Research on Key Process Innovation and Structural Performance Adaptability for Improving the Quality of Viscose Short Fibers

Jie Liu　Yungang Luo　Hongwei Qiao　Yiling Chen

Korla Zhongtai Textile Technology Co., Ltd., Korla, Xinjiang, 841000, China

Abstract

Adhesive short fibers have been widely used in textile processing due to their good moisture absorption and spinnability. However, the process defects in spinning and post-processing can easily cause problems such as uneven fiber structure, poor mechanical properties, and low spinnability, which cannot meet the requirements of downstream high-end textile processing. By innovating the key spinning forming process and improving the post-treatment process, precise control is implemented on the surface and internal structure of fibers to enhance their overall quality. And connect with downstream textile processing conditions to explore the matching of fiber structure performance with spinning and weaving processes, solve the problem of the disconnect between fiber quality and processing requirements under traditional processes, and provide technical support for the high-quality production and industrial application of viscose staple fibers.

Keywords

viscose staple fiber; technological innovation; structural adjustment; performance matching; textile processing; quality improvement

粘胶短纤维品质提升关键工艺创新及结构性能适配性研究

刘洁　罗云刚　乔宏威　陈依玲

库尔勒中泰纺织科技有限公司，中国·新疆 库尔勒 841000

摘　要

粘胶短纤维由于具有良好的吸湿性和可纺性，在纺织加工中得到了广泛的应用，但是其纺丝成形和后处理过程中存在的工艺缺陷，容易造成纤维结构不均匀、力学性能差、可纺性低等问题，不能满足下游高端纺织加工的要求。采用纺丝成形关键工艺革新、后处理工艺改善的方法，对纤维表面和内部结构实施精准调控，从而提升纤维综合品质。并且联系下游纺织加工工况，探究纤维结构性能与纺纱、织造工艺的匹配情况，破解传统工艺下纤维品质与加工需求相脱节的难题，为粘胶短纤维高品质化生产及产业化应用提供技术支撑。

关键词

粘胶短纤维；工艺革新；结构调节；性能匹配；纺织加工；品质改善

1 引言

传统工艺最大的缺陷就是忽略了纺丝和后处理工艺之间的协同性，没有建立起纤维结构性能和下游加工需求相适应的机制，造成生产的纤维不能满足高端纺纱、功能性面料加工的要求，在纺纱过程中还会出现缠花、断头等现象，降低生产效率和产品质量。根据以上工艺瓶颈，工艺创新要集中在纺丝成形和后处理这两个关键环节上，用参数精确控制来改善纤维结构，探究结构性能和纺织加工的匹配规律，冲破传统工艺的束缚，推进粘胶短纤维产业向高品质、高附加值转变，目前工艺改良大多只关注单个环节，缺少全流程协同调节和匹配性研究，无法从根本上提高纤维品质。

【作者简介】刘洁（1989–），男，中国甘肃白银人，本科，工程师，从事人造纤维素纤维研究。

2 粘胶短纤维纺丝成形关键工艺创新与调控机制

2.1 纺丝原液改性及黏弹性调控对成形均匀性的影响

纺丝原液的黏弹性直接影响纤维成形的均匀性，传统的原液改性方式单一，主要是通过调节浓度来改善黏弹性，容易造成原液内部分子链缠结不均，纺丝过程中出现喷丝孔挤出不稳定、纤维直径波动等问题。原液改性是通过加入改性剂来调节分子链的结构，破坏分子间的过度缠结，并且提高原液的弹性模量，使原液在喷丝过程中保持稳定的流变性，减少挤出畸变[1]。黏弹性调节要结合纺丝速度和喷丝孔构造，通过动态调节改性剂添加量，使原液黏弹性与纺丝工况精准匹配，防止黏度过高导致喷丝困难、黏度过低引发纤维断裂。分子链缠结状态的改善可以借助红外光谱分析来检验，改性后原液分子链排列更加规整，缠结程度明显下降，纺丝时喷丝流量保持稳定，纤维直径分布更加均匀，从根本

