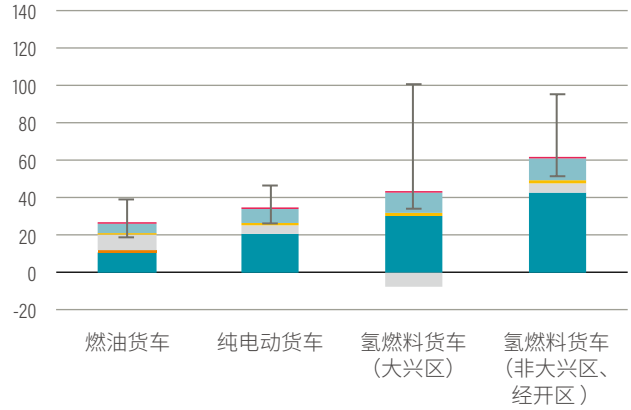
图 12 | 4.5吨轻型普通货车在各运输场景下的TCO(单位:万元/车)

■ 购置费用 ■ 税费 ■ 运营费用 ■ 维保费用 ■ 保险费用 ■ 路桥费用

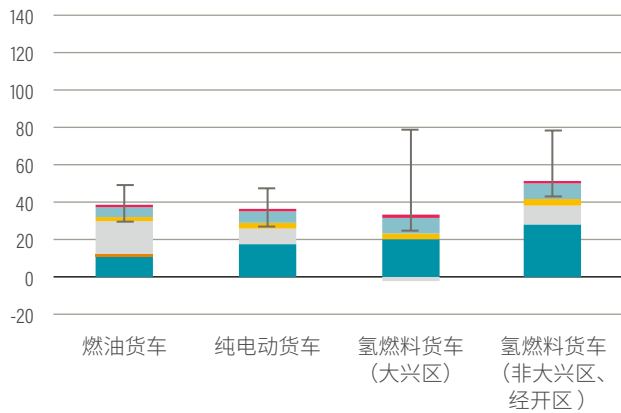
a. 轻抛货、短年行驶里程



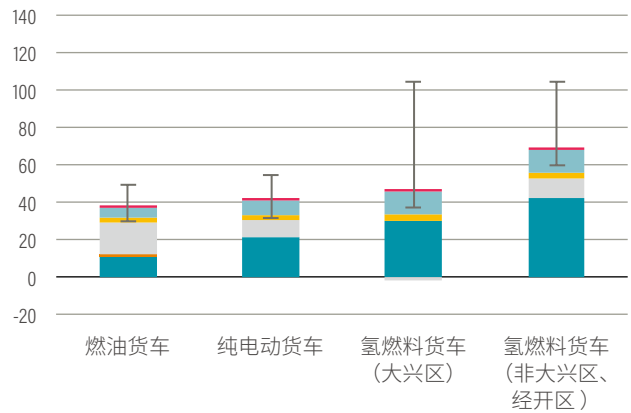
b. 重货、短年行驶里程



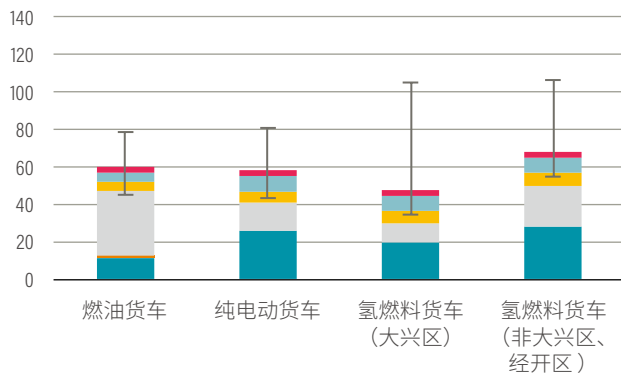
c. 轻抛货、中等年行驶里程



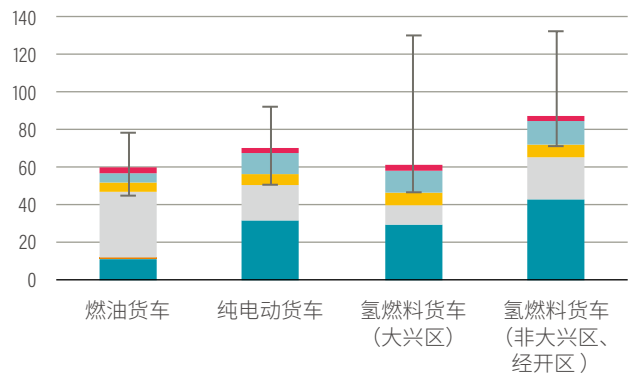
d. 重货、中等年行驶里程



e. 轻抛货、长年行驶里程



f. 重货、长年行驶里程



说明: 1. 误差线上限、下限分别代表TCO的最大值与最小值。对传统燃油货车与纯电动货车而言,柱状图的值(单一数据)代表的是TCO的中位数。对氢燃料货车而言,柱状图的值代表获得市级或市级与区级政府对氢燃料货车的全额补贴后的TCO中位数。

2. 短里程指年行驶里程为9000~30000km,中等里程指年行驶里程为36000~45000km,长里程指年行驶里程为72000~90000km。

3. 氢燃料货车(大兴区、经开区)指该TCO为获得市区两级全额补贴后的TCO。值得注意的是,由于运营补贴金额较高,部分运输场景下氢燃料货车的运营成本已为负数。

4. 对轻抛货长里程情景,纯电动货车与传统燃油货车的替代率为1.5:1。

来源:作者计算。

(2) 轻型普通货车的重货运输场景

对于纯电动4.5吨轻型普通货车而言，由于在重货运输场景下，纯电动车辆既存在续航里程的限制，也存在载质量损失，所以，在车辆不超载的情况下，纯电动货车与传统燃油货车之间的替代率比轻抛货场景更高，与传统燃油货车的TCO缺口也更大（见图12）：

- 在较短的年行驶里程（9000~30000千米）范围内，纯电动轻型货车与燃油货车的替代率不高，约为1.2:1。在这一替代率下，纯电动轻型货车比传统燃油货车的TCO高5~10万元/车。
- 在中等年行驶里程（35000~45000千米）范围内，纯电动轻型货车低运营成本的优势逐渐显现，抵消掉替代率高的影响，纯电动货车与传统燃油货车的TCO之差缩小至1~6万元/车。
- 随着年行驶里程的增加，在较长的年行驶里程（72000~90000千米）范围内，纯电动货车续航里程的限制导致其替代率进一步上升，与燃油货车替代率达到1.8:1。所以，纯电动轻型货车与传统燃油货车TCO差距扩大达7~11万元/车。

对于氢燃料4.5吨轻型普通货车而言，虽然氢燃料货车不存在（冬季）续航里程衰减问题，但有较突出的载质

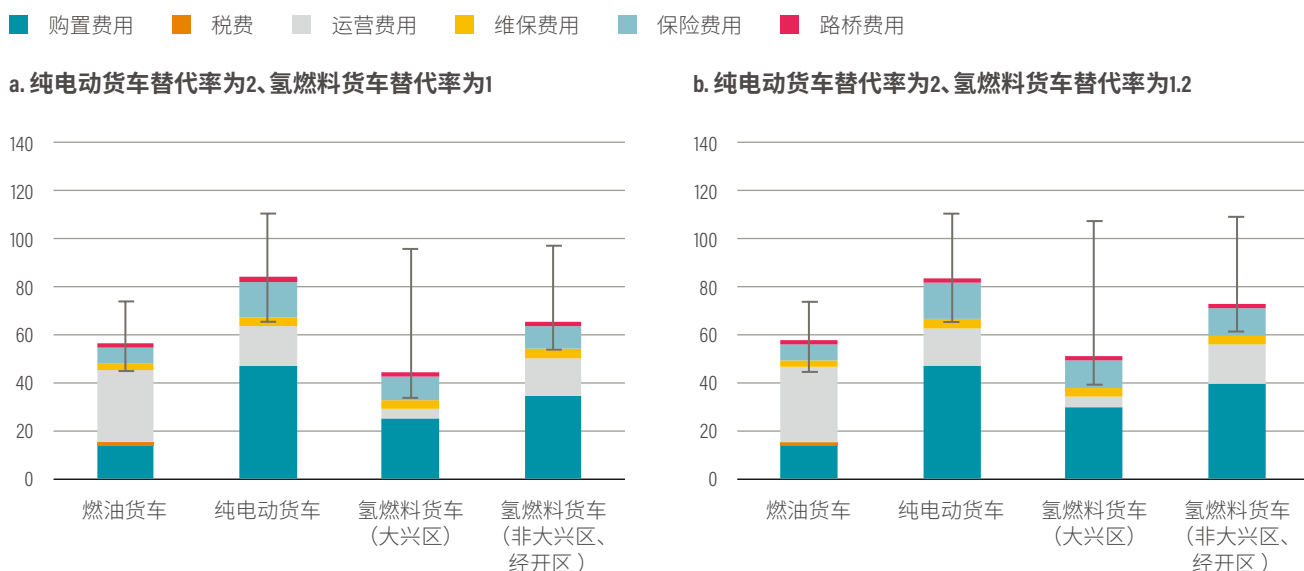
量损失问题。由于目前氢燃料货车仍在示范的早期，运输企业使用氢燃料货车的替代率尚不明确，所以，本文基于车辆运营情况推算：在所有里程范围下，氢燃料货车与燃油货车的替代比例为1.5:1。在该替代率下，即使氢燃料货车获得北京市市级、区级两级氢燃料货车的全额补贴，也无法实现TCO平价，氢燃料货车与传统燃油货车存在2~12万元/车不等的TCO缺口，比轻抛货场景的TCO缺口更大（见图12）。

降低纯电动货车和氢燃料货车在重货运输场景下的替代率有以下几种方式：近期，需要研究是否可以允许新能源货车超载10%（而不面临罚款），或在有关标准中放宽新能源货车最大允许总质量限值；中长期，需要主机企业与零部件供应商一道提升车辆技术，如提升动力电池能量密度、降低新能源货车能耗、促进氢燃料整车轻量化。

轻型冷藏货车的运输场景

对于纯电动轻型冷藏货车而言，受制冷能耗高的影响，其续航里程限制较大。基于企业调研，本文将纯电动轻型冷藏货车对燃油货车的替代率设定在2:1。在这一替代率下，纯电动轻型冷藏货车在45000~60000千米年行驶里程下的TCO远高于传统燃油冷藏货车，其TCO差距达25~29万元/车，在轻型货车所有运输场景中，其TCO缺口最大（见图13）。

图 13 | 4.5吨轻型冷藏货车总拥有成本对比(单位:万元/车)



说明：1. 误差线上限、下限分别代表TCO的最大值与最小值。对传统燃油货车与纯电动货车而言，柱状图的值（单一数据）代表的是TCO的中位数。对氢燃料货车而言，柱状图的值代表获得市级或市级与区级政府对氢燃料货车的全额补贴后的TCO中位数。

2. 假设轻型冷藏货车的年行驶里程为45000~60000千米。

来源：作者计算。

对于氢燃料轻型冷藏货车而言，氢燃料冷藏货车的续航里程高（通常可大于260千米）且气候适应性优于纯电动货车，但氢燃料冷藏货车的载质量损失问题尤为突出。目前，北京市运输企业对氢燃料货车载质量损失的容忍度较高，所以，本文考虑两种情况——氢燃料轻型冷藏货车替代率为1（即无载质量损失）及大于1（即有载质量损失）的情况。在两种替代率下，如果运输企业能够获得北京市级与区级氢燃料示范群的全额补贴，氢燃料轻型冷藏货车在45000~60000千米年行驶里程下，已经与燃油冷藏货车实现TCO平价。但值得注意的是，如果氢燃料轻型冷藏货车仅获得北京市市级氢燃料示范群补贴，不足实现与传统燃油冷

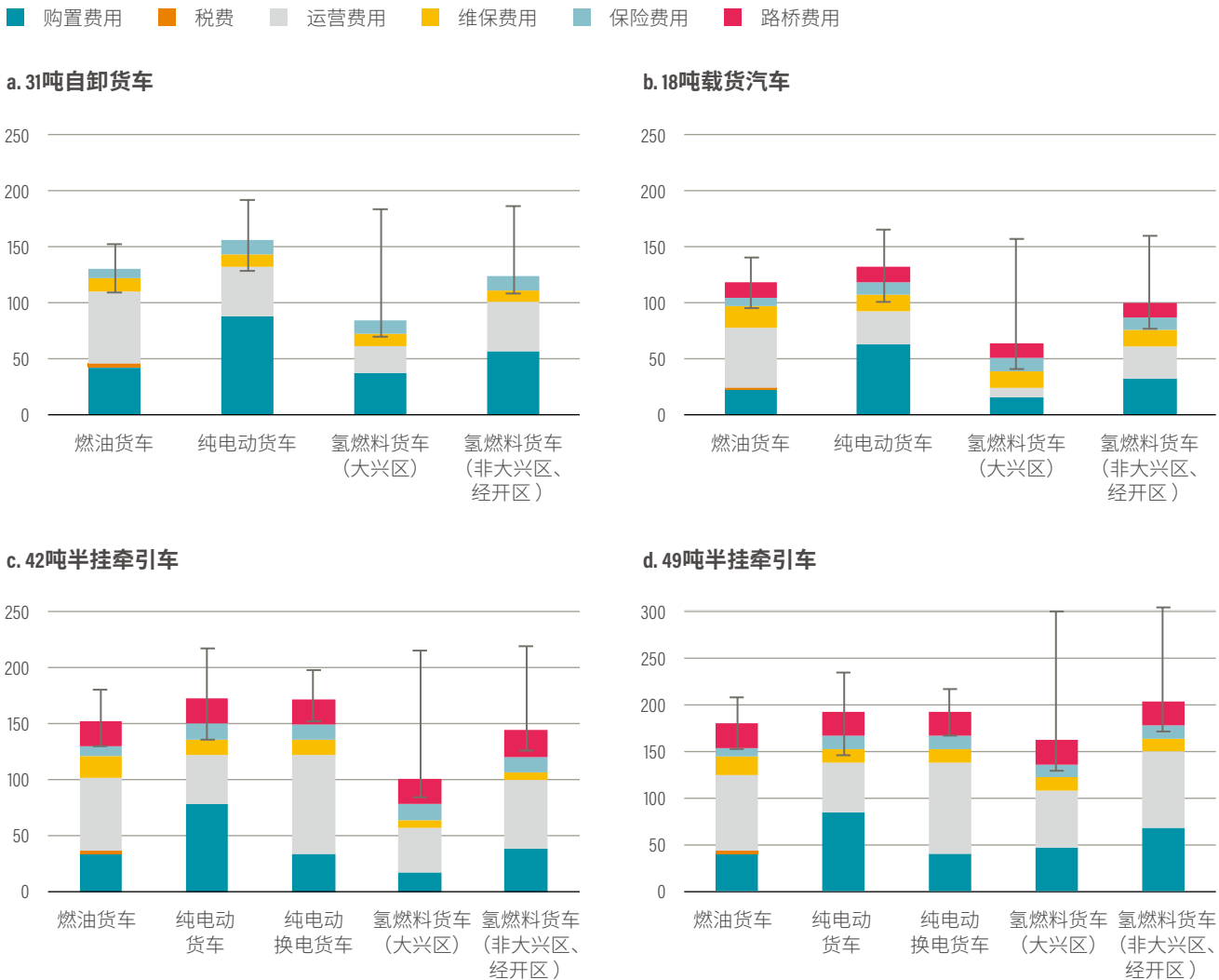
藏货车的TCO平价，仍有5~19元/车的成本缺口（见图13）。

综合纯电动轻型冷藏货车与氢燃料轻型冷藏货车技术与成本的对比，氢燃料轻型冷藏货车有望成为目前技术和政策下轻型冷藏货车零排放技术有竞争力的选项。

重型普通货车的运输场景

对于纯电动重型货车而言，如果能与柴油重型货车实现1:1替代的理想状态，个别类型的纯电动重型货车将实现与传统燃油货车的TCO平价（见图14）。其中：

图 14 | 不同类型重型货车总拥有成本对比(单位:万元/车)



说明：1. 误差线上限、下限分别代表TCO的最大值与最小值。对传统燃油货车与纯电动货车而言，柱状图的值（单一数据）代表的是TCO的中位数。对氢燃料货车而言，柱状图的值代表获得市级或市级与区政府对氢燃料货车的全额补贴后的TCO中位数。
2. 假设自卸货车年行驶里程为35,000~45,000千米，载货汽车和半挂牵引车年行驶里程为60,000千米。
3. 半挂牵引车的TCO含3轴挂车成本。

