

多功能家用消防背包设计研究

余森林, 蔡悦恒, 任静
(湖北工业大学, 武汉 430068)

摘要: **目的** 找寻室内消防灭火产品的缺陷与用户痛点, 完善多功能家用消防背包设计, 提升用户使用消防产品的操作效率与逃生概率, 保障用户的安全灭火与自救逃生。**方法** 通过分析现有家用消防产品的使用现状和用户需求, 找出现有消防产品使用中的缺点和用户痛点, 基于用户在火灾情景中的多元化需求, 完善多功能消防产品设计。**结论** 以现有消防产品的用户痛点为问题点, 提出新型家用消防背包整合式设计方案, 旨在提升居民操作家用消防背包的使用效率, 从而保障居民安全灭火和自救逃生。通过分析火灾情景中用户普遍的心理特点和行为方式, 结合现代灭火、逃生、照明、通讯等功能需求, 设计整合式多功能消防背包, 具备双喷口灭火管、烟雾照明灯、消防逃生绳、防烟防毒面具等细节设计, 能够提高用户火灾逃生效率, 增强救援和自救能力。

关键词: 多功能; 家用; 消防背包; 灭火器设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)04-0154-05

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.04.021

Design of Multifunctional Household Fire-fighting Backpack

YU Sen-lin, CAI Yue-heng, REN Jing
(Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

ABSTRACT: The work aims to find out the shortcomings of indoor fire-fighting products and user pain points, optimize the design of multi-functional household fire-fighting backpack, improve the operating efficiency and escape probability of users in using fire-fighting products, and ensure users' safe fire-fighting and self-rescue escape. By analyzing the usage status of existing household fire-fighting products and user needs, the shortcomings and user pain points in the use of existing fire-fighting products were found out, and the design of multifunctional fire-fighting products was improved based on the diversified needs of users in fire scenarios. With the user pain points of existing fire-fighting products as the problem point, a new integrated design scheme for household fire-fighting backpacks is proposed, which aims to improve the efficiency of residents in operating household fire-fighting backpacks, thereby ensuring the safe fire-fighting operation and self-rescue escape of residents. By analyzing the general psychological characteristics and behaviors of users in fire scenarios, and combining modern fire extinguishing, escape, lighting, communication and other functional requirements, an integrated multi-functional fire-fighting backpack is designed, with double nozzle fire extinguishing pipes, smoke lighting, fire escape ropes, and smoke gas masks, thus improving users' fire escape efficiency and enhance rescue and self-rescue capabilities.

KEY WORDS: multi-function; household; fire-fighting backpack; extinguisher design

近年来,随着人口的急剧增长和中国经济的迅速发展,人们对居住面积、居住质量要求越来越高。城市居住面积的限制使得高层建筑如雨后春笋般迅速

增长,家庭消防安全问题变得格外严重。消防安全关乎所有居民的生命和财产安全,具有消防意识和消防知识至关重要。造成家庭火灾发生的因素有电路老

收稿日期: 2020-11-02

基金项目: 湖北省教育厅人文社科青年项目 (16Q109)

作者简介: 余森林 (1980—), 男, 湖北人, 博士, 湖北工业大学副教授, 主要研究方向为智能家居。

化、吸烟、厨房因素等。加之居民消防逃生意识淡薄,造成我国家庭火灾高发,死亡人数急剧增多^[1]。跟国外相比,我国家庭消防产业起步晚,人们家庭消防意识普遍不高^[2],因此,现阶段解决这一问题的根本方法,在于提高群众的消防安全意识和求生意识,只有这样才能全面提升我国的消防安全水平^[3]。现有消防器具大多应用于公共场所,便捷小型的家用消防产品并未受到足够重视。消防产品产业发展比较缓慢,产品创新与设备更新比较滞后,无法满足家庭用户新近出现的多元化消防安全需求。现有消防产品普遍具有造型粗糙、功能单一、用户操作繁琐等问题,而且缺乏必要的逃生救生辅助功能。室内消防问题一直被国内家庭所忽视,加之传统灭火器操作繁琐,且居民难以普及基本的消防知识,使得国内室内火灾死亡率逐年升高。因此,提高居民消防安全意识迫在眉睫,设计创新适合于家庭用户使用的便捷式消防产品刻不容缓。

