

人本视角下多维数字技术在总体城市设计中的集成应用探索*——以太原市总体城市设计为例

Exploration on Integrated Application of Multidimensional Digital Technology in Overall Urban Design from a Humanistic Perspective: A Case Study of Taiyuan's Overall Urban Design

刘文波 徐梦洁 孙洋洋 LIU Wenbo, XU Mengjie, SUN Yangyang

摘要 数据环境和数字技术的协同发展极大地促进了城市设计的技术方法创新,为在城市尺度范围分析人本尺度的高精度数据带来可能。基于空间格局、空间秩序、风貌品质和公共活动等城市设计重点关注领域,对既有城市设计研究中的数字技术进行梳理,构建一个重点适用于存量地区总体城市设计实践的数字技术应用“工具箱”,为城市设计从业人员结合具体现状问题和规划目标,进行定制化的数字技术和多源数据选择提供参考。最后以太原市总体城市设计为例进行数字技术集成应用示范,以期对存量地区城市设计实践提供数字技术应用方面的借鉴。

Abstract The collaborative development of data environment and digital technology has greatly promoted the technological innovation of urban design, and made it possible to meet the data analysis needs of human-scale analysis accuracy and urban-scale analysis scope in the stock age. In this paper, the author summarizes the digital technology of urban design in existing studies from the key areas of spatial pattern, spatial order, style quality and public activities, and constructs a digital technology integration application "toolbox" suitable for overall urban design practice in stock areas. The "toolbox" is convenient for urban design practitioners to select customized digital technology and multi-source data according to the specific status problems and planning objectives of stock areas. Combined with Taiyuan's overall urban design, the integrated application of digital technology is demonstrated in order to provide references for the urban design practice of built-up areas.

关键词 数字技术;多源数据;存量地区;城市设计

Key words digital techniques; multi-source data; built-up area; urban design

文章编号 1673-8985 (2024) 02-0056-08 中图分类号 TU984 文献标志码 A

DOI 10.11982/j.supr.20240208

作者简介

刘文波

上海同济城市规划设计研究院有限公司
副总工程师,高级工程师,硕士
165031310@qq.com

徐梦洁

上海同济城市规划设计研究院有限公司
工程师,硕士

孙洋洋

上海同济城市规划设计研究院有限公司
工程师,硕士

0 引言

随着我国城镇化步入后半程,城市设计已由增量阶段的蓝图式设计逐渐转向存量时代的治理型设计。相比蓝图式城市设计,在“见物又见人”的治理型城市设计中,其研究和实践关注点从聚焦形态美学转向更加追求人本品质,其核心服务对象“人”也从模糊画像向精准在地群体转变。

以往受制于数据和技术,人本尺度分析精度的数据难以在城市尺度分析范围上获得^[2]。随着新数据和新技术环境发展,城市设计方法与新数据、新技术的协作得到了应用推广,便

于人们更全面和精准地认知城市。一方面,开源地图、街景等数据使人们了解城市运行体证的广度和便捷度显著提升;兴趣点、位置服务等数据便于我们结合人在城市中活动的时空轨迹解读多要素联动。另一方面,空间大数据自动化获取处理、多学科交叉量化分析和基于机器学习的规划模拟仿真等多维新技术的不断涌现,为空间本底识别与规划设计决策提供量化分析手段。

当前,数字技术在城市设计某个单一维度,如街道空间品质评价、公共空间活力测度等方面已有较为成熟的研究成果,但如何在

*基金项目:国家自然科学基金项目面上项目“城市更新中公共产品配建的激励方式和额度测算研究”(编号52378070)资助。

个城市设计项目中合理选择并运用这些纷繁复杂的数字技术,以全面精准支持存量地区城市设计编制的现状诊断、模拟校验等全过程,目前尚缺乏系统性总结和综合性集成应用。本文系统总结梳理人本导向的城市设计多维数字技术,构建面向存量型城市设计编研全过程的数字技术“工具箱”,并以太原市总体城市设计为例,探讨数字技术集成应用方法,以期对存量时期城市设计实践中的数字技术应用提供参考。

1 数字技术助力城市设计编研的4个维度

2021年发布的《国土空间规划城市设计指南》要求以整体统筹、以人为本、因地制宜、问题导向为原则开展城市设计工作,以“国土空间整体布局的结构优化、生态系统的健康持续、历史文脉的传承发展、功能组织的活力有序、风貌特色的引导控制和公共空间的系统建设”为主要工作目标。存量地区城市设计目标的实现需要面临复杂的建成现状,及其背后社会、经济和文化等多元复杂系统,需要兼顾目标导向和问题导向,对存量地区的过去与未来、物质与非物质因素进行系统综合考量,基于人本视角,塑造美好人居环境和宜人空间场所。总结来看,数字技术能够对存量地区城市设计的4个关注维度在现状诊断和方案模拟校验等过程中起到量化支撑作用。

1.1 重构城市总体空间格局

城市空间格局是城市各类要素的空间形态或功能布局,存量时期城市设计重点对功能结构、中心体系、道路网络、通风廊道和生态网络等进行精细化诊断、分析和重构。

目前基于地理空间大数据和多维数字技术的城市空间格局量化诊断分析研究已较为成熟。功能结构方面,主要通过聚类分析、机器学习等方法提取人地业等数据的分布及分级情况,识别城市的结构和功能分布。如钮心毅等^[3]采用手机信令获取用户时空分布,识别公共中心体系、功能分区等;姜佳怡等^[4]统计

各研究单元各类POI占比,进行城市功能区识别;杨俊宴等^[5]交叉利用建筑形态及业态POI,采用监督深度学习进行城市用地精细识别。道路网络方面,典型方法是利用开放地图数据识别全时段交通拥堵路段,如郑凌瀚^[6]基于高德地图数据分析上海市快速路网拥堵成因。

同时,多维数字技术为规划设计方案的模拟校验提供助力。道路网络方面,多利用空间句法对规划前后街道网络的集成度、选择度等指标进行对比,宋小冬等^[7]系统比较了相关方法的适用性。通风廊道构建方面,典型研究有匡晓明等^[8]、张桂欣等^[9]利用ENVI-met从通风效能、局地热环境等方面进行多方案对比研究;刘勇洪等^[10]基于粗糙度长度、天空开阔度等对存量地区通风潜力进行评价。生态网络构建的方法大致分为基于生物多样性保护的最小成本路径法^[11]、基于生态安全等目标的适宜性分析法^[12],以及基于网络连接度、线点率和闭合度等指标的网络分析法^[13]。

