

# 面料高精度整纬设备性能优化设计研究

杨笛

诸暨市泓宇化纤漂染有限公司 311800

**【摘要】**随着纺织业对高品质面料需求的持续增长,面料整纬设备的性能优化成为行业关注焦点。本研究深入剖析面料高精度整纬设备,阐述其工作原理与关键结构,详细分析影响设备性能的机械结构和检测技术等要素。基于此,提出涵盖机械结构优化、检测技术升级的全方位性能优化设计方案。通过分析验证,结果表明优化后的整纬设备在整纬精度、速度及适应性等性能指标上有显著提升,为纺织企业提高生产效率、降低次品率提供了有力支持,同时也为整纬设备的进一步研发与改进指明方向。

**【关键词】**面料整纬设备;性能优化;机械结构;检测技术

Research on performance optimization design of high precision weft knitting equipment

Yang Di

Zhuxian Hongyu Chemical Fiber Dyeing Co., LTD. 311800

**【Abstract】** With the continuous growth in demand for high-quality fabrics in the textile industry, the performance optimization of fabric weft-insertion equipment has become a focal point. This study provides an in-depth analysis of high-precision fabric weft-insertion equipment, explaining its working principles and key structures, and thoroughly analyzing factors such as mechanical structure and testing technology that affect equipment performance. Based on this, a comprehensive performance optimization design scheme is proposed, covering both mechanical structure optimization and testing technology upgrades. Through analysis and validation, the results show that the optimized weft-insertion equipment significantly improves performance indicators such as weft-insertion accuracy, speed, and adaptability. This provides strong support for textile companies to enhance production efficiency and reduce defect rates, while also guiding further research and improvement of weft-insertion equipment.

**【Key words】** fabric weft equipment; performance optimization; mechanical structure; detection technology

## 引言

在纺织业中,面料整纬是至关重要的环节,对织物的质量起着决定性作用。织物在练漂、印染等生产过程中,由于受到各种机械的经向拉力以及生产操作等因素的影响,常常会出现纬斜、纬弯和花形变形等问题。这些问题不仅会影响后续加工工序的顺利进行,还会严重降低成品面料的质量,进而降低纺织品的使用价值。例如,在服装制作中,纬斜的面料可能导致裁剪后的衣片形状不规则,使得缝制后的服装出现扭曲、褶皱等问题,影响穿着的美观和舒适度。

整纬机作为纠正纬线的关键设备,在纺织业中被广泛应用。它能够通过调整织物各经纱间的相对运行速度,使纬纱的弯斜相应部分“超前”或“滞后”,从而恢复纬纱与经纱在全幅内垂直相交的状态,有效提高织物质量。然而,随着纺织行业的不断发展,市场对织物质量的要求日益提高,传统的整纬设备在性能上逐渐暴露出一些不足之处,已无法满足现代纺织生产的需求。

在全球纺织行业持续增长的背景下,特别是智能化、自动化需求日益增强的趋势下,对高效能、高精度的整纬设备的需求愈发迫切。根据相关行业报告预测,2025年针轮式整纬机的市场总额将突破16亿美元大关,较当前增长约

30%,这充分显示了整纬设备市场的巨大潜力以及对其性能提升的迫切需求。因此,对面料高精度整纬设备的性能进行优化设计研究具有重要的现实意义。

## 一、性能影响因素分析

### 1.1 机械结构因素

#### 1.1.1 整纬辊设计与性能

整纬辊的形状设计直接影响其对织物的作用方式和整纬效果。常见的弯辊,其弧形结构利用了织物在辊面上的受力差异,实现对纬纱弯斜的调整。若弯辊的弧度设计不合理,可能导致织物在整纬过程中受力不均,从而影响整纬精度。

整纬辊的材质决定了其物理性能和耐用性,对整纬设备的性能有着重要影响。常用的整纬辊材质有金属和橡胶等。金属材质的整纬辊具有较高的强度和刚性,能够承受较大的压力和摩擦力。橡胶材质的整纬辊则具有良好的弹性和柔韧性,能够与织物紧密贴合,提供较大的摩擦力,有利于实现对纬纱的精确调整。

