

国家自然科学基金资助项目

北京

资助项目

北京

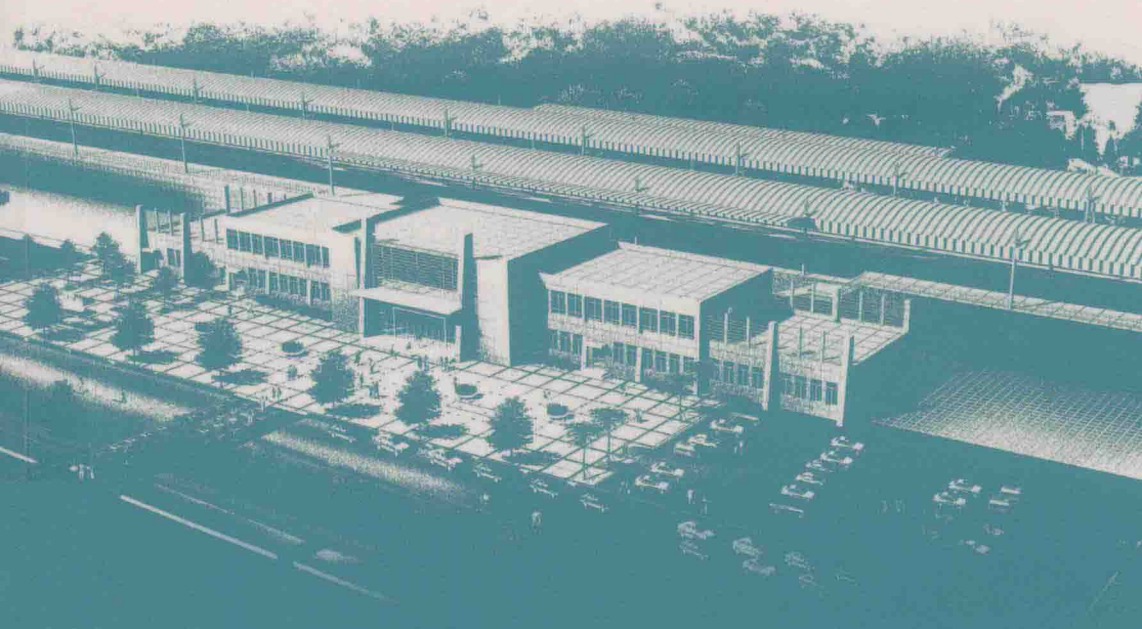
基金资助项目

城市轨道交通

车站行人微观仿真

杨 静 张 蕊 / 编著

吴海燕 张红亮 / 主审



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

城市轨道交通车站 行人微观仿真

杨 静 张 蕊 编著

吴海燕 张红亮 主审

中国铁道出版社

2018年·北京

内 容 简 介

本书从微观行人仿真实践的角度出发,针对轨道交通车站,介绍使用微观行人仿真软件进行轨道交通车站仿真的过程与方法。主要包括:城市轨道交通车站的分类、空间结构及行人设施,车站行人微观交通特性,车站行人微观仿真原理,基于国内外常用微观行人仿真软件(Vissim、Anylogic、Legion、Simwalk)的城市轨道交通车站行人微观仿真建模与实例分析。

本书可作为交通工程专业行人微观仿真领域的工具书,也可作为交通工程及相关专业微观交通仿真实践类的教学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

城市轨道交通车站行人微观仿真 / 杨静, 张蕊编著. —北京:
中国铁道出版社, 2018. 2

ISBN 978-7-113-23777-6

I. ①城… II. ①杨… ②张… III. ①城市铁路-铁路车站-系统
仿真 IV. ①U239. 5

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 219428 号

书 名:城市轨道交通车站行人微观仿真

作 者:杨静 张蕊 编著

责任编辑:刘 钢

编辑部电话:010-51873055

封面设计:崔 欣

责任校对:苗 丹

责任印制:高春晓

出版发行:中国铁道出版社(100054,北京市西城区右安门西街 8 号)