1 现有灭火器使用过程中的痛点分析

1.1 现有灭火器操作不便

现有灭火器主要是手动进行灭火操作,无法做到高效快速灭火,步骤过于复杂。大致步骤分为:轻取灭火器、除掉铅封、拔掉保险销、左手喷管右手压把、用力压把进行灭火,未经消防训练的居民需要在 3~4 min 内完成灭火操作。如遇大型火灾,在惊慌情绪影响下的居民使用传统灭火器进行灭火操作需要 5 min 及以上,火势蔓延加快将严重威胁到居民的生命财产安全。现有灭火器设计无法满足家庭用户简单便捷的操作需求,其产品缺点在于造型单一、体积笨重、不易操作等。

1.2 现有灭火器功能单一

据公安部消防局发布的 2018 年全国火灾数据统计显示,火灾中死亡的人有 68 % 死于浓烟窒息、14 % 死于烧伤、2 % 死于中毒。如果人们仅使用单一功能的灭火器来应对大型火灾,其逃生成功概率较低。手提式灭火器的设计往往只聚焦于灭火这一单一功能^[4],家用消防设备需要具备更多逃生、救援与自救的功能模块,例如氧气瓶、消防面罩、消防锤等。火灾除了会直接致人伤亡外,浓烟还会影响受灾人群的疏散,使受灾者视力下降、呼吸困难,使人们在情急之下做出不利于逃生的异常行为。

1.3 现有灭火器安全性低

传统的手提式灭火器存在安全隐患,在保管和使用过程中必须注意避免剧烈碰撞、暴晒、高温等非正常使用情况。现存灭火器放置环境的安全问题同样堪忧,大部分居民会将灭火器放置在厨房炉灶旁、阳台、卫生间等不适合存放灭火器的位置,具有极大的安全

隐患。相较于传统灭火器,能够适应家庭使用环境的新型灭火器,应该具有更好的防潮性,防止灭火器在保管和使用过程中发生爆炸,造成安全隐患,还应该具有更强的隔热性,通过材质的选择以适应特殊环境下的高温,来提升灭火器存放和使用的安全性^[5]。

2 目标用户需求分析

2.1 目标用户消防行为的问卷调查分析

通过筛选问卷对象,发放并收回问卷,分析其中 30 份有效问卷,得出如下结论:65.38% 的用户在遭遇火灾时,会出现焦躁、不安、惊吓等心理状况,他们会选择破窗或者翻越阳台等行为来逃生;61.54% 的用户在遭遇火灾时会产生跟从人流的心理进行无意识逃窜;26.92% 的用户在遭遇火灾时会产生与日常行为相反的慌乱操作;23.08% 的用户在遭遇火灾时会躲避到墙角、桌下等位置^[6]。

通过观察 4 位社区用户试用灭火器行为,获知是否参加过消防演习对顺利操作灭火器影响较大。两位参加过消防演习的居民,可以在 3~5 min 内完成开启灭火器对准火焰进行灭火的操作,访谈获知他们对现有灭火器的意见是质量过大,单手无法顺利操作^[7]。两名未参加过消防演习的居民无法确认灭火器插销,也没有在灭火前摇晃瓶身,无法顺利进行灭火操作,访谈获知他们对现有灭火器的意见是操作过于复杂,未经过消防教学很难独立完成灭火操作^[8]。

2.2 火灾发生时用户行为和心理分析

在遭遇大火时,未经消防安全训练的居民容易产生消极应激心理,在大脑处于恐慌状态下,对肢体行为控制能力下降,会出现错误的行动和反应,并且无法集中注意力。缺氧和浓烟对大脑的侵害会使人们做出过激行为,比如跳楼等。

