

报告

驶向2035:

中国新能源重卡在区域与
长途运输场景中的推广潜力研究

**Charging toward 2035: Policies to accelerate
zero-emission heavy-duty trucks in China's
regional and long-haul freight**

陈轲、薛露露



作者介绍

薛露露 | 高级研究员，世界资源研究所
可持续转型中心

邮件: lxue@wri.org

陈轲 | 副研究员，世界资源研究所可持
续转型中心

版面设计

张烨

致谢

作者感谢为本研究提供支持 with 专业洞见的有关专家，以及为本文的撰写提供宝贵专业
建议的专家和同事（排名不分先后）：

柴麒麟	国家气候战略中心
郝春晓	中国环境科学研究院机动车排污监控中心
任焕焕	中国汽车技术研究中心有限公司
何 卉	国际清洁交通委员会
郝 旭	北京科技大学
林镇宏	华南理工大学
薛兴宇	阿美亚洲（Aramco Asia）
Craglia Matteo	加州大学戴维斯分校
蒋小谦	世界资源研究所
冉纯嘉	世界资源研究所
张黛阳	世界资源研究所
张依倩	世界资源研究所
Cristina Albuquerque	世界资源研究所
Stephanie Ly	世界资源研究所
Sharvari Patki	世界资源研究所

上述专家的审阅意见仅代表其对本文的学术性把关，并不代表完全认同本文内容。对
于本文的任何错误和疏漏，相关责任皆由作者承担。

感谢世界资源研究所方莉博士、刘哲博士、苗红在报告撰写过程中提供的宝贵意见与
专业指导。同时，感谢Alex Martin、Romain Warnault与张烨在报告编辑与设计方面的贡献，
以及Allison Meyer所提供的协助与支持。

引用建议

陈轲、薛露露. 2025. "驶向2035: 中国新能源重卡在区域与长途运输场景中的推广潜力研究" 报告. 北京: 世界资
源研究所. <https://doi.org/10.46830/wriipt.25.00015>.

版本 1

2025年10月



目录

3	执行摘要	69	第五章. 强化政策情景的研究结论
4	亮点	70	强化政策有助于推动新能源重卡近期 (MY2027—2030) 在区域运输场景中的快速普及, 并促进其MY2032后在长途运输场景中实现初步增长, 其政策效果因货车车型、应用场景和零排放技术而异
4	关于本研究	78	上述研究结论对政策力度的设定具有较高的敏感性
7	主要研究结论	87	第六章. 研究局限性与讨论
9	政策启示	88	模型方法的不确定性
13	Executive Summary	89	与此前研究的差异
23	第一章. 研究问题	91	第七章. 建议
27	第二章. 研究方法	94	附录
29	场景定义与新能源重卡的参数配置	94	附录A. 全球零排放重卡政策激励: 中国采纳的措施
32	新能源重卡购置决策变量的选择与量化	96	附录B. 本文数据输入假设
35	充电时间成本、里程焦虑和车辆残值的量化方法	101	附录C. 无政策情景下新能源重卡的增量成本与年度运营成本节约额
37	新能源重卡的成本回收期和市场渗透率的预测方法	104	附录D. 新能源重卡载质量损失预测
38	情景预测与不确定性分析	105	缩略词
43	第三章. 无政策情景的研究结论	106	参考文献
44	预计MY2030—2034期间, 新能源重卡在区域运输场景中具备成本竞争力, 但在长途运输场景中仍处于推广初期	107	脚注
49	重卡的运营不确定性导致新能源重卡的市场渗透率存在较大波动空间	113	关于WRI
57	第四章. 现有政策情景的研究结论		
58	现有政策可显著提高纯电动半挂牵引车在区域运输场景中的近期推广潜力		
62	部分现有政策对新能源重卡购买阶段的资本支出具有显著影响		
64	技术、成本及运营不确定性导致新能源重卡的市场渗透率呈现不确定性		





执行摘要

本研究评估了2024—2035年中国新能源重卡在区域运输场景和长途运输场景中的推广潜力,并通过情景预测,为新能源重卡推广目标设定与政策制定提供参考依据。

亮点

- 本研究评估了2024—2035年中国新能源重卡在区域运输场景和长途运输场景（以日行驶里程800千米为分界线）中的推广潜力，并通过情景预测，为新能源重卡推广目标设定与政策制定提供参考依据。
- 在充电基础设施持续完善的条件下，区域运输场景可考虑设定较高的2030年新能源重卡推广目标。然而，长途运输场景的推广难度较大，相关目标宜设定于2035年。
- 现有政策预计可在2027年前显著提升区域运输场景中新能源重卡的市场渗透率，特别是纯电动半挂牵引车。但若2027年后缺乏持续性政策，其市场渗透率可能出现回落，需考虑“后补贴”阶段的接续机制。
- 在本文所评估的政策中，道路通行费减免对提升新能源重卡市场渗透率的作用最为显著，但需审慎评估其对财政收入的潜在影响，可探索差异化收费或基于碳排放的道路收费机制。
- 充电基础设施是推广新能源重卡的必要条件，也是影响其市场渗透率的关键因素，在主要运输走廊与重点物流节点部署重卡专用充电设施建设同等重要。
- 2025—2030年，为推进氢燃料电池重卡的应用，可考虑延续相关补贴机制，或重点在氢气资源富集、供应成本低的地区推广。

关于本研究

为减少碳排放和空气污染物，推广新能源重卡至关重要。2021—2024年间，中国新能源重卡的市场渗透率（即新能源重卡销量占重卡新车销量的比例）快速增长，从不足1%上升至14%。截至2024年底，新能源重卡市场渗透率达到14%（CATARC 2025）。

目前，新能源重卡主要应用于封闭、高频短倒¹与城市运输场景（Li et al. 2024; NEICV 2022）。然而，随着技术与成本持续优化，新能源重卡有望进一步扩展至重卡最主要的应用场景——区域运输场景与长途运输场景（CATARC 2017）。**为实现新能源重卡在更广泛场景中的推广，中国需建立明确的推广目标并构建系统的政策体系**（Chen and Xue 2024; Al-Alawi et al. 2022）。设立新能源重卡的推广目标并出台配套政策，能够带来诸多益处，如为行业提供稳定的发展预期，吸引相关产业与基础设施投资，促进新能源汽车产业发展，助力国家实现气候目标，以及减少空气污染物排放等（Ghate et al. 2025）。

本研究旨在探讨**近期（2035年前）需求侧政策如何促进新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的推广**。在场景选择方面，本研究聚焦于区域运输场景和长途运输场景，不仅因为它们是重卡的主要应用场景，也由于新能源重卡在这些场景中仍面临推广挑战。在车型方面，本研究关注半挂牵引车与重型载货汽车，因为二者在上述场景中保有量最高。在技术路径方面，本研究仅关注纯电动汽车与燃料电池汽车，不含插电式混合动力汽车。此外，受数据限制，本研究未考虑换电式重卡。最后，考虑到中国重卡运营主体是个体司机和挂靠司机（TUC 2022），本文将将其纳入分析框架，以小微运输企业视角评估新能源重卡的推广潜力。

在研究方法方面，本文构建了三类情景，预测车型年份²（Model Year, 以下简称MY）2024—2035年期间，新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的市场渗透率（见图ES-1）：

首先，本文测算了无政策情景下，分场景的新能源重卡市场渗透率。为此，本文先预测了新能源重卡相对于柴油重卡的资本支出增量所对应的成本回收期（payback periods, 以下简称新能源重卡成本回收期）以及新能源重卡的总拥有成本（TCO）。随后，本文采用两套模型，分别预测新能源重卡的市场渗透率：模型一为美国环保署（EPA）基于新能源重卡成本回收期构建的市场渗透率对应关系（EPA 2024a），本文对其进行中国本土化修正；模型二为TransTEC离散选择模型（ECD SCUT 2024），



该模型以新能源重卡TCO为变量预测市场渗透率。在测算新能源重卡的成本回收期与TCO过程中，本研究识别并量化的关键决策变量不仅限于成本项，还包括里程焦虑、载质量损失等非成本因素，以全面反映运输企业（尤其是小微运输企业）的采购决策考量。

其次，为评估需求侧政策对新能源重卡推广的作用，本文构建了两类政策情景（见表ES-1）：第一类为现有政策情景，涵盖“以旧换新”补贴与新能源汽车车辆购置税减免等政策；第二类为强化政策情景，包括额外政策，如新能源重卡道路通行费减免、充电基础设施加速部署等。在此基础上，本研究进一步开展不确定性分析，探讨运营不确定性、新能源技术迭代不确定性、油价/电价不确定性及政策力度变化等对近期新能源重卡推广的影响。

图 ES-1 | 本研究的方法框架



缩略词：ZET=新能源重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；CAPEX=车辆资本支出，即车辆购买时的一次性费用支出；OPEX=运维成本；TCO=总拥有成本。

说明：本研究假设，续航里程较短的纯电动重卡除夜间在私人货运场站或公共夜间充电系统（NCS）完成充电外，白天还会在公共快充站或兆瓦级充电系统（MCS）进行补电；而续航里程较长纯电动重卡仅需夜间在私人货运场站或公共夜间充电系统进行单次充电。

来源：WRI作者汇总。

表 ES-1 | 关于本研究各情景的核心假设

情景类别	情景	情景假设
无政策情景	1. 无政策情景 • No_policy	未实施任何新能源重卡推广政策
现有政策情景	2. 现有政策情景 • Current_policy	本情景分别评估以下政策的单独作用及其叠加效应： • “以旧换新”补贴：运输企业在报废“国四”及以下排放标准的营运货车并购置新能源重卡时，可按规定享受相应补贴（MOT et al. 2025）。本研究假设该政策实施至2027年底（State Council 2024; Shanghai Government 2024） • 新能源汽车车辆购置税减免：在2027年年底前，新能源重卡可享受全部或部分车辆购置税免征优惠（MOF et al. 2018; 2023） • 氢燃料电池汽车示范城市群补贴：在2025年年底前，五大示范城市群将提供氢燃料电池汽车购置补贴与加氢运营补贴（MOF et al. 2020; 2021）
强化政策情景	3. 减免道路通行费 • Road_charge_15% • Road_charge_50% • Road_charge_100%	在现有政策情景的基础上，假设在2024—2035年间对 新能源重卡分别给予15%（Road_charge_15%）、50%（Road_charge_50%）与100%（Road_charge_100%） 的高速公路通行费减免
	4. 加速推广重卡充电基础设施 • Accel_charge - Accel_DCFC - Accel_depot • Accel_MCS	在现有政策情景的基础上，假设进一步加速建设重卡专用充电基础设施（Accel_charge情景），该情景为以下两项措施的组合： • 加速推广重卡专用公共快充站（Accel_DCFC）：在2030年实现区域运输场景、2035年实现长途运输场景中重卡专用公共快充站的全国100%覆盖。兆瓦级充电系统的建设进度相对滞后，预计至2035年其在两类场景中的全国覆盖率均为60% • 推动货运场站或公共夜间充电系统的夜间低成本充电（Accel_depot）：将货运场站及公共夜间充电系统的充电成本由0.9元/千瓦时降低至0.6元/千瓦时 针对长途运输场景，本文还专门设置了加速发展公共兆瓦级充电系统的情景（Accel_MCS）。假设至2035年实现重卡专用兆瓦级充电站与公共快充网络的双重100%全国覆盖
	5. 提高车辆最大设计总质量 • Weight_increase	在现有政策情景的基础上，假设在新能源重卡的车辆最大设计总质量不超过其最大轴载荷的前提下， 额外给予其2吨的重量豁免 。该设定参考了欧盟关于零排放车辆可较传统柴油重卡最大设计总质量额外增加2吨的规定（EU 2019）
	6. 氢燃料电池货车补贴 • FCET_subsidies - FCET_purchase - H ₂ subsidy	本情景在现有政策情景的基础上，假设氢燃料电池汽车示范城市群补贴将延续： • 购置补贴（FCET_purchase）：假设自2026年起，购置补贴标准降至2025年水平的50%，至2030年进一步下调至20%，并于2030年后全面退出 • 加氢补贴（H₂subsidy）：假设加氢补贴下，枪口加氢价格可降至25元/千克
	7. 新能源重卡残值担保 • Residual_value_20% • Residual_value_30%	在现有政策情景的基础上，本研究进一步设定政府部门为 新能源重卡提供不低于零售价格20%的残值担保（Residual_value_20%） 。此外，为进行不确定性分析，本文还设置了残值担保比例提高至零售价格30%的情景（Residual_value_30%）

缩略词：ZET=新能源重卡；FCET=氢燃料电池重卡；RD=区域运输场景；LH=长途运输场景；NCS=公共夜间充电系统；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统。

说明：在强化政策情景中，蓝色字体情景被定义为核心政策情景，其余情景均归类为政策不确定性分析，旨在评估政策力度变化对政策效果的影响。

来源：WRI作者汇总。

主要研究结论

本文测算了MY2025—2035期间，新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的成本回收期、TCO与市场渗透率，并将5年内回收成本作为区域运输场景中新能源重卡具备成本竞争力的阈值，在长途运输场景中，该阈值设定为4年内回收成本。

主要研究结果如下：

第一，无政策情景下，区域运输场景中新能源重卡的市场渗透率在MY2030前有望达到2%~17%的水平；但长途运输场景中，新能源重卡的推广在MY2035前仅处于起步阶段，市场渗透率持续处于低位。

在区域与长途运输场景中，新能源半挂牵引车的推广潜力明显高于新能源重型载货汽车。这主要是因为新能源载货汽车与柴油载货汽车之间有更大的TCO成本差：一方面，新能源重型载货汽车的载质量损失问题比新能源半挂牵引车更为突出；另一方面，柴油重型载货汽车本身能耗更低、购置成本也低于柴油半挂牵引车，进一步增加了新能源重型载货汽车推广的难度。

在技术路线方面，纯电动重卡在区域运输场景中更具成本竞争力，预计将占据主导地位。而在长途运输场景（尤其是半挂牵引车）中，最优技术路线仍存在不确定性：在日行驶里程较短、时效要求低且承运轻抛货（即无载质量损失）的长途运输中，纯电动重卡更具优势；而在日行驶里程长、时效要求高³且承运重货的长途运输中，氢燃料电池重卡的经济性更为突出。

第二，本研究评估的现行政策能有效提升新能源重卡市场渗透率，尤其对区域运输场景中年行驶里程较长的纯电动半挂牵引车效果最为显著（见图ES-2）。然而，这些政策是否能在短期内持续推动新能源重卡的推广，仍需进一步斟酌。

在现有政策中，“以旧换新”补贴对缩短新能源重卡成本回收期、提升新能源重卡市场渗透率最为有效。相比之下，车辆购置税减免和氢燃料电池汽车示范城市群补贴的作用较为有限。

值得注意的是，现行“以旧换新”补贴与车辆购置税减免政策将于2028年前到期，而届时新能源重卡TCO仍可能处于较高水平。若缺乏后续政策支持，其市场渗透率可能出现回落（见图ES-2）。

第三，与现有政策相比，本研究所分析的强化政策有望显著提升新能源重卡在区域运输场景中的市场渗透率；而在长途运输场景中，则需要更有力且持续的政策支持，方可在MY2035前达到一定的市场渗透率。具体而言：

在现有政策与强化政策叠加作用下，新能源重卡在区域运输场景中的市场渗透率呈现强劲增长——预计在MY2027—2030期间，其市场渗透率有望超过50%（见图ES-3）。

在强化政策推动下，新能源重卡在长途运输场景中的市场渗透率，虽可能在MY2035达到较高市场渗透率，但其显著增长主要出现在MY2032—2035间（见图ES-4）。这表明针对长途运输的政策支持可能需持续至2035年左右才显效。

图 ES-2 | 现有政策情景下新能源重卡的市场渗透率（区域运输场景，MY2024—2035）

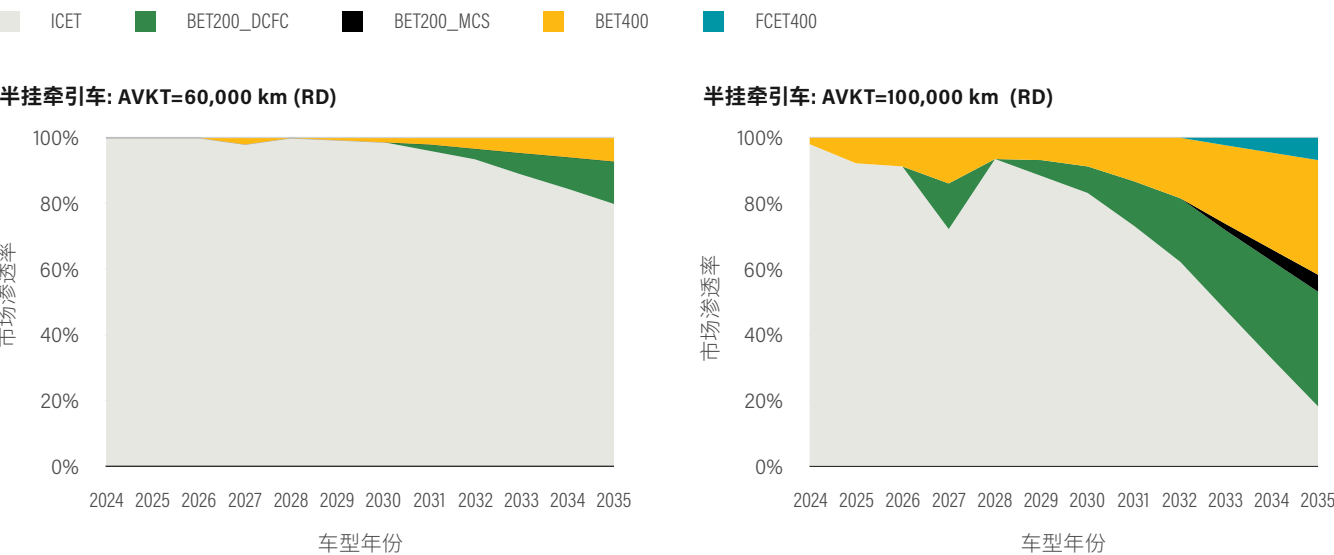
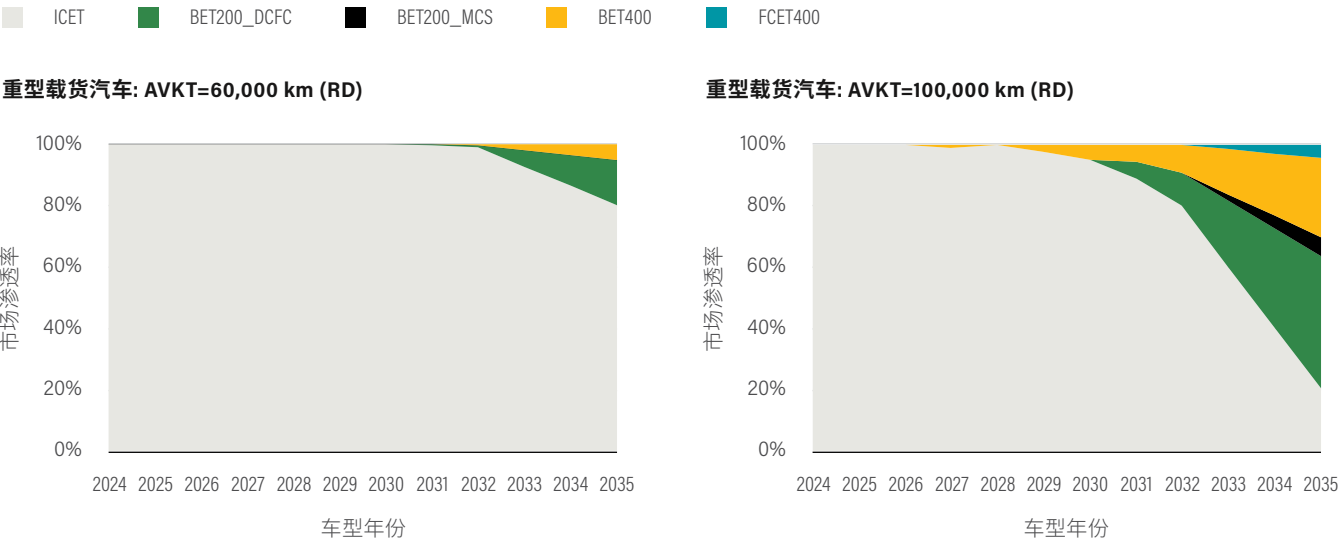


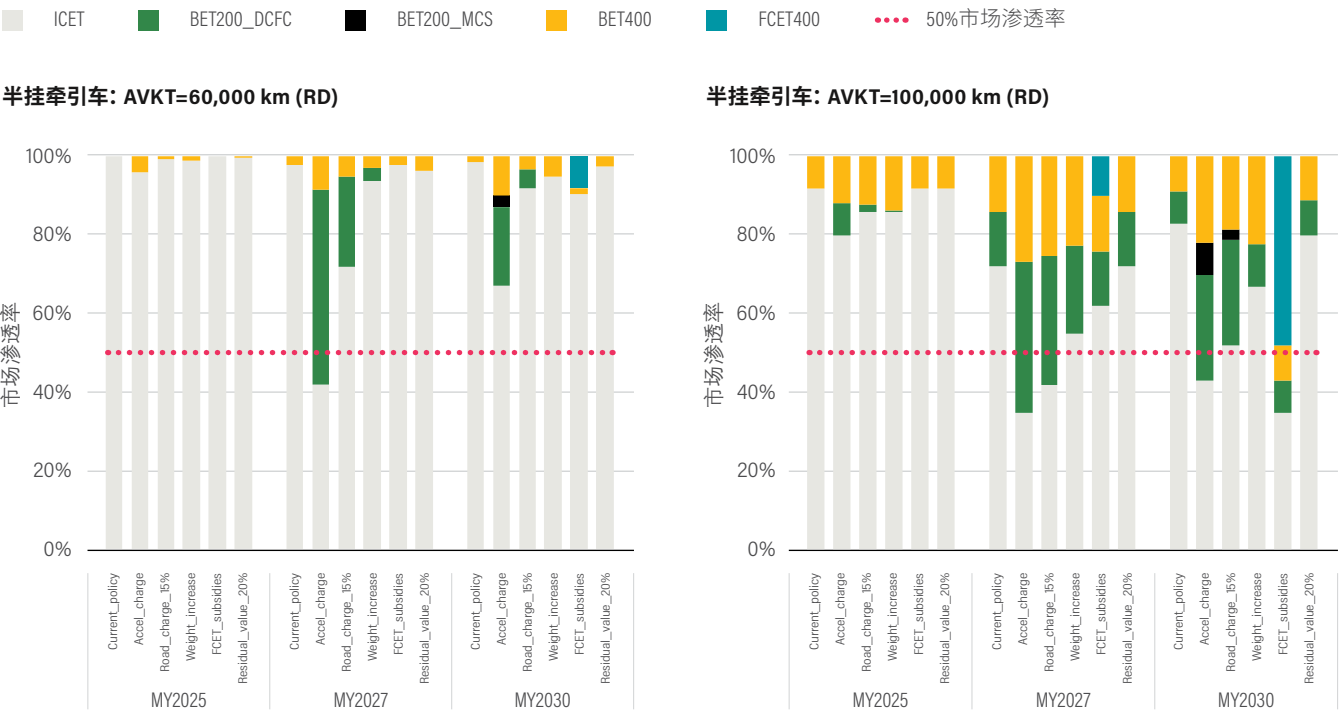
图 ES-2 | 现有政策情景下新能源重卡的市场渗透率(区域运输场景, MY2024—2035) (续)



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET200_DCFC=续航里程为200至250千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站(depot)或公共夜间充电系统(NCS)进行夜间充电外, 还在白天通过公共快充站进行补电; BET200_MCS=续航里程为200至250千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间充电外, 还在白天通过兆瓦级充电系统(MCS)进行补电; BET400=续航里程为400至450千米的纯电动重卡, 仅在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间单次充电; FCET400=续航里程为400至450千米的氢燃料电池重卡; AVKT=年行驶里程; RD=区域运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。

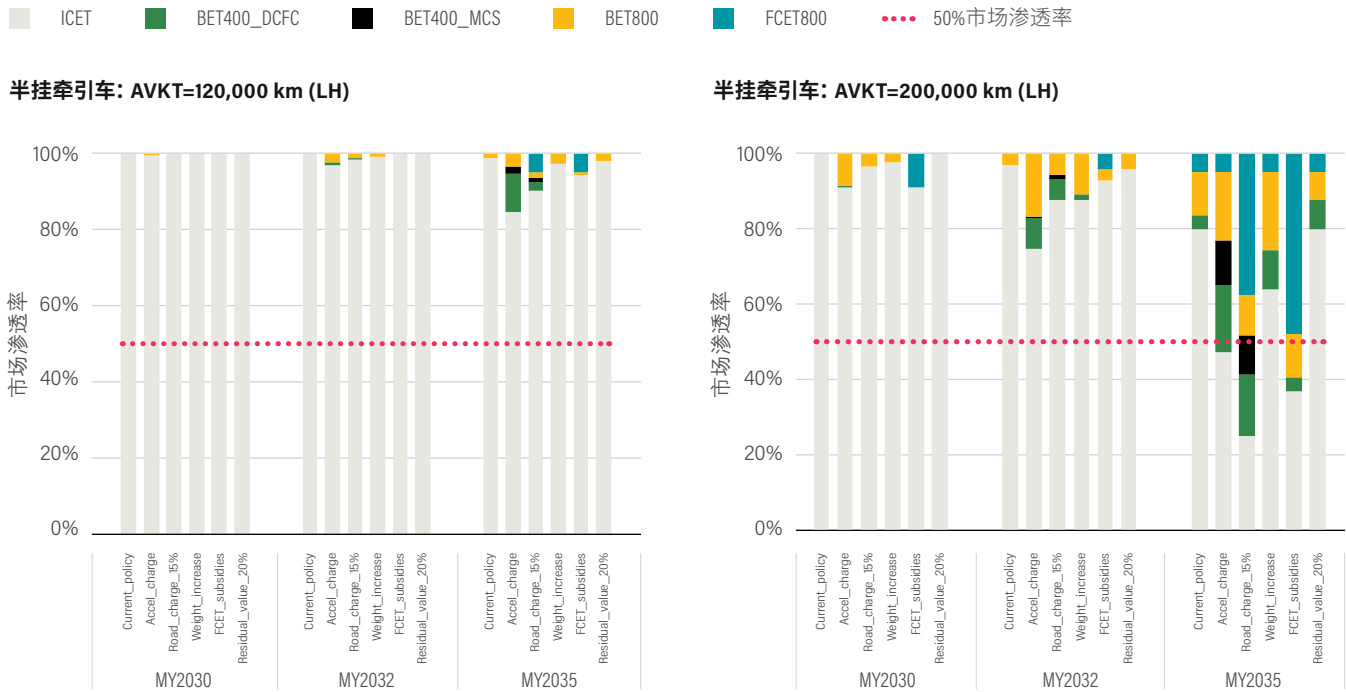
图 ES-3 | 强化政策情景下新能源半挂牵引车的市场渗透率(区域运输场景, MY2025—2030)



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET200_DCFC=续航里程为200至250千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站或公共夜间充电系统(NCS)进行夜间充电外, 还在白天通过公共快充站进行补电; BET200_MCS=续航里程为200至250千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间充电外, 还在白天通过兆瓦级充电系统(MCS)进行补电; BET400=续航里程为400至450千米的纯电动重卡, 仅在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间单次充电; FCET400=续航里程为400至450千米的氢燃料电池重卡; AVKT=年行驶里程; RD=区域运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。

图 ES-4 | 强化政策情景下新能源半挂牵引车的市场渗透率(长途运输场景, MY2030—2035)



缩写词: ICET=传统燃油重卡; BET400_DCFC=续航里程为400至450千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站或公共夜间充电系统(NCS)进行夜间充电外, 还在白天通过公共快充站进行补电; BET400_MCS=续航里程为400至450千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间充电外, 还在白天通过兆瓦级充电系统(MCS)进行补电; BET800=续航里程为800至850千米的纯电动重卡, 仅在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间单次充电; FCET800=续航里程为800至850千米的氢燃料电池重卡; AVKT=年行驶里程; LH=长途运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。

第四, 强化政策的效果因政策力度不同而有所差异(见图ES-3和图ES-4)。例如, 若将高速公路通行费减免幅度从15%提高至50%(对应情景Road_charge_50%), 该措施将超越Accel_charge(即“加快部署公共快充站”和“降低夜间充电成本”的政策组合), 成为本研究中提升新能源重卡市场渗透率最为有效的政策手段。

第五, 运营、技术与电价/油价的不确定性, 将显著影响上述新能源重卡市场渗透率的结论。首先, 运营不确定性(如年行驶里程、日行驶里程、货物类型和时效性要求等)会导致新能源重卡渗透率产生较大波动。例如, 在无政策情景下, MY2030区域运输场景中新能源重卡的市场渗透率因运营差异可能在1%~48%区间浮动。其次, 纯电动重卡推广还受车辆能耗、电池成本、柴油价格及充电成本等参数扰动。例如, 在现有政策情景下, 上述参数±10%的变化可能使MY2027区域运输场景中新能源重卡的市场渗透率在4%~65%之间波动。

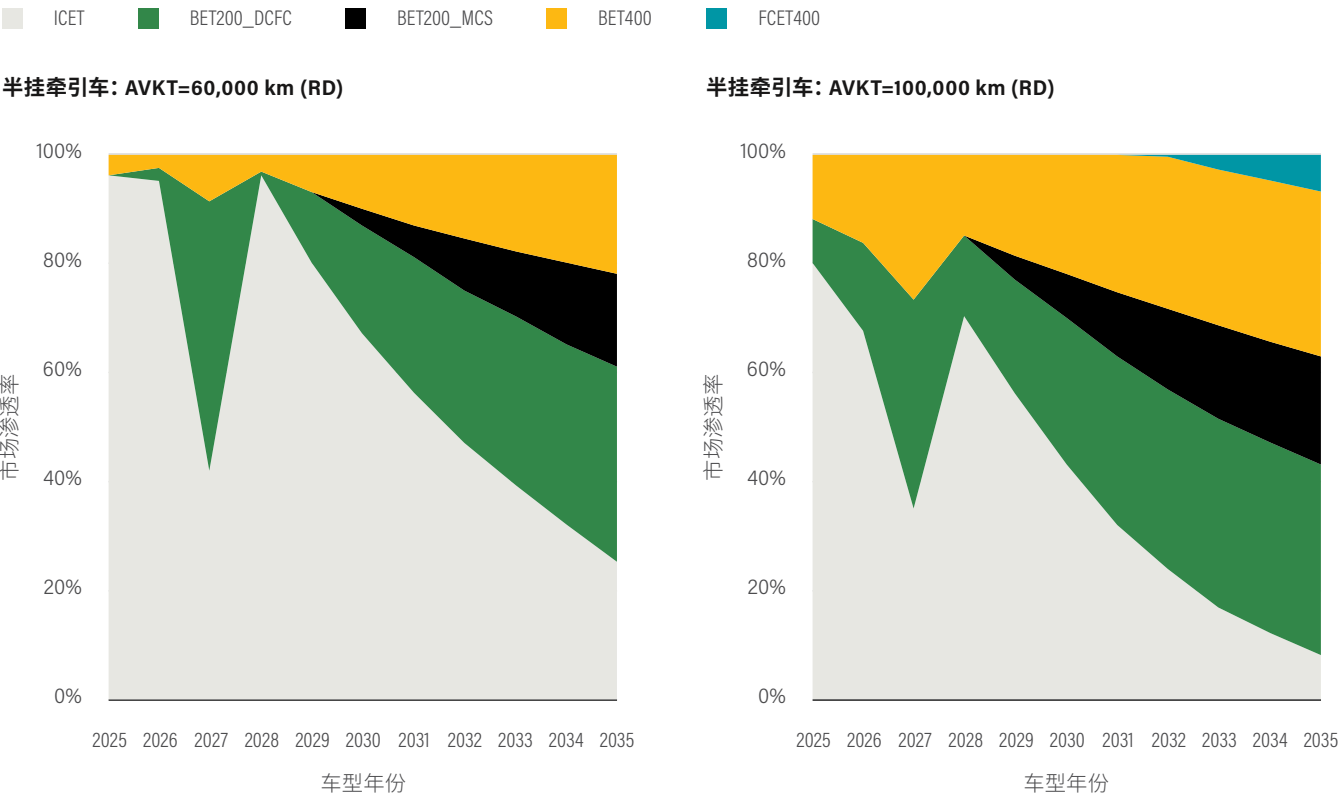
政策启示

上述研究结论可得出以下政策启示:

第一, 国家层面可考虑制定分场景、分车型的新能源重卡推广目标。在“十五五”及其后续规划中, 明确设定相关目标, 有助于稳定产业链预期, 并为基础设施投资提供指引。鉴于不同场景与货车车型的市场渗透率差异显著, 目标设置应体现差异化:

近期, 新能源重卡在区域运输场景中具备较大推广潜力, 尤其是半挂牵引车,可考虑设定较高的2030年目标。具体而言, 若充电基础设施能够及时就位(Accel_charge情景), 2030年区域运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率有望达到33%~57%(见图ES-5)。

图 ES-5 | Accel_charge情景下新能源半挂牵引车的市场渗透率 (区域运输场景, MY2025-2035)



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET200_DCFC=续航里程为200至250千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站或公共夜间充电系统 (NCS) 进行夜间充电外, 还在白天通过公共快充站 (DCFC) 进行补电; BET200_MCS=续航里程为200至250千米的纯电动重卡, 除在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间充电外, 还在白天通过兆瓦级充电系统 (MCS) 进行补电; BET400=续航里程为400至450千米的纯电动重卡, 仅在私人货运场站或公共夜间充电系统进行夜间单次充电; FCET400=续航里程为400至450千米的氢燃料电池重卡; AVKT=年行驶里程; RD=区域运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。

相比之下, 长途运输场景中新能源重卡推广在此阶段仍处于起步期, 2030年前可设定较低目标, 2035年则可适度上调目标 (特别是针对新能源半挂牵引车)。具体而言, 随着充电基础设施不断完善 (Accel_charge情景), 2035年长途运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率预计可达15%~53%。

考虑到运营、技术和油价/电价等因素的不确定性对新能源重卡推广影响显著, 建议配套采取以下措施, 以保障推广目标实现: 出台新能源重卡能量消耗量标准; 打击非法黑加油站, 降低柴油补贴或税费优惠; 建立关键原材料与氢能的期货交易市场; 针对交通燃料引入碳定价机制 (OIES 2024; MPP et al. 2022; Yang 2020)。

第二, 尽管本研究表明, 在2024—2035年间实施新能源重卡50%的道路通行费减免是各项措施中推广效果最佳的一项, 但其实实施仍需审慎。本文预测结果表明, 在MY2024—2035期间, 50%道路通行费减免 (Road_charge_50%) 与100%道路通行费减免 (Road_charge_100%), 对新能源重卡的推广效果基本相当。这说明, 仅实施部分道路通行费减免, 即可有效推动新能源重卡的普及。

值得注意的是, 受模型限制, 本研究未评估道路通行费减免对财政收入的影响, 因此仍需开展相关评估, 以判断道路通行费减免政策的实际可行性。同时, 可参考欧盟基于碳排放的道路收费机制 (EU 2022), 对不同排放水平的货车实施差异化费率, 以弥补道路养护资金可能出现的缺口。

第三，重卡专用公共快充网络的加速建设与夜间充电成本的降低，是本研究中效果第二显著且不可或缺的政策措施。此外，最优的充电站部署策略因具体应用场景而异：

在区域运输场景中，加快建设重卡专用公共快充站（Accel_DCFC，即2035年实现全国100%覆盖）与降低夜间充电成本（Accel_depot，2024—2035年间货运场站及公共夜间充电站的充电成本为0.6元/千瓦时），二者组合实施（Accel_charge）效果最佳，其推动作用大于任一单项政策。这表明，在制定充电基础设施相关政策时，不仅需优先加快高速公路及国（省）道沿线重卡专用公共充电站和走廊的建设，还需确保货运场站、物流枢纽的公共夜间充电系统能提供低成本的充电服务。

在长途运输场景中，以下两种充电站部署策略所带来的新能源重卡市场渗透率相近：

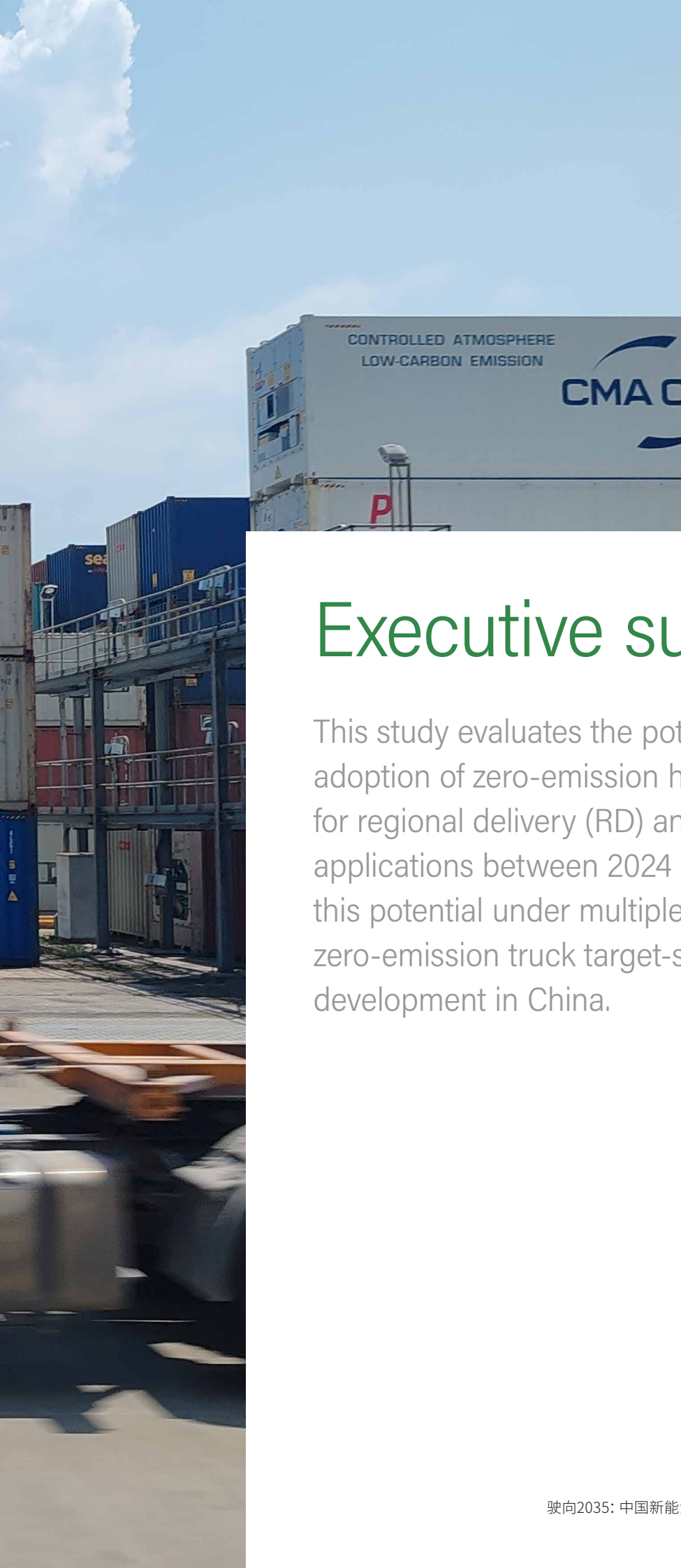
- Accel_charge（即Accel_DCFC和Accel_depot两项政策组合实施）。这表明，即便不部署兆瓦级充电站，通过协同推进“低成本的（公共）夜间充电系统”与“全面覆盖重卡公共快充网络”，仍可有效支持新能源重卡的推广。
- Accel_MCS（到2035年实现兆瓦级充电站与公共快充站的全国100%覆盖）。这表明，即便没有低成本（公共）夜间充电系统，仅靠覆盖全国的重卡专用公共快充与兆瓦级充电网络，也能在长途运输场景中同等推动纯电动重卡的普及，但前提是兆瓦级充电站的充电成本需控制在较低水平（如1.3元/千瓦时）。

第四，为促进氢燃料电池重卡的推广，在2030年前，购置补贴与加氢补贴均具有重要作用；2030年后，加氢补贴可能仍有必要。但在氢气资源富集、供应成本较低的地区，则可以降低对两类补贴的依赖。随着氢燃料电池重卡TCO逐步下降，补贴结构也需相应调整。在近期（MY2025—2030），除氢气资源丰富、供应成本较低的地区外，购置补贴（FCET_purchase）与加氢补贴（H₂subsidy）对提升氢燃料电池重卡在区域运输场景和长途运输场景中的市场渗透率均不可或缺。在中长期（MY2030后），随着氢燃料电池重卡的购置成本进一步下降，仅依靠本研究设定的加氢补贴政策即可支持其推广。值得注意的是，在氢气资源富集、供应具备成本优势的地区，可相应降低对两类补贴的依赖程度。

第五，激励政策的效果因货车车型（及应用场景）不同而存在差异。在近期，新能源半挂牵引车具备较大的推广潜力，而新能源载货汽车则需要更大力度的政策支持。以区域运输场景为例，由于纯电动半挂牵引车与柴油车型之间的成本差距较小，同等政策对其市场渗透率的提升作用更为突出。相比之下，新能源载货汽车需额外政策支持：纯电动载货汽车因载质量损失比纯电动半挂牵引车更显著，更需要提高最大设计总质量；氢燃料电池载货汽车由于与柴油车型的购置成本差距更大，需要比氢燃料电池半挂牵引车更高额度的补贴。

第六，考虑完善按场景与车型细分的货车运营数据统计体系与分析方法。准确掌握现有重卡的行驶里程、载质量分布及按场景的销量等数据，对制定有效政策和推动产业协同至关重要。在中国，为监管超速和超时工作，交通运输部等部门（2014）已要求所有重卡安装全球定位系统（GPS），这为采集相关运营数据奠定了基础。为进一步推广新能源重卡，建议相关部门系统收集并分析按场景与车型分类的运营数据，并将分析结果与关键利益相关方（如充电设施运营商等）共享，以支持精准政策制定与基础设施协同规划。





Executive summary

This study evaluates the potential for China's adoption of zero-emission heavy-duty trucks for regional delivery (RD) and long-haul (LH) applications between 2024 and 2035. It examines this potential under multiple scenarios, to inform zero-emission truck target-setting and policy development in China.

HIGHLIGHTS

- This study evaluates the potential for China's adoption of zero-emission heavy-duty trucks for regional delivery (RD) and long-haul (LH) applications between 2024 and 2035.
- It examines this potential under various scenarios, aiming to inform zero-emission truck (ZET) target-setting and policy development.
- The expected availability of a robust charging network makes pursuing a high ZET adoption target by 2030 possible for RD tractor trailers.
- For the LH application, a ZET promotion target could be considered for 2035.
- Current policies are proving effective in boosting ZET market share through 2027, particularly for battery electric RD tractor trailers. However, without sustained policies, ZET market share will likely decline afterward.
- Cutting road charges by half for ZETs is the most impactful policy identified in this study, although it could reduce public revenue.
- Expanding the charging network is the second-most influential—but essential—policy measure. Charging infrastructure deployment strategies should be tailored to the specific needs of RD and LH applications.
- Both fuel cell electric truck (FCET) purchase subsidies and hydrogen refueling subsidies are essential through 2030 to support continued FCET adoption.

ABOUT THIS REPORT

To reduce carbon and air pollutant emissions, it will be important to promote ZETs—battery electric trucks and fuel cell electric trucks.

The adoption of zero-emission heavy-duty trucks (HDTs) in China grew rapidly from 2021 to 2024, with zero-emission HDTs accounting for 14 percent of new HDT sales by the end of 2024 (CATARC 2025). Although the current adoption of ZETs is primarily concentrated in closed-loop applications and urban delivery (Li et al. 2024a; NEICV 2022),¹ zero-emission heavy-duty trucks are expected to be used more often for both regional delivery and long-haul applications—the two most common HDT applications in China (CATARC 2017).

At present, China lacks clear targets, roadmaps, and systematic policy incentives to drive broader adoption of zero-emission heavy-duty trucks (Chen and Xue 2024; Al-Alawi et al. 2022). Clear targets and policies for the deployment of zero-emission heavy-duty trucks could benefit China in multiple ways. They reduce investment risks and attract private capital for ZET production and infrastructure development. Also, such targets will help China reach national climate goals, yield substantial public health benefits through reduced air pollutant emissions, and strengthen China's economy by advancing ZET industries (Ghate et al. 2025).

This study aims to provide policymakers with insights into how China can accelerate the adoption of zero-emission heavy-duty trucks in key applications in the near term (by 2035) through demand-side policy interventions. To address these questions, the study focuses on regional delivery and long-haul applications. Both are widespread but face significant challenges transitioning to zero-emissions. The analysis concentrates on tractor trailers and straight trucks, as they are the most commonly used in RD and LH operations. Since China's heavy-duty truck fleet is largely operated by small and medium-sized enterprises (SMEs) (TUC 2022), this study includes affiliated and self-employed individuals, to evaluate ZET adoption from the perspective of these smaller fleet operators.

This study assesses the potential for China's adoption of zero-emission heavy-duty trucks between 2024 and 2035, for the RD and LH applications, under three sets of scenarios. The research methodology and modeling steps are outlined below and in Figure ES-1.



To assess the future ZET market share by application from 2024 to 2035 without policy intervention, this study projects ZET payback periods and total cost of ownership (TCO) by application. Two models are then used to forecast market share: an adapted version of the predefined relationship between ZET payback periods and market share, as formulated by the US Environmental Protection Agency (EPA 2024a), and TransTEC (ECD of SCUT 2024), a discrete choice model that estimates ZET market share based on TCO. To estimate ZET payback periods and TCO, this study identifies the key factors that affect the decision of fleet operators (particularly SMEs) to switch to ZETs and quantifies these factors in terms of payback periods and TCO.²

To evaluate the impact of different demand-side policy interventions on future ZET market share, this study constructs two policy scenarios (Table ES-1): one reflecting current policies (such as the trade-in subsidies and tax breaks) and the other incorporating additional policy incentives aimed at increased ZET adoption (such as reducing road charges and accelerating charging infrastructure deployment). This study also uses uncertainty analysis to explore how operational, technological, cost, and policy uncertainty affect the ability of policy to drive near-term ZET adoption.

Notably, battery-swapping battery electric trucks (BETs) are excluded from this study due to the lack of data.

FIGURE ES-1 | Research methodology framework of this study

1 ZET configuration by application	
BET • Shorter-range BET + DCFC • Shorter-range BET + MCS • Longer-range BET	FCET
2 Decision variables	
• CAPEX • OPEX • Residual value • Payload loss, charging time penalty, and range anxiety	
3 Payback period, TCO, and market share by application	
• Adapted EPA relationship (EPA 2024a) • TransTEC (ECD of SCUT 2024)	
4 Scenario analysis and uncertainty analysis	
• No policy scenario • Current policy scenario • Enhanced policy scenarios • Uncertainty analysis	

Abbreviations: BET = battery electric truck; CAPEX = capital cost; DCFC = direct current fast charging; EPA = US Environmental Protection Agency; FCET = fuel cell electric truck; MCS = megawatt charging system; OPEX = operational cost; TCO = total cost of ownership; ZET = zero-emission truck.

Note: In this study, shorter-range BETs are assumed to recharge during the day using direct current fast chargers (DCFCs) or megawatt charging systems (MCS), in addition to overnight charging at depots or through night charging systems (NCS), while longer-range BETs are assumed to rely solely on overnight charging at depots or via NCS.