上解决了成形过程中的纤维粗细不均问题。

2.2 凝固浴组分 – 温度 – 浓度梯度耦合调控与初生纤维结构控制

凝固浴是纺丝成形的关键环节，它的组分、温度和浓度梯度的协同作用直接影响初生纤维内部结构，传统的工艺中三者调节互相独立，容易造成初生纤维出现皮层和芯层结构分离、孔隙率不均等缺陷。耦合调控突破单一参数调节的束缚，调整凝固浴组分比例，加入辅助组分降低纤维凝固速率，防止过快凝固引发的结构问题，建立合理的温度和浓度梯度，使原液在凝固时缓慢脱水、均匀凝固，推动分子链有序排列。合理控制温度梯度可减小凝固时产生的热应力，避免纤维出现内应力集中，浓度梯度加快原液中溶剂、凝固剂的扩散速度，使初生纤维结构更加紧密。初生纤维结构优化可以通过扫描电镜观察来实现，耦合调控后的初生纤维皮层平整、芯层结构均匀、孔隙率分布合理，没有明显的结构缺陷，为后续后处理工艺提供良好的基础 [2]。

2.3 牵伸工艺参数优化与取向度提升

牵伸工艺是提高纤维取向度、改善力学性能的重要手段，传统的牵伸工艺参数设置较为粗放，只重视牵伸倍率的调节，忽略了牵伸段数和温度的协同作用，造成纤维分子链取向不均，力学性能不稳定。牵伸工艺优化要根据初生纤维结构特点来划分牵伸段数，用多段逐步牵伸减少分子链滑移，防止过度牵伸造成纤维断裂，精确控制各个段的牵伸温度，使纤维在牵伸过程中保持适当的塑性，促进分子链有序排列，提高取向度。温度过高会使得纤维软化过度，造成牵伸变形过大，温度过低会使纤维脆性增大，容易产生断裂，需要动态调节来达到温度和牵伸倍率的协同匹配。取向度提高可以通过 X 射线衍射分析来验证，优化后的牵伸工艺使纤维分子链取向更加规整，取向度明显提高，力学性能稳定性大大提高，有效解决了传统牵伸工艺下纤维强度低、伸长率波动大的问题。

3 纤维后处理工艺优化及表面 / 内部结构调控

3.1 脱硫工艺条件对纤维残硫量及色泽稳定性的影响

脱硫工艺是去除纤维中残留的硫化物，提高色泽稳定性的重要过程，传统的脱硫工艺只使用一种脱硫剂，反应条件控制不好，容易造成残硫量超标，使纤维在储存和加工过程中出现泛黄、色泽变深等问题，影响产品的外观品质。脱硫工艺优化主要是对脱硫剂的配比和反应条件进行调节，用复合脱硫剂代替单一脱硫剂，提高脱硫反应速率，减少脱硫剂对纤维结构的破坏，精确控制反应温度和时间，保证硫化物完全去除，降低残硫量 [3]。反应温度过高会造成纤维结构破坏、力学性能降低，反应时间不够会造成脱硫不完全、残硫量超标，需要通过动态调节来达到反应条件和脱硫效果的平衡。残硫量的控制可以用滴定分析来验证，经过改进的脱硫工艺使纤维残硫量大大降低，色泽均匀，储存过程中没有明显的泛黄现象，色泽稳定性大大提高。