来源：作者计算。

- 对于用于矿建材料运输的纯电动49吨(6×4)半挂牵引车(包括换电半挂牵引车)而言,年行驶里程为6万千米时,其与柴油半挂牵引车接近TCO平价,约有6%(10万元/车)左右差距;如果年行驶里程更长——超过70000千米,其TCO将与柴油半挂牵引车持平(甚至更低)。
- 对于纯电动42吨(4×2)半挂牵引车(包括换电半挂牵引车)而言,年行驶里程为6万千米时,其与柴油半挂牵引车的TCO约有19万元/车的缺口。导致这一TCO缺口的主要原因是传统燃油车购置成本更低:柴油42吨半挂牵引车的购置成本比柴油49吨半挂牵引车低10万元/车左右,但纯电动42吨半挂牵引车的购置成本与纯电动49吨半挂牵引车几乎持平,所以,柴油42吨半挂牵引货车的总拥有成本优势更明显。
- 对于用于渣土、建筑垃圾运输的31吨自卸货车而言,纯电动车辆在北京市面临爬坡工况,百公里电耗高,所以,年行驶里程35000~45000千米时,其仍与传统燃油自卸货车有21~34万元/车的TCO缺口。只有年行驶里程足够长(60000~80000千米),纯电动自卸货车才有可能与燃油自卸货车实现TCO平价。
- 对总质量18吨的纯电动载货汽车,年行驶里程为6万千米时,仍与传统燃油车有10余万元/车的TCO缺口。其原因与纯电动42吨(4×2)半挂牵引车相同。

对于氢燃料重型货车而言,如果能与柴油重型货车实现1:1替代的理想状态,其TCO能够与传统燃油重型货车实现平价,甚至在一些情况下会低于传统燃油重型货车(见图14)。与轻型货车不同,由于北京市对氢燃料重型货车补贴力度更大,所以,对多数重型货车车型,如31吨自卸货车、42吨半挂牵引车与18吨载货汽车,即便只获得北京市市级氢燃料示范群补贴,也能与传统燃油重型货车实现TCO平价。如果进一步获得区级氢燃料补贴,这些氢燃料重型货车的TCO比传统燃油重型货车更低。唯一的例外是氢燃料49吨半挂牵引车,由于其购置成本较高,所以,在仅获得市级补贴的条件下,氢燃料49吨半挂牵引车与传统燃油重型货车相比,仍存在TCO缺口,只有获得市、区两级全额补贴,才能达到TCO平价。

综上所述,对于49吨半挂牵引车而言,纯电动货车(如果年行驶里程足够长)与氢燃料货车均为可行的零排放车辆技术选项。然而,对于其他类型重型货车而言,氢燃料货车技术与成本优势更突出。例如,在北京市的运行工况(爬坡多)下,氢燃料自卸货车在不考虑载质量损失的情况下,技术与成本优势突出,如果能解决的续航问题(如合理布局加氢站),氢燃料自卸货车将有望成为目前自卸货车零排放车辆技术有竞争力的选项。

4.3 总结与讨论

综上所述,在不同场景下,各类新能源货车的技术成熟度不同,与燃油货车的总拥有成本差也不同(见表16),当下推广的潜力与适宜的零排放车辆技术各异:

- 纯电动微面、中面:其TCO已低于传统燃油微面、中面,但技术上仍面临续航里程不足的问题。所以,主机企业有必要研发契合用户使用需求的纯电动微面、中面车型。
- 纯电动4.5吨轻型普通货车:在轻抛货运输场景下,由于存在冬季续航里程衰减,其技术只能满足(冬季)日行驶里程160千米的中短里程配送需求。在成本方面,纯电动普通货车在轻抛货中短里程上已与燃油汽车实现TCO平价,但在长里程下仍存在TCO缺口。在重货运输场景下,虽然纯电动普通货车基本满足日配送里程要求,但由于存在载质量损失,其TCO远高于燃油普通货车。
- 氢燃料4.5吨轻型普通货车:与纯电动轻型普通货车不同,氢燃料轻型货车在长距离配送场景下能够具备技术优势,特别是如果运输企业能够获得京津冀燃料电池汽车示范城市群市级与区级两级补贴,其成本优势将更加明显,较纯电动货车更具技术与成本优势。然而,氢燃料轻型货车在重货的城市配送场景下,仍存在突出的载质量损失问题,需出台相关政策(如提高新能源货车的最大允许总质量)与研发相关技术(如轻量化技术)。
- 新能源4.5吨轻型冷藏货车:纯电动4.5吨轻型冷藏货车受百公里电耗高影响,与传统燃油货车的替代率高,在技术上无法充分满足该场景的配送需求,其TCO也远高于传统燃油货车。相反,氢燃料4.5吨轻型冷藏货车在技术上能满足冷链配送场景的需求。如果运输企业能够获得京津冀燃料电池汽车示范城市群市级与区级两级补贴,氢燃料轻型货车更是具备总拥有成本优势,是目前冷链场景下零排放车辆技术具有竞争力的选项²¹。
- 纯电动重型货车:如果纯电动49吨半挂牵引车年行驶里程足够长,其TCO将与柴油货车持平,甚至更低。这也是纯电动换电半挂牵引车在高频短倒场景得到规模化推广的原因(汽车总站网,2022)。在其他场景下,纯电动重型货车仍面临技术与成本挑战。
- 氢燃料重型货车:如果能够与传统燃油货车实现1:1替代,在获得京津冀燃料电池汽车示范城市群的市、区两级全额补贴后,多数氢燃料重型货车的TCO甚至可低于传统燃油货车。例如,在不考虑载质量损失的情况下,氢燃料自卸货车技术与成本优势突出,是

表 16 | 不同场景下新能源货车的技术成熟度与TCO对比

| 序号 | 运输场景 | 年行驶里程 (万千米) | 纯电动货车 | | | | 氢燃料货车 | | | | | |
|----------|---------------|----------------|-------|------|----------|----------|-------|-------|------|----------|----------|-----|
| | | | 替代率 | 续航里程 | 补能 时长 | 载货 能力 | TCO | 替代率 | 续航里程 | 补能 时长 | 载货 能力 | TCO |
| 微面 | | | | | | | | | | | | |
| 1 | 轻抛货、重货 | 2~4 | 1 | 黄色 | 黄色 | 绿色 | 绿色 | N.A. | | | | |
| | 中面 | | | | | | | | | | | |
| | 轻抛货、重货 | 2~4 | 1 | 黄色 | 黄色 | 绿色 | 绿色 | N.A. | | | | |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | | | | | | | | |
| 2 | 轻抛货、短里程 | 0.9~3 | 1 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 1 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 绿色 |
| 3 | 轻抛货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 绿色 | 绿色 | 1 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 绿色 |
| 4 | 轻抛货、长里程 | 72~9 | 1.5 | 黄色 | 黄色 | 绿色 | 浅绿色 | 1 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 绿色 |
| | 轻抛货、长里程 | 72~9 | 2 | 红色 | 红色 | 绿色 | 红色 | 1 | 绿色 | 绿色 | 绿色 | 浅绿色 |
| 5 | 重货、短里程 | 0.9~3 | 1.2 | 绿色 | 绿色 | 黄色 | 黄色 | 1.5 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 黄色 |
| 6 | 重货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1.2 | 浅绿色 | 浅绿色 | 黄色 | 浅绿色 | 1.5 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 黄色 |
| 7 | 重货、长里程 | 72~9 | 1.8 | 黄色 | 黄色 | 黄色 | 黄色 | 1.5 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 黄色 |
| 8 | 冷链 | 4.5~6 | 2 | 红色 | 红色 | 黄色 | 红色 | 1~1.2 | 绿色 | 绿色 | 红色 | 浅绿色 |
| 重型货车 | | | | | | | | | | | | |
| 9 | 31吨自卸车 | 3.5~4.5 | 1 | 红色 | 红色 | 黄色 | 红色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 黄色 | 绿色 |
| 10 | 49吨(6×4)半挂牵引车 | 6 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 黄色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 |
| 11 | 42吨(4×2)半挂牵引车 | 6 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 红色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | 浅绿色 | 绿色 |
| 12 | 18吨载货汽车 | 6 | 1 | 红色 | 红色 | × | 红色 | 1 | 浅绿色 | 浅绿色 | × | 绿色 |

说明：各颜色代表纯电动货车、氢燃料货车与同类燃油货车相比，在各运输场景下面临的技术或成本挑战。红色代表技术或成本存在突出挑战，黄色代表技术或成本存在一定挑战，浅绿色代表技术或成本挑战较小，深绿色代表技术或成本基本不存在挑战。

“N.A.”表示此技术不适用该场景，“×”表示该场景没有本地车型支撑定量分析。

来源：作者根据表14、表15总结。

目前自卸货车零排放车辆技术的首选。对于载货汽车、42吨半挂牵引车的使用场景而言，如果能解决氢燃料货车的加氢问题（通过合理布局加氢站），在北京市氢燃料示范群补贴水平下，氢燃料货车能有望成为目前零排放车辆技术具有竞争力的选项²²。

但值得注意的是，氢燃料重型货车也存在突出的载质量损失问题。未来推广氢燃料货车，必须化解其载质量损失的问题，包括提高氢燃料货车的最大允许总质量，提升车辆能效，推动整车、储氢瓶、燃料电池系统等轻量化研发。

值得注意的是，新能源货车在现实中遇到的技术与成本挑战更复杂：

一是货车经常需要“跨场景”运输，在技术和成本方面需要满足各类运输场景的配送需求。本研究对北京市运输企业的问卷调查显示，49%的运输企业货源不固定，所以，货车不仅线路运输不固定（配送场景既有短里程，也有长里程），而且经常需要跨类别运输（配送场景既有轻抛货，也有重货）。这使得货车通常要满足各种场景的配送要求，新能源货车技术与TCO缺口受“短板”场景（如长里程

或重货运输场景) 制约。因此, 新能源货车推广相关政策制定与新能源货车技术研发应关注“短板”场景。

二是虽然氢燃料货车在很多场景下已与传统燃油货车达到TCO平价点, 但这一结论有局限性: 氢燃料货车的TCO在所有货车车型中的不确定性最高。由于本文在TCO计算中固定了氢燃料货车售价、百公里耗氢量等参数, 所以, 影响氢燃料货车TCO不确定性的参数为政府补贴金额。上述分析结论的前提是运输企业能够获得市、区两级全额补贴, 事实上, 企业不一定能够获得全额补贴:

- 第一, 氢燃料货车仍处于推广早期, 被纳入2021—2022年与2022—2023年示范应用项目的城市场景²³氢燃料货车数量仅有1090辆。未被纳入示范项目的氢燃料货车将无法享受市、区两级补贴。
- 第二, 京津冀燃料电池汽车示范城市群中, 北京市有7个区参与(仍有11区不在示范城市群中)。若运输企业不在先行示范区内, 无法享受补贴。
- 第三, 京津冀燃料电池汽车示范城市群补贴也存在准入门槛(如示范期内累计运输里程达到3万千米), 加之国家补贴可能会逐年退坡, 运输企业未必能够获得2021—2022年同等水平的补贴。

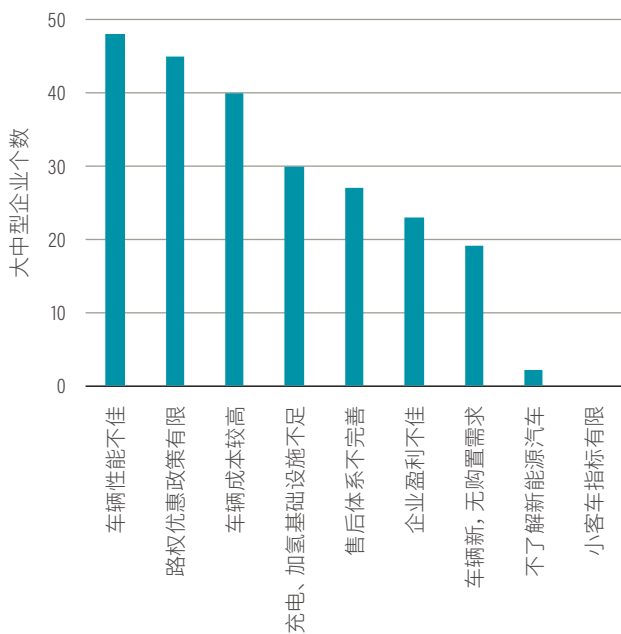
■ 第四, 氢燃料货车的成本竞争力还取决于北京市是否有低成本的稳定氢源。当前, 在京津冀燃料电池汽车示范城市群最高12元/千克的国家补贴(财政部等, 2020)、市级最高10元/千克的运营补贴下(北京市经济和信息化局, 2022a), 北京市目前枪口加氢价格可降至30元/千克。但值得注意的是, 从《北京市氢燃料电池汽车车用加氢站发展规划(2021—2025年)》(北京市城市管理委员会, 2022)对氢气产能与车辆用氢需求的预测来看, 北京市近期将出现氢气供应短缺的情况, 因此, 需从上游制氢环节上做好统筹保障工作。

综上所述, 以49吨氢燃料半挂牵引车为例, 受企业是否能获得市、区两级全额补贴以及氢气价格的影响, 氢燃料半挂牵引车与柴油半挂牵引车的TCO差价可能在-20~24万元/车范围内大幅波动。所以, 为了促进氢燃料货车的发展, 北京市政府应该在近期为购车企业提供稳定的经济激励, 并考虑适当扩大示范区域及能够获得补贴的氢燃料货车数量。

三是不同运输企业对新能源货车的技术与成本挑战的敏感程度不一。本研究对运输企业问卷调查结果显示, 虽然新能源货车技术不理想、成本高是运输企业通常面临的挑战, 但小微企业与个体户对此更敏感(见图15)。

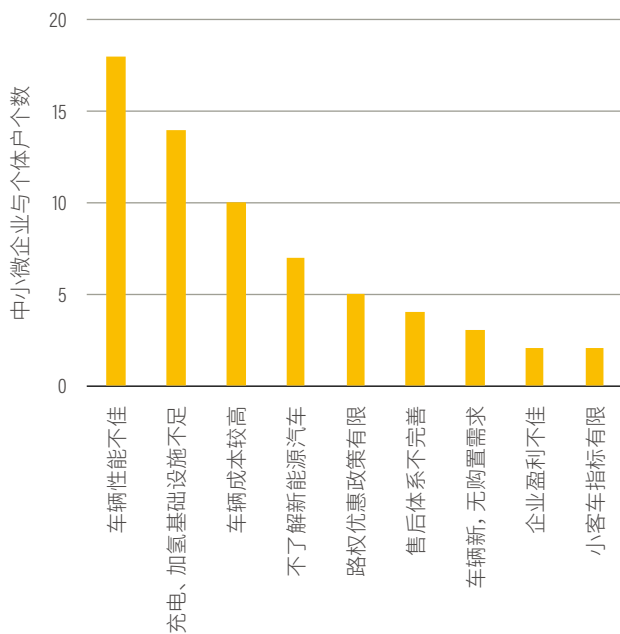
图 15 | 影响运输企业购置新能源货车的主要因素

a. 大中型企业



说明: 问卷调查的问题设置中, 企业可选择多个选项。
来源: 本研究针对北京市运输企业的问卷调查。

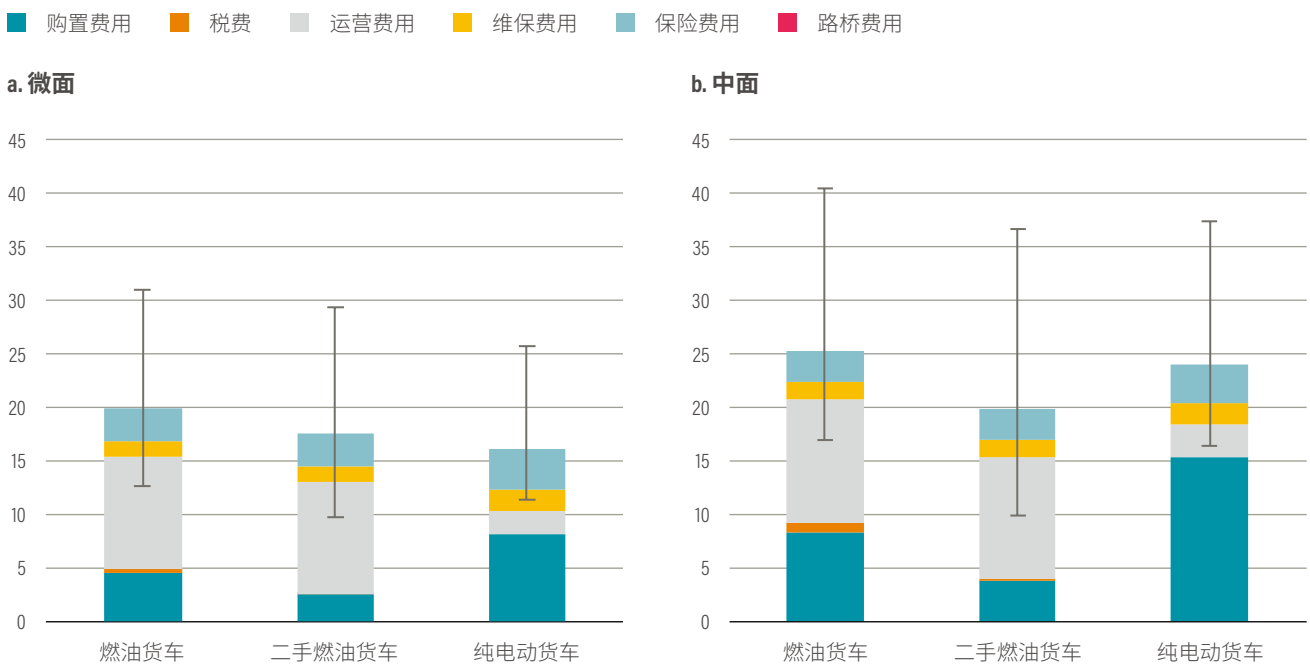
b. 小微企业与个体户



在新能源货车技术方面，本研究调查的小微企业与个体户中，有50%表示不了解新能源轻货车相关技术，这一比例远高于大中型运输企业（4%）。实际上，大中型运输企业能够通过购买或自行搭建智慧物流信息系统，主动优化新能源货车的运营组织，提升车辆使用效率，降低与燃油货车的替代率。对于小微企业与个体户而言，其车队数量少，缺乏运营、优化所需的车辆规模；此外，由于几乎无备用车，新能源货车一旦出现故障，也会对小微企业与个体户的正常运营产生较大影响。所以，主机企业有必要为小微企业与个体户提供新能源货车试驾活动，帮助其优化运营，完善售后服务。

