

城市形态与数字化城市设计

Urban Form and Digitalization of Urban Design

关成贺
Guan Chenghe

摘要: 18世纪中叶,英国的约翰·斯诺使用空间分析方法研究伦敦流行病的爆发,奠定了现代社会城市形态应用于解决城市问题的方法论基础。随着计算机计算速度的提高和大量数字化数据的出现,城市形态学在数字化城市设计中的应用得到进一步的发展。本文从凯文·林奇的城市形态学元素的分析入手,结合城市形态学在数字化城市设计教学中的应用、实践与研究来探讨其所带来的影响。结合国际学术领域的发展和案例,在世界范围内探讨城市形态学与数字化城市设计在未来的重要意义。

Abstract: In the mid-18 Century, John Snow utilized spatial data analysis to trace the source of a cholera outbreak in London. His methods established the fundamental theory of using urban morphological study to solve practical urban issues. Accompanied by rapid innovation, technological improvement, and increasing computational power, urban morphology has been widely applied to digitalization of urban design. Through the urban form elements proposed by Kevin Lynch, this paper introduces the development of urban morphology in relation to digitalization of urban design in education, design practice and academic research. This paper adopts a variety of international case studies and discusses the importance of urban form and digitalization of urban design at a global scale.

关键词: 城市形态; 空间分析; 数字化城市设计; 城市强度

Keywords: Urban Form; Spatial Analysis;
Digitalization of Urban Design;
Urban Intensity

哈佛大学中国能源经济环境项目、哈佛大学约翰·鲍森工程和应用科学院和哈佛大学全球学院首届研究基金“中国2030年/2050”研究课题

作者: 关成贺, 哈佛大学设计研究生院, 波曼学者; 哈佛大学鲍尔森工程和应用科学院, 研究员。cguan@gsd.harvard.edu

如何建设可持续发展的健康城市是城市形态与数字化城市设计中的重要问题。1855年,英国的约翰·斯诺(John Snow)使用空间分析方法研究伦敦流行病的爆发,奠定了现代社会城市形态应用于解决城市问题的方法论基础。这种最初的数字化分析使用的是简单实用的空间聚集方法,对高密度病原住户和饮水供应源头进行对比和匹配。随着工业革命、移民和战争等一系列时间对城市的摧毁、重建和扩展,在百年后的1961年,法国地理学家简·高特曼(Jean Gottmann)把人类居住的环境从单个城市扩大到了城市群规模尺度。这也使得当时由凯文·林奇(Kevin Lynch)领衔的城市形态研究遇到了更大的挑战。随着计算机速度和能力的提高,以及大量可使用数据的出现,城市形态学在数字化城市设计中的应用得到进一步发展,其中包括迈克尔·拜提(Michael Batty)等建立的城市发展模式体系。在新的经济、政治和社会环境下,城市形态学需要和数字化城市设计结合,在城市设计教学、研究和实践中为可持续的智慧城市发展和居民健康提供规划设计政策层面的建议和帮助。

1 城市形态学与空间分析方法

人类对城市形态的了解可以追溯到亚里士多德的密度与分工(specification)。密度的概念成为人类认识和衡量社会城镇村庄的最重要的概念之一。从基于单核城市的租赁理论(Rent Theory)到多核城市的发展,尤其是20世纪60年代开始出现的城市群(megalopolis)概念,使得密度作为一个单独的衡量标准不能满足日益复杂的城市学研究。然而在日益复杂的城市空间结构和社会经济体系面前,单一维度(譬如说密度)的衡量标准不能满足对城市本体及细部的认知,从而达到为城市设计提供指导的目的。在这样的背景下,包含密度在内的一系列空间分析指数,其中很多已经被其他学科所广泛使用,比如紧凑度、多样性、通透率等,被综合起来共同衡量我们所居住的城市体系。因此而产生的现代城市形态学(Urban Morphology)通过对城市空间结构的形成和变化过程的研究,

结合城市基础设施、道路系统、公共设施和居住区域等形成的空间特点,对城市建设环境的综合性分析^[1,2]。同时,城市形态学也包含与城市建设环境相关的城市功能、社会关系,以及经济文化技术的发展等问题。安吉尔(Shlomo Angel)强调了城市形态的历史传承对未来城市发展的作用,他通过1666年伦敦大火之后的重建来阐明土地所有权对伦敦新城市形态的影响^[3]。王建国通过城市网络来理解城市形态的规划和组织。他提出了遵循自然条件的自下而上的城市同源理论^[4]。克里斯托弗·亚历山大(Christopher Alexander)在他的《自然的规则》一书中强调了可持续的城市形态和建成环境模式,他以生命为中心的城市发展变化作为出发点,强调了维护转换(preserving transformation)和破坏转换(destroying transformation)的区别。杨俊宴把对于城市形态的理解融入于城市设计流程当中,他的研究基于数字化空间分析技术的出现和在政策层面的对城市发展的指导^[5]。徐刚则把城市形态具体应用到山地复杂地形的实践中,他强调了城市形态的多维空间性^[6]。

