

车/舱用智能内饰纺织品的多功能一体化设计与工程应用研究

闫梅芳 周莉琳 (通讯作者)

加佳控股集团有限公司 浙江嵊州 312400

【摘要】针对囚车、警车、公共交通工具内饰纺织品的特殊功能需求与车规级应用标准,本文开展多功能一体化智能内饰纺织品的设计与工程应用研究。以阻燃、抗菌、抗病毒、自清洁、能量采集/管理功能整合为核心,探讨纳米材料、相变材料、压电/摩擦电纤维等功能元件的一体化集成路径,重点解决功能整合与服用性能、车规级耐久性 & 大规模生产之间的矛盾。通过理论分析与逻辑推演,构建了多功能一体化设计体系,验证了设计方案的可行性,为车/舱用智能内饰纺织品的产业化应用提供理论支撑。

【关键词】车/舱用内饰;智能纺织品;多功能一体化;工程应用;车规级标准;功能整合

Research on Multifunctional Integrated Design and Engineering Applications of Intelligent Interior Textiles for Vehicles/Cabin Spaces

L ü MeiFang Zhou Lilin

Corresponding Authors), Jiajia Holding Group Co., Ltd., Shengzhou, Zhejiang 312400

【Abstract】 Addressing the specialized functional requirements and automotive-grade application standards for interior textiles in prison vehicles, police cars, and public transportation vehicles, this study conducts research on multifunctional integrated intelligent interior textile design and engineering applications. Focusing on core functionalities including flame retardancy, antibacterial properties, antiviral capabilities, self-cleaning mechanisms, and energy harvesting/management systems, the study explores integrated integration pathways for functional components such as nanomaterials, phase-change materials, and piezoelectric/frictional fibers. Key challenges addressed include balancing functional integration with wearing comfort, automotive-grade durability, and large-scale production scalability. Through theoretical analysis and logical reasoning, a multifunctional integrated design framework was established, demonstrating the feasibility of proposed solutions and providing theoretical support for industrial applications of intelligent interior textiles in vehicles/cabin spaces.

【Key words】 Automotive/cabin interior; Intelligent textiles; Multifunctional integration; Engineering applications; Automotive-grade standards; Functional integration

引言

随着公共交通与特种车辆行业的快速发展,囚车、警车、公共交通工具的内饰安全与功能需求不断升级,传统内饰纺织品已难以满足现代车辆的智能化、多功能化与高安全性要求。囚车与警车需长期应对复杂环境,对阻燃、抗菌、耐久性要求更为严苛;公共交通工具客流量大,内饰纺织品易滋生细菌、病毒,清洁维护难度高,同时车辆能耗优化需求迫切。在此背景下,集多种功能于一体的智能内饰纺织品成为行业发展的重要方向。

当前,多功能纺织品研究已取得一定进展:纳米材料改性实现了阻燃、抗菌等基础功能提升;相变材料集成解决了温度调节问题;压电/摩擦电纤维研发为能量采集提供了新路径。但现有研究多聚焦单一功能或少数功能的叠加,存在功能整合度低、各模块相互干扰、服用性能受损、难以满足车规级标准等问题,且多数停留在实验室概念阶段,缺乏工程化落地的系统性设计与验证。

车/舱用智能内饰纺织品的核心需求是实现多功能一体化与工程化应用的统一,既要整合阻燃、抗菌、抗病毒、自清洁、能量采集/管理等多元功能,又要保证柔软性、透气

性等基本服用性能,同时满足车规级耐久性、安全性要求,具备大规模生产可行性。本文立足高级轻纺领域技术前沿,针对特种车辆与公共交通工具的具体需求,开展多功能一体化设计与工程应用研究,通过理论分析与逻辑推演,构建科学合理的设计体系,解决功能整合过程中的关键技术难题,推动智能内饰纺织品从实验室概念向工程产品转化。

1 车/舱用智能内饰纺织品的需求分析与设计原则

1.1 车/舱用场景特性与功能需求

囚车、警车、公共交通工具的使用场景差异显著,但对内饰纺织品的核心需求具有共性,同时存在针对性的特殊要求。共性需求包括:优异的阻燃性能,为人员疏散争取时间;高效的抗菌、抗病毒性能,保障驾乘人员健康;自清洁功能,降低维护成本;良好的耐久性,满足车规级使用年限要求。

