



商用车应用场景 电动化评估报告

能源与交通创新中心

2023年11月



致 谢

感谢能源基金会为本报告提供资金支持，也感谢为本报告提出宝贵意见的所有业内专家与同事。

报告作者

秦兰芝 王雯雯 张梦媛 安锋

报告声明

本报告由能源基金会资助，报告内容不代表资助方及支持方观点。本报告所有结果仅供研究参考，不承担任何法律责任。

能源与交通创新中心 (iCET)

Innovation Center for Energy and Transportation

北京市朝阳区东三环中路7号财富公寓A座27H室

邮编：100020

电话：0086 10 65857324

传真：0086 10 65857394

邮件：info@icet.org.cn

网址：www.icet.org.cn

目 录

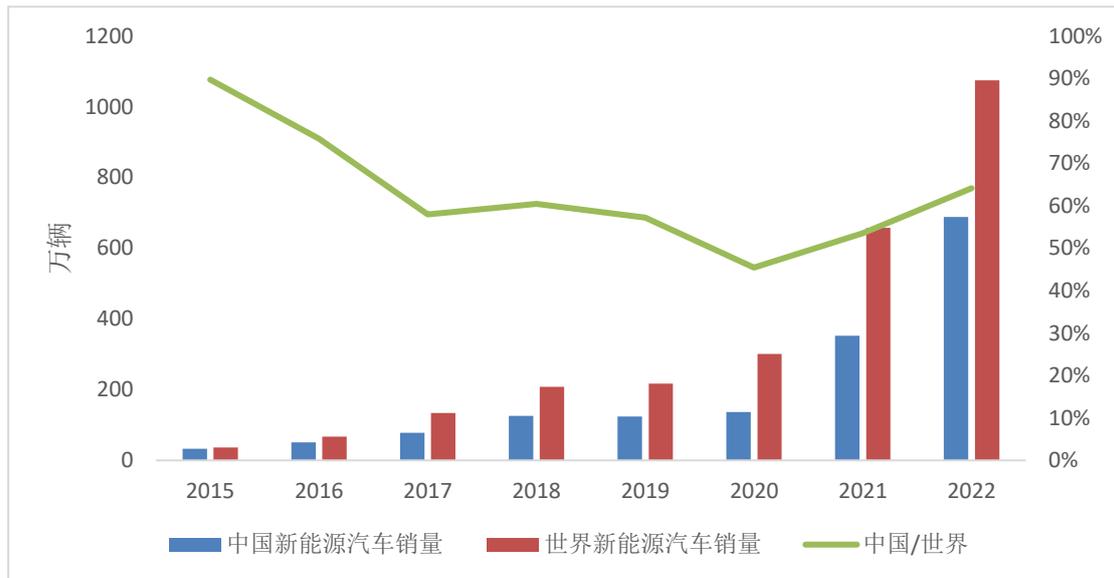
1. 项目背景.....	1
2. 项目介绍.....	3
2.1 项目目标	3
2.2 场景划分	4
3. 商用车应用场景电动化评价方法学.....	6
3.1 方法学建立	6
3.2 评价指标	6
3.3 场景代表车型	12
4. 评价结果.....	16
4.1 整体得分情况.....	16
4.2 基于车型的应用场景排名.....	18
4.3 定性指标得分情况.....	19
4.4 定量指标得分情况.....	20
4.4 具体场景评估情况	21
5. 结论及展望.....	32
参考资料	33

1. 项目背景

交通运输是碳排放的重要领域之一，推动交通运输领域加快实现碳达峰和碳中和，是助力我国实现“30/60 双碳目标”的重要任务。在所有交通形式中，道路交通对碳排放的贡献高达 84%以上¹，不断降低道路交通碳排放是实现交通领域“双碳”目标的关键。

影响道路交通排放的主要因素包括交通工具（主要指汽车）保有量水平、交通出行的频次和距离、单位里程能耗以及交通燃料的碳排放强度。其中，通过使用更清洁、碳排放强度更低的燃料，如电力和氢能，以降低道路交通碳排放，被认为是未来道路交通可持续发展的主要措施。

在我国，以电力、氢能等清洁能源为动力的汽车被归类为新能源汽车。截至 2022 年底，我国新能源汽车产销量连续八年居全球首位²，整体销量占全球的比重达到 64%，是当之无愧的新能源汽车大国。



数据来源：中国汽车工业协会，EV Volumes，iCET 整理。

图 1 中国和世界新能源汽车销量情况

但也应看到，截至目前新能源汽车的主要市场仍在乘用车领域。2023 年 1-9 月，我国新能源乘用车累计批发销量达到 592 万辆，同比增长 36%³，但同期新能源商用车累计整体销量为 19.93 万辆⁴，市场渗透率仅为 9.2%。不过，从近几年的趋势来看，新能源商用车销量已经开始进入稳步上升阶段。



数据来源：中国汽车工业协会，iCET 整理。

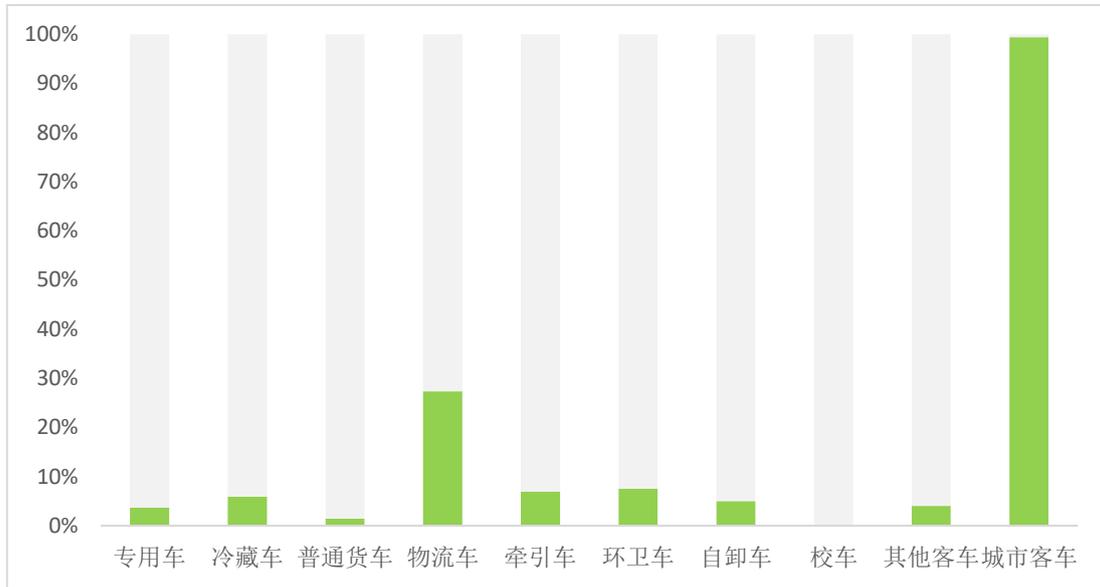
图 2 新能源汽车销量及渗透率

截至 2022 年底，我国商用车保有量达 4860 万辆，占汽车总量的 15.6%。其中，新能源商用车保有量约 128 万辆，占商用车总量的 2.6%⁵。尽管商用车总体保有量远少于乘用车，但商用车对道路交通碳排放的贡献却接近 65%⁶。以新能源汽车为主要手段推动道路交通减排是大势所趋，但商用车电动化所面临的问题依然严峻。交通零排放转型的坚定目标，对目前新能源汽车发展极不平衡的商用车市场提出了巨大挑战。

商用车是一种重要的生产资料，以营利为目的运营初衷使得商用车拥有者对经济成本、限行政策等因素的敏感度要高于乘用车拥有者。在现阶段，新能源商用车比传统燃油商用车具有更高的购置成本，增加了前期投资的资金压力。除此之外，电池自身重量大、充电时间长、电池安全性等问题也是车主在选购新能源商用车时重点考虑的因素。

商用车的另外一个特征是具有多样化的应用场景，不同场景下商用车电动化的驱动力和执行力存在显著差异。例如，城市客车所有权归当地政府，电动化的驱动力主要来自政府行政命令，由于有政府财政托底，城市客车的电动化转型最为成功，目前我国新销售的城市客车几乎全部是新能源汽车。相似的场景包括城市物流车和环卫车，在国家相关政策的引导和支持下，以上两个场景的新能源商用车渗透率分别达到了 27%和 7.6%（2022 年数据）。与之相对地，

普通载货汽车的电动化驱动力较弱，而且我国货车的司机以个体司机为主⁷，电动化转型的执行力较差，目前普通货车中新能源汽车渗透率不足 2%。



数据来源：新车上险数（2022）

图 3 不同场景新能源商用车市场渗透率

2. 项目介绍

2.1 项目目标

在商用车领域，新能源汽车主要以纯电动为主，销量占比超过 95%（中国汽车工业协会数据），氢燃料电池汽车的年销量仍处在几千辆规模。因此，近期发展新能源商用车仍将以推动纯电动商用车为主。在上述背景下，能源与交通创新中心于 2020 年 7 月发起了 *BestECV* 最优电动商用车项目。项目的主要目标包括：

- (1) 全面与系统地梳理商用电动车应用现状，识别商用电动车发展中的关键问题与挑战；
- (2) 建立科学、公开、透明的电动商用车成本效益与环境效益评估方法学，支撑商用车用户和企业科学量化商用车队电动化转型的成本与减排效益；
- (3) 建立一套完整的用户友好型电动商用车查询平台 *BestECV*TM，分别从车型参数、适用场景、成本效益、环境效益、应用案例等角度展示电动商用车落地可行性；

(4) 基于场景特性，建立商用车应用场景电动化评估方法学及评价体系，识别更适合优先发展电动商用车的场景；

(5) 评估各场景下商用车电动化落地的可行性与优先级，基于评估结果对各场景商用车电动化提出政策建议。

在 BestECV 2.0 项目周期中，主要目标是构建商用车应用场景电动化评估方法学及评价体系，通过系列指标衡量，识别出更适合优先发展电动商用车的场景。同时基于车型销量、特征参数等条件筛选和推荐各场景中目前表现较优的电动车型，为用户选择和政策制定提供参考。

2.2 场景划分

我国商用车以货车为主，根据中国汽车工业协会数据，客车年销量约占商用车总销量的 10~15%。客车的使用场景较货车相对简单，不同场景对车型的要求并无太大区别，而且电动大巴的相关技术发展也相对成熟。在本项目周期中，暂不考虑客车电动化，而仅讨论货车场景的电动化。

货车的主要应用场景包括物流运输、环卫市政及工程建设领域。根据运输距离的长短和作业环境的差异，对货车的使用场景进行了更加详细的划分，其中，与物流运输有关的场景有 8 个，环卫市政相关场景有 3 个，余下包括 2 个工程专用场景和 4 个其他专用场景。具体如表 1 所示。经粗略估算，场景 1-15 覆盖了市面上约 87%的货车车型。

需要注意的是，货车车型并非与场景唯一对应。例如，牵引车既可以用在普通干线运输场景，也可用于集疏港运输，同时也会在某些专用场景中使用。从车辆的销售记录中也无法识别该辆车将被应用的场景。不过，这并不影响本研究中货车应用场景电动化转型的评估，因为如果有更多的电动车型可以在某个场景内使用，对该场景电动化发展的影响也是正向的。

