

上海 PHEV 推广应用评估及“十四五” 政策建议研究

能源基金会

上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心

2021 年 7 月

摘要

本研究主要分为七章。第一章为研究背景及意义。主要阐述了在国家双碳目标的背景下，研究上海交通领域中新能源汽车排放的必要性。第二章为研究内容和技术路线。主要介绍了本研究各章节的研究内容以及整体技术路线。第三章为上海新能源汽车市场推广现状。主要阐述了目前上海新能源汽车市场的发展规模、能源类型结构、应用领域结构等。第四章为研究样本和研究方法。主要阐述了本研究所需的主要数据及其来源、研究时间段、样本分组分类情况以及 PHEV 碳排放研究方法。第五章为上海 PHEV 使用特征及碳排放研究。主要分析了不同使用场景、不同充电条件的 PHEV 出行和充电行为，并对 PHEV 的排放进行了计算。第六章为上海新能源汽车用户调研研究。通过对已购混动 PHEV 车的现有用户、有意向选购新能源汽车的潜在用户调研，深入了解他们目前的充电状况、使用体验，未来选购倾向、配置的偏好和新能源汽车政策的变化对选购和使用行为的影响。第七章为通过以上数据分析，并结合调研研究得出的结论和建议。

目录

摘要	2
一、研究背景及意义.....	6
二、研究内容和技术路线.....	7
2.1 研究内容.....	7
2.2 技术路线.....	7
三、新能源汽车市场推广现状.....	8
3.1 全国新能源汽车市场情况.....	8
3.2 上海新能源汽车市场情况.....	9
四、研究样本及研究方法.....	12
4.1 数据处理及研究样本.....	12
4.2 研究模型.....	12
五、上海 PHEV 使用特征及碳排放研究	15
5.1 研究样本构成情况.....	15
5.2 出行特征.....	16
5.3 充电特征.....	19
5.4 碳排放.....	28
六、上海新能源汽车用户调研研究.....	33
6.1 调研对象.....	33
6.2 调研内容.....	34
6.3 主要调研结论.....	35
七、结论与建议.....	39

图目录

图 1 技术路线.....	7
图 2 全国新能源汽车销量情况.....	8
图 3 2020 年全国新能源汽车细分车辆类别月销量情况	9
图 4 全国新能源汽车细分车辆类型累计销量情况	9
图 5 上海新能源汽车年销量.....	10
图 6 上海新能源汽车细分车辆类型累计销量	10
图 7 上海新能源乘用车年度销量动力类型比例情况	11
图 8 上海新能源乘用车分领域累计销量情况	11
图 9 上海新能源汽车推广特征.....	11
图 10 数据清洗及研究样本的确定	12
图 11 车辆使用场景识别方法.....	13
图 12 充电地点类型识别方法.....	13
图 13 PHEV 工作模式	14
图 14 研究样本按充电条件分类情况	15
图 15 未充电车辆构成情况.....	16
图 16 全样本 PHEV 周均出行天数分布	16
图 17 全样本 PHEV 细分使用场景周均出行天数分布	17
图 18 全样本 PHEV 日均出行里程分布	17
图 19 全样本 PHEV 细分使用场景日均出行里程分布	18
图 20 全样本 PHEV 日均出行时长分布	18
图 21 全样本 PHEV 细分使用场景日均出行时长分布	19
图 22 有充电行为的 PHEV 周均充电天数分布	20
图 23 有充电行为的 PHEV 细分使用场景周均充电天数分布.....	20
图 24 有充电行为的 PHEV 百公里充电次数分布	20
图 25 有充电行为的 PHEV 细分使用场景百公里充电次数分布.....	20
图 26 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型周均充电天数分布.....	21
图 27 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型百公里充电次数分布.....	21
图 28 有充电行为的 PHEV 充电时长分布	21
图 29 有充电行为的 PHEV 细分使用场景充电时长分布	22
图 30 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型周均充电时长分布.....	22
图 31 有充电行为的 PHEV 细充电开始时刻分布	23
图 32 有充电行为的 PHEV 细分使用场景充电开始时刻分布.....	23
图 33 有充电行为的 PHEV 充电开始 SOC 分布.....	23
图 34 有充电行为的 PHEV 细分使用场景充电开始 SOC 分布	24
图 35 有充电行为的 PHEV 电网充电里程比例（EDR）分布	24
图 36 有充电行为的 PHEV 细分使用场景电网充电里程比例（EDR）分布	25
图 37 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型电网充电里程比例（EDR）分布	25
图 38 随周均充电天数增加 EDR 变化趋势	26
图 39 相同充电频率下不同续航里程的 EDR 水平.....	26
图 40 不同续航里程下随周均充电天数增加 EDR 均值变化曲线.....	27
图 41 全样本 PHEV 碳排放分布	29

图 42 全样本 PHEV 与汽油车、纯电车碳排放对比	29
图 43 全样本 PHEV 细分车辆类别与汽油车对比	30
图 44 不同使用场景车辆单车年排放情况	30
图 45 不同使用场景所有车辆年总排放	31
图 46 不同能耗、充电频次排放分布	32
图 47 调研对象	33
图 48 250 名现有 PHEV 用户结构情况	34
图 49 150 名潜在用户结构情况	34
图 50 主要调研内容	35
图 51 现有 PHEV 用户出行和充电情况	35
图 52 现有 PHEV 用户不同充电条件下充电情况	36
图 53 现有 PHEV 用户满意度评价	37
图 54 现有用户选择 PHEV 而未选 BEV 的原因	37
图 55 潜在用户购买倾向	38
图 56 政策对用户的影响	39

表目录

表 1 不同充续航里程车辆的 EDR 均值	27
表 2 不同充续航里程车辆的 EDR 均值拟合曲线方程	27
表 3 相同充电频率下随续航里程提升 EDR 值的增加量	28
表 4 不同充电条件单车排放对比	31
表 5 不同接入时间单车排放对比	31

一、研究背景及意义

全球气候变化对人类生产生活的不利影响越来越突出，应对气候变化已经成为人类社会共同面临的最严峻挑战之一。全球大多数国家已经签署了共同应对气候变化的《巴黎协定》并明确了碳中和的时间节点，英国等国家还通过立法予以明确。根据国际能源署（IEA）二氧化碳排放量数据，2019 年，中国碳排放全球占比约 29%，占比第一，其后分别为美国（15%）、欧盟（10%）、印度（7%）、俄罗斯（4%）、日本（3%）。实现碳达峰及碳中和成为全球竞争的重要筹码。美国、欧盟等目前已基本实现碳达峰，中国一直积极应对气候变化，加快能源结构调整与产业结构升级，加强生态环境保护，在碳减排的基础上促进综合国力增强与大国地位巩固。

2020 年 9 月 22 日，在第七十五届联合国大会一般性辩论上宣布，我国将采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于 2030 年前达到峰值，努力争取 2060 年前实现碳中和。碳达峰、碳中和（后简称“双碳”）的目标给汽车行业带来了新的考验，也为新能源汽车产业的发展提供了机会。

目前，交通领域是中国碳排放第三大领域；在上海，道路交通碳排放占交通领域碳排放 74%，而小汽车碳排放又占道路交通碳排放 62%。因此，汽车产业不仅是上海国民经济支柱，提高新能源汽车市场渗透率，更将成为 2025 年上海交通领域碳排放提前实现“达峰”的主要路径。

截至 2021 年 6 月 30 日，PHEV 乘用车占上海新能源汽车保有量的 54%，虽然 2023 年已经明确不再为 PHEV 免费发放牌照，也并不意味着 PHEV 的保有量将停止增长。因此，研究不同类型 PHEV 车辆的碳排放的差异，以及 PHEV 车辆与燃油车相比的碳排放高低，可以为下一阶段新能源汽车的推广政策制定，以及交通领域的碳达峰路径规划提供研究支撑。

二、研究内容和技术路线

2.1 研究内容

本文分为七个章节。各章主要研究内容如下：

第一章为研究背景及意义。主要阐述了在国家双碳目标的背景下，研究上海交通领域中新能源汽车排放的必要性。第二章为研究内容和技术路线。主要介绍了本研究各章节的研究内容以及整体技术路线。第三章为上海新能源汽车市场推广现状。主要阐述了目前上海新能源汽车市场的发展规模、能源类型结构、应用领域结构等。第四章为研究样本和研究方法。主要阐述了本研究所需的主要数据及其来源、研究时间段、样本分组分类情况以及 PHEV 碳排放研究方法。第五章为上海 PHEV 使用特征及碳排放研究。主要分析了不同使用场景、不同充电条件的 PHEV 出行和充电行为，并对 PHEV 的排放进行了计算。第六章为上海新能源汽车用户调研研究。通过对已购混动 PHEV 车的现有用户、有意向选购新能源汽车的潜在用户调研，深入了解他们目前的充电状况、使用体验，未来选购倾向、配置的偏好和新能源汽车政策的变化对选购和使用行为的影响。第七章为通过以上数据分析，并结合调研研究得出的结论和建议。

2.2 技术路线

本研究的技术路线如下所示：

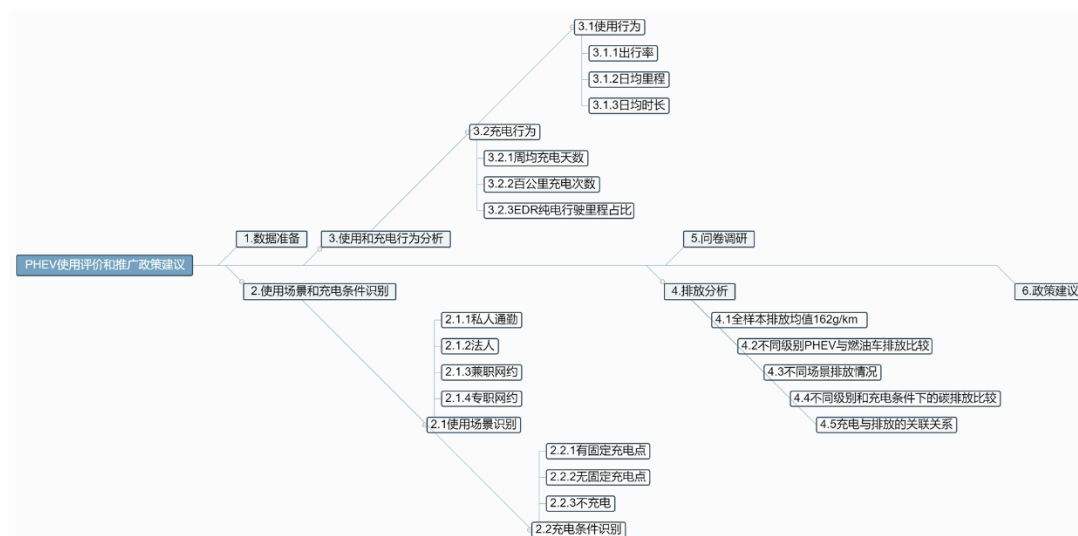


图 1 技术路线

三、新能源汽车市场推广现状

3.1 全国新能源汽车市场情况

总体来看，近 9 年中国新能源汽车的销量规模发展迅速。2012 年-2014 年，中国新能源汽车处于示范推广阶段，年度销量规模低于 10 万辆。2015 年开始，受政策补贴的强力带动，中国新能源汽车市场爆发，连续 4 年高速增长，2018 年销量规模跃升至 120 万辆。2019 年受补贴大幅退坡的影响，中国新能源汽车市场未能维持增长态势，销量首次出现下滑，产业总体进入调整阶段。截至 2021 年 6 月底，全国新能源汽车保有量达 603 万辆，占汽车总量的 2.06%。其中，纯电动汽车保有量 493 万辆，占新能源汽车总量的 81.68%。上半年新注册登记新能源汽车 110.3 万辆，与去年同期相比增加 77.4 万辆，增长 234.92%。

