

2023年05月



电动汽车充电基础设施建设 与运营的优化解决方案 ——以上海为例

研究报告

致谢

特别感谢上海联联充电、上海蔚来汽车有限公司、国网上海市电力公司、奥动新能源、上海依威能源科技有限公司、北京e充电、小桔充电、特来电、上海国际汽车城集团、国网车联网等单位或部门在本研究中所提供的支持。

课题组成员

自然资源保护协会 清洁电力项目组

张 聪 邹以宁 刘明明 游梦娜 王万兴 陈艺昕 周晓航

中国电动汽车百人会

张永伟 刘小诗 熊 英

国家发改委能源研究所

刘 坚

感谢能源基金会 (Energy Foundation China) 对本研究的资金支持。

摘要

作为一种绿色环保且高效的交通工具，新能源汽车受到越来越多的青睐。我国新能源汽车保有量占比从 2016 年的不足 0.3% 增加到 2022 年的约 5%，预计 2030 年将增至近 20%。新能源汽车的快速增长对充电基础设施的建设和运营提出更高的要求，但充电基础设施的发展正面临多重挑战。一方面，建设难、资源制约现象突出，停车位、土地资源、配网容量，制约了充电基础设施的建设。另一方面，运营难、市场投资意愿减弱，运营商对市场机会识别能力不足、盈利空间有限，僵尸桩频频出现。同时，由于基础设施的建设难度大、运营管理不佳，造成充电便利性差、服务体验不佳，电动汽车车主普遍存在充电焦虑、里程焦虑等问题。

2022 年，上海的新能源汽车销量为 33.4 万辆，渗透率达到 47.8%。截止 2023 年 3 月份，全市新能源汽车保有量超过 100 万辆，在汽车保有量中占比为 18.8%。但相比新能源汽车 2021 年 110%、2022 年 32% 的增幅，2022 年上海市实际运营的充电设施增幅仅 8.4%^[1]。与此同时，充电设施运营商面临较高的盈亏压力，后期充电设施也难以保持快速增长。未来，上海充电设施的进一步发展，除了继续提高运营水平之外，还需要解决进社区困难等充电设施落地问题。

为满足我国持续增长的电动汽车充电需求，亟需建立和完善健康有序的充电基础设施建设和运营环境，提升建设和运营效率，从而支持电动汽车的规模化以及车网协同化发展。在此背景下，NRDC 联合中国电动汽车百人会、国家发改委能源所的专家开展课题研究，对我国电动汽车充电基础设施的现状和面临的挑战进行梳理和分析，并以上海为重点，探索我国主要城市如何优化电动汽车充电基础设施的建设和运营，提高其效率和可靠性，支持电动汽车在新型能源体系建设中发挥更大的作用。

研究发现，一方面，上海电动汽车与充电基础设施的发展节奏尚无法全面匹配，充电基础设施对电动汽车发展的制约已经凸显。同时，电动汽车智能有序充电普及度还不高，电力负荷与分布式储能的潜力未能得到有效挖掘。上海市电动汽车渗透率和基础设施建设已领先全国，随着电动汽车的进一步的成熟发展，充电基础设施的精细化运营应当是下一步的重点。另一方面，上海市电动汽车基础设施的响应潜

力和经济性都很可观。上海市夏季电力最高负荷节节攀升，对车网互动灵活性的需求巨大。同时，上海市峰谷价差大、需求响应补偿机制完善，在很大程度上激励了电动汽车参与提供电网灵活性。上海市的车网互动实践和经济性分析显示，公共、居民等各类充换电基础设施具有响应能力，并且能获得可观的收益。

从上海的情况来推测全国主要城市的充电基础设施发展情况，课题组认为，一方面，充电基础设施的专项规划和监管有待加强，以解决充换电基础设施未纳入城市整体规划、充电设施建设与电网规划建设缺少有效衔接等问题。另一方面，充电基础设施“重建设、轻运营”的局面有望被打破，在国家市场和价格机制推动下，电动汽车作为重要的参与主体，充电和储能一体化发展、充电和分布式发电等多种发展模式，为基础设施参与电力市场、扩宽盈利模式提供了机遇。

针对上述发现，课题组提出的政策建议如下：

1. 加强顶层设计和规划，优化基础设施的建设和布局。成立专门协调机构，明确各部门在充电基础设施建设和运营中的分工和协作关系。优化充电基础设施的规划和布局。编制充电基础设施专项规划，综合考虑土地规划、物业管理、停车资源、电网容量等因素。推进基础设施建设规划的超前性和整体性。
2. 开放资源和市场，提升基础设施的运营能力。加快电力市场改革，推进车网互动商业化运营示范，参与现货市场和辅助服务市场。鼓励车网双向互动（V2G）商业运营试点示范，支持电动汽车基础设施与新能源、储能一体化发展。
3. 借助产业优势，推动技术落地和创新。统一国家标准体系，推进充电基础设施的智能化建设。进行车网协同计量设备的创新。从技术上解决计量问题，从而降低车辆参与车网互动的门槛，增加用户进行智能充电的便捷性。加强充电基础设施与停车资源的整合。探索“一头双枪”“一头多枪”等模式。
4. 因时制宜，车网协同发展需要分阶段进行。建立和完善健康有序的电动汽车基础设施环境，挖掘电动汽车提供电网灵活性的潜力，需要结合电动汽车的规模和技术情况，分阶段制定车网协同的任务和目标。

目录

第一章 电动汽车与充电基础设施发展现状	1
一、中国电动汽车和充电设施产业发展概况	1
二、国际情况	4
(一) 挪威经验：高车桩比支持了电动汽车的高渗透率	4
三、小结	7
第二章 上海地区电动汽车与基础设施	8
一、上海市电动汽车与基础设施发展情况	8
(一) 电动汽车发展情况	8
(二) 充换电基础设施建设情况	9
(三) 电动汽车与基础设施建设的十四五规划	11
二、电动汽车出行特征与充电行为	11
(一) 出行特征	12
(二) 充电特征	14
(三) 上海电动汽车的出行特征和充电行为画像	15
三、上海优化充电基础设施的政策措施	16
四、小结	17
第三章 上海市电动汽车与电网协同发展实践与效益	18
一、上海市电力供需情况	18
二、上海市对车网协同发展的需求	19
三、上海市车网协同发展的实践	21
四、车网互动的潜力与经济性	22
(一) 错峰充电价格	22
(二) 需求响应补偿	23
(三) 经济性分析	25
五、小结	28
第四章 充电基础设施的建设与运营	29
一、商业模式分析	29
(一) 运营商主导模式	29
(二) 车企主导模式	29

(三) 充电服务平台主导模式	30
(四) 三种模式的对比分析	30
二、基础设施建设和运营面临的挑战	31
(一) 建设难、资源制约现象突出	31
(二) 运营难、市场投资意愿减弱	32
(三) 充电难、车主体验不佳	33
三、基础设施建设与运营的机遇	33
四、小结	34
第五章 研究发现与政策建议	35
一、研究发现	35
(一) 现阶段充电基础设施基本能够满足电动汽车的发展速度	35
(二) 上海市电动汽车渗透率和基础设施建设领先全国	35
(三) 上海市电动汽车基础设施的响应潜力和经济性都很可观	35
(四) 基础设施“重建设、轻运营”的局面有望被打破	36
(五) 基础设施的专项规划和监管都有待加强	36
二、政策建议	36
(一) 加强顶层设计和规划，优化基础设施的建设和布局	36
(二) 开放资源和市场，提升基础设施的运营能力	37
(三) 借助产业优势，推动技术落地和创新	37
(四) 因时制宜，车网协同发展需要分阶段进行	38

图表目录

图 1	中国电动汽车销量	1
图 2	我国充电桩保有量变化趋势（万台）	2
图 3	我国车桩比变化趋势	2
图 4	我国车桩比（仅限公共充电桩）变化趋势	3
图 5	我国不同类型充电桩保有量的比例	3
图 6	2022 年主要国家和地区的新能源汽车销量（万辆）和全球份额占比	4
图 7	挪威新能源汽车销量	5
图 8	挪威新能源汽车渗透率	5
图 9	典型国家的能源价格	6
图 10	典型国家 2022 年的车桩（公共桩）比	6
图 11	上海新能源汽车销量（万）和渗透率	8
图 12	上海市 2022 年各类实际运营充电桩保有量	9
图 13	公共充电桩充电量与同比增速	10
图 14	上海各区充电设施利用率	10
图 15	“十四五”期间充电设施需求设计（万标准桩）	11
图 16	电动私家车出行时间分布	12
图 17	上海新能源汽车出行时刻分布（0-23 点）	13
图 18	上海新能源汽车日均出行时长（小时）	13
图 19	上海新能源汽车日均出行里程分布	14
图 20	上海新能源汽车私家车充电频率分布	14
图 21	上海新能源汽车充电时刻分布	15
图 22	2018-2022 年上海市夏季用电负荷峰值	19
图 23	上海市六级电力负荷管理方案	21
图 24	电动汽车需求响应参与主体与聚合流程	23
图 25	非居民需求响应电量结构	24
图 26	居民需求响应补偿资金与价格	24
图 27	上海市某换电站需求响应负荷对比	27
图 28	三种充电桩建设运营模式对比	31

表目录

表 1	近期上海市智能有序充电设施政策	16
表 2	上海地区电动汽车充电负荷预测	20
表 3	上海市居民及工商业分时电价（元）	22
表 4	电动乘用车车网互动经济性	25
表 5	电动物流车车网互动经济性	26
表 6	换电站网互动经济性	27
表 7	从上海的电动汽车充电市场容量角度看行业营收	32

第一章 电动汽车与充电基础设施发展现状

一、中国电动汽车和充电设施产业发展概况

中国电动汽车市场规模持续快速增长，连续 8 年保持销量全球第一。2022 年全年新能源汽车¹销量达到 688.7 万辆，占全国汽车总销量的 25.6%；截至 2022 年底，全国新能源汽车保有量达到 1310 万辆，占汽车总量的 4.1%。其中，电动汽车年销量 536.5 万辆、保有量 1045 万辆，约占新能源汽车总量的八成^[2]。

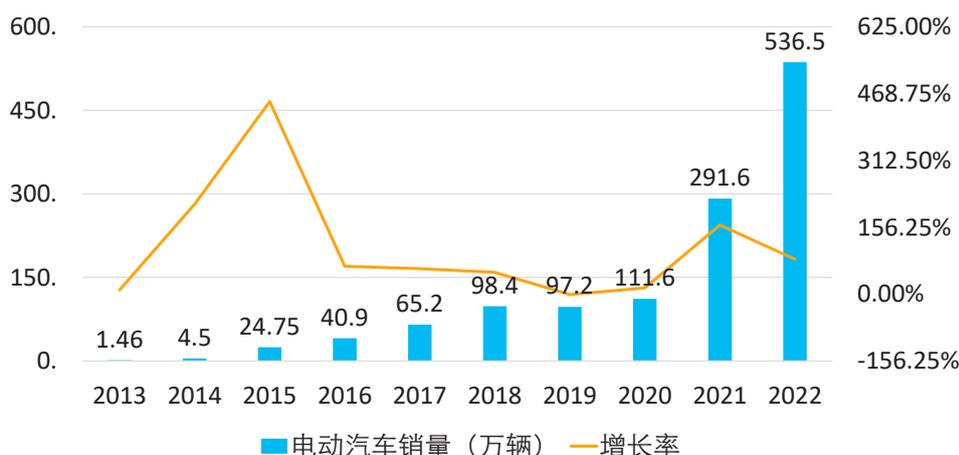


图 1 中国电动汽车销量

数据来源：中国汽车工业协会

根据中国电动汽车充电基础设施促进联盟（“充电联盟”）统计，截至 2022 年底，我国充电桩保有量达到 520 万台，同比增加 99.1%；其中，公桩约 180 万台，随车配建私桩约 341 万台。2022 年全国新增充电桩 259.3 万台、换电站 675 座。私

1 新能源汽车包括纯电动汽车（电动汽车）、插电式混合动力汽车、燃料电池电动汽车等，本报告主要关注纯电动汽车。

人充电桩²增速远超公共充电桩增速：私桩新增 194.5 万台，同比上升 225.5%；公桩新增约 64.8 万台，同比增加 91.6%。

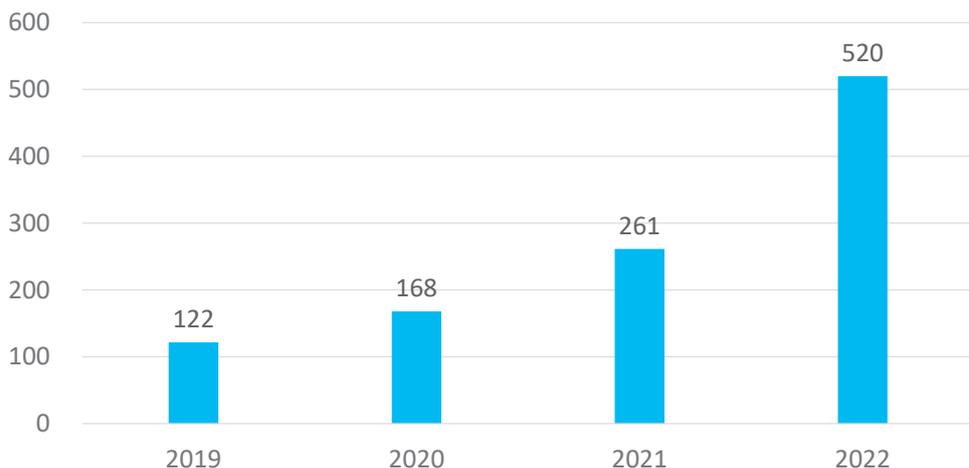


图 2 我国充电桩保有量变化趋势 (万台)

