

美国基于面域的骑行性测评体系比较研究

张磊¹, 鲍培培², 张磊³

(1.浙江理工大学建筑工程学院,浙江杭州310001; 2.浙江青墨建筑设计有限公司,浙江杭州310007; 3.同济大学建筑与城市规划学院,上海200092)

摘要:在全球持续关注骑行交通的形势下,对城市骑行环境的评价也成为发展绿色交通的关键,然而中国尚无统一的测评体系来评价城市的骑行性水平。对美国两种最具代表性的基于面域的骑行性测评体系——城市骑行指数和PFB城市评级进行详细对比研究。深入分析和比较两种测评体系的评价目的、标准和应用场景,总结两种测评体系的特征和差异。最后,结合中国自行车交通的发展特征和城市环境特点,对制定基于网络和数据分析的面域骑行性测评体系提出相应建议。

关键词:骑行性;测评体系;城市骑行指数;PFB城市评级

Regional Bike Rideability Assessment System in the United States

Zhang Lei¹, Bao Peipei², Zhang Lei³

(1.School of Architecture and Engineering, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou Zhejiang 310001, China; 2.Zhejiang Qingmo Architectural Design Co., Ltd., Hangzhou Zhejiang 310007, China; 3.School of Architecture and Urban Planning, Tongji University, Shanghai 200092, China)

Abstract: With continuously focusing on cycling transportation in the world, the assessment of urban cycling environment has become a key factor for the development of green transportation. At present time, however, there is still no uniform assessment system in China to evaluate a city's level of bike rideability. Therefore, the paper conducts a detailed comparative study of the two most representative area-based assessment systems in the United States – bike score and city rating of PeopleForBikes (PFB). By analyzing and comparing the assessment objectives, standards and application scenarios of the two assessment systems, the paper summarizes the characteristics and differences between them. Finally, the paper proposes how to develop the regional bike rideability assessment systems based on network and data analysis, which tailors to the characteristics of bicycle transportation development and urban environment in China.

Keywords: bike rideability; assessment system; bike score; City Rating of PeopleForBikes

收稿日期: 2019-05-20

作者简介: 张磊(1977—),女,安徽安庆人,硕士,讲师,注册城乡规划师,北卡罗来纳大学教堂山分校访问学者,主要研究方向: 非机动车交通。E-mail: zhanglei@zstu.edu.cn

随着环境污染、能源紧缺以及交通拥堵等问题日益严重,全球对非机动车交通的关注度逐渐提高,自行车作为绿色交通方式之一,不仅有益于解决这些问题,还能促进个人身体健康。虽然美国与丹麦、荷兰等国家相比,自行车出行分担率较低,但是近些年美国正积极提倡在城市日常交通中增加步行和骑自行车的比例,加快了自行车交通的发展。据统计,近20年美国政府已经投资了2亿美元修建新的自行车道和自行车专用路。不少城市也正致力于创造一个具有良好骑行性的城市空间,引导城市向积极、绿色的交通模式转变。在非机动车交通的研究中,城市环

境促进骑行的潜在作用得到了越来越多的应用,对城市环境基于数据的有效测度和客观评价更成为自行车交通发展的重要基础。

1 骑行性和骑行性测评

1.1 城市骑行性

骑行性(Bikeability)是表达环境对自行车友好程度的术语,描述环境对自行车交通的影响。其包含两个方面的含义:1)城市空间对于人骑行的引导能力,出发点和目的地之间的空间邻近性以及两点之间骑行的便捷性和舒适性;2)城市的政策、文化氛围对骑行

的鼓励和赞同程度，市民参与骑行的信心和动力。

从目前自行车交通的研究成果分析，对于城市骑行性产生影响的环境因素有四个方面：1)城市自然环境，如城市的地形地势^[1]；2)城市建设环境，如城市形态^[2]、土地利用多样化^[3]、城市密度^[4]、自行车基础设施^[5]等；3)城市人文环境，如政策^[6]、交通法规、自行车交通的认同感^[7]、教育、提倡鼓励骑行的社会活动等；4)个人特征，如人口年龄构成、性别构成、职业构成、收入情况^[8]等。

1.2 骑行性测评

使用现有数据和知识来定义和映射骑行性即骑行性测评^[9]。骑行性测评提供了可以广泛使用的测评骑行环境的标准，方便城市之间以及特定区域之间的横向比较(见图1)，同时也可直观描述骑行环境变化的过程，便于城市和社区的纵向对比；为规划师和建设部门有针对性地制定提高骑行环境的政策和改善措施提供基于数据分析的合理依据，并从战略角度分配城市建设资金，促进城市骑行的发展。