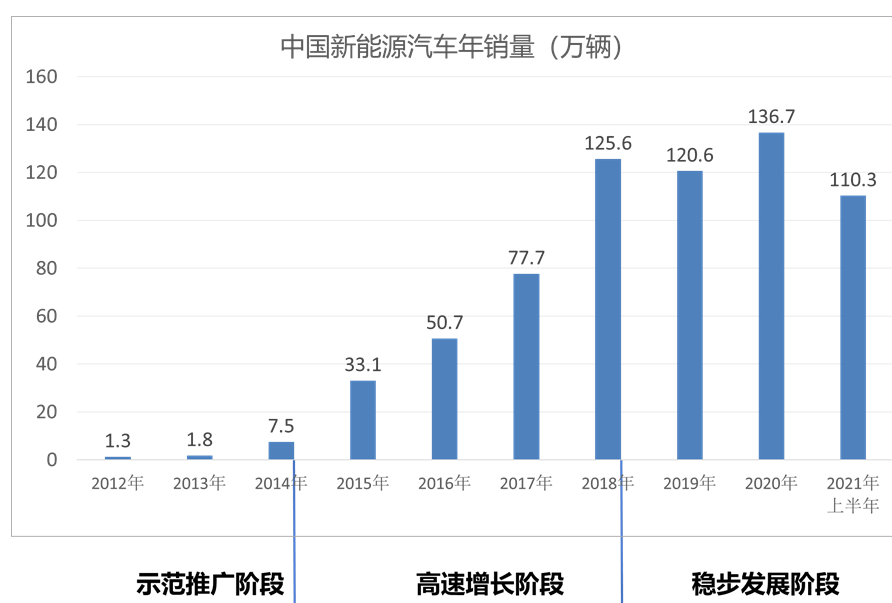


图 2 全国新能源汽车销量情况¹

2020 年全国纯电动乘用车销量达 97.6 万辆，同比增加 14.6%，市场占比达 73%，成为拉动 2020 年新能源汽车销量增长的主要力量；插电式混合动力乘用车销量 24.7 万辆，同比增加 9.1%，市场占比 18%；新能源商用车销量 12 万辆，同比减少 17.2%，市场占比下滑至 9%。

从 2020 年月度销量来看，纯电动乘用车在下半年整体走高，而插电乘用车

¹ 数据来源：中国汽车工业协会

和新能源商用车总体需求增长较为平稳。

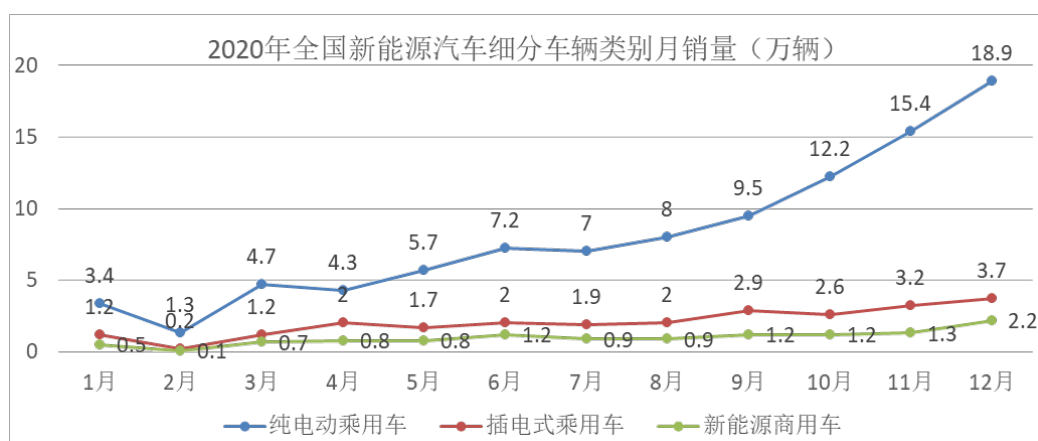


图 3 2020 年全国新能源汽车细分车辆类别月销量情况²

从累计销量来看，纯电动乘用车占比约 64%，占据全国新能源汽车市场主要份额。

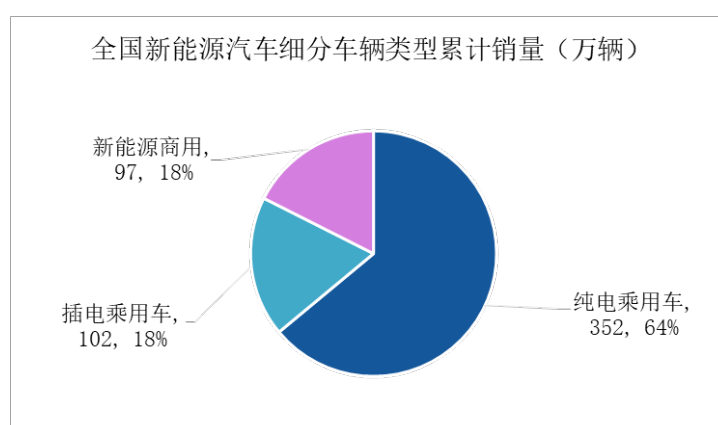


图 4 全国新能源汽车细分车辆类型累计销量情况

3.2 上海新能源汽车市场情况

经过 2013 年以来的产业能力提升和规模化推广应用阶段，上海市年度新能源汽车推广应用规模屡创历史新高，2017、2018 年新能源汽车年度销量先后突破 6 万辆与 7 万辆，2020 年首次突破 10 万辆。截至 2021 年上半年，上海已累计推广应用新能源汽车超过 54 万辆，推广总量持续保持国内乃至国际城市级推广规模的领先地位。

² 数据来源：中国汽车工业协会、乘联会公开数据整理，下同

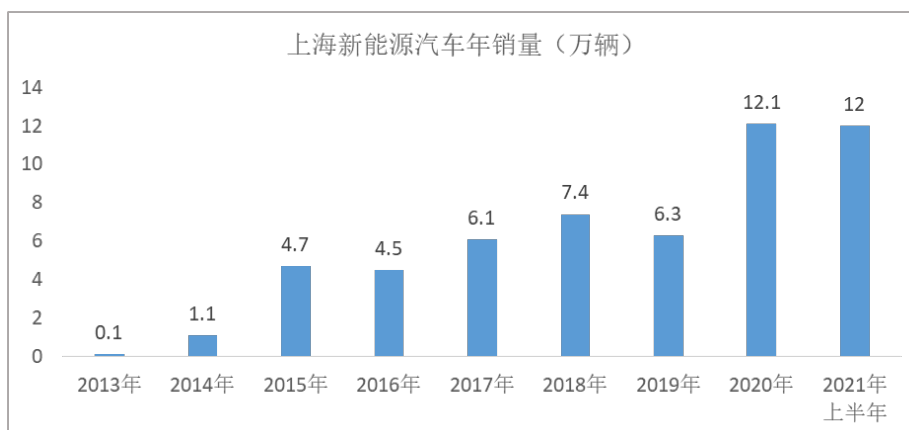


图 5 上海新能源汽车年销量³

从分车辆类型来看，截至 2021 年上半年插电、纯电乘用车累计销量分别为 28.9 万辆、21.8 万辆，合计超过 50 万辆，占总销量比例达 93%。上海新能源汽车推广呈现以乘用车为绝对主力的市场特征。

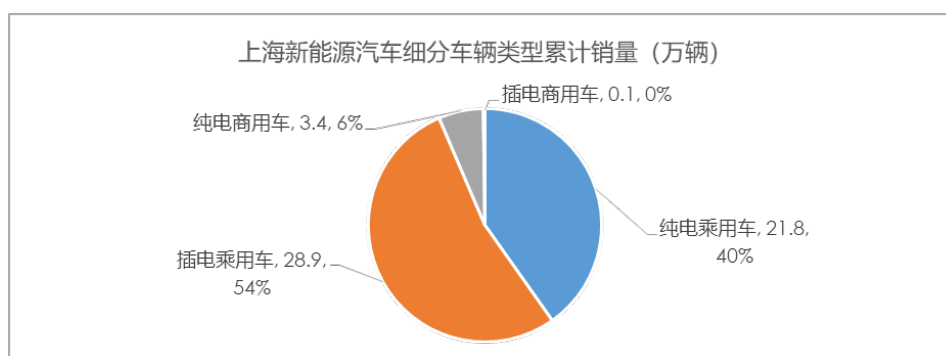


图 6 上海新能源汽车细分车辆类型累计销量

从历年乘用车的动力类型比例来看，2019 年之前插电式混合动力乘用车为市场首选（图 7）。由于享受免费送绿牌的优惠，上海一直都是插电混车型的主力市场。相对而言，插电式混合动力汽车因可充电又可燃油驱动，更受青睐。尤其是与北京只针对纯电动汽车提供优惠政策不同，上海对插电汽车也给予优待，仅在补贴数额上有所差别，也促使更多消费者选择插电混合动力汽车。

2019 年开始，纯电动乘用车推广应用比例提升效果显著。从上海市场来看，2018 年前主流 BEV 纯电续航里程小于 400KM，与传统燃油车相比存在里程焦虑；随着各企业新能源汽车产品的更新换代产品性能提升，2018 年开始市场上纯电续航 400 公里以上的车型增多；同时产品的使用舒适性和功能性也不断升级、充

³ 数据来源：上海市公安交警总队车辆管理所，下同

电日趋方便，共同成为纯电销量增长的驱动力。

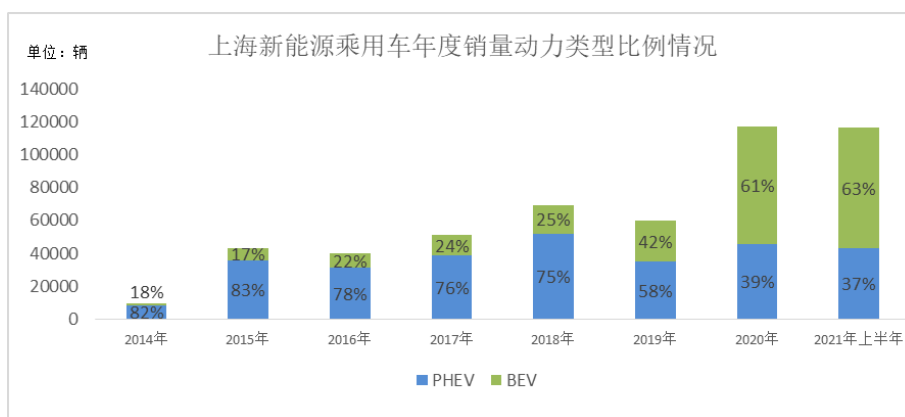


图 7 上海新能源乘用车年度销量动力类型比例情况

从细分应用领域来看，插电、纯电乘用车私人领域累计销量分别占比 76%、73%，其次为公务和租赁领域，因此，上海的新能源汽车推广主要是私人消费者市场拉动。

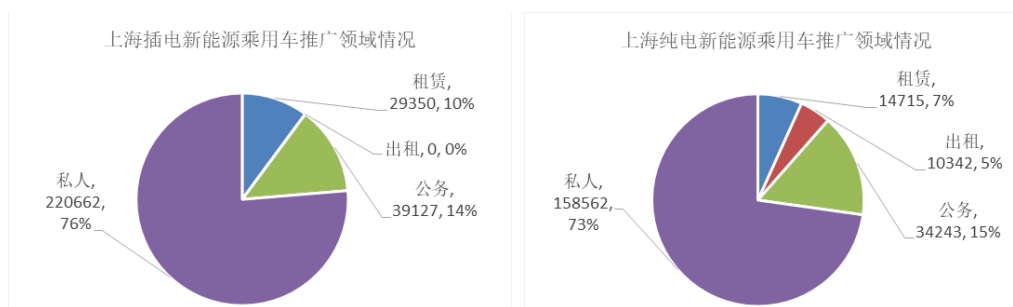


图 8 上海新能源乘用车分领域累计销量情况

从以上上海新能源汽车市场数据来看，上海新能源汽车市场可以总结为以下几大特征：



图 9 上海新能源汽车推广特征⁴

⁴ 上海机动车 2020 年保有量数据（450.64 万辆）来自上海市经济信息中心

四、研究样本及研究方法

4.1 数据处理及研究样本

本研究对象为 2020 年之前接入数据中心平台并且有过半年以上出行行为的所有 PHEV 乘用车，符合条件的 PHEV 乘用车为 201289 辆。其次对 201289 辆车辆数据进行数据清洗。里程条件满足：（1）里程没有跳变现象；（2）里程丢失率在 40%以下；充电条件满足：（1）充电状态位正常；（2）SOC 正常；（3）GPS 坐标正常。最终研究样本为 124237 辆 PHEV。

