

交能融合视角下城市交通新能源补给设施发展策略

张晓春^{1,2}, 江捷¹, 陈澍¹, 杨玮¹

(1. 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司, 广东 深圳 518057; 2. 深圳市智慧城市科技发展集团有限公司, 广东 深圳 518038)

摘要: 推动清洁能源载运工具转型、科学布局城市交通新能源补给设施是实现交通领域“双碳”目标的重要抓手。在现有城市交通能源补给设施布局规划研究基础上, 从交能融合视角出发, 认为城市交通新能源补给设施发展应重点关注交通能源结构、机动车功能定位以及能源设施布局变化。提出目标制定—需求分析—布局方案—规划评估四阶段城市交通新能源补给设施发展策略及建议, 包括分类制定发展目标、合理预测设施规模、差异化确定设施布局方案以及实施动态评估调校。最后, 从规划及用地保障、跨部门协同推进、三网融合监控系统构建及源网荷储一体化角度提出一系列建设及运营实施保障建议。

关键词: 能源体系规划; 双碳; 交能融合; 新能源补给设施; 车网互动

Development Strategies for New Energy Supply Facilities of Urban Transportation from the Perspective of Transportation-Energy Integration

ZHANG Xiaochun^{1,2}, JIANG Jie¹, CHEN Shu¹, YANG Wei¹

(1. Shenzhen Urban Transport Planning Center Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518057, China; 2. Shenzhen Smart City Technology Development Group Co., Ltd., Shenzhen Guangdong 518038, China)

Abstract: Advancing the transition to clean energy transportation and scientifically planning new energy supply facilities of urban transportation are critical measures for achieving the “dual-carbon” goals in the transportation sector. Based on existing studies of urban transportation energy supply facilities planning and from a transportation-energy integration perspective, this paper suggests that the development of new energy supply facilities for urban transportation should focus on the energy structure of transportation, the functional role of motor vehicles, and the evolving energy facilities layout. A four-stage development strategy is proposed and recommended for new energy supply facilities of urban transportation: goal setting, demand analysis, layout planning, and planning evaluation. This approach includes formulating development objectives by category, reasonably forecasting facility scale, establishing differentiated layout plans, and implementing dynamic evaluation adjustments. Finally, a series of construction and operational support recommendations are proposed from the perspectives of planning and land use security, cross-departmental coordination, monitoring systems for three-network integration, and the integration of source-grid-load-storage.

Keywords: energy system planning; dual carbon; transportation-energy integration; new energy supply facilities; vehicle-network interaction

收稿日期: 2023-10-30

基金项目: 深圳市科技计划项目“双碳专2023041交通基础设施碳排放核算与评估技术研发与应用示范”(KCXST20221021111402005)

作者简介: 张晓春(1973—), 男, 安徽太和人, 博士, 教授级高级工程师, 全国工程勘察设计大师, 深圳市城市交通规划设计研究中心股份有限公司首席科学家、科学技术委员会主任, 深圳市智慧城市科技发展集团有限公司董事长, 研究方向为交通规划、智慧交通、智慧城市等, 电子邮箱 zxc@sutpc.com。

碳达峰、碳中和是中国政府应对全球气候变化问题对全世界做出的郑重承诺。在中国城镇化进程日趋稳定的背景下, 交通运输已成为城市能源消耗和温室气体排放的主要

行业。以深圳市为例, 全市能源终端消费碳排放结构中约40%来源于交通运输领域, 其中近六成碳排放来源于城市道路客、货运交通, 城市交通领域节能减排无疑是实现“双

碳”目标的重要环节。作为新能源汽车推广的重要基石，能源补给设施亟须紧密结合新能源汽车发展形势，构建贴合车辆出行、能源补给需求特征的城市交通能源补给设施发展的全新范式，推动交通、能源两网融合(以下简称“交能融合”)发展，助力早日实现“双碳”目标。

1 交能融合规划研究综述

能源补给设施布局规划研究由来已久。传统机动车能源补给以汽、柴油为绝对主体，且能源补给行为具有时长短、频次固定、场所设备固定的统一特征。故国内外加油、加气站布局规划方法大多综合考虑成品油市场需求状况、加油站规模、道路建设情况、机动车保有量、客货运输量、经济发展情况等因素，通过估算规划区域内燃油需求总量及分布^[1-2]，综合考虑科学性、安全性、经济性等^[3-6]，最终确定能源补给设施的位置、规模和覆盖范围，实现供需平衡。

