

公众聚集场所人群疏散基础数据的分析^{*}

徐方^{1,2} 讲师 魏东² 副教授 魏星¹

(1 中国人民武装警察部队学院研究生队, 廊坊 065000)

(2 中国人民武装警察部队学院消防指挥系, 廊坊 065000)

学科分类与代码: 620 5010

中图分类号: X928 03

文献标识码: A

资助项目: 国家“十一五”科技支撑项目(2006BAK08B02)。

【摘要】 针对直接利用国外的人群疏散基础数据进行我国公共聚集场所人群疏散的模拟将会产生不准确的预测结果、导致这些场所人员安全得不到保证的问题, 通过对大量国内外相关数据的搜集、整理和分析, 确定了6种基础数据是建立疏散模型和开发疏散模拟软件的必备基础, 包括: 人员类型和人群的组成、人员水平投影面积和形状、人员密度、人员行走速度、边界效应宽度和预动作时间; 总结出获取基础数据的4种主要方法, 即直接观测和录像观测、人群疏散演习、个体试验和问卷调查; 并确定了可在现有资料中直接获得并使用的数据以及仍需要进一步研究确定的数据。研究结论为公共聚集场所人群疏散问题的研究提供了参考和依据。

【关键词】 公共聚集场所; 人群疏散; 基础数据; 疏散模拟; 突发事件

Analysis on the Original Data of Crowd Evacuation in Public Gathering Places

XU Fang², Lecturer WEI Dong² Assoc. Prof. WEI Xing¹

(1 Team of Postgraduate Chinese Peoples Armed Police Forces Academy Langfang 065000 China)

(2 Department of Fire Fighting Chinese Peoples Armed Police Forces Academy Langfang 065000 China)

Abstract: The direct use of the original data about crowd evacuation from other countries would lead to incorrect conclusions and affect the evacuation of crowds. To overcome this problem, 6 types of original data are firstly identified necessary for evacuation models on the basis of the collection and analysis of large quantity of related data at home and abroad, namely types of occupants and crowds, horizontal projection area and shape of occupants, occupant density, occupant speed, effective width and pre-movement time. Then, 4 methods about how to obtain original data are summarized, which includes observations, evacuation rehearsal, individual test and surveys. Furthermore, the data that can be directly used and that needs further studying are determined. The conclusion could be referred for the further research.

Key words: public gathering place; crowd evacuation; original data; evacuation simulation; emergency

0 引言

近年来, 国内外相继发生了一系列群死群伤的灾难性事故, 尤以公共聚集场所突发事件中造成的

人员伤亡最为严重, 如2006年1月12日的麦加朝觐踩踏事件造成362人死亡, 近300人受伤。因此, 发生紧急情况时, 如何保证这类场所的人群安全疏散, 是突发事件应急处置中一个最为关键的环节。

* 文章编号: 1003-3033(2008)04-0137-09 收稿日期: 2007-12-19 修稿日期: 2008-03-04

在人群疏散问题的研究中,基础数据是疏散模型建立的基础和疏散模拟的输入数据,其准确程度将直接影响模拟结果。但目前,我国的研究工作大多集中在模型开发方面^[1-4],由于国内基础数据的缺乏,多数研究都直接采用国外的数据。而我国在人员个体特征、文化背景、行为习惯和应急疏散素养方面与西方国家有很大不同,中外人员在疏散中的心理和行为也存在差异。

例如:国外的研究者认为疏散时大多数人会选择他们进入建筑时所走的出口,而笔者针对某高校的学生所作的调查显示只有 9.7% 的会作出上述选择,因此,如果将国外的基础数据直接应用到我国人群疏散的预测研究上,难免会得到不准确的预测结果。因此,广泛开展针对我国典型人群的调查研究,建立我国自己的相关基础数据库,是研究公共聚集场所人群疏散亟待解决的问题。建立基础数据库首先应搜集、整理和分析国内外的相关资料,确定现有可直接利用的数据和必须进一步研究的数据,以减少不必要的重复工作。

1 人群疏散相关数据的类型

在遭遇突发事件时,当事人不仅要承受事故本身带来的影响,还要承受相当大的心理压力,这使人的疏散行为变得非常复杂。因此,要真实地模拟人的疏散行为,准确地预测疏散时间就需要有丰富的基础数据。经整理和分析,笔者认为疏散问题涉及到的相关数据可以分为 3 类:

第一类是反映公共聚集场所人群物理性质的数据,包括人员类型和人群的组成、人员水平投影的形状和面积、人员密度、人流密度、人员行走速度和人员流量等。

第二类是反映建筑物结构对人群疏散影响的数据,包括出口个数和位置的影响、楼梯和电梯的影响、墙壁等的边界效应、出口和通道的人流通过能力等。

第三类是反映疏散者的心理和行为规律的数据,包括事故的察觉方式、决策行为、出口的选择和非适应性行为等。

3 类数据中,均有各自特征:

第一类的各种数据之间大都相互关联,如各类不同的人员具有不同的投影面积和行走速度,而行走速度受到人员密度的影响,人员流量为人员密度与行走速度的乘积,计算人流密度需考虑人员水平投影面积和行走速度,其中无法由其他数据计算得到的最基本的数据有,人员类型和人群组成、人员水平投影面积

和形状、人员密度和人员行走速度。

第二类数据中有些与具体的建筑类型和结构相关,如出口个数和位置的影响、楼梯和电梯的影响等,这些数据可随模拟场景的确定而确定,因此,在建立计算机模型时不需要具体考虑,出口和通道的人流通过能力可用来验证模型的准确程度,而边界效应宽度是建模时必需考虑的数据。

第三类数据涉及人在紧急状况下的心理,这类数据过于复杂,很难量化,在建模时一般通过给人员设定一定的行为规则来模拟。在这类数据中涉及人员对事故的觉察以及疏散前的决策等行为的过程可以统称为预动作过程,这段时间称为预动作时间,是必需疏散时间 RSET 的重要组成部分。但预动作过程很难通过上述方法模拟,只有在模拟时输入或在模型中预设预动作时间,才能准确估计必需疏散时间,因此,预动作时间是一个不能忽略的基础数据。

经以上分析,建立疏散模型时必不可少的基础数据主要有 6 种,即人员类型和人群的组成、人员水平投影面积和形状、人员密度、人员行走速度、边界效应宽度和预动作时间。

2 人群疏散基础数据的采集方法

2.1 直接观测和录像观测

在特定场所对人群的移动情况进行实地观测或录像,是获取该类型场所中反应疏散人群物理性质数据的主要方法。同时,采用该方法可获得一些正常状态下人群运动的规律。

1) 该方法的优点主要有两点:

- ① 实施简便,尤其是录像纪录更为方便;
- ② 对观测对象干扰小,采集到的数据符合实际情况。

2) 该方法的缺点主要有两点:

① 火灾等紧急事件具有突发性、随机性和不确定性,因此,一般无法获得发生事故时人群的实际疏散数据;

② 一般只能对局部进行观测,如建筑物的出口、某段通道等,而不易追踪个体的实际运动轨迹和观察人员在建筑内部的总体移动情况。

2.2 人群疏散演习

组织人员进行设定场景的疏散演习是获取地铁、超市等公众聚集场所疏散相关数据的有效手段。

1) 该方法的优点主要有以下 3 点:

- ① 场景真实, 更符合事故疏散的实际情况;
- ② 可以获得各种类型的疏散数据;
- ③ 可以进行各种设定场景 (如火灾) 和事故位置 (如某一楼层) 的演习, 以获取相关资料。

2) 人群疏散演习的缺点主要有 3 点:

- ① 组织实施困难, 组织疏散演习需要花费大量的人力、物力和财力, 演习过程中的人员安全保障也是需要重点考虑的问题;
- ② 不可能同时对所有人的相关属性和疏散轨迹进行跟踪记录;
- ③ 如在演习前告知参加演习的人员, 则演习中人员的心理和状态无法与真实情况下的完全吻合, 如不提前告知, 则可能发生无法控制的后果, 甚至会造成人员伤亡, 都是疏散演习无法克服的缺点。

2.3 个体试验

通过个体试验的方法也可以获得人在紧急情况下的一些心理和行为规律, 如 Benthom^[3] 在某大型超市随机选择购物的人员作为试验对象, 请他们戴上无线耳机, 通过耳机发送信号来测试人员对警报的反应及如何选择出口。而在日本也曾进行过测试人在烟雾中的心理状态变化的试验。个体试验可每次只选取一人为测试对象, 通过对多个对象的测试来获得有价值的信息, 因此, 相对于需要很多人同时参加的疏散演习, 更容易操作。但个体试验的方法针对的是单个的研究对象, 因而其结果无法体现疏散过程中人与人之间的相互作用和影响。

2.4 问卷调查

针对不同的人群实行问卷调查是目前最常用、最有效的获得事故中人员心理和行为规律的方法。问卷调查的对象可分为 3 类:

- 1) 经历过紧急情况和疏散的人员;
- 2) 参加疏散演习人员;
- 3) 一般人员。

3 类问卷调查的对象和任务:

第一类对象进行问卷调查所获得的数据最有价值, 但是这类对象人数较少, 不易寻找;

第二类对象的调查一般在疏散演习之后进行, 数据的价值取决于演习接近真实情况的程度;

第三类对象最易获得, 但由于该类对象对问卷问题的回答大多凭借推断和猜测, 因此, 所得数据只能作为参考。问卷调查的关键是调查问卷的设计, 如何通过问卷的合理设计, 获得全面真实的疏散数

