

面向出行品质提升的自行车路网规划与设计策略研究*

杨琪瑶 蔡 军 黄建中

提 要 中国城市自行车交通发展面临严峻挑战。相关政策对自行车路网规划和建设提出以安全、便捷、舒适为核心,以自行车出行比例提升为目标的出行品质要求。多国、多城、多年文献、数据的整理、分析表明:①人均自行车路网拥有量(便捷性)与自行车使用率成正比;②不同安全等级自行车道路网均起到自行车出行比例提升的作用,其中高安全等级自行车道路网(安全性)的作用最大。中国多数城市具有建设良好自行车路网的基础条件和适于自行车发展的交通需求,但自行车路网品质不高为关键制约因素。建议以自行车路网数量拓展为基础,以路段、交叉口、出入口品质提升为核心,通过长期、持续改进的规划设计与建设实践,促进自行车交通健康发展;建议改善自行车路网规划与设施配置的价值取向,注重科学研究与实施项目的跟踪评估,并从规划编制体制、专业人才培养角度提供保障。

关键词 出行品质;自行车路网;路段;交叉口;规划与设计

中图分类号 TU984 文献标识码 A
DOI 10.16361/j.upf.201906009
文章编号 1000-3363(2019)06-0072-09

作者简介

杨琪瑶,大连理工大学建筑与艺术学院、荷兰埃因霍芬理工大学建成环境学院联合培养博士研究生, sx yangqi yao@mail. dlut.edu.cn

蔡 军,大连理工大学建筑与艺术学院副院长,教授,博导,通讯作者, cai-mans@126.com

黄建中,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,博导

A Research on Bikeway Network Planning and Design Strategies for Travel Quality Improvements

YANG Qiyao, CAI Jun, HUANG Jianzhong

Abstract: The development of bicycle traffic in Chinese cities is facing great challenges. Policies have been passed to ensure quality of bikeway networks in terms of safety, convenience and comfort with the aim of enhancing share of bicycle trips. Based on a review of existing literature and an analysis of available multiple-year data from multiple countries and cities, the paper draws the following conclusions: 1) bikeway miles per capita (convenience) is positively correlated with bicycle usage; 2) bikeway networks can increase the percentage of bicycling, and networks high safety levels have the greatest effect. Most Chinese cities have basic conditions for constructing good bikeway networks, and trip demands within cities are suitable for cycling. However, the low quality of bikeway facilities is a critical factor that restricts the development of bicycle use. The paper proposes to promote the healthy development of bicycle use through long-term continuous planning, design and construction, with improving the quantity of bikeway network as the basis and enhancing the quality of road sections, intersections as well as entrance-exits as the core. The paper calls for greater attention to bikeway network planning, scientific research as well as project evaluation under the guarantee of both an effective planning system and a high-quality planning education system.

Keywords: travel quality; bikeway network; road section; intersection; planning and design

自行车(脚踏与电动)适用于近距出行,可改善交通结构、提高运行效率、促进节能减排(潘海啸,2011;郭继孚,等,2011)。在快速机动化背景下,中国城市自行车出行比例持续下滑:北京(1986—2010年)、广州(1984—2005年)与深圳(1995—2007年)自行车出行比例分别减少72.1%、75.9%和84.3%(北京市交通委员会,北京交通发展研究中心,2015;金安,等,2016;潘海啸,2011);上海(1995—2009年)与天津中心区(2000—2011年)电动自行车出行比例翻了近两番,但增量低于脚踏自行车出行比例减量的一半(陆锡明,顾啸涛,2011;行之道,2012)。

* 国家自然科学基金面上项目“基于广义短距出行-用地效用优化的街区制路网规划方法研究”(项目批准号:51778099);国家社会科学基金“老年人社区生活圈的构建与协同营造策略研究”(项目批准号:17BSH126);国家留学基金委“国家建设高水平大学公派研究生项目”(项目批准号:201806060042)资助

针对上述问题,相关政策相继出台。《关于加强城市步行和自行车交通系统建设的指导意见》(建城[2012]133号,简称《2012意见》)主张建设安全、便捷及舒适的城市自行车出行环境,促进自行车出行比例提升;《国务院关于加强城市基础设施建设的意见》(国发[2013]36号)指出加强自行车“绿道”建设;2016年《中共中央国务院关于进一步加强城市规划建设管理工作的若干意见》(简称《2016意见》)再次强调自行车道系统建设。总体来看,这些政策对自行车路网提出以“安全、便捷、舒适”为核心,以“自行车出行比例提升”为目标的出行品质要求。

众多城市积极开展自行车路网的规划与建设实践。2014年,北京7个项目入选“第三批城市步行和自行车交通系统示范项目”(全国80余城共94个)。同年,北京自行车出行比例降至15%;自行车道设施不足是影响自行车出行的主要因素(北京市交通委员会,北京交通发展研究中心,2015)。2017年,北京共享单车达220万辆,自行车出行比例首次上升(新京报,2018);但自行车路权被压缩,骑行缺乏安全保障,仍是诸多北京居民放弃骑行出行的重要原因(人民网,2017)。2018年深圳公众调查表明,自行车道建设是深圳高品质宜行城市规划实施的提升重点(深圳市交通运输局,2018)。然而,现阶段难以找到自行车路网规划令人信服的成功经验与关键着力点;难以获取单城自行车交通多年连续数据,多城多年连续数据难上加难。有必要结合其他国家经验、数据,以自行车路网规划与设计为核心,讨论路网层面促进自行车出行品质提升的核心要素、关键机理与相关策略。

1 自行车出行品质提升的可能性分析

二战后,欧美国家进入快速机动化,自行车出行比例大幅下跌。1970年代,受城市交通问题困扰与世界石油危机冲击,荷兰、丹麦、德国为代表的欧

洲国家启动自行车路网体系建设;1990年代中期,荷兰德自行车路网总长增加近1倍,自行车出行比例提升25%;2000年代中后期,上述国家众多城市建成高品质自行车交通网络,自行车出行比例进一步提升,见表1(Pucher & Buehler, 2008; Pucher, 等, 2010)。

1990年代初,自行车出行的优势与荷兰等国的成功促使美、英、加等国重新开展自行车出行环境规划建设工作。近年,这些国家不少城市自行车路网初具体系,自行车使用率持续上升,见表1(City of Vancouver, 2018; New York City Department of Transportation, 2017; Portland Bureau of Transportation, 2014; San Francisco Municipal Transportation Agency, 2015; The League of American Bicyclists, 2015; Transport for London, 2017; WSP Group, 2013);波特兰、旧金山、纽约、明尼阿波利斯,伦敦,蒙特利尔、温哥华相继入选“哥本哈根化指数(Copenhagenize Index)——全球