总体而言,对现有城市空间格局进行量化评价的技术较为多元,尤其是对于现状空间格局的诊断技术已较为完善。而针对模拟校验阶段的各种技术有特定情况下的最佳适用性,需要在实践中合理选择,发挥各自优势。

1.2 优化城市空间形态秩序

城市设计作为富有秩序的城市空间的有效织补和建构手段,需要对建筑高度、天际轮廓和城市地标等空间要素进行引导控制。相关理论和实践研究聚焦两方面。一是空间形态秩序的现状诊断。针对城市天际线,学者们从视觉影响^[14]、分形理论^[15]等方面提出诸多量化分析方法,旨在塑造整体有序、重点突出和特色鲜明的城市天际轮廓。针对城市地标识别,较为成熟的方法有陈香等^[16]基于知名度、通达度和个体特征等因子的分层提取法,凡来等^[17]基于图像语义识别与文本语义分析法进行地标的城市意象提取,以及巩玥^[18]基于随机森林算法进行的城市地标提取。二是构建适宜模型对空间秩序进行管控。在高度管控方面,主要分为基于景观眺望的视觉影响分析法^[19]和基

于多因子评价的叠加分析法^[20]。在强度管控方面,多基于不同目标导向构建强度分区管控模型,如薄力之等^[21]探讨了基于公共中心和公共交通导向的宁波中心城建设强度分区规划。

空间形态秩序维度的数字技术应用应注意以下3点:①以美学为基础的量化指标目的在于帮助规划师加强对空间秩序的认识,不能直接评价方案优劣;②多因子叠加分析中因子选择及权重设计会极大影响评价结果,需因地制宜合理制定;③在存量时期,受限于既定的建成环境,研究成果较难从全局对城市空间秩序进行优化调整,如何针对存量空间加强理论和技术的现实适应性是今后的重点研究方向。

1.3 塑造城市文化风貌特色

城市风貌特色的塑造应立足于对城市历史演进过程中所形成的文化遗存、特色要素、环境风貌和人本需求等的深入诊断,解决风貌特色所面临的现实问题。传统城市设计中对风貌特色的诊断主要依靠主观感知,近年来随着机器学习算法和智能设备在规划学科中的应用,城市色彩、景观品质和文化意象等抽象的感知评价结果能够得到数字化转译。

城市色彩提取主要是利用深度学习算法对街景图像中的视觉信息进行量化分析,如江浩波等^[22]运用街景图像识别技术进行建筑色彩分析与主导色提取。景观品质评价方面,典型研究有叶宇等^[23]利用街景图像语义识别技术提取天空、人行道、车道、建筑和绿化等要素,并进一步使用神经网络算法训练街道场所品质评价模型;李舒扬等^[24]提取社交媒体中空间审美相关文本和图像信息,利用语义分析法评价空间品质;刘昆等^[25]通过眼动追踪和脑电技术引导公众参与空间品质评价。文化意象感知方面多利用主题模型的文本语义挖掘技术,借助社交媒体数据展开研究,如曹越皓等^[26]借助微博数据,研究城市意象的结构、类型和评价。

风貌特色维度的数字技术应用将理性空间分析与传统空间感知手段相结合,以计算机深度学习算法为主构建了城市空间感知评价新方法,但当前人工智能尚在快速发展阶段,

加之城市空间的复杂性,此类研究还有待继续探索完善。

1.4 完善城市公共活动体系

城市公共活动体系由公共空间、公共服务设施和慢行体系等公共要素构成。应对存量地区普遍存在的公共要素总量不足、布局不均和活力偏低等问题,数字技术聚焦以下两方面研究。

一是对现状公共要素的可达性、活力等进行充分的诊断。公共要素可达性研究包括空间可达性和规模可达性两方面,空间可达性主要包括GIS网络分析、基于在线地图导航的可达性分析^[27]两类方法,规模可达性主要利用高

斯两步移动搜索法进行公平视角的可达性测度^[28]。在活力测度方面,包括利用LBS定位数据^[29]、手机信令^[30]等多源大数据进行大尺度的空间活力研究和利用智能采集设备^[31]进行小尺度的空间活力研究等类型。

二是在土地资源总量有限的约束下,通过构建科学的量化分析模型进行方案模拟校验,实现增量公共要素的精准布局。关于公共服务设施布局的模型类型较多,优化目标各异,应用最广泛的是区位分配模型(location-allocation model)^[32],可通过ArcGIS的区位分配集成模块实现。此外,公平最大化模型、多目标规划模型和决策树模型^[33]也有一定程度的应用,但需要较强的数理知识和计算机能力

支撑。

目前,公共要素的均衡和选址等空间层面的研究已较为成熟,未来需加强对于人群画像、活动时段和要素类型的匹配研究,实现“以人为本”的公共要素的精准配置。

2 城市设计数字技术“工具箱”的构建

存量地区复杂多元的社会经济与空间博弈问题使城市设计的技术内容必然走向更加系统化、多样化和定制化的解决方案范式。为了使城市设计编研工作更加有的放矢,本文以空间格局、空间秩序、风貌品质和公共活动4大维度城市设计关注重点为基础,细分14项管控要素,依据易实现、较常用和尽量全等