表 1 BestECV 2.0 研究对货车使用场景的划分

编号	场景	具体特征	主要对应车型	单次/单边运行距离	
1	物流运输	城市物流	城市内快递的揽收配送、市内搬家等	轻型厢式、面包车（微型、轻型）	15 公里内
2			城市内冷链运输	轻型冷藏车	
3		城际物流	网点到分拨中心运输	中重型货车	约 200 公里
4			仓储运输	重型货车	约 500 公里
5			冷链运输	中重型冷藏车	
6		干线物流	省际等跨区域运输	重卡、牵引车	500 公里以上
7		集疏港运输	短途	重卡、牵引车	
8			干、支线	重卡、牵引车	200 公里以上
9	环卫市政	垃圾收运	社区到收运站	轻型、中型垃圾车	约 200 公里
10		垃圾收运	收运站到垃圾站	重型垃圾车	约 200 公里
11		路面洗扫	洒水、雾炮、洗扫、吸扫	专用车辆	约 50 公里
12	工程专用	城建渣土	城建渣土和建筑垃圾运输，往返于施工场地和堆填场地间	自卸车 4×2 或 8×4	约 50 公里
13		混凝土搅拌	搅拌站到施工场地	中重型混凝土搅拌车	
14	专用	港内/矿山短倒	固定路线，具备建设换电站条件	换电牵引车	约 50 公里
15		重点行业厂站运输	钢厂、水泥厂等重点行业货物运输场景	中重型货车、牵引车	
16*		机场内作业车	电源车、气源车、空调车、加油车等	专用车辆	
17*		其他作业车	工程抢险、消防、救护等	专用车辆	

注：标记*的场景具有很强的专用属性，其电动化不具备商业化参考意义，不纳入电动化场景推广排名。不同场景下车型的单次/单边运行距离基于调研数据获得。

3. 商用车应用场景电动化评价方法学

3.1 方法学建立

Delphi（德尔菲）法，也称专家调查法，本质上是一种反馈匿名函询法，通过多位专家的独立反复主观判断，获得相对客观的意见和见解，在社会科学研究中经常被使用。

BestECV 应用场景电动化评价方法基于 Delphi 法进行确定，一共包括三轮专家意见征询，第四轮进行的是不同场景的定性指标打分，以获得应用场景电动化优先级排序所需要的数据，具体流程见图 4。



图 4 商用车应用场景电动化评价方法学建立过程

3.2 评价指标

影响商用车电动化的因素较多，既包括激励和促进电动化进程的因素，如电动汽车扶持政策，也包括对电动化转型不利的因素，如电动车过高的销售单价等。通过列举和分析这些影响因素，从中提取出若干指标来量化不同场景电动化转型的可行性和潜力，最终经过 Delphi 法两轮专家咨询，确定了 BestECV 应用场景电动化评价的指标体系，包括 8 个定性指标和 5 个定量指标。

针对每个场景，其定性指标得分和定量指标得分在最终得分计算中的占比分别为 40%和 60%，即：

$$S_f = S_{qal} \times 40\% + S_{qty} \times 60\%$$

S_f ——某一场景的综合指标得分；

S_{qal} ——某一场景的定性指标总得分；

S_{qty} ——某一场景的定量指标总得分。

表 2 对定性指标和定量指标及其权重得分进行了总结，该权重用以指导不同场景下各指标评分的进行。

表 2 商用车应用场景电动化评价指标及权重汇总

	序号	指标名称	权重占比
定性指标	1	商业化应用程度	13%
	2	对现有激励性政策的敏感度	17%
	3	指向性指标要求	11%
	4	作业环境对电车替代的影响	10%
	5	补电便利性	14%
	6	补电时间对作业效率的影响	11%
	7	车辆载货能力	15%
	8	售后服务体系健全程度	8%
定量指标	1	TCO 平价时间	31%
	2	可选车型指数	19%
	3	单车减排潜力	15%
	4	充换电频率指数	16%
	5	连续作业指数	19%

注：此处对指标权重取值进行取整，指标权重加和可能不等于 100%。

3.2.1 定性指标

商用车应用场景电动化评价方法学中包括如下 8 个定性指标。各个场景定性指标的评分需要多位专家根据指标涵义和场景特点进行逐一打分，专家越多，覆盖的细分领域越多，则综合得出的平均得分偏差性越小，越具有参考价值。8 个定性指标的主要涵义如下：

- (1) 商业化应用程度：商业化应用的规模和程度是对某一技术市场成熟度的综合反映，如果已经有商业化的电动化车型应用，则该场景的得分越高，反之得分越低。该指标在定性指标体系中的得分权重为 13%。
- (2) 对现有激励性政策的敏感度：主要是指现有激励性政策的出台对不同场景电动化的正向引导和刺激效应，这些政策包括购置税减免、开放路权、

通行费优惠等。敏感度越高，该指标的得分越高。该指标在定性指标体系中的得分权重为 17%。

- (3) 指向性指标要求：主要指政策或市场对不同场景下应用电动汽车应用所提出的强制性或引导性政策要求，如钢铁行业超低排放要求、重点行业招标文件仅限电动汽车要求等。场景对车辆超低排放或电动化的要求越高，指标得分越高。该指标在定性指标体系中的得分权重是 11%。
- (4) 作业环境对电车替代的影响：可以理解为不同场景下，作业环境（如路况、温度、持续作业要求）对电动汽车的作业损耗与对同一场景下相应燃油汽车作业损耗的比值之间的比较。比值越高，相当于替换成电动汽车的难度越大，得分越低。该指标在定性指标体系中的得分权重为 10%。
- (5) 补电便利性：主要衡量不同场景下电动汽车可用充电、换电等基础设施的数量及便利性，如可以使用公共充电，或者有专门的充电站，又或是可自建换电站，则得分越高。该指标在定性指标体系中的得分权重为 14%。
- (6) 补电时间对作业效率影响：主要用于衡量与燃油汽车相比，较长的补电时间会对场景作业车辆产生何种程度的影响，如冷链运输车需要持续制冷或维温，补电时间长则可能会对所运输的物品产生一定程度的影响。对作业时效要求高的场景，该指标得分低，反之得分越高。该指标在定性指标体系中的得分权重为 11%。
- (7) 车辆载货能力：电池自身重量会挤占一部分原本应有的载货重量，那么与油车相比，由于载货能力下降而对运营成本或营收造成重要影响的，如无法超载改装，或者电车和原有油车的运力匹配超过 1:1 的，得分越低，反之得分越高。该指标在定性指标体系中的得分权重为 15%。
- (8) 售后服务体系健全程度：主要衡量不同场景下电动汽车可以获得售后服务的及时性和健全程度，服务体系相对健全，则得分越高，反之得分越低。该指标在定性指标体系中的得分权重为 8%。

3.2.2 定量指标

商用车应用场景电动化评价方法中包括如下 5 个定量指标，由于定量指标需要基于数据库进行特定的计算，故不再由专家评分，而是由项目组统一评定。定量指标得分区间为 0~5 分，最小评分单位为 0.5。

定量指标中，除 TCO 平价时间和单车减排潜力两个指标外，其他指标的计算结果都是以无量纲的指数形式呈现。针对每个指标，在得出各场景下的指标数值后，以 0.5 为最小得分区间进行聚类分析，即基于现有场景的实际情况进行评分。5 个定量指标的涵义及计算如下：

(1) TCO 平价时间：指拥有电动汽车所产生的总费用与拥有同级别燃油汽车所产生的总费用达到相同时所需的时间。电动汽车有充电、换电等不同的补电形式，本研究给出了充电电动汽车、换电电动汽车（租赁电池/不建换电站）和换电电动汽车（整车购买/自建换电站）三种模式下计算电动汽车与同场景同级别燃油汽车 TCO 达到平价所需时间的计算方法，具体采用哪种方法根据场景所选择的代表车型种类进行确定。该指标在定量指标体系中的得分权重为 31%。

i. 充电电动汽车与燃油车 TCO 平价时间计算如下：

$$PE_{TCO,E} = \frac{(E_{pc} + E_{pt}) - (F_{pc} + F_{pt})}{\left(\frac{F_{VKT_y} * F_{gc} * GP}{100}\right) - (E_{VKT_y} * E_{ec} * EP)}$$

$PE_{TCO,E}$ ——充电电动汽车与燃油车 TCO 平价时间（年）；

E_{pc} ——电动汽车发票价格（元）；

E_{pt} ——电动汽车购置税（元）；

F_{pc} ——燃油汽车发票价格（元）；

F_{pt} ——燃油汽车购置税（元）；

F_{VKT_y} ——燃油汽车年均 VKT（km）；

F_{gc} ——燃油汽车百公里油耗（L/100km）；

GP ——汽油年均价格（元）；

E_{VKT_y} ——电动汽车年均 VKT（km）；

E_{ec} ——电动汽车单位里程电耗（kWh/km）；

EP ——充电价格（元/kWh）。

- ii. 换电电动汽车（租赁电池/不建换电站）与燃油汽车的TCO平价时间计算如下：

$$PE_{TCO,S} = \frac{(E_{pc} + E_{pt} + BR) - (F_{pc} + F_{pt})}{\left(\frac{F_{VKTy} * F_{gc} * GP}{100}\right) - (E_{VKTy} * E_{ec} * SP_r)}$$

$PE_{TCO,S}$ ——换电电动汽车（租赁电池/不建换电站）与燃油车TCO平价时间（年）；

SP_r ——租赁电池换电价格（元/kWh）；

BR ——电池租金（元/年）。

- iii. 换电电动汽车（整车购买/自建换电站）与燃油汽车的TCO平价时间计算如下：

$$PE_{TCO,O} = \frac{(E_{pc} + E_{pt} + ST) - (F_{pc} + F_{pt})}{\left(\frac{F_{VKTy} * F_{gc} * GP}{100}\right) - (E_{VKTy} * E_{ec} * SP_o)}$$

$PE_{TCO,O}$ ——换电电动汽车（整车购买/自建换电站）与燃油车TCO平价时间（年）；

SP_o ——整车购买换电价格（元/kWh）；

ST ——换电站费用平摊（元）。

需要指出的是，针对油车和电车，维修保养成本、人工费用、过路过桥费并无明显差别，根据公式，这些项目可以抵消，从而不体现在过程计算中；固定资产投资方面，假设充电方式车辆采用公共充电，换电站费用实际是由运营公司负责，成本分摊到车辆换电费用里，也可不考虑。

- (2) 可选车型指数：指在特定场景下，市场上在售的电动车型数量与燃油车型数量的比值。主要用于衡量不同场景下电动汽车市场的产品丰富度，进而反映电动化的市场成熟程度。该指标在定量指标体系中的得分权重为18.8%。计算方法如下：

$$N_m = \frac{N_E}{N_F}$$

N_m ——可选车型指数；

N_E ——电动车型数量（个），近两年公告车型数平均值；

N_F ——燃油车车型数量（个）。

- (3) 单车减排潜力：即将一辆传统燃油汽车替换成同级别电动汽车后产生的二氧化碳减排潜力，目前只计算车辆使用过程中产生的直接碳排放，此处电动汽车的碳排放按零计算。单车减排潜力越高，得分越高。该指标在定量指标体系中的得分权重为 15%。计算方法如下：

$$ER_i = FC_i \times VKT_f \times E_{f,f}$$

ER_i ——单车减排潜力；

FC_i ——燃油汽车的单位里程油耗（L/km）；

VKT_f ——燃油车型的年均行驶里程（km）；

$E_{f,f}$ ——燃油车型的排放因子（kg CO₂/L）。

- (4) 充换电频率指数：即单日运行距离/电动汽车平均续航，用于反映在通常情况下，电动汽车在特定场景下运行需要进行充电或换电的次数。充换电频率指数越小，得分越高。该指标仅用于场景电动化优先程度评价，不能用以指导车辆的实际充电操作。指标计算方法如下，其中，两个过程参数均随车型和运行情况而变，在计算时采用场景平均水平。该指标在定量指标体系中的得分权重为 15.9%。

$$F_i = \frac{VKT_{di}}{R_i}$$

F_i ——充换电频率指数；

VKT_{di} ——单日运行 VKT（km）；

R_i ——电车平均续航里程（km）。

- (5) 连续作业指数：指特定场景下，电动车型平均续驶里程与该场景下电动汽车单次平均运行距离的比值之间的比较，用于衡量电动汽车续驶里程支撑车辆在特定场景下连续工作的能力。该指标在定量指标体系中的得分权重为 19.0%。

$$W_i = \frac{R_i}{d_i}$$

W_i ——连续作业指数；

R_i ——电动汽车平均续驶里程（km）；

d_i ——特定场景下车辆单次运行的平均距离（km）。

3.3 场景代表车型

在场景电动化评价的过程中，定量指标的计算需要基于具体车辆参数进行。因此，需要针对每个场景选择若干个电动代表车型作为评价基准。通过对数据库的筛查，项目组基于以下原则来选择电动代表车型：

