

街区步行易达性评价:方法综述与案例研究*

Evaluation of Pedestrian Accessibility: Methods Review and Case Study

熊文 刘璇 阎伟标 关丽

文章编号1673-8985 (2017) 01-0062-11 中图分类号TU981 文献标识码A

摘要 伴随城镇化与机动化进程,中国城市街区与街道的步行环境受到了较大冲击,囿于步行环境评价方法的缺乏及片面强调小汽车效率,行人的时空损失再大亦属无形。总结发达城市步行道网评价指标及方法,提出基于步行源、步行汇、步行集的GIS分析的街道步行易达性评价方法,并以上海同济大学两个校区、北京丰台两个街道为例,结合步行时空阈值调查,对不同尺度下步行活动的易达性进行了案例研究。结果表明,较之路网密度、形态等传统指标,重要公共设施的优化布局更加重要。

Abstract Along with the progress of urbanization and motorization, the construction of urban transport infrastructure in China has reached an unprecedented developing rate. However, one-sided emphasis on the efficiency of small vehicle and closed-end management makes the space of traditional urban blocks and alleys disappear, so the traffic environment is getting increasingly worse and pedestrians suffer all kinds of inconveniences and risks. This paper raises the pedestrian problem in China from the international perspective, summarizes the evaluation indexes and methods of pedestrian network in developed cities, and by using research methods of pedestrian accessibility in urban block on the collection of pedestrian source and picking three classical pedestrian activities based on the pedestrian walking threshold to study on the pedestrian accessibility of examples in different space and historical dimension: two urban blocks of Fengtai District in Beijing and two campuses of Tongji in Shanghai. The results show that, compared with the traditional indicators of road network density and shape, the optimization layout of public facilities is more important.

关键词 街区 | 步行易达性 | 步行质点 | 评价

Keywords Community | Pedestrian accessibility | Pedestrian particle | Evaluation

作者简介

熊文

北京工业大学建筑与城市规划学院
院长助理,硕士生导师,副教授,博士

刘璇

北京工业大学建筑与城市规划学院
硕士研究生

阎伟标

北京工业大学建筑与城市规划学院
硕士研究生

关丽

北京市测绘设计研究院
高级工程师,博士

1 街区步行易达性评价方法综述

伴随TOD和新城市主义思想的发展,适宜步行性 (Walkability)、步行易达性 (Pedestrian Accessibility)、步行连通度 (Walk Connectivity) 等概念相继于北美诞生。它们由若干细化指标构成,有道路形态方面的街区尺度、交叉口密度等,也有用地布局方面的土地使用障碍、商业密度与强度等,还有衡量行程本身的步行距离、步行非直线系数等。按路网、土地、路径3个层面对它们做一回顾。

1.1 路网步行易达性评价方法

1.1.1 街道密度 (Street Density)

在中国城市,大量小区、单位内部道路及胡

同弄堂未能列入市政道路范畴,因之“我国城市道路网不如西方城市发达”的说法对步行网络并不确切。

还应看到,快速路与主干道对步行易达性的阻碍作用明显。在中国城市,多体现为过街时间的延误。以上海为例,无论是快速路绕行时间,还是主干道红灯等候时间,常常会超过3 min;在北美城市,多体现为步道的中断,因为其快速路辅道和主干道部分未设置人行步道, Marc Schlossberg (2003)^[1]据此在波特兰市提出了步行阻抗路段 (Impedance Arc) 概念 (图1b)。不难看出,去除阻抗路段后,步行网络密度骤减,且南北向遭到了完全隔断。

*基金项目:北京市自然科学基金项目“面向世界城市建设的北京慢行交通空间规划研究”(项目编号:8132014),北京市优秀人才培养资助D类项目,北京地理国情监测与城市评估研究中心资助。

1.1.2 交叉口密度 (Intersection Density)

Allan B. Jacobs (1993)^[2]运用图底分析法比较了全球几十座城市的街道形态。如图2所示,每平方英里的交叉口数,威尼斯有1 500个,洛杉矶市区有150个,加州欧文仅有15个,比例为100:10:1,适宜步行性亦循此序。

上海市中心城交叉口布局(图3),交叉口密度最高的区域出现在浦西老城厢地区,每平方英里大于274个,高于洛杉矶市区但远小于威尼斯;而浦东即使是在最密的CBD区域,每平方英里的交叉口数仍小于100个,甚至远远不及洛杉矶市中心的水平。

囿于统计原因,上述分析未计入非市政道路的交叉口。一些单位内的人行道交叉口密度远高于全市水平,如后续案例,同济大学校本部步道交叉口密度每平方英里高达594个。

1.1.3 街区长度 (Block Length)

街区长度即道路相邻交叉口中心间的路段长度,是衡量适宜步行性的一个重要因素^[3]。Allan B. Jacobs (1993)^[2]认为,90 m以下最适宜步行,120—150 m较适宜,180—240 m不适宜,再大则演变为仅适合机动车尺度的超级街区 (Super Block),此种情况宜辟通街区捷径,并设置路段过街。Handy (2003)^[4]也提出过不同环境下适宜于步行的最大街区长度,标准为90—180 m不等。

1.1.4 街区尺度 (Block Size)

街区尺寸除了长度、宽度外,还包括街区周长、面积等控制指标。Fort Collins^[3]认为,街区面积不宜大于4.8 hm²。用面积或周长作为评判指标,更利于土地规划操作,但难于评价步行易达性。如图4所示,方案1、2的每块街区拥有相同的周长与面积,但地块间的步行动线 (A→B) 前者明显短于后者,而地块内步行动线 (C→D) 前者又远长于后者。

1.1.5 路段节点比 (Link-Node Ratio)

路段节点比 (LNR) 即单位面积内路段数与节点数的比值^[4],节点即包括交叉口,亦包括尽头路 (Cul-de-sac) 的端点。方格路网的LNR最高,约有2.5。Handy (2003) 用LNR评价了美国3类小汽车模式路网连通度,大多仅有



a) 未做区分的路网形态

b) 步行阻抗路段 (高亮显示)

c) 实际步行路网形态

图1 去除步行阻抗路段后的步行路网形态^[1]

资料来源: Marc Schlossberg, Nathaniel Brown. Comparing transit oriented developments based on walkability indicators, Washington, D.C.: 2004.



a) 威尼斯极其稠密的路网形态

b) 洛杉矶较稀疏的路网形态

c) 欧文极其稀疏的路网形态

图2 欧美3座城市1平方英里土地上的路网形态^[2]

资料来源: Great Streets.

