

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017060140405

# 基于小波分析的毛料服装穿着起拱性客观评价

余芳

(绍兴文理学院 元培学院 浙江 绍兴 312000)

**摘要:**以16块含毛纯色机织试样为研究对象,将其制作成裤子进行实际着装起拱,在测量起拱高度的同时,对起拱程度还进行了专家5级评分法和排序法评价,采用对起拱图像进行小波分析的客观评价方法,提取小波细节系数标准差作为客观评价指标。研究显示:小波分解4层时垂直方向的细节系数标准差 $SV_4$ 无论与主观评价结果还是与起拱高度都有较好的相关性,因此可以通过计算图像的细节系数标准差来预测专家主观评价的结果以及起拱高度,具有客观、高效、准确的优点。

**关键词:**穿着起拱;小波分析;细节系数标准差;主观评价;客观评价

中图分类号:TS 941.2 文献标志码:A

## Objective evaluation of wearing bagging behavior for wool pants based on wavelet analysis

YU Fang

(Yuanpei College, Shaoxing University, Shaoxing Zhejiang 312000, China)

**Abstract:** Bagging behavior has important influence on garment appearance, now, bagging height is commonly used for evaluation. In this paper, new evaluation method is tried. 16 woven wool fabrics of solid color are selected to make into pants for actual wear to produce bagging, the bagging degree is subjective evaluated by the method of 5 grade and ranking. At the same time, the bagging height is measured and the bagging images are wavelet analyzed and detailed coefficient standard deviation at different levels are extracted as objective evaluation index. Results show that detailed coefficient standard deviation in the vertical direction at the 4th level, i. e.  $SV_4$ , has good correlation with both the bagging height and the subjective evaluation results. Therefore, the detailed coefficient standard deviation of wavelet can be used to predict the experts subjective evaluation results and the bagging height, which is objective, efficient and accurate.

**Keywords:** wearing bagging; wavelet analysis; detailed coefficient standard deviation; subjective evaluation; objective evaluation

起拱是一种常见的影响服装保形性和美观性的变形现象,主要发生在活动幅度较大的关节部位,如肘关节和膝关节,这些部位的织物由于人体运动而产生形变,使服装表面产生凸起,严重影响外观。从20世纪70年代开始,国内外的纺织科技工作人员就开始尝试采用不同的方法对织物的起拱变形进行测试。Thomas<sup>[1]</sup>提出了一种利用拉伸

试验仪测试针织物起拱变形的的方法,Gronewald等<sup>[2]</sup>提出了用人造臂研究织物起拱变形的测试方法;Yokura等<sup>[3]</sup>研究了织物的拉伸、弯曲、剪切等机械性能与织物起拱体积的关系;Zhang等<sup>[4]</sup>研究了用Instron强力仪测试织物起拱疲劳性能的实验方法;杨斌等<sup>[5]</sup>探讨了毛织物起拱变形的力学因子;顾平等<sup>[6]</sup>采用带有肘关节的人造臂测试了重磅真丝绸的起拱性能。王道航等<sup>[7]</sup>研究了织物起拱残留高度的预测方法。

综上所述,目前起拱变形的研究对象主要为织物,缺少真实服装在实际穿着过程中起拱性能的研究

收稿日期:2017-06-15

作者简介:余芳,讲师,硕士,主要研究方向为服装结构及造型。E-mail: 39584424@qq.com.

