

聚丙烯非织造布的亲水整理与淋膜加工

王宗乾 王邓峰 谢艳霞 罗 潇

(安徽工程大学纺织服装学院, 芜湖 241000)

摘 要 采用 Kissroll 工艺对聚丙烯(PP)非织造布进行亲水整理,然后经淋膜加工制备了具有亲水/疏水双面异性能的聚乙烯膜/聚丙烯(PE/PP)复合非织造布。研究了亲水整理对淋膜剥离强度的影响,对比了淋膜前后 PP 亲水性能的变化,同时分析了 PE/PP 复合非织造布的柔韧性能。结果表明,亲水整理改变了 PP 非织造布原有的表面特征,并构筑了“弱边界层”,致使淋膜剥离强度下降;相对于后整理的 PP 非织造布,PE/PP 的芯吸高度分别下降了 34.3%(纯水)、28.6%(生理盐水),吸水比重分别下降 44.8%(纯水)、43.2%(生理盐水);淋膜同时降低了 PP 的柔软度,但复合非织造布的力学性能明显提升。

关键词 非织造布,淋膜,亲水整理,芯吸高度,剥离强度

Hydrophilic finishing and laminating of PP non-woven fabric

Wang Zongqian Wang Dengfeng Xie Yanxia Luo Xiao

(School of Textile and Garment, Anhui Polytechnic University, Wuhu 241000)

Abstract Polypropylene (PP) non-woven fabric was hydrophilically finished by Kissroll process, and then polyethylene film/polypropylene (PE/PP) composite non-woven fabric with two-layer heterogeneity of hydrophilic/hydrophobic was prepared by laminating. The effect of hydrophilic finishing on the peeling strength of the laminating was studied, and the change of hydrophilic properties on PP before and after laminating was compared, the flexibility of PE/PP was analyzed simultaneously. The results shown that the hydrophilic finishing changed the original surface characteristics of the PP and constructed a “weak boundary layer”, which caused a decrease in the peeling strength of the laminating. Compared with the PP fabric after finishing, the wicking height of PE/PP decreased by 34.3% (pure water) and 28.6% (normal saline) respectively. The water absorption specific gravity decreased by 44.8% (pure water) and 43.2% (normal saline) respectively. Moreover, the softness of PP was reduced after laminating, but the mechanical properties of composite non-woven fabric were significantly improved.

Key words non-woven fabric, lamination, hydrophilic finishing, wicking height, peel strength

亲水/疏水双面异性的复合织物具有阻止血液渗透、防止创伤细菌感染等生物安全功能,同时亲水面又可以吸收手术积液,因而被广泛应用于医疗卫生领域,具有广阔的市场前景^[1]。因聚丙烯(PP)非织造布和聚乙烯(PE)膜具有成本低、耐磨性好、易加工等优势,常以透气透湿的 PP 布为亲水面,透气阻湿 PE 膜为拒水面,经热熔胶压覆制备双面异性医用布。但 PP 材料结晶度高,分子排列规整,且表面不含有亲水性基团,不能满足一次性医疗卫生布的亲水性要求^[2]。目前针对 PP 非织造布的亲水整理方法多样,其中采用化学修饰^[3-5]、等离子体改性^[6]、紫外光固化^[7-8]等途径对 PP 非织造布表面进

行亲水改性,可提升布样的吸水性能,但工艺技术复杂,设备要求较高,难以工业化生产。相关研究表明,采用亲水剂对 PP 非织造布进行后整理,工艺简单,可显著提升 PP 的吸水性能^[9]。Zhang 等^[10]采用浸轧方式将亲水聚乙烯醇(PVA)涂覆整理于 PP 材料表面,改善了材料表面润湿性能和透湿性;陈晶晶等^[11]选用表面活性剂对 PP 基材料浸渍整理,不仅赋予了复合织物优异的亲水性,而且对织物力学性能及服用性能影响较小,为亲水 PP 非织造布工业化加工提供了有效途径。在复合布制备工艺上,采用淋膜工艺制备 PE/PP 覆膜非织造布避免了热熔胶的使用,具有克重低、尺寸稳定性好、无甲醛释

基金项目:芜湖市科技计划项目(2017yf14,2017yf33);安徽工程大学中青年拔尖人才项目(2016BJRC007)