- 车型销量占比高；
- 主要车型参数在该场景车型中的集中度高，如电池电量是该场景下电动车型的主流配置趋势；
- 同样条件下，选择技术更加先进的车型，如在其他参数相似的情况下，选择单位载质量能量消耗量（Ekg）更低的车型。

定量指标的计算是将特定场景下电动车型的相关参数与该场景下的燃油汽车作比较，因此在电动代表车型选择完成后，需要从燃油汽车数据库中选择一款燃油车型与之对标（即，对标燃油车型）。对标燃油车型的选择原则与电动代表车型类似：

- 对标燃油车型整车规格与电动代表车型一致，如电动代表车型是厢式货车，那么对标燃油车型也需要是厢式货车；
- 对标燃油车型与电动代表车型处在同一分类中，如电动代表车型是中型货车，对标燃油车型也应该是中型货车。因为在道路运输中，常常会遇到对总体车重限制的情况（如高速通行）；
- 对标燃油车型在符合条件的所有车型中销量占比较高，即是更多用户选择的车型。

需要说明的是，由于电动车型的电池自重往往较大，会挤压一部分的载货空间，这对货车车主而言是不利的。在计算过程中，我们假设基于固定收益的原则，即燃油车主在置换使用电动车型后至少能够获得与之前相同的收益，而货车的收益主要基于载货质量。因此，将电动代表车型与对标燃油车型之间的载货质量差通过上述这种方式体现在 VKT 上。例如，当电动代表车型的载货质量较对标燃油车型低的时候，电动代表车型则需要行驶更长的 VKT 来抹平收益差。

$$\text{电动代表车型VKT} = \text{对标燃油车型VKT} \times \left(1 + \frac{(\text{对标燃油车型载重} - \text{电动代表车型载重})}{\text{对标燃油车型载重}} \right)$$

其中，每个场景下对标燃油车型 VKT 根据调研数据而定。

研究选取的各场景代表车型如表 3 所示。可以看到，某些场景下会有多于 1 款的代表车型，每个车型都代表各自不同的使用特点或技术发展水平，即独立成为一个细分的使用场景。在定性指标评价时，同一个场景中的细分场景（如有）共享一个评分，定量指标则根据细分车型的参数进行逐一评估，最终每个细分场景都将获得各自的定量指标得分和综合指标评分。

其中，在整体优先级、定性指标和定量指标整体评估中，将对同一场景下的细分场景得分进行平均，即每个应用场景仅有一套得分，细分场景的得分仅用于具体场景分析。

表 3 不同场景下选择的电动代表车型和对标油车车型

场景说明	场景编号	场景用车主要特征	电动代表车型	电动代表车型销量占比	对标燃油车型
城市物流-城配/搬家等	1-A	总质量 3 吨	DFA5030XXYMBEV1	6.78%	KMC5033XXYQ305M6
	1-B	总质量 4.5 吨	DFA5040XXYEBEV	2.45%	BJ5045XXY8JDA-AB1
城市物流-冷链运输	2-A	总质量 2.7 吨	LCK5048XBWEV5S	11.16%	QYK5040XBW6
	2-B	总质量 4.5 吨	GXA5032XLCEV	11.07%	JKC5030XLC-DS6BL4
城际物流-网点到分拨中心	3-A	总质量 7.3 吨	QL5070XXYBEVECHA2	23.19%	QL5070XXYBUHA
	3-B	总质量 18 吨	CA5180XXYP62L4BEV	3.86%	CA5180XXYP62K1L5E6
城际物流-仓储运输	4	总质量 18 吨	CA5180XXYP62L4BEV	12.12%	CA5180XXYP62K1L5E6
城际物流-冷链运输	5	总质量 6.5 吨	HFC5065XLCEV1	57.14%	HFC5078XLCP71K1C7S
干线物流	6-A	电量 282 kWh	BJ4259EVPA1	17.19%	BJ4259SMFKB-AC
	6-B	电量 350 kWh	SYM42503S1BEV1	10.03%	HQC42503S1S13F
	6-C	电量 424 kWh	SYM42503S1BEV2	3.32%	HQC42503S1S13F
物流-集疏港短途	7-A	282 kWh 充电型	BJ4259EVPA1	6.91%	BJ4259SMFKB-AC
	7-B	282 kWh 换电型	CQ4250BEVSS404	7.98%	DFH4250CX7
物流-集疏港干支线	8-A	电量 282 kWh	BJ4259EVPA1	17.19%	BJ4259SMFKB-AC
	8-B	电量 350 kWh	SYM42503S1BEV1	10.03%	HQC42503S1S13F
	8-C	电量 424 kWh	SYM42503S1BEV2	3.32%	HQC42503S1S13F
环卫-垃圾收运-社区到收运站	9-A	总质量 8.5 吨	YTZ5081XTYD0BEV	7.09%	GH5080XTY
	9-B	总质量 4.5 吨	YTZ5041ZZZD0BEV	5.68%	YTZ5040ZZZ90D6
环卫-垃圾收运-收运站到垃圾站	10	总质量 31 吨, 电量 422 kWh	ZKH5310ZLJP6BEV	3.37%	CQ5317ZLJHV11306
环卫-路面洗扫	11	总质量 18 吨	ZBH5180TXSEQABEV	6.58%	YTZ5180TXST2D6
工程专用-城建渣土	12-A	422 kWh 充电型	ZKH3310P6BEV	13.07%	SX33195D326
	12-B	282 kWh 换电型	ND3310DBXJ7Z02BEV	4.49%	SX33195D406
工程专用-混凝土搅拌	13-A	电量 367 kWh	SYM5310GJB3BEV	19.14%	SYM5310GJB1F2
	13-B	电量 282 kWh	SYM5310GJB5BEV	10.99%	SYM5310GJB1F2

专用-港内/矿山短倒	14	282 kWh 换电型	CQ4250BEVSS404	13.05%	DFH4250CX7
专用-重点行业厂站运输	15-A	电量 282 kWh	BJ4259EVPA1	6.90%	BJ4259SMFKB-AC
	15-B	电量 350 kWh	SYM42503S1BEV1	3.89%	HQC42503S1S13F
	15-C	电量 424 kWh	SYM42503S1BEV2	1.29%	HQC42503S1S13F

注：重点行业覆盖的范围较广，场景用车包括运输车辆和作业车辆，运输车辆还可以根据具体的运输物品划分成更加细致的分类。本研究中所选择的场景代表车型为运输车辆。

4. 评价结果

4.1 整体得分情况

15 个场景定性指标得分的范围分布在 2.4~4.2 之间，定量指标得分分布在 1.7~4.5 之间。从图 5 的分布图来看，定量指标得分较高的场景，其定性指标得分一般也较高，也就是说，技术成熟度越高的场景，其电动化体系（如售后服务、充电便利性等指标）的综合竞争力也越强。

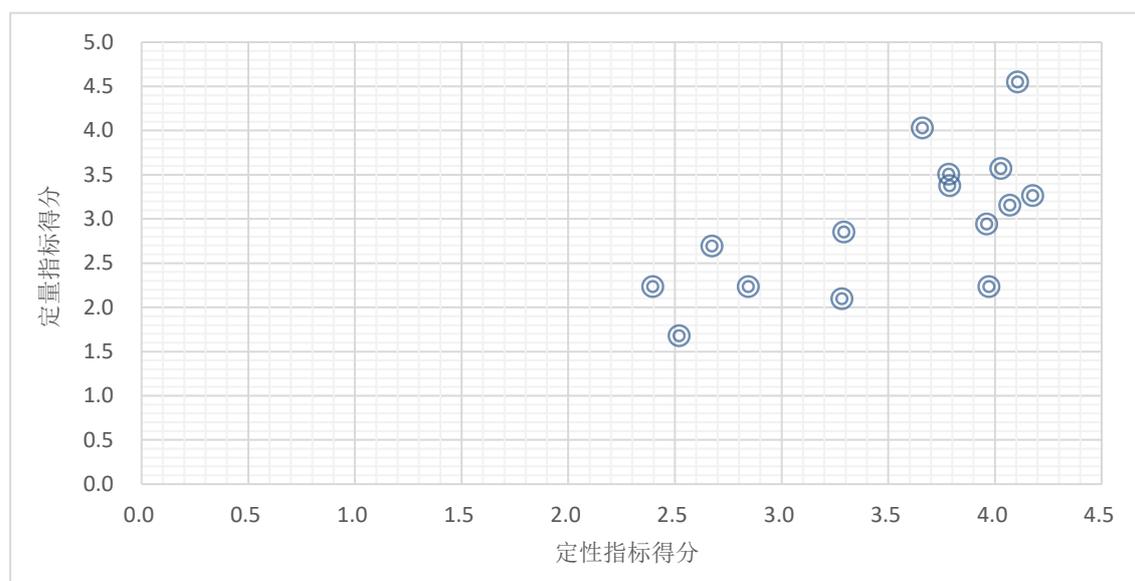


图 5 不同场景定性指标和定量指标得分分布

图 6 展示了所有场景的定性指标得分、定量指标得分及总得分排序情况。如果一个场景内有两个或以上的代表车型，那么在进行整体排名时会将它们得分进行平均，即每个场景最终仅有一个得分。

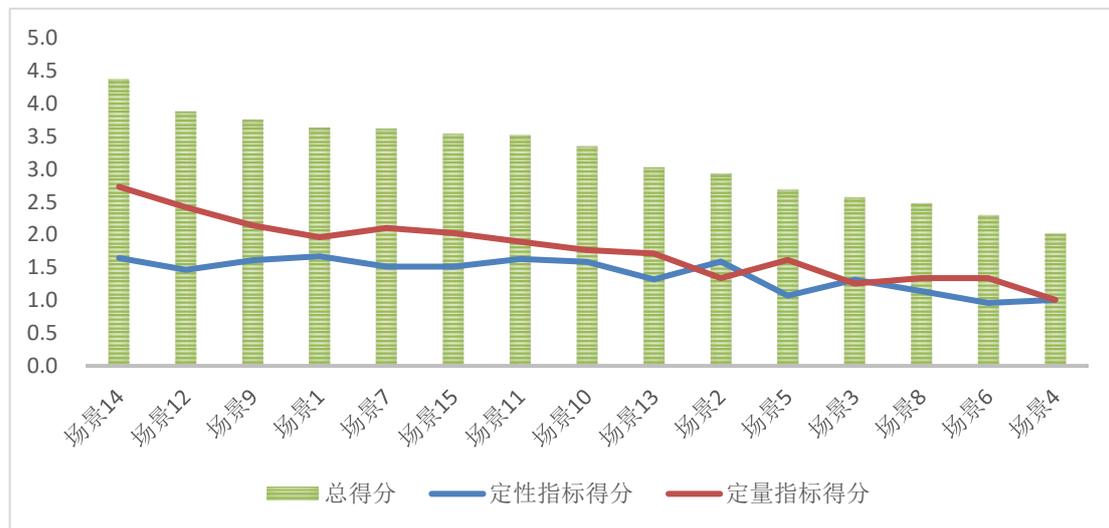
定量指标与定性指标差异最大的三个场景分别是场景 14（专用-港内/矿山短倒）、场景 12（工程专用-城建渣土）和场景 7（物流-集疏港短途），这三个场景的共性在于，通过政策激励、换电车型的引入以及强制环保要求等措施，在部分地区已经有较好的电动车型应用案例和效果。但由于所用车型主要为中重型货车，补电时间长、载货能力下降等因素仍对其运行效率产生了较大影响。