究,且现有研究大多是用直接测量起拱高度作为评价指标,另外,由于对西装等外观要求很高的正装来说,保形性尤为重要,因此本文将研究毛料服装穿着起拱的客观评价方法。

## 1 实验

### 1.1 试样选取

选取16种常见的纯色含毛机织物进行实验,基本结构参数如表1所示。

表1 织物基本参数

编号	成分/%	组织	经密/根·(10 cm) <sup>-1</sup>	纬密/根·(10 cm) <sup>-1</sup>	面密度/(g·m <sup>-2</sup> )	厚度/mm
1 <sup>#</sup>	羊毛/涤纶 70/30	斜纹	340	290	222.67	0.39
2 <sup>#</sup>	涤纶/羊毛/氨纶 65/30/5	斜纹	380	240	277.52	0.44
3 <sup>#</sup>	涤纶/羊毛 65/35	缎纹	327	181	306.19	0.65
4 <sup>#</sup>	羊毛 100	斜纹	221	180	266.10	0.57
5 <sup>#</sup>	羊毛/粘胶/氨纶 75/20/5	平纹	266	221	266.48	0.51
6 <sup>#</sup>	羊毛/涤纶/粘胶 45/30/25	斜纹	340	290	222.67	0.39
7 <sup>#</sup>	羊毛/腈纶 55/45	平纹	254	216	120.67	0.26
8 <sup>#</sup>	腈纶/羊毛 70/30	平纹	205	173	157.71	0.27
9 <sup>#</sup>	羊毛/腈纶/粘胶 50/30/20	斜纹	240	180	165.05	0.46
10 <sup>#</sup>	棉/羊毛/氨纶 65/30/5	斜纹	426	238	169.73	0.41
11 <sup>#</sup>	羊毛/涤纶 85/15	斜纹	410	430	231.00	0.52
12 <sup>#</sup>	羊毛/氨纶 95/5	缎纹	208	195	200.40	0.42
13 <sup>#</sup>	羊毛 100	斜纹	190	180	112.40	0.30
14 <sup>#</sup>	涤纶/羊毛/氨纶 55/40/5	斜纹	230	200	151.87	0.35
15 <sup>#</sup>	涤纶/羊毛 55/45	平纹	432	362	108.53	0.25
16 <sup>#</sup>	涤纶/羊毛/腈纶 60/25/15	平纹	278	190	111.47	0.26

### 1.2 实验服制作及试穿

服装上最容易起拱的部位是裤子的膝关节和袖子处的肘关节,此处极易因腿部和胳膊的弯曲而使织物产生难以回复的变形,从而严重影响服装的美观性。因此本文以裤子膝盖处的起拱作为研究对象,在标准大气环境中进行实验。

选择一名身高170 cm,体重60 kg,中等身材的年轻男性作为被测者,按照被测者体型数据制作宽松量适中的西裤样板。然后把所选16块含毛织物,统一所有参数,进行裁剪、缝制,最后让被测者穿上做好的裤子,做如下动作:下蹲5 min,大腿与小腿垂直地平坐5 min,两腿直立站立5 min,以使织物变形得以回复,以上为1个循环,每条裤子一共进行4个循环。

完成4个循环后,马上将裤子小心脱下,由于起拱变形会随时间而发生变化,不利于后续研究,所以将脱下裤子的膝盖部位用可以定形的专用化学试剂喷洒,以使其形状固定不变,并进行图像采集,由于相机拍摄会带来光照不匀,从而给图像处理带来较大误差,因此采取扫描的方式采集起拱图像<sup>[8]</sup>。将起拱最严重的部位小心置于扫描仪上,扫描时在盖

子下面四周放置支撑物,以避免盖子对起拱形态造成挤压而影响检测结果。

### 1.3 起拱高度的测量

为了尽量减少测量误差,将扫描后的裤子按照图1所示的方法进行起拱高度的测量,图1中①为2把固定在支撑物上,且垂直于桌面放置的直尺;②为固定在2把尺子上、水平放置的参照物,可以沿直尺上下移动;③为裤子的起拱部位,测量时,将参照物②移动到与起拱部位的最高点相接触的位置,然后读取直尺上的高度,精确到0.01 cm。

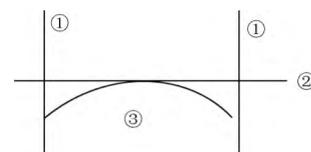


图1 起拱高度的测量

### 1.4 起拱高度的主观评价

评价专家由来自纺织服装企业,有10年以上工作经验的5名质检人员组成,评价结果以2种形式表示:5级评分制(5级评价)和排序法。5级评分制

的计分规则是:起拱最严重的评为1分(1级);较严重的评2分(2级);起拱程度中等的评3分(3级);起拱较轻的评4分(4级);起拱非常不明显的评5分(5级)。排序法的评价规则是:按照起拱程度由高到低排列,起拱最严重的计为1,其次为2,表面最平整的计为16。由于一条裤子有2条裤腿,因此专家需要对每条裤腿进行评价。将5名专家的评价结果经一致性检验,表明评价结果间具有较好的一致性,因此取其平均值,并对一条裤子的2条裤腿求平均,再经四舍五入取整后,得到每条裤子的5级评分法得分和排序法得分。

### 1.5 基于小波分析的起拱特征提取

有“数学显微镜”之称的小波分析近年来在纺织服装领域应用甚为广泛<sup>[9]</sup>,其基本原理是把图像分解成可表达主要特征(用近似系数表示)的低频部分和可表明图像细节(用细节系数表示)的高频部分,如图2所示。