2 城市形态学的研究和发展

为了更好地通过城市形态来理解城市的过去、现在与未来,我们要通过城市本体特性来帮助解决城市设计、城市规划以及建筑景观设计所遇到的问题。城市的本体特性包括街区、路网、尺度等一系列问题。尔文(Ewing)和塞韦罗(Cervero)在2010年提出了“5Ds”的概念。这个概念使用了密度、多样性、设计、公共交通距离和目的地可达性来衡量建成环境^[7]。这个标准更适合美国城市的形态和交通方面的研究。结合中国城市特点,通过对密度、紧凑度、多样性和连接性的综合衡量,关成贺和罗伊(Rowe)提出的“城市强度”概念是观察城市形态与城市设计相结合的一个新视角^[8]。本文首先通过对抽象概念的单核、多核和线性城市的强度分析来设定基本评价标准,之后将城市形态应用于城市设计教学研究,最后对具体案例进行城市形态与数字化城市设计分析。研究结果一方面将城市形态与数字化城市设计相结合,另一方面对城市形态概念的分析推进了20世纪60年代以来由麻省理工学院凯文·林奇所引领的城市形态学研究。

2.1 从城市密度的视角看城市形态

密度是一个有着悠久历史的概念。从最初科学界对物质质量(m)与体积(v)的定义开始,密度($\rho = m/v$)这个概念就一直在社会、科学和自然领域的发展中占有重要地位。亚里士多德从生命科学研究的角度出发,通过对动物体和自然界系统性的研究,来探讨一种对密度分布的有秩序的科学理解(organized scientific understanding)。埃米尔·

迪尔凯姆(Emile Durkheim)通过亚里士多德的速度与密度视角,在他的《现代化理论》一书中用动态密度(dynamic density)对劳动力专门化(specialization)进行阐述^[9]。埃米尔认为,在亚当·史密斯提出的社会需要与分工(division of labor)的基础之上,人口密度成为最重要的推动社会分工的动力。然而,如果人口的增长保持在一种相对隔绝(relative isolation)的状态,那么人口红利并不能推动社会分工^[10]。只有在人与人/团体与团体的交流不断增加的情况下,社会分工才能被推动,社会连带关系(social solidarity)才能转变。显然,这涉及到了空间分布和连结性(connectivity)等一系列问题。

在城市研究领域,至少从19世纪后半叶开始,学者们已经开始把城市密度和城市设计、城市规划、和景观设计相结合。埃比尼泽·霍华德(Ebenezer Howard)提出了单核到多核城市形态的转变,在霍华德的花园城市概念图中,他提出了58 000人、12 000英亩的中心城(相当于1 190人每平方公里的密度)和32 000人、9 000英亩的卫星城(相当于每平方公里880人)的结合方案,并用城市绿带相隔,来缓解城市人口密度过高和城市居住环境的恶化。虽然这种密度已经与当今大城市里面实际人口密度不匹配,但是他提出了对人口密度进行控制的一种规划手段,成为之后现代城市规划条例(zoning ordinance)的先驱。在规划界为人熟知的容积率(floor area ratio)是基于1916年纽约市对建筑高度控制而出台的法规衍生而来,并于1961年被规划部门正式使用。容积率的出现有效地控制了密度过高和高层建筑造成的对城市空间阳光和空气的遮挡。在高密度的大城市里,人口密度是项目开发和土地价值的一个重要决定因素^[11-14]。而能有效控制城市规模密度分布的就是每个地块的容积率。1961年之前,曼哈顿一些地块的容积率可以达到10以上,帝国大厦甚至高达25。目前,纽约市的很多高层开发项目维持在5~6之间。在中国,值得思考的是一些新开发地块的容积率在2左右,这种相对较低密度解决了人口膨胀的同时是否会带来城市蔓延(urban sprawl)等问题^[14]。

2.2 多维度的城市形态

凯文·林奇(Kevin Lynch)从20世纪60年代开始对城市形态学发展起到了里程碑式的贡献。他的几本著作,包括《城市意象》(The Image of the City, 1960)、《城市形态理论》(A Theory of Good City Form, 1981)、《城市形态》(The Form of Cities, 1954)、《城市群的模式》(The Pattern of the Metropolis)奠定了现代城市形态的理论基础。林奇在《城市意象》一书中阐述了他对“意识地图”五要素的理解:点(nodes)——可以使中心点或者是道路交叉点;线(paths)——街道,

小径, 还有其他出行渠道; 面 (districts) —— 不限于行政区划的文化经济人口等多方面的划分; 边界 (edges) —— 无形的和有形的, 这也是对城市扩张空间分析的一种定义, 可以和边界城市 (edge cities) 相互贯通; 标志物 (landmarks) —— 被使用在公众认知研究中, 例如, 王建国对南京老城城市高度研究中使用的要素关键词热度排序^[4]。如图 1 所示, 林奇通过对波士顿、泽西城和洛杉矶的分析, 得出了城市意向并且阐述了在城市空间里道路寻找 (wayfinding) 的概念。

