



城镇社区生活圈规划减碳 潜力评估研究

Carbon Reduction Potential Study on Urban
Community Life Circle Planning

能源基金会

北大国土空间规划设计研究院

北京数城未来科技有限公司

清华大学建筑学院

2023 年 6 月

June 2023

报告撰写人员

北大国土空间规划设计研究院

张元龄、张文烁、林彬榕

北京数城未来科技有限公司

高楚桢、韩治远

清华大学建筑学院

陈宇琳、洪千惠

报告审核人员

姜洋、王悦、朱丽锦

此 页 空 白

摘要

研究背景与意义

在“3060 双碳目标”的背景下，节能减碳已成为国土空间规划领域重要的政策导向与研究方向。目前相关研究主要关注建筑碳排放和交通碳排放两方面，讨论城市形态要素对这两类碳排放的影响。这类研究主要反映的是**技术节能**，对**居民行为相关的生活能耗关注不够**。随着我国经济发展和居民生活水平提高，未来生活领域碳排放发展还有很大增长空间，亟需增加关注。IPCC 指出，通过引导人们生活方式和行为的改变可以使 2050 年温室气体排放量减少 40-70%。

社区生活圈是居民日常活动最频繁的城市空间，社区生活圈规划直接影响居民的生活方式和用能习惯。关注居民生活行为带来的碳排放影响，探索如何通过社区生活圈规划引导更低碳的生活方式，对弥补相关研究空白、实现高质量发展下的“碳中和”具有重要意义。

研究目标

本研究基于上海市全域（不含崇明岛）开展生活圈减碳潜能评估。具体研究目标包括：

- 1) 构建生活圈碳排放计算方法学。
- 2) 通过大数据摸清社区生活圈规划对居民出行碳排放的影响
- 3) 通过试点研究生活圈规划对居民居家生活用能的影响
- 4) 深度耦合国土空间规划政策议题，为后续政策实施提供具有事理基础的建议。

思路、方法与数据来源

本研究主要围绕以下三个问题开展：

1. 探究居民出行和居家生活用能碳排放水平的影响因子

出行方面，通过构建多元线性回归模型探究社区配套设施和城市形态如何影响居民出行的交通方式选择；居家生活方面，关注社区配套设施如何影响就餐习惯和居家时长，进而影响生活用能和碳排放水平。

2. 预测评估生活圈的出行减碳潜力

基于碳排放影响因素构建随机森林回归模型，探究生活圈规划实施措施对居民出行结构的影响，进而测算潜在碳排放水平降低的幅度。

3. 预测评估生活圈的居家生活减碳潜力

基于居民就餐行为、社区活动中心使用行为与居家休闲电器使用行为的一手调查问卷，探究社区食堂和社区活动中心对居民生活行为的改变，进而测算潜在烹任用能和居家休闲用能降低的幅度。

研究主要使用的多源数据包括：

- 联通手机信令数据
- 开源地图数据
- 遥感数据
- 统计年鉴数据
- 居民问卷

结论

一、出行碳排放

1. 社区配套设施的覆盖情况和城市形态都对居民低碳出行的选择有显著的

影响，社区配套设施覆盖程度越高，城市形态越紧凑，居民对低碳出行的偏好越强。

2. 生活圈规划行动带来的设施配置的提升能优化居民的出行结构，具体表现为公交车、地铁、慢行出行总距离占比的增加和小汽车出行总距离占比的减少，从而带来出行碳排放量的降低。
3. 总体上随着路网密度、公交站覆盖率、公园广场覆盖率、文化活动设施覆盖率增加，居民周末和整周汽车出行总距离占比减少，居民周末和整周公交车、地铁和慢行出行总距离占比有所增加。
4. 文化活动设施的覆盖率显著增加周末地铁出行总距离占比，减少周末汽车出行总距离占比；公园广场覆盖率对周末慢行出行总距离占比也有较为明显的影响。
5. 以半淞园街道、盈浦街道两街道为例，预测在生活圈指标达标情景下，全年的总出行二氧化碳排放可下降 5%左右,全年周末总出行二氧化碳排放可下降 10%左右。
6. 以北新泾街道 15 分钟社区生活圈行动规划为例,进行社区生活圈试点减碳潜力评估。在规划情景下，北新泾街道全年总出行二氧化碳排放下降 18.68%。全年周末总出行二氧化碳排放下降 5.6%。说明 15 分钟生活圈行动规划对居民的通勤出行和生活出行都能产生较大影响，减碳潜力较大。

二、居家生活用能碳排放

1. 烹任用能方面,相对居家烹饪,社区食堂人均每餐碳排放可减少 0.21kg; 目前受访生活圈社区食堂平均可代替居家用餐 4.3 次/人·周; 社区食堂

平均减碳量可达 0.9kg/人·周。

2. 居家休闲用能方面，本研究受访居民居家休闲时间有 30%（夏季，冬季 15%）伴随着空调的使用，有 32%的时间伴随着电视的使用；社区活动中心平均可减少每人 2.3h/周的居家休闲时间；由此推算社区活动中心夏季可减碳 0.38kg/人·周，冬季可减碳 0.23kg/人·周，春秋季可减碳 0.08 kg/人·周，全年可减少碳排放 10kg/人。
3. 以北新泾街道 15 分钟社区生活圈行动规划为例，进行社区生活圈试点减碳潜力评估。在老年食堂服务范围提升 6.6%的情境下，老年人人均每年可减少 46.8kg 碳排放，相当于上海市人均烹饪碳排放的 18%。在文化活动设施覆盖率提升 10%的情景下，社区居民人均每年将减少 10kg 碳排放，相当于全年个人生活用能的约 1%。

面向国土空间详细规划的政策建议

针对生活圈规划与国土空间规划对接、生活圈规划的编制与实施，在不同层面提出主要政策建议如下。

一、规划体系层面

1. 国土空间规划应对控详规进行分层，充分发挥单元/街区规划呈上启下的规划传导作用。
2. 社区生活圈规划边界在各层级国土空间规划之间保持一致，以街道行政管理范围为准。
3. 省/市级自然资源主管部门牵头编制针对本省/市的社区生活圈导则、技术准则、建设实施意见等规划配套文件。

二、规划方法层面

1. 运用智慧监测与城市数字孪生等技术，建立规划减碳协同技术体系。
2. 编制国土空间规划详细规划前，补充自下而上的信息传导途径，多维度、精准化了解居民生活需求，避免社区配套设施扎堆造成资源浪费。
3. 在现状分析中增加潜力资源识别（如国企土地资产、公有房屋等），并在规划成果中体现对相关潜力资源的功能转换及利用方案。

三、规划内容层面

1. 关注郊区与城市中心区的社区生活圈行动规划重点的差异。
2. 积极对接妇联、残疾人协会等机构，了解弱势群体需求，增加无障碍、老龄友好、女性友好等专项内容，扩大详规包容性。
3. 在生活圈规划增加韧性与公共安全专项内容，做好应对公共卫生事件、自然灾害的准备。

四、规划指标层面

1. 国土空间规划在单元或地块层面法定化、约束化关键碳源汇指标。
2. 生活圈规划应基于人口分析，结合共享、线上服务预测分析，进行设施配套的精准化和差异化调整。
3. 控规中增加混合用地类型，扩大单一性质用地业态兼容比例，对教育、文化、体育、公共绿地进行弹性供给。
4. 控规中补充小微型、结建型或嵌入型设施内容，完善评估-出让-建设机制，将指标与地块出让金挂钩，并在市、区层面统筹指标达标率。

五、审批审查层面

1. 市区统一标准，借助信息化系统，优化技术审查市区事权。

六、评价评估层面

1. 编制生活圈行动规划过程中，应对现状、规划碳排放进行评估，并根据评估结果，提出规划方案的调整建议。
2. 加强全要素、多维度评估工作，及时发现问题并更新项目清单。

关键词：社区生活圈规划，碳排放方法学，交通出行，大数据，机器学习，上海

目录

摘要	I
第 1 章 研究背景	9
1.1 “减碳”是当前国家重大战略需求	9
1.2 社区生活圈规划响应双碳的必要性	10
1.3 现有相关研究基础与不足	11
第 2 章 研究目标、内容与技术路线	15
2.1 研究目标与内容	15
2.2 研究范围与概念界定	15
2.3 研究思路与技术路线	16
2.3.1 社区生活圈对居民出行碳排放的影响	16
2.3.2 社区生活圈规划对居民居家用能的影响	18
第 3 章 数据获取与处理	20
3.1 城市基底空间数据	20
3.1.1 设施点	20
3.1.2 城市形态	20
3.2 手机信令数据	20
3.2.1 人口	21
3.2.2 出行 OD	21
3.3 问卷数据	21
第 4 章 研究方法构建	25
4.1 基于手机信令数据的居民出行分析方法	25
4.1.1 基于出行次数的出行分担率	25
4.1.2 基于出行次数和出行距离的出行量	25
4.2 社区生活圈规划与出行方式相关性算法模型	26
4.2.1 解释模型：多元线性回归模型	26
4.2.2 预测模型：随机森林回归模型	26
4.2.3 出行总距离对标：基于 place-type（场地类型）的分析	26
4.3 居民交通出行碳排放计算方法学	27
4.4 居民居家用能碳排放计算方法学	27
第 5 章 上海市居民出行选择的社区生活圈规划驱动机制与交通碳排放 ...	29
5.1 上海市居民出行方式与出行人次	29
5.2 社区生活圈规划要素对居民出行选择的驱动机制	29
5.2.1 整周模型	29
5.2.2 周末模型	31
第 6 章 基于社区生活圈规划的上海市居民出行碳排放预测	34
6.1 出行总距离占比预测模型	34

6.1.1 因变量：不同交通方式的出行总距离占比.....	34
6.1.2 整周模型：模型性能.....	34
6.1.3 周末模型：模型性能.....	35
6.1.4 关键指标弹性解读.....	36
6.2 基于场地类型的出行总距离对标分析	37
6.3 居民出行优化情景下的减碳预测	39
6.3.1 半淞园街道出行减碳预测.....	39
6.3.2 盈浦街道出行减碳预测.....	42
第 7 章 上海市社区生活圈规划对居家用能碳排放的影响	46
7.1 社区食堂对居家用能碳排放的影响	46
7.1.1 社区食堂带来的用餐习惯转变	46
7.1.2 社区食堂碳排放测算	48
7.1.3 居民选择社区食堂就餐的影响因素分析.....	49
7.2 社区活动中心对居家用能碳排放的影响	52
7.2.1 社区活动中心带来的休闲习惯转变.....	52
7.2.2 社区活动中心对居家用能碳减排的测算.....	54
7.2.3 居民在社区活动中心进行休闲活动的影响因素分析.....	55
第 8 章 上海市社区生活圈试点减碳潜力评估	58
8.1 试点社区选取	58
8.2 社区生活圈规划方案介绍	58
8.3 实施前后指标测算	59
8.3.1 出行.....	59
8.3.2 居家用能	59
8.4 预测模型应用	60
8.4.1 出行行为和碳排放变化	60
8.4.2 居家生活用能碳排放变化	62
第 9 章 结论与建议	63
9.1 结论.....	63
9.1.1 社区生活圈出行碳排放.....	63
9.1.2 社区生活圈居家用能碳排放.....	65
9.2 建议.....	66
9.2.1 编制社区生活圈行动计划相关建议.....	66
9.2.2 面向国土空间详细规划相关建议.....	69
致 谢.....	72

第 1 章 研究背景

本章梳理中国“3060”双碳战略背景下区域国土空间规划面临的问题与机遇，总结新时期高质量发展对国土空间格局的要求，总结现行国土空间规划研究议题中的不足，分析区域国土空间规划碳减排的宏观推动力与内在逻辑，阐明后续研究的事理基础。

1.1 “减碳”是当前国家重大战略需求

2020 年，我国提出“3060 双碳目标”，承诺将力争在 2030 年前实现碳排放达峰，在 2060 年前深度脱碳并实现碳中和。“零碳”、“净零碳”或“近零碳”等碳中和理念，在我国各行业部门已得到普遍认可。

城市区域单元能源消费巨大，贡献了全球约 80% 的温室气体排放，是碳中和目标下的减排关键所在。在国土空间规划领域，节能减碳已成为重要的政策导向。2021 年，《中共中央 国务院关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》发布，将传统的建筑领域改成城乡建设领域，使得能源、工业、交通、城乡建设从过去传统的建筑四大支柱变成城乡建设四大支柱，并要求从“推进城乡建设和管理模式低碳转型”、“大力发展节能低碳建筑”和“优化建筑用能结构”三方面提升城乡建设绿色低碳发展质量；从“优化交通运输结构”、“推广节能低碳型交通工具”、“引导低碳出行”三方面推进低碳交通运输系统建设。2022 年 1 月，自然资源部发布了《国土空间规划技术标准体系建设三年行动计划（2021-2023 年）》，指出“双碳”战略的目标、方法和手段要与国土空间规划标准有机结合。2022 年 7 月，住房和城乡建设部与国家发展改革委联合发布了《关

于印发城乡建设领域碳达峰实施方案的通知》，提出优化城市结构和布局、开展绿色低碳社区建设、提升绿色低碳建筑水平、建设低碳绿色住宅、优化城市建设用能结构等十项措施，倡导建设绿色低碳城市。上述政策的发布对“双碳”目标的实现有重要意义，明确了“双碳”目标将从国土空间规划到绿色建筑设计，从低碳导向的综合交通规划到步行自行车友好的街道设计等不同尺度、不同维度努力实现。

1.2 社区生活圈规划响应双碳的必要性

社区生活圈是居民日常活动最频繁的城市空间，是在中微观层面研究城市碳排放的合理单元，居民日常消费、衣食住行相关的碳排放均可在生活圈中体现。

随着城市化进程的完善，消费端和居民个人生活对温室气体排放的影响愈发明显。联合国环境署¹指出，当前家庭消费温室气体排放量约占全球排放总量的三分之二。IPCC²指出，通过引导人们生活方式和行为的改变可以使2050年温室气体排放量减少40-70%。

家庭温室气体排放在不同国家之间、同一国家的不同群体之间存在较大差异，这些差异可以揭示家庭碳减排的关键路径。研究³发现，全球温室气体排放量后50%的家庭2019年人均排放仅1.6吨二氧化碳当量，前1%的家庭则高达人均110吨二氧化碳当量，相差近70倍。中国家庭能源消耗的不平等和差异性相对世界平均水平来说更加明显，前10%家庭的能源消耗与后90%的家庭差距很大（图1-1）。

¹ United Nations Environment Programme (2020). Emissions Gap Report 2020. Nairobi.

² Climate Change 2022: Mitigation of Climate Change. Working Group III Contribution to the IPCC Sixth Assessment Report.

³ United Nations Environment Programme (2022). Emissions Gap Report 2022. <https://www.unep.org/china/resources/2022nianpaifangchajubaogao>.

