

暖贴用透气膜/非织造材料复合布性能研究

刘海育 袁广胜 金冬阳 邓太秀
河南省核技术应用中心, 河南 信阳 464000

摘要: 以聚乙烯流延膜与聚丙烯非织造材料为原料, 分别采用溶剂型复合胶、无溶剂复合胶和反应型聚氨酯复合胶(PUR 胶)进行复合, 制备暖贴用透气膜/非织造材料复合布(简称复合布)。通过对复合布的静电性能、透湿性能及拉伸性能进行测试, 并进一步评估其制成暖贴后的温度特性, 分析复合胶种类、复合工艺参数以及非织造材料性能对复合布性能及最终暖贴产品质量的影响。研究表明: 采用溶剂型复合胶的复合布静电性最强, 采用无溶剂复合胶或 PUR 胶的复合布抗静电性优。复合胶、上胶辊、复合速度及非织造材料等对复合布的透湿量具有显著影响。同时, 复合胶与非织造材料共同决定复合布的拉伸性能。温度特性方面, 由 3 种复合胶各自制备的复合布包装的暖贴, 最高温度均达标, 但在持续发热时间上差别明显。其中, 溶剂型复合胶复合布制备的暖贴最高温度相对偏低且持续发热时间长。研究指出, 相关企业在制备复合布时, 应综合考虑复合胶类型、复合工艺条件及非织造材料性能等多种因素。研究为暖贴企业提升暖贴性能、保障生产与产品质量提供了参考。

关键词: 透气膜; 非织造材料; 复合胶; 复合布; 暖贴; 静电性能; 透湿性能; 拉伸性能; 温度特性

中图分类号: TS176

文献标志码: A

文章编号: 1004-7093(2026)05-0031-09

Research on performance of breathable film/nonwoven composite fabrics for warm pads

Liu Haiyu, Yuan Guangsheng, Jin Dongyang, Deng Taixiu

Henan Nuclear Technology Application Center, Xinyang 464000, Henan, China

Abstract: Using polyethylene cast film and polypropylene nonwovens as raw materials, breathable film/nonwoven composite fabrics (abbreviated as composite fabrics) for warm pads were prepared by lamination with solvent-based adhesive, solvent-free adhesive, and reactive polyurethane adhesive (PUR adhesive), respectively. The electrostatic property, moisture permeability, and tensile property of the composite fabrics were tested, and the temperature characteristic of the warm pads prepared with them was further evaluated, to analyze the effects of adhesive type, lamination process parameters, and nonwovens properties on the composite fabrics performance and the final warm pads quality. The results showed that, the composite fabrics laminated with solvent-based adhesive exhibited the strongest electrostatic property, while those laminated with solvent-free adhesive or PUR

基金项目: 河南核信恒达实业有限公司(RD02); 河南核信恒达实业有限公司(RD07)

收稿日期: 2025-08-19

修回日期: 2026-04-13

作者简介: 刘海育, 女, 1980 年生, 轻工工艺副高级工程师, 主要从事暖贴相关产品的生产及研发工作, 106778353@qq.com

adhesive showed superior antistatic performance. The composite adhesive, applicator roll, lamination speed, and nonwovens all had significant effects on the moisture permeability of the composite fabrics. Meanwhile, the tensile properties of the composite fabrics were jointly determined by the composite adhesive and nonwovens. In terms of temperature characteristics, the warm pads packaged with composite fabrics individually prepared with the three composite adhesives all met the maximum temperature requirement, but differed significantly in the duration of heat release. Specifically, the warm pads made of the solvent-based adhesive composite fabrics showed a relatively lower maximum temperature but a longer duration of heat release. The study suggested that relevant enterprises should comprehensively consider the composite adhesive type, lamination process conditions, and nonwovens properties when preparing composite fabrics. The study provides a reference for warm pad manufacturers to improve product performance and ensure production and product quality.

Keywords: breathable film; nonwoven; composite adhesive; composite fabric; warm pad; electrostatic property; moisture permeability; tensile property; temperature characteristic

近年,暖贴市场发展迅速。《2026—2032 年中国暖宝宝市场深度调研与投资方向研究报告》显示,2025 年中国暖宝宝市场需求量约 17.2 亿贴,已成为全球最大的暖宝宝销售市场之一,预计 2027 年中国暖宝宝零售规模将达到 19.6 亿贴^[1]。暖贴用途广泛,涵盖家庭日常、户外等领域,其中女性经期更是其重要的细分市场。暖贴依靠原电池加速氧化反应发热,其中包装材料的透气性是影响其发热温度与持续时间的关键因素之一。暖贴用透气膜属低透膜,易破损,其常与非织造材料复合制成透气膜/非织造材料复合布(下文简称复合布),用于包装,加工成本较低。复合布性能对暖贴质量至关重要,但现有研究涉及暖贴用复合布性能影响因素的较少。

