

# 基于多元统计分析方法研究弹力机织物的性能

刘旖娜, 周小红

(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)

**摘 要:** 基于多元统计分析方法,对一组20个含弹力机织物的试样进行测试并分析,探讨试样性能参数之间的关联性,及影响各性能参数的主要结构参数。结果显示:原料是影响织物弹性伸长率的主要因素,氨纶、改性弹力涤纶能赋予织物较好的弹性,采用涤纶变形丝、桑蚕丝加捻能改善织物的弹性;织物经纱密度或者纬纱密度分别是影响织物经向或纬向弹性的相关因素;织物柔软性在一定程度上与平方米质量相关,平方米质量较轻的桑蚕丝、涤纶、改性弹力涤纶织物试样具有相似的较好的柔软性,但平方米质量较重时桑蚕丝织物仍有较好的柔软性,而涤纶、改性弹力涤纶织物的柔软性差。

**关键词:** 弹力机织物; 多元统计分析; 相关性分析; 桑蚕丝; 氨纶

**中图分类号:** TS101.8      **文献标志码:** A

## 0 引 言

织物的弹力<sup>[1]</sup>概念起始于1589年,当时首次介绍了针织物,而后逐渐扩展到机织物等。迄今为止,机织物的弹力可通过使用弹性纱线、纱线加捻等变形加工、织物组织合理设计<sup>[2]</sup>、上机工艺参数的改变、弹性后整理等多种方式获得,研究机织物弹力的文献报道也一直没有停止过,如在20世纪六七十年代,Aldrich等<sup>[3]</sup>研究了涤纶/羊毛弹力包芯纱的拉伸等力学性能;80年代,Tarafder等<sup>[4]</sup>研究了棉/尼龙包芯弹力织物的性能与纱线的结构参数捻度等之间的关系;文献<sup>[5]</sup>采用数值分析的方法对氨纶在弹力织物中的拉伸性能进行分析,建立了织物组织、经纱密度等结构参数与伸长之间的关系模型,研究了织物结构对弹性的影响。

织物性能不仅与采用纱线的性能有关,也与织物结构<sup>[6]</sup>有关,涉及到的是多个变量,且这些变量之间又存在一定的联系,如织物结构参数<sup>[7]</sup>包括经纬纱线密度、经纬密度、平方米质量和厚度等,分析织物性能,如织物弹性就需要综合考虑多个结构参数

和性能参数,而这些参数也会存在一定的相关性,如果忽略就可能丢失一些信息,不能客观全面反映织物性能与织物结构的关系,所以可以采用多元统计的方法来进行分析。多元统计分析<sup>[8]</sup>方法是科学地运用数理统计的方法来研究多因素、多目标问题,其研究的对象通常是多个变量,而且很多情况下,这些变量之间有一定的相关性,因此用多元统计分析的方法来处理具体问题会更加全面和客观。本文基于多元统计分析方法,根据机织物弹力获取方式以及弹力氨纶纤维与改性涤纶弹力纱应用等,对一组20个机织物试样,包括传统的桑蚕丝和含氨纶的桑蚕丝弹力产品、涤纶弹力织物、改性涤纶弹力织物等,来开展弹力机织物性能的研究。

## 1 织物试样的基本参数

机织物弹力<sup>[9]</sup>是指机织物能拉伸到一定长度,并具有回缩能力,即形变后具有恢复其原来尺寸与形状的趋势。织物的基本结构参数包括经纬线密度、经纬密度、平方米质量和厚度等,分别参照《GB/T 4668—1995 机织物密度的测定》、《GB/T 4669—2008 纺织品 机织物 单位长度质量和单位面积质量