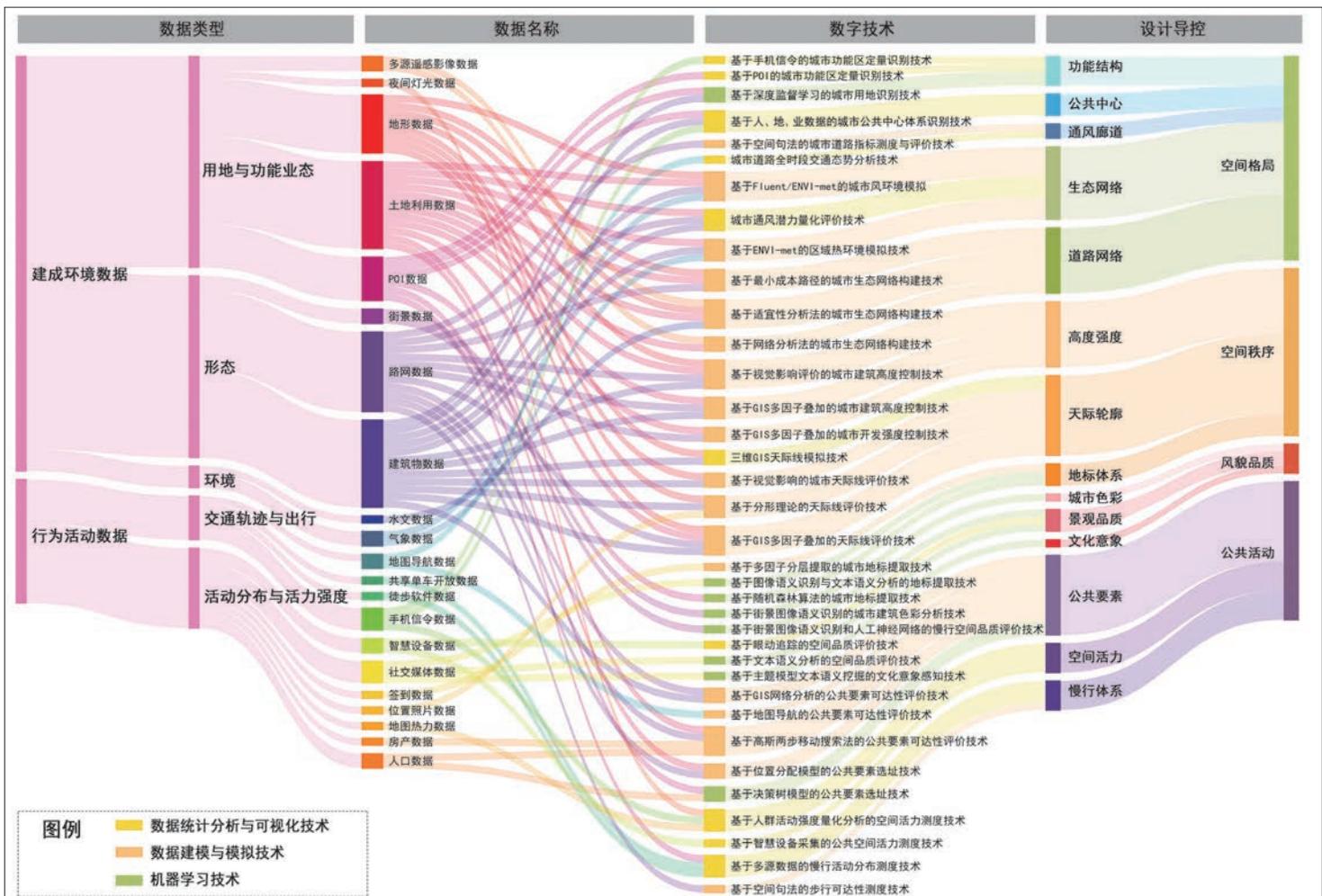


图1 城市设计中的多维技术和多源数据关联
Fig.1 Multi-dimensional technology and multi-source data association in urban design

资料来源:笔者自绘。

原则,筛选出36项数字技术,构建城市设计数字技术“工具箱”(见图1,表1),大致分为数据统计分析与可视化技术、数据建模与模拟技术及机器学习技术3类。明确各项数字技

术的数据基础、典型研究、应用尺度和设计阶段,便于规划工作者结合现状问题及规划目标,进行定制化的数字技术和多源数据菜单式选择。

3 太原市总体城市设计中的数字技术集成应用探索

太原市拥有优越的自然山水格局和悠久的历史文化底蕴,但存在山水不连、文脉不显、

表1 城市设计数字技术应用“工具箱”
Tab.1 Toolbox for the application of digital technology in urban design

规划目标	导控要素	数字技术	技术细分或方法描述	典型研究	数据基础	应用尺度		设计阶段		
						城区	街区	现状诊断	模拟校验	
功能结构	城市功能区识别	城市用地识别	人流时空变化	钮心毅等(2014)	手机信令	✓		✓		
			统计各研究单元内各类POI数据占比	姜佳怡等(2020)	POI	✓		✓		
公共中心	公共中心体系识别	城市用地识别	深度监督学习的用地识别	杨俊宴等(2021)	建筑物、POI	✓	✓	✓		
			识别人、地、业等数据的分布及分级情况	钮心毅等(2014)	手机信令、POI、建筑物等	✓		✓		
空间格局	道路网络	道路指标测度	空间句法	宋小冬等(2020)	路网			✓	✓	
			全时段交通态势分析	路况数据API、路况地图瓦片	郑凌瀚(2018)	地图导航	✓	✓	✓	
	通风廊道	通风潜力评价	风环境模拟	Fluent流体仿真/ENVI-met	匡晓明等(2015)	地形、建筑物、气象、土地利用等	✓	✓	✓	✓
			热环境模拟	粗糙度长度、天空开阔度等	刘勇洪等(2021)	建筑物、土地利用、路网等	✓		✓	
生态网络	城市生态网络构建	热环境模拟	ENVI-met热环境	张桂欣等(2022)	气象、建筑物、遥感影像、土地利用等		✓	✓	✓	
			最小成本路径模型	杜箫宇等(2023)	地形、土地利用、路网	✓			✓	
			适宜性分析法	陈君(2018)	地形、遥感影像、水文、土地利用等	✓		✓		
高度强度	建筑高度控制	开发强度管控	网络分析法	李翊等(2016)	遥感、土地利用等	✓		✓	✓	
			景观眺望的视觉影响分析	钮心毅等(2014)	地形、土地利用、路网、建筑物	✓		✓		
			多因子叠加分析	沈旸等(2020)	土地利用、路网、建筑物等	✓		✓		
空间秩序	天际轮廓	天际线模拟与评价	多因子叠加分析	宋小冬等(2017)	土地利用、路网等	✓		✓		
			三维GIS天际线模拟	钮心毅等(2013)	地形、建筑物	✓		✓	✓	
			视觉影响	钮心毅等(2013)	地形、建筑物	✓		✓	✓	
			分形理论	严军等(2017)	地形、建筑物、位置照片	✓		✓		
地标体系	地标体系识别	图像语义识别与文本语义分析	多因子叠加分析	殷铭等(2017)	地形、建筑物、道路、土地利用等	✓		✓		
			多因子分层提取法	陈香等(2015)	POI、路网、点评	✓		✓		
			随机森林	凡来等(2022)	POI、街景、社交媒体	✓		✓		
风貌品质	城市色彩	公共空间品质评价	随机森林	巩玥(2020)	POI	✓		✓		
			城市色彩识别	街景图像语义识别	江浩波等(2022)	街景图片	✓		✓	
			街景图像语义识别+人工神经网络算法	叶宇等(2019)	街景图片	✓	✓	✓		
文化意象	文化意象感知	基于主题模型的文本语义挖掘	眼动追踪和脑电技术	刘昆等(2022)	眼动追踪		✓	✓	✓	
			文本语义分析	李舒扬等(2023)	社交媒体	✓	✓	✓		
公共要素	可达性分析	公共要素选址	基于主题模型的文本语义挖掘	曹越皓等(2019)	社交媒体	✓		✓		
			GIS网络分析	叶阳等(2021)	路网、建筑物等	✓	✓	✓	✓	
			地图导航API服务	蒋理等(2019)	地图导航	✓	✓	✓		
			高斯两步移动搜索法	李孟桐等(2016)	土地利用、路网、房产、人口等	✓	✓	✓	✓	
公共活动	空间活力	空间活力测度	位置分配模型	陶卓霖等(2019)	路网、土地利用等	✓	✓	✓		
			决策树模型	汪晓春等(2021)	POI、人口等	✓		✓		
慢行体系	慢行活动分布测度	可达性测度	人群活动强度量化分析	钮心毅等(2018)	地图热力、手机信令、LBS、夜间灯光等	✓	✓	✓		
			智慧设备采集	叶宇等(2016)	WiFi探针、GPS手持机		✓	✓		
			空间热度分布状况	黄红元等(2021)	POI、共享单车、徒步软件等	✓	✓	✓		
			SDNA“中间性”分析	叶宇等(2021)	路网	✓	✓	✓	✓	