本研究将采用不同的复合工艺和复合胶,制备暖贴用复合布,探究复合工艺和复合胶对复合布静电性能、透湿性能、拉伸性能,以及加工成暖贴后的温度特性的影响,以期为企业选择包装材料、优化生产工艺、降本提质,以及推动暖贴行业技术进步与健康发展,提供参考。

1 试验设计与方法

1.1 试验材料

试验用透气膜与聚丙烯非织造材料相关信息如表 1 所示。复合胶分别选用溶剂型复合胶、无溶剂复合胶和反应型聚氨酯复合胶(简称 PUR 胶),具体信息见表 2。上胶辊参数见表 3。

表 1 试验用透气膜与聚丙烯非织造材料相关信息

Tab. 1 Information about breathable films and polypropylene nonwovens used in experiments

材料名称	编号	描述
透气膜	—	低透流延膜,材质主要为聚乙烯(PE),透湿量为 $300 \sim 500 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,同卷膜透湿量极差不大于 $100 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$,面密度为 $(43 \pm 2) \text{ g}/\text{m}^2$,幅宽为 $(1\,600 \pm 2) \text{ mm}$
聚丙烯 非织造材料	1 [#]	全新料,面密度为 $(43 \pm 2) \text{ g}/\text{m}^2$,幅宽为 $(1\,600 \pm 2) \text{ mm}$
	2 [#]	20%(质量分数)回收料,面密度为 $(43 \pm 2) \text{ g}/\text{m}^2$,幅宽为 $(1\,600 \pm 2) \text{ mm}$
	3 [#]	全新料,面密度为 $(43 \pm 2) \text{ g}/\text{m}^2$,幅宽为 $(1\,600 \pm 2) \text{ mm}$

发热物料(自制)由铁粉、蛭石、树脂、氯化钠、活性炭及水等复配而成,其中铁粉与水的质量分别占发热物料总质量的 50%~60% 和 15%~25%^[2]。该物料依靠铁粉在水和氯化钠的参与下与氧气发生氧化还原反应,释放热量。其中,氯化钠和活性炭用

于加速反应进程,树脂和蛭石分别用于保水和疏松物料,并辅助蓄热,实现持续发热。此外,本研究还用到了—种面密度为 $170 \sim 180 \text{ g}/\text{m}^2$ 、幅宽为 $(320 \pm 2) \text{ mm}$ 的压敏胶黏剂,用于复合布包装发热物料,制备暖贴。

表 2 复合胶相关信息

Tab. 2 Information about composite adhesives

复合胶名称	主要成分	性能特点
溶剂型复合胶	聚苯乙烯共聚物、碳五石油树脂、乙酸乙酯	黏性强,流动性差,需稀释后使用
无溶剂复合胶	多元醇、异氰酸酯	初始粘贴强度小,对设备要求高
PUR 胶	异氰酸酯封端聚氨酯预聚体/增黏树脂	黏结强度高,需热熔施胶

表 3 上胶辊参数

Tab. 3 Parameters of applicator rolls

上胶辊编号	参数
A	网纹辊,网纹间隔 3 mm×3 mm,胶线宽度 1.00 mm,深度 0.20 mm,上胶量(8.0~10.0)g/m ² ,上胶量最大
B	网纹辊,网纹间隔 0.3 mm×0.6 mm,胶线宽度 0.20 mm,深度 25 μm,上胶量(0.9~1.8)g/m ² ,上胶量最小
C	网纹辊,网纹间隔 2 mm×2 mm,胶线宽度 0.90 mm,深度 0.20 mm,上胶量(5.0~8.0)g/m ²
D	网纹辊,网纹间隔 3 mm×3 mm,胶线宽度 0.38 mm,深度 0.25 mm,上胶量(3.0~5.0)g/m ²

1.2 试验仪器与设备

试验用仪器与设备的信息归纳于表 4。

1.3 性能测试

1.3.1 静电性能

在温度为(23±2)℃、相对湿度为(50±5)%的测

试环境中,先将复合布样品平整置于绝缘台面,确保样品表面无褶皱和杂质;接着,将表面电阻测试仪的电极与样品表面充分接触,启动测试键,读取并记录电阻值。每块样品选取 5 个不同的测试点测试,结果取平均值。

表 4 试验用仪器与设备

Tab. 4 Experimental instruments and equipment

设备名称	型号	生产厂家	主要用途
表面电阻测试仪	AD-1030	东莞市安迪斯防静电科技有限公司	用于测量材料的表面电阻,评估其静电性能
恒温恒湿箱	AP8224	东莞市安普仪器设备科技有限公司	为透湿量测试提供稳定的温湿度环境
拉力试验机	STR-A	广西西唐机电科技有限公司	对材料进行拉伸试验,测定其拉伸强度、断裂强度、断裂伸长率和断裂强力等拉伸性能指标
全自动包装机	NB-300	温州佳诚机械有限公司	将复合布、压敏胶黏剂及发热物料制备成暖贴,模拟实际生产过程
智能温度巡检仪	JCJ500	北京九纯健科技发展有限公司	监测暖贴的温度特性,记录暖贴的最高温度、持续发热时间等数据