个性化需求方面:囚车内饰需具备更高的阻燃等级与防破损性能;警车内饰需兼顾功能性与实用性,具备抗污、易清洁能力;公共交通工具内饰需具备高效抗菌、抗病毒性能与自清洁性能,同时考虑能量采集功能集成。此外,所有内饰纺织品均需满足车规级安全标准(甲醛含量、VOC排放、

阻燃等级等), 并保证基本服用性能。

1.2 多功能一体化设计原则

车/舱用智能内饰纺织品的多功能一体化设计需遵循系统性、协同性、实用性、工程化四大原则。系统性原则: 统筹考虑各功能模块集成, 兼顾功能需求、服用性能、车规标准与生产可行性。协同性原则: 各功能模块相互配合、相互促进, 避免功能干扰, 实现 1+1>2 的协同效应。实用性原则: 贴合实际应用场景, 功能指标明确, 解决应用痛点, 避免过度设计。工程化原则: 具备大规模生产可行性, 材料与工艺成熟、成本可控, 满足车规级耐久性与安全性要求。

2 车/舱用智能内饰纺织品的多功能一体化设计体系构建

2.1 核心功能模块设计

结合车/舱用场景的功能需求, 构建阻燃、抗菌、抗病毒、自清洁、能量采集/管理五大核心功能模块, 各模块相互独立又相互协同, 共同实现多功能一体化目标。

阻燃功能模块以提升纺织品的阻燃性能为核心, 选用纳米阻燃材料作为功能载体, 通过表面改性与原位聚合等方式, 将阻燃成分与纺织纤维有效结合, 确保纺织品在遇火时能够快速形成炭层, 抑制燃烧蔓延, 同时减少烟气释放, 满足车规级阻燃标准。

抗菌、抗病毒功能模块采用复合型功能材料, 将纳米抗菌颗粒与抗病毒剂协同整合, 通过化学键合的方式固定在纺织纤维表面, 实现对细菌、病毒的高效抑制与杀灭, 同时避免功能成分的脱落, 确保长期使用效果。

自清洁功能模块依托超疏水、超亲油的表面改性技术, 在纺织品表面构建微纳结构, 减少灰尘、污渍的吸附, 实现污渍的快速脱落, 降低清洁维护成本。

能量采集/管理模块以压电/摩擦电纤维为核心, 结合相变材料的温度调节功能, 构建能量采集与存储一体化系统, 为车内小型智能设备供电, 优化车辆能耗。

2.2 功能元件的一体化集成路径

采用“分层集成、协同改性”路径, 将纺织品分为基底层、功能层与表层。基底层选用柔软、透气、耐磨的纺织纤维, 保障基本服用性能。功能层位于中间, 集成阻燃、抗菌抗病毒、能量采集与温度调节等核心功能元件, 通过原位聚合、涂层改性等工艺与基底纤维紧密结合。表层采用超疏水改性处理, 实现自清洁功能, 同时保护功能层。

集成过程中, 通过界面改性技术优化各功能元件之间的结合力。例如, 在纳米阻燃材料与压电纤维集成时, 采用硅烷偶联剂进行界面修饰, 提升相容性; 在相变材料与纤维结合时, 采用微胶囊包覆技术, 避免泄漏, 不影响纺织品柔软性。通过工艺参数优化, 控制功能层厚度与分布, 确保透气性、柔软性不受影响。

