

基于模糊层次分析法的干衣机烘干性能评价

韦玉辉^{1,2}, 苏兆伟³, 王旭⁴, 丁雪梅^{2,5}

[1.绍兴文理学院 纺织服装学院, 浙江 绍兴 312000;

2.东华大学 服装与艺术设计学院, 上海 200051;

3.杭州职业技术学院, 浙江 杭州 310018;

4.河南工程学院, 河南 郑州 451191;

5.现代服装设计与技术教育部重点实验室(东华大学), 上海 200051]

摘要:文中从干衣机产品指标、用户需求、烘后衣物各项性能变化等角度,确定了干衣机烘干性能评价指标体系的评价指标。并利用模糊理论将评价体系内的某些模糊指标客观化、定量化、科学化,再运用层次分析法计算得到评价体系内各指标的权重。最后,运用模糊层次综合分析法,将干衣机指标和烘后织物指标有效地结合起来,建立了干衣机烘干性能评价模型,揭示了目前干衣机市场占有率较低的真正原因,证明了此评价模型的合理性和实用性。

关键词:干衣机;烘干;织物性能;模糊层次分析法;性能评价体系

中图分类号:TS 107

文献标志码:B

文章编号:1000-4033(2018)04-0072-05

Evaluation on Drying Performance of Domestic Dryer Based on Fuzzy Analytical Hierarchy Process

Wei Yuhui^{1,2}, Su Zhaowei³, Wang Xu⁴, Ding Xuemei^{2,5}

[1.College of Textiles and Garment, Shaoxing University, Shaoxing, Zhejiang 312000, China;

2.Fashion and Art Design Institute, Donghua University, Shanghai 200051, China;

3.Hangzhou Vocational & Technical College, Hangzhou, Zhejiang 310018, China;

4.Henan Institute of Engineering, Zhengzhou, Henan 451191, China;

5.Key Laboratory of Clothing Design & Technology (Donghua University), Ministry of Education, Shanghai 200051, China]

Abstract:In this paper, the performance evaluation index system of dryer was proposed from the dryer product specifications, user needs, changes in the performance of the clothing after drying. And some fuzzy indicators in the evaluation index system were objectively, quantitatively and scientifically evaluated by using the fuzzy theory. And then it used the analytic hierarchy method to calculate the weight of each index in the evaluation system. Finally, the drying performance evaluation model for fabric drying by dryer was established by effectively combining the drying index of dryer and the fabric properties changing index after drying, with help of the fuzzy analytic hierarchy process, it was calculated to verify the validity and practicality of the evaluation model, and also revealed the core reasons for the low market share of the dryer.

Key words:Domestic Dryer;Drying; Fabric Properties; Fuzzy Analytic Hierarchy Process; Performance Evaluation System

干衣机产品等级评价标准虽明确给出了各等级分界点,各生产厂商也严格按照标准规定进行生

产,但是目前干衣机的家庭占有率仍然不高^[1-2]。为了从根本上解释这一原因,开展干衣机产品的性能评

价尤为重要。同时,目前标准规定的每一级别所对应产品考核指标检测值仍然是一个区间范围^[3]。这

基金项目:东华大学博士生创新基金(CUSF-DH-D-2016067);东华大学非线性研究所交叉项目(15D110926)。

作者简介:韦玉辉(1988—),女,博士生。主要从事纺织品烘干的研究。

通讯作者:丁雪梅(1969—),女,教授,博士生导师。E-mail: fddingxm@dhu.edu.cn。

种区间评价方法既不能表现出同一级别内产品的性能差异,也不能体现产品等级间的自然过渡,而且很容易掩盖同一级别内不同产品在质量上的差异,特别是当检测值处于边界(极限)状态时,很有可能导致两个事实上质量相差不大的产品却被分属在两个不同的级别之中或者两个差别很大的产品被分属到同一个级别,干衣机产品的性能是一个顺序渐变的过程^[4-5]。因而,这种将两个存在性能差异且落在人为设定限定值的区间范围内的产品人为定义其属于一个等级是不合理的。其次,目前干衣机产品评价标准均没有考虑不同的考核指标对产品总体质量评价时的权重^[1,6]。另外,干衣机产品等级的总体评价应是产品等级检测值的客观存在、干衣机烘后织物性能和消费者的主观感受的统一体^[7-9]。同时,目前关于干衣机烘后织物各项性能变化的研究表明,干衣机烘后会显著改变织物的外观物理性能(平整度、起毛起球、尺寸稳定性、色差)、力学性能下降(织物强力尤其是拉伸模量)、甚至对服饰配件造成不同程度的损伤(图案开裂)^[10-11]。因而,忽略干衣机烘后织物性能变化和消费者的主观感受是十分欠妥的。因此,建立一个更接近干衣机性能特点和人们自然感觉的性能评级系统非常必要。