数据来源：中国电动汽车充电基础设施促进联盟

相比较于 1310 万辆的新能源汽车保有量，实现了 2.52 的车桩比 (图 3)；如果仅考虑公桩，车桩比达到 7.28 (图 4)^[3]。

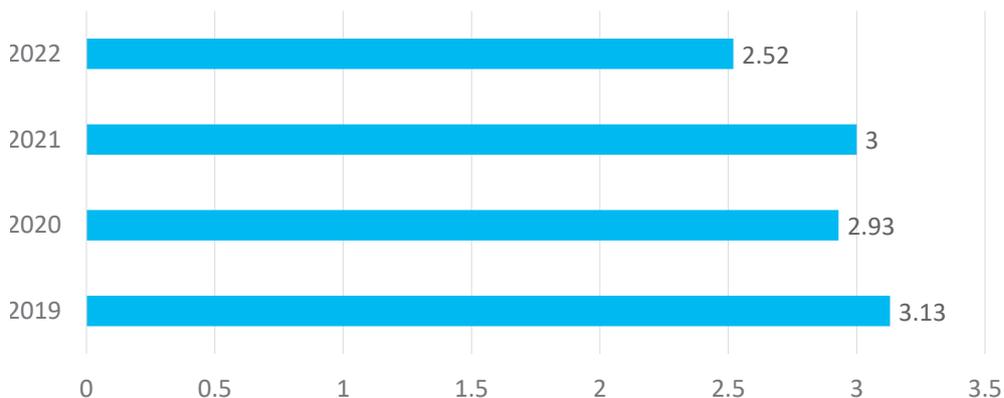


图 3 我国车桩比变化趋势

数据来源：中国电动汽车充电基础设施促进联盟

2 私人充电桩 (私桩) 指安装于私人领域的自用充电桩, 不对外开放。

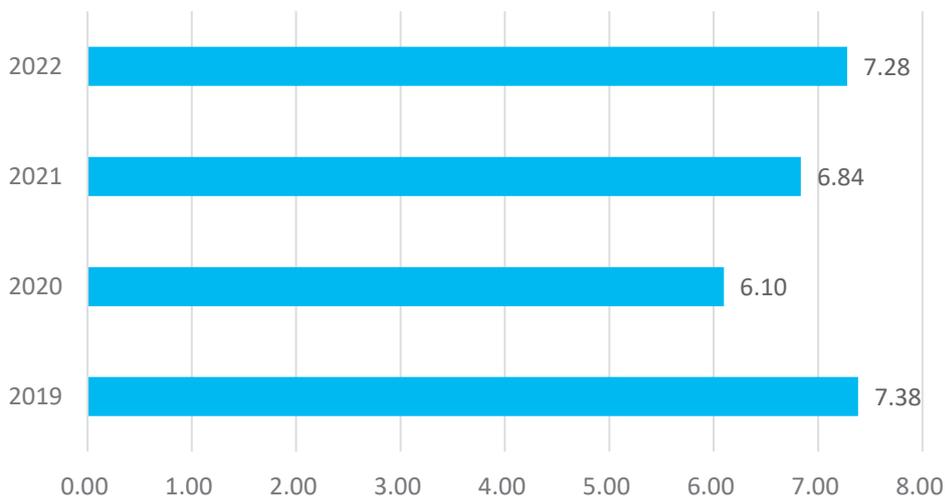


图4 我国车桩比（仅限公共充电桩）变化趋势

数据来源：中国电动汽车充电基础设施促进联盟

如图5所示，2022年公桩和私桩的保有量比值为0.53，近似1:2的关系。公共充电领域，根据2022年底的数据，公共直流桩是76.10万台，公共交流桩是103.6万个，直流桩的数量与交流桩的保有量之比为0.73:1。因为交流桩的成本低，铺设容易，在数量上处于领先地位。

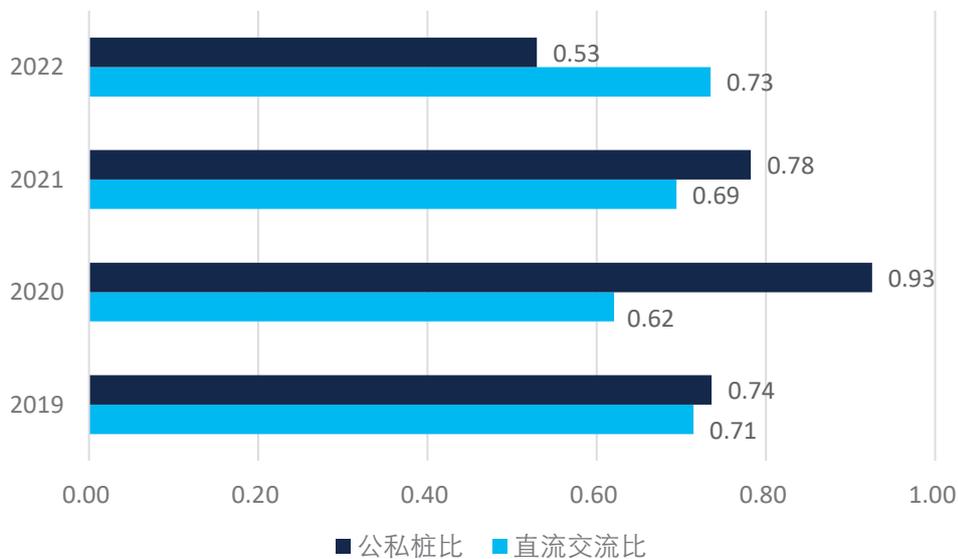


图5 我国不同类型充电桩保有量的比例

数据来源：中国电动汽车充电基础设施促进联盟

二、国际情况

2022 年，美国、欧洲和中国的新能源汽车销量分别是 92 万辆、259 万辆和 688 万辆，分别占全球份额的 8%、24% 和 64%（图 6），这三个地区占全球总份额的 96%。中国新能源汽车市场规模在全球处于绝对领先地位。2022 年，中国新能源汽车的渗透率已达到 25.6%，而美国仅为 6.7%^[4]。

电动汽车充电基础设施的建设和运营在全球范围内都面临挑战。虽然许多国家都在加快充电基础设施的建设，但情况存在差异。

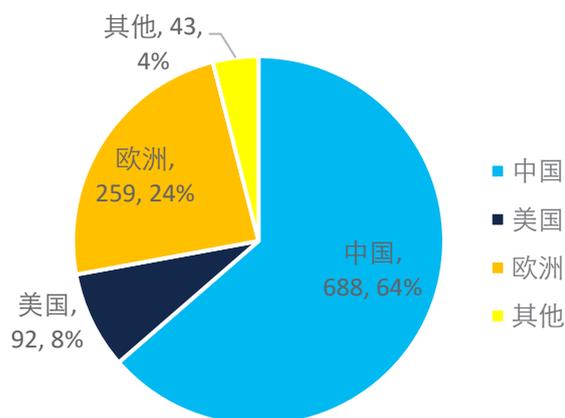


图 6 2022 年主要国家和地区的新能源汽车销量（万辆）和全球份额占比

数据来源：International Energy Agency

（一）挪威经验：高车桩比支持了电动汽车的高渗透率

挪威总人口 550 万^[5]，拥有约 280 万辆乘用车^[6]。在冬季，挪威的平均温度为零下 6.8 摄氏度^[7]，内陆的气温可能达到零下 10-20 摄氏度，有些地方甚至能达到零下 40 摄氏度。尽管自然条件并不适合汽车电动化发展，但挪威的新能源汽车渗透率在 2021 年就达到了 65%，并在 2022 年达到 80%，基本实现了全面电动化，成为全球新能源汽车渗透率最高的国家。

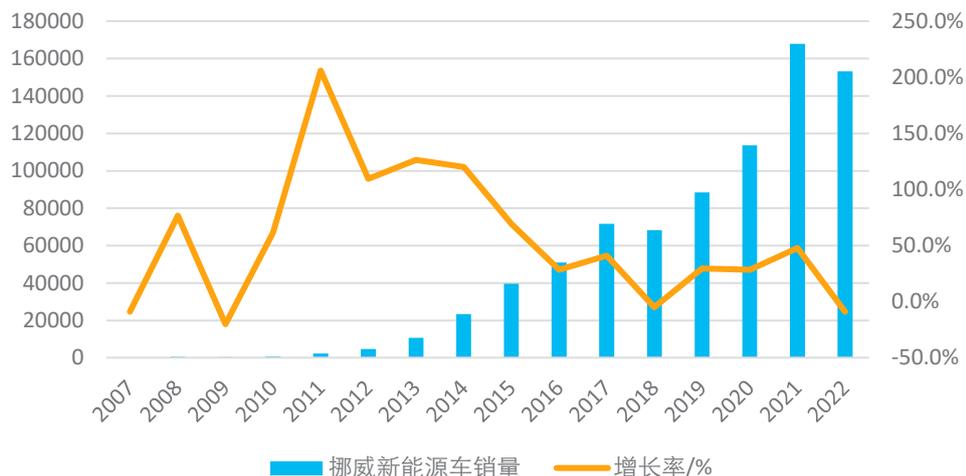


图7 挪威新能源汽车销量^[6]

数据来源：网络公开数据

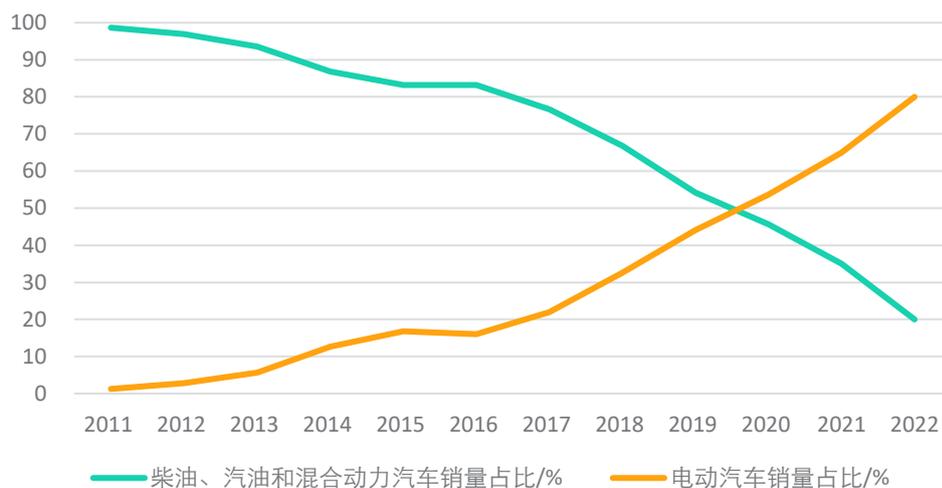


图8 挪威新能源汽车渗透率

数据来源：挪威公路联盟（OFV）

究其原因，在于挪威电价便宜而油价高。挪威电力的88%来自水电^[8]，资源丰富且电价便宜。根据2022年12月的数据，挪威每度电仅为0.8元。同时，挪威的汽油价格较高，为每升19元，是美国和中国油价的两倍多。因此，相比于传统的燃油汽车，新能源汽车更有经济优势。除此之外，挪威政府对电动汽车的购买和使用实行了多项税收优惠政策，包括免除销售税和道路使用费等。

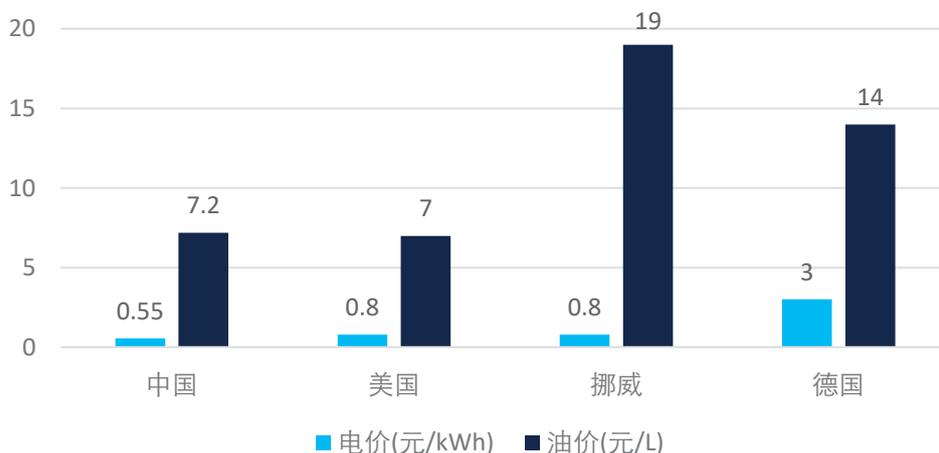


图9 典型国家的能源价格

数据来源：International Energy Agency

与电动汽车的快速发展不同，挪威电动汽车基础设施的建设速度相对较缓。从充电基础设施的角度来看，挪威的车桩（公共桩）比高达 33.6，是美国的 1.8 倍、中国的 4.6 倍。