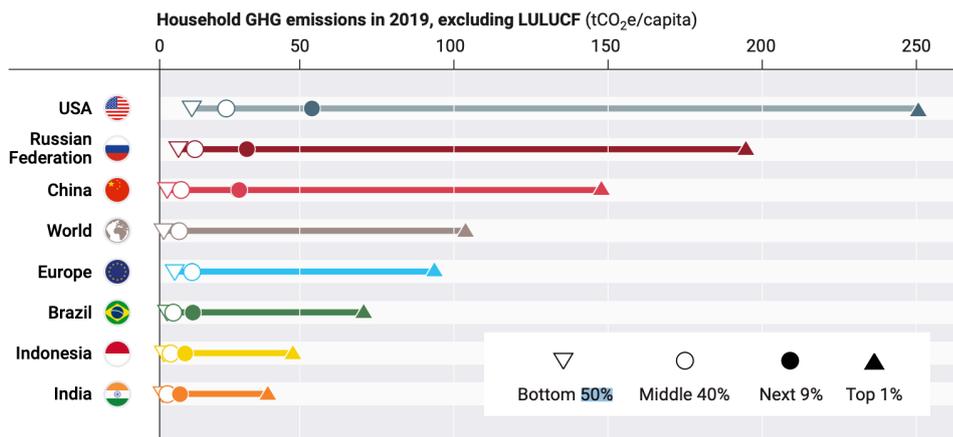


图 1-1 2019 年全球国家家庭温室气体排放情况

此外，对比发达国家，中国目前的消费结构还是基础型，随着经济进一步发展，未来在社区层面将有大量更高端的消费出现，这必然伴随着大量的能源消耗，以上海为例，研究⁴预测某社区总能源需求将至少增加 1 倍左右。因此，仅靠绿色技术的应用来实现社区、家庭生活领域的去碳十分困难，推动绿色生活方式尤其重要。

社区生活圈规划直接影响居民的生活方式和用能习惯。例如，生活圈的路网密度和轨道公交站点的可达性影响着居民低碳出行方式的选择；社区食堂可以减少居民自家炊事用能；社区活动中心、社区公园等公共场所可以降低居民的居家时长，从而减少家用电器耗能；社区公共服务设施的密度和分布情况影响居民非通勤出行的频率和距离，进而影响出行碳排放。以生活圈为基本单元，研究影响居民能源消耗和碳排放行为的要素，并探究如何通过规划手段鼓励居民更多地使用公共设施、采取低碳的生活方式对双碳目标的实现有重要意义。

1.3 现有相关研究基础与不足

目前我国城市国土空间与碳排放相关研究主要关注建筑碳排放和交通碳排

放两方面，讨论城市形态要素对这两类碳排放的影响⁴。

就建筑碳排放来说，城市形态要素主要作用于城市和街区的气候环境，通过影响居民的用能行为来影响建筑碳排放。城区层面的区域开发强度、空间布局紧凑度、干路网密度、蓝绿空间结构可以通过加剧或缓解热岛效应间接影响建筑能源消耗。例如，过度紧凑的城市形态会引发热岛效应；城区干路网能形成通风廊道，促进空气流通，降低热岛效应。街区层面的街道密度、路网密度、街道高宽比、街区绿地布局等要素，以及地块层面的建筑密度、容积率、绿地率、建筑群体布局等要素，也可以影响建筑的微气候环境，从而间接影响建筑能源消耗。例如，建筑朝向和间距可以通过建筑间的相互遮挡影响微气候环境进而影响建筑内部的取暖、制冷、照明相关的碳排放；建筑高宽比（层峡形态）也对街区气温有直接影响。

就交通碳排放来说，城市形态要素通过影响人们的出行量和出行方式来影响交通能源消耗。城区层面的区域开发强度、用地功能布局、城区规模、紧凑特征、空间结构、道路系统和交通设施等要素对出行需求和出行方式选择有直接影响。例如，城区规模的扩张会增加机动车相关的能源消耗；多中心的城市结构和职住平衡的空间布局对大城市来说更有利于减少交通碳排放；紧凑的城市布局有利于公共交通和慢行交通的发展，形成低碳的出行结构。街区层面的用地密度、功能混合、街区尺度对交通碳排放也有明显影响。例如，混合用途可以提升居住地与工作场所和其他服务设施（学校、购物场所等）的邻近度，使出行更多地发生在社区内部，从而减少出行次数和距离，并鼓励人们更多地使用低碳交通方式；高

⁴ 冷红,赵妍,袁青.城市形态调控减碳路径与策略[J].城市规划学刊,2023(01):54-61.DOI:10.16361/j.upf.202301008.

密度开发，特别是城市中心和轨道交通站点周边的高密度开发，有助于提升公共交通的出行分担率；道路交叉口密度、路网密度影响慢行体验和机动车行驶距离，进而影响交通碳排放。

上述城市形态相关的研究已取得丰富成果，但主要反映的是**技术节能**，对**居民行为相关的生活能耗关注不够**。英国的一项研究⁵发现，普通英国家庭平均每年排放约**8798** 千克二氧化碳当量，主要来自加热（取暖、热水等）、交通、用电、飞行、食物、废弃物处理六类活动，相应的碳排放在家庭排放中占比依次为**31%、27%、18%、12%、9%、3%**。其中，除了采用科技方式（如热泵、可再生能源、光储直柔系统等）减排外，个体的行为（如减少肉类和奶类消耗、减少食物浪费、选择低碳出行方式等）对减少碳排放有重要意义。

国内一项针对**5** 个不同类型社区居民碳排放的调查研究⁶指出，建筑用能、交通、市政和固废、生活领域的人均碳排放与居民收入和生活消费水平、家庭结构和住房类型关系紧密。例如，上海中等收入社区人均年碳排放量在**2** 至 **2.5** 吨之间，重庆工厂社区人均碳排放量略高于 **1.5** 吨，浙江江山老旧社区和深圳城中村的人均碳排放量则更低。这说明我国经济发展水平相对不高的地区还有很大的**碳排放增长空间**。随着城镇化的深化，人均居住面积和公共建筑面积未来将持续增加，带来建筑取暖、制冷和照明总能耗的增长；冰箱、电视、洗衣机等家电保有水平的提升将增加建筑能耗和相关产品制造的能源消耗；生活水平和出行需求的增长也将带来交通能源消费的大幅提升⁷。

⁵ Energy Systems Catapult(2019)Living Carbon Free <https://www.theccc.org.uk/publication/living-carbon-free-energy-systems-catapult/>

⁶ 李晓江.城市社区/生活碳计量与去碳路径的实证研究[J].可持续发展经济导刊,2022(04):20-21.

⁷ 中国人民大学. 中国人口未来消费行为及其碳排放含义研究, 2023

表 1-1 中国城乡未来家电拥有情况预测

城镇	2020	2030	2050	农村	2020	2030	2050
冰箱	103.1	103.1	103.1	冰箱	100.1	100.1	100.1
电视	123.0	130	150	电视	117.8	126.67	140
洗衣机	99.7	100	100	洗衣机	92.6	100	100
微波炉	56.5	60	90	微波炉	19.7	40	100
抽油烟机	82.6	100	100	抽油烟机	30.9	53.93	100
电饭锅	100	100	100	电饭锅	100	100	100
计算机	72.9	100	150	计算机	28.3	56	100

因此，关注居民生活行为带来的碳排放影响，探索如何通过社区生活圈规划引导更低碳的生活方式是目前重要的研究方向。

第 2 章 研究目标、内容与技术路线

结合前文中总结的不足与当前研究及技术方法进展，综合考虑逻辑可行性、方法的可操作性与城市国土空间碳排放问题针对性，聚焦出行碳排放和居家用能碳排放两部分，开展社区生活圈减碳潜力评估。本章系统论述了研究的目标、研究内容、预计实现的研究成果，以及相应的技术路线。

2.1 研究目标与内容

- 子目标 1

构建出行碳排放与居家用能碳排放测算方法学。

- 子目标 2

通过大数据摸清社区生活圈规划对居民出行碳排放的影响

- 子目标 3

通过问卷调查计算生活圈设施对居民居家用能的影响

- 子目标 4

深度耦合国土空间规划政策议题，为后续政策实施提供具有事理基础的建议。

2.2 研究范围与概念界定

出行碳排放研究范围为上海市全市域，不包括崇明岛。研究单元颗粒度为 2km*2km 网格，研究范围内共有网格 1380 个。居家生活用能碳排放以新华路街道、梅陇镇、南桥镇为样本进行数据收集，开展相关计算。

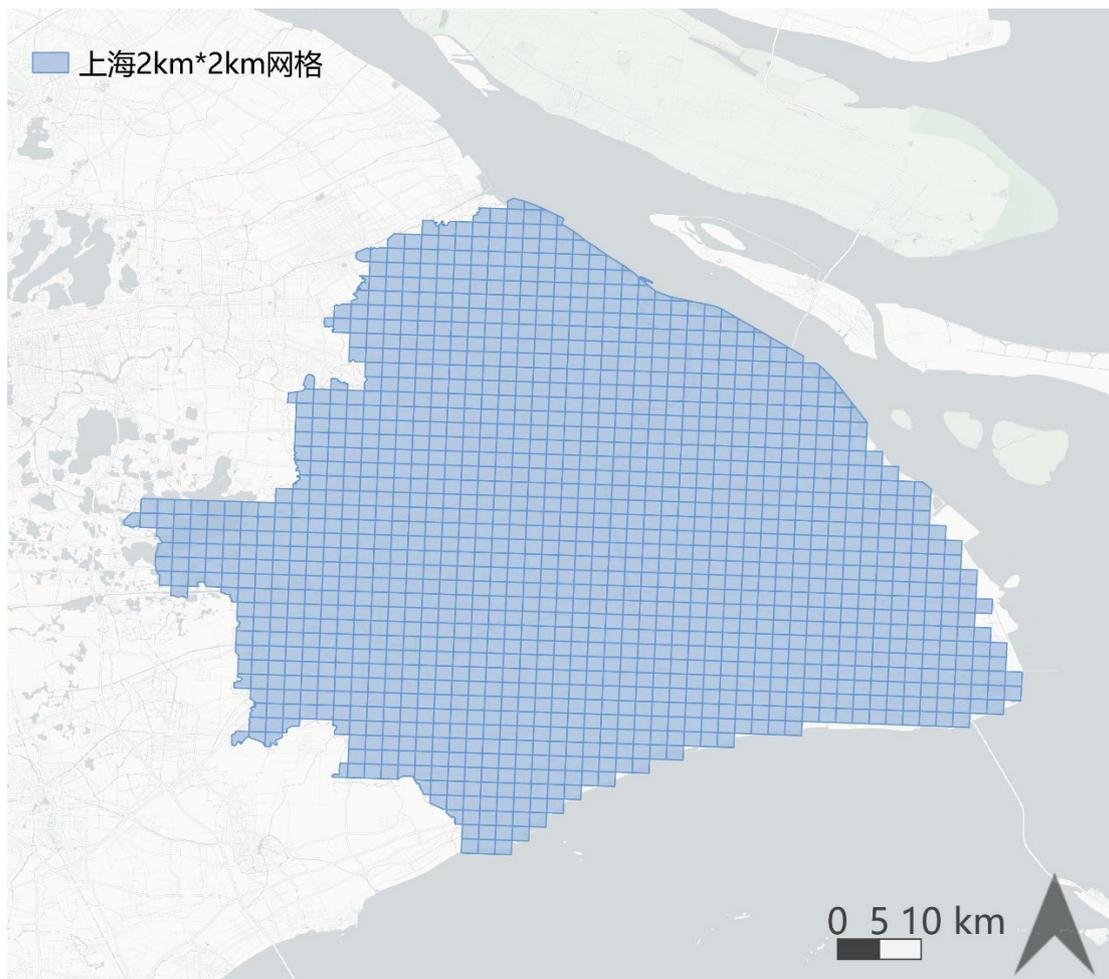


图 2-1 上海市域 2km*2km 网格

本研究目标内容集中于出行和居家用能碳减排，不考虑全生命周期碳排放，也没有考虑碳汇。

2.3 研究思路与技术路线

2.3.1 社区生活圈对居民出行碳排放的影响

1. 影响因素指标体系构建

基于文献梳理，本研究确定了影响居民出行结构的五大维度：分别为社区配套设施维度、城市形态维度、人口统计维度、社会经济维度和区位指标维度。

其中社区配套设施和城市形态为核心研究变量，人口、社会经济和区位条件

作为控制变量参与模型的构建。

基于五大维度，构建影响因子指标体系，以 2km*2km 网格的空间单元精度计算指标。

2. 识别出行方式选择影响因素

居民不同出行的交通方式产生的碳排放水平差异显著，出行方式的选择又受到社区配套设施和城市形态等的因素的影响。因此首先以居民不同出行方式的选择为因变量，构建多元回归解释模型，探究居民出行方式选择的显著影响因素，进而解释多维变量对生活圈出行碳排放的影响方式。

3. 出行结构变化预测

以居民出行结构为因变量，根据影响居民出行方式选择的因子的显著程度，构建随机森林预测模型，量化评估生活圈规划实施措施对不同交通方式出行总距离占比（即出行结构）的影响。

4. 出行总量变化预测

以出行总距离为因变量，通过对上海全市做场地类型分析，量化多维生活圈特征与出行总距离的对应关系。

5. 减碳潜力测算

基于居民出行结构和出行总量的变化测算潜在碳排放水平降低的幅度。

由于居民通勤出行和日常出行的交通方式选择和出行距离不尽相同。研究将居民整周的出行和周末的出行拆分为两个部分，分别作为因变量构建模型，观测各影响因素对整周出行和周末出行的影响水平。

6. 模型应用：试点评估

以北新泾社区为试点，量化生活圈规划实施方案，应用预测模型评估实施前

后的碳排放水平变化。

出行碳排放相关的技术路线框架如下：

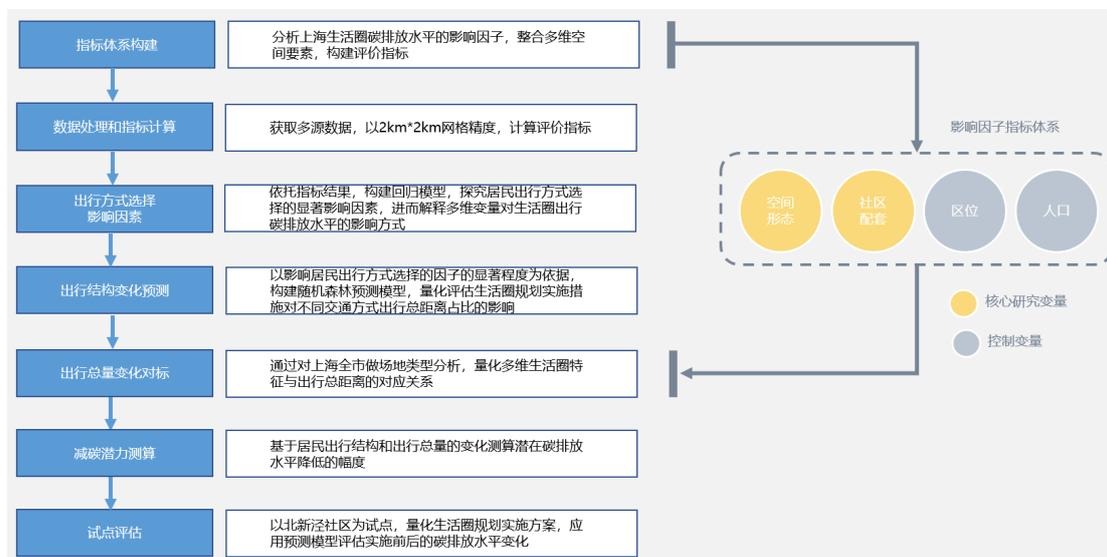


图 2-2 出行碳排放研究技术路线图

2.3.2 社区生活圈规划对居民居家用能的影响

1. 筛选具有减碳潜能的生活圈设施

从生活用能碳排放角度，本研究认为最具有减碳潜能的生活圈设施包括 1) 社区食堂和 2) 社区活动中心、公共开放空间两类。其中，社区食堂可以通过减少居民居家烹调用能来降低社区碳排放；社区活动中心、公共开放空间可以吸引居民进行非居家的休闲活动，减少家庭空调、电风扇、电视机的使用（以下统称“居家休闲用电”），从而降低社区碳排放。

