

基于多年街景图片的 街道步行设施改善情况研究

(申请清华大学工学硕士学位论文)

培 养 单 位 : 建筑学院
学 科 : 城乡规划学
研 究 生 : 张书杰
指 导 教 师 : 龙瀛 副 教 授

二〇二二年十二月

基于多年街景图片的街道步行设施改善情况研究

张书杰

Research on the Improvement of Pedestrian Facilities with Multi-Year Street View Images

Thesis submitted to

Tsinghua University

in partial fulfillment of the requirement

for the degree of

Master of Science

in

Urban Planning

by

Zhang Shujie

Thesis Supervisor: Associate Professor Long Ying

December, 2022

学位论文公开评阅人和答辩委员会名单

公开评阅人名单

党安荣	教授	清华大学
来源	助理教授	清华大学

答辩委员会名单

主席	边兰春	教授	清华大学
委员	张悦	教授	清华大学
	钟舸	教授	清华大学
	党安荣	教授	清华大学
秘书	龙瀛	副教授	清华大学
	涂唐奇	助理研究员	清华大学

关于学位论文使用授权的说明

本人完全了解清华大学有关保留、使用学位论文的规定，即：

清华大学拥有在著作权法规定范围内学位论文的使用权，其中包括：（1）已获学位的研究生必须按学校规定提交学位论文，学校可以采用影印、缩印或其他复制手段保存研究生上交的学位论文；（2）为教学和科研目的，学校可以将公开的学位论文作为资料在图书馆、资料室等场所供校内师生阅读，或在校园网上供校内师生浏览部分内容；（3）按照上级教育主管部门督导、抽查等要求，报送相应的学位论文。

本人保证遵守上述规定。

作者签名： 张书杰

导师签名： 

日 期： 2022年12月5日

日 期： 2022年12月5日

摘要

城市街道步行友好性对城市品质至关重要，受到了国家和社会的广泛关注，近年来颁布了各项步行政策引导相关设施的建设与优化，在城市建设和城市步行友好性方面具有重要的支持和引导作用。同时，相关政策导则提出建立城市体检评估机制，对政策目标的改善情况及实施结果进行针对性评估，以实现规划实施的及时反馈和完善。目前的相关研究中，对于步行政策的实施评估较少，对步行环境变化与改善的测度研究也非常有限，对于微观尺度步行友好性指标的测度多通过小样本量表和调查问卷的方式，难以支持客观、大规模的测度与政策评估。近年来，低成本、高效率、覆盖范围广的海量街景图片时光机数据为这种测度和政策实施评估的研究提供了可能。作为步行友好性评估微观尺度评估的重要要素之一，步行设施是城市街道环境设计和质量改善的关键点。因此，研究以街道步行设施为切入点，对其改善情况及政策评估进行研究。

研究结合文献梳理与海量街景图片初步调研，构建城市街道步行设施改善情况评估指标及审计标准，基于多时相的街景图片时光机数据自主开发街道步行设施虚拟审计在线系统，并通过人工审计的方式进行评价。以中国 45 个城市为例探索步行设施纵向改善情况的研究路径，并结合评估期内步行政策进行步行设施的政策实施评估；以北京市为例进行深入实证研究，对城市空间差异特征下步行设施的改善情况进行研究；并分别提出应对策略。

45 个城市的总体研究结果表明，（1）“现状-改善-政策”三维评价结果能够反映城市政策在步行设施纵向改善中的不足，有助于辅助街道步行政策评估；（2）针对各城市的评估结果与定位，分别从政策颁布、政策执行落实、政策实施监督三方面提出建议。北京市的深入研究结果显示，（1）北京市步行设施在 45 个城市中改善程度最大，政策颁布情况和改善实施效果也较好，整体表现较好，但仍有提升空间；（2）北京市步行设施整体表现出表现不好改善力度不强、改善力度强但成效不显著、没有改善但表现一贯较好、改善效果明显 4 种特征，对于前两种表现，建议进一步加强规划建设，从“无”到“有”，对于后两种表现，建议进行针对性的改质提升，由“有”到“优”。

关键词：街道空间；可步行性；步行设施；街景图片；政策评估

Abstract

The walkability of urban streets affects the quality of urban public space, and has received wide attention from the state and society. In recent years, various pedestrian policies have been promulgated to guide the construction and optimization of related facilities, which play an important role in supporting and guiding urban construction and urban walkability. Meanwhile, the relevant policy guidelines propose to establish an urban physical examination evaluation mechanism to conduct targeted evaluations on the improvement of policy objectives and implementation results, to achieve timely feedback and improvement of planning implementation. At present, there is little evaluation of the implementation of the walking policies, and the research on the measurement of the improvements in the walking environment is limited. The measurement of the micro-scale walkability indicators is mostly through small sample scales and questionnaires, which is difficult to support the large-scale measurement and policy evaluation. In recent years, the low-cost, high-efficiency, and wide-ranging street view image data provides the possibility for such measurement and evaluation research. As one of the important elements in the micro-scale assessment of walkability assessment, the pedestrian facility is the key point for urban street design and quality improvement. Therefore, the study takes the street pedestrian facility as the starting point to study the improvement and policy evaluation.

In combination with a literature review and preliminary investigation of massive street view images, the study constructed evaluation indicators and standards for the improvement of urban street pedestrian facilities. Based on multi-temporal street view image data, the study independently developed a manual and virtual audit online system for pedestrian facilities in urban streets. Take 45 cities in China as examples to explore the research path of a longitudinal evaluation of pedestrian facilities, describe the improvement in some cities in recent years, and evaluate the policy implementation of pedestrian facilities in combination with the pedestrian policies during the evaluation period. Take Beijing as an example to conduct in-depth empirical research on the improvement of pedestrian facilities under the characteristics of urban spatial differences. And put forward the countermeasures respectively.

The overall research results of 45 cities show, (1) the three-dimensional evaluation results of "status-improvement-policy" can reflect the deficiencies of urban policies in the longitudinal improvement of pedestrian facilities, and help to assist the evaluation of street walking policies; (2) according to the evaluation results and positioning of each city, suggestions are put forward from three aspects: policy promulgation, policy implementation, and policy supervision. The results of in-depth research in Beijing show, (1) the pedestrian facilities in Beijing have the greatest improvement among the 45 cities, and the policy promulgation and implementation are also good. But there is still room for improvement; (2) the pedestrian facilities in Beijing generally show four characteristics: poor performance and not strong improvement, strong improvement but not significant effect, no improvement but consistently good performance, and obvious improvement effect. For the former two performances, it is recommended to further strengthen the planning and construction. For the latter two performances, it is recommended to improve quality.

Keywords: street space; walkability; pedestrian facilities; street view images; policy evaluation

目录

摘要	I
Abstract	II
目录	IV
插图清单	VIII
附表清单	XI
第 1 章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 步行友好对城市品质至关重要	1
1.1.2 步行政策影响待研究	1
1.1.3 中国城市步行友好性改善情况待研究	2
1.1.4 新数据为空间改善研究提供支持	3
1.2 相关政策与实践进展	3
1.2.1 步行友好性相关政策进展	3
1.2.2 街道设计导则相关实践进展	4
1.2.3 社会实践探索	6
1.3 研究内容	6
1.3.1 研究意义	6
1.3.2 研究目标	7
1.3.3 研究内容	7
1.4 研究方法与技术路线	8
1.4.1 研究方法	8
1.4.2 技术路线	9
第 2 章 文献综述	10
2.1 步行友好性评价相关研究进展	10
2.1.1 步行友好性研究进展概述	10
2.1.2 步行友好性评价指标	11
2.2 步行设施评价相关研究进展	12
2.2.1 步行设施评价指标	12
2.2.2 步行设施研究内容	13

2.2.3 步行设施规划应对相关研究进展	13
2.3 步行政策评估相关研究进展	14
2.3.1 公共政策领域政策评估研究进展	14
2.3.2 城市规划领域政策评估研究进展	15
2.3.3 步行友好与步行政策领域政策评估研究进展	16
2.4 研究评述与研究方向	17
第 3 章 研究对象与数据	20
3.1 研究对象	20
3.2 数据来源与处理	22
3.2.1 数据来源	22
3.2.2 评价数据	26
3.3 本章小结	27
第 4 章 城市街道步行设施改善情况评估标准构建	30
4.1 评价标准	30
4.1.1 指标选取	30
4.1.2 评价指南	31
4.2 评价过程	42
4.2.1 虚拟审计平台构建	42
4.2.2 计算方法	42
4.2.3 评价与检验	43
4.3 本章小结	44
第 5 章 中国 45 个城市街道步行设施评价结果分析	45
5.1 城市街道步行设施评价结果总览	45
5.1.1 步行设施指标综合情况概述	45
5.1.2 各城市评分结果总览	49
5.2 城市街道步行设施城市尺度评价结果及其特征	50
5.2.1 各城市步行设施指标改善情况对比	50
5.2.2 “现状-改善”二维评价体系	58
5.3 城市街道步行友好政策尺度评价结果及其特征	59
5.3.1 各城市政策颁布情况	59
5.3.2 “现状-改善-政策”三维评价体系	60
5.4 本章小结	62
第 6 章 北京市街道步行设施评价结果分析	64

6.1 北京市街道步行设施整体改善情况	64
6.1.1 街景点特征表现	64
6.1.2 设施指标特征表现	66
6.1.3 步行设施指标的相互关系	68
6.2 北京市街道步行设施改善情况的分布特征	70
6.2.1 空间分布总体特征表现	70
6.2.2 街区分类特征下的步行设施改善情况	74
6.2.3 街道分类特征下的步行设施改善情况	77
6.3 北京市城市与区域政策建设评估	80
6.3.1 城市政策影响	80
6.3.2 区域差异化政策引导	81
6.4 本章小结	86
第 7 章 城市街道步行设施规划应对	88
7.1 中国 45 个城市街道步行设施提升重点	88
7.1.1 街道步行设施政策规划的颁布与实施	88
7.1.2 街道步行设施提升	88
7.2 北京市步行设施提升优化	89
7.2.1 不同类型街区的步行设施提升	89
7.2.2 不同类型街道的步行设施提升	90
7.2.3 综合提升	91
7.3 本章小结	95
第 8 章 研究结论与展望	96
8.1 研究结论	96
8.1.1 对比总结中国 45 个城市街道步行设施的建设与改善情况	96
8.1.2 北京市步行设施改善整体较好，但仍有提升空间	97
8.2 方法讨论	98
8.2.1 基于多年街景图片和人工虚拟审计的街道步行设施改善评估方法	98
8.2.2 结合多年街景图片纵向测度的政策评估方法	99
8.3 研究局限性	99
参考文献	101
附录 A 城市步行相关政策	108
致谢	117
声明	118

目录

个人简历、在学期间完成的相关学术成果	119
指导教师评语	121
答辩委员会决议书	122

插图清单

图 1.1	上海市街道设计导则中的设计要素	5
图 1.2	北京市街道设计导则中的街道空间要素	5
图 1.3	研究目的、内容与总体思路	7
图 1.4	研究技术路线	9
图 2.1	Walkability 发展脉络概述	11
图 2.2	综合评估方法的三阶段流程	15
图 2.3	政策评估框架	15
图 2.4	城市规划评估矩阵	16
图 2.5	步行设施政策评估研究对象与研究重点	18
图 2.6	已有研究评述与研究方向	19
图 3.1	研究城市分布	20
图 3.2	城市中心城区（北京市为例）	21
图 3.3	北京市街道步行设施研究范围	22
图 3.4	街景抓取点（以北京市为例）	23
图 3.5	抓取点位特征	23
图 3.6	百度地图时光机	24
图 3.7	抓取焦距调试	24
图 3.8	多年街景图片对比案例	25
图 3.9	四个方向、两个时间点的街景拼接	25
图 3.10	最终打分点位（以北京市为例）	27
图 4.1	虚拟审计平台-基于街景图片对街道步行设施进行人工审计	42
图 5.1	城市街道步行设施指标现状评估结果	47
图 5.2	城市街道步行设施指标改善评估结果	47
图 5.3	步行设施现状改善高分街景图像数据示意	48
图 5.4	中国主要城市街道步行设施改善得分	49
图 5.5	中国主要城市街道步行设施现状得分	49
图 5.6	城市街道步行设施改善评分分布	49
图 5.7	城市街道步行设施现状评分分布	50
图 5.8	城市街道步行友好性“现状-改善-政策”三维评价体系	61
图 6.1	北京市六环内街景点步行设施改善情况的分布	64

图 6.2	街景点的步行设施现状与改善情况数据分布	65
图 6.3	部分设施定义与示意	65
图 6.4	步行设施现状评价高分街景图像数据示意	66
图 6.5	北京市不同步行设施指标现状频率分布情况	67
图 6.6	北京市不同步行设施指标改善频率分布情况	67
图 6.7	北京市不同步行设施指标现状与改善对比的特征表现	68
图 6.8	步行设施改善与现状分布热力图	71
图 6.9	步行设施各指标现状情况分布热力图	71
图 6.10	和平里北街步行设施现状表现	72
图 6.11	阜成门大街步行设施现状表现	72
图 6.12	步行设施各指标改善情况分布热力图	73
图 6.13	北京市科技大道 2013 年和 2019 年街道步行设施改善情况	74
图 6.14	评估点位所在街区分类	75
图 6.15	街区分类特征下步行设施得分箱型图	75
图 6.16	商业商务区优先提升区域	76
图 6.17	街区分类特征下步行设施单指标得分平均值	76
图 6.18	评估点位所在街道分类	78
图 6.19	街道分类特征下步行设施得分箱型图	79
图 6.20	街道分类特征下步行设施单指标得分平均值	79
图 6.21	步行设施改善情况分布热力图及重点提升区域标注	81
图 6.22	亦庄 2013 年和 2019 年街道步行设施改善情况	82
图 6.23	方庄 2013 年至 2019 年街道步行设施改善情况	83
图 6.24	步行设施改善情况分布热力图及有待改善区域标注	84
图 6.25	丰管路街道步行设施情况	85
图 6.26	化工路 2013 年和 2019 年街道步行设施情况	85
图 6.27	3 号区域北京国门医院附近无名街道步行设施情况	86
图 6.28	4 号区域香山路街道步行设施情况	86
图 6.29	2019 年街道步行设施情况	86
图 7.1	从“无”到“有”的街道步行设施	92
图 7.2	从“有”到“优”的街道步行设施	92
图 7.3	路侧带断面一般形式	93
图 7.4	亦庄区域东环北路 2019 年街道步行设施表现	94
图 7.5	亦庄经海路 2019 年街道步行设施表现	94

图 7.6 布法罗尼亚加拉医学校园94

附表清单

表 1.1	国家层面步行相关政策的建设重点	3
表 1.2	国家层面相关行动计划和标准导则	4
表 2.1	步行空间感受层级微观尺度可步行性影响因素及测度指标	12
表 3.1	研究城市分类	20
表 3.2	评估城市及其街景图片评估年份和评估数量	28
表 4.1	基于“街道步行环境指数”评价指标及权重	30
表 4.2	城市街道步行设施指标现状评价标准	34
表 4.3	城市街道步行设施指标改善评价标准	38
表 4.4	IoU 检验结果	44
表 5.1	分项指标数据统计	45
表 5.2	各城市分项指标评价情况	52
表 5.3	城市街道步行设施“现状-改善”二维评价结果	59
表 5.4	各市相关政策或规划分级	59
表 5.5	城市街道步行友好性“现状-改善-政策”三维评价结果	62
表 6.1	指标的改善与现状表现的相关性分析	69
表 6.2	街景点尺度上设施指标改善的相关性分析	69
表 6.3	街区分类及其对应的地块功能	74
表 6.4	街区设施改善评价结果	77
表 6.5	街道分类及其对应的 100m 缓冲区内主导地块功能	78
表 6.6	街道设施改善评价结果	80
表 7.1	不同街区（功能分区）的步行设施现状需求、导则建议及指标对应	89
表 7.2	导则要求的街区步行设施指标表现情况	90
表 7.3	不同街道的步行设施现状需求、导则建议及指标对应	90
表 7.4	导则要求的街道步行设施指标表现情况	91

第 1 章 绪论

1.1 研究背景

1.1.1 步行友好对城市品质至关重要

近年来，随着城镇化规模的不断扩大，人们对机动车和公共交通的需求持续增长，缓解城市交通拥堵与碳中和、碳减排仍然是未来的城市研究问题。我国也在第七十五届联合国大会中提出碳中和愿景。非机动车建设和城市街道步行友好性提升成为了缓解交通拥堵、减少城市交通碳排放的有效方法之一，通过鼓励人们更多地采用步行交通方式，减少机动车出行，显著改善了城市交通绿色低碳和可持续发展（Labdaoui, et al., 2021），对城市品质提升和城市宜居具有重要作用（Shamsuddin, Hassan and Bilyamin, 2012）。

步行友好性受到国家和社会的广泛关注，关于步行环境的实践探索和研究愈加丰富。在国家层面，“十四五规划”明确提出要建设自行车道、步行道等慢行网络，进一步提出加快推动绿色低碳发展的要求，表明了国家对绿色出行的重视。北京、上海等多个城市也陆续推出了慢行交通的相关方案与规划，如《2021年北京市城市慢行系统品质提升行动工作方案》、《上海市慢行交通规划设计导则》，加快城市慢行网络建设。国际上也在尝试新的步行规划与政策。美国丹佛市制定了以可步行城市（Walkable City）为关键性目标的市中心区域规划（王辰和邓浩，2015），通过城市宏观尺度、街区和街道中观尺度、建筑和街道家具微观尺度三个层级共同努力实现步行空间的整体连续。荷兰市政当局、中央政府和社会团体（Ministry of the Interior and Kingdom Relations）建立“城市步行空间”（City Deal Ruimte voor Lopen）这一多方合作组织，在设计实体生活环境时充分考虑行人，通过对步行设施进行空间布局来引导行人步行，并同时探索试验城市环境中的步行友好政策。

1.1.2 步行政策影响待研究

公共政策是调整社会关系的主要手段。在过去的几年中，我国出台了许多不同层级、不同类型的城市步行友好性相关政策、规划及导则，在城市建设和城市步行友好性方面有重要的支持和引导作用（刘颖和惠冰，2011）。《北京街道更新治理城市设计导则》（下文简称为《北京街道导则》）中提出依据治理指标体系建立城市的体检评估机制，充分利用大数据和动态模型等创新手段，结合现状情

况和规划目标对不同区域进行针对性重点评估，实现对规划实施的及时反馈和完善。

目前，城市规划及公共政策评估的理论及实践已经有了较多的发展，在步行政策方面的研究也有一定进展。如 Wildavsky (1973) 对规划实施结果进行评估，Laurian 等(2004)基于一致性评估思路提出规划政策执行程度的评价理论 PIE(Plan Implementation Evaluation) 模型，荷兰规划评估学院 Faludi (2000) 提出规划实施执行力 (performance) 评估理论，考察规划是否发挥作用，Yoon 等 (2020) 通过可穿戴传感器研究可步行性与步行政策变化之间的关系。国内也有多种规划政策评估的理论及方法 (欧阳鹏, 2008; 郑德高和闫岩, 2013; 马璇和张一凡, 2016)，但在步行交通或慢行规划方面的政策评估较少，近年来我国步行友好相关政策对城市步行友好性的影响仍有待评估和研究。

1.1.3 中国城市步行友好性改善情况待研究

目前国内外对城市步行环境的研究主要集中在特征评估和在此基础上内容与方法的创新研究。特征评估方面，一方面关注可能诱发或阻碍步行行为的建成环境特征 (苏书杰, 2017; 卢银桃和王德, 2012) 和影响机制 (Larranaga, et al., 2019; Cambra and Moura, 2020)，如步行安全、密度和可达性、步行网络连接性评估 (刘涟涟和尉闻, 2018) 以及基于环境干预的影响机制实验 (Larranaga, et al., 2019)，另一方面关注步行体验的建成环境特征 (Ewing and Handy, 2009)，如步行评价、步行指数、街道环境指数 (自然资源保护协会, 2019)、环境质量 (郝新华和龙瀛, 2017)、空间品质 (唐婧娴 等, 2016) 等。内容与方法方面，基于建成环境特征评估的基础，从研究数据、研究内容、研究对象和研究方法上进一步探讨，通过可穿戴传感器 (Yoon, Chun and Kim, 2020)、网络开源应用程序接口 (Application Programming Interface, API) (Kelly, et al., 2013)、众包 (Hanibuchi, Nakaya and Inoue, 2019)、量表与问卷调查 (Choi, Seo and Oh, 2016) 等方式获得图片数据和调查数据，再通过研讨会 (Carbone, et al., 2018)、环境审计 (Babb and Curtis, 2015)、虚拟环境审计 (龙瀛和周垠, 2017)、语义分割和机器学习 (甘欣悦, 余天唯和龙瀛, 2018; 黄志强 等, 2021) 等方法，对校园布局合理性和步行性 (Zhang, Fisher and Feng, 2020)、居住区步行环境特征评估及其与居民心理和社会环境的关系 (Choi, Seo and Oh, 2016)、老年人感知的社区步行性与幸福感孤独感的关系 (Yu, et al., 2017)、城市设计应用 (Frank, et al., 2010; Dover and Massengale, 2013)、城市空间品质变化 (李智和龙瀛, 2018) 等多对象、多角度进行研究。

目前城市步行友好性的相关研究均是对城市步行友好性“现状”的评价，即

某一时间节点的步行友好性评估。但城市的发展及步行友好性的提升均是时间维度的纵向改善，城市步行友好性改善情况的纵向研究能够弥补时间维度研究的空缺，也有利于城市政策的有效性评估，并及时发现不足，在城市实践上有重要意义。

1.1.4 新数据为空间改善研究提供支持

随着百度街景等在线地图的发展，建成环境的测度有了新数据和新方法。一方面，街景图片新数据记录了人本尺度街道空间上丰富的视觉信息，其反映的城市空间形态和空间品质为城市街道周边建成环境的虚拟评估提供了方法和数据支持（Steinmetz, et al., 2019）；另一方面，街景图片跨时间尺度的数据信息使得建成环境的回溯研究成为可能，例如百度街景的“时光机”功能，记录了同一地点在不同年份的街道空间，为城市街道空间变化的纵向比较研究提供了支持（唐婧娴等, 2017）。

基于街景图片新数据的虚拟环境审计对城市环境和城市可步行性的研究已经经过多方检验，与传统的环境审计在结果上具有高度一致性，是城市建成环境评估广泛运用的方式之一，且具有效率高、成本低等优点（Steinmetz, et al., 2019），同时街景图片的时光机功能还能弥补传统审计对于建成环境变化情况评估的不足，具有独特的优越性。

1.2 相关政策与实践进展

1.2.1 步行友好性相关政策进展

近年来，步行环境与步行友好性愈加受到国家政策关注，从战略上提出步行街道和慢行系统建设的目标和意见，总体概括了步行友好系统的建设重点（表 1.1）。在具体的规划落实和建设中，国家层面也出台了相关行动计划和标准导则，从微观和细节上指导城市步行友好系统建设的标准和方案（表 1.2）。

表 1.1 国家层面步行相关政策的建设重点

年份	文件	相关内容关键词
2012	《关于加强城市步行和自行车交通系统建设的指导意见》	步行道和自行车道建设、行人过街设施、自行车停车设施
2013	《关于加强城市基础设施建设的意见》	城市步行、自行车绿道，道路林荫绿化、照明行人过街设施，自行车停车设施

续表 1.1 国家层面步行相关政策的建设重点

年份	文件	相关内容关键词
2016	《关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》	自行车道和步行道系统建设
2016	《城市公共交通“十三五”发展纲要》	改善慢行交通环境、公共自行车道及停放设施
2021	“十四五规划”	城市公共交通优先发展，自行车道、步行道等慢行网络建设

表 1.2 国家层面相关行动计划和标准导则

年份	文件	相关内容关键词
2008	《中华人民共和国城市容貌标准》	无障碍设施畅通完好、道缘石应整齐无缺损
2013	《城市步行和自行车交通系统规划设计导则》	步行和自行车的网络、空间、环境、系统、相关设施、结合与协调等
2017	《城市道路交通文明畅通提升行动计划（2017—2020）》	安全岛、行人驻足区等二次过街安全设施，步行连廊
2018	《步行和自行车交通系统规划设计标准》	通行空间的宽度、交通衔接、隔离设施、过街设施、停放空间、交通环境、交通信号

1.2.2 街道设计导则相关实践进展

在上述各类相关政策中，街道设计导则从城市空间品质的角度，结合当地的街道问题，对步行友好相关的政策和规划进行微观细节性的落实。以北京、上海、南京的街道设计导则为例进行研究，主要体现出两方面特征：

不同省市的街道设计导则均将街道步行设施作为关注和设计的重点。例如，2016年《上海市街道设计导则》侧重对街道空间内与人活动相关的要素进行设计引导，分为交通功能设施、附属功能设施等4大类型，其中，街道步行设施（附属功能设施）是设计的重点内容（图 1.1）。2017年《南京市街道设计导则（试行）》将街道分为街道空间和街道要素两个层次，其中街道空间包括建筑、人行道、绿化带设施带、非机动车道、机动车道等类型，街道要素包括地面铺装、路面标线、安全岛、信号灯、行道树、休憩设施、照明设施、废物箱、路缘石坡道等类型，并在后续导则中对上述内容进行设计和建议。2018年《北京街道导则》对北京公众反映的街道问题进行了总结，发现公众认为天桥、栏杆、围墙、架空线、树荫、座椅、安全岛、各类设施停放等街道设施问题最为显著，在后续导

则设计中，街道步行设施作为改造的空间要素之一成为重点内容（图 1.2）。

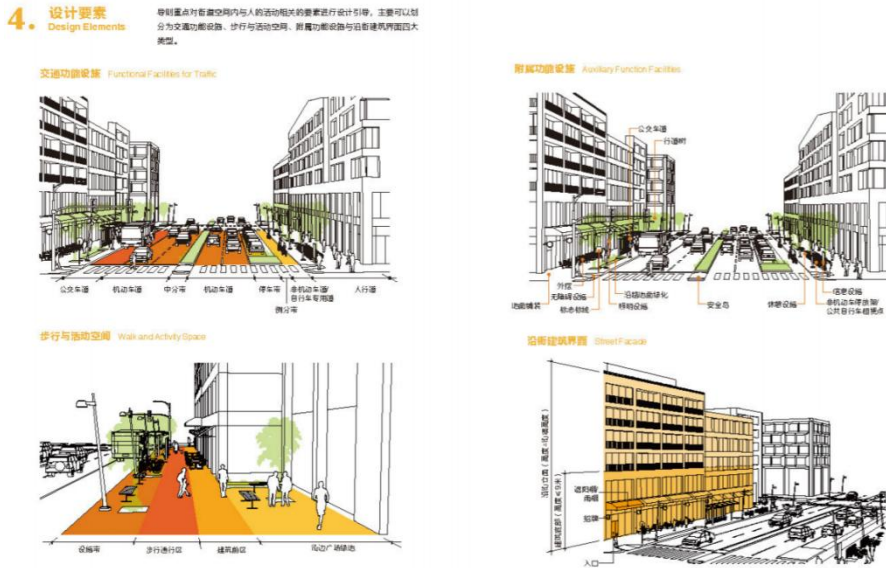


图 1.1 上海市街道设计导则中的设计要素

图片来源：上海市规划和自然资源局《上海市街道设计导则》

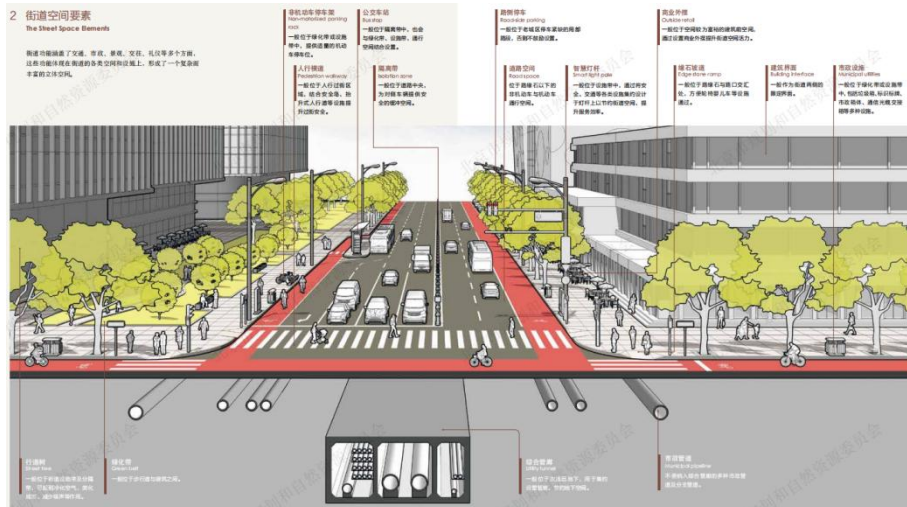


图 1.2 北京市街道设计导则中的街道空间要素

图片来源：北规委《北京街道导则》

不同省市的街道设计导则会根据不同的功能分区或街道类型对相关要素进行不同的设计。例如，《上海市街道设计导则》将街道分为 5 大类，并对各类街道分别提出空间要素的设计建议，例如，商业街道强调步行通行的趣味性，对街道家具及周边建筑提出要求，生活服务街道强调步行活动的便利性与安全性，景观休闲街道则对街道家具和街道品质提出了更高要求，交通性街道则强调机动车道

与非机动车道之间的安全性。《南京市街道设计导则（试行）》将街道分为4类，并基于街道类型特征对特殊的步行设施进行不同的设计，例如商业街道和生活性街道鼓励设置休憩节点。《北京街道导则》中对北京市大型居住、商业商务等6种不同的功能分区，以及交通主导、生活服务等5类街道，分别提出了相应的街道空间的设计要求。

1.2.3 社会实践探索

社会各界对街道步行友好性也进行了积极探索，但尚缺少街道设施角度的步行友好性研究。

社会探索方面，国际交通发展政策组织（The International Transportation and Development Policy organisation, ITDP）制定了关于城市步行友好的原则和指标（Pedestrians First），步行指数（Walk Score[®]）在越来越多的国家得到运用。2020年10月，ITDP最新发布报告说明，可步行性城市对改善健康、减少运输排放以及社区经济至关重要，不过，总体上很少有城市给予行人优先权，仍以汽车为主。

在我国，自然资源保护协会进行了四期探索。第一期和第二期通过构建安全性、舒适性、便捷性、政策管理四个维度，对中国52个城市进行测度和评价。第三期报告参考步行指数（Walk Score[®]）的计算方法，依据大型网站上可获得的街道“兴趣点”（Points of Interest, POIs）信息评价了全国287个地级及以上城市的实际建成区的共计769,407条街道。第四期报告在第三期报告对街道步行指数的研究基础上，对全国50座城市内步行交通最为活跃的“城市活力中心”（Live-Work-Play Centers, LWP中心）的街道步行环境进行了评价，为每条街道测算出一个在0-100范围内的分数，称为街道环境指数。

1.3 研究内容

1.3.1 研究意义

城市步行友好性已经得到国家和社会的广泛关注，目前在该领域已有丰富的政策支持，但其对城市步行设施的建设与改善是否有效，还需通过相关评价来进行检验，以便及时发现政策和导则执行过程中存在的不足，为后续的改进提供方向和建议。但目前对政策颁布后步行设施的改善提升情况的纵向比较研究非常有限，基于改善提升的步行设施政策评估的研究也较少。

在城市尺度上相对微观的街道设计导则中，设施的建设维护是关注重点之一。设施是城市居民的生活基础和最直接的需求，是城市规划设计中的重点（李戈娃

和杨淼, 2022)。针对“步行友好”和“慢行/交通系统”建设的相关内容中, 过街设施、停车设施、道路林荫、照道路明、无障碍设施、隔离设施等“步行设施”是政策规划和行动的重点之一。因此, 街道步行设施的规划设计是提升步行友好性的基础和重点之一, 其现状建设进展、以及未来仍可改善的方向同样值得探讨。

通过本研究, 一方面, 能够初步了解时间维度上中国 45 个城市街道步行设施的改善情况, 并基于城市横向比较, 探索后续城市街道步行设施的改进方向和建议。另一方面, 有助于辅助步行友好性政策、街道设计导则等实践要求下城市街道步行设施的针对性改善提升, 为其提供改善依据和数据支持。

1.3.2 研究目标

(1) 步行设施的改善提升: 探讨如何通过新兴数据与方法, 研究步行设施的改善情况。

(2) 步行政策的实施评估: 评估城市步行政策实施的有效性, 探讨城市步行设施进一步改善提升的方向。

1.3.3 研究内容

本研究拟在已有研究及实践的基础上, 以街道步行设施为研究对象, 基于多时相百度街景图片数据, 通过人工虚拟环境审计与指标评价, 完成以下两方面研究内容(图 1.3):



图 1.3 研究目的、内容与总体思路

第一, 在全国尺度上, 探索步行友好性纵向评价的研究路径与方法, 并横向比较我国 45 个城市步行友好性近年的改善情况; 结合评估期内的城市步行政策, 总结并描述我国 45 个城市步行相关政策的实施情况, 尝试评估我国步行政策对城市友好性改善的影响。

第二, 在城市尺度上, 以北京市为例进行详细研究, 结合街道设计导则为街道步行设施的改善及决策提供依据和方向。

1.4 研究方法与技术路线

1.4.1 研究方法

(1) 开源数据获取

本文着重通过街景图片打分实现城市步行友好性评价。本文在开源的在线地图数据平台上，调试街景图片的角度、焦距等参数，通过 Python 代码获取不同城市、多个街景点、不同时间节点、四个方向的街景图片，并通过样本量及时间维度的筛选，得到最终的评价数据。

(2) 建成环境人工虚拟审计

基于街景图片数据的虚拟环境审计对城市环境和城市可步行性的研究已经过多方检验，与传统的环境审计在结果上具有高度一致性，是城市建成环境评估广泛运用的方式之一，且具有效率高、成本低等优点。街景图片的时光机功能还能弥补传统审计对于建成环境变化情况评估的不足，满足本文对于时间跨度下的城市步行友好性改善情况的研究需求，具有独特的优越性。

(3) 政策与案例总结

在步行设施研究内容及评价指标方面，本文通过对步行环境及步行友好性的相关文献及报告、不同层级的步行相关政策、规划及导则进行总结，在前人研究的基础上，结合本文研究的数据基础，总结步行设施评价指标。

在步行设施评价指南方面，本文通过对 1000 个街景点进行预打分，结合文献阅读及常识，制定初版指南，并在专业分析员进行训练的同时不断修改指南，通过大量的案例总结得到最终的评价指南。

