

文章编号:1004-5309(2020)-0181-09

DOI:10.3969/j.issn.1004-5309.2020.03.06

真实世界和虚拟场景下行人绕障的实验研究

梁璇文,张 俊*,宋卫国,叶 锐

(中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室,合肥,230026)

摘要:为了研究利用虚拟现实开展行人疏散实验的有效性以及虚拟场景里不同控制方式的优劣,开展了真实世界与三种不同控制方式(头显-鼠标(HM)、鼠标-鼠标(MM)、键盘-鼠标(KM))下虚拟场景的绕障实验。分析并比较了平均轨迹、绕障距离、绕障起始时间以及归一化时间下的横向距离。实验结果表明,当横向坐标小于 1 m 时,虚拟场景与真实世界实验平均轨迹的差值在 10 cm 之内。平均轨迹、绕障距离、绕障起始时间方面,HM 更接近真实世界实验;归一化时间下的横向距离方面,MM 更接近真实世界实验。

关键词:绕障实验;虚拟现实;行人轨迹

中图分类号: X932

文献标识码: A

0 引言

随着火灾安全日益受到重视,火灾疏散引起了广泛研究。传统的研究方法主要包括三个方面,分别为可控实验^[1,2],模型模拟^[3,4]以及实地观测^[5,6]。可控实验,即在实验室条件下开展的实验,又可分为疏散演习实验^[2]和非紧急情况下的行人动力学实验^[1]。出于对实验参与者的安全考虑和伦理问题,真实火灾场景下的疏散实验难以开展。基于上述事实,虚拟现实实验得到了广泛的应用。虚拟现实实验不仅可重复性强,实验成本低,更重要的是,其可以在实验场景中模拟火灾,使实验场景更加接近火灾场景。

早期的用于行人研究领域的虚拟现实实验设备多由三面屏幕或投影仪组成^[7-9],但是这种设备存在沉浸感低的缺点。近几年来,CAVE(Cave Automatic Virtual Environment,洞穴状自动虚拟

系统)虚拟现实系统开始用于行人研究^[10-12],此种设备沉浸感高,但价格高昂、便携性差。Schweibel等^[13]利用智能手机和 Google VR 研究了学生过马路的行为。该设备虽然便宜,但是同样存在沉浸感低的问题。因此上述设备均不能同时满足高沉浸感、价格经济、便携性好的要求。这种情况下,类似于 HTC Vive 和 Oculus 等近几年上市的头戴式显示设备为上述问题提供了解决方案。

和其他实验方法一样,使用头戴式显示设备开展行人疏散实验前,我们须验证其有效性。Moussaid 等^[14]开展了真实世界与虚拟场景下的简单绕障实验和瓶颈疏散实验,分析了右行偏好和出口流量,发现真实行人在虚拟场景中表现出和真实世界一样的典型行为模式,包括右行行为和自组织行为。Deb 等^[15]开展了行人过马路实验,结果表明虚拟场景里的平均速度和已发布的真实世界规范匹配良好,认为虚拟现实用于开展行人实验具有一定

收稿日期:2019-12-31;修改日期:2020-04-15

基金项目:国家重点研发计划项目(2018YFC0808600);安徽省自然科学基金项目(1808085MG217);中央高校基本科研业务费专项资金项目(WK232000040,WK232000043)

作者简介:梁璇文(1995—),女,中国科学技术大学火灾科学国家重点实验室硕士研究生,研究方向为基于虚拟现实的行人疏散。

通讯作者:张俊,E-mail:junz@ustc.edu.cn

的有效性。尽管如此,头戴式显示设备用于开展行人实验的有效性研究仍十分匮乏,尤其是基于微观层面的轨迹研究。

Olivier 等^[12]基于 CAVE 虚拟现实系统,利用游戏手柄、身体和头部偏移等多种方式控制参与者运动,发现不同的控制方式对虚拟实验的有效性也有影响。然而,不少研究采用鼠标、键盘来控制运动^[16,17]。因此,研究鼠标和键盘在虚拟场景里的表现很有必要。另外,似乎还没有研究讨论利用头显控制运动方向的导航方式。针对头戴式虚拟现实设备,从微观层面定量比较不同控制方式的研究更为缺乏。基于此,本文开展了真实世界与虚拟场景下的绕障实验,分析参与者的运动轨迹,以研究利用头戴式显示设备开展行人疏散实验的有效性。同时,对于虚拟场景,本文设置了三种不同的控制方式(头显-鼠标(HM)、鼠标-鼠标(MM)、键盘-鼠标(KM)),以比较不同控制方式的优劣。

1 实验设计

1.1 实验人员和设备

本次实验在安徽省合肥市中国科学技术大学开

展,实验中的参与者均为该校学生。实验分为真实世界实验和虚拟场景实验,分别有 50 名和 19 名学生参加。参与者年龄在 21~25 岁之间,身高在 159 cm~180 cm 之间。虚拟实验所用的实验平台采用 Unreal Engine4 游戏引擎和 HTC Vive 头戴显示设备实现。

