

沈阳航空工业学院

硕士学位论文

室外大型社会活动拥挤踩踏事故机理研究

姓名：白锐

申请学位级别：硕士

专业：安全技术及工程

指导教师：田宏

20090228

摘 要

近年来,随着社会的不断向前发展,各种相应的室外大型社会活动也日益发展起来。这些活动在带来社会效益和经济效益的同时,也引发了一系列的公共安全问题。拥挤踩踏事故因其突发性,后果严重性,已成为此类问题研究的热点之一。

首先,本文阐述了室外大型社会活动定义和特点,分析了国内外在这一领域的研究现状。从 2000 年~2007 年全球人群聚集场所发生的拥挤踩踏事故统计分析入手,总结出室外大型社会活动拥挤踩踏事故的特点及事故高发区,同时结合事故因果连锁论分析了此类事故的成因,并结合北京密云踩踏事故加以说明。其次,以安全容纳量计算和连续人群流动模型为基础,从总体和局部进行人群控制的角度探讨了事故发生的机理。在模型的运用过程中,考虑到理论计算与实际之间的存在一定的误差,故从人—物—环境—管理等因素出发,通过对室外大型社会活动现场进行模糊综合评判引入影响系数,对理论计算值进行修正,使其与实际情况更加接近。以 2008 年春节沈阳皇寺庙会为研究实例加以分析研究,并提出了以“教育—技术—管理”为基础的预防与控制拥挤踩踏事故的对策措施。

关键词: 拥挤踩踏事故; 安全容纳量; 连续人群流动模型; 人群密度; 影响系数

Abstract

In recent years, with the rapid development of society, a variety of outdoor large-scale social activities also is getting increased more and more daily. While bringing in the social and economic efficiency, they also have caused a series of public security problems. Stampede accident has already become one of the hot spots because of its sudden and serious consequence.

First of all, in this paper, it is elaborated and analyzed that the definitions and the characteristics of the outdoor large-scale social activities and the domestic and foreign current situation in this field. It is summarized that the characteristics of stampede accident and the high-incidence areas in outdoor large-scale social activities based on statistics analysis concerned with global gathering place of the crowded stampede accident happening from 2000 to 2007. At the same time, it is analyzed that the causes of stampede accidents according to accident causation sequence theory, with Beijing Miyun stampede accident to illustrate. Secondly, it is discussed that the mechanism of the accidents based on not only safe capacity and continuum crowd flow model, but also from overall and local perspective for crowd control. In the process of the use of models, taking into account the theoretical and practical theory between the existence of a certain degree of errors, therefore influence coefficient is brought based on the fuzzy comprehensive evaluation that considers four factors such as human - matter - environment - management, which can be made closer to the actual situation. The example of the Spring Festival Huangsi Temple Fair of Shenyang in 2008 is analyzed and studied. Finally, in view of the outdoor large-scale social activity the measures on the prevention and control of stampede accident are put forward based on “education - engineering - enforcement”.

Keywords: stampede accident; safety capacity; continuum crowd flow model; crowd density; influence coefficient

第 1 章 绪论

1.1 论文背景及目的

公共安全是最根本的安全，其覆盖面广、内涵丰富、影响性大。中国每年因公共安全问题造成的 GDP 损失高达 6%，每年安全问题夺去 20 万人的生命。中国工程院院士范维唐指出，目前中国正处于经济和社会的转型期，公共安全面临的严峻形势越来越凸现出来，引起了决策层和全社会的广泛关注。有关专家已形成了一个共识：在谋求经济与社会发展的全部过程中，人的生命始终是最宝贵的，应当像对待人口问题、资源问题、环境问题一样，把重视公共安全问题作为一个不可动摇的基本国策来认真对待^[1]。

近年来，随着我国经济的快速发展，人们生活、消费水平不断提高。为了适应这种快速的变化，各种相应的大型社会活动也日益发展起来。例如，2006 年中国沈阳世界园艺博览会展出的 184 天里，共接待中外游客 1260 万多人次，创下了世界园艺博览会展期内接待游客总量的新纪录。其中“五一”和“十一”两个黄金周，接待游客高达 310 万人次。5 月 2 日当天接待游客 34 万人次，创造了世界园艺博览会历史上单日游客总量的最高纪录。据不完全统计，国内外媒体对世园会的专题采访超过 300 次^[2]。面对繁荣，我们不应盲目乐观，应该注意到大型活动带来经济效益和社会效益的同时，还有许多活动因种种原因造成伤亡事故。目前我国广大群众已经摆脱贫困，正逐步迈进小康社会，生理需要基本得到满足，因而安全需要逐渐转为强势需要。所以，在我国构建社会主义和谐社会的大背景下，大型社会活动的公共安全问题就成为衡量一个活动是否成功的一个重要指标，也是政府和民众所关心的问题。

因此，室外大型社会活动拥挤踩踏事故作为公共安全问题的一个组成部分，越来越引起社会的广泛关注。

一方面是因为随着社会的发展，举办的活动日益增多，样式不断翻新，规模不断扩大，国际化程度不断提高。根据我国公安部的统计，2005 年全国共举办十运会、中国—东盟博览会、上海 F1 赛车中国大奖赛、奥运倒计时等一系列国际性和全国性的大型活动以及各种规模的体育比赛、文艺演出和游园、灯会、庆祝庆典、展览展销、商贸洽谈等大型活动达 3.6 万余场，参与群众达 10 亿人次。根据中国节庆与城市发展峰会的主办

方统计：我国的节庆活动达到 5600 多个，几乎每个城市都有一个节庆活动^[4]。

另一方面是因为活动中拥挤踩踏事故频繁发生，呈逐年增加的趋势，事故往往造成群死群伤，单起事故伤亡数字也不断被改写，引起公众和媒体的密切关注。据不完全统计 2000 年~2007 年间，全球人群聚集场所共发生拥挤踩踏事故 72 起，造成 2798 余人死亡，5834 余人受伤。最为严重的事故发生在 2005 年 8 月 31 日伊拉克首府巴格达，事故共造成 965 人死亡，465 人受伤。

为此，各级政府高度重视大型社会活动安全工作，近些年来采取一系列重大措施，不断加强大型社会活动安全管理工作。2005 年颁布的《北京市大型社会活动安全管理条例》是国内首例以大型社会活动安全管理为专项内容的地方性法规。与此前相关的政府管理规章相比，对大型活动的管理由单纯的治安管理扩大为安全管理。同时，还明确了安全责任的主体及责任的划分，规定大型活动由主办者对安全工作全面负责。同时，主办者应与承办者签订安全协议，明确各自具体职责，共同落实安全工作。2007 年颁布的《大型群众性活动安全管理条例》，该条例对大型群众性活动的安全许可的条件、程序和时限要通过条例做出明确具体的规定。此后，珠海、南宁等城市纷纷通过立法形式出台相关法规。

为寻求提高室外大型社会活动安全水平的途径，首先就必须对以往的拥挤踩踏事故进行统计和分析，找出此类事故发生的原因及高发区，并通过对活动场地人群的控制和良好的管理，达到有效预防的目的。

由于事故的发生是一个随机事件，且具有不可避免性，如何有效地预防室外大型社会活动拥挤踩踏事故的发生，降低事故率，是本文研究的目的，这不仅有利于提高室外大型社会活动的安全性，而且也具有长远的社会意义和经济意义。

1.2 论文的工作

本文的工作主要分为以下四部分：

(1) 搜集相关拥挤踩踏事故的资料

查阅国内外文献及互联网相关报道，搜集 2000 年~2007 年人群聚集场所发生的拥挤踩踏事故。为事故分析及辨识室外大型社会活动中易造成拥挤踩踏事故的高发区奠定基础。

（2）分析事故原因，总结事故特点，辨识事故高发区

从空间、时间上对搜集的人群聚集场所拥挤踩踏事故进行分析，总结出拥挤踩踏事故的高发区进而为辨识室外大型社会活动中易造成拥挤踩踏事故的高发区提供现实依据，描述拥挤踩踏事故发生过程及事故特点，并用事故因果连锁理论说明此类事故的成因。

（3）控制整体与局部人群，对一庙会活动现场进行分析

人群密度过大是导致拥挤踩踏事故发生的直接原因之一，本文以活动场所安全容纳量和连续人群流动模型为基础，从人群密度角度探讨了室外大型社会活动拥挤踩踏事故发生的机理。由于室外大型社会活动受场地条件、环境等因素影响较大，不同条件下安全容纳量和最大人群密度存在很大不同，故采用模糊综合评判法确定影响系数进行修正，以此作为判断拥挤踩踏事故的标准。并结合沈阳皇寺庙会活动现场加以说明。

（4）提出预防与减少室外大型社会活动拥挤踩踏事故的对策

预防和减少室外大型社会活动拥挤踩踏事故的发生单从某一方面出发是远远不够的，应该多管齐下综合管理。本文从技术、教育、管理等角度出发，提出预防与减少此类事故的对策。

1.3 论文的结构

绪论部分介绍了研究的社会背景和意义以及论文的研究范围。第二章概述室外大型社会活动的内涵及国内、外拥挤踩踏事故研究情况。第三章重点对近年来发生的拥挤踩踏事故进行统计、分析，辨识室外大型社会活动中易发生此类事故的高发区。同时还阐述了此类事故发展的过程，并借鉴事故因果链锁论模型阐明事故成因。第四章介绍活动场所人员安全容纳量计算方法和连续人群流动模型，同时叙述了我国室外大型社会活动理论最大人群密度和模糊综合评判确定影响因素的过程。第五章以 2008 中国沈阳（新春）皇寺庙会为实例，说明通过安全容纳量和最大人群密度进行人群控制的方法。第六章以“3E”对策为基础，提出预防和减少此类事故的措施。在结论部分对本文所提出的模型和研究结果进行了总结，并针对了某些还需要进一步深入研究的问题进行了探讨。

第 2 章 室外大型社会活动的内涵及其拥挤踩踏事故研究现状

2.1 室外大型社会活动的内涵

2.2.1 室外大型社会活动的定义

何谓室外大型社会活动？目前我国法律、法规及相关文献中并无准确表述，国内外专家学者也没有给出明确定义。根据相关的定义来看，主要有以下三种表述：

（1）大型群众性活动，是指法人或者其他组织面向社会公众举办的每场次预计参加人数达到 1000 人以上的下列活动：

- （一）体育比赛活动；
- （二）演唱会、音乐会等文艺演出活动；
- （三）展览、展销等活动；
- （四）游园、灯会、庙会、花会、焰火晚会等活动；
- （五）人才招聘会、现场开奖的彩票销售等活动^[5]。

（2）大型社会活动，是指主办者租用、借用或者以其他形式临时占用场所、场地，面向社会公众举办的文艺演出、体育比赛、展览展销、招聘会、庙会、灯会、游园会等群体性活动^[6]。

（3）大型社会性公众活动是一项有目的、有计划、有步骤的组织众多人参与的社会协调活动^[4]。

上述的三种表述中，分别从公共安全管理和社会学的角度给出了大型社会活动的概念。综合以上的内容，结合本文的研究任务，本文对室外大型社会活动作如下定义：室外大型社会活动是指法人、各级政府部门、企事业单位或者其它社会组织临时租用、借用或者以其他形式占用露天场所、场地，面向社会公众有目的、有组织、有计划的举办单场次预计参加人数达到 1000 人以上的文艺演出、体育比赛、展览展销、招聘会、庙会、灯会、游园、花会、焰火晚会等活动。

2.2.2 室外大型社会活动的特点

总结上述的定义，可以归纳出室外大型社会活动具有如下特点：

- （1）社会性

第 2 章 室外大型社会活动的内涵及其拥挤踩踏事故研究现状

2.1 室外大型社会活动的内涵

2.2.1 室外大型社会活动的定义

何谓室外大型社会活动？目前我国法律、法规及相关文献中并无准确表述，国内外专家学者也没有给出明确定义。根据相关的定义来看，主要有以下三种表述：

（1）大型群众性活动，是指法人或者其他组织面向社会公众举办的每场次预计参加人数达到 1000 人以上的下列活动：

- （一）体育比赛活动；
- （二）演唱会、音乐会等文艺演出活动；
- （三）展览、展销等活动；
- （四）游园、灯会、庙会、花会、焰火晚会等活动；
- （五）人才招聘会、现场开奖的彩票销售等活动^[5]。

（2）大型社会活动，是指主办者租用、借用或者以其他形式临时占用场所、场地，面向社会公众举办的文艺演出、体育比赛、展览展销、招聘会、庙会、灯会、游园会等群体性活动^[6]。

（3）大型社会性公众活动是一项有目的、有计划、有步骤的组织众多人参与的社会协调活动^[4]。

上述的三种表述中，分别从公共安全管理和社会学的角度给出了大型社会活动的概念。综合以上的内容，结合本文的研究任务，本文对室外大型社会活动作如下定义：室外大型社会活动是指法人、各级政府部门、企事业单位或者其它社会组织临时租用、借用或者以其他形式占用露天场所、场地，面向社会公众有目的、有组织、有计划的举办单场次预计参加人数达到 1000 人以上的文艺演出、体育比赛、展览展销、招聘会、庙会、灯会、游园、花会、焰火晚会等活动。

2.2.2 室外大型社会活动的特点

总结上述的定义，可以归纳出室外大型社会活动具有如下特点：

- （1）社会性

室外大型社会活动吸引了社会各界的共同参与，体现了很强的社会包容性，例如：巴西狂欢节、美国玫瑰花车大游行等，即是公众的狂欢节，又是企业的展示会；即是通过各种新闻传媒向海内外宣传一个国家或是一个城市的良好契机，又是对政府公共管理能力的一次考验。上至政府各个部门、下至普通的市民群众，都与室外大型社会活动有着千丝万缕的联系。因此室外大型社会活动具备了很强的社会性^[4]。

（2）组织性

室外大型社会活动组织性体现在两个方面：一是无论何种形式的活动都必须由人去组织，组织者既可以是政府机关、企事业单位，也可以是法人、社会团体等，这与人们盲目的、自发的聚集在一起的活动形成鲜明对比；二是活动地点、内容、形式、参与人员、应急管理等在活动前有关部门和人员都要进行详细的部署，以此确保活动顺利进行。

（3）场所不确定性

根据不同的活动内容，室外大型社会活动的场所也有所不同。有的是临时搭建的活动场地，有的可能是临时租用的场地，也有的就在广场、公园甚至公共道路上举行。如果举办单位忽视安全，且公安机关监督检查不力，则容易发生活动现场设施塌毁、坠落等事故，造成人员恐慌，导致挤压、伤亡事故；在活动过程中也有可能由于各种矛盾的激化，导致群体闹事事件的发生等^[7]。

（4）人群密集性

室外大型社会活动人群密集已经成为一种现象，例如，2005 年日本爱知世博会总人数达到 2200 万，单日参观人数最多达到 28 万；2006 年沈阳世界园艺博览会，“五一”七天共接待游客 176 万人次，平均每天 25.1 万人次，单日最高达 34 万人次。

（5）内容形式多样性

室外大型社会活动从内容形式看是非常广泛的，几乎涵盖了社会生活的各个领域。例如，2004 年宜家家居（IKEA）在沙特首都利雅得和吉达开设了两家新的旗舰店，为配合新店开张，宜家公司在当地进行了大量广告宣传和商品促销活动招揽顾客。2006 年沈阳世界园艺博览会，共接纳游客 1260.68 万人次，同时创造了 4 亿元旅游收入^[1]；2008 年北京奥运会，共接待来自 204 个国家和地区的 1 万余名运动员。

2.2 拥挤踩踏事故研究现状

由于拥挤踩踏事故频频发生,使得国内外的研究者逐渐关注到此类问题研究上,寻求解决方法。大多数的研究都是以计算机火灾疏散模拟为基础,研究拥挤踩踏事故发生人员疏散问题,而专门针对拥挤踩踏事故的模型仍处于起步阶段。下面将分国外、国内的研究现状进行阐述。

2.2.1 国外研究状况

计算机火灾疏散模拟国外起步较早,同时取得了很多的成果。1971年 J. Fruin 通过统计方法得到了人群的平均行进速度与人群密度的关系曲线。1982年 Stahl 在分析建筑火灾条件下的人员疏散状况时,建立了世界上第一个人员疏散模型 BFIRE^[8]。到目前为止,国外学者已开发出 28 种疏散模型及相应的计算机软件,比较流行的软件有 BuildingExodus、Simulex、Exit98、Fircalc、Exit 等。这些模型可以分为网络模型和网格模型两大类。大多数的模型都属于网络模型,如排队论模型、WAYOUT 模型、EVACSIM 模型等。网格模型成功的案例有 Helbing 的社会力模型、Toshiyuki 的行人流疏散系统以及 Kebl 的微观仿真模型^[8-12]。

1995 年, Lighthill 和 Whitham 提出运动波理论,用于解释车流中观察到的各种流动特征。拥挤事故中人群运动也存在类似于车流运动的行为规则。2002 年,澳大利亚的 Hughes 将该理论应用于人群聚集现象,根据人群运动规律和从众心理,建立了连续人群流动模型^[13]。

John J. Fruin, Ph.D., P.E. 介绍了拥挤踩踏事故 FIST (Force-Information-Space-Time) 模型即“力—信息—空间—时间”模型。该模型是第一个关于拥挤踩踏事故的模型^[14]。

同时,有些研究者还把关注的目光分向了人们在疏散过程中所表现出来的外在行为(如群聚性、趋光性等)、外在行下的心理分析决策机理和过程以及特定群体(如认知缺陷人群)的疏散行为特点等领域的研究^[15]。

2.2.2 国内研究状况

国内针对此类研究起初较晚,主要是借鉴国外的研究成果。1995 年起,以东北大学陈宝智教授为代表的研究者,开始进行人员疏散群集行为规律模拟研究,建立了群集流动的运动方程。同时建立了计算机仿真模型,预测疏散时群集流动的状态。随后中国建

2.2 拥挤踩踏事故研究现状

由于拥挤踩踏事故频频发生,使得国内外的研究者逐渐关注到此类问题研究上,寻求解决方法。大多数的研究都是以计算机火灾疏散模拟为基础,研究拥挤踩踏事故发生人员疏散问题,而专门针对拥挤踩踏事故的模型仍处于起步阶段。下面将分国外、国内的研究现状进行阐述。

2.2.1 国外研究状况

计算机火灾疏散模拟国外起步较早,同时取得了很多的成果。1971年 J. Fruin 通过统计方法得到了人群的平均行进速度与人群密度的关系曲线。1982年 Stahl 在分析建筑火灾条件下的人员疏散状况时,建立了世界上第一个人员疏散模型 BFIRE^[8]。到目前为止,国外学者已开发出 28 种疏散模型及相应的计算机软件,比较流行的软件有 BuildingExodus、Simulex、Exit98、Fircalc、Exitt 等。这些模型可以分为网络模型和网格模型两大类。大多数的模型都属于网络模型,如排队论模型、WAYOUT 模型、EVACSIM 模型等。网格模型成功的案例有 Helbing 的社会力模型、Toshiyuki 的行人流疏散系统以及 Kebl 的微观仿真模型^[8-12]。

1995年, Lighthill 和 Whitham 提出运动波理论,用于解释车流中观察到的各种流动特征。拥挤事故中人群运动也存在类似于车流运动的行为规则。2002年,澳大利亚的 Hughes 将该理论应用于人群聚集现象,根据人群运动规律和从众心理,建立了连续人群流动模型^[13]。