1.3.2 透湿性能

包装材料的透气性决定暖贴的发热温度和持续时间。因此,透气性是衡量复合布质量稳定的关键性指标。目前,市场上关于透气性的检测方法主要有 2 种:一种为王研式透气度检测法(Oken 法),即在材料两侧建立可控压力差,测量定体积气体穿透材料所需的时间,以评价材料的透气性;另一种为间接评价法——透湿性检测法,即在固定温湿度梯度的条件下测定水蒸气的透过量,利用透湿量表征材料的透气性。本研究采用后者评价复合布的透气性。

透湿性测试依据 GB/T 12704.2—2009 标准中的方法 A 展开^[3]。设置恒温恒湿箱内的温度为

(38.0±0.5)℃、相对湿度为(50±2)%。向透湿杯中注入 34 mL 的蒸馏水,控制液面距离试样下表面约 10 mm。将试样测试面朝下置于透湿杯上,装上垫圈、压环并旋紧螺帽,然后用乙烯胶带从侧面封边。待恒温恒湿箱内环境稳定后,迅速放入试验组合体并平衡 1 h,取出后在 15 s 内快速完成质量称取,再放回恒温恒湿箱内,2 h 后再次称取质量。透湿量按式(1)进行计算,结果按 GB/T 8170—2008 修约至 1 位有效数字。

$$W = \frac{(\Delta m - \Delta m')}{A \times t} \times 24 \quad (1)$$

式中:W 为透湿量,g/(m²·24 h);Δm 为同一试验组合体 2 次称量质量之差,g;Δm' 为空白试验的同

一试验组合体两次称量质量之差, g , 不做空白试验时 $\Delta m' = 0$; A 为有效试验面积, m^2 , 本试验中试验装置的有效试验面积为 $0.0028 m^2$; t 为试验时间, h 。

1.3.3 拉伸性能

按照 GB/T 1040.3—2006 标准^[4], 将复合布裁剪成标准的哑铃状样品, 测量标距段宽度和厚度后, 样品被安装到拉力试验机的夹具上, 安装时确保样品中心线与拉伸方向一致。启动拉力试验机并匀速拉伸, 设置拉伸速度为 $100 mm/min$, 实时记录样品的受力和变形直至样品被拉断。

1.3.4 温度特性

利用全自动包装机, 将复合布、压敏胶黏剂及发热物料包装成 $95 mm \times 130 mm$ 、净质量为 $(40 \pm 2) g$ 的暖贴。依据 QB/T 4903—2016 标准^[5], 将暖贴置于温度 $(23 \pm 2) ^\circ C$ 、相对湿度 $(50 \pm 5) \%$ 的环境中预处理超 $4 h$ 。利用 JCJ500 型智能温度巡检仪实时记录暖贴表面的温度, 直至暖贴发热结束, 得到最高温度和持续发热时间等指标。

2 试验结果与分析

2.1 静电性能

以透气膜和 1# 非织造材料为基材, 根据溶剂型复合胶、无溶剂复合胶和 PUR 胶的特点, 分别选用相应的复合设备及上胶辊 A、B、C 进行复合布的制备。所得 3 种复合布的表面电阻如表 5 所示。表面电阻是反映复合布静电性能的指标之一。表面电阻越大, 复合布的电荷积累能力越强, 越易形成静电。表面电阻小于 $10^{11} \Omega$, 表明样品防静电性能好; 表面电阻大于 $10^{12} \Omega$, 表明样品易积聚静电且难消散。从表 5 可以看出: 无溶剂复合胶复合布与 PUR 胶复合布防静电性能好, 且两者表面电阻值较为接近; 溶剂型复合胶复合布的表面电阻远大于无溶剂复合胶复合布和 PUR 胶复合布, 易形成静电, 这与溶剂型复合胶为油性基胶黏剂, 其对水分子有排斥性有关。利用溶剂型复合胶制备的复合布含水量少, 电荷积累能力强, 材料表面电阻大。

暖贴产品中, 复合布用于包装发热物料。常用的暖贴包装设备为平板包装机, 其工作原理为, 下层复合布卷材通过电机带动平铺于设备上, 发热物料经下料装置下置到下层复合布表面, 同步运行的上

表 5 不同复合胶制备的复合布表面电阻测试结果

Tab. 5 Surface resistance test results of composite fabrics prepared with different composite adhesives

复合布名称	表面电阻/ Ω
溶剂型复合胶复合布	$>10^{12}$
无溶剂复合胶复合布	$10^{10} \sim 10^{11}$
PUR 胶复合布	$10^{10} \sim 10^{11}$