评级系统建立的前提是将干衣机烘干性能相关指标和烘后织物性能指标放在一起综合考虑。这必然会牵涉很多评价指标,这些评价指标可以是定量的、定性的、模糊的或者无法给出准确的数值,比如烘后织物的微观形貌变化^[8-10]。同时,这些指标结果很可能是随机出现的^[9]。这势必导致干衣机烘干性能评价具有一定的随机性、模糊性

和复杂性。而模糊综合分析法正是为了解决随机出现、边界模糊、无法定量描述的问题而诞生的^[12-15]。层次分析可以将复杂问题分解成相互联系的多个指标的有效方法,而且可以根据隶属度关系将各分解指标重新组合起来,共同解决复杂问题^[16]。

因此,本文将模糊综合评价法运用到干衣机烘干性能评价系统中,并与层次分析法相结合,建立综合考虑干衣机烘干性能相关指标和烘后织物性能相关指标的多层次结合的干衣机烘干性能评价体系,以期干衣机产品评估标准的完善提供依据,并以GDZ-977海尔热电直排式干衣机为例进行计算,旨在揭示目前干衣机销量低的真正原因,并证明此评价体系实用性和可靠性,研究思路如图1所示。

1 干衣机烘干性能评价指标体系的建立(层次结构模型)

根据干衣机烘干特性,参照干衣机产品性能评级标准^[3,11]、织物性能测试标准^[6,7-9],同时结合烘干试验结果,并遵循标准体系建立原则,运用层次分析法将干衣机烘干性能评价体系分成A、B、C 3层。其中,A层为目标层,指干衣机烘干性能评价体系构建;B层是评价体系的一级指标,主要包括B₁干衣机相关指标、B₂烘后织物性能相关指标;B层又可以细分成C₁烘干能耗、C₂烘干时间、C₃烘干均匀性、C₄噪音、C₅最终含水率、C₆外观性能、C₇力学性能、C₈微观形貌、C₉化学结构、C₁₀配饰损伤程度10个二级评价指标,具体层次结构模型如图2所示。

