文章编号：1673-9493（2019）01-0028-10　中图分类号：TU984.13　文献标识码：A　DOI：10.22217/upi.2018.495

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

Influence of Built Environment on Street Vitality and Its Spatiotemporal Characteristics Based on LBS Positioning Data

钮心毅　吴莞姝　李萌
Niu Xinyi, Wu Wanshu, Li Meng

摘要：以上海市南京西路为案例，使用移动互联网“位置服务”定位数据，以街道上人群轨迹点密度表示人群活动强度，生成了街道活力量化测度指标。随后选用空间滞后模型测算建成环境对街道活力影响的时间、空间特征，分别构建了五个分时段模型，测度功能混合、小街段、老建筑、密度、交通和场地设计 5 组 15 个建成环境指标对街道活力的影响。研究发现各个建成环境指标对街道活力影响时空特征各不相同。其中，影响南京西路街道活力最显著的指标是地铁站出入口和沿街商业业态多样性。在这两个因素之外，规划设计理论关注的外部空间设计、街段长度、人行道宽度、商业界面连续性等也具有较强的显著性。街道两侧建筑功能混合、老建筑占比等会促进街道活力的观点，在当前南京西路环境中并不成立。本研究可为存量规划背景下南京西路以及类似高密度建成环境的商业街道更新设计提供理论支持和优化方向。

Abstract: Taking Nanjingxi Road in Shanghai as a case study, using mobile internet LBS (Location Based Service) positioning data, the intensity of the activities on the street is represented by the density of the crowd track, and the quantitative measurement of street vitality indices are generated. The spatial lag model is used to measure the spatiotemporal characteristics of the impact of the built environment on the street vitality. Five time-segment models are constructed to measure the influences of 15 indicators on street vitality. These indicators are divided into five groups including function mixing, small street section, old buildings, density, traffic and site design. This study finds that the effects of various built environment indicators on street vitality have different temporal and spatial characteristics. The most significant indicators affecting the vitality of Nanjingxi Road are the metro entrances and the commercial diversity along the street. In addition, the external space design, segment length, sidewalk width and business interface continuity that are concerned by classical planning and design theories are also highly significant. The idea that the functional mixture of buildings on both sides of the street and the proportion of old buildings will promote the street vitality is not established in the current environment of Nanjingxi Road. This study can provide theoretical support and optimization direction for the updating design of Nanjingxi Road and the similar high-density built environments, as well as the municipal commercial streets in the context of inventory planning.

关键词：街道设计；街道活力；建成环境；LBS 定位数据；空间滞后模型；南京西路
Keywords: Street Design; Street Vitality; Built Environment; LBS Positioning Data; Spatial Lag Model; Nanjingxi Road

作者：钮心毅，同济大学建筑与城市规划学院，高密度人居环境生态与节能教育部重点实验室，教授，博士生导师。niuxinyi@tongji.edu.cn
吴莞姝，同济大学建筑与城市规划学院，博士研究生
李萌，同济大学建筑与城市规划学院，硕士研究生

引言

街道活力是城市规划理论与实践长期关注的议题。当前很多城市进入了以城市更新为主的存量规划阶段，在街道空间更新设计中更加重视营造街道活力。例如，2016 年上海出台了《上海市街道设计导则》，明确提出了建设“活力街道”目标并制定了相应的设计策略 [1]。要落实促进街道活力的设计策略，就要明晰影响街道活力的因素及其作用机理。

街道上的人群活动是街道活力的来源，有活力的街道空间应保持密集、持续的人群活动。规划设计理论认为建成环境是影响街道活力的重要因素 [2-5]。简·雅各布斯（Jacobs）、杨·盖尔（Gehl）等对此有一系列论述。建筑功能混合、开发密度、小街段、老建筑等建成环境条件能够有效地促进街道活力 [2,3]。街道建成环境质量与街道上活动之间有直接关系，街道设施、步行空间尺度、街道上日常商业服务设施布局可以吸引街道上活动。这些观点已被广泛接受，成为街道空间设计的指导原则。营造“活力街道”的设计策略建立在设计理论的基础上。

建成环境对街道活力影响的理论基础来源于 1950 年代—1970 年代对西方城市的经验性观察。当前中国特大城市的高密度建成环境本身就与西方城市存在区别，普遍高密度的建成环境是否也会改变其对街道活力影响特征？基于主观经验感受总结的理论要点缺乏影响权重的测度，主要依靠行为记录、参与观察问卷访谈等手段进行，只能做若干时间截面、较小尺度

空间观测验证，无法回答各个要点在特定高密度环境中的适用性和可操作性。

随着 ICT 技术的出现，当前可以使用感知人群活动的新数据源进行较长时间维度或大范围、精细化地观测街道活力，从而观测多个尺度下，相当数量的使用者在街道连续时空中的精细化行为和感受，为更好地量化分析建成环境对街道活力影响提供了可能[7-10]。以新视角来感知城市街道，评价其活力特征，进而审视街道空间设计，特别是与使用者行为感受密切相关的场所概念及其相关理论，是近年来的研究趋势。已有研究从量化验证的思路出发，使用更微观细致的行为记录等手段，以量化模型或统计的方法，以期深化建成环境影响街道活力的设计理论[11,12]，提出更好促进活力的街道设计策略[13-15]。

本文将选取上海市南京西路为研究案例，通过使用全时段测度感知街道空间人群活动的新数据源，量化分析建成环境对南京西路街道活力影响的空间、时间特征，明确高密度建成环境条件下哪些建成环境要素对提升街道活力起到了重要作用。由此为存量规划时代指导街道空间更新设计、落实“活力街道”设计策略提供依据。

1 研究范围与概念界定

1.1 研究范围

本研究选择上海市南京西路中段为研究范围（图 1）。南京西路中段位于上海市中心核心地段，东起南北高架路、西至乌鲁木齐北路，总长度为 2.6 km。同时将与南京西路中段相交的街道路段也纳入研究范围，总面积约 0.36 km^2。

南京西路从租界时代建成起，两侧主要是公寓、里弄等高密度居住建筑。1950 年代南京西路中段改建，出现了上海展览馆等大型公共文化建筑。1990 年代以后城市开始大规模建设，南京西路中段改建成了梅陇镇、中信泰富、恒隆广场等商业、高层办公楼宇，也改建成了吴江路步行商业街，