20个自行车友好最佳城市”。

机动化背景下,自行车交通发展受阻是诸多国家面临的普遍问题;伴随绿色、健康、幸福等意识的增强,自行车交通重新受到重视更是全球趋势(表2)。荷兰德美英加经济富裕,人均小汽车保有量处于全球最高水平;荷兰多风雨,旧金山为“山城”,纽约、明尼阿波利斯、蒙特利尔等城市冬季严寒、降雪量大,这些国家/城市自行车交通发展历程表明:在机动车保有量持续增长,气候地形复杂多样的中国城市,自行车出行品质仍具提升潜力。

2 路网层面影响自行车出行比例的关键指标分析

2.1 自行车路网的关键指标

自行车路网包括路网密度、路网等级结构、人均道路用地等指标。《2012意见》等文件对自行车路网提出“安

表1 欧美国家自行车交通发展历程
Tab.1 The development process of bicycle traffic in European and American countries

国家	下降期	上升期					
	出行比例变化情况	城市/万人	路网总长(km)	出行比例(%)	城市/(万人)	路网总长(km)	出行比例(%)
荷兰	为1940年水平的40%	阿姆斯特丹/74	405	27	格罗宁根/18	420	39
丹麦		哥本哈根/50	359	29	欧登塞/19	500	26
德国		柏林/340	1 090	10	弗莱堡/22	342	27
美国	跌至1%—3%, 自行车交通严重边缘化	纽约/853	1 680	1.21 [#]	戴维斯/7	>200	16.60 [#]
		旧金山/87	702	4.30 [#]	博尔德/11	369	9.00 [#]
		波特兰/64	559	7.00 [#]	伯克利/12	>200	9.00 [#]
英国		伦敦/880	>1 500	2.24 [#]	剑桥郡/13	>100	10.00 [#]
加拿大		温哥华/60	>300	10.20 [#]	—	—	—

注:“#”表示通勤比例
资料来源:笔者根据参考文献[8、18、23—25、27、31、36、38]数据绘制。

表2 多国现行国家层面自行车交通政策
Tab.2 Existing national bicycle policies of selected countries

	国家	政策	国家	政策
亚洲	韩国	韩国自行车交通政策	印度	非机动交通措施指南:政策与选择
	荷兰	荷兰自行车总体规划	西班牙	自行车交通指南
欧洲	丹麦	自行车上的丹麦! 国家自行车战略	比利时	推进骑行:目标导向的弗兰德自行车政策计划
	德国	2020国家自行车计划——加入骑行大军	瑞典	更安全的骑行——2014—2020共同战略
	英国	自行车传递计划	挪威	国家骑行战略:蹬起自行车
	法国	软交通行动计划——步行与骑行	捷克	2013—2020国家自行车发展战略
非洲	南非	非机动交通设施指南	纳米比亚	可持续城市交通综合规划
美洲	美国	步行与自行车交通战略议程	墨西哥	墨西哥城市自行车交通综合手册
大洋洲	澳大利亚	澳大利亚国家自行车战略	新西兰	新西兰步行与骑行战略

资料来源:笔者自绘。

全、便捷、舒适,提升自行车出行比例”的要求。在快、主、次、支四级路网中,机动车速度区间大(20—100km/h),自行车速度区间小(脚踏车10—18km/h,电动车<25km/h),道路等级对自行车速度影响不大。在与机动车的冲突中,自行车更易受损,故自行车路网的安全性更为重要,且与机非有效隔离密切相关;便捷性与路网密度、人均路网拥有量相关;舒适性与路网的安全性、便捷性及骑行体验有关。

2.2 自行车路网安全性、便捷性的作用

1978—1996年荷兰自行车路网总长翻一倍,年度自行车骑行里程增加0.42倍,骑行死亡指数下降51.34%(Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1999);1991—2013年美国波特兰自行车路网总长增加3.42倍,4座大桥(霍桑、伯恩赛德、钢铁与百老汇)工作日自行车交通流量增加5.56倍,骑行碰撞指数下降68.75%(Portland Bureau of Transportation, 2014);2004—2014年丹麦哥本哈根自行车路网总长增加0.12倍,工作日自行车骑行里程增加0.19倍,骑行伤亡指数下降38.78%(The Technical and Environmental Administration, 2015)。伦敦(Transport for London, 2005)、哥本哈根(Jensen, 2007)、纽约(New York City Department of Transportation, 2014)、温哥华(City of Vancouver, 2015)等城市采用“前后法”(before and after),发现众多路段自行车道增设隔离设施后,骑行流量增长20%—160%,骑行事故率下降2%—48%。德国交通部自行车道设施研

究项目发现,相比共享车道,居民更偏好与机动交通分离的自行车道(Bohle, 2000)。奥地利格拉茨出行调查结果显示,日常出行路线上有自行车专用道的居民,骑行意愿增加2倍(Titze, 等, 2008)。下文将通过单城局部多年数据,比较自行车路网持续改进过程中骑行流量变化情况;通过多城多年数据,从各安全等级自行车道路网密度比例、人均路网拥有量、骑行水平角度,分析自行车路网安全性、便捷性提升对骑行比例提高的影响。

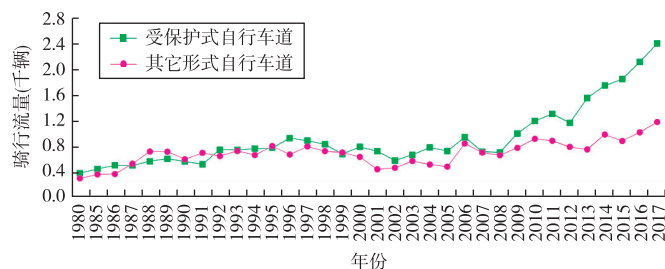
2.2.1 单城(局部)多年的比较分析

1980年,纽约交通局在曼哈顿第50大道14个交叉口设立了观测点,记录工作日早7点至晚7点14条相交道路途径第50大道的骑行流量(New York City Department of Transportation, 2018)。以“观测道路是否建有受保护式自行车道(protected bike lane, 含隔离设施);其它形式自行车道指传统自行车道(conventional bike lane)与缓冲式自行车道(buffered bike lane, 含缓冲带, 但无隔离设施)”为依据,将14条观测道路分为两类,分别计算12小时平均自行车流量。由其它形式自行车道流量曲线(图1-1红线)可见,1980—2017年骑行流量呈上升趋势。2007年第1、2、8、9大道相继建设受保护式自行车道及其交叉口体系(2007年之前为其它形式自行车道和相应的交叉口设施),骑行流量大幅上升(图1-1绿线),且增速大于同期其它形式自行车道。这表明:不同形式自行车道均可促进自行车使用率提升;更高安全等级自行车道作用更大。