林奇之后, 计算机技术的提高对城市形态学研究的发展起到了巨大的推动作用, 就像人类历史上每次技术革新一样, 无论是钢筋建材和电梯对竖向城市的促进, 还是二战后房贷以及福特汽车产业对城市蔓延的推动。以纽约市曼哈顿为例, 在 19 世纪前半叶, 城市人口增加了 4 倍以上。面对不断增加的住房需求和对更好的城市公共环境的向往, 出现了一系列的应对措施, 这些措施既互相补充也互相排斥:

- (1) 中央公园的设立, 这块 700 英亩的土地于 1853 年通过法案, 1857 年开始由奥姆斯特德 (Olmsted Sr.) 进行设计。150 年后的今天, 中央公园从根本上改变了曼哈顿的城市形态和空间结构;
- (2) 集合住宅 (tenement house) 的出现;
- (3) 郊区化的出现;
- (4) 高层建筑物对城市中心的占领。

从单一的单体住宅到集合住宅和高层建筑的流行有着深远的社会影响。刘易斯·芒福德 (Lewis Mumford) 把密度和人口、城市扩张与城市发展等概念结合, 对控制人口密度的增加和由单核城市到多核城市的演变表示了积极的态度^[15]。芒福德认为人口密度造成的城市核心集聚产生了一种社会规范 (social norm)。一些经济学家的研究得出结论, 高密度城市的人均生产力创造力都比低密度城市有显著提高。格雷泽把这种现象总结成生产力外加值 (productivity premium), 他认为犯罪率、教育背景和工资收入都有相关性^[16]。高密度的城市形态会给城市居住环境带来巨大的负面影响。从芝加

哥的共同住宅 (tenement model)、纽约的哑铃住宅 (dumbbell housing)、柏林的战壕租户 (rental barracks / Mietskaserne)、布宜诺斯艾利斯的条形住宅 (conventillos) 到孟买的纺织宿舍 (chawl), 都是工业化城市后期出现的高密度社区。尼尔·布任尼在他的城市理论研究中提出了从部分切入 (partial incision) 到全局统筹 (comprehensive visions) 的理论^[17]。他认为, 对资本空间的再设计是遵循一定的阶段变化的。如图 2 所示, 坐在悬挑在曼哈顿上空钢筋上的建筑工人作为劳动力和他们身下的不断长高的城市空间的对比, 是衡量城市形态中资本运营的经典之作。

2.3 城市形态与数字化空间发展模型

对凯文·林奇提出的城市形态理念, 经历了最初的逐步认识城市本质的探讨之后, 也受到了对这种认知所带来的局限性的评论。虽然城市设计者将城市的意象广泛应用于实践, 但是对于使用者来说, 缺乏城市空间的整体性认知的情况下, 对所产生的城市空间序列往往是较为零碎的^[18]。林奇在之后的《城市形态》一书中, 也对形态核心和主观认知的局限性做出了回应: 他认为对静态化的城市认知忽略了城市发展演变过程中的更为复杂的空间关系。以迈克尔·巴蒂 (Michael Batty) 为代表学者, 从城市模型入手, 对城市和区域形态的发展进行了模拟^[19]。这种由静态到动态的研究方法是城市形态学的一个突破, 包括技术层面和理论层面。

数字化空间模型被引用到城市学研究后, 对一些概念的细分和精准化要求更加严格。比如城市密度的概念包括建成表面密度 (land cover density), 建筑物空间密度 (building density), 以及被广泛应用的人口密度。加拿大的健康统计指标又把不同人口密度作为人居社区健康特质的重要评价标准。在潘卡·吉马瓦特 (Pankaj Ghemawat) 所阐述的 CAGE 模型里, “连结性” 包含了文化、行政、地理和经济^[20]。这

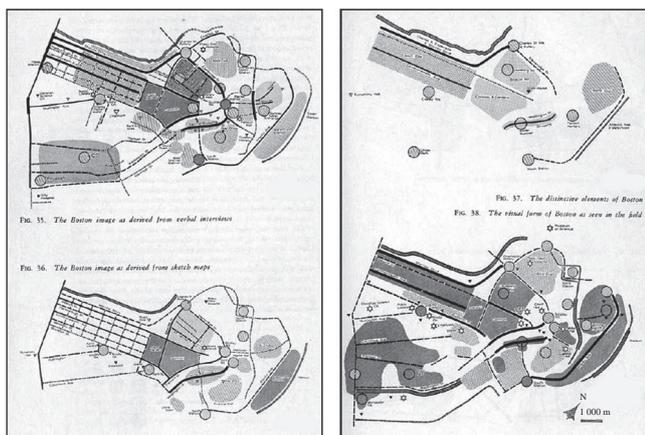


图 1 通过城市的意象五要素对美国马萨诸塞州剑桥市的分析
资料来源: 参考文献 [15]



