

文章编号: 1009-6000(2018)02-0101-07  
中图分类号: U12 文献标识码: A  
doi: 10.3969/j.issn.1009-6000.2018.02.015

**基金项目:** 国家自然科学基金青年项目: 个人活动—出行规划过程的动态机制与微观模拟研究 (51608483); 浙江省教育厅科研项目: 影响行人步行体验的街道环境因素研究 (Y201534892); 浙江工业大学人文社科预研基金: 基于步行服务水平评价的城区街道步行环境改善方法研究; 浙江工业大学社科基金: 基于街景图的城市街道步行服务水平评价方法研究。

**作者简介:** 邓一凌 (1987-), 男, 浙江工业大学建筑工程学院, 讲师, 研究方向: 城市交通规划;  
陈前虎 (1971-), 浙江工业大学建筑工程学院, 教授;  
过秀成 (1964-), 东南大学交通学院, 教授。

## 步行性评价的研究与规划应用综述

General Review of the Studies of Walkability Assessment and its Applications in Planning

邓一凌 陈前虎 过秀成

DENG Yiling CHEN Qianhu GUO Xiucheng

### 摘要:

步行性是一种测度, 用来描述街道、社区或城市适宜步行的程度, 在城市规划、城市交通、公共健康领域有着广泛的应用。论文首先总结了步行性的定义以及步行性对环境、经济、社会、健康的价值。进而阐述了步行性评价从关注交通特征向环境质量和行人感受转变的研究历程, 将步行性评价工具分为基于人工调查的评价工具、基于地图数据的评价工具、基于众包的评价工具等三类分别进行综述。接着结合案例介绍了步行性评价在城市对比、现状调研、方案生成、方案评估等城市规划中的实践应用。最后归纳了三类步行性评价工具的特点, 提出了在国内开展步行性评价的研究和规划应用的建议。

### 关键词:

步行性; 评价工具; 规划应用; 研究综述

**Abstract:** Walkability is a measure to describe the extent of walking suitability of a street, community or city and it is widely used in the fields of urban planning, urban transportation, public health et al. Firstly, this paper summarizes the definition of walkability and its value to environment, economy, society and health. Secondly, it sets forth the shift of the research focus of walkability assessment from traffic features to environment quality and pedestrian feelings and divides the walkability assessment tools into three categories, namely, the investigation-based assessment tools, the map data-based evaluation tools and the crowd-sourcing-based assessment tools, which are reviewed respectively. Thirdly, it introduces the applications of walkability assessment on the urban planning (e.g. city comparison, status quo investigation, plan generation and plan evaluation) based on case studies. Lastly, it summarizes the characteristics of the three categories of walkability assessment tools and make proposals to carry out domestic research of walkability assessment and apply it in planning.

**Key words:** walkability; assessment tool; application in planning; literature review

## 0 引言

步行是绿色、健康的交通方式，在城市交通系统中发挥着重要的作用，在城市可持续发展中也扮演着重要角色。然而在我国城市中，步行存在诸多困境，比如步行空间无法保障、步行设施欠缺人性化、步行环境不够友好等。近年来，改善步行环境、创建步行友好的城市日益引起了政府和学界的重视。2013年，国务院《关于加强城市基础设施建设的意见》中就提到，城市交通要树立行人优先的理念，改善居民出行环境，保障出行安全，倡导绿色出行，切实转变过度依赖小汽车出行的交通发展模式<sup>[1]</sup>。

改善步行环境首先需要对于步行环境有清晰的认识和准确的评价。步行性(walkability)是一种测度，用来描述街道、社区、城市适宜步行的程度。良好步行性有非常多的益处，包括提供基本的移动性、降低消费者费用和社会总体费用(即负外部效应)、引导高效的土地利用、提升社区的宜居性、改善公共健康、促进经济发展、提升社会公平性<sup>[2]</sup>。步行性在城市规划、城市交通、公共卫生等领域有广泛的研究价值和应用潜力，然而国内对步行性的研究和应用比较缺乏。论文尝试对步行性评价工具在城市规划领域的应用进行总结，旨在为国内城市规划领域对步行性评价的研究和应用提供借鉴。论文首先分析步行性定义和价值，进而综述步行性评价的研究和工具，接着结合案例介绍步行性在城市规划中的应用，最后进行总结并提出建议。