综合得分排名前三的场景分别是场景 14（专用-港内/矿山短倒）、场景 12（工程专用-城建渣土）和场景 9（环卫-垃圾收运-社区到收运站）。场景 14 主要对应封闭场站作业，指向性政策要求高，或是有专项资金扶持的试点示范应用，从而推动了该领域内电动商用车的发展和应用，尤其是以换电电动车型的

发展最受关注。场景 12 的主要作业环境在城市内，需满足一定环保要求，进而也推动了电动车型在该场景内的关注和应用。场景 9 则属于城市公共领域范畴，受激励性政策驱动的影响较大。这些场景是现阶段最适合优先发展电动化的场景，目前在电动商用车的推广方面已经取得了一定的成效，但仍然需要通过多种措施继续扩大电动化应用规模。

综合得分排名处在平均值附近的场景主要包括场景 11（环卫-路面洗扫）、场景 10（环卫-垃圾收运-收运站到垃圾站）和场景 13（工程专用-混凝土搅拌）和场景 2（城市物流-冷链）。这些场景可以认为是近期政策发力的重点，它们主要具备两个特点，一方面这些场景的运输和作业环境对车辆的要求较高，如需要采用中重型货车或需要一些特殊装备，该因素导致电动商用车的推广不如综合排名更高的那些场景。但另一方面，这些场景又具有较强的作业特色，如短倒运输、环卫作业等，使其对激励政策、环保要求等措施较为敏感。

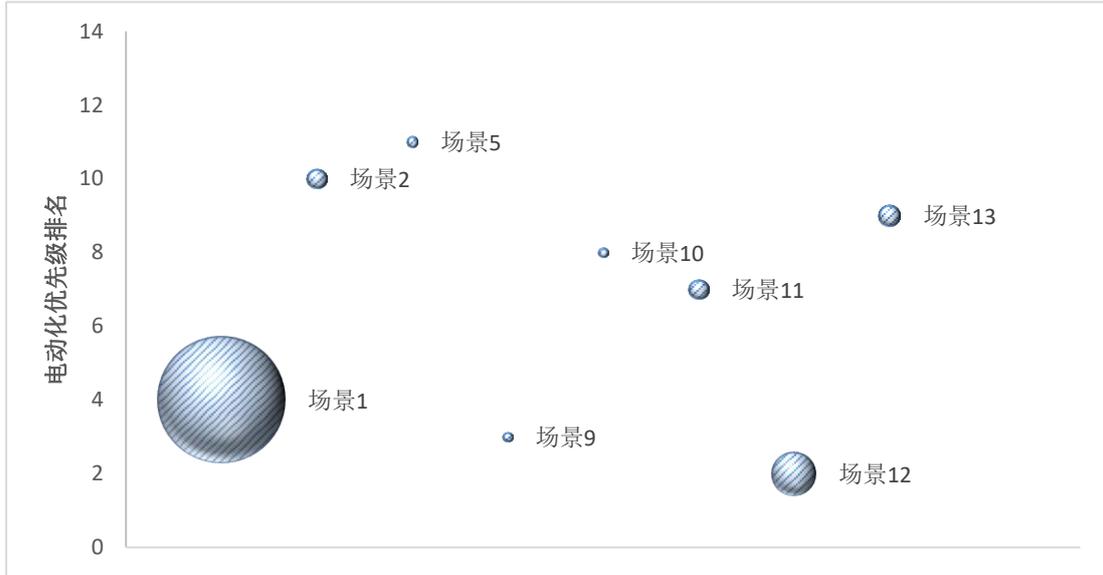
综合得分排名最后的场景分别是场景 4（城际物流-仓储运输）、场景 6（干线物流）和场景 8（物流-集疏港干支线）。这几个场景的特点是都需要中重型车作为运输工具，而目前电动中重型货车在载货能力、补电便利性、TCO 平价等方面与燃油汽车相比均不具备优势，因而市场发展较为缓慢。



注：图中定性指标得分是指各场景的实际定性指标得分（5 分制）乘以 40%（定性指标得分在总得分中的权重），定量指标得分是指各场景的实际定量指标得分（5 分制）乘以 60%（定量指标得分在总得分中的权重）；一个场景内如果有两个或以上的代表车型，在整体排名时将它们进行平均值，即每个场景仅有一个总得分。

图 6 不同场景综合指标得分情况

图 7 将各场景的排名与对应车型的销量进行了关联，其中，部分场景与所使用的车型并不唯一对应，在图 7 中不予展示。图 7 所列场景中，场景 12、场景 9 和场景 1 的电动化优先级排名最高，场景 1 和场景 12 的销量在这些场景中也排在前两位，表明优先推动上述场景的电动化转型，不仅在技术上可行，还能产生较大的减排成效。



注：气泡大小表示场景对应的车型销量，有些场景对应的车型销量无法从总销量中对应匹配，故图中仅展示可计算出相应车型销量的场景，销量数据是指 2021-2022 年各场景对应的所有汽车车型的销量。

图 7 场景排名与销量关联图

4.2 基于车型的应用场景排名

受车辆特征等因素影响，轻型车和中重型车在电动化方面存在较大差异。所有场景中，以轻型商用车作为主要车型的应用场景包括场景 1（城市物流-城配/搬家）、场景 2（城市物流-冷链）和场景 9（环卫--垃圾收运-社区到收运站）。以上三个场景总得分最高的为场景 9，其次为场景 1，场景 2 得分处在最末位，且其总得分低于平均水平。

其他场景主要使用中重型货车，排名前三的场景为场景 14（专用-港内/矿山短倒）、场景 12（工程专用-城建渣土）和场景 7（物流运输-集疏港短途），具体见图 8。

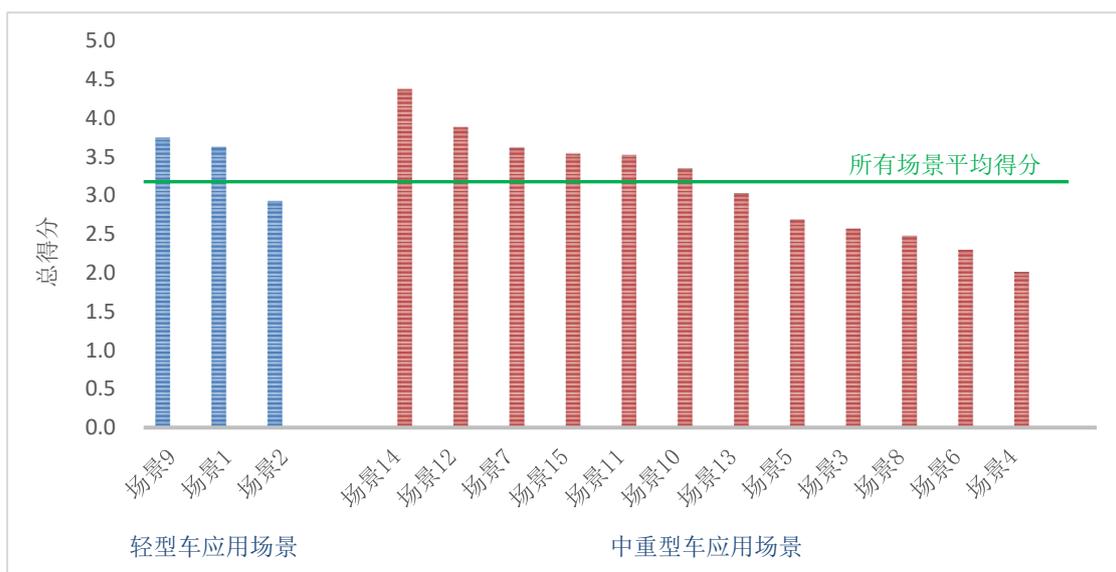


图 8 基于应用车型的场景排名情况

4.3 定性指标得分情况

如图 9 所示，所有场景定性指标的平均得分接近 3.5 分，有 9 个场景的得分高于平均水平，其他 6 个场景的得分则低于平均水平。

定性指标得分最高的为场景 1（城市物流-城配/搬家），该场景定性指标整体得分达到 4.2 分。城市物流配送属于公共领域货运场景，在国家的电动化发展优先级中的排序也相当靠前，而且所用车型以轻型货车为主，电动化难度较其他场景低，相关配套政策和市场环境较为完备，因而在电动化转型方面得到了更高的认可度。场景 14（专用-港内/矿山短倒）、场景 11（环卫-路面洗扫）和场景 9（环卫-垃圾收运-社区到收运站）的得分仅次于城市物流场景。场景 14 主要为封闭作业环境，且具备建设换电站的条件，采用换电车辆既可以满足环保要求，也不会对作业强度和连续性产生较大影响，从定性的角度来看十分适宜推广电动汽车。场景 11 和场景 9 都对应环卫作业场景，受公共领域电动化政策的影响较大，从政策角度应加快电动化推进进程。

定性指标得分最低的是场景 6（干线物流），该场景对连续作业、补电时间等要求较高，目前尚没有针对性的政策干预和要求，因此进行电动化转型的优先级相对靠后。

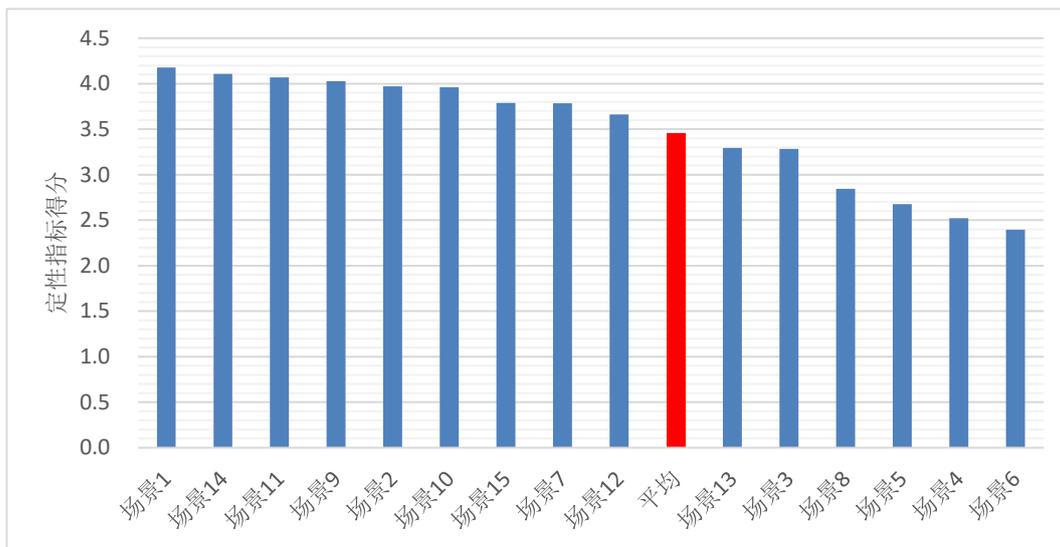


图 9 不同场景定性指标得分情况

4.4 定量指标得分情况

如图 10 所示，所有场景定量指标的平均得分约为 3.0 分，有 7 个细分场景的得分高于平均水平，其他 8 个细分场景的得分则低于平均水平。

定量指标得分最高的场景是 14（专用-港内/矿山短倒），定量指标整体得分达到 4.5 分，远超出平均水平。场景 12（工程专用-城建渣土）和场景 9（环卫-垃圾收运-社区到收运站）的得分仅次于场景 14。其中场景 14 和场景 9 的定性指标得分也相对较高，表明在现有情况下，这两个场景的车辆电动化市场条件已经较为成熟，电动化转型的优先级较高。

