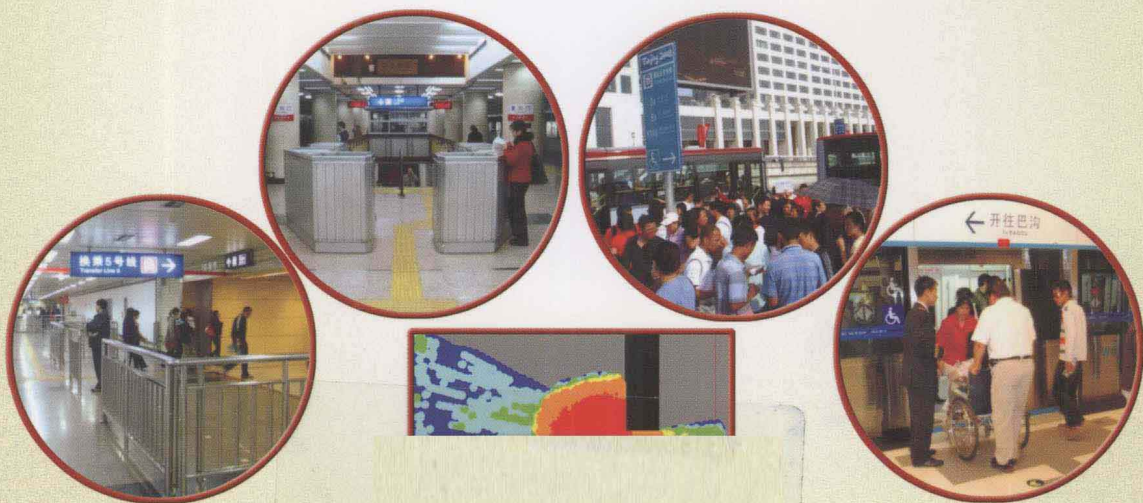


Planning and Simulation for
Crowded Pedestrian System

拥挤行人交通系统 规划及仿真

陈艳艳 张广厚 史建港 著



人民交通出版社
China Communications Press

拥挤行人交通系统规划及仿真

陈艳艳 张广厚 史建港 著

人民交通出版社

内 容 提 要

本书为国家科技支撑计划课题“北京奥运智能交通管理与服务综合系统”子课题“交通枢纽仿真系统”及北京市属高等学校人才强教计划项目的研究成果。

本书主要内容是密集行人场所的交通组织规划及仿真技术研究。内容包括:绪论、密集行人交通特性、密集行人交通行为特性、行人数据采集与分析、大型活动行人交通特性及组织、交通枢纽行人需求特性及交通组织研究、步行人流仿真及评价。

本书可做为城市规划、交通规划与管理、系统工程等专业科研技术人员、管理人员的参考书,也可做为教育工作者、研究生及高年级本科生的参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

拥挤行人交通系统规划及仿真 / 陈艳艳等著. —北京:人民交通出版社, 2011. 3
ISBN 978-7-114-08802-5

I. ①拥… II. ①陈… III. ①行人-交通系统-交通规划②行人-交通系统-系统仿真 IV. ①U491.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 245204 号

书 名: 拥挤行人交通系统规划及仿真

著 作 者: 陈艳艳 张广厚 史建港

责任编辑: 戴慧莉

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011) 北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: <http://www.ccpress.com.cn>

销售电话: (010) 59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京鑫正大印刷有限公司

开 本: 787×980 1/16

印 张: 12

字 数: 230 千

版 次: 2011 年 3 月 第 1 版

印 次: 2011 年 3 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-08802-5

定 价: 36.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)

前 言

相比机动车交通而言,我国的行人交通规划及管理研究工作相对缺乏,缺少基础数据及交通流理论支撑,很多的建筑设施和交通设计中虽然有关于行人的要求,但是比较粗略,缺少系统、量化的规划及评价方法。近几年,随着国内举办大型活动的增加,以及大运量客运系统的快速建设,承担密集行人的建筑场所如场馆、枢纽、机场、高铁车站的规划及交通组织等问题越来越受到人们的关注。