1.2 实验场景和实验设置

1.2.1 真实世界实验

真实世界实验的实验场景为一个长 12 m、宽 2.4 m 的长方形通道,如图 1(a)所示。一名工作人员站定于通道正中心充当障碍物,其肩宽 46.0 cm,身体厚度为 22.8 cm。图 1(d)为实验场景示意图。完整的实验过程为一名参与者以正常速度从通道一端的起点处行走至通道另一端的终线位置,再从终线的中心处走回起点所在的直线位置,下一名参与者重复上述相同任务,直至 50 名参与者全部完成实验。行走过程中,参与者不可以与通道两壁和通道中间的障碍物发生碰撞。起点位于图中虚线中心,起点所在直线和终线皆距通道 1 m,如图 1(d)所示。

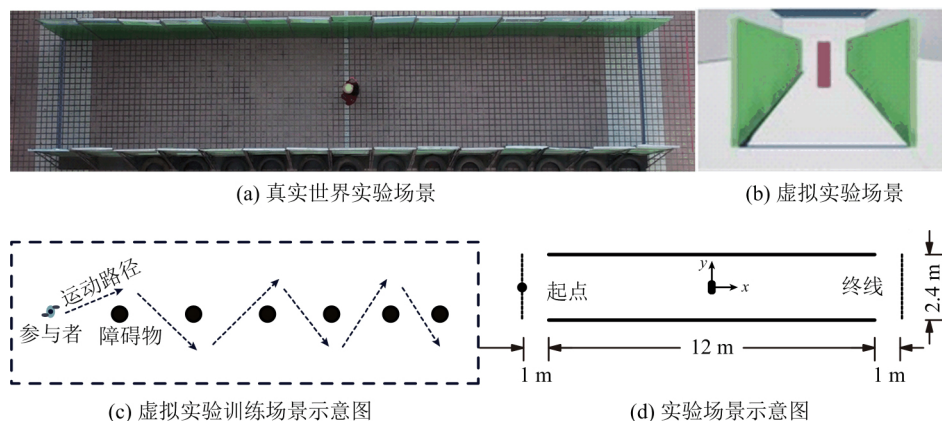


图 1 实验场景图

Fig. 1 Experiment scenarios

1.2.2 虚拟实验

为了比较不同控制方法在虚拟场景中的有效性和优缺点,本次实验采用了以下三种常用的控制方法:

(1)头显-鼠标(headset-mouse,本文简称 HM)控制方法。此种方法结合使用了头戴显示设备和鼠标,参与者可通过转动头戴显示设备控制运动方向,通过是否按住鼠标左键控制前进与停止。

(2)鼠标-鼠标(mouse-mouse,本文简称 MM)控制方法。与 HM 方法不同,此导航方法只需利用鼠标即可,转动鼠标可控制运动方向,是否按住鼠标左键可控制前进与停止。

(3)键盘-鼠标(keyboard-mouse,本文简称 KM)控制方法。此方法需用到键盘和鼠标,通过转动鼠标改变方向,通过是否按住键盘上的“w”键控制前进与停止。

本次虚拟实验包含两个场景,分别为训练场景和实验场景。参与者参与虚拟绕障实验之前,须先在训练场景中熟悉虚拟场景的导航方式,即分别用上述三种控制方法控制自身在虚拟场景中的运动。训练场景示意图如图 1(c)所示,参与者在此场景中须沿着虚线箭头所示的运动路径依次绕过前方圆柱形障碍物。虚拟实验场景与真实世界实验场景相同,以便于比较参与者在两种场景中的运动,如图 1(b)所示,真实世界中的障碍物在虚拟场景中用一个相同尺寸的柱体表示。图 1(b)为虚拟实验中某一帧的截图,本次虚拟实验采用第一人称视角。实

验流程如图 2 所示,图 2 中 HM 训练场景表示参与者须先在训练场景中通过 HM 方法控制自身在虚拟场景里运动,即绕行如图 1(c)所示的圆柱体,直至参与者认为自身可熟练使用 HM 控制方法。之后,参与者利用 HM 控制方法完成虚拟实验,即从起点到终线,再从终线中心回到起点所在直线,此过程与真实世界实验相同。虚拟场景中,参与者须来回行走两次。如上述完成 HM 实验场景,图 2 后续 MM 场景、KM 场景与 HM 场景类似。当一名参与者完成了以上所有实验后,下一名参与者再依次完成上述实验,直至 19 名参与者全部完成。

