

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

A TIME-SPACE-PEOPLE (TSP) MODEL FOR THE HUMAN FOCUSED, FINE-RESOLUTION AND LARGE-SCALE URBAN DESIGN

龙瀛 沈尧 | Long Ying Shen Yao

摘要 大尺度城市设计中在场地的时间、空间和人三个维度的认识，长期存在尺度与粒度的折中，即难以实现大尺度与细粒度的完美认识与设计客体人的充分认知，因而限制了“以人为本”的城市设计的具体实践。由大数据和开放数据构成的新数据环境为认识城市的物质空间和社会空间提供了新的视角，也为突破尺度与粒度的折中提供了新的机遇。本文构建了大尺度城市设计的时间、空间与人的TSP模型，重点介绍了新数据环境支持下针对时间、空间和人三个维度的数据增强城市设计框架，最后提出了对面向未来的城市设计的理解与展望。

关键词 总体城市设计 大模型 街道 城市形态 新数据环境

Abstract There are everlasting compromises between extent and granularity for temporal, spatial and human-being dimensions of large-scale urban design. That is, it is not easy to understand an object with a large extent and fine-grained granularity, thus limiting the urban design practices. The emerging new data environment composed by big data and open data has provided a new opportunity for gaining knowledge on physical and social spaces of cities and breaking the compromise between extent and granularity. In this paper, we have established the time-space-people (TSP) model for large-scale urban design while referring to the framework of Data Augmented Design (DAD). We discuss the data informed large-scale urban design using DAD from three channels: time, space and people. The perspective on this direction has been highlighted at the end of this paper.

Keywords Structural urban design, Big model, Street, Urban morphology, New data environment

一、数据增强城市设计：作为“人、时、地”的基本模型

信息通讯技术的发展以及政务公开的推进促进了大量新数据的出现，所构成的“新数据环境”为城市规划与设计提供了新的支持途径。^[1]为此笔者于2015年提出了数据增强设计 (Data Augmented Design, DAD) 这一规划设计方法论，并将其总结为“基于现状的考古学” (archeology of the present)，^[2]其“是以定量城市分析为驱动的规划设计方法，通过数据分析、建模、预测等手段，为规划设计的全过程提供调研、分析、方案设计、评价、追踪等支持工具，以数据实证提高设计的科学性，并激发规划设计人员的创造力……DAD的定位是现有规划设计体系下的一种新的规划设计方法论，是强调定量分析的启发式作用的一种设计方法，致力于增强设计师的观察视角和技能而使其更加专注于设计创新本身，同时增强结果的可预测性、可评估性以及实施中的稳健性 (robustness)”。^[3]DAD的方法贡献也可以分为对人的关注 (human oriented)、大覆盖高精度 (fine-resolution with large coverage) 和动态性 (dynamic) 这三个维度。2015年12月6日，在北京交通大学举办的第一届中国空间句法学术研讨会中，设立了数据增强设计专场，六位发言人从数据增强设计的理念和未来发展、支持平台、教育以及应用等多个维度进行了深入探讨^[4]，在发言基础上，笔者2016年还为《上海城市规划》组织了数据增强设计专刊。目前国内多数的规划设计实践，都采用了新数据用于支持城市规划的现状分析和方案评价。

数据增强设计方法论与其他计算机辅助规划 (Computer Aided Planning, CAP) 如计算机辅助设计 (Computer Aided Design, CAD)、地

理信息系统 (Geographical Information System, GIS)、决策支持系统 (Decision Support System, DSS) 和规划支持系统 (Planning Support System, PSS) 等不同，它不是以软件和系统的形式作为支持的主体，而是致力于通过新的数据以及算法支持，更深入认识规划设计场地的物质空间和社会空间 (或建成环境与行为环境) 的多维关系；它不局限在关注设计过程中的效率的改善，而更强调对规划设计场地及其周边的发展规律更深入的认识、更综合的判断、更及时的校正。上几轮的计算机辅助规划形式，被评价为“沦为画图工具或只是在原有方法基础上提高效率”而少有能够反映常规方法难以获得的信息^[5]，新数据则提供了新的时空以及主体角度认识城市和总结城市发展规律进而对未来进行判断的机会。无论是国际还是国内，源于规划设计专业教育背景等多方面的原因，计算机辅助规划的最新形式——规划支持系统在规划设计实践中所起到的作用仍然比较有限。^[6]新数据环境所带来的数据增强设计则为这一传统方向提供了新的发展空间。信息时代使得当前城市的生活形态和空间形态发生了巨大的变化，居住、就业、交通和游憩等《雅典宪章》中提及的城市功能无一例外地正在受到信息通讯技术 (information communication technology, ICT) 的影响，虚拟空间与现实空间的相互嵌套正在成为城市生活的“新常态” (例如鹿晗的上海邮筒事件^[7])，在这样的技术更新以及城市生活的变迁趋势日益明朗的背景下，人的尺度的城市形态有史以来第一次如此高频率和大规模地被记录下来 (如行车记录仪正连续不断地对大规模的城市街道进行记录)，利用新数据更有助于读取、分析以及判断城市发生的这些客观变化，进而为面向未来的创造提供可能。^[8]

