



国家电网
STATE GRID

国网车联网技术有限公司
STATE GRID SMART INTERNET OF VEHICLES CO., LTD.



中国电动商用车充电基础设施现状评 估与 **2035** 发展目标及路径研究

Research on Evaluation of Current Charging Infrastructure for
Electric Commercial Vehicles and 2035 Development Goals &
Implementation Path in China

中汽数据有限公司 & 国网车联网技术有限公司

2023.9

Automotive Data of China Co., Ltd.

State Grid Smart Internet of Vehicles Company, Ltd.

September, 2023

关于作者

赵冬昶、王学平、禹如杰、吕旺、彭小津、张珺、李冰阳、贾莉洁、徐梓淇、王菁、王莹、张秀丽、李萍、苏舒、何志恒、任亚钊、唐株钰

致谢

本研究由【中汽数据有限公司和国网智慧车联网技术有限公司】统筹撰写，由能源基金会提供资金支持。

本研究是【能源基金会交通项目的课题，是中国电动商用车充电基础设施现状评估与 2035 发展目标及路径研究】。

研究团队同时感谢以下专家在项目研究过程中作出的贡献：

- 【王建斌 工业和信息化部装备工业发展中心】
- 【付毕安 国家发展和改革委员会能源研究所】
- 【关朋 工业和信息化部装备工业发展中心】
- 【李立理 清华四川能源互联网研究院】
- 【张娜 招商局公路网络科技控股股份有限公司】
- 【陈锐锐 清华四川能源互联网研究院】
- 【罗艳托 中国石油规划总院】
- 【周丽波 中国电力企业联合会】
- 【钟东 海南省新能源汽车促进中心】
- 【高全庆 协鑫（集团）控股有限公司】
- 【崔洪阳 国际清洁交通委员会（ICCT）】
- 【程颖 北京交通发展研究院节能减排中心】
- 【翟宇博 能链智电（NAAS）】
- 【熊英 中国电动汽车百人会】

注：专家姓名按姓氏笔画升序排列。

关于项目单位/关于能源基金会

中汽数据有限公司:

中汽数据有限公司隶属于中国汽车技术研究中心有限公司,以汽车大数据为基础,汽车领域模型算法为支柱,深入开展节能低碳、绿色生态、市场研究等工作。面向“新基建”、“新四化”发展,在中国汽车工业云、智能网联、智能座舱、工业互联网(工业软件)等领域精准发力,通过中国汽车产业数据基础设施建设及国家级汽车产业数据体系构建,以“‘数’驱产业交革,‘智’领汽车未来”为使命,致力于打造“国家级汽车产业数据中心、国家级汽车产业链决策支撑机构、国家级泛汽车产业数字化支撑机构”。

国网智慧车联网技术有限公司:

国网智慧车联网技术有限公司建设的国网智慧车联网平台被工信部评为工业互联网示范平台,累计接入充电桩总数120万根,注册用户数达1280万,覆盖全国29个省、273个城市,年充电量15亿千瓦时,为电动汽车绿色出行提供导航、充电、支付等全方位服务,打造了涵盖公共充电、有序充电、V2G、充电桩建设、智慧能源等领域在内的充电生态圈。平台经过5年多的上线生产运行,积累了大量的充电基础设施运行数据,可以为本课题研究提供雄厚的数据基础与应用验证条件。

能源基金会:

能源基金会是在美国加利福尼亚州注册的专业性非营利公益慈善组织,于1999年开始在中国开展工作,致力于中国可持续能源发展。基金会会在北京依法登记设立代表机构,由北京市公安局颁发登记证书,业务主管单位为国家发展和改革委员会。

能源基金会的愿景是通过推进可持续能源促进中国和世界的繁荣发展和气候安全。我们的使命是通过推动能源转型和优化经济结构,促进中国和世界完成气候中和,达到世界领先标准的空气质量,落实人人享有用能权利,实现绿色经济增长。我们致力于打造一个具有战略眼光的专业基金会,作为再捐资者、协调推进者和战略建议者,高效推进使命的达成。

目 录

关于作者	I
致谢	I
关于项目单位/关于能源基金会	II
目 录	III
第一章 绪论	1
1.1 电动商用车充电基础设施发展背景	1
1.1.1 商用车电动化发展背景	1
1.1.2 电动商用车充电基础设施发展背景	2
1.2 课题研究框架	3
第二章 中国商用车充电需求与问题挖掘	5
2.1 补电场景差异化	5
2.2 充电决策价格驱动	7
2.3 运营管理保障复杂	9
第三章 中国电动商用车充换电基础设施发展现状及综合评估	10
3.1 充换电基础设施政策现状研究	10
3.1.1 国际政策	10
3.1.2 国内政策	12
3.2 充换电标准现状研究	15
3.2.1 国际标准	15
3.2.2 国内标准	16
3.3 商用车充电市场运营现状研究	17
3.3.1 专用场站	17
3.3.2 公用场站	23
3.3.3 重卡换电站	30

3.4 商用车充电产品技术研究	31
3.4.1 充电产品	31
3.4.2 充电技术	32
第四章 电动商用车充换电基础设施需求预测研究	37
4.1 充电设施预测模型	37
4.1.1 模型简介	37
4.1.2 预测情景设定	39
4.1.3 模型参数设定	41
4.1.4 充电基础设施需求预测	48
4.2 换电设施预测模型	54
4.2.1 模型简介	54
4.2.2 模型参数设定	54
4.2.3 换电站需求预测与结果分析	56
第五章 充换电基础设施成本经济性与技术可行性现状评估预测研究 ...	58
5.1 经济性分析	58
5.1.1 模型介绍	58
5.1.2 成本分析	60
5.1.3 主要结论	67
5.2 商用车充电负荷分析与技术可行性评估预测	68
第六章 政策建议与发展路线图	71
6.1 研究主要结论与观点	71
6.2 中国电动商用车充电基础设施发展路线图	73
6.3 中国电动商用车补电设施总体发展政策建议	74
免责声明	77

第一章 绪论

1.1 电动商用车充电基础设施发展背景

1.1.1 商用车电动化发展背景

近年来，在全球范围内，交通运输领域的温室气体排放持续增加，约占全球总排放量的近四分之一，为全球气候带来了严重的挑战。商用车作为道路交通领域的主要组成部分，其电动化进程的推进至关重要。电动商用车的推广不仅可以减少石油等不可再生资源的消耗，还能显著减少温室气体的排放，有助于实现全球碳减排目标，应对全球气候变化。

中国商用车具有保有量占比低、温室气体排放分担率高的特点，如图 1-1 所示，近十年我国商用车的市场规模翻了近一倍，发展前景广阔。截至 2022 年底，我国商用车保有量 3328.6 万辆，占汽车总保有量的 11.3%¹，却贡献了 77.3%²的温室气体排放量。预计将在 2035 年达到 4,416 万的保有量规模，电动化发展节能潜力巨大，是交通领域助力实现“双碳目标”的重要途径。

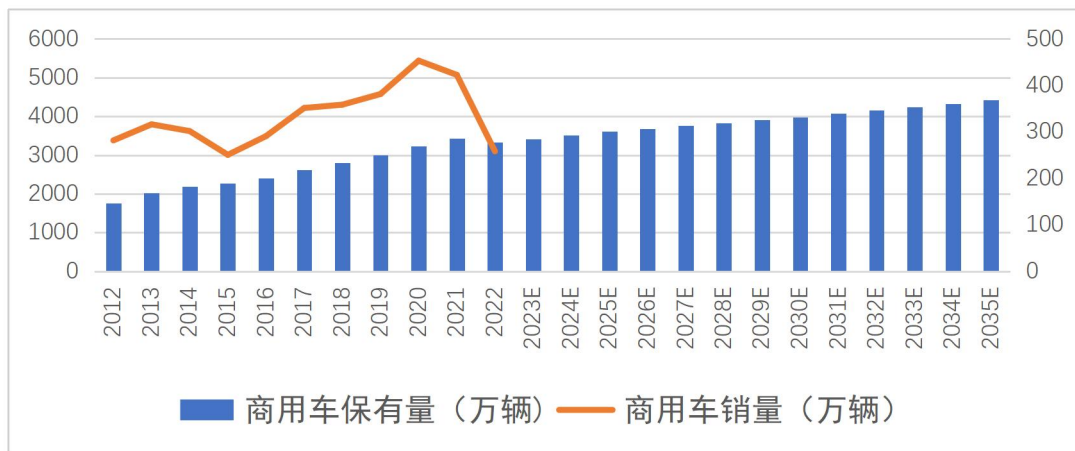


图 1-1 中国商用车发展趋势

¹ 1：中汽数据有限公司

² 2：引自中国移动源环境管理年报（2020）

然而，中国商用车相比乘用车电动化进程较为缓慢。2022 年电动乘用车市场渗透率为 25.6%，电动商用车市场渗透率仅为 9%。“购车贵”、“补电难”成为阻碍商用车电动化进程的主要因素。

从购车成本上看，当前电动重卡等商用车购车成本是柴油重卡的近两倍。据中汽数据有限公司研究³，如图 1-2 所示，总体来看，车辆使用强度越大的应用场景下，新能源汽车成本具备优势的时间越提前。轻卡的纯电动车型最早实现 TCO 平价，平价时间在 2020 年之前；其次是自卸车和皮卡；重型载货车和重型牵引车纯电车型 TCO 平价时间最晚，约在 2030 年左右。2025 年及之后，多数电动商用车将实现 TCO 平价，“购车贵”对商用车行业电动化的阻碍逐渐减小，“补电难”或将成为影响商用车电动化的关键要素。



图 1-2 不同里程下纯电动与传统车 TCO 平价时间

1.1.2 电动商用车充电基础设施发展背景

充电基础设施作为为电动汽车提供充换电服务的交通能源融合类基础设施，其规模化发展可有效推动商用车电动化发展进程，促进能源与交通领域“脱碳”，助力“双碳”目标落地，为全球减碳进程贡献坚实中国力量。虽然我国已建成全球规模最大

³ 中期数据有限公司&能源基金会：中国商用车 TCO 研究及中美对比

的充电基础设施体系，但电动商用车“补电难”问题仍然显著，具体体现为“不便捷”、“充电慢”、“存在安全风险”等问题。便捷性方面，公交、环卫等使用专用桩的商用车充电场景存在其他车辆无法共用的问题，城市、高速等使用公用桩充电场景存在“乘商混用”导致可用充电设备少的问题。充电速度方面，重卡物流等商用车充电场景对功率需求较高，充电功率多超 120kW，充电时间达 45 分钟以上，挤占了商用车营运时间。安全方面，我国商用车使用强度大，电池包容量更大，充电功率高，存在较大安全风险，因此商用车充电安全问题更加值得关注。

综上所述，商用车充电基础设施现状和发展路径不明晰仍是当前和日后制约电动商用车发展的关键因素，亦是我国新能源汽车保持全球领先发展趋势需要突破的瓶颈问题。

1.2 课题研究框架

基于商用车电动化对于交通领域节能减排的重要性，以及商用车充电基础设施现状评估对于制定商用车发展目标和路径的重要性，“中国电动商用车充电基础设施现状评估与 2035 发展目标及路径研究”课题致力于解决“补电难”问题。整体研究框架如图 1-3 所示，重点开展五个部分的研究。

1) 从车端视角调研商用车市场发展现状，进行中国商用车的充电需求与问题挖掘，通过调研商用车市场发展现状划分场景库，分析各类商用车充电需求；

2) 从桩端视角分析政策、产业、运营、技术发展现状与趋势；

3) 开展电动商用车充换电基础设施预测研究，构建电动商用车充换电服务和基础设施需求预测模型，提出低功率优先情景、基准情景和大功率优先情景三种不同发展情景，科学研判不同车辆类型和应用场景下电动商用车市场规模，设定支撑未来商用车电动化目标的充电基础设施发展目标；

4) 聚焦充换电基础设施成本经济性与技术可行性现状评估与预测研究，在设定场景下构建成本经济性分析模型，探讨盈利条件并对比快充和换电的经济性优劣，分析充电基础设施发展目标实现的技术可行性，包括其对电网负荷造成的影响；

5) 研究提出技术与政策路径建议，设计商用车充电发展路线图并提出实现商用车充电基础设施发展目标的技术与政策建议。

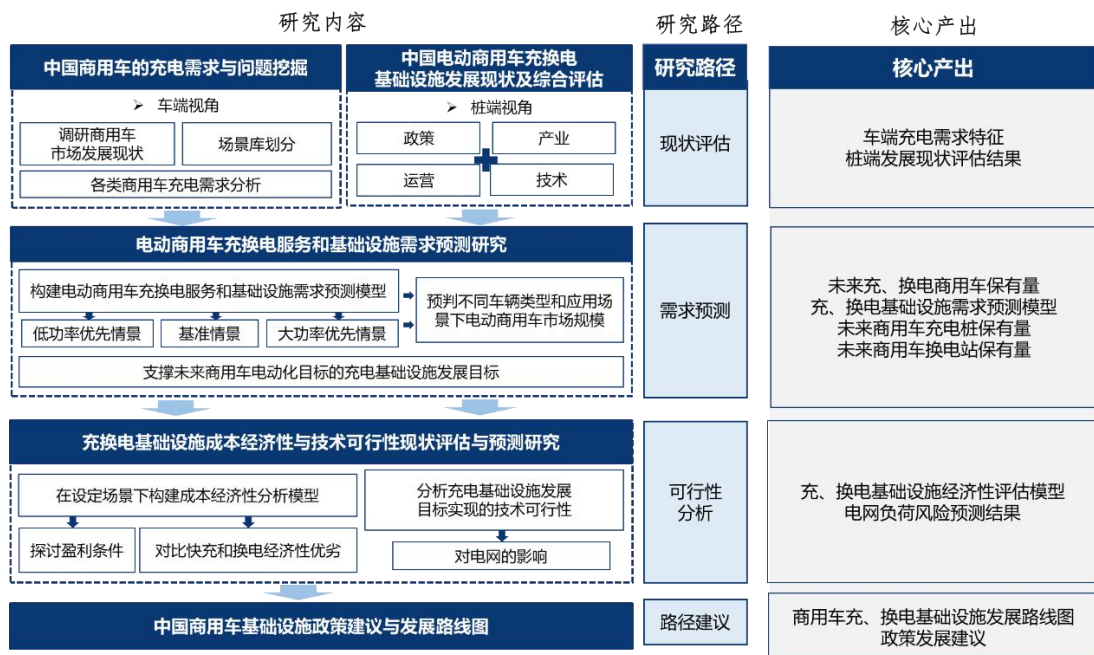


图 1-3 整体研究框架

第二章 中国商用车充电需求与问题挖掘

与乘用车相比，我国商用车充电呈现“补电场景差异化、充电决策价格驱动、运营管理保障复杂”的需求特点。

2.1 补电场景差异化

当前商用车充电网点分布及数量不足，高速充电桩少、城区充电桩分布不均。商用车通常需要跨足很大的地理区域，为了保障运营的流畅性，需要方便、分布广泛的充电设施网络。如表 2-1，根据截至 2022 年底的保有量数据，进行商用车场景划分，并计算各场景下不同车型的电动化比例，可划分三个电动化梯队（公共领域、中重卡物流、特殊功能）。三个梯队可细分 12 个使用场景，不同使用功能的商用车电动化进程差异可超过 80%，多数电动商用车需要配建专用充电设施，补电需求紧迫性亦呈现梯次化差异。

表 2-1 2022 年底商用车不同车型电动化比例

商用车使用场景			商用车车型							使用场景电动化比例
			客车			货车				
一级分类	二级分类	使用场景	轻型客车	中型客车	大型客车	微型货车	轻型货车	中型货车	重型货车	
载货 80.06%	物流类	城市物流	31.27%	0.00%	0.00%	0.44%	1.06%			1.87%
		倒短运输						1.27%		1.27%
		城际物流						2.86%		2.86%
		干线物流						0.00%		0.00%
专用 9.90%	物流类	特定产品运输				0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
		工程类	工程用车					0.01%	0.00%	0.33%
	作业类	市政环卫				0.15%	4.16%	2.57%	1.70%	2.33%
		功能作业	0.39%	0.01%	0.53%	0.03%	0.83%	0.06%	0.02%	0.43%
载客 10.05%	客运类	城市公交	63.23%	81.14%	77.18%					77.29%
		团体通勤	0.62%	4.13%	18.50%					1.88%
		公路营运	2.33%	4.46%	10.06%					5.58%
		校车	0.00%	0.00%	0.00%					0.00%
车型 电动化比例			7.36%	34.88%	50.75%	0.43%	1.08%	0.68%	0.48%	3.06%

电动化进程：

第一梯队：公共领域

第二梯队：中重卡物流

第三梯队：特殊功能

根据商用车电动化进程的主要驱动源，考虑各使用场景下的车辆行驶强度和营运需求等因素，分别对三个梯队下的 12 个使用场景进行补电需求匹配，如表 2-2 所示：

表 2-2 电动商用车不同梯队补能场景

电动化梯队	使用场景	补能场景
第一梯队 -公共领域	城市公交	公交专用站
	公路营运	营运专用站
	团体通勤	企业专用站
	市政环卫	环卫专用站
	城市物流	私人充电桩、物流专用站、市区公用站
第二梯队 -中重卡物流	倒短运输	物流专用站、重卡换电站
	城际物流	物流专用站、高速公用站、重卡换电站
	干线物流	物流专用站、高速公用站、重卡换电站
第三梯队 -特殊功能	功能作业	专用站
	工程用车	
	特定产品运输	

其中，财政资金支撑的公共领域使用场景（如公交、环卫等）成为商用车电动化第一梯队，包括城市公交、公路营运、团体通勤、市政环卫和城市物流领域。随着公共领域全面电动化⁴，专用场站逐步开放。除部分城市物流车可与乘用车共同使用私人充电桩、市区公用站等进行充电外，其余第一梯队场景均使用专用充电站进行充电。

环保压力下的纯电重卡电动化潜力巨大，为商用车电动化第二梯队，包括倒短运输、城际物流和干线物流领域。随着货运零排放，中重卡加速转型。由于重卡换电的技术试点推广，除物流专用站和高速公路公共站之外，重卡换电站也可作为第二梯队的专属补能场景。

其他特殊场景为第三梯队，包括功能作业、工程用车、特定产品

⁴ 2023 年 1 月 30 日《工业和信息化部等八部门关于组织开展公共领域车辆全面电动化先行区试点工作的通知》：到 2025 年，试点领域新增及更新车辆中新能源汽车比例显著提高，其中城市公交、出租、环卫、邮政快递、城市物流配送领域力争达到 80%。

运输、校车等场景。第三梯队功能特殊体量少，商用车电动化进程较为缓慢，其补能场景多为专用站。

丰富的使用场景也为补能设施提出了更高的“效率”和“兼容性”要求。根据电动商用车补能需求总结 6 类细分补电场景和 4 类补电设施，按照充电用户行驶特征，如表 2-3 所示：

电动商用车补电场景可分为私人充电桩（少数城市物流车）、专用场站（公交、环卫、物流专用充电站）、公用场站（市区和公路沿线公用充电站）和换电站（重卡换电站）。

表 2-3 电动商用车补电场景及设施

电动商用车补电场景划分	具体场景	商用车补电设施
私人充电桩	私人充电桩	充电设施 (快充设施/超充设施/兆瓦充电设施)
专用场站	公交专用充电站	
	环卫专用充电站	
	物流专用充电站	
公用场站	市区公用充电站	换电设施
	公路沿线公用充电站	
换电站	重卡换电站	

2.2 充电决策价格驱动

商用车辆的充电需求需要考虑能源消耗和成本效益。跟乘用车潮汐式使用特性不同，商用车使用强度大、续航要求高，补能需求频繁，运营属性更强，普遍对高效补能技术需求更迫切。当前，我国充电重卡占据绝对性主导地位的主流企业依次为三一、宇通、北奔、中联，四家占比超 7 成，如表 2-4 所示，其主流商用车型电池包容量基本都超过 280kWh，是主流乘用车电池包容量的数倍。当前 45min 以上的充电时间会挤占商用车实际营运时间，进一步压缩车队利润空间，故而商用车对高效率、高性价比补能技术需求更迫切。

与此同时，充电价格进一步上涨。2023年5月，国家发改委印发《关于第三监管周期省级电网输配电价及有关事项的通知》⁵，将大型充电站的用电划归工业用电，导致充电价格水涨船高。多省份（如四川⁶、上海⁷）也陆续进一步调整了分时电价机制，调高了高峰时段的电价。如图 2-1 所示，用户对“充电费用”的不满意点调研结果反馈主要包括充电费用高、公共充电桩收费标准不统一、缺乏透明度等。因此，商用车充电呈现“充电决策价格驱动”的特点。

表 2-4 主流车型技术参数及续航里程

车辆类型	使用场景	车辆型号	生产企业	电池包容量	电池类型	续航
商用车-公共领域	城市公交	LCK6116EVGA	中通	350.07kWh	磷酸铁锂	450km
	公路营运	XMQ6129HYBEVL	厦门金龙	207kWh	磷酸铁锂	450km
	团体通勤	XMQ6821CYBEVL	厦门金龙	139kWh	磷酸铁锂	350km
	市政环卫	JBY5030TXSBEV	百易长青	45.36kWh	磷酸铁锂	60-80km
	城市物流	DFA5030XXYMBEV1	东风	41.86kWh	磷酸铁锂	220km
商用车-中重卡物流	倒短运输 城际物流 干线物流	SYM42503S1BEV	三一	282.62kWh	磷酸铁锂	260km
		ZKH3310P6BEV	宇通	422.85kWh	磷酸铁锂	325km
乘用车	家用通勤	秦 2021 款 EV 标准版	比亚迪	47.53kWh	磷酸铁锂	405km
		Model 3 2022 Performance 版	特斯拉	78.4kWh	三元锂	675km
		P7 2023 款 480G	小鹏	60.2kWh	磷酸铁锂	480km
		ID. 3 2023 款升级款	大众	52.8kWh	三元锂	450km
		e3 2021 款出行款	比亚迪	43.2kWh	磷酸铁锂	401km
		aiony plus 80	广汽	76.8kWh	三元锂	610km

⁵ https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/tz/202305/t20230515_1355747.html

⁶ <http://fgw.sc.gov.cn/sfgw/zcwj/2023/4/28/148889a431cc4cada8a4e5a5157b61f9.shtml>

⁷ <https://www.shanghai.gov.cn/gwk/search/content/e2652e3ab7ee49438d6e82af8880b160>

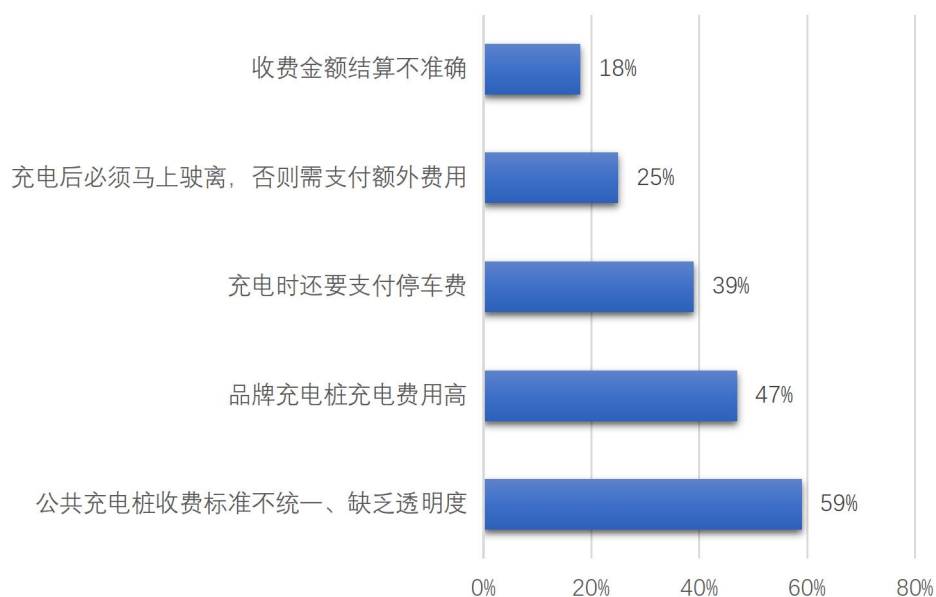


图 2-1 用户对“充电费用”的不满意点调研结果⁸

2.3 运营管理保障复杂

商用车辆运营涉及到不同时间段的充电需求管理，涉及到智能充电管理系统，以便在需求高峰和低谷时进行调整，以确保车辆随时可用。后期的资产处理和设备的安全维护也亟待解决，电动商用车动力电池衰变快，贬值幅度较大。特殊用车场景用户对配套服务产品需求更强烈，商用车运营管理安全需要多维度保障。