图 2 1932 年 9 月 20 日洛克菲勒中心建筑工地 (非现实场景)
资料来源: 纽约先锋论坛报 (New York Herald Tribune), 首次发表于 1932 年 10 月

些连结性在不断变化的环境下又造成了更加错综复杂的空间关系网。紧实度，则反映了在城市扩张过程中减少对周围环境、保护区域和可种植可造林等区域的侵占。多样性，延续生物学的理念，对城市功能空间分布的种类、范围和影响力做出了衡量。综合密度、连结性、紧实度和多样性，可以得到一个城市强度的概念。这个概念被用来提出一种城市形态的假设案例，为城市模型的使用做基准。如图3所示，这种假设案例可以分析单核、多核和线性城市在不受地理、气候和自然环境影响下的状态。

城市强度的概念也被应用于浙江省特色小镇的研究。值得注意的是，城市形态空间分析的一个持久问题是规模尺度，包括具体空间标准和城市研究范围的问题。就像地理信息系统的前期研究出现在哈佛设计研究生院时就在试图解决的“可改变面积单位问题”（modifiable area unit problem）一样，城市形态的数字化研究也会要不断地去更新对一系列问题的认识，比如生态谬误（ecological fallacy）和选区改划（gerrymandering）^[21]。接下来，通过城市形态学需要思考的研究问题有：第一，什么样的城市形态是最高效的？第二，不同大小的城市是否应该遵循同样的空间布局规律？

3 城市形态在数字化城市设计中的决策与应用

3.1 城市形态和城市强度在数字化城市设计教学中的应用

城市强度的概念适用于数字化教学的实践。通过空间分析方法来及时反应出蕴含在设计方案中的潜在空间关系。这种教学方式在传统设计教学的基础上，不仅提高了学生对方案实践本身的自我探讨机会，同时也加强了对地理信息系统和数字化技术在设计中的运用。城市强度的概念被应用于哈佛大学设计研究生院的课程。在名为“城市设计中的城市更新”的设计课程中，来自城市规划与设计系、建筑系和景观建筑系的12名硕士研究生参与了此课程，在对位于深圳的基地进行现场调研之后，12名研究生被分为四组分别从

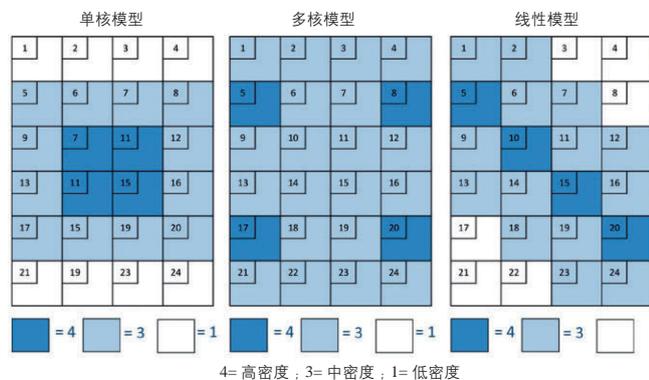


图3 城市形态假设案例
资料来源：作者绘制

同的角度来探讨城市强度概念对城市设计方案的影响。比如，第一个方案着重于环境危险性，通过对景观绿地系统的分层来提高城市韧性并对海平面上升问题提出解决方案。具体来讲，绿地系统被分为城市绿地、林业用地和临水湿地。几种不同的组合方案产生了城市强度的差异，尤其是在建筑密度保持恒定的情况下紧凑度的变化。这种差异系数成为评价景观绿地系统与建设用地相结合的一种设计指标。第二个方案强调对运河水系和填海土地的认识，并参照阿姆斯特丹、威尼斯和苏州等先例作为城市强度的衡量标准。第三个方案从社区类型（neighborhood typology）入手，研究自下而上的街区设计与城市强度的关系（图4）。最后一个方案则侧重于普通城市路网（generic grid）和有机城市路网（organic grid）与城市强度的关系。城市强度概念在城市设计教学中的使用是把数字化技术和城市设计课程结合的一个初步尝试。在将来的教学过程中，如果能把城市发展模型与城市形态的空间分析有效地结合，那么数字化城市设计教学水平会得到进一步提高。

3.2 城市形态量化分析在数字化城市设计实践和研究中的应用

城市形态学的概念被应用于城市设计和规划的实践。在国家大力发展特色小镇政策出台之前，浙江省对境内的40个小城镇的发展潜力进行了研究。在长三角数据发展研究院（TDDR）的支持下，策略分析的重点集中在四个层面：