近年来，城市交通能源补给设施规划成为新的研究焦点。设施的科学合理布局对带动新能源汽车产业发展发挥着关键作用^[7]。现阶段布局规划方法总体可归纳为数理层面的布局模型研究和应用层面的布局策略研究两类。1)布局模型研究方面，多是在1909年Weber传统设施布局选址研究^[8]的理论基础上，构建设施选址布局的定容数学模型和规划目标。规划目标制定大多考虑能源公司^[9]、设施运营商^[10]和用户^[11]等因素，约束条件包括能源系统层面的安全性、建设成本和服务半径约束、路网层面的流量约束、用户层面的能源补给需求约束等^[12]。2)布局策略研究方面，基于城市实际发展情况，根据地块属性划分、停车分布以及负荷密度分布等条件，通过定性定量相结合的手段，提出供需耦合的设施布局规划策略。以充电设施布局规划为例，北京市提出构建以“居住地、办公地充电为主，社会公用快速补电为辅”的充电网络和布局合理、高效集约的换电网络^[13]。上海市按照“先桩后车、适度超前，公用设施快充为主、慢充为辅，专用设施快慢并重”的原则，完善公共充换电设施布局^[14]。

综合现有能源补给设施规划研究，发现目标制定阶段的研究大多仍单纯从交通领域的供需匹配出发来满足能源补给需求，对城市交通领域整体碳达峰及节能减排的目标考

虑不足，同时对电能、氢能、天然气等多类清洁能源综合统筹考虑不足；设施布局阶段的研究多采用独立选点、新建为主的方式，未充分考虑通过加油、加气站改造，集约复合充电、加气、加氢功能，同时选址阶段缺乏差异化的车辆使用及能源补给特征分析，导致部分布局方案未能较好地贴合车辆的使用场景。交能融合背景下，交通行业将成为深度参与源网荷储全流程的重要实践者和运营者。本文以城市交通能源补给设施规划影响因素分析为切入点，充分衔接国家、省、市能源降碳要求，形成一套交能融合视角下目标制定—需求分析—布局方案—规划评估的四阶段发展策略及建议。

2 城市交通能源补给设施发展趋势

2.1 交通能源结构由以油为主、以电为辅向油电气氢多元并存转变

中国新能源汽车行业已逐步实现从政策驱动向市场驱动的跨越式转变，2023年新能源汽车销量949.5万辆(其中纯电动汽车668.5万辆，占70.4%)，对应的交通能源补给结构也从以汽、柴油为绝对主体向油电气氢多元并存转变，由此对配套的能源补给设施发展思路产生一定影响。

以深圳市为例，2021年深圳市汽、柴油机动车保有量占机动车总量的85.6%，能源补给总量分别为221万t和74万t。伴随电动汽车规模的快速增长，2021年底电动汽车总规模达54.4万辆，年充电量超过33亿度，电能已经成为全市机动车补给能源的重要组成部分；电动汽车的充电时长、场景与传统加油、加气站有一定差异，设施布局应充分贴合电动车辆的应用场景。液化天然气(Liquefied Natural Gas, LNG)、氢能作为高效的生态型优质能源和燃料，已在多个交通运输领域开展应用，其中LNG已在大中型物流车、港口作业车辆、环卫勾臂车等专用车辆中逐步推广，氢能也明确在部分特定交通领域开展试点；应重点结合特定车辆的作业、运营场景，充分利用现有设施集约布局配套能源补给设施。

2.2 机动车功能定位由单一运输工具向移动储能单元转变

2020年国务院办公厅发布《新能源汽车产业发展规划(2021—2035年)》，明确提出要推动新能源汽车从单纯的交通工具向移动

智能终端、储能单元和数字空间转变，带动能源、交通、信息通信基础设施改造升级。其中，新能源汽车作为灵活储能单元的全新定位将为城市交通能源补给设施发展提供全新思路和路径。

作为交能融合的代表性技术，车网互动技术(Vehicle to Grid, V2G)是指将电动汽车作为灵活可调度的移动储能单元，与电网进行能量和信息的互动。伴随电动汽车规模增长和市场机制的完善，V2G技术的可实施性和商业化正在不断优化。截至2024年9月，全球已有27个国家开展V2G应用，应用项目达到148个，且项目规模呈快速增长趋势^[15]。新能源补给设施发展应紧跟科技发展，为新能源补给技术提供应用场景，推动车网互动、光储充换一体站等技术的试点示范。同时，在规划阶段应统筹考虑交通、能源两网的相互影响，增加对应评估内容，进一步提升能源使用效率与安全韧性。

