

国家自然科学基金资助项目(51478055)
中央高校基本科研业务费No.CDJZR12190004资助

城市设计研究 新动态

褚冬竹 林雁宇 魏书祥 著

轨道交通站点影响域 行人微观仿真方法 与城市设计应用

APPLICATION IN INFLUENCED URBAN REALM AROUND RAIL TRANSIT STATION
MICROSCOPIC PEDESTRIAN SIMULATION METHOD AND URBAN DESIGN



重庆大学出版社
<http://www.cqup.com.cn>

国家自然科学基金资助项目 (51478055)
中央高校基本科研业务费 No.CDJZR12190004 资助

城市设计研究新动态

轨道交通站点影响域行人微观仿真方法与 城市设计应用

Microscopic Pedestrian Simulation Method and Urban Design Application in
Influenced Urban Realm around Rail Transit Station

Chu Dongzhu Lin Yanyu Wei Shuxiang
褚冬竹 林雁宇 魏书祥

著



重庆大学出版社

内容提要

交通工具与出行方式的变革更新是当下中国城市发展的重要内容,正对城市宏观空间格局与微观行为状态产生显著影响。轨道交通线路及沿途站点逐步植入城市,产生一系列新现象、新规律、新空间。从城市设计视角,建立交通方式、行为规律、城市空间三者之间的科学联系成为解决站点影响域若干新问题的突破口。基于信息与数字技术的发展,行人微观仿真方法以数字工具模拟人的多项行为规律,建立特定空间范围内的综合行为动态规律,诠释城市空间发展、变化的内在需求与动力机制,对城市设计方法的更新和发展、设计成果的科学性和可信度,均起着坚实有力的技术性支撑作用。

本书适合建筑院校师生、建筑师、规划师及城市设计理论研究者阅读。

图书在版编目(CIP)数据

城市设计研究新动态:轨道交通站点影响域行人微观仿真方法与城市设计应用/褚冬竹著. —重庆:重庆大学出版社, 2015.9

ISBN 978-7-5624-9464-5

I. ①城… II. ①褚… III. ①城市规划—建筑设计—研究 IV. ①TU984

中国版本图书馆CIP数据核字(2015)第225996号

城市设计研究新动态

轨道交通站点影响域行人微观仿真方法与城市设计应用

褚冬竹 林雁宇 魏书祥 著

策划编辑:林青山

责任编辑:桂晓澜 肖乾泉 版式设计:张 晗

责任校对:关德强 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路21号

邮编:401331

电话:(023) 88617190 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆长虹印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:10.25 字数:207千

2015年11月第1版 2015年11月第1次印刷

ISBN 978-7-5624-9464-5 定价:49.00元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

自成为一门相对独立的学科以来，城市设计便没有停止过发展和进化。作为城市设计直接关联并操作的对象——城市空间，也呈现着持续变化之势。任何一个有活力、有希望的城市，必然在发展前进的道路上与“人”密切相关，承载着人们不断提升或变化的合理需求。因此，在城市从“增量扩张”到“存量优化”的转型期，如何正确面对空间有限与需求增长之间的矛盾，如何在“合理限制”的前提下强调发展，如何将对作为集体状态的“人”的整体经验判断转向对作为个体的“人”的科学预测，成为城市设计学科本身发展、进化过程中必须解答的一系列问题。这些认识促成了我们关于“城市设计研究新动态”的关注。

在当下城市的诸多变化中，交通工具与出行方式的变革更新成为其中的重要内容，正对城市宏观空间格局与人们微观行为状态产生显著影响。城市轨道交通是交通工具变革的重要部分，正影响着现有城市的空间格局及出行行为特征。随着轨道交通线路及沿途站点逐步植入城市，产生一系列新现象、新规律、新空间，而站点影响域作为这些“新”的物质载体，成为诸多“新空间”中差异化最明显、问题最突出的典型区域。因而，探索解决站点影响域中这些问题的方法成为诸多相关学科研究的焦点。

城市设计作为来自城市生活本质的一种资源配置机制和处理社会生活关系的重要手段，也是尊重城市生长内在规律性的需要。从城市设计视角，建立交通方式、行为规律、城市空间三者之间的科学联系

成为解决站点影响域新问题的突破口。基于信息与数字技术的发展，城市设计中的行人微观仿真方法以数字工具模拟人的多项行为规律，进而在集合层面建立起某一城市空间范围内的综合行为动态规律。通过对相关规律的数字再现与分析，能在相当程度上诠释城市空间发展、变化的内在需求与动力机制，对提高轨道交通的吸引力和公众参与度，缓解当前城市存在的交通与环境压力，提升城市空间价值，实现各参与方正当利益，共建城市和谐高效的整体机能具有显著的现实指导意义。

