

# 虚拟逃生环境中视野范围和紧急程度对疏散效率的影响：从众行为的中介作用<sup>\*</sup>

徐 炆 李 虹

(清华大学心理学系, 北京 100084)

**摘 要** 采用人机交互环境下的模拟技术为虚拟逃生疏散效率研究提供新的证据。具体探讨视野范围和紧急程度对疏散效率的影响, 并进一步探讨从众行为对上述关系的中介作用。在自己搭建的基于计算机局域网的模拟疏散演练环境中, 采用多名被试(最多可以 60 名)同时参与模拟疏散演练的手段进行实验。主要结果: (1) 视野范围越大, 从众程度越高; (2) 在小视野范围条件下, 紧急程度越高, 从众程度越低; (3) 在大视野范围条件下, 紧急程度对从众程度没有显著影响。结论: (1) 视野范围和紧急程度会影响从众行为, 视野范围越大紧急程度越高, 从众倾向越明显; (2) 从众行为对视野范围与疏散效率之间的关系具有不完全中介作用, 对紧急程度和疏散效率之间的关系不存在中介作用。

**关键词** 从众行为, 疏散效率, 视野范围, 紧急程度, 模拟疏散。

**分类号** B844

## 1 问题提出

突发危急事件发生时, 聚集在公共场所的大量人员的疏散问题, 是制定公共场所应急预案时必须考虑的重要内容(李强, 崔喜红, 陈晋, 2006)。研究人员的疏散特点和疏散的影响因素, 能够为火灾等突发危急事件的预防、疏散、救援等工作提供有效的指导和帮助。但是, 对相关文献的检索发现, 迄今为止涉及人员疏散效率以及影响因素的心理学研究仍然非常少(Heliövaara, Kuusinen, Rinne, Korhonen, & Ehtamo, 2012), 远未形成体系。

在有关疏散效率的影响因素研究中, 主要涉及到的因素有: 视野范围和紧急程度(Galea, Finney, Dixon, Siddiqui, & Cooney, 2006; Galea, Filippidis, Wang, Lawrence, & Ewer, 2011; Muir & Cobbett, 1995; Drury, et al., 2009; Was, 2010)。崔喜红等人(2005)发现, 疏散过程中视野范围的大小会影响疏散的时间。新加坡学者 Yuan 等人(2009)的研究表明, 视野范围越大, 个体能够看到向导的几率也越大, 从而更容易找到出口。杨立中等人(2005)使用元胞自动机模型研究室内人员的火场疏散时, 发现在加入火情危险度因素, 使得紧急程度提高之后, 疏散结果会发生显著变化。

然而, 有关视野范围和紧急程度如何共同影响疏散效率的研究却很少(Galea, et al., 2006)。

除了视野范围和紧急程度, 从众行为是人员疏散研究中最常被关注的因素。从众是疏散过程中普遍存在的现象, 从众行为是指人们在高度紧急的疏散情境中倾向于盲目跟随周围人的行动方向(Keating, 1982)。德国学者 Helbing 等人(2000)在他们提出的社会力模型中使用“恐慌参数  $P_i$ ”描述疏散过程中从众的程度( $P_i$  的含义是个体的方向与周围人员的平均方向的符合度)。他们发现: 从众程度过高或过低时, 疏散效率较低, 从众程度适中时, 疏散效率最高。崔喜红等人(2005)在元胞自动机模型中使用方向吸引力系数  $K_{dir}$  控制个体的从众行为( $K_{dir}$  的含义是个体的方向与周围大多数人的方向的符合度), 他们发现: 当  $K_{dir}$  小于某个临界值时, 从众行为对疏散效率的影响不大, 当  $K_{dir}$  大于该临界值时, 从众行为会使疏散效率显著降低。杨立中等人(2005)在研究亲属吸引力(kin attraction)对疏散行为的影响时发现, 从众行为对疏散效率不一定是有害的, 因为适度的从众行为起到了信息传播的作用, 能够避免人员盲目行走, 只有当从众行为特别严重时, 才会影响到整体的疏散效率。Heliövaara (2012) 等人的研究发现, 当尝

收稿日期: 2014-4-30

<sup>\*</sup> 基金项目: 清华大学自主科研资助项目(2010TH204)。

通讯作者: 李 虹, E-mail: lhong@mail.tsinghua.edu.cn。

试自己寻找出口时明显比与大家一起逃离所需时间更少。那么,人们在什么情况下会倾向于选择自己逃离,又在什么情况下倾向于从众?视野范围和紧急程度与从众行为之间的关系是怎样的?笔者发现了一些相关研究报告。例如,个体的从众行为会受到其所处群体规模大小的影响,随着群体规模的增加,成员的从众行为也会随之增加 (Franzoi, 2009; Asch, 1955); 也有研究报告,当情况危急时,人们更有可能发生从众行为 (Aronson, 2005)。但是,有关从众行为与视野范围和紧急程度是怎样共同影响疏散效率的研究非常少。