大型活动对城市日常交通影响较大,以往国内研究的主要是其对道路交通的影响,集中在机动车的停车规划、道路交通管理、交通影响评价等方面,对行人的关注较少。事实上,大型活动人员密集,时空分布不平衡,会对活动场所造成极大的交通压力,因此有必要针对大型活动人员的交通特性,进行相应的行人交通规划与组织方案设计。但是,由于国内缺少大型活动行人集散特性数据,有关设计工作缺少量化的依据,而对大型活动行人交通流特性更是缺乏深入、系统的研究。

另外,我国各大、中城市的综合客运交通呈现迅速发展的势头。作为综合客运交通体系的重要组成部分,城市客运交通枢纽起着连接城市综合客运交通体系内部各子系统,使乘客顺利完成出行的重要作用。综合交通枢纽兼具对外及对内交通功能,承担轨道、地面公交、出租车、社会机动车、自行车、步行等多种交通运输方式的大规模集散。它是大量人流集聚与换乘的场所,需要提供良好的行人交通服务。因此,为保障大量乘客安全、快捷、舒适地汇集、疏散和换乘,需要在有限的枢纽立体空间内进行有效的行人交通组织、设施及运营管理方案设计。

本书详细分析了场馆、交通枢纽等密集场所行人在不同交通条件下的交通行为变化,结合需求的时空分析,甄别潜在的危险地点、程度,并确定相应的预警等级,从而为设施设计、交通服务、计划等工作提供决策依据。同时,通过行人与场馆及枢纽、地铁等公共交通设施设计与管理各子系统的协同关系分析,研究拥挤条件下有序化和可控化的行人交通组织与设计理论及方法,并通过建立行人交通仿真系统,为大型活动及日常条件下场馆及公共交通设施设计、行人交通组织和管理及紧急事件处理预案的科学制订提供高效的分析工具,从而保证拥挤条件下行人交通的有序、通畅及安全。

本书涉及密集行人交通组织及仿真研究关键技术,包括步行交通流参数及行为规则、行人数据采集及处理技术、拥挤场所行人交通需求时空分布、高需求下拥挤场所步行人流规划设计方法、行人仿真模型建立及标定、行人系统评价体系构建等。

孙立山、赵光华、吴德仓等参与了本书的撰写,在此一并表示感谢。

本书致力于弥补国内相关研究的不足,为各种大型活动及行人密集场所的行人设施规划、设计、管理方案制订提供参考。尽管本书不乏纰漏之处,但希望本书能抛砖引玉,吸引更多的科研人员及管理人员从事对行人安全、舒适的理论研究及实践,以促进其发展。

著 者

2010 年 12 月

目 录

1 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.2 密集行人交通组织及仿真研究关键技术	2
1.3 国内外相关研究概述	3
2 密集行人交通流特性	10
2.1 国内外行人交通流研究回顾	10
2.2 密集行人场所行人设施类型分析	18
2.3 行人速度	20
2.4 行人交通流特性	25
2.5 行人设施通行能力分析	30
3 密集行人交通行为特性	37
3.1 行人交通行为研究回顾	37
3.2 行人交通行为概述	40
3.3 行人路径选择行为	42
3.4 行人自组织行为	47
3.5 行人拥挤反应行为	52
4 行人数据采集与分析	62
4.1 数据的需求分析	62
4.2 数据采集方法	63
4.3 数据采集设备	64
4.4 GPS 采集方法	65
4.5 基于视频的半自动数据采集方法	67
4.6 枢纽行人数据采集案例	79
5 大型活动行人交通特性及组织	87
5.1 大型活动概述	87
5.2 大型活动观众构成	89
5.3 大型活动行人集散特性	90
5.4 大型活动场馆区域步行交通的特点	100
5.5 大型活动场馆的步行交通组织	101

5.6	大型活动交通枢纽的步行交通组织	107
5.7	奥运期间步行人流组织临时措施	111
6	交通枢纽行人需求特性及交通组织研究	115
6.1	枢纽行人交通概述	116
6.2	交通枢纽布局及行人交通特点	117
6.3	枢纽行人时空分布分析	122
6.4	枢纽步行人流组织规划设计方法	124
7	步行人流仿真及评价	136
7.1	微观仿真模型概述	136
7.2	基于商业仿真软件的行人仿真技术	146
7.3	基于仿真的行人方案的评价指标及标准	153
7.4	行人交通行为及管控措施影响的仿真测试	158
7.5	宋家庄综合交通枢纽行人交通组织方案仿真测试	162
	参考文献	176