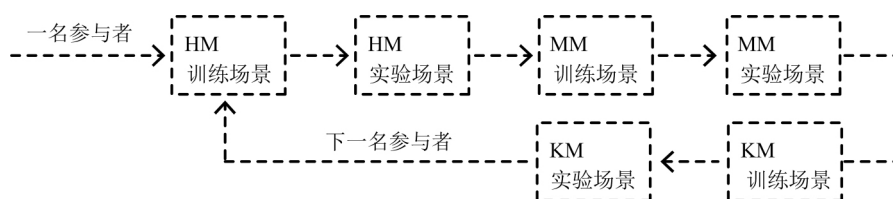


图 2 虚拟实验流程图

Fig. 2 Schematic diagram of VR experimental process

1.3 实验数据采集与处理

真实世界实验利用两台摄像机 (Sony FDR-AX700) 记录实验过程。利用 PeTrack 软件跟踪参与者头部,得到参与者每一帧的三维位置,帧率为 25 HZ,从而得到参与者的行走轨迹。我们对真实世界实验的参与者行走轨迹进行了平滑处理,每一帧的三维位置分别为前 12 帧、此帧以及后 12 帧的三维位置的平均值。本次虚拟实验平台可自动保存并输出参与者在虚拟场景中每一帧的位置。图 3 为真实世界实验的时间-平均速度图(中间黑色线条表示平均速度,上下边界表示标准差)。由图 3 可知,真实世界下,参与者通道内的平均速度基本保持稳定,约为 1.54 m/s。参与者在虚拟场景里有静止和行走两种状态,我们将行走的速度设为定值,为 1.54 m/s。

2 数据分析与结果

2.1 实验轨迹

为方便数据分析,我们建立了如图 1(d)所示的平面直角坐标系。将通道中心,也即障碍物的中心,设为坐标原点。分别将图示水平向右方向、竖直向上方向设置为 x 轴、 y 轴正方向。在真实世界和虚拟场景里,行人绕障均未出现明显的左右偏好,因此

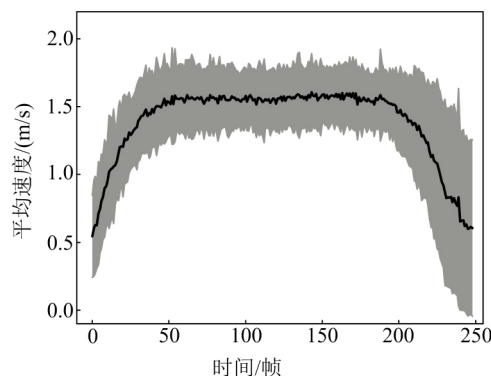


图 3 真实世界实验参与者每一帧的平均速度图

Fig. 3 Average velocity of participants at each frame in real-world experiments

本文不考虑行人的左右偏好。基于此,为方便数据分析,参照图 1(d)所示的坐标系,将沿 x 轴下方绕障的实验轨迹,以 x 轴为对称轴,作轴对称变换。变换后,轨迹结果如图 4 所示,RE 表示真实世界实验(下同)。由图 4 可知,真实与虚拟场景下,均未发生参与者与障碍物或通道两侧碰撞的情况。同时,不同个体之间的轨迹呈现较大差异。为了消除个体差异,得到轨迹的一般特性,我们将每种场景下的轨迹进行平均处理。具体而言,我们将实验场地在 x 轴方向上的范围 $(-7\text{ m}, 7\text{ m})$ 划分成 200 个小区

间,对于落在每个小区间里的轨迹点的 x 坐标和 y 坐标分别作平均。如此,得到各个场景下,所有参与者的平均轨迹,再做 25 帧的平滑处理,处理方法与本文 1.3 节提到的真实轨迹处理方法相同,平滑后的平均轨迹如图 5 所示。

图 5 表明不同场景下,参与者的平均轨迹趋势相近。为了定量分析虚拟场景与真实世界轨迹的差异,基于图 5,我们计算了上述 200 个小区间里,每个小区间内虚拟场景轨迹点与真实世界轨迹点纵坐标的差值。每个小区间内共有四个轨迹点,即 RE、HM、KM 和 MM 四个场景分别有一个对应的轨迹点。由于四个点的横坐标不一定相等,为了使纵坐标的差值具有可比性,我们对 HM、KM 和 MM 所对应的轨迹点做插值处理,使其横坐标均等于真实世界实验轨迹点的横坐标,并通过插值运算得到该

横坐标对应的 HM、KM、MM 的纵坐标。如此,我们可得每个小区间里三个虚拟场景与真实世界实验的轨迹点的纵坐标差值。将这些差值分成了 4 个部分,分别为横坐标落在区间 $(-7, -5)$ 、区间 $(-5, -3)$ 、区间 $(-3, -1)$ 和区间 $(-1, 1)$ 的点所对应的差值,绘制箱型图如图 6 所示。由于参与者绕过障碍物后,其运动为不考虑障碍物的自由行走状态,因此本文此处不考虑区间 $(1, 7)$ 。观察箱型图最大值可知,当 $x < 1$ m 时,相同横坐标处,虚拟场景与真实世界平均轨迹的差值在 10 cm 之内,因此我们认为基于虚拟现实的行人运动实验具有一定的有效性。对于区间 $(-7, -5)$ 、区间 $(-5, -3)$ 和区间 $(-1, 1)$,相较于 MM 和 KM, HM 与真实世界轨迹之间的差距更小。而对于区间 $(-3, -1)$,相较 HM, KM 与 MM 明显更接近真实世界轨迹。

