

# 帐篷面料高效缝合设备：推动户外用品行业升级的新动力

张利刚

浙江毅行体育用品有限公司 322300

**【摘要】**本文针对户外帐篷生产中面料褶皱导致的缝合质量缺陷问题，提出一种集成除皱与预处理功能的高效缝合设备。该设备通过多机构协同作业实现面料平整度动态控制，采用除皱机构（含鼓风展平、压辊定型）、预处理模块（温湿度调节）与智能传送系统的组合方案。实测表明，设备可使缝合速度提升40%，废品率从12.3%降至1.8%，抗撕裂强度提高25%，为户外用品行业智能化升级提供关键技术支撑。

**【关键词】**帐篷面料缝合；动态除皱；预处理工艺；自动化设备；户外装备制造

Tent fabric efficient stitching equipment: the new power to promote the upgrading of the outdoor products industry

Zhang Ligang

Zhejiang Yixing Sports Goods Co., LTD. 322300

**【Abstract】**Aiming at the problem of suture quality defects caused by fabric folding in outdoor tent production, this paper proposes an efficient suture equipment that integrates wrinkle removal and pretreatment function. The equipment realizes the dynamic control of fabric flatness through multi-mechanism cooperative operation, and adopts the combination scheme of wrinkle removal mechanism (including drum air leveling, pressure roller setting), pretreatment module (temperature and humidity adjustment) and intelligent transmission system. The actual measurement shows that the equipment can increase the suture speed by 40%, reduce the scrap rate from 12.3% to 1.8%, and increase the tear resistance strength by 25%, providing key technical support for the intelligent upgrading of the outdoor products industry.

**【Key words】**tent fabric suture; dynamic wrinkle removal; pretreatment process; automation equipment; outdoor equipment manufacturing

## 1. 引言

随着全球户外运动的普及和人们对户外装备品质要求的提高，全球户外用品市场呈现出稳步增长的趋势。据2023年数据显示，该市场年增长率达7.2%。帐篷作为户外用品的核心品类，其市场需求持续增长。然而，随着高强轻量化面料（如涤纶牛津布、硅化尼龙）的普及，帐篷生产面临着新的挑战。

传统缝合设备在处理这些高强度、轻量化的面料时，褶皱消除率不足65%，导致帐篷的密封性存在缺陷。同时，复杂环境适应性要求下的工艺稳定性也成为帐篷生产的一大难题。为了解决这些问题，本研究开发了一种集成除皱与预处理功能的高效缝合设备，旨在提高帐篷面料的缝合质量和生产效率。

本研究的创新性体现在以下几个方面：首先，开发了在线式多级除皱系统，通过鼓风展平、压辊定型等手段，有效消除了面料上的褶皱；其次，构建了温湿度协同预处理机制，通过调节面料的温度和湿度，改善了其可缝性；最后，实现了缝合精度 $\pm 0.3\text{mm}$ 的工艺控制，大大提高了帐篷的密封

性和耐用性。

## 2. 设备结构与功能设计

### 2.1 整体架构

本设备本体集成了除皱机构、预处理机构和传送系统三大功能模块，各模块间协同作业，共同构成了一个高效、智能的缝合生产线。

除皱机构作为设备的核心部件之一，承担着消除面料褶皱的重任。该机构主要由气动除皱块、双压辊系统和静电消除展平组件三部分组成。气动除皱块内置7组鼓风机阵列，通过产生垂直气流，有效分离面料层间的空气，实现面料的初步展平。双压辊系统则利用可调压力范围（5-20N/cm<sup>2</sup>）的压辊，对面料进行进一步的平整处理，消除残余应力褶皱。静电消除展平组件则利用离子风幕消除面料上的静电，确保面料在后续加工过程中的稳定性和平整度。

预处理机构则负责在缝合前对面料进行温湿度协同预处理，以改善其可缝性。该机构包括三温区吹风系统、第一电热丝和超声波雾化润湿装置。三温区吹风系统提供常

温、中温和高温三种工作模式，可根据面料类型自动选择最佳工作模式。第一电热丝功率密度为  $3\text{W}/\text{cm}^2$ ，控温精度  $\pm 2^\circ\text{C}$ ，用于加热面料至其玻璃化转变温度，从而调节面料的延展性。超声波雾化润湿装置则通过雾化水润湿面料，雾粒直径  $\leq 10\mu\text{m}$ ，水量调节精度  $\pm 0.1\text{ml}/\text{min}$ ，有效改善纤维的可缝合性。

传送系统则承担着将面料从除皱机构输送至预处理机构，并最终送至缝合工位的重要任务。该系统由伺服驱动同步带和视觉定位模块组成。伺服驱动同步带速度可调范围 ( $0.5\text{--}5\text{m}/\text{min}$ )，可根据面料特性和工艺需求进行灵活调整。视觉定位模块则采用先进的 CCD 相机和 LED 环形光源，实时监测面料的褶皱情况和位置信息，为后续的工艺控制提供准确的数据支持。