在火灾发生时,浓烟和大火使得受灾人群容易产生恐慌和紧张的情绪,产生不理智行为和逆反心理,与日常生活状态有较大反差^[9]。受灾用户行为表现如下。向地行为:当火灾发生时,人出于本能的向地心理会向下进行逃生,直到跑到室外安全环境为止。但当火情封住出口无路逃生时,受灾人员无法及时找到消防锤等破窗、破门设备时,情急之下只能选择翻越阳台或高空坠落,就会造成不必要的伤亡;向隅行为:受灾人群在自我保护欲心理的驱使下会跑向狭窄角隅,避开烈火和浓烟等待救援。在封闭的空间或者狭窄无退路的地方,受灾人员会面临毒烟、高温、窒息等致命危害,若无防毒面具、氧气面罩等消防产品,浓烟将在 5~10 min 之内致人死亡,并且火场浓烟密布,昏暗狭窄的角落将严重影响救援人员的营救;从众行为:受灾人群受到外界的影响会产生跟从人群的心理^[10]。突发火灾时,受灾人员无法进行理性判断,

只能跟随人群,导致人群聚集,引起人流骚乱,严重影响逃生。依据火灾情况判定,如火情不严重,组织人群灭火才是首选项,使用灭火设备快速灭火可以避免人员和财产的损失;逆反行为:由于火场情况紧急,受灾者无法进行理性判断,被困人员会产生不安、焦躁、逆反行为,做出与日常行为相反或不符合常理的选择并且无法正常准确的自救和救援。如遇火场浓烟光线昏暗时,受灾人员需要照明设备,照明灯光在心理层面上可以安抚受灾者情绪并为被困者寻找安全出口提供便利^[11]。通过分析受火灾人群心理与行为,总结出设计需求要点,受火灾人群心理与行为要素分析总结见表 1。

2.3 灭火器功能需求分析

纵观现有的消防设备,大多功能单一,操作繁琐,且缺乏必要的逃生救生辅助功能。在高层建筑火灾中,灭火功能固然重要,供氧、防浓烟、照明、信息提供与决策支持等辅助逃生功能同样必不可少。在火灾中,传统灭火器不具备防烟、隔热、照明等功能需求,无法提高受灾者的生存概率。

防烟防毒需求:在室内火灾发生时,80%的火灾遇害者死于浓烟窒息,而非皮肤烧伤。火灾浓烟仅需 10 s 就能破坏血液的氧气携带能力^[12], 5 min 之内可致人死亡。传统灭火器不具备防烟防毒功能,防火灾消防训练则是引导受灾者使用湿毛巾捂住口鼻进行逃生,受灾者如无消防意识则很难成功逃生,防烟防毒需求能够防止受灾者在火场浓烟中窒息而亡。Chang Min-Chien 和 Shih Te-Chung 设计的防毒口罩灭火器见图 1,结合了二氧化碳灭火器和氧气面罩。在火场中受害者的主要死因是吸入浓烟窒息,而现有的灭火器不具备防烟防毒功能,此设计可以帮助火灾受害人更有效地逃离火场避免吸入浓烟遇害。

照明需求:当室内火灾发生时,浓烟密布、环境昏暗,受灾人群急需进行照明逃生,寻找最近的安全出口。受灾人群在火灾现场的心理状态多表现为恐慌、害怕、胆怯,灯光照射能安抚受灾人群心理,并且能帮助人们寻找安全且快速的逃生路线。Chang Young Jung 和 Hanbin Ko 设计的照明灭火器见图 2,设计师将灭火器和手电筒进行功能整合,设计出多功能灭火器。当火场浓烟密布时,被困者无法寻找紧急出口和逃离路线急需烟雾照明设备,然而,现有大部分灭火器不具备照明功能。此款灭火器在浓烟密布的黑暗火场中可以方便受灾者快速找到逃离路线和搜救伤员等。