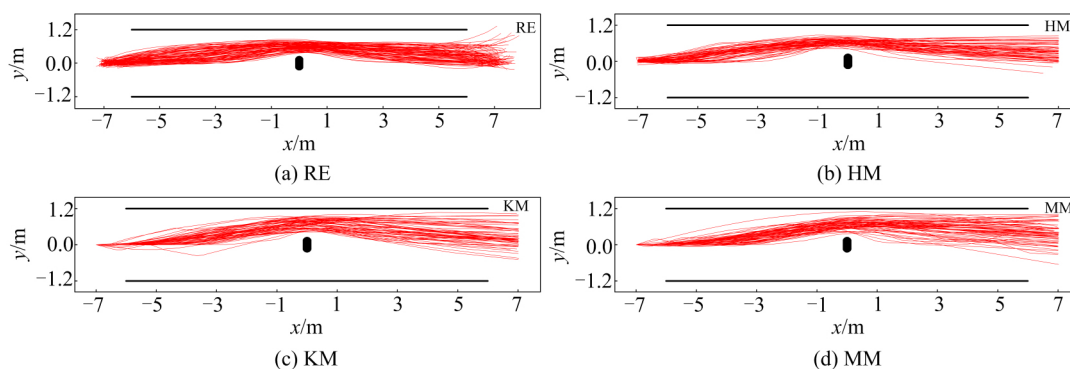


图 4 对称变换后的轨迹图

Fig. 4 Trajectories with a symmetric transformation

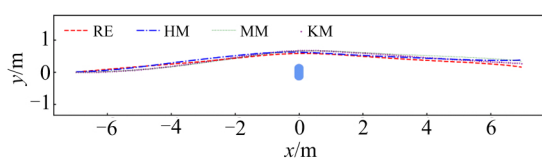


图 5 各个实验场景下的平均轨迹图

Fig. 5 Average trajectories in each experimental scenario

2.2 绕障距离

我们计算了参与者的平均绕障距离,即参与者在穿越 y 轴时,其自身与障碍物中心之间距离的平均值。如图 7 所示,RE、HM、MM 和 KM 里的平均绕障距离分别为 (0.59 ± 0.11) m、 (0.64 ± 0.08) m、 (0.67 ± 0.14) m、 (0.69 ± 0.15) m。通道内壁与障碍物外侧的中间位置的纵坐标为 0.715,如图 7 中虚线所示。由图 7 可知,参与者在虚拟场景里的平均绕障

距离均大于真实世界实验的平均绕障距离,这可能是因为在虚拟场景里对距离更不自信,因此在到达 y 轴时,整体倾向于靠近通道内壁和障碍物的中间位置,以避免和障碍物或通道墙壁发生碰撞。而 HM 里参与者的平均绕障距离相较于 MM、KM 更小,可能是因为参与者避让通道墙壁所致。图 8 表示各个场景下参与者转弯点的横坐标。所谓转弯点,即参与者在 y 轴方向的速度为 0 的点。由图 8 可知,真实世界实验里,在 y 轴之前、之后转弯的参与者人数约各占 50%。KM 和 MM 场景下,接近 70% 的参与者在通过 y 轴之后转弯。而 HM 场景下,大部分的参与者在到达 y 轴之前转弯,表明 HM 场景里整体转弯更早。这是因为 HM 场景里,参与者在到达转弯点之前,其速度方向偏向通道墙壁,因此参与者头部须偏向通道墙壁,而非直视前