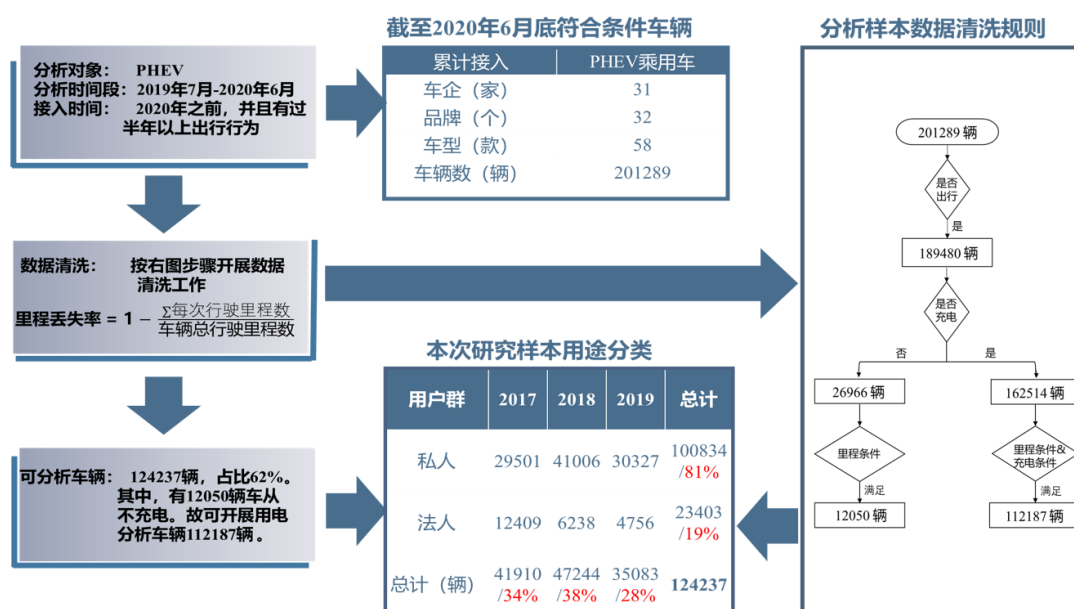


图 10 数据清洗及研究样本的确定

4.2 研究模型

4.2.1 车辆使用场景识别

依据使用特征建模，对“私人购买”车辆使用场景进行识别，得出标签为“私家通勤”车辆占比 73%、“兼职网约”占比 16%、“专职网约” 11%。具体识别方法如下所示：

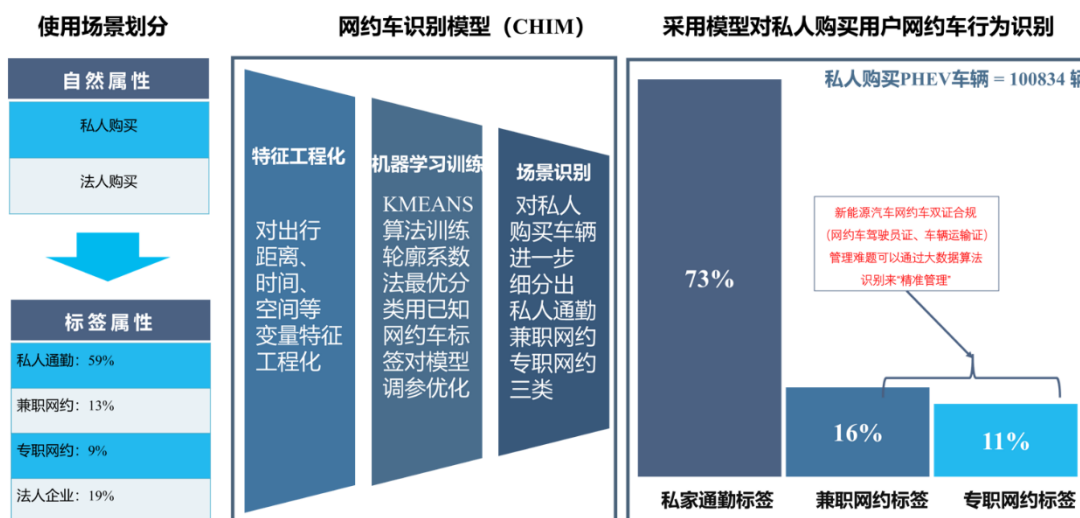


图 11 车辆使用场景识别方法

4.2.2 充电地点类型识别

通过 CPIM 模型⁵识别车辆充电地类型，结果为“有固定充电点”车辆占比 68%(其中，居住地充电占比 38%)、无固定充电点车辆占比 22%。具体识别方法如下：

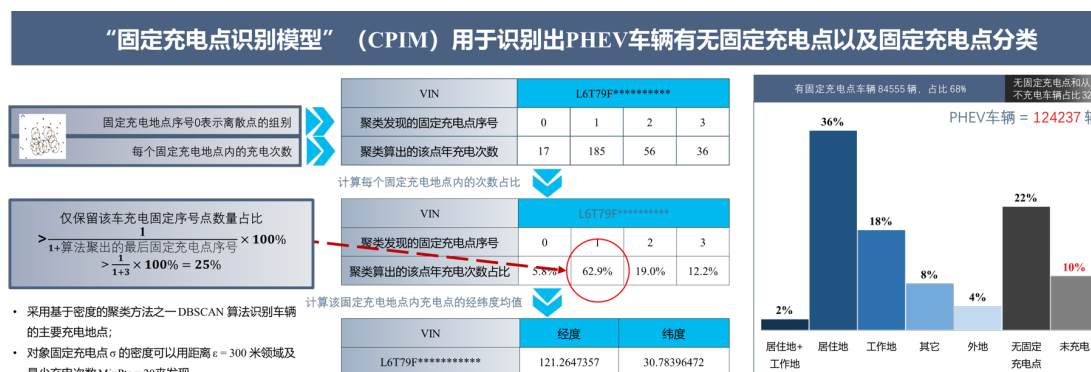


图 12 充电地点类型识别方法

4.2.3 电网充电里程（EDR）

PHEV 具有电机和发动机两个驱动力，既可以利用外部电网对车辆动力蓄电池充电进行电网电驱动，又可以加注汽油通过燃烧汽油驱动，具有以下运行特征⁶：

⁵ 充电点算法模型（CPIM）：Charging Point Identification Model；其它表示充电场景为交通设施、商圈等。

⁶ 秦孔建，陈海峰，方茂东. 插电式混合动力电动汽车排放和能耗评价方法研究[J]. 2010 中国汽车工程学

PHEV 工作模式如图 3，有两种工作模式：（1）电量消耗模式（CD 模式），这个阶段电池满电或者高荷电水平状态下，车辆运行一般处于纯电模式，电池电量下降较快；（2）电量维持模式（CS 模式），当 SOC 下降到电池允许下限时，车辆进入电量维持模式，车辆运行处于混动状态，SOC 发生微小波动。车辆设计不同，PHEV 运行模式组合可能会存在差异，本研究单从 CD 和 CS 模式区分来自电网电驱动里程和燃油驱动里程，从而获得车辆 EDR。

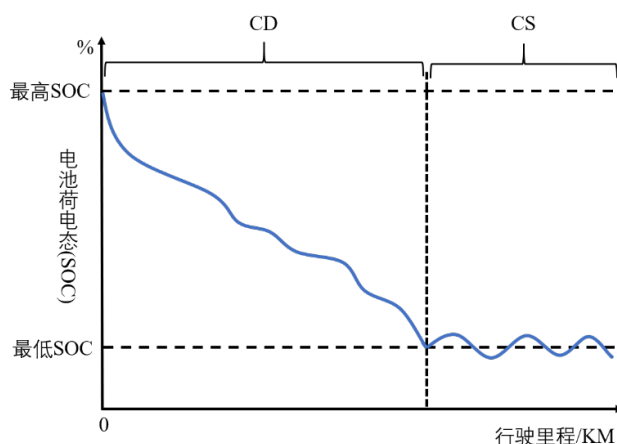


图 13 PHEV 工作模式

本研究中假设 CD 段的里程完全是来自电网的电驱动里程（简称电里程，记为 M_e ），CS 段的里程完全由燃烧汽油驱动的里程（简称油里程，记为 M_f ）（电里程和油里程具体计算方法可以参考文献⁷）。则，EDR 可由如下公式表示：

$$EDR = \frac{M_e}{M_e + M_f} \quad (1)$$

由公式（1）可得到，总里程不变， M_e 越大，EDR 越大。提升电能替代，即提高 EDR。但是，EDR 不但受里程的影响，还受续航里程以及充电频率等影响，下一章节将会进行分析。

会年会优秀论文，2010.

⁷ Xu Hao, Hewu Wang, Minggao Ouyang. A novel state-of-charge-based method for plug-in hybrid vehicle electric distance analysis validated with actual driving data[J]. Mitigation and Adaptation Strategies for Global Change, 2020, 25.

五、上海 PHEV 使用特征及碳排放研究

5.1 研究样本构成情况

本章将进行使用特征和排放的分析，总研究样本 124237 辆 PHEV；从使用场景来看，私家通勤用户占比 59%，网约车用户 22%，法人用户占比 19%；从充电地点分类来看，有固定充电地点车辆约 8.5 万辆，合计占比 68%，无固定充电地点和不充电车辆合计占比 32%。

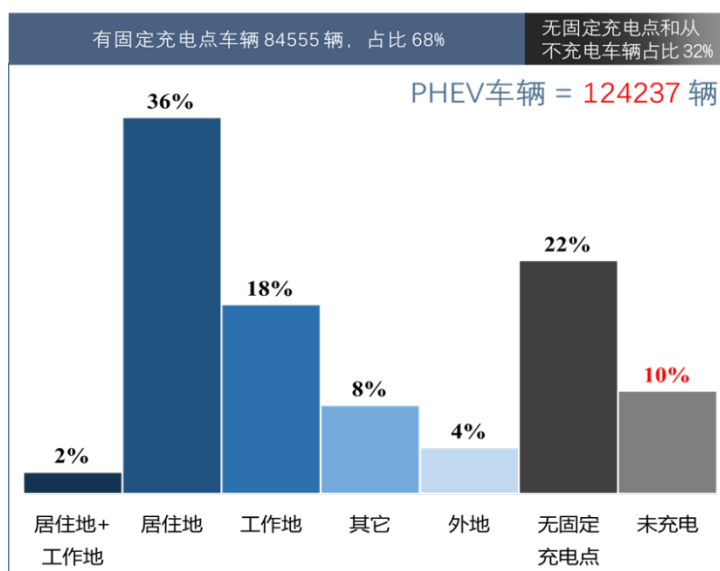


图 14 研究样本按充电条件分类情况

其中，总研究样本中包括 10% 的未充电车辆，约 1.2 万辆，按照车辆接入年份来看，2017 年接入车辆占未充电车辆总数的 58%，其中法人车辆占比 55%。

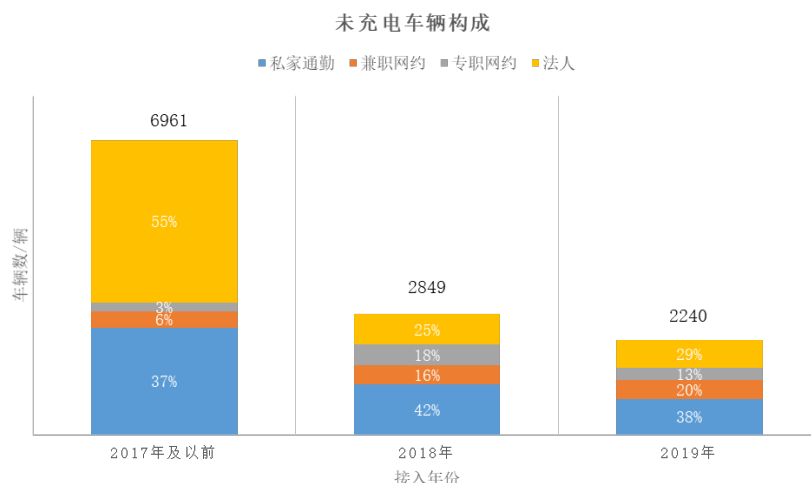


图 15 未充电车辆构成情况

5.2 出行特征

出行特征主要从三个方面进行分析：车辆的出行率，即车辆的使用强度，用周均出行天数反映；出行里程，即车辆的行驶里程，用平均每日出行里程反映；出行时长，即车辆的行驶时长，用平均每日出行时长反映。

5.2.1 出行率

全样本 PHEV 总体出行率较高，周均出行 5 天及以上的车辆数占比达到 71%；不同场景出行强度差异大，私家通勤周均出行 5 天和 6 天的分别占 30%、31%，专职网约周均出行 6 天占比高达 71%。