收稿日期: 2014-05-27

作者简介: 刘旖娜(1990—),女,江苏江阴人,硕士研究生,主要从事现代纺织技术及新产品方面的研究。

通信作者: 周小红, E-mail: zhouxh314@163.com

的测定》、《GB/T 3820—1997 纺织品和纺织制品厚度的测定》对织物的基本结构参数进行测定,每项数据测试三次取平均值,其中织物原料主要有桑蚕丝

(S)、涤纶(P)和改性弹力涤纶(EP);桑蚕丝(S)、涤纶(P)通过加捻、变形或者复合氨纶得到弹力。表 1 为 20 个机织物试验样本的原料与基本参数。

表 1 实验试样基本规格

试样 序号	线密度/tex		密度/(根·10 cm <sup>-1</sup> )		厚度 /mm	平方米质量 /(g·m <sup>-2</sup> )	原料	
	经	纬	经	纬			经	纬
1	2.22/2.44×3	2.22/2.44×3	400	340	0.29	53	S加捻	S加捻
2	2.22/2.44×2	2.22/2.44×3	400	400	0.18	54	S无捻	S加捻
3	2.22/2.44×2	2.22/2.44×4	600	400	0.22	63	S无捻	S加捻
4	2.22/2.44×2	2.22/2.44×2+2.22	700	450	0.24	65	S无捻	S氨纶加捻
5	2.22/2.44×2	2.22/2.44×2+2.22	1050	460	0.25	83	S无捻	S氨纶加捻
6	9.44	9.44	520	380	0.36	83	EP加捻	EP加捻
7	8.33	8.33	670	410	0.37	91	P(DTY)	EP加捻
8	8.33	8.33	500	440	0.41	84	EP加捻	EP加捻
9	8.33	8.33+4.44	480	320	0.25	70	P(FDY)	P氨纶
10	5.56	8.33	1100	400	0.29	86	P(FDY)	P(DTY)
11	8.33	8.33	840	440	0.32	106	P(FDY)	EP加捻
12	3.33+2.22	3.33+2.22	530	320	0.34	64	P氨纶	P氨纶
13	2.22/2.44×2	2.22/2.44×6	1440	300	0.25	107	S无捻	S加捻
14	2.22/2.44×5	2.22/2.44×4	870	450	0.50	142	S加捻	S加捻
15	12.22	11.11+4.44	530	250	0.28	109	P(FDY)	P氨纶
16	11.11	11.11	700	480	0.38	137	EP加捻	EP无捻
17	10.00	12.22	1200	530	0.47	189	P(FDY)	EP无捻
18	8.33+4.44	8.33+4.44	530	320	0.31	106	P氨纶	P氨纶
19	7.78	13.33	1070	470	0.36	151	P(FDY)	EP无捻
20	5.56	8.33+4.44	1220	360	0.28	105	P(FDY)	P氨纶

## 2 织物性能测试与相关性研究

### 2.1 织物性能的测试

参照《FZ/T 01034—2008 纺织品 机织物拉伸弹性试验方法》、《GB/T 23329—2009 纺织品 织物悬垂性的测定》、《GB/T 18318.1—2009 纺织品 弯

曲性能的测定 第 1 部分:斜面法》、《GB/T 3819—1997 纺织品 织物折痕回复性的测定 回复角法》的方法,对 20 个织物试样进行了织物经纬向定负荷伸长率、织物经纬向弹性回复率、织物静态悬垂系数、织物抗弯刚度、织物折皱缓弹角的实验测试,每项数据测试三次取平均值,其结果如表 2 所示。

