

抗紫外线涤纶织物的抗紫外线性能研究

陆 艳¹, 陈志蕾¹, 张红霞¹, 骆欢欢¹, 祝成炎¹, 贺 荣²

(1. 浙江理工大学 先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 杭州 310018; 2. 杭州万谷纺织有限公司, 杭州 310018)

摘要: 为了研究抗紫外线涤纶丝含量对涤纶织物抗紫外线性能的影响, 以抗紫外线涤纶丝和普通涤纶丝为原料制织了2组系列试样织物。采用积分球法测试织物的抗紫外线性能, 计算织物的UPF和 $T(\text{UVA})_{\text{AV}}$, 并将其作为紫外线防护效果的依据。结果表明: 在涤纶织物中嵌织抗紫外线涤纶丝后, 织物的抗紫外线性能随着抗紫外线涤纶丝含量的增加而增强, 且与多项式 $Y=A+B_1X+B_2X^2+B_3X^3$ 拟合显著相关; 对于单层织物和纬二重织物来说, 当其含抗紫外线涤纶丝的量分别大于26.7 %和23.1 %时, 织物的UPF大于40且 $T(\text{UVA})_{\text{AV}}$ 小于5 %, 均达到了较好的抗紫外线效果。

关键词: 抗紫外线; 涤纶织物; 性能测试

中图分类号: TS106.5 **文献标识码:** B **文章编号:** 1001-7003(2010)08-0011-04

Study on Anti-ultraviolet Property of the Anti-ultraviolet Polyester Fabrics

LU Yan¹, CHEN Zhi-lei¹, ZHANG Hong-xia¹, LUO Huan-huan¹, ZHU Cheng-yan¹, HE Rong²

(1. Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China; 2. Hangzhou Wangu Textile Co. Ltd., Hangzhou 310018, China)

Abstract: To study the influence of the content of the anti-ultraviolet polyester yarns on the anti-ultraviolet performance of the polyester fabrics, two sets of samples used anti-ultraviolet polyester yarns and common polyester yarns were woven for the experiment. Integrating sphere method was used to test the anti-ultraviolet performance of the samples and their UPF and $T(\text{UVA})_{\text{AV}}$ were calculated, which were taken as index of ultraviolet protection effect. The results indicated that: the anti-ultraviolet performance of the polyester fabrics enhanced as the content of the anti-ultraviolet polyester yarns increased after embedding the anti-ultraviolet polyester yarns in polyester fabrics, the results fitted with polynomial $Y=A+B_1X+B_2X^2+B_3X^3$ had significant correlation; for the single-layer polyester fabrics and the double-weft polyester fabrics, when the content of the anti-ultraviolet polyester yarns was higher than 26.7 % and 23.1 %, the value of the UPF was higher than 40 and the value of the $T(\text{UVA})_{\text{AV}}$ was lower than 5 %, the anti-ultraviolet performance of the two fabrics was better.

Keywords: Anti-ultraviolet; Polyester fabrics; Performance test

地球表面太阳紫外线辐射的增加, 导致人类皮肤发病率不断上升, 严重地影响了人体健康。

紫外线按照其辐射波长的不同, 可以划分成UVA、UVB及UVC 3个波段。紫外线对皮肤的作用主要是UVA, 它和真皮组织反应, 加速其老化; UVB也有一定的透射深度, 故也存在一定的老化作用^[1]。

有资料显示, 臭氧层每减少1 %, 紫外线辐射强度就增大2 %, 患皮肤癌的可能性将提高3 %^[2]。因此, 开发抗紫外线纺织品, 有效保护人体免受过量紫外线辐射很有必要。

目前, 生产抗紫外线功能的纺织品主要采用2种方法:

1) 在合成纤维生产过程中掺入紫外线屏蔽剂, 用共混、芯硝等方法纺丝, 使纤维具有遮蔽紫外线的功能。这种方法所得到的织物, 抗紫外线效果明显, 耐久性强, 手感好, 并能满足服装面料的要求。缺点是处理技术要求高, 成本大, 不易应用于天然纤维, 在混纺时效果难以控制^[3-4]。

2) 在织物后整理加工时采用高温高压吸尽法、常

收稿日期: 2010-03-30; 修回日期: 2010-05-29

基金项目: 国家科技支撑计划资助项目(2008CB11071-2); 杭州市科技局技术创新项目(杭经技术[2008]192号); 杭州市科技局科技发展计划项目(20090731P01)

作者简介: 陆艳(1986—), 女, 硕士研究生, 研究方向为功能纺织产品的研究与开发。通讯作者: 张红霞, 教授级高级工程师, hxzhang@zstu.edu.cn。