据是这种方法的重点和难点。

在上述几种基础数据的采集方法中, 直接观测和录像观测最简单易行, 个体试验和问卷调查的难点都在于准备阶段的构思和设计, 疏散演习的实施最为困难。在实际进行人群疏散基础数据的采集时, 更多情况下是将几种方法联合使用, 如在进行疏散演习时, 在演习区域内设置录像设备以纪录和观察人员在疏散过程中的一些现象, 在演习后, 要求参加演习人员填写问卷以了解其心理变化等方面的情况。

3 人群疏散基础数据的讨论

3.1 人员类型和人群的组成

公共聚集场所的人群组成一般较为复杂, 包括各种年龄、职业、性格、受教育程度、身体条件、健康程度和不同性别的人员。各种具有不同特性的个体在疏散中会表现出极大的差异性, 而且不同的公共聚集场所人群的组成也不尽相同。因此, 人员类型和各种不同类型的公共聚集场所中典型的人群组成情况应是首要解决的基础数据之一。

在疏散模型 SimuIex^[6] 中默认:

- 1) 将人员划分为 4 种类型, 即平均情况、男性、女性和儿童, 每种类型的人员具有各自的身体尺寸和步行速度等特征参数;
- 2) 该模型将人群分为 8 种类型, 即职员、往返者、购物者、在校儿童、老年人、全为男性、全为女性、全为儿童, 每一种类型的人群分别由 4 种类型的人员按照不同比例构成, 以反映不同建筑类型内的人员构成特点, 如表 1 所示。

表 1 疏散模型 SimuIex 中的人群类型及组成

人群类型	平均情况 / (%)	男性 / (%)	女性 / (%)	儿童 / (%)
职员	30	40	30	0
往返者	30	30	30	10
购物者	30	20	30	20
在校儿童	10	10	10	70
老年人	50	20	30	0
全为男性	100	0	0	0
全为女性	0	0	100	0
全为儿童	0	0	0	100

在疏散模型 buildingEXODUS^[7] 中预设了 3 个年龄段 (17~29 岁、30~50 岁、51~80 岁) 的男性和

女性共计 6 种人员类型, 每种人员的人数在人群总人数中所占比例的默认值为: 17 ~ 29 岁男性 8. 0%, 30 ~ 50 岁男性 30. 0%, 51 ~ 80 岁男性 22. 0%, 17 ~ 29 岁女性 7. 0%, 30 ~ 50 岁女性 20. 0%, 51 ~ 80 岁女性 13. 0%, 还可以由使用者根据所研究问题的不同而设定不同的人员比例。

Simulex 和 buildingEXODUS 中预设的人员类型都比较笼统、简单, 该做法可降低模拟的难度, 节省空间, 减少运算时间。很明显, 对人群的划分越接近真实情况模拟结果越准确, 但同时会导致计算量过大而难以计算甚至无法计算; 越简单粗略的划分越容易计算, 但拟真程度也会随之下降。

目前, 我国对于人群类型及组成的研究极少, 只有田娟荣^[8]等通过对出入某地铁站的旅客进行观测和录像, 得到了以下数据: 乘客的性别比例为男性占 45. 3%, 女性占 54. 37%; 乘客的年龄比例为小于 15 岁占 4. 4%, 15 ~ 30 岁占 67. 3%, 30 ~ 60 岁占 24. 5%, 大于 60 岁占 3. 8%。因此, 应该广泛开展对公众聚集场所, 如地铁和大型商场、超市的实地调查, 通过观测和录像等方式获得相关数据, 合理定义符合我国实际情况的人员种类、典型人群类型及组成。

3.2 人员水平投影的形状和面积

人体的一些测量数据, 如身高、肩宽和胸厚都是建筑安全疏散设计的依据, 在疏散问题的模拟和研究中一般只考虑人员的水平投影。以此为依据, 可以计算人流密度及在计算机模拟中确定网格的大小、确定人员的坐标和表示疏散中的人员。

在大多数疏散模型中一般用矩形或椭圆形来定义人员的外形, 如 buildingEXODUS 也有些模型用 3 个圆来表示, 如 Simulex 图 1 所示为 Simulex 中的人体模型, 中间的大圆为体圆, 两侧的两个小圆为肩圆。无论哪种表示人员外形的方法都需要以人员的肩宽和胸厚作为依据。

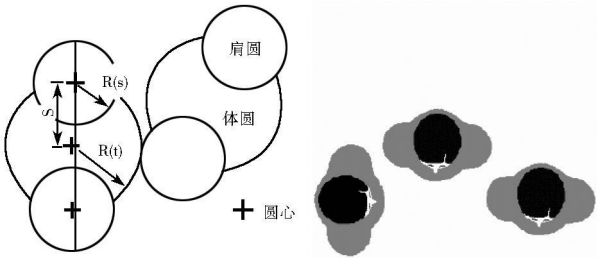


图 1 疏散模型 Simulex 中的人体模型

本国人员的测量数据给出了相应的指标^[9]: 前苏联测算的春秋季节成年人的平均尺寸为 0. 113 m²; 奥地利年龄在 15 ~ 30 岁未穿外套的人员水平投影面积为 0. 145 8 m², 身着外套时为 0. 186 2 m²; 德国的人员水平投影面积为 0. 12 ~ 0. 19 m²; 美国 18 ~ 45 岁男女人员的人均水平投影面积为 0. 090 6 m²。