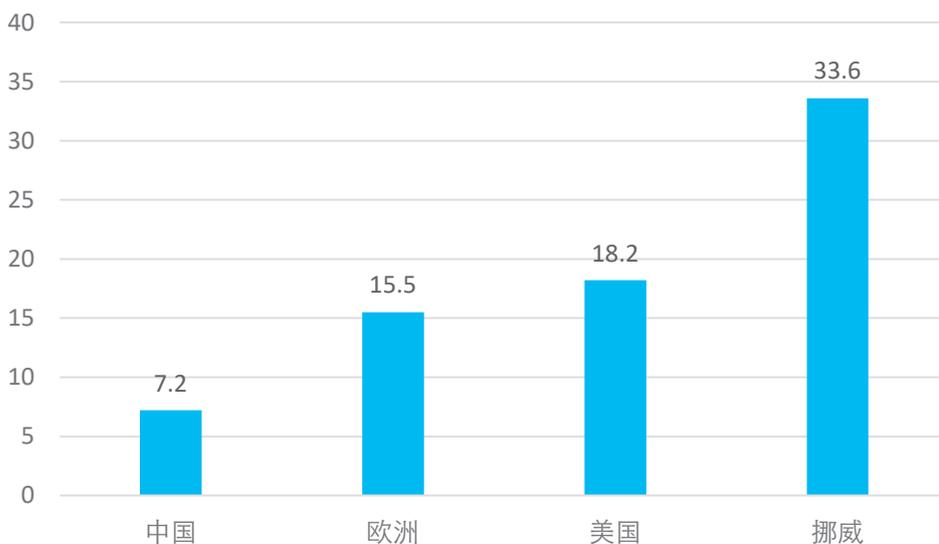


图10 典型国家 2022 年的车桩（公共桩）比

数据来源：International Energy Agency

在如此高的车桩比情形下，挪威依然实现了电动汽车的高渗透率，主要原因有以下几点：

(1) 私人充电设施便利。挪威 82% 的充电桩位于私人住宅，高于欧洲平均水平，而中国仅有 30% 左右的电动汽车拥有私人充电桩。这意味着挪威民众可以方便地在家充电，弥补公共充电桩不足的问题，而我国的 70% 的电动汽车用户需要借助公共充电桩来补充电能。

(2) 通过政策全方位引导用户拥抱电动汽车。在电动汽车的出行、停车、充电、购买等方面，挪威都对电动汽车进行了政策倾斜，培养了用户对电动汽车的接受度。

(3) 挪威在环境保护和拥抱新能源技术上，培养了很高的国民意识，使得民众在接收新能源产品上具备更高的积极性。

三、小结

各国电动汽车正在蓬勃发展，充电基础设施的建设和运营都面临新的挑战 and 机遇。通过借鉴国际相关国家的新能源汽车发展现状，了解到充电基础设施建设需要充分考虑用户需求、技术发展和政策支持等方面。挪威作为全球新能源汽车普及率最高的国家，尽管车桩比并不具有领先优势，但是仍然能够实现如此高的新能源汽车普及率，与挪威在充电基础设施方面的建设和政策支持息息相关。

第二章 上海地区电动汽车与基础设施

一、上海市电动汽车与基础设施发展情况

(一) 电动汽车发展情况

2022年，上海地区的新能源汽车销量为33.5万辆，是2020年销量的2.8倍，且占2022年汽车总销量的47.8%，新能源汽车渗透率高于全国的25.6%。截止2022年底，上海的新能源汽车保有量已经达到94.5万辆，占全市汽车保有量的19.8%。

从2023年1月1日起，在上海购买插电混动和增程电动车将不再享受免费牌照福利，而是需要同燃油车一样竞拍牌照。这一政策变化会影响插混车型的后续销售，但是新能源汽车在上海的高渗透率已成定局。

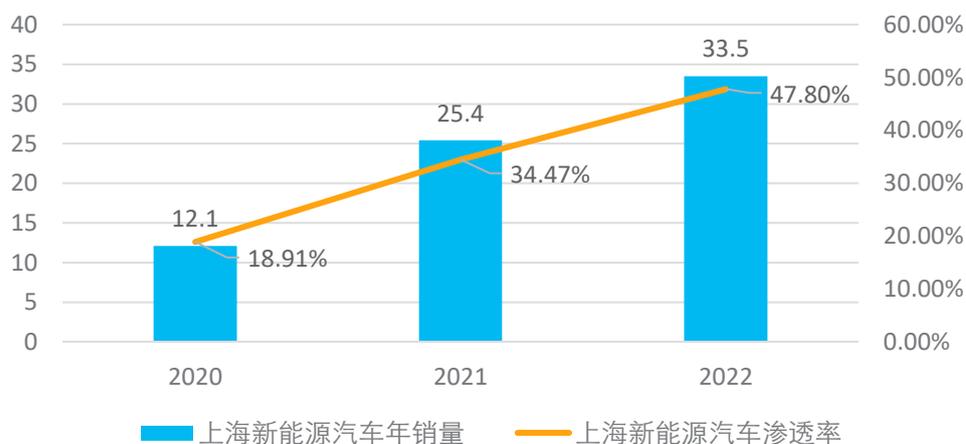


图 11 上海新能源汽车销量 (万) 和渗透率

数据来源：网络公开数据

（二）充换电基础设施建设情况

按照过往期间上海的新能源沪牌推广要求，安装充电桩是申请沪牌的必要条件之一，这也推动了上海的车桩比处于较低水平。在充电基础设施监测方面，上海建成了全国最大的省/市级监控平台——联联充电。根据其统计数据，截至 2022 年 12 月底，市级平台接入的实际运营充换电设施运营商家达 280 家，市级平台已累计接入全市公用及专用充换电设施共计 14.48 万个，其中公用充电桩 9.06 万个、专用充电桩 5.42 万个，叠加私桩 55.22 万个，全市的充换电设施共计约 65.26 万个，支撑了 94.5 万辆新能源车的充换电需求，车桩比约 1.4:1。截至 2022 年 12 月底，全市实际运营充换电设施共计 10.04 万个，其中公用充电桩 7.17 万个、专用充电桩 2.87 万个，而 2021 年年底实际运营的充换电设施为 9.26 万个，意味着 2022 年实际运营充换电设施的增长率为 8.4%^[9]。

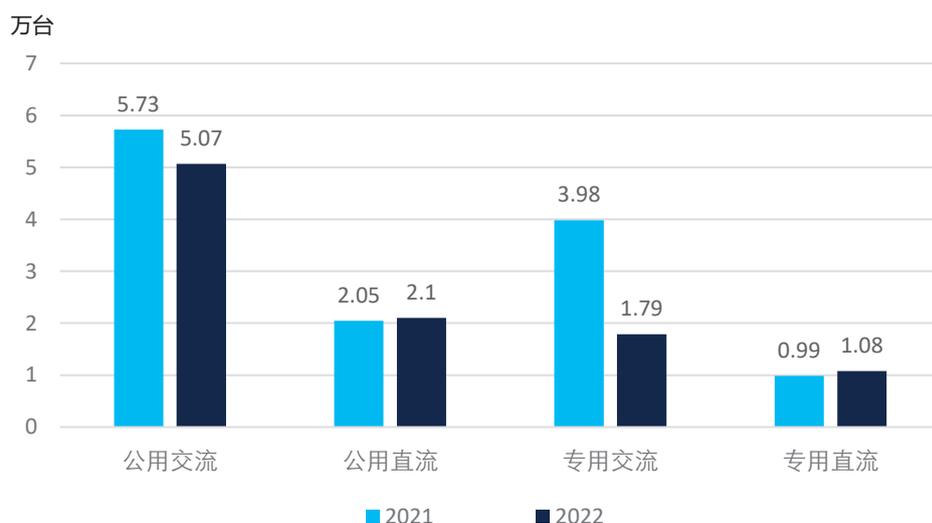


图 12 上海市 2022 年各类实际运营充电桩保有量

数据来源：《2022 上海市充换电设施大数据年度报告》

上海市公共充电桩充电量维持稳步上升趋势。2022 年，全年公桩充电量超 12 亿千瓦时，同比增加 23%；充电时长超过 4 千万小时，同比增速 23%。

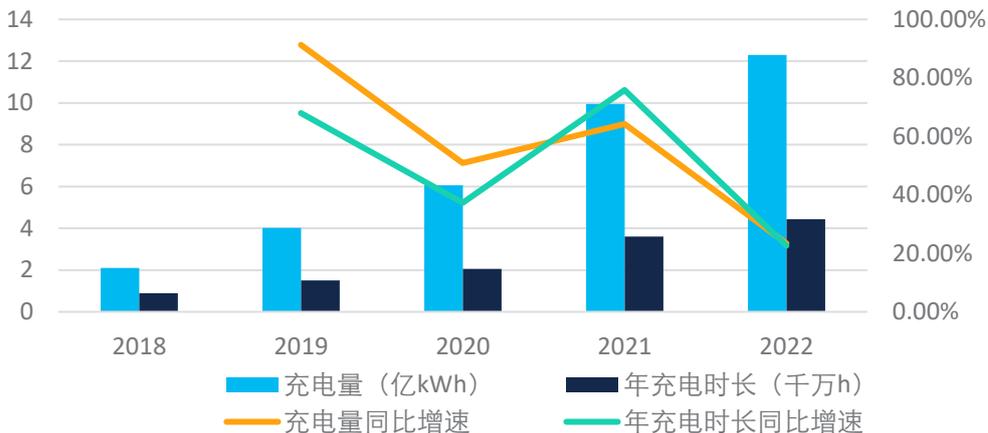


图 13 公共充电桩充电量与同比增速

数据来源：《2022 上海市充换电设施大数据年度报告》

公用站点、小区站点、单位站点的充电时长及利用率³持续增长，公交站点充电时长与利用率都出现下滑。

上海市充电设施利用率整体维持在 10% 以内，其中直流桩的利用率远高于交流桩。宝山区各类设备利用率的表现均为全市最高，另外，设备数量最多的浦东新区各类设备利用率虽不如宝山区，但比较均衡，且略高于全市平均值（图 14）。

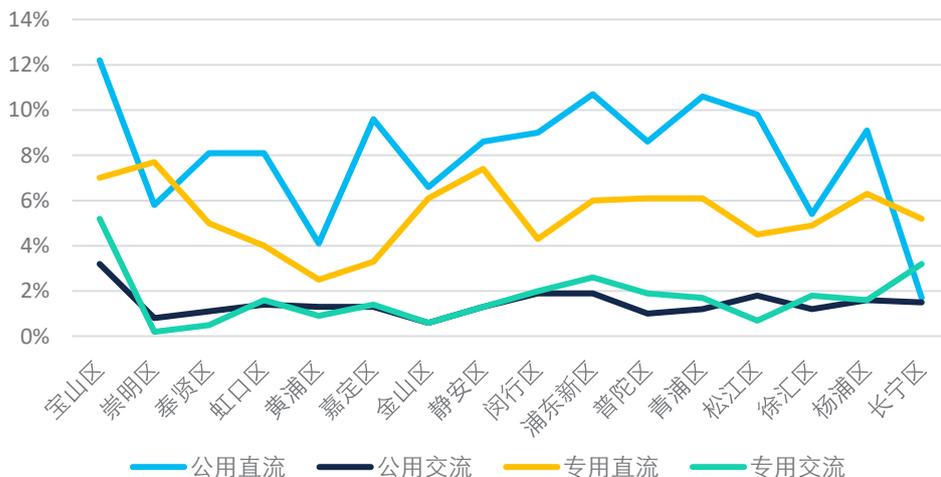


图 14 上海各区充电设施利用率

数据来源：《2022 上海市充换电设施大数据年度报告》

3 充电设施的利用率分为时间利用率和功率利用率。本研究中，利用率指的是时间利用率。

(三) 电动汽车与基础设施建设的十四五规划

根据《上海市充（换）电设施“十四五”发展规划》，要求在 2025 年全市充电基础设施应该满足 125 万辆新能源汽车的充电需求，其中，乘用车（私家车）约 100 万辆，单位用车和公共领域车辆约 25 万辆。

到 2025 年建成标准桩⁴ 约 60.5 万个，其中自用标准桩 53 万个，专用标准桩 3.5 万个，公共标准桩 4 万个。配合品牌乘用车、出租车、物流车、重卡等换电需求，建成换电站约 300 座^[10]。