同时也发现,在现有的为数不多的有关视野范围、紧急程度和从众行为对疏散效率影响的研究中尚存在亟待解决的问题,其中一个重要问题是:迄今为止的计算机建模研究大都使用粒子运动来模拟人类的疏散行为,通过人为手段(如设置模型的参数)来控制粒子的从众程度,忽略了疏散过程中可能会影响从众行为的内外在因素,例如,在 Helbing 等人 (2000) 的社会力模型和崔喜红等人 (2005) 使用的元胞自动机模型中,都是将从众行为作为自变量,通过改变参数(如  $P_c$ ,  $K_{dir}$  等)的大小来控制从众程度,并且一旦参数设定完毕,整个疏散过程中的从众程度就不再变化。这种操作方式是过于简化的甚至是错误的 (Pan, Han, Dauber, & Law, 2006; Kuligowski, 2009),导致了建模研究的结果与真实疏散结果之间存在较大差距 (Still, 2000),对制定实际疏散策略的参考价值并不大 (Kuligowski, 2009)。

鉴于此,本研究将以往的人为控制粒子从众程度,改变为加入视野范围和紧急程度两个重要参数,考察在视野范围和紧急程度变化条件下的从众行为,并进而探讨对疏散效率的影响。这样的改变不仅有助于提高模拟疏散演练\*实验的生态效度,同时也将视野范围、紧急程度以及从众行为有机整合在疏散效率研究的大框架下。具体研究问题是:第一,视野范围和紧急程度在模拟疏散演练环境下是否会影响到以及怎样影响到从众行为?第二,视野范围和紧急程度是否通过从众行为进而影响疏散效率?

关于视野范围和紧急程度是否影响到以及怎样影响到从众行为的问题,社会心理学的相关研究结果表

明,从众行为受群体规模的影响,群体规模越大,越容易从众行为 (Franzoi, 2009; Asch, 1955); 从环境中获取的信息减少则趋向于理性决策 (Dijksterhuis, Bos, Nordgren, & Baaren, 2006)。同时,Altshuler 等人 (2005) 发现,逃生情境越紧急,蚁群的从众行为越明显。当处于危急时刻,人们更有可能产生从众行为 (Aronson, 2005; Franzoi, 2009)。本文认为,只有呈现在逃生者视野范围内的群体规模才可能影响逃生行为。据此,提出:

假设 1: 在模拟疏散演练环境下,视野范围越大紧急程度越高越倾向于从众。

关于视野范围和紧急程度是否通过从众行为进而影响疏散效率的问题,如前所述,视野范围和紧急程度都可能影响到从众行为。同时,其他研究表明 (Helbing et al., 2000; 杨立中等, 2005; 崔喜红等, 2005),从众程度较高时,疏散效率较低;从众程度适中时的疏散效率最高。据此,提出:

假设 2: 在模拟疏散演练环境下,视野范围和紧急程度还可能通过从众行为进而影响疏散效率。

本研究各变量之间的关系如图 1 所示:

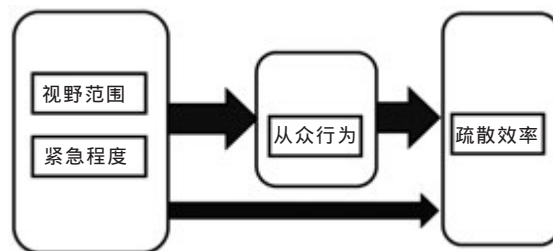


图 1 各变量之间的关系

## 2 研究方法

### 2.1 模拟疏散演练环境的设计

#### 2.1.1 基本视图

本研究使用计算机编程语言搭建了一个基于计算机局域网的模拟疏散演练系统,该系统允许多名被试在不同的终端上同时接入,并向接入的被试提供一个进行疏散演练的虚拟环境。在该虚拟环境中,每个被试可以通过鼠标控制一个“虚拟人”在一定大小的场地内移动,并能够通过有限的视野范

\* 模拟疏散演练是一种可以用于研究人员疏散过程的有效实验手段,其原理是让真人被试在计算机终端上控制一名虚拟角色,参加单人或多人的虚拟疏散演练,计算机将记录每位参与者的疏散行为,并分析行为特点和相互影响的方式。模拟疏散演练技术在国内外疏散研究领域得到了广泛的应用:日本学者 Nakanishi 等人 (2004) 开发了虚拟城市模拟器 FreeWalk 系统,对城市环境进行模拟,并使用上百名参与者进行模拟疏散演练;国内的王庆娇等人 (2003) 使用虚拟现实技术,考察了火灾场景中通道的明暗、应急指示灯的颜色、烟气浓度的大小等因素对人员疏散行为的影响;张培红等人 (2002) 使用虚拟教室环境进行模拟火灾现场的疏散演练。但是目前大部分研究都是通过模拟疏散演练技术探讨建筑结构、场景几何特征等环境因素对疏散效率的影响,而很少对影响疏散效率的心理因素进行探究。

围观察到一部分其他被试，基本视图如图2所示。

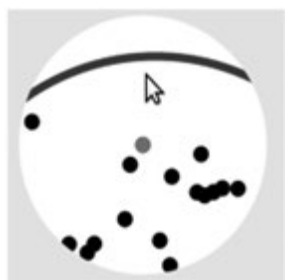


图2 模拟疏散环境的基本视图

图中的红色小点代表当前被试控制的虚拟人，黑色小点代表其他被试控制的虚拟人。被试用鼠标点击任何一处空白位置，红点就会以一定速度向该位置移动。红点在移动过程中如果与其他黑点发生

位置冲突就会停止运动，直至被试改变红点的方向为对方黑点让路，或者等待黑点改变方向为其让路。被试的任务是引导红点向边框上的出口靠近，当其向出口靠近到一定程度（约为2个红点直径的距离）后，即视为完成疏散任务。之所以将靠近出口而不是从出口走出作为完成疏散的指标，是为了防止过于严格的出口条件导致出口处的拥堵，进而使得演练无法正常进行。