在传统城市设计过程中，设计者更多地依靠经验判断与宏观设计原则进行分析、推演，人们行为状态的复杂性，可能导致设计预期目标与实际使用状态有较大差异。在数字技术不断发展壮大的背景下，引入虚拟“人”，并对其在虚拟城市空间中的行为状态进行仿真，通过分析仿真结果指导站点影响域城市设计，成为解决站点影响域问题的重要技术路径，这能够在一定程度上减小因经验不足而导致的预期目标与实际使用状态的差异。作为对城市设计方法的研究，期望本书能够为相关工作起到技术层面的参考作用。在此之上，我们更期待，将这样一种方法作为一种触探城市真实面目的一种路径，使城市设计成为更科学有效的工具。



2015年7月

目 录

1 问题——站点植入城市	001
1.1 研究缘起	001
1.2 基本概念	009
1.3 研究对象、目标及方法	017
1.4 小结	018
2 工具——行人微观仿真	020
2.1 行人步行行为尺度	020
2.2 行人步行行为特性及其影响因素	021
2.3 行人步行行为仿真需求及其参数取舍	032
2.4 行人微观仿真模型及平台选取	037
2.5 Anylogic 行人微观仿真平台	048
2.6 Anylogic 仿真检验	052
2.7 小结	056
3 方法——适应性评价体系构建	058
3.1 站点影响域适应性评价体系构建原则	058
3.2 站点影响域适应性评价体系指标初步构建	059
3.3 站点影响域适应性评价体系指标筛选及权重赋予	064
3.4 站点影响域适应性评价体系指标量化与标准确定	079
3.5 小结	084

4 应用——站点影响域适应性评价与优化	085
4.1 站点影响域的划定及分类	085
4.2 站点影响域适应性评价过程	092
4.3 已建成站点影响域适应性评价与优化	094
4.4 未建成站点（沙正街站）影响域适应性评价与优化	108
4.5 小结	122
5 设计——站点影响域适应性评价与设计	123
5.1 从评价到设计	123
5.2 重庆曾家岩站站点影响域适应性评价	124
5.3 重庆市人民大礼堂片区针对性城市设计	134
5.4 小结	148
6 结语	149
附录	151
参考文献	154

1 问题——站点植入城市

1.1 研究缘起

1.1.1 时代背景——城市设计精细化

城市设计是城市公共空间的综合协同配置过程，直接关联着土地利用、建筑布局、形态体量、景观环境乃至市政道桥等多种修建性要素。作为“人们为某特定的城市建设目标所进行的对城市外部空间和建筑环境的设计和组织”，城市设计是“以城镇发展建设中空间组织和优化为目的，运用跨学科的途径，对包括人、自然和社会因素在内的城市形体环境对象所进行的研究和设计”^[1]。当前，在我国的城市发展已由快速的“版图扩张”逐步转向强调内涵的“存量优化”的新形势下^[2]，对城市空间，尤其是对城市已建成空间的优化完善、潜能挖掘，并密切关联城市中不断涌现的新要素、新动态，已成为城市迈向更高品质，实现更优职能的重要且必由发展路径。

城市设计以其高度的多学科关联性、多尺度渗透性以及具体空间配置指导的直接性，成为这一发展路径中的有力工具。近年来，这也得到了我国各级政府的大力倡导和推进。但客观地讲，与发达国家相比，我国在城市设计管理机制、法规建设以及具体的设计技术更新方面仍有较大提升空间，尤其是在面对城市已建成区域的优化发展问题上，城市设计的价值和实效还有待进一步提升。同时，与大部分西方发达国家城市相比，我国城市规模普遍偏大，城市空间与使用状态相对复杂，地域类型更为多样，发展速度更为迅猛，面临着更为突出的综合矛盾，如持续增长的交通压力、备受关注的空气质量、关乎民生的公共空间等。这些问题，显然不是简单照搬、套用已有西方发达国家的城市设计指南和规则便可一定奏效的，而需要实事求是地对中国城市的发展现象、前进趋势、特有问题、地域差异，甚至是空间中的微观环境进行具有高度针对性的研究，才可能实现城市在整体层面的品质提升^[3]。

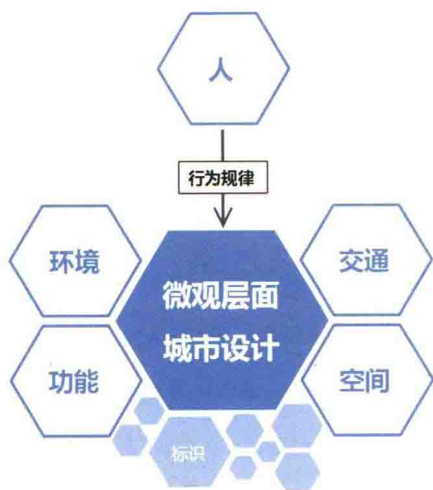


图 1.1 微观层面城市设计与“人”的关系

空间环境是城市设计的直接研究与操作对象。根据城市空间环境对象的类型和尺度，可以将城市设计分为宏观、中观及微观等不同层面。^[4]正如 2014 年 12 月，住房和城乡建设部部长陈政高在全国住房城乡建设工作会议上透露，国家层面的《城市设计管理条例》正在加紧编制中，且明确表示：“不但城市整体层面要有设计，城市的重点区域和地段也要做好设计，提出建筑风格、色彩、材质乃至高度、体量等方面要求，纳入控制性详细规划，作为土地出让的条件，保障设计条件落地实施。”¹这些“重点区域和地段”，