## 1 步行性的定义与价值

### 1.1 步行性的定义

步行性的内涵非常丰富。国内外有许多学者根据自身研究和实践需要对步行性进行了定义。索斯沃斯(Southworth)认为步行性是“建成环境支持和促进步行的程度”，包括提供安全舒适的步行环

境，能够方便到达各类目的地，并在步行路径中提供视觉吸引<sup>[3]</sup>。尤因(Ewing)等认为步行性是“个人对街道作为步行场所的体验和感受”<sup>[4]</sup>。里特曼(Litman)和马纳夫(Manaugh)等认为步行性是“吸引人的步行环境，靠近商业、休闲、娱乐等目的地”<sup>[2,5]</sup>。李怀敏认为步行性是城市环境对步行的吸引度和行人对步行体验的评价<sup>[6]</sup>。尽管步行性的定义非常多，但归纳来说，步行性是一种测度，用来描述街道、社区、城市等适宜步行的程度。

### 1.2 步行性的价值

步行性具有重要的环境价值，步行性的提升能够增加步行、公交出行，减少小汽车出行，从而缓解交通拥堵、减少能源消耗、降低空气污染、缓解热岛效应、减少道路和停车设施的土地需求、保留更多的公共空间，最终提升城市的宜居性。

步行性具有重要的经济价值，步行性的提升能够带动房产升值，减少交通支出。皮沃(Pivo)和费舍尔(Fisher)在美国的研究发现，Walk Score每提高10分能使房产升值1%~9%<sup>[7]</sup>。麦肯(McCann)在美国的研究发现居住在机动车导向的社区中的居民比居住在有良好的土地利用可达性和多模式交通系统支持的社区中的居民在交通上多花费50%<sup>[8]</sup>。

步行性具有重要的社会价值，步行性的提升能够给居民创造更多停下脚步与其他居民交流的机会，从而增强居民的社区意识，有利于社会资本的积累。莱顿(Leyden)的研究表明居住在有良好的步行性社区中的居民有更多的社会资本，更有可能认识他们的邻居、积极参政、信任他人、具有较高的社会参与度<sup>[9]</sup>。

步行性具有重要的健康价值，步行性的提升能够增加居民日常步行的机会，有效缓解压力、控制体重、降低患慢性疾病的风险，而居民健康水平的提升能够降低政府在公共医疗上的投入。莫拉

比亚(Morabia)和科斯坦萨(Costanza)发现每天完成30min的步行或骑自行车等中等强度运动，能够满足保持长期健康的运动所需，每天15min的快走或30min的慢走，可以预防体重增加<sup>[10]</sup>。公共健康领域的研究认为肥胖等健康问题可以通过步行社区的建设得到有效抑制<sup>[11]</sup>。麦肯(McCann)和尤因(Ewing)等人使用了20多万人健康状况数据，他们所居住的区域按照由居住密度、土地混合利用、开发集中度、街道可达性等构成的“都市区蔓延指数”进行分类，发现蔓延发展地区的居民步行更少、体重增长更快、且更容易患高血压，其中最蔓延发展地区的居民要比最密集发展地区的居民平均重2.9kg<sup>[12]</sup>。塞伦斯(Saelens)等人对美国加州圣迭亚哥的研究发现居住在步行性较高的街区中的居民，每周中人均的锻炼时长大于70min，肥胖者较少；在步行性较低的街区中，60%的居民超重<sup>[13]</sup>。

总的来说，步行性的提升除了增加步行出行、公交出行、减少小汽车出行等直接影响外，对于个人(或家庭)来说，能够提升健康状况、减少交通支出、改善生活品质；对于社区(或城市)来说，能够减少交通拥堵、引导土地开发、提升居民健康水平、降低公共医疗投入、提升城市的宜居性。

## 2 步行性评价

### 2.1 步行性评价的研究

步行交通的评价传统上采用类似机动车服务水平的评价方法，即用行人流量除以步行设施容量来计算步行服务水平，并将步行服务水平从高到低划分为A-F六个等级。该方法最早由弗洛因(Fruin)在1971年提出<sup>[14]</sup>，并被1985版和2000版的美国公路通行能力手册(HCM1985、HCM2000)和我国的交通工程手册<sup>[15]</sup>采用，但由于没有考虑街道环境对行人步行体验的影响而遭致了很多学