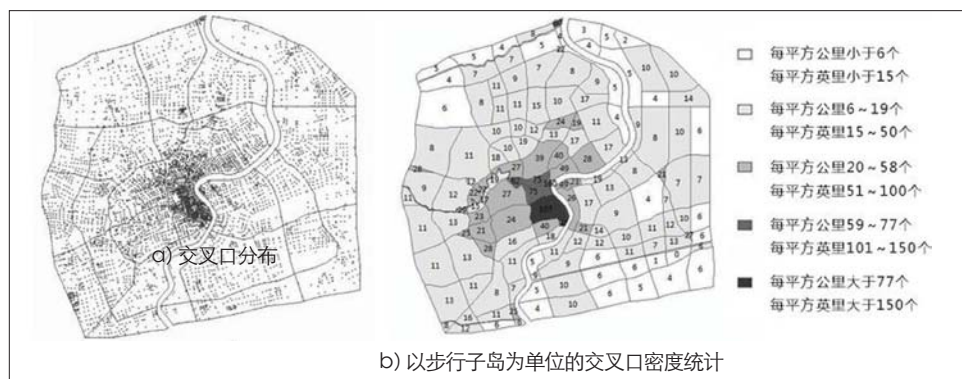
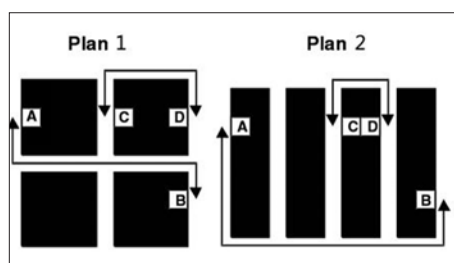
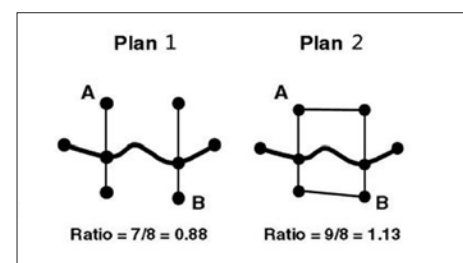


图3 上海市中心城交叉口分布及其密度统计 (仅包括市政道路)

资料来源: 作者GIS自绘。

图4 街区尺度的方案比较^[4]

资料来源: Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking.

图5 LNR的方案比较^[4]

资料来源: Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking.

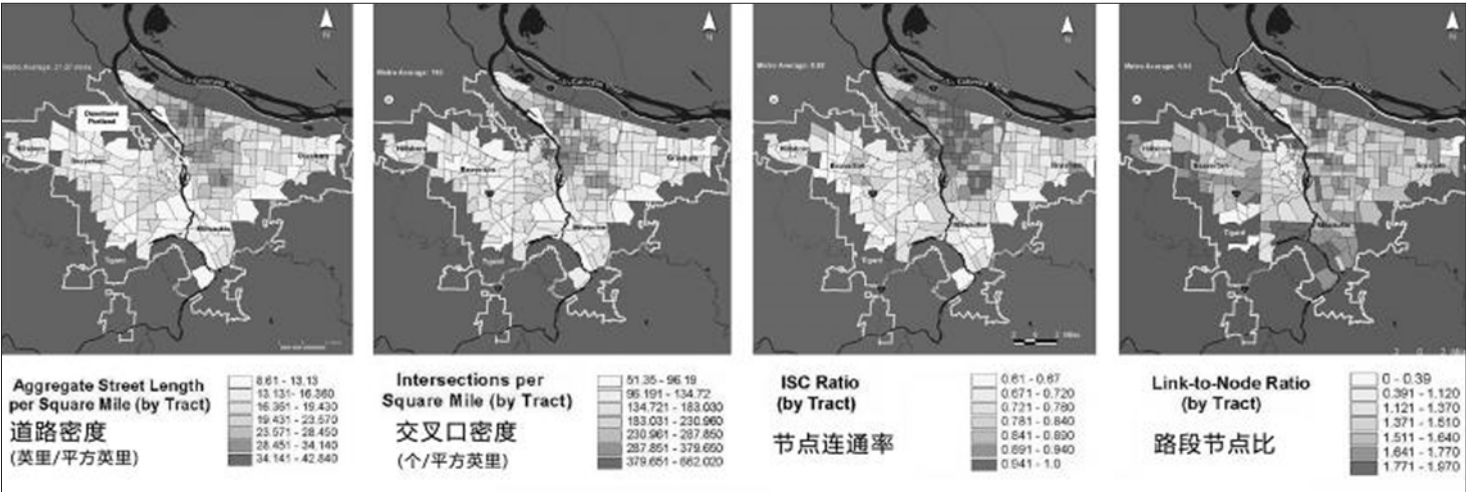


图6 波特兰市步行网络连通度的4类评价结果^[153]

资料来源: Measuring Network Connectivity for Bicycling and Walking. In CD-ROM of 83rd TRB Annual Meeting.png.

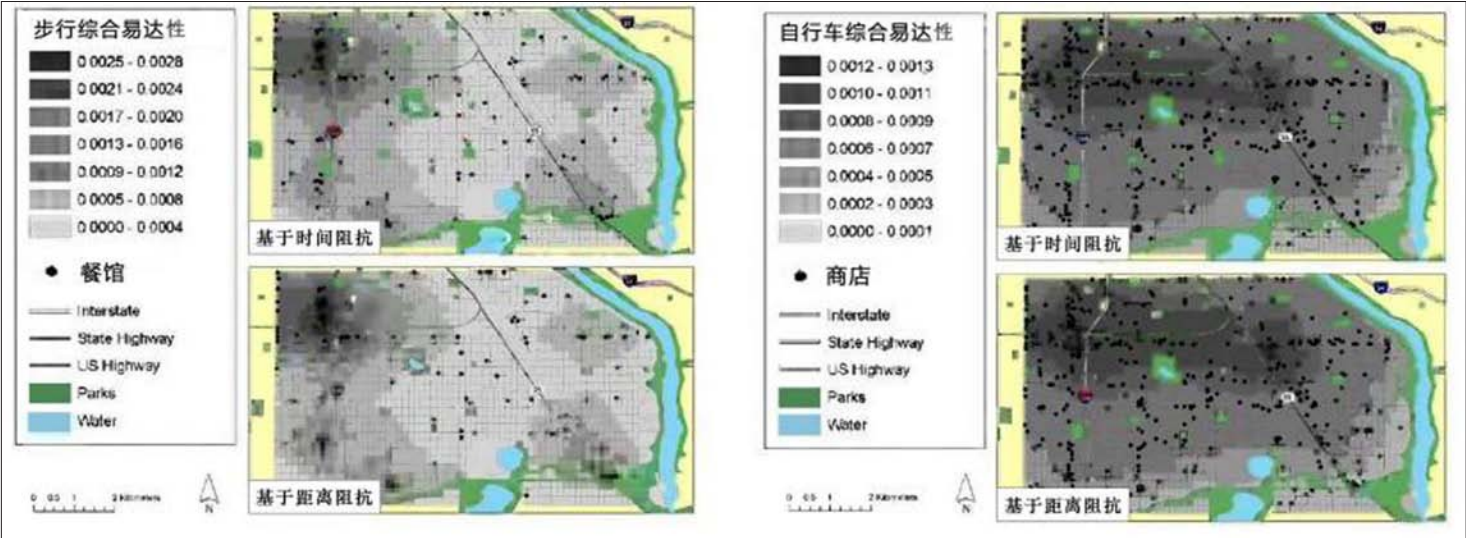


图7 明尼阿波利斯市步行综合易达性的栅格分析^[5]

资料来源: Measuring Non-motorized Accessibility Issues Alternatives and Execution.