2.3 能源补给设施由依托路网、独立建设向贴合场景、集约布置转变

在超大城市普遍存在用地紧张的背景下，未来伴随新能源汽车逐步推广，可通过改造现有加油、加气站，复合充电、加气、加氢功能，在提高能源补给设施用地效率的同时，缓解现有新能源补给设施固定用地不足、分布不均的问题。

以深圳市为例，公用新能源补给设施普遍面临用地稳定性和长久性难以保障的难题。截至2021年底，全市充电站超5 000座，充电桩规模达9.7万个，受土地资源约束，充电设施主要布局在短期租赁用地，全市利用固定用地建设的公用充电设施比例仅为4.3%。而现状传统加油、加气站多依托道路独立占地建设，全市280余座加油站占地总面积约67.7 hm²，其中占地面积为1 000~3 000 m²的加油站比例达77.6%(见表1)，均具备改造为综合能源补给设施的条件。交能融合视角下的新能源补给设施规划应充分结合各类车辆运营和能源补给需求，推进集约复合的能源补给设施建设、提高设施用地效率。

3 能源补给设施发展策略及建议

3.1 目标制定：落实减排降碳要求，分类制定发展目标

作为交能融合的关键纽带，城市交通新

能源补给设施的发展目标应遵循能源发展基本导向，充分与城市交通减排降碳目标相衔接。以国家、省、市各级人民政府的交通降碳目标为基础，倒排各类能源发展消费结构及确定城市交通能源补给设施发展的导向。

以深圳市为例，《广东省能源发展“十四五”规划》提出“控煤、节油、提气、增非”的发展要求，至2025年非化石能源消费比重达32%；基于全市城市交通降碳总体目标，计算得出对应年深圳市道路交通单车能耗量需由2021年1.4万t标准煤降至1.23万t标准煤。届时道路交通能源消费结构中，燃油占68%、电能占17%、天然气占15%。因此，深圳市按照各类能源发展消费结构，分级分类提出“节油、增电、提气、试氢”的能源结构总体发展导向，并结合各类能源自身特性，建立传统燃油和各种新能源车辆错位发展的格局。其中电能主要用于私人小汽车、出租汽车/网约车、公共汽车以及中轻微型物流车的中短途客货运输场景，LNG主要用于重型物流车、环卫车等车辆能源补给场景，氢能主要用于长途和重载货车的示范应用场景(见图1)。

3.2 需求分析：兼顾产业发展与城市生产生活需求，合理预测设施规模

1) 兼顾考虑政府产业政策引导与市场需求，预测各类机动车发展规模及其对应能源补给设施需求，同时预留未来发展的弹性，做到设施规模适度超前。

首先，基于国家、省、市相关推广应用政策制定的新能源汽车发展目标与近年来各类机动车发展规模趋势，预测各类新能源汽车的车辆规模。其次，根据各类新能源汽车运营特征及能源补给特征，确定各类新能源补给设施规模，其中充电设施规模采用桩车比和单车日均能耗法相互校核计算，LNG及氢气能源补给设施规模采用单车日均消耗法进行计算。新能源补给设施规模预测技术路