1 绪论

1.1 研究背景

近年来,密集行人交通问题受到广泛的关注,如密集行人规划设计方法、行人行为分析、行人仿真等,主要原因有以下几点。

(1)大型活动将吸引大量的人群,如世界级或全国性体育比赛、展览会、演唱会等。随着大型活动在我国的增加,有必要研究行人交通组织规划方法,使得活动中的人流有序化,在增加场馆或活动场地的实际容量的同时,避免人群出现超强的进散场高峰,以提高行人的安全性、舒适性。

(2)大型综合交通枢纽的建成、大型飞机或大型客轮(超过5 000人)的研制成功及投入使用,对行人换乘或登降效率及安全疏散提出了更高的要求。如何通过对行人设施的几何构造、空间布局及服务能力进行专门设计以满足这些要求,成为新的研究课题。

(3)大型公共设施如主题公园、购物中心等吸引大量人群,在局部区域产生较高的行人密度,造成较大的安全压力。因此要求对行人设施及行人流线组织进行合理设计与规划,提高人群活动的舒适性,避免潜在危险。



(4) 密集人群移动存在跟随、徘徊、路径选择、行人队列形成等特定现象,解释这些现象并揭示其内在的行人行为规律,有助于更好地进行行人交通规划与管理。

(5) 对安全性、机动性、舒适性等要求的提高,要求借助仿真工具进行各种行人组织方案及设施设计合理性的定量化分析。为此,有必要研究有效的行人计算机仿真系统,进行方案测试。

为应对逐步增多的密集环境对行人交通的挑战,有必要针对交通枢纽、地铁、机场、大型购物中心、主题公园、火车站等人群密集的场地,从行人交通特性、需求时空预测、设施设计、行人组织、仿真与评价等方面开展系统深入、应变性较强的行人交通规划研究,以确保行人的安全、舒适、快捷。

1.2 密集行人交通组织及仿真研究关键技术

密集行人交通组织规划及仿真研究关键技术包括以下几个方面。

(1) 步行交通流参数及行为规则研究。

日常和大型活动期间行人的交通特性,主要通过其交通流参数及行为规则反映出来,它们是进行行人规划及制订组织方案的依据,也是构成仿真模型结构的主体。以客运交通枢纽为例,其内具有楼梯、步道、站台、扶梯等多个不同的步行环境,对其进行行人仿真,必须有不同环境、不同条件下相关的行人交通特征基础资料,否则有关仿真模型只能是抽象化的模型,不能够为有关方案提供测试服务,交通仿真工作也将无法展示其对方案测试的说服力。虽然国外有较系统的行人交通特性相关方面研究,但我国行人交通流特征与行为与国外有较大差异,不能照搬国外已有的研究成果,有必要进行中国行人交通流参数及行为规则的研究。

(2) 行人数据采集及处理技术。

行人交通特性数据是进行行人交通规划、组织与仿真的基础。由于行人的数据采集方法不能采用如传感器、线圈、雷达测速仪等工具,因此要获得行人步行速度、行人轨迹等信息,就需要专门的技术。目前,对行人的视频采集可以达到低密度条件下的半自动化,但对密集行人的数据采集精度仍有较大提高空间。

(3) 拥挤场所行人交通需求分布研究。

研究密集人群场所大型活动及日常条件下的行人交通需求、集散特性、时空分布也是构建交通仿真模型及进行拥挤场所行人交通组织规划的基础。而交通需求与活动特点、拥挤人群场所的设施布局及与外部的交通联系密切相关。

(4) 高需求下拥挤场所步行人流规划设计方法。

为保障密集人群场所的安全性、舒适性及机动性,须尽量避免不同方向交通流的冲突,并保证行人有足够的空间,这些都需要合理的步行人流规划设计方法。而在大型活

动及日常高峰条件下,不同的场所行人设施应采取什么标准,改善行人系统可以采取什么有效措施,如何对备选规划方案及行人交通组织方案进行优选决策,都是交通规划学界面临的重要课题,也是本书力求完成的主要任务。