John J. Fruin, Ph.D., P.E.介绍了拥挤踩踏事故 FIST (Force-Information-Space-Time) 模型即“力—信息—空间—时间”模型。该模型是第一个关于拥挤踩踏事故的模型^[14]。

同时,有些研究者还把关注的目光分向了人们在疏散过程中所表现出来的外在行为(如群聚性、趋光性等)、外在行下的心理分析决策机理和过程以及特定群体(如认知缺陷人群)的疏散行为特点等领域的研究^[15]。

2.2.2 国内研究状况

国内针对此类研究起初较晚,主要是借鉴国外的研究成果。1995年起,以东北大学陈宝智教授为代表的研究者,开始进行人员疏散群集行为规律模拟研究,建立了群集流动的运动方程。同时建立了计算机仿真模型,预测疏散时群集流动的状态。随后中国建

筑科学研究院建筑防火研究所和公安部天津消防所分别建立了一个地下商业街人员疏散模型,该模型均属于粗网络群体描述的最优化模型。2000 年香港城市大学与武汉大学合作,建立了一个基于局部细网格和个体描述的过程模拟模型——SGEM。2003 年以中国科学技术大学宋卫国等为代表的课题组,承担了国家重点基础研究规划(973)项目,采用 Helbing 的分子模型研究出口条件对疏散时间的影响^[8,11,16]。2006 年上海交通大学卢春霞副教授根据波动理论,特别是激波理论,来研究拥挤人群的基本特性,如密度、速度与激波的关系等。揭示激波产生的规律,总结了消除激波的一些措施,以避免拥挤事故的发生^[17]。

值得一提的事,自 2004 年北京密云事件后,国内许多学者开始关注城市公共场所、人群密集场所以及大型活动的拥挤踩踏事故,并在大型活动的风险评价、拥挤踩踏事故分析、人员疏散、事故预防、应急救援等方面做了大量的研究工作^[4,18-22]。

第 3 章 拥挤踩踏事故统计分析

3.1 拥挤踩踏事故统计

进入 21 世纪以来,随着经济的发展、全球化进程的推进、城市人口急剧膨胀、社会交往日益频繁和室外大型社会活动的经常化,人群拥挤踩踏事故呈现逐年增加的趋势。尤其是大型的公众集会,多次发生群死群伤事故。

3.1.1 人群聚集场所拥挤踩踏事故统计分析的作用

人群聚集场所拥挤踩踏事故统计分析就是通过对拥挤踩踏事故的统计报表进行分析,即对事故总体进行的调查研究活动。目的是查明拥挤踩踏事故的总体现状,发现事故动向和各种影响因素对事故总体的作用和相互关系,以便从宏观上定量地认识事故现象的本质和内在规律。人群聚集场所拥挤踩踏事故的统计分析对研究室外大型社会活动拥挤踩踏事故有着重要的作用:

(1) 通过对以往人群聚集场所拥挤踩踏事故的研究,能发现拥挤踩踏事故发生的潜在条件,找出其发生发展的过程,防止在室外大型社会活动中发生类似事故;

(2) 根据拥挤踩踏事故发生地点的特点,辨识室外大型社会活动中此类事故的高发区,并进行重点研究和控制;

(3) 可以证实室外大型社会活动场地选择和布置、临时建构物设计和使用、现场人员安全容量设置等方面的合理性;

(4) 可以分析出对室外大型社会活动拥挤踩踏事故影响较大的环境因素;

(5) 可以借鉴以往组织者管理的成功经验和吸取管理系统中存在的缺陷,加以改进后,就可以既控制事故,又改进管理水平;

(6) 根据统计分析得出的事故共同原因制定广泛的安全对策措施^[3,23,24]。

总之,对人群聚集场所拥挤踩踏事故进行统计分析,可以让我们更好地认识事故发生的规律及原因,对室外大型社会活动拥挤踩踏事故的高发区及影响事故发生的诸要素之间的关系有更深入的了解,对活动组织者做好事故预防与救援工作都有很好的指导意义。

3.1.2 人群聚集场所拥挤踩踏事故统计

第3章 拥挤踩踏事故统计分析

3.1 拥挤踩踏事故统计

进入 21 世纪以来,随着经济的发展、全球化进程的推进、城市人口急剧膨胀、社会交往日益频繁和室外大型社会活动的经常化,人群拥挤踩踏事故呈现逐年增加的趋势。尤其是大型的公众集会,多次发生群死群伤事故。

3.1.1 人群聚集场所拥挤踩踏事故统计分析的作用

人群聚集场所拥挤踩踏事故统计分析就是通过对拥挤踩踏事故的统计报表进行分析,即对事故总体进行的调查研究活动。目的是查明拥挤踩踏事故的总体现状,发现事故动向和各种影响因素对事故总体的作用和相互关系,以便从宏观上定量地认识事故现象的本质和内在规律。人群聚集场所拥挤踩踏事故的统计分析对研究室外大型社会活动拥挤踩踏事故有着重要的作用:

(1) 通过对以往人群聚集场所拥挤踩踏事故的研究,能发现拥挤踩踏事故发生的潜在条件,找出其发生发展的过程,防止在室外大型社会活动中发生类似事故;

(2) 根据拥挤踩踏事故发生地点的特点,辨识室外大型社会活动中此类事故的高发区,并进行重点研究和控制;

(3) 可以证实室外大型社会活动场地选择和布置、临时建构物设计和使用、现场人员安全容量设置等方面的合理性;

(4) 可以分析出对室外大型社会活动拥挤踩踏事故影响较大的环境因素;

(5) 可以借鉴以往组织者管理的成功经验和吸取管理系统中存在的缺陷,加以改进后,就可以既控制事故,又改进管理水平;

(6) 根据统计分析得出的事故共同原因制定广泛的安全对策措施^[3,23,24]。

总之,对人群聚集场所拥挤踩踏事故进行统计分析,可以让我们更好地认识事故发生的规律及原因,对室外大型社会活动拥挤踩踏事故的高发区及影响事故发生的诸要素之间的关系有更深入的了解,对活动组织者做好事故预防与救援工作都有很好的指导意义。

3.1.2 人群聚集场所拥挤踩踏事故统计

表 3.1 是全球 2000 年~2007 年人群聚集场所曾发生的拥挤踩踏事故。统计数据来源于互联网及相关文献介绍,统计内容包括事故发生的时间、地点、伤亡情况及原因等四个方面。由于拥挤踩踏事故众多,部分未曾报道以及条件的限制,数据并未涵盖统计时间内全部拥挤踩踏事故。

表 3.1 2000 年~2007 年人群聚集场所拥挤踩踏事故统计表

序号	时间	地点	死亡人数	受伤人数	原因
1	2000.4	利比里亚蒙罗维亚	至少 3 人	多人	数千名球迷挤进本已暴满的体育场
2	2000.5	南非德班	13	150	瓦斯造成恐慌人群挤向唯一出口
3	2000.6	丹麦	9	30	雨后近 5 万名观众互相推搡
4	2000.7	津巴布韦哈拉雷	12	14	球赛引发球迷骚乱
5	2000.12	巴西	—	200	体育场人数超过最大容量
6	2001.3	麦加	35	多人	桥上桥下挤满了朝觐的人群
7	2001.3	印尼雅加达	4	2	演唱会现场人员众多
8	2001.3	巴基斯坦巴格伯登	32	60	数千人拥进刚打开的入口门
9	2001.4	南非约翰内斯堡	47	160	出售门票大于体育场容量
10	2001.4	刚果卢本巴希	8	—	球迷骚乱
11	2001.4	陕西华阴	16	6	数万群众在叉洞中发生拥挤堵塞
12	2001.5	加纳阿克拉	130	数百人	球迷骚乱,警察用催泪瓦斯控制
13	2001.7	日本明石	至少 10 人	100 伤	出口太少且游客突然涌入行人桥
14	2001.12	巴西阿拉卡如	4	—	数千人涌入礼品发放现场
15	2001.12	保加利亚索菲亚	7	—	1500 余人聚集在门口,开门后涌入
16	2002.1	日本横滨	—	至少 10 人	开门后大量人群立即涌入商场
17	2002.9	内蒙古丰镇	21	47	昏暗楼道内人群拥挤护栏突然坍塌
18	2002.12	孟加拉国	34	大量	百姓在活动中争抢而引发秩序混
19	2003.1	陕西宝鸡县	3	19	一人不慎踩空,撞到前面人
20	2003.2	美国芝加哥	至少 21 人	数人	人群骚乱后涌到出口处
21	2003.3	美国罗得岛州	100 余人	约 200	火灾引发骚乱,人群匆忙逃离
22	2003.5	贝宁科托努准	15	12	观众冲入体育场入口处
23	2003.8	印度纳西克	39	170	大量群众涌入狭窄的道路
24	2003.9	湖北顺河	—	13	二楼与一楼转弯处光线昏暗且拥挤
25	2003.12	河北邯郸	5	11	因停电在楼梯间发生学生拥挤
26	2004.2	沙特麦加	251	244	约 200 万人在桥上举行宗教仪式
27	2004.2	北京密云	37	15	一游人在桥上跌倒引发连锁反应
28	2004.3	湖北恩施	—	18	课间操期间 40 名学生发生拥挤
29	2004.3	山西临猗	2	15	急着上楼下楼的学生在拥挤中倒下
30	2004.4	印度勒克瑙	21	数 10 人	谣言引起人群骚乱
31	2004.9	沙特吉达	3	17	8 千余人争相进入商店
32	2004.10	多哥克古体育场	4	多人	突然停电导致球迷四处逃散
33	2004.10	几内亚	3	—	3 名球迷在购买门票时被踩踏致死

34	2004.11	多哥洛美	至少 13 人	数 10 人	庆祝活动现场人员拥挤
35	2004.12	阿根廷	169	375	火灾引起人群挤向被锁死的出口
36	2005.1	麦加姆尼耶圣地	—	约 500 人	暴雨中人辨认不清方向引发混乱
37	2005.1	印度马哈拉斯特拉	—	300 余人	火灾引发人群恐慌, 道路狭窄有水
38	2005.2	英国宜家超市	—	多人	突发事件引起人员恐慌
39	2005.2	伊朗德黑兰	59	250 余人	火灾引发人群恐慌, 疏散通道狭窄
40	2005.2	布基纳法索	2	15	人们冲进体育馆争抢座位
41	2005.3	伊朗德黑兰	6	40	内部出口门被锁死
42	2005.4	孟加拉国奥拉甘迪	6	50 余人	10 万人群突然发生拥挤
43	2005.7	印度孟买	16	近 20 人	谣言引发居民四处逃散
44	2005.8	美国里士满	—	17	5000 余人同时涌入商场
45	2005.8	巴格达	965	465	谣言引发 100 万名信徒四处逃散
46	2005.9	埃及开罗	30	45 人	火灾导致人群四处逃散
47	2005.9	沙特吉达	1	20	谣言引发飞机上人员恐慌
48	2005.10	四川营山	—	9	雨后楼梯间打滑, 放学时学生摔倒
49	2005.10	新疆阿克苏农	1	13	扶手倒塌引发拥挤学生恐慌
50	2005.10	湖南娄底		10	急着上楼下楼的学生发生拥堵
51	2005.10	四川巴中	8	27	谣言引发学生恐慌发生相互拥挤
52	2005.10	沙特麦加	7	40	人们争抢施舍品
53	2005.11	湖北	—	78	受地震影响疏散不利
54	2005.12	印度金奈	43	50	灾民试图涌入已锁的校门
55	2005.12	斯洛文尼亚	2	—	500 余人一起涌入俱乐部
56	2006.1	沙特麦加	363	289	头石桥入口处人员拥挤
57	2006.2	菲律宾	93	250 余人	为争夺领票有利位置
58	2006.3	韩国	—	35	大量人聚集在公园入口发生混乱
59	2006.4	巴基斯坦卡拉奇	26	70	一人摔倒引发多米诺效应
60	2006.6	威尔士	—	—	一人向天空抛钱, 引发人们混乱
61	2006.9	也门	51	238	进出体育场的人群相遇
62	2006.11	无锡		20	歌迷情绪失控引发现场混乱
63	2006.11	江西都昌	6	39	学生在狭窄的楼梯拐弯处发生拥挤
64	2006.12	巴基斯坦	27	70	火灾导致人群四处逃散
65	2006.12	印尼北加浪岸	10	20 余人	进出体育场的人群在 2 个出口相遇
66	2007.1	菲律宾马尼拉	—	624	火灾导致庆祝新年人群四处逃散
67	2007.5	阿根廷	—	21	纵火引发车站人员恐慌
68	2007.7	成都	—	4	大量市民突然涌入商店抢购
69	2007.8	云南曲靖	—	17	恐慌引发学生相互推搡逃散
70	2007.10	上海	—	15	居民抢购低价豆油
71	2007.11	重庆家乐福	3	31	入口处有人滑倒引发多米诺效应
72	2007.12	埃及开罗	3	100 余人	火灾导致人群四处逃散

表 3.1 列出了 2000 年~2007 年人群聚集场所拥挤踩踏事故的数据。从表中可以看出,

在这 8 年间,全球共发生拥挤踩踏事故 72 起,事故原因众多,其中 2005 年 8 月发生在巴格达的踩踏事故造成后果最为严重。

3.1.3 空间分析

(1) 通过对上述拥挤踩踏事故的统计可以发现,拥挤踩踏事故的发生具有空间的不确定性,其主要表现在两个方面:

一方面表现为不同国家拥挤踩踏事故发生次数不确定。从图 3.1 可以看出,世界各国均曾发生过拥挤踩踏事故,但发生拥挤踩踏事故次数存在着明显的不同。我国发生次数最多为 19 次,其后依次是沙特和印度。这主要与进入新世纪后,我国经济迅速发展,在国际上的影响力不断加大,大型活动举办频繁,但安全管理工作却相对落后有着密切关系。

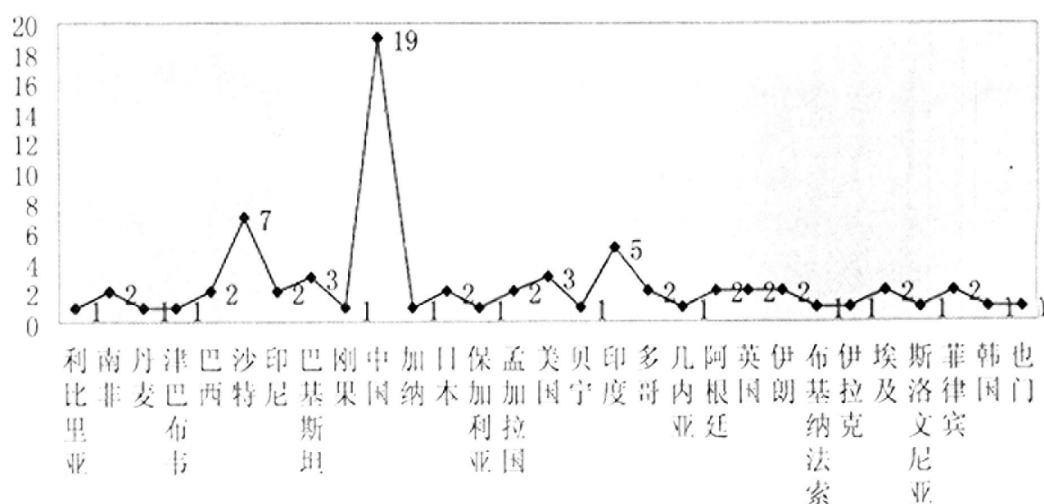


图 3.1 各国拥挤踩踏事故发生次数

另一方面表现为不同场所拥挤踩踏事故发生次数不确定。根据表 2.1 所统计的数据并结合国内学者的研究,大体上可划分为六大类场所:

①学校

学校人员集中,逃生自救能力较弱,拥挤踩踏事故多发。

②体育场

体育场内人群负荷过大,骤聚骤散,易引发拥挤踩踏事故。

③商场

商场促销、店庆、打折期间人群密集，秩序较为混乱，隐患突出。

④宗教场所

宗教活动中，教徒人数通常数以万计，拥挤踩踏事故造成后果最为惨重。

⑤公共娱乐场所

公共娱乐场所人员复杂，普遍存在出口数量少、通道不畅、光线不足等问题。

⑥其他

其他场所包括公园、大型展览会等^[25-27]。

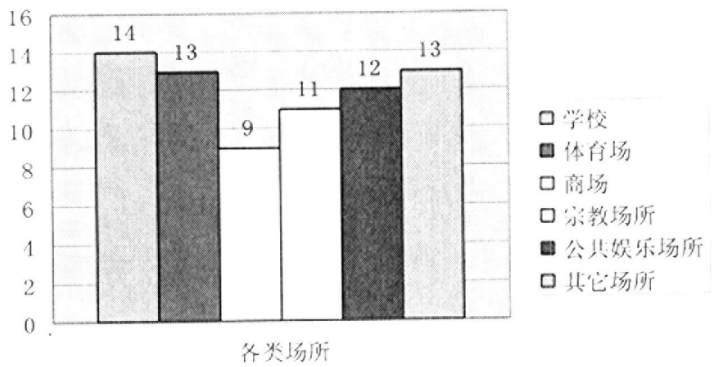


图 3.2 各类场所拥挤踩踏事故发生次数

由图 3.2 可以看出，学校发生拥挤踩踏事故次数最多，为 15 起，其后依次是体育场和其他场所、宗教场所和公共娱乐场所、商场。虽各地点发生事故的次数有所差异，但相差并不明显。

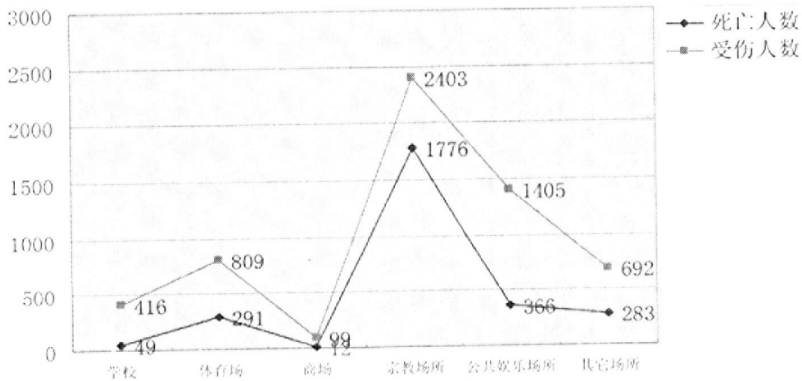


图 3.3 各类场所拥挤踩踏事故伤亡人数

图 3.3 表明, 各场所伤亡人数分布不均, 相差较大, 最大伤亡人数与最小伤亡人数之间分别相差 148 倍和 23 倍。其中宗教场所因拥挤踩踏事故造成的人员伤亡人数最多, 这主要与宗教场所的人群聚集量有密切关系。

综合图 3.2 和图 3.3 不难发现, 虽然学校拥挤踩踏事故发生次数较多, 但其造成的后果却较轻。相反, 宗教场所和公共娱乐场所虽发生事故次数较少, 但其往往都造成群死群伤的严重后果, 其造成的危害性要远远大于其它场所。因此, 在宗教活动和公共娱乐活动中应该特别重视对拥挤踩踏事故的预防。