表1 深圳市加油站占地面积分布

Tab.1 Land area distribution of gas stations in Shenzhen %

加油站面积/m ²	比例
<1 000	4.9
1 000~<2 000	41.1
2 000~<3 000	36.5
≥3 000	17.5

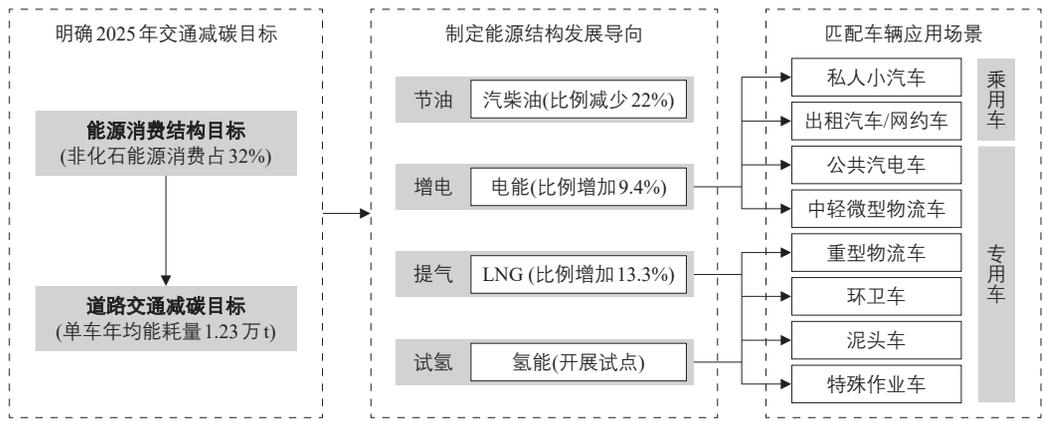


图1 设施规划目标阶段性技术路线

Fig.1 Phased technical roadmap for facility planning goals

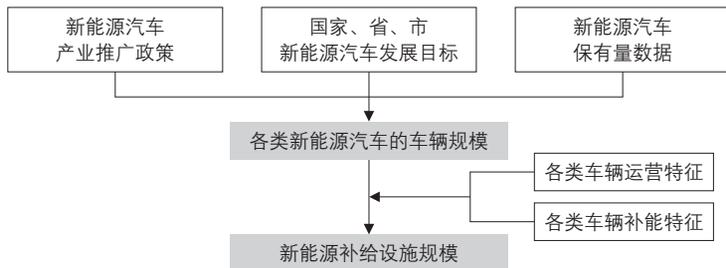


图2 新能源补给设施规模预测技术路线

Fig.2 Technical roadmap for scale forecasting of new energy supply facilities

表2 《节能与新能源汽车技术路线图》产业发展总体目标

Tab.2 Overall industry development goals in the Technical Roadmap for Energy-Saving and New Energy Vehicles

项目	发展目标		
	2020年	2025年	2030年
汽车年产销规模/万辆	3 000	3 500	3 800
乘用车平均油耗/(L·km ⁻¹)	5.0	4.0	3.2
新能源汽车销量比/%	7~10	15~20	40~50
单位GDP能耗水平下降比例/%	20	35	50

线见图2。

以新能源小汽车为例，作为未来新能源汽车推广应用的重要增长点，国内外新能源汽车保有量和渗透率均处于快速上升时期^[16]。受国家制造强国建设战略咨询委员会、工业和信息化部委托，2017年中国汽车工程学会组织编制《节能与新能源汽车技术路线图》，明确了不同阶段新能源汽车产业发展目标(见表2)。因此，2025年新能源汽车销量比为15%~20%。综合考虑深圳市新能源汽车推广应用实际情况，截至2022年末，全市新能源小汽车占车辆总规模的比例达14.5%(见图3)，占全年新车销量40.08%，远超全国平均水平。按照适当超前布局思

路，估算2025年深圳市新能源小汽车规模达105万~115万辆。充电设施规模采用桩车比法和单车日均能耗法两种方法计算，以相互校核。

① 桩车比法。

结合新技术发展趋势、各类型车辆运营和充电特征，确定新能源汽车充电设施桩车比，再根据车辆规模计算充电设施需求，计算公式为：

$$A = T_0 / \left(\frac{L_1}{L_0} t \right),$$

式中： A 为桩车比； T_0 为单个车桩日均有效服务时间/h； L_1 为日均行驶里程/km； L_0 为续航里程/km； t 为单次充电时长/h。

② 单车日均能耗法。

首先估算各类型车辆日均充电量，再结合充电设施功率和使用率估算充电设施需求规模，计算公式为：

$$d_i = \frac{N_i \times L_i \times E_i}{P_i \times 24 \times U_i},$$

$$D = \sum d_i,$$

式中： d_i 为第*i*种类型新能源汽车所需的充电设施需求/个； N_i 为目标年第*i*种类型新能源汽车的预测规模/辆； L_i 为第*i*种类型新能源汽车的日均行驶里程/(km·d⁻¹)； E_i 为第*i*种类型新能源汽车单位里程能耗强度/(kWh·km⁻¹)； P_i 为第*i*种类型新能源汽车的充电设施功率/kW； U_i 为第*i*种类型新能源汽车充电设施的使用率/%； D 为充电设施总需求/个。

根据上述方法，计算得出深圳市2025年新能源小汽车充电设施总需求为55万~60万个，公用快充桩需求为2.33万个，公用慢充桩需求为52.5万~57.5万个。

2) 紧密结合技术发展，推广新能源补

给设施的应用，做到技术适度超前。

未来以充电设施为代表的新能源补给设施布局应紧密贴合车网互动技术发展。伴随有序充电、V2G、虚拟电厂等新技术的发展成熟，未来新能源补给设施将成为交通网、信息网、能源网融合发展的关键纽带。设施布局时应结合实际应用情况，推动车网互动、源网荷储一体化、光储充换一体站等技术的试点示范^[17]，持续完善城市交通新能源补给设施配建技术标准体系，推动中国标准国际化。