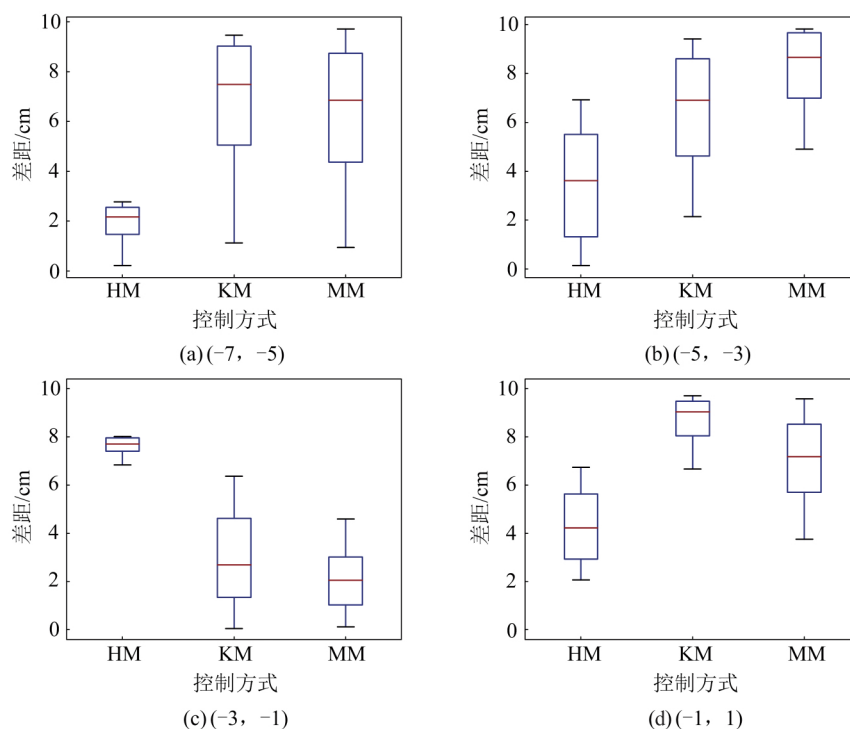


图 6 不同区间内真实世界和虚拟实验平均轨迹的差值

Fig. 6 The difference of the average trajectories in real-world and virtual experiment in different intervals

方,这使得参与者更害怕与通道内壁碰撞,因此其整体转弯更早,从而减小了平均绕障距离。绕障距离的不同导致了 4 种不同实验下,参与者在障碍物附近的轨迹差异。HM 的绕障距离更接近真实世界实验,解释了为何靠近障碍物时,相较于其他两种控制方式,HM 的平均轨迹更接近真实世界,即图 6 (d)的结果。

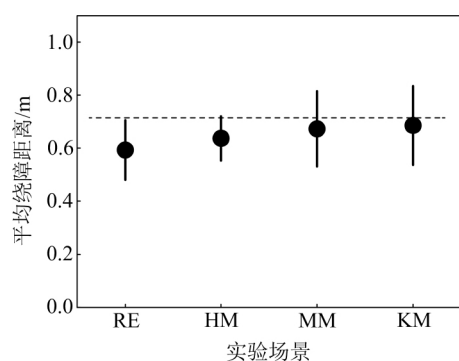


图 7 不同实验场景参与者的平均绕障距离

Fig. 7 The average avoidance distance of participants in different experimental scenarios

2.3 绕障起始时间

如图 9 所示,实线和虚线是真实世界实验里两

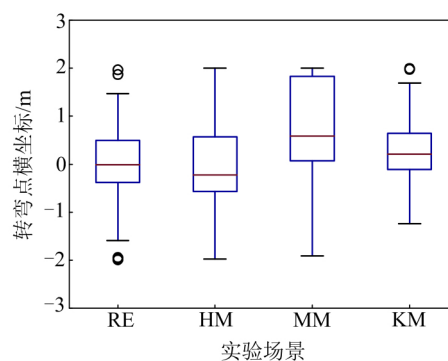


图 8 各个场景的转弯点横坐标箱线图

Fig. 8 The boxplot of x-coordinate of the turn point in each scene

条典型轨迹的一部分。本次实验中,参与者既可以在实验开始时便开始绕障,如图中实线轨迹所示,也可以直行一段时间后,再开始绕障,如图中虚线轨迹所示。图中实线和虚线箭头分别指向其开始绕障的位置。可见,参与者的绕障起始时间不同。基于轴对称处理后的轨迹,当第 i 帧的纵坐标大于 3 cm 且其后三帧的纵坐标皆大于前一帧时,我们认为参与者在第 i 帧开始绕障,此即参与者的绕障起始时间。绕障起始时间概率直方分布图如图 10 所示。观察图 10 可知,真实世界中,约一半的参与者在实验开

始 0.5 s 内开始绕障。HM 场景的绕障起始时间分布与真实世界相似度高,超过 40% 的参与者在实验开始 0.5 s 内开始绕障;与真实世界相近,约 20% 的参与者在实验开始 0.5 s~1.5 s 内开始绕障。相较于 RE 和 HM 场景,MM 和 KM 场景下,参与者绕障起始时间更晚,参与者主要在实验开始 0.5 s~1.5 s 内开始绕障,其比例大于 40%,在实验开始 0.5 秒内绕障的参与者比例不足 10%。HM 控制方式根据头部的转动来改变运动方向。一方面,参与者很难保持头部处于完全静止不动状态;另一方面,参与者需要转动头部来观察周围的环境,尤其是其与通道内壁的距离。因此,使用 HM 控制方式,绕障起始时间短。相反,利用 MM 或 KM 控制方式时,参与者极易保持鼠标不动,且参与者更倾向于在实验开始后保持鼠标静止一段时间,即直行一段时间,因为这样有利于其适应虚拟环境和自身的运动