网 址:<http://www.tdpress.com>

印 刷:虎彩印艺股份有限公司

版 次:2018 年 2 月第 1 版 2018 年 2 月第 1 次印刷

开 本:700 mm×1 000 mm 1/16 印张:12.5 字数:150 千

书 号:ISBN 978-7-113-23777-6

定 价:50.00 元

版权所有 侵权必究

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社读者服务部联系调换。电话:(010)51873174(发行部)

打击盗版举报电话:市电(010)51873659,路电(021)73659,传真(010)63549480

前言

随着经济的不断发展和进步,我国城市轨道交通开始步入快速发展阶段,许多城市开始规划、新建轨道交通线路,特大城市的轨道交通线网已初步形成。城市轨道交通车站特别是换乘站作为城市轨道交通线网中的重要节点,担负着大规模客流运载功能,是客流集中、交通供需矛盾较为突出的瓶颈,在交通出行高峰时段或紧急事件发生时,进出站的客流在一些瓶颈处会发生拥堵,容易引发危险事件。因此,对于轨道交通枢纽内的行人运动研究具有保证乘客安全、优化设施设计的重要意义。

行人微观仿真方法在描述行人之间、行人与周边环境的相互作用方面具有很大优势,特别是在轨道交通车站这样的行人短时间内过于集中且规模大、运动行为复杂、流线交织严重的场所,相较传统的理论计算和设计方法,可以更为真实地反应行人运动和设施运行的状态与效果,找出潜在的常发性交通瓶颈和偶发性高峰拥挤点。行人微观仿真方法作为车站设计和改造的重要辅助手段,已经受到了管理者 and 设计者的高度重视。本书在“以人为本”的思想指导下,第二章首先介绍了城市轨道交通车站的分类、空间构造及行人设施设计,之后第三章从行人的微观运动行为出发,分析了不同情形下的行人行为参数。第四章介绍了微观仿真的基本原理,包括以磁场力、势场力及社会力为代表的连续空间模型,以格子气、成本效益及元胞自动机为代表的离散空间模型,以及结合人工智能的 Agent 模型。第五至第八章选取四种目前较为成熟且在国内外应用广泛的仿真软

件,从仿真流程结合实例分析的角度进行了轨道交通车站微观行人仿真的具体描述和介绍。四种商业仿真软件包括由瑞士 Savannah Simulations AG 公司研发 Simwalk、由俄罗斯 XJTechnologies 公司开发 AnyLogic、由德国 PTV 公司开发的 Vissim 以及英国 Legion International 公司开发的 Legion,基本涵盖了国内外常用的行人微观仿真软件。

本书可以作为高校交通工程及相关专业的城市公共交通、轨道交通、交通仿真等课程的辅助教材或教学参考书,也可以为本科生毕业设计过程提供指导,同时也是轨道交通行人微观仿真项目的参考工具书,协助项目成员和管理者进行微观仿真和评价。

本书得到国家自然科学基金项目(51308029)、北京市教育委员会科技计划一般项目(SQKM201810016006)、北京建筑大学科学研究基金项目(KYJJ2017023)、北京建筑大学教学研究基金项目(Y1339)及2018年北京建筑大学基本科研业务经费、2017年“实培计划”大学生科研训练计划深化项目的资助,并依托于北京建筑大学通用航空技术北京实验室、北京市城市交通基础设施建设工程技术研究中心及首都世界城市顺畅交通协同创新中心的资助,在此表示感谢!真诚感谢吴海燕、张红亮对本书进行评阅和审稿,提出宝贵意见。同时,杨陶源、刘博、朱经纬、冯焕东等人在本书的编著和出版过程中付出了辛勤劳动,在此一并感谢。