深圳市在开展能源补给设施规划的同时，大力推广超级快充和V2G技术，鼓励在工业园区、商业办公区域、交通枢纽、公共建筑等新能源车辆集中与充电需求旺盛地区加快充电设施大功率化、智能化升级改造，至“十四五”期末，全市建成100座超级快充示范站和100座V2G示范站。

3.3 布局方案：贴合应用场景，差异化确定设施布局方案

坚持满足居民生活和服务产业发展的基本导向，从城市生产生活需求出发，将机动车分为专用车和乘用车两大类。其中专用车包含重型物流车、环卫车、泥头车、中轻微型物流车以及公共汽电车，具有定线、定时、定点的能源补给特征。乘用车主要包括私人小汽车和出租汽车、网约车等营运车辆，在不同使用场景下其出行和能源补给特征差异较大，生活、通勤场景下多为起终点能源补给，出租汽车/网约车等营运场景下多为“起终点补能+路径补能”的组合形式。基于各类车辆的应用场景与能源补给特征，应差异化制定新能源补给设施的布局方案(见图4)。

1) 注重功能复合，合理规划专用车能源补给设施网络。

专用车能源补给设施网络重点服务公共汽电车、物流车、环卫以及特殊作业车辆，其规划总体目标是保障专用车辆服务的持续性和稳定性。从各类专用车辆运行特征出发，深圳市重点结合车辆固定场站资源及现有能源补给设施确定专用车能源补给设施网络布局方案。

以深圳市物流车辆能源补给设施布局为例，首先对物流车辆运营模式及特征进行分析，明确能源补给设施集中布局点位。受运输能力、作业要求、续航里程等因素综合影响，物流车辆主要承担市内一级物流枢纽节点、二级物流转运中心以及产业园区之间的城市配送功能。充分结合全市20大先进制造产业园区分布情况，重点依托深圳市7大对外物流枢纽和30个物流转运中心(见图5)进行物流车辆能源补给设施网络规划。