2. 设施使用行为统计

通过问卷调查，获取居民在社区食堂建成前后的就餐行为信息，估算社区食堂替代的居家烹饪数量。

通过问卷调查，获取居民在社区活动中心、公共开放空间建成前后的休闲活动行为信息，估算这些空间减少的居民居家休闲用电时长。

3. 生活圈设施减碳潜能测算

结合碳排放相关文献数据，计算社区食堂就餐和居家烹饪的碳排放差距；计算社区活动中心、公共开放空间使用减少的居家休闲用电碳排放。

4. 模型应用：试点评估

以北新泾社区为试点，量化生活圈规划实施方案，估测社区食堂、社区活动中心、公共开放空间带来的碳排放减少量。

居家用能碳排放相关的技术路线框架如下：

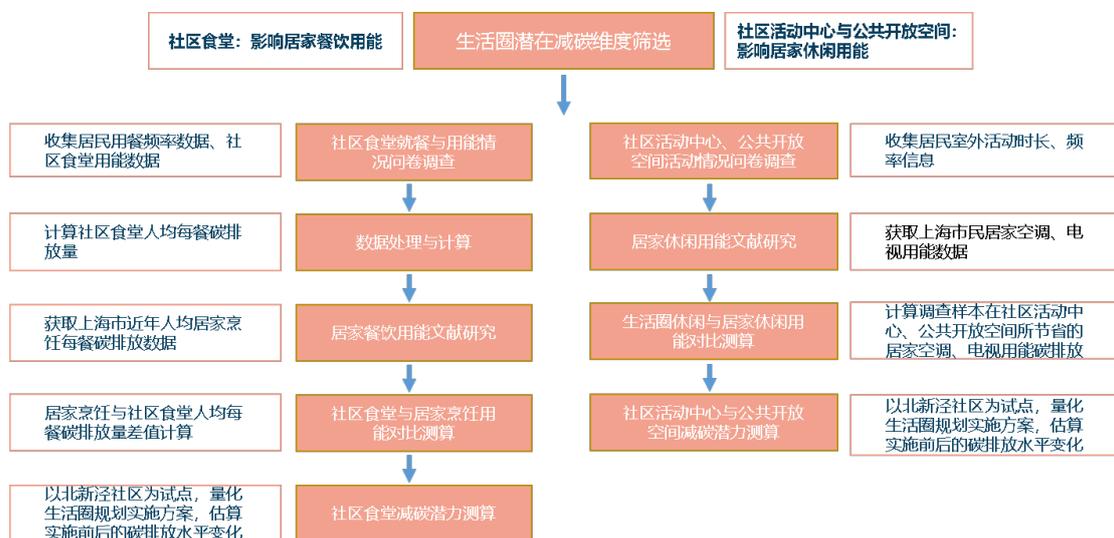


图 2-3 居家生活用能碳排放研究技术路线图

第 3 章 数据获取与处理

作为后续分析的基础，数据获取是本研究首先重点关注的议题。总体上，研究采取了多源数据融合的数据处理方式，构建了上海市城市空间数据集；手机信令数据具有海量性，是本研究采用的亮点数据。

3.1 城市基底空间数据

3.1.1 设施点

公交站、地铁站、充电桩、学校、医院、养老设施、社区便民服务设施点（菜市场、生鲜超市等）企业、等兴趣点来源为高德开源地图 poi，通过对 poi 的类别提取和关键词筛选获取所需数据。

3.1.2 城市形态

城市形态相关数据主要有路网、建筑、地块。路网数据来源为 open street map 开源网站。建筑数据来源为卫星影像识别。地块数据通过道路网切割城市边界获得。

3.2 手机信令数据

基于联通手机信令数据可获取上海市域范围内的人口信息和出行信息。数据获取时间为 2021 年 10 月 25 日-31 日（连续 7 天），使用一周的数据便于后续区分整周和周末出行作为不同的因变量。

3.2.1 人口

人口数据精度为 250m*250m 网格，通过停留时段、累计天数、年龄段等信息筛分识别手机用户的居住地与工作地，由此获得每个网格的居住、工作、通勤人口数。此外，人口相关手机信令数据还包含人口性别、人口年龄和人口年收入信息。

3.2.2 出行 OD

出行数据精度为 2km*2km 网格，基于联通既有算法可识别网格 OD 间每日的总出行次数、以及不同交通方式（地铁、公交、慢行（步行和骑行）、小汽车）的出行次数。

3.3 问卷数据

通过问卷调查获取数据。在上海市内环、中环、外环分别选择一个代表性生活圈，在生活圈内的为老服务中心、助餐点、社区活动中心、公共开放空间进行一对一问卷调查。

调查地点包括：新华路街道新华里巷（社区活动中心）、新风邨睦邻点、华山花苑老年活动室、华山儿童公园、申宁苑综合为老服务中心、万宏悦膳长者食堂；梅陇镇熊觅社区食堂、景福路社区食堂、益梅小院、紫藤二村；南桥镇南桥源生活驿站健身房、南桥源生活驿站对面绿地。

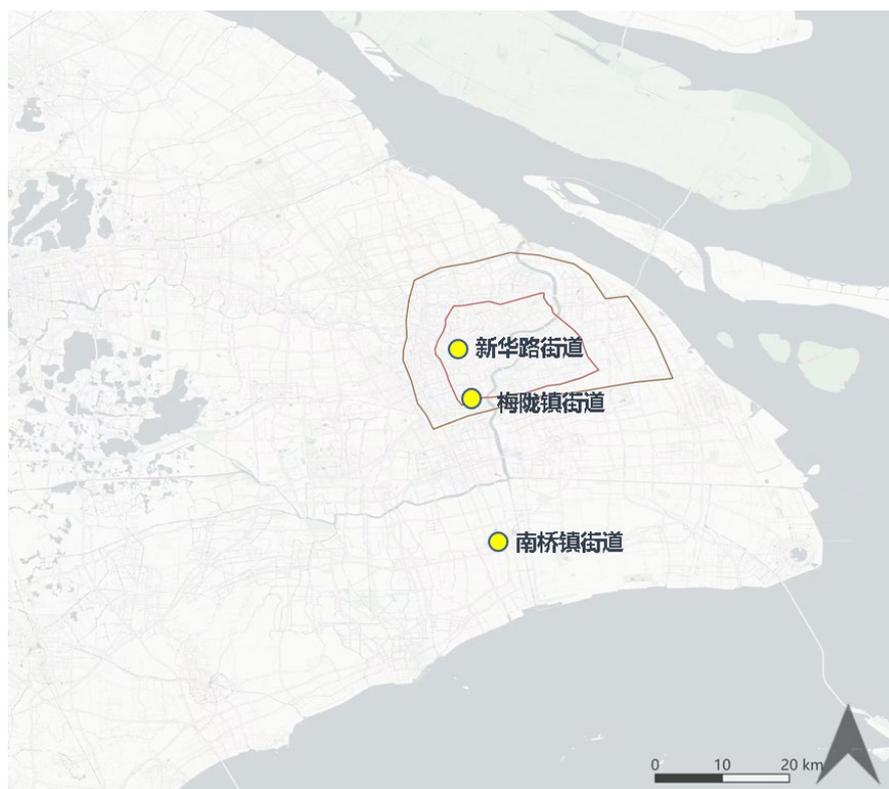


图 2-4 问卷调查生活圈区位



万宏悦膳长者食堂



华山儿童公园



华山花苑



新风邨睦邻点



申宁苑综合为老服务中心



新华里巷

图 2-5 生活圈问卷调查

本研究共收集 78 份问卷，其中男女比例分别为 56%、44%；年龄以 70 岁以上老年人为主，占比 60%，其次为 60-69 岁老年人，占比 18%；学历以大专/本科、初中、高中/中专/职高为主，占比分别为 33%、27%、26%。人口学信息统计见下图。

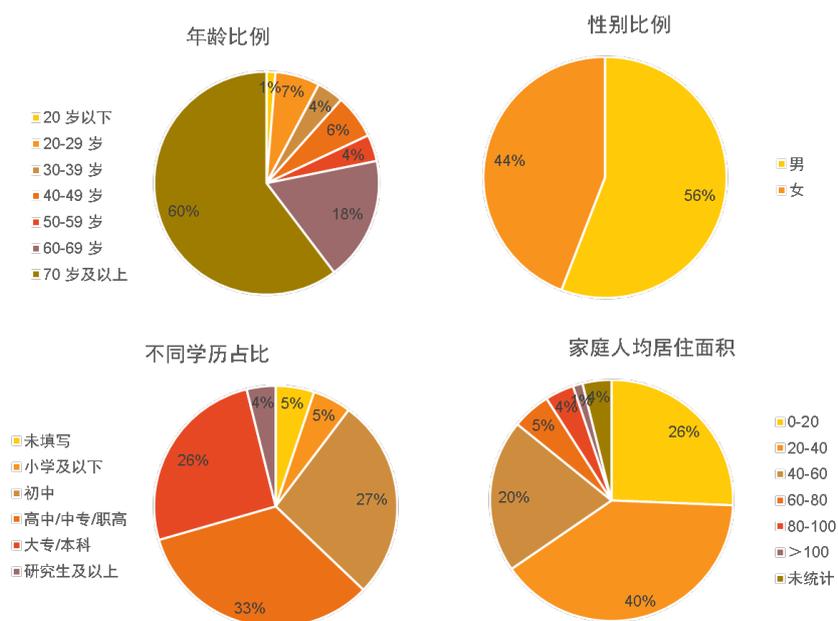


图 2-26 问卷样本的人口与家庭概况

社区食堂方面，共 40 份有效问卷，其中新华路街道 23 份，梅陇镇街道 13 份，南桥镇 4 份。社区活动中心与公共开放空间方面，共 50 份有效问卷，其中新华路街道 27 份，梅陇镇街道 6 份，南桥镇 17 份。

第 4 章 研究方法构建

出行用能方面，本章基于上一章中说明的基础数据，首先阐释了基于手机信令数据的居民出行方式判别方法；进而介绍了用以挖掘出行方式与城市国土空间联系的随机森林方法；再进一步介绍了基于最小二乘回归的居民出行距离计算方法，以为后续碳排放方法学的构建提供关键参数；再进一步阐释了街道单元尺度下基于城市空间因子的居民出行碳排放量计算方法学，产业与居民生活碳排放计算方法；货运、水运及航空碳排放的计算方法与上述几种碳排不同，研究相应进行了介绍；最后，阐释了从产业、居民出行与居民生活 3 个角度设置碳排放情景的方法及其中的关键参数。

居家用能方面，本章介绍社区食堂（影响烹任用能）和社区活动中心/公共开放空间（影响居家休闲用能）两类设施碳减排潜能计算的方法学。

4.1 基于手机信令数据的居民出行分析方法

本研究将手机信令数据用于计算各网格的出行分担率和出行量。

4.1.1 基于出行次数的出行分担率

根据网格 OD 间不同交通方式出行次数的信息，可计算基于网格的不同交通方式出行的分担率。

4.1.2 基于出行次数和出行距离的出行量

基于网格的地理位置信息，可计算得到网格 OD 间距离，进一步计算居民每次出行的距离，出行次数与距离的乘积即为每次出行的出行量。

4.2 社区生活圈规划与出行方式相关性算法模型

4.2.1 解释模型：多元线性回归模型

依托社区生活圈规划相关指标计算结果，构建多元线性回归模型，探究不同交通方式出行分担率（即居民出行方式选择）的影响因素，形成对居民出行行为的基本认识。

4.2.2 预测模型：随机森林回归模型

以解释模型中的变量表现为依据，构建随机森林预测模型，量化评估生活圈规划实施措施对不同交通方式出行总距离占比的影响。

4.2.3 出行总距离对标：基于 place-type（场地类型）的分析

通过对上海全市做场地类型分析，量化多维生活圈特征与出行总距离的对应关系。

出行总距离 = 人均出行总距离*人口数。本研究假设如下：

生活圈配置越完善，人均出行总距离越低。因此，生活圈规划实施措施落地前后，人均出行总距离会发生改变，表现为减少。人均出行总距离的数值变化会根据所属研究单元的场地类型，去对标优于其场地类型的研究单元的人均出行距离。

最后基于研究单元不同交通方式出行总距离占比和出行总距离，推算出行碳排放量，计算公式如下：

出行碳排放量 = Σ （出行总距离 * 各交通方式出行总距离占比 * 各交通方式碳排放因子）

出行总距离通过场地类型分析得到,各交通方式出行总距离占比由随机森林模型基于生活圈规划实施措施进行预测得到。各交通方式碳排放因子取值参考报告文献研究中的参数。

4.3 居民交通出行碳排放计算方法学

本研究基于一周七天手机信令数据计算各网格的整周居民出行碳排放量,基于周末两天数据计算周末出行碳排放量,计算方法如下:

居民出行碳排放 (C_m) 的计算方法:

交通碳排放量为每人每次出行的碳排放量之和,受出行距离、出行方式的影响。计算公式为:

$$C_m = \sum_k A_k \cdot L_k \cdot GHG_k$$

公式分解:

A_k , 指交通方式 k 的从居住地出发的在 OD 网格间的行程数,交通方式 k 包含:地铁、公交、小汽车、慢行四种方式;

L_k , 指交通方式 k 的交通出行距离,即 OD 网格间距离,单位:米;

GHG_k , 指交通方式 k 在数据获取年份的碳排放因子,取值参考报告文献研究中的参数。

4.4 居民居家用能碳排放计算方法学

烹任用能方面,本研究基于问卷数据计算社区食堂人均减碳量,计算方法如

下:

$$E_1 = (C_1 - A_1) * N_1$$

E_1 为社区食堂减碳量,单位 $\text{kg}/\text{人} \cdot \text{周}$ 。 C_1 表示居家烹饪每人每餐碳排放量,
 A_1 表示社区食堂每餐平均碳排放量, N_1 表示问卷样本社区食堂替代居家用餐的
次数,单位:餐次/人·周.