1.2—1.4。

LNR可反映路径选择机会的多寡,更有利于评判机动车易达性的优劣,难于评价步行易达性。如图5,路网2的LNR优于路网1,前者A→B有3条路径而后者仅有1条,但步行者更关心的往往是出行距离最优,就此而言,前者并无太大优势。再如500 m间距的方格路网LNR远远大于100 m间距的尽端路网,但前者步行易达性明显低于后者,正如上海浦东新区与浦西旧城路网之对比。综上分析,LNR只适合作为步行路网易达性评价较次要的辅助指标。

1.1.6 节点连通率 (Connected Node Ratio)

节点连通率 (CNR) 是交叉口数与路网节点数的比率^[4]。CNR越高表示节点越少,最大值为1,即没有尽端路。一般认为CNR不宜低于0.5, 0.7以上宜于步行。也有学者排除掉三向交叉口,仅考虑路网节点中四向交叉口的比例。

1.1.7 方格度 (Grid Pattern)

方格度可表征路网趋近于方格状的程度,Boarnet与Crane (2001)^[4]曾定义作1/4平方英里区域内有方格网土地的覆盖率,可由四向交叉口数预测。也有学者用名义变数来界定,1为

纯方格形态,0完全非方格形态。

上述7类指标仅能从某角度反映步行易达性,宜综合运用。Jennifer Dill (2004)^[4]选择了其中4项,评价了波特兰市的步行连通性,按4类方法得出的步行连通性最高区域有47%取得了一致。经综合分析,波特兰市步行连通性最好的区域集中于其市区中心及西部(即Willamette河之东岸),而这正是1950年前以传统方格路网为主导的地区(图6)。

Marc Schlossberg (2003)^[1]亦曾用GIS评价过波特兰市两个轨道站易于步行性,分别

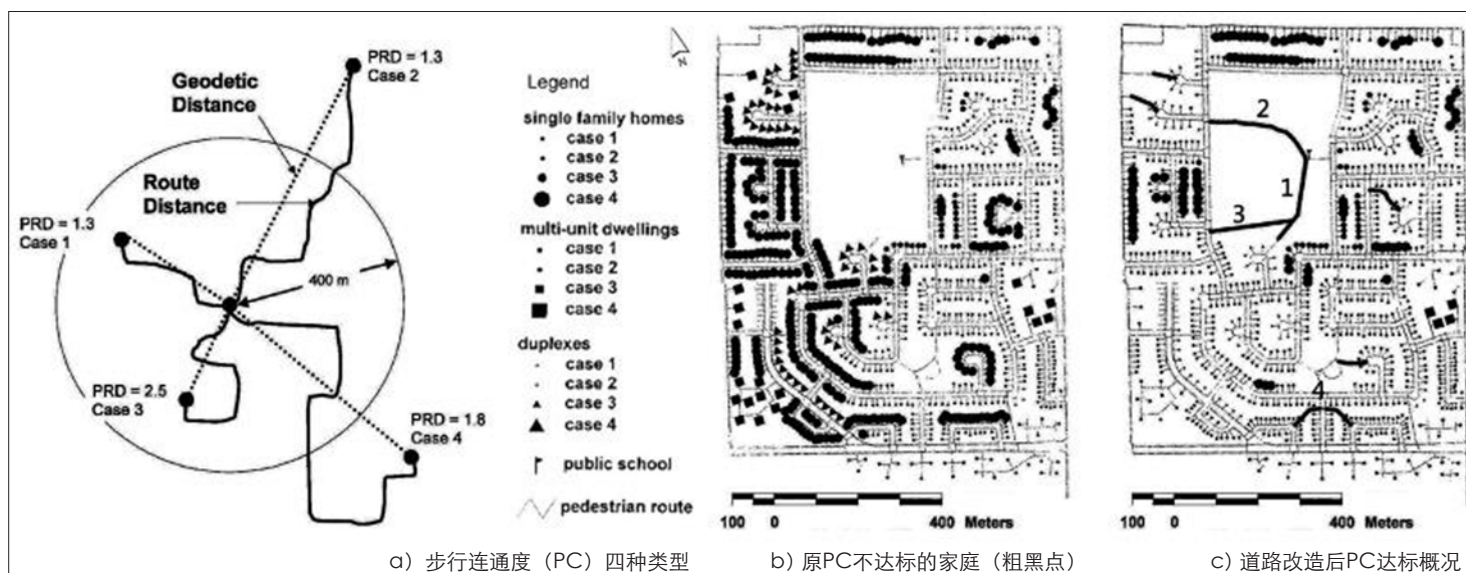


图8 步行连通度与哈密顿街区道路改造方案评价^[6]
资料来源: Evaluating Pedestrian Connectivity for Suburban Sustainability.

按400 m、800 m两种接驳尺度,就易达路径数量(主要是支路)、阻抗路径数量(即快速路与干道)、步行汇集有效面积、步行汇集阻抗面积、道路交叉口密度、尽端路口密度6类指标比较了轨道站TOD步行环境。

1.2 土地利用步行易达性评价方法

有别于单纯路网评价, Michael Iacono (2007)^[5]通过叠加餐馆、商店两类步行集散设施(类似于本文的步行汇)的栅格易达性,得出了用地层面的步行易达程度评价表明,设施位置与土地布局对步行环境的重要意义绝不亚于路网本身。

步行有效区(EWA, Effective Walking Area)是土地利用类评价的另一指标,为至某节点步行距离小于400 m的地块(Parcels)数与该节点400 m半径内地块数目的比率。与PCA单纯的路网评判不同,EWA引入了地块的信息(图7)。

1.3 路径步行易达性评价方法

1.3.1 步行距离(Walking Distance, Bicycling Distance)

步行距离是衡量步行易达性最简单有效的指标。Atash (1994)提出了新城市主义

下生活步行距离阈值为400 m, Aultman-Hall (1997)^[4]认为,至公交站最大步行距离为400 m。加拿大不列颠哥伦比亚省某TOD规划要求,新增居住人口距公交线步行距离要在300—450 m。

步行距离与感受有关。Jessica Horning (2007)^[9]研究发现,5 min内步行时间感受最准,出行环境如街区长度、交叉口个数亦有影响。Sean O' Sullivan (1994)^[10]调查过加拿大卡尔加里市轻轨乘客的步行接驳,郊区乘客倾向于低估步行至轨道站的距离、更加耐受。

1.3.2 步行非直线系数(Pedestrian Route Directness)

步行非直线系数(PRD)是步行网络中两节点间实际道路长度与两点间空中直线距离的比率,类似指标还有Circuitry Factor等。

Hess (1997)^[6]认为,步行者不愿在迂回曲折或不连续的人行道上绕来绕去。他比较了传统街区与尽头式(Cul-de-sacs)街道的PRD,前者为1.2,后者为1.7。PRD推荐值一般为1.2—1.5,大于1.8时即可以认为路网过于曲折。

Jennifer Dill (2003)^[4]随机抽取了波特兰市步行活动的起点与终点,统计了PRD指标,其

中某些地段的PRD甚至达到了2.46,北美小汽车模式步行环境的恶劣可见一斑。

1.3.3 步行连通度(Pedestrian Connective)

Todd A. Randall (2001)^[9]综合步行距离与PRD提出步行连通度(Pedestrian Connective, 以下简记作PC)法, PC分作4类:第一类步距与PRD均达标(标准为步距小于400 m、PRD小于1.5),第二类步距超标而PRD达标,第三类步距达标但PRD超标,第四类步距与PRD均超标,前两类可接受,后两类不可接受。

他据此提出了步行系统改善的3大目标:减少步距、降低PRD、使PC变得能够接受。以居民至学校步行环境改善为例,对加拿大哈密顿市郊Berrisfield街区的改造方案做出了评价。如图8b)所示,原街区居民至学校平均步距为744 m,平均PRD为1.7, PC可以接受与不可接受的居民各有1 543户、1 767户。4个备选单体改造方案分别是新建步道1、2、3、4。经过GIS运算,方案2最优,可以使所有居民走到学校的步距、PRD优化至679 m、1.52。而如果采取组合方案即新建8处步道,则可使平均步距与PRD分别减少19.4%、15.4%,使得40%住户的PC由不可接受改善为可接受(图8c)。