图 15 “十四五”期间充电设施需求设计（万标准桩）

数据来源：《上海市充（换）电设施“十四五”发展规划》

根据目前的增速，如果 2023-2025 年每年新能源汽车新增至少 33 万辆（保守估计与 2022 年持平），充电基础设施的建设将面临考验。

二、电动汽车出行特征与充电行为

在研究电动汽车充电基础设施建设与运营的优化解决方案时，描述电动汽车的行车特征与充电特征非常重要：

- 电动汽车的行车特征，包括行驶时间、行驶里程等，可帮助确定充电站的位置和布局，以确保电动汽车在行驶途中充电便捷。

4 自用（私人）充电桩按 7kw 为一个标准量核定，专用、公共充电桩按 60kW 为一个标准量核定。

- 电动汽车的充电特征，包括充电速度、充电时间和充电需求量，可帮助确定充电站所需的充电设施和电力供应，以及优化充电站的运营模式。

2022年发布的《中国新能源汽车大数据研究报告（2022）》将全国城市分为五档，对这些城市的电动私家车出行情况进行了统计。另外，上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心定期发布的《上海新能源汽车监测报告 2022》，也给出了关于上海地区新能源汽车的出行和充电特征行为。在本研究中，我们主要针对上海地区的出行情况进行分析。根据上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心的数据，截止到 2023 年 3 月底，已经有 104.9 万辆汽车接入，其中乘用车为 101.2 万辆，占比为 96%。

（一）出行特征

根据不同城市的统计，可以看出私家车的出行时间集中在早晨 7 点至傍晚 6 点，而且每个时段最高的出行比例不超过 10%。可以理解为每一时段，至少超过 90% 的车辆处于停驶状态，而且各类型城市在这方面的表现总体一致（图 16）^[11]。

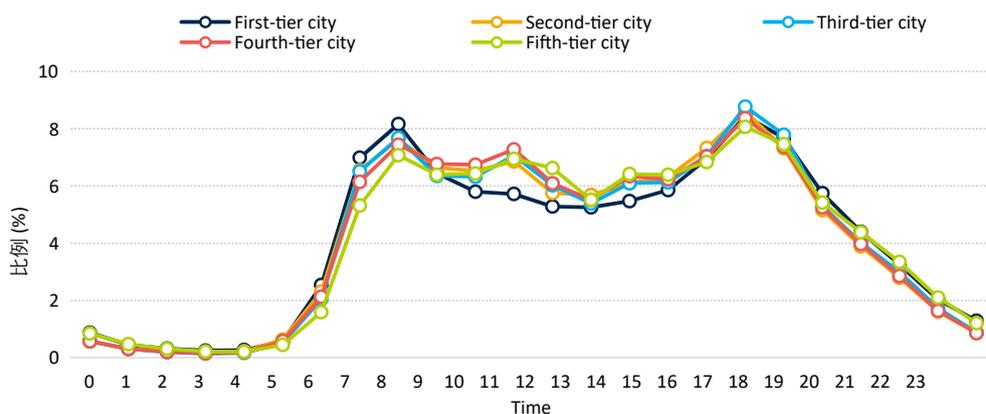


图 16 电动私家车出行时间分布

数据来源：《中国新能源汽车大数据研究报告（2021）》

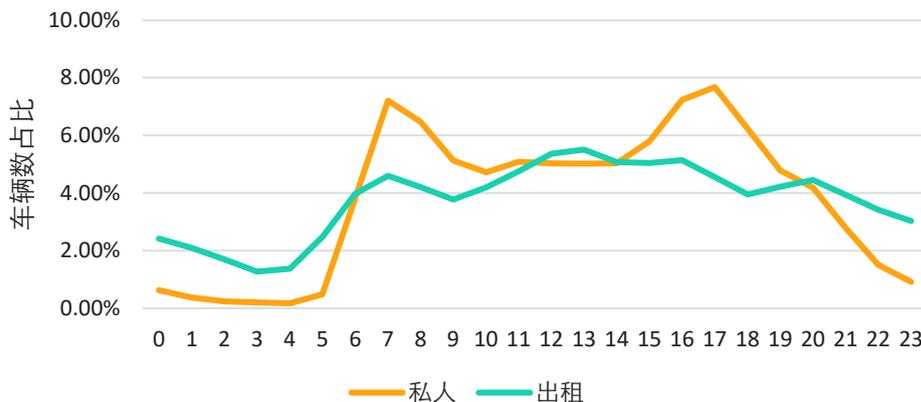


图 17 上海新能源汽车出行时刻分布 (0-23 点)

数据来源：上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心，上海新能源汽车监测报告 2022。

从图 17 当中可以看出^[12]，上海地区的私家车辆的出行时刻特征与图 16 所示趋势基本一致，出行时刻的高峰出现在下午五点钟。上海地区的出租车出行时刻分布相对均衡，最高峰出现在下午一点左右。

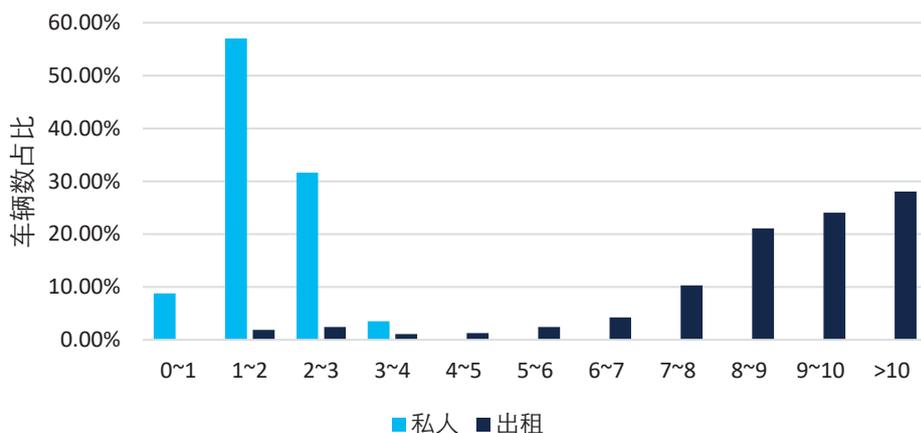


图 18 上海新能源汽车日均出行时长 (小时)

数据来源：上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心，上海新能源汽车监测报告 2022。

从上海新能源汽车日均出行时长上可以看出，对于私人车辆，有接近六成的比例的车辆的出行时长处于 1-2 个小时，出行时间超过 3 个小时的车辆比例不到 5%。而对于出租车，普遍的每日出行时长都在 7 小时以上，比例高达 84%。

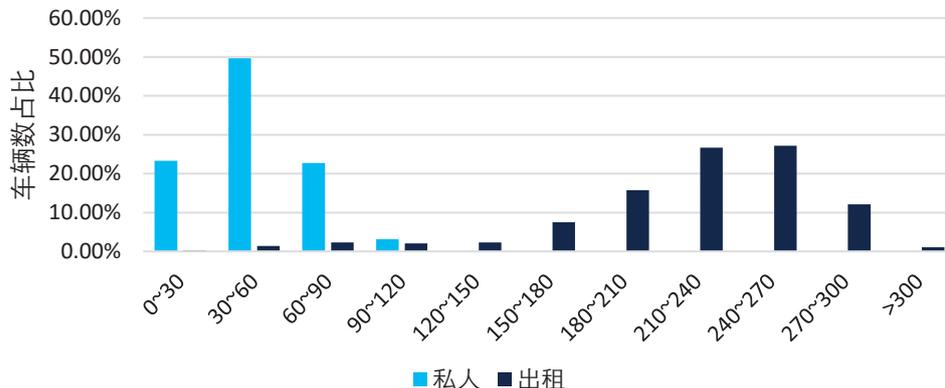


图 19 上海新能源汽车日均出行里程分布

数据来源：上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心，上海新能源汽车监测报告 2022。

从新能源汽车每天出行里程来分析，高达 95% 的私家的日均行驶里程少于 90 千米，超过一半的私家车的出行距离位于 30 到 60 千米之间。与之相对比的是，超过 95% 的出租车的日均行驶距离超过 150 千米。

(二) 充电特征 ^[13]

从私家新能源汽车的平均每周充电天数来看，接近八成的比例不超过两次，有接近四成的私家车平均每周充电仅需 1 次。

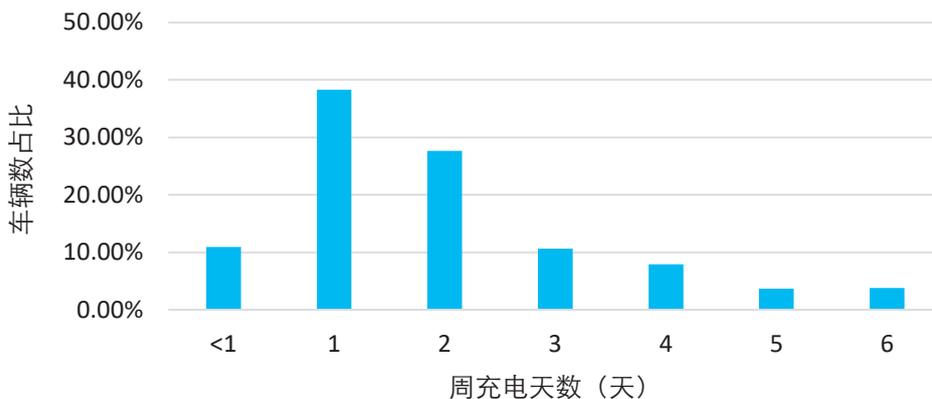


图 20 上海新能源汽车私家车充电频率分布

数据来源：上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心，上海新能源汽车监测报告 2022。

从上海地区的新能源汽车充电时刻分布来看（图 21），私人车辆的充电峰值出现在晚上 10 点，其中的原因主要有两个：一是此时电价进入谷电区间，充电便宜；二是具有有序充电功能的充电设施的普及。而出租车在充电时刻上，从上午 11 点到凌晨之间，充电行为的时间分布呈现稳定的状态。

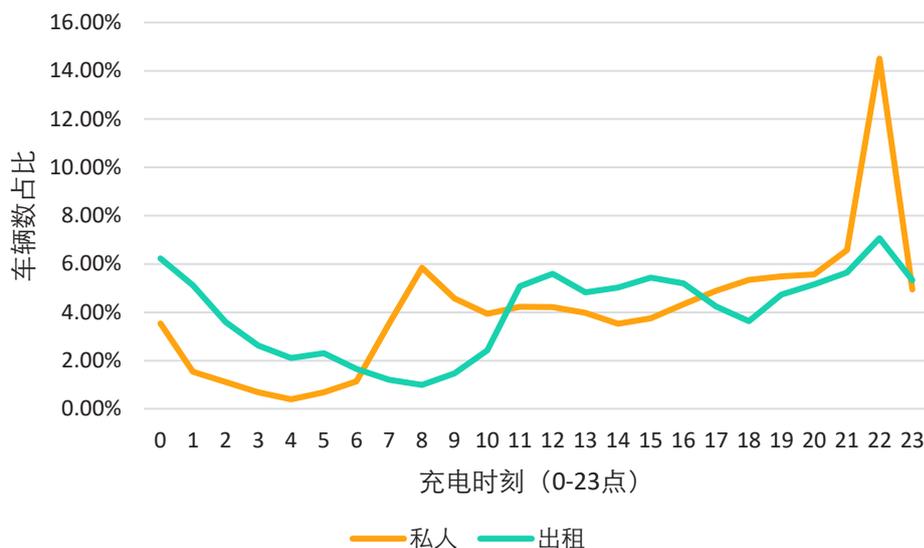


图 21 上海新能源汽车充电时刻分布

数据来源：上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心，上海新能源汽车监测报告 2022。

（三）上海电动汽车的出行特征和充电行为画像

基于以上的调研分析，得出上海电动汽车的出行特征和充电行为主要有：

- 车辆的出行时刻比较分散，每个时段最高的出行比例不超过 10%；
- 私家车在早晚高峰出行较为集中，而出租车的出行峰值出现在下午 1 点钟；
- 私家车和出租车的日均出行时长差异巨大，私家车超过 3 小时的不足 5%，而出租车超过 7 小时的占 84%；
- 高达 95% 的私家的日均行驶里程少于 90 千米；
- 超过 95% 的出租车的日均行驶距离超过 150 千米；
- 私人车辆的充电峰值出现在晚上 10 点；
- 凌晨 2-6 点之间，充电负荷处于低位。

因此，上海市电动汽车车主充电时段趋于集中，比如快充会集中在中午，有可能叠加到电网午间峰荷时段，因此对电网的影响不可忽略。但由于电动汽车大部分时间都处于停驶状态，若能发挥其有序充电和放电功能，则是很好的调峰和填谷资源。通过有序充电和车网协同，将有助于提高充电波谷时段内的充电桩利用效率，进一步抑制整体的充电负荷波动。

