

织物悬垂曲面流畅性能的研讨

周坚明 吴震世 李述文

(纺织系)

摘要 本文在提出织物悬垂曲面流畅性能的定义后,设计了以光栏板等装置在织物悬垂曲面上获取等高轮廓线的方法,并以轮廓线上各点半径值的二价差分的标准差表达和评价曲面的流畅性能。进一步分析的结果表明,影响此性能的织物物理机械性能指标主要有 $\sqrt[3]{G/W}$, B , $2HB$, $\sqrt[3]{B/W}$, $2HC$ 等。

主题词 悬垂性; 曲面流畅性; 等高轮廓线; 二价差分; 标准差; 客观评价

0 绪言

织物悬垂性是织物在自重作用下自然下垂形成一定折曲的特性。织物悬垂性包括悬垂程度大小(通常以Hamburger悬垂系数表示)和悬垂形态好坏两方面的内容^[1, 2], 两者不可互相表达和替代。如图1所示,人造丝织物等柔软易屈曲,悬垂系数小,但就形态而言,它与悬垂系数较大的毛织物难比高低。



Rayon flat crepe



Woolen

图1 悬垂系数与悬垂形态之区别

织物悬垂形态中最重要的是流畅性能。从图2中可以看出,织物悬垂曲面流畅性能是反映织物悬垂曲面是否圆滑、线条轮廓是否分明、有无皱折死角的特性的,它不仅影响产品的光泽变化等重要的表现性质,而且是影响服饰的曲面造型性^[3](即,在服饰造型方面能否形成美观的曲面性能的布的特性)的重要因素之一(其它因素诸如服饰的形式设计、花样、缝制尺寸大小、垫布里子的选择、缝制方法等)。日常生活中,服装的胸、肩、背、袖等部位,尤其是女裙裙体的曲面是否圆润而无死角也成为普通人对服饰美观性的一项心理要求。因此,合适地表达、评价和分析织物悬垂曲面的流畅性能具有明显的实际意义。

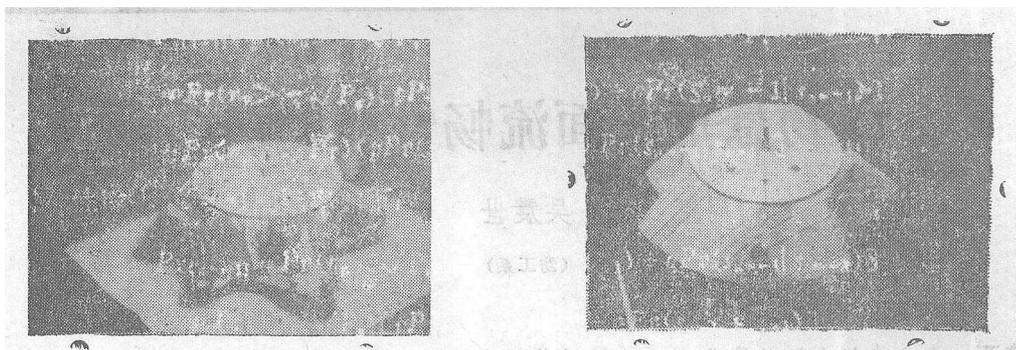


图2 悬垂曲面流畅性的实物表现

1 评价方法及其指标

织物悬垂曲面流畅性能隶属于视觉风格。它的评价主要有主观、主客观、客观等三类方法。主观评价具有较强烈的实际意义，但人的主观感觉往往受到评价者的经验、偏好、情绪等诸多因素的影响，这就使评价结果因人、因时、因地而异，故此方法有较大的局限性。因此，有必要分析、研讨能充分反映织物悬垂曲面流畅性能的客观评价方法和指标。

织物悬垂体的形态具有多维性、多样性和差异性。为了描述悬垂立体曲面的客观形态，有效的方法是在其曲面上构成某些特征轮廓线。N.suda的Moire图法可以达到这样的目的^[4]，以简易的光栏法也可获得同样的效果，且使测试手段极其简单化，图3所示即为以光栏法获得的悬垂体某一折曲曲面的形态细节图。