(5) 行人仿真模型建立及标定。

场馆、交通枢纽内的行人交通是一个非常复杂的活动,为了探求其内在规律特征,应针对不同环境、不同时段、不同空间范围等要求,构建不同层次的交通模型,并通过模型参数标定,展示交通行为特征。

行人仿真模型应对行人特点进行有效的抽象,能够在一定的精度条件下,真实模拟行人环境,并对行人交通行为进行有效的模拟计算,为分析、决策提供精确、科学的参考指标。由于行人行为反应类型不同,对知识与信号的理解、加工不同,仿真个体应具有一定限制的智能。

在实际环境中,行人个体由于对前方情况不了解,会形成个体差异,做出不同的判断,产生不同的交通行为。通过仿真模型,能够测试相应的几何设计、组织管理方案条件是否会对行人造成安全威胁及其所能提供的服务水平。由此对比方案效果,有效地决策。

因此,如何根据不同测试目的,搭建不同环境及层次的行人交通仿真模型,以及如何通过参数标定,反映不同环境及条件下的行人交通特性及行为,以提高交通仿真模型的实用性和有效性,也是密集行人交通研究须解决的问题。

(6) 行人系统评价体系构建。

由于场馆或公共交通设施的规模、类型、功能布局以及组织方式等的不同,其行人系统运行状态及服务差异显著。如何评价行人系统的有序性、安全性、高效性,对改善关键行人设施、充分发挥设施功能意义重大。因此,如何建立行人系统评价体系并进行行人系统评价也是密集行人交通研究的一个关键问题。

1.3 国内外相关研究概述

1.3.1 行人交通特性及交通流理论方面

行人的交通特性可从两方面阐述:单个行人和群体行人。单个行人的主要特性指标是步行速度、步行幅度和占有空间等。对于群体行人则是行人交通量、行人密度和行人流平均速度等,即行人流的交通特性指标。国外对行人交通特性研究进行得较早,取得了较多的科研成果。

行人交通流理论的研究始于20世纪50年代末,Hankin和Wright在1958年首先提出了简单的理论,并作了一些初步阐述;Heol、Carstens和Ring等人对行人交通流进行了



进一步研究,但大多采用经验性的处理方法;H. derson 在 20 世纪 70 年代初首先采用流体动力学模型分析行人交通,20 世纪 90 年代 Helbing 在分子动力论模型的基础上提出“社会力”模型。近年来,Hoogendoorn 和 Daamen 等人在行人交通实测的基础上建立了微观的 NOMAD 模型和宏观的 Simped 模型,同时他们还特别指出:研究行人交通流首先须得到不同环境下行人交通流的基本数据,即需要开展行人交通的实测和调查。美国《道路通行能力手册》(HCM2000)提出了行人在行进服务水平下的标准和在排队等待服务水平下的标准,研究了行人在相对非自由条件下的聚集状态及形成队列的交通行为。

我国对行人特性的研究多限于道路上的行人交通。W. H. K. Lam 等人对香港不同的行人设施进行了行人速度研究,认为在交叉口人行横道行人的平均速度为 1.27m/s ;东南大学的徐吉谦等人在对南京新街口等地点的行人进行数据采集之后,研究了年龄、性别、道路交通条件、环境条件等因素对行人速度的影响。北京工业大学的任福田等人在《交通工程学》中对人行道的通行能力、行人行进和排队的服务水平进行了分类描述。而国内的其他同类型书籍则对行人交通问题论述较少,只简单对行人交通流模型进行阐述。

国外针对大型活动举办期间的行人交通特性也进行了比较全面、系统的研究,目前取得了很多研究成果。相对而言,目前国内对大型活动行人交通特性研究较少,很多有关行人的交通设施在设计、规划时未能细致地考虑密集行人的交通特性。