### 2.1.2 系统框图

整个疏散演练系统由服务器端和客户端组成。服务器端的功能是：控制疏散环境的参数，控制疏散演练的过程，实时接收并广播客户端传来的位置坐标信息等。客户端的功能是：绘制疏散场景，实现人机交互等。疏散环境允许最多60名被试同时进入，系统框图如图3所示。

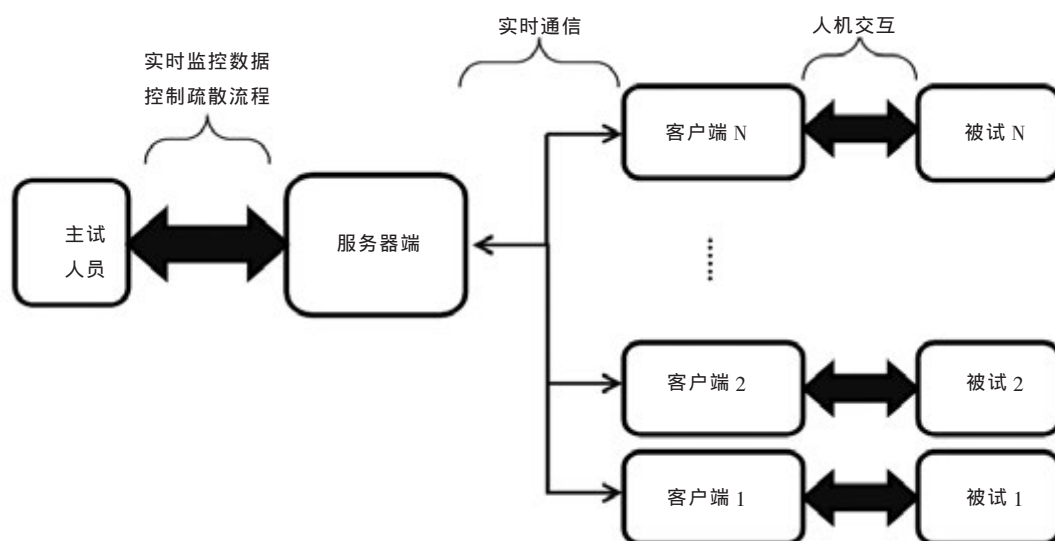


图3 模拟疏散环境的系统框图

### 2.1.3 操作方式

被试进入系统后可以在初始界面选择“单人练习”或“多人演练”。单人练习环境供被试熟悉疏散场地和操作方法，正式的疏散演练在多人演练环境中进行。被试进入多人演练环境后，看到的交互界面如图4所示。

当主试从服务器端开启疏散演练，经过5秒倒计时，界面的左上区域就开始绘制疏散场景和疏散人员，在该区域中被试看到的红色小点代表该被试自己，其他黑色小点代表同时参加此次疏散演练的其他被试。界面的右上区域显示当前参与疏散的全部被试，该区域以“player 1 进入了房间”的形式记录了所有被试进入此次演练的顺序，此顺序由服

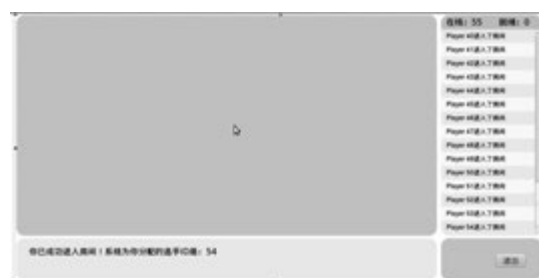


图4 多人演练环境的交互界面

务器随机指定，显示顺序信息的目的在于使被试相信有其他人一起与他们参加演练。左下区域向被试提供实验信息，右下区域的按钮供被试选择退出演



练。在大视野范围和小视野范围两种条件下的正式

疏散演练中, 被试看到的界面大致如图 5 所示。

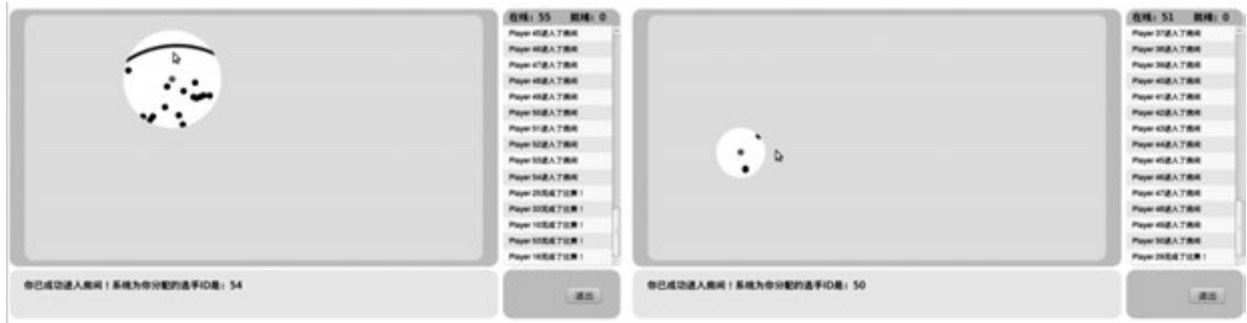


图 5 大视野范围 (左) 和小视野范围 (右) 条件下的疏散演练界面

#### 2.1.4 疏散环境参数

被试控制的红色小点周围的白色圆形区域为该疏散个体的可视区域, 个体的视野范围大小可以用该区域的半径来衡量。以像素为单位, 本研究设置的大视野范围的半径为 80, 小视野范围的半径为 40, 疏散个体的半径为 5, 疏散场地的半径为 150, 个体疏散速度约为 15 像素每秒。上述环境参数的设定, 参考了以往建模研究所用的参数数据 (Helbing, et al, 2000; Yuan, et al, 2009)。

