

人性化的城市水灾救援装备设计

扶 桑

华东理工大学艺术设计与传媒学院, 上海

收稿日期: 2024年8月15日; 录用日期: 2024年10月5日; 发布日期: 2024年10月14日

摘 要

随着暴雨频发,城市突发性水灾的增多对救援工作的响应与战略部署以及居民身心健康带来了重大挑战。本文致力于以人性化设计为导向,优化城市水灾的救援流程,提高救援效率。研究采用桌面调研和影像资料观察法对灾难场景进行痛点分析,并对城市水灾经历者进行问卷调查与用户访谈,以Kano模型对需求进行分级。同时从城市水灾中灾民“自救”与“他救”的双线程角度出发,结合理论研究与设计实践,对水灾救援装备进行创新设计,为未来城市水灾救援提供新的思路。

关键词

水灾救援, 应急救援, 灾难场景, 用户心理

Humanized Urban Flood Rescue Equipment Design

Sang Fu

School of Art Design and Media, East China University of Science and Technology, Shanghai

Received: Aug. 15th, 2024; accepted: Oct. 5th, 2024; published: Oct. 14th, 2024

Abstract

As heavy rains become more frequent, the increasing occurrence of urban flash floods poses significant challenges to emergency response, strategic deployment, and the physical and mental well-being of residents. This paper focuses on optimizing urban flood rescue processes and enhancing rescue efficiency, with human-centered design as the guiding principle. The research involves desk research and video observation methods to analyze pain points in disaster scenarios and conducts surveys and interviews with urban flood survivors to gain insights into their needs. The Kano model is applied to categorize these needs. Additionally, the study approaches urban flood rescue from the dual perspective of “self-rescue” and “assisted rescue,” integrating theoretical research with design

文章引用: 扶桑. 人性化的城市水灾救援装备设计[J]. 设计, 2024, 9(5): 467-480.

DOI: 10.12677/design.2024.95580

practice to innovate flood rescue equipment, aiming to provide new perspectives for future urban flood rescue operations.

Keywords

The Flood Relief, Emergency Rescue, Disaster Scenarios, User Psychology

Copyright © 2024 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

历史上水灾主要造成农业的损失。近几十年来,随着社会经济的发展,水灾主要造成的损失已逐步转移到了城市。沿江、滨湖、滨海或依山傍水,位于平原低地的城市,经常受到洪涝的威胁,相比于农村,城市人口、资产更为集中,灾害损失要大得多。我国现有 668 座城市,其中 639 座城市身负防洪任务,占总数 96%。发生城市内涝主要有两方面的原因:一是城市水面调蓄能力严重不足。随着城市建设的快速发展,不少市区河湖由于被侵占而缩窄或淤积,导致蓄泄洪能力降低;二是极端天气明显增多,局地暴雨频发[1]。面对不断发生的灾难,关宇在《今日消防》中提到,装备建设方面仍存在许多不足,而救援装备在数量、效能上的缺陷会限制救援队伍的整体战斗力[2]。

在上述背景之下,对水灾救援装备再设计,优化救援流程是具有重要意义的。抵抗极端天气,使突发性灾难伤害最小化一直以来是一个世界性的课题。水灾的频发,不仅是我国长期快速发展道路上的阻碍,也同样困扰着世界各国。所以,对现有水灾救援设计资料进行整合,对未来水灾救援设计发散思考,势在必行。

本文试图通过对国内外水灾救援装备设计研究的整理,以及相关应急救援装备设计研究的整理,通过对洪水灾难场景的拆解分析与相应的用户心理诉求,进行归纳总结,结合现有先进技术和未来发展趋势,进行设计实践,以期待为我国城市水灾救援事业提供新的发展思路。

2. 水灾救援装备国内外研究与分析

2.1. 国内研究

随着社会对重大突发事件应对能力要求的不断提升,应急服务设施选址与救援技术的创新成为研究热点。陈志宗与尤建新(2006 年)指出传统应急服务设施选址模型在面对重大突发事件时存在局限性,因此他们融合应急救援的公平性与效率性要求,构建了一个多目标决策模型,为优化应急设施布局提供了新思路[3]。肖松雷(2006 年)则聚焦于搜索与救援的指挥与部署,通过综合分析国内外现状与技术方法,建立了灾害现场救援指挥部署模型,旨在提升救援行动的效率和针对性[4]。进一步地,陈昱龙等人(2019 年)在救援装备创新方面取得了突破,设计了一款基于入水式压缩气瓶的网状救生圈装置,该装置不仅简化了发射流程,还实现了从点到面的救援覆盖,显著提高了救援效率[5]。在技术创新方面,越来越多的救援方案将新兴信息感知与处理技术和无人机相结合,如赵方捷等人(2019 年)以信息采集与接收、信息处理与信息输出三个功能模块的搜救卫勤决策系统,与前端无人机结合,用于快速发现伤员,掌握伤员伤情及地理位置信息,提出搜救方案,以提高搜救能力[6]。李敏等人(2019 年)提出可以通过红外生命探测仪搜寻到溺水者,监控传感器定位被困人员的位置同时向控制中心传输遇险者位置信息[7]。赵袁等人

(2020年)也设计利用人体红外感应和人脸识别定位落水者大致位置,再通过超声波、激光测距协同控制调整营救方向,最后采用GPS的自动规划路径进行返航[8]。此外王春雨等人(2020年)利用无人机低空平台,结合航空技术、网络信息技术、通信技术和3S技术等技术,实时传输实时图像、监控危险情况来对灾情做出快速反应[9]。

同时学者们也拓展了针对救援装备人性化设计的切入角度。贺孝梅等人(2011年)在洪灾应急领域,通过深入分析受众需求,建立了用户需求模型,并据此提出了洪灾应急救生包的设计建议,为应急产品设计注入了人性化考量[10]。方兴等人(2020年)设计了一款海上救援设备,以无人机空为运输载体,携带救援救生包,旨在延长被救援者在等待救援时的生理耐受时间,且设备学习成本低,提高了用户使用效率[11]。朱道鑫(2020年)以人性化设计理念下的设计心理学和人机工程学理论要素为切入点,以其应用和嫁接方法,提供了贴合用户需求的人性化救援装备设计思路[12]。