层复合布卷材通过热封装置完成热合包装, 制得暖贴成品。电机带动复合布运动的过程中, 复合布与设备表面接触, 频繁摩擦易产生静电。若复合布抗静电性弱, 则此过程会积聚静电, 进而导致物料下置后因静电而产生边缘散料(图 1), 造成包装夹料(图 2), 影响产品外观及质量。因此, 暖贴生产中, 一般通过增加环境湿度降低复合布静电性。但溶剂型复合胶复合布对环境中的水分子排斥性较大, 用其包装发热物料, 产品不合格率明显高于无溶剂复合胶复合布和 PUR 胶复合布制备的暖贴产品。



图 1 静电散料

Fig. 1 Material scattering induced by electrostatic

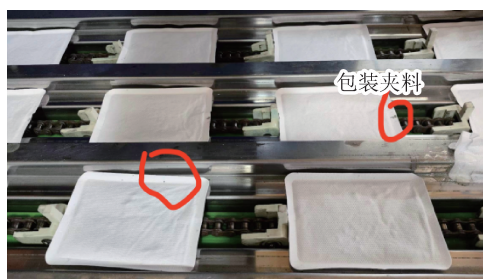


图 2 包装夹料

Fig. 2 Clamping materials during packaging

2.2 透湿性能

利用透湿量表征暖贴的透气性。透湿量过高, 则铁粉氧化剧烈, 暖贴温度高但发热时间短; 透湿量过低, 则氧气不足, 氧化缓慢, 暖贴可能无法达到理想的发热效果。因此, 透气膜与非织造材料复合的过程中, 需综合考量透湿性及其稳定

性对暖贴温度特性的影响,以生产出性能优良的暖贴用复合布。

2.2.1 复合胶对复合布透湿性能的影响

复合胶不同,复合操作流程不同。溶剂型复合胶初始粘贴强度大,固化速度快,复合操作简单,其一般经手工配制后倒入胶槽内直接对材料进行复合,再通过干燥、收卷、成型得到复合布。无溶剂复合胶为设备自动配制,初始粘贴强度小,复合工艺要

求高^[6],其与材料的复合过程不涉及干燥工序,但复合布需进行固化,以保证复合胶的粘贴牢度。PUR 胶属于热熔胶,需先熔化成液态再与材料复合,也无需烘干,但复合布需经风冷或水冷工序以促进湿气固化反应,确保复合布的粘贴牢度。因此,不同的复合胶,需使用不同的复合设备进行复合。

取 2.1 节制备的 3 种复合布,沿横向各裁取 12 块样品进行透湿量测试,结果如表 6 所示。

表 6 不同复合胶制备的复合布透湿量测试结果

Tab. 6 Moisture permeability test results of composite fabrics prepared with different composite adhesives

		单位为 g/(m ² ·24 h)	
复合布名称	测试值	极差	平均值
溶剂型复合胶复合布	352.4, 369.4, 360.9, 365.2, 343.9, 343.9, 369.4, 369.4, 352.4, 365.2, 369.4, 348.2	25.5	359.1
无溶剂复合胶复合布	386.4, 399.1, 386.4, 377.9, 369.4, 369.4, 377.9, 369.4, 369.4, 386.4, 394.9, 403.4	34.0	382.5
PUR 胶复合布	362.3, 407.6, 379.3, 370.8, 396.3, 362.3, 404.8, 385.0, 390.6, 356.7, 362.3, 373.9	50.9	379.3

从表 6 可以看出:溶剂型复合胶复合布透湿量平均值相对偏低,原因与溶剂型复合胶复合布上胶量大,且溶剂型复合胶中含有的挥发性溶剂乙酸乙酯对透气膜中的低密度聚乙烯有溶解作用有关。无溶剂复合胶复合布和 PUR 胶复合布透湿量平均值接近,但后者透湿量波动性较大,原因与 PUR 胶热稳定性较差^[7],易受高温高湿环境影响有关。

本研究制备的复合布主要用于包装发热物料,生产暖贴。发热物料一旦与空气中的氧气接触便开始发热。当发热物料完全暴露于空气中时,其发热温度可超过 80 ℃。控制复合布透湿量的目的就是调控复合布的氧气透过量。复合布透湿量偏高,其氧气透过量偏大,暖贴会出现温度偏高的现象。复合布透湿量波动性较大,其氧气透过量也不稳定,易造成暖贴温度忽高忽低。因此,从透湿量的角度考虑,溶剂型复合胶复合布透湿量相对偏低且波动性较小,更适用于暖贴生产。

2.2.2 上胶辊对复合布透湿性能的影响

在复合设备不变的前提下,选用上胶辊 A 和 D,以透气膜和 1#非织造材料为基材,使用溶剂型复合胶,按照 50 m/min 的复合速度制备复合布。其中,上胶辊 A 的上胶量大于上胶辊 D。然后裁取长度为 1 m、宽度为复合幅宽的大样,再根据 GB/T

12704.2—2009 标准,在大样上横向间隔 100 mm、纵向间隔 200 mm,均匀裁取 64 个小样,以保证样品具有代表性。测试结果如表 7 所示,可以看出:利用上胶量少为上胶辊 D 制备的复合布透湿量相对偏高,但上胶量少会增加涂胶量不均匀的风险,导致复合布透湿量波动性较大。