2 关于骑行性测评的研究

2.1 研究基础

关于城市骑行性的测评研究虽然呈现多样化，但按照评估范围和评估对象可将其分为基于设施的评估和基于面域的评估。两者主要区别是：1)前者评估范围为交通廊道，后者为城市片区；2)前者评价对象主要针对设施的客观情况，而后者还包含对主观的规划意图和实际的使用效果测评。基于设施的评估方法使用多项标准衡量道路的骑行舒适度、安全程度。例如，自行车服务水平(Bicycle Level of Service, BLOS)^[10]是针对具体一条道路各方面性能的量化评价，自行车相容性指数(Bicycle Compatibility Index, BCI)^[12]是估算特定道路对于机动车和自行车的容纳能力，自行车路线规划(Cycling Route Planner, CRP)^[13]辅助骑行者发现适合个人偏好的路线。这三个评估体系都是对设施的客观条件进行评价，例如道路宽度、车流量以及车速、铺装条件等。该类测评对于提升自行车道路网的水平有很大作用，但是难以判断建设或改善设施的最佳地点。文献

[14]以天津、重庆、昆明和石家庄为例，基于开放街区地图和高清街景地图，采用香农熵的方法计算城市街道的安全性、舒适性以及便利性，从而评价街道的步行指数和骑行指数。文献[15]采用可视化叙述性偏好法来设计问卷，利用混合Logit模型得到骑行者评价骑行道路环境的效用函数，并发现路段要素(车道形式、车流量等)的影响大于路径要素(红灯数量、自然景观等)。这两种评估方法也都属于基于设施类的评估。

基于面域的骑行性测评建立在城市综合建成环境对骑行影响机制的基础之上，利用精确庞大的城市环境空间数据来评价和展现一个城市各个区块适合骑行的程度，以及社会人文因素对骑行的影响，从而更系统地用于促进该地区自行车交通的发展，较基于设施的骑行性测评结论更全面、更准确，成果应用也更广泛，因此是城市骑行性测评的发展方向。该方面的研究文献较少，文献[16]提出鉴别地区的骑行适应性方法，采用7个评价标准：设施适用性(自行车道的质量)、道路网络密度、自行车路网密度、渗透性和障碍、连接节点的比例、环境设施(路段平均坡度)，以及目的地可达性。文献[17]采用5个评估标准：自行车路网密度、自行车路线分隔程度、自行车优化街道连接性、环境舒适度(地形)，以及目的地可达性。

美国基于面域的骑行性测评体系中被业内认可并广泛使用的有两种——城市骑行指数(Bike Score)以及美国最大的非营利性自行车倡导组织——People For Bike(PFB)开发的城市骑行性排名(City Rating)，简称PFB城市评级。本文主要以这两种测评方法、内容等作为研究对象，深入分析和比较其评价目的、标准和应用场景，总结两种测评体系的

