

人本尺度城市形态：测度、效应评估及规划设计响应^{*}

Human-Scale Urban Form: Measurements, Performances, and Urban Planning & Design Interventions

龙瀛¹ 叶宇²

Long Ying Ye Yu

摘要 国家新型城镇化规划呼吁以人为本的城镇化，2015 年底召开的中央城市工作会议明确指出，“城市发展是一个自然历史过程，有其自身规律……要把握发展规律，推动以人为核心的新型城镇化”。这些新政策都把对人的关注提高到了新的高度。在城市品质、活力和设计被不断重视的背景下，一系列新的数据环境、技术及方法提供和构建了细致研究城市形态的新途径，例如，由大数据和开放数据所构成的新数据环境对更为微观和全面的城市形态及其相关效应的刻画提供了数据基础，由雷达成像、虚拟现实、眼动仪、深度学习、数据挖掘与可视化等先锋城市研究方法和技术则为更深入的研究提供了技术支持。在此背景下，提出人本尺度城市形态（human-scale urban form）这一概念，将其定义为人可以看得见、摸得着、感受得到的城市形态，是对传统拘泥于街区和地块等尺度城市形态的深化和必要补充。首先对与人本尺度城市形态概念相契合的已有研究工作进行了梳理，并给出了基于笔者之前所提出的大模型、数据增强设计、街道城市主义和图片城市主义等理论和方法论的指导下，开展未来研究的计划，最后提出了在城市规划和设计中应用人本尺度城市形态研究成果的总体思路。通过对人本尺度城市形态的系统研究，笔者期望其可以更好地呼应理性城市规划与设计的需要。

关键词 城市形态；城市设计；数据增强设计；街道城市主义；新数据环境

ABSTRACT The human-centered perspective has been frequently mentioned in many national policies on urbanization in China, like National Guidelines for Developing a New Type of Urbanization and Central Urban Work Conference. Accompanying with the raising call for human-centered considerations in urban planning and design, a series of new data environment and new analytical methods bring new potentials for achieving this goal. For instance, the new data environment consisting of big data and open data could provide foundation for in-depth study of urban form and its related performances. New techniques and methods, e.g. Lidar imaging, virtual reality, eye-tracking, deep learning, big data mining and visualization, provide emerging insightful analytical approaches. Therefore, the paper proposes the conceptual framework of human-scale urban form that can be defined as visible, touchable, and perceptible urban forms in people's daily lives. It is a meaningful supplement for classical urban morphology focusing on street blocks and parcels. Following this route, the paper firstly reviews existing studies related to the concept of human-scale urban form. Three essential issues of human-scale urban form, i.e., measurements, performances, and urban planning and design interventions, are then discussed to guide future researches. After that, several initial studies made by the authors of this paper are illustrated as empirical examples. This paper is an initial attempt to create the concept framework of human-scale urban form and explore its potentials in urban planning and design practices. It could promote the transition towards more scientific planning and design paradigm, and finally contribute to better urban lives.

KEY WORDS urban form; urban design; data-augmented design; street urbanism; new data environment

^{*} 国家自然科学基金：基于 SCD 大数据的公交通勤时空特征及城市规划响应，项目编号：51408039；长三角城市群智能规划协同创新中心（CIUC）种子基金：三维城市地理的规划情景模拟技术开发，项目编号：CIUC20140012。

中图分类号 TU981；TU984

文献标识码 A

DOI 10.3969/j.issn.1000-0232.2016.05.041

文章编号 1000-0232 (2016) 05-0041-07

作者简介 ¹清华大学建筑学院，副研究员；电子邮箱：longying1980@gmail.com；²同济大学建筑与城市规划学院，助理教授

1 人本尺度的城市形态

人本尺度城市形态 (human-scale urban form) 是人可以看得见、摸得着、感受得到的与人体密切相关的城市形态,是对目前网格、街区和地块等尺度城市形态的深化和必要补充。街道、建筑以及某一具体专项(如声音、温度、光线等),是人本尺度城市形态的具体体现。在一系列新的数据环境、技术及方法不断涌现的背景下,人本尺度城市形态具有相当的发展潜力,有望成为未来城市研究的重要方向。龙瀛等(2014)提出的大模型研究范式、龙瀛和沈尧(2015)提出的数据增强设计及其随后在时间、空间与人的 TSP 大尺度城市设计模型上的探讨(龙瀛和沈尧,2016)、龙瀛(2016)提出的街道城市主义以及龙瀛和周垠(2016)提出的图片城市主义,都将是人本尺度城市形态研究的方法论支持和技术保障,具体来说,大模型研究范式支持将人本尺度城市形态的研究在保持研究粒度的同时扩展到整个城市系统,数据增强设计支持将人本尺度城市形态的研究用于支持规划设计的编制和评估过程,街道城市主义则将指导街道这个人本尺度的研究开展,图片城市主义则专门就研究人本尺度城市形态的核心数据源之一图片的具体应用的方法论进行解读。