图 1 南京西路中段的研究范围

但很多街段仍保留了公寓、里弄等历史建筑环境。至今，南京西路中段各个街段分别是典型的商业街道、历史景观街道、生活服务街道等多种类型。多数街段的街道空间保留了租界时代的 20 m 路幅，也有多个街段由于改建高层建筑，形成了后退红线开放空间。南京西路的街道类型、街道空间的多样性，适合于将其作为代表性研究案例。

1.2 概念界定

街道活力首先具有空间特征，表达为在街道上人群的活动强度空间分布特征，是在特定空间中可观察到的人及其活动[3]。其次，街道活力也具有时间特征。雅各布斯认为街道活力是不同时间段的人流带来的，使用城市街道的绝对人数与这些人在白天不同时间在街道上的分布方式是两码事。她强调了时间分布的重要性[4]。测度街道活力要包括测度街道空间内的停留、缓慢步行等活动人数、也要测度不同时间内的停留、步行等活动人数分布。街道活力可量化表示为街道上人群活动强度的时空特征。

随着当前移动互联网的普及，在日常生活中街道空间内的停留、缓慢步行人群使用手机进行阅读、社交、导航、购物等移动互联网服务，已经成为相当普遍的行为。一般来讲，使用手机等移动设备操作移动互联网应用（APP）时，人们一般处于停驻或缓慢步行状态。这些移动互联网服务会产生用户主动发起或被动产生的“位置服务”（LBS：Location Based Service）定位数据，记录下 GPS 精度的位置和相应的时间戳。该定位数据具有大范围、全时段地记录街道上人群停留活动位置、活动停留时间的特征，适用于感知街道上活动强度。使用连续多日移动互联网 LBS 定位数据，就相当于对街道空间上活动人群的大比例抽样、大规模连续时空位置观测，能全时段感知街道空间上停留、步行等活动人群时空位置，满足对街道活力测度要求。

1.3 基础数据

本次研究使用的 LBS 定位数据为 TalkingData 用户匿名地理位置数据。该数据为事件触发数据，是用户使用移动互联网的定位请求时所激发的，来自于多种 APP，即用户在 TalkingData 客户 APP 登陆、搜索、发送和接收信息、推送等事件所形成的即时位置数据。该数据同时记录了时间和空间位置信息，空间定位为 GPS 精度。本研究选取了 2017 年 3 月整个月内在南京西路中段研究范围内留下的所有 LBS 轨迹位置点，总计 163 051 个用户匿名 ID 在南京西路街道上留下了 387 810 个轨迹位置点。一个轨迹位置点代表了一个移动互联网用户在街道上发出定位请求时的位置、时间，表示该用户此时刻正在街道上该处位置活动。

本研究按时间序列累计轨迹位置点的数量来记录街道上人群活动的特征。数据处理方法如下：(1) 选取 2017 年 3 月份所有出现在研究范围内的用户 ID 在当月全部 LBS 数据；(2) 测算每日整点小时时间该用户的位置记录，以最接近整点时的位置记录作为该用户在该时间点的位置。例如，在 17:00—18:00 时间段内，选取每个 ID 最接近 18:00 的位置记录；(3) 汇总 31 天的 24 小时结果，得到 24 小时街道活动人群的分布情况。识别结果反映了不同时段街道上活动人群空间位置特征（图 2）。

通过连续一个月的数据累计，识别出南京西路全时段活动人数的变化情况（图 3）。总体时变规律是白天街道活动人数远大于晚上，07:00—09:00 和 17:00—19:00 是活动人数的两个高峰，晚高峰人数大于早高峰。

2 研究方法

2.1 街道活力测度

按道路交叉口位置将南京西路中段划分为 38 个街段空间单元，每一个街段单元长度在 58.7~471.5 m 之间，平均面积 9 446.4 m^2，最大 29 411.2 m^2，最小 1 396.1 m^2。以街段为单位，以每个时间整点上每个街段上活动人群的密度表示街道活动强度。考虑到街道空间的特点，选用了线密度的方式计算强度，公式如下：

$$活动强度 = \frac{Pop}{Length_street} \quad (1)$$

式 (1) 中，Pop 为街段空间单元内的活动人数，是一个月内累计 LBS 数据得到的每个时间点活动人数；Length_street 为该空间单元所在街段长度。南京西路街道活动强度 24 小时内的时空分布情况如图 4 所示。

2.2 建成环境指标体系构建及量化

此处主要参考了雅各布斯的建成环境影响活动多样性的四条件 [4]、塞韦罗（Cervero）的建成环境影响居民出行的 5Ds 理论 [16]。雅各布斯的四条件包括土地使用混合度（land use mix）、小街段（small blocks）、老建筑（aged buildings）和密度（density）。5Ds 理论认为与居民活动密切相关的建成环境可从密度（density）、多样性（diversity）、设计（design）、可达性（destination accessibility）和交通设施距离（distance to transit）五个方面进行测度。

将上述 38 个街段单元的建成环境条件细分为功能混合、小街段、老建筑、密度、交通和场地设计 5 组共 18 个指标。功能混合条件包括建筑使用功能混合、沿街商业业态多样性、沿街商业面积率 3 个指标；小街段条件包括街段长度 1 个指标；老建筑条件包括老建筑占比、建筑年代多样性 2 个指标；密度条件包括了常住人口密度、开发强度、就业岗位密度 3 个指标；交通和场地设计条件包括地铁站出入口、公交站、人行道宽度、公共建筑出入口、商店界面连续性、围墙界面