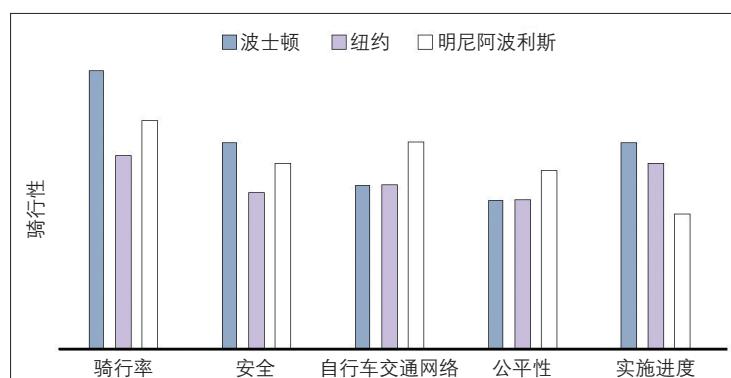


图1 城市骑行性测评比较示例

Fig.1 Demonstration of urban bikeability assessment
资料来源：文献[10]。

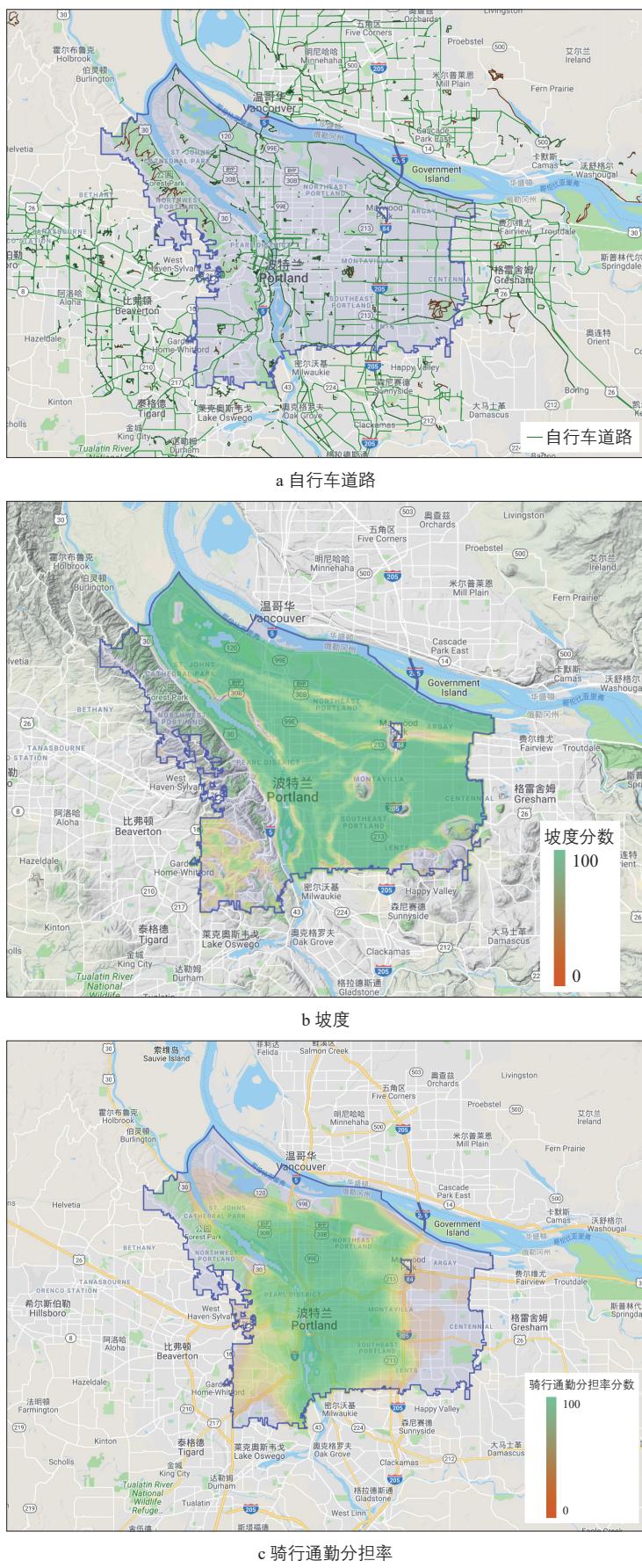


图2 波特兰骑行指数示例

Fig.2 Demonstration of bike score in Portland

资料来源：文献[10]。

特征和差异，为中国制定基于网络和数据分析的面域骑行性测评体系提出相应建议。

2.2 城市骑行指数

城市骑行指数是2012年Megan Winters, Kay Teschke等人在步行指数(Walk Score)测度基础上研究发展而来。本着将步行、骑行与健康紧密联系的研究初衷，该测评体系的目的是提供一个简单、便捷的衡量城市骑行性的方法，帮助人们寻找适合骑行的居住地，协助规划部门改善城市骑行环境。2015年，在北美和加拿大超过160个城市和7 000多个社区都使用了这一测评体系^[18]。

由于骑行指数的目标在于从居民日常生活、工作的角度出发选择适合骑行的地区，因此骑行指数的评价重点是对城市现状物质空间环境的评价，例如自行车交通基础设施的建设情况、城市的地形地貌，以及骑行行程内的设施布局。骑行指数的测评方法是衡量起点和目的地之间的环境状况，以起点一定半径内的区域构成整个评价的最小范围，因此计算的准确度和GIS中设置的分析单元尺度相关，同一个街区中的不同地块会出现不同的骑行指数，可以体现街区内部环境的多样性。

评价体系共设有4个评价因子：自行车道路、坡度、目的地和道路连接性、骑行通勤分担率^[18]。

1) **自行车道路：**包括所有的自行车专用路、自行车道(沿城市道路两侧布置)以及机非混行的社区道路(以下简称“机非混行道”)，不包括停车设施(见图2a)。

2) **坡度：**衡量出发点200 m范围内的坡度等级(见图2b)。

3) **目的地和道路连接性：**测评出发点一定半径内服务设施的类型和密度，出发点到目的地的连接性。

4) **骑行通勤分担率：**衡量城市中使用自行车通勤的人数(见图2c)。

骑行指数总得分由4个因子的得分按权重(每个因子占25%)相加^[18]。1)自行车道路的计算是将自行车专用路的值设为自行车道值的2倍、机非混行道的3倍。计算起点1 000 m以内所有自行车道路的长度，并使用距离衰减的功能。将得出的原始值标准化为0~100分。2)坡度计算中将出发点200 m以内的坡度进行分级，坡度为2%~10%的相