表 2 实验试样性能测试数据

试样 序号	伸长率/%		弹性回复率/%		静态悬垂 系数/%	抗弯刚度 /(cN·cm)	缓弹角/(°)
	经向	纬向	经向	纬向			
1	7.26	13.06	94.90	89.69	24.8	0.009	328
2	6.31	6.76	96.24	95.01	25.7	0.011	314
3	6.04	5.28	96.61	96.49	28.9	0.012	300
4	8.99	38.58	95.08	64.60	32.6	0.009	312
5	1.61	45.29	99.40	54.78	34.5	0.015	308
6	19.58	27.79	90.26	76.14	24.7	0.009	313
7	9.99	24.07	96.21	81.02	24.4	0.011	285
8	13.28	12.56	92.38	92.39	24.8	0.015	315
9	2.63	15.79	99.44	91.72	28.8	0.010	316
10	1.64	15.68	99.43	88.40	30.7	0.017	268
11	3.14	16.59	99.03	89.40	22.9	0.012	323
12	10.23	21.50	92.07	78.20	21.0	0.005	286
13	4.48	5.01	97.62	96.52	33.4	0.026	318
14	19.59	11.75	86.64	90.53	22.9	0.019	329
15	1.13	27.41	99.64	77.67	36.3	0.026	314
16	15.33	25.42	91.82	90.09	59.8	0.053	300
17	3.27	20.29	99.57	96.10	71.2	0.134	308
18	17.26	19.31	88.32	85.89	26.5	0.012	323
19	1.11	23.61	99.90	95.28	74.9	0.106	286
20	1.04	28.22	99.94	82.99	27.2	0.015	310

2.2 织物性能的相关性

织物性能之间存在相关性,将织物经纬伸长率、经纬弹性回复率、静态悬垂系数、抗弯刚度、折皱缓弹角 7 个变量进行多元统计分析中的相关性分析<sup>[10]</sup>,得出的 Pearson 相关关系分析结果如表 3 所示。

首先,相关性分析的原则是:相关性的绝对值越

大,两参数之间的关系就越紧密;显著性越小,两参数之间的关系就越紧密。所以,由表 3 可知,织物的静态悬垂系数、织物抗弯刚度之间有很大的关联性,所以都可以用来评价织物的柔软程度。经向伸长率和经向弹性回复率、纬向伸长率和纬向弹性回复率分别呈现很强的相关关系,反映了织物的弹性特征。

表 3 织物性能参数的相关性分析结果

织物性能	相关性/ 显著性	经向 伸长率	纬向 伸长率	静态悬 垂系数	抗弯 刚度	缓弹角	经向弹性 回复率	纬向弹性 回复率
经向伸长率	相关性	1.000	-0.080	-0.268	-0.244	0.269	-0.969	-0.016
	显著性	—	0.737	0.253	0.299	0.252	0.000	0.946
纬向伸长率	相关性	-0.080	1.000	0.196	0.057	-0.149	0.137	-0.872
	显著性	0.737	—	0.407	0.812	0.530	0.565	0.000
静态悬垂系数	相关性	-0.268	0.196	1.000	0.940	-0.279	0.325	0.230
	显著性	0.253	0.407	—	0.000	0.233	0.162	0.328
抗弯刚度	相关性	-0.244	0.057	0.940	1.000	-0.201	0.294	0.349
	显著性	0.299	0.812	0.000	—	0.395	0.209	0.132
缓弹	相关性	0.269	-0.149	-0.279	-0.201	1.000	-0.304	0.043
	显著性	0.252	0.530	0.233	0.395	—	0.192	0.856
经向弹性回复率	相关性	-0.969	0.137	0.325	0.294	-0.304	1.000	0.007
	显著性	0.000	0.565	0.162	0.209	0.192	—	0.978
纬向弹性回复率	相关性	-0.016	-0.872	0.230	0.349	0.043	0.007	1.000
	显著性	0.946	0.000	0.328	0.132	0.856	0.978	—

3 织物性能与织物基本参数的关系

织物性能与织物参数存在一定的相关性,同样采用多元统计中的相关性分析,分别对织物原料、经纬纱线密度、经纬密度、厚度、平方米质量这

些结构参数与织物经纬伸长率、静态悬垂系数、抗弯刚度、折皱缓弹角进行相关程度的评估。在进行分析之前先对织物原料进行编号(见表 4 所示)。织物性能与织物结构参数的相关性分析结果见表 5。

表 4 织物原料编号表

原料 编号	S-无捻 1	S-加捻 2	S-氨纶加捻 3	P-FDY 4	P-DTY 5	P-氨纶 6	EP-无捻 7	EP-加捻 8
----------	-----------	-----------	-------------	------------	------------	-----------	------------	------------

