

地铁站周边建成环境对步行行为影响机制探究

——以天津小白楼为例*

刘亚南 何捷

【摘要】在城市区域促进步行行为是绿色交通的一个分支，可以缓解现代城市的负面问题，例如交通拥堵、空气污染以及健康问题。步行环境与城市大运量交通站点衔接的效率对实现绿色交通具有显著影响。本文聚焦于地铁站周边步行环境以及站点可达性的研究。研究团队主要通过参数化方法及结合主观分析，对建成环境与人流量及跟踪路径的关系进行分析研究，得出片区建成环境与行人行为特点及偏好的关系，为城市设计提供理论基础。本文尝试应用研究结论对片区改造设计提供指导，图示了一些由行人流量、基础设施、街墙、过街设施等体系研究得到的空间现象和改造提升，从而提升片区步行环境，增加地铁站点可达性，增加人们选择地铁出行的几率。

【关键词】步行环境；地铁；相关性；城市设计

1 前言

现代城市的建设肌理都以适应小汽车发展为基础，十分缺乏对步行行人的关怀。而步行带来的不仅是健康，还可以带动两侧经济发展、文化场所感（场所精神-迈向建筑现象学）。地铁等大运量交通日益凸显在交通及城市发展中的重要作用，在城市中往往结合重要经济或居住中心设置，成为片区内人流最大发生点。在商业中心区则更应体现强大的步行友好性。但中国内陆城市的地铁使用情况存在较大问题，地铁与周边环境的衔接效率低下，可达性较差，对周边区域影响范围相对较小（John Zacharias, 2007, Simon Ka-wing Ng, 2014），与地铁发展情况优秀的城市如香港、东京等存在很大差距。

天津小白楼片区是天津传统商业区，且至今局部仍保留有租界时期的城市肌理。片区内商业及商务用地占相当大比例，对于轨道交通需求潜力巨大，当前商业发展较市区其他重点中心商业区衰退。根据实地观察，小白楼片区步行系统存在较多问题，人车矛盾明显，舒适度较差等。研究小白楼站点的可达性具有重要意义。

2 文献综述

本研究从建成环境与步行行为关系入手，寻找建成环境中可能对步行行为产生影响的具体因素，试图解析两者之间的影响机制。研究问题本质属于轨道交通站点可达性提升问题。

*国家自然科学基金：“高密度城市建成环境下轨道交通站点周边步行可达性模型”，编号 51478300

可达性是衡量交通站点服务范围的重要指标之一,用于表示站点与目标点之间的作用力大小 (Ingram, 1971; Geurs, 2004), 所以探讨影响作用力大小的因素成为关键, 有研究表明建成环境和步行者自身的特征是影响作用力的主要因素 (Geurs, 2004), 本文主要探讨建成环境对作用力的影响。

建成环境强调以人类活动为核心的空间、时间和社会文化背景在中所依附的城市实体环境, 包括城市用地以及建筑环境和其间的人类活动、交通基础设施及其服务、和对物理元素的主动性设计和组织 (Handy, 2005)。在城市规划、交通、环境行为、以及公众健康等角度加以阐释 (Ewing, 2010), 研究成果显示建成环境的确对步行行为有相当重要的影响 (Owen 等, 2004)。

目前对于建成环境与行人行为的关系研究多集中于国外发达国家, 主要关注于规划城市土地使用方式及交通系统, 以降低小汽车出行里程, 提升公共交通使用率 (Wilson 1971)。TOD 理论也对地铁站点周边规划设计做出具体研究, 并得出完整理论体系。3D 理论(density, diversity, design) 的提出, 将对步行行为产生影响的建成环境拆分成土地利用密度、多样性、环境设计, 这三方面是影响步行频率及出行行为的最重要因素, 综合分析了建成环境与出行行为的关系 (Robert Cervero, 1997)。大部分相关研究多关注物质空间因素, 利用可度量的物质空间特性来对步行行为进行解释。由于关于西方城市的实证研究有限且结论各异甚至相互抵触, 关于建成环境对步行行为影响的结论仍然不够清晰。另一方面对于中、高密度城市环境、以及类似中国城市这类正在经历快速城市化发展的城市中步行行为的特殊性, 也缺乏有效的分析 (何捷, 2014)。

国内对于此方面研究缺乏, 关于地铁可达性的研究多集于传统范围研究及居住区职住平衡角度, 陈泳和何宁通过实例研究了居住区步行者感知影响的因素 (陈泳, 何宁, 2012)。TOD 理论在中国也得到发展应用, 大多为主观判断引用, 缺乏案例实地数据研究支撑, 实际上并未因地制宜的使用 TOD 理论。