应得分为 100~0 分。3) 目的地和道路连接性的计算依据骑行通勤范围 2.5 km 内服务设施的数量和种类初步测算，再按照设施与起点的距离设置衰减，最后再通过交叉口密度和街区长度衰减率对照表进行修正(街区越小路网越密，衰减率越低)。4) 骑行通勤分担率的数据为 0%~10% 的对应得分为 0~100 分。

2.3 PFB 城市评级

PFB 城市评级是 PFB 的一个重要项目，其目的是辅助快速地建设与连接适合骑行的城市和地区，建设更好的自行车交通基础设施，让更多的人安全骑行、让社区更适合居住、让城市更适合工作和娱乐。PFB 将美国数百个城市进行了全面测评，测评体系设置了一套全新的标准用来定义和衡量美国适合骑行的城市^[10]。自行车交通网络分析工具(Bicycle Network Analysis, BNA)是该测评体系的特点之一，可以更好地帮助城市识别和改进自行车交通网络中的薄弱环节。

PFB 城市评级的目标是提升城市骑行环境、为决策者提供好的发展建议与策略，因此体系包含对社会人文的测评，通过数据来量化评价城市对自行车的接受度，促进自行车交通政策实施的全面性和效力、自行车交通基础设施发展的速度和公平性，并对城市促进自行车交通发展做出的努力给予奖励。评价单元为人口普查街区，街区得分唯一，不显现内部环境的多样性特征(除 BNA 评价中的交通压力分级是评价的逐条道路)。

该评价体系设有 5 个评价因子：骑行率、安全性、自行车交通网络、实施进度和公平性^[10]。

1) 骑行率：衡量城市使用自行车的人数，包括骑行通勤分担率、休闲健身骑行率。

2) 安全性：衡量在城市中骑车的安全度，包括所有交通方式与自行车碰撞的死亡率、受伤率。

3) 自行车交通网络：反映自行车道路网的质量，主要对自行车道路网中的交通压力高低、低压力道路的连续程度以及目的地空间布局的方便合理性进行评价。

4) 实施进度：指未来 3 年城市在骑行方面变化的速度和程度，直接反映城市实施骑行计划的进度，展现城市不断进步所付出的努力。主要测评正在增加以及拓宽的自行车交通基础设施、PFB 的社区调查数据中关于市民对骑行发展支持度的变化。

5) 公平性：主要测评城市对不同的社区在自行车交通基础设施上的投资差距值以及城市男性和女性骑行通勤分担率的差距值。前一个指标的测度需要先按年龄、种族、性别、经济状况等划定历史上服务不足的社区，然后计算全市 BNA 平均指数与历史性服务不足社区的 BNA 平均指数之间的差值。

5 个因子分别按 5 分制进行测评并加权，(每个因子占 20%)以产生最终的城市评级^[10]，对数据提供完整的城市给予 0.5 的奖励分。其中 BNA 主要包括交通压力分级和目的地可达性评价两方面。在算出单个人口

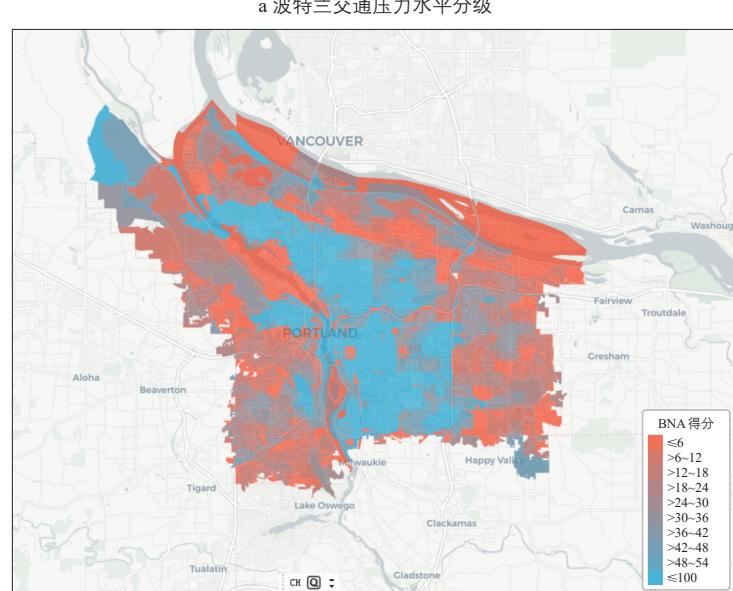
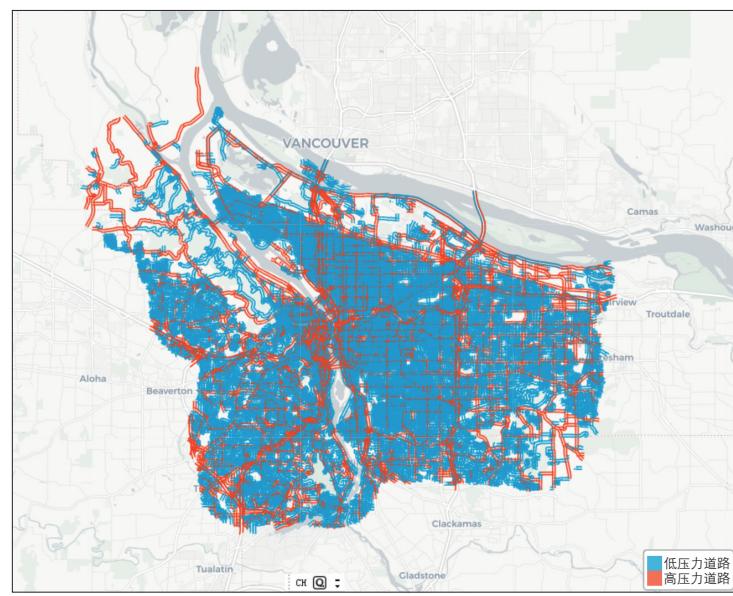