表 5 织物性能参数与结构参数的相关性分析结果

性能 参数	相关性/ 显著性	经向 原料	纬向 原料	经纱 线密度	纬纱 线密度	经密	纬密	厚度	平方米 质量
经向伸长率	相关性	0.474	0.094	0.466	-0.216	-0.429	0.085	0.475	0.001
	显著性	0.035	0.693	0.038	0.360	0.059	0.722	0.034	0.996
纬向伸长率	相关性	0.119	0.257	0.026	-0.074	0.108	0.210	0.003	0.076
	显著性	0.617	0.274	0.912	0.757	0.651	0.374	0.991	0.750
静态悬垂系数	相关性	0.088	0.235	0.213	0.458	0.420	0.515	0.309	0.737
	显著性	0.712	0.319	0.368	0.042	0.065	0.020	0.186	0.000
抗弯刚度	相关性	0.084	0.271	0.266	0.466	0.463	0.536	0.472	0.827
	显著性	0.724	0.248	0.257	0.039	0.040	0.015	0.035	0.000
缓弹角	相关性	-0.191	-0.271	0.294	-0.053	-0.211	-0.169	0.006	-0.016
	显著性	0.420	0.249	0.208	0.823	0.371	0.477	0.979	0.947

根据显著性关系笔者把相关性分成三类:当显著性小于等于 0.01 为显著相关;当显著性小于等于 0.05 大于 0.01 为较显著相关;当显著性大于 0.05

小于 0.4 为相关。表 5 可见,织物经向弹性与经向原料、经纱线密度、厚度较显著相关,与经密相关;织物纬向弹性与纬向原料和纬密相关;织物静态悬垂

性与平方米质量显著相关,与纬纱密度和纬纱线密度较显著相关,与经密和厚度相关;抗弯性能与平方米质量显著相关,与厚度、经纬密度和纬纱线密度较显著相关;织物的缓弹性与纬向原料、经纱线密度相关。

### 3.1 织物弹性的影响因素分析

#### 3.1.1 原料对织物弹性的影响

影响织物弹性的显著相关因素是原料,图1为20个实验试样的伸长率与经纬向原料的关系。图1可知,含氨纶经纬丝线的试样,织物的经纬向弹性比较大,20个实验试样中,桑蚕丝含氨纶的经纬向平均伸长率为41.94%,涤纶含氨纶的经纬向平均伸

长率为19.96%,最小值为10.23%,最大值为28.22%;改性弹力涤纶能赋予织物较好的弹性,20个实验试样中,改性弹力涤纶的经纬向平均伸长率19.85%,最小值为12.56%,最大值为27.79%;涤纶变形丝能够改善织物的弹性,20个实验试样中,涤纶变形丝的经纬向平均伸长率12.83%,明显大于涤纶FDY的经纬向平均伸长率1.99%;桑蚕丝通过加捻在一定程度上也改善了织物的弹性,20个实验试样中,加捻桑蚕丝的经纬向平均伸长率9.82%,大于无捻桑蚕丝的经纬向平均伸长率5.49%。

