

中文引用格式:赵金龙,马龙,徐童,等. 古镇突发火灾情景下人员疏散行为影响因素研究[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(4): 195-203.

英文引用格式:ZHAO Jinlong, MA Long, XU Tong, et al. Research on influencing factors of evacuation behavior in ancient town fire emergencies [J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(4): 195-203.

古镇突发火灾情景下人员疏散行为影响因素研究*

赵金龙¹副教授, 马龙¹, 徐童^{**1}讲师, 赵利宏^{2,3}, 王振华¹

(1 中国矿业大学(北京) 应急管理与安全工程学院, 北京 100083; 2 中国建筑科学研究院有限公司, 北京 100013; 3 河南理工大学 安全科学与工程学院, 河南 焦作 454003)

中图分类号: X928.7

文献标志码: A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.04.1328

【摘要】 为掌握古镇突发火灾情景下人员疏散行为及心理特征, 准确识别人员疏散行为影响因素, 首先, 选择浙江省某古镇为研究对象, 从人员基本特征、古镇火灾风险认知能力及态度、人员疏散行为3个方面开展人员疏散行为问卷调查。随后, 采用皮尔逊卡方检验和极端梯度提升(XGBoost)机器学习算法综合分析年龄段、消防救援演习频率、古镇火灾风险了解程度等与人员疏散行为相关性。结果表明: 游客(77.78%)比古镇居民和商户(22.22%)更加了解古镇火灾风险; 年龄对折返行为有显著影响; 受教育程度越高, 受访者在疏散过程中越不倾向于发生超越行为(由85%降低到33%); 未主动熟悉安全出口的人在疏散出口时更容易表现出从众和“惯性”行为(分别从8%上升到33%、12%上升到20%)。应当重点关注古镇当地居民和商户的消防安全培训情况, 加强古镇消防安全管理, 并制定针对不同年龄段的人员疏散方案, 以提高古镇突发火灾下人员疏散能力。

【关键词】 古镇火灾; 人员疏散行为; 调查问卷; 影响因素; 风险认知能力; 超越行为

Research on influencing factors of evacuation behavior in ancient town fire emergencies

ZHAO Jinlong¹, MA Long¹, XU Tong¹, ZHAO Lihong^{2,3}, WANG Zhenhua¹

(1 School of Emergency Management and Safety Engineering, China University of Mining and Technology-Beijing, Beijing 100083, China; 2 China Academy of Building Research Co., Ltd., Beijing 100013, China; 3 College of Safety Science and Engineering, Henan Polytechnic University, Jiaozuo Henan 454003, China)

Abstract: To understand evacuation behavior and psychological characteristics in the event of a sudden fire in an ancient town, and to accurately identify the factors influencing personnel evacuation behavior, a questionnaire survey on evacuation behavior was conducted in an ancient town in Zhejiang Province. The survey focused on three aspects: basic population characteristics, awareness and attitudes toward fire risk in the ancient town, and evacuation behavior. Subsequently, the correlation between evacuation behavior and factors such as age group, frequency of fire drills, and understanding of fire risks in ancient towns was comprehensively analyzed using the Pearson's Chi-square test and eXtreme Gradient Boosting (XGBoost) machine learning algorithm. The results indicate that tourists (77.78%) are more aware of fire risks in the

* 文章编号: 1003-3033(2025)04-0195-09; 收稿日期: 2024-12-15; 修稿日期: 2025-02-21

** 通信作者: 徐童(1995—), 男, 河北邯郸人, 博士, 讲师, 主要从事城市公共安全及消防技术方面的研究。E-mail: xut2024@cumb.edu.cn。

ancient town than local residents and merchants (22.22%). Age has a significant impact on returning behavior. The higher the level of education, the less likely respondents are to engage in overtaking behavior during evacuation (decreasing from 85% to 33%). Individuals who have not proactively familiarized themselves with emergency exits are more likely to exhibit herd and 'habitual' behavior when choosing evacuation exits (increasing from 8% to 33% and from 12% to 20%, respectively). Special attention should be given to fire safety training for local residents and merchants. Fire safety management in the ancient town should be strengthened, and evacuation plans tailored to different age groups should be developed to improve evacuation capabilities in the event of a sudden fire in the ancient town.

Keywords: ancient town fire; personnel evacuation behavior; questionnaire survey; influencing factors; risk awareness ability; transcend behavior

0 引言

古镇作为中华文化重要载体和旅游胜地,吸引了大量游客。但由于古镇建筑年限久远、建筑布局紧密、人流密度集中,一旦发生火灾,人员疏散难度较大,极易导致严重的人员伤亡和财产损失^[1-2]。例如:2023年8月18日,贵州省黎平县肇兴镇古侗寨客栈发生火灾事故,由于疏散不力,造成9人死亡,2人受伤。保障人员安全已成为古镇运营需考虑的关键事件之一。因此,开展古镇火灾场景下人员疏散行为及心理特征研究,识别影响人员疏散关键因素,对于制定针对性的疏散措施,提高疏散效率,保障人员安全具有重要意义。