表1 基于新数据支持总体城市设计的框架体系

尺度/维度	区域/城市/片区/ 乡镇街道办事处	街区/地块	街区/地块内部	街道	街道内部
开发：遥感解译的土地利用、用地现状图（规划）、土地利用图（国土）	城镇用地面积、建设强度、生态安全格局、适宜开发土地 [城市扩张速度、城市扩张规模]	开发年代、是否适宜开发	肌理变化	角度变化	
形态：分等级路网、道路交叉口、建筑物、土地出让/规划许可、街景	基于道路交叉口的城乡判断、建筑面积、路网密度、交叉口密度、开放空间比例 [再开发比例、扩张比例]	尺度、紧凑度、基于建筑的城市形态类型、建筑密度、容积率、是否为开放空间、开放空间类型、可达性 [再开发与否、扩张与否]	是否有小路、建筑分布规律、是否有内部围墙 [历史道路构成]	长度、区位、直线率、建筑贴线率、界面密度、橱窗比、宽高比、可达性、铺装、建筑色彩 [历史上是否存在]	建筑分布特征
功能：兴趣点、用地现状图（规划）、土地利用图（国土）、街景	各种功能总量及比例、（城镇建设用地内）各种公共服务覆盖率/服务水平、职住平衡水平、产业结构/优势/潜力	用地性质、（各种）功能密度、功能多样性、主导功能、第二功能、各种公共服务设施可达性、市井生活相关的功能密度	（各种）功能分布特征（单面、双面、三面还是四面）、内部功能相比总功能（内部+临街）占比、界面连续度	（各种）功能密度、功能多样性、主导功能、第二功能、各种公共服务设施可达性、市井生活相关的功能密度、步行指数（walk score）、绿化、等级	（各种）功能分布特征（交叉口附近还是中间）
活动：普查人口、企业、手机、微博、点评、签到、公交卡、位置照片、百度热力图、高分辨率航拍图	总体分布特征、（城镇建设用地内）各等级活动所占面积比例、人口/就业密度体现的多中心性、联系所反映的多中心性、平均通勤时间/距离、各种出行方式比例	（不同时段）活动密度、微博密度、点评密度、签到密度、与之产生联系的地块、人口密度、就业密度、热点时段、通勤时间/距离	活动分布特征（内部还是边缘）、内部联系特征	（不同时段）活动密度、与之产生联系的街道、点评密度、热点时段、（各类型）交通流量、选择度与整合度、限速	活动分布特征（交叉口附近还是中间）
活力：街景、点评、手机、位置照片、微博和房价等	平均心情、整体意象、整体活力、幸福感	平均心情、平均消费价格、好评率、意象、市井活力、平均房价、居住隔离程度		平均消费价格、好评率、设计品质、风貌特色、活力、意象、平均房价	

注：表中 [] 特别给出了简单指标变化之外的指标；此表也适用于城市规划与设计方案的评价

城市设计作为城乡规划与设计的一种重要实践类型，主要关注城市空间形态的建构和场所营造，是对包括人、自然、社会、文化、空间形态等因素在内的城市人居环境所做的设计研究、工程实践和实施管理的活动。城市设计强调人的尺度，以往依赖于设计人员的主观调查，结果往往受限于研究范围以及方法的相关设定；而涌现出的新数据，如社交媒体、手机信令，多是针对人的活动和移动及与其发生互动空间的客观、详尽刻画。为此，DAD的研究框架对城市设计的支持将具有较大的优势，能够充分补足以往规划支持系统比较薄弱的领域。城市设计更加关注城市公共空间，而街道作为城市最为主要的公共空间形式，备受城市设计者的关注，笔者提出了街道城市主义这一DAD理念具体指导下的方法论，街道城市主义是以街道为单元的城市空间分析、统计和模拟的框架体系，是在认识论层面上重新认知城市的一种方式（网格→地块→街道），它的提出为数据增强城市设计提供了新思路。^[5]