上胶辊不同,上胶量不同。不同的复合胶,所需的上胶量也不同。溶剂型复合胶因含有大量有机溶剂,涂布后需经烘干挥发,故需更高的初始涂布量才能形成足够的胶膜。因此,相较于无溶剂复合胶和 PUR 胶,溶剂型复合胶常与上胶量更大的上胶辊配合使用。上胶量会影响复合布的透湿性^[8]。上胶量过多,复合布透湿性差;上胶量少,复合布透湿量偏高且透湿量波动大,无法达到控制复合布透湿量的目的。

因此,对于不同的复合胶,需结合复合胶特性,从材料幅宽、胶液浓度、设备运转速度、刮刀均匀性、烘烤温度等多方面考虑^[9-10],选择合适的上胶辊,如网纹形状、压辊硬度等,并根据现场情况及时调整加工参数,确保复合布品质稳定。

2.2.3 复合速度对复合布透湿性能的影响

本试验以溶剂型复合胶为例,以透气膜和 1#非织造材料为基材,在复合设备不变的情况下使用上

表 7 不同上胶辊制备的溶剂型复合胶复合布透湿量测试结果

Tab. 7 Moisture permeability test results of solvent-based adhesive composite fabrics prepared with different applicator rolls		单位为 $\text{g}/(\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$	
上胶辊类型	测试值	极差	平均值
上胶辊 A	331.2, 339.7, 365.2, 343.9, 352.4, 339.7, 331.2, 352.4, 331.2, 326.9, 331.2, 352.4, 331.2, 331.2, 318.5, 356.7, 305.7, 310.0, 377.9, 310.0, 322.7, 326.9, 348.2, 377.9, 326.9, 335.4, 343.9, 322.7, 339.7, 365.2, 339.7, 331.2, 335.4, 348.2, 305.7, 326.9, 305.7, 326.9, 326.9, 310.0, 390.6, 331.2, 339.7, 356.7, 348.2, 369.4, 322.7, 339.7, 352.4, 322.7, 348.2, 352.4, 326.9, 331.2, 343.9, 322.7, 356.7, 331.2, 339.7, 326.9, 322.7, 343.9, 322.7, 314.2	84.9	336.9
上胶辊 D	399.1, 373.6, 399.1, 424.6, 433.1, 416.1, 394.9, 437.3, 386.4, 382.1, 386.4, 399.1, 416.1, 433.1, 377.9, 386.4, 394.9, 394.9, 390.6, 360.9, 403.4, 377.9, 382.1, 399.1, 390.6, 382.1, 467.1, 369.4, 394.9, 411.9, 399.1, 437.3, 437.3, 411.9, 420.4, 441.6, 437.3, 454.3, 428.8, 420.4, 416.1, 394.9, 411.9, 394.9, 390.6, 382.1, 377.9, 399.1, 394.9, 343.9, 390.6, 411.9, 382.1, 394.9, 382.1, 356.7, 462.8, 386.4, 424.6, 411.9, 416.1, 428.8, 382.1, 411.9	123.2	403.2

胶辊 A 制备复合布, 探究复合速度 (40、50 和 60 m/min) 对复合布透湿量的影响。按照 2.2.2 节的方式准备 64 块小样, 测得的透湿量结果如表 8 所示, 可以看出: 复合速度会影响复合布的透湿量及其

