

热风非织造材料打孔压花复合辊机构 优化设计与性能研究

陈汉波

厦门延江新材料股份有限公司, 福建 厦门 361000

摘要:针对当前传统打孔压花复合辊机构存在幅宽小、加工易变形、运行速度较慢、打孔压花定位精度不足、生产效率与产品合格率偏低等问题,开展打孔压花复合辊机构的整体优化研究。通过对辊体结构与辊体花型、高精度模架与同步传动定位系统、热传导均衡温控系统等进行优化,实现了打孔压花复合辊机构有效幅宽、运行速度、辊面温度控制精度与产品定位精度的同步提升。经实际生产验证,优化的打孔压花复合辊机构其有效幅宽可达 2.2 m,运行速度提升至 100 m/min,辊面温度控制精度为 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$,产品定位精度为 $\pm 0.10\text{ mm}$,能满足卫生用品及医疗防护等领域对高品质热风复合非织造材料的商业化生产需求。该优化方法可为卫生用品生产装备技术升级提供机械设计层面的技术支撑。

关键词: 热风非织造材料;卫生用品;打孔压花复合辊机构;优化;有效幅宽;运行速度;辊面温度;产品定位;精度

中图分类号:TS173

文献标志码:A

文章编号:1004-7093(2026)07-0037-08

Optimal design and performance research of punching and embossing composite roller mechanism for hot-air nonwovens

Chen Hanbo

Xiamen Yanjan New Material Co., Ltd., Xiamen 361000, Fujian, China

Abstract: In view of the problems existed in the current traditional punching and embossing composite roller mechanism, such as narrow width, easy deformation during processing, slow running speed, insufficient positioning accuracy of punching and embossing, and low production efficiency and product qualification rate, the overall optimization research of punching and embossing composite roller mechanism was carried out. The effective width, operating speed, roller surface temperature control accuracy, and product positioning accuracy of the punching and embossing composite roller mechanism were simultaneously improved through the optimization of the roller body structure and pattern, the high-precision mold frame and synchronous transmission positioning system, as well as the heat conduction balanced temperature control system. It was verified by actual production that the effective width of the optimized punching and embossing composite roller mechanism reached 2.2 m, the operating speed was increased to 100 m/min, the

收稿日期:2026-05-21

作者简介:陈汉波,男,1986年生,工程师,主要从事纸尿裤功能性面层材料的开发,机械设计制造与自动化及技术管理等方面的工作,
136612460@qq.com

roller surface temperature control accuracy was $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, and the product positioning accuracy was $\pm 0.10\text{ mm}$. Therefore, the commercial production requirements for high-quality hot-air composite nonwovens in the fields of hygiene products and medical protection could be met. The optimization method can provide technical support at the mechanical design level for the technological upgrading of hygiene product production equipment.

Keywords: hot-air nonwoven; hygiene product; punching and embossing composite roller mechanism; optimize; effective width; operating speed; roller surface temperature; product position; accuracy

在卫生用品(如纸尿裤、卫生巾、护理垫等,简称“卫品”)生产过程中,热风非织造材料的打孔压花复合这一后处理工序是决定产品柔软度、蓬松性、渗透性及外观质感的核心环节。打孔压花复合辊机构作为该后处理工序的核心执行部件,其运行速度、有效幅宽、温度控制精度及定位精度等直接决定整条生产线的生产效率与产品质量。随着卫品行业消费的升级及规模化生产需求的提升,传统打孔压花复合辊机构在高速运转条件下易出现辊体挠曲变形、传动同步误差大、热场分布不均匀、打孔/压花位点偏移等问题,难以适配宽幅($\geq 2\text{ }200\text{ mm}$)、高速($\geq 100\text{ m/min}$)、高精度(温度误差 $\pm 0.5\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、定位误差 $\pm 0.10\text{ mm}$)高端热风非织造材料的生产需求。

目前,国内卫品生产装备中,传统打孔压花复合辊机构的设计多聚焦单一功能的改进,缺乏高速、宽幅、高精度、多性能的协同优化,其存在辊体结构刚性与轻量化失衡、传动系统间隙补偿不足、热场温控精度低、定位闭环控制缺失等技术短板。本研究结合机械结构的优化设计,以及基于精密传动、热传导、智能自动化控制等技术,对热风非织造材料生产装备使用的传统打孔压花复合辊机构进行全维度的优化设计,通过结构重构、系统集成、参数匹配,解决传统打孔压花复合辊机构的性能瓶颈问题,以满足高端卫品生产装备技术指标要求,同时为同类辊结构部件的优化设计提供参考。

