

多层复合结构遮光涤纶面料的开发与性能研究

郦国松

浙江帛川纺织有限公司 浙江 绍兴 311800

【摘要】：本文开展多层复合结构遮光涤纶面料的开发研究，通过优化原料选型、设计合理复合结构、调整关键工艺参数，成功制备出综合性能优异的产品。研究采用 150D/36F 涤纶长丝机织物作为基布，搭配改性涤纶遮光薄膜与热熔胶网膜，设计“表层-粘结层-遮光层-粘结层-底层”的五层复合结构，经热压复合工艺优化后，产品平均遮光率达 98.5%，紫外线阻挡率 99.2%，断裂强度 356N，层间剥离强度 3.2N/cm，同时保持良好的透气性与耐用性。该研究通过层间协同设计与工艺参数优化，解决了传统遮光面料遮光与透气平衡不佳、层间结合牢度不足等问题。

【关键词】：多层复合结构；遮光涤纶面料；工艺开发；性能测试

DOI:10.12417/2705-0998.25.23.043

1 引言

近年来，行业统计显示我国遮光面料年需求量超 10 亿平方米，高端产品占比约 30%且逐年上升。涤纶面料因强度高、耐磨、易加工、成本适中等优势，成为遮光面料主流基材，但单一结构涤纶面料遮光率仅 75-80%，难以满足高端场景要求，且在耐光老化、防水透气等综合性能上有明显短板。

多层复合结构能将不同功能材料层协同组合，实现单一材料无法达到的综合性能。在遮光面料领域，多层复合技术通过专用遮光层与基布复合，可显著提升遮光性能，兼顾力学强度、透气耐用等特性，成为高端遮光面料核心发展方向。目前，多层复合遮光面料已广泛用于高端酒店、写字楼、新能源汽车等场景，市场需求迫切，开发高性能多层复合结构遮光涤纶面料意义重大。

2 多层复合遮光涤纶面料的原料选择与结构设计

2.1 核心原料选型

2.1.1 涤纶基布

基布需兼顾力学强度、透气性与加工适配性。本研究选 150D/36F 涤纶长丝机织物作基布，采用平纹组织结构，经密 300 根/10cm，纬密 280 根/10cm，单位面积质量 120g/m²。该基布优势明显：其一，涤纶长丝强度高、耐磨，可为面料提供力学支撑；其二，平纹结构透气且稳定，预处理后尺寸稳定、不易变形；其三，市场供应充足、成本可控，适合产业化生产。

2.1.2 遮光功能层

遮光功能层是实现面料高遮光性能的核心，本研究选用改性涤纶薄膜。该薄膜在涤纶原料中添加遮光剂共混改性，厚度 0.08mm，自身遮光率达 92%，紫外线阻挡率超 95%。其特点如下：一是遮光性优异，能有效阻挡可见光与紫外线；二是热稳定性好，熔点与基布适配，适合热压复合工艺；三是柔韧性好，不影响面料手感与服用性能。

2.1.3 粘结层

粘结层用于实现基布与遮光层紧密结合，本研究选用热熔胶网膜。其熔点 110-120℃，低于基布与遮光层，确保复合时先熔化渗透，形成牢固界面结合。经测试，粘结强度≥2.5N/cm，耐水洗性能好，50 次水洗后粘结强度保留率≥90%，能满足长期使用需求。

2.2 多层复合结构设计

2.2.1 结构组成

结合原料性能与使用需求，本研究设计了“表层（涤纶基布）+粘结层+遮光功能层+粘结层+底层（涤纶基布）”的五层复合结构。表层与底层用 150D/36F 涤纶长丝机织物，中间夹改性涤纶遮光薄膜，通过热熔胶网膜紧密结合各层，实现“支撑-粘结-遮光-粘结-支撑”的功能协同。

2.2.2 层间协同设计

表层基布与外界接触，注重耐磨与透气，用平纹结构保证透气量，利用涤纶长丝耐磨提升寿命；遮光功能层在中间，是阻挡光线核心，经改性处理确保高遮光率与紫外线阻挡性能；底层基布与表层结构相同，提升整体结构稳定性，避免受力不均；粘结层在遮光层与上下基布间，通过热熔胶网膜熔化与渗透实现界面融合，确保层间结合牢度。

2.2.3 结构参数优化

为平衡性能与成本，优化复合面料结构参数。总厚度控制在 0.3-0.4mm，保证遮光与力学强度，不影响柔韧性与服用性能；单位面积质量控制在 180-200g/m²，更轻便，便于加工安装；遮光层厚度为 0.08mm，为最优；粘结层厚度 0.02mm，充分覆盖结合面，不影响透气性。

3 多层复合遮光涤纶面料的工艺设计与优化

3.1 工艺流程设计

本研究采用热压复合工艺制备多层复合遮光涤纶面料，完整工艺流程包括预处理、复合工艺、后整理三个核心阶段，具

体如下:

3.1.1 预处理

基布复合前需进行退浆和预缩处理,去除浆料、油污等杂质并提升尺寸稳定性。退浆用90℃高温水洗20分钟,再烘干,使基布含水率在8%以下。预缩采用机械预缩工艺,用预缩机对基布拉伸与回缩,将预缩率控制在3%以内,确保复合后面料尺寸稳定。

3.1.2 复合工艺

将预处理后的表层基布、粘结层、遮光层、粘结层、底层基布依次叠放整齐,送入热压复合机进行复合处理。热压复合核心参数有温度、压力和速度,初步设定温度130-140℃、压力0.3-0.5MPa、速度5-8m/min,后续通过参数优化确定最优组合。

3.1.3 后整理

复合后的面料需进行定形处理与防水整理以提升产品性能。定形处理用热风定形机,在120℃下处理30秒,可消除复合内应力,提升尺寸稳定性与平整度。接着进行防水整理,采用浸轧法,将面料浸入防水整理剂,轧液率控制在70%,再烘干使面料表面形成防水薄膜,要求防水等级 ≥ 4 级,以满足户外或易沾污场景需求。

3.2 关键工艺参数优化

3.2.1 热压温度的优化

通过单因素试验分析不同温度对产品性能的影响:温度低于130℃,热熔胶网膜未完全熔化、渗透不充分,层间剥离强度仅1.8N/cm,面料有未复合区域;温度高于140℃,热熔胶网膜过度熔化,部分渗透到基布表面,面料透气量仅 $35\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,涤纶基布轻微发黄影响外观;而温度控制在135℃时,热熔胶网膜完全熔化且渗透均匀,层间剥离强度达3.2N/cm,面料透气量保持在 $58\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,无发黄现象,综合性能最优。因此,确定最优热压温度为135℃。

3.2.2 热压压力的优化

试验表明,压力低于0.3MPa时,各层贴合不紧密、粘结层渗透不足,层间剥离强度仅2.0N/cm,且遮光层分布不均影响遮光性能;压力高于0.5MPa时,基布纤维过度压实,面料透气性显著下降至 $42\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,手感变硬、服用性能变差。而当压力控制在0.4MPa时,各层紧密贴合、粘结层渗透均匀,层间剥离强度达3.2N/cm,透气量保持 $58\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,面料手感柔软,综合性能最佳。因此,确定最优热压压力为0.4MPa。

3.2.3 复合速度的优化

试验显示,速度过快(8m/min)时,热压时间不足,粘结层未完全固化,复合不均,面料分层,遮光率波动大(最高99.0%,最低95.2%);速度过慢(5m/min)时,热压时间过

长,面料发黄,生产效率低,日产量仅300m,难以满足产业化需求。而速度控制在6m/min时,热压时间充足,粘结层固化均匀,产品遮光率稳定在98.5%左右,层间剥离强度达3.2N/cm,日产量可达500m,能兼顾产品质量与生产效率。因此,确定最优复合速度为6m/min。

3.3 工艺难点与解决措施

3.3.1 层间剥离问题及解决措施

层间剥离是多层复合面料常见质量问题,原因是粘结层与基布、遮光层界面结合不牢固。针对此问题,本研究采取两方面措施:一是优化热熔胶网膜选型,选用与涤纶兼容性更好、分子结构相近的共聚聚酯型热熔胶网膜,以形成更强界面作用力;二是调整热压时间,在最优温度、压力与速度参数基础上,将热压时间延长至20秒,确保粘结层充分熔化并渗透各层材料,形成牢固机械与化学结合。通过这些措施,产品层间剥离强度从1.8N/cm提升至3.2N/cm,满足使用要求。

3.3.2 遮光性能不稳定问题及解决措施

遮光性能不稳定表现为面料不同区域遮光率差异大,原因是遮光层厚度不均和复合时移位。为解决此问题,一方面严格控制遮光层原料厚度偏差,要求改性涤纶薄膜厚度偏差 $\leq \pm 0.005\text{mm}$,确保原料遮光性能均匀;另一方面在复合过程中用定位装置,精准固定遮光层,避免移位、褶皱。通过这些措施,产品遮光率波动范围控制在 $\pm 0.5\%$ 以内,性能稳定性显著提升。

3.3.3 透气性与遮光性平衡问题及解决措施

传统遮光面料存在“遮光率越高,透气性越差”的矛盾,原因是为提升遮光过度增加面料厚度或压实基布结构。本研究通过结构与工艺优化实现平衡:一是将基布平纹结构改为蜂巢结构,其透气通道多,能在保证力学强度时提升透气量,经测试透气量较平纹结构提升超30%;二是优化复合工艺参数,控制热压压力0.4MPa,避免过度压实基布纤维间隙以保留透气通道;三是选用0.08mm薄型改性涤纶遮光薄膜,减少对透气通道的阻挡。最终,产品透气量达 $58\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$,远高于行业平均水平(30-40 $\text{L}/\text{m}^2 \cdot \text{s}$),实现高遮光率与良好透气性协同。