(4) 空间分析与可视化

通过 SPSS 等数理统计工具，进行数据计算；并通过 ArcGIS 平台进行空间数据的基础计算、分析与可视化。

1.4.2 技术路线

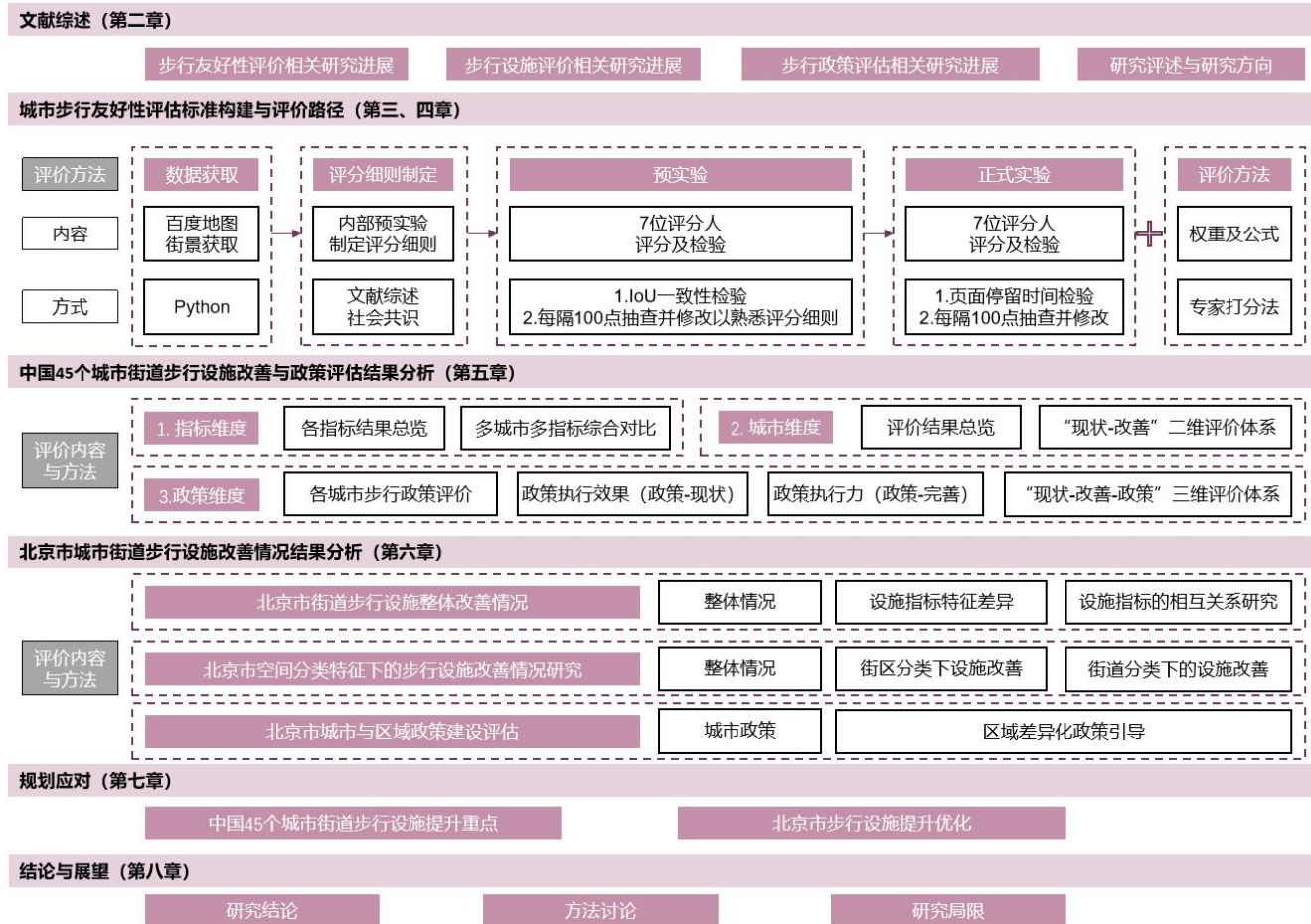


图 1.4 研究技术路线

第 2 章 文献综述

2.1 步行友好性评价相关研究进展

2.1.1 步行友好性研究进展概述

国际上对于步行友好性的探索起源于上世纪, 90 年代初期兴起的新城市主义运动意识到粗放的蔓延模式加之机动车交通量猛增为城市带来了诸多问题, 开始关注和鼓励步行, 建立良好的交通体系与步行系统(张衔春和胡国华, 2016)。同时, 步行作为最普遍的运动, 对人的身体健康具有重要作用, 而环境变量, 特别是邻里环境, 与人的活动具有相关性(Ross, 2000)。但当时的背景下, 体育活动和健康研究人员通常不熟悉交通、城市设计和规划领域的研究, 因此 Saelens 等开始探索环境与非机动车交通(步行与自行车)的关系, 提出步行友好性概念(walkability, 也翻译为可步行性), 初步构建理论框架(Saelens, Sallis and Frank L D, 2003)。

概念提出后, 关于步行友好性的研究开始进入实证研究阶段, 主要通过大样本大数据和多指标方法尝试验证理论框架, 并构建多种测度工具如 Walkability Index (Frank, 2010)、Walk Score[®]、步行/骑行环境量表(Pikora, et al., 2003)等。发展至今, 目前国际上步行友好性研究主要关注因素论证(Saelens and Handy, 2008; McCormack and Shiell, 2011)、测度工具与方法(Rundle, et al., 2011; Ewing and Handy, 2009)、特定人群研究(King, et al., 2011; Ding, et al, 2011)、城市规划与城市设计(Forsyth, 2015; Su, 2019)、步行活动与公共健康(Smith, et al., 2017; Wang, et al., 2019)等方面(图 2.1)。

国内对于步行友好性的探索开始于 21 世纪初。2006 年, 国内期刊首次提出塑造适宜步行的城市开发空间(董禹, 2006)。2007 年, 李怀敏(2007)从威尼斯研究入手, 从定性和定量两方面探讨城市公共空间网络的可步行性。到 2012 年, 进入到步行友好性评价与研究的大发展时期, 一方面, 学者关注步行友好性的评价指标与方法构建, 如许建和张新兰(2012)提出基于可达性的步行网络评价, 卢银桃(2013)提出以步行出行需求满足度为基础的社区可步行性评价方法, 董世永和龙晨吟(2015)提出基于模糊综合评价的住区可步行性测度方法。另一方面, 学者关注可步行性与城市形态和城市空间的相互关系, 如邓浩, 宋峰和蔡海英(2013)尝试将城市肌理运用于可步行性研究中, 张娅薇和李军(2016)提出低碳出行导向下的城市路网模式, 并从步行和自行车出行两方面, 提出街道空间模

式和断面模式。目前，国内步行友好性的学术研究重点包括评价技术（杨俊宴，吴浩和郑屹, 2019）、改进策略（沈雷洪和蒋应红, 2020）、对行为的影响（张章 等, 2019）、活动绩效与空间效率（戴妍, 2019）、空间模式五方面；研究对象及视角是基于儿童、游客或老年人等人群视角（武凤文和陈明远, 2020; 冷红, 郑春宇和鲁钰雯, 2019）、人本交通视角（吴泽宇, 2020）、居住区/商业区等分区视角进行研究。

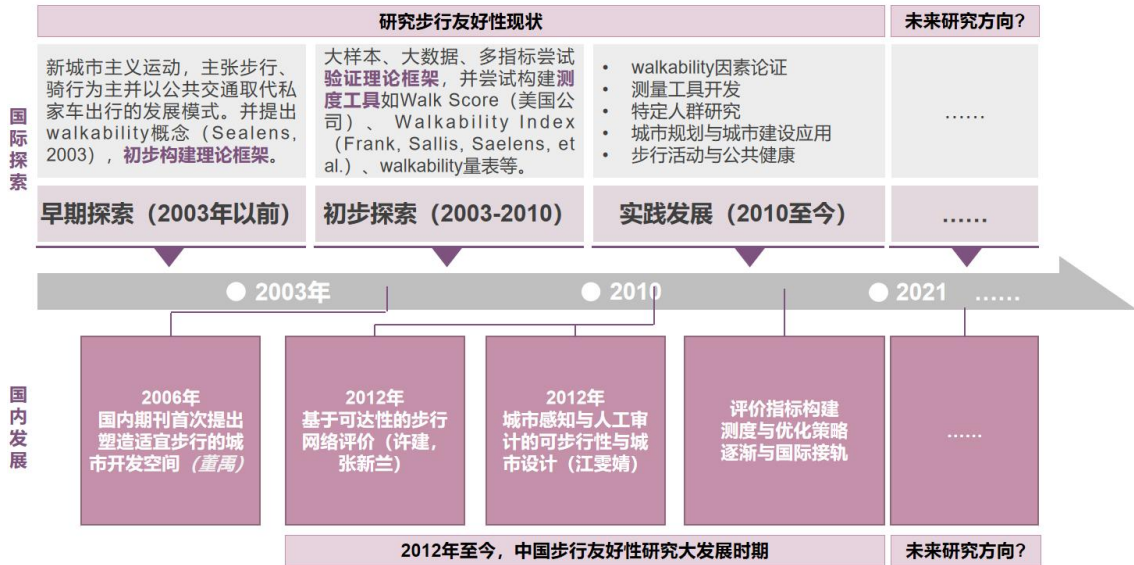


图 2.1 Walkability 发展脉络概述

2.1.2 步行友好性评价指标

步行友好性影响因素及测度指标主要包括步行空间感受层级的微观尺度和社区空间形态层级的中观尺度两方面（聂焯城，陈奕言和陈箴, 2022; Rahman, 2022）。

中观尺度针对行政街区或社区提出（Lefebvre-Ropars et al., 2017; Telega et al., 2021），出现较早，更易于量化和测度。相关指标包括设施可达性、用地混合多样性、道路连接性、密度、交通安全、犯罪安全特征等经典指标和客观条件（Saelens, Sallis and Frank, 2003），也包括行人愉悦性、空间品质等相对主观的特征（Choi, Seo and Oh, 2016）。但中观尺度的研究难以反映真实的步行情况，甚至可能成为实际步行中的负面因素，如道路交叉口密度被认为是中观层面的积极因素以增强连通性，但实际步行中却可能由于频繁的交通信号中断或缺乏足够人行横道而引发安全问题（D’Orso and Migliore, 2020; Rahman, 2022）。

微观尺度的步行友好性的研究则能够更加真实地描绘建筑的环境条件（Park et al., 2017）。相关研究主要关注不同步行街道的步行质量（Al Shammas and Escobar, 2019; Ignaccolo et al., 2020）。不过，微观尺度下的环境因素评判和指标评估多通

过居民调查问卷与小样本量表等方式获取，缺乏客观的验证手段（聂焯城，陈奕言和陈箐，2022），其中最具挑战性的任务是确定合适的变量和指标（Rahman, 2022）。

聂焯城等（2022）通过文献分析与可视化软件 Citespace 对 WOS 数据库核心合集（Web of Science Core Collection）中检索下载的步行友好性相关文献进行分析，将微观尺度总结为步行安全性、基础交通设施、步行愉悦度三方面（表 2.1），并提出这些指标的测度和评价通过传统方法较难获得（聂焯城，陈奕言和陈箐，2022），对步行空间感受层级微观尺度的可步行性研究造成了困难。

表 2.1 步行空间感受层级微观尺度可步行性影响因素及测度指标

环境影响因素	步行安全性	基础交通设施	步行愉悦度
测度指标	交通安全：车行速度	人行道宽度	建筑立面丰富
	交通安全：车流大小	人行道无阻断	户外家具、景观小品
	交通安全：道路等级	人行道路面铺装质量	地形起伏
	交通安全：行人保护设施	无障碍设施	绿化率，绿荫
	社会安全：治安状况	过街设施	空气质量
	社会安全：照明系统	标识系统	交通噪声
			路面整洁

表格来源：聂焯城，陈奕言和陈箐，2022

2.2 步行设施评价相关研究进展

2.2.1 步行设施评价指标

步行设施是步行友好性微观尺度评价的重要指标和重点关注对象之一（Tal and Handy, 2012; 聂焯城，陈奕言和陈箐，2022），也是城市街道环境设计和质量改善的关键点（Gerike, et al., 2021）。例如，张伟星认为北京城市干道步行环境存在的主要问题包括步行空间不连续、步行设施缺乏安全性和方便性这两个方面，并将步行设施作为步行环境研究的重点之一（张伟星，2004）。

步行设施的评价指标方面，从步行道可步行性角度考虑，包括人行道障碍物、连续性、物理条件、侵占性、清洁度、宽度、坡度、树木遮荫和缓冲区等指标（Landis, et al., 2001; Aghaabbasi, et al., 2017; Shaaban, 2019）。Dannenberg 等（2005）通过审计工具对步行设施的九个要素：行人交通、行人车辆冲突、人行横道、路线维

护、人行道宽度、道路缓冲、普遍可达性、美学和阴影进行可步行性评估，在步行环境评估的研究方面具有重要影响。李明华（2008）提出枢纽步行设施的适应性分析方法及评价指标体系。Aziz等（2018）在探讨交通安全、步行-自行车网络设施和土地利用属性对纽约市家庭-工作通勤模式选择的影响中，考虑到步行和自行车基础设施宽度、长度、比例的影响。郭冲（2020）则基于街道特征，将生活性街道的步行设施分为交通空间和景观环境2类，前者包括人行道、机非隔离设施、步行过街设施等5项指标，后者包括无障碍设施、地面铺装、街道家具等8项指标。D'Orso和Migliore从实用性、愉悦性、安全性角度对步行设施制定了人行道坡度、行人视距、表面铺装、街道家具、避雨防晒、绿色空间、商店、建筑环境与景观设计、路灯、交通量和车速、车辆行人保护屏障、交通控制信号灯、车道13项指标，在参数（得分）方面，采取“是或否”的形式对步行设施的有无或是否达到要求进行评价（D'Orso and Migliore, 2020; Rahman, 2022）。

2.2.2 步行设施研究内容

Gao等（2022）认为影响人行道环境特征的因素有两个层次，社区特征和街道特征。作为人行道环境特征重要因素的步行设施，在相关研究中，同样有学者结合社区特征及街道特征对步行设施进行分析。

社区特征方面，欧力（2008）认为城市中心区人口密集、建筑密度高、吸引辐射力强，其步行系统的设计应当考虑多功能需求，因此针对城市中心区的步行系统及步行设施进行了相应设计。街道特征方面，郭冲则通过问卷调查和个案访谈的实地调研，对生活性街道现状步行设施分析诊断并提出优化策略（郭冲，2021）。在已有的街道设计导则实践中，同样重视街区分区、街道分类的不同特征给街道设计带来的差异性（见1.2.2节）。

2.2.3 步行设施规划应对相关研究进展

目前的研究中，对于步行设施的规划应对主要包括两方面。一方面关注其整体性，强调其空间联通和整合功能，如金鑫等（2019）基于地方特色的步行设施需求从空间结构、路线组织进行设计。另一方面强调街道步行设施的改造升级。李奕（2016）、李岱宗（2020）在整体研究步行系统和步行空间的基础上，将步行设施作为其物质环境中微观层面的重要要素之一进行补充和设计。陈坤杰和刘琳（2018）通过对步行设施的容量进行模型分析，以对步行设施的几何形态和信号灯布置等方面进行优化。薛锦灏等（2021）则针对空中步行道从标准、结构、设施等方面进行细节性设计。郭冲（2021）则针对性的对生活性街道的步行设施

进行设计，从使用者心理需求和客观街道环境两方面分析，从设施配置、设施数量、服务水平与维护管理四方面提出相应建议。

2.3 步行政策评估相关研究进展

2.3.1 公共政策领域政策评估研究进展

完整的政策过程包括5方面：政策问题的形成与确定、政策设计与评估、政策决定、政策实施、政策实施评估。其中，前两方面为政策分析与设计阶段，属于政策的前期过程；政策决定与政策实施属于上位意志及具体建设阶段，属于政策的中期过程；对于政策实施的评估是后期过程，对该项政策的实施有及时的反馈，以决定该政策应继续、修改或是终止，并进一步分为政策效果、政策执行、政策效率3方面的评估（孙施文, 2001）。

政策实施的评估中，通常有不同的类型划分。根据价值目的，政策评估包括描述性评估和探索性评估（欧阳鹏, 2008），前者是一种对于给定价值的陈述或记录，可以理解为对于政策本身及其已有影响的描述，后者是对于价值可能性的判断，可以理解为对于政策对未来发展可能造成的影响的探索。根据时间阶段，政策评估包括政策的事前评估、执行评估（过程评估）、事后评估（效果评估）3种类型（Piric and Reeve, 1997; 王瑞祥, 2003），其中，事前评估通常也被归为完整政策过程中“政策分析与设计”的研究范畴，在狭义的政策评估中通常不作为一项评估内容；执行评估包括政策的制定、执行、监控等过程的评估，如公众参与度、程序公正性、政策执行能力的评估，事后评估包括效率、效益、绩效、有效性等内容（高兴武, 2008）。

在政策评估模型方面，Vedung 在其《公共政策和项目评估》著作中归纳了10种政策评估模型（Vedung, 1997; 王瑞祥, 2003），每种模型是基于不同的政策评估标准，有其特定优点及适用范围。目标获取模型是最简单、最直观的模式，但也由于过于简单，存在政策目标模糊、主要目标不清晰、不考虑政策实施过程以及不考虑社会范围影响等问题。侧面影响模型则能够对目标领域之内、之外等方面进行客观、全面地评估，但其评估标准的设立却是一个难题。综合评估模型是相对较为全面的评估模型（图 2.2），它将政策的前期准备（事前评估）、落实转化（执行评估）、成果产出（事后评估）三个阶段都纳入评估范围，并且通过描述各阶段的目标和现实、再将目标现实与评估标准进行判断比较，得到评估结论，能够较好地解释政策实施的原因。

在政策评估方法上，常用的方法包括定性和定量两类，前者如问卷调查、当

面或电话访谈、案例研究、同行评议等，后者如数据统计分析、文献计量、数学模型、数据可视化等方式（王瑞祥, 2003）。各种方法各有优劣，应根据实际需求针对性选择，并结合其他方法综合得出评估结论（Georghiou, 1998）。

综合以上完整政策过程、政策评估及时间阶段的对应关系，笔者总结政策评估框架如图 2.3 所示，其中，政策评估中的政策事前评估在政策过程中处于前期的分析与设计阶段，政策执行评估和事后评估则是处于政策过程后期的政策实施评估阶段。

评估的实施阶段		前期(投入阶段)	中期(转化阶段)	后期(产出阶段)
该阶段的特征		政策或计划被采纳并开始实施	政策或计划被落实	政策或计划落实以后关于其执行结果的大部分数据已经收集到
描述	目标	指定了什么样的目标,希望产生什么样的结果	所制定政策或计划的内容	政策、计划所应产生的预期结果
	现实情况	与这一阶段的活动或事件相关的数据资料;现存条件的描述	政策或计划的实际落实情况	关于政策、计划执行后实际产生结果的数据资料
判断	标准	用作比较基础的价值标准	用作比较基础的价值标准	用作比较基础的价值标准
	判断	将目的、现象与标准进行比较	将目的、现象与标准进行比较	将目的、现象与标准进行比较

图 2.2 综合评估方法的三阶段流程

图片来源：王瑞祥, 2008

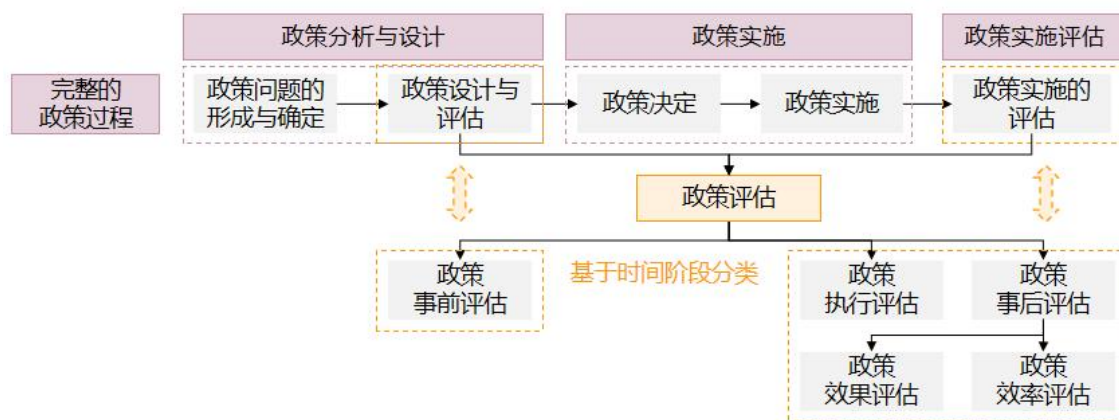


图 2.3 政策评估框架

2.3.2 城市规划领域政策评估研究进展

在城市规划领域，欧阳鹏（2008）、林立伟等（2010）在前人研究的基础上，将城市规划评估从评估对象的角度分为城市规划方案评估和城市规划实施评估，后者是近 20 年来国内研究的重点（何静敏, 2022）。

进一步地，根据时间维度，城市规划方案评估通常属于编制阶段，通常是对规划文本本身进行评估（宋彦 等, 2014），城市规划实施阶段的评估则进一步细

分为实施结果评估和实施过程评估（Kaiser, Godschalk and Chapin, 1995; 孙施文和周宇, 2003; 欧阳鹏, 2008）。其中, 对规划实施过程的评估是对规划的实践及其现实环境进行调查, 了解管理者、规划师具体做了什么、如何做的, 是对规划执行状况的评估; 对规划实施结果的评估是将实施结果与规划目标蓝图进行对照, 评价其契合度, 对是否达到预期目标进行回顾。

在评估内容上, 可以从规划的实施环境、实施部门协同机制、配套政策出台等方面评估规划实施过程, 从总体规模、重点区域和不同功能片区实施效果、各类设施实施情况等方面评估实施结果（施源和周丽亚, 2008）。

基于评估对象、评估时间、以及评估内容, 欧阳鹏（2008）构建了城市规划评估矩阵（图 2.4），并提出多维度的城市规划评估模式与方法。到目前来看, 定性方法如通过文字描述总结与回顾、公众满意度调查法等; 定量方法如通过实地调查、三维可视化场景模型评估、录像记录等方式获取数据和指标特征（简逢敏和伍江, 2006），进而通过评价指标体系的前后对比、有无对比、结合 GIS 定量分析等评估政策实施情况; 同时, 也可以通过定量定性结合的方式针对性、互补性地评估（邢卓, 2011; 解瑶, 张军民和单建树, 2015），总体呈现出综合型、多维度、定性定量结合的评估共识和评估特征。

双维度城市规划评估矩阵	规划方案编制阶段	规划实施过程阶段	规划效果总结阶段
项目验证层面（结果）	规划方案的技术合理性	规划运作的程序合理性	规划结果与目标达成一致性程度
情景确认层面（目的）	规划方案目的与问题情景的关联性	规划决策环境的变动情况	规划结果的直接效益、风险和成本
社会论证层面（目标）	规划方案目标与宏观政策的符合性	规划制度与社会制度的融贯性	规划结果的社会效益和影响强度
社会选择层面（价值）	规划方案的基本理念与社会价值观的取向	规划管理文化和社会政治制度的关系	规划结果对社会秩序和规范的贡献

图 2.4 城市规划评估矩阵

图片来源: 欧阳鹏, 2008

2.3.3 步行友好与步行政策领域政策评估研究进展

为了更针对性地评估步行政策和相关规划的落实情况与改善效果, 相关学者对步行政策及其实施效果等进行研究。

Forsyth 和 Krizek（2010）通过大量的文献和案例研究评估并探讨步行和自行车相关政策和策略对步行和自行车出行的影响。彭科等（2021）以长沙为例, 以可步行性为评估目标, 评估 3 个站点的规划建设文本, 识别正负面政策, 并提出

“多规协同处置方案”的优化思路。姜洋等(2011)基于 PLPS (Public Life and Public Space) 调研方法,对重庆市城市步行和自行车交通系统的行人流量、停留活动、公共空间进行调研分析,并以纽约和哥本哈根为案例,阐述 PLPS 调研方法在步行、自行车交通评估中的应用,并提出步行政策与项目实施前、方案中、实施后的评估路径和改善建议。Battista 和 Manaugh (2019)通过建立公众参与和政策标准的社会包容性框架对加拿大 27 个城市的步行计划进行研究,探讨步行计划的不足及改善建议。

在相关研究中,有的研究将步行设施作为步行指标政策评估的一部分,集中探讨出行方式 (Forsyth and Krizek, 2010) 或区域性规划政策优化 (彭科 等, 2021),有的研究对步行设施的政策影响进行了探讨,但评估方法为人工观测,难以实现对整个城市的大规模测度 (姜洋 等, 2011),有的研究则仅关注政策或计划本身对于步行设施类型探讨的差异性,缺少与城市空间的结合 (Battista and Manaugh, 2019)。

2.4 研究评述与研究方向

城市街道步行友好性和可步行性对城市品质至关重要,受到国家社会的广泛关注。总体来看,目前国内外已经有了诸多理论、方法及实践上的探索。理论方面如评价指标的构建、步行环境影响、空间模式、步行动因及相应的城市变化等内容;方法方面如人工调查、地图数据、众包等多元的评价方法,深度学习技术等内容;实践上包括政策、规划及导则的制定,全球城市的步行友好性评价,APP 研发,竞赛设计等内容。

但是,正如相关研究所说,目前对于城市街道步行友好性的研究在尺度上更加关注中观尺度的社区空间形态,如设施可达性、用地混合与多样性、道路连续性等内容,对于微观尺度的步行空间与感受的测度以调查问卷与小样本量表等方式,缺少大规模和客观的验证与研究 (聂煊城, 陈奕言和陈箬, 2022)。

作为步行友好性评估微观尺度评估的重要要素之一,步行设施是城市街道设计和改善街道环境质量的关键点。其评价指标虽然划分角度不一致,但综合来说包括步行街道上服务于步行功能及步行环境的所有设施,如人行道、过街设施、机非隔离设施、地面铺装、街道家具等。从内容研究上,街区或街道特征会影响人行道环境 (Wenxiu, et al., 2022),因此基于街区街道分类的步行设施评价研究更加具有针对性,并基于差异性特征对步行系统和步行设施规划与设计提出应对。

在广泛的公共政策领域的政策评估中,包括“事前评估-执行评估-事后评估”

3个维度（图 2.3），城市规划领域政策评估中，包括城市规划方案评估、城市规划实施过程评估、城市规划实施结果评估3个维度，与公共政策领域的政策评估维度一一对应，其中，城市规划实施过程评估和实施结果评估（执行与事后评估）是狭义上政策评估框架（王瑞祥, 2003），是政策评估的重点内容（图 2.5）。在评估中，通常用评价指标体系的前后对比和有无对比，从项目验证、情景确认、社会论证、社会选择4方面，评估城市规划政策的实施情况（欧阳鹏, 2008; 邢卓, 2011）。

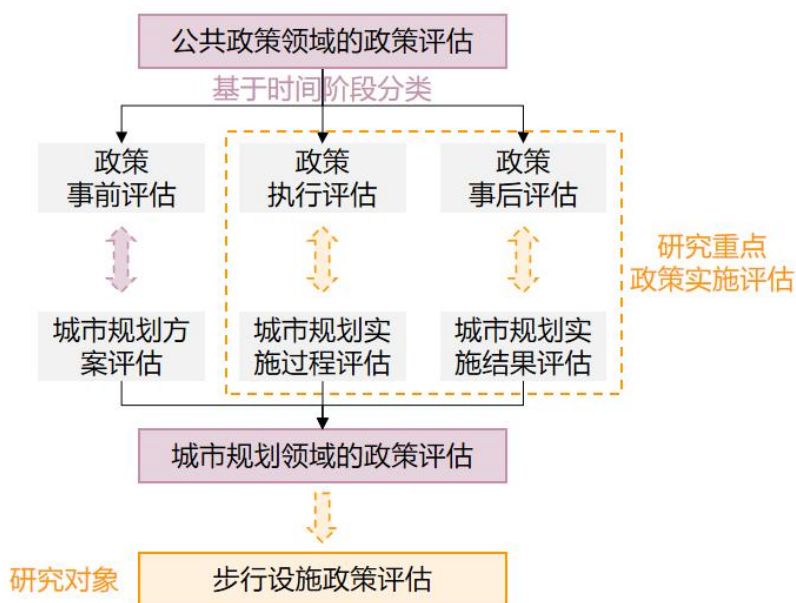


图 2.5 步行设施政策评估研究对象与研究重点

总结来看，一方面，现有研究中对于步行友好性微观尺度要素——步行设施的大规模实证研究较缺乏，其纵向比较也有待研究；另一方面，针对于步行设施政策的实施过程和实施结果的评估也较为缺乏。

因此，在上述已有研究及实践的基础上，本研究以步行友好性或步行空间中的微观尺度评价指标——街道步行设施为研究对象，基于多时相的街景图片时光机数据，通过人工虚拟环境审计与指标评价方法，在全国尺度上，以45个城市为例探索步行友好性纵向评价研究路径，描述我国部分城市步行友好性近年的改善情况，并结合评估期内的步行政策进行步行设施的政策实施评估，尝试给出城市差异化的步行政策改善策略。在城市尺度上，以北京市为例进行深入研究，结合北京市已有的街道设计导则，对城市空间差异、街区与街道分类特征下步行设施的改善情况进行研究，尝试提出北京市步行设施的提升要点（图 2.6）。

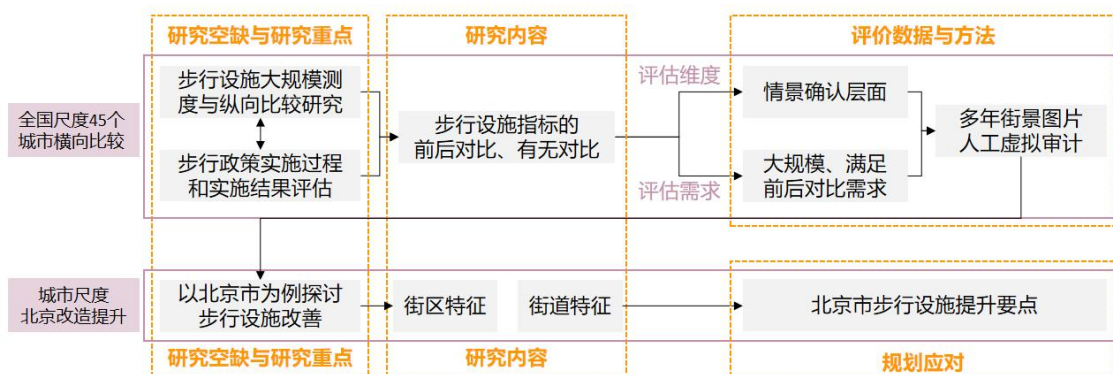


图 2.6 已有研究评述与研究方向

在方法上，本研究能够探索在时间维度上通过大规模测度的方式对城市街道步行设施改善情况评价的路径与方法，并探索大数据辅助城市政策评估的可能路径。

在内容上，本研究能够通过实证研究初步了解近年来中国 45 个城市步行设施建设与改善的进展及不足；也有助于辅助街道步行友好性及步行设施相关政策的修订和落实，通过城市的实证研究分析为城市街道步行设施的规划建设及后续改进提供数据支持和建议。

第 3 章 研究对象与数据

3.1 研究对象

根据《2018 城市建设统计年鉴》中城区人口规模及城市街道变化情况，在人口 1,000 万以上（特大城市）、500-1,000 万（超大城市）、300-500 万（I 型大城市）、300 万以下（II 型大城市）4 类城市的基础上，选取具有时间跨度不少于 3 年街景图片的城市（张书杰 等, 2022），最终保留的研究城市为 45 个（表 3.1、图 3.1）。

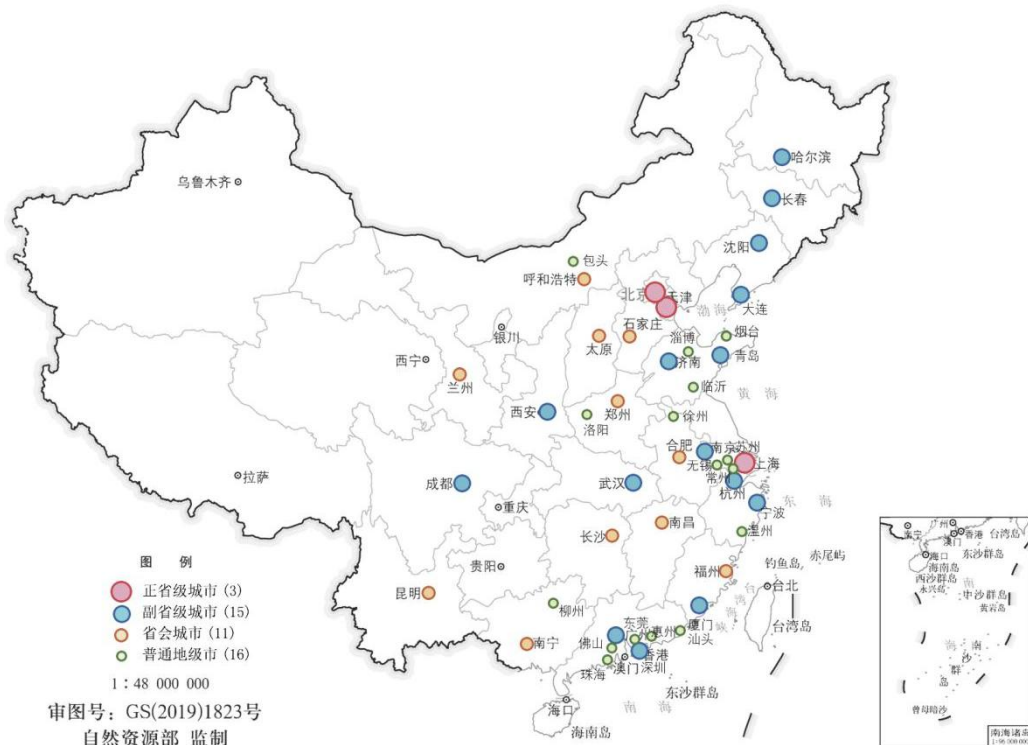


图 3.1 研究城市分布

图片来源：底图来源于自然资源部标准地图服务系统，标注点及数据为作者自绘

表 3.1 研究城市分类

类型	城市
超大城市 (5) (人口 1,000 万以上)	上海、北京、广州、深圳、天津
特大城市 (9) 500 万-1,000 万	武汉、成都、东莞、南京、杭州、郑州、西安、沈阳、青岛

续表 3.1 研究城市分类

类型	城市
I型大城市(13) 300万-500万	哈尔滨、长春、合肥、济南、昆明、大连、长沙、太原、宁波、 南宁、苏州、厦门、福州
II型大城市(18) 100万-300万	石家庄、南昌、汕头、兰州、无锡、洛阳、佛山、临沂、温州、 呼和浩特、惠州、包头、常州、珠海、徐州、烟台、淄博、柳州

城市的研究范围为城市的中心城区，即行政范围内的最大集中城镇建设用地范围（图 3.2），即为利用每个城市的最大城镇建设用地斑块推测得到的边界（并非总体规划中的“中心城”概念）（龙瀛 等, 2018）。

