

张森, 曾坚, 刘晓阳, 等. 视觉障碍人群在紧急状态下的疏散模型研究[J]. 灾害学, 2018, 33(3): 69-73. [ZHANG Sen, ZENG Jian, LIU Xiaoyang, et al. A Research On Emergency Evacuation Mode Of Visually Impaired People[J]. Journal of Catastrophology, 2018, 33(3): 69-73. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.03.014.]

视觉障碍人群在紧急状态下的疏散模型研究*

张 森, 曾 坚, 刘晓阳, 池腾龙

(天津大学 建筑学院, 天津 300072)

摘 要: 残疾人作为社会的一个特殊群体, 他们的生活质量应该得到更多关心。以视觉障碍人群为研究对象, 讨论在紧急状态下, 符合他们行为特点的疏散方式。32名被试者在室内进行了3组不同条件下的疏散实验测试, 分别为无引导员疏散、每人配置引导员疏散与单引导员集中疏散三种模式。从实验结果与ANOVA分析可以看出, 视觉障碍人群在每人配置引导员情况下与无引导员疏散情况下步行平均速度基本一致, 而单引导员集中疏散的模式中, 步行平均速度要比其它两种情况高很多。基于实验的观察与数据的分析结果, 从建筑内部防灾疏散分区划定、信号引导系统设计以及引导人员配置等几个方面, 提出视觉障碍人群的疏散模型。通过本次研究的结果, 可以推进城市、建筑安全设计规范的进一步完善。

关键词: 视觉障碍人群; 紧急状态; 步行速度; 疏散模型

中图分类号: X43; X45; X9 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2018)03-0069-05

doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2018.03.014

根据世界人口数据统计显示, 弱势群体(儿童、老年人、残疾人等)占世界人口的近40%, 其中盲人和视障人群占世界人口的4%^[1-2]。在中国这样一个人口大国, 约有2000多万视力残疾人群, 同时, 中国又是一个灾害多发的国家, 每年因为自然灾害或者人为灾害, 都会造成了大量的人员伤亡。无论在日常的生活中还是当出现紧急状态的时候, 视觉障碍人群只能通过外界的引导和自身的行走能力进行疏散逃生。在人员相对密集的建筑物内部, 发生紧急状况时, 因为时间紧迫、疏散通道有限, 再加上残疾人自身因活动能力较差, 这类人群又往往成为最大的受害者^[3-4]。例如2000年河南东都商厦火灾、2008年乌鲁木齐德汇国际广场火灾、2011年长春天元商厦火灾等。

早期关于疏散和人流动力学的研究主要集中在健全人群的特征研究上^[5-7], 并且研究开发了楼梯水平步行速度模型以及疏散人流模型。这些模型为当今许多国家和国际关于建筑设计防火安全指南或标准等的制定奠定了基础。但是, 社会弱势群体的数据有限, 在开发和验证模型时很难有数据支持, 因此弱势群体的数据在大多数模型中均没有考虑; 在相关文献中, 更是几乎没有视障

人群的疏散特征的相关信息^[8-10]。与健全人群相比, 这部分人群在建筑物中的安全疏散问题是值得研究与考虑的。

当前国内外对于视觉障碍人群的研究主要有盲人在不同状态下的行走速度研究^[11-12], 建筑内部发生火灾时候的残疾人的行为研究^[13], 通过计算机进行虚拟技术, 或者运用计算机软件通过正常人的疏散模拟提出盲人的疏散策略等^[14-16]。比如, Proulx等人对建筑火灾情况下肢体残疾、视力残疾、听力残疾和智力残疾4类残疾人的疏散策略进行了研究, 探讨了4类人群在疏散过程中需要的辅助器械和措施, 认为究竟是选择全楼疏散还是楼内避险是确定整个人群疏散策略的第一步^[17]; Grace Soong通过优先步行速度评估流动性模型进行对比分析, 有指导技术和无指导技术对于视觉障碍者步行速度的影响, 得出结论是这两种方式对于其步行速度没有明显差距^[18]。从研究的整体状态看, 以视觉障碍人群行走速度作为研究出发点, 直接进行相关物理数据测试或者问卷调查的研究相对较少。

因此, 在建筑发生紧急状态的时候, 如何保证视觉障碍人群在有限的时间内, 达到最大的疏

* 收稿日期: 2017-02-14 修回日期: 2018-03-28

基金项目: 国家自然科学基金资助项目“快速城镇化典型衍生灾害防治的规划设计原理与方法”(51438009)