3.2 漂白工艺与白度 – 强度协同调控

漂白工艺的核心就是提高纤维的白度，传统的漂白工艺大多使用单一的氧化或者还原体系，容易造成白度和强度的失衡，出现白度达标但强度下降，或者强度合格但白度不足的情况，不能满足高端纺织产品的需要。协同调控使用氧化还原复合漂白体系，改善漂白剂的配比和反应条件，在提高纤维白度的同时减小漂白剂对纤维分子链的损伤，防止强度降低。氧化阶段除去纤维中的有色杂质，还原阶段修补氧化时受损害的分子链，同时调节漂白温度和时间，防止过度漂白造成纤维脆化。白度和强度的协同可以通过白度仪和拉力试验机进行测试来证明，优化后的漂白工艺使纤维白度均匀、强度稳定，从而达到白度和强度的协同提高，解决传统漂白工艺的主要瓶颈。

3.3 油剂配方及上油均匀性对纤维摩擦系数及可纺性影响

油剂处理影响纤维的摩擦系数和可纺性，传统的油剂配方适应性差，上油方式粗放，容易造成纤维上油不均匀，出现摩擦系数过高或者过低的情况，在纺纱过程中容易出现缠花、断头、纤维抱合力不足等问题。油剂配方优化根据纤维表面性质及下游纺纱要求，选择亲水性、润滑性兼备的油剂组分，配合抗静电剂、柔软剂，降低纤维摩擦系数，提高纤维抱合力，同时改善油剂浓度，防止油剂过量造成纤维粘连、油剂不足不能发挥润滑作用 [4]。上油方式为雾化喷淋和浸渍相结合的方式，保证上油的均匀性，减少纤维表面油剂的堆积，使纤维表面形成均匀的油膜，提高可纺性。摩擦系数的优化可以通过摩擦系数测试仪来检验，优化后的油剂配方和上油方式使得纤维摩擦系数处于适宜范围内，纺纱过程中无缠花、断头现象，可纺性得到极大提高，而且不会造成油剂残留影响后续染色工艺。

3.4 干燥致密化工艺与纤维结晶度、回潮率及力学性能关联

干燥致密化工艺影响纤维的结晶度、回潮率和力学性能，传统的干燥工艺只用单一高温干燥的方式，容易造成纤维干燥不均匀，出现结晶度低、回潮率波动大、力学性能不稳定等问题。干燥致密化工艺优化使用梯度干燥法，分阶段提高干燥温度，防止快速干燥造成纤维表面收缩过快，产生皮层致密、芯层疏松的结构问题，并且控制干燥湿度，保证纤维在干燥过程中能够均匀脱水，使分子链有条理地排列起来，提高结晶度。梯度干燥的温度和湿度调节要根据纤维含水率来动态调节干燥参数，保证纤维回潮率在合适的范围内，防止回潮率过高造成纤维粘连、回潮率过低造成纤维脆化。结晶度、回潮率和力学性能之间存在关联关系，可以利用 X 射线衍射以及拉力测试来证明，经过改进的干燥致密化工艺使得纤维的结晶度提高，回潮率保持稳定，力学性能明显改善，结构更加致密均匀，从而进一步提高纤维的综合

品质。

4 纤维结构性能适配性及其在纺织加工中的应用

4.1 不同结构性能组合与下游纺纱工艺匹配性

纤维结构性能组合直接影响到它同下游纺纱工艺的匹配程度，不同的纺纱工艺对于纤维纤度、强度、伸长率有不同的要求，传统的纤维生产没有根据纺纱工艺的需求来设计，造成纤维和纺纱工艺不相适应，从而影响到纺纱效率和纱线品质。根据不同的纺纱工艺特点来调整纤维的纤度、强度、伸长率组合，对高端纺纱工艺进行纤维强度、伸长率的稳定性提升，降低纤度波动，保证纤维在纺纱过程中抱合力合适、断头率低；对常规纺纱工艺进行纤维可纺性的优化，降低生产成本。纤维和纺纱工艺的匹配性可以通过纺纱试验来验证，适宜的结构性能组合使纺纱断头率大大降低，纱线条干均匀，纺纱效率提高，有效地解决了传统纤维和纺纱工艺不匹配的问题。