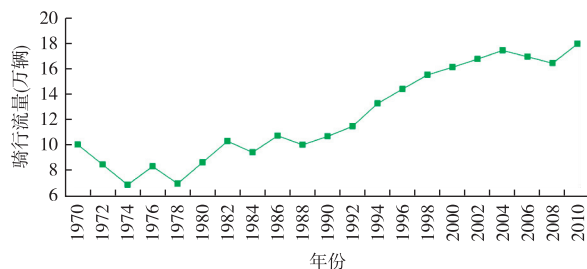
哥本哈根统计数据也证明了上述结论(The Technical and Environmental Administration, 2011)。1970—1990年,哥本哈根自行车路网总长翻一番,工作日早6点至晚6点进出市中心骑行流量缓慢上升;1990—2010年,其自行车路网建设重心转向设施优化,如改进路段与交叉口骑行设施(旨在提高安全性),进出市中心骑行流量大幅提升(图1-2)。

2.2.2 多城(整体)多年的回归分析

该类数据少、要求高,收集、整理难度大。以自行车路网具有一定规模,数据相对完整为条件,得到美国8个城市(东海岸:纽约和华盛顿特区;五大湖:芝加哥与明尼阿波利斯;西海岸:西雅图、波特兰、奥克兰和旧金山)连续11年(2005—2015年)88条数据。每条数据包含以下指标:①年度自行车通勤比例(%),该指标客观反映了不同城市自行车使用水平^①;②年度不同安全等级自行车道路网密度比例(%):根据自行车与机动车的空间隔离程度,将自行车道划分为Ⅰ(受保护式自行车道和自行车路径(bike path))、Ⅱ(传统自行车道和缓冲式自行车道)和Ⅲ(共享车道(sharrows route))三个安全等级,分别计算年度密度(年度不同安全等级自行车道路网长度与年度建成区面积^②之比)、年度密度比例(年度不同安全等级自行车道路网密度与年度自行车路网密度之比)。该指标可反映自行车路网的安全等级结构;③年度每千通勤者自行车路网拥有量(km/千通勤者),为年度自行车路网密度与年度每千通勤人口密度的比值。该指标反映了自行车路网的便捷水平。在88条数据



1) 纽约曼哈顿14个观测点



2) 哥本哈根进出市中心

图1 工作日12小时骑行流量

Fig.1 12-hour weekday bicycle volume
资料来源:笔者根据参考文献[19、32]数据绘制。

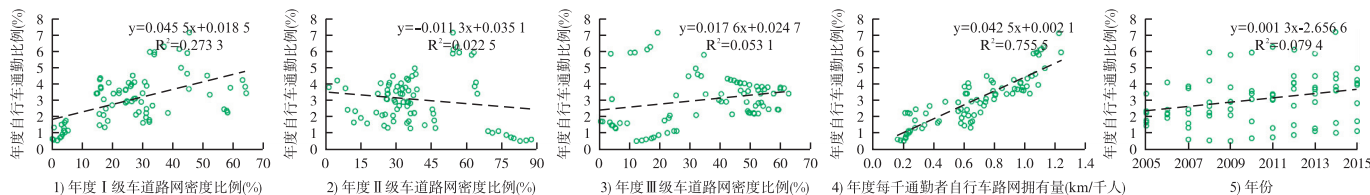


图2 自行车路网指标、年份与通勤比例的散点分布

Fig.2 Scatterplot distributions of bikeway network indicators, year and bicycle commuting percentage

资料来源：笔者根据参考文献[4—6、14、15、18—20、23、27、28、30、31]数据绘制。

中，年度不同安全等级自行车道长度存在0值。剔除含0值的数据条目，得到79条数据（Boston Department of Transportation, 2013; Chicago Department of Transportation, 2015; City of Oakland California, 2018; Mayor's Office of Transportation and Utilities, 2015; Minneapolis Public Works, 2015; New York City Department of Transportation, 2017; New York City Department of Transportation, 2018; Oakland Department of Transportation, 2018; Portland Bureau of Transportation, 2014; San Francisco Municipal Transportation Agency, 2015; Seattle Department of Transportation, 2014; The League of American Bicyclists, 2014; The League of American Bicyclists, 2015）。

年度自行车路网指标、年份与年度自行车通勤比例的散点分布见图2。图2的5个指标与年度自行车通勤比例的相关系数分别为0.52***、-0.15、-0.31**、0.87***、0.28*（*、**、***分别表示通过0.05、0.01、0.001级别显著性检验）。构建逐步回归模型（式1）；调整前R方为0.85，调整后R方0.84；年度I、II级车道路网密度比例、年度每千通勤者自行车路网拥有量通过0.001级别显著性检验，年份与常量通过0.01级别显著性检验。年度自行车通勤比例回归值与统计值的比较见图3。

Y 年度自行车通勤比例=

$$0.0335 \times X1_{\text{年度I级车道路网密度比例}} + 0.0138 \times X2_{\text{年度II级车道路网密度比例}} + 0.0218 \times X3_{\text{年度自行车路网每千通勤者拥有量}} + 0.0008 \times X4_{\text{年份}} - 1.7139 \quad (\text{式1})$$

回归分析结论如下：①自行车路网安全等级结构、人均路网拥有量对自行车

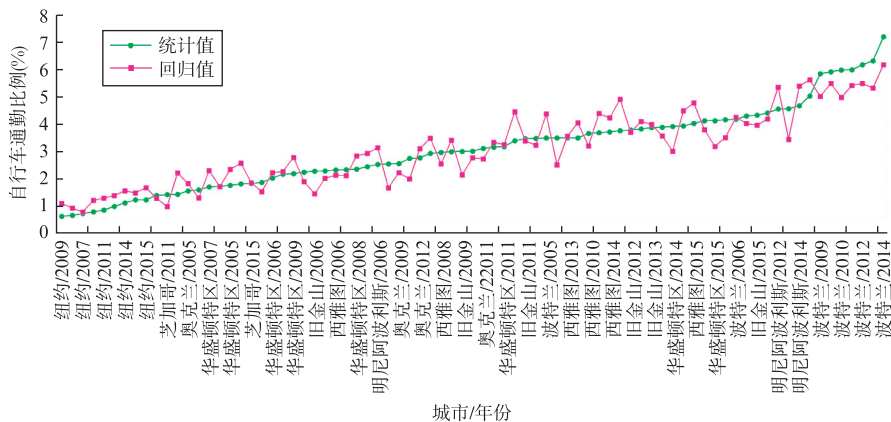


图3 自行车通勤比例的回归值与统计值比较

Fig.3 Comparison of regression value and survey value of bicycle commuting percentage