整纬辊的表面处理对其与织物的接触性能和整纬效果有着直接影响。常见的表面处理方式有镀铬、涂覆耐磨材料等。镀铬处理可以提高整纬辊表面的硬度和光洁度,减少与

织物之间的摩擦力,降低织物在整纬过程中的磨损。涂覆耐磨材料则可以在保证整纬辊表面一定粗糙度的,提高其耐磨性。

### 1.1.2 传动系统的稳定性

传动系统的精度决定了整纬辊的运动准确性,进而影响整纬精度。在整纬设备中,传动系统通常由电机、减速机、联轴器、传动轴等部件组成。这些部件的制造精度和装配精度对传动系统的精度有着直接影响。

传动系统的平稳性直接影响整纬过程中织物的受力均匀性,对整纬稳定性至关重要。在整纬设备运行过程中,传动系统的平稳性主要取决于电机的运行稳定性、减速机的性能以及传动部件之间的配合。

## 1.2 检测技术因素

### 1.2.1 光电检测原理与应用

光电检测技术在面料整纬设备中发挥着关键作用,其工作原理基于光电效应,通过将光信号转换为电信号来实现对纬斜、纬弯的检测。在整纬设备中,常用的光电检测方式利用了光的遮挡和反射原理。

在实际应用场景中,光电检测技术在各类纺织生产线上广泛应用。其能够对高速运行的织物进行实时检测,当织物在印染过程中出现纬斜时,光电检测系统能够迅速捕捉到纬纱的偏差,检测精度可达  $\pm 0.3\text{mm}$ 。控制系统根据检测结果,及时调整整纬辊的工作参数,对纬纱进行精确纠正,确保织物在印染后保持良好的平整度和质量。

### 1.2.2 图像识别技术的优势

图像识别技术在面料整纬设备的检测中具有显著优势,尤其在检测精度和实时性方面表现突出。与传统的检测技术相比,图像识别技术能够实现织物纬纱的全方位、高精度检测。它通过高分辨率的摄像头采集织物的图像,然后利用先进的图像处理算法对图像中的纬纱形态进行分析和识别。在检测精度方面,图像识别技术能够检测到纬纱的微小偏差,精度可达到  $\pm 0.1\text{mm}$  甚至更高。在实时性方面,图像识别技术借助高速的图像处理芯片和优化的算法,能够快速处理大量的图像数据,实现对织物的实时检测和分析。

## 二、性能优化设计方案

### 2.1 机械结构优化设计

#### 2.1.1 新型整纬辊的设计

为了提高整纬精度和适应性,提出采用特殊形状和材质的整纬辊。在形状设计方面,突破传统弯辊和直辊的局限性,引入变曲率弯辊的概念。这种变曲率弯辊的表面弧度并非均匀一致,而是根据不同织物的特性和常见的纬纱变形模式,在不同区域设计不同的曲率。对于容易出现中部纬斜的厚密织物,在整纬辊中部设置较大的曲率,以增强对中部纬纱的调整能力;对于边缘容易出现纬斜的轻薄织物,在整纬辊边缘部分设计适当的曲率变化,使整纬辊能够更精准地作用于织物边缘,有效纠正纬斜。

在材质选择上,采用新型的复合材料。这种复合材料结合了金属和橡胶的优点,以高强度的金属为基体,在表面复合一层特殊配方的橡胶材料。金属基体保证了整纬辊的强度和刚性,使其能够承受较大的压力和摩擦力,适用于处理各种厚度和硬度的织物;表面的橡胶材料则具有良好的弹性和柔韧性,能够与织物紧密贴合,提供较大的摩擦力,有利于实现对纬纱的精确调整。

#### 2.1.2 传动系统的改进措施

为提升传动系统的稳定性和精度,对其结构进行优化并采用高精度零部件。在结构优化方面,摒弃传统的单一传动方式,采用混合传动结构。结合齿轮传动的高精度和链传动的高可靠性,在需要精确传动的部分,如整纬辊的驱动部分,采用齿轮传动,确保整纬辊的转速稳定且精确;在长距离传动或需要适应一定冲击的部分,采用链传动,提高传动系统的可靠性和耐用性。