第一作者简介: 张森(1985-), 男, 天津市人, 博士后, 研究方向为城市特殊人群的安全疏散策略。

E-mail: zhangsentj@126.com

通讯作者: 曾坚(1957-), 男, 广东平远县人, 教授, 博士生导师, 研究方向绿色城市技术城市防灾减灾。

E-mail: 13602058416@vip.163.com

散效率是本次的研究动机。本次研究以视觉障碍人群为研究对象,在第一阶段,选取32名视觉障碍志愿者进行3组不同条件下的实验,包括无引导员疏散测试、每个被试者配备引导员疏散测试以及单引导员集中疏散测试,记录每个成员的行走速度数据;在第二阶段,对实验数据进行量化分析,检验被试者在有引导状态与无引导状态下,他们的疏散效率区别;第三阶段,依据实验结果设计疏散模型,对视觉障碍人群在室内如何高效的进行疏散提出改进策略。

1 实验方案与实验数据

1.1 实验准备

实验日期从2016年4月开始,至2016年6月结束,实验地点为天津市盲人协会。测试总共由32名视觉障碍人群组成,年龄为28~55岁,覆盖了活跃人群的各个年龄段。被测试人群的视力等级均 <0.3 ,按照国家标准属于视力残疾人群,平时依靠盲杖或者家人朋友引导行走。将被试人群平均分为4组,每组8个人,每一组单独进行整个实验,人员分配如表1所示,A、B两组为男性,C、D两组为女性。在室内固定两处摄像机,摄像机的型号为Kodak SP1。这是一款微型运动摄像机,尺寸为 $84.7\text{ mm} \times 1.4\text{ mm} \times 39.5\text{ mm}$,对于整个实验所带来的干扰是十分有限的。两台摄像机分别安装在室内的平面处与屋顶处,从两个不同的角度进行数据收集,以便实现对盲人全方位的记录,原始的录像文件会通过电脑软件进行分析。

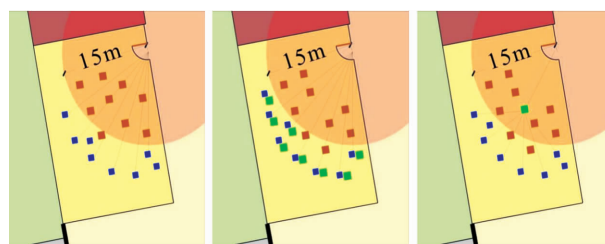
表1 实验分组情况

性别	A-组	B-组	C-组	D-组
男	8	8	0	0
女	0	0	8	8
合计	8	8	8	8

1.2 实验方法与过程

实验在盲人协会的活动大厅中进行,通过这个实验探讨视觉障碍人群在室内进行何种疏散模式,疏散效率会最高。活动大厅是一个 $20\text{ m} \times 30\text{ m}$ 的方形室内空间,东侧是一排窗户,靠近北侧有一扇门,为整个房间的出入口,同时设计为实验中的安全疏散点。在距离疏散点 15 m 远的地方,随机选取8个位置安置被试者,在 15 m 的范围内设置了9个障碍物,如图1所示。安排一名实验员在出口处发出声音信号,被试者根据声音信号自行判断如何到达疏散点。在每次测试开始的时候,被试者与障碍物都按照随机的原则重新安置,避免因为重复记忆对实验带来的干扰。当实验员发出信号的时候,实验开始计时,当最后一名被试者到达疏散点的时候,这一组测试结束。由于室内场景的复杂度,被试者行走路径不好被完整记录,因此每组测试均以 15 m 为标准距离,

进行步行速度计算。



(a) 室内无引导疏散图 (b) 室内群体引导疏散图 (c) 室内集中引导疏散图

图1 室内疏散实验平面示意图

实验总共包含3组不同条件的测试场景,如图1所示,蓝色的点位示意的是被试者,棕色的点位示意的是障碍物的位置,绿色的点位示意的是引导员。第一组测试如图1a所示,当在门口发出声音信号时,8位被试者要穿越摆在房间当中的障碍物,达到大门口;第二组实验如图1b所示,8位视觉障碍者每位身边配备一名引导员,当门口信号声音响起的时候,引导员带领他们达到疏散大门口;第三组实验如图1c,在障碍物中间安置一位引导员发出信号,被试者穿过障碍物,集中到引导员的位置,由引导员带领被试者到达疏散大门口。