者的批评<sup>[16]</sup>。街道整体设计、视觉吸引、立面通透度、行道树、照明、街道活动等<sup>[3]</sup>，街道的设计、尺度、界面、景观小品布置等<sup>[17]</sup>都对行人的步行体验有显著影响。

利用街道环境进行步行服务水平评价相比传统的步行服务水平模型更加全面、准确<sup>[18]</sup>。比如莫泽尔 (Mozer) 在 1994 年提出了考虑人行道的流率、与最外侧车道间的缓冲空间、最外侧车道的机动车流量、最外侧车道的机动车车速等主要因素和街道步行空间与建筑内部空间的通透度、重型车交通量、交叉口等待时间等次要因素的加权综合分析方法。该方法并没有采用统一的评价标准，而是根据使用者的意见对设施进行评分<sup>[19]</sup>。兰第斯 (Landis) 等人在 2001 年提出了考虑人行道宽度、有无，机动车车速、流量、车道数，行人和机动车的隔离情况等影响因素的加权综合分析方法<sup>[20]</sup>。美国佛罗里达州交通运输部提出了考虑有无人行道、行人和机动车间隔的距离、物理隔离措施、机动车交通的流量和速度等主要因素和街道几何设计、交通信号等次要因素的加权综合方法，该方法被纳入到了 2010 版美国公路通行能力手册 (HCM2010) 中<sup>[21]</sup>。

## 2.2 步行性评价的工具

### 2.2.1 基于人工调查的评价工具

随着使用街道元素评价步行性的研究不断深入，一些全面和实用的步行性评价工具被提出，应用于城市规划、公共健康等领域。比如 Clifton 等人提出的步行环境数据审查 (PEDS) 包括宏观环境、步行设施、道路属性、微观的步行和自行车环境、总体的主观评价等 5 大类共 40 个问题，主要适用于美国的步行环境<sup>[22]</sup>。Pikora 等人提出的系统性步行和自行车环境审查 (SPACES) 包括功能、安全、美学、目的地等 4 大类共 32 个问题，主要适用于澳大利亚的步行环境<sup>[23]</sup>。Emery 等人提出的步行和自行车可持续性评估方法 (WABSA) 比较

简单，包括人行道宽度、路面情况、缓冲带宽度、路缘石坡度、路灯、自行车道宽度及物理分隔等 15 个问题<sup>[24]</sup>。戴 (Day) 等人在 2006 年提出的街道评价工具——欧文—明尼苏达清单 (Irvine Minnesota Inventory, IMI)，包含可达性、愉悦度、交通安全、社会治安等多个大类的 160 多项指标，其中大量的指标都与街道步行环境相关<sup>[25]</sup>。新西兰交通部于 2007 年提出的社区街道评价方法 (Community Street Review, CSR)，包含 51 个物理特性指标和 37 个运行特性指标，物理特性指标如人行道宽度、坡度等，运行特性指标如交通量、天气等，使用打分法对街道步行环境进行评价<sup>[26]</sup>。英国交通研究实验室提出的步行环境评价体系 (Pedestrian Environment Review System, PERS) 包括对街道中的路段、过街、路径、公交等待区、公共空间、换乘空间等 6 类空间的调研和评分<sup>[27]</sup>。扬盖尔 (Jan Gehl) 创建的公共生活—公共空间调研方法 (Public Life Public Space, PLPS) 包括对公共生活和公共空间两方面的调研，该方法于 1968 年首次应用于丹麦哥本哈根，目前已在伦敦、悉尼、纽约、墨尔本、苏黎世等诸多城市应用<sup>[28]</sup>。世界银行提出的全球步行指数 (Global Walkability Index, GWI) 将调查内容分三部分：步行环境实地调查、政府及利益相关者调查、步行者访谈。设计的初衷旨在提高发展中国家政府对步行交通的关注，调研方法和评价指标比较简单，更多考虑到可操作性及可推广性<sup>[29]</sup>。