## 2.2 核心组件参数

鼓风机阵列作为除皱机构的关键部件之一，其风压达到  $2.5\text{kPa}$ ，风速高达  $12\text{m}/\text{s}$ 。这一强劲的气流能够动态分离面料层间的空气，实现面料的初步展平。同时，鼓风机阵列的设计还充分考虑了节能和降噪需求，确保了设备的环保性和舒适性。

压辊系统则采用高硬度、耐磨的材质制成，表面硬度邵氏 A85，直径  $120\text{mm}$ 。这一设计不仅能够有效消除面料上的残余应力褶皱，还能保证面料在传输过程中的稳定性和平整度。此外，压辊系统的压力调节范围广泛，可根据面料类型和厚度进行灵活调整。

电热丝模块作为预处理机构的重要组成部分，其功率密度高达  $3\text{W}/\text{cm}^2$ ，控温精度  $\pm 2^\circ\text{C}$ 。这一高精度的温度控制能够确保面料在加热过程中达到其玻璃化转变温度，从而改善面料的延展性和可缝合性。同时，电热丝模块的设计还充分考虑了安全性能，确保了设备在长时间运行过程中的稳定性和可靠性。

超声波雾化润湿装置则通过高频振动将水分雾化为微小颗粒（雾粒直径  $\leq 10\mu\text{m}$ ），并均匀喷洒在面料表面。这一设计不仅能够改善纤维的可缝合性，还能避免水分过多导致的面料变形问题。同时，超声波雾化润湿装置的水量调节精度高达  $\pm 0.1\text{ml}/\text{min}$ ，可根据面料类型和工艺需求进行精确调节。

## 3. 关键工艺优化

### 3.1 三级除皱流程

为了确保面料的平整度，本设备采用了三级除皱流程。在初步展平阶段，鼓风机阵列产生的垂直气流将面料层间的空气分离出来，使面料初步展平。这一阶段主要消除的是面料表面的宏观褶皱。

进入热定型处理阶段后，电热丝加热至面料玻璃化转变温度（如涤纶约  $80^\circ\text{C}$ ），使面料在热作用下定型。这一阶段通过调整面料的延展性，进一步消除面料上的褶皱。同时，热定型处理还能够提高面料的尺寸稳定性和抗皱性能。

在机械压合阶段，压辊系统施加一定的压力（如  $15\text{N}/\text{cm}^2$ ），对面料进行最后的平整处理。这一阶段主要消除的是面料上的微观褶皱和残余应力，确保面料在缝合过程中的平整度和稳定性。通过三级除皱流程的协同作用，本设备能够实现面料的高效除皱和平整处理。

### 3.2 温湿度协同控制策略

温湿度协同控制是本设备的另一大特色。该策略根据面料类型自动选择加热温度和湿度调节方式，以确保面料在缝合前的最佳状态。对于涤纶等高强度面料，加热温度通常控制在  $75\text{--}85^\circ\text{C}$  之间，以降低纤维刚性并提高其可塑性。而对于尼龙 66 等具有高弹性和耐磨性的面料，加热温度则适当提高至  $90\text{--}100^\circ\text{C}$ ，以促进分子链滑移并改善其可缝合性。

在湿度调节方面，本设备通过超声波雾化润湿装置将水分雾化为微小颗粒并均匀喷洒在面料表面。这一设计不仅能够避免水分过多导致的面料变形问题，还能确保面料在缝合前的含水率处于最佳区间（如  $3\%\text{--}5\%$ ）。通过温湿度协同控制策略的精准实施，本设备能够显著改善面料的可缝合性并提高缝合质量。

### 3.3 自适应传送控制

本设备采用先进的 PID 算法实现自适应传送控制。该算法能够根据面料的褶皱密度和位置信息实时调整传送速度，以确保面料在缝合过程中的稳定传送。具体来说，设备首先通过视觉定位模块实时监测面料的褶皱情况和位置信息，并将这些数据输入到 PID 控制器中。PID 控制器则根据预设的控制策略和算法计算出最优的传送速度，并通过伺服驱动同步带实现对面料传送速度的精确控制。

自适应传送控制技术的应用不仅提高了缝合的精度和效率，还降低了废品率和生产成本。同时，该技术的应用还使得设备能够适应不同类型和规格的面料加工需求，提高了设备的灵活性和通用性。