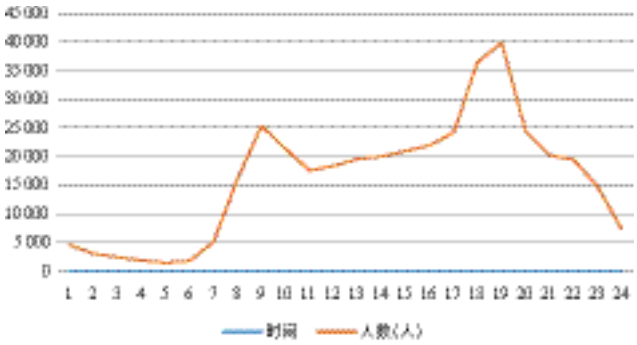
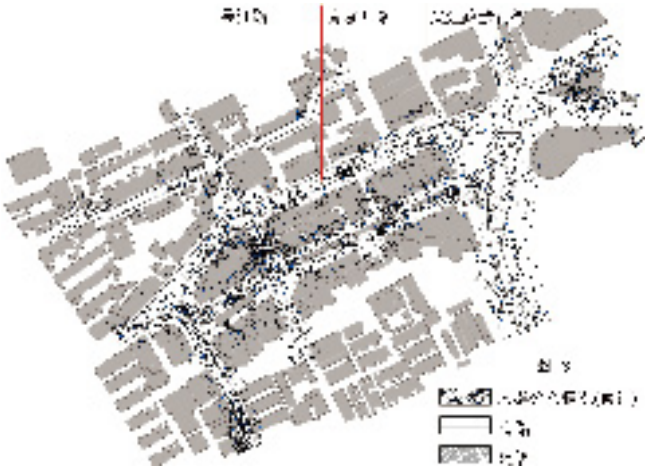
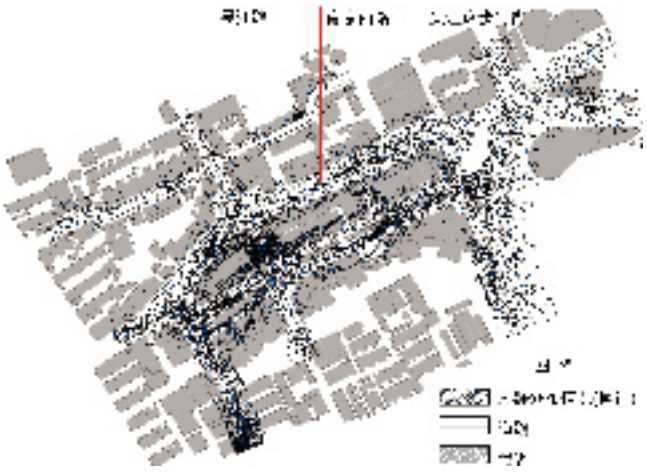