(2) 室外大型社会活动拥挤踩踏事故高发区

① 瓶颈地带

瓶颈地带是拥挤踩踏事故的高发区之一, 人群从宽敞的空间拥向较狭窄的出入口或楼梯口时, 除了正常的人流之外, 许多人会从两侧挤入, 妨碍正常的人群流动。由于群集密度增加而在出入口处形成拱形的人群, 所有人挤在一起无法通过。这种情况与锥形瓶实验中发生的情况相类似: 将带线的小球放在锥形瓶内, 如果依次拉出, 由于小球的直径小于瓶口的直径, 每个小球都可以顺利被拉出; 但如果同时向外拉, 所有的小球都会挤在瓶口无法出来 (见图 3.4)。但群集现象中的成拱与锥形瓶实验的最大不同在于这种成拱是一种不稳平衡, 构成拱形的各个方面的力量相互推挤, 很快就会打破这种暂时的平衡, 发生“拱崩溃”, 此时大部分人由于突然失去平衡而被挤倒, 并被急于出去或者不明真相的后来者踩踏致死。如果没有良好的疏散引导, 出入口处会反复出现成拱和拱崩溃^[27]。

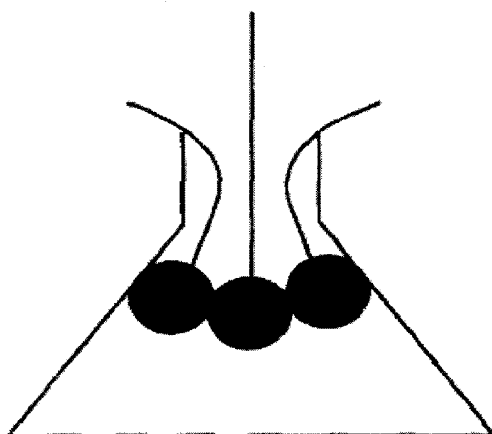


图 3.4 锥形瓶实验图

②台阶或陡坡

依靠台阶或陡坡向下疏散的形式,在稍有骚乱的情况下,一般现场人员都想离开现场,争先恐后向下拥挤,极易酿成现场人员踩空台阶或载陡坡上倒地,紧跟其后的观众由于后面拥挤人流压力大,致使他不能自主地向前下方迈步,并踩踏已倒下的遇难者。这种致命的“多米诺”骨牌式的前跌后踩,恶性伤亡在所难免^[28]。

③湿滑的路面

雨、雪天后路面的积雨、积雪或者因意外事件导致积油等,未及时清除,使路面的摩擦系数减小,增大了人员滑倒的可能性。在人群密度过大时,滑倒的人员很难再站立起来,后面的人在不知前面的状况下,继续前进,导致踩踏事故的发生。

④交叉点

在高密度或紧急情况下人群总是选择走最短路径达到自己认为最安全的目标,当人群行进的路线发生交叉时,来自不同方向的人群相互冲突、相互阻塞,严重时相对行进的两股人流狭路相逢,互不相让,形成对抗,很容易由于拥挤和践踏而造成大量伤亡。

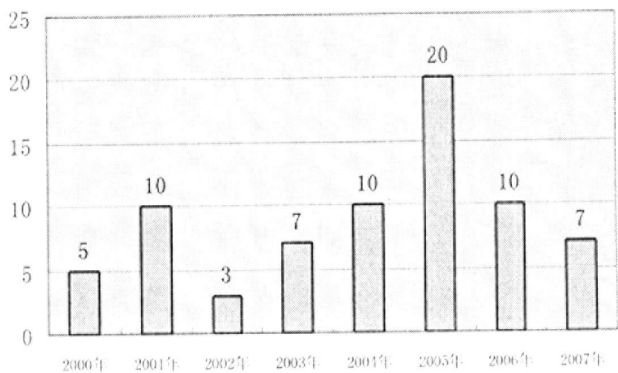
⑤舞台或临时建构筑物周围

在室外的娱乐演出时,观众为了能和自己喜欢的明星更亲密的接触,往往不断向前聚集,造成舞台周围人群密度过大。在人群聚集过程中,内部压力很大,容易给观众的机体造成伤害,甚至是窒息死亡。同时,在这种高密度的条件下,一旦出现意外事件,例如舞台坍塌、着火、谣言等引发观众四处逃散,也容易发生拥挤踩踏事故。

此外,临时建构筑物往往也是活动中易出现人群过度聚集的场所,其也可能发生与舞台周围类似的情况。

3.1.4 时间分析

拥挤踩踏事故在时间上也表现出不确定性。如图 3.5 所示,8 年间共发生拥挤踩踏事故 72 起,且每年均有事故发生,事故次数上呈现出随机分布。这给事故的预防和控制带来很大的障碍。



3.5 各年拥挤踩踏事故发生次数

从图 3.6 可以看出，各年因拥挤踩踏事故造成死亡 2798 余人，受伤 5834 余人，伤亡人数呈随机分布。与图 3.5 相对照可以看出，发生次数与伤亡人数基本上成正比关系。

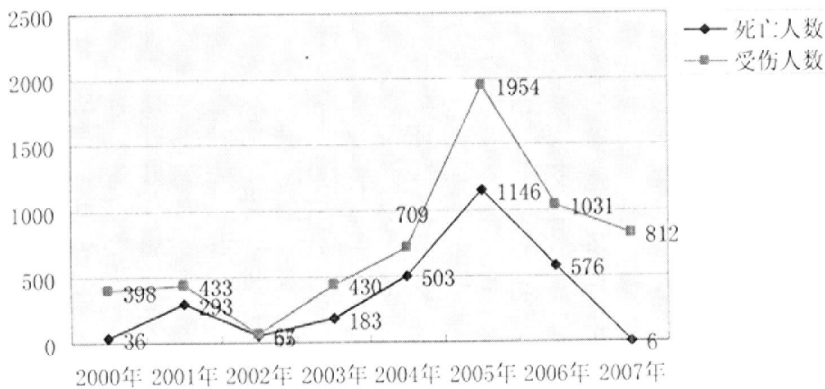


图 3.6 各年拥挤踩踏事故伤亡人数

3.1.5 拥挤踩踏事故过程分析

从以上大量的拥挤踩踏事故中可以得出，拥挤踩踏事故在时间上一般可划分为五个阶段：

(1) 人群聚集

人是活动的参与者，也是受害的主体。人们因特定的原因出现聚集现象，此时人群处于稳定状态。

(2) 诱因事件作用

诱因事件指作用于人群，促使人群不稳定的各类事件集合。诱因事件可以是单一事件，也可以是多种事件的综合。诱因事件最终导致人群不稳定。良好的管理、高水平的安全素质可降低诱因事件的作用，缓解及消除人群的不稳定。

(3) 事故发生

人群管理、疏导失败，人群不稳定状态加剧。在环境因素、人的因素等影响下，个别人员跌倒、被挤到等，密集人群未做出或来不及采取措施，从而引发事故。

(4) 事故扩大

踩踏引起的人群骚动在人群中迅速传播，尤其当人群高度密集，恐慌人群在丧失理智、思考能力的情况下，将引发整个人群混乱，恐惧、无序的人流将很难控制，正常秩序被彻底打破，场面崩溃。这种情形在无疏散空间时更甚。

(5) 救援失败

应急不及时，救治方法不正确，是加剧拥挤踩踏事故人员伤亡的重要原因^[25]。

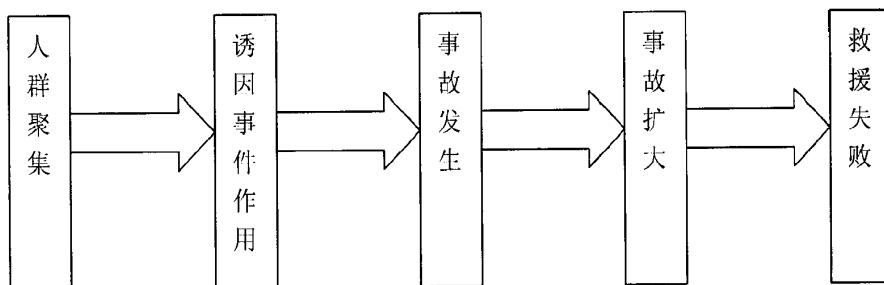


图 3.7 拥挤踩踏事故过程示意图

3.2 室外大型社会活动拥挤踩踏事故特点

通过对以上事故的统计、研究、分析，室外大型社会活动拥挤踩踏事故除具有一般拥挤踩踏事故共性一面，也有其自身特殊性。

3.2.1 拥挤踩踏事故的共性

(1) 发生时空不确定

拥挤踩踏事故发生的时间和地点都是不确定的，何时、何地都有可能发生事故。即

（2）诱因事件作用

诱因事件指作用于人群，促使人群不稳定的各类事件集合。诱因事件可以是单一事件，也可以是多种事件的综合。诱因事件最终导致人群不稳定。良好的管理、高水平的安全素质可降低诱因事件的作用，缓解及消除人群的不稳定。

（3）事故发生

人群管理、疏导失败，人群不稳定状态加剧。在环境因素、人的因素等影响下，个别人员跌倒、被挤到等，密集人群未做出或来不及采取措施，从而引发事故。

（4）事故扩大

踩踏引起的人群骚动在人群中迅速传播，尤其当人群高度密集，恐慌人群在丧失理智、思考能力的情况下，将引发整个人群混乱，恐惧、无序的人流将很难控制，正常秩序被彻底打破，场面崩溃。这种情形在无疏散空间时更甚。

（5）救援失败

应急不及时，救治方法不正确，是加剧拥挤踩踏事故人员伤亡的重要原因^[25]。

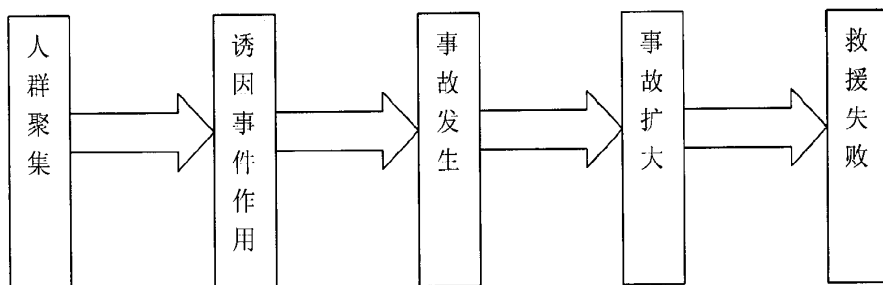


图 3.7 拥挤踩踏事故过程示意图

3.2 室外大型社会活动拥挤踩踏事故特点

通过对以上事故的统计、研究、分析，室外大型社会活动拥挤踩踏事故除具有一般拥挤踩踏事故共性一面，也有其自身特殊性。

3.2.1 拥挤踩踏事故的共性

（1）发生时空不确定

拥挤踩踏事故发生的时间和地点都是不确定的，何时、何地都有可能发生事故。即

拥挤踩踏事故在各种公共场所,各个时段都有可能发生,如建筑物的出入口、走廊、楼梯或广场等。聚集人群的密度越大,此类事故发生的可能性就越大。

(2) 诱发原因众多

由紧急事件引发的疏散过程中发生此类事故,或大量的人员拥挤在出入口处产生事故,或突然人群骚动等,甚至没有明显的原因就产生了严重的拥挤事故。

(3) 发生突然,难以控制

一旦发生事故在极短的时间内(几秒钟至数分钟)就会波及大量的人员,造成伤亡,且场面难以控制。

(4) 群死群伤,危害巨大

拥挤踩踏事故通常以人群高度聚集为条件,特别以节假日、赛事或宗教仪式为多。公共场所事故由公众造成,又危害公众。由于诱因较多、发生突然、宣传与教育欠缺,公众在事故中往往无所适从,而产生从众心理和盲目恐慌,致使事故难以控制,造成大量的人员伤亡。

(5) 社会影响性大

室外大型社会活动,尤其是一些具有象征意义的活动,可以吸引众多的目光,为人关注。成功的举办某项活动可能给某个组织甚至是承办地区、城市带来很高的声誉和影响。相反,一旦发生重大事故,造成严重死伤或者是出现一些严重的疏漏,其负面影响同样巨大^[3,26,29]。

3.2.2 室外大型社会活动拥挤踩踏事故特殊性

(1) 与自然条件联系密切

由于活动场地均是在露天条件下举办,降水、沙尘暴等不良的气象条件导致活动不能如期举行,突然的降雨、冰雹、狂风等恶劣自然条件易造成活动场面的混乱,进而引发一系列事故。

(2) 与外部变化存在关联

在室外举行的活动,活动现场处于开放或半开放状态。因此,一方面,活动现场内人员视野比较开阔,一旦外部环境发生突然的变化,势必会对其心理造成不良的影响,从而引发事故。另一方面,外部能量的意外释放,也很容易波及或者蔓延到活动现场。

(3) 临时性建筑物有一定影响

室外大型社会活动的场地，为租用、借用或者以其他形式临时占用。为保证活动的顺利进行就必须建设大量的临时设施。由于时间紧、设计失误、布局不合理等诸多因素，这些临时设施的坍塌往往成为事故诱因。

3.3 室外大型社会活动拥挤踩踏事故成因

3.3.1 事故因果连锁论

海因里希因果连锁论又称海因里希模型或多米诺骨牌理论。在该理论中，海因里希借助于多米诺骨牌形象地描述了事故的因果连锁关系，即事故的发生是一连串事件按一定顺序互为因果依次发生的结果。如一块骨牌倒下，则将发生连锁反应，使后面的骨牌依次倒下^[3]（见图 3.8）。

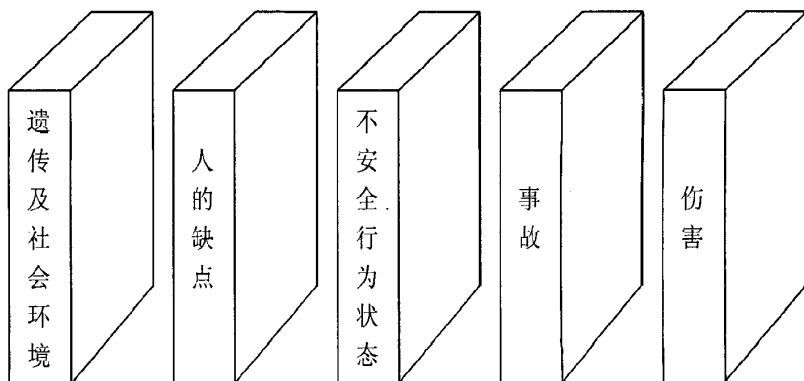


图 3.8 海因里希的事故因果连锁论

海因里希因果连锁论把遗传和社会环境看作事故的根本原因，表现出了它的时代局限性。尽管遗传因素和人员成长的社会环境对人员的行为有一定的影响，却不是影响人员行为的主要因素。博德在海因里希的事故因果连锁论的基础上，提出了反映现代安全观点的事故因果连锁论（见图 3.9）。该理论认为，事故因果连锁中一个最重要的因素是安全管理，为了从根本行预防事故，必须查明事故的基本原因，并针对查明的基本原因采取对策措施，在实际工作中，如果只抓住了作为表面现象的直接原因而不追究其背后隐藏的深层次原因，就永远不能从根本上杜绝事故的发生。

室外大型社会活动的场地，为租用、借用或者以其他形式临时占用。为保证活动的顺利进行就必须建设大量的临时设施。由于时间紧、设计失误、布局不合理等诸多因素，这些临时设施的坍塌往往成为事故诱因。

3.3 室外大型社会活动拥挤踩踏事故成因

3.3.1 事故因果连锁论

海因里希因果连锁论又称海因里希模型或多米诺骨牌理论。在该理论中，海因里希借助于多米诺骨牌形象地描述了事故的因果连锁关系，即事故的发生是一连串事件按一定顺序互为因果依次发生的结果。如一块骨牌倒下，则将发生连锁反应，使后面的骨牌依次倒下^[3]（见图 3.8）。

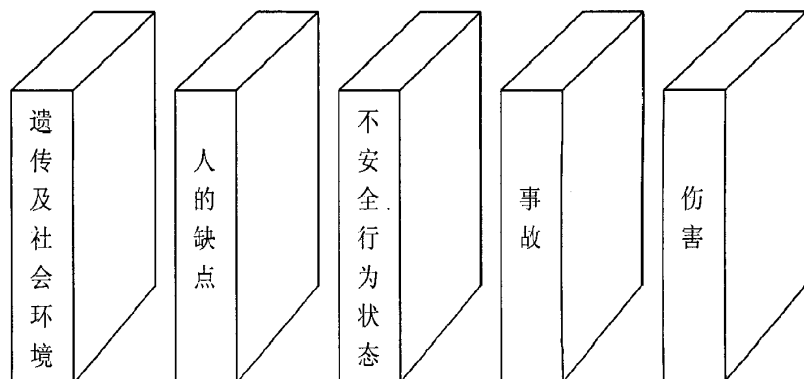


图 3.8 海因里希的事故因果连锁论

海因里希因果连锁论把遗传和社会环境看作事故的根本原因，表现出了它的时代局限性。尽管遗传因素和人员成长的社会环境对人员的行为有一定的影响，却不是影响人员行为的主要因素。博德在海因里希的事故因果连锁论的基础上，提出了反映现代安全观点的事故因果连锁论（见图 3.9）。该理论认为，事故因果连锁中一个最重要的因素是安全管理，为了从根本上预防事故，必须查明事故的基本原因，并针对查明的基本原因采取对策措施，在实际工作中，如果只抓住了作为表面现象的直接原因而不追究其背后隐藏的深层次原因，就永远不能从根本上杜绝事故的发生。

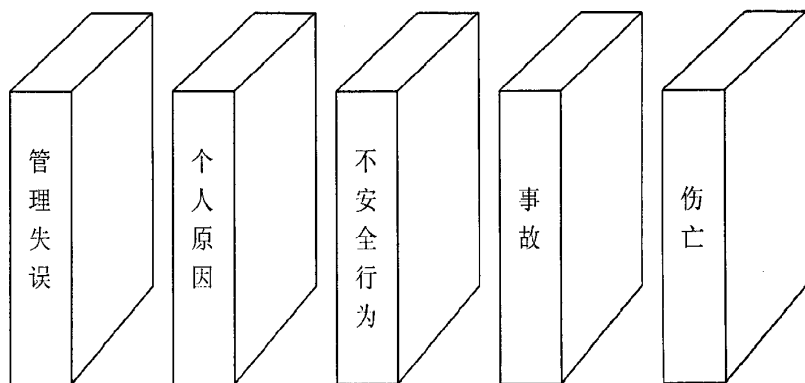


图 3.9 博德的事故因果连锁论

亚当斯提出了与博德相类似的事故因果连锁模型（见图 3.10）。该理论认为，应对现场失误的背后原因进行了深入的研究。现场失误是由于管理者的失误造成的。管理人员在管理工作中的差错或疏忽，领导者的决策错误或者没有做出决策等失误，对企业经营管理及事故预防工作具有决定性的影响^[24]。

