

基于人机工程的模块化消防车独立乘员室设计

赵利爽 张清卓 邓永鑫

湖北三六一一应急装备有限公司 湖北 武汉 430090

摘要：文章聚焦基于人机工程的模块化消防车独立乘员室设计，融合人机工程学与模块化设计理念，深入分析设计需求，优化总体与详细设计方案。通过研究人体尺寸、力学等理论在乘员室设计中的应用，划分座椅、操控等功能模块，结合虚拟仿真技术进行优化。设计方案提升了乘员室舒适性、安全性与操作便利性，满足不同救援场景需求，为消防车乘员室设计提供理论与实践参考，对提高应急救援效率具有重要意义。

关键词：人机工程；模块化设计；消防车；独立乘员室

1 消防车在现代应急救援中的重要性

现代社会，城市化推进与灾害频发加剧应急救援难度，消防车作为核心救援装备，地位关键。火灾场景下，其凭借高压水枪、泡沫喷射等灭火系统，快速抵达现场扑灭明火，遏制火势蔓延，减少生命财产损失。在危险化学品事故中，专业防化设备与稀释喷淋系统可中和、稀释泄漏物，降低危害。面对地震、泥石流等地质灾害，破拆、起重、照明等功能助力打通救援通道^[1]。消防车不仅是救援工具，更是移动作战平台。其通信系统保障救援指令实时传达，同时承担物资运送、伤员转移任务，在应急救援全链条中发挥枢纽作用，是守护人民安全的重要防线，其性能升级对提升救援效率意义重大。

2 人机工程学基础理论在消防车独立乘员室设计中的应用

2.1 人机工程学概述

人机工程学融合多学科知识，研究人与机器、环境的关系，旨在优化设计以适配人体生理心理特征，实现提升效率、保障健康安全与舒适度的目标。其研究涵盖人体特性、人机系统、工作环境三大方面：人体特性为产品设计提供基础数据；人机系统聚焦信息交互机制；工作环境关注环境因素对人的影响。将该理论引入消防车独立乘员室设计，能从源头考虑消防员任务需求与身心特点，优化乘员室安全性、舒适性与操作便利性，确保消防员在高强度救援中保持良好状态，进而提高救援成功率。

2.2 人体尺寸与空间布局设计

人体尺寸数据是设计消防车独立乘员室空间布局的基石。不同群体人体尺寸有别，设计时需参考权威测量数据，结合消防员身体特征确定参数，如我国成年男性平均身高、肩宽等，决定乘员室高度、座椅间距等尺寸。合理布局要保障消防员活动自由、操作便捷，兼顾

舒适性与安全性。纵向需预留头部空间防碰撞，横向依消防服肩宽设座椅尺寸与间距，还应规划足够通道，便于紧急撤离。精准把握人体尺寸并科学布局，可提升空间利用率与使用体验，打造高效舒适的任務空间。

2.3 人体力学与座椅设计

人体力学对消防车乘员室座椅设计至关重要。消防员执行任务时需长时间乘坐，且车辆行驶颠簸，对座椅舒适性和安全性要求极高^[2]。基于人体力学，座椅设计贴合脊柱曲线，优化靠背、坐垫、头枕参数，使身体压力分布均匀，减轻疲劳。同时配备减震装置，缓冲震动冲击；安全带设计符合人体工程学，兼顾固定与舒适。通过这些设计，显著提升座椅性能，为消防员长途行驶和执行任务提供可靠支撑与保护。

2.4 人机交互界面设计

人机交互界面是消防员操控消防车设备的关键，其设计关乎操作便捷与准确。良好设计需遵循简洁直观原则，适应救援现场复杂环境。显示界面采用醒目方式呈现车辆速度、水位等关键信息，合理搭配色彩突出重点，防止误读。操作界面简化流程，按钮布局符合手部习惯，方便戴手套操作，并引入触觉反馈、语音提示等功能。通过优化交互界面，可提升消防员操作效率，减少失误，为救援顺利开展提供保障。

3 模块化消防车独立乘员室设计分析

3.1 模块化设计理念概述

模块化设计是一种先进的产品设计理念，它将产品分解为多个具有独立功能的模块，每个模块可独立进行设计、制造、调试和更换，通过不同模块的组合与搭配，实现产品多样化的功能需求和性能提升。在消防车独立乘员室设计中引入模块化设计理念，能够根据不同的救援任务需求和用户要求，灵活组合乘员室的功能模块，快速定制出满足特定需求的产品。模块化设计使得

各功能模块相对独立,便于生产制造过程中的质量控制和管理,也为后续的维修保养和功能升级提供了便利。当某个模块出现故障或需要更新时,只需更换相应模块即可,无需对整个乘员室进行大规模改造,大大降低使用成本和维护难度,提高消防车的适用性和使用寿命。