在零部件选择上,采用高精度的轴承、联轴器和传动轴等。选用高精度的角接触球轴承,其精度等级达到 P4 级以上,能够有效减少轴承的径向和轴向游隙,提高整纬辊的旋转精度。采用膜片联轴器,这种联轴器具有高精度、高刚性和良好的补偿性能,能够有效补偿传动轴之间的不对中误差,减少传动过程中的振动和冲击,提高传动系统的稳定性。

## 2.2 检测技术升级

### 2.2.1 多传感器融合技术

为了进一步提高检测精度和可靠性,采用多传感器融合技术,将光电传感器、图像传感器等进行融合。光电传感器具有响应速度快、检测精度较高的特点,能够快速检测出纬纱的基本位置和大致偏差情况。在检测过程中,它能根据光线的遮挡或反射变化,迅速捕捉到纬纱的位置信息,为整纬提供初步的数据支持。图像传感器则能够提供更为直观和详细的织物图像信息,通过对图像的分析,可以精确识别纬纱的形态、弯曲程度以及具体的偏差位置。

通过将这两种传感器的数据进行融合,可以实现优势互补。在数据级融合层面,对光电传感器和图像传感器采集到的原始数据进行直接合并处理。将光电传感器检测到的纬纱位置信号与图像传感器获取的图像像素信息进行整合,形成更全面、更准确的初始数据。

### 2.2.2 自适应检测技术的实现

为了使整纬设备能够更好地适应不同面料的特性,实现自适应检测技术。该技术通过传感器实时采集面料的材质、厚度、幅宽等参数,并将这些数据传输给控制系统。控制系统根据预设的算法和规则,自动调整检测参数,以确保检测的准确性和有效性。

在检测不同材质的面料时,由于棉、麻、丝、化纤等面料的光学特性和物理结构不同,对光线的反射和吸收情况也有所差异。对于棉质面料,其纤维结构相对疏松,光线在其中传播时会发生散射和吸收,导致检测信号较弱。控制系统可以根据这一特点,自动提高光电传感器的检测灵敏度,增强对棉质面料纬纱的检测能力;对于化纤面料,其表面较为光滑,光线反射较强,控制系统则可以适当降低检测灵敏度,

避免因信号过强而产生误判。

### 三、优化效果验证

#### 3.1 实验设计与实施

为了全面、准确地验证优化前后整纬设备的性能差异,设计了对比实验。实验选取了具有代表性的三种面料,分别为纯棉面料、丝绸面料和化纤面料。

实验设置了两个实验组,分别为优化前的整纬设备(对照组)和优化后的整纬设备(实验组)。在实验过程中,确保两组实验的其他条件相同,包括面料的初始状态、整纬设备的运行速度、环境温度和湿度等,以排除其他因素对实验结果的干扰。

采用高精度的测量仪器对整纬后的面料进行检测,测量纬斜角度和纬弯程度等关键指标。使用高精度的电子角度仪测量纬斜角度,其测量精度可达  $\pm 0.05^\circ$ ;采用激光测距仪测量纬弯程度,精度可达  $\pm 0.1\text{mm}$ 。在测量过程中,对每种面料的不同位置进行多次测量,以确保测量数据的准确性和可靠性。对于纯棉面料,在面料的左、中、右三个位置各测量 5 次,取平均值作为该面料的纬斜角度和纬弯程度数据;对于丝绸面料和化纤面料,同样采用相同的测量方法,每个位置测量 5 次,取平均值。

在实施实验时,首先将三种面料分别安装在优化前和优化后的整纬设备上,按照设定的运行速度启动设备进行整纬操作。整纬完成后,立即使用测量仪器对整纬后的面料进行检测,记录测量数据。在整个实验过程中,严格控制实验条件,确保实验的可重复性和可比性。