1 传统打孔压花复合辊机构的性能缺陷

传统打孔压花复合辊机构主要由油加热复合辊、模架与传动机构、加热系统、定位调节机构等组成,其在实际生产过程中常暴露出以下四大核心问题:

(1)运行速度偏低。传统打孔压花复合辊机构的辊体采用实心或厚壁结构,自身质量较大,高速运转时辊体易因离心力与惯量叠加而出现跳动、振动等问题。目前,传统打孔压花复合辊机构的最高运行速度为 $40\sim 60\text{ m/min}$,无法匹配热风非织造材料高速生产线的要求。

(2)有效幅宽偏窄。传统打孔压花复合辊机构的有效幅宽为 $0.8\sim 1.5\text{ m}$,无法满足客户对热风非织造材料打孔压花复合加工产品的需求。目前,市场上热风非织造材料的常见幅宽为 2.1 、 2.6 、 3.2 、 3.4 、 3.8 m ,使用传统打孔压花复合辊机构进行打孔压花复合加工时需分切热风非织造材料,但分切会产生废边,造成成品率大幅降低^[1]。如果采用有效幅宽为 2.2 m 的传统打孔压花复合辊机构,其中间段会存在挠曲,且变形量大于 0.10 mm ,这将导致产品的纵向(MD)和横向(CD)的打孔压花深度不一致、产品复合剥离率不均匀、孔型顶破或压破以及剪切、花型错位等问题,故传统打孔压花复合辊机构的最大稳定加工幅宽不足 1.5 m 。

(3)复合定位精度不足。传统打孔压花复合辊机构的传动系统有2种常见的传动方式:一是采用普通两片式齿轮传动,但存在啮合间隙问题;二是采用同步皮带传动,但皮带的张紧度会影响传动精度,且无实时定位反馈机制,皮带长期运行磨损后,定位误差扩大,打孔压花位点偏差将超过 0.30 mm ,这会导致分层或剥离强度降低,产品报废率居高不下。

(4)辊面温度不均匀。卫品行业使用的传统打孔压花复合辊机构普遍有2种加热方式。一种为电热管接触加热,但受限于配合间隙的问题,辊面受热传导存在不均匀的状况,辊面温差在 $\pm 5.0\text{ }^{\circ}\text{C}$,同时加热管易损坏。另一种为导热油外循环加热,即通过油温机把加热的导热油通入辊筒内部形成油回

路,加热辊面,辊面温差在 $\pm 2.0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。此外,切换产品花型时需拆开油路,以更换打孔模组,但这会造成车间地面出现油污。辊面温度不均匀会造成热风非织造材料的热复合效果不一致,手感柔软度有差异,进而影响产品的外观和物理性能的稳定。

2 打孔压花复合辊机构的优化

利用打孔压花复合辊机构对热风非织造材料进

行加工,可使产品呈现出 3D 立体结构,这样不仅能减少人体皮肤与卫品面层的接触面积^[2],增加面层的柔软性和透气性,还能将体液迅速导流至卫品吸收层,减少体液与皮肤的接触时间^[3]。本研究以打孔压花复合辊机构运行速度更高、有效幅宽更大、温度更均匀为核心目标,从辊体结构与辊体花型、高精度模架与同步传动定位系统、热传导均衡温控系统 3 个方面开展优化设计。所得优化的打孔压花复合辊机构见图 1。