这是因为该范围内数据量充足，且属于各城市人口、街道及公共服务设施最为密集的区域，改善力度相对较大，可反映出的街景图片变化情况较大，便于纵向比较评估。

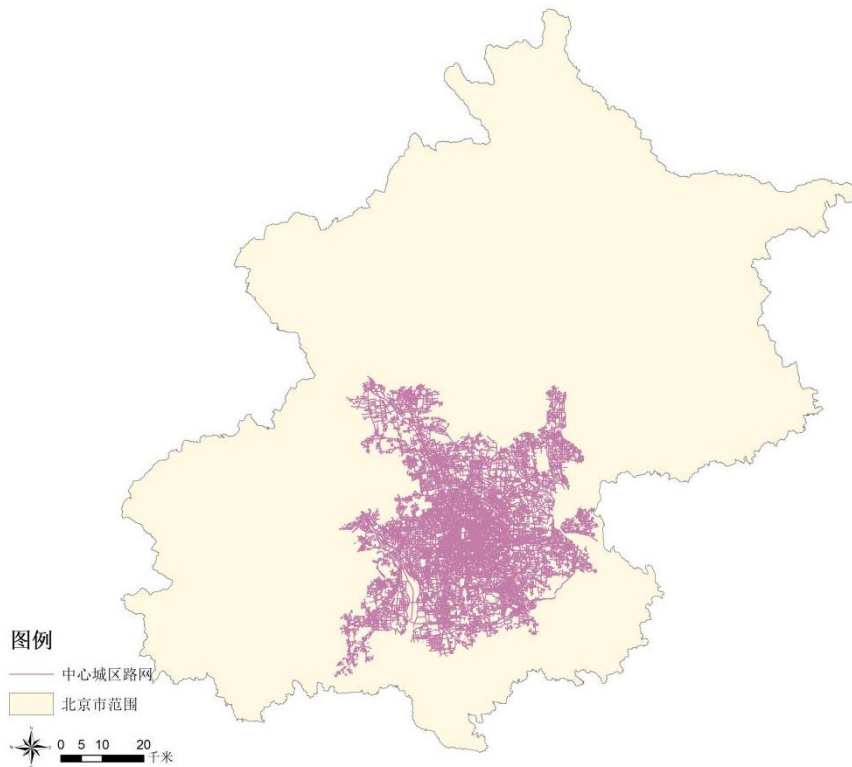


图 3.2 城市中心城区（北京市为例）

在以北京为例对街道步行设施进行详细研究时，根据已有数据基础及评价点位分布情况，将研究范围进一步缩小至北京六环（图 3.3），以更加针对性的提出改善建议。

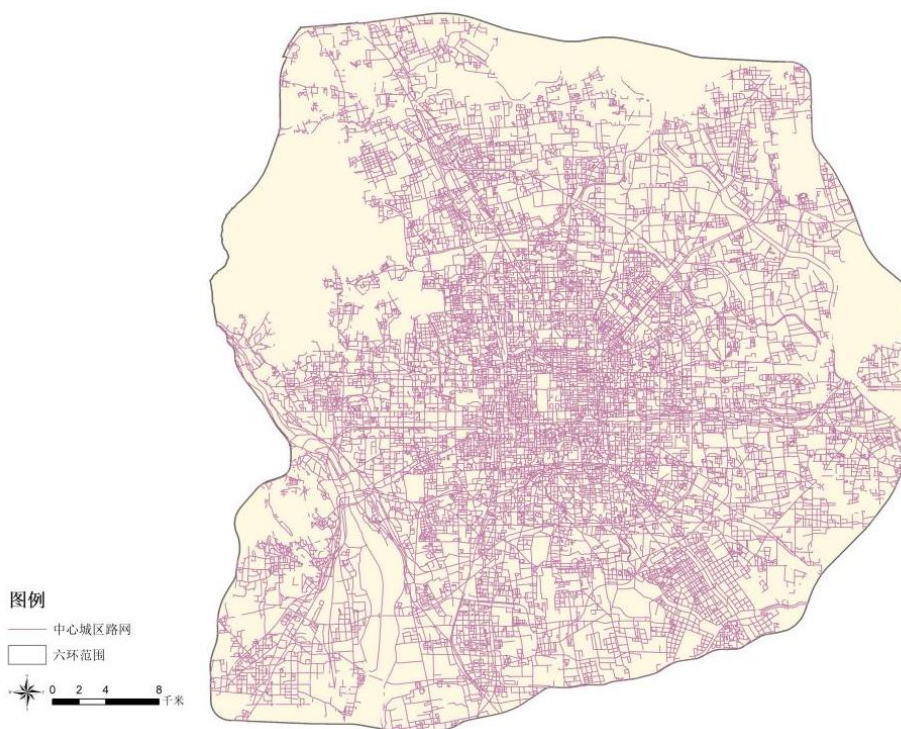


图 3.3 北京市街道步行设施研究范围

3.2 数据来源与处理

3.2.1 数据来源

根据城市研究范围内的街道数量确定街景抓取规模和抓取点位。生成每条街道的起点（道路交叉口）和 50m、100m 间隔点位；通过 Excel 随机函数随机抽取一定比例的点位（街道数量大于 1 万条的城市随机选取 10% 的街道进行抓取、街道数量介于 3 千-1 万条之间的城市随机选取 20% 的街道进行抓取、街道数量小于 3 千条的城市抓取全部街道）；通过街道 id 实现街道内部去重；通过 ArcGIS 的缓冲区工具实现街道之间的点位去重，保证点位之间有一定的距离（图 3.4、图 3.5）。

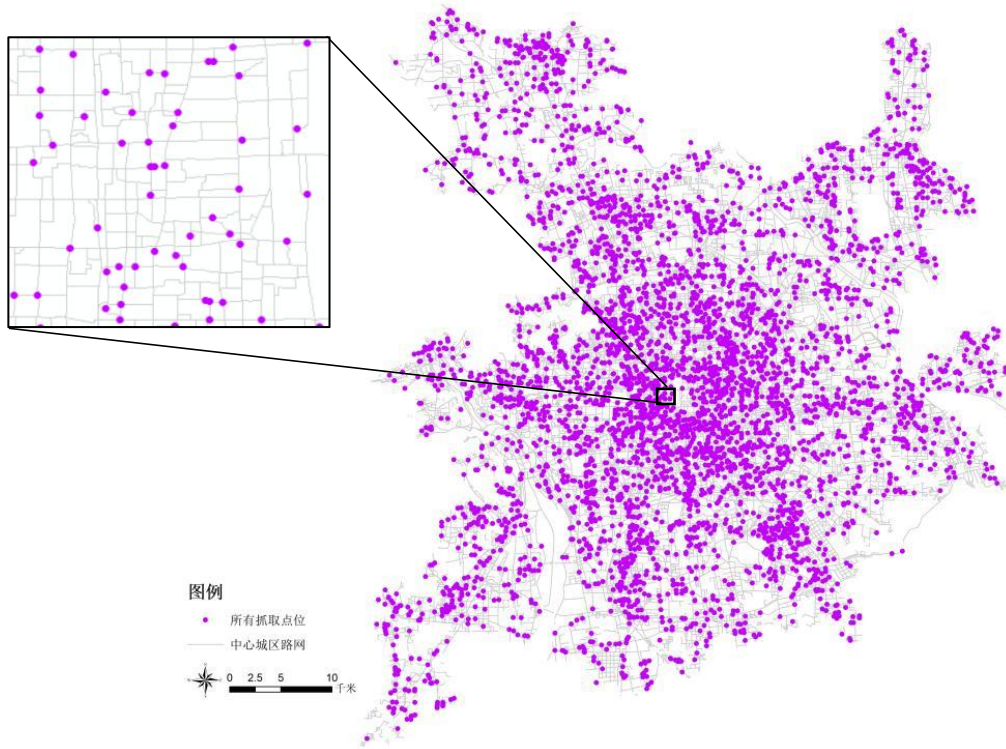


图 3.4 街景抓取点（以北京市为例）

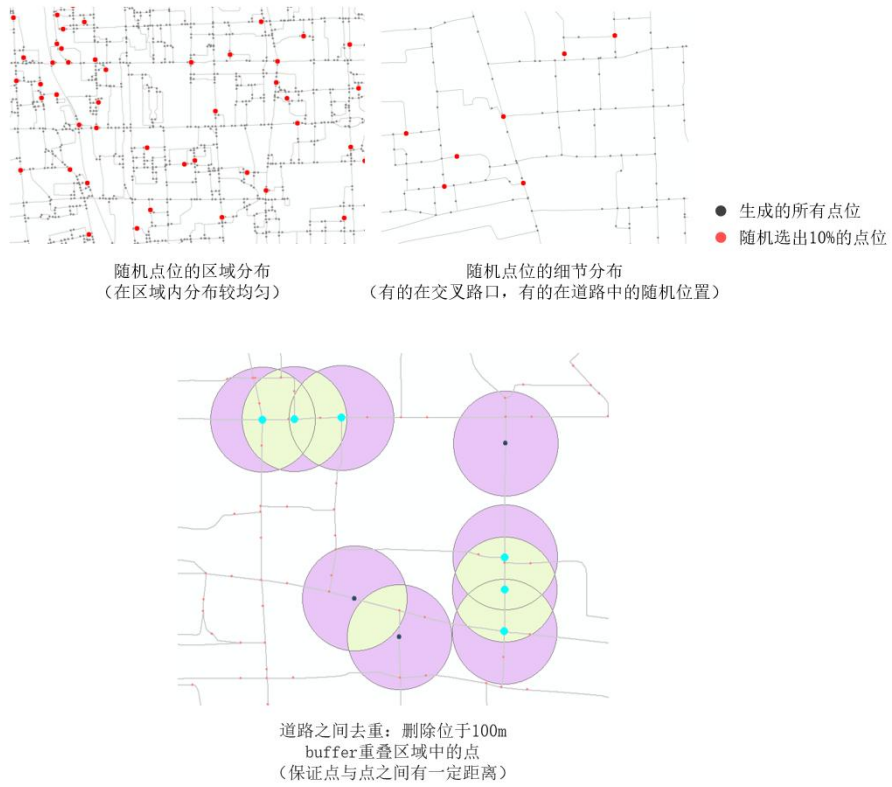


图 3.5 抓取点位特征

对数据抓取的 Python 代码进行参数调试。根据百度地图的坐标解析以及街景图片效果，确定 fovy、height、width 参数分别为 85、512、600，使街景图片兼具较高清晰度和较广的视角，并进行抓取，得到每个点位四个方向 2013 年-2020 年的街景图片。（图 3.6、图 3.7、图 3.8、图 3.9）

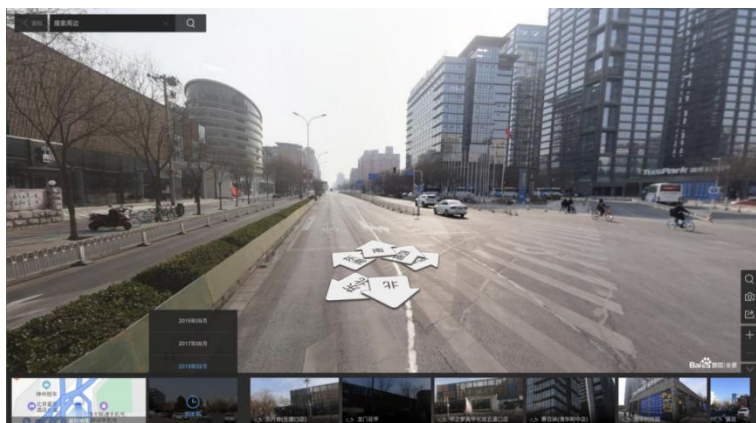


图 3.6 百度地图时光机

图片来源：百度地图时光机街景图片



在线全景视角



图 3.7 抓取焦距调试

图片来源：百度地图时光机街景图片



图 3.8 多年街景图片对比案例

图片来源：研究爬取的百度街景图片

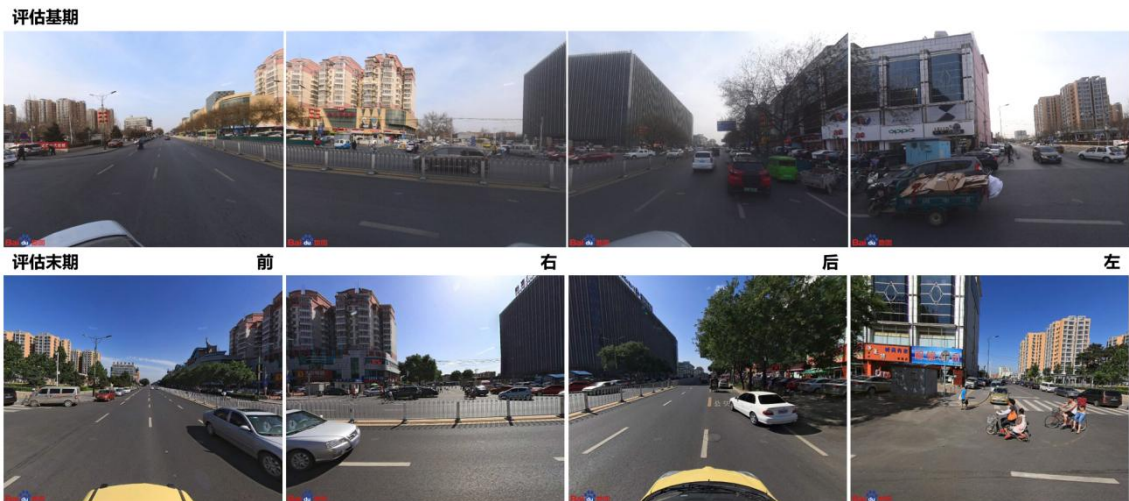


图 3.9 四个方向、两个时间点的街景拼接

图片来源：研究爬取的百度街景图片

3.2.2 评价数据

改善不是一蹴而就的，而是基于时间维度的不断推进完善。故在研究改善情况时，以时间维度的初始现状为依托，考虑评估期首尾年份的状态。本研究通过评价城市时间节点的相对性区分了“步行设施现状”和“步行设施改善”两个评价维度。将选取城市评估末期的步行设施表现定义为“步行设施现状”，代表了该城市“现状”的步行设施情况，将选取城市时间跨度下步行设施的改善情况定义为本文研究中的“步行设施改善”。

由于不同城市的数据量不同，为了保证研究所选取的城市时间跨度之间有充足的样本量，且为了保障街景图片能够充分、明显地表现步行设施的变化，研究选取街景图片的年份时间差大于3年、样本量较多的时间节点作为本次评估的评估基期和评估末期。

根据各个城市可获取数据的不同，各城市可获得的街景图片时间跨度为三到六年不等，评估基期和评估末期的首尾年份也并不一致。将城市街景图片最早的年份作为该城市的评估基期（2013年、2014年或2015年），城市2016年及以后街景图片数量最多、与评估基期的时间差不少于3年的年份作为该城市的评估末期。例如，北京市评价首尾年份相差6年，分别为2013和2019年，珠海市评价首尾年份相差3年，分别为2014、2017年。

最终确定各个城市评估年份及评估数量（表3.2），每个城市有效评估点位至少为500个，评价数据共25,766个点位，每个点位包括评估基期和评估末期两个年份、前后左右四个方向的8张街景图片，共206,128张（图3.10）。

需要说明的是，考虑到各个城市并非每年匀速改善，本研究评价的城市改善情况仅代表在可获取数据范围内整体改善程度的比较，并非年均改善程度比较。评价的城市现状情况仅代表可获取数据范围内最新年份的情况，不代表该城市当前的现状情况。

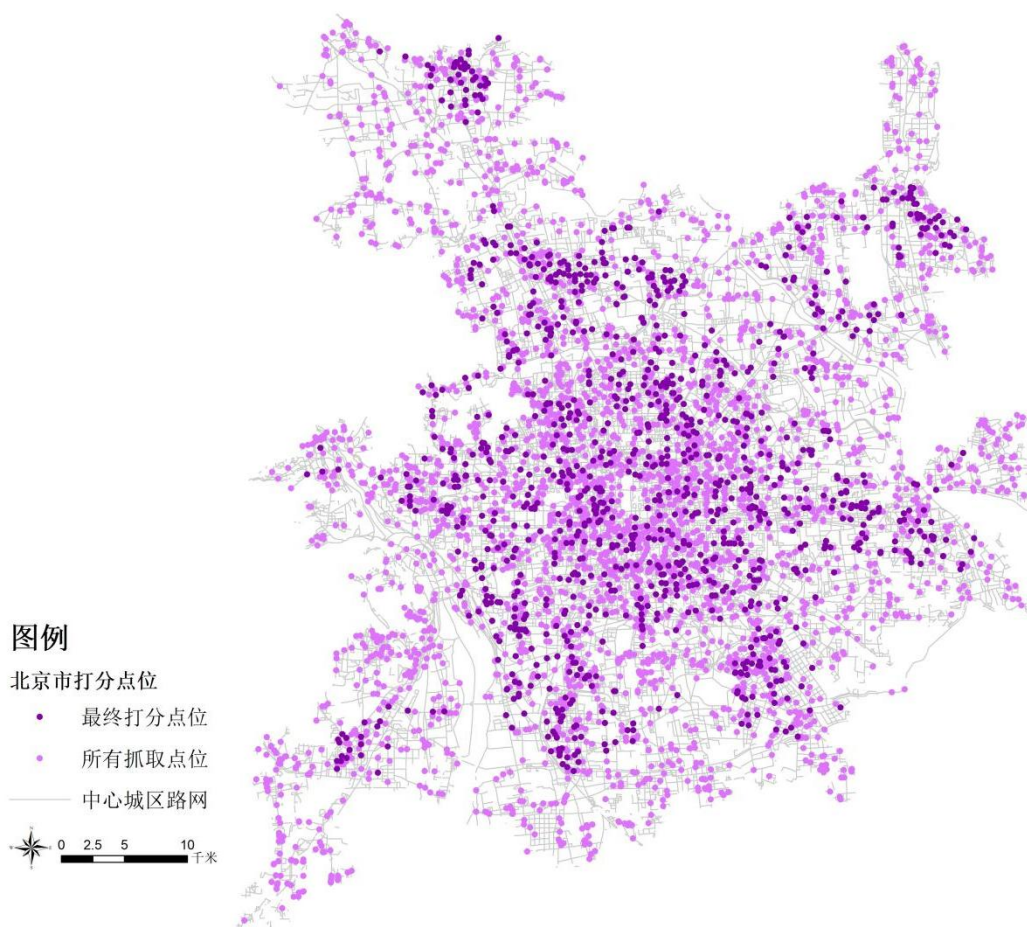


图 3.10 最终打分点位（以北京市为例，打分点位数 1120 个）

3.3 本章小结

本章介绍了本文的研究范围、研究对象、评价维度以及数据基础。第一部分介绍了本文的研究城市，即根据城区人口规模和城市街道变化选取的不同特征的 45 个城市，将城市的研究范围限定在行政范围内的最大集中城镇建设用地上，并提出本文研究的两个维度：步行设施现状和步行设施改善。第二部分针对本文的数据基础进行说明，包括数据来源、数据处理方式、及最终评价数据的总体介绍。

表 3.2 评估城市及其街景图片评估年份和评估数量

城市	评估 基期	评估 末期	时间 跨度(年)	评分 数量(个)	n ₁ (个)	n ₂ (个)	城市	评估 基期	评估 末期	时间 跨度(年)	评分 数量(个)	n ₁ (个)	n ₂ (个)
包头	2014	2018	4	500	497	447	宁波	2014	2017	3	500	470	418
北京	2013	2019	6	1120	1096	932	青岛	2014	2017	3	500	488	455
常州	2014	2017	3	646	626	576	厦门	2014	2019	5	500	486	440
成都	2014	2019	5	500	468	426	汕头	2014	2019	5	500	498	478
大连	2013	2019	6	500	472	452	上海	2013	2017	4	1473	1400	1289
东莞	2014	2019	5	500	493	429	深圳	2013	2017	4	500	488	428
佛山	2015	2019	4	500	482	423	沈阳	2013	2019	6	500	472	441
福州	2014	2017	3	500	484	453	石家庄	2014	2019	5	500	449	411
广州	2013	2019	6	871	846	828	苏州	2014	2017	3	607	583	535
哈尔滨	2014	2017	3	818	801	741	太原	2014	2019	5	500	473	413
杭州	2014	2017	3	500	469	404	天津	2013	2017	4	500	495	418
合肥	2014	2017	3	500	468	360	温州	2014	2017	3	500	495	449
呼和浩特	2014	2018	4	500	497	460	无锡	2013	2017	4	500	491	411
惠州	2014	2019	5	500	499	470	武汉	2014	2019	5	500	479	423
济南	2014	2017	3	500	483	435	西安	2014	2019	5	668	640	558

续表 3.2 评估城市及其街景图片评估年份和评估数量

城市	评估 基期	评估 末期	时间 跨度(年)	评分 数量(个)	n ₁ (个)	n ₂ (个)	城市	评估 基期	评估 末期	时间 跨度(年)	评分数 量(个)	n ₁ (个)	n ₂ (个)
昆明	2014	2019	5	500	481	425	徐州	2014	2018	4	500	479	420
兰州	2014	2019	5	500	492	459	烟台	2014	2017	3	557	545	522
临沂	2015	2018	3	500	498	419	长春	2014	2019	5	500	484	448
柳州	2014	2018	4	500	495	455	长沙	2014	2017	3	889	853	765
洛阳	2014	2018	4	500	494	419	郑州	2014	2019	5	500	473	378
南昌	2014	2017	3	500	495	434	珠海	2014	2017	3	500	474	456
南京	2014	2017	3	617	582	529	淄博	2014	2018	4	500	488	448
南宁	2014	2019	5	500	487	415							
数量总计											25766		
n ₁ 总计											24928		
n ₂ 总计											22438		

注：n₁、n₂的含义及计算见 4.2.2

第4章 城市街道步行设施改善情况评估标准构建

4.1 评价标准

4.1.1 指标选取

在借鉴龙瀛等学者提出的街道步行环境指数（龙瀛 等, 2021）及相关参考文献（Dannenberg, 2005; Steinmetz-Wood, 2019; 聂焯城, 陈奕言和陈箴, 2022）的基础上，从步行空间感受的微观尺度出发，总结筛选出适合通过街景图片进行街道步行设施人工虚拟审计、且能够反映城市街道步行设施周边建成环境情况的街道设施指标（或可称为“广义步行设施指标”）、和能够反映步行设施的步道设施指标 2 大类。并充分考虑步行的功能性、舒适性和安全性，最终选取过街设施、街道绿化、连贯建筑物、机非隔离设施、专用自行车道、步道有无、街道家具、步道宽度、步道无占道、步道无失修 10 项指标（表 4.1），其他与微观尺度步行空间感受相关的空气质量、交通噪声等指标难以通过街景图片反映，故并未纳入研究。

表 4.1 基于“街道步行环境指数”评价指标及权重

分类	指标	权重	参考文献
街道设施指标	功能性 指标 A 有过街设施	11.30	Dannenberg, 2005; Steinmetz-Wood, 2019
	舒适性 指标 B 有街道绿化	8.56	Steinmetz-Wood, 2019; Millstein, 2019; Shaaban, 2019
	指标 C 有连贯建筑物	7.50	Steinmetz-Wood, 2019
	安全性 指标 D 有机非隔离设施	10.62	Andrew, 2011
	指标 E 有专用自行车道	9.70	Aziz, 2018; Steinmetz-Wood, 2019
步道设施指标	功能性 指标 F 有步道	11.89	Kelly, 2013; Steinmetz-Wood, 2019
	舒适性 指标 G 有街道家具	8.64	Dong, 2019
	指标 H 步道宽度适宜	11.08	Dannenberg, 2005; Shaaban, 2019
	指标 I 步道无长期占道	11.44	Shaaban, 2019
	指标 J 步道无失修迹象	9.27	Dannenberg, 2005; Shaaban, 2019
总计		100	

各项指标的权重方面，采用德尔菲法邀请相关专家学者与从业者确定，以发挥专家在相关领域的专业知识，并尽可能保证相对的客观性。

4.1.2 评价指南

通过文献综述及预实验总结，本文将评估指南共分为特殊照片排除、街道设施指标和步道设施指标三大类型，相应的步行设施现状评价指南和步行设施改善评价指南见表 4.2、表 4.3。正式评价中，若某指标符合评价标准，则计 1 分，否则计 0 分。具体内容阐述如下。

4.1.2.1 特殊照片排除

针对街景图片由于拍摄光照、角度的问题导致画面过暗，或者步行道距离拍摄点过远导致无法评价步行街道，或街景图片本身为城市快速路或高速路，不存在步行可能性等情况，指南中单独陈列了三项指标，以排除无法评分或不存在新建步行街道可能性的评分点，减少街道步行友好性评分的误差。根据经验总结，将该大类指标分为照片过暗无法评分；高速路无法评分；拍摄点距步道较远无法判断三类。

4.1.2.2 步行设施现状评价

本研究中，将评估末期的城市街道步行设施情况作为城市现状，但是由于数据的可获得性，部分城市的评估末期并不能代表该城市实际中当前的情况，例如北京市评估末期为 2019 年，上海市评估末期为 2017 年，近三年、近五年的步行设施建设与改善情况也可能产生了巨大变化，这也是本研究囿于数据因素导致研究结果的不足所在。

(1) 街道设施指标

①我国街道的过街设施主要包括信号灯、过街天桥、人行横道标线、地下通道、行人安全岛等类型。在评价中，只要该点位满足任何一项，则代表该点位考虑到了行人过街需求。②街道绿化能够为行人遮挡绿荫，是建成环境和步行环境的重要构成因素，对提高居民步行质量、提高步行愉悦度有非常重要的作用（郝新华和龙瀛, 2017）。因此，本研究将街道绿化作为步行设施评价的重要指标之一。评价中，不仅关注街道绿化的有无，更要关注行道树是否能够真正体现绿化作用，即行道树是否足以提供树荫、是否连贯等因素。另外，有些点位会出现仅有一侧有街道绿化的情况，研究认为，该侧绿化能够对该侧步道提供绿荫和愉悦度，故在实际评分时，两侧步道中只要有一侧出现连贯的街道绿化即认为符合标准。也

有一些点位出现两侧无步道但却有连贯绿化的情况，通常是一些正在建设或尚未正式建设的区域，这样的情况下不能得分，因为并未起到提高步行愉悦度的作用。③街道周边连贯建筑物能够提高步行环境的围合感，给予行人一定的安全感，也代表了周边设施的密集程度，能在一定程度上间接反映周边的商业活力、经济活力、步行趣味性和舒适性等。④机非隔离设施是防止机动车闯入非机动车道（自行车道或步行道）引发交通事故的重要防护手段，能够极大地提高步行道的安全性。因此本研究将机非隔离设施作为重要的评价指标之一。经过大量街景图片的总结，目前我国现状存在的机非隔离设施共有隔离栅、隔离花坛、阻车桩3类。⑤专用自行车道是可步行性和步行友好性研究的重要内容（Aziz, 2018; Steinmetz-Wood, 2019），可以被认为是更广泛意义上的“步行”。本研究同样将其作为广义的步行设施进行评估。经案例总结，目前我国的专用自行车道的形式包括自行车道明显标识（简笔画、标识牌等）、特殊铺装（红色或绿色铺装）、机非隔离设施隔离出的专用自行车道3种类型。

（2）步道设施指标

①评价步行设施最重要的指标之一是步行道的有无。很多点位并没有专门的步行道，步行友好性较低。同时，本指标也是进一步评价下述街道家具、步道宽度、步道无占道、步道无失修等指标的重要前提。②街道家具是行人在步行中能够短暂休憩的空间，能够提高步行舒适度，也有利于活跃步行空间，增加趣味性。在案例统计中，目前我国街道家具的类型较为单一，以椅凳为主，形式上通常包括简单的椅凳、公交车亭附带椅凳、其他设施附带椅凳等。③步道宽度指从路沿石开始至花坛、草坪或其他类型隔断的区域宽度。步道宽度不宜过窄，适宜的步道宽度应可以满足轮椅、婴儿推车或至少两人并肩同行的需求，暂不考虑步道过宽的因素。④由于管理因素，步道上通常会被各种事物占道而影响行人的正常通行需求，相关因素包括小商小贩占道经营、机动车辆停放、大量停放非机动车、植物占道过多（影响通行）、设施占道过多、其他杂物等。由此影响了步行体验和舒适度。⑤步道破碎或开裂会影响行人观感和步行舒适度，及时的修整也是良好管理和良好步行环境的体现，故对步道失修状况进行评价。

4.1.2.3 步行设施改善评价

（1）街道设施指标


①过街设施改善是在原有过街设施的基础上重新修缮、改造升级、设施新增等，包括但不限于人行横道重新喷漆、阻车桩类型升级、新增过街红绿灯、新增安全岛、新增斑马线等形式；②街道绿化改善的情况主要是街道两旁新增成列行

道树。在实际案例中发现，部分点位因树木长大导致树冠增大而呈现出的成荫气势的情况不算作改善（真正的改善点在树木种植之时已经发生）；③连贯建筑物的改善主要体现在步行道两侧新增建筑物来提高周边步行活力和围合感；④机非隔离设施的改善包括设施更新、增加或类型升级等，如阻车桩、隔离栅的新增，或者由原来简单的阻车桩升级为隔离花坛等类型；⑤专用自行车道的改善包括增加自行车道铺装和标识、原有非机动车道改造为专用自行车道等形式，提升自行车行驶的空间质量。

（2）步道设施指标

①步道有无方面，许多点位经过几年的发展，在原有街道的基础上扩宽新增了步行道以供行人步行通过，在功能上充分满足了步行需求，提高了步行友好性；②步道家具的改善主要表现为新增建设街道家具，可能表现出多种形式，如新增的公交车亭附加了街道家具；③步道宽度改善主要体现在步道扩宽，改善了行人出行的步行空间；④步道占道有多种形式，步道占道改善最大的表现是占道因素被移除，例如步道上的占道设施被移除（移动垃圾车）、混乱无序的小摊贩被移除、混乱停放的自行车被移除等；⑤步道失修改善主要表现在步道的重新铺装，修正完善路面，提高步行环境的舒适度和美观度，进而提高街道的步行友好性。

表 4.2 城市街道步行设施指标现状评价标准

		现状评价标准		
评分指标	评分标准及评分依据	图片示意	得分规则	说明
一、照片情况	①照片过暗无法评分； ②高速路无法评分；③ 拍摄点距步道距离较远 无法判断		不计分	对于①②，勾选该选项， 并对 A-J 项不做评价； 对于③，勾选该选项， 并对第 G-J 项不做评价
二、街道设施指标	A 有过街设施 ①信号控制标识；②过 街天桥；③地下通道； ④人行横道标线；⑤行 人安全岛		符合任 一项则 计 1 分	①对常理上应有过街设 施但在照片上由于视角 等原因看不到时，不给 分；②如果图中有多条 道路，只要其中有一条 路有过街设施就可以得 分
	B 有街道 绿化 步道旁有连贯的行道树 （步道一侧出现就可以 得分，若是无步道的路 旁有行道树则不能得 分）		符合则 计 1 分	①注意北方冬天的行道 树树叶会脱落，应仔细 识别；②若路旁只有一 两棵稀疏的树木，则不 给分，需要是成排的、 连贯的树木；③草地及 灌丛不算街道绿化，因 为无法提供树荫

续表 4.2 城市街道步行设施指标现状评价标准

		现状评价标准		
评分指标	评分标准及评分依据	图片示意	得分规则	说明
C 有连贯建筑物	步道旁有连贯的建筑物，可以对步道形成一定的围合感		符合则计1分	步道一侧出现即可
二、街道设施指标	D 有机非隔离设施	<p>①隔离栅；②连贯的、间距小于汽车宽度的花坛，能起到隔离汽车的作用；③阻车桩</p>	符合任一项则计1分	步道一侧出现即可
	E 有专用自行车道	<p>①有明显标识（自行车简笔画）；②铺装（红色或绿色的铺装）</p>	符合任一项则计1分	应区分非机动车道和专用自行车道。若只有白色实线作为区分，而没有上述自行车道标识，不算作专用自行车道

续表 4.2 城市街道步行设施指标现状评价标准

		现状评价标准		
评分指标	评分标准及评分依据	图片示意	得分规则	说明
三、 步道设施指标	F 无步道	无步道 	符合则计1分	机非混行的道路算是“无步道”
	G 有街道家具	①有摆在街道两旁的椅、凳等；②有边缘可坐的花坛（花坛边缘需具有一定的厚度，可容纳行人坐下）；③其他设施附带的椅凳（如宣传栏旁边附带的椅凳、公交车亭的椅凳） 	符合任一项则计1分	①部分公交车亭并无座位，应注意区分；②商铺门口摆放的临时座椅不算作街道家具
	H 步道宽度适宜	从路沿石开始的步道宽度可以满足轮椅、婴儿推车、两人并肩同行 	符合则计1分	只要步道不是极端的窄，即可得分

续表 4.2 城市街道步行设施指标现状评价标准

		现状评价标准				
评分指标	评分标准及评分依据	图片示意		得分规则	说明	
三、 步道设施指标	有步道 I 步道 无长期占道	①无小商小贩占道经营；②无机动车辆和大量自行车停放；③无杂物堆放（如晾晒衣服、废弃家具等）；④植物（类似树坑、灌木丛等）、公共设施（如垃圾箱、路灯、座椅、变电箱等）占道后仍能满足两人并肩同行			符合所有项则计 1 分	①正在施工的工地不算占道现象；②步道上有大广场，若停车线内停机动车不算占道行为，若停车线外停机动车则算作占道行为，若无停车线停机动车也算作占道行为
	J 步道 无失修迹象	①无道路铺砖（明显的/多处）破损；②无路面（明显的/多处）开裂			符合所有项则计 1 分	①只针对步行道，机动车道不在评价范围内；②步道上的污渍不算做步道失修。步道失修仅关注步道铺装本身的破损情况

第4章 城市街道步行设施改善情况评估标准构建

表 4.3 城市街道步行设施指标改善评价标准

评分指标	改善评价标准			
	评分标准及评分依据	示意	得分规则	
一、照片情况	同上	同上	不计分	
A 有过街设施	①过街设施翻新，如人行横道标线重新喷漆等；②过街设施增加，如增加行人安全岛	 <p>人行横道重新喷漆 阻车桩类型升级 新增红绿灯 新增安全岛 新增斑马线</p>	符合任一项则计1分	
二、街道设施指标	B 有街道绿化	①行道树数量增加（不包括由于树木长大导致树冠增大的情况）	 <p>新增行道树 新增行道树 新增行道树</p>	符合则计1分
	C 有连贯建筑物	①步道两侧建筑物从无到有	 <p>新增街道两侧建筑物 新增街道两侧建筑物 新增街道两侧建筑物</p>	符合则计1分

第4章 城市街道步行设施改善情况评估标准构建

续表 4.3 城市街道步行设施指标改善评价标准

评分指标	改善评价标准			
	评分标准及评分依据	示意	得分规则	
二、 街道 设施 指标	D 有机非隔离设施	①机非隔离设施增加；②隔离设施翻新，如隔离栅更新等	 <p>新增隔离桩 新增隔离栅</p>	符合任一项则计1分
	E 有专用自行车道	①新增自行车道；②原有非机动车道改造为专用自行车道		 <p>新增自行车道 增加红色铺装 增加自行车标识和铺装</p>
三、 步道 设施 指标	F 无步道	①新增步道	 <p>新增步道</p>	符合则计1分

第4章 城市街道步行设施改善情况评估标准构建

续表 4.3 城市街道步行设施指标改善评价标准

评分指标		改善评价标准		
		评分标准及评分依据	示意	得分规则
三、 步道 设施 指标	G 有 街道 家具	①增设街道家具	 <p>新增街道家具 新增花坛 (边缘可坐)</p>	符合则计 1分
	H 步 道宽 度适 宜	①步道拓宽	 <p>步道拓宽</p>	符合则计 1分
	I 步道 无长 期占 道	①树坑、灌木、路灯等影响路人 行走的街道设施被移除 ②车辆、小摊贩等流动性物品被 移除	 <p>步道上的设施被移走 小摊贩被移除 自行车被移除</p>	符合任一 项则计 1 分

第4章 城市街道步行设施改善情况评估标准构建

续表 4.3 城市街道步行设施指标改善评价标准

评分指标	改善评价标准			得分规则
	评分标准及评分依据	示意		
J 步道 无失修迹象	① 人行道重新铺装（即使原来与现在铺装都很完整）	 <p>The '示意' (Illustration) column contains six photographs arranged in a 2x3 grid. Each photograph shows a different perspective of a newly paved sidewalk. The top row shows sidewalks from a street-level perspective, and the bottom row shows sidewalks from a slightly elevated perspective. Each photo has the caption '步道重新铺装' (Sidewalk re-paving) written below it.</p>		符合则计 1分

4.2 评价过程

4.2.1 虚拟审计平台构建

基于上述数据和评价标准构建虚拟审计平台（图 4.1），每个点位包括东、南、西、北 4 个方位评估基期的街景图片，以及东、南、西、北 4 个方位评估末期的街景图片。