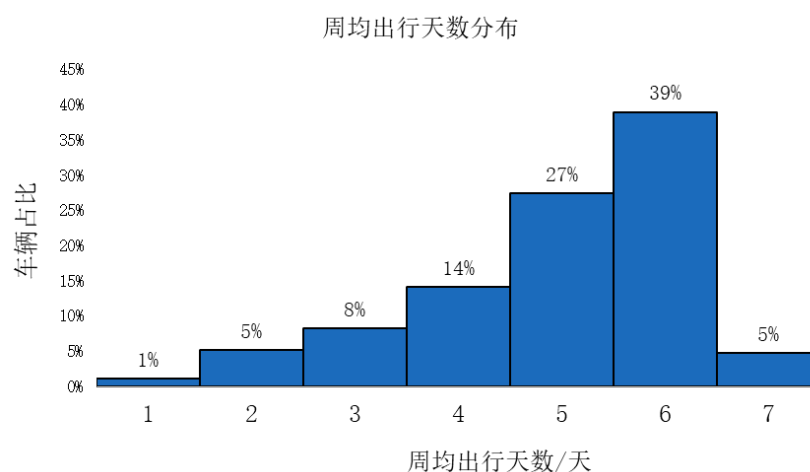


图 16 全样本 PHEV 周均出行天数分布

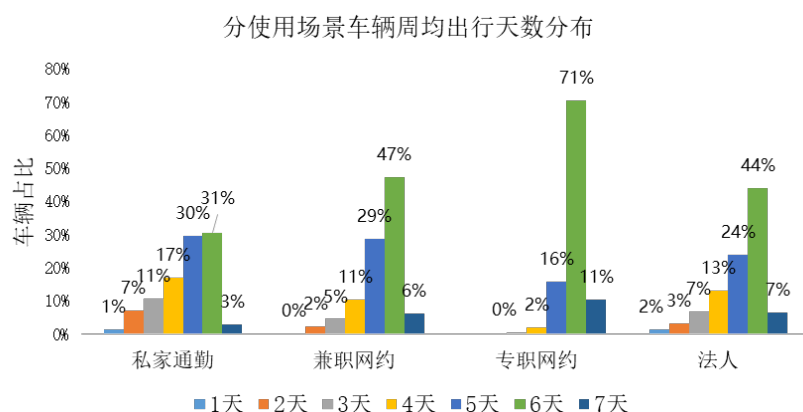


图 17 全样本 PHEV 细分使用场景周均出行天数分布

5.2.2 出行里程

全样本 PHEV 单车日均行驶里程均值为 82.5KM, 出行 105KM 以上车辆占 25%; 分场景看, 日均行驶里程差异大, 专职网约 184.9KM 最高, 其次是法人 121.7KM, 私家通勤 49.6KM 最低。

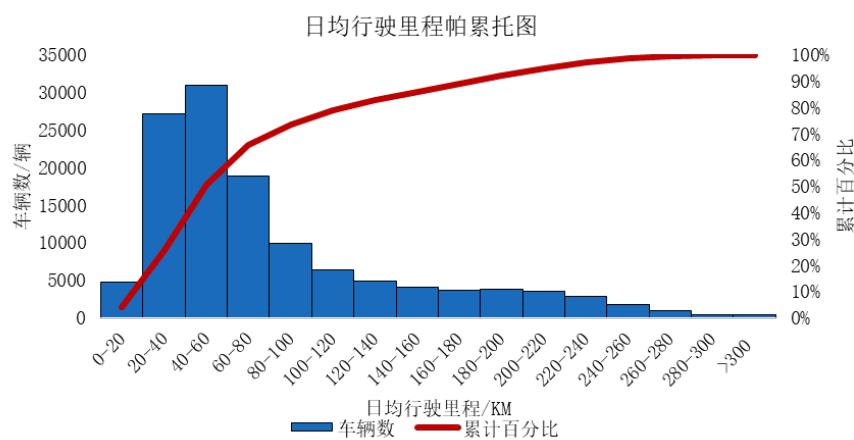


图 18 全样本 PHEV 日均出行里程分布

分使用场景车辆日均行驶里程箱线图

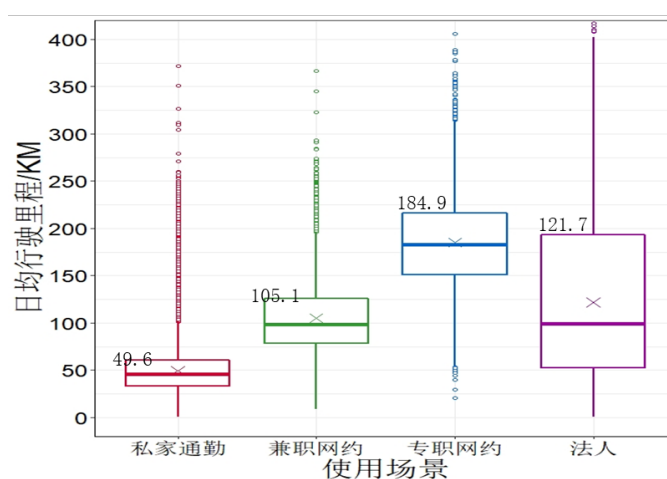


图 19 全样本 PHEV 细分使用场景日均出行里程分布

5.2.3 出行时长

全样本 PHEV 单车日均出行时长均值为 3.1 小时；私家通勤 1.8 小时、兼职网约 3.7 小时、专职网约 7.7 小时、法人 4.8 小时。

日均出行时长帕累托图

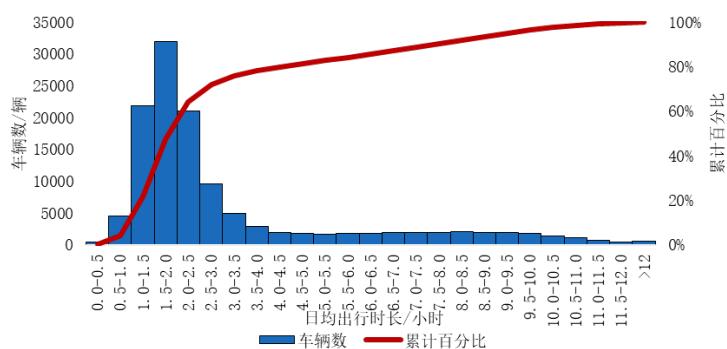


图 20 全样本 PHEV 日均出行时长分布

分使用场景车辆日均出行时长箱线图

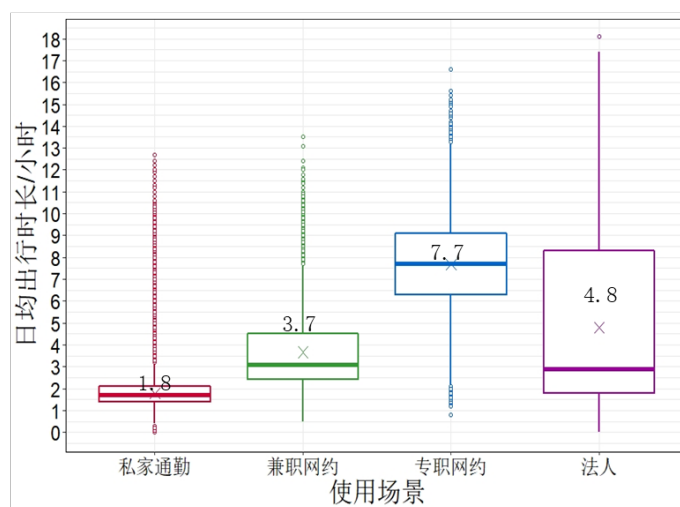


图 21 全样本 PHEV 细分使用场景日均出行时长分布

5.3 充电特征

充电特征主要四个方面进行分析：充电频次，用周均充电天数、百公里充电频次反映；充电时长，用平均每次充电时长反映；充电时刻，用每天充电开始时刻反映；充电起止 SOC，用充电开始和结束电池电量百分比反映。

本小节的充电特征分析不包括 5.1 小节中提到的未充电车辆（约占全部样本车辆的 10%），仅针对发生充电行为的 PHEV 车辆进行分析（全部研究样本 124237 的 90%），即 11.2 万辆。

5.3.1 充电频次

周均充电 1-2 天的车辆占 48%，百公里充电 0-0.5 次的车辆占 40%；专职网约周均充电 3 天及以上占 63%，百公里充电次数 0-0.5 次占到 75%。