2 实验结果与讨论

2.1 视觉障碍人群疏散模式

根据实验结果可看出(表2),男性视觉障碍人群(A、B组)的步行平均速度要高于女性视觉障碍者(C、D组)的平均速度,同时男性被试者在灵活性、反应力以及应变能力也要优于女性被试者。通过实验可以看到,视觉障碍人群在同一场景下,疏散方式的不同,对他们的行动效率有很大的影响。4个测试组分别进行了 15 m 的疏散距离测试,在无引导员疏散测试中,A组的平均步行速度为 1.20 m/s ,是4个组当中最高的一组,其它3个组的步行速度分别为 1.15 m/s , 0.87 m/s 与 0.92 m/s 。

表2 实验测试结果

	A-组	B-组	C-组	D-组	平均值
疏散距离/m	15	15	15	15	15
无引导员疏散步行平均速度/(m/s)	1.20	1.15	0.87	0.92	0.73
每人要配置引导员疏散物步行平均速度/(m/s)	1.09	0.95	0.75	0.67	0.80
单引导员集中引导疏散步行平均速度(m/s)	1.33	1.20	1.09	1.11	1.06

在第二组测试中,为每个被试者配备了一名引导员,引导他们避开障碍物到达疏散点。当有引导员存在的时候,被试人群之间的互动消失了,

每个人努力的跟着引导员前行。在现场的试验中发现, 当每个视觉障碍人群都配一个引导员, 虽然在方向性有一定的提升, 但是由于人多, 躲避障碍物的时候容易产生拥挤碰撞, 实际的疏散的时间不是特别理想。如表 2 所示 A 组的平均速度由原来的 1.20 m/s 下降到 1.09 m/s, 下降率为 9.2%。B 组的平均速度由原来 1.15 m/s 下降到 0.95 m/s, 下降率为 17.4%。C 组的平均速度由原来的 0.87 m/s 下降到 0.75 m/s, 下降率为 13.8%。D 组的平均速度从 0.92 m/s 下降至 0.67 m/s, 下降率为 27.2%。从下降的趋势可以发现, 女性测试组的下降趋势要高于男性测试组。在实验现场可以发现, 由于引导员无法强行提高自身速度, 只能跟随被试人员的速度行走, 除了存在方向性的优势, 对于视觉障碍人群自身提高步行效率效果甚微。

在第三组测试中, 障碍物中部的的位置, 安排一名引导员发出声音信号, 引导被试者集中, 并带领进行疏散。从实验的结果可以看出, 集中疏散模式对视觉障碍人群的疏散效率提升的最高。A 组的平均步行速度由 1.20 m/s 上升到 1.33 m/s, B 组由原来的 1.15 m/s 上升到 1.20 m/s, C 组由 0.87 m/s 上升至 1.09 m/s, D 组的平均步行速度由 0.73 m/s 上升至 1.06 m/s。

在第一组测试中, 每一个分组中都存在这一个隐形“引导者”, 这类人在发现一条没有障碍物路径的时候, 会和其它人员打招呼, 让他们跟随过来, 一起到达疏散点。这种现象在真实的灾害场景中应该会存在, 从这一点可以看出, 视觉障

碍人群存在相互沟通相互依赖的一种社会属性, 这种属性, 可以帮助他们脱离危险状况。同时, 在第一组测试和第三组测试中都存在一个普遍的现象, 当实验测试开始的时候, 被试者都会互相打招呼确认彼此的位置, 然后才进行疏散, 但是在第二组测试中, 打招呼的现象就不存在。

基于实验的测试结果可以看出, 当处于危险的情况下, 视觉障碍人群自行进行活动的疏散效率与在有人帮助的情况下基本持平。从图 2 的实验个体统计结果可以看出, 32 名被试者在无引导员的疏散试验中, 平均步行速度为 0.75 m/s, 在为每位被试者都提供引导员的条件下, 他们的步行平均速度只提升至 0.79 m/s, 提升率只有 5.3%。而当他们处于集中疏散的实验场景中, 32 名被试者的平均步行速度提升至 0.97 m/s, 提升率为 29.3%, 有一个很明显的提升变化。因此可以推断, 集中式的引导疏散更有利于视觉障碍人群在灾害中的疏散逃生。