本研究采用设置时间限制的方式来控制疏散情境的紧急程度。高紧急程度条件的设定是, 要求被试需要在 20 秒时间内完成疏散演练; 低紧急程度条件下, 对被试没有时间限制。上述设定主要参考了 Keating (1982) 的有关研究。将时间限制设置为 20 秒的原因是: 根据之前的环境参数设定值, 被试从场地中心出发, 沿直线找到出口所需的时间为  $150/15=10$  秒, 在经过多次真人实测后发现, 在给定的 20 秒时间内被试无法轻易找到出口, 但同时只要策略得当, 难度也不会太大。

### 2.2 研究变量的操作定义

#### 2.2.1 从众行为

本研究使用个体的运动方向与周围一定范围内其他个体的平均方向的符合度来衡量从众的程度, 符合度越高, 从众程度越高。疏散演练开始之后, 服务器端的计算机程序以一定的采样率将每个疏散个体的位置保存在数据文件中, 直至该个体完成疏散或限定时间用尽。通过计算、分析这些位置信息, 对每个个体的从众程度进行评定, 具体方法如下:

(1) 假设某次疏散演练有  $M$  个个体参加, 按照 60 Hz 的采样率对疏散过程中所有个体的位置信息进行记录, 共采集了  $N$  个时刻, 那么第  $i$  ( $1 \leq i \leq M$ ) 个个体在第  $j$  ( $1 \leq j \leq N$ ) 个时刻的位置可以用坐标  $(X_{ij}, Y_{ij})$  来表示。

(2) 计算个体  $i$  在第  $j$  ( $2 \leq j \leq N-1$ ) 个时刻的方向向量  $V_{ij}$ ,  $V_{ij} = (X_{i(j+1)} - X_{ij}, Y_{i(j+1)} - Y_{ij})$ , 以及在  $j$  时刻个体  $i$  视野范围内其他个体的方向向量之和  $\hat{v}_{ij}$ ,  $\hat{v}_{ij} = \sum_{k \in B_{ij}} v_{kj}$ ,  $B_{ij}$  表示  $j$  时刻个体  $i$  视野范围内其他个序号的集合。

(3) 计算  $\hat{v}_{ij}$  与  $V_{ij}$  的夹角的余弦值  $\cos(\beta)_{ij}$ , 如式 (1) 所示。

$$\cos(\beta)_{ij} = \frac{v_{ij} \cdot \hat{v}_{ij}}{|v_{ij}| \cdot |\hat{v}_{ij}|} \quad (1)$$

(4) 计算  $\cos(\beta)_{ij}$  对时刻的平均值, 如式 (2) 所示。

$$h_i = \frac{1}{N} \sum_{j=2}^N \cos(\beta)_{ij} \quad (2)$$

根据向量的计算法则,  $\cos(\beta)_{ij}$  反映了个体  $i$  在  $j$  时刻的瞬时从众程度,  $h_i$  反映了个体  $i$  在整个疏散过程中的平均从众程度。定义  $h_i$  为个体  $i$  的从众指数。  $h_i$  较大, 说明个体  $i$  在本次疏散过程中的从众程度较高;  $h_i$  较小, 说明他的从众程度较低。

从本质上说, 从众指数描述的是疏散过程中个体的移动方向与其视野范围内其他个体平均方向的符合度。这种定义方式与 Helbing 等人在社会力模型中提出的用慌乱系数  $P_i$  衡量从众程度的方法是类似的,  $P_i$  同样是描述个体方向与周围个体平均方向的符合度。所以, 本研究使用从众指数对从众行为进行操作定义, 是合理且有根据的。

#### 2.2.2 疏散效率

本研究着眼的是个体从开始疏散到发现出口位置这一段过程所用的时间, 由于假定个体的移动速度恒定, 疏散时间与个体在这段时间内走过的路径长度成正比, 所以本研究使用个体从开始疏散到发现出口所走过的路径长度 (绝对路径长度) 作为评定疏散效率的因素之一, 记为实际疏散路径长度  $L$ 。

同时, 由于疏散环境中有两个处于对称位置的出口, 所以个体能否找到离初始位置最近的出口,

也会对疏散效率产生影响：从较近的出口疏散，所用时间较短；从较远的出口疏散，所用时间较长。为了将出口选择因素纳入对疏散效率的评定中，本研究使用个体从开始疏散到发现离他最近的出口所需走过的最短路径的长度作为第二个因素，记为最短疏散路径长度  $L_0$ 。

对疏散效率  $E$  的定义如式 (3) 所示：

$$E=L_0/L \quad (3)$$

$E$  的范围是  $0 < E \leq 1$ ， $E$  越小，说明个体的实际疏散路线与理论最佳值偏离较大； $E$  越大，说明个体的实际疏散路线与理论最佳值越接近。 $E$  值可以很好地反映该个体在疏散过程中选择路线的效率，用  $E$  值来评估疏散效率是合理的。