2 评价指标权重确定

层次分析结构模型中除了最

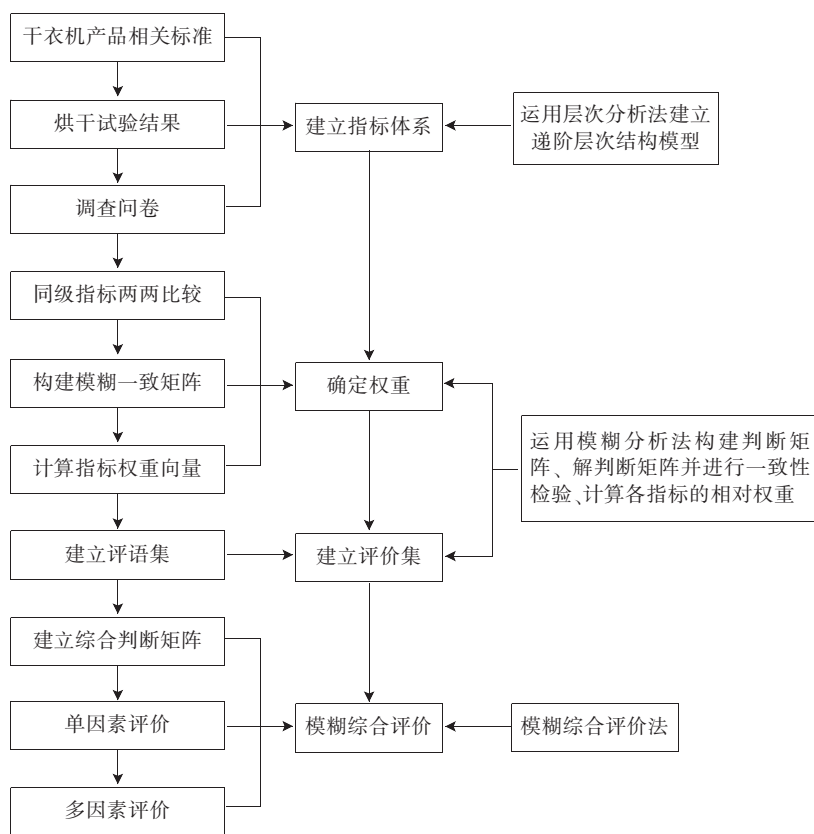


图1 评价体系流程图

高层为一个元素外,其余各层均含有若干个元素,且每一层中所含多个指标,而且每个指标的相对重要性不同。因此,本文提出每层指标以相邻一层指标为基准,进行两两相互比较,并邀请专家按照表1(用于两指标比较的比例标度取值表)给出相应的判断,且反复询问同层指标任意两个指标间的重要程度,以确保评价的客观性、可重复性、准确性,进而构造每个指标的判断矩阵。

综合专家对各指标评估结果,给出干衣机烘干性能评价的干衣机相关指标和烘后织物性能相关指标的判断矩阵A,见式(1):

$$A = \begin{bmatrix} 0.50 & 0.68 \\ 0.32 & 0.50 \end{bmatrix} \quad (1)$$

为了计算每个指标的权重且保证每个权重值的准确性,必须对建立的判断矩阵进行一致性检验。检验原则是判断矩阵满足 Saaty 给出的平均随机一致性指标检验表(表2)。

由表2可知, $n=10$, $C.R.=1.49$, 并根据公式(2)、公式(3)求得一致性比率,其值小于0.1,因此,判断矩阵符合一致性原则。

$$C.I. = \sum_{i=1}^n \frac{|A \bar{W}_i|}{(\bar{W}_i)_i} - \frac{n}{n-1} \quad (2)$$

$$\frac{C.I.}{C.R.} = \frac{0.06}{1.49} = 0.04 < 0.1 \quad (3)$$

式中: A 为判断矩阵; $\bar{W}_i$ 为 A 矩阵的行向量相加得到的和矩阵; n 为指标个数; $C.I.$ 为一致性指标; $C.R.$ 为平均随机一致性指标; $\frac{C.I.}{C.R.}$ 为一致性比率。

在一致性检验过程中,如果某个指标不符合一致性检验表,检验过程需要调整,直至所有指标的判断矩阵均符合一致性检验表的要求为止。此外,综合专家们对各指标的评估结果,对各层指标进

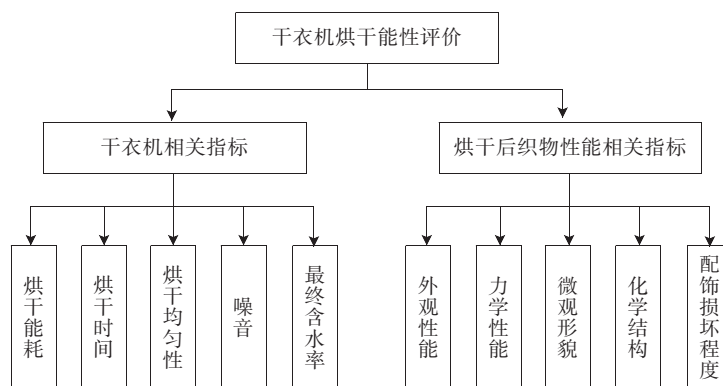


图2 干衣机烘干性能评价指标体系

表1 用于两指标比较的比例标度取值表

等级标度值	标度含义	模糊标度值
1	I 指标与 J 指标同等重要	0.50
2	介于 1 和 3 之间	0.55
3	I 指标比 J 指标稍微重要	0.60
4	介于 3 和 5 之间	0.68
5	I 指标比 J 指标明显重要	0.75
6	介于 5 和 7 之间	0.80
7	I 指标比 J 指标强烈重要	0.85
8	介于 7 和 9 之间	0.92
9	I 指标比 J 指标极端重要	1.00

