

辛晶, 夏登友, 李向欣, 等. 建筑物火灾中人员响应性能及其影响因素分析[J]. 灾害学, 2017, 32(1): 22-25. [XIN Jing, XIA Dengyou, LI Xiangxin, et al. Occupant response performance in building fires and its influencing factors analysis[J]. Journal of Catastrophology, 2017, 32(1): 22-25. doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.01.005.]

建筑物火灾中人员响应性能及其影响因素分析*

辛 晶, 夏登友, 李向欣, 王 玉

(中国人民武装警察部队学院 消防指挥系 河北 廊坊 065000)

摘 要: 建筑物火灾中人员幸存的关键是人员能意识到危险信号, 并对危险信号正确地进行响应, 所以, 辨识影响建筑物火灾中人员响应性能的因素是十分必要的。在分析建筑物火灾中人员的心理和行为规律的基础上, 构建了建筑物火灾中人员响应的性能模型。研究表明心理规律学对建筑物火灾中人员响应性能的影响较大, 提出应采用基于心理规律学的新方法来对建筑物进行消防安全设计, 以确保建筑物内人员的生命安全。该观点对于建筑物的性能化防火设计有一定的参考价值。

关键词: 火灾; 响应性能; 人员行为; 心理规律学; 建筑物; 消防安全

中图分类号: X91; X4; TP391.9; X928.03 **文献标志码:** A **文章编号:** 1000-811X(2017)01-0022-04
doi: 10.3969/j.issn.1000-811X.2017.01.05

建筑物火灾初期, 其内部人员主要靠自救或被其附近人员救助; 在火灾的猛烈发展阶段, 被困人员通常是由职业应急部门和人员救助的, 如消防员。所以, 火灾初期阶段人员的行为不仅是被困人员幸存的关键, 而且也是火灾响应性能的反映^[1]。这里的人员行为是指人员察觉情况后, 打算采取行动及考虑如何行动的行为总称。从社会视角和政治视角来考虑, 建筑物的消防安全策略^[2]主要有疏散和避难两种, 它们都有其适用的条件和范围。对于某些人员不能疏散的场所如医院等, 采用“就地避难”策略, 将人员安置在某个安全的位置。对于人员密集场所, 通常采用疏散策略。然而, 许多火灾案例表明并不是每个人都能安全地逃离着火建筑物。如 2011 年 5 月 1 日, 吉林省通化市如家快捷酒店发生火灾, 导致 10 人死亡, 41 人受伤; 2015 年 5 月 25 日, 河南省平顶山市康乐园老年公寓火灾造成 39 人死亡, 6 人受伤。因此, 辨识影响建筑物火灾中人员响应性能的关键因素是十分必要的。

1 建筑物火灾中人员的行为

建筑物火灾中人员行为的研究始于 20 世纪初, 主要研究人员的疏散行为, 关注的是走廊、楼梯、门等部位人员的运动问题。研究人员^[3]收集了关于人员密度和运动速度的详细信息, 确定了疏散

楼梯的最小宽度, 安全出口的最大人流量和数量等。因此, 确保建筑物消防安全的必要措施主要是基于技术方面的, 很少考虑建筑物的实际用途, 甚至忽略了火灾中人员的实际疏散行为。1950 年, 研究人员主要关注人员行为和火灾发展的关系, 并没有考虑建筑物设计和人员安全逃生间的相互影响及作用。研究表明, 不论是在火灾发生前还是在发生过程中, 建筑物火灾的规模都和人员行为有关, 而且从建筑物内逃出的人员会再进入寻找他们失踪的亲人。1970 年, 火灾中人员行为使人们改变了对消防安全的理解。1972 年, Wood 在英国采用标准问卷调查法进行了大规模居民楼火灾中人员行为的研究; 1977 年, Bryan 在美国进行了对比研究。结果表明家庭成员在逃出建筑物后会再进入, 且在烟气中逃生, 住宅楼内的人员会尽力灭火^[4]。