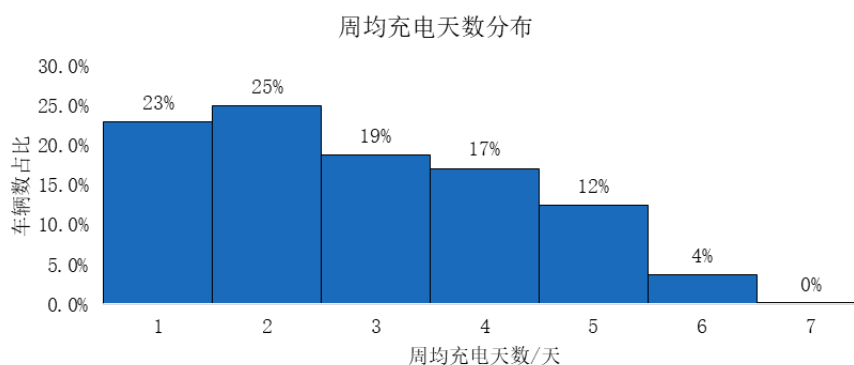


图 22 有充电行为的 PHEV 周均充电天数分布

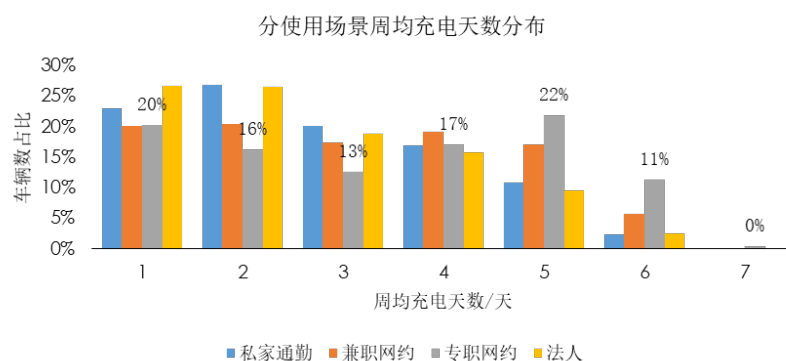


图 23 有充电行为的 PHEV 细分使用场景周均充电天数分布

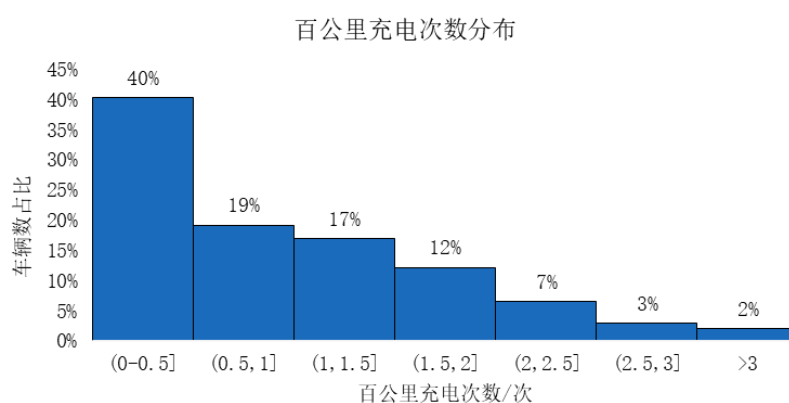


图 24 有充电行为的 PHEV 百公里充电次数分布

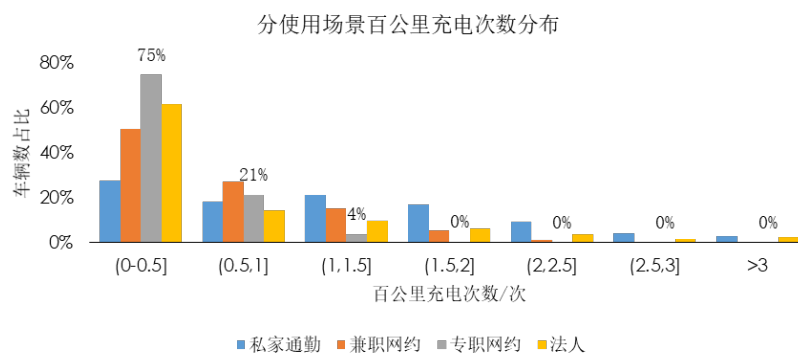


图 25 有充电行为的 PHEV 细分使用场景百公里充电次数分布

从细分充电地点类型来看，无固定充电地点车辆周均充电 1 天的车辆占比达 73%；百公里充电次数 0-0.5 次车辆占比达 91%。

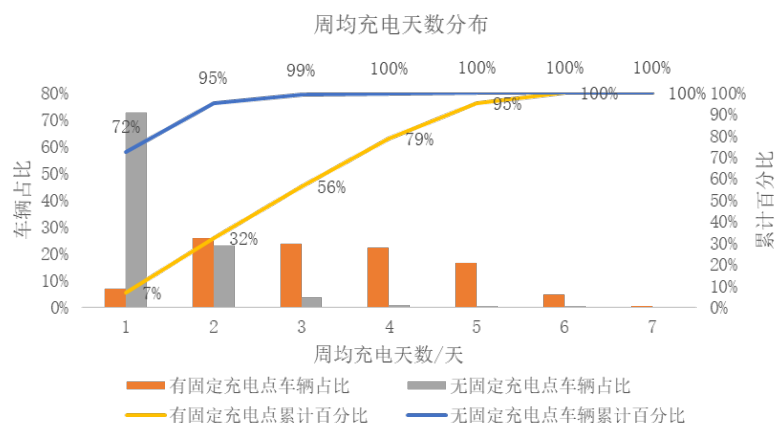


图 26 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型周均充电天数分布

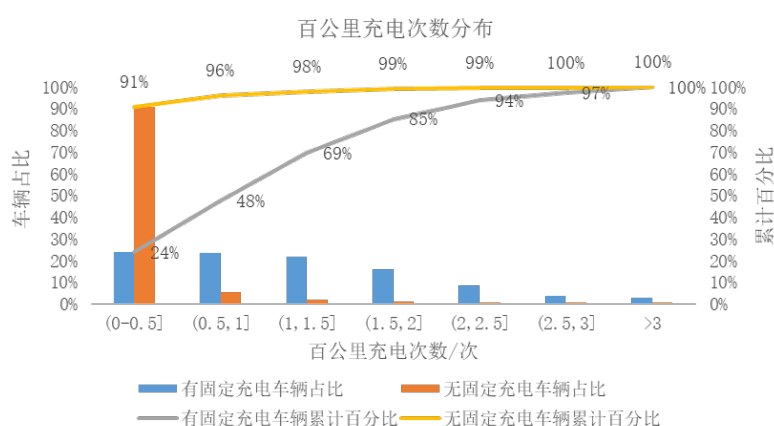


图 27 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型百公里充电次数分布

5.3.2 充电时长

车辆次均充电时长主要集中在 2-3 小时，不同的使用场景充电时长的分布差异不大。无固定充电地点车辆、固定充电地点车辆次均充电时长 3 小时以内累计占比 70%。

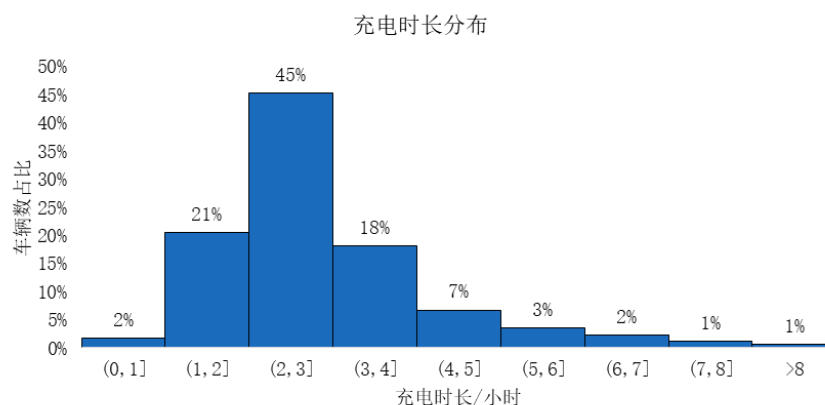


图 28 有充电行为的 PHEV 充电时长分布

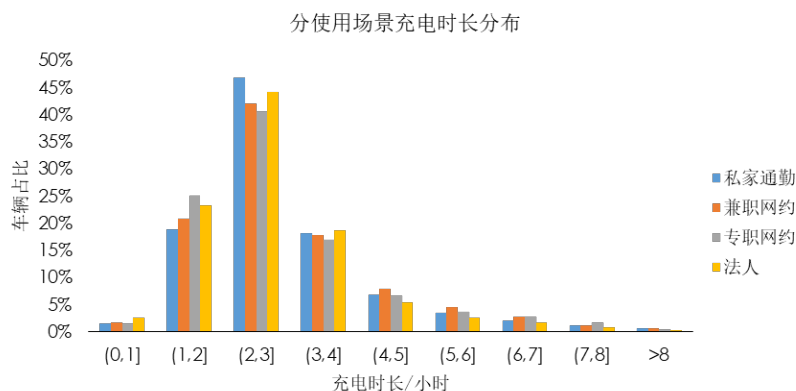


图 29 有充电行为的 PHEV 细分使用场景充电时长分布

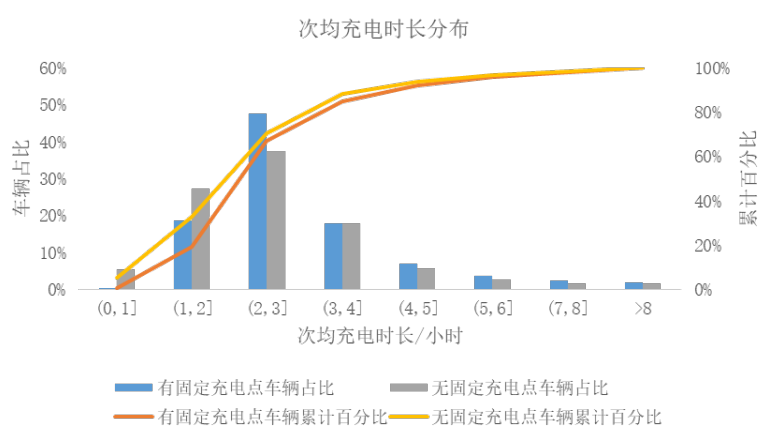


图 30 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型周均充电时长分布

5.3.3 充电时刻

充电起始时刻主要集中在 22:00-23:00 之间，早上 8:00-9:00 有一个小的充电高峰，专职网约充电次高峰在 11:00-12:00，法人充电高峰在早上 8:00-9:00。

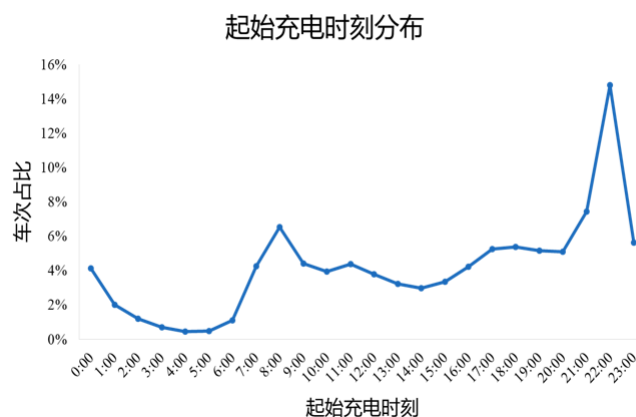


图 31 有充电行为的 PHEV 细充电开始时刻分布

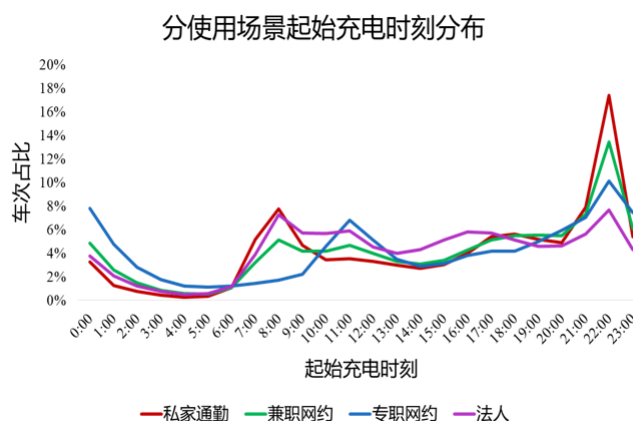


图 32 有充电行为的 PHEV 细分使用场景充电开始时刻分布

5.3.4 充电起止 SOC

62%的车辆都是 SOC 在 30%以下才充电，不同使用场景间差别不大。

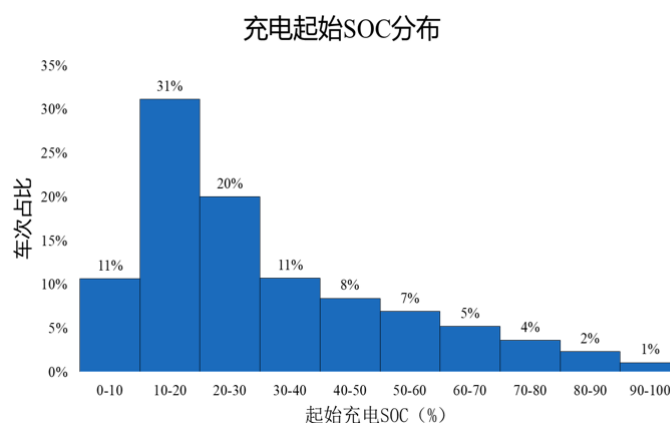


图 33 有充电行为的 PHEV 充电开始 SOC 分布

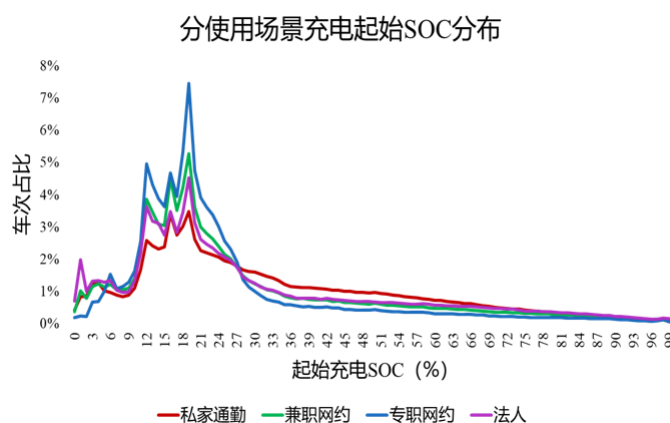


图 34 有充电行为的 PHEV 细分使用场景充电开始 SOC 分布

5.3.5 电网充电里程比例（EDR）

电网充电里程比例能够反映车辆来自电网充电的电里程占总里程的比例，不包括车辆行驶过程中油充电而产生的电里程（4.2.3 小节），因此，EDR 能够较准确的得到电驱动里程、油驱动里程，为评估 PHEV 排放和能耗提供基础。

5.3.5.1 EDR 计算结果

全样车辆 EDR 均值为 0.3（未充电车辆 EDR 为 0），所有充电车辆 EDR 均值 0.34，50%的车辆 EDR 在 0.3 以下，有 29%的车辆 EDR 低于 0.1，仅 25%的车辆 EDR 可以达到 0.57 以上。分使用场景来看，私家通勤 EDR 最高，专职网约 EDR 最低（图 36）。

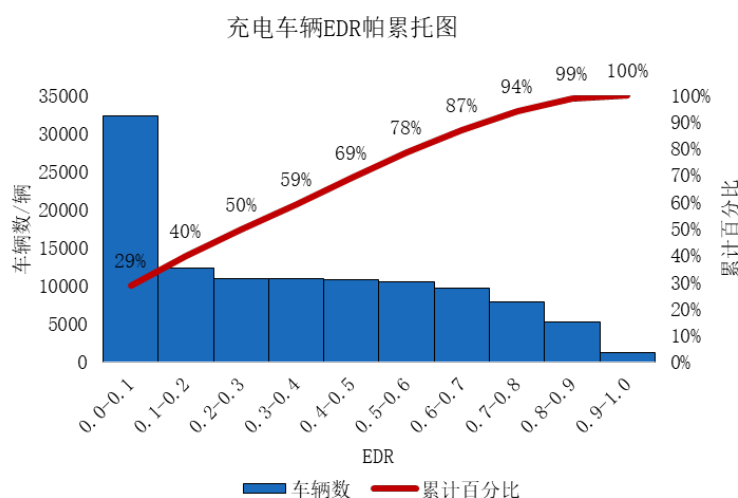


图 35 有充电行为的 PHEV 电网充电里程比例（EDR）分布

分使用场景EDR箱线图

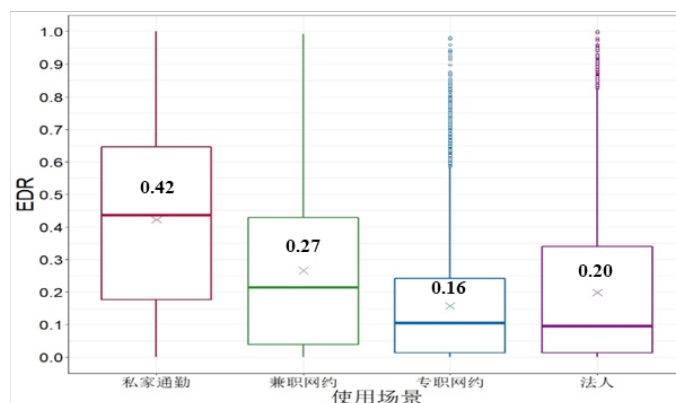


图 36 有充电行为的 PHEV 细分使用场景电网充电里程比例（EDR）分布

5.3.5.2 EDR 影响因素分析

（1）充电条件对 EDR 的影响

分不同充电条件来看，居住地充电类型的 EDR 均值 0.45，是无固定充电车辆 EDR 的 5.6 倍，工作地充电车辆 EDR 均值为 0.41（图 37），有无固定充电点对 EDR 影响较大。