资料来源:笔者自制。

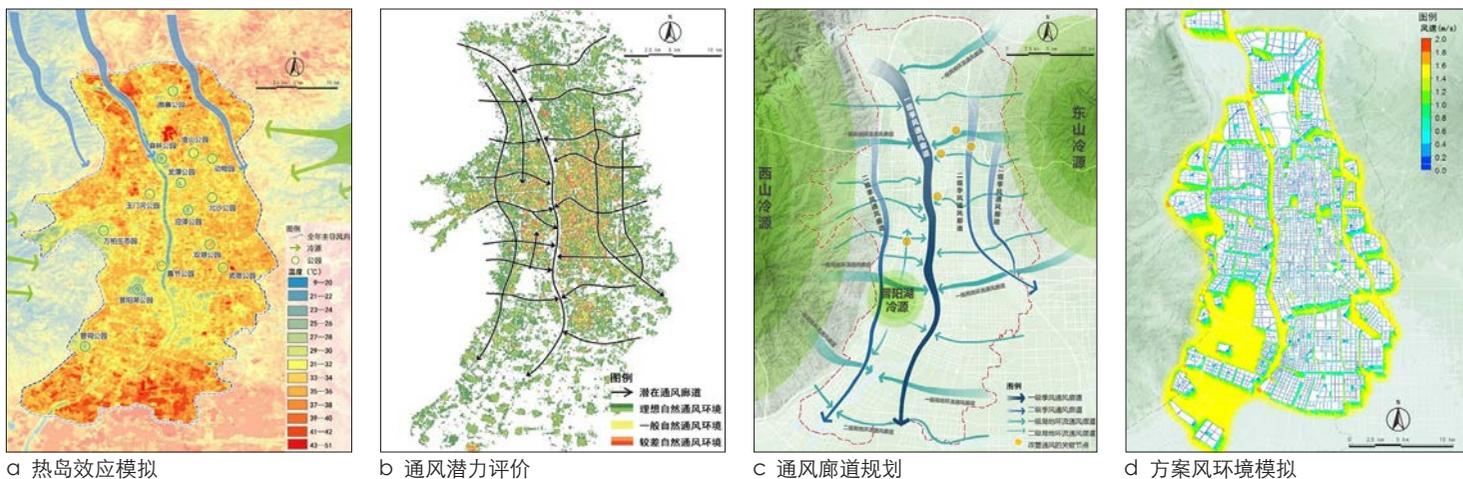


图2 基于风热环境模拟的通风廊道生成示意图

Fig.2 Schematic diagram of ventilation based on wind and thermal environment simulation

资料来源:上海同济城市规划设计研究院有限公司,太原总体城市设计项目。

活力不足和风貌不清等问题。针对中心城区存量与增量交织的复杂性,综合运用多维数字技术和多源数据进行定量诊断分析模拟,落实“锚固山水生态格局、重塑都市风貌秩序、彰显城市人文特色、营造公共空间体系”4大核心任务,全面重塑太原市生态和人文价值。

3.1 基于风热环境模拟的山水生态格局锚固

构建通山达水、蓝绿交织的生态格局是总体城市设计的重要目标。通过对典型日Landsat卫星遥感影像的热岛效应分析可见,太原市已形成连绵热岛区域。面对老城区既定的建成环境现状,规划采用基于迎风面积密度算法识别老城区潜在廊道。根据分析结果,规划4条南北向季风廊道和多条东西向局地环流廊道。通过Fluent软件对设计方案的风环境进行校验,结果显示夏季廊道内的风速基本维持在3.5—5.0 m/s之间,起到了理想的通风效果;而地块内部风速在1.0—3.5 m/s之间,可为居民提供舒适宜人的微气候(见图2)。通过通风廊道构建,结合山体修复、水系治理,共同锚固全域生态格局。