三、上海优化充电基础设施的政策措施

由于电动汽车的充放电行为通过基础设施与电网产生互动，为挖掘电动汽车的灵活调节潜力，2020年以来上海市连续发布智能充电基础设施标准及建设政策文件、落实分时电价政策、持续开展电力需求响应工作，为车网互动的落地提供了条件。具体的政策内容如表 1 所示：

表 1 近期上海市智能有序充电设施政策

政策文件 ^[14-15]	重点内容
《上海市促进电动汽车充(换)电设施互联互通有序发展暂行办法》，市发改等，2020年3月31日	新增自用充电设施的，车企提供的充电桩应具备智能充电功能。 鼓励居民区已有充电桩通过加装能源路由器等方式进行智能化改造，并按每桩 200 元标准给予财政补贴。
《电动汽车智能充电桩智能充电及互动响应技术要求 (DB31/T 1296-2021)》，市场监管局，2021年6月1日	国内首个车网互动领域地标，规定了电动汽车智能充电桩智能充电及互动响应的适用场景、通用要求、智能充电要求、互动响应要求及平台交互要求。适用于智能交流充电桩和智能非车载充电机。
《关于本市进一步推动充换电基础设施建设的实施意见》，市政府，2022年1月25日	开展新能源汽车有序充电试点。支持电网企业、市级平台和充电企业通过需求侧响应等方式，开展智能有序充电，探索车网双向互动。打造“新能源汽车有序充电示范市”，力争“十四五”期间，形成 50 万辆车、50 万千瓦有序充电能力。
《上海市能源电力领域碳达峰实施方案》，市发改委，2022年8月1日	引导电动汽车充电网络等参与系统调节。通过市级互联互通充电桩平台提升充电设施的智能化水平和协同控制能力，引导电动汽车发挥削峰填谷作用，至 2025 年全市新增智能充电设施 20 万个。
《上海市充(换)电设施“十四五”发展规划》，市交通委，2022年11月2日	利用电动汽车储能特性，推进充电设施有序充电、电网互动响应试点示范。

(1) 上海市实行“共建共享”模式，即由电网企业建设电动汽车充电基础设施，由不同的充电运营企业运营。这种模式可以提高充电设施的利用率，减少建设和运营成本。

(2) 推动电动汽车基础设施互联互通^[14]。上海市发布文件，提出从重建设转向重运营，支持方向从设备补贴转为度电补贴；从全面推转向抓重点，通过度电补贴和示范站建设重点解决电动出租车充电难问题，着力破解进社区难题；从无序充转向有序管，依托市级平台加强充电运营企业管理，依托企业平台加强社区有序充电和安全充电管理。

(3) 加强充电企业在选址建桩上的科学引导、规范运营和互联互通管理，为电动汽车车主提供更优质的服务。

通过上述措施，上海市电动汽车的基础设施建设和运营持续改善和提升，充电效率和设施利用率也有所提高，同时电动汽车有序充电方面也取得了一定的成绩。目前，上海地区电动汽车用户在安装私人充电桩时，还普遍存在一些困难，比如业主委员会和物业公司的配合热情有限。路边进行充电设施建设，也需要电力、路政、交通等多个部门的合作，往往会影响业务开展的效率。

四、小结

在新能源汽车渗透率和充电基础设施的建设领先全国的情况下，随着上海电动汽车市场进一步的发展，充电基础设施的精细化运营应当是下一步的重点。上海市电动汽车车主充电时段较为集中，若叠加到电网峰荷时段，将对电网的安全运行产生影响。由于电动汽车大部分时间都处于停驶状态，若能发挥电动汽车，尤其是私家车有序充电和放电功能，则是很好的调峰和填谷资源。采用有序充电和车网协同的充电方式，有助于提高充电波谷时段内的充电桩利用效率，进一步抑制整体的充电负荷波动。由于电动汽车的充放电行为通过基础设施与电网产生互动，上海市已经采取措施，在智能充电基础设施标准及建设政策文件、落实分时电价政策、开展电力需求响应等方面开展大量工作，为车网互动的落地提供了条件。

第三章 上海市电动汽车与电网协同发展实践与效益

一、上海市电力供需情况

上海火电的装机容量近年来已呈下降趋势。根据 2021 年中国电力行业的数据，上海火电的装机容量占比从 2010 年的 99.16% 下降到 2016 年的 95.5%，2021 年进一步下降到 90%，几乎每年下降一个百分点。同时，新能源的装机容量比例持续增加。上海市提出在“十四五”期间全面推广光伏应用并启动百万千瓦级深远海海上风电示范，规划到 2025、2030 年全市风光装机将分别达到 669 万千瓦和 1200 万千瓦。电源结构在清洁化的同时，也带来间歇性和波动性。

电力送入方面，上海市进一步加大市外非化石能源电力的消纳规模，规划通过宾金直流、复奉直流等特高压输电通道消纳金沙江下游水风光电力，力争 2025 年新增新能源电量不少于 50 亿千瓦时^[15]。

在用户侧，空调负荷是推高上海市用电高峰的主要驱动因素。电网最高负荷一般出现在 7-8 月，在持续高温或极端高温天气时，空调制冷负荷激增，可达全社会最大用电负荷 40% 以上，并造成上海电网用电负荷高峰大幅攀升^[16]。与此同时，随着电动汽车保有量不断增大，上海市电动汽车充电负荷不断增加，尤其是高峰时间的充电行为，将推动电峰谷差进一步扩大。

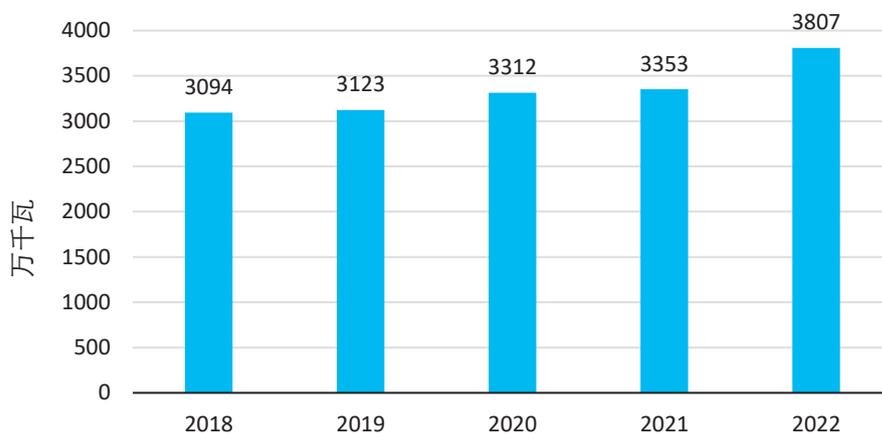


图 22 2018-2022 年上海市夏季用电负荷峰值

数据来源：发改委能源研究所

在供给侧波动性、负荷侧峰谷差不断拉大的双重压力下，引导本地电动汽车有序充电、参与车网互动势在必行。

二、上海市对车网协同发展的需求

上海市政府非常重视环境保护和可持续发展，因此对于车网互动的灵活性也有很高的需求。灵活的车网互动系统可以更好地减少车辆的排放，降低城市污染和能源消耗，提高城市的可持续性。

根据前文分析，上海市电动汽车呈现出集中充电行为，未来海量的电动汽车接入后可能会对电网造成巨大影响。电动汽车大部分时间都处于停驶状态，其调峰和填谷的潜力还没有发掘出来。

目前，普遍认为电动汽车的应用场景主要是低电量和高功率，对整体社会用电量的增加影响有限。根据上海交警发布的信息^[17]，截止到 2022 年 6 月，上海汽车保有量为 509 万辆。根据《上海市新能源汽车大数据研究报告 2022》的统计分析，上海地区的私人插电式混合动力汽车和纯电动汽车车主的日均行车里程为 49.6km、47.4km，取平均值 48.5km。目前对于乘用车，1 度电可以驱动车辆行驶 5 到 8 公里^[18]，取平均值 6.5km/kWh，日均耗电量为 7.46kWh。

从新能源汽车占比的角度分析，参照自 2018 年以来的新能源汽车保有量数量，表 2 上海地区电动汽车充电负荷预测计算了从充电量和功率角度分析的新能源汽车充电的影响占比情况。此处假定未来可再生能源发电、人口老龄化、人口预测和人均拥车辆等条件与 2021 年度的数据一致，表 2 中给出了不同电动汽车保有量下，充电量和充电功率在电网系统中能量的比值。

表 2 上海地区电动汽车充电负荷预测

时间	保有量占比	新能源汽车保有量(万辆)	EV 充电量占比	功率(GW)	EV 充电功率比值(3.2kW)	EV 充电功率比值(7kW)	EV 充电功率比值(30kW)
2018	4.7%	24	0.41%	25.0	0.3%	1.3%	2.9%
2019	5.9%	30	0.52%	25.0	0.4%	1.6%	3.5%
2020	8.3%	42.4	0.73%	25.0	0.5%	2.3%	4.9%
2021	13.3%	67.8	1.17%	25.0	0.8%	3.5%	7.6%
2022	18.6%	94.5	1.63%	25.0	1.1%	4.9%	10.5%
未来 1	50.0%	254.5	4.40%	25.0	2.4%	10.4%	22.3%
未来 2	100.0%	509	8.79%	25.0	2.6%	11.5%	24.7%

数据来源：上海公安局

采用不同功率类型的充电桩，以典型工作日中下午 6 点的电力负荷（发改委公布数据 25GW）为基准，若按照此时的所有电动汽车中有 10% 的比例选择充电，可以看到在未来全面电动化后，参照新能源汽车大数据研究报告^[19]，私人车辆中插混和纯电的平均充电功率分别是 3.2kW 和 14kW，此处我们选定了 3.2kW、14kW 和 30kW 的充电功率进行计算，电动汽车将会分别给电网基准负荷带来 2.6%、11.5% 和 24.7% 的增幅，对于电网的稳定性影响非常大。如果不加以管理，将严重挑战电网的安全稳定运行。上海市电动汽车必须走有序充电、车网协同发展的道路。

三、上海市车网协同发展的实践

充分挖掘负荷侧可调节资源是解决上海市电力供需矛盾的重要手段。为应对电力供应缺口，上海市将负荷管理方案分六级：VI级方案（市场化需求响应）、V和IV级方案（有序用电应急降负荷方案）、III和II级方案（有序用电错峰方案）、I级方案（有序用电轮休方案）。六级方案包括 27 个子方案，可视电力缺口不同采取不同措施，最大可控负荷 1200 万 kW，各级各项子方案均可以按电网分区、行政区域、供电公司独立实施，并对实际执行负荷管理措施的用户给予一定的经济补偿。

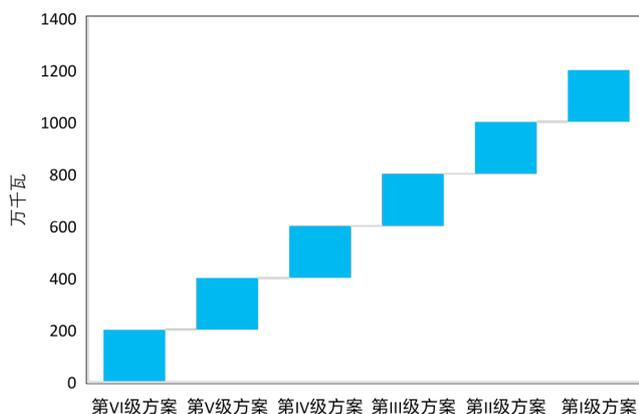


图 23 上海市六级电力负荷管理方案

数据来源：上海市经济和信息化委员会，《上海市经济信息化委关于印发〈2022年上海市迎峰度夏有序用电方案〉的通知》；上海市经信委，《2022年上海市迎峰度夏有序用电方案》

近年来上海市电动汽车数量快速提升，车网互动频次与规模不断扩大，在负荷管理中的作用也日益凸显，2022年上海市夏季电力最高负荷达到 3807 万 kW，电力供需总体紧平衡，部分中心城区、热点区域高峰供电紧张。2022年，上海市累计开展车网互动 16 次，充分验证了公共、居民等各类充换电设施的响应能力^[16]。数据显示，2022年上海电动汽车夏季响应量占全市全部需求响应量的 1.4%^[20]。

除了车网互动削减高峰，上海市在利用电动汽车填谷方面也做了很多尝试。2022年2月6日凌晨，国网上海电力公司开展年度首次填谷需求响应，活动采用“日前邀约、日内定时调用”方式，共计 956 户电动汽车资源参与响应，并通过智能终端自动接收需求响应调控指令实现“无感调控”。响应时段为凌晨 3:00-5:00，电动汽车资源实现最大填谷容量 4.1 万 kW，填谷电量 5.9 万 kWh，消纳清洁能源 2.2 万 kWh。

四、车网互动的潜力与经济性

(一) 错峰充电价格

目前用户侧分时电价是电动汽车参与车网互动最直接的经济激励。

国家发展改革委印发《关于进一步完善分时电价机制的通知》，要求系统峰谷差率超过 40% 的地方，峰谷电价价差原则上不低于 4:1，其他地方原则上不低于 3:1。现行电价形成方式中，尖峰、高峰、低谷电价以平段电价为基础，上、下浮动一定比例形成。但各地电价中，电价可浮动的部分却不尽相同，导致峰谷价差也出现较大差异。