居家休闲用能方面,本研究基于问卷数据计算社区活动中心和公共开放空间
人均减碳量,计算方法如下:

$$E_2 = (A_2 * a + T_2 * t) * c$$

E_2 为社区活动中心及公共开放空间减碳量。 A_2 表示社区活动中心及公共开
放空间带来的白天居家空调用时的减少,单位 $\text{h} \cdot \text{周}$, T_2 表示看电视时间的减
少,单位 $\text{h} \cdot \text{周}$ 。 a 表示空调能耗, t 表示电视机能耗,单位: kWh/h 。 c 为上海
市电力排放因子缺省值,单位: $\text{kg-CO}_2/\text{kWh}$ 。

第 5 章 上海市居民出行选择的社区生活圈规划驱动力 制与交通碳排放

本章阐释城镇社区生活圈规划要素对居民出行选择的影响,首先从宏观尺度上分析了上海市居民出行方式和出行人次,进而根据多元线性回归建模结果分析比较了空间特征对不同出行方式选择的不同作用机制。

5.1 上海市居民出行方式与出行人次

居民不同交通方式的出行分担率可体现居民对出行交通方式的选择偏好。出行分担率计算方法如下:

每个网格作为出发地,对其进行不同交通方式出行次数的统计,除以网格的总出行量,即得到每个网格不同交通方式的出行分担率,作为多元线性回归模型的因变量。

整周模型的因变量为一周七天数据计算得到的出行分担率。

周末模型的因变量为周末两天数据计算得到的出行分担率。

5.2 社区生活圈规划要素对居民出行选择的驱动机制

5.2.1 整周模型

基于一周七天的数据,将四种出行方式的整周出行分担率作为因变量分别构建模型。模型性能见表 5-1,模型结果见表 5-2。

5.2.1.1 模型性能

表 5-1 不同交通方式整周出行分担率模型性能

模型性能-整周出行	
因变量	整周地铁出行分担率
R-squared:	0.846
因变量	整周公交出行分担率
R-squared:	0.404
因变量	整周慢行出行分担率
R-squared:	0.422
因变量	整周汽车出行分担率
R-squared:	0.705

总体上看，解释模型的效果较好。 R^2 都在 0.4 之上，地铁出行分担率模型的 R^2 达到了 0.8，说明模型的有效性比较高，解释力比较强。

5.2.1.2 模型结果

表 5-2 不同交通方式整周出行分担率模型结果

	地铁出行分担率	公交车出行分担率	慢行出行分担率	小汽车出行分担率
充电桩密度	0.0029***	-0.0007	0.0001	-0.0022
公交站覆盖率	0.0073	0.0056*	-0.0074*	-0.0058
轨道站点覆盖率	0.0558***	0.0048	0.01*	-0.0719***
公园广场覆盖率	-0.0019	0.0046	0.0056	-0.0093
社区服务中心密度	-0.0153***	0.012***	-0.0027	0.0035
基础教育设施覆盖率	-0.0093*	0.0048	-0.0035	0.0053
社区养老设施覆盖率	0.0116***	0.0017	0.0018	-0.0167***
托养设施覆盖率	-0.0119***	0.0055*	0.0011	0.0042
文化活动设施覆盖率	-0.0001	-0.0031	-0.0059*	0.0102
菜市场密度	-0.0078***	0.0011	0.0028	0.0031
医院覆盖率	0.0054	-0.0004	0.0017	-0.0095
绿视率	-0.0076	0.014*	0.0291***	-0.0305
建筑贴线率	-0.0202**	0.0135*	-0.0449***	0.0597***
路网密度	0.0029	-0.0006	-0.0071***	0.0047
主干路密度	-0.007***	0.0031*	0.0017	0.0028
次干及以下市政路密度	0.0	0.0008	0.0052***	-0.0062*
街道底商密度	0.0007*	-0.001***	0.0003	-0.0001
职住比	0.001	0.0028***	-0.0006	0.0013
居住人口	-0.0149	0.0172***	0.0501***	-0.015
通勤人口占比	0.0182***	0.0075*	-0.02***	0.0171*
女性人口	0.0135	-0.0013	-0.043***	0.0405*
老年人口	0.0188	-0.0203*	0.0762***	-0.0521*

高收入人口	0.5321***	0.1064***	0.1061***	-0.7263***
人口密度	0.0***	-0.0	0.0*	-0.0***
市中心距离	-0.0007***	-0.0004***	0.0007***	0.0005***
最近商场空间集群的距 离	-0.0006*	-0.0005***	-0.001***	0.0022***
最近产业园区集群的距 离	0.0009***	0.0001	0.0011***	-0.0026***
最近公司企业集群的距 离	0.0011*	-0.0008*	-0.0035***	0.0014
地铁站点能级	0.0111***	-0.0042*	0.0039	-0.0104*

在社区配套设施方面，公交站、轨道站点、托养设施的覆盖率对居民的低碳出行有显著的正向影响。公交、轨道站点覆盖程度越高，公交、地铁的出行偏好程度越高。印证了公共交通发展水平的提升能减少交通能源消耗。具体而言，轨道站点覆盖率每提高 10%，偏好地铁通勤占比约提高 0.5%，选择小汽车出行的占比相应降低约 0.7%。此外托养设施覆盖率越高的区域，居民对公交出行的偏好程度越高。

在城市形态方面，职住比、主干路密度对公交出行有显著影响。职住比越高，对公交车的出行偏好程度越高，说明区域内就业岗位的增加能带来低碳出行方式选择偏好的增加。主干路路网密度越高，居民出行结构中公交的占比越高。

5.2.2 周末模型

基于周末两天的数据，将四种出行方式的周末出行分担率作为因变量分别构建模。模型性能见表 5-3，模型结果见表 5-4。

5.2.2.1 模型性能

表 5-3 不同交通方式周末出行分担率模型性能

模型性能-周末出行	
因变量	周末地铁出行分担率

R-squared:	0.834
因变量	周末公交出行分担率
R-squared:	0.322
因变量	周末慢行出行分担率
R-squared:	0.371
因变量	周末汽车出行分担率
R-squared:	0.596

总体上看，地铁和汽车解释模型的效果较好。R²分别达到了0.8，0.6，说明模型的有效性比较高，解释力比较强。

5.2.2.2 模型结果

表 5-4 不同交通方式周末出行分担率模型结果

	地铁出行分担率	公交车出行分担率	慢行分担率	小汽车出行分担率
充电桩密度	0.0019***	-0.001*	0.0004	-0.0012
公交站覆盖率	0.0042	0.001	-0.0071	0.0014
轨道站点覆盖率	0.0487***	0.0023	0.0109*	-0.0636***
公园广场覆盖率	0.0021	0.0069	0.0001	-0.0122
社区服务中心密度	-0.0206***	0.0114***	-0.0024	0.0068
基础教育设施覆盖率	-0.0111***	0.003	-0.0058	0.0077
社区养老设施覆盖率	0.0095***	0.0014	0.0018	-0.0151**
托养设施覆盖率	-0.0133***	0.0041	0.0028	0.0051
文化活动设施覆盖率	0.0013	-0.0027	-0.0079**	0.0118
菜市场密度	-0.0074***	0.0007	0.0027	0.002
医院覆盖率	0.0036	0.0005	0.0013	-0.0111
绿视率	-0.0072	0.0102	0.0343***	-0.0471*
建筑贴线率	-0.0171*	0.0114*	-0.0525***	0.0802***
路网密度	0.0042**	-0.0005	-0.0075***	0.003
主干路密度	-0.0083***	0.002	0.0023	0.0061
次干及以下市政路密度	-0.0014	0.0003	0.0062***	-0.004
街道底商密度	0.0011***	-0.0009***	0.0003	-0.0008

职住比	0.0003	0.0016**	-0.0004	0.0071***
居住人口	-0.0109	0.0133*	0.0561***	0.015
通勤人口占比	0.0181***	0.0027	-0.0188***	0.0456***
女性人口	0.0101	0.011	-0.025*	0.0286
老年人口	0.0098	-0.0152	0.0692***	-0.0279
高收入人口	0.4566***	0.1183***	0.0721*	-0.6089***
人口密度	0.0***	0.0	0.0	-0.0***
市中心距离	-0.0005***	-0.0003***	0.0007***	0.0003
最近商场空间集群的				
距离	-0.0006*	-0.0005**	-0.0008***	0.0021***
最近产业园区集群的				
距离	0.0008***	0.0001	0.0009***	-0.0021***
最近公司企业集群的				
距离	0.0011**	-0.001***	-0.0043***	0.0015
地铁站点能级	0.0125***	-0.0018	0.003	-0.0132*

在社区配套设施方面，轨道站点、社区服务中心和养老设施的覆盖情况对居民低碳出行的选择有显著的正向的影响。具体而言，轨道站点覆盖率越高，居民日常选择地铁出行的比例越高。社区养老设施覆盖率越高，居民生活出行对小汽车的偏好程度越低，一定程度上说明养老设施的配置能满足其服务的生活圈内居民的需求，从而减少以生活出行为目的乘坐汽车的需求。社区服务中心密度越高，居民周末日常选择公交车出行的比例越高。

在城市形态方面，街道底商密度、低等级路网密度和绿视率也对低碳出行有显著的正向影响。具体而言，街道底商密度越高，日常选择地铁出行的比例越高。次干及以下市政路等级的路网的密度越高，绿视率越高，生活出行选择慢行的偏好程度越高，说明宜人尺度的城市形态能促进步行、自行车等低碳出行方式的选择。

第 6 章 基于社区生活圈规划的上海市居民出行碳排放预测

6.1 出行总距离占比预测模型

6.1.1 因变量：不同交通方式的出行总距离占比

基于解释模型中发现的自变量的表现情况，以及对出行分担率影响的方向和幅度，进一步构建随机森林预测模型，将不同交通方式的出行总距离（出行次数*出行距离）占比作为因变量。通过对空间形态、服务设施、功能区位和人口社会几个维度的影响因子来预测各种交通方式的出行总距离占比，最后基于出行总距离和碳排放因子来测算碳排放总量。由于慢行出行的碳排放量近似为零，因此不对慢行出行总距离占比做模型预测。

6.1.2 整周模型：模型性能

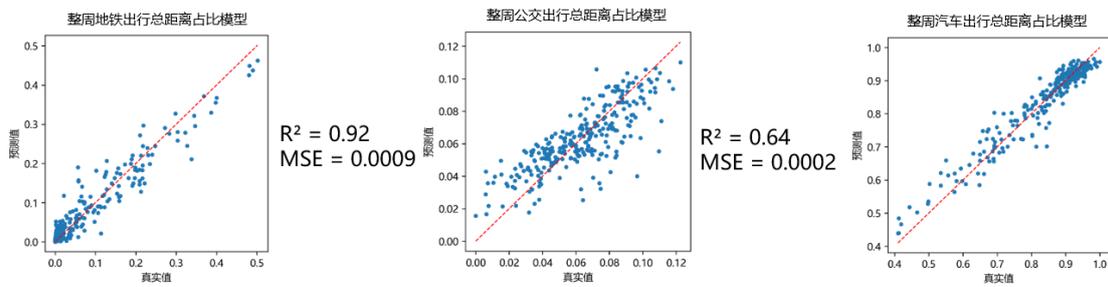


图 6-1 不同交通方式整周出行总距离占比模型拟合散点图

表 6-1 不同交通方式整周出行总距离占比模型性能

模型性能-整周出行量占比	
因变量	整周地铁出行总距离占比
R-squared:	0.92
MSE	0.0009
因变量	整周公交出行总距离占比

R-squared:	0.64
MSE	0.0002
因变量	整周汽车出行总距离占比
R-squared:	0.93
MSE	0.0011

模型拟合的散点图（图 6-1）显示真实值和预测值的拟合效果较为理想，各模型 R^2 较高，地铁和汽车出行总距离占比模型的 R^2 达到了 0.9，且误差水平 MSE 较低，预测模型准确性较高。

6.1.3 周末模型：模型性能

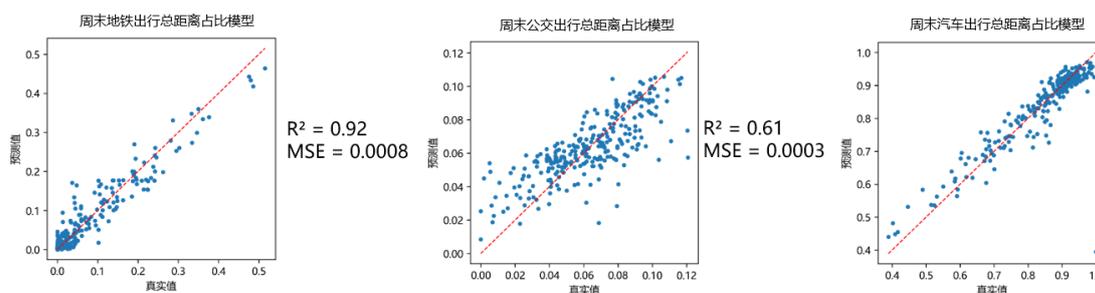


图 6-2 不同交通方式周末出行总距离占比模型拟合散点图

表 6-2 不同交通方式周末出行总距离占比模型性能

模型性能-周末出行量占比	
因变量	周末地铁出行总距离占比
R-squared:	0.92
MSE	0.0008
因变量	周末公交出行总距离占比
R-squared:	0.61
MSE	0.0003
因变量	周末汽车出行总距离占比
R-squared:	0.83
MSE	0.0024

模型拟合的散点图（图 6-2）显示真实值和预测值的拟合效果较为理想，各模型 R^2 较高，地铁出行总距离占比模型 R^2 达到 0.9，汽车出行总距离占比模型 R^2 达到 0.8，且误差水平 MSE 较低，预测模型准确性较高。

6.1.4 关键指标弹性解读

表 6-3 不同交通方式出行总距离占比模型关键指标弹性

	路网密度	街道底商密度	公交站覆盖率	公园广场覆盖率	基础教育设施覆盖率	社区养老设施覆盖率	托养设施覆盖率	文化设施覆盖率	菜市场密度	医院覆盖率	社区服务中心密度
周末公交车出行总距离占比	-1.1‰	-0.1‰	1.2‰	0.1‰	-0.1‰	0.0‰	-0.3‰	-0.1‰	0.0‰	0.2‰	0.0‰
周末地铁出行总距离占比	3.1‰	0.9‰	3.7‰	1.5‰	0.4‰	0.2‰	0.1‰	5.1‰	0.0‰	3.0‰	0.0‰
周末汽车出行总距离占比	-2.3‰	-0.6‰	-4.7‰	-0.7‰	-0.4‰	0.3‰	0.0‰	-5.6‰	0.1‰	-2.3‰	0.0‰
周末慢行出行总距离占比	0.5‰	0.0‰	0.3‰	0.5‰	0.5‰	-0.1‰	0.3‰	0.2‰	0.1‰	2.7‰	0.0‰
整周公交车出行总距离占比	-1.2‰	-0.1‰	0.8‰	0.1‰	0.3‰	0.1‰	-0.3‰	-0.1‰	0.0‰	0.3‰	0.0‰
整周地铁出行总距离占比	2.9‰	0.2‰	3.8‰	0.8‰	0.8‰	0.4‰	0.2‰	1.7‰	0.0‰	1.7‰	0.0‰
整周汽车出行总距离占比	-1.3‰	-0.2‰	-4.8‰	-0.2‰	-0.6‰	0.1‰	0.0‰	-2.3‰	0.0‰	-1.3‰	0.0‰
整周慢行出行总距离占比	0.3‰	0.0‰	0.2‰	0.4‰	0.6‰	0.0‰	0.3‰	0.2‰	0.1‰	3.2‰	0.0‰

基于预测模型，计算指标弹性数值，该数值体现了每个指标相较自身增加 10% 带来的出行总距离占比的变化幅度。具体而言：

1. 路网密度增加 10%，居民周末公交和汽车出行总距离占比将分别减少 1.1‰ 和 2.3‰，地铁和慢行出行总距离占比将分别增加 3.1‰ 和 0.5‰；
2. 公交站覆盖率增加 10%，居民周末和整周公交车出行总距离占比将分别增加 1.2‰ 和 0.8‰；

3. 公园广场覆盖率增加 10%，居民周末和整周汽车出行总距离占比将分别减少 0.7‰ 和 0.2‰；

4. 文化活动设施覆盖率增加 10%，居民周末和整周地铁出行总距离占比将分别增加 5.1‰ 和 1.7‰。

6.2 基于场地类型的出行总距离对标分析

通过对上海全市做场地类型分析，量化多维生活圈特征与出行总距离的对应关系。

出行总距离 = 人均出行总距离*人口数。本研究假设如下：

生活圈配置越完善，人均出行总距离越低。因此，生活圈规划实施措施落地前后，人均出行总距离会发生改变，表现为减少。人均出行总距离的数值变化会根据所属研究单元的场地类型，去对标优于其场地类型的研究单元的人均出行距离。