波动性。复合速度慢, 则上胶量大, 复合布透湿量偏低; 复合速度快, 则上胶量小, 复合布透湿量偏高。且复合速度偏低或偏高均会造成复合布透湿量波动性较大。

表 8 不同复合速度制备的溶剂型复合胶复合布透湿量测试结果

Tab. 8 Moisture permeability test results of solvent-based adhesive composite fabrics prepared with different composite speeds			
复合速度/ ($\text{m} \cdot \text{min}^{-1}$)	测试值/ $[\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}]$	极差/ $[\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}]$	平均值/ $[\text{g} \cdot (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})^{-1}]$
40	267.5, 276.0, 284.5, 276.0, 267.5, 280.2, 318.5, 356.7, 293.0, 288.7, 293.0, 310.0, 339.7, 326.9, 335.4, 352.4, 288.7, 310.0, 318.5, 310.0, 314.2, 339.7, 356.7, 411.9, 314.2, 310.0, 322.7, 314.2, 322.7, 326.9, 352.4, 394.9, 318.5, 343.9, 314.2, 305.7, 326.9, 326.9, 284.5, 310.0, 382.1, 382.1, 377.9, 365.2, 360.9, 352.4, 326.9, 348.2, 411.9, 428.8, 407.6, 382.1, 377.9, 369.4, 339.7, 322.7, 377.9, 390.6, 373.6, 373.6, 386.4, 382.1, 343.9, 352.4	161.3	337.8
50	373.6, 331.2, 365.2, 339.7, 377.9, 386.4, 373.6, 382.1, 394.9, 360.9, 394.9, 394.9, 403.4, 403.4, 407.6, 437.3, 356.7, 369.4, 369.4, 322.7, 348.2, 360.9, 365.2, 420.4, 382.1, 390.6, 352.4, 322.7, 322.7, 322.7, 369.4, 365.2, 352.4, 390.6, 369.4, 365.2, 365.2, 356.7, 399.1, 390.6, 373.6, 373.6, 352.4, 360.9, 369.4, 394.9, 356.7, 365.2, 360.9, 382.1, 348.2, 352.4, 373.6, 343.9, 360.9, 331.2, 386.4, 373.6, 352.4, 386.4, 360.9, 352.4, 348.2, 339.7	114.6	368.1
60	373.6, 339.7, 403.4, 322.7, 343.9, 462.8, 390.6, 394.9, 365.2, 437.3, 382.1, 360.9, 343.9, 373.6, 382.1, 369.4, 399.1, 339.7, 369.4, 352.4, 386.4, 365.2, 386.4, 403.4, 343.9, 365.2, 352.4, 339.7, 373.6, 365.2, 365.2, 377.9, 416.1, 386.4, 394.9, 369.4, 373.6, 411.9, 352.4, 382.1, 343.9, 360.9, 373.6, 365.2, 356.7, 369.4, 339.7, 348.2, 399.1, 373.6, 356.7, 360.9, 377.9, 386.4, 369.4, 377.9, 360.9, 343.9, 352.4, 365.2, 352.4, 360.9, 365.2, 343.9	140.1	370.7

2.2.4 不同厂家生产的聚丙烯非织造材料对复合布透湿性能的影响

在非织造材料面密度不变的前提下,将不同厂家生产的聚丙烯非织造材料与透气膜进行复合,探究非织造材料对复合布透湿量的影响。试验选用溶剂胶复合机和上胶辊 A,以 50 m/min 的复合速度,分别将不同厂家生产的面密度皆为 43 g/m² 的 1[#]和 3[#]非织造材料与透气膜进行复合制备复合布。制得的复合布分别裁取长度为 1 m、宽度为复合幅宽的大样,再根据 GB/T 12704.2—2009 标准在大样上横

向间隔 100 mm、纵向间隔 300 mm 均匀裁取 48 个小样,测量其透湿量,结果如表 9 所示。从表 9 可以看出,尽管不同厂家生产的非织造材料面密度相同,但制备成复合布后透湿量有差异。与 3[#]非织造材料制备的复合布相比,1[#]非织造材料制备的复合布平均透湿量大,且透湿量波动性小。这与生产厂家不同,聚丙烯非织造材料的生产工艺不同^[11],导致非织造材料性能存在差异有关。因此,生产中,若需确保复合布质量稳定,首先要确保原料采购稳定。

表 9 不同厂家生产的聚丙烯非织造材料制备的溶剂型复合胶复合布透湿量测试结果

Tab. 9 Moisture permeability test results of solvent-based adhesive composite fabrics prepared with polypropylene nonwovens from different manufacturers

单位为 g/(m²·24 h)

非织造材料	测试值	极差	平均值
1 [#]	352.4, 356.7, 386.4, 369.4, 377.9, 360.9, 411.9, 365.2, 343.9, 343.9, 352.4, 356.7, 365.2, 352.4, 339.7, 386.4, 356.7, 360.9, 394.9, 360.9, 373.6, 382.1, 411.9, 399.1, 369.4, 352.4, 365.2, 343.9, 343.9, 360.9, 369.4, 339.7, 394.9, 348.2, 356.7, 339.7, 390.6, 399.1, 348.2, 356.7, 377.9, 382.1, 369.4, 399.1, 369.4, 394.9, 377.9, 369.4	72.2	368.3
3 [#]	297.2, 314.2, 373.6, 343.9, 343.9, 305.7, 276.0, 276.0, 322.7, 305.7, 314.2, 301.5, 305.7, 305.7, 318.5, 314.2, 339.7, 310.0, 352.4, 348.2, 339.7, 339.7, 373.6, 339.7, 305.7, 335.4, 322.7, 343.9, 305.7, 301.5, 301.1, 331.2, 313.8, 296.8, 292.6, 288.7, 322.7, 339.7, 386.4, 360.9, 339.2, 368.9, 390.1, 318.5, 322.7, 326.9, 326.9, 326.9	114.1	325.6

2.3 拉伸性能

从生产实践来看,复合布的拉伸性能对暖贴的连续高效生产具有显著影响。暖贴包装多采用配备气动切刀的全自动包装机生产,复合布的强力与弹性直接决定了切刀的工作负荷。若复合布强力过高,弹性过大,则冲切过程中切刀将承受更大的瞬时冲击力,长期反复作用会导致切刀磨损加剧、使用寿命缩短。而企业频繁更换切刀,不仅增加生产成本,还可能因停机换刀造成生产中断,影响生产效率。因此,在评估复合布拉伸性能时,断裂强力和断裂伸长率都是需重点考量的指标。断裂伸长率反映了材料在断裂前所能承受的变形程度,其与断裂强力共同构成对复合布力学行为的完整评价。若断裂强力高但断裂伸长率偏低,则复合布在受到较小变形时即可能发生脆性断裂;若断裂伸长率较高但断裂强力不足,则复合布虽能承受较大形变,却容易在小外力下发生破坏。