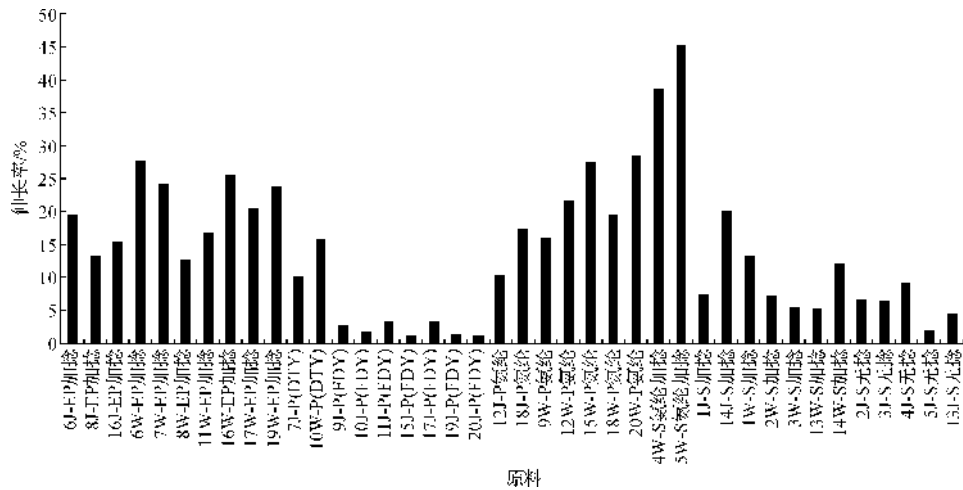


图1 伸长率与经纬向原料的关系

#### 3.1.2 经纬纱密度对织物弹性的影响

织物经纬纱密度等影响织物的弹性。据文献[11]报道,当织物某一系统纱线(经纱或纬纱)密度增大时,单位织物面积内的经纬纱交织点增多,织物另一系统弹力纱线(纬纱或经纱)在张力松弛回缩时受到的阻力增大,从而使该系统弹力纱线(纬纱或经纱)的收缩幅度降低,即织物纬向或经向的弹性减小。本文通过多元统计的相关性分析,得到经纱密度或纬纱密度分别是影响织物对应的经向或纬向弹性的相关因素:即倘若改变织物经纱密度,对应的经向弹力纱线的弹性收缩幅度有改变,织物经向弹性有变化;若改变织物纬纱密度,对应的纬向弹力纱线的弹性收缩幅度有改变,织物纬向的弹性有变化。

#### 3.2 弹力织物柔软度的影响因素

织物静态悬垂性与平方米质量显著相关,图2为织物平方米质量与静态悬垂系数之间的关系。平方米质量较轻的16个桑蚕丝、涤纶、改性弹力涤纶织物试样,静态悬垂系数在21.0%~36.3%,平均值为27.95%,有较好的悬垂性;平方米质量较大的4个试样中,其中平方米质量为142 g/m<sup>2</sup>的14号

桑蚕丝织物试样有较好的悬垂性,静态悬垂系数为22.9%,而涤纶、改性弹力涤纶织物试样,静态悬垂系数平均值为68.6%,悬垂性相对较差。

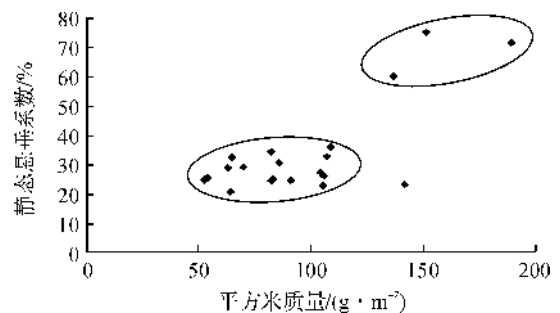


图2 织物平方米质量与静态悬垂系数之间的关系

织物抗弯性能与平方米质量显著相关,图3为织物平方米质量与抗弯刚度之间的关系。平方米质量较轻的16个桑蚕丝、涤纶、改性弹力涤纶织物试样,抗弯刚度都在0.005~0.026 cN·cm之间,平均值为0.013 cNcm,有较好的柔软性;平方米质量较大的4个试样,其中试样14平方米质量为142 g/m<sup>2</sup>的桑蚕丝织物有较好的柔软性,抗弯刚度为0.019 cNcm,而较重的涤纶、改性弹力涤纶织物试

样,抗弯刚度平均值为 0.097 cNcm,柔软度较差。

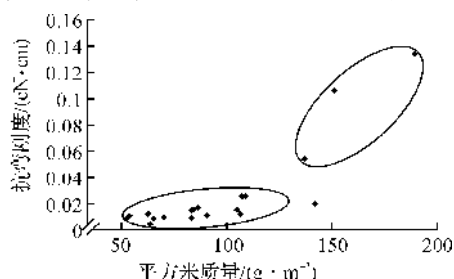


图 3 织物平方米质量与抗弯刚度之间的关系

综上所述,桑蚕丝织物的柔软性都很好,受平方米质量影响很小,而涤纶、改性弹力涤纶织物则会受平方米质量的影响,在平米质量较小时柔软性很好,与桑蚕丝织物的柔软性能相似,但在平方米质量较大时,其柔软性能就会变差。