3.2 基于高度管控的都市空间秩序重塑

太原具有“一水二分,两山环抱”的优越风貌基础,但近年来新建的插花式大量高层建筑对城市风貌的整体性造成了较大破坏。城市

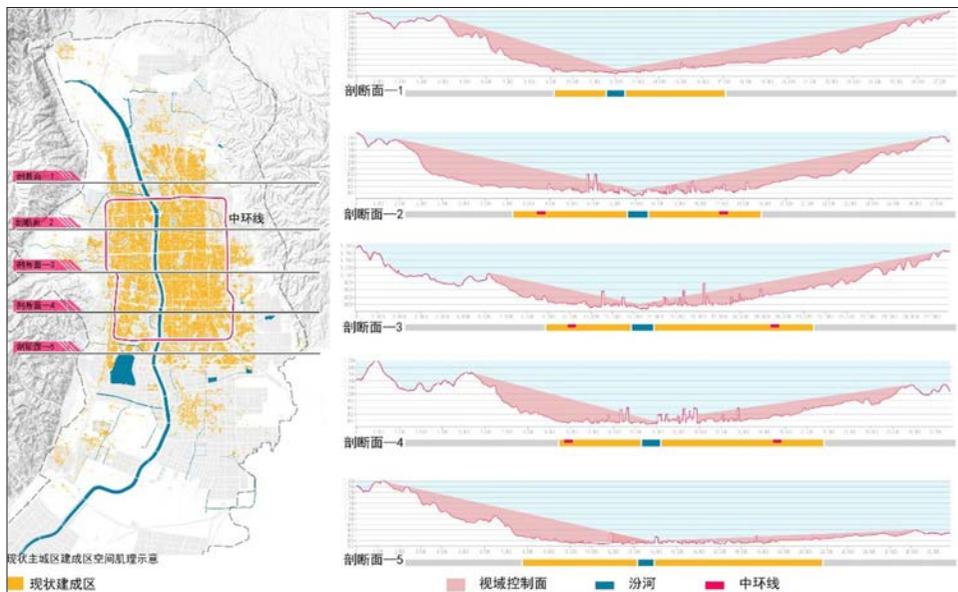


图3 可视域分析和视线管控示意
Fig.3 Visual area analysis and sight control

资料来源:上海同济城市规划设计研究院有限公司,太原总体城市设计项目。

设计基于视线通廊、天际线和城市地标等方面对现状三维空间秩序进行诊断。通过GIS视域分析,对汾河两岸对东西两侧山体顶部20%的可见区域和城市重点景观标志进行可视域分析,识别严重遮挡区域。对滨水公共活动节点进行基于人眼视觉的360度天际线分析,识别出天际线曲折度和过渡性不足等问题。通过百度检索词频,识别太原市民认知中的城市地标,诊断地标空间周边的高度管控缺失和地标感不强等问题(见图3)。

依托现状诊断,城市设计整合各类限制要素及发展导向,构建城市高度秩序框架。首先,基于现状高度、已出让地块规划意向高度和基准强度模型,叠加生态敏感、微波通道、机场净空和基准地价等刚性限制因素,形成空间秩序框架的本底模型。其次,综合考虑公共中心体系、交通条件、景观风貌和历史文化等因素对空间秩序模型进行整体修正,形成高度管控分布图,并建立基准高度和标识高度相结合的高度分区分管体系(见图4)。

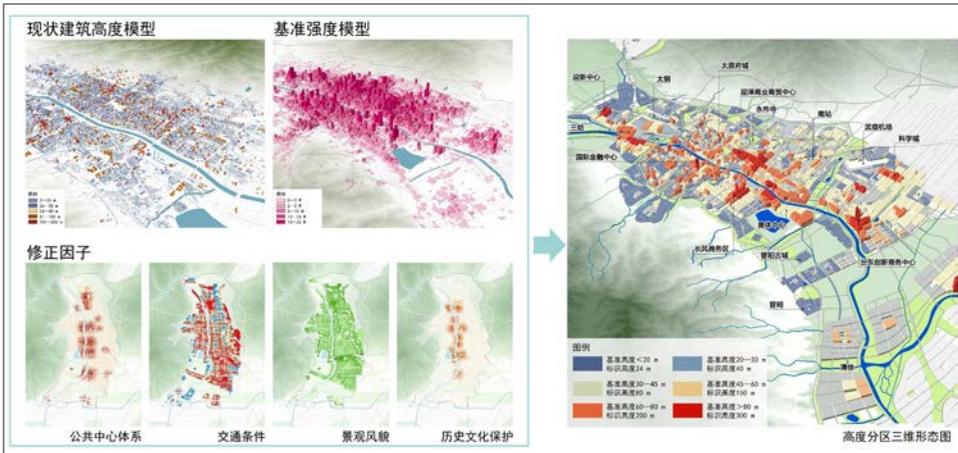


图4 高度秩序框架构建
Fig.4 Height order framework construction

资料来源:上海同济城市规划设计研究院有限公司,太原总体城市设计项目。

3.3 基于市民心理认知地图的城市人文特色彰显

针对太原市城市意象不清晰、历史文化名城辨识度不高等问题,首先基于微博文本信息数据处理,构建基于主题模型的文本语义分析模型,基于文化主题相关的词频数据统计,识别太原市民心中重要的文化区域与文化路径,绘制心理认知地图。在此基础上,利用POI数据进行核密度分析,并叠加城区典型休息日的日间热力图,诊断出市民心理认知中的人文特色区域与高活力区域之间重叠性较低、人文特色空间活力不足等问题(见图5)。

在现状诊断基础上,城市设计提出以汾河文化景观带为主脉有机串联重要人文片区,以历史感知路径为支脉链接人文景观群落,建立“如意形”文化展示系统框架(见图6)。

3.4 基于活力品质测度的公共空间体系营造

从前期问卷调查来看,太原市民对公共空间品质和服务水平提升的诉求较高,为满足市民对美好生活的向往,规划从服务均衡、有机链接和品质提升3方面入手,通过百度人群分布热力数据和业态POI数据的核密度分析识别城市活力区域,通过深度卷积神经网络算法从街景图像中识别像素语义类别,形成行人和自行车出现率、绿视率、围合度和机动化程度4项指标,叠加得到各街道步行适宜性评价

