

DOI: 10.19333/j.mfkj.2017030080104

# 山羊毛多组分阻燃针刺地毯的研制

刘造芳 张得昆 张 星

(西安工程大学 纺织与材料学院 陕西 西安 710048)

**摘要:**以山羊毛、三维卷曲涤纶、丙纶、低熔点ES纤维为原料,通过针刺加固工艺研制面密度540 g/m<sup>2</sup>、针刺密度300刺/cm<sup>2</sup>的山羊毛多组分针刺地毯,并对其进行阻燃整理。研究得出:最佳热熔黏合加固工艺为:烘干温度120℃、烘干时间5 min;最佳阻燃整理工艺为:阻燃剂体积分数10%、浸渍时间40 min。测试分析表明:以山羊毛为主要原料利用非织造针刺技术可以开发出性能较好的山羊毛针刺地毯,该技术对山羊毛的开发利用具有较好的借鉴意义。

**关键词:**山羊毛;针刺地毯;阻燃整理;热熔黏合

**中图分类号:**TS 106.76 **文献标志码:**B

## Development of multi-component and flame retardant needle-punched carpet with goat wool

LIU Zaofang, ZHANG Dekun, ZHANG Xing

(School of Textile and Materials, Xi'an Polytechnic University, Xi'an, Shaanxi 710048, China)

**Abstract:** The multi-component and flame retardant needle-acupuncture carpet with goat wool was prepared by the needling process of using goat wool, three-dimensional crimp polyester, polypropylene and low melting poing ES fiber as raw materials. The weight per square meter of the acupuncture carpet was 540 g/m<sup>2</sup>, the acupuncture density was 300 strokes/cm<sup>2</sup>, and the samples were finished with flame-retardant reagent. The best hot melt adhesive reinforcement process: drying temperature of 120℃, drying time of 5 min. The best flame retardant finishing process: C1T3 (flame retardant volume concentration of 10%, immersion time of 40 min). The analysis of the sample testing shows: the use of non-woven technology can develop the goat wool carpets with better performance when using goat wool as the main raw material and the technology has good reference for the development and utilization of goat wool.

**Keywords:** goat wool; acupuncture carpet; flame retardant finishing; hot melt adhesive

山羊毛因其毛粗、刚硬且无卷曲,抱合力差,很难纺纱,除部分用于生产毛毡、毛绳、制笔以外,往往作为废物处理,造成了山羊毛资源的极大浪费<sup>[1]</sup>。而山羊毛的这些特性恰好满足地毯所用原料纤维长、粗,有刚度和弹性,受压解除后回复性好的要求,因此将山羊毛用于研制针刺地毯。与机织地毯、缝编地毯、经编地毯、簇绒地毯相比,非织造针刺地毯具有工艺简单,生产效率高,成本低,原料

适应性强等优势<sup>[2]</sup>。山羊毛属于天然动物纤维,用于针刺地毯的生产提高了针刺地毯的实物质量,减少了生产过程中的静电及灰尘污染<sup>[3-4]</sup>,同时拓宽了山羊毛的使用范围,减少了山羊毛的浪费。针刺地毯作为一种隔音、保暖、防振兼装饰的铺地材料,现已在家庭、办公室、宾馆、汽车等领域广泛应用<sup>[5]</sup>。而未经阻燃处理的地毯存在着很大的火灾危险性,地毯燃烧时,会释放出大量有毒的烟气,严重威胁火场人员的生命安全<sup>[6]</sup>,因此对研制的山羊毛多组分针刺地毯进行了阻燃处理以增加其安全防护性能。

收稿日期:2017-03-07

基金项目:陕西省功能性服装面料重点实验室项目(14JS038)