分充电地点类型EDR箱线图

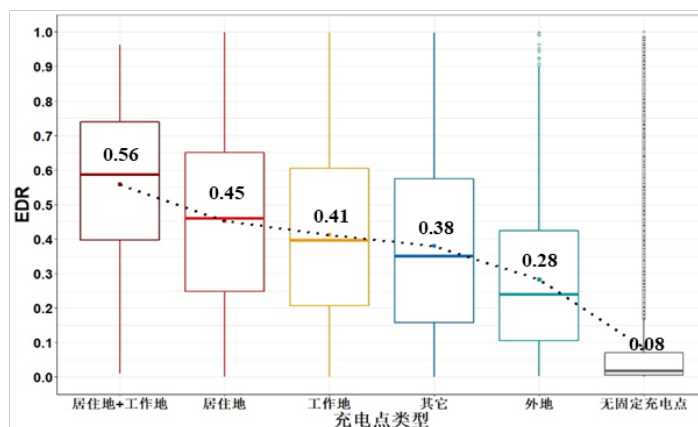


图 37 有充电行为的 PHEV 细分充电地点类型电网充电里程比例（EDR）分布

（2）充电频率对 EDR 的影响

筛选出行均在 200 天以上，即每周出行在 4 天及以上的 3000 辆 PHEV，利用 R 语言中回归分析软件包，对 3000 辆 PHEV 做回归分析，得到下图所示的回归曲线。图 38 反映了随周均充电天数的增加，车辆 EDR 呈上升的趋势，但是可以明显看出当周均充电 3 天以上曲线变的平缓，说明与研究样本相同出行强度的 PHEV

满足每周充电 3 天以上便可以达到电能替代的饱和状态,要进一步提升电能替代率,需提升续航里程。

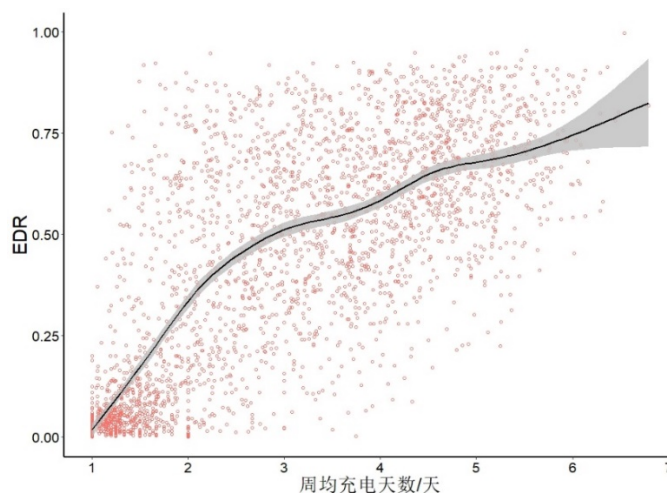


图 38 随周均充电天数增加 EDR 变化趋势

(3) 相同充电频率下续航里程对 EDR 的影响

下图显示了续航里程分别为 53km、60km 和 80km 的三个群体的 PHEV 随周均充电天数的增加 EDR 的变化趋势。

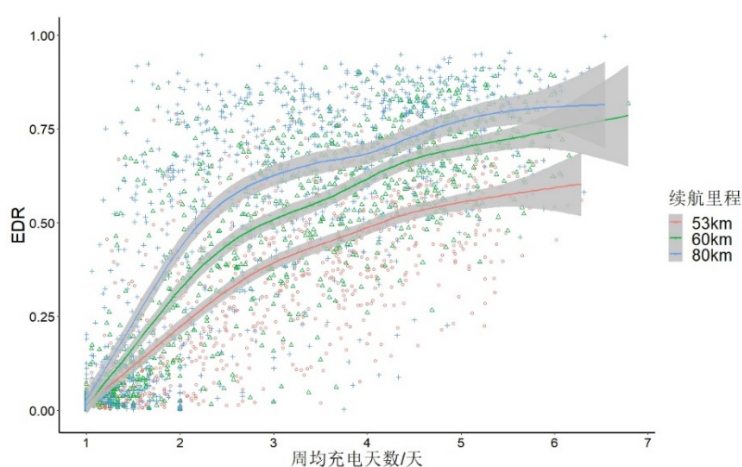


图 39 相同充电频率下不同续航里程的 EDR 水平

从图 39 可以看出,周均充电约 1 天,无论续航里程多大 EDR 的值都很低,这是一个很自然的结论,充电少电网电里程比例低,但是,周均充电 2 天以上可以清晰的看出,续航里程越大 EDR 的值越高,纵向看,相同的充电频率下随续航里程的增加 EDR 呈递增趋势,并且在周均充电 3 天以上这种增加幅度接近一个定值。为了更加准确地确定当充电频率相同时,续航里程每提升 10km 时 EDR 的变化趋势,依据周均充电天数和续航里程将样本进一步划分为更小的群体,通过

分析不同样本群体的 EDR 均值来具体研究提升充电频率和续航里程对 EDR 的影响程度。样本细分如下表所示：

表 1 不同续航里程车辆的 EDR 均值

周均充电天数		53km		60km		80km		总计	
		车辆数	EDR	车辆数	EDR	车辆数	EDR	车辆数	EDR
1 天	(0,1.5]	246	0.05	244	0.06	231	0.09	721	0.07
2 天	(1.5,2.5]	186	0.21	173	0.29	225	0.41	584	0.31
3 天	(2.5,3.5]	191	0.39	163	0.51	185	0.61	539	0.51
4 天	(3.5,4.5]	213	0.47	199	0.61	174	0.68	586	0.58
5 天	(4.5,5.5]	143	0.55	179	0.69	135	0.77	457	0.67
6 天	(5.5,6.5]	21	0.60	41	0.72	48	0.79	110	0.73
7 天	(6.5,7]	——	——	1	0.82	2	0.90	3	0.87
总计		1000	0.32	1000	0.42	1000	0.49	3000	0.41

对不同续航里程的群体按周均充电天数字段分组，计算每个细分群体的 EDR 均值，对均值数据拟合可以反映不同续航里程下随周均充电天数增加 EDR 整体的变化趋势。下图反映了不同续航里程的车辆随周均天数增加 EDR 的变化曲线。

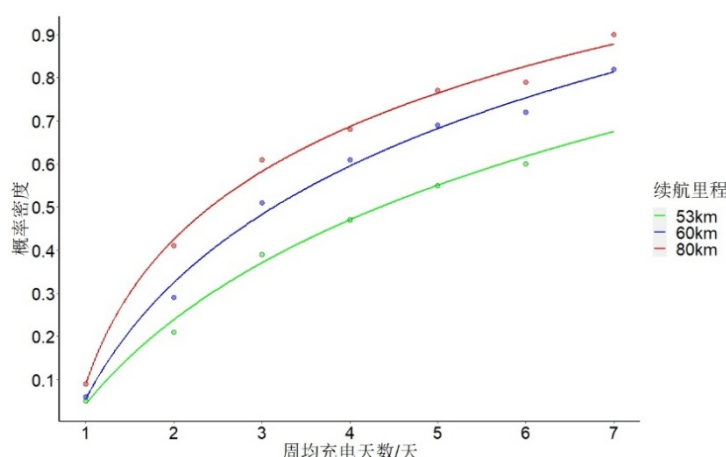


图 40 不同续航里程下随周均充电天数增加 EDR 均值变化曲线

不同续航里程的拟合曲线方程如下：

表 2 不同续航里程车辆的 EDR 均值拟合曲线方程

NEDC 续航里程	曲线方程
53km	$EDR = 0.41 \ln(0.68 w + 0.43)$
60km	$EDR = 0.39 \ln(1.15 w)$
80km	$EDR = 0.31 \ln(2.61 w - 1.28)$

由于本次研究的车辆日均里程均值 50km，续航里程为 80km 的车辆在周均充电三天以上后曲线会很快变的平缓。续航里程从 53km 提升至 60km、80km，不同充电频率下 EDR 的增加具体值如：

表 3 相同充电频率下随续航里程提升 EDR 值的增加量

续航里程变化	周均充电天数						
	1 天	2 天	3 天	4 天	5 天	6 天	7 天
53km 提高到 60km	0.01	0.09	0.11	0.12	0.13	0.14	0.14
60km 提高到 80km	0.03	0.10	0.10	0.09	0.08	0.07	0.06

从上表中可以看到,对于本研究的 PHEV 群体来说,续航从 53km 提升至 60km 在相同的充电频率下 EDR 可以提高 0.1 以上,续航里程从 60km 提升到 80km 周均充电 3 天以上 EDR 增加量在减小,说明 80km 的续航里程可以满足此类用户的需求。

5.4 碳排放

本小节基于百公里电耗和百公里油耗,计算包含发电环节与车辆使用环节的 PHEV 每公里二氧化碳排放水平。PHEV 的碳排放包括电里程排放和油里程排放,分别对应了电力生产阶段和车用燃料燃烧阶段。每公里二氧化碳排放计算公式:

$$EF_{CO_2} = \text{电力环节} + \text{燃油环节} = EC \times CO_{2e}/100 + EF \times CO_{2f}/100$$

其中:

EC: 实际综合百公里电耗

EF: 实际综合百公里油耗

CO_{2e}: 每度电二氧化碳排放强度, 单位 g/kwh

CO_{2f}: 每升汽油二氧化碳排放强度, 单位 g/L

2019 年全国单位发电量二氧化碳排放强度为 577g/kwh, 将高压输送与变电基地的损失 6.5%计算在内, 我国电力用户端的用电二氧化碳排放强度为 615g/kwh, 由于电动汽车充电会导致充电线损, 按 10%考虑时, 则每度电的二氧化碳排放强度为 676g/kwh。

对于传统的车用燃料, 使用碳平衡法计算获得的车用汽油完全燃烧的二氧化碳排放强度是 2300g/L⁸。

⁸ 郝旭, 王贺武, 李伟峰, 欧阳明高. 基于中国电网结构及一线典型城市车辆出行特征的 PHEV 二氧化碳排放分析. 环境科学

5.4.1 全样本排放情况

全样本车辆单车燃料周期碳排放分布在 130-180g/km，车辆合计占比 58%，200g/km 以上，车辆合计占比 13%。

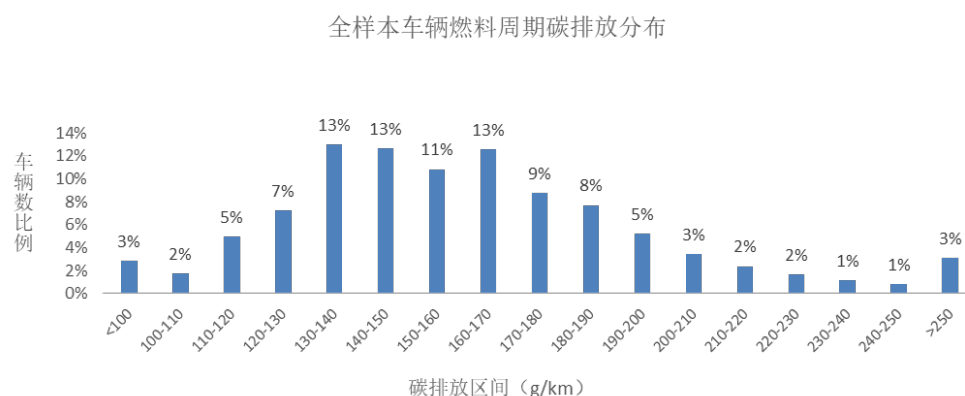


图 41 全样本 PHEV 碳排放分布

5.4.2 与其他燃料类型车辆排放对比情况

全样本车辆排放均值（162g/km）较汽油乘用车具有减排效果，其中，较中汽中心核算的汽油车碳排放（184g/km）下降 12%；较小熊油耗计算的汽油车碳排放（201g/km）下降 19%。

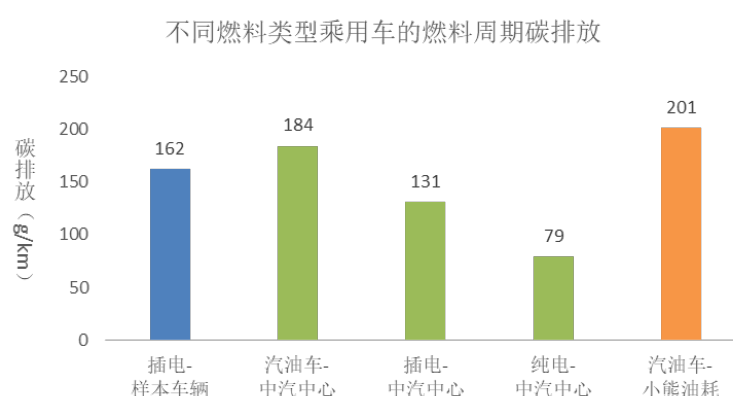


图 42 全样本 PHEV 与汽油车、纯电车碳排放对比⁹

⁹ 中汽数据有限公司《中国汽车低碳行动计划研究报告 2021》中乘用车燃料周期碳排放核算结果，其中汽油车油耗 GB/T 19233 进行测定的测定值；插电油耗采用 B 状态油耗，GB/T 19753 测定的测定值。根据小熊油耗《2020 中国汽车油耗排行榜》计算。