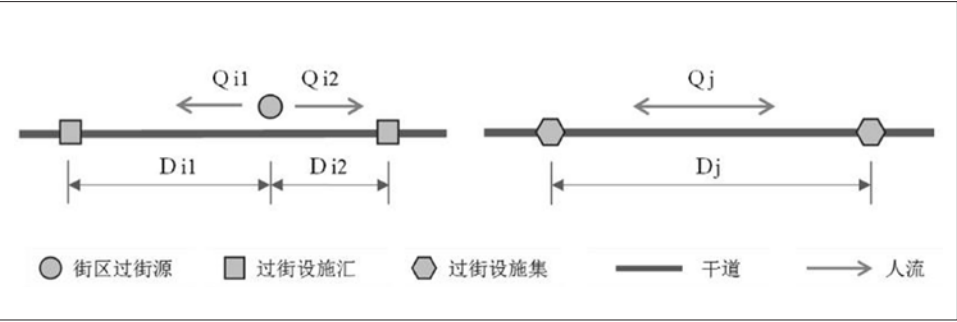


图9 步行过街源、步行汇和步行集示意
资料来源：作者自绘。

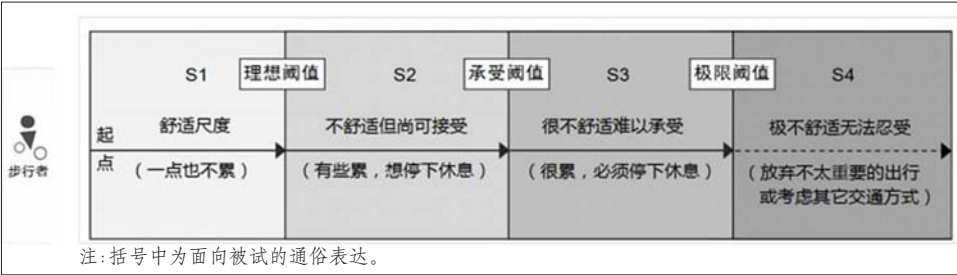


图10 步行时空理想、承受、极限阈值的界定
资料来源：作者自绘。

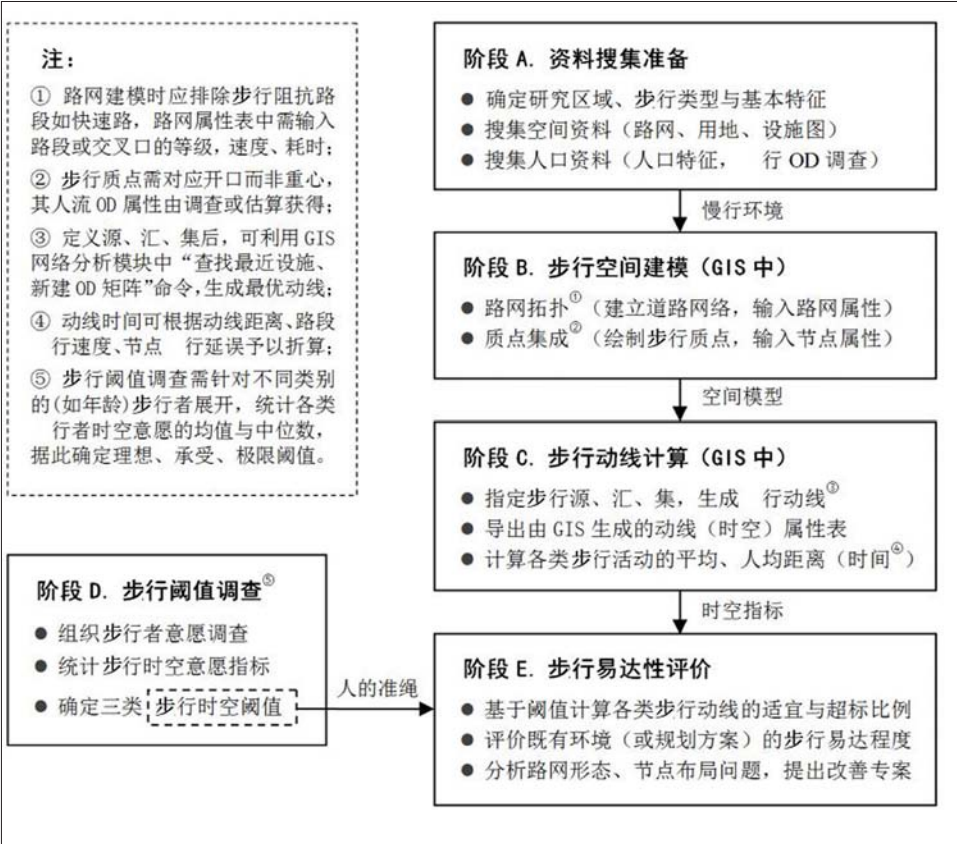


图11 基于步行阈值的街区步行易达性评价流程
资料来源：作者自绘。

2 步行源、步行汇、步行集与街区易达性GIS评价方法

2.1 步行源、步行汇、步行集概念及其动线评价

步行是否便捷,常与具体目的有关,如过街是否方便、买菜是否方便、去轨道站是否方便,感受各不相同,所涉及的空间是微观的区域系统,起讫点穿插于大街小巷的每一栋建筑,这是以往步行易达性评价的最大难点。鉴于此,本文提出了步行质点 (Pedestrian Particle) 概念,即仅计步行人数、位置,不计大小的步行集散点,按不同目的可分作步行源、步行汇和步行集。

2.1.1 步行源 (Pedestrian Source)

步行源是某类步行活动产生的主要源点。类似于Todd A. Randall^[6]将每一个家庭作为步行起点,杨佩昆^[7-8]将每个街坊对角三角形的重心作为居民乘坐公交的步行起点,本文将小区、校园开口或街区内的建筑开口作为日常步行活动的源点。

2.1.2 步行汇 (Pedestrian Joint)

步行汇是某类步行活动的汇聚节点,往往位于人车交通的交界面或接驳点,可以是过街设施、轨道出入口和公交站,也可以是公园或广场出入口,甚至是作为公共空间的街道本身。

2.1.3 步行集 (Pedestrian Aggregate)

步行集是兼顾产生与汇聚功能的步行质点,例如对外交通枢纽内轨道站、公交站、火车站出入口,它们既是换乘源,又是换乘汇。步行集间的路径更复杂,从排列组合上不难理解。

步行源、步行汇和步行集的提出,有助于步行起点、讫点和路径数的集成简化。以特大城市轨道站点步行接驳评价为例,步行汇被明确为几百个轨道车站的千余个出入口,数百万乘坐轨道的步行者被浓缩于数万个步行源,数千万接驳路径被集成为数千条主要动线,最终可建立基于主要人流周转的步行接驳评价模型。

2.1.4 步行动线 (Pedestrian Flowline)

步行源、步行汇和步行集是赋予了步行人数的空间质点,它们之间的最短路径 (既步行动线,) 是评价重点,评价内容包括距离长短和

周转大小。

以步行过街为例,简要说明距离长短与周转大小的计算方法 (图9)。当旨于评价某小区居民步行过街的方便程度时,可利用左图计算,其最近距离为 $Di2$,平均距离为 $Dmi= (Di1+Di2) / 2$,居民过街绕行周转量 $Zi= Qi1 \cdot Di1 + Qi2 \cdot Di2$,居民人均过街绕行距离 $Dpi= Zi / (Qi1 + Qi2)$ 。显然, Dmi 仅简单反映了过街设施之间的距离,而 Zi 代表了全体居民过街绕行距离的总和, Dpi 则结合人流量反映了人均步行过街的绕路程度。