20 世纪末, 建筑物消防安全的解释从技术视角转变为行为视角, 如 Sime 提出了人员响应避难疏散时间模型^[5], 该理论方法使基于建筑和工程的建筑物消防安全和基于心理和安全设施管理的火灾中人员疏散行为相一致。根据人员风险准则, 如建筑物内人员及其活动曲线, 预移动指标和逃生方式等表示人员的响应避难疏散时间。该模型表明, 人员安全逃生的概率不仅取决于人员特征、建筑物的使用用途或分类, 而且建筑的布局和内

* 收稿日期: 2016-06-05

修回日期: 2016-07-27

基金项目: 中国人民武装警察部队学院博士科研创新计划项目(BSKY201520)

第一作者简介: 辛晶(1976-), 女, 黑龙江绥化人, 博士, 副教授, 主要从事灾害风险评估与应急救援方面的研究。

E-mail: xin_jing@126.com

部设计对人员疏散能力也有影响。此外,人员逃生路线的选择、应急出口的可用性、消防安全设施的可靠性和维护等也是人员在火灾中幸存的决定性因素。

2 建筑物火灾中人员响应性能模型

建筑物火灾中人员响应性能是指发生火灾后建筑物内人员察觉危险信号,确认危险信号,决策和执行决策的能力。该定义与过程有关,基于对人员疏散的理解,其可分为三个阶段^[6],第一个阶段是信号确认阶段,即受到外部刺激后意识到危险;第二个阶段是决策阶段,即确认危险信号和对危险信号进行响应;第三个阶段是人员的运动阶段,即人员疏散或到安全区避难。

2.1 人员幸存的策略

建筑物火灾中人员幸存有三种策略,第一种是灭火,第二种是避难,等待救援,第三种是疏散。有关资料表明^[3]大约四分之三的火灾是自熄或由建筑物内人员扑灭的;对多起火灾的研究发现人们趋向于在烟气中逃生,甚至从建筑物跳下,而不是避难,等待救援;然而,指导宾馆或公寓内人员呆在房间里,可能是确保他们在火灾中幸存的最有效方法。

2.2 影响人员响应性能的主要因素

2.2.1 人的特征

火灾中人员的行为直接影响人员的响应性能,人的特征主要包括个性特征,社会特征和情景特征。

2.2.1.1 个性特征

个性特征主要包括建筑物内人员的性格、知识和经历、观察力、判断力和移动性等。第一个关键的个性特征是人员的性格,它决定人员在建筑物火灾响应中的作用,即事故的组织领导者还是跟随者。火灾发生时,大部分人是跟随者,最初并没有对危险信号反应,而是等待他人反应后再采取行动。第二个关键的个性特征是承受压力的水平。火灾使建筑物内人员处于不熟悉的环境中,这就超出了他们处理信息的能力,导致其心理压力水平增高^[7]。虽然增加的压力水平并不是非理性、非逻辑和不可控制的恐惧行为,但是仍然有可能阻碍人们的认知过程和对已知熟悉环境的正常反应。第三个个性特征是自信心。它是个人对现实的表征,其决定个人的行为和想法,影响人员的选择和决策。在社会认知理论看来,大部分人都有自身的内部系统,在某种程度上能控制自身的思维、情感、动机和行动,这种内部控制主要受个人的知识、情感、生理特征和周围环境的影响。

个人的观察力,即视觉、听觉、嗅觉和感觉,是人员察觉危险信号的能力,其决定人们对信号

的反应。人们主要根据自身的判断力来估计危险的程度,如火灾极其危险,人们就要尽量逃生。此外,对周围环境的察觉也对人员响应性能起决定性作用。研究^[8]表明,通常是察觉路线的长度决定了人们逃生路线的选择,如有许多拐角的走廊和不熟悉的路线通常要比直路和熟悉的路线要长。

2.2.1.2 社会特征

社会特征是建筑物内人员、其完成任务的程度及他们在建筑物中作用之间的相互作用。当建筑物发生火灾时,人们趋向于合作而不是各行其是,特别是有强烈社会关系的人员,如家庭成员,他们尽可能以一个群体来响应^[9]。在应急情况下,人们会继续发挥其在建筑物中的作用,一般是在逃生前先完成他们正在做的工作,特别是有组织责任的人,如服务员或部门经理,他们会坚守岗位,承担责任,发挥作用,这就约束了他们对危险信号的确认,增加了信息的处理时间。