4.2 湿模量与径向结构均匀性对织物湿态尺寸稳定性的影响

湿模量和径向结构均匀性是决定织物湿态尺寸稳定性的重要因素，传统的粘胶短纤维湿模量低、径向结构不均，造成织物在湿态下容易出现收缩、变形的情况，影响产品的尺寸稳定性，不能达到高端面料的要求。湿模量的提高可以依靠纺丝和后处理工艺的协同优化来实现，使纤维分子链间的作用力增大，减少湿态下分子链的滑移，径向结构均匀性可以通过凝固浴和牵伸工艺来调节，防止纤维产生皮层和芯层结构的差别。湿态尺寸稳定性可以用织物湿态收缩率来检测，湿模量提高、径向结构均匀化使织物湿态收缩率大幅下降，尺寸稳定性大大提高，解决了传统粘胶织物湿态易变形的行业难题。

4.3 残硫量与金属杂质控制对染色吸附率及色光一致性的作用

残硫量和金属杂质是决定纤维染色吸附率和色光一致性的重要因素，传统的工艺对残硫量和金属杂质的控制不到位，导致纤维染色吸附率低、色光不均，染色后的织物出现色差、色花等现象，影响产品的外观品质。残硫量控制依靠脱硫工艺改良来实现，金属杂质控制则在纺丝原液及后处理时增加净化工序，清除原料及工艺过程中掺入的金属杂质，防止金属杂质与染料结合，影响染色效果。染色吸附率和色光一致性可以通过染色试验来验证，残硫量及金属杂质得到有效控制后，纤维染色吸附率得到提升，色光均匀一致，染色后的织物没有明显的色差、色花现象，染色品质得到极大提高。

4.4 高湿态强度粘胶纤维开发及其在混纺与功能性面料中的应用潜力

高湿态强度粘胶纤维的研发主要针对湿态强度低这一核心问题，依靠纺丝成形和后处理工艺的协同创新来提高纤维的湿态强度，冲破传统粘胶短纤维湿态容易断裂的束缚，拓宽其在混纺以及功能性面料上的应用领域。高湿态强度是通过改善原液改性和牵伸工艺来提高分子链间的相互作用，再经由后处理工艺使纤维结构变得更为致密，从而减小湿态时结构被破坏的风险。混纺应用时，高湿态强度粘胶纤维可以和棉、麻、涤纶等纤维混纺，提高混纺纱线的湿态力学性能，功能性面料开发时，可以利用纤维吸湿性的特点来开发高端内衣、运动面料等产品，提高产品的附加值。应用潜力可从混纺和功能性面料试验中体现出来，高湿态强度粘胶纤维的加入使得混纺面料的湿态强度提高，功能性面料具有吸湿性和舒适性，有广阔的应用前景。

5 结语

粘胶短纤维品质提高主要依靠纺丝成形和后处理工艺的协同创新，以及纤维结构性能同下游纺织加工需求的精准匹配。采用纺丝原液改性、凝固浴耦合调控、牵伸工艺优化等方式，使初生纤维结构均匀化、取向度提高，再用脱硫、漂白、油剂处理、干燥致密化工艺进行调节，控制纤维表面和内部结构，提高纤维综合品质。结构性能适配性研究显示，经过优化的粘胶短纤维可以很好地满足各种纺纱工艺的要求，提高织物的湿态尺寸稳定性以及染色品质，高湿态强度产品更有利于其在混纺和功能性面料中得到应用。

参考文献

[1] 刘世扬,史红欣,张子昕.我国粘胶纤维行业用水分析及节水建议[J].纺织导报,2023(2):38-41.

[2] 史美全.粘胶短纤维生产线原液制备的新型设备——YM100胶体研磨机[J].人造纤维,1996,26(3):6-9.

[3] 王佳胜.化工企业粘胶短纤维生产工艺研析[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(11):109-112.

[4] 李文杰.新型高洁净度粘胶短纤维制造工艺研究[J].中国科技期刊数据库 工业A,2025(4):061-064.