

精准更新导向下的数字化城市设计实践探索 ——以上海市陆家嘴水环为例

Precise Urban Regeneration via Digital Urban Design: Using Lujiazui Water Loop Project as the Case

叶宇 | YE Yu 张华丽 | ZHANG Huali 陈星汉 | CHEN Xinghan 于瀚婷 | YU Hanting
陈君 | CHEN Jun 匡晓明 | KUANG Xiaoming

中图分类号: TU-984.11+4 文献标志码: A 文章编号: 1001-6740(2024)02-0031-08 DOI: 10.12285/jzs.20240403003

摘要: 本研究面向精准更新需求, 提出了数字化城市设计分析范式, 推动设计分析与效能评估从主观经验向量化解析的转换。在现状问题研判上以“人本”为核心, 基于移动互联网 LBS 数据解析场地人口组成与行为特点, 基于路网结构和 sDNA 诊断慢行堵点断点, 基于美团与微博数据研判空间品质, 基于结构化网页数据与 POI 兴趣点数据提炼功能布局, 在方案效能评估上强调“量化”, 结合大数据案例库与空间分析技术形成针对性效能提升分值评价。陆家嘴水环片区, 这一紧邻上海核心 CBD 的“城市背面”, 作为具有更新潜力和复合问题的代表性区域被选为案例。通过多源城市数据和城市设计分析技术的城市体检, 本研究在实现从问题诊断到效能评估的多环节嵌入式支持的同时保证了相关分析方式的可推广性。通过实践需求引导下的技术与设计深度融合, 本文有望为设计科学 (Design Science) 新范式的涌现提供针对性探索。

关键词: 精准更新、数字化城市设计、多源城市数据、设计科学、城市体检

作者:

叶宇, 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境与生态节能(同济大学)教育部重点实验室; 张华丽, 同济大学建筑与城市规划学院; 陈星汉, 同济大学建筑与城市规划学院; 于瀚婷, 同济大学建筑与城市规划学院; 陈君, 上海同济城市规划设计研究院有限公司; 匡晓明(通讯作者), 同济大学建筑与城市规划学院, 高密度人居环境与生态节能(同济大学)教育部重点实验室, 上海同济城市规划设计研究院有限公司。

国家自然科学基金面上项目(52078343); 国家自然科学基金国际合作项目(72361137008); 高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室及上海同济城市规划设计研究院有限公司联合自主课题(KY-2022-LH-A02); 上海同济城市规划设计研究院有限公司 2022 年教育部产学研合作协同育人项目(220900155145615)。

录用日期: 2024-03

Abstract: In this study, a digital urban design analysis paradigm is proposed to facilitate the conversion of design analysis and performance evaluation from subjective experience to quantitative analysis in order to meet the demand for precise urban regeneration. It adopts a 'human-centric' approach in diagnosing current issues, analyzing site population composition and behavioral characteristics based on mobile internet LBS data, diagnosing slow traffic bottlenecks based on road network composition and sDNA, assessing spatial quality based on social media data, and refining functional layout based on structured web page data and point of interest data. The study emphasizes 'quantification' in scheme efficiency evaluation, combining a big data case library with spatial analysis technology to form a targeted efficiency improvement score evaluation. The Lujiazui Water Loop area, a 'city backside' adjacent to Shanghai's core CBD and a representative area with potential for regeneration and complex issues, is selected as a case study. By integrating multi-source urban data and urban design analysis technology, this study ensures the ease of use and scalability of the related analysis methods while achieving multi-link embedded support from problem diagnosis to efficiency evaluation. Through the deep integration of technology and design guided by practical needs, this paper is expected to provide targeted exploration for the emergence of a new Design Science paradigm.

Keywords: Precise urban regeneration, Digital urban design, Multi-sourced urban data, Design science, Urban checkup

一、研究背景

随着我国快速城市化阶段的结束, 城市发展的重心也从粗放式的大规模建设转为以精准更新为导向的城市设计^[1]。和以往“大拆大建”的方式不同, 精准城市更新以“人”为核心, 从“有

没有”转向“好不好”, 对城市设计的各个方面提出了更高的要求^[2, 3]。然而, 过去的城市设计往往依赖设计者的主观经验, 难以从复杂的城市建成环境和市民行为中科学提取信息, 更难以形成全流程的方案迭代与优化支持^[4]。近年来, 多源城市数据的涌现和城市分析技术的发展为城市设

计分析范式的革新带来了新的机遇^[5]。以数字化问题诊断、方案评价、效能评估为典型特点的数字化城市设计方法逐渐形成，并催生了一系列研究与实践^[6]。新数据和新技术使得城市设计的分析研判不再完全依赖于研究者的实地调研和手工分析，而是有机会通过精细化计算，更加深入地理解城市形态各要素特征，宏观把握过去难以研判的复杂人口构成、城市形态、空间品质与功能设施等要素，为精准城市更新提供全面且系统的技术支持。

二、精准城市更新：趋势与涌现

2.1 精准城市更新：从理念性的呼吁向设计全流程的嵌入转化

在城市建设放缓的当下，更为精准的城市更新已成为人们的共识，旨在以“小投入”实现“大产出”^[7]。为了落实精准更新，需要在前期分析阶段对城市本底进行精准体检，对人群构成实现精准定位，并在后续阶段对设计方案的效能进行精准评估，形成一套全流程的方法。然而，上述理念性呼吁尚未完全实现设计全流程的有效嵌入。

2.2 精准城市更新的关键维度

通过对经典的城市设计理论文献进行研究，可以发现城市设计分析大体可归纳为人群特征、路网结构、空间品质和功能构成等关键维度（表 1），这同时也成为精准城市更新的高频切入点。

2.3 数字技术支持下的精准更新分析涌现：多维度、多环节的实践支持

多源城市数据和城市分析技术的涌现为精准城市更新的问题分析与多环节体检提供了技术支持，其发展历程如图 1 所示。早期研究主要通过单一类型数据支持实现城市现状分析与问题研判。在人群特征方面，大量设计实践基于 LBS 数据研究市民时空行为^{[13][14]}，进而解析场地的人

