

防火服隔热层的生产与性能测试

肖丰^{1,2}, 李营建^{1,2}, 余秀艳³

(1.河南工程学院, 河南 郑州 450007; 2.纺织服装产业河南省协同创新中心, 河南 郑州 450007)

(3.河南省纺织产品质量监督检验院, 河南 郑州 450042)

摘要:介绍了防火服的结构及性能要求,选择芳纶作为原料并测试其性能,根据芳纶的特点和隔热层要求,采用针刺非织造生产线进行加工,最后对产品的性能进行了测试。结果表明:芳纶针刺非织造隔热层阻燃性能好,无续燃和阴燃,能够保证消防员的人身安全;透气性和透湿性良好,消防员穿着舒适。但由于芳纶静电现象严重,加工前需要进行预处理,并且采取必要的技术措施。

关键词:芳纶; 防火服; 隔热层; 针刺法非织造布; 性能测试

中图分类号: TS941.3

文献标识码: B

文章编号: 1001-2044(2018)03-0037-04

Production and performance test of thermal insulation layer for fire protecting clothing

XIAO Feng^{1,2}, LI Yingjian^{1,2}, YU Xiuyan³

(1.Henan University of Engineering, Zhengzhou 450007, China)

(2.Henan Collaborative Innovation Center of Textile and Garment Industry, Zhengzhou 450007, China)

(3.Henan Textile Products Quality Supervision & Inspection Institute, Zhengzhou 450042, China)

Abstract: The structure and requirements of the fire protecting clothing are introduced. According to the characteristics of aramid fiber and requirements of thermal insulation layer, thermal insulation layer for fire protecting clothing is produced by selecting aramid fiber raw materials, testing its performance and using needle punched nonwovens production line, and the performance of the product is tested. The results show that the aramid fabric non-woven insulation has good flame retardant performance, no burning and smoldering, firefighters can ensure personal safety. Its wearability is good because of its good air permeability and moisture permeability. Due to the serious electrostatic phenomenon of aramid fiber, pretreatment is necessary before processing, as well as other necessary technical measures.

Key words: aramid fiber; fire-proof clothing; heat-insulated layer; needle punched non-wovens; performance test

DOI:10.16549/j.cnki.issn.1001-2044.2018.03.013

防火服是一种功能性服装,要求既能安全有效地保护消防人员的人身安全,又能提供相对舒适的人体环境,故它应具备阻燃、隔热、防水、透气等功能。尤其是防火服中的隔热层,必须能有效地进行热防护,确保高温火场中消防员的生命安全。本文介绍了隔热层纤维原料和织物种类的选择,制定生产技术措施,并测试分析了隔热层的性能,对实际生产具有一定的指导作用。

1 防火服的结构

随着科技和工业的发展,消防员面临的火情日益复杂,对防火服等各类防护服产品的面料及服装的性能要求也越来越高。目前防火服已逐步由单一功能、单层结构向多种功能、多层结构发展;材料使用上由阻燃后整理向芳纶、聚酰亚胺等高性能纤维发展;结构上由单一的机织物向机织物、非织造物等多样化发展^[1]。

为满足防火服综合性能的要求,多层防火服一般

由4层组成:外层、防水透气层、隔热层和内层舒适层^[2]。多层防火服结构示意图见图1,其中的隔热层对防火服的综合性能,尤其是热防护性能起着重要的作用。火灾现场一般都具有强烈的热对流和热辐射,隔热层作为热防护材料,介于热源与人体皮肤之间,能将热源产生的高温及辐射热对人体的伤害降到最低。隔热层通常使用阻燃非织造布^[3-4]。

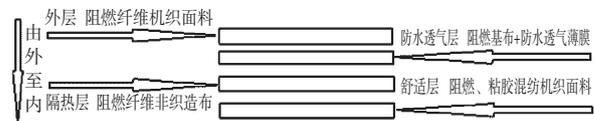


图1 多层防火服结构示意图

2 生产工艺

通常情况下空气具有远超纤维的隔热能力,能够很好地隔绝热量的传播。非织造布结构疏松,内部存在很多空隙,包含许多空气,因此比较适合制作防火服的隔热层^[5]。固网方法