对于人流均布的干道而言,过街绕行可参考图9计算,同理平均绕行距离 $Dm= \sum Dj / (N-1)$,人均绕行距离 $Dp= \sum (Qj \cdot Dj) / \sum Qj$ 。 Dpi 同样结合人流量反映了人均过街难易。

综上,当为了反映设施布局 (或步行流量分布较均匀) 时,仅需计算设施动线的平均长度。当为了反映人均感受 (尤其是步行流量分布很不均衡) 时,应引入周转量概念 (即考虑到每一位步行者的动线距离),并计算人均动线的长度。

简言之,平均距离侧重于设施空间的评价,人均距离侧重于人流空间评价,而步行周转量是它们的计算纽带。

2.2 基于步行阈值的区域步行网络易达性评价方法

囿于体力、心理等原因,步行者对步行时间特别是距离有一定的容忍限度,当时间、距离超过此容忍限度后,其感受会发生剧变甚至影响行为,此容忍限度即为步行阈值。

不同目的之步行阈值差异较大,例如接驳公交的步行极限距离或许为400—600 m,而步行过街的绕行阈值可能仅有90—150 m;即便是在相同目的之下,不同类型行人的步行阈值亦有差异,如小汽车导向地区明显偏低,在美国某些地区,公交接驳极限距离仅有400 m,步行者过街仅愿意绕行45 m。本研究采取了多样调查方法,如直接询问法、路径折算法、现场行走法等,同时通过一些辅助手段保证了意愿调查结果与实际步行阈值不至于偏差过大。

为了反映步行者的多元心理特征,本文将

表1 同济大学两校区尺度及路网指标比较

校区	校区尺度			步行道路网络指标			
	面积 (km ²)	周长 (km)	道路总长 (km)	道路密度 (km/ km ²)	交叉口密度 (个/ km ²)	路段平均长度 (m)	最大路段长度 (m)
A校区	0.6	3.2	16	26	232	50	274
B校区	1.7	5.3	26	15	83	103	696
B/A	2.8倍	1.7倍	1.6倍	0.6倍	0.4倍	2倍	2.5倍

资料来源:作者自制。

表2 同济大学校园步行时空阈值标准

步行目的	理想阈值		承受阈值		极限阈值	
	距离 (m)	时间 (min)	距离 (m)	时间 (min)	距离 (m)	时间 (min)
校内步行	250	4	500	8	900	15
乘坐公交	250	4	600	8	1 100	15

资料来源:作者自制。



图12 同济大学A、B校区平面图

资料来源:作者自绘。

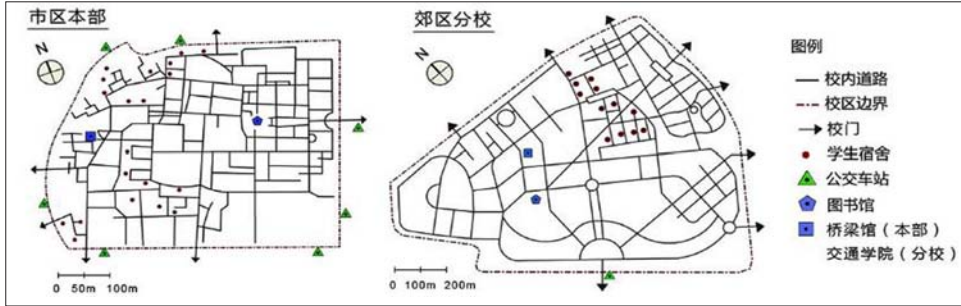


图13 同济大学A、B校区步行网络建模

资料来源:作者GIS自绘。

步行阈值细化为步行理想、承受、极限三重阈值,它们是4类步行感受 (舒适、不舒适但可接受、难以承受、无法忍受) 的临界距离或时间 (图10)。

评判街区步行网络规划和改善效果相应转化为统计步行动线的3类指标:

(1) 时空指标:某类 (或多类) 步行动线的平均时距与人均时距,愈短愈好;

(2) 适宜比例:某类 (或多类) 步行动线中属于合适尺度的比例,愈大愈好;