精准更新导向下的城市设计分析关键维度

表 1

	Jane Jacobs ^[8]	Henri Lefebvre ^[9]	William H. Whyte ^[10]	Kevin Lynch ^[11]	Montgomery John ^[12]
人群特征	城市需要高密度的人口	城市建设和发展应当全民参与	不同人群的场所偏好存在差异	城市应包容不同阶层和个性的人群	/
路网结构	短小、转折的街道能提供新鲜感	街道应相互组合而非割裂	街道等小尺度空间很重要	关注街道的方向性、可达性和系统性	提升街道生活的多样性
空间品质	高品质场所能激发人的活动	/	公共空间设计能促进人的交往	优秀的城市空间应具有可意象性	应通过规划设计提高空间质量
功能构成	应当功能混合	提升空间多样性	/	强调一致的形态学特征及主导功能	以混合式区划促进多样性

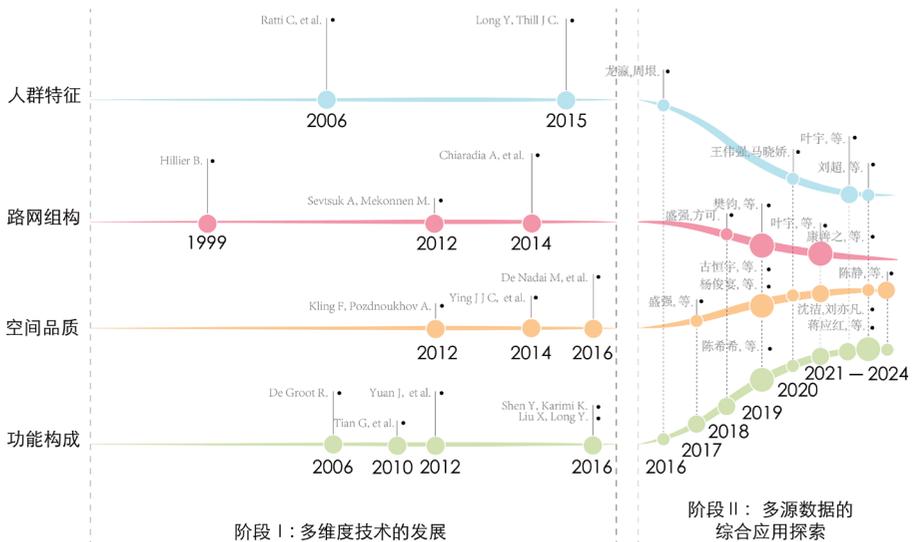


图 1：基于多源数据与新技术的数字化城市设计发展历程^[5, 6, 13-15, 17, 19-22, 24-35]

口组成与行为特征与城市活力；在路网结构方面，继空间句法（Space Syntax）之后^[15]，空间设计路网分析（sDNA）以及城市空间网络分析技术工具（UNA）等为测度路网可达性提供了多样的方法^{[16][17]}；在空间品质方面，美团与微博数据被用来研究市民活动模式，或结合用户点评和签到数据评估空间品质^[18-22]；在功能构成方面，基于 POI 数据的功能构成解析也被广泛运用^{[6][23]}。在这一系列技术探索的基础上，一大批从单一维度分析走向综合性实践支持的研究开始涌现。如结合 LBS 和 POI 数据评估街道活力^[24]；采用 POI、街景和 LBS 等数据评价街道慢行品质^[5]；使用城市本底和网络数据包等辅助绿道设计^[25]；结合空间路网分析和 POI、LBS 等数据帮助城市设计的前期研判^{[6][26]}等。总体呈现出多维度数据、各类型技术协同运用的趋势。

多源数据和技术的综合运用有望面向复杂城市环境开展多维度问题研判，高效的数字化方法也可以有效支持多环节的性能评估与方案优化。然而，当前的综合性运用仍有不足，尚未对精准城市更新的关键痛点进行回应，从问题诊断到效能评估的多环节嵌入方法有待提出。因此，探索一套新的数字化分析方法对精准城市更新提供多维度、多环节支持已日益成为当前需求。

三、研究方法与技术路径

本研究将上述多维度、多环节分析与多源城市数据和新技术相结合，构建了以数据为基础，精准更新为导向的数字化城市设计分析范式，其涵盖人群特征、路网结构、空间品质、功能构成四大维度（图 2）。