本研究初做尝试, 以期得到建成环境影响行人行为的机制结论, 完善国内地铁站点可达性研究。

3 研究方法

3.1 方法论

首先根据已有文献和调研情况, 可能对步行行为产生影响的建成环境中各因素进行假设。本文假设道路特性 (宽度、整合度、穿行度)、土地利用、配套设施三方面对步行行为

有一定影响。步行体系是整个道路系统中的一部分，也是街道中重要的一部分，与整个道路系统关系密切，所以研究假设街道宽度、整合度、穿行度可能对行人有一定影响。街道宽度取道路两侧建筑物之间的距离值。街道整合度描述了该街道的“中心性”，每条街道都可以看作是一个中心，只是它们辐射和控制的范围不同，整合度反应了该街道作为运动目的地的潜力。穿行度即该街道的被穿过性，每条街道段在特定分析半径内被其他任意两个街道段之间最“短”路径穿过的次数，每条街道被选择性穿过的机会不同，反映了该街道段作为运动通道的潜力。街道特性中没有选取街道长度因素，虽有研究表明街区尺度、两个过街路口的距离对步行行为有一定影响（迈克尔·索斯沃斯，许俊萍，2012），因为本研究所讨论区域尺度较小，而城市街区尺度偏大，所以不适于本研究问题。步行者最终都会达到一个目的地，而不同的目的地与自身的土地利用密切相关，即土地利用决定了行人的目的地分布，从而也决定了步行时长、步行距离、步行行为。从行人识路以及需求角度考虑，配套设施如标志牌、服务终端、休憩设施等也被考虑为影响因素。

研究从土地利用、人本设计、交通运输和环境行为方面利用主观和客观结合方法探究建成环境与行人行为之间的关系。因为两者的关系不能直接被观察出来，通过对假设中三方面因素的调研，以及街道截面流量及乘客跟踪路径数据，利用数学模型如回归分析和空间句法来辅助研究，即将其进行参数化，与街道行人流量及乘客路径跟踪数据进行相关性计算。得出的相关性结论可以用于特征分析和现实描述。再结合对具体环境的主观分析，总结得出相应结论和机制，可以用于指导改造设计。

3.2 数据

根据研究需求，需要对街道截面行人流量、车流量、自行车流量进行监测，以及站点乘客路径跟踪。流量调研采取分时段调研法，即分别观测周中和周末 8:00-9:00, 11:00-12:00, 16:00-17:00, 19:00-20:00 四个时间段中 2 分钟的流量，然后计算出每天的平均流量和峰值流量，其中身高低于 1.2 米的儿童、街道清洁、安保等工作人员不被计算。

乘客路径跟踪，调研人员在地铁出口随机跟踪出地铁的乘客直到进入一个建筑 5 分钟以上不再出建筑则跟踪终止，中途进行拍照记录，并记录起止时间及特殊行为（如停留、违反交通规则、购物等行为）。将跟踪路径输入 Depthmap 中，每条街道就得到被经过的次数，可以计算总体路径热度分布。跟踪数据主要用于研究行人行为具体特征情况及步行偏好，行人的步行行为特征可以指示建成环境的问题特征，但是鉴于跟踪路径的数量有限，不能做太多客观数据分析，可以结合实际环境情况进行主观分析。

4 分析

根据建成环境中各因素不同特性，将其进行不同方法分析。根据已有研究结论及本土特征，街道特性、土地利用较易于被量化，可进行与人车流量的相关性计算，得出这两种因素影响行人行为的客观结果。而配套设施因素不易于被量化，只能通过跟踪路径数据进行主观分析。分析过程如下：

4.1 流量与道路宽度、整合度以及穿行度的相关性

研究小组对街道宽度进行统计并录入 Depthmap 中，街道宽度取两侧建筑物之间的距离值。在 Depthmap 中计算天津市 800 米半径整合度以及穿行度，再分别计算与周中、周末车流量、人流量均值及峰值的相关性，得出数据如下表 1， R^2 代表计算得到的相关性数值。 $R^2 \geq 0.5$ ，表示重要程度关联， $R^2 \geq 0.7$ ，表示强烈关联。由 R^2 值可以看出车流量和街道宽度和整合度都有重要程度关联，但人流量和这三个因素参数均无明显相关性。从而可以得出人流量并不受道路宽度、整合度、穿行度影响，所以猜想在较小尺度内，全局道路布局不会对行人产生明显影响。

