

纺织材料在安全防护产品设计中的应用

李贺

广东科技学院，广东 东莞 523000

DOI: 10.61369/VDE.2025200046

摘要：随着现代工业体系的完善，公共安全需求持续升级，极端环境作业场景也不断增多，安全防护产品实现了由传统的基础保障工具向个性化、精准化的方向过渡。在这一变革的背景下，纺织材料凭借其可塑性、功能性和舒适性成为安全防护产品设计的核心载体，它不仅是产品物理形态的构建基础，更能通过各类技术手段赋予护理产品关键防护性能。基于此，本文对纺织材料在安全防护产品设计中的应用展开分析和研究，以供参考。

关键词：纺织材料；安全防护；产品设计

Application of Textile Materials in the Design of Safety Protection Products

Li He

Guangdong University of Science and Technology, Dongguan, Guangdong 523000

Abstract : With the gradual improvement of the modern industrial system, the society's demand for public safety continues to upgrade, and the number of operating scenarios in extreme environments also increases. Safety protection products have transformed from traditional basic protection tools to personalized and precise ones. Against this background of transformation, textile materials, with their excellent plasticity, functionality and comfort, have become the core carrier in the design of safety protection products. They are not only the foundation for constructing the physical form of products, but also can endow safety protection products (the "nursing products" in the original text is a typo, corrected here) with key protective properties through various technical processing methods. Based on this, this paper analyzes and studies the specific application of textile materials in the design of safety protection products, in order to provide reference for product research and development and design practice in related fields.

Keywords : textile materials; safety protection; product design

前言

在高性能纤维不断开发及大范围应用的背景下，产业用纺织行业取得长足的发展。即便是面临复杂的经济发展环境，我国产业用纺织行业的增速也达到了9.4%，呈现出良好的发展势头。而安全防护领域用纺织产品作为其中的重要组成，也展现出更加宽阔的发展空间。与此同时，消费者的生活水平显著提高，这也使他们更加关注日常工作和生活的安全防护。

一、安全防护用纺织品概述

安全防护用纺织品是人们在日常生活和工作中为了避免受到外来因素造成伤害而使用的一类纺织品。安全防护用纺织品的应用设计领域相对较广，与日常的生产和生活息息相关，包括工业用手套、面罩和驾驶安全带等产品，也包括在高精尖领域的电子精密设备、宇航服以及防核辐射服等^[1]。据中国产业用纺织品行业协会《2024年中国安全防护用纺织品行业发展报告》数据显示，2024年我国安全防护用纺织品市场规模突破800亿元，较2023年增长12.3%。

表1:2020-2024年中国安全防护用纺织品市场规模

年份	市场规模(亿元)	同比增长率
2020	528	-
2021	615	16.5%
2022	687	11.7%
2023	712	3.6%
2024	800	12.3%

安全防护用纺织材料性能要求如下：第一，性能保持稳定。材料性能的稳定是安全防护用纺织材料具有重要应用价值的前提条件，它也是材料制品具有良好功能的保障^[2]。例如，在热防护

纺织品的设计中，纺织材料应具备较强的稳定性，这样才能保障制品使用者的安全性。第二，耐久性较强。这一性能也决定着材料制品的使用寿命，它对于需要长时间使用制品来讲尤为关键。特别是在某一特殊的场所，材料性能的耐久性会与使用者的生命安全具有重要的联系。在消防服饰的设计中，纺织材料的阻燃隔热效果相对较为持久，消防员在救援抢险的过程中的安全性会得到提升。除此之外，消防服饰在使用的过程中也需要做好充分的清洗，这就需要材料具有一定的耐水性。第三，具有一定的可纺性。纺织材料的可纺性有助于为设计工作提供更多的依据。例如，抗菌纤维可以通过无纺布加工技术制备一次性手术服和口罩，从而将纤维纺成纱线，并通过针织和机纺的方式重复使用，这种方式能够在最大程度上满足不同的应用需求。第四，实现批量生产。材料的规模化生产能够反映出当前的技术较为成熟。例如，孕妇穿的防电磁辐射服装，最初由于镀银纤维加工技术不成熟，从而导致了生产的整体成本较高，防辐射服也就较贵^[3]。而纺织加工技术的发展，价格低廉并且性能稳定的镀银纤维能够实现大量的生产，防电磁辐射服的售价也不断下降，更多孕妇开始购买防电磁辐射服。

二、不同安全防护场景下纺织材料的应用分析

(一) 工业安全防护场景

工业生产作为安全防护产品的重要应用场所，它涉及到机械加工、建筑施工、化工生产等多个领域，其核心防护需求主要在防割、防穿刺、耐磨损、防化学腐蚀等方面。在此背景下，纺织材料的选择需要以高强度、高耐用性为考虑的重要因素，还需要考虑其是否属实，避免影响工人操作的灵活性。在防割防护产品设计中，超高分子量聚乙烯纤维、芳纶纤维是目前最广泛的两种纺织材料。超高分子量聚乙烯纤维的密度相对较低，只有 0.97 g/cm^3 ，断裂强度高，耐磨损型号，能够通过平稳制造、皱纹制造等特殊工艺制成的防割面料，其防割等级可以达到欧盟的 EN388 标准的 5 级以上，割破力 $\geq 20\text{ N}$ ^[4]。