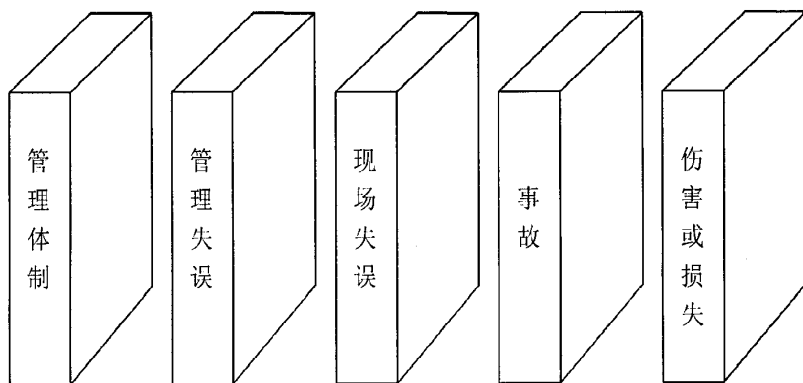


图 3.10 亚当斯的事故因果连锁论

3.3.2 室外社会大型社会活动拥挤踩踏事故的因果连锁论

通过上面的事故案例可以看出：单一原因促使的室外社会大型社会活动拥挤踩踏事故是不存在的，此类事故的成因往往是多种原因相互影响、相互作用的结果。

（1）管理波动和失误

在博德和亚当斯的连锁论中，无一例外的都提到了管理，他们认为安全管理是事故因果连锁论中的一个最重要因素，这也是其与海因里希连锁论的本质区别。对于室外大型社会活动来说，管理工作是一个较为庞大的系统工程，涵盖的内容也相当广泛。管理系统的内容是随着活动的发展而不断变化的，统一的十全十美的管理系统是不存在的。

管理主体素质缺陷、管理体系内在缺陷以及活动现场组织气氛会造成安全管理失误,“人—人”关系或“人—机”关系失衡会造成安全管理波动。安全管理失误和安全管理波动的后果与突变的环境相互作用,进而导致了事故的发生。安全管理失误会引发安全管理波动,在突变的环境下,会导致大型社会活动安全事故^[48]。

(2) 现场失误

亚当斯在其连锁论中指出,人的不安全行为及物的不安全状态称作现场失误^[24]。就室外大型社会活动而言,人的不安全行为表现为人群失控。人是大型室外社会活动的参与者,人群失控是导致拥挤踩踏事故的直接原因。人群失控主要体现在两个方面:一方面是活动场地总体人数失控,另一方面是高发区局部人群密度过大。第4章将对此问题进行详细讨论。物的不安全状态中这个“物”主要表现为活动场地选择与布置、临时建构物设计与使用、活动时使用的设备及设施、环境影响分析等方面。

(3) 诱因事件

诱因事件是导致拥挤踩踏事故发生的一个重要条件。通过事故案例可以将诱因事件归纳为以下几个方面:

① 谣言

谣言是造成拥挤踩踏事故的主要诱因之一。其主要是散播虚假的恐怖消息等引发人们心理恐慌,致使人员四处逃散来避免危险降临在自己身上。而这种不理智的行为恰恰最终导致拥挤踩踏事故的发生。

1947年, Allport & Postman 给出了一个决定谣言的公式:

谣言 = (事件的) 重要性 × (事件的) 模糊性

这个公式指出谣言的产生和事件的重要性与模糊性成正比关系,事件越重要而且越模糊,谣言产生的效应也就越大。当重要性与模糊性一方趋向零时,谣言也就不会产生了^[30]。

② 突发事件

突发事件主要指活动现场或周围突发火灾、爆炸、骚乱等意外事件。其之所以成为诱因是因为在面对突发事件的时候,人们心理表现出恐慌、惊吓,行为上表现为急于离开现场,进而造成场面更加混乱,最终导致悲剧发生。

③ 个体伤害

个体伤害主要表现为人群中的个体由于场地、自身或他人的原因，在行进中摔倒或发生其他意外，导致后面的人来不及做出反应，引发多米诺效应。

④人流突变

人流突变一般易出现在活动开始或结束时的出入口，人们往往表现出急于进入或者退出。此类诱因多发于商场促销、音乐会、体育场等活动现场。

⑤其它

除上述诱因外，一些拥挤踩踏事故的诱因不明，无任何征兆。

(4) 事故

该连锁论中的事故是指在活动中导致活动暂时中止或取消、人员伤亡和财产损失的一系列意外事件。通常情况下，拥挤踩踏事故多表现为群死群伤的伤亡事故。

(5) 伤亡或损失

伤亡单指指因事故造成的人员受伤和死亡的情况。而损失涵盖的内容表较广泛。它既包括人身伤亡后支付的费用，善后处理费用，场地、设备、设施维修费用等直接经济损失；又包括政府公信力下降，主办者声誉下降等造成间接经济损失。

综上所述，室外大型社会活动拥挤踩踏事故因果链锁论模型见图 3.11。

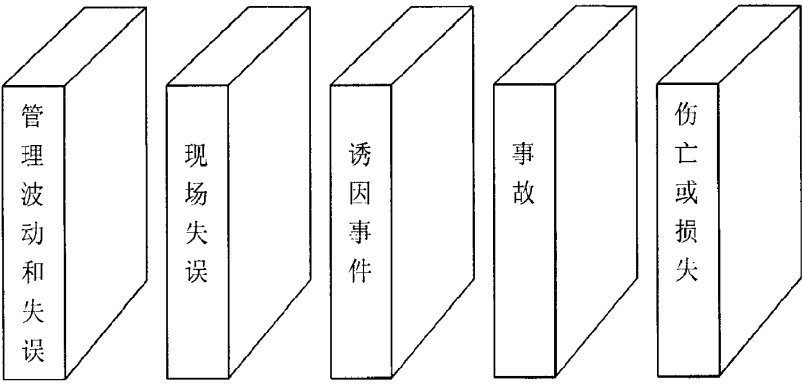


图 3.11 室外大型社会活动拥挤踩踏事故因果链锁论

3.3.3 北京密云拥挤踩踏事故分析

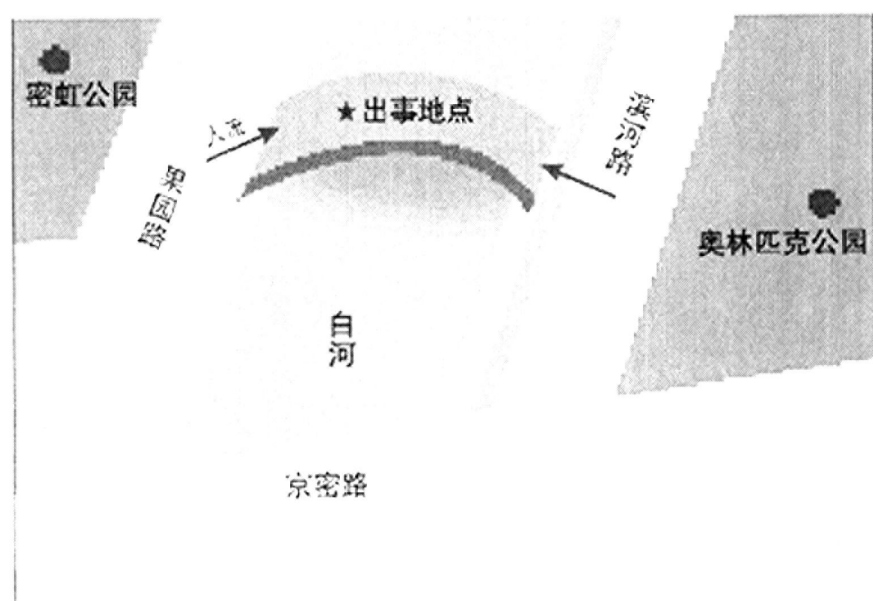
(1) 事故发生过程

2004 年 2 月 5 日，北京市密云县密虹公园举办的密云县第二届迎春灯展。自 1 月 31 日开幕，前 2 天，每天有 2000~3000 名游人自发到现场观灯。2 月 5 日晚 7 点 30 分左右，游人剧增，公园地区游人达到 3 至 4 万人，公园内观灯游人达到 4000~5000 人左

右。据现场群众反映,当时,潮白河西岸的居民区内有人燃放烟花,群众中也有正月十五要放礼花的传言,不少游人误认为是在放礼花,因此河东岸的大量游人拥上云虹桥。晚 7 点 45 分左右,云虹桥西侧下坡处一游人跌倒,其身后游人向前拥挤,造成这起特别重大突发伤亡事件的发生。此外,灯展安全保卫方案没有落实,负责云虹桥安全保卫的值勤人员没有到岗,现场缺乏对人流的疏导控制。事故的过程见表 3.2,事故现场示意图见图 3.12^[31]。

表 3.2 密云踩踏事故过程描述^[31]

时间	过程描述
18: 10~19: 10	公园里已经人满为患,人流还在不断地涌入。由于彩虹桥上是观灯的一个最佳地点,所以很多人登上桥后不愿意下来。桥面逐渐越堵越死。
19: 10~19: 35	桥上已经被人群塞住,人们从桥的东、西两面上桥,挤在桥面中间的人群已经不能运动。维持秩序的警察和管理人员明显不足。拥挤压力继续增大,人呼吸困难。压力使人产生痛苦。事后发现:西桥面中段本竖直的不锈钢钢管桥栏杆向外侧歪斜成 120°,桥栏上 3~4cm 粗的钢管,一些变扭曲,有的折断。
19: 35 左右~19: 53 左右 (7~8min)	一些警察赶到现场,随即疏散人群,桥面上渐渐出现空当,有人突然倒地,沿桥面往下滚,下面的人被压倒,上面的人也被挤下来,踩着倒下的人往下冲,被下面倒地的人绊倒,踩踏事故触发。
20: 00 左右	在警察的指挥下,人流疏散完毕。事故中死伤者大多为妇女和孩子。

图 3.12 事故现场示意图^[31]

(2) 基于事故因果链锁论的原因分析

① 管理波动与失误

灯展安全保卫方案没有落实，负责云虹桥安全保卫的值勤人员没有到岗，现场缺乏对人流的疏导控制。主要原因：一是担任重点部位云虹桥保卫工作的密云县城关派出所没有履行安全保卫职责，有关人员擅自压缩值勤人员、推迟上岗时间，工作失职渎职。二是灯展主办单位、承办单位安全保卫方案不落实，有关部门职责落实不到位。三是灯展活动安全保卫小组没有要求负有安全工作责任的成员单位制订细化的安全保卫方案或防范措施；未设立现场指挥协调机构监督检查各部门工作落实情况。

②现场失误

从人的角度看，平时只有 2000~3000 人/天的游量的公园，突然在正月十五晚上猛增到 4000~5000 人，远远超过起承受容量。从物的角度看，彩虹桥为拱桥，其矢高较大，两面向下设有 46 级台阶，这与冬季冰冷路滑及夜间光线较差共同构成了事故隐患。

③诱因事件

从上述的描述中我们可以看出，导致事故发生的诱因事件有两个：一是人体伤害，即有人在桥面突然摔倒，这是此次事故的直接诱因事件，其导致后面的人在不明情况下继续前进，进而产生“多米诺”效应；二是谣言，即正月十五有礼花表演，这是此次事故的间接诱因事件，其导致大量人群聚集在桥上不肯离去。

④事故

现场场面一度失控，活动被迫取消，进行人员疏散。

⑤伤亡和损失

事故直接造成 37 人死亡，15 人受伤。同时投入大量的人力、物力、财力进行伤员的抢救，保险公司也及时按照保险合同约定进行理赔。

第4章 人群控制方法及影响因素的确定

人群密度过大是造成室外大型社会活动拥挤踩踏事故的直接原因之一，对活动现场的人群密度进行合理的调控在很大程度上就可以预防拥挤踩踏事故的发生。活动现场是一个整体，其又包含了许多组成部分，活动现场这一整体与分活动或者项目是相互依赖的。部分是整体的部分，离开活动现场这个大前提，各分活动或项目将失去原有的性质和功能。因此，在对人群进行控制的时候，就应该既考虑如何调控活动现场的总体人数，使其在可接受范围内，又要顾及许多活动或项目周围人群密度是否过大。这样做不但符合唯物辩证法，更重要的是解决了在整体人数不大情况下，但局部人群密度过大带来的事故隐患。

4.1 活动现场安全容纳量

对于容纳量的定义，不同的学科有着不同的解释，在不同的场合对不同的人而言，它具有不同的意义。从城市这个大环境来看，城市环境容量是指城市所在地域的环境，在一定的时间、空间范围内，在一定的经济水平和安全卫生要求下，在满足城市生产、生活等各种活动正常进行的前提下，通过城市的自然条件、经济条件、社会文化历史条件等共同作用，对城市建设发展规模以及人们在城市中各项活动的强度提出的容许限度^[32]。

本文将室外大型社会活动场所的安全容纳量定义为，在一定时段、一定空间范围内，当发生拥挤踩踏事故时，假定每一位人员都能够在有限的时间内安全有序的撤离该场所，所能容纳的人口总数。在以上的定义中，考虑了发生拥挤踩踏事故发生后，将人员安全有序的撤离活动现场，不仅有利于现场的医疗救援工作，还降低了现场发生二次事故的风险。通常安全容纳量是通过计算活动现场面积与给定的人员密度的乘积来求得，但此种算法存在这一定的局限性：

首先，按照上述思路，具有相同活动面积的活动场所将有相同安全容纳量的限制，但是实际上不同活动场所内部障碍物的多少、布局结构的差异以及疏散出口的宽度等物理指标的不同，都会影响活动现场安全容纳量。

其次, 人员容量计算所依据的规范大都比较落后, 有关研究通过现场人流实测、统计验证等分析方法, 揭示出由现有规范计算而得到的人员容量与实际的人员容量有很大的出入。

最后, 规范在限定公共场所人员密度时, 忽略了人员在性别、年龄、对所处环境的熟悉程度等方面的个体差异, 简单地将人员统一看作会选择最短路径逃生的“理智人员”^[33]。

因此, 文中安全容纳量的计算过程将使用时期和疏散时间作为了一个关键的制约因素, 这就意味着安全容纳量的确定和使用时期、疏散时间有着直接的关系, 换句话说, 可以用使用时期来影响场所的安全容纳量, 用疏散时间来决定场所的安全容纳量。

将拥挤踩踏事故的疏散时间假设为 $T_s(s)$, 即在 T_s 时间内场所内的所有人员疏散到安全区域, 根据场所的各项指标, 有如下数学表达式:

$$N = \left[\frac{T_s}{\frac{0.8}{v}} \right] \cdot \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{K} \quad (n \in Z) \quad (4.1)$$

$$T_s = t_1 + t_2 \quad (4.2)$$

式中, N —场所的安全容纳量 (人);

T_s —突发事件的疏散时间 (s);

v —疏散时平均速度 (m/s);

A_i —第 i 个出口的宽度 (m);

n —出口个数;

K —人体宽度 (m);

t_1 —疏散准备时间, 即从人员获得事故信息到开始疏散所需的时间 (s);

t_2 —人员运动时间, 即从开始疏散到撤离至安全区域所需的时间 (s)。

我们将跨出场所的临界点定为进一步, 按照人的平均步长 0.8m 来计算, 每个人跨出场所所用的时间为 $\frac{0.8}{v}$ 秒。 t_1 受事故场所的设施、特征以及管理等诸多因素影响。 t_2 主要

与人员密度、人员疏散速度、场所环境等因素相关。

从式 (4.1)、(4.2) 可以看, 在 A 、 K 为定值的情况下, N 的大小取决于 T_s 和 v 的大小, 即 N 随着 T_s 和 v 的增大而增大。由于拥挤踩踏事故的突发性以及难以预料, 因此, 疏散时间是一个无法确定的因子, 进而安全容纳量也不能严格的确定, 那么如何使这个因子更为科学化, 将是保障活动参与者安全的可靠依据, 也是实现预防和解决突发事件的最终目标。在室外大型社会活动中人们视野比较开阔, 从人员获得事故信息到开始疏散所需的时间差别比较小, 即 t_1 差别较小, 所以, 将距离事故现场最近的救援设施到达现场所用的时间作为 t_1 。 t_2 受人员密度、疏散速度多方面的影响, 所以, 就应该在这些方面考虑来确定其合理的值。以采集到的疏散时人员离开出口的平均速度为基准, 计算距离自己最近出口的最远游客撤离该出口所用的时间, 将其作为 t_2 。设场所内距离最近出口的最远距离为 H ; 疏散时人员离开出口的平均速度为 v , 那么:

$$t_2 = \frac{H}{v} + \frac{0.8}{v} \quad (4.3)$$

式中, t_2 —距离自己最近出口的最远游客撤离该出口所用的时间 (s);

H —距离最近出口的最远距离 (m);

v —疏散时平均速度 (m/s);

由式 (4.1)、(4.2)、(4.3) 得:

$$N = \left[\frac{t_1 + \frac{H}{v} + \frac{0.8}{v}}{\frac{0.8}{v}} \right] \cdot \sum_{i=1}^n \frac{A_i}{K} \quad (n \in Z) \quad (4.4)$$

式中, N —场所的安全容纳量 (人);

v —疏散时平均速度 (m/s);

A_i —第 i 个出口的宽度 (m);

n —出口个数;

K —人体宽度 (m);

t_1 —距离事故现场最近的救援设施到达现场所用的时间 (s);

H —距离最近出口的最远距离 (m)。

为了更好的预防拥挤踩踏事故的发生,现场的管理人员应该就现场内的安全状况及时做出正确的评价,对不安全现象采取有力的措施。特别是对人流量、人群密度做到很好的控制^[32,34]。

4.2 连续人群流动模型

该模型是一组关于行人密度和速度的非线性偏微分方程,在不同的空间区域得出事故的临界点。在人群密度较高情况下,人群运动符合连续人群流动理论,类似于流体中的连续流动方程,式(4.5)是连续人群流动守恒方程。行人速度是周围人群密度和运动特征的函数(u, v)由式(4.6)给出;行人运动有一定的速度势能,由速度(u, v)定义,行人总是努力改变现有的势能,因此行人的运动都在与现有等势线相垂直的方向上,得到关于方向余弦的式(4.7)、(4.8);由于人群运动总是选择最佳路径,既避免人群密度高的地方又选择最短路径,即运动时间和速度的乘积最小,因此两条等势线间的距离与行人速度成比例,而与行人选择的路径无关,从而得到式(4.9)。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial u \rho}{\partial x} + \frac{\partial v \rho}{\partial y} = 0 \quad (4.5)$$

$$u = f(\rho)\phi_x; \quad v = f(\rho)\phi_y \quad (4.6)$$

$$\phi_x = \frac{\frac{\partial \phi}{\partial x}}{\sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2}} \quad (4.7)$$

$$\phi_y = \frac{\frac{\partial \phi}{\partial y}}{\sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2}} \quad (4.8)$$

$$\frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2}} = g(\rho)\sqrt{u^2 + v^2} \quad (4.9)$$

式中, ρ —人群密度;

u 、 v —坐标的速度;

t —时间;

ϕ_x 和 ϕ_y —运动方向的余弦;

$f(\rho)$ —速度, 是以密度为自变量的函数;

$f(\rho)=0$ —人群运动速度为 0;