二、大尺度城市设计的TSP模型：时间、空间与人

城市设计又可以分为总体城市设计、专项城市设计和区段城市设计，对于传统大尺度的城市设计，现状限制少，而在城市设计任务需要更多关注“存量优化”的今天，在人的尺度上开展研究和设计工作（如对现实进行抽象，并最终回到现实）成为一种亟待解决的问题。以人为本在价值上早已获得认同，但是在实践上却仍旧缺乏理论和方法支持而成功案例寥寥。良好的城市设计更多应该体现在物质空间的建筑和街道尺度以及其所蕴含的社会空间的个人或群体尺度。^[6]大尺度城市设计往往对应规模巨大的物质空间和社会空间的单元而缺乏对细节以及个人尺度的把握，这大大超越了传统的城市设计工作方法，然而DAD框架的三个贡献（优势）则可以对此有针对性的支持。为了应对大尺度城市设计，笔者提出了时间—空间—人三位一体的TSP（time-space-people）模型（图1），致力于将大尺度城市设计在这三个维度进行定位和剖析，每个维度都可以细分为尺度与粒度两个刻画指标，如在时间维度，一般需要考虑未来5~10年内的城市状态，考虑到城市开发建设的周期，时间维度的粒度一般以年为单位；空间维度上，则对应整个设计范围，并达到街道甚至单体建筑粒度；对于人的维度，需要考虑设计范围内的居民以及访客，粒度上至少要到不同类别的人以及弱势

群体，如有必要，需要细化到个人。TSP模型也适用于交通领域。

在TSP模型的指导下，笔者提出了利用新数据支持总体城市设计的框架体系，具体给出了不同空间尺度对不同角度的认识，涵盖开发、形态、功能、活动和活力五个方面，这一框架还适用于时间动态分析（表1）。

三、城市设计的时间性：尺度与粒度

无论是城市空间还是生活在空间中的人群，其演变与过程都具有明确的时间性（如历史上的场所及其记忆）和动态性，这也是未来发展的重要指向。从时间性角度探讨城市设计具有重要的启发意义。

要探讨城市设计的时间性，主要涉及尺度与粒度两个概念，时间尺度是指所关注时间的历史范围或未来时长，时间粒度则是指关注城市空间和承载人群的基本时间单位。城市设计的历史文脉分析往往可以追溯若干个世纪，研究材料多依赖于地方志、历史地图甚至是文学作品，时间粒度往往以10年作为单位；近期历史回顾往往关注过去若干年的发展轨迹，多依赖于统计年鉴、普查或小规模调查、遥感影像等，时间粒度一般以年为单位，如基于年鉴资料分析设计范围的社会经济发展变化以及基于遥感解译方法判断设计范围的用地扩张；部分现状调查，如场地的环境行为调查，时间粒度可以细致到分钟甚至秒，但总的观测时间多为1小时甚至是10分钟；而对未来的展望，一般短则5年长则20年，多简单地利用近期、中期、远期作为城市设计付诸实现的时序，少有在精细化时间尺度（如月份）的策划。可以看出，鉴于数据支持、观测技术发展水平和研究精力的局限，城市设计时间性的两个维度（尺度与粒度）存在折中，即长时间尺度难以具体观测到细时间粒度的演变，细时间粒度下难以观测较长的时间尺度（图2左）。

城市设计时间性尺度与粒度两个维度的折中使得我们认识城市空间与城市生活具有明显的局限性，例如同样是1分钟甚至更细的时间粒度观测城市街道空间，1小时内能够观测到街道空间的不同类型城市活动的数量和比例，1日内能够感受到街道活力不同时段的变化，1年内能够观测到街道店铺的改变对人流的影响，10年内则可以评价周边的城市更新项目对街道承载的公共生活的影响。这点类似于1分钟可以了解人的脉搏和心率，1日可以了解人的通勤行为，1周可以了解他/她的生活圈，1年可以看到他/她的城市内与城市间的出行比例，10年则可以看到年龄增长带来的生活方式的