Source: WRI authors' summary.

TABLE ES-1 | Description of the scenarios in this study

Scenario group	Scenario	Description
No policy	No policy • No_policy	No policies are imposed.
Current policy	Current policy • Current_policy	This scenario examines the individual and combined effects of the following policies: • Trade-in subsidies: Fleet operators can receive subsidies when scrapping an old diesel truck and purchasing an electric truck (MOT et al. 2025). This study assumes the policy will remain in effect through the end of 2027 (State Council 2024; Shanghai Government 2024). • ZET tax break: ZETs are fully or partially exempt from the purchase tax until the end of 2027 (MOF et al. 2018, 2023). • FCET City Cluster subsidies: Five designated FCEV City Clusters in China offer FCET purchase subsidies and hydrogen subsidies (MOF et al. 2020, 2021).
Enhanced policy	Road charge reduction • Road_charge_15% • Road_charge_50% • Road_charge_100%	This scenario builds on the Current policy scenario and assumes a 15 percent reduction (Road_charge_15%), 50% reduction (Road_charge_50%), and 100% reduction (Road_charge_100%) in expressway tolls for ZETs during the period 2024–35, respectively.
	Accelerated charging infrastructure deployment • Accel_charge - Accel_DCFC - Accel_depot • Accel_MCS	This scenario builds on the Current policy scenario and assumes accelerated charging infrastructure deployment (Accel_charge) involves the combination of the following two measures: • Accelerated expansion of public direct current fast chargers (DCFCs) (Accel_DCFC): The projected expansion of the public DCFC charging network across China will reach 100% coverage by 2030 for the RD application and 2035 for the LH application. The deployment of public megawatt charging system (MCS) stations is assumed to be slower, reaching 60% coverage by 2035 for both applications. • Lowered overnight charging costs at depots or night charging systems (Accel_depot): Reduced overnight charging cost from 0.9 CNY/kWh to 0.6 CNY/kWh. Further, this study introduces another scenario of accelerated expansion of public MCS chargers (Accel_MCS) for the LH application that assumes the national coverage of both MCS and DCFC will reach 100% by 2035.
	Weight allowance • Weight_increase	This scenario builds on the Current policy scenario and assumes that the national government will grant an additional 2-t allowance for zero-emission HDTs (Weight_increase) compared to a reference diesel truck, based on the European Union's Weights and Dimensions Directive (EU 2019).
	FCET subsidies • FCET_subsidies - FCET_purchase - H ₂ subsidy	This scenario builds on the Current policy scenario and assumes that the following FCET City Cluster subsidies will continue: • FCET purchase subsidies (FCET_purchase): FCET purchase subsidies are assumed to reduce to 50% of the 2025 subsidy level in 2026, 20% by 2030, and completely phase out by 2030. • Hydrogen subsidies (H₂subsidy): Hydrogen subsidies are assumed to lower at-pump hydrogen prices to 25 CNY/kg (for tractor trailers).
	Residual value guarantee • Residual_value_20% • Residual_value_30%	This scenario builds on the Current policy scenario and assumes that the government will guarantee at least 20% of a ZET's retail price (Residual_value_20%) after the first use. A higher guarantee of 30% of a ZET's retail price (Residual_value_30%) is assumed for sensitivity analysis.

Abbreviations: FCET = fuel cell electric truck; FCEV = fuel cell electric vehicle; HDT = heavy-duty truck; kg = kilograms; kWh = kilowatt-hours; LH = long-haul; RD = regional delivery; ZET = zero-emission truck.

Note: The blue-colored scenarios fall under the Enhanced policy scenarios. The rest of the scenarios are policy uncertainty analysis.

Source: WRI authors' summary.

KEY FINDINGS

We projected zero-emission heavy-duty trucks' payback periods and market share for regional and long-haul applications between model year (MY)2025 and MY2035. In this study, zero-emission heavy-duty trucks are considered to be cost-competitive when the payback period is within five years for regional delivery, and within four years for long-haul transport.

The key findings are as follows:

First, without policy incentives, regional delivery would see a modest ZET market share of 2–17 percent by MY2030, while ZET adoption would remain at a nascent stage for long-haul trucking through MY2035. Battery electric trucks will dominate regional delivery, but for long-haul application, the optimal technological mix is uncertain.

In both applications, zero-emission tractor trailers are more likely to achieve a wide adoption than zero-emission straight trucks. This is primarily due to a wider cost gap between zero-emission straight trucks and their diesel counterparts, driven by greater payload losses in zero-emission straight trucks. Additionally, diesel straight trucks are generally more energy-efficient and have lower purchase costs than diesel tractor trailers.

In terms of technology selection, for regional delivery, battery electric trucks are more cost-competitive than fuel cell electric trucks and are expected to dominate this market segment. For long-haul trucking (particularly for tractor

trailers), the optimal technological mix is uncertain. Specifically, BETs are more competitive in short daily vehicle kilometers traveled (DVKT), low time sensitivity, and no payload-loss operations, whereas FCETs are more economically viable in long DVKT and high time-sensitivity operations with heavy goods transportation.³

Second, current policies analyzed by this study are effective in increasing ZET market share, particularly for battery electric tractor trailers in the long annual vehicle kilometers traveled (AVKT) operations of the RD application (Figure ES-2); however, the near-term sustainability of these policies in maintaining ZET adoption should be considered.

Among all the current policies examined in this study, the trade-in subsidies are most effective in reducing ZET payback periods and increasing market share. By contrast, the ZET tax breaks and the FCET City Cluster subsidies have a limited impact.

However, attention should be given to 2028, when the current policies, including the trade-in subsidies and ZET tax breaks, are set to expire, while the total cost of ownership for ZETs remains high. Without sustained policies, ZET market share would be expected to decline (see Figure ES-2).

Third, compared to the current policies, the enhanced policies analyzed in this study would greatly improve ZET market share in regional delivery, while the long-haul application would require stronger and more sustained policy support through MY2035.

FIGURE ES-2 | ZET market share under the Current policy scenario: Regional delivery application, MY2024–35

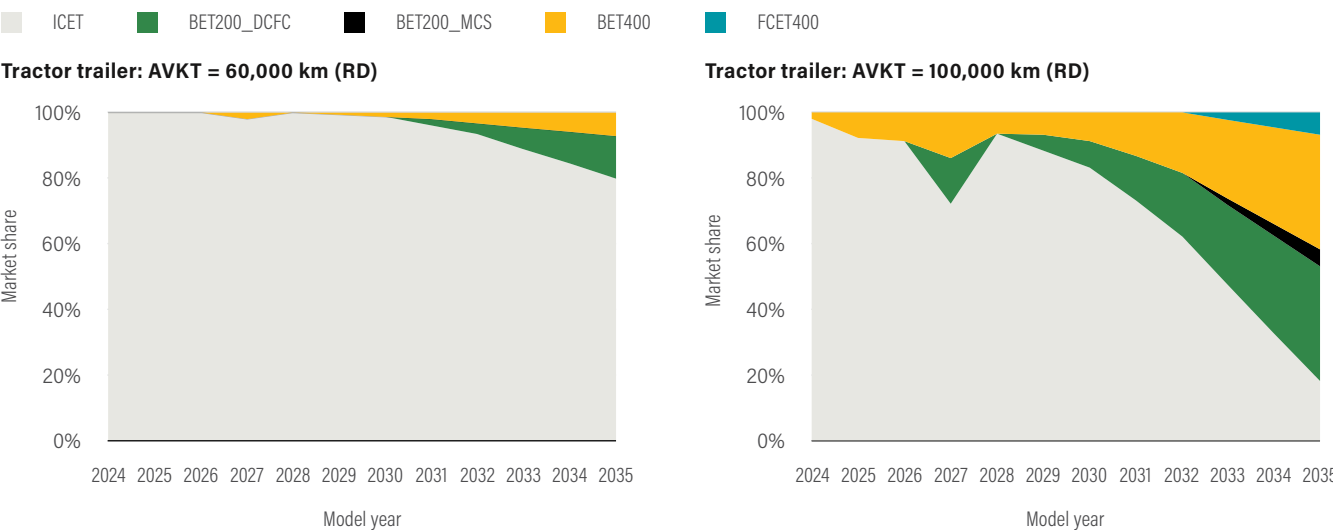
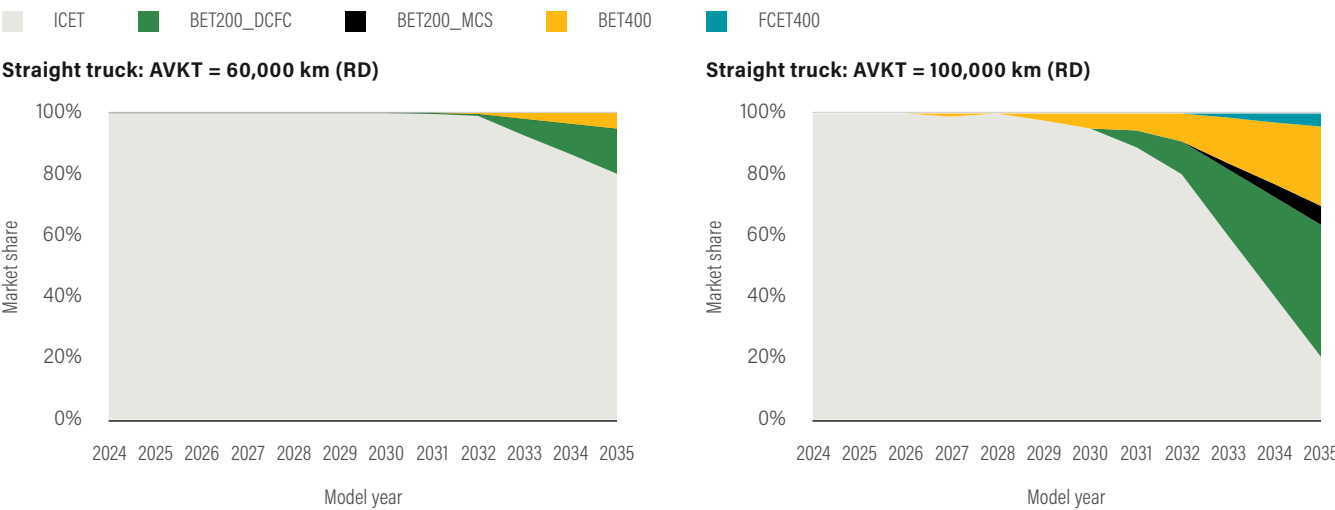


FIGURE ES-2 | ZET market share under the Current policy scenario: Regional delivery application, MY2024–35 (Cont.)



Under the combined effects of the current policies and enhanced policies analyzed in this study, the regional delivery application shows strong growth in ZET market share: ZET market shares would exceed 50 percent between MY2027 and MY2030 (Figure ES-3).

Although the enhanced policies improve ZET market share in the long-haul application—reaching 5–75 percent by MY2035, ZET market share will not experience rapid growth until MY2032–35 (Figure ES-4). This indicates that policy support for long-haul trucking must extend through MY2035.

FIGURE ES-3 | Market shares of zero-emission tractor trailers under the Enhanced policy scenarios: Regional delivery application, MY2025–30

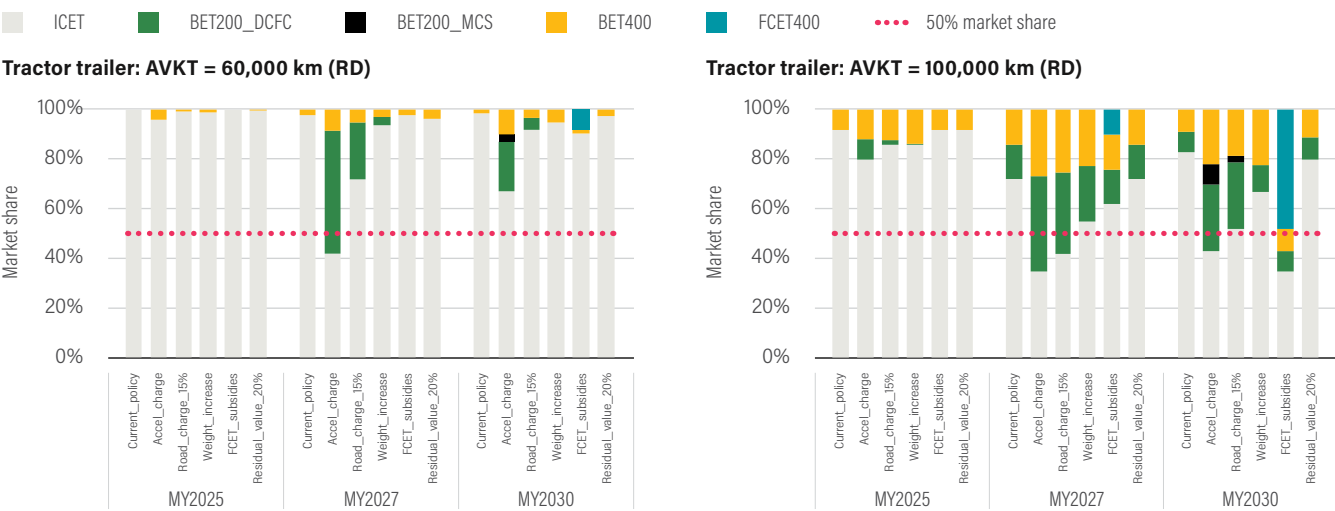
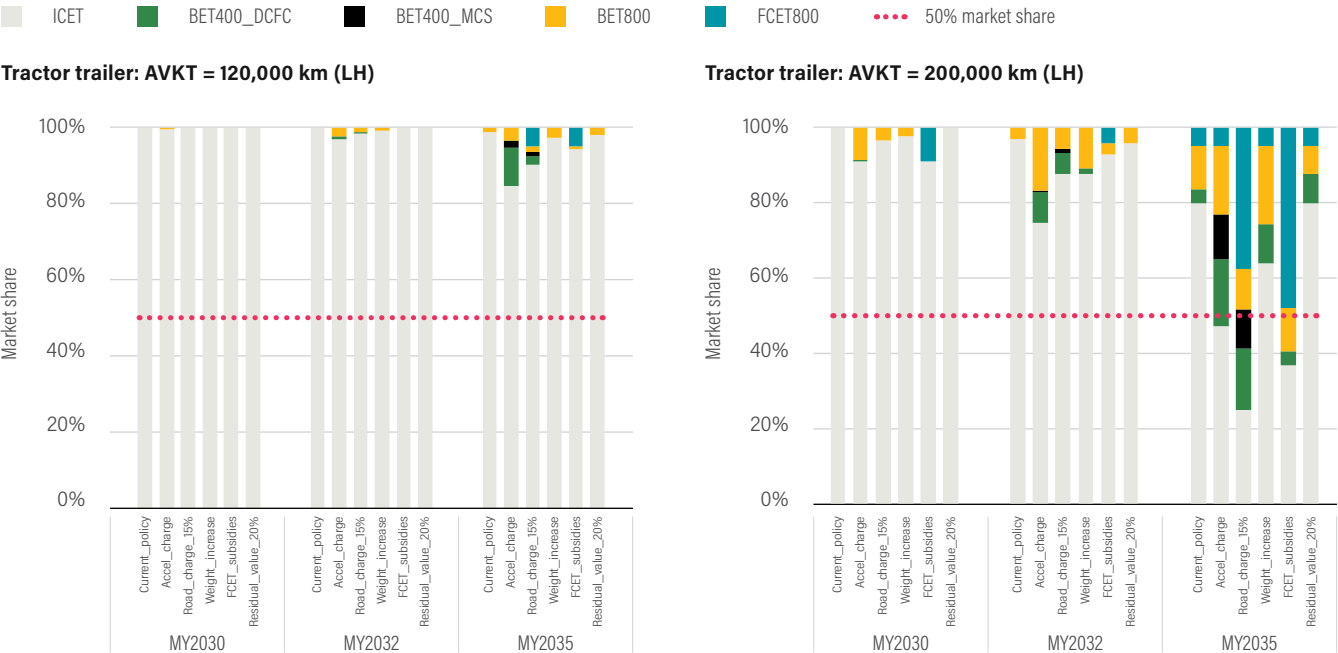


FIGURE ES-4 | Market shares of zero-emission tractor trailers under the Enhanced policy scenarios: Long-haul application, MY2030–35



Abbreviations: AVKT = annual vehicle kilometers traveled; BET400_DCFC = battery electric trucks with a 400–450 kilometer (km) range that are recharged during the day using direct current fast chargers (DCFC), in addition to overnight charging at depots or via night charging systems (NCS); BET400_MCS = battery electric trucks with a 400–450 km range that are recharged during the day using megawatt charging systems (MCS), in addition to overnight charging at depots or via NCS; BET800 = battery electric trucks with an 800–850 km range, only charged overnight at depots or via NCS; FCET800 = fuel cell electric trucks with a 800–850 km range; ICET = internal combustion engine truck; MY = model year; RD = regional delivery.

Source: WRI authors' summary.

Further, the impacts from the enhanced policies vary by policy intensity (Figures ES-3 and ES-4). For example, if expressway charges were reduced further from 15–50 percent (Road_charge_50%), Road_charge_50% would overtake Accel_charge (accelerated expansion of public DCFC stations and lowered overnight charging costs) and become the most effective policy analyzed in this study to accelerate ZET adoption.

Fourth, operational, technological, and price uncertainties greatly affect the above conclusions on future ZET market share. First, operational variations—such as differences in annual vehicle kilometers traveled, daily vehicle kilometers traveled, cargo types, and time sensitivity—introduce significant uncertainty in ZET adoption rates. For example, for regional delivery, under the No policy scenario, ZET market share by MY2030 could range from 1 to 48 percent due to operational variations. Further, the great uncertainties in BET adoption also arise from variations in energy efficiency, battery costs, diesel prices, and charging costs. For example, under the Current policy scenario, a ± 10 percent change in these parameters would lead to ZET market share in MY2027 ranging between 4 and 65 percent.

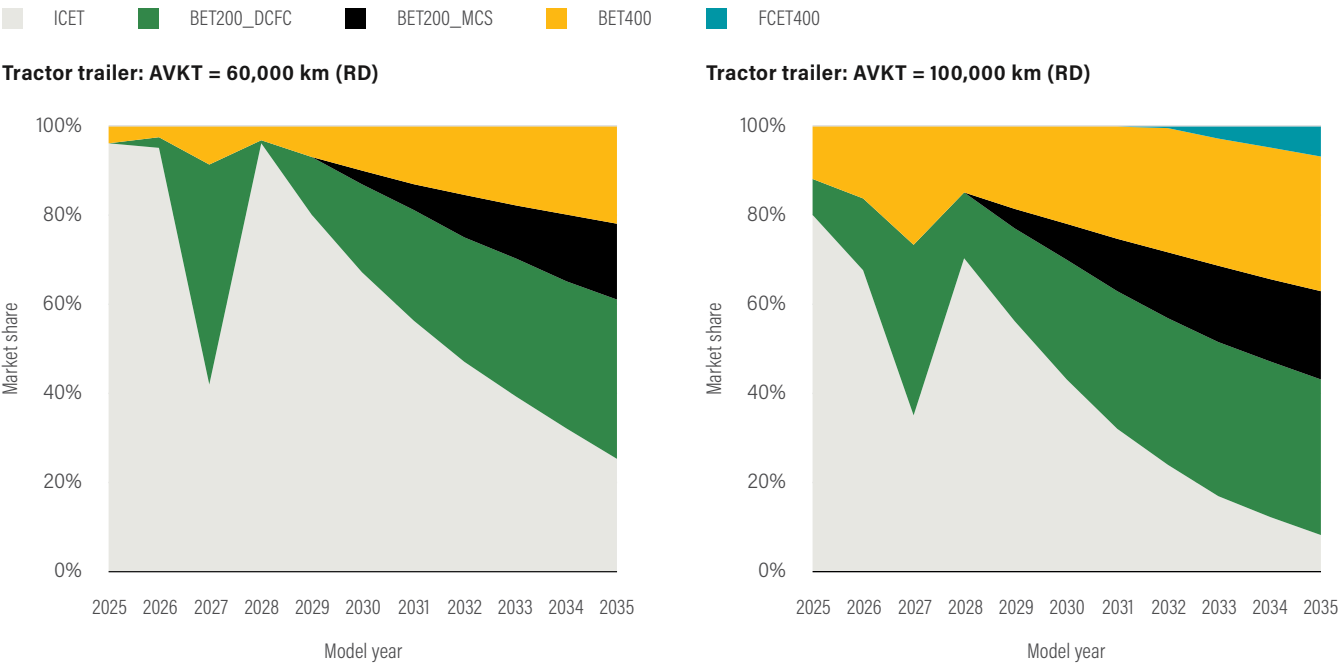
POLICY IMPLICATIONS

The above findings also lead to these possible policy implications:

First, China's national governments could establish application- and segment-specific ZET promotion targets. ZET target setting in the five-year plans is important to provide predictability for companies along the ZET manufacturing supply chain and to guide infrastructure investments. Given the variation in ZET market share across different applications and truck segments, these targets could be differentiated accordingly.

The RD application holds great potential for near-term ZET adoption, particularly for the tractor trailer segment. A high ZET adoption target could be set for this segment by 2030. With a robust charging network expected to be in place by MY2030 (the Accel_charge scenario), the market share of zero-emission tractor trailers in the RD application could reach 33–57 percent (Figure ES-5).

FIGURE ES-5 | Zero-emission tractor trailer market share under the Accel_charge scenario: Regional delivery application, MY2025-2035



Abbreviations: AVKT = annual vehicle kilometers traveled; BET200_DCFC = battery electric trucks with a 200–250 kilometer (km) range that are recharged during the day using direct current fast chargers (DCFC), in addition to overnight charging at depots or via night charging systems (NCS); BET200_MCS = battery electric trucks with a 200–250 km range that are recharged during the day using megawatt charging systems (MCS), in addition to overnight charging at depots or via NCS; BET400 = battery electric trucks with a 400–450 km range, only charged overnight at depots or via NCS; FCET400 = fuel cell electric trucks with a 400–450 km range; ICET = internal combustion engine truck; MY = model year; RD = regional delivery.

Source: WRI authors' summary.

By contrast, given that ZET adoption remains at its early stage for long-haul transport, a modest promotion target is advisable by 2030, but a relatively high target could be considered for 2035, particularly for the tractor trailer segment. For example, with a well-developed charging network (the Accel_charge scenario), zero-emission tractor trailers would achieve a 15–53 percent market share in the LH application by MY2035.

Given the significant uncertainties associated with ZET adoption resulting from operational, technological, and price uncertainties, **complementary measures could be considered to mitigate volatility and support the achievement of ZET promotion targets. These measures include reducing fossil fuel subsidies and cracking down on illegal and underpriced fuel supplies, strengthening the supply chain resilience of original equipment manufacturers, developing futures markets for critical materials and hydrogen, and introducing carbon pricing on transportation fuels** (OIES 2024; MPP et al. 2022; Yang 2020).

Second, although this study finds a 50 percent reduction in road charges during the 2024–35 period to be the most effective policy for accelerating ZET adoption, its implementation should be approached with caution.

Our analysis shows that 50 percent reductions in road charges (Road_charge_50%) during the MY2024–35 period deliver strong ZET adoption outcomes, comparable to those achieved under a full exemption (Road_charge_100%). This suggests that a partial reduction in road charges would be sufficient.

Notably, this study does not assess the fiscal impact of road charge reductions on government revenue. Therefore, a comprehensive evaluation is needed to determine the viability of such measures. In addition, to mitigate potential revenue losses, road charge policies should be carefully designed—for example, by imposing higher rates on diesel trucks, in line with the European Union’s carbon-indexed road charge policy (EU 2022).

Third, accelerated expansion of public DCFC stations and lowered overnight charging costs are the second-most influential—yet essential—policy. Optimal charging station deployment strategies vary by application.

In the regional delivery application, the combined policy scenario (Accel_charge)—which includes the accelerated expansion of public DCFC stations (Accel_DCFC, achieving 100 percent national coverage of DCFC stations by 2035) and reduced overnight charging costs at depots or night charging system (Accel_depot, with 0.6 Chinese yuan per kilowatt-hour [CNY/kWh] charging cost during the 2024–35 period)—has the greatest impacts. This suggests that charging infrastructure policies should not only prioritize the expansion of public truck charging stations along highways and expressways but also ensure access to low-cost overnight charging at depots or through night charging systems (NCS).

In the long-haul application, two different charging infrastructure deployment strategies could lead to similar levels of ZET adoption rates:

- **Accel_charge scenario:** Achieving 100 percent national coverage of public DCFC stations by 2035, combined with reduced overnight charging costs at depots or night charging systems between 2024 and 2035. This indicates that even without the deployment of megawatt charging system (MCS) stations, a mix of low-cost overnight charging and a fully built-out public DCFC charging network would be essential to support ZET adoption.
- **Accel_MCS scenario:** Achieving 100 percent national coverage of both public MCS and DCFC stations by 2035. This suggests that even in the absence of low-cost overnight charging, a nationwide public network of DCFC and MCS stations would sufficiently support ZET adoption, provided that MCS charging costs remain low.

Fourth, under this study’s assumptions, both fuel cell electric truck purchase subsidies and hydrogen subsidies would be useful before 2030 to sustain FCET adoption. As the total cost of ownership of FCETs declines over time, the need for different types of subsidies evolves. In the near term (MY2025–30), both FCET purchase subsidies (FCET_purchase) and hydrogen refueling subsidies (H₂_subsidy) are essential for supporting FCET adoption in both regional delivery

and long-haul applications, except for regions where low-cost hydrogen is already available. Over the long term (post-MY2030), as FCET purchase prices decline, the hydrogen refueling subsidies assumed in this study would be sufficient to maintain FCET adoption, particularly for the long-haul application.

Fifth, the effectiveness of some ZET incentives varies across truck segments and applications. In the near term, tractor trailers present stronger opportunities for ZET adoption, while zero-emission straight trucks would need greater policy support.

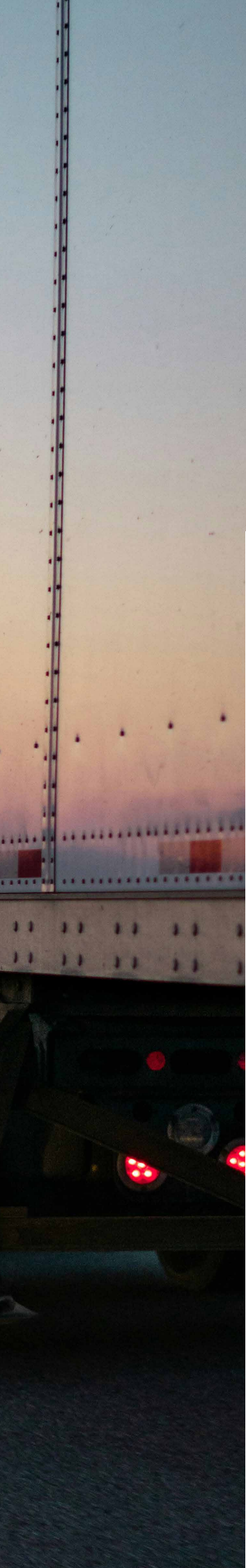
For example, in the regional delivery application, battery electric tractor trailers benefit more from current policies than battery electric straight trucks due to smaller cost differences with their diesel counterparts, compared to battery electric straight trucks. As such, prioritizing ZET adoption in the tractor trailer segment is more feasible in the short term. In contrast, promoting zero-emission straight trucks would require additional policy support. For example, ZET weight allowance is especially crucial for battery electric straight trucks, due to greater payload losses associated with battery electric straight trucks. Likewise, fuel-cell (FC) straight trucks would need higher subsidies than FC tractor trailers, given their larger purchase cost gap relative to diesel counterparts.

Lastly, statistics on truck operational profiles by application and truck segment need to be improved.

Data on the mileage and load profiles of existing heavy-duty truck fleets and truck sales by application are essential for effective policymaking and industrial collaboration. In China, to prevent drivers from speeding or working overtime, the measures articulated in MOT et al. 2014 require all heavy-duty vehicles to install the global positioning system, which has provided a viable way to collect HDTs’ mileage profiles. To support the further adoption of ZET trucks, it is important for national governments and relevant agencies to gather and analyze these data by application and truck segment, and share the findings with key stakeholders, such as other government ministries and private sector actors (like charging point operators).



**TRANS
CHICAGO**
TRUCK GROUP
transchicago.com



第一章

研究问题

随着技术与成本持续优化，新能源重卡有望进一步扩展至重卡最主要的应用场景——区域运输场景与长途运输场景。为实现新能源重卡在更广泛场景中的推广，中国需建立明确的推广目标并构建系统的政策体系。本研究旨在探讨近期（2035年前）需求侧政策如何促进新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的推广。

总设计质量超过12吨的重卡广泛用于多种场景。尽管其保有量仅占中国机动车保有量的3%，但2023年数据显示，该类车辆贡献了中国道路交通35%的二氧化碳排放⁴，76%的氮氧化物（NO_x）排放与50%的颗粒物（PM）排放（MEE 2025; CATARC 2025; Xue and Liu 2022）。作为低碳解决方案，新能源重卡推广对应气候变化和改善空气质量具有重要意义。

2021至2024年间，在电池成本持续下降（TrendForce 2025）以及“以旧换新”补贴政策落地（MOT et al. 2025; MOT and MOF 2024）⁵的推动下，中国新能源重卡的市场渗透率迅速提高（见图1）。截至2024年底，新能源重卡在重卡新车销量中占比已达到14%（CATARC 2025）。

目前，新能源重卡主要应用于封闭、高频短倒（如工厂、港口内部运输）与城市运输场景（Li et al. 2024; NEICV 2022）。未来，其应用范围有望进一步扩展至区域运输场景和长途运输场景——这也是中国重卡最主要的应用领域（CATARC 2017）。然而，技术限制、成本偏高以及充电基础设施不足等因素仍制约着这一转型进程，其中长途运输场景面临的挑战尤为突出（Nykqvist and Olsson 2021）。

当前，中国在推动新能源重卡应用于区域与长途运输场景方面，仍需制定清晰的目标并给予系统的政策支持（Chen and Xue 2024; Al-Alawi et al. 2022; 附录A）：

- **目标层面：**中国尚未设定明确的新能源重卡推广目标。相较之下，欧盟已提出到2040年将重卡二氧化碳排放量在2019年基础上降低90%（EU 2024）。国家层面设立新能源重卡推广目标具有多重益处，包括：为行业指明发展方向，吸引产业链上下

游与基础设施领域投资；推动新能源汽车产业发展；助力国家实现气候目标，减少空气污染物排放（Ghate et al. 2025）。

- **政策层面：**除现行补贴与税费减免外，中国仍需出台系统且有针对性的新能源重卡推广政策，如重卡专用的充换电基础设施规划。因此，有必要在明确推广目标的基础上，对现有政策进行优化和补充，填补政策空白，以保障推广目标的实现。

本研究旨在探讨近期（2035年前）如何通过需求侧政策提升新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的市场渗透率。本研究之所以聚焦于区域运输场景和长途运输场景（见表1），不仅因为这两个场景合计占据中国重卡运营里程的绝大部分（CATARC 2017），也因其是新能源重卡推广难度最大的领域。在车型方面，本研究重点关注半挂牵引车与重型载货汽车，因为这两类车型占2024年全国重卡保有量的65%（CATARC 2025），是上述场景中的主流车型。

鉴于中国重卡的运营主体多为对成本敏感的小微运输企业、个体司机、挂靠在运输企业下的个体司机（TUC 2022），本研究将从这类主体的视角出发，分析与预测新能源重卡的市场渗透潜力。据统计，2023年小微运输企业与个体司机约占中国运输企业总数的78%。其中，78%因缺乏稳定的货源而面临运营不稳定的风险（CFLP 2024）；52%的个体司机年收入低于或仅相当于全国人均年收入水平⁶（CFLP 2024; NBS, n.d.）。所以，推广新能源重卡，需切实解决这些小微运输企业和个体司机在车辆成本、配套设施、运输效率与收入损失，以及运营不确定性等方面的核心痛点。

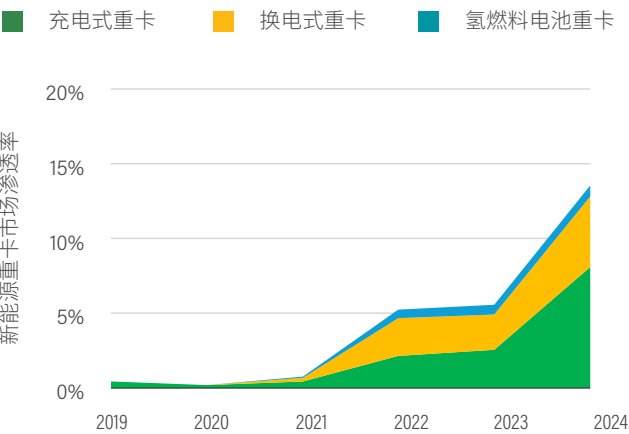
为回答上述问题，本研究将其细化为下列三个问题：

- 在无政策支持的情景下，仅依靠技术进步，预计2035年新能源重卡的市场渗透率可达到何种水平？
- 若将现行政策与额外的需求侧政策相结合，可在多大程度上加速新能源重卡的推广进程？
- 技术演进、柴油等能源价格波动、运营参数变化以及政策延续性与力度等方面的不确定性，将如何影响各类政策在推动新能源重卡应用方面的实际效果？

本研究的研究范围界定如下：

- **时间范围：**基于最新数据的可得性，本文的基准年设为2024年。由于研究重点为新能源重卡近期的推广潜力及相关政策建议，预测期到2035年截止。

图1 | 2019—2024年中国新能源重卡市场渗透率



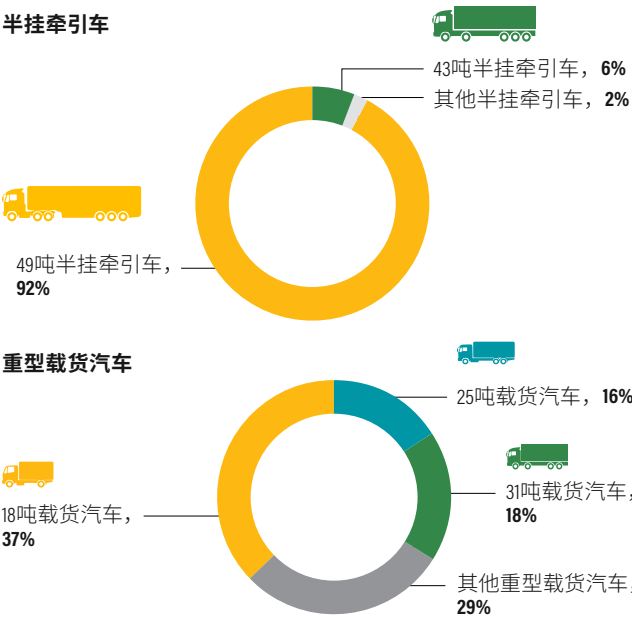
来源：WRI作者根据CATARC (2025) 总结。

- **地理范围：**本研究聚焦全国层面分析。受制于数据可得性，未考虑北方地区冬季低温、西部山地地形以及各地电价差异等区域因素对新能源重卡市场渗透率的影响。相关区域差异带来的不确定性将在不确定性分析部分予以讨论。
- **技术路线：**为集中有限资源，本研究仅关注纯电动重卡、氢燃料电池重卡 and 传统燃料重卡。其中，鉴于天然气重卡与柴油重卡的TCO相近（NACFE, n.d.），为简化分析，本研究将二者合并归为“传统燃油重卡”。

以下技术路线不纳入本研究分析范畴：一是插电式混合动力重卡，因车型数量有限且市场渗透率较低（MIIT 2022; CATARC 2025）；二是氢内燃机与甲醇内燃机，因国内低碳燃料供应不足，且相关数据缺乏；三是换电式重卡，因数据不足，且2024年以来其市场份额已被充电式重卡所超越（见图1）。

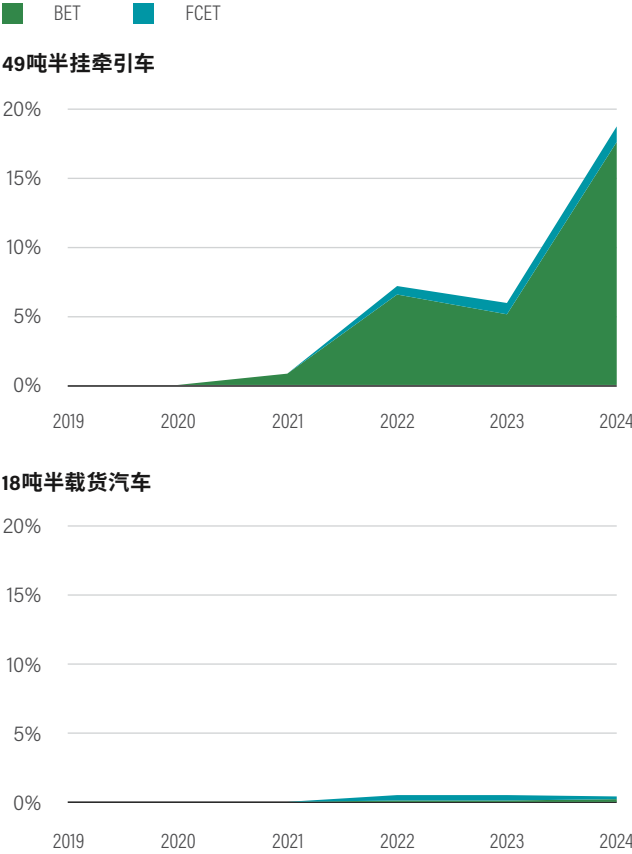
- **应用场景：**本研究聚焦于区域运输场景（regional delivery，以下或简称RD）与长途运输场景（long haul，以下或简称LH）两大典型重卡应用场景（定义见表1）。其他诸如封闭、高频短倒与城市运输场景等，因新能源重卡推广已相对成熟，并已有较多文献探讨（Chen and Xue 2024; Li et al. 2024; Mao et al. 2023; NEICV 2022），故不纳入本研究范畴。
- **货车类型：**本研究侧重中国两大主流重卡车型——半挂牵引车与重型载货汽车（CATARC 2025），具体关注最大设计总质量为49吨的半挂牵引车和最大设计总质量为18吨的重型载货汽车。这两类车型分别占半挂牵引车保有量的92%和重型载货汽车保有量的37%（见图2），是各自细分市场中保有量占比最高的车型。截至2024年底，在49吨半挂牵引车中，新能源重卡的市场渗透率已达18%，而在18吨重型载货汽车中，新能源重卡的市场渗透率仍低于1%（见图3）（CATARC 2025）。
- **新能源重卡的市场渗透率：**本研究按场景预测新能源重卡的市场渗透率。由于中国目前缺乏分场景的重卡年销量统计数据，本文暂无法测算全国新能源重卡的整体市场渗透率。
- **政策措施：**本研究重点在于应对需求侧挑战，因此仅评估需求侧政策对新能源重卡推广的影响，未考虑供给侧措施（如商用车积分政策）的作用。值得指出的是，供给侧政策需与需求侧政策协同配合，才能实现市场的供需平衡。

图2 | 2024年中国半挂牵引车和重型载货汽车分车型的保有量构成



来源：WRI作者根据CATARC（2025）总结。

图3 | 2024年中国49吨半挂牵引车与18吨重型载货汽车的新能源重卡市场渗透率



缩写词：BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡。
来源：WRI作者根据CATARC（2025）总结。





第二章

研究方法

本研究测算中国在2024—2035年期间新能源重卡在区域运输场景和长途运输场景中的推广潜力。通过构建多情景模型，本文预测了新能源重卡在不同场景下的投资回收期、总拥有成本以及市场渗透率。

为回答上述问题，本研究测算了2024—2035年期间不同情景下中国新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的市场渗透率。

测算方法与建模步骤如下（见图4）：

首先，本文测算了在无任何新能源重卡激励政策的情况下，分场景的新能源重卡市场渗透率。为此，本文预测了无政策情景下，新能源重卡的成本回收期与总拥有成本（TCO）。随后，本文采用两套模型分别预测市场渗透率，包括本土化修正的美国EPA基于新能源重卡成本回收期构建的市场渗透率对应关系（EPA 2024）和TransTEC离散选择模型（ECD of SCUT 2024）。新能源重卡的成本回收期越短、TCO越低，其市场渗透率越高。

其中，在测算新能源重卡的成本回收期与TCO过程中，本研究识别并量化的关键决策变量不仅限于成本项，还包括里程焦虑、载质量损失等非成本因素，以全面反映运输企业（尤其是小微运输企业）的采购决策考量。

其次，为评估需求侧政策对新能源重卡市场渗透率的作用，本文构建了两类政策情景：第一类为现有政策情景，涵盖“以旧换新”补贴与车辆购置税减免等措施；第二类为强化政策情景，引入额外政策，如新能源重卡道路通行费减免、充电基础设施加速建设等。在此基础上，本研究进一步开展不确定性分析，探讨运营不确定性、新能源技术迭代不确定性、油价/电价不确定性及政策力度变化对近期新能源重卡推广的影响。

研究方法具体分为以下四个步骤（见图4）：

- 步骤1：界定区域运输场景与长途运输场景，并根据场景需求配置新能源重卡关键零部件参数，确保其满足两类场景的运营要求。
- 步骤2：识别并量化影响小微运输企业购置新能源重卡的关键决策变量。
- 步骤3：基于上述变量，测算各场景下新能源重卡的成本回收期与TCO，并运用两套市场渗透率预测模型，分别基于成本回收期和TCO预测各场景的市场渗透率。
- 步骤4：通过情景分析，预测无政策情景、现有政策情景与强化政策情景对新能源重卡市场渗透率的影响，

图 4 | 本研究的方法框架



缩略词：BET=纯电动重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；FCET=氢燃料电池重卡；CAPEX=车辆初期购买时的一次性费用支出；OPEX=运维成本；TCO=总拥有成本。
说明：本研究假设，短续航里程纯电动重卡除夜间在货运场站或公共夜间充电系统完成夜间充电外，白天还会在公共快充或兆瓦级充电系统进行补电；而续航里程较长的纯电动重卡仅需夜间在货运场站或公共夜间充电系统进行夜间进行单次充电。
来源：WRI作者汇总。

并借助不确定性分析, 评估运营、技术迭代、成本与政策方面的不确定性对新能源重卡推广的影响。

本研究在Chen and Xue (2024) 相关研究 (见表2) 的基础上, 补充了以下三类来源的数据作为验证与扩展:

- 企业访谈: 在获得企业口头知情同意后, 本研究在新能源重卡推广较为领先的广东省 (25家)、京津冀地区 (15家) 与长三角地区 (12家), 对50余家运输企业及货主企业开展一对一访谈。企业抽样采用便利抽样方法; 为增强样本的代表性, 在选取访谈对象时, 尽可能按场景分层, 并覆盖不同车队规模。针对区域运输场景, 本研究优先选择已实际投入新能源重卡运营的企业。访谈采用半结构化方式, 侧重收集车辆运营特征 (如日行驶里程、使用年限等)、充电行为特征、成本要素及新能源重卡技术性能 (如能耗) 等一手数据, 用于界定区域运输场景和长途运输场景, 测算新能源重卡的成本回收期与TCO。
- 文献综述: 本研究系统梳理了近期关注中国新能源重卡推广的高引用文献, 并重点参考《商用车碳中和技术路线图1.0》和《节能与新能源汽车技术路线图2.0》 (以下简称《路线图2.0》) (China SAE 2024; 2020) 等国内行业研究。文献综述结果用于界定区域运输场景和长途运输场景, 识别并量化影响小微运输企业购车决策的关键变量, 以及预判技术进步趋势, 并据此预测新能源重卡成本回收期、TCO及市场渗透率。同时, 本研究也借鉴既有文献, 构建成本回收期 and TCO 的计算方法以及市场渗透率预测模型。

- 政策文件梳理: 本文系统梳理了国内外新能源重卡推广的相关政策文件, 为情景构建提供依据。有关情景分析中政策遴选的具体依据, 请见“情景预测与不确定性分析”。

场景定义与新能源重卡的参数配置

本研究首先界定了区域运输场景与长途运输场景, 并依据各场景的运营需求, 对新能源重卡关键零部件参数 (包括电池容量与燃料电池额定功率等) 进行了配置。

区域运输场景和长途运输场景划分, 以日行驶里程800千米为界。目前, 国内对区域运输与长途运输的界定尚未统一, 例如, 部分研究 (Niu et al. 2023) 将日行驶里程超过500千米视为长途运输, 亦有研究 (China SAE 2024; Pihlatie et al. 2023) 以800千米或1000千米作为分界。本研究基于专家访谈与文献总结 (Pers. Comm. 2024; Pihlatie et al. 2023; Jiang et al. 2022), 选取日行驶里程800千米作为划分标准。该阈值在研究中较为常用, 且涵盖长途运输场景下不同的细分场景, 如经常返回货运场站的固定线路、较少返回货运场站的不固定线路等 (Roeth 2025)。

各场景的典型日行驶里程和年行驶里程列于表1。相关数据来源于专家访谈 (Pers. Comm. 2024) 与文献综述, 并综合考虑了日行驶里程和年行驶里程之间的相关关系 (Goeckeler et al. 2023)。为反映小微运输企业的运营不确定性, 本研究在每个场景中分析了年行驶里程的合理波动范围 (包括较长与较短行驶里程)。此外, 本研究还通过不确定性分析评估不同日行驶里程对研究结果的影响。

表1 | 区域运输场景和长途运输场景中的重卡日行驶里程和年行驶里程

	日行驶里程	年行驶里程	年运营天数和车辆使用年限	数据来源
区域运输场景	400千米	短: 60,000千米 长: 100,000千米	150~250天 7年	Pers.Comm. (2024)、Basma and Rodríguez (2023)、CATARC (2022)、Unterlohner and Earl (2020)
	300千米	短: 60,000千米 长: 100,000千米	200~330天 7年	Pers.Comm. (2024)
长途运输场景	800千米	短: 120,000千米 长: 200,000千米	150~250天 5年	Pers.Comm. (2024)、Pihlatie et al. (2023)、CATARC (2018)、China SAE et al. (2016)
	1,000千米	短: 150,000千米 长: 250,000千米	150~250天 5年	Hao et al. (2024)、China SAE (2024)

说明: 蓝色部分表示这些值仅用于不确定性分析。
来源: WRI作者汇总。

本研究基于专家访谈 (Pers. Comm. 2024), 假设车辆年行驶里程不随使用年限而衰减, 新能源重卡与柴油重卡在年行驶里程和使用年限方面保持一致。

本研究针对纯电动重卡的电池容量与氢燃料电池重卡的储氢容量, 分别采用差异化的方法与假设进行技术参数配置。

对于氢燃料电池重卡, 其储氢瓶容量依据日行驶里程确定。为简化分析, 本文假设氢燃料电池重卡的推广不存在加氢基础设施的约束。

对于纯电动重卡, 本文则基于行驶距离与不同类型充电设施的覆盖程度, 对新能源重卡的电池容量与充电功率进行配置 (见图5)。该配置方式旨在影响纯电动重卡推广的关键因素——购置成本、载质量损失与里程焦虑之间进行合理权衡:

- 电池容量采用两种配置方法: 第一种是日里程法, 基于日行驶里程配置大容量电池包。该方案下, 纯电动

重卡购置成本较高, 且载质量损失较大, 但续航里程长, 通常只需在私人货运场站或公共夜间充电系统⁷完成每日一次充电, 里程焦虑较低、运营中断较少。本文假设在此情况下, 不存在夜间充电基础设施约束。第二种是单程运距法, 基于单程运距 (假设为日行驶里程的一半) 配置小容量电池包。该方案下, 纯电动重卡购置成本较低, 载质量损失不明显, 但需要一天多充 (如班次间歇或行驶途中充电)。该配置依赖于完善的重卡专用公共或半公共的充电基础设施网络, 否则将面临显著的里程焦虑或运营中断风险。