作者简介:王宗乾(1982-),男,教授,博士,主要研究方向为功能化纤维的结构调控与成型技术。

放等特点,可满足医疗卫生领域对产品生态功能的需要^[12]。

综上可知,先对 PP 非织造布进行亲水后整理,再对其进行 PE 淋膜加工,制得的 PE/PP 覆膜非织造布具有亲水/疏水双面异性功能。但目前尚没有 PE 淋膜加工对后整理 PP 非织造布亲水性能及力学性能影响规律的报道,也缺乏亲水后整理对剥离强度影响的研究。为此,本实验将首先对 PP 非织造布进行 Kissroll 亲水后整理,然后对其进行 PE 淋膜加工,并对比分析了淋膜前后 PP 布样吸水性能的差异,测试分析了 PE/PP 覆膜非织造布的力学性能,以期为亲水/疏水双面异性复合非织造布材料的开发提供实验基础。

1 实验部分

1.1 材料与仪器

PP 非织造布(克重 24g/m²),合肥高贝斯非织造布制品有限公司;高密度 PE 母粒(纯度 98%),合肥高贝斯非织造布制品有限公司;氯化钠(AR),上海阿拉丁药剂公司;TF-629 亲水整理剂,浙江传化助剂有限公司。

Kissroll 非织造布后整理联合机(SIPDA 型),合肥高贝斯无纺布有限公司;PE 流延膜生产设备(GWS 型),合肥高贝斯无纺布有限公司;场发射扫描电子显微镜(SEM,S-4800 型),日本日立公司;织物硬挺度仪(FY207 型),温州方圆仪器有限公司;多功能电子织物强力机(YG026H 型),温州方圆仪器有限公司;实验室纯水系统(Basic-Q15 型),上海和泰仪器有限公司;光学接触角测量仪(DSA-25 型),昆山琦凡精密仪器有限公司。

1.2 PE/PP 复合非织造布的制备

采用 Kissroll 方式对 PP 非织造布进行亲水后整理,工艺流程如图 1 所示。后整理工作液中亲水剂质量浓度为 7.5%,加工布速为 40m/min,烘干温度 90℃。

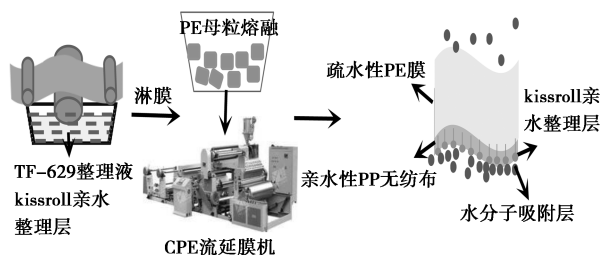


图1 PE/PP 复合非织造布制备工艺流程图

在流延膜机上对 PP 非织造布进行淋膜加工,淋膜工艺中熔融温度为 215℃,加工速度为 55 m/min,PE 淋膜克重为 18g/m²。

1.3 测试与表征

1.3.1 芯吸高度与吸水比重

参照 DIN 53924—1997 标准,对比测试了亲水整理 PP、PE/PP 分别在超纯水、0.9%生理盐水中的芯吸性能,并记录不同时间下的芯吸高度值,绘制芯吸速率曲线。

参照 GB/T 24218.6—2010 标准,对比测试了亲水整理 PP、PE/PP 分别在超纯水、0.9%生理盐水中的吸水比重,吸水比重计算公式如式 1 所示,各布样测试 5 次,取平均值。

$$LAC = \frac{\Delta m}{m_{PP}} \times 100\% \quad (1)$$

式中,LAC 为吸水比重,%; m_{PP} 为吸液前 PP 非织造布或 PE/PP 复合非织造布中 PP 织物的质量,g; Δm 为吸液前后测试布样的质量差值,g。其中,PE/PP 复合非织造布中 PP 织物的质量依照布样的尺寸和 PP 织物的克重计算。

1.3.2 织物微观形貌

采用 S-4800 型场发射扫描电子显微镜对亲水整理前后 PP 非织造布纤维的表面形貌进行观察,将待测无纺布试样粘附于样品台上,再放入 SBC-12 型离子溅射仪进行镀金;然后将镀金试样放置于扫描电镜置物台上,抽真空后开始测试。