速度,同时,也没有发生碰撞的风险。这使得 MM 和 KM 绕障起始时间更长。绕障起始时间的差异导致实验前期四种实验的轨迹差异,HM 的绕障起始时间与 RE 更接近导致相较 KM 和 MM, HM 实验前期的平均轨迹与 RE 的平均轨迹更为接近,这解释了出现图 6(a)、图 6(b)中结果的原因。

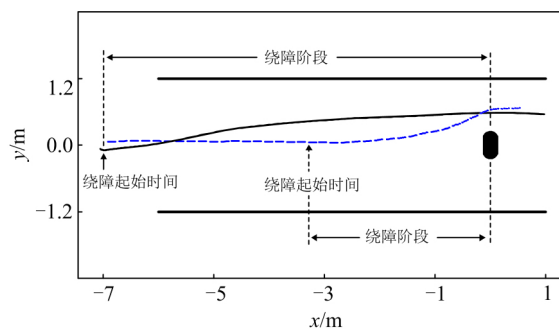


图 9 绕障起始时间示意图

Fig. 9 The schematic diagram of the start time to avoid the obstacle

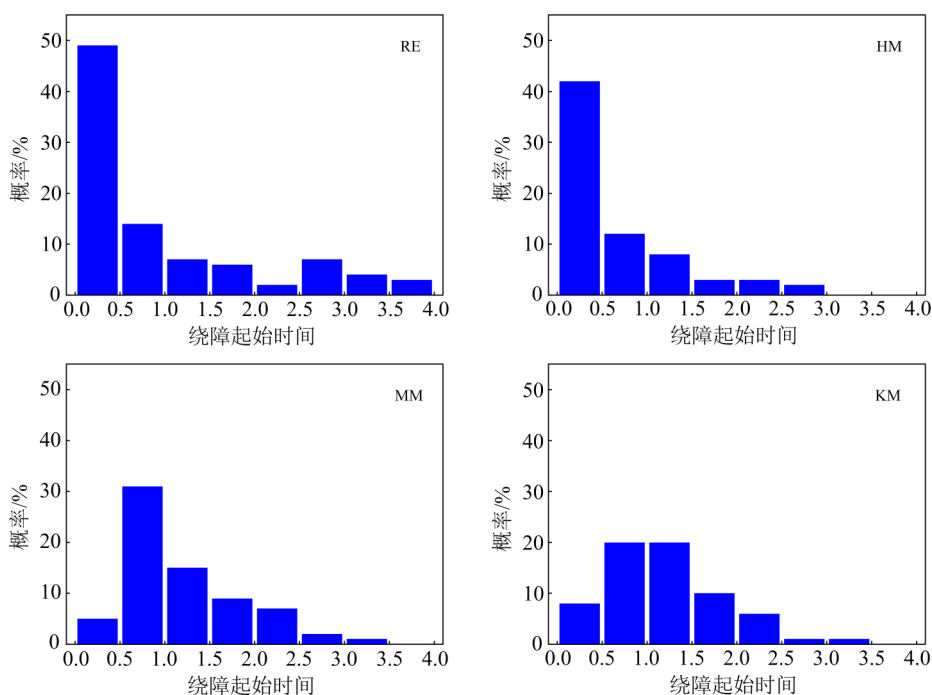


图 10 绕障起始时间概率分布图

Fig. 10 The probability distribution of the start time to avoid obstacle

2.4 时间归一化下的横向距离

由本文 2.3 节可知,不同实验场景,参与者的绕障起始时间分布图差异较大,同一场景不同参与者的绕障起始时间也表现出很大的差异性。为了消除上述差异性,以研究绕障行为本身,我们这里仅仅关

注绕障阶段。绕障阶段始于参与者开始绕障,结束于参与者到达本文所建坐标系的 y 轴。图 9 分别标注了实线轨迹和虚线轨迹的绕障阶段。将绕障起始时间设为 0,将绕障结束时间设为 1,以此对绕障阶段的轨迹作时间归一化处理。我们计算了各个场

景下每个参与者在归一化时间下的横向距离,即参与者与 x 轴之间的距离,如图 11 所示。绕障过程本质上是一个任务,即参与者要在绕障阶段逐渐实现安全的横向距离,使其在穿过 y 轴时,与障碍物