便是在较小尺度下的空间类型。城市设计必须高度关注城市地段周边景观环境的协调关系、空间对象的基本特征、功能空间的合理布局、高效流畅的交通组织以及使用者感观体验等诸多微观方面。

人是使用并发展城市空间的主体力量，也是城市设计的关注焦点。在城市高密度的发展背景下，城市空间承载能力与其发展需求的矛盾日益凸显。城市设计者和管理者必须在高度重视土地使用、开发强度、交通组织、城市景观、实施时序等问题的基础上，将城市空间使用者的各种正常生活、工作、出行需求及其行为规律作为设计过程的重要思考对象^[5]。因此，探讨如何切实建立“人与城市空间”的科学联系是深入探究城市设计的重要环节。在“人”的诸多特性之中，其“行为规律”成为与城市空间关联最为密切的要素（图 1.1）。它反映着人与城市之间的直接互动关系，是城市设计精细化不可或缺的一个方面，对该领域的开拓发展迫在眉睫。

在通常的城市设计过程中，由于人行为状态的复杂性，设计者更多地依靠经验判断与宏观设计原则进行分析、推演直至设计完成。这样的设计方式可能导致设计预期目标与实际使用状态的差异甚至背离（图 1.2）。因此，在数字技术不断发展强大的背景下，引入“虚拟人”，对其在虚拟城市空间中的行为状态进行仿真，并将仿真成果应用于城市空间优化过程中，以弥补经验性设计的不足，减小设计预期目标与实际使用状态的差异（图 1.3）。

1 <http://www.chinaasc.org/news/zonghexiaoxi/20141222/105958.html>

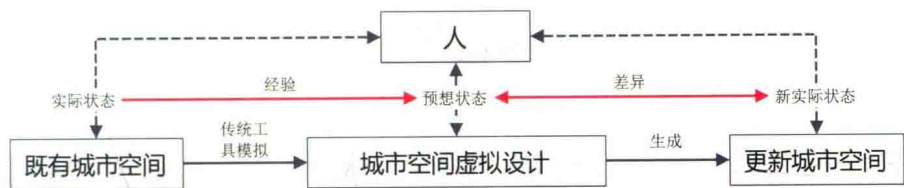


图 1.2 通常的城市空间优化及实施过程简图

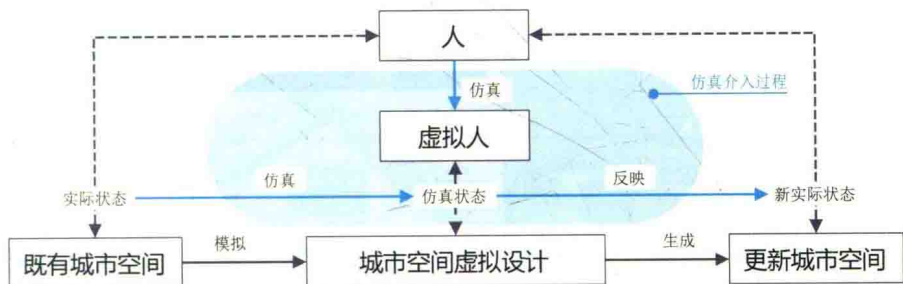


图 1.3 仿真方法介入下的城市空间优化及实施过程简图

1.1.2 现象问题——轨道交通植入城市

作为以轨道运输方式为主要技术特征的城市公共客运立体交通系统，城市轨道交通²因其运量大、时间准、污染轻、能耗低等优势已受到公认和欢迎，是改善当前城市公共交通状况与环境问题的有效途径之一。除个别城市外，我国内地的轨道交通总体发展较晚，但近年来增长迅猛。至 2014 年底，中国大陆已有 22 个城市共 94 条轨道交通线路运营，总里程达到 2 886 km。³

城市轨道交通线路及其沿途站点逐步“植入”城市的已建成区域，与原有城市空间融合发展，在一定程度上会引发城市空间的相应变化（图 1.4）。在我国，轨道交通的出现及快速发展使城市公共交通系统发生了巨大变化，由此引发了交通综合模式的更新，相应的出行行为也发生了改变，作为承载这些变化的城市空间也逐渐显露出一系列新问题、新现象。