隔热需求:室内火灾中心最高温度可达到 400~600 ℃,无需火焰接触皮肤,室内火灾的高温则足以烫伤皮肤,造成身体机能的损坏,现有灭火器并不具备烫伤保护功能,因此,人们对于灭火器的隔热性具有一定的需求,能够保障受灾者在火场高温中不被烫伤且避免灭火器在使用过程中发生爆炸,造成安全隐患^[13]。Lee Jimin 和 Kim Junyoung 设计的盾形灭火器

表 1 受火灾人群心理与行为要素分析总结

Tab.1 Analysis and summary of psychological and behavioral factors of fire victims

受火灾人群心理	受灾人群行为	设计需求
焦躁的向地心理	破窗逃生和翻越阳台	索降设备
急需庇护的心理	躲藏桌下和狭窄角落	防毒口罩
跟从逃生的心理	逃避灭火且盲从人流	灭火设备
认知慌乱的心理	路线昏暗且无法自救	照明设备

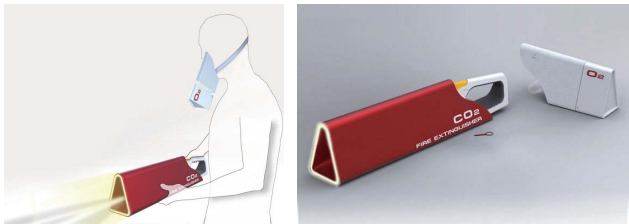


图 1 防毒口罩灭火器
Fig.1 Gas mask fire extinguisher



图 2 照明灭火器
Fig.2 Fire extinguisher for BLACK-OUT



图 3 盾形灭火器
Fig.3 Shield extinguisher

见图 3,为防止受灾者遭受火焰的高温烧伤设计出盾形结构的灭火器。在灭火的操作中需要靠近火焰进行灭火操作,但是高温的火焰容易灼伤受害者,盾形设计可以解决火焰高温给受害者带来的伤害。

3 多功能家用消防背包设计分析

3.1 设计定位

该设计主要针对现阶段家用消防设备普及率低,大多数居民不具备正确的消防意识和消防观念而提出的解决方案。传统的灭火器在面对室内大型火灾时只能起到延缓火灾蔓延的作用,无法根本性解决火场中的浓烟致死和烧伤问题,家用消防产品需要具有多功能性、易操作性、安全性才能提升居民火场自救能

力和救援能力。

3.2 设计理念

该设计采用整合式设计理念,将消防灭火、防烟、照明、逃生等功能进行整合,提高居民火场逃生能力和救援能力。消防背包基于人机工程学,将灭火喷口的握把形状和背包背部隔热板外形进行再设计,提高使用者的灭火效率和操作准确性。

3.3 功能定位

3.3.1 一键式灭火功能按键

针对现有灭火器操作复杂的问题,家用消防背包设计采用一键推动式调节按钮,使用者推动按键进行灭火剂量调节,针对不同类型和不同大小的火情采用相对应的压强和剂量来控制火情。区别于传统灭火器,背包式灭火器解放用户双手,无需单手提起灭火器,双喷口灭火效率更高。喷口设计符合人机设计,握把更舒适,开关按键面板采用荧光设计,方便受灾者在昏暗的火场中能快速找到灭火按键。

3.3.2 整合式多功能设计

双喷口灭火管:区别于传统灭火器,背包外型设计将单一灭火管改为双喷口灭火管,以提高灭火效率和易操作性。内部灭火材料采用干粉和泡沫两种材质进行灭火操作,可以有效地控制火情并且灭火速度快,减少浓烟对人体危害。

烟雾照明灯:火场浓烟会干扰受灾人群的视线,传统灭火器不具备照明功能,无法帮助受灾人员找到安全的求生路线。消防背包安装 LED 烟雾照明灯,可透射过烟雾进行搜救和逃生。