### 2.2.2 基于地图数据的评价工具

商店、超市、健身中心、公园等生活便利设施的可达性是影响步行性的重要因素。基于地图数据的评价工具使用在线地图提供的数据 (如 google 地图、open street 地图)，考虑生活服务设施的密度、多样性等，通过开发计算机程

序计算步行性。比如 walkscore.com<sup>[30]</sup>考虑不同的生活服务设施如公园、零售、餐饮等的种类和空间布局来估计步行性，并引入距离衰减、交叉口密度、街区长度等因素来提高测度的准确性。walkshed.org<sup>[31]</sup>也开发了一个类似的计算机程序，但可以让使用者自定义不同生活服务设施的权重。这两个网站都将步行性标准化为 100 分，便于使用者理解和房产中介等其他服务供应商使用。尽管基于地图数据的评价工具仅考虑了可达性这一影响步行性的重要因素，但一些研究表明上述指数能够与居民主观上理解的步行性吻合<sup>[32]</sup>，也可以和使用人工调查的方法得到的步行性互相验证<sup>[33]</sup>。

### 2.2.3 基于众包的评价工具

walkonomics.com<sup>[34]</sup>是一个采用众包的步行性评分网站，考虑交通安全、过街难易、人行道、坡度、指路标识、人身安全等方面，通过在网络上发布打分系统，邀请社区居民对自己熟悉的街道进行打分，综合分析后进行发布。

表 1 对上述 3 类步行性评价工具的特点进行了总结。

## 3 步行性评价的规划应用

步行性除了在城市交通、公共卫生、公共安全等领域的研究中应用外，也被越来越多地应用于城市规划的实践中。论文分别选取了步行性评价在城市对比、现状调研、方案生成、方案评估中的应用案例进行介绍。

### 3.1 城市对比

国际非政府组织自然资源保护协会于 2014 年发布了《中国城市步行友好性评价》中期报告。报告对 35 个国内城市的步行性进行了评价，并将 35 个城市按照步行性的高低分为 5 级，如表 2 所示。评价的指标体系分为 4 个大类，每个大类包含 3 个指标，分别为：安全性 (交通事故死亡率、人均机动车拥有量、人

表1 不同评价方法的比较分析

评价方法	难易程度	适用范围	规划应用
基于人工调查的评价工具	需要根据实际情况定制调查表格, 依靠人工调查、工作量大	较小, 一般为街道或社区	规划中的现状调研, 发现问题
基于地图数据的评价工具	需要开发计算机程序或应用GIS, 对基础数据要求较高	较大, 一般为城市	城市间、社区间的对比, 规划方案的评估
基于众包的评价工具	需要开发网站或手机APP, 并吸引较多的用户使用	较大, 一般为城市	现状评估, 找出城市中步行性较差的街道、社区

表2 35个城市的步行性分级结果

步行性分级	城市
步行天堂 (1个)	香港
很适宜步行 (4个)	深圳、上海、广州、大连
适宜步行 (8个)	青岛、厦门、济南、海口、九江、北京、重庆、威海
较适宜步行 (17个)	昆明、成都、铜陵、遵义、杭州、长春、宁波、西安、南京、天津、南宁、西宁、张家口、武汉、常州、哈尔滨、沈阳
不适宜步行 (5个)	鄂尔多斯、鹤岗、常熟、榆林、吐鲁番

行道面积率)、舒适性(树阴路覆盖率、空气质量、步行得分)、便捷性(道路密度、道路宽度、步行可达性)、政策与管理(官员表率、人行道管理、步行设施建设)<sup>[35]</sup>。其中9个指标为定量指标, 交通事故死亡率、人均机动车拥有量、人行道面积率、树阴路覆盖率、空气质量、道路密度、道路宽度数据源自政府发布的信息(包括出版物、年鉴、公告、工作报告); 步行得分来源于walkscore.com; 步行可达性采用Google地图计算随机选取起始点间的直接程度。其余3个为定性指标, 政府表率为政府官员是否带头绿色出行; 人行道管理为是否被作为城管或交警的工作重点; 步行设施建设为是否编制并实施步行专项规划。指标的权重由专家打分法获得。使用步行性对城市进行排名, 能够直观地反映城市步行环境是否友好, 清晰城市的定位, 揭示差距和问题, 明确发展的目标, 并最终引导和激励城市政府改善步行环境。