Fig.3 Demonstration of PFB city rating

资料来源：文献[19]。

普查街区的得分后，依据其人口数量占比进行加权，得出整个城市的BNA得分。

1) 交通压力分级。

BNA 提出的低压力自行车交通网络理念是基于文献[19]交通压力水平(Level of Traffic Stress, LTS)的研究，该研究认为自行车交通网络最为重要的特性就是低压力道路的连续性。BNA 将自行车交通网络划分为低压力和高压力两个等级(见图3)，并且通过开放街区地图构建了特殊的自行车交通网

表1 目的地可达性分类计分

Tab.1 Classified scoring of destination accessibility

计分项目	权重	子类别	权重
通勤目的地	20	人口	15
		就业点	35
		幼儿园、小学、初中、高中	35
		技术和职业学校	10
		高等教育	20
		医务室、诊所	20
日常公共服务设施	20	牙医诊所	10
		医院	20
		药店	10
		超市	25
		社会服务	15
		公园	40
娱乐	15	休闲小径	35
		社区中心	25
零售	15	零售商店	无
公共交通	15	车站或交通中心	无

表2 美国大城市骑行指数与PFB城市评级结果比较

Tab.2 Results of bike score and PFB city rating of major cities in the U.S.

城市	PFB城市评级	城市骑行指数
芝加哥	2.0	70.2
萨克拉门托	2.0	68.9
旧金山	2.2	75.1
费城	2.2	67.5
西雅图	2.3	63.0
丹佛	2.7	71.3
纽约	3.1	68.0
华盛顿	3.2	69.5
波士顿	3.3	72.0
图森	3.3	67.9

络数据：根据路段特征(车速、车道数、车道宽度等)列选了5大类21小类的自行车道路形式、3大类12小类的交叉口形式、人工判读所有自行车道路以及交叉口的压力情况。

2) 目的地可达性。

在确定交通压力的高低之后，评估人口普查街区地理中心自行车适宜车程之内(BNA假设其距离为2 680 m)的所有街区，当且仅当两个人口普查街区之间存在连续的低压力自行车道时才认为这两个街区是相连的，突出了连续网络的重要性。

目的地可达性的计分项目是：人口、通勤骑行的机会、日常公共服务设施、娱乐、零售、公共交通。依据低压力网络中实际可达的公共服务设施数量及其占骑行可达设施总数的比例给每个子类别评分，分数为0~100分(见表1)，每个类别的得分是由其子类别得分按照权重相加(见图3b)。

2.4 两种测评体系的优点

城市骑行指数和PFB城市评级两种骑行性测评体系都是利用网络和数据分析的基于面域的评价，虽然在测评对象、测评目标和测评方法等方面存在很大差异，但是都包含对自行车交通基础设施和城市服务设施的测评。

2.4.1 城市骑行指数

1) 指标设置简洁。测评体系尽量控制对城市设计及社会人文的冗杂表述，将指标体系的通用部分限定为4个因子，且4个因子都属于单一层次指标，降低了系统复杂性，直观且易于使用。