图 4.1 虚拟审计平台-基于街景图片对街道步行设施进行人工审计

图片来源：内部网站截图

4.2.2 计算方法

在评价过程中，针对评估末期 4 张街景图片评价得到该点位步行设施的现状评分（4-1），针对评估基期和评估末期 2 个年份 8 张街景图片的对比评价得到该点位步行设施的改善评分（4-2），再根据评价结果对各城市步行设施现状（4-3）及改善（4-4）的分项指标和综合评价进行计算。计算公式为：

$$P_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (A_{ij}w_a + B_{ij}w_b + \dots + F_{ij}w_f)}{n_1} + \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (G_{ij}w_g + H_{ij}w_h + \dots + J_{ij}w_j)}{n_2} \quad (4-1)$$

$$P_l = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} (A_{il}w_a + B_{il}w_b + \dots + F_{il}w_f)}{n_1} + \frac{\sum_{i=1}^{n_2} (G_{il}w_g + H_{il}w_h + \dots + J_{il}w_j)}{n_2} \quad (4-2)$$

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} A_{ij}}{n_1} \quad (4-3)$$

$$A_l = \frac{\sum_{i=1}^{n_1} A_{il}}{n_1} \quad (4-4)$$

其中, P_j 代表某城市步行设施现状得分, P_j 代表某城市步行设施改善得分, A_j 代表某城市 A 指标现状得分, A_l 代表某城市 A 指标改善得分。 n_1 代表该城市 A-F 项指标打分有效点数 (排除由于照片过暗或道路为高速路无法评价的情况), n_2 代表该城市 G-J 项指标打分的有效点数 (排除由于照片过暗、道路为高速路、或拍摄点距步道距离较远或过暗无法判断的情况), n_1 、 n_2 计算结果如表 3.2 所示。 A、B……J 代表步行友好性现状评价分项指标评价得分 (为便于评价, F 指标得 1 分代表无步道, 计算中考虑指标正负作用, 将 F 指标得分互换, 即 1 分代表有步道), i 代表不同街景点位, A_{ij} 、 B_{ij} …… J_{ij} 代表不同街景点各项指标的现状评价得分结果, A_{il} 、 B_{il} …… J_{il} 代表不同街景点各项指标的改善评价得分结果, w_a 、 w_b 、 w_c …… w_j 代表步行设施评价分项指标的权重。

4.2.3 评价与检验

评价环节中, 邀请 7 位城市规划或建筑学专业的审计员, 对其详细介绍本研究的研究对象、目的与方法, 使其充分了解研究和评分意图。然后结合评价指南的相关标准对审计员进行逐一培训, 互相讨论, 并以深圳市 200 个点位为例进行预实验, 重复培训过程直至审计员之间基本达成共识、预实验评分结果与指南基本一致。为保证审计结果个体差异最小, 进行三轮检验。

首先, 检验 7 位审计员预实验结果。预实验中, 每人对深圳 200 个点位进行预审计, 一方面, 对预实验审计结果逐一进行核对查看是否有明显审计错误的情况, 并进行再次培训, 直至符合要求。另一方面, 将审计员的审计结果视作图形像素, 对不同审计员的打分结果进行两两对比, 以排除个人审计因素的影响, 计算公式为:

$$IoU = \frac{NS}{NU}$$

其中, IoU 为检验结果, NS 为两个审计员审计结果相同部分的数量, NU 为审计总数 [审计点位数 \times 20 (现状指标数量 10 个 + 改善指标数量 10 个), 本研究中 $NU=4000$]。审计员之间两两对比的 IoU 检验结果几乎均在 80% 以上 (计算机检测任务中一般约定, 如果 $IoU \geq 0.5$, 则检测正确), 一致性较高, 7 位审计员对评价指南的认知基本一致, 符合审计要求 (表 4.4)。

其次, 初步检验 7 位审计员正式审计结果。正式审计过程中, 虚拟审计平台

后台记录每个审计员审计时在各个审计点位界面最后一次页面的停留时间。我们认为，审计页面停留时间小于 5 秒可能存在审计员未仔细观察街景图片各要素的情况，故筛选并计算每个审计员审计页面停留时间大于 5 秒的点位比例。计算结果发现 5 位审计员该比例在 91%-97%，符合审计要求。与另 2 位审计员进行后续沟通发现，其在初次审计完成后重新进行了一轮校对，系统后台记录了检查时间，导致页面停留时间较短，故对另 2 位审计员着重进行第 3 轮的检验。

再次，对 7 位审计员的正式审计结果每隔 100 点进行抽查，并对 7 位审计员进行反馈，要求其根据抽查结果不符的内容对全部审计结果进行核查并最终修改。

表 4.4 IoU 检验结果

	1	2	3	4	5	6	7
1							
2	85.37%						
3	86.89%	85.74%					
4	84.04%	81.72%	83.72%				
5	87.76%	85.96%	86.26%	83.15%			
6	84.24%	83.87%	85.91%	80.37%	85.30%		
7	81.80%	81.70%	83.13%	78.15%	83.17%	89.83%	

4.3 本章小结

本章主要说明了城市街道步行设施改善情况评估标准的构建过程：第一步，首先根据相关文献综述、结合本文数据特征和预实验调整，明确了本文的评价指标，并结合本文的研究数据尽可能详细地制定评价指南，以减少审计人员评估过程中的主观性。第二步，介绍了本文的数据评价过程，包括虚拟审计平台的构建视图介绍、计算公式、以及对多位审计人员的评分一致性评估，以进一步控制并检验评估过程中可能存在的主观差异。

第5章 中国45个城市街道步行设施评价结果分析

5.1 城市街道步行设施评价结果总览

5.1.1 步行设施指标综合情况概述

对各项指标进行描述性统计如表 5.1、图 5.1、图 5.2、图 5.3 所示。

结果显示，中国 45 个城市在街道绿化、连贯建筑物、有无步道、步道宽度适宜这四项指标的表现一贯较好，其均值都在 80% 左右，因此，其改善程度都相对较低（1.5%、4.7%、2.9%、1.9%），因为已经达到了比较好的效果。

步道无失修指标是现状较好（66.2%），改善也较好的指标（12.0%），这是由于步道失修状况随时间而不断变化，需要持续保持对该指标的关注，及时调整和改善。

机非隔离设施指标现状表现一般，但整体上来看，是近年改善最好的指标（14.8%），同时，其现状表现和改善程度在城市间差异较大（方差最高、箱型图箱体最为分散）。因此，一方面，机非隔离设施的建设若能继续保持这一改善趋势，相信在未来会有更好的表现；另一方面，部分城市应当对这项指标进行关注，尽快与其他城市缩小差异。

过街设施、步道占道两项指标现状稍差，改善情况也一般，需要在未来持续进行改进。其中，步道占道指标现状的方差较大，说明部分城市应对该指标着重改进，过街设施方差较小，各城市均需关注。

专用自行车道和街道家具两项指标的现状评分（均在 5% 以下）及改善评分（1.4%、1.2%）均不理想，是十项指标中的最低分，亟需各个城市政府的关注以对现状进行改进提升。

表 5.1 分项指标数据统计

	指标	极小值	极大值	均值	标准差	方差
现状指标	过街设施	10.4%	41.0%	24.5%	7.3%	52.9
	有街道绿化	60.3%	93.5%	81.1%	6.9%	47.7
	有连贯建筑物	56.6%	90.0%	80.8%	7.9%	62.3
	有机非隔离设施	15.4%	56.0%	35.7%	11.6%	134.5
	有专用自行车道	0.00%	9.7%	3.1%	2.2%	4.7

续表 5.1 分项指标数据统计

指标	极小值	极大值	均值	标准差	方差
无步道	6.4%	32.9%	16.9%	6.8%	45.8
(有步道)	93.6%	67.1%	83.1%	6.8%	45.8
有街道家具	1.3%	9.2%	4.0%	1.7%	3.0
步道宽度适宜	62.3%	92.0%	79.4%	7.8%	60.2
步道无长期占道	20.0%	63.6%	41.9%	10.1%	101.1
步道无失修迹象	43.8%	78.7%	66.2%	9.0%	80.4
现状评分	36.8	60.2	50.2	5.1	25.7
改善指标					
过街设施改善	3.9%	18.4%	8.4%	3.2%	10.0
街道绿化改善	0.2%	4.3%	1.5%	0.9%	0.7
连贯建筑物改善	1.0%	13.3%	4.7%	2.4%	5.9
机非隔离设施改善	4.7%	32.4%	14.8%	6.6%	43.7
专用自行车道改善	0.0%	7.4%	1.4%	1.4%	1.8
无步道改善	0.1%	8.1%	2.9%	1.5%	2.2
街道家具改善	0.0%	4.7%	1.2%	0.9%	0.78
步道宽度改善	0.1%	8.1%	1.9%	1.6%	2.4
步道无长期占道改善	0.9%	11.9%	4.0%	2.4%	5.8
步道无失修改善	1.8%	29.2%	12.0%	5.4%	29.3
改善评分	2.9	11.3	5.4	1.7	2.8

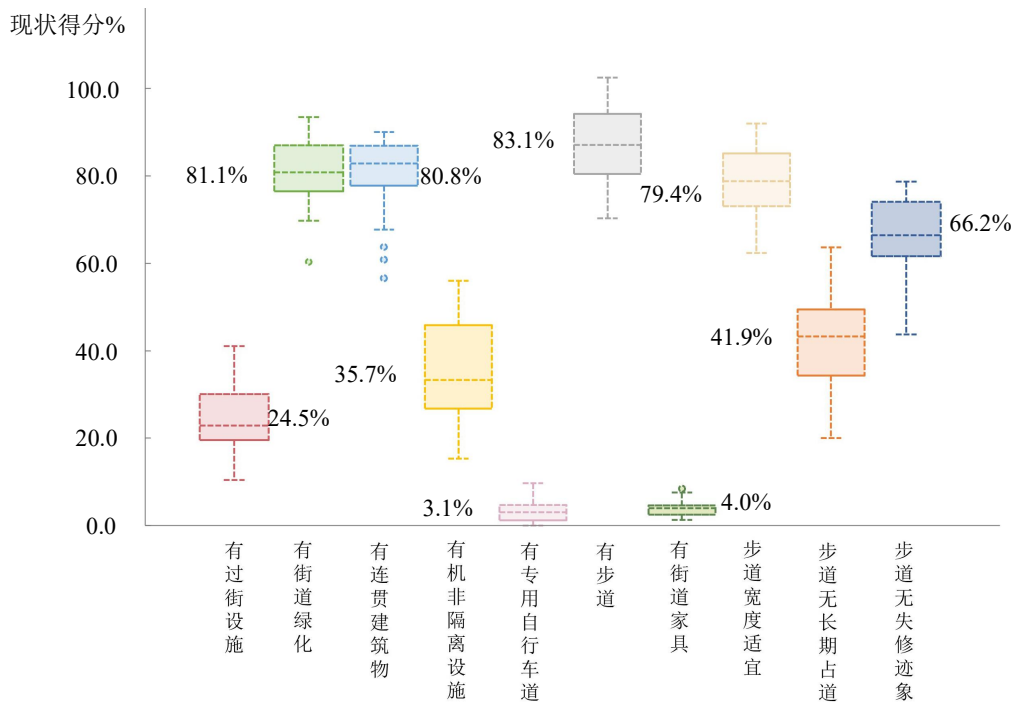


图 5.1 城市街道步行设施指标现状评估结果（箱型图）

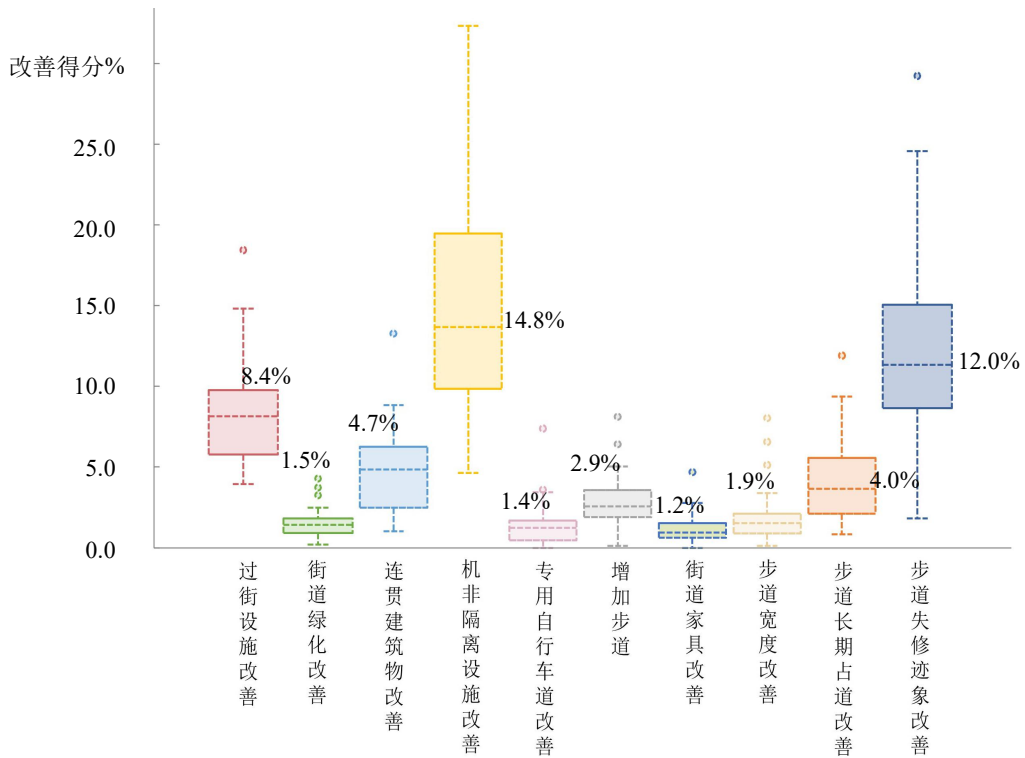


图 5.2 城市街道步行设施指标改善评估结果（箱型图）

以昆明市、烟台市和郑州市的 3 个点位为例。昆明市 ID11 的点位（图 5.3a）

步行设施改善评分 0.6 分以上，具体包括过街设施、机非隔离设施、专用自行车道的完善，以及步行道路的新增、重新铺装等，烟台市 ID1068 的点位（图 5.3b），步行设施的改善评分在 0.5 分以上，具体包括过街设施、机非隔离设施、以及步行道路的重新铺装、无占道等。郑州市 ID70 的点位（图 5.3c），步行设施的改善评分为 0.3 分，具体包括连贯建筑物完善，机非隔离设施完善、无长期占道完善等。



图 5.3 步行设施现状改善高分街景图像数据示意 (a) 昆明市 ID11; (b) 烟台市 ID1068; (c) 郑州市 ID70

5.1.2 各城市评分结果总览

各城市步行设施现状与改善情况的得分如图 5.4、图 5.5、图 5.6、图 5.7 所示。改善排名前十的城市分别为北京、长春、武汉、郑州、深圳、兰州、成都、厦门、汕头、沈阳，现状排名前十的城市分别为上海、武汉、成都、西安、兰州、杭州、郑州、北京、深圳、厦门。

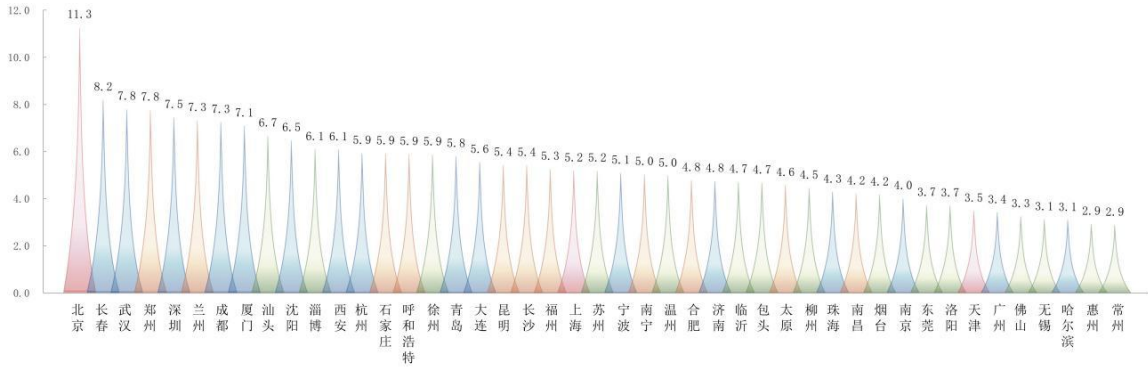


图 5.4 中国主要城市街道步行设施改善得分（按照改善得分降序排列）

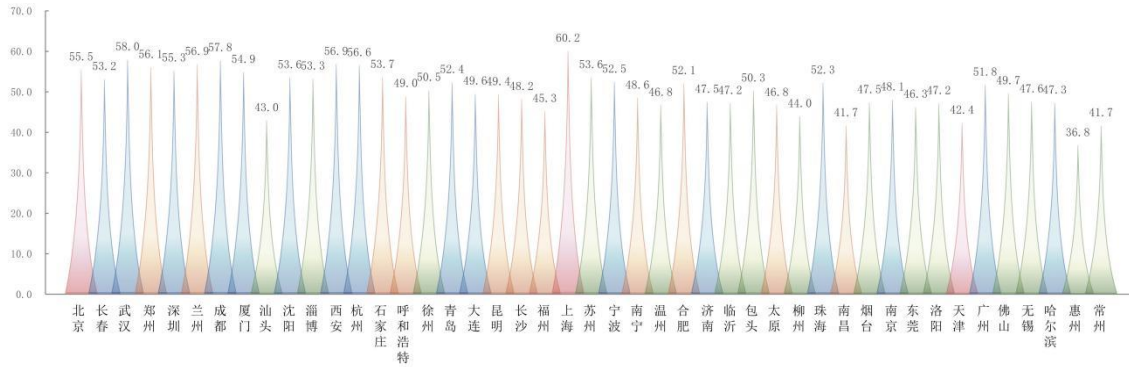


图 5.5 中国主要城市街道步行设施现状得分（按照改善得分降序排列）

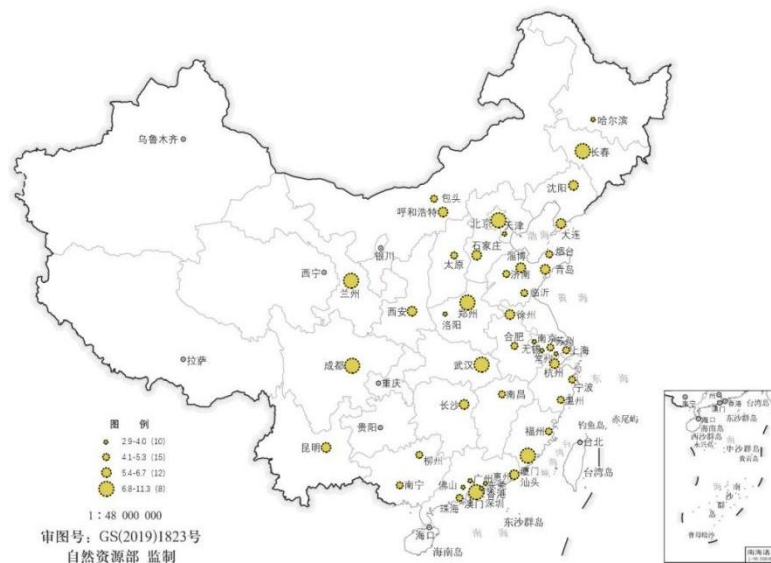


图 5.6 城市街道步行设施改善评分分布

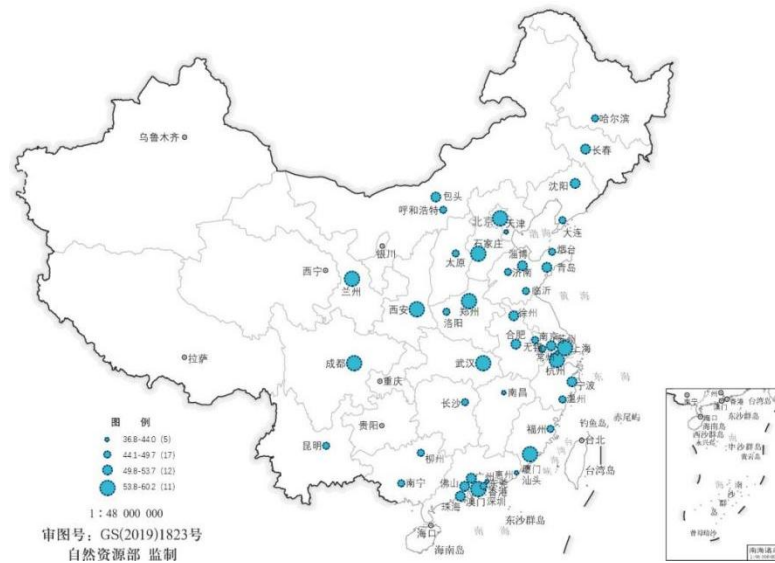


图 5.7 城市街道步行设施现状评分分布

5.2 城市街道步行设施城市尺度评价结果及其特征

5.2.1 各城市步行设施指标改善情况对比

进一步对城市间步行设施的差异进行研究。从分项指标的现状评分来看（表 5.2），单项指标最高分的城市通常整体表现也较好，基本位于前 50%，单项指标最低分的城市通常整体表现也一般，基本位于后 50%。特殊的，青岛在专用自行车道的建设方面表现不佳，但整体来看，各项步行设施的现状评分除连贯建筑物外，其他指标均高于均值或接近于均值，整体表现较好，因此，对于这类在某一项设施方面存在缺项的城市，可以首先对于设施的有无进行专项提升建设，例如青岛首先应当加强专用自行车道的建设，在“有”设施的基础上进而关注其他各类设施的“品质”提升，做好设施的类型丰富和品质维护。

作为步行设施现状综合评价最低分的城市，惠州同样也是过街设施、街道绿化、街道家具、步道宽度、步道无长期占道 5 项单项指标的最低分，同时，这 5 项指标的改善也同样低于或接近于均值，仍有很大的改进提升空间，应加强对这 5 项指标的建设与品质提升。

从分项指标的改善评分来看，单项指标改善最好的城市（成都、西安、郑州、北京、深圳），在步行设施的现状综合表现上也较好，即通过步行设施的改善，整体提升了步行设施的建设水平，基本处于城市步行设施现状综合排名前十的位置，这可能与该城市的步行设施建设政策、建设项目与建设意识有关。

其中，北京市在近年来的改善成绩较为突出，在自行车道、步道建设、步道

宽度和步道占道 4 项指标方面的改善均为第一，详细来看，专用自行车道方面的进展最为突出，在现状表现中同样也是第一；步道建设和步道宽度方面的改善，虽然现状表现尚未达到 45 个城市的现状表现均值，但已基本接近；步道占道方面，其现状表现也已高于均值表现，达到了较好的效果。

天津在 45 个城市中机非隔离设施和专用自行车道的改善最低，同时其现状表现也低于均值，因此，天津市应当着重关注这两方面的改善提升。

广州在步道建设、步道宽度、步道占道、步道失修 4 项指标方面的改善较低，但是，步道建设、步道占道、步道失修的现状表现均在均值之上，步道宽度（77.8%）略低于均值（均值 79.4%，低于均值 1%），说明在本研究对于广州的评估基期 2013 年以前，广州在这 4 方面的建设已经达到了较好的水平，在设施的有无上，可改善的空间不高。由此也进一步说明了，要想对城市步行设施的改善情况进行更加客观的评估，不能仅仅关注于改善情况本身，更要关注于该城市改善前的情况，特别是对于更加关注步行设施“有无”的本研究来说，若改善前该城市某项步行设施已“有”，那么显然的，其“有无”方面的改善提升空间不高，更应关注于对设施“品质”的提升。

表 5.2 各城市分项指标评价情况

基于城市现状评分结果由高至低排序

每个城市第一行为现状评分，最高值和最低值分别为深黄色和浅黄色，第二行为改善评分，最高值和最低值分别为深紫色和浅紫色

城市	过街设施	街道绿化	连贯建筑物	机非隔离设施	专用自行车道	无步道	街道家具	步道宽度	步道无长期占道	步道无失修	评分
上海	38.5%	89.8%	86.4%	50.8%	6.1%	8.6%	4.0%	89.3%	58.0%	78.7%	60.2
	6.8%	0.8%	4.2%	14.6%	0.9%	1.9%	0.6%	1.5%	6.0%	13.8%	5.2
武汉	35.3%	91.7%	79.3%	54.5%	3.3%	8.4%	5.9%	88.9%	48.2%	73.8%	58.0
	14.8%	19%	5.0%	26.5%	1.7%	3.6%	1.9%	2.8%	5.7%	11.6%	7.8
成都	41.0%	92.1%	87.4%	33.3%	3.4%	6.6%	8.5%	90.4%	47.4%	73.2%	57.8
	12.0%	0.6%	7.3%	13.7%	1.7%	4.5%	4.7%	6.6%	3.8%	17.1%	7.3
西安	24.8%	87.2%	89.5%	50.6%	1.9%	8.9%	4.8%	89.1%	49.8%	75.6%	56.9
	8.3%	0.6%	13.3%	14.1%	0.3%	3.6%	2.3%	2.9%	4.8%	11.7%	6.1
兰州	19.5%	85.4%	86.4%	42.1%	2.9%	7.3%	2.6%	91.9%	63.6%	78.2%	56.9
	12.0%	3.3%	6.3%	21.8%	1.6%	2.9%	0.9%	3.3%	5.9%	14.2%	7.3
杭州	36.5%	87.9%	82.7%	50.8%	6.2%	12.4%	4.7%	83.4%	43.8%	74.5%	56.6
	12.4%	1.3%	2.1%	20.0%	2.8%	2.1%	0.3%	1.5%	2.7%	12.1%	5.9
郑州	32.1%	88.6%	78.4%	50.7%	3.4%	7.0%	1.9%	90.5%	37.3%	77.0%	56.1
	10.2%	1.3%	6.8%	32.4%	1.3%	1.9%	0.5%	2.1%	8.5%	10.6%	7.8

第5章 中国45个城市街道步行设施评价结果分析

续表 5.2 各城市分项指标评价情况

城市	过街设施	街道绿化	连贯建筑物	机非隔离设施	专用自行车道	无步道	街道家具	步道宽度	步道无长期占道	步道无失修	评分
北京	36.2%	82.2%	76.1%	55.3%	9.7%	15.4%	4.5%	78.8%	51.2%	71.2%	55.5
	9.8%	3.7%	6.8%	27.2%	7.4%	8.1%	2.8%	8.1%	11.9%	24.6%	11.3
深圳	36.5%	84.0%	84.4%	52.3%	3.1%	11.1%	6.1%	80.4%	45.1%	68.5%	55.3
	18.4%	1.0%	2.1%	23.4%	1.2%	1.6%	2.3%	1.9%	6.1%	13.3%	7.5
厦门	30.9%	80.5%	83.1%	56.0%	1.0%	15.2%	5.7%	81.1%	48.0%	74.3%	54.9
	8.0%	0.8%	2.5%	29.0%	0.6%	2.3%	0.7%	0.7%	5.5%	19.1%	7.1
石家庄	12.5%	88.4%	87.1%	45.2%	2.0%	8.9%	4.1%	89.8%	31.1%	76.9%	53.7
	5.1%	1.8%	5.6%	23.6%	1.3%	4.5%	0.7%	1.7%	3.2%	10.7%	5.9
苏州	33.6%	87.8%	67.8%	49.6%	5.0%	19.7%	5.1%	77.4%	52.9%	68.8%	53.6
	9.3%	2.1%	7.4%	14.6%	0.5%	3.4%	1.1%	0.6%	3.4%	9.4%	5.2
沈阳	31.6%	78.6%	90.0%	27.1%	5.9%	9.3%	2.5%	87.8%	39.7%	76.9%	53.6
	13.8%	0.2%	6.4%	14.6%	3.6%	3.6%	0.7%	1.8%	6.4%	12.0%	6.5
淄博	18.7%	91.4%	60.9%	46.5%	4.9%	13.5%	3.4%	83.9%	54.7%	75.0%	53.3
	8.6%	1.4%	3.9%	22.1%	1.8%	2.5%	0.9%	3.4%	2.7%	12.3%	6.1
长春	26.2%	73.8%	86.0%	22.7%	0.8%	6.8%	1.3%	91.7%	55.1%	74.6%	53.2
	13.8%	2.5%	3.3%	10.5%	0.8%	5.0%	0.5%	5.1%	9.4%	29.2%	8.2

第5章 中国45个城市街道步行设施评价结果分析

续表 5.2 各城市分项指标评价情况

城市	过街设施	街道绿化	连贯建筑物	机非隔离设施	专用自行车道	无步道	街道家具	步道宽度	步道无长期占道	步道无失修	评分
宁波	29.4%	85.1%	80.9%	46.6%	3.6%	19.2%	3.8%	77.5%	45.7%	65.1%	52.5
	9.8%	1.1%	6.4%	17.2%	1.5%	2.6%	1.0%	0.7%	2.4%	7.7%	5.1
青岛	25.2%	85.7%	69.1%	40.6%	0.0%	15.4%	3.7%	83.3%	53.2%	73.0%	52.4
	8.4%	1.6%	4.7%	16.4%	0.0%	3.1%	1.3%	1.3%	4.8%	15.6%	5.8
珠海	18.1%	93.5%	87.8%	35.9%	7.0%	16.0%	9.2%	81.8%	40.8%	64.7%	52.3
	8.0%	0.4%	1.5%	12.7%	3.8%	1.9%	1.8%	0.7%	0.9%	10.5%	4.3
合肥	22.7%	88.0%	72.7%	43.6%	1.9%	12.0%	2.2%	81.7%	41.1%	70.8%	52.2
	5.3%	2.1%	4.9%	14.1%	0.4%	1.3%	1.1%	1.7%	5.3%	11.4%	4.8
广州	24.6%	75.2%	76.1%	43.7%	1.3%	18.0%	3.5%	78.4%	50.6%	77.8%	51.8
	6.2%	0.2%	1.9%	20.3%	1.0%	0.1%	0.2%	0.1%	0.9%	1.8%	3.4
徐州	19.6%	81.8%	72.7%	42.8%	2.9%	17.3%	3.1%	78.6%	48.1%	66.4%	50.5
	8.1%	1.7%	5.9%	20.9%	0.6%	3.3%	1.2%	1.0%	3.8%	11.4%	5.9
包头	22.3%	79.5%	87.1%	23.7%	4.0%	6.4%	1.3%	92.0%	30.2%	71.1%	50.3
	8.3%	2.4%	1.6%	8.9%	2.0%	2.0%	0.2%	1.8%	3.1%	15.9%	4.7
佛山	23.0%	84.4%	85.9%	37.1%	5.2%	23.2%	7.6%	71.2%	44.0%	62.7%	49.7
	3.9%	0.2%	1.0%	13.7%	1.0%	1.0%	1.7%	0.2%	1.4%	7.6%	3.3

第5章 中国45个城市街道步行设施评价结果分析

续表 5.2 各城市分项指标评价情况

城市	过街设施	街道绿化	连贯建筑物	机非隔离设施	专用自行车道	无步道	街道家具	步道宽度	步道无长期占道	步道无失修	评分
大连	33.9%	76.7%	89.4%	16.1%	0.6%	15.5%	4.4%	81.4%	38.3%	66.6%	49.6
	13.1%	1.3%	2.1%	9.5%	0.2%	4.0%	1.6%	2.0%	2.4%	17.9%	5.6
昆明	16.0%	77.8%	84.6%	39.3%	5.0%	17.9%	4.5%	76.7%	43.3%	63.5%	49.4
	5.0%	2.3%	6.2%	18.9%	1.9%	2.1%	1.9%	2.4%	3.8%	9.9%	5.4
呼和浩特	16.1%	71.6%	84.9%	28.0%	2.4%	12.3%	3.0%	84.1%	42.2%	70.7%	49.0
	8.1%	1.8%	2.6%	13.7%	0.8%	3.4%	1.5%	1.5%	6.5%	17.8%	5.9
南宁	22.6%	78.6%	79.1%	31.6%	3.3%	17.5%	3.6%	76.9%	43.9%	61.5%	48.6
	8.4%	1.9%	8.8%	13.6%	1.9%	1.2%	1.5%	0.7%	2.2%	11.3%	5.0
长沙	26.9%	84.1%	82.4%	27.7%	0.9%	22.2%	4.6%	73.2%	43.7%	59.6%	48.2
	8.2%	1.6%	3.9%	13.0%	0.7%	4.0%	1.7%	2.1%	3.7%	14.5%	5.4
南京	22.0%	84.5%	63.8%	29.4%	1.6%	25.4%	4.0%	73.0%	55.6%	64.5%	48.1
	6.5%	4.3%	6.2%	8.3%	0.2%	4.5%	0.6%	3.4%	1.7%	4.4%	4.0
无锡	24.6%	86.8%	56.6%	36.9%	4.3%	25.1%	2.4%	71.1%	51.6%	61.8%	47.6
	4.7%	1.2%	5.5%	9.8%	0.8%	1.2%	0.0%	0.7%	1.7%	5.8%	3.1
济南	21.3%	76.6%	82.8%	37.9%	4.6%	19.7%	4.6%	73.6%	32.0%	61.8%	47.6
	5.0%	1.2%	8.7%	13.0%	1.5%	2.5%	1.4%	0.9%	4.1%	9.9%	4.8

第5章 中国45个城市街道步行设施评价结果分析

续表 5.2 各城市分项指标评价情况

城市	过街设施	街道绿化	连贯建筑物	机非隔离设施	专用自行车道	无步道	街道家具	步道宽度	步道无长期占道	步道无失修	评分
烟台	16.5%	75.4%	77.8%	23.9%	1.1%	20.4%	4.4%	79.1%	49.0%	66.7%	47.5
	4.0%	1.5%	5.3%	6.4%	0.4%	3.1%	2.7%	1.0%	2.1%	16.5%	4.2
哈尔滨	23.9%	73.0%	88.5%	15.4%	0.6%	12.2%	2.4%	86.2%	33.1%	62.9%	47.3
	7.5%	0.4%	2.4%	4.9%	0.1%	2.0%	0.0%	0.4%	3.6%	8.8%	3.1
临沂	21.5%	81.5%	80.3%	31.9%	2.4%	20.1%	1.9%	75.4%	41.1%	58.5%	47.2
	8.0%	1.2%	5.4%	10.0%	1.6%	1.6%	0.5%	3.3%	3.8%	11.2%	4.7
洛阳	20.9%	80.8%	77.7%	33.2%	1.2%	16.4%	2.9%	80.0%	29.8%	63.3%	47.2
	7.1%	0.8%	4.9%	9.9%	0.2%	1.8%	1.0%	1.7%	1.4%	8.1%	3.7
温州	26.9%	74.3%	88.3%	32.9%	5.9%	24.4%	4.7%	71.7%	34.3%	57.5%	46.8
	10.1%	0.8%	3.8%	17.4%	3.6%	1.6%	1.3%	0.7%	3.3%	5.6%	5.0
太原	16.1%	69.8%	84.1%	30.2%	3.2%	17.8%	2.2%	76.3%	34.4%	66.1%	46.8
	5.7%	1.1%	4.9%	11.2%	1.7%	3.2%	0.0%	1.0%	7.3%	8.7%	4.6
东莞	22.9%	75.3%	86.6%	28.8%	0.6%	22.7%	4.7%	72.7%	37.1%	60.6%	46.3
	5.9%	1.0%	1.0%	15.4%	0.0%	1.2%	0.7%	1.2%	2.1%	7.5%	3.7
福州	20.5%	77.7%	87.4%	26.5%	3.1%	23.8%	4.0%	71.7%	29.1%	59.8%	45.3
	8.3%	1.0%	2.5%	13.0%	1.7%	2.5%	1.3%	1.8%	4.0%	15.7%	5.3