下图为细分不同车辆类型和车辆级别的全样本 PHEV 碳排放均值，从车辆类型，轿车和 SUV 来看，SUV（均值为 171）排放高于轿车（均值为 154），大约是轿车的 1.1 倍；从车辆级别，A0 级到 C 级来看，车辆级别越高（车型越大）排放越高，C 级轿车大约是 A 级轿车的 1.3 倍。

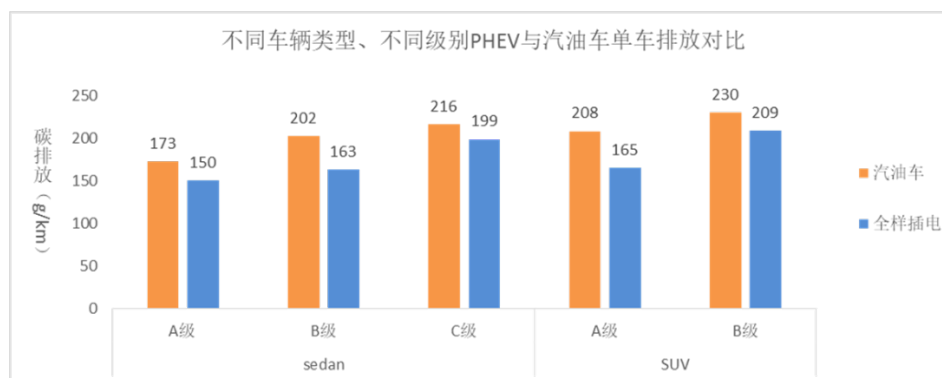


图 43 全样本 PHEV 细分车辆类别与汽油车对比

5.4.3 不同使用场景排放

图 44 显示了不同场景单车年里程排放：私家通勤车单车年里程发电端排放为 0.35 吨，油端排放为 0.80 吨，总排放为 1.15 吨；专职网约车年里程发电端排放为 0.25 吨，油端排放为 5.90 吨，总排放为 6.15 吨，总排放为私家通勤的 5.3 倍左右。

图 45 显示了不同场景所有车辆年里程排放，所有车辆年总排放为 23.2 万吨，其中网约车总排放 9.5 万吨，占总排放的 41%；私家通勤总排放 6.1 万吨，占总排放的 26%；法人总排放 7.6 万吨，占总排放的 33%。

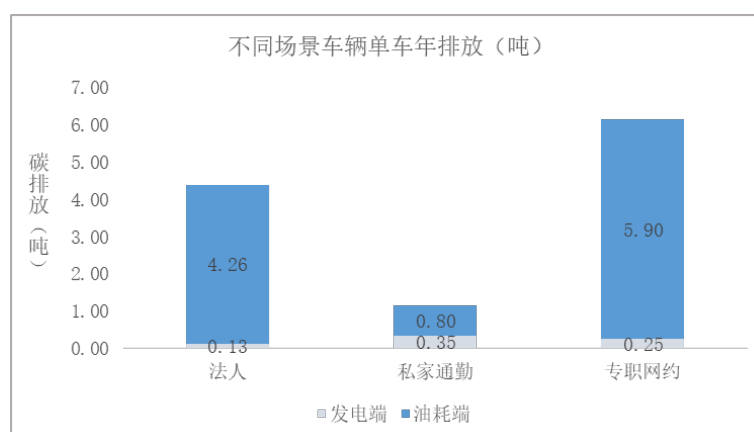


图 44 不同使用场景车辆单车年排放情况

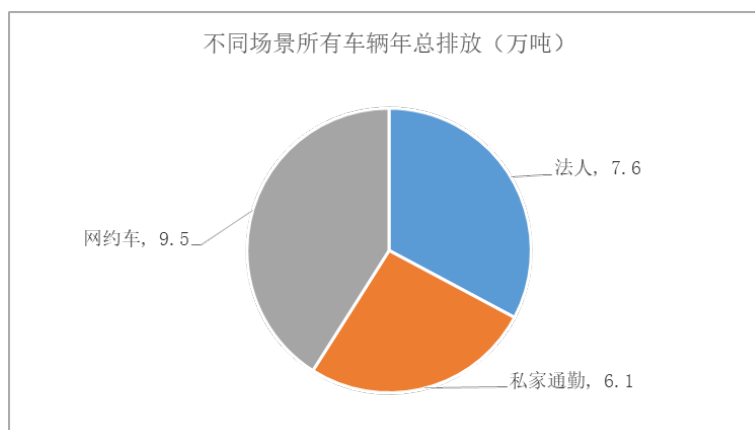


图 45 不同使用场景所有车辆年总排放

5.4.4 不同充电条件排放

充电条件好指的是有固定充电地点，即居家、工作地；充电条件差指的是无固定充电地点或不充电。

同一车辆级别，充电条件越好，排放越低；其中，充电条件好的 PHEV A 级、B 级、C 级轿车较充电条件差的排放分别下降 7%、2%、15%，充电条件好的 PHEV A 级、B 级 SUV 较充电差的排放分别下降 2%、8%。

表 4 不同充电条件单车排放对比

车辆级别/充电条件	单车碳排放均值（g/km）		
	A 级	B 级	C 级
Sedan	150	163	199
充电差	156	165	224
充电好	145	161	190
SUV	165	209	
充电差	167	224	
充电好	164	205	
总计	157	188	199

另外，2018 年《上海市鼓励购买和使用新能源汽车实施办法》中明确规定了对充电桩安装的要求。因此按照车辆将接入时间区分为 2017 年之前和之后，可以看到 2017 年之后充电条件差的车辆比例下降。2017 年之前车型以 A 级车为主（占比达 90%），因此对比 A 级车 2017 年前后的排放，可以看到排放明显差异。

表 5 不同接入时间单车排放对比

车辆接入时间	充电差 车辆比例	充电好 车辆比例	总计	A 级车排放 (g/km)
2017 年及之前	44%	56%	100%	163
2017 年之后	33%	67%	100%	154
总计	36%	64%	100%	157

5.4.5 不同能耗排放

从下图可以看到，随着充电频率的增加，排放一定程度下降，因为随着充电频率的增加，EDR 增加，百公里油耗降低，电耗增加，综合考虑我国电网碳排放强度、油耗和电耗水平相互作用，增加充电频率，碳排放减排幅度逐渐缩小。

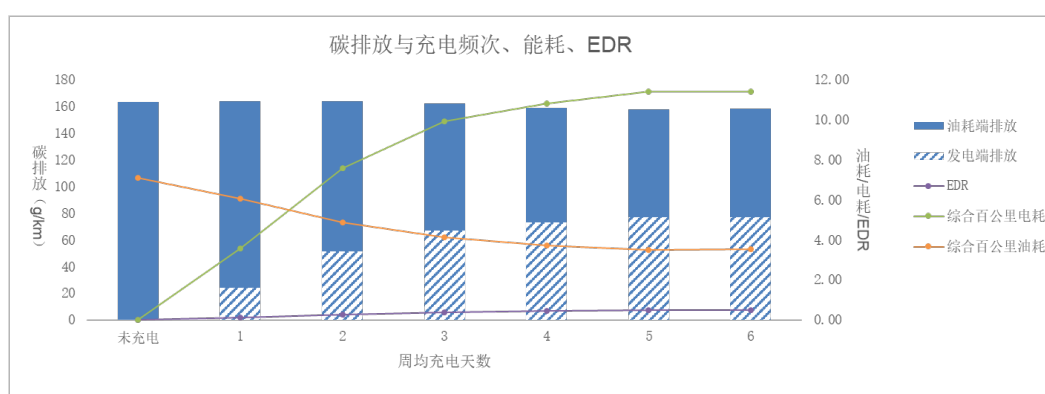


图 46 不同能耗、充电频次排放分布

六、上海新能源汽车用户调研研究

6.1 调研对象

本调研自 2020 年 10 月启动，至 2021 年 1 月结束，通过定点面访和电话访谈的方式，共计完成定量问卷 400 份（其中 250 份现有用户和 150 份潜在用户），20 份定性访谈。

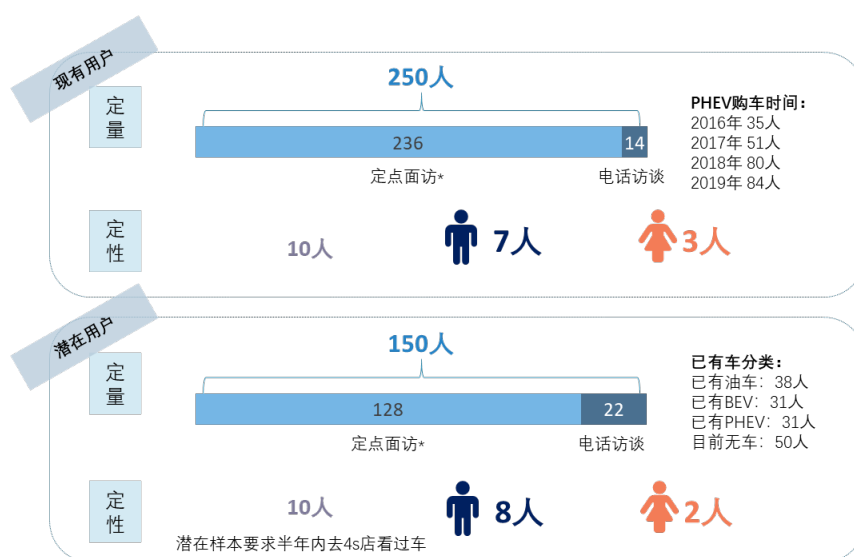


图 47 调研对象

250 名现有 PHEV 用户，其中“充电条件好”样本 150 人，“充电条件不好”

的样本 100 人，均为 2016-2019 年购车。男性 174 人，女性 76 人，比例 7:3；购车年份从 2016 至 2019 年分别为 35 人、51 人、80 人、84 人。

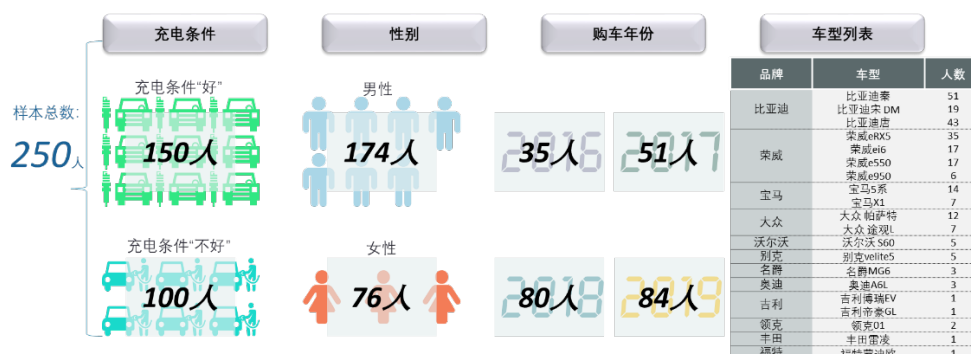


图 48 250 名现有 PHEV 用户结构情况

150 名潜在用户，其中包括家中已有汽油车、BEV 或者 PHEV 的潜在用户和目前无车的潜在用户。男性 102 人，女性 48 人，比例约 7:3；购车预算在 25-40 万的人有 89 人；优选 BEV，PHEV 和汽油车的用户分别为 55 人，79 人和 16 人；从职业来看，企业领导/管理人员 63 人，私营/自由职业 31 人，工人/商人/服务人员 25 人，机关/事业单位/干部/公务员 22 人，教师/科研学生等 9 人。