- 单程运距法下的充电设施细分: 该方案下, 充电设施可进一步细分为公共快充站与兆瓦级充电系统两种情形, 以权衡兆瓦级充电站较高充电成本与较短充电时间之间的关系。

值得注意的是, 本研究假设所有纯电动重卡均以运营成本最优为原则, 因此, 纯电动重卡均在货运场站或公共夜间充电系统以较低电价充满电, 并以此为起点开始当日运营。

图 5 | 本研究中的新能源重卡配置图示



表 2 | 本研究中对新能源重卡电池容量或储氢容量的配置说明

场景	车辆配置		说明		决策变量间的权衡
区域运输场景	BET	单程运距法	BET200_DCFC	续航里程为200~250千米的纯电动重卡, 除在货运场站或公共夜间充电系统完成夜间充电外, 还需要通过重卡专用公共快充站进行日间补电	购置成本: ↓ 载质量损失: ↓ 里程焦虑: ↑ 充电时间成本 ^b : ↑
			BET200_MCS	续航里程为200~250千米的纯电动重卡, 除在货运场站或公共夜间充电系统完成夜间充电外, 还需要通过兆瓦级充电系统进行日间补电	
		日里程法	BET400	续航里程为400~450千米的纯电动重卡, 仅依靠电价较低的货运场站或公共夜间充电系统, 在夜间完成单次充电	购置成本: ↑ 载质量损失: ↑ 里程焦虑: ↓ 充电时间成本: ↓
	FCET	日里程法	FCET400	续航里程为400~450千米的氢燃料电池重卡	购置成本: ↑ 载质量损失: ↑ 里程焦虑: — 充电时间成本: —
长途运输场景	BET	单程运距法	BET400_DCFC	续航里程为400~450千米的纯电动重卡, 除在货运场站或公共夜间充电系统完成夜间充电外, 还需要通过重卡专用公共快充站进行日间补电	购置成本: ↓ 载质量损失: ↓ 里程焦虑: ↑ 充电时间成本: ↑
			BET400_MCS	续航里程为400~450千米的纯电动重卡, 除在货运场站或公共夜间充电系统完成夜间充电外, 还需要通过兆瓦级充电系统进行日间补电	
		日里程法	BET800	续航里程为800~850千米的纯电动重卡, 仅依靠电价较低的货运场站或公共夜间充电系统, 在夜间完成单次充电	购置成本: ↑ 载质量损失: ↑ 里程焦虑: ↓ 充电时间成本: ↓
	FCET	日里程法	FCET800	续航里程为800~850千米的氢燃料电池重卡	购置成本: ↑ 载质量损失: ↑ 里程焦虑: — 充电时间成本: —

缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统。

说明: a. 里程焦虑源于驾驶员对车辆在抵达充电站前电量耗尽的担忧 (Hao et al. 2022; Neubauer and Wood 2014)。在公共充电基础设施覆盖不足的情况下, 这一问题在短续航里程纯电动重卡中表现得尤为突出。

b. 充电时间成本源于日间充电所需时间远超柴油车加油时间。通常, 依赖公共快充的短续航里程纯电动重卡会面临更高的充电时间成本。

来源: WRI作者的假设与分析。

新能源重卡购置决策变量的选择与量化

货运行业具有高度市场化特征。运输企业（特别是小微运输企业）在是否购置新能源重卡的决策中扮演关键角色。这些决策不仅受成本相关因素（如车辆购置成本）影响，也受到非成本因素的制约，如里程焦虑、载质量损失，以及对新技术不同的风险偏好等（Hunter et al. 2021; Burnham et al. 2021）。

本研究共量化了11项对运输企业购置新能源重卡具有显著影响的决策变量（见表3）。值得注意的是，与现有针对中国新能源重卡TCO及市场渗透率的研究（CATARC 2022; Mao et al. 2021）相比，本文对里程焦虑、载质量损失和充电时间成本这三项关键非成本变量进行了货币化处理。然而，部分非成本相关变量，如环保意识、对车辆安全的担忧、技术熟悉程度等，仍然难以量化，故未纳入本研究范畴。

除上述决策变量外，政策法规也会影响运输企业的购买决策。本研究未将政策法规作为独立变量进行评估，而是通过调整既有变量的方式，将其纳入研究范畴。

在量化方法与数据输入方面，本研究基本沿用Chen and Xue (2024) 的框架，主要差异如下：一是新增车辆残值、充电时间成本与里程焦虑三项决策变量；二是假设关键零部件预计将具备足够长的质保期，所以，无需中期更换（即无关键零部件更换成本）；三是更新数据输入以反映近期技术进步趋势，并将预测时间从2030年延伸至2035年，同时将长途运输场景纳入分析。

本文关键参数设定见表4，详细数据假设见附录B说明。值得指出的是，本研究的若干假设依赖于未来技术进步。例如，为实现2035年预测的电池包能量密度，需假定届时固态电池实现商业化（China SAE 2020）。同样，为在长途运输场景中实现大容量储氢而不影响载货体积，需假设2035年实现高体积储氢密度（70MPa或液氢）的车载储氢瓶的批量生产（China SAE 2020）。



表 3 | 本研究中的决策变量与现有文献及Chen and Xue (2024) 中的决策变量比较

序号	决策变量		现有文献	本研究的范围	与Chen and Xue (2024) 量化方法的比较 ^a	与Chen and Xue (2024) 输入参数的比较 ^a
1	车辆资本支出 (CAPEX) ^b	购置成本 ^b	本文参考的文献都考虑这些成本要素	√	—	更新关键零部件的单位成本, 以反映近期趋势, 并将预测年份延伸至2035年 (见附录B)
2		车辆购置税 ^c		√	—	—
3		融资成本		√	—	—
—	关键零部件更换成本	关键零部件更换成本	CARB (2019)		删除	删除
4	运维成本 (OPEX)	能源成本	本文参考的文献都考虑这些成本要素	√	—	更新能源成本, 区分不同充电基础设施的充电成本 (见附录B)
5		道路收费		√	—	更新的道路收费费率, 纳入长途运输场景 (见附录B)
6		维保成本		√	—	—
7		保险		√	—	—
8	车辆残值	车辆残值	Basma et al. (2023)、Mao et al. (2021)、Ruf et al. (2020)、CARB (2019)	√	新增	新增
9	载质量损失 ^d	载质量损失	Tol et al. (2022)、Hunter et al. (2021)	√	— (仅ZET)	将预测年份延伸至2035年 (见附录B)
10	充电时间成本	充电时间成本	Ledna et al. (2024)、Li et al. (2024)、Hao et al. (2022)、Hunter et al. (2021)	√	新增 (仅适用于短续航里程的BET)	新增
11	里程焦虑	里程焦虑	Hao et al. (2022)、Concept Consulting Group (2022)、Neubauer and Wood (2014)	√	新增 (仅适用于短续航里程的BET)	新增

缩略词: CAPEX=车辆资本支出; OPEX=运维成本; ZET=新能源重卡; BET=纯电动重卡。
说明: ^a “—”表示量化方法或输入参数与Chen and Xue (2024) 的研究相同。
^b 购置成本是指车辆的零售价格, 不含购置补贴。车辆资本支出是指车辆初期购买时的一次性费用支出, 包括购置成本、车辆购置税与融资成本。
^c 车辆购置税因城市而异, 且税率较低, 因此本研究未将其纳入分析范畴。
^d 为简化起见, 本研究计算结果为重货运输下的载质量损失。轻抛货运输下的市场渗透率结果与此相似。
来源: WRI作者根据相关文献总结。

表 4 | 本研究中关键数据输入的假设

数据	MY2024	MY2030	MY2035	数据来源
电池包的单位成本 (元/千瓦时)	500	408	392	Trend Force (2025)、Goldman Sachs (2024)
电池包的能量密度 (瓦时/千克)	158	240	450	China SAE (2023)、MIIT (n.d.)
燃料电池系统的单位成本 (元/千瓦)	2,890	600	500	Mu et al. (2024)、Sinosynergy (2023)、China SAE (2020)
燃料电池系统的质量功率密度 (瓦/千克)	700	900	1,000	Chen and Xue (2024)
柴油价格 (元/升)	7.5	7.0	7.0	2020—2024年的柴油均价 (Eastmoney 2022)
货运场站夜间充电成本 (元/千瓦时)	0.9			Pers. Comm. (2024)
重卡快充站的充电成本 (元/千瓦时)	1.2			Chen and Xue (2024)
兆瓦级充电系统的充电成本 (元/千瓦时)	2.1	1.6	1.3	Zhu et al. (2023)、Goeckeler et al. (2023)
充电功率 (千瓦)	150 (货运场站/公共夜间充电系统)、 350 (重卡专用快充站)、1,000 (兆瓦级 充电站)			Pers. Comm. (2024)、Muratori et al. (2023)、 Zhao et al. (2023)
充电基础设施覆盖程度	假设在某些应用场景中, 一些类型的充 电设施存在供给限制			关于无政策情景的假设, 请见“充电时间成本、里程 焦虑和车辆残值的量化方法”章节。关于政策情景的 假设, 请见“情景预测与不确定性分析”章节
枪口加氢价格 (元/千克)	51	34	29	2024年加氢价格来自氢价指数 (China Hydrogen Alliance 2025)。2025—2035年的加氢价格由作者根据氢能供 给结构 (Sinopec 2023)、绿氢预测成本 (Yuan et al. 2023; Sun et al. 2023) 和灰氢预测成本 (Sinopec 2023) 综合计 算得出
加氢基础设施覆盖程度	假设不存在加氢基础设施的供给限制			本研究假设
单位时间的成本 (元/小时)	150			Truck Alliance (2025)、MOT and NDRC (1998)
贴现率 (%)	7%			Chen and Xue (2024)、Basma et al. (2023)、Hunter et al. (2021)、Meszler et al. (2019)

缩略词: MY=车型年份; BET=纯电动重卡; FC=燃料电池; NCS=公共夜间充电系统; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统。
来源: WRI作者根据文献汇总和企业访谈 (Pers.Comm. 2024) 做出的假设。

充电时间成本、里程焦虑和车辆残值的量化方法

充电时间成本

充电时间成本是指纯电动重卡因日间补电所需时间相较于柴油重卡加油时间更长而产生的额外成本。

本文仅将这一成本应用于纯电动重卡的日间充电过程。具体而言，假设纯电动重卡夜间在货运场站或公共充电系统进行充电，均不计算时间成本，因为夜间补能通常不影响纯电动重卡的正常运营。然而，在长途运输等对时效性要求较高的场景（如双驾驶员运营模式）中，该假设不成立，从而可能导致本文对长途运输场景中充电时间成本的低估。

本研究采用日间充电时长与单位时间成本的乘积来计算充电时间成本：

- 单位时间成本可依据两种方法确定：一是驾驶员人工成本法（Burnham et al., 2021），二是货物延滞费法（Hunter et al., 2021）。本文采用货物延滞费法，因为其数值高于人工成本，对纯电动重卡总成本的影响更为显著。基于文献汇总（Truck Alliance 2025; MOT and NDRC 1998），本文将单位时间成本（货物延滞费）设定为运费的50%，即150元/小时。为进一步开展不确定性分析，本文根据相关文献，将单位时间成本设定为运费的100%，即300元/小时（Ledna et al. 2024; Hunter et al. 2021）。
- 为简化分析，本研究仅考虑日间实际充电时长，不包括因寻找或等待充电基础设施所产生的额外时间。

里程焦虑

里程焦虑是新能源重卡推广的主要障碍之一，是指驾驶员对纯电动重卡在抵达充电站前电量耗尽这一情况的担忧（Hao et al. 2022; Neubauer and Wood 2014）。其严重程度取决于重卡专用公共或半公共充电基础设施的覆盖范围。本研究假设，里程焦虑仅适用于短续航里程纯电动重卡，而长续航里程纯电动重卡不受影响，原因在于本文假定货运场站或公共夜间充电系统不存在基础设施的限制。

在本研究中，里程焦虑被量化为一种额外运营成本，即当短续航里程纯电动重卡无法完成原定行程时，需转用柴油重卡完成剩余行程所产生的成本（Hao et al. 2022）。该成本按公式1进行计算，式中，使用柴油重卡替代的概率是基于中国重卡专用公共或半公共充电基础设施网络（包括公共快充站和兆瓦级充电站）的建设覆盖情况估算得出。该基础设施扩张速度因运输场景（与充电站类型）而异（见图6）。本文假设中国将优先在新能源重卡市场渗透率较高的重点区域（如广东省、京津冀地区）推进基础设施建设，并逐步推广至全国。在无政策情景中，该假设基于相关文献的综合分析（Zhao et al. 2023; China SAE 2024; Zhang et al. 2021）得出。

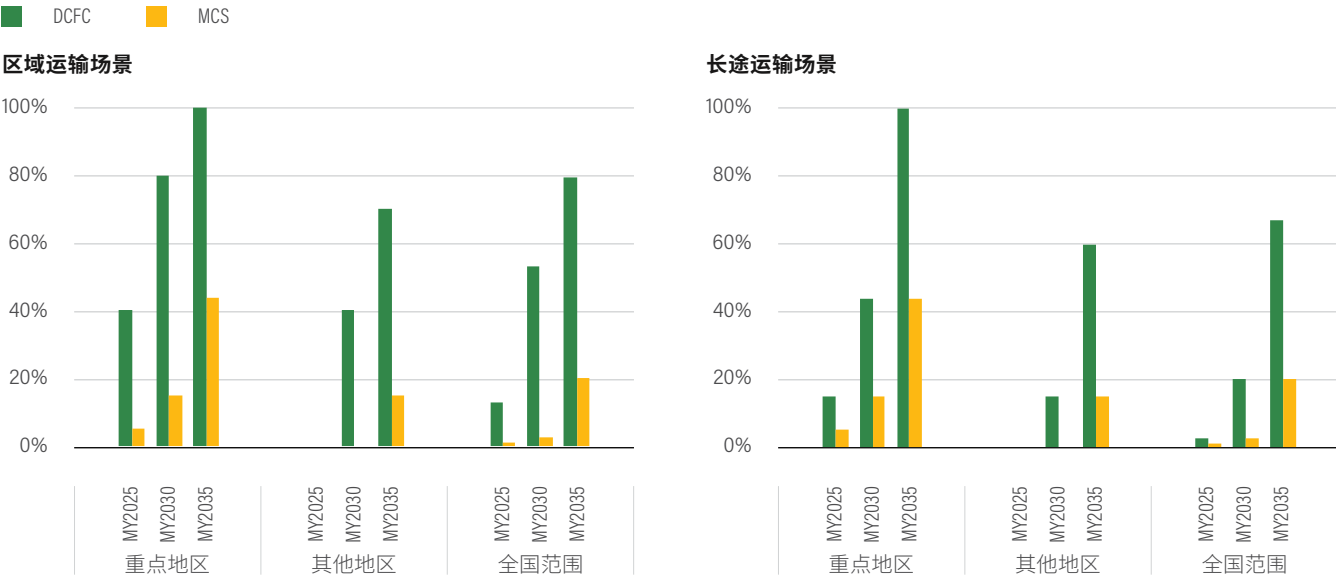
$$\begin{aligned} \text{Range anxiety} \\ &= \text{Likelihood} \times (\text{Energy}_{\text{ICET_DIESEL}} - \text{Energy}_{\text{BET}}) \end{aligned} \quad (\text{公式1})$$

其中：

*Likelihood*表示各场景中使用柴油重卡替代纯电动重卡的概率，其计算方法为100%减去不同区域内预测的重卡专用公共或半公共充电基础设施覆盖率（%）。

*Energy_{ICET_DIESEL}*和*Energy_{BET}*分别表示柴油重卡和纯电动重卡的能源成本（元）。

图6 | 在无政策情景和现有政策情景下，区域运输场景和长途运输场景中按充电设施类型 (DCFC与MCS) 划分的纯电动重卡充电基础设施覆盖率



缩略词：DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；MY=车型年份。

说明：全国范围内，纯电动重卡充电基础设施的覆盖率按如下方式计算。首先，将预期覆盖范围划分为重点地区（覆盖程度较高）与其他地区（覆盖程度较低）。随后，根据各区域分别在公路货运运输线路中所占的比例，对这两类地区的覆盖率进行加权计算，从而得到全国整体覆盖率。在区域运输场景中，重点地区占比为32%，其他地区占比为68%；在长途运输场景中，重点地区的占比为17%，其他地区的占比为83%（CCTAW 2023; Zhang et al. 2021）。

来源：WRI作者根据Zhao et al. (2023)、China SAE (2023)、CCTAW (2023)、Zhang et al. (2021) 的研究汇总。

车辆残值

受电池衰减、技术迭代以及二手市场发展不完善等因素影响，目前新能源重卡的残值难以充分体现其市场价值（BNEF 2024）。因此，本研究假设在无政策情景中，新能源重卡的残值与柴油重卡相同。根据企业访谈（Pers. Comm. 2024）和Basma et al. (2021) 的研究，柴油重卡的残值约为其零售价格的30%。在此假设下，新能源重卡的残值仅为其零售价格的7%~25%，其中，长途运输场景下的长续航里程纯电动重卡残值占零售价格的比例最低。

值得指出的是，上述假设可能低估了新能源重卡的实际残值（进而低估其成本竞争力）。例如，长续航里程纯电动重卡因配备大容量电池，通常具有更高的潜在残值。在高度成熟的市场环境下，新能源重卡的车辆残值预计将高于本研究无政策情景下的水平。具体而言，若假设无动力车身可保留30%的初始价值，电池包和燃料电池系统在首次使用后分别可保留43%和50%的初始价值（Basma and Rodríguez 2023），则新能源重卡的残值可达到其零售价格的20%~38%。

为此，本研究设置了两个旨在提高新能源重卡残值的政策情景，即由政府为新能源重卡提供不低于零售价格20%和30%的残值担保，以分析其残值对新能源重卡市场渗透率的影响（见“情景预测与不确定性分析”章节）。

新能源重卡成本回收期和市场渗透率的预测方法

基于上述决策变量的量化结果，本文分别测算新能源重卡的成本回收期与TCO（公式2和公式3）：

- 新能源重卡的成本回收期是指与柴油重卡相比，新能源重卡凭借其在全生命周期内节约的运营成本，来抵消其相对于柴油重卡更高的车辆资本支出（含购置成本）所需的时间（以年为单位）。在区域运输场景中，柴油重卡的使用年限通常为7~10年（Pers. Comm.2024; CATARC 2022）；因此，本文假设若新能源重卡的回收期不超过5年，则认为其具备推广的经济性（Shenzhen Xieli 2022）。在长途运输场景中，柴油重卡的使用年限通常为5年，因此将新能源重卡的成本回收期设定为不超过4年，以此作为判断其经济性的标准（EPA 2024a）。
- 新能源重卡的总拥有成本是指其在全生命周期的持有成本，按净现值计算，包括车辆的资本支出（含购置成本）、运维成本与车辆残值等。鉴于中国市场中新能源重卡以一手车为主，运输企业较少购买二手或三手车辆（Mihelic et al. 2020），本文仅针对一手车进行TCO计算。

为简化分析，本文假设所有决策变量的权重相等，即各变量对运输企业决策具有同等影响。

$$\begin{aligned} TCO_{p,u,t} &= CAPEX_{p,u,t} + OPEX_{p,u,t} + Payload_{p,u,t} + Charging_{p,u,t} + \\ &\quad Range_{p,u,t} - Residual_{p,u,t} \end{aligned} \quad (\text{公式2})$$

$$\begin{aligned} Payback_{p,u,t} &= \frac{Incremental\ cost_{u,t}}{Operational\ cost\ savings_{u,t}} \\ Incremental\ cost_{u,t} &= (CAPEX_{ZET,u,t} - Residual_{ZET,u,t}) - \\ &\quad (CAPEX_{ICET_DIESEL,u,t} - Residual_{ICET_DIESEL,u,t}) \\ Operational\ cost\ savings_{u,t} &= OPEX_{ICET_DIESEL,u,t} - OPEX_{ZET,u,t} - Payload_{ZET,u,t} - \\ &\quad Charging_{ZET,u,t} - Range_{ZET,u,t} \end{aligned} \quad (\text{公式3})$$

其中：

$CAPEX_{p,u,t}$ 表示车辆资本支出，即车辆初期购买时的一次性费用支出，包括车辆购置成本、车辆购置税和融资成本（元）。

$OPEX_{p,u,t}$ 表示新能源重卡的运维成本，包括能源成本、道路收费、维修成本和保险（元）。

$Payload_{p,u,t}$ 表示新能源重卡由于载质量损失而产生的成本（元）。

$Charging_{p,u,t}$ 表示纯电动重卡的充电时间成本（元）。

$Range_{p,u,t}$ 表示短续航里程纯电动重卡的里程焦虑成本（元）。

$Residual_{p,u,t}$ 表示车辆残值（元）。

$Payback_{p,u,t}$ 表示相较于柴油重卡，新能源重卡通过运营成本节约抵消其较高资本支出所需的时间（年）。

$Incremental\ cost_{u,t}$ 表示在计入车辆购置成本、车辆购置税、融资成本及车辆残值后，新能源重卡与同等柴油重卡之间的成本差额（元）。

$Operational\ cost\ savings_{u,t}$ 表示新能源重卡相对于柴油重卡的年度运营成本节约额，按现值计算（元）。

p 表示技术路线； u 表示应用场景； t 表示指车型年份。

此外，针对中国货运行业高度分散、以小微运输企业与个体司机为主的结构特点（TUC 2022），本研究的成本测算均以中小企业视角为准：其一，本文中新能源货车的购置成本基于小规模采购价格确定，而非大型企业采用的批量采购价格；其二，融资成本与保险费率均采用较高值，以反映中小企业更高的风险溢价（CFLP 2022）。鉴于中小企业普遍依赖贷款购车，成本回收期对其购置决策具有较强的实际参考意义，本研究在结果展示中以新能源重卡的成本回收期为主要指标，并辅以TCO，共同预测其市场渗透率。

基于新能源重卡的成本回收期 and TCO⁸，本文进一步分场景对MY2025—2035新能源重卡的市场渗透率展开预测。预测模型有两类：一是美国环保署（EPA）基于新能源重卡成本回收期构建的市场渗透率对应关系（EPA 2024a），本文对其进行了中国本土化修正；二是采用TransTEC离散选择模型（ECD SCUT 2024），以新能源重卡TCO为变量预测市场渗透率。具体说明如下：

- 美国EPA关于新能源重卡市场渗透率的趋势预测基于TEMPO模型（NREL, n.d.）得出。该预测假设新能源重卡的市场渗透率上限为：MY2027达到20%、MY2030达到37%、MY2032达到70%，以体现充电基础设施约束、车辆生产供应链限制以及早期市场推广阻力（EPA 2024a）。本研究基于文献综述（Hao et al. 2024; China SAE 2024）及TransTEC离散选择模型预测结果，对该关系进行了中国本土化修正。考虑到中国在车辆生产供应链成熟度与充电基础设施部署进度方面的优势，本文相应提高了新能源重卡

市场渗透率上限：区域运输场景中，MY2027—2030达到70%~85%；长途运输场景中，MY2030—2035达到70%~85%。该上限调整亦获得近期新能源重卡市场趋势（CATARC 2025）以及相关研究（Ke et al. 2024; China SAE 2024）的印证。

- TransTEC离散选择模型通过模拟运输企业对不同车辆技术及配置选项的选择概率，预测新能源重卡的市场渗透率（ECD SCUT 2024）。该模型采用标准的消费者选择模型框架（Hao et al. 2024; Ou et al. 2022; Liu et al. 2020; Lin and Greene 2010），以TCO为基础构建效用函数，量化运输企业的选择偏好并计算其选择概率。模型的嵌套选择结构依据“场景定义与新能源重卡的参数配置”中的配置逻辑进行设计（见图7）。本研究基于中国2020—2024年新能源重卡的历史市场渗透率对模型进行拟合，并通过调整误差项，弥合历史数据与模型输出之间的差异。受数据限制，本研究未对中国货运市场进一步细分（如按照企业规模分类），而是将全国运输企业视为一个同质、统一的市场。此外，为简化分析，模型未考虑内生性问题，例如新能源重卡累计销量对降低电池成本可能产生的反馈效应。鉴于运营不确定性、新能源技术迭代不确定性、油价/电价不确定性及政策力度的变化，本研究在预测新能源重卡市场渗透率时提供了一个区间范围，而非单一数值估计。

在本文的预测中，两模型协同工作：本土化修正的EPA关系用于预测2030年、2032年和2035年等目标年份的市场渗透率；TransTEC离散选择模型则在此基础上通过插值，推算出完整时间序列。

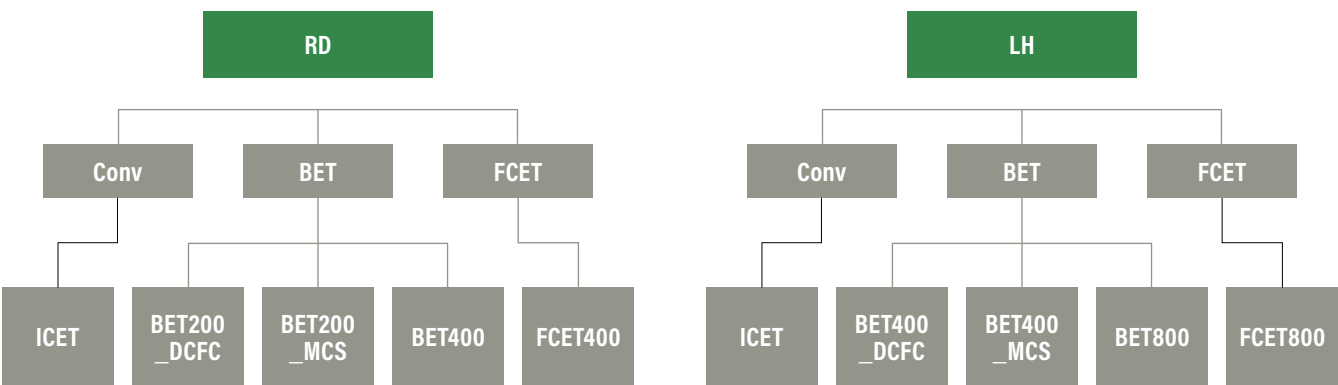
情景预测与不确定性分析

情景预测：本研究采用前向模拟方法（forward simulation），即在未预设新能源重卡市场渗透率目标的前提下，对各政策情景进行设计与预测。受数据可得性限制，本文仅分析各情景下新能源重卡成本回收期及市场渗透率，未对由此带来的政府支出增量及更广泛的社会成本进行量化。

本文构建了三组情景，以预测新能源重卡的市场渗透率（见表5）：

- **无政策情景：**作为“反事实”参照情景，假设不实施任何新能源重卡推广激励政策。
- **现有政策情景：**该情景主要基于现行政策，涵盖“以旧换新”补贴、新能源汽车车辆购置税减免以及氢燃料电池汽车示范城市群补贴，分别模拟其单独实施与组合实施的效果。受模型限制，“重点行业企业绩效分级管理”（以下简称“绩效分级政策”）等具有影响力的需求侧政策未纳入本文分析范围9（MEE 2020）。
- **强化政策情景：**在现有政策情景的基础上，进一步评估额外出台的需求侧政策对提升新能源重卡市场渗透率的潜在效果。需求侧政策通常可分为经济激励、基础设施保障以及标准法规三类（OIES n.d.; WEF et al. 2021）。本研究未涵盖所有潜在政策选项，而是聚焦于满足以下条件的政策：一是在各类别中具有代表性且对推广有效；二是可通过本文模型进

图7 | 本研究在TransTEC离散选择模型中建立的嵌套选择结构



缩略词：RD=区域运输场景；LH=长途运输场景；Conv=传统场景；ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统。
来源：WRI作者假设。

行量化建模。由于绩效分级政策需要更复杂的模型,而碳定价实际效果有限(Chen and Xue 2024; Mao et al. 2021),本研究并未将其纳入。根据上述标准,最终选取以下五项政策:

- 经济激励: 减免道路通行费、提供氢燃料电池重卡补贴(购置和加氢补充)、提供车辆残值担保。
- 基础设施保障: 加速部署重卡专用充电基础设施。
- 标准法规: 提高新能源重卡的最大设计总质量。

表 5 | 关于本研究各情景的核心假设

情景类别	情景	情景假设
无政策情景	1. 无政策情景 • No_policy	未实施任何新能源重卡推广政策
现有政策情景	2. 现有政策情景 • Current_policy	本情景分别评估以下政策的单独作用及其叠加效应 • “以旧换新”补贴: 运输企业在报废“国四”及以下排放标准的营运货车并购置新能源重卡时,可享受补贴:半挂牵引车最高补贴140,000元,载货汽车最高补贴115,000元(MOT et al. 2025)。本研究假设该政策实施至2027年底(State Council 2024; Shanghai Government 2024) • 新能源汽车车辆购置税减免: 中国对柴油重卡征收10%的车辆购置税,而新能源重卡在2025年底前免征车辆购置税,2026—2027年期间享受车辆购置税减半征收(MOF et al. 2018; 2023)。 • 氢燃料电池汽车示范城市群补贴: 在2025年底前,五大氢燃料电池汽车示范城市群将持续提供购置补贴(每车最高756,000元)与加氢运营补贴(使枪口加氢价格降至30元/千克)(MOF et al. 2020; 2021)
强化政策情景	3. 道路通行费减免 • Road_charge_15% • Road_charge_50% • Road_charge_100%	为推广新能源重卡,中国部分省份已对其采取高速公路通行费减免政策,减免幅度介于15%至100%之间(Gansu DOT et al. 2021; Tianjin MTC and Tianjin DRC 2021) 在强化政策情景中,本研究假设新能源重卡可享受15%的高速公路通行费减免,该比例兼顾政策激励效果与高速公路运维资金的可持续性 由于各地实际实施的通行费优惠幅度存在差异,本文在不确定性分析中进一步评估了两种额外情形:通行费减免50%(Road_charge_50%)与全额减免(Road_charge_100%),以比较不同减免力度对政策效果的影响
	4. 加速推广重卡充电基础设施 • Accel_charge - Accel_DCFC - Accel_depot • Accel_MCS	Accel_charge情景由以下两项措施共同构成 • 加速推广重卡专用公共快充站(Accel_DCFC): 在全国范围内扩大重卡公共快充网络,到2030年实现区域运输场景中重卡专用公共快充站100%全国覆盖,到2035年实现长途运输场景中100%全国覆盖(见图8)。相比之下,本文假设兆瓦级充电系统的建设进度相对滞后,预计至2035年,其在两类场景中的全国覆盖率仅达60%^a • 推动货运场站或公共夜间充电系统的夜间低成本充电(Accel_depot): 鉴于运输起讫点通常配备有货运场站,运输企业可以自建充电站或使用公共充电站,充分利用夜间谷段低价电进行充电。本研究假设,通过加快货运场站及公共夜间充电站的建设与普及,夜间充电成本可由0.9元/千瓦时降低至0.6元/千瓦时 此外,本研究也分别评估了上述两项措施单独实施时可能产生的影响 针对长途运输场景,本文还专门设置了加速发展公共兆瓦级充电系统的情景(Accel_MCS)。在该情景下,假设到2035年实现重卡专用兆瓦级充电系统与公共快充网络的双重全面覆盖,以此分析加快推广兆瓦级充电站的政策效果

表 5 | 关于本研究各情景的核心假设 (续)

情景类别	情景	情景假设
强化政策情景	5. 提高车辆最大设计总质量 • Weight_increase	本研究假设在新能源重卡的车辆最大设计总质量不超过其最大轴载荷的前提下, 额外给予其2吨的重量豁免, 即允许其最大设计总质量较同等柴油重卡提高2吨。该设定参考了欧盟关于零排放车辆可较传统柴油重卡最大设计总质量额外增加2吨的规定 (EU 2019)
	6. 氢燃料电池重卡补贴 • FCET_subsidies - FCET_purchase - H ₂ subsidy	此情景假设氢燃料电池汽车示范城市群补贴将延续, 具体包括 • 燃料电池重卡 (FCET) 购置补贴 (FCET_purchase): 本文假设2026年补贴标准降至2025年水平的50%, 至2030年进一步降至2025年水平的20%, 自2031年起该补贴将彻底退出 • 加氢补贴 (H ₂ subsidy): 在加氢补贴的支持下, 枪口加氢价格可维持在25元/千克 (以半挂牵引车为例)。实际补贴幅度介于4~20元/千克之间 本文亦分别评估上述两项补贴政策 (即FCET购置补贴与加氢运营补贴) 单独实施时的影响, 以分析未来进一步降低FCET补贴力度的可行性
	7. 新能源重卡残值担保 • Residual_value_20% • Residual_value_30%	在成熟的二手车市场中, 新能源重卡的车辆残值可达其零售价格的20%~38%。借鉴美国通过的“二手清洁能源车辆税收抵免”政策, 即为符合条件的二手车提供最高4000美元 (相当于零售价格的30%) 的残值支持 (USDOT n.d.), 本研究假设, 有关政府部门将在车辆首次使用后 ^b , 为新能源重卡提供不低于零售价格20%的残值担保 (Residual_value_20%)。此外, 本文还进一步设定残值担保比例提高至零售价格30%的情景 (Residual_value_30%), 并基于此开展不确定性分析

说明: 在强化政策情景中, 蓝色情景被定义为核心政策情景, 其余情景均归类为政策不确定性分析, 旨在评估政策力度变化对政策效果的影响。

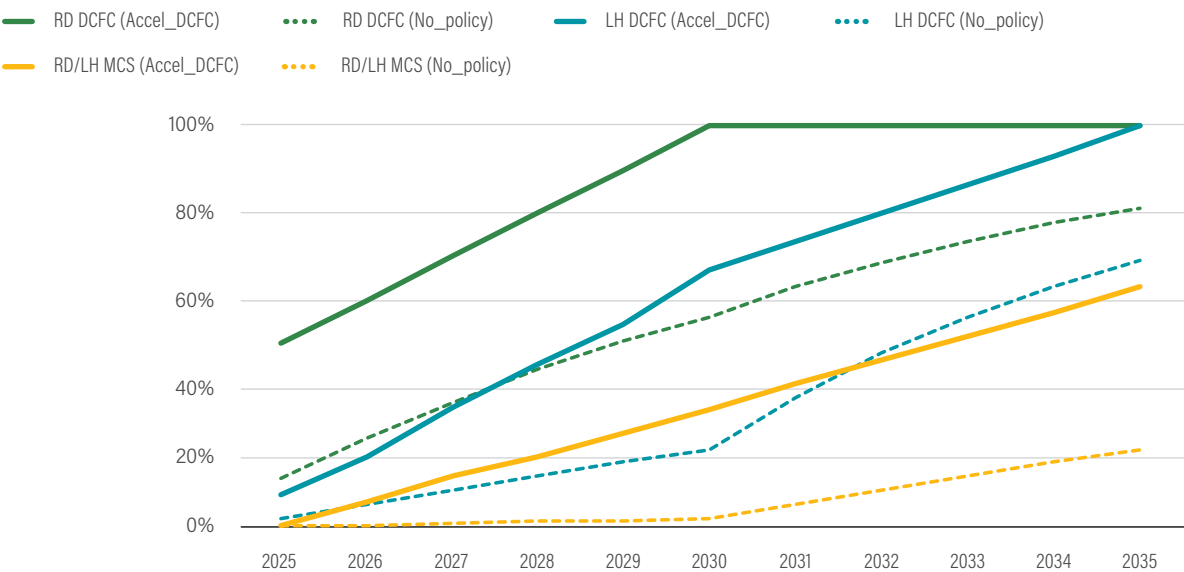
a. 见图8。

b. 即表1中所界定的重卡使用年限。

缩略词: RD=区域运输场景; LH=长途运输场景; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统。

来源: WRI作者汇总。

图 8 | 在Accel_DCFC情景和无政策情景下全国重卡专用充电基础设施覆盖率(2025—2035):按充电设施类型划分



缩略词: RD=区域运输场景; LH=长途运输场景; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统。No_policy为无政策情景。Accel_DCFC为加速推广重卡充电基础设施情景。

来源: WRI作者假设。

不确定性分析：鉴于技术进步、燃料价格、货车运营特征及政策实施等方面存在显著不确定性，本研究针对各情景开展了不确定性分析，以评估关键假设变动对研究结论稳健性的影响。为降低多因素变化的叠加干扰，本文为不确定性分析设定了边界：

- 在无政策情景下，运营不确定性体现为年行驶里程、日行驶里程、运输时效性要求（反映为充电时间成本的高低）以及货物类型（是否引起载质量损失）等因素的波动。相关参数的变化范围基于文献综述（Hao et al. 2024; China SAE 2024; CATARC 2022; 2018; China SAE et al. 2016）及专家访谈（Pers. Comm. 2024）（见表1）。
- 在现有政策情景中，进一步评估技术、运营及成本不确定性对新能源重卡市场渗透率的影响。本研究共纳入18项关键参数，各参数均按典型不确定性分析方法，在基准值基础上浮动 $\pm 10\%$ （Ruf et al. 2020; Hao et al. 2020）。
- 此外，本研究还分析了不同政策力度对新能源重卡市场渗透率的作用效果。政策变量的调整幅度参考中国相关政策文件及相关研究文献设定。



无政策情景的研究结论

本章测算了MY2024—2035期间，在无任何激励政策的情况下，新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的成本回收期与市场渗透率。预测结果显示，预计MY2030—2034期间，新能源重卡在区域运输场景中具备成本竞争力，但在长途运输场景中仍处于推广初期。此外，受重卡运营不确定性等因素影响，未来新能源重卡的市场渗透率存在较大不确定性。

预计MY2030—2034期间，新能源重卡在区域运输场景中具备成本竞争力，但在长途运输场景中仍处于推广初期

本章测算了MY2024—2035期间，在无任何激励政策的情况下，新能源重卡在区域运输场景与长途运输场景中的成本回收期与市场渗透率。研究重点为判断区域运输场景中新能源重卡成本回收期何时缩短至5年以内，以及长途运输场景中何时降至4年以内——这两个时间点被视为运输企业更可能购买新能源重卡的关键阈值，并在此基础上预测其在各场景下的市场渗透率。

预测结果表明，在无任何激励政策的情况下，近期内（2030年前）新能源重卡推广潜力最大的为区域运输场景中的纯电动半挂牵引车，而在长途运输场景中，其整体推广仍处于早期阶段。

在区域运输场景中，MY2030—2034期间纯电动半挂牵引车将具备更强的成本竞争力，预计MY2030市场渗透率约为2%~17%

氢燃料电池重卡由于购置成本高、相对柴油重卡的运营成本节约有限（见附录C），因而在区域运输场景中，成本竞争力不及纯电动重卡。在纯电动重卡中，BET200_MCS的经济性不及BET200_DCFC与BET400，主要原因如

下：一是BET200_MCS的充电成本较高，抵消了兆瓦级充电系统在充电时间成本方面的优势；二是兆瓦级充电基础设施覆盖不足，进一步加剧了BET200_MCS的里程焦虑（见附录C）。

在区域运输场景中，纯电动半挂牵引车比纯电动载货汽车更具成本竞争力（见图9）。具体而言：

- 在MY2030—2034期间，纯电动半挂牵引车逐步实现成本竞争力，其表现受年行驶里程影响显著：在长年行驶里程工况（100,000千米）下，预计在MY2030可实现5年内回本；而在短年行驶里程工况（60,000千米）下，其回本周期较长，预计到MY2034才能实现5年内回本。此外，MY2030前，长续航里程纯电动重卡（BET400）的经济性更优；但随着重卡专用公共快充站的覆盖范围逐步扩大，短续航里程纯电动重卡（BET200）的成本优势将在MY2030后逐渐显现。
- 纯电动载货汽车实现5年内回本的时间，将晚于纯电动半挂牵引车，预计在MY2032—2035期间达成：在长年行驶里程工况下，预计在MY2032实现5年内回本，比纯电动半挂牵引车晚2年；在短年行驶里程工况下，预计在MY2035实现5年内回本，比纯电动半挂牵引车晚1年。这一差异主要源于两方面原因：一是纯电动载货汽车的载质量损失比纯电动半挂牵引车更为明显（见附录D）；二是柴油载货汽车的能耗与购置成本均优于柴油半挂牵引车，从而削弱了纯电动载货汽车的经济性优势。

图9 | 无政策情景下新能源重卡的成本回收期：区域运输场景（MY2024—2035）

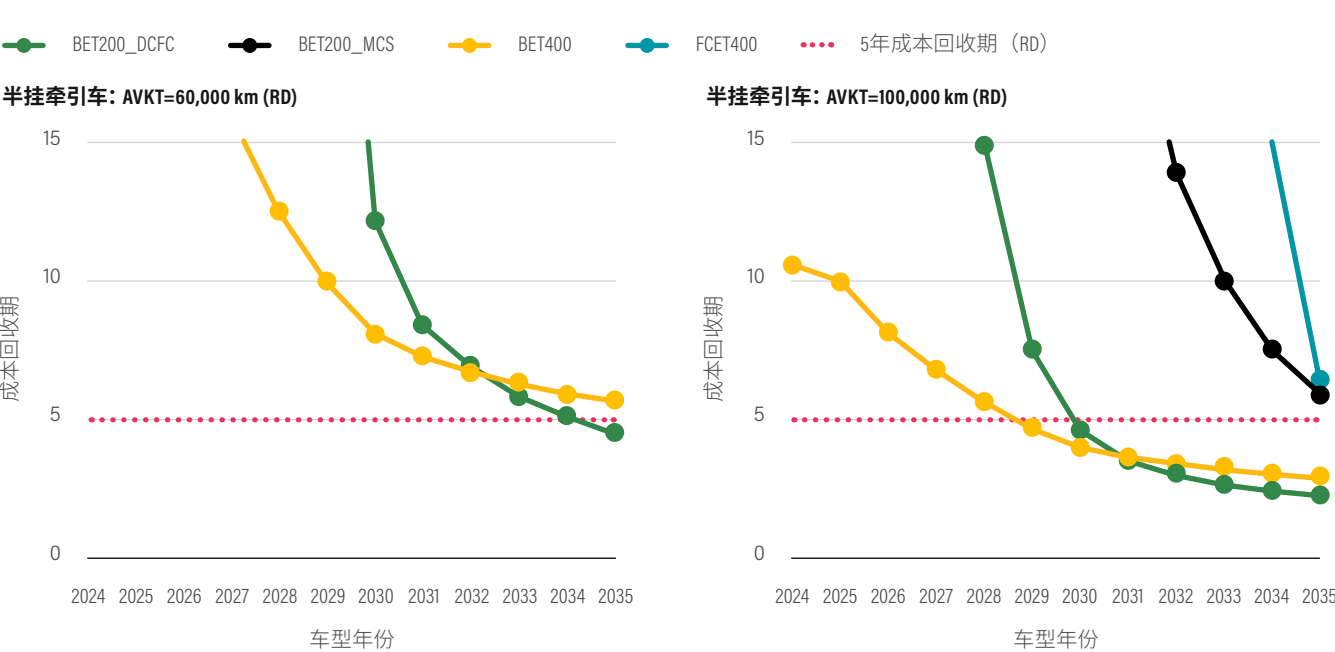
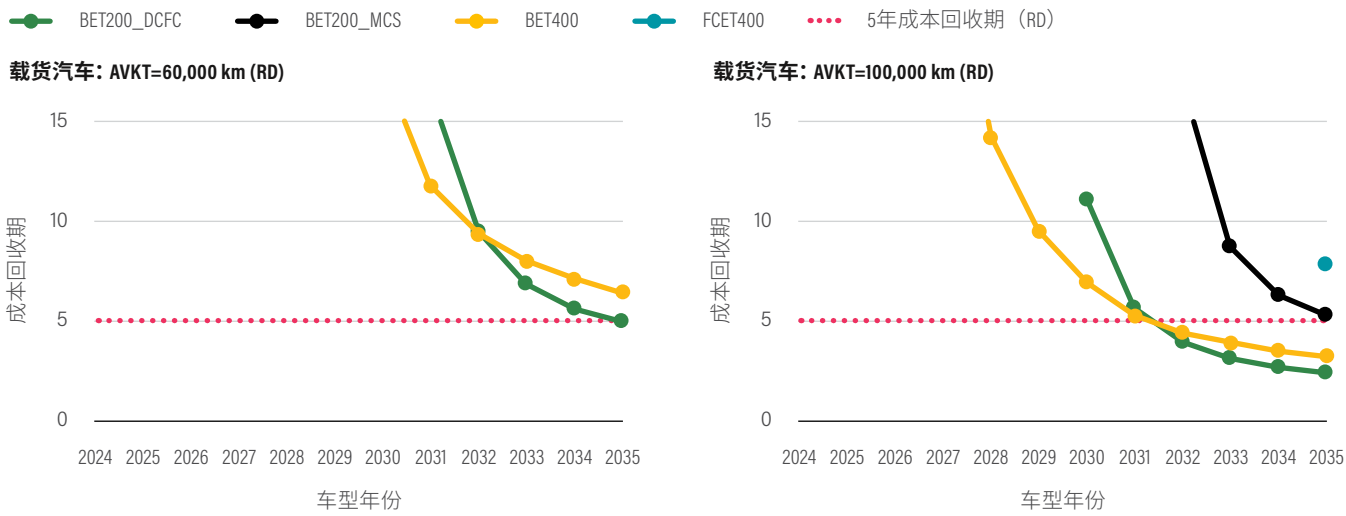


图 9 | 无政策情景下新能源重卡的成本回收期:区域运输场景 (MY2024—2035) (续)



在无任何政策激励的情况下,区域运输场景中新能源重卡的市场渗透率在MY2030前将保持缓慢增长。自MY2030起,伴随成本逐步下降,纯电动重卡的市场渗透率将显著提升。在部分区域运输场景中,纯电动重卡的市场渗透率预计于MY2034超越柴油重卡(见图10)。具体而言:

- 受购置成本偏高、相较于柴油重卡所能实现的运营成本节约有限等因素影响,新能源重卡在MY2027之前的市场渗透率预计仍接近于零。
- 到MY2030,纯电动半挂牵引车的市场渗透率将实现小幅增长,达到2%~17%。

- 在MY2030—2035期间,受成本持续下降的驱动,纯电动半挂牵引车与纯电动载货汽车的市场渗透率将快速上升,并逐渐趋近;到MY2035,两者市场渗透率预计处于20%~82%区间。特别是在区域运输场景的长年行驶里程工况下,纯电动重卡将于MY2034超越柴油重卡,成为市场的主力技术。相比之下,在区域运输场景中,氢燃料电池重卡的推广潜力仍然有限,其MY2035市场渗透率预计仅为0%~7%。

图 10 | 无政策情景下新能源重卡的市场渗透率:区域运输场景 (MY2024—2035)