$g(\rho)$ —人群舒适度, 通常情况下取 1。

在式 (4.6) ~ (4.9) 的基础上, 推导得到最终运动方程。

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x} [\rho g(\rho) f^2(\rho) \frac{\partial \phi}{\partial x}] + \frac{\partial}{\partial y} [\rho g(\rho) f^2(\rho) \frac{\partial \phi}{\partial y}] = 0 \quad (4.10)$$

$$g(\rho) f(\rho) = \frac{1}{\sqrt{\left(\frac{\partial \phi}{\partial x}\right)^2 + \left(\frac{\partial \phi}{\partial y}\right)^2}} \quad (4.11)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial x} = S[f(\rho) - \sqrt{(u^2 + v^2)}] \phi_x \quad (4.12)$$

$$\frac{\partial \rho}{\partial y} = S[f(\rho) - \sqrt{(u^2 + v^2)}] \phi_y \quad (4.13)$$

$$\phi_x^2 + \phi_y^2 = 1 \quad (4.14)$$

式中, $f(\rho) - \sqrt{(u^2 + v^2)}$ —期望速度与实际速度的差异;

S —比例常数, 取值与最大人群忍受密度有关。

根据目前的研究结果, 人群运动速度和密度的关系主要应用以下公式^[13]:

$$f_1(\rho) = A - B\rho \quad (4.15)$$

$$f_2(\rho) = A \cdot \exp\left(-\frac{\rho}{\rho_{crit}}\right) \quad (4.16)$$

$$f_3(\rho) = A \cdot \left[\frac{\rho_{tran} \rho_{crit}}{\rho_{max} - \rho_{crit}}\right]^{\frac{1}{2}} \cdot \frac{(\rho_{max} - \rho)^{\frac{1}{2}}}{\rho} \quad (4.17)$$

式中, ρ_{tran} —人群运动速度减小时的人群密度;

ρ_{crit} —人群临界密度，即人群流量达到最大时对应的人群密度；

ρ_{max} —人群最大密度，即人群运动速度为零时对应的人群密度；

A —高度自由行走速度；

B —常数。

这些参数的取值都与人群的年龄、身高、体重及行为特征有关。一般情况下，

$$A = 1.4 \text{ m/s}, \quad B = 0.25 \text{ m}^3 / (\text{人} \cdot \text{s}), \quad \rho_{tran} = 0.8 \text{ 人/m}^3, \quad \rho_{crit} = \frac{A}{2B} = 2.8 \text{ 人/m}^3,$$

$$\rho_{max} = \frac{A}{B} = 5.6 \text{ 人/m}^3 [13].$$

根据式 (4.15) ~ (4.17) 利用 Matlab 绘出的图形见图 4.1。

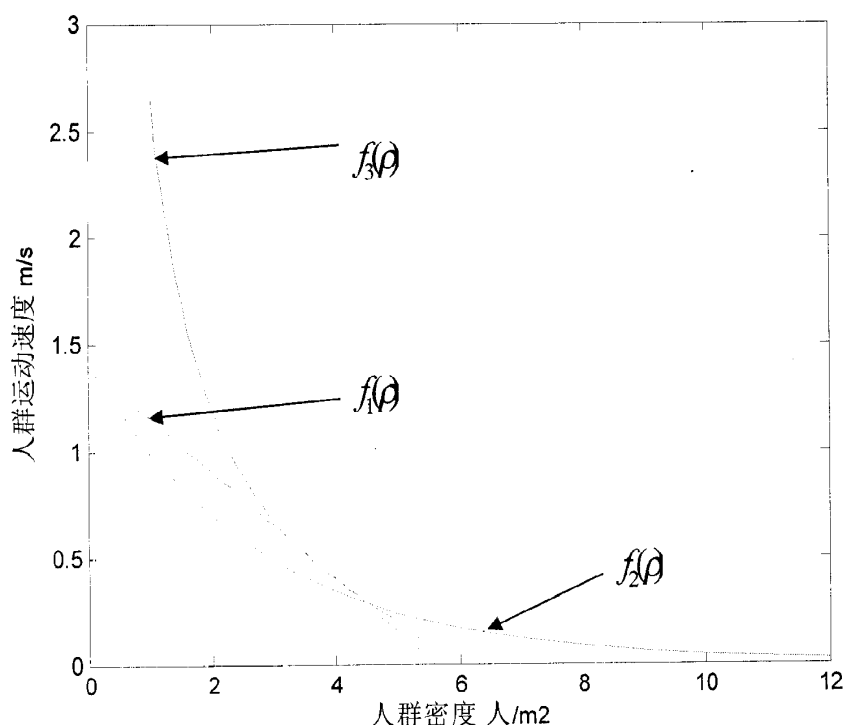


图 4.1 人群密度与速度关系图

4.3 理论最大人群密度

发生拥挤踩踏事故的直接原因是由于人群密度太大而产生相互拥挤和踩踏。群体动力学的研究表明，人群的行进速度并不是决定于个体的平均行进速度，而是决定于人群

的密度。人群密度越大，群体的行进速度越低；当人群密度达到一定极限时，就会由于拥挤过度而不能前进^[27]。因此，研究人群密度对预防和减少室外大型社会活动拥挤踩踏事故的发生具有重要意义。

根据目前研究结果表明，针对人群密度的判据并没有统一的标准，还仅限于根据自己的研究需要提出相应的特征性描述。北京市劳动保护科学研究所的李伟博士提出当人群密度达到 5 人/m² 时，人群仍在运动，个体有空间摔倒，但没有机会站起来，造成踩踏；当人群密度大于 10 人/m² 时，人群静止，发生拥挤。同时还给出了四个不同国家和地区的基于 95% 人群的十字水平投影区的平均最大忍受密度，见表 4.1^[35]。木村清给出了不同人群密度，人的感受变化，见表 4.2^[36]。《北京市公园风景区安全管理规范（试行）》规定“公园、风景名胜区在遇有黄金周、主要节假日及大型活动等重点时期，景区、景点如展室、桥梁、狭窄路段等处人员过多（室内达到 1 m²/人、室外达到 0.75 m²/人）要立即启动应急预案，采取临时关闭景区、展馆、疏散游人等措施……”。卢春霞指出 6～8 人/m² 持续的时间过长，会引起生理问题，如肺的扩张和收缩，呼吸将受到压抑、心脑血管缺氧，甚至可能造成人员伤亡事故^[37]。冉丽君、刘茂结合我国情况提出我国人群最大忍受密度为 9 人/m²^[13]。根据 Still 的研究，静止人群安全的临界密度为 4.7 人/m²，运动人群安全的临界密度为 4 人/m²^[31]。

表 4.1 基于 95% 人群的十字水平投影区的平均最大可忍受密度

国家和地区	性别	最大可忍受密度（人/m ² ）	国家和地区	性别	最大可忍受密度（人/m ² ）
英国	男	8.76	香港	男	11.5
英国	女	9.92	香港	女	10.8
西欧	男	7.42	日本	男	11.7
西欧	女	8.18	日本	女	12.8

表 4.2 拥挤密度与人员状态关系

拥挤密度	1m 站席的状态	拥挤密度	1m 站席的状态
5	接触旁边人衣服的状态	8	人和人之间可以勉强挤过去
6	可以捡拾脚下物品、可转身	9	手不能上下动作
7	肩、肘有压力	10	周围感到压力、身体不能动、发生呼救

人群密度反映了一个空间内人群的稠密程度，一般用单位面积上人员的数量表示，单位为人/m²；也可用其倒数，即每人占有多少的面积来表示，单位为 m²/人。为了理论最大人群密度计算方便，将人体的垂直投影抽象成椭圆形或矩形区域（如图 4.2），其计

算公式见式 (4.18)、(4.19)。

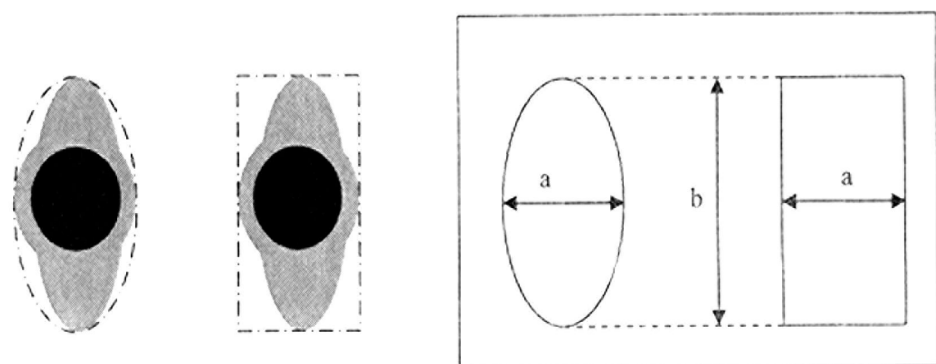


图 4.2 人体投影示意图

$$S_E = \pi \cdot \frac{a}{2} \cdot \frac{b}{2} \quad (4.18)$$

$$S_R = a \cdot b \quad (4.19)$$

式中, S_E —椭圆形水平投影面积 (m^2);

S_R —矩形水平投影面积 (m^2);

a —胸厚 (m);

b —肩宽 (m)。

由图 4.2 及式 (4.18)、(4.19) 可知, 无论哪种表示人体外形的方法都需要以人体的胸厚和肩宽作为依据。本文将利用我国及其他国家(地区)人体尺寸数据计算出人群密度, 再通过性别、人口比进行加权平均, 最终得到理论最大人群密度, 作为我国室外大型社会活动最大人群密度的基准值。

表 4.3 中国成人人体尺寸^[31]

(单位: mm)

		18~60 岁						
		1	5	10	50	90	95	99
胸厚	男	176	186	191	212	237	245	261
	女	159	170	176	199	230	239	260
最大肩宽	男	383	398	405	431	460	469	486
	女	347	363	371	396	426	435	455

注: 表中所列数据, 代表从事工业生产的法定成年人

表 4.4 不同地区人群生理尺寸^[13]

国家（地区）		身体厚度（m）	肩宽（m）	国家（地区）		身体厚度（m）	肩宽（m）
英国	男	0.285	0.510	美国	男	0.280	0.515
	女	0.295	0.435		女	0.295	0.470
日本	男	0.230	0.475	印度	男	0.235	0.455
	女	0.235	0.425		女	0.255	0.390

考虑到理论最大人群密度是判断活动现场拥挤程度的主要依据和重要安全指标，故在选用人体测量数据时应遵循最大准则，即尽可能满足所有人（99%）的安全需要；同时，还应该注意，我国成人人体尺寸是 1983 年~1987 年组织进行测量，距现在也过去 20 余年，这期间随着人们生活水平的日益提高，身体素质发生了很大的变化。因此，本文在计算时引用第 99 百分位数所对应数据作为我国人体的胸厚和肩宽。

我国成人人体尺寸测量时要求被测对象裸体或穿单薄内衣，而这与实际情况明显不相符合，尤其在寒冷季节举办的活动，由于衣物增多，实际肩宽和胸厚要大于《中国成年人人体尺寸》（GB10000-88）的测量值。因此，考虑有关人体尺寸时，必须给衣服留下适当的余量，也就是应在人体尺寸上增加适当的衣着修正量。通常情况下，肩宽和胸厚的衣着修正量分别为 13mm 和 18mm^[49]。同时，考虑到在人群密度过大时个体之间存在严重的重叠，人群中的内部压力会积聚和传播。因此，为了消除过于接近时的压抑感，在运用胸厚时，附加一项 50mm 的心理修正量。

根据表 4.3 和 4.4 相关数据，按式（4.18）、（4.19）分别计算出不同国家不同形式的水平投影面积，进而求的水平投影面积平均值以及相对应的人群密度。以中国男性人口为例，计算椭圆形水平投影面积、矩形水平投影面积和平均人群密度，其它结果以表格形式给出，见表 4.5。

$$S_E = \pi \times \frac{0.261 + 0.018 + 0.05}{2} \times \frac{0.486 + 0.013}{2} = 0.129m^2$$

$$S_R = (0.261 + 0.018 + 0.05) \times (0.486 + 0.013) = 0.164m^2$$

$$\text{平均人群密度} = \frac{\frac{1}{0.129} + \frac{1}{0.164}}{2} = 6.93人/m^2$$

表 4.5 不同国家不同形式的水平投影面积

国家（地区）		S_E (m ²)	S_R (m ²)	平均人群密度 (人/m ²)
中国	男	0.129	0.164	6.93
	女	0.121	0.154	7.41
英国	男	0.145	0.185	6.16
	女	0.128	0.163	6.99
日本	男	0.114	0.145	7.82
	女	0.104	0.133	8.57
美国	男	0.144	0.184	6.19
	女	0.138	0.175	6.48
印度	男	0.111	0.142	8.02
	女	0.102	0.130	8.73

从表 4.1 和表 4.5 可以看出，不同国家、不同性别之间的人群密度有着明显的不同。考虑到室外大型社会活动参与人群构成的特点，将上述两表中的数据先按性别比例进行加权平均，得到国家的人群密度；再按 5 个国家的人口比例进行加权平均，得到我国室外大型社会活动人群密度的基准值。以中国为例，计算经性别比加权后人群密度和理论最大人群密度，其它结果及理论最大人群密度见表 4.6。

我国经性别比加权后人群密度为：

$$\frac{1060}{1060+1000} \times 6.93 + \frac{1000}{1060+1000} \times 7.41 = 7.16 \text{ 人/m}^2$$

理论最大人群密度：

$$7.16 \times 0.4596 + 6.58 \times 0.0213 + 8.20 \times 0.0444 + 6.34 \times 0.0983 + 8.36 \times 0.3764 = 7.6 \text{ 人/m}^2$$

表 4.6 人群密度计算值表

国家	性别比	性别比加权后人群密度 (人/m ²)	人口比	理论值 (人/m ²)
中国	1060	7.16	0.4596	7.6
英国	961.5	6.58	0.0213	
日本	962	8.20	0.0444	
美国	961.5	6.34	0.0983	
印度	1070	8.36	0.3764	

注：1、性别比指每千名女性对男性数目，少于一千代表女性多于男性，数据来源于互联网；
2、人口比按上述 5 个国家人口数计算。

根据以上计算，我国室外大型社会活动理论最大人群密度为 7.6 人/m²。

4.4 影响系数的确定

活动现场人员安全容纳量和局部人群密度是判断拥挤踩踏事故能否发生的一个重要依据,但在实际的室外大型活动中若完全教条按照计算数值进行人群控制存在很大的事故隐患。这是因为在进行安全容纳量和人群密度计算的时候,采用的数据都是理论数据、经验数据。这些数据的得出往往不考虑到具体情况,与实际情况有一定出入。

为了解决此问题,使得安全容纳量和人群密度更能反映实际情况,与具体现场状况更为接近,增加人群控制的可靠性,本文采用二级模糊综合评判的方法来确定影响系数。

4.4.1 模糊综合评判的数学模型

(1) 因素集

所谓因素集就是影响评估对象的各个因素所组成的集合,经常以 U 表示为:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\} \quad (4.20)$$

式中 $u_i (i=1,2,3,\dots,n)$ 是被评估体系的评估指标。

这一步就是要确定评价因素体系,解决从哪些因素来评估客观对象的问题。

(2) 评估集

评估集是评估对象各个因素的评判结果所组成的集合,通常以 V 表示为:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\} \quad (4.21)$$

式中 $v_j (j=1,2,3,\dots,m)$ 是被评估体系的评估指标。

这一步就是要使得模糊综合评判得到一个模糊综合评判向量,被评估对象各评语等级隶属度的信息,通过这个模糊向量表示出来,体现评判的模糊特性。

(3) 单因素模糊综合评判

对于单因素模糊评估,设模糊关系矩阵用 R 表示,评判因素权向量用 A 表示,则综合评估结果 B 为:

$$B = A \cdot R = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_m) \quad (4.22)$$

A 是 U 中各因素对被评估对象的隶属关系,它取决于人们进行模糊综合评判时的着眼点,即评判时依次着重于哪些因素。

对因素集 U 中的单因素 u_i 作单因素评估,从因素 u_i 着眼确定评估事物对决择等级

4.4 影响系数的确定

活动现场人员安全容纳量和局部人群密度是判断拥挤踩踏事故能否发生的一个重要依据,但在实际的室外大型活动中若完全教条按照计算数值进行人群控制存在很大的事故隐患。这是因为在进行安全容纳量和人群密度计算的时候,采用的数据都是理论数据、经验数据。这些数据的得出往往不考虑到具体情况,与实际情况有一定出入。

为了解决此问题,使得安全容纳量和人群密度更能反映实际情况,与具体现场状况更为接近,增加人群控制的可靠性,本文采用二级模糊综合评判的方法来确定影响系数。

4.4.1 模糊综合评判的数学模型

(1) 因素集

所谓因素集就是影响评估对象的各个因素所组成的集合,经常以 U 表示为:

$$U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\} \quad (4.20)$$

式中 $u_i (i=1,2,3,\dots,n)$ 是被评估体系的评估指标。

这一步就是要确定评价因素体系,解决从哪些因素来评估客观对象的问题。

(2) 评估集

评估集是评估对象各个因素的评判结果所组成的集合,通常以 V 表示为:

$$V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\} \quad (4.21)$$

式中 $v_j (j=1,2,3,\dots,m)$ 是被评估体系的评估指标。

这一步就是要使得模糊综合评判得到一个模糊综合评判向量,被评估对象各评语等级隶属度的信息,通过这个模糊向量表示出来,体现评判的模糊特性。

(3) 单因素模糊综合评判

对于单因素模糊评估,设模糊关系矩阵用 R 表示,评判因素权向量用 A 表示,则综合评估结果 B 为:

$$B = A \cdot R = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_m) \quad (4.22)$$

A 是 U 中各因素对被评估对象的隶属关系,它取决于人们进行模糊综合评判时的着眼点,即评判时依次着重于哪些因素。

对因素集 U 中的单因素 u_i 作单因素评估,从因素 u_i 着眼确定评估事物对决择等级

$v_j (j=1,2,3,\dots,m)$ 的隶属度（可能性程度） r_{ij} ，这样就得出第 i 个因素的单因素评估集：

$$r_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})。$$

那么 n 个因素的评估集构造出一个总的评估矩阵。

$$R = \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (4.23)$$

式 (4.17) 可表示为：

$$(b_1, b_2, b_3, \dots, b_m) = (a_1, a_2, a_3, \dots, a_n) \cdot \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} & \cdots & r_{1m} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} & \cdots & r_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots & & \vdots \\ r_{n1} & r_{n2} & r_{n3} & \cdots & r_{nm} \end{bmatrix} \quad (4.24)$$

(4) 单因素模糊综合评判的计算模型

算子 1: $M(\wedge, \vee)$

$$b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \wedge r_{ij}) \quad (4.25)$$

式中， $\wedge, \vee$ 分别为取小（min）和取大（max）运算，于是有

$$b_j = \max[\min(a_1, r_{1j}), \min(a_2, r_{2j}), \min(a_3, r_{3j}), \dots, \min(a_n, r_{nj})] \quad (4.26)$$

算子 2: $M(\bullet, \vee)$

这里“ $\bullet$ ”是普通乘法，“ $\vee$ ”是取最大，于是

$$b_j = \bigvee_{i=1}^n (a_i \bullet r_{ij}) \quad (4.21)$$

$$\text{即: } b_j = \max[(a_1 \bullet r_{1j}), (a_2 \bullet r_{2j}), (a_3 \bullet r_{3j}), \dots, (a_n \bullet r_{nj})] \quad (4.27)$$