2022 年 12 月，上海市发改委发布《关于进一步完善我市分时电价机制有关事项的通知》，指出一般工商业及其他两部制、大工业两部制用电夏季（7、8、9 月）和冬季（1、12 月）高峰时段电价在平段电价基础上上浮 80%，低谷时段电价在平段电价基础上下浮 60%，尖峰时段电价在高峰电价的基础上上浮 25%。其他月份高峰时段电价在平段电价基础上上浮 60%，低谷时段电价在平段电价基础上下浮 50%（表 3）。

表 3 上海市居民及工商业分时电价（元）⁵

	尖峰	高峰	平段	低谷
居民生活（第二档）		0.677		0.307
单一制一般工商业 10kV		1.0235	0.8529	0.4691
两部制一般工商业 10kV	1.5633	1.2506	0.6948	0.2779
两部制大工业 10kV	1.8695	1.4956	0.8309	0.3324

数据来源：上海市电力公司

5 注：电网企业代理购电用户电价由代理购电价格（含平均上网电价、辅助服务费用等）、输配电价（含线损及政策性交叉补贴）、政府性基金及附加组成。其中代理购电价格（含平均上网电价、辅助服务费用等）根据当月预测购电成本等测算所得。输配电价由电度输配电价、容（需）量用电价格构成。政府性基金及附加包含国家重大水利工程建设基金 0.3915 分，大中型水库移民后期扶持资金 0.62 分，可再生能源电价附加 1.9 分。

(二) 需求响应补偿

在峰谷电价基础上，为进一步调动用户侧资源参与系统调节，上海市在全年不同时段实施电力需求响应，并确定需求响应的补偿标准，补偿形式为抵偿电费方式(图 24) [21-22]。

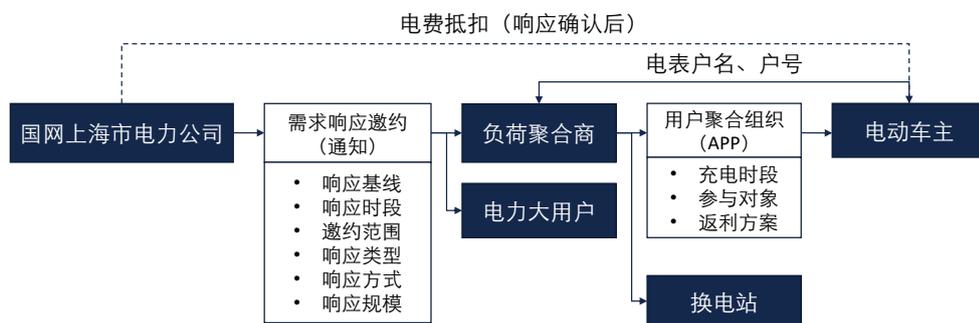


图 24 电动汽车需求响应参与主体与聚合流程⁶

注：

1、响应基线：原则上日内响应选取用户响应日前 5 个工作日，将其对应响应时段平均负荷作为基线；快速响应调取用电时刻前 1 小时内负荷均值作为基线。

2、邀约范围：直接或经负荷集成商完成在上海市电力需求响应管理平台注册用户。

以 2022 年夏季为例，7-8 月全市连续开展工作日削峰需求响应 19 次，削峰时间集中在中午 12:00- 下午 4:00，共计需经济补偿 5866 万元，单次响应价格因响应方式（日内响应、快速响应）而异，响应价格补偿区间为 2.4 元 /kWh-9 元 /kWh，平均响应补偿价格为 2.77 元 /kWh。

在 2022 年上海夏季需求响应（非居民）中，负荷聚合商累计响应电量 211 万 kWh，占全部响应电量 10%。电价补偿方面，负荷聚合商平均响应电价补偿为 4.59 元 /kWh，是平均电价补偿水平的 1.66 倍。在 19 家负荷聚合商中，电动汽车充换电资源聚合商为 10 家，合计响应电量为 28.7 万 kWh，占负荷聚合商响应电量的 14%，电动汽车资源聚合商平均响应补偿价格为 4.26 元 /kWh，是负荷聚合商平均补偿价格的 92.8%。可见尽管电动汽车资源参与快速响应的能力高于一般需求响应资源，但略低于聚合资源的平均水平。

6 注：1、响应基线：原则上日内响应选取用户响应日前 5 个工作日，将其对应响应时段平均负荷作为基线；快速响应调取用电时刻前 1 小时内负荷均值作为基线。2、邀约范围：直接或经负荷集成商完成在上海市电力需求响应管理平台注册用户。

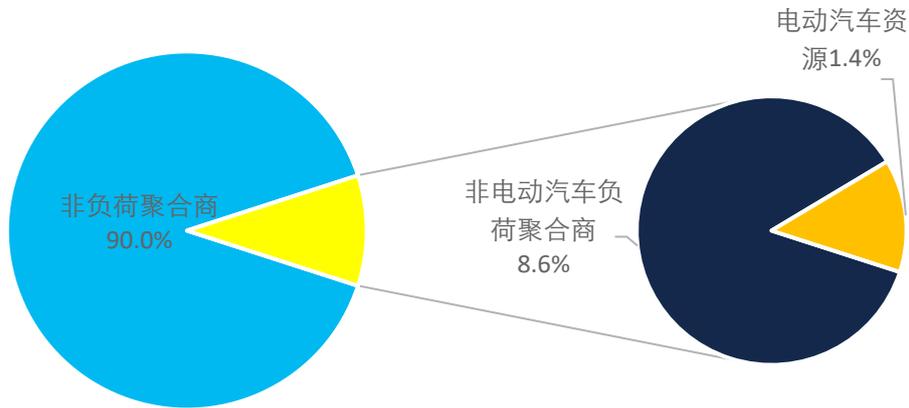


图 25 非居民需求响应电量结构

数据来源：国网上海市电力公司

居民用户方面，2022年7月14日至8月10日有5天电动汽车参与需求响应，合计14户电动汽车响应错峰充电指令43次，全部响应由国网电动汽车服务公司作为负荷集成商代理，累计响应电量86kWh，平均响应补偿价格为2.95元/kWh（图26）。显然，居民电动汽车在聚合规模、响应电量、补偿价格方面与工商业用户有显著差距。

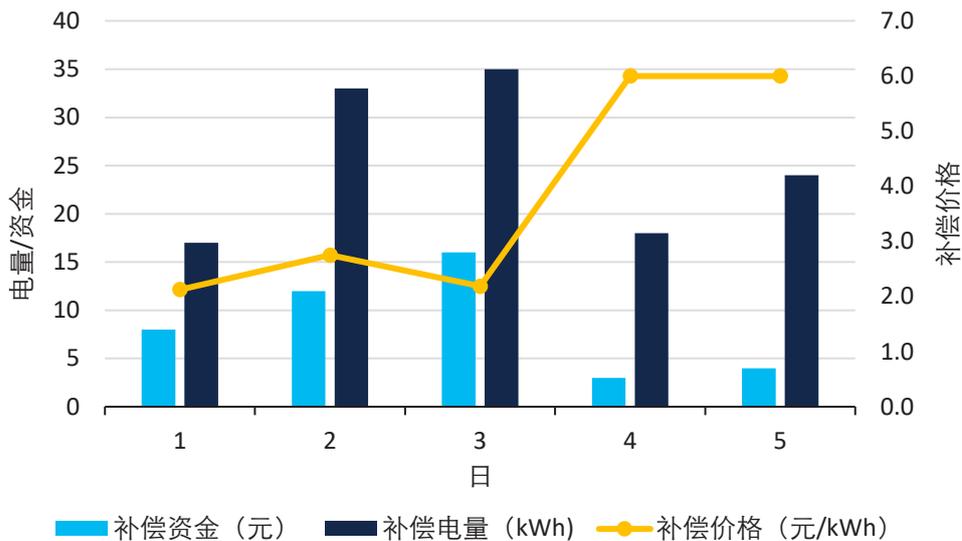


图 26 居民需求响应补偿资金与价格

数据来源：国网上海市电力公司

(三) 经济性分析

由于电动汽车车型、充放电行为和价格不同，车网互动经济性水平会呈现较大差异。本节将基于目前上海市用户侧用电价格、需求响应补偿，以及车主充放电行为假设，对乘用车、物流车、换电站车网互动收益潜力进行估算。

(1) 乘用车

假设电动乘用车日均行驶里程 50 公里，车用电量每天 7kWh，车载动力电池容量 60kWh，车用电量外剩余 53kWh 可用于车网互动。常规有序充电模式下，车用电量充电时间由原始电价高峰时段（18:00-21:00）转移至低谷时段（22:00 后）。按照上海市居民分时电价水平，乘用车错峰充电收益为 0.34 元 /kWh。不考虑充放电设施功率约束，车网互动电量可午间在办公地点以工商业电价高峰时段放电，峰谷时段充放电套利收益提升至 0.69 元 /kWh。若参与需求响应，按照年度响应 30 次，补偿价格 4.59 元 /kWh 计算，车辆参与车网互动的收益将进一步提升⁷。

表 4 电动乘用车车网互动经济性

参数设定			
居民峰谷电价差 (元 /kWh)	0.34	充放电效率	85%
一般工商业峰谷电价差 (元 /kWh)	1.23		
需求响应补偿 (元 /kWh)	4.59	需求响应频次 (次 / 年)	30
测算结果			
V1G		V2G	
峰谷价差收益 (元 / 年 / 辆)	869	峰谷价差收益 (元 / 年 / 辆)	11288
需求响应收益 (元 / 年 / 辆)	893	需求响应收益 (元 / 年 / 辆)	5744
V1G 收益 (元 / 年 / 辆)	1761	V2G 收益 (元 / 年 / 辆)	17032
综合收益 (V1G+V2G) (元 / 年 / 辆)		18793	

注：V2G 模式经济性分析建立在允许反向送电且充放电电量等价计量假设之上。

7 车辆日常低谷电价充电时段应与需求响应时段错位以确保有效参与需求响应。削峰响应时段处于住宅停车时段，需求响应聚合代理商应具备住宅接入能力。

(2) 物流车

假设电动物流车日行里程 200 公里，车用电量每天 40kWh，车载动力电池容量 80kWh，除车用充电量外剩余 40kWh 可用于车网互动。有序充电模式下，车辆充电时间由原始一般工商业电价高峰时段转移至低谷时段，峰谷电价为 0.55 元 /kWh⁸，叠加需求响应收益，车网互动收益同样可进一步提升⁹。

表 5 电动物流车车网互动经济性

参数设定			
一般工商业峰谷电价差 (元 /kWh)	0.55	充放电效率	85%
需求响应补偿 (元 /kWh)	4.59	需求响应频次 (次 / 年)	30
测算结果			
V1G		V2G	
峰谷价差收益 (元 / 年 / 辆)	8094	峰谷价差收益 (元 / 年 / 辆)	6880
需求响应收益 (元 / 年 / 辆)	4843	需求响应收益 (元 / 年 / 辆)	4116
V1G 收益 (元 / 年 / 辆)	12937	V2G 收益 (元 / 年 / 辆)	10996
综合收益 (V1G+V2G) (元 / 年 / 辆)		23933	

注：V2G 模式经济性分析建立在允许反向送电且充放电等价计量假设之上。

(3) 换电站

换电是电动汽车电能补给的重要方案之一，也是不可忽视的车网互动资源。换电模式在国内重型商用车领域已取得突破，2022 年新能源重卡销量中近一半车型为换电车型。部分乘用车品牌也正在积极布局换电车型并加快乘用车换电网络建设。截至 2023 年 2 月底，上海市换电站数量达到 138 座，位居全国第五。以某乘用车品牌换电站为例，内置动力电池 13 块（5 块 100kWh，8 块 75kWh），合计储能容量 1100kWh，换电站通过灵活调配站内电池充放电策略，同样可间接起到车网互动作用。图 32 为上海市换电站参与夏季削峰响应效果，相比平日换电站充电负荷下降 10-20%。

8 按一般工商业单一制分时电价计算。上海市一般工商业两部制分时电价峰谷价差更大，且执行四段式尖峰、峰、平、谷电价，V2G 模式可实现两次充放，车网互动收益空间更高。