在新能源货车成本方面，小微企业与个体户对新能源货车的成本敏感度也更高。例如，本研究问卷调查的小微企业与个体户中，有过购买二手传统燃油微面或中面经历的占35%。虽然纯电动中面与新售燃油车已达到TCO平价，但比二手燃油车的TCO仍高出1~6万元/车（见图16）。此外，50%的小微企业与个体户的燃油微面、中面使用年限在10年以上，如果纯电动微面、中面使用年限也达到10年以上，将超过车辆8年（或12万公里）的质保期限（财政部等，2015），可能需要承担质保期外电池更换的成本。所以，针对纯电动微面、中面续航里程不足、成本高与车辆质保期限短的问题，既需要主机企业开发契合此类用户的车型，也需要政府有关部门提供经济激励。

图 16 | 微面、中面的TCO (单位:万元/车)



说明：误差线上限、下限分别代表TCO的最大值与最小值。对传统燃油货车与纯电动货车而言，柱状图的值（单一数据）代表的是TCO的中位数。
来源：作者计算。





第五章

克服新能源货车技术与成本挑战的措施

目前，除根据场景选择适宜的零排放车辆技术外，多种措施可用于克服新能源货车技术与成本的阻碍（见表 17）（Concept Consulting Group, 2022; World Economic Forum, 2021; C40, 2020）。根据施策对象不同，这些措施可分为供给侧措施与需求侧措施；供给侧措施主要针对新能源汽车整车（或零部件）生产企业，而需求侧措施主要针对购置或使用新能源汽车的企业（如运输企业、个体户、车辆租赁企业）；根据措施类型不同，这些措施可分为经济激励措

施、行政措施与基础设施措施；根据事权不同，这些措施可分为国家政策、地方政策与企业措施。

由于供给侧不在本文研究范畴，且新能源汽车技术提升仍需时日，所以，本文侧重需求侧政策，特别是地方有事权且在当下对运输企业能起到直接激励作用的政策，包括发放新能源货车购置/运营补贴、优化调整现行新能源货车优先路权政策、完善新能源货车充电/加氢基础设施、提高新能源货车最大允许总质量、构建多级物流枢纽等。

表 17 | 解决新能源货车技术与成本挑战的措施汇总

| | | | 应对的挑战 | 国家政策 | 地方政策 | 企业措施 |
|-----|------|---------------------------|---------|------|------|------|
| 供给侧 | 经济激励 | 新能源货车单积分/双积分 | 技术与成本挑战 | ✓ | | |
| | | 新能源汽车技术研发激励 | 技术与成本挑战 | ✓ | ✓ | ✓ |
| 需求侧 | 经济激励 | 发放新能源货车购置/运营补贴 | 成本挑战 | | ✓ | |
| | | 商业模式创新（如租赁模式） | 成本挑战 | | | ✓ |
| | | 新能源货车运营组织优化 | 技术与成本挑战 | | | ✓ |
| | | 车辆残值改进措施 | 成本挑战 | | | ✓ |
| | 行政措施 | 优化调整现行新能源货车优先路权政策 | 技术与成本挑战 | | ✓ | |
| | | 提高新能源货车最大允许总质量 | 载质量损失挑战 | ✓ | ✓ | |
| | 基础设施 | 严控燃油货车污染物排放（如出台国七标准）或燃油消耗 | 成本挑战 | ✓ | | |
| | | 完善新能源货车充电/加氢基础设施 | 技术与成本挑战 | | ✓ | ✓ |
| | | 构建多级物流枢纽 | 技术与成本挑战 | | ✓ | ✓ |

说明：高亮部分为本研究侧重的政策建议。

来源：作者根据 Concept Consulting Group（2022）、World Economic Forum（2021）、C40（2020）总结。

5.1 政策效益估算

本节定量分析上述单一政策与政策组合对不同运输场景下新能源货车替代率与总拥有成本的改进效果。由于难以定量评估“构建多级物流枢纽”对新能源货车替代率与总拥有成本的影响，所以，此处的定量分析未含“构建多级物流枢纽”政策。

此外，从政策的必要性与数据的可得性出发，本节侧重对纯电动轻微型货车相关场景的效果评估，未涵盖氢燃料货车与纯电动中重型货车相关场景的原因在于：一是如第3章分析，除载质量损失外，氢燃料货车的续航里程与补能时长基本能满足城市运输场景的需要，且在“北京市燃料电池汽车示范应用项目”购置与运营补贴下，北京市的氢燃料货车在绝大多数场景下能够与传统燃油货车实现TCO平价；相反，纯电动货车在多数场景下，仍存在技术与成本的挑战，且目前北京市针对纯电动货车推广的激励措施较匮乏。二是北京市推广的纯电动中重型货车数量少，车辆技术与成本相关数据有限。所以，本节侧重纯电动轻微型货车相关场景的分析。

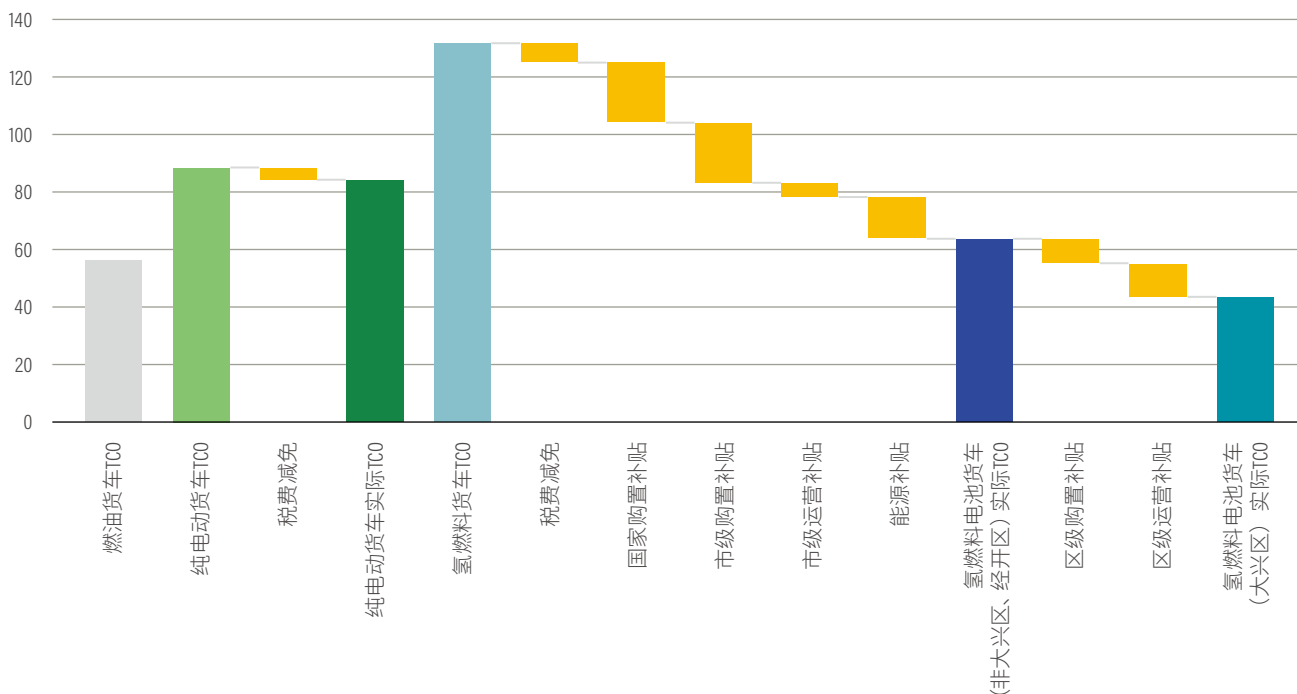
发放新能源货车购置/运营补贴

如图 17所示，北京市城市层面，新能源货车的经济激励政策以“北京市燃料电池汽车示范应用项目”补贴为主；针对纯电动轻型货车（特别是4.5吨以下轻型普通货车）以优先路权政策为主，尚无经济激励措施。

填补纯电动货车与传统燃油货车TCO之差的措施之一为在当下提供经济激励。本文假设纯电动货车购置/运营补贴金额为实现各场景下与燃油货车TCO平价所需的补贴金额。在这一假设下，可以得到下面的结果（见表 18）：

- 微面、中面：对比新售传统燃油货车，纯电动微面、中面已达TCO平价，无需任何补贴；但对比二手传统燃油货车，纯电动微面、中面仍存在TCO缺口，需1~6万元/车不等的补贴。
- 4.5吨轻型普通货车：在轻抛货运输场景下，除极端长里程场景（纯电动货车与传统燃油货车的替代率接近2）外，纯电动货车所需补贴少，仅需0~4万元/车；

图 17 | 现有经济激励措施对4.5吨轻型冷藏货车TCO的影响(单位:万元/车)



说明：假设纯电动冷藏货车与燃油冷藏货车的替代率为2:1；氢燃料冷藏货车与燃油冷藏货车的替代率为1:1。纯电动货车和氢燃料电车货车免征购置税和车船税（国家税务总局，2018；2019），同时氢燃料货车享受“氢燃料电池汽车示范城市群”下的国家购置补贴、北京市和大兴区的购置和运营补贴、北京市氢气运营补贴（北京市经济和信息化局，2022b；北京市大兴区人民政府，2022；北京市经济和信息化局，2022a；2022a）。

来源：作者计算。

表 18 | 实现传统燃油货车总拥有成本平价,北京市纯电动货车所需的补贴金额

| 场景 | 替代率 | 纯电动货车购置/运营补贴 | | |
|-----------------|-----|---------------------------------|------------|------------------------------------|
| | | 纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差(万元/车) | 政府补贴(万元/车) | 补贴后纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差(万元/车) |
| 微面 | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 0 | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | -3.8~1.3 | 0~13 | TCO平价 |
| 中面 | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 0 | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | 0.6~6.6 | 0.6~6.6 | TCO平价 |
| 4.5吨轻型货车 | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 1 | -0.2~4.1 | 0~4.1 | TCO平价 |
| 轻抛货、中等里程 | 1 | TCO平价 | 0 | |
| 轻抛货、长里程 | 1.5 | -2.6~2.9 | 0~2.9 | |
| 轻抛货、长里程 | 2 | 10.1~15.0 | 10.1~15.0 | |
| 重货、短里程 | 1.2 | 5.0~9.7 | 5.0~9.7 | |
| 重货、中等里程 | 1.2 | 0.8~5.6 | 0.8~5.6 | |
| 重货、长里程 | 1.8 | 7.0~11.4 | 7.0~11.4 | |
| 冷链 | 2 | 25.1~29.0 | 25.1~29.0 | |

来源:作者计算。

在重货运输场景下,纯电动货车仍需较多补贴,约为1~11万元/车。

- 4.5吨轻型冷藏货车:纯电动货车所需补贴金额最多,约25~29万元/车。

值得注意的是,根据文献研究(Freebairn, 2022; Wu等, 2022)与本研究的调研,针对新能源货车补贴也存在一定风险,不仅会导致政府财政负担加剧,对其他公共服务造成“挤出效应”,更可能导致大量新能源货车投入运营。后者不仅需要政府在道路、停车与充电资源方面投入的更多的财政资金,也可能导致运输市场的运力供给过剩,进而导致新能源货车运营里程降低、成本增加等问题,加剧运输企业负担。因而,需谨慎看待这项政策。

优化调整现行新能源货车优先路权政策

目前,北京市优化调整现行新能源货车优先路权政策的效果已十分有限:为解决交通拥堵问题,北京市政府一直以来在五环内推行“夜间配送为主,辅助以少量货车日间通行”的政策。2019年8月,为激励新能源货车的推广,北京市交通委员会、北京市公安局公安交通管理局等出台的《北京市新能源物流配送车辆优先通行工作实施方案》(北京市交通委员会等, 2019)要求,到2020年第四季度,五环以内日间通行的4.5吨以下轻型普通货车中,纯电动货车的比例要达到90%(见表19)。目前,该目标已实现——纯电动货车的比例已达到100%,但由于通行证数量本身有限,优化调整现行新能源货车优先路权政策的

表 19 | 北京市新能源货车优先路权政策现状

| | 轻微型货车 | | 中重型货车 |
|-----------|--|------|-------|
| | 普通货车 | 冷危货车 | |
| 新能源货车技术要求 | 纯电动货车 | 无 | 无 |
| 新能源货车比例要求 | 自2019年四季度起, 逐步提高通行证发放车辆中新能源货车比例: 2019年四季度达到25%, 2020年一季度达到50%, 2020年二季度达到65%, 2020年三季度达到80%, 2020年四季度力争达到90% | 无 | 无 |

来源: 北京市交通委员会、北京市公安局公安交通管理局、北京市商务局、北京市生态环境局(2019)。

激励效果已十分有限。此外, 持通行证新能源货车也面临市、区两级路权的割裂问题; 海淀、朝阳、通州等北京市八个区在2020年发布了《关于调整对部分机动车采取交通管理措施降低污染物排放的通告》(人民网, 2020), 要求对各区中心日间对货车进行限行。所以, 持通行证的货车也必须获得区级通行证, 才能畅通无阻地进入五环。

为进一步激励新能源货车的推广, 本文提出三种潜在解决方案(见表20), 并从缓解城市拥堵、新能源货车推广效果、鼓励夜间配送(见专栏三)对三个方案进行评估, 选择最优的路权方案:

方案一: 对持通行证的冷危货车与中重型货车设置新能源货车比例要求, 并放开五环外新能源货车路权: 如果要求持通行证冷危货车与中重型货车更新为纯电动货车或氢燃料货车, 有助于推广约5000辆新能源冷危货车与中重型货车。此外, 还可要求八个区级货车限行区域放开对新能源货车的限行要求。

方案二: 在方案一的基础上, 增加通行证数量, 优化通行证的分配机制: 结合北京市五环内物资需求的大数据分析与缓解交通拥堵的需要, 动态增加通行证发放数量; 同时, 建立公平、透明的通行证分配机制, 合理调整通行证在不同规模运输企业中的分配比例。

方案三: 在方案一的基础上, 建立“夜间诚信收货体系”, 大力提倡五环内收货企业采用夜间收货的方式(见专栏三), 并延长新能源货车在五环内夜间通行的时间窗口(如将新能源货车的配送时间从夜间23点到第二天6点, 调整成为夜间22点到第二天6点), 逐步限制传统燃油货车通行时间与区域, 考虑出台超低排放区/零排放区政策。

从缓解城市拥堵、新能源货车推广效果、鼓励夜间配送三方面评估上述方案(见表20), 可见:

- 方案一虽然能维系现状通行证规模与现行夜间配送政策, 但由于通行证数量有限, 所以, 对新能源货车推广发挥的作用有限。此外, 方案一也不利于缓解道路拥堵, 因为一些无通行证的运输企业也会采取违章硬闯、“客改货”等措施日间进入五环, 给道路交通带来压力。
- 方案二增加了通行证数量, 虽然有利于新能源货车推广, 但加剧了城市日间道路交通拥堵。此外, 该方案也会削弱北京市夜间配送政策的效果, 更多的(新能源)货车日间堵在城市道路上, 不利于运输企业改善城市配送效率。
- 对比之下, 方案三更优, 即在维系现状通行证规模的同时, 推广夜间配送并限制传统燃油货车路权, 可提升现有夜间配送政策的效果, 避免城市道路交通拥堵, 并对新能源货车的推广发挥激励作用。

本文假设, 在方案三的纯电动货车优先路权政策下, 更多纯电动货车能够为五环内收发货企业服务, 而相对于无法为五环内收发货企业服务的纯电动货车, 其单位载货里程收益有望提升1~2元(货车帮司机平台, 日期不详)。本文将这一增收用于抵消纯电动货车的TCO(见表21), 并假设优先路权政策对纯电动货车替代率的影响可忽略不计。

在该假设下, 纯电动货车优先路权政策可较大幅度地提升运输企业收益、降低车辆总拥有成本: 即便无补贴, 受益于优先路权政策, 在多数运输场景下, 纯电动轻微型货车已经能实现与传统燃油货车TCO平价。

表 20 | 解决北京市城市拥堵、夜间配送问题、加速新能源货车推广的可行方案与对比

| | 现状 | 方案一 | 方案二 | 方案三 | |
|------------------------------------|---------------------------|----------------------------|--------------|-----------------------------------|---|
| 方案说明 | 持通行证的4.5吨以下普通货车100%为新能源货车 | 所有持通行证货车为新能源货车（含冷危货车与中重货车） | 增加新能源货车通行证数量 | 不增加通行证数量，鼓励夜间配送，严格限制传统燃油货车通行时间和区域 | |
| 持通行证新能源货车数量示意¹ | | | | | |
| 4.5吨以下普通货车在持证普通货车中占比 ² | 100% | 100% | 100% | 100% | |
| 冷危、中重型货车在持证冷危、中重型货车中占比 | 2%~4% | 100% | 100% | 100% | |
| 非持通行证货车中新能源数量示意³ | | | | | |
| 方案对比⁴ | 新能源货车推广 | N.A. | × | √ | √ |
| | 缓解道路拥堵 | N.A. | × | × | √ |
| | 推广夜间配送，提升配送效率 | N.A. | √ | × | √ |

说明：1.表中圆圈大小代表车辆数量多少。绿色代表新能源货车，灰色代表传统燃油货车。
 2.百分比代表新能源汽车在相应持通行证车型中的占比。
 3.绿色代表新能源货车，灰色代表传统燃油货车。新能源货车占比仅为示意，不代表实际值。
 4.“×”表示无法支撑目标的实现，“√”表示能够支撑目标的实现，“N.A.”表示不适用。
 来源：作者分析与总结。

然而，在短里程与冷链运输场景下，纯电动货车优先路权政策发挥的作用有限。其中，在短里程场景下，由于载货里程短，优先路权政策能为4.5吨普通货车提供的额外收益低，不足以抵消纯电动货车较高的成本。在冷链运输场景下，由于纯电动4.5吨轻型冷藏货车与燃油货车TCO缺口较大，路权政策收益虽高，但不足以填补其成本差。

表 21 | 优先路权政策对不同场景纯电动货车总拥有成本的影响

| 场景 | 纯电动货车的优先路权政策 | | | |
|-----------------|--------------|----------------------------------|--------------------|---|
| | 替代率 | 纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差 (万元/车) | 优先路权政策产生的收益 (万元/车) | 优先路权政策下纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差 (万元/车) |
| 微面 | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 4.8~19.1 | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | -3.8~1.3 | 4.8~19.1 | TCO平价 |
| 中面 | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 4.8~19.1 | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | 0.6~6.6 | 4.8~19.1 | 0~4 |
| 4.5吨轻型货车 | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 1 | -0.2~4.1 | 2.1~14.3 | 0~2 |
| 轻抛货、中等里程 | 1 | TCO平价 | 8.3~21.4 | TCO平价 |
| 轻抛货、长里程 | 1.5 | -2.6~2.9 | 17.2~42.9 | TCO平价 |
| 轻抛货、长里程 | 2 | 10.1~15.0 | 17.2~42.9 | TCO平价 |
| 重货、短里程 | 1.2 | 5.0~9.7 | 2.1~14.3 | 0~8 |
| 重货、中等里程 | 1.2 | 0.8~5.6 | 8.3~21.4 | TCO平价 |
| 重货、长里程 | 1.8 | 7.0~11.4 | 17.2~42.9 | TCO平价 |
| 冷链 | 2 | 25.1~29.0 | 10.7~28.6 | 0~20 |

说明：本文假设在优先路权政策下，纯电动货车单位载货里程的收益提升1~2元。车辆年行驶里程与第3章保持一致。空驶率为50%。
来源：作者计算。

30 余年以来，北京市一直沿用“夜间配送（Off-hour deliveries）”为主，辅助以“少量货车日间通行”的货车通行政策。夜间配送有利于减轻日间配送带来的道路拥堵与空气污染问题，同时也有助于运输企业提升配送效率，因而在纽约、华盛顿等国际城市得到广泛推广（Holguín-Veras 等，2017）。根据统计，纽约市自从2009年推广夜间配送政策以来——即鼓励企业将收货时间从日间调整到晚上7点到早上6点，运输企业单次配送时间可以节省约48分钟，城市空气污染排放可以降低45%~67%（Holguín-Veras 等，2018）。

但推行夜间配送并非易事：话语权较大的收货企业通常出于成本、货品安全等方面考虑，不愿夜间收货。由于北京市推行夜间配送的方式主要是面向运输企业采取日间限行措施，而较少面向收货企业采取激励措施。这导致夜间配送效果欠佳，日间配送仍为主流。本研究访谈的一些运输企业甚至表示，由于绝大多数五环内收货企业拒绝夜间收货，通行证的数量已关乎运输企业的生存。一些无通行证的运输企业被逼采取违章硬闯、租借通行证、“客改货”等极端措施，才能满足五环内收货企业的日间收货要求。

为推广夜间配送，国际城市的经验——特别是面向收货企业出台经济激励、搭建“夜间诚信收货体系”等，值得北京借鉴。收货企业决定了配送的时间，是夜间配送政策施策的关键对象。为此，国际城市（如纽约市）尝试了一系列措施，鼓励收货企业将收货时间调整到夜间，包括提供收货企业一次性经济激励、运费减免激励、夜间诚信收货等。结果显示，“夜间诚信收货体系”对收货企业的激励效果最显著，也最可持续。“夜间诚信收货体系”不需要收货企业额外配备员工夜间收货，节省了企业成本；同时，该措施也可节省政

府支出，其激励效果与向收货企业提供4,863~33,139美元的一次性经济激励的效果相当（Holguín-Veras 等，2017）。

因此，“夜间诚信收货体系”成为国际城市推广夜间配送政策的重点。纽约市“夜间诚信收货体系”搭建的三方面经验可供北京借鉴，包括：

第一，针对重点行业、拥堵地区，优先推广“夜间诚信收货体系”。基于收货企业意愿、货运量两个指标，识别出最具“夜间诚信收货”潜力的行业：饮食品行业与零售行业。同时，由于深受拥堵交通的影响，纽约中心区的企业更愿意接受夜间诚信收货（Rensselaer Polytechnic Institute 等，2013）。北京二环内交通拥堵状况最严重（北京交通大学北京综合交通发展研究院，2022），对运输时效性敏感且运输规模大的货主企业（如零售等行业）或大型建筑可以作为优先推广的对象。

第二，评选可信赖运输企业，并建立货主与运输企业的信任机制。“夜间诚信收货体系”的最大挑战在于保证夜间收货的安全与有效。为搭建“夜间诚信收货体系”，运输企业需提供必要信息，包括企业资历、夜间收货经验、过往服务水平等；收货企业可对运输企业夜间配送的可靠性进行动态评估，并对运输企业诚信度进行公示。为降低实施的风险，可给予收货企业经济激励，用于更新安保设施，如配备监控、货物暂存区上锁、安装电子门禁等。

第三，降低夜间配送噪声对于社区生活的影响。为避免夜间配送的噪声影响，纽约市也调整收货场地的布局，尽量避开居民区，使用吸收噪声的材料，使用低噪声货物装卸设备，并对司机或装卸货员工进行低噪声操作培训等。

提高新能源货车最大允许总质量

目前的货车治超超限工作虽能有效治理货车超载问题，保障公路运输的安全与健康竞争，但抬高了新能源货车与传统燃油货车的替代率（与运输企业的成本投入），降低了运输企业运营收入，而超载的新能源货车也面临高额罚款。

解决新能源货车载质量损失的有效途径之一是提高新能源货车最大允许总质量。在国际上，一些国家与地区

（如美国加利福尼亚州和欧盟）已出合法案，将新能源货车的最大允许总质量限值提高1~2吨（见表 22）。在国内，为保障物流畅通运行，个别省份如河南、江苏也提出，自2022年起，如果车货总质量未超过最高限值的5%~10%，可不予处罚（河南省人大常委会法制工作委员会，2023；江苏省公安厅，2023）；虽然这一要求未针对新能源货车，但为允许新能源货车超载但不处罚提供了基础。

本文假设地方政府允许新能源货车的车货总质量不超过最高限值10%时，不予处罚。这一措施将改善新能源

货车在重货运输场景下(由载质量损失所导致)的替代率,从1.2~1.8下降至1。

受该措施影响,在重货运输场景下,纯电动4.5吨普通货车与传统燃油货车的TCO缺口将从1~11万元/车下降至

最高5万元/车。相较于政府提供1~11万元/车的新能源汽车购置/运营补贴,或运输企业购买更多车辆上路,适当提高新能源货车最大允许总质量(或允许新能源货车的车货总重不超过最高限值10%),是降低重货场景新能源货车TCO较为有效的措施(见表23)。

表 22 | 提高新能源货车最大允许总质量的国际案例

| 区域 | 时间 | 法案 | 新能源货车的最大允许总质量 |
|--------------|------|---|--|
| 美国 加利福尼亚州 | 2019 | 《加州车辆法规》 (California Constitution, 2019) | 对于近零排放和零排放车辆,增加最高2,000磅(约0.9t)的最大允许总质量 |
| 欧盟 | 2019 | 《96/53/EC指令》 (European Union, 2019) | 对于零排放车辆,增加最高2t的总重限额;对于替代燃料车辆,增加最高1t的总重限额 |

说明:加利福尼亚州近零排放车辆指使用零排放技术或其他显著减少污染物和温室气体排放的技术的车辆,包括纯电动车辆、氢燃料车辆和插电混合动力车辆等;零排放车辆指纯电动车辆和氢燃料车辆。

欧盟零排放车辆指的纯电动车辆、氢燃料车辆与二氧化碳排放量小于1g/km的插电混合动力车辆;替代燃料车辆除包括纯电动车辆、氢燃料车辆和插电混合动力车辆外,还包括天然气车辆、液化石油气车辆及混合动力车辆等。

来源:作者根据 California Constitution (2019) 和 European Union (2019) 总结。

表 23 | 允许新能源货车超载10%对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响

| 场景 | 替代率 | 允许新能源货车超载10% | | | |
|-----------------|-----|---------------------------------|--------------|--------------------|---|
| | | 纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差(万元/车) | 允许超载10%后的替代率 | 允许超载10%的成本效益(万元/车) | 允许车辆超载10%后纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差(万元/车) |
| 微面 | | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 1 | N.A. | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | -3.8~1.3 | 1 | N.A. | -3.8~1.3 |
| 中面 | | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 1 | N.A. | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | 0.6~6.6 | 1 | N.A. | 0.6~6.6 |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 1 | -0.2~4.1 | 1 | N.A. | -0.2~4.1 |
| 轻抛货、中等里程 | 1 | TCO平价 | 1 | N.A. | TCO平价 |
| 轻抛货、长里程 | 1.5 | -2.6~2.9 | 1.5 | N.A. | -2.6~2.9 |
| 轻抛货、长里程 | 2 | 10.1~15.0 | 2 | N.A. | 10.1~15.0 |
| 重货、短里程 | 1.2 | 5.0~9.7 | 1 | 4.8 | 0.2~4.9 |
| 重货、中等里程 | 1.2 | 0.8~5.6 | 1 | 4.8 | -4.0~0.8 |
| 重货、长里程 | 1.8 | 7.0~11.4 | 1.5 | 7.2 | -0.2~4.2 |
| 冷链 | 2 | 25.1~29.0 | 2 | N.A. | 25.1~29.0 |

说明:表中蓝色部分为受该政策影响的场景。“NA.”表示本文假设该政策不会对该场景产生影响。

来源:作者计算。

完善新能源货车充(换)电基础设施

目前,北京市纯电动货车充电桩的问题体现在:一是存量公共充电桩对货车充电不兼容。本研究对运输企业的访谈显示,部分公共充电桩无法用于货车充电,存在功率不匹配²⁴、停车位不匹配²⁵等问题。二是新建充电桩与货车充电需求不匹配。一方面,由于运输企业多使用租赁场地,面临土地使用期限、电网容量、消防安全等限制,无法自建充电桩;另一方面,社会公共充电桩的运营服务商对货车充电热点了解不足,导致社会公共充电桩覆盖率较低(见图18)。

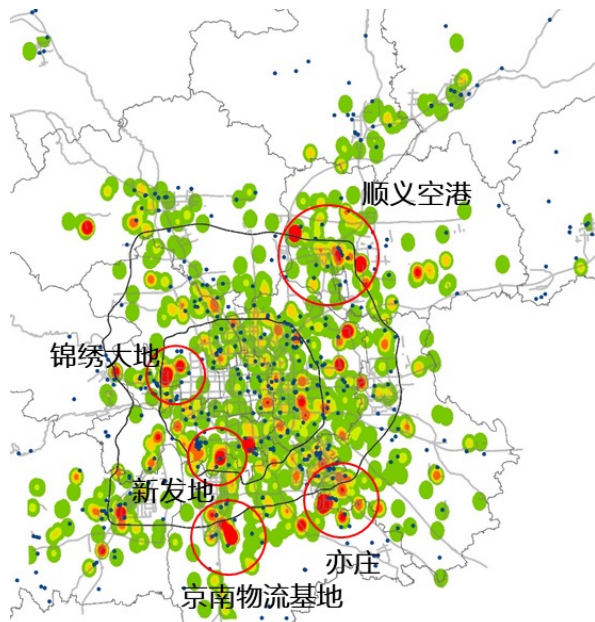
解决纯电动货车充电桩覆盖度不足的问题,需要有关部门对存量充电桩进行改造,提升充电功率,增加快充桩数量,优化新建充电桩/货车停车位的布局,系统完善纯电动货车充电基础设施的覆盖率与可达性,降低纯电动货车的补能时长。

本文假设,提升货车充电基础设施覆盖率有助于缩短纯电动货车的找桩时间与充电时间,尤其有助于改善其在长里程场景下与燃油货车的替代率。以第4.1节的长里程配送为例,本文假设该措施将节省15分钟找桩时间与30分钟充电时间,纯电动货车的替代率将下降0.2;为简化计算,本文假设所有长里程场景下,纯电动货车的替代率均下降0.2。值得注意的是,提升货车充电基础设施覆盖率也可能有助于降低充电服务费(毛世越等,2021);而本文仅关注替代率的处理方式,可能低估其降低纯电动货车TCO的效果。

基于上述假设,在长里程场景下,提升充电基础设施覆盖率将有助于降低纯电动轻型货车TCO,纯电动4.5吨普通货车与普通燃油货车的TCO缺口将下降约5万元/车,纯电动4.5吨轻型冷藏货车与冷藏燃油货车的TCO缺口将下降约6万元/车(见表24)。