国内外学者针对突发情境下人员疏散行为已开展了相关研究。董利辉等^[3]利用结构方程模型,分析了人员安全意识、安全态度等因素与人员心理和从众行为的相关性。WANG Jinghong等^[4]探究了影响人员疏散心理和行为的相关因素,发现性别、文化程度和行李数量与惊恐心理和疏散行为的相关性较强。李华等^[5]利用对抗解释结构模型开展人员疏散行为特征分析,发现影响密室场所人员疏散的根本因素主要为制度与规程编制完备性、密室剧情类型、空间组合形式、空间嵌套层数等。聂子睿等^[6]通过皮尔逊-卡方检验方法发现人员事故及其信息认知程度与疏散行为的相关性显著。程绍坚等^[7]通过建立仿真模型开展人员疏散研究,发现从众程度越高,人员疏散效率越低。焦柳丹等^[8]对地铁火灾人员疏散行为展开数值模拟研究,发现疏散通道墙壁燃烧抑制人员疏散。陈长坤等^[9]对突发火灾下人员疏散心理及行为进行了研究,发现女性比男性更容易表现出从众行为,但更愿意跟随指示标识进行疏散。王立晓等^[10]收集并分析了人员在疏散过程中心理潜变量信息,发现非适应性心理在不同

程度上影响着疏散过程中的非适应性行为。邓青等^[11]分析了2种典型人员疏散行为演化过程。发现人员心理收益、事故危险程度和逆行损失对突发事件下人员疏散行为有显著影响。综上,现有研究主要分析了各类场景下人员的疏散心理和行为特征,为制定针对性疏散方案提供了参考。然而,国内外研究场景大多为地铁、大型商场等室内建筑场所或步行街等现代开放性公共场所,而对火灾危险性较大、人员密集性较高的古镇及历史街区等场所的关注较少。与现代公共场所不同,古镇的历史文化价值要求在制定疏散方案时,必须避免对建筑布局造成破坏,因此无法进行大幅度的结构改造。导致在古镇火灾情景下,疏散成效更依赖疏散人员自身行为与消防素养。并且常规评估指标也无法为古镇制定针对性疏散措施提供有效指导。此外,现有研究调查方法多采用数值模拟仿真或线上调查的手段,在一定程度上无法反映受访者身份真实性。

因此,选择浙江省湖州市某古镇为研究对象,结合实地调查和线下发放调查问卷的方式,获取古镇突发火灾(简称古镇火灾)场景下人员的疏散行为及心理特征,并使用皮尔逊卡方检验和机器学习分析人员疏散行为倾向,识别人员疏散的关键影响因素,以期为古镇火灾人员疏散方案制定提供一定的参考。

1 研究对象与问卷设计

1.1 研究对象

该古镇位于湖州市东部,有着770多年的悠久历史,辖区面积 $2.18 \times 10^6 \text{ m}^2$,古镇内展览、文娱、旅游等功能丰富,路网复杂,建筑之间紧密相连,一旦发生火灾,人员疏散难度极大。

1.2 疏散行为影响因素问卷设计

为清晰、全面地反映古镇火灾特点和消防管理

情况。在设计问卷之前,综合分析古镇内火灾事故案例和现场勘察结果,全面考察古镇各级文化保护单位、历史建筑、不可移动文物建筑及大量整修建筑的使用性质、火灾危险源、建筑防护性能和消防管理能力。基于上述针对古镇火灾特点的分析结果,利用问卷调查法对人员在突发火灾中的疏散行为及心理特征进行了调研与分析。人员疏散行

为影响因素调查问卷共设计了17个问题,具体分为3部分:人员基本特征、古镇火灾风险认知能力及态度、人员疏散行为。其中,第3部分以疏散过程中的非适应性行为(如折返、超越、竞争、冒险)为基础,设计了针对多个疏散场景的相关问题,旨在反映人员在面对古镇火灾时的真实疏散表现,见表1。