图 3 南京西路街道上 24 小时人数变化情况

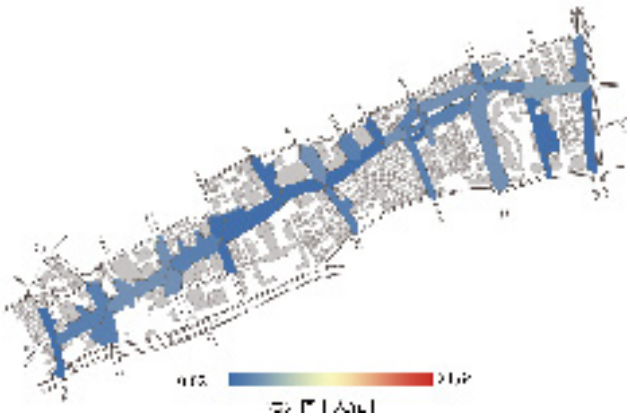


10:00 吴江路附近人群分布情况

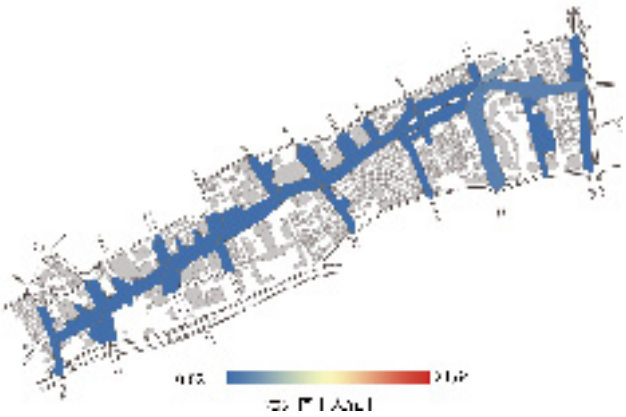


18:00 吴江路附近人群分布情况

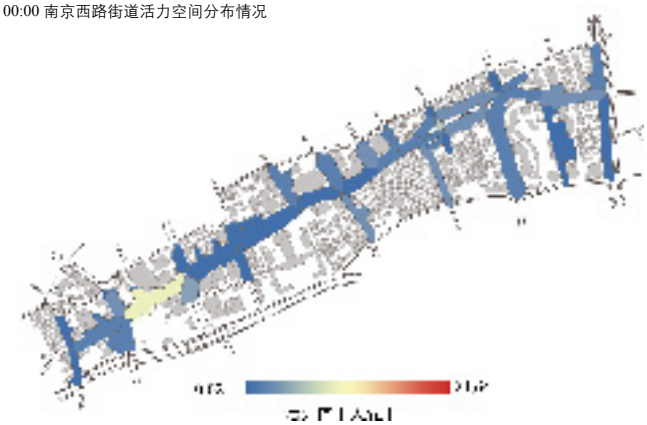
图 2 LBS 数据测算的南京西路吴江路附近不同时段人群分布



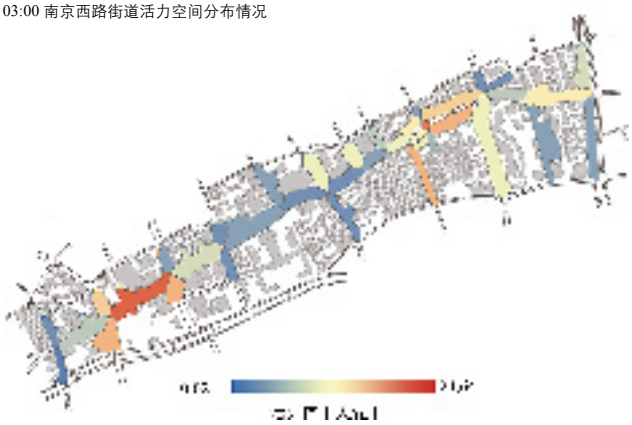
00:00 南京西路街道活力空间分布情况



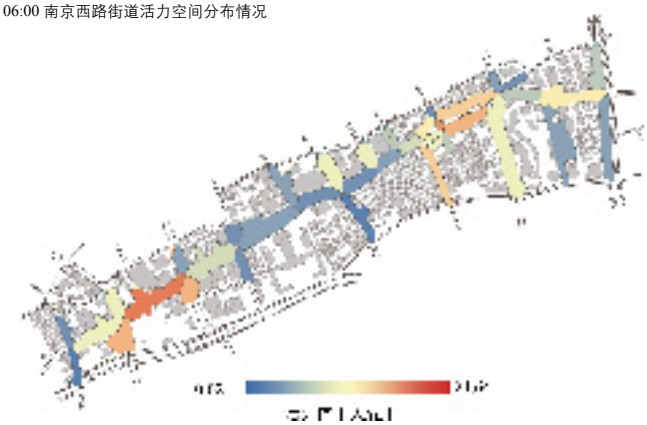
03:00 南京西路街道活力空间分布情况



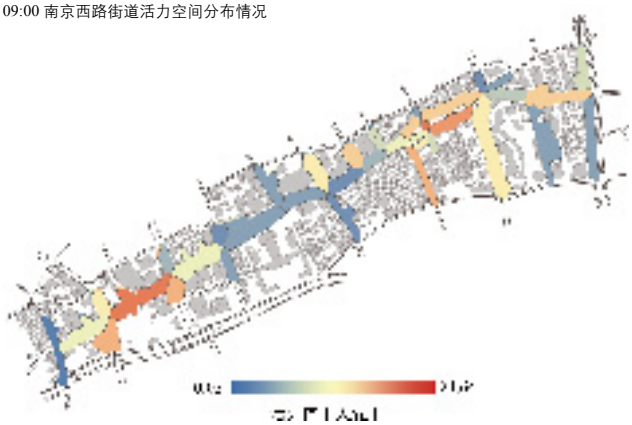
06:00 南京西路街道活力空间分布情况



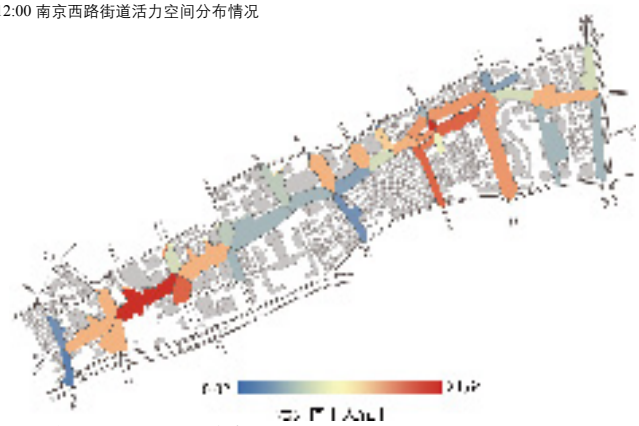
09:00 南京西路街道活力空间分布情况



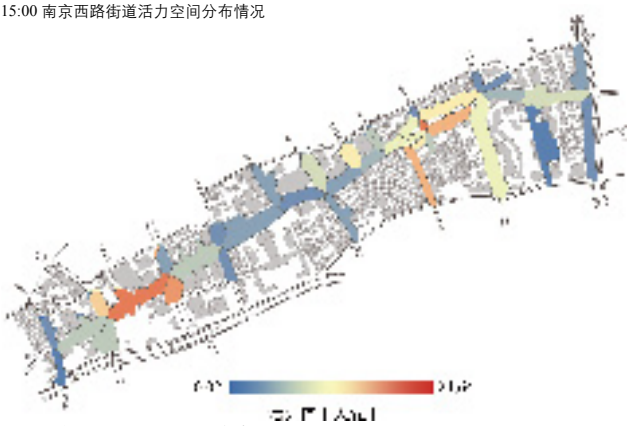
12:00 南京西路街道活力空间分布情况



15:00 南京西路街道活力空间分布情况



18:00 南京西路街道活力空间分布情况



21:00 南京西路街道活力空间分布情况

图 4 南京西路街道活力变化情况

连续性、外部活动空间面积率、灰空间面积率、绿地面积率 9 个指标（表 1）。

2.3 模型构建

根据 LBS 定位数据多日累计的街道人群活动的 24 小时时变特征，将其分为五个时间段：全天（0:00–23:00）、早上（7:00–9:00）、白天（10:00–16:00）、傍晚（17:00–19:00）和晚上（20:00–22:00）。本研究引入了空间计量模型，分别将五个时段的居民活动强度作为因变量，将建成环境量化指标作为自变量，共构建五个分时段模型。

2.3.1 消除多重共线性

对各自变量进行共线性诊断。以模型一（全天时间）为例，根据诊断结果，变量之间存在共线性，其中建筑年代多样性、常住人口密度和就业岗位密度等 3 个变量的容差 ≤ 0.1 且方差膨胀因子（VIF: Variance Inflation Factor）≥ 10（表 2）。删除这 3 个自变量后，共线性诊断结果良好。其他四个模型的诊断结果与模型一相同，最终选择 15 个自变量进行回归分析。

2.3.2 街道活力空间自相关检验

对五个时段的街道活力进行空间自相关检验，检验结果见表 3。五个时段的居民街道活力均表现出明显的空间集聚特征。

2.3.3 两个拉格朗日乘数检验

选择普通最小二乘法（OLS: Ordinary Least Square）模型用于比较参考。在 OLS 回归之后，由 OLS 回归返回的残差执行两个拉格朗日乘数（LM: Lagrange Multiplier）检验。该检验包含两个统计数据：拉格朗日乘数（滞后）