充电重卡目前主要在专用充电设施完成充电，在车端关注电池安全性和控制器的安全运转，设施端更加关注建造和运营的安全性，在兼容性角度关注直流充电和交流充电的互操作性，在整个充电过程中要关注数据互联互通的信息安全问题。

⁸ 数据来源：2023 年 7 月《新能源车主充电体验调研报告》

第三章 中国电动商用车充换电基础设施发展现状及综合评估

立足电动商用车“补电场景差异化、充电决策价格驱动、运营管理保障复杂”的需求特点，本章主要分析我国商用车充换电基础设施政策标准、市场运营、产品技术方面的现状特征及存在的问题，并调研补能技术发展趋势，研判未来我国商用车充电基础设施技术发展方向，以支撑商用车充电基础设施发展目标制定。

立足桩端视角，当前充电基础设施行业呈现“顶层设计不明晰、市场运营待规范、产品技术屡突破”的产业现状。政策标准端，我国针对商用车充电的政策多为定性描述或数量型目标规划，现有政策侧重公交、物流等场景，政策场景的覆盖率不高。市场运营端，商用车充电场景多为专用场站和换电站，部分使用场景下可在市区和高速公路场站充电，当前商用车充、换电场站的运营仍缺乏统一规范。产品技术端，兆瓦充电、液冷超充等大功率充电技术或换电等高效的补能模式也多优先应用于商用车充电。

3.1 充换电基础设施政策现状研究

3.1.1 国际政策

从国际政策来看，各国提出了不同的充电基础设施建设目标：如表 3-1 所示，欧洲和美国的充电基础设施政策较为丰富，大多按充电场景设计政策；日韩等国家的充电基础设施政策较为落后。大多数国家地区并未针对乘/商用车的充电政策进行区分，仅欧盟 AFIR 政策中对于服务车型设置了规划目标，可为中国商用车充电领域提供政策借鉴。中国当前的充电基础设施相关政策在规划、补贴和推广示范项目

方面均在陆续建设中。

从规划型政策来看，欧盟总体建设目标（AFIR）中对于重型车辆专用充电站的部署区间和充电功率进行了规定。2025年起，在TEN-T核心网络上每60公里部署一座最低输出功率为350kW的重型车辆专用充电站。其他国家规划型政策对于建设数量的要求多为乘用车统一规划，出台充电基础设施的针对性政策较少。

表 3-1 国际充电基础设施规划型政策

政策颁布时间	规划型政策内容
美国 《基础设施法案》 ⁹ （BIL） （2021年11月）	《基础设施法案》计划提供75亿美元，在美国高速公路和社区建立由50万个电动汽车充电桩组成的充电网络。力争在每条洲际公路上每50英里配备一个充电站，每个充电站至少有4个快充充电桩。
欧洲 最新欧盟总体建设目标 ¹⁰ （AFIR修订） （2023年7月）	欧盟最新充电法案规定： 2025年起，在TEN-T核心网络上每60公里部署一座最低输出功率为350kW的重型车辆专用充电站。
日本 日本政府（2022年）	到2030年建设15万 ¹¹ 个公共充电桩，其中快充桩3万个。
韩国 韩国政府 （2021年11月）	到2025年新建50万座 ¹² 充电桩和超高速充电桩，建成1.5万座充电站。

从补贴型政策来看，如表3-2所示，国际充电基础设施补贴型政策主要通过财政补贴和税收抵免等措施鼓励充电基础设施的建设和使用，进而推动商用车电动化进程。具体措施包括提高税收减免、延长补贴时间等。

表 3-2 国际充电基础设施补贴型政策

政策颁布时间	补贴型政策内容
美国 《通胀削减法案》 ¹³ （IRA） （2022年8月）	《通胀削减法案》（IRA） 新能源充电站基础设施税收抵免：延长税收抵免至2032年，最多可抵免成本的30%。该税收抵免的额度上限从3万美元提升至10万美元。税收优惠时间延长至2031年底。

⁹ <https://www.mckinsey.com/industries/public-sector/our-insights/building-the-electric-vehicle-charging-infrastructure-america-needs>

¹⁰ <https://electrek.co/2023/07/25/eu-passes-law-ev-fast-chargers-along-all-main-transport-corridors-2025/>

¹¹ <https://kr-asia.com/japan-to-relax-rules-on-fast-ev-chargers-jump-starting-rollout>

¹² <https://www.yna.co.kr/view/ACK20210218000600881>

¹³ <https://www.kiplinger.com/taxes/605201/federal-tax-credit-for-electric-vehicle-chargers>

欧洲	德国 ¹⁴ (2021年5月)	德国:再投3亿欧元、购买充电设施补贴最高达总价80%,按功率、按用途补贴
	荷兰 ¹⁵ (2021年10月)	荷兰:投资免税补贴36%、投资折旧补贴75%
	英国 ¹⁶ (2022年3月)	英国:投资16亿扩大基础设施建设,按场景补贴
日本	日本政府 (2022年3月)	日本安装受电装置时将提供最高达400万 ¹⁷ 日元补助,日本充电基础设施补贴相对于车端补贴政策较少。
韩国	韩国政府 ¹⁸ (2020年7月)	2022年开始,在氢能交通补贴政策中加入了商用车韩国充电基础设施补贴相对于车端补贴政策较少。

在政府推广示范项目方面,如表3-3所示,各国都在积极推进充电基础设施建设,在不同领域方向进行探索与试点工作。重点领域包括大功率充电、智能充电等。

表 3-3 国际充电基础设施政府推广示范项目

	时间	示范推广项目
美国	2022年1月	卡车大功率走廊充电解决方案 ¹⁹
	2021年9月	“充电公平”融资项目 ²⁰
	2022年9月	“农村社区建设电动汽车充电基础设施” ²¹
欧洲	2021年8月	德国“充电桩触手可及” ²²
	2022年2月	荷兰:智能充电 ²³
	2018年7月	英国:低成本无线充电、公共道路充电 ²⁴
日本	2014年5月	国家充电服务公司助力充电网络建设 ²⁵
韩国	2023年3月	公共充电桩民间运营 ²⁶

3.1.2 国内政策

在规划型政策方面,我国充电基础设施政策规划目前多为分场景

¹⁴ <https://www.eufundingmag.eu/2021/05/31/300-million-e-for-local-charging-infrastructure-in-germany/>

¹⁵ <https://www.dlapiper.com/en/insights/publications/2021/10/esg-challenges-in-real-estate-ahead-of->

¹⁶

<https://www.gov.uk/government/news/tenfold-expansion-in-chargepoints-by-2030-as-government-drives-ev-revolution>

¹⁷

<https://blog.evsmart.net/charging-infrastructure/home-charging/japanese-government-plans-to-subsidize-high-voltage-transformer-in-condos/>

¹⁸ <https://www.cvinfo.com/news/articleView.html?idxno=20427>

¹⁹ <https://northamerica.daimlertruck.com/pressdetail/daimler-truck-north-america-nextera-energy-2022-01-31>

²⁰

<https://www.reuters.com/world/us/biden-infrastructure-plan-takes-ev-chargings-inequality-problem-2021-09-01>

²¹

<https://www.whitehouse.gov/briefing-room/statements-releases/2022/06/09/fact-sheet-biden-harris-administration-proposes-new-standards-for-national-electric-vehicle-charging-network/>

²² <https://www.electrive.com/2021/08/23/deutschlandnetz-germany-to-tender-1000-fast-charging-parks/>

²³ <https://thedriven.io/2022/02/17/netherlands-targets-70-evs-on-smart-chargers-by-2025/>

²⁴ <https://www.fleetnews.co.uk/fleet-faq/what-is-the-government-s-road-to-zero-strategy>

²⁵

<https://www.automotiveworld.com/news-releases/japan-automakers-advance-electric-charging-infrastructure-new-company-nippon-charge-service/>

²⁶ <http://kr.mofcom.gov.cn/article/jmxw/202303/20230303396736.shtml>

规划，针对商用车的政策大多存在于公共服务领域。如表 3-4 所示，我国多省市地区提出了目标尚不明确的倾向性规划类政策，充电基础设施的建设数量要求多为乘/商用车统一规划，出台针对性政策较少。

表 3-4 国内充电基础设施规划型政策

规划时间	政策内容	政策城市
2023 年	广西：完善高速公路服务区、港区、客运枢纽、物流园区、公交场站等区域汽车充换电、加气、加氢等新能源基础设施建设。	政策倾向城市：重庆、江苏、河南、天津、江西、浙江、广东广州、辽宁沈阳、贵州铜仁、云南普洱等地
2022 年	吉林：“十四五”期间，规划新建各类电动汽车充电桩 7000 个，换电站 120 座，充电站 70 座。	统一规划城市：陕西、四川、河南、广东、四川成都、广东深圳、广东潮州等地
2023 年	四川巴中：到 2025 年全市新增公交车专用充电桩不少于 284 个桩、不少于 540 个客运车专用桩、不少于 828 个物流专用充电桩。	出台针对性政策城市：山东、海南三亚、湖南长沙、河北唐山、重庆巴南、河南
2023 年	河南许昌：“十四五”期间，全市重点布局 50 座重卡换电站。	许昌、内蒙包头、四川宜宾等地

在补贴型政策方面，如表 3-5 所示，我国各地方充电基础设施补贴政策大多为建设补贴，运营补贴及“重卡换电”等先进技术领域的研发补贴也逐渐受到各地方政府的重视和关注。

表 3-5 国内充电基础设施补贴型政策

规划时间	政策内容	补贴类型
2022 年	上海：对港口、物流、环卫、出租车等特定公共服务领域的换电站，通用型补贴换电设备的 30%；非通用型补贴 15%。	建设补贴
2022 年	山东淄博：换电站 400 元/kW 的建设补贴，按轻型及中重型卡车制定补贴上限。	建设补贴
2023 年	重庆：在市内高速公路服务区、3A 级（含）以上景区新建并投运不低于 90 千瓦的公共快充桩，按给予 300 元/千瓦的一次性建设补贴。	建设补贴
2023 年	河南许昌：充换电设施 0.1 元/千瓦时标准补贴。	运营补贴
2023 年	河南许昌：重卡换电企业“基础+增量”研发补助。	研发补贴

充电领域的价格型政策是我国的特有政策，如表 3-6 所示，目前充电服务费由政府管控逐渐转为市场调节，在海南、天津等地已经出台了相应的充电服务费标准，差异大多集中于公交领域。

表 3-6 国内充电基础设施价格型政策

政策时间	政策内容
------	------

2017年	海南：电动公交车充电服务费上限标准为0.60~0.9元/千瓦时。
2022年	江苏连云港：商用车及七座（不含）以上乘用车充电设施服务费最高价格为0.73元/千瓦时。
2015年	天津：电动公交车充电服务费为每千瓦时0.60元。电动公交车充换电服务费为0.80元/千瓦时。

我国各地的试点示范工作也在加紧建设中，商用车领域的重卡换电试点受到广泛关注。2021年，工信部办公厅印发了《关于启动新能源汽车换电模式应用试点工作的通知》²⁷，决定启动新能源汽车换电模式应用试点工作。纳入此次试点范围的城市共有11个，其中综合应用类城市8个（包括北京、南京、武汉、三亚、重庆、长春、合肥、济南），重卡特色类3个（包括宜宾、唐山、包头）。

宜宾政府计划在2023年年底建成换电站20座，推广换电重卡1200辆；计划到2025年建成换电站60座，推广换点重卡3000辆，同时积极向全国20个以上的城市推广应用，形成产值300亿，换电站1000座，推广换电重卡5万辆以上。宜宾政府财政预算4.7亿元，全面支持市内重卡电动化。出台了“全面推进电动宜宾工程实施方案”、“重卡特色换电模式应用试点实施方案”、“绿色工地管理办法”等政策文件。覆盖了换电站建站补贴、重卡购车补贴、对电动卡车优先通行的路权开放、以及重型中心城区重点区域工程车辆全面电动化以及运力支持等相关内容。

其他各地方政府也在因地制宜地试点商用车充电基础设施先进示范项目，先行先试，探索新路，为汽车产业发展提供生动实践和成功经验。

²⁷ https://www.gov.cn/xinwen/2021-10/28/content_5647458.htm

3.2 充电标准现状研究

3.2.1 国际标准

当前国际充电标准以中欧美日为主要应用区域，国际充电标准技术参数总结如表 3-7 所示。未来国际兆瓦级充电标准将支撑商用车充电时间大幅减少，提高充电速度。

表 3-7 国际充电标准技术参数总结表

车辆类型	充电标准	开始时间	主要地区	应用标准	电压(V)	电流(A)	功率(kW)	
交流	J1772	2009	日本、北美	SAE J1772	240(Level2)	80(Level2)	7.7(Level2)	
	Mennekes	2013	欧盟	IEC 62196	400	63	25.2-43	
	GB/T (AC)	2015	中国	GB/T20234. 2-2015	440	63	22-27.72	
	CCS type1	2014	北美	SAE J3068	1000	400	150-400	
	CCS type2	2013	欧盟	IEC 62196	1000	400	350-400	
	轻型车	CHAdeMO	2010	日本、北美	SAE J1772 IEC 62196	1000	400	150-400
Tesla Supercharger		2012	北美	SAE J1772 IEC 62196	480 (Level3)	300 (Level 3)	120 (Level 3) -250 (Level 3)	
GB/T (DC)		2013	中国	GB/T20234. 2-2015	1000	250	125-250	
ChaoJi		2024	中国、日本	GB/T 20234 和 IEC 62196 (计划中)	1500	600	500-900	
交流		J3068	2018	北美	SAE J3068	1037.5	160	36-166
		MCS	2024	欧盟	IEC 15118-20	1250	3000	3750
重型车	Tesla Megacharger	2024	北美	NACS (计划中)	1000	最高达 1260A	1000+ (推测值)	
	ChaoJi	2024	中国、日本	计划中	1500	600	900	
	GB 2015+	2017	中国	计划中	1500	800	1000+	

我国充电标准体系与美国、欧盟、日本并列世界四大充电标准体系。标准未来发展方面，如表 3-8 所示，未来充电标准国际多方博弈，不同充电标准各自具有其优势和劣势。中国未来充电标准以 GB 2015+标准和 ChaoJi 标准为主要趋势，目前阶段二者仍存在一定争议和讨论，有待进一步权衡比较，暂未形成统一的发展方案。

表 3-8 四大国际未来充电标准体系

标准名称	标准设立组织	优势	劣势
兆瓦级充电系统 (MCS)	欧洲 CharIN	超高功率水平、充电速度快、充电效率高	快充安全性需要保障、升级大功率带来热管理问题、电池性能的适配性问题、电网对超充的承受能力
特斯拉北美充电标准 (NACS)	特斯拉	尺寸小、充电速度快、效率高、整合交直流、不受通信协议限制、电动车和充电桩数量多、占优势	无法兼容三相交流电（欧洲中国推广困难）
ChaoJI	中国（国网牵头） +日本 CHAdeMO 联合制定	技术先进、向前和向后兼容性、增强充电安全性、提升充电功率、利于统一国际标准	现有存量车和桩的兼容性，推广成本高，开发及投资成本高、落地困难
GB2015+	中汽研、汽标委牵头	具备和前置标准的延续性，标准开发成本低；车桩端更新投入成本低，国内推广容易	和国际标准兼容能力较低，国际间推广难度大

3.2.2 国内标准

在充电标准领域方面，如表 3-9 所示，我国目前已形成涵盖充电接口、充电系统与设备、通信协议、电气标准等全方位的充电标准体系。商/乘用车共用一套统一的充电标准体系。

表 3-9 我国充电标准体系

标准领域	标准编号	标准名称
充电系统与设备标准	GB/T 18487.1-2015	电动车辆传导充电系统
	GB/T 18487.2-2017	电动汽车传导充电系统
	GB/T 29316-2012	充换电设施电能质量技术
基础类标准	GB/T 31525-2015	图形标志 电动汽车充换电设施标志
	GB/T 29317-2021	电动汽车充换电设施术语
电气标准	GB/T 40432-2021	车载充电机
	GB/T 18487.4	车辆对外放电要求
	QC/T 1088-2017	电机控制器技术
充换电接口标准	GB/T 20234.1-2015、 GB/T 20234.2-2015、 GB/T 20234.3-2015	传导充电连接装置
	GB/T 27930-2015	传导式充电机与电池管理系统通信协议
	GB/T 32896-2016	电池动力仓
	GB/T 32879-2016	电池箱连接器

在换电标准领域，如表 3-10 所示，我国正在加快推进换电标准体系建立，当前规划形成了以安全性、互换性、使用性为研究内容的

换电标准体系。我国分乘/商用车、分场景、分阶段并行设立换电标准。

表 3-10 我国换电标准体系建设进展

标准研究内容	标准名称	标准研究进度
换电安全性	GB/T40032-2021 (M1 乘用车) 电动汽车换电安全要求	乘用车换电安全性国标已发布
	《纯电动商用车换电兼容性测试规范》	乘用车换电安全性行业标准建设中
换电互换性	GB/T 32879-2016 电动汽车更换用电池箱连接器通用技术要求	国家标准修订中
	GB/T 32895-2016 电动汽车快换电池箱通信协议	
	GB/T 29772-2013 电动汽车电池更换站通用技术要求	
	GB/T 33341-2016 电动汽车快换电池箱架通用技术要求	行业标准报批阶段
	QC/T 《纯电动商用车车载换电系统互换性》	
QC/T 《纯电动商用车换电通用平台》	行业标准报批阶段	
	TB 《电动中重卡共享换电车辆及换电站建设技术规范》	团体标准已发布
换电使用性	宜宾市换电地方标准	地方标准已发布（宜宾）

3.3 商用车充电市场运营现状研究

按照充电用户的行驶特征，可以将电动商用车的补电场景分为私人充电桩、专用场站、公用场站和换电站四种场景类型。

其中，私人充电桩存在小部分城市物流车辆在社区安装私人充电桩进行充电的情况；专用场站的建设节奏与车端电动化水平相匹配，其装机功率普遍大于 120kW，充电行为受分时电价等电网调控政策的影响较大；公用场站市区公用充电场景下的设施供给结构不及用户需求，运营水平受场站位置的影响较大，高速公用充电场景在高峰时期的服务能力不足，并且目前公用场站对电动重卡的服务能力几乎为 0；重卡换电站当前在港口运输场景发展成熟，各家运营商正积极探索公路沿线公共换电站的建设运营路径。

3.3.1 专用场站

目前行业内暂无商用车充电基础设施的数据集，研究组对五家运

营商的公共充电场站信息应用关键词提取的办法，初步形成了我国商用车公共场站数据集。

其中，样本数据集²⁸共包括 2,481 个商用车公共充电场站，共计 41,939 台充电桩。如图 3-1 所示，公交领域的电动化建设水平相对较高，物流场景下的充电桩数量次之，重卡充电基础设施的建设初步取得了一定成果，目前已建成了 2,200 台公共充电桩。专用场站的建设节奏与车端电动化水平相匹配。

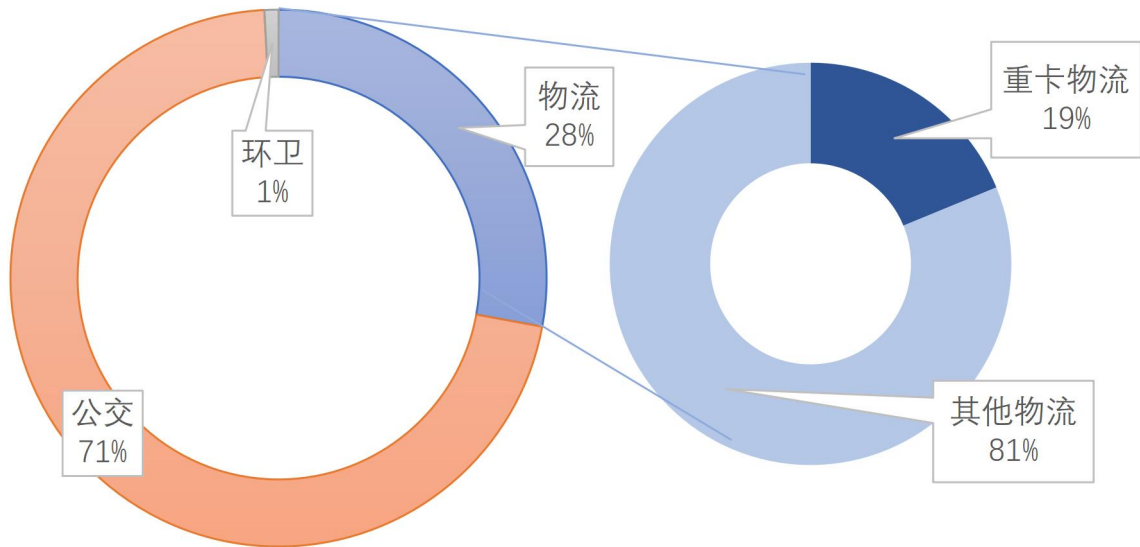
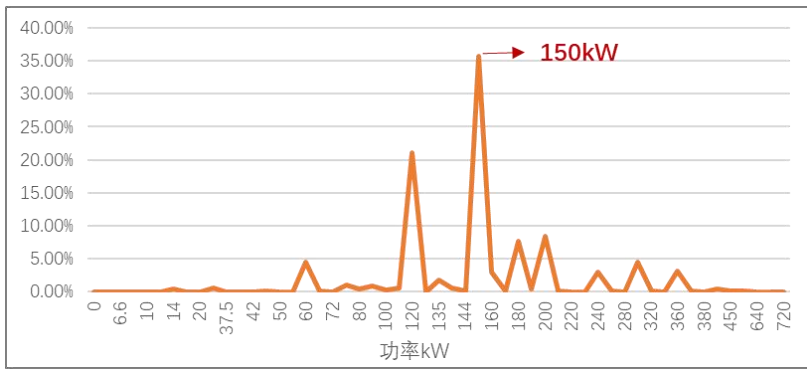


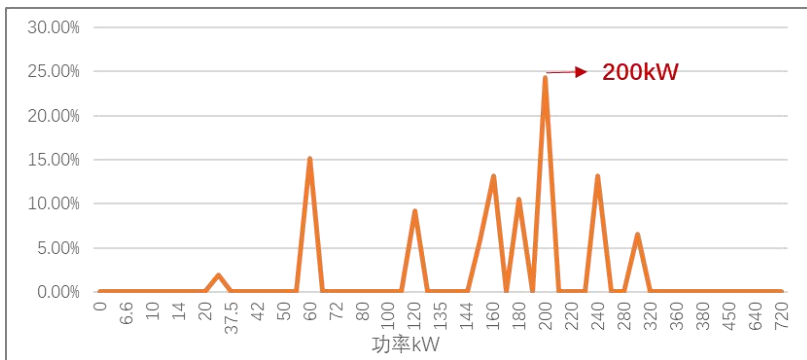
图 3-1 商用车公共场站场景分布

充电量作为决定充电场站业务收入的重要指标，由场站装机总功率（设备规模）和功率利用率(设备使用效率)决定。如图 3-2 所示，专用场站的专用桩功率普遍大于 120kW，其中重卡专用站充电桩功率普遍超过 240kW。

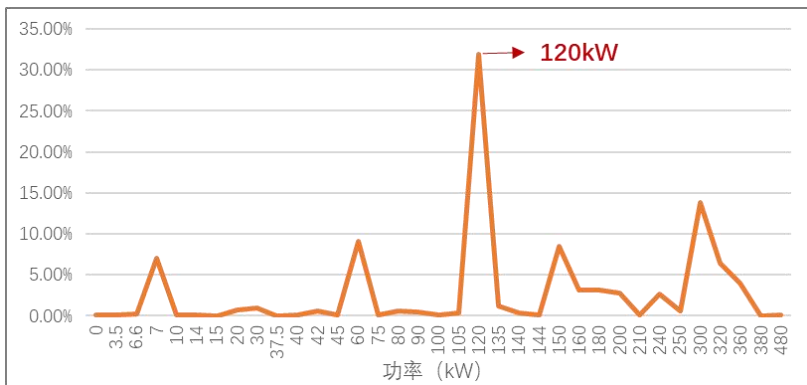
²⁸ 数据来源：中汽数据有限公司，数据集包含国网电动、特来电、星星充电、小桔充电和云快充，截至 2023 年 Q1。