1.3.3 润湿性能

静态接触角:剪取基布试样为 1cm×2cm 的细长条状,平整的粘贴在载玻片上;针头向复合膜上滴加超纯水,水滴在膜上停留 5s 后,用 DSA-25 光学接触角测量仪对水滴形状进行拍摄并计算静态接触。

1.3.4 剥离强度

将淋膜后的非织造布剪成 2.54cm×10cm 尺寸的测试布条,用于剥离强度的测试。测试参照 ISO 29862:2007《粘胶带抗剥离粘附性能的测定》标准进行,夹距为 100mm,速度为 300mm/min,亲水整理后淋膜布样以及未亲水整理淋膜布样各测试 6 块,取平均值。

1.3.5 硬挺度

硬挺度是指织物弯曲变形的刚柔程度,参照 SN/T 1233—2010 标准,对淋膜前后 PP 非织造布(150mm×20mm)的硬挺度进行测试,测试中分别

取 10 块试样,取平均值。

1.3.6 拉伸性能

按照标准 FZ/T 60005—1991《非织造布断裂强力及断裂伸长的测定》方法,分别对淋膜前后的 PP 非织造布进行测试,取 5cm×25cm 的 2 种试样各 6 块,采用拉伸仪测试(夹距 200mm,拉伸速度 100mm/min)布样断裂强力和断裂伸长率,取平均值。

2 结果与讨论

2.1 亲水整理 PP 非织造布的表面形貌与润湿性能研究

图 2 为亲水整理前后 PP 非织造布的表面形貌特征,由图可知,未整理的 PP 纤维[图 2(a)]表面无附着物,表面光滑,纤维间无粘连;整理后[图 2(b)],亲水剂在 PP 纤维表面附着,并形成了几乎连续的亲水膜,将 PP 纤维粘连起来,改变了 PP 纤维的原有形貌。

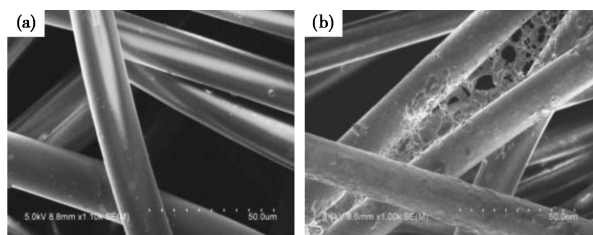


图 2 亲水整理前后 PP 的 SEM 图
[(a)未整理;(b)亲水整理]

对亲水整理前后的 PP 非织造布进行静态接触角测试,结果如图 3 所示。由图可知,未整理的 PP 非织造布[图 3(a)]表面接触角平均值高于 90.76°,表明该表面为疏水表面,没有亲水性能;亲水整理后 PP 非织造布[图 3(b)]的接触角为 0°,平均润湿时间仅为 1.73s,表明亲水性好,易被水润湿。结合 SEM 图,本研究进一步认为,亲水整理后,大量整理剂附着于 PP 非织造布表面及纤维缝隙,非离子型整理剂疏水基与 PP 非织造布结合,亲水基团向外,

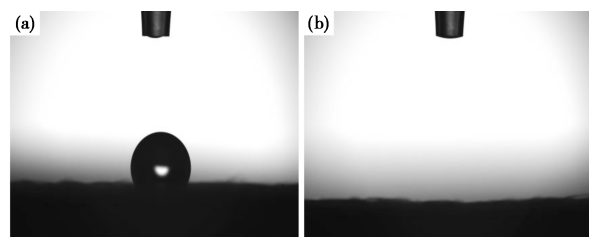


图 3 亲水整理前后 PP 表面接触角
[(a)未整理;(b)亲水整理]

形成定向排列的连续亲水薄膜层,降低了 PP 非织造布面的表面能,使液滴便于润湿铺展,从而达到改变润湿性能的目的,但较低的表面能会对 PP 布粘合性能产生潜在影响。