资料来源：笔者自绘。

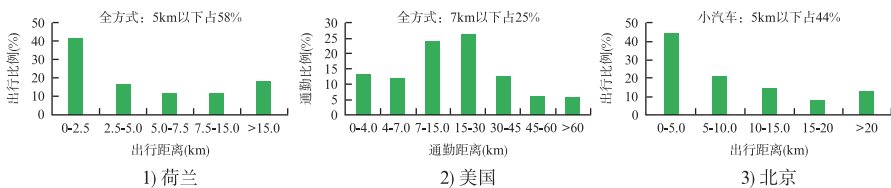


图4 出行距离分布

Fig.4 Distribution of trip distance

资料来源：笔者根据参考文献[16、37、10]绘制。

使用率起显著促进作用，且高安全等级自行车路网密度比例作用更大；②自行车路网的规划升级，即高安全等级自行车道路网密度比例的提升，有助于自行车出行比例的提升。

2.3 关键指标的影响机理解析

安全、便捷、省时、经济与舒适是交通出行的基本判断标准。骑行者骑行在不同等级的城市道路上，其安全性主要取决于骑行设施与机动化交通的隔离程度，其便捷性主要取决于骑行设施的供给水平。城市出行与城市规模、密度、用地布局有关，但总存在相当比例的近距出行（郭继孚，等，2011；Ministry

of Transport, Public Works and Water Management, 1999; U. S. Department of Transportation, 2015），这一点不会伴随机动化水平的提高而发生大的改变（图4）。在近距出行中，机动车的速度、省时优势难以发挥；相比脚踏自行车，电动自行车省时、省力，在相同出行时耗预算内，出行距离更远。因此，若有安全、便捷和舒适保障，可提升自行车出行比例。

3 中国城市自行车出行品质提升的策略分析

以上经验提供了相关借鉴。中国多

数城市具有适用于自行车的出行需求和建设自行车路网的基础条件,应以自行车路网数量拓展为基础、品质提升为核心,通过长期、持续改进的规划设计与建设实践,辅以保障措施,促进自行车交通的健康发展。

3.1 自行车路网规划与设计策略

3.1.1 加密地面自行车路网,兼顾空中自行车高速路

阿尔克·屈普(Alker Tripp)的划区方案、伦敦旧区划区方案与密尔顿·凯恩斯住区路网,反映了邻里单位的规划思想。邻里单位禁止或减少机动车穿行,但不限制慢行交通穿越。中国封闭住区的主要特征为进出口少,不容许住区外交通穿行。将邻里单位对机动交通的处理模式泛化为对所有出行方式的处理,是对经典规划理念的误用。泰瑞恩是荷兰典型的“无车生态住区”(car-free eco-community)。为避免近距绕行,住区部分建筑底层局部架空,形成步行与自行车捷径(图5-1虚线);当若干住区形成居住片区时,相邻住区往往设计仅允许步行和自行车通行的支路(图5-2蓝圈),确保步行、骑行可达。同比例下杭州、阿姆斯特丹、北京和纽约局部自行车路网比较见图6。开放街区、高密度城市路网是阿姆斯特丹高密度自行车路网的关键因素之一,也是纽约自行车路网快速建设的重要原因之一。《2016意见》明确提出“新建住宅要推广街区制,……,已建成的住宅小区和单位大院要逐步打开”。在街区制倡议下,结合TOD、15min生活圈规划、城市微更新等措施,将适用的道路资源用于自行车路网体系,是地面自行车路网加密(地均、人均自行车路网拥有量提升)的关键。

目前,荷兰已形成国家、地区、本地三级地面自行车路网体系(图7-1);为最小化穿越交叉口、等待交通信号产生的时间延误,已出台国家自行车高速路规划(图7-2,此高速非速度突破现有标准。因消除了时间延误,相同出行距离下平均速度得到提升)。哥本哈根、柏林、伦敦等城市亦出台了城市自行车



1) 阿姆斯特丹泰瑞恩 2) 海牙伊彭堡居住片区

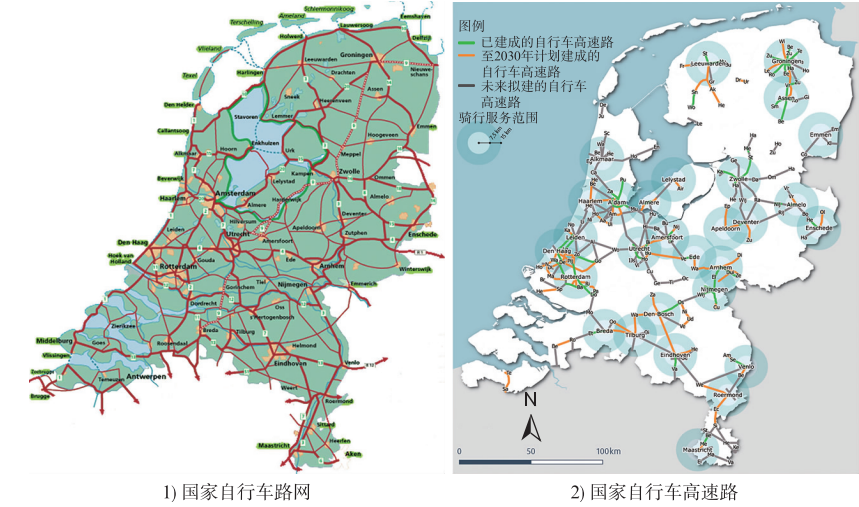
图5 荷兰住区自行车道设施
Fig.5 Dutch residential bikeway infrastructures
资料来源:笔者通过谷歌地球截图后绘制。



1) 杭州(文二路、文三路周边) 2) 阿姆斯特丹(盖斯帕丹片区)

图6 城市地面自行车路网局部比较

Fig.6 Localized comparison of ground bikeway network among cities
资料来源:开放街区地图截图。



1) 国家自行车路网 2) 国家自行车高速路

图7 荷兰国家自行车路网与国家自行车高速路
Fig.7 Dutch national bicycle route network and national bicycle highways
资料来源:荷兰骑行者联盟(Nederlandse Fietsersbond)。

高速路规划。2019年5月,北京开通首条自行车高速路,采用潮汐车道,有效缓解了回龙观至上地的通勤出行难题。但中国城市仍需因城制宜,结合城市规模、用地布局、人口密度与轨道交通等因素,评估城市出行,推进适合市情的