表 1 建成环境指标一览表

条件	指标	说明
功能混合	建筑使用功能混合	以两侧街坊内不同功能的建筑面积计算，建筑使用功能包括 R, A1, A2, A3, A5, B1, B2, S；计算公式为 $\sum_{i=1}^{n}\frac{P_i*\ln\ (P_i)}{\ln\ (n)}$，其中，$P_i$ 是 i 类建筑使用功能点所占的比例，n 是建筑使用功能的种类
	沿街商业业态多样性	街段两侧底层商业业态（商场除外）的多样性。该业态指的是经营业态，指代不同的服务业，因此，该指标是功能混合的体现。商业业态包括零售、餐饮、旅馆、文化娱乐。计算公式同上
	沿街商业面积率	街段两侧沿街商业的总建筑面积／街段长度
小街段	街段长度	街段的长度
老建筑	老建筑比例	街段两侧 50 m 范围内的建筑中老建筑（建于 1949 年之前）所占的比例，按建筑面积统计
	建筑年代多样性	街段两侧 50 m 范围内建筑的年代多样性的平均值，按建筑面积统计，建筑年代分类为：老建筑（1949 年以前），中间年代建筑（1950 年代—1990 年代），新建筑（2000 年以后）
密度	常住人口密度	街段两侧街坊内常住人口密度的平均值
	开发强度	街段两侧街坊内建筑容积率的平均值
	就业岗位密度	街段两侧街坊就业岗位密度的平均值，选取办公、医院、学校、工厂、公司、政府、图书馆、档案馆、文化馆等就业单位的建筑密度为代理变量
交通与场地设计	地铁站出入口	街段单元内地铁站出入口的数量
	公交站	街段单元内公交站的数量
	人行道宽度	街段单元内人行道平均宽度，即人行道总面积／街段长度
	公共建筑出入口	街段单元内公共建筑出入口的个数
	商店界面连续性	街段两侧连续的商店界面的长度／街段长度
	围墙界面连续性	街段两侧连续的围墙（包括围栏）界面的长度／街段长度
	外部活动空间面积率	街段单元内外部活动空间的面积／街段长度
	灰空间面积率	街段单元内建筑入口、檐下、骑楼等灰空间的面积／街段长度
	绿地面积率	街段单元内可进入的绿地面积／街段长度

表 2 共线性诊断部分结果

变量	容差	VIF
建筑年代多样性	0.063	15.939
常住居民密度	0.099	10.063
就业岗位密度	0.084	11.869

表 3 街道活力空间自相关检验结果

	模型一（全天）	模型二（早上时间）	模型三（白天时间）	模型四（傍晚时间）	模型五（晚上时间）
Moran 指数	0.160 625	0.143 045	0.145 946	0.197 704	0.167 368
Z 值	1.822 112	1.703 723	1.646 733	2.164 836	1.911 728
显著性	0.068 438	0.088 433	0.099 613	0.030 4	0.055 911

（Lagrange Multiplier(lag)）和拉格朗日乘数（误差）(Lagrange Multiplier(error))。如果两个统计量均不显著，则选择 OLS 模型作为最终分析模型；如果拉格朗日乘数（滞后）显著，则选择空间滞后模型（SLM: Spatial Lag Model）；如果拉格朗日乘数（误差）显著，则选择空间误差模型（SEM: Spatial Error Model）；如果两个统计量均显著，则对比两个模型的稳健性（Robust LM 检验），选择较稳健的模型作为最终分析模型。以模型一为例，对其进行拉格朗日乘数检验，拉格朗日乘数（滞后）显著性较高，拉格朗日乘数（误差）不显著（表 4），最终选择空间滞后模型来分析建成环境对街道活力的影响。模型二、三、四、五的检验结果与模型一一致（表 5）。

3 影响的时空特征及分析

3.1 总体空间效应

计算结果显示五个模型的 R^2 均较高，表明空间滞后模型拟合程度较好，可以揭示建成环境与街道活力的相关性。五个模型的空间权重矩阵系数均为负且显著性较高，表明空间相邻的街段单元活力存在竞争。在空间区位和功能相似的情况下，建成环境较好的街段单元具有更高的街道活力。这表明在总体空间效应上，南京西路的建成环境对街道活力有显著影响。

3.2 空间特征

5 组 15 个指标中，南京西路的建成环境对街道活力影响的主导因素包括沿街商业业态多样性、沿街商业面积率、地铁出入口、外部活动空间面积率、街段长度和人行道宽度。上述 6 个指标在五个模型中均显著相关，其中前 4 个是显著正相关，后 2 个是显著负相关。在五个模型中，地铁站出入口、沿街商业业态多样性两个指标的相关系数均最大。

还有 6 个指标在五个模型中均显示不相关，包括街道两侧的建筑使用功能混合、老建筑占比、开发强度、公交站、围墙界面连续性、绿地面积率。

3.3 时间特征

在时间维度上，沿街商业业态多样性、沿街商业面积率、地铁出入口、外部活动空间面积率、街段长度、人行道宽度等 6 个指标的相关性都出现了相同规律，在模型二（早上）、模型五（晚上）中的相关性相对较低，模型三（白天）、模型四（傍晚）的相关性较高。

其中，地铁站出入口和沿街商业业态多样性两个指标具有更明显的时间特征。这两个指标不仅与街道活力的相关性最强，而且其系数在五个模型中有较明显变化，均在模型四（17:00—19:00）影响最大，在模型五（20:00—22:00）影响最小。根据图 3 所示，傍晚时间段也是南京西路街道上人数总量的最高峰。这说明地铁站出入口、沿街商业业态多样性是影响南京西路街道活力最具主导性的建成环境指标。

表 4 两个拉格朗日乘数检验结果（模型一）

检验	MI/DF	检测值	显著性
Lagrange Multiplier (lag)	1	7.334 3	0.006 77
Robust LM-Lag	1	6.426 5	0.011 24
Lagrange Multiplier (error)	1	1.842 9	0.174 61
Robust LM-Error	1	0.935 0	0.333 56
Lagrange Multiplier (SARMA)	2	8.269 3	0.016 01

3.4 时空特征分析及促进街道活力的设计策略

综合空间特征和时间特征，经典规划设计理论中街道活力与建成环境之间关系论述总体上是成立的，但各种条件对街道活力影响的时空特征存在较大差异。这些差异是街道空间设计理论中没涉及的。要实现“活力街道”目标，南京西路的街道空间更新设计要有相应的设计策略。