行人微观行为仿真设计内容及其广泛、复杂,由于作者水平有限,有些研究成果还需要进一步修改、完善,真诚希望读者提出宝贵意见。

目录

1 绪 论	1
1.1 城市轨道交通概述	1
1.1.1 城市轨道交通概念	1
1.1.2 城市轨道交通组成	1
1.1.3 我国城市轨道交通发展现状及前景	3
1.2 行人微观仿真的概念及应用	4
1.2.1 城市轨道交通车站设计	5
1.2.2 大型场馆人流仿真	5
1.2.3 混合交通流研究	5
1.3 国内外研究与实践现状	6
1.3.1 国外研究现状	6
1.3.2 国内研究现状	7
2 城市轨道交通车站的分类、空间结构及行人设施	12
2.1 城市轨道交通车站分类	12
2.1.1 按功能分类	12
2.1.2 按能力分类	12
2.1.3 按位置分类	13
2.2 城市轨道交通车站的空间布局	19
2.2.1 立体结构布局	19
2.2.2 平面结构布局	24
2.2.3 换乘方式布局	27

2.3 城市轨道交通车站的行人设施	29
2.3.1 通过型设施	30
2.3.2 服务型设施	37
2.3.3 多功能型设施	42
3 城市轨道交通车站行人微观交通特性	48
3.1 行人个体参数	48
3.1.1 物理特征	48
3.1.2 心理特征	53
3.2 行人微观交通行为影响因素及特点	54
3.2.1 正常状态下行人微观交通行为	54
3.2.2 紧急疏散状态下的行人微观交通行为	58
3.3 行人微观交通行为参数	69
3.3.1 步频与步幅	69
3.3.2 速度特征	70
3.3.3 反应时间与加减速速度	73
3.3.4 走行路线特征	74
4 城市轨道交通车站行人微观仿真原理	75
4.1 仿真模型分类	75
4.1.1 行人仿真模型分类	75
4.1.2 微观行人仿真分类	76
4.2 连续型仿真模型原理	77
4.2.1 磁场力仿真模型	77
4.2.2 势场力仿真模型	78
4.2.3 社会力仿真模型	79
4.3 离散型仿真模型原理	82
4.3.1 格子气模型	82
4.3.2 成本效益模型	84

4.3.3 元胞自动机模型	85
4.4 基于 Agent 的仿真模型原理	88
4.4.1 Agent 建模体系	89
4.4.2 Agent 建模方法	89
5 基于 Simwalk 的城市轨道交通车站行人微观仿真建模与 实例分析	92
5.1 Simwalk 软件介绍	92
5.2 Simwalk 4.6 软件仿真流程	93
5.2.1 环境建模	93
5.2.2 行人行为建模	95
5.2.3 仿真运行、结果展示与分析	96
5.3 基于 Simwalk 4.6 的轨道交通车站仿真模型构建	100
5.3.1 轨道交通车站模型构建	100
5.3.2 行人仿真参数的设定	111
5.3.3 仿真过程、结果展示与分析	114
6 基于 Anylogic 的城市轨道交通车站行人微观仿真建模与 实例分析	118
6.1 Anylogic 软件介绍	118
6.2 Anylogic 7.6 软件仿真流程	118
6.2.1 环境建模	119
6.2.2 行人行为建模	121
6.2.3 仿真运行、结果展示与分析	123
6.3 基于 Anylogic 7.6 的轨道交通车站仿真模型构建	124
6.3.1 轨道交通车站模型构建	125
6.3.2 行人仿真参数的设定	131
6.3.3 仿真运行、结果展示与分析	133

7 基于 Vissim 的城市轨道交通车站行人微观仿真建模与实例分析	136
7.1 Vissim 软件介绍	136
7.2 Vissim 5.4 软件仿真流程	137
7.2.1 环境建模	138
7.2.2 行人行为建模	145
7.2.3 仿真与评价	150
7.3 基于 Vissim 5.4 的轨道交通车站仿真模型构建	152
7.3.1 轨道交通车站模型构建	152
7.3.2 行人仿真参数的设定	159
7.3.3 仿真过程、结果展示与分析	163
8 基于 Legion 的城市轨道交通车站行人微观仿真建模与实例分析	166
8.1 Legion 软件介绍	166
8.2 Legion SpaceWorks 6.2 软件仿真流程	167
8.2.1 环境建模	169
8.2.2 仿真计算	169
8.2.3 仿真运行、结果展示与分析	170
8.3 基于 Legion SpaceWorks 6.2 的轨道交通车站仿真模型构建	170
8.3.1 轨道交通车站模型构建	172
8.3.2 行人仿真参数的设定	182
8.3.3 仿真过程、结果展示与分析	185
参考文献	187