2.2. 国外研究

国外研究学者在人性化设计方面提出更多研究思路与方案。S. Karma等人(2015年)为提升应急救援指挥车的作业舒适度,提出了将用户行为过程作为设计依据的方法[13]。此外, Ma.Teodora E等人(2018年)则通过分析洪灾环境中受众的生理、心理因素,并以受众的心理诉求为出发点,将“以用户为中心”的理念融入到洪灾应急救援包的设计中[14]。Fu Guo等人(2020年)则基于感性工程的相关理论对矿用救生舱的外部形态与内部环境进行设计研究,构建了应急救援装备人文关怀设计的流程体系。并进行产品设计实践时,提出对于用户认知数据的重要性[15]。对于灾害的人性化设计不仅限于灾难中,灾后的建设也尤为重要, Abdullah [16]等人(2015年)及 Tsuyoshi Seikea [17]等人(2019年)从自然灾害发生后的生活层面、心理层面与管理层面的需求出发,进行应急救援临时安置设施及其外延服务的设计,以更好地帮助人们适应灾后生活。此外,为了提升救援任务的搜索救援任务的效率和有效性, Md. Munirul Hasan等人(2021年)对搜索和救援现有的各种通信技术进行了综合研究,在对系统结构、通信网络组成和应用的分析基础上,提出了一种基于物联网(IoT)的洪水综合管理框架[18]。

2.3. 研究分析

本节列举了国内外对应急救援相关救援策略和技术的研究,并聚焦于国内外应急救援装备的人性化设计研究,国内外学者对于人性化设计均提出了从受众的生理、心理因素入手,但主要实现方式略有不同。国内学者注重救援装备设计在具体环节的应用,进行精准救援,或是在产品功能形式上提出创新概念,结合宏观上的救援决策管理,以期提高救援效率,从而减少人们在水灾中受到的身心伤害。国外学者注重对用户心理、行为的分析,以对调研资料的分析,建立模型和流程体系作为设计依据,并探求设计方案在用户认知中的合理性。此外,国内外研究中均对水灾救援应用技术进行分析,为救援装备或是救援策略进行技术赋能,通过对救援环节的任务拆分,与定位、探测、识别、测距、通讯等技术的有机结合提升了救援效率,并且从国内研究中可以发现无人机是作为硬件载体结合通讯技术或物资运输进行救援的主要选择。

3. 人性化设计分析

3.1. 人性化设计理念

人性化设计是指在设计过程当中,根据人的行为习惯、人体的生理结构、人的心理情况、人的思维方式等,在原有设计基本功能和性能的基础上,对产品进行优化,为使用者带来更舒适、方便体验,是在设计中对人的心理生理需求和精神追求的尊重和满足,是设计中的人文关怀,是对人性的尊重。设计人性化的表达方式就在于以有形的物质去反映和承载无形的精神态[19]。设计师可以根据用户的心

理、行为特征和思维方式，对现有产品通过改变产品形状、材质与色彩设计等设计因素[20]来引发人积极的情感体验和心理感受，且相对一般商业设计，救援装备设计应具有更多的人文关怀特质[21]。

3.2. 用户的心理诉求与行为特征

面对灾难发生，人们对情绪、心理将发生不同程度的变化，而生理、行为又将受到心理的影响。赵音等人[22]提到人体本身对水也有恐惧感，一旦水位线超过膝盖，人体在水中会产生站立不稳、脚底打滑的现象。水位线超过胸口后人体在水中会丧失自控能力，并出现窒息和漂浮情况。可见与一般情况相比，在水灾中，人的自救能力十分弱小，心理脆弱，难以日常思维能力辨析事物。因此，在灾难中，人们往往会产生并表现出不同程度的恐慌、无助、攻击性等各种消极情绪，这将直接影响到受难者的求生方式，应对问题的能力等，且即使逃生后也极有可能出现“创伤后应激障碍”。

3.3. 慰抚灾民的设计结合

通过分析受难者面对灾害的心理，救援装备设计应采取有效的应对措施，一方面应考虑受难者有限的自救能力，在救援装备设计过程中，尽可能减少受难者在被救援过程中的耗力，降低信息接收门槛；另一方面除了避免受难者身体受到伤害，还应尽可能减小受难者在灾难中受到的心理创伤，利用通信等技术或产品语义表达，让救援装备对受难者做出一定的正向反馈，给予受难者一定的情绪支持，加强受难者的求生信念。例如 Xiao-Bo Ge 等人[23]提出了采用产品语义学的方法，通过救援装备的外延语义、内涵语义和指示性语义等，赋予且增强产品形态的在灾难环境下带来的安全感，同时给予对应功能的指示性和易操作性，提高救援装备使用效率。

4. 研究过程与方法

4.1. 应用场景分析

由于选题环境的特殊性，在调研环节中无法进行实地勘查，本文采用以影像资料还原实际场景的观察法，根据对救灾现场的人-机-环境系统性分析，总结出以下痛点见表 1。

Table 1. Analysis of scenario pain points

表 1. 场景痛点分析

场景痛点	
人	受难者身边缺乏自救物品
	容易被洪水中的漂浮物导致二次伤害甚至死亡
	救援等待过长时间，受难者长期处于情绪紧张状态
环境	长时间泡在水里、体温快速下降、缺水、饥饿，自救能力减弱
	水下障碍物情况难以判断
	污浊的洪水容易滋生细菌，也极易导致病毒
物	被水淹没地貌难以判断，不熟悉情况的救援队难以找到精准位置
	洪水断电，夜间救援难以有效进行
	救援装备的使用受城市环境的限制
	洪水中的杂物容易破坏救援装备
	面对水灾的突发，救援装备无法及时就绪
	救援设备的使用受暴雨环境的限制