表 1 流量与道路宽度、整合度以及穿行度的相关性

R^2	车流量				人流量			
	周中		周末		周中		周末	
	峰值	均值	峰值	均值	峰值	均值	峰值	均值
街道宽度	0.551	0.631	0.745	0.740	0.129	0.092	0.139	0.095
整合度	0.607	0.666	0.595	0.570	0.067	0.033	0.007	0.003
穿行度	0.411	0.485	0.435	0.471	0.087	0.055	0.014	0.462

4.2 流量与土地利用相关性

土地利用是城市中至关重要的一部分，它关系到城市中的居住生活、交通运输以及人们的出行。为了得到土地利用与行人行为之间的确切关系，需要将土地利用参数化。鉴于现实中土地利用的复杂性，根据相关原理，将按建筑性质分成 12 类，包括餐饮、商场、零售、居住区、办公、酒店、公共服务、停车场、公园、公交站点、非高层办公、施工点。对每个分类进行权重量化，然后与流量进行相关性分析得出如下表。由表中数据可以看出，周中人流量均值与土地利用明显相关，与表 1 中数据对比结果明显，土地利用比道路特性与人流量更为相关。不同土地利用代表了不同行人目的地，由此可见行人目的性对自身行为有重要影

响。图 1 为行人流量分布峰值图，可看出商业用地对人流具有明显吸引力，且成规模的商业街区对人流吸引力更大。

根据此结论，可以为站点周边土地利用优化提供一些依据与参考，利用不同土地利用类型对于人流影响不同可以对土地利用进行重新改造与规划。

表 2 流量与土地利用相关性

	周中峰值	周中均值	周中峰值	周中均值
	车流量	车流量	人流量	人流量
R ²	0.34	0.36	0.48	0.52
	周末峰值	周末均值	周末峰值	周末均值
	车流量	车流量	人流量	人流量
R ²	0.31	0.29	0.27	0.35

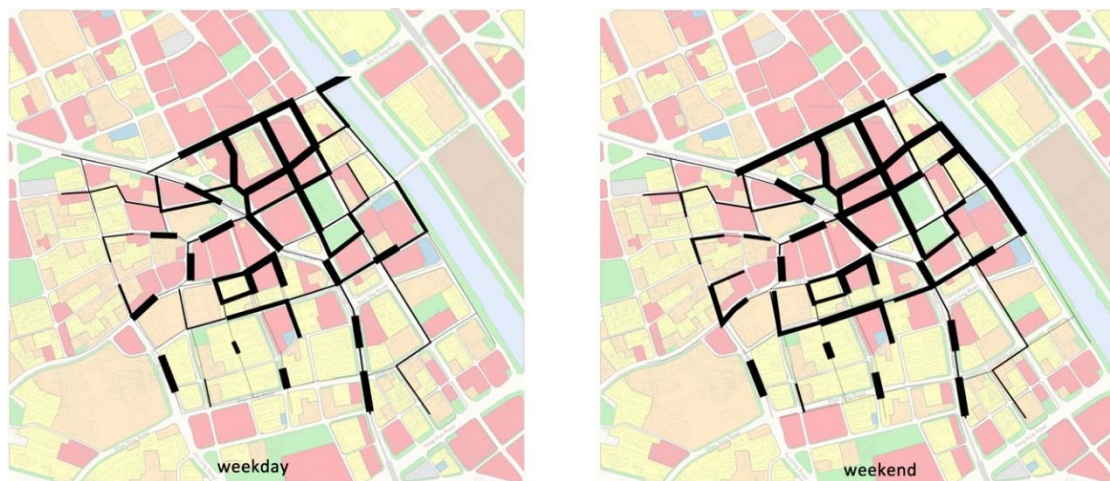


图 1 人流量分布峰值图

4.3 配套设施对于行人的影响

本研究所讨论配套设施包括地铁站点到周边区域的各种标识牌、街道家具等，利用跟踪路径数据来分析行人行为特点，将所有跟踪路径进行叠加并进行分级得出图 2，结合实际跟踪情况进行分析。