(3) 超标比例:某类 (或多类) 步行动线中属于很不合适的比例,愈小愈好。

基于上述指标,街区所有步行者的时间、距离以及适宜比例、很不适宜比例均得以体现。规划中,可通过调整路网、用地方案节省全体步

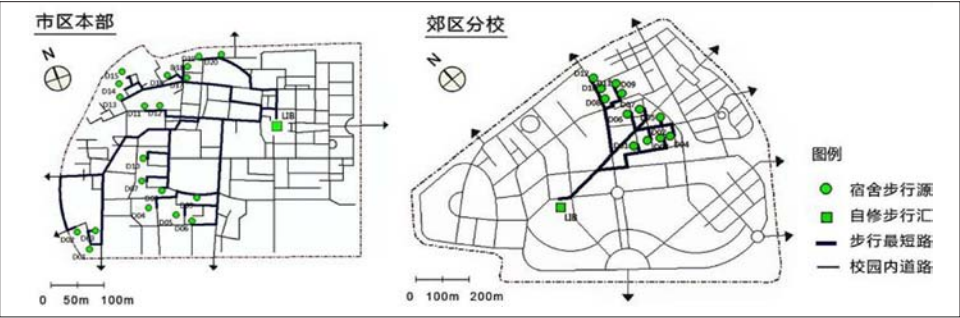


图14 同济大学A、B校区的自修步行行动线拓扑
资料来源:作者GIS自绘。

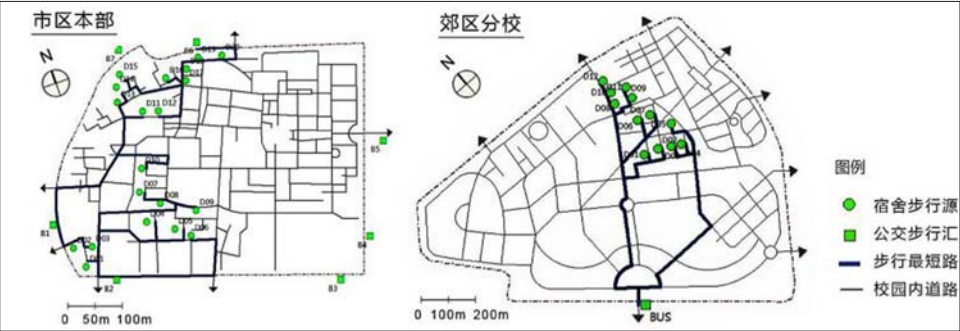


图15 同济大学A、B校区的乘车步行行动线拓扑
资料来源:作者GIS自绘。

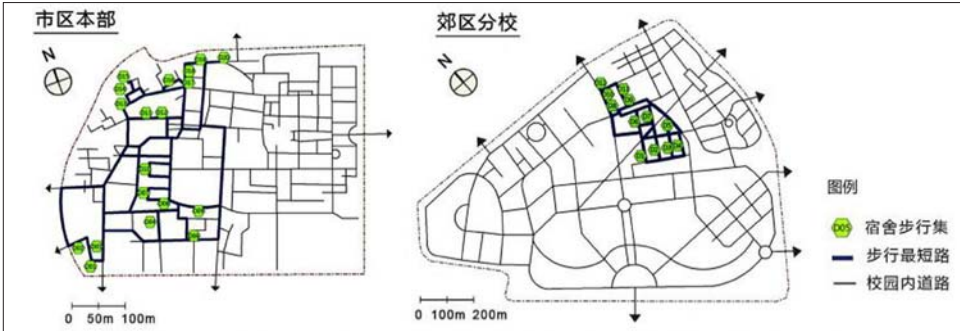


图16 同济大学A、B校区的访友步行行动线拓扑
资料来源:作者GIS自绘。

行者的人均时距,增加适宜程度,减少不适宜比例;改造时,可通过增改建步行设施、改善不适宜区域步行环境达成同类目标。

综上,街区步行网络评价涉及人与空间两方面,其过程包括5个阶段(图11)。

3 街区步行易达性评价案例: 以上海同济大学两校区为例

3.1 研究样本简况

选取上海同济大学A、B两校区进行评价。前者是老校区位于市区,后者新建于远郊区。A

校区,不足0.7 km²,在校生活逾2万人;B校区,约1.7 km²,在校生活约1万人。两校区研究范围如图12所示。两校区的步行种类均很丰富,包括自修、乘车、访友、上课、就餐、就医、锻炼、散步等。为简化计算,仅研究前3类,评价人均步行行动线是否便捷。

3.2 步行网络建模

从指标看,尽管B校区面积是A校区的近3倍,但其道路密度仅有A校区的一半左右,交叉口密度则更低;B校区的地块尺度远大于A校区,

最长路段甚至达到700 m(表1)。

从形态看,B校区南部校区前区与西部学院区的路网属于小汽车导向模式:学院区呈现出超级街区形态,而校区前区仅广场轴线的步道长度即已超过600 m。步行易达性远远不如A(表1)。

针对3类步行,A校区建有28个步行质点,包括20栋学生公寓、7个公交站、1座图书馆,B校区有14个步行质点,包括12栋学生公寓、1个公交站、1座图书馆(图13)。

囿于人力,步行质点的人口与流动特征均为假定值。同时应看到,真实步行OD可以通过访客登记、磁卡记录、公交车营运记录并结合校园出行抽样调查计算得到。

3.3 校园步行时空阈值

为简化问题,本文不考虑步行者校区差别,以全体同学步行平均阈值的调查结果为准,确定校园两类步行活动时空间阈值的统一标准(表2)。

3.4 校园步行行动线评价

按照自修、乘车、访友3类目的,利用ArcGIS的网络分析功能生成了每个情景步行源、步行汇和步行集之间的步行行动线(图14-图16,表3)。

就自修类步行而言,A校区平均距离低于B,但两者均超过了600 m,所有公寓距图书馆的步行距离亦都超过了适宜尺度,A校区最偏远的3栋塔楼至图书馆的步行距离达到了1 km。

就乘车类步行而言,B校区平均距离达到了1 163 m,为A的2.5倍,其所有公寓至公交站的步行距离均超过了承受阈值,即全体步行者均很不舒适、难以忍受。

就访友类步行而言,B校区平均距离仅有322 m,仅有17%的不合适;而A校区访友步行环境要差很多,其平均距离是B的1.4倍,且有46%超过了承受阈值。

就校园的整体步行环境而言,A校区平均距离461 m,46%超过承受阈值;B校区平均距离415 m(为A的0.9倍),30%超出了承受阈值。综上,B校区步行易达性略高于A,这与单纯比

表3 同济大学A、B校区步行动线的时空指标比较

步行目的及校区		动线数 (条)	平均距离 (m)	最短距离 (m)	最长距离 (m)	理想动线的比例		较难承受动线的比例		无法忍受动线的比例	
						≤D _{理想}	≤T _{理想}	≥D _{承受}	≥T _{承受}	≥D _{极限}	≥T _{极限}
自修	A	20	637	348	1 093	0%	0%	70%	40%	15%	0%
	B	12	693	573	791	0%	0%	100%	83%	0%	0%
乘车	A	20	441	97	638	20%	25%	15%	0%	0%	0%
	B	12	1 163	1 030	1 294	0%	0%	100%	100%	83%	33%
访友	A	380	453	37	1 028	25%	39%	46%	20%	3%	0%
	B	132	322	59	646	44%	56%	17%	2%	0%	0%
合计	A	420	461	37	1 093	24%	36%	46%	20%	3%	0%
	B	156	415	59	1 294	37%	47%	30%	16%	6%	3%

资料来源:作者自制。

表4 同济大学一周内A、B校区步行周转的比较

步行目的及校区		总人次 (人)	总周转距离 (人·m)	人均距离 (m)	理想范围内人次 比例 (%)	较难承受的比例		无法忍受的比例	
						人次 (%)	周转量 (%)	人次 (%)	周转量 (%)
自修	A	110 000	74 298 949	675	0.0	72.7	29.0	2.3	5.4
	B	70 000	48 046 770	686	0.0	100.0	27.2	0.0	0.0
乘车	A	22 000	9 049 417	411	27.3	13.6	1.0	0.0	0.0
	B	14 000	16 245 937	1160	0.0	100.0	48.3	85.7	5.9
访友	A	7 220	3 804 893	527	18.3	60.2	21.4	5.1	0.8
	B	3 300	932 038	282	39.4	6.7	1.5	0.0	0.0
合计	A	139 220	87 153 259	626	5.3	62.7	25.7	2.1	4.7
	B	87 300	65 224 745	747	1.5	96.5	32.1	13.7	1.5

资料来源:作者自制。

较路网指标得出的结论恰恰相反,归功于B校区明确的功能分区及宿舍区的紧凑布局。

3.5 校园步行周转评价

考虑到自修、乘车、访友步行的强度差异及其分布的不均衡,即便大部分设施间距较短,步行亦未必便利,因此基于步行周转进行了再次统计(表4)。

就自修类步行而言,其步行周转总量是3类出行中最高的,因此宿舍至图书馆的步行动线是否适宜很大程度上决定了校园内步行的人均易达程度。两校区并无太大差异。

就乘车类步行而言,B校区人均距离依然很长,有1 160 m,本部人均距离仅有411 m。

就校园整体步行周转而言,B校区步行人均距离略大于A校区,平均每人次要多走121 m。同时还应当看到,B校区有13.7%的步行者出行距离严重超标,而A仅有2.1%。

表5 北京丰台两社区尺度及路网指标比较

街道	街区尺度			步行道路网络指标				
	面积 (km ²)	城市道路总长 (km)	非市政街道总长 (km)	城市道路密度 (km/km ²)	实际的街道密度 (km/km ²)	交叉口密度 (个/km ²)	路段平均长度 (m)	路段最大长度 (m)
C社区	3.2	18.1	52.9	5.65	22	8	385	642
D社区	18	64.3	139.2	3.53	11	2	1 100	1 800
D/C	5.6	3.5	2.6	0.6	0.5	0.25	2.9	2.8

资料来源:作者自制。

表6 北京丰台区C、D社区不同步行活动时空间阈值标准

步行目的		理想阈值	
		距离 (m)	时间 (min)
步行上学	幼儿园	300	5
	小学	400	7
	中学	800	13
步行到达公交站台		400	5
步行到达轨道车站出入口		800	10
步行至最近活动空间		500	8