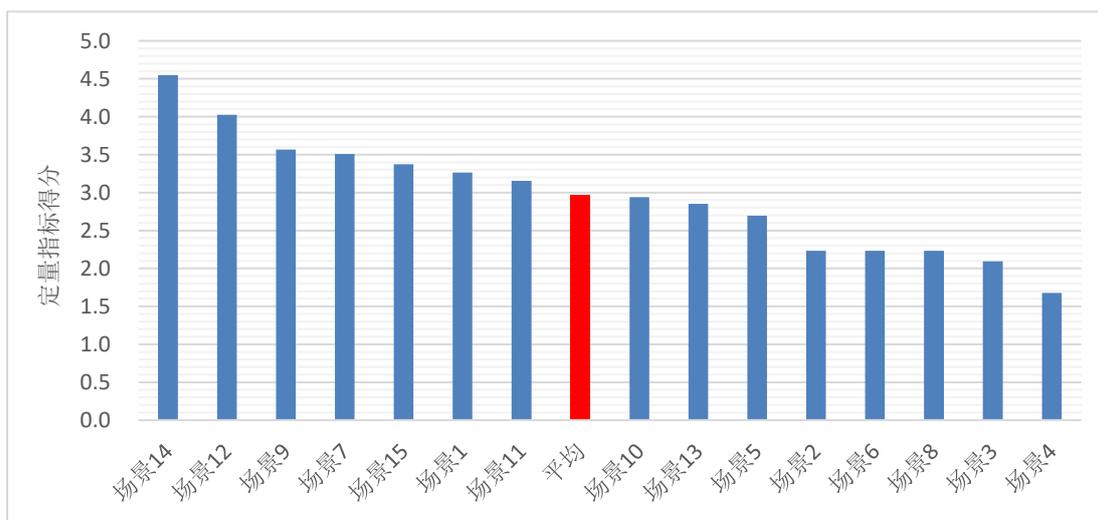


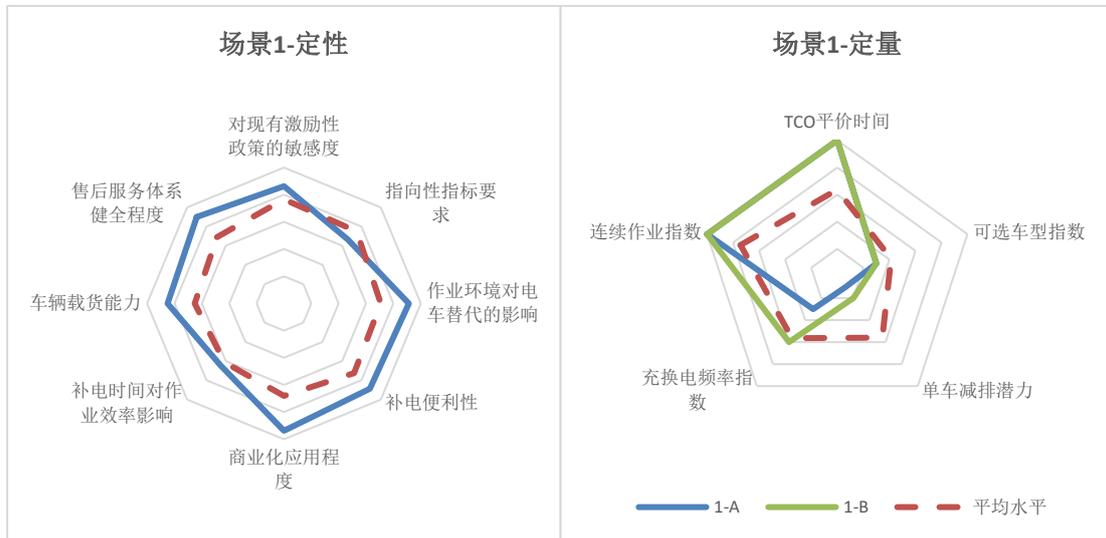
图 10 不同场景定量指标得分情况

定量指标得分靠后的场景主要是场景 4（城际物流-仓储运输）和场景 3（城际物流-网点到分拨中心）。这两个场景所用的主流车型为重型货车或牵引车辆，现有技术条件下，可选的电动车型数量不多，同时长途运行对电池续航和充电时长的要求较高，因而导致定量指标得分偏低。

4.4 具体场景评估情况

（1）场景 1（城市物流-城配/搬家）

场景 1，即用于城市内配送、搬家等较短距离的物流配送场景，在定性指标方面整体表现较好，除指向性指标要求外，其他定性指标得分基本都要高于所有场景的平均得分。在定量指标方面，由于该场景所需的车型偏小，且单次运行距离较短，其 TCO 平价时间和连续作业指数指标要远优于所有场景的平均水平。该场景所用车型的油耗相对较低，置换成电动车型后产生的减排潜力也相对较小，因而单车减排潜力指标得分偏低。该场景下燃油车型款数超过 26000 款，尽管电动车型款数也超过千款，但二者的比值较低，从而使得该场景的可选车型指数得分偏低。代表车型中，4.5 吨的车型（1-B）由于采用了更大的电池，平均续航高于 1-A，故在“充换电频率指数”上的得分更高。



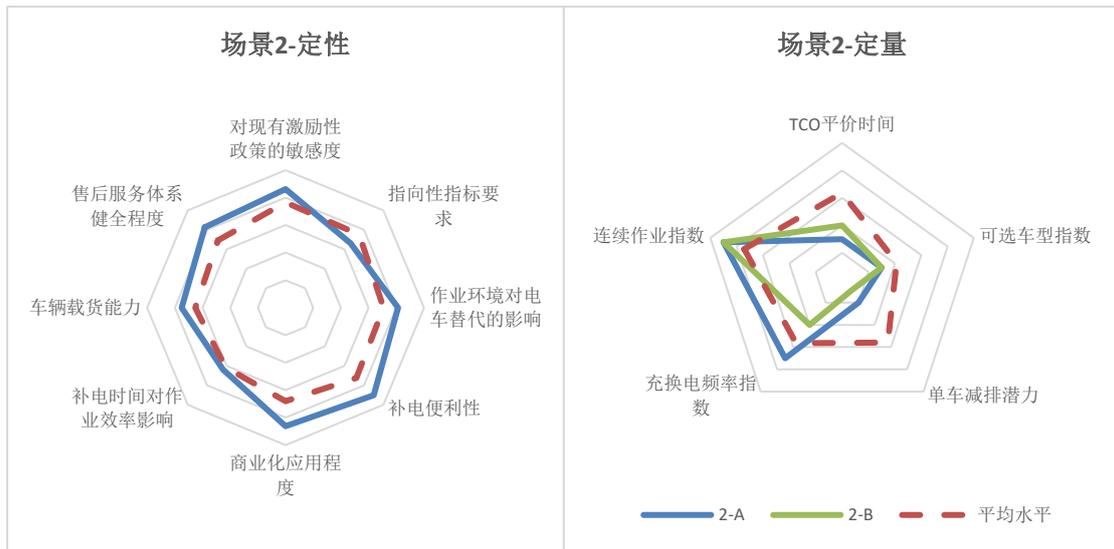
注：虚线代表所有场景平均水平，1-A 和 1-B 分别代表总质量为 3 吨和 4.5 吨的电动车型。

图 11 场景 1 定性指标和定量指标得分分布

（2）场景 2（城市物流-冷链）

场景 2，即城市物流配送中的冷链运输，定性指标的得分情况与场景 1 较为相似，但指标的得分分值较场景 1 略有下降，这是因为冷链运输车辆对连续工

作的要求较高，对补电时间更为敏感，作业环境的要求也更加严格。在定量指标方面，目前电动冷链运输车辆与燃油汽车 TCO 平价时间要长于所有场景的平均值，因而得分偏低。单车减排潜力和可选车型指数也低于平均水平，但现有电动冷链运输车型的整体作业表现还不错，在连续作业和充换电频率方面的得分优于平均水平。

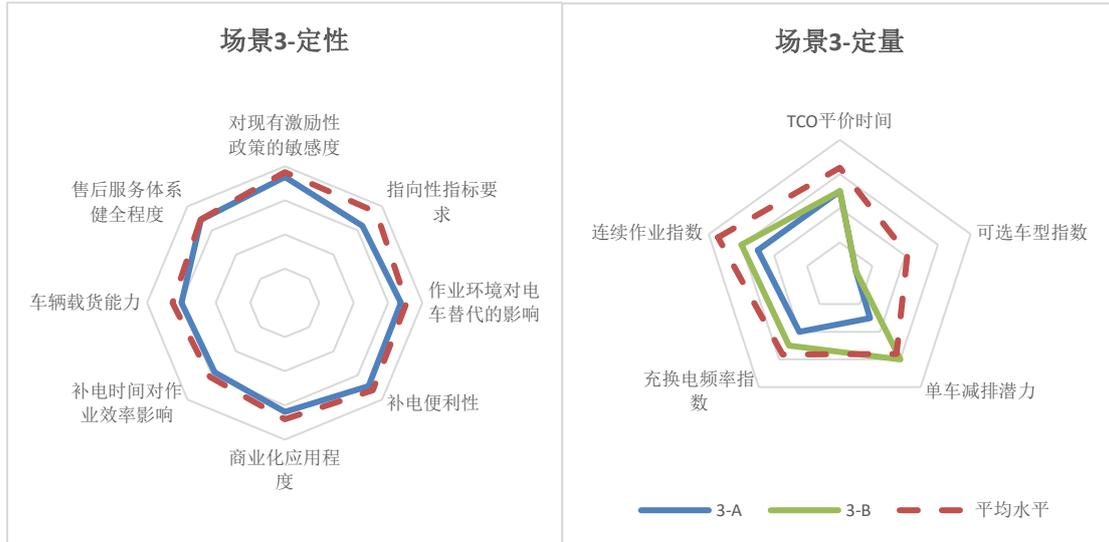


注：虚线代表所有场景平均水平，2-A 和 2-B 分别代表总质量为 2.7 吨和 4.5 吨的电动车型。

图 12 场景 2 定性指标和定量指标得分分布

(3) 场景 3（城际物流-网点到分拨中心）

场景 3，即城际配送中的分拨中心运输，涉及到的车型主要是中重型货车，因而在指标得分方面低于所有场景下的平均水平。定性指标中，8 个指标的得分相差不大，集中在 2.9~3.7 分范围。定量指标得分基本都低于平均水平，得分最低的是可选车型指数，这也与目前市场上中重型货车电动化发展的情况吻合，即由于技术和成本原因限制，可选的电动车型款数比较有限。代表车型中，3-B 对应总质量为 18 吨的重型货车，车辆单位能耗较高，因而置换成电动车型后的单车减排潜力更高。