- (1) 小城镇与外部连结紧密程度（provision of linkage and network）；
- (2) 产业集聚效应的规模化影响（agglomeration and economies of scale）；
- (3) 城市化进程中的物质和非物质

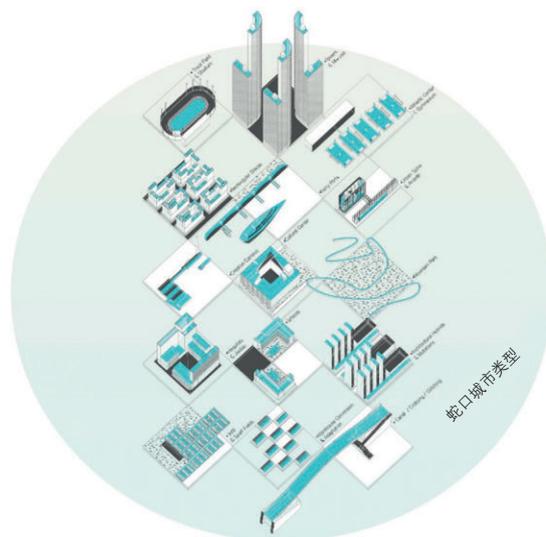


图4 方案3提出的城市街区类型方案

资料来源：哈佛大学设计研究生院2014春季学期城市设计课程。指导教师：彼得·罗、关成贺和尼克·史密斯。设计者：蒂安·努仁（Thien Nguyen）和奥泰·托尼阿里（Orcun Tonyali）

文化遗产的保存以及本地特征 (place identity); (4) 新开发土地, 土地再开发与环境设施的平衡关系 (environmental amenity)。

所选小城镇主要集中于浙江北部经济较为发达地区, 目的是能更快更有力度地推进城市设计和规划, 为经济欠发达地区起到引领作用。目前阶段, 数字化城市设计在中国遇到的最大问题之一就是数据采集以及数据的统一性^[22]。通过百度地图等网上公开信息作为基础, 每个小城镇获取了平均 500 家左右的商业实体, 并通过坐标参照系将这些实体插入地理信息系统和道路网络、地质地貌等层级结合。在下一步的场地调研中, 平均 500 家的商业实体增加到了超出 1 000 家。这在网络公开数据统计欠缺的国家并不特殊, 比如印度孟买地区和哥伦比亚博格达地区都遇到了类似的问题。这种问题的出现体现了两点: 一是自上而下的信息收集的时间滞后性, 这需要更完善的网络空间统计系统 (online spatial and statistical registration system)。二是自下而上的临时运营商、分组分包和家庭型以及非商业非营利组织运营等。这种多维度商业体系虽然存在管理方面的问题, 但是也为土地使用的多样性和在美国常常出现的居住区商业滞后问题提供了解决途径^[22]。如果能建立起将自下而上和自上而下良好结合的数据平台, 那么这种不断积累起来的数据库会对时间空间的结合 (spatio-temporal) 提供宝贵的数据支持, 也能够解决中国一直存在的纵向 (longitudinal) 研究数据的缺乏问题^[22,23]。

如图 5 所示, 这种数据可以按照使用功能细分到 15 种不同类型。为了便于场地调研与地理信息系统的数据更好结合, 以道路系统为基础, 每个交叉路口都使用数字来代表。在视觉层面则以占地面积和颜色来区分。这张地图背后的数据清单是通过交通可达性分析而来。

在数据采集和数据整理之后, 接下来的是数据分析, 这个过程包含了对城市形态量化方法的使用和空间分析方法的应用。比如, 城市强度的概念包含了紧实度、多样性、密度和连结性^[8]。紧实度在这里是指人口空间分布的紧密状况。通过欧几里得距离 (Euclidean Distance)、单位空间内的人口数量和该单位空间周边的人口数量等参数, 对紧实度进行量化。多样性在这里是对土地使用和建筑功能的综合分析。这种以建筑单体为最小单位的计算方式和利用规划分区的方式相比, 能够得到更精准的结果。在计算过程中, 自动计数分级和目测检查同时使用来减少误差。密度使用的是传统的人口密度, 但是, 人口估算是对实际居住人口而不是户籍人口。连结性考虑了物理距离和社会距离, 通过重力模型的人口与距离平方比得出连结性系数。最后, 这四项参数被综合到一起成为测量城市强度的算法。这种城市形态的分析方法可以同时应用到现状规划和未来规划的比较研究中。如图 5 所示, 绍兴市绍兴县钱清镇的现状 (2015) 与 10 年规划图的可达性比较。可以看出, 该镇可达性中心并未因新的规划而改变。在保留和发展原有城镇中心的政策下, 这种可达性规划是合理的。现状与未来的区别在于, 河岸以东地区较高可达性地块数量大量增加。