### 3.2 现状调研

在现行的街道设计流程中, 对现场

的勘察还仅仅停留在对场地现状的一般了解上, 缺少对场地周边环境的深入调查和对市民公共生活现状与需求的调查。

PERS是一个街道步行性评价工具, 可以对街道上的路段(包括人行横道、地道、天桥)、过街(包括正式和非正式的)、路径(关键目的地之间)、公共交通等待区(包括公交站点和出租车候车区)、公共空间(包括广场和公园)、换乘空间等6类空间总共近60个项目进行评分。经过训练的调查人员对每个项目分别给予[-3,+3]的评分, 并可以附加照片和评论。

伦敦交通部门将PERS用于评估4条从临近的地铁站点出发到ExCel会展中心的步行路径, 该中心是2012年伦敦奥运会重要场馆, 如图1所示。由于路径连接奥运场馆, 且周边有大片未开发、贫困聚集和犯罪高发的区域, 因此评价特别注重人群聚集时的步行设施容量, 步行导向的易读性, 行人的人身安全, 步行环境的质量。通过使用PERS调研4条步行路径的情况, 发现了诸多现状存在

的问题, 提出了交叉口重新设计、加强指路信息、人行道重新铺装等建议和100多项能够立即改善步行问题的具体措施, 并确定了改善项目的优先级<sup>[27]</sup>。

### 3.3 方案生成

菲尼克斯规划部门在开展TOD规划时, 使用居住、就业、Walk Score数据评估了已有轻轨站点的TOD情况并预测了规划轻轨站点的TOD潜力。对已有的轻轨站点, 评估结果可以被用来选择是否需要进行规制改革(包括分区法规、工程法规)或者步行环境的改善(包括人行道、绿化、人行过街、非机动车道、停车等)。对规划的轻轨站点, 预测结果可以被用来分析哪些走廊和站点最有TOD的潜力<sup>[36]</sup>。轻轨站点的Walk Score如图2所示。

### 3.4 方案评估

步行性评价还能用于评估土地利用和交通规划方案。埃里克(Eric)基于波特兰现状地块、街道、土地利用、居住人口、就业岗位、人行道、公交站点等既有数据利用GIS计算了12个影响步行

性的因素,包括人口密度、就业岗位密度、土地利用混合度、地块尺度、居住临近便利设施的程 度、居住临近公交的程度、就业岗位临近公交的程度、街道网络密度、街道网络连通性、人行道的覆盖程 度、街道过街距离、步行路径的直接程度,对 12 个因素进行归一化后根据其 对步行出行影响程度的大小进行加权综合,分别应用于波特兰现状和规划情景的分析。对现状的分析可以划分出有步行可接受

的区域、步行不理想的区域、未开发的区域,对规划情景的分析可以划分出步行可接受的区域和步行仍不理想的区域,如图 3 所示。其中规划实施之后步行仍不理想的区域是规划方案调整的重点<sup>[37]</sup>。

#### 4 结论

步行性评价的研究经历了从最初关注容量、需求、流量、速度等交通特征到后来注重环境质量和行人感受的转变

过程,并且随着研究的深入,考虑的因素越来越多。论文归纳的三类步行性评价工具各有特点,基于人工调查的评价工具获取的信息最丰富,能够发现现状问题、提出解决方案,但对调查人员的要求较高、调查工作量较大。一般只用于较小的范围,比如社区或者街道,即使在城市中应用,也只是选择性的用于一些片区,比如世界银行提出的全球步行指数中就只是在每个城市选择一个商业区、交通枢纽区、教育区、居住区进行城市步行环境的实地调查。基于地图数据的评价工具由于基础数据容易获取,能够大范围的应用。适合用于城市间、社区间的对比,或者从建成环境的视角对城市规划方案进行评价。基于众包的评价工具利用了互联网共享经济理念,可以低成本地获取步行性评价的数据。不仅是很好的公众参与的形式,与前两类工具结合,还能够发挥更大的效用。比如首先使用基于众包的评价工具确定城市中存在问题较多的街道或社区,再使用基于人工调查的评价工具对这些重点街道或社区进行详细的调查,可以解决基于人工调查的评价工具很难在较