人本尺度城市形态这一概念及方向的提出,是在呼应当前国家政策对城市规划设计与管理重视的背景下,针对当前中国城市规划设计存在的问题而在技术手段的不断成熟的条件下所提出的。

首先,当前国家政策一再强调城市规划设计管理中的以人为本。新发布的国家新型城镇化规划就呼吁以人为本的城镇化。2015年底召开的中央城市工作会议也明确指出,“城市发展是一个自然历史过程,有其自身规律……要把握发展规律,推动以人为核心的新型城镇化”。这些都把规划设计中对人的关注提高到了新的高度。在宏观政策有相应要求的同时,当前中国城镇化也正走入对于空间品质需要日益提升的阶段。城市设计,特别是人本尺度的城市空间设计成为重点之一。在城市品质、活力和设计被不断重视的背景下,关注人本尺度的城市形态研究具有重要意义。

其次,虽然城市形态是目前规划设计关注的核心要素,但以往囿于数据条件、技术水平等多方面的约束,规划设计存在尺度过大、指标不细的问题。对于精细化尺度如街道、建筑尺度的考量较少,即使是在接近人的街区尺度上,也只有容积率等关键指标能够做到明确控制,剩下的多流于形式。客观上存在着(或部分造成了)以人为本虽然得到较多呼吁但是在实际中难以落实的局面。规划与设计实践中对精细化尺度如街道和建筑尺度

的城市形态的关注、研究和设计呼应不足。

最后也是最切实的一点则是一系列新的数据环境、技术及方法提供了构建了精细研究城市形态的新途径。例如,由大数据和开放数据所构成的新数据环境对更为微观和全面的城市物质空间和社会空间的刻画不断深入,由雷达成像、脑电波、眼动仪、深度学习、大数据挖掘与可视化等先锋城市研究方法和技术不断成熟(Liu等,2015)。

在此背景下,本文将对人本尺度的城市形态这一概念和研究方向进行详细阐述,第二节侧重于对人本尺度城市形态的已有相关研究进行综述,第三节则是对人本尺度城市形态的空间测度、效应评估与规划设计响应进行结构性的介绍,第四节展示了笔者及其合作者开展的几个相关的人本尺度城市形态的研究案例,最后进行本文的总结,并讨论人本尺度城市形态的学术创新性、规划设计潜在应用,以及下一步研究的初步设想。

2 已有研究综述

人本尺度的城市形态思考并非是新近出现。作为对于以功能为主导的现代主义城市规划与设计的反思,以简·雅各布斯(Jacobs)和亨利·列斐伏尔(Lefebvre)等为代表的一系列先驱者早在20世纪60年代就开始了对人本尺度城市形态特征及其社会与经济效应的讨论(Jacobs, 1961; Lefebvre, 1962)。随后关于人本尺度城市形态特征及其如何作用于更好的城市品质与活力的总结不断进行。杨·盖尔(Gehl),威廉·怀特(Whyte),凯文·林奇(Lynch)和约翰·蒙哥马利(Montgomery)等人都从不同角度进行了定性的归纳(Gehl, 1987; Whyte, 1980; Lynch, 1984; Montgomery, 1998)。

不同于这类偏重于主观的探讨,近年来更有学者明确指出对城市形态测度(measurement)及其效应(performance)开展系统研究从而更好地营造场所与公共生活的必要性(Ewing and Clemente, 2013)。城市形态在更广泛的议题,比如健康,生态,和地产价格等,的影响正被逐步探讨(Frank等,2005; Tratalos等,2007; Xiao等,2016)。在这一趋势下,当前新数据和新技术的不断涌现为人本尺度城市形态的发展提供了坚实的基础,使得精细尺度、人的视角的深入研究成为可能,为量化和客观的城市形态测度和城市形态相关效应分析提供新的途径。

2.1 精细尺度的城市形态测度

以大数据和开放数据为代表的新数据环境和各种新技术及方法在两个方向上为精细尺度下的城市形态特征测度提供了可能(Liu等,2015; 龙瀛和沈尧,2015)。

首先是具有详细空间位置信息的新数据环境的涌现,为更为全面的城市形态研究提供了坚实的数据基础。以 Open Street Map 等为代表的开放数据在前所未有的大尺度下提供了包括街道、建筑、地块、街区等城市形态要素在内的精细数据,使得研究者可以在遵循经典城市形态学分析方法的同时克服其关注于小尺度、依赖手工分析的不足,进而在城市尺度上展开精细化的分析 (Ye and van Nes, 2014)。而近来 Google 街景图等海量数据也提供了人本尺度城市形态测度的新可能,其已被用于街景绿色可见度分析 (Li 等, 2015)、街道空间品质评价 (Naik 等, 2014) 等多个方面。