压吸尽法、浸渍法、涂层法、微胶囊技术和印花法、溶胶—凝胶技术等方法赋予纺织品抗紫外线功能。采用此种方法获得的织物抗紫外线功能耐水洗牢度差，且对织物风格会有一定程度的影响^[5]。

为探讨织物抗紫外线性能的影响因素，本研究以抗紫外线涤纶丝和普通涤纶丝为原料织制试样，采用积分球法测试试样的抗紫外线防护效果，从抗紫外线涤纶丝含量这方面着手对织物抗紫外线性能进行分析。

1 实验部分

1.1 试样规格

采用16.7tex(150 D)普通涤纶丝(600捻/m)作经线，纬向交织不同含量的抗紫外线涤纶丝(含量从0%~100%变化)，分别采用单层和纬二重组织制12块小样(每个组织6块)。然后将经线换作100%的抗紫外线涤纶丝，用相同的方法再织12块小样。

由于只是用作性能比较之用，故采用的组织较为简单。单层组织采用二上二下斜纹，纬二重组织采用4枚纬破斜纹背衬4枚经破斜纹(图1)。

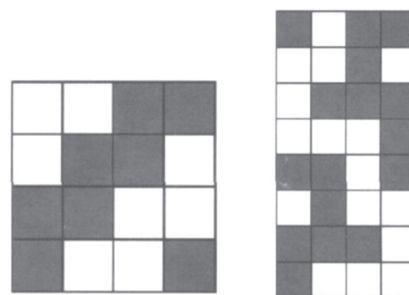


图1 单层和纬二重组织图

Fig.1 Weave Diagram of the Single-layer Samples and the Double-weft Samples

单层组织织物机上经密360根/10cm，机上纬密400根/10cm。

纬二重组织织物机上经密360根/10cm，机上纬密2×300根/10cm。

经线组合：16.7tex普通涤纶丝600捻/m或者16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m。

纬线组合1：16.7tex普通涤纶丝。

纬线组合2：8.3tex(75 D)抗紫外线涤纶丝。

2个系列试样织物的组织、经纬纱成分和含量比例见表1。

表1 试样规格
Tab.1 Specification of All Samples

编号	织物组织	经线组合	纬线组合1：纬线组合2	抗紫外线涤纶丝含量/%
1	2/2斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	1：0	0.0
2	2/2斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	4：1	5.6
3	2/2斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	3：2	11.8
4	2/2斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	2：3	18.8
5	2/2斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	1：4	26.7
6	2/2斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	0：1	35.7
7	2/2斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	1：0	47.4
8	2/2斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	4：1	55.6
9	2/2斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	3：2	64.7
10	2/2斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	2：3	75.0
11	2/2斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	1：4	86.7
12	2/2斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	0：1	100.0
13	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	1：0	0.0
14	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	4：1	6.7
15	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	3：2	14.3
16	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	2：3	23.1
17	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	1：4	33.3
18	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex普通涤纶丝600捻/m	0：1	45.5
19	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	1：0	37.5
20	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	4：1	46.7
21	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	3：2	57.1
22	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	2：3	69.2
23	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	1：4	83.3
24	4枚纬斜纹背衬4枚经斜纹	16.7tex抗紫外线涤纶丝600捻/m	0：1	100.0

1.2 测试指标和仪器

目前，评价纺织品抗紫外线效果的指标主要有防晒因子(SPF)，紫外线防护系数(UPF)，紫外线A、B的平均透过率为 $T(UVA)_{AV}$ 、 $T(UVB)_{AV}$ ，紫外线阻断率C%，

紫外线防晒因子(FSPF)，加工效果K(%)等^[6]。本测试选用的指标是 $T(UVA)_{AV}$ 和紫外线防护系数UPF。 $T(UVA)_{AV}$ 即对UVA透射比的算术平均值求平均值；UPF即皮肤无防护时计算出的紫外线辐射平均效应与皮肤有织物防护

时计算出的紫外线辐射平均效应的比值^[7]。

UPF的数值及防护等级见表2。

表2 UPF的数值与防护等级的关系
Tab.2 Relationship between the Value of UPF and the Protection Grade

UPF的范围	防护分类	紫外线透过率/%	UPF等级
15~24	防护良好	6.7~4.2	15, 20
25~39	防护很好	4.1~2.6	25, 30, 35
40~50, 50 ⁺	防护极好	≤2.5	40, 45, 50, 50 ⁺