图 18 | 北京市轻型货车停留点与2022年充电站分布

a. 北京市轻微型货车停留点热力图



说明:红色、黄色、绿色依次表示停留次数较高、适中、较低。

来源:轻微型货车停留点热力图为北京交通发展研究院数据分析。北京市2022年底充电站分布图来自北京交通发展研究院分析。

b. 北京市2022年底充电站分布

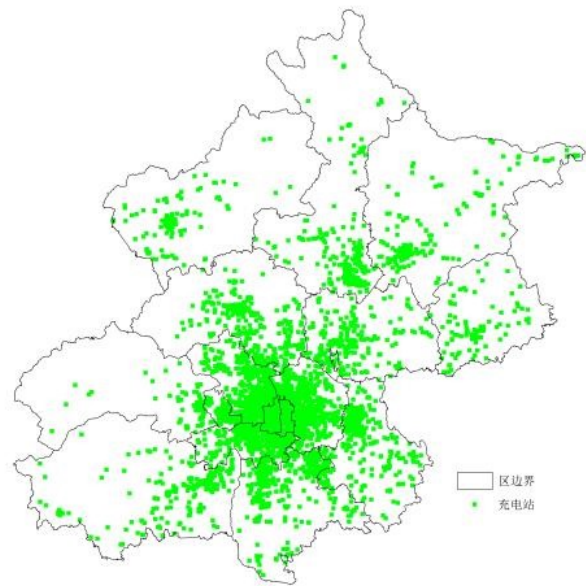


表 24 | 完善充电基础设施对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响

| 场景 | 替代率 | 纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差 (万元/车) | 完善充电基础设施 | | |
|-----------------|-----|----------------------------------|---------------|-----------------------|---|
| | | | 完善充电基础设施后的替代率 | 完善充电基础设施后的成本效益 (万元/车) | 完善充电基础设施后纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差 (万元/车) |
| 微面 | | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 1 | N.A. | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | -3.8~1.3 | 1 | N.A. | -3.8~1.3 |
| 中面 | | | | | |
| 对比新售传统燃油货车 | 1 | TCO平价 | 1 | N.A. | TCO平价 |
| 对比二手传统燃油货车 | 1 | 0.6~6.6 | 1 | N.A. | 0.6~6.6 |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 1 | -0.2~4.1 | 1 | N.A. | -0.2~4.1 |
| 轻抛货、中等里程 | 1 | TCO平价 | 1 | N.A. | TCO平价 |
| 轻抛货、长里程 | 1.5 | -2.6~2.9 | 1.3 | 4.8 | TCO平价 |
| 轻抛货、长里程 | 2 | 10.1~15.0 | 1.8 | 4.8 | 5.3~10.2 |
| 重货、短里程 | 1.2 | 5.0~9.7 | 1.2 | N.A. | 5.0~9.7 |
| 重货、中等里程 | 1.2 | 0.8~5.6 | 1.2 | N.A. | 0.8~5.6 |
| 重货、长里程 | 1.8 | 7.0~11.4 | 1.6 | 4.8 | 2.2~6.6 |
| 冷链 | 2 | 25.1~29.0 | 1.8 | 6.2 | 18.9~22.8 |

说明：表中蓝色部分为受该政策影响的场景。“N.A.”表示本文假设该政策不会对该场景产生影响。
来源：作者计算。

政策组合

由于不同政策施加影响的场景不同，对降低新能源货车替代率与总拥有成本差异的效果不一，本文进而对上述四项政策组合的效果进行分析。其中，很多政策（如优化调整现行新能源货车优先路权政策、提升新能源货车

最大允许总质量、完善新能源货车充电/加氢基础设施建设）发挥的效果相对固定，所以，本文以政策可能发挥的实际效果为依据进行评估。其他政策（如发放新能源货车购置/运营补贴）措施力度相对灵活，所以，本文以实现燃油货车与新能源货车TCO平价为前提，计算这些措施的力度（即补贴金额）。根据该方法得到唯一政策组合及其效

果说明如下(见表 25)：

第一，综合施策下，实现纯电动货车与传统燃油货车TCO平价所需的政府补贴(纯电动货车购置/运营补贴)更少。多数运输场景下，即便无政府补贴，纯电动货车也能实现TCO平价；仅有短里程场景与冷链场景仍需少量(分别为2万元/车以内与12万元/车以内)新能源货车购置/运营补贴。这说明，为节约政府财政支出，北京市有关部门需要采取多种举措，加速新能源货车推广，包括优化调整现行新能源货车优先路权政策、提高新能源货车最大允许总质量、完善新能源货车充电/加氢基础设施等。

第二，有关部门也可采取措施，通过对将老旧传统燃油货车置换为新能源货车进行补贴的形式，避免补贴导致大量新能源货车投入运营，导致市场运力供给过剩、新能源货车运营里程降低、成本不经济等问题。

第三，上述四项措施中，优化调整现行新能源货车优先路权政策对弥合纯电动货车与传统燃油货车TCO差距的效果最为显著。这与本研究对北京市运输企业问卷调查的结果一致(见第4.2节)。这说明，虽然北京市推广新能源货车需采取多种政策组合，但优化调整现行新能源货车优先路权政策的重要性更突出。

表 25 | 四项政策组合对纯电动货车替代率与总拥有成本的影响

| 场景 | 年行驶里程(万千米) | 替代率 | 纯电动货车与传统燃油货车不同里程段TCO中位数之差(万元/车) | 不同政策对弥合纯电动货车与传统燃油货车TCO差异的效果(万元/车) | | | | 组合政策实施后纯电动货车与传统燃油货车TCO中位数之差(万元/车) |
|-----------------|------------|-----|---------------------------------|-----------------------------------|------------------|-------------------|----------------|-----------------------------------|
| | | | | 提高新能源货车最大允许总质量 | 完善新能源货车充电/加氢基础设施 | 优化调整现行新能源货车优先路权政策 | 发放新能源货车购置/运营补贴 | |
| 微面 | | | | | | | | |
| 对比新售燃油车 | 2~4 | 1 | TCO平价 | N.A. | N.A. | 4.8~19.1 | × | TCO平价 |
| 对比二手燃油车 | | 1 | -3.8~1.3 | N.A. | N.A. | | × | |
| 中面 | | | | | | | | |
| 对比新售燃油车 | 2~4 | 1 | TCO平价 | N.A. | N.A. | 4.8~19.1 | × | TCO平价 |
| 对比二手燃油车 | | 1 | 0.6~6.6 | N.A. | N.A. | | 0~2 | |
| 4.5吨轻型货车 | | | | | | | | |
| 轻抛货、短里程 | 0.9~3 | 1 | -0.2~4.1 | N.A. | N.A. | 2.1~14.3 | 0~2 | TCO平价 |
| 轻抛货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1 | TCO平价 | N.A. | N.A. | 8.3~21.4 | × | |
| 轻抛货、长里程 | 7.2~9 | 1.5 | -2.6~2.9 | N.A. | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| 轻抛货、长里程 | 7.2~9 | 2 | 10.1~15 | N.A. | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| 重货、短里程 | 0.9~3 | 1.2 | 5.0~9.7 | 4.8 | N.A. | 2.1~14.3 | 0~2 | |
| 重货、中等里程 | 3.5~4.5 | 1.2 | 0.8~5.6 | 4.8 | N.A. | 8.3~21.4 | × | |
| 重货、长里程 | 7.2~9 | 1.8 | 7.0~11.4 | 7.2 | 4.8 | 17.2~42.9 | × | |
| 冷链 | 4.5~6 | 2 | 25.1~29.0 | N.A. | 6.2 | 10.7~28.6 | 0~12 | |

说明：“NA”表示本文假设该政策不会对该场景产生影响，“×”表示该场景不需要补贴政策支持。
来源：作者计算。

5.2 运输企业差异化的政策诉求

虽然上述政策均能克服新能源货车技术与成本的阻碍,但不同政策对不同规模企业发挥的作用有差异。本研究对北京市运输企业问卷调查的结果显示(见图19):

对大中型运输企业而言,优化调整现行新能源货车优先路权政策与发放新能源货车购置/运营补贴是激励其购置/置换新能源货车最主要的措施。在路权政策方面,部分企业已有通行证。尽管如此,通行证在北京市属于稀缺资源,大中型运输企业对此仍趋之若鹜。个别企业甚至表示,如果提供新能源货车通行优先权,可以放弃新能源货车购置/运营补贴。在经济激励方面,由于新能源轻型货车与传统燃油货车在部分场景下替代率高,所以,发放新能源货车购置/运营补贴仍有必要。

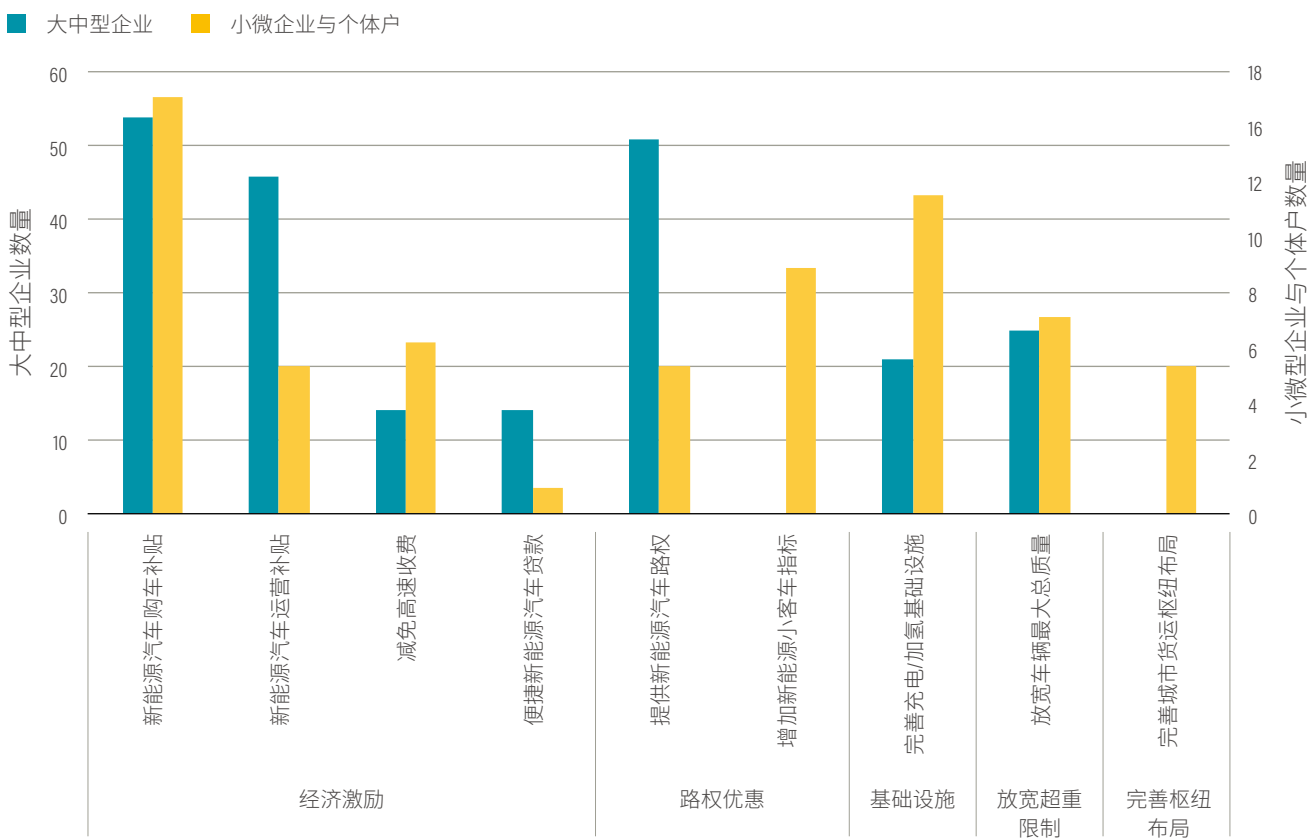
对小微运输企业与个体户而言,发放新能源货车购置/运营补贴、完善新能源货车充电/加氢基础设施、增加新能源小客车购车指标是最重要的激励措施。在经济激励

政策方面,小微企业与个体户对成本敏感,更关注经济激励。在经济激励形式方面,由于北京市2020年出台的新能源货车运营补贴的门槛过高,被调查的小微运输企业与个体户均表示未听说过该方案,更多选择的是新能源购置补贴或高速公路收费减免措施。在路权政策方面,小微运输企业与个体户通常采用“客改货”车辆,即便置换成新能源汽车,也仍选择新能源小客车,所以,其表示在购置新能源汽车时面临北京市新能源小客车购车指标的限制。

5.3 政策建议

为在更少的政府财政补贴前提下,实现新能源货车的加速推广,并避免新能源货车推广对城市货运行业从业者就业与生计产生影响,北京市有关部门有必要在当下出台多元化举措,包括优先选择适宜新能源货车推广的场景、优化调整现行新能源货车优先路权政策、提高新能源货车最大允许总质量、发放新能源货车购置/运营补贴、完善新能源货车充电/加氢基础设施、构建多级物流枢纽等。

图 19 | 不同政策对不同规模运输企业使用新能源货车的激励作用



说明: 问卷调查的问题设置中,企业可选择多个挑战。大中型企业的问卷设计较早,问卷中未包含“完善城市货运枢纽布局”这一选项。
来源: 本研究对不同规模运输企业及个体户的调查问卷。

分场景、差异化推广纯电动货车与氢燃料货车

首先，应优先选择新能源货车车型多、技术成熟与成本合理的场景，重点推广：近期，北京市适合新能源货车规模化推广的场景包括城市配送轻微型货车、使用纯电动换电重型货车的高频短倒场景。此外，在一些重型货车或城际运输场景下，也应开展新能源货车的试点示范，如轻型货车的城际运输、重型自卸货车的渣土运输、半挂牵引货车的砂石骨料运输、重型载货汽车的快递/饮食品城内短驳运输，及半挂牵引车的机械设备城内短驳运输等。相反，对轻型自卸车、中型货车、重型冷藏货车的场景而言，由于新能源货车车型数量少，所以其近期推广受限。

其次，应根据场景需要，鼓励纯电动货车与氢燃料货车之间差异化发展，形成互补，避免政府重复投资。在北京市的温度条件与运营工况下，目前，纯电动技术适合绝大多数轻型货车的城市配送场景，氢燃料技术适合城市配送中长里程与冷链场景、重型自卸货车场景、半挂牵引货车与载货汽车的市内、城际运输场景。因此，应尽可能针对不同应用场景，给予差异化的政策导向。

优化调整现行新能源货车优先路权政策

由于本研究定量分析与企业调研均显示，优化调整现行新能源货车优先路权政策对推广新能源货车的效果最佳，因此，建议北京市交通委员会、北京市商务局与北京市公安局公安交通管理局等部门：

- 调整现行货车日间限行政策：对持通行证冷危货车与中重型货车设置新能源汽车比例要求，要求市中心八个区放开对新能源物流车的区级限行要求，建立公平、透明的通行证分配机制。
- 鼓励五环内的重点收货企业选择夜间收货：面向五环内的重点收货企业（如生鲜、饮食品、零售等行业的收货企业）搭建“夜间诚信收货体系”，帮助收货企业更新安防设施，如配备监控、货物暂存区上锁、安装电子门禁等。
- 扩大新能源货车路权优势：延长新能源货车在五环内夜间通行时间窗口，如将配送窗口从夜间23点到第二天6点，调整为夜间21点到第二天6点，扩大新能源货车与燃油货车夜间通行时间差。
- 限制传统燃油货车通行：研究限制传统燃油货车通行时间与区域的措施，择机出台核心区超低货运排放区/零排放货运区政策。

提高新能源货车最大允许总质量

在城市层面，建议北京市（乃至京津冀地区）有关部门考虑实施一项政策，即允许在北京市（与京津冀地区）范围内行驶的新能源货车，在其车货总质量未超过规定的最高限值10%的情况下，不予处罚。

在国家层面，工业和信息化部、交通运输部应考虑研究与修订限制货车超限超载相关标准，如《公路货运车辆超限超载认定标准》（交通运输部和公安部，2017）、《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》（GB 1589—2016）（原国家质量监督检验检疫总局等，2016），在满足最大轴荷的前提下，将新能源货车最大总质量限值提高1~2吨。

采取适当经济激励措施填补成本差

建议北京市有关部门在综合施策的基础上，面向不同规模的运输企业出台差异化的经济激励措施：

针对使用微面、中面的小微企业与个体户而言，由于成本更敏感，可允许其在保留现有的燃油小客车车牌的同时，通过提供0~2万元/车的纯电动货车购置或租赁补贴，鼓励其购置或租赁纯电动货车。除经济激励外，鉴于小微企业和个体户对新能源货车不了解，应在其经常出现的批发市场组织新能源货车试驾活动，提升其认知度。

针对成本敏感度不高的大中型市属国有企业、事业单位与政府机关，对其城市配送、邮政、城建等业务，考虑设定新能源货车使用比例，鼓励在政府采购服务或工程项目中，使用新能源货车。