不发生碰撞。在这个意义上,归一化时间下,每一时刻的横向距离可以衡量参与者截至该时刻绕障任务的完成量。

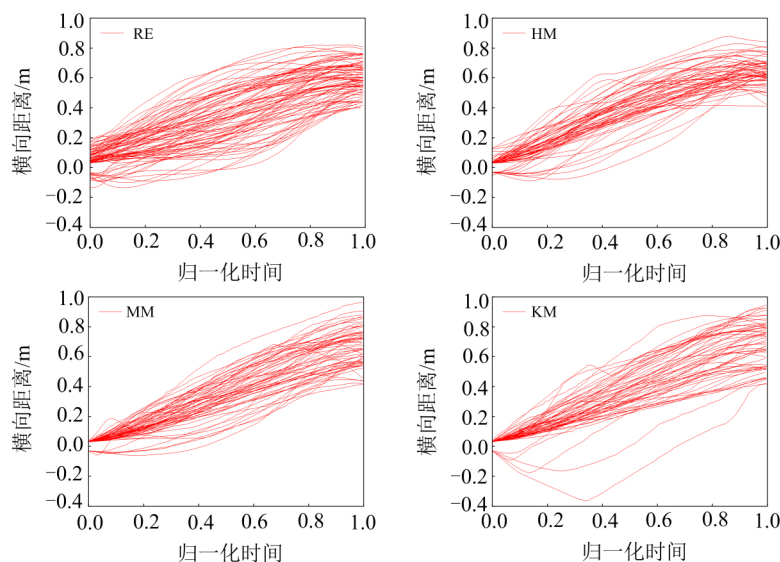


图 11 归一化时间下的横向距离图

Fig. 11 The lateral distance with time normalization

与计算平均轨迹所用的方法相同,我们计算了各个场景的平均横向距离,并进行平滑处理,结果如图 12(a)所示。观察图 12(a)可知,在变化趋势上,KM、MM 与 RE 更为接近,皆为在绕障阶段的前 80%的时间内,即归一化时间在 $(0, 0.8)$ 之间时,平均横向距离与时间大致呈线性关系,而 HM 并没有表现出此特性。在绕障阶段的后 20%部分,四种场景下,随着归一化时间的增大,平均横向距离的增量下降。这可以理解为参与者接近障碍物时进行的运动调整,有利于其以更自适的距离和运动方式绕过

障碍物。我们计算了归一化时间下三种不同控制方式的平均横向距离与真实世界实验的平均横向距离的差距,具体计算方法类比于本文 2.1 节平均轨迹差值的计算,计算结果如图 12(b)所示。HM、MM、KM 与真实世界实验平均横向距离差距分别为 4.60 ± 2.41 cm、 2.38 ± 1.17 cm、 3.61 ± 2.15 cm,表明使用 MM 控制方式,绕障阶段的轨迹与真实世界实验最为接近。由此可见,在趋势上,MM、KM 控制方式与真实世界实验相近;在数值上,MM 控制方式与真实世界差距最小。

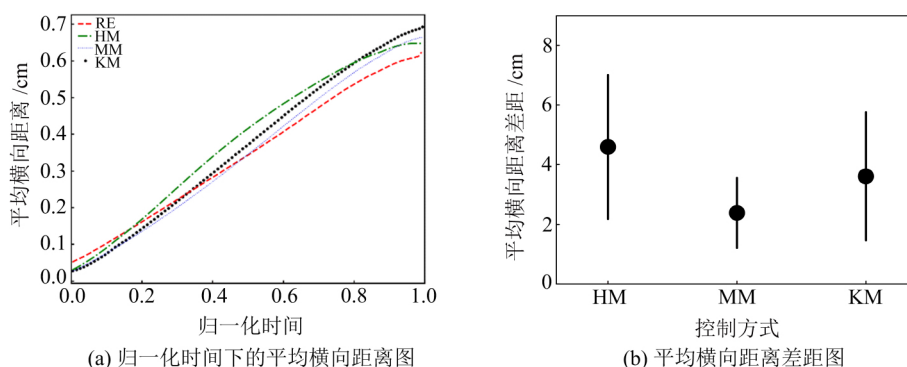


图 12 平均横向距离图

Fig.12 The diagram of average lateral distance

3 结论

本文通过开展真实世界与不同控制方式下(头显-鼠标(HM)、鼠标-鼠标(MM)、键盘-鼠标(KM))虚拟场景的绕障实验,对各个场景下的平均轨迹、绕障距离、绕障起始时间和归一化时间下的横向距离进行比较,以分析利用虚拟现实开展行人疏散实验的有效性,并比较了各种控制方式的优劣。本文得出主要结论如下:

1)当横向坐标小于 1 m 时,相同横坐标处,虚拟场景与真实世界平均轨迹的差值在 10 cm 之内,因此我们认为基于虚拟现实的行人运动实验具有一

定的有效性。

2)虚拟场景下,行人更倾向于在通道内壁和障碍物的中心绕过障碍物,导致虚拟场景下的平均绕障距离大于真实世界实验。

3)绕障起始时间和绕障距离的不同导致了不同实验的轨迹差异。对于平均轨迹,相较于 MM 和 KM, HM 更接近真实世界实验,这是因为 HM 下的绕障距离、绕障起始时间与真实世界实验更接近。而关于归一化时间下的横向距离方面,MM 在趋势和数值上都比 HM 更接近于真实实验,表明就绕障过程而言,MM 与真实世界更接近。