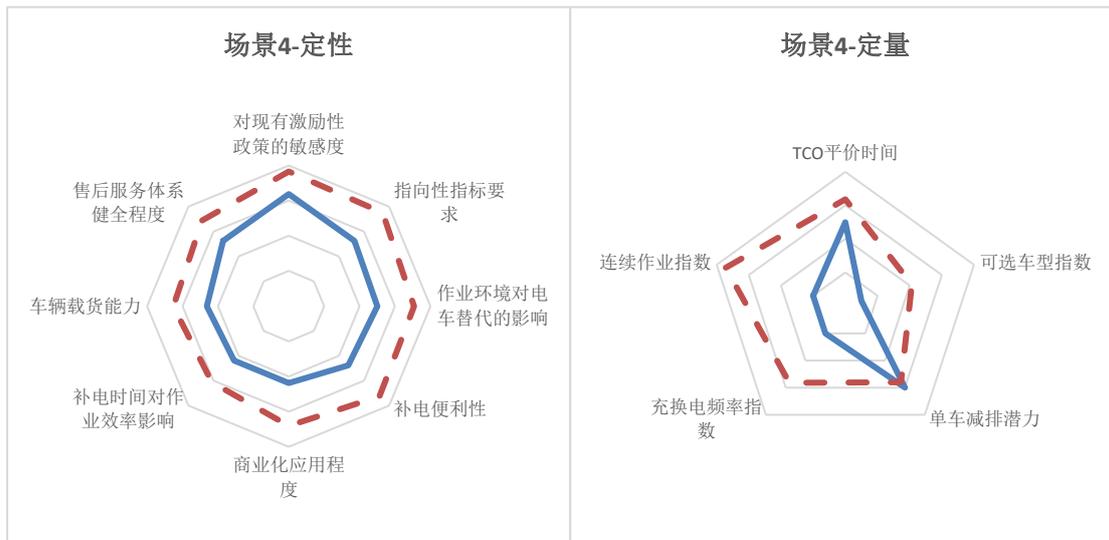


注：虚线代表所有场景平均水平，3-A 和 3-B 分别代表总质量为 7.3 吨和 18 吨的电动车型。

图 13 场景 3 定性指标和定量指标得分分布

(4) 场景 4 (城际物流-仓储运输)

场景 4，即城际配送中的仓储运输，所用车型的单日平均运行距离比场景 3 更长，车型以重型货车为主。从指标得分上看，场景 4 电动化的市场准备还不完全，各项定性指标的得分均远远低于所有场景的平均水平。定性指标整体得分为 2.5 分，定量指标整体得分为 1.7 分，在所有场景中处在十分靠后的位置。同场景 3 类似，该场景下可选车型指数得分很低，说明市场上还没有充足的电动车型可供选择，这也是制约该场景电动化转型的重要原因之一。

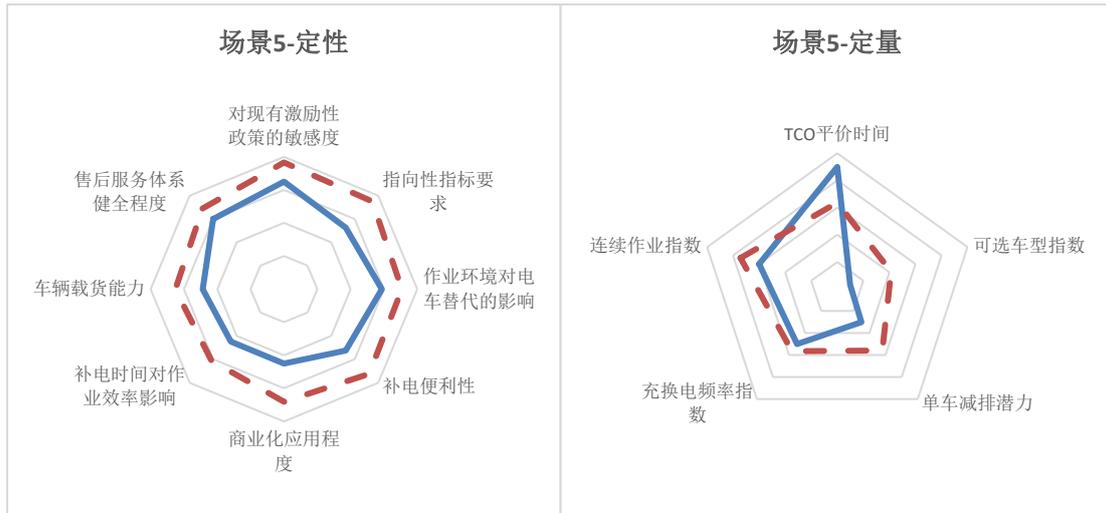


注：虚线代表所有场景平均水平

图 14 场景 4 定性指标和定量指标得分分布

(5) 场景 5（城际物流-冷链）

场景 5，即城际配送中的冷链运输，所用车型主要为中重型冷藏车。场景 5 电动化的发展情况与场景 4 有一定类似，定性指标的得分为 2.7 分，也均低于所有场景的平均水平。定量指标的平均得分也接近 2.7 分，优于场景 4。其中，所选电动代表车型的 TCO 平价时间得分高于平均水平，充换电频率指数得分也与平均水平相当，但可选车型指数得分依然远低于平均水平。

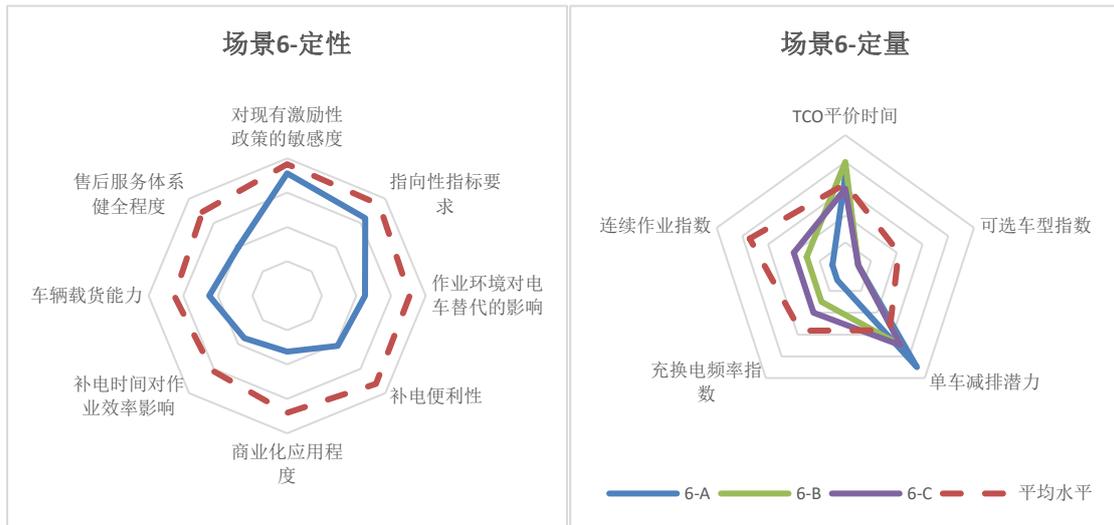


注：虚线代表所有场景平均水平

图 15 场景 5 定性指标和定量指标得分分布

(6) 场景 6（干线物流）

场景 6，即干线运输场景，所用车型主要为重型货车或牵引车。该场景下定性指标整体得分仅为 2.4 分，在所有场景中排在最后一位。该场景下电动汽车的商业化应用程度、补电便利性、补电时间对作业效率影响以及作业环境对电车替代的影响这四个参数的得分尤其偏低，表明距离技术成熟和市场规模化应用还有一段距离。定量指标方面，由于这类车型的能耗普遍偏高，从燃油汽车置换成电动汽车的单车减排潜力较高，而且电动代表车型的 TCO 平价时间得分也在平均水平以上。

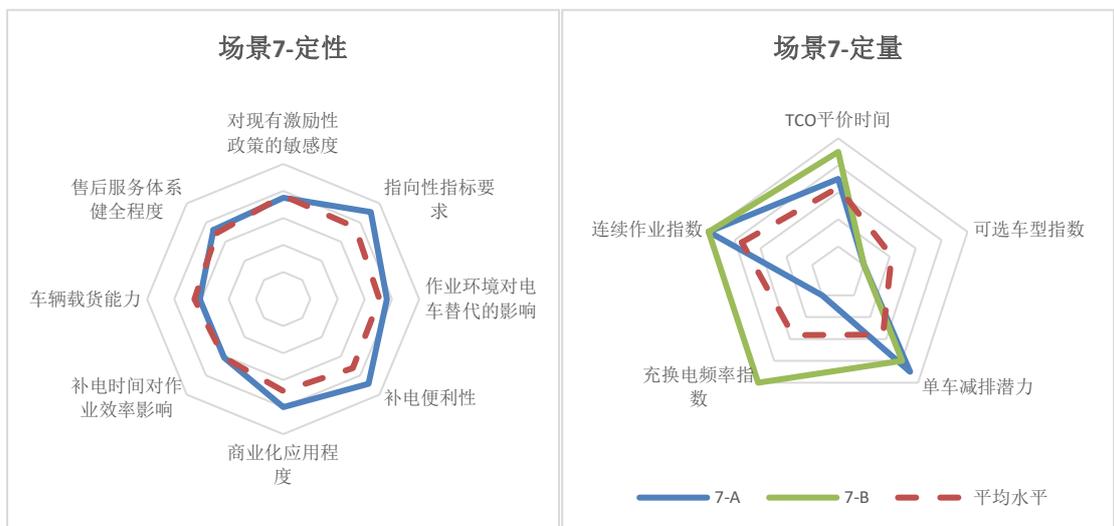


注：虚线代表所有场景平均水平，6-A，6-B 和 6-C 分别代表电池电量为 282 kWh，350 kWh 和 424 kWh 的电动车型。

图 16 场景 6 定性指标和定量指标得分分布

(7) 场景 7（物流-集疏港短途）

场景 7，即集疏港短途运输场景，所用车型主要为重型货车或牵引车，与场景 6 类似，但单次运输距离低于场景 6。由于主要在港口附近运营，作业环境的特征性较强，纯电动重卡的多数运营问题可以通过换电方式得以解决或缓解，而且在政策方面有一定的倾向性，电动化整体水平优于场景 6。定性指标整体得分为 3.8 分，略高于平均水平。定量指标整体得分为 3.5 分，也在平均水平之上。除可选车型指数外，所选换电车型（7-B）的其他指标得分均远高于平均水平，这也说明换电模式是该场景进行电动化的有效途径之一。

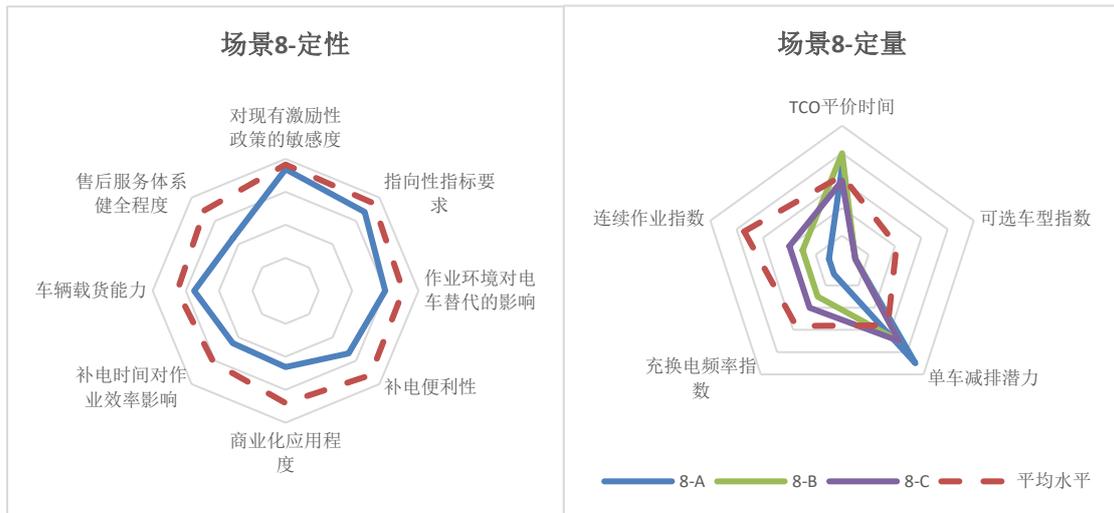


注：虚线代表所有场景平均水平，7-A 代表充电车型，7-B 代表换电车型。

图 17 场景 7 定性指标和定量指标得分分布

(8) 场景 8 (物流-集疏港干支线)