### 2.3 被试与设计

将 205 名被试随机分配到 2（视野范围：大、小） $\times$ 2（紧急程度：高、低）组间设计中。其中大视野范围高紧急程度组 51 人，小视野范围高紧急程度组 50 人，大视野范围低紧急程度组 54 人，小视野范围低紧急程度组 50 人。进行三步分析：第一步，因变量为从众行为；第二步，因变量为疏散效率；第三步，从众行为作为中介变量。

### 2.4 实验材料

60 台接入局域网的台式计算机作为客户端，1 台便携式计算机作为服务器端。一部分指导语在客户端屏幕上显示，另一部分指导语由主试口述。

操作检验：采用李虹等（2013）修订的中文版情绪评估量表简版进行情绪评估。包括 6 个情绪词：负性和中性各 3 个，7 点计分。信度指标良好（Cronbach  $\alpha=0.82$ ），效度满意。

### 2.5 实验过程

被试进入实验室，在计算机前就坐。主试简短说明实验意图：“今天大家将在电脑上完成一次模拟疏散演练，请按照我的指挥和屏幕上的提示进行操作。”主试宣读有关单人练习的指导语：“请点击‘单人逃生’按钮，红色小点代表你自己，你的任务是找到边框上的出口。”进行多次练习，直至确认全部被试已熟悉操作方式。主试让被试点击“多人逃生”按钮，宣读指导语：“下面你们将共同进行一次疏散演练，请集中意念想象真实的逃生情境（想象半分钟）。你的任务和刚才的单人练习一样，但这次你会在自己的视野范围内看到其他逃生者，他们以黑色小点的形式存在。”对低紧急程度组的被试，强调以下内容：“本次疏散演练没有时间限制。”对高紧急程度组的被试，强调以下内容：“本次疏散

演练有 20 秒的时间限制，如果在限定时间内没有找到出口就逃不出去了。”确认全部被试准备就绪后，主试开启本轮多人疏散演练，直至全部被试完成疏散，或限定时间用尽。实验完成后随机检查被试：“你刚才感觉是在逃生现场吗？”

## 3 结果与分析

### 3.1 视野范围和紧急程度对从众行为的影响

不同视野范围和紧急程度条件下的从众指数如表 1 所示。

表 1 不同视野范围和紧急程度条件下的从众指数

视野范围	紧急程度			
	低		高	
	Mean	SD	Mean	SD
大	0.35	0.40	0.41	0.31
小	0.23	0.29	0.10	0.34

分别对视野范围和紧急程度做主效应和交互作用检验。结果表明，视野范围与紧急程度的交互作用边缘显著（ $F(1,161)=3.629, p=0.059, \eta^2=0.022$ ）（处理实验数据时剔除了一部分在初始位置就能够看到出口的被试，所以方差分析的组内自由度为  $161 < 205$ ，下同），视野范围的主效应非常显著（ $F(1,161)=15.961, p<0.001, \eta^2=0.092$ ），紧急程度的主效应不显著（ $F(1,161)=0.450, p>0.05, \eta^2=0.003$ ）。简单效应分析结果表明：高紧急程度条件下，大视野范围组的从众指数非常显著的大于小视野范围组（ $t(81)=-4.315, p<0.001, d=0.923$ ）；低紧急程度条件下，小视野范围组的从众指数与大视野范围组之间没有显著差异（ $t(77)=-1.429, p>0.05, d=0.278$ ）。

简单效应分析结果如图 6 所示。

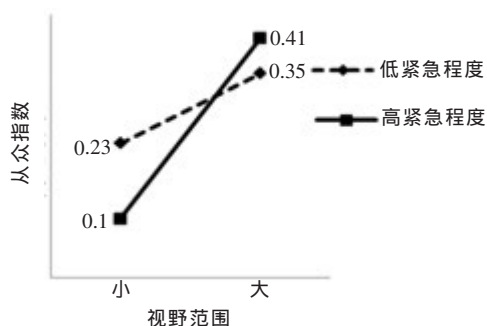


图 6 视野范围与紧急程度对从众指数的影响

### 3.2 视野范围和紧急程度对疏散效率的影响

不同视野范围和紧急程度条件下的疏散效率如

表 2 所示。

表 2 不同视野范围和紧急程度条件下的疏散效率

视野范围	紧急程度			
	低		高	
	Mean	SD	Mean	SD
大	0.38	0.29	0.58	0.30
小	0.24	0.17	0.34	0.17

分别对视野范围和紧急程度做主效应和交互作用检验,结果表明:视野范围和紧急程度的交互作用不显著 ( $F(1,161)=1.921, p>0.05, \eta^2=0.012$ ), 视野范围的主效应非常显著 ( $F(1,161)=26.741, p<0.001, \eta^2=0.145$ ), 紧急程度的主效应也非常显著 ( $F(1,161)=16.390, p<0.001, \eta^2=0.094$ )。大视野范围以及高紧急程度会显著提高疏散效率。

### 3.3 从众行为的中介作用

前面的分析发现,视野范围和紧急程度对疏散效率均有显著影响,同时,视野范围和紧急程度对从众行为有显著的影响,那么有必要对从众行为在视野范围和紧急程度分别与疏散效率之间关系的中介作用进行检验。

(1) 以视野范围为自变量  $X$  ( $X=0$  表示小视野范围,  $X=1$  表示大视野范围), 从众指数为中介变量  $M$ , 疏散效率为因变量  $Y$ 。检验结果如表 3 所示。