1.3.2 行人交通仿真方面

行人交通仿真系统作为交通仿真系统的子系统,相比于其他领域仿真系统的研究起步较晚。国外对行人仿真的研究始于 20 世纪 80 年代,一些学者建立了各种各样的行人流模型,主要包括 Agent 模型、流体动力学模型、元胞自动机(Cellular Automata,简称 CA)模型、社会动力学模型和粒子(空气)动力学模型。通过计算机仿真手段,各国已开展了大型活动场地(奥运会场馆、各类型足球赛场)及公共场所(公交车站、地铁车站及枢纽,大型飞机、船舶,大型建筑)等地点的行人仿真研究工作,分析行人的行为和交通流特性,进行各类型方案的测试。

在仿真模型的研究方面,Gipps 和 Marksjo 开发了一种类似于 CA 的模型,该模型主要利用反重力规则模拟行人的运动规律。Helbing 和 Molnar 改进了模拟行人动力特性的社会影响力模型,该模型具备双向行人流的某些特征。Helbing 创建了行人惊恐状态下的模型。Hoogendoorn 和 Bovy 建立了行人气体动力学模型。

Hoogendoorn 对行人仿真进行了持续、深入的研究。他利用最优控制模型模拟了行人在广场、建筑物等地的行为,通过建立路径选择行为以及相互避让模型,实现了多流向交错的行人行走的模拟。在其研究中还发现了行人交通的自组织现象,如在双向行人流中出现同向行人自动跟随的“队列自动形成(Lane Forming)”现象。

在商用软件开发及应用方面,基于不同的行为模型,专门用于模拟行人运动的行人

仿真软件于 20 世纪末在国外得到了广泛的开发与应用。国外已开发和应用的行人仿真软件有 BuildingEXODUS (Fire Safety Engineering Group)、EGRESS (AEA Technology plc)、Legion (Legion International Ltd.)、MYRIAD (Crowd Dynamics)、PAXPORT (Halcrow Group Ltd.)、SIMULEX (Integrated Environmental Solutions Ltd.)、STEPS (Mott MacDonald)、TermSIM (Airport Research Center GmbH)、Visual Simulation 等。这些软件分别用于正常条件下的建筑物、机场行人仿真或火灾等条件下的紧急疏散等方面,并在二维或三维显示上各有特色,在行人交通组织与规划、行人设施设计等领域得到了广泛的使用。

作为其中的优秀代表,Legion 软件目前被业内认为是最有效的行人仿真与分析工具,广泛用于铁路、地铁车站、场馆、机场、重大活动场所等人流聚集区域的步行人流模拟。该软件在 2000 年悉尼奥运会、2004 年雅典奥运会、2006 年德国世界杯、2008 年北京奥运会、伦敦 2012 年申奥以及纽约地铁规划等项目中得到了专家的认可。

2000 年 8 月,沃里克大学的 Still 较为详细地考虑了拥挤人群移动和安全问题,对比分析现有的行人研究成果的优势和不足,并用行人仿真工具 Legion 进行了分析。

2004 年,N. Ronald 在第 27 届澳大利亚阿德莱德市交通研究论坛上发表了一篇《在规划大型活动时行人仿真起到的辅助作用》的学术论文。文章提出了大型活动人群安全管理的重要性,并运用行人仿真手段辅助管理者进行方案决策,其采用的仿真工具是 Halcrow 开发的 PAXPORT 软件,最后运用该行人仿真软件针对澳大利亚全国比赛——墨尔本 2006 进行了案例分析。

由于行人交通特性研究和计算机仿真技术的制约,我国在行人仿真领域的研究起步较晚,主要集中于一些主流的仿真模型,但国内尚没有成熟的商用行人仿真软件。

广东工业大学的林思能建立了人行横道上行人步行穿越车流的过街交通模型,模拟不同交通条件下行人和车辆的运行,获得了行人过街在不同条件下的效率参数。模型采用的效率参数有行人平均延误时间、最大等候人数、延误人时、平均候车人数、最大阻滞人数。模型揭示了行人到达量、车流量、行人密度、行人过街速度与行人过街效率之间的关系。

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网格,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,用场模拟的方法得到了建筑物人员疏散时间和疏散轨迹。