#### 4 结 论

a) 经纬向伸长率和弹性回复率反映织物的弹性特征;织物的悬垂性、抗弯性能可以用来评价织物的柔软度。

b) 影响织物弹性伸长率的显著相关因素是原料:含氨纶经纬丝线,织物的弹性比较大,且桑蚕丝含氨纶的织物伸长率显著大于涤纶含氨纶的织物伸长率;改性弹力涤纶能赋予织物较好的弹性;涤纶变形丝能够改善织物的弹性;桑蚕丝通过加捻在一定程度上也改善了织物的弹性。

c) 织物经纱密度或者纬纱密度分别是影响织物经向或纬向弹性的主要因素。

d) 织物柔软性在一定程度上与平方米质量相关。平方米质量较轻的桑蚕丝、涤纶、改性弹力涤纶

织物试样,具有相似的柔软性;平方米质量较重的桑蚕丝织物,仍旧具有较好的柔软性;较重的涤纶、改性弹力涤纶织物的柔软性稍差。

#### 参考文献:

- [1] 许期颐,陈英群,许卫元. 经编弹力织物设计生产与设备[M]. 北京:中国纺织出版社,1998:1-6.
- [2] 张文宏. 织物自然弹性能的形成机理浅析[J]. 天津纺织科技,2012(2):11-12.
- [3] Aldrich D V, Grobler A. Some tensile properties of wool core-spun yarns[J]. SAWTRI Bulletin, 1973(7): 26-35.
- [4] Tarafder N, Chatterjee S M. Effect of pre-tension of filament core on the relative strength contribution of core and sheath portion of nylon/cotton core-spun yarns at different twist factor levels [J]. Manmad Textiles (India), 1989(7): 264-267.
- [5] 缪旭红. 氨纶弹力机织物弹性与结构因素的关系[J]. 毛纺科技,2000(4):43-47.
- [6] 刘让同,李 亮,焦 云,等. 织物结构与性能[M]. 武汉:武汉大学出版社,2012:9-17.
- [7] 于伟东. 纺织材料学[M]. 北京:中国纺织出版社,2006:272-276.
- [8] 朱尧辰. 多元统计理论及应用[J]. 国外科技新书评介,2013(12):1-2.
- [9] 王立平,程隆棣,朱 勇,等. 弹力织物的历史及发展现状[J]. 纺织标准与质量,2009(6):6-9.
- [10] 王力宾. 多元统计分析:模型、案例及 SPSS 应用[M]. 北京:经济科学出版社,2010:138-159.
- [11] 仲岑然. 影响氨纶弹力织物弹性的因素探析[J]. 南通纺织职业技术学院学报,2003,3(3):31-34.

## Research on the Properties of Elastic Woven Fabrics Based on Multivariate Statistical Analysis

LIU Yi-na, ZHOU Xiao-hong

(Key Laboratory of Advanced Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** Based on multivariate statistical analysis, 20 samples containing elastic woven fabrics were tested and analyzed to know relevance among property parameters of samples and gain main structural parameters influencing each property parameter. The results show that, raw material is the most significant factor which affects the elastic elongation rate. Furthermore, the fabrics made of yarn with spandex or modified elastic polyester have better elasticity. Secondly, polyester draw textured yarn and twisted mulberry silk can also improve the elasticity of fabrics. Thirdly, the warp density or weft density of the fabric are important factors influencing the warp or weft elasticity. Finally, to some degree, soft property of fabrics has relations with quality per square meter. The lighter fabrics made of silk or polyester or modified elastic polyester have good softness. But the heavier fabrics made of silk still have good softness, while softness of polyester and modified elastic polyester is not such good.

**Key words:** elastic woven fabric; multivariate statistical analysis; correlation analysis; silk; spandex

(责任编辑:张祖尧)