根据GB/T 18830—2009《纺织品防紫外线性能的评定》和GB 6529—2008《纺织品调湿和试验用标准大气》，使用Lambda900紫外/可见/近红外分光光度计，采用积分球法测试试样的紫外线防护效果。用单色或多色的UV射线辐射试样，收集总的光谱透射射线，测定总的光谱透射比，并计算试样的UPF值^[8]。

2 结果与分析

2.1 测试结果

根据GB/T 18830—2009规定，当样品的UPF > 40，且 $T(\text{UVA})_{\text{AV}} < 5\%$ 时，可称为“防紫外线产品”。

按式(1)^[9]计算每个试样 i UVA透射比的算术平均值 $T(\text{UVA})_i$ ，并计算其平均值 $T(\text{UVA})_{\text{AV}}$ ，保留2位小数。

$$T(\text{UVA})_i = \frac{1}{m} \sum_{\lambda=315}^{\lambda=400} T_i(\lambda) \quad (1)$$

式(1)中： m 为315~400 nm之间每隔5 nm的测定次数； $T_i(\lambda)$ 为试样 i 在波长为 λ 时的光谱透射比。

按式(2)^[10]计算试样 i 的UPF值，修整到整数。

$$\text{UPF}_i = \frac{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \times \varepsilon(\lambda) \times \Delta\lambda}{\sum_{\lambda=290}^{\lambda=400} E(\lambda) \times T_i(\lambda) \times \varepsilon(\lambda) \times \Delta\lambda} \quad (2)$$

式(2)中： $E(\lambda)$ 为日光光谱辐照度， $\text{W}/\text{m}^2/\text{nm}$ ； $\varepsilon(\lambda)$ 为相对的红斑效应； $T_i(\lambda)$ 为试样 i 在波长 λ 时的光谱透射比； $\Delta\lambda$ 为波长间隔，nm。

按式(3)计算紫外线防护系数的平均值 UPF_{AV} 。

$$\text{UPF}_{\text{AV}} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \text{UPF}_i \quad (3)$$

按式(4)计算UPF的标准偏差 s 。

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (\text{UPF}_i - \text{UPF}_{\text{AV}})^2}{n-1}} \quad (4)$$

样品中的UPF值按式(5)计算，修整到整数。

$$\text{UPF} = \text{UPF}_{\text{AV}} - t_{\alpha, n-1} \frac{s}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

由于本次试验的数据较多，不显示测试数据。将数据按以上公式进行处理，计算出结果见表3。

2.2 分析

根据表3可知，在织物中，随着抗紫外线涤纶丝含量的增加，UVA值呈总体下降趋势，织物的UPF值呈

总体上升趋势，即织物的抗紫外线性能越来越好。

表3 各试样的 $T(\text{UVA})_{\text{AV}}$ 及UPF值
Tab.3 Values of $T(\text{UVA})_{\text{AV}}$ and UPF of All Samples

试样编号	$T(\text{UVA})_{\text{AV}}$	UPF	试样编号	$T(\text{UVA})_{\text{AV}}$	UPF
1	11.5	21	13	8.37	25
2	8.12	33	14	6.01	39
3	7.46	38	15	5.28	44
4	5.57	56	16	3.70	73
5	4.19	83	17	3.34	93
6	3.74	99	18	2.37	115
7	4.42	58	19	4.32	54
8	4.40	75	20	3.81	81
9	3.60	81	21	2.72	114
10	2.54	137	22	2.26	172
11	2.07	180	23	1.52	233
12	1.17	389	24	0.91	420

分别对表3中1~12号单层试样和13~24号纬二重试样的UPF数据进行下列多项式拟合：

$$Y = A + B_1X + B_2X^2 + B_3X^3 \quad (6)$$

式(6)中： A ， B_1 ， B_2 ， B_3 为回归分析方程中的各个参数； X 为抗紫外线涤纶丝的含量； Y 为UPF值。

得到曲线图2、图3和表4的回归分析方程参数， R^2 表示方程的确定系数，其数值越接近1，表示方程的变量对 Y 的解释能力越强，拟合越显著。由表4可知2个 R^2 都在0.9以上，具有显著相关性。

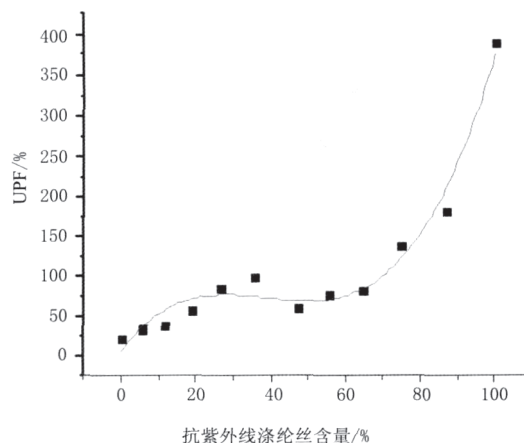


图2 单层试样中抗紫外线涤纶丝含量与UPF的关系
Fig.2 Relationship between the Content of Anti-ultraviolet Polyester Yarns and the Value of UPF in the Single-layer Samples