2) 数据来源便捷。数据来源开放，容易获取，方便使用者按照当地特征和条件变化进行不同的扩展研究和专项研究。

3) 操作简单。评估体系简单清晰，数据收集、数据清理以及计算过程都是由ArcGIS软件和数学模型完成，便于不同参与者理解、把握和应用。

2.4.2 PFB城市评级

1) 指标设置较全面。BNA是针对自行车交通基础设施更为完整和全面的测度；安全性、实施进度以及公平性3个因子强化了社会因子的影响力。因此可更为有效地协助政府制定和实施相关政策，对城市自行车交通相关规划也具有评估和指导的作用。

2) 数据量大，来源多。基于大量数据分析的评级体系主要有6个数据源：美国社

区调查,死亡率分析报告系统,PFB的街景地图,PFB的社区调查,PFB的自行车交通网络分析,运动市场调查自行车参与程度。其中3个是PFB独立创建的数据库。

3) 稳定性和动态性相结合。测评体系提供了两个定量的动态衡量标准——公平性和实施进度。动态衡量指标可以更好地关注城市骑行环境的变化趋势,有效预测未来城市骑行发展的重点。

2.5 两种指标体系存在的问题

2.5.1 城市骑行指数

1) 忽视人文环境因子的影响力。骑行通勤分担率仅反映现状骑行水平,不能有效反映政策实施情况和骑行发展潜力。例如图森市(见表2)的自行车交通网络和安全性得分并不高,城市骑行指数较低,但是由于它正在加速建设自行车交通基础设施,因此PFB城市评级得分很高。

2) 自行车道路指标较为片面。美国自行车道路类型较多,虽然城市骑行指数确定的三种类型在美国最为普遍,但是对于不同等级的城市以及骑行发展程度不同的城市而言,准确性会大大降低。同时该指标只能显示自行车道的长度和密度,而忽略了自行车道的连接性。例如表2中的芝加哥虽然低压力车道较多,城市骑行指数较高,但是都被城市高压力道路所切割,分成一个个孤岛(见图4),因此PFB城市评级得分较低。此外,城市骑行指数不能针对某一条道路进行评价,评价始终以面域的形式呈现,所以不能具体指导自行车道路的提升和改进。

3) 城市骑行指数存在上限效应。测评设置的指标是基于北美城市,鉴于许多北美城市的自行车交通基础设施水平相对较低,所以在骑行性较好的区域内追踪变化的敏感度有限,因此无法直接应用于那些拥有广泛自行车交通基础设施的地区。

2.5.2 PFB城市评级

1) 缺少自然环境的评价因子。城市的地形地貌会对骑行产生较大影响,据相关研究,骑行者偏爱坡度在5%以下的道路,因为大部分骑行者觉得爬坡困难,下坡的时候速度加快也不舒适^[20]。因此,对于山地城市其测评准确度较低。

2) BNA的测度操作复杂。BNA的测度是PFB城市评级最为主要的测度内容,测度过程繁琐,需人工判读所有的道路类型和交

叉口类型并依次赋予高低压力的标志,分级之后又逐一计算低压力区域内的设施数量和比例,整个过程较依赖专业人士的主观判断,费时费力。

3) 人口普查街区的统计层面较为粗放。由于美国人口普查街区在不同城市或同一城市不同区域面积都有所差异,且BNA的测度是将服务设施的辐射作用限制在本街区范围以内,因此在面积较大社区其BNA的统计分数相对会更高一些,影响测评结果的横向对比。另外,由于测评过程始终以人口普查街区为最小范围,忽视了其内部各区块的个性和特征。

3 对中国骑行性测评体系发展的启示

两种测评体系本身并无绝对优劣之分,不同的测评目标包含不同的测评标准,针对不同的应用场景。鉴于中国近几年正积极发展自行车友好城市,测评体系需作为建设和发展自行车友好城市的重要推动力和有效方法。对城市骑行性的测评应采用基于面域的测评体系,测评对象不仅包含现状的自行车交通网络,还应包含人文政策的实施力度以及未来城市自行车交通的发展潜力等。中国针对提高城市骑行环境的测评体系的制定需要注重以下几点:

1) 在创建评价体系时遵循可操作性、代表性、前瞻性、易理解性的原则。测评指标不要囿于单一的设施类因子,综合既有研

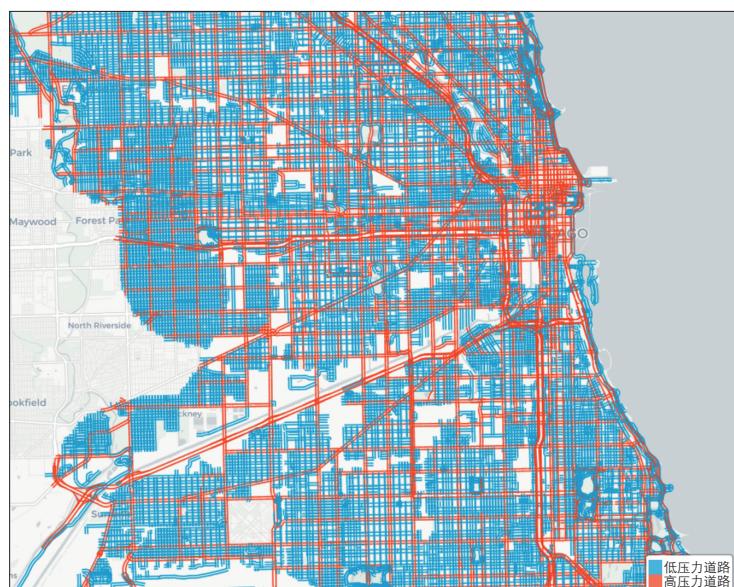


图4 芝加哥道路压力分级

Fig.4 Classifying road pressure in Chicago

究、交通政策、自然人文、城市道路的实际情况以及对骑行者调查的情况，从城市综合环境入手，同时也要避免为追求全面而造成指标过于繁杂、难以操作和实施的弊端。建议采用频率统计法得出原始指标集，再结合环境偏好法进行多次筛选，从而确定最终指标集^[21]。

2) 测评体系需考虑中国的骑行特征，发展符合自身特点的自行车交通网络测评体系。中国城市存在自行车通勤比例高、电动自行车与自行车混行、自行车专用路的建设稀缺等特征，很多城市还亟须解决自行车停车设施问题。可以利用现有的共享单车、城市公共自行车以及手机信令等数据加强对城市自行车交通网络现状需求和潜在需求的测评，辅助相关建设管理部门确定城市中最有价值、最急需的街道改造和提升项目。

3) 考虑到中国人口数量与美国的差异，且自行车交通在不同规模城市发挥的作用也不尽相同，在超大(特大、大)城市，自行车交通主要作为公共交通的延伸，而中小城市自行车交通则是主要交通方式之一^[22]。因此，可以依据城市规模分组测评，增强测评结果的可比性和实践意义，同时也可减少测评的操作难度。

4) 对影响骑行的人文环境和个人特征因子的量化研究是测评体系的最大难题，从城市经济水平、经济结构，到市民受教育程度、男女比例、年龄结构等都会影响城市的骑行性。需结合中国城市的发展特色，借助大众点评数据库、微博数据库、手机信令数据等进行社会人文和个人特征量化的探索，减少因子设置的复杂性，同时提高骑行性测评的精准度。

5) 将自行车道路网的骑行舒适度作为发展目标，骑行的安全性是舒适性的基本要求。城市骑行指数考虑的是骑行的可能性和服务设施等对于骑行的吸引力^[23]；PFB城市评级评价的是道路设施的骑行安全性，且依据车速、车道数、机动车道与自行车道有无分隔等区分自行车道路网压力等级。需对该体系适当改进，可增加街道景观、自行车信号灯数量、自然景观等标准，使测评体系适度反映自行车道路环境的舒适性。

6) 基于面域的骑行性测评十分依赖数据库的建立和完善，城市建立完善的信息数据库是保障。可借助目前正在实施的城市大

脑项目，有目的、有组织地筹备骑行相关的数据调研和储备，既增加测评的准确性，同时也为未来的城市交通研究准备可靠的数据来源和科学的分析依据。

4 结语

通过对美国两种基于面域的骑行性测评体系的介绍和对比分析，指出中国未来发展城市骑行性测评体系的方向和重点。骑行性测评的目的是建设自行车友好的城市环境，为发展非机动车交通提供依据。骑行性评价在中国还处于基于设施类测评的阶段，提升骑行线路的道路环境对城市非机动车出行有着巨大的助力。然而，只有从城市综合建成环境因素着手，分析城市区域范围内适合骑行的程度，才能找到城市中最需要建设和提升之处，获得发展非机动车交通的最佳效果。

参考文献：

References:

- [1] Rodrigue D A, Joo J. The Relationship Between Non-Motorized Mode Choice and the Local Physical Environment[J]. Transportation Research Part D: Transport and Environment, 2004, 9(2): 151–173.
- [2] Cervero R, Kockelman K. Travel Demand and the 3Ds: Density, Diversity, and Design[J]. Transportation Research D: Transport and Environment, 1997, 2(3): 199–219.
- [3] Ewing R, Cervero R. Travel and the Built Environment: A Meta-Analysis[J]. Journal of the American Planning Association, 2001, 76(3): 265–294.
- [4] Parkin J, Wardman M, Page M. Estimation of the Determinants of Bicycle Mode Share for the Journey to Work Using Census Data[J]. Transportation, 2008, 35(1): 93–109.
- [5] Iderlina Mateo-Babiano. How Does Our Natural and Built Environment Affect the Use of Bicycle Sharing?[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2016, 94(11): 295–307.
- [6] Tsenkova S, Mahalek D. The Impact of Planning Policies on Bicycle-Transit Integration in Calgary[J]. Urban Planning & Transport Research, 2014, 2(1): 126–146.