资料来源:作者自制。

3.6 案例小结

以上3类步行可达性评价的关注点依次为“路”、“设施”、“人”。当步行流较均衡时,建议采用相对简便的第2类指标,当更强调“人”的便捷性时,推荐采用第3类指标。

就校园而言,学生宿舍是绝大多数步行活动的起点和终点,无论路网先天条件如何,宿舍的位置是否合理、布局是否紧凑,往往在更大程度上影响了校园的步行易达性。如图17, A校区20栋宿舍楼中的3栋距离图书馆过远, B校区12栋宿舍楼中的9栋距离公交站过远,严重影响了校园的整体步行质量。推而广之, B校区的步行问题正是中国城市步行问题的缩影:过于强调路网指标而忽视了步行设施合理布局,兴建大马路、大广场为步行者带来不便,街区源与公交汇严重脱节等。街区步行网络评价法使量化分析此类问题成为可能。

4 社区步行可达性评价案例: 以北京丰台区两街道为例

4.1 研究样本简况

选取北京丰台区C社区与D社区作为评价对象。C社区位于二三环间, D社区位于四五环间。重点关注了5类步行活动动线: 3—6岁孩子步行至最近幼儿园, 7—12岁儿童步行至最近小学, 13—15岁少年步行至最近中学; 25—60岁市民步行接驳最近的公交站和地铁站; 3岁以下儿童及退休老人步行至最近的公共空间(可供学步、跳舞, 建有必备活动设施)。

4.2 社区步行网络建模

C社区和D社区均存在大量的非市政道路, 总里程为城市道路的3—4倍, 对于步行可达性的贡献巨大。从指标看, D社区面积是C社区的5.6倍, 但道路密度仅有C的一半, 交叉口密度更低, 仅是C的1/4; D社区街廓长度亦远大于C, 最长处高达1 800 m (图18, 表5)。

步行质点的人口特征假定如下: 根据百度地图、统计年鉴、交通出行率手册, 测算每栋居民楼居民的总人数、年龄结构及其不同类型的

表7 北京丰台区C、D社区步行动线时空指标比较

步行目的及校区		平均距离 (m)	最短距离 (m)	最长距离 (m)	理想动线的比例 ≤D _{理想} (%)
步行至幼儿园	C	366.0	26.0	1 175.0	50.0
	D	681.0	104.0	2 489.0	19.0
步行至去小学	C	477.5	84.0	948.0	41.0
	D	1 240	156.3	2 740.4	10.8
步行至中学	C	346.0	64.0	1 099.0	87.5
	D	1 754.0	166.0	3 964.0	17.0
地铁接驳	C	751.5	252.0	1 286.0	51.0
	D	2 380.0	746.0	6 609.0	0.1
公交接驳	C	337.0	98.0	990.0	77.0
	D	828.0	174.0	3 706.0	28.5
步行至活动空间	C	453.5	43.0	895.0	57.2
	D	1 517.7	57.0	3 216.0	9.3

资料来源: 作者自制。

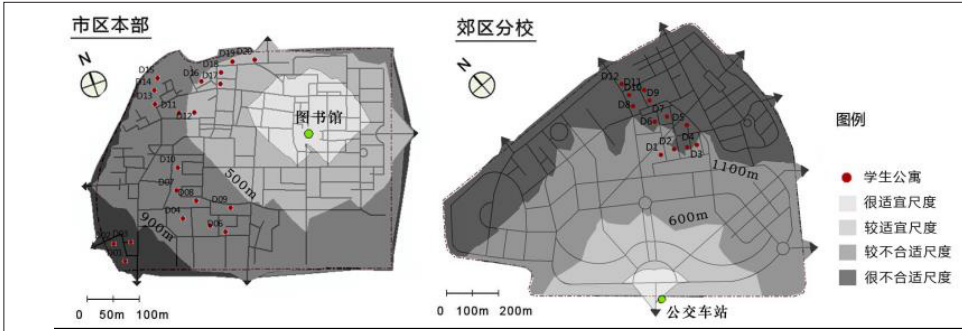


图17 同济大学A、B校区的宿舍布局问题
资料来源: 作者GIS自绘。

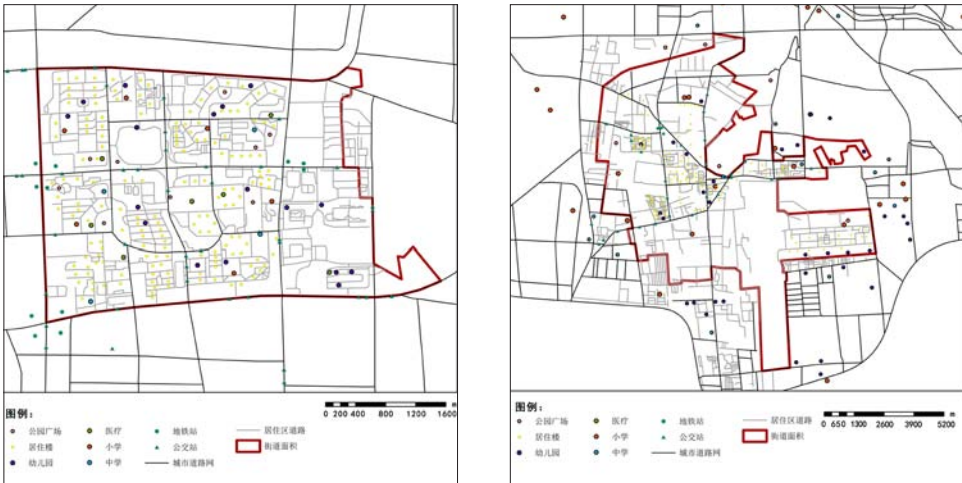


图18 北京丰台区C、D社区步行网络建模
资料来源: 作者GIS自绘。

步行活动数量,生成步行活动流量OD矩阵。

4.3 社区步行时空阈值

根据前述文献与经验, C、D社区步行时空阈值统一归纳如表6所示。

4.4 社区步行动线评价

按对应人群分别步行至幼儿园、小学、初中、公交、地铁、公共空间几类目的,利用GIS网络分析功能生成每个情景步行源、步行汇、步行集间的步行动线 (图19-图24,表7)。

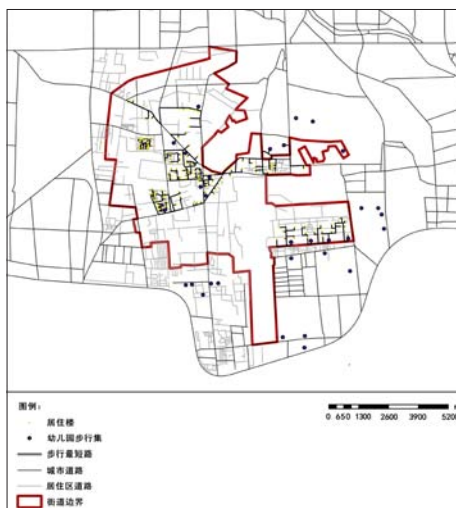


图19 北京丰台区C、D社区至幼儿园步行行动线拓扑
资料来源:作者GIS自绘。

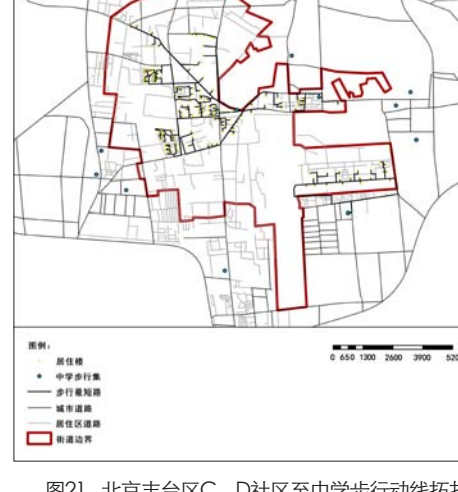
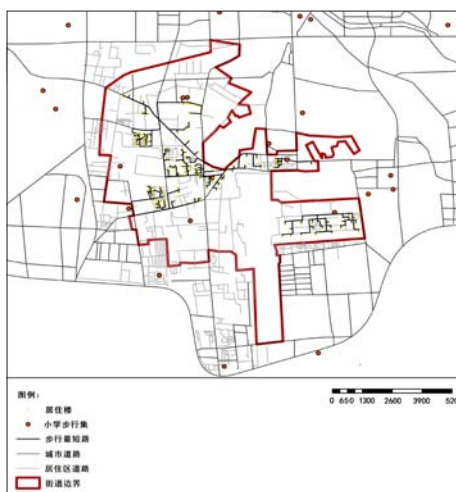