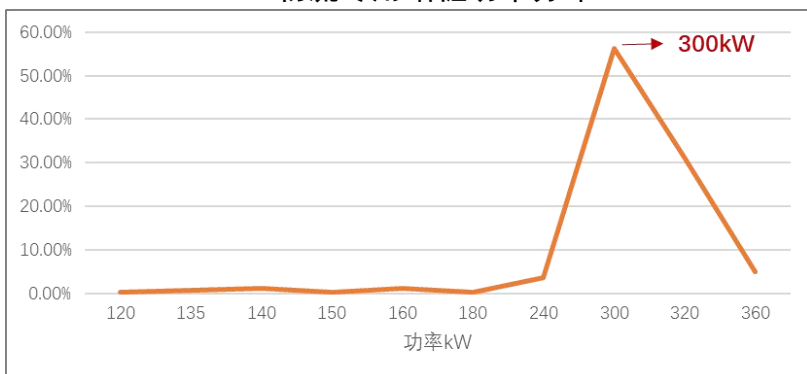
a. 公交专用站桩功率分布



b. 环卫专用站桩功率分布



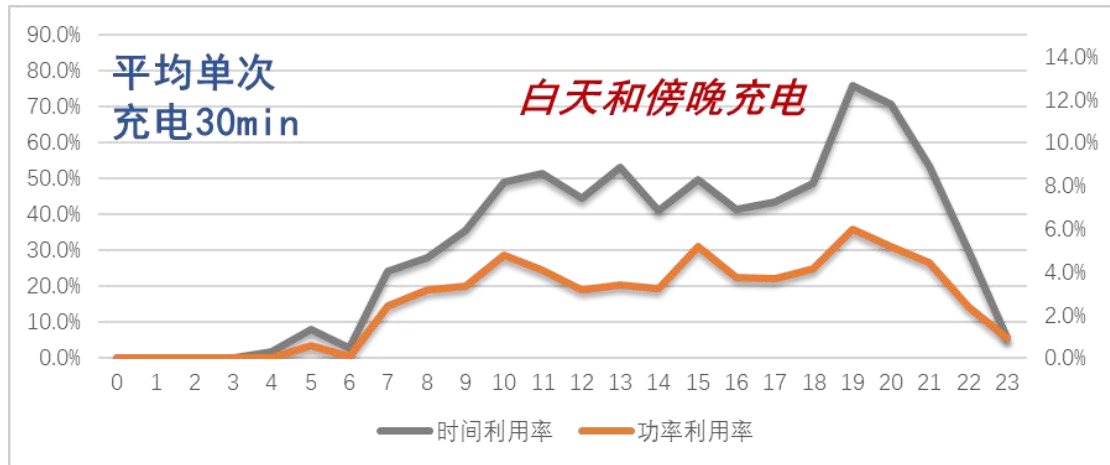
c. 物流专用站桩功率分布



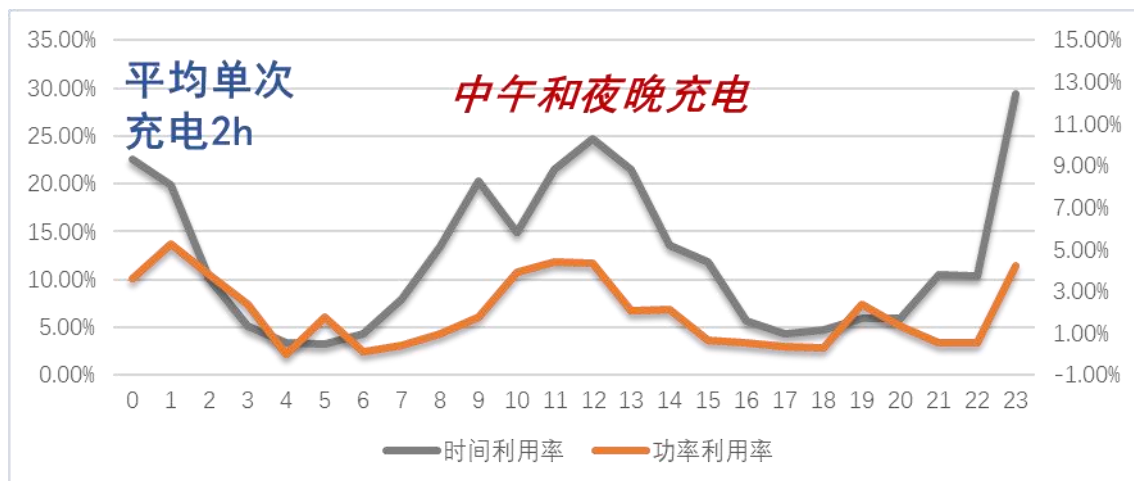
d. 重卡专用站桩功率分布

图 3-2 专用站功率分布分布

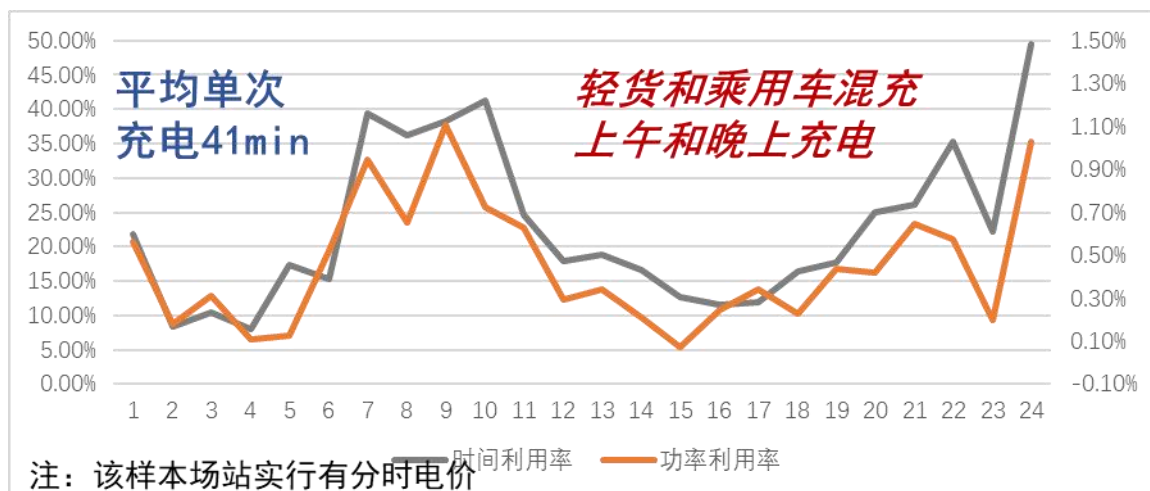
如图 3-3 所示，专用场站中专用桩的 24 小时充电利用率分布特征与服务车型停放特征及单次充电时间紧密相关。



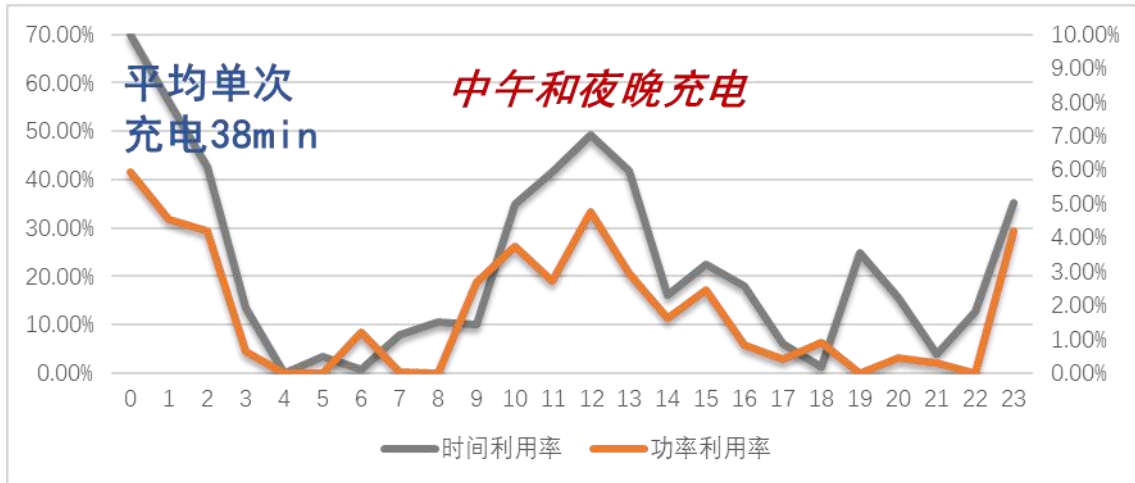
a. 公交专用站桩 24H 利用率分布



b. 环卫专用站桩 24H 利用率分布



c. 物流专用站桩 24H 利用率分布



d. 重卡专用站 24H 利用率分布
图 3-3 专用站桩 24H 利用率分布

分时电价政策可以有效影响充电行为，公交等固定行程的车辆在停放时间内可随之调整充电策略。如图 3-4 所示，济南公交朱庄站内未设置分时电价，充电价格为 1.18 元/度，设有三个充电桩，充电桩为 240kW 双枪充电桩，共计 6 个充电枪。不考虑价格的充电高峰与公交营运时间较为贴合，具有较强的规律性。如图 3-5 所示，江苏省泗阳县爱园镇的公交车站采用分时电价，使用一拖 8 分体式 360kW 充电桩，共计 8 个充电枪。在谷时电价（凌晨 1:00-早上 8:00）充电，白天在平时电价充电（中午 11:00-晚上 18:00），在峰时电价（晚上 18:00-22:00）不充电。设置分时电价后，充电行为会受分时电价的影响从而具有较强的价格敏感性。

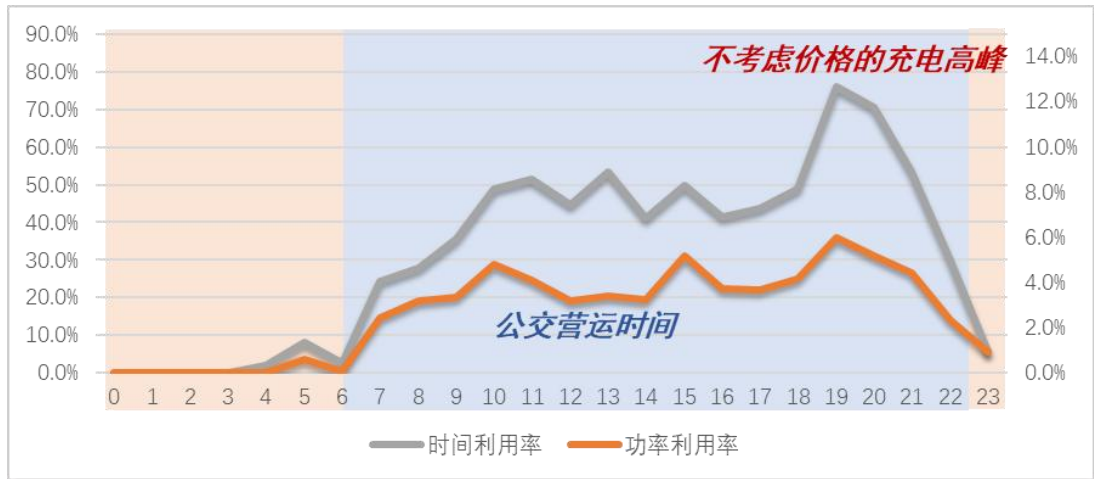


图 3-4 济南公交专用站利用率分布（未设分时电价）

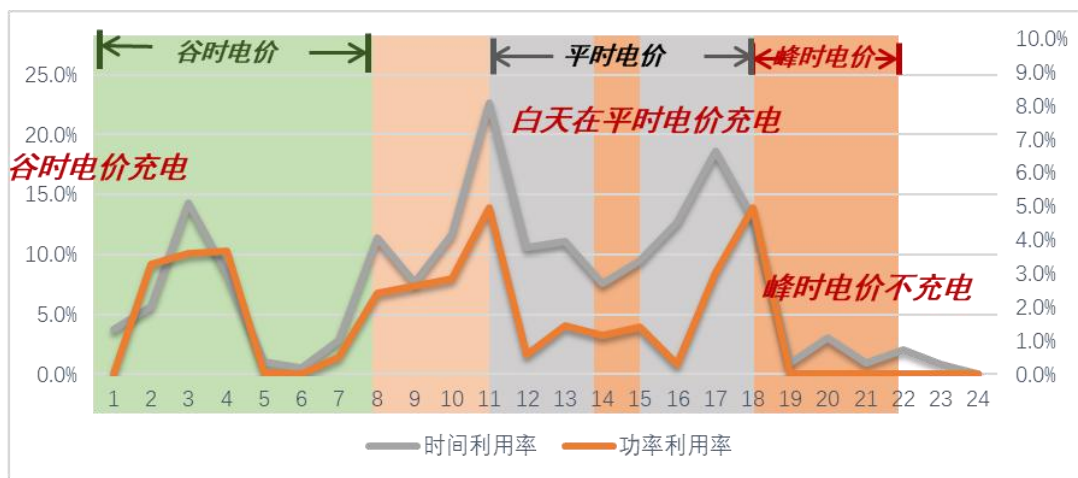


图 3-5 江苏泗阳县公交专用站利用率分布（设分时电价）

重卡的充电行为规律主要集中在中午和凌晨，分时电价削峰效果更为显著。如图 3-6 所示，新疆精河县羿博岩土重卡充电站未设置分时电价，有两台充电桩 240kW 双枪充电，充电价格为 0.58 元/度。石家庄敬业集团电动重卡充电站设置分时电价，采用 10 台充电桩 360kW 双枪充电，其利用率分布如图 3-7 所示，具有较强的价格敏感性。

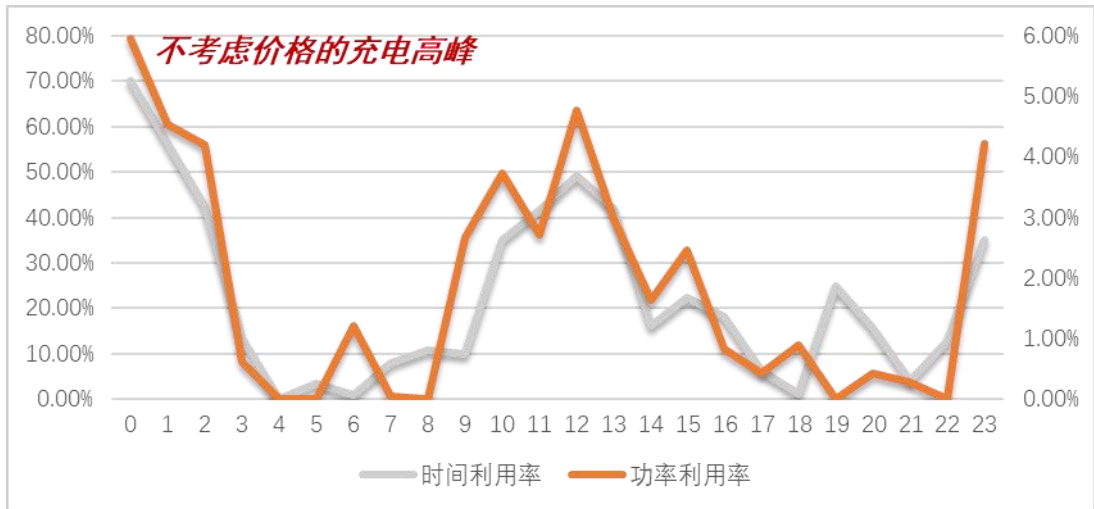


图 3-6 新疆-精河县羿博岩土重卡专用站利用率分布 (未设分时电价)



图 3-7 石家庄敬业集团电动重卡专用站利用率分布 (设分时电价)

3.3.2 公用场站

当前公用场站充电设施供需结构不匹配，市区公用充电场景用户对直流桩的倾向性较强。然而当前市场设备多为交流桩，存在供需不平衡的问题。在需求侧，如图 3-8 所示，结合用户调研，当前快充桩数量不足、充电网络分布不均为用户关键痛点。在供给侧，如图 3-9 所示，当前公用桩仍以交流桩占比较多。市区公共充电设施供给结构无法满足用户需求，呈现供需结构不匹配的特点，未来市区公用直流桩的建设仍需加强。

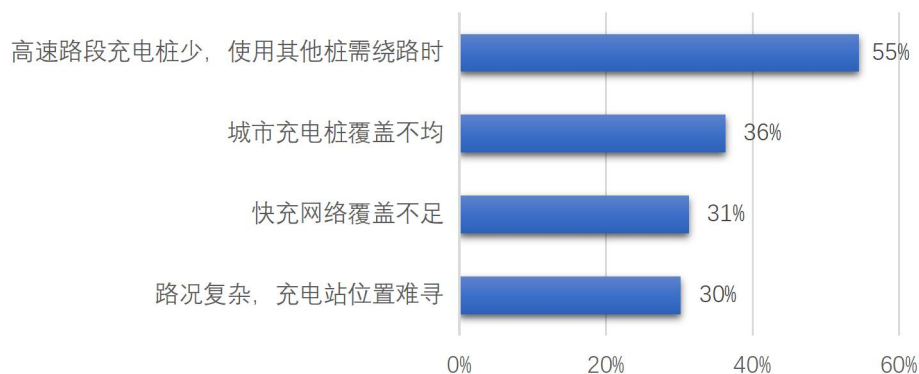


图 3-8 公桩用户痛点调研结果²⁹

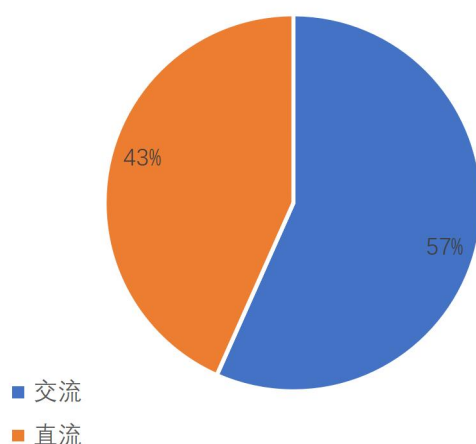


图 3-9 充电桩保有量占比³⁰

公用场站运营水平受地理位置的影响较大，如图 3-10 所示，不同城市政策、市场环境各异会导致公用场站运营水平出现差异；如图 3-11 所示，同一城市细分场景间的充电行为也表现出差异性。

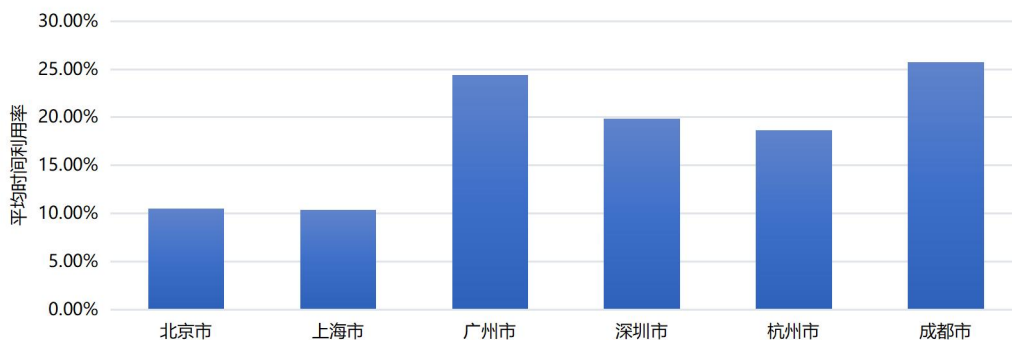


图 3-10 不同城市的市区公共充电场景用户表现

²⁹ 数据来源：2023 年 7 月《新能源车主充电体验调研报告》

³⁰ 数据来源：中汽数据有限公司

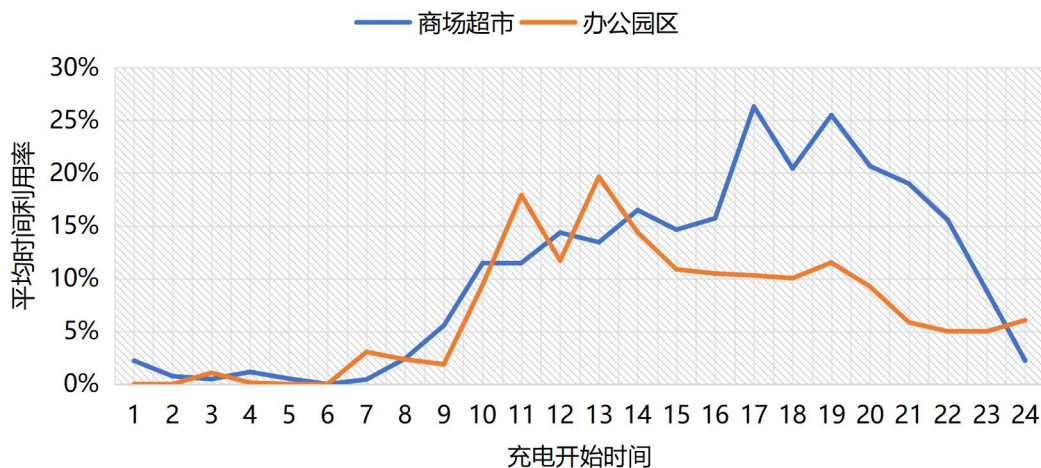


图 3-11 市区公共充电细分场景间的用户表现存在差异³¹

市区内网约车、厢式物流车流动性强。截至 2022 年底，我国厢式物流车保有量约 53 万辆，其中 31.5% 为纯电动车型。乘用车如网约车等经营车辆在公用场站进行充电的保有量约为 168.3 万辆，约占公用场站全部充电车辆的 91%；商用车如小货车等可在公用场站进行充电的保有量约为 16.7 万辆，约占 9%。公用场站的乘商混充呈现“九一分”态势，商用车仅占不到一成。

2022 年 8 月，交通运输部、国家能源局、国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司四部门联合出台《加快推进公路沿线充电基础设施建设的行动方案》及《公路服务区充电基础设施建设指南》，共同推动公路沿线充电基础设施“三步走”建设目标：

第一阶段，到 2022 年底前，全国除高寒高海拔以外区域的高速公路服务区能够提供基本充电服务，实现高速覆盖。

第二阶段，到 2023 年底前，具备条件的普通国省干线公路服务区(站)能够提供基本充电服务，实现公路覆盖。

第三阶段，到 2025 年底前，高速公路和普通国省干线公路服务

³¹ 数据来源：北京市某运营商部分乘用车充电场站数据

区(站)充电基础设施进一步加密优化，农村公路沿线有效覆盖，基本形成“固定设施为主体，移动设施为补充，重要节点全覆盖，运行维护服务好，群众出行有保障”的公路沿线充电基础设施网络，进一步加密优化。

现阶段政策在设施布局方面，实际安装充电基础设施的车位不少于4个，电动汽车保有量较大地区周边服务区应不少于8个，具备条件的高速公路停车区可参照执行。政策优先布局快充设备，适当布局大功率充电设备。

如图3-12所示，截至2023年6月，近九成高速公路服务区已覆盖充电设施，平均单站建设3台充电设施，高速公路充电桩占全国公桩比例不足2%³²。我国高速公共充电建设布局当前仍无法满足用户充电需求。特别是节假日期间，充电排队问题频上“热搜”。在服务车型方面，当前高速公路服务区充电未考虑干线运输重型货车的充换电需求，仍仅以满足小客车的充电需求为主³³。

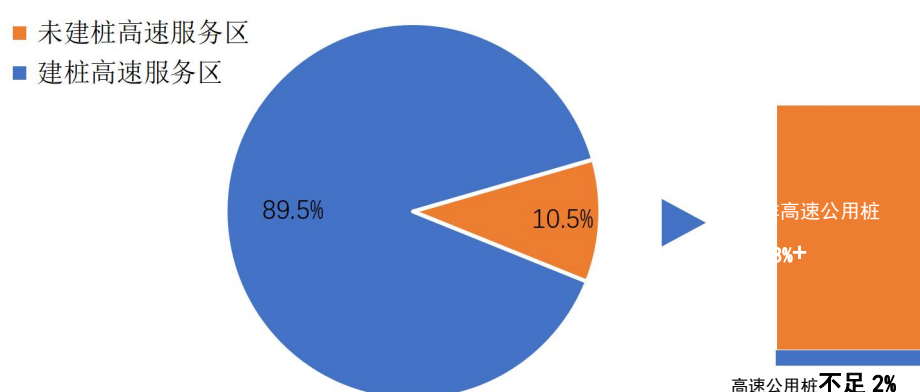


图 3-12 全国高速公路服务区建桩服务区覆盖情况（截至 2023 年 6 月）

如图 3-13 所示，国家电网目前在全国高速公路沿线平均 120 公

³² 数据源于交通运输部 7 月份例行新闻发布会

³³ 交通运输部路网中心

里建设一个充电站，单站平均建设 4 台充电桩，主要分布在河北、山东、浙江等电动汽车发展较为领先的地区。



图 3-13 国家电网高速充电桩布局情况³⁴

在运营方面，如图 3-14、图 3-15 所示，当前高速公共充电运营受节假日影响，充电“潮汐现象”严重。工作日充电桩利用率低；节假日充电车辆集中，个别服务区时间利用率高达 63.8%，排队时间长。