表1 调查问卷

Table 1 Questionnaire survey

问题类别	问题内容	问题选项
人员基本特征	性别	<input type="checkbox"/> 男 <input type="checkbox"/> 女
	年龄段	<input type="checkbox"/> 14~18 <input type="checkbox"/> 18~25 <input type="checkbox"/> 26~30 <input type="checkbox"/> 31~40 <input type="checkbox"/> 41~50 <input type="checkbox"/> 51~60
	受教育程度	<input type="checkbox"/> 小学 <input type="checkbox"/> 初中 <input type="checkbox"/> 高中 <input type="checkbox"/> 本科或大专 <input type="checkbox"/> 研究生
	身份	<input type="checkbox"/> 古镇居民 <input type="checkbox"/> 商户 <input type="checkbox"/> 游客
	古镇居住时间	<input type="checkbox"/> 少于1个月 <input type="checkbox"/> 1~6个月 <input type="checkbox"/> 6个月~1年 <input type="checkbox"/> 超过1年
	消防安全知识了解情况	<input type="checkbox"/> 不知道,没接触过 <input type="checkbox"/> 接受过学校基础教育 <input type="checkbox"/> 接受过专门消防知识或训练
	经历消防救援演习频率	<input type="checkbox"/> 从未接受过 <input type="checkbox"/> 低于每年1次 <input type="checkbox"/> 每年1次以上
古镇火灾风险认知能力及态度	是否了解过古镇火灾风险	<input type="checkbox"/> 从未了解过 <input type="checkbox"/> 了解过 <input type="checkbox"/> 了解过并做过相应准备
	古镇火灾特点辨识能力(多选)	<input type="checkbox"/> 建筑材料为木结构等易燃材料 <input type="checkbox"/> 火灾损失较大 <input type="checkbox"/> 防火间距不足易造成火灾蔓延 <input type="checkbox"/> 建筑规划不合理,火灾扑救难 <input type="checkbox"/> 不清楚
	古镇火灾预防措施辨识能力(多选)	<input type="checkbox"/> 定期电气线路检查 <input type="checkbox"/> 禁烟规定 <input type="checkbox"/> 易燃物品管理 <input type="checkbox"/> 消防宣传教育 <input type="checkbox"/> 不清楚
	是否会主动熟悉安全出口或逃生路线	<input type="checkbox"/> 不会 <input type="checkbox"/> 偶尔会 <input type="checkbox"/> 大多数时候会 <input type="checkbox"/> 每次都会
人员疏散行为	疏散出口选择情况	<input type="checkbox"/> 最近的出口 <input type="checkbox"/> 跟随大众 <input type="checkbox"/> 依照疏散指示标识 <input type="checkbox"/> 最熟悉的出口
	被困阁楼时选择	<input type="checkbox"/> 待在原地,等待救援 <input type="checkbox"/> 采取一定措施向安全处逃生 <input type="checkbox"/> 跳出窗外
	亲友走散时是否愿意折返	<input type="checkbox"/> 不愿意 <input type="checkbox"/> 不清楚 <input type="checkbox"/> 愿意
	财物丢失或遗留是否愿意折返	<input type="checkbox"/> 不愿意 <input type="checkbox"/> 不清楚 <input type="checkbox"/> 愿意
	当前面人群疏散较慢是否愿意超越	<input type="checkbox"/> 不愿意 <input type="checkbox"/> 不清楚 <input type="checkbox"/> 愿意
	疏散过程中有人争抢是否愿意相让	<input type="checkbox"/> 不愿意 <input type="checkbox"/> 不清楚 <input type="checkbox"/> 愿意

2 人员疏散行为影响因素问卷调查结果分析

考虑到问卷发放随机性和人群聚集地点代表性,笔者于古镇北部区块百间楼开始,沿主河道向东

西部扩散,对商户、居民、游客进行随机一对一访问并表明调查意图,确保问卷填写时间大于5 min以上。全过程共发放160份问卷,其中有效问卷152份,有效率达到95%。对回收的问卷数据,分别从人员基本特征、古镇火灾风险认知能力及态度、人员

疏散行为及心理方面进行分析。

2.1 人员基本特征分析

人员基本特征涵盖人员性别、年龄段、身份、居住时间、对消防安全知识的了解情况、经历消防救援演习的频率等。其中,人员对于消防安全知识了解情况和经历消防救援演习频率 2 项特征信息主要考察人员基本消防安全素养,相关频数见表 2。可以看出,仅有约 23.68% 的人接受过专门的消防安全知识或训练;约 18.42% 的人从未经历过消防救援演习,而其中古镇居民或商户占比 82.14%,反映出古镇消防安全管理有所欠缺。

表 2 人员基本特征频数

Table 2 Frequency of basic characteristics of the population

问题	选项	频数	占比/%
消防安全知识了解情况	不知道,没接触过	20	13.16
	看过消防宣传资料或影视节目	96	63.16
	接受过专门消防安全知识或训练	36	23.68
经历消防救援演习频率	从未经历过	28	18.42
	经历过,但不记得	45	29.61
	低于每年 1 次	43	28.29
	每年 1 次及以上	36	23.68

2.2 古镇火灾风险认知能力及态度分析

人员对于古镇火灾风险的认知能力包括古镇火灾风险了解情况、古镇火灾特点了解情况和古镇火灾预防措施辨识情况。古镇火灾风险认知态度包括进入古镇公共场所对于安全出口或逃生路线的熟悉情况,结果见表 3。由表 3 可以看出,约 51.32% 的人员对古镇火灾风险完全没有了解。在古镇火灾特点的了解情况方面,约 36% 的人表示不清楚,而其中古镇居民和商户占比约 77.78%,游客占比 22.22%,这意味着游客相对于居民和商户对古镇火灾风险更加了解。这主要是因为居民长期生活在古镇中,对火灾风险的感知因环境熟悉而弱化,从而降低了对安全知识和技能学习的主动性^[12]。此外,受访者认为古镇火灾的主要特点为建筑材料为木结构等易燃材料(69.74%),建筑规划不合理、火灾扑救难(68.42%),火灾损失较大(63.16%)。在回访过程中,部分受访者表示对“防火间距”专业术语缺乏了解,因此未选择“防火间距不足导致火灾蔓延”这一选项。

在古镇内部火灾预防措施的了解情况方面,

24.34% 人员不清楚;同时,多数人员认为定期电气线路检查(75.66%)、室内外禁烟规定(60.53%)、易燃物品管理(75.66%)和消防宣传教育(60.53%)能够有效预防古镇火灾;其中,选择“室内外禁烟规定”和“消防宣传教育”的人相对较少,反映出古镇室内外禁烟和消防宣传教育不到位;同时,在回访过程中也发现除国家级文物保护单位外,部分历史建筑、不可移动文物建筑消防宣传标语或禁烟标识位置较为隐蔽,不易发现。