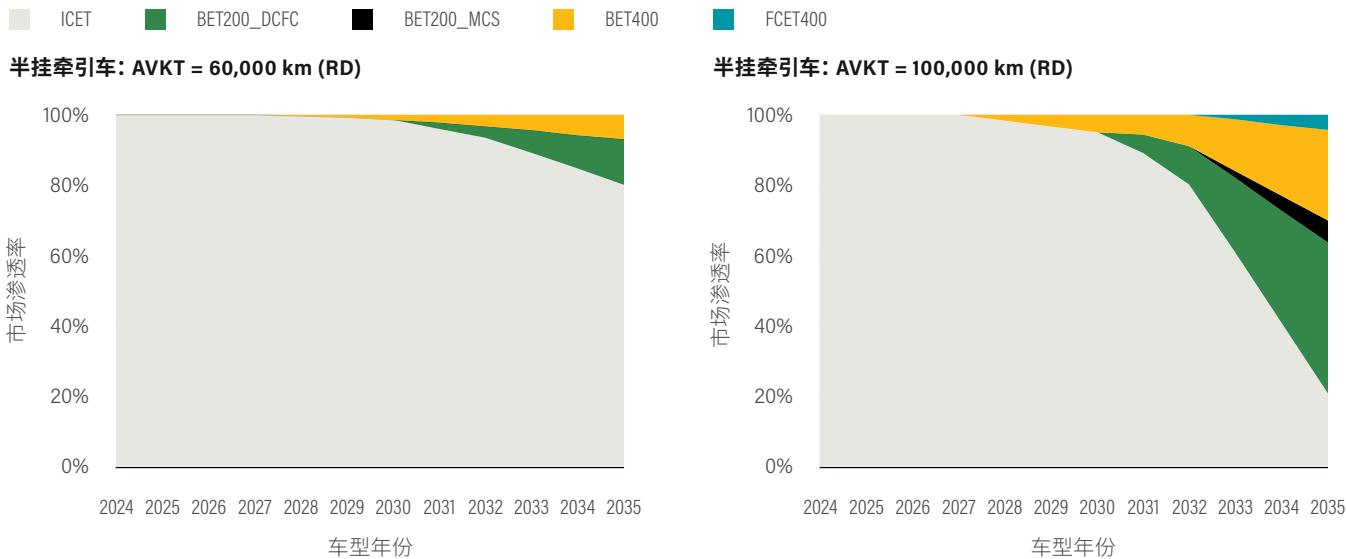
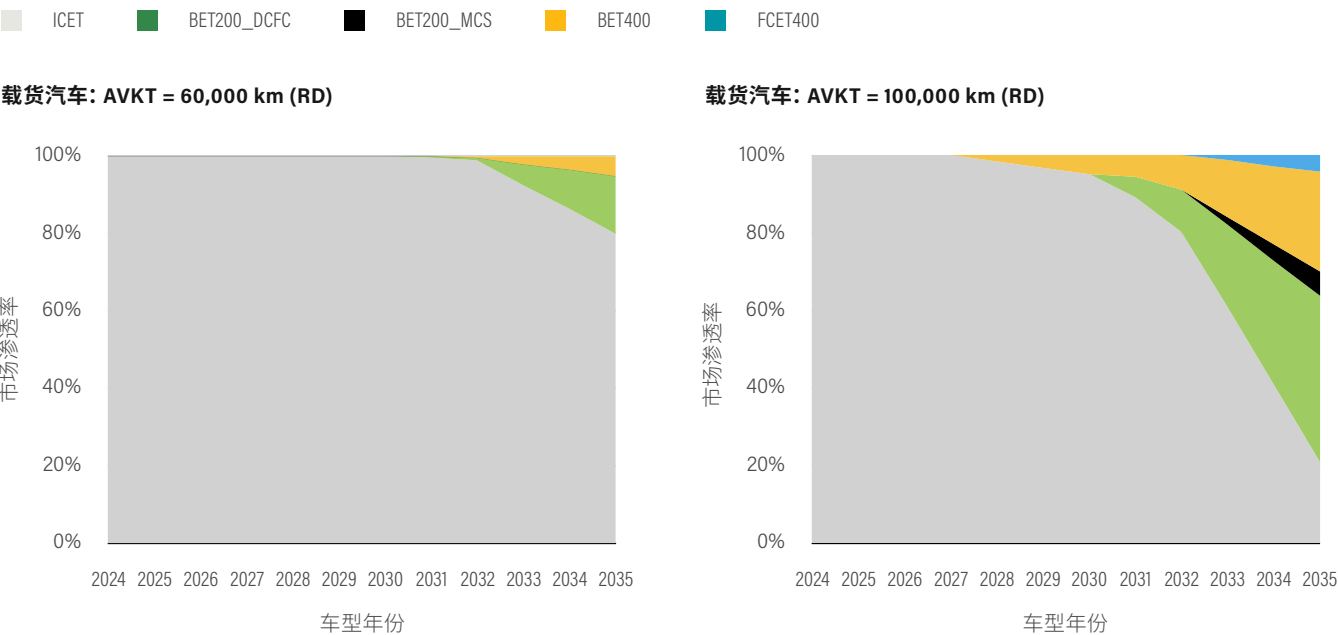


图 10 | 无政策情景下新能源重卡的市场渗透率：区域运输场景 (MY2024—2035) (续)



缩写词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；km=千米。
来源：WRI 作者计算。

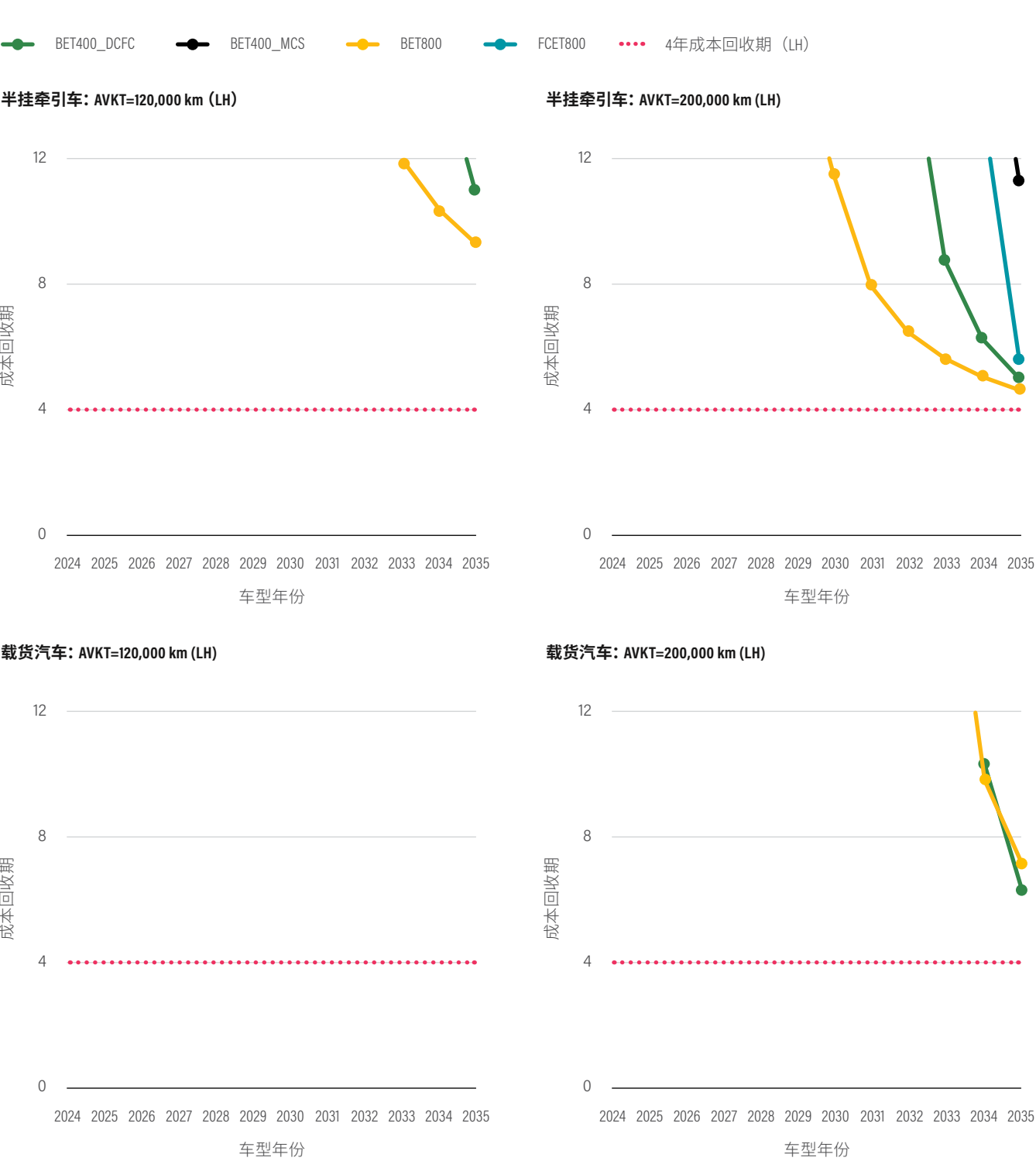
在长途运输场景中，纯电动重卡和氢燃料电池重卡预计需至 MY2035 才开始具备成本竞争力，其市场渗透率在此期间仍处于较低水平

与区域运输场景不同，在长途运输场景中，不同货车车型的最优技术路线存在差异：对于半挂牵引车而言，纯电动与氢燃料电池两类技术路线均具备成本竞争力；对于载货汽车而言，纯电动重卡则较氢燃料电池重卡更具成本竞争力。与区域运输场景类似，在缺乏政策支持的情况下，长途运输中纯电动重卡的 BET400_MCS 成本回收期仍长于 BET400_DCFC 与 BET800，主要原因仍是充电成本偏高与里程焦虑问题突出。

在长途运输场景中，新能源半挂牵引车同样较新能源载货汽车更具有成本竞争力（见图 11）：

- 到 MY2035，在长途运输场景中，长年行驶里程的新能源半挂牵引车成本竞争力较为明显，但短年行驶里程的新能源半挂牵引车经济性欠佳：在长年行驶里程工况下，到 MY2035，纯电动重卡与氢燃料电池重卡均接近具备成本竞争力，两者的回收期约在 5 年左右¹⁰；但在短年行驶里程工况下，到 MY2035，其成本回收期仍较长（约为 10 年）。
- 与新能源半挂牵引车相比，新能源载货汽车面临的成本挑战更为显著：即便到 MY2035，其在长途运输场景中仍不具备经济可行性。其中，纯电动重卡的经济性略优于氢燃料电池重卡——预计到 MY2035，纯电动载货汽车的回收期预计为 6~7 年；而氢燃料电池载货汽车的回收期预计超过 10 年。长途运输场景下新能源载货汽车回收期较长的原因与区域运输场景一致。

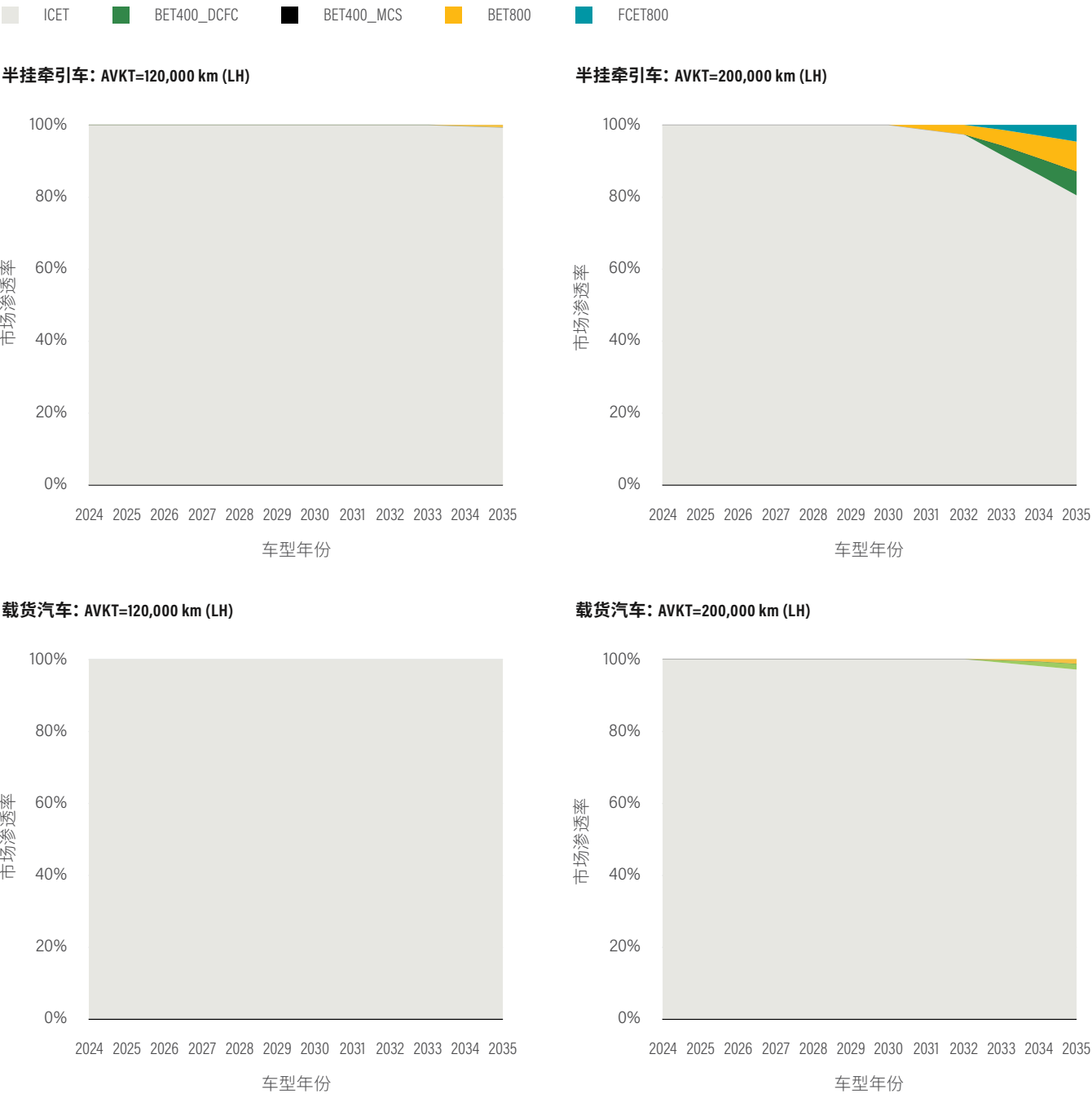
图 11 | 无政策情景下新能源重卡的成本回收期:长途运输场景 (MY2024—2035)



缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; LH=长途运输场景; MY=车型年份; km=千米。
来源: WRI作者计算。

若无任何政策支持,长途运输场景中新能源重卡的市场渗透率将长期在低位徘徊,即使到MY2035,柴油重卡预计仍将占据主导地位(见图12)。MY2032之前,新能源重卡市场渗透率预计仍低于5%。MY2032之后,不同车型将呈现分化趋势:新能源半挂牵引车的市场渗透率预计在MY2035提升至1%~20%(具体受年行驶里程影响),而新能源载货汽车的市场渗透率至MY2035仅处于0%~3%区间。

图 12 | 无政策情景下新能源重卡的市场渗透率:长途运输场景 (MY2024—2035)



重卡的运营不确定性导致新能源重卡的市场渗透率存在较大波动空间

鉴于区域运输场景与长途运输场景中存在的运营不确定性，本文通过调整年行驶里程、日行驶里程、货物品类、时效要求（反映为单位时间成本）等运营参数，刻画运营不确定性，并分析其对新能源重卡成本回收期与市场渗透率的影响。

由于**新能源半挂牵引车**在成本竞争力方面表现更为突出，本文以其为例，分析运营参数变化对前述结论的影响。

本文预测结果表明：首先，随着运营参数的变化，新能源重卡的市场渗透率区间显著扩大，体现出较强的不确定性；其次，各运输场景下的不同细分场景中，新能源重卡的推广潜力仍存在显著差异，因此政策制定者与运输企业应优先关注近期推广潜力最大的细分场景。

在区域运输场景中，新能源重卡的近期推广潜力集中在“年行驶里程长、日行驶里程短、时效要求低”的纯电动重卡

本研究表明，在区域运输场景中，年行驶里程、日行驶里程和单位时间成本对新能源半挂牵引车的成本回收期及

市场渗透率具有显著影响（见图13）。总体而言，纯电动重卡较氢燃料电池重卡更具成本竞争力。

- 首先，在长年行驶里程工况下，由于相较于柴油重卡可节约更多运营成本，所有新能源重卡的成本回收期均有所改善。
- 其次，当日行驶里程减少（如从400千米降低至300千米）¹¹时，所有新能源重卡的成本回收期显著缩短。主要原因在于：随着对续航里程需求的降低，车辆购置成本下降，且针对短续航里程纯电动重卡而言，其日间充电所产生的时间成本也相应减少。
- 第三，在运输轻抛货、不产生载质量损失的情况下，新能源重卡的成本回收期也会有所改善。理论上，该情况对长续航里程纯电动重卡更为有利，因其通常面临更大的载质量损失；但在区域运输场景中，纯电动半挂牵引车的载质量损失较为有限（见附录D中BET400相关数据），因此成本回收期的变化并不显著¹²。
- 第四，更高的运输时效性要求（即更高的单位时间成本），将延长短续航里程纯电动重卡（BET200）的成本回收期。然而，对于长续航里程纯电动重卡以及氢燃料电池重卡，由于可通过夜间充电或加氢避免产生额外时间成本，其在时效要求高的情景中相较于短续航里程纯电动重卡将更具成本竞争力。

图 13 | 无政策情景下，在不同运营模式中新能源半挂牵引车的成本回收期：区域运输场景（MY2024—2035）

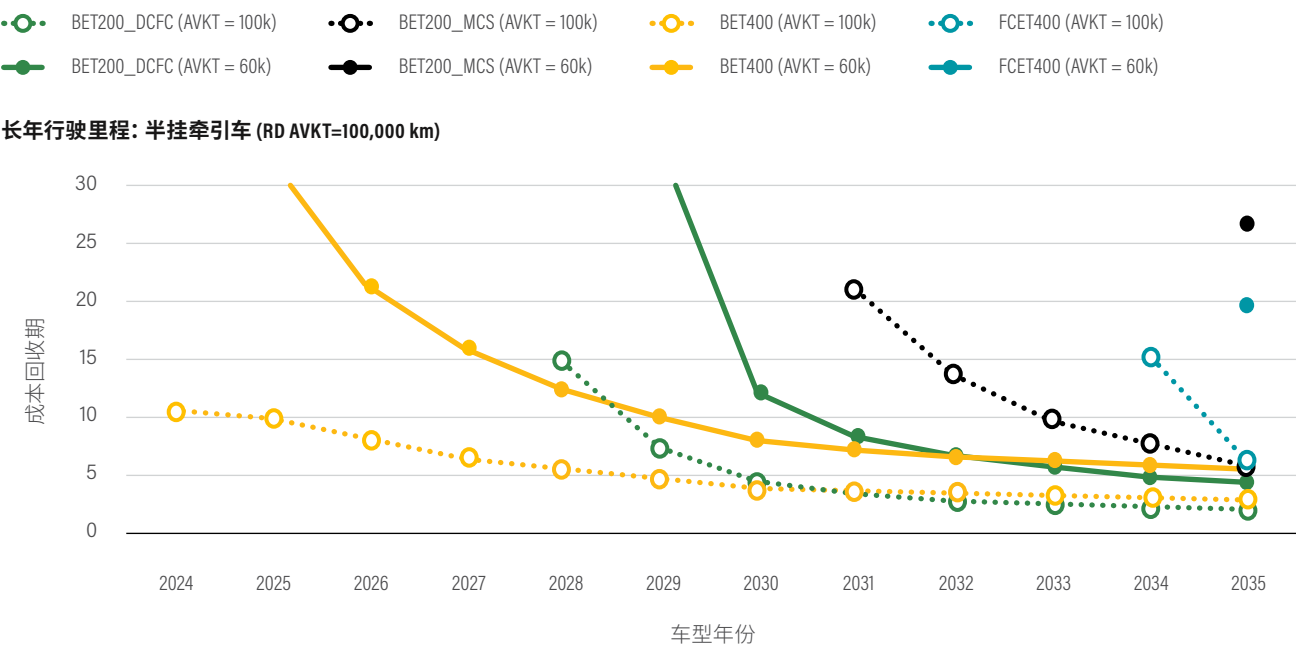
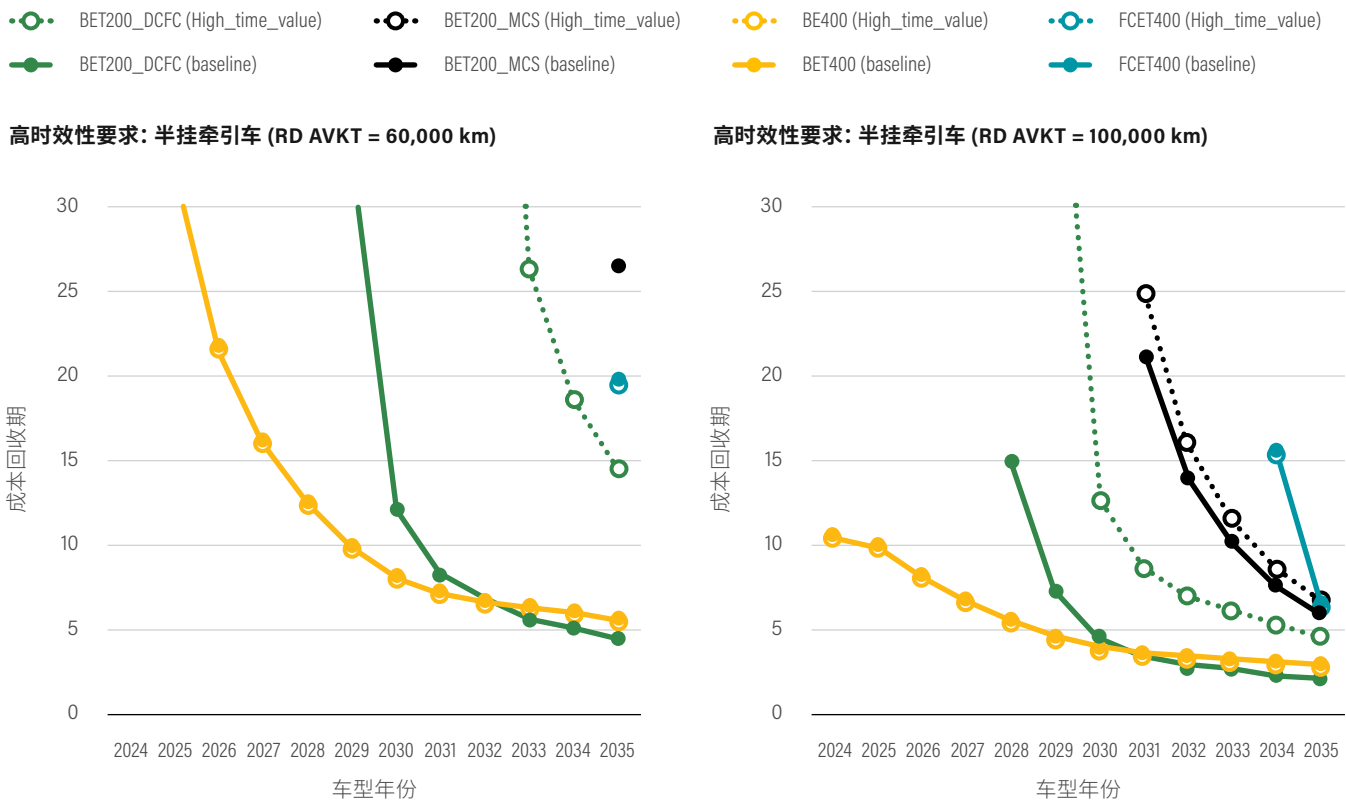


图 13 | 无政策情景下, 在不同运营模式中新能源半挂牵引车的成本回收期: 区域运输场景 (MY2024—2035) (续)



图 13 | 无政策情景下,在不同运营模式中新能源半挂牵引车的成本回收期:区域运输场景 (MY2024—2035) (续)



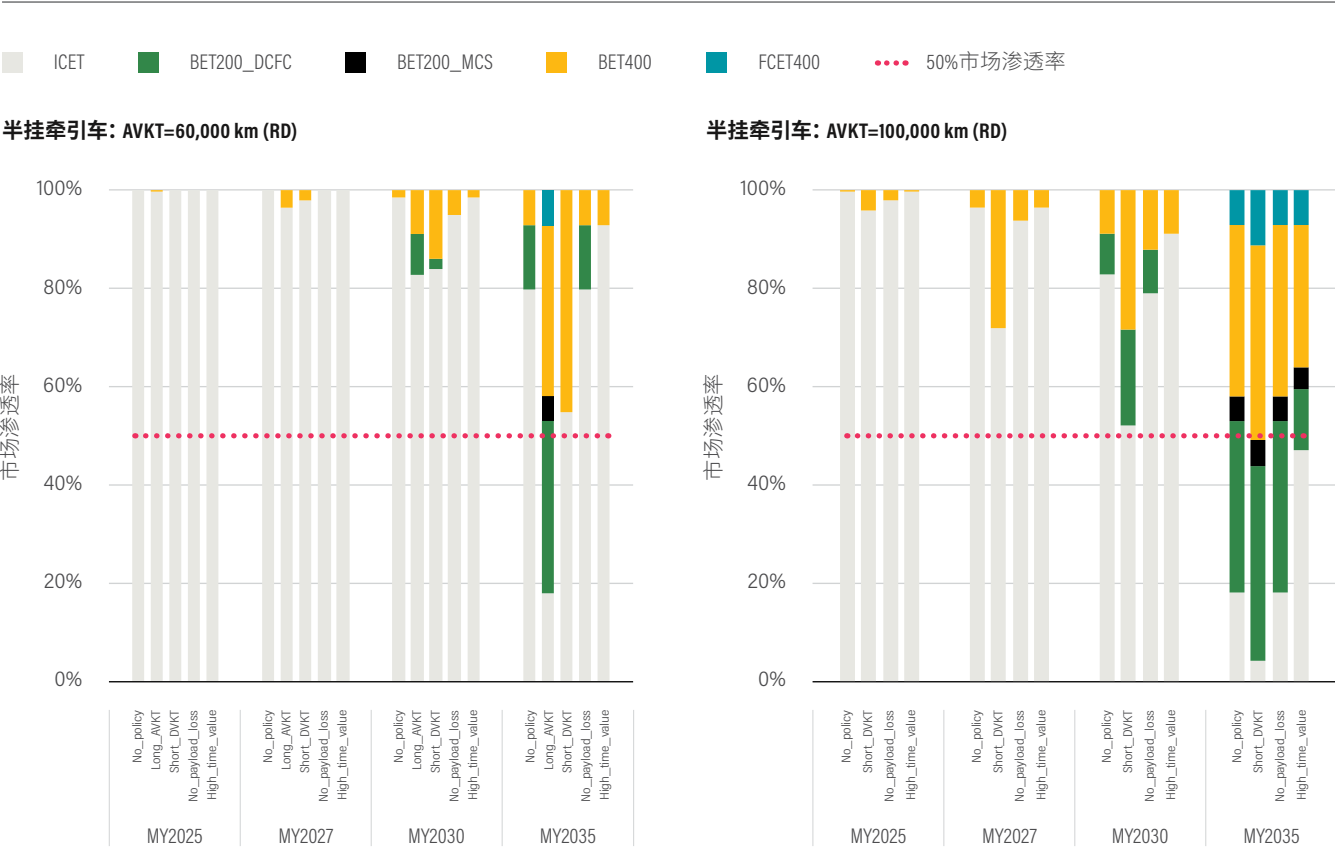
缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; DVKT=日行驶里程; RD=区域运输场景; km=千米。
说明: 对于短日行驶里程 (300千米) 的场景, 本研究降低了长续航里程新能源重卡的储能系统容量 (涉及电池容量或氢燃料系统容量), 以适应其日行驶里程的需求, 例如从 BET400和FCET400调整为BET300和FCET300; 而对于短续航里程纯电动重卡, 其电池容量保持不变 (即仍为BET200_DCFC和BET200_MCS)。
来源: WRI作者计算。

受运营不确定性影响,到MY2030,在区域运输场景中,新能源半挂牵引车的市场渗透率跨度较大,介于1%~48%之间 (见图14)。近期,短日行驶里程、长年行驶里程且时效性要求低的纯电动重卡更具推广潜力:

- 日行驶里程对新能源重卡市场渗透率影响显著。当日行驶里程从400千米降至300千米时, MY2030新能源半挂牵引车的市场渗透率将从2%~17%上升至16%~48%。
- 如果年行驶里程从60,000千米增加至100,000千米 (日行驶里程保持在400千米), MY2030新能源半挂牵引车的市场渗透率预计将从2%提升至17%。

- 若未来运输时效性要求提高,则可能抑制新能源重卡的市场渗透率——MY2030新能源半挂牵引车的市场渗透率将降至2%~9%。
- 载质量损失对新能源重卡 (主要是新能源半挂牵引车) 的市场渗透率影响相对较小。

图 14 | 无政策情景下，不同运营模式中新能源半挂牵引车的市场渗透率：区域运输场景（MY2024—2035）



缩写词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；DVKT=日行驶里程；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；MY=车型年份；km=千米。

说明：对于短日行驶里程（300千米）的场景，本研究降低了长续航里程新能源重卡的储能系统容量（涉及电池容量或氢燃料系统容量），以适应其日行驶里程需求，例如从BET400和FCET400调整为BET300和FCET300；而对于短续航里程纯电动重卡，其电池容量保持不变（即仍为BET200_DCFC和BET200_MCS）。

来源：WRI作者计算。

在长途运输场景中，新能源重卡的近期推广潜力主要体现在“年行驶里程长、日行驶里程短、时效要求低且载质量损失少”的细分场景，并呈现纯电动与氢燃料电池技术路线互补的竞争格局

在长途运输场景中，年行驶里程、日行驶里程、载质量损失以及运输时效性（即单位时间成本）均对新能源半挂牵引车的成本回收期和市场渗透率具有影响。此外，与区域运输场景不同：在长途运输场景中，纯电动重卡在“长年行驶里程、短日行驶里程、时效性要求低且承运轻抛货”的细分场景下更具成本竞争力；而氢燃料电池重卡则在“长年行驶里程、长日行驶里程、时效性要求高且承运重货”的细分场景下更具经济性（见图15）。具体而言：

- 首先，与区域运输场景类似，长年行驶里程有助于缩短纯电动重卡和氢燃料电池重卡的成本回收期。
- 其次，当日行驶里程提高（如从800千米增至1000千米，为保持年运营天数不变，相应年行驶里程提升至150,000~250,000千米）时¹³，纯电动重卡（特别是短续航里程纯电动重卡）的成本竞争力下降，而氢燃料电池重卡的竞争力相对上升。具体原因包括：纯电动重卡因日间充电需求增加导致充电时间成本提高，同时车辆购置成本上升；而氢燃料电池重卡年行驶里程增加带来的运营成本节约超过储氢系统扩容成本，从而提升其相对优势。

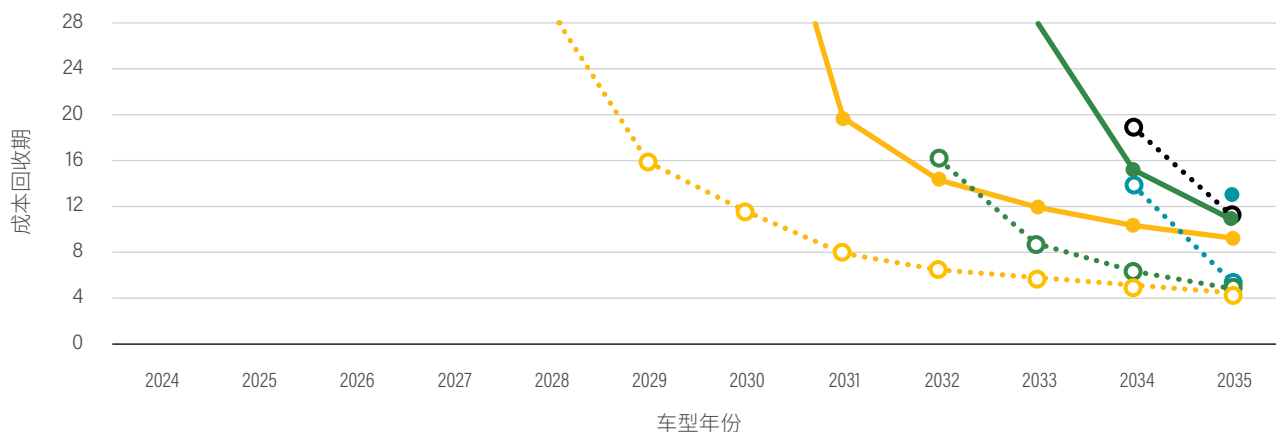
■ 第三，与区域运输场景不同，若运输轻抛货、无载质量损失，新能源重卡的成本回收期将显著缩短。这是由于在长途运输场景中，新能源重卡的载质量损失更大（见附录D），以长续航里程纯电动重卡（BET800）为甚。但值得注意的是，运输轻抛货，对短续航里程纯电动重卡（BET400）及氢燃料电池重卡的经济性影响相对有限，因为至MY2035这些车型的载质量损失问题已经微乎其微。

■ 第四，更高的运输时效性要求将延长短续航里程纯电动重卡的成本回收期，但同时使长续航里程纯电动重卡和氢燃料电池重卡相对更具成本竞争力。

图 15 | 无政策情景下，不同运营模式中新能源半挂牵引车的成本回收期：长途运输场景（MY2024—2035）

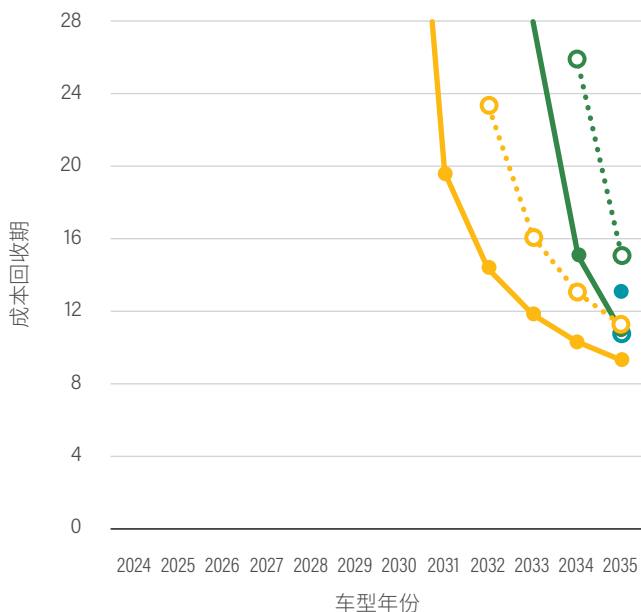
●●● BET400_DCFC (AVKT = 200k) ●●● BET400_MCS (AVKT = 200k) ●●● BET800 (AVKT = 200k) ●●● FCET800 (AVKT = 200k)
 ●●● BET400_DCFC (AVKT = 120k) ●●● BET400_MCS (AVKT = 120k) ●●● BET800 (AVKT = 120k) ●●● FCET800 (AVKT = 120k)

长年行驶里程：半挂牵引车 (LH AVKT=120,000km 和 200,000 km)



●●● BET500_DCFC (DVKT=1,000km) ●●● BET500_MCS (DVKT=1,000km) ●●● BET1000 (DVKT=1,000km) ●●● FCET1000 (DVKT=1,000km)
 ●●● BET400_DCFC (baseline) ●●● BET400_MCS (baseline) ●●● BET800 (baseline) ●●● FCET800 (baseline)

长日行驶里程：半挂牵引车 (LH AVKT=120,000 和 150,000 km)



长日行驶里程：半挂牵引车 (LH AVKT= 200,000 和 250,000 km)

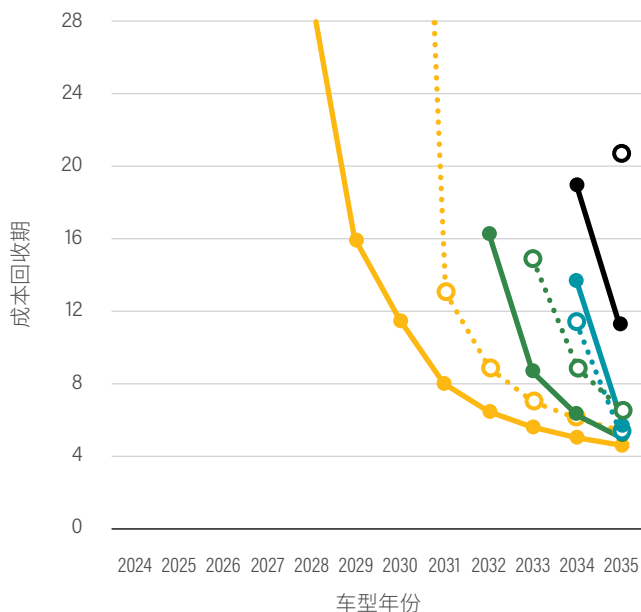
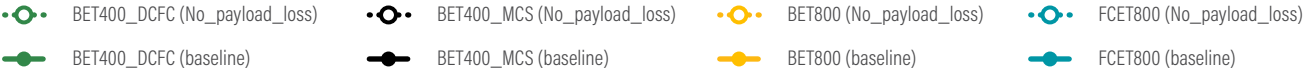
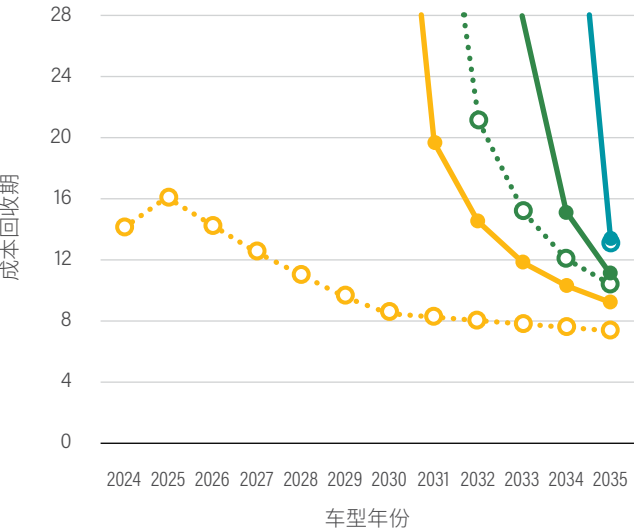


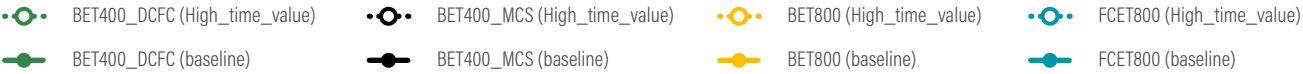
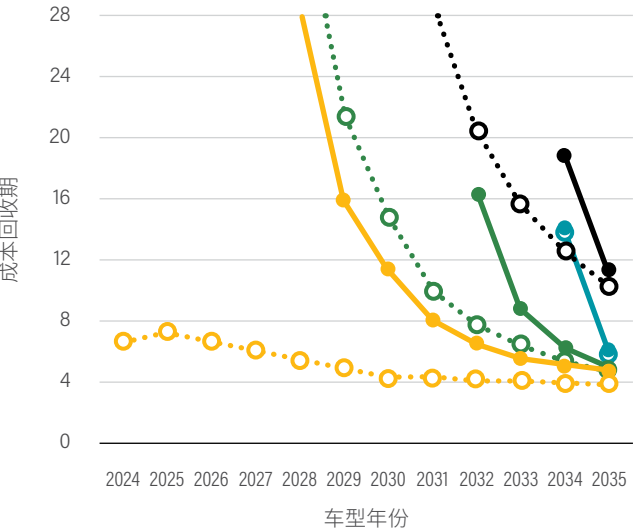
图 15 | 无政策情景下，不同运营模式中新能源半挂牵引车的成本回收期：长途运输场景 (MY2024—2035) (续)



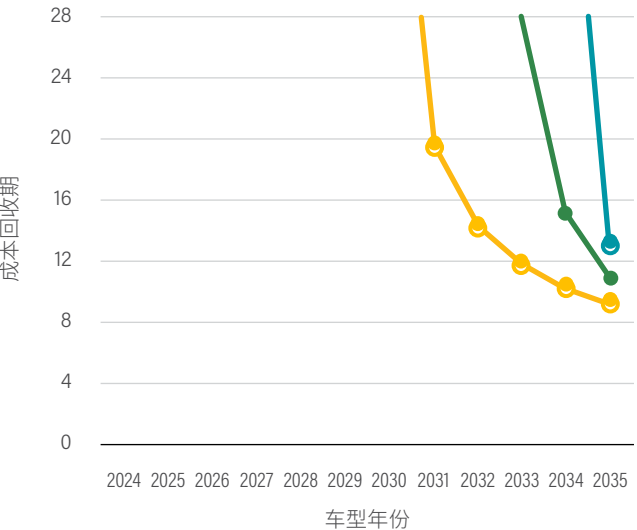
无载质量损失：半挂牵引车 (LH AVKT=120,000 km)



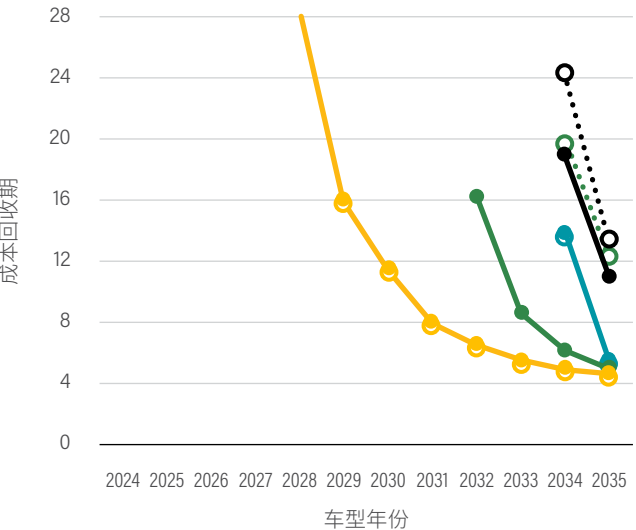
无载质量损失：半挂牵引车 (LH AVKT=200,000 km)



高时效性要求：半挂牵引车 (LH AVKT=120,000 km)



高时效性要求：半挂牵引车 (LH AVKT=200,000 km)



缩略词：BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；DVKT=日行驶里程；AVKT=年行驶里程；LH=长途运输场景；km=千米。

说明：对于长日行驶里程（1,000千米）的场景，本研究为了适应日行驶里程的需求，增加了短续航里程新能源重卡和长续航里程新能源重卡的储能系统容量（涉及电池容量或氢燃料系统容量），将BET400、BET800、FCET800分别调整至BET500、BET1000、FCET1000。

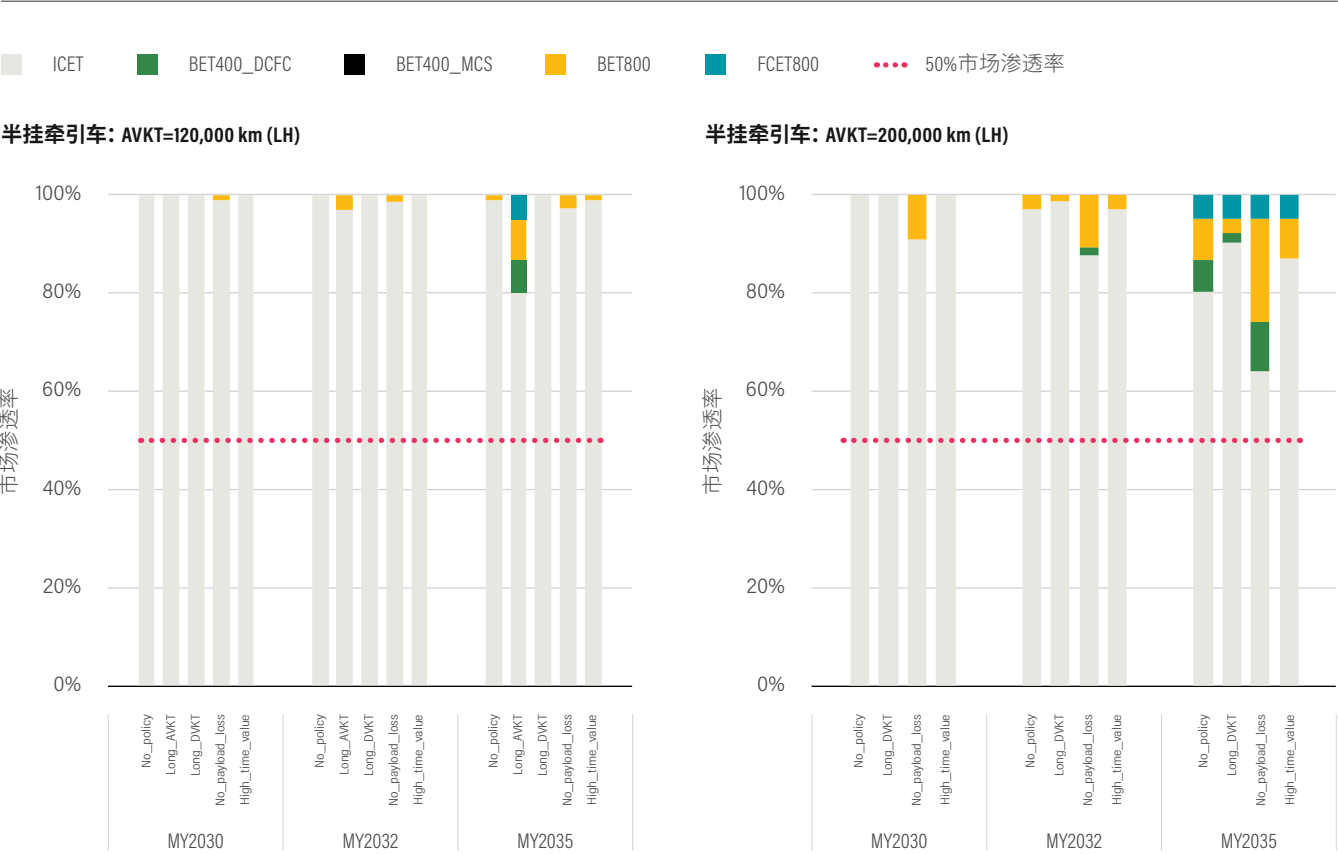
来源：WRI作者计算。

即便考虑运营不确定性，在长途运输场景中MY2035新能源半挂牵引车的市场渗透率仍处于较低水平，介于1%~36%之间（见图16）。该场景下，新能源重卡的推广潜力集中在“长年行驶里程、短日行驶里程、低时效性且载质量损失少”的细分场景中。具体而言：

- 年行驶里程对新能源重卡的市场渗透率影响显著。当年行驶里程从120,000千米增至200,000千米时，MY2035新能源半挂牵引车的市场渗透率将从1%上升至20%。
- 载质量损失对新能源重卡的市场渗透率也起着关键性作用。若无载质量损失，在长年行驶里程工况下，MY2035新能源半挂牵引车的市场渗透率可提升至36%。

- 日行驶里程同样会影响新能源重卡的市场渗透率：在长年行驶里程工况下，当日行驶里程从800千米增至1000千米时，MY2035新能源半挂牵引车的市场渗透率将从20%降至10%。
- 运输时效性要求会抑制新能源重卡市场渗透率：在长年行驶里程工况下，运输时效性提高，MY2035新能源半挂牵引车的市场渗透率可能会从20%下降至13%。

图16 | 无任何新能源重卡激励政策情景下，不同运营模式中新能源半挂牵引车的市场渗透率：长途运输场景（MY2030-2035）



缩略词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；DVKT=日行驶里程；AVKT=年行驶里程；LH=长途运输场景；MY=车型年份；km=千米。

说明：对于长日行驶里程（1,000千米）的场景，为满足日运营需求，本研究相应提升了短续航里程新能源重卡与长续航里程新能源重卡的储能系统配置（涉及电池容量或氢燃料系统容量），将BET400、BET800、FCET800分别调整为BET500、BET1000、FCET1000。

来源：WRI作者计算。



领跑智能运输
www.yazuishou.com



最大允许牵引质量: 37870kg
总质量: 25000kg

QGR

有限公司



第四章

现有政策情景的研究结论

本章测算了现有政策（含单独施策和综合施策）对新能源重卡成本回收期和市场渗透率的影响。预测结果显示，现有政策有望在MY2025—2027期间显著改善新能源重卡的经济性，且该效应集中于区域运输场景中的纯电动半挂牵引车。