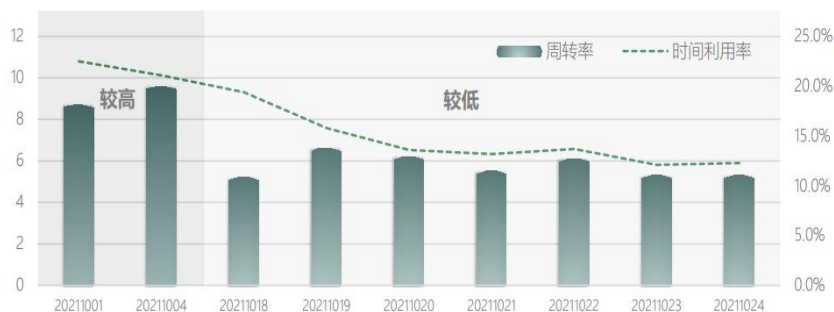


图 3-14 长三角城际高速沿线充电站特征日周转率和时间利用率对比³⁵

³⁴ 国网智慧车联网有限公司

³⁵ 住房和城乡建设部等.《中国主要城市充电基础设施监测报告》.2022 年 6 月

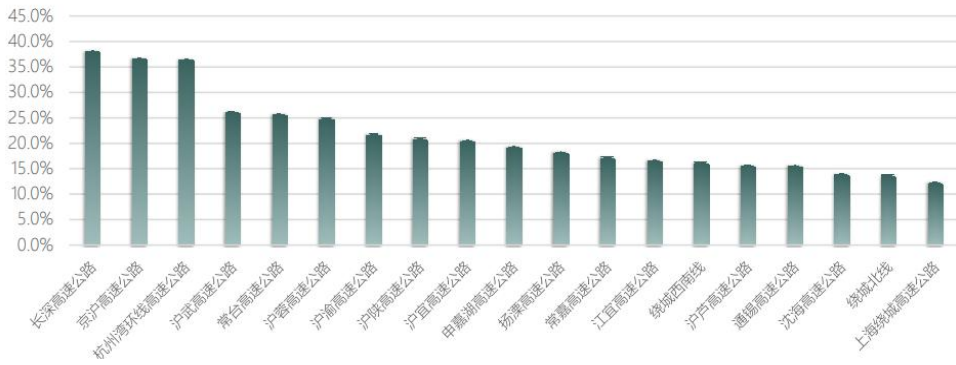


图 3-15 长三角典型城际高速段国庆假期充电桩时间利用率对比

当前电动商用车高速充电站建设面临“不可追溯、扩容难、成本高、协调难”等问题。

首先，政策完成情况不可追溯。当前充电行业数据统计维度少、数据质量欠佳，无法准确追溯既有政策落实完成情况。未来可基于国家充电平台，构建重点场景充电基础设施监管与运营服务平台，解决短板充电场景发展瓶颈问题，实现公路沿线充电运营平台建设实现政策“可追溯”。

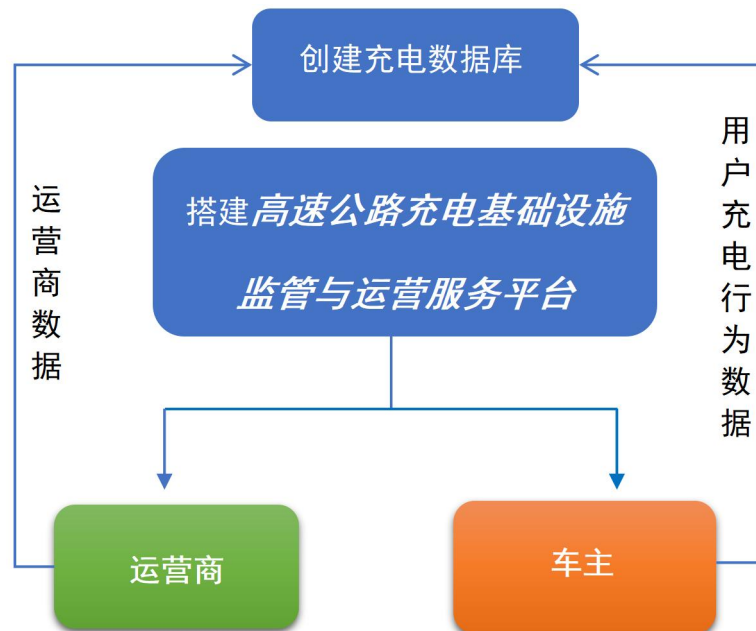


图 3-16 高速公路充电基础设施监管与运营服务平台

其次，电网扩容存在较大困难。预计 2025 年电动商用车高速充

电站造成的电网负荷约增加 129MW,到 2035 年再增加约 13,622MW,会对电网造成较重负担。分体式充电机、智能充电岛等柔性充电产品可实现功率柔性分配,集成一把大功率充电枪和若干快充枪,有望实现“节假日充乘用车,工作日充商用车”。此外,移动充电设施、风光储充一体新模式、车网互动等新技术和新模式也是市场探索解决商用车公路沿线充电问题的热点话题,解决高速商用车充电“扩容难”问题。

另外,建设成本高阻碍商用车充电站建设发展。为满足 2035 发展目标,大功率充电桩的应用以及公路充电基础设施数量提升,假定在公路沿线为商用车充电扩容。保守预计资金需求按照 2500 元/kW,前期扩容成本将高达 344 亿,建设总成本超 478 亿,资金问题亟待解决。当前,高速充电产业仍是国有企业引领。社会资本如宁德时代等电池公司也着手布局,积极扩大合作。政策引导社会资本进入有助于产业快速发展。通过政府补贴引导新模式、新资本进入该场景,解决高速充电站“成本高”问题。

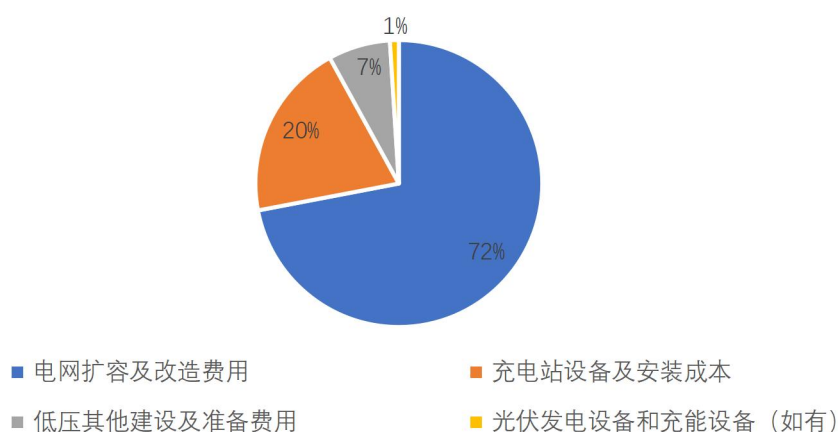


图 3-17 充电桩建设成本构成

高速公路沿线充电场站建设还面临多方协调困难问题。高速公路

充电基础设施建设涉及公路集团、电网企业、充电运营商等多方主体，各地区建设牵头单位各异，各地区、各主体之间资源协调存在难度。未来需要进一步加强合作，共同探索公路沿线新的充电技术和充电新模式。

3.3.3 重卡换电站

据调研，当前重卡换电站主要分布于矿山、钢厂等大宗商品生产地，相较于高速公路情景，港口运输情景发展更为成熟。



图 3-18 专业服务港口的换电站数量及分布³⁶

其中，高速干线的重卡换电站发展处于起步阶段。如图 3-18 所示，仅有福州潭头高速³⁷、成渝高速³⁸部分建成投运，沈海高速³⁹即将

³⁶ 资料来源：中汽数据有限公司专家调研

³⁷ 福建高速：为往返宁德、厦门之间的电动重卡换电服务。首期于长乐服务区和洛阳江服务区投运 4 座（潭头高速 2023 年 5 月投运）

³⁸ 成渝高速：为全国首座高速公路重卡充换电一体站，新建 6 座重卡换电站，24 小时最高换电 168 次，平均 150 公里布局一座。（2023 年 2 月已投运 4 座）

投用。由于场地费用和电网扩容等费用高昂，目前高速干线换电站多布局于高速下道口位置。

多地政府及企业关注其发展，谋划布局的同时也在积极解决换电标准不统一、互换性差等技术问题。目前，江苏、川渝、京津冀等多地、中石油等多家企业都在关注重卡高速换电站的发展。其中，江苏已与电投易充合作探索高速配套光伏风电充电站模式，同时设立地方标准着手解决商用车互联互通问题。

3.4 商用车充电产品技术研究

3.4.1 充电产品

欧美充电设施具有“一桩多标准接口”的特点。由于接口标准不统一，欧美市场存在一个充电设施上存在不同标准接口的情况，即 1 个 EVSE 对应 2 个枪（2 个枪不能同时使用），这对商用车来说更为不方便。



图 3-19 欧美充电设施“一桩多标准接口”⁴⁰

中国充电堆产品在商用车专用充电场景广泛应用。柔性充电技术是将全部或部分充电模块集中在一起，通过功率分配单元按电动汽车

³⁹ 沈海高速 2023 年 8 月投运

⁴⁰ 资料源于 ICCT&中汽数据有限公司联合研究《中国及全球公用充电桩建设进展初探》2022.12

实际需要充电功率对充电模块进行动态分配的充电技术。其具有柔性投切、安全保障、配置灵活和运营增收四大优势。我国充电堆产品通过功率共享可提高公交、物流等场景下专用桩的补电效率。与欧美多标准并行不同，我国普遍采用 GB/T 2015 标准的充电产品，柔性充电技术产生的充电堆产品是我国充电产品的独特之处，广泛应用于电动乘用车社区充电、电动公交及物流等专用桩充电场景。

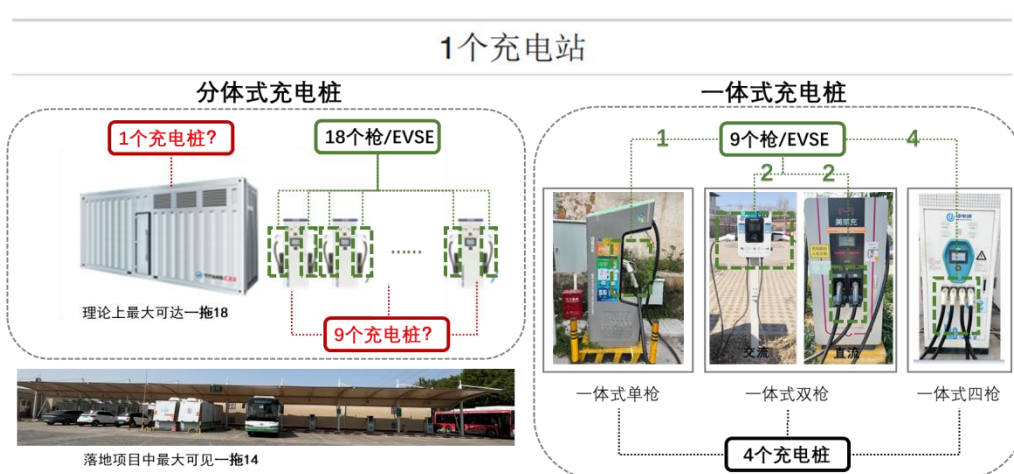


图 3-20 中国充电堆产品示意图

3.4.2 充电技术

充电领域国内外未来技术趋势可从兆瓦充电、换电、光储充/换、车网互动（V2G）和电气化公路等方面展开。这些技术旨在提高商用车充电的快速性、电网友好性和便捷性，随着技术进步和商用车电动化的推进，将得到进一步的发展和应用。

（1）兆瓦充电

兆瓦级充电在商用车领域的主要应用对象是物流行业的卡车等。根据欧洲重型车辆倡议书，用户友好且快速的大功率充电是提高商用车领域电气化的关键所在。为了满足在合理时间内为重型车辆补电的市场需求，兆瓦级快充（MCS）是一种必要的大功率充电解决方案。

兆瓦充电致力于在不同国家统一充电基础设施和充电接口的同时，保持重型车辆的多样性。重型车辆根据不同的使用强度来配置不同的里程，围绕配电和储能网络构建快充系统。未来的重卡充电站须提供兆瓦级或更高的快充功能，覆盖 6-8 级卡车等商用充电需求。兆瓦级快充技术支持充电功率高达 3.75MW，是目前 500kW 轻型快充技术充电功率的 7 倍。

(2) 换电

换电技术指电动汽车在充换电站更换动力电池进行电能补给的模式，一般包含对电池的集中充电和储存、电池更换及换电服务等环节，也可称为“车电分离”模式。当前换电主要有三种技术方案，如表 3-11 所示，分别为顶式换电模式、整体单侧换电模式和双侧换电模式。

表 3-11 我国换电标准体系建设进展

	顶式换电模式	整体单侧换电模式	双侧换电模式
换电站站体高度	大于车辆高度 (>6m)	与车辆等高 (<4.5m)	与车辆等高 (<4.5m)
占地面积 (m ²)	200	200	>300
换电时长	3~5	3~5	<5
定位方式	减速带机械定位	激光雷达+视觉传感	激光定位
成本	控制系统成本低	控制系统成本高	双机器人成本高
代表企业	上海玖行能源	金茂科易	国家电投

商用车领域，重卡换电技术在标准和地方政策的推动下取得了快速发展。车电分离的商业模式与换电的技术相结合，可以破解重卡等商用车电动化的困局。

（3）光储充/换

技术较为成熟且贴近商业化应用的“光储充放”（分布式光伏发电、储能系统、充放电）一体站，是目前新能源汽车“绿电”领域中试点投运最多的项目，被行业内视为破除新能源汽车产业发展瓶颈的重要抓手。随着新能源汽车的持续推广，“光储充”一体站的功能将并不局限于运营。未来，规模可观的新能源汽车所携带的电池资产将作为微型储能系统在整个电力系统中充当重要角色。

“光储充”一体化适用于大型集中式快充站、工商业园区、商用住宅等场所，通过光伏发电和储能优化能源配置从而减少用电成本。在高速公路服务区及高速公路沿线建设“光储充”一体化电站也成为新的发展方向。可以充分利用现有路侧空间布置光伏发电和储能系统，为绿色智慧交通发展提供清洁能源保障。2022年4月20日，由星星充电主导打造的常州市行政中心“光储充放”一体化充电站正式启用，旨在打造公共领域新能源停车场示范站点，引导全社会形成节能低碳的良好氛围，引领“双碳”先锋之路。

相较“光储充”方案，“光储充换”方案的功能更强大，能够将储能与换电版商用车型进行结合，形成“储+换”单元，直击市场痛点。储电柜可作为储电单元，换电版车辆可即时获取满电的续航电池。吉利商用车“光储充换”项目打破了常规单一的削峰填谷作用，为“车电分离”的远程城市物流车提供了应用场景。换电版车型所提升的即时续航里程，也极大地缓解了用户的里程焦虑。

（4）车网互动

车网互动 V2G 技术的核心思想是利用大量电动汽车的储能源作为电网和可再生能源的缓冲。当电网负荷过高时，由电动汽车储能源向电网馈电；当电网负荷低时，用来存储电网过剩的发电量，避免造成浪费。通过这种方式，用户可以在电价低时，为电动汽车进行充电；电价高时向电网售电，从而使用户获得一定的收益。V2G 技术对于拥有大量商用车的城配物流企业而言无疑是巨大利好，企业可以降低日常运营成本，在夜晚电价较低时进行充电，白天完成运输任务后再选择晚上 19~20 点电价巅峰时段将剩余电量卖给电网，赚取差价，提升企业运营利润。

2021 年，比亚迪英国公司宣布与 Alexander Dennis Ltd (ADL) 建立合作伙伴关系，并提供 28 辆比亚迪双层电动巴士，该车支持大功率 V2G 技术。比亚迪将在 5 年内陆续交付多达 5000 辆支持 V2G 技术的比亚迪中型和重型纯电动汽车，成为中国商用车领域首家商业化落地 V2G 技术的公司。

(5) 电气化公路

电气化道路系统 (Electric Road System, ERS) 的原理类似于有轨电车，将道路连接到电网中，在车辆行驶的同时充电。ERS 系统可以将道路运输从依赖化石燃料转为可再生能源。道路和车辆之间的电力传输主要有传导式和感应式两种方式。传导式电力传输是基于道路和车辆之间的物理连接，通过架空电力线传输和将车辆连接到道路上方的接触网，并通过受电弓传输电力。而感应式是通过道路和车辆之间的磁场进行的无线电力传输。

架空导电线技术是一种较为成熟的技术，已经在全球多地铺设试验段。与轨道式和感应式技术相比，可以减少道路基础设施的改造，只改造车辆上的受电弓，即可连接到架空导电线。但这种技术由于线路和受电弓之间的距离要求车辆有一定的高度，目前只有卡车和公共汽车可以使用，

2023年3月28日，国内首条电气化公路试验线在株洲正式启动⁴¹，该电气化公路试验线由三一集团、中车株洲所、清华大学等共同研制开发。该示范线为双向两车道，道路宽7米，架设53根组立支柱、1.8公里接触网及1处箱式变电站。线路涵盖直线、弯道、坡道、凹凸路面、涉水试验区等多种路况，为测试车辆性能、系统可靠性提供丰富的模拟场景。该试验线是我国商用车领域电气化公路的首次尝试，填补了我国电气化公路领域的空白，开辟未来新能源重载公路货运的新路径。

⁴¹ <https://www.sanygroup.com/activity/12184.html#:~:text=>

第四章 电动商用车充换电基础设施需求预测研究

4.1 充电设施预测模型

4.1.1 模型简介

本研究中构建的商用车充电基础设施预测模型基于真实的车辆行为特征分布,在保证商用车能量需求得到满足并使充电基础设施运营商具备盈利能力的前提下,对未来商用车充电基础设施的需求数量进行预测。本研究中充电预测模型逻辑如下图 4-1 所示。



图 4-1 商用车充电基础设施发展预测模型

如图 4-1 所示,本研究的预测模型基于充电能量供需平衡的原则,预测流程可分为两个大步骤,分别为:电动商用车充电能量需求预测以及电动商用车充电基础设施保有量预测,各步骤具体内容如下:

①基于以日行驶里程分布为主的车辆行为特征数据,在预测的各场景充电车辆的保有量水平下,逐车抽取日行驶里程,并结合各场景车端的技术参数,计算对应日行驶里程下的日总能量需求,形成场景的一日的总能量需求分布。

②结合未来充电技术发展趋势,设定“标准桩”用于模型预测,根据设定的充电决策规则,将步骤①中预测的总能量需求分配到设定的各类标准桩上,随后根据设定的时间利用率计算各类充电设施日供

能水平，与各类标准桩上分配的日能量需求计算即可得到各类充电基础设施的保有量预测结果。

在上述的两个大步骤中，涉及的输入变量主要包括六类：

（1）车端预测值：各场景的充电商用车的保有量预测结果，是能量需求预测的基础，各场景充电商用车保有量预测结果承接相关前置课题的研究成果；

（2）车辆行为特征：车辆驾驶行为相关的参数分布，用以仿真车辆的真实驾驶行为，其中，日均行驶里程分布是最核心的参数，当前研究中所分析的三情景采用相同日均行驶里程分布；

（3）车端技术参数：车辆电耗水平和车辆电池容量，用以支撑能量需求预测；

（4）桩端技术参数：本研究考量行业发展现状和充电技术发展趋势，从技术的维度设定了三类标准桩，功率水平分别为：120kW、480kW 以及 1000kW。同时，模型也考量了充电效率的影响，结合行业现状及发展趋势，为各标准桩设定了充电效率。

（5）利用率：充电桩的平均时间利用率水平，用以计算各类充电桩日供能水平，本研究中各情景采用了统一的利用率设定。

（6）充电决策规则：充电决策规则代表了用户对不同类型充电桩的选择，充电决策规则输出结果即是各标准桩上的能量需求分配比例，各预测情景生成该比例的方式有所差异，下图 4-2 为基准情景的充电决策规则样例。

2025年	行程未结束时,不同SOC水平下对各桩选择比例				
城际物流	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
快充桩	38.10%	19.05%	23.81%	38.10%	47.62%
超充桩	33.33%	61.90%	66.67%	38.10%	9.52%
兆瓦级桩	28.57%	19.05%	9.52%	23.81%	42.86%

2025年	全部行程结束时,不同SOC水平下对各桩选择比例				
城际物流	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%	100.00%
快充桩	47.62%	42.86%	19.05%	38.10%	47.62%
超充桩	23.81%	38.10%	52.38%	33.33%	23.81%
兆瓦级桩	28.57%	19.05%	28.57%	28.57%	28.57%

2025年	行程未结束时,不同SOC水平下对各桩选择比例				
倒短运输	0-20%	20-40%	40-60%	60-80%	80-100%
快充桩	60.00%	40.00%	0.00%	0.00%	20.00%
超充桩	20.00%	40.00%	20.00%	80.00%	0.00%
兆瓦级桩	20.00%	20.00%	80.00%	20.00%	80.00%

图 4-2 充电决策规则样例

4.1.2 预测情景设定

充换电设施的规模发展受下游市场化的用户选择与上游计划性的电网调控两方推拉的影响,用户倾向于选择高效的补电设施,电网倾向于获得平稳可调控的负荷,基于用户侧和电网侧双方博弈的结果,未来充电基础设施发展分为三个情景,如表 4-1 所示,场景间的差异体现在充电决策规则的不同。

表 4-1 模型情景设定对比

情景	低功率优先情景	基准情景	大功率优先情景
预测周期	2025 年、2030 年、2035 年商用车充电基础设施发展规模。		
假设前提	1.假设未来各场景下电动商用车日均行驶里程与燃油车相近; 2.未来年度电动商用车的出行行为特征不会发生重大改变。		
充电决策规则差异	能量需求优先分配低功率桩,以尽量降低上游电网端负荷压力	基于商用车现实补能诉求,并考量电网发展稳定性,构建基准情景的能量分配比例。	能量优先分配给大功率桩,以期提升下游用户端的充电的便捷度。
分析场景	全部商用车场景。	全部商用车场景。	中重卡物流场景 ⁴² 。此类场景电动化存在较大潜力空间,通过优先推动大功率桩部署,提高充电便利性,在用户侧推动场景电动化进程。

⁴² 中重卡物流场景指城际物流、干线物流、倒短运输

输出结果	该情景反映了大功率充电技术保守发展，优先发展低功率快充桩的状况下，未来商用车充电基础设施的规模。	该情景反映了大功率充电技术在贴近现实诉求的发展水平下，充电基础设施预期发展规模。	该情景下，大功率设施在基准情景的基础上将进一步发展和应用，用户充电便捷度大幅提升，可以从补能供给端拉动高潜力场景电动化进程。
------	--	--	--

(1) 低功率优先情景：

低功率优先情景面向全部商用车场景，预测各场景在 2025 年、2030 年及 2035 年这三个未来的时间节点上对充电基础设施的需求。该情景模型预测逻辑及输入变量与图 4-1 一致，图 4-3 是 2025 年城际物流充电基础设施需求预测的流程样例：首先，基于场景车辆群体的日均出行里程分布，结合各场景车辆的电耗，计算得出该场景一日总能量需求分布。随后，按照充电决策规则将该场景车辆的能量需求分配到各类标准桩上。最后，应用设定的利用率水平，推算出未来充电基础设施的需求数量。