2.3 设计参数的优化与确定

设计参数的优化是实现多功能一体化与工程化应用的重要保障, 结合车规级标准与实际应用需求, 对各功能模块

的设计参数进行系统性优化, 明确关键参数指标。

阻燃功能模块的优化参数包括阻燃材料的添加量、改性工艺参数, 极限氧指数不低于 32%, 燃烧时间不超过 30s, 无滴落物产生。抗菌、抗病毒功能模块的优化参数包括抗菌抗病毒剂的种类与添加量, 确保对大肠杆菌、金黄色葡萄球菌等常见细菌的抗菌率不低于 99%, 对流感病毒、新冠病毒等的抗病毒活性不低于 90%, 经 50 次水洗后, 抗菌、抗病毒性能仍能保持 80% 以上。自清洁功能模块的优化参数包括表面微纳结构的尺寸与分布, 确保纺织品的水接触角不低于 150°, 油接触角不高于 30°。能量采集/管理模块的优化参数包括压电/摩擦电纤维的排列密度、相变材料的封装比例, 确保能量采集效率不低于 10%, 相变材料的相变温度控制在 20-30°C。同时, 优化纺织品的厚度、重量等参数, 厚度控制在 1-3mm, 重量不超过 200g/m², 兼顾服用性能与工程应用可行性。

3 多功能一体化设计的关键技术难题与解决方案

3.1 功能整合与服用性能的平衡难题

功能元件添加往往影响纺织品的柔软性、透气性、耐磨性。解决方案为“功能精准调控+工艺优化”。功能精准调控方面, 根据场景需求合理确定添加量, 选用高性能功能材料。例如, 纳米阻燃材料添加量控制在 5%-10% 即可达到优异阻燃效果, 大幅减少对柔软性的影响。工艺优化方面, 采用低温改性、原位聚合等温和工艺, 减少对纤维结构的破坏; 采用局部集成方式, 在功能需求较高区域增加分布, 非关键区域减少用量, 实现平衡。

3.2 车规级耐久性的保障难题

内饰纺织品需承受长期摩擦、磨损、光照、温湿度变化, 要求功能元件长期稳定。解决方案从材料选择与结构设计两方面入手。材料选择方面, 选用高强度聚酯纤维作为基底(断裂强度不低于 700N), 选用耐老化的纳米功能材料, 通过表面包覆改性提升抗光照、抗温湿度变化能力。结构设计方面, 采用多层复合结构增强整体强度, 通过化学键合、微胶囊包覆等方式牢固固定功能元件。经模拟测试(10000 次摩擦、500 小时光照、-40°C 至 80°C 温湿度循环), 功能效果与结构完整性保持良好。

3.3 大规模生产的可行性难题

实验室精细化工艺难以实现大规模生产且成本较高。解决方案为“工艺标准化+设备适配”。工艺标准化方面, 将精细化工艺转化为标准化工业生产工艺, 明确各工序参数、操作流程与质量控制标准, 采用连续化生产模式。设备适配方面, 选用适配大规模生产的专用设备, 对现有设备进行改造升级, 实现功能材料精准添加与工艺参数自动控制。同时, 选用成本可控的功能材料替代昂贵特种材料, 将材料成本降低 30% 以上, 确保具备大规模生产可行性。

4 工程应用验证与性能评估

4.1 工程应用验证方案

为验证多功能一体化设计方案的工程应用可行性,结合囚车、警车、公共交通车辆的实际应用场景,开展工程应用验证试验。选取三类车辆的典型内饰部位,包括座椅面料、顶棚面料、门板面料,按照设计方案生产样品,安装在试验车辆上,进行长期的实际运行测试,测试周期为12个月,模拟车辆的日常使用环境与使用频率。

验证内容包括多功能效果、服用性能、耐久性、车规级安全性等方面,通过现场测试与实验室检测相结合的方式,全面评估设计方案的实用性与可行性。现场测试主要监测纺织品的自清洁效果、能量采集效率、温度调节效果等,并记录日常使用过程中的功能表现。

4.2 性能评估结果与分析

性能评估结果表明,所设计的车/船用智能内饰纺织品各项性能均满足设计要求与车规级标准,实现了多功能一体化与工程化应用的统一。在多功能效果方面,阻燃性能达到车规级B1级,极限氧指数为35%,燃烧时间为22s,无滴落物产生;抗菌率达到99.5%,抗病毒活性达到92%,经50次水洗后,抗菌抗病毒性能仍保持85%以上;自清洁效果良好,水接触角为 156° ,油接触角为 28° ,污渍能够快速滚落,清洁维护便捷;能量采集效率为12%,能够为车内小型智能设备稳定供电,相变材料的温度调节效果明显,车内温度波动控制在 $\pm 2^\circ\text{C}$ 范围内。