1 绪 论

1.1 城市轨道交通概述

1.1.1 城市轨道交通概念

根据原中华人民共和国建设部于 2007 年发布的《城市公共交通分类标准》(CJJ/T 114—2007)中的定义,城市轨道交通为采用轨道结构进行承重和导向的车辆运输系统,依据城市交通总体规划的要求,设置全封闭或部分封闭的专用轨道线路,以列车或单车形式,运送相当规模客流量的公共交通方式。城市轨道交通是城市公共交通的骨干,具有节能、省地、运量大、全天候、少污染又安全等特点,属于绿色环保交通体系,特别适应于大中城市。

1.1.2 城市轨道交通组成

在《城市公共交通分类标准》中明确城市轨道交通包括:地铁系统、轻轨系统、单轨系统、有轨电车、磁浮系统、自动导向轨道系统、市域快速轨道系统。除此之外,随着交通系统的发展目前已经开始出现其他一些新型交通系统。

地铁系统。地铁是一种大运量的轨道运输系统,采用钢轮钢轨体系,标准轨距为 1 435 mm,主要在大城市地下空间修筑的隧道中运行,当条件允许时,也可以穿出地面,在地上或是高架桥上运行。按照选用车型的不同,又可分为常规地铁和小断面地铁,根据线路客运规模的不同,又可分为高运量地铁和大运量地铁。

轻轨系统。轻轨系统是一种中运量快速轨道交通运输系统。

英、美称之为 LRT, 俄国称为 OPT, 其意为“轻轨运输”或“轻轨系统”。德国称为“城市铁道”, 日本称为“轻轨电车”。它可以运行在地下, 也可以建成高架轨道形式, 也可在地面运行。它是由现代有轨电车发展起来的, 既可在技术上自成体系, 也可采用地铁技术制式, 几乎与地铁难以辨别。但从宏观上说, 轻轨交通最主要特征是其运量规模比地铁小, 其单向高峰小时断面流量在 1~3 万人。因此, 有人把凡是高峰小时断面流量在这个范围的其他形式轨道交通如单轨交通、新交通系统、直线电机驱动的城轨车辆交通等都称之为轻轨交通。

单轨系统。单轨系统是一种车辆与特制轨道梁组合成一体运行的中运量轨道交通系统, 轨道梁不仅是车辆的承重结构, 同时是车辆运行的导向轨道。单轨系统的类型主要有两种: 一种是车辆跨骑在单片梁上运行的方式, 称之为跨座式单轨系统; 另一种是悬挂在单根梁上运行的方式, 称之为悬挂式单轨系统。

有轨电车。世界上第一条有轨电车线路正式开通是在美国弗吉尼亚州里士满, 时间是 1888 年 5 月。中国第一条有轨电车线路于 1909 年 3 月 5 日在上海南京路上建成。旧式有轨电车速度低、运量小、舒适性差、技术落后。许多国家都对其进行了改造或拆除。中国的北京、天津、上海、大连、长春、哈尔滨、鞍山、香港等城市, 都曾经有过有轨电车, 目前只有大连、鞍山、长春、香港还保留着有轨电车。大连、长春还对有轨电车进行了改造。

磁浮系统。磁浮系统是一种运用“同性相斥、异性相吸”的电磁原理、依靠电磁力使车厢悬浮并行走的轨道运输方式。磁浮交通有常导和超导两种类型。常导式磁浮线路能使车辆浮起 10~15 mm 的高度, 运行速度较低, 用感应线性电机来驱动。超导式磁浮线路能使车辆浮起 100 mm 以上, 速度较高, 用同步线性电机来驱动, 技术难度较大。日本使用超导体产生的磁力使列车悬浮, 列车速度可达 500 km/h 以上。德国使用常导相吸原理达到磁浮, 速度也提高到 400 km/h 以上。中国上海浦东建成的常导磁浮交通, 最高速度可达

430 km/h。

市域快速轨道系统。市域快速轨道交通系统是一种大运量的轨道运输系统,客运量可达 20 万~45 万人次/日。市域快速轨道交通系统适用于城市区域内重大经济区之间中长距离的客运系统。