场地类型划分结果如表 6-4，图 6-3 所示：

表 6-4 上海市域人均出行总距离场地类型划分结果

区位	代号类型	次干路及以下 市政路密度 (km/km ²)	生活圈设施 覆盖率 (%)	人均整周出行 总距离 (km)	人均周末出行 总距离 (km)
内环	N1A	5.5	90%	32.47	10.41
	N1B	5.5	70%	34.73	12.03
	N2B	4	70%	36.53	14.28
中环	Z2A	4	90%	38.31	11.53
	Z2B	4	70%	46.43	12.03

	Z3B	3	70%	50.68	14.36
	W2B	4	70%	44.56	14.78
外环	W3B	3	70%	53.94	17.27
	W3C	3	60%	58.58	20.89

注：1：高密度路网 2：中密度路网 3：低密度路网 A：高设施覆盖率 B：中设施覆盖率 C：低设施覆盖率

设施覆盖率包含（公园、医疗、教育、养老）

表 6-4 上海市域人均出行总距离场地类型划分结果

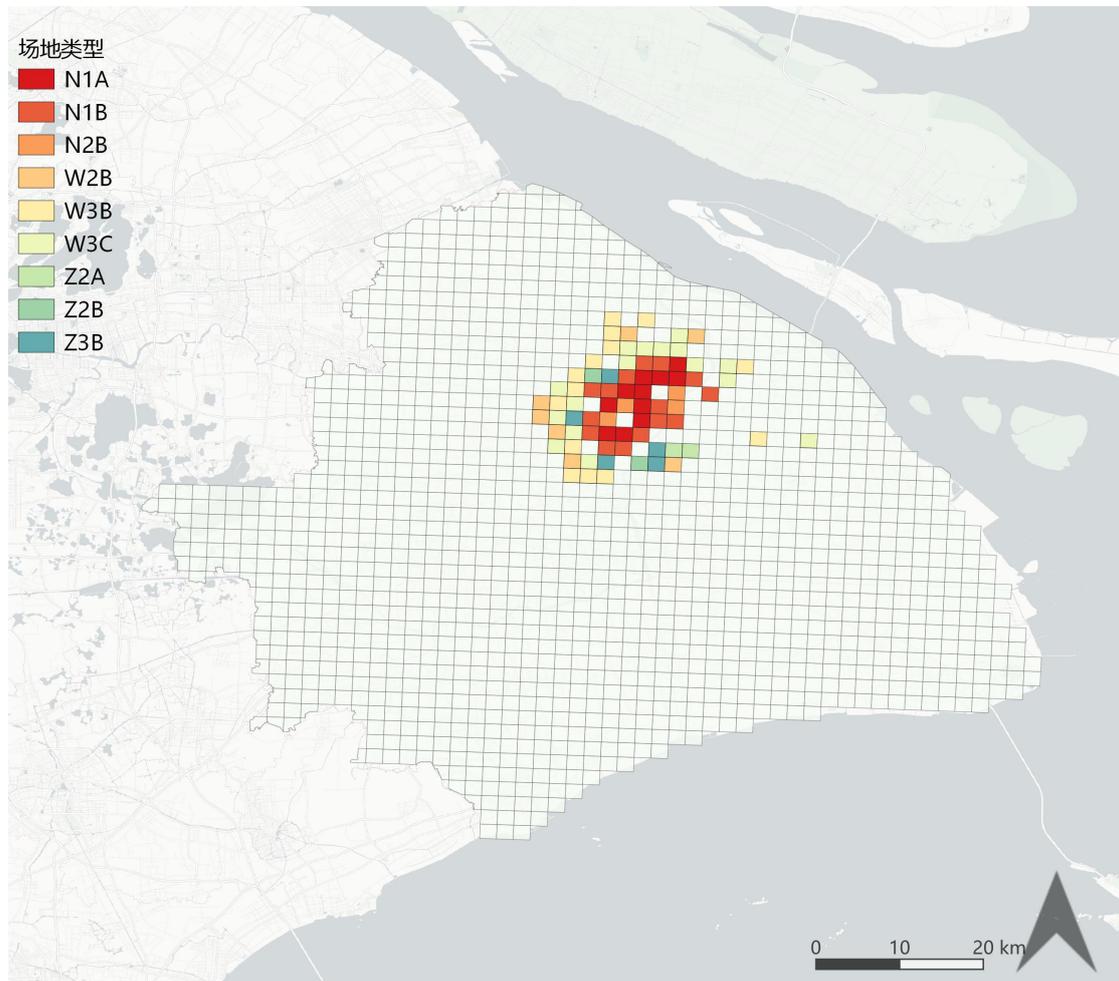


图 6-3 上海市域人均出行总距离场地类型划分结果

最后基于研究单元不同交通方式出行总距离占比和出行总距离，推算出行碳排放量，计算公式如下：

出行碳排放量 = Σ (出行总距离 * 各交通方式出行总距离占比 * 各交通方式碳排放因子)

出行总距离通过场地类型分析得到,各交通方式出行总距离占比由随机森林模型基于生活圈规划实施措施进行预测得到。各交通方式碳排放因子取值参考报告文献研究中的参数。

6.3 居民出行优化情景下的减碳预测

本研究以上海两个典型街道为例,基于达标情景下的社区生活圈设施配置和出行总距离的变化,计算优化情景下的碳排放降幅。

出行碳排放量 =

Σ (出行总距离 * 各交通方式出行总距离占比 * 各交通方式碳排放因子)

6.3.1 半淞园街道出行减碳预测

半淞园路街道,位于上海内环,隶属上海市黄浦区,辖区人口数5万余人。

表 6-5 半淞园街道现状设施及达标情景下设施配置情况

	现状	达标情景
路网密度 (公里/平方公里)	6.90	8 ↑
充电桩密度 (个/平方公里)	4.39	10 ↑
公交站覆盖率 (%)	99%	100% ↑
轨道站点覆盖率 (%)	90%	100% ↑
公园广场覆盖率 (%)	83%	100% ↑
基础教育设施覆盖率 (%)	84%	100% ↑
社区养老设施覆盖率 (%)	98%	100% ↑
托养设施覆盖率 (%)	29%	100% ↑

社区服务中心密度（个/平方公里）	0.00	0.3 ↑
绿视率（%）	17%	25% ↑
建筑贴线率（%）	50%	70% ↑

半淞园街道所属场地类型为 N1B 类。达标情景下，半淞园街道的场地类型将由 N1B 类转变为 N1A 类，相应的，人均出行总距离将降低至 N1A 类场地的数值。内环不同场地类型对应的人均出行距离如表 6-6 示。半淞园街道人均出行总距离现状数值以及达标后的对标数值如表 6-7 所示。

达标情景下，人均整周出行总距离将由 34.66km 下降至 32.47km，人均周末出行总距离由 12.11km 下降至 10.41km。出行总距离的变化如表 6-8 示。

表 6-6 内环三类场地类型人均出行总距离

代号类型	区位	次干路及以下市政路密度 (km/km ²)	生活圈设施覆盖率 (%)	人均整周出行总距离 (km)	人均周末出行总距离 (km)
N1A	内环	5.5	90%	32.47	10.41
N1B	内环	5.5	70%	34.73	12.03
N2B	内环	4	70%	36.53	14.28

表 6-7 半淞园街道人均出行总距离现状数值与对标数值

半淞园街道	现状数值	对标数值
人均整周出行总距离 (km)	34.66	32.47

人均周末出行总距离 (km)	12.11	10.41
----------------	-------	-------

表 6-8 半淞园街道设施达标后出行总距离减少情况

半淞园街道	现状	达标情景
整周出行总距离 (km)	2844353.6	2687563.4
周末出行总距离 (km)	999699.1	855066.9

达标情景下，半淞园街道的出行结构优化预测，如表 6-9 所示。

表 6-9 半淞园街道设施达标后出行结构优化预测

	现状	达标情景
周末公交车出行总距离占比	10.87%	9.73% ↓
周末地铁出行总距离占比	34.95%	36.20% ↑
周末汽车出行总距离占比	51.14%	50.84% ↓
整周公交车出行总距离占比	9.82%	9.34% ↓
整周地铁出行总距离占比	38.11%	39.93% ↑
整周汽车出行总距离占比	48.57%	48.26% ↓

基于出行总距离的减少和出行结构的优化，半淞园街道的减碳潜力计算结果如表 6-10 所示。

表 6-10 半淞园街道达标情景下碳减排量

碳排放变化量	现状	达标情景	达标后变化值
全年碳排放总量 (万吨/年)	1.13	1.06	0.0718
全年周末碳排放总量 (万吨/年)	0.41	0.35	0.059
人均周末碳排放总量 (kg/人/年)	49.80	42.62	7.18
人均整周碳排放总量 (kg/人/年)	899.77	842.75	57.02

基于上述假设预测碳排放量的变化，可以看到街道出行排放的优化情景减排

效果明显。在该情景下，半淞园街道全年总出行二氧化碳排放由原来的 1.13 万吨下降至 1.06 万吨，下降了 6.34%。全年周末总出行二氧化碳排放由原来的 0.41 万吨下降至 0.35 万吨，下降了 14.42%。

出行碳排放总体实现了降低，周末出行的碳排放量的下降多于整周出行，生活圈配套设施对居民以生活出行为主的周末出行影响更大。

6.3.2 盈浦街道出行减碳预测

盈浦街道，位于上海郊外环，隶属上海市黄浦区，辖区人口数一万余人。

表 6-11 盈浦街道现状设施及达标情景下设施配置情况

	现状	达标情景
路网密度（公里/平方公里）	3.25	8 ↑
次干及以下市政路密度（公里/平方公里）	2.51	5 ↑
充电桩密度（个/平方公里）	0.33	10 ↑
公交站覆盖率（%）	80%	100% ↑
轨道站点覆盖率（%）	29%	100% ↑
最近地铁站的距离（公里）	1.23	0.5 ↑
公园广场覆盖率（%）	25%	100% ↑
基础教育设施覆盖率（%）	68%	100% ↑
社区养老设施覆盖率（%）	35%	100% ↑
托养设施覆盖率（%）	8%	100% ↑
文化活动设施覆盖率（%）	16%	100% ↑
菜市场密度（个/平方公里）	0.40	1.3 ↑
医院覆盖率（%）	72%	100% ↑
社区服务中心密度（个/平方公里）	0.38	0.38
绿视率（%）	16%	25% ↑

建筑贴线率 (%)	27%	70% ↑
-----------	-----	-------

盈浦街道所属场地类型为 W3C 类，达标情景下，盈浦街道的场地类型将由 W3C 类转变为 W3B 类，相应的，人均出行总距离将降低至 W3B 类场地的数值。外环不同场地类型对应的人均出行距离如表 6-12 所示。盈浦街道人均出行总距离现状数值如表 6-13 所示。

达标情景下，人均整周出行总距离将由 55.64km 下降至 53.94km，人均周末出行总距离由 19.36km 下降至 17.27km。出行总距离的变化如表 6-14 示。

表 6-12 外环三类场地类型人均出行总距离

代号类型	区位	次干路及以下市政路密度 (km/km ²)	生活圈设施覆盖率 (%)	人均整周出行总距离 (km)	人均周末出行总距离 (km)
W2B	外环	4	70%	44.56	14.78
W3B	外环	3	70%	53.94	17.27
W3C	外环	3	60%	58.58	20.89

表 6-13 盈浦街道人均出行总距离现状数值与对标数值

盈浦街道	现状数值	达标数值
人均整周出行总距离 (km)	55.64	53.94
人均周末出行总距离 (km)	19.36	17.27

表 6-14 盈浦街道设施达标后出行总距离减少情况

半淞园街道	现状	达标情景
整周出行总距离 (km)	701273.5	693277.2
周末出行总距离 (km)	241581.4	222447.5

达标情景下，盈浦街道的出行结构优化预测，如表 6-15 所示。

表 6-15 盈浦街道设施达标后出行结构优化预测

	现状	达标情景
周末公交车出行总距离占比	6.78%	6.99% ↑
周末地铁出行总距离占比	11.38%	15.38% ↑
周末汽车出行总距离占比	78.83%	76.61% ↓
整周公交车出行总距离占比	7.04%	7.35% ↑
整周地铁出行总距离占比	13.04%	13.86% ↑
整周汽车出行总距离占比	77.90%	77.44% ↓

基于出行总距离的减少和出行结构的优化，盈浦街道的减碳潜力计算结果如表 6-16 所示。

表 6-16 盈浦街道达标情景下碳减排量

碳排放变化量	现状	达标情景	达标后变化值
全年碳排放总量 (万吨/年)	0.38	0.37	0.0127
全年周末碳排放总量 (万吨/年)	0.13	0.12	0.0165
人均周末碳排放总量 (kg/人/年)	16.41	14.41	2.00
人均整周碳排放总量 (kg/人/年)	306.41	296.30	10.11

基于上述假设预测碳排放量的变化，可以看到街道出行排放的优化情景减排效果明显。在该情景下，盈浦街道全年总出行二氧化碳排放由原来的 0.38 万吨

下降至 0.37 万吨，下降了 3.30%。全年周末总出行二氧化碳排放由原来的 0.13 万吨下降至 0.12 万吨，下降了 12.19%。

出行碳排放总体实现了降低，周末出行的碳排放量的下降幅度大于整周出行，生活圈配套设施对居民以生活出行为主的周末出行影响更大。

第 7 章 上海市社区生活圈规划对居家用能碳排放的影响

本章关注居家生活用能碳排放，与上一章共同构成上海市社区生活圈规划减碳影响的分析结果。

7.1 社区食堂对居家用能碳排放的影响

7.1.1 社区食堂带来的用餐习惯转变

问卷调查显示，新华路街道受访者（N=23）在社区食堂建成前人均每周居家用餐 19 顿，在其他餐厅就餐 1 顿，通过外卖就餐 1 顿；社区食堂建成后，居家用餐 14 顿，通过社区食堂就餐 5 顿，通过其他餐厅和外卖就餐各 1 顿；推算新华路街道社区食堂代替居家用餐 5 顿/人·周。