消防锤与逃生绳:消防背包的背带采用“索降式”全覆盖背带设计,当受困者处于高楼无法找到安全出口或被困于狭小的空间时,背包装配有消防锤,其把手是类似自行车把手的设计,尺寸和角度符合人机工学^[14],可以帮助受困者进行破门破窗,再使用背包中的绳索进行索降逃生。

防烟防毒面具:在浓烟密布的室内火场受灾人群受到浓烟窒息大于烧伤危害,消防背包内部装有 4 个防烟防毒面具,在火场自救或救助他人都具有决定性作用。

3.3.3 安全性功能设计

家用消防背包采用硅酸钙纤维板,背包坚固耐用且强度高、耐久性好、质量轻。传统灭火器无法保护受困者不被烧伤,消防背包采用隔热板做背部材料防止火焰温度对受灾人员造成二次伤害,帮助受灾人员逃生和安全撤离。为防止内部灭火剂受光线损坏,消防背包外壳颜色采用黑色和红色为主色调,具备识别度高、不易受阳光侵蚀和适宜存放等特点。

3.4 消防背包使用方式

当室内火灾发生时,受灾者打开背包上方红色封盖,取出防毒面具见图 4,背上消防背包,抽出背包两侧的伸缩灭火管,推动开关按键,调节灭火剂量之后将管口对准火焰中心进行火灾扑救,灭火管灭火见图 5。在逃生过程中,如遇到浓烟阻碍视线时,受灾者可将消防背包置于胸前,按下灯光开关进行照明,从而顺利逃生。火灾发生时门窗紧闭无法逃生,可拿取背包底部消防锤进行破窗逃生见图 6。当高层火灾发生,受灾者困于狭窄空间无法逃生,可使用背包内的索降绳进行绳索降落完成逃生见图 7。消防背包的细节展示见图 8。

3.5 消防背包尺寸

本款消防背包长约 30 cm、宽约 13 cm、高约 40 cm,背带长度 45 cm,胸前隔热板宽 33 cm,灭火管伸缩长度 10~40 cm,背包内部索降绳约 15~20 m,适用于 1~10 层楼房。现有大部分灭火器质量为 6~15 kg,过于沉重不便操作,本款背包采用硅酸钙纤维板材料加上内部灭火材料、口罩、索降绳索和消防锤等,设备载重约为 6~8 kg,使得受灾者可单手操作并顺利完成自救和救援动作,产品效果尺寸见图 9。