结果,最终构建由活力空间和慢行网络组成的公共空间网络体系(见图7)。

3.5 基于数字技术集成的总体城市设计空间框架构建

基于上述分析结论,构建了由生态转化体系、秩序优化体系、文化显化体系和空间活化体系组成的总体城市设计框架。生态转化体系通过对生态廊道、滨水空间、生态山体和通风廊道进行管控,形成蓝绿交织、通山达水的山水生态格局;秩序优化体系通过对地标体系、视线通廊、天际轮廓和建筑高度的整体控制,重塑层次清晰、显山露水的城市风貌秩序;文化显化体系通过对文化地标、人文网络和风貌分区等的引导控制,彰显一带双城、古今交融的龙城人文魅力;空间活化体系通过对公共绿地、公共空间和街巷网络的系统串联,营造富有温度、可识可感的公共空间体系。最终共同塑造了“三山环抱筑翠屏,一干多支营水网,双城相映续文脉,多轴多点兴龙城”的总体城市设计框架(见图8)。

4 结语

存量时期城市设计的工作领域已从单一的空间维度拓展到复杂多维的城市巨系统,其研究包含更为多元的社会和人文内容的“显隐互鉴”^[34]。数据环境和数字技术的协同发展

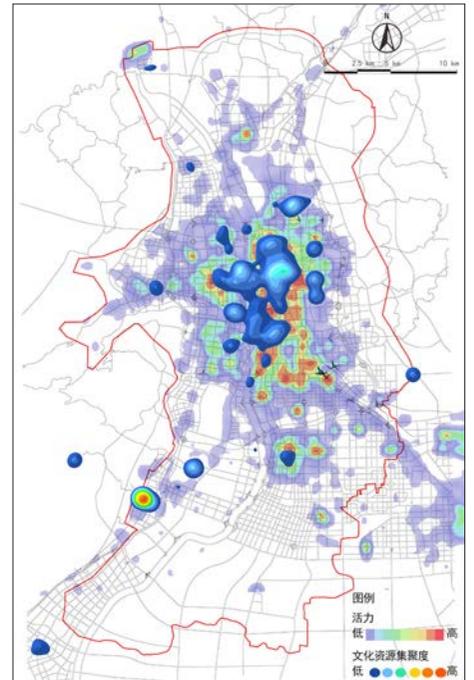


图5 活力与文化资源集聚度叠加示意
Fig.5 The superposition of vitality and cultural resource concentration

资料来源:上海同济城市规划设计研究院有限公司,太原总体城市设计项目。

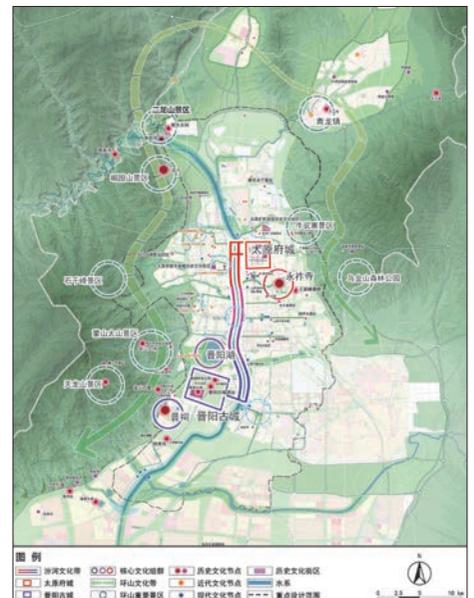


图6 文化展示系统图
Fig.6 Cultural display system diagram

资料来源:上海同济城市规划设计研究院有限公司,太原总体城市设计项目。

极大促进了城市设计的技术创新。数据驱动下客观理性的量化分析替代了大量繁琐复杂和基于经验主义哲学基础的分析工作,使得城市



图7 公共空间体系建构示意

Fig.7 Public space system construction

资料来源:上海同济城市规划设计研究院有限公司,太原总体城市设计项目。

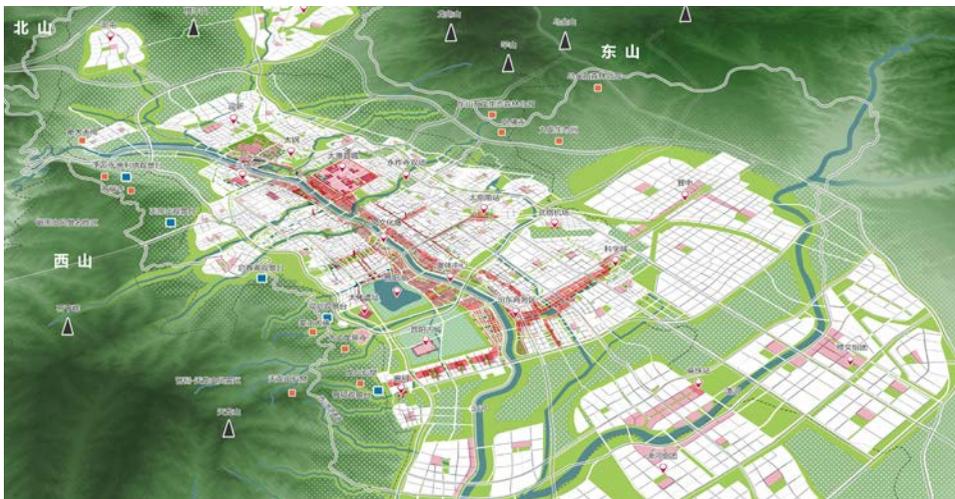


图8 总体城市设计框架

Fig.8 Overall urban design framework

资料来源:上海同济城市规划设计研究院有限公司,太原总体城市设计项目。

设计成果有了超越以往的客观理性参考依据和决策基础。

然而,在城市设计中如何合理运用多源数据和数字技术仍存在一定的挑战。其一,多源数据的可信度与可靠度存在一定提升空间,如何从海量数据中汲取、分析、综合、集成出相对完整、系统和可靠的数据,是需要关注的重点。其二,数据和技术是进行城市设计的辅助工具,不能替代规划师决策,如何设计合理的技术路线使其与规划方案生成逻辑对应,是数据和技术发挥作用的关键。其三,当前多源数据和数字技术主要应用于现状诊断和模拟校

验阶段,对设计生成和过程控制的支持效果有待提升,如何利用其更好地辅助全流程城市设计是未来的研究方向。

参考文献 References

[1] 叶宇. 新城市科学背景下的城市设计新可能[J]. 西部人居环境学刊, 2019, 34 (1): 13-21.
YE Yu. The new potentials of urban design in the context of new urban science[J]. Journal of Human Settlements in West China, 2019, 34(1): 13-21.
[2] 钮心毅, 丁亮, 宋小冬. 基于手机数据识别上海中心城的城市空间结构[J]. 城市规划学刊, 2014 (6): 61-67.
NIU Xinyi, DING Liang, SONG Xiaodong.