城市轨道交通基本为全封闭式，仅靠轨道交通站点来与外界进行客流联系

2 在国家标准《城市公共交通常用名词术语》（GB/T 5655—1985）中，第 1.5 条将城市快速轨道交通被定义为：“通常以电能为动力，采取轮轨运转方式的快速大运量公共交通之总称。”一般主要包含地铁、轻轨、有轨电车、独轨交通、高速磁浮列车、市郊列车等。在本书中，城市轨道交通是指城市地铁与轻轨系统，不包含其他轨道交通形式。

3 <http://bbs.zhinnengjiaotong.com/thread-117707-1-1.html>

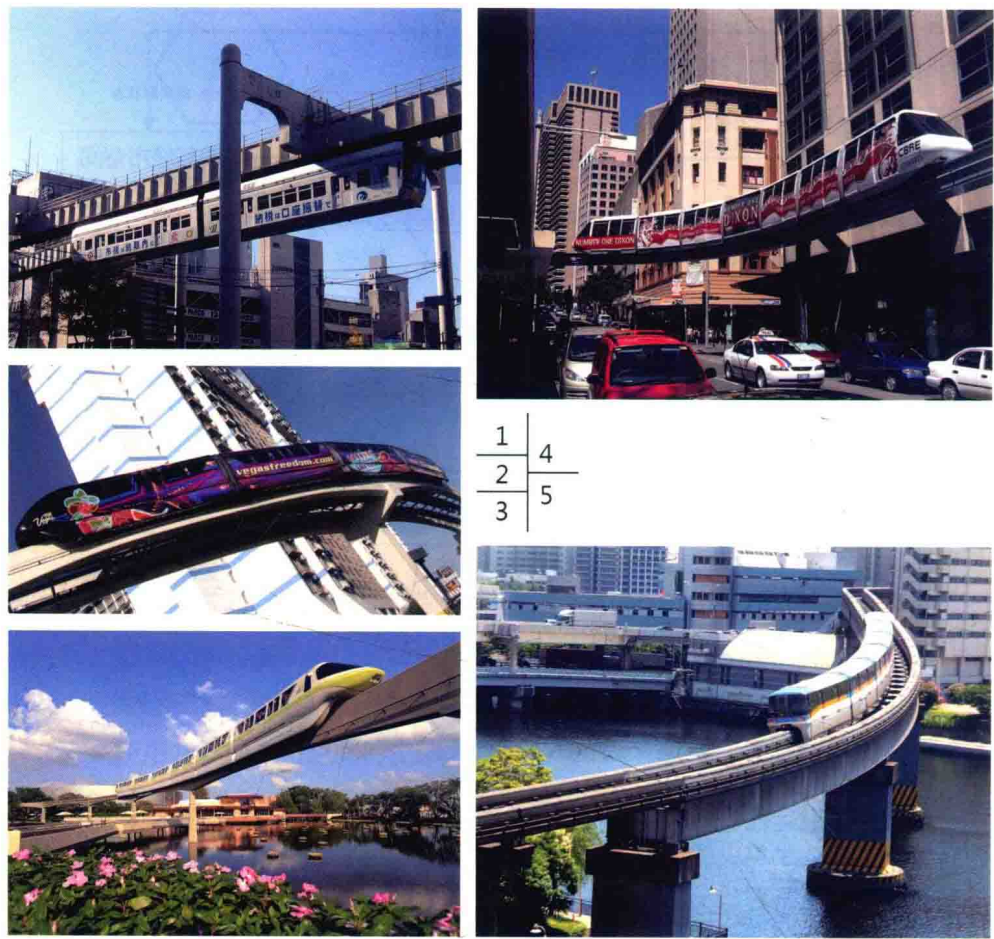


图 1.4 轨道交通植入城市空间

图片来源: 1. <https://commons.wikimedia.org>
2. <http://virtual-rebel.com>
3. <http://www.wdwmagic.com/transportation/monorail>
4. <http://en.wikipedia.org>
5. <http://www.industrytap.com>

(图 1.5)。站点成为城市轨道交通问题的核心与咽喉。站点附近的城市空间首当其冲, 承载着轨道交通植入城市后带来的诸多影响。通常情况下, 城市轨道交通及其站点的运营机制、流线管理、空间导向等不属于建筑或城市设计专业的核心研究范畴, 但以站点为核心向外辐射的影响区域是城市空间的一部分, 也是受轨道交通影响最大的城市空间(图 1.6)。