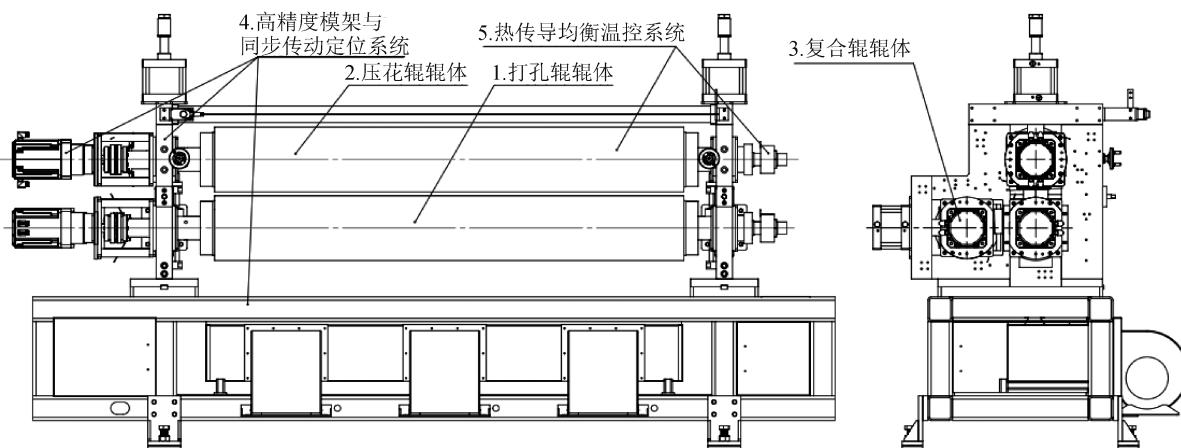


图 1 优化的打孔压花复合辊机构

Fig. 1 Optimized punching and embossing composite roller mechanism

2.1 辊体结构与辊体花型的优化

针对大幅宽的传统打孔压花复合辊机构变形大及高速时易振动等问题,优化的打孔压花复合辊机构的辊体采用红套空心一体式结构,并结合有限元仿真分析完成了结构参数的匹配,可实现幅宽 2.2 m 热风非织造材料的加工,同时复合加工精度提高,运行速度也提升至 100 m/min。

2.1.1 辊体基体材质的选择

辊体基体采用壁厚为 20 mm 的 42CrMo 合金钢。该材质具有较高的力学强度、良好的热传导性及高韧性。该基体经调质处理(900.0 $^{\circ}\text{C}$ 淬火+560.0 $^{\circ}\text{C}$ 回火)后,洛氏硬度(HRC)为 36~42,耐磨性能可以满足热风非织造材料打孔压花复合加工生产设备长期高速运转的需求。

2.1.2 辊体外管材质的选择

辊体外管采用铸造铝青铜合金(ZCuAl10Fe3),其化学成分与力学性能见表 1。该材质的各项性能指标都优于传统的锡青铜,且兼具高强度以及优异的减摩性、良好的耐蚀性。铸造铝青铜合金外管花

型由雕刻机雕刻成形,与传统锡青铜外管花型相比,更不易变形且更耐磨损,使用寿命更长。

表 1 铸造铝青铜合金的化学成分与力学性能

Tab. 1 Chemical composition and mechanical properties of cast aluminum bronze alloy

项目	参数
化学成分	Cu、Al、Fe、Ni、Mn、Sb、S、Zn(质量分数分别为 85.90%、10.20%、3.30%、0.10%、0.05%、0.05%、0.05%、0.02%)
抗拉强度/MPa	540
伸长率/%	15
布氏硬度/HB	120
屈服强度/MPa	200

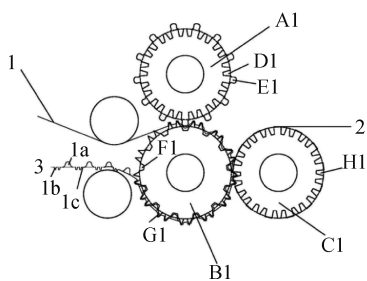
2.1.3 一体式结构辊体

优化的打孔压花复合辊机构的辊体采用红套空心一体式结构,摒弃了传统打孔压花复合辊机构的导热油外循环式周边孔结构。辊体内部增设环形加强筋与轴向支撑肋,能在减小辊体自身质量 30% 的同时,提升辊体的整体刚性,保持打孔压花复合辊机

构必要的力学强度与稳定性^[4],并将打孔压花复合辊机构幅宽方向中心位置点的最大挠曲变形量控制在 ± 0.01 mm。此外,采用红套技术可将基体和外管的配合过盈量控制在 $0.50\sim 0.60$ mm。把外管放入加热炉中,控制加热炉的工作温度为 $500\sim 600$ °C,待加热炉温度稳定后,将基体吊装至加热炉中定位,冷却方式为炉冷,这样可确保冷却后的基体和外管形成一体式结构。红套空心一体式结构辊体通过热处理消除内应力,与导热油外循环式周边孔结构辊体相比,前者辊体的刚性与韧性都得到提升。

2.1.4 辊体花型设计与精雕加工优化

优化的打孔压花复合辊机构采用“压花辊-打孔辊-复合辊”三辊环绕布置(图2)^[5]。为了实现热风非织造材料的3D立体结构,辊体上的打孔针与凹孔的配合间隙,以及凸起与凹陷的配合间隙,分别控制在 $0.10\sim 0.30$ mm和 $0.15\sim 0.30$ mm。打孔辊辊体表面的打孔针和凹陷均匀分布,打孔针根部横剖面的面积为 $0.4\sim 20.0$ mm²,打孔针的高度为 $0.50\sim 4.00$ mm。压花辊辊体表面设置的凸起和凹孔分别与打孔辊辊体上的凹陷和打孔针对应,凸起高度为 $0.50\sim 10.00$ mm,可采用连续或独立的凸起设计。复合辊辊体表面设置的凹孔与打孔辊辊体上的打孔针对应,以确保生产过程中打孔针不被损坏。此外,根据不同的产品需求,采用不同规格的辊体可加工出 $0.10\sim 2.50$ mm孔径的热风非织造材料产品,满足不同3D立体结构图案的产品需求^[5]。