2.2.1.3 情景特征

情景因素主要包括意识、状态和熟悉建筑物的布局等。意识指人员警觉的状态,它可能由于饮酒、吸毒和麻醉剂等而临时性降低。通常处于熟睡中的人员有较低的警觉。一般来说,站着或走着的人员比俯卧或坐着的人更容易逃生。熟悉建筑物的布局与择路行为有关,人们通常使用熟悉的路线如主要的出口(通常也是建筑物入口)疏散。

2.2.2 建筑物的特点

影响人员响应性能的第二个因素是人员所处的环境,即建筑物及其特征。

2.2.2.1 情景特征

情景特征包括人员密度、找路的难易程度、建筑物应急疏散组、消防安全措施及其维护情况等。人员密度大是造成火灾中人员死亡率高的主要原因。找路的难易程度由人员的察觉力,他们对周围环境和形势的判断力,空间知识和认知能力决定的。通常人们可以利用某些特殊建筑物、某些指示及标识等方式来定位。确保火灾中人员安全逃生的必要因素是建筑物内的消防安全设施良好且定期维修。受过良好教育和训练的应急疏散组不仅能组织建筑物内部人员疏散,指导人员使用正确的应急出口,加快人员疏散的速度,而且能扑救初期火灾。

2.2.2.2 工程特征

工程特征主要包括建筑物的布局、设施、材料和防火分区等。建筑物布局主要指疏散指示标志、疏散路线的设计、应急出口和楼梯的设计和位置。在建筑物火灾响应性能模型中考虑的消防安全设施主要有防火和防烟分隔、火灾报警系统、应急照明系统、喷淋系统和消防电梯等。尽管目前在火灾时不允许使用电梯,但是它能加快高层建筑内人员的疏散速度,挽救更多的生命。若

使用电梯进行人员疏散及救援，必须满足一些基本的要求^[10]。

2.2.3 火灾特点

火灾及其对建筑物内人员响应的影响主要是火灾的增长速率、烟气量、毒性和产生的热量等。

2.2.3.1 可察觉的特征

可察觉的特征分为视觉、嗅觉和听觉等，这些因素影响建筑物内人员发现火灾的时间。通常建筑物内的人员并不把疏散指示标志看成是明显的危险指示，他们一般是闻到烟味或看到火焰和烟气等强烈指示时才立即疏散。尽管一些人在采取行动前仍在进行正常活动或者等待救援，但是许多情况下，他们对现场危险的不确定性把握程度耽误了疏散，所以，消除不确定性是提高火灾中人们行为的重要方面。

2.2.3.2 火灾增长速率和热量

火灾是呈指数速率增长的，不同类型的物质燃烧采用不同的增长系数。Chang 等^[11]辨识了 9 种燃烧曲线。火灾增长速率是决定火灾中人员死亡的重要因素，因为许多致命火灾是由快速的火灾发展导致的。Purser^[12]研究表明：当房间温度超过 120 ℃，氧气体积百分比小于 12% 时，会影响人员的健康。

2.2.3.3 烟气量和毒性

由于呼吸问题、恐惧、视力下降等因素，导致在烟气中逃生的人员不得不改变方向或原路折回。烟气量会使人员视力下降，毒性会影响人员的呼吸，这两个方面都影响建筑物内人员逃生路线的选择。在有限能见度下，人们通常是沿着墙走，步行速度要比正常条件下低，出口附近的声音信号能加快建筑物内人员的逃生。除了烟气和有毒气体外，其他因素^[13]如失去了反应能力、无意识、步行速度较慢、行为的改变如选择较长的逃生路线，对逃生有心理作用而改变了个人对危险的察觉、长期的体力影响如癌症，肺损伤和免疫系统损伤等也影响人员响应性能。

2.3 人员响应性能模型

建筑物是一个封闭的环境，人们在建筑物内进行各种活动，发生火灾后建筑物内物质的燃烧会产生大量的烟和热，其内部人员是否能幸存主要取决于人员特征，建筑物特点和火灾特点这三个因素。建筑物火灾中人员响应性能模型^[14]见图 1 所示。