3.4.1 增加沿街商业业态的多样性提升街道活力比增加沿街商业面积更加有效

南京西路的沿街商业业态多样性、沿街商业面积率均对街道活力有显著促进作用。沿街商业指沿街餐饮、零售、文化娱乐等业态，沿街商业面积率则反映了商业建筑面积量。南京西路的支路吴江路步行街，其街道两侧购物中心底层采取沿街商铺的形式，在整个时间段中一直是南京西路上最具活力的区域（图 5）。相比之下，南京西路上的恒隆广场、中信泰富广场、梅陇镇广场等大型商场，建筑体量巨大，沿街立面封闭为橱窗或墙面，街道上人群不可进入（图 6）。这对街道活力有明显的抑制作用。

在全部五个模型中，沿街商业业态多样性与街道活力的相关性高于沿街商业面积率，说明前者对街道活力的促进作

图 5 南京西路吴江路步行街界面（小商店）

图 6 南京西路恒隆广场段沿街界面（围墙和橱窗）

用更为显著。因此，街道空间更新设计中增加沿街商业业态的多样性比增加沿街商业面积更加有效。

3.4.2 重视地铁站出入口空间衔接设计提升街道活力

地铁站出入口的设置对街道活力有显著的促进作用。地铁站出入口周边人群活动强度大，原因有两方面。一方面，南京西路上的南京西路地铁站、静安寺地铁站是南京西路中段人流的主要出入口，其他区域居民到达南京西路的主要交通方式是地铁。地铁出入口周边停留、步行的人流密度大于街道上其他位置。另一方面，南京西路地铁站、静安寺地铁站多个出入口设置在商场和商业街内部或二者直接相连，共同吸引人群，促进了地铁站出入口周边的街道活力（图 7, 图

表 5 建成环境对街道活力的影响

建成环境条件	建成环境指标	模型一（全天）	模型二（早上）	模型三（白天）	模型四（傍晚）	模型五（晚上）
空间效应	W	-0.431 047*** (0.154 591)	-0.457 411*** (0.157 123)	-0.524 085*** (0.147 637)	-0.368 695* (0.165 769)	-0.379 496** (0.140 343)
使用功能混合	建筑使用功能混合	-25.445 5 (37.387 5)	-0.130 683 (7.950 77)	-13.114 6 (11.534 1)	-4.861 93 (12.276 2)	-3.125 35 (4.925 66)
	沿街商业业态多样性	61.990 4** (19.324 3)	14.680 4*** (4.113 58)	17.730 1** (5.966 49)	21.896 2*** (6.341 03)	7.195 7** (2.537 33)
	沿街商业面积率	1.435 02* (0.702 577)	0.371 063* (0.149 402)	0.413 132 (0.216 875)	0.465 265* (0.230 784)	0.222 222* (0.092 364 8)
小街段	街段长度	-0.171 075*** (0.046 060 2)	-0.036 794 1*** (0.009 815 67)	-0.048 989 5*** (0.014 131 1)	-0.051 153 8*** (0.015 151 8)	-0.026 560 7*** (0.006 057 64)
老建筑	老建筑比例	8.163 42 (35.626 6)	2.217 79 (7.555 36)	3.789 46 (10.999 9)	-0.471 471 (11.670 6)	0.868 03 (4.711 28)
密度	开发强度	-6.548 76 (4.868 57)	-1.290 86 (1.036 01)	-1.964 95 (1.502 67)	-1.875 07 (1.601 77)	-0.877 742 (0.638 124)
交通与场地设计	地铁站出入口	30.591 8*** (4.314 13)	6.978 75*** (0.915 537)	8.076 23*** (1.338 31)	10.154 4*** (1.412 22)	4.853 01*** (0.567 363)
	公交站	2.145 23 (5.976 78)	0.390 13 (1.274 09)	1.000 65 (1.845 32)	-0.457 259 (1.960 62)	0.397 696 (0.784 543)
	人行道宽度	-3.885 03*** (1.146 75)	-1.006 87*** (0.243 889)	-0.915 88** (0.353 895)	-1.423 73*** (0.375 982)	-0.647 463*** (0.150 855)
	公共建筑出入口	0.751 493 (0.523 21)	0.093 108 3 (0.111 695)	0.264 381 (0.161 428)	0.169 143 (0.171 903)	0.127 682 (0.068 583 2)
	商店界面连续性	-24.636 5* (10.851 3)	-5.831 84* (2.309 76)	-8.064 55* (3.343 24)	-6.425 99 (3.565 89)	-2.547 95 (1.423 53)
	围墙界面连续性	-9.933 76 (14.126 2)	-1.312 51 (3.006 48)	-3.216 81 (4.359 36)	-2.955 65 (4.634 73)	-1.225 85 (1.856 86)
	外部活动空间面积率	2.493 42*** (0.861 212)	0.421 825* (0.183 289)	0.869 405*** (0.265 893)	0.669 351* (0.282 766)	0.437 821*** (0.113 163)
	灰空间面积率	-4.009 04 (3.259 45)	-0.954 215 (0.694 221)	-0.553 222 (1.006 41)	-1.212 3 (1.070 39)	-1.017 45** (0.428 051)
	绿地面积率	-1.110 78 (1.275 33)	-0.241 548 (0.271 431)	-0.362 467 (0.393 851)	-0.282 274 (0.418 762)	-0.074 754 3 (0.167 616)
R^2		0.778 347	0.765 659	0.787 374	0.755 169	0.831 897

注：*、** 和 *** 分别表示统计值在 5%、1% 和 0.1% 的水平上显著；括号中的数字代表该系数相应的标准误。

8)。南京西路案例量化地证明了地铁站出入口对提升商业街道活力重要性。

相比而言，南京西路上的公交站点对街道活力没有显著影响。这是由于公交载客量较少，站点附近停留、步行的人流较少，公交站点也不是进出南京西路的主要交通方式。

3.4.3 对于高强度开发中心城区，增强街道活力未必要从周边街区建筑功能混合、提高周边街区开发强度等方面入手

南京西路周边街坊的密度，以及基于建筑面积计算的建筑功能混合度对街道活力的影响不显著，这与传统设计理论明显不符。这是因为，南京西路上多个街段都是全市性商业街道，吸引的人群来源于全市范围，也有相当数量的外地游客。南京西路街道人流数量并不依赖于周边小范围内的居住人口、就业岗位数量和密度。此外，南京西路周边总体属于高密度建成环境，各个街段周边的开发强度差异并不明显。