西南交通大学的徐高在总结现有的地铁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。其采用的仿真系统建立在元胞自动机技术的基础上,以概率的方法对疏散群体中的个人进行建模。而影响疏散过程的各种因素,如能见度、拥挤程度以及人的不同心理状态等,都以参数的形式在仿真系统中加以反映。通过对地铁车站人员疏散过程的仿真模拟,可以获得疏散的时间和动态过程,从而评价并优化车站的布局及疏散预案。



中国科技大学的赵道亮在其博士论文中基于元胞自动机及人员疏散元胞自动机随机模型,对火灾中的人员疏散进行了模拟,着重考虑视野变化对人员疏散的影响。模拟研究了紧急疏散中常见的特殊心理和行为,包括从众心理和行为、小群体现象以及亲情行为,从理论上研究了建筑出口结构对人员疏散行为的影响。

在行人仿真方面,北京工业大学有着较长期的研究基础,拥有 Legion、STEPS 等多个国际主流行人仿真软件。在国内率先利用仿真软件对奥运会示范场馆及北京五棵松、东四十条等地铁站进行了行人仿真及方案测试,并建立了奥运羽毛球馆行人交通仿真三维虚拟场景,直观再现了行人交通环境。

行人交通仿真,主要是通过行为分析而得到的。以往的行人交通行为研究,主要采用以下几种方法。

(1) 统计回归。

该方法利用计数或时间差的摄影来记录单位时间内通过某一点的行人量和全部行人的轨迹图,以呈现真实的运动,并以线性关系表达不同因子的相关性,利用服务水平(LOS)进一步衡量拥挤程度。但其缺点在于,既无法解释现有现象的形成过程和原因,也无法预测新地点、新结构的行人动态情形。

(2) 几何和数学工具。

该方法利用几何和数学工具来描述分析行人移动问题。但利用该方法时,交通网络的几何结构成为影响行人移动的主要原因,移动模式也被网络结构所决定,而忽略了吸引点分布的影响。

(3) 重力模型。

该模型能获取行人因起讫点不同而造成的不同行人密度变化,然而该模型需要有充分的信息,并且只能仿真群体宏观模式,而无法仿真个体运动,因此只适合大规模的观察和应用。

(4) 流体动力学。

Henderson 利用流体或气体力学来描述行人群体的行为,将行人个体比拟为气体或流体粒子,通过控制粒子速度和数量以及几何空间的容量和形状,利用物理方程式来表现系统内的移动,以仿真行人流和几何空间的关系。其缺点在于,气体粒子与行人个体间在“认知”程度上有所差别,例如行人会采取减速措施以避免碰撞,但气体粒子会直接碰撞,而且流体动力方程式多为偏微分方程式,通常难以得到精确解,不易应用。

(5) Agent 模型。

该模型属于从上往下(Top-down)的研究方式,无法预测到集合体(Aggregation)的变化性。使用 Agent 模型来仿真行人的最大特点在于,思考集合体的问题时,其思考方式是由下往上建构(Bottom-up),与行人移动现象相符。Agent 模型将每个人看做行为者(Agent),对外围环境会有认知和反应,透过这些行为者的相互作用,以及对环境的反应,能

表现出互动关系如何引起区域环境模式的突现(Emergent)。

1.3.3 大型活动密集行人规划管理方面

美国 TRB 委员会(Transportation Research Board)对大型活动给予了长期的关注。其公路运营分委会和旅行者服务分委会从 1984 年开始,组织专门会议讨论由交通事故、大型活动所引发的交通运营和交通管理问题。

但以往研究主要关注机动车的管理和控制,以减少高峰时刻的交通拥堵,对于行人研究较少。例如 Y. Zhang 进行了大型活动交通影响研究,提出并发展了基于时间原型的模型及测试大型活动交通影响的方法。该方法主要针对机动车辆的疏散,分析有关交通指标,以作为大型活动交通管理、控制决策的参考。

《特殊活动交通管理报告》在美国城市交通系统现状及相关交通管理规定的基础上,结合各城市在大型活动期间所应用的各类交通技术,提出了大型活动期间交通管理规划的主要技术路线,并专门针对行人活动空间制订了行进路线、行人交通流交叉区域组织规划。报告指出必须考虑设施的通行能力限制,在活动散场期间可以采用增加步行距离的方法,削减行人散场时对交通设施的短时高流量的压力;指出应同时满足活动安全管理组织和参加活动人员两方面的需求,必要时通过各种临时设施和管理措施达到目的。