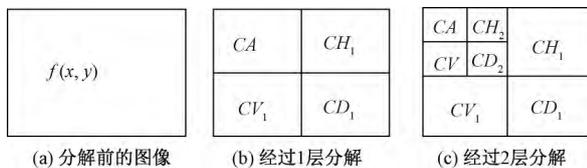


图2 小波分解的原理

图2(a)中的 $f(x,y)$ 是分解前的图像,图2(b)表示 $f(x,y)$ 经过1层分解,被分成4幅子图像:CA是近似系数,代表水平和垂直2个方向的低频成分, $CH_1$ 是水平细节系数, $CV_1$ 是垂直细节系数, $CD_1$ 是斜向细节系数<sup>[10]</sup>。图2(c)表示CA又可以继续进行第2层分解。以此类推,还可以继续进行第3、4层等的分解。为探索织物起拱图像的最佳分解层数,即为研究分解层数与织物起拱变形的关系,先将分解尺度(层数)设为5,根据实验结果再确定是否进行更高尺度的分解。

除分解尺度外,小波的选择也是一个重要参数,由于Haar小波具有的方波形状与机织物的织纹结构具有良好的相似性<sup>[11]</sup>,因此选择Haar小波进行图像分析。文献[12]表明,特定小波和分析尺度上的小波标准差可以反映织物缝纫平整度的变化,因此,本文也尝试提取不同分解尺度的细节系数标准差作为起拱特征,含义如下:

$SH_i$  为水平细节系数  $CH_i$  的标准差;

$SV_i$  为垂直细节系数  $CV_i$  的标准差;

$SD_i$  为斜向细节系数  $CD_i$  的标准差;

$S_i$  为水平、垂直和斜向的标准差之和; $i$  为小波分解层数。

## 2 结果与讨论

### 2.1 小波参数与起拱高度的关系

起拱高度与不同分解层数下的细节系数标准差的相关系数如图3所示。可以看出,所有小波参数与起拱高度均为较强的正相关关系,即起拱高度越大,小波的细节系数标准差也越大。相关系数还受分解层数和细节系数标准差的方向影响。分解层数(尺度)不同,小波参数与起拱高度的相关系数也不同,具体规律为:相关系数随分解层数的增加呈先增后减的趋势,在分解层数为4时,相关系数达到最大值。此外,同一分解层数下,不同方向的细节系数标准差与起拱高度的相关性也不同,经对比可以发现:除分解层数为1外,其余均为垂直方向的细节系数标准差,即 $SV$ 与起拱高度的相关性最强,其原因或可以解释为:穿着后的裤子起拱形态为较长的椭圆形凸起,扫描时将椭圆形竖直放置,因而使其图像具有竖直特征,当小波分解方向为垂直方向时,小波分解的方向与图像纹理方向一致,这时,反映织物纹理变化的本领最强。

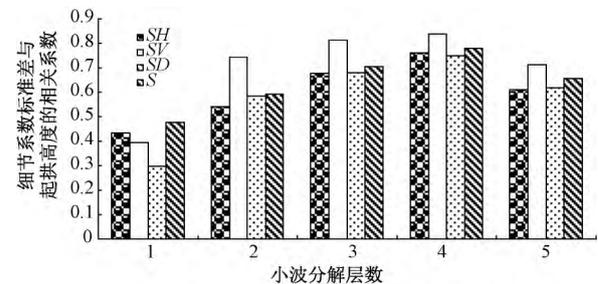


图3 起拱高度与不同分解水平下的细节系数标准差的相关系数

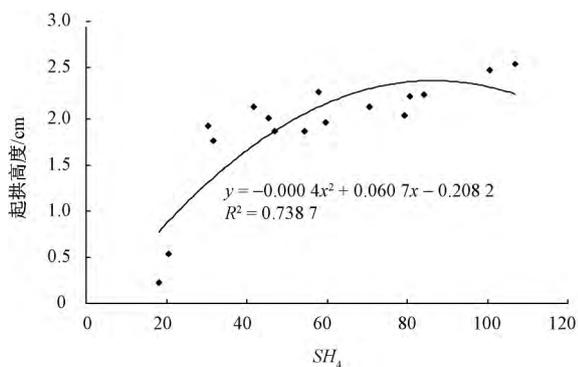
由于小波分解层数为4时,各个方向的细节系数标准差与起拱高度的相关性均达到最大,即4为小波分解的最佳尺度。以下重点分析分解层数为4时的情况。图4为分解层数为4时,细节系数标准差与起拱高度的关系。可以看出,4个参数与起拱高度均呈二次方多项式关系,从相关系数 $R^2$ 可以看出,拟合效果最好的是垂直方向的细节系数标准差 $SV_4$ ,具体关系式为:

$$y_1 = -0.0086x^2 + 0.3709x - 1.6265, \\ R^2 = 0.8760$$

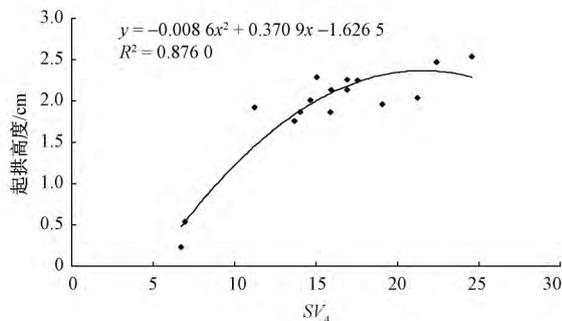
式中: $x$  为  $SV_4$ ,  $y_1$  为起拱高度,cm。此关系式可以用来由小波分解提取的特征参数预测起拱高度。

### 2.2 小波参数与专家主观评分的关系

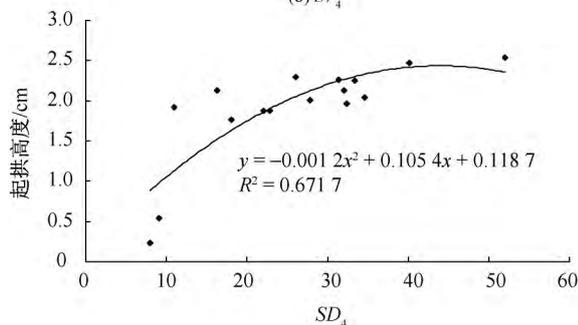
由上面的分析可知, $SV_4$ 与起拱高度的相关性最好,即最能反映织物的起拱程度,所以进一步分析 $SV_4$ 与专家主观评价结果的关系。16块织物的起拱



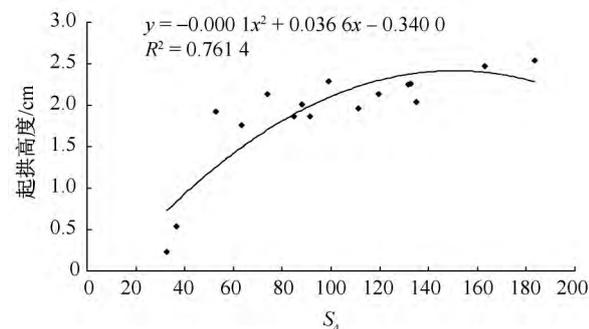
(a)  $SH_4$



(b)  $SV_4$



(c)  $SD_4$



(d)  $S_4$

图4 分解层数为4时细节系数标准差与起拱高度的关系

图像提取的  $SV_4$  与专家5级评分的关系如图5所示,  $SV_4$  与主观排序评价结果的关系如图6所示。

从图5、6可以看出, 主观评价结果, 无论是5级评分结果, 还是主观排序结果, 都与  $SV_4$  呈较好的负线性相关关系, 即  $SV_4$  越大的织物, 专家评价的等级越低, 排序的秩位也越靠前。这是因为  $SV_4$  越大, 说明织物起拱越严重, 由1.4可知, 起拱程度越明显的织物2种评价结果的数值都越小。二者的具体关

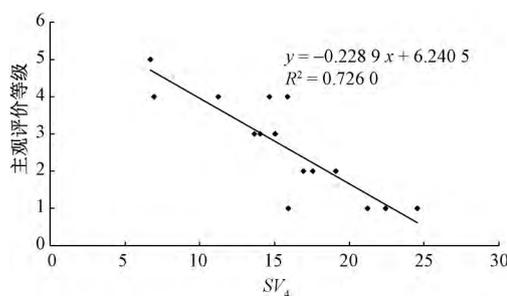


图5 主观评价等级(5级评分结果)与  $SV_4$  的关系

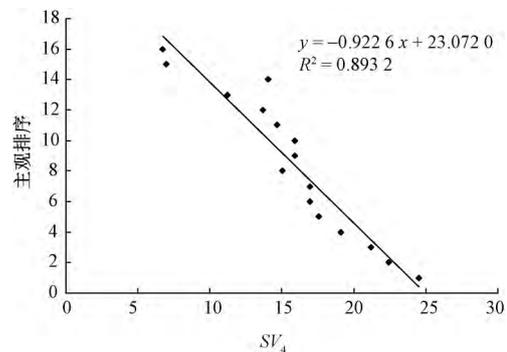


图6 主观排序与  $SV_4$  间的关系

系式为:

$$y_2 = -0.2289x + 6.2405, R^2 = 0.7260$$

$$y_3 = -0.9226x + 23.0720, R^2 = 0.8932$$

式中:  $x$  为  $SV_4$ ;  $y_2$  为5级评分法得分;  $y_3$  为排序法的秩位。从上述  $R^2$  的数值大小可以看出, 根据  $SV_4$  预测织物起拱秩位的精度高于5级评分法得分, 这是因为5级评分法的评价结果只有5个等级, 而织物实际的起拱程度确实差异更大, 因此即使处于相同分数或等级的织物, 其起拱程度也不尽相同, 即这一评价方法的区分度较差, 致使降低了拟合效果。

### 3 结论

以16块纯色机织毛料试样为研究对象, 将其制作成裤子进行实际穿着起拱, 然后采集裤子膝盖处的起拱图像, 分别采用5级评分法和排序法2种专家评价方式, 同时提取了起拱图像在不同分解层数下、不同方向的小波细节系数标准差作为客观评价指标。经过研究, 得出以下结论:

①小波分解的层数和细节系数标准差的方向都会影响客观评价结果, 其中, 小波分解4层时, 垂直方向的细节系数标准差与起拱高度的相关性最强, 即  $SV_4$  最能反映织物的起拱程度, 二者的具体关系式为:

$$y_1 = -0.0086x^2 + 0.3709x - 1.6265, R^2 = 0.8760$$

此关系式可以用来由小波分解提取的特征参数预测起拱高度。

② $SV_4$ 与主观评价结果,无论是5级评分结果,还是主观排序结果,都有呈较好的负线性相关关系。具体关系式为:

$$y_2 = -0.2289x + 6.2405, R^2 = 0.7260$$

$$y_3 = -0.9226x + 23.0720, R^2 = 0.8932$$

根据这2个关系式,可以根据提取的小波参数 $SV_4$ 进一步预测专家主观评价结果。

研究结果表明小波分析可以用于织物起拱程度的评价,且经过合适的分解层数的选择,根据所提取的小波参数来预测起拱高度和主观评价结果,具有客观、高效、准确的优点。

#### 参考文献:

- [1] THOMAS W. Celanese bagging test for knit fabrics [J]. Textile Chemist & Colorist, 1971(3): 231-233.
- [2] GRONEWALD K H, ZOLL W. Practical methods for determining the 'Bagging' tendency in textile [J]. Int, Textile Bull, Weaving, 1973(3): 273-275.
- [3] YOJYRA H, NAGAE S, NUWA M. Prediction of fabric bagging from mechanical properties [J]. Textile Research Journal, 1986, 56(12): 748-754.
- [4] ZHANG X, YAO M, MIAO M, et al. A Test method for fabric bagging [C]//The Fiber Society: A Joint International Conference, 1997.
- [5] 杨斌, 郭维婵. 毛织物起拱变形力学因子探讨 [J]. 毛纺科技, 1997, 25(2): 15-18.
- [6] 顾平, 许同洪, 俞加林. 重磅真丝绸起拱性能的测试研究 [J]. 丝绸, 2000(2): 7-9.
- [7] 王道航, 姜晓云, 张成蛟, 等. 织物起拱残留高度的预测方法 [J]. 纺织学报, 2009, 30(9): 37-40.
- [8] 陈丽丽. 基于灰度共生矩阵的毛料裤子穿着平整度特征提取 [J]. 毛纺科技, 2017, 45(5): 50-54.
- [9] 刘成霞, 刘婷. 应用小波分析的服装关节部位抗皱性评价 [J]. 纺织学报, 2016, 37(12): 37-40.
- [10] 刘成霞. 模拟实际着装的织物折皱测试及等级评价方法研究 [D]. 杭州: 浙江理工大学, 2015.
- [11] 钟智丽. 基于小波分析的织物起球客观评级研究 [D]. 天津: 天津工业大学, 2006.
- [12] 李艳梅. 服装面料缝纫外观质量客观评价及其缝制加工工艺生成系统的研究 [D]. 上海: 东华大学, 2009.