为了描述、比较各等高特征线的流畅情况，拟采用二价差分法。

为比较悬垂曲面之间的流畅情况，从三个悬垂曲面上各选取某一条等高特征线，如图4中以1:2比例缩小所示的(1)(2)(3)曲线。图中 \widehat{AB} 为悬垂体支持台的一段边缘，A点为悬垂曲面上等高轮廓线的起始凹处。

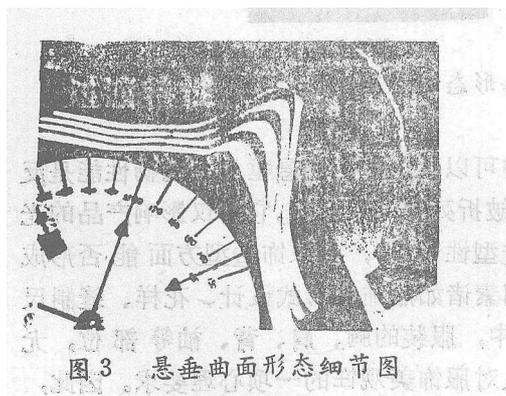


图3 悬垂曲面形态细节图

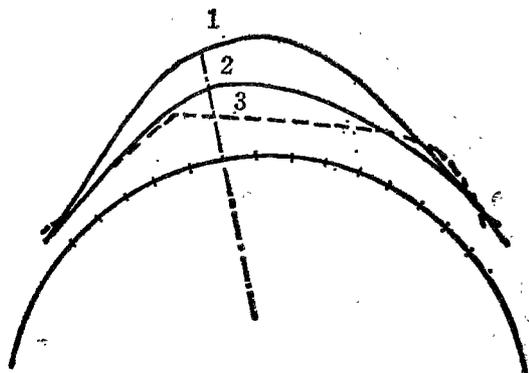


图4 二价差分计算演示图

(1)自A点起每隔 5° 取一测量点 C_i ，分别量取径外长 $\overline{C_i D_i}$ ， $\overline{C_i E_i}$ ， $\overline{C_i F_i}$ ，再求二价差分及其标准差。

(2)计算过程

曲线(1)

$$\overline{C_i D_i} \quad 5.0 \quad 6.5 \quad 9.0 \quad 13.8 \quad 18.8 \quad 22.5 \quad 24.5 \quad 22.5 \quad 19.0 \quad 14.8 \quad 11.5 \quad 9.0 \quad 8.0 \quad 7.5$$

$$\Delta r_1: -1.5 \quad -2.5 \quad -4.8 \quad -5.0 \quad -3.7 \quad -2.0 \quad 2.0 \quad 3.5 \quad 4.2 \quad 3.3 \quad 2.5 \quad 1.0 \quad 0.5$$

$$\Delta^2 r_1: 1.0 \quad 2.3 \quad 0.2 \quad -1.3 \quad -1.7 \quad -4.0 \quad -1.5 \quad -0.7 \quad 0.9 \quad 0.8 \quad 1.5 \quad 1.0$$

求二阶差分的标准差： $\sigma = 1.7390$

曲线(2)

$$\overline{C_i E_i} \quad 5.0 \quad 5.5 \quad 6.3 \quad 9.5 \quad 13.0 \quad 15.0 \quad 15.0 \quad 14.5 \quad 13.0 \quad 10.5 \quad 9.5 \quad 8.5 \quad 7.5 \quad 7.5;$$

$$\Delta r_2: -0.5 \quad -0.8 \quad -3.2 \quad -3.5 \quad -2.0 \quad 0 \quad 0.5 \quad 1.5 \quad 2.5 \quad 1.0 \quad 1.0 \quad 1.0 \quad 0$$

$$\Delta^2 r_2: 0.3 \quad 2.4 \quad 0.3 \quad -1.5 \quad -2.0 \quad -0.5 \quad -1.0 \quad -1.0 \quad 1.5 \quad 0 \quad 0 \quad 1.0$$