1.1.3 我国城市轨道交通发展现状及前景

随着经济的不断发展和进步,我国城市轨道交通开始步入快速发展阶段,不同类型的轨道交通进入了并行发展时期,整体呈现出多元化趋势。而且我国也逐渐开始注意城市轨道交通与城市规划、环境等方面相互协调发展。目前许多城市在规划建设地铁的同时,也开始在住宅区、主客运通道之间建设轨道交通车站或快速轨道交通系统,以便形成完整的交通网络,为居民出行提供便利。除此之外,有些城市,如重庆市根据自身地形条件开始建设跨座式单轨系统;有些大城市之间也开始建设快速轨道线;北京、上海等大城市为促进周边地区发展、卫星城建设开始建立近郊和远郊的市郊铁路。

2005~2015 年,我国内地拥有城市轨道交通的城市从 5 个发展至 24 个,运营线路长度由 381.6 km 增长至 3 010.6 km,年均增长 239.0 km;运营线路由 17 条增长为 93 条;运营车站数由 237 座增长至 1 998 座。从整体上看,2005~2015 年我国内地城市轨道交通新增线路中,地下线为 1 916.3 km,高架线为 678.0 km,地面线为 34.8 km,高架线与地面线共占 27.0%。截至 2015 年底,我国内地所有城市轨道交通运营线路中,地下线共计 2 066.6 km,高架线共计 832.0 km,地面线共计 112.0 km,高架线和地面线共占 31.3%。

截至 2016 年,我国内地共 30 个城市开通城市轨道交通运营,共计 133 条线路,运营线路总长度达 4 152.8 km,其中,地铁为 3 168.7 km,占 76.3%;其他形式的城市轨道交通运营线路长度为 984.1 km,占 23.7%。年度新增运营线路长度创历史新高,首次超过 500 km,同比增长 20.2%。全年累计完成客运量 160.9 亿人次,同比增长 16.6%。拥有 2 条及以上城市轨道交通运营线路的城市已增加

至 21 个。

目前我国已运营的城市轨道交通线路仍以地铁制式为主,但已出现多制式协调发展的雏形。统计分析表明,地铁占比从 2010 年的 80.85% 上升到 2016 年的 83.95%,2016 年轻轨里程 233 km,占比 6.10%。在已运营城市中,上海、广州、天津等 11 座城市开通了现代有轨电车;广州开通了 APM 线;上海、长沙开通了磁悬浮轨道交通线路;重庆市开通了跨座式单轨交通线路。现代有轨电车、APM、磁悬浮、单轨线路长度分别为 222.45 km、3.96 km、48.45 km、97.46 km,占总长度比例分别为 5.81%、0.10%、1.36% 和 2.54%。

综上所述,我国城市轨道交通运营规模逐渐扩大,线路增多、系统制式多元化、运营线路网络化的发展趋势更加明显。轨道交通车站特别是换乘枢纽站的客流规模将持续增长,客流组织日趋复杂,对车站设计和管理提出了更高要求。

1.2 行人微观仿真的概念及应用

行人微观仿真技术是借助计算机技术、网络技术和数学理论等手段,采用虚拟现实方法,对行人交通系统进行实际模仿的一项应用技术,它需要借助计算机仿真技术对现实人流系统进行系统建模与求解算法分析,通过仿真模型得到各种动态活动及其过程的运动记录,进而研究行人交通流系统的特征,并输出效果。

行人微观仿真技术能够对行人行走状况进行模拟,找出潜在的常发性交通瓶颈和偶发性高峰拥挤点,能动态分析人群由于多股汇集而产生个体没有的现象,并给出相应的评价指标。同时对公共场所中可能发生的人群拥挤踩踏事故进行预测,根据预测结果对人群进行管理控制;评价现有交通设施服务水平,优化交通组织流线,能够为交通标识系统和紧急疏散预案提供有效的技术支持,并对人群聚集过程进行预测。