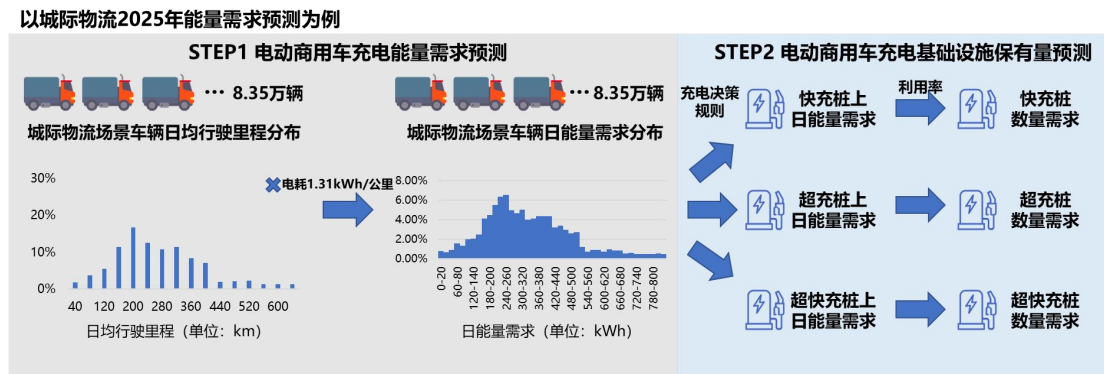


图 4-3 低功率优先情景充电基础设施需求预测流程样例

(2) 基准情景

基准情景基于商用车用户现实补能诉求，并考量电网发展稳定性，形成各标准桩能量分配比例，其预测流程和输入变量与图 4-3 基本保持一致，是低功率优先和大功率优先这两个极端情景的折衷，预测得到的充电桩构成规模和结构更加贴近现实需求。

(3) 大功率优先情景

大功率优先情景，以用户充电便捷最大化为目标，优先使用大功率桩，该情景预测方法主要针对城际物流、干线物流及倒短运输这类中重卡物流场景，此类场景电动化存在较大潜力空间，通过优先推动大功率桩部署，提高充电便利性，可在用户侧推动场景电动化进程。

大功率优先情景的预测流程整体与图 4-1 所示流程一致，为体现对用户充电便捷性最大化的决策倾向，在能量预测环节中，大功率优先情景在前述两情景的基础上细化了仿真颗粒度，即在保持与前述两情景日总能量需求分布相同的前提下，大功率优先情景对每一辆车一日内的全部行程逐段仿真，得到各段行程的电量情况以及停留时间等参数，随后基于电量和行程间的停留时间进行以充电便捷最大化为导向的充电决策，并将每次行程间可能产生的能量需求分配到各类标准桩上去。最后，模型将累计全部行程中产生的充电能量需求，应用设定的利用率水平进行充电基础设施数量需求的计算。

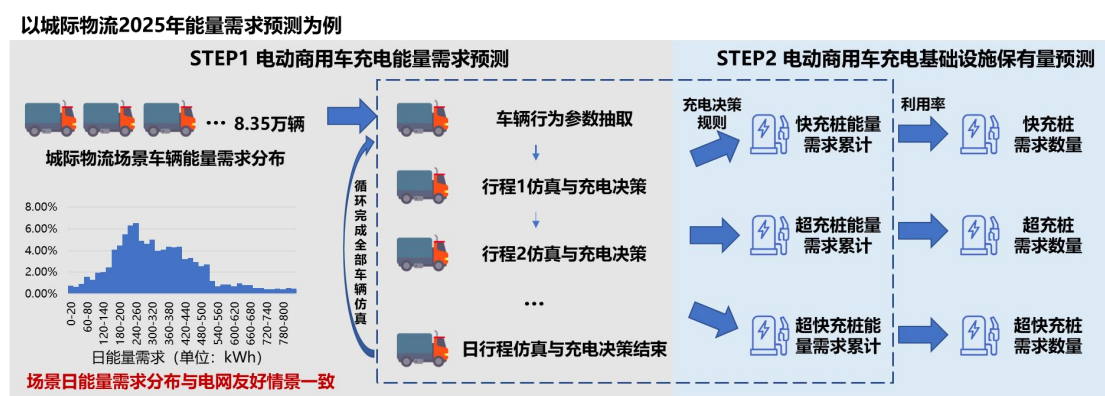


图 4-4 大功率优先情景充电基础设施预测流程样例

4.1.3 模型参数设定

充电基础设施预测模型共计包括六类输入参数，其中车端保有量预测值将在预测结果章节展开，其余五部分参数设定详情如下：

(1) 车辆行为特征

如图 4-5，三情景中日均行驶里程分布均为最重要的输入参数，日均行驶里程分布，基准情景考虑用户真实充电决策进一步输入开始充电 SOC 分布用以仿真决策过程，大功率优先情景为完成行程仿真与充电决策，进一步输入了：出行时间分布、开始充电 SOC 分布、停留时间分布、日均出行频次分布，各输入的行为特征分布如下图 4-6 所示：

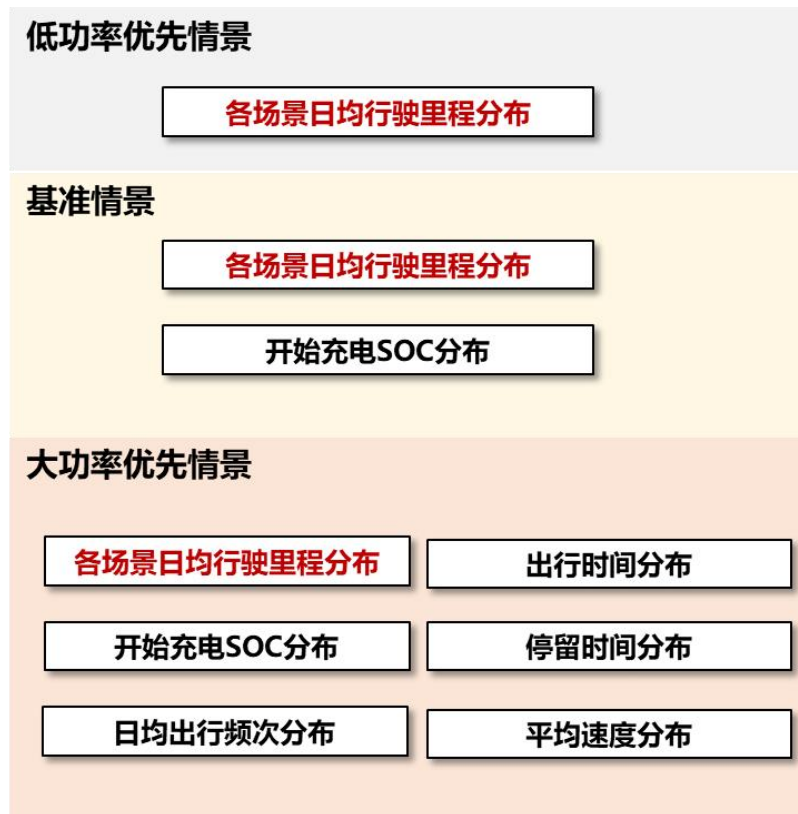
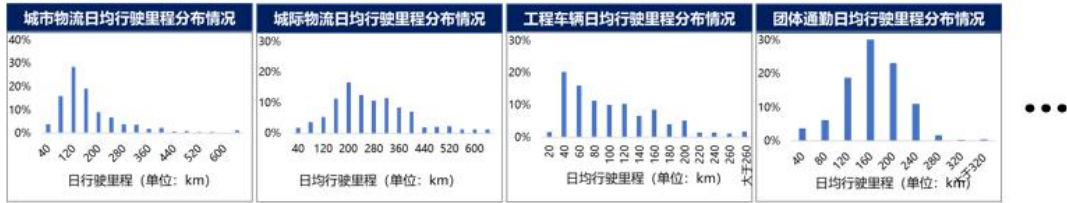
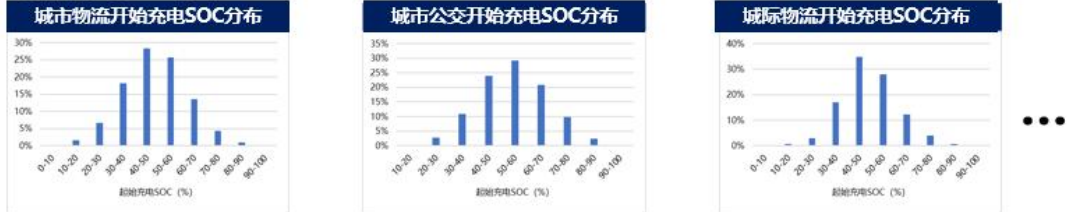


图 4-5 三情景车辆行为特征参数

日均行驶里程分布



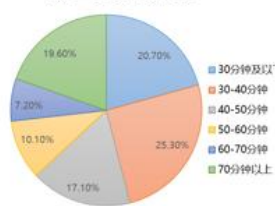
开始充电SOC分布



出行时间分布(以下以城际物流为例)



停留时间分布



日均出行频次分布

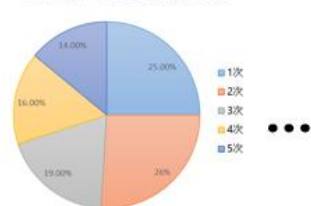


图 4-6 车辆行为特征分布数据

(2) 车端技术参数

模型中车辆技术参数主要指车辆总电量以及公里电耗水平，基于高销量车型参数，结合中汽数据相关研究，对十二个商用车场景的总电量及公里电耗未来发展水平进行了预测，如下表 4-2 所示：

表 4-2 商用车技术参数预测结果

商用车场景	2025 年	2030 年	2035 年	2025 年	2030 年	2035 年
	总电量(kWh)			公里电耗(kWh/km)		
城市物流	129	130	139	0.49	0.47	0.45
城际物流	292	318	344	1.39	1.32	1.26
干线物流	323	352	380	1.42	1.35	1.28
倒短运输	292	318	344	1.39	1.32	1.26
特定产品运输	126	138	149	0.53	0.52	0.51
工程用车	292	318	344	1.46	1.38	1.31
市政环卫	199	217	234	0.88	0.83	0.79

功能作业	193	210	227	0.42	0.40	0.38
团体通勤	211	230	248	0.72	0.69	0.66
城市公交	251	273	295	0.77	0.73	0.71
公路营运	251	273	295	0.77	0.74	0.71
校车	211	230	248	0.68	0.66	0.63

(3) 桩端技术参数

桩端技术参数主要为充电功率及充电效率，其设定需要考虑先进的技术应用和现有桩的替换。在功率设定方面，基于本研究构建的商用车充电基础设施数据集，商用车充电桩平均功率水平在 120kW 左右，将该功率的快充桩作为模型第一类标准桩。此外，超充桩产品逐渐涌现，广州等地也纷纷提出构建“超充之都”的发展愿景，为反映未来短期内前沿的技术产品对未来充电基础设施需求规模的影响，选用具有代表性的 480kW 超充桩作为第二类标准桩。最后，考虑未来中长期内将推广应用的充电技术，结合国标 2015+以及 Chaoji 标准，设定 1000kW 的兆瓦级桩作为模型的第三类标准桩。

在充电效率方面，基于实测的商用车充电站动态数据分析充电效率，结合行业专家对未来充电效率的研判，模型设定如下表 4-3 所示：

表 4-3 充电桩技术参数设定

充电设施类别	充电桩功率	未来充电效率
快充桩	120kW	75%
超充桩	480kW	65%
兆瓦级桩	1000kW	45%

(4) 利用率

根据中汽数据对充电站经济性测算，如下图 4-7 所示，当充电站

时间利用率达到 13%以上时，充电站将实现盈利，充分考量运营商盈利性、未来运营服务水平的提升以及当下充电时间利用率现状水平（不足 20%），模型中设定未来充电桩时间利用率水平为 25%。

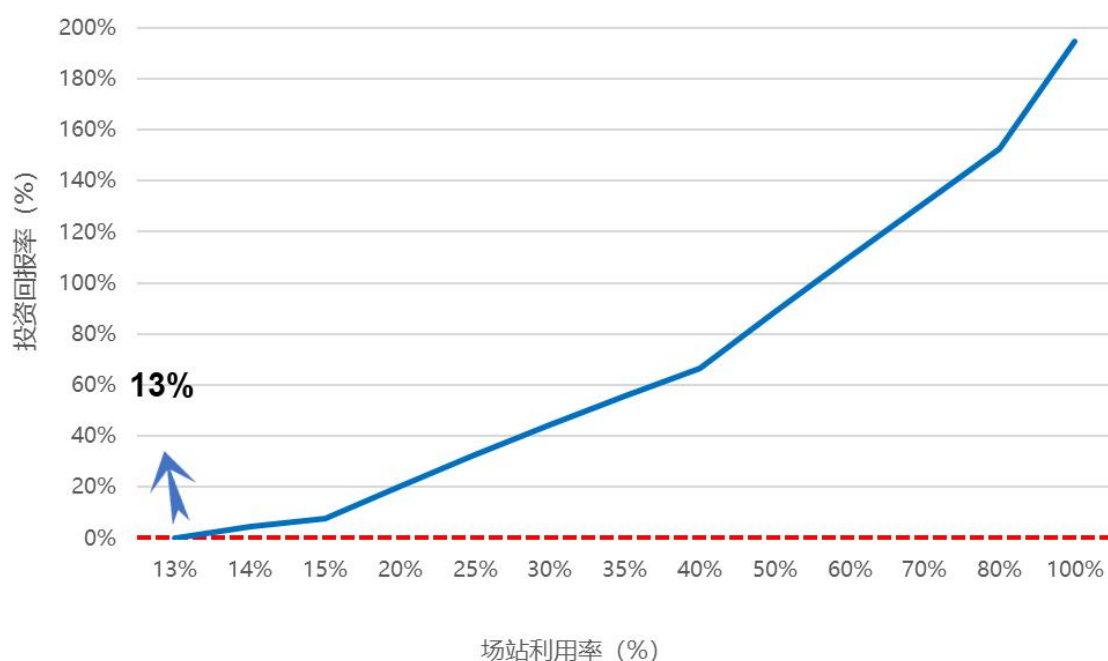


图 4-7 充电站经济性研究

（5）充电决策规则

本研究根据充电决策规则区分了不同的商用车预测情景，充电决策规则输出的结果即为各标准桩的能量需求分担比例，各情景的充电决策规则设定如下：

① 低功率优先情景

该情景主要期望电网平衡发展，优先选择功率较低的快充桩。快充桩上的充电事件对速率的追求较低，常发生在商用车一日行程开始前或结束后，模型设定该充电事件的最多充满一块车辆电池。超充桩与兆瓦级桩主要满足临时补能需求，结合对商用车用户行程间停留时间的调研，两桩对应的充电事件最大时长设定为 40min，对应的最大

的充电量分别为 208kWh 和 300kWh，以城际物流场景为例，低功率优先情景的充电决策规则如下：

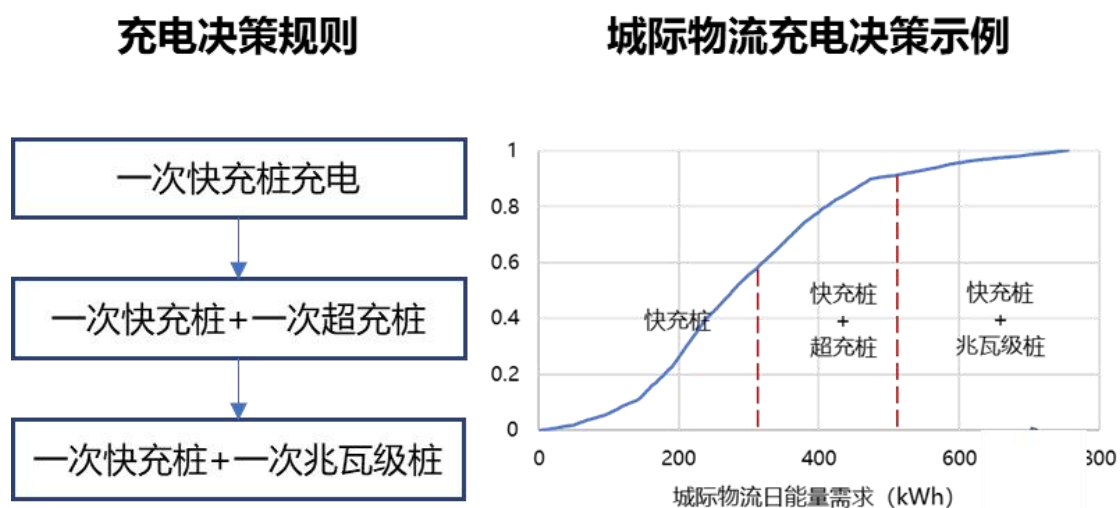


图 4-8 低功率优先情景充电决策规则样例

② 基准情景

该情景拟打造贴近现实选择规则，本研究通过问卷调研了解消费者在不同预设情况下的补能选择行为倾向，构建了充电基础设施概率选择矩阵，基于仿真车辆的行程完成情况以及当前 SOC 状况进行充电桩的选择，决策规则下图 4-9 所示。

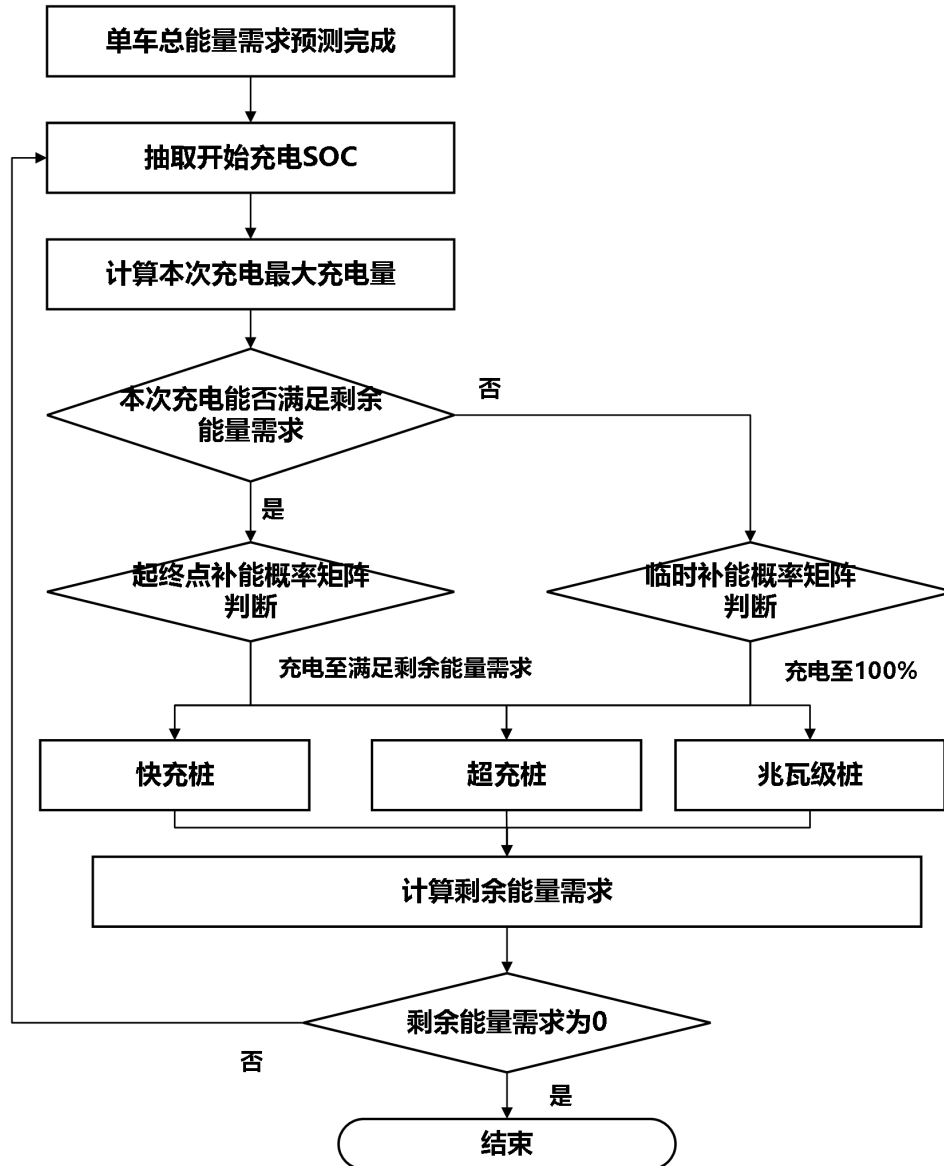


图 4-9 基准情景充电决策规则

③ 大功率优先情景

该情景主要期望提升用户便捷度，能量需求优先分配给兆瓦级等大功率桩。模型在每段行程仿真后，基于仿真过程中计算的剩余电量和下段行程所需电量的关系判断是否产生充电需求，若存在充电需求，则综合考量行程完成情况、停留时间、电量需求等因素，将行程间的能量需求，更积极的分配到大功率充电桩上，从而达到提升用户充电便捷性这一目标。

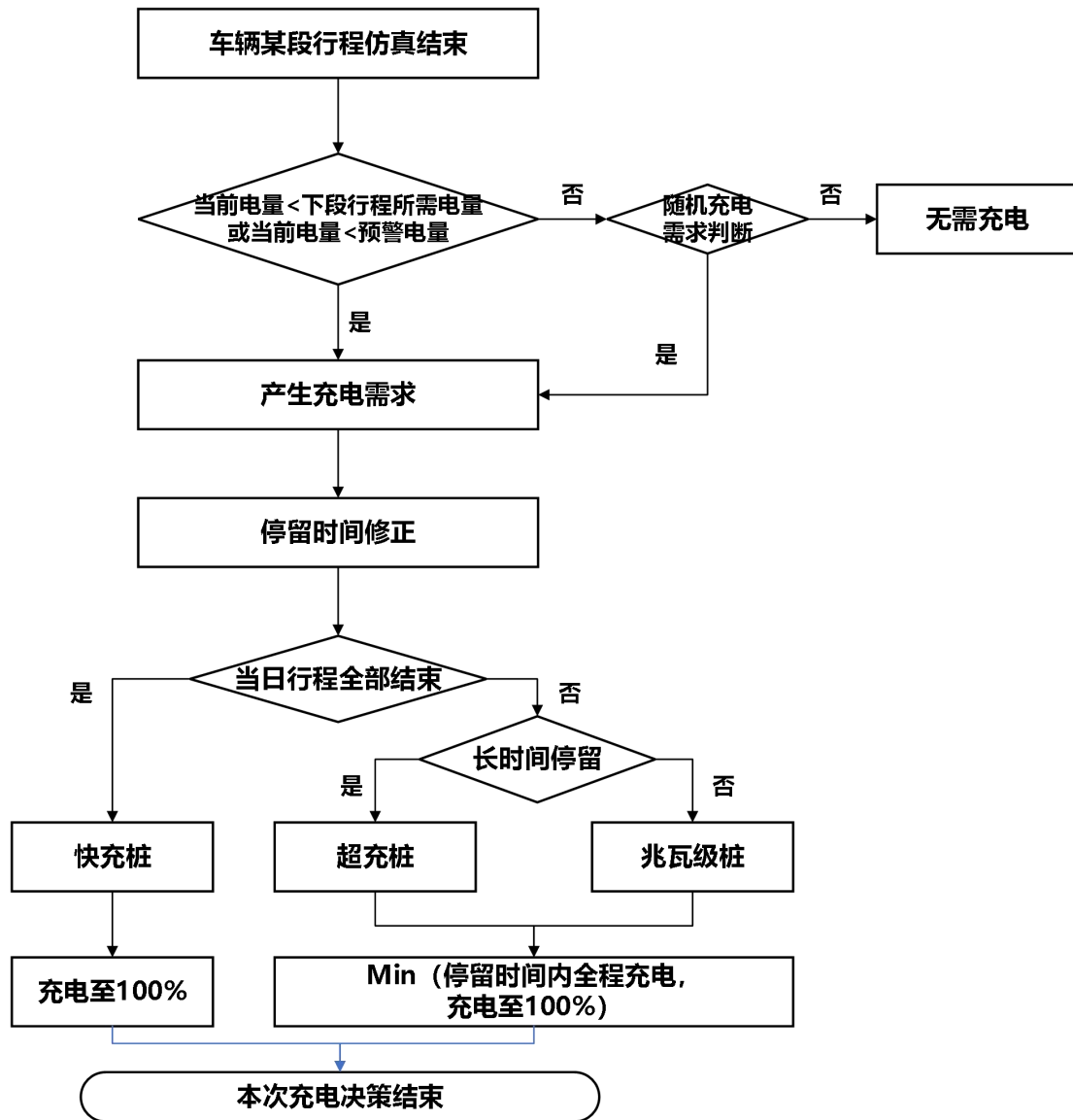


图 4-10 大功率优先情景充电决策规则

4.1.4 充电基础设施需求预测

4.1.4.1 车端保有量发展水平预测

根据中汽数据相关研究，如图 4-11 所示，新能源商用车发展将持续提速，预计至 2035 年，新能源商用车保有量将发展至 2018 万辆，其中氢能商用车保有量将达 100 万辆，换电商用车将达到 187 万辆，充电商用车占比最高，保有量将达到 1731 万辆。