1—非织造材料面层; 2—非织造材料底层; 3—成型的打孔压花复合非织造材料产品; 1a—产品的凸起; 1b—产品的孔; 1c—2层非织造材料复合的黏结点; A1—压花辊; B1—打孔辊; C1—复合辊; D1—压花辊的凹孔; E1—压花辊的凸起; F1—打孔辊的凹陷; G1—打孔辊的打孔针; H1—复合辊的凹孔。

图2 三辊环绕布置示意

Fig. 2 Schematic for surrounding layout of three rollers

根据上述优化设计,使用数控外圆磨床对辊体

进行雕刻加工,控制辊体表面的圆跳动在 0.01 mm以内,从而增强热风非织造打孔压花复合加工压力的均匀性。采用精密数控雕刻机,通过编程完成复杂花型部位的雕刻加工。使用定制的成型刀,以此减少人工磨刀导致的刀具不一致的问题,且花型部位的基准面需由同一把刀具完成最后的精加工。这样,在高速生产中,热风非织造材料可顺畅地通过辊面,且不会产生倒拔、压破、压白、塑化等异常情况。此外,对辊体表面做防黏、耐磨、硬化等处理,可提升其耐磨性并延长使用寿命。

2.2 高精度模架与同步传动定位系统的优化

优化的打孔压花复合辊机构中,压花辊、打孔辊、复合辊均采用伺服电机直连驱动,并通过可编程逻辑控制器(PLC)控制伺服电机的同步运行,实现三辊在线开模和合模,其传动误差控制在 ± 0.01 mm。

2.2.1 辊筒驱动方式的优化

传统打孔压花复合辊机构采用三相变频电机驱动。优化的打孔压花复合辊机构选用 $5.5\sim 7.5$ kW的中高惯量三菱或西门子伺服电机[均有美国安全检测实验室(UL)认证标志]驱动,再配合使用AB斜齿轮系列行星减速机(速比为 $12:1$),回程间隙精度不超过 $7'$ 。当伺服电机正转或反转时,反向回程间隙精度可消除打孔压花复合辊机构的角速度误差。优化的打孔压花复合辊机构可以在高速运转的情况下快速、平稳地实现升速和降速,还可以实现在线开模和合模,避免出现辊筒压坏的情况,同时可保护花型,延长使用寿命。优化的打孔压花复合辊机构的辊筒驱动方式如图3所示,即将伺服电机的输出轴直接连接到行星减速机的输入孔内,行星减速机被固定在伺服电机的传动连接座上,行星减速机的输出轴与打孔压花复合辊传动端通过膜片联轴器进行柔性连接。光电感应开关检测打孔压花复合辊机构的主轴转速,旋转编码器的转子随着打孔压花复合辊机构的主轴同步旋转,产生连续的脉冲信号。光电感应开关和旋转编码器产生的信号均被输送到PLC,用于控制伺服电机的旋转速度,并实时校对热风非织造材料生产设备的速度与打孔压花复合辊机构的配合角速度,形成一个闭环反馈系统。

2.2.2 模架组合的优化

高精度模架由2块厚度为 78 mm的精磨厚墙板构成。其整体框架完成焊接后,先经内应力消除

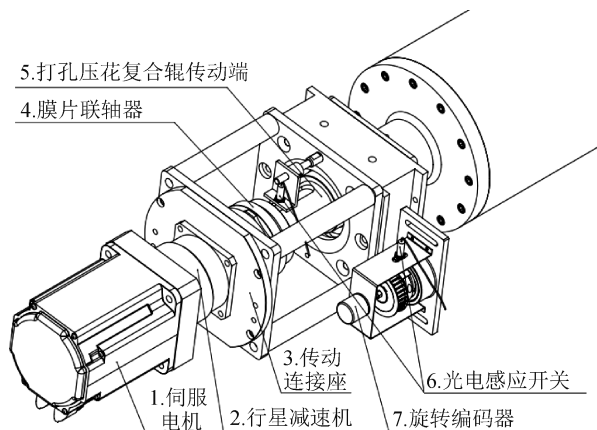


图 3 优化的打孔压花复合辊机构的辊筒驱动方式
Fig. 3 Roller driving mode of optimized punching and embossing composite roller mechanism