图1 伦敦奥运场馆与地铁站间的路径

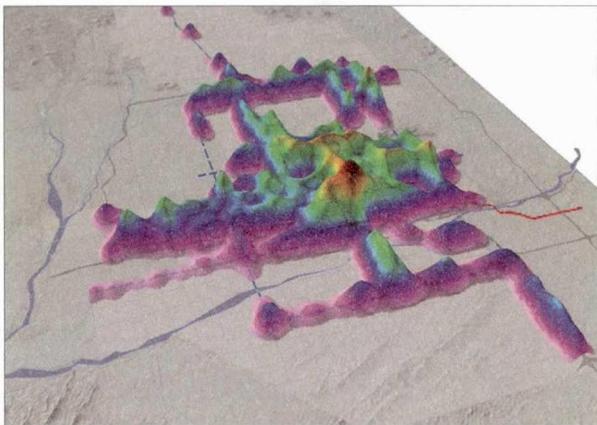


图2 菲尼克斯轻轨站点的Walk Score

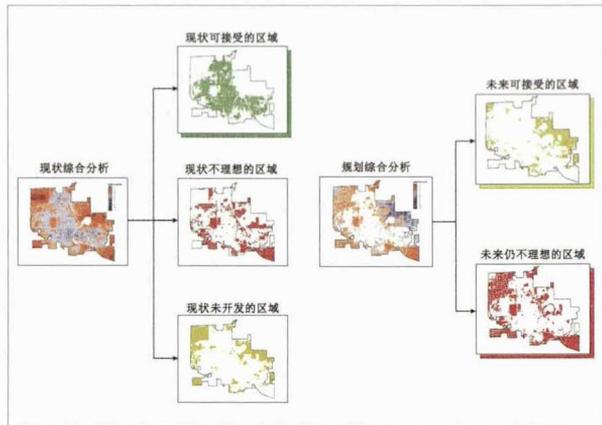


图3 波特兰现状和规划的步行性分析图

大范围内应用的问题。或者将基于众包的评价工具和基于地图数据的评价工具中得到的评价数据结合,既能考虑可达性因素,又能考虑街道环境因素,最终得到的步行性评价会更加真实、准确。

国外的步行性评价工具非常多,但是我国的步行出行主体——行人和步行出行客体——步行环境与国外发达国家有非常大的不同,因此国外的步行性评价工具在国内应用时,必须开展适应性的研究,并根据我国的实际情况进行改进。目前已经有了一些成功的案例,比如亚洲开发银行完成的《亚洲城市步行性和步行设施》报告中,尽管使用了世界银行提出的全球步行指数方法,但结合亚洲城市的实际情况,新增了步行路径的有效性、步行过街设施的有效性等指标<sup>[38]</sup>。吴健生等人考虑到国内居民对酒吧、咖啡厅等生活便利设施的接受度和对超级市场、便利店等生活便利设施的需求度与国外居民显著不同,将Walk Score的评价方法进行了改进,应用于深圳市福田区日常生活设施配置的合理性的评估<sup>[39]</sup>。

步行性评价工具已经在国内一些规划项目中应用,比如姜洋等将PLPS方法用于重庆市步行和自行车交通规划设计的现状调研中<sup>[40]</sup>,简海云将PLPS方法用于昆明市滨河步行道的现状调研中<sup>[41]</sup>,王悦和姜洋将PLPS方法应用于上海市黄浦区的街道重建规划设计的现状调研中<sup>[42]</sup>。总的来说,目前步行性评价工具在国内规划项目中的应用大多是将PLPS方法用于现状调研中。从论文中介绍的规划应用案例来看,步行性评价的应用范围可以进一步扩展,步行性评价除了提供完备的调查工具,还提供了科学的量化方法,因此除了用于现状调研外,还能用于步行交通规划、城市更新规划、TOD规划等方案的生成和评价。步行性评价的方法也可以更加丰富,比如现状调研中除了应用PLPS方