产品使用流程图 | Product use flow chart

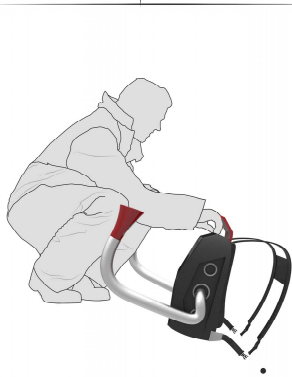


图 4 取出防毒面具
Fig.4 Fetching a mask



图 5 灭火管灭火
Fig.5 Extinguishment by
fire extinguishing pipe



图 6 破窗逃生
Fig.6 Escaping from
window



图 7 绳索降落
Fig.7 Rope landing

产品使用流程图 | Product use flow chart



图 8 消防背包的细节展示
Fig.8 Display of fire-fighting backpack details

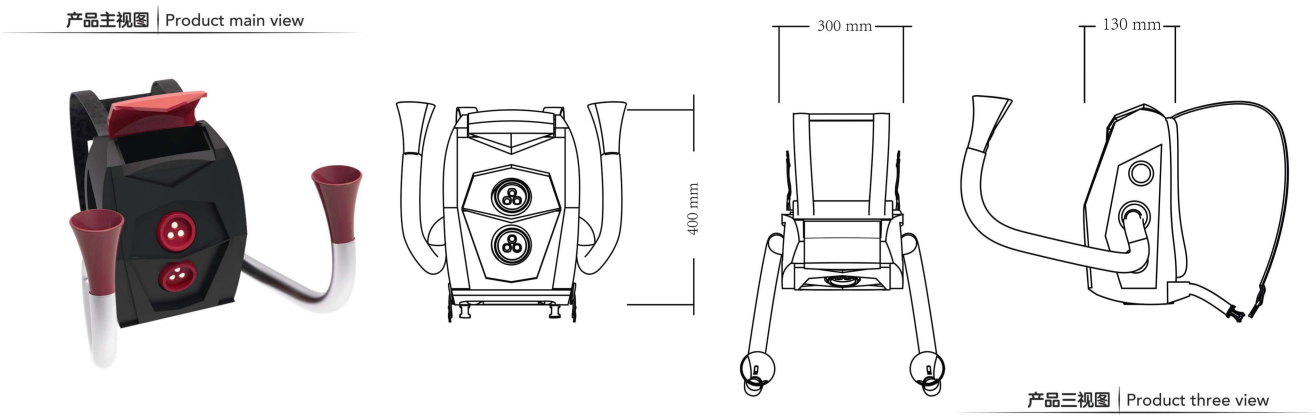


图 9 产品效果尺寸
Fig.9 Product effect size

4 结语

针对高层建筑家庭用户面对火灾时的灭火逃生问题,构思设计整合式多功能消防背包设计,试图解决火灾场景中浓烟致死、照明困难、缺乏辅助逃生功能等问题,有效地提高了室内受灾者的救援能力和自救能力,为消防官兵营救受灾群众争取宝贵时间,降低了室内火灾伤亡率,提高了居民消防安全意识,丰富了消防产品种类。该消防背包整合式设计理念可以推广至同类消防产品,同时为今后家庭消防设备的设计创新提供了新的视角。

参考文献:

[1] 佟璐琰. 针对家庭火灾的应急自救逃生产品设计研究[D]. 沈阳: 沈阳航空航天大学, 2013.
TONG Lu-yan. Design of Emergency Self-rescue Escape Products for Home Fires[D]. Shenyang: Shenyang Aerospace University, 2013.

[2] 孙鲁晗. 室内灭火器的设计和研究[D]. 济南: 齐鲁工业大学, 2017.
SUN Lu-han. Design and Research of Indoor Fire Extinguisher[D]. Jinan: Qilu University of Technology, 2017.

[3] 聂森. 消防安全信息传播研究[D]. 长沙: 湖南师范大学, 2014.
NIE Sen. Fire Safety Information Communication Research[D]. Changsha: Hunan Normal University, 2014.

[4] 李青青, 王超. 基于无意识设计理论的手提式灭火器改良设计[J]. 包装工程, 2017, 38(18): 156-161.
LI Qing-qing, WANG Chao. Improved Design of Portable Fire Extinguisher Based on Unconscious Design Theory[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(18): 156-161.

[5] 汪甜甜. 中国家庭应急自救逃生系统设计研究[D]. 大连: 大连工业大学, 2016.
WANG Tian-tian. Research on the Design of Chinese Family Emergency Self-rescue Escape System[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2016.

[6] 刘浩. 高层建筑室内灭火器设计研究[D]. 武汉: 湖北工业大学, 2018.
LIU Hao. Research on the Design of Indoor Fire Extinguisher in High-rise Building[D]. Wuhan: Hubei University of Technology, 2018.

[7] 林立, 冉险生, 隗寒冰. 针对高层建筑的火灾逃生设备创新设计研究[J]. 包装工程, 2010, 31(24): 29-31.
LIN Li, RAN Xian-sheng, WEI Han-bing. Innovative Design of Fire Escape Equipment for High-rise Buildings[J]. Packaging Engineering, 2010, 31(24): 29-31.

(下转第 165 页)