算子 3: $M(\wedge, \oplus)$

$$b_j = \oplus \sum_{i=1}^n (a_i \wedge r_{ij}) \quad (4.28)$$

这里“ $\wedge$ ”是取小运算，“ $\oplus$ ”表示上限求和，如：

$$a \oplus b = \min(1, a + b) \quad (4.29)$$

$$\text{即： } b_j = \min[1, \sum_{i=1}^n \min(a_i \wedge r_{ij})] \quad (4.30)$$

算子 4: $M(\bullet, +)$

这里“ $\bullet$ ”、“ $+$ ”分别是普通加法与乘法，于是：

$$b_j = \sum_{i=1}^n (a_i \bullet r_{ij}) \quad (4.31)$$

如果模糊综合评判结果 $\sum_{j=1}^m b_j \neq 1$ 时，需要将它归一化。

设 $b_j = (b_1, b_2, b_3, \dots, b_m)$ ，则：

$$\delta_j = \frac{b_j^k}{\sum_{i=1}^m b_i^k} \quad (4.32)$$

这里 δ_j 是形成权重向量。 k 是选定的正实数。而 b_j^k 是 b_j 的 k 次幂。注意，当 $k=1$ 时，就是最简单的归一化问题。

(5) 计算模型的适用范围

算子 1: $M(\wedge, \vee)$ 为主因素突出型的综合评定，其评定结果只取决于在总评估中起主要作用的那个因素，其余因素均不影响评定结果。此模型比较适用于单项评定最优就能算作综合评定最优的情况。模型可用于“单因素最优，整体就最优”的控制型评定中，而不宜用于因素太多或太少的情况。

算子 2 和算子 3: $M(\bullet, \vee)$ 和 $M(\wedge, \oplus)$ 为主因素突出型综合评定。它们与模型 $M(\wedge, \vee)$ 比较接近，但这两模型中的运算已经比模型 1 中的运算精细。一般说来它们的评定结果比模型 1 要“细腻”，因为不仅突出了主要因素，也兼顾了其它因素。这两种模型适用于模型 1 失效（不可区别），需要“加细”的情况。

算子 4: $M(\bullet, +)$ 为加权平均型综合评定，依权重的大小它对所有因素均衡兼顾，比

较适用于要求总和最大的情形。

在实际应用中，到底选用哪个模型为好要根据具体问题的需要和可能而定。

(6) 多层次模糊综合评判

多层次模糊综合评判模型：可以先对低层因素进行综合评判，再对评判结果进行高层次的综合评判。具体步骤如下：

设因素集为 $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$ ，评估集为 $V = \{v_1, v_2, v_3, \dots, v_m\}$ 。

① 划分因素集 U

把因素集 U 分为几个子集，记为：

$$U = \{U_1, U_2, U_3, \dots, U_N\} \quad (4.33)$$

它满足下面三个条件：

$$U_i \neq \phi, \forall i \in \{1, 2, 3, \dots, N\} \quad (4.34)$$

$$U_i \cap U_j \neq \phi, i \neq j \quad (4.35)$$

$$U = \bigcup_{i=1}^N U_i \quad (4.36)$$

U 中子集 $U_i = \{u_{i1}, u_{i2}, u_{i3}, \dots, u_{ik}\}$ ($i=1, 2, 3, \dots, N$) 为 U 子集或因素子集。也就是说，给因素集 U 一个划分，其实就是对 U 实行了一次简单的聚类分析。

② 对于每个 U_i 按一级模型分别进行综合评判。设因素权重分配为 $\tilde{A}_i$ ， U_i 的模糊评价矩阵为 $\tilde{R}_i$ ，则得到：

$$\tilde{B}_i = \tilde{A}_i \cdot \tilde{R}_i = (b_{i1}, b_{i2}, b_{i3}, \dots, b_{im}) \quad (i=1, 2, 3, \dots, M) \quad (4.37)$$

③ 以第二步得到的对每类因素所作的综合评估结果 $\tilde{B}_i$ 为行向量，作矩阵 R ，即：

$$R = (B_1, B_2, B_3, \dots, B_n)^T \quad (4.38)$$

则经过模糊合成运算得二级综合评判结果：

$$\tilde{B} = \tilde{A} \cdot \tilde{R} \quad (4.39)$$

以上步骤可以根据具体情况多次循环，直到得出满意的综合评判结果为止^[39,40]。

4.4.2 影响活动现场人员安全容纳量和人群密度的因素

从大量的室外大型社会活动可以看出，影响活动现场人员安全容纳量和人群密度的因素很复杂。这些因素相互作用、相互影响、相互渗透。在查阅文献、案例搜集、现场调研、经验总结的基础上，本文运用系统安全工程的思想从“人—物—环—管理”角度出发建立影响活动现场人员安全容纳量和人群密度的因素的评估指标体系，详见表 4.7。通过模糊综合评判的结果，很容易就能得到各因素对活动的影响程度，如对影响程度按百分制打分，按式（4.40）计算总影响程度 f ，进而选定影响系数。评判结果、影响程度与影响系数之间关系见表 4.8。

$$f = A \cdot R$$

(4.40)

式中， A —1 级指标的权重；
 R —1 级指标的判断矩阵。

表 4.7 影响因素评估指标体系

目标层	1 级指标	2 级指标
影响活动现场人员安全容纳量和 人群密度的因素评估	人的因素	人群构成
		人群状态
		人群分布
	物的因素	临时性建构筑状况
		高发区数量
		安全设施
	环境因素	天气状况
		气温状况
		光线状况
	管理因素	周边环境
		安全投入
		人员培训

表 4.8 评判结果、影响程度与影响系数关系表

分数	100	80	60	40	20
影响程度	很大	大	一般	小	很小
影响系数	0.5~0.6	0.6~0.7	0.7~0.8	0.8~0.9	0.9~1.0

第 5 章 沈阳皇寺庙会实例研究

5.1 皇寺庙会概述

5.5.1 皇寺庙会概况

历史上，有庙才有庙会，皇寺是皇家寺院，事实上，从皇寺始建之时，“皇寺庙会”就已经出现了雏形，建成后，庙会的规模日益壮大，内容也逐渐完善。从最初的农产品、手工制品售卖发展到集合民间艺人表演，皇家武队列兵等多种文化形式在内的综合性的贸易集市。后来由于历史原因，皇寺庙会不得不中断。

2004 年中秋节阔别了 50 多年的皇寺庙会重新开市。2005 年春节期间，皇寺庙会一展风采，沈阳的皇寺庙会恢复了百年前过年撞钟迎喜接福仪式，吸引了许多老人，年轻人看着也特别新鲜，让沈阳老百姓过足了逛庙会的瘾。随后的几年，皇寺庙会的影响力在全市乃至全国不断扩大。据统计，2008 年为期 10 天的金秋皇寺庙会共接纳各界游客 100 万左右人次，每天少则五六万人，多则十余万人^[41]。

沈阳皇寺庙会是非常典型的室外大型社会活动。首先，皇寺庙会的目前由沈阳市和平区旅游局负责主办，其具备主办室外大型社会活动的主题资格；其次，皇寺庙会的场地为临时占用，舞台、展位为临时搭建；再次，活动期间每天参与人次少则五六万，多则十余万；最后，皇寺庙会活动形式多样，例如文艺演出、商品展销、民间工艺、民俗表演、风味小吃等。因此，选择其作为研究对象具有很强的代表性。

2008 中国沈阳（新春）皇寺庙会于 1 月 28 日拉开了序幕。活动现场位于皇寺路，西与和平北大街相邻，东与北三经街相通，交通十分便利，见图 5.1。

5.5.2 皇寺庙会现场分析

2008 年 2 月沈阳平均气温为 $-7.9^{\circ}\text{C} \sim -4.1^{\circ}\text{C}$ ，无明显降水过程。活动现场有三个出入口，分别位于现场的北侧、西侧和东侧。为庙会活动需要，现场大体可分为三个功能区，即表演区、产品销售区和风味小吃区，具体见图 5.2 现场布置示意图。

（1）表演区

表演区位于活动现场北侧，以临时搭建的舞台（ $18\text{m} \times 8\text{m}$ ）为核心。庙会期间该区域定时进行民俗表演，如民间广场舞蹈大赛、摔跤表演等。人们为了更好的观看表演，

第 5 章 沈阳皇寺庙会实例研究

5.1 皇寺庙会概述

5.5.1 皇寺庙会概况

历史上,有庙才有庙会,皇寺是皇家寺院,事实上,从皇寺始建之时,“皇寺庙会”就已经出现了雏形,建成后,庙会的规模日益壮大,内容也逐渐完善。从最初的农产品、手工制品售卖发展到集合民间艺人表演,皇家武队列兵等多种文化形式在内的综合性的贸易集市。后来由于历史原因,皇寺庙会不得不中断。

2004 年中秋节阔别了 50 多年的皇寺庙会重新开市。2005 年春节期间,皇寺庙会一展风采,沈阳的皇寺庙会恢复了百年前过年撞钟迎喜接福仪式,吸引了许多老人,年轻人看着也特别新鲜,让沈阳老百姓过足了逛庙会的瘾。随后的几年,皇寺庙会的影响力在全市乃至全国不断扩大。据统计,2008 年为期 10 天的金秋皇寺庙会共接纳各界游客 100 万左右人次,每天少则五六万人,多则十余万人^[41]。

沈阳皇寺庙会是非常典型的室外大型社会活动。首先,皇寺庙会的目前由沈阳市和平区旅游局负责主办,其具备主办室外大型社会活动的主题资格;其次,皇寺庙会的场地为临时占用,舞台、展位为临时搭建;再次,活动期间每天参与人次少则五六万,多则十余万;最后,皇寺庙会活动形式多样,例如文艺演出、商品展销、民间工艺、民俗表演、风味小吃等。因此,选择其作为研究对象具有很强的代表性。

2008 中国沈阳(新春)皇寺庙会于 1 月 28 日拉开了序幕。活动现场位于皇寺路,西与和平北大街相邻,东与北三经街相通,交通十分便利,见图 5.1。

5.5.2 皇寺庙会现场分析

2008 年 2 月沈阳平均气温为 $-7.9^{\circ}\text{C}\sim-4.1^{\circ}\text{C}$,无明显降水过程。活动现场有三个出入口,分别位于现场的北侧、西侧和东侧。为庙会活动需要,现场大体可分为三个功能区,即表演区、产品销售区和风味小吃区,具体见图 5.2 现场布置示意图。

(1) 表演区

表演区位于活动现场北侧,以临时搭建的舞台($18\text{m}\times 8\text{m}$)为核心。庙会期间该区域定时进行民俗表演,如民间广场舞蹈大赛、摔跤表演等。人们为了更好的观看表演,

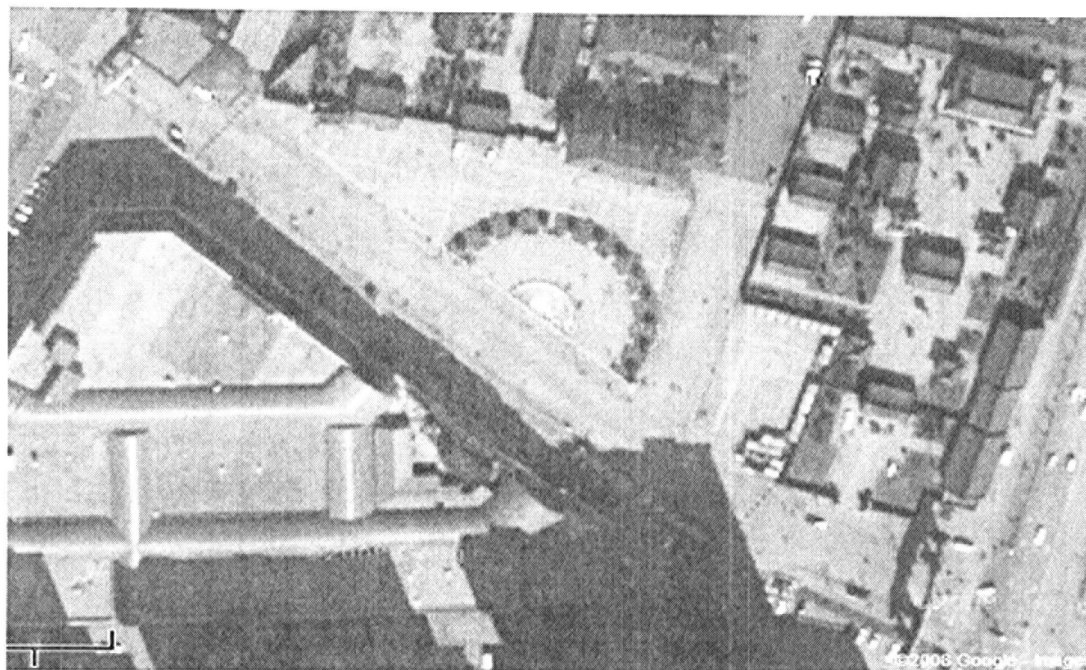


图 5.1 皇寺庙会现场卫星照片^[42]

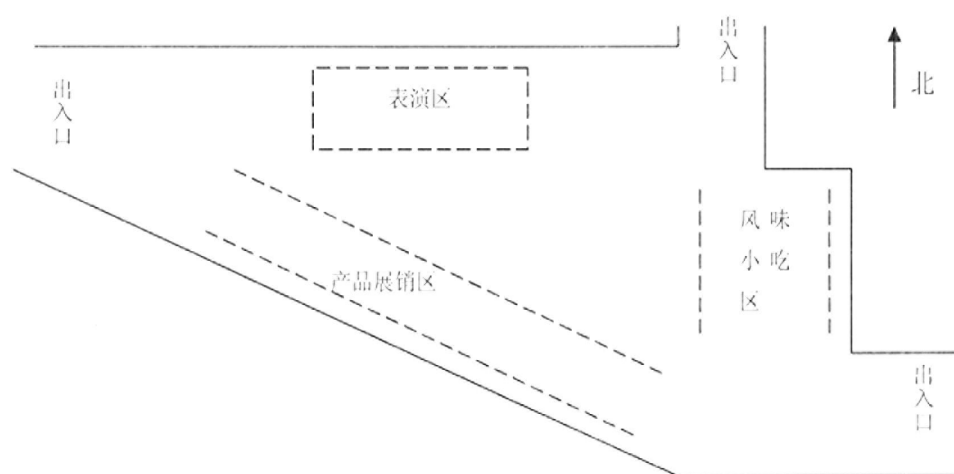


图 5.2 现场布置示意图

表演期间会纷纷涌向靠近表演区域。在聚集过程中人们为抢占到更有利于自己观看位置，会使舞台前出现人群密度过于集中的现象，在诱因事件（如舞台坍塌、道具伤害观众、火灾等）的作用下，造成观众恐慌，极易导致群死群伤的踩踏事故。因此，庙会的组织者和管理者应该加强对表演区的管理和监控，当人群密度过大时，应及时疏导游客观看其它场次的表演。

(2) 产品展销区

产品展销区位于活动现场南部,为临时搭建帆布棚,主要经营各地土特产品、工艺品等。产品展销区长近 100m,棚内两侧为销售摊位,摊位间宽 3m,货物摆放在摊位内,地面铺有丙纶地毯。产品展销区相对封闭,棚内道路宽度有限,加之有游客停留在摊位前挑选商品使得部分地段变得更加狭窄。此外,棚内布置有临时照明线路及照明设备,大大增加了棚内的火灾危险性。通过现场观察还发现,本为防滑铺设的丙纶地毯,由于人员长时间反复摩擦多处出现了褶皱,反而增加个体绊倒的危险性。当人群密度过大时,一个人绊倒很容易引发“多米诺”效应。因此,管理者除要密切注意棚内人群密度,还要及时、认真检查临时线路,保持地毯平整。

(3) 风味小吃区

风味小吃区位于活动现场东部,为露天临时摊位,主要经营现场制作的各地风味小吃,如烤羊肉串、炸肉串、汤圆等。风味小吃区两边摊位间为 8m 宽通道,地面为大理石地面。由于风味小吃区采用现场加工制作的经营方式,故在此区域存在许多明火设施和电加热设备。这些设施设备一旦使用、管理不善极易造成火灾。通过多天的观察,风味小吃区人员较为分散,加之通道宽敞并与两个出入口紧邻,故此区域可不作为拥挤踩踏事故易发区进行研究。但值得注意的是,虽火灾对本区域的影响不大,但其会造成其它区域游客恐慌,引发事故。因此,管理者应加强对此区域的明火管理,配备手提式灭火器材等消防设施,保证疏散通道畅通。

(4) 出入口

从图 5.2 中可以看出,活动现场共有 3 个出入口,分别位于现场北侧、西侧、东侧,其中,北出口宽度约为 10m,西出口、东出口宽度约为 15m。从所统计的拥挤踩踏事故中可以看出,出入口造成拥挤踩踏事故主要发生和发生突发事件后人员紧急疏散过程中。

在活动入场或出场过程中,人流要在短时间通过门口,就会造成出入口处的人群密度突然增高,在某些诱因的促使下发生拥挤踩踏事故。而皇寺庙会属于开放式活动,游客不需要按时等待进出场,可以随时入场。因此,不会再出入口形成人群密度突然增大的局面。发生突发事件后,人员紧急疏散过程中易造成的拥挤踩踏事故。此类事故主要是因为出入口过于狭窄,不能满足短时间通过大流量人群的需要。有研究表明:当出口

宽度从 1m 增加为 2m 时,疏散时间有比较明显地减少;当出口宽度从 2m 增加至 6m 时,疏散时间几乎没任何变化。在人员密度较低的情况下,出口宽度的增加几乎对疏散时间没任何影响。在人员密度较高的情况下,仅仅当开口宽度从 1m 增加为 2m 时,疏散时间才有明显的减少^[47]。由此可见,皇寺庙会中 3 个出口中最小的北出口宽度为 10m,只要保证在活动期间各出入口的畅通,就能满足安全需要。

5.2 活动现场影响系数的确定

本文各级指标权重确定方法采用德尔菲法,即组织若干对评估系统熟悉的专家,通过一定的方式对指标权重独立发表见解,并用统计方法做适当的处理。

设因素集 $U = \{u_1, u_2, u_3, \dots, u_n\}$, 现有 m 个专家各自独立的给出各因素 u_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) 的权重, 如表 5.1 所示。

根据表 4.10, 可取各因素权重的平均值作为其权重:

$$a_i = \frac{\sum_{j=1}^m a_{ij}}{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n; \quad j = 1, 2, 3, \dots, m) \tag{5.1}$$

$$\text{即 } A = \left(\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{1j}, \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{2j}, \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{3j}, \dots, \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{nj} \right) \tag{5.2}$$

表 5.1 专家咨询表

专 家	因素 U				Σ
	u_1	u_2	...	u_n	
专家 1	a_{11}	a_{21}	...	a_{n1}	1
专家 2	a_{12}	a_{22}	...	a_{n2}	1
...	...	...	...	...	1
专家 m	a_{1m}	a_{2m}	...	a_{nm}	1
权重 a_i ($i=1, 2, \dots, n$)	$\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{1j}$	$\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{2j}$	...	$\frac{1}{m} \sum_{j=1}^m a_{nj}$	1

表 5.2 评估指标相对重要性程度标度表

a_{ij} 标度	语言描述
1	因素 u_i 相对其它因素绝对的重要
0.8	因素 u_i 相对其它因素超级重要
0.6	因素 u_i 相对其它因素很重要
0.4	因素 u_i 相对其它因素一般重要
0.2	因素 u_i 相对其它因素一点重要
0	因素 u_i 相对其它因素一点都不重要