Understanding urban spatial structure of Shanghai central city based on mobile phone data[J]. Urban Planning Forum, 2014(6): 61-67.
[3] 姜佳怡, 戴菲, 章俊华. 基于POI数据的城市功能结构对比研究——以北京、上海为例[J]. 现代城市研究, 2020 (7): 42-50.
JIANG Jiayi, DAI Fei, ZHANG Junhua. Comparative study of urban functional structure based on POI data: a case study of Beijing and Shanghai[J]. Modern Urban Research, 2020(7): 42-50.
[4] 杨俊宴, 邵典, 王桥, 等. 一种人工智能精细识别城市用地的方法探索——基于建筑形态与业态大数据[J]. 城市规划, 2021, 45 (3): 46-56.
YANG Junyan, SHAO Dian, WANG Qiao, et al. Exploration on a method for precision identification of urban land use type using artificial intelligence: based on big data of building forms and business POI data[J]. City Planning Review, 2021, 45(3): 46-56.
[5] 郑凌瀚. 基于高德地图数据的上海市快速路路网拥堵成因分析[C]//创新驱动与智慧发展——2018年中国城市交通规划年会论文集, 2018.
ZHENG Linghan. Analysis on the cause of congestion of Shanghai expressway network based on map navigation data[C]//Proceedings of the Annual Conference on Urban Transportation Planning in China, 2018.
[6] 宋小冬, 陶颖, 潘洁雯, 等. 城市街道网络分析方法比较研究: 以Space Syntax, sDNA和UNA为例[J]. 城市规划学刊, 2020 (2): 19-24.
SONG Xiaodong, TAO Ying, PAN Jiewen, et al. A comparison of analytical methods for urban street network: taking Space Syntax, sDNA and UNA as examples[J]. Urban Planning Forum, 2020(2): 19-24.
[7] 匡晓明, 陈君, 孙常峰. 基于计算机模拟的城市街区尺度绿带通风效能评价[J]. 城市发展研究, 2015, 22 (9): 91-95.
KUANG Xiaoming, CHEN Jun, SUN Changfeng. Evaluation of ventilation effectiveness of block scale urban green belt based on computer simulation[J]. Urban Development Studies, 2015, 22(9): 91-95.
[8] 张桂欣, 刘祎, 祝善友. 城市建筑布局要素对区域热环境影响的ENVI-met模拟与分析——以南京江北新区部分区域为例[J]. 气候与环境研究, 2022, 27 (4): 513-522.
ZHANG Guixin, LIU Yi, ZHU Shanyou. Influence of urban building layout on the regional thermal environment using the ENVI-Met model: a case study in a region of the Nanjing Jiangbei New Area[J]. Climatic and Environmental Research, 2022, 27(4): 513-522.
[9] 刘勇洪, 徐永明, 张方敏, 等. 城市地表通风潜力研究技术方法与应用——以北京和广州中心城为例[J]. 规划师, 2019, 35 (10): 32-40.
LIU Yonghong, XU Yongming, ZHANG Fangmin, et al. Research and application of urban surface ventilation potential: cases of Beijing and Guangzhou[J]. Planners, 2019, 35(10): 32-40.
[10] 杜箫宇, 吕飞南, 王春雨, 等. 基于MSPA-Conefor-