针对重型货车场景，考虑在近期适当扩大参与燃料电池汽车示范应用区县的数量及补贴的货车数量²⁶，同时考虑补贴退坡时机，以便给予购买氢燃料货车企业稳定的预期。

对于近期适宜推广新能源货车的场景，应避免通过高额补贴，刺激运输企业扩大车队规模或引入更多市场参与者，造成运力供给过剩，导致新能源货车运营效率下降或运费收入降低，影响其推广。建议采取将老旧传统燃油货车置换为新能源货车、规制市场准入等方式，有节奏地推广新能源货车。

加大货车充电与停车设施供给

建议北京市城市管理委员会、北京市交通委员会在对存量充电桩进行改造的基础上，结合货车实际运营需求，优化新建充电桩/货车停车位/卸货区的布局，系统解决新能源货车“停车难、装卸难、充电难”的问题：

- 加强现有充电桩改造：通过补贴资金与绩效考核机制相结合的方式，加强新能源货车重点运行地区现有公共充电桩的改造，提升公共充电桩的充电电压与功率，降低充电站出入口限高，增加新能源货车停车位的施划，扩大新能源货车快充桩覆盖度与可达性。
- 集中新建兼容新能源货车充电的充电桩：通过专项补贴等方式，鼓励充电运营服务商与物流基地、批发市

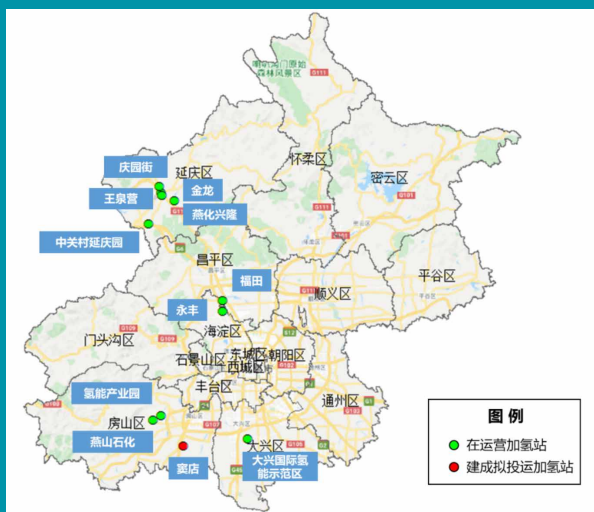
场的停车场开展合作，在新能源货车密集驻停的地区建设兼容新能源货车充电的充电站。

- 增加重点地区新能源货车停车位与装卸区：在城市重点地区，结合公共停车位、4米以上宽度的非机动车道等，施划新能源货车专用停车位，并配套建设充电桩；在城市主要商圈，设置货车临时停靠装卸点，并配套建设充电桩。

专栏 4 | 完善北京市加氢基础设施

目前，北京市已投资建设11座加氢站（北京市城市管理委员会，2022）（见专栏图4）。加氢基础设施主要面临“建站难”和“运营问题多”两个挑战。一是，在建站方面，北京市缺少加氢站建设用地规划与审批文件，未明确加氢站的用地类型。例如，目前加油（加气）站、环卫场站、物流场站等能否建加氢站仍不明确，导致无法安排土地供应。此外，北京市也缺乏支持“制氢加氢一体化站”的政策。二是，本研究对运输企业的访谈显示，2022年底，由于一些加氢站未投入运营，另一些在关停升级检修以及个别站点不对外开放，北京市对外开放运营的加氢站仅有2座，均位于北京市南部地区，大大延长了车辆加氢时间。

专栏图 4 | 北京市2022年已建成加氢站点分布情况



来源：北京市城市管理委员会（2022）。

为解决上述问题，本文建议：

- 加强现有重点加氢站的运维管理，并满足对外开放经营的要求：在市级、区级燃料电池汽车示范应用项目补贴中设置条件，要求获得补贴的车用加氢站加强运维管理（如及时检修等），保证氢气稳定供应，并尽可能对外开放。
- 简化新建加氢站审批流程，放宽氢气在非化工园区的制备要求，以更好满足氢燃料货车的就近加氢需求。在用地规划方面，加强部门间协同，将《北京市氢燃料电池汽车车用加氢站发展规划（2021—2025年）》提出的利用货运附属场站（如物流基地、批发市场）、专用园区、既有加油（气）站开展加氢站建设，落实到北京市国土空间规划与土地出让审批流程中。在加氢站建设的准入制度方面，有关部门需落实以下几点：一是要继续落实加氢站按规定申请燃气经营许可证的审批流程。2022年发布的《北京市氢燃料电池汽车车用加氢站运营管理暂行办法》已明确北京市加氢站可参照《北京市燃气管理条例》申请燃气经营许可证；二是要放宽氢气在非化工园区的制备要求，推广站点制氢气。按照《北京市氢燃料电池汽车车用加氢站发展规划（2021—2025年）》内容，到2025年北京市内四座制氢厂的产能已无法满足车用需求，站内制氢的需求开始显现，需要建立站内制氢加氢一体化的审批流程和标准规范。
- 从上游制氢环节做好北京市氢气供应保障：北京市在探索通过可再生能源电解水等制氢方式生产“绿氢”的同时，还需要及时调配周边河北、内蒙古等地所产氢气，保证车用氢气需求。

构建多级物流枢纽

建议北京市规划和自然资源委员会从维系城市经济发展与居民生活物资供应角度出发，重视物流用地规划与预留，研究完善城市配送的三级节点网络体系，降低城市物流配送距离与车辆载货量，提高城市配送效率（见专栏五）：

- 对于城市一级、二级物流中心，保证不同类型物流中心（冷链、快递）尽可能覆盖北京各个进城方向，并提前规划与预留物流用地。
- 对于三级物流中心，考虑在城市中心区、物资需求大的地区布局枢纽节点。
- 鼓励城市主要商圈采用共同配送，规划相应的共同配送中心，提升配送效率。

专栏 5 | 城市物流枢纽布局对物流效率的影响

城市通常通过构建多级货运枢纽节点，提升物流效率，降低物流成本。其中，一级中心到二级中心配送距离较长、运量较大，通常采用的4.5吨轻型货车；二级中心到三级中心或末端网点配送距离较短、运量相对较小，通常采用微面、中面（交通运输部规划研究院，2021）。

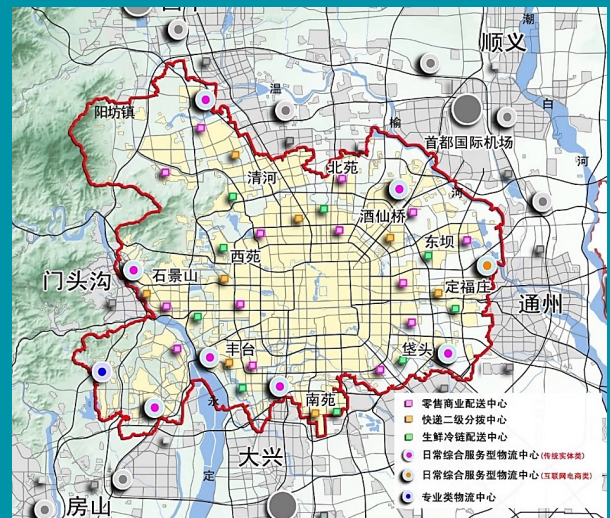
在北京城市规模迅速扩张与疏解“非首都”功能的大背景下，物流基地也在外迁，导致城市配送距离不断延长，运量逐渐增加。虽然北京市规划和自然资源委员会2020年在《北京物流专项规划》中提出了“大型综合物流园区、物流中心、配送中心、末端网点”的四级物流节点网络，但大型综合物流园区一般分布在六环外区域，二级物流中心布局在五六环之间，城市三级物流中心/配送中心的数量少，集中在三环以外（见专栏图5）（北京市规划和自然资源委员会，2020）。这一布局导致：

一是物流中心辐射范围更大，城市配送距离被拉长。根据新能源汽车国家大数据联盟的数据分析，对比深圳市纯电动4.5吨轻型货车80千米以内日均里程，北京市同一类型车辆的日均里程更长，集中在80~160千米。

二是车辆装载量更大。上述数据分析显示，深圳市纯电动轻微型货车以微面、中面为主，4.5吨轻型货车占比仅有32%，但在北京市，4.5吨轻型货车占比高达60%，差不多是深圳的两倍。

考虑到针对更长的配送距离与更大的货车车型，新能源汽车转型难度更大，所以，北京市有必要研究完善城市配送多级节点网络体系，降低城市物流配送距离与车辆载货量。

专栏图 5 | 北京市中心城区消费领域物流节点布局示意图



来源：北京市规划和自然资源委员会（2020）。



附录 1

北京新能源货车政策回顾与效果分析

为推广新能源货车，自2013年起，北京市相继出台了一系列政策措施，针对不同的新能源货车推广阶段，出台了不同政策组合。这些政策组合对北京市新能源货车推广发挥了重要作用。

本文根据不同时期政策特点，将北京市新能源货车推广过程分成三个阶段：

■ 以地方购置补贴为主的阶段(2010—2019年)

虽然北京市政府出台了一揽子推广新能源汽车的政策，包括地方购置补贴、技术研发支持、充电设施建设与运维补贴等，但对新能源货车推广有较为显著激励作用的是国家和地方的新能源汽车购置补贴。2011年，按照《关于开展节能与新能源汽车示范推广试点工作的通知》(财建〔2009〕6号)(财政部等，2009)等政策要求，北京市出台了《北京市纯电动汽车示范推广市级补助暂行办法》(京财经一〔2011〕2730号)(北京市财政局等，2011)，按照1:1的比例对出租、邮政企业追加补助资金。2015年，随着《北京市关于购买纯电动专用车有关财政政策的通知》(京财经一〔2015〕481号)(北京市财政局等，2015)出台，地方与中央标准1:1的补贴逐步扩大了覆盖面，将新能源货车(包括物流车)纳入范畴，补贴金额达到高点。此后，国家补贴通过降低补贴标准和提高技术门槛两方面逐步收紧，北京市级补贴比例也于2017年调整至国家补贴的50%，并于2019年全部退出(北京市科学技术委员会等，2017;北京市财政局等，2018;北京市科学技术委员会等，2019)。

政策效果方面，新能源汽车国家补贴与地方补贴的变化情况与北京市新能源货车的推广情况有高度的一致性。2016年，随着北京市将新能源货车纳入补贴范畴，并根据中央资金提供1:1的地方补贴配套，新能源货车的补贴金额达到高点。以60千瓦的新能源轻型货车为例，国家补贴与北京市级补贴可达到21.6万元(财政部等，2015，北京市财政局等，2016)。在购置补贴的激励下，中国汽车技术研究中心根据车辆销售数据统计得出，2016年，北京市新能源轻微型货车的市场渗透率也升至12%以上。在2016年后，随着补贴的退出，北京的新能源轻微型货车的市场渗透率持续下降，并在2019年一季度降至1%左右。

自2023年起，国家层面针对新能源汽车的购置补贴(氢燃料车辆除外)已完全退出，仅有新能源汽车免购置税政策，同时车船税将继续减免。

■ 以新能源货车运营激励为主的阶段(2019—2021年)

随着新能源汽车购置补贴的不断退坡，北京市的新能源货车激励政策重心从购置环节转向运营环节。运营环节政策激励主要包括：

《2020年北京市新能源轻型货车运营激励方案》(京交货运发〔2020〕17号)：该运营激励方案(北京市交通委员会等，2020)的实施期为2020年9月起至2021年8月。不同于其他城市(如深圳)的运营补贴，北京的运营激励政策强调对存量传统燃油货车的淘汰更新，面向“累计报废或转出名下京籍汽柴油货车达到5

辆及以上且更新不低于5辆（含）京籍新能源轻型货车”的规模企业。该措施激励资金总额为7万元/车，分三期发放，分别给予3万元/车、2万元/车和2万元/车激励资金，每期时长为12个月。这一激励措施的前提条件是每一期内车辆在京行驶载货总里程不少于1万千米，且须将车辆定位监测、运输信息等相关数据上传至北京市智慧货运综合服务平台。

此外，对一次性报废或转出汽柴油货车并更新为新能源货车达20辆（含）以上的企业，叠加给予5环内日间通行证奖励。

《北京市新能源物流配送车辆优先通行工作实施方案》：为解决交通拥堵问题，早在1984年，北京市政府就发布了《关于搞好首都交通秩序的紧急通知》（北京市人民政府，1984），要求严格控制货车白天在五环内通行的数量，推行夜间配送。自此，30余年来，北京市一直沿用“夜间配送为主，辅助以允许少量货车日间通行”的通行证政策。

为通过路权优惠政策，激励新能源货车推广，北京市交通委员会、北京市公安局公安交通管理局、北京市商务局、北京市生态环境局于2019年8月出台《北京市新能源物流配送车辆优先通行工作实施方案》（北京市交通委员会等，2019）。该政策要求，通过每季度对运输企业的货车通行证进行换发——基于对企业申请的多轮审查以及对现有持通行证企业的奖惩机制，“压减汽柴油货车通行证数量，调增纯电动货车通行证数量”，“到2020年第四季度，除冷链运输车辆外，通过办理货车通行证方式允许日

间通行五环以内道路的4.5吨以下轻型普通货车中，纯电动货车比例达到90%”。

同时，为提高4.5吨以下纯电动货车的使用便利性，北京市对新能源货车和汽柴油货车执行差别化通行时间管理，以提升新能源货车的路权优势。另外，新能源货车在城区允许通行的时间比汽柴油货车增加了2小时，持通行证新能源货车除7—9时和16—19时外，可通行五环路（不含）以内未设置货车禁行标志的道路（见附表1）。

政策效果方面，运营激励与路权优惠政策填补了北京市新能源汽车地方补贴退出后激励措施的缺口，提升了新能源微型货车市场渗透率。中国汽车技术研究中心根据车辆销售数据统计得出，截至2021年底，北京市新能源微型货车的市场渗透率反弹至8%。其中：

新能源轻型货车运营激励方案的准入门槛高——更新不低于5辆京籍新能源轻型货车以及在京行驶载货总里程不少于1万千米。受其影响，最终仅有几千辆车享受运营补贴。此外，享受到该政策优惠的大中型运输企业也需要投入更多人力与时间，以获得该补贴：根据政策要求，新能源货车司机在装卸货前后，需拍照并向北京市智慧货运综合服务平台上传该运单的起点和终点，用于核准载货里程。实际上，由于存在运单上传缺失或GPS对起终点定位不准确等问题，个别企业甚至需要聘用专人上传数据。

对比《2020年北京市新能源轻型货车运营激励方案》，新能源轻型普通货车优先通行政策的激励效果更明

附表 1 | 北京市新能源物流配送车优先通行政策概况

| 对象 | 微型货车 | | 中重型货车 |
|---------------|--|------|-------|
| | 普通货车 | 冷危货车 | |
| 新能源技术要求 | 纯电动货车 | 无 | 无 |
| 新能源比例 | 自2019年四季度起，逐步提高货车通行证发放车辆中新能源货车比例：2019年四季度达到25%，2020年一季度达到50%，2020年二季度达到65%，2020年三季度达到80%，2020年四季度力争达到90% | 无 | 无 |
| 持通行证货车通行时间及范围 | 持通行证新能源货车除7—9时和16—19时外，持通行证汽柴油货车除7—10时和16—20时外，可通行五环路（不含）以内未设置货车禁行标志的道路 | | |
| 归口管理部门 | 八个归口管理部门，包括北京市商务局、北京市农业农村局、北京市经济和信息化局、北京市城市管理委员会、北京市交通委员会、北京市教育委员会、北京市园林绿化局、北京市生态环境局等 | | |

来源：北京市交通委员会等（2019）

显。2019年四季度到2020年四季度，4.5吨以下持通行证普通货车（除危险品和冷藏车辆）中，纯电动货车的比例已经从65%提升至94%，并自2021年四季度以来，达到且维持在100%。考虑到4.5吨以下持通行证普通货车已经全部为新能源货车，加之北京市通行证本身数量有限、几乎不发生变化，所以，通行证优先路权政策对新能源货车推广的激励作用已十分有限。此外，值得注意的是，该运营激励仅针对2021年8月31日前购置上牌的新能源货车，不适用于该日期后新增的新能源货车。

虽然这一路权政策有效激励了北京市新能源货车的数量增长，但其激励作用或已达到上限：目前持有通行证的4.5吨以下轻型普通货车中，新能源货车的比例已达到100%；但由于通行证本身数量有限，路权政策的激励作用已十分有限。另外，持通行证新能源货车也面临市、区两级路权的割裂问题：为减少货车尾气污染和交通拥堵，海淀、朝阳、通州、昌平等八个区在2020年发布了《关于调整对部分机动车采取交通管理措施降低污染物排放的通告》（人民网，2020），在各区中心分别对