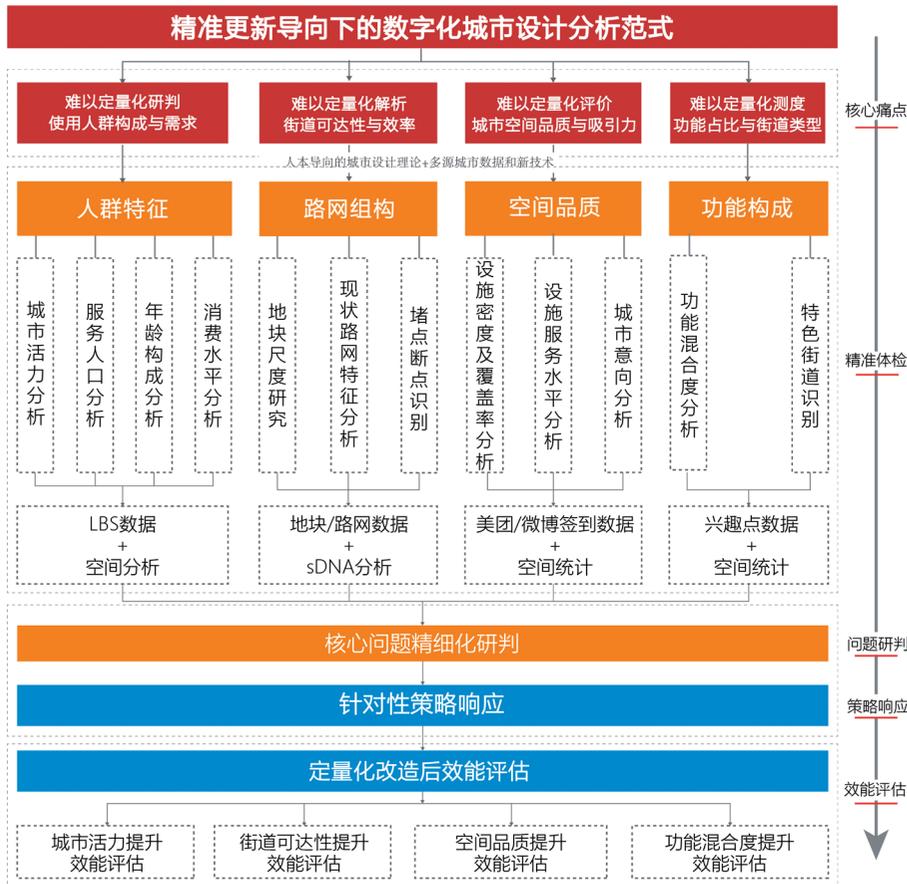


图2: 研究框架

在人群特征方面,使用基于位置服务的用户画像数据以深入理解人口构成和行为特性,开展包括城市活力、服务人口、年龄结构、消费水平等方面分析。基于该分析能定位出研究目标人群,并针对不同人群需求给出问题研判。

在路网结构方面,使用城市道路以及人的步行网络数据,基于量化形态分析解析街块尺度,运用sDNA分析路网可达性,识别在街道路网中起关键作用的核心路段,并研判各道路的可达性。

在空间品质方面,通过对包含片区商业设施的空间分布、服务水平(用户评分)等信息的美团数据进行空间分析,以监测服务设施品质。此外,将微博签到数据经空间分析处理后可以表征城市空间的可意向性。

在功能构成方面,通过Pols数据结合空间分析,从功能混合度以及街道的主导功能识别对城市进行分析。相关功能混合度情况可基于数据分析平台和Pols数据,

根据地块中居住、工作、设施这三种主要功能的数量在总数量中的比值得到;并利用Pols数据根据街道建筑功能的占比判断街道类型。

立足前述精准体检与问题诊断,可形成针对性设计策略响应,进而开展效能评估,针对前述问题提出的策略响应对改造后的效果开展回溯,研判其较改造前的提升效果。

四、以陆家嘴水环城市设计项目为例的现状研判

4.1 研究对象

设计场地位于上海市浦东新区,虽紧邻上海核心CBD,但存在活力不足、品质不佳等问题,具有更新潜力,因此被选为本文研究对象。水环总长度约为40km,为便于对实际问题分析和精准导控,根据不同地方行政单位将其划分为四个街道片

区,分别为洋泾街道片区、花木街道-张家浜片区、花木街道-世纪公园片区、潍坊新村及塘桥街道片区。

4.2 基于LBS用户画像数据的人群特征与需求研判

本研究基于百度慧眼平台提供的移动互联网位置服务数据(LBS),形成城市更新研判所需的用户时空画像,支持市民需求研判。选取疫情前2019年某“工作日+周末”时间段数据,对城市活力、服务人口、年龄构成和消费水平四个维度进行分析。

LBS数据分析显示,水环片区相较于陆家嘴城市中央活动区有较显著的热力塌陷,说明该片区活力不足,亟待公共空间和各类功能设施导入。进而分析水环各片区总服务人口画像发现,洋泾街道、潍坊新村及塘桥街道片区相较于其他两个片区较高,可考虑在该片区内打造更多公共空间、植入更多公共服务设施以满足市民需求。年龄构成上,儿童在张家浜和潍坊新村及塘桥街道片区占比偏高,应着重考虑空间品质提升与儿童友好型设施介入;老年人口在除世纪公园片区的其余三个片区占比均显著偏高,需注重社区老年服务中心等适老型设施的强化。用户画像中消费水平的差距反映了居住人群的社会阶层分异。潍坊新村及塘桥街道片区低消费占比较高,这是由于该片区以老公房为主,租金相对较低。低廉的租金能够吸引更多青年人群涌入,使该片区具有较高青年人群占比,因此需要新型“城市客厅”的植入,以提供适宜青年人群的休闲、社交、创新办公功能(图3)。

4.3 基于地块尺度与路网结构的街道可达性研判

对设计区域的地块尺度进行量化形态分析可见,片区普遍存在距离河道越近,地块面积越大,地块形态不适宜的问题,导致滨水空间渗透性差,亲水性弱,不利

于整体滨水可达性的营造。在路网结构方面，使用sDNA对路网特征进行精细化研判，发现片区路网可达性不高。主要原因是滨水道路、社区外部公共道路较少，导致陆家嘴水环水岸带存在空间阻碍，产生了河道跨越性、滨河到达性均不强的问题。上述桥梁断点和河岸步道断带，致使片区可达性较低，有待精准设计介入(图4)。

4.4 基于美团与微博数据的空间品质研判

首先，基于美团数据的服务设施密度分析显示，与邻近的CBD片区相比，水环片区设施密度整体较低，需植入更多的服务设施，营造滨河服务带。在设施档次分布上，片区整体档次较低且分散，与水岸段空间的联系较弱。建议洋泾街道片区与潍坊新村及塘桥街道片区在已有服务设施的基础上，向河岸延伸，结合沿河绿地空间发展宜游宜乐的多功能活力水岸带。其次，微博签到数据显示，仅世纪公园片区可意向性较高，其他片区普遍缺乏可意向性，需要通过精准更新进一步打造魅力场所(图5)。