参考文献

- [1] Seyfried A, Passon O, Steffen B, Boltes M, Rupprecht T, Klingsch W. New insights into pedestrian flow through bottlenecks[J]. *Transportation Science*, 2009, 43(3): 395-406.
- [2] Fang ZM, Song WG, Li ZJ, Tian W, Lv W, Ma J, Xiao X. Experimental study on evacuation process in a stairwell of a high-rise building[J]. *Building and Environment*, 2012, 47: 316-321.
- [3] Helbing D, Farkas I, Vicsek T. Simulating dynamical features of escape panic[J]. *Nature*, 2000, 407: 487-90.
- [4] Song WG, Yu YF, Fan WC, Zhang HP. A cellular automata evacuation model considering friction and repulsion[J]. *Science in China Series E-Engineering and Materials Sciences*, 2005, 48(4): 403-413.
- [5] Sisiopiku VP, Akin D. Pedestrian behaviors at and perceptions towards various pedestrian facilities: an examination based on observation and survey data[J]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2003, 6(4): 249-274.
- [6] Yang LZ, Rao P, Zhu KJ, Liu SB, Zhan X. Observation study of pedestrian flow on staircases with different dimensions under normal and emergency conditions[J]. *Safety Science*, 2012, 50(5): 1173-1179.
- [7] Drury J, Cocking C, Reicher S, Burton A, Schofield D, Hardwick A, Graham D, Langston P. Cooperation versus competition in a mass emergency evacuation: A new laboratory simulation and a new theoretical model[J]. *Behavior Research Methods*, 2009, 41(3): 957-970.
- [8] Plumert JM, Kearney JK, Cremer JF. Children's road crossing: A window into perceptual-motor development[J]. *Current Directions in Psychological Science*, 2007, 16(5): 255-258.
- [9] Schwebel DC, Gaines J, Severson J. Validation of virtual reality as a tool to understand and prevent child pedestrian injury [J]. *Accident Analysis and Prevention*, 2008, 40(4): 1394-1400.
- [10] Andree K, Nilsson D, Eriksson J. Evacuation experiments in a virtual reality high-rise building: exit choice and waiting time for evacuation elevators[J]. *Fire and Materials*, 2016, 40(4): 554-567.
- [11] Kinatader M, Ronchi E, Gromer D, Muller M, Jost M, Nehfischer M, Muhlberger A, Pauli P. Social influence on route choice in a virtual reality tunnel fire[J]. *Transportation Research Part F: Traffic Psychology and Behaviour*, 2014, 26(Part A): 116-125.
- [12] Olivier AH, Bruneau J, Kulpa R, Kulpa R, Pettre J. Walking with virtual people: Evaluation of locomotion interfaces in dynamic environments[J]. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2018, 24(7): 2251-2263.
- [13] Schwebel DC, Severson J, He YF. Using smartphone technology to deliver a virtual pedestrian environment: usability and validation[J]. *Virtual Reality*, 2017, 21(3): 145-152.
- [14] Moussaid M, Kapadia M, Thrash T, Sumner RW, Gross M, Helbing D, Holscher C. Crowd behaviour during high-stress evacuations in an immersive virtual environment[J]. *Journal of The Royal Society Interface*, 2016, 13(122): 20160414.
- [15] Deb S, Carruth DW, Sween R, Strawderman L, Garrison TM. Efficacy of virtual reality in pedestrian safety research[J]. *Applied Ergonomics*, 2017, 65: 449-460.

- [16] Mol ACA, Jorge CAF, Couto PM. Using a game engine for VR simulations in evacuation planning[J]. IEEE Computer Graphics and Applications, 2008, 28(3): 6-12.
- [17] Tang CH, Wu WT, Lin CY. Using virtual reality to determine how emergency signs facilitate way-finding [J]. Applied Ergonomics, 2009, 40(4): 722-730.

Experimental study on pedestrian obstacle avoidance in real-world and virtual reality scenarios

LIANG Xuanwen, ZHANG Jun, SONG Weiguo, YE Rui

(State Key Laboratory of Fire Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China)

Abstract: In order to investigate the effectiveness of using virtual reality (VR) for pedestrian evacuation experiments and the advantages/disadvantages of different control methods in virtual scene, obstacle avoidance experiments were carried out both in real world and virtual reality, where participants navigated themselves by three different control methods (headset-mouse (HM), mouse-mouse (MM), keyboard-mouse (KM)). The average trajectory, avoidance distance, start time to avoid the obstacle and lateral distance under normalized time were analyzed and compared. The result shows that the difference of the average trajectories between real word and VR is less than 10 cm when the abscissa value is lower than 1 m. In regard to the average trajectory, avoidance distance and the start time to avoid the obstacle, HM is closer to the real-world experiment, while MM is closer to the real-world experiment in terms of lateral distance under normalized time.

Keywords: Obstacle avoidance experiment; Virtual reality; Pedestrian trajectories