上述数据可以看出不同国家、不同人种的水平投影面积相差较明显。

1983—1987 年, 国家标准化主管部门组织了我国的人体测量工作, 在全国 6 个大区内共测量了 11 164 名男子样本和 11 150 名女子样本, 并根据测量结果于 1989 年 7 月 1 日开始实施国家标准《中国成年人人体尺寸》(GB10000—1988)^[10], 该标准中提供了我国成年人人体水平尺寸的基础数值, 如表 2 所示。

表 2 中国成年人人体水平尺寸 mm

测量项目	百分位数							
		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	397	428	438	458

注: 表中所列数据, 代表从事工业生产的法定成年人 (男 18 ~ 60 岁, 女 18 ~ 55 岁)。

以表 2 中数据按矩形计算, 可得我国成年人水平投影面积小于 0. 246 m², 其中 50% 的人水平投影面积小于 0. 170 m²。在建立离散型计算机模型时, 表 2 中的数据可以满足建模的需要, 作为划分网格大小的依据; 而对于连续型, 如模拟人与人之间的接触等情况, 则还需要进一步针对不同人员类型确定其水平投影的尺寸。

3.3 人员密度

人员密度反映一个空间内人群的稠密程度, 在进行模拟时可用来确定参与疏散的人数, 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。Fruin 在《人群分布与设计》^[11]中推荐建筑中人员的密度如下: 水平走道上为 0. 43 ~ 2. 15 人 / m², 楼梯上为 1. 08 ~ 2. 69 人 / m²。我国的各类规范及设计资料对各种公共聚集场所的人员密度有较详细的规定, 如表 3 所示。

表 3 各类公共聚集场所人员密度

公共聚集场所类型	数据来源	人员密度 (m ² /人)	人员密度 (人 /m ²)	备注
办公楼	建筑设计资料集 4 ^[12]	0.8~7.5	0.13~0.25	
电影院观众厅	建筑设计资料集 4 ^[12]	0.6~0.9	1.11~1.67	专业电影院观众厅面积算至银幕后 2 m。
剧场	建筑设计资料集 4 ^[12]	0.55~0.7	1.43~1.82	面积为观众厅面积
旅馆	建筑设计资料集 4 ^[12]	13~20	0.05~0.077	面积为客房部分的面积
汽车客运站候车厅	汽车客运站建筑设计规范 ^[13]	1.10	0.91	面积为候车厅使用面积
商店	商店建筑设计规范 ^[14]	1.18~1.67	0.6~0.85	面积为每层营业厅和为顾客服务用房的使用面积之和
地下商店	人民防空工程设计防火规范 ^[15]	1.18~1.25	0.80~0.85	面积为每层营业厅和为顾客服务用房的使用面积之和
地铁站台	地铁设计规范 ^[16]	0.33~0.75	1.33~3.03	

办公楼中的人员比较固定,影剧院和旅馆等场所中的座位数和床位数固定,因此,这几类场所的实际人数容易确定,且一般不会超过设计值,其人员密度值可依据《建筑设计资料集 4》确定。汽车客运站,尤其是大中城市的汽车客运站聚集的人员数量经常会超过设计值,对这一类场所的人员密度应通过实地调查确定。《商店建筑设计规范》制定的年代较早,通过一些研究者的实地调查发现,其提供的人员密度已经与大型商场和超市的实际情况有了较大差距,如西安建筑科技大学张树平^[17]等人在对西安民生百货大厦进行调研后提出大型商场营业厅人员密度如下:一层、二层 0.4~0.6人/m²,3层 0.3~0.5人/m²,4层及 4层以上 0.2~0.4人/m²;中国科学技术大学游宇航^[18]等人通过对某大型超市在一段时间内出口和入口人流量的调查,得出了在平

时情况下超市内人员密度约 0.22人/m²,推荐取 0.28~0.38人/m²。

对于大型商场和超市还需开展广泛的调查以确定合理的人员密度。《地铁设计规范》在 2003年才刚刚开始颁布实施,是在原《地下铁道设计规范》(GB50157—1992)基础上全面修订完成的,因此,其推荐地铁站台的人员密度应较符合现实情况并有一定裕度,可以直接使用。

3.4 行走速度

人员密度较低时,人与人之间距离较大,人员可以以正常步速行进,行走速度与人员的个体特性(如年龄、性别、健康程度)、所处位置(平地还是上下楼梯)有关。Chen^[19]等总结了从各类文献上得到的部分人员行走速度的统计值,如表 4所示。