表 3 从众指数对视野范围与疏散效率之间关系的中介作用

	回归方程	回归系数检验
第一步	$Y=0.187X$	$SE=0.039, t=4.843^{***}$
第二步	$M=0.218X$	$SE=0.054, t=4.030^{***}$
第三步	$Y=0.139X$ $+ 0.222M$	$SE=0.039, t=3.591^{***}$ $SE=0.054, t=4.111^{***}$

注:  $**p<0.01, ***p<0.001$ , 以下同。

由于第一步和第二步的回归系数均显著,第三步中  $Y$  对  $M$  的回归系数也显著,所以从众行为的中介效应显著。中介效应占总效应的比例为  $0.218 \times 0.222 / 0.187 \approx 25.88\%$ 。

(2) 以紧急程度为自变量  $X$  ( $X=0$  表示低紧急程度,  $X=1$  表示高紧急程度), 从众指数为中介变量  $M$ , 疏散效率为因变量  $Y$ 。检验结果如表 4 所示。

由于第二步检验中  $M$  对  $X$  的回归系数不显著,根据温忠麟等人 (2004) 对中介效应检验方法的介绍,当  $Y$  对  $X$  的回归系数和  $M$  对  $X$  的回归系数中

任意一项不显著时,需要做 Sobel 检验。检验结果的统计量:

$$z = \frac{-0.056 \times 0.298}{\sqrt{(0.056)^2(0.051)^2 + (0.298)^2(0.056)^2}} = -0.99, p>0.05, \text{中介效应不显著。}$$

表 4 从众指数对紧急程度与疏散效率之间关系的中介作用

	回归方程	回归系数检验
第一步	$Y=0.137X$	$SE = 0.040, t=3.452^{**}$
第二步	$M=-0.056X$	$SE = 0.056, t=-1.000$
第三步	$Y=0.154X$ $+ 0.298M$	$SE = 0.036, t=4.241^{***}$ $SE = 0.051, t=5.852^{***}$

综合上述结果,在视野范围对疏散效率的影响中,从众行为有显著的中介效应,该中介效应属于不完全中介。在紧急程度对疏散效率的影响中,从众行为没有显著的中介效应。

### 3.4 控制实验:情绪唤起操作检验

采用另外 31 名被试作为紧急应激情绪唤起控制组。这组被试和正式实验组被试一样完成逃生疏散实验的全部过程。不同的是,这些被试在实验开始前需要填写一份情绪量表,实验结束后填写同样的量表。对这组被试只记录其情绪唤起情况。采用配对样本  $t$  检验对实验前后的情绪状况进行了比较,结果如表 5 所示。

表 5 实验前后情绪操作检验  $M(SD)$

情绪	实验开始前	实验结束后	$t(df=30)$	$p$
不安	2.00 (1.09)	2.29 (1.13)	-1.96	$=0.059$
应激	1.58 (1.03)	2.71 (1.61)	-4.54	$<0.001$
焦虑	1.74 (1.09)	2.80 (1.51)	-3.67	$<0.001$
紧张	1.87 (0.99)	2.68 (1.51)	-2.70	$=0.011$
平静	5.03 (1.25)	4.16 (1.57)	3.86	$<0.001$
放松	5.16 (1.21)	4.10 (1.72)	3.39	$=0.002$

由表 5 可见,实验后负性情绪均呈显著上升,中性情绪均呈明显下降,说明在整个实验过程中,被试处在应激、焦虑和紧张状态。虽然模拟疏散过程无法等同于真实疏散过程,根据 Rottenberg, Ray 和 Gross (2007) 的研究发现,想象的和唤起的情绪反应和真实的情绪反应其生理和心理过程是类似的,同时,本文的实验旨在探讨模拟条件下的疏散状况。



## 4 讨论

### 4.1 视野范围和紧急程度对从众行为的影响

本研究结果表明，高紧急程度条件下，大视野范围组的从众指数非常显著的大于小视野范围组；低紧急程度条件下，小视野范围组的从众指数与大视野范围组之间没有显著差异。研究假设1得到支持。考虑到视野范围的主效应非常显著，而且在真实疏散情境中，紧急程度一般都处于较高水平，可以认为视野范围对从众行为有显著的影响。这一结果与社会心理学的相关理论是一致的：从众行为会受群体规模的影响，群体规模越大，越容易出现从众行为（Franzoi, 2009; Asch, 1955）。本研究中的视野范围越大，个体在其视野范围内看到的其他个体数量也多，这一部分群体的规模大小会影响该个体的从众程度。对这一影响产生的原因进行具体分析：由于每个个体的初始位置是随机分配的，有一些个体在初始时刻就能看到出口所在位置（称这一部分个体为全知个体）。全知个体的行动方向始终是朝向出口的，他们组成的群体（全知群体）表现出明确的行动趋势。如果某个非全知个体视野范围较大，他能看到的其他个体的数量就较多，也就容易辨识出全知群体的行动趋势，进而选择从众的可能性较大；如果视野范围较小，辨识出全知群体的运动趋势的难度就较大，从众的可能性就较小。这一结果与Pan等人（2006）的研究发现很不相同。他们认为疏散情境中的可用信息越少，人们就越容易从众。在本研究的情境中，视野范围越小，来自其他个体的信息就越少，但是从众程度不会随视野范围的减小而提高。本文认为，被试从环境中获取的信息减少更有利于他们根据理性的判断采取行动（Dijksterhuis, Bos, Nordgren, & Baaren, 2006），而不是盲目从众。