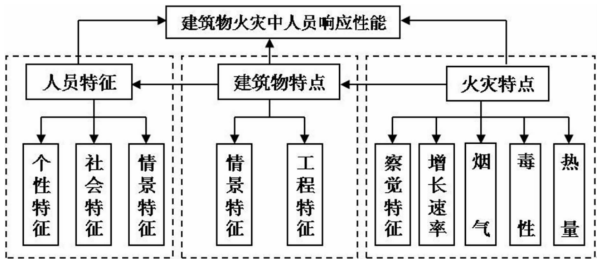


图 1 建筑物火灾中人员响应性能模型

3 建筑物消防安全的心理学

建筑物消防安全水平是建筑物防火、控制火灾和烟气的蔓延、灭火和建筑物内人员快速、安全逃生能力的体现。其中，最重要的方面是发生火灾后人员能安全地逃生，它是建筑物火灾中人员响应性能程度的直接反映。从建筑物火灾人员响应性能的关键因素分析可以看出，人员行为和建筑物周围环境及其消防安全措施相互作用，因此，应采用心理学方法对建筑物消防安全进行研究。

3.1 基于建筑物规范的消防安全

建筑物规范主要是从建筑物的建设和管理角度来考虑消防安全的，因此，确保建筑物消防安全的措施包括技术措施和社会措施。建筑物消防安全水平通常是由火灾中死亡的人数确定的，许多致命的火灾都发生在夜间，人员处于熟睡中，如住宅楼和宾馆、不能靠自己疏散的建筑物如疗养院和拘留所、高密度人群的公共场所如咖啡厅和夜总会等。这些场所不仅人员多，有大量的可燃装饰物，而且在应急情况下一些出口不能用，这些是导致人员死亡的主要因素。基于建筑物规范的消防安全和建筑物实际消防安全之间的区别如表 1 所示。

表 1 基于规范的消防安全和实际的消防安全之间的区别

规范中的假设	火灾事故评估和经验
无论建筑物的使用用途和存在的物质，火灾的增长都是标准火灾曲线	火灾增长取决于建筑物内燃烧物质的种类，如合成材料可能导致超快火灾增长
可移动的人员不需要帮助就能逃出去	所有人员都可能受到某种程度的限制，需要别人的帮助
人员使用疏散指示标志找到最近的出口	大部分人没有看到疏散指示标志
人员通过最近的应急出口逃生	人员通过熟悉的疏散路线逃生
人们听到火灾报警铃后立即逃生	人们更容易对语音指示性信息响应
无论是否在烟气中，人员的行走速度都是恒定的	人员在烟气中行走的速度比正常环境条件下慢

3.2 基于人员心理学的消防安全

心理学是揭示控制人员行为规律的科学，它可以帮助人类理解处理信息的方式和方法。在消防安全领域，心理学主要关注的是建筑物火灾发生前和发生过程中人员的行为，不仅包括社会群聚行为(如应急救援的组织和培训等)，而且包括个人因素(如人员的可移动性)和情景因素(如人员的安全意识等)，它们都是表达某种行为、意图和

动机的能力。

基于人员心理学的消防安全关注的是火灾和人员之间, 建筑物和人员之间的相互影响, 即人员对火灾和建筑物环境的察觉^[15]。对于建筑物的设计者, 理解人们听到火灾报警时疑迟疏散的原因及疏散路线的选择是很重要的。然而, 目前最重要的障碍是缺少火灾时人员开始疏散的时间、地点和逃生方法等详细信息。如果没有这些详细信息, 在建筑物设计中规定必要的消防安全措施是不可能的。因此, 若使建筑物火灾中人员的实际行为符合消防安全规范, 必须采用心理学方法对火灾中人员心理及行为进行科学研究。

3.3 心理学方法的实现

目前应用较广泛的 ASET - RSET (Available Safe Egress Time, Required Safe Egress Time) 模型^[16]就是从心理学角度对建筑物进行设计的, ASET 模型主要取决于基于火灾物理学的火灾场景和基于建筑工程学的火灾抑制场景, RSET 模型取决于基于心理学的人员疏散场景, 同时还要考虑建筑物发生火灾后消防部队应急救援的情况。因此, 必须基于火灾场景、火灾抑制场景、建筑物内人员行为场景和消防部队干预场景来对建筑物进行消防安全设计, 工程上采取所需的消防安全措施, 才能使建筑物火灾的发展、火灾时人员的心理及行为与建筑物消防安全规范相一致, 以确保建筑物内人员的生命安全。