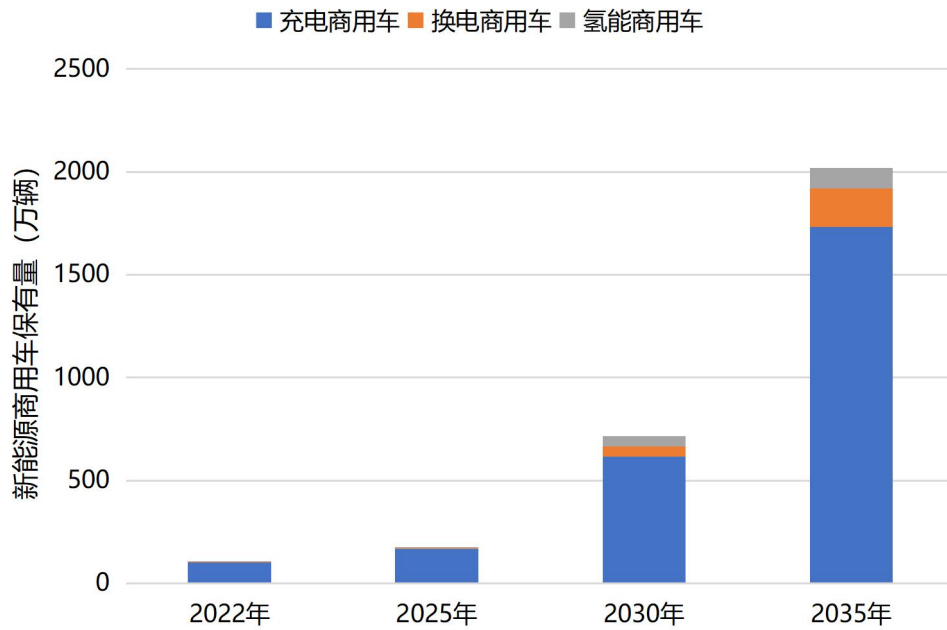


图 4-11 全国新能源商用车保有量水平

聚焦充电商用车，如图 4-12 所示，货运场景保有量占比相对较高，其中以城市物流场景为主，城际物流、干线物流等公路货运场景保有量占比随着充电技术发展逐步提升。

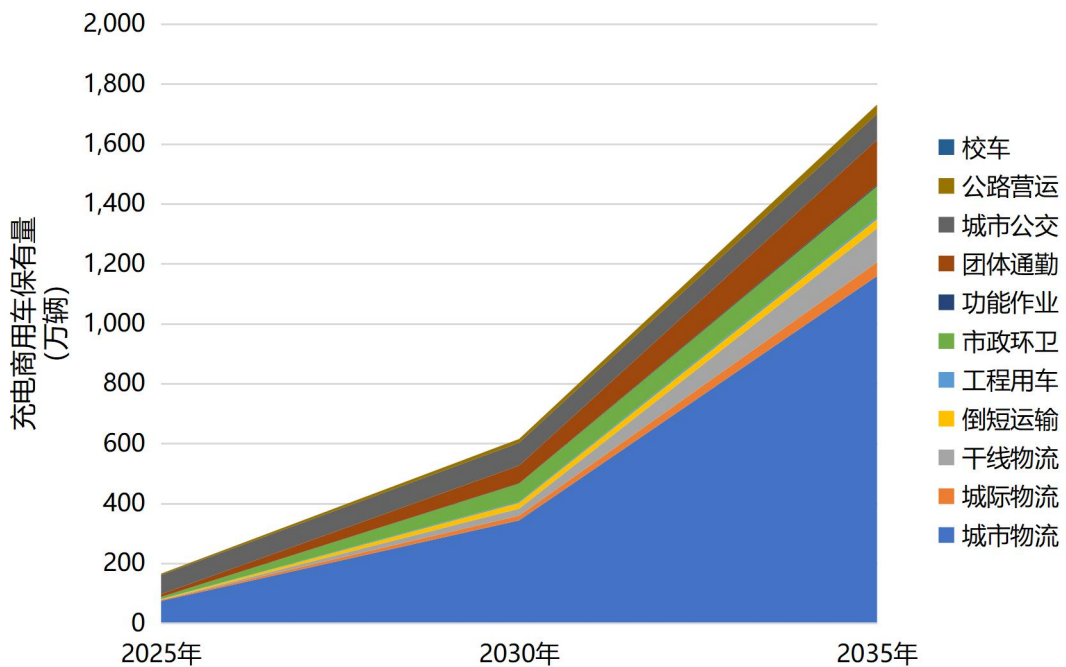


图 4-12 各场景充电商用车保有量预测

4.1.4.2 商用车充电基础设施保有量规模预测

预计未来商用车充电基础设施持续增长，随车辆电耗降低，未来车均能量需求收缩，计算结果中商用车桩比随之提升：

(1) 低功率优先情景下，2035 年商用车充电桩保有量预计达 330 万台，车桩比在 5 左右，与当前的现状水平接近，该结果基本可表征保持当前充电桩技术结构仅进行数量规模扩增的情况下，未来充电基础设施的发展规模，是对产业发展规模最为保守的评估；

(2) 基准情景下，2035 年商用车充电桩保有量接近 208 万台，超充桩、兆瓦级桩得到发展应用，超充桩逐步成为解决补能需求的重要设施，该情景考虑了现实中用户对补能技术发展诉求，其预测结果可作为未来发展的参考基准。

(3) 大功率优先情景下，兆瓦级桩得到进一步推广应用，用户充电便捷度提高，未来发展可参考该结果设定适当超前的兆瓦级桩发展目标，从供给侧拉动高潜力车辆场景电动化进程。

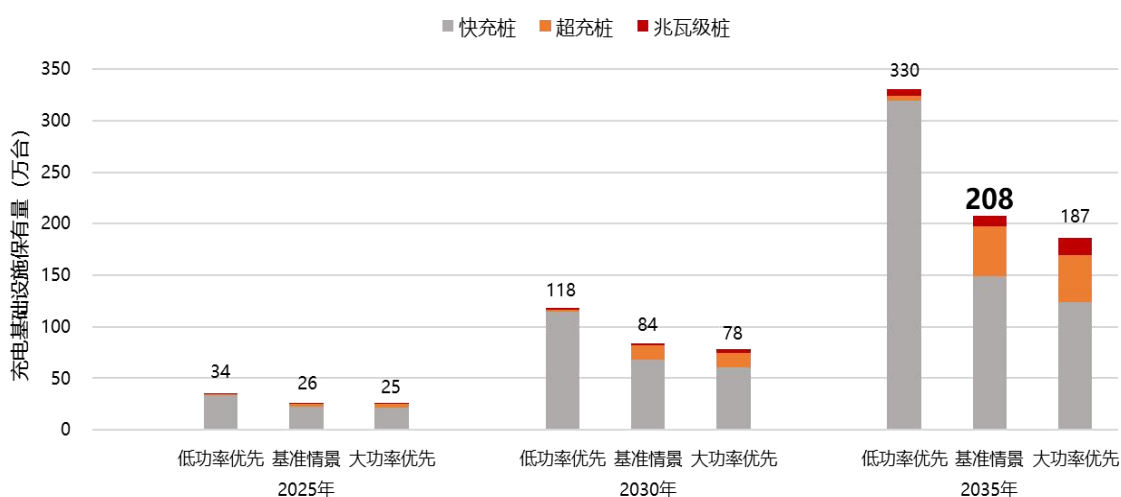


图 4-13 商用车全场景充电基础设施保有量结果

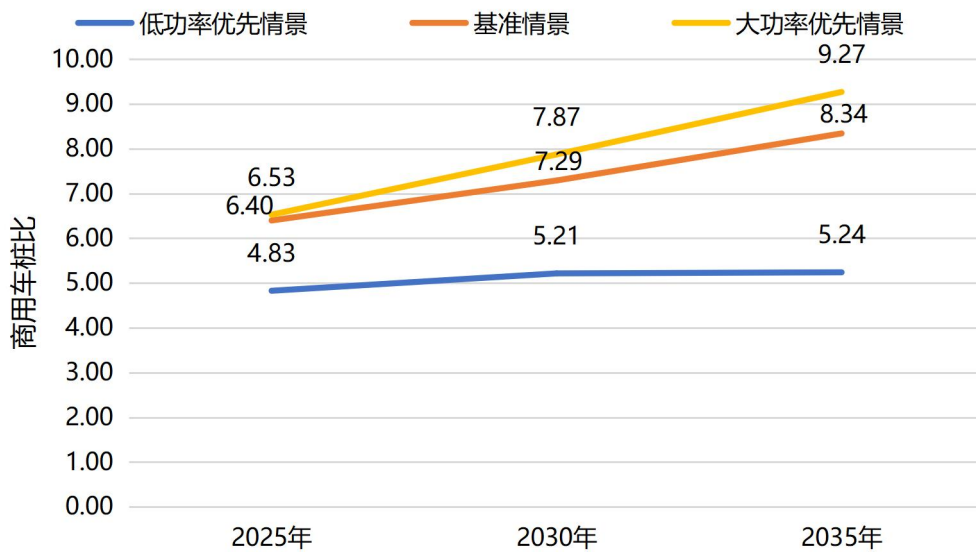


图 4-14 商用车全场景车桩比

针对基准情景预测结果进行进一步分析，从商用车场景的角度来看，城际物流、干线物流这两个公路货运场景电动化潜力将得到释放，2035 年公路货运场景充电桩保有量将达到 58 万台，其增速显著高于其他场景。

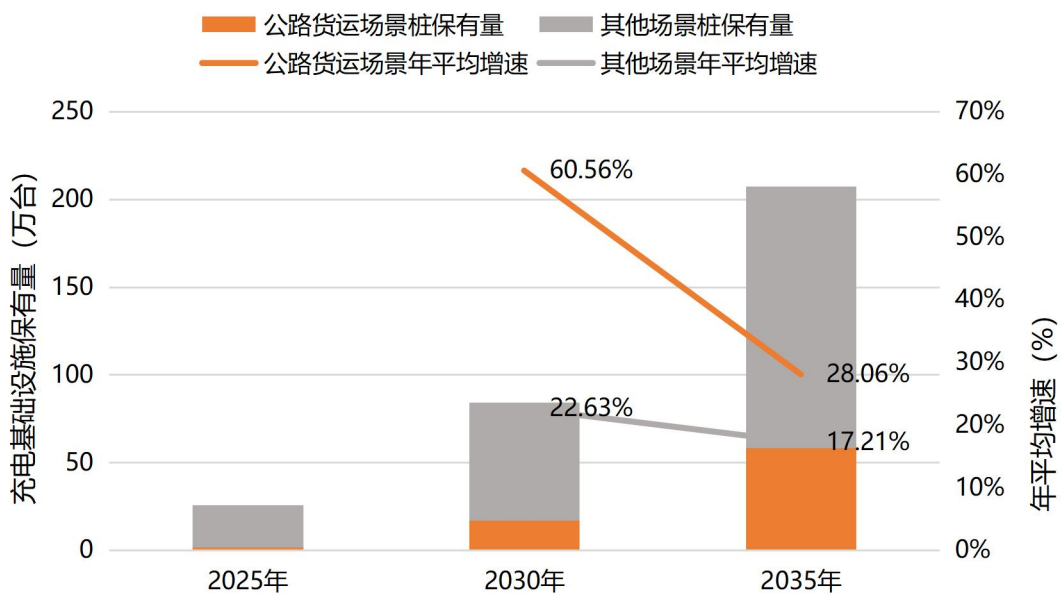


图 4-15 各商用车场景充电基础设施保有量构成

结合第二章对于车辆场景与补能场景关系的分析，公路货运场景车辆的补能场景包括专用桩和高速公用桩，其他场景车辆主要在专用

桩和市区公用桩补能。从补能场景的角度来分析基准情景预测结果：未来商用车充电仍以专用桩为主，高速公用桩需求高速增长，将由2025年0.22万台发展至2035年17.45万台，然而高速公路地区建设难度大，高速公用桩的建设将成为未来商用车充电桩建设的重难点所在。

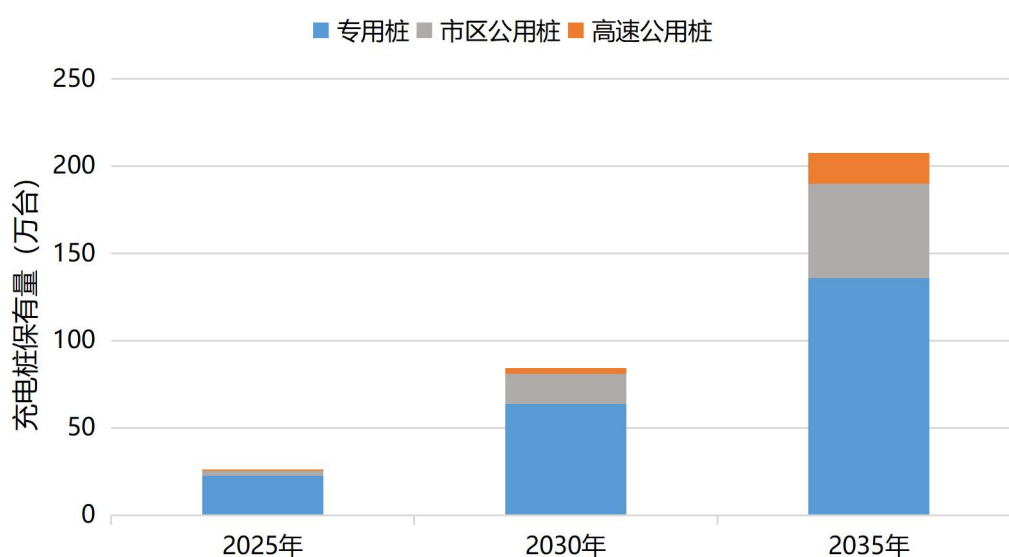


图 4-16 各补能场景充电基础设施保有量构成

4.1.4.3 商用车充电量预测与结果分析

基于基准情景推算未来充电量，从全场景来看，预计商用车充电量持续走高，2025年达570亿 kWh，2030年达2065亿 kWh，2035年达5951亿 kWh。结合行业相关预测结果，到2035年全社会用电量约达12万亿⁴³，2035年商用车充电量预计占当年全社会用电量的5%左右。区分车辆场景来看，公路货运场景能量需求持续扩张，2025年占商用车总充电量的7.36%，到2035年该比例达到33.07%。结合中汽数据针对不同场景商用车燃油消耗占比的测算结果，如图4-18

⁴³ 国电力企业联合会发布《中国电气化发展报告 2019》

所示，目前公路运输场景车辆燃油消耗占比可达 47.25%，与图 4-17 电量消耗比例对比，可以初步判断 2035 年后公路货运场景电动化仍将继续推进。

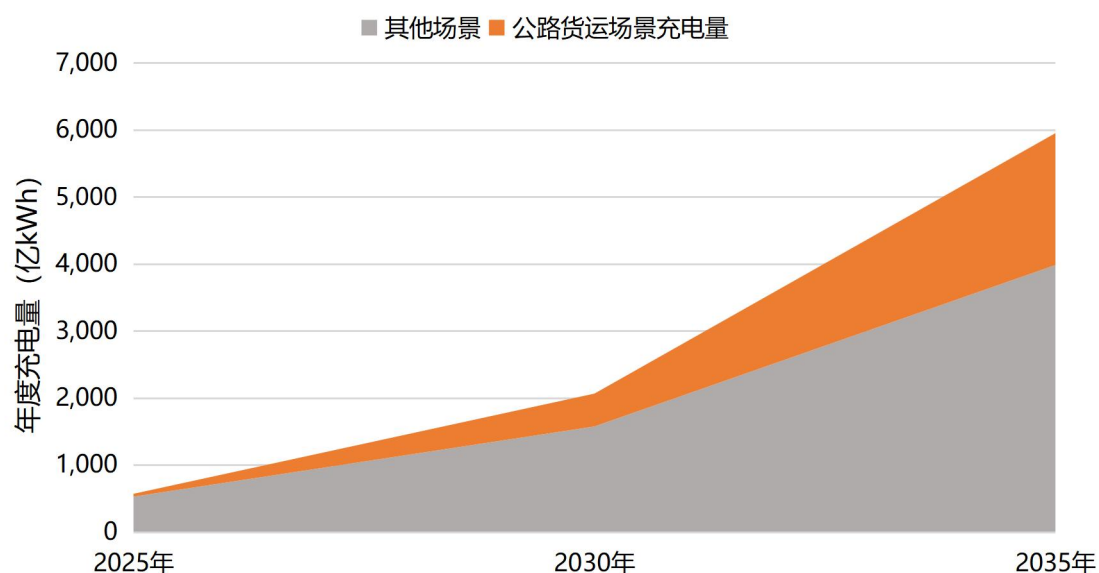


图 4-17 未来商用车充电基础设施充电量构成

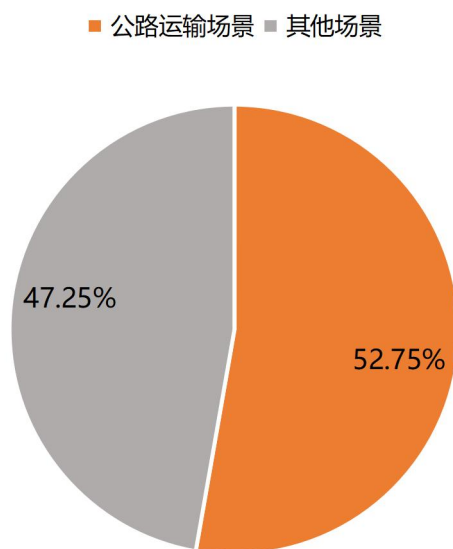


图 4-18 商用车燃油消耗总量现状测算

4.2 换电设施预测模型

4.2.1 模型简介

本研究中换电预测模型逻辑如下图 4-19 所示，换电技术路线在商用车主要应用于重卡场景，本研究基于未来换电商用车保有量预测结果，结合对未来换电站服务能力的研判，预测未来换电站的需求。

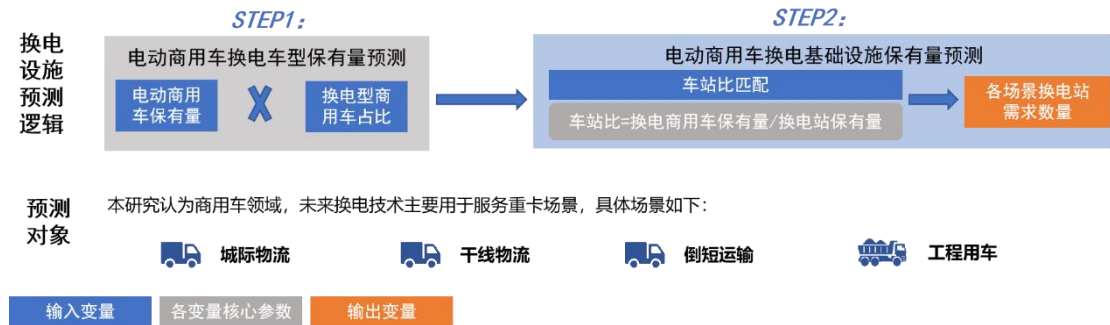


图 4-19 商用车换电基础设施发展预测模型

4.2.2 模型参数设定

换电设施预测模型参数包括换电商用车保有量和车站比。

换电商用车保有量通过调研重卡头部企业产品规划情况推算未来充、换电重卡的销量情况，进而预测换电重卡的保有量情况。结合对主流主机厂产品规划调研结果，预计换电重卡销量未来将持续提升，2035 年纯电动重卡中换电重卡销量占比将达到 56%，换电重卡保有量占比将随之提升，预计 2035 年将占据纯电动重卡保有量的 50%以上，预测结果如图 4-20。

表 4-4 纯电动重卡市场中充、换电重卡销量占比预测

纯电动重卡销量构成	2022 年	2025 年	2030 年	2035 年
充电重卡占比	45.16%	52.63%	48.55%	44%
换电重卡占比	54.84%	47.37%	51.45%	56%

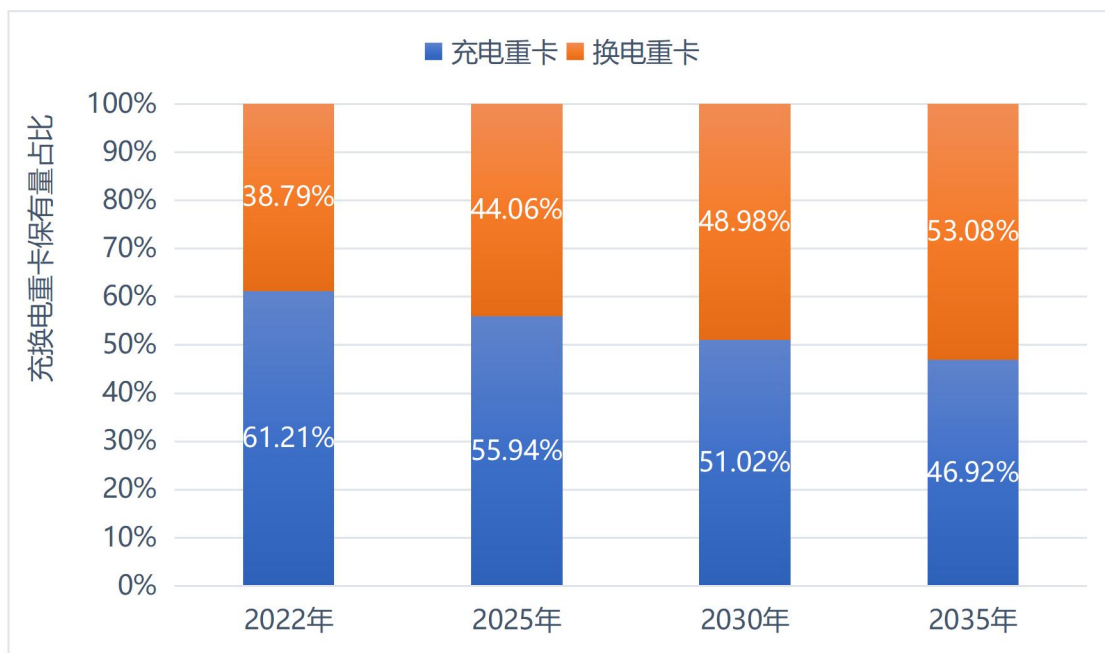


图 4-20 纯电动重卡充、换电保有量占比预测

车站比指单个换电站能够匹配服务的重卡车辆数量，车站比水平与换电站服务能力、功率水平、电池仓位数量、车辆补能需求等因素直接相关。据调研，行业内 8 仓位换电站应用较为广泛，若单车每日换电需求在 1-2 次，则单站可匹配服务 30 辆重卡。据行业专家调研：目前增加服务能力的方式主要为通过增加充电仓，12 仓位为前沿水平，但由于目前行业标准不统一，技术变革较快，保守估计 35 年单站服务能力普遍可达 60 台车。

倒短运输场景是目前较为成熟的换电应用场景，本研究对倒短运输场景的经济性进行了测算，服务的车辆规模在 27 台以上时换电站经济性优于充电站，结合行业发展现状及专家的研判，保守预计到 205 年平均车站比为 40，2030 年平均车站比达 50，到 2035 年平均车站比可达 60。