其次是一系列量化分析技术的涌现为更微观的城市形态测度提供了技术手段。一方面是 GIS 技术与传统城市形态学考量的结合,提供了一系列量化城市形态分析工具。以 Spacematrix (Berghauser-Pont and Haupt, 2010), Place Syntax (Stähle 等, 2005) 和 Urban Network Analysis (Sevtsuk and Mekonnen, 2012) 等为代表的量化城市形态分析工具为精细化的城市形态特征研究提供了支持。不同于以往所谓的规划支持/设计支持系统缺乏对于设计目标和城市形态的考量而未被城市设计领域充分使用的情况,这些新近涌现的分析工具依托于传统城市形态与城市设计的理解,既能够被设计师有效接受,又能够在街区尺度开展分析,导出能直接作用于规划与设计的结果。另一方面则是雷达 (Lidar) 成像等精细化的三维测量技术与 CityEngine 等平台的结合,使得城市形态的高精度三维数据获取与分析变得简便易行,能够满足人本尺度城市形态分析所需要的精度的要求 (Shiode, 2000)。

2.2 精细尺度的城市形态效应分析

新数据环境和新技术及方法不仅为精细尺度上的城市形态测度提供了支撑,也使得城市形态效应的分析有了新的可能。海量的大数据和开放数据,比如手机数据 (De Nadai 等, 2016)、社交网络数据 (Shen and Karimi, 2016)、街景图数据 (Dunkel, 2015)、GPS 追

踪数据 (叶宇等, 2016),能够直观展现人们以何种频度、时长和心情来使用各类人本尺度的城市空间。在深度学习、机器学习和可视化技术进一步运用于城市研究的背景下,城市形态的相关经济和社会效应可以在短时间内被深入分析和获取 (Hara 等, 2014; 叶宇等, 2014)。在研究上,深入挖掘城市形态背后的相关效应能提供更微观和全面的城市物质空间和社会空间的刻画,协助人本视角的城市形态效应研究从主观的经验判断向客观的系统分析转变。在实践上,短时迅速的城市形态效应展现有助于规划设计者将其纳入整个设计流程,更好地运用城市形态的塑造来催生良性的经济和社会效应。

与此同时,以虚拟现实技术、眼动追踪技术、生理传感器技术等为代表的一系列新技术的成熟化和移动化,也为人本视角的城市形态效应分析提供了新的方向。洞穴式虚拟现实展示环境 (Cave Automatic Virtual Environment) 与头戴式虚拟现实展示器 (head-mounted display) 能够提供完全沉浸式且可控的虚拟现实体验 (Kuliga 等, 2015)。结合眼动仪及生理传感器技术,研究者们能够实现对于多种空间形态要素对于行为和感受的直接分析。这一系列技术能够提供更细致的环境表征和更准确的行为与感知记录,从而更深入的了解人——建成环境交互。

3 人本尺度城市形态研究框架:测度、效应评估与规划设计响应

人本尺度城市形态研究主要关注以人的视点为基准,在人的日常生活中频繁接触的城市空间形态及其相关效应,具体来说包括城市公共空间及城市建筑外部界面(如街道、建筑、绿化、公园等)及其各种经济、社会和生态影响。本文将人本尺度城市形态研究框架按照形态测度、效应评估以及规划设计响应 3 大部分,依此分别展开讨论 (图 1)。

3.1 测度

人本尺度城市形态的测度所关注的是对于人的日常生活中频繁接触的小尺度城市物质空间形态要素做量化分析与测度。其关注对象包括街道界面、建筑立面、公园和绿化等,而测度的内容则涵盖位置、尺寸、功能、密度、多样性和品质等以往规划设计难以切实管控的方面。换言之,以往受制于技术手段的限制,对于与人的生活息息相关的小尺度要素难以真正有效的进行测定、分析和管理。而在当前新数据环境和新技术方法不断涌现的当下,我们已经可以尝试来测度那些过去难以测度的精细要素,以更深入认知人本尺度的城市形态。这些测度指标可以利用已有的大数据和开放数据计算,也可

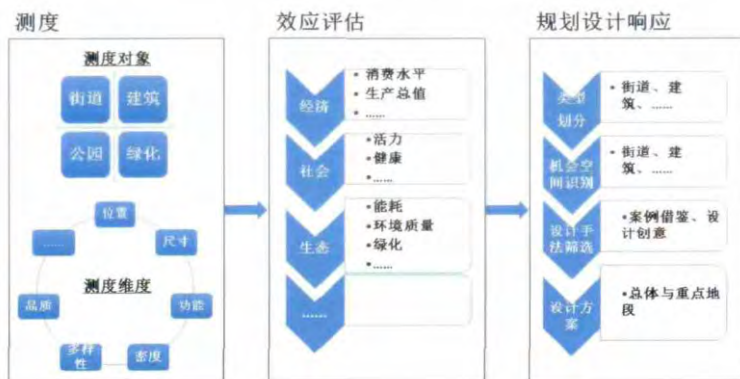


图 1 人本尺度城市形态的研究框架示意

以基于新布置的传感器搜集数据实现。

3.2 效应评估

测度部分关注城市形态的空间特征,而效应评估则关注城市形态的外延表现,其主要体现在经济、社会和生态等维度。经济效应评估,关注城市形态的消费水平、生产总值等指标,社会效应评估关注城市形态承载的人群的活力水平、健康程度等,而生态效应评估则关注城市形态的能耗、环境质量和绿化水平等。