例如，山东登升安防科技股份有限公司生产防割手套类的产品，该企业采用超高分子量聚乙烯纤维 + 涤纶纤维混纺工艺，制成的防割手套通过国家劳动保护用品质量检验检测中心检测，防割等级也达到了 EN388 5 级，耐磨次数达到 5000 次以上，同时其透气性提升 40%，能够解决传统防割手套厚重不透气的问题。这一产品在机械加工行业的市场占有率达到 28%。

(二) 公共卫生防护场景

公共卫生防护场景对纺织材料的核心要求是高效过滤、阻隔病菌、透气舒适。这一产品包括医用防护口罩、医用防护服和隔离衣等。在疾病高发的背景下，公共卫生防护产品的需求量不断提升，这也推动了相关纺织材料的技术创新与应用升级。医用防护口罩的核心过滤层采用的是熔喷无纺布，其基本原料是聚丙烯。熔喷无纺布能够通过高速热气流的方式将聚丙烯熔体拉伸成超细纤维，这些超细纤维随机交织成多孔结构，可以有效过滤空气中的飞沫和粉尘等颗粒。为提升过滤效率，企业会对熔喷无纺布进行驻极处理，并

通过电荷吸附作用，进一步提升过滤的效果^[5]。

例如，稳健医疗用品股份有限公司生产的医用口罩，采用“ 25 g/m^2 驻极熔喷布 + 20 g/m^2 纺粘布”的复合结构，生产的医用防护口罩则通过国家药品监督管理局检测，对非油性颗粒的过滤效率达到 99.2%，吸气阻力在 12 Pa/cm^2 以下，过滤效率达到了 99.5% 以上。2024 年，该产品在国内医疗机构的采购占比达到 32%。

(三) 应急救援与军事防护场景

应急救援和军事防护场景的环境较为复杂，对安全防护产品的要求也更为严格，不仅需要材料具备较高的强度和防护性，还需要具有轻量化、功能性的特点，进而满足救援人员和军人的实际需求。在消防救援场景之中，消防员的防护服需要具备耐高温、阻燃、隔热、防水等多种功能^[6]。现阶段，消防防护服的面料主要采用芳纶纤维 + 阻燃粘胶纤维混纺制成，它充分结合芳纶纤维的阻燃和高温性能的优势，以及阻燃粘胶纤维的舒适性和吸湿透性的优势。防护服的隔热层则采用芳纶无纺布或气凝胶复合面料，气凝胶则作为新型的纳米多孔材料，具有较强的隔热性。

例如，北京凌天智能装备集团股份有限公司生产的消防防护服采用芳纶 IIIA 面料 + 二氧化硅气凝胶隔热层结构，通过国家消防装备质量检验中心进行检验，这一服装可以在 1300 摄氏度的火焰中暴露 30 秒，面料背面升温却小于 25 摄氏度，符合 GA 10-2021 标准。2024 年该产品已配备全国各地多支消防救援队伍之中^[7]。

三、纺织材料在安全防护产品设计中的应用挑战与对策

(一) 应用挑战

一是性能平衡难题。在安全防护产品设计期间，要求材料具有多种性能，例如高强度与舒适性的协同，高过滤效率与透气性的结合，耐高温与柔韧性的结合，然而这些性能之间往往存在一系列的矛盾。为此，为了避免出现性能的割裂，在产品的设计过程中还需要考虑多方面的问题，避免出现由于增加材料而导致透气性和舒适性下降的情况。如何实现性能之间的平衡，是当前纺织材料在安全防护产品应用中的重要挑战。

二是成本控制问题。高性能纺织材料包括超高分子量聚乙烯纤维、芳纶纤维等，其生产的工艺较为复杂，原材料成本较高，这也导致这些材料的安全防护产品价格也比较高，这也限制了其在中低端市场的发展。例如，一套采用芳纶纤维制成的消防防护服的价格可以达到数千元，而普通工业用的防护服价格只有几百。除此之外，智能纺织材料和环保型纺织材料的研发成本相对较高，这也增加了防护产品的成本^[8]。

三是标准体系不完善。现阶段，我国安全防护用纺织品的标准体系仍然存在不完善之处，部分产品的标准指标并不明确，检验的方法也并不统一，这也导致了市场上的产品质量差距较大。例如，在工业防割产品中，不同企业采用的防割等级标准有所差异，有的采用欧盟 EN388 标准，有的采用美国 ASTM 标准，还有的采用企业自定的标准，这也给消费者的选择和市场监管带来了一系列的困难。除此之外，对于新型智能防护材料和环保防护材

料，并没有有关的标准予以保障，这也直接影响了材料的推广^[9]。

四是回收利用难度大。现阶段，大多数安全防护产品在使用后，由于受到污染或材料的成分复杂，回收利用的难度相对较大。医用防护口罩在使用后一般会沾染病菌，这就需要进行无害处理。然而，现阶段的回收主要是焚烧和填埋，这样容易导致环境污染。