场景 8 是指集疏港运输中的干线和支线运输，所用车型主要为重卡和牵引车，整体情况与场景 6 更为接近。定性指标整体得分为 2.8 分，低于所有场景的平均水平。该场景对激励性政策的敏感性较强，定性指标中也只有该指标得分最接近平均水平。定量指标整体得分为 2.2 分，除 TCO 平价时间和单车减排潜力外，其他指标的得分都低于 2 分，可选车型指数的得分在所有场景中处于最低水平，表明该场景的电动汽车市场仍处在起步阶段。

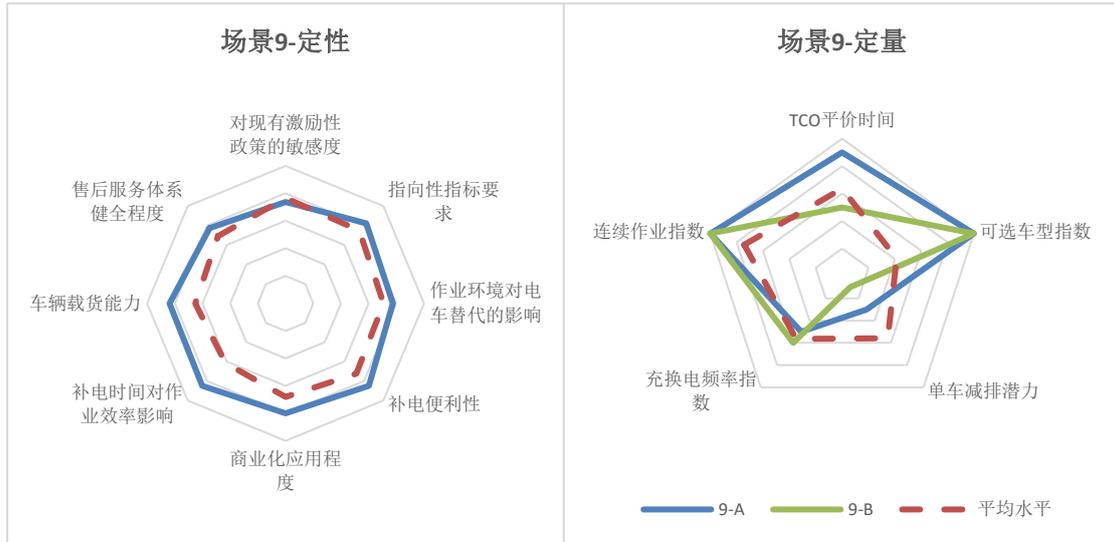


注：虚线代表所有场景平均水平，8-A，8-B 和 8-C 分别代表电池电量为 282 kWh，350 kWh 和 424 kWh 的电动车型。

图 18 场景 8 定性指标和定量指标得分分布

(9) 场景 9 (环卫-垃圾收运-社区到收运站)

场景 9 为从社区到收运站，进行较短距离运输的垃圾收运场景，主流车型为轻型和中型垃圾车。从得分上来看，该场景目前的电动化市场准备已经较为成熟，电动化优先级处在领先地位。定性指标整体得分为 4.0 分，在所有场景中处在前列。定量指标整体得分也达到 3.6 分，可选车型指数得分在所有场景中最高，说明目前市场上已经有较多的电动车型可供用户选择。连续作业指数的得分表现也较为优异。不过，单车减排潜力的得分相对较低。代表车型中，8.5 吨中型垃圾车 (9-A) 的定量指标得分整体要优于轻型垃圾车。

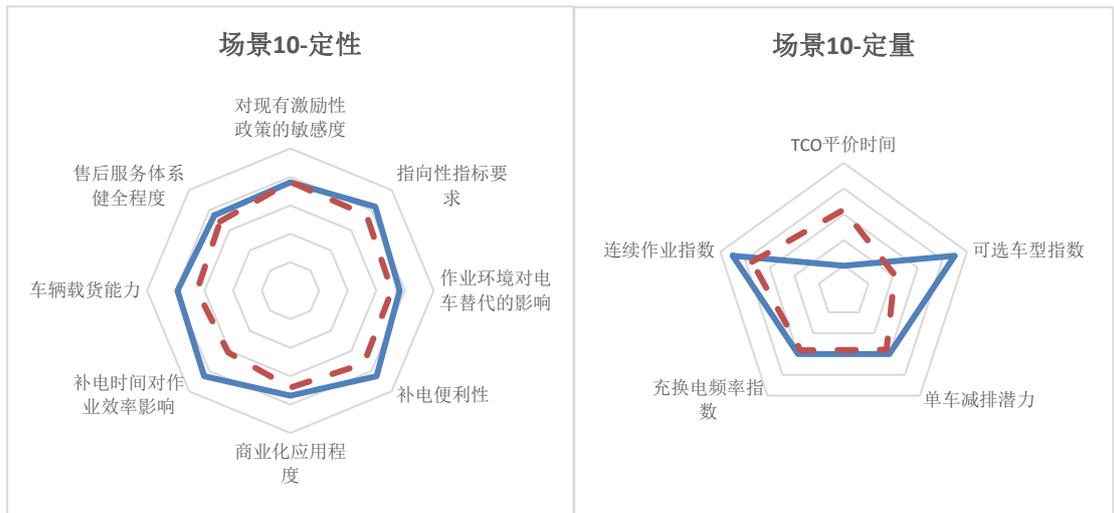


注：虚线代表所有场景平均水平，9-A 代表总质量为 8.5 吨的中型垃圾车，9-B 代表总质量为 4.5 吨的轻型垃圾车。

图 19 场景 9 定性指标和定量指标得分分布

(10) 场景 10 (环卫-垃圾收运-收运站到垃圾站)

场景 10 是指从收运站到垃圾站，进行相对较长距离运输的垃圾收运场景，市面上常用车型为 31 吨的重型垃圾车。场景 10 定性指标得分与场景 9 较为类似，定性指标整体得分接近 4.0 分，略低于场景 9，但仍高于其他多数场景。定量指标整体得分为 2.9 分，与平均水平相当。虽然该场景可选用的车型较多（可选车型指数得分高），但 TCO 平价时间得分仅为 1.0 分，远低于其他多数场景，这是由于重型垃圾车的单位能耗较高，但年均运行里程相对与公路货运车辆较短，电费优势在短期内难以抹平电动车型与燃油车型之间的价格差。

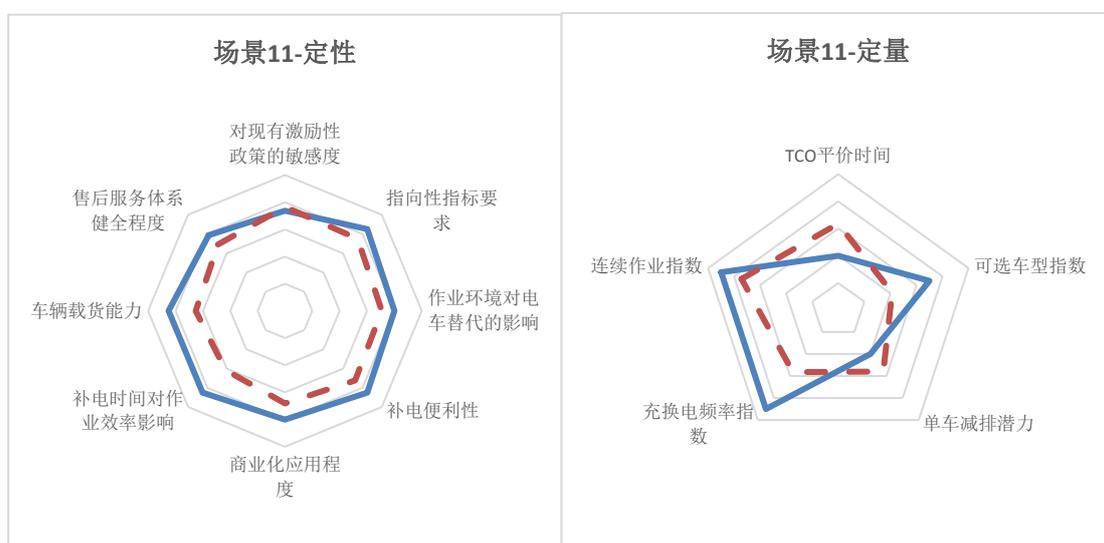


注：虚线代表所有场景平均水平

图 20 场景 10 定性指标和定量指标得分分布

(11) 场景 11（环卫-路面洗扫）

场景 11 是指环卫市政中的路面清扫场景，常用车型包括洗扫、吸扫、洒水以及雾炮等专用车辆。定性指标得分情况与场景 9 和场景 10 比较相似，定性指标整体得分接近 4.1 分，略高于上述两个场景。定量指标整体得分为 3.1 分，介于场景 9 和场景 10 之间。该场景下电动车型的可选款数超过 700 款，因而可选车型指数指标得分高于平均水平。由于该场景下车型作业具有间歇性，在充换电频率指数和连续作业指数两个指标上的得分相对较高，但其 TCO 平价时间较长，该指标得分远低于平均水平。



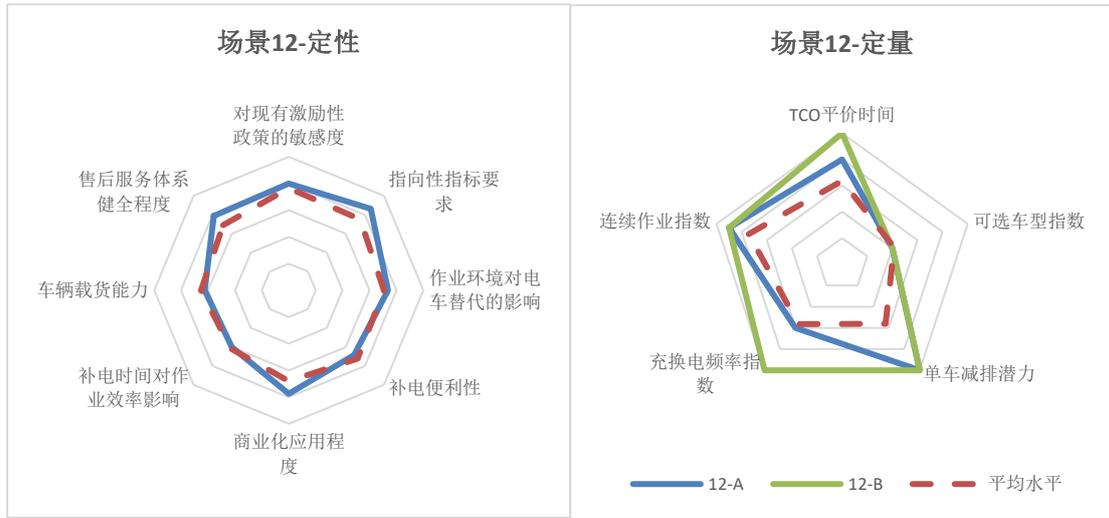
注：虚线代表所有场景平均水平

图 21 场景 11 定性指标和定量指标得分分布

(12) 场景 12（工程专用-城建渣土）

场景 12 是指工程专用中的城建渣土及垃圾清运场景，主力车型为 4×2 或 8×4 型式的自卸车。深圳市前几年力推一批纯电动泥头车用于城建渣土场景，虽然没有持续，但也积累了较为宝贵的经验。该场景下定性指标整体得分为 3.7 分，各项细分指标的得分都处在平均水平线上下，在指向性指标要求和商业化应用得分方面略高于平均水平。定量指标整体得分为 4.0 分，TCO 平价时间、连续作业指数以及单车减排潜力等指标的得分高出平均水平较多。不过，该场景下电动车型可选款数相对有限，指标得分与平均水平相当。从定量指标的分析来看，该场景下换电车型的指标得分相对较高，尤其是在 TCO 平价时间和充