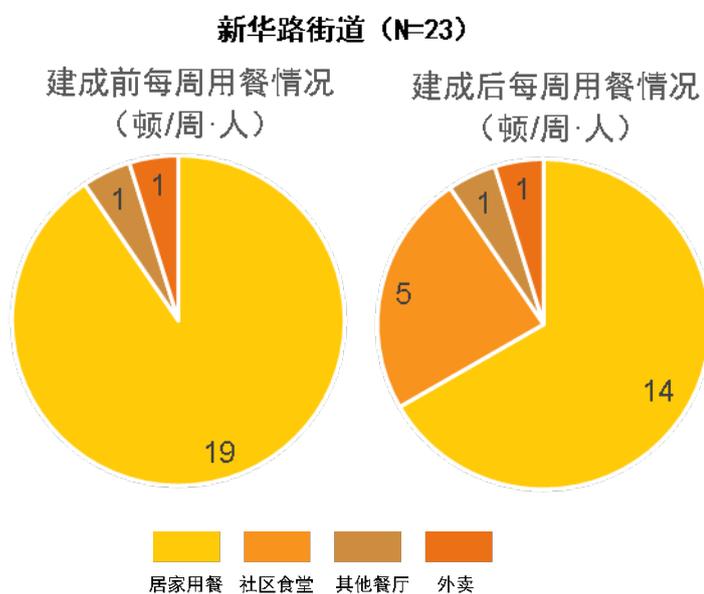


图 7-1 新华路街道社区食堂建成前后不同就餐途径的每周用餐次数变化

梅陇镇街道受访者（N=13）在社区食堂建成前人均每周居家用餐 14 顿，在其他餐厅就餐 5 顿，通过外卖就餐 1 顿；社区食堂建成后，居家用餐 11 顿，通

过社区食堂就餐 6 顿，通过其他餐厅就餐 3 顿，外卖 0 顿；推算梅陇镇街道社区食堂代替居家用餐 3 顿/人·周。

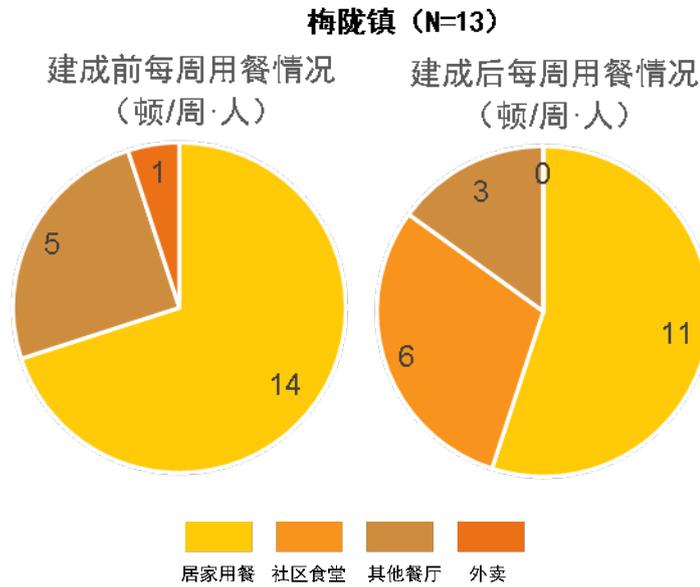


图 7-2 梅陇镇社区食堂建成前后不同就餐途径的每周用餐次数变化

南桥镇受访者 (N=4) 在社区食堂建成前人均每周居家用餐 20 顿，在其他餐厅就餐 10 顿；社区食堂建成后，居家用餐 16 顿，通过社区食堂就餐 4 顿，通过其他餐厅就餐 1 顿；推算南桥镇社区食堂代替居家用餐 4 顿/人·周。

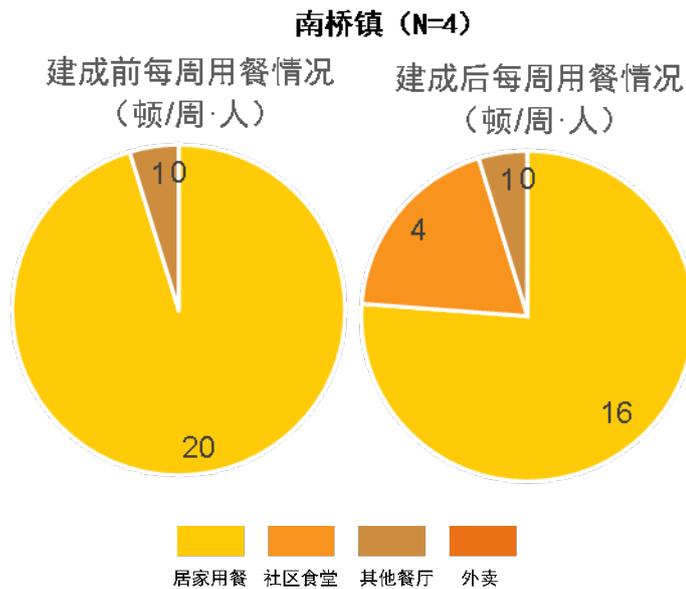


图 7-3 南桥镇社区食堂建成前后不同就餐途径的每周用餐次数变化

综合三个受访社区数据,社区食堂建成前后,每人每周居家用餐平均减少 4.3 次, 外卖和其他餐厅共减少 0.9 次, 社区食堂增加 5.2 次。推算上海市生活圈社区食堂代替居家用餐平均 4.3 次/人·周。

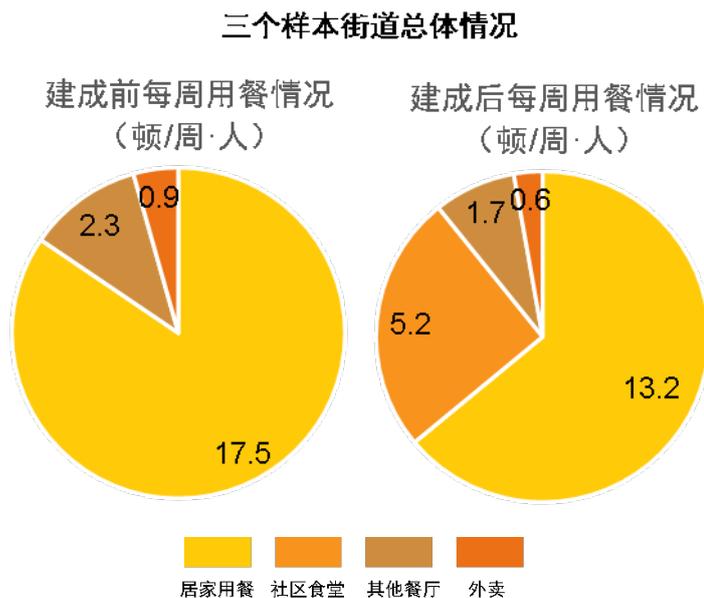


图 7-3 三受访生活圈在社区食堂建成前后不同就餐途径的每周用餐次数平均变化

7.1.2 社区食堂碳排放测算

基于社区食堂用餐、用能问卷数据,估算样本社区食堂每餐产碳量为 0.08kg-CO₂。计算过程见下表。其中受访食堂用电、用气数据, 供餐量通过问卷获取, 食堂利用能源的碳排放系数采用上海市标准⁸。

表 7-1 受访社区食堂碳排放测算

⁸ 上海市生态环境局《上海市生态环境局关于调整本市温室气体排放核算指南相关排放因子数值的通知》沪环气【2022】34号: 核算使用外购电力、热力所导致的排放时, 电力排放因子缺省值为 4.2t CO₂/10⁴kWh。上海市发展和改革委员会《上海市温室气体排放核算与报告指南》(2013): 天然气单位热值含碳量 15.3 t-C/TJ, 低位热值 38.93×10⁶TJ/m³; (焦炉) 煤气单位热值含碳量 13.6 t-C/TJ, 低位热值 17.406×10⁶TJ/m³。

街道 (设施名称)	用电/气量	碳排放系数	产碳量 (kg/天)	供餐量 (份数/天)	每份餐产碳量 (kg/份)
新华路街道 (邻里食堂)	111.1度/天	0.42kg-CO ₂ /kWh	46.7	3000	0.02
新华路街道 (万宏悦膳社区食堂)	天然气34-40m ³ /天	2.2kg-CO ₂ /m ³	81.4	1000	0.08
梅陇镇(熊氏社区食堂)	煤气6.4m ³ /天	0.8kg-CO ₂ /m ³	5.4	209	0.03
南桥镇 (南桥源生活驿站助餐服务点)	天然气12.3m ³ /天	2.2kg-CO ₂ /m ³	27.1	125	0.22
平均					0.08

$$\text{社区食堂减碳量 (kg/人} \cdot \text{周)} E_1 = (C_1 - A_1) * N_1$$

上式中 A1 计算为 0.08kg/餐次, N1 平均为 4.3 餐次/人·周。C1 表示居家烹饪每人每餐二氧化碳排放量, 基于文献⁹, 2017 年上海市民居家烹饪碳排放为 71.2kg-C/人·年, 按照早餐碳排放量为其他两餐的一半估算, 居家烹饪碳排放量为每人 0.29kg-CO₂/餐次。因此式中 C₁ - A₁ = 0.21kg-CO₂/餐次。计算得出三街道社区食堂平均减碳量为 0.9kg/人·周。新华路街道 N₁ 为 5, 减碳量为 1.19kg/人·周; 梅陇镇 N₁ 为 3, 减碳量为 0.63kg/人·周; 南桥镇 N₁ 为 4, 减碳量为 0.84kg/人·周。

7.1.3 居民选择社区食堂就餐的影响因素分析

本研究通过问卷调查了居民选择社区食堂就餐的原因、对社区食堂的满意度以及对社区食堂的改进建议, 以为社区食堂的后续提升提供参考。问卷显示, 居民选择社区食堂的就餐原因主要为“方便、不用自己做饭”(52%)、“价格实惠”(18%)和“饭菜干净卫生”(13%)。

⁹ 黄和平, 李亚丽, 杨斯玲. 中国城镇居民食物消费碳排放的时空演变特征分析[J]. 中国环境理, 2021, 13(01): 112-120. DOI: 10.16868/j.cnki.1674-6252.2021.01.112.

选择社区食堂就餐的主要原因

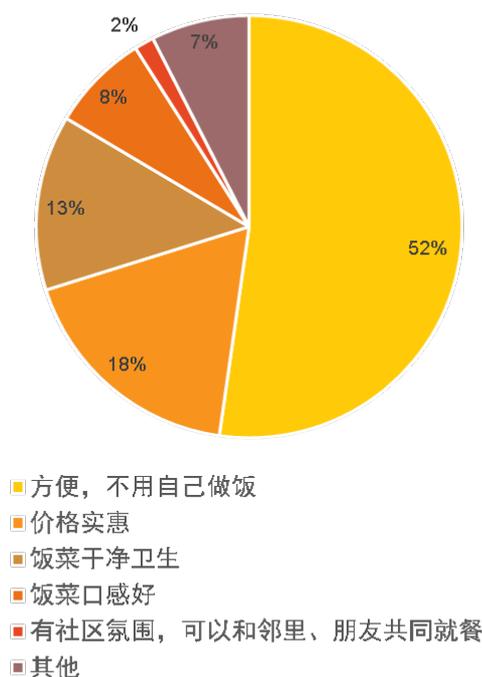


图 7-4 受访居民选择社区食堂就餐的主要原因

整体来说, 居民对社区食堂满意度高, 表示“很满意”的受访者占比 46%, “比较满意”的受访者占比 27%。

对社区食堂的满意度

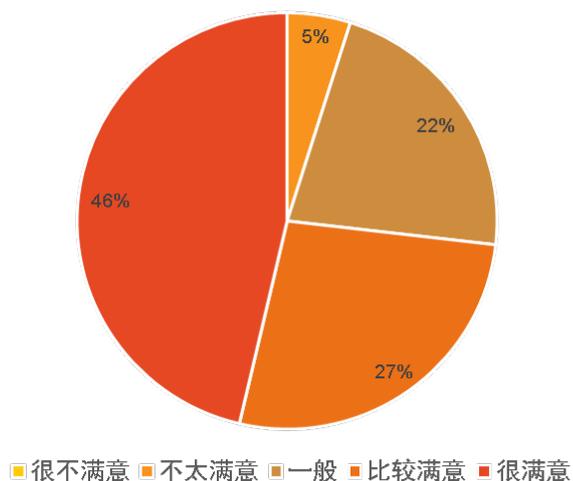


图 7-5 受访居民对社区食堂的满意程度

受访居民对社区食堂的主要改进建议包括：“开放时间延长” (N=18), “饭菜

种类/供应量增加” (N=10), “规模扩大” (N=7)。

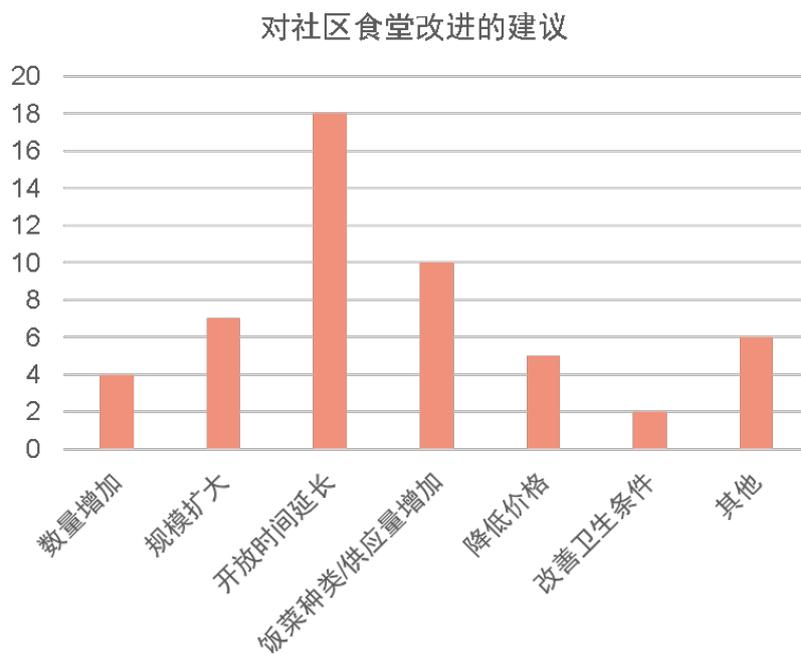


图 7-6 居民对社区食堂的改进建议

7.2 社区活动中心对居家用能碳排放的影响

7.2.1 社区活动中心带来的休闲习惯转变

问卷调查显示，新华路街道居民（N=27）在受访社区活动中心/公共开放空间（以下统称“社区活动中心”）建成前，每周平均户外活动时间为 13.1h，室内公共设施活动时间为 7.4h；建成后，每周平均户外活动时间为 13.2h，室内公共设施活动时间为 9.6h。即社区活动中心建成前后，非居家休闲时间平均提升 2.3h。

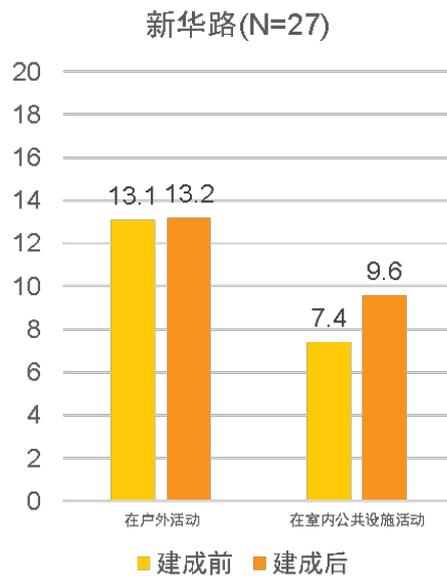


图 7-7 新华路街道受访者在社区活动中心建成前后的非居家休闲时长变化

梅陇镇居民（N=6）在受访社区活动中心建成前，每周平均户外活动时间为 15h，室内公共设施活动时间为 2.5h；建成后，每周平均户外活动时间为 13.3h，室内公共设施活动时间为 3.7h。即社区活动中心建成前后，非居家休闲时间平均减少 0.5h。

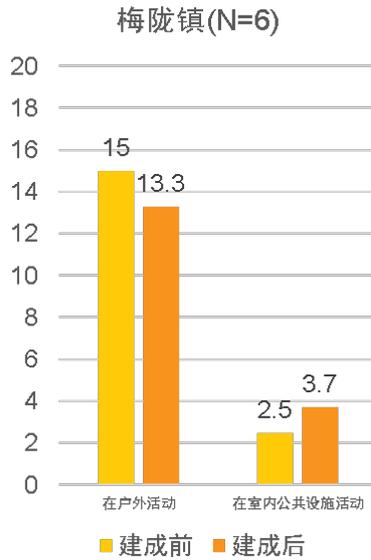


图 7-8 梅陇镇受访者在社区活动中心建成前后的非居家休闲时长变化

南桥镇居民 (N=17) 在受访社区活动中心建成前, 每周平均户外活动时间为 7.7h, 室内公共设施活动时间为 4.3h; 建成后, 每周平均户外活动时间为 9.8h, 室内公共设施活动时间为 5.6h。即社区活动中心建成前后, 非居家休闲时间平均增加 3.4h。