自行车高速路规划与建设实践。

3.1.2 改进路段交通组织与相应设施

欧美城市运用四类路段车道:共享车道、传统自行车道、缓冲式自行车道与受保护式自行车道。考虑道路等级、道路容量、车行速度与可利用空间,结

合建设前后路段自行车使用率和事故率等变化情况,通过“从无到有(优)”与“从有到优”两类模式,循序渐进,推进规划实施与升级(图8)。

中国城市传统三块板道路也提供了隔离与保护。然而,在车辆从机动车道至建筑前退线形成的停车带过程中,会发生车辆穿过绿化带(隔离带/栏)、与自行车道交织等干扰过程(图9-1);或干脆将车辆停在自行车道上,侵占自行车道、甚至导致自行车被迫在机动车道上行驶(图9-2)。荷兰亦有不少自行车道位于停车带和机动车道之间;经大量研究和安全评价,正逐步优化。

3.1.3 优化交叉口与进出口设计

(1) 建设自行车友好交叉口

1970年代中期,荷兰开始推广受保护式交叉口,见图10(Alta Planning+Design, 2015)。1984年《城市交通概论》介绍了图10-1的交叉口模式,但未引起重视。该模式既消除了右转机动车视线盲区,又提供了机动车右转待行区(图10(2、3)),有助于减小右转机动车与直行自行车的冲突;采用自行车二次过街方式规范骑行流线,缩短了交叉口自行车清空时间。

美国城市交叉口骑行设施设计借鉴荷兰等国经验。常用设施包括自行车等候箱(bike box)、交叉口穿越标记(intersection crossing markings)、二次过街等候箱(two-stage turn queue box)和中央安全岛(median refuge island)。自行车等候箱和二次过街等候箱是前置的自行车排队区与转向自行车的待行区;交叉口穿越标记旨在规范骑行路径,确保不同交通方式出行者有序通行(图11);中央安全岛常用于双向通行道路。图12为不同等级交叉口常用自行车基础设施。连接道路的等级及其自行车道的形式和位置,决定交叉口的骑行设施种类、规模与组合形式。

北京科荟南路与北辰西路交叉口2007年平面图见图13-1;2008年增加了左转专用道(图13-2);2015年增设彩色自行车道(图13-3)。该交叉口骑行流线组织与图10-1基本一致,但在右转机动车和直行自行车冲突缓解、左转自

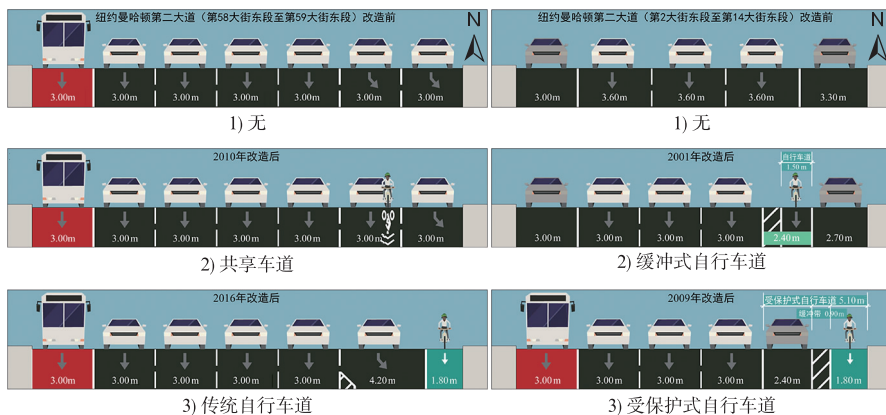


图8 纽约典型路段自行车道改进过程

Fig.8 Typical bike lane optimization process on road resurfacing in New York city

资料来源:笔者根据参考文献[17]绘制。

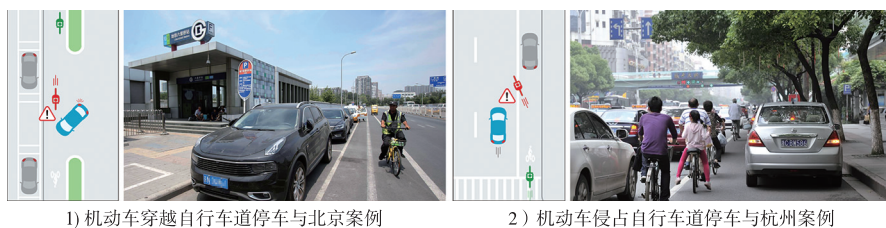


图9 自行车与机动车常见路段冲突

Fig.9 The common conflicts of bicycle and motor vehicles in road sections

资料来源:冲突示意笔者自绘,案例为百度图片。

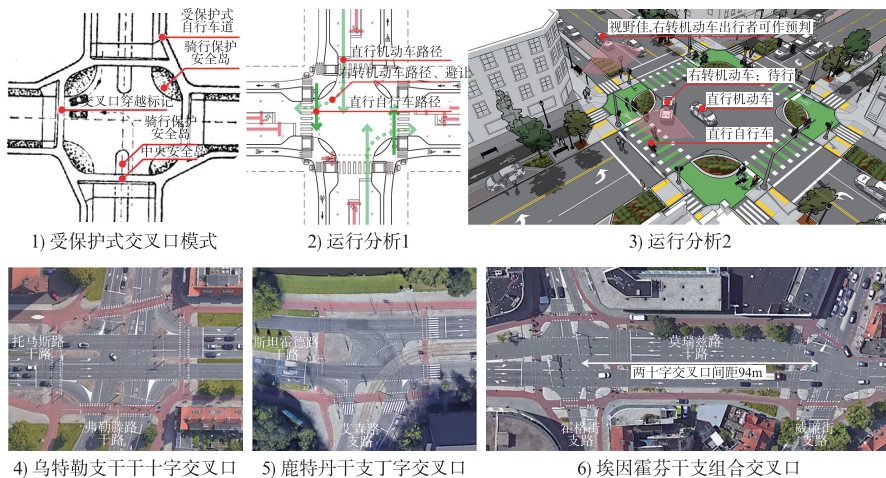


图10 受保护式交叉口及荷兰实施

Fig.10 The protected intersections and Dutch implementations

资料来源:图11-1—3根据参考文献[1]绘制,图11-4—6为谷歌地球截图。



图11 纽约干支交叉口自行车基础设施布局与用途

Fig.11 Bicycle infrastructure layout and usage in intersection of arterial and branch roads in New York City

资料来源:笔者自绘。

行车待行区及自行车道安全保护层面，存在较大不足。国内具有三角安全岛的交叉口也较为多见（图13-4），但相比图10-1，该模式下右转弯车速偏高，自行车流线不顺畅。尽管如此，图13（3、4）已是目前国内设计与建设水平较高的交叉口。