表 4 楼梯和水平走道上的速度统计

文献来源	楼梯行走速度 /(m/ s)	水平走道行走速度 /(m/ s)	场所描述
Fruin (1971)	↓ 0.36~0.76	0.51~1.27	公共场所
	↓ 0.66(32°)		
	↓ 0.76(27°)		
Predtechenskii and Miljnskii(1971)	↓ 0.18~0.27	> 0.28	公共场所
Andrews and Boyes (1977 — 1978)	↓ 0.66	—	地铁站
	↑ 0.62		
Proulx (1995)	↓ 0.52	—	中层公寓
	↓ 0.54		
	↓ 0.62		
Proulx et al. (1995)	—	1.05(0.57~1.20)	高层公寓
		0.95(0.56~1.12)	
Proulx et al. (1996)	↓ 0.78	—	中层办公楼
	↓ 0.93		
Schneider (2001)	0.7~1.3		人员疏散模型 (ASER)

注: ↓表示下楼, ↑表示上楼。

buildingEXODUS利用 Fruin的研究成果, 设定了不同年龄段和性别的人员上下楼梯的默认速度, 如表 5所示。

表 5 源自于 Fruin的上下楼梯的默认速度

性别	年龄 (岁)	下楼的速度 (m/s)	上楼的速度 (m/s)
男	< 30	1.01	0.67
女	< 30	0.755	0.635
男	30 ~ 50	0.86	0.63
女	30 ~ 50	0.665	0.59
男	> 50	0.67	0.51
女	> 50	0.595	0.485

此外, buildingEXODUS中还设置了 4种人员行走模式来模拟人员在水平走道上的行走速度, 分别为快速行走、行走、跳跃和爬行。其中以快速行走速度为标准速度, 其余 3种行走模式的速度依次为标准速度的 90%、80%和 20%。

当人员密度升高到一定程度后, 就开始影响行走速度, 随着人员密度的升高, 人与人之间间隔的减小, 行走速度逐渐降低直至无法移动。由 Bryant^[20]提供的数据可知: 当人员密度小于 0.5人/m²时, 人能以 1.25 m/s 的平均速度沿走道行走。随密度增加, 行走速度下降。当密度达到 4人/m²或 5人/m²时, 人就无法移动。

对于人员行走速度与人员密度之间的关系, 国内外有许多研究成果, 如 Simulex中给出的行走速度与人员间距之间的关系 (见图 2)。

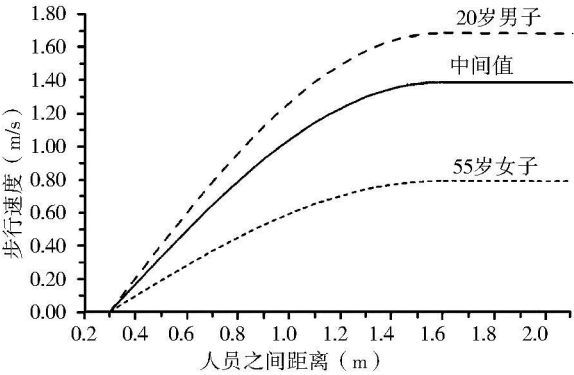


图 2 行走速度与人员间距的关系

从表 4中的统计值看, 不同文献提供的条件相似情况下的步行速度均值差别不大, 但范围较宽, 如 Fruin提出的公共场所水平走道上的人员行走速度在 0.51 ~ 1.27 m/s之间, 这表明行走速度存在明显的个体差异, 因此, 笔者认为对行走速度的研究重点应放在如何定义不同类型人员在不同状态下的特定速度上, buildingEXODUS在这方面所作的工作可以作为很好的参考。

3.5 边界效应宽度

人在运动过程中会与固体边界间保持一定距离, 称为边界效应。Pau^[21] 1982年提出了有效宽度模型, 认为出口和楼梯的宽度在计算中需要扣除边界效应。楼梯或出口的边界为墙体时, 边界效应宽度为 150 mm; 而当边界为扶手时, 边界效应宽度则为 90 mm。在我国《建筑设计资料集 1》^[22] 中第二章人体尺度——活动空间尺度中的要求为行走中的人与墙壁之间距离 20 mm, 人与人之间距离 40 mm。

在拥挤情况下是否仍然存在边界效应, 如果存在, 现有 Pau^[21]和《建筑设计资料集 1》提供的的数据哪一个更加符合我国人群疏散中的实际情况有待于进一步研究。笔者认为可以通过对通道中拥挤人群的运动情况进行录像, 通过分析录像资料得到这个数据。

3.6 预动作时间

人在遭遇事故开始疏散之前, 一般都会有一个对于事故的察觉和确认的过程, 这必然会导致其疏散的延迟, 这段延迟时间被称为预动作时间。英国《建筑火灾安全工程》^[23] (fire safety engineering in buildings)中根据统计数据和经验, 推荐的各种用途建筑内采用不同火灾广播系统时的人员与动作时间的关系, (见表 6)。