3.2 独立乘员室结构设计

消防车独立乘员室的结构设计需综合考虑强度、刚度、安全性、舒适性以及模块化设计的要求。在结构材料选择上,通常采用高强度钢材或轻质合金材料,在保证结构强度和安全性的前提下,减轻车辆自重,提高燃油经济性。乘员室的整体框架结构应具备良好的抗碰撞和抗变形能力,能够在发生交通事故或受到外部冲击时,有效保护车内人员的安全。车门、车窗等部件的设计既要满足进出方便、视野良好的要求,又要具备可靠的密封性能和防盗功能。另外,还需合理设计乘员室的通风、采暖、制冷系统,为消防员创造舒适的驾乘环境。在结构设计过程中,充分考虑模块化设计的特点,将乘员室划分为不同的功能区域和模块,如座椅模块、操控装置模块、储物空间模块等,各模块之间通过标准化的接口和连接方式进行组装和拆卸,确保模块的通用性和互换性,为后续的功能扩展和升级奠定基础。

3.3 独立乘员室人机布置优化

基于人机工程学原理和模块化设计理念,对消防车独立乘员室的人机布置进行优化,旨在进一步提升乘员室的使用性能和操作便利性。在座椅布置方面,根据人体尺寸和乘坐舒适性要求,合理确定座椅的数量、位置和排列方式,确保每位消防员都能获得舒适的乘坐空间,同时便于相互之间的沟通与协作。操控装置的布置应遵循人体操作习惯和动作流程,将常用的操控按钮、开关、手柄等设备设置在消防员触手可及的位置,减少操作时的身体移动和疲劳。储物空间的布局要充分考虑消防员装备的种类、尺寸和使用频率,合理划分储物区域,配备便捷的储物装置,使装备存放有序、取用方便,还需优化车内的照明、标识等设施的布置,确保在不同环境条件下,消防员都能清晰地识别各类信息和操作设备。

4 基于人机工程的模块化消防车独立乘员室设计

4.1 设计需求分析

开展基于人机工程的模块化消防车独立乘员室设计前,全面的设计需求分析是保障方案科学实用的核心。一方面,需深度剖析消防员任务特性,不同救援场景对乘员室功能要求差异显著。如高层建筑火灾需大量登高、破拆装备,要求充足储物空间与稳固固定装置;夜间救援

则对车内、外照明的亮度及覆盖范围有严苛标准^[3]。另一方面,需兼顾地域与用户差异。寒冷地区需强化乘员室保暖性能;路况复杂区域则需提升座椅减震与车辆通过性。设计必须严格遵循安全、舒适、环保等法规与行业标准。通过系统梳理救援需求、地域特性与规范要求,为后续设计提供精准依据,确保乘员室契合实战需求,切实增强应急救援效能。

4.2 总体设计方案

依据设计需求分析成果,以人机工程学与模块化理念为指引,构建消防车独立乘员室总体设计方案,致力于打造安全、舒适、高效、灵活的驾乘空间。方案采用模块化布局,将乘员室划分为座椅、操控装置、储物空间、安全防护等功能模块,各模块以标准化接口组装,既相互独立又协同作业。座椅模块依人体尺寸与人员数量科学布局,兼顾舒适与安全;操控装置模块整合集中与分散控制,便于关键设备快速操作;储物空间模块按装备类别与使用频率分区,实现有序存取;安全防护模块涵盖结构强化、安全装置与逃生设施,全方位保障人员安全。同时优化通风、温控、照明系统,提升驾乘舒适性。该方案为详细设计锚定方向,保障各模块协调兼容,实现乘员室性能最优。

4.3 详细设计

4.3.1 座椅模块设计

在座椅结构设计方面,采用符合人体脊柱自然曲线的靠背和坐垫造型,内置高弹性海绵和透气材料,提供良好的支撑和舒适感。靠背角度和坐垫倾斜度可根据消防员的个体需求进行调节,满足不同坐姿状态下的身体需求。座椅框架采用高强度轻质合金材料,在保证结构强度的同时减轻重量。座椅配备可调节高度、深度和角度的头枕,为头部提供有效支撑,减少颈部疲劳。安全带采用三点式或四点式设计,具有预紧和限力功能,能够在车辆紧急制动或碰撞时迅速收紧,有效固定消防员身体,防止受伤。座椅底部安装高性能减震装置,可有效缓冲车辆行驶过程中的震动和冲击,降低对消防员身体的伤害。座椅模块采用标准化接口设计,便于安装、拆卸和更换,可根据不同的任务需求和车辆配置进行灵活调整,满足多样化的使用要求。