在古镇火灾风险认知态度方面,仅约 8.55% 人员表示每次都会关注,这反映出古镇人员普遍缺乏关注安全出口或逃生路线意识。

表 3 古镇火灾风险认知能力及态度频数

Table 3 Frequency of awareness and attitudes towards fire risks in the ancient town

问题	选项	频数	占比/%
对于古镇火灾风险了解情况	没有了解	78	51.32
	了解过	59	38.82
	不仅了解过,还做过相应准备	15	9.87
古镇火灾特点了解情况(多选)	建筑材料为木材等易燃材料	106	69.74
	防火间距不足导致火灾蔓延	63	41.45
	建筑规划不合理,火灾扑救难	104	68.42
	火灾损失较大	96	63.16
	不清楚	36	23.68
	定期电气线路检查	115	75.66
古镇内部火灾预防措施了解情况(多选)	禁烟规定	92	60.53
	易燃物品管理	115	75.66
	消防宣传教育	92	60.53
	不清楚	37	24.34
进入古镇公共场所是否会主动熟悉安全出口或逃生路线	不会	38	25.00
	偶尔会	60	39.47
	大多数时候会	41	26.97
	每次都会	13	8.55

2.3 人员疏散行为及心理分析

在疏散过程中人员自身非理性心理往往会导致非适应性行为的发生,进而引发整体疏散的一系列问题。非适应性行为指人员为达到自己目的,对整体疏散造成不利影响行为的统称,例如:折返、竞争、超越等行为^[13]。考虑到古镇不同疏散环境和人员疏散时的非适应性行为,问卷设计了 6 个问题,见表 4。由表 4 可以发现,在出口选择方面,约 56.58% 的人员选择最熟悉或最近的出口,符合人员

非适应性“惯性”心理,由于人员在紧急疏散时较为紧张,一般会选择自己较为熟悉的出口。此外,约 17.11% 人员表现出明显从众心理,倾向于跟随人群进行疏散。在这种心理影响下,疏散人员会认为人多的地方安全,进而作出非理性判断^[14]。

在脱困选择方面,约 71.05% 人员选择采取正确的措施逃离到安全区域,如用湿毛巾捂住口鼻等;约 4.61% 的人采取“冒险”行为,如直接从窗口跳下,该类行为通常受到冲动和侥幸心理影响。在“折返”行为方面,约 60.53% 人员倾向于在亲友走散的情况下折返寻找,并且有约 33.55% 人员在财物遗留或丢失时也倾向于去折返寻找,这些行为可能对整体疏散过程造成较大阻碍。在超越行为方面,59.21% 人员表示会在疏散过程中超越他人。在“竞争”行为方面,当疏散出口尺寸较小并且有人争抢时,58.55% 人员会直接为其让路,这些人在疏散过程中较为理性,有助于整体疏散。

表 4 人员疏散行为频数

Table 4 Frequency of evacuation behaviors

问题	选项	频数	占比/%
疏散出口选择	距离最近或最熟悉疏散出口	86	56.58
	跟随大众进行疏散	26	17.11
	依照疏散指示标识进行疏散	40	26.32
被困在二楼或阁楼选择	待在原地,等待救援	28	18.42
	采取一定措施向安全处逃生	117	76.97
	跳出窗外	7	4.61
亲友走散,是否愿意折返	不愿意	45	29.61
	不清楚	15	9.87
	愿意	92	60.53
财物丢失或遗留,是否愿意折返	不愿意	102	67.11
	不清楚	13	8.55
	愿意	51	33.55
人群疏散较慢,是否会超越他人	不愿意	61	40.13
	不清楚	40	26.32
	愿意	51	33.55
有人争抢,是否选择让步	不愿意	18	11.84
	不清楚	45	29.61
	愿意	89	58.55

3 相关性分析

为准确识别古镇火灾中人员疏散行为的影响因素,采用皮尔逊卡方检验和极端梯度提升(eXtreme

Gradient Boosting, XGBoost) 机器学习算法,分析人员疏散行为与人员基本特征、古镇火灾风险认知能力及态度的相关性。

3.1 皮尔逊卡方检验

皮尔逊卡方检验是一种广泛用于检验分类变量之间独立性的方法。 p 值是在假设检验中用于判断结果是否具有统计学显著性的一个指标,用于衡量在假设检验前提下观察到数据出现的概率,采用 0.01 和 0.05 这 2 个显著性水平。当 p 值小于设定的显著性水平时,可认定 2 个变量在该显著性水平上具有相关性。由于分类变量数据存在一定的有序性和非完全正态性,首先对数据进行标签编码及归一化处理,并进行相关性分析^[15]。其中,人员基本特征与疏散行为的分析结果见表 5。总体结果表明:年龄、受教育程度、消防救援演习频率、古镇火灾风险了解情况、古镇火灾预防措施辨识情况以及安全出口熟悉情况等分别与不同的人员疏散行为相关性显著。