城市形态量化分析不仅在数字化城市设计的宏观层面能够提供政策性建议, 在更为微观的层面也可以发挥作用。选址分析 (location analysis) 是城市化研究的一个历史较长而又涉及广泛的课题。德国派系 (German School) 的范·图奈 (von Thunen)、克里斯托勒 (Christaller) 和罗氏 (Losch) 等人提出的空间经济地理, 在数字化技术飞速发展的今天, 再次成为研究的焦点。以 2008 年诺贝尔经济学奖获得者保罗·克鲁格曼 (Paul Krugman) 为代表的新城市经济地理学

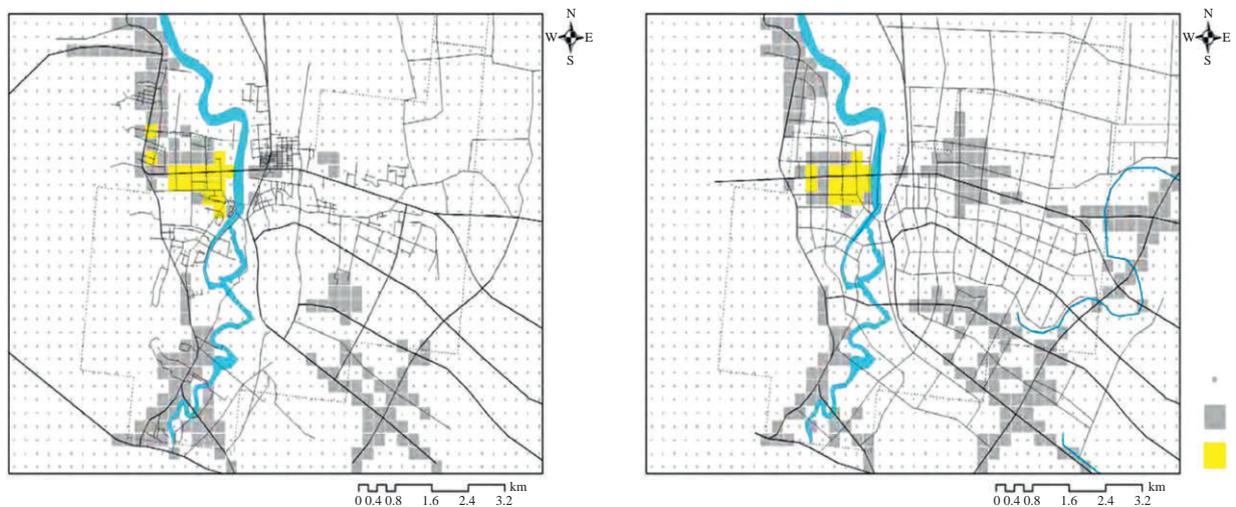


图 5 数字化城市设计规划分析: 钱清镇可达性分析的现状 (左图) 与未来 (右图)

资料来源: 作者绘制

派开始对空间模式的逻辑和数学背景进行重新探讨。以新城市经济学为理论基础，在所选的浙江省40个小城镇中城市强度排序前20位的城镇里面，通过城市形态方法进行商业中心选址（图6）。城市形态量化分析在这个研究中的重点是：

(1) 贸易区内人口结构和日间人口数量；(2) 时间—距离可达性；(3) 贸易区的物理和社会经济方面的障碍；(4) 心里和生活方式在收入和消费中的体现；(5) 贸易区间的竞争和合作。这五方面某些概念较为抽象，反映到数字化分析中，需要更为复杂的供给需求模型。

数字化城市设计的实践也涉及到在全球范围内广泛关注的紧凑城市（compact city）。紧凑城市是否可以作为可持续性城市化提供一种解决方案？首先，对城市形态的认知需要有一个全面的综合性评价。其次，需要探讨在综合性评价背后的地区差异，比如，同样的人口密度在美国被归纳为高密度适合步行的城市，而在中国可能会被归纳为较低密度的城市。在这种研究当中，除了对城市建成环境的数字化分析之外，对城市景观空间和未开发空间也需要有所认知。从理查德·福曼（Richard Forman）所提出的城市生态学（urban ecology）中借鉴的边界密度（edge density）、地块种类（patch type）和地块密度（parcel density）等城市形态指数和前文中提到的城市强度指数的结合是对紧凑城市认识的关键。

4 结语与讨论

城市形态学在数字化城市设计中的应用是非常广泛的。通过城市形态和城市强度概念来规范和比较不同文化背景和历史传承的数字化城市设计涉及到了多个领域。(1) 城市形态与开放空间：隶属联合国教育科学文化组织世界遗产项目沙特阿拉伯王朝第一首都暨阿特特雷弗再开发项目（At-Turaif Urban Redevelopment）通过城市形态的空间分析