处理,再经数控龙门铣床加工成型,以确保模架的整体尺寸精度,其中 2 块厚墙板之间的平行度 $\leq 0.06 \text{ mm}$ 。模架组合两端的轴承座采用平面磨削加工,并使用高精度的双列圆锥滚子轴承作为支撑,这提高了模架轴承座与模架厚墙板的配合精度 ($\leq 0.05 \text{ mm}$),确保了高速运转条件下辊体无间隙,打孔压花复合辊机构的运行平稳性提升。

2.2.3 模架组合与纵横向定位系统联动

基于闭环伺服控制系统,在打孔压花复合辊的端面或其他位置加装高精度绝对式编码器和光电感应开关,实现打孔压花复合加工位点的纵横向精准定位。通过实时检测传输信号,并反馈至 PLC 控制伺服电机,能实时同步调整辊组的相位、转速与位移,形成误差自动补偿机制,使产品定位精度达 $\pm 0.10 \text{ mm}$ 。模架组合与纵横向定位系统联动,可确保产品打孔、压花位置与基材的纵横向定位基准完全匹配,产品花型规整度达到 99.00% 以上,同时可确保产品打孔、压花、复合工序的同步性,避免出现图案错位、打孔偏移等问题。

2.3 热传导均衡温控系统的优化

针对压花辊、打孔辊、复合辊表面温度差异偏大或温度控制不稳定的问题,采用电磁感应加热辊优化辊体的温控系统(图 4)。电磁感应加热辊采用“内静外转”的分体式结构,其支撑轴外侧绕有多段电磁感应线圈,线圈外部包覆隔热反射层。合金钢辊筒由支撑轴两端的轴承支撑,可独立旋转。电磁感应线圈与合金钢辊筒间预留环形空气间隙。利用高频变频电源,再经集电环,为电磁感应线圈供电。

电磁感应线圈产生交变磁场,磁力线向外穿过环形空气间隙,再穿过合金钢辊筒筒壁,在辊筒内壁激发环形涡流,实现辊面均匀加热。合金钢辊筒壁内嵌温度传感器,可实时采集表面温度,再配合高频变频电源,实现了 $\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 的高精度控温。

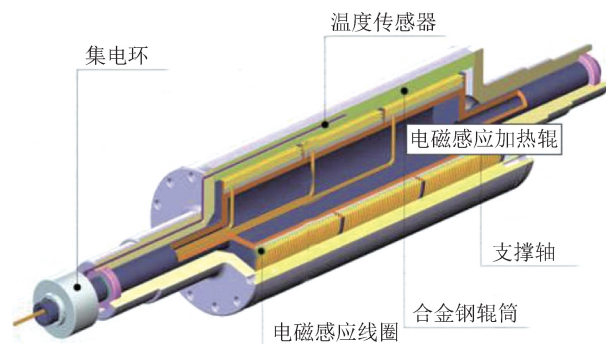


图 4 热传导均衡温控系统的优化
Fig. 4 Optimization of heat conduction balanced temperature control system

2.3.1 独立分区的热传导设计

辊筒内部设有电磁感应线圈,每个电磁感应线圈的宽度约为 0.2 m 。每个电磁感应线圈均配置有独立的温度传感器用于采集温度,再通过集电环传导信号并反馈给高频变频电源,从而实时调节输出功率的大小,改变涡流发热量,维持辊面设定温度,实现辊面横向温度的精准分区控制,辊面温差缩小至 $\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$ 。例如:当打孔压花复合辊机构的有效幅宽为 2.2 m 时,内部需配备 11 个电磁感应线圈,形成 11 组独立的温控系统。

2.3.2 热传导效率的提升

利用优化的热传导均衡温控系统,辊体能直接产热,且热惯性小,升温快,控温响应快。在热风非织造材料的打孔压花复合加工过程中,该温控系统能确保压花辊、打孔辊、复合辊的辊面温度快速提升且恒定。在进行热风非织造材料卷材拼接放卷时,该温控系统能实现辊面温度的快速下降和恒定,大幅缩短因升温或降温而需要等待的时间,提高生产效率。此外,该温控系统能满足热风非织造材料打孔压花复合加工对温度的精细要求。与使用导热油外循环加热系统生产的打孔压花复合非织造材料产品相比,由该温控系统得到的同类产品其热定型效果更好,花纹更清晰,手感更柔软,液体被渗透、吸收得更快。

2.3.3 温度的实时采集与自动调整

优化的热传导均衡温控系统可根据热风非织造材料打孔压花复合加工生产设备的速度,特别是在开机引膜和热风非织造材料自动拼接换卷时,自动线性调整辊面温度。生产速度越高,辊面温度越高;反之,生产速度低,辊面温度也低。此逻辑通过线性调整接入热传导均衡温控系统,实现了辊面温度的实时采集与自动调整,避免了辊面温度波动导致的产品加工质量缺陷,减少了产品报废率和客户投诉率。