换电频率指数两个指标方面，换而言之，换电模式也可能成为加速该场景电动化的一个发展方向。

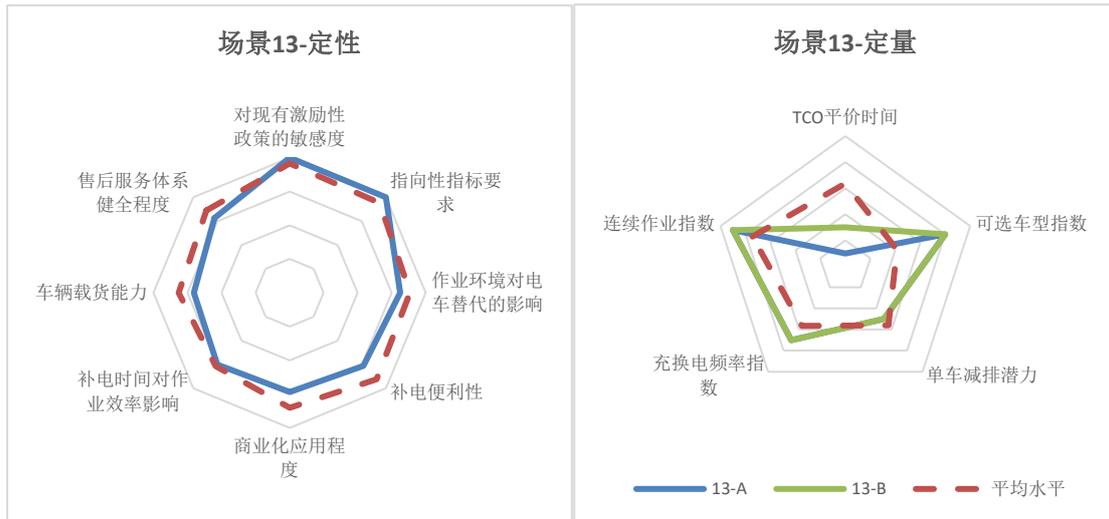


注：虚线代表所有场景平均水平，12-A 代表 422 kWh 的充电车型，12-B 代表 282 kWh 的换电车型。

图 22 场景 12 定性指标和定量指标得分分布

(13) 场景 13（工程专用-混凝土搅拌）

场景 13 是指混凝土搅拌车从搅拌站到施工场地的运营场景，主要车型为中重型混凝土搅拌车。该场景定性指标整体得分 3.3 分，多项指标的得分接近平均水平。定量指标整体得分为 2.8 分，略低于所有场景的平均水平。定量指标中，得分最低的是 TCO 平价时间指标，研究所选择的电动代表车型与同级别燃油车型 TCO 持平大约需要 10 年左右，也就是说，在现阶段电动混凝土搅拌车的整体拥车成本仍然较高，未来动力电池以及整车成本的下降有望缩短 TCO 平价年限，加速该场景的电动化进程。可选车型指数、连续作业指数和充换电频率指数三个指标的得分均高于平均水平。

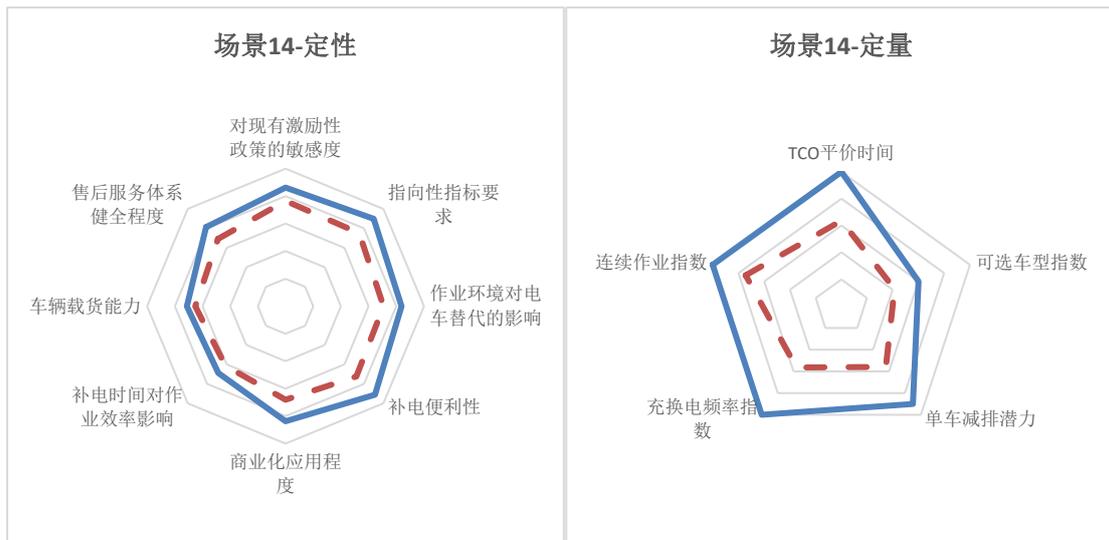


注：虚线代表所有场景平均水平，13-A 代表 367 kWh 的充电车型，13-B 代表 282 kWh 的充电车型。

图 23 场景 13 定性指标和定量指标得分分布

(14) 场景 14（专用-港内/矿山短倒）

场景 14 是指在港口、矿山等相对较为封闭的环境中作业的场景，运行线路相对固定，目前市场上的电动车型主要以换电牵引车居多。该场景目前有一定的电动化应用规模，定性指标的表现整体优于平均水平，整体得分仅次于场景 1，达到 4.1 分。定量指标整体得分为 4.6 分，TCO 平价时间指标在所有场景中处在最高水平，由于采用了换电车型，连续作业指数、充换电频率指数等指标得分很高。值得一提的是，该场景也是所有场景中定量指标得分和总得分最高的场景。

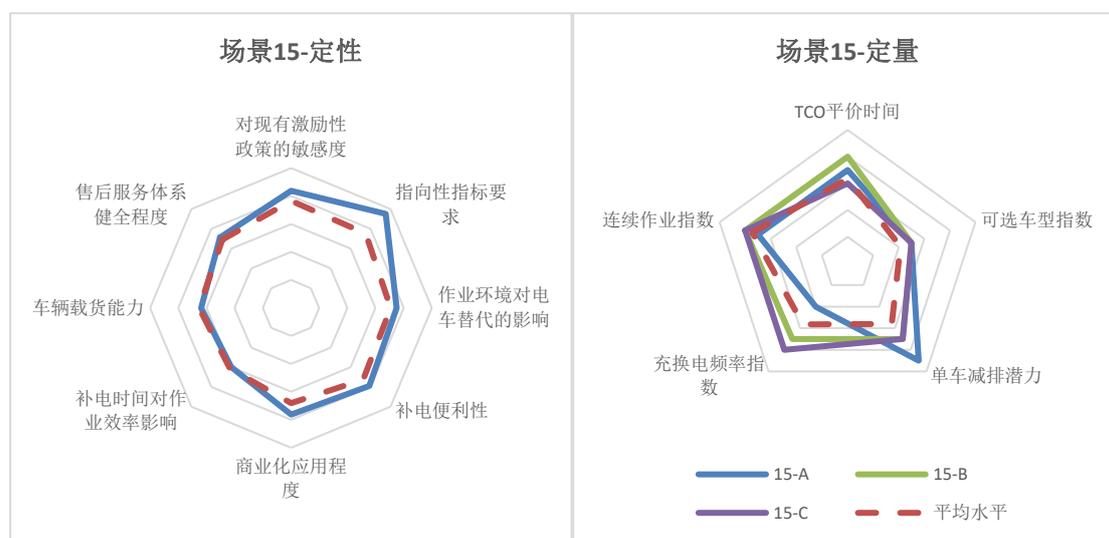


注：虚线代表所有场景平均水平

图 24 场景 14 定性指标和定量指标得分分布

(15) 场景 15 (专用-重点行业厂站运输)

场景 15 是指在钢厂、水泥厂站等环境下作业的场景，所用车型主要为中重型货车或牵引车。钢铁、水泥属于高污染行业，政府相关部门正在推进这些行业的超低排放改造，对这些领域的用车也有比较严格的环保要求，其中电动汽车的应用是重要的加分选项，因此指向性指标得分较高。除此之外，该场景其他定性指标得分均在平均水平上下。定量指标整体得分为 3.4 分，在所有场景中处于中等偏上的位置。从定量指标的得分来看，电池电量在 350 kWh 左右的电动车型，其综合指标得分在三种代表车型中最高，是目前综合应用中更值得推广的车型。



注：虚线代表所有场景平均水平，15-A，15-B 和 15-C 分别代表电池电量为 282 kWh，350 kWh 和 424 kWh 的充电车型。

图 25 场景 15 定性指标和定量指标得分分布

5. 结论及展望

15 个场景的电动化指标评估结果显示，在港口及矿山等封闭场景内作业的短倒运输场景（场景 14）、运输城建渣土等建筑垃圾的工程专用场景（场景 12），以及短距离作业的市政环卫场景（场景 9）在各场景中的电动化评价排名最为靠前，这与目前电动商业车的市场发展情况较为一致，也从侧面印证了 BestECV 2.0 场景电动化评价方法学体系具有较高的可靠性。

基于评估结果，识别出后续更适合推广电动汽车的场景，也是该研究的重要任务之一。从得分排序来看，市政环卫的路面清扫场景（场景 11）、中长距离的垃圾收运场景（场景 10）、工程专用中的混凝土搅拌（场景 13）以及城市物流中的冷链运输（场景 2）等场景的得分处在次优梯队，可以认为是近期商用车电动化发展的重点方向，也是政策的一个设计方向和发力点。

排序较为靠后的场景主要是以使用重型车或牵引车辆为主，同时缺少较为明确的政策激励的场景，如干线物流运输场景。从单项指标的得分来看，这几个场景下电动车型的 TCO 与燃油车型持平的时间约在 5 年左右，目前几乎尚不具备成本优势。同时，可选车型指数、连续作业指数等指标的得分在所有场景中垫底，表明这些场景下近期发展电动汽车的阻力仍然较大。未来可以寻求更加多元化的替代方案，如发展氢燃料电池汽车等。

BestECV 将在下阶段工作中，重点从以下三个方面重点开展进一步探索：

- （1）开发基于重点应用场景的 *BestECV* 解决方案工具包，推动重点商用车应用场​​景的电动化实施；
- （2）进一步完善车型数据库，优化 *BestECV* 系统功能，同步更新每年新增车型以及指标评分；
- （3）基于研究成果，对不同场景商用车电动化发展提出政策建议和具体实施方案。

BestECV 将持续开展工作，进一步推动行业间的交流与学习，发挥第三方中立平台的独特性，更好的推动商用车领域电动化进程。

参考资料

- ¹ 中华人民共和国生态环境部，中国移动源环境管理年报 2020.
- ² 中华人民共和国中央人民政府，
https://www.gov.cn/xinwen/2023-01/24/content_5738622.htm
- ³ 人民网，<http://finance.people.com.cn/n1/2023/1010/c1004-40092218.html>
- ⁴ 中国汽车流通协会商用车专业委员会，<http://www.ccvda.cn/?article/175.html>
- ⁵ 车家号，<https://chejiahao.autohome.com.cn/info/12332630>
- ⁶ 新华网，https://www.news.cn/fortune/2022-04/08/c_1128540469.htm
- ⁷ 中国汽车技术研究中心北京工作部，《中国货运体系评估》项目总体报告，2017.