4.2. 用户研究

水灾救援装备的使用同时面向救援者和灾民，但其实际目的为减少灾难中的伤亡。因此，水灾救援装备的设计应以重点落在灾难波及的居民上为前提，做好与人力、物资调动的结合。当水灾救援装备面对灾民时，不如大部分产品具有针对性的受众用户，特殊的作业环境和使用目的决定了其产品应更具普适性。本节将通过问卷调研、访谈调研以及 kano 模型功能需求分析来了解用户心理，挖掘实际用户需求。

4.2.1. 问卷调研

本次问卷调研目的是收集广泛成年人群体对于水灾发生时的应对行为和心里，以及对不同救援装备的认知度、看法和诉求(详见表 2)。有效问卷共 407 份，分别来自水灾高发城市，郑州、长沙、武汉、重庆、广州、长春、沈阳、北京、南昌，且受访者均为经历过城市水灾的用户。其中 19~25 岁的群体占比最高，为 39.07%；41~55 岁年龄段的受访者占 26.04%；26~40 岁群体的比例为 25.06%；55 岁及以上的受访者占 9.83%，为分析不同年龄段对水灾救援和应急措施的态度和需求提供了多样化的视角。

Table 2. Survey questionnaire

表 2. 调研问卷

序号	问题内容
1	请问您的性别是? <input type="radio"/> 女 <input type="radio"/> 男
2	请问您的年龄是? <input type="radio"/> 18 岁以下 <input type="radio"/> 19~25 岁 <input type="radio"/> 26~40 岁 <input type="radio"/> 41~55 岁 <input type="radio"/> 55 岁以上
3	请问您是否亲身经历过城市水灾? <input type="radio"/> 是 <input type="radio"/> 否
4	时请问以下哪种情况更符合您在面对水灾发生时的想法? <input type="radio"/> 冷静, 积极想办法应对 <input type="radio"/> 慌乱但想法应对 <input type="radio"/> 慌乱且不知所措 <input type="radio"/> 恐惧、害怕
5	请问面对水灾时, 您更倾向以哪种方式脱险? <input type="radio"/> 等待他人救助 <input type="radio"/> 自己想办法逃生 <input type="radio"/> 不知如何应对
6	请问如果您在水灾中进行自救, 您会采用以下哪些方法? * [多选题] <input type="checkbox"/> 寻找漂浮物 <input type="checkbox"/> 向高处攀爬 <input type="checkbox"/> 利用发出响声、照明、鲜艳颜色等信号求救 <input type="checkbox"/> 储备物资, 找地方躲避等待救援 <input type="checkbox"/> 其他 _____*
7	被请问您知道或使用过的救援装备有哪些? * [多选题] <input type="checkbox"/> 救生圈(或其他自充气囊) <input type="checkbox"/> 救生衣 <input type="checkbox"/> 救生艇 <input type="checkbox"/> 救生无人机 <input type="checkbox"/> 救生绳 <input type="checkbox"/> 完全不了解
8	请问对您来说这些救援装备的安全可靠程度排序是? * [排序题, 依次填入数字] []救生圈(或其他自充气囊) []救生衣 []救生绳 []救生艇 []救生无人机
9	请问您更希望水灾救援装备的外观带来哪些感觉? * [多选题] <input type="checkbox"/> 沉稳冷静 <input type="checkbox"/> 温暖亲切 <input type="checkbox"/> 充满生机 <input type="checkbox"/> 结实可靠 <input type="checkbox"/> 其他 _____*

问卷调研结果表明, 在水灾情境中, 仅有 29.24% 的受访者能够保持冷静, 而 37.63% 的受访者难以思考应对方案, 44.96% 的受访者会积极寻求逃生方法, 但 23.59% 的人不知道如何应对。这表明尽管接近一半的受访者在心理和行动上积极求生, 但仍有相当比例的人在心理素质 and 应对知识方面存在不足。在自救方式上, 超过半数的受访者倾向于通过发出信号(如响声、照明、鲜艳颜色等)和向高处攀爬来求救, 选

择率分别为 63.64% 和 59.46%。在救援装备的认知和使用上,除救生绳的认知度和选择率明显低于其他类型外,救生艇、救生衣、救生无人机和救生圈在受访者中有较高的认知度。救生无人机被认为是最安全可靠的救援装备,与救生艇、救生圈的评价相近,略高于其他装备。此外,受访者更期望救援装备的形象是“充满生机”和“温暖亲切”的,选择的比例分别为 66.34% 和 59.21%。综合来看,尽管大多数受访者在水灾中表现出积极求生的态度,但仍有部分人在心理素质和自救知识方面存在不足。因此,提升公众的防灾教育,普及有效的自救方法,并在救援装备设计中考虑用户的心理需求,将是提高整体应灾能力的重要方向。

4.2.2. 访谈调研

用户访谈,通过和目标用户沟通,让受访者描述自己的水灾经历,和当时自身的心理、行为活动,来感受用户使用情景,结合受访者对同类型产品的举例评价,分析总结用户的不同需求。具体访谈内容详见表 3。

Table 3. Interview records of survey questionnaire users

表 3. 调研问卷用户访谈记录表

状态描述	问题描述
前期准备	之前对水灾的了解
	对水灾自救的了解程度
	家中对水灾的应对措施
	对水灾救援的看法/如何看待救援工作/知道哪些救援产品
灾难过程	遇到水灾时感受如何(心理活动/情绪)
	描述第一视角的水灾状况
	遇到了什么样的困难,如何解决
感受体会	用到什么救援装备,感受如何(功能、造型、方便程度、人机工程等方面)
	灾难后有什么感悟(应对措施方面)
	救援过程中有什么可以改进的地方
	救援装备有什么可以改善的地方
产品概念	为您带来安全感(或求生信念)的事或记忆深刻的事
	对目前救援装备的看法
	对目前概念产品的看法
	对救援装备有什么诉求/有什么概念构想