2.2 视觉障碍人群的疏散模型

通过对实验数据的统计与分析, 可以明显的看出三种不同条件下, 集中模式下的视觉障碍人群的疏散模型要好于其它两种情况。利用 SPSS 软件中的 ANOVA 检测, 对实验数据进行进一步的分析比对, 查看各组实验数据之间是否存在明显的差异性。ANOVA 检测的目的是通过数据分析找出, 不同的疏散条件是否对视觉障碍人群的步行速度有显著影响, 以及显著影响的最佳水平等, 数据分析结果如表 3 所示。

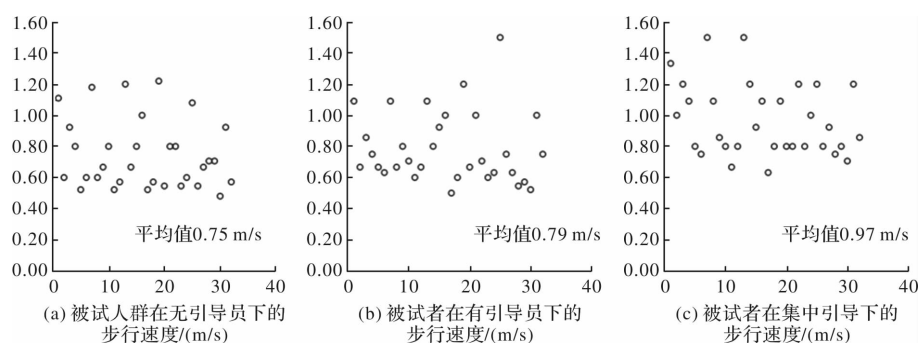


图 2 室内引导与无引导过障碍物疏散速度对比

表 3 实验测试的方差分析结果

(I) 实验组别	(J) 实验组别	均值差(I-J)	标准误差	显著性	95% 置信区间	
					下限	上限
实验(无引导)	实验(有引导)	-0.05125	0.09607	0.597	-0.2462864	0.1437864
	实验(集中引导)	-0.2475	0.09607	0.014	-0.4425364	-0.0524635
实验(有引导)	实验(无引导)	0.05125	0.09607	0.597	-0.1437864	0.2462864
	实验(集中引导)	-0.19625	0.09607	0.049	-0.3912864	-0.0012135
实验(集中引导)	实验(无引导)	0.2475	0.09607	0.014	0.0524635	0.4425364
	实验(有引导)	0.19625	0.09607	0.049	0.0012135	0.3912864

注: 显著性水平为 0.05

从分析结果可以看出,视觉障碍人群自行进行疏散的实验结果与每人配备引导员疏散的实验结果差异性数值为0.597(>0.05),从统计学的角度,说明两种疏散方法不存在差异性,因此,为每个视觉障碍人群配置一名引导员在室内疏散,对于步行速度的提升几乎没有帮助。无引导疏散与集中疏散的差异性比较值为0.014(<0.05 并接近0.01),每人配置引导疏散与集中疏散的差异性比较值为0.049(<0.05),集中疏散引导对步行速度的提升与其它两种方式相比,具有明显的差异性,说明集中引导疏散模式对视觉障碍人群的步行速度的提升具有十分显著的帮助。

基于对实验数据的分析以及ANOVA的检测结果,可以说明当室内出现灾害的时候,视觉障碍人群应该采用集中疏散的方式可以到达最大的疏散效果。同时,在整个实验中可以观察到,视觉障碍人群除了利用声音信号来引导自己进行疏散,还会利用触觉来感受周边的环境变化。因此,在建筑内部提供更多的可接触性的信号提示,尤其是在墙面,可以为他们在进行疏散时提供更多的帮助与支持。结合实验场景,设计了符合视觉障碍人群的室内疏散概念模型,在现行安全规范的基础下,进一步优化和丰富防火分区中的配置,以满足城市不同人群的需求。如图3所示,圆形的范围是新建的疏散分区,红色的通道是可触摸信号通道(例如盲道或者可触摸墙等),应设置在建筑内部紧邻墙的四周,紫色的是疏散出口,每个防灾分区中心位置应该配备一定数量的引导员。