行人微观仿真技术主要应用于城市轨道交通车站设计、大型场

馆人流仿真、混合交通流研究等几个方面。

1.2.1 城市轨道交通车站设计

动态行人仿真手段,可以模拟复杂场景下车站中动态化的客流行为和流程,并提供多种分析评价手段。依托仿真手段,可以辅助设计人员提出优化调整建议,完善车站设计。因此,越来越多的国内设计机构将行人仿真手段引入到了实际设计工作中,作为有效的动态化的设计手段辅助车站设计。尤其是针对城市轨道交通多线换乘枢纽客流构成复杂、客运组织难度大的问题,车站设计阶段更需要借助行人仿真技术对车站布局和客流组织进行动态分析,并依据设计中的薄弱环节,提出解决方案。

1.2.2 大型场馆人流仿真

大型场馆活动人员密集、场地条件相对复杂,需要有效的行人交通规划和组织管理方案,而行人交通仿真正是检验行人交通规划和组织优劣的主要手段。2008年北京奥运会的举办对主办方的行人交通组织和规划工作提出了严峻的挑战,应用行人仿真技术辅助奥运会期间行人设施和交通组织方案设计为主办方提供了很多便利。主办方在把握行人交通特点和奥运会行人集散特点基础上,采集北京赛事活动中的行人交通流数据,标定模型参数,设计仿真方法;结合仿真结果,综合分析行人设施和管理方案,最终提出了行人设施及行人疏散组织方案的优化建议。

1.2.3 混合交通流研究

混合交通流的研究主要是将机动车的运动作为城市交通的主体,而非机动车以及行人作为“次要组成部分”或者“不可忽略的干扰者”存在,针对各种类型的行人过街情景下行人与机动车的干扰作用展开研究,而不是针对行人运动本身。在此方面应用行人微观仿真技术可以分析出行人在交叉口过街时,对机动车或非机动车的影响,

对其干扰作用展开深入研究。

1.3 国内外研究与实践现状

1.3.1 国外研究现状

目前,国外在行人微观仿真技术的开发方面已经开展了卓有成效的工作,并且开发了多种行人微观仿真模型。国外对于行人仿真的研究起步较早,大致在 20 世纪初、20 世纪 70 年代、20 世纪 90 年代、21 世纪初四个时期存在较大的突破和发展。

20 世纪初,国外研究者主要采取观测和统计分析的研究方法探索行人运动规律。例如:苏联艺术科学院建筑研究所(VAKH)、苏联火灾防治科研中心(VNIPO)、英国的 Hankin 和 Wright 等学者或研究机构都针对行人流的宏观统计规律开展过研究。

20 世纪 70 年代,由于计算机的快速发展,计算机仿真模型的精度也得到了提高,功能也更加多样化。微观仿真技术也得到了较大的发展和应用。研究者们也逐渐开始关注行人运动规律,逐渐采用数学模型来描述行人的宏观统计特性。

20 世纪 90 年代,随着计算机技术的发展,人们描述复杂系统的能力逐渐增强,开始出现了多种描述行人行为的模型,行人行为模型开始以行人仿真为目的。社会力模型、格子气模型、元胞自动机模型都是在该时期开始应用于行人微观仿真技术。1991 年,德国学者 Helbing 提出描述行人集体运动行为的宏观模型——流体动力学模型。该模型是由类似玻尔兹曼的气体动力学模型衍生扩展而来,详细分析了行人特征方程和普通流体的区别。1995 年,Helbing 提出了基于连续空间描述的行人微观仿真模型:社会力模型(SFM, Social Force Model),社会力模型在微观行人仿真领域影响很大,具有计算强度大、描述能力强的特点。正因为这个模型的提出,也为后续研究开创了一个重要的研究分支。1997 年,Helbing 又通过在社会力模型中引入环境改变的因素及其对行走方向选择的影响,将其拓展成为