现有政策可显著提高纯电动半挂牵引车在区域运输场景中的近期推广潜力

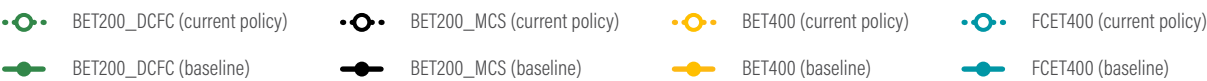
本章测算了现有政策（含单独施策和综合施策）对新能源重卡成本回收期和市场渗透率的影响。

预测结果显示，现有政策有望在MY2025—2027期间显著改善新能源重卡的经济性，且该效应集中于区域运输场景，尤以长年行驶里程的纯电动半挂牵引车最为显著（见图17）。具体而言，在现有政策支持下，长年行驶里程的纯电动半挂牵引车可在MY2025实现5年内回本，较无政策情景提前5年。然而，上述政策对纯电动载货汽车及长途运输场景的作用相对有限。

新能源重卡的市场渗透率呈现相同趋势：相较于无政策情景，在现有政策情景下，区域运输场景中长年行驶里程的纯电动半挂牵引车市场渗透率将于MY2025由0%提升至8%，并在MY2027实现从0%至28%的显著增长（见图17）。

值得注意的是，随着本研究涉及的现有政策于2028年到期，而新能源重卡的TCO仍处于较高水平，其市场渗透率的增长速度可能放缓。因此，需考虑2028年后如何延续新能源重卡的推广成效。

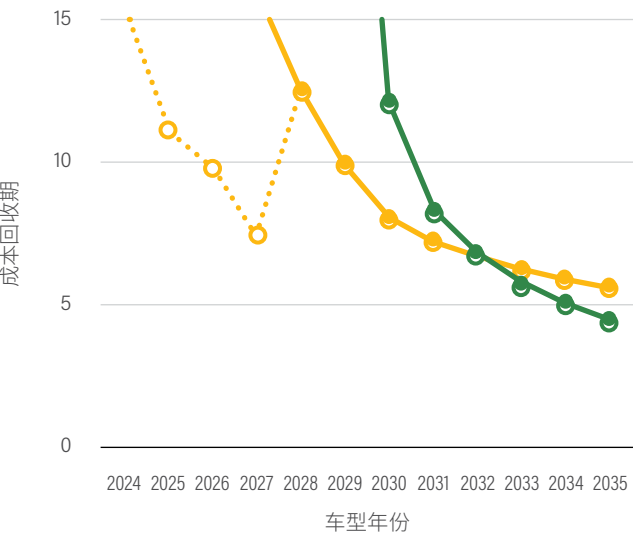
图 17 | 现有政策情景下新能源重卡的成本回收期与市场渗透率：区域运输场景（MY2024—2035）



FCET400 (current policy)

FCET400 (baseline)

半挂牵引车：AVKT=60,000 km (RD)



半挂牵引车：AVKT=100,000 km (RD)

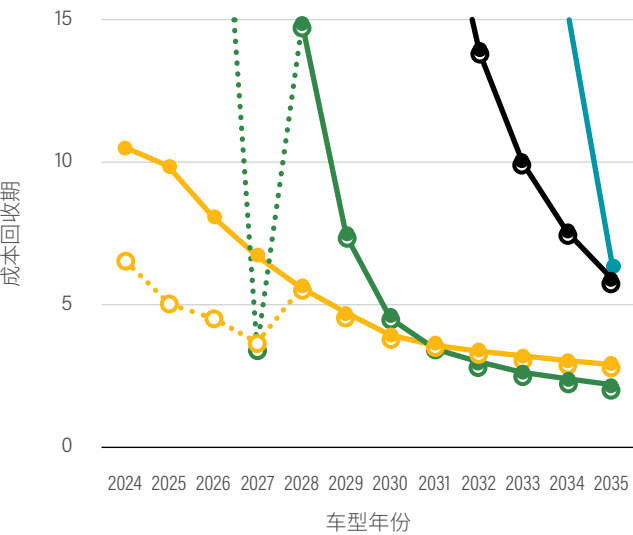


图 17 | 现有政策情景下新能源重卡的成本回收期与市场渗透率：区域运输场景 (MY2024—2035) (续)

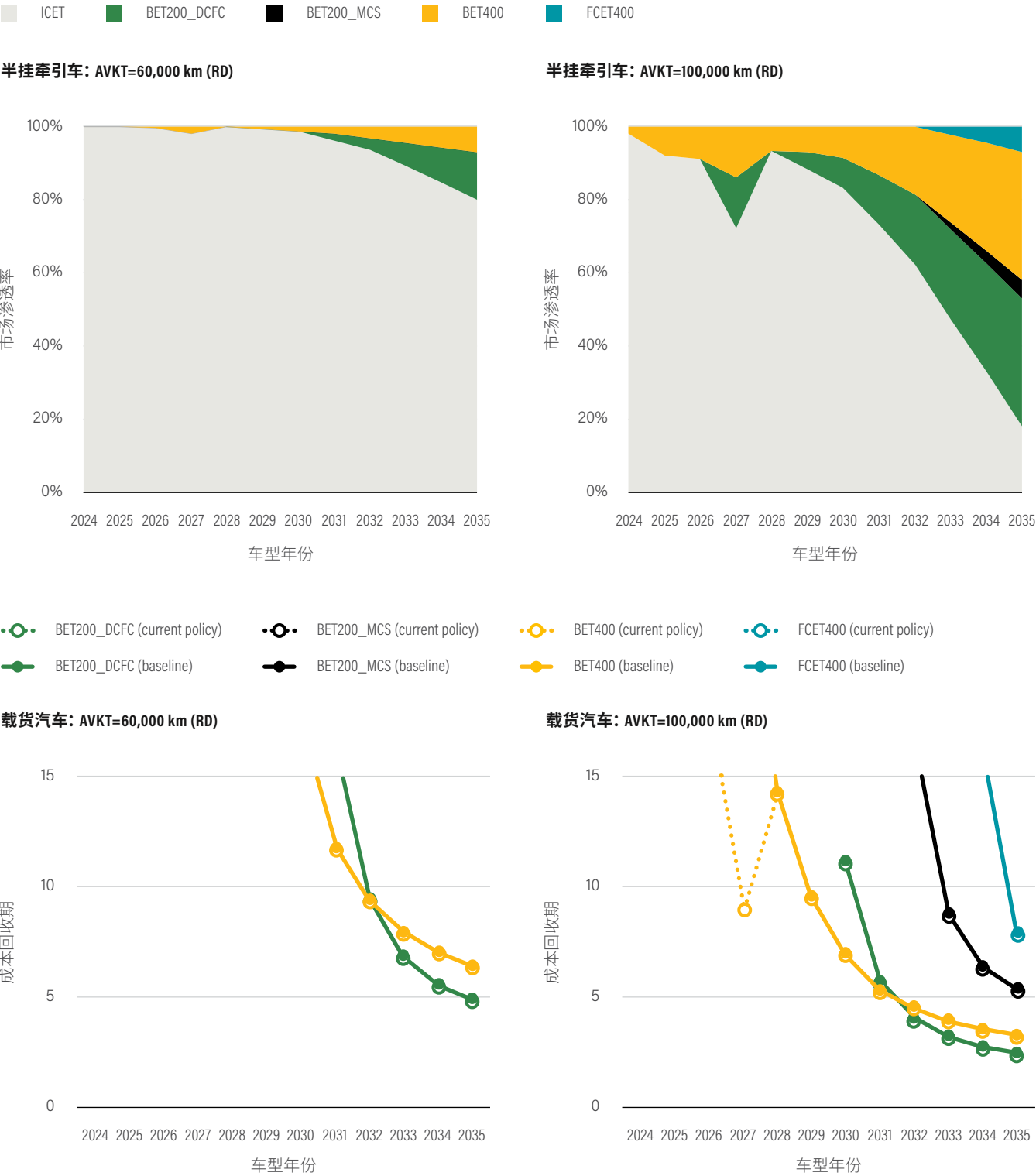
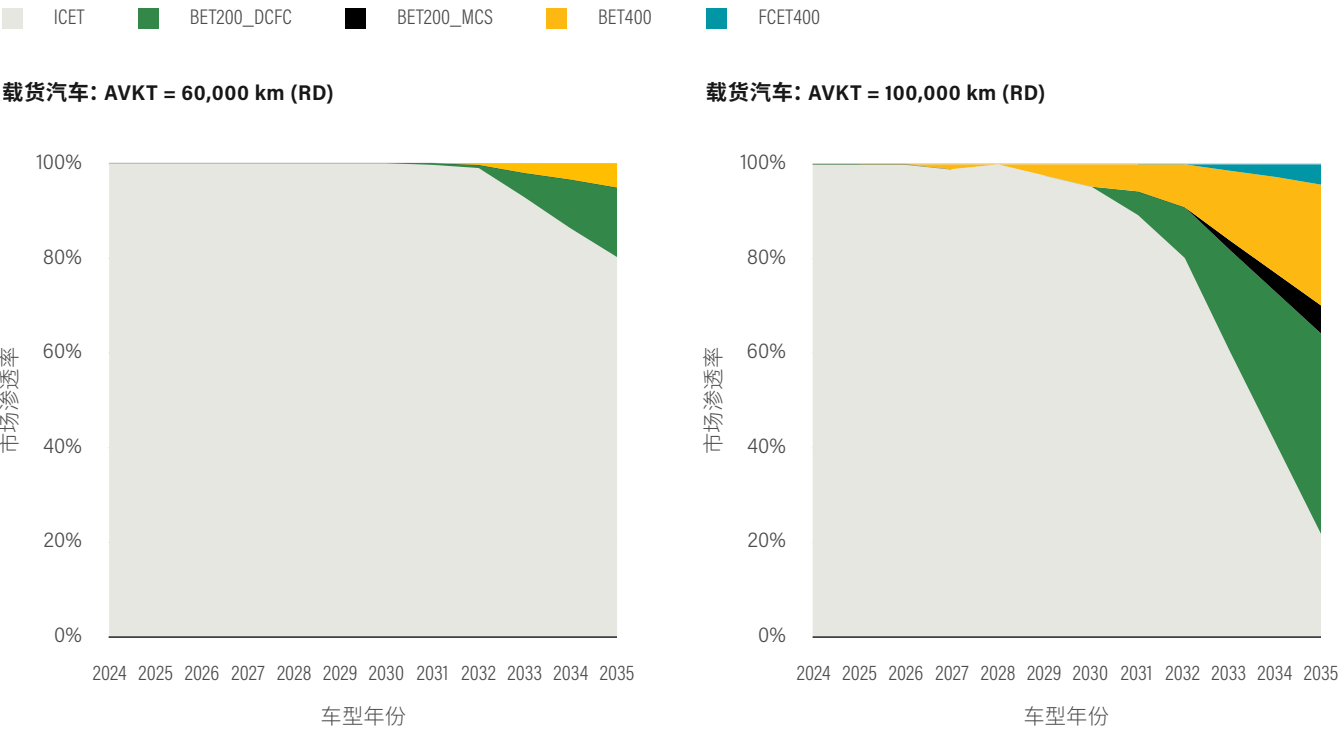


图 17 | 现有政策情景下新能源重卡的成本回收期与市场渗透率：区域运输场景 (MY2024—2035) (续)



缩略词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；km=千米。
来源：WRI作者计算。

在本文所涵盖的现有政策中，“以旧换新”补贴¹⁴对缩短新能源重卡成本回收期、提升市场渗透率的效果最为显著；而新能源汽车车辆购置税减免与氢燃料电池汽车示范城市群补贴的作用相对有限（见图18）：

- 实施“以旧换新”补贴后，区域运输场景下，长年行驶里程的纯电动半挂牵引车将在MY2027实现5年内回收成本——较无政策情景提前三年，其市场渗透率预计将在MY2027上升至10%。
- 新能源汽车车辆购置税减免虽有助于缩短成本回收期，但效果较为有限，未能使纯电动半挂牵引车在MY2025—2027期间具备成本竞争力。

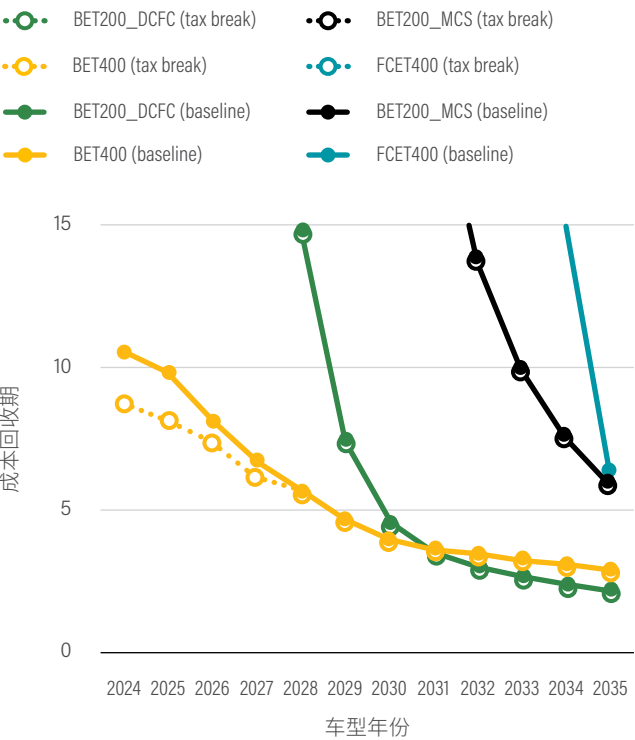
- 氢燃料电池汽车示范城市群补贴虽可降低氢燃料电池重卡的购置成本，但对高昂运营成本的改善作用有限。在本研究假设下，即使加氢补贴将枪口加氢价格降至30元/千克（Beijing MEITB 2024; Guangdong DRC et al. 2022），氢燃料电池重卡的运营成本仍难以与柴油重卡竞争，因此在MY2025—2027间不具备成本竞争力。

图 18 | 现有政策情景下各政策对新能源重卡成本回收期与市场渗透率的影响：区域运输场景（MY2024—2035）

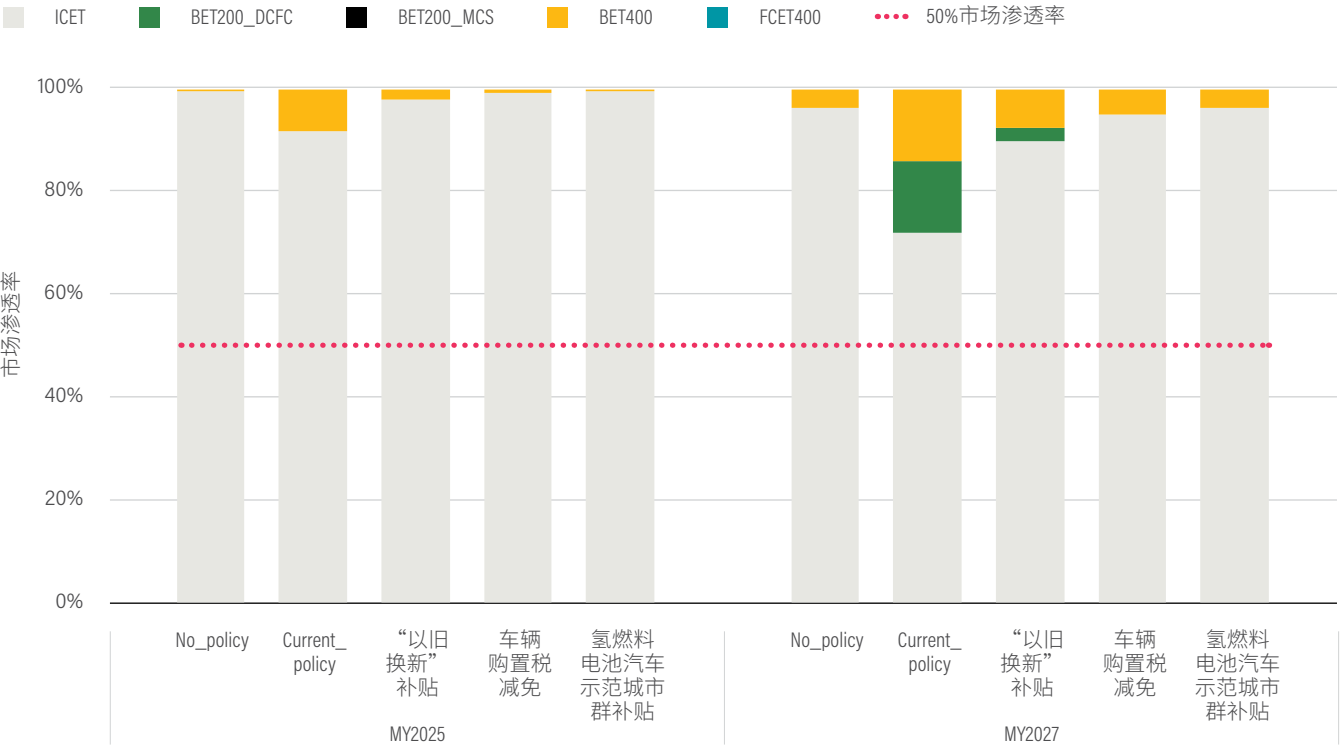
“以旧换新”补贴：半挂牵引车（RD AVKT=100,000 km）



新能源汽车购置税减免：半挂牵引车（RD AVKT=100,000 km）



半挂牵引车：AVKT=100,000 km (RD)



缩写词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；km=千米。
来源：WRI作者计算。

部分现有政策对新能源重卡购买阶段的资本支出具有显著影响

由于高昂的初始成本仍是新能源重卡推广的一大障碍，因此，除了分析现有政策对新能源重卡成本回收期和市场渗透率的影响外，本文还进一步分析了这些政策对新能源重卡购买阶段资本支出的影响。

研究结果表明，在本文所分析的现有政策中，“以旧换新”补贴和氢燃料电池汽车示范城市群补贴对区域运输场景中新能源重卡购买阶段的资本支出影响最为显著，导致其在MY2025—2030期间出现明显波动（见图19）。对短续航里程纯电动重卡而言，这一现象尤为突出：

- “以旧换新”补贴后，短续航里程纯电动重卡与柴油重卡的车辆资本支出差距将由MY2027的15万~26万元缩小至3.5万~12万元。然而，该政策将于2028年终止，此后两者差距将再次扩大至13万元以上，直至MY2030才会回落至10万元以内。
- 氢燃料电池汽车示范城市群补贴可使氢燃料电池重卡与柴油重卡的车辆资本支出差距，从MY2025的79万~95万元降低至19万~28万元。与“以旧换新”补贴类似，该政策预计在2025年后退出，同样面临政策延续性的挑战。
- 相比之下，新能源汽车车辆购置税减免政策对新能源重卡车辆资本支出的影响较为有限。在MY2025—2030期间，短续航里程纯电动重卡与柴油重卡的资本支出差距始终保持在13万元以上。

图 19 | 现有政策情景下，各项政策分别对新能源重卡资本支出的影响：区域运输场景（MY2024—2035）

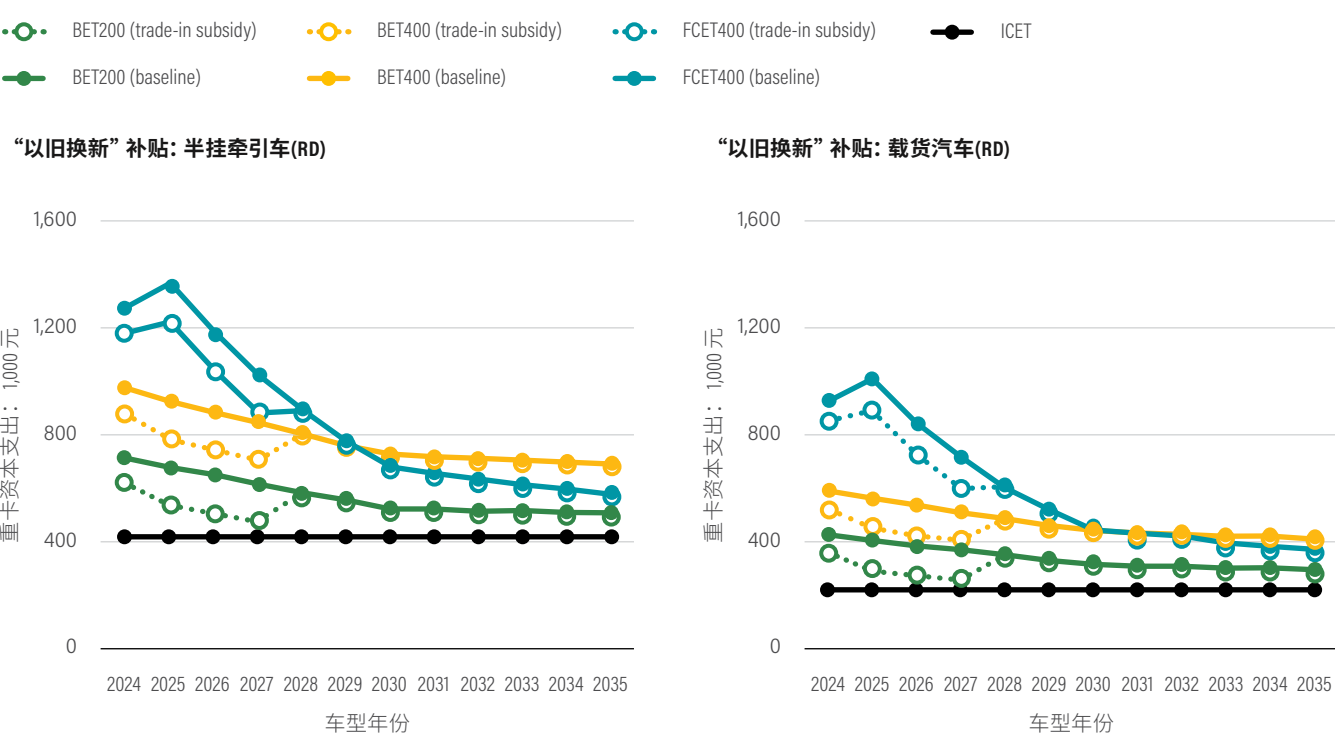
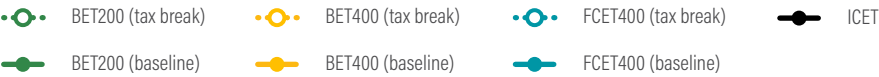
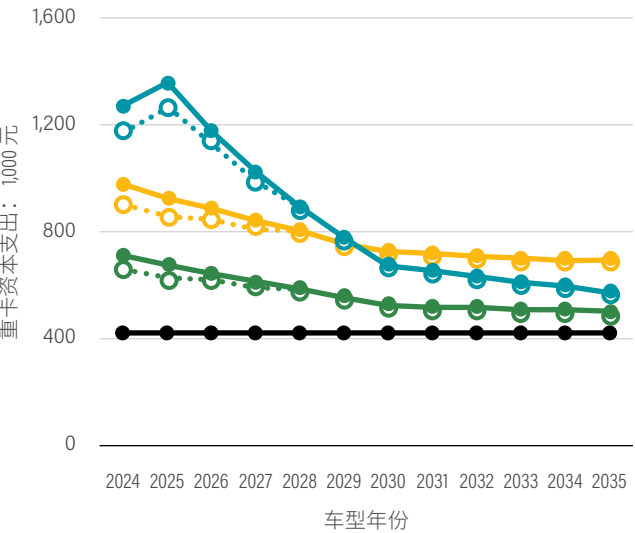


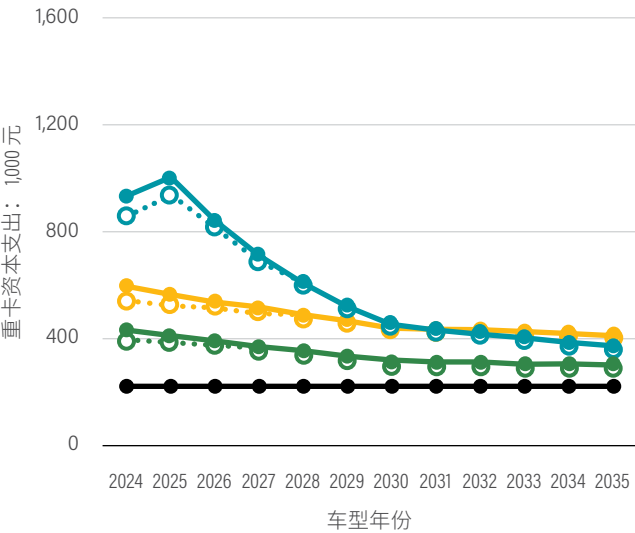
图 19 | 现有政策情景下,各项政策分别对新能源重卡资本支出的影响:区域运输场景(MY2024—2035)(续)



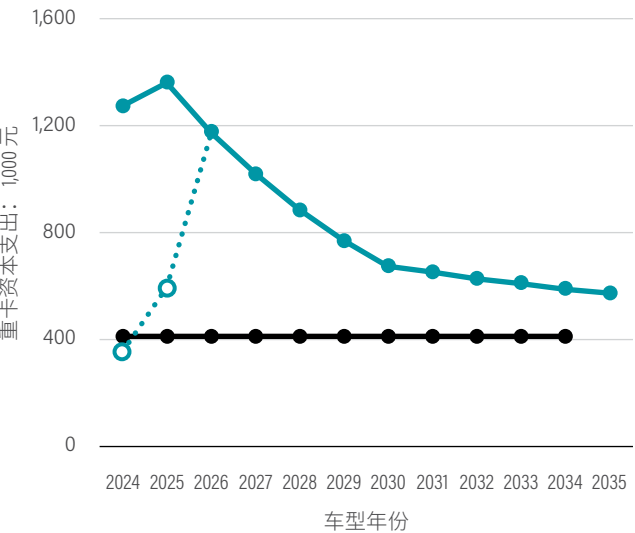
新能源汽车购置税减免:半挂牵引车(RD)



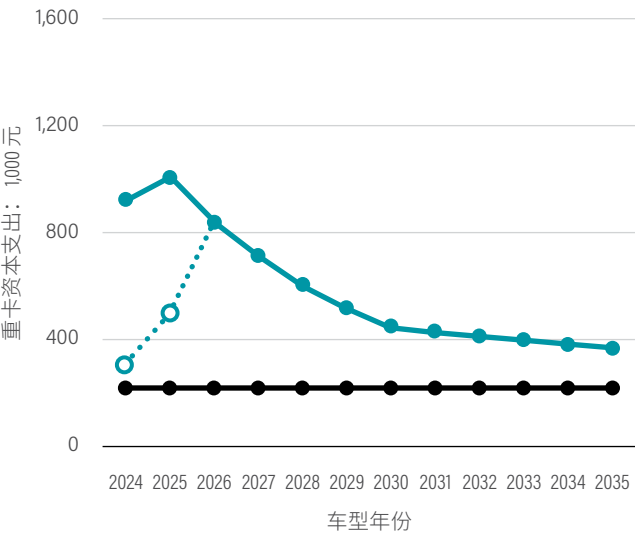
新能源汽车购置税减免:载货汽车(RD)



氢燃料电池汽车示范城市群补贴:半挂牵引车(RD)



氢燃料电池汽车示范城市群补贴:载货汽车(RD)



缩写词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; RD=区域运输场景。

说明: 由于氢燃料电池系统功率的增加, MY2025氢燃料电池重卡的车辆资本支出也有所提高(见附录B)。

来源: WRI作者计算。

技术、成本及运营不确定性导致新能源重卡的市场渗透率呈现高度不确定性

除运营因素外，新能源重卡在技术进步与各项成本变动方面亦存在显著不确定性。为系统刻画此类不确定性，本文共选取18项技术、成本及运营相关参数，涵盖能耗水平、电池成本、年行驶里程等关键变量，并围绕新能源重卡的成本回收期与市场渗透率开展不确定性分析。

分析结果以龙卷风图 (tornado charts) 形式呈现 (见图 20)。为识别影响最为显著的参数，本文按各参数对新能源重卡成本回收期的影响程度进行排序；针对市场渗透率，则仅列出前五个最具影响力的参数。为确保结果可比，所有参数均相对其基线值上下浮动±10%，分别代表低位值和高位

值 (见表 6)。本分析的基线值设定为：现有政策情景下，区域运输场景中MY2027长年行驶里程的**纯电动半挂牵引车**的参数取值。鉴于在现有政策下，氢燃料电池半挂牵引车在MY2027仍不具备经济性，故未纳入分析。

不确定性分析结果显示，在18项参数中，纯电动重卡能量消耗量、日行驶里程、电池成本、柴油价格与充电成本对纯电动重卡市场渗透率的影响最为显著。具体而言：

- **纯电动重卡的能量消耗量同时影响其购置成本与运营成本，是纯电动重卡市场渗透率的首要影响因素。**
在现有政策情景下，纯电动重卡MY2027的市场渗透率为28%。若其能量消耗量波动±10%时，其MY2027的市场渗透率将扩大至4%~65%。为此，提高纯电动重卡的市场渗透率，可从三方面入手降低能量消耗量：推动技术进步、选用能耗低的车型、加强驾驶员节能培训。

表 6 | 现有政策情景下，在区域运输场景中，MY2027纯电动半挂牵引车的18项参数相对基线值的±10%偏差

参数	低位值	基线值	高位值
Energy efficiency_BET 纯电动重卡电耗 (千瓦时/100千米)	132	147	162
Energy efficiency_ICET柴油重卡油耗 (升/100千米)	29	32	36
Depot_price ^a 货运场站夜间充电成本 (元/千瓦时)	0.8	0.9	1.0
DCFC price ^a 快充站充电成本 (元/千瓦时)	1.1	1.2	1.3
Diesel price柴油价格 (元/升)	6	7	8
AVKT年行驶里程 (千米)	90,000	100,000	110,000
DVKT ^b 日行驶里程 (千米)	360	400	440
Battery cost 电池包单位成本 (元/千瓦时)	410	450	500
E-drive cost E-drive成本 (元/千瓦)	226	251	276
Maintenance_BET纯电动重卡维修成本 (元/100千米)	45	50	55
Insurance_BET纯电动重卡保险费用 (元/年)	27,000	30,000	33,000
Residual value_BET纯电动重卡残值 (元)	-	73,800	81,200
Battery energy density 电池包能量密度 (瓦时/千克)	192	213	234
Value of time单位时间成本 (元/小时)	135	150	165
Range anxiety里程焦虑成本 (元/年)	25,300	28,000	30,900
Retail markup ^c 间接成本系数	14%	16%	18%
Interest rate贷款利率	5.8%	6.5%	7.2%
Discount rate贴现率	6%	7%	8%

缩略词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；DCFC=公共直流快充；DVKT=日行驶里程；AVKT=年行驶里程；MY=车型年份。
说明：a.在不确定性分析中，为简化分析，本文将公共快充站和货运场站的充电成本合并为一个参数，即Ele price。
b.当日行驶里程发生变化时，纯电动重卡则相应调整其技术配置，以满足新的日行驶里程需求。例如，若日行驶里程降至360千米，短续航里程纯电动重卡与长续航里程纯电动重卡将分别调整为BET180与BET360。
c.间接成本系数主要考虑主机厂商的研发费用和利润率等。
来源：WRI作者假设。

- **日行驶里程与电池成本成为第二大影响因素**，二者主要通过作用于购置成本影响市场渗透率。当日行驶里程或电池成本相对基线值波动 $\pm 10\%$ 时，纯电动重卡MY2027市场渗透率区间为 $10\% \sim 65\%$ 。这表明，优先在短日行驶里程的线路上部署纯电动重卡，并进一步降低电池成本，可有效提升纯电动重卡的市场渗透率。
- **柴油价格和充电成本亦对纯电动重卡市场渗透率具有重要影响**。若柴油价格降至6元/升，MY2027纯电动重卡的市场渗透率将降至6%。若柴油价格升至8元/升，则MY2027纯电动重卡的市场渗透率会提升至45%。类似地，若各类型充电站的充电成本波

动 $\pm 10\%$ ，纯电动重卡的市场渗透率将在 $10\% \sim 45\%$ 之间波动。这表明，在柴油价格走低时，可考虑通过取消柴油补贴 (Black et al. 2023)、提高柴油税费 (OECD 2022)、提供充电补贴等措施，维持纯电动重卡的成本竞争力。此外，运输企业也需要优化纯电动重卡的运营调度与充电站布局，引导车辆利用谷时电价充电，进一步巩固纯电动重卡的成本竞争力。

此外，相较于长续航里程纯电动重卡（如BET400），短续航里程纯电动重卡（如BET200）因购置成本较低，相对于柴油重卡的运营成本节约有限，对上述参数变化更为敏感，其市场渗透率的波动幅度也相应更大。

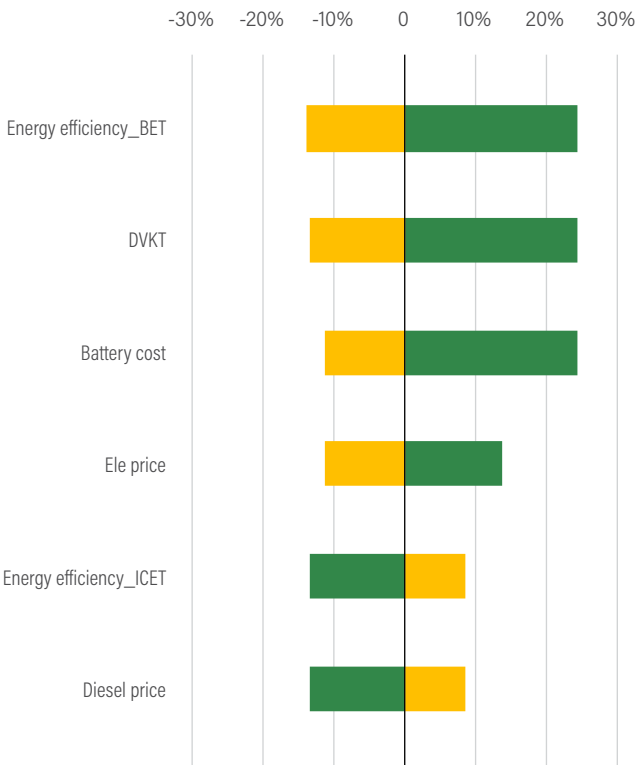
图 20 | MY2027纯电动半挂牵引车的成本回收期与市场渗透率相对基线 (现有政策情景下区域运输场景中长年行驶里程) 的变化



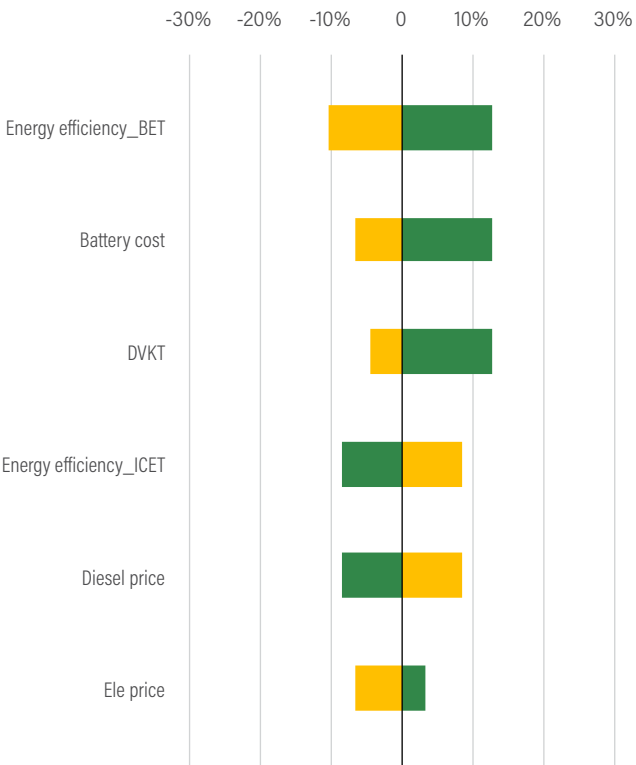
图 20 | MY2027纯电动半挂牵引车的成本回收期与市场渗透率相对基线(现有政策情景下区域运输场景中长年行驶里程)的变化(续)

■ 低位值 ■ 高位值

新能源市场渗透率: 半挂牵引车 (BET200_DCFC)



新能源市场渗透率: 半挂牵引车 (BET400)



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; DCFC=公共直流快充; DVKT=日行驶里程; AVKT=年行驶里程。
来源: WRI作者计算。







第五章

强化政策情景的研究结论

本章对强化政策情景下新能源重卡的成本回收期与市场渗透率进行预测。预测结果显示，尽管强化政策可显著提升新能源重卡在区域运输场景下的市场渗透率，但在长途运输场景中，若要实现同等程度的增长，仍需更长期、更强有力且更具针对性的激励政策。另外，强化政策的研究结论对政策力度的设定具有较高的敏感性。

强化政策有助于推动新能源重卡近期（MY2027—2030）在区域运输场景中的快速普及，并促进其MY2032后在长途运输场景中实现初步增长，其政策效果因货车车型、应用场景和零排放技术而异

本章对强化政策情景下新能源重卡的成本回收期与市场渗透率进行预测。预测结果显示，尽管强化政策可显著提升新能源重卡在区域运输场景下的市场渗透率，但在长途运输场景中，若要实现同等程度的增长，仍需更长期、更有力且更具针对性的激励政策。

在区域运输场景中，强化政策情景有望推动新能源重卡在MY2027—2030的市场渗透率突破50%；因车型与零排放技术不同，各类政策效果呈现差异

在现有政策与强化政策的叠加作用下，MY2027—2030期间，区域运输场景中新能源半挂牵引车与新能源载货汽车的市场渗透率预计将突破50%。在此期间，随着现有政策自MY2027起逐步退出，新能源重卡市场渗透率增速将趋于放缓：以长年行驶里程工况为例，新能源半挂牵引车市场渗透率在MY2027—2030年间将基本保持平稳。

此外，不同政策对各类货车车型及零排放技术的市场渗透率提升效果存在明显差异（见图21与图22），因此有必要结合具体车型与技术路径制定更具针对性的政策。

首先，各类强化政策的效果因货车车型而异。对新能源半挂牵引车而言，在区域运输场景中，除残值担保政策（Residual_value_20%）外，其他五项强化政策均发挥着重要作用。具体而言：

- Accel_charge（加速重卡公共充电基础设施覆盖并降低夜间充电成本）是区域运输场景中效果最显著的单项政策。该政策实施后，新能源半挂牵引车在MY2027—2030期间的市场渗透率有望超过柴油重卡，达到33%~65%。

- 其他强化政策（Road_charge_15%、Weight_increase和FCET_subsidies）的效果不如Accel_charge政策明显，且主要作用于长年行驶里程工况：这三项措施若单独实施，在长年行驶里程工况下，新能源重卡在MY2027—2030期间的市场渗透率有望达到33%~65%；但在短年行驶里程工况下，即便到MY2030，其市场渗透率也仍将低于10%。其中，FCET_subsidies与Road_charge_15%的效果相对更突出——在长年行驶里程工况下，有望推动新能源重卡市场渗透率突破50%。
- Residual_value_20%政策由于难以完全弥补新能源重卡与柴油重卡之间的成本差距，因此对市场渗透率的影响最为有限。

对新能源载货汽车而言，在区域运输场景中，仅Accel_charge（加速重卡公共充电基础设施覆盖并降低夜间充电成本）和Weight_increase（提升新能源重卡最大总设计质量）两项政策效果显著，尤其对纯电动车型更为明显。Accel_charge仍是推动纯电动载货汽车推广最有效的政策，而鉴于纯电动载货汽车存在突出的载质量损失问题，Weight_increase政策同样至关重要。这两项政策在长年行驶里程工况下均能发挥突出作用：在Accel_charge政策下，新能源载货汽车在MY2027—2030的市场渗透率预计可达48%~58%；而在Weight_increase政策下，市场渗透率预计为33%~58%¹⁵。

其他强化政策（包括Road_charge_15%与FCET_subsidies）对区域运输场景下新能源重卡的推广影响甚微。其原因在于：载货汽车的道路通行费在其TCO中占比不高，使得Road_charge_15%政策的实际效果有限（见附录B）；同时，氢燃料电池载货汽车与柴油载货汽车之间的购置成本差距较大（见附录C），因此FCET_subsidies政策的效果也不显著。

其次，强化政策的效果亦因零排放技术类型而异。对氢燃料电池重卡而言，FCET_subsidies政策效果最为显著（尤其对氢燃料电池半挂牵引车）；而对纯电动重卡而言，如前所述，Accel_charge、Road_charge_15%和Weight_increase等政策的作用更为突出。

其他强化政策（Road_charge_15%和Weight_increase）对氢燃料电池重卡推广作用较为有限，一是因为近期氢燃料电池重卡的购置成本和运营成本均处于较高水平，仅凭Road_charge_15%单项政策难以弥合其整体成本差距；二是因为氢燃料电池重卡的载质量损失相对较小，因而限制了Weight_increase的政策红利（见附录D）。

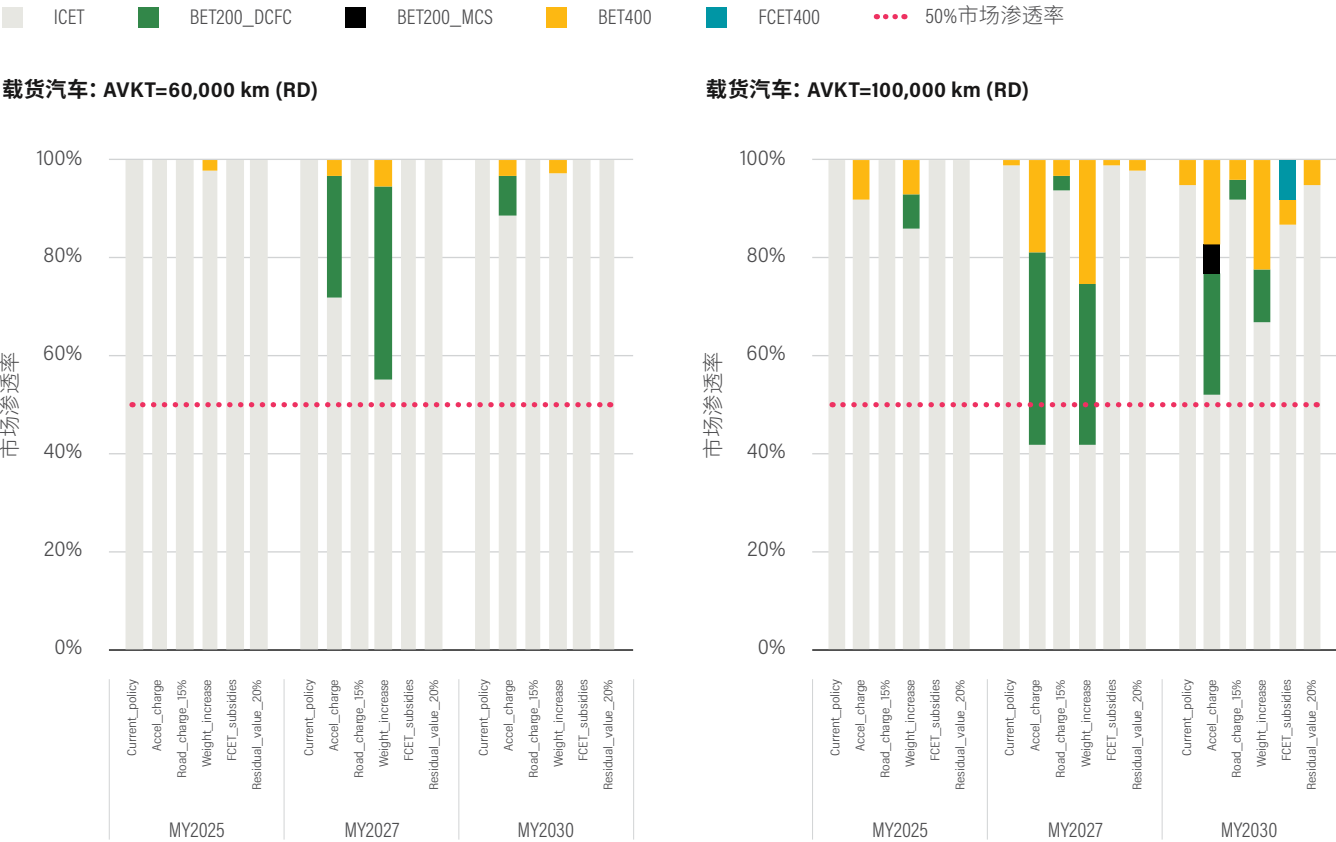
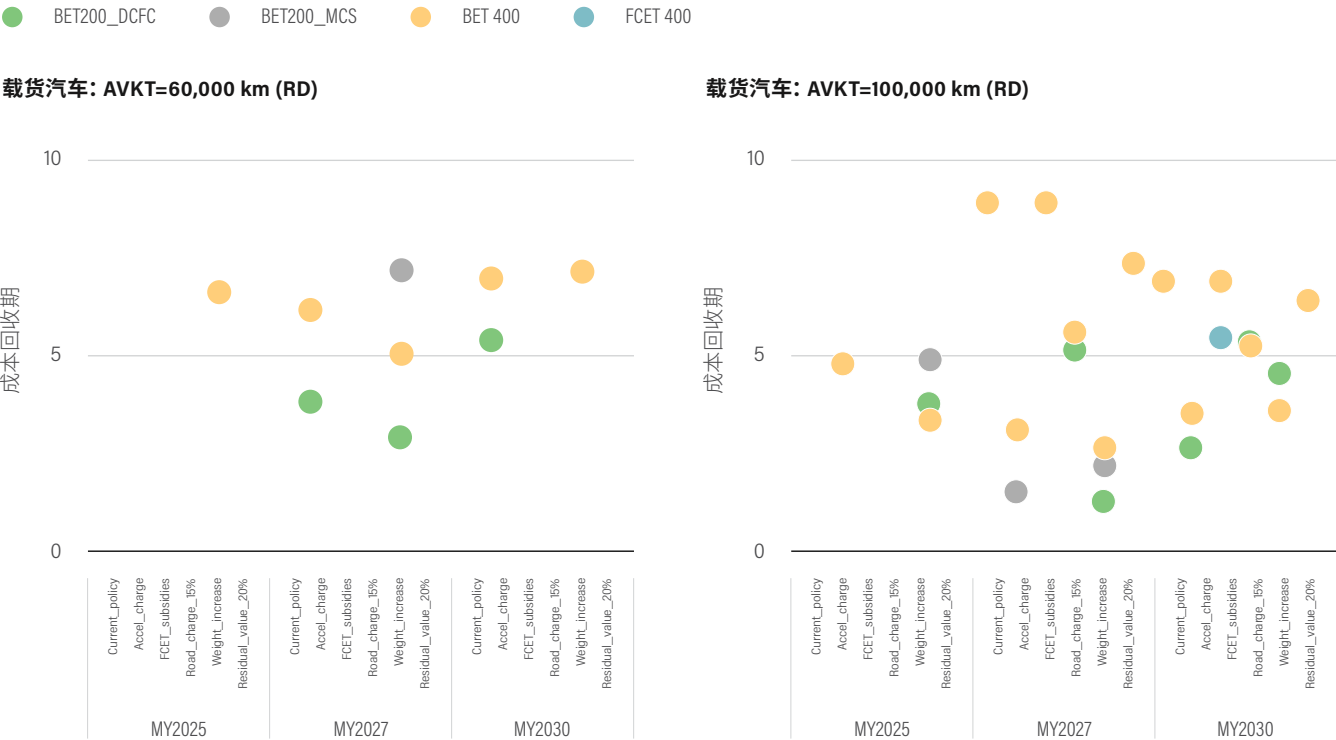
图 21 | 强化政策情景下新能源半挂牵引车的成本回收期与市场渗透率:区域运输场景, MY2025—2030