调查时，综合考虑聘请 5 位专家组成专家调查组。在填写调查表时，要求每个专家独立完成，不能互相讨论或交换意见。我们实际分发 5 份调查表，有效回收 5 份。将 5 份专家填写的调查表进行汇总，逐级计算确定重要程度系数。

(1) 1 级指标权重确定

表 5.3 级指标重要程度系数汇总表

1 级指标	人的因素 H	物的因素 T	环境因素 E	管理因素 M
专家 1	0.15	0.20	0.45	0.20
专家 2	0.25	0.20	0.20	0.35
专家 3	0.20	0.35	0.30	0.15
专家 4	0.30	0.30	0.15	0.25
专家 5	0.10	0.30	0.40	0.20
合计	1.00	1.35	1.5	1.15

由式 (5.1) 及 (5.2)

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^m a_{1j}}{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)} = \frac{1.00}{5} = 0.2, \text{ 同理得 } a_2 = 0.27, a_3 = 0.3, a_4 = 0.23。$$

$$A = (0.2, 0.27, 0.3, 0.23)。$$

(2) 人的因素

表 5.4 人的因素重要程度汇总表

人的因素	人群构成	人群状态	人群分布
专家 1	0.50	0.25	0.25
专家 2	0.40	0.25	0.35
专家 3	0.40	0.20	0.40
专家 4	0.45	0.25	0.30
专家 5	0.40	0.35	0.25
合计	2.15	1.30	1.55

由式 (5.1) 及 (5.2)

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^m a_{1j}}{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)} = \frac{2.15}{5} = 0.43, \text{ 同理得 } a_2 = 0.26, a_3 = 0.31。$$

$$A_H = (0.43, 0.26, 0.31)。$$

(3) 物的因素

表 5.5 物的因素重要程度汇总表

物的因素	临时性建构筑物状况	高发区数量	安全设施
专家 1	0.30	0.40	0.30
专家 2	0.50	0.30	0.20
专家 3	0.45	0.30	0.25
专家 4	0.30	0.30	0.40
专家 5	0.45	0.35	0.20
合计	2.00	1.65	1.35

由式 (5.1) 及 (5.2)

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^m a_{1j}}{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)} = 0.4, \text{ 同理得 } a_2 = 0.33, a_3 = 0.27。$$

$$A_T = (0.4, 0.33, 0.27)。$$

(4) 环境因素

表 5.6 环境因素重要程度汇总表

环境因素	天气状况	气温状况	光线条件	周边环境
专家 1	0.30	0.20	0.20	0.30
专家 2	0.40	0.15	0.20	0.25
专家 3	0.25	0.20	0.20	0.35
专家 4	0.30	0.25	0.15	0.30
专家 5	0.20	0.35	0.20	0.25
合计	1.45	1.15	0.95	1.45

由式 (5.1) 及 (5.2)

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^m a_{1j}}{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)} = \frac{1.45}{5} = 0.29, \text{ 同理得 } a_2 = 0.23, a_3 = 0.19, a_4 = 0.29。$$

$$A_E = (0.29, 0.23, 0.19, 0.29)。$$

(5) 管理因素

表 5.7 管理因素重要程度汇总表

管理因素	安全投入	人员培训	疏散设计	信息沟通	应急建设
专家 1	0.10	0.15	0.30	0.20	0.25
专家 2	0.15	0.10	0.30	0.15	0.30
专家 3	0.10	0.20	0.25	0.20	0.25
专家 4	0.20	0.10	0.30	0.10	0.30
专家 5	0.15	0.20	0.25	0.15	0.25
合计	0.70	0.75	1.40	0.80	1.35

由式 (5.1) 及 (5.2)

$$a_1 = \frac{\sum_{j=1}^m a_{1j}}{\sum_{j=1}^m \left(\sum_{i=1}^n a_{ij} \right)} = \frac{0.7}{5} = 0.14, \text{ 同理得 } a_2 = 0.15, a_3 = 0.28, a_4 = 0.16, a_4 = 0.27。$$

$$A_M = (0.14, 0.15, 0.28, 0.16, 0.27)。$$

(6) 影响因素评估

根据指标体系量化标准，结合庙会现场的实际情况，组织了 8 位专家对“人—物—环—管”四因素进行分析，可以得到各评估指标的大小。

表 5.8 人的因素各指标专家评分表

		很大	大	一般	小	很小
人的因素	人群构成	0.10	0.50	0.30	0.20	0
	人群状态	0	0	0.60	0.20	0.20
	人群分布	0	0.10	0.50	0.30	0.10
物的因素	临时建筑物状况	0.30	0.40	0.30	0	0
	高发区数量	0.20	0.40	0.30	0.10	0
	安全设施	0.30	0.30	0.30	0.10	0
环境因素	天气状况	0	0	0	0.4	0.6
	气温状况	0.4	0.3	0.3	0	0
	光线状况	0	0	0	0.1	0.9
	周边环境	0	0	0.3	0.5	0.2
管理因素	安全投入	0.10	0.10	0.50	0.20	0.10
	人员培训	0.20	0.30	0.40	0.10	0
	疏散设施	0.40	0.40	0.20	0	0
	信息沟通	0.20	0.30	0.40	0.10	0
	应急建设	0.30	0.30	0.40	0	0

根据上表的数据，得到各单因素评估集的模糊矩阵 R_i ，再求出各隶属度，然后得到 1 级指标的判断矩阵 R 。

$$\begin{aligned} D_H &= A_H \cdot R_H = (0.43 \quad 0.26 \quad 0.31) \cdot \begin{pmatrix} 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.10 & 0 \\ 0 & 0 & 0.60 & 0.20 & 0.20 \\ 0 & 0.10 & 0.50 & 0.30 & 0.10 \end{pmatrix} \\ &= (0.043 \quad 0.246 \quad 0.44 \quad 0.188 \quad 0.083) \\ D_T &= A_T \cdot R_T = (0.4 \quad 0.33 \quad 0.27) \cdot \begin{pmatrix} 0.30 & 0.40 & 0.30 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0.40 & 0.30 & 0.10 & 0 \\ 0.30 & 0.30 & 0.30 & 0.10 & 0 \end{pmatrix} \\ &= (0.267 \quad 0.373 \quad 0.3 \quad 0.06 \quad 0) \\ D_E &= A_E \cdot R_E = (0.29 \quad 0.23 \quad 0.19 \quad 0.29) \cdot \begin{pmatrix} 0 & 0 & 0.40 & 0.60 & 0 \\ 0.60 & 0.30 & 0.10 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0.10 & 0.90 \\ 0 & 0 & 0.30 & 0.50 & 0.20 \end{pmatrix} \\ &= (0.138 \quad 0.069 \quad 0.11 \quad 0.28 \quad 0.403) \end{aligned}$$

$$D_M = A_M \cdot R_M = (0.14 \quad 0.15 \quad 0.28 \quad 0.16 \quad 0.27) \cdot \begin{pmatrix} 0.10 & 0.10 & 0.50 & 0.20 & 0.10 \\ 0.20 & 0.30 & 0.40 & 0.10 & 0 \\ 0.40 & 0.40 & 0.20 & 0 & 0 \\ 0.20 & 0.30 & 0.40 & 0.10 & 0 \\ 0.30 & 0.30 & 0.40 & 0 & 0 \end{pmatrix}$$

$$= (0.269 \quad 0.3 \quad 0.358 \quad 0.059 \quad 0.014)$$

$$R = A \cdot (D_H, D_T, D_E, D_M)^T = (0.2 \quad 0.27 \quad 0.3 \quad 0.23) \cdot \begin{pmatrix} 0.043 & 0.246 & 0.44 & 0.188 & 0.083 \\ 0.267 & 0.373 & 0.3 & 0.06 & 0 \\ 0.138 & 0.069 & 0.11 & 0.28 & 0.403 \\ 0.269 & 0.3 & 0.358 & 0.059 & 0.014 \end{pmatrix}$$

$$= (0.18 \quad 0.24 \quad 0.29 \quad 0.15 \quad 0.14)$$

上式表明, 对系统的安全状况按 5 个等级评估时, 所得结果的分布。根据安全级别的分值及归一化处理的结果 R 值及表 4.8, 按式 (4.40) 计算总影响程度的得分如下:

$$f = 100 \times 0.18 + 80 \times 0.24 + 60 \times 0.29 + 40 \times 0.15 + 20 \times 0.14 = 63.4$$

根据 f 值和表 4.8, 选择影响系数为 0.78。

5.3 现场安全容量分析

根据现场调研以及卫星照片, 皇寺庙会现场有 3 个出口, 分别位于北侧、西侧、东侧, 其中, 北出口宽度约为 10m, 西出口、东出口宽度约为 15m。在庙会期间, 为了保证活动顺利进行, 公安、消防、医疗均在现场周围备勤, 故 t_1 取 10s。现场距离最近出口的最远距离为 90m。人体宽度按表 4.3 中第 99 百分位中最大肩宽进行性别比加权后得到, 即 $K = 0.48m$ 。疏散过程是一个紧急、快速的过程, 要求在有限的时间内将大量的人员撤离到安全区域, 参与疏散的人员各不相同, 不论从心理上还是从生理上都有着很大的差别, 面对同一状况、同一行为的反应结果都不相同。从一个完整的疏散行为来看, 从最初的求生, 到中期的安全需求, 再到最后的彻底放心, 由于心理和生理的影响, 疏散速度大致呈下降趋势, 在通过反复研究对比后, 本文选用的疏散时平均速度 $v = 4.46m/s$ [32]。

综上, 将以上数据代入式 (4.4) 得:

$$N = \frac{10 + \frac{90}{4.46} + \frac{0.8}{4.46}}{\frac{0.8}{4.46}} \cdot \left(\frac{15}{0.48} + \frac{15}{0.48} + \frac{10}{0.48} \right) = 12341 \text{人}$$

将上述 N 值乘以影响系数 0.78 等于 9625 人, 即 2008 年春节皇寺庙会现场人员安全容纳量为 9625 人。

5.4 拥挤踩踏事故高发区分析

通过调研 2008 年春节皇寺庙会现场发现, 庙会举办时间为白天, 沈阳冬季室外平均气温为 $-7.9 \sim -4.1^{\circ}\text{C}$ 。为了活动需要, 活动现场临时搭建了舞台、售货摊位等临时性设施。活动现场地面整洁无积雪, 周围有居民区以及庙, 无工业企业。通过对皇寺庙会活动现场的分析, 结合对室外大型社会活动拥挤踩踏事故高发区的认识, 确定皇寺庙会的舞台前和产品销售区摊位间通道易发生拥挤踩踏事故。

(1) 表演区人群密度预测

活动期间搭建的舞台为矩形, 长约 15m, 宽约 6m。人们为了更好的观看演出, 纷纷涌向表演区域, 为安全起见, 管理者在舞台前 1m 设有安全防护设施。将事故地点视为半圆形, 则在直角坐标系下式 (4.12) 变成用极坐标系表示的式 (5.3)

$$-\frac{dp}{dr} = Sf(\rho) \quad (5.3)$$

式中, r —半径 (m), 是不同划分区域中点到舞台中心的距离;

$f(\rho)$ —人群运动速度。

为计算方便取, 将式 (4.16) 代入式 (5.3) 后积分得

$$\rho = \rho_{crit} \ln\left(C - \frac{ASr}{\rho_{crit}}\right) \quad (5.4)$$

根据我国人群特点选取 C 值约为 40, S 值约为 $4\text{s/m}^{[13]}$ 。

$$\rho = 2.8 \times \ln\left(40 - \frac{1.4 \times 4 \times 4}{2.8}\right) = 9.7 \text{人}/\text{m}^2$$

本文计算出我国室外大型社会活动理论最大人群密度的标准值为 $7.6 \text{人}/\text{m}^2$, 考虑影响系数后的庙会现场最大人群密度应为 $5.9 \text{人}/\text{m}^2$ 。因预测值 $9.7 \text{人}/\text{m}^2$ 大于修正后的最大人群密度 $5.9 \text{人}/\text{m}^2$, 说明表演区的舞台周围在表演时存在着较大的发生拥挤踩踏事故

风险，活动组织者应加强此处的人群控制。

(2) 产品销售区人群密度预测

根据 5.1 节的分析，假设在距销售区入口 10m 处的通道发生人员跌倒的意外事件，由于后面人不能及时发现前面的紧急情况，继续向前行进。按式 (5.4) 预测入口处人群密度为 $\rho = 2.8 \times \ln(40 - \frac{1.4 \times 4 \times 10}{2.8}) = 8.4 \text{ 人}/m^2$ 。

因预测值 $8.4 \text{ 人}/m^2$ 大于修正后的最大人群密度 $5.9 \text{ 人}/m^2$ ，说明产品销售区同样存在发生拥挤踩踏事故风险，活动组织者应加强此处的人群疏导与控制。

第6章 预防与控制室外大型社会活动拥挤踩踏事故的对策

事故预防与控制包括两部分内容,即事故预防和事故控制,前者是指通过采用技术和管理手段使事故不发生,而后者是通过采用技术和管理手段,使事故发生后不造成严重后果或使损失尽可能的减小。对于事故的预防与控制,应从技术(Engineering)、教育(Education)、管理(Enforcement)三个方面入手(也称为“3E”对策),采取相应措施。换言之,为了防止事故发生,必须在上述三个方面实施事故预防与控制对策,而且还应始终保持三者间的均衡,合理的采用相应措施,或结合使用上述措施,才有可能搞好事故预防工作^[3]。从大量相关事故案例和因果连锁论出发,“3E”对策同样适用于预防与控制室外大型社会活动拥挤踩踏事故。

6.1 技术对策

技术对策措施是以工程技术手段解决活动场所监控问题,控制人群数量和密度在安全范围内,预防事故的发生及坚守事故造成的伤害和损失。

人群监控技术是控制人群数量和密度的有效工具。主要包括人群密度估计和人数统计。通过估计人群密度,可以粗略地知道人群整体所处的状态,通过统计人群人数,可得到精确人群流量结果,从而对人群的行为做出判断,以便更安全、更有效的对人群进行管理。

通常采用的监控方法有人工观测法、GPS采集法、红外线采集法和视频采集法。随着科技的迅猛发展,视频采集法因其可靠性高、监控方面等越来越受到广泛的青睐。

采用视频采集法对人群监控过程中,对流量的测量最为关键。在数字图像处理过程中,必须提取出能够表征人群流量的图像特征,首先提取整个人群的密度特征,并对其进行分类以得到人群密度,提取个人特征并对人和背景加以区分,以得到人群具体数量。之后,必须对这些特征进行分类,每类的范围与公共场所的种类以及服务等级有关^[11,43]。在此基础上,与不同条件下不同活动场所的安全容纳量和最大人群密度进行比较,为管理人员做出正确的决策提供依据。

6.2 教育对策

教育对策是采用一种缓和的说教方式,告诉公众如何改造、改善和控制危险,因而更容易被公众所接受。本文的教育对策从以下两个方面展开。

一方面,加强对公众的宣传教育,普及安全文化。1999年7月,联合国秘书长安南在第二次“世界减灾大会”上提出:“我们人类必须由反应文化转变为预防文化。”由此“全球预防文化”开始在各各国普及并为人们广泛接受。实践证明,无论是公众的安全意识,还是领导的安全责任意识,都需要系统的防灾减灾教育来培养^[32]。提高公众的安全素质必须依靠安全教育的普及。安全教育的远期目标是在全社会普及安全文化,使公众树立正确的安全价值观,提倡安全道德。针对安全素质的两个方面,安全教育也可分为安全意识教育和安全知识、技能教育。安全意识教育引导公众正确评估周围环境的危险性,树立科学的安全态度,提高对危险的警惕性;安全知识和技能教育传播各种安全知识,为公众提供正确处置危险的各种基础知识和技能。安全教育的这两个方面相辅相成,缺一不可。通过安全教育,公众会自觉分析室外大型社会活动存在的危险,理智参加各种大型活动,并对如何应对危险有一定的心理和行动准备;在紧急情况下可以冷静处理,采取正确措施自救,并且能够自觉地相互救助,对行动缓慢或被挤倒的人予以扶助^[27]。

另一方面,对管理人员进行业务培训。本文所指的管理人员上可以分为三类:第一类是举办室外大型社会活动的法人或者负责人和场地出租单位的安全责任人。通过培训,使他们了解、掌握、熟知申办室外大型社会活动的程序、方法,特别是要明确自身安全责任,“谁主办,谁负责”,并且积极主动地落实责任,开展安全管理工作。第二类是对室外大型社会活动负有监管责任的有关部门领导及公务人员。通过培训,增强他们的安全意识和法制意识,规范对大型活动的审批及安全管理,提高应对、处置突发事件的能力^[44]。第三类是活动现场的管理人员。通过培训,使他们熟练的进行现场监控、及时的进行人员疏导与分流、与人群进行正确有效的交流,同时提高他们的应急能力。

6.3 管理对策

通过对大量拥挤踩踏事故的案例研究表明,90%的事故均存在管理上的失误或者波动。这种失误和波动主要表现在活动前组织管理不到位;活动中人群管理混乱、场地管理松散、信息管理不准确;事故后应急管理不及时。因此,在室外大型社会活动中应从

组织管理、人群管理、场地管理、信息管理、应急管理等方面完善管理系统，保证活动的顺利、有序的进行。

6.3.1 组织管理对策

《大型群众性活动安全管理条例》（以下简称《条例》）第四条规定“县级以上人民政府公安机关负责大型群众性活动的安全管理工作。县级以上人民政府其他有关主管部门按照各自的职责，负责大型群众性活动的有关安全工作”。

《条例》第十二条还规定“大型群众性活动的预计参加人数在 1000 人以上 5000 人以下的，由活动所在地县级人民政府公安机关实施安全许可；预计参加人数在 5000 人以上的，由活动所在地设区的市级人民政府公安机关或者直辖市人民政府公安机关实施安全许可；跨省、自治区、直辖市举办大型群众性活动的，由国务院公安部门实施安全许可。”

由此可见，各级政府对室外大型社会活动的监管不仅仅是日常工作的需要，更是法律赋予的义务。各级政府对室外大型社会活动的监管主要体现在对活动的审查、安全许可工作上，这就要求有关部门做到：

（1）规范管理，用制度保证各项措施的落实。首先，在接待受理阶段要对室外大型社会活动进行风险评估和人员核定。进行登记的工作人员必须经过专业培训。在接待受理阶段进行初步的风险评估，在人员核定上，可以结合实际经验和相关的定量计算公式具体规范人员的核定方法。其次，在审批程序上，实行分级审批。结合实际，根据活动的规模、社会影响等因素确定各自单位所管理活动的审批层级。最后，在活动的现场管理中，审批机关要监督、检查主办单位的工作落实情况，协助主办单位做好现场安全管理工作。

（2）加强监督检查，建立责任追究制度。监督、检查是抓各项安全措施落实的有效保证，也是各级职能部门履行大型活动安全监管职责的重要工作手段之一。应该从监督检查机制建设入手，狠抓责任落实，进一步强化检查、监督，逐步完善现场检查登记、复查以及责任追究等制度，以此加强大型活动各环节的安全管理，督促各级管理部门按照既定的工作规范不折不扣地抓好落实，坚决防止因工作不到位而造成安全事故。