- MCR的县域尺度生态网络构建——以延庆区为例[J]. 应用生态学报, 2023, 34(4): 1073-1082.
- DU Xiaoyu, LYU Feinan, WANG Chunyu, et al. Construction of ecological network based on MSPA-Conefor-MCR at the county scale: a case study in Yanqing District[J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2023, 34(4): 1073-1082.
- [11] 陈君. 生态安全约束下的城乡生态格局优化方法——以海南省文昌市木兰湾地区概念规划为例[J]. 规划师, 2018, 34(7): 65-70.
- CHEN Jun. Improving urban rural ecological safety pattern with constraints: conceptual planning of Mulan Bay Area, Wenchang, Hainan Province[J]. Planners, 2018, 34(7): 65-70.
- [12] 李翅, 邢晓娟. 网络分析法在市域绿色空间体系规划方案评估中的应用[J]. 规划师, 2016, 32(s2): 58-63.
- LI Chi, XING Xiaojuan. Application of network analytic method in urban green spatial system planning evaluation[J]. Planners, 2016, 32(s2): 58-63.
- [13] 钮心毅, 李凯克. 基于视觉影响的城市天际线定量分析方法[J]. 城市规划学刊, 2013(3): 103-109.
- NIU Xinyi, LI Kaike. A quantitative approach to visual impact analysis of city skyline[J]. Urban Planning Forum, 2013(3): 103-109.
- [14] 严军, 王飞, 蔡安哲, 等. 基于分形理论的城市滨水景观天际线量化分析——以南京玄武湖东岸为例[J]. 现代城市研究, 2017(11): 45-50.
- YAN Jun, WANG Fei, CAI Anzhe, et al. A quantitative analysis of urban waterfront landscape skyline based on fractal theory: a case study of the East Coast of Xuanwu Lake, Nanjing[J]. Modern Urban Research, 2017(11): 45-50.
- [15] 陈香, 李晓明, 詹然, 等. 从城市兴趣点中提取多层次地标方法探究[J]. 测绘与空间地理信息, 2015, 38(10): 129-132.
- CHEN Xiang, LI Xiaoming, ZHAN Ran, et al. Studying on extracting hierarchical landmarks from urban POI data[J]. Geomatics & Spatial Information Technology, 2015, 38(10): 129-132.
- [16] 凡来, 张大玉. 新社交媒体下城市意象热点空间感知研究——以北京小红书笔记数据为例[J]. 城市发展研究, 2022(10): 1-8.
- FAN Lai, ZHANG Dayu. Research on spatial perception of urban image hotspots under new social media: take the note data of Beijing Xiaohongshu as an example[J]. Urban Development Studies, 2022(10): 1-8.
- [17] 巩玥. 基于随机森林的城市地标提取[D]. 武汉: 武汉大学, 2022.
- GONG Yue. Research on urban landmarks extraction based on random forests classifier[D]. Wuhan: Wuhan University, 2022.
- [18] 钮心毅, 宋小冬, 陈晨. 保护山体背景景观的建筑高度控制方法及其实现技术[J]. 上海城市规划, 2014(5): 92-97.
- NIU Xinyi, SONG Xiaodong, CHEN Chen. Developing building height restriction for preserving views to mountain backdrop[J]. Shanghai Urban Planning Review, 2014(5): 92-97.
- [19] 沈畅, 吴乐源, 马骏华, 等. 老城上空的“网”: 基于数字技术的历史城区高度控制体系研究——以太原府城为例[J]. 建筑学报, 2020(6): 80-85.
- SHEN Yang, WU Leyuan, MA Junhua, et al. The networks above a historical city: a study of height control system in the historic urban area based on digital technologies as exemplified in Taiyuan Prefectural City[J]. Architectural Journal, 2020(6): 80-85.
- [20] 薄力之, 宋小冬, 徐梦洁. 城市建设强度分区规划支持系统的研发与应用——以宁波市中心城为例[J]. 规划师, 2017, 33(9): 52-57.
- BO Lizhi, SONG Xiaodong, XU Mengjie. Research and application of urban density zoning support system: Ningbo Central City example[J]. Planners, 2017, 33(9): 52-57.
- [21] 江浩波, 卢珊, 肖扬. 基于街景技术的上海历史文化风貌区城市色彩评价方法[J]. 城市规划学刊, 2022(3): 111-118.
- JIANG Haobo, LU Shan, XIAO Yang. Method of urban color evaluation for historic and cultural areas in Shanghai based on street view technology[J]. Urban Planning Forum, 2022(3): 111-118.
- [22] 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.
- YE Yu, ZHANG Zhaoxi, ZHANG Xiaohu, et al. Human-scale quality on streets: a large-scale and efficient analytical approach based on street view images and new urban analytical tools[J]. Urban Planning International, 2019, 34(1): 18-27.
- [23] 李舒扬, 李晓宇, 刘芳. 基于社交媒体数据的城市公共空间审美意象研究——以深圳地区为例[J]. 新建筑, 2022(6): 31-36.
- LI Shuyang, LI Xiaoyu, LIU Fang. Aesthetic image of public space based on social media: a case study of Shenzhen[J]. New Architecture, 2022(6): 31-36.
- [24] 刘昆, 匡晓明, 奚婷霞, 等. 健康睦邻社区的街道边界探索眼动和行为学证据[J]. 时代建筑, 2022(5): 28-37.
- LIU Kun, KUANG Xiaoming, XI Tingxia, et al. Exploring street edges in a healthy livable neighborhood evidence from eye-tracking and behavioral data[J]. Time + Architecture, 2022(5): 28-37.
- [25] 曹越皓, 杨培峰, 龙瀛. 基于深度学习的城市意象认知方法创新与拓展——以重庆主城区为例[J]. 中国园林, 2019, 35(12): 90-95.
- CAO Yuehao, YANG Peifeng, LONG Ying. The innovation of city image cognitive method based on deep learning—a case study of Chongqing main district[J]. Chinese Landscape Architecture, 2019, 35(12): 90-95.
- [26] 蒋理, 殷振轩, 刘晓. 基于可达性分析的城市公园绿地供给研究——以广西玉林市为例[J]. 风景园林, 2019, 26(8): 83-88.
- JIANG Li, YIN Zhenxuan, LIU Xiao. Study on urban park green space supply based on accessibility analysis: a case study of Yulin City, Guangxi[J]. Landscape Architecture, 2019, 26(8): 83-88.
- [27] 李孟桐, 杨令宾, 魏冶, 等. 高斯两步移动搜索法的模型研究——以上海市绿地可达性为例[J]. 地理科学进展, 2016, 35(8): 990-996.
- LI Mengtong, YANG Lingbin, WEI Ye, et al. Research on the model of Gaussian two-step mobile search method: taking the accessibility of green space in Shanghai as an example[J]. Progress in Geography, 2016, 35(8): 990-996.
- [28] 钮心毅, 吴莞妹, 李萌. 基于LBS定位数据的建成环境对街道活力的影响及其时空特征研究[J]. 国际城市规划, 2019, 34(1): 32-41.
- NIU Xinyi, WU Wanshu, LI Meng. Influence of built environment on street vitality and its spatiotemporal characteristics based on LBS positioning data[J]. Urban Planning International, 2019, 34(1): 32-41.
- [29] 钟炜菁, 王德. 上海市中心城区夜间活力的空间特征研究[J]. 城市规划, 2019, 43(6): 97-106.
- ZHONG Weijing, WANG De. A study on the spatial characteristics of nighttime vitality in the city center of Shanghai[J]. City Planning Review, 2019, 43(6): 97-106.
- [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(1): 26-33.
- YE Yu, ZHUANG Yu, ZHANG Lingzhu, et al. Designing urban spatial vitality from morphological perspective—a study based on quantified urban morphology and activities' testing[J]. Urban Planning International, 2016(1): 26-33.
- [31] 陶卓霖, 程杨, 戴特奇, 等. 公共服务设施布局优化模型研究进展与展望[J]. 城市规划, 2019, 43(8): 60-68.
- TAO Zhuolin, CHENG Yang, DAI Teqi, et al. Research progress and prospect of public service facilities layout optimization models[J]. City Planning Review, 2019, 43(8): 60-68.
- [32] 汪晓春, 熊峰, 王振伟, 等. 基于POI大数据与机器学习的养老设施规划布局——以武汉市为例[J]. 经济地理, 2021, 41(6): 8.
- WANG Xiaochun, XIONG Feng, WANG Zhenwei, et al. Planning and layout of facilities for the elders based on POI and machine learning: a case study of Wuhan[J]. Economic Geography, 2021, 41(6): 8.
- [33] 王建国. 包容共享、显隐互鉴、宜居可期——城市活力的历史图景和当代营造[J]. 城市规划, 2019, 43(12): 9-16.
- WANG Jianguo. Inclusiveness and sharing, explicit and implicit mutual learning, livability predicted: historical prospect and contemporary creation of urban vitality[J]. City Planning Review, 2019, 43(12): 9-16.