## 4. 实验验证与应用

### 4.1 性能测试

为了验证本设备的性能，我们进行了多项测试。测试结果表明，本设备在褶皱消除率、线迹均匀度、缝合效率和接缝强度等方面均优于传统设备。

褶皱消除率：传统设备为  $68\%$ ，本设备为  $96\%$ ，提升幅度为  $41\%$ 。

线迹均匀度：传统设备为  $\pm 0.8\text{mm}$ ，本设备为  $\pm 0.3\text{mm}$ ，

提升幅度为 62.5%。

缝合效率：传统设备为 4.2m/min，本设备为 5.9m/min，提升幅度为 40%。

接缝强度：传统设备为 320N/cm，本设备为 400N/cm，提升幅度为 25%。

#### 4.2 经济性分析

某帐篷生产企业采用本设备后取得了显著的经济效益。首先，在原材料损耗率方面，由于本设备能够高效消除面料褶皱并提高缝合质量，因此显著降低了原材料损耗率。据统计，原材料损耗率从原来的 9.7% 降至 2.1%，降幅达到 78%。其次，在人工成本方面，由于本设备实现了自动化和智能化控制，因此大幅减少了人工操作需求。原需 3 人操作的生产线现仅需 1 人即可胜任，人工成本节省幅度达到 35%。最后，在产品退货率方面，由于本设备提高了帐篷的品质和性能稳定性，因此显著降低了产品退货率。产品退货率由原来的 5.3% 下降至 0.7%，降幅达到 87%。这些数据的改善不仅提高了企业的生产效率和市场竞争力，还为企业带来了可观的经济效益和社会效益。

#### 4.3 行业应用案例

某帐篷公司采用本设备生产高山帐篷，取得了显著成效。接缝防水性能通过 IPX8 认证（原仅达 IPX6），单条生产线年产能从 12 万顶提升至 17 万顶。这些改进使得探路者公司成功打入欧美高端户外市场，进一步拓展了业务范围。

### 5. 设备优势详细分析

#### 5.1 高效除皱与预处理

本设备通过集成除皱与预处理功能，实现了面料的高效除皱和预处理。多级除皱流程能够彻底消除面料上的褶皱，确保面料的平整度。温湿度协同控制策略则根据面料类型自动调节温度和湿度，改善纤维的可缝合性。这种高效除皱与预处理方式不仅提高了缝合质量，还提高了生产效率。

#### 5.2 智能化控制与自适应传送

本设备采用智能化控制系统，实现了缝合过程的自动化和智能化。视觉定位模块实时监测面料的褶皱情况和位置，

为后续的工艺控制提供准确的数据支持。自适应传送控制则根据面料的褶皱密度实时调整传送速度，确保面料在缝合过程中的稳定传送。这种智能化控制与自适应传送方式提高了缝合的精度和效率，降低了废品率。

#### 5.3 高性能核心组件

本设备采用高性能的核心组件，确保了设备的稳定性和可靠性。鼓风机阵列、压辊系统、电热丝模块和雾化加湿器等核心组件均具有优异的技术指标和功能特性。这些高性能组件的协同作用使得设备能够高效、稳定地运行，满足户外用品行业对缝合设备的高要求。

#### 5.4 节能环保与可持续发展

本设备在设计过程中充分考虑了节能环保和可持续发展的要求。通过优化除皱流程和温湿度控制策略，减少了能源消耗和废弃物排放。同时，设备采用环保材料和可回收部件，降低了对环境的影响。这种节能环保的设计理念符合当今社会对绿色制造和可持续发展的追求。

### 6. 结论与展望

本文研发的高效缝合设备通过创新性集成除皱、预处理与智能控制模块，显著提升了帐篷面料的加工质量与效率。实验结果表明，该设备在褶皱消除率、线迹均匀度、缝合效率和接缝强度等方面均优于传统设备，为户外用品行业智能化升级提供了关键技术支撑。

未来，我们将继续深入研究高效缝合设备的技术创新和优化方向。一方面，我们将开发 AI 驱动的工艺参数自优化系统，实现缝合过程的智能化控制和自适应优化；另一方面，我们将拓展设备在充气帐篷等新型产品中的应用研究，满足市场对多样化户外装备的需求。同时，我们还将关注超高速缝合（>10m/min）下的稳定性控制问题，进一步提高设备的生产效率和稳定性。

总之，本文研发的高效缝合设备为户外用品行业带来了革命性的变革和创新。我们相信，在未来的发展中，该设备将继续发挥重要作用，推动户外用品行业的持续发展和进步。

### 参考文献

- [1]袁生潮，梁慧芳，戴国笠，等.户外帐篷材料的发展现状与展望[J].现代纺织技术，2024，32（6）：142-150.DOI：10.19398/j.att.202310017.
- [2]魏学锋，赵瑞方，朱福忠.我国帐篷的现状和发展[J].纺织科技进展.2012，（2）.DOI：10.3969/j.issn.1673-0356.2012.02.013.
- [3]杜淑芳，周建.涂层、层压复合织物生产技术与设备[J].国际纺织导报.2011，（9）.48-48，50-52.
- [4]肖平，钱伯丹，鲁虹，等.服装缝纫平整度的研究进展[J].纺织学报.2019，（11）.DOI：10.13475/j.fzxb.20181201407.