其次根据车辆GPS运行及停放数据，识别物流车辆运行重点通道和停放热点区域

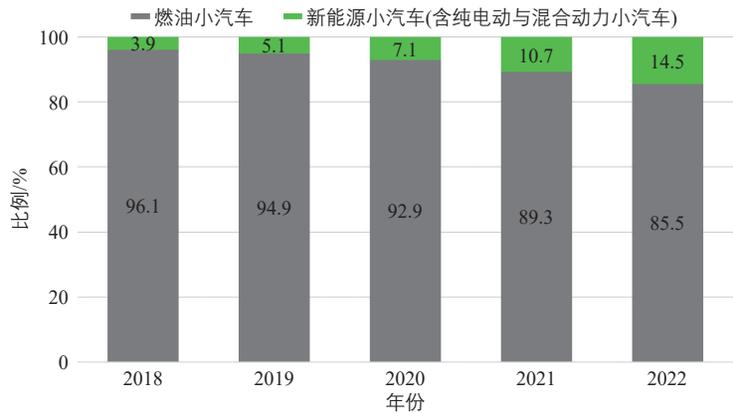


图3 2018—2022年深圳市新能源汽车比例变化

Fig.3 Changes in the proportion of new energy cars in Shenzhen, 2018-2022

资料来源：深圳市公安局交通警察局。

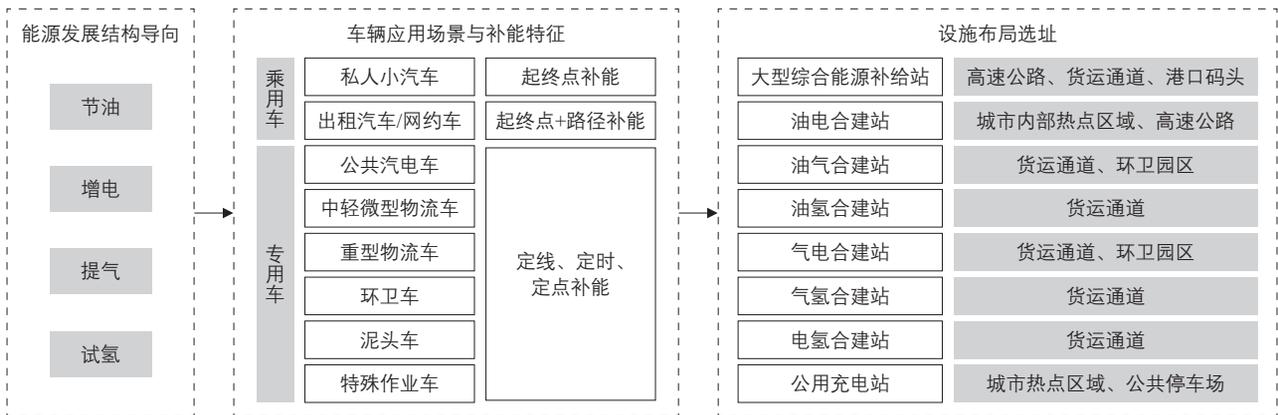


图4 基于车辆应用场景与能源补给特征的新能源补给设施布局思路

Fig.4 Strategies of new energy supply facilities layout based on vehicle use scenarios and energy supply characteristics

(见图6), 补充校核物流车辆能源补给设施布局方案。分析结果表明, 现状深圳市物流车辆长时间停留区域与全市物流园区、配送业务集中区域高度吻合, 车辆多依托广深公路等货运专用通道进行组织。故最终结合全市人口和就业岗位分布, 统筹考虑热点区域周边现有加油、加气站改造条件, 共布局综合能源补给设施49座。

2) 强调供需匹配, 灵活布置乘用车公用能源补给设施网络。

应充分考虑乘用车营运场景下能源补给

的时空特征, 综合考虑出租汽车、网约车驾驶人居住地分布、需求强度等因素进行乘用车公用能源补给设施布局规划。

以深圳市乘用车公用充电设施网络布局为例, 首先基于多源数据分析乘用车营运场景下的空间特征及充电特征。空间特征方面, 依托出租汽车GPS数据、订单数据和巡游出租汽车、网约车驾驶人居住地调研结果, 分析得出全市出租汽车出行需求强度分布及驾驶人居住区域分布情况。充电特征方面, 针对单双班巡游出租汽车及全职网约车不同使用场景分别开展调研, 综合调研结果梳理乘用车营运场景能源补给高峰时段。最终结合市区现有公用能源补给设施分布情况, 按照充分挖潜既有各类公共设施资源、结合城市更新工作, 适当规划新建的原则, 开展乘用车公用能源补给设施网络布局(见图7)。

3) 强化市区协同, 严格落实乘用车基础能源补给设施网络(充电网络)。

首先, 市级层面应针对不同类型居住区充电设施的配建问题出台政策文件, 明确充电设施建设方式、配套服务和运维管理要求, 从而推动住宅小区专用充电设施统建统管。同时强调规划引领作用, 由市级层面明确各区充电设施的目标年总体规模指标, 指导各区开展设施配建工作。

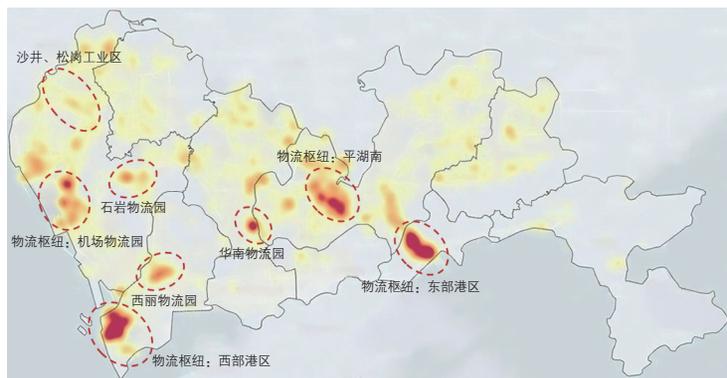
其次, 作为保障充电设施落地的责任主体, 区政府应在完成市级下达设施规模指标的基础上完善对应体制机制, 例如成立充电设施工作推进领导小组, 组织区充电设施建设管理工作联席会议等, 有针对性地解决实际存在的问题。



图5 深圳市20大先进制造产业园区与“7+30”现代物流枢纽布局
Fig.5 Layout of Shenzhen's top 20 advanced manufacturing industrial parks and the "7+30" modern logistics hubs



a 运行重点通道



b 停放热点区域

图6 深圳市物流车辆运行重点通道和停放热点区域
Fig.6 Primary corridors and parking hotspots for logistics vehicles in Shenzhen

3.4 发展评估: 数据驱动, 实施动态评估调校

1) 在设施布局规模和可达性评估基础上, 增加交能融合互动评估。

传统的道路交通能源补给设施方案评估重点聚焦设施规模能否满足机动车的能源补给需求, 以及使用覆盖半径、覆盖率、可达性等固定指标评估设施布局方案是否合理。未来城市交通能源补给设施发展特别是充电设施发展需统筹考虑交能融合的相互影响, 并以“小步调、高频次”形式评估充电网络能否承载电动汽车充电负荷的增长, 以便及时对目标及实施路径进行分阶段修正。