本文对 5 位经历过水灾的城市居民进行访谈,了解城市水灾发生时的具体情况,和受众当时的心理活动。对原始记录整理分析发现,居民们普遍对水灾了解少,其相关知识一般来自有限的安全教育片、新闻报道和公益广告等,也几乎不会主动去收集相关信息。所以在这样的情况下,受访者均对经历过的水灾表示“震撼、震惊”,“恐惧、害怕”,“混乱”,“慌乱、不知所措”,可见,水灾对于受众心理上的冲击。且受众对于救援装备的认识有限,面对一些概念产品,了解其用途需要较多讲解。对于救援环节提出了“与时间赛跑”,“提前待命”,“专业限制”,“物资运输”,“交通不达”等关键词。对于灾难环境提出“路宽,没有可拉的东西”,“电力中断”,“无信号”等痛点。

4.2.3. Kano 分析

Kano 模型是东京理工大学教授狩野纪昭(Noriaki Kano)发明[24]的对用户需求分类和优先排序的有用工具，以分析用户需求对用户满意的影响为基础，体现了产品性能和用户满意之间的非线性关系。本文根据问卷调查与用户访谈结果，针对水灾救援装备提炼出 10 项功能需求，通过计算 Better-Worse 系数(见图 1)对 407 份有效问卷进行数据整理分析，将功能需求划分为第一象限的期望属性功能、第二象限的魅力属性功能、第三象限的无差异属性功能以及第四象限的必备属性功能。

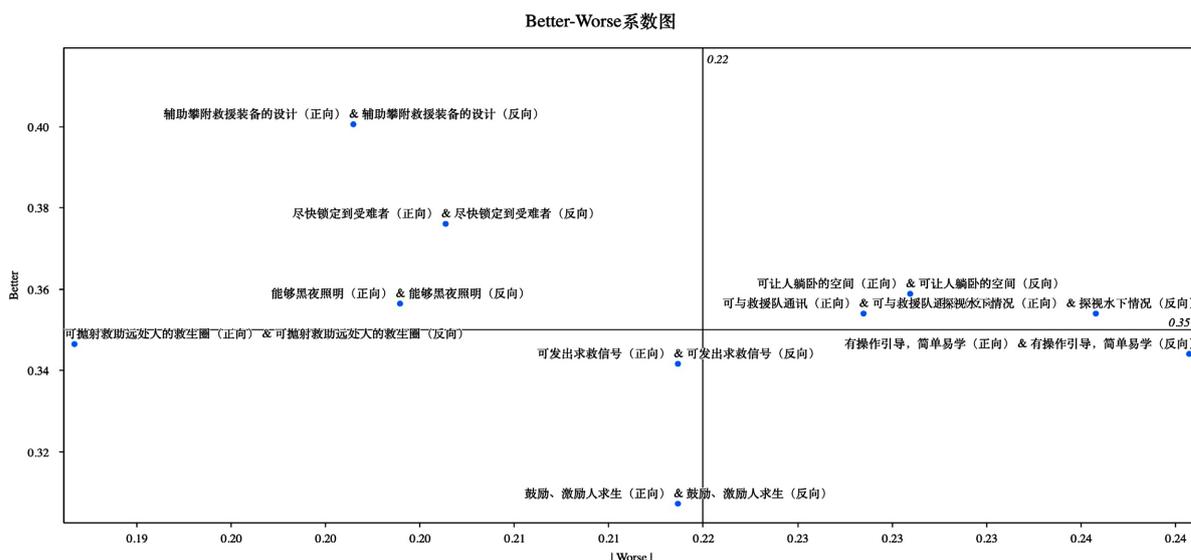


Figure 1. Better-worse coefficient chart

图 1. Better-worse 系数图^①

5. 水灾救援的设计实践

5.1. 救援装备的设计方案

根据上文调研结果，本文提出将自救与他救结合的设计方案。设计救援装备应考虑到救援队抵达灾难现场、展开救援以及搜索定位灾民需要耗费的时间，而这一期间，正是受难者获救的黄金时间，所以水灾救援装备应帮助居民提高自救能力，并与救援队施展协作。

5.1.1. 设计说明

救援装备从“自救”和“救助”出发，由作为公共设施放置在楼道等应急通道处的自充气救生圈和可运输紧急物资、与灾民语音交互以及定位救生圈的搜救无人机结合，提升居民们的获救概率，减小灾难对居民造成的身心伤害。具体方案概念导图见图 2。

5.1.2. 概念草图

草图实现的是初步视觉化的表达，由草图突出设计方案的主要设计点和基本产品形态，作为数字建模渲染的基础和依据。本文研究设计草图见图 3。

5.1.3. 技术支持

1) 自充气技术：一般实现自充气技术有三种方式，手动充气、自动充气和吹嘴为单向阀式，设计方案中采用手动充气。具体实现方式为拉动充气装置上的拉绳，使拉杆转至不小于 90 度。刺针刺破气瓶膜片，高压 CO₂ 气体冲入气囊，气体膨胀后产生浮力。