4.3.2 操控装置模块设计

在操控装置布局方面,遵循人体工程学原理,将通讯系统、采暖、制冷系统、照明开关等操控设备按照人体操作习惯和动作流程进行合理布置,使消防员能够在自然、舒适的姿势下完成操作。通过直观的操作按钮,实现对主要设备的集中控制;分散式按钮安装在车内相

应设备附近,方便消防员在车内不同位置进行局部操作。操控装置的按钮、开关等部件采用防滑、耐磨材料制作,表面设计有清晰的标识和文字说明,便于消防员在紧急情况下快速识别和操作。同时还可以引入智能化控制技术,如触控屏、语音控制等,提升操控的便捷性和智能化水平,减少操作失误,提高救援工作效率。

4.3.3 储物空间模块设计

储物空间模块设计需充分考虑消防员装备的多样性和使用特点,实现装备的合理存放、快速取用和安全固定。常用装备区主要存放消防员在日常救援任务中频繁使用的装备,如灭火器、水带、头盔、手套等,采用开放式或抽屉式储物格设计,方便快速取用。个人物品区为消防员提供存放个人衣物、通讯设备、生活用品等的空间,可设置带锁的储物柜,保障个人物品的安全。在储物空间内部合理设置隔板、挂钩、绑带等辅助装置,提高空间利用率,实现装备的分类存放和有序管理。储物空间模块采用模块化设计,可根据实际需求进行灵活组合和扩展,满足不同救援任务对装备携带量的要求。

4.3.4 安全防护模块设计

安全防护模块是保障消防员生命安全的关键环节,在设计过程中需综合考虑多种安全因素,采取全方位的安全防护措施。在车身结构安全方面,采用高强度钢材打造坚固的乘员室框架,加强车门、车顶、底盘等部位的结构强度,提高车辆的抗碰撞和抗变形能力。车门配备防撞钢梁和加固装置,在发生侧面碰撞时有效吸收能量,保护车内人员安全。在被动安全防护方面,除了常规的安全带和安全气囊系统外,还可增加座椅侧气囊、头部气帘等安全装置,为消防员提供更全面的保护。同在车内设置紧急逃生出口和逃生装置,如安全锤、应急逃生门等,确保在紧急情况下消防员能够迅速撤离车辆。在主动安全防护方面,配备先进的车辆安全辅助系统,如盲点监测、倒车影像等,提高车辆行驶的安全性和稳定性,减少事故发生的概率^[4]。另外,还需考虑防火、防化、防辐射等特殊安全防护需求,对乘员室进行相应的防护处理,为消防员在危险环境下执行任务提供

可靠的安全保障。

4.4 虚拟仿真与优化

在完成基于人机工程的模块化消防车独立乘员室详细设计后,利用计算机虚拟仿真技术对设计方案进行模拟分析和优化,是确保设计方案可行性和可靠性的重要手段。在空间布局仿真中,模拟消防员在乘员室内的各种活动姿态和操作动作,检查是否存在空间干涉、操作不便等问题,评估空间布局的合理性和舒适性。在人机交互仿真方面,模拟消防员对各类操控装置的操作过程,分析操作界面的可视性、可达性和易用性,优化操控装置的布局和设计。通过虚拟仿真还可以对车辆行驶过程中乘员室的震动、噪音、温度等环境因素进行模拟分析,评估座椅减震性能、隔音效果和空调系统的工作效率,发现设计方案中存在的问题和不足之处。根据虚拟仿真结果,对设计方案进行针对性的优化和改进,调整空间布局、修改结构参数、优化人机交互界面等,直至设计方案满足各项设计要求和性能指标。

结束语

本文通过将人机工程学与模块化设计应用于消防车独立乘员室设计,有效提升了其综合性能,为消防员创造了更安全舒适的作业环境,对提升应急救援效率与质量发挥积极作用。然而设计过程中仍存在部分细节优化空间,未来可进一步结合新材料、新技术,持续深化研究,使消防车乘员室设计更加贴合多样化救援需求,助力应急救援装备的创新发展。

参考文献

- [1]郑凯恒,路鹏,王姝懿,等.基于模块化设计理念的城市消防车优化设计[J].设计,2020,33(7):129-131.
- [2]谢梦斌,朱义,蒋旭东,等.消防车独立乘员室抗顶部冲击能力研究[J].噪声与振动控制,2025,45(2):179-184,196.
- [3]姚舜宇.消防车驾乘室顶部强度试验研究[J].专用汽车,2024(7):98-103.
- [4]吕晓东,隋晓东,王珂,等.机场消防车碳纤维驾驶室强度分析[J].机械研究与应用.2022,35(5)..037-038.