南京西路案例说明，对于高强度开发的中心城区，周边街坊开发强度、建筑使用功能混合会促进街道活力未必是普适的规律，它们在特定区位的街道上才适用。在南京西路这种具备全市性商业特征、高密度建成环境下的街道，要增强街道活力未必要从周边街区建筑功能混合、提高周边街区开发强度等方面入手。

3.4.4 外部空间设计是维持全时段持续街道活力的有效措施

五个模型的计算表明外部活动空间面积率、街段长度、人行道宽度、商店界面连续性等外部空间设计指标对街道活力有显著影响，分别给出了影响程度的量化结果。

其中，外部活动空间面积率对街道活力存在显著促进的作用。相比之下，绿地面积率并未表现出显著影响。南京西路的沿街绿地多为景观绿地，占地面积较大且单独设置，人群不可进入，因此绿地对活动人群的吸引力不足（图 9）。街道上的其他外部活动空间内则经常聚集较多居民在此停留。在商业街道上，开放的外部活动空间比不可亲近的绿地更具有吸引力。在街道空间更新设计中，如能对已有的景观绿地进行适当改建，更多增加与居民活动相结合的开放空间设计，将是促进南京西路街道活力的有效设计策略。

街段长度、人行道宽度、商店界面连续性与街道活力显著负相关。街段长度的负向影响与雅各布斯的多样性理论一致。人行道过宽反而会降低街道活力，这也与一般规划设计认知是一致的。研究也表明商店界面连续性会负向影响街道活力，这主要由于南京西路沿街商店前的人行道过窄，除去绿植所占宽度，平均仅容纳 2~3 人并行，不适于行人停留。本文使用的 LBS 定位数据代表人群在停驻状态所留下的轨迹点，在商店前匆匆而过的人很难被定位。因此，该结果并不具有代表性和普适性。街道更新设计中一般难以改变道路红线宽度，那么要促进街道活力，采用适宜的人行道宽度和商业界面都将是有效的设计手段。

在时间维度上，灰空间密度在夜间表现出对街道活力的显著正向影响，而在日间时段、全日平均都没有显示出显著性。夜间街道上人群活动多倾向于在建筑内部及其周边活动，室内和室外的过渡空间更显重要。在街道空间更新设计中，重视营造良好的灰空间环境，这是晚上提升街道活力的有效设计手段。

4 结论与讨论

4.1 讨论

对街道活力的理解包含活动强度、活动多样性两种认识思路。本研究使用了活动强度的概念，以单位街道长度上活动人群的数量表达街道活力。街道活力中的多样性建立在活动强度的前提下，街道上活动人数多且活动具有多样性才是完整意义上的活力。本文测度的街道活力只是表达了街道活

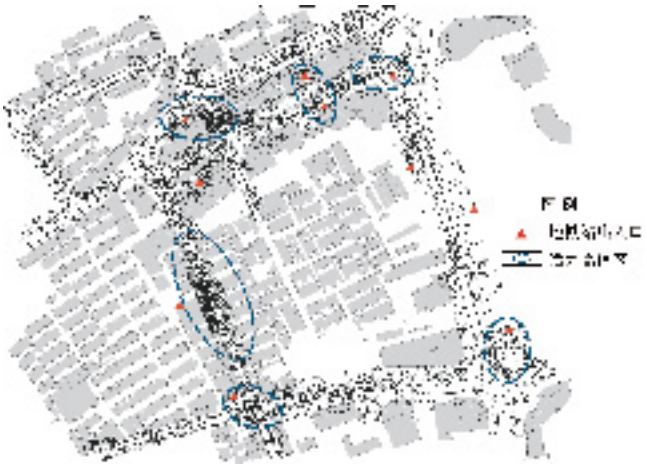


图 7 南京西路地铁站出入口

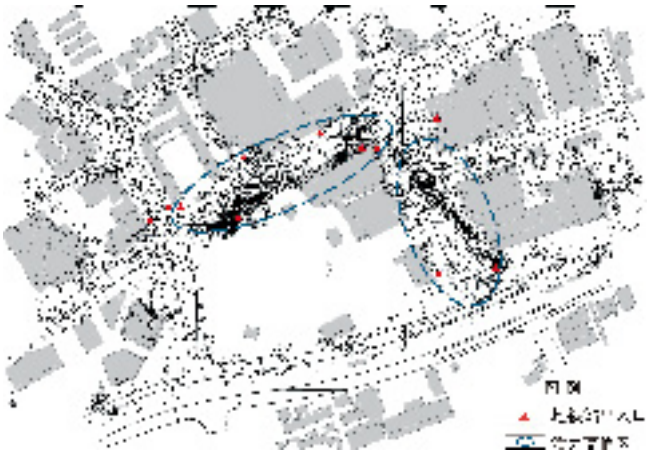


图 8 静安寺地铁站出入口

动强度，还没涉及活动的多样性。是否能从大规模采样时空数据中获取街道活动多样性，这值得进一步研究。

空间单元划分会对分析结果产生影响，合理的空间单元划分方式是量化研究的基础。建成环境条件会对街道空间内的人群数量和活动特征产生影响[2,3]，在街道层面分析建成环境对街道活力的影响及其时空特征是适宜的。南京西路及其周边道路均为车行道，就街道活动人群的心理感受而言，道路交叉口会对空间产生较强的割裂作用。两个交叉口之间是一个完整空间，人群心理感受是统一的。同一条街道上的建成环境要素对街道活力的影响在本单元内是直接的、连续的，并不直接作用于交叉口之外的其他空间单元。因此，本文按照道路交叉口划分，使用自然街段为空间单元。

观测街道活力的传统方法为实地抽样调查。实地抽样调查难以对街道上的居民活动进行大范围观测，也难以持续进行多日 24 小时的连续感知。移动互联网的用户众多，但不使用移动互联网定位的人群活动特征仍无法记录。因此，本研究对街道活力的测算是一种全时段、大规模的抽样数据观测，是采用新的技术手段对街道空间活动的感知。