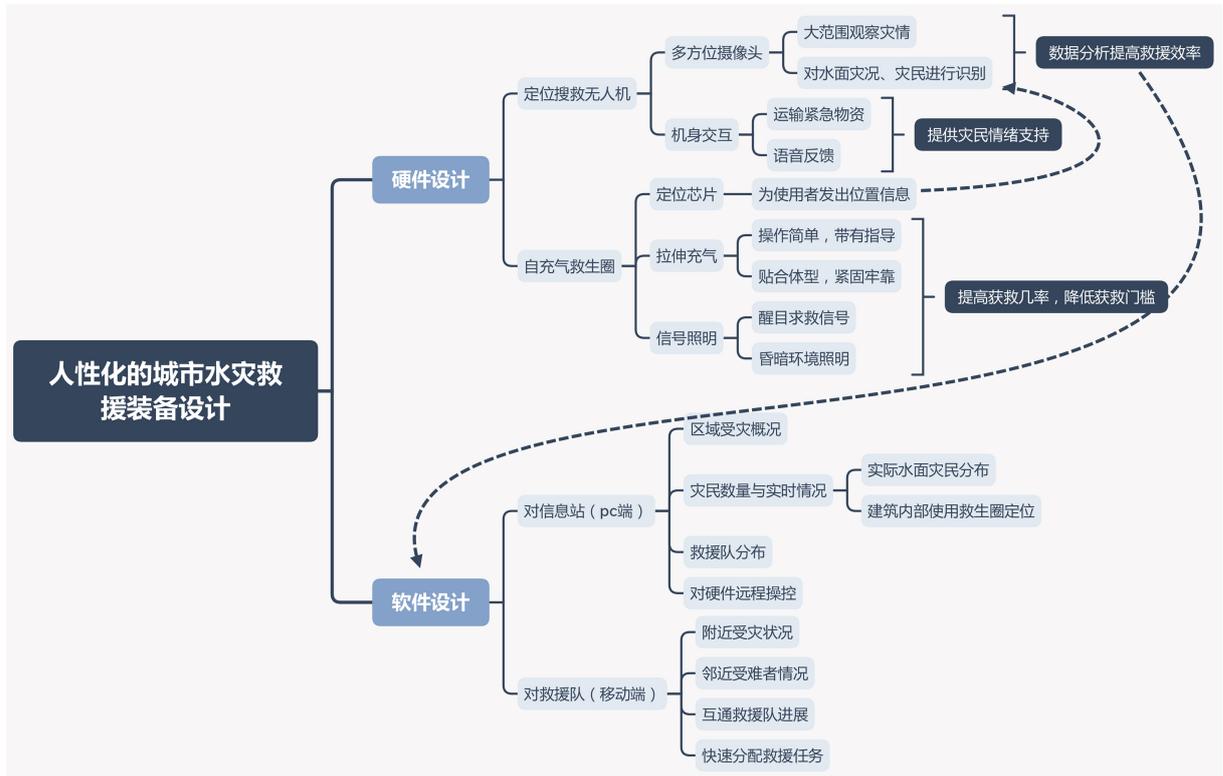


Figure 2. Concept map
图 2. 概念导图^①

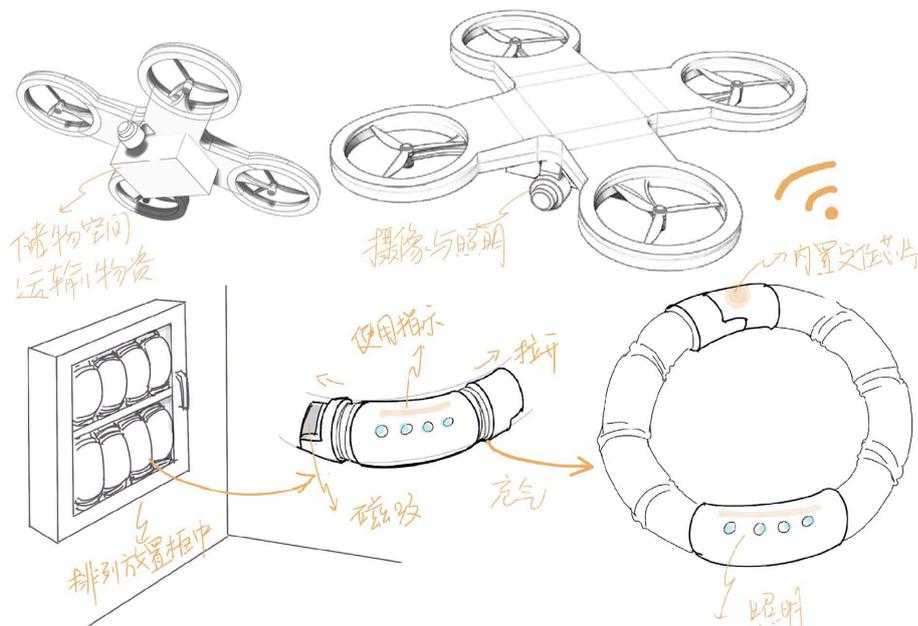


Figure 3. Design sketches
图 3. 设计草图^①

2) 无人机机身配置：旋翼无人机的优点是优秀的机动性，可以在狭窄的空间内垂直起降，相比于固定翼无人机，能进行一些更高精度操作，例如监视[25]，且比扑翼无人机的设计和技术更简单。

3) 通讯技术：物联网技术与无线通信、5G、北斗卫星定位导航系统等移动互联技术结合[26]，可实现对水灾时讯的全方位把控，也可提高监测预警的可靠性，保障救援期间的通信。

5.2. 模型与尺寸

5.2.1. 模型展示

自充气救生圈设计，放置形态见图4，使用形态见图5；定位搜救无人机见图6，细节见图7和图8。



Figure 4. Placement form of self-inflating lifebuoy

图4. 自充气救生圈放置形态^①



Figure 5. Usage form of self-inflating lifebuoy

图5. 自充气救生圈使用形态^①



Figure 6. Positioning and search-rescue drone

图6. 定位搜救无人机^①



Figure 7. Detail display of positioning and search-rescue drone
图 7. 定位搜救无人机细节展示^①