4.5 基于兴趣点数据的功能布局研判

功能混合度分析结果以散点图形式呈现在地理三角形中。混合度越低，点分布越靠近三个顶点；反之越靠近三角形中心。片区的整体计算结果显示，研究区域功能混合度较低，大部分地都呈现单一功能。具体来说，洋泾街道片区以居住和办公功能为主。花木街道-张家浜片区主要以居住功能为主，日常生活配套设施相对欠缺，需考虑多种功能设施的植入；而花木街道-世纪公园片区则公共设施分布较为广泛。相比之下，潍坊新村及塘桥街道片区的功能混合度相对较高，因此相对具有更高的活力。对于特色街道的识别，相较于周边区域，片区内特色街道数量明显偏少，类型分散且连续性低。洋泾街道片区类型

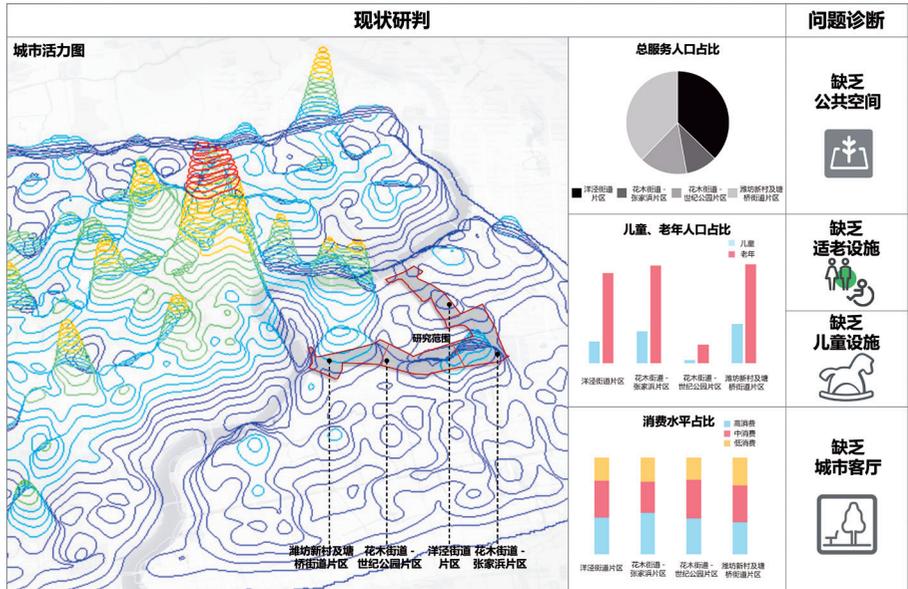


图3：基于LBS数据的人群特征分析

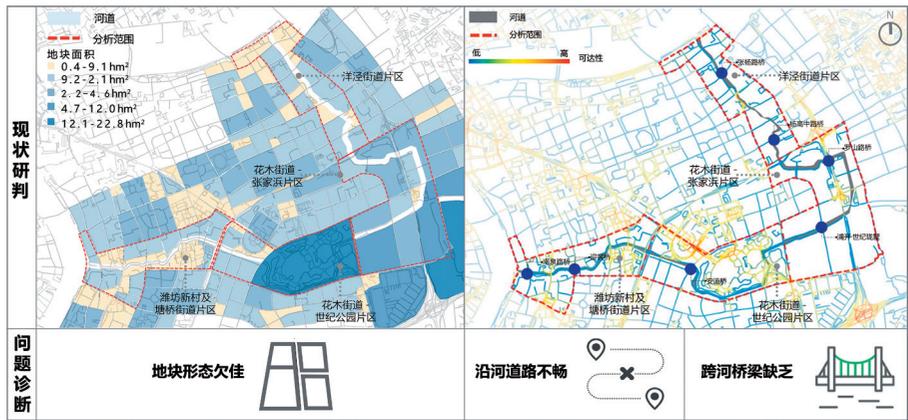


图4：地块尺度及可达性现状分析

丰富，但其系统性较差，水岸两侧断裂感较强。花木街道-张家浜片区路网稀疏，特色街道严重缺乏。花木街道-世纪大道片区主要为景观运动型，类型过于单一(图6)。总的来说，整体水环片区亟需营造更多类型的特色街道以提高城市活力。

五、策略响应及效能评估

5.1 策略响应

根据上述数字化现状研判，可总结出该区域在开展精准城市更新过程中所面临的人群特征、路网结构、空间品质和功能构成等4方面12类问题，进而基于相关问题研判针对性给出12类策略响应(图7)。

5.1.1 城市活力提升策略响应

针对公共空间和公共服务设施缺乏的问题，提出植入公服设施、适老型设施、儿童友好型设施以及打造城市滨水客厅等四个策略。具体来说，计划在洋泾街道打造洋泾人文客厅，在潍坊新村及塘桥街道片区引入科技馆展演空间，以满足区域内高占比的青年人群需求。同时在张家浜和塘桥街道片区植入儿童友好型设施，在除世纪公园片区外的其余三个片区内植入适老型设施，旨在打造全龄友好型社区。