求二阶差分的标准差： $\sigma_2 = 1.2673$

曲线(3)

$$\overline{C_i F_i} \quad 5.0 \quad 5.5 \quad 6.3 \quad 8.8 \quad 11.5 \quad 9.8 \quad 8.2 \quad 7.5 \quad 7.8 \quad 9.0 \quad 10.0 \quad 11.0 \quad 7.5 \quad 7.0$$

$$\Delta r_3: -0.5 \quad -0.8 \quad -2.5 \quad -2.7 \quad 1.7 \quad 1.6 \quad 0.7 \quad -0.3 \quad -1.2 \quad -1.0 \quad -1.0 \quad 3.5 \quad 0.5$$

$$\Delta^2 r_3: 0.3 \quad 1.7 \quad 0.2 \quad -4.4 \quad 0.1 \quad 0.9 \quad 1.0 \quad 0.9 \quad -0.2 \quad 0 \quad -4.5 \quad 3$$

求二阶差分的标准差： $\sigma_3 = 2.2201$

(3)比较

计算值 $\sigma_2 < \sigma_1 < \sigma_3$

目视评价 曲线(2)圆滑、流畅性最好，曲线(3)有明显死角，线条流畅性最差，曲线(1)居中。

由以上计算结果与目视评价情况比较可见，二阶差分的标准差 σ 能反映曲线的圆滑、流畅情况， σ 愈小，表明曲面形态特征线的流畅性愈好。为此，以最易形成折曲死角的悬垂体根部(支持台边缘)的三根等高特征线的 σ 值的平均值表示该悬垂曲面的流畅指数 f 值，由 f_1, f_2, \dots, f_n (n 为织物悬垂体的折曲数)的平均值构成该织物悬垂曲面流畅性能指标 F 值。显然， F 值愈小愈好。

2 实验条件及其结果

2.1 实验装置

图5所示为自制实验装置示意图。在暗室中,聚光源通过光栏板3使近似平行光投射在悬垂体2上,反拍仪5由此拍得悬垂体上明暗交替的等高轮廓线。可旋转式支持台为 $\phi 120\text{mm}$ 高150mm; $200 \times 300\text{mm}^2$ 的光栏板(由3mm厚层压板叠制而成)与支持台等水平高。实验试样为 $\phi 240\text{mm}$ 。

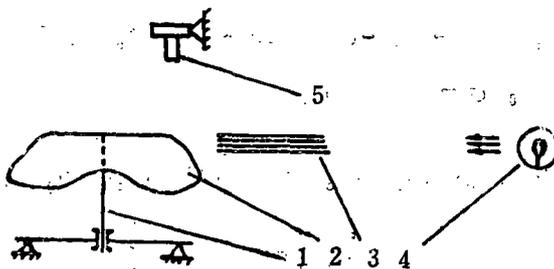


图5 实验装置示意图1—支持台; 2—悬垂体;
3—光栏板; 4—聚光源; 5—反拍仪

2.2 实验试样

如表1所示。

表1 实验试样明细表

试样名称	YNO_w	Tex_i	Tex_w	P_i	P_w	$w(\text{g}/\text{m}^2)$
全毛凡立丁	1	35	35	260	220	189
全毛花呢	2	50	50	210	210	192
毛涤花呢	3	39	39	240	200	174
毛涤花呢	4	44	48	320	260	235
仿毛涤花呢	5	28×2	38	300	240	225
进口纯涤花呢	6	38	42	270	240	179
精华纯涤花呢	7	35	20	290	280	147
中长花呢	8	35	35	260	220	140
中长花呢(处理品)	9	32	32	340	270	205
涤粘中长花呢	10	36	36	240	200	155
涤晴凉爽呢	11	35	32	240	220	139
针织涤盖棉	12			120	100	255
细条棉灯芯绒	13	32	30	220	220	233
仿平绒	14	12	12	360	390	309
真丝丝绒	15	9	9	370	410	178
棉细布	16	36	36	300	240	116
棉细布	17	21	21	330	280	144
棉府绸	18	19	19	540	320	121