表 6 各种用途的建筑物采用不同火灾报警系统时的人员预动作时间

建筑物用途	建筑物特性	预动作时间 / (min)		
		报警系统类型		
		W1	W2	W3
办公楼、商业、厂房和学校	建筑物内人员处于清醒状态, 熟悉建筑物及报警系统和疏散措施	< 1	3	> 4
商店、展览馆、博物馆、休闲中心等	建筑物内人员处于清醒状态, 不熟悉建筑物及报警系统和疏散措施	< 2	3	> 6
住宅或寄宿学校	建筑物内人员可能处于睡眠状态, 熟悉建筑物及报警系统和疏散通道	< 2	4	> 5
旅馆或公寓	建筑物内人员可能处于睡眠状态, 不熟悉建筑物及报警系统和疏散通道	< 2	4	> 6
医院、疗养院及其他社会公共福利设施	有相当数量的人员需要帮助	< 3	5	> 6

注: W1为现场广播, 来自有闭路电视系统的消防控制室; W2位事先录制好的声音广播; W3为采用警铃、警笛或其他类型警报装置的报警系统。

Shield^[24]开展的 4座大型零售商场的人员疏散演习的预动作时间的统计如表 7所示。

表 7 大型零售商场疏散演习中的疏散预动作时间

商场名称	人员疏散预动作时间 / (s)			商场内顾客数量 / (人)
	均值	标准偏差	范围	
Royal Av	37	19	3 ~ 95	122
Queen St	31	18	4 ~ 100	122
Sprucefield	25	14	1 ~ 55	95
Culverthorpe	25	13	2 ~ 60	71

Charters^[25]在对火灾事故调查基础上得出不同场所人员疏散预动作时间的统计如表 8所示。

表 8 不同建筑类型的人员疏散预动作时间统计

建筑类型	疏散预动作时间均值 / (min)	疏散预动作时间范围 / (min)	统计火灾次数 / (次)
办公室	1.89	0 ~ 9	19
商店和商业场所	1.81	0 ~ 7	16
公共娱乐场所	2.00	0 ~ 9	28

东北大学张培红、陈宝智^[26]等人, 对香港特区 3综公屋火灾案例中的人员疏散行为进行了问卷调查。香港公屋居住人员在得到火警信息后, 约占半数的人将会首先采取进一步确认火灾信息等行动, 最终在 10 ~ 20 min以后才开始撤离 1/4左右的人会作出立刻开始疏散行动的决策。统计结果如表 9 所示。

表 9 疏散行动开始前人的疏散行为反应

疏散行动开始前人的疏散行为反应	所占比例 / (%)
马上开始疏散行动 (1 min左右)	28.5
过一段时间才开始疏散行动 (5 min左右)	9.6
较长一段时间后才开始疏散行动 (10 ~ 20 min)	52.4
呆在原地等待救援	9.5

预动作时间与人员的个体特性、心理行为特征、文化背景等密切相关, 由以上数据可以看出, 各国人群的预动作时间有较大差别, 我国香港地区人员疏散的预动作时间明显相对较长, 可见在疏散模拟时直接引用国外的数据是不合理的, 而香港地区的调查结果是否在全国范围内广泛适用也需进一步研究。由于影响预动作时间的因素很多, 非常难以量化和预测, 所以只有通过大量的统计数据才能估计和确定, 但到目前为止, 我国在这方面所作的工作极少, 因此, 急需通过疏散演习和问卷调查来获取不同类型公共聚集场所中人群预动作时间的数值。

4 人群疏散基础数据的应用分析

通过以上对 6种建立疏散模型必需的基础数据的整理和讨论可以看出, 基础数据中有些国外已有研究结果, 但是是否适合中国国情还缺少验证; 有些可以在国内资料中找到相关数据, 但与实际情况相差较大; 有些已由国内的研究者进行了初步的研究, 但其普适性还有待证明。

大部分现有的基础数据不能直接应用到公共聚

集场所人群疏散的预测研究中。从现有数据是否符合我国实际情况出发,可对其是否能够直接应用进行分析,如表 10 所示,并列出了可直接应用数据的来源和须进一步研究数据的参考资料。

表 10 6 种基础数据汇总分析

基础数据类型		可直接应用	尚待研究	数据来源或可供参考的资料
人员类型和人群的组成			✓	① 疏散模型 Simulux ② 疏散模型 buildingEXODUS ③ 田娟荣等: 地铁中男性占 45.3%, 女性占 54.37%; 小于 15 岁占 4.4%, 15~30 岁占 67.3%, 30~60 岁占 24.5%, 大于 60 岁占 3.8%
人员水平投影面积		✓		《中国成年人人体尺寸》
人员密度	办公楼、影剧院和旅馆	✓		《建筑设计资料集 4》
	汽车客运站		✓	《建筑设计资料集 4》
	商店		✓	① 《商店建筑设计规范》 ② 张树平等: 商场 1 层、2 层为 0.4~0.6 人/m ² , 3 层为 0.3~0.5 人/m ² , 4 层及 4 层以上为 0.2~0.4 人/m ² ③ 游宇航等: 平时超市内人员密度约 0.22 人/m ² , 推荐取 0.28~0.38 人/m ²
	地下商店		✓	《人民防空工程设计防火规范》
	地铁站台	✓		《地铁设计规范》
人员行走速度			✓	① Chen 的总结 ② 疏散模型 Simulux ③ 疏散模型 buildingEXODUS
边界效应宽度			✓	① Paul 有效宽度模型 ② 《建筑设计资料集 1》
预动作时间			✓	① 英国《建筑火灾安全工程》 ② Shield 的研究 ③ Charrier 的研究 ④ 张培红等: 香港公屋居住人员预反应时间 28.5% 为 1 min 9.6% 为 5 min 52.4% 为 10~20 min 9.3% 呆在原地