图20 北京丰台区C、D社区至小学步行行动线拓扑
资料来源:作者GIS自绘。

步行至幼儿园, D社区平均距离为C的1.8倍、两社区均超过300 m, C社区50%儿童步行至幼儿园距离超过理想阈值, D社区更严重,仅19%儿童在理想范围内,最远甚至达2.5 km。

步行至小学, D社区平均距离为C社区的2.9倍、两社区均超过400 m, C社区有59%的儿童步行至小学的距离超过了理想阈值, D社区有90%的儿童步行距离超过了理想阈值。

步行至中学, D社区平均距离为C社区的5倍, 90%超出极限,最远甚至达到了3.9 km。

步行接驳地铁, D社区平均距离高达2.4 km,最长甚至达到6.6 km,远超过行人承受极限,且步行环境恶劣。C社区远好于D社区,平均距离仍高达751 m,近半数超出理想阈值。公



图22 北京丰台区C、D社区接驳地铁步行行动线拓扑
资料来源:作者GIS自绘。

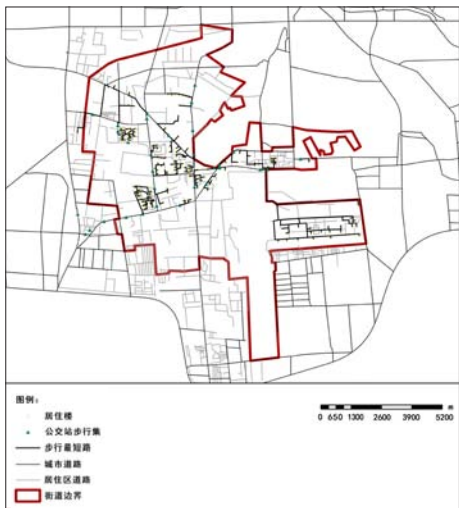


图23 北京丰台区C、D社区接驳公交步行行动线拓扑
资料来源：作者GIS自绘。

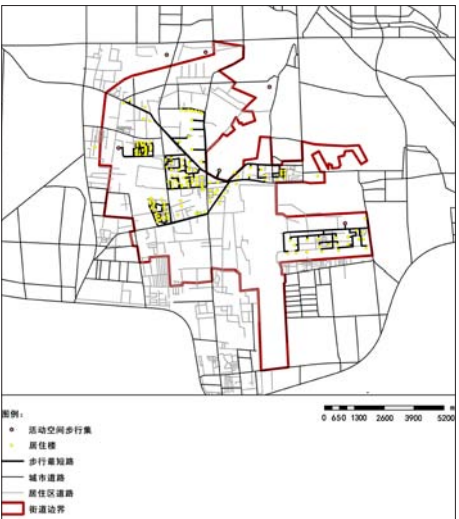


图24 北京丰台区C、D社区步行至公共空间动线拓扑
资料来源：作者GIS自绘。

交步行接驳环境均好些,但D社区平均距离依然为C社区的2.5倍,72%居民不理想。

老幼行人至公共空间, D社区平均距离是C社区的3.3倍,最大距离3.2 km、远超极限,仅有9.3%在理想阈值内。C社区步行至活动空间的平均距离为453 m,大部分在理想范围内。

4.5 案例小结

无论是基于路网形态、设施布局还是步行动线计算, D社区步行易达程度均远落后于C社区。

尽管同属于中心城,北京不同社区的步行

易达性可相差数倍,城市与交通发展有欠公平,

表现在两个方面:一是失落的街道,大量城中村巷道断头严重、贯通性差、缺乏外部联系。二是失落的街区,重点小学、中学、地铁站、广场建设时均未能充分考虑到低收入聚居群体。街区步行网络评价法使量化分析此类问题成为可能,有助于所有居民共享交通发展成果。

5 结语

步行易达性评价与其说是交通学指标,毋宁说是社会学问题,与人的环境感受密切相关,

应全面考虑到中国式街区特点及其中外差异,应充分尊重每类行人的目的差别与体力差异。

步行源汇集评价表明,较之路网密度、形态等传统指标,重要公共设施的优化布局更加重要。

参考文献 References

[1] Marc Schlossberg, Nathaniel Brown. Comparing transit oriented developments based on walkability indicators[C]//In CD-ROM of 83rdTRB Annual Meeting. Washington, D.C.: 2004.

[2] Allan B.Jacobs. Great streets[D]. USA: Massachusetts Institute of Technology, 1993.

[3] Reid Ewing. Pedestrian and transit-friendly design: a primer for smart growth[EB/OL]. USA: www.smartgrowth.org.

[4] Jennifer Dill. Measuring network connectivity for bicycling and walking[C]//In CD-ROM of 83rd TRB Annual Meeting. Washington, D.C.: 2004.

[5] Michael Iacono, Kevin J. Krizek, Ahmed El-Geneidy.Measuring non-motorized accessibility: issues, alternatives, and execution[C]//In CD-ROM of 87th TRB Annual Meeting. Washington, D.C.: 2008.

[6] Todd A. Randall11, Brian W. Baetz. Evaluating pedestrian connectivity for suburban sustainability.

[7] 杨佩昆. 重庆城市干道网密度——对修改《城市道路交通规划设计规范》的建议[J].城市交通, 2003, 1 (1) : 52-54.

YANG Peikun. Discussion on density of urban arterial street network: suggestions on revising the code for transport planning on urban road[J]. Urban Transport of China, 2003, 1 (1): 52-54.

[8] 杨佩昆. 杨佩昆教授的答复[J]. 城市交通, 2004, 2 (4) : 78.

YANG Peikun. Replies from professor YANG Peikun[J]. Urban Transport of China, 2004, 2 (4): 78.

[9] Jessica Horning, Ahmed M. El-Geneidy,Kevin J. Krizek. Perceptions of walking distance to neighborhood retail and other public services[C]// In CD-ROM of 87th TRB Annual Meeting. Washington, D.C.: 2008.

[10] Sean O' Sullivan, John Morrall. Walking distances to and from light-rail transit stations[J]. Transportation Research Record 1538: 19-26.

[11] 熊文. 城市慢行交通规划:基于人的空间研究[D]. 上海: 同济大学博士学位论文, 2008.

XIONG Wen. Urban pedestrian and bicycle planning: based on human-oriented spatial analysis[D]. Shanghai: The Dissertation for Doctor Degree of Tongji University, 2008.