本试验以透气膜为基材,分别制备溶剂型复合胶复合布(与 1[#]、2[#]和 3[#]非织造材料复合,网辊使用上胶辊 A,复合速度为 50 m/min)、无溶剂复合胶复

合布(与 2[#]非织造材料复合,网辊使用上胶辊 B,复合速度为 200 m/min)及 PUR 胶复合布(与 3[#]非织造材料复合,网辊使用上胶辊 C,复合速度为 50 m/min)。不同复合布的拉伸性能测试结果如表 10 所示。行业新标准 QB/T 4903—2025《一次性发热贴(袋)》规定,非粘贴型产品断裂强力不应小于 100 N,粘贴型产品断裂强力不应小于 50 N。

表 10 不同复合布拉伸性能测试结果

Tab. 10 Tensile performance test results of different composite fabrics

复合布名称	非织造材料	断裂强力/N		断裂伸长率/%	
		横向	纵向	横向	纵向
溶剂型复合胶复合布	1 [#]	61.5	152.0	156.5	137.7
	2 [#]	58.1	146.5	94.8	104.5
	3 [#]	118.3	187.1	138.7	116.4
无溶剂复合胶复合布	2 [#]	50.0	133.0	73.2	82.8
PUR 胶复合布	3 [#]	107.0	154.0	102.6	99.1

从表 10 可以看出:断裂强力方面,3 种复合布纵

向均能满足暖贴行业新标准对非粘贴型产品的要求,但3种复合布横向断裂强力差异较大。采用2[#]非织造材料制备的无溶剂复合胶复合布的纵横向断裂强力最低。复合布断裂强力的差异主要源于所用非织造材料品质及复合胶类型。断裂伸长率方面,3种复合布差异显著,这主要与非织造材料自身的断裂伸长率有关。原料类型、纤维密度、生产工艺及外部老化等因素都会影响非织造材料的断裂伸长率^[11]。另外,复合胶类型不同,涉及的复合工艺参数如上胶量、压辊压力、温度、干燥及固化时间等也不同^[12],这都会引起粘贴性能的差异,进而影响复合布的拉伸性能。

2.4 温度特性

温度特性是暖贴的关键指标,主要受发热物料

和包装材料的影响,其关乎暖贴的使用效果与安全性。由于暖贴用发热物料及包装材料品质难免有波动,较难实现暖贴高温一致性,故控制暖贴产品温度时,通常将最高温度设为限值而非定值。

本试验以1[#]非织造材料为基材,与2个不同批次的透气膜[平均透湿量分别为350 g/(m²·24 h)和400 g/(m²·24 h)]复合制备复合布,复合胶分别采用溶剂型复合胶(配套上胶辊A,复合速度为50 m/min)、无溶剂复合胶(配套上胶辊B,复合速度为200 m/min)及PUR胶(配套上胶辊C,复合速度为50 m/min)。然后,使用制备的复合布分别对发热物料进行包装,制备暖贴。从批量中随机抽取10个暖贴样品进行温度特性测试,结果如表11所示。

表 11 不同复合布包装的暖贴温度特性测试结果

Tab. 11 Temperature characteristics test results of warm pads packaged with different composite fabrics

复合胶类型	透湿量/ [g·(m ² ·24 h) ⁻¹]		暖贴最高温度/℃	暖贴持续发热时间/h
	透气膜	复合布		
溶剂型复合胶	407	361	60.9, 59.5, 61.7, 60.3, 63.3, 61.0, 63.6, 60.2, 57.3, 58.9	10.4, 10.6, 9.7, 10.8, 9.6, 10.5, 9.7, 10.1, 11.1, 10.5
	365	324	57.8, 56.5, 55.4, 58.2, 57.6, 56.8, 58.9, 57.3, 56.5, 58.1	12.3, 12.5, 13.4, 12.7, 13.1, 12.4, 11.8, 12.3, 12.8, 11.6
无溶剂复合胶	410	392	67.3, 66.5, 66.3, 63.3, 63.3, 63.6, 65.8, 66.4, 66.7, 67.9	7.3, 8.1, 7.5, 9.1, 8.9, 8.8, 7.3, 7.8, 7.9, 7.5
	356	348	63.3, 63.5, 64.1, 63.4, 62.8, 63.4, 63.2, 63.8, 64.4, 65.1	8.9, 9.5, 8.7, 8.8, 9.6, 8.4, 8.7, 9.3, 8.9, 8.1
PUR 胶	406	385	67.2, 65.9, 66.3, 64.1, 65.8, 65.8, 64.2, 64.7, 66.8, 67.1	7.5, 8.1, 6.7, 8.8, 7.3, 7.2, 7.9, 8.6, 7.8, 6.9
	362	354	64.5, 65.1, 59.8, 63.2, 61.8, 65.3, 63.6, 64.1, 64.8, 60.0	8.6, 8.5, 9.8, 9.1, 9.3, 8.5, 8.7, 8.5, 8.8, 10.1