9 车辆日常低谷电价充电时段应与需求响应时段错位以确保有效参与需求响应。

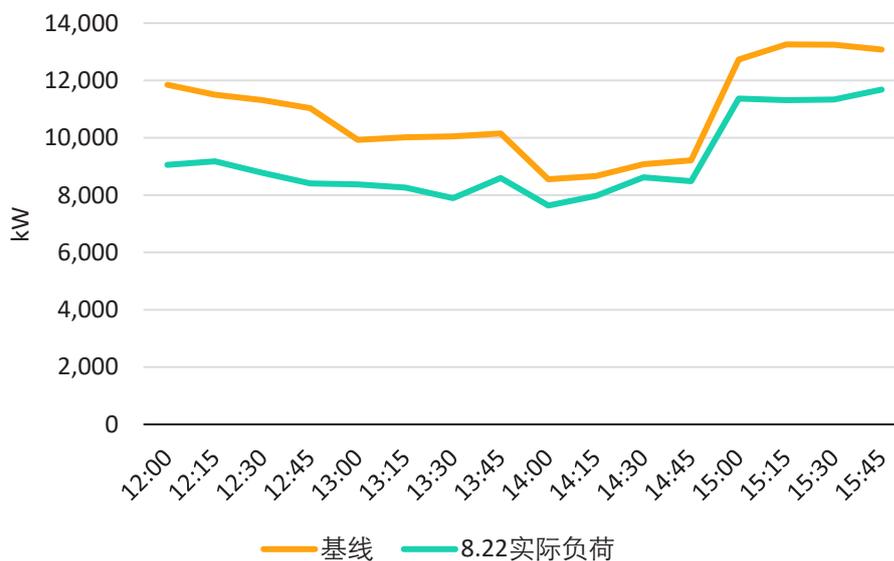


图 27 上海市某换电站需求响应负荷对比

数据来源：上海市电力公司

换电站可通过智能充电和储能电站两种方式参与电网互动，以目前上海市一般工商业和大工业两部制分时电价政策，储能电站可实现日内两次充放，经济性收益显著提升。假设换电站平均日充电量 10% 可灵活调用，大工业两部制分时电价峰谷差 1.16 元 /kWh，需求响应频次 30 次 / 年，平均补偿价格 4.59 元 /kWh，站网互动经济性水平如表 6。

表 6 换电站网互动经济性

参数设定			
大工业两部制峰谷电价差 (元 / kWh)	1.16	充放电效率	85%
需求响应补偿 (元 / kWh)	4.59	需求响应频次 (次 / 年)	30
测算结果			
智能充电		储能电站	
峰谷价差收益 (元 / 年 / 站)	846800	峰谷价差收益 (元 / 年 / 站)	39588

需求响应收益 (元 / 年 / 站)	11319	需求响应收益 (元 / 年 / 站)	9621
智能充电收益 (元 / 年 / 站)	858119	V2G 收益 (元 / 年 / 站)	49209
综合收益 (V1G+V2G) (元 / 年 / 站)	907328		

注：储能电站模式经济性分析建立在允许反向送电且充放电等价计量前提之上。

尽管上述经济性测算基于理论层面，实际互动效果取决于车主用车行为、换电站运营需求以及电量电价计量方式，但随着政策和商业模式不断完善，车网互动经济价值终将释放，在为电力系统提供高性价比调节服务的同时，给予参与主体可观的经济补偿。

五、小结

引导本地电动汽车有序充电和车网互动，将有助于减少峰谷差、平抑供需两侧的波动性。上海市夏季电力最高负荷节节攀升，电力供需偏紧，部分中心城区、热点区域高峰供电紧张，对车网互动灵活性的需求巨大。上海市的车网互动实践，充分验证了公共、居民等各类充换电设施具有响应能力。上海市峰谷价差大、需求响应补偿机制完善，在很大程度上激励了电动汽车参与提供电网灵活性。通过经济性分析，可以看出车网互动具有潜在经济效益。电动汽车参与需求响应的实践为全国其他地区提供了参考，也为基础设施拓宽收益渠道、提高充电基础设施的运营效率创造机会，创建出健康有序的基础设施运营环境，实现电动汽车的规模化发展。

第四章 充电基础设施的建设与运营

国家发展改革委、工信部等多部委纷纷出台相关政策，要求建成适度超前、布局均衡、智能高效的充换电基础设施体系，到“十四五”末，要能满足超过 2000 万辆电动汽车充电需求。这意味着充电基础设施的建设仍有巨大的空间，有待合理的商业模式引导。

一、商业模式分析

我国的充电桩运营模式主要有三大类：运营商主导模式、车企主导模式、第三方充电服务平台主导模式。

（一）运营商主导模式

该模式是由充电运营商完成充电桩业务的投资建设和运营维护，并为用户提供充电服务的运营管理模式，是充电桩行业现阶段的主要模式。运营商自主完成充电桩业务的投资建设和运营维护，为用户提供充电服务。充电运营商一般具备雄厚的资本，前期会对场地、充电设备等基础设施进行大量投资。公用充电桩和专用充电桩是这种模式下的主要类型。代表企业包括特来电、国家电网和星星充电。

该模式的优点在于它能够加速推动中国公共充电基础设施网络的建设，同时，运营商能够高度整合产业链上下游资源，协同参与充电技术研发与设备制造。

该模式缺点也比较明显，由于它属于重资产运营，因此对企业资金实力、综合运营实力要求较高。此外，资产型充电运营商对充电场站相对缺乏精细化运营管理，且受市场竞争影响，运营商间信息互联互通进程较为缓慢。

（二）车企主导模式

该模式是指电动汽车企业为了获取对于市场更深的把控能力，同时向产业链整体溯源式下沉以扩大企业利润。在这种模式下，车企可以为车主提供更优质的充电体验，主要有车企自建桩与合作建桩两种建设方案。

它适用于较为成熟的电动汽车企业。为了提供更优质的服务，车企将充电桩作为售后服务提供给车主，以提供更优质的充电体验。这种模式对资金和车主数量有较高的要求。公用充电桩和私用充电桩是这种模式下的主要类型。代表企业包括特斯拉和蔚来。

这种模式也存在一些缺点，车企主导建桩需要支出很高的成本用于充电桩建造及后期的维护，而车企建桩的收入则只有电费差价和服务费，并且客户群体单一，只面向固定车主，利用率低，因此很难实现盈利。

(三) 充电服务平台主导模式

第三方充电平台不直接参与充电桩的投资建设，而是通过自身的资源整合能力将各大运营商的充电桩接入自家 SaaS 平台，并以智能管理为依托提供商业价值。这种模式具有独特的流量优势，其他企业难以在短期内复制。以平台为主导的运营模式可以实现不同运营商之间的“互联互通”，为用户提供更便捷的一站式充电体验。代表企业包括云快充和小桔充电。

这种模式可以更优地分配充电资源，提高单桩利用率。然而这种模式也存在一些缺点。由于第三方充电服务平台与运营商之间会存在一定程度的利益冲突，一旦头部运营商退出合作，第三方平台的价值将难以体现，要维持该模式的发展，需要建立完善的相互依存、互惠互利的机制。比如，小桔充电率先在行业推行“特许经营”模式，为特许场站提供统一的品牌形象，标准化的服务管理，及流量和运营等权益输出，帮运营商降本增效，以此来增加平台和运营商的粘性。

除了上述三种主流充电桩商业模式之外，还有众筹建桩等模式，通过“投资方 + 充电服务运营方 + 场地资源方”有效整合社会资源、分摊成本，解决了“有场地的没资金建桩，想建桩的没有场地”等问题。

(四) 三种模式的对比分析

通过上面分析可以看出，基础设施建设运营的模式各有优劣，有不同的适应场景。三种模式的对比分析见下图。

运营商主导	车企主导/合作	第三方平台主导
		
优势		
<ul style="list-style-type: none"> • 高度整合产业链上下游资源 • 快速推进充电网络的构建 	<ul style="list-style-type: none"> • 能为车主提供更优质的充电体验 • 对资金和用户数量有较高的要求 	<ul style="list-style-type: none"> • 流量优势明显电体验 • 提高单桩利用率
不足		
<ul style="list-style-type: none"> • 重资产运营 • 运营商间信息互联困难 	<ul style="list-style-type: none"> • 车企负担大 • 桩的利用率低，盈利困难 	<ul style="list-style-type: none"> • 受限于头部运营商 • 需建立长期稳定的互惠机制

图 28 三种充电桩建设运营模式对比

二、基础设施建设和运营面临的挑战

我国充电设施在快速发展的同时，也面临着多重挑战，主要包括建设难、运营难、充电难等多方面。

（一）建设难、资源制约现象突出

停车资源短缺制约充电设施建设发展。随着居民生活水平的提高，部分早期建成的居住区、建筑配建停车场，停车紧张问题加剧。小区居民无固定、产权车位，不具备安装私人充电设施的基本条件；私桩进社区难，进小区要先和物业谈判，支付进场费，并取得业主委员会的同意。公共停车场库停车泊位紧张、场库疏于管理，燃油车占位导致充电设施无法充分利用等问题。城市建成区新建停车场项目少，增建充电设施难度也更大，有停车矛盾的区域往往充电矛盾也较为突出。

受用地制约，公共站点选址面临困难。以上海为例，该市内环内公共、专用的充电量仅占全市总充电量的 4.2%，城市核心区充电市场吸引能力略显不足。城市核心区域设置独立用地公共充电站难度高，而设置于商办楼宇、企事业单位、公共机构的充电场站，存在停车收费价格高、进出不便等问题，对新能源汽车临时补电缺少相关支持或优惠。

地方配网容量有限，新建充电站需要额外的电力支持，必然会对地方配网运行造成更大的压力。若进行配网扩容和新建，则要投入大量的成本，并需要经过多部门的申请和论证，耗时较长。同时，新建充电站需要按照国家有关规定，申请用电才能开始建设。但由于电力供应紧张，上海市也在执行用电管理政策，对用电进行限制，这也会影响新建充电站的用电申请进度。

（二）运营难、市场投资意愿减弱

由于前期充电运营商“跑马圈地”盲目建设充电桩抢占市场，市场竞争激烈，存在电动汽车基础设施“重建设、轻运营”的现象。目前市场中存在大量的公共僵尸桩，由于前期盲目建设造成后期设备维护不足、运营困难，造成资源的浪费。

由于充电桩运营行业投入资金高、回报周期长，进而造成其盈利能力较弱。充电运营商的收入取决于单桩利用率和充电服务费两大因素。目前的充电桩运营收入大部分来源于服务费的收取，模式较为单一，从而影响力车企、桩企或其他投资者对基础设施建设的投资或升级的意愿^[23]。

表 7 从上海的电动汽车充电市场容量角度看行业营收^[24]

2022 年底数据	直流桩	交流桩
数量 (万个)	76.1	103.6
单价 (万 / 台)	3.5	0.4
服务费 (元 / kWh)	0.5	0.5
桩投资 (亿元)	266.35	41.44
桩在站投资中占比	40%	40%
站投资 (亿元)	666	104
充电量 (亿度)	200	
总服务费收入 (亿元)	100	
折旧费 (亿元, 十年寿命)	77	
运营维修和贷款 (亿元, 14%)	108	
利润 (亿元)	-85	

未考虑

- 服务费分成
- 服务费优惠
- 设备建设费的财政补贴

- 直流桩平均功率 50kW
- 交流桩平均功率 7kW

目前从上海市充电基础设施行业角度看，投资成本高，通过运营难回收成本，此处采用的充电服务费是 0.5 元 /kWh。另外，繁华路段还存在高额的租金问题，进一步拉长了投资回报周期。二三线城市目前的充电服务费远低于这一数据。单纯依靠收取目前价位水平的服务费，充电设施运营企业难以实现盈利。

（三）充电难、车主体验不佳

由于充电运营企业缺乏稳定经营预期，在设施维护、技术升级以及服务提升等方面持续投入力度不足，插枪的充电成功率偏低、故障桩比例较高、非充电车辆占位等问题都较为突出，对消费者实际使用体验造成了较大影响。充电便捷性不高、时间长、油车占位、设施破损、互联互通不足、安全担忧等问题引发车主对充电服务的不满。根据中国消费者协会发布的《新能源电动汽车消费与公共充电桩使用情况调查报告》，在公共充电桩方面，电动车主认为主要的问题是服务站点少、站点位置不便利、充电桩数量少，超过一半的受访车主表示充电桩损坏或故障的情况频繁发生；在私人充电桩上，电动车主的意见集中反映在停车位和小区场地限制、报装流程复杂、小区容量不足等等，私人桩安装困难问题在一、二线城市尤其突出^[25]。除此之外，高速公路或景区充电难、充电慢的问题也常常在节假日时成为车主关注的热点。

三、基础设施建设与运营的机遇

为了支持新能源发电在电力系统占比逐步提高，国家发布了文件要求通过市场和价格机制来激励多方主体提供电力系统灵活性。其中，电动汽车作为重要的参与主体，通过基础设施的建设和运营来实现与电网的互动和提供灵活性。此外，电动汽车的充电和储能一体化发展、充电和分布式发电等多种发展模式也为基础设施参与电力市场、扩宽盈利模式提供了机遇。

目前上海市进行了小规模的需求响应试点，参与电力市场有助于扩大收益，并且从度电营收 (>3 元 /kWh) 上看远高于充电服务费 (0.5 元 /kWh)，如表 4 所示。预计 2030 年电动汽车的保有量占比将达到 20% 以上，基础设施建设也将得到进一步完善。然而，随着电动汽车的规模化发展，基础设施面临的挑战也将更为严峻。因此，需要重视基础设施的建设和运营，为电动汽车的规模化发展提供健康有序的保障环