货车进行限行，导致新能源货车除了获得市级通行证外，还需获得区级通行证，影响了持通行证新能源货车的运行效率。

■ 以氢燃料货车购置与运营补贴为主的阶段(2022年至今)

作为五大氢燃料电池汽车示范城市群之一，北京市自2022年起开始大力推广氢燃料货车。2022年4月，北京市经济和信息化局发布《关于开展2021—2022年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》（北京市经济和信息化局，2022b），重点支持城市物流配送（总质量12吨以下中轻型货车的冷链物流和城市普通物流配送示范）、城市重型货物运输²⁷以及省际专线货运领域氢燃料货车的推广。在氢燃料电池车辆购置和运营补贴金额方面，北京市对纳入2021—2022年度示范应用项目的氢燃料货车且示范期内累计里程达到3万千米的车辆，提供市级车辆推广奖励及运营奖励。此外，北京市个别区——如大兴区、北京经济技术开发区，也出台区级氢燃料电池车辆补贴政策，吸引氢燃料电池车辆试点（北京市大兴区人民政府，2022；北京经济技术开发区管理委员会，2022），见附表2。

附表 2 | 2021—2022年度示范应用项目的燃料电池汽车北京市级奖励金额

| | 文件名称 | 车辆购置激励 | 车辆运营激励 | 加氢站建设和运营激励 |
|-----------|---|--|--|---|
| 北京市 | 2022年4月，北京市经济和信息化局发布了《关于开展2021—2022年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》（北京市经济和信息化局，2022b） | 对纳入并完成示范应用项目的燃料电池汽车，按照中央奖励1:1的标准安排北京市市级车辆推广奖励资金 | 对轻型车辆、中重型车辆，分别按照0.3万元/万km、1万元/万km的标准给予运营奖励 | |
| | 2022年8月，北京市经济和信息化局发布《北京市关于支持氢能产业发展的若干政策措施》（北京市经济和信息化局，2022a） | | 北京市行政区域范围内提供加氢服务并承诺氢气市场销售价格不高于30元/kg的加氢站，按照10元/kg的标准给予氢气运营补贴 | 对北京市范围内建成（含改扩建）的加氢站，按照压缩机12h额定工作能力不少于1000kg和500kg两档分别给予500万元和200万元的定额建设补贴 |
| 大兴区 | 2022年3月，大兴区政府发布《大兴区促进氢能产业发展暂行办法（2022年修订版）》（京兴政发〔2022〕6号）（北京市大兴区人民政府，2022） | 在示范期第一年度至第四年度，分别按照国家奖励资金的40%、30%、20%、10%给予资金支持；对从事车用氢气高效运输的企业，按氢气运输车辆购置费用总额的20%给予资金支持，每家企业每年支持资金最高不超过500万元 | 对满足单车平均用氢运行里程条件的，按车辆年度累计用氢运行里程给予资金支持，每辆车每年支持资金分别最高不超过5万元、3万元、3万元、2万元、2万元 | |
| 北京经济技术开发区 | 2022年10月，北京经济技术开发区政府发布《北京经济技术开发区关于促进氢能产业高质量发展的若干措施》（京技管〔2022〕125号）（北京经济技术开发区管理委员会，2022） | 在示范期第一年度至第四年度，分别按照国家奖励资金的40%、30%、20%、10%给予资金支持 | | |

来源：国家统计局（2021）。

政策效果方面，由于氢燃料货车仍处于推广的早期阶段，氢燃料电池汽车示范应用项目所推广的车辆数量与覆盖范围均有限。首先，北京市2021—2022年度与2022—2023年度燃料电池汽车示范应用项目推广的氢燃料货车数量仅为1090辆（不含用于省际专线运输的货车）（北京市经济和信息化局，2022b；2023）²⁸。到2025年前，北京市计划累计推广1万辆氢燃料汽车（也包括货车以外的氢燃料汽车）（北京市经济和信息化局，2021）。这一数量无论对北京市2021年54.8万货车保有量而言，还是2025年200万新能源汽车保有量推广目标而言，均处于较低水平。其次，北京市氢燃料电池车辆仅在7个区先行示范，包括大兴区、延庆区、海淀区、昌平区、房山区、顺义区和北京经济技术开发区，先行示范区外的企业无法享受目前的补贴政策。

综上所述，目前，北京市新能源货车的激励政策以“北京市燃料电池汽车示范应用项目”的补贴为主。纯电动轻型货车（特别是4.5吨以下轻型普通货车）优先通行政策的激励效果已十分有限。而针对纯电动中重型货车的推广政策，无论在路权方面还是在经济激励方面，几乎为空白。

附录 2

本研究企业调研说明

运输企业（包括承运企业、第三方物流企业）、个体户与司机是新能源货车推广的重要对象。本研究的企业调研包括两个方面：一是小样本的运输企业调研访谈，获得各场景新能源货车技术指标及新能源货车替代率；二是大样本企业问卷调查，面向不同规模的运输企业开展调查，分析运输企业潜在的差异化政策诉求。具体方法说明如下：

一是小样本的运输企业调研访谈，直接获得各个场景下新能源货车各技术成熟度指标的情况以及替代率的水平。本研究访谈的运输企业共计23家（见附表3），这些企业已采购10余辆至200辆不等的纯电动货车或氢燃料货车，积累了一定的新能源货车运营经验。虽然本研究访谈的运输企业覆盖了不同的运输场景与企业类型，但由于样本量小，代表性可能有限，因此，本研究也借助大数据分析的方法。

附表 3 | 本研究调研的不同运输场景下运输企业的数量

| 城市运输场景 | | 访谈企业数量 |
|--------------|--------------|--------|
| 微面、中面 | 农林牧渔、日用品、搬家等 | 2家 |
| 4.5吨以下轻型普通货车 | 快递、日用品、搬家等 | 13家 |
| 4.5吨以下轻型冷藏货车 | 医药、农林牧渔等 | 4家 |
| 中重型货车 | 快递、日用品等 | 3家 |
| | 矿建材料、渣土等 | 1家 |

来源：作者统计与总结。

附表 4 | 本研究对运输企业分类的说明

| | 大型运输企业 | 中型运输企业 | 小型运输企业 | 微型运输企业 | 个体户 |
|-----------|----------|------------|----------|--------|---------|
| 法人主体 | 具有企业法人资格 | | | | 不具有法人资格 |
| 从业人员 (人) | ≥1000 | 300~1000 | 20~300 | <20 | 1~5 |
| 营业收入 (万元) | ≥30000 | 3000~30000 | 200~3000 | <200 | × |

来源：作者根据国家统计局（2017）补充。

二是大样本企业问卷调查。本研究根据《统计上大中小微型企业划分办法（2017）》（国统字〔2017〕213号）（国家统计局，2017），将有一定规模的运输企业分成大型运输企业、中型运输企业、小型运输企业与微型运输企业，并在此基础上增加个体户（见附表 4）。

由于不同运输场景中，运输企业的类型的差异不大（林旭坤等，2021），本文未基于运输场景进行抽样，而是基于运输企业类型进行抽样。此外，由于北京市运输企业较少使用新能源中重型货车，所以，问卷侧重新能源轻微型货车的购置与使用情况，包括技术性能、成本挑战及政策诉求。由于大中企业与小微企业的问卷数量并不与实际大中企业与小微企业数量匹配，所以，本

文对大中企业与小微企业单独分析。本研究问卷调查的运输企业数量及企业类型见附表 5。

- 线上调查于2022年12月开展，通过立意抽样方法（*purposive sampling*），面向65家有一定规模的运输企业（即大中企业）的资深从业者，定向发放问卷，收到有效问卷60份（置信区间为80%，误差范围为15%）——结果前后矛盾或明显不符合事实的问卷被排除在外。
- 线下调查于2023年5月在北京市新发地农产品批发市场开展，通过便捷抽样方法（*convenient sampling*），面向小微企业与个体户发放问卷，共发放24份问卷，有效问卷为20份（置信区间为80%，误差范围为15%）。

附表 5 | 本研究问卷调查的运输企业数量及企业类型

| 城市运输场景 | | 小微企业与个体户 | 大中型企业 |
|--------------|--------------|-------------------------|------------|
| 微面、中面 | 农林牧渔、日用品、搬家等 | 北京市新发地农产品批发市场线下问卷调查：20家 | 线上问卷调查：60家 |
| 4.5吨以下轻型普通货车 | 快递、日用品、搬家等 | | |
| 4.5吨以下轻型冷藏货车 | 医药、农林牧渔等 | × | |

来源：作者根据国家统计局（2017）补充。

注释

1. 值得注意的是，本文未作预测，所以无法得知未来氢燃料货车是否仍是长里程场景下的零排放技术首选。
2. 值得注意的是，本文未作预测，所以无法得知未来氢燃料货车是否仍是冷链场景下的零排放技术首选。
3. 建议国家有关部门在氢燃料汽车示范应用期内，根据评估表现，适当允许一些城市或区县加入示范群，也允许另一些城市或区县退出示范群。
4. 为遵守数据隐私规定，世界资源研究所仅负责根据工作需要提出北京市交通碳排放占比的指标，北京交通发展研究院负责对原始数据进行处理并分享分析后的结果。
5. 全市全行业碳排放包括能源活动碳排放与工业过程碳排放。
6. 本地注册的货车为道路交通第二大排放源，次于社会小客车62%的道路交通碳排放占比。
7. 为遵守数据隐私规定，世界资源研究所仅负责根据工作需要提出北京市新能源货车保有量的指标，北京交通发展研究院负责对原始数据进行处理并分享分析后的结果。
8. 为遵守数据隐私规定，世界资源研究所仅负责根据工作需要提出北京市新能源货车市场渗透率指标，中国汽车技术研究中心负责对原始数据进行处理并分享分析后的结果。
9. 考虑到残值项是企业购车考虑的重要环节，后续希望能积累相关数据，进一步做重点研究。
10. 如果运输场景的年行驶里程在1万~3万千米之间，那么，本文则分别计算1万千米、2万千米、3万千米下传统燃油货车和新能源货车的TCO中位数，并在相同里程段下计算TCO中位数的差值。
11. 自交通运输部取消总质量4.5吨以下普通货车道路运输证后，北京市缺乏运输企业的总数量及企业规模分布的统计，所以，本研究采用无总量的样本抽样方法。
12. 北京交通发展研究院结合大数据分析、特大城市实际生产生活需求及公路货运特点，并根据《运输货物分类和代码》(2001)、《物流作业货物分类和代码》(2011)，识别出北京货运18大类典型货物分类及其货运需求量。
13. 本文的车型统计不含插电式混合动力汽车、微面、中面车型以及货车底盘的统计。
14. 例如，受货源不稳定、零部件备件不足等因素影响，一些新能源货车有较高的日行驶里程，但年行驶里程较低。
15. 持通行证的新能源货车除7—9时和16—19时外，持通行证汽柴油货车除7—10时和16—20时外，可通行五环路(不含)以内未设置货车禁行标志的道路。
16. 冷藏货车的制冷机组按动力来源不同，可分为独立式(自驱动)和非独立式(车驱动)，目前车驱动非独立机组已为城市配送的主流。
17. 本文中，4.5吨轻型冷藏货车续航里程指氢气消耗达储氢量2/3时对应的续航里程，即车辆应在氢气剩余1/3时加注氢气。
18. 换电半挂牵引车可通过频繁更换电池延长车辆日行驶里程，此处未考虑该车型。
19. 尽管换电式纯电动中重型货车标称续航里程更短，为150~300千米，但换电式纯电动中重型货车通常用于高频短倒的场景，能通过多次换电弥补其续航里程的不足，所以，换电式纯电动中重型货车的实际日行驶里程可达600千米以上，甚至1000千米。
20. 本文中，零排放车辆技术指纯电动货车与氢燃料货车电池技术。
21. 值得注意的是，本文未作预测，所以无法得知未来氢燃料货车是否仍是冷链场景下的零排放技术首选。
22. 值得注意的是，本文未作预测，所以无法得知未来氢燃料货车是否仍是中重型货车场景下的零排放技术首选。
23. 城市场景的1090辆氢燃料货车未计入城际场景的氢燃料货车数量。
24. 纯电动货车的充电电压为500~750伏，但根据北京交通发展研究院统计，目前北京市50%以上的公用充电桩电压低于这一范围。
25. 根据北京交通发展研究院统计，多数停车位按照小型车划线以及部分充电站有限高要求，货车无法使用。
26. 建议国家有关部门在氢燃料汽车示范应用期内，根据评估表现，适当允许一些城市或区县加入示范群，也允许另一些城市或区县退出示范群。
27. 特别是总质量25吨以上的工业原材料、渣土、砂石骨料等运输。
28. 城市场景的1090辆氢燃料货车包括780辆用于城市物流配送的轻中型货车、310辆用于矿建材料和重型货物运输的重型货车。
29. 值得注意的是，有一些司机拥有货车且挂靠在运输企业名下，但没有注册成为个体户，本文也将其划归为个体户。

参考文献

- 北京交通大学北京综合交通发展研究院. 2022. 《北京交通发展报告(2022)》. 2022年. https://www.jingjinjicn.com/skwx_3j/bookdetail?SiteID=46&ID=6472240.
- 北京经济技术开发区管理委员会. 2022. 《北京经济技术开发区关于促进氢能产业高质量发展的若干措施》. 2022年. http://kfqgw.beijing.gov.cn/zwgkfq/zcfg/zcwj/bqzc/202210/t20221014_2835594.html.
- 北京理工大学车辆国家工程研究中心和新能源汽车国家大数据联盟. 2023. 《新能源汽车低温行驶特征及使用研究报告》.
- 北京商报. 2022. 《北京政企合力“掘金”氢能万亿市场》. 2022年. <https://www.bbtnews.com.cn/2022/0824/448781.shtml>.
- 北京市财政局, 北京市科学技术委员会, 北京市经济和信息化委员会. 2018. 《关于调整完善北京市新能源汽车推广应用财政补助政策的通知》. 2018年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/201905/t20190522_61336.html.
- 北京市财政局, 北京市科学技术委员会, 北京市经济和信息化委员会, 北京市交通委员会, 北京市商务委员会. 2015. 《北京市关于购买纯电动专用车有关财政政策的通告》. 2015年.
- 北京市财政局, 北京市科学技术委员会, 北京市经济和信息化委员会, 北京市交通委员会, 北京市商务委员会. 2016. 《关于推广应用纯电动专用车财政补助政策(修订)的通知》. 2016年. https://czj.beijing.gov.cn/zwx/tztg/201912/t20191206_891116.html.
- 北京市财政局, 北京市科学技术委员会, 北京市市政市容管理委员会, 北京市发展和改革委员会. 2011. 《北京市纯电动示范推广市级补助暂行办法》. 2011年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/gfxwj/201905/t20190522_57002.html.
- 北京市城市管理委员会. 2022. 《北京市氢燃料电池汽车车用加氢站发展规划(2021—2025年)》. 2022年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/gfxwj/202211/t20221125_2865746.html.
- 北京市大兴区人民政府. 2022. 《大兴区促进氢能产业发展暂行办法(2022年修订版)》. 2022年. <https://www.bjdx.gov.cn/bjsdxqrmz/zfwf/zfwj67/zfwj/1933672/index.html>.
- 北京市第十五届人民代表大会. 2021. 《北京市国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标纲要》. 2021年. <https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/dfzgh/202103/P020210331517775703990.pdf>.
- 北京市规划和自然资源委员会. 2020. 《北京物流专项规划》. 2020年. <http://ghzrzyw.beijing.gov.cn/zhengwuxinxi/ghcg/zxgh/>.
- 北京市交通委员会. 2020. 《北京市货车收费标准公示表》. 2020年. http://jtw.beijing.gov.cn/xxgk/tzgg/202005/t20200503_1889854.html.
- 北京市交通委员会, 北京市财政局. 2020. 《2020年北京市新能源轻型货车运营激励方案》. 2020年. http://jtw.beijing.gov.cn/xxgk/ffg/zcfg/202008/t20200821_1989096.html.
- 北京市经济和信息化局. 2021. 《北京市氢能产业发展实施方案(2021—2025年)》. 2021年. https://www.ncsti.gov.cn/zcfg/zcwj/202108/t20210816_38829.html.
- 北京市经济和信息化局. 2022a. 《北京市关于支持氢能产业发展的若干政策措施》. 2022年. http://jxj.beijing.gov.cn/zwgk/zcwj/bjszc/202208/t20220811_2790933.html.
- 北京市经济和信息化局. 2022b. 《关于开展2021—2022年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》. 2022年. https://www.beijing.gov.cn/fuwu/lqfw/gggs/202204/t20220408_2670154.html.
- 北京市经济和信息化局. 2023. 《关于开展2022—2023年度北京市燃料电池汽车示范应用项目申报的通知》. 2023年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202304/t20230418_3058192.html.
- 北京市科学技术委员会, 北京市经济和信息化局, 北京市财政局, 北京市城市管理委员会, 北京市交通委员会. 2019. 《关于调整〈北京市推广应用新能源汽车管理办法〉相关内容的通知》. 2019年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/201906/t20190626_99356.html.
- 北京市科学技术委员会, 北京市经济和信息化委员会, 北京市财政局, 北京市城市管理委员会, 北京市交通委员会. 2018. 《北京市推广应用新能源汽车管理办法》. 2018年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/201905/t20190522_60908.html.
- 北京市科学技术委员会, 北京市经济和信息化委员会, 北京市财政局, 北京市交通委员会. 2017. 《北京市推广应用新能源商用车管理办法》. 2017年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/201905/t20190522_60328.html.
- 北京市人民政府. 1984. 《关于搞好首都交通秩序的紧急通知》. 1984年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zfwj/zfwj/szfwj/201905/t20190523_70793.html.
- 北京市人民政府. 2021. 《北京市“十四五”时期生态环境保护规划》. 2021年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202112/t20211210_2559052.html.
- 北京市人民政府. 2022. 《北京市“十四五”时期能源发展规划》. 2022年. https://www.beijing.gov.cn/zhengce/zhengcefagui/202204/t20220401_2646626.html.
- 北京市生态环境局. 2021. 《北京市现阶段大气PM2.5来源解析结果新闻发布会》. 2021年. <http://sthjj.beijing.gov.cn/bjhrb/index/xxgk69/sthjlyzgw/fthg/11143030/index.html>.
- 北京市统计局, 国家统计局北京调查总队. 2022. 《北京统计年鉴2022》. 2022年. <https://nj.tjj.beijing.gov.cn/nj/main/2022-tjnj/zk/indexch.htm>.
- 财政部, 工业和信息化部, 科技部, 发展改革委, 国家能源局. 2020. 《关于开展燃料电池汽车示范应用的通知》. 2020年. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-10/22/content_5553246.htm.
- 财政部, 科技部, 工业和信息化部, 发展改革委. 2015. 《关于2016—2020年新能源汽车推广应用财政支持政策的通知》. 2015年. https://jjs.mof.gov.cn/zhengcefagui/201504/t20150429_1224515.htm.
- 财政部, 税务总局, 工业和信息化部. 2023. 《关于延续和优化新能源汽车车辆购置税减免政策的公告》. 2023年. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202306/content_6887734.htm.