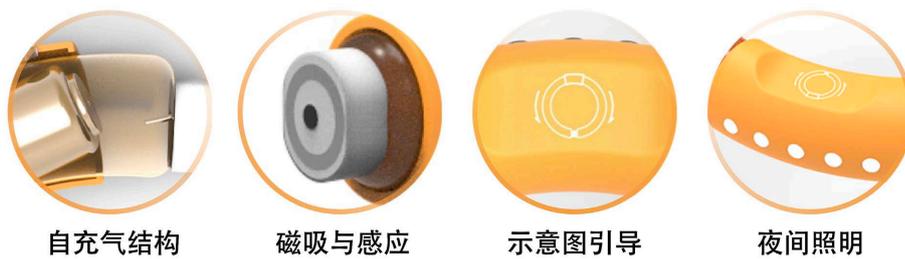


Figure 8. Detail display of self-inflating lifebuoy
图 8. 自充气救生圈细节展示^①

5.2.2. 尺寸设计

救生产品关乎生命，对于尺寸的设定应谨慎考量，救生圈设计应符合国家标准即外径不能大于 800 mm，内径则不能小于 400 mm [27]。同时设计也充分考虑手握舒适度和着力点，对于外形大小也考虑与应用环境的结合，具体产品尺寸见图 9~11。

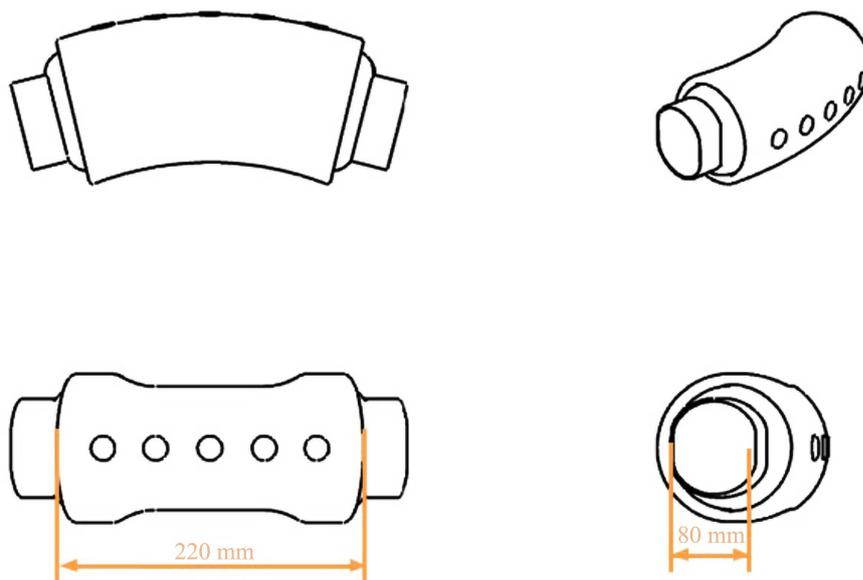


Figure 9. Dimensional diagram of placement form of self-inflating lifebuoy
图 9. 自充气救生圈放置形态尺寸图^①

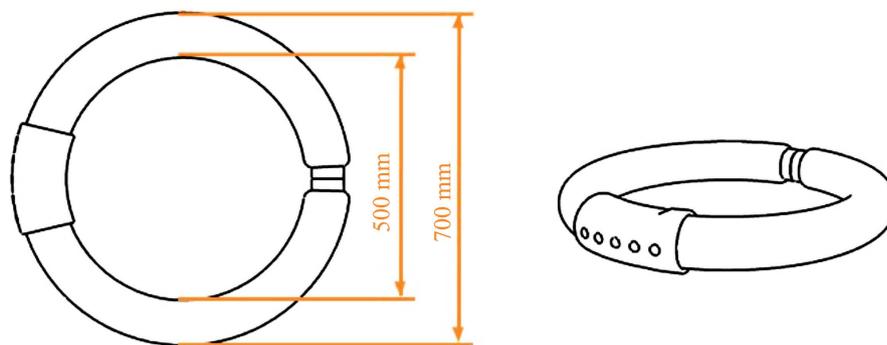


Figure 10. Dimensional diagram of usage form of self-inflating lifebuoy

图 10. 自充气救生圈使用形态尺寸图^①

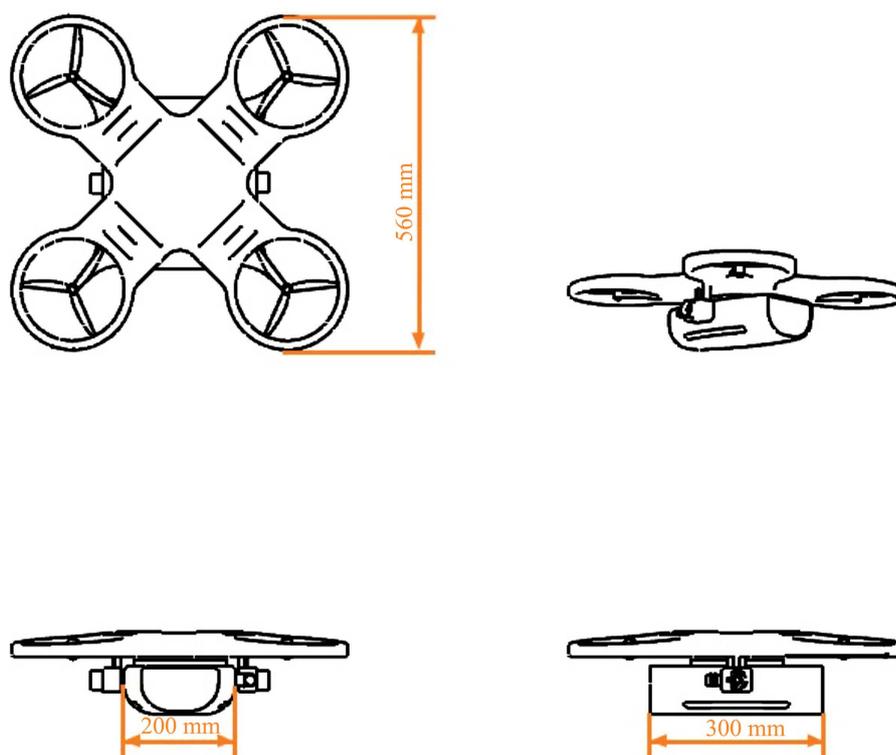


Figure 11. Dimensional diagram of positioning and search-rescue drone

图 11. 定位搜救无人机尺寸图^①

5.3. CMP 设计

5.3.1. 色彩应用

色彩对于形态和材料，更趋于感性化[28]，带来的感觉最为直接。结合上文调研结果。水灾救援装备应采用给受灾带来“充满生机”和“温暖亲切”感觉的颜色，所以设计方案以采用清新明快的暖色调为主。