2.3 实验方法及其结果

织物悬垂形态极易受外力影响, 为充分表现织物自身物理机械性能对悬垂曲面流畅性能的作用, 尽量减小人为误差, 使用自由法使试样由水平状态因自重而下垂构成悬垂曲面。以摄影方法将悬垂形态特征线记录下来, 借助于投影幻灯机, 按二阶差分的计算要求, 以1:1比例读数, 最后计算求得各试样悬垂曲面流畅指数 F 值。指标测定结果如表2。

表2 试样悬垂曲面流畅指数 F 值

YNO.	F	YNO.	F	YNO.	F
1	1.694	7	1.552	13	3.095
2	1.773	8	1.911	14	1.919
3	1.919	9	3.053	15	1.794
4	2.184	10	1.401	16	3.221
5	1.777	11	2.052	17	2.831
6	1.519	12	2.047	18	3.258

注: 表2所列 F 值为各试样三次实验的平均值;

以chauenet^[6]准则对实验数据作误差分析; 检验结果, 实验数据资料中无坏值。

2.4 实验结果初步分析

本文中所选试样可大致分为花呢类, 丝绒类和棉布类。分析各类试样的流畅指数 F 值可以看出, 花呢类、丝绒类织物悬垂曲面流畅性能好于纯棉布类, 这说明纤维成分对产品的这一性能很有影响。而花呢类中各试样的 F 值也有较大差异。除全毛, 纯涤等产品的流畅性能较好外, 值得一提的是9°和10°两块试样。9°为中长花呢处理品, 手感粗糙、硬、呆滞, 悬垂曲面特征线带有明显死角; 而10°试样虽然也是中长花呢, 但其等高特征线甚为光滑、圆润, 与全毛产品的不相上下, 如图6所示。这也说明, 合适的加工工艺条件, 尤其是后整理条件对产品的悬垂曲面流畅性能影响很大。

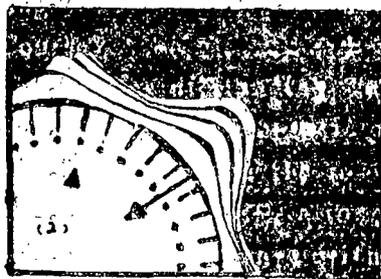
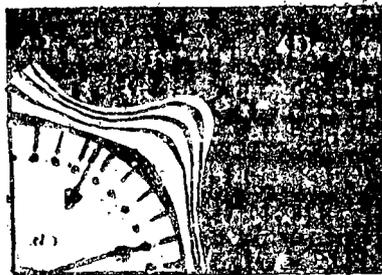


图6

影响流畅性能的织物内在因素还有很多, 如纤维结构与性能, 纱线结构, 织物的几何学条件(组织、被覆系数、松弛现象)等。本文仅从理论上分析织物内在物理机械性能对悬垂曲面流畅性能的影响, 为进一步探讨生产工艺条件对其影响情况提供基础内容。

3 物理解析

织物为粘弹性体,在自重作用下由水平状态开始下垂。当圆形试样在水平面上的投影半径减小时,试样边缘被迫最先产生迫使平面试样发生屈曲的压曲力。由于压垂力的方向呈多维状态,因而试样发生弯曲变形的同时,又产生剪切应变。就在这种弯曲、剪切的交互作用下,织物的下垂成多屈曲状态,并随时间发生蠕变而进一步下垂。

然而,要以应力—应变关系式来描述这涉及到大应变大位移的悬垂变形是不大可能的。因此,对悬垂体变形的力学分析,需加以简化。分析结果表明^[7,8],影响织物悬垂形态的有关力学因子为织物弯曲刚性值 B 、弯曲滞后值 $2HB$ 、剪切刚性值 G 、剪切滞后值 $2HG$ 、以及复合因子 $\sqrt[3]{B/W}$ 、 $\sqrt{2HB/W}$ 、 $\sqrt[3]{G/W}$ 、 $\sqrt{2HG/W}$ 等(W —单位面积克重)。当然,影响流畅性能的具体的因子确定还需进一步分析。