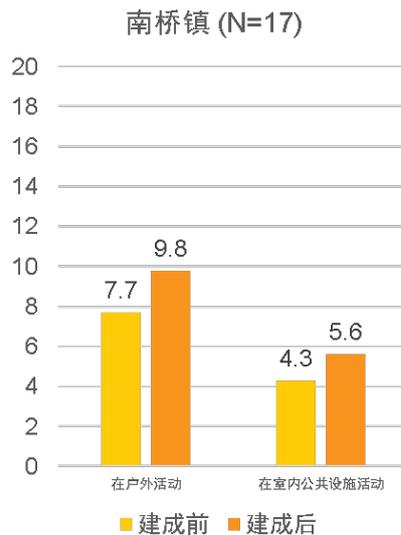


图 7-9 南桥镇受访者在社区活动中心建成前后的非居家休闲时长变化

综合三个受访社区数据，社区活动中心建成前后，每人每周户外活动时间平均增加 0.6h，室内活动时间平均增加 1.7h，即非居家休闲时间增加 2.3h。

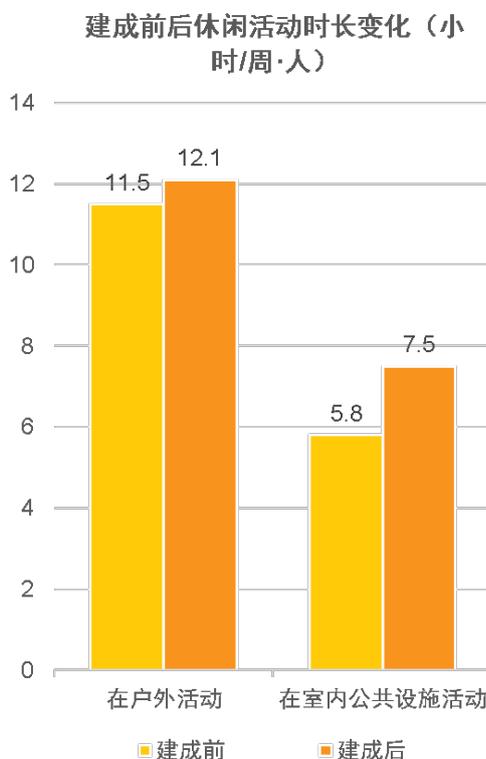


图 7-10 三个受访生活圈居民在社区活动中心建成前后的非居家休闲时长平均变化

7.2.2 社区活动中心对居家用能碳减排的测算

首先，基于问卷调查，获取居民居家用能习惯信息，主要关注空调和电视的使用情况。数据显示，夏季白天，工作日空调平均使用时长为 3.5h，周末空调平均使用时长为 4.1h。冬季白天，工作日空调平均使用时长为 1.8h，周末为 2h。就看电视时长来说，工作日平均为 2.5h，周末平均为 2.8h。

按照白天居家时间 12h 推算，居民夏季平均使用空调时长占比为 30%，冬季空调使用时长占比为 15%，看电视时长占比为 32%。

因此，若白天每周居家时间的 2.3h 转变为社区中心活动，推算夏季可减少

空调使用 0.7h/人·周，冬季可减少空调使用 0.3h/人·周，全年可减少看电视时长 0.7h/人·周。

因此，社区活动中心及公共开放空间潜力减碳量 (kg/人·周) 计算公式

$$E_2 = (A_2 * a + T_2 * t) * c$$

中，A₂ (社区活动中心及公共开放空间带来的白天居家空调用时的减少) 夏季值为 0.7，冬季值为 0.3，单位 h·周，T₂ (看电视时间的减少) 值为 0.7，单位 h·周。a 空调能耗取值 1kWh/h，t 电视机能耗取值 0.3kWh/h。c (上海市电力排放因子缺省值) 为 0.42kg-CO₂/kWh。

计算得社区活动中心夏季减碳量为 (0.7*1+0.7*0.3) * 0.42= 0.38kg/人·周，冬季减碳量为 (0.3*1+0.7*0.3) * 0.42= 0.23kg/人·周，春、秋季减碳量为 0.7*0.3*0.42=0.08kg/人·周。

7.2.3 居民在社区活动中心进行休闲活动的影响因素分析

问卷调查显示，居民在社区中心的主要活动为“参与文化艺术课程”(30%)和“进行体育健身”(27%)。

在社区中心的主要活动—新华路街道

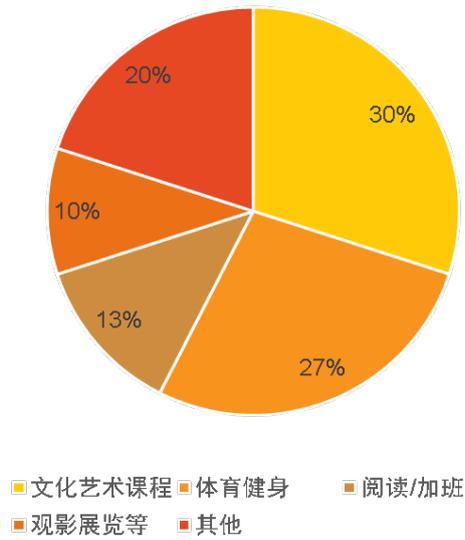


图 7-11 受访者在社区中心的主要活动（新华路街道）

大部分居民对社区活动中心的满意程度较高,有 43%受访者表示“比较满意”。40%受访者表示“很满意”。

对社区中心的满意度

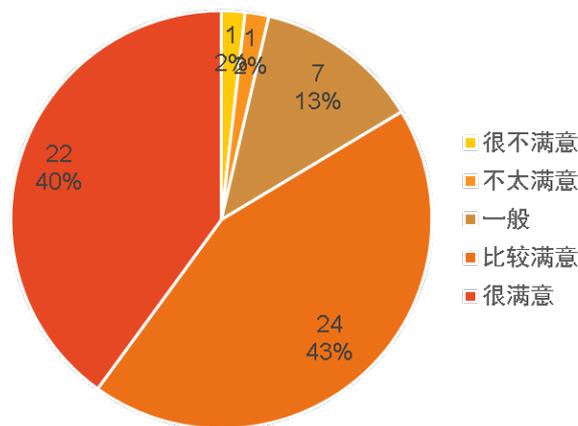


图 7-12 受访者对社区活动中心的满意程度

从进一步提升的角度,改进建议主要包括: 1) 公园景观提升, 增加乔木种植; 2) 增加球类活动场所; 3) 规范宠物大小便; 4) 提升娱乐设施; 5) 草地蚊

虫多，建议将部分草地改成硬质铺装；6) 夜间增加照明。此外，规模扩大、增加活动设备也呼声较高。

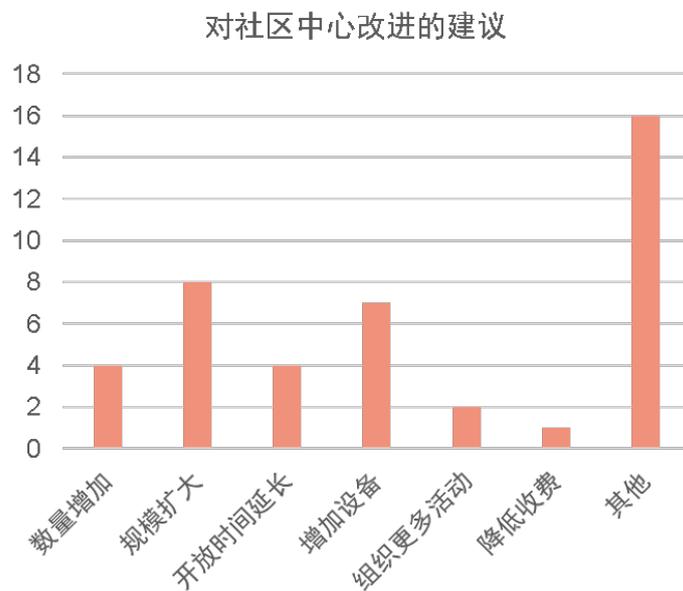


图 7-13 受访者对社区活动中心的改进建议

第 8 章 上海市社区生活圈试点减碳潜力评估

8.1 试点社区选取

北新泾街道地处长宁区西部，东起双流路、西至淞虹路、南到新渔路与新泾镇相邻，北濒北翟路隔苏州河与普陀区相望。街道总面积 2.22 平方公里，下设 15 个居委会。目前有常住人口 49002 人，户籍人口 38497 人。

根据对街道的生活圈设施服务需求调查，居民诉求部分如下：

- 1.居民出行不便，808 路公交车线路需改线
- 2.社区综合服务、就医配药、文化等设施符合新标准新需求
- 3.金钟路慢行断点亟待贯通，中环东西两侧、北翟路南北两侧慢行联通度有待加强，苏州河及中环等沿线慢行环境品质有待提升

8.2 社区生活圈规划方案介绍

《北新泾街道 15 分钟社区美好生活圈行动规划》着重于：1.公交站点和线路合理化 2.公共服务设施扩量提质 3.提升街道空间品质 4.交通优化等。

其中，生活圈减碳相关举措包含：结合蒲松北路交通枢纽和规划公交首末站的建设，合理设置线路、站点，优化区域公共交通，提升便捷度；808 路公交车（上海体育馆-双河路金鼎路方向）恢复原路线走向（天山西路->剑河路->金钟路），恢复金钟路剑河路站，撤销天山西路平塘路站；各类公服设施设置优化：增设党群服务中心、党建网格；扩建社区事务中心；卫生服务站位置搬迁；增设养老设施；优化文化中心、布局和规模；增设幼儿园、小学；降低商业办公楼宇空置率；增设社区充电桩等。

举措影响的生活圈减碳相关指标包含：公交站覆盖率、社区服务中心密度、

基础教育设施覆盖率、社区养老设施覆盖率、托养设施覆盖率、文化活动设施覆盖率、职住比和充电桩密度。

8.3 实施前后指标测算

8.3.1 出行

表 8-1 北新泾街道规划情景下设施变化

指标名称	现状	规划
职住比	0.98	1.05 ↑
充电桩密度	1.35	7.21 ↑
公交站覆盖率	50.00%	90.00% ↑
社区服务中心密度	2.70	3.15 ↑
基础教育设施覆盖率	90.61%	100.00% ↑
社区养老设施覆盖率	93.41%	100.00% ↑
托养设施覆盖率	89.20%	100.00% ↑
文化活动设施覆盖率	90.00%	100.00% ↑
医院覆盖率	90.00%	100.00% ↑

8.3.2 居家用能

根据表 8-1,北新泾街道规划情景下社区养老设施覆盖率从 93.41%增值 100%,文化活动设施覆盖率从 90%增至 100%。基于覆盖人口的提升带来相应设施使用人群数量提升的假设,计算北新泾生活圈规划在居民生活用能方面的碳排放潜能。

北新经常住人口为 49002 人,其中老年人口比例 30%,由此计算社区生活圈行动的服务人口增加量如下。

表 8-2 北新泾生活圈行动设施服务人口变化

社区生活圈行动及服务范围变化	覆盖率提升	服务人口增加 (人)
养老设施	6.6%	970*
社区活动设施	10%	4900

8.4 预测模型应用

8.4.1 出行行为和碳排放变化

北新泾街道所属场地类型为 Z2B 类，达标情景下，北新泾街道的场地类型将由 Z2B 类转变为 Z2A 类，相应的，人均出行总距离将降低至 Z2A 类场地的数值。中环不同场地类型对应的人均出行距离如表 8-3 所示。北新泾街道人均出行总距离现状数值与规划情景下数值如表 8-4 所示，达标情景下，人均整周出行总距离将由 46.63km 下降至 38.31km，人均周末出行总距离由 11.90km 下降至 11.53km。出行总距离的变化如表 8-5 示。

表 8-3 中环三类场地类型人均出行总距离

代号类型	区位	次干路及以下市政路密度 (km/km ²)	生活圈设施覆盖率 (%)	人均整周出行总距离 (km)	人均周末出行总距离 (km)
Z2A	中环	4	90%	38.31	11.53
Z2B	中环	4	70%	46.43	12.03
Z3B	中环	3	70%	50.68	14.36

表 8-4 北新泾街道人均出行总距离现状数值与规划情景下数值

	现状数值	规划数值
人均整周 出行总距离 (km)	46.63	38.31
人均周末 出行总距离 (km)	11.90	11.53

表 8-5 北新泾街道规划前后出行总距离减少情况

	现状	规划情景
整周出行总距离 (km)	1672298	1373629
周末出行总距离 (km)	426887	413523

达标情景下，北新泾街道的出行结构优化预测，如表 8-6 所示。

表 8-6 北新泾街道设施达标后出行结构优化预测

	现状	规划
周末公交车出行总距离占比	8.77%	9.06% ↑
周末地铁出行总距离占比	25.64%	27.01% ↑
周末汽车出行总距离占比	60.95%	58.81% ↓
整周公交车出行总距离占比	8.27%	8.77% ↑
整周地铁出行总距离占比	29.74%	30.57% ↑
整周汽车出行总距离占比	56.46%	55.51% ↓

表 8-7 北新泾街道规划情景下碳减排量

碳排放变化量	现状	规划	规划后变化值
全年碳排放总量 (万吨/年)	0.73	0.59	0.1358
全年周末碳排放总量 (万吨/年)	0.20	0.18	0.011
人均周末碳排放总量 (kg/人/年)	54.7	51.6	3.06
人均整周碳排放总量 (kg/人/年)	202.7	164.8	37.8

北新泾街道 15 分钟社区生活圈行动规划下的设施配置如表 8-1 所示。

基于上述假设预测碳排放量的变化,可以看到北新泾街道规划情景下的出行排放减排效果明显。在规划情景下,北新泾街道全年总出行二氧化碳排放由原来的 0.73 万吨下降至 0.59 万吨,下降了 18.68%。全年周末总出行二氧化碳排放由原来的 0.20 万吨下降至 0.18 万吨,下降了 5.6%。

出行碳排放总体实现了降低,整周出行的碳排放量的下降幅度高于周末出行,北新泾街道 15 分钟生活圈行动规划对居民的通勤出行和生活出行都能产生较大影响。

8.4.2 居家生活用能碳排放变化

假定养老设施包含老龄食堂,基于 7.1.2 的社区食堂碳减排数据,估算得北新泾生活圈养老设施年均减碳 $0.9\text{kg}/\text{人}\cdot\text{周}\times 970\text{人}\times 52\text{周}=45396\text{kg}$ 。老年人人均每年减少 46.8kg 二氧化碳排放,相当于上海市个人全年烹饪碳排放¹⁰ (261kg) 的 18%。

基于 7.2.2 的社区活动中心的碳减排数据,估算得北新泾生活圈新增文化活动设施春秋减碳= $0.08\text{kg}/\text{人}\cdot\text{周}\times 4900\text{人}\times 26\text{周}=10192\text{kg}$;夏季减碳= $0.38\text{kg}/\text{人}\cdot\text{周}\times 4900\text{人}\times 13\text{周}=24206\text{kg}$;冬季减碳= $0.23\text{kg}/\text{人}\cdot\text{周}\times 4900\text{人}\times 13\text{周}=14651\text{kg}$ 。全年减碳共 49049kg。社区居民人均每年减少 10kg 二氧化碳排放,相当于上海市个人生活用能碳排放¹¹的 1%。

¹⁰ 黄和平,李亚丽,杨斯玲.中国城镇居民食物消费碳排放的时空演变特征分析[J].中国环境地理,2021,13(01):112-120.DOI:10.16868/j.cnki.1674-6252.2021.01.112.

¹¹ 上海居民 2017 年生活用能碳排放约为 1.3 吨。来源:姚莎莎.中国省区居民生活用能碳排放的差异及其影响因素研究[D].哈尔滨工业大学,2020.DOI:10.27061/d.cnki.ghgdu.2020.000567.