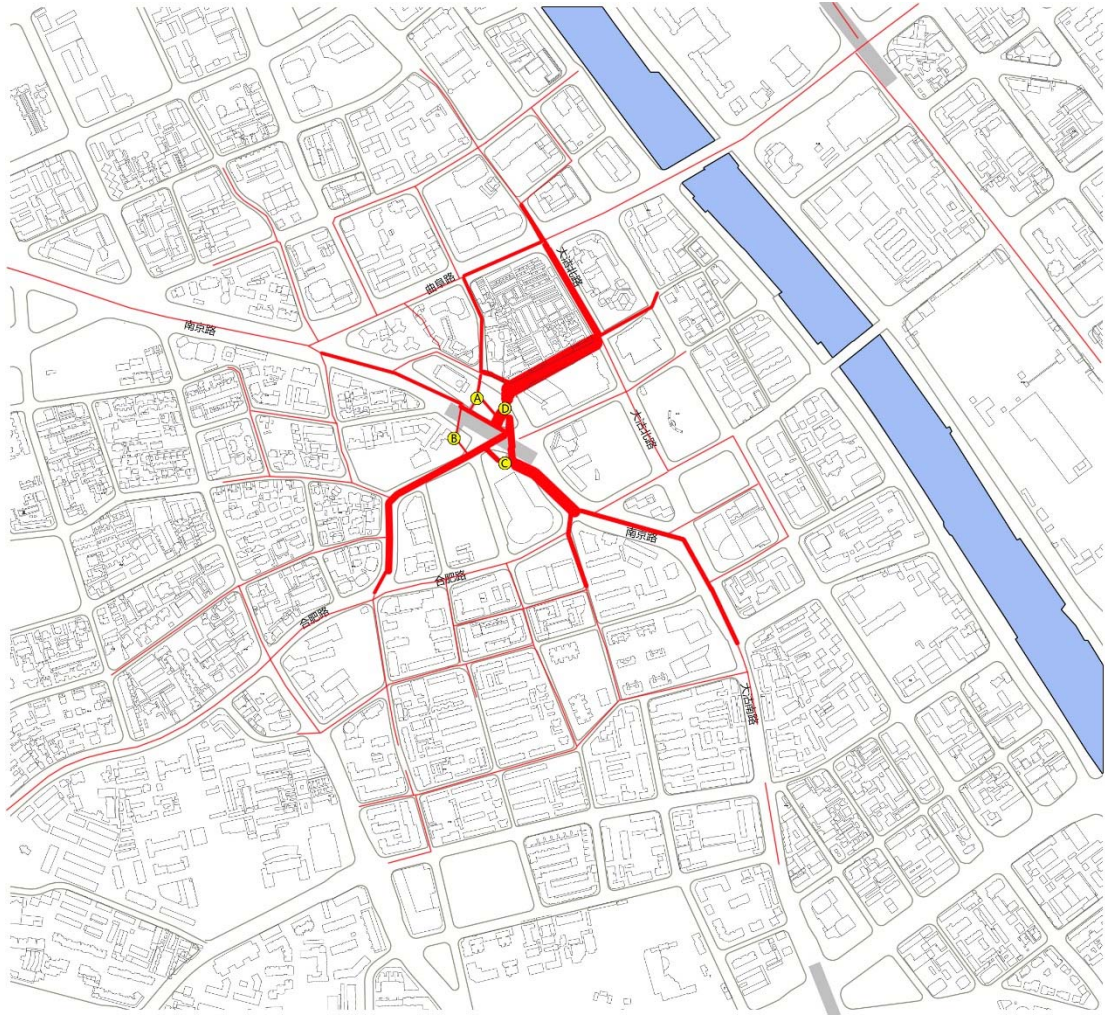


图 2 跟踪路径热度分布图

4.3.1 标识牌对行人的影响

由下图 3 中行人轨迹可以看出，有一些行人由 D 口上到地面，穿过南京路到达出口 C 侧，然后沿着南京路向南侧到达目的地。但是行人通过的南京路段宽度达到 50 米，且无斑马线和交通信号灯，所以这些行人为什么会选择这条路线，不从出口 C 直接出站呢？为了得到答案，对原始数据进行深入解析，在上述跟踪行人中，我们发现其中三个人又回到了马路东侧，并且过程中无购物或其他服务需求行为。这些现象说明这些行人对于这个区域很不熟悉，并且他们也没有从周围环境中得到有效信息。由实地调研观察发现地铁站内各种标识牌和地图确实很容易让人迷惑，对行人的帮助较少。



图 3 部分跟踪路径图

4.3.2 街道舒适度对行人的影响

结合实际场地现状以及人流分析，我们发现舒适度也是影响行人行为的一个重要因素。从地铁站到友谊商场有两条路，其两条路长度相当。路线 A 为欧式风情街-大沽北路，两侧均为商业用地，拥有商业街及大型商场，一般来说对于行人更具吸引力。路线 B 为浙江路-曲阜道，两侧为居住用地及部分商业用地，主要为通过性道路。两条道路存在明显差异，但是从跟踪数据中发现有相当一部分人依然选择道路 B。具体分析两条街道的差异，发现路线 B 拥有相对安静的步行感受、适宜的步行道宽度、绿地。