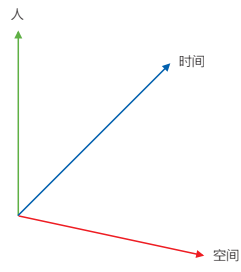


图1 大尺度城市设计的TSP模型

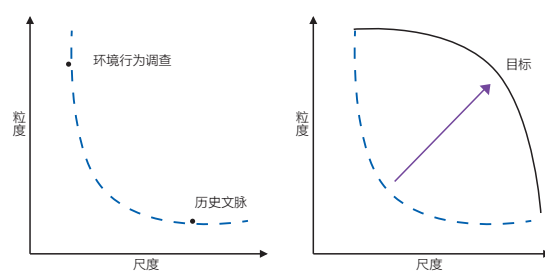


图2 城市设计的时间性中尺度与粒度的折中(左)以及新数据环境带来的机会(右)(高粒度对应更短的时间长度)



图3 动态街景数据提供了人的尺度的城市街道空间的变化(图片来源:腾讯地图)

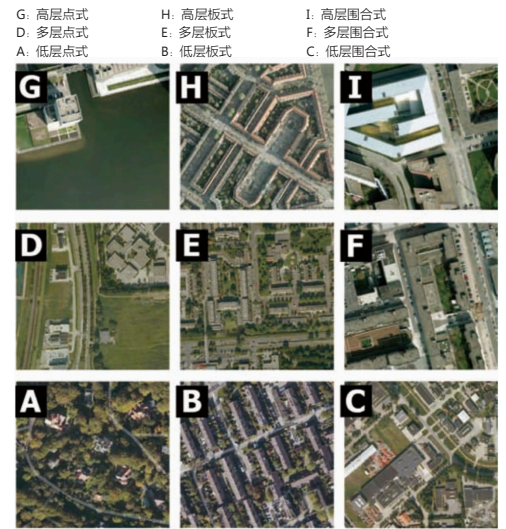


图4 Spacematrix关注的九种基于建筑物的城市形态(图片来源:参考文献[8])

改变。为此,突破目前城市设计时间性尺度与粒度的折中,实现在长的时间尺度、精细化的时间粒度连续观测城市空间与人群的演进过程,有望进一步促进设计师思考城市设计的长久效应问题。

新数据环境的出现,为缓解这种折中提供了机会(图2右)。例如手机、公交智能卡、信用卡和摄像头等产生的数据,多能够以秒为精度长时间(如多年)记录个人和城市空间的变化;部分政府网站上也能够提供精度为日的持续多年的用地规划许可证资料,这些数据呈现了城市空间开发的连续过程;在线地图网站提供的街景数据,则使得在人的尺度观测大规模街道空间的微小变化成为可能(图3)。这些新数据除了为更加客观和全面地认识场地提供了可能外,还为追踪设计方案的实施效果并对其进行评价提供了新的机会。

四、城市设计的空间性：大模型研究范式

城市设计的空间性也存在尺度和粒度两个维度,只是城市设计注定了其空间粒度多为建筑和街道尺度,因此尺度维度更为关键。城市设计的尺度一般从区段城市设计的几公顷到总体城市设计的几百平方公里不等,如本文第二章所讨论,总体城市设计尺度超越了设计师的理解和居民的日常生活感受,新数据环境与应用城市模型(Applied Urban Modeling, AUM)为大尺度城市设计的空间判读提供了重要的技术支持。

考虑到大尺度城市设计涉及大量的空间单元,不同片区特点各异,需要考虑片区内的特点又要结合片区间的联系,为此可引入“大模型”(Big Model)这一方法论进行支持,^[7]其兼顾了研究尺度和粒度(如细粒度下研究大尺度空间),多采用简单直观的研究方法,致力于归纳城市系统的一般规律及地区差异,进而完善已有或提出新城市理论,最终实现支持规划设计和其他城市发展政策的制定。已有大模型实证研究,在尺度维度多关注整个中国的城市系统,粒度维度多为地块、街区或乡镇^[4]。要在大尺度城市设计中应用大模型,考虑到空间尺度下降了一个级别,从整个城市系统缩小到一个城市,空间粒度从街区也相应下降到建筑和街道,研究的样本量同样巨大,因此具有应用的可行性,只是需要对具体分析做适当的调整,如以每个片区内的空间单元作为一个系统,关注片区内部的空间组织与联系,并考虑片区间的相互作用。