3 设备性能测试与验证

3.1 测试条件与方法

为验证优化的打孔压花复合辊机构,将其应用于某热风非织造材料生产厂的实际生产。以有效幅宽皆为 2.2 m 的聚丙烯纤维(PP 纤维)非织造材料(面密度为 20 g/m²)和聚烯烃系热黏合复合纤维(ES 纤维)非织造材料(面密度为 22 g/m²)为试验材料,设置运行速度为 100 m/min、压花辊温度为 140 ℃、打孔辊温度为 150 ℃、复合辊温度为 140 ℃、压花辊和复合辊的压力均为 0.5 MPa,制备的一系列优化的打孔压花复合非织造材料的产品外观如图 5 所示^[6]。同时,使用相同的试验材料在传统打孔压花复合辊机构上制备打孔压花复合非织造材料用于对比。

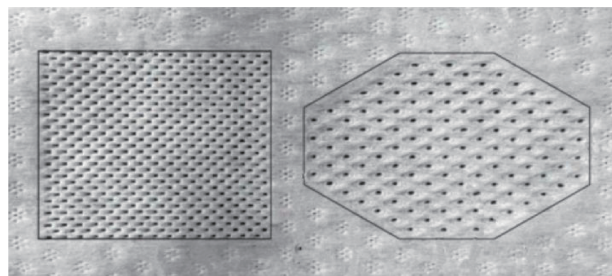


图 5 优化的打孔压花复合非织造材料产品外观
Fig. 5 Appearance of optimized punched and embossed composite nonwovens

设备性能的测试指标包括运行速度、有效幅宽、产品定位误差、辊面温差、产品合格率、日产量等。实验室测试的打孔压花复合非织造材料产品性能指标包括幅宽、开孔率、面密度、渗透时间、回渗量、MD 强度、MD 伸长率、剥离力、厚度、耐磨性等。其中,幅宽采用卷尺进行测量;开孔率使用光学显微镜和

图像分析法进行测量;面密度参照 GB/T 24218.1—2009 的规定进行测量^[7];渗透时间参照 GB/T 24218.13—2010 的规定进行测量,将定量的人工尿液以一定速度滴到试样表面,再利用电测法测试全部液体渗透试样所需的时间并记录^[8];回渗量参照 GB/T 28004—2011 的规定进行测量,在试样表面倒入定量的人工尿液,渗透一定时间在试样表面放置一个标准压块,加压一定时间后测量返回试样表面的人工尿液量^[9];剥离力、MD 强度、MD 伸长率采用 CMT4503-DT 型微机控制电子万能试验机进行测量,具体参照 GB/T 24218.3—2010 规定的试验方法^[10];厚度采用 YG(B)141D 型数字式织物测厚仪进行测量;耐磨性采用 YG(B)401T 型马丁代尔耐磨仪进行测量。

3.2 测试结果与分析

传统打孔压花复合辊机构与优化的打孔压花复合辊机构的性能指标对比见表 2,可以发现:优化的打孔压花复合辊机构的性能指标已全面升级,运行速度提升至 100 m/min、有效幅宽增加至 2.2 m,辊面温控精度和产品定位精度提高,产品合格率和日产量也得到提升,综合经济效益得到显著改善。优化的打孔压花复合辊机构连续运转 1 个月(不停机,仅包含 1 次工人休息转班的情况),整体表现良好、稳定,与传统打孔压花复合辊机构相比,前者设备故障率明显降低,设备稼动率提高,产量显著提升,可满足商业化连续生产的需求。

优化的打孔压花复合辊机构在有效幅宽为 2.2 m、运行速度为 100 m/min 的条件下,生产的热风非织造材料的产品性能如表 3 所示。

表 3 的数据表明,由优化的打孔压花复合辊机构生产的热风非织造材料产品,性能测试结果均在规定的目标值范围内,产品满足客户要求。

4 结论与展望

4.1 结论

通过对热风非织造材料加工用的打孔压花复合辊机构的辊体结构与辊体花型、高精度模架与同步传动定位系统、热传导均衡温控系统进行优化,得到优化的打孔压花复合辊机构,解决了传统打孔压花复合辊机构运行速度低、大幅宽加工时易变形、产品

表 2 传统打孔压花复合辊机构与优化的打孔压花复合辊机构的性能指标对比

Tab. 2 Comparison of performance indicators between conventional and optimized punching and embossing composite roller mechanisms