法外,还可以应用PERS等方法。PERS方法更加关注微观的步行设施和步行环境,能够直接指导街道步行改善设计的开展。

#### 参考文献:

- [1] 国务院关于加强城市基础设施建设的意见[EB/OL]. [http://www.gov.cn/zwqk/2013-09/16/content\\_2489070.htm](http://www.gov.cn/zwqk/2013-09/16/content_2489070.htm), 5/30/2015.
- [2] Litman T A. Economic value of walkability[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2003,1828(1):3-11.
- [3] 迈克尔·索斯沃斯,许俊萍.设计步行城市[J].国际城市规划,2012(5):54-64.
- [4] Ewing R, Handy S, Brownson R C, et al. Identifying and measuring urban design qualities related to walkability[J]. Journal of Physical Activity and Health, 2006(3):223-240.
- [5] Manaugh K, Ahmed E. Validating walkability indices: How do different households respond to the walkability of their neighborhood?[J]. Transportation Research Part D, 2011,16(4):309-315.
- [6] 李怀敏.从“威尼斯步行”到“一平方英里地图”:对城市公共空间网络可步行性的探讨[J].规划师,2007(4):21-26.
- [7] Pivo G, Fisher J D. The walkability premium in commercial real estate investments[J]. Real Estate Economics, 2011, 39(2):185-219.
- [8] Driven to Spend, the Impact of Sprawl on Household Transportation Expenses[R]. Surface Transportation Policy Project, the Center for Neighborhood Technology,2000.
- [9] Leyden K M. Social capital and the built environment: The importance of walkable neighborhoods[J]. American Journal Public Health, 2003, 93(9):1546-1551.
- [10] Morabia A, Costanza M C. Does walking

15 minutes per day keep the obesity epidemic away? Simulation of the efficacy of a populationwide campaign[J]. American Journal of Public Health, 2004,94(3):437-440.

- [11] Smith K R, Brown B B, Yamada I, et al. Walkability and body mass index: Density, design, and new diversity measures[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2008,35(3):237-244.
- [12] Measuring the Health Effects of Sprawl: A National Analysis of Physical Activity, Obesity and Chronic Disease[R]. Smart Growth America, 2003.
- [13] Saelens B E, Sallis J F, Black J B, et al. Neighborhood-based differences in physical activity: An environment scale evaluation[J]. American Journal of Public Health, 2003,93(9):1552-1558.
- [14] Pedestrian Planning and Design[R]. Tokyo: Kajima Institute Publishing Co. Ltd, 1974.
- [15] 中国公路学会.交通工程手册[M].北京:人民交通出版社,1998.
- [16] Asadi-Shekari Z, Moeinaddini M, Zaly-Shah M. Disabled pedestrian level of service method for evaluating and promoting inclusive walking facilities on urban streets[J]. Journal of Transportation Engineering, 2013,139(2):181-192.
- [17] 卢银桃,王德.美国步行性测度研究进展及其启示[J].国际城市规划,2012(1):10-15.
- [18] Zohreh Asadi-Shekari, Mehdi Moeinaddini, Muhammad Zaly-Shah,等.非机动车交通方式服务水平探讨:应对步行和自行车服务水平评价问题[J].城市交通, 2014(4):77-94.
- [19] Calculating Multi-mode Levels-of-Service[R]. Seattle: International Bicycle Fund, 1994.
- [20] Landis B W, Vattikuti V R, Ottenberg