5 结 论

笔者根据公众聚集场所人群疏散基础数据的分析,可得到如下结论:

1) 将人群疏散的相关数据分为 3 类: 第一类是反映公共聚集场所人群物理性质的数据; 第二类是反映建筑物结构对人群疏散影响的数据; 第三类是反映疏散者的心理和行为规律的数据。经过分析确定建立疏散模型时必不可少的基础数据主要有以下 6 种: 人员类型和人群的组成、人员水平投影面积和形状、人员密度、人员行走速度、边界效应宽度和预动作时间。

2) 总结出基础数据的获取方法主要有 4 种, 即直接观测和录像观测、人群疏散演习、试验和问卷调查, 分析了各种方法的适用性及其优缺点。

3) 在我国现有资料中可以获得并直接使用的数据有, 人员水平投影面积和办公楼、影剧院、旅馆及地铁站台的人员密度; 在国内现有资料中可以获得, 但需要验证或重新确定的数据有, 汽车客运站和大型商场和超市的人员密度、边界效应宽度和预动作时间; 没有国内资料, 需要建立的数据有, 我国人员种类、典型人群组成和不同类型人员在不同状态下的行走速度。

参 考 文 献

- [1] 方正, 卢兆明. 建筑物避难疏散的网格模型[J]. 中国安全科学学报, 2001, 11(4): 10~13
- [2] 杨立中, 方伟峰, 李健等. 考虑人员行为的元胞自动机行人运动模型[J]. 科学通报, 2003, 48(11): 1 143~1 147
- [3] 孔留安, 周爱桃, 景国勋等. 人员疏散时间预测与分析[J]. 中国安全科学学报, 2005, 15(11): 16~18
- [4] 李健, 杨立中, 赵道亮等. 基于信息传播系统的人员疏散模型探讨[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(12): 35~39
- [5] Ben Thom L., J., Frantzich H., Fire alarm in a public building: How do people evaluate information and choose evacuation exit? [R]. Report 3082, Dept. of Fire Safety Eng., Lund, 1996
- [6] Peter A. Thompson, Eric W. Marchant. A computer model for the evacuation of large building populations[J]. Fire Safety Journal, 1995, (24): 131~148
- [7] E. R. GALEA, P. J. LAWRENCE, S. GWYNNE. building EXODUS V4.06 user guide and technical manual[M], 2006, 5
- [8] 田娟荣, 周孝清, 郑志敏. 地铁一般人员特性的观测分析[J]. 暖通空调, 2007, 37(2): 83~87
- [9] 范维澄, 孙金华, 陆守香等. 火灾风险评估方法学[M]. 北京: 科学出版社, 2004, 306~308
- [10] 中国成年人人体尺寸[S]. GB10000—1988, 1989
- [11] Fruin J. J. Designing for Pedestrians: a Level— of— Service[A]. Highway Research Board Highway Research Record[C]. Number 355, Pedestrians, Washington, D. C., USA, 1974, 1~15
- [12] 《建筑设计资料集》编委会. 建筑设计资料集 4(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994
- [13] 汽车客运站建筑设计规范[S]. 1999
- [14] 商店建筑设计规范[S]. JG48—1988, 1989
- [15] 人民防空工程设计防火规范(2001年版)[S]. GB 50098—1998, 2001
- [16] 地铁设计规范[S]. GB50157—2003, 2003
- [17] 张树平, 景亚杰. 大型商场建筑营业厅疏散人数的调查研究[J]. 消防科学与技术, 2004, 23(2): 133~136
- [18] 游宇航, 李元洲, 周吉伟等. 大型超市人员密度的初步调查[J]. 消防科学与技术, 2007, 26(4): 360~362
- [19] T. Chen, W. Song, W. C. Fan, S. Lu, B. Yao. Pedestrian Evacuation Flow from Hallway to Stairs[A]. Proceedings of the CIB—CIBUH International Conference on Tall Buildings[C]. Malaysia, 2003, 5, 8~10
- [20] Bryan J. L. Behavioral response of fire and smoke. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 2nd edition[M]. Society of Fire Protection Engineers, 1995
- [21] Pauls J. Effective—width Model for Crowd Evacuation Flow on Stairs[A]. Vol. 6th International Fire Protection Seminar[C]. Karlsruhe, West Germany, 1982, 9, 21~24
- [22] 《建筑设计资料集》编委会. 建筑设计资料集 1(第二版)[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1994, 6~10
- [23] British Standard Institution. Draft British Standard BSDD240 fire safety engineering in buildings. Part 1, guide to the application of fire safety engineering principles[S], 1997
- [24] Shields T. J., Boyce K. E. A study of evacuation from large retail stores[J]. Fire Safety Journal, 2000, 35, 25~49
- [25] Charters D., Holbom P., Townsend N. Analysis of the number of occupants, detection times and pre—movement times[A]. 2nd International Symposium on Human Behaviour in Fire[C], 2001, 197~208
- [26] 张培红, 陈宝智, 卢兆明. 人员应急疏散行动开始前的决策行为[J]. 东北大学学报(自然科学版), 2005(2): 179~182