5.1.2 路网结构提升策略响应

针对地块形态欠佳、沿河道路不畅、跨河桥梁缺乏等三个问题，提出打通“达岸通道”、打通“桥梁断点”和打通“河岸断带”三个针对性策略。首先是打通

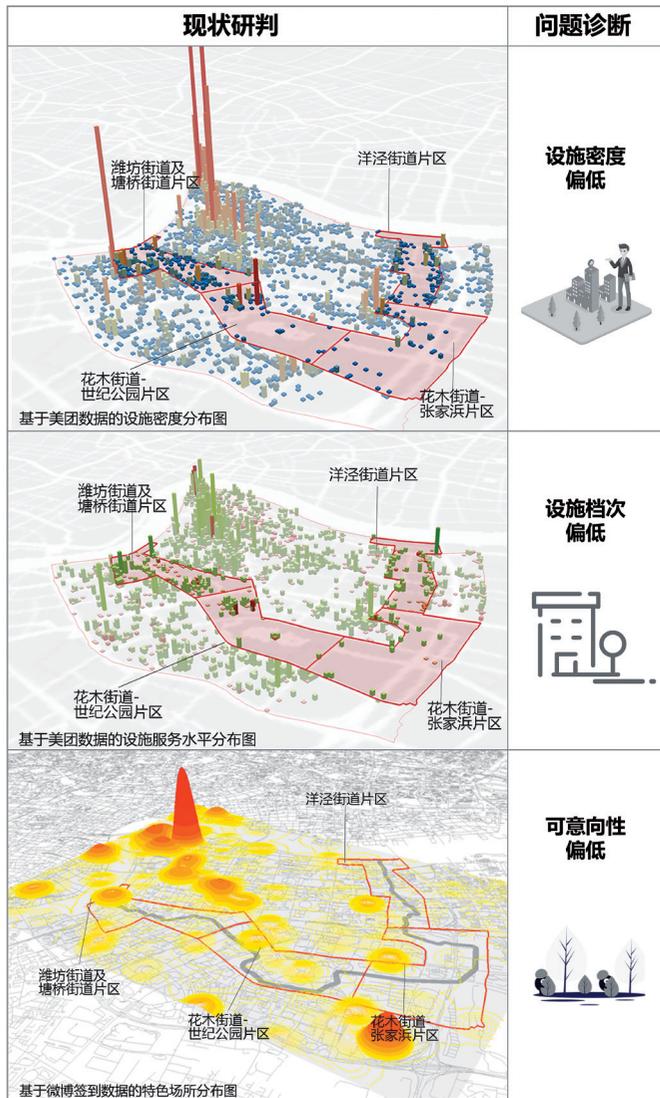


图 5: 基于美团与微博数据的空间品质分析

“达岸通道”，包括实现公建区域临河面开放以及开设垂直河道的步行通道，旨在通过改善和优化城市空间布局，提高区域水岸与地块的连通性和可达性；其次是打通“桥梁断点”，通过桥下贯通、水上浮桥、天桥跨越以及地道下穿等四种方法实现；最后是打通“河岸断带”，主要方式是通过协商开放、同侧绕行和异侧绕行实现。通过策略的实施，期望能够有效提高片区可达性，进一步优化和改善区域的城市空间品质。

5.1.3 空间品质提升策略响应

针对公共空间品质低下的问题，提出设施密度及档次提升，以及城市魅力节点打造的三个针对性策略。通过打造张家浜、洋泾街道片区魅力节点，激活水岸潜力的策略，以提升城市空间品质。同时，通过魅力节点空间的打造，分片区打造具有吸引力的城市场所。针对设施覆盖度低的情况，需提升片区内设施密度，以提高整体服务设施覆盖度，并沿河发展多功能活力水岸带，以提供宜游宜乐的环境。

5.1.4 功能构成提升策略响应

针对功能构成单一的问题，提出片区功能混合度提升和特色街道营造的两个针对性策略。具体来说，在洋泾街道、张家浜以及塘桥街道片区打造公共空间节点，增加地块内建筑的功能特性，提升其功能多样性，并发挥其现有特点，实施差异化发展，以提高区域内的人口活力。同时还需在片区内植入不同功能的特色街道，以更好的激活该片区。

后续会进一步依托多源数据开展改造后的量化效能评估。

5.2 效能评估

5.2.1 城市活力提升效能评估

基于上述策略研判，设计团队目前已打造包括 6 座口袋公园、1 座水舞桥、9 座驿亭和 3 座码头在内的 91 个节点。基于百度慧眼 API 接口调用了 2024 年春节后某周末的 LBS 数据显示（图 8），与疫情前某周末相比，区域内人口热力得到大幅