### 4.2 从众行为的中介作用

本文发现，视野范围和紧急程度对疏散效率有显著影响，同时，视野范围也通过从众行为影响疏散效率，但紧急程度不通过从众行为影响疏散效率。说明，从众行为具有不完全中介作用，研究假设2得到部分支持。从众行为的部分中介作用说明，从众行为的程度会对疏散效率产生一定影响。这与以往研究的结果是基本一致的：Helbing、杨立中和崔喜红等人的研究表明，当从众程度较低时，与疏散效率成正相关；当从众程度较高时，与疏散效率成负相关；当从众程度适中，不过高也不

过低时，疏散效率有最佳值（Helbing, et al, 2000; Yang, et al, 2005; 崔喜红, 2005）。但是本研究的结果与以往研究也有所不同：从众程度与疏散效率始终保持正相关。产生这一差异的原因是：本研究考察的从众行为是被试自发产生的，而非人为控制的，所以其程度处在比较合理的范围内，极端情况较少，在这段范围内从众行为都是有利于完成疏散的。视野范围直接影响疏散效率的主要原因是：视野范围较大时，全知个体的数量较多，他们可以看到出口位置，所以他们的疏散效率很高，从而提高了平均疏散效率；视野范围较小时，全知个体的数量较少，使得平均疏散效率降低。紧急程度影响疏散效率的主要原因是：当紧急程度较高时，个体为了在限定时间内尽快找到出口，会尽量沿着直线行动，并避免漫无目的的探索或走多余的曲线路径，这样的行动方式是有助于提高疏散效率的。

### 4.3 研究贡献和局限

本研究的主要理论贡献是，通过研究视野范围和紧急程度对从众行为的影响，指出了以往建模研究中存在的对从众行为过度简化的不妥之处，弥补了疏散研究中对从众行为影响认识的某些不足。我们的研究结论为疏散模型朝更加精细化的方向改进提供了一定的建议：在模型中增加探测视野范围大小的功能，以及感知情境紧急程度的功能，以便模型动态地调整疏散个体的从众程度，从而更好地符合真实疏散情境。同时本研究探讨了从众行为在视野范围、紧急程度与疏散效率关系中的中介作用，为更加系统、完整地理解从众行为在疏散过程中的作用提供了新的视角。本研究的主要实践贡献是，为紧急疏散发生时的疏导和救援工作提供具有个体针对性的指导，对突发事件的预防和安全教育也有一定的实践意义。

本研究的主要局限：第一，模拟疏散演练的疏散场地在二维平面内实现，无法营造更复杂和更真实的紧急疏散情境。虽然大量相关研究证明指导语对逃生应激反应启动的有效性（例如：Rottenberg, Ray, & Gross, et al., 2007; 李虹等, 2013; 陈石, 2013），以及模拟疏散演练对人员逃生行为研究的可行性（Nakanishi, 2004; 王庆娇等, 2003; 张培红等, 2002），本文认为在技术手段上仍然有改进余地，例如：可以进一步设计三维立体逃生情境等；第二，对视野范围和紧急程度只设立了“大、小”和“高、低”两个水平，有可能造成结论的不全面，今后研究中应该增加“中”等水平，以使观察

范围更具连续性。

## 5 结论

本研究的主要结论：第一，视野范围和紧急程度会影响从众行为，视野范围越大紧急程度越高，从众倾向越明显；第二，从众行为对视野范围与疏散效率之间的关系具有不完全中介作用，对紧急程度和疏散效率之间的关系不存在中介作用。