比较两条路上平均街道截面人流量，发现两者相差并不悬殊，这与两条路的性质特征不符。且欧式风情街人流量水平远低于商业街平均水平。根据上述分析结果，从增加街道舒适性角度，欧式风情街应设置更多的遮阴休憩设施和其他便利设施，即提升街道服务质量，形成行人停留的空间。在路 A 中南北向道路西侧是一系列专卖店，但是紧邻道路上的车辆对此段行人产生消极影响。这段路是从地铁站到友谊商场的重要连接，但是现有环境并不能吸引众多步行行人。应从机动车道与人行道隔离加强以及优化人行道方面着手改善。



图 4 出口到友谊商场两条路径

5 改造设计建议

通过上述分析总结得出一些结论，本研究尝试进行实际应用，做出几处改造设计指导。

5.1 欧式风情街

欧式风情街是小白楼片区的重要步行商业街。根据上述结论，针对在欧式风情街以及邻近道路出现的步行舒适度问题以及商业用地吸引力问题，建议加强片区商业之间的良好连接性，如便道、过街设施通畅等，排除人车之间的互相影响。且欧式风情街自身设施不完善，部分设施陈旧杂乱，应重新统一设计装修，体现街道主体与时尚气息。两侧店面向街道搭建部分较为封闭，开敞性、友好性较差，建议将完全封闭式搭建部分改为开敞式为主，添加休憩座椅，使用植物、小品等进行隔离。在南侧靠近滨江商厦一侧添加公共休憩空间，设置雨棚、垃圾箱等。

5.2 行人指示牌

指示牌对行人有重要作用，针对现实中指示体系存在的诸多问题，应合理建设完整指示体系。在地铁出站口设置整个片区总图，图示重要目的地，从而乘客可以选择合理出站口，在出站口为主设置重要目的地字牌。上到地面后，设置方向指示标杆，在重要目的地，如欧式风情街，在街口设置街块总图指示牌，图示各位置商店位置信息、营业时间等。最终使行人从出站到目的地有一套完整清晰指示体系，使行人能够快速对片区有一个总体印象。

6 结论与展望

本研究只对建成环境与行人行为的影响机制初做探究，得出土地利用对行人行为有明显影响，且商业用地尤为明显，但具体影响机制并未得到完整结论。其他土地类型对行人行为影响机制也尚待进一步研究，这需要对多个站点类型样本进行综合分析。跟踪路径数据具有重要意义，还需更多跟踪样本才能对其进行客观分析，得出结论将有重要意义。建成环境是

个复杂的体系，对行人行为影响也体现在可见、不可见的众多方面。同时也不应忽视行人心理因素，未来进一步研究应考虑调查问卷形式的参与。

【参考文献】

[1] 陈泳, 何宁. 轨道交通站地区宜步行环境及影响因素分析——上海市 12 个生活住区的实证研究. 城市规划学刊.2012.

[2] 何捷. 高密度城市轨道交通相关研究. 国家自然科学基金申请书, 2014.

[3] 迈克尔·索斯沃斯, 许俊萍. 设计步行城市. 国际城市规划. 2012.

[3] Ewing, R., R. Cervero, Travel and the built environment. Journal of the American Planning Association. 2010.

[4] Geurs, K., B. van Wee, Accessibility evaluation of land-use and transport strategies: review and research directions. Journal of Transport Geography. 2004.

[5] Handy S: Critical Assessment of the Literature on the Relationships among Transportation, Land Use and Physical Activity. Washington, DC: Transportation Research Board and the Institute of Medicine Committee on Physical Activity, Health, Transportation, and Land Use. 2005.

[6] Ingram, D., The concept of accessibility: a search for an operational form. Regional Studies. 1971.

[7] John Zacharias, Xu Mei. The Underground System as Economic Generator for Montreal's Central City. Urban Planning International. 2007.

[8] Owen, N., N. Humpel, E. Leslie, A. Bauman, J. Sallis, Understanding Environmental. NSFC 2014. Influences on Walking: Review and Research Agenda. American Journal of Preventive Medicine. 2004.

[9] Robert Cervero, Kara Kockelman. Travel demand and the 3Ds: density, diversity and design. Pergamon. Transpn Res. 1997.

[10] Simon Ka-wing Ng. Pedestrian System Design in Cities with High-density Development: Example of Hong Kong. Urban Transport of China. 2014.

[11] Wilson, A. G. "A family of spatial interaction models, and associated developments." Environment and Planning. 1971.

【作者简介】

刘亚南, 女, 硕士, 天津大学建筑学院数字化设计研究所。电子信箱: 563570957@qq.com

何捷, 男, 博士, 天津大学建筑学院数字化设计研究所。电子信箱: janushe@tju.edu.cn