（2）提升出入口与过街横道品质

海牙坎彭街区出入口优化见图14（1—5）。图14（1、2）为改造前后比较；图14-3以交通个体行驶位置模式分析了改进后的品质提升：当行人、自行车、机动车与其中任何一方发生冲突时，均在离开原流线的等候区，即在冲突点前设置避让等候空间。该做法有效提高了出入口的安全性和通行能力。图14-5在图14-4的基础上优化为双侧双向通行自行车道，增加过街自行车道与人行横道。费恩街区（新建）出入口设计见图14（6、7）。

3.2 保障措施

3.2.1 改善道路设施规划与配置的价值取向

在信号控制情况下，3.5m宽的车道分别规划为个体机动车道、公交专用道与自行车专用道，通行能力见表3；假设该车道需完成1 500h/人的客运需求，公交专用道、自行车专用道和机动车道的饱和度依次为0.375、0.750和1.875，前两类车道压力较小。若以饱和度为标准配置车道资源，将使道路资源向个体机动车倾斜，导致公交、自行车出行需求转化为个体机动车需求。城市公交专用道的设置基于上述道理，自行车道也不例外；这是城市规划中落实自行车路网品质的关键。在路网规划中，应将人均自行车路网拥有量、自行车路网密度、高安全等级自行车道路网密度及比

表3 3.5m宽车道的通行能力

	机动车道	公交专用道	自行车专用道
通行能力(辆/h)	600—800	60—120	1 800—2 400
可通过乘客(人/h)	700—900,取800	3 000—6 000,取4 000	1 800—2 400,取2 000
通行效率比	1.0 : 5.0 : 2.5		

资料来源：笔者自绘。

建设区	支路		次干路		主干路	
自行车设施类型						
	自行车路径	共享车道	传统自行车道	传统自行车道	受保护式自行车道（单向）	受保护式自行车道（双向）
交叉口类型	无干路穿越	干路穿越	无干路穿越	干路穿越	无干路穿越	干路穿越
骑行过街设施	- 前置的骑行者优先标志 - 路权标志 - 交叉口凸起	- 前置的骑行者优先标志 - 共享单车标志 - 预警标志 - 停止标志 - 交叉口穿越标志	- 前置警告标志 - 停止标志+停止线 - 路权标志 - 自行车信号灯 - 交叉口凸起 - 自行车箱 - 中央安全岛 - 骑行安全保护岛 - 交叉口穿越标志	- 前置警告标志 - 停止标志+停止线 - 路权标志 - 自行车信号灯 - 交叉口凸起 - 二次过街等候箱 - 中央安全岛 - 骑行安全保护岛 - 交叉口穿越标志	- 前置警告标志 - 停止标志+停止线 - 路权标志 - 自行车信号灯 - 交叉口凸起 - 二次过街等候箱 - 骑行安全保护岛 - 交叉口穿越标志	- 前置警告标志 - 停止标志+停止线 - 路权标志 - 自行车信号灯 - 交叉口凸起 - 二次过街等候箱 - 骑行安全保护岛 - 交叉口穿越标志

图12 不同等级交叉口常用自行车设施

Fig.12 Bicycle facilities commonly used in intersections at different hierarchies
资料来源：笔者根据参考文献[28]绘制。

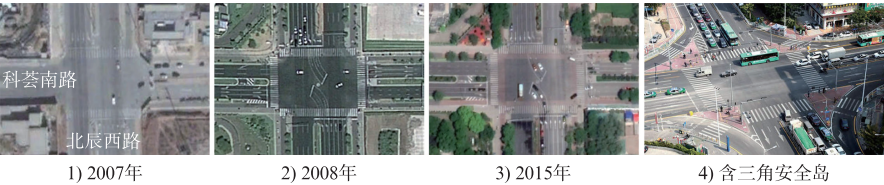


图13 北京交叉口骑行设施

Fig.13 The implementation of intersection bicycle facilities in Chinese cities
资料来源：谷歌地球截图。

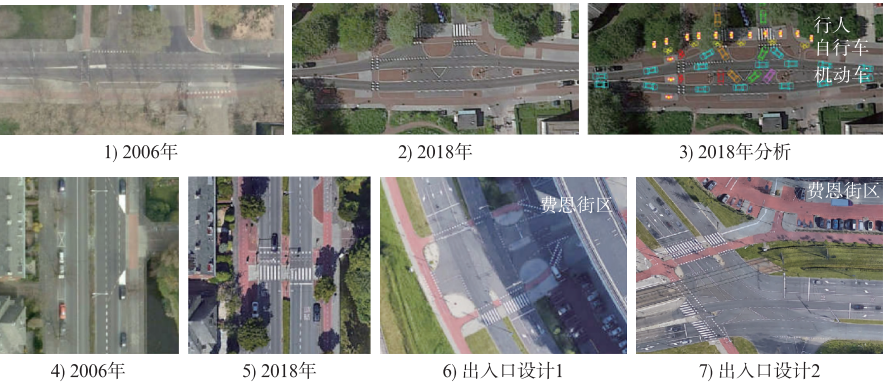


图14 海牙出入口与过街横道设计提升

Fig.14 The improvement of entrance and pedestrian crossings in Den Haag
资料来源：笔者通过谷歌地球截图后绘制。

例增列为路网规划的指标。

3.2.2 落实品质意识、注重科学研究与跟踪评估

在中国，路网安全性随时期更受重视的演变过程与观念表述层面的变化过程长达30年。1979年《城市道路与交通》指出城市交通对道路的基本要求为运输经济、交通流畅、安全、迅速、环境保护、造型协调。2005年《城市道路与交通规划（下册）》在路网规划原则中强调道路使用者和路网整体性。《2012意见》主张建设安全、便捷及舒适的自行车出行环境。

从观念变化到落实、验证，需要国家、管理者、研究者、规划设计者和相关社会团体等的长期持续参与，还需相关研究与跟踪评估的支持。1950—1970年，荷兰交通政策旨在为机动化腾出空间，城市交通问题严峻，引发公众抗议。1975年后，荷兰骑行者联盟、荷兰交通安全协会（Vereniging Veilig Verkeer Nederland）、国家自行车平台基金会（Stichting Landelijk Fietsplatform）相继成立，致力于自行车交通发展。1976—1979年，中央政府启动早期自行车道可行性评估项目，涵盖自行车道的