（二）应对措施分析

一是加强多学科之间的协同发展。根据目前存在的性能平衡的难题，则需要加强材料科学、纺织工程、机械设计、电子工程领域多学科的协同研发，从而通过优化纤维结构，改进织造工艺，采用复合型的技术，才能更好地提高防护性能。其中，可以利用计算机模拟技术对材料的性能进行分析和预测，进而减少研发成本，进一步提高研发的成效。

二是推动产业化发展，降低成本。为了更好地控制当前的成本，应加强对高性能纺织材料产业化的支持，通过进一步扩大生产规模，优化当前的生产工艺，进而促进材料的价格下降。例如，对于超分子量聚乙烯纤维，可以通过改进聚合工艺和纺丝工艺，提高纤维的生产效率，降低单位产品成本。同时，鼓励企业通过产学研合作，共享研发的资源，降低研发成本，进而推动新型纺织材料的产业化应用。

三是完善标准体系建设。政府部门应加快安全防护用纺织品的标准体系建设，采用统一的产品标准指标和检测方法，进而加强市场监管，规范市场秩序。例如，制定智能防护材料、环保防护材料等专项标准，明确材料的主要性能要求和检测方法。构建更加科学的认证标准，对符合标准的产品进行认证，确保其获得市场的认可。不仅如此，还应与国际标准化组织建立合作关系，借鉴国际先进的标准机制，确保增强我国产品的国际竞争力^[10]。

四是探索多元回收的方法。针对回收难度大的问题，应探索多元化的回收利用模式，进而保障防护产品的回收利用率得到提升。对于医用防护口罩等一次性防护产品，可采用高温灭菌、化

学消毒等无害化的处理技术，并进行资源的有效处理。对于复合防护材料，可以开发高效的材料分离技术，将不同类型的材料分离后分别回收利用。

四、纺织材料在安全防护产品设计中的案例

芳纶 IIIA 纤维因极限氧指数高、高温下力学性能稳定等特点，在消防防护服领域的应用占比从 2020 年的 65% 提升至 2024 年的 82%，成为替代传统阻燃棉的核心材料。

消防防护服采用“三层结构”设计，芳纶 IIIA 纤维主要应用于外层与隔热层，具体设计逻辑如下：

外层设计选用 280g/m² 芳纶 IIIA 机织物，采用缎纹织造工艺（见图 4：缎纹组织结构图）。设计依据：第一，缎纹结构使织物表面平整，减少火焰直接接触点；第二，芳纶 IIIA 纤维的高断裂强力（865N）可抵御救援中的刮擦（如建筑物废墟钢筋刮蹭），耐磨次数达 12000 次，满足消防防护服“使用 50 次后仍达标”的行业要求。

隔热层设计采用“芳纶 IIIA 无纺布 + 二氧化硅气凝胶”复合结构（厚度 5mm）。设计依据：第一，芳纶 IIIA 无纺布的耐高温性（200℃下 1h 升温仅 22.1℃）可作为气凝胶的支撑骨架；第二，复合结构的隔热效率较纯芳纶 IIIA 无纺布提升 40%，1300℃ 火焰下背面升温仅 18.7℃，远低于 GA 10-2021 标准的 25℃ 上限。

五、结语

综上所述，随着科技的不断进步和社会对安全防护需求的不断提升，纺织材料在安全防护产品设计中的应用范围更广。相信在未来，纺织材料将朝着更加高性能、智慧化、环保化的方向发展，为安全防护产品带来更多的创新突破。

参考文献

- [1] 程朋朋，陈道玲. 智能可穿戴纺织品的技术挑战与未来展望 [J]. 纺织科学与研究，2024, (10): 42-44.
- [2] 杨奥林，刘乐乐，马丕波. 纺织结构仿生材料研究与应用进展 [J]. 纺织高校基础科学学报，2024, 37 (03): 11-21.
- [3] 任玉松，陈琳琳. 纺织材料在体育运动领域的应用及发展趋势 [J]. 化纤与纺织技术，2024, 53 (04): 25-27.
- [4] 楼焕，刘茜. 热敏变色纺织材料的研究进展 [J]. 针织工业，2024, (02): 83-88.
- [5] 张贝妮，赵艳艳，邵晓燕，等. 纺织材料的性能优化及其在高科技纺织品中的应用 [J]. 纺织报告，2023, 42 (11): 31-33.
- [6] 王琰. 纺织技术在灭火救援中的创新应用研究 [J]. 化纤与纺织技术，2023, 52 (11): 42-44.
- [7] 赵琦，尹环环，刘亚. 防电弧纺织材料电弧直接测试系统的研究 [J]. 中国标准化，2023, (19): 216-219.
- [8] 曹冯丹. 纺织材料的性能优化及其在高科技纺织品中的应用 [J]. 纺织报告，2023, 42 (08): 38-40.
- [9] 肖雪梅. 新型纺织材料在石油防护工装设计中的应用 [J]. 化纤与纺织技术，2023, 52 (08): 26-28.
- [10] 马丕波，梅德轩. 生物医用纺织材料研究应用与进展 [J]. 服装学报，2022, 7 (03): 189-195.