（3）强化日常管理，进一步完善基础工作。对于举办时间和地点相对固定的室外大型社会活动（如庙会、宗教活动）的主办单位、场所等，要加强日常管理，完善基础

组织管理、人群管理、场地管理、信息管理、应急管理等方面完善管理系统，保证活动的顺利、有序的进行。

6.3.1 组织管理对策

《大型群众性活动安全管理条例》（以下简称《条例》）第四条规定“县级以上人民政府公安机关负责大型群众性活动的安全管理工作。县级以上人民政府其他有关主管部门按照各自的职责，负责大型群众性活动的有关安全工作”。

《条例》第十二条还规定“大型群众性活动的预计参加人数在 1000 人以上 5000 人以下的，由活动所在地县级人民政府公安机关实施安全许可；预计参加人数在 5000 人以上的，由活动所在地设区的市级人民政府公安机关或者直辖市人民政府公安机关实施安全许可；跨省、自治区、直辖市举办大型群众性活动的，由国务院公安部门实施安全许可。”

由此可见，各级政府对室外大型社会活动的监管不仅仅是日常工作的需要，更是法律赋予的义务。各级政府对室外大型社会活动的监管主要体现在对活动的审查、安全许可工作上，这就要求有关部门做到：

（1）规范管理，用制度保证各项措施的落实。首先，在接待受理阶段要对室外大型社会活动进行风险评估和人员核定。进行登记的工作人员必须经过专业培训。在接待受理阶段进行初步的风险评估，在人员核定上，可以结合实际经验和相关的定量计算公式具体规范人员的核定方法。其次，在审批程序上，实行分级审批。结合实际，根据活动的规模、社会影响等因素确定各自单位所管理活动的审批层级。最后，在活动的现场管理中，审批机关要监督、检查主办单位的工作落实情况，协助主办单位做好现场安全管理工作。

（2）加强监督检查，建立责任追究制度。监督、检查是抓各项安全措施落实的有效保证，也是各级职能部门履行大型活动安全监管职责的重要工作手段之一。应该从监督检查机制建设入手，狠抓责任落实，进一步强化检查、监督，逐步完善现场检查登记、复查以及责任追究等制度，以此加强大型活动各环节的安全管理，督促各级管理部门按照既定的工作规范不折不扣地抓好落实，坚决防止因工作不到位而造成安全事故。

（3）强化日常管理，进一步完善基础工作。对于举办时间和地点相对固定的室外大型社会活动（如庙会、宗教活动）的主办单位、场所等，要加强日常管理，完善基础

工作,做到对活动现场的安全状况、主办方的安全记录等情况心中有数、有据可查^[44]。

6.3.2 人群管理对策

虽然人群管理与控制人群常常交替使用,但是它们之间还是存在一些不同。人群管理被定义为系统的规划和监督人的有序活动。人群控制是对群体行为的约束或限制。人群管理涉及人处理优先使用空间的能力的评估。人群控制可能是人群管理计划的一部分,或发生对一些问题意外的影响。人群控制可以包括为执行命令而采取的极端措施,如使用武力,逮捕,或受到人身伤害的威胁。不当或不完善的控制程序可以促使拥挤事故的发生,而不是阻止事故^[14]。

室外大型社会活动的人群管理主要可以分为人群预测、人流引导、管理中心三大模块,通过信息技术、管理人员的统合协调,确保大型活动期间人群的合理流动,避免人群的局部密集。

(1) 人群预测

室外大型社会活动的人群预测包括活动场所人员安全容纳量估算、人群构成预测、人群分布预测。

在对活动场所安全容纳量估算时,我们要对活动场所及相关设施进行评估,对活动现场的自然环境、人工环境、周边环境、活动内容以及形式等进行综合分析。安全容纳量的估算和控制,是保证良好的活动秩序、预防和减少事故发生的重要手段。

室外大型社会活动人群构成是影响活动人群稳定性的重要因素,不同活动人群构成存在很大差别。大型活动前,对参与活动的人群构成进行预测,一方面使得管理方案、预案的措施更具针对性,便于采取措施缓解因文化、背景等差异引起的人群矛盾,同时也可更好地提供如交通、餐饮等其他服务,使活动更趋成功。

室外大型社会活动人群分布分为时间分布及空间分布。时间分布预测应包含活动周期内人群的变化规律、场所日人群分布规律。时间分布的预测应在历史统计、数学计算的基础上考虑季节变动、活动特征、举办地文化特性等因素。空间分布需结合场所的空间布局、活动安排等,确定人群可能的集中地点、覆盖面积、人群聚集持续时间等^[45]。

(2) 人流引导

人群分流引导方案以引导参与大型活动的人群在时间和空间上分布尽量均衡,缓解人群拥挤,防止人群拥挤现象的出现和在整个活动区域内的蔓延。时间分布引导可以采

用营销、宣传等途径，如采用差别票价的方法，节假日期间事情票价上浮制等。空间分布引导的目的在于避免部分场馆的严重拥堵，主要措施包括协调场馆活动，加强宣传引导，设置引导信息，局部优化设置等。大型活动易出现局部拥挤部位包括主要出入口、通道、特色活动区、服务场所（餐饮点、洗手间等）区等。局部优化设置避免出现人员的聚集，减少人员集中的时间。例如可以采取网上售票、提前预购等方式减少售票口人员的密集程度；增设餐饮摊位，根据人员变动规律调整服务设施的数量等方法减少排队、聚集等^[45]。

（3）管理中心

人群状态的实时信息是至关重要的。为此一个集中人群管理及通讯中心应当建立。人群管理中心应当能够提供最大范围的人群聚集场所的情景，并通过摄像提供对死角、压力点和人群主要移动路径的情况信息。所有地点的工作人员、地方警察、消防和紧急医疗服务，以及任何现场广播或电视媒体应保持良好的信息交流。电台、电话号码以及类似的通信信息和有关程序以印刷形式分发给所有工作人员^[14]。

6.3.3 场地管理对策

场地管理主要是通过改善活动现场的硬件设施得以实现。室外大型社会活动在选择活动场所上，应选择交通便利的场所，这既可以方便活动参与达到现场，又可以保证紧急状况时救援人员及时到达。同时，在选址时还要考虑到周围是否存在危险源，危险源的能量是否会影响活动的正常进行。在现场布局设计上，要保证地面平坦，减少台阶、陡坡、瓶颈点的设计，确保安全出口的数量、宽度符合要求，且保证安全出口、安全通道畅通，必要时可以通过计算机模拟手段验证安全出口是否满足安全要求。在路线设计上，要对人群的路线进行合理设计，避免出现路线交叉、异向人群聚集等现象。此外，对于夜间举行的活动还要保证现场照明的亮度，增设紧急照明设备；对于雨雪后举办的活动要及时清理现场的积雨和积雪，防止现场路面湿滑，增大危险系数。

6.3.4 信息管理对策

提供的信息对人的行为有重要的影响。清晰的路标和简单位置信息广播是至关重要的。不良的信息传递能导致人群停滞、异向人群相遇、阻塞道路、路标被频繁的破坏。没有收到信息或者收到错误信息的人们会变得绝望和急躁^[46]。因此，良好的信息管理不仅有利于人群的分流与疏导，减少事故的发生，还有利于紧急状态下抑制人群心理的突

变,防止事故扩大。在人群聚集场所信息管理中,就要充分利用已有广播系统、扩音设备、指示标志等信息传播手段,及时、准确发布活动信息、疏散通道、安全出口、警示信息等。对于临时性的人群聚集场所,要设立满足要求的信息管理系统,保证信息发布。

6.3.5 应急管理对策

室外大型社会活动应急管理不仅可以预防事故发生和防止损害后果扩大,还是法律赋予组织者、管理者的义务。应急管理工作的重点应放在事故应急救援预案的编制和演练上,一套科学、合理的事故应急救援预案,一支训练有素的应急队伍,是预防与减少室外大型社会活动拥挤踩踏事故的重要保障手段。

在事故应急救援预案编制过程中,要全面分析室外大型社会活动危险因素;排查拥挤踩踏事故高发区的种类、数量和分布情况,并进行风险评估;针对事故高发区和人群控制存在的问题,确定相应的防范措施;客观评价自身应急能力,充分借鉴以往活动和同类活动中的事故教训及应急工作经验。

针对室外大型社会活动拥挤踩踏事故的事故应急救援预案至少应包含以下内容:

- (1) 事故应急救援预案编制目的、依据、适用范围;
- (2) 室外大型社会活动危险性分析;
- (3) 明确的应急组织形式、救援指挥机构总指挥、副总指挥以及各成员单位或人员的具体职责;
- (4) 明确事故高发区和人群控制的方式、方法,以及采取的预防措施;明确拥挤踩踏事故预警的条件、方式和信息发布程序;
- (5) 确定信息报告程序,包括报警方式、相关部门的通讯联络方式等;
- (6) 应急处置措施。

此外,要想事故应急救援预案取得良好的效果,就必须进行演练和不断修改。演练可增强队伍的凝聚力、协调性,充分熟悉预案的内容。管理者也可以通过演练,发现预案的不足并不断加以完善。

结 论

室外大型社会活动中发生的事故多种多样,但拥挤踩踏事故无疑是损失最为严重的,影响范围最广的一类事故。因此,本文针对室外大型社会活动拥挤踩踏事故机理进行了研究。

本文的主要结论总结如下:

(1) 据不完全统计,2000 年~2007 年全球共发生拥挤踩踏事故 72 起,造成 2798 余人死亡, 5834 余人受伤,伤亡情况在空间和时间上呈随机分布。

(2) 室外大型社会活动拥挤踩踏事故成因复杂,单一原因促使的拥挤踩踏事故是不存在的,此类事故的成因往往是多种原因相互影响、相互作用的结果,通过更换因果连锁论中的骨牌可以说明事故成因。

(3) 由于室外大型社会活动参与人员构成复杂,使得人群最大密度不同,进而导致没有一个统一的判断拥挤踩踏事故的标准。本文以不同国家(地区)人体尺寸为基础,考虑到活动人群构成中的性别比和人口比,计算出理论最大人群密度 7.6 人/m^2 。

(4) 室外大型社会活动受外界因素影响比较大,理论计算值存在一定误差。可以通过采用模糊综合评判的办法来确定修正系数,增大了安全容纳量和人群最大密度的可靠性。

(5) 为了预防与减少室外大型社会活动拥挤踩踏事故的发生,不能采取单一手段进行控制,需要技术、教育、管理三管齐下。

对今后工作的建议

尽管本文对室外大型社会活动拥挤踩踏事故机理进行了研究,也取得了一定的成果及进展,但由于受各方面因素的现在,还有许多方面存在着不足和遗憾,需要在以后研究中加以完善或解决。主要包括:

(1) 由于条件和时间所限,本文并未完全统计出 2000 年~2007 年全球发生的拥挤踩踏事故。今后可以更全面搜集此类事故的资料,建立事故数据库,为制定安全对策措施提供依据。

(2) 虽然在计算我国人群最大密度时考虑到人群构成中的性别比和人口比, 但还不够全面, 今后的计算过程中应该年龄构成、教育背景等因素, 使人群最大密度更趋于合理。

(3) 安全容纳量的计算涉及的因素比较广泛, 文中考虑不够充分, 如人的心理、生理等多方面因素均未考虑, 今后应考虑相关因素更为全面, 使其与实际情况更为接近。

(4) 由于影响室外大型社会活动安全容纳量和人群密度是多因素综合作用的结果, 所以本文在对影响因素进行分析时还比较粗糙, 很多的因素还有待进一步划分, 例如事故触发因素动能。同时对指标进行量化时主观因素较多, 这是在日后的工作学习中需要进一步加强和完善的地方。

参考文献

- [1] 张颖. 中国公共安全面临严峻挑战-专家吁纳入基本国策[EB/OL],
<http://news.southcn.com/china/zgkx/200402260143.htm>, 2004-02-26
- [2] 新华网. 2006 中国沈阳世界园艺博览会圆满落幕[EB/OL],
http://www.ln.xinhuanet.com/2006syh/2006-11/02/content_8411711.htm, 2006-11-02
- [3] 吴穹, 许开立. 安全管理学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2002
- [4] 顾加额. 大型社会性公众活动应急预案研究[D]. 上海: 上海交通大学, 2006
- [5] 大型群众性活动安全管理条例
- [6] 北京市大型社会活动安全管理条例
- [7] 杨霞. 大型活动安全管理存在的问题及对策[J]. 北京人民警察学院学报 2005, 7(4): 24-26
- [8] 姜传胜. 人员疏散计算机模型技术的研究现状和发展趋势[C]. 中国职业安全健康协会 2005 年学术年会论文集. 湖北: [出版社不详], 2005
- [9] 徐高. 人群疏散的仿真研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2003
- [10] 崔喜红, 陈晋, 李强. 大型公共场所人员疏散模型研究[J]. 应用基础与工程科学学报, 2006, 12(14): 94-100
- [11] 胡清梅. 大型公共建筑环境中人群拥挤机理及群集行为特性的研究[D]. 北京: 北京交通大学, 2006
- [12] 潘忠. 基于几何的人员疏散仿真研究[D]. 上海: 同济大学, 2006
- [13] 冉丽君, 刘茂. 人群密度对人群拥挤事故的影响[J]. 安全与环境学报, 2007, 8: 135-138
- [14] John J Fruin, Ph D, P E. The Causes and Prevention of Crowd Disasters[C]. The First International Conference on Engineering for Crowd Safety, London, 1993
- [15] 徐敏. 疏散中的典型心理行为特征分析[J]. 安全, 2007, 6: 42-44
- [16] 肖双喜, 周兴或, 李向阳, 等. 拥挤人群疏散数学模型的研究现状探讨[J]. 中国安全生产科学技术, 2007, 4(2): 107-110
- [17] 卢春霞. 人群流动的波动性分析[J]. 中国安全科学学报, 2006, 2(2): 25-26
- [18] 中国职业安全健康协会北京市劳动保护科学研究所. 2006 年世界园艺博览会事故预防与控制项目(2)——园区内步行人员流动和应急[J]. 安全, 2005, 6: 6-8
- [19] 北京城市有毒有害易燃易爆危险源控制技术研究中心. 城市公共场所人员疏散安全性评价技术研究进展. 安全, 2003 增刊: 38-39
- [20] 王起全, 金龙哲, 向衍荪. 大型公共活动风险控制研究与分析[J]. 中国安全科学学报, 2007, 1(1): 141-147
- [21] 佟瑞鹏, 吴宗之, 王起全. 大型社会活动风险评价指标及控制对策研究[J]. 应用基础与工程科学学报. 2006, 12: 82-87
- [22] 王瑜, 熊艳, 冯志斌. 大型社会活动的事故预防与控制[J]. 安全, 2007, 6
- [23] 刘利. 道路交通事故统计分析 & 预测模型研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2005
- [24] 隋鹏程, 陈宝智, 隋旭. 安全原理[M], 北京: 化学工业出版社, 2005
- [25] 孙超, 吴宗之. 公共场所踩踏事故分析[J]. 安全, 2007, 1: 18-23
- [26] 任常兴, 吴宗之, 刘茂. 城市公共场所人群拥挤踩踏事故分析[J]. 中国安全科学学报, 2005, 12(12): 102-106
- [27] 寇丽平. 群体性挤踏事件原因分析与预防研究[J]. 中国人民公安大学学报, 2005, 4(4): 16-22

- [28] 张德沛. 安全疏散设计: 密云县彩虹桥事故的联想[J]. 科技, 2004(6), 124-127
- [29] 佟瑞鹏, 吴宗之. 大型社会活动风险管理及网络模型的构建[C]. 2006年(沈阳)国际安全科学与技术学术研讨会论文集. 沈阳: [出版社不详], 2006
- [30] 范冠华. 谣言[EB/OL], <http://baike.baidu.com/view/510810.html>, 2008-06-30
- [31] 王振, 刘茂. 人群聚集过程的定量分析与计算机模拟[J]. 青岛大学学报(自然科学版), 2006, 6(2): 44-48
- [32] 柳妍. 城市人口密集场所突发事件疏散对策研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学, 2007
- [33] 李强, 陈春晓, 陈晋, 崔喜红. 考虑疏散安全的公共场所人员容量控制研究[J]. 中国安全科学学报, 2007, 3(3): 33-39
- [34] 柳妍. 城市人口密集场所的安全容纳量研究[J]. 中国公共安全·学术版, 2003, 3: 30-33
- [35] 李伟. 密集人群应急管理和人群行为模拟[R]. 北京: 北京市劳动保护科学研究所, 2007
- [36] 木村. 清. 公共场所的事故预防[C]. 2001年中日产业安全研讨会论文集. 西安: [出版社不详], 2001
- [37] 卢春霞. 拥挤人群中的挤压分析[J]. 交通运输系统工程与信息, 2007, 4(2): 98-103
- [38] GB10000-88, 中国成年人人体尺寸[S]. 北京: 中国标准出版社, 1988
- [39] 王起全, 金龙哲. 大型活动拥挤踩踏事故模糊综合评估方法应用分析[J]. 中国安全科学学报, 2007, 9(9): 124-130
- [40] 罗勇波. 大型商场火灾公众责任保险风险评估方法及应用研究[D]. 武汉: 中国地质大学, 2008
- [41] 肖春平. 皇寺庙会十天引来百万“逛客”[EB/OL], <http://news.sohu.com/20081007/n259878156.shtml>, 2008-10-7
- [42] Google. Google 地图[EB/OL], http://ditu.google.cn/maps?utm_campaign=zh_CN&utm_medium=ha&utm_source=zh_CN-ha-apac-cn-sk-gm&utm_term={ditu}.html
- [43] 田玉敏, 王辉. 人群安全疏散管理对策的研究[J]. 消防技术与产品信息, 2007(2): 13-17
- [44] Andrew. Fell. A Study of Modeling Crowd Dynamics[R]. Canada: Carleton University, 2003
- [45] 谢振华, 孙超, 杨琳. 大型活动密集人群的风险分析与管理[J]. 中国公共安全·学术版, 2006, 12: 40-43
- [46] RM Consultants. Crowd risk assessment[EB/OL], <http://www.crowddynamics.com>
- [47] 褚冠全, 孙金华, 王青松, 陈思凝. 疏散准备时间及出口宽度对人员疏散影响的模拟[J]. 科学通报, 2006, 3(6): 738-744
- [48] 叶明海, 嵇方. 大型社会活动安全事故成因分析及预警组织模型构建[J]. 灾害学, 2006, 12(4): 108-113
- [49] 欧阳文昭, 廖可兵主编. 安全人机工程学[M]. 北京: 煤炭工业出版社, 2002

致 谢

本文自始至终是在导师田宏教授的悉心指导及热心鼓励下完成的。在此，谨向田老师致以最衷心的感谢！

感谢 2006 级安全技术及工程专业的所有同学，是你们的相伴，让我二年半的研究生生涯变得丰富多彩！感谢你们在我学习期间给予的热情帮助以及在论文撰写过程中提出的宝贵意见。同时，还要感谢所有曾经帮助过我的朋友以及实习单位的领导和同事。

最后，要特别感谢我的父母！在漫长的求学生涯中，您们做出了巨大的牺牲和奉献，是您们的关心和付出使我得以顺利完成学业！

作者：



攻读硕士期间发表（含录用）的学术论文

- 1 白锐，梁力达，田宏. 人群聚集场所拥挤踩踏事故原因分析与对策. 工业安全与环保（已录用）