使用 LBS 定位数据，与街道活力传统调查手段相比，具有两个显著特点。第一个特点是可以从时间维度上测度街道活力变化，本研究采用了整月全时段的平均街道活力，并将其分为五个时间段进行计算，揭示了建成环境对街道活力影响的时间特征。第二个特点是本研究可以对较大范围内的街道活动进行持续、被动观测，从而在 2.6 km 长度的街道上获取了建成环境对街道活力影响的空间特征。

使用手机信令等数据感知人群活动，也能在较大范围内的城市尺度上量化地研究建成环境与活力之间的关系[7-10]，但大样本、高精度的 LBS 数据在城市设计尺度上的精细化分析和研究尚不多见。有学者用手机数据来校核雅各布斯的理论[7]，但手机数据的空间精度较差，对人本尺度的街道设计而言意义不大。相比用 POI 数据做城市活力量化分析[17]，LBS 数据更能直接反映活力。LBS 数据在空间定位精度上的优势更适合于量化测算街道空间内的步行、停驻等活动。在较大范围内、在 GPS 空间精度上感知街道活动是 LBS 定位数据的优势。当应用于街道活力研究时，LBS 数据也有一定劣势，其时空连续性相对较差，无法识别用户在街道上的连续活动轨迹。为此，本文采用了连续多日数据累计来分析用户在街道上行为总体特征。

本研究以街道空间使用者的行为为出发点，在分析尺度上兼具人本尺度的分析精度和城市尺度的分析范围，立足人本感受，开展城市尺度的街道分析，大规模而不失精细化；在分析数据上使用高精度、可解析的形式；在分析目标上强调技术与设计的融合，以科学、量化的形式来支撑以空间品质为导向的街道设计实现。

4.2 结论

通过大规模被动采集的 LBS 定位数据，本研究采用量化方法分析建成环境对南京西路街道活力影响的空间和时间特征，发现了对提升南京西路街道活力有重要作用的建成环境条件，提出了 4 项针对性提升街道活力的设计策略。

影响南京西路街道活力最主导的建成环境指标是地铁出入口和沿街商业业态多样性。显然，在存量规划背景下，街道空间更新设计中的地铁出入口因素一般是固化而难以改变的。为此，做好与地铁出入口的衔接街道空间设计是促进街道活力的有效措施。沿街商业的业态虽然不能完全由街道设计所决定，但是对沿街商业建筑底层界面进行优化改造是另

中信泰富广场街头绿地　恒隆广场街头绿地　静安嘉里中心东侧街头绿地　静安嘉里中心北侧街头绿地

图 9 南京西路上的街头绿地

一种促进街道活力的有效措施。

研究发现规划设计理论关注的外部空间面积、街段长度、人行道宽度、商业界面连续性等对街道活力影响程度与时间维度有关，但不同时间段不会改变这些条件对街道活力影响的总趋势。在街道空间更新设计中，可以通过优化上述建成环境条件来提升各个时间段的街道活力，从而营造全时段的活力街道。

此外，本研究还发现，基于西方城市观察得到的街道两侧建筑功能混合、适当老建筑占比等会促进街道活力的观点，在当前的南京西路并不成立。规划设计理论中一些关于街道活力的传统观点并不是普适成立的。本研究可以为存量规划背景下，南京西路和类似的高密度建成环境的街道空间更新设计以及落实“活力街道”的设计策略提供依据和优化方向。UPI

注：文中未标注来源的图表均为作者拍摄、绘制或整理。

本研究所使用的 LBS 定位数据是 TalkingData 用户匿名地理位置数据，由北京腾云天下科技有限公司提供。感谢北京腾云天下科技有限公司对本研究提供的数据支持。

参考文献

[1] 上海市规划和国土资源管理局，上海市交通委员会，上海市城市规划设计研究院．上海市街道设计导则 [S]. (2016-10-18)[2018-05-06]. http://www.shgtj.gov.cn/zcfg/zhl/201610/t20161019_696909.html.
[2] GEHL J. Life between buildings[M]. New York: Van Nostrand Reinhold, 1987.
[3] JACOBS J. The death and life of great American cities[M]. New York: Random house, 1961.
[4] MONTGOMERY J. Urban vitality and the culture of cities[J]. Planning Practice and Research, 1995(10): 101-110.
[5] MONTGOMERY J. Making a city: urbanity, vitality and urban design[J]. Journal of Urban Design, 1998, 3(1): 93-116.
[6] 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.
[7] NADAI M D, STAIANO J, LARCHER R, et al. The death and life of great Italian cities: a mobile phone data perspective[C]. International Conference on World Wide Web. International World Wide Web Conferences Steering Committee, 2016: 413-423.
[8] 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.
[9] 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启示 [J]. 上海城市规划，2016(3): 37-45.
[10] YUE Y, ZHUANG Y, YEH A G O, et al. Measurements of POI based mixed use and their relationships with neighbourhood vibrancy[J]. International Journal of Geographical Information Science, 2017, 31(4): 658-675.
[11] MEHTA V. Lively streets: determining environmental characteristics to support social behavior[J]. Journal of Planning Education and Research, 2007, 27(2): 165-187.
[12] SUNG H, LEE S. Residential built environment and walking activity: empirical evidence of Jane Jacobs' urban vitality[J]. Transportation Research Part D, 2015, 41(11): 318-329.
[13] SUNG H, LEE S, CHEON S H. Operationalizing Jane Jacobs's urban design theory: empirical verification from the great city of Seoul, Korea[J]. Journal of Planning Education and Research, 2015, 35(2): 117-130.
[14] 陈喆，马水静．关于城市街道活力的思考 [J]. 建筑学报，2009(2): 121-126.
[15] 徐磊青，康琦．商业街的空间与界面特征对步行者停留活动的影响——以上海市南京西路为例 [J]. 城市规划学刊，2014(3): 104-111.
[16] CERVERO R, KOCKELMAN K. Travel demand and the 3Ds: density, diversity, and design[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 1997, 2(3): 199-219.
[17] YE Y, LI D, LIU X. How block density and typology affect urban vitality: an exploratory analysis in Shenzhen, China[J]. Urban Geography, 2018(4): 631-652.

（本文编辑：张祎娴）