安全科学技术人才交流园地

本期论文作者简介

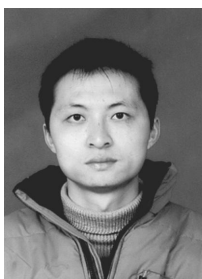


张治平 博士, 空军指挥学院副院长, 空军少将, 研究员; 兼任《空军军事学术》编委会副主任, 全军军事运筹学会理事会理事, 总装备部专家咨询委员会委员, 中国军事科学学会空军分会副会长等。

1951年8月生, 江苏南京人。获得国防大学硕士学位, 北京航空航天大学博士学位。长期从事武器装备科研和鉴定试验的研究工作, 参与组织大宗武器装备探索研究、预先研究、设计研制、试验(试飞)与定型生产; 组织国外先进武器装备及技术引进和国产化等; 参与军种战略、中长期发展规划和有关法规、条令和制度等的起草制订。发表论文20余篇, 出版专著10余部。



徐方 硕士研究生, 河北廊坊人, 1976年生。1999年毕业于河海大学给排水专业, 获工学学士学位。后进入中国人民武装警察部队学院任教, 现为该校消防指挥系灭火技术教研室讲师。2006年考取该校安全技术及工程专业硕士研究生, 主要研究方向为火灾的预防与控制。现参与国家“十一五”科技支撑项目“社会治安动态预警、综合防控技术体系研究与示范”的子专题“典型社会公共场所突发事件人群疏散理论与技术研究”。在各类科技期刊上发表论文多篇。



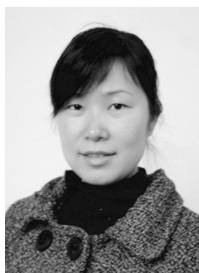
刘勃 讲师, 硕士。1979年7月生, 2005年毕业于湖南科技大学。现任职于该校能源与安全工程学院学工办, 从事大学生思想政治教育、大学生心理安全健康教学与研究工作。主持2006—2007年校级思想政治教育课题“当代大学生心理健康教育动态研究与对策体系构建”, 曾多次被评为学校优秀教育工作者、优秀党员。在《湖北经济学院学报》、《四川理工学院学报》和《黑龙江教育学院学报》等刊物上发表学术论文6篇。



德馨 教授, 博士生导师, 南华大学副校长。湖南省岩石力学学会副理事长, 湖南省爆破工程学会副理事长, 首批国防科技创新团队带头人。1958年12月生, 曾就读于中南大学(学士、硕士)和同济大学(博士), 先后在澳大利亚的新南威尔士大学和英国的诺丁汉大学作访问研究。长期从事采矿工程、矿山安全工程、岩土工程等方面的科研与教学工作。主持国家自然科学基金项目3项、省级和企业委托科研项目20余项。获省、部级科技进步二等奖2项、三等奖3项, 获全国优秀教师称号和湖南省教学名师称号。在《岩土工程学报》、《岩石力学与工程学报》和《工程力学》等刊物上发表论文60余篇, 其中20余篇被SCI和EI收录。主审著作2部, 主编教材3部。



叶青 湖南科技大学能源与安全工程学院讲师, 江西鹰潭人, 1975年12月生。2004年6月毕业于江西理工大学, 获安全技术及工程专业硕士学位; 2007年6月毕业于中国矿业大学安全技术及工程专业, 获工学博士学位。2007年7月任教于现单位, 主要从事煤矿灾害及防治技术、安全科学方面的教学与科研工作。曾参与国家自然科学基金重点项目、“973”项目、国家“十五”重点科技攻关等多项科研课题, 在国内学术期刊上发表论文20余篇。



宋译 助教, 湖南科技大学能源与安全工程学院硕士研究生。湖南省株洲人, 1979年10月生, 2003年本科毕业于湖南科技大学, 2005年开始攻读硕士学位。目前主要从事建筑物火灾疏散与安全评价方面的研究。先后参与国家自然科学基金、省部级和其他科研项目多项, 在国家级核心刊物上发表论文近10篇。