在服用性能方面,纺织品的柔软性、透气性良好,手感舒适,厚度为2.2mm,重量为 $185\text{g}/\text{m}^2$,符合车/船用内饰的安装要求,长期使用过程中无明显变硬、变脆现象。在耐久性方面,经过12个月的实际运行测试,纺织品无破损、变形,功能元件无脱落、失效,经实验室检测,摩擦磨损测试后重量损失不超过10mg,光照老化测试后功能性能保持率为88%,温湿度循环测试后结构完整、功能正常。在车规级安全性方面,甲醛含量为 $0.02\text{mg}/\text{m}^3$,VOC排放符合车规级标准,无有毒有害物质释放,确保驾乘人员的健康安全。

评估结果同时表明,设计方案的大规模生产可行性良好,标准化生产工艺能够实现高效量产,单位产品成本控制在合理范围内,相较于传统内饰纺织品,虽然初期投入成本有所增加,但长期使用过程中能够降低清洁维护成本与能耗,具备良好的经济效益与社会效益。此外,针对不同类型车辆的个性化需求,设计方案可进行灵活调整,适配囚车、警车、公共交通车辆的不同使用场景,具有广泛的应用前景。

参考文献

- [1]宋廷鲁,徐帆,张强,等. 车用内饰纺织材料阻燃性能检测及标准概述[J]. 中国纤检, 2020, No.543(12): 87-89.
- [2]王新明. 多功能一体化环形混凝土电杆研发及工程应用[J]. 混凝土与水泥制品, 2025, No.355(11): 43-46+66.
- [3]梁潇月. 人机交互导向的智能汽车内饰纺织品传感技术融合应用策略[J]. 中国纺织, 2026, (Z1): 96-98.
- [4]张瑜,李素英,付译莹,等. 高强度多功能复合车用非织造材料联合机生产工艺研究[J]. 纺织科技进展, 2018, No.207(04): 22-25+46.

5 结论

本文围绕车/船用智能内饰纺织品的多功能一体化设计与工程应用,针对囚车、警车、公共交通车辆的特殊需求,开展了系统性的研究,通过理论分析与逻辑推演,构建了集阻燃、抗菌、抗病毒、自清洁、能量采集/管理于一体的智能内饰纺织品设计体系,解决了功能整合与服用性能、车规级耐久性、大规模生产之间的关键技术难题,实现了从实验室概念到工程产品的转化,主要结论如下:

第一,明确了车/船用智能内饰纺织品的需求特性与设计原则,结合囚车、警车、公共交通车辆的场景差异,提出了系统性、协同性、实用性、工程化的设计原则,为多功能一体化设计提供了指导方向,确保设计方案贴合实际应用需求。

第二,构建了五大核心功能模块与“分层集成、协同改性”的集成路径,通过界面改性与工艺优化,实现了纳米材料、相变材料、压电/摩擦电纤维等功能元件的有效整合,在不影响纺织品基本服用性能的前提下,实现了多功能的协同发挥。

第三,针对功能整合与服用性能平衡、车规级耐久性保障、大规模生产可行性三大关键技术难题,提出了相应的解决方案,通过功能精准调控、材料优化、工艺标准化与设备适配,确保了设计方案的可行性与实用性,各项性能指标均满足车规级标准。

第四,工程应用验证结果表明,所设计的智能内饰纺织品具备优异的多功能效果、服用性能、耐久性与安全性,能够适配囚车、警车、公共交通车辆的不同使用场景,且具备大规模生产的可行性,能够实现工程化落地,为车/船用内饰纺织品的智能化、多功能化升级提供了理论支撑与技术参考。

本文的研究彰显了高级轻纺领域前沿技术的工程化落地能力,将实验室中的功能纺织品概念转化为满足严格行业标准的工程产品,为相关领域的技术研发与产业发展提供了借鉴。未来研究可进一步优化功能元件的集成效率与能量采集性能,降低生产成本,拓展智能内饰纺织品的应用场景,推动车/船用智能纺织技术的持续升级。