长期以来关于城市形态要素及其效应的定性总结与经验探讨已经很多,但近年来新数据环境和新技术方法的涌现使得我们能够首次客观、量化的测度城市形态要素,并且对城市形态的效应做量化评估。量化的形态测度与量化的效应评估在 GIS 平台上的叠合,使我们能够深入运用各种方法来研究城市形态内在测度的指标与其外在效应指标的关系。这是继 Rapoport (1977) 提出以人——建成环境为核心来考量城市形态与设计这一观点四十余年以来,我们首次能够以科学的方法来对精细化尺度的形态及其效应做深入研究。对于二者关系的识别,有望完善已有的城市理论,或发展新的城市理论。

3.3 规划设计响应

关于城市形态的测度方法与效应评估结果以及二者之间关系的探究,可以用于支持规划设计方案的编制与评价等多个方面,首先对街道、建筑等精细化尺度的空间要素的测度有助于给规划设计人员提供精细化的基础数据平台,保障后续人本尺度能被纳入方案全过程。其次基于测度和效应评价的整合结果,有助于识别具有进一步发展潜力的机会空间,为规划设计重点给出建议,从而结合定量的案例借鉴和规划设计人员的经验进行总体和重点地段的规划设计。再次,在支持规划设计评价方面,主要涉及对规划相关的人本尺度的城市形态进行测度,结合通过研究所掌握的城市形态内在指标与外在表征之间的关系,对规划设计形态的效应进行评价,进而对于方案做出调整或在不同方案中进行优选。

4 已有相关案例

近两年笔者及合作者围绕人本尺度的城市形态,开展了若干探索性研究,这些研究涵盖了人本尺度城市形态的测度、效应评估及其规划设计响应,篇幅有限,本文给出了如下 5 个案例。篇幅有限,关于成都街道活力分析、中国街道绿化评价以及北京街道空间品质变化的研究本文不再赘述,分别详见龙瀛和周垠 (2016)、Long 和 Liu (2016) 以及唐婧娴等 (2016)。

4.1 基于三维建筑的街道景观形态评价

街道是城市公共空间的重要组成部分,是大量城市

生活与社会交往发生的场所,街道两侧建筑的形态、比例、尺度等对于人的感受至关重要。该案例研究利用北京市三维建筑数据反映的城市形态,对街道景观形态进行测度和分类,最终致力于探讨其对街道活力的影响。研究参照佛蒙特大学的 Harvey (2016) 提出的基于 GIS 对街道景观的几何形态进行测量的方法,使用了一种模拟人类视角的算法来对街道边缘进行自动识别。采用街道中心线和沿街建筑的轮廓、高度等几何形态的数据,在对街道边缘进行识别的基础上,逐一对与建筑几何形态相关的 12 个街道景观变量进行了测算 (图 2),包括街景宽度、街道长度、街道两侧建筑平均高度、横截面街道与建筑的宽高比、沿街建筑连续度、沿街两侧建筑数量、沿街两侧建筑高度标准差、沿街建筑突出街景范围比例、街道曲度等;接着以两侧均有建筑的街道的 12 个景观变量作为输入,采用机器学习中的聚类算法对街道景观进行分类;最后,从互联网 LBS 数据提取表征街道活力的参数,与各街道的 12 个景观变量和街道景观类型分别做相关分析,分析三维建筑角度的景观形态对街道活力的影响。研究发现,北京有 13% 的街道两侧均无建筑,42% 的街道仅一侧有建筑,45% 的街道两侧均有建筑;有建筑的平均街道宽度为 50m,而只有单侧有建筑的街道单侧平均宽度为 27m;经聚类,总体上北京的街道以高宽度、较高建筑物数量、较低的建筑高度的景观形态为主。