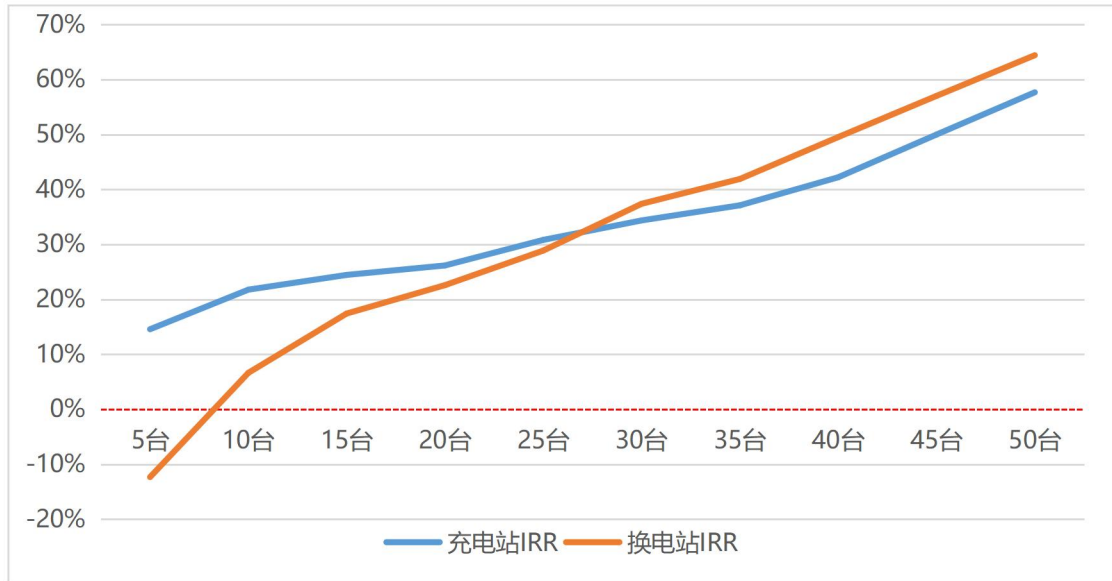


图 4-21 换电站经济性分析

4.2.3 换电站需求预测与结果分析

国内换电站建设需求持续上涨，商用车换电站年均增长 41%，预计到 2025 年建成 1000 座商用车换电站，2030 年建成 1 万座，到 2035 年将达到 3 万座。

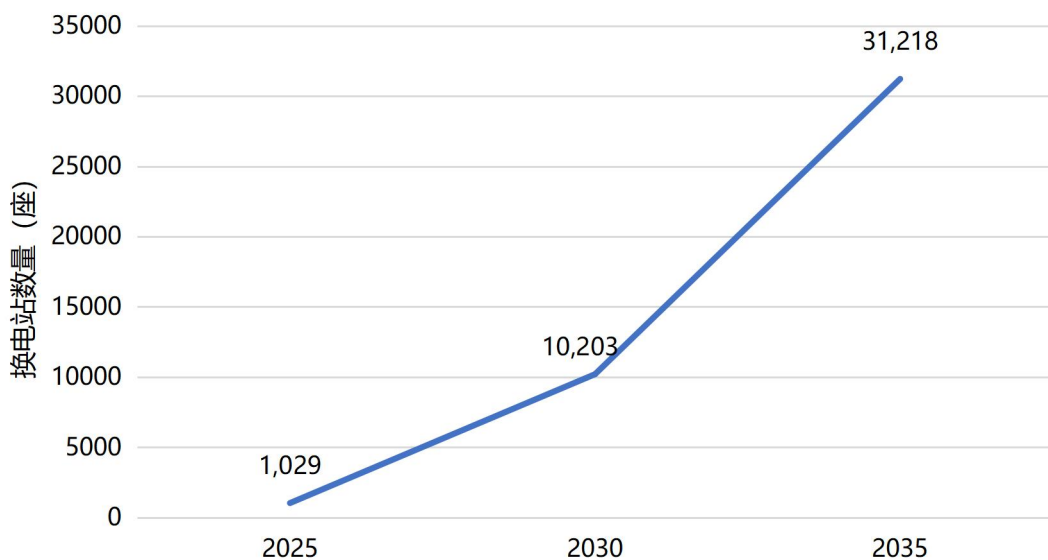


图 4-22 商用车换电站数量预测结果

细分场景来看，港口等倒短运输场景未来增量空间有限，干线物流、城际物流这类公路货运场景逐步成为未来换电站建设的主要场景。

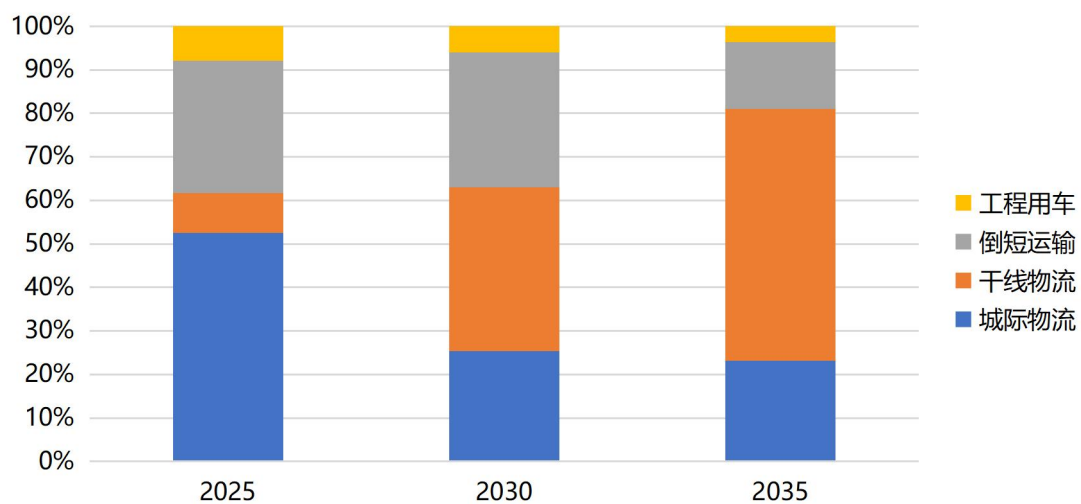


图 4-23 换电站服务车辆场景分布

第五章 充换电基础设施成本经济性与技术可行性现状评估预测研究

5.1 经济性分析

我国电动商用车补电需求的增加拉动充换电基础设施的大规模建设，本小节从电动商用车充换电基础设施投资角度出发，立足运营商视角，通过计算快充站和换电站的投资回报，评估了中国商用车充换电产业的经济可行性和建造充换电站对电网负荷的影响。包含电动汽车充换电站的源网荷储系统如图 5-1 所示。

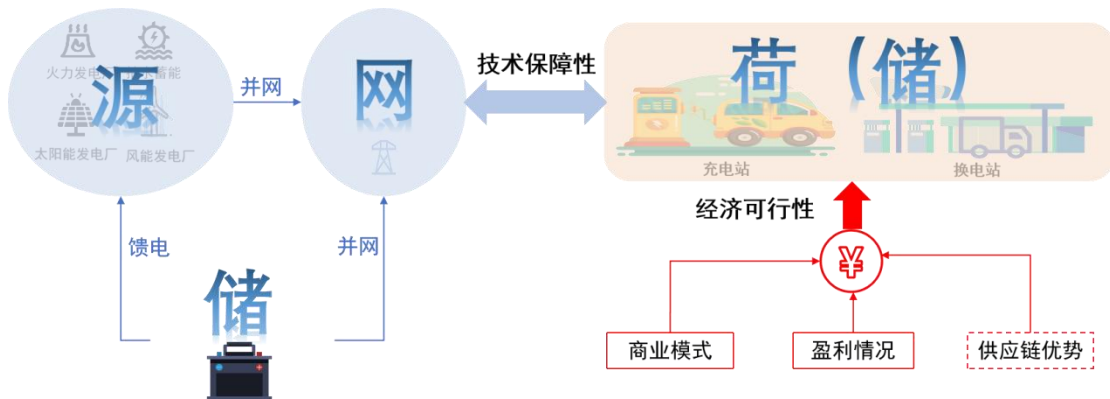


图 5-1 包含电动汽车充换电站的源网荷储系统

本章首先针对充换电站产业进行经济可行性分析，通过构建电动商用车充电基础设施的全生命周期成本-收益核算模型，分析了在不同商业模式下，充换电站的盈利情况。之后通过计算充换电站最大用电负荷对商用车充电负荷与技术可行性进行评估预测。

5.1.1 模型介绍

为评估充电站和换电站的经济可行性，本报告构建的电动商用车充电基础设施的全生命周期成本-收益核算模型如下：

$$R = P_{su1} + P_{se} + P_{su2} + P_{re} \quad (5-1)$$

$$P_{re} = C_{ep} \times \alpha \quad (5-2)$$

$$T = C_{ic} + C_{op} \quad (5-3)$$

$$C_{ic} = C_{ep} + C_{in} + C_{ot} \quad (5-4)$$

$$C_{op} = C_{so} + C_{man} + C_{eq} + C_{lo} + C_{tax} + C_{el} \quad (5-5)$$

模型中参数含义见表 5-1。

表 5-1 模型参数含义

R	收益	T	成本
P_{su1}	政府建设补贴	P_{su2}	政府运营补贴
P_{se}	充电站充电服务费	P_{re}	设备报废回收收益
C_{ic}	充电站建设成本	C_{ep}	设备购置成本
C_{in}	安装工程成本	C_{ot}	其他成本
C_{op}	充电站运营成本	C_{so}	充电站土地租金
C_{man}	站点管理和调度成本	C_{eq}	设备维护成本
C_{lo}	充电电量损耗成本	C_{tax}	纳税成本
C_{el}	其他日常运营成本	IRR	投资回报率

电动商用车充电基础设施的全生命周期成本-收益核算模型由成本核算和收益核算两部分构成。成本核算部分考虑了电动商用车充电基础设施建设期和运营期的成本，收益核算部分考虑了电动商用车充电基础设施建设期、运营期和设备报废回收的收入。根据全生命周期成本-收益核算模型得到的成本和收益，可计算充换电站的投资回报率：

$$\sum_{t=1}^n (R-T)_t (1+IRR)^{-t} = 0 \quad (5-6)$$

其中， n 为项目计算期，本报告设置为 5 年； $(R-T)_t$ 为第 t 期项

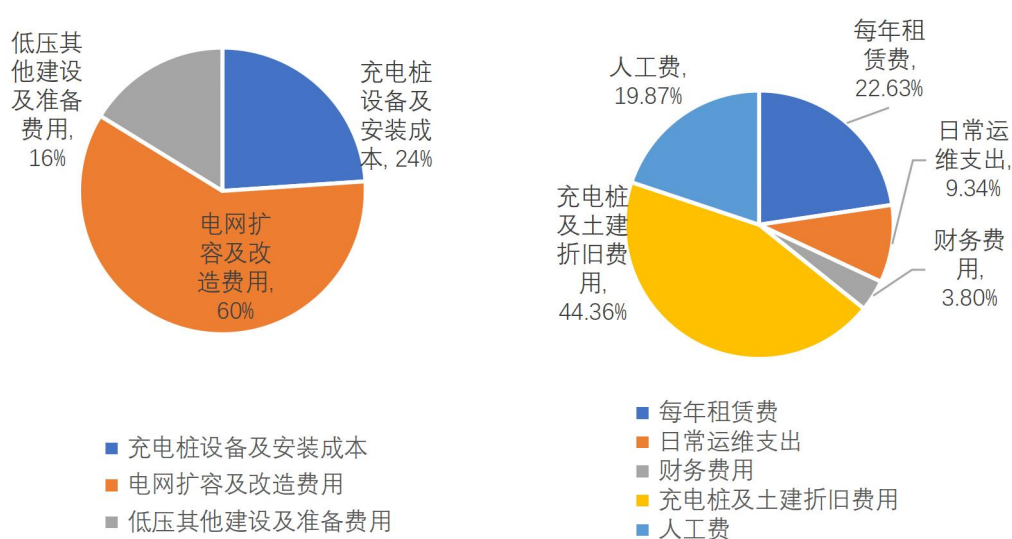
目的净现金流（元），IRR 为充换电站的投资回报率。

5.1.2 成本分析

本小节通过设置港口和高速两种场景，分别分析了在港口和高速两种场景下，快充站和换电站的全生命周期成本。其中港口场景下的充换电站主要为专用站，高速场景下的充换电站主要为公用站。

根据中国充换电站情况，假设单个快充站的充电桩功率为 320kW，充电桩数量为 12 个，充电效率为 70%，电站面积 1215m²，充电服务费为 0.4 元/kWh，运营周期为五年；单个换电站拥有电池包数量为 12 块（单个电池包 282kWh），电站面积 200m²，换电服务费为 0.7 元/kWh，运营周期为五年。场景设置的充换电站服务对象为 30 辆重型电动牵引车，每辆车的电池容量为 282kWh，日行驶里程 339km，每日需充/换电三次，电池荷电状态 SOC 为 20%-100%。

以港口专用站场景为例，快充站和换电站的成本构成如图 5-2 所示。



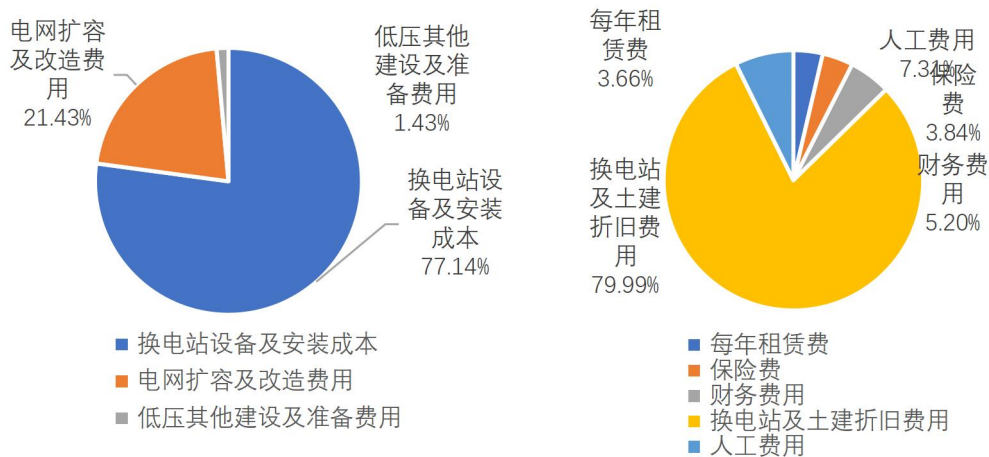


图 5-2 充换电站的建设期和运营期成本构成

根据我国的实际情况，单个快充站建设期成本共 376 万元，运营期成本共 161.04 万元/年；单个换电站建设期成本共 1050 万元，运营期成本共 333.17 万元/年。

充换电站的收入方面，快充站的资本化设备投入按 5%残值率回收，单个快充站的收入合计 360.32 万元/年；换电站的资本化设备投入按 5%残值率回收，动力电池投入按 30%残值率回收，单个换电站的收入合计 523.77 万元/年。

港口和高速两种场景下，充换电站的成本分析如下。

5.1.2.1 港口专用站场景

假设车桩比为 3: 1，由本章构建的模型，计算得到的充换电站的投资回报率与服务车辆的关系如图 5-3 所示。

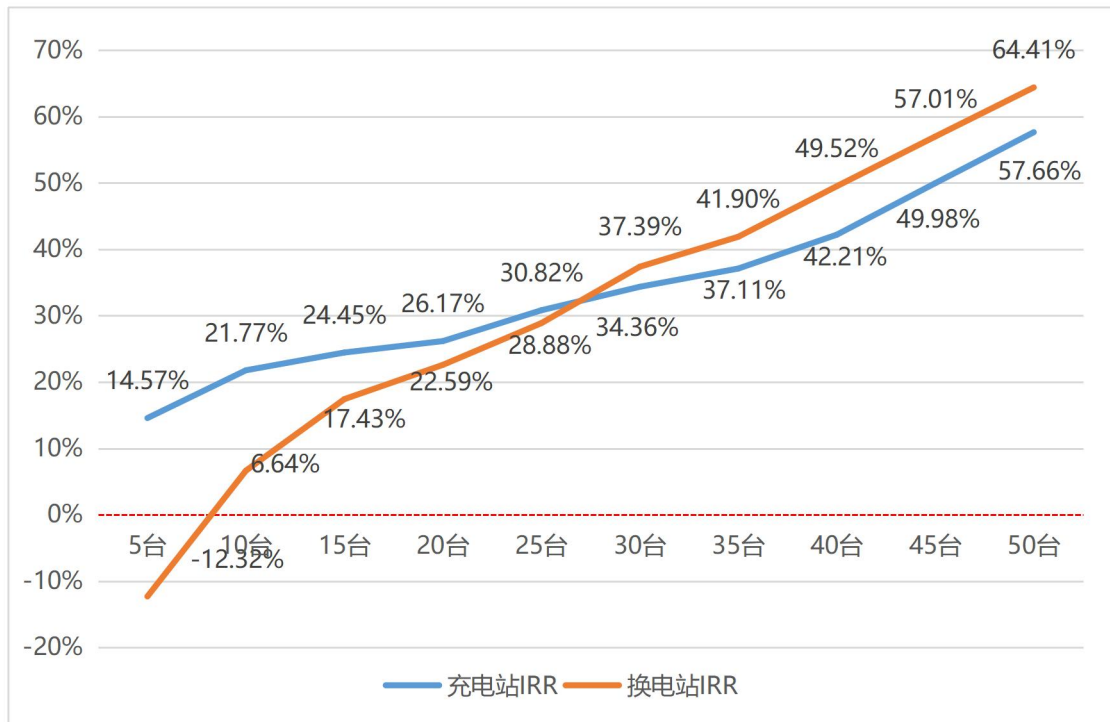


图 5-3 充换电站的投资回报率

由图 5-3 可知，充换电站适用的车辆规模不同，小规模场景下充电站具有更高的投资回报率，车辆规模达到一定水平（服务 27 台设定车辆）后，换电站投资回报率更高。根据充换电站投资回报率随车辆规模的变化趋势，本报告设定的换电站发展目标可使换电站运营商达到较好的盈利水平。

港口专用站通常设置在港口入口，目的是方便运输车队在排队进港的同时充换电。且港口专用站主要为钢厂、水泥厂等大宗商品生产商运输车队服务，车辆运输模式为倒短运输模式，进行固定场所双向运输。即运输距离约为 150km，日均往返 4-6 次。⁴⁴重型卡车在封闭倒短物流场景下具有“车-设施”一体化的特征情景，该情景示意图如图 5-4 所示。

⁴⁴ 数据来源：中国充电联盟、各政府官网、民生证券研究所

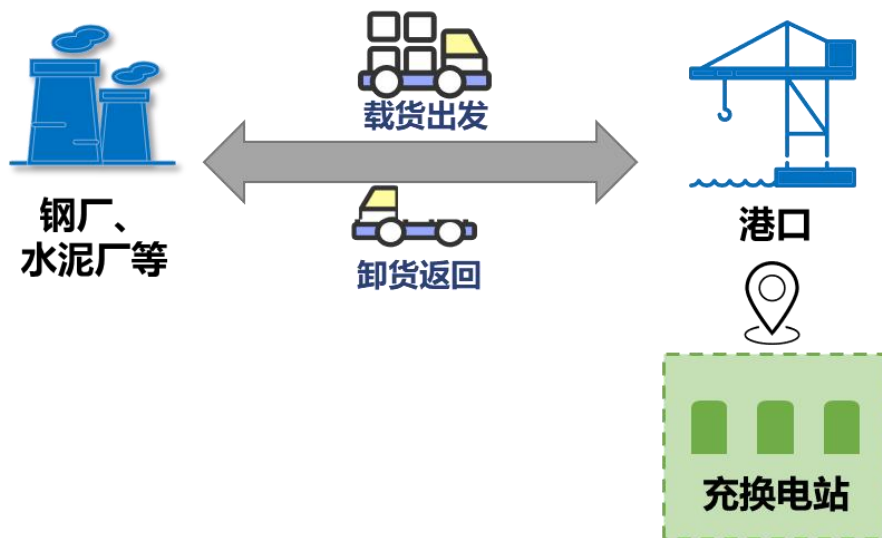


图 5-4 “车-设施”一体化情景示意图

从“车-设施”一体化角度分析，充换电站的系统成本如图 5-5 所示。

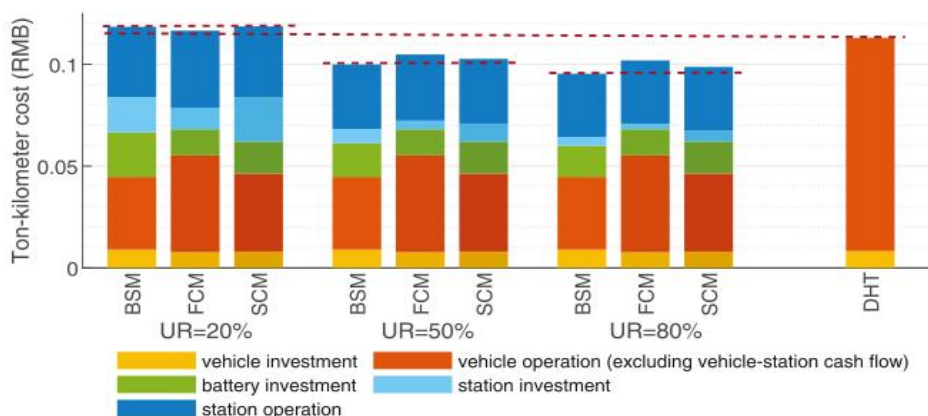


Fig. 5. The vehicle-station ton-kilometer costs for different energy supply modes.