2.2 亲水整理对 PE/PP 复合非织造布剥离强度的影响分析

采用相同工艺对亲水整理前后 PP 非织造布进行 PE 淋膜加工,然后各取 6 块 PE/PP 复合非织造布测试布样的剥离强度,结果如图 4 所示。

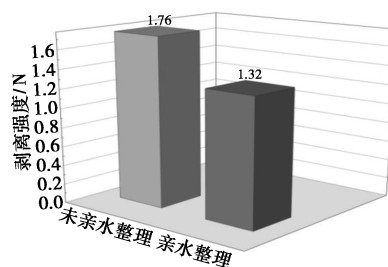


图 4 亲水整理对 PE/PP 复合非织造布剥离强度的影响

由图 4 可知,淋膜工艺后,PE/PP 复合非织造布具有一定的剥离强度,而亲水整理后 PE/PP 复合非织造布的剥离强度出现一定程度的降低。根据粘合理论,由于 PP、PE 材料表面缺少活性基团和极性基团,其粘合主要凭借诱导力,但因 PP 和 PE 两者结构相似,相容性较好,有利于熔融 PE 渗入 PP 内部并冷却固化实现两者机械锁合,因而具有一定的剥离强度。而导致亲水整理后 PE/PP 复合非织造布的剥离强度降低的因素较为复杂:一方面,由于采用的 TF-629 亲水整理剂为非离子型表面活性剂,经亲水整理后易粘附聚集于 PP 非织造布界面,形成了弱边界层^[13],且该弱边界层具有较好的吸湿性,易发生界面膨化,影响剥离强度;另一方面,因熔融 PE 在较高表面能的 PP 非织造布上物理吸附所具有的粘合强度较大,难以剥离。但 PE 与 PP 间的结合模式属于机械粘结与润湿吸附,固体亲水整理剂降低了 PP 非织造布的表面能,导致熔融 PE 对 PP 非织造布浸润性差,PE、PP 间接触面积有限,熔融基体 PE 难以填补到增强材料 PP 表面凹凸不平的空洞中,因而导致剥离强度降低^[14]。

2.3 PE 淋膜对整理 PP 非织造布亲水性能的影响分析

实验以生理盐水(0.9% NaCl)模拟人体组织液,对比测试了亲水整理 PP 非织造布淋膜前后的芯吸速率及芯吸高度,结果如图 5 所示。

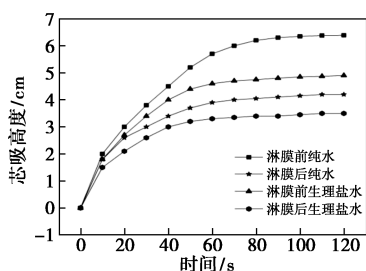


图5 淋膜对亲水整理PP非织造布芯吸速率的影响

由图可见,未经亲水整理的PP非织造布基本无吸水能力,但经亲水整理后布样的吸水能力得到显著提升。由图5可知,2min内亲水整理PP非织造布对超纯水的平衡芯吸高度可达6.39cm,相同条件下对生理盐水的平衡芯吸高度可达4.9cm;经PE淋膜后,PE/PP复合非织造布对超纯水的平衡芯吸高度下降2.3cm,对生理盐水的平衡芯吸高度下降2.19cm。但淋膜前后PP非织造布芯吸速率曲线的变化趋势一致,即在80s后,芯吸基本达到平衡。表明淋膜前后,非织造布样的吸水能力同样来自整理到纤维表面的亲水剂,但淋膜后整理到非织造布上的亲水剂部分被PE膜覆盖,无法发挥吸水作用;同时淋膜加工中非织造布纤维间的空隙变小,布样的毛细管效应降低,因此淋膜后非织造布的吸水能力有所下降。纤维通过毛细管吸液时,纤维内部与所吸溶液存在离子浓度差因而产生渗透压,水分子在渗透压作用下向纤维内部渗透,而生理盐水中的 Na^+ 、 Cl^- 降低了纤维与溶液离子浓度差,导致水分子扩散系数降低,造成整理前后PP纤维在相同条件下芯吸纯水速率快于生理盐水。

实验同时对比测试了淋膜前后PP非织造布的吸水比重,结果如图6所示,由图可知,亲水整理的PP非织造布在淋膜前,对超纯水的吸水比重可达664.5%,对生理盐水的吸水比重亦可达607.5%;而淋膜后PE/PP复合非织造布的吸水比重显著下降,其中对超纯水的吸水比重下降率为44.8%,对生理盐水的吸水比重下降率为43.1%。淋膜后