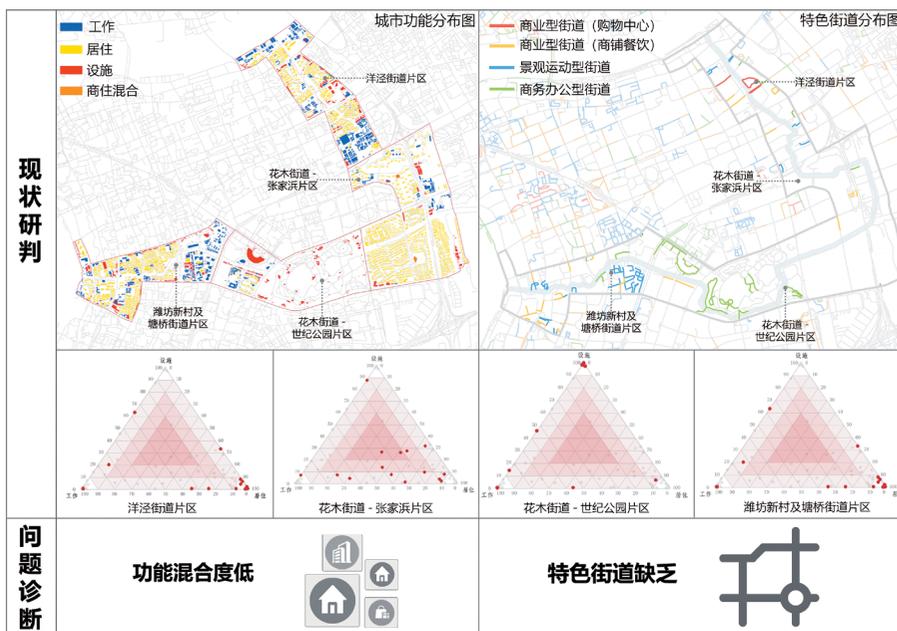


图 6: 基于 POI 数据的功能构成及特色街道分析

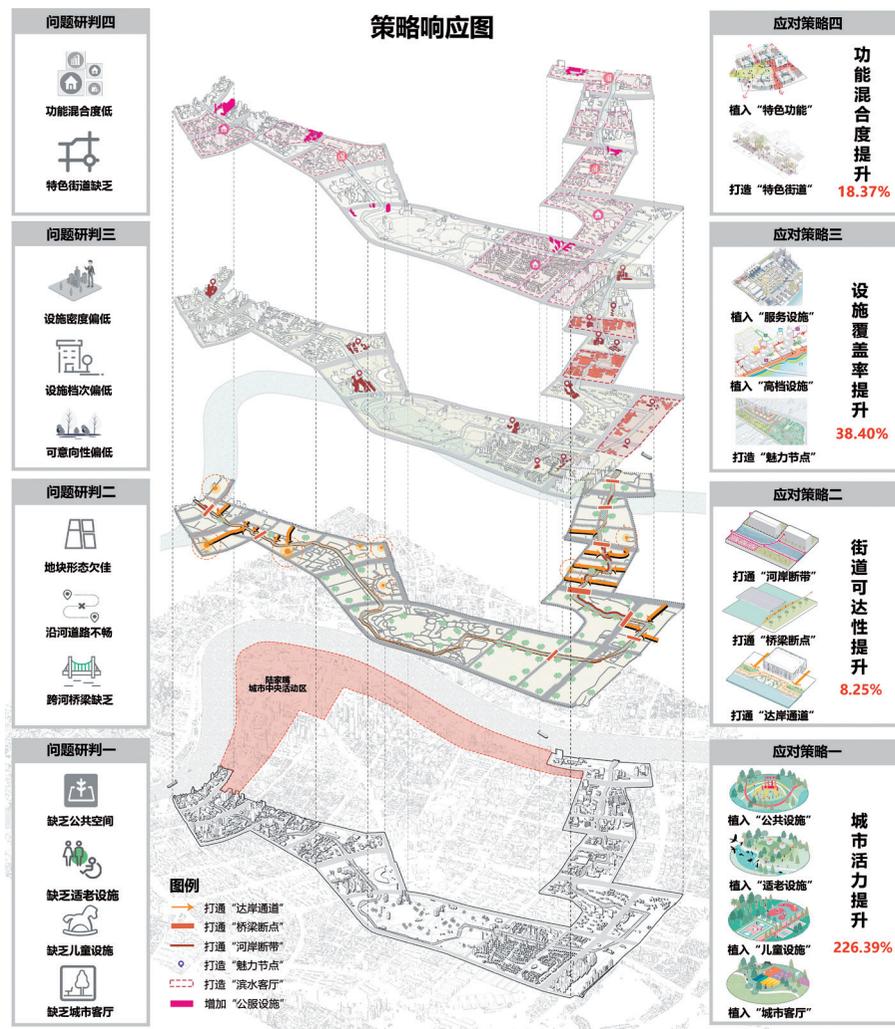


图7: 策略响应

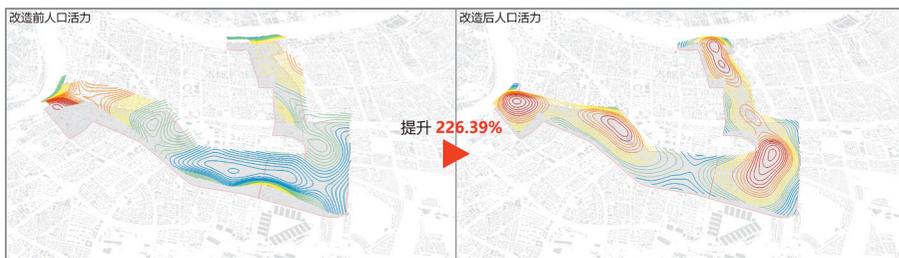


图8: 城市活力提升效能评估

提升, 提升效率达到 226.39%, 可见相应设计策略介入在城市活力提升上起到了显著作用。

5.2.2 街道可达性提升效能评估

设计团队在 sDNA 分析的指引下, 已对十多处关键河岸断点、断带开展了针对性介入。调整后的路网使用 sDNA 分析可见, 改造后整体河岸段的平均可达性提高了 8.25%。且各类断点、断带均有显著可

达性提升, 最高处可达 81.82% (图 9)。这使得人们更易到达该区域, 能够有效提升滨水活力。

5.2.3 空间品质提升效能评估

由于目前项目实施仍在推进, 尚未完全完成, 因此空间品质部分仅能开展预计效能提升测度。根据预计新增的重点店铺点位, 对其覆盖率进行了验证。结果显示, 改造后设施覆盖率有望达到 46.98%,

较之前提高 38.4%。同时, 设施密度也提升 36.26%。优化后的商业覆盖范围明显增大, 对滨河空间覆盖性也有明显提升 (图 10)。这种基于数据分析的设计策略, 不仅可以提高片区的商业覆盖率, 也有助于片区空间品质提升。

5.2.4 功能混合度提升效能评估

分析显示, 设计团队预计植入的多功能服务设施及城市客厅, 有助于将整体功能混合度提升 18.37% (图 11)。多元化功能场地能够满足多样化需求, 吸引更多人口流动的同时增加驻留意愿, 进而塑造功能混合的魅力场所。

六、讨论与总结

6.1 精准更新导向下的数字化城市设计范式创新

本研究提出了一种面向精准更新需求的数字化城市设计分析范式。首先, 体系架构上, 本研究在新数据与新技术支持下, 实现了城市设计中对本生活品质与切身体验的量化测度, 构建了一套相对系统的分析框架。其次, 分析视角上, 本研究对大范围城市空间中人群特征、路网结构、空间品质和功能构成进行测度, 实现了传统方法中不可测度的“人本”要素精细化度量。再次, 得益于相关数据的易获取性和方法的易操作性, 这一分析范式具有推广潜力, 能以数字技术实现中小尺度城市体检, 发现城市公共空间的问题, 导向精准的城市更新。

此外, 本分析范式的应用不仅局限于城市设计的初期阶段, 还能实现从问题诊断到效能评估的多流程嵌入, 这恰恰是过去城市设计中实现精准提效的难点所在。得益于本范式良好的可扩展性, 本研究中一系列数据分析方法能够在现状研判、策略响应和效能评估等多个城市更新与设计环节中得以应用。根据不同的项目需求, 辅助迭代设计和优化方案, 从而更好地满足城市精准更新需要, 推动城市空间品质改善和人本活力的全面提升。