3.1 多元线性回归分析

3.1.1 18块试样的有关力学性能指标,如表3。

表3 试样物理机械性能指标

YNO.	B	2HB	G	2HG	W
1	0.0473	0.0059	0.5025	0.1625	189
2	0.054	0.01	0.495	0.305	192
3	0.0635	0.0263	0.8575	0.81	174
4	0.1058	0.0738	1.1125	2.06	235
5	0.082	0.0493	0.63	1.2325	225
6	0.1108	0.0276	0.3625	0.325	199
7	0.0875	0.0234	0.3925	0.575	147
8	0.0493	0.0383	0.6925	0.8375	140
9	0.2113	0.1958	1.28	0.7075	205
10	0.056	0.0292	0.4925	0.2025	155
11	0.0408	0.0357	0.7325	1.48	139
12	0.036	0.0295	1.7975	3.7075	255
13	0.1023	0.1325	1.105	3.235	233
14	0.025	0.0575	0.7225	1.88	309
15	0.06	0.844	0.595	1.395	178
16	0.0573	0.0727	1.8725	3.8875	116
17	0.0238	0.0266	0.83	1.39	144
18	0.0493	0.0477	1.8875	5.4125	120

注:测试仪器为KES—F织物风格仪

3.2.1 回归因子的摸索确定 以上述力学因子 B 、 $2HB$ 、 G 、 $2HG$ 、 $\sqrt[3]{B/W}$ 、 $\sqrt{2HB/W}$ 、 $\sqrt[3]{G/W}$ 、 $\sqrt{2HG/W}$ 分别作为自变量 x_1, x_2, \dots, x_8 , 流畅指数 F 值为因变量 Y , 作多元线性回归分析^[9]得

$$Y = -0.14078555 + 21.6304331x_1 + 6.21753356x_2 - 2.55978768x_3 + 0.39493769x_4 - 56.9525767x_5 - 46.5895196x_6 + 42.4434318x_7 - 2.26325496x_8$$

$$U = 6.19489547$$

$$Q = 0.46491261$$

$$F = 14.9904673$$

$$S = 0.22728167$$

$$R = 0.96446425$$

查 F 一分布表得, $F_{(8,9)}^{0.01} = 5.47 < F$, 故因变量 y 与自变量间的线性关系高度显著。

然而, 以上 8 个自变量对 y 的影响程度显然不等, 为此, 以偏回归平方和检验是否有对 y 影响不显著的因子混杂其中。

计算过程如表 4。

表 4 回归因子的偏回归平方和检验

	K	1	2	3	4	5	6	7	8	$F_{0.05}$
No.1	$U_{(k)}$	4.9127	6.0057	5.6713	6.1101	5.1843	6.1297	5.5009	6.1925	
	$F_{(k)}$	24.822	3.6627	10.136	1.6416	19.564	1.2622	13.435	0.0465	5.12
No.2	$U_{(k)}$	4.8921	5.9670	5.4781	5.6913	5.1843	6.1051	5.0900		
	$F_{(k)}$	27.828	4.8256	15.288	10.729	21.575	1.8703	23.593		4.96
No.3	$U_{(k)}$	4.6151	5.0081	5.3831	5.6878	5.1842		4.5230		
	$F_{(k)}$	29.548	21.726	14.318	8.2353	18.262		31.374		4.84

从上表可知, 自变量 x_6 、 x_8 对 y 的影响不显著, 故以其它 6 个因子作自变量, 求得回归方程为:

$$Y = 0.34963748 + 18.2145013x_1 + 2.49358794x_2 - 1.91698029x_3 + 0.26403932x_4 - 51.744718x_5 + 32.1699204x_7$$

$$U = 6.10512919$$

$$Q = 0.55467849$$

$$F = 20.1787719$$

$$S = 0.22455588$$

$$R = 0.95745104$$

查 F 一分布表知, $F_{(6,11)}^{0.01} = 5.07 < F$, 所以, 所求回归方程的线性关系高度显著, 且各自变量对 y 的影响大小依次为 $\sqrt[3]{G/W}$ 、 B 、 $2HB$ 、 $\sqrt[3]{B/W}$ 、 G 、 $2HG$ 。

4 一般解析

根据以上分析可知, 影响织物悬垂曲面流畅性能的内在因素确是织物的物理机械性能。

上式表明, 织物弯曲刚度小、柔软易屈曲对其悬垂曲面流畅性能有利; 织物弯曲剪切滞后值 $2HB$ 、 $2HG$ 小, 则试样弯、剪变形时摩擦损耗小, 织物手感较活络, 则其流畅性能好。