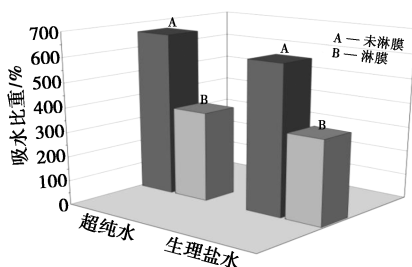


图6 淋膜对亲水整理PP非织造布吸水比重的影响

PE/PP复合非织造布吸水比重值显著下降的原因同芯吸高度影响原因相似,在于PE膜对亲水剂覆盖的影响和毛细效应的减弱。但考虑到未经整理的PP非织造布根本没有吸水能力,而淋膜后复合非织造布具备了一定的吸水性能,因而可满足实际需求。

2.4 PE/PP复合非织造布的柔韧性与力学性能研究

为表征淋膜加工对非织造布柔软性能以及力学性能的影响,对比测试了淋膜前后PP非织造布的硬挺度以及断裂强度、断裂伸长率数值,并绘制拉力-位移曲线,结果图7所示。由图可知,未淋膜的PP非织造布拉伸过程主要存在两个阶段:起始阶段,布样拉伸强力随位移的增大而增大,但当位移即布样形变程度达28.5cm时,纤维主体发生断裂,仅存在部分散纤维连接;而当位移继续增大,散纤维逐步断裂直至强力消失,拉伸过程结束。由图7曲线1可见,淋膜后PE/PP复合非织造布的拉伸强力明显高于PP非织造布,当形变程度小于28.5cm时,PE膜同PP布构成复合布共同受力拉伸,其强力明显高于单一PP布;而当PP布拉伸达到临界值,PP主体断裂,但PE膜断裂延伸性明显优于PP布,其尚可提供较高拉伸强力;直至拉伸形变高于32.7cm时,PE膜断裂,复合布即无PE膜拉伸又无PP散纤维粘结,因而完全断裂,强力垂直下降。

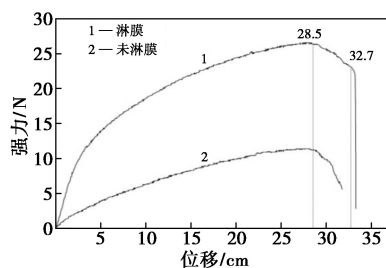


图7 淋膜前后PP非织造布的拉伸-位移曲线

通过对淋膜前后PP非织造布拉伸-位移曲线分析,并结合其力学性能数据和实际拉伸过程,分析了淋膜前后非织造布力学性能变化机理,结果如表1所示。由表1可知,因淋膜后覆膜布的厚度有所提高以及PE膜对PP纤维的束缚,淋膜非织造布的硬挺度增加,一定程度上影响了非织造布的柔软性能;淋膜工艺对于PP非织造布的力学性能有着极大改善,淋膜后非织造布的断裂强度和断裂伸长率都有明显提升,拉伸状态如图8所示。

表 1 淋膜对 PP 非织造布硬挺度及力学性能的影响

	弯曲长度/cm	断裂强力/N	断裂伸长率/%
未淋膜	3.78	11.5	82.2
淋膜	5.14	26.5	107.1

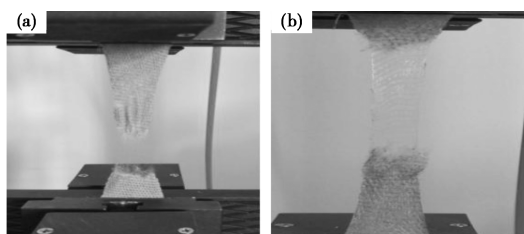


图 8 布样拉伸形态图

[(a)PP 非织造布;(b)淋膜 PE/PP 复合非织造布]