4.2 城市街道空间品质的量化评价

唐婧娴和龙瀛 (2016) 探寻了街道空间品质测度的新方法。首先构建街道空间品质测度在新数据环境下的

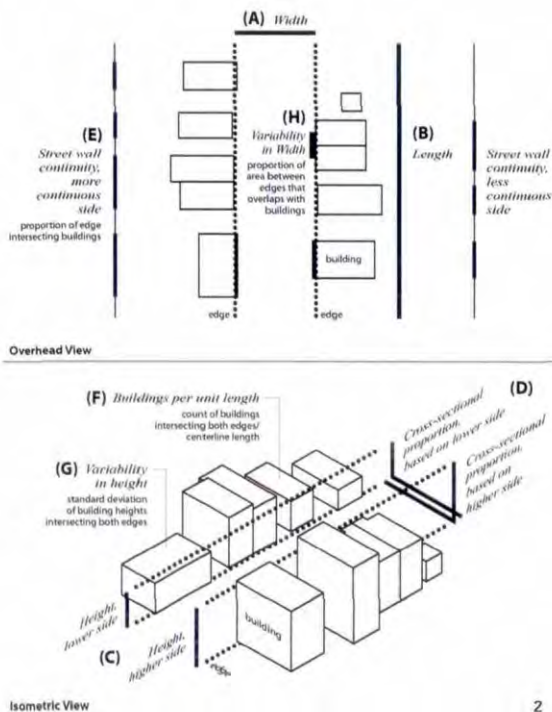


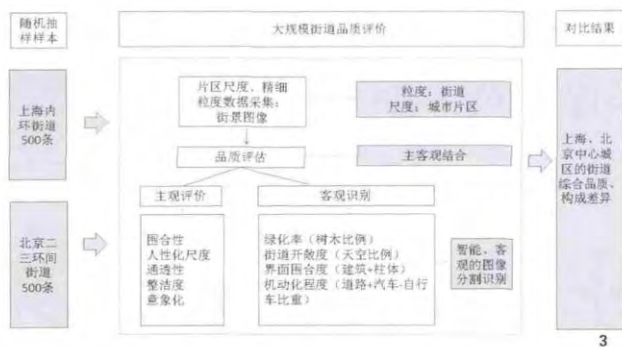
图 2 街道景观变量指标图示 (图片来源: Harvey (2016))

图 3 街道空间品质测度的思路框架: 以北京、上海中心区为例

图 4 北京街道活力: 测度、影响因素与规划设计启示设计流程

图 5 成都 7322 厂片区的街道设计流程

思路,包含要素客观构成分析和使用者主观评价两个层次(图3)。客观要素构成借助像素级语义分割的深度全

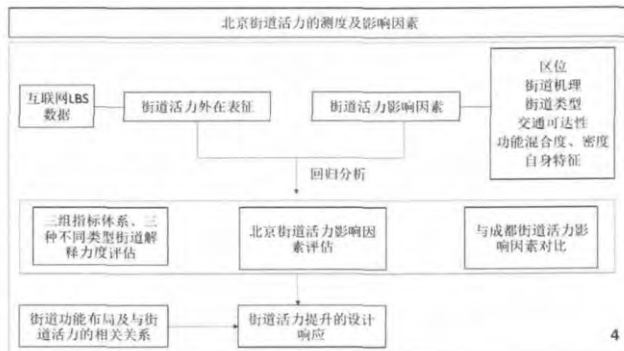


卷积神经网络体系结构分割技术(Bayesian SegNet)理解视觉场景,识别要素(Kendall等,2015)。选取绿化率、街道开敞度、界面围合度、机动化程度四个指标来从客观角度识别街道的品质。使用者主观评价的评分过程参考Ewing等(2013)构建的街道测度指标,即围合性、人性化尺度、通透性、整洁度和意象化。主观评价的五项指标,每项等级均分“低-高”,得分为0或1,总分最高分为5,最低分为0。在明确评价思路后,该研究分别选择北京和上海中心区的街道为样本开展实证研究。结果显示,特大城市中心区街道空间品质整体一般,街道的整洁度和空间围合感总体较好,但街道的通透性较差,当前的设计还没有体现精细化设计的理念。街道空间的差别较小,缺少可识别性和地域特色,对慢行活动者的安全、便利、舒适、视觉愉悦度考虑不够。对比而言,上海的街道尺度更加人性化,整洁度更高,店面通透性有所考虑。

4.3 街道活力及其影响因素分析

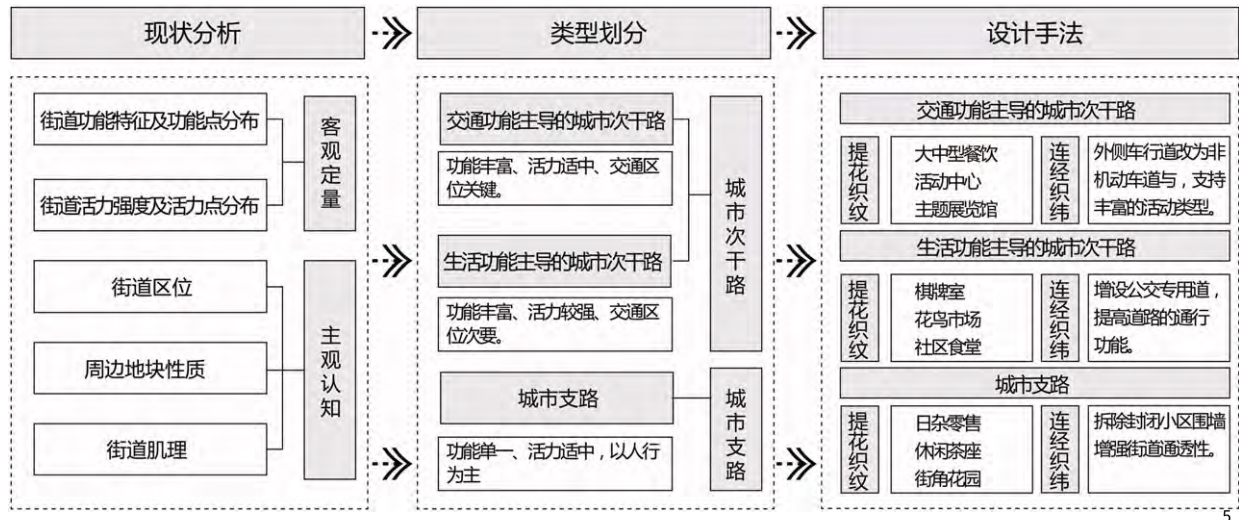
郝新华等(2016)对北京五环内街道活力展开了测度和影响因素分析,分别对比了3套指标体系对3种类型街道活力的解释力度,并将北京的街道活力影响要素与成都街道活力影响要素进行了对比(图4)。首先,从