虽然当前我国城市正迈向“存量优化”的转型期, 但同时应该注意, 城市发展

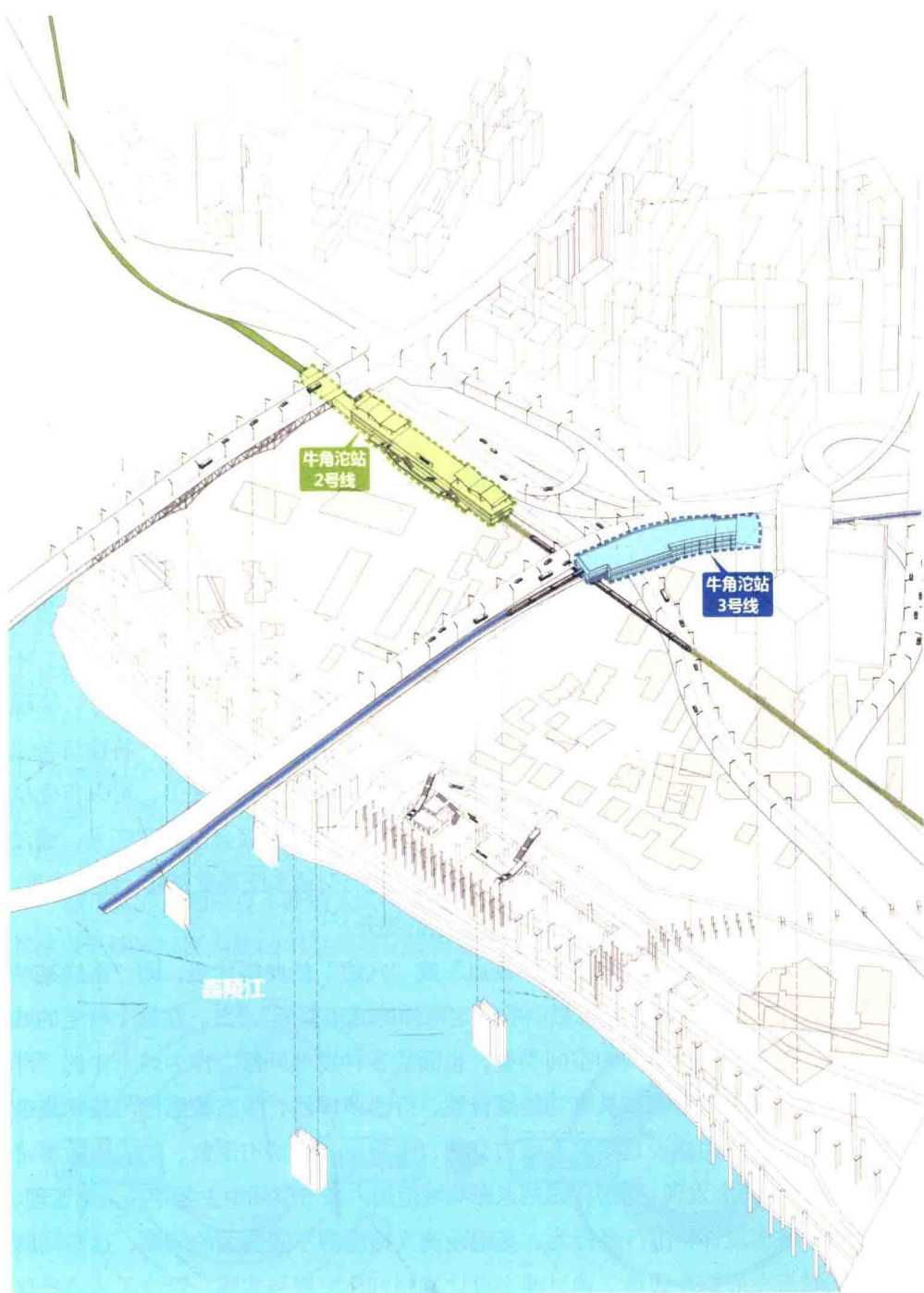


图 1.5 重庆轨道交通牛角沱站植入城市空间示意

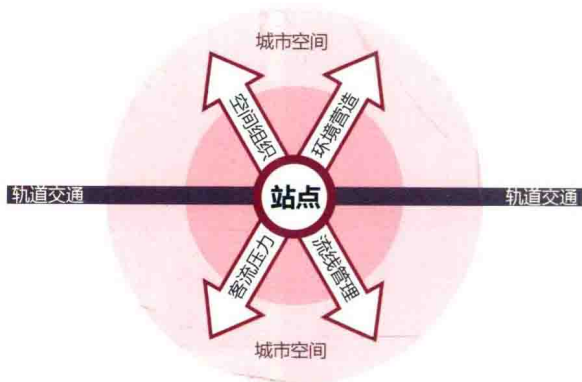


图 1.6 轨道交通站点与城市空间

中依然存在一类误区：认为只要用地规模不增加，开发强度似乎可以随意提高。这种片面强调土地价值提升的改造行为仍是 GDP 至上的反映，只不过是过去的平面拓展转向立体扩张，大规模的拆除重建依然是增量规划的变种，这种“伪存量发展”甚至可能引发更严重的城市问题^[6]。倡导“针灸式”的发展优化，成为城市必须高度关切的前进之路，这也与前文所述的微观尺度“重点区域和地段”高度契合。所谓“针灸”，即从系统问题的现象出发，通过对某些关键点（灸点）的诊疗，实现整体优化与改善。设计中，须将交通要素作为一个内在因子加以考虑，将建筑与交通的并置关系，转化为互相作用的融合系统。具体到“灸点”选择上，可以首先从城市中心的关键性区域——“环境敏感地段”与复杂功能的综合体建筑切入。通过优化城市“穴位”，疏导交通“经络”，将建筑空间与交通系统高度整合，建立渗透、复合的空间联系模式，最终带动城市综合品质的提升^[7]。

站点影响域是城市空间内这些“灸点”或“穴位”的典型代表，即“围绕某站点且其中人的多项行为受该站点影响的一定范围的城市空间”^[8]。在这个特定的城市范围内，存在着多种不同的空间类型，也面临多种发展问题。作为城市中的“环境敏感区域”，站点影响域具有功能复合性、行为多样性、生态敏感性与技术复杂性等特征，此区域的建设直接关系城市交通、出行方式、城市形象、防灾疏散等诸多城市问题^[7]。研究发现，当前我国站点影响域范围内城市空间中主要存在运营管理、交通规划、城市设计、出行者行为、基础设施支持度等不同层面的问题，这些问题直接影响城市发展综合质量。通过城市设计的精细化发展与实践，对该区域进行优化与完善，成为交通发展新动态下重要的城市优化针对性途径。