第一作者简介:刘造芳,硕士生,主要从事非织造材料方面的研究工作。通信作者:张得昆, E-mail: dk-zhang@163.com。

## 1 产品开发

### 1.1 原料选择

由于山羊毛自身刚硬、无卷曲的特性,在山羊毛加工过程中加入一定比例的丙纶纤维和三维卷曲涤纶纤维,有利于提高山羊毛的加工性能和地毯的综合性能,实现纤维间的优势互补。针刺加固后纤网中的纤维随机排列,呈现出三维各向异性结构<sup>[7]</sup>,加入一定比例的低熔点ES纤维(PET/PP皮芯结构),有利于保持纤网间三维结构的稳定,使得产品具有较好的压缩回复性。故原料选用线密度80 dtex,长度70 mm的山羊毛纤维;线密度18.9 dtex,长度65 mm的三维卷曲涤纶纤维;线密度16.7 dtex,长度76 mm的丙纶纤维;线密度1.5 dtex,长度38 mm的低熔点ES纤维。

### 1.2 加工工艺

采用非织造针刺加固工艺研制山羊毛多组分针刺地毯,工艺流程为:纤维准备(除杂、加油水)→开松混合→梳理→铺网→预针刺→主针刺(2道)→热熔黏合。

在加工过程中,原料比例为山羊毛40:三维卷曲涤纶20:丙纶20:低熔点ES纤维20;产品规格为:面密度550 g/m<sup>2</sup>,针刺密度300刺/cm<sup>2</sup>。加工所用设备为WL-GS-A-500型梳理机,WL-GP-B-800型铺网机,WL-GZ-A-800型预针刺机,WL-GZ-B-800型主针刺机。梳理机、铺网机、预针刺和、主针刺机工艺参数见表1~3。

表1 梳理机工艺参数

部件	频率/Hz	速度/(m·min <sup>-1</sup> )
喂入辊	20	1.24
锡林	35	1 013.25
道夫	25	9.25

表2 铺网机工艺参数

部件	频率/Hz	速度/(m·min <sup>-1</sup> )
上、下帘	26	7.35
成网帘	3	0.53

表3 预针刺和主针刺机工艺参数

设备	针刺深度/mm	植针密度/(枚·m <sup>-1</sup> )	针刺频率/(刺·min <sup>-1</sup> )	针刺密度/(刺·cm <sup>-2</sup> )
预针刺机	7	1 400	340	37.33
主针刺机	5	3 000	560	131.76

将经过针刺加固的山羊毛多组分针刺地毯放入烘箱进行烘燥,针刺地毯中的低熔点ES纤维融化,与其他纤维进行黏合,以使针刺地毯的三维结构保

持良好,并减少掉毛现象。通过对多组烘燥温度和烘燥时间进行实验发现,当烘燥温度为120℃,烘燥时间为5 min时,烘燥后针刺地毯无收缩且有弹性;当烘箱温度为150℃,烘燥时间为5 min时,烘燥后针刺地毯手感变硬且出现收缩现象。这是因为丙纶纤维是热塑性纤维,耐热性较差,当温度达到150℃时,丙纶有明显收缩现象,因此确定最优烘燥温度为120℃,烘燥时间为5 min,此时针刺地毯呈现出最佳效果。

### 1.3 阻燃整理

选用Hire T-886成品阻燃剂,采用一浸一轧整理方式,对研制的样品进行阻燃整理,可增加地毯的安全防护性能。该阻燃剂是一种耐久性的环状磷酸酯阻燃剂,外观为透明的液体,易溶于水,具有无卤、低烟、低毒的特性。其与水溶剂混合后分别配制成体积分数为10%、20%、30%的阻燃剂,每种浓度处理对应的试样编号分别为C1、C2、C3;确定浸渍时间分别为20、30、40 min,每个时间对应的试样编号分别为T1、T2、T3;在配制好的每种阻燃剂中浸渍3块试样,达到浸渍时间后分别取出并轧压,再将试样放入烘箱中进行烘干,最终得到C1T1、C1T2、C1T3、C2T1、C2T2、C2T3、C3T1、C3T2、C3T3共9种阻燃样品。