第5章 中国45个城市街道步行设施评价结果分析

续表 5.2 各城市分项指标评价情况

城市	过街设施	街道绿化	连贯建筑物	机非隔离设施	专用自行车道	无步道	街道家具	步道宽度	步道无长期占道	步道无失修	评分
柳州	21.0%	73.1%	79.2%	27.7%	6.3%	24.2%	5.3%	73.0%	29.2%	52.5%	44.0
	9.3%	1.6%	2.8%	9.3%	3.4%	2.0%	0.7%	1.3%	3.5%	9.7%	4.5
汕头	16.9%	76.3%	89.8%	17.9%	1.8%	23.5%	1.7%	74.9%	20.3%	63.0%	43.0
	8.8%	2.0%	6.4%	8.0%	1.4%	6.4%	0.6%	1.1%	8.0%	23.6%	6.7
天津	21.2%	78.0%	78.4%	23.4%	0.0%	23.2%	3.8%	67.5%	24.6%	54.8%	42.4
	4.9%	1.8%	4.9%	4.7%	0.0%	5.1%	1.4%	1.7%	1.9%	8.6%	3.5
常州	23.3%	76.8%	80.7%	19.7%	4.0%	32.9%	4.7%	64.1%	35.8%	43.8%	41.7
	4.3%	1.4%	1.9%	5.3%	1.6%	3.0%	1.2%	1.6%	1.9%	6.1%	2.9
南昌	16.8%	78.2%	72.9%	24.4%	1.2%	26.5%	3.5%	67.3%	36.6%	44.9%	41.7
	7.5%	1.6%	4.4%	11.7%	0.8%	2.6%	0.9%	1.2%	1.6%	9.5%	4.2
惠州	10.4%	60.3%	85.0%	21.8%	0.2%	29.7%	1.3%	62.3%	20.0%	44.0%	36.8
	5.6%	1.6%	4.0%	6.8%	0.0%	3.4%	0.6%	0.9%	1.3%	4.7%	2.9

5.2.2 “现状-改善”二维评价体系

城市街道步行设施的改善并非一蹴而就，而与其过去的实际情况以及空间的可改善提升性有关。相对于其他城市，上海在2017年的步行设施建设情况较好，但其在2013-2017年的评估期间的改善情况相对较低，这说明上海2013年步行设施建设已经达到较好水平，在评估期内步行设施可改善提升的空间有限。因此，本研究建立了“现状-改善”的二维评价体系，以期更加客观、相对综合地描述城市街道步行设施的建设与改善情况。

通过自然间断点分级法将现状和改善情况的评估结果分别分为A、B、C、D四级，并构建二维评价体系（表5.3），将其分为“好”“较好”“可改进”“改善中”“较差”五大类。

其中，“A-A/B/C/D”代表相对其他城市来说，该城市现状评价好，因此尽管其可能在评估期内改善情况较差，但这是因为其在评估期伊始已经达到相对较好的水平，可改善空间相对较小，因此不能简单的认为该城市步行设施改善情况较差，在此区间的城市有北京、成都、兰州、厦门、深圳、武汉、郑州、杭州、石家庄、西安、上海11个。

“B-A”“B-B”代表该城市现状评价较好，虽表现不如“A-”级城市，但其改善情况好，可以预见若继续保持目前的改善趋势，该城市未来很快会达到更好的水平，长春、沈阳、徐州、淄博、青岛5个城市属于此列。

“B-C”“B-D”有合肥、苏州、珠海、宁波、包头、广州、佛山7个城市，现状评价较好但改善情况稍差，仍有改进提升的空间。

“C/D-A”“C/D-B”有大连、昆明、长沙、呼和浩特、汕头5个城市，现状评价相对较差，但改善情况较好，若保持目前趋势，可以达到更好水平。

“C/D-C”“C/D-D”级城市现状评价较差，改善情况同样较差，是值得重点关注的城市，其余17个城市属于此列。

从街道步行设施的现状结果来看，除“A-A/B/C/D”级的11个城市现状已经达到相对较好的水平外，其余34个城市仍有较大的改善空间，可通过城市更新、街道整治或相关政策进行改善提升。

同时，需要注意的是，上述评级仅代表45个城市之间的相对关系，并不代表绝对关系，即，即使某城市现状和改善情况均为A-A级，但该评级仅是相对于其他44个城市而言较好，其本身是否仍有改善空间还需参考该城市街道步行设施指标的深入研究结果来判断。

表 5.3 城市街道步行设施“现状-改善”二维评价结果

		现状评级			
		A (53.8-60.2)	B (49.8-53.7)	C (44.1-49.7)	D (36.8-44.0)
改善 评级	A (6.8-11.3)	北京、成都、兰州、厦门、深圳、武汉、郑州	长春	/	/
	B (5.4-6.7)	杭州、石家庄、西安	沈阳、徐州、淄博、青岛	大连、昆明、长沙、呼和浩特	汕头
	C (4.1-5.3)	上海	合肥、苏州、珠海、宁波、包头	济南、温州、烟台、太原、福州、柳州、南宁、临沂	南昌
	D (2.9-4.0)	/	广州、佛山	无锡、东莞、哈尔滨、洛阳、南京	常州、惠州、天津

5.3 城市街道步行友好政策尺度评价结果及其特征

5.3.1 各城市政策颁布情况

在过往几年中，城市步行道与慢行系统政策已得到诸多城市与社会的广泛关注，并相继出台相关政策和导则以支持步行道与慢行系统的建设与发展。

根据城市街道政策的重要性与相关性程度分为五个等级，A 级至 E 级依次降低，代表该城市对慢行系统和街道步行友好性的重视程度和政策力度依次降低。基于本文步行设施研究视角及纵向改善情况比较的研究目的，对研究的 45 个城市各自评估期内的街道政策进行分类和统计（见附录 A）。统计评估期内的政策是为了更好的证明该政策理论上对该评估期内的改善情况是正向作用，统计的政策类型包括步行和自行车交通系统规划/导则/标准/蓝皮书、慢行交通系统规划、城市道路交通行动计划、街道设计导则等，评估结果如表 5.4 所示。

表 5.4 各市相关政策或规划分级

级别	类型	城市	数量
A	有该城市单独的慢行系统相关的街道规划、手册或导则	北京、上海、石家庄、沈阳、大连、长春、苏州、无锡、徐州、常州、杭州、温州、合肥、厦门、济南、烟台、郑州、	27

续表 5.4 各市相关政策或规划分级

级别	类型	城市	数量
		武汉、广州、汕头、深圳、珠海、惠州、 成都、兰州、南京、淄博	
B	在该城市相关规划/其他文件中 提到慢行系统	天津、太原、宁波、长沙、东莞、佛山、 昆明、西安、南昌、青岛	10
C	仅有该省的慢行系统相关的街道 规划、手册或导则		0
D	仅在该省全域其他相关规划/其 他文件中提到慢行系统	哈尔滨、福州、洛阳、呼和浩特、包头、 南宁、柳州	7
E	仅在该省其他城市有慢行系统相 关规划、手册或导则	临沂	1

5.3.2 “现状-改善-政策”三维评价体系

5.3.2.1 本文中政策实施过程评估和政策实施结果评估的定义

根据 2.3 章节中的文献综述：“政策实施结果评估”是将实施结果与规划蓝图进行对照，“政策实施过程评估”是根据规划实施中管理者、规划者做了什么来对规划执行状况评估（欧阳鹏, 2008）。结合本研究的数据与方法特征，将“政策实施结果评估”定义为城市步行友好性政策颁布及执行后城市步行设施最终表现的结果，本文通过政策与城市步行设施现状情况（评估末期）的相互关系来表示；将“政策实施过程评估”定义为城市步行政策的执行情况和操作能力，体现的是基于政策颁布而贯彻战略意图完成政策目标的改善过程，本文通过政策与城市步行设施改善情况（评估基期和评估末期之间的变化）的相互关系来表示。

5.3.2.2 “现状-改善-政策”三维评价体系

在“现状-改善”二维体系评价结果的基础上，引入城市政策维度，构建“现状-改善-政策”三维评价体系，以进行宏观政策颁布与执行情况的评估，共分为 8 类，详细的评价标准与评价结果如图 5.8、表 5.5 所示。

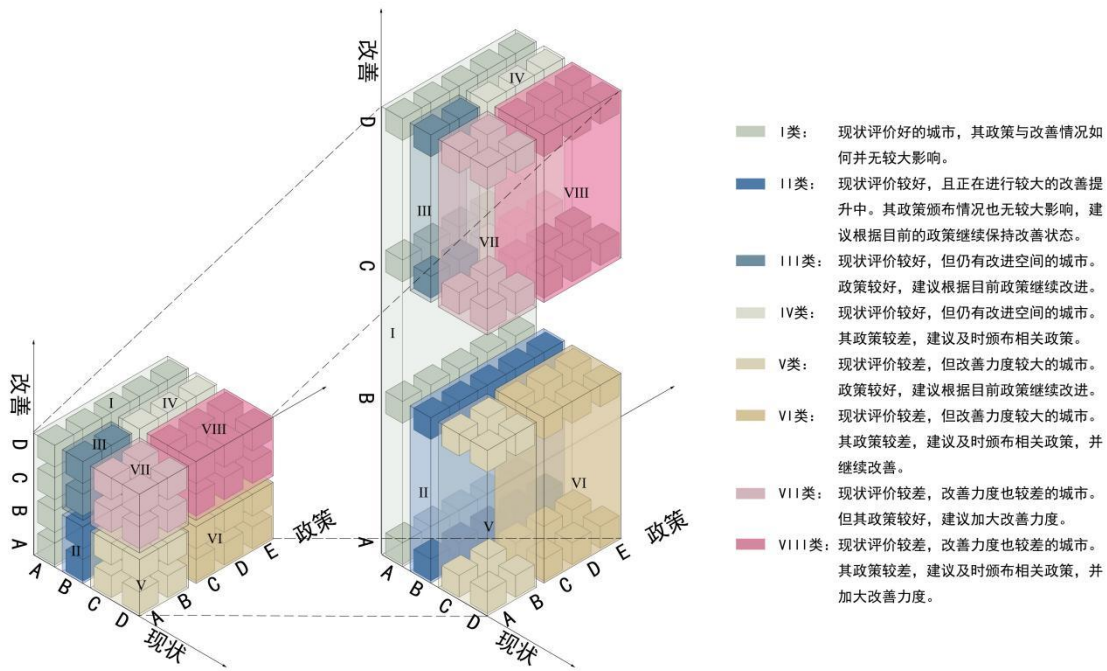


图 5.8 城市街道步行友好性“现状-改善-政策”三维评价体系

其中，I类代表相对其他城市来说，该城市现状评价较好，其政策与改善情况如何并无较大影响。此类城市有北京、成都、兰州、厦门、深圳、武汉、郑州、杭州、石家庄、西安、上海 11 个。

II类代表该城市现状评价较好，且正在进行较大的改善提升中，其政策颁布情况也无较大影响，建议根据目前的政策继续保持改善状态，包括长春、沈阳、徐州、淄博、青岛 5 个城市。

III类代表该城市现状评价较好，但仍有改进空间的城市，政策较好，建议根据目前政策继续推进，但应加大政策执行力度，包括合肥、苏州、珠海、宁波、广州、佛山 6 个城市。

IV类城市现状评价较好，但仍有改进空间，其政策较差，建议首先及时颁布相关政策，仅包括包头 1 个城市。

V类城市现状评价较差，但改善力度较大，政策较好，说明其政策颁布及政策执行情况较好，建议根据目前政策继续推进，大连、昆明、长沙、汕头 4 个城市属于此列。

VI类城市现状评价较差，政策较差，但改善力度较大，建议及时颁布相关政策，以对改善行动给予制度保障，并持续改善，包括呼和浩特、南昌 2 个城市。

VII类城市现状评价较差，改善力度也较差，但其政策较好，说明政策并未落实到位，建议严格落实相关政策，加大改善力度，济南、温州、烟台、太原、无

锡、东莞、常州、惠州、天津9个城市属于此列。

VIII类城市现状评价较差、改善力度较差、政策也较差，建议及时颁布相关政策并督促其落实，持续改善，包括福州、柳州、南宁、临沂、哈尔滨、洛阳、南京7个城市。

从城市评价结果与政策评价结果对比来看：改善评级较高的8个城市，以及现状已经达到相对较好水平的11个城市，其评估期内政策颁布也较为全面丰富，政策颁布力度大，政策执行效果好。其余城市在政策颁布与政策执行方面均有改善空间。

表 5.5 城市街道步行友好性“现状-改善-政策”三维评价结果

三维评价结果	城市	数量
I类	北京、成都、兰州、厦门、深圳、武汉、郑州、杭州、石家庄、西安、上海	11
II类	长春、沈阳、徐州、淄博、青岛	5
III类	合肥、苏州、珠海、宁波、广州、佛山	6
IV类	包头	1
V类	大连、昆明、长沙、汕头	4
VI类	呼和浩特、南昌	2
VII类	济南、温州、烟台、太原、无锡、东莞、常州、惠州、天津	9
VIII类	福州、柳州、南宁、临沂、哈尔滨、洛阳、南京	7

5.4 本章小结

本章应用第4章构建的城市街道步行设施改善情况评估标准，以中国45个城市为例，基于街道的多时相街景图片时光机数据开展实证研究。研究主要从指标维度、城市维度和政策维度三方面展开：

一，在指标维度探讨步行设施之间的差异与特征。通过描述性统计方法，总体分析各项指标现状与改善的分布情况。研究结果表明，机非隔离设施是近年改善最好的指标；街道绿化、连贯建筑物、有无步道、步道宽度适宜4项指标一贯表现较好；专用自行车道和街道家具2项指标亟需改造提升。

二，在城市维度探讨市际步行设施建设情况的差异与特征。一方面，针对于每个城市的每个指标来看，城市应差异化进行步行设施的改造提升，且不能孤立地看待步行设施的改善指标得分，而应结合其改善前状况进行综合评估。另一方

面，针对于城市总体情况来看，为综合考虑改善情况与改善前情况，构建步行设施“现状-改善”二维评价体系，并分为“好”“较好”“可改进”“改善中”“较差”5类城市。研究表明，尽管有部分城市改善情况不好，但其评估末期时的最终表现较好，这说明了该城市在改善评估基期时已经达到了较好的步行设施建设水平，仅从设施的有无及数量增减角度考虑的可改善提升的空间有限，未来还应补充设施质量提升的评估。

三，在政策维度探讨步行相关政策颁布与执行的情况。基于步行设施“现状-改善-政策”三维评价体系，分为8类城市。研究表明，目前部分城市步行政策的颁布情况与执行情况有待提升，特别是对于近年来改善情况与现状情况均表现不好的城市来说，一方面，部分城市尚未颁布步行提升相关的政策，政策的颁布是步行设施改善提升的第一步，也是重要的制度保障；另一方面，部分城市的步行政策并未得到很好的落实，尽管部分城市颁布了相关政策，但在结果的最终表现上并未实现较好的目标，并未能够真正的将政策落实下来。

第6章 北京市街道步行设施评价结果分析

6.1 北京市街道步行设施整体改善情况

6.1.1 街景点特征表现

以每个街景点 10 个指标现状情况之和代表该点的设施现状（每个街景点最新年份的街景图像数据），改善情况之和代表该点的步行设施改善情况（N=851，排除因照片原因无法评分的情况后北京市六环内有效评分点为 851 个），存在一项步行设施指标或指标改善则为 1，不存在为 0，10 个步行设施现状总和及改善总和均为[0-10]，并在 ArcGIS 中进行空间落位和表达（图 6.1）。

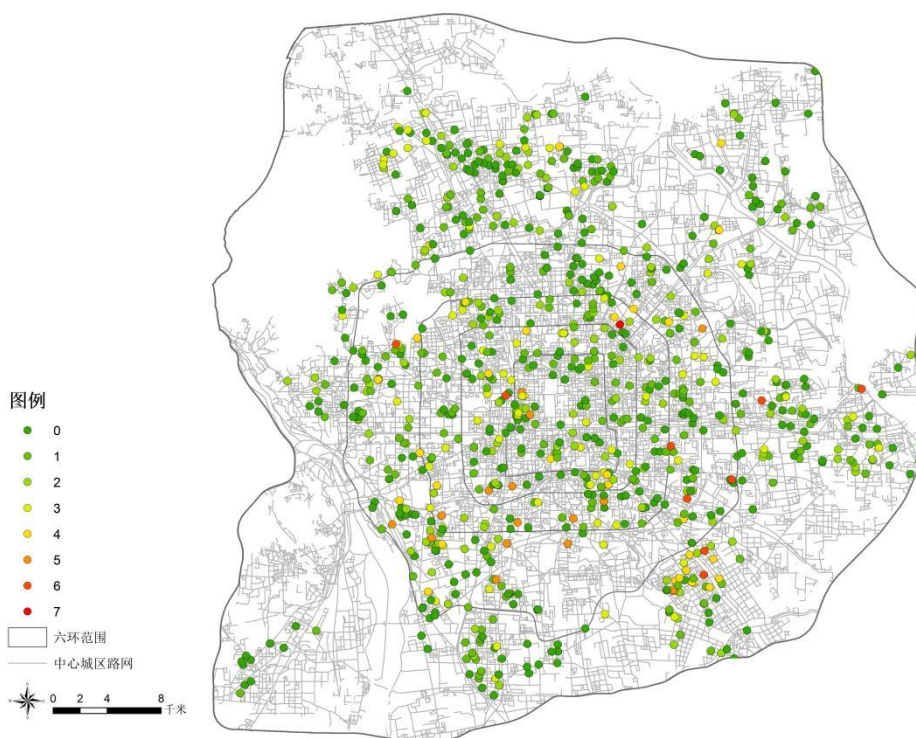


图 6.1 北京市六环内街景点步行设施改善情况的空间分布

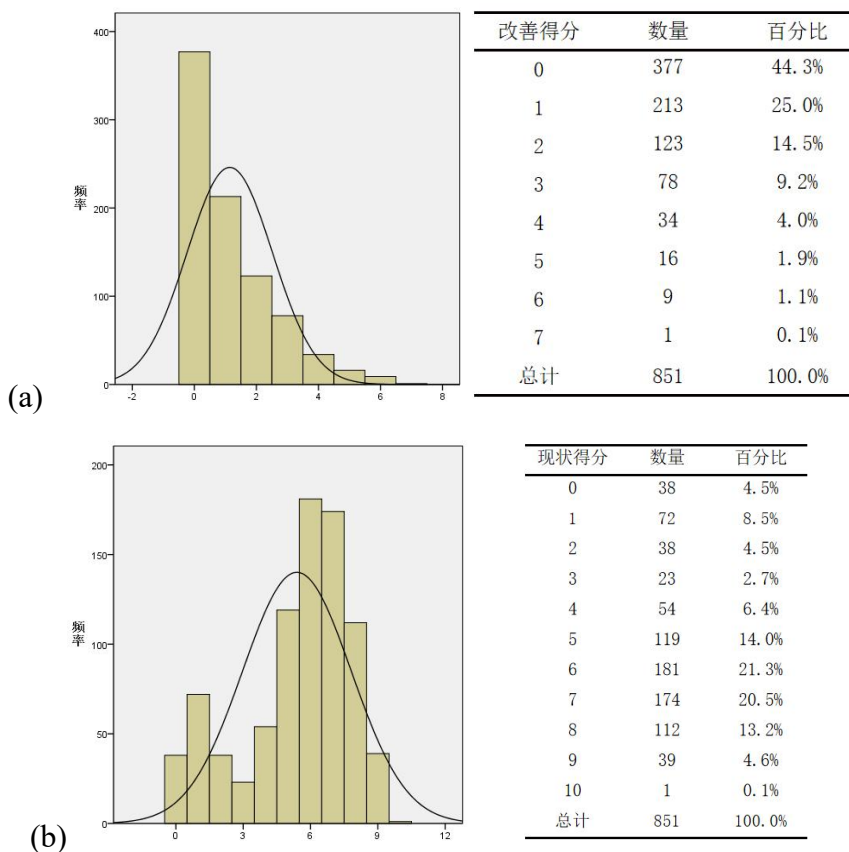


图 6.2 街景点的步行设施现状与改善情况数据分布

(a) 步行设施改善结果直方图与数量统计；(b) 步行设施现状结果直方图与数量统计

北京市六环内基本有一半点位的步行设施近年得到了改善 (55.7%)，但对于步行设施的复合性改善较少 (3 项及以上设施改善占比 16.3%)，多为单项设施指标的提升 (25.0%)。随着设施改善指标数量的增加，街道数量逐渐减少 (图 6.2)。从现状来看，表现较好的街道步行设施要素数量集中在 5-8 项之间 (占比 69.0%)，大体呈现出正态分布特点。在 851 个评估点位中仅有 1 个点位 (0.1%) 10 项指标均表现较好 (图 6.4)。



图 6.3 部分设施定义与示意

图片来源：北京市《城市道路空间规划设计规范》(DB11/1116-2014)



图 6.4 步行设施现状评价高分街景图像数据示意

数据信息：北礼士路，ID744788，步行设施现状评分 10 分，所有指标都建设完善

图片来源：底图来源于百度街景时光机，标注为作者自绘

6.1.2 设施指标特征表现

进一步对各项设施指标进行分析，得到各指标的占比和空间分布特征。

从各设施指标的现状频率来看（图 6.5），街道绿化、连贯建筑物、有步道、步道无占道和步道失修 5 项指标的表现较好，有 50% 以上的评价区域中包含这些步行设施。专用自行车道和街道家具的表现一般，前者仅略高于十分之一，后者则不到百分之五。

从各设施指标的改善频率来看（图 6.5、图 6.6），机非隔离设施和步道失修是改善最为突出的设施，且明显高于其他设施，说明北京市评估期内的重点改善工作在于机非隔离设施和步道失修两方面。

第 6 章 北京市街道步行设施评价结果分析

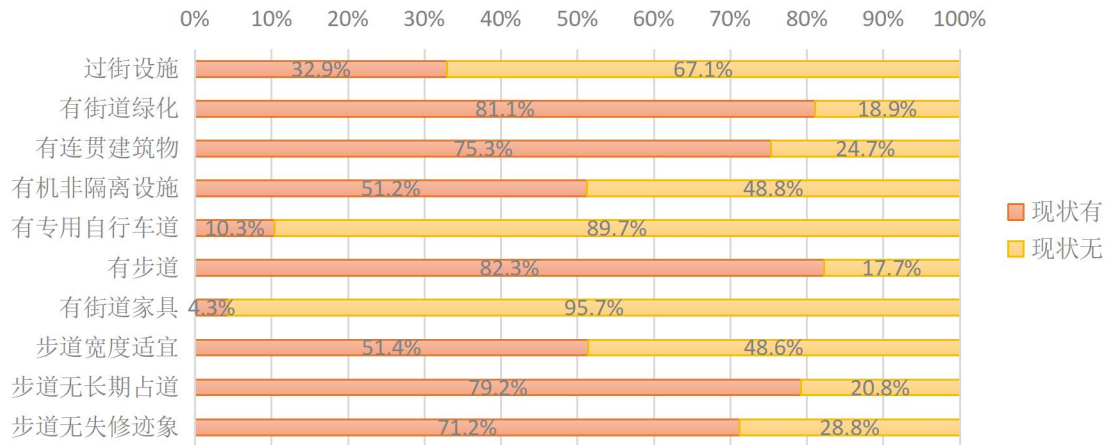


图 6.5 北京市不同步行设施指标现状频率分布情况

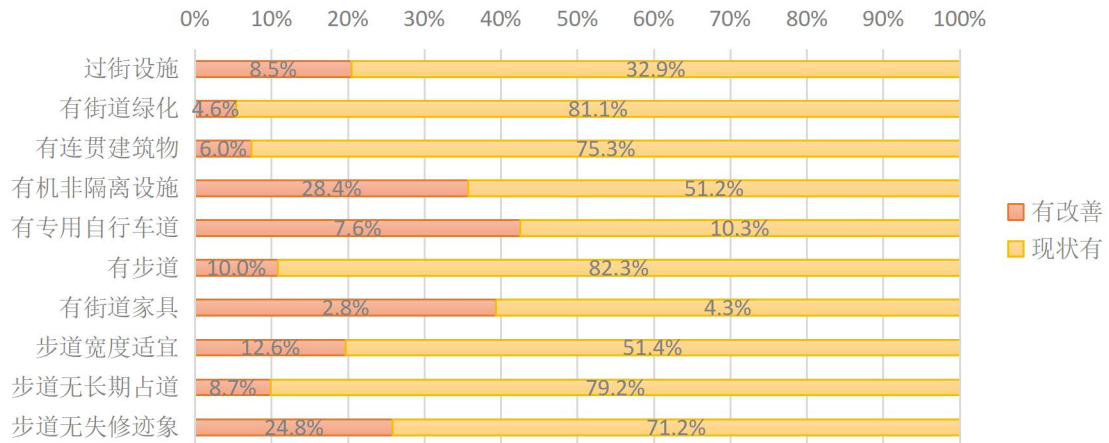


图 6.6 北京市不同步行设施指标改善频率分布情况

以设施的现状频率作为横坐标，改善频率作为纵坐标，并以各自在 10 个指标内的平均值划分出四个象限区域，体现出不同设施指标的特征与相互关系（图 6.7）。第一象限表示改善较好、现状表现也较好的指标，相应指标为步道无失修。第二象限表示有所改善，但改善成效不显著，现状表现一般的指标，未来还需继续改善以达到较好的效果，包括机非隔离设施和步道宽度适宜。第三象限代表现状表现一般，改善程度也一般的指标，未来需要投入较大的精力，重点改善，包括街道家具、专用自行车道、过街设施。第四象限代表现状表现较好的指标，包括连贯建筑物、有步道、步道无长期占道和街道绿化，未来继续保持和维护。

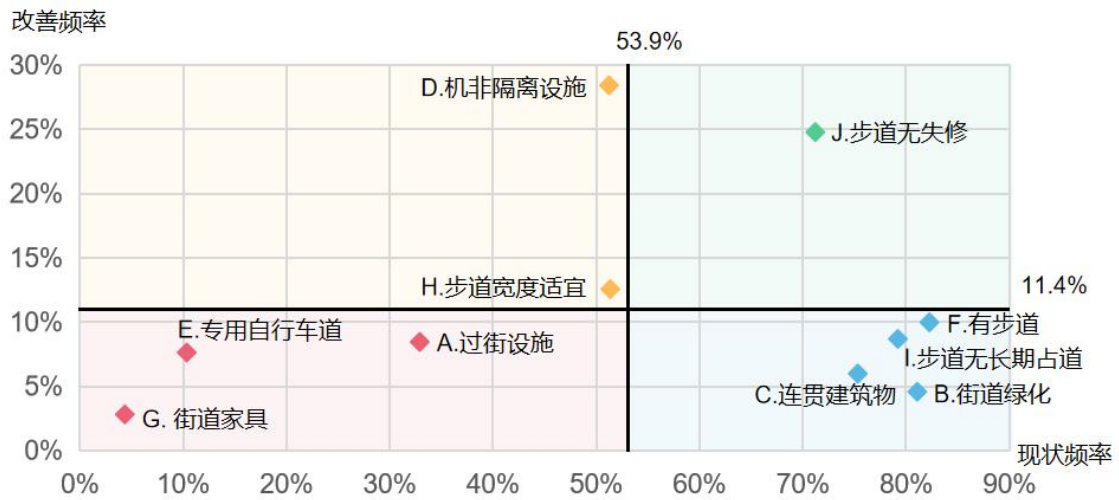


图 6.7 北京市不同步行设施指标现状与改善对比的特征表现

6.1.3 步行设施指标的相互关系

对各项指标的改善评价结果与现状评价结果进行相关性分析（表 6.1）。结果发现：

各指标改善与最终结果表现的相关性系数均为正值。这是显而易见的，设施的改善会带来最终结果的改善。

机非隔离设施、专用自行车道和街道家具 3 项指标的相关性较高，说明这三项指标的改善最终直接反映到了现状表现中，而其他 7 项指标的改善对于现状结果的反映不够明显。这说明了，这 3 项指标在评估期内得到了很大的提升改善，评估末期时的表现充分反映了评估期内的改善情况；而其他 7 项指标则可能在评估基期时已经表现较好，所以评估末期不仅表现了评估期间的改善情况，也表现了基期时原有的表现情况，因此评估期间的改善情况与评估末期的表现之间的相关性并不高。

特别的，专用自行车道和街道家具的相关系数（0.8 左右）高于机非隔离设施（0.6 左右）。结合设施的现状表现，街道家具和专用自行车道整体低于其他指标，且差距较大，说明其评估基期时的表现更加不好，因此，评估期内的改善对于评估末期的影响也更大。这也给了我们一些启示，当设施指标在“有无”方面表现不好时，其改善提升更能直接的反应到未来的表现中，当设施指标在“有无”方面已经表现的很好时，其改善提升对于未来“设施有无”方面的表现的影响可能没有那么大，这就需要更加关注设施提升的其他方面，例如设施品质的提升。

表 6.1 指标的改善与现状表现的相关性分析

指标	Pearson 相关性	显著性 (双侧)
过街设施	0.434**	0
街道绿化	0.106**	0.002
连贯建筑物	0.133**	0
机非隔离设施	0.615**	0
专用自行车道	0.847**	0
有步道	0.155**	0
街道家具	0.799**	0
步道宽度适宜	0.158**	0
步道无长期占道	0.334**	0
步道无失修	0.353**	0

对各街景点不同步行设施指标的改善情况进行相关性分析。

结果发现，各设施改善与否的相关性均不高（表 6.2，最高为 0.357）。这是显然的，对于每一个街景点来说，各项设施彼此之间的改善没有必然的联系，例如，项目建设时可以仅修建自行车道，也可以仅完善过街设施。

其中，最高的相关系数出现在无步道改善与步道宽度改善之间、步道宽度改善与步道失修改善之间、以及步道占道改善与步道失修改善之间，均属于步道指标。这是因为，一方面，相对于街道指标来说，步道本身是一个整体，步道指标之间存在一定的相关性。例如当步道宽度改善时，是在原有步道的基础上进行扩充，从工程建设上来说，或多或少都会涉及到对于原有步道的更新和修缮，从最终的结果表现来看，也相应的改善了步道的失修状况。另一方面，步道失修的改善，侧面反应的是政府对于该区域步行道的整治工程，是对步行道的整体提升。

表 6.2 街景点尺度上设施指标改善的相关性分析

	过街设施改善	街道绿化改善	连贯建筑物改善	机非隔离设施改善	专用自行车道改善	无步道改善	街道家具改善	步道宽度改善	步道占道改善	步道失修改善
过街设施改善	1	.034	.083*	.155**	.119**	.040	.050	.041	.076*	.109**
街道家具改善	.034	1	.063	-.001	-.021	.208**	-.003	.152**	.120**	.108**

续表 6.2 街景点尺度上设施指标改善的相关性分析

	过街设施改善	街道绿化改善	连贯建筑物改善	机非隔离设施改善	专用自行车道改善	无步道改善	街道家具改善	步道宽度改善	步道占道改善	步道失修改善
连贯建筑物改善	.083*	.063	1	.049	.002	.131**	.017	.203**	.024	.050
机非隔离设施改善	.155**	-.001	.049	1	.211**	.129**	.018	.166**	.209**	.284**
专用自行车道改善	.119**	-.021	.002	.211**	1	-.066	-.049	.053	.118**	.091**
无步道改善	.040	.208**	.131**	.129**	-.066	1	-.057	.356**	.063	.117**
街道家具改善	.050	-.003	.017	.018	-.049	-.057	1	-.053	.042	.099**
步道宽度改善	.041	.152**	.203**	.166**	.053	.356**	-.053	1	.185**	.354**
步道占道改善	.076*	.120**	.024	.209**	.118**	.063	.042	.185**	1	.357**
步道失修改善	.109**	.108**	.050	.284**	.091**	.117**	.099**	.354**	.357**	1

*. 在 0.05 水平（双侧）上显著相关。
 **. 在 .01 水平（双侧）上显著相关。

6.2 北京市街道步行设施改善情况的空间分布特征

6.2.1 空间分布总体特征表现

在空间分布上（图 6.8），根据核密度分析结果，不同地区的步行设施改善情况存在差异，主要集中在三环以内、其他地区偶有分布，总体呈现越向市中心靠近、改善程度越高的特点。从现状来看，同样也呈现出市中心设施建设好，周边建设一般的特点，但现状情况的空间分布比改善的空间分布更为均衡，说明在北京市评估期（2013-2019 年）的六年中，北京可能经历了点状提升到面状全面升级的过程。另外，北京市改善好的区域，其现状表现也较好，说明步行设施的建设

落实较为到位。

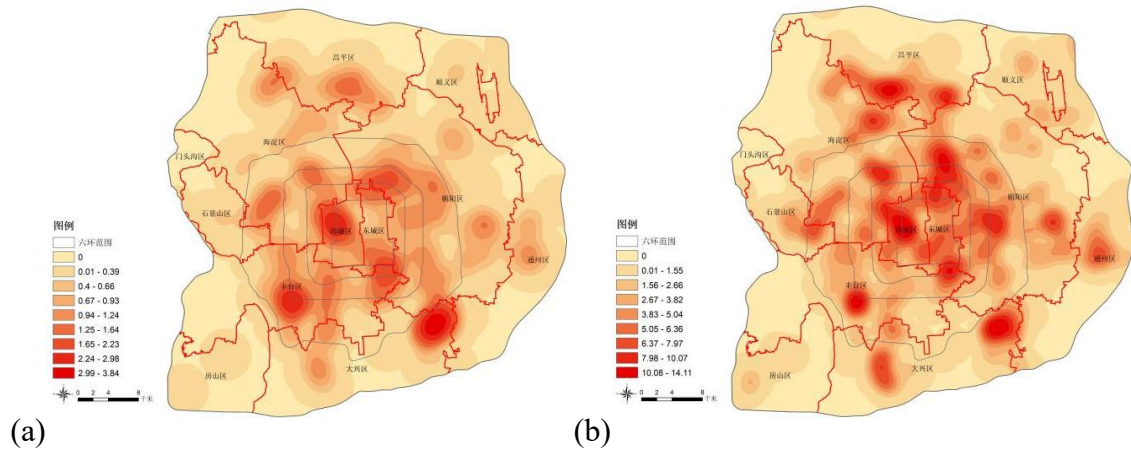


图 6.8 步行设施改善与现状分布热力图 (a) 改善情况; (b) 现状情况

从各项指标现状表现的空间分布特征来看(图 6.9), 评估末期现状表现较好的步行设施同样集中在北京市二环以内, 其中, 专用自行车道和街道家具 2 项指标的二环集聚效应更为明显, 专用自行车道集中在二环西北侧(平安里、新街口、西四附近)、二三环之间东北侧(和平里附近); 街道家具集中在二环区域, 其他区域点状集中分布。对于其他指标来说, 其现状分布较为均衡, 集聚效应并不明显。