缩写词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; RD=区域运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。

图 22 | 强化政策情景下新能源载货汽车的成本回收期与市场渗透率：区域运输场景，MY2025—2030



缩写词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFCE=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；MY=车型年份；km=千米。

来源：WRI作者计算。

在长途运输场景下，强化政策预计将于MY2032—2035期间推动新能源重卡市场渗透率上升；政策效果同时因货车车型及零排放技术而分化

尽管本节分析的强化政策对提升新能源重卡市场渗透率具有积极作用，但与区域运输场景相比，长途运输场景还需实施更持久、力度更强的政策激励。主要原因包括：首先，在MY2032之前，长途运输场景中新能源重卡的市场渗透率难以实现快速跃升，这意味着相关支持政策至少需持续至MY2032或MY2035。其次，这些强化政策在长途运输场景中对长年行驶里程工况的影响最为显著。例如，在长年行驶里程工况下，MY2035新能源重卡市场渗透率可达5%~75%，而在短年行驶里程工况下，其市场渗透率仍将低于15%。因此，若要在短年行驶里程工况下加速推广，需补充更具力度的政策措施。

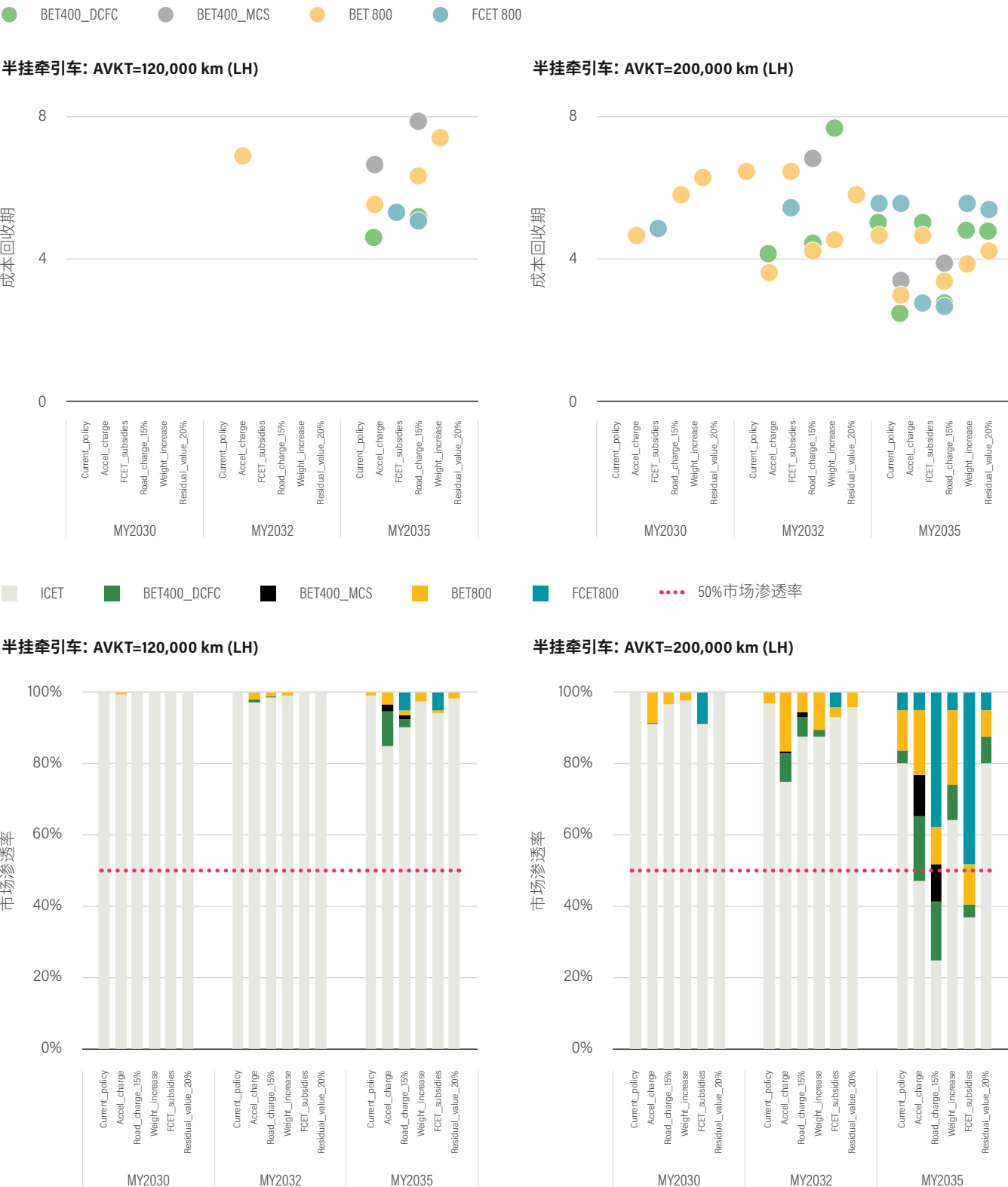
在长途运输场景中，强化政策的效果与区域运输场景有所不同，但也因货车车型而异（见图23和图24）：对新能源半挂牵引车而言，Accel_charge、Road_charge_15%与FCET_subsidies影响最为显著；而对新能源载货汽车而言，Accel_charge、Road_charge_15%和Weight_increase政策的作用更为突出：

- Accel_charge仍是在长途运输场景中最有效的政策之一，对新能源半挂牵引车和新能源载货汽车均有显著效果。在该政策下，新能源半挂牵引车的市场渗透率预计在MY2032达到3%~25%，MY2035进一步升至15%~53%；而新能源载货汽车的市场渗透率则有望在MY2035达到2%~48%。在长年行驶里程工况下，该政策的效果尤为明显：到MY2035，这两类车型的新能源重卡销量均有望接近或超越柴油重卡。
- Road_charge_15%是另一项具有广泛影响力的政策，对新能源半挂牵引车和新能源载货汽车均产生积极效果。在该政策下，新能源半挂牵引车和新能源载货汽车在MY2035的市场渗透率预计分别可达10%~75%和3%~36%。值得注意的是，该政策在长途运输场景中对载货汽车的作用远大于区域运输场景中对载货汽车的作用，原因在于在长途运输场景中载货汽车的高速公路行驶里程占比更高。

- 若将FCET_subsidies政策延续至MY2035，可有效提升氢燃料电池半挂牵引车的市场渗透率，但对氢燃料电池载货汽车的推动作用仍然有限。在该政策下，氢燃料电池半挂牵引车在MY2035的市场渗透率预计为6%~48%，而氢燃料电池载货汽车仅为0%~3%。这表明，要在长途运输中推广氢燃料电池载货汽车，不仅需延长FCET_subsidies政策期限，还需进一步提高补贴力度。
- Weight_increase对纯电动载货汽车尤为关键。在该政策下，新能源载货汽车在MY2035的市场渗透率预计可达3%~32%。由于至MY2035纯电动半挂牵引车的载质量损失已不构成主要制约（见附录D），该政策对半挂牵引车的影响相对有限。
- 与区域运输场景类似，Residual_value_20%因难以完全弥补新能源重卡与柴油重卡之间的成本差距，在长途运输场景中政策效果最不显著。

其次，就零排放技术而言，强化政策的效果亦存在差异。对氢燃料电池重卡，FCET_subsidies与Road_charge_15%最为有效；对纯电动重卡，Accel_charge、Road_charge_15%与Weight_increase的政策效果仍然最为突出。

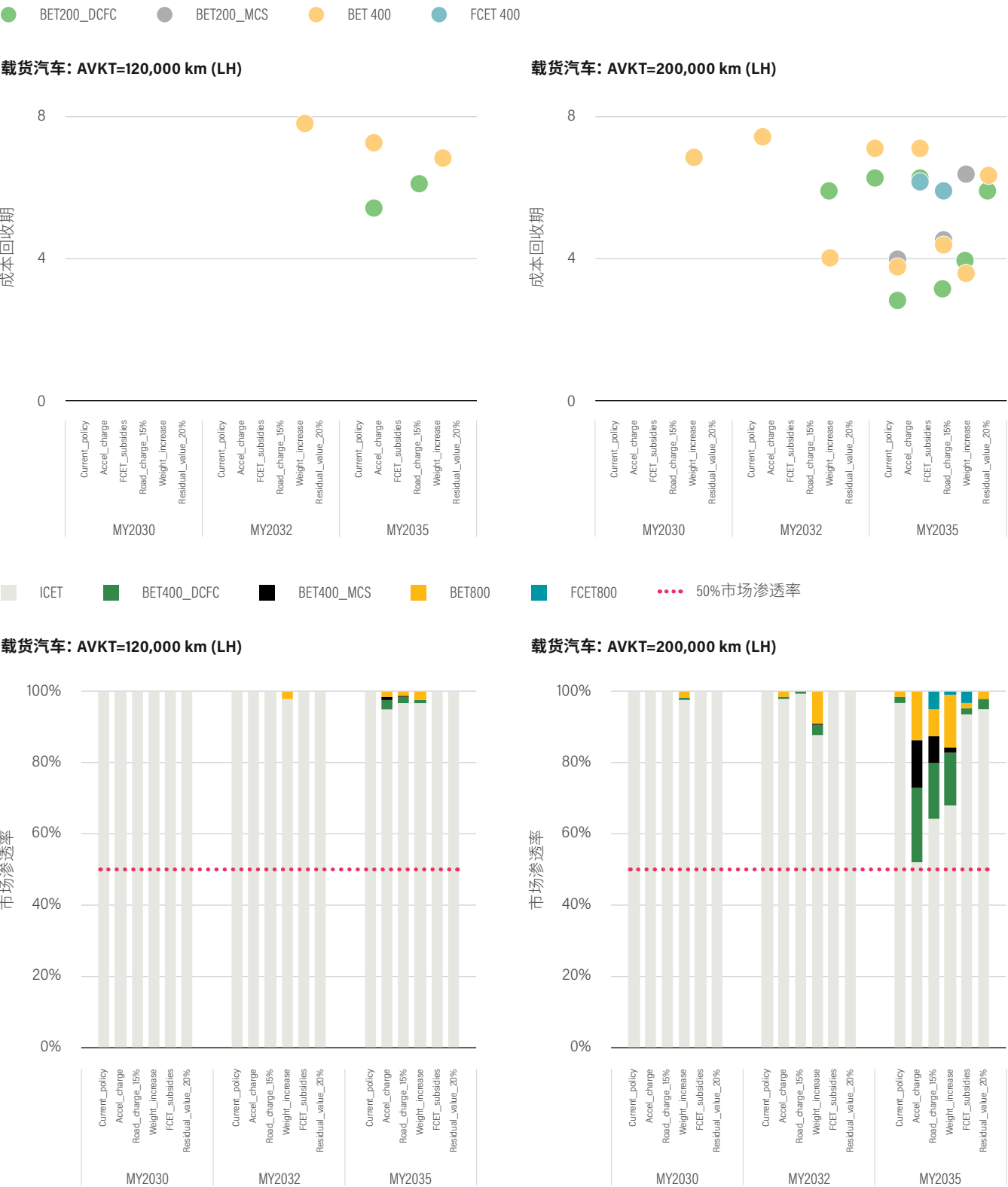
图 23 | 强化政策情景下新能源半挂牵引车的成本回收期与市场渗透率:长途运输场景, MY2030—2035



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; LH=长途运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。

图 24 | 强化政策情景下新能源载货汽车的成本回收期与市场渗透率:长途运输场景, MY2030—2035



缩写词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; LH=长途运输场景; MY=车型年份; km=千米。
来源: WRI作者计算。

综上所述，相较于现有政策情景，本文所分析的强化政策能够显著提升新能源重卡的市场渗透率。结合不同应用场景、货车车型及零排放技术，各类强化政策对新能源重卡市场渗透率的促进作用存在明显差异（见表7），具体表现如下：

- Accel_charge在所有场景与车型中，均为推动纯电动重卡普及最为有效的政策。
- Road_charge_15%的政策效果位列第二。与Accel_charge不同，该政策对纯电动重卡与氢燃料电池重卡均具有积极作用，并适用于区域与长途运输场景。唯一例外出现在区域运输场景中的新能源载货汽车，需配合力度更强的政策措施，方可有效提升其市场渗透率。
- Weight_increase对纯电动载货汽车而言，至关重要。
- FCET_subsidies的有效期需延长至MY2030（区域运输场景）和MY2035（长途运输场景），以持续推动氢燃料电池重卡市场渗透率的进一步增长。与此同时，有必要对氢燃料电池载货汽车提供更高力度的补贴支持。

- Residual_value_20%在所有场景中对新能源重卡市场渗透率的影响均为最小，需要考虑进一步加大政策力度。

值得注意的是，在区域运输场景中，Accel_charge情景所预测的新能源重卡市场渗透率，在现有政策情景下同样可能实现。这主要是因为：即使缺乏专项规划或政策支持，物流运输企业或充电运营服务商仍可能主动参与重卡专用充电设施的建设与运营，并通过优化车辆调度、充分利用谷段电价等方式，有效降低夜间充电成本（Pers. Comm. 2024）。因此，在现有政策情景下，新能源半挂牵引车在MY2030的市场渗透率预计可达33%~57%，新能源载货汽车亦可达到8%~48%（见图25），与Accel_charge情景的预测结果基本一致。

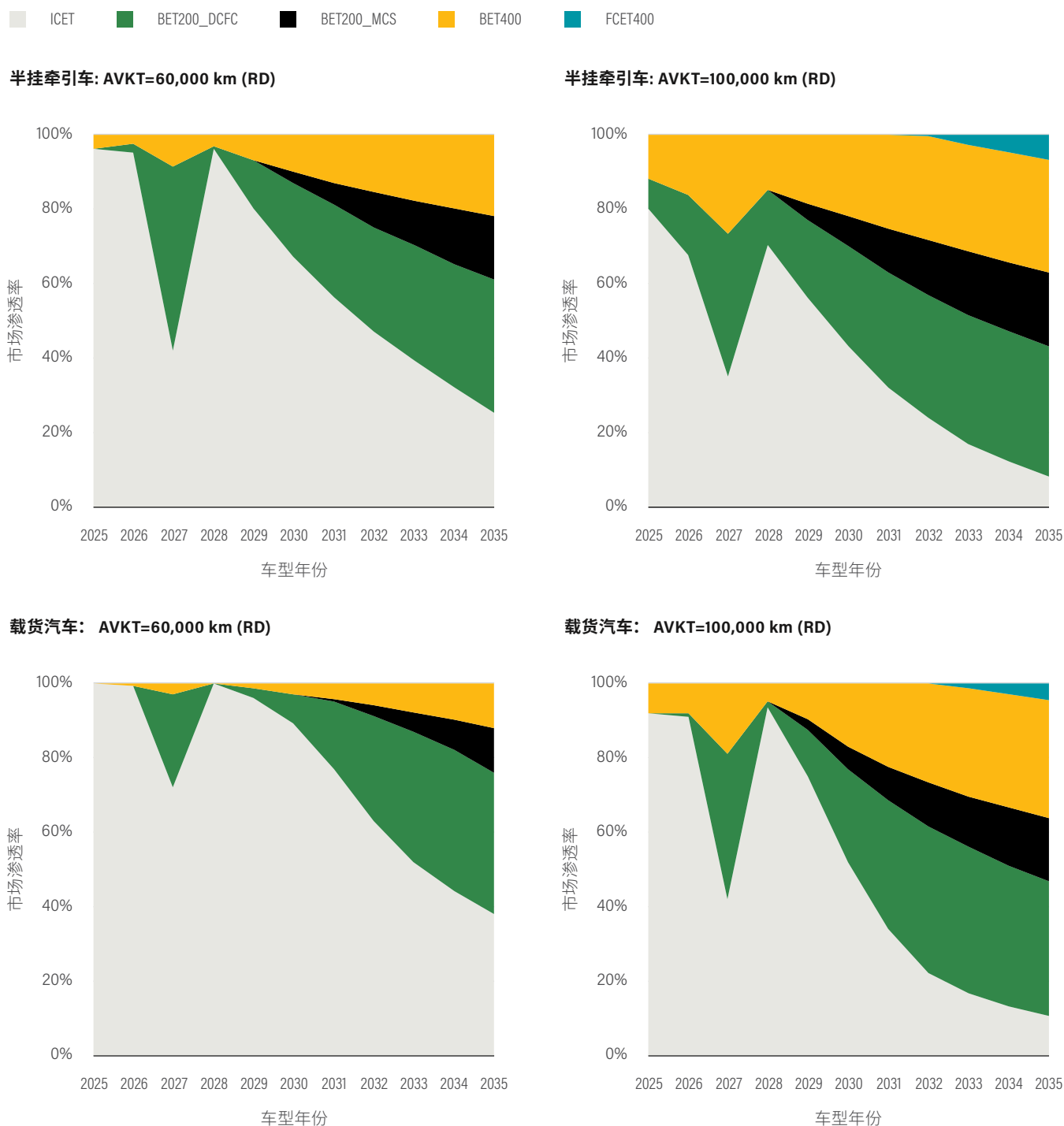
然而，这一逻辑在长途运输场景中并不适用。若缺乏系统性规划或政策支持，物流运输企业或充电运营服务商难以独立承担高速公路或国（省）道沿线全部公共充电基础设施的投资建设与运营维护费用，仍需依赖持续的政策支持，推动基础设施建设与网络形成。

表 7 | 按货车车型、应用场景和零排放技术分类的强化政策效果对比

货车车型		区域运输场景	长途运输场景
半挂牵引车	BET	• Accel_charge (S, L) • Road_charge_15% (L) • Weight_increase (L)	• Accel_charge (L) • Road_charge_15% (L) • Weight_increase (L)
	FCET	• FCET_subsidies (L) • Road_charge_15% (L)	• FCET_subsidies (L) • Road_charge_15% (L)
载货汽车	BET	• Weight_increase (L) • Accel_charge (L)	• Weight_increase (L) • Accel_charge (L) • Road_charge_15% (L)
	FCET	无	• Road_charge_15% (L)

缩略词：BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡。
说明：“S”表示政策对短年行驶里程工况有效，“L”代表政策对长年行驶里程工况影响显著。
来源：WRI作者汇总。

图 25 | Accel_charge情景下新能源重卡的市场渗透率:区域运输场景, MY2025—2035



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFEC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; RD=区域运输场景; km=千米。

来源: WRI作者计算。

上述研究结论对政策力度的设定具有较高的敏感性

在政策设计过程中，其力度大小与出台时机存在多种可能组合。本文通过调整道路通行费减免幅度、充电站类型与建设进度、氢燃料电池重卡补贴形式与期限，以及车辆残值担保水平等关键参数（见表5），系统分析了新能源重卡市场渗透率对强化政策力度的不确定性响应。

由于**新能源半挂牵引车**更具成本竞争力，下文以其为例展示不同政策力度下研究结论的变化情况。

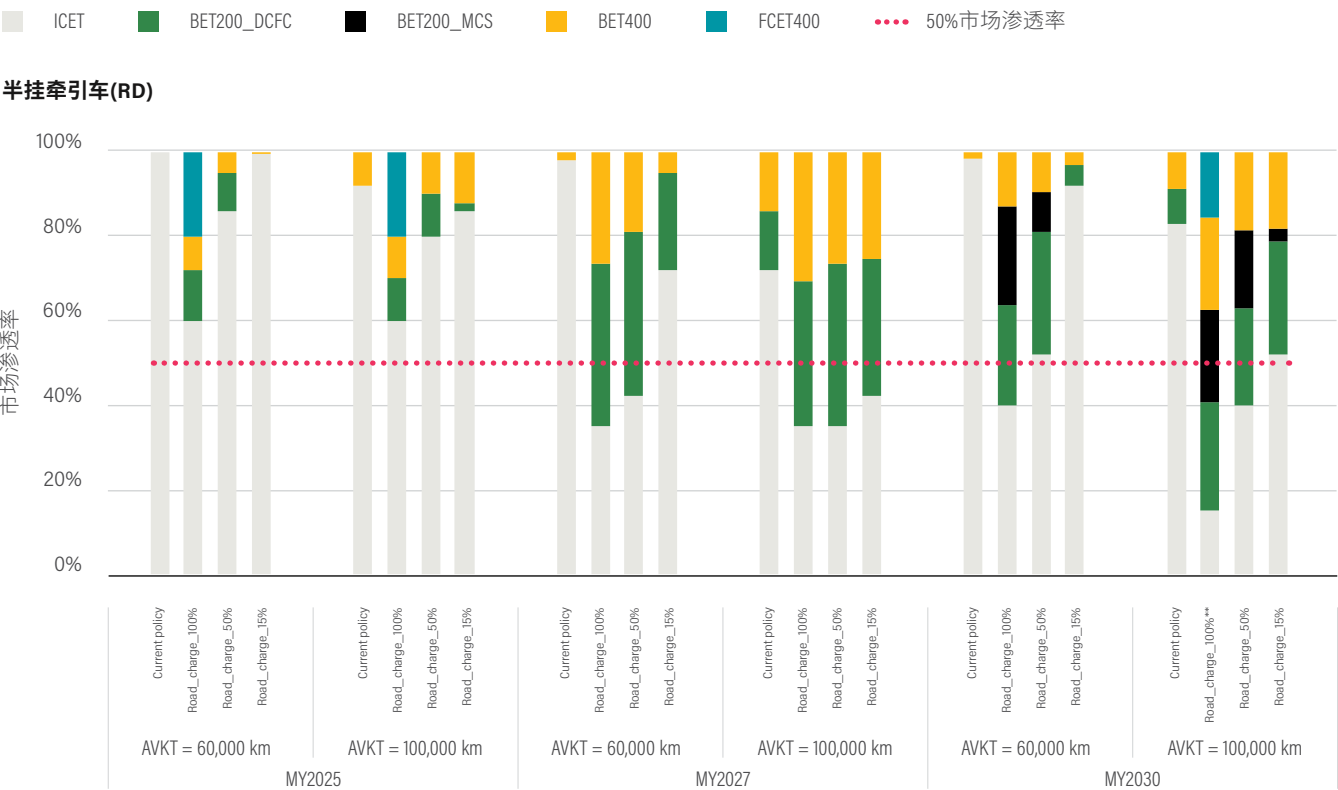
不确定性分析结果表明，随着政策力度的调整，前述结论将出现显著变化：若增大道路通行费减免幅度，该政策将跃升为最具影响力的单项措施，其效果甚至超过加速充电基础设施推广。此外，延长氢燃料电池重卡补贴期限与提高车辆残值担保水平也将成为推动新能源重卡快速普及的有效激励手段。

减免道路通行费

若MY2024—2035期间对新能源重卡分别实施50%（Road_charge_50%）和100%（Road_charge_100%）道路通行费减免，这两项政策将成为本文中最为有效的政策措施。这主要源于道路通行费在新能源重卡总拥有成本（TCO）中占比较高：在MY2030区域运输场景中，道路通行费占比为16%~22%，而在长途运输场景中占比高达27%~35%。在Road_charge_50%和Road_charge_100%情景下，区域运输场景中新能源重卡市场渗透率预计在MY2027升至58%~65%，长途运输场景中则有望在MY2032达到57%~70%（见图26和图27）。

值得注意的是，从某些年份起，Road_charge_50%与Road_charge_100%的政策效果趋于一致。为避免过度激励，实施Road_charge_50%已足以推动新能源重卡在上述两大场景中的推广，因此其成为本研究影响力最大的政策选项。

图 26 | 道路通行费减免政策的不确定性分析：区域运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率，MY2025—2030

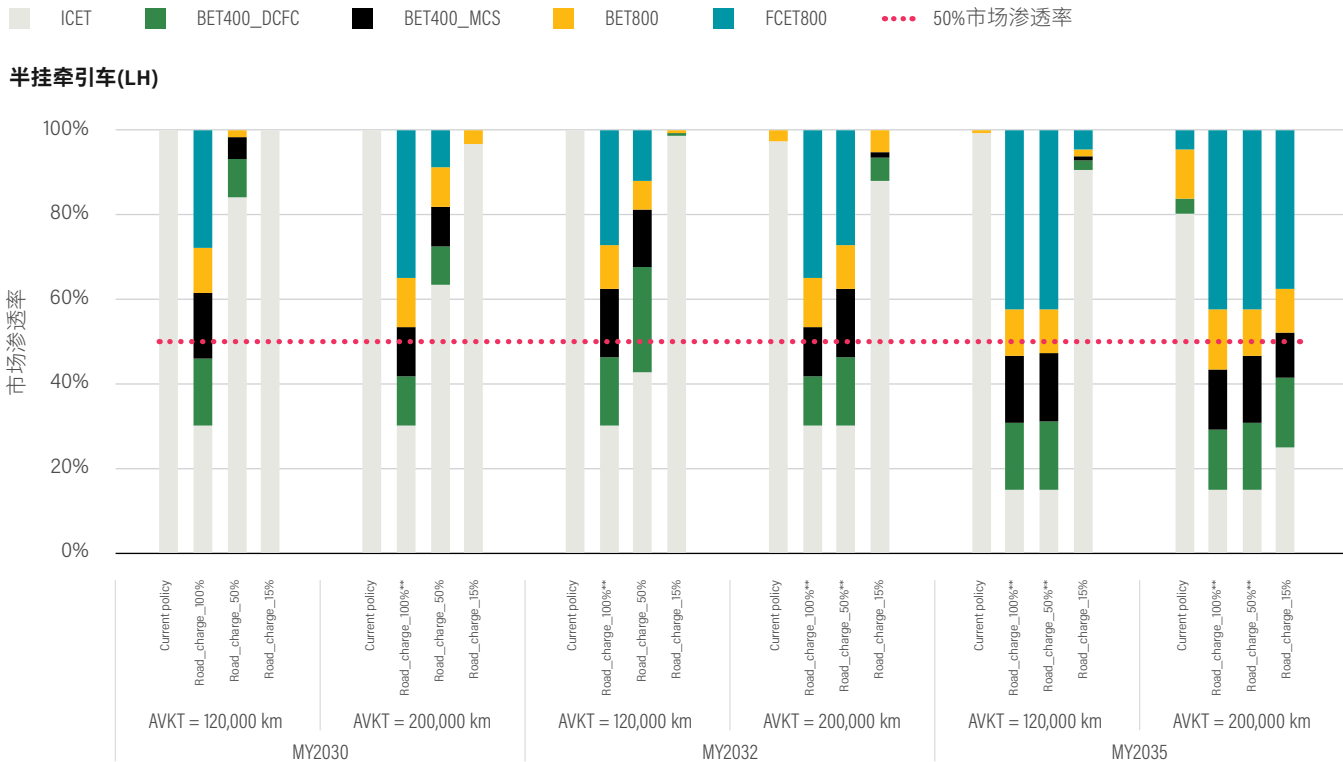


缩略词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；MY=车型年份；km=千米。

说明：**表示在该情景下，新能源重卡的市场渗透率将在MY2030之前达到区域运输场景的市场渗透率上限（85%），该上限值参照本文“新能源重卡的成本回收期和渗透率的预测”章节设定。

来源：WRI作者计算。

图 27 | 道路通行费减免政策的不确定性分析:长途运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率, MY2030—2035



缩写词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; LH=长途运输场景; MY=车型年份; km=千米。

说明: 标有**的政策情景, 表示在该情景下新能源重卡的市场渗透率将在MY2030—2035期间达到长途运输场景的市场渗透率上限(70%~85%), 该上限值参照本文“新能源重卡的成本回收期和市场渗透率的预测”章节而设定。

来源: WRI作者计算。

在长途运输场景中, Road_charge_50%对纯电动重卡与氢燃料电池重卡推广效果相当; 然而在区域运输场景中, MY2030之前该政策对纯电动重卡的促进作用更为明显。其原因在于: MY2030前氢燃料电池重卡的TCO仍处于高位, 仅凭Road_charge_50%难以弥补其与柴油重卡的成本差距; 而同期纯电动重卡在区域运输场景中市场渗透率已快速提升, 使得该政策在区域运输场景中的短期效果甚至不及FCET_subsidies。然而, MY2030之后, 随着氢燃料电池重卡TCO显著下降, 在长途运输场景中, 两类技术路线都将具备成本竞争力, 道路通行费减免政策对氢燃料电池重卡的拉动作用也随之增强。

因此, 若要在MY2030前在区域运输场景中推广氢燃料电池重卡, 需考虑以下措施: 一是优先采用FCET_subsidies政策; 二是在实施Road_charge_50%政策的基础上, 配合其他政策手段, 如保障周边低价氢源供应或提供额外购置补贴。

加速推广重卡专用的充电基础设施

本文分析表明, 在区域运输场景中, 两项关键措施——加速推广重卡专用公共快充站(Accel_DCFC, 在2035年实现全国100%覆盖)以及降低夜间充电成本(Accel_depot, 即将货运场站及公共夜间充电系统的充电成本从0.9元/千瓦时降至0.6元/千瓦时)对新能源重卡推广的促进效果相近(见图28)。而若将两者组合实施(即Accel_charge), 则可产生显著的协同效应。这表明, 在制定充电基础设施相关政策时, 不仅应优先加快高速公路与国(省)道沿线重卡专用公共充电站与走廊的建设, 还需确保货运场站、物流枢纽等场所的公共夜间充电系统能够提供低成本的夜间充电服务。

在长途运输场景中，两种充电站部署策略均能实现相近的新能源重卡市场渗透率（见图29）：

- 策略1：与区域运输场景一致，组合实施Accel_DCFC与Accel_depot（即Accel_charge）所带来的推广效果优于任一措施单独实施。这表明，即便不部署兆瓦级充电站，通过协同推进“低成本夜间充电”与“重卡公共快充站全覆盖”，也可有效支撑新能源重卡的推广。
- 策略2：若在2035年前实现兆瓦级充电站与重卡专用公共快充站全国100%覆盖（Accel_MCS），其所达到的推广效果与Accel_charge相近：至MY2035，新能源半挂牵引车的市场渗透率同样可达到5%~53%。这说明，在无法提供低成本夜间充电服务的情况下，仅依靠覆盖全国的重卡专用公共快充与兆瓦级充电网络，也可提升长途运输场景中新能源重卡的市场渗透率，但前提是兆瓦级充电站的充电成本需控制在较低水平（见表4）。

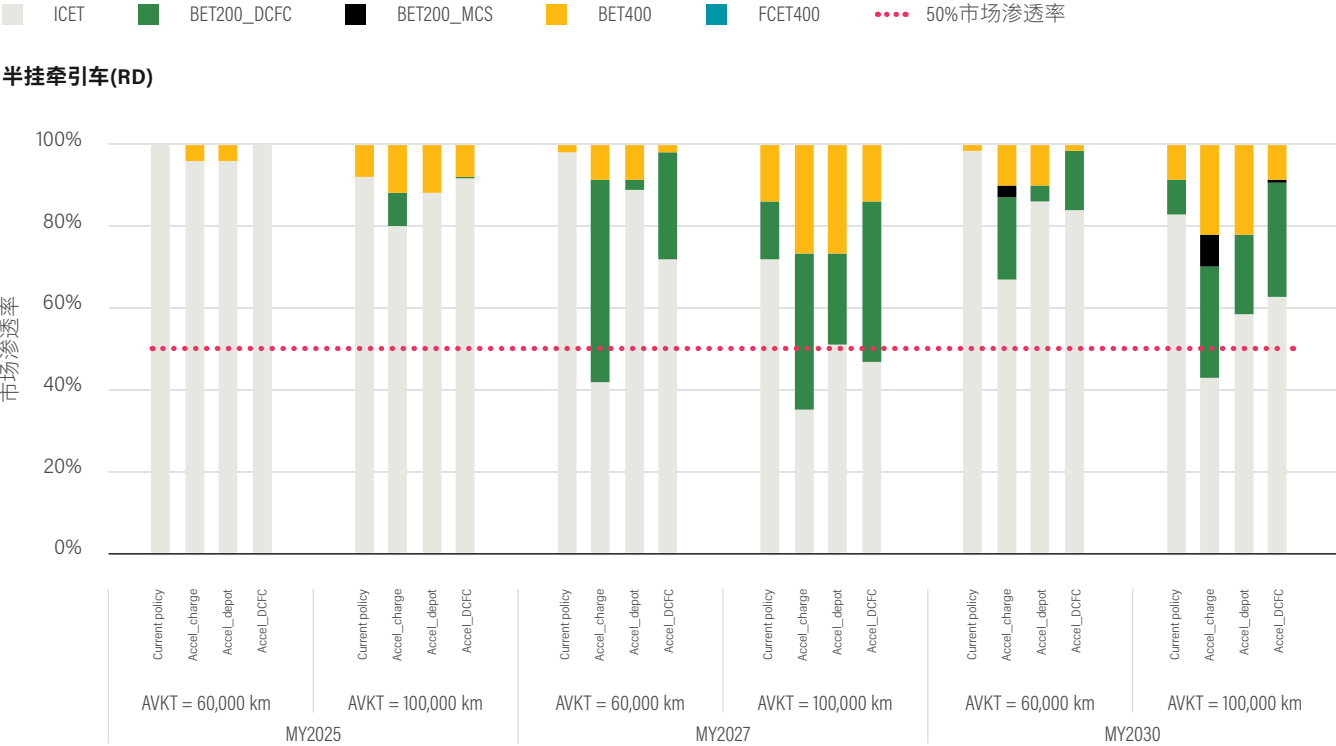
此外，不同类型的充电基础设施对应不同的纯电动重卡最优技术配置：

- Accel_charge能兼顾短续航里程纯电动重卡和长续航里程纯电动重卡，推动两者市场渗透率同步提升。
- Accel_DCFC主要有助于提升短续航里程纯电动重卡的市场渗透率。
- Accel_MCS则能显著促进支持超充的短续航里程纯电动重卡推广。

在区域运输场景中，在Accel_charge情景下，至MY2030，长续航里程纯电动重卡和短续航里程纯电动重卡的市场渗透率趋于接近。相比之下，因本文假设兆瓦级充电站充电成本较高，且受电网容量与充电桩数量限制，兆瓦级充电系统在区域运输场景中的成本竞争力相对有限。

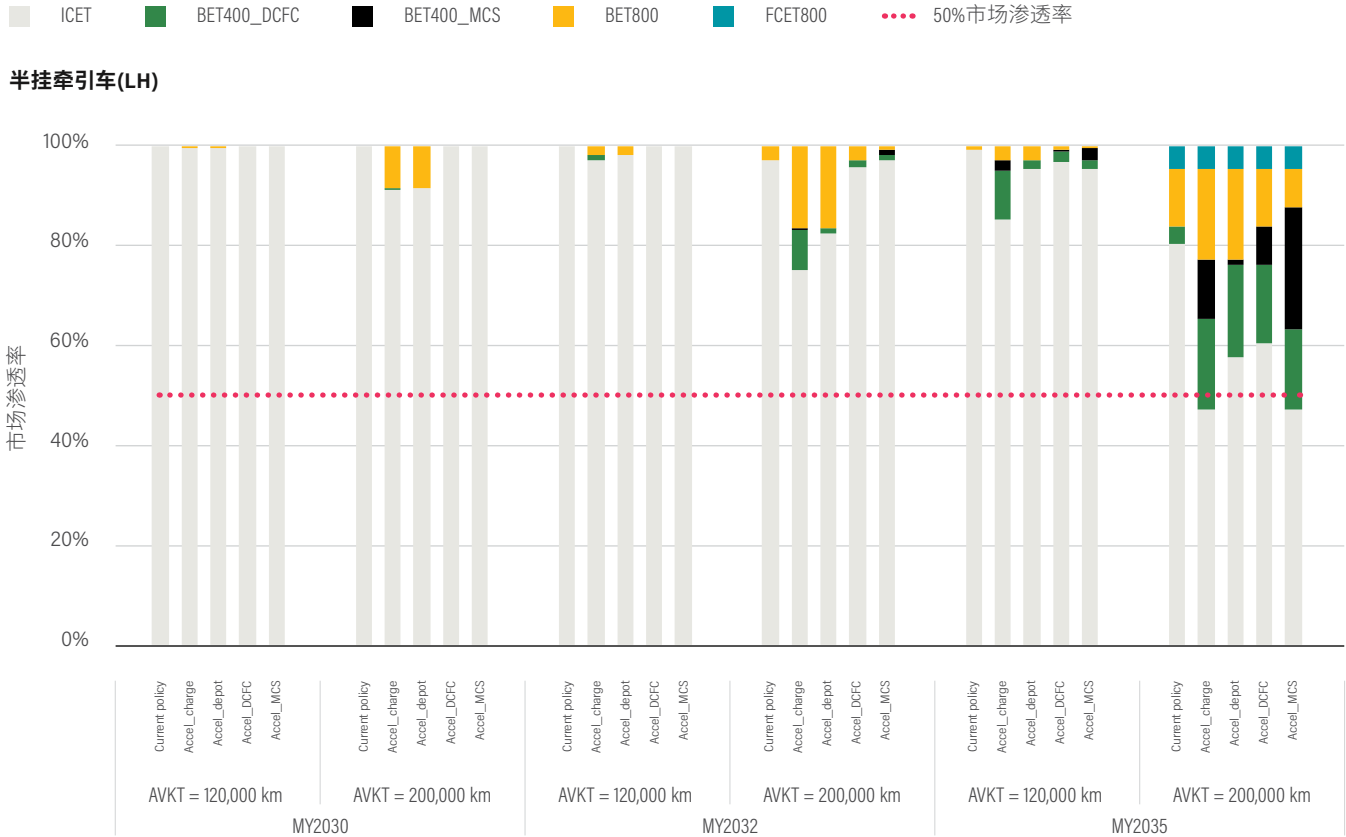
但在长途运输场景中，不同充电设施部署策略将影响纯电动重卡的最优参数选择：在Accel_charge情景下，长续航里程纯电动重卡和短续航里程纯电动重卡的市场渗透率接近；而在Accel_MCS情景下，短续航里程纯电动重卡在长途运输场景中占据主导地位。这表明，在长途运输场景中选择纯电动重卡的最优技术配置时，需与充电基础设施的规划布局相协调。

图 28 | 加速推广充电基础设施政策的不确定性分析：区域运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率，MY2025—2030



缩略词：ICET=传统燃油重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；MY=车型年份；km=千米。
来源：WRI作者计算。

图 29 | 加速推广充电基础设施政策的不确定性分析:长途运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率, MY2030—2035



缩写词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; LH=长途运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI 作者计算。

氢燃料电池重卡购置补贴与加氢补贴

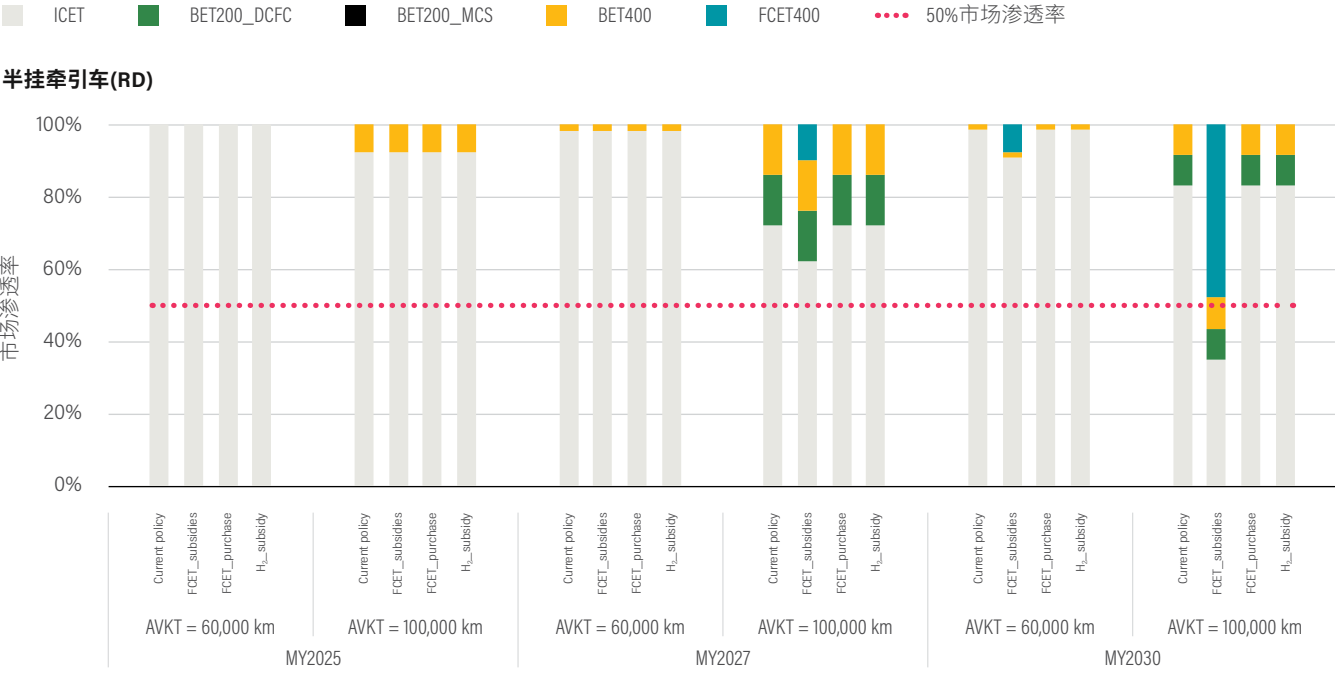
随着氢燃料电池重卡TCO的快速下降,其所需的补贴支持组合也将随时间动态调整(见图30和图31)。

在近期(MY2025—2030),若单独实施购置补贴(FCET_purchase)或加氢补贴(H₂_subsidy)政策,均难以显著提升氢燃料电池重卡在区域或长途运输场景中的市场渗透率,预计其市场渗透率在此期间将始终低于1%。以区域运输场景为例,若仅提供购置补贴,由于全国平均加氢价格在MY2025—2030期间仍处于较高水平(大于30元/千克),导致氢燃料电池重卡的运营成本难以与柴油重卡持平;若仅提供加氢补贴,即使将枪口加氢价格降至25元/千克,由此带来的运营成本节约仍不足以弥补高昂的购置成

本。因此,该阶段两项补贴需配套实施、共同发挥作用。唯一例外出现在氢气资源丰富、供应成本较低的地区,在这些区域仅实施购置补贴即可推动推广。例如,当枪口加氢价格为25元/千克时,配合购置补贴可使区域运输场景中氢燃料电池半挂牵引车在MY2030的市场渗透率达到8%~48%。

在中长期(MY2030以后),随着氢燃料电池重卡购置成本逐步下降,仅通过加氢补贴(H₂_subsidy)将枪口加氢价格保持在25元/千克或以下,足以支持氢燃料电池重卡的推广。例如,在H₂_subsidy情景下,长途运输场景中氢燃料电池重卡在MY2035的市场渗透率预计可达5%~48%。因此,将加氢补贴延长至MY2035对长途运输场景仍具有重要推动作用。同样,在氢气资源丰富、价格低于25元/千克的地区,则可能无需额外提供加氢补贴。

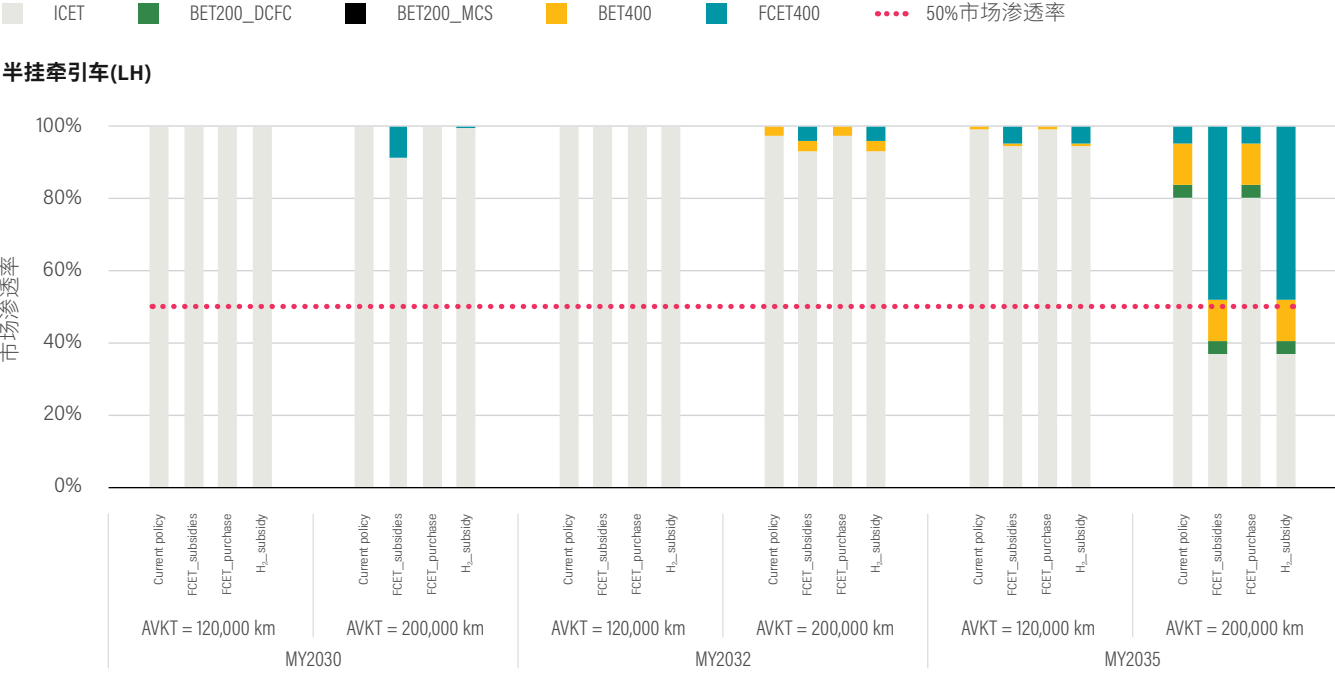
图 30 | 氢燃料电池重卡购置补贴与加氢补贴政策的不确定性分析:区域运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率, MY2025—2030



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; RD=区域运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。

图 31 | 氢燃料电池重卡购置补贴与加氢补贴政策的不确定性分析:长途运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率, MY2030—2035



缩略词: ICET=传统燃油重卡; BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=公共直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; AVKT=年行驶里程; LH=长途运输场景; MY=车型年份; km=千米。

来源: WRI作者计算。



新能源重卡残值担保

与Residual_value_20%不同，提供更高水平的车辆残值担保 (Residual_value_30%) 能够更显著地提升新能源重卡的市场渗透率。以区域运输场景为例，在实施Residual_value_30%政策后，新能源半挂牵引车在MY2030的市场渗透率预计将达到5%~33%，而如果实施Residual_

value_20%政策，其市场渗透率仅为3%~20% (见图32)。从政策效果来看，在区域运输场景和长途运输场景中，Residual_value_30%政策的效果与Weight_increase大致相当 (见图32和图33)。这表明，只有将车辆残值担保比例设定在较高水平，才能有效促进新能源重卡的规模化推广。