## 2 产品性能测试及结果分析

### 2.1 面密度、厚度、透气性能

面密度根据GB/T 24218.1—2009《纺织品 非织造布试验方法 第1部分:单位面积质量的测定》进行测试;厚度采用YD141D型数字织物厚度仪根据GB/T 24218.2—2009《纺织品 非织造布试验方法 第2部分:厚度的测定》进行测试;透气率采用YG461 L型数字织物透气量仪根据GB/T 5453—1997《纺织品 织物透气性的测定》进行测试;针刺地毯的面密度、厚度和透气率测试结果见表4。

表4 针刺地毯的面密度、厚度和透气率测试结果

指标	测试结果	CV值/%
面密度/(g·m <sup>-2</sup> )	540	2.51
厚度/mm	5.47	2.45
透气率/(mm·s <sup>-1</sup> )	2 099	2.64

从表4的CV值可以看出,针刺地毯的面密度、厚度有一定的波动,但总体来讲,波动不大,在预期范围内,符合要求。非织造布的透气性用透气率表示,是指在一定压差条件下,单位时间内垂直通过试样单位面积的气流流量<sup>[8]</sup>,由表4看出,该样品具有

较好的透气性。

## 2.2 压缩率和回复率

针刺地毯的压缩性能根据 GB/T 24442.1—2009《纺织品 压缩性能的测定 第1部分: 恒定法》进行测试, 针刺地毯的压缩率和回复率测试结果见表5。

表5 针刺地毯的压缩率和回复率测试结果 %

指标	测试结果	CV 值
压缩率	6.67	1.98
回复率	87.60	2.00

从表5可以看出, 针刺地毯的平均压缩率小, 压缩率小表示在重力作用下地毯变形小<sup>[9]</sup>, 因此针刺地毯具有较好的抗压缩性。针刺地毯的回复率较大, 说明研制的山羊毛多组分针刺地毯受压后具有优良的回复性, 这与山羊毛粗、有刚度, 原料中使用了高弹性的三维卷曲涤纶纤维, 并利用低熔点 ES 纤维进行热黏合加固使得针刺地毯的三维结构更加稳固有密切关系。

## 2.3 断裂强力和撕破强力

拉伸强力根据 FZ/T 60005—1991《非织造布断裂强力及断裂伸长的测定》进行测试; 撕破强力根据 FZ/T 60006—1991《非织造布撕破强力的测定》进行测试, 针刺地毯的断裂强力和撕破强力测试结果见表6。

表6 针刺地毯的的断裂强力和撕破强力

指标	平均值/N	CV 值/%
断裂强力	横向	562.2
	纵向	364.5
撕破强力	横向	337.7
	纵向	244.0

从表6可以看出, 研制的针刺地毯强力较高。加工过程中的铺网工艺为交叉铺网, 使得纤维更多的向针刺布横向取向, 造成纤维纵横向排列取向差异, 使得针刺地毯的横向强力大于纵向强力。

## 2.4 耐磨性

耐磨性根据 GB/T 21196.3—2007《马丁代尔织物耐磨性的测试 第3部分: 质量损失的测定》进行测试, 针刺地毯平磨一定次数后的耐磨指数见表7。

表7 样品平磨一定次数后的耐磨指数

摩擦次数	质量损失平均值/mg	质量损失 CV 值/%	耐磨指数/(次·mg <sup>-1</sup> )
100	32	1.98	3.13
250	100	2.12	2.50
500	230	1.89	2.17

预计样品破损时的摩擦次数在1000次以内, 则实验过程中样品的摩擦次数分别为100、250、

500、750等, 当摩擦次数为500次时, 样品的质量损失平均值为230 mg, 耐磨指数为2.17次/mg。但实验观察发现, 当样品摩擦次数为519次时, 样品表面出现小破洞, 在平磨过程中, 山羊毛掉毛较多, 这主要因为山羊毛硬挺无卷曲, 表面光滑, 纤维间缠结不够牢固, 摩擦力较小造成的。从表7看出, 样品的耐磨性能欠佳, 还需要进一步探讨提高山羊毛针刺地毯耐磨性能的措施。