性能指标	传统打孔压花复合辊机构	优化的打孔压花复合辊机构	备注
运行速度/($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	60	100	优化后提高 66.7%
有效幅宽/m	1.5	2.2	优化后提高 46.7%
产品定位误差/mm	± 0.30	± 0.10	优化后降低 66.7%
辊面温差/ $^{\circ}\text{C}$	± 2.0	± 0.5	优化后降低 75.0%
产品合格率/%	92.50	97.50	优化后提高 5.4%
日产量/t	8.08	13.46	优化后提高 66.6%

表 3 优化的打孔压花复合辊机构生产的热风非织造材料产品性能

Tab. 3 Performance of hot-air nonwovens produced by optimized punching and embossing composite roller mechanism

项目	分切幅宽/ mm	开孔率/ %	面密度/ (g·m ⁻²)	渗透 时间/s	回渗量/ g	MD 强度/ [N·(5 cm) ⁻¹]	MD 伸长率/%	剥离力/ N	厚度	耐磨性	
									(0.5 kPa) mm	(起球等级)/ 级	
产 品 卷 号	6316A0301-1	169.00	16.20	41.7	0.53	0.09	58.2	56.30	1.5	1.72	2.0
	6316A0301-2	169.00	15.80	44.5	0.53	0.09	59.9	59.80	1.5	1.72	2.0
	6316A0301-3	169.00	15.40	43.8	0.53	0.09	59.5	57.20	1.5	1.72	2.0
	6316A0305-1	170.00	16.40	41.0	0.62	0.10	56.1	60.20	1.2	1.78	2.0
	6316A0305-2	170.00	17.00	43.0	0.62	0.10	57.4	58.50	1.2	1.78	2.0
	6316A0305-3	170.00	16.90	43.4	0.62	0.10	61.5	60.30	1.2	1.78	2.0
	6316A0309-1	169.00	16.90	42.8	0.59	0.09	60.1	60.20	1.6	1.67	1.5
	6316A0309-2	169.00	16.50	42.5	0.59	0.09	61.8	60.50	1.6	1.67	1.5
	6316A0309-3	169.00	16.10	41.9	0.59	0.09	55.0	61.20	1.6	1.67	1.5
	6316A0313-1	170.00	17.00	40.6	0.75	0.09	51.2	58.50	1.1	1.64	1.5
	6316A0313-2	170.00	16.30	40.7	0.75	0.09	52.8	56.60	1.1	1.64	1.5
	6316A0313-3	170.00	16.60	40.8	0.75	0.09	52.0	58.80	1.1	1.64	1.5
	平均值	169.50	16.40	42.2	0.6	0.1	57.1	59.00	1.4	1.70	1.8
最大值	173.00	20.00	48.0	3.0	0.3	—	77.00	—	—	3.0	
目标值	170.00	17.00	42.0	—	—	56.0	57.00	1.0	1.60	2.0	
最小值	167.00	14.00	36.0	—	—	43.0	37.00	0.7	1.00	1.2	

定位精度低、辊筒表面温度不均匀等技术难题,得到的主要结论如下:

(1)红套空心一体式结构的辊体具有轻量化与高刚性特征,能实现 2.2 m 宽幅加工不变形、100 m/min 高速运行无异常振动,日产量可提高 66.6%。

(2)高精度模架与同步传动定位系统可控制热风非织造材料产品的定位误差在 $\pm 0.10 \text{ mm}$,产品定位精度大幅提升,产品合格率提高 5.4%。

(3)电磁感应加热温控系统能够有效地保障辊面温度的均匀性(偏差在 $\pm 0.5 \text{ }^{\circ}\text{C}$),提升热风非织造材料产品花型加工的一致性,提高产品合格率。

(4)经生产实践验证,优化的打孔压花复合辊机构的运行速度、有效幅宽、定位精度均满足卫品生

产需求,生产效率与产品质量显著提升。

4.2 展望

随着成人失禁用、婴幼儿用和女性用等卫品需求的越来越多样化,卫品行业将面临更多的挑战,但也蕴含着更多的机遇。抗菌抗敏、亲肤吸湿、可降解等新型卫品可满足消费者的多样化需求,但它们同时对生产设备提出了更高的要求。

下一步,可针对打孔压花复合辊机构做进一步的优化和升级,如:引入视觉检测技术,实时检测热风非织造材料的复合质量、打孔压花的复合精度,实现缺陷自动识别和报警功能,以进一步提升产品的品质;优化设备的智能化水平,采用自动化设备,配置工业机器人完成高强度工种的任务;