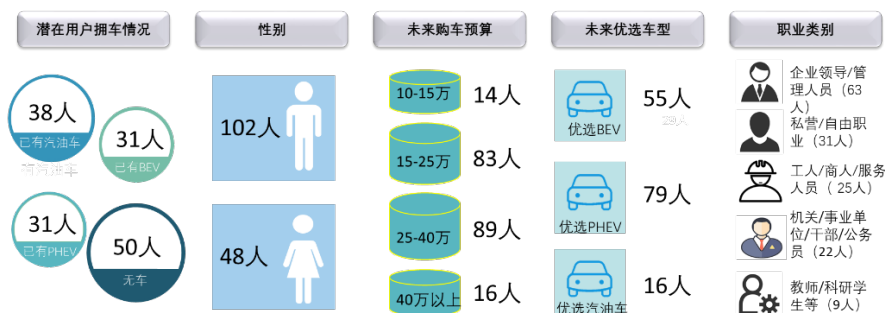


图 49 150 名潜在用户结构情况

6.2 调研内容

通过对 250 名 2016-2019 年度已购混动 PHEV 车的现有用户、150 名未来有意向选购新能源汽车的潜在用户调研，深入了解他们目前的充电状况（现有车主）、使用体验（现有车主），未来选购倾向、配置的偏好和新能源汽车政策的变化对选购和使用行为的影响。

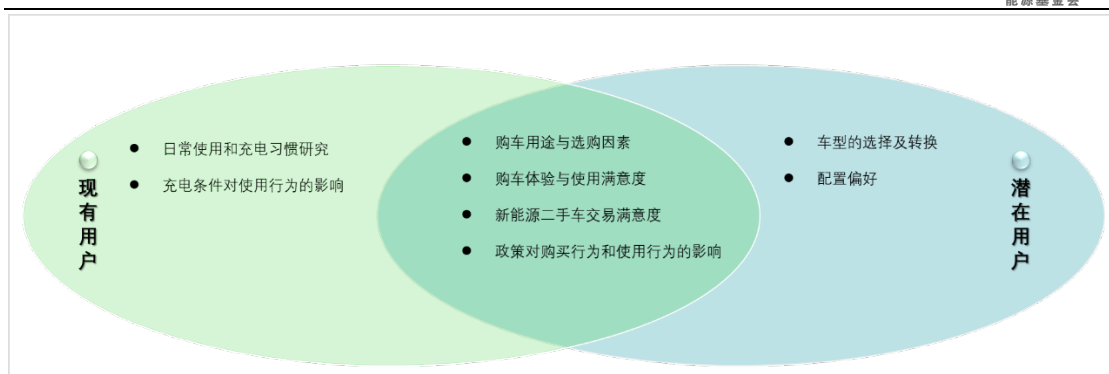


图 50 主要调研内容

6.3 主要调研结论

6.3.1 现有用户使用情况

充电条件好的现有 PHEV 用户在充电频次、充电地点等方面与充电条件不好的用户差异明显；现有 PHEV 用户平均每周使用次数为 5.9 天，日均出行里程为 48.3 公里。

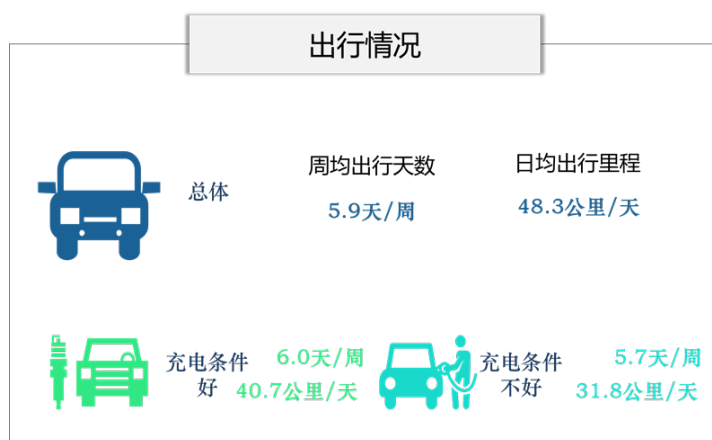


图 51 现有 PHEV 用户出行和充电情况

充电情况			
差异项		充电条件好	充电条件不好
每周充电频次	少于一周2次	12.7%	100.0%
	大于一周3次	87.3%	0.0%
加油多的原因	耽误时间、懒得充电	100.0%	40.6%
	不方便充电	0.0%	59.4%
充电时间段（多选）	6:00-18:00	14.0%	32.0%
	18:00-22:00	44.7%	35.0%
	22:00-次日6:00	64.0%	31.0%
	时间不固定	24.0%	49.0%
充电条件	有自己专用充电桩	72.0%	30.0%
	单位或家附近有充电桩	24.0%	41.0%
	可以拉飞线充	4.0%	15.0%
	以上均无	0.0%	15.0%
充电时机	SOC<10%	9.3%	33.0%
	10%<SOC<30%	64.7%	61.0%
	SOC>30%	26.0%	6.0%
政策_是否自己建桩	是	91.7%	60.7%
	否	8.3%	39.3%
每月费用	电费	319元	158元
	油费	326元	442元
	总计	645元	600元

图 52 现有 PHEV 用户不同充电条件下充电情况¹⁰

6.3.2 现有用户满意度

- “充电条件好”和“充电条件不好”的用户，对新能源汽车安全、销售人员专业性方面均比较满意。
- “充电条件好”的用户对使用成本、充电操作性方面满意度均高于“充电条件不好”的用户
- “充电条件不好”的用户对充电条件、充电时长、续航里程、充电安装便利性方面满意度都相对较低。
- 不论“充电条件好”还是“充电条件不好”的用户对公共充电桩数量、新能源汽车保值性、二手车交易便利性均不高。

¹⁰ 充电条件的判断：满足充电频次每周 3 次及以上、充电次数多于加油次数、每月充电花费高于加油花费、用电行驶里程较多，占比 70%以上为“充电条件好”，以上情况均无为“充电条件不好”。

对现有PHEV评价

评价方面	总体	充电条件好	充电条件不好
安全性能	8.2	8.3	8.0
销售人员专业性	8.2	8.2	8.1
车辆操控性	8.1	8.3	7.9
专用牌照申领速度	8.0	8.1	8.0
车辆质量（是否经常出故障等）	8.0	8.0	7.9
使用成本，如充电费用	8.0	8.2	7.6
充电操作便捷性	7.9	8.4	7.3
售后服务专业性	7.9	8.0	7.8
维保流程简捷	7.9	7.9	7.8
保养成本	7.8	7.9	7.8
维修成本	7.7	7.8	7.7
使用成本，如加油费用	7.7	7.9	7.3
购买价格	7.6	7.7	7.6
电池性能（衰减情况）	7.6	7.7	7.4
售后服务网点数	7.5	7.6	7.4
充电条件	7.4	8.1	6.5
充电时长	7.3	7.7	6.9
续航里程	7.2	7.4	6.9
充电桩安装便利性	7.2	7.7	6.3
公共充电桩数量	6.8	7.0	6.6
车辆保值性	6.8	6.7	6.8
二手车交易便利性	6.6	6.6	6.7

图 53 现有 PHEV 用户满意度评价

6.3.3 现有用户购买原因

现有 PHEV 用户当初未选 BEV 主要是因为“BEV 续航里程不能满足需要且不能很方便充电”，另外还担心“电池技术不成熟”、“电池存在衰减”，以及“BEV 保值率低、换电池价格又很贵”等因素。



图 54 现有用户选择 PHEV 而未选 BEV 的原因

6.3.4 潜在用户购买倾向

已有汽油车和 BEV 的潜在用户，未来选购 BEV 的可能性更高；已有 PHEV 的潜在用户，未来选购 PHEV 的可能性更高；无车的潜在用户，更倾向于选择 PHEV 作为首款车，主要考虑到可油可电，在现有充电环境和牌照政策下，更加灵活适

用。

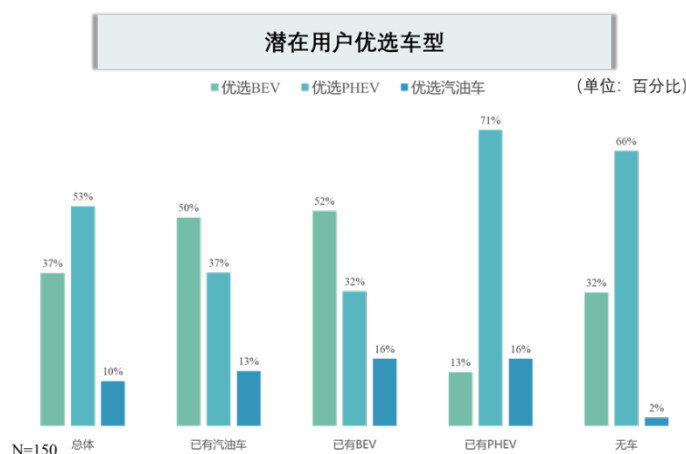


图 55 潜在用户购买倾向

49%优选 PHEV 的潜在用户是因为“BEV 续航里程低”；23%是因为“充电便利性问题”；同时“电池技术问题”以及“PHEV 可加油，使用有安全感”也是潜在用户优选 PHEV 而未优选 BEV 的原因。

32%优选 BEV 的潜在用户是因为，“PHEV 续航里程、纯电满足代步需求”；18%是因为“充电便利性”；同时“经济性高：使用成本低”、“纯电体验好”、“更环保”也是潜在用户优选 BEV 而未优选 PHEV 的原因。

6.3.5 政策影响

1) 若取消“一车配一桩”政策，考虑到在家充电更方便、充电费用低等原因，8 成多的用户表示“愿意自行安装充电桩”；

2) 若外牌限行政策更加严格，56%优选汽油车用户会转而购买新能源汽车，38%成仍然坚定优选汽油车；82%优选 PHEV 和 87%优选 BEV 的用户仍然坚定自己原先的选择（继续优选 PHEV/BEV）；

3) 若取消 PHEV 免费绿牌政策，43%会选择 BEV，22%仍然选择 PHEV；若取消新能源汽车免费绿牌政策，22%转为购买汽油车，27%持观望态度，坚持购买新能源汽车的 38%。

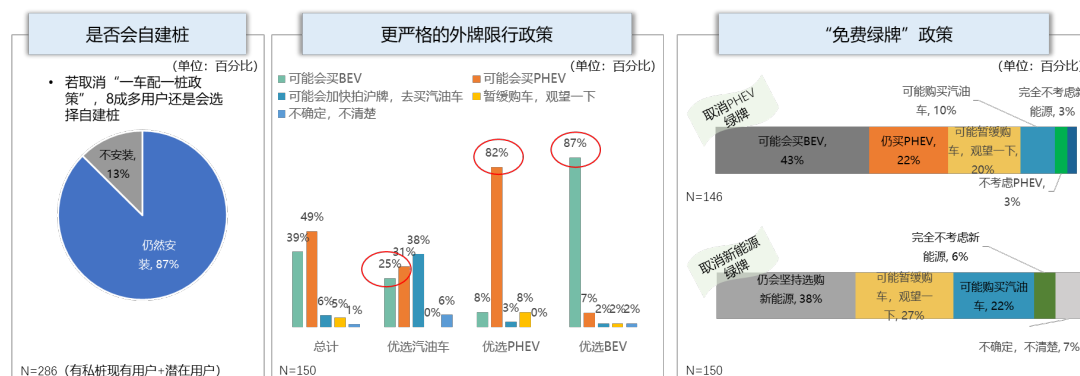


图 56 政策对用户的影响

七、结论与建议

通过以上对不同使用场景、不同充电条件的 PHEV 出行行为和充电行为的分

析，以及对 PHEV 排放的计算和影响排放的主要因素分析，并结合调研内容，得出以下结论和建议：

1、规范使用场景

由于专职网约车年里程总排放是私家通勤的 5.3 倍；所有车辆年总排放中，网约车最高，占总排放的 41%，法人次之。因此，建议禁止私人或公司将购买的 PHEV 车辆用于运营，并运用政府监管平台等手段加强使用监管。

2、提高充电便利

充电条件好坏对 EDR 及排放影响十分显著，因此可以通过支持 PHEV 挂靠公共充电桩，提高 PHEV 纯电行驶里程 $\geq 100\text{Km}$ 、控制 PHEV 油箱容积 $<40\text{L}$ ，并配备直流充电口等措施，既满足用户充电便利性，又能满足 PHEV 续航里程与汽油车相当。

3、提供转换通道

适度增加 PHEV 在上海拍牌额度中的占比，鼓励拍牌用户优先选择 PHEV；逐步建立老旧燃油车、新能源汽车车牌替换政策，引导置换车辆优先选购纯电动车辆。

4、加征排放费用

由于中大型车辆排放显著高于小型车。因此，建议从车辆购置税费以及停车费等使用端成本方面，引导消费者优先购买低排放车辆。

5、精细化发放充电补贴

充电行为好坏是影响 EDR 及排放的重要因素，因此建议按照 PHEV 每行驶百公里的充电次数制定充电补贴规则，激励 PHEV 用户养成充电习惯。

6、促进电力清洁化

PHEV 随充电频率增加油耗降低，电耗增加，CO₂ 排放先下降后驱缓甚至不明显。电力清洁化将使 PHEV 车辆减排潜力得到进一步提升。