图6 场地调研和小城镇空间分布——瓜沥镇
资料来源：城市分析工作室（Studio for Urban Analysis）

来进行开放空间的利用与保护。该项目在利雅得城市发展署的支持下，改变沙漠中网格状街区模式，利用当地沙漠绿洲和集市的传统空间模式，对该地区进行城市再开发。在远期规划中，又利用文化集中性（cultural centrality）来与城市环状道路系统相呼应。(2) 城市形态与社会公平：波士顿翡翠项链，从1880年代奥姆斯戴德的设计方案开始历经一百多年从未形成完整的闭环。在阿历克斯·克里格等城市设计专家的推动下，“翡翠项链保护委员会”（Emerald Necklace Conservancy）在波士顿举行了多次公开讨论会，然而哥伦比亚街道附近的居民是否成为直接受益者以及是否会产生绅士化现象（gentrification）成为讨论的焦点。城市形态的空间分析方法，或许能为双方所支持的不同论点寻找到统一性。

(3) 城市形态与社交媒体：社交网络的用户信息无论是美国的推特还是中国的微博，都能即时采集定点信息。在这种利用大量数据进行空间分析的过程中，城市形态所展现出对于游客和居民的不同空间使用模式，有助于区分并从不同人群视角来重新思考凯文·林奇的城市的意象。城市形态学在数字化城市设计研究和教学中的前景也是乐观的。如果能更好的把城市形态学从城市设计教育基础入手，可以作为一门城市设计理论和城市设计实践的纽带。综上所述，城市形态和数字化城市设计会在不断发展的新技术和新理念的推动下，为未来建设一个健康、和谐、智慧的中国城镇起到促进作用，也会对世界范围的城市空间分析产生引领作用。UPI

参考文献

- [1] BATTY M. Cellular automata and urban form: a primer[J]. Journal of the American Planning Association, 1997, 63(2): 266-274. <http://doi.org/10.1080/01944369708975918>.
- [2] BATTY M. Building a science of cities[J]. Cities, 2012, 29(S1): 1-8. <http://doi.org/10.1016/j.cities.2011.11.008>.
- [3] ANGEL S, BLEI A M. The spatial structure of American cities: the great majority of workplaces are no longer in CBDs, employment sub-centers, or live-work communities[J]. Cities, 2016, 51, 21-35. <http://doi.org/10.1016/j.cities.2015.11.03>.
- [4] 王建国. 从城市格网到城市形态[C]. 台大城乡所讲座, 2016.
- [5] 杨俊宴. 全数字化城市设计的七个流程[C]. 2017 第十一届规划信息化实务论坛, 数字化城市设计专题.
- [6] 徐刚. 数字技术在山地型精细化城市设计一次应用实践[C]. 2017 第十一届规划信息化实务论坛, 数字化城市设计专题.
- [7] REID E, ROBERT C. Travel and the built environment: a synthesis[J]. Transportation Research Record, 2001, 1780(1): 87-113.
- [8] GUAN C, ROWE P G. The concept of urban intensity and China's townization policy: Cases from Zhejiang Province[J]. Cities, 2016, 55: 22-41. <http://doi.org/10.1016/j.cities.2016.03.012>.
- [9] CHALLENGER D F. Durkheim through the lens of Aristotle: durkheimian, postmodernist, and communitarian responses to the enlightenment[M]. Social Science, Rowman & Littlefield, 1994.
- [10] RITZER G. Contemporary sociological theory and its classical roots: the basics[J]. American Journal of Sociology, 1950, 45(5): 841-862. <http://doi.org/10.1086/2241111>.

(下转 51 页)

学科,如历史地理、经济地理、公共管理、社会学等;探索引入现代信息科技,如人工智能、城市信息模型(CIM: City Information Model)系统等。让这些学科和技术为城市设计贡献更多的活力,共同推动我国城市设计学科建设和前沿实践走向世界舞台。UPI

注:文中图表来自参考文献[15]。

感谢清华大学建筑学院尹稚教授,清华同衡规划设计研究院袁昕、王晓东、恽爽、胡洁几位院长对重庆前沿科技城项目的悉心指导;感谢清华同衡规划设计研究院总体规划中心、详细规划中心、风景园林中心、生态城市研究所、清控人居环境研究院、交通规划设计研究所、建筑环境与能源研究所、市政规划研究所、智慧城市所、战略发展与技术应用研究中心等各相关部门在该项目中的通力协作!