1.1.3 关键要素——城市空间适应性

生物学中,适应性指的是生物体通过自身调节以适应环境的能力,必须经过长期的自然选择,是生物体与外界环境相适合的现象^[9];系统科学中,适应性是指系统主体能够适应外界环境因素,并与之保持一致、协调发展的能力。适应性不仅仅是系统主体的一种阶段性状态,也是系统主体和环境因素不断调节相互适应的动态过程。随着时间的推移,系统主体受外界环境因素影响不断发展,并在发展过程中不断对外界反馈信息,以致环境的包容性和系统主体的适应性都呈现为动态发展。因此,为了提高系统主体的适应性,应注重其与外界环境的协调能力,使系统主体和外界环境成为有机的整体^[10](图1.7)。

复杂性是城市呈现出来的首要特征,尤其是大城市。而“这种复杂性基于网络、流动或是物理空间,或者更细节的城市空间功能,适应性能力或其形式”^[11]。当前,城市设计正从关注建筑、空间走向关注社会和人,从单一功能走向多元化发展,从艺术秩序走向生活秩序,从自上而下走向上下并举的设计实施——这都是城市设计适应性的体现,在城市这个“生态系统”中,适应性不仅仅是城市对环境、建筑、人的要求,也是其自身的要求。

什么样的城市空间具有适应性?这不仅是城市空间物理维度间的相互适应,更是人与其赖以生存的城市环境之间的相互适应。城市空间的适应性是多维的,它关注人的生理、心理以及行为需求,从而对城市的生活方式、活动场所、社会经济形态等进行控制和协调,使其更适合人的生存与发展。

城市轨道交通站点不断植入既有老旧城市空间,必然会对城市空间产生极大影响,其站点影响域范围内的城市空间变化是否能够适应城市区域的发展,成为对站点影响

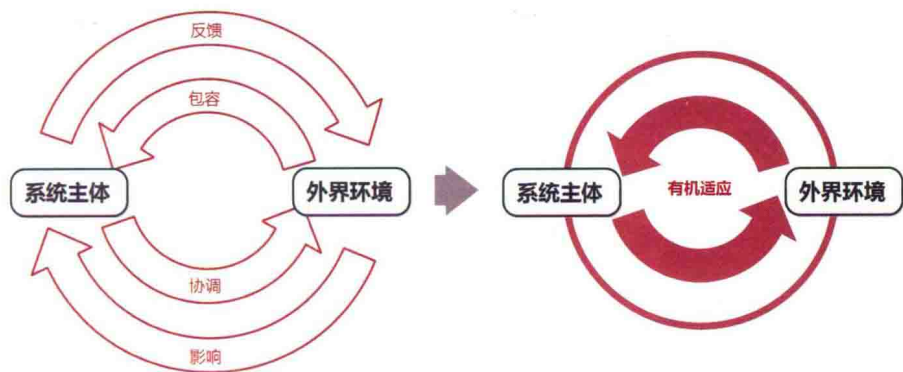


图 1.7 适应性概念

域评价和优化的主要依据。目前,城市空间适应性的评价体系较少考虑建筑或城市空间与行人行为规律的相互适应。本书在研究原有适应性评价体系相关成果的基础上,针对站点影响域的特点,根据其适应性的内涵,重新构建较为完整的适应性评价体系。