两个层次对北京街道活力展开剖析,分别是街道活力的外在表征(社交网络活动密度)和街道活力的影响要素(区位、街道肌理、街道类型、交通可达性、功能混合度和密度及自身特征等)。其次,通过空间句法指标的加入与否,构建3组活力影响要素,即只考虑空间句法的指标体系、只考虑街道自身属性及周边环境等的指标体系和二者都考虑的指标体系,分别对不同类型的街道(A公共管理与服务类、B商业服务业设施类和R居住类街道)进行了活力影响要素与活力外在表征的回归分析,结果显示,空间句法指标的加入能对街道活力影响要素的解释力度有轻微的提升;最后,作为对街道活力下一步工作的初步探索,对街道功能布局进行了分类并初步探索了街道功能形态与街道活力的相关关系,并在数据增强设计的框架下,探讨了街道活力提升的规划设计响应。



4.4 基于量化研究的街道设计

成都市7322片区的街道设计中,在数据增强设计的框架下,借鉴街道城市主义思想,对片区5.7km²范围内的城市街道进行了功能、活力等方面的研究与测度,并在此基础上划分街道类型并针对不同类型街道进行类型化设计(图5)。设计中首先使用兴趣点、大众点评与微博签到以及道路网等开放数据,对地段内城市街道的主导功能(通行、生活等)与功能分布集中区,活力强度(高活力、一般活力、低活力)与高活力分布集中区(日间、夜间、全天候)进行测度与识别,通过客观定量的方法



对城市道路进行现状分析。在此基础上,结合实地调研的主观认知,进一步将片区内城市街道划分为交通功能为主的次干路、生活功能为主的次干路、城市支路等3种类型。最终,针对3种不同类型的城市街道,设计通过“提花织”即在恰当位置植入休闲茶座、街角花园等点状、线状、面状3种类型的功能点;“连经纬”即针对道路断面进行增设公交专用道、将外侧车道调整为非机动车专用道等设计,完成对现状街道的功能完善与活力提升,并最终实现改善街道的人行环境,塑造人本尺度的城市街道的目标。

4.5 街道空间品质的变化识别及其设计应对

街道不仅承担着重要的商业空间职能,其空间品质更影响着地区的文化风貌。在对东四三条至八条历史文化街区(以下简称“东四”)的调研中,在人本尺度城市形态的指导下,探究了东四街道空间品质与街道商业化间的关系。研究基于Ewing等(2010)提出的“基于步行性的城市设计质量模型”和龙瀛和沈尧(2016)所提出的TSP模型,依据文献和现场问卷确定街道品质的影响因子及其权重,并应用于静态与动态的街道品质评价(图6)。研究发现,东四各街道界面存在不同类型的界面形式差异,且界面变化幅度大于全北京市的变化幅度,但有效变化较少;街道界面变化中占比最大且最有效的是商业界面。在此基础上,还形成了针对东四商业业态的准入评价机制与街道商业界面的控制导则,以引导东四商业有序发展,维护地区历史文化风貌。相关研究方法还可应用于全国各街区(尤其是历史街区)的设计与保护导则研究。

5 结论与讨论

本文延续了之前数据增强设计、街道城市主义和图片城市主义等方向的讨论,在当前的新数据环境和城市研究先锋技术支持下,尝试提出人本尺度城市形态(human-scale urban form)这一理念,将其定义为人可以看得见、摸得着、感受得到的城市形态。这一理念一方面提供了对经典城市形态学研究的深化视角,另一方面能够更好地呼应理性城市规划与设计的需要。本文重点对目前涌现出的相关研究进行了综述,并提出了人本尺度城市形态研究的总体框架(测度、效应评估与规划设计响应),并介绍了笔者及其合作者的5个围绕这一方向的初步研究案例。

人居环境的尺度多元,从单个房间到建筑到城市街区再到整个城市乃至城市系统,学术界对人本尺度城市形态所对应的尺度研究,还处于较为薄弱的层面,而这个尺度是与人朝夕相处也息息相关的尺度,对其进行深入研究,有助于对人本尺度人居环境的客观认识、问题诊断、趋势判断乃至空间干预,最终达到对居民生活质量的改善的目的。对这一方向进行持续的研究,有助于架起已有的更为宏观尺度所构建的城市理论与人本尺度城市形态之间的桥梁。根据当前研究