采用物联网技术,实现设备运行状态的远程监控和故障预警,进一步降低一线操作人员的劳动强度以及对技术人员的依赖程度;进行技改,增加非织造材料表面涂层功能,以及利用微胶囊、印刷等技术实现产品差异化,满足更多元的产品需求;改进主体结构,提升设备的节能环保性能,推动非织造材料卫品行业绿色可持续发展。此外,可加强设备的产业化推广,结合国内非织造材料生产制造优势,推动设备的标准化生产和应用,为卫品产业升级贡献力量。



期刊采编平台



中国知网下载

参考文献

- [1] 宋立新. ES 热风无纺布打孔工艺及设备探讨[J]. 化纤与纺织技术, 2024, 53(2): 24-27.
- [2] 刘燕, 李勇翰, 余亮, 等. 纸尿裤功能面层材料的研究现状和进展[J]. 产业用纺织品, 2023, 41(8): 1-7.
- [3] 陈光林, 方瑞峰, 凌杰, 等. 打孔和压花处理对热风非织造材料面层性能的影响[J]. 上海纺织科技, 2020, 48(3): 5-8.
- [4] 李乾坤, 方新通. 印刷设备智能化和机械结构轻量化的创新研究[J]. 丝网印刷, 2026(9): 27-30.
- [5] 谢继华, 蔡吉祥, 罗杰龙. 一种打孔压花复合成型装置: 201620932244. 8[P]. 2017-04-12.
- [6] 金伯利-克拉克环球有限公司. 双分区纤网材料: 202380008851. 8[P]. 2025-11-07.
- [7] GB/T 24218. 1—2009 纺织品 非织造布试验方法 第 1 部分: 单位面积质量的测定[S].
- [8] GB/T 24218. 13—2010 纺织品 非织造布试验方法 第 13 部分: 液体多次穿透时间的测定[S].
- [9] 叶文婷, 王荣武. 成人纸尿裤使用性能研究[J]. 产业用纺织品, 2021, 39(10): 19-26.
- [10] GB/T 24218. 3—2010 纺织品 非织造布试验方法 第 3 部分: 断裂强度和断裂伸长率的测定(条样法)[S].

欢迎投稿 2026 年《产业用纺织品》

《产业用纺织品》(月刊), 大 16 开, 全彩色印刷, 定价 12.00 元/册, 全年 144.00 元, 中国标准连续出版物号 $\frac{\text{ISSN } 1004-7093}{\text{CN } 31-1595/\text{TS}}$, 邮发代号 4-492。

《产业用纺织品》创刊于 1983 年, 由教育部主管, 东华大学、全国产业用纺织品科技情报站主办, 中国产业用纺织品行业协会协办, 东华大学期刊中心编辑出版, 月刊, 是全国产业用纺织品领域具有权威性的期刊之一; 为《中国学术期刊影响因子年报》统计源期刊, 已入编中国学术期刊(网络版)、万方数据-数字化期刊群、中文科技期刊数据库、超星期刊域出版平台等; 多次入编《中文核心期刊要目总览》; 现为 CACJ 中国应用型核心期刊; 入选《纺织领域高质量科技期刊分级目录(2025 版)》T3 级; 知网 CI 指数位居纺织科学技术类期刊 Q2 区; 获评上海市高校特色科技期刊; 被 EBSCO 数据库收录; “综述”栏目入选第七届华东地区期刊“优秀栏目”。

秉承“创新、严谨、求实”的办刊作风, 《产业用纺织品》致力于建设高质量、高水平一流学术期刊。期刊以“产业用纺织品”为特色, 主要刊登国内外有

关纺织品的综述文章, 科研、生产技术报告, 报道相关领域的新产品、新材料、新技术及新设备, 并介绍相关的专利、标准、测试方法, 以及相关领域的行业动态、市场信息等。

2026 年, 《产业用纺织品》重点选题方向包括高品质非织造材料、安全防护与应急救援用纺织品、航空航天用高性能纺织品、海洋产业与渔业用纺织品、医疗健康用纺织品、交通运输用纺织品、土工建筑用纺织品、过滤用纺织品等, 欢迎自荐栏目主持人。热忱欢迎国内外纺织高等院校师生、科研人员、产业用纺织行业相关企业工程技术人员等将优秀研究论文发表在《产业用纺织品》上。

《产业用纺织品》承接相关广告, 并热诚为客户宣传, 欢迎有意者来电或 E-mail 联系。

地址: 上海市延安西路 1882 号

东华大学出版社楼 207 室

电话: 021-62378228

E-mail: techtex@dhu.edu.cn

采编平台: <https://cyf.cbpt.cnki.net>