## 2.5 阻燃性

阻燃性能根据 FZ/T 01028—1993《纺织织物燃烧性能测定 水平法》进行测试。在浸渍时间为20、30、40 min, 采用不同体积分数的阻燃剂对针刺地毯进行阻燃整理, 阻燃整理后的烘燥温度选用120℃, 烘燥时间10 min, 阻燃剂体积分数和浸渍时间对阻燃效果的影响见表8。

表8 阻燃剂体积分数和浸渍时间对阻燃效果的影响

试样编号	阻燃剂体积分数/%	浸渍时间/s	火焰蔓延距离/mm	火焰蔓延时间/s	火焰蔓延速率/(mm·min <sup>-1</sup> )
未阻燃整理	0	0	53.0	98	32.5
C1T1	10	20	5.0	0	0
C2T1	20	20	4.0	0	0
C3T1	30	20	3.0	0	0
C1T2	10	30	4.0	0	0
C2T2	20	30	3.0	0	0
C3T2	30	30	2.0	0	0
C1T3	10	40	3.0	0	0
C2T3	20	40	2.8	0	0
C3T3	30	40	2.0	0	0

### 2.5.1 阻燃剂体积分数的影响

从表8可以看出, 随着阻燃剂体积分数的增加, 不论在何种浸渍时间下, 样品的火焰蔓延距离和火焰蔓延时间都减小, 这说明整理后样品的阻燃性能不断提高, 没有经过阻燃处理的试样火焰蔓延速率最大为32.5 mm/min, 而经过阻燃处理后火焰蔓延速率为0, 说明经过阻燃整理后, 阻燃剂改变了原有纤维的燃烧性质。但在实验时发现, 浸渍在阻燃剂体积分数为30% (即编号为C3) 的样品, 经烘箱烘燥后, 样品手感明显变硬, 面密度明显变大, 直接影响针刺地毯的原有性能, 故阻燃剂体积分数为30% (即编号为C3) 不在考虑范围内。

### 2.5.2 浸渍时间的影响

从表8可以看出, 在同一体积分数条件下的C1或C2样品, 浸渍时间越长, 火焰蔓延距离越短, 阻燃效果越好, 这是因为浸渍时间越长, 阻燃剂与针刺地毯的交联度越好, 从而阻燃性能越好<sup>[10]</sup>。其次, 从表8还可以看出, 试样C1T3 (阻燃

剂体积分数为 10% ,浸渍时间为 40 min) 和试样 C2T3 (阻燃剂体积分数为 20% ,浸渍时间为 40 min) 的阻燃效果几乎一样,为了节约原料成本,选择的阻燃工艺为阻燃剂体积分数 10% ,浸渍时间 40 min。

表9 针刺地毯阻燃整理前后的主要性能对比

阻燃整理	面密度/ ( $g \cdot m^{-2}$ )	厚度/ mm	压缩率/ %	回复率/ %	透气率/ ( $mm \cdot s^{-1}$ )	横向断裂 强力/N	纵向断裂 强力/N
整理前	500.0	5.47	6.67	87.06	2.099	562.2	364.5
整理后	535.2	5.31	6.60	84.60	1.795	598.7	400.2
变化率/%	7.04	-2.92	-1.05	-2.83	-14.48	6.49	9.79

从表9可以看出,采用浸轧法对针刺地毯进行阻燃整理后,针刺地毯的面密度和纵横向强力均增大,这主要是由于阻燃整理时,阻燃剂的残留及烘焙使得纤维间的空隙减小,纤维间的缠结更加紧密,故阻燃整理后的面密度和纵横向断裂强力均有所增加。但是由于在前期制作时,针刺频率和针刺深度比较大,产品比较紧密,所以整理后,其面密度和纵横向强力略有增加,但增幅不大,一般不超过 10%。低熔点 ES 纤维