建筑与街道为城市设计中的基本空间单元(可见表1中相应的分析框

架),尤其是建筑作为城市形态分析的核心数据之一,结合街区边界,可以对每个街区的城市形态类型进行评价。由城市形态学家贝格豪泽·庞特(Meta Berghauser Pont)和豪普特(Per Haupt)提出的Spacematrix方法,可以基于每个地块的建筑密度和容积率指标支持这一过程的实现,进而量化城市形态(图4)。^[8]

从街道尺度研究城市设计的空间性,可参考笔者提出的街道城市主义这一以街道为单元的城市空间分析、统计和模拟的框架体系。^[9]图5为街道活力的测度方法,以及街道活力的影响因素,其中部分因素可以基于“空间句法”(Space Syntax)方法计算获得。^[9]街景数据也是对街道指标(如其品质和空间构成要素)进行测度的重要数据源。

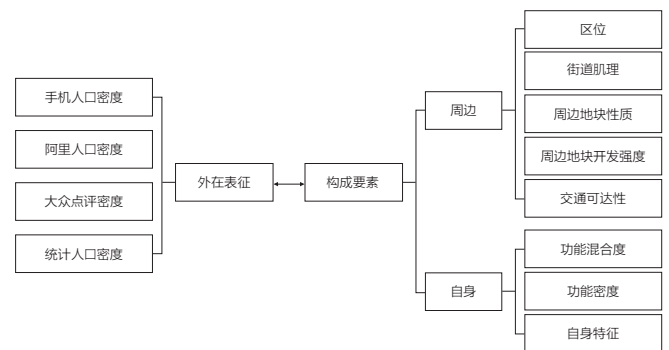


图5 街道活力的测度及其影响因素一览(图片来源:参考文献[9])

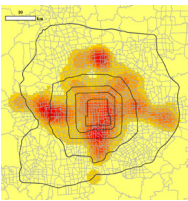
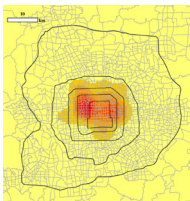

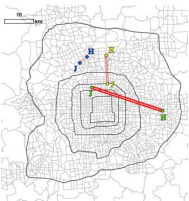
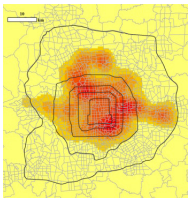
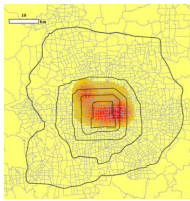
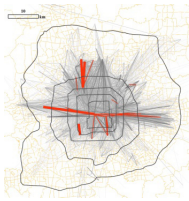
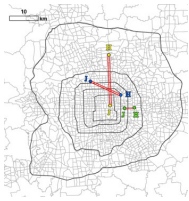
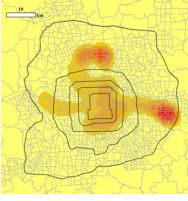
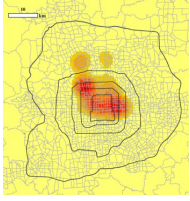
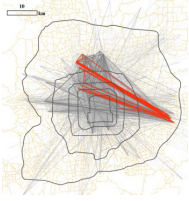
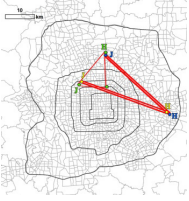
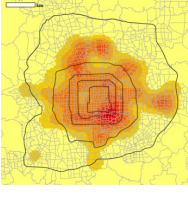
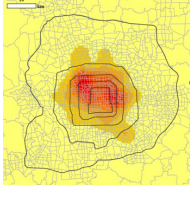

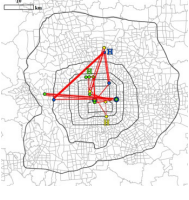



需要强调的是,城市设计的空间性,不仅要考虑现实空间,还要考虑虚拟空间,除了要关注其空间性(space),更要关注其场所性(place),这就引出了城市设计中的个人性。

五、城市设计中的个人性：活动、移动、情感、记忆与需求

人是城市设计中场所营造的受众,也是将空间转换为场所的主体。直到现代,人还有着远古狩猎采集者的心以及远古农民的胃,^[10]城市设计中需要考虑原真的人性,回归人的尺度的空间使用特征的判读,关注他们在空间中的活动和移动,关注他们的情感与记忆,并致力于满足他们的需求。