- [7] Fukuda D, Morichi S. Incorporating Aggregate Behavior in an Individual's Discrete Choice: An Application to Analyzing Illegal Bicycle Parking Behavior[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2007, 41(4): 313–325.
- [8] Gatersleben B, Appleton K M. Contemplating Cycling to Work: Attitudes and Perceptions in Different Stages of Change[J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2007, 41(4): 302–312.
- [9] Winters M, Brauer M, Setton E, et al. A "Bikeability" Planning Tool: Using Research to Guide Urban Design Strategies for Active Travel[R/OL]. 2016[2019-05-10]. <http://www.cher.ubc.ca/cyclingincities>.
- [10] placeforbikes. Bike Network Analysis (BNA) Score, Methodology + Data[EB/OL]. 2018 [2019-05-10]. <https://cityratings.peopleforbikes.org/methodology/>.
- [11] Lowry M B, Callister D, Gresham M, et al. Assessment of Communitywide Bikeability with Bicycle Level of Service[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2012, 2314(1): 41–48.
- [12] Harkey D L, Reinfurt D W, Knuiman M, et al. Development of the Bicycle Compatibility Index[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 1998, 1636(1): 13–20.
- [13] Su J G, Winters M, Nunes M, et al. Designing a Route Planner to Facilitate and Promote Cycling in Metro Vancouver, Canada [J]. Transportation Research Part A: Policy and Practice, 2010, 44(7): 495–505.
- [14] Gu Peiqin, Han Zhiyuan, Cao Zhejing. Using Open Source Data to Measure Street Walkability and Bikeability in China: A Case of 4 Cities[J]. Transportation Research Record, 2018, 2672(31): 63–75.
- [15] 朱玮, 翟宝昕, 简单. 基于可视化SP法的城市道路自行车出行环境评价及优化: 模型构建及上海中心城区的应用[J]. 城市规划学刊, 2016, 229(3): 85–92.
Zhu Wei, Zhai Baoxin, Jian Dan. Evaluation and Optimization of Urban Bicycle Travel Environment Based on a Visualized SP Method[J]. Urban Planning Forum, 2016, 229(3): 85–92.
- [16] Birk M, Voros K, Rose M, et al. Cycle Zone Analysis: An Innovative Approach to Bicycle Planning[C]/Transportation Research Board. Proceedings of Transportation Research Board 2010 Annual Meeting. Washington DC: TRB, 2010.
- [17] Winters M, Brauer M, Setton E, et al. Mapping Bikeability: A Spatial Tool to Support Sustainable Travel[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 2013, 40(5): 865–883.
- [18] Walk Score. Bike Score Methodology[EB/OL]. 2010[2019-05-10]. <https://www.walkscore.com/bike-score-methodology.shtml>.
- [19] Furth P G, Mekuria M C, Nixon H. Network Connectivity for Low-Stress Bicycling[J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2016, 2587(1): 41–49.
- [20] San Francisco Department of Public Health. Bicycle Environmental Quality Index Draft Report 2009[R]. San Francisco: Equity and Sustainability Environmental Health Section, San Francisco Department of Public Health, 2009.
- [21] 邓力凡, 谢永红, 黄鼎曦. 基于骑行时空数据的共享单车设施规划研究[J]. 规划师, 2017, 33(10): 82–88.
Deng Lifan, Xie Yonghong, Huang Dingxi. Bicycle-Sharing Facility Planning Base on Riding Spatio-Temporal Data[J]. Planners, 2017, 33(10): 82–88.
- [22] 何保红, 李咏春, 李雪峰. 自行车交通发展的国际经验与我国的研究状况[J]. 国际城市规划, 2015, 30(5): 104–109.
He Baohong, Li Yongchun, Li Xuefeng. International Experience and Development in Bicycle Transportation of China[J]. Urban Planning International, 2015, 30(5): 104–109.
- [23] 卢银桃, 王德. 同济大学建筑与城市规划学院. 美国步行性测度研究进展及其启示[J]. 国际城市规划, 2012, 27(1): 10–15.
Lu Yintao, Wang De. Walkability Measuring in America and Its Enlightenment[J]. Urban Planning International, 2012, 27(1): 10–15.