

纺织材料性能优化不同处理工艺效果对比

王爱琴¹ 田晓辉² 陈健康³

1.浙江金三发粘合衬有限公司；2.浙江优全护理用品科技股份有限公司；3.浙江金三发卫生材料科技有限公司

DOI:10.12238/jpm.v6i5.8043

[摘要] 目的：本文旨在研究不同处理工艺（热处理、化学处理、物理处理）对纺织材料性能的影响，探索优化纺织材料性能的有效方法。方法：通过拉伸实验、延展性实验和耐水性实验，结合分子动力学模拟、有限元分析（FEA）以及化学反应动力学模拟，分析了不同处理工艺对纺织材料力学性能和耐久性的影响。结果：实验结果表明，热处理显著提高了纺织材料的拉伸强度和延展性；化学处理在提高耐水性方面表现突出；物理处理改善了纤维的表面亲水性。结论：热处理在提升纺织材料的力学性能方面效果最为显著，而化学处理更适合增强材料的抗水性。不同工艺的综合应用可以优化材料的多功能性，满足特定领域的需求。

[关键词] 纺织材料；性能优化；热处理；化学处理

Comparison of performance optimization and effect of different processing techniques for textile materials

Wang Aiqin¹ Tian Xiaohui² Chen Jiankang³

1. Zhejiang Jin Sanfa Adhesive Co., LTD.; 2. Zhejiang Youquan Nursing Supplies Technology Co., LTD.;

3. Zhejiang Jin Sanfa Hygiene Materials Technology Co., LTD.

[Abstract] Objective: This paper aims to study the effects of different processing techniques (thermal treatment, chemical treatment, physical treatment) on the properties of textile materials and explore effective methods for optimizing their performance. Methods: Through tensile tests, elongation tests, and water resistance tests, combined with molecular dynamics simulations, finite element analysis (FEA), and chemical reaction kinetics simulations, the impact of various processing techniques on the mechanical properties and durability of textile materials was analyzed. Results: The experimental results show that thermal treatment significantly increased the tensile strength and elongation of textile materials; chemical treatment excelled in enhancing water resistance; physical treatment improved the hydrophilicity of the fiber surface. Conclusion: Thermal treatment is most effective in improving the mechanical properties of textile materials, while chemical treatment is better suited for enhancing water resistance. The integrated application of different processes can optimize the multifunctionality of materials, meeting specific requirements in various fields.

[Key words] textile materials; performance optimization; heat treatment; chemical treatment

随着纺织行业对材料性能要求的不断提高，优化纺织材料的力学性能和耐久性成为了研究的热点。传统的纺织材料面临着磨损、老化、耐水性差等问题，限制了其在高端领域的应用。因此研究不同处理工艺对纺织材料性能的影响具有重要意义。本文通过实验和仿真相结合的方法，分析了热处理、化学处理和物理处理对纺织材料性能的影响，旨在为提高纺织材料的综

合性能提供理论依据。

一、纺织材料性能优化的背景与研究意义

（一）纺织材料在现代工业中的应用

纺织材料应用范围广泛，涉及服装、家纺、汽车、医疗等众多领域，已经成为现代工业不可缺少的组成部分。随着科技的发展，人们对于纺织材料性能的要求也越来越高，尤其是高

性能纺织品研发方面，如耐磨，抗拉伸，抗紫外线和抗水性能都成了设计核心指标^[1]。特别是高端领域如航空航天，智能纺织品及防护装备等，纺织材料优异的性能是确保产品可靠的关键因素。所以对纺织材料进行性能优化使其能够满足不同使用环境下的要求是非常有现实意义的。

(二) 纺织材料性能优化的重要性

随着纺织品向许多工业领域扩展，人们对纺织品的功能性及耐用性要求也越来越严格。对纺织材料进行性能优化，不仅可以增强产品综合性，而且可以延长其使用寿命，改善舒适性和提高附加值。对纺织材料进行性能优化可以解决老化，磨损和缺乏抗水性等现实问题，进而使得产品更具有市场竞争力。另外性能优化可以促进纺织行业技术创新，带动纺织材料向多功能化，智能化方向发展，继而对于提高整体产业水平，带动纺织行业升级具有积极的促进作用。

(三) 不同处理工艺对纺织材料性能的影响概述

纺织材料的力学特性、持久性和对环境的抵抗力都受到不同处理方法，例如热处理、化学处理和物理处理等的显著影响。热处理通过改善纤维结晶度、强化分子链排列等方式来改善材料拉伸强度及延展性。化学处理的目的是通过调整纤维的表面特性来增强其对水、紫外线和磨损的抵抗力^[2]。物理处理方法，例如等离子体处理和激光处理，可以增强纤维表面的亲水性，并提高纤维与其他材料之间的结合力。通过对比不同流程对纺织材料性能优化结果，可针对不同使用目的纺织品选用适当处理方法。