从表11可以看出:不同复合布包装制备的暖贴,最高温度均符合行业标准QB/T 4903—2016的要求(不大于68℃)。同一透气膜条件下,溶剂型复合胶复合布的透湿量相对较小,其包装成暖贴后最高温度相对偏低,持续发热时间最长;无溶剂复合胶复合布与PUR胶复合布的透湿量相对较大,两者包装成暖贴后最高温度相对偏高,持续发热时间相对偏短。可见,利用溶剂型复合胶复合布制备的暖贴,温度更适宜且发热时间长,但该复合布含挥发性溶剂,对健康有害且静电大,因此改进复合胶配方、解决无溶剂型复合胶复合布静电问题,是未来产业

的发展方向。部分企业如回天新材、康达新材等已开始量产低苯系物及高固含量型胶黏剂,涂布成本也在下降。

同一复合胶条件下,由透湿量相对更低的透气膜制成的暖贴,最高温度相对偏低,持续发热时间相对较长。

3 结论

本研究通过系列试验,探究了暖贴用透气膜/非织造材料复合布的性能,得出:

(1)静电性能方面,复合胶类型对复合布静电性能影响显著。溶剂型复合胶复合布易形成静电,无溶剂复合胶复合布与 PUR 胶复合布抗静电性优。

(2)透湿性能方面,复合胶、上胶辊、复合速度、非织造材料等均会对复合布的透湿量产生影响,进而影响氧气透过量。

(3)拉伸性能方面,复合布纵向断裂强力均达标,但横向断裂强力差异较大,复合胶与非织造材料共同影响复合布的拉伸性能。

(4)温度特性方面,由 3 种复合胶分别制备的复合布包装制成的暖贴,最高温度均达标,但持续发热时间差别明显。溶剂型复合胶复合布制备的暖贴最高温度相对偏低且持续发热时间长,无溶剂复合胶复合布和 PUR 胶复合布制备的暖贴最高温度相对偏高且持续发热时间短。复合布的透湿量对温度特性的影响显著,透湿量低的复合布制备的暖贴,最高温度相对偏低,持续发热时间相对偏长。

总之,材料性能影响暖贴质量与生产,静电性能影响产品生产效率,拉伸性能关乎产品使用安全,透湿性能决定暖贴发热效果。本研究基于常规暖贴产品的典型特性展开,所获数据与结论针对性强。实际生产中,各企业应结合自身产品的具体特点,选用性能匹配性与安全合规性均适宜的原材料,以及合适的复合工艺,制备暖贴产品,提升暖贴性能与品质。



期刊采编平台



中国知网下载

参考文献

- [1] 2025 年中国暖宝宝需求量约 17.2 亿贴 成为全球最大的暖宝宝消费市场之一[EB/OL]. (2025-12-15) [2026-04-12]. <https://www.gonyn.com/industry/1905356.html>
- [2] 暖宝宝主要成分的组成分析研究读书报告(修改版)[EB/OL]. (2014-01-25) [2025-03-20]. <https://www.doc88.com/p-9062003617007.html>
- [3] GB/T 12704.2—2009 纺织品 织物透湿性试验方法 第 2 部分:蒸发法[S].
- [4] GB/T 1040.3—2006 塑料拉伸性能的测定 第 3 部分:薄膜和薄片的试验条件[S].
- [5] QB/T 4903—2016 暖贴[S].
- [6] 吕玲,高德,许文才,等. 无溶剂复合技术的特点及相关设备结构分析[J]. 中国塑料, 2010, 24(10): 9-16.
- [7] 莫钦,张雅峰,熊林颖,等. 聚氨酯胶黏剂热稳定性研究进展[J]. 化工新型材料, 2021, 49(3): 207-211.
- [8] 王春梅,李朝晖. 影响防水透湿层压复合织物性能的因素分析[J]. 上海纺织科技, 2009, 37(7): 52-53.
- [9] 郭鹏飞,孔真,黄汝权,等. 软包装无溶剂复合工艺及牢度规律研究[J]. 包装工程, 2023, 44(15): 32-38.
- [10] 伍秋涛. 实用软包装复合加工技术[M]. 北京:化学工业出版社, 2008.
- [11] 汪家宝,崔寅鑫,王耀华,等. 聚丙烯纤维树脂对无纺布性能的影响研究[J]. 包装工程, 2023, 44(15): 39-44.
- [12] 王小君,包界杰,张丹丹,等. 黏合成型非织造布结构与力学强度关系研究[J]. 产业用纺织品, 2022, 40(1): 41-49.

奋进“十五五”

科技谱新篇