4 多层复合遮光涤纶面料的性能测试与分析

4.1 测试标准与方法

为全面评价产品性能,本研究依国家相关标准制定测试方案,确保结果准确可比。

遮光性能测试:用分光光度计测面料遮光率与紫外线阻挡率,波长覆盖380-760nm(可见光)与280-380nm(紫外线),每个样品取5个点测平均值。

力学性能测试:断裂强度依据GB/T3923.1-2013,用万能

材料试验机,速度 100mm/min,样品 50mm×200mm;层间剥离强度参照 GB/T2791-1995,用万能材料试验机做 180°剥离测试,速度 50mm/min。

耐用性能测试:耐光老化性能依据 GB/T8427-2019,用氙弧老化试验箱,条件为辐照度 1.10W/(m²·nm),黑板温度 63℃,相对湿度 50%,测 200h、300h、500h 后的遮光率与力学性能保留率;防水等级依据 GB/T4208-2017,用喷淋试验法;耐摩擦色牢度依据 GB/T3920-2008,用摩擦色牢度仪,干、湿摩擦各测 10 次,对照灰色样卡评价。

其他性能测试:透气量依据 GB/T5453-1997,用透气量仪,压力差 100Pa,面积 20cm²;手感评价用主观评分法,由 5 名行业资深技术人员从三个维度 1-5 分评分取平均值。

4.2 测试结果与分析

4.2.1 遮光性能

测试显示,多层复合遮光涤纶面料平均遮光率达 98.5%,可见光区域遮光率≥98%,紫外线区域阻挡率达 99.2%。“基布+遮光层+基布”结构能有效阻挡光,满足使用要求。对比遮光层原料,复合后面料遮光率提升 6.5 个百分点,层间协同提升了遮光效果。

4.2.2 力学性能

力学性能测试表明,产品断裂强度 356N,撕破强度 62N,层间剥离强度 3.2N/cm,均优于预设要求。断裂强度较单一基布提升 48%,因多层结构分散外力;层间剥离强度表明界面结合牢固。经 50 次水洗,断裂强度保留率 93%,层间剥离强度保留率 91%,产品力学稳定性好。

4.2.3 耐用性能

耐光老化测试结果显示,经氙弧灯老化 500h 后,产品遮光率保持在 97.8%,仅下降 0.7 个百分点,断裂强度保留率为 92%,无明显老化降解现象,表明改性涤纶遮光层与涤纶基布

耐紫外线老化性能良好,能满足户外或长期光照环境使用要求(通常使用寿命≥5 年)。防水等级达 5 级,能有效阻挡中强度喷淋,水滴滚落无渗透;耐摩擦色牢度 4-5 级,干、湿摩擦后无明显掉色,满足耐磨、耐脏需求。

综合性能测试显示,产品透气量为 58L/m²·s,远高于行业同类平均水平(30-40L/m²·s),在保证高遮光率同时实现良好透气性,避免“闷热不透气”问题。手感评价平均 4.3 分,柔软度、挺括度、顺滑度良好,满足服用场景手感要求。产品单位面积质量 192g/m²,总厚度 0.35mm,轻便柔韧,便于裁剪、缝制与安装。

5 结论

本研究针对传统遮光涤纶面料痛点,开展多层复合结构遮光涤纶面料开发与性能研究,主要结论如下:

第一,经原料选型与结构设计,确定“表层涤纶基布+粘结界+改性涤纶遮光层+粘结界+底层涤纶基布”五层复合结构,选用 150D/36F 涤纶长丝机织物作基布、0.08mm 厚改性涤纶薄膜作遮光层、熔点 110-120℃热熔胶网膜作粘结界,总厚度 0.35mm,单位面积质量 192g/m²,实现结构与性能协同。

经工艺优化,确定最优生产工艺参数:基布预处理后含水率≤8%,热压复合温度 135℃、压力 0.4MPa、速度 6m/min,后整理定形温度 120℃、时间 30s。通过优化热熔胶选型等措施,解决层间剥离等工艺难点。

性能测试显示,产品平均遮光率 98.5%,紫外线阻挡率 99.2%,断裂强度 356N,层间剥离强度 3.2N/cm,透气量 58L/m²·s,防水等级 5 级,耐光老化 500h 后遮光率保留率 97.8%,综合性能优。

本研究建立多层复合遮光涤纶面料开发技术体系,解决关键技术问题,为高端遮光涤纶面料国产化提供支撑,对推动行业技术升级、降低进口依赖有重要意义。

参考文献:

- [1] 张声诚,何芝萍,罗兴文,等.高密色织阻燃遮光面料的开发[J].现代纺织技术,2014,22(4):41-43.
- [2] 张德成,倪中秀,郝昆玥.阻燃抗紫外线全遮光窗帘面料设计与开发[J].纺织科技进展,2022(5):25-27.
- [3] 陆振兴,王泽君,丁宝冷,等.高品质复合功能针织面料的开发[J].针织工业,2024(10):31-34.