以深圳市充电设施规划为例, 规划方案

同步增加了充电设施对城市电网规划的影响评估。评估结果显示，规划充电设施带来的充电负荷占全网用电负荷的0.4%~7.0%，其中全网用电最大负荷出现在11:00，最高值为21 GW，对应充电负荷为280 MW；最大充电负荷出现在23:00，最高值为1.3 GW，对应全网用电负荷为17.2 GW。通过局部电网分析发现，综合车场对局部电网影响较大。因此，建议针对全市14座影响较大的综合车场配建变电站，保障全市能源网络安全。

建议结合全市电动汽车充电特征及电网负荷评估结果，制定有效的经济或技术措施，以合理引导和控制车辆的有序充电。同时，应积极探索“充电+”的双向能源补给服务模式，依托公共汽电车场站、交通枢纽等基础设施资源，构建“充电设施+商业+休闲”综合体的未来社区服务模式。从而实现试点引导和用户响应相互促进的正向循环，促进车辆与电网的协调互动发展。

2) 坚持数据驱动，健全新能源补给设施数据资源支撑体系。

当前新能源汽车技术及用户需求仍处于快速迭代和发展时期。使用传统静态统计数据(人口、汽车保有量、交通量以及传统加油、加气站分布)或燃油机动车出行GPS数据作为城市交通新能源补给设施规划预测依据，难以反映新能源汽车真实出行情况，同时也无法及时挖掘新能源汽车自身技术迭代对用户行为的影响。未来亟须构建“多源大数据+定期调查”的数据资源支撑体系，定量化支撑城市交通新能源补给设施的高质量发展。

4 能源补给设施建设及运营实施保障建议

4.1 强化新能源基础设施规划引领和用地保障

进一步加强新能源基础设施规划的顶层设计，将其纳入国土空间规划，以完善设施布局，并加快形成多层次的服务体系。应明确各类新能源基础设施用地原则和政策，针对大、中型综合能源补给设施布局，优先按照既有加油、加气站改造为主，新建为辅的原则进行规划，以此来提高土地资源利用效率。同时，应强化城市充电设施与停车设施的一体规划、建设和管理，并在规划标准方

面强化基础设施配套用地保障。以深圳市为例，以各类配建停车场为依托，充电设施严格落实《深圳市城市规划标准与准则》(2021年)和相关政策对充电桩的配建要求，同时加强科技创新引领，充分发挥企业创新主体作用，探索机械式、移动式停车充电一体化设施的应用。

4.2 创新横向到边、纵向到底的协同推进机制

创新城市交通新能源补给设施规划的体制机制，充分保障规划落地。能源补给设施规划涉及的政府部门庞杂，现有体制下各部门“背对背”推进情况严重，普遍缺乏顺畅沟通渠道，存在相关政策出台、设施建设审批的环节多、流程长的问题。亟须建立交通运输、自然资源、工业和信息化、住房和城乡建设、商务、消防救援、城市管理等部门紧密配合的城市交通新能源补给设施建设协同推进机制，全面摸排基本情况，科学评估建设需求，简化建设手续，建立健全标准和政策体系，持续跟踪解决重点难点问题，实现信息共享和政策联动。

4.3 构建市域道路交通能源补给设施监控系统

城市交通能源补给活动在空间、时间、类型上并非均衡分布，电网负荷“双高双峰”(高比例可再生能源和高比例电力电子设备，电网夏、冬季负荷高峰)特性也日益显著。亟须在规划、建设、运营环节制定城市综合能源补给设施的信息采集、信息共享及信息管理的标准，打通不同运营主体间的资源数据壁垒，促进全市综合能源补给设施网络数据的统一接入、统一监测、统一管理，实现城市交通新能源补给设施分布式资

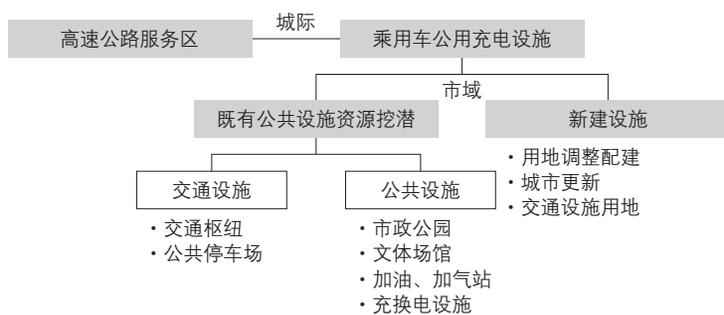


图7 深圳市乘用车公用能源补给设施网络布局

Fig.7 Network layout of public energy supply facilities for passenger vehicles in Shenzhen