由图 8 布样拉伸形态可见,PP 非织造布[图 8(a)]断裂后仅有少量散纤维连接,其断裂拉伸距离有限;而淋膜后,PE/PP 复合非织造布[图 8(b)]虽然拉伸中 PP 纤维发生断裂,但整体展现了优异的延展性。因此,本研究认为,淋膜 PE/PP 复合非织造布力学性能明显主要在于经熔融螺杆挤出加工的 PE 膜本身具有一定的强力和优异的延展性;同时,将 PE 膜淋于 PP 非织造布上,经轧压后,熔融 PE 在 PP 非织造布表面发生部分渗透,冷却成型的 PE 淋膜层对 PP 非织造布中散纤维产生束缚作用,并增加了 PP 非织造布纤维间的缠结程度^[15],使纤维间的摩擦力增加,虽然非织造布的柔软度有所降低,但力学性能得到提升,表明淋膜 PP 非织造布耐用性能得到提升。

3 结论

(1)亲水整理的 PP 非织造布经淋膜加工后,可制备复合功能的非织造布材料。因亲水整理 PP 非织造布的表面及纤维空隙沉积了亲水剂组分,改变了纤维表面能,使 PE 淋膜后的 PP 非织造布剥离强度下降。

(2)PE 淋膜加工降低了亲水整理 PP 非织造布的芯吸高度和吸水比重,同时对布样的柔软性能产生影响,但淋膜后非织造布的力学性能提升,提高了产品的耐用性能。

参考文献

[1] 郝习波,李辉芹,巩继贤,等.单向导湿功能纺织品的研究进展

[J].纺织学报,2015,36(7):157-161.

- [2] Xia L, Xi P, Cheng B W. Study of irradiation hydrophilic modification of polypropylene meltblown nonwovens[J]. Advanced Materials Research, 2013, 627: 348-352.
- [3] Chen H, Kong L, Wang Y. Enhancing the hydrophilicity and water permeability of polypropylene membranes by nitric acid activation and metal oxide deposition[J]. Journal of Membrane Science, 2015, 487: 109-116.
- [4] Zhao J, Shi I Q, Luan S, et al. Improved biocompatibility and antifouling property of polypropylene non-woven fabric membrane by surface grafting zwitterionic polymer[J]. Journal of Membrane Science, 2011, 369(1-2): 5-12.
- [5] Wang K, Wang W, Yang D, et al. Surface modification of polypropylene non-woven fabric using atmospheric nitrogen dielectric barrier discharge plasma[J]. Applied Surface Science, 2010, 256(22): 6859-6864.
- [6] 唐丽华,李鑫,江渊,等.等离子体引发丙烯酸胺接枝改性聚丙烯非织造布[J].纺织学报,2007,28(12):27-29.
- [7] 蓝杰蕊,沈锦玉,李玖明,等.紫外光固化技术对聚丙烯非织造布的亲水改性[J].纺织学报,2017,38(5):98-103.
- [8] Ren Y, Zhao J, Wang X. Hydrophilic and antimicrobial properties of acrylic acid and chitosan bigrafted polypropylene meltblown nonwoven membrane immobilized with silver nanoparticles[J]. Textile Research Journal, 2018, 88(2): 182-190.
- [9] Wang C, Yang F, Liu L F, et al. Hydrophilic and antibacterial properties of polyvinyl alcohol/4-vinylpyridine graft polymer modified polypropylene non-woven fabric membranes[J]. Journal of Membrane Science, 2009, 345(1-2): 223-232.
- [10] Zhang C H, Yang F L, Wang W J, et al. Preparation and characterization of hydrophilic modification of polypropylene non-woven fabric by dip-coating PVA (polyvinyl alcohol)[J]. Separation & Purification Technology, 2008, 61(3): 276-286.
- [11] 陈晶晶,吴海波.蚕丝/ES 非织造布的亲水整理[J].东华大学学报(自然科学版),2015,41(5):615-619.
- [12] 孙辉,于斌,朱斐超,等.汽车内饰用涤纶针刺布/聚乙烯淋膜复合材料研究[J].现代纺织技术,2017,25(4):6-9.
- [13] 陈同海,贾明印,杨彦峰,等.纤维增强复合材料界面理论的研究[J].当代化工,2013(11):1558-1561.
- [14] 王岚,贾永杰,张大伟,等.基于表面能理论研究盐冻循环对沥青-矿料界面粘附性的影响[J].复合材料学报,2016,33(10):2380-2389.
- [15] 于宾,曾月宁,赵晓明,等.PAN 预氧化纤维针刺复合滤料制备与性能研究[J].化工新型材料,2017(10):106-108.

收稿日期:2018-10-18