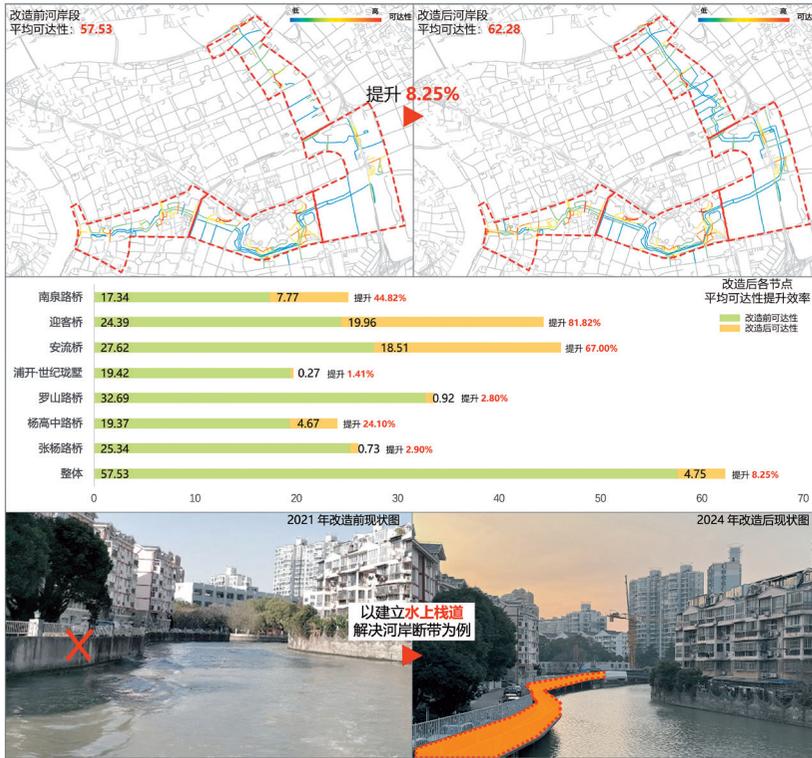


图 9: 街道可达性提升效能评估

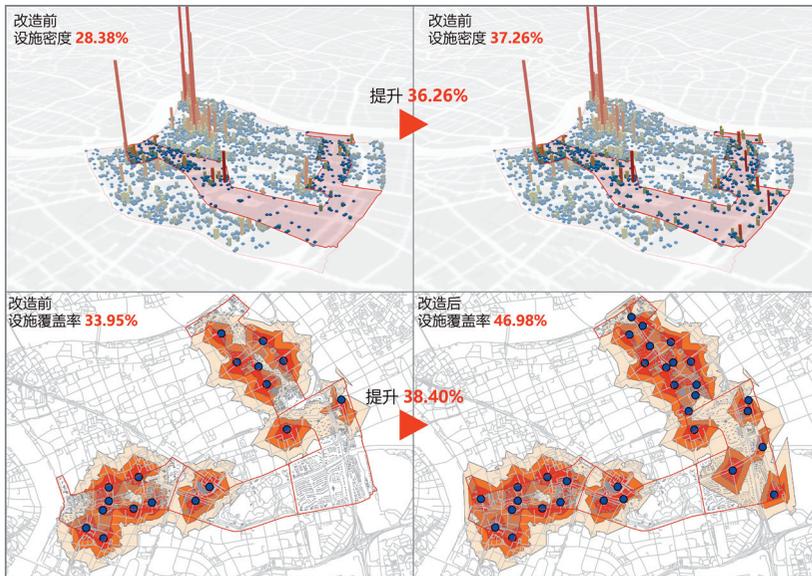


图 10: 设施覆盖率预计提升效能评估

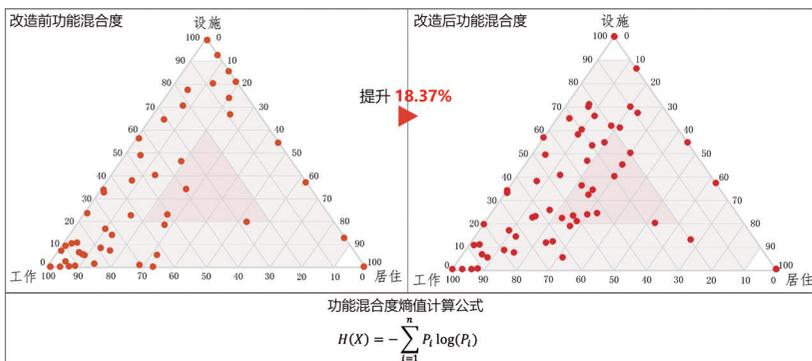


图 11: 功能混合度预计提升效能评估

6.2 研究局限

首先，本研究的分析框架在未来有必要进一步拓展。我们对城市精准更新的四个关键维度进行了探索，但这并不能完全覆盖精准更新的所有内容。例如，尽管生态低碳并不在经典的城市设计分析维度中，但在可持续发展日益重要的当下，非常有必要将其纳入未来工作中。其次，受制于一些关键指标可量化性不佳的问题，无法对所有策略逐一开展量化评价。最后，本研究所采用的部分数据可能存在误差。例如在基于 LBS 的人群特征分析中，不持有手机等移动智能设备的低龄和高龄群体的比例会低于实际值，未来需要结合多种数据源开展纠偏。

6.3 未来展望

本研究以城市设计经典理论为基础，借助多源城市数据和新技术的应用，实现了研究问题从实践中来，研究成果支持设计实践，构建了“研究-实践-反馈”的应用闭环。本研究能够系统地整合多源数据，进行全面的设计场地监测和评价，并能高效地进行分析。通过快速反馈，跟进设计进程，使新技术真正融入设计工作流程。这一系列数据和技术的协同进步，正在推动城市设计专属分析技术的出现和系统化，进一步为城市精准更新和高品质城市建设提供更高效的支持，并通过数字化途径为设计科学 (design science) 新范式的发展提供新可能。