美国联邦应急管理局(FEMA)为了降低各种人员密集的公共活动中的自然或者人为风险,预防在各类公共事件中出现由于缺乏充足的规划组织所造成的人员伤害情况,编写了《大型活动意外事故规划》(Special Events Contingency Planning)(以下简称《规划》),帮助规划人员和管理人员能够安全、成功地主办这类活动。

《规划》对各种可能引发的事件类型进行了全面地分析,共分为六个章节,包括:事前规划、各类风险分析、事故情况下的指挥与控制、高危活动的特殊规划、恐怖和犯罪活动以及事后有关工作。在第二章的风险分析中,对主办大型活动的各种风险进行了归纳和规划指导,并针对多个方面可能出现的风险进行了描述。在直接与行人有关的内容中,针对活动场所的出入口、检票处的管理,栅栏的使用,缓解人群压力方法,区域限制,视频监控以及如何应对发生惊慌或狂热事件等,提出了针对性的准备和应对原则。

《规划》主要以纲领性文件的形式比较全面地描述了有关内容,并结合图表、问卷为有关人员提供参考指南。澳大利亚、加拿大等国家,也针对人员密集的活动制订了较为细致的工作指南,指导进行密集人群的现场管理。

美国 ITE 编制的《出行生成手册》(Trip Generation Menu)中针对大型活动举办场所的交通生成率进行了专门的研究。该手册对城市中常见活动举办场所进行了详细的分类,并在大量调研数据的基础上进行了回归分析。其结果显示活动举办期间的交通生成率与诸如场馆规模、可提供座位数、服务设施、服务人员数量等因素有着很强的相关性,不同性质、规模的活动可采用相应的参数。该手册可以作为大型活动交通生成预测时的



重要参考。

L. B. Dixon 指出应采用易观测的指标对行人设施系统进行评价,采用打分法对行人设施服务水平进行等级评价。

Landis 等人根据行人感觉安全和舒适的程度,通过多元回归分析,建立了人行道环境的服务等级量化评价模型。

J. H. Jenq 系统地对交通环境的组成要素解构,基于内容的有效性、数据采集的可行性、测量方法的可靠性和投入产出效益等方面,分析各种对行人安全造成安全隐患的因素,建立了评价指标体系并进行了行人安全性的评价。

A. E. Berlonghi 指出,应区分和分别评价不同类型的大型活动的行人特性,同时指出实测的数据要比理论算法得到的数据更为有效。要通过可行和灵活的组织方法,保障大型活动行人的安全。要预见到大型活动人群的本质特征,分析大型活动期间,不同时间、地点的行人行为,在此基础上评估治安管理、方案设计和活动执行计划等内容。

国内各种大型活动保卫方案将更多的精力放在机动车辆的组织上。在九运会、十运会、五城会以及农运会的相关交通方案中,车辆的组织、城市道路的管理控制方案是重点,并没有专门的、量化的、细致的行人交通组织和管理方案。涉及人员的内容重点在于治安角度的防范措施,并且主要是以各种经验为依据。人员活动场所、通道等地的行人交通特性及组织研究相对薄弱。

随着近几年国内大城市所举办的大型活动规模的扩大、次数的增加,尤其是 2008 年北京奥运会、2010 年上海世博会的申办成功,促进了国内科研单位对相关问题的研究。本书作者针对奥运活动特点,提出了多层次的交通组织方法,并在传统的交通需求预测四阶段法的基础上,提出了大型活动期间交通需求的分层次预测方法。该方法以出行者的出行需求特性为基础,在对奥运会期间的出行者分类后进行相关交通需求预测。同济大学主要针对大型活动游客特征及空间聚集效应进行了相关研究。池利兵等根据项目前期研究和后期实施效果,研究了大型体育场馆的交通特征和交通分布规律,提出了以快速集散交通的时间为目标,制订“安全、有序、快速”的组织策略和交通组织原则,并取得了较好的实施效果。