Active Walker Model,用于开阔空间内的行人轨迹形成过程的研究。同年,Blue V. J 也开始将元胞自动机模型应用于行人微观仿真中。元胞自动机模型最开始用于模拟道路交通流,其对机动车流的成功建模,引发了 20 世纪 90 年代以来大量行人仿真学者对其的激烈讨论,其中 Blue V. J 通过人工智能的方法建立了单向、双向、交叉及四向的元胞自动机模型,这些模型是交通仿真领域当中的经典。其主要特点是空间、时间和状态都比较离散,每个元胞只能在有限的离散状态集中取值,且其状态改变的规则在时间和空间上都是局部的,该模型易于实现,具有计算速度快、效率高的优点,但对于微观描述相对粗糙。1999 年时,Helbing 将基于离散空间的受迫格子气模型转移到连续二维空间内,揭示了“受迫中观系统”中蕴含的“因热结晶”的现象,同时也充分证明离散空间模型(单个个体占据单个空间格子)和连续空间模型是存在本质区别的。基于连续空间的系统有着更丰富的秩序状态和混乱状态,蕴含着离散空间模型描述能力之外的自组织现象。

21 世纪初,随着经济与技术的快速发展,越来越多的研究思想和新型仿真模型引起人们的关注。更多的研究者将行人微观仿真与车站优化、步行设施规划、大型场馆人员疏散等方面进行联系,将行人微观仿真技术应用于实际生活中,体现出该技术的优越性。例如:荷兰 Delft 技术大学的 Hoogendoorn 等学者,他们一直致力于行人交通流方面的研究。研究目的主要是通过设计试验、实地观察、理论研究、模型仿真等手段增进对行人交通流相关的科学原理的透彻理解,以分析其对换乘站点、商业中心等步行设施的运行效能的影响,最终用于辅助、优化步行设施设计。Hoogendoorn 等学者从事的系列研究的理论核心为连续二维空间内的用户最优路径规划。具体研究内容涉及活动区域选择、路径选择、活动行程安排等优化问题。

1.3.2 国内研究现状

国内对于行人仿真的研究起步较晚,主要发布成果集中在近十

年。较早投入并持续开展研究的团队包括香港理工大学以 Lam Hing Keung William 教授为首的研究团队以及北京工业大学的交通仿真实验室等。早期研究多集中于某些特定的环境与情境下的行人交通特性分析,当前行人微观仿真研究已经有了一定的成果积累,在国外提出的社会力、元胞自动机等经典模型的基础提出了一些主要用于疏散仿真的改进模型,应用集中于大型体育活动场馆、综合交通客运枢纽等复杂场景下的行人流仿真及实现。从研究内容上区分,国内的研究成果主要表现在以下几个方面。

(1) 大型场馆内的人员疏散建模研究

出于对人员安全的关注,大型场馆内部人员疏散相关研究一直是该领域内的热点。利用行人微观仿真模型可以很好的解决这一问题。2000 年前后,我国研究者开始针对“大型场馆人员疏散”问题建立行人微观仿真模型,提出了新型元胞自动机仿真模型,也开始将社会力模型应用于场馆疏散中。2001 年,张培红等基于排队模型,研究了火灾时建筑物内人员疏散的行为规律。武汉水利电力大学的方正等人将建筑物在平面上划分成能反映人员具体位置的几何坐标,根据不同人员在不同网格内的移动特性确定其移动速度,建立了描述人员疏散过程的数学模型,用场模型的方法得到了建筑物人员疏散的时间和疏散轨迹。2003 年,西南交通大学的徐高在总结现有的轨道交通车站疏散时间计算方法的基础上,提出了用计算机仿真模拟来得出疏散时间的新方法。宋卫国对 $15\text{ m} \times 15\text{ m}$ 房间内随机分布的 200 人的疏散场景进行仿真研究,重点分析了出口的宽度、厚度以及行人期望速度对于总疏散时间的影响。在 2005 年,他又针对社会力模型的慢速和经典元胞自动机模型对于排斥力和摩擦力的描述困难的问题,提出了考虑排斥力和摩擦力的改进的元胞自动机模型。2008 年,沙云飞建立了基于离散势能场的人员疏散仿真模型,该模型采用精细网格对建筑物空间进行描述,使用 3×5 的单元阵列对行人个体进行描述,该模型使用叠加势能场来综合反映目的地、邻近行人、障碍物以及突发事件等因素对行人行走决策的影响;2012 年甘勇华