图 5-5 不同能源供给模式下的成本比较⁴⁵

港口专用站是较成熟的重卡倒短物流充电场景，从车站一体的系统成本的角度考虑，换电站更具优势。换电站补电效率为快充站 12 倍，用户倾向性更高。此外，受限于场地限制，换电站将更利于在多场景使用。

⁴⁵ 资料来源: <Does the battery swapping energy supply mode have better economic potential for electric heavy-duty trucks?>

5.1.2.2 高速公用站场景

高速公用站的服务群体较为丰富，车辆运输模式为干线中长途的单向运输，车辆运输距离约为 350km。为满足长途运输电力的需求，高速公用站需在高速沿线，按照服务车辆的电池容量及运输距离综合考虑设站地点，并通常与服务区加油站结合。目的是在满足长途运输电力需求的同时，在司机休息时完成补能。

高速公用站为重卡在开放的城际、干线场景服务的示意图如图 5-6 所示。

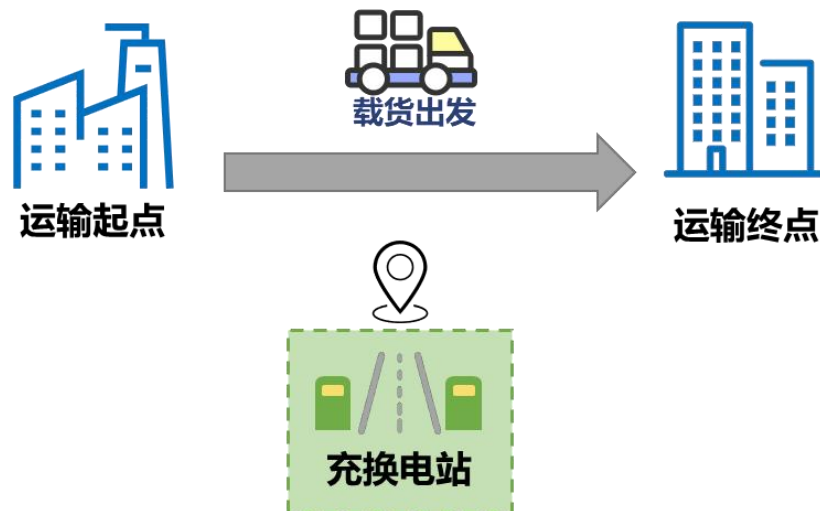


图 5-6 高速公用站为重型卡车在开放的城际、干线场景服务

根据本章构建的分析模型，高速公用站场景下，随场站利用率增加，充电站和换电站的投资回报率的变化趋势如图 5-7 所示。

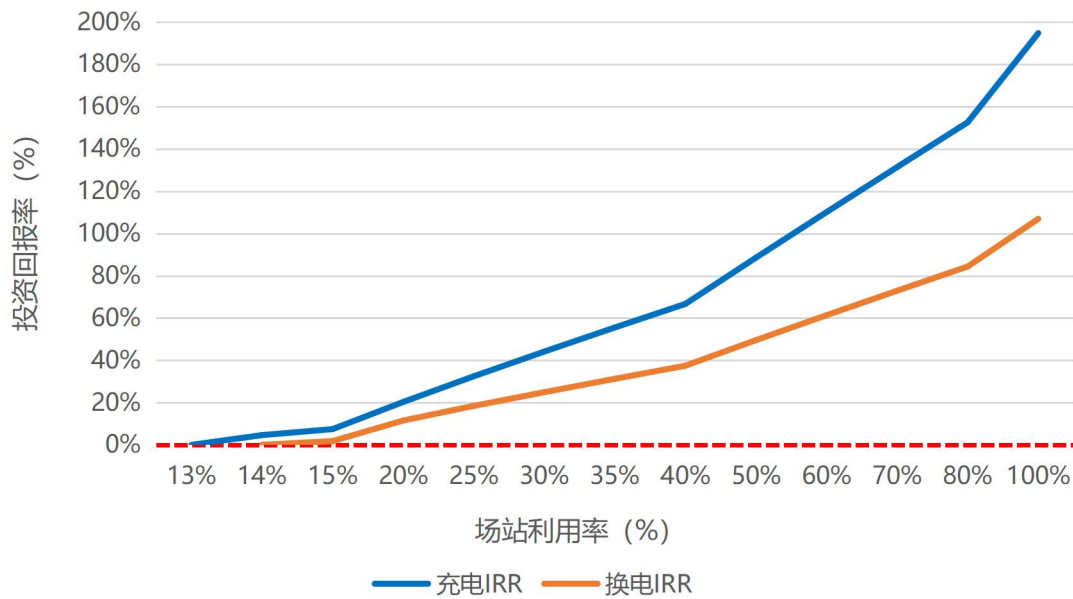


图 5-7 充换电站的投资回报率变化趋势

由图 5-7 可知，充换电站的投资回报率随场站利用率的增加呈增加趋势。其中，充电站的投资回报率在场站利用率大于 13% 时，投资回报率大于 0；换电站的投资回报率在场站利用率大于 14% 时，即服务车辆一天超出 42 车次后，换电站的投资回报率为正。这说明充电站投资经济性更好，但受到土地成本影响更大。随土地限制提高，充电站的投资优势减弱更明显。

5.1.2.3 换电站补贴的敏感性分析

我国为支持换电站基础设施建设，针对换电站的建设期和运营期均给予了相应的政府补贴。不同城市给予的补贴金额和补贴方式也有不同，例如上海市对换电站的建设期提供非通用型补贴，换电设施千瓦补贴 15%，上限为 300 元/kW；山东省淄博市提供换电站 400 元/KW 的建设补贴；河南省许昌市为充换电设施按 0.1 元/千瓦时的标准给予运营期的补贴等。

根据本章构建的模型，充换电站的投资回报率对补贴标准的敏感

性分析如图 5-8 和图 5-9 所示。

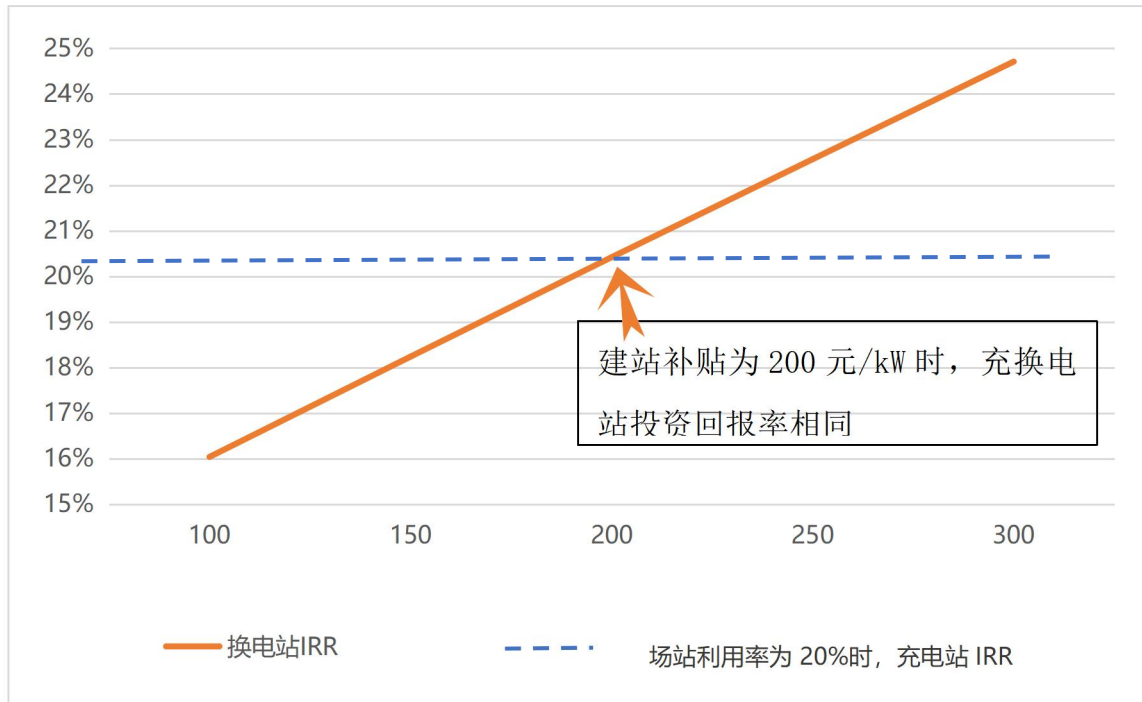


图 5-8 换电站投资回报率对建设期补贴变换的敏感性分析

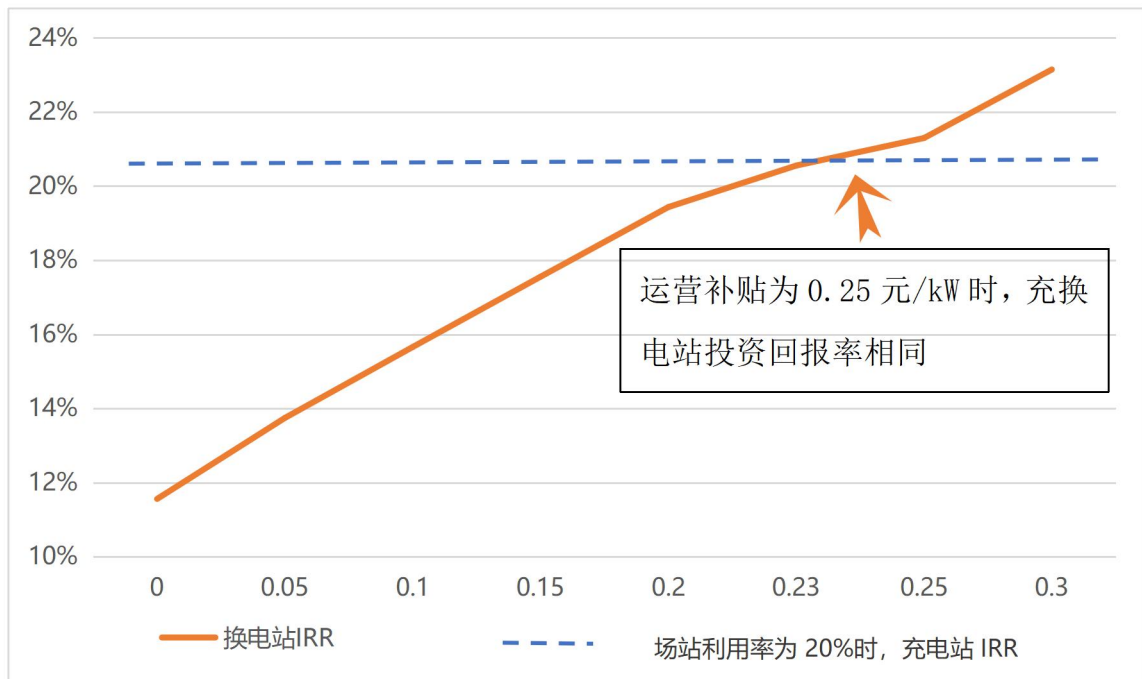


图 5-9 换电站投资回报率对运营期补贴变换的敏感性分析

图 5-8 和图 5-9 中，虚线分别为场站利用率为 20%时，充电站建设和运营期的投资回报率。由图可知，当建设补贴为 200 元/kW 时、运营补贴为 0.25 元/kW 时，换电站的投资回报率与充电站投资回报

率相当。两种补贴额度超出该标准后，独立场站运营商可获得良好回报。敏感性分析结果说明，好的补贴设计可有效引导资本进入换电市场，从补电端推动重卡电动化进程，助力实现交通领域“脱碳”。

5.1.3 主要结论

充换电基础设施的投资回报率的影响因素主要有补贴、土地和扩容等。建设补贴对于促进充换电站盈利十分显著，部分省市通过补贴换电站建设鼓励换电模式发展，补贴额普遍超过理论值 200 元/kW。另外，当前换电服务以 2 倍的服务费价格为车主提供数 10 倍效率的补电体验，为控制电动商用车使用成本，部分省市通过换电站运营补贴鼓励换电模式发展。

土地和扩容因素对充换电基础设施投资回报率的影响可分别从充电站和换电站、专用站和公用站两个角度进行总结。

充电站和换电站角度，在全部新建充换电场景下，充电站的投资回报率受土地资源因素影响更明显。随充电站规模增大，其盈利性下降幅度更大；在停车位加油站基础上改造为充换电场景时，充换电站盈利受土地因素影响较小。

扩容因素的影响中，相同服务能力下，由充电站的扩容成本占建设成本的 60%，换电站的扩容成本占建设成本的 21%可知，充电站盈利性受扩容成本影响大于换电站。实际情况中相同服务能力的充换电站，相较于充电站，换电站对于电网实际扩容压力较低。

专用站和公用站角度，以高速为代表的公用场站相较于在港口等专用站场景下，土地资源更加昂贵、紧缺，用地限制更多。在高速专

用站场景下，场站扩容难度更大，成本更高。随着进一步发展，潜在的电网扩容压力更值得注意。

5.2 商用车充电负荷分析与技术可行性评估预测

国家能源局综合司司长梁昌新表示，2023 年预计全国最大电力负荷将超过 13.6 亿千瓦，预计 2025 年商用车充换电站最大用电负荷将占今年全国社会最大用电负荷的 1%，2030 年达 4%，2035 年将达到 13%。本小节以北京为例，预测了 2025 年至 2035 年间，城市建设商用车充换电站对电网充电负荷的影响。

根据 2021 年北京市电动乘用车保有量⁴⁶测算⁴⁷，2021 年北京市乘、商用电动汽车充电站最大用电负荷占全市社会最大用电负荷的 2%。与对全国商用车充换电站最大用电负荷的预期相比，2025 年后商用车充换电基础设施发展对电网带来的压力将逐步凸显。

根据充换电站最大用电负荷的计算公式

$$P_{\max} = \sum P_i \times N_{ij} \times W \times O_{ij} \quad (5-7)$$

其中， P_i 为第 i 类充电基础设施功率， N_{ij} 为第 j 类商用车场景下，第 i 类充电基础设施数量， W 为高峰时段同时率， O_{ij} 为第 j 类商用车场景下，第 i 类充电基础设施的充电行为分担比例。

本小节针对服务商用车充换电的高速公用桩、市区公用桩、专用桩和换电站的最大用电负荷进行分析。

结合换电行业专家调研，商用车换电站负荷呈现持续稳定的状态，单站装机总功率在 3MW 左右。基于监测的 30 余个商用车专用站 2

⁴⁶ 2021 年北京市电动乘用车保有量 49 万，电动商用车保有量 4 万

⁴⁷ 北京市电动汽车全面电动化中长期发展路线图及“十四五”时期推广应用政策研究

周的动态运营数据结果，根据装机总功率，对各场站监测结果进行加权平均，各时段商用车充电站同时率如图 5-10 所示，其中高峰时段商用车充电站同时率为 26.5%。

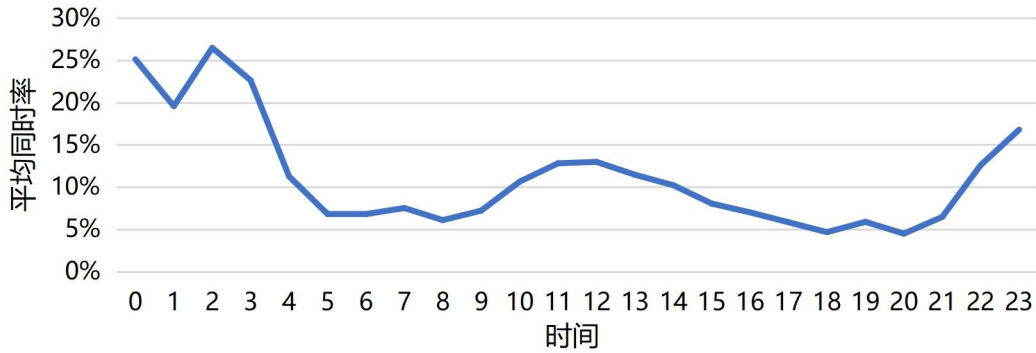


图 5-10 商用车充电站同时率分布图

由式 5-7 计算可得目标年份 2025 年、2030 年和 2035 年的商用车充换电站最大用电负荷分别为 13,357,204kW、57,761,233kW 和 182,363,287kW。四种类型的商用车充电基础设施最大用电负荷的逐年预测结果如图 5-11 所示。

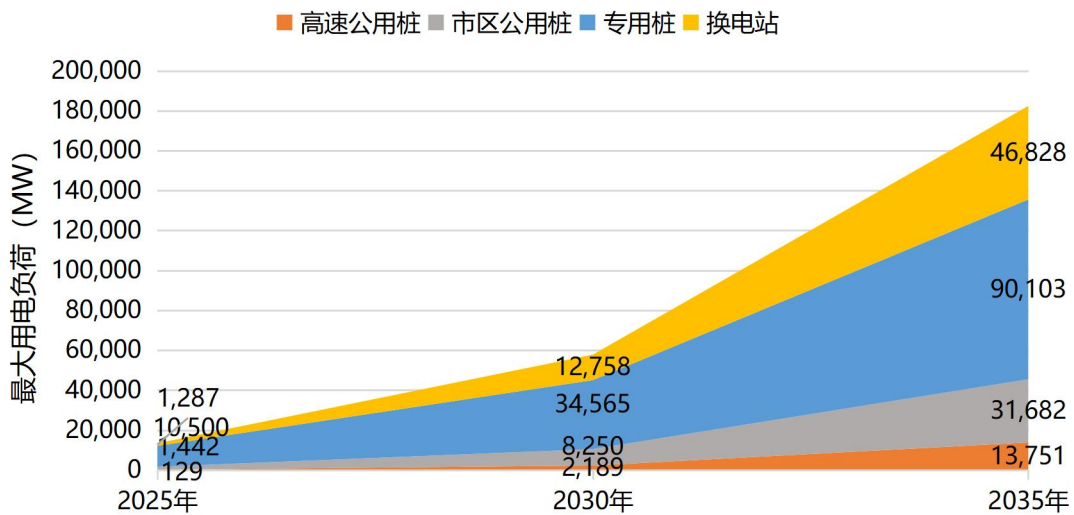


图 5-11 四类型商用车充电基础设施最大用电负荷的逐年预测结果

由图 5-11 可知，预计 2035 年峰值负荷约占 2023 年全国最大电力负荷的 13%，公用桩负荷占比逐步提高。V2G、光储充新技术需要

应用于商用车充电领域，以降低同时率并提高电网能力，应对未来的增长需求。

第六章 政策建议与发展路线图

6.1 研究主要结论与观点

研究围绕中国电动商用车“补电难”问题，从车端视角调研商用车市场发展现状，进行中国电动商用车的充电需求与问题挖掘；从桩端视角分析政策、产业、运营技术发展现状与趋势，开展电动商用车充换电基础设施需求预测，科学研判我国电动商用车充换电行业未来发展目标，并通过充换电基础设施成本经济性与技术可行性评估目标实现的可行性。主要结论如下：

一、与乘用车相比，商用车具有“保有量少、行驶强度高、排放量大”的特点，具有巨大的减排潜力，商用车电动化则是减排的关键路径。电动商用车补电也呈现“补电场景差异化、充电决策价格驱动、运营管理保障复杂”的需求特点。

二、中国电动商用车充换电基础设施行业发展呈现三方面特征：

（1）政策标准端，缺乏明确指向商用车充换电设施的规划、补贴或技术标准，现有政策倾向公交、物流等场景，场景覆盖率不高。

（2）市场运营端，商用车补电设施多为配建的专用场站/换电站，少见市区/高速公用场站，场站运营仍缺乏统一的规范。

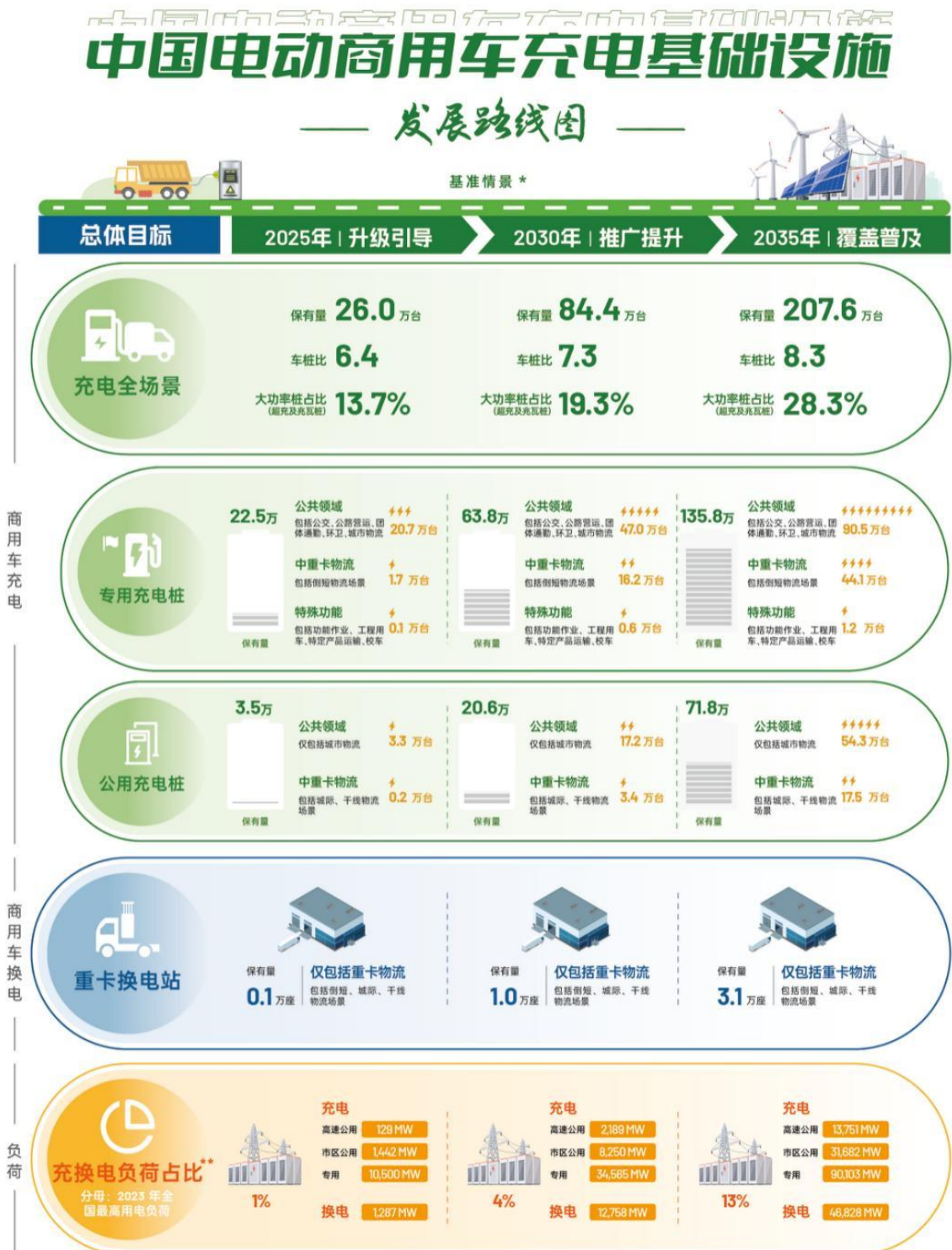
（3）产品技术端，更加注重以安全为前提的技术创新，兆瓦充电、液冷超充等大功率充电技术也多优先应用于商用车充电。

三、充换电设施的规模发展受顶层政策标准引导，产品创新驱动，市场参与者共同推动三重动力影响。预测到 2035 年，中国电动商用车充换电设施市场规模将达到 208 万台，年均增长 23%；换电站 3

万座，年均增长 41%，公路货运场景是充换电设施未来发展的重点场景。

四、商用车充换电设施市场规模化发展受**电网负荷、土地因素、政府补贴**等因素的影响。从场站投资角度，快充站经济性更优，从系统成本考虑，换电站更具时间成本优势。电网负荷将成为限制高速场景充电设施规模化发展的重要因素，未来电网压力将成倍提升，预计到 2035 年商用车充电站峰值负荷达当前电网总负荷的 13%，V2G 等新技术在商用车场景的推广应用在未来将十分重要。

6.2 中国电动商用车充电基础设施发展路线图



6.3 中国电动商用车补电设施总体发展政策建议

（一）完善中国电动商用车充电基础设施规划管理类政策建议

第一，充电网络规划方面，我国应抓住顶层设计主线，明确商用车充换电针对性政策。确保商用车充电设施网络覆盖城市、高速公路、物流园区等关键地点。进一步**提升公共充电网络建设数量与质量**，通过新建、改建、扩容等方式化解地域不平衡问题；通过调整快、慢充比例，优化公共充电桩结构，解决建设布局结构不平衡问题。（发改委、交通运输部、各地方政府）

第二，重点场景规划方面，在高速公路沿线，持续推进公路沿线商用车补电基础设施建设。逐步制定重点城市、重点区域及全国范围内关键货运通道快速补能体系建设示范计划。引进民间资本加入高速商用车充电基础设施建设行列，加强相关方沟通协调。在公共领域，鼓励有条件的专用场站开放运营，从补能端推动商用车全面电动化。（交通运输部、发改委等）

第三，平台运营管理方面，政府与相关部门合作开发电动商用车充电管理平台，基于国家充电设施监测服务平台开发商用车充电模块，进一步提高我国充换电行业数据分析维度和质量，建立健全商用车充电平台管理细则，形成市场良性竞争环境。（国家能源局、工信部）

第四，标准体系规划方面，逐步完善构建符合市场需求的充电标准体系，提升充电兼容性、充电速度和充电安全性。加紧出台乘/商用车换电标准体系，增强换电互换性，从标准端助力行业发展。（工信部、能源局等）

（二）完善中国电动商用车充电基础设施**资金补贴类**政策建议

第一，基础设施建设方面，提供资金补贴及税收优惠，持续完善落实商用车充电基础设施补贴，设立专项资金或拨款计划，减免相关税收。（发改委、国家能源局、财政部）

第二，金融服务支持方面，创新金融支持模式，支持创新绿色贷款等金融支持新模式，从资金端支持新能源汽车充电设施建设。（中国人民银行等）

（三）完善中国电动商用车充电基础设施**价格调控类**政策建议

第一，充电费用监管方面，建立健全充电价格管控机制，确保充电服务收费标准合理、公平、透明。（市场监管局）

第二，分时电价设置方面，完善分时电价机制，鼓励充电领域全面建立分时电价机制，支持充换电运营商采用虚拟电厂、车网互动等新模式参与电力交易。（发改委、能源局）

（四）完善中国电动商用车充电基础设施**支持保障类**政策建议

第一，土地规划方面，科学规划商用车充换电基础设施布点，并将其纳入城市规划，确保充电站的建设与城市发展相互协调。进一步简化公路沿线、农村等重点场景充换电站建设土地审批流程，提供用地便利。（住房和城乡建设部、自然资源部）

第二，质量保障方面，建立完善充换电场所测评和老旧桩退出机制，逐步构建高质量充电场所评价标准体系，提升公共充电网络服务质量；建立健全“僵尸桩”退出机制。（市场监管局等）

第三，服务保障方面，推进建设补能服务生态建设，鼓励集补能、停车、餐饮、住宿等于一体的综合能源服务站建设，引导充换电站服务升级。（发改委、市场监管局等）

第四，技术研发方面，鼓励创新充电技术的研发和应用，加快大功率充电、换电等创新补能技术研发和相关标准制定。（科技部、能源局等）

免责声明

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

Disclaimer

- Unless otherwise specified, the views expressed in this report are those of the authors and do not necessarily represent the views of Energy Foundation China. Energy Foundation China does not guarantee the accuracy of the information and data included in this report and will not be responsible for any liabilities resulting from or related to using this report by any third party.
- The mention of specific companies, products and services does not imply that they are endorsed or recommended by Energy Foundation China in preference to others of a similar nature that are not mentioned.