5.3.2. 材料选择

救生圈主体壳体采用了高密度聚乙烯材质，此材料具有很好的耐磨性、电绝缘性、韧性、耐寒性以及化学稳定性[29]。复合材料已成为在无人机领域主要结构材料，因此采用碳纤维复合材料、玻璃纤维复

合材料等材料，为实现无人飞机结构轻质化和高性能化。

5.3.3. 表面工艺

水灾救援装备等使用都面临着极其潮湿的环境，因此救援装备应做好表面防水涂层等措施。

5.4. 救援装备场景应用

救生圈的设计融入了作为公共设施的思考，并加上使用引导，降低城市居民的获救门槛见图 12 和图 13。



Figure 12. Application diagram of self-inflating lifebuoy
图 12. 自充气救生圈应用图^①



Figure 13. Usage guide for self-inflating lifebuoy
图 13. 自充气救生圈使用指引^①

无人机与救生圈联动，通过接收救生圈的定位信息与摄像头监控内容，对看得见与看不见的地方进行搜索，为居民传递精准求生定位和灾情实况，其机制与界面见图 14。

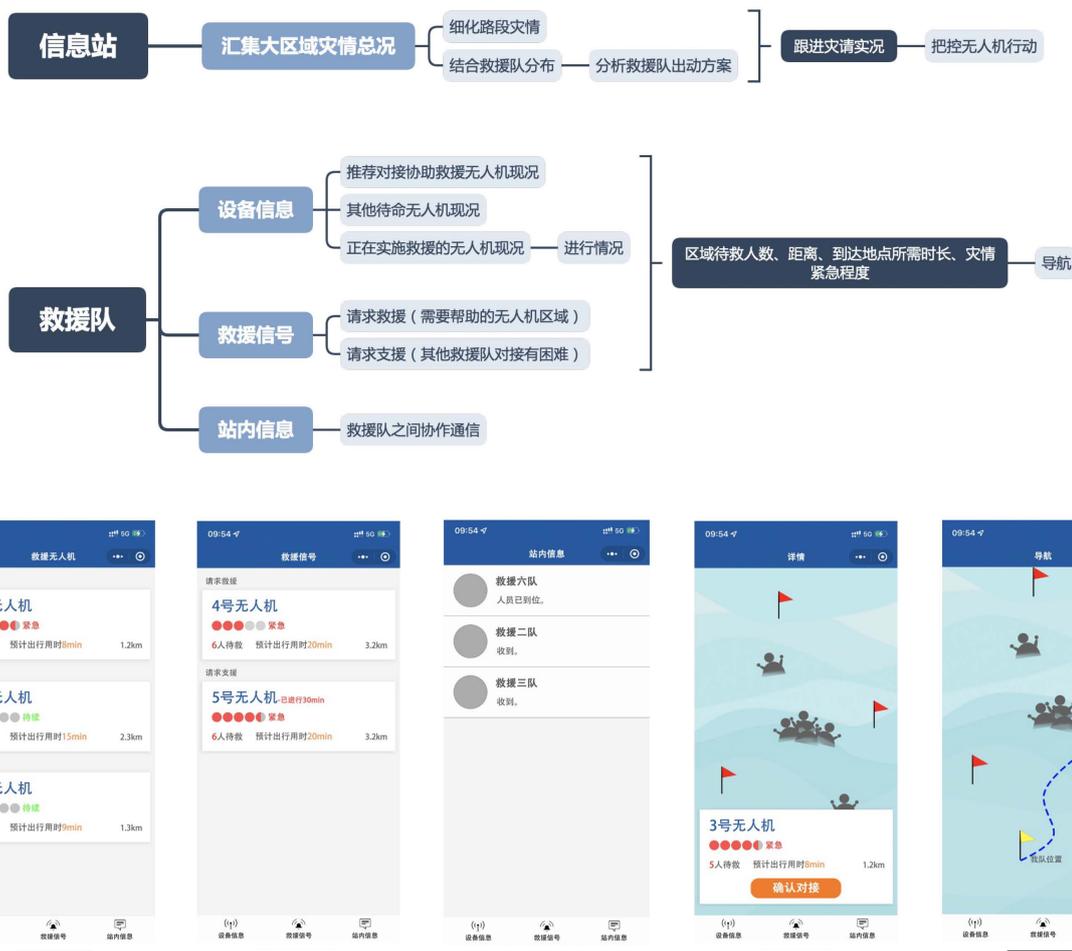


Figure 14. Positioning mechanism and interface
图 14. 定位机制与界面^①

6. 总结

综上所述，本文致力于以人性化设计为导向，以水灾救援装备概念创新，监测、通讯、大数据计算等时代技术赋能，优化城市水灾的救援流程，缩短救援时间，提高救援效率。通过对城市水灾的现实情况进行总结并汲取教训，以及受众心理研究和需求提取与分级，提出“自救”和“他救”双线程的效率救援新理念，设计在救援队作业之前，提供便携自救装备，通过无人机的鸟瞰监控，结合救生圈定位信息，将灾情信息集中计算处理，得出更精准、更高效的救援方案，让搜救与自救、他救环节联系更紧密。同时，本文从结构、功能、材质和外观等方面设计改良现有的救援装备，突出优化“他救”救援流程与降低“自救”使用门槛的必要性，将提升救援效率与降低灾民身心伤害落实到救援环节中，为应急救援装备设计的发展提供新的参考。

注 释

①图 1~14 来源：作者自制

参考文献

[1] 姜科. 城市雨洪灾害的原因及应对策略探讨[J]. 中国建设信息化, 2021(21): 70-71.