安全性、便捷性、可识别性与骑行体验等内容;1990—1997年,《荷兰自行车总体规划》(The Dutch Bicycle Master Plan)进一步深化研究与实践,包括基础设施、骑行安全、荷式TOD(Dutch TOD,服务半径为3—5km骑行距离)等(Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1999; Goeverden & Goderfroot, 2011)。目前,设施的安全评估、优化升级与改良创新仍为研究前沿。例如,为应对高流量交叉口骑行拥堵,荷兰骑行者联盟联合阿姆斯特丹大学,提出将“花瓣形”(petal-shape)骑行保护安全岛调整为“香蕉形”(banana-shape);“长方形”双向穿越标记调整为“薯条盒形”(frietzak),扩大待行空间(图15)。

3.2.3 改进规划编制体制,重视专业人才培养

1975—1990年,荷兰根据《交通结构规划》(Transport Structure Plan)、《交通流通规划》(Traffic Circulation Plan)与《客流交通规划》(Passenger Transport Plan),构建城乡自行车路网框架;推广受保护式交叉口,提升自行车路网安全性、完整性和便捷性。1990年后,实施以设施优化为核心的自行车路网规划;规划编制人员由城市规划师、交通工程师,逐步演化为专业联合团体;该团体以城市规划师、交通工程师为主,以健康、气候与环保专家为辅,还包括自行车协会、生产商、交易商与居民代表等(Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1999)。

在《美国国家公路与交通协会自行车交通指南》(American Association of State Highway and Transportation Officials Bicycle Guide)、《多式联运陆上交通效率法》(Intermodal Surface Trans-

portation Efficiency Act)和《面向21世纪交通公平法》(Transportation Equity Act for the 21st Century)等法案统筹下,美国城市依据城市综合规划(Comprehensive Plan)、公共交通规划(Transit Plan)与完整街道(Complete Street)等政策,编制自行车路网规划;依据《城市自行车道设计指南》(Urban Bikeway Design Guide)和《自行车专用道规划与设计指南》(Separate Bike Lane Planning and Design Guide)等指南,展开路段、交叉口设计与优化,提高自行车路网的安全性、便捷性与舒适性(Portland Bureau of Transportation, 2010; Seattle Department of Transportation, 2014)。

在中国,路网规划、道路断面规划、交叉口设计、自行车道规划与道路红线划定,公认属于城市规划领域。国家颁布了《城市道路交叉口规划规范》(GB 50647-2011),城市开始制定街道设计手册(如《上海市街道空间设计导则研究》)。交叉口设计和渠化、地块进出口规划工作,并不公认属于城市规划领域。图14(1—3)改变道路红线和断面,提升了路口的安全和通行能力;图14(4、5)道路红线不变,提升了安全性与便捷性;图14(6、7)妥善组织了街区路网、自行车路网和进出口交通;图15道路红线不变,扩大了待行区。这些优化与荷兰专业人才培养有关。荷兰注重城市规划——交通工程能力的综合培养,如代尔夫特理工大学设“建成环境与交通组”(Built Environment and Transport Unit)、埃因霍芬理工大学设“城市规划与交通组”(Urban Planning and Transportation Unit)。既然自行车路网、自行车道规划、道路断面规划、交叉口设计与道路红线划定属于城市规

划工作内容,必然需要具备相关技能的规划师参与;必然需要对此做出相应的体制安排和技能教育安排。

4 结语

自行车出行使用的是自行车路网中的路径体系;该体系由路段、交叉口、出入口的骑行路径组成;路段自行车道、交叉口、出入口的骑行路径组织及对应的交通管理等,是保障该体系安全、便捷和舒适的基本条件。中国多数城市具有建设自行车路网的基础条件和适于自行车出行的交通需求,街区制及相关政策也提供了有利支持,但路网品质不足是阻碍自行车交通发展的关键问题。

品质提升并非一蹴而就。应看到目前常提及的街道设计手册背后所需的相应积淀;从观念转变到规划要求转变,再到设计要求转变,需要相关研究、政策、人才、技术的持续支持。城市规划作为自行车路网的规划与管理主体,应在相应规划阶段提出创新性的规划要求,为相关政策的及时、有效落实提供制度安排;建议重视自行车交通相关数据的监测、统计与评估,进一步完善自行车路网体系规划与细节设计,推动出行品质提升。

注释

- ① 原始数据来自美国社区普查(American Community Survey)。美国社区普查授权美国骑行者联盟公布其统计数据。
- ② 建成区数据来自美国人口调查局(United States Census Bureau)。

参考文献(References)

- [1] Alta Planning + Design. Evolution of the protected intersection[R]. Portland: Alta Planning + Design, 2015.
- [2] 北京市交通委员会,北京交通发展研究中心.北京市第四次交通综合调查[R].北京:北京市交通委员会,北京交通发展研究中心,2015.(Beijing Traffic Commission, Beijing Traffic Development Research Center. The fourth comprehensive traffic survey in Beijing[R]. Beijing: Beijing Traffic Commission and Beijing