3.2 基于 XGBoost 的特征重要度分析

为克服样本数量有限和皮尔逊卡方检验分析结果维度单一性对研究结果的潜在影响,进一步采用 XGBoost 机器学习模型进行深度数据分析。特征重要度是 XGBoost 计算特征重要度常用的指标,它衡量了某个特征在所有分裂点中所带来的平均损失函数的减少量(模型性能的提升)。从结果的相对重要性来看,当特征重要度大于 0.1 时,可以认为该特征与目标变量之间存在较强的相关性^[16]。

建立 XGBoost 模型,分别计算 6 类疏散行为的特征重要度。结果表明:除了验证皮尔逊卡方检验所得结果外,XGBoost 模型还揭示了受教育程度与被超越后选择行为之间存在较为显著的非线性相关性,如图 1 所示。因此,综合 2 种方法的分析结果,分析人员疏散行为相关因素。

4 人员疏散行为影响因素分析

基于人员疏散行为与人员基本特征、古镇火灾风险认知能力及态度的相关性分析结果,选择与人员疏散行为具有显著相关性的特征信息作为关键影响因素,并进行结果分析。其中,人员基本特征方面包括年龄段、受教育程度和消防救援演习频率;古镇火灾风险认知能力及态度方面包括古镇火灾风险了解情况、古镇火灾预防措施了解情况和安全出口熟悉情况。

表 5 皮尔逊卡方检验结果(人员基本特征)

Table 5 Results of Pearson Chi-Square test (basic characteristics of personnel)

皮尔逊-卡方检验		出口选择	脱困选择	折返(亲友走散)	折返(财物遗留)	超越	竞争
性别	相关系数	0.04	0.12	-0.08	-0.16	-0.03	0.00
	<i>p</i> 值	0.58	0.14	0.31	0.05	0.67	0.96
年龄	相关系数	-0.06	-0.11	0.25**	0.26**	0.13	0.07
	<i>p</i> 值	0.42	0.19	0.01	0.01	0.11	0.40
受教育程度	相关系数	-0.04	0.09	0.01	-0.11	-0.14*	0.05
	<i>p</i> 值	0.66	0.25	0.94	0.16	0.04	0.54
身份	相关系数	-0.01	0.01	0.06	-0.06	-0.07	0.09
	<i>p</i> 值	0.44	0.94	0.47	0.45	0.36	0.27

注:**表示显著性水平,*p*值<0.01;*表示显著性水平,*p*值<0.05。

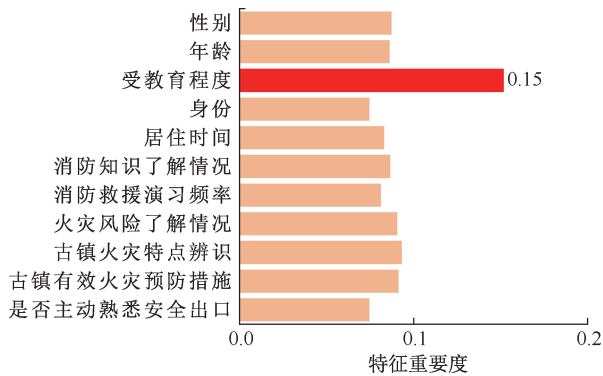


图 1 受教育程度与被超越后的选择行为特征重要度计算结果

Fig. 1 Calculation results of the importance of education level and choices behavior after being overtaken

4.1 人员基本特征与疏散行为分析

4.1.1 年龄段与疏散行为的影响

图 2 为年龄段与折返(亲友走散)行为关系,图 3 为年龄段与折返(财物遗留)行为关系。可以发现,随着年龄增长,人员更倾向于在亲友走散时折返。在 41 岁之前,随着年龄增长,人员对财物遗留也越倾向于折返(由 0 上升到 45%)。31 ~ 40 岁的人群表现出最高的折返比例,这主要是由于这一年龄段的人员多为家庭和职业的中坚力量,可能在疏散过程中因多重考虑(家人、财产)而主动折返^[17]。而 41 ~ 50 岁及以上年龄段人员对于财物遗留则表现出明显不折返倾向(73%),这可能是由于中年人成家后,随着年龄增长,在紧急疏散中不会过于看重财物,会更关注家人^[17]。因此,应当制定针对不同年龄段的人员疏散方案以提高人员疏散效率。

4.1.2 受教育程度与疏散行为分析

图 4、图 5 为受教育程度与超越行为和被超越后的选择行为的相关关系,从中可以看出,二者均与受

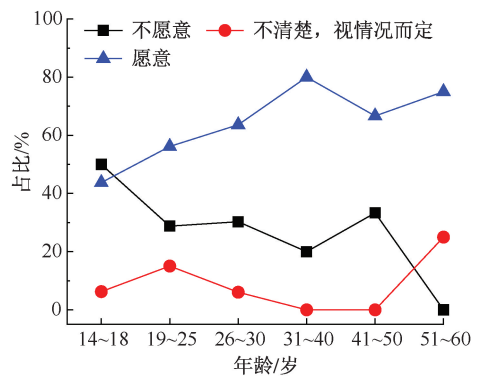


图 2 年龄段与折返(亲友走散)行为
Fig. 2 Age groups and returning behavior (due to separation from friends / family)