已有城市设计多通过社会调查、场地观察、资料搜集等方法对人群进行分析,与城市设计的时间性与空间性相同,都存在尺度与粒度两个维度

表2 基于公共交通刷卡卡数据识别的北京四种极端出行人群的相关特征^[11]

极端出行人群	居住密度	就业密度	通勤出行	典型出行
早起的鸟儿	 (10.3 k)	 (9.4 k)	 (4.9 k)	
夜晚的猫头鹰	 (31.6 k)	 (25.0 k)	 (17.5 k)	
不知疲倦的行者	 (6.7 k)	 (6.7 k)	 (6.7 k)	
反复兜转者	 (25.4 k)	 (7.8 k)	 (2.7 k)	
图例	 低 高		 低 高	

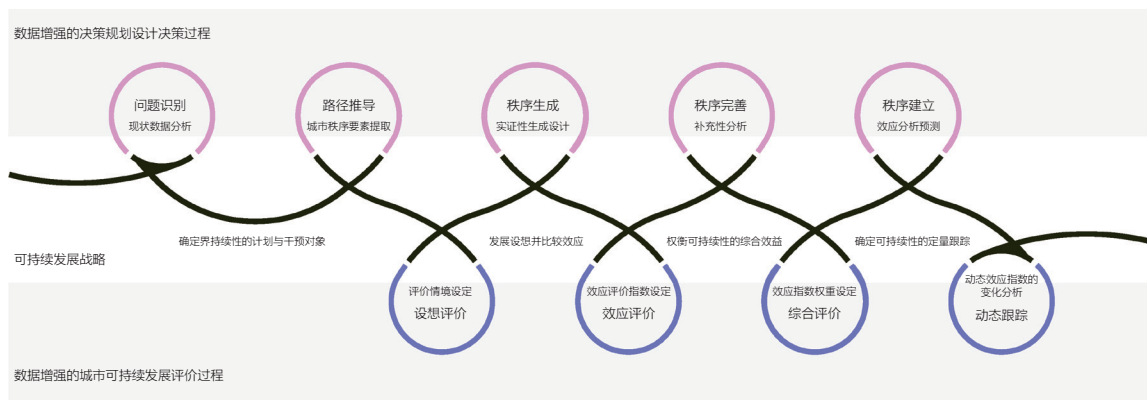


图6 数据增强城市设计与城市秩序塑造 (图片来源: 参考文献[12])

的折中，即或者认识场地所有人的总体特征，如基于年鉴数据了解人口和就业的结构特征，或者在个体层面认识小部分行为者，如基于问卷调查了解少部分人群对空间的需求特征。已有研究和设计少有能够兼顾大规模人群和个体层面。

新数据环境的出现，同样为突破城市设计中人的认识尺度与粒度提供了机会，即目前有越来越大的可能在个体层面认识场地相关的全部或大多数人的信息，甚至在个人层面做到生命记录或“量化的自我”。如基于手机信令数据可以对人的活动和移动进行长时间和大范围的刻画；基于公共交通智能卡数据可以对场地及其周边的联系进行评价，并对所有或特定群体的持卡人进行多个维度的画像（图6）；^[11]基于微博和论坛资料，可以对场地及其周边的人的情感/情绪进行较大范围的评判；基于位置照片和微博中的照片，则为认识本地居民与游客对场地的记忆提供了较为直接的渠道；而人的需求则可以通过对现状的客观评判提取，也可以采用众包的线上调查的方式得到较大规模的反馈。

六、对面向未来的城市设计的理解与展望

本文构建了大尺度城市设计的时间、空间与人的TSP模型，并分别从各自角度讨论了新数据环境下突破尺度和粒度二者之间折中的可能，实际对应龙瀛所总结的新技术环境下定量城市研究的四个变革的前三个，即空间尺度上由小范围高精度、大范围低精度到大范围高精度的变革，时间尺度上由静态截面到动态连续的变革，研究粒度上由“以地为本”到“以人为本”的变革。TSP模型将为新数据环境下探索城市秩序的可持续内涵提供重要的支持（表2），^[12]这不仅仅体现在对现状城市秩序的认识，还包括为创造未来的城市秩序提供机会。^[13, 14]

目前新数据环境下的研究多是对现状问题的判断（understand），而少有对将来城市空间与生活的展望（create）。大尺度城市设计作为面向未来的工具，核心是基于对现状问题和需求的深刻认识以及未来发展机遇的判断，创造未来城市空间与生活的可能。为此，下文简要列出TSP模型支持下的数据增强城市设计在大尺度城市设计中的应用场景。