注: I 指标比和 J 指标分别指图2中提出的需要两两对比的指标。

表2 平均随机一致性指标检验表

指标个数	随机一致性指标(C.R.)
3	0.58
4	0.90
5	1.12
6	1.24
7	1.32
8	1.41
9	1.45
10	1.49
11	1.51

行了模糊标度值比较,并利用公式(2)和公式(3)计算了各评价指标的权重值,见表3。

3 构建评语集并建立模糊综合判断矩阵

根据干衣机产品评级标准^[1,11](表4为干衣机分类等级表)及织物

性能评级标准^[8-9],建立干衣机烘干性能评价的评语集,评语共分4个等级,即 $V = \{\text{十分满意}(V_1), \text{基本满意}(V_2), \text{必须改进}(V_3), \text{不关心}(V_4)\}$,每个等级的模糊标度值见表5。同时,邀请10位有干衣机使用经验的消费者和10位从事干衣机产品研究的专家根据实际情况分别对评价体系中的二级指标进行投票,根据投票数及正规化,可得到各指标对评语等级结果,见表6。

根据表6中各评价指标的模糊判断结果,建立干衣机烘干相关指标(B_1)和烘后织物性能变化指标(B_2)的模糊判断矩阵 S_1 和 S_2 以及模糊综合判断矩阵 S 分别见式(4)~式(6)。

4 模糊计算确定产品等级

采用矩阵的乘法运算,获得干衣机相关指标的总评判矩阵 R_1 ,见式(7);烘后织物相关指标的总评判矩阵 R_2 ,见式(8);以及干衣机烘干性能总评判矩阵 R ,见式(9)。

结合评语集,计算目前干衣机相关指标的等级,烘后织物性能相关指标的等级以及烘干性能等级。干衣机相关指标的等级计算见式(10);烘后衣物相关指标的等级,计算见式(11);将干衣机相关指标和烘后织物相关性变化指标相结合的干衣机烘干性能总体等级,计算见式(12)。

表3 各指标权重

一级指标	权重值	二级指标	权重值
干衣机相关指标	0.48	烘干能耗	0.16
		烘干时间	0.10
		烘干均匀性	0.11
		噪音	0.06
		最终含水率	0.05
烘后织物性能相关指标	0.52	外观性能(平整度、色差、尺寸变化、起毛起球、歪斜)	0.20
		力学性能	0.14
		多尺度微观形貌(面料、纱线、纤维)	0.01
		化学结构(结晶度、化学成分)	0.01
		配件损伤程度	0.16

表4 滚筒式干衣机和烘干一体机性能指标分级情况

产品种类		检测项目	A 级	B 级	C 级	D 级
滚筒式干衣机	直排式	耗电量/(kW·h·kg ⁻¹)	≤0.59	≤0.67	≤0.75	≤0.83
		干燥均匀度/%	≤3.0	≤3.3	≤3.6	≤3.9
		噪声/[dB(A)]	≤58	≤61	≤65	≤69
	冷凝式	耗电量/(kW·h·kg ⁻¹)	≤0.64	≤0.73	≤0.82	≤0.91
		耗水量/(L·kg ⁻¹)	≤5	≤10	≤15	≤20
		干燥均匀度/%	≤3.6	≤4.0	≤4.4	≤4.8
	噪声/[dB(A)]	≤58	≤61	≤65	≤69	
滚筒式洗衣干衣机	直排式	耗电量/(kW·h·kg ⁻¹)	≤0.78	≤0.87	≤0.98	≤1.09
		干燥均匀度/%	≤3.0	≤3.3	≤3.6	≤3.9
		噪声/[dB(A)]	≤58	≤61	≤65	≤69
	冷凝式	耗电量/(kW·h·kg ⁻¹)	≤0.81	≤0.93	≤1.05	≤1.17
		耗水量/[dB(A)]	≤17	≤24	≤29	≤34
		干燥均匀度/%	≤3.6	≤4.0	≤4.4	≤4.8
	噪声/[dB(A)]	≤58	≤61	≤65	≤69	