寇丽平描述了不同场地的群体性挤踏事件的特点,分析了这类事件的原因,包括场地人员密度大、公共场所设施设计不合理、活动的管理准备不足以及公众的安全素质等,并且定性地提出有关安全事故预防的措施。牛晓霞等分析了人群聚集场所事故产生的原因,提出了人群聚集场所风险评价的方法。鉴于复杂性和不确定性因素,采用定性分析方法,提出了有关风险评价的步骤和内容。

杨霞指出,虽然大型活动日益增多,由于参与人数众多、场地条件复杂、活动形式内容庞杂等原因,活动期间安全事故的压力也逐步增大,但是通过审批的核准、活动前的隐患排查、管理方案和预案的科学制订,大型活动中的许多事故完全可以避免。有效的管

理方案、严格的执行过程,将降低大型活动的安全风险。谢振华等也针对大型活动密集人群进行了风险分析和管理方法研究,指出人群密度、人群状态、人群构成三个相关因素对大型活动的影响,提出了人群管理的主要程序和办法。

范明认为大型活动具有场所公开、人员众多、规模宏大、财物集中、媒体关注、影响深远等特点,我国大型活动管理中,不同部门具有原则上的分歧,应通过规范化管理,弥补理论研究、法制建设相对滞后的现状。为了避免和降低恐怖袭击事件、群体性治安事件、挤压伤亡事故以及相关治安案件的发生,提出谁主办谁负责、统一指挥配合协调、全面布控确保重点、严格管理安全第一、内紧外松刚柔相济、点面结合以面保点等原则。

中国灾害防御协会组织编写的《市民公共安全应急指南》提出应对公共场所密集踩踏的方法建议。

为加强大型活动期间的管理工作,北京市政府于2005年9月9日通过了《北京市大型社会活动安全管理条例》。法规的出台促进了各项大型活动相关工作的开展。但是,从行人交通管理角度来看,工作方法还处于粗线条的层面。大型活动人员规模往往由主办方根据空间占用方法确定总体供需关系。根据活动场地的有效面积与设计人员密度(例如:2人/ m^2)得到相应区域内的活动人数上限。这种方法较为粗略,对于大型活动在细部时空上的不均衡分析相对薄弱。

香港计划署于2001~2003年间,进行了行人环境规划研究,探讨在设计新的行人设施及改善现有行人环境时应采用的目标、原则和概念。通过公众咨询,引发各界人士就香港行人设施及环境规划展开讨论,对行人在日常遇到的主要问题进行反思。

香港警方针对大型活动期间可能出现的各类行人交通、群体性安全事件,分析了人群心理,指出相关的管理理念、控制战术和风险评估方法。提出在各类型关键地点,应采取相应的管理、控制措施,以提高参加大型活动行人的安全,并降低由于人群密集引发的各类风险。

台湾消防部门指出,大型活动人员聚集的情况下,偶遇不完备的设施和疏于人群安全管理组合,很容易导致安全事故。针对大型活动存在的人员安全问题,提出了大型活动防灾安全管理与标准作业程序及具有针对性的预防措施,包括制订大型活动防灾计划及应变措施、制订活动场地及设施安全性的强化方案、加强交通与人流管制规划、强化人群安全控制管理专业训练、确保警察单位的治安维护与监督、加强对弱势群体的照顾以及加强救护措施(包括紧急状态医疗和救护车服务)等。



2 密集行人交通流特性

行人交通流特性是进行行人交通组织、交通设施与管理方案设计 & 现场控制的重要基础与依据。本章在回顾国内外相关研究的基础上,选取综合交通枢纽的行人交通流作为研究对象,对不同设施环境下的密集行人交通流特性进行研究。

2.1 国内外行人交通流研究回顾

自 1971 年 Fruin 的经典著作 *Pedestrian Planning and Design* 问世以来,国内外学者对行人交通特性展开了较深入的研究。研究成果集中于行人自由流速度、宏观交通流参数关系及设施通行能力、服务水平等方面。

2.1.1 行人速度研究

速度是反映行人交通特性的主要参数,行人交通规划、交通设施设计以及运营组织,都是以速度为基本因素开展的。很多研究人员也以速度作为行人研究的基本出发点,以此开展各项行人交通特性研究。