第 9 章 结论与建议

9.1 结论

9.1.1 社区生活圈出行碳排放

整体而言，随着配套设施的完善，郊区社区生活圈的减碳效果明显高于城市中心，城市中心空间饱和，整体提升不明显。因此建议城市中心区应该集约式发展并偏重质量提升。基于精细化的人口特征、人群行为时空分布等研究，有针对性补充生活圈配套设施与服务，创造更加绿色低碳的出行环境，减少居民居家与出行碳排放。

研究发现，社区配套设施的覆盖情况和城市形态都对居民低碳出行的选择有显著的影响，社区配套设施覆盖程度越高，城市形态越紧凑，居民对低碳出行的偏好越强。

此外，通过社区配套设施和城市形态相关指标的变化情况，预测不同交通方式出行总距离占比，并通过场地分析，对标优化情景下的出行总距离，从而得到研究单元的不同交通方式出行总距离，并基于出行距离推算碳排放量。研究发现，生活圈规划行动带来的设施配置的提升能优化居民的出行结构，具体表现为公交车、地铁、慢行出行总距离占比的增加和小汽车出行总距离占比的减少，从而带来出行碳排放量的降低。

关键指标解读方面：总体上随着路网密度、公交站覆盖率、公园广场覆盖率、文化活动设施覆盖率增加，居民周末和整周汽车出行总距离占比减少，居民周末和整周公交车、地铁和慢行出行总距离占比有所增加。其中，值得关注的是随着公交站的覆盖率增加，整周和周末公交、地铁出行总距离占比均有增加，整周和

周末汽车出行总距离占比均有减少；文化活动设施的覆盖率增加主要能增加周末地铁出行总距离占比，减少周末汽车出行总距离占比，效果显著。另外，医院覆盖率对整周和周末慢行出行总距离占比影响最大；路网密度、公园广场覆盖率、基础教育覆盖率对周末慢行出行总距离占比也有较为明显的影响。

基于社区生活圈达标情景下预测碳排放量的变化，可以看到街道出行排放的优化情景减排效果明显。以半淞园街道、盈浦街道两街道预测模型为例，在达标情景下，全年的总出行二氧化碳排放可下降 5%左右，全年周末总出行二氧化碳排放可下降 10%左右。出行碳排放总体实现了降低，周末出行的碳排放量的下降幅度大于整周出行，生活圈配套设施对居民以生活出行为主的周末出行影响更大。

同时，以北新泾街道 15 分钟社区生活圈行动规划为例，进行社区生活圈试点减碳潜力评估。在规划情景下，北新泾街道全年总出行二氧化碳排放由原来的 0.73 万吨下降至 0.59 万吨，下降了 18.68%。全年周末总出行二氧化碳排放由原来的 0.20 万吨下降至 0.18 万吨，下降了 5.6%。说明 15 分钟生活圈行动规划对居民的通勤出行和生活出行都能产生较大影响，减碳潜力较大。

本次研究采用 2km*2km 网格作为最细颗粒度研究单元采集数据、构建指标体系、计算指标，并基于网格指标结果构建居民出行模型。总体而言，细颗粒度研究单元确保了模型的精度和预测的准确性。

此外，本研究采用手机信令数据作为主要数据来源，计算居民人口经济和出行行为相关指标。手机信令数据能够弥补传统统计年鉴数据在空间维度上信息的缺失和精度的不足。

9.1.2 社区生活圈居家用能碳排放

基于对新华路街道、梅陇镇、南桥镇的问卷调查，对生活圈社区食堂和社区活动中心的碳减排潜能进行测算。

烹任用能方面，本研究发现，相对居家烹饪，社区食堂人均每餐碳排放可减少 **0.21kg**；目前受访生活圈社区食堂平均可代替居家用餐 **4.3** 次/人·周，因此社区食堂平均减碳量可达 **0.9kg/人·周**。以此为基础，测算得北新泾生活圈规划老年食堂服务范围提升 **6.6%** 的情境下，老年人人均每年可减少 **46.8k** 碳排放，相当于上海市人均烹饪碳排放的 **18%**。

居家休闲用能方面，本研究发现，社区活动中心平均可减少每人 **2.3h/周** 的居家休闲时间，而居民居家休闲时间有 **30%**（夏季，冬季 **15%**）伴随着空调的使用，有 **32%** 的时间伴随着电视的使用，由此推算社区活动中心夏季可减少每人每周 **0.7h** 的空调使用，冬季每人每周 **0.3h** 的空调使用，全年 **0.7h** 的电视机时间使用。计算得相应的夏季减碳量为 **0.38kg/人·周**，冬季减碳量为 **0.23kg/人·周**，春秋季减碳量为 **0.08 kg/人·周**。以此为基础，测算得北新泾生活圈规划文化活动设施覆盖率提升 **10%** 的情景下，社区居民人均每年将减少 **10kg** 碳排放，相当于全年个人生活用能的约 **1%**。

由此可见，社区生活圈设施在减少烹饪、居家休闲用能方面潜力客观。建议生活圈重视社区食堂、社区活动中心、公共开放空间的建设。

从居民问卷来看，目前对社区食堂主要的改进需求是开放时间延长（目前多数社区食堂仅开放午餐）、饭菜种类/供应量增加、规模扩大等。此外，本研究建议生活圈规划中增加针对中青年、儿童群体的食堂供应，开设白领食堂，提升居民生活质量的同时，进一步增加社区食堂的碳减排潜能。

居民问卷中针对社区活动空间的主要改进建议包括景观提升、增加球类等运动场地、增设电梯、增加娱乐设备、增加夜间照明等。本研究建议各生活圈在进一步了解居民偏好与需求的基础上，增加相应设施和活动种类，增加活动场所覆盖率，以吸引更多居民参与社区活动中心的休闲活动，减少居家休闲用能，同时提升社区凝聚力和公众健康水平。

9.2 建议

通过总结上海市社区生活圈规划实施评估、减碳潜力研究的启示，访谈地方规划部门、街道、社区规划师和社区生活圈规划编制机构等，分为编制社区生活圈行动计划和面向国土空间详细规划两个层面，从规划体系、规划方法、规划内容、规划指标、审批审查、评价评估等方面进行研究，提出建议融入详规的社区生活圈规划的关键要素，支撑未来自然资源部《关于进一步规范国土空间详细规划的编制要点》政策文件的起草和发布。

9.2.1 编制社区生活圈行动计划相关建议

规划体系：（1）社区生活圈规划边界在各层级国土空间规划之间保持一致，可以以街道行政管理范围为准。上海社区生活圈行动计划与单元规划基本上均已街道一级的行政管理边界作为划分依据，这样可以承接“上海 2035”的分区指引，对接街道事权，发挥街道（镇）作为公共服务配套的基层管理主体的作用，更好的落实生活圈理念，同时符合单元范围也满足 15 分钟生活圈要求。但是对于街区尺度偏大或偏小的，可以根据尺度规模、区位差异等具体层面上进行细化调试。（2）省/市级自然资源主管部门牵头依据自然资源部《指南》编制针对本省

/市的社区生活圈相关导则、技术准则、建设实施意见等规划配套文件，例如上海在 2016 年编制了《上海市 15 分钟社区生活圈规划导则》、《上海市控制性详细规划技术准则（2016 年修订版）》，统一了基本标准导向和行动指引，将生活圈的概念落实为具体化、可操作的方法，在全市进行推广。另外，与自然资源部关于加强国土空间详细规划工作的通知（自然资发〔2023〕43 号）提到分区分类推进详细规划编制思路一致，考虑到全国各地城市差异大，有专家指出应加快编制《社区生活圈分类导则》《社区生活圈编制办法》等文件，因地制宜划分不同社区生活圈类型，探索不同类型生活圈的编制和管控方法，可为后续推动社区生活圈行动规划编制与实施提供重要支撑。

规划方法：(1) 编制详细规划前期调查应多维度、精准化了解居民生活需求，补充自下而上的信息传导，避免社区配套设施扎堆造成资源浪费。不少专家呼吁鼓励多样的调研方式，最大限度了解民意，例如可将动态与静态需求反馈相结合，按分级、时间、类型等多种民意反馈方式。另外，还应该加强需求分析深度和精细程度，例如应进一步细分人群并对其时空行为特征进行深入分析，提高需求分析精度，或是数据收据的网格可以细分到 50m*50m 以下，更精准的落位相关服务设施等。(2) 在现状分析中增加潜力资源识别（例如国企土地资产、公有房屋等），并在规划成果中体现对相关潜力资源的功能转换及利用方案。例如上海新华街道在编制社区生活圈行动规划时，积极对接国资委与计管局，了解其权属之下的闲置的资源，争取对外开放或进行功能更新，可以有效缓解空间资源不足的旧城、城市中心在配置公共服务设施上的压力。

规划内容：(1) 社区生活圈的规划中增加低碳相关内容,积极落实关键减碳、

碳汇指标内容。充分结合社区低碳元素（分布式能源、节能建筑等）或低碳社区建设等相关导则及其研究，积极引入相关评价方法，参考其设置标准与具体实施方法等。（2）关注郊区与城市中心区的社区生活圈行动规划内容的差异性。在有用地条件的郊区，应该尽可能配套齐全公共服务设施，完善绿色交通基础。而中心城区用地紧张，功能发展较为成熟，需要更注重品质提升，增加空间属性，以实施有针对性的低碳策略，可以针对不同类型的用地、建筑施行不同的办法等。

（3）积极对接妇联、残疾人协会等特殊群体服务机构，了解弱势群体需求，增加无障碍专项内容等，扩大详规包容性。虽然专家提到一些规划院与当地残联有结对协议，规划师会定期拜访一些残障人士，了解他们的诉求，但是如何让残障人士更好的参与到社会中，如何为他们创造更好的交往环境，还有待进一步探索相关工作机制与方法。（4）增加韧性与公共安全专项内容，应对公共卫生事件、自然灾害等。在疫情期间，尽管已经编制《社区生活圈指南》并开展了一些试点工作，但是面对反反复复的疫情发展，社区物资供应、老年人医疗救助等问题依然突出，引发专家学者对社区生活圈行动规划内容的反思。除此之外，随着气候变化的影响，各种极端天气带来的自然灾害发生的频率也在提高，因此未来社区生活圈行动规划在提高韧性与公共安全等方面还需要更多的研究与实践工作。（5）基于人口的预测分析、结合共享、互联网+内容、线上服务的形式，社区配套设施的面积指标应该有所降低，实现配套的差异化与精细化。例如由于线上服务推广普及，居民居家就可以通过各种平台订购，而非线下实地消费。早期的菜市场的人均标准很高，千人指标约 10 m²，一个标准菜市场可能需要 2000 m²，如今真正运营的菜市场面积可能仅仅是几百平方米，所以菜市场、农贸市场等标准应根据实际情况予以降低，而支持线上购物的仓库和配送站点等类似的指标需重新规

划考虑。

评价评估：(1) 编制社区生活圈行动规划过程中，应对现状、原规划碳排放进行评估。调查分析现状与已有规划的碳源和碳汇，分析碳排放水平或变化趋势，根据碳排放总量和强度评价，提出规划方案的调整建议，管控措施和减缓措施等。

(2) 社区层面探索碳排放交易或碳普惠机制。可在社区层面，积极推动“个人碳账户”，以“量化减排+正向激励”为核心价值，建立市场激励，为个人碳减排赋予如消费权益、实物兑换、公益荣誉、生态贡献等价值，不断丰富应用场景。例如 2023 年 4 月武汉公布《武汉市碳普惠体系建设实施方案》提出，逐步制定和建立覆盖衣、食、住、行、用等个人生活领域的碳减排评价规范和场景，积极推行绿色低碳生活方式，为公众参与碳减排活动提供多元化的路径选择。

9.2.2 面向国土空间详细规划相关建议

规划体系：(1) 中大城市可对控详规进行分层，优化控详规体系，单元/街区规划可起到承上启下的规划传导作用，强化总规与控规的层次衔接。例如“上海 2035”明确的“两规融合”规划体系中，取消了分区规划层次，强化了单元规划承上启下的层次作用。小城市及城镇不一定要增加新规划层次，可视情况而定。

规划方法：(1) 运用智慧监测与城市数字孪生等数字化技术，建立规划减碳协同技术体系。在规划之前先对现状或已有规划碳排放核算与评估，通过建立基础配套设施模块、居民居家用能与出行预测，进行数据模块化分析、模拟，以此来选择最理想的发展情景，明确社区生活圈行动规划的各项要素的最优配置。

规划指标：(1) 把低碳目标融入社区生活圈的规划中，关键减碳、碳汇指标建议在单元或地块层面法定化、约束化。例如公共交通站点覆盖率、文化设施覆

盖率、医疗设施覆盖率、建筑兼容性、建筑高度等对减碳贡献突出的指标或是增强碳汇能力的碳汇指标，例如公园广场覆盖率、绿地率、乔灌木配比等。(2) 增加混合用地类型，扩大单一性质用地业态兼容比例，对教育、文化、体育、公共绿地可进行弹性供给。面对中心城区空间资源有限的情况，上海在统计指标时给出一些弹性规定，例如学校空间开放共享的话，那么该学校的空间可以按照 100% 教育空间，20% 体育空间纳入计算，或中心城区难以达到全市统一的绿地标准，也可以予以适当降低标准许可等。(3) 控规中还应补充小微型、结建型或嵌入式设施内容，完善评估-出让-建设机制，将指标完成度与地块出让金进行挂钩，并在市、区层面统筹指标达标率。在实际的建设过程中，很多设施都是嵌入式或者是结建，而非独立占地的设施。未来也应该多鼓励结建、共享、嵌入式的服务形式，所以微小型、结建型和嵌入式设施的指标可根据实际情况予以明确。同时为了更好地落地实施，建议完善评估-出让-建设机制，可将指标完成度与地块出让金进行挂钩，例如政府在出让地块前，与开发更新主体明确地块需要完成的指标和配套内容，完成度较高的情况下可以适当予以出让金优惠，这样政府可以不受限于一个社区，而在全市、区层面统筹指标达标率。

审批审查：(1) 大中城市控规层次之上增加了单元规划，可单独编制、单独审批，精简优化审批流程。例如《上海市控制性详细规划编制审批管理操作规程（2020 试行版）》明确：经市政府认定的特定区域整单元控详规划及按市政府要求需上报的控详规划，由市规划资源局、相关区政府上报市政府审批；其他项目原则上由区政府上报市规划资源局，市规划资源局受市政府委托进行审批。(2) 市区级统一标准，并借助信息化系统支撑，优化技术审查市区事权。例如上海市规划资源局牵头形成统一技术标准，下发各区，参照开展技术审查工作。通过“大

规划”系统智能辅助审查功能，有力保障上位规划指标要求在下位规划落实。基于统一标准和信息化系统支撑，大大优化技术审查工作市区事权。

评价评估：(1) 加强全要素、多维度评估工作，及时发现问题并更新项目清单。例如上海开展控详规划编制效率评估、土地出让前规划实施评估、在规划评估阶段应针对全要素进行评估，统筹开展居住、就业、出行、服务、休闲以及城市家具各类系统的评估与梳理，形成社区发展的短板清单，还有每三年或每五年对规划实施情况评估等等，这些评估工作提高效率的同时，更有针对性地提高规划质量。

致 谢

本研究由北大国土空间规划设计研究院、北京数城未来科技有限公司、清华大学建筑学院联合撰写，由能源基金会提供资金支持。

本研究是能源基金会低碳城市项目课题。

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。