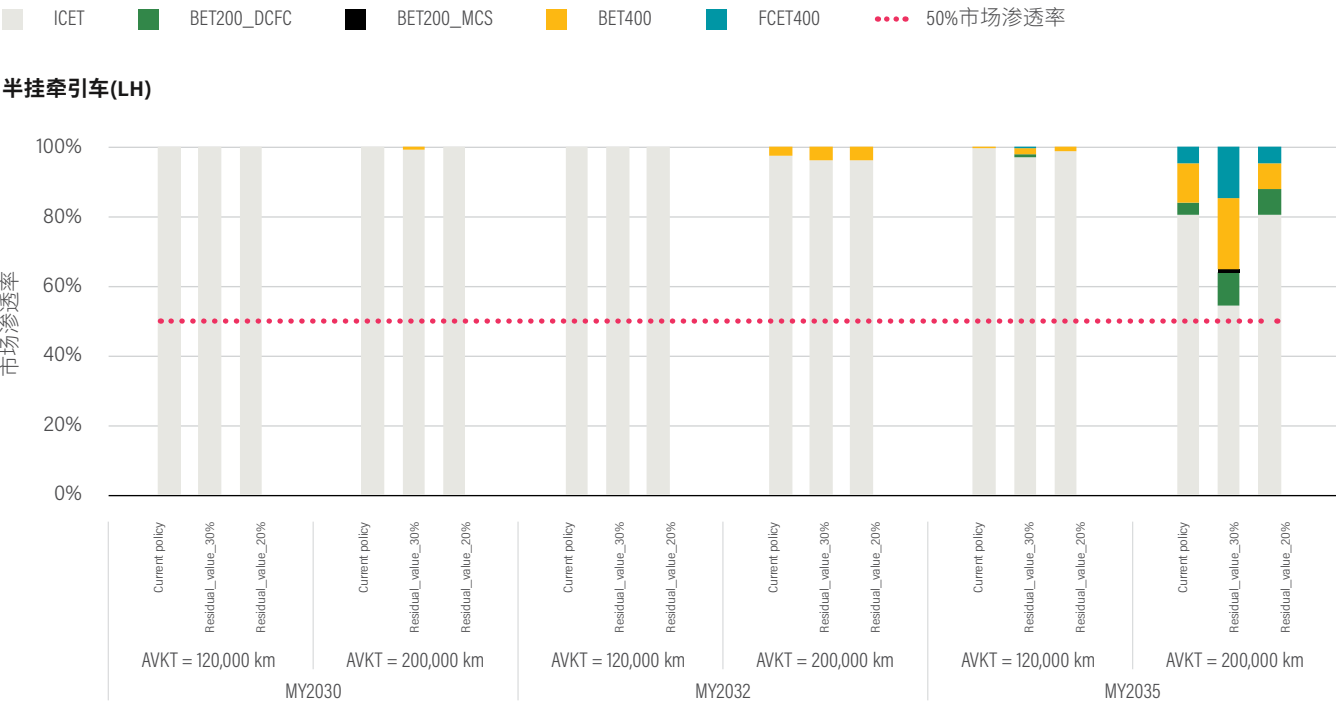
图 32 | 新能源重卡残值担保政策的不确定性分析：区域运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率，MY2025—2030



缩略词：ICET=传统燃油重卡；ZET=新能源重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；RD=区域运输场景；MY=车型年份；km=千米。

来源：WRI 作者计算。

图 33 | 新能源重卡残值担保政策的不确定性分析：长途运输场景中新能源半挂牵引车的市场渗透率，MY2030—2035



缩略词：ICET=传统燃油重卡；ZET=新能源重卡；BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡；DCFC=公共直流快充；MCS=兆瓦级充电系统；AVKT=年行驶里程；LH=长途运输场景；MY=车型年份；km=千米。
来源：WRI作者计算。

上述强化政策的实际效果还受到以下几方面不确定因素的影响：

第一，道路通行费减免政策在部分场景中作用有限。部分地方政府已为某些柴油重卡（如生鲜农产品运输车辆）开设“绿色通道”，实行高速公路通行费全额减免；此外，不少柴油重卡为规避收费会选择国道，避开高速公路。在这两类情况下，道路通行费减免政策对提升新能源重卡市场渗透率的效果将受到制约甚至完全失效，需配合其他政策手段协同推进。

第二，部分运输场景难以实现货运场站夜间充电成本降至0.6元/千瓦时（即Accel_depot情景）。主要包括两类情况：一是长途干线运输中，车辆往往难以定期返回固定场站充电，需依赖价格较高的日间公共快充设施；二是对时效要求较高的场景中（如人停车不停的运营模式），司机无法在夜间停留充电，只能选择成本更高的日间补能。在这些情况下，Accel_depot政策的实际推进将面临挑战。

第三，Residual_value_20%（及Residual_value_30%）政策的实际效果可能被高估。若新能源重卡二手车市场发展成熟，车辆残值能够通过市场机制自然体现，则无需专门出台残值担保政策——届时其残值水平可能接近Residual_value_30%情景的预测值。因此，针对当前残值偏低的问题，亦可考虑通过延长“三电”系统质保、推广融资租赁模式等替代方式予以缓解。







第六章

研究局限性与讨论

本研究的结论可能会受到模型构建方法和数据输入方式等多种不确定因素的影响。

模型方法的不确定性

尽管本研究采用的方法具有一定的普适性，但仍存在若干模型与数据层面的不确定性，可能对研究结论产生影响，未来需在以下方面进一步完善：

第一，本研究未充分考虑影响新能源重卡推广的非成本因素，包括货主企业对使用新能源货车的要求、货运行业的盈利情况、新能源货车的安全性与可靠性顾虑、可选车型的丰富度、对新技术的风险规避倾向，以及区域间推广条件的差异。忽略这些因素可能导致对新能源重卡市场渗透率的高估或低估。例如，即便新能源重卡在总拥有成本与技术可行性方面具备优势，消费者认知不足仍可能延缓其市场接受进程。

第二，本研究对“氢燃料电池重卡基础设施实现广泛覆盖”的假设较为乐观，可能高估其市场潜力。现实中，加氢站覆盖范围有限及用户里程焦虑仍是氢燃料电池重卡推广中亟待突破的瓶颈 (Xue et al. 2023)。

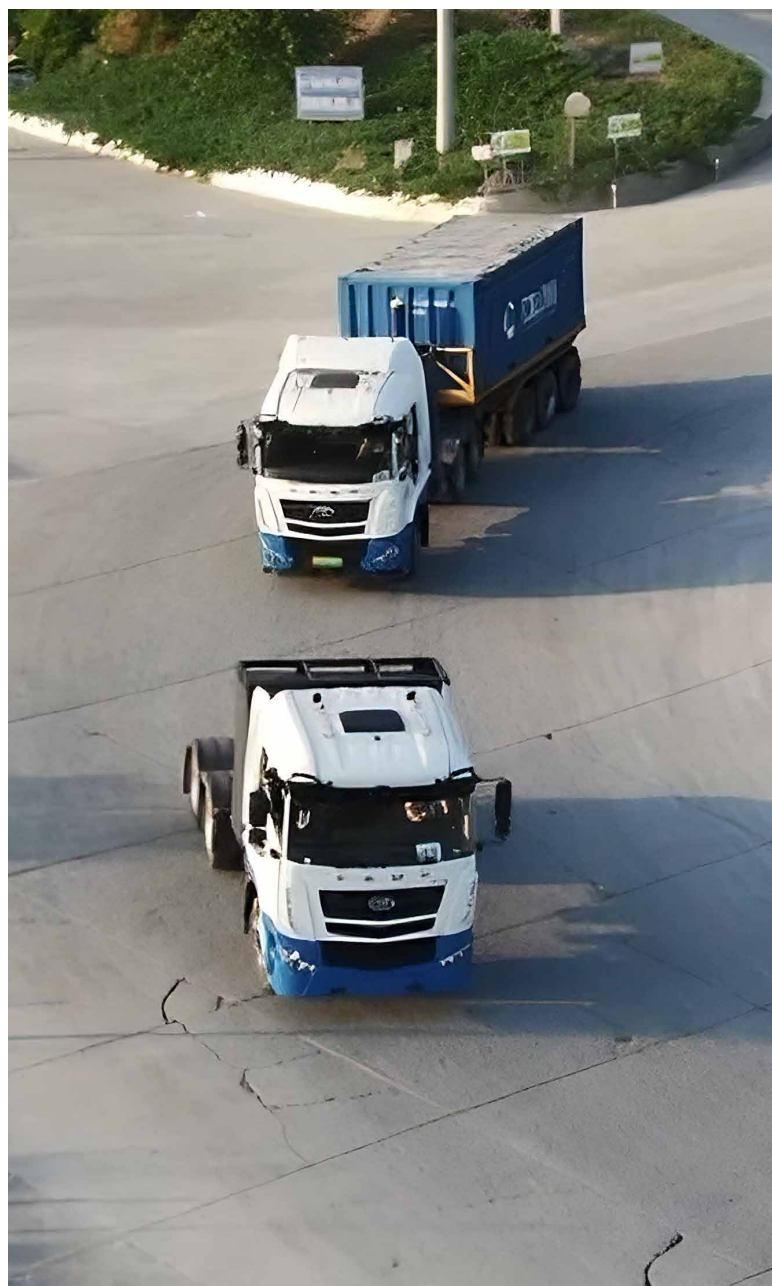
运输企业在决策过程中可能对不同成本因素赋予不同权重。例如，Zhao et al. (2024) 提出，运输企业可能赋予新能源重卡购置成本更高的权重。若购置成本的权重为其他成本因素的两倍，则即便在长年行驶里程工况下，纯电动半挂牵引车MY2030前也很难实现5年内回本，区域运输场景新能源重卡的市场渗透率也将显著低于本研究的预测值。

第三，新能源重卡市场渗透率预测模型本身存在固有误差与不确定性 (EPA 2024b)，因此本文的预测结果亦伴随一定不确定性。为此，本研究通过开展系统的不确定性分析，以区间值形式呈现市场渗透率，从而降低点估计带来的潜在偏差。

第四，目前中国缺乏按应用场景细分的货车年/日行驶里程分布统计数据，本研究基于假设的里程区间得出较宽泛的市场渗透率估值。为提升未来预测的准确性并增强政策支撑能力，建议相关部门按运输场景细化统计货车的实际行驶里程分布。

第五，受数据可得性限制，本研究未评估各项政策对财政收支的具体影响，因而难以提出更具操作性的政策建议。为支持更科学、更具成本效益的政策制定，建议系统收集分场景的货车销量与里程数据，从而更精准地预测新能源重卡的整体市场渗透率，并同步开展配套的财政影响评估。

即便新能源重卡在总拥有成本与技术可行性方面具备优势，消费者认知不足仍可能延缓其市场接受进程。



第六，未来，若能在不同环境条件（如低温区域、丘陵地带）下评估新能源重卡的技术性能，不仅可增强本研究结论的地理适用性，也有助于更全面地把握其在全国范围内的推广潜力。

与此前研究的差异

本研究以Chen and Xue (2024) 的研究为基础，但在以下方面存在差异：

第一，两项研究均表明，在无政策情景下，区域运输场景中的新能源重卡需至MY2030—2034期间方能实现5~6年的成本回收期，但二者在具体参数设定上存在差异。本研究采用了较低的柴油价格、较短的年行驶里程、较低的电池成本与充电成本作为区域运输场景的假设（见附录B）。尽管参数设置不同，两项研究关于新能源重卡在区域运输场景中具备成本竞争力时间节点的结论高度一致。

第二，Chen and Xue (2024) 指出，在无政策情景下，集疏港场景中，短续航里程纯电动半挂牵引车较长续航里程车型更具成本竞争力。然而，由于本研究引入了里程焦虑与充电时间成本等隐性成本，短续航里程车型相对于长续航里程版本的成本优势有所减弱，因此并未完全复现先前研究的结论。

不过，若将分析范围聚焦于中国充电基础设施较为完善的重点区域（即可忽略里程焦虑的影响），本研究可得出与Chen and Xue (2024) 相一致的结论。

第三，Chen and Xue (2024) 指出，在区域运输场景中，氢燃料电池重卡相较于纯电动重卡更具成本竞争力，而本研究得出的结论恰好相反。二者的关键区别在于参数假设不同：本研究设定了更低的电池成本与充电成本，以及更高的氢气价格，这一组合假设对纯电动重卡更为有利（见附录B）。





The background image shows a city street scene. On the left, the front of a red truck is visible. In the background, there are multi-story buildings and a fence. The sky is overcast.

第七章

建议

本研究建议按场景、车型设立新能源重卡推广目标，并配套出台相应政策措施，以确保该目标顺利实现。

本文测算了MY2025—2035期间新能源重卡（包括49吨半挂牵引车和18吨载货汽车）在区域运输场景和长途运输场景中的推广潜力。基于研究结论，得到如下政策启示：

第一，建议在国家层面制定分场景、分车型的新能源重卡推广目标。在“十五五”及后续规划中，明确相关目标至关重要，既有助于稳定产业链企业预期，也能为基础设施投资提供导向（Ghate et al. 2025）。鉴于不同场景下新能源重卡的市场渗透率存在显著差异，目标设定应体现针对性：

- 近期应重点聚焦区域运输场景，尤其是半挂牵引车，可设定较高的2030年市场渗透率目标。具体而言，在**充电基础设施及时就绪（Accel_charge情景）的条件下，区域运输场景中新能源半挂牵引车2030年的市场渗透率有望达到33%~57%。**
- 相比之下，长途运输场景中，新能源重卡在同期仍处于推广初期，2030年前可设定较低目标，至2035年再适度提高（特别是针对新能源半挂牵引车）。在充电设施及时就绪（Accel_charge情景）的背景下，长途运输场景中新能源半挂牵引车2035年市场渗透率预计可达15%~53%。

考虑到运营特征、技术演进及油价/电价波动对新能源重卡推广影响显著，**建议配套采取以下措施，以保障推广目标的达成：出台新能源重卡能量消耗量标准；打击非法黑加油站，降低柴油补贴或税费优惠；建立关键原材料与氢能的期货交易市场；针对交通燃料引入碳定价机制**（OIES 2024; MPP et al. 2022; Yang 2020）。

第二，尽管本研究发现，2024—2035年间，实施50%道路通行费减免是最有效的单一措施，但其具体实施仍需审慎推进。本研究分析显示，Road_charge_50%与Road_charge_100%（全额减免）在MY2024—2035期间的政策效果逐渐趋同，因此应科学设定合理的减免幅度，避免激励过度。

此外，Road_charge_50%对长途运输场景中的新能源重卡影响最为突出，但对区域运输场景中氢燃料电池重卡的推动作用则不及FCET_subsidies（即购置补贴与加氢补贴的组合政策）。这表明，若要在MY2030前加速氢燃料电池重卡在区域运输场景中的普及，可考虑优先采用FCET_subsidies，或结合Road_charge_50%配套推出其他支持措施，如保障周边低价氢源供应或提供额外购置补贴。

值得注意的是，本研究未评估道路通行费减免对财政收入的实际影响，因此建议后续开展综合研判，以确定该政

策的财政可行性。为缓解可能的收入缺口，可在审慎设计新能源车辆收费政策的同时，考虑通过适度提高柴油重卡的道路收费标准（EU 2022），弥补道路养护资金的潜在缺口。

第三，加速重卡专用充电基础设施网络建设与降低夜间充电成本，是本研究中影响力位居第二且不可或缺的政策举措。此外，最优充电站部署策略因应用场景而异，具体表现为：

在区域运输场景中，加快建设重卡专用公共快充站（Accel_DCFC，即2035年实现全国100%覆盖）与降低夜间充电成本（Accel_depot，将货运场站及公共夜间充电站充电成本设定为0.6元/千瓦时）两项措施组合推进（Accel_charge），能够实现最优政策效果。因此，在制定充电基础设施相关政策时，不仅应推进高速公路及国（省）道沿线重卡专用公共充电站与走廊的建设，也需确保在货运场站、物流枢纽等场景提供低成本的夜间充电服务。

在长途运输场景中，以下两种充电站部署策略可以达到相似的新能源重卡推广效果：

- 一是与区域运输场景类似，组合实施Accel_DCFC与Accel_depot（即Accel_charge）所产生的协同效应优于单独推行任一措施。这表明，即使不部署兆瓦级充电设施，通过协同建设“低成本（公共）夜间充电系统”与“全覆盖的重卡专用公共快充网络”，仍可有效支持新能源重卡在长途运输场景中的推广。
- 二是到2035年实现兆瓦级充电站与重卡专用公共快充站全国100%覆盖（Accel_MCS），其所达成的推广效果与Accel_charge情景相近。这意味着，即便缺乏低成本（公共）夜间充电系统，仅靠覆盖全国的重卡专用公共快充与兆瓦级充电网络，同样能够支撑长途纯电动重卡的规模化应用，但其前提是兆瓦级充电系统需具备较低的充电成本。

就车型配置而言，在区域运输场景的Accel_charge情景下，至MY2030，短续航里程纯电动重卡与长续航里程纯电动重卡的市场渗透率水平接近。相比之下，受充电成本与设施覆盖率等因素制约，兆瓦级充电系统在区域运输场景中的经济性相对有限。

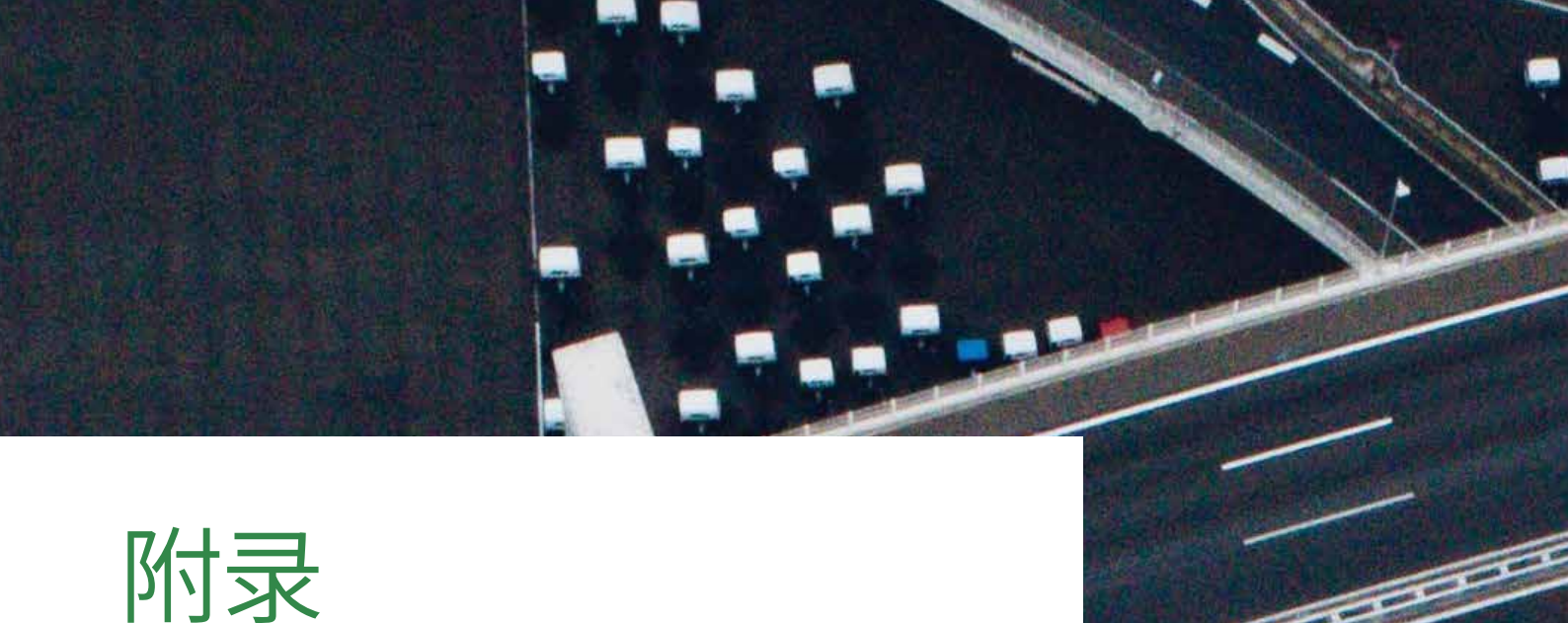
而在长途运输场景中，纯电动重卡的最优技术路径选择因充电设施布局而异：在Accel_charge情景下，长续航里程车型和短续航里程车型的市场渗透率较为接近；而在Accel_MCS情景下，短续航里程车型将成为市场主流。这一差异表明，在规划长途新能源重卡推广路径时，必须注重车辆技术参数与充电基础设施布局之间的协同性。



第四，为促进氢燃料电池重卡的推广，在2030年前，购置补贴与加氢补贴均具有重要作用；2030年后，加氢补贴可能仍有必要，但在氢气资源富集、供应成本较低的地区，则可以降低对加氢补贴的依赖。随着氢燃料电池重卡TCO逐步下降，补贴结构也需相应调整。在近期（MY2025—2030），除氢气资源丰富、供应成本较低的地区外，购置补贴（FCET_purchase）与加氢补贴（H₂_subsidy）对提升氢燃料电池重卡在区域和长途运输场景中的市场渗透率均不可或缺。在中长期（MY2030后），随着氢燃料电池重卡的购置成本进一步下降，仅依靠本研究设定的加氢补贴政策即可支持其推广。值得注意的是，在氢气资源富集、供应具备成本优势的地区，可相应降低对两类补贴的依赖程度。

第五，激励政策的效果因货车车型及应用场景不同而存在显著差异。近期，应重点推动新能源半挂牵引车的普及，而对新能源重型载货汽车则需提供更强政策支持。以区域运输场景为例，因为纯电动半挂牵引车与柴油半挂牵引车之间的成本差较小，所以同等政策对纯电动半挂牵引车市场渗透率的提升效果更突出。而新能源重型载货汽车则需要额外的政策支持。例如，纯电动载货汽车因载质量损失更显著，亟须提高其最大设计总质量豁免；氢燃料电池载货汽车因与柴油重卡的购置成本差更大，需要的补贴额度比氢燃料电池半挂牵引车更高。

第六，亟须建立健全按场景与车型细分的货车运营数据统计体系。准确把握现有重卡车队的行驶里程、载质量分布，以及按应用场景划分的销量数据，对制定精准有效的推广政策和促进产业链协同具有关键作用。在中国，为监督并防范货车司机超速、超时驾驶等行为，交通运输部等部门（2014）已要求所有重卡安装全球定位系统（GPS），为采集相关运营数据奠定了基础。为进一步支持新能源重卡的规模化推广，建议有关部门以此为基础，按应用场景和车型系统化收集、整理并深入分析此类运营数据，将统计结果与政府部门，以及充电运营服务商等关键市场主体实现有序共享。



附录

附录A. 全球零排放重卡政策激励：中国采纳的措施

附录表 A-1 | 全球零排放重卡政策激励：中国采纳的措施

政策措施			全球案例	中央政府	地方政府
供给侧	经济激励	新能源货车积分政策	· 美国加利福尼亚州：到2035年，不同类别新能源汽车市场渗透率分别达到40%（牵引车）、55%（2b-3类货车）、75%（4-8类载货汽车）和100%（集疏港拖车）（CARB 2021b, "Advanced Clean Trucks"; CARB 2023, "Advanced Clean Fleets"） · 欧盟：2035年后，新售微面、中面的二氧化碳排放量减少100%（EU 2023b），并为新售重型车辆拟定2030年（-45%）、2035年（-65%）和2040年（-90%）的减排目标（EU 2023） · 中国：暂无	○	
		研发	· 欧盟：“地平线欧洲”（Horizon Europe）计划中的零排放货运生态系统（ZEFES, n.d.） · 中国：国家重点研发计划（HTRDC, n.d.）	√	√
需求侧	经济激励	购置补贴（或置换补贴）	· 美国加利福尼亚州：为港口牵引车提供高达20万美元/车的补贴（CARB n.d., "Clean Off-Road Equipment Vouchers"） · 德国：补贴新能源货车与同等柴油货车购置成本差价的80%（BALM 2022） · 中国：运输企业在报废“国四”及以下排放标准的营运货车并购置新能源重卡时，可按规定享受“以旧换新”补贴（MOT et al. 2025; MOT and MOF 2024）；仅在五个氢燃料电池汽车示范城市群提供氢燃料电池汽车购置补贴（MOF et al. 2020; 2021）	√	√
		税费减免	· 美国：提供高达4万美元/车的清洁能源车辆税费减免（USDOT n.d., "Commercial Clean Vehicle Credit"） · 德国：纯电动汽车与氢燃料电池汽车免征机动车税（German Bundestag 2012） · 中国：新能源汽车在2025年底之前免征车辆购置税，2026—2027年免税50%；新能源货车免征车船税（MOF et al. 2018; 2023）	√	
		碳定价	· 美国加利福尼亚州：出台低碳燃料标准，基于交通燃料的全生命周期碳强度，实施燃料的积分交易机制（CARB n.d., "Low Carbon Fuel Standard"） · 中国：暂无	○	○



附录表 A-1 | 全球零排放重卡政策激励:中国采纳的措施(续)

政策措施			全球案例	中央政府	地方政府
需求侧	经济激励	减免高速公路通行费	- 德国: 新能源汽车免征高速公路通行费 - 中国: 中国部分地区为新能源货车减免15%~100%的高速公路通行费 (Gansu DOT et al. 2021; Tianjin MTC and Tianjin DRC 2021)		√
		对货主企业的要求	中国: 在重污染地区, 依据企业对新能源重卡或铁路/水路等清洁运输方式的应用程度, 对高排放企业实施绩效分级, 将其划分为A级、B级或C级。在此分级体系下, 获评A级的企业可在重污染天气期间维持正常生产活动 (MEE 2020)。	√	√
		创新商业模式	中国: 企业使用新能源重卡车电分离模式	√	√
		残值担保	美国: 新能源汽车可获得其购置成本30% (最高4000美元) 的残值担保 (USDOT n.d., "Used Clean Vehicle Credit")	○	○
		降低融资成本	美国加利福尼亚州: 针对小微运输企业建立专项的贷款减值准备金 (loan loss reserves), 确保其获得更低的融资利率 (CARB n.d., "Zero-Emission Truck Loan Pilot Project")	○	○
	法规标准	优先路权	- 美国和欧盟: 洛杉矶、圣莫尼卡、鹿特丹、阿姆斯特丹、奥斯陆等城市在市中心设立了近零排放货运区 (Xue et al. 2023) - 中国: 部分城市已放宽对新能源货车的道路通行限制 (Xue et al. 2023)		√
		提高新能源货车最大设计总质量限值	- 欧盟: 新能源货车最大设计总质量可额外增加2吨 (或最大设计总质量), 并提议针对长途运输的新能源货车, 最大设计总质量可额外提升4吨 (EU 2019) - 美国: 新能源货车最大设计总质量可额外增加2000磅 (California Constitution 2019) - 中国: 暂无	○	○
	基础设施保障	替代燃料和新能源汽车充电/加氢基础设施的激励政策	- 美国: 提供资金, 用于在公路沿线部署重型新能源汽车专用的充电与加氢基础设施 (FHWA 2024; USEPA 2022) - 中国: 尚无全国层面针对货车充换电基础设施的激励政策	○	√
		物流配送中心	- 鹿特丹: 优化物流配送中心布局, 提高物流效率 (City of Rotterdam 2020) - 中国: 佛山和苏州等城市计划在市中心建立多级物流枢纽, 提高物流效率 (JLL 2021)		√

说明: 表中措施按照中国国家与地方新能源货车推广的事权进行划分。“○”表示中国尚未采取此类政策或措施, “√”表示中国已采取此类政策或措施。
来源: WRI作者基于C40 (2020)、Concept Consulting Group (2022)、WEF (2021) 等的研究汇总。

附录B. 本文数据输入假设

关键零部件参数设置方法

新能源重卡的电池容量、储氢容量与能量消耗量

根据重卡行驶里程与实际能量消耗量，本文计算了MY2024—2035期间新能源重卡为满足各场景运营要求所需的储能装置容量，包括纯电动货车的电池额定容量（简称电池容量）与氢燃料电池货车储氢瓶的额定容量（简称储氢容量）（见附录公式1）：

E_{u,t} = \frac{VKT_u \times EE_{u,t}}{100 \times DoD} \quad (\text{附录公式1})

其中：

E_{u,t}表示电池容量或储氢容量（千瓦时或千克）；
VKT_u表示日行驶里程或单程运距（千米），以100千米为间隔表示，如区域运输场景日行驶里程包括300千米、400千米和500千米；
EE_{u,t}表示纯电动货车或氢燃料电池货车的能量消耗量（千瓦时/100千米或千克/100千米）；
DoD表示纯电动货车的电池放电深度或氢燃料电池货车储氢系统的可用容量（%），本文假设纯电动货车的电池放电深度为80%（Mao et al. 2021; Nykvist and Olsson 2021; Phadke et al. 2021; Wu et al. 2015; Zhao et

al. 2018），氢燃料电池货车储氢系统的可用容量为85%（Danebergs 2019）；
u表示运输场景，t表示车型年份。

上述变量的数据来源如下：

能量消耗量：本研究基于2024年对运输企业的访谈，获取了重卡实际能量消耗量（Pers. Comm. 2024）。结合文献综述，并利用新能源货车与燃油货车的能效比（EERs）进行交叉验证，对MY2025—2035的能量消耗量进行了预测（见附录表B-1）（Chen and Xue 2024）。为简化分析，本文假设柴油重卡的能量消耗量在MY2024—2035期间保持不变，因此其购置成本亦维持在MY2024水平。本文根据不同行驶工况（包括车速）区分了各场景下重卡的实际能量消耗量，但受数据可得性限制，未考虑环境温度、坡度及载质量对能量消耗量的影响。

纯电动重卡的电池放电深度与氢燃料电池重卡储氢系统的可用容量（DoD）：本文关于DoD的假设基于文献综述，并依据纯电动重卡的电池容量设定不同的DoD（见附录表B-2）。其中，短续航里程纯电动重卡设定较小的DoD，原因在于其更依赖公共快充站或兆瓦级充电系统，

附录表 B-1 | 区域运输场景和长途运输场景下新能源重卡与柴油重卡的能量消耗量

场景	车辆技术	MY2024	MY2030	MY2035
区域运输场景 (RD)	半挂牵引车 (每100千米)			
	柴油 (升)	32	32	32
	纯电动 (千瓦时)	152	143	139
	氢燃料电池 (千克)	9.6	7.9	7.0
	载货汽车 (每100千米)			
	柴油 (升)	20	20	20
	纯电动 (千瓦时)	95	89	84
	氢燃料电池 (千克)	5.5	4.8	4.3
长途运输场景 (LH)	半挂牵引车 (每100千米)			
	柴油 (升)	31	31	31
	纯电动 (千瓦时)	147	139	135
	氢燃料电池 (千克)	9.3	7.7	6.8
	载货汽车 (每100千米)			
	柴油 (升)	17	17	17
	纯电动 (千瓦时)	85	80	76
	氢燃料电池 (千克)	5.0	4.4	3.9

缩略词：RD=区域运输场景；LH=长途运输场景；MY=车型年份。
来源：WRI作者基于China SAE（2024）、Chen and Xue（2024）的研究和专家访谈（Pers.Comm.2024）总结。

附录表 B-2 | 纯电动重卡的电池放电深度或氢燃料电池重卡储氢系统的可用容量 (DoD) 假设

零排放技术	车辆配置	DoD	数据来源
纯电动重卡 (BET)	短续航里程: BET200 (RD)、BET400 (LH)	70%	Topsector Logistiek (2019)
	长续航里程: BET400 (RD)、BET800 (LH)	80%	Mao et al. (2021)、Nykvist and Olsson (2021)、Phadke et al. (2021)、Zhao et al. (2018)、Wu et al. (2015)
氢燃料电池重卡 (FCET)	FCET400 (RD)、FCET800 (LH)	85%	Danebergs (2019)

缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; RD=区域运输场景; LH=长途运输场景; DoD=纯电动重卡的电池放电深度或氢燃料电池重卡储氢系统的可用容量。
来源: WRI作者总结。

电池衰减程度可能更高 (Mutagekar and Jhunjunwala 2024; Topsector Logistiek 2019)。

行驶里程: 见“场景定义与新能源重卡的参数配置”章节的说明。

新能源重卡电机额定功率

本文假设, MY2024—2035期间, 新能源重卡配备与同类型柴油重卡输出功率相同的电驱动系统与零部件, 以满足各场景运营需要 (见附录表B-3)。

值得指出的是, 氢燃料电池重卡有两种构型 (Marcinkoski et al. 2016; Zhao et al. 2018): 一种构型是混

合动力系统, 即氢燃料电池重卡在燃料电池系统的基础上, 还配置一个大容量电池包。另一种构型为全功率系统, 即大功率燃料电池系统结合小容量的电池包。本研究采用全功率系统, 因其在高速公路工况下能效更高, 且与本研究对氢燃料电池重卡的能量消耗量设定一致。为此, 本文假设氢燃料电池重卡 (特别是氢燃料电池半挂牵引车) 燃料电池系统的额定功率会在MY2025达到200千瓦, 在MY2030进一步升至300千瓦 (见附录表B-4)。剩下的输出功率由充放电倍率为2C的电池包辅助, 协助车辆在加速、爬坡等工况下的峰值功率输出。值得指出的是, 本文中假设的氢燃料电池重卡的构型未经优化; 未来还需要改进其参数配置, 以便在满足运输场景功率需求的同时, 降低成本。此外, 本文假设氢燃料电池重卡在生命周期内不会产生性能衰减或效率损失。

附录表 B-3 | 区域运输场景与长途运输场景下电驱动系统的额定功率 (千瓦)

货车车型与零排放技术		MY2024	MY2030	MY2035
半挂牵引车	纯电动重卡 (BET)	260	260	260
	氢燃料电池重卡 (FCET)	220	220	220
载货汽车	纯电动重卡 (BET)	150	150	150
	氢燃料电池重卡 (FCET)	150	150	150

缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; RD=区域运输场景; LH=长途运输场景; MY=车型年份
来源: WRI作者基于Chen and Xue (2024)、Pers. Comm. (2024) 和 MIT (n.d.) 等研究总结。

附录表 B-4 | 区域运输场景与长途运输场景下燃料电池系统的额定功率 (千瓦)

运输场景与货车车型		MY2024	MY2025	MY2030	MY2035
RD	半挂牵引车	120	200	250	300
	载货汽车	102	170	170	170
LH	半挂牵引车	150	200	250	300
	载货汽车	102	200	250	300

缩略词: MY=车型年份; RD=区域运输场景; LH=长途运输场景
来源: WRI作者基于China SAE (2024) 和MIT (n.d.) 等研究总结。

新能源重卡的购置成本和载质量损失

购置成本估算

本文采用“自下而上”法，通过主要零部件的直接制造成本（DMC）、间接成本乘数（ICM）与增值税（VAT），计算新能源货车的购置成本（见附录公式2）。为简化计算，本文假设传统燃油货车的购置成本在未来十年保持不变。

$$Vehicle_{u,t} = Glider_u + DMC_{u,t} \times (1 + ICM\%) \times (1 + VAT\%)$$

$$DMC_{BET,u,t} = Battery\ cost_t \times E_{u,t} + Electric\ drive\ cost_t \times rated\ power_{u,t} + Other\ electrical\ component\ cost_u$$

$$DMC_{FCET,u,t} = Fuel\ cell\ system\ cost_t \times rated\ power_{u,t} + Hydrogen\ storage\ cost_t \times E_{u,t} + Electric\ drive\ cost_t \times rated\ power_{u,t} + Other\ electrical\ components\ cost_u$$

（附录公式2）

其中：
 $Vehicle_{u,t}$ 表示车辆购置成本（元）；
 $Glider_u$ 表示无动力车身成本（元）；
 $DMC_{u,t}$ 表示新能源货车的直接制造成本（不含无动力车身）（元）；
 ICM 表示间接成本乘数（%）；
 VAT 表示增值税税率，本文采用13%（MOF, STA, and GACC 2019）；
 u 表示运输场景， t 表示车型年份；
 $E_{u,t}$ 表示电池容量或储氢容量（千瓦时或千克）；
 $Battery\ cost_t$ 、 $Electric\ drive\ cost_t$ 、 $Fuel\ cell\ system\ cost_t$ 、 $Hydrogen\ storage\ cost_t$ 分别表示电池、电驱动系统、燃料电池系统、储氢系统的单位成本（元/千瓦时、元/千瓦、元/千瓦、元/千克）；
 $rated\ power_{u,t}$ 表示电驱动系统或燃料电池系统的额定功率（千瓦）；
 $Other\ electrical\ components\ cost_u$ 表示其他零部件的成本（元），如车载充电机（OBC）、DC/DC转换器¹⁶。

本文针对新能源重卡关键零部件成本与质量的假设及数据来源见附录表B-5。

附录表 B-5 | 本文针对新能源重卡关键零部件成本的假设及数据来源

	指标	MY2024	MY2030	MY2035	数据来源
无动力车身 ^a	无动力车身成本（元）	柴油重卡购置成本的45%	与MY2024相同	与MY2024相同	MY2024的成本基于本研究对运输企业调研（Pers. Comm. 2024）
电池包	电池包单位成本（元/千瓦时）	500	408 (-18%)	392 (-22%)	MY2024的成本基于TrendForce（2025）；MY2030和MY2035的预测基于Goldman Sachs（2024）
电驱动系统	电驱动系统单位成本（元/千瓦）	381	122 (-68%)	122 (-68%)	MY2024的成本基于Mao et al.（2021）；MY2030和MY2035的预测基于Mao et al.（2021）
燃料电池系统	燃料电池系统单位成本（元/千瓦）	2,890	600 (-79%)	500 (-83%)	MY2024的成本基于Sinosynergy（2023）；MY2030和MY2035的预测基于Mu et al.（2024）和《路线图2.0》（China SAE 2021）
储氢系统	储氢系统单位成本（元/千克）	4,500	3,137 (-30%)	2,000 (-56%)	MY2024的成本基于Mu et al.（2024）；MY2030和MY2035基于Mu et al.（2024）和《路线图2.0》（China SAE 2021）
零部件	零部件单位成本（元/千瓦）	486（OBC）； 389（DC/DC转换器）	与MY2024相同	与MY2024相同	MY2024车载充电机（OBC）的成本基于Mao et al.（2021），DC/DC转换器的成本基于Nair et al.（2022）

缩略词：OBC=车载充电机；DC=直流；MY=车型年份。
 说明：^a无动力车身包括驾驶室与底盘等。为了简化计算，本文假设柴油重卡、纯电动重卡和氢燃料电池重卡的无动力车身成本一致。
 来源：WRI作者总结。

整备质量增加与载质量损失计算

本文采用与Chen & Xue (2024)类似的方法，测算新能源重卡相对柴油重卡的整备质量增加与载质量损失。其计算方法为，从传统燃油货车的整备质量中减去燃油动力总成的质量，再加上新能源货车关键零部件的质量，得到新能源货车的整备质量。

为简化分析，MY2024—2035间新能源重卡的载质量损失均按**重货运输场景**测算。新能源重卡关键部件的质量假设及数据来源见附录表B-6。

值得指出的是，实现上述成本与质量假设均需重大技术突破。例如，要在2035年实现所预测的电池包能量密度目标，届时固态电池需实现商业化（China SAE 2020）。同理，要在长途运输场景中实现大容量氢气储存而不影响货车的载货体积，则需在2035年实现具备高体积储氢密度的车载储氢瓶（70兆帕或液氢车载储氢瓶）的批量化生产（China SAE 2020）。

附录表 B-6 | 本文针对新能源重卡关键零部件质量的假设及数据来源

	指标	MY2024	MY2030	MY2035	数据来源
无动力车身 ^a	燃油动力总成质量（千克）	300~2,000（因车型而异）	与MY2024相同	与MY2024相同	MY2024的成本基于Mao et al. (2021)
电池包 ^b	能量密度（瓦时/千克）	158	240 (+52%)	450 (+185%)	MY2024的数值取自2024年《新能源汽车推广应用推荐车型目录》（MIIT 2022）的中位数；MY2030和MY2035的预测基于《商用车碳中和技术路线图1.0》（China SAE 2023）
电驱动系统 ^c	单位功率质量（千克/千瓦）	因车型而异	因车型而异 (-20%)	因车型而异 (-30%)	MY2024的数值基于Chen and Xue (2024)；MY2030和MY2035相对2024年降幅基于《路线图2.0》（China SAE 2021）
燃料电池系统 ^d	质量功率密度（瓦/千克）	700	900 (+29%)	1,000 (+43%)	MY2024、MY2030、MY2035的数值基于Chen and Xue (2024)。
储氢系统 ^e	质量储氢密度	5.2%	6.5% (+25%)	6.5% (+25%)	MY2024、MY2030、MY2035的数值基于《路线图2.0》
其他零部件	质量（千克）	因车型而异	因车型而异	因车型而异	基于车辆整备质量与其他关键零部件的质量，核验该质量

缩略词：MY=车型年份。

说明：^a 燃油动力总成包括发动机、变速箱、油箱和尾气后处理装置等。为了简化计算，本文假设MY2024—2035期间，燃油货车动力总成质量不变。

^b 无动力车身包括货车车厢和底盘，其成本通过从货车购置成本中减去燃油动力总成的成本得到。本文假设燃油货车、纯电动货车和氢燃料电池货车具有相同的无动力车身成本。

^c 电池包是由多个单体电芯集合而成，加上电池管理系统、热管理系统等形成的能量储存单元。本文假设纯电动货车与氢燃料电池货车均采用能量型电池包，且电池包能量密度相同。

^d 电驱动系统包括电机、逆变器和变速箱。电驱动系统的质量根据电机的功率以及电驱动系统的功率密度（千瓦/千克）计算得到。

^e 燃料电池系统由燃料电池电堆、燃料电池辅助系统（balance of plant）和DC/DC转换器组成。燃料电池系统的质量由其质量功率密度决定。

^f 储氢系统包括储氢瓶、阀门和传感器。储氢系统的质量取决于其质量储氢密度，即储存系统中可用氢的数量除以储存系统总质量所得的值（USD0En.d.）。

来源：WRI作者总结。

能源成本

能源成本测算是基于车辆能量消耗量与能源价格进行的。本文对燃油价格、充电成本及氢气价格的具体假设如下：

柴油价格

2024年柴油均价设定为7.5元/升(Eastmoney 2022)。未来柴油价格参考2020—2024年五年均值，取7.0元/升(Eastmoney 2022)¹⁷，并假设该水平在2025—2035年期间保持不变。柴油价格对新能源重卡推广影响的不确定性分析见“现有政策情景的研究结论”章节。

充电成本

充电成本由电价与充电服务费构成，具体取决于地方电价政策与充电设施建设运营交付机制。本研究根据不同类型充电站(包括货运场站/公共夜间充电系统、直流快充站与兆瓦级充电站)的投资规模与充电时段差异，设定相应成本：

- 货运场站/公共夜间充电系统：因夜间充电电价相对低廉，本研究基于运输企业访谈(Pers.Comm.2024)将该成本设定为0.9元/千瓦时(含电费与充电服务费)。在强化政策情景中，随着起始点/目的地的货运场站/公共夜间充电系统的覆盖度不断完善，运输企业可更多利用谷时电价，本研究假设该成本进一步降至0.6元/千瓦时(Pers. Comm. 2024)。
- 直流快充站：本研究假设平均充电成本为1.2元/千瓦时(含电费与充电服务费)。该数值经Chen and Xue (2024)及运输企业访谈(Pers. Comm. 2024)验证。¹⁸
- 兆瓦级充电站：鉴于国内尚未形成统一的兆瓦级充电标准(China SAE 2024)，本文假设2024年其充电服务费为1.2元/千瓦时。随着兆瓦级充电站的规模化推广，其充电服务费预计在2030年降至0.7元/千瓦时，2035年进一步降至0.4元/千瓦时(Zhuetal.2023; Goeckeler etal.2023)。本研究假设，纯电动重卡驾驶员会避开高峰时段充电，因此电价设为0.9元/千瓦时(Chen and Xue 2024)。综上，兆瓦级充电站的充电成本将从2024年的2.1元/千瓦时降至2030年的1.6元/千瓦时，2035年降至1.3元/千瓦时。

枪口加氢价格

本文所设枪口加氢价格已涵盖加氢站及相关基础设施投资成本。2024年枪口加氢价格采用中国氢价指数均价(China Hydrogen Alliance 2025)。未来加氢价格预测综合考虑氢气供应结构(Sinopec 2023)、绿氢制取成本(Yuan et al. 2023; Sun et al. 2023)以及灰氢制取成本(Sinopec 2023)等因素。目前，中国氢气供应以灰氢为主，预计至2035年，绿氢占比将提升至24%(Sinopec 2023)。随着加氢站利用率提高以及液氢槽车、管道等储运方式的推广，2035年枪口加氢价格预计将降至28元/千克。

高速公路收费

道路通行费基于高速公路费率及车辆在高速公路的行驶里程比例进行计算。高速公路费率取全国平均值：半挂牵引车为205元/100千米，载货汽车为116元/100千米(NDRC 2024)。各场景下重卡在高速公路上的行驶里程占总里程的比例参考相关文献设定：区域运输场景为50%，长途运输场景为90%(AQSIQ & SAC 2011; China SAE, n.d.)。

附录C. 无政策情景下新能源重卡的增量成本与年度运营成本节约额

附录图 C-1 | 区域运输场景MY2030新能源半挂牵引车:增量成本与年度运营节约额对比 (年行驶里程=100,000千米)



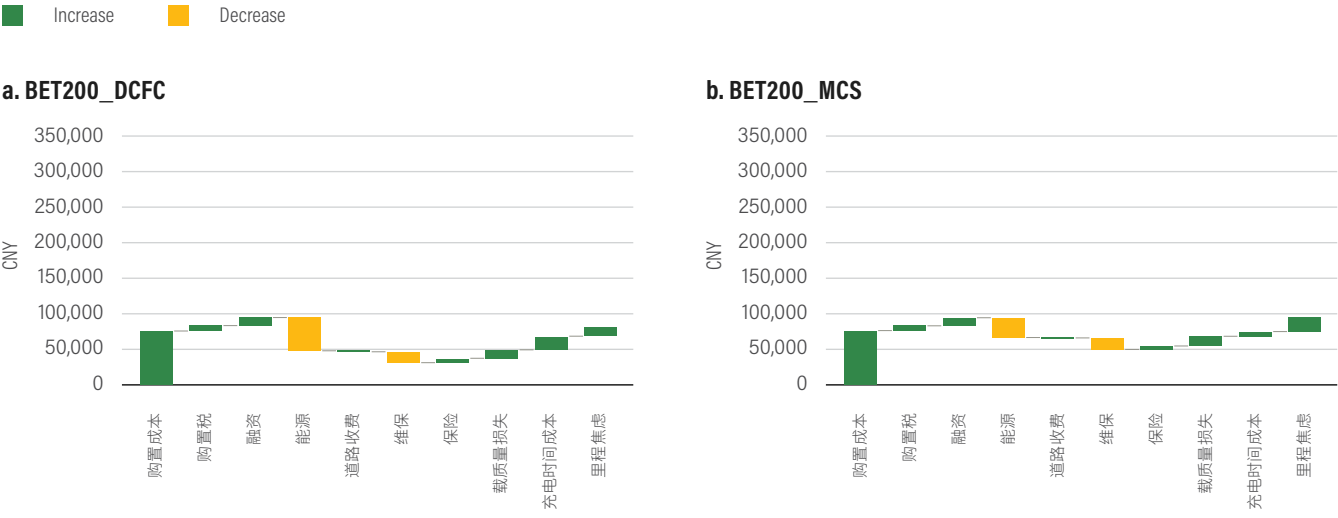
缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; MY=车型年份。
来源: WRI作者计算。

附录图 C-2 | 长途运输场景MY2035新能源半挂牵引车:增量成本与年度运营节约额对比(年行驶里程=200,000千米)