## 参 考 文 献

- 陈石. (2013). 双系统逃生决策的顺序替代效应, 清华大学博士学位论文.
- 崔喜红, 李强, 陈晋, 陈春晓. (2005). 大型公共场所人员疏散模型研究—考虑个体特性和从众行为. *自然灾害学报*, 14, 133–140.
- 李虹, 陈石, 倪士光. (2013). 直觉和分析在不同任务条件下的逃生决策效果. *心理学报*, 45 (1), 94–103.
- 李强, 崔喜红, 陈晋. (2006). 大型公共场所人员疏散过程及引导作用研究. *自然灾害学报*, 15, 92–99.
- 王庆娇, 方正, 张铮. (2003). 虚拟现实技术在火灾人员疏散行为调查中的应用. *测绘信息与工程*, 28, 45–47.
- 杨立中, 方伟峰, 黄锐, 邓志花. (2002). 基于元胞自动机的火灾中人员逃生的模型. *科学通报*, 47, 896–901.
- 张培红, 陈宝智, 刘丽珍. (2002). 虚拟现实技术与火灾时人员应急疏散行为研究. *中国安全科学学报*, 12, 46–50.
- Altshuler, E., Ramos, O., Núñez, Y., Fernández, J., Batista-Leyva, A. J. & Noda, C. (2005). Symmetry breaking in escaping ants. *The American Naturalist*, 166, 643–649.
- Aronson. (2005). *Social Psychology* (5th ed.). Beijing: China Light Industry Press.
- Asch, S. E. (1955). Opinions and social pressure. *Scientific American*, 193 (5), 35–35.
- Delsuc, F. (2003). Army Ants Trapped by Their Evolutionary History. *PLoS Biology*, 1 (2), 155–160.
- Dijksterhuis, A., Bos, M. W., Nordgren, L. F., & Van Baaren, R. B. (2006). On making the right choice: The deliberation-without-attention effect. *Science*, 311 (5763), 1005–1007.
- Drury, J., Cocking, C., Reicher, S., Burton, A., Schofield, D., Hardwick, A., Graham, D., & Langston, P., (2009). Cooperative versus competition in a mass emergency evacuation: a new laboratory simulation and a new theoretical model. *Behavior Research Methods*, 41, 957–970.
- Franzoi. (2009). *Social Psychology*. Shanghai: Shanghai People's Press.
- Galea, E. R., Finney, K. M., Dixon, A. J. P., Siddiqui, A., & Cooney, D. P. (2006). An analysis of exit availability, exit usage and passenger exit selection behaviour exhibited during actual aviation accidents. *The Aeronautical Journal* 110, 113–134.
- Galea, E. R., Filippidis, L., Wang, Z., Lawrence, P. J., & Ewer, J. (2011). Evacuation analysis of 1000+ seat blended wing body aircraft configurations: computer simulations and full-scale evacuation experiment. In: R. D. Peacock, E. D. Kuligowski, & J. D. Averill (Eds.), *Pedestrian and evacuation dynamics*. Springer, US, pp. 151–161.
- Helbing, D., Farkas, I., & Vicsek, T. (2000). Simulating dynamical features of escape panic. *Letters to Nature*, 407, 487–490.
- Heliövaara, S., Kuusinen, J. M., Rinne, T., Korhonen, T., & Ehtamo, H. (2012). Pedestrian behavior and exit selection in evacuation of a corridor: An experimental study. *Safety Science*, 50, 221–227.
- Keating, J. P. (1982). The myth of panic. *Fire Journal*, 147, 57–61.
- Kuligowski, E. (2009). The process of human behavior in fires. *National Institute of Standards and Technology Technical Note*, 1632, 1–15.
- Muir, H., & Cobbett, A. (1995). Cabin crew behaviour in emergency evacuations. Civil Aviation Authority/Federal Aviation Administration Paper DOT/FAA/CT-95/16.
- Nakanishi, H. (2004). Free Walk: A social interaction platform for group behavior in a virtual space. *International Journal of Human-Computer Studies*, 60, 421–454.
- Pan, X., Han, C. S., Dauber, K., & Law, K. H. (2006). Human and social behavior in computational modeling and analysis of egress. *Automation in Construction*, 15, 448–461.
- Pan, X., Han, C. S., Dauber, K., & Law, K. H. (2007). A multi-agent based framework for the simulation of human and social behaviors during emergency evacuations. *Journal of AI and Society*, 22 (2), 113–132.
- Rottenberg, J., Ray, R. D., & Gross, J. J. (2007). Emotion elicitation using films. In J. A. Coan, & J. B. Alle (Eds.), *Handbook of Emotion Elicitation and Assessment* (pp9–25). London: Oxford University Press.
- Still, G. (2000). *Crowd Dynamics*. UK: University of Warwick Press.
- Was, J. (2010). Experiments on evacuation dynamics for different classes of situations. In: W. W. F. Klingsh, C. Rogsh, A. Schadschneider, & M. Schreckenberg (Eds.), *The Proceedings of PED2008: 4th International Conference on Pedestrian and Evacuation Dynamics*. Springer, pp. 225–232.
- Yuan, W., & Tan, K. H. (2009). Cellular automata model for simulation of effect of guiders and visibility range. *Current Applied Physics*, 9, 1014–1023.



## Influence of Visibility Range and Degree of Urgency on Efficiency of Evacuation: Mediating Effect of Herding Behavior

Xu Yang, Li Hong

(Department of Psychology, Tsinghua University, Beijing 100084)

### Abstract

Theories and studies indicate that, some situational factors including the visibility range of individual and the degree of urgency, and some individual factors such as the locus of control and gender, might be the important factors that influence the herding behavior. But these assumptions have not been tested by laboratory experiments. In this study, we use simulated evacuation drill to explore the possible influences that the factors mentioned above on herding behavior, and discuss the mediating effect of herding behavior in the relationship between these factors and the efficiency of evacuation. We build the software framework of the simulated evacuation environment, in order to conduct the research. The simulating environment is a set of computer programs that compose of the server side and the client side.

The main findings are: 1) The visibility range and the degree of urgency have significant influence on the herding behavior during evacuation. 2) Herding behavior has significant mediating effect in the relationship between the visibility range and the efficiency of evacuation.

**Key words** herding behavior, evacuation efficiency, visibility range, degree of urgency, simulated evacuation drill.  
(上接第 305 页)

## Threat Effect of Mathematics–Gender Stereotype to Girls: The Moderating moderating effect of Field Cognitive Style

Song Shujuan, Liu Huashan

(School Of Education, Huanggang Normal University, Huanggang 438000; School of Psychology, Central China Normal University, Wuhan 430079)

### Abstract

The experiment was designed to inspect whether mathematical gender stereotype bring threat effect to middle school girls or not, and to explore whether there is moderating moderating effect of field cognitive style to the threat effect. The study found that girls' working memory span in mathematical gender stereotype context was significantly lower than in non mathematical gender stereotype context; a significant interaction effect between the cognitive style and the test context was found. Field dependence individuals' working memory span in mathematical gender stereotype context was significantly lower than in non mathematical gender stereotype context; field independence individuals' working memory span didn't have significant difference between different contexts. The results indicated that the mathematical gender stereotype brings a threat to girls; the cognitive style moderates mathematical gender stereotype threat effect, field dependence individuals encounter serious threat, but field independence individuals encounter few threat.

**Key words** mathematical–gender stereotype, stereotype threat, cognitive style, working memory span.