其一，现状评价及问题诊断。可基于表1的框架对场地的现状进行评价，进而识别存在的问题。对于新数据较为稀少、相对空白的场地（如新区），可以利用传统数据结合现场调研进行评价和诊断。

其二，目标量化。新数据环境对场地的分析局限于现状，为了制定面向未来的发展目标，可将优秀的案例作为设计场地的目标，具体数值可以通过利用新数据评估优秀案例计算获得。

其三，方案生成。针对相对空白的场地，可以采用地理设计（GeoDesign）、基于过程建模（Procedural Urban modeling）、生成式设计（Generative design）等方法进行设计支持。针对城市化地区，可以借鉴优秀案例体现的开发—形态—功能—活动—活力的关系，识别不同类型城市形态的优秀基因，提取模式，构建设计方案。

其四，方案情景分析。多个总体城市设计方案，首先可以利用空间句法和Spacematrix方法进行评价，还可以基于对已有案例形态与功能、活动和活力的关系提取，对设计方案的功能、活动和活力等维度的效应（performance）进行预测，支持方案选择。

其五，方案追踪评价。随着方案实施，可以利用针对物质空间和社会空间的新数据对方案的实施情况和效果进行跟踪监督、效果评估和运营更新。

笔者在参与总体城市设计的教学过程中（截稿时该课程尚在进行中）也发现，随着新数据的提供，学生存在过度依赖分析场地现状，而对面向未来的设计缺少创造力的问题，更为全面的总结，还有待另撰他文。本文是笔者尚不成熟的思考，其中对大尺度城市设计的判断，限于技术层面的时间、空间和人三个维度，并没有从空间权利、生产与资本等视角进行探讨。■

注释

①详见<http://www.beijingcitylab.com/projects-1/17-data-augmented-design>。

②北京清华同衡规划设计研究院有限公司王鹏语，详见北京城市实验室（BCL）的幻灯片（Slides）栏目。

③详见李昊的《街道活力的真相：如果鹿晗来做城市规划会怎样？》，2016年4月14日发布于微信号“市政厅”，http://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MzA5NzYzMzEwMQ==&mid=402027297&idx=2&sn=aefb716b2e9a6f65842da791d26eb082&scene=2&srcid=0414qu5mE4z2hdNPixxz8532&from=timeline&isappinstalled=0#wechat_redirect。

④具体内容可见笔者将发表于《城市与区域规划研究》中的《新数据环境下的细粒度中国人人居环境研究》一文。

参考文献

- [1] LIU Xingjian, SONG Yan, WU Kang, et al. Understanding Urban China with Open Data[J]. Cities, 2015(47): 53-61.
- [2] 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.
- [3] 刘伦, 龙瀛, 巴蒂·麦克. 城市模型的回顾与展望——访谈麦克·巴蒂之后的新思考[J]. 城市规划, 2014(8): 63-70.
- [4] 龙瀛, 高炳绪. “互联网+”时代城市街道空间面临的挑战与研究机遇[J]. 规划师, 2016(2): 23-30.
- [5] 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(4): 128-132.
- [6] 王建国, 阳建强, 杨俊宴. 总体城市设计的途径与方法——无锡案例的探索[J]. 城市规划, 2011(5): 88-95.
- [7] 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): 55-63.
- [8] 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的分析与居民活动检验[J]. 国际城市规划, 2016(1): 26-33.
- [9] 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.
- [10] 赫拉利. 人类简史：从动物到上帝[M]. 林俊宏, 译. 北京：中信出版社, 2014.
- [11] 龙瀛, 孙立君, 陶遂. 基于公共交通智能卡数据的城市研究综述[J]. 城市规划学刊, 2015(3): 70-77.
- [12] 沈尧, 龙瀛. 数据作为设计的工具性：在新数据环境下探索城市秩序的可持续内涵[J]. 景观设计学, 2015(3): 10-14.
- [13] ALEXANDER C. The Nature of Order: An essay on the Art of Building and the Nature of the Universe[M]. Berkeley: The Center for Environmental Structure, 2002-2005.
- [14] JIANG Bin. A Complex-Network Perspective on Alexander's Wholeness[J/OL]. [2016-04-25]. arxiv.org/abs/1062.08939.

作者简介：龙瀛 清华大学建筑学院副研究员

沈尧 伦敦大学学院巴特雷特建筑学院博士研究生

收稿日期：2016-04-27