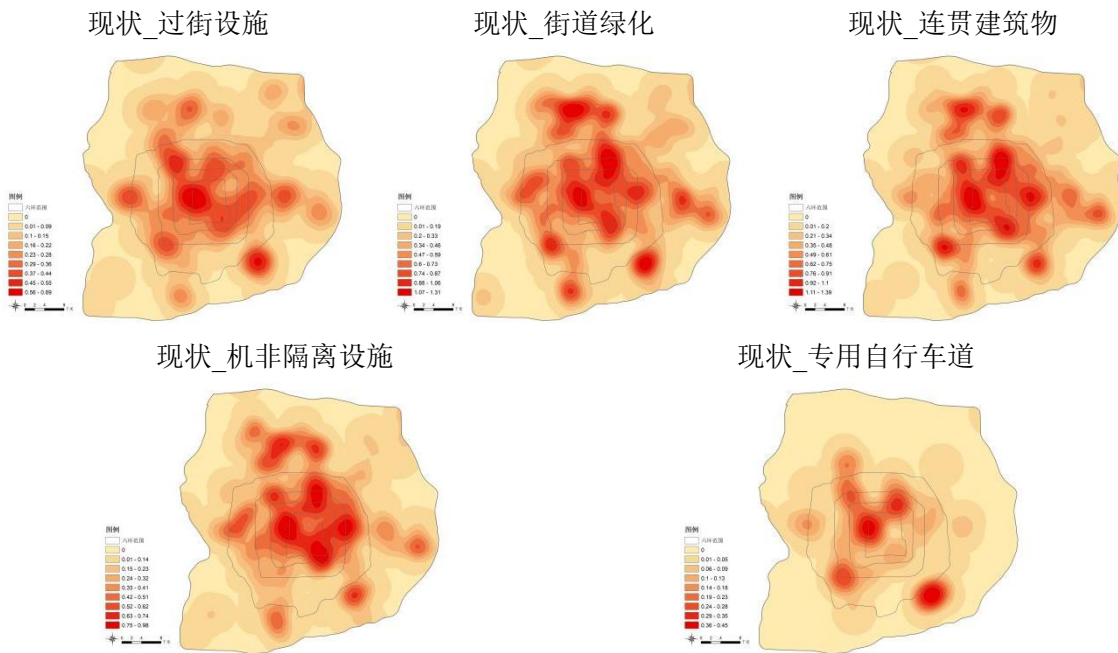
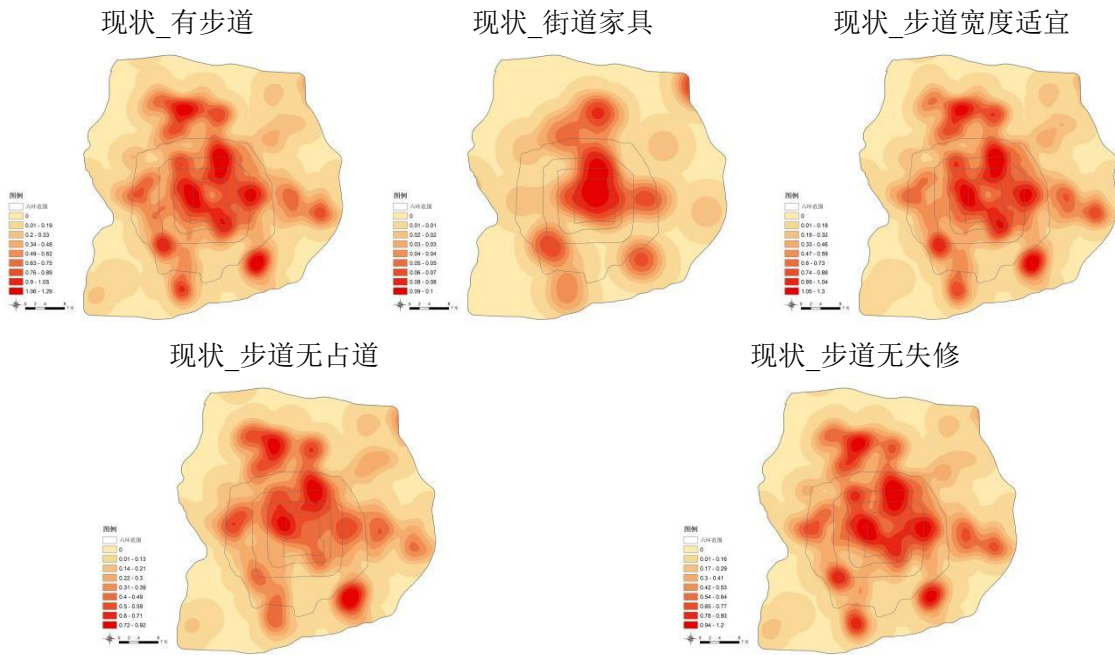


图 6.9 步行设施各指标现状情况分布热力图



续图 6.9 步行设施各指标现状情况分布热力图



图 6.10 和平里北街步行设施现状表现（专用自行车道，2019 年）

图片来源：百度时光机街景图片



图 6.11 阜成门大街步行设施现状表现（专用自行车道、街道家具，2019 年）

图片来源：百度时光机街景图片

从各项指标的改善情况来看（图 6.12），评估期内步行设施改善较好的区域分布各不相同。其中，专用自行车道和街道家具改善区域分布与现状分布较为类似，这与前文“这两项指标评估期内的改善对于评估末期现状表现的影响更大”的研究结论一致。步道有无的改善多分布在二环以外的区域，而评估末期的最终结果表现是北京市建设步道的情况均较好，这反向说明了二环内步道有无方面的建设一贯较好。步道宽度改善多分布在五环外亦庄区域，其他区域改善较少，区域差距较大。

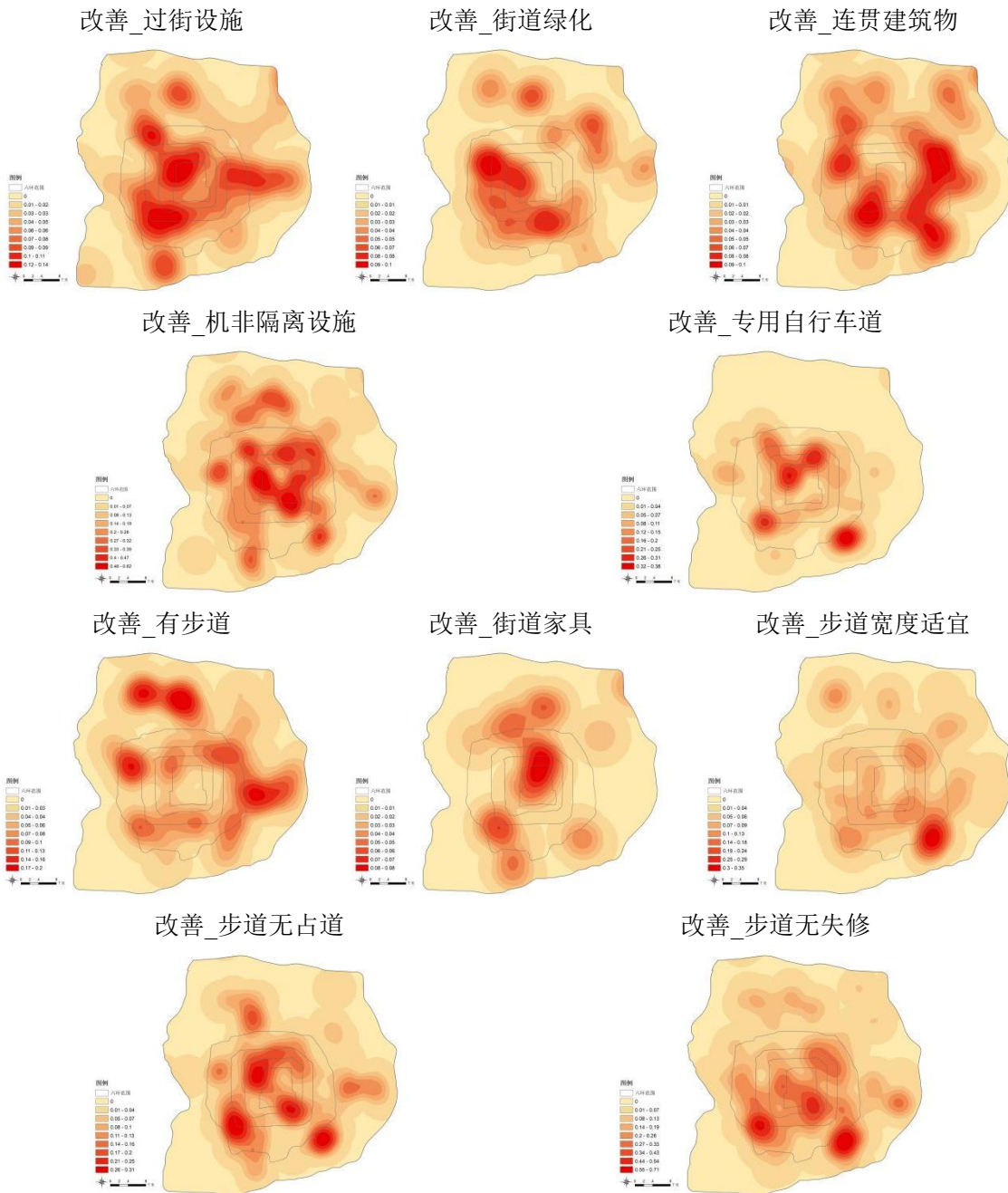


图 6.12 步行设施各指标改善情况分布热力图



图 6.13 北京市科技大道 2013 年和 2019 年街道步行设施改善情况（四五环之间西南侧）

图片来源：百度时光机街景图片

6.2.2 街区分类特征下的步行设施改善情况

基于 Liu 等（2016）关于地块主导功能的研究，参考《北京街道导则》中的街区分类及分类标准，建立街区分类和地块主导功能的对应关系（表 6.3）。

其中，根据《北京街道导则》，产业集聚区定义为智慧创新引领区和智慧设施提升，国际交往区定义为承担国际赛事和国际形象的区域，二者的地块功能特征不明显，结合 Liu 等（2016）研究中定义的主导功能不明显的“其他”地块功能，本文统一定义为混合型街区。

北京市六环内 851 个有效评分点所在的街区共有 212 个（表 6.3），相应的街区分类如图 6.14 所示，街区分类特征下步行设施改善与现状情况如图 6.15 所示。

表 6.3 街区分类及其对应的地块功能

街区分类	地块功能	数量	百分比
大型居住区	住宅用地	45	21.2%
混合型街区	其他、绿色空间	85	40.1%
交通集散区	交通设施	48	22.6%
商业商务区	商业机构、公司、教育	34	16.1%
总计		212	100.0%

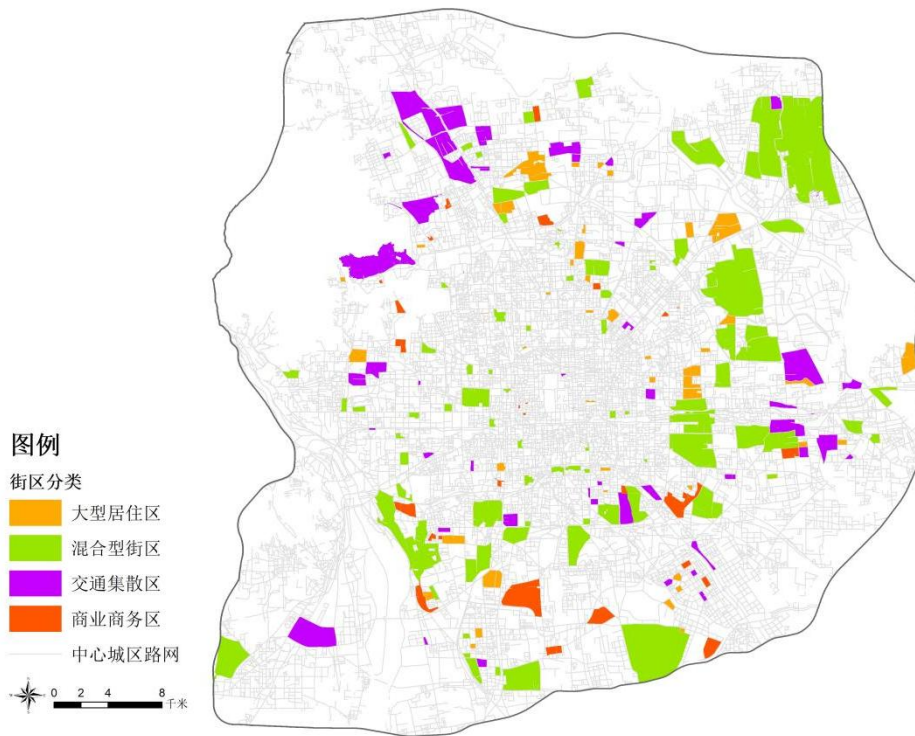


图 6.14 评估点位所在街区分类

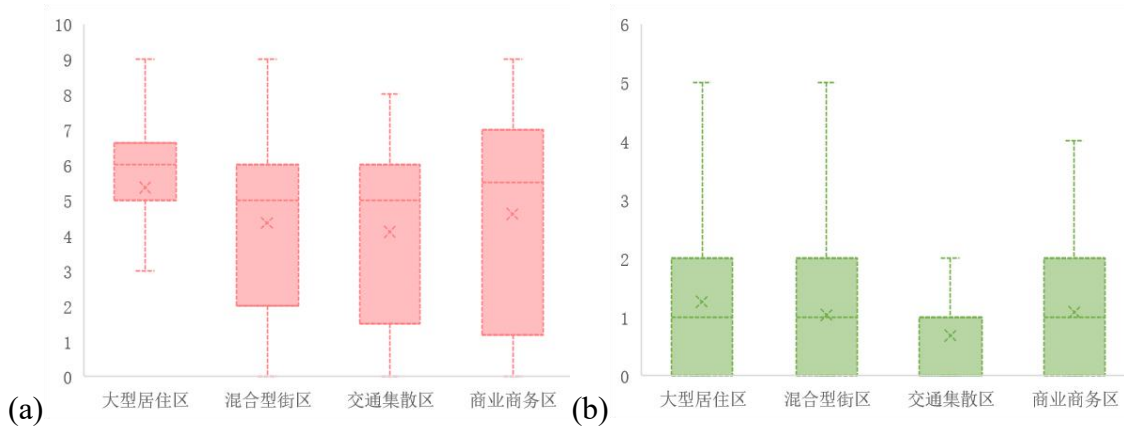


图 6.15 街区分类特征下步行设施得分箱型图 (a) 现状; (b) 改善

结果显示，整体来看，各类街区的步行设施现状表现差异不大，大型居住区的步行设施现状表现整体均较好，略优于其他类型，说明与居民生活最为直接相关的街区，街道步行设施表现较好，基本能够满足居民生活需求。商业商务区的步行设施现状表现较为分散，说明不同商业商务区的现状表现存在较大差异，优的较优，差的较差。其他两类街区同样存在内部差异，但差异程度不如商业商务区明显。

各类街区的步行设施改善表现分为两大类，一类是交通集散区，一类是大型居住区、混合型街区和商业商务区。相比而言，第二类的改善情况平均值高于第一类，改善表现相对较好，但表现较为分散，内部差异较大，存在优较优、差较差的情况。

综合现状与改善情况，4类街区步行设施改善的迫切程度由高至低依次为交通集散区、商业商务区、混合型街区、大型居住区。这是因为，大型居住区现状表现较好，改善迫切程度最低，交通集散区现状表现内部差异大，改善力度较低，迫切需要进行步行设施的整体提升，商业商务区和混合型街区改善程度相差不大，但商业商务区内部差异更大，相比于混合型街区更需要进行针对性、点对点的提升，需要提升区域主要分布在北京市南侧（图 6.16）。

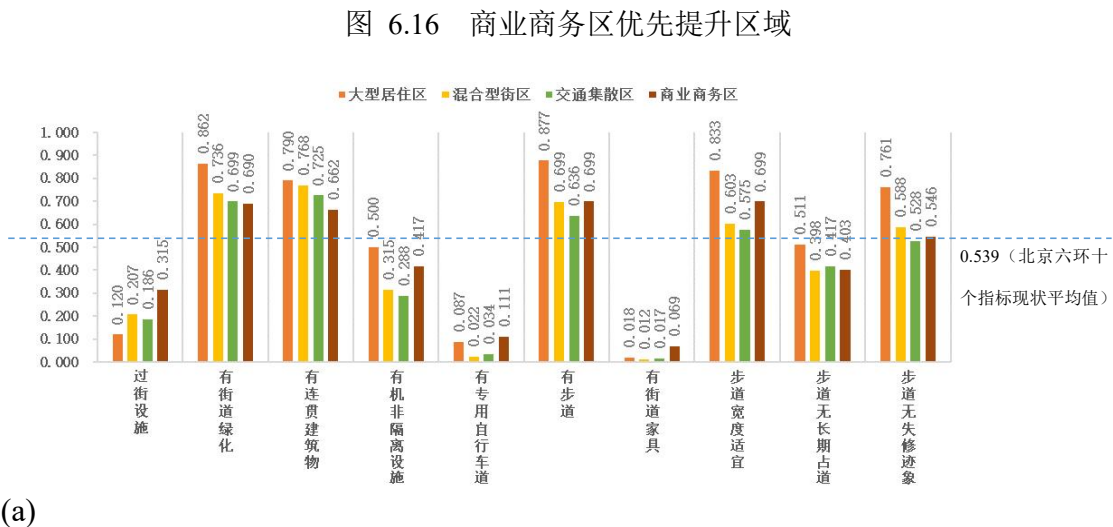
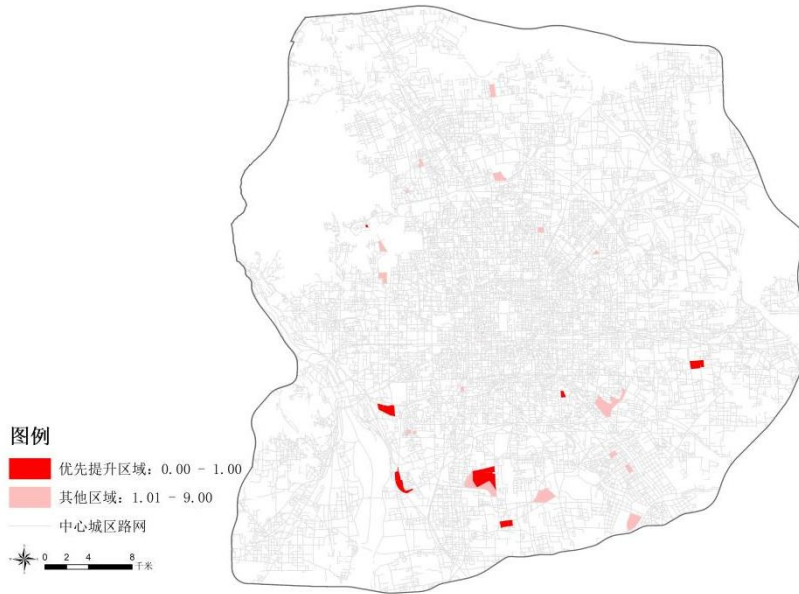
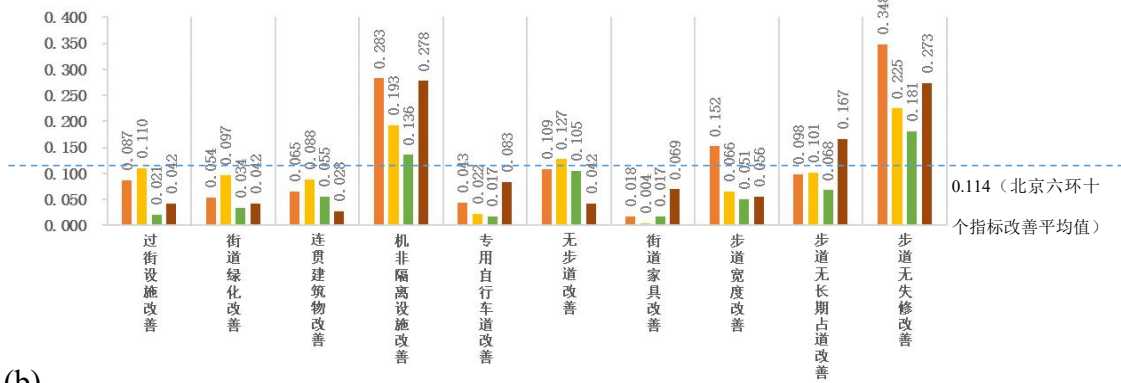


图 6.17 街区分类特征下步行设施单指标得分平均值 (a) 现状； (b) 改善



(b)

续图 6.17 街区分类特征下步行设施单指标得分平均值 (a) 现状; (b) 改善

进一步从单项指标来看 (图 6.17), 研究认为, 现状得分在北京六环内十个指标现状平均值 (0.539 分) 以下的街区设施指标亟待改善提升; 改善平均值 (0.114 分) 以下的街区设施指标改善力度不高, 亟待进一步加强改善力度; 平均值以上的街区设施指标的现状表现及改善力度仍可提质优化, 但相对而言迫切性不高。以下主要针对于平均值以下、亟待改善提升的街区及对应设施进行分析。

现状过街设施商业商务区表现最好, 但仍有较大提升空间, 大型居住区现状表现相对最为一般, 但改善力度居中, 说明其虽有改善行为, 但实际改善效果不好, 应当加强改善落实的监督, 交通集散区现状表现较为一般, 但改善程度最低, 说明相比于混合型街区, 交通集散区更应当加强过街设施的改善。以此类推, 得到如表 6.4 所示的街区设施改善评价结果, 需要进行针对性关注和提升。

表 6.4 街区设施改善评价结果

街区分类	亟待改善提升的指标	亟待监督改善落实情况的指标
大型居住区	专用自行车道、街道家具、步道长期占道	过街设施、机非隔离设施
混合型街区	过街设施、专用自行车道、街道家具、步道长期占道	机非隔离设施
交通集散区	过街设施、专用自行车道、街道家具、步道长期占道	机非隔离设施、步道失修
商业商务区	过街设施、专用自行车道、街道家具	机非隔离设施、步道长期占道

6.2.3 街道分类特征下的步行设施改善情况

街道性质由 100 m 缓冲范围内地块性质决定, 本研究基于 Liu 等人 (2016) 关于地块主导功能的研究, 识别街道 100m 缓冲区范围内面积占比最高的地块功能 (龙瀛, 2016), 作为该街道的主导功能。进而参考《北京街道导则》中的街道分

类及分类标准，建立街道分类和街道主导功能的对应关系（表 6.5），其中，导则对于特色类街道的定义为传统风貌地区和政务办公室的街巷胡同，因此本研究将政府主导功能街道划为特色类街道。对街景点所在街道进行分类如图 6.18 所示。

北京市六环内 851 个有效评分点所在的街道共有 1825 个（道路交叉点可能对应 2 条以上街道）（表 6.5），相应的街道分类如图 6.18 所示。

表 6.5 街道分类及其对应的 100m 缓冲区内主导地块功能

街道分类	街道主导功能	数量	比例
交通主导类	交通设施	481	32.1%
综合服务类	商业机构、教育	123	26.4%
生活服务类	公司、住宅用地	493	7.3%
静稳通过类	绿色空间	134	27.0%
特色类	政府	9	0.5%
混合类	其他	585	6.7%
总计		1825	100.00%

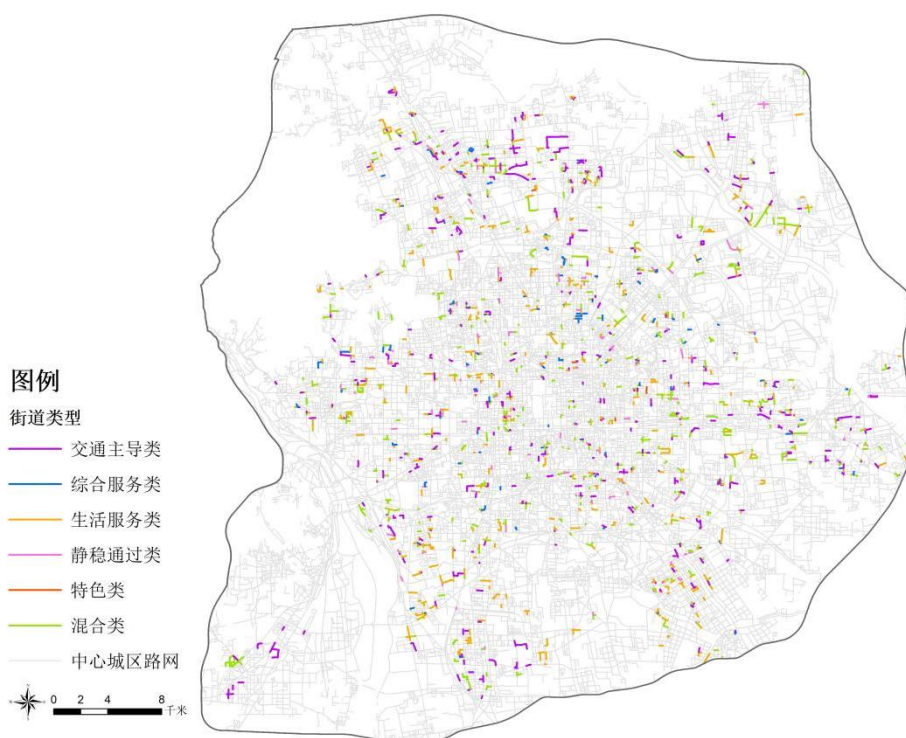


图 6.18 评估点位所在街道分类

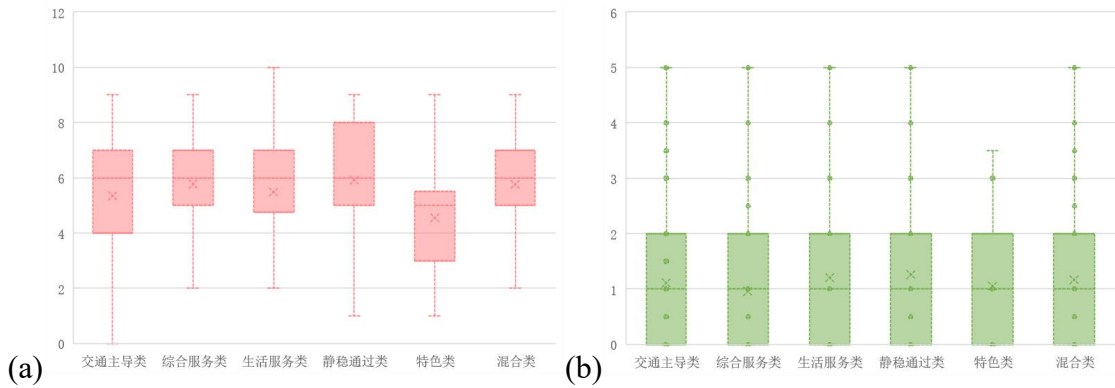


图 6.19 街道分类特征下步行设施得分箱型图 (a) 现状; (b) 改善

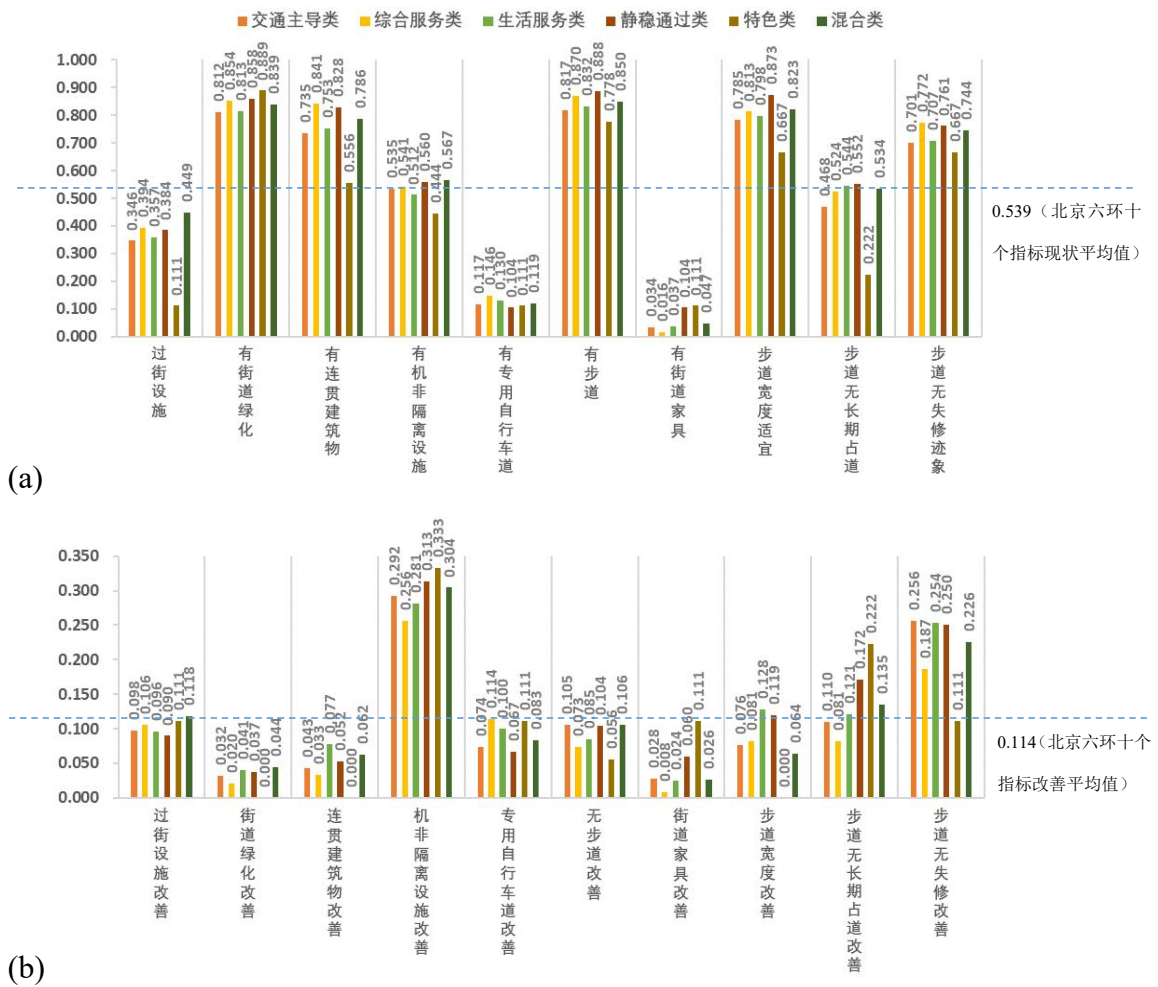


图 6.20 街道分类特征下步行设施单指标得分平均值 (a) 现状; (b) 改善

结果显示, 整体来看 (图 6.19), 特色类街道的步行设施现状表现略次于其他 5 类街道, 静稳通过类街道步行设施现状表现相对较好, 但总体差异不大。改善方面, 6 类街道的步行设施改善程度也相差不大, 特色类街道的改善程度相对较

低。

进一步从单项指标来看（图 6.20），与街区分类特征类似的，以下主要针对于平均值以下、亟待改善提升的街道及对应设施进行分析如表 6.6 所示，相应街道类型的设施指标需要进行针对性关注和提升。

表 6.6 街道设施改善评价结果

街道分类	亟待改善提升的指标	亟待监督改善落实情况的指标
交通主导类	过街设施、专用自行车道、街道家具、步道长期占道	机非隔离设施
综合服务类	过街设施、专用自行车道、街道家具、步道长期占道	/
生活服务类	过街设施、专用自行车道、街道家具	机非隔离设施
静稳通过类	过街设施、专用自行车道、街道家具	/
特色类	过街设施、专用自行车道、街道家具	机非隔离设施、步道长期占道
混合类	专用自行车道、街道家具	过街设施、步道长期占道

6.3 北京市城市与区域政策建设评估

6.3.1 城市政策影响

北京市对于步行政策的探讨由来已久。2004年《北京市总体规划（2004年-2020年）》提出“保障自行车交通安全和通畅”，2017年《北京市总体规划（2016年-2035年）》提出将北京建设为“步行和自行车友好的城区”。充分体现了北京市对于步行政策的重视。

在研究的评估期内（2013-2019年），北京市于2014年出台了针对道路空间和步行设施的强制性地方标准《城市道路空间规划设计规范》（DB11/1116-2014），对人行道、过街设施、自行车交通和非机动车道、道路交叉口（分隔带-机非隔离设施）、道路绿化与沿道建筑进行了明确且强制性的建造与提升要求。由此形成了北京市自行车道、步道建设、步道宽度和步道占道4项指标改善第一，总体改善第一的特征表现。该规划不仅属于强制性规范，作用程度强，且其颁布时间较早，对于评估期内的各项设施建设和改善具有重要的作用。

随后，北京市不断颁布各类指导性规范（附录A），在战略定位上较为重视步行设施的建设。

6.3.2 区域差异化政策引导

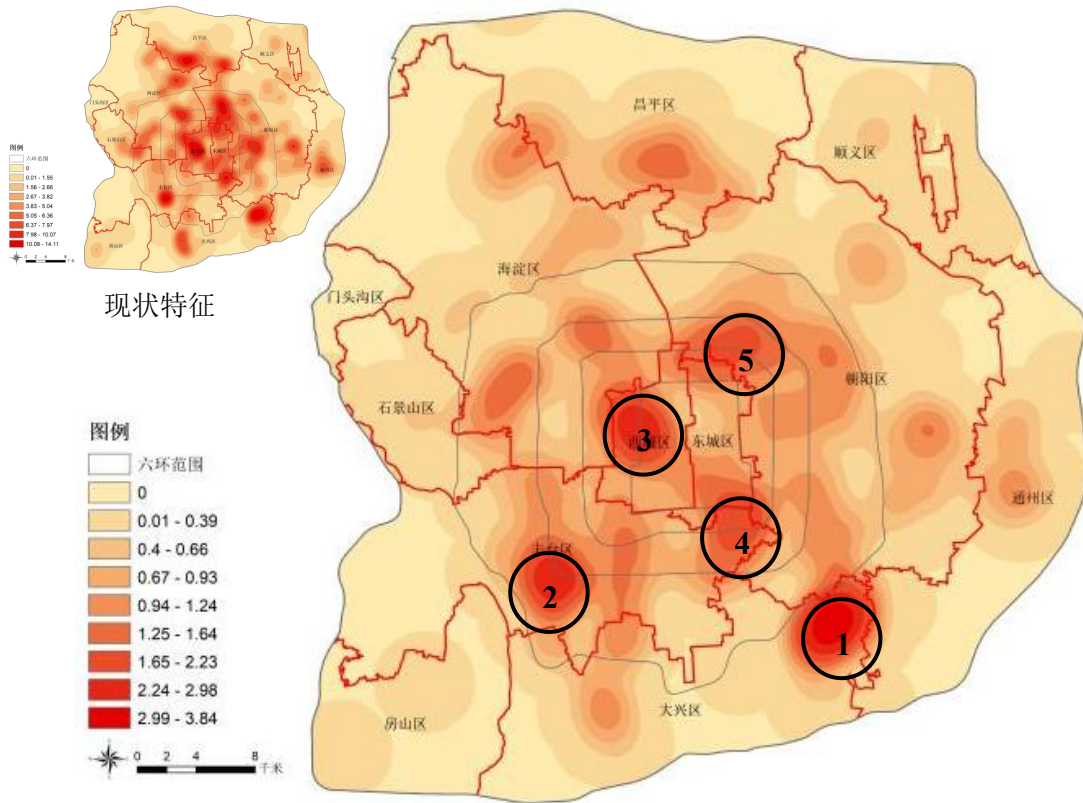


图 6.21 步行设施改善情况分布热力图及重点提升区域标注

提升最大的区域为 1 号区域，位于北京市五环以外的东南角，且最终表现也非常不俗，以图 6.22 为例，该点位在 6 年期间，增加了步行道并重新铺装，隔离设施和周边建筑物也得到了提升。该地区是亦庄新城，是北京市唯一一个国家级经济技术开发区，在 2010 年前后，金融业迅速发展进入中心区域，实体经济外迁至亦庄，在 2015 年前后虚拟金融经济暴雷，实体经济的价值再次被人们所重视，顺应着时代发展潮流，亦庄在过去五年来形成的产业模式成为北京重点支持的区域，开始进入发展的快车道。与经济发展相一致的是基础设施的改善，在本研究对于北京的评估期内（2013-2019 年），亦庄各项政策的支持与设施的建设，反映在研究结果中即为步行设施的巨大提升和改善。并且，这种改善不仅体现了改善过程本身，改善结果同样也达到了北京市较高的水平。