境。在这一过程中，电动汽车充电和储能、充电和分布式等多种发展模式已经在部分地方实现了盈利，这也为未来的发展提供了重要的参考。

四、小结

中国的充电桩运营模式主要包括运营商主导、车企主导、第三方充电服务平台主导，这三种模式各有优劣，适用于不同的应用场景。充电基础设施领域存在“重建设、轻运营的现象”：主要靠自行投资、自行建桩，重资产布局；但运营艰难、盈利能力较低，依赖政府补贴。同时，基础设施建设方面面临着停车位与土地资源制约，运营方面面临着投资回报周期长、市场投资意愿减弱，因此造成了大量僵尸桩，充电服务品质差，对消费者实际使用体验造成了较大影响。充换电服务盈利性待改善，服务体验亟待提升。未来，充电桩运营行业经营商可以与其他行业横向合作，积极整合行业资源，同时增加企业自身收入来源。

第五章 研究发现与政策建议

一、研究发现

（一）现阶段充电基础设施基本能够满足电动汽车的发展速度

当前我国新能源车保有量占比 5% 的情形下，充电基础设施能够基本满足电动汽车的快速发展，但二者的发展节奏尚无法全面匹配，充电基础设施对电动汽车发展的制约和影响已经凸显。国际经验表明，充电基础设施建设需要充分考虑用户需求、技术发展和政策支持等方面。挪威作为全球新能源汽车普及率最高的国家，尽管车桩比并不具有领先优势，但是仍然能够实现较高的新能源汽车渗透率，与国家在充电基础设施方面的建设和政策支持息息相关。

（二）上海市电动汽车渗透率和基础设施建设领先全国

上海地区的新能源汽车渗透率和充电基础设施的建设都领先全国，随着电动汽车的进一步的成熟发展，充电基础设施的精细化运营应当是下一步的重点。上海市电动汽车车主充电时段趋于集中，若叠加到电网峰荷时段，将对电网的安全运行产生影响。由于电动汽车大部分时间都处于停驶状态，若能发挥其有序充电和放电功能，则是很好的调峰和填谷资源。

（三）上海市电动汽车基础设施的响应潜力和经济性都很可观

引导本地电动汽车有序充电和车网互动，将有助于减少峰谷差、平抑供需两侧的波动性。上海市夏季电力最高负荷节节攀升，电力供需偏紧，部分中心城区、热点区域高峰供电紧张，对车网互动灵活性的需求巨大。同时，上海市峰谷价差大、需求响应补偿机制完善，在很大程度上激励了电动汽车参与提供电网灵活性。上海市的车网互动实践和经济性分析显示，公共、居民等各类充换电基础设施具有响应能力，并且能获得可观的收益。

(四) 基础设施“重建设、轻运营”的局面有望被打破

充电基础设施领域存在“重建设、轻运营”的现象：主要靠自行投资、自行建桩，重资产布局；但运营艰难、盈利能力较低，依赖政府补贴。这种现象导致了大量僵尸桩的出现，充电服务品质差，用户充电难、实际使用体验差。在国家市场和价格机制推动下，电动汽车作为重要的参与主体，通过充电和储能一体化发展、充电和分布式发电等多种发展模式，为基础设施参与电力市场、扩宽盈利模式提供了机遇。

(五) 基础设施的专项规划和监管都有待加强

充换电基础设施未纳入城市整体规划，会遇到电力增容困难、布局不合理等诸多问题。目前上海新能源汽车保有量已经突破 100 万，然而这些成果是在原有基础上“补缺补漏”得到的，即按需求导向，在车位不足时增加车位，在需要时安装充电桩等。同时充电设施的建设与电网规划建设缺少有效衔接，已出现部分建筑电力容量不够，难以支撑大功率、大范围充电设施建设的问题。电动汽车智能有序充电普及度还不高，电力负荷与分布式储能的潜力未能得到有效挖掘。随着电动汽车更大规模的应用，将对电力供应形成更大的压力。

为了保障充电基础设施的安全、可靠、高效运行，建立有效的监管机制是必不可少的。目前对于计量、通信和运行平台等涉及数据安全的内容尚未形成统一有效的防范和监管。

二、政策建议

(一) 加强顶层设计和规划，优化基础设施的建设和布局

1. 为了确保充电基础设施建设和运营的顺畅推进，需要成立专门的协调机构和工作专项事务部门。这将进一步明确机构的职责和权限，并明确各部门在充电基础设施建设和运营中的分工和协作关系。这些措施将有助于确保充电基础设施建设和运营的顺利进行。
2. 优化充电基础设施的规划和布局。编制充电基础设施专项规划，综合考虑土地规划、物业管理、停车资源、电网容量等因素，确保充电基础设施建设与城市发展、电网建设和生态环境保护的协调统一。

3. 推进基础设施建设规划的超前性和整体性。进行超前、整体性的基础设施建设规划，通过大数据、人工智能等技术手段，对未来充电需求和充电基础设施建设的趋势进行预测和分析，为基础设施建设规划提供更为科学的支持和指导。

(二) 开放资源和市场，提升基础设施的运营能力

开放资源和市场，提升充电设施运营能力；加快电力市场改革，推进车网互动商业化运营示范，参与现货市场和辅助服务市场。

1. 开发停车场地，为充电运营商的发展创造条件。鼓励地方政府或私人企业提供停车场地，对充电运营商提供租金或税收减免等优惠政策。建设道路充电示范站和断头路停车位建设，加大充电位置的开发。为了激励充电基础设施的建设，政府持续为不同等级的充电站提供分级补贴，加大充电场站服务的提升，及时下线僵尸站并进行场站升级，以促进电动汽车的充电便捷性和普及率。
2. 加快电力市场改革，拓宽充电运营商的盈利模式。放宽市场准入门槛，允许多样化主体参与电力市场；丰富电力市场交易品种，鼓励充电运营商通过提供调频、需求响应、调峰、备用等服务，从电力市场中获取收益。
3. 鼓励车网双向互动（V2G）商业运营试点示范，针对 V2G 这类未来有前景但是当下难以盈利的模式进行针对性扶持，研究制定 V2G 相关设备与基础设施补贴政策。支持 V2G 技术研发，鼓励企业进行 V2G 商业化运营试点；制定相关设备与基础设施补贴政策，推进 V2G 技术的普及与推广。
4. 鼓励电动汽车基础设施与新能源、储能一体化发展。支持开展光储充放一体化设施改造，推进分布式能源结构搭建，探索居住区车网互动聚合路径与商业运营模式。

(三) 借助产业优势，推动技术落地和创新

1. 统一国家标准体系，加快推进超充标准的落地，及早进行产品升级，积极推动充电基础设施的建设。推进充电基础设施的智能化建设。包括远程监控、预警、调度、管理等方面的技术应用，提高充电基础设施的利用效率和服务水平。

2. 进行车网协同计量设备的创新。从技术上解决计量问题，从而降低车辆参与车网互动的门槛，增加用户进行智能充电的便捷性。比如在车上安装计量表，并通过认证，以解决电表认定问题。
3. 加强充电基础设施与停车资源的整合。探索“一头双枪”“一头多枪”等模式，通过与城市停车管理部门合作，将充电基础设施纳入停车资源管理系统，实现停车和充电的一体化服务，提高城市停车资源利用效率和充电便利性。
4. 制定精细化的车桩比标准。分场景制定车桩比标准，并基于充电需求、车型、车流量、用电负荷等多维度因素，制定更为精细化的车桩比标准，为充电基础设施的建设和运营提供更为科学的参考。

(四) 因时制宜，车网协同发展需要分阶段进行

建立和完善健康有序的电动汽车基础设施环境，挖掘电动汽车提供电网灵活性的潜力，需要结合电动汽车的规模和技术情况，分阶段制定车网协同的任务和目标。

1. 短期（2023-2030年）：预测2030年新能源汽车保有量将会达到1亿辆，占比将达20%。在此之前，有序充电是一种低成本的解决峰值功率充电问题的方式，有利于提高电网的稳定性且不会对电网造成影响。是近期车网协同的主要内容。增加停车位和优化充电桩布局，在城市规划中增加停车位和合理规划充电桩的布局。
2. 中期（2030-2040年）：随着电动汽车保有量达到2亿辆，占比为50%，可实现多样化的车网互动，通过10年左右的时间在社区内实现V2G的规模化普及。
3. 长期（2040年以后）：伴随商业模式的不断尝试，通过规模化推广使大部分新能源汽车用户能够参与其中，社会普遍采用车网互动的方式参与电能市场 and 辅助服务。车主可以选择定制化的互动模式，实现新型电力系统的有机融合。

参考文献

- [1] 上海充换电设施公共数据采集与监测市级平台.《2022 上海市充换电设施大数据年度报告》.
- [2] 中国新闻网. 2022 年中国新能源汽车保有量达 1310 万辆 同比增长 67.13%, [EB/OL](2023-01-11)[2023-04-27]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1754707960872106640&wfr=spider&for=pc>.
- [3] 中国电动汽车充电基础设施促进联盟,《2022 中国电动汽车用户充电行为白皮书》.
- [4] International Energy Agency - IEA. [EB/OL][2023-04-27].<https://iea.blob.core.windows.net/assets/ad8fb04c-4f75-42fc-973a-6e54c8a4449a/GlobalElectricVehicleOutlook2022.pdf><https://www.iea.org/reports/electric-vehicles>
- [5] Worldometer. Norway Population (2023). [EB/OL](2023-04-27)[2023-04-27].<https://www.worldometers.info/world-population/norway-population/>
- [6] Statista. Norway: number of registered vehicles by type 2020. [EB/OL](2023-04-27) [2023-04-27]. <https://www.statista.com/statistics/828602/number-of-registered-vehicles-in-norway-by-type/>
- [7] visitnorway. Winter in Norway | Weather, temperatures and climate. [EB/OL](2023-04-27)[2023-04-27].<https://www.visitnorway.com/plan-your-trip/seasons-climate/winter/>
- [8] World Economic Forum. Sales of electrical cars in Norway have reached record highs. [EB/OL][2021-01-08].<https://www.weforum.org/agenda/2021/01/electric-cars-record-market-share-norway-2020>
- [9] 上海充换电设施公共数据采集与监测市级平台,《2022 上海市充换电设施大数据年度报告》.
- [10] 上海市发展和改革委员会、上海市交通委员会、上海市规划和自然资源局等.《上海市充(换)电设施“十四五”发展规划》
- [11] 王震坡,中国新能源汽车大数据研究报告 2022.
- [12] 上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心,上海新能源汽车监测报告 2022.
- [13] 上海市新能源汽车公共数据采集与监测研究中心,上海新能源汽车监测报告 2021.
- [14] 上海市发改委等五部门,《上海市促进电动汽车充(换)电设施互联互通有序发展暂行办法》. [EB/OL](2022-09-29)[2023-04-06].
- [15] 上海市发展和改革委员会,《关于印发〈上海市能源电力领域碳达峰实施方案〉的通知》. [EB/OL](2022-08-11)[2023-04-06].
- [16] 上海市经济和信息化委员会,《上海市经济信息化委关于印发〈2022 年上海市迎峰度夏有序用电方案〉的通知》. [EB/OL](2022-06-11)[2022-10-06].
- [17] 上海市公安局.《「权威发布」上海: 机动车保有量突破 500 万辆! 》. [EB/OL](2022-07-20) [2023-03-09]. <https://c.m.163.com/news/a/HCNORATG0514K070.html>
- [18] 皆电.《电动汽车一度电能跑多少公里》. [EB/OL](2022-02-14)[2023-01-06].<https://www.geeknev.com/jxwd/295/2953210.html>

- [19] 上海市经信委.《上海市经济和信息化委员会关于同意进一步开展上海市电力需求响应和虚拟电厂工作的批复》. [EB/OL](2020-09-17)[2022-06-10]
- [20] 上海市经信委.《上海市经济信息化委关于同意开展虚拟电厂参与需求响应市场化交易试点工作的批复》. [EB/OL](2020-02-14)[2023-04-27].
- [21] 新京报.《打破电动汽车“充电难”：建充电桩就够了吗?》 [EB/OL](2021-10-20)[2023-04-27].<https://www.chinanews.com.cn/cj/2021/10-20/9590431.shtml>
- [22] 有驾.《电动汽车充电站成本构成》 [EB/OL](2022-10-18)[2023-04-27]. <https://www.yoojia.com/ask/9-11787185381907387497.html>
- [23] 中国消费者协会. 新能源电动汽车消费与公共充电桩使用情况调查报告. [EB/OL] (2023-03-20)[2023-04-08]. <https://finance.sina.com.cn/tech/roll/2023-03-20/doc-imymnxfy3393101.shtml>

联系我们

自然资源保护协会 (NRDC)
中国北京市朝阳区东三环北路 38 号泰康金融大厦 1706
邮编: 100026
电话: + 86-10-5927 0688
www.nrdc.cn