- R M, et al. Modeling the roadside walking environment: Pedestrian level of service[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2001(1773):82-88.
- [21] Multimodal Level of Service Analysis for Urban Streets[R]. Washington, DC: Transportation Research Board of the National Academies, 2008.
- [22] Clifton K J, Livi Smith A D, Rodriguez D. The development and testing of an audit for the pedestrian environment[J]. Landscape and Urban Planning, 2007, 80(1-2):95-110.
- [23] Pikora T J, Bull F C L, Jamrozik K, et al. Developing a reliable audit instrument to measure the physical environment for physical activity[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2002, 23(3):187-194.
- [24] Emery J, Crump C, Bors P. Reliability and validity of two instruments designed to assess the walking and bicycling suitability of sidewalks and roads[J]. American Journal of Health Promotion, 2003, 18(1):38-46.
- [25] Day K, Boarnet M, Alfonzo M, et al. The Irvine-Minnesota inventory to measure built environments[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2006, 30(2):144-152.
- [26] Walkability Tools Research[R]. Wellington: Land Transport New Zealand, 2006.
- [27] Davies A, Clark S. Identifying and Prioritising Walking Investment Through the PERS Audit Tool[R]. New York: 10th International Conference for Walking, 2009.
- [28] 扬·盖尔, 拉尔斯·吉姆松. 公共空间·公共生活[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003.
- [29] Global Walkability Index Survey Implementation Guidebook[R]. World Bank, 2011.
- [30] Walkscore[EB/OL]. <http://www.walkscore.com>, 2015-6-20.
- [31] Walkshed[EB/OL]. <http://www.walkshed.org>, 2015-8-4.
- [32] Carr L J, Dunsiger S I, Marcus B H. Walk Score as a global estimate of neighborhood walkability[J]. American Journal of Preventive Medicine, 2010, 39(5):460-463.
- [33] Carr L J, Dunsiger S I, Marcus B H. Validation of walk score for estimating access to walkable amenities[J]. British Journal of Sports Medicine, 2011, 45(14):1144-1148.
- [34] Walkonomics[EB/OL]. <http://www.walkonomics.com>, 2015-29-3.
- [35] 中国城市步行友好性评价报告[R]. 自然资源保护协会, 2014.
- [36] Transit Oriented Development with Walk Score[EB/OL]. <http://blog.walkscore.com/2011/07/transit-oriented-development-with-walk-score/#.Vuq6k71f2M8>, 2016-3-17.
- [37] The Walkable Community: A GIS Method of Pedestrian Environment Analysis[R]. Portland Oregon: Criterion Planners/Engineers Inc..
- [38] Leather J, Fabian H, Gota S, et al. Walkability and pedestrian facilities in Asian Cities[J]. Asian Development Bank, 2011(5):102-109.
- [39] 吴健生, 秦维, 彭建, 等. 基于步行指数的城市日常生活设施配置合理性评估: 以深圳市福田区为例[J]. 城市发展研究, 2014(10):49-56.
- [40] 姜洋, 王悦, 余军, 等. 基于PLPS调研方法的步行和自行车交通规划设计评估[J]. 城市交通, 2011(5):28-38.
- [41] 简海云. 昆明市主城区步行和自行车交通系统规划[J]. 城市交通, 2011(5): 60-69.
- [42] 王悦, 姜洋, Kristian Skovbakke Villadsen. 世界级城市街道重建策略研究: 以上海市黄浦区为例[J]. 城市交通, 2015(1):34-45.

(上接 100 页)

- [12] 石晓凤, 崔东旭, 魏薇. 杭州公共自行车系统规划建设与使用调查研究[J]. 城市发展研究, 2011, 18(10):105-114.
- [13] 代萁, 徐根玖, 李越, 等. 西安市公共自行车站点规划设计[J]. 数学建模及其应用, 2013, 2(3):67-72.
- [14] 王波, 甄峰, 魏宗财. 南京市区活动空间总体特征研究: 基于大数据的实证分析[J]. 人文地理, 2014(3):14-21.
- [15] Wakamiya S, Lee R, Sumiya K. Urban Area Characterization Based on Semantics of Crowd Activities in Twitter[A]// Geospatial Semantics, International Conference, Geos 2011, Brest, France[C]. 2011:108-123.
- [16] 隋正伟, 邬阳, 刘瑜. 基于签到数据的用户空间出行相似性度量方法研究[J]. 地理信息世界, 2013(3):26-30.
- [17] 张子昂, 黄震方, 靳诚, 等. 基于微博签到数据的景区旅游活动时空行为特征研究: 以南京钟山风景名胜区为例[J]. 地理与地理信息科学, 2015, 31(4):121-126.
- [18] 武汉统计年鉴 2015 年[M]. 北京: 中国统计出版社, 2016.
- [19] 郭春琳. 城市道路自行车出行者满意度研究[D]. 西安: 长安大学, 2014.
- [20] Goodchild M F. Citizens as sensors: the world of volunteered geography[J]. Geojournal, 2007, 69(4):211-221.
- [21] 隋正伟, 邬伦, 刘瑜. 基于签到数据的城市间交互网络研究[J]. 地理与地理信息科学, 2013, 29(6):1-5.
- [22] 刘浏. 城市规划实践中的大数据思维[A]// 2015 中国城市规划年会论文集[C]. 2015.
- [23] 汤国安. ArcGIS 地理信息系统空间分析实验教程[M]. 北京: 科学出版社, 2012.