参考文献

- [1] 伍江. 城市有机更新与精细化管理 [J]. 时代建筑, 2021 (4): 6-11.
- [2] 金伊婕, 匡晓明, 奚婷霞, 等. 街道空间宜人性测度及精准更新——以成都市三道街为例 [J]. 建筑与文化, 2023 (7): 142-145.
- [3] 杨健, 卢峰. 城市设计人文主义思潮议 [J]. 建筑师, 2017 (1): 105-114.
- [4] 叶宇, 张昭希, 张啸虎, 等. 人本尺度的街道空间品

质测度——结合街景数据和新分析技术的大规模、高精度评价框架 [J]. 国际城市规划, 2019, 34 (1) : 18-27.

[5] 王建国. 基于人机互动的数字化城市设计——城市设计第四代范型刍议 [J]. 国际城市规划, 2018, 33: 1-6.

[6] 叶宇, 强丹, 韩赟. 计算性城市设计尝试——上海小陆家嘴公共空间品质提升计划 [J]. 新建筑, 2022 (4) : 94-99.

[7] 康善之, 陈晓雨, 黄成成, 等. 新城市科学视角下的街道微更新技术探索——以上海南汇新城古棕路提升研究为例 [J]. 新建筑, 2023 (6) : 52-57.

[8] JACOBS J. The death and life of great American cities [M]. Vintage, 2016.

[9] LEFEBVRE H. From the production of space [M]//Theatre and performance design. Routledge, 2012: 81-84.

[10] WHYTE W H. The social life of small urban spaces [J]. 1980.

[11] LYNCH K. The image of the city [M]. MIT press, 1964.

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

[13] RATTI C, FRENCHMAN D, PULSELLI R M, et al. Mobile landscapes: using location data from cell phones for urban analysis [J]. Environment and planning B: Planning and design, 2006, 33 (5) : 727-748.

[14] LONG Y, THILL J-C. Combining smart card data and household travel survey to analyze jobs-housing relationships in Beijing [J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2015, 53: 19-35.

[15] HILLIER B. Space is the machine: a configurational theory of architecture [M]. Space Syntax, 2007.

[16] SARKAR C, WEBSTER C, PRYOR M, et al. Exploring associations between urban green, street design and walking: Results from the Greater London boroughs [J]. Landscape and Urban Planning, 2015, 143: 112-125.

[17] SEVTSUK A, MEKONNEN M. Urban network analysis [J]. Revue internationale de géomatique-n, 2012, 287: 305.

[18] SHEN Y, KARIMI K. Urban function connectivity: Characterisation of functional urban streets with social media check-in data [J]. Cities, 2016, 55: 9-21.

[19] KLING F, POZDNOUKHOV A. When a city tells a story: urban topic analysis; proceedings of the Proceedings of the 20th international conference on advances in geographic information systems, F, 2012 [C].

[20] DE NADAI M, STAIANO J, LARCHER R, et al. The death and life of great Italian cities: a mobile phone data perspective; proceedings of the Proceedings of the 25th international conference on world wide web, F, 2016 [C].

[21] YING J J-C, KUO W-N, TSENG V S, et al. Mining user check-in behavior with a random walk for urban point-of-interest recommendations [J]. ACM Transactions on Intelligent Systems and Technology (TIST) , 2014, 5 (3) : 1-26.

[22] YUAN J, ZHENG Y, XIE X. Discovering regions of different functions in a city using human mobility and POIs;

proceedings of the Proceedings of the 18th ACM SIGKDD international conference on Knowledge discovery and data mining, F, 2012 [C].

[23] SHI Y, TAO T, CAO X, et al. The association between spatial attributes and neighborhood characteristics based on Meituan take-out data: Evidence from Shanghai business circles [J]. Journal of Retailing and Consumer Services, 2021, 58: 102302.

[24] 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.

[25] 叶宇, 黄镨, 张灵珠. 多源数据与深度学习支持下的人本城市设计: 以上海苏州河两岸城市绿道规划研究为例 [J]. 风景园林, 2021, 28 (1) : 39-45.

[26] 盛强, 方可. 基于多源数据空间句法分析的数字化城市设计——以武汉三阳路城市更新项目为例 [J]. 国际城市规划, 2018, 33 (1) : 52-59.

[27] 古恒宇, 黄铎, 沈体雁, et al. 多源城市数据驱动下城市设计中的空间句法模型校核及应用研究 [J]. 规划师, 2019, 35(5): 67-73.

[28] 蒋应红, 姚立成, 侯鹏, 等. 多源数据支持下城市高架桥下空间更新策略研判——以上海为例 [J]. 城市建筑, 2023, 20(6): 19-23, 79.

[29] 刘超, 陈树熙, 黄芷仪, 等. 多源数据支持的城市更新潜力评价研究 [J]. 世界建筑, 2023 (7) : 18-19.

[30] 盛强, 杨滔, 刘宁. 空间句法与多源新数据结合的基础研究与项目应用案例 [J]. 时代建筑, 2017 (5) : 38-43.

[31] 王伟强, 马晓娇. 基于多源数据的滨水公共空间活力评价研究——以黄浦江滨水区为例 [J]. 城市规划学刊, 2020 (1) : 48-56.

[32] 杨俊豪, 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 (5) : 33-42.

[33] CHIARADIA A, COOPER C, WEDDERBURN M. Network geography and accessibility; proceedings of the Proceedings of 12th Transport Practitioners' Meeting, F, 2014 [C]. PTRC London.

[34] DE GROOT R. Function-analysis and valuation as a tool to assess land use conflicts in planning for sustainable, multi-functional landscapes [J]. Landscape and urban planning, 2006, 75 (3-4) : 175-186.

[35] 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.

图片来源

所有图片均为作者自绘。