源的可观、可测、可控,提升城市能源安全保障能力与韧性。

4.4 探索源网荷储高效互动的新型道路交通能源系统

新能源汽车通过充换电设施与供电网络相连,构建电动汽车与供电网络的信息流、能量流双向互动体系,可有效发挥动力电池作为可控负荷或移动储能的灵活性调节能力,探索削峰填谷、虚拟电厂、聚合交易等应用场景,为新型电力系统高效经济运行提供重要支撑。为了巩固和扩大新能源汽车发展优势,保障车网互动场景下电网运行安全,亟须加快建立车网互动标准体系,优化完善配套电价和市场机制,探索开展双向放电综合示范,积极提升充换电设施互动水平^[18]。

5 结束语

城市交通新能源补给设施发展策略是关于新能源汽车产业发展和低碳城市建设的复杂科学问题。本文以交能融合视角从交通能源结构、机动车功能定位、能源设施布局变化3方面开展分析,提出目标制定—需求分析—布局方案—规划评估的四阶段城市交通新能源补给设施发展策略及建议。此外,本文提出了具体的实施保障建议,以确保相关策略的有效实施与持续优化。下一阶段还将以构建“车能路云”融合发展的产业生态为目标,加强交通、能源、互联网和信息技术等领域的融合研究,促进新能源补给设施与智能交通系统、智慧城市建设的深度融合。

参考文献:

References:

- [1] 卞芸芸,曹辉.供给侧视角的广州市加油站布局规划方法探讨[J].交通与运输,2020,36(3):71-75.
BIAN Y Y, CAO H. Method of gas station layout planning in Guangzhou from the perspective of supply side[J]. Traffic & transportation, 2020, 36(3): 71-75.
- [2] 朱春节.上海市加油站规划布局研究[J].交通与运输(学术版),2016(1):260-265.
ZHU C J. Study on site planning of gas station in Shanghai[J]. Traffic & transportation, 2016 (1): 260-265.

- [3] 骆伟明,施源.面向不同空间层次需求的加油站布局规划:《深圳加油站布局规划》的探索与实践[C]//中国城市规划学会.生态文明视角下的城乡规划:2008中国城市规划年会论文集.大连:大连出版社,2008:3552-3558.
- [4] KHAHRO S H, MATORI A N, CHANDIO I A, et al. Land suitability analysis for installing new petrol filling stations using GIS[J]. Procedia engineering, 2014, 77: 28-36.
- [5] 曾小刚.中石油四川销售加油站零售网络布局优化研究[D].成都:西南石油大学,2014.
- [6] 胡苏,朱月河.新形势下的城市加油站规划方法研究[J].江苏城市规划,2013(9):42-44.
- [7] UPCHURCH C, KUBY M. Comparing the p-median and flow-refueling models for locating alternative-fuel stations[J]. Journal of transport geography, 2010, 18(6): 750-758.
- [8] WEBER A. Theory of the location of industries[J]. Nature, 1960, 15(1): 1.
- [9] 所丽,唐巍,白牧可,等.考虑削峰填谷的配电网集中型充电站选址定容规划[J].中国电机工程学报,2014,34(7):1052-1060.
SUO L, TANG W, BAI M K, et al. Locating and sizing of centralized charging stations in distribution network considering load shifting [J]. Proceedings of the CSEE, 2014, 34(7): 1052-1060.
- [10] 田梦瑶,汤波,杨秀,等.综合考虑充电需求和配电网接纳能力的电动汽车充电站规划[J].电网技术,2021,45(2):498-509.
TIAN M Y, TANG B, YANG X, et al. Planning of electric vehicle charging stations considering charging demands and acceptance capacity of distribution network[J]. Power system technology, 2021, 45(2): 498-509.
- [11] 刘洪,李荣,葛少云,等.考虑出租车随机行为特性及路网行程时间可靠性的充电站多目标规划[J].电网技术,2016,40(2):433-441.
LIU H, LI R, GE S Y, et al. Multiple objective planning for electric taxi charging station considering random-probability behavioral trait of taxi and travel time reliability [J]. Power system technology, 2016, 40(2): 433-441.

(下转第100页)