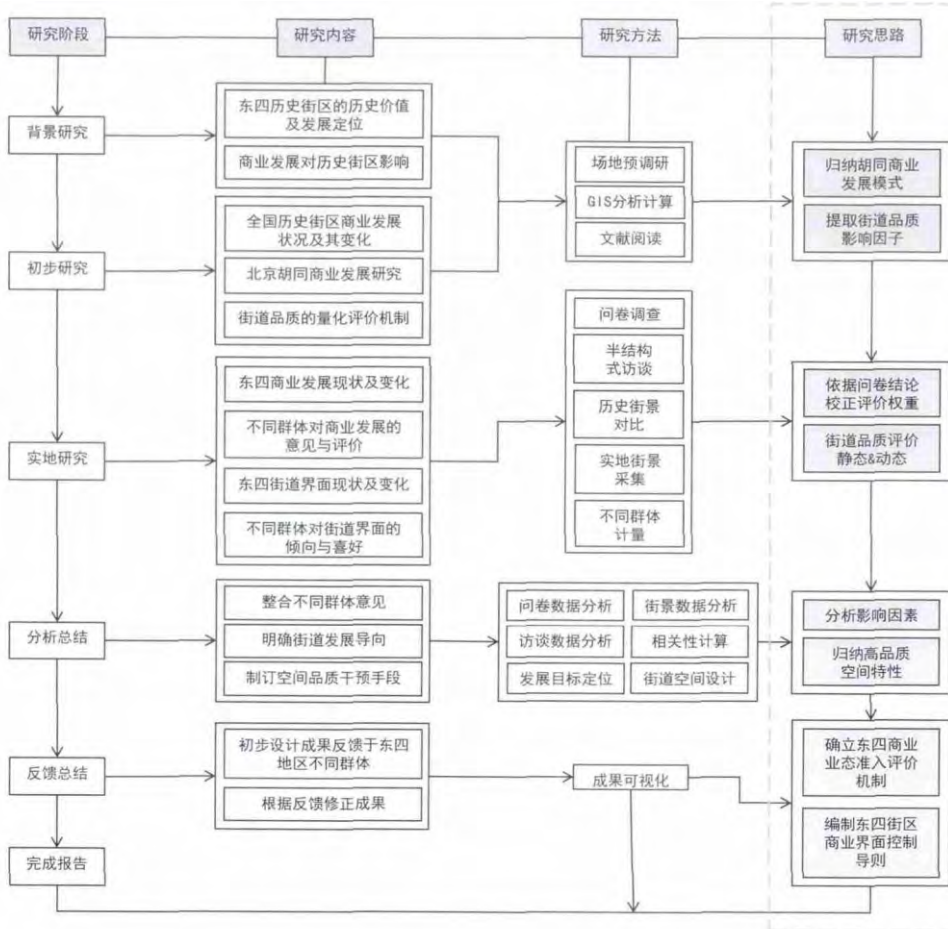


图6 东四历史街区街道界面与商业化发展调研方法及研究框架

的动向、规划设计的需求以及技术发展的趋势,笔者预判这一研究方向在不远的未来,将得到快速的发展。■

致谢:感谢客座主编吴志强教授;郝新华工程师;唐婧娴、马尧天和李诗卉同学。

图片来源

文章插图由作者绘制。

参考文献

- [1] Berghauser-Pont M, Haupt P. Spacematrix: Space, Density and Urban Form[M]. Rotterdam: NAI Publishers, 2010.
- [2] De Nadai M, Staiano J, Larcher R, et al. The death and life of great Italian cities: A mobile phone data perspective[C]//International World Wide Web Conferences Steering Committee, Proceedings of the 25th International Conference on World Wide Web. New York: ACM Press, 2016:413-423.
- [3] Dunkel A. Visualizing the perceived environment using crowdsourced photo geodata[J]. Landscape and Urban Planning, 2015 (142):173-186.
- [4] Ewing R, Clemente O. Measuring Urban Design: Metrics for Livable Places[M]. Washington, DC: Island Press, 2013.
- [5] Ewing R., Cervero R. Travel and the built environment: a meta-analysis[J]. Journal of the American Planning Association, 2010, 76(3):265-294.
- [6] Ferreira N, Poco J, Vo H T, et al. Visual exploration

of big spatio-temporal urban data: A study of new york city taxi trips[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2013, 19(12):2149-2158.

[7] Frank L D, Schmid T L, Sallis J F, et al. Linking objectively measured physical activity with objectively measured urban form: Findings from SMARTAQ[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2005, 28(2):117-125.

[8] Gehl J. Life Between Buildings: Using Public Space[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.

[9] Hara K, Sun J, Moore R, et al. Tohme: Detecting curb ramps in google street view using crowdsourcing, computer vision, and machine learning[C]//H Benko. Proceedings of the 27th annual ACM symposium on User interface software and technology. New York: ACM Press, 2014:189-204.