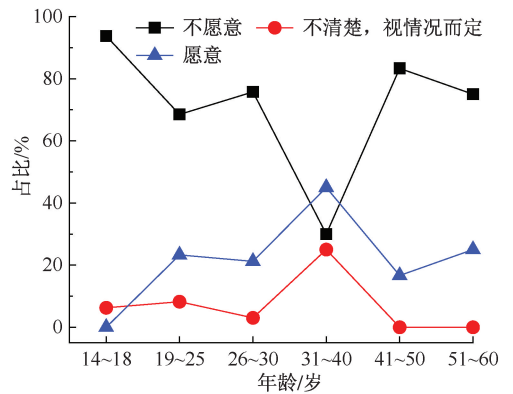


图 3 年龄段与折返(财物遗留)行为分析
Fig. 3 Analysis of age groups and returning behavior (due to left-behind belongings)

教育程度有着显著的相关性。受教育程度主要以高中或中专学历为分界,两边表现出较大的差异性。小学和初中学历人群比本科或大专以上学历的人群更倾向于在紧急疏散中超越别人,而在有人超越时也不倾向于让步。并且在被超越时也更不愿意让步。这反映出高学历人群往往在紧急疏散中较为理性。

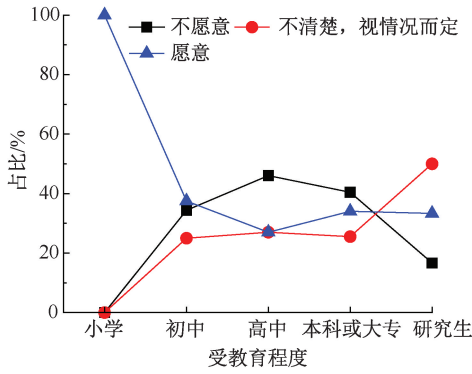


图 4 受教育程度与超越行为分析

Fig. 4 Analysis of education level and 'overtaking' behavior

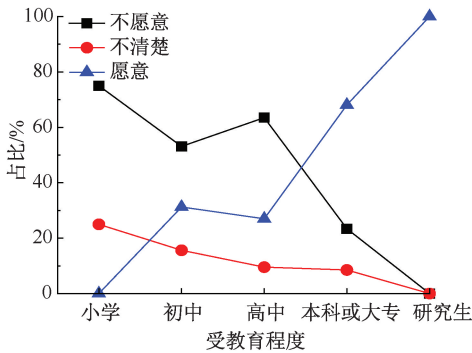


图 5 受教育程度与被超越后的选择行为分析

Fig. 5 Analysis of education level and choice behavior after being overtaken

4.1.3 消防救援演习频率与疏散行为分析

图 6 为演习频率与折返(财物遗留)行为分析情况,图 7 为演习频率与超越行为分析情况,从图 6 和图 7 中可以看出,在紧急疏散过程中,若有财物遗留,随着演习频率增加,选项表现出“不愿意”折返的比例有所上升(由 59% 上升至 83%),并且不愿意发生超越行为比例也同样呈现上升趋势(由 32% 上升至 61%)。这反映出随着演习频率增加,人员消防安全素养也在不断提高,自身在面对突发火灾时会表现得更加理性,并在行为上不倾向于表现出“折返”或“超越”等非适应性行为,也更体现了消防救援演习对于人员紧急疏散的重要性。

4.2 古镇火灾风险认知能力及态度分析

4.2.1 古镇火灾风险了解情况与疏散行为分析

图 8 为古镇火灾风险了解情况与“折返”(亲友走散)行为的关系。由图 8 可以看出,随着对古镇火灾风险了解程度增加,人员越不倾向于在疏散过程中发生“折返”行为(由 19% 上升至 53%)。由于古镇内安全出口或者疏散通道较为狭窄,并且疏散距离较

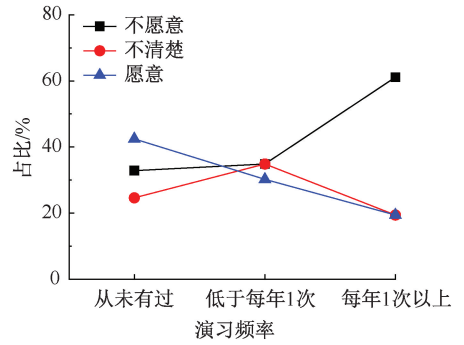


图 6 消防救援演习频率与折返(财物遗留)

行为分析

Fig. 6 Analysis of fire drill frequency and returning behavior (due to left-behind belongings)

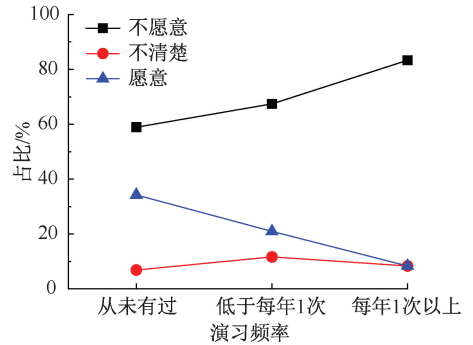


图 7 消防救援演习频率与超越行为分析

Fig. 7 Analysis of fire drill frequency and 'overtaking' behavior

长;因此,了解古镇火灾风险情况的人员可能会意识到“折返”行为会严重阻碍突发火灾人员整体疏散。

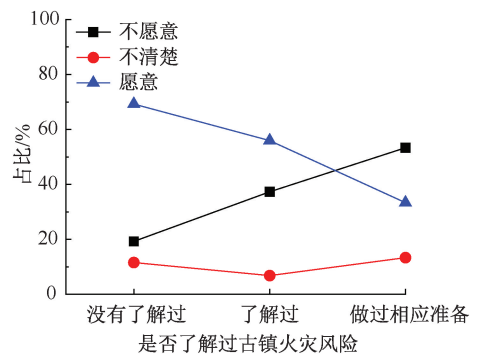


图 8 古镇火灾风险了解情况与折返

(亲友走散)行为分析

Fig. 8 Analysis of awareness toward fire risks in the ancient town and returning behavior (due to separation from friends / family)