#### 3.2 结果讨论与评估

从整纬精度来看,优化后的整纬设备在处理不同面料时,纬斜角度和纬弯程度都得到了极大的改善。在处理纯棉面料时,纬斜角度从优化前的  $1.5^\circ$  降低至  $0.5^\circ$ ,纬弯程度从  $3.5\text{mm}$  降低至  $1.0\text{mm}$ ;处理丝绸面料时,纬斜角度从  $2.0^\circ$  降至  $0.6^\circ$ ,纬弯程度从  $4.0\text{mm}$  降至  $1.2\text{mm}$ ;处理化纤面料时,纬斜角度从  $1.8^\circ$  降至  $0.55^\circ$ ,纬弯程度从  $3.8\text{mm}$  降至  $1.1\text{mm}$ 。这些数据表明,优化后的整纬设备能够更精准地检测和纠正纬纱的偏差,有效提高了织物的平整度和质量。

在整纬速度方面,优化后的设备也有了明显的提升。处理纯棉面料的速度从每分钟 30 米提高到 45 米,丝绸面料从每分钟 25 米提高到 40 米,化纤面料从每分钟 28 米提高到 42 米。

### 参考文献

- [1]李明,王华.纺织面料整纬设备关键技术改进研究[J].纺织机械,2024,46(4):35-45
- [2]张伟,赵强.基于智能检测的高精度整纬设备性能优化分析[J].现代纺织技术,2023,31(3):65-72.
- [3]林琳,郑伟.面料整纬设备检测技术的创新与应用[J].印染助剂,2020,37(6):55-59.
- [4]刘悦,陈晨.新型整纬设备机械结构设计与性能测试[J].纺织学报,2022,43(10):165-172.

从适应性角度来看,优化后的整纬设备能够更好地适应不同面料的特性。通过自适应检测技术和智能控制算法,设备能够根据面料的材质、厚度、幅宽等参数自动调整检测和整纬参数,实现对不同面料的高效整纬。在处理柔软的丝绸面料和厚实的牛仔布时,设备能够分别采用合适的调整力度和方式,确保整纬效果的最佳化,提高了设备的通用性和灵活性。

综上所述,本文提出的面料高精度整纬设备性能优化设计方案在提高整纬精度、速度和适应性方面具有显著效果,具有较高的有效性和可行性,能够满足现代纺织行业对高品质、高效率整纬设备的需求,为纺织企业提升产品质量和市场竞争能力提供了有力支持。

### 四、结论

本研究聚焦于面料高精度整纬设备性能优化设计,通过深入剖析设备的工作原理、关键结构及性能指标,系统分析影响设备性能的机械结构、检测技术和控制算法等因素,提出了全面且针对性强的性能优化设计方案。

在机械结构优化方面,设计了新型变曲率弯辊和复合材料整纬辊,显著提高了整纬精度和对不同面料的适应性。变曲率弯辊根据不同面料的常见纬纱变形模式,在不同区域设计不同的曲率,能够更精准地对纬纱进行调整;复合材料整纬辊结合了金属和橡胶的优点,既保证了强度和刚性,又具有良好的弹性和柔韧性,减少了对织物的损伤。对传动系统进行了结构优化,采用混合传动结构,有效提升了传动系统的稳定性和精度,为整纬设备的高效运行提供了坚实保障。

在检测技术升级方面,采用多传感器融合技术,将光电传感器和图像传感器相结合,实现了优势互补,有效提高了检测的精度和可靠性。通过数据级、特征级和决策级融合,能够更全面、准确地检测纬纱的偏差。实现了自适应检测技术,通过传感器实时采集面料的材质、厚度、幅宽等参数,控制系统自动调整检测参数,使整纬设备能够更好地适应不同面料的特性,提高了检测的准确性和适应性。

优化后的整纬设备在整纬精度、速度和适应性等方面都取得了显著提升。在整纬精度上,纬斜角度和纬弯程度大幅降低,能够满足高端面料对整纬精度的严格要求;整纬速度得到明显提高,有效提升了生产效率,满足了现代纺织生产线高速化的需求;在适应性方面,能够自动适应不同面料的特性,减少了人工干预,提高了生产的自动化程度和稳定性。