参考文献

- [1] 伊恩·论诺克斯·麦克哈格.设计结合自然[M].芮经纬,译.天津:天津大学出版社,2006.
- [2] 李苗裔,王鹏.数据驱动的城市规划新技术:从GIS到大数据[J].国际城市规划,2014,29(6):58-65.
- [3] 曹有新.数字化技术在“三坊七巷”规划与保护中的应用及研究[J].福建建筑,2009(3):23-26.
- [4] 高海峰,金鑫.基于Skyline三维GIS城市规划辅助决策系统的设计与实现[J].科技创新与应用,2012(3):20-21.
- [5] 蔡凌豪.风景园林规划设计的数字实践——以北京林业大学学研中心景观为例[J].中国园林,2015,31(7):15-20.
- [6] 陈学楷.基于虚拟现实技术的工业遗产数字化路径研究[J].艺术科技,2016,29(12):79.
- [7] 杨俊宴,张涛,谭瑛.城市风环境研究的技术演进及其评价体系整合[J].南方建筑,2014(3):31-38.
- [8] 赵珂,于立.大规划:大数据时代的参与式地理设计[J].城市发展研究,2014,21(10):28-32.
- [9] 郑晓华,陈韶龄.南京河西低碳生态城指标体系的构建与实践[J].规划师,2013,29(9):71-76.
- [10] 杨俊宴.设计蓝图到管理平台:城市设计的数字化转译[C].第十一届规划信息化实务论坛,2017.
- [11] 杨滔.数字城市与空间句法:一种数字化规划设计途径[J].规划师,2012,28(4):24-29.
- [12] MCGRATH Brian.城市设计的数字建模[M].电子工业出版社,2013.
- [13] DERIX Christian. Digital masterplanning: computing urban design[J]. Urban Design and Planning, 2012(12): 203-217.
- [14] LLABRES Enriqueta, RICO Eduardo. In progress: relational urban models[J]. Urban Design International, 2012, 17(4): 319-335.
- [15] 北京清华同衡规划设计研究院有限公司.重庆前沿科技城详细规划设计成果[Z].2015.
- [16] PALAZZO Danilo, STEINER Frederick. Urban ecological design: a process for regenerative places[M]. Island Press, 2011.
- [17] 蔡凌豪.风景园林数字化规划设计概念谱系与流程图解[J].风景园林,2013(1):48-57.
- [18] The Sustainable Sites Initiative SITES. SITES rating system and scorecard[EB/OL]. (2016-05-10)[2017-08-30]. <http://go.usgbc.org/SITES-Rating-System-and-Scorecard-Registration.html>.
- [19] 郭溯.面向可持续性场地设计的风景园林信息模型前景展望[J].生态

城市与绿色建筑,2014(4):62-65.

- [20] 邢薇,赵冬泉,陈吉宁,等.基于低影响开发(LID)的可持续城市雨水系统[J].中国给水排水,2011,27(20):13-16.
- [21] 陈小龙,赵冬泉,盛政,等. DigitalWater在城市排水防涝规划中的应用[J].中国给水排水,2015,31(21):105-108.
- [22] 杨俊宴,吴浩,金探花.中国新区规划的空间形态与尺度肌理研究[J].国际城市规划,2017,32(2):34-42.
- [23] 毛羽,杨军,尹稚.以精细化为核心的中高強度山地城市低影响开发规划实践[C].国际城市低影响开发(LID)学术大会,2016.

(本文编辑:张祎娴)

(上接27页)

- [11] RICHARD B P. Density and urban sprawl[J]. Land Economics, 1989, 65, 193-204.
- [12] YANG J. Spatial and social characteristics of urban transportation in Beijing[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2010, 2193, 59-67.
- [13] ZHAO P. The impact of the built environment on bicycle commuting: evidence from Beijing. Urban Studies, 2014, 51(5), 1019-1037.
- [14] GUAN C, PEISER R B. Accessibility, urban form, and property value: toward a sustainable urban spatial structure[C]. Manuscript submitted for publication, 2017.
- [15] LYNCH K. The city image and its elements[M]// The Image of the City, 1960: 46-90. <http://doi.org/10.1525/sp.1960.8.3.03a00190>.
- [16] GLAESER E L, KOLKO J, SAIZ A. Consumer city[J]. Journal of Economic Geography, 2001, 1(1): 27-50. <http://doi.org/10.1093/jeg/1.1.27>.
- [17] NEIL B. Decoding the newest “Metropolitan regionalism” in the USA: a critical overview[J]. Cities, 2002, 19(1): 3-21. [http://doi.org/10.1016/S0264-2751\(01\)00042-7](http://doi.org/10.1016/S0264-2751(01)00042-7).
- [18] 潘斌.验证凯文·林奇“形态核心价值标准理论”——以上海江湾—五角场地区为例[J].国际城市规划,2008,23(3):115-119.
- [19] BATTY M. 20 years of quantitative geographical thinking[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2016, 43(4): 605-609. <http://doi.org/10.1177/0265813516655408>.
- [20] PANKA J. World 3.0. Global prosperity and how to achieve it[M]. Harvard Business Review Press, 2013.
- [21] HEYWOOD D, IAN S C, CARVER S. An introduction to geographical information systems[M]. New York: Addison Wesley Longman, 1998.
- [22] WANG D, ZHOU M. The built environment and travel behavior in urban China: a literature review[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2017, 52, 574-585. <http://doi.org/10.1016/j.trd.2016.10.031>.
- [23] GUAN C, SRINIVASAN S, NIELSON C. Does neighborhood urban form influence non-motorized transport? toward walkable low-carbon cities. Working paper, 2017.

(本文编辑:许政)