表5 评语集及等级标度值

评语等级	说明	等级标度值
十分满意	没问题,认为已经达到极限,不需要改进	1.0
基本满意	基本没问题,希望可提高	0.8
必须改进	问题很严重,必须提高	0.6
不关心	没考虑这个问题	0.4

表6 模糊评判结果

评价指标	十分满意	基本满意	必须改进	不关心
烘干能耗	0	13	2	3
烘干时间	0	3	15	2
烘干均匀性	1	5	12	2
噪音	0	11	3	6
最终含水率	12	6	2	0
外观性能	0	3	16	1
力学性能	0	2	6	12
微观形貌	0	1	3	16
化学结构	0	1	3	16
配件损伤程度	0	2	18	0

$$S_1 = \begin{bmatrix} 0 & 0.65 & 0.10 & 0.15 \\ 0 & 0.15 & 0.75 & 0.10 \\ 0.05 & 0.25 & 0.60 & 0.10 \\ 0 & 0.55 & 0.15 & 0.30 \\ 0.60 & 0.30 & 0.10 & 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

$$S_2 = \begin{bmatrix} 0 & 0.15 & 0.80 & 0.05 \\ 0 & 0.10 & 0.30 & 0.60 \\ 0 & 0.15 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.05 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.10 & 0.90 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

$$S = \begin{bmatrix} 0 & 0.65 & 0.10 & 0.15 \\ 0 & 0.15 & 0.75 & 0.10 \\ 0.05 & 0.25 & 0.60 & 0.10 \\ 0 & 0.55 & 0.15 & 0.30 \\ 0.60 & 0.30 & 0.10 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0.80 & 0.05 \\ 0 & 0.10 & 0.30 & 0.60 \\ 0 & 0.15 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.05 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.10 & 0.90 & 0 \end{bmatrix} \quad (6)$$

显然,干衣机相关指标等级及烘后织物性能指标等级,均小于0.4,其均处于不关心状态。充分说明了目前干衣机产品的评价标准仅以干衣机每个指标达标,不考虑用户的整体需求或者干衣机各指标之间的协同关系存在问题,很有可能发生既是任何一个指标都符合标准规定值,但是因其并不符合消费者的要求,导致干衣机很难走进人们生活。这与调查问卷的结果一致。

同时,从综合考虑干衣机指标和烘后织物性能的角度,干衣机烘干性能的总评价结果为0.676 3处于0.600 0~0.800 0,表明目前干衣机产品处于的问题急需改进。这与现有干衣机(常用程序:4 000 W,风速6.8 m/s;转速45~50 rpm)的烘干效率试验结果和烘后织物性能的主观评价结果一致,充分证明了此评价模型的实用性和科学性。

综上所述,目前干衣机产品评级结果急需改进。否则会影响生产厂商进行产品改进并误导消费者购买决策。

5 结论

5.1 利用模糊综合分析和层次分析法相结合的方法,建立了干衣

$$R_1=(0.16,0.10,0.11,0.06,0.05) \times \begin{bmatrix} 0 & 0.65 & 0.10 & 0.15 \\ 0 & 0.15 & 0.75 & 0.10 \\ 0.05 & 0.25 & 0.60 & 0.10 \\ 0 & 0.55 & 0.15 & 0.30 \\ 0.60 & 0.30 & 0.10 & 0 \end{bmatrix} = (0.035\ 5, 0.194\ 5, 0.171\ 0, 0.063\ 0) \quad (7)$$

$$R_2=(0.20,0.14,0.01,0.01,0.16) \times \begin{bmatrix} 0 & 0.15 & 0.80 & 0.05 \\ 0 & 0.10 & 0.30 & 0.60 \\ 0 & 0.15 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.05 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.10 & 0.90 & 0 \end{bmatrix} = (0, 0.061, 0.349, 0.11) \quad (8)$$

$$R=(0.16,0.10,0.11,0.06,0.05,0.20,0.14,0.01,0.01,0.16) \times \begin{bmatrix} 0 & 0.65 & 0.10 & 0.15 \\ 0 & 0.15 & 0.75 & 0.10 \\ 0.05 & 0.25 & 0.60 & 0.10 \\ 0 & 0.55 & 0.15 & 0.30 \\ 0.60 & 0.30 & 0.10 & 0 \\ 0 & 0.15 & 0.80 & 0.05 \\ 0 & 0.10 & 0.30 & 0.60 \\ 0 & 0.05 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.05 & 0.15 & 0.80 \\ 0 & 0.10 & 0.90 & 0 \end{bmatrix} =$$