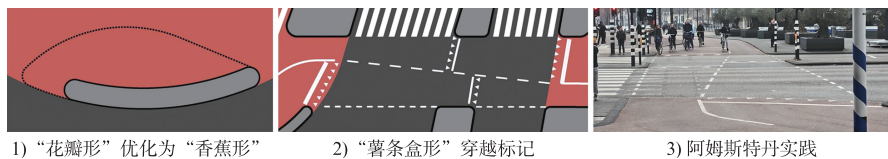


图15 荷兰交叉口骑行设施创新

Fig.15 Innovative Dutch bicycle infrastructure intersections
资料来源:荷兰骑行者联盟。

- Traffic Development Research Center, 2015.)
- [3] BOHLE W. Attractiveness of bicycle-facilities for the users and evaluation of measures for the cycle-traffic[C]. Malmö: Traffic Safety on Two Continents, 2000: 89-94.
 - [4] Boston Department of Transportation. Boston bike network plan[R]. Boston: Department of Transportation, 2013.
 - [5] Chicago Department of Transportation. Bike-ways-year in review[R]. Chicago: Department of Transportation, 2015.
 - [6] City of Oakland California. City of Oakland bike-ways mileage by year[R]. Oakland: Engineering and Construction, 2018.
 - [7] City of Vancouver. Cycling safety study[R]. Vancouver: City of Vancouver, 2015.
 - [8] City of Vancouver. 2018 Vancouver panel survey [R]. Vancouver: City of Vancouver, 2018.
 - [9] GOEVERDEN K V, GODERFROOIJ T. Cases of interventions in bicycle infrastructure reviewed in the framework of bikeability[R]. Delft: Delft University of Technology, 2011.
 - [10] 郭继孚, 刘莹, 余柳. 对中国大城市交通拥堵问题的认识[J]. 城市交通, 2011, 9(2): 8-14. (GUO Jifu, LIU Ying, YU Liu. Traffic congestion in large metropolitan area in China[J]. Urban Transport of China, 2011, 9(2): 8-14.)
 - [11] JENSEN S U. Pedestrian and bicycle level of service on roadway segments[C]. Washington, D C: 86th Annual Meeting of the Transportation Research Board, 2007.
 - [12] 金安, 魏明, 陈先龙. 广州市交通出行方式结构演变特征研究[J]. 交通与运输, 2016(7): 22-26. (JIN An, WEI Ming, CHEN Xianlong. Evolution characteristics research in the structure of Guangzhou traffic trip mode[J]. Traffic & Transportation, 2016(7): 22-26.)
 - [13] 陆锡明, 顾啸涛. 上海市第五次居民出行调查与交通特征研究[J]. 城市交通, 2011, 9(5): 1-7. (LU Ximing, GU Xiaotao. The fifth travel survey of residents in Shanghai and characteristics analysis[J]. Urban Transport of China, 2011, 9(5): 1-7.)
 - [14] Mayor's Office of Transportation and Utilities. Philadelphia pedestrian and bicycle plan progress report[R]. Philadelphia: Mayor's Office of Transportation and Utilities, 2015.
 - [15] Minneapolis Public Works. Miles of bikeways, bicycle commuters, and bicyclist severe injuries Minneapolis 1993-2015[R]. Minneapolis: Minneapolis Public Works, 2015.
 - [16] Ministry of Transport, Public Works and Water Management. The Dutch bicycle master plan [R]. Den Haag: Ministry of Transport, Public Works and Water Management, 1999.
 - [17] New York City Department of Transportation. Protected bike lane in NYC[R]. New York: Department of Transportation, 2014.
 - [18] New York City Department of Transportation. Bicycle network development lane miles by borough & type[R]. New York: Department of Transportation, 2017.
 - [19] New York City Department of Transportation. Cycling in the city: cycling trends in NYC[R]. New York: Department of Transportation, 2018.
 - [20] Oakland Department of Transportation. Zone analysis for bicycle planning[R]. Oakland: Department of Transportation, 2018.
 - [21] 潘海啸. 中国城市自行车交通政策的演变与可持续发展[J]. 城市规划学刊, 2011(4): 82-86. (PAN Haixiao. The evolving cycle transport policy in China and urban sustainable development[J]. Urban Planning Forum, 2011 (4): 82-86.)
 - [22] Portland Bureau of Transportation. Portland bicycle plan for 2030[R]. Portland: Portland Bureau of Transportation, 2010.
 - [23] Portland Bureau of Transportation. Portland bicycle count report 2013-2014[R]. Portland: Bureau of Transportation, 2014.
 - [24] PUCHER J, BUEHLER R. Making cycling irresistible: lessons from the Netherlands, Denmark and Germany[J]. Transport Reviews, 2008, 28(4), 495-528.
 - [25] PUCHER J, DILL J, HANDY S. Infrastructure, programs, and policies to increase bicycling: an international review[J]. Preventive Medicine, 2010, 50, 106-125.
 - [26] 人民网. 北京、上海等一线城市居民自行车出行比例不足两成[N/OL]. [2017-02-10]. <http://travel.people.com.cn/n1/2017/0210/c41570-29070900.html>. (People.cn. The proportion of bicycling in the first-tier cities, such as Beijing and Shanghai, is less than 20% [N/OL]. [2017-02-10]. <http://travel.people.com.cn/n1/2017/0210/c41570-29070900.html>.)
 - [27] San Francisco Municipal Transportation Agency. San Francisco bicycle count report 2015[R]. San Francisco: Municipal Transportation Agency, 2015.
 - [28] Seattle Department of Transportation. Seattle bicycle master plan[R]. Seattle: Department of Transportation, 2014.
 - [29] 深圳市交通运输局. 《深圳市综合交通“十三五”规划》中期评估公众问卷调查结果反馈[N/OL]. [2018-09-19]. http://www.sz.gov.cn/jw/hdjl/zjdc/zxdc/201809/t20180919_14102536.htm. (Shenzhen Municipal Transportation Bureau. Feedback on the results of public survey on the mid-term evaluation of the 13th Five-Year Plan for comprehensive transportation in Shenzhen[N/OL]. [2018-09-19]. http://www.sz.gov.cn/jw/hdjl/zjdc/zxdc/201809/t20180919_14102536.htm.)
 - [30] The League of American Bicyclists. Where we ride: analysis of bicycle commuting in American cities 1990-2014[R]. Washington, D C: The League of American Bicyclists, 2014.
 - [31] The League of American Bicyclists. Where we ride: analysis of bicycle commuting in American cities[R]. Washington, D C: The League of American Bicyclists, 2015.
 - [32] The Technical and Environmental Administration. Good, better, best: the city of Copenhagen's bicycle strategy 2011-2025[R]. Copenhagen: The Technical and Environmental Administration, 2011.
 - [33] The Technical and Environmental Administration. The bicycle account 2014[R]. Copenhagen: The Technical and Environmental Administration, 2015.
 - [34] TITZ S, STRONEGGER W J, JANSCHITZ S, OJA P. Association of built-environment, social-environment and personal factors with bicycling as a mode of transportation among Austrian city dwellers[J]. Preventive Medicine, 2008 (47): 252-259.
 - [35] Transport for London. Review of procedures associated with the development and delivery of measures designed to improved safety and convenience for cyclists[R]. London: Transport for London, 2005.
 - [36] Transport for London. Travel in London[R]. London: Transport for London, 2017.
 - [37] U. S. Department of Transportation. Summary of travel trends: 2009 National Household Travel Survey[R]. Washington, D C: U. S. Department of Transportation, 2015.
 - [38] WSP Group. CSRM modeling summary report for Cambridge and south Cambridgeshire local plans[R]. Cambridgeshire: WSP Group, 2013.
 - [39] 行之道. 天津市第四次综合交通调查结果出炉[N/OL]. [2012-10-23]. http://www.tranbbs.com/news/cnnews/news_98255.shtml. (Tranbbs.com. Results of Tianjin's fourth comprehensive traffic survey[N/OL]. [2012-10-23]. http://www.tranbbs.com/news/cnnews/news_98255.shtml.)
 - [40] 新京报. 北京自行车出行比例首次上升[N/OL]. [2018-02-12]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1592130720624450321&wfr=spider&for=pc>. (Beijing News. Beijing's bicycle travel ratio rises for the first time [N/OL]. [2018-02-12]. <https://baijiahao.baidu.com/s?id=1592130720624450321&wfr=spider&for=pc>.)

修回: 2019-11