二、纺织材料性能优化的理论与公式原理

(一) 力学性能优化原理：拉伸强度与延展性

纺织材料的力学性能，特别是拉伸强度和延展性，是评估其应用性能的关键指标。拉伸强度的提升通常与纤维分子链的排列、结晶度以及取向度的变化相关，而延展性的改善则主要受到纤维的分子结构、结晶性以及处理工艺的影响。在拉伸实验中，拉伸应力和应变的关系可以通过胡克定律来描述。此公式能够揭示材料在不同应力下的变形行为。具体公式如下：

$$\sigma = E \cdot \epsilon$$

其中， σ 为应力(Pa)， E 为材料的弹性模量(Pa)， ϵ 为应变。拉伸强度的改善通常会增加材料的抗拉能力，而延展性增加则意味着材料在拉伸过程中的变形能力增强。

(二) 热处理对纺织材料性能的影响原理

热处理是通过控制温度和时间，改变纤维的分子排列和结晶度，从而增强纺织材料的力学性能和耐久性。热膨胀效应是热处理过程中重要的影响因素之一。纤维在加热过程中会发生膨胀，这会导致分子链的重新排列，改善材料的力学性能。热膨胀的计算公式为：

$$\Delta L = \alpha L_0 \Delta T$$

其中， ΔL 为长度变化， α 为热膨胀系数， L_0 为原始长度， ΔT 为温度变化。通过精确控制热处理工艺，可以在保证性能提升的同时，防止纤维过度膨胀或变形，从而优化纺织材料的力学性能。

(三) 化学处理与物理处理对纺织材料的作用机理

化学处理通过改变纤维的化学结构，增强其耐水性、抗紫外线性、抗菌性等特性。化学药剂与纤维表面的分子反应，形成新的化学键或改变纤维表面的化学组成，从而提升材料的功能性。物理处理则通过改变纤维的物理形态和结构，如通过等离子体处理、激光处理等手段来提升纤维的表面能和粘附性，进而改善其物理性能。化学反应动力学方程可用于描述此过程，典型的形式为：

$$k = A \cdot e^{\frac{-E_0}{RT}}$$

其中， k 为反应速率常数， A 为前指数因子， E_0 为反应活化能， R 为气体常数， T 为温度。该公式揭示了温度、活化能等因素对化学反应速率的影响，是化学处理工艺优化的重要依据。

(四) 相关数学模型与公式推导

在研究不同处理工艺对纺织材料性能的影响时，相关数学模型帮助预测材料在不同处理条件下的性能变化。胡克定律为力学性能提供了基础的模型，而热膨胀公式和化学反应动力学公式则提供了热处理和化学处理的理论支撑。通过这些数学模型，能够定量地分析和预测纺织材料在不同工艺处理下的力学性能、耐久性等关键指标^[3]。结合热处理过程中的热膨胀效应和化学处理中的反应动力学，可以进一步推导出处理后的性能变化公式，从而为材料的优化提供理论依据。

三、模拟仿真实验与实验方法

(一) 分子动力学模拟

分子动力学模拟(MD)是一种用于研究纤维分子在不同温度、压力和应力条件下行为的有效工具。通过MD模拟，可以揭示不同处理工艺对纤维分子结构的影响。例如，在热处理过程中，纤维分子会经历加热与冷却过程，分子间的相互作用力会发生改变，从而影响纤维的宏观力学性能。分子动力学模拟不仅能够帮助我们理解分子层面的变化，还能预测处理后的材料性能，如拉伸强度和延展性等。模拟过程中使用的公式通常基于经典力场模型，如Lennard-Jones势和Coulomb相互作用势来描述分子之间的力学行为。通过这些模拟结果，研究人员能够在设计纺织材料时精确预测其在不同条件下的性能表现。

(二) 有限元分析(FEA)方法

有限元分析(FEA)是一种数值计算方法，常用于预测纺织材料在受到外部力量影响时的力学反应。这种方法是通过将材料拆分为众多的小部分，从而构建了一个离散的计算模型，这使我们能够模拟纺织材料在受到拉伸、压缩、弯曲等外部力量时的形变特性。在各种不同的处理工艺环境中，FEA方法不仅适用于评估纺织材料的各种力学属性，例如拉伸强度、刚度和疲劳寿命，还能有效地预测这些材料在实际应用场景中的性能表现。如用FEA模拟纺织品热处理可得到纺织品高温力学性能的变化；但对于经过化学处理后的材料，FEA可以揭示化学反应对于纤维结构和力学性能的影响。通过对材料属性及工艺参数进行调整，FEA对材料性能优化给出了一种可靠的预测方法，为纺织品设计及应用提供理论支持。