$$(0.035\ 5, 0.255\ 5, 0.527\ 2, 0.308\ 0) \quad (9)$$

$$(0.035\ 5, 0.194\ 5, 0.171\ 0, 0.063\ 0) \times (1.0, 0.8, 0.6, 0.4)^T = 0.318\ 9 \quad (10)$$

$$(0, 0.061, 0.349, 0.110) \times (1.0, 0.8, 0.6, 0.4)^T = 0.302\ 2 \quad (11)$$

$$(0.035\ 5, 0.255\ 5, 0.527\ 2, 0.308\ 0) \times (1.0, 0.8, 0.6, 0.4) = 0.673\ 0 \quad (12)$$

机烘干性能评价指标体系及评价模型,并运用层次分析法计算了各评价指标的权重值。通过案例进行计算,结果表明,如果从用户的角度,干衣机烘干性能指标和烘后织物性能变化的指标结合起来评价现有的干衣机,其处于严重的不满意状态,必须改进,这与试验结果和问卷调查的结果一致,也从根本上揭示了目前干衣机在我国销量偏低的真正原因,充分证明了此评价模型的可靠性。

5.2 此研究成果弥补了目前干衣机产品性能评估标准中没有考虑各评价指标占干衣机产品等级的权重或者各指标对最终产品质量等级的贡献度的缺陷。同时,也丰富了干衣机产品性能评级标准的评价指标。

5.3 本模型的评价指标是基于热电直排式干衣机结构特点和烘干要求建立的,适用于热电直排式干衣机烘干性能评价,但是此研究思路和研究方法也适用于其他类型

的干衣机。

参考文献

- [1]佚名.家用滚筒干衣机、滚筒洗干一体机性能认证技术规范[J].家用电器,2008(10):70-71.
- [2]于丽萍.干衣机具有广阔的潜在市场[J].电气时代,2000(10):17.
- [3]ANSI/AHAMHLD1-1992 家庭用滚筒式干衣机用性能评估程序[S].
- [4]GB/T 23118—2008 家用和类似用途滚筒式洗衣干衣机技术要求[S].
- [5]GB/T 20292—2006 家用滚筒干衣机性能测试方法[S].
- [6]GB/T 4214.7—2012 家用和类似用途电器噪声限值 滚筒式干衣机、滚筒式洗衣-干衣机的特殊要求[S].
- [7]AATCC 124—2010 Smoothness Appearance of Fabrics after Repeated Home Laundering[S].
- [8]纪小娟,韦玉辉.干衣机内毛织物烘干损伤研究[J].毛纺科技,2016(12):38-42.
- [9]韦玉辉,李鹏飞,丁雪梅.干衣机对烘干织物外观及物理性能的影响[J].针织工业,2016(8):74-77.
- [10]李兆君,丁雪梅.家庭滚筒烘干条

件下服装内外在质量变化[J].家电科技,2013(S1):7-10.

- [11]胡维维,丁雪梅,吴雄英,等.家庭滚筒干衣机加热丝功率对机织物外观平整性的影响[C]//2015年中国家用电器技术大会论文集.合肥:2015年中国家用电器技术大会,2015:6.
- [12]黄艳红,陈梦倩,丁冲.基于模糊综合评价法对洗衣机性能的定量评估[J].赤峰学院学报:自然科学版,2017(3):1-5.
- [13]孙浪涛,韦玉辉,董晓东,等.织物烘干过程及烘干机理的探讨[J].毛纺科技,2016(3):59-62.
- [14]乌一军,孙玮,童朱珏.基于模糊数学综合评估洗衣机性价比情况在优化消费中的应用[J].家电科技,2015(8):42-45.
- [15]李永锋,朱丽萍.基于模糊层次分析法的产品可用性评价方法[J].机械工程学报,2012(14):183-191.
- [16]徐杨,周延,孙鑫,等.基于模糊层次分析法的矿井安全综合评价[J].中国安全科学学报,2009(5):147-152.

收稿日期 2017年10月22日