1.1.4 工具介入——行人微观仿真

随着城市设计过程中对科学评价的要求不断增强,数字技术的介入成为提高设计成果质量的重要辅助手段。“CAD、图形图像处理技术、SketchUp、虚拟现实技术、GIS、空间句法等数字化技术方法在城市设计中的应用发展,标志着城市设计的数字化科技创新平台正在逐步形成”^[1]。城市设计作为整合解决相关问题的重要手段,面对其微观层面的空间和行为问题,必须拓展新的技术与理论方法。基于此,行人微观仿真便成为了颇具操作性的重要数字技术。

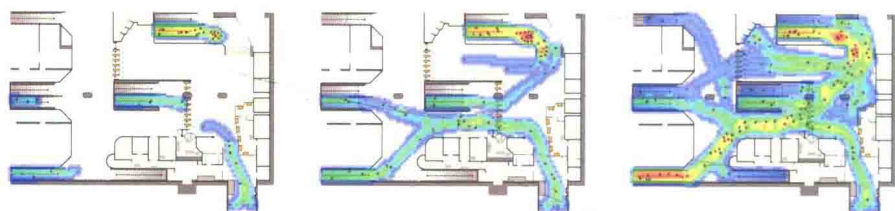


图 1.8 某地铁站入口仿真截图

图片来源:软件仿真截图

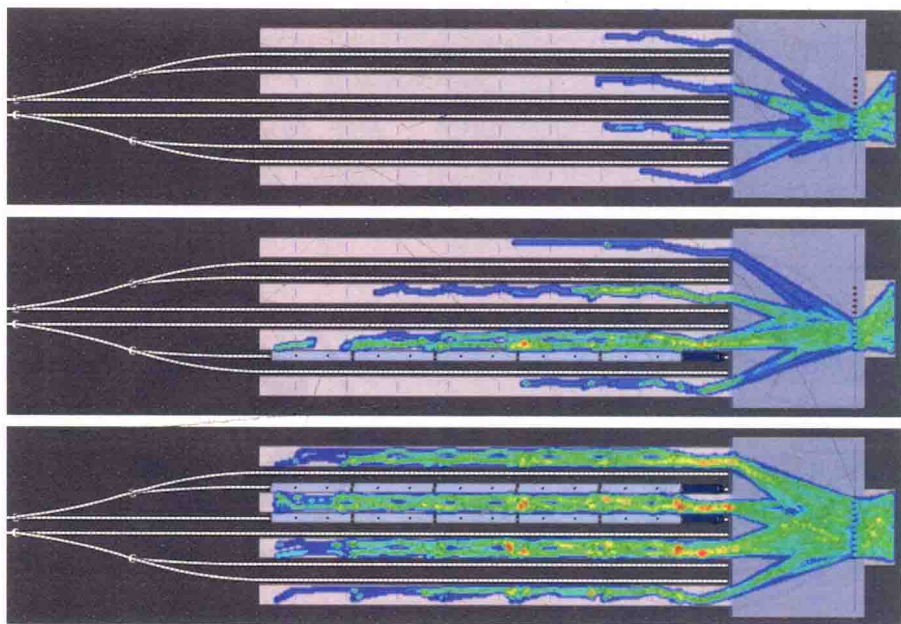


图 1.9 某火车站月台仿真截图

图片来源:软件仿真截图

行人微观仿真是研究行人的重要工具，它以采集行人行为特性数据为基础，建立行人运动模型，通过仿真直观地描述行人的行为（图 1.8 和图 1.9）。目前全世界进入实用阶段的仿真模型已有 30 种以上。在交通设计与分析领域，行人微观仿真的应用正在广泛展开，已能基于不同数学模型模拟行人的不同行为状态。在城市设计中，行人微观仿真通过对城市中分散个体及其之间作用力的数字模拟，能在相当程度上诠释城市发展自下而上的动力机制和过程^[12]，正好应对了城市设计的适应性目标。将此技术引入城市设计中，能在一定程度上提高城市设计在解决微观层面问题上的能力。

行人微观仿真方法在交通规划领域早已得到了广泛应用，但设计者更关心其对于交通建筑内部空间流线组织的运用，很少关注城市空间对于行人微观仿真的需求，特别是站点影响域作为交通配套与城市日常功能的双重性空间。基于行人微观仿真对行人行为的定量和可视化技术，将其介入到站点影响域的适应性评价与优化中，使其为城市空间的优化发挥作用，能够拓展行人微观仿真的应用范围，体现多学科交叉的优势。