- [2] 关宇. 全灾种大应急条件下推进消防装备建设的几点思考[J]. 今日消防, 2020, 5(5): 37-38.
- [3] 陈志宗, 尤建新. 重大突发事件应急救援设施选址的多目标决策模型[J]. 管理科学, 19(4): 10-14.
- [4] 肖松雷. 救援力量现场搜救行动指挥与部署模型的初步研究[D]: [硕士学位论文]. 北京: 中国地震局地球物理研究所, 2006.
- [5] 陈昱龙, 崔钰奇, 刘宏刚, 刘壮. 一种新型发射式网状救生圈弹体设计[J]. 科技创新与应用, 2019(9): 41-42.
- [6] 赵方捷, 冯逸飞, 张义, 戴志鑫, 张鹭鹭. 基于无人机搜救平台的海上落水伤员搜救卫勤决策系统[J]. 解放军医院管理杂志, 2019, 26(2): 179-182.
- [7] 李敏, 刘芮希, 郭妙笛. 海上急救火箭救援无人机[J]. 包装工程, 2019, 40(4): 315.
- [8] 赵袁, 魏静怡, 董洪友. 基于多元人物识别定位的智能救生圈[J]. 科技创新与应用, 2020(9): 29-30.
- [9] 王春雨, 钟嘉奇, 王博超, 等. 多旋翼无人机在水利行业中的应用[J]. 黑龙江水利科技, 2020, 48(1): 152-155.
- [10] 贺孝梅, 章璐璐, 聂路. 基于UCD的洪灾应急救援包设计研究[J]. 包装工程, 2011, 32(12): 26-29.
- [11] 方兴, 张文翰, 明轶. 基于UCD的海上救援设备设计[J]. 包装工程, 2020, 41(4): 103-109.
- [12] 朱道鑫. 城市公共水域近岸救生产品人性化设计研究[D]: [硕士学位论文]. 武汉: 武汉工程大学, 2020.
- [13] Karma, S., Zorba, E., Pallis, G.C., Statheropoulos, G., Balta, I., Mikedi, K., et al. (2015) Use of Unmanned Vehicles in Search and Rescue Operations in Forest Fires: Advantages and Limitations Observed in a Field Trial. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, **13**, 307-312. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2015.07.009>
- [14] Gutierrez, M.T.E., Palisoc, A.A., Lirio, K., Secreto, W., Taruc, R. and Noble, K. (2018) Ergonomically Designed and Developed “Go-Bag” for School Children: A Survival Kit. *Procedia Engineering*, **212**, 651-658. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2018.01.084>
- [15] Guo, F., Qu, Q., Nagamachi, M. and Duffy, V.G. (2020) A Proposal of the Event-Related Potential Method to Effectively Identify Kansei Words for Assessing Product Design Features in Kansei Engineering Research. *International Journal of Industrial Ergonomics*, **76**, Article ID: 102940. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2020.102940>
- [16] Abdullah, S., Sipon, S., Nazli, N.N.N.N. and Puwasa, N.H. (2015) The Relationship between Stress and Social Support among Flood Victims. *Procedia—Social and Behavioral Sciences*, **192**, 59-64. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.06.009>
- [17] Seike, T., Isobe, T., Hosaka, Y., Kim, Y., Watanabe, S. and Shimura, M. (2019) Design and Supply System for Emergency Temporary Housing by Various Construction Methods from the Perspective of Environmental Impact Assessment: The Case for the Great East Japan Earthquake. *Energy and Buildings*, **203**, Article ID: 109425. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109425>
- [18] Hasan, M.M., Rahman, M.A., Sedigh, A., Khasanah, A.U., Taufiq Asyhari, A., Tao, H., et al. (2021) Search and Rescue Operation in Flooded Areas: A Survey on Emerging Sensor Networking-Enabled IOT-Oriented Technologies and Applications. *Cognitive Systems Research*, **67**, 104-123. <https://doi.org/10.1016/j.cogsys.2020.12.008>
- [19] 贺挺, 廖亮, 吕明. 人性化设计中的关怀与伦理[J]. 山西科技, 2005(5): 91-92.
- [20] 高健权, 方新国. 手持医疗产品的人性化设计研究[J]. 设计, 2019, 32(3): 14-16.
- [21] 祁浩伟, 李琴, 陈思羽, 张敏, 周莉, 张龙琳. 专业救生装备的功能及其发展趋势探析[J]. 西南大学, 2018(4): 1-5, 9.
- [22] 赵音, 刘灵, 吴唯, 陈祥宇, 杨紫薇, 王钰莹. 关于拓展水上救援救护的产品设计[J]. 科技创业月刊, 2016, 29(21): 98-99.
- [23] Ge, X., Shao, X., Li, S. and Wang, D. (2017) A Descriptive Semantics of Modelling Process Catering for Whole Product Parametric. *Advanced Engineering Informatics*, **32**, 299-311. <https://doi.org/10.1016/j.aei.2017.04.004>
- [24] Reese, C.A. (1989) The National Disaster Medical System. *Journal of the American Association of Nurse Anesthetists*, **57**, 493-499.
- [25] 李佳. 考虑不同情形下的无人机与卡车协同路径优化问题研究[D]: [硕士学位论文]. 成都: 西南交通大学, 2021.
- [26] 毕然, 刘治永, 张晓飞, 等. 新兴技术在应急救援装备的应用及展望[J]. 中国应急救援, 2021(1): 14-17.
- [27] 曹稼秀. 新型救生装置概念设计及水动力性能研究[D]: [硕士学位论文]. 镇江: 江苏科技大学, 2021.
- [28] 延海霞. 浅析产品设计中色彩个性化表达[J]. 大众文艺, 2010(16): 60-61.
- [29] 王奕林. 海上船载应急救援救生圈设计研究[D]: [硕士学位论文]. 石家庄: 河北科技大学, 2019.