然而, 织物物理机械性能受到织物结构参数及加工工艺条件等的影响。如, 织物紧度过大则织物手感板硬、弯、剪变形弹性损耗大, 紧度过小则织物松烂缺少弹性, 因此, 合适的织物紧度配置有助于织物悬垂曲面流畅性能; 再如, 适当的后整理定型温度可使织物的剪切滞后现象降低^[10] (如图7所示), 这也利于此流畅性能。所以进一步研究探讨织物结构参数、加工工艺条件等对产品的这一流畅性能影响将是必要的。

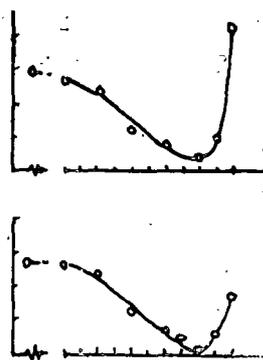


图7 因定型使剪切特性发生的变化

5 结论

- (1) 利用光栏板在织物悬垂曲面上获取等高轮廓线是表现其流畅性能的简易而有效的方法。
- (2) 二阶差分法能客观表达、评价织物悬垂曲面流畅性能, 计算得各试样悬垂曲面流畅指数 F 值较好地反映了主观实际。
- (3) 就纤维成份而言, 全毛、毛涤产品的悬垂曲面流畅性能优于纯棉等产品。
- (4) 影响织物悬垂曲面流畅性能的内在物理机械性能主要是 $\sqrt{G/W}$ 、 B 、 $2HB$ 、 $\sqrt{B/W}$ 、 G 、 $2HG$ 等弯曲、剪切特性。
- (5) 织物结构参数、加工工艺条件等严重影响了织物物理机械性能, 从而对悬垂曲面流畅性能有相当大的影响。这方面的问题仍需进一步研究探讨。

致 谢

在实验过程中得到了无锡轻工业学院纺织材料实验室倪正观, 周建萍老师的热情帮助, 谨此致谢。

参 考 文 献

- 1 傅绪哲. 织物悬垂性国外研究综述. 毛纺科技. 1983; 5, 61
- 2 N. suda, The physical Meaning of Hamburger's Drapability Coefficient. 纤维高分子材料研究所研究报告(日), 第102号, 纺织测试手册, 张亮恭等译. 纺织工业出版社. 1987. 434. 136.
- 3 (日)纤维性能评价委员会编.
- 4 须田纪子, 高桥朋子, Evaluation of Drapability by Motography. 纤维制品消费科学(日); 1983, 24. 209
- 5 杨凤翔, 陆君良编. 数值分析. 天津大学出版社. 1985. 76
- 6 肖明耀. 实验误差估计与数据处理. 科学出版社. 1980. 112

- 7 周坚明. 无锡轻院硕士学位论文. 9
- 8 丹羽雅子. Relationship between Drapability and Mechanical Properties of Fabrics. 纤维机械学会志(日). 1986. 11. 43
- 9 中科院数理统计组. 回归分析方法. 1974. 科学出版社. 77
- 10 (日)纤维性能评价委员会编. 纺织测试手册. 张亮恭等译. 1987. 纺织工业出版社. 445.

A Study on the Fluency of Drapping

Curved Surface of Fabrics

Zhou Jianming, et al

(DePt. of Text. Eng.)

Abstract: In this paper, a new method to acquire characteristic pattern of curved surface by apparatus, designed by the auther, has been presented. By means of the standard deviation of second order difference, the fluency of drapping curved surfaces of eighteen medium fabrics has been estimated. The result shows a good relation between objective and subjective valuation. This paper also makes an investigation into the mechanical factors which act on the quality of being fluent. The result is that the quality bears on an intensive relation to $\sqrt[3]{G/W}$, B , $2HB$, $\sqrt[3]{B/W}$, G , $2HG$.

Subjectwords: drapability, fluency of curved surface, objective valuation; second order difference, medium fabric