经浸轧法整理以后,针刺地毯的厚度、压缩率、回复率都略有下降,但是下降不大,均不超过 3%,主要是由于针刺地毯在前期制作时,针刺频率和针刺深度都比较大,相对一般产品更加紧密细致,一般的中厚型针刺非织造材料在浸轧整理以后其厚度均会下降 10% ~ 30%<sup>[11]</sup>,甚至更多。在加工过程中所用试样由于针刺频率和针刺深度偏高,所以浸轧法整理后厚度只是略有降低,但均不超过 3%。产品的透气率下降较大,这是因为阻燃整理后针刺地毯中的空隙减少,产品致密导致透气率较小<sup>[12]</sup>。

### 3 结 论

在加工过程中选用废弃山羊毛做主要原料,将其和三维卷曲涤纶纤维、丙纶纤维、低熔点 ES 纤维混合,梳理成网,经过针刺加固和热黏合加固,再对其进行阻燃整理,从而研制成阻燃针刺地毯,对其进行基本性能测试和阻燃测试,得出以下结论:

①以山羊毛为主要原料,利用非织造针刺技术可以加工出性能较好的山羊毛针刺地毯,通过研究产品面密度和针刺密度等关键点,经多次试机,得出山羊毛针刺地毯的较佳工艺设计参数,其技术对山羊毛的开发利用具有较好的借鉴意义。

②利用低熔点 ES 纤维的热塑性,对针刺后的纤网烘焙进行热熔黏合加固,可使产品具有良好的弹性和强力。烘焙温度不同,产品手感不同,当烘焙温度为 120 ℃,烘焙时间为 5 min,纤网手感最佳。

### 2.6 阻燃整理前后主要性能对比

根据表8实验结果,选择最优阻燃整理样品 C1T3(阻燃剂体积分数 10% ,浸渍时间 40 min) 与未进行阻燃整理的试样主要性能进行对比,结果见表9。

③阻燃整理方案中,根据单因素分析法,分析阻燃剂体积分数和浸渍时间对阻燃效果的影响,实验发现当浸渍时间一定时,阻燃剂体积分数越大,整理后的产品手感越差。在相同的体积分数条件下,浸渍时间越长,阻燃效果越好。最终确定最佳的阻燃整理工艺为:阻燃剂体积分数 10% ,浸渍时间 40 min。

④对针刺地毯阻燃整理前后的主要性能进行对比,针刺地毯的厚度、压缩率、回复率都略有下降,但是下降不大。产品的透气率下降较大,这是因为阻燃整理后针刺地毯中的空隙减少,产品致密导致透气率较小。材料的面密度和纵横向强力均增大。

#### 参考文献:

- [1] 王薇,张得昆,张星,等.新型山羊毛热黏合衬的开发[J].合成纤维,2015,44(2):46-47.
- [2] 冷纯廷.针刺起绒复合非织造布汽车内饰材料的生产工艺技术研究[J].非织造布,2007(4):11-13.
- [3] 巫莹柱,杜文琴.抗静电地毯的研制和性能评定[J].产业用纺织品,2006(10):9-13.
- [4] 戴仲善,郭秉臣,邓玲,等.山羊毛腈纶混纺簇绒地毯的研制[J].天津纺织工学院学报,1994(4):35-37.
- [5] 彭景洋,刘亚.改善涤纶针刺地毯防滑性的研究[J].产业用纺织品,2010(1):15-16.
- [6] 王平.丙纶地毯烟密度的试验研究[J].化纤与纺织技术,2016,45(3):23-24.
- [7] MAON, RUSSELLS. Modeling permeability in homogeneous three dimensional nonwoven fabrics [J]. Textile Research Journal, 2003, 73(11):938-939.
- [8] 王薇,张得昆.低比例羊毛与涤纶混合保暖絮片的研制及其性能分析[J].毛纺科技,2014,42(9):16-17.
- [9] 黄星.我国针刺地毯产销趋势探讨[J].非织造布,1994(1):21-22.
- [10] 倪冰选.非织造布阻燃整理及发展趋势[J].产业用纺织品,2009(11):46-49.
- [11] 郭秉臣.非织造布学[M].北京:中国纺织出版社,2002.
- [12] 钟苇.吸声阻燃涤纶针刺非织造汽车内饰材料的开发[D].西安:西安工程大学,2015:32-33.