1.2 基本概念

1.2.1 站点影响域

1) 站点影响域的概念建立

时间地理学是研究各种制约条件下人的行为时空间特征的地理学。^[13]瑞典隆德大学雷恩陶普（Bo Lenntorp）曾提出以个体可达范围（Individual's Reach）概念为核心的可达性表达，对时间地理学的操作性有着巨大的推动意义。他定义了时空棱柱或潜在路径空间（Potential Path Space），即在给定制约的条件下，个体能够物理到达的时空范围。那么，时空棱柱在二维平面上的投影即潜在路径区域（Potential Path Area，简称 PPA），它刻画了个体的可达区域，其面积可作为可达性的指标^[14]。

在潜在路径区域的几何图形方法中多被表示为椭圆，但必须看到，这种方法在城市路网环境中高度失真。在城市的任意区域或路径中，个体的移动能力和出行速度并不完全一致，所以潜在路径区域的空间形状与路网形态密切相关，并且会呈现沿路径高速移动的拉伸现象。2004 年，Kwan 等通过获取列克星敦地区的 GPS 数据并对被采集数据者的时空路径进行可视化处理，得到该地区的三维时空

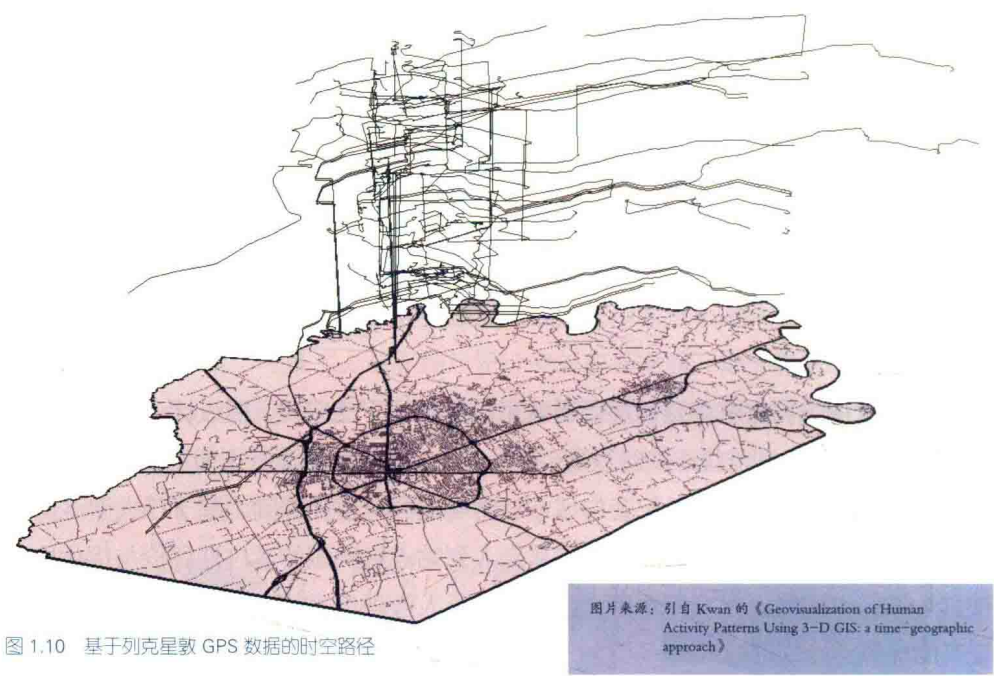


图 1.10 基于列克星敦 GPS 数据的时空路径

路径图（图 1.10）。该图呈现出潜在路径区域的拉伸趋势^[15]。

基于潜在路径区域的划定思路，为尽可能真实呈现轨道交通站点与城市空间的交互关系，将围绕某站点且其中人的多项行为受该站点影响的一定范围的城市空间作为特定研究范围。本书将其称为轨道交通站点影响域（以下简称“站点影响域”），用步行时间作为基本依据^[16]。需要注意的是，站点影响域是一个由站点向四周逐渐扩散的区域，本身并无严格清晰的边界，但为了研究与讨论需要，结合已有关于轨道交通站点步行问题的研究，本书采用步行 15 min 等时线作为其划定条件。由于人的行为最终将反作用于城市空间，因此站点影响域的“影响”含义是双向的。

站点影响域是接驳行为^[8]的发生空间，对研究城市轨道交通路线规划、站点设置、接驳方式等有着重要的意义。类似于潜在路径区域的集合图形方法，目前已有的接驳范围研究主要通过接驳时间来推算。虽然不同交通方式接驳范围不一样，但研究表明大致是以站点为圆心，以到站点一定距离为半径的几何圆形区域来界定接驳范围，对城市空间、交通线路、地形地貌与行为特征等复杂性考虑相对较少。显然，交通站点对城市空间的实际影响与这些因素息息相关，如此多的因素相互作用，其影响区域需要得到更为真实的呈现。

基于此，将“站点影响域”建立在步行“时间”要素之上，使之成为研究接驳