(三) 化学反应动力学模拟

化学反应动力学模拟用于分析纤维表面与化学药剂反应

的过程，并为纺织材料的化学处理工艺优化提供理论依据。在化学处理过程中，纤维表面的亲水性、抗紫外线性、抗菌性等功能性特征发生变化，这一过程可通过反应速率常数来描述。通过建立化学反应动力学模型，研究人员能够模拟不同化学处理对纺织材料的性能提升作用^[4]。分析纤维表面与化学药剂的反应速率，能够帮助判断不同处理条件下的最佳反应时间和温度，从而优化工艺流程，提高处理效果。采用 Arrhenius 方程进行反应速率的模拟可以揭示温度、活化能对反应速率的影响，进一步为提高纺织材料的性能提供理论依据。在此基础上，化学处理工艺可以根据模拟结果进行调整和优化，以满足纺织材料在特定应用中的需求。

（四）实验方法的验证与准确性评估

为保证仿真结果可靠，必须用实际实验来验证模拟结果。实际实验中对材料拉伸强度、延展性及耐水性进行了测定及记录，并将其结果与模拟结果相比较。该验证过程对评价模拟方法准确性至关重要。若模拟结果和实验数据高度吻合，则说明该模拟方法能较准确预测纺织材料性能变化情况，进而为选择不同的处理工艺提供理论依据。

四、实验结果与讨论

（一）拉伸强度实验结果分析

通过拉伸实验，研究发现热处理工艺能够显著提高纺织材料的拉伸强度。具体实验数据显示，经过热处理的纺织材料拉伸强度增加了 20%，证明热处理能够有效改善纤维的分子排列和结晶度。数据表明，热处理通过加热和冷却过程改变了分子链的排列，使材料更加坚固。与未处理的样品相比，经过热处理后的样品在应力-应变曲线中表现出较高的最大拉伸强度和更高的延伸率。

表 1 不同处理工艺对纺织材料拉伸强度和延展性的影响

处理工艺	拉伸强度 (N/tex)	延展性 (%)
未处理	15	12
热处理	18	14
化学处理	17	13
物理处理	16	13

（二）延展性实验结果分析

延展性实验表明，热处理和化学处理均能提升纺织材料的延展性。特别是在高温下进行的热处理，使得纤维的分子结构发生了显著变化，延展性明显增加。与未处理样品相比，热处理样品的延展性提升了 16%。同时化学处理通过改善纤维表面结构，也对延展性有所促进。延展性实验表明，不同处理工艺在提高纺织材料柔韧性和抗拉伸能力方面起到了积极作用。

表 2 不同处理工艺对纺织材料延展性和拉伸强度的影响

处理工艺	延展性 (%)	拉伸强度 (N/tex)
未处理	12	15
热处理	14	18
化学处理	13	17
物理处理	13	16

（三）耐水性实验结果与讨论

耐水性实验表明，化学处理工艺对纺织材料的抗水性能提升最为显著。经过化学处理的纤维表面结构得到了改善，亲水性增强，从而提升了纤维的抗水性。在浸水实验中，化学处理样品的水渗透率显著低于其他处理工艺和未处理样品。这一结果表明，化学处理能够在提高纤维抗水性的同时，保持其基本的力学性能。

表 3 不同处理工艺对纺织材料渗水率和拉伸强度的影响

处理工艺	渗水率 (%)	拉伸强度 (N/tex)
未处理	8	15
热处理	7	18
化学处理	4	17
物理处理	6	16

（四）不同处理工艺对性能优化效果的对比分析

通过综合分析不同处理工艺对拉伸强度、延展性和耐水性的影响，可以看出热处理和化学处理在性能优化中各有优势。热处理主要通过改善纤维的结晶度和分子排列，提高拉伸强度和延展性；而化学处理则通过改变纤维表面的亲水性和抗紫外线性，显著提高材料的耐水性^[5]。根据实验数据，热处理在提高纺织材料的拉伸强度和延展性方面具有显著优势，而化学处理则更适合用于提升抗水性和耐久性。

结论

通过对不同处理工艺对纺织材料性能的优化效果进行比较研究，得出了以下结论，热处理显著提高了纺织材料的拉伸强度和延展性，表明其在改善纤维的结晶度和分子排列方面具有显著效果；化学处理则在提高纺织材料的耐水性和抗紫外线性方面表现优越；物理处理对改善纤维表面亲水性及其与其他材料的结合力有积极作用。综合来看，热处理和化学处理的结合能在提高力学性能的同时增强耐水性，从而满足不同领域对纺织材料的需求。

参考文献

- [1]张贝妮, 赵艳艳, 邵婉燕, 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.
- [2]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(8): 38-40.
- [3]张金婵, 张俐敏, 廉辰媛, 等.棉纺织材料导湿性能研究进展[J].上海纺织科技, 2023, 51(7): 15-21.
- [4]马忻狄, 黄元元, 全军, 等.纺织精炼酶对蚕丝脱胶工艺条件优化及性能影响[J].丝绸, 2024, 61(2): 44-50.
- [5]Mohamed A, Mohamed E W, Khadija O, et al.Multifunctional textile based on titanium xerogel: performance optimization through composition and microstructure[J].Journal of Sol-Gel Science and Technology, 2023.