工业和信息化部. 不详. 《〈道路机动车辆生产企业及产品〉、〈享受车船税减免优惠的节约能源 使用新能源汽车车型目录〉、〈免征车辆购置税的新能源汽车车型目录〉》. 见于 2023年a年8月17日. https://www.miit.gov.cn/zwgk/zcwj/wjfb/gg/art/2023/art_09a577fff43b4fbd88f6334607688069.html.

工业和信息化部. 2018. 《道路机动车辆生产企业及产品信息查询系统》. 见于 2023年b年8月21日. http://www.miit-eidc.org.cn/miitxxgk/gonggao_xxgk/index.html.

工业和信息化部, 交通运输部, 发展改革委, 财政部, 生态环境部, 住房城乡建设部, 国家能源局, 国家邮政局. 2023. 《关于组织开展公共领域车辆全面电动化先行区试点工作的通知》. 2023年. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2023-02/03/content_5739955.htm.

国家发展改革委. 2014. 《国家发展改革委关于电动汽车用电价格政策有关问题的通知》. 2014年. <https://zfxgk.ndrc.gov.cn/web/iteminfo.jsp?id=19564>.

国家税务总局. 2018. 《中华人民共和国车辆购置税法》. 2018年. <http://www.chinatax.gov.cn/chinatax/n810341/n810825/c101434/c21603687/content.html>.

国家税务总局. 2019. 《中华人民共和国车船税法》. 2019年. <http://www.chinatax.gov.cn/chinatax/n370/c5178959/content.html>.

国家统计局. 2017. 《统计上大中小微型企业划分办法(2017)》. 2017年. http://www.stats.gov.cn/sj/tjbz/gjtjbz/202302/t20230213_1902763.html.

河南省人大常委会法制工作委员会. 2023. 《关于修改〈河南省治理货物运输车辆超限超载条例〉的决定(草案)》. 2023年. <https://www.henanrd.gov.cn/2023/04-19/156710.html>.

货车帮司机平台. 不详. 《货车帮运费》. 见于 2023年8月21日. <https://www.huochebang.cn/>.

江苏省公安厅. 2023. 《省公安厅出台“十项措施”服务交通物流保通保畅》. 2023年. http://gat.jiangsu.gov.cn/art/2023/2/6/art_6392_10748840.html.

交通运输部. 2019. 《关于进一步规范高速公路入口治超工作的通知》. 2019年. <http://www.hzldzy.com/upload/file/20190405000731850.pdf>.

交通运输部, 公安部. 2017. 《公路货运车辆超限超载认定标准》. 2017年. https://www.gov.cn/gongbao/content/2018/content_5277710.htm.

交通运输部规划研究院. 2021. 《中国城市物流与最后一公里交付过程的案例研究——以苏州市为例》. 2021年. <https://transition-china.org/wp-content/uploads/2022/01/Case-Study-Research-on-Urban-Logistics-and-Last-Mile-Delivery-Processes-in-China-Suzhou-CHN.pdf>.

卡车之家. 不详. 《卡车之家-看车·买车·养车·聊车的商用车服务平台》. 见于 2023年10月27日. <https://www.360che.com/>.

林旭坤, 朱海燕, 林培群, 林成功, 何伙华, 何艺涛, 陈泽沐. 2021. 《广东省道路货物运输量专项调查数据分析及建议》. 综合运输 43(4): 22-27.

毛世越, Hussein Basma, Pierre-Louis Ragon, 周圆融, Felipe Rodríguez. 2021. 《中国重型货运卡车的拥有总成本对比分析: 纯电动、燃料电池和柴油货运卡车》.

汽车总站网. 2022. 《2022年上半年换电重卡: 重卡新能源增长最大推动力》. 2022年. <https://www.chinaautoms.com/a/new/2022/0720/21560.html>.

邱诗永, 薛露露, 蔡静, 陈佳琪, 宋丽英, 吴征. 2021. 《城市新能源物流车推广的挑战与经验: 北京的启示》. 2021年. <https://wri.org.cn/sites/default/files/2021-08/new-energy-freight-vehicles-final.pdf>.

人民网. 2020. 《北京多区确定载货汽车禁行区域 皮卡进六环受限》. 2020年. <http://auto.people.com.cn/n1/2020/0608/c1005-31738534.html>.

新能源汽车国家大数据联盟. 2022. 中国新能源汽车大数据研究报告(2022).

亚洲清洁空气中心, 清华大学环境学院和新能源汽车国家大数据联盟. 2023. 《绿卡榜: 中国卡车减污降碳进展研究》. 2023年. <https://www.efchina.org/Reports-zh/report-ctp-20230725-zh>.

中国汽车工业协会. 2023. 《城市物流车辆技术规范(征求意见稿)》. 2023年. https://www.autothinker.net/editor/attached/file/20230224/20230224163208_16575.pdf.

中国汽车技术研究中心北京工作部. 2017. 《中国货运体系评估--项目总体报告》. 2017年. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2022/01/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E8%B4%A7%E4%BD%93%E7%B3%BB%E8%AF%84%E4%BC%B0%E9%A1%B9%E7%9B%AE%E6%8A%A5%E5%91%8A-2017.11.9.pdf>.

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 2013. 《城市物流配送汽车选型技术要求》. 2013年. <https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/newGbInfo?hcno=D7259E2788711739EC79B2EF59B174A6>.

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局, 中国国家标准化管理委员会. 2016. 《汽车、挂车及汽车列车外廓尺寸、轴荷及质量限值》. <https://openstd.samr.gov.cn/bzgk/gb/newGbInfo?hcno=4D4FEB86F718FA6C4E2F8A0BB0EC9AC2>.

中汽数据有限公司. 2022. 《中国商用车TCO研究及中美对比》. C40. 2020. 《Zero-Emission Freight: Vehicle Market and Policy Development Briefing for C40 Cities》. 2020年. https://www.c40knowledge-hub.org/s/article/Zero-emission-freight-vehicle-market-and-policy-development-briefing-for-c40-cities?language=en_US.

California Constitution. 2019. 《Vehicle Code - VEH》. 2019年. <https://leginfo.ca.gov/faces/codesTOCSelected.xhtml?tocCode=VEH&tocTitle=+Vehicle+Code+-+VEH>.

Cochran, William Gemmill. 1977. *Sampling techniques*. 3d ed. Wiley series in probability and mathematical statistics. New York: Wiley.

Concept Consulting Group. 2022. 《Policies to incentivize the uptake of zero-emission trucks》. 2022年. https://www.concept.co.nz/uploads/1/2/8/3/128396759/policies_to_incentivise_the_uptake_of_zero-emission_trucks.pdf.

European Union. 2019. *Council Directive 96/53/EC of 25 July 1996 Laying down for Certain Road Vehicles Circulating within the Community the Maximum Authorized Dimensions in National and International Traffic and the Maximum Authorized Weights in International Traffic*. <http://data.europa.eu/eli/dir/1996/53/2019-08-14/eng>.

Freebairn, John. 2022. «Economic Problems with Subsidies for Electric Vehicles». *Economic Papers: A Journal of Applied Economics and Policy* 41 (4): 360–68. <https://doi.org/10.1111/1759-3441.12366>.

Holguín-Veras, José, Trilce Encarnación, Carlos A. González-Calderón, James Winebrake, Cara Wang, Sofia Kyle, Nilson Herazo-Padilla, 等. 2018. «Direct Impacts of Off-Hour Deliveries on Urban Freight Emissions». *Transportation Research Part D: Transport and Environment* 61 (六月): 84–103. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.013>.

Holguín-Veras, José, Xiaokun Cara Wang, Iván Sánchez-Díaz, Shama Campbell, Stacey D. Hodge, Miguel Jaller 和 Jeffrey Wojtowicz. 2017. «Fostering unassisted off-hour deliveries: The role of incentives». *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 102: 172–87.

Hunter, Chad, Michael Penev, Evan Reznicek, Jason Lustbader, Alicia Birky 和 Chen Zhang. 2021. «Spatial and Temporal Analysis of the Total Cost of Ownership for Class 8 Tractors and Class 4 Parcel Delivery Trucks». NREL/TP-5400-71796, 1821615, MainId:6232. <https://doi.org/10.2172/1821615>.

Hussein Basma, Claire Buysse, Yuanrong Zhou 和 Felipe Rodríguez. 不详. «Total cost of ownership of alternative powertrain technologies for Class 8 long-haul trucks in the United States». 见于 2023年11月21日. <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/04/tco-alt-powertrain-long-haul-trucks-us-apr23.pdf>.

National Motor Freight Traffic Association. 不详. «National Motor Freight Classification Standards». NMFTA - National Motor Freight Traffic Association. 见于 2023年8月17日. <https://nmfta.org/nmfc/standards/>.

Phadke, Amol, Aditya Khandekar, Nikit Abhyankar, David Wooley 和 Deepak Rajagopal. 2021. «Why Regional and Long-Haul Trucks Are Primed for Electrification Now». None, 1834571, ark:/13030/qt3kj8s12f. <https://doi.org/10.2172/1834571>.

Rensselaer Polytechnic Institute, New York City Department of Transportation 和 Rutgers University. 2013. «Integrative Freight Demand Management in the New York City Metropolitan Area: IMPLEMENTATION PHASE». 2013年. <https://cite.rpi.edu/wp-content/uploads/USDOT-OHD-Final-Report-sm-5.pdf>.

World Economic Forum. 2021. «Road Freight Zero: Pathways to Faster Adoption of Zero-Emission Trucks». World Economic Forum. 2021年. <https://www.weforum.org/reports/road-freight-zero-pathways-to-faster-adoption-of-zero-emission-trucks/>.

Wu, Xi, Jing Gong, Brad N. Greenwood 和 Yiping (Amy) Song. 2023. «The Effect of Early Electric Vehicle Subsidies on the Automobile Market». *Journal of Public Policy & Marketing* 42 (2): 169–86. <https://doi.org/10.1177/07439156221134927>.

致谢

作者向为本研究提供支持和意见的机构和专家表示诚挚的感谢。作者诚挚感谢参与本研究调研的运输企业。感谢世界资源研究所方莉博士与刘哲博士对报告提供的中肯意见和指导,也感谢为本报告的撰写提供了宝贵专业建议的专家与同事(排名不分先后):

| | |
|-----|--------------------|
| 郝春晓 | 中国环境科学研究院机动车排污监控中心 |
| 甘家华 | 交通运输部规划研究院 |
| 李晓易 | 交通运输部规划研究院 |
| 赵世佳 | 工业和信息化部装备工业发展中心 |
| 王聘玺 | 北京交通发展研究院 |
| 蒋小谦 | 世界资源研究所 |
| 黄卓辉 | 世界资源研究所 |
| 邱诗永 | 世界资源研究所 |
| 张黛阳 | 世界资源研究所 |

作者介绍

薛露露, 中国交通项目总监, 世界资源研究所(美国)北京代表处. 邮箱: Lxue@wri.org

陈轲, 交通分析员, 世界资源研究所(美国)北京代表处.

刘笑影, 技术工程师, 北京交通发展研究院.

程颖, 节能减排中心副主任, 北京交通发展研究院.

宋丽英, 副教授, 北京交通大学.

任焕焕, 副总工程师, 中汽数据有限公司.

关于世界资源研究所

世界资源研究所是一家独立的研究机构，其研究工作致力于寻求保护环境、发展经济和改善民生的实际解决方案。

我们的挑战

自然资源构成了经济机遇和人类福祉的基础。但如今，人类正以不可持续的速度消耗着地球的资源，对经济和人类生活构成了威胁。人类的生存离不开清洁的水、丰饶的土地、健康的森林和安全的气候。宜居的城市和清洁的能源对于建设一个可持续的地球至关重要。我们必须在未来十年中应对这些紧迫的全球挑战。

我们的愿景

我们的愿景是通过对自然资源的良好管理以建设公平和繁荣的地球。我们希望推动政府、企业和民众联合开展行动，消除贫困并为全人类维护自然环境。

我们的工作方法

量化

我们从数据入手，进行独立研究，并利用最新技术提出新的观点和建议。我们通过严谨的分析、识别风险，发现机遇，促进明智决策。我们重点研究影响力较强的经济体和新兴经济体，因为它们对可持续发展的未来具有决定性意义。

变革

我们利用研究成果影响政府决策、企业战略和民间社会行动。我们在社区、企业和政府部门进行项目测试，以建立有力的证据基础。我们与合作伙伴努力促成改变，减少贫困，加强社会建设，并尽力争取卓越而长久的成果。

推广

我们志向远大。一旦方法经过测试，我们就与合作伙伴共同采纳，并在区域或全球范围进行推广。我们通过与合作伙伴交流，实施想法并提升影响力。我们衡量成功的标准是，政府和企业的行动能否改善人们的生活，维护健康的环境。

图片说明

Cover 699pic.com; pg. i Unsplash/Tao Yuan; pg. iv XU Lulu; pg. vi Unsplash/shen liu; pg. vi-vii <http://www.13910087904.com/product/47.html>; pg. vii www.cvpower.cn; pg. xii Unsplash/Xuyu Chi; pg. xiv ZHANG Ye; pg. xx ZHANG Rui; pg. 6 <http://www.13910087904.com/product/33.html>; pg. 12 Unsplash/zhang kaiyv; pg. 19 Unsplash/Nakaharu Line; pg. 20 www.beijingtrucks.com; pg. 43 <http://www.13910087904.com/product/34.html>; pg. 44 Unsplash/Tony Wan; pg. 60 ZHANG Ye.

世界资源研究所 (WRI) 出版物, 皆为针对公众关注问题而开展的适时性学术性研究。
世界资源研究所承担筛选研究课题的责任, 并负责保证作者及相关人员的研究自由, 同时积极征求和回应咨询
团队及评审专家的指导意见。若无特别声明, 出版物中陈述观点的解释权及研究成果均由其作者专属所有。





世界资源研究所
WORLD RESOURCES INSTITUTE

世界资源研究所(美国)北京代表处
北京市东城区东中街9号
东环广场写字楼A座7层K-M室
邮编:100027
电话:+86 10 6416 5697
WWW.WRI.ORG.CN