4.2.2 古镇火灾预防措施了解情况与被困选择分析

图 9 为古镇火灾预防措施了解情况与被困 2 楼

或阁楼行为的相关关系。由图 9 可以看出,能辨识有效古镇火灾风险预防措施人员中选择“采取一定措施逃到安全区”的比例为 80.87%,这些人员往往会有效利用古镇景区中的消防安全工具进行避险,并采取一定措施如湿毛巾捂住口鼻等。不能辨识火灾预防措施的人员更倾向于待在原地(由 21% 上升至 32%)或者产生错误判断,采取更加冒险的行为即跳出窗外逃生(由 8% 上升至 13%)。

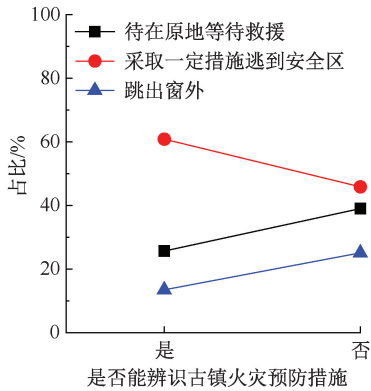


图 9 古镇火灾预防措施辨识情况与被困选择分析

Fig. 9 Analysis of fire prevention measure recognition and entrapment choices in the ancient town

4.2.3 安全出口熟悉情况与疏散出口选择分析

图 10 为安全出口熟悉情况与疏散出口选择的相关关系。由图 10 可以看出,随着人员对安全出口熟悉程度增加,人员更倾向于按照疏散指示进行紧急疏散(从 11% 上升到 55%),疏散过程中从众行为和“惯性”行为比例在大幅下降(分别从 33% 下降至 8%、20% 下降至 12%)。这也反映出主动熟悉安全出口人员由于已经对公共场所中的疏散路线较为了解,当发生紧急疏散时,会在一定的“惯性”心理的驱使下,按照指示标识进行疏散。

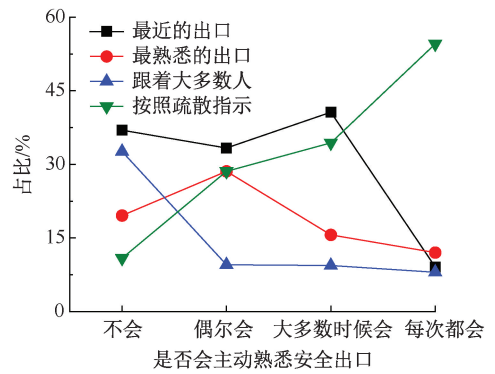


图 10 是否主动熟悉安全出口与疏散出口的选择分析

Fig. 10 Analysis of proactive familiarization with emergency exits and the choice of evacuation exits

5 结论

1) 约 77.78% 的游客对古镇火灾风险具有一定的认识,而仅有约 22.22% 的当地居民和商户对此有所了解;56.58% 的受访者在紧急疏散时倾向于选择最近或最熟悉的出口,符合人员“惯性”心理。

2) 年龄对折返行为有显著影响,随着年龄增长,受访者选择为家人折返的比例由 0 上升至 45%;受教育程度越高,受访者在疏散过程中表现得越理性,发生超越行为的比例由 85% 降低至 33%。

3) 未掌握古镇火灾预防措施的特困者采取“冒险”行为的比例由 13% 上升至 25%;未主动熟悉安全出口人员在选择疏散出口时更容易表现出从众和“惯性”行为(分别由 8% 上升至 33%、12% 上升至 20%)。

4) 由于区域内 60 岁及以上样本偏少,未能充分反映该年龄段群体在火灾疏散中的特有行为。虽然已在数据处理阶段进行了加权处理,但尽管如此,这类群体的行为特点仍可能对研究结果产生影响,在后续研究中将增加此年龄段的样本,以更加全面地评估人员火灾疏散过程中的行为特点和关键影响因素。

参考文献

[1] 田文涛,张健. 基于区-网复合模拟的古城镇消防供水能力研究[J]. 消防科学与技术,2021,40(4):487-490.
TIAN Wentao, ZHANG Jian. Study on firefighting water supply capacity in ancient towns based on district-network composite simulation [J]. Fire Science and Technology, 2021, 40(4): 487-490.

[2] 陈永鸿,甘文杰,武蕾,等. 基于改进蚁群算法的古建筑群火灾疏散路径规划[J]. 科学技术与工程,2023,23(13):5662-5669.
CHEN Yonghong, GAN Wenjie, WU Lei, et al. Fire evacuation route planning for ancient building complexes based on an improved ant colony algorithm [J]. Science Technology and Engineering, 2023, 23(13): 5662-5669.