4 结论

理解和掌握建筑物火灾中人员的心理及行为规律, 能确保建筑物配置合适的消防安全设施, 保证人员安全逃生。然而, 目前关于火灾中人员行为动机的相关信息是非常有限的, 尤其是消防安全心理学, 因而需要大量火灾中逃生者的感知、意图和动机的信息, 来确定加快建筑物内人员决策的措施和正确选择逃生路线的步骤。为使建筑物内的人员实现合适的响应性能, 必须基于心理

规律学对建筑物进行消防安全设计, 更深入地研究建筑物火灾中内部人员的心理学知识。

参考文献:

- [1] Pires T T. An approach for modeling human cognitive behavior in evacuation models [J]. Fire Safety Journal, 2005, 40: 177 - 189.
- [2] 肖国清, 廖光焯. 建筑物火灾中人的疏散方式研究[J]. 中国安全科学学报, 2006, 16(2): 26 - 29.
- [3] SFPE. Engineering Guide to Human Behavior in Fire[R]. SFPE, 2002.
- [4] Bryan J L. A selected historical review of human behavior in fire [J]. Journal of Fire Protection Engineering, 2002, 12: 4 - 10.
- [5] Sime J D. An occupant response shelter escape time (ORSET) model [J]. Safety Science, 2001, 38: 109 - 125.
- [6] 阎卫东, 陈宝智, 钟茂华. 建筑物火灾时人员疏散时间模型研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2006, 2(2): 19 - 23.
- [7] 郭剑明, 李英辉, 杜红兵. 火灾中人的心理状态及行为特点的研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2007, 3(3): 35 - 38.
- [8] Lovas G G. Models of way finding in emergency evacuations [J]. Theory and Methodology, European Journal of Operational Research, 1998, 105: 371 - 389.
- [9] 张培红, 温丽敏, 陈宝智. 建筑物火灾中人员群集避难行为可靠性的研究[J]. 火灾科学, 2000, 9(2): 31 - 36.
- [10] David Yung. Principle of fire risk assessment in buildings [M]. Wiley & Sons Ltd, British, 2008.
- [11] Chang Che - Hao, Huang Hsih - Chung. A water requirements estimation model for fire suppression: a study based on integrated uncertainty analysis [J]. Fire Technology, 2005, 41: 5 - 24.
- [12] Purser D. Toxicity assessment of combustion products [C]//SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, third ed. National Fire Protection Association, Quincy, MA, 2002.
- [13] ISO. Guide lines for assessing the fire threat to people [R]. ISO/TS 19706, 2004.
- [14] Margrethe Kobes, Ira Helsloot, Bauke de Vries, et al. Building safety and human behaviour in fire: A literature review [J]. Fire Safety Journal, 2010, 45: 1 - 11.
- [15] 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, 2006.
- [16] Groner N E. Intentional systems representations are useful alternatives to physical systems representations of fire - related human behavior [J]. Safety Science, 2001, 38: 85 - 94.

Occupant Response Performance in Building Fires and Its Influencing Factors Analysis

XIN Jing, XIA Dengyou, LI Xiangxin and WANG Yu

(Department of Fire Command, The Chinese People's Armed Police Force Academy, Langfang 065000, China)

Abstract: Key to survival in case of fire is that building occupants can perceive and response the signs of danger. Consequently, it is very important to identify factors influencing occupant response performance in building fires. On the basis of analyzing human behaviour and psychology in building fires, critical factors influencing occupant response performance are determined, and the response performance model is established in this paper. The research shows that psychonomics appear to have significant influence on building occupants' fire response performance. Accordingly, there is a need for a new approach to fire safety design in building to guarantee occupants' life safety. The viewpoint is valuable for building performancebased fire protection design.

Key words: fire; response performance; human behavior; psychonomics; building; fire safety