图 6.22 亦庄 2013 年和 2019 年街道步行设施改善情况

图片来源：百度时光机街景图片

其次为 2 号区域，位于房山区。房山区“十三五”时期交通体系建设与交通管理规划，提出“建立基本贯通、布局合理的道路网系统”。加强城市空间与路网整治，实行拓宽瓶颈路段、打通断头路、优化平交路口、完善步行和自行车设施等一系列措施，并每年实施一批道路交通设施的改造项目，提高路网承载能力。

3 号区域位于北京市二环内西城区西北侧，其内有诸多重点建设项目。如 2014 年北京市重点建设项目——白塔寺旧城保护项目，建设内容为修缮改造更新。太平桥大街及全国政协周边环境整治项目中，一方面综合整治拆迁、另一方面新增建设广场，并沿周边种植了大量的常绿树、花灌木，局部种植花草，绿化覆盖率达到 65%。另外，什刹海周边 15 条胡同也进行了旅游景点的环境整治工作，既要体现历史形成的古都风貌、又不能失现代文化韵味，开始拆违及整治工作，对原建筑修缮并保留古老特色建筑符号，整修墙面、路面，修整门头、台阶，新建花坛，清理垃圾等，提升步行空间与步行设施。



图 6.23 方庄 2013 年至 2019 年街道步行设施改善情况

图片来源：百度时光机街景图片

4 号区域位于方庄地区，该地区自 2017 年 3 月开始对小区乱象进行整治，提升居民生活感受。经过两个月时间治理，小区拆除私搭乱建、还绿增绿、土地整合利用、增加公共活动场所等。结合当地的光机图片可以看到（图 6.23），2013 年-2016 年间，其步行环境较为拥挤、车辆占道现象频发、各项步行设施建设不完善，当 2017 年 3 月采取行动后，2017 年 7 月则表现出了图中舒适宜人的步行环境，并一直保持至 2019 年，其设施维护工作也较为出色。

5 号区域位于北京市朝阳区，建设 60 个环境建设项目，从 2017 年下半年开始，该区农村地区开展以“治违、治脏、治乱、治堵、治水、治气、增绿”为主要内容的环境建设工作。2018 年，地区启动 21 个为民办实事项目，包括修补破损路面、改善脏乱环境、新建便民自行车棚、修补危墙、增添便民设施、排水管线维修、加装充电桩、增加安全防护设施、改造居民活动场所等。

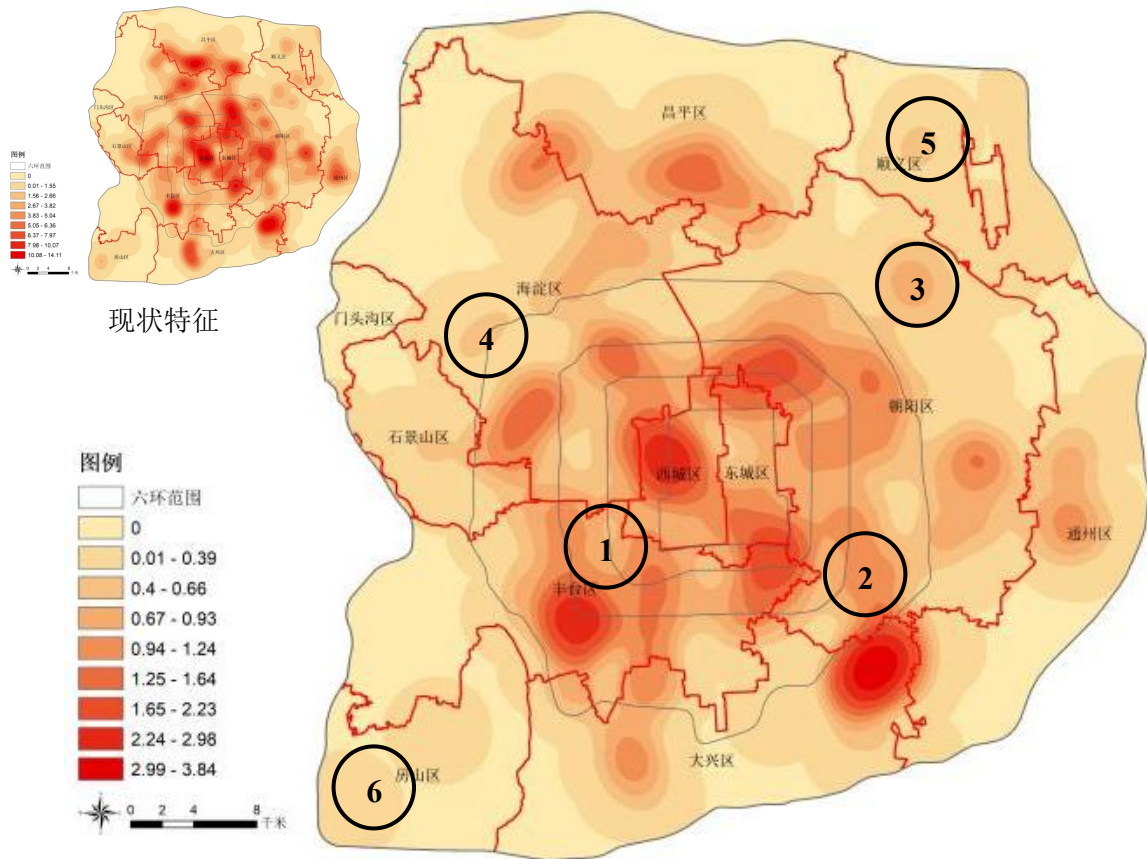


图 6.24 步行设施改善情况分布热力图及有待改善区域标注

现状表现不好的情况下改善表现同样不好的区域是未来迫切需要改善的区域。共有如图 6.24 所示的 6 个区域亟待改善，均分布在三环以外，大部分在五环外。

根据热力图，1 号区域位于四环内西南侧区域，在专用自行车道、步道有无、街道家具、步道宽度，步道无占道、步道无失修等指标方面表现不好，以图 6.25 为例，2019 年的街景图片充分反应了该区域在上述指标方面的缺失，同时，根据时光机街景图片，该区域 2013 年的区域表现与 2019 年相差不大，近年来改善程度较小，需要关注提升。



图 6.25 丰管路街道步行设施情况 (a) 2013 年； (b) 2019 年

图片来源：百度时光机街景图片

2 号区域位于四五环之间的东南侧区域，如图 6.26 所示，结合图 6.12 中步行设施现状分布热力图可知，该区域由于施工建设，各项指标均表现不好，过街设施被覆盖、街道绿化被移除、机非隔离设施缺少、步道也几乎被车辆占据，也没有周边建筑物提高步道活力。



图 6.26 化工路 2013 年和 2019 年街道步行设施情况

图片来源：百度时光机街景图片

3-6 号区域较为偏远，多为未建设区域（图 6.27、图 6.28、图 6.29），本就属于人迹相对稀少区域，周边建筑及各项基础设施建设均不完善，以车行、地铁

等交通通行功能为主，步行需求不高，未来随着规划建设的发展，可针对步行设施进行专项规划设计。

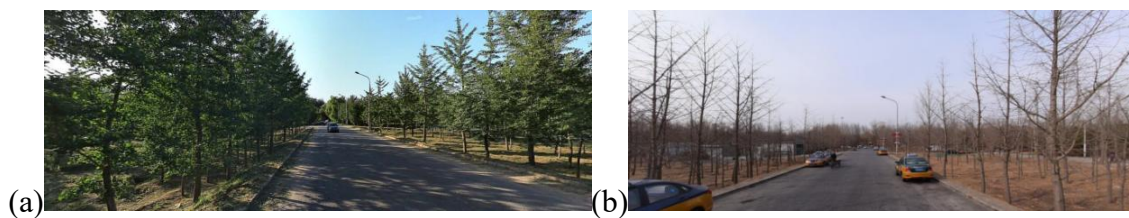


图 6.27 3号区域北京国门医院附近无名街道步行设施情况 (a) 2013年; (b) 2019年

图片来源: 百度时光机街景图片

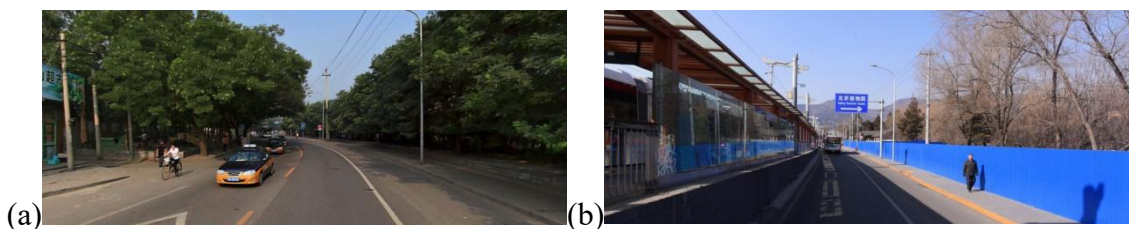


图 6.28 4号区域香山路街道步行设施情况 (a) 2013年; (b) 2019年

图片来源: 百度时光机街景图片

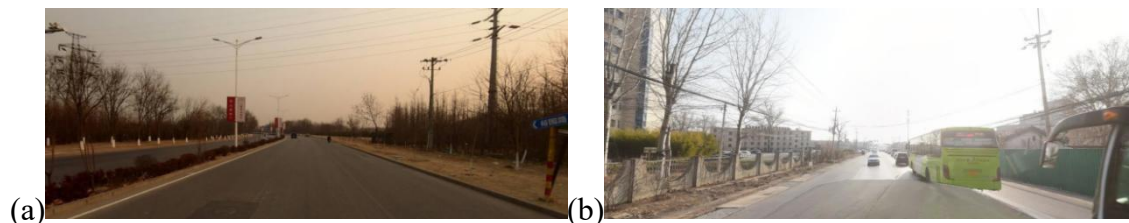


图 6.29 2019年街道步行设施情况 (a) 5号区域裕园路; (b) 6号区域凯旋大街

图片来源: 百度时光机街景图片

6.4 本章小结

本章针对于北京市的街道步行设施进行了实证研究，旨在以微观人本视角观察街道空间。在大数据评价结果的基础上，探究并分析街道步行设施的改善结果及原因，并进行区域政策和整治改善项目的建设评估。

研究结果表明，近年来北京市在步行设施改善方面做出了一定努力，六环内基本有一半点位的步行设施得到了改善（55.7%）。整体来看，目前北京市六环内步行设施的改善及表现程度并不一致，改善最为明显的区域主要分布在五环外东

南侧亦庄区域、四五环之间西南侧、四环之间东南侧和东北侧、二环西北侧，发现这些区域或多或少的均有政策和整治提升项目支持。具体设施方面，机非隔离设施和步道失修改善最为突出，且明显高于其他，街道家具改善最低。

最后，在步行设施改善结果的基础上，结合步行设施的现状表现综合分析，各设施体现出改善效果明显、改善力度强但成效不显著、没有改善但表现一贯较好、表现不好改善力度也不强4种特征。在空间分布上，改善和现状表现均一般的区域主要分布在四环以外，部分区域处于施工建设中，部分区域处于城市郊区，行人稀少，部分区域则存在管理和维护不到位的情况。

第7章 城市街道步行设施规划应对

7.1 中国45个城市街道步行设施提升重点

7.1.1 街道步行设施政策规划的颁布与实施

根据目前对45个城市步行相关政策的颁布总结、以及结合步行设施“现状-改善-政策”三维评价结果的对比，针对城市现状步行设施相关政策与导则的颁布与实施情况，对目前存在三种类型城市提出相应建议：

(1) 针对政策匮乏城市，应首先颁布相关政策进行总体指导，如慢行系统规划，街道步行导则等，通过对本城市进行专业的步行街道设计，首先从政策层面予以重视，推动当地街道步行友好性发展。包括IV、VI、VIII 3类政策较差的10个城市。

(2) 针对政策相对完善但改善力度不足的城市，应加大改善力度，包括步行设施的建设与维护、街道设施形式的提质升级等，切实落实相关政策的执行与落地。包括III、IV、VII、VIII 4类改善力度较差的23个城市。

(3) 针对政策完善改善力度也较大的城市，应关注落实政策执行结果与监督：对于II、V2类9个城市，相关政策已颁布，改善力度也较大，但并未达到较好的现状结果，建议予以监督，保证当地街道步行友好性政策的落地质量。

7.1.2 街道步行设施提升

综合来看，未来值得重点关注提升的步行设施是专用自行车道和街道家具，所有城市均应重点关注提升。针对前者，建议增设专用自行车道、增设标识和铺装，并加强交通管制与监督，分离慢行空间，理顺人车关系；针对后者，建议增加街道休憩节点，或结合已有的公交站、花坛等进行设置，给予街道空间行人休憩空间，同时应加强街道家具设施的清洁与维护工作。

过街设施建设和步道占道情况仍需改善。过街设施的有无是行人步行最重要的功能之一，其建设情况能够增强行人便捷性，根据研究结果，在十项指标中，过街设施的现状与改善情况较为一般，特别是佛山、烟台、常州、无锡、天津、济南、昆明、石家庄、合肥、惠州10个城市需要重点关注该项指标，可通过加大建设、改善维护等方式进行改质提升；步道占道影响行人的正常通行路线，广州、珠海、惠州、佛山、洛阳、南昌、南京、无锡、常州、天津10个城市需要重点关注，增加停车场或路边停车线建设与划定，加大监管与惩罚力度，归还步行空间。

步道失修影响市容市貌，尽管本次评价较高，但由于步道失修状况随时间而不断变化，因此应持续保持对该指标的关注，特别是广州、南京、惠州、温州、无锡、常州、东莞、佛山、宁波、洛阳 10 个城市应加大关注力度。

7.2 北京市步行设施提升优化

在北京市步行设施评价结果的基础上，结合《北京街道导则》中的功能分区、街道分类、及综合策略 3 部分内容，对北京市步行设施提升优化提出建议。

7.2.1 不同类型街区的步行设施提升

《北京街道导则》中，根据不同功能将街道空间分为大型居住区等 7 类，并分类梳理其步行设施现状及问题，提出相应的步行设施政策，总结如表 7.1。

表 7.1 不同街区（功能分区）的步行设施现状需求、导则建议及指标对应

街区	步行设施现状或需求	步行设施相关建议	对应本文指标
大型居住区	路侧停车问题突出、各类交通方式交织	协调街道活动、控制机动车速度、分类引导社区主街和漫步道	过街设施、机非隔离设施、步行道、步道宽度、步道无占道
商业商务区	开发强度高、设施分布集中，有多类交通需求、丰富密集公共活动需求	提供步行和自行车道便捷通行环境、提供多样公共空间节点	过街设施、街道绿化、连贯建筑物、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、街道家具、步道宽度
交通集散区	交通拥堵	科学合理交通配给政策和管控措施、鼓励绿色出行、智能引导、停车规模	过街设施、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、步道宽度、步道无占道
产业集聚区	多样化交通需求、公共生活	创新技术优势、智慧街道	过街设施、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、街道家具
国际交往区	重要国事交通保障、国家形象	加强建筑界面管控、适宜街道尺度、提升沿街绿化品质、精细化设计街道家具标牌等	过街设施、街道绿化、连贯建筑物、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、街道家具、步道宽度、步道无占道、步道无失修
政务办公区	基本功能和环境提升	安全有序、环境优良、魅力彰显、绿化美化与设施完善	过街设施、街道绿化、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、步道宽度、步道无占道、步道无失修

对比前文 6.2.3 中对于街区特征下步行设施改善的评价与分析，基于目前的导则要求，总结导则中 3 类街区的步行设施指标表现情况如表 7.2 所示：针对于导则中的不同类型街区，部分设施指标表现情况较好，还有部分指标需要特别关注，有待优先提升。

表 7.2 导则要求的街区步行设施指标表现情况

街区	导则要求指标	
	表现较好	仍待进一步提升
大型居住区	步行道、步道宽度	过街设施、机非隔离设施、步道长期占道
商业商务区	街道绿化、连贯建筑物、步行道、步道宽度	过街设施、专用自行车道、街道家具、机非隔离设施
交通集散区	步行道、步道宽度	过街设施、机非隔离设施、专用自行车道、步道无占道

7.2.2 不同类型街道的步行设施提升

《北京街道导则》中对北京市不同类型的街道提出了不同的断面设计指导，并提出相应的提升优化方向，总结如表 7.3 所示。

表 7.3 不同街道的步行设施现状需求、导则建议及指标对应

街道	步行设施现状或需求	步行设施相关建议	对应本文指标
交通主导类	交通效率、行人和非机动车有效通行空间、沿线城市功能	鼓励两侧建筑开放界面设计、塑造公共空间节点	过街设施、连贯建筑物、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、街道家具、步道宽度
生活服务类	日常生活与周边业态	应优先考虑行人出行休憩与交往、增加绿化空间、公交专用道、过街安全岛、安全舒适步行骑行	过街设施、街道绿化、连贯建筑物、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、街道家具、步道宽度、步道无占道
综合服务类	大型商业业态和文化服务等	公共活动需求、交通流线、机非适度分离、鼓励公共空间节点营造	过街设施、连贯建筑物、机非隔离设施、专用自行车道、步行道、街道家具、步道宽度
静稳通过类	交通联系、界面开放度低、通过型街道	满足交通联系功能、加强景观性设计	过街设施、街道绿化、专用自行车道、步行道

续表 7.3 不同街道的步行设施现状需求、导则建议及指标对应

街道	步行设施现状或需求	步行设施相关建议	对应本文指标
特色类	风貌保护和景观塑造	突出街道特色、强化特色景观要素和街道风貌、鼓励休憩和服务设施	街道绿化、连贯建筑物、步行道、街道家具

对比前文 6.2.4 中对于街道特征下步行设施改善的评价与分析，基于目前的导则要求，总结导则中 5 类街道的步行设施指标表现情况如表 7.4 所示，由此，针对于《北京街道导则》中的 5 类街道，有部分步行设施指标有待进一步提升。

表 7.4 导则要求的街道步行设施指标表现情况

街道	导则要求指标	
	表现较好	仍待进一步提升
交通主导类	连贯建筑物、步行道、步道宽度	过街设施、机非隔离设施、专用自行车道、街道家具
生活服务类	街道绿化、连贯建筑物、步行道、步道宽度、步道无占道	过街设施、机非隔离设施、专用自行车道、街道家具
综合服务类	连贯建筑物、机非隔离设施、步行道、步道宽度	过街设施、专用自行车道、街道家具
静稳通过类	街道绿化、步行道	过街设施、专用自行车道
特色类	街道绿化、连贯建筑物、步行道	街道家具

7.2.3 综合提升

基于北京市的街道步行设施的评价结果可以发现，目前步行设施表现和改善较为一般的区域有时处于未建设区域，周边建筑及各项基础设施建设均不完善，针对于这部分区域，建议根据未来城市规划的调整和预期，进行相应的规划建设。以下主要对建成区域内步行设施仍然表现一般的情况进行优化，总体按照“差异化街道表现，差异化改善引导”的思路，进行针对性提升。

《北京街道导则》从设计要素、协同设计、精细设计层层递进式地给出了详细的街道综合设计方案，既满足街道功能的基本需求，又提升街道的活力与魅力。但是在实际评估中发现，一方面，部分街道并未满足这些步行设施的基本功能需求，存在步行设施的缺项、漏项；另一方面，部分街道步行设施建设相对完整，但也仅仅是满足了基本功能需求，对于街道活力和魅力的提升微乎其微。针对于这两方面的评估结果，提出以下建议：

(1) 对于步行设施评价结果较为一般的区域，则应当从功能角度出发，首先建设步行设施（从“无”到“有”，图 7.1），再由“有”到“优”（图 7.2），当然，在建设过程中，若能一步到位，不仅“建设”步行设施，还能“建好”步行设施，则更有利于步行友好性的提升。



图 7.1 从“无”到“有”的街道步行设施（北京市红坊路某支路）

图片来源：百度时光机街景图片

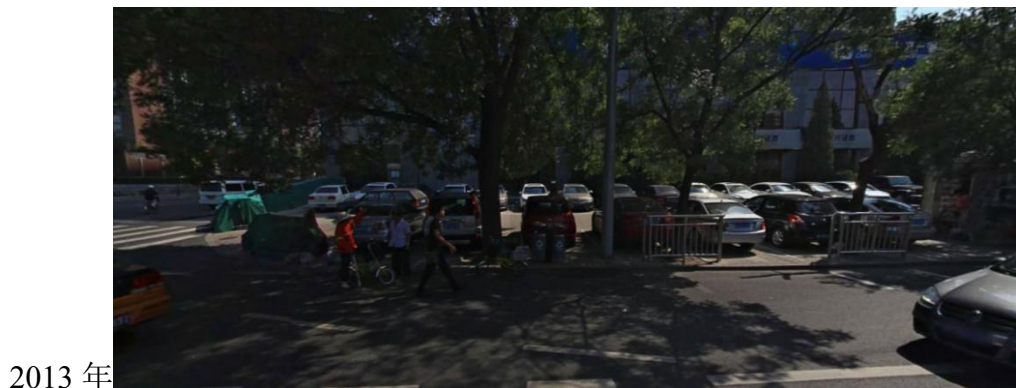


图 7.2 从“有”到“优”的街道步行设施（北京市阜成门内大街）



2019年

续图 7.2 从“有”到“优”的街道步行设施（北京市阜成门内大街）

图片来源：百度时光机街景图片

（2）部分区域步行设施的建设有无方面的改善已经达到了较好的效果，但设施的有无只是基础，应当更加关注设施本身品质的提升，从关注步行设施的“有无”转移到关注步行设施的“优劣”上来，通过设施本身多样化、精细化的设计和管理，从空间品质和空间感受的角度来改善步行友好性。

以北京《城市道路空间规划设计规范》中提出的一般性的“车行道-机非隔离设施-步行道-绿化带”的断面格局为例（图 7.3）：

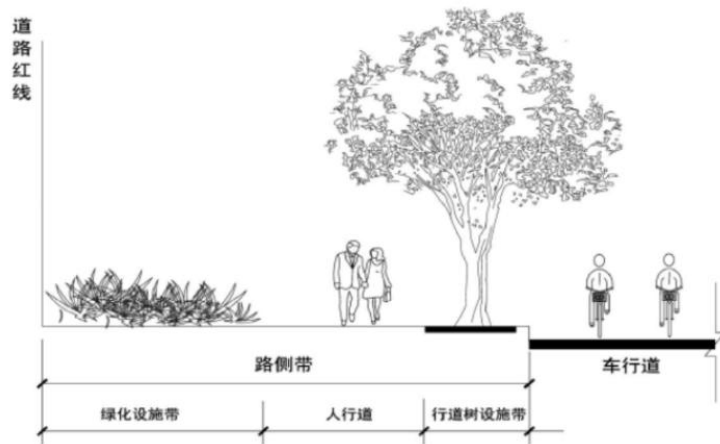


图 7.3 路侧带断面一般形式

图片来源：北京市《城市道路空间规划设计规范》

采用隔离栅栏的机非隔离设施（图 7.4）带来的步行空间体验不如绿化种植（图 7.5、图 7.6）带来的空间体验，而单调的绿化种植（图 7.5）带来的步行空间体验也不如充满设计感和植物搭配种植（图 7.6）带来的空间体验。

步行道单调而毫无变化的宽度、形态、铺装（图 7.4、图 7.5）带来的步行空间体验不如路径丰富、充满变化（图 7.6）的步行道带来的空间体验。

因此，“从有到优”方面的提升，一方面应关注设施本身的品质，包括表现形式、具体设计、设施质量等，另一方面应当关注步行道多种设施组合后的协调性、活力感、丰富性、变化性、趣味性等，例如步行空间形态、路径、色彩组合、体验丰度等内容。



图 7.4 亦庄区域东环北路 2019 年街道步行设施表现

图片来源：百度时光机街景图片



图 7.5 亦庄经海路 2019 年街道步行设施表现

图片来源：百度时光机街景图片



图 7.6 布法罗尼亚加拉医学校园

资源来源：图片来源于网络，网址：<https://www.ideaboom.com/7057>

7.3 本章小结

本章注重探讨步行设施改善评价结果对于政策实施与下一步建设优化方向的建议。从45个城市的综合比较来看，对于不同的城市采取政策优化、改善力度优化、监督优化三种不同的方式，并提出每个城市未来值得重点关注提升的步行设施指标。从单个城市来看，以北京市为例，一方面，结合《北京街道导则》中的街区和街道分类，提出不同类型街区及街道应当重点关注的步行设施；另一方面，在识别出步行设施现状与改善情况的区域差异化表现后，针对性提出“从无到有”、“从有到优”的优化方向，并对一般性街道断面形式给出设施单体与整体氛围两方面的优化方向。

第8章 研究结论与展望

8.1 研究结论

本研究关注城市街道步行设施的改善情况及步行政策的实施评估。构建了城市街道步行设施改善情况的评估标准，应用基于街景图片时光机数据的街道步行设施人工虚拟审计方法，得到中国45个城市街道步行设施改善情况的大规模测度结果，并结合各城市步行方面的相关政策进行政策评估；进而以北京市为例，深入到城市内部，探讨其改善情况、街道与街区分类差异、区域差异；最后提出应对策略。

8.1.1 对比总结中国45个城市街道步行设施的建设与改善情况

本研究关注步行设施“有无”的评价，若某一街景点评估基期时步行设施已经表现较好，则由于其评估期内的可改善空间有限，其改善评价得分可能较低，但这并不意味着该点位的步行设施建设情况不好，也不能直接反映政策的实施情况。因此，步行设施的改善评价不能仅关注改善的过程，还应当关注改善前的设施表现（或改善后的设施表现），以综合反映设施情况。

研究从步行空间感受的微观尺度出发，总结筛选出适合通过街景图片进行虚拟环境审计、并充分考虑步行的功能性、舒适性和安全性的10项指标，包括反映城市街道步行环境情况的街道设施指标（过街设施、街道绿化、连贯建筑物、机非隔离设施、专用自行车道）、反映步行设施的步道设施指标（步道有无、街道家具、步道宽度、步道无占道、步道无失修）2大类。并通过收集案例，制定相应的评价指南。基于统一的评价标准，受到培训的7位审计员在内部开发的街景图片在线审计系统上独立完成虚拟审计，其预实验检验结果显示，7位审计员审计一致性较高，评价结果可靠。

研究发现，从指标维度来看，机非隔离设施总体是近年改善最好的指标，专用自行车道和街道家具2项指标亟需改造提升；从城市维度来看，构建步行设施“现状-改善”二维评价体系，将45个城市分为“好”、“较好”、“可改进”、“改善中”、“较差”5类，提出针对性改进策略；在政策维度方面，探讨步行相关政策颁布与执行的情况，构建“现状-改善-政策”三维评价体系，进一步将45个城市分为8类，从政策颁布和政策执行落实两方面给出建议。

8.1.2 北京市步行设施改善整体较好，但仍有提升空间

在45个城市的对比评价中，北京市属于“现状-改善-政策”3A级评价的I类城市，且改善程度在45个城市中最高。但是，这种评级仅代表45个城市之间的相对关系，并不代表绝对关系，因此即使北京市作为3A评价的I类城市，但还需参考步行设施指标评价结果及实际建设情况来判断其是否仍有可改善空间。

研究发现，北京市六环内基本有一半点位在评估期内得到了改善，但从最新的现状表现结果来看，10项指标中，现状设施表现佳、10项俱全的街景点仅占0.1%，表现优秀、在8项以上的街景点仅占17.9%，从步行设施的完整性方面，82.1%的街景点可以继续改善。

从街区分类来看，北京市步行设施改善的迫切程度由高至低依次为交通集散区、商业商务区、混合型街区、大型居住区。其中，交通集散区和混合型街区应重点关注过街设施、专用自行车道、街道家具、步道长期占道4项指标的提升，混合型街区需关注机非隔离设施的监督，交通集散区在机非隔离设施基础上，还需关注步道失修指标的监督；商业商务区应重点关注过街设施、专用自行车道、街道家具3项指标的提升，关注机非隔离设施、步道长期占道2项指标的监督；大型居住区应重点关注专用自行车道、街道家具、步道长期占道3项指标的提升，关注过街设施、机非隔离设施2项指标的监督。

从街道分类来看，北京市步行设施总体表现和改善程度差异不大，但在单项指标方面存在少量差异。交通主导类和综合服务类2类街道应重点关注过街设施、专用自行车道、街道家具、步道长期占道4项指标的提升，前者需进一步关注机非隔离设施指标的监督；生活服务类、静稳通过类、特色类3类街道应重点关注过街设施、专用自行车道、街道家具3项指标的提升，其中，特色类街道仍需关注机非隔离设施、步道长期占道2项指标的监督，生活服务类街道需关注机非隔离设施的监督；混合类街道应重点关注专用自行车道、街道家具2项指标的提升，关注过街设施、步道长期占道2项指标的监督。

从整体空间分布来看，现状结果在区域之间的表现不一致，其中，现状与改善表现均较为一般的区域多出现在四环外，对比实际发现，这些区域人迹相对较少，街道功能以交通通行为主，步行需求较低，由此可见，城市规划建设和步行政策引导对于步行设施建设的重要意义。总体来看，北京市步行设施建设与改善情况整体表现出改善效果明显、没有改善但表现一贯较好、改善力度强但成效不显著、表现不好改善力度也不强4种特征，对于后两种表现的区域和街道，应当进一步加强提升建设。

8.2 方法讨论

本研究探索了以下两方面的评估方法，可为城市空间改善与城市政策的大规模评估提供重要支撑。

8.2.1 基于多年街景图片和人工虚拟审计的街道步行设施改善评估方法

相比于针对街区、社区等易于量化测度的中观尺度的步行友好性评价，微观尺度的评价能够更加真实地描绘步行环境与质量，但以往微观尺度的研究多基于调查问卷和小样本量表，难以实现大规模的测度与评估。

本研究探索的基于多年街景图片和人工虚拟审计的街道步行设施改善评估方法：第一，步行友好性微观尺度的大规模测度方法。在当前大量研究关注大规模测度中观尺度步行友好性方法的基础上，本方法是以微观尺度步行友好性评价的重要内容——街道步行设施为研究对象，补充探讨了通过街景图片数据和人工虚拟审计大规模测度微观尺度步行友好性的方法。第二，步行友好性改善评估方法。在当前大量研究利用街景图片进行空间质量等现状评估的基础上，本方法通过人工虚拟审计，结合多年街景图片数据，进一步探讨了步行设施改善情况的评估方法。

街景图片是以机动车视角采集方式生成的，在评价步行街道与步行设施时，可能存在难以全面体现步行空间环境情况的问题。在本研究中，为解决上述问题，一方面，本研究选取的街景图片包括前、后、左、右4个方向，并且左、右两个视角正对着步行街道，能够最大程度地反映步行街道情况；另一方面，本研究关注于步行设施的有无，即使是车行视角，但采集视角不影响步行设施“有无”的评价。

多年街景图片的采集月份可能存在差异，冬季萧条和夏季繁盛的不同情况可能会对空间感受的评价造成影响。在本研究中，关注的是步行设施的有无，与季节直接相关的指标是街道绿化，故在评价指南中特别标注了“注意北方冬天的行道树树叶会脱落，应仔细识别”、“行道树数量增加（不包括由于树木长大导致树冠增大的情况）”等标准，即以行道树树干数量为准判定改善情况，以降低照片季节差异带来的评估准确性的影响。

人工虚拟审计方法的优势在于人工评价能够在一定程度上反映“人”的理解和感受，局限在于可能存在人与人之间差异化的评价偏见，且相对较为耗时。因此，本研究通过制定详细的评价指南并进行审计员培训、预实验一致性检验等方式，以期最大可能地减少评价偏见；针对后者，可以在后续的研究中以本研究人工评价的数据结果为对照基础，进一步探索机器学习等智能方法的应用。

除了本研究中对于步行设施的探讨之外，该评估方法还可应用于城市街道空间品质相关的其他指标近年来改善情况的测度，例如建筑立面、绿化率、道路景观、空间失序等方面改善情况的研究；也可以结合中观尺度的步行友好性的改善评估方法，从中观和微观 2 方面综合、全面地反映城市空间的改善情况，对于整体把控城市近年来的改善成效、并提出后续城市空间改善方向具有重要作用。

8.2.2 结合多年街景图片纵向测度的政策评估方法

政策实施评估的方法重点在于对政策实施对象前后表现的对比进行评估。当政策实施范围较广时，其实施对象需要评估范围也相应较大，若通过传统的调研方法（如文字描述、公众满意度调查、实地对比记录等）进行对比，则存在消耗人力物力巨大、评估不够高效、前后数据不足难以对比、覆盖范围不够广的问题。

本研究探索的结合多年街景图片纵向测度的政策评估方法：第一，是以多年街景图片的纵向评估为基础，能够满足政策评估中对于评估对象前后表现对比的需求。第二，街景图片数据量大、覆盖范围广，能够满足政策的大规模评估需求，在政策实施评估中具有重要的应用价值，并能高效地为政策实施结果提供及时反馈，有利于政策与规划的及时调整与完善。

本研究测度结果可为相关部门提供政策与建设的改进依据。结合 45 个城市步行设施改善情况的政策评估结果，可以识别出哪些城市颁布了步行政策但在执行和建设中并未落实到位、哪些城市在步行设施建设的监督维护工作还有提升空间，进而提出针对性意见。针对于每一个城市来说，指标测度结果可以整体判断哪些步行设施需要新增建设、哪些步行设施需要修缮维护、哪些步行设施需要改质提升；空间测度结果可以差异性判断在区域尺度上的不同表现，哪些区域步行设施建设情况有待进一步优化、哪些区域在步行设施“有无”方面表现较好，还可以进行针对性的改质提升；空间和指标综合判断结果则可以针对性的对每个点位提出相应的改善优化建议，为相关部门提供政策与建设的改进依据。

8.3 研究局限性

本研究中构建的城市街道步行设施改善情况评估标准，更多关注于评价步行设施的有无，但对于人本尺度的步行设施来说，人对于空间品质的感受是不可或缺的，本研究的评估标准还可以从空间感受的角度进行优化。

本研究应用的人工虚拟审计方法，虽然能够有效评估各城市街道步行设施的改善情况，但相对费时费力，未来还可考虑引入智能方法，以本次研究的指标和数据作为训练集样本，建立街道步行设施改善评价的机器学习模型，智能识别评

估期内街景图片的设施有无的变化，提高数据收集效率。

大数据辅助相对微观的政策评估时，难免存在不够精细的局限性，还需要结合实际案例辅助研究。在本研究对于 45 个城市的研究中，由于数据的海量，在与政策进行对比时采用的方法较为简单，仅能反映政策颁布与政策执行的基本情况，难以深入到每一个城市中去，城市之间的政策评估对比尚有提升空间。未来可以结合语义分析等文本识别方法，深入研究各个城市政策、导则的具体内容与规划差异，再与评价结果对比，可以适当提升大规模政策评估的精细度。

参考文献

- Aghaabbasi M, Moeinaddini M, Shah M Z, et al. A new assessment model to evaluate the microscale sidewalk design factors at the neighbourhood level[J]. *Journal of Transport & Health*, 2017, 5: 97-112.
- Al Shammas T, Escobar F. Comfort and time-based walkability index design: a GIS-based proposal[J]. *International journal of environmental research and public health*, 2019, 16(16): 2850.
- Anderson D R, Sweeney D J, Williams T A, et al. *Statistics for business & economics*[M]. Cengage Learning, 2016.
- Aziz H M A, Nagle N N, Morton A M, et al. Exploring the impact of walk - bike infrastructure, safety perception, and built-environment on active transportation mode choice: a random parameter model using New York City commuter data[J]. *Transportation*, 2018, 45(5): 1207-1229.
- Babb C, Curtis C. Institutional practices and planning for walking: A focus on built environment audits[J]. *Planning Theory and Practice*, 2015, 16(4):517-534.
- Battista G A, Manaugh K. Examining social inclusion among pedestrian plans in Canada[J]. *The Canadian Geographer/Le Géographe canadien*, 2019, 63(4): 663-675.
- Cambra P, Moura F. How does walkability change relate to walking behavior change? Effects of a street improvement in pedestrian volumes and walking experience[J]. *Journal of Transport & Health*, 2020, 16: 100797.
- Carbone R, Saganeiti L, Scorza F, et al. Increasing the Walkability Level Through a Participation Process[J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 2018, 10964: 113-124.
- Choi Y, Seo M J, Oh S H. Walkability analysis of Busan's urban residential zones[J]. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 2016, 20(6): 2535-2547.
- Dannenberg A L, Cramer T W, Gibson C J. Assessing the walkability of the workplace: a new audit tool[J]. *American Journal of Health Promotion*, 2005, 20(1): 39-44.
- Ding D, Sallis J F, Kerr J, et al. Neighborhood environment and physical activity among youth: a review[J]. *American journal of preventive medicine*, 2011, 41(4): 442-455.
- D'Orso G, Migliore M. A GIS-based method for evaluating the walkability of a pedestrian environment and prioritised investments[J]. *Journal of transport geography*, 2020, 82: 102555.
- Dover V, Massengale J. Street Design: The Secret to Great Cities and Towns[J]. *Circulation*, 2013, 103(12): 1618-1623.
- Ewing R, Handy S. Measuring the unmeasurable: Urban design qualities related to walkability[J]. *Journal of Urban design*, 2009, 14(1): 65-84.
- Faludi A. The performance of spatial planning[J]. *Planning practice and Research*, 2000, 15(4): 299-318.