[10] Harvey C, Aultman L, Troy A, et al. Streetscape skeleton measurement and classification[J]. Environment and planning B: Planning and Design, 2016, In press.

[11] Jacobs J. The Death and Life of Great American Cities[M]. New York: Random House, 1961.

[12] Kendall A, Badrinarayanan V, Cipolla R. Bayesian SegNet: Model uncertainty in deep convolutional encoder-decoder architectures for scene understanding[J]. arXiv preprint arXiv:1511.02680, 2015.

[13] Kuliga S F, Thrash T, Dalton R C, et al. Virtual reality as an empirical research tool—Exploring user experience in a real building and a corresponding virtual model[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2015 (54):363-375.

[14] Lefebvre H. 'Notes on the new town', Introduction to Modernity[M]. London and New York: Verlso, 1962.

[15] Li X, Zhang C, Li W, et al. Assessing street-level urban greenery using Google Street View and a modified green view index[J]. Urban Forestry and Urban Greening, 2015, 14(3):675-685.

[16] Liu X, Song Y, Wu K, et al. Understanding urban China with open data[J]. Cities, 2015 (47):53-61.

[17] Long Y, Liu L. How green are streets? An analysis on Tencent street view in 245 major Chinese cities[J]. Beijing City Lab, Working paper. 2016.

[18] Lynch K. Good City Form[M]. Cambridge: MIT press, 1984.

[19] Montgomery J. Making a city: Urbanity, vitality and urban design[J]. Journal of Urban Design, 1998, 3(1): 93-116.

[20] Naik N, Philipoom J, Raskar R, et al. Streetscore—Predicting the perceived safety of one million streetscapes[C]//IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition Workshops. New York: ACM Press, 2014:793-799.

[21] Rapoport A. Human Aspects of Urban Form: Towards A Man—Environment Approach to Urban Form and Design[M]. Oxford: Pergamon Press, 1977.

[22] Sevtsuk A, Mekonnen M. Urban network analysis toolbox[J]. International Journal of Geomatics and Spatial Analysis, 2012, 22(2):287-305.

[23] Shen Y, Karimi K. Urban function connectivity: Characterisation of functional urban streets with social media check-in data[J]. Cities, 2016 (55):9-21.

[24] Shiode N. 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions[J]. GeoJournal, 2000, 52(3):263-269.

[25] Stähle A, Marcus L, Karlström A. Place Syntax: Geographic accessibility with axial lines in GIS[C]//Nes A V. Proceedings of the 5th International Space Syntax Symposium. Amsterdam: Techne Press, 2005:131-144.

[26] Tratalos J, Fuller R A, Warren P H, et al. Urban form, biodiversity potential and ecosystem services[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 83(4):308-317.

[27] Whyte W H. The Social Life of Small Urban Spaces[M]. Washington, DC: Conservation Foundation, 1980.

[28] Xiao Y, Orford S, Webster C J. Urban configuration, accessibility, and property prices: a case study of Cardiff, Wales[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2016, 43(1):108-129.

[29] Ye Y, van Nes A. Quantitative tools in urban morphology: combining space syntax, spacematrix, and mixed-use index in a GIS framework[J]. Urban morphology, 2014, 18(2):9.

[30] 叶宇, 庄宇, 张灵珠, 等. 城市设计中活力营造的形态学探究——基于城市空间形态特征量化分析与居民活动检验 [J]. 国际城市规划, 2016, 31(1):26-33.

[31] 叶宇, 魏宗财, 王海军. 大数据时代的城市规划响应 [J]. 规划师, 2014, 30(8):5-11.

[32] 唐婧娴, 龙瀛, 翟炜, 等. 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):130-135.

[33] 唐燕. 新型城镇化背景下大尺度城市设计的转型发展——走向战略化、精细化和多元化 [J]. 南方建筑 2015 (5): 27-31.

[34] 郝新华, 龙瀛, 石淼, 等. 北京街道活力: 测度、影响因素与规划设计其实 [J]. 上海城市规划, 2016 (3): 44-52.

[35] 龙瀛, 吴康, 王江浩, 等. 大模型: 城市和区域研究的新范式 [J]. 城市规划学刊, 2014 (6):52-60.

[36] 林竹. 中国城市发展观的哲学思辨 [J]. 南方建筑, 2015 (5): 108-112.

[37] 龙瀛, 周垠. 街道活力的量化评价及影响因素分析——以成都为例 [J]. 新建筑, 2016 (1):52-57.

[38] 龙瀛, 沈尧. 数据增强设计——新数据环境下的规划设计回应与改变 [J]. 上海城市规划, 2015 (2):81-87.

[39] 龙瀛, 沈尧. 大尺度城市设计的时间、空间与人 (TSP) 模型: 突破尺度与粒度的折中 [J]. 城市建筑, 2016 (16):33-37.

[40] 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.