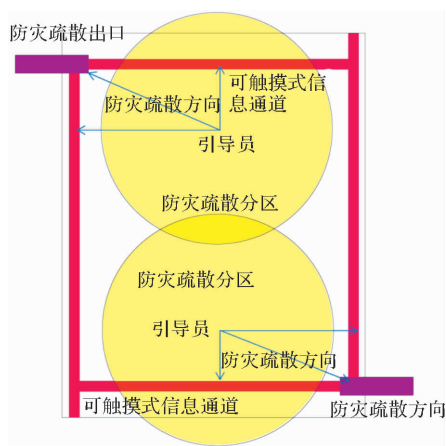


图3 视觉障碍人群疏散模型

当有紧急情况发生的时候,视觉障碍人群可以通过两种方式进行疏散逃生。①当没有声音信号发出的时候,可以自己向建筑内部的四周墙面疏散,找到墙面设置的触摸式信号系统或者设有盲道的通道系统,他们可以跟随这些信号的引导进行疏散;②如果在防灾疏散分区中,设置有引导员或者一些其它设备发出声音信号,可以将需要疏散的视觉障碍人群(也可以包括肢体正常的人

群)集中到这个位置,再引领人群直接前往防灾疏散出口。在现实社会当中,在商场、医院或者一些公共场所单独设立引导员很不现实,而且也会造成公共资源的浪费,建议将公共场所服务人员的服务培训都加入疏散引导这一项即可。在出现紧急情况的时候,场所服务人员可以转变为引导员,带领人群到达指定的疏散地点,为他们提供帮助。

3 结论

通过实验的过程可以看出,视觉障碍人群对于声音的敏感度辨识度很高。在做疏散模拟实验的时候,他们提出一定要有一个稳定的声源指引他们,这样才能有自己的方向感和判断力,同时他们还会利用触觉去感受外界的信息。因此,当没有条件去建立竖向立体的疏散系统或者引导员配置的时候,一个稳定的声源信号和触觉信号显得十分重要。

从实验的结果可以看出,男性视觉障碍者的步行速度在不同的疏散测试中均要高于女性。在理想条件下,为每个视觉障碍人群配备一名引导员的疏散效率与不配备引导员的效率相接近(显著性差异只有0.597),远远不如集中疏散引导模式效率高。集中式引导使得视觉障碍人群的步行速度有了较大幅度的提升,这种模式的疏散与前两者相比,显著性差异分别为0.014与0.049。因此,在情况紧急状态下,疏散引导系统应该在第一时间将视觉障碍人群疏散到一个相对开阔并且具有指示性的空间中,为视觉障碍人群提供足够的时间进行疏散逃生。依据实验结果,结合国家相关安全规范,提出了视觉障碍人群疏散模型。在现实的生活中,在公共场所无论是医院、活动中心或者是活动场所,都应该与建筑防火分区结合设定更细化的疏散分区,在建筑内部设置可触摸的信息通道,并配备一定比例的引导员。当灾害发生的时候,这种可触摸式的信息系统和引导员既可以对普通人的疏散提供一定的帮助,也可以协助视觉障碍人群顺利到达疏散出口。

通过与视觉障碍人群的访谈,了解到这类人群对于社会的存在感十分低,当突发事件出现的时候,也没有相应的知识储备来指导他们完成疏散。因此,社会应该提高在无障碍设施以及疏散管理政策规划的质量,让城市更多的人群受到照顾,让那些特殊的人群也感受到社会的关爱。视觉障碍人群的疏散模型提出,有助于丰富现行的城市、建筑安全设计规范,同时体现社会的公平性。社会在发展的同时,应该对城市各类群体都有所考虑,这样才能使国家的建设发展得到进一步的提升,避免出现灾害时候,产生重大的人员伤亡。

致谢国家自然科学基金“快速城镇化典型衍生灾害防治的规划设计原理与方法”(51438009)的资助,感谢天津市盲人协会的大力支持,感谢协会中视觉障碍志愿者与课题组同学们的努力付出,保证了这个研究的顺利进行,也保证了未来进一步的研究的可实施性。

参考文献:

- [1] DeSA U N. World population prospects: the 2012 revision [R]. Population Division of the Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat, New York, 2013.
- [2] World Health Organization (WHO). Visual impairment and Blindness, fact sheet No. 282. June 2012[R]. 2013.
- [3] Manley M, Kim Y, Christensen K, et al. Modeling emergency evacuation of individuals with disabilities in a densely populated airport [J]. Transportation Research Record: Journal of the Transportation Research Board, 2011 (2206): 32–38.
- [4] Marshall S W, Runyan C W, Bangdiwala S I, et al. Fatal residential fires: who dies and who survives? [J]. JAMA, 1998, 279(20): 1633–1637.
- [5] Fruin J J. Pedestrian planning and design [R]. 1971.
- [6] Predtechenskii V M, Milinski? A I. Planning for foot traffic flow in buildings [M]. National Bureau of Standards, US Department of Commerce, and the National Science Foundation, Washington, DC, 1978.
- [7] Pauls J I. Effective – width model for evacuation flow [C]// Building Research Inst. Proc. of the 6th Joint Panel Meeting, 1982, 1: 344–354.
- [8] Boyce K E, Shields T J, Silcock G W H. Toward the characterization of building occupancies for fire safety engineering: Capabilities of disabled people moving horizontally and on an incline[J]. Fire Technology, 1999, 35(1): 51–67.
- [9] Boyce K E, Shields T J, Silcock G W H. Toward the characterization of building occupancies for fire safety engineering: Capability of disabled people to negotiate doors [J]. Fire Technology, 1999, 35(1): 68–78.
- [10] Passini R, Proulx G. Building access and safety for the visually impaired person [M]//Safety in the Built Environment. E. & FN Spon London, 1988: 116–130.
- [11] Soong G P, Lovie – Kitchin J E, Brown B. Preferred walking speed for assessment of mobility performance: sighted guide versus non – sighted guide techniques [J]. Clinical and Experimental Optometry, 2000, 83(5): 279–282.
- [12] KUYK T, ELLIOTT J L, FUHR P S W. Visual correlates of mobility in real world settings in older adults with low vision [J]. Optometry & Vision Science, 1998, 75(7): 538–547.
- [13] Sørensen J G, Dederichs A S. Evacuation characteristics of visually impaired people – a qualitative and quantitative study [J]. Fire and Materials, 2015, 39(4): 385–395.
- [14] Tsujihara, O. Development of automatic modeling system for simulation of emergency evacuation behavior [R], Proc. of 9NCEE & 10CCEE 2010: 1–10.
- [15] 姜传胜, 郑双忠, 袁斐. 残疾人疏散安全研究现状与发展趋势[J]. 中国安全科学学报, 2009, 19(3): 161–166.
- [16] 吴健辉, 罗跃嘉. 盲人的跨感觉通道重组[J]. 心理科学进展, 2005, 13(4): 406–412.
- [17] Proulx G. Evacuation planning for occupants with disability [M]. Fire Risk Management Program, Institute for Research in Construction, National Research Council Canada, 2002.
- [18] Soong G P, Lovie – Kitchin J E, Brown B. Preferred walking speed for assessment of mobility performance: sighted guide versus non – sighted guide techniques [J]. Clinical and Experimental Optometry, 2000, 83(5): 279–282.
- [19] 郭零, 何理, 石杰红, 等. 地铁不同人群疏散行为特征调查问卷研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(4): 183–188.
- [20] 张培红, 王粟, 黄晓燕. 公共聚集场所疏散通道障碍物对人员疏散安全性的影响[J]. 沈阳建筑大学学报(自然科学版), 2007, 23(6): 973–976.
- [21] 樊彦国, 胡振琪. 面向对象的有限空间内人群流动 CA 模型研究[J]. 计算机工程, 2006, 32(22): 181–183.

A Research on Emergency Evacuation Mode of Visually Impaired People

ZHANG Sen, ZENG Jian, LIU Xiaoyang and CHI Tenglong
(School of Architecture, Tianjin University, Tianjin 300072, China)

Abstract: As a special group of society, life quality of the disabled should be concerned more. In this study, the visual impaired people are selected as research objectives to discuss the evacuation mode that fit the characteristics of their behavior on emergency. Thirty-two participants carried out three different conditions evacuation tests which were evacuation without guide, that each person configures a guide and centralized evacuation with single guide. From the experimental results and ANOVA analysis, it can be seen that the mean walking speed of visually impaired people in evacuation of configures guide was close to the evacuation without guide, and the mean speed in centralized evacuation with single guide was faster than other two tests. Based on the observation and analysis of the results, the evacuation model of visually impaired people was proposed with the aspects of interior evacuation zoning, signal guidance system design and guide staffing. Through this study, it can provide reference for the further improvement of urban and building safety design codes.

Key words: the visually impaired people; emergency; walking speed; evacuation model