- Forsyth A, Krizek K J. Promoting walking and bicycling: assessing the evidence to assist planners[J]. *Built environment*, 2010, 36(4): 429-446.
- Forsyth A. What is a walkable place? The walkability debate in urban design[J]. *Urban design international*, 2015, 20(4): 274-292.
- Frank L D, Sallis J F, Saelens B E, et al. The development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study [J]. *Br J Sports Med*, 2010, 44(13): 924-33.
- Gao W, Qian Y, Chen H, et al. Assessment of sidewalk walkability: Integrating objective and subjective measures of identical context-based sidewalk features[J]. *Sustainable Cities and Society*, 2022, 87: 104142.
- Georghiou L. Issues in the evaluation of innovation and technology policy[J]. *evaluation*, 1998, 4(1): 37-51.
- Gerike R, Koszowski C, Schröter B, et al. Built environment determinants of pedestrian activities and their consideration in urban street design[J]. *Sustainability*, 2021, 13(16): 9362.
- Hanibuchi T, Nakaya T, Inoue S. Virtual audits of streetscapes by crowdworkers[J]. *Health & Place*, 2019, 59: 102203.
- Ignaccolo M, Inturri G, Giuffrida N, et al. A step towards walkable environments: spatial analysis of pedestrian compatibility in an urban context[J]. *Eur. Transp. Trasporti Europei*, 2020, 76(6): 1-12.
- Kaiser E J, Godschalk D R, Chapin F S. *Urban land use planning*[M]. Urbana: University of Illinois press, 1995.
- Kelly C M, Wilson J S, Baker E A, et al. Using Google Street View to audit the built environment: inter-rater reliability results[J]. *Annals of Behavioral Medicine*, 2013, 45(suppl_1): S108-S112.
- King A C, Sallis J F, Frank L D, et al. Aging in neighborhoods differing in walkability and income: associations with physical activity and obesity in older adults[J]. *Social science & medicine*, 2011, 73(10): 1525-1533.
- Labdaoui K, Mazouz S, Acidi A, et al. Utilizing thermal comfort and walking facilities to propose a comfort walkability index (CWI) at the neighbourhood level[J]. *Building and Environment*, 2021, 193: 107627.
- Landis B W, Vattikuti V R, Ottenberg R M, et al. Modeling the roadside walking environment: pedestrian level of service[J]. *Transportation research record*, 2001, 1773(1): 82-88.
- Larranaga A M, Arellana J, Rizzi L I, et al. Using best - worst scaling to identify barriers to walkability: a study of Porto Alegre, Brazil[J]. *Transportation*, 2019, 46(6): 2347-2379.
- Laurian L, Day M, Berke P, et al. Evaluating plan implementation: A conformance-based methodology[J]. *Journal of the American Planning Association*, 2004, 70(4): 471-480.
- Lefebvre-Ropars G, Morency C, Singleton P A, et al. Spatial transferability assessment of a composite walkability index: The Pedestrian Index of the Environment (PIE)[J]. *Transportation research part D: transport and environment*, 2017, 57: 378-391.
- Liu X, Long Y. Automated identification and characterization of parcels with OpenStreetMap and

- points of interest[J]. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 2016, 43(2): 341-360.
- McCormack G R, Shiell A. In search of causality: a systematic review of the relationship between the built environment and physical activity among adults[J]. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 2011, 8(1): 1-11.
- Ministry of the Interior and Kingdom Relations. Government Gazette of the Kingdom of the Netherlands[EB/OL]. [2021-02] (2021-12).
<https://zoek.officielebekendmakingen.nl/stcrt-2021-4664.html>.
- Park S, Choi K, Lee J S. Operationalization of path walkability for sustainable transportation[J]. *International journal of sustainable transportation*, 2017, 11(7): 471-485.
- Pikora T, Giles-Corti B, Bull F, et al. Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling[J]. *Social science & medicine*, 2003, 56(8): 1693-1703.
- Piric A, Reeve N. Evaluation of public investment in R&D-towards a contingency analysis[C]//OECD Conference on policy evaluation in innovation and technology: Towards Best Practices. 1997: 26-27.
- Rahman A. A GIS-based, microscale walkability assessment integrating the local topography[J]. *Journal of Transport Geography*, 2022, 103: 103405.
- Ross C E. Walking, exercising, and smoking: does neighborhood matter?[J]. *Social science & medicine*, 2000, 51(2): 265-274.
- Rundle A G, Bader M D M, Richards C A, et al. Using Google Street View to audit neighborhood environments[J]. *American journal of preventive medicine*, 2011, 40(1): 94-100.
- Saelens B E, Handy S L. Built environment correlates of walking: a review[J]. *Medicine and science in sports and exercise*, 2008, 40(7 Suppl): S550.
- Saelens B E, Sallis J F, Frank L D. Environmental correlates of walking and cycling: findings from the transportation, urban design, and planning literatures[J]. *Annals of behavioral medicine*, 2003, 25(2): 80-91.
- Schwertman N C, Owens M A, Adnan R. A simple more general boxplot method for identifying outliers[J]. *Computational statistics & data analysis*, 2004, 47(1): 165-174.
- Shaaban K. Assessing sidewalk and corridor walkability in developing countries[J]. *Sustainability*, 2019, 11(14): 3865.
- Shamsuddin S, Hassan N R A, Bilyamin S F I. Walkable Environment in Increasing the Liveability of a City[J]. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 2012, 50(1):167-178.
- Smith M, Hosking J, Woodward A, et al. Systematic literature review of built environment effects on physical activity and active transport – an update and new findings on health equity[J]. *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, 2017, 14(1): 1-27.
- Steinmetz-Wood M, Velauthapillai K, O’ Brien G, et al. Assessing the micro-scale environment using Google Street View: the virtual systematic tool for evaluating pedestrian streetscapes (virtual-STEPS)[J]. *BMC public health*, 2019, 19(1): 1-11.
- Su S, Zhou H, Xu M, et al. Auditing street walkability and associated social inequalities for planning

- implications[J]. Journal of transport geography, 2019, 74: 62-76.
- Tal G, Handy S. Measuring nonmotorized accessibility and connectivity in a robust pedestrian network[J]. Transportation research record, 2012, 2299(1): 48-56.
- Telega A, Telega I, Bieda A. Measuring walkability with GIS—Methods overview and new approach proposal[J]. Sustainability, 2021, 13(4): 1883.
- Vedung E. Public policy and program evaluation[M]. New Brunswick(U.S.A)and London(U.K):Transaction Publishers, 1997.
- Wang R, Lu Y, Zhang J, et al. The relationship between visual enclosure for neighbourhood street walkability and elders' mental health in China: using street view images[J]. Journal of Transport & Health, 2019, 13: 90-102.
- Wildavsky A. If planning is everything, maybe it's nothing[J]. Policy sciences, 1973, 4(2): 127-153.
- Yoon J, Chun J, Kim H. Investigating the Relation between Walkability and the Changes in Pedestrian Policy through Wearable Sensing[J]. Sustainability, 2020, 12(24): 10447.
- Yu R, Cheung O, Lau K, et al. Associations between perceived neighborhood walkability and walking time, wellbeing, and loneliness in community-dwelling older Chinese people in Hong Kong[J]. International journal of environmental research and public health, 2017, 14(10): 1199.
- Zhang Z, Fisher T, Feng G. Assessing the Rationality and Walkability of Campus Layouts[J]. Sustainability, 2020, 12(23): 10116.
- 陈坤杰, 刘琳. 步行设施容量分析模型研究[J]. 山东交通科技, 2018, 4: 16-19.
- 戴妍. 行为活动视角下城市步行空间活动绩效研究[D]. 重庆大学, 2019.
- 邓浩, 宋峰, 蔡海英. 城市肌理与可步行性——城市步行空间基本特征的形态学解读[J]. 建筑学报, 2013, 6: 8-13.
- 董世永, 龙晨吟. 基于模糊综合评价的住区可步行性测度方法及发展策略研究——以重庆典型住区为例[J]. 西部人居环境学刊, 2015, 30(01): 106-112.
- 董禹. 塑造适于步行的城市开放空间[J]. 华中建筑, 2006, 24(12): 116-118.
- 甘欣悦, 余天唯, 龙瀛. 街道建成环境中的城市非正规性基于北京老城街景图片的人工打分与机器学习相结合的识别探索[J]. 时代建筑, 2018, 1: 62-68.
- 高兴武. 公共政策评估:体系与过程[J]. 中国行政管理, 2008, 2: 58-62.
- 郭冲. 基于步行友好的城市生活性街道步行设施优化研究[D].重庆大学,2020.
- 郭冲. 基于步行友好的生活性街道步行设施优化研究——以重庆市沙正街为例[C]//面向高质量发展的空间治理——2021中国城市规划年会论文集(07城市设计)., 2021: 789-799.
- 郝新华, 龙瀛. 街道绿化:一个新的可步行性评价指标[J]. 上海城市规划, 2017, 1: 32-36+49.
- 何静敏. 近20年来我国规划评估研究综述与展望[J]. 城市建筑, 2022, 19(07): 104-109.
- 黄志强, 张航, 章云睿, 郭文韬. 街道视觉可步行性评估及其对居民步行活动的影响——以南京市为例[C]//. 面向高质量发展的空间治理——2021中国城市规划年会论文集(05城市规划规划新技术应用)., 2021: 171-183.
- 简逢敏, 伍江. “住宅区规划实施后评估”的内涵与方法研究[J]. 上海城市规划, 2006, 3: 46-51.

- 姜洋, 王悦, 余军, 等. 基于 PLPS 调研方法的步行和自行车交通规划设计评估[J]. 城市交通, 2011, 9(5): 28-38.
- 解瑶, 张军民, 单建树. 近五年我国城市总体规划实施评估研究综述[J]. 上海城市规划, 2015, 6: 21-26.
- 金鑫, 孙文勇, 徐鼎壹, 胡诗齐. 步行基础设施作为城市设计中空间整合的抓手——基于山地城市的经验[C]//活力城乡 美好人居——2019 中国城市规划年会论文集(07 城市设计), 2019: 978-988.
- 冷红, 郑春宇, 鲁钰雯. 老龄人口健身出行视角下的寒地城市公共空间可步行性研究[J]. 国际城市规划, 2019, 34(05): 27-32.
- 李岱宗. 生活圈视角下的步行空间优化策略[D]. 重庆大学, 2020.
- 李戈娃, 杨淼. 城市基础设施系统的构成与规划研究——评《城市规划设计》[J]. 现代城市研究, 2022, 7: 133.
- 李怀敏. 从“威尼斯步行”到“一平方英里地图”——对城市公共空间网络可步行性的探讨[J]. 规划师, 2007, 4: 21-26.
- 李明华. 轨道交通枢纽行人步行设施适应性分析[D]. 北京交通大学, 2008.
- 李奕. 健康导向下的城市步行系统规划及其应用研究[D]. 重庆大学, 2016.
- 李智, 龙瀛. 基于动态街景图片识别的收缩城市街道空间品质变化分析——以齐齐哈尔为例[J]. 城市建筑, 2018, 6: 21-25.
- 林立伟, 沈山, 江国逊. 中国城市规划实施评估研究进展[J]. 规划师, 2010, 26(03): 14-18.
- 刘涟涟, 尉闻. 步行性评价方法与工具的国际经验[J]. 国际城市规划, 2018, 33(04): 103-110.
- 刘颖, 惠冰. 中国低碳生态城市发展的政策评估: 误区与对策[J]. 城市发展研究, 2011, 18(07): 74-80+101.
- 龙瀛, 李莉, 李双金, 陈龙, 潘文明, 姚怡亭, 陈鸣, 王雅玲, 权璟, 张黎雪, Cynthia Wang, 钱京京. 中国城市活力中心的街道步行环境指数测度[J]. 南方建筑, 2021, 1: 114-120.
- 龙瀛, 赵健婷, 李双金, 周垠, 许留记. 中国主要城市街道步行指数的大规模测度[J]. 新建筑, 2018, 3: 4-8.
- 龙瀛, 周垠. 图片城市主义: 人本尺度城市形态研究的新思路[J]. 规划师, 2017, 33(02): 54-60.
- 龙瀛. 街道城市主义 新数据环境下城市研究与规划设计的新思路[J]. 时代建筑, 2016, 2: 128-132.
- 卢银桃, 王德. 美国步行性测度研究进展及其启示[J]. 国际城市规划, 2012, 27(01): 10-15.
- 卢银桃. 基于日常服务设施步行者使用特征的社区可步行性评价研究——以上海市江浦路街道为例[J]. 城市规划学刊, 2013, 5: 113-118.
- 马璇, 张一凡. 我国城市总体规划实施评估工作评析及建议——基于省市调研的若干思考[J]. 规划师, 2016, 32(03): 34-41.
- 南楠. 城市绿地系统规划实施评估的理论和方法[D]. 北京林业大学, 2018.
- 聂煊城, 陈奕言, 陈箐. 建成环境可步行性研究及测度发展综述[J]. 南方建筑, 2022, 4: 88-98.
- 欧力. 城市中心区步行系统规划方法研究[D]. 华中科技大学, 2008.

- 欧阳鹏. 公共政策视角下城市规划评估模式与方法初探[J]. 城市规划, 2008, 12: 22-28.
- 彭科, 梁茵栩, 贾一鹤, 刘建阳. 多规协同视角下负面政策的生成及处置——以轨交站点地区可步行性评估为例[C]//面向高质量发展的空间治理——2020 中国城市规划年会论文集(13 规划实施与管理)., 2021: 442-455.
- 沈雷洪, 蒋应红. “城市修补”语境下的街道设计要素探讨[J]. 城市问题, 2020, 6: 37-46.
- 施源, 周丽亚. 对规划评估的理念、方法与框架的初步探讨——以深圳近期建设规划实践为例[J]. 城市规划, 2008, 6: 39-43.
- 宋彦, 黄斌, 陈燕萍, 刘志丹, 江志勇. 城市规划实施效果评估经验及启示[J]. 国际城市规划, 2014, 29, 5: 83-88.
- 苏书杰. 步行环境对出行安全感和出行行为的影响研究[D]. 长安大学, 2017.
- 孙施文, 周宇. 城市规划实施评价的理论与方法[J]. 城市规划汇刊, 2003, 02: 15-20+27-95.
- 孙施文. 城市总体规划实施政策的理性过程[J]. 城市规划汇刊, 2001, 2: 13-19+79.
- 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 马尧天. 街道空间品质的测度变化评价与影响因素识别——基于大规模多时相街景图片的分析[J]. 新建筑, 2016, 5: 110-115.
- 王辰, 邓浩. 迈向可步行城市:丹佛经验[J]. 建筑与文化, 2015, 3: 94-97.
- 王瑞祥. 政策评估的理论、模型与方法[J]. 预测, 2003, 3: 6-11.
- 吴泽宇. 人本视角下墨尔本中心区可步行街道空间营造经验与启示[J]. 上海城市规划, 2020, 1: 99-104.
- 武凤文, 陈明远. 儿童健康安全视角下的步行通学道评测与优化策略[J]. 城市发展研究, 2020, 27(07): 20-27.
- 邢卓. 国内外规划实施评估技术方法研究综述[C]//.转型与重构——2011 中国城市规划年会论文集., 2011: 2201-2211.
- 许建, 张新兰. 步行网络评价指标及其应用[J]. 规划师, 2012, 28(04): 65-68.
- 薛锦灏, 彭云龙, 陈乔汉, 牛晨祎, 王志. 城市道路空中步行系统设计方案[J]. 时代汽车, 2021, 21: 191-192.
- 杨俊宴, 吴浩, 郑屹. 基于多源大数据的城市街道可步行性空间特征及优化策略研究——以南京市中心城区为例[J]. 国际城市规划, 2019, 34(05): 33-42.
- 张书杰, 李文竹, 龙瀛, 周雅婧, 潘文明. 基于多年街景图片的城市街道步行设施改善评价——以中国 45 个城市为例[J]. 城市发展研究, 2022,29(06): 53-64+73.
- 张伟星. 北京城市干道步行环境问题研究[D]. 清华大学, 2004.
- 张衔春, 胡国华. 美国新城市主义运动:发展、批判与反思[J]. 国际城市规划, 2016, 31(03): 40-48.
- 张娅薇, 李军. 低碳出行导向的城市街道空间模式[J]. 现代城市研究, 2016, 4: 60-67.
- 张章, 徐高峰, 李文越, 龙瀛, 曹哲静. 历史街道微观建成环境对游客步行停放行为的影响——以北京五道营胡同为例[J]. 建筑学报, 2019, 3: 96-102.
- 郑德高, 闫岩. 实效性和前瞻性:关于总体规划评估的若干思考[J]. 城市规划, 2013, 37(04): 37-42.

参考文献

- 自然资源保护协会, 清华大学建筑学院. 中国城市步行友好性评价——城市活力中心的步行性研究[EB/OL]. [2019-05] (2021-11). <https://www.waitang.com/report/21466.html>.
- 自然资源保护协会, 清华大学建筑学院. 中国城市步行友好性评价——基于街道功能促进步行的研究[EB/OL]. [2017-11] (2021-11). <https://max.book118.com/html/2017/1224/145754593.shtm>.
- 自然资源保护协会. 2015 年中国城市步行友好性评价报告[EB/OL]. [2014-08] (2021-11). <http://www.nrdc.cn/Public/uploads/2016-12-02/58416d12760d3.pdf>.
- 自然资源保护协会. 中国城市步行友好性评价报告(阶段性报告)[EB/OL]. [2016-01] (2021-11). <http://www.nrdc.cn/Public/uploads/2016-12-02/58416c0a65c05.pdf>.

附录 A 城市步行相关政策

表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估 基期	评估 末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布 时间	评 级	评级 (评估 末期前 颁布)	政策颁布 到评估现 状年份的 时间间隔
北京	北京	2013	2019	北京街道更新治理城市设计导则	2018			
				北京西城区整理城市设计导则	2018			
				北京市城市道路空间规划设计规范	2014			
				步行和自行车交通环境规划设计标准	2020			
				北京城市副中心控制性详细规划(街区层面)(2016年—2035年)	2019			
				北京市步行和自行车交通系统规划	2015	A	A	4
				优化提升回龙观天通苑地区公共服务和基础设施三年行动计划(2018-2020年)	2018			
				十三五期间城六区慢行系统整治计划	2019			
				2020年北京市交通综合治理行动计划	2020			
				2019年北京市交通综合治理行动计划	2019			
				北京市“十三五”时期交通发展建设规划	2016			

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布 到评估现状年份的 时间间隔	
天津	天津	2013	2017	中心城区“一环十一园”规划	2018				
				天津市外环城市公园及周边地区城市设计草案	2020				
				天津市综合交通运输“十三五”发展规划	2016	B	B	1	
				天津市全民健身实施计划(2016—2020年)	2016				
				天津市自行车停放区域技术导则	2018				
上海	上海	2013	2017	上海市城市总体规划(2017-2035年)	2018				
				上海市交通发展白皮书	2013	A	A	1	
				上海市街道设计导则	2016				
河北	石家庄	2014	2019	石家庄市城市步行和自行车交通系统规划	2013	A	A	5	
				河北雄安新区规划纲要	2018				
				其他	河北省小城镇建设标准(试行)	2018			
				城市容貌管理标准	2018				
山西	太原	2014	2019	山西省黄河、长城、太行三大板块旅游公路设计技术指南(试行)	2018	B	B	1	
				太原市道路交通安全管理条例	2019				

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布到评估现状年份的时间间隔
辽宁	沈阳	2013	2019	沈阳市慢行交通系统专项规划	2016	A	A	3
				沈阳市解决“出行难”治理交通拥堵三年工作方案	2019			
	大连	2013	2019	大连市慢行交通系统规划	2017	A	A	2
吉林	长春	2014	2019	长春市步行与自行车交通系统专项规划	2015	A	A	4
黑龙江	哈尔滨	2014	2017			D	D	
	其他			黑龙江省城市道路交通文明畅通提升三年行动计划(2018—2020年)	2018			
				黑龙江省现代综合交通运输体系发展“十三五”规划	2017			
	苏州	2014	2017	苏州市中心城区慢行交通系统规划	2013	A	A	3
	无锡	2013	2017	无锡市中心城区慢行系统规划	2013	A	A	4
江苏	徐州	2014	2018	徐州市慢行交通系统规划	2015	A	A	3
	常州	2014	2017	常州武进城区慢行交通规划研究	2011	A	A	3
	南京	2014	2017	南京市街道设计导则	2017	A	E	
			南京市慢行(步行与自行车)系统规划	2018				

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布到评估现状年份的时间间隔
浙江	其他			南通市城市慢行交通系统规划	2013			
				泰州市慢行交通系统规划	2013			
				湛江市城市慢行系统规划	2015			
				淮安市慢行交通系统规划	2017			
				江苏省“十三五”铁路发展规划	2017			
	杭州	2014	2017	杭州市慢行交通系统规划	2008	A	A	3
				宁波市治理城市交通拥堵暨公交都市深化建设和道路文明畅通提升 2019 年实施方案	2019			
	宁波	2014	2017	宁波东部新城核心区城市设计导则	2015	B	B	2
				宁波市城市综合交通规划(2015-2020 年)(批前公示)	2015			
				宁波市东部新城公共交通系统、慢行系统、交通设施一体化规划及设计导则	2017			
	温州	2014	2017	温州城市中心城区慢行系统规划	2010	A	A	3
				温州市历史城区交通系统详细规划	2019			
		其他		金华市中心城区慢行系统专项规划	2015			
			绍兴市人民政府关于推进全市现代综合交通发展的实施意见	2017				

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布到评估现状年份的时间间隔
				浙江省全民健身实施计划(2016—2022年)	2016			
				关于合肥市慢行系统规划建设情况的报告	2016			
安徽	合肥	2014	2017	合肥高新区综合交通规划	2018	A	A	1
				合肥市慢行系统完善工程实施方案	2017			
				合肥市慢行系统隔离设计导则	2017			
	其他	芜湖市中心城区慢行系统专项规划(2017-2030)	2018					
福建	厦门	2014	2019	厦门市绿色慢行系统规划	2018	A	A	1
	福州	2014	2017			D	D	
				泉州市综合交通规划修编	2015			
	其他			龙岩中心城区畅通工程实施方案	2017			
				福建省城市道路交通文明畅通提升行动计划实施方案(2017—2020年)	2017			
江西	南昌	2014	2017	南昌红谷滩城市综合交通规划	2018	B	E	
				江西省实施道路交通安全规划 2018-2020 年工作方案	2018			
	其他			赣州市中心城区步行和自行车交通系统规划(2015-2030年)	2017			

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布 到评估现状年份的 时间间隔
山东	济南	2014	2017	济南慢行交通规划	2016	A	A	1
	临沂	2015	2018			E	E	
	青岛	2014	2017	青岛市中心城区控制性详细规划	2017	B	E	
				青岛市中心城区总体城市设计	2017			
	淄博	2014	2018	淄博高新区慢行交通系统专项规划 (公示)	2019	A	E	
	烟台	2014	2017	烟台市中心城区健康步道规划	2016	A	A	1
				山东省推动步行街改造提升行动计划				
				滨州市城区步行、自行车交通系统专项规划	2018			
				曲阜市慢行系统专项规划	2014			
				威海市区步行和自行车交通系统专项规划	2019			
潍坊市中心城区步行与自行车交通系统规划				2016				
山东潍坊经济开发区综合交通体系规划				2018				
河南	郑州	2014	2019	郑州市中心城区步行和自行车交通系统专项规划	2015	A	A	4
	洛阳	2014	2018			D	D	
	其他			河南省县城规划建设导则	2016			

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布 到评估现 状年份的 时间间隔
湖北	武汉	2014	2019	武汉市慢行交通及绿道系统规划	2017	A	A	2
	其他			湖北省城市道路交通文明畅通提升行动计划(2018-2020年)	2018			
湖南	长沙	2014	2017	长沙市“一圈两场三道”建设两年行动计划(2018—2019年)	2018	B	B	1
	其他			湖南省城市综合交通体系“十三五”发展规划	2016			
				湖南省城市(县城)步行和自行车交通系统规划设计导则及建设标准(试行)	2018			
				株洲市街道设计导则	2018			
		其他		广东省城市基础设施建设“十三五”规划(2016-2020年)	2017			
				步行与自行车交通蓝皮书	2017			
广东	广州	2013	2019	广州市政道路全要素设计指引	2019	A	A	4
				2017年广州市环境提升计划工作方案	2017			
				广州慢行交通系统规划	2015			
				广州市城市道路全要素设计手册	2017			
	汕头	2014	2019	汕头龙湖区慢行交通系统规划研究	2017	A	A	2
深圳	2013	2017	罗湖区完整街道设计导则	2018	A	A	2	
			深圳市轨道-公交-慢行三网融合工作方案	2019				

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布 到评估现 状年份的 时间间隔
				福田中心区及周边片区慢行系统规划	2015			
	珠海	2014	2017	珠海市慢行系统规划	2008	A	A	3
	东莞	2014	2019	东莞市综合交通运输体系规划(2013-2030)	2015	B	B	4
	佛山	2015	2019	佛山市综合交通规划修编	2017	B	B	2
	惠州	2014	2019	惠州市惠城中心区慢行系统专项规划(草案)	2016	A	A	3
				成都市少城片区有机更新规划导则	2018			
				成都市慢行交通系统规划	2017			
四川	成都	2014	2019	成都高新区慢行交通系统规划出炉: 800 多公里自行车交通网 700 多公里步行交通网	2017	A	A	2
				慢行交通系统技术导则	2017			
				成都市中心城区特色风貌街道规划建设技术导则(2017 版)	2017			
		其他		四川省人民政府关于深入推进新型城镇化建设的实施意见	2016			
				昆明市街道设计导则	2017			
云南	昆明	2014	2019	昆明市城市设计导则(试行)	2019	B	B	2
				昆明呈贡低碳示范区交通规划	2012			

附录 A 城市步行相关政策

续表 A.1 45 个城市步行相关政策

省	城市	评估基期	评估末期	政策文件 (评估期内的政策标黄)	发布时间	评级	评级 (评估末期前颁布)	政策颁布到评估现状年份的时间间隔
			其他	云南省人民政府关于深入推进新型城镇化建设的实施意见	2016			
陕西	西安	2014	2019	大西安“十三五”综合交通运输发展规划	2018	B	B	5
				西安市城市综合交通体系规划	2014			
				咸阳市中心城区慢行交通系统规划(2017-2030) (公示)	2019			
甘肃	兰州	2014	2019	兰州市中心城区控制性详细规划	2018	A	A	5
				兰州市慢行交通系统规划	2013			
内蒙古	呼和浩特	2014	2018	内蒙古自治区人民政府办公厅关于深化城市交通管理工作有关事宜的通知	2017	D	D	
	包头	2014	2018	内蒙古自治区人民政府办公厅关于深化城市交通管理工作有关事宜的通知	2017	D	D	
广西	南宁	2014	2019	广西壮族自治区人民政府办公厅关于加强城市道路交通管理工作的指导意见	2017	D	D	
	柳州	2014	2018					

致谢

时光飞逝，九年匆匆而过。在清华园的时光我永生难忘，不仅获得了学业的成长，修炼了内心，更是收获了良师和益友。

特别感谢我参与的直博生兼修硕士第二学位项目的导师龙瀛老师。您对大数据和技术方法的理解和研究，开阔了我的研究思路；在您组会上旁听并学习了很多先进的思想和技术，扩宽了我的知识广度；您给我机会参与的项目不仅帮助我顺利完成了这篇硕士论文，更是为我博士论文的技术与方法应用提供了良好的研究基础。您的高标准、严要求，让我时刻谨记细节决定成败。

感谢我的博士导师庄优波老师，您对我兼修硕士学位的支持，让我有机会学习到更加广阔的学科交叉知识，有机会尝试自己感兴趣的大数据与技术方法研究，有机会探索并挖掘自身潜力。

感谢清华大学城市规划系所有老师和同学的支持和帮助，感谢公开评阅人党安荣老师和来源老师，感谢答辩委员会成员边兰春老师、张悦老师、钟舸老师，您们对于专业的理解让我倍感钦佩，您们提出的宝贵意见极大地提升了论文质量；感谢答辩秘书涂唐奇老师在论文答辩中的辛苦组织。

感谢北京城市实验室（BCL）的全体小伙伴们，特别感谢李文竹、李派、张恩嘉、陈婧佳、侯静轩、刘宁睿、李伟健、梁佳宁、吴其正、褚峤等同学对我论文提出的意见和对我生活上的包容。

特别感谢我无话不谈的朋友们吴玉婷、陈钊好、杨灿灿给予我的温暖，求学生涯漫漫，有你们的陪伴和鼓励，我才能坚定地渡过一个又一个的难关，才能缓解焦虑、迷茫和心酸，才能有力量努力向未来奋进。

最后，感谢我的家人，感谢我的父母。你们是最坚实的后盾，为我提供稳定而又无忧无虑的环境，让我能够专注于自身提升，幸福、快乐、自由地成长。

愿有前程可奔赴，亦有岁月可回首。愿未来的自己能够不忘初心，继续秉持“志存高远，脚踏实地”，努力成长为不负韶华、不负期望的更好的自己。

声明

本人郑重声明：所呈交的学位论文，是本人在导师指导下，独立进行研究工作所取得的成果。尽我所知，除文中已经注明引用的内容外，本学位论文的研究成果不包含任何他人享有著作权的内容。对本论文所涉及的研究工作做出贡献的其他个人和集体，均已在文中以明确方式标明。

签 名： 张书杰 日 期： 2022年12月5日

个人简历、在学期间完成的相关学术成果

个人简历

1995 年出生于山西省吕梁市。

2013 年 9 月考入清华大学建筑学院建筑学专业，2017 年 7 月本科毕业并获得建筑学学士学位。

2017 年 9 月免试进入清华大学景观学系攻读风景园林学博士学位至今，师从庄优波副教授。2018 年 9 月入选清华大学建筑学院直博兼硕项目，兼修城乡规划学硕士至今，师从龙瀛副教授。

在学期间发表的学术论文

- [1] 张书杰, 李文竹, 龙瀛, 周雅婧, 潘志明. 基于多年街景图片的城市街道步行设施改善评价——以中国 45 个城市为例[J]. 城市发展研究, 2022, 29(06): 53-64+73.
- [2] 张书杰, 庄优波. 管控视角下生态空间与生态保护红线关系研究[J]. 生物多样性, 2022, 30(04): 11-20.
- [3] 张书杰, 庄优波. 中国自然保护区现状人类利用强度量化特征分析与管理分类建议[J]. 中国园林, 2020, 36(08): 14-19.
- [4] 张书杰. 北京二环内应急避难场所对社区居民空间布局合理性研究[J]. 北京规划建设, 2020, 1: 53-59.
- [5] 张书杰, 庄优波. 英国国家公园合作伙伴管理模式研究——以苏格兰凯恩戈姆斯国家公园为例[J]. 风景园林, 2019, 26(04): 28-32.

研究成果

2020 年 1 月至今，参与浙江省仙居县自然保护地整合优化试点方案编制

2020 年 11 月-2021 年 3 月，参与国家公园法基础设施专项论证

2020 年 8 月-2021 年 9 月，参与自然资源保护协会资助项目：Walkability for Main Chinese Cities 2021

2019年7月-2020年3月，参与大熊猫国家公园唐家河片区社区协调发展规划

2019年7月，参加“2019中国收缩城市规划设计工作坊”，以“减量规划，森林鹤岗”为题，获得二等奖（张恩嘉，陈婧佳，雷链，张书杰，侯静轩）

2017年9月-2018年1月，参与九寨沟风景名胜区标识系统研究

指导教师评语

街道步行设施的改善是城市公共空间品质提升的重要环节，而如何客观评估街道步行设施的改善情况，还少有研究达到大规模、客观和快速的实践需求。张书杰的论文以中国 45 个主要城市为例并以北京市为重点案例，全面深入研究了街道步行设施改善情况、政策实施情况和应对策略。该选题具有重要的理论探索价值与实践支持意义。

论文系统梳理了街道步行设施的相关概念及评估街道步行设施友好性方面的主要理论方法研究进展。在此基础上，论文构建了城市街道步行设施改善情况评估的指标体系，自主开发街道步行设施虚拟审计在线系统，基于多时相的街景图片时光机数据并结合人工审计方法，对街道步行设施进行客观评价。论文从全国和具体城市两个尺度开展研究：在全国尺度上，探索步行设施随时间变化的路径与方法，并横向比较我国 45 个城市步行设施近年来的改善情况，结合评估期内的城市步行设施完善政策，实现了 45 个城市步行设施相关政策实施情况的评价；在城市尺度上，以北京市为例进行详细研究，结合街道设计导则为街道步行设施的改善及决策提供依据。

论文结构合理，概念明确，资料翔实，论述充分，图文规范，达到了工学硕士论文的学术水平。

答辩委员会决议书

论文通过对街景图片进行数据分析，开展中国城市街道步行设施改善状况的研究，选题具有重要的理论价值和实践意义。

论文梳理了步行友好性及步行设施的相关概念，基于多年街景图片数据，自主开发街道步行设施虚拟审计在线系统，测度评价了中国 45 个城市的街道步行设施的改善状况，并对相关政策进行了研究分析；进一步以北京为例，针对不同类型城市街道空间步行环境状况进行了多维度分析评价，并提出了规划应对策略和政策建议。

论文概念清晰，层次分明，数据分析工作扎实，图文规范。论文工作反映了作者具有较扎实的专业理论基础和较强的科研能力。

答辩阐述清楚，重点突出，很好地回答了答辩委员的问题。

答辩委员会表决，一致认为论文达到了硕士学位论文的水平，通过答辩，并建议授予张书杰工学硕士学位。