但是随着抗紫外线涤纶丝含量的提高，织物的成本也相应提高。为了既满足抗紫外线功能的要求，同时又降低成本，要找到一个最佳配比关系。根据表1和表3可得，单层织物系列中，当含抗紫外线涤纶丝的量 $\geq 26.7\%$ 时，5~12号试样的UPF > 40且 $T(\text{UVA})_{\text{AV}} < 5\%$ ，故当含抗紫外线涤纶丝的量达到26.7%时，可以满足成本和功能的要求；纬二重织物系列中，当含抗紫外线涤纶丝的量 $\geq 23.1\%$ 时，16~24号试样的UPF > 40且 $T(\text{UVA})_{\text{AV}} < 5\%$ ，故当含抗紫外线涤纶丝的量达

到23.1 %时, 同样可以满足成本和功能的要求。

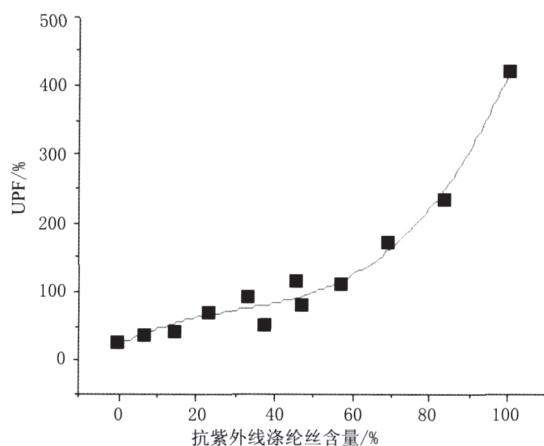


图3 纬二重试样中抗紫外线涤纶丝含量与UPF的关系

Fig.3 Relationship between the Content of Anti-ultraviolet Polyester Yarns and the Value of UPF in the Double-weft Samples

表4 回归分析方程参数

Tab.4 Parameters of the Regression Equation

试样 编号	A	B ₁	B ₂	B ₃	R ²
1~12	5.613 42	6.240 22	-0.174 16	0.001 49	0.974 69
13~24	21.281 08	3.191	-0.072 60	8.014 73× 10 ⁻⁴	0.983 60

3 结 论

1) 在涤纶织物中嵌入抗紫外线涤纶丝, 织物的抗紫外线性能大大加强, 织物抗紫外线性能随着抗紫外线涤纶丝含量的增加而增强, 且与多项式 $Y=A+B_1X$

$+B_2X^2+B_3X^3$ 拟合显著相关。

2) 根据中国防紫外线性能评定标准, 可得出如下结论: 对单层织物来说, 当其含抗紫外线涤纶丝的量 $\geq 26.7\%$ 时, 织物达到了较好的抗紫外线效果; 对纬二重织物来说, 当其含抗紫外线涤纶丝的量 $\geq 23.1\%$ 时, 织物同样也达到了较好的抗紫外线效果。

参考文献:

- [1] 唐增荣. 纺织品抗紫外线整理的开发和研究[J]. 济南纺织化纤科技, 2006(4): 16-22.
- [2] 谭娴. 抗紫外线辐射效果与纺织品特性的关系[J]. 纺织科学, 2002(1): 23-26.
- [3] 李欢, 孟家光. 抗紫外线纺织品及其发展现状[J]. 纺织科技进展, 2009(4): 9-11.
- [4] 常涛. 抗紫外纺织品[J]. 陕西纺织, 2002(4): 35-37.
- [5] 董绍伟. 织物的抗紫外线整理[J]. 染整技术, 2005, 27(2): 8-12.
- [6] 朱航艳, 丁伟东. 纺织品抗紫外线性能与评价[J]. 纺织导报, 2003(5): 1-3.
- [7] GB/T18830—2009, 纺织品防紫外线性能的评定[S].
- [8] 张红霞, 施立佳, 田伟, 等. 工艺参数对织物抗紫外线性能的影响[J]. 纺织学报, 2009, 30(10): 53-56.
- [9] 田俊莹, 顾振亚. 多种纤维混纺织物的研究动向[J]. 针织工业, 2000(3): 60-61.
- [10] 洪杰. 抗紫外线纺织品的测试与标签标识[J]. 上海纺织科技, 2009, 37(9): 40-41.