[3] 董利辉,周海竹,邓云峰. 地铁火灾非适应性疏散的从众行为影响因素分析[J]. 中国安全生产科学技术,2024,20(7):108-113.

- DONG Lihui, ZHOU Haizhu, DENG Yunfeng. Analysis of factors influencing herd behavior in non-adaptive evacuation during subway fires [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2024, 20(7): 108–113.
- [4] WANG Jinghong, WEN Yuyan, YOU Ranzhi, et al. Investigation of the panic psychology and behaviors of evacuation crowds in subway emergencies [J]. *Procedia Engineering*, 2016, 135: DOI: 10.1016/j.proeng.2016.01.091.
- [5] 李华,孙林霞,张宇荣,等. 密室逃脱类场所人员疏散影响因素研究[J]. *消防科学与技术*, 2024, 43(6): 806–812.
- LI Hua, SUN Linxia, ZHANG Yurong, et al. Study on factors affecting evacuation in escape room venues [J]. *Fire Science and Technology*, 2024, 43(6): 806–812.
- [6] 聂子睿,丁元春. 灾难认知视角下火灾中人员非适应性疏散行为预测[J]. *中国安全生产科学技术*, 2024, 20(4): 136–142.
- NIE Zirui, DING Yuanchun. Predicting non-adaptive evacuation behavior in fires from the perspective of disaster cognition [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2024, 20(4): 136–142.
- [7] 程绍坚,杨吉凯,李子晗,等. 考虑从众心理的邮轮人员疏散行为模拟研究[J]. *船舶*, 2024, 35(2): 49–58.
- CHENG Shaojian, YANG Jikai, LI Zihan, et al. Simulation study of cruise ship evacuation behavior considering herd psychology [J]. *Ship & Boat*, 2024, 35(2): 49–58.
- [8] 焦柳丹,刘任可,张羽,等. 基于可用与必需安全疏散时间的地铁火灾人员疏散仿真[J]. *重庆交通大学学报:自然科学版*, 2024, 43(10): 106–115.
- JIAO Liudan, LIU Renke, ZHANG Yu, et al. Simulation of subway fire evacuation based on available and required safety evacuation time [J]. *Journal of Chongqing Jiaotong University: Natural Science Edition*, 2024, 43(10): 106–115.
- [9] 陈长坤,秦文龙,童蕴贺,等. 突发火灾下人员疏散心理及行为的调查与分析[J]. *中国安全生产科学技术*, 2018, 14(8): 35–40.
- CHEN Changkun, QIN Wenlong, TONG Yunhe, et al. Investigation and analysis of evacuation psychology and behavior under sudden fires [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2018, 14(8): 35–40.
- [10] 王立晓,杨振振. 考虑心理潜变量的图书馆火灾疏散行为研究[J]. *消防科学与技术*, 2023, 42(5): 658–664.
- WANG Lixiao, YANG Zhenzhen. Study on library fire evacuation behavior considering psychological latent variables [J]. *Fire Science and Technology*, 2023, 42(5): 658–664.
- [11] 邓青,周郑,邓立,等. 存在逆行人员的疏散模型构建及稳定性分析[J]. *中国安全科学学报*, 2023, 33(9): 196–203.
- DENG Qing, ZHOU Zheng, DENG Li, et al. Construction and stability analysis of evacuation model for people with retrograde [J]. *China Safety Science Journal*, 2023, 33(9): 196–203.
- [12] LIN Jing, XUE Yan, ZHU Runhe, et al. Exploring the dynamics of social roles in hospital evacuation: Factors, roles and behaviors [J]. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 2024, 113: DOI: 10.1016/j.ijdrr.2024.104893.
- [13] 张晓郁. 来华留学生非适应性行为纠正策略[J]. *现代教育管理*, 2013(3): 98–100.
- ZHANG Xiaoyu. Correction strategies for non-adaptive behavior of international students in China [J]. *Modern Education Management*, 2013(3): 98–100.
- [14] 刘洵. 公共场所密集人群行为分析及干预措施研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨理工大学, 2012.
- LIU Xun. Analysis of dense crowd behavior in public places and study of intervention measures [D]. Harbin: Harbin University of Science and Technology, 2012.
- [15] 徐维超. 相关系数研究综述[J]. *广东工业大学学报*, 2012, 29(3): 12–17.
- XU Weichao. A review of research on correlation coefficients [J]. *Journal of Guangdong University of Technology*, 2012, 29(3): 12–17.
- [16] QU Na, LI Zhongzhi, LI Xiaoxue, et al. Multi-parameter fire detection method based on feature depth extraction and stacking ensemble learning model [J]. *Fire Safety Journal*, 2022, 128: DOI: 10.1016/j.firesaf.2022.103541.
- [17] KAREMAKER M, TEN HOOR G A, HAGEN R R, et al. Social cognitive determinants of fire safe behaviour in older adults [J]. *Fire Safety Journal*, 2022, 134: DOI: 10.1016/j.firesaf.2022.103667.

作者简介: 赵金龙 (1988—), 男, 河北承德人, 博士, 副教授, 主要从事火灾动力学、火灾防控技术及风险评估等方面的研究。E-mail: 15210567787@163.com。