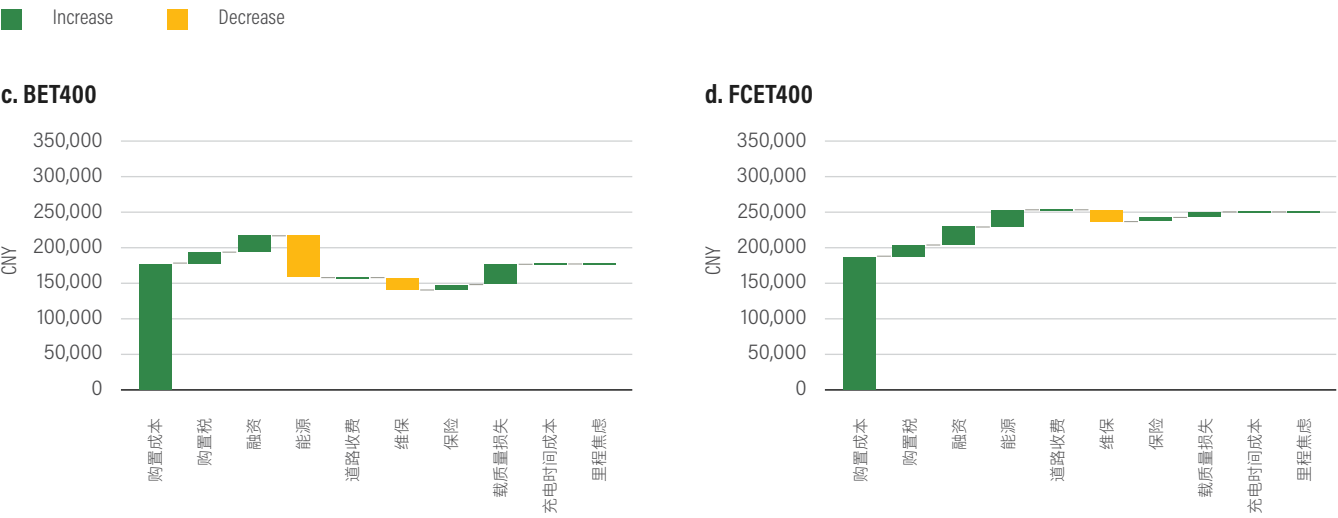


缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; MY=车型年份。
来源: WRI作者计算。

附录图 C-3 | 区域运输场景MY2030新能源载货汽车:增量成本与年度运营节约额对比(年行驶里程=100,000千米)



附录图 C-3 | 区域运输场景MY2030新能源载货汽车:增量成本与年度运营节约额对比(年行驶里程=100,000千米)(续)



缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; MY=车型年份。

来源: WRI作者计算。

附录图 C-4 | 长途运输场景MY2035新能源载货汽车:增量成本与年度运营节约额对比(年行驶里程=200,000千米)



缩略词: BET=纯电动重卡; FCET=氢燃料电池重卡; DCFC=直流快充; MCS=兆瓦级充电系统; MY=车型年份。

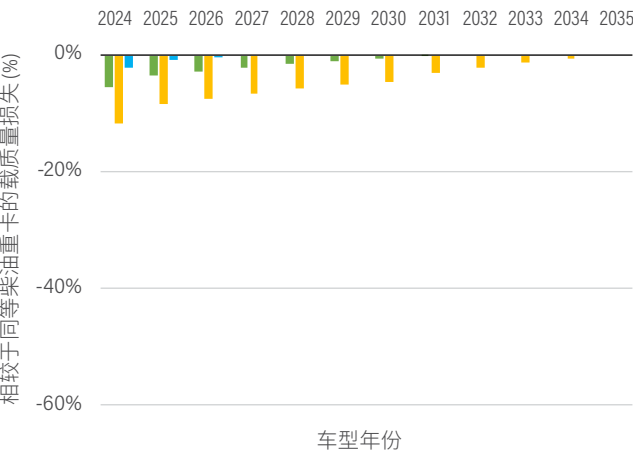
来源: WRI作者计算。

附录D. 新能源重卡载质量损失预测

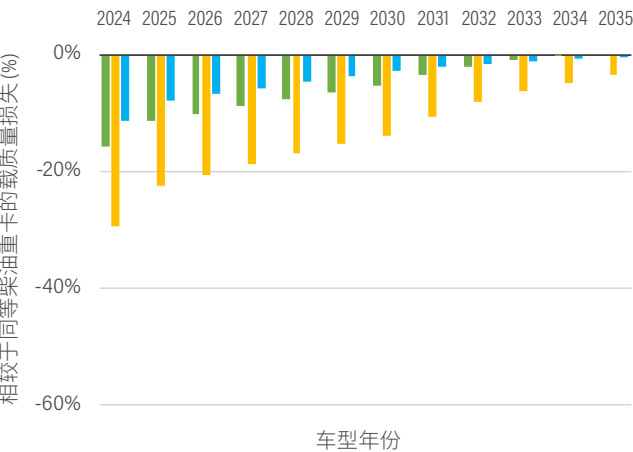
附录图 D-1 | 区域运输场景中新能源重卡相较于传统燃料重卡的载质量损失

BET200 BET400 FCET400

a. 半挂牵引车



b. 载货汽车

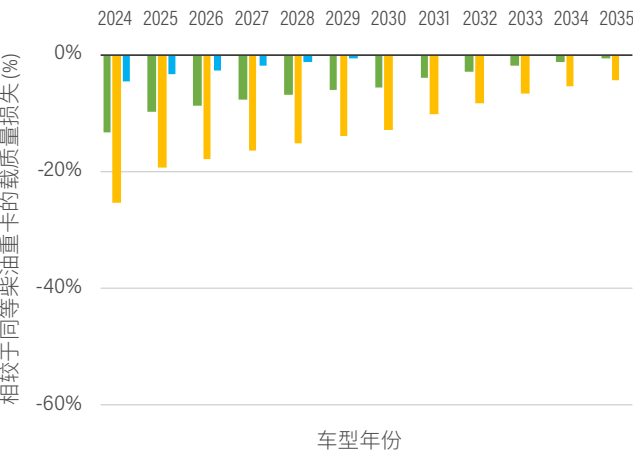


缩略词：BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡。
来源：WRI作者计算。

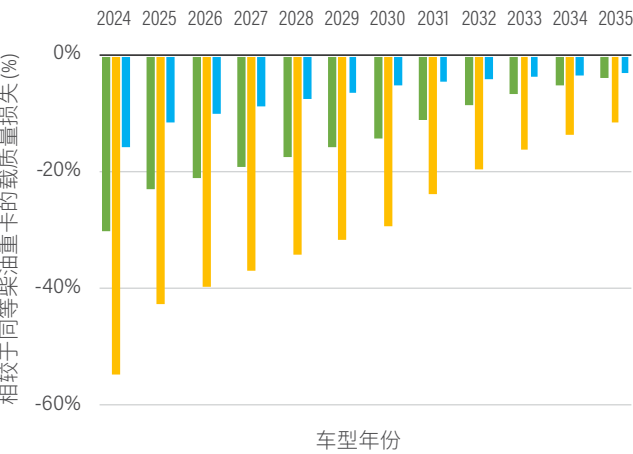
附录图 D-2 | 长途运输场景中新能源重卡相较于传统燃料重卡的载质量损失

BET400 BET800 FCET800

a. 半挂牵引车



b. 载货汽车



缩略词：BET=纯电动重卡；FCET=氢燃料电池重卡。
来源：WRI作者计算。

缩略词

AVKT	年行驶里程
BET	纯电动重卡
FCET	氢燃料电池重卡
DCFC	直流快充
DVKT	日行驶里程
MCS	兆瓦级充电系统
NCS	公共夜间充电系统
ICET	传统燃油重卡
HDT	重卡
RD	区域运输场景
LH	长途运输场景
CNY	人民币(元)
MY	车型年份
SME	小微企业
TCO	总拥有成本

注释

1. 封闭、高频短倒场景是指在港口、矿山、钢厂或产业园区等封闭工业区域内进行的短距离、高频次运输作业。
2. 车型年份是指车辆生产（或购买）的年份。本文中，2025年与MY2025新能源货车的参数设置存在差异。其中，2025年新能源货车为实际的参数配置，未必满足所有场景的运营需求，而MY2025新能源货车为假设的参数设置，能够满足所有场景对新能源货车续航里程与电机峰值功率的要求。
3. 高时效运营是指对运输时限有严格要求的物流活动，如快递包裹运输。
4. 受最新统计数据可得性限制，本文所使用的二氧化碳排放量数据为2020年数据。
5. 2024年，交通运输部与财政部共同推出“以旧换新”政策，对报废“国三”及以下排放标准柴油货车并购置新能源货车的用户提供补贴。自2025年起，该政策报废范围已扩大至“国四”排放标准柴油货车（MOT et al. 2025; MOT and MOF 2024）。本研究假设以旧换新政策将延续至2027年，与《推动大规模设备更新和消费品以旧换新行动方案》及相关地方政策实施周期保持一致（State Council 2024; Shanghai Government 2024）。
6. 本文中全国人均年收入是指《中国统计年鉴》公布的全国城镇单位就业人员平均工资。
7. NCS是指专为重卡设置的公共或半公共夜间充电站。与货运站充电相比，NCS的充电成本通常更高。
8. 值得注意的是，本研究按场景对新能源重卡市场渗透率进行预测。由于缺乏分场景的重卡销量统计，本研究未估算全国整体新能源重卡市场渗透率。
9. 自2019年起，生态环境部在高排放行业推行企业绩效分级管理，根据企业使用新能源重卡或铁路、水路运输的情况，将其划分为A、B、C三级。A级企业在重污染天气期间可维持正常运营，而C级企业则需减产或停产（MEE 2020）。
10. 该结论与区域运输场景存在差异：在长途运输场景中，纯电动重卡需至MY2034—2035才能实现较短的成本回收期，而氢燃料电池重卡的成本自MY2030起开始快速下降；在区域运输场景中，纯电动重卡早在MY2030已具备成本竞争力。
11. 针对日行驶里程较短（300千米）的情况，本研究相应调低了长续航里程新能源重卡的储能配置，例如将BET400与FCET400调整为BET300与FCET300，以匹配实际日行驶里程需求；短续航里程纯电动重卡的电池容量则维持原设定（即BET200_DCFC与BET200_MCS）。
12. 值得注意的是，该结论仅适用于半挂牵引车。对于载货汽车，由于其载质量损失较大，此结论并不适用。
13. 针对日行驶里程较长（1,000千米）的情况，本研究同步提升了短续航里程新能源重卡与长续航里程新能源重卡的储能容量，例如将BET400升级为BET500、BET800升级为BET1000、FCET800升级为FCET1000，以满足更高的日行驶里程需求。

对于日行驶里程较长（1,000千米）的情况，本研究同时增加了短续航里程和长续航里程的新能源重卡的储能容量，以符合日行驶里程的需求，例如将BET400升级为BET500、BET800升级为BET1000、FCET800升级为FCET1000。
14. 基于企业访谈反馈（Pers. Comm. 2024），因新能源重卡具备更低的运营成本，运输企业在车辆置换时倾向于优先选择新能源车型。因此，本研究未考虑在将老旧营运重卡置换为“国六”柴油重卡时享有的补贴。
15. 至MY2030年市场渗透率出现下降，主要原因是现有政策在该时间点前后将逐步退出或取消。
16. 假设车载充电机（OBC）的成本设定为486元/千瓦，DC/DC转换器的成本为389元/千瓦。本研究假设该成本在整个分析期内保持恒定。
17. 过去十年间（2015—2024年）的柴油平均价格处于较低水平，为6.7元/升（Eastmoney 2022）。
18. 这表明，即使在无政策支持的情景下，新能源重卡充电仍可适用免收需量电费的相关政策。

参考文献

- Al-Alawi, B.M., O. MacDonnell, and C. Façanha. 2022. "Technology and Commercialization Pathways for Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicles in China." <https://globaldrivetozero.org/publication/technology-and-commercialization-pathways-for-zero-emission-medium-and-heavy-duty-vehicles-in-china/>.
- AQSIQ (Administration of Quality Supervision, Inspection and Quarantine) and SAC (Standardization Administration of China). 2011. "GB-T 27840-2011 Fuel Consumption Test Methods for Heavy-Duty Commercial Vehicles." <http://www.camra.org.cn/static/uploadfile/content/standard/GB-T%2027840-2011.pdf>.
- BALM (Bundesamt für Logistik und Mobilität). 2022. "Zur Förderung von Klimaschonenden Nutzfahrzeugen und Dazugehöriger Tank- und Ladeinfrastruktur (06/2022)." https://www.balm.bund.de/SharedDocs/Downloads/DE/Foerderprogramme/KsNI/2_Foerderaufuf/2_Foerderaufuf_KsNI_Fahrzeuge_Infrastruktur_Teil1.pdf?__blob=publicationFile&v=5.
- Basma, H., and F. Rodríguez. 2023. "The European Heavy-Duty Vehicle Market until 2040: Analysis of Decarbonization Pathways." International Council on Clean Transportation, January 24. <https://theicct.org/publication/hdv-europe-decarb-costs-jan23/>.
- Basma, H., C. Buysse, Y. Zhou, and F. Rodríguez. 2023. "Total Cost of Ownership of Alternative Powertrain Technologies for Class 8 Long-Haul Trucks in the United States." <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/04/tco-alt-powertrain-long-haul-trucks-us-apr23.pdf>.
- Beijing BEIT (Bureau of Economy and Information Technology). 2024. *Policy Measures on Supporting the Development of the Hydrogen Industry in Beijing*. Rev. ed. https://jxj.beijing.gov.cn/zwgk/2024zwcwj/202412/t20241217_3968075.html.
- Black, S., A.T. Liu, I. Parry, and N. Vernon. 2023. "IMF Fossil Fuel Subsidies Data: 2023 Update." IMF Working Paper 169: 1. <https://doi.org/10.5089/9798400249006.001>.
- BNEF (Bloomberg New Economy Forum). 2024. "Zero-Emission Commercial Vehicles: The Time Is Now." https://assets.bbhub.io/professional/sites/24/Commercial_ZEV_Factbook.pdf.
- Burnham, A., D. Gohlke, L. Rush, T. Stephens, Y. Zhou, M. Delucchi, A. Birky, et al. 2021. "Comprehensive Total Cost of Ownership Quantification for Vehicles with Different Size Classes and Powertrains." ANL/ESD-21/4, 1780970, 167399. <https://doi.org/10.2172/1780970>.
- C40. 2020. "Zero-Emission Freight: Vehicle Market and Policy Development Briefing for C40 Cities." https://www.c40knowledgehub.org/s/article/Zero-emission-freight-Vehicle-market-and-policy-development-briefing-for-C40-cities?language=en_US.
- California Legislative Information. 2018. Assembly Bill No. 2061: Near-Zero-Emission and Zero-Emission Vehicles. <https://leginfo.ca.gov>.
- CARB (California Air Resources Board). 2019. "Advanced Clean Trucks Total Cost of Ownership Discussion Document." https://ww2.arb.ca.gov/sites/default/files/2020-06/190225tco_ADA.pdf.
- CARB. 2023. "Advanced Clean Fleets Regulation: Drayage Truck Requirements." <https://ww2.arb.ca.gov/resources/fact-sheets/advanced-clean-fleets-regulation-drayage-truck-requirements>.
- CARB. n.d.a. "Advanced Clean Trucks." Accessed January 18, 2024. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/advanced-clean-trucks>.
- CARB. n.d.b. "Clean Off-Road Equipment Vouchers." Accessed January 18, 2024. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/clean-off-road-equipment-voucher-incentive-project>.
- CARB. n.d.c. "Low Carbon Fuel Standard." Accessed January 17, 2024. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/low-carbon-fuel-standard>.
- CARB. n.d.d. "Zero-Emission Truck Loan Pilot Project." Accessed December 14, 2023. <https://ww2.arb.ca.gov/our-work/programs/zero-emission-truck-loan-pilot/about>.
- CATARC (China Automotive Technology and Research Center). 2017. "Evaluation of China's Freight System." <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>.
- CATARC. 2018. "China Green Freight Assessment." https://theicct.org/sites/default/files/China_Freight_Assessment_English_20181022.pdf.
- CATARC. 2022. "Research on TCO of Commercial Vehicles in China and Comparison between China and US." <https://www.efchina.org/Reports-zh/report-ctp-20220701-zh>.
- CATARC. 2025. "Vehicle Insurance Registration Data."
- CCTA (China Communications and Transportation Association). 2023. *2023 Year Book of China Communications and Transportation*. Beijing: Year Book House of China Communications and Transportation.
- CFLP (China Federation of Logistics and Purchasing). 2022. "Report on the Small and Medium-Sized Logistics Enterprises." <http://www.chinawuliu.com.cn/lhzhq/202205/16/577968.shtml>.
- CFLP. 2024. *Research Report on the Employment Status of Truck Drivers*. <http://www.chinawuliu.com.cn/lhzhq/202408/15/636700.shtml>.

Chen, K., and L.L. Xue. 2024. "Techno-economic Feasibility Analysis of Zero-Emission Trucks in Urban and Regional Delivery Use Cases: A Case Study of Guangdong Province, China." World Resources Institute, February. <https://wri.org.cn/en/research/techno-economic-feasibility-analysis-zero-emission-trucks-urban-and-regional-delivery-use>.

China Hydrogen Alliance. 2025. "China Hydrogen Price Index." https://bi.aliyuncs.com/token3rd/dashboard/view/pc.htm?pagelId=1900b8a3-aecc-4ecd-830c-698b022e5b01&accessToken=cb8fe13bdf72292bff314ff4a39f44ab&dd_orientation=auto&qbi_version_param=1.

China SAE (China Society of Automotive Engineers). 2020. *Technology Roadmap for Energy Saving and New Energy Vehicles 2.0*. Beijing: China Machine Press.

China SAE. 2024. "Carbon-Neutral Technology Roadmap for Commercial Vehicles 1.0." Beijing: China Mathine Press.

China SAE. n.d. "Typical Segments Classification of Commercial Vehicles (Draft for Comments)." Accessed 8 February 2025. <https://csae.sae-china.org/files/20250107/dbf59a712dce4e-95a353efcdfe624385.pdf>.

China SAE, CATARC, and Toyota. 2016. *Annual Report on the Development of China's Automobile Industry*. http://www.caam.org.cn/chn/3/cate_23/con_5186256.html.

City of Rotterdam. 2020. "Covenant Zero Emission City Logistics Rotterdam." December. <https://logistiek010.nl/app/uploads/2022/03/Covenant-Zero-Emission-City-Logistics-Rotterdam.pdf>.

Concept Consulting Group. 2022. "Policies to Incentivise the Uptake of Zero-Emission Trucks." 2022. https://www.concept.co.nz/uploads/1/2/8/3/128396759/policies_to_incentivise_the_uptake_of_zero-emission_trucks.pdf.

Danebergs, J. 2019. "Techno-economic Study of Hydrogen as a Heavy-Duty Truck Fuel." <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1372698/FULLTEXT01.pdf>

DOE (US Department of Energy). n.d. "DOE Technical Targets for Onboard Hydrogen Storage for Light-Duty Vehicles." Accessed 31 January 2024. <https://www.energy.gov/eere/fuelcells/doe-technical-targets-onboard-hydrogen-storage-light-duty-vehicles>.

Eastmoney. 2022. "National and Local Gasoline/Diesel Price Data." https://data.eastmoney.com/cjsj/oil_default.html.

ECD (Energy and Carbon Decision-Making Team) of SCUT (South China University of Technology). 2024. "TransTEC: A Simulation Model." <https://github.com/SCUT-ECD/TransTEC>.

EPA (US Environmental Protection Agency). 2022. "Clean Heavy-Duty Vehicle Program." Overviews and Factsheets, December 6. <https://www.epa.gov/inflation-reduction-act/clean-heavy-duty-vehicle-program>.

EPA. 2024a. "Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Vehicles—Phase 3." <https://www.govinfo.gov/content/pkg/FR-2024-04-22/pdf/2024-06809.pdf>.

EPA. 2024b. "Greenhouse Gas Emissions Standards for Heavy-Duty Vehicles: Phase 3: Response to Comments." <https://www.epa.gov/system/files/documents/2024-03/420r24007.pdf>.

EU (European Union). 2019. "Regulation (EU) 2019/1242 of the European Parliament and of the Council of 20 June 2019 Setting CO₂ Emission Performance Standards for New Heavy-Duty Vehicles and Amending Regulations (EC) No 595/2009 and (EU) 2018/956 of the European Parliament and of the Council and Council Directive 96/53/EC (Text with EEA Relevance)." <http://data.europa.eu/eli/reg/2019/1242/2019-07-25/eng>.

EU. 2022. "Directive (EU) 2022/362 of the European Parliament and of the Council of 24 February 2022 Amending Directives 1999/62/EC, 1999/37/EC and (EU) 2019/520, as Regards the Charging of Vehicles for the Use of Certain Infrastructures." OJ L. <http://data.europa.eu/eli/dir/2022/362/oj/eng>.

EU. 2024. "Regulation (EU) 2024/1610 of the European Parliament and of the Council of 14 May 2024 Amending Regulation (EU) 2019/1242 as Regards Strengthening the CO₂ Emission Performance Standards for New Heavy-Duty Vehicles and Integrating Reporting Obligations, Amending Regulation (EU) 2018/858 and Repealing Regulation (EU) 2018/956." <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1610/oj>.

Gansu DOT (Department of Transportation), Gansu Development and Reform Commission, and Gansu Department of Finance. 2021. "Implementation Plan for Differentiated Tolls on Expressways in Gansu Province." <https://jtys.gansu.gov.cn/jtys/c106442/202202/1973069.shtml>.

German Bundestag. 2012. "Gesetz zur Änderung des Versicherungsteuergesetzes und des Kraftfahrzeugsteuergesetzes (Verkehrsteueränderungsgesetz–VerkehrStÄndG)." *Bundesgesetzblatt Teil I*, no. 57 (December): 2431.

Ghate, A., P. Lakhina, A. Murali, C. Nagpal, V. Sabharwal, and S. Shiledar. 2025. *Accelerating Zero-Emission Trucking Policies*. RMI. <https://rmi.org/insight/accelerating-zero-emission-trucking-policies/>.

Goeckeler, K., I. Steinbach, W.K. Götz, F. Hacker, and M. Mottschall. 2023. "StratES: Scenarios for the Electrification of Road Freight Transport." <https://www.oeko.de/fileadmin/oekodoc/Oeko-Institut-StratES-Scenarios-electrification-road-freight-transport-EN.pdf>.

Goldman Sachs. 2024. "Electric Vehicle Battery Prices Are Expected to Fall Almost 50% by 2026." <https://www.goldmansachs.com/insights/articles/electric-vehicle-battery-prices-are-expected-to-fall-almost-50-percent-by-2025>.

- Guangdong DRC (Development and Reform Commission), Guangdong Department of Science and Technology, Guangdong Department of Industry and Information Technology, Guangdong Department of Finance, Guangdong Department of Housing and Urban-Rural Development, Guangdong Department of Emergency Management, Guangdong Administration for Market Regulation, and Guangdong Energy Agency. 2022. "Action Plan for Accelerating the Construction of Fuel Cell Vehicle Demonstration City Cluster in Guangdong Province (2022–2025)." https://drc.gd.gov.cn/ywtz/content/post_3993253.html.
- Hao, X., Z.H. Lin, H. W. Wang, S.Q. Ou, and M.G. Ouyang. 2020. "Range Cost-Effectiveness of Plug-In Electric Vehicle for Heterogeneous Consumers: An Expanded Total Ownership Cost Approach." *Applied Energy* 275 (October): 115394. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2020.115394>.
- Hao, X., X.T. Lu, J. Yang, Y.L. Zheng, and H.W. Wang. 2024. "Modeling on the Penetration Rate of China's Commercial Vehicle Market: Taking Heavy-Duty Long-Haul Trucks as an Example." doi:10.19562/j.chinasae.qcgc.2024.02.007.
- Hao, X., S.Q. Ou, Z. H. Lin, X. He, J. Bouchard, H.W. Wang, and L.G. Li. 2022. "Evaluating the Current Perceived Cost of Ownership for Buses and Trucks in China." *Energy* 254 (September): 124383. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2022.124383>.
- HTRDC (High Technology Research and Development Center of China). n.d. "National Key R&D Program." Accessed 31 January 2024. <https://www.htrdc.com/gjszx/23/index.shtml>.
- Hunter, C., M. Penev, E. Reznicek, J. Lustbader, A. Birky, and C. 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>.
- IRS (US Internal Revenue Service). n.d.a. "Commercial Clean Vehicle Credit." Accessed January 17, 2025. <https://www.irs.gov/credits-deductions/commercial-clean-vehicle-credit>.
- IRS. n.d.b. "Used Clean Vehicle Credit." Accessed January 17, 2025. <https://www.irs.gov/credits-deductions/used-clean-vehicle-credit>.
- Jiang, Y.Z., C. B. Song, Y.B. Zhou, and W. Zhou. 2022. "Technical and Economic Analysis of Battery Replacement Heavy Truck in Typical Scenarios." *Journal of Industrial Technological Economics*.
- JLL (Jones, Lang, LaSalle). 2021. "White Paper on China's Logistics Real Estate Market." April 10. <https://www.joneslanglasalle.com.cn/zh/trends-and-insights/research/china-logistics-report>.
- Ke, J., D. Z. Zhu, Y. J. Wang, C. X. Hao, and Y. Ding. 2024. "Study on the Development Status and Promotion Strategy of Zero-Emission Commercial Vehicles in China under the Background of the Dual Carbon Target." *Sustainability* 16 (17): 7464. <https://doi.org/10.3390/su16177464>.
- Ledna, C., M. Muratori, A. Yip, P. Jadun, C. Hoehne, and K. Podkaminer. 2024. "Assessing Total Cost of Driving Competitiveness of Zero-Emission Trucks." *iScience* 27 (4): 109385. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2024.109385>.
- Li, T., Q. Y. Liu, Z. Wang, and L.Q. Zhu. 2024a. "Feasibility and Case Studies of Hydrogen Fuel Cell Heavy-Duty Trucks in Industrial Applications." <https://rmi.org.cn/wp-content/uploads/2024/11/%E4%BE%9D%E6%89%98%E5%B7%A5%E4%B8%9A%E7%9A%84%E6%B0%A2%E7%87%83%E6%96%99%E7%94%B5%E6%B1%A0%E9%87%8D%E5%8D%A1%E5%8F%AF%E8%A1%8C%E6%80%A7%E7%A0%94%E7%A9%B6-241105.pdf>.
- Li, W., S.Q. Ou, R. X. Sun, and B.Y. Wang. 2024b. "An Agent-Based Model for U.S. Medium and Heavy-Duty Vehicle Market." <https://doi.org/10.2139/ssrn.4824841>.
- Lin, Z. H., and D. Greene. 2010. "A Plug-In Hybrid Consumer Choice Model with Detailed Market Segmentation." January. <https://www.osti.gov/biblio/1039247>.
- Liu, B., K. X. Liu, H. Shi, H. F. Fang, and W. Zhou. 2020. "Forecast of China's New Energy Passenger Vehicle Market (2021–2035): A Discrete Choice Model-Based Analysis." *China Economic and Trade Herald* (Chinese) (05): 44–49.
- Mao, S. Y., H. Basma, P.-L. Ragon, Y. R. Zhou, and F. Rodríguez. 2021. "Total Cost of Ownership for Heavy Trucks in China: Battery-Electric, Fuel Cell Electric, and Diesel Trucks."
- Mao, S. Y., T.L. Niu, F. Rodríguez, C. X. Hao, S. Wang, and Z. S. Zhang. 2023. "Real-World Use Cases for Zero-Emission Trucks: A Comparison of Electric and Diesel Tractors in Tangshan, China." <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/09/real-world-zero-emission-trucks-tangshan-sept23.pdf>.
- Marcinkoski, J., R. Vijayagopal, J. Kast, and A. Duran. 2016. "Driving an Industry: Medium and Heavy Duty Fuel Cell Electric Truck Component Sizing." *World Electric Vehicle Journal* 8 (1): 78–89. <https://doi.org/10.3390/wevj8010078>.
- MEE (Ministry of Ecology and Environment). 2020. *Technical Guidelines for Emergency Emission Reduction Measures for Key Industries in Heavy Pollution Weather*. Rev. ed.
- MEE. 2025. "China Mobile Source Environmental Management Annual Report (2024)." <https://www.mee.gov.cn/hjzl/sthjzk/ydy-hjgl/202503/W020250326518388591055.pdf>.
- Meszler, D., O. Delgado, and Liuhanzi Yang. 2019. "Heavy-Duty Vehicles in China: Cost-Effectiveness of Fuel-Efficiency and CO₂ Reduction Technologies for Long Haul Tractor Trailers in the 2025–2030 Timeframe." https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/China_HDV_long-haul_efficiency_cost_20190312.pdf.
- Mihelic, R., M. Roeth, K. Otto, and J. Lund. 2020. "Making Sense of Heavy-Duty Hydrogen Fuel Cell Tractors." <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.12495.92329>.

MIIT (Ministry of Industry and Information Technology). 2021. "NEV Battery Swapping Mode Application and Demonstration." https://www.miit.gov.cn/xwdt/gxdt/sjdt/art/2021/art_c73f1ade-7759456fa18586114b555238.html.

MIIT. n.d. "Catalogue of New Energy Vehicle Models Eligible for Vehicle Purchase Tax Exemption or Reduction." https://www.miit-eidc.org.cn/art/2025/8/8/art_1691_11602.html.

MOF, State Taxation Administration, and Ministry of Industry and Information Technology. 2018. "Notice on the Preferential Ownership Tax for Energy-Saving and New-Energy Vehicles and Vessels." https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-10/25/content_5445047.htm.

MOF, State Taxation Administration, General Administration of Customs. 2019. "Announcement on Policies Related to Deepening the Reform of Value-Added Tax (VAT)." Announcement no. 39 of 2019. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2019-10/17/content_5441139.htm.

MOF, Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Science and Technology, National Development and Reform Commission, and National Energy Administration. 2020. "Notice on Launching Fuel Cell Vehicle Demonstration Projects." https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-10/22/content_5553246.htm.

MOF (Ministry of Finance), Ministry of Industry and Information Technology, Ministry of Science and Technology, and National Development and Reform Commission. 2021. "Notice on the Financial Subsidy for the Promotion and Application of New Energy Vehicles in 2022." https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2021-12/31/content_5665857.htm.

MOF, State Taxation Administration, and Ministry of Industry and Information Technology. 2023. "Announcement on the Extension of Preferential Purchase Tax for New Energy Vehicles." https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202306/content_6887734.htm.

MOT (Ministry of Transport) and MOF (Ministry of Finance). 2024. "Notice on the Implementation of Scrapping and Replacement of Old Commercial Vehicles for Cargo Transportation." https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202408/content_6965763.htm.

MOT and NDRC (National Development and Reform Commission). 1998. "Vehicle Freight Rate Regulations." 1998. <https://www.caop.org.cn/xinwenzixun/zhengcefagui/2019-03-01/38037.html>.

MOT, Ministry of Public Security, and State Administration of Work Safety. 2014. "Measures for the Dynamic Monitoring and Supervision of Road Transport Vehicles." 2014. https://xxgk.mot.gov.cn/2020/gz/202202/t20220223_3642769.html.

MOT, National Development and Reform Commission, and Ministry of Finance. 2025. "Notice on the implementation of scrapping and replacement of old commercial vehicles for cargo transportation." 2025. https://xxgk.mot.gov.cn/2020/jigou/zhghs/202503/t20250318_4165706.html.

MPP (Mission Possible Partnership), Energy Transition Commission, Rocky Mountain Institute, World Economic Forum, and McKinsey and Company. 2022. "Making Zero Emissions Trucking Possible." 2022. <https://www.energy-transitions.org/wp-content/uploads/2022/07/Making-Zero-Emissions-Trucking-Possible.pdf>.

Mu, Z. X., F. Q. Zhao, F. L. Bai, Z.W. Liu, and H. Hao. 2024. "Evaluating Fuel Cell vs. Battery Electric Trucks: Economic Perspectives in Alignment with China's Carbon Neutrality Target." *Sustainability* 16 (6): 2427. <https://doi.org/10.3390/su16062427>.

Muratori, M., B. Borlaug, C. Ledna, P. Jadun, and A. Kailas. 2023. "Road to Zero: Research and Industry Perspectives on Zero-Emission Commercial Vehicles." *iScience* 26 (5): 106751. <https://doi.org/10.1016/j.isci.2023.106751>.

Mutagekar, S., and A. Jhunjunwala. 2024. "Designing Small Batteries and Adaptive Charging Strategies for Operation on Rough Terrain." *Journal of Energy Storage* 84 (April): 111003. <https://doi.org/10.1016/j.est.2024.111003>.

NACFE (North American Council for Freight Efficiency). n.d. "Natural Gas' Role in Decarbonizing Trucking." Accessed July 3, 2025. <http://nacfe.org/research/technology/powertrain/natural-gas-role-in-decarbonizing-trucking/>.

Nair, V., S. Stone, G. Rogers, and S. Pillai. 2022. "Medium and Heavy-Duty Electrification Costs for MY 2027–2030." https://blogs.edf.org/climate411/wp-content/blogs.dir/7/files/2022/02/EDF-MDHD-Electrification-v1.6_20220209.pdf.

NEICV (Shenzhen Xieli Innovation Center of New Energy and Intelligent Connected Vehicle). 2022. *Implementation Plan and Comprehensive Benefit Evaluation of Electric Promotion and Application of Heavy Truck Sector in Shenzhen City*. <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-ctp-20220801-2/%E6%B7%B1%E5%9C%B3%E5%B8%82%E9%87%8D%E5%9E%8B%E8%B4%A7%E8%BD%A6%E7%94%B5%E5%8A%A8%E5%8C%96%E6%8E%A8%E5%B9%BF%E5%BA%94%E7%94%A8%E5%AE%9E%E6%96%BD%E6%96%B9%E6%A1%88%E5%8F%8A%E7%BB%BC%E5%90%88%E6%95%88%E7%9B%8A%E8%AF%84%E4%BC%B0.pdf>.

NBS (National Bureau of Statistics). n.d. "Employment and Wages." Accessed April 2, 2025. <https://data.stats.gov.cn/english/easyquery.htm?cn=C01>.

NDRC (National Development and Reform Commission). 2024. "Catalog of Government-Priced Operational Service Fees (2024 Edition)." https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/202402/content_6931244.htm.

- Neubauer, J., and E. Wood. 2014. "The Impact of Range Anxiety and Home, Workplace, and Public Charging Infrastructure on Simulated Battery Electric Vehicle Lifetime Utility." *Journal of Power Sources* 257 (July): 12–20. <https://doi.org/10.1016/j.jpowsour.2014.01.075>.
- Niu, T. L., Y. X. Ma, and Y. C. Zhang. 2023. "Real-World Use Cases for Zero-Emission Trucks: Market Review and Policy Suggestions for Guangdong Province." <https://theicct.org/wp-content/uploads/2023/10/ZETs-Guangdong-working-paper-22-A4-70074-v4.pdf>.
- NREL (US National Renewable Energy Laboratory). n.d. "TEMPO: Transportation Energy & Mobility Pathway Options Model." Accessed March 25, 2025. <https://www.nrel.gov/transportation/tempo-model.html>.
- Nykqvist, B., and O. Olsson. 2021. "The Feasibility of Heavy Battery Electric Trucks." *Joule* 5 (4): 901–13. <https://doi.org/10.1016/j.joule.2021.03.007>.
- OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2022. "Pricing Greenhouse Gas Emissions: Key Findings for China." <https://www.oecd.org/tax/tax-policy/carbon-pricing-china.pdf>.
- OIES (Oxford Institute for Energy Studies). 2024. "Lithium Price Volatility: Where Next for the Market?" <https://www.oxfordenergy.org/wpcms/wp-content/uploads/2024/02/Insight-145-Lithium-Price-Volatility.pdf>.
- OIES. n.d. "Guide to Chinese Climate Policy: Electric Vehicles." Accessed April 17, 2025. <https://chineseclimatepolicy.oxfordenergy.org/book-content/domestic-policies/vehicles/electric-vehicles/>.
- Ou, S.Q., Z. L. Lin, Y.L. Jiang, and S. Y. Zhang. 2022. "Quantifying Policy Gaps for Achieving the Net-Zero GHG Emissions Target in the U.S. Light-Duty Vehicle Market through Electrification." *Journal of Cleaner Production* 380 (December): 135000. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2022.135000>.
- Pers. Comm. (Personal communication). 2024. Personal communication between the authors and over 50 fleet operators and shippers in Guangdong Province, the Beijing-Tianjin-Hebei Region, and the Yangtze River Delta Region, April–December.
- Phadke, A., A. Khandekar, N. Abhyankar, D. Wooley, and D. Rajagopal. 2021. "Why Regional and Long-Haul Trucks Are Primed for Electrification Now." *Energy Markets and Policy*, March, 1834571, [ark:/13030/qt3kj8s12f](https://doi.org/10.2172/1834571). <https://doi.org/10.2172/1834571>.
- Pihlatie, M., M. Ranta, P. Rahkola, and R. Åman. 2023. "Zero-Emission Truck Powertrains for Regional and Long-Haul Missions." *World Electric Vehicle Journal* 14 (9): 253. <https://doi.org/10.3390/wevj14090253>.
- Roeth, M. 2025. "A Need to Redefine Class 8 Long-Haul Trucking." <https://nacfe.org/research/thought-leadership/redefining-long-haul-trucking/>.
- Ruf, Y., T. Zorn, J. Rehberger, M. Baum, and A. Menzel. 2020. "Study on Fuel Cells Hydrogen Trucks." https://www.clean-hydrogen.europa.eu/media/publications/study-fuel-cells-hydrogen-trucks_en.
- Shanghai Government. 2024. *Action Plan for Promoting Large-Scale Equipment Renewal and Trade-in of Consumer Goods in Shanghai (2024–2027)*. <https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20240430/ef7f241dec74bc4baf17260c2776e19.html>.
- Shenzhen Xieli. 2022. "Implementation Plan and Comprehensive Benefit Evaluation of Electric Promotion and Application of Heavy Truck Sector in Shenzhen City." <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-ctp-20220801-2/%E6%B7%B1%E5%9C%B3%E5%B8%82%E9%87%8D%E5%9E%8B%E8%B4%A7%E8%BD%A6%E7%94%B5%E5%8A%A8%E5%8C%96%E6%8E%A8%E5%B9%BF%E5%BA%94%E7%94%A8%E5%AE%9E%E6%96%BD%E6%96%B9%E6%A1%88%E5%8F%8A%E7%BB%BC%E5%90%88%E6%95%88%E7%9B%8A%E8%AF%84%E4%BC%B0.pdf>.
- Sinopec. 2023. *China Hydrogen Energy Industry Outlook*. Beijing: China Petrochemical Press.
- Sinosynergy. 2022. "Sinosynergy Global Offering." <https://www.sinosynergypower.com/eindex.html>.
- State Council. 2024. "Action Plan for Promoting Large-Scale Equipment Renewal and Trade-In of Consumer Goods." https://www.gov.cn/zhengce/content/202403/content_6939232.htm.
- Sun, H.P., Yan O.Y., Y.Z. Sun, and W.Y. Wang. 2023. "Economic Trend Analysis of Green Hydrogen Production." *Sino-Global Energy*.
- Tianjin MTC (Municipal Transport Commission) and Tianjin DRC (Development and Reform Commission). 2021. "Notice Regarding the Adjustment of Differentiated Toll Policies for Expressways in Tianjin City." https://jtys.tj.gov.cn/ZWKG6002/ZCWJ_1/WZFWJ/202201/t20220125_5788986.html.
- Tol, D., T. Frateur, M. Verbeek, I. Riemersma, and H. Mulder. 2022. "Techno-economic Uptake Potential of Zero-Emission Trucks in Europe." https://www.agora-verkehrswende.de/fileadmin/Veranstaltungen/2022/Elektrische-Lkw/TNO_2022_R11862_Techno-economic_uptake_potential_of_zero-emission_trucks_in_Europe.pdf.
- Topsector Logistiek. 2019. "Charging Infrastructure for Electric Vehicles in City Logistics." https://cedelft.eu/wp-content/uploads/sites/2/2021/04/CE_Delft_4T28_Charging_infrastructure_ev_FINAL.pdf.
- TrendForce. 2025. "Li-Ion Battery Industry Chain Prices." <https://www.trendforce.cn/price/battery-price>.
- Truck Alliance. 2025. "Freight Rates." In Huochebang, Trucking/Logistics Platform App. <https://www.huochebang.cn/about>.

TUC. 2022. "2022 China Heavy-Duty Truck Total Cost of Ownership Report." <https://wetuc.com/article/639ffa6a-fa85782aba1877e1>.

Unterlohner, F., and T. Earl. 2020. "How to Decarbonise the UK's Freight Sector by 2050." https://www.transportenvironment.org/uploads/files/Study_How20to20decarbonise20the20UKs-20freight20sector20by202050.pdf.

WEF (World Economic Forum). 2021. "Road Freight Zero: Pathways to Faster Adoption of Zero-Emission Trucks." <https://www.weforum.org/publications/road-freight-zero-pathways-to-faster-adoption-of-zero-emission-trucks/>.

WEF (World Economic Forum), McKinsey, and Road Freight Zero. 2021. "Road Freight Zero: Pathways to Faster Adoption of Zero-Emission Trucks." <https://3stepsolutions.s3-accelerate.amazonaws.com/assets/custom/010856/downloads/RFZ-Pathways-to-faster-adoption-of-zero-emission-trucks.pdf>.

Wu, G., A. Inderbitzin, and C. Bening. 2015. "Total Cost of Ownership of Electric Vehicles Compared to Conventional Vehicles: A Probabilistic Analysis and Projection across Market Segments." *Energy Policy* 80 (May): 196–214. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2015.02.004>.

Xue, L.L., and D.Z. Liu. 2022. "Decarbonizing China's Road Transport Sector: Strategies toward Carbon Neutrality." World Resources Institute. <https://doi.org/10.46830/wri.rpt.21.00145>.

Xue, L.L., Chen K., Liu X.Y., Cheng Y., Song L. Y., and Ren H. H. 2023. "Accelerating Zero Emission Truck Adoption in Urban Applications: Beijing's Analysis and Recommendations." <https://wri.org.cn/research/Accelerating-zero-emission-truck-adoption-in-urban-applications-Beijing>.

Yang, L.H.. 2020. "Motor Vehicle Diesel Fuel Quality Compliance and Enforcement in China: A Look at the Status Quo and International Best Practices." <https://theicct.org/wp-content/uploads/2021/06/Motor-diesel-fuel-quality-China.3.4.2020.pdf>.

Yuan, J. H., Mou Q. L., Xu C.B., and Zhang J. 2023. "Simulation Study on the Development Policy of China's Green Hydrogen Industry Based on System Dynamics."

ZEFES (Zero Emissions Flexible Vehicle Platforms with Modular Powertrains Serving the Long-Haul Freight Eco System). n.d. "Taking Zero-Emission Long-Haul Freight Transport in Europe to the Next Level." ZEFES. Accessed January 19, 2024. <https://zefes.eu/>.

Zhang, X. M., L.J. Zhao, Y.L. Zhao, Y. Liang, L.L. Li, S.J. Li, J. N. Wu, et al. 2021. *Research on the Development Strategy and Roadmap of Electric Vehicle Charging Infrastructure in China (2021–2035)*. <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-ctp-20211015/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E7%94%B5%E5%8A%A8%E6%B1%BD%E8%BD%A6%E5%85%85%E7%94%B5%E5%9F%BA%E7%A1%80%E8%AE%BE%E6%96%BD%E5%8F%91%E5%B1%95%E6%88%98%E7%95%A5%E4%B8%8E%E8%B7%AF%E7%BA%BF%E5%9B%BE%E7%A0%94%E7%A9%B6-2021-2035.pdf>.

Zhao, H. B., Q. Wang, L. Fulton, M. Jaller, and A. Burke. 2018. "A Comparison of Zero-Emission Highway Trucking Technologies." October. <https://doi.org/10.7922/G2FQ9TS7>.

Zhao, D. C., X. P. Wang, R. J. Yu, W. Lü, X. J. Peng, J. Zhang, B. Y. Li, et al. 2023. *Research on Evaluation of Current Charging Infrastructure for Electric Commercial Vehicles and 2035 Development Goals and Implementation Path in China*. <https://www.efchina.org/Attachments/Report/report-ctp-20230915/%E4%B8%AD%E5%9B%BD%E7%94%B5%E5%8A%A8%E5%95%86%E7%94%A8%E8%BD%A6%E5%85%85%E7%94%B5%E5%9F%BA%E7%A1%80%E8%AE%BE%E6%96%BD%E7%8E%B0%E7%8A%B6%E8%AF%84%E4%BC%B0%E4%B8%8E2035%E5%8F%91%E5%B1%95%E7%9B%AE%E6%A0%87%E5%8F%8A%E8%B7%AF%E5%BE%84%E7%A0%94%E7%A9%B6.pdf>.

Zhao, J. Y., A.F. Burke, M.R. Miller, and L.M. Fulton. 2024. "Vehicle Choice Modeling for Emerging Zero-Emission Medium- and Heavy-Duty Vehicle Markets in California." *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives* 26 (July): 101169. <https://doi.org/10.1016/j.trip.2024.101169>.

Zhu, F. Q., L. G. Li, Y. L. Li, K. X. Li, L. G. Lu, X. B. Han, J. Y. Du, and M. G. Ouyang. 2023. "Does the Battery Swapping Energy Supply Mode Have Better Economic Potential for Electric Heavy-Duty Trucks?" *eTransportation* 15 (January): 100215. <https://doi.org/10.1016/j.etrans.2022.100215>.

关于世界资源研究所

世界资源研究所（WRI）是一家独立的国际研究机构，致力于增进人类福祉，守护自然环境，应对气候变化。

我们的挑战

世界正面临多重危机。日益加剧的不平等影响着社会；不可持续的生产与消费模式侵蚀着森林和清洁水源，人类的生命根基受到威胁；从极端高温到毁灭性洪灾，气候变化的冲击愈演愈烈。危机环环相扣，破解之道亦需系统相承。科学的气候行动与自然保护，能从根本上为全人类创造普惠价值。

我们的愿景

我们致力于构建一个可持续的未来：生态系统繁荣，气候系统稳定，人人都可以享受洁净空气、宜居城市、健康土地、优质就业、营养膳食，以及可负担的能源。

我们的工作方法

量化

我们的工作基于及时而独立的研究。WRI 的专家团队科学分析数据，精准定位问题，评估解决方案，衡量实际结果。我们的研究均经过严格的同行评审，以确保其公信力与可行性。

变革

我们将研究成果转化为在地实践。我们深入地方，携手社区、企业和政府机构，试点具有推广潜力的创新性解决方案，扫清实施障碍，监测项目进展，沉淀经验教训。

推广

试点成功后，我们将成功经验推广至国家、区域乃至全球。通过与地方社区、国家政府等多元主体协作，因地制宜地调整方案，调动资源。我们将实践经验通过合作伙伴、出版物及工具平台开放共享，为各方提供借鉴。

图片说明

Cover, Sven Brandsma/Unsplash; Pg. ii, Nigel Tadyanehondo/Unsplash; Pg. 2, Harry Zhang; Pg. 12, Gabriel Santos/Unsplash; Pg. 14, m.chinatruck.org; Pg. 22, /Unsplash; Pg. 26, Harry; Pg. 32, camc-global.com; Pg. 42, camc-global.com; Pg. 56, Reto Schiäppi/Unsplash; Pg. 67, Shi Sheng/Unsplash; Pg. 68, Maksim Šišlo/Unsplash; Pg. 83, mbd.baidu.com/品车味道; Pg. 85, Luo Lei/Unsplash; Pg. 86, Javier Quiroga/Unsplash; Pg. 88, 89, camc-global.com; Pg. 90, Konstantin Kitsenuik/Unsplash; Pg. 94, Shot On DJI/Unsplash.

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。

地图仅供说明之用，并不代表 WRI 对任何国家或地区的领土的法律地位、边界或边界划分发表任何意见。



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
WRI.org.cn



Copyright 2025 World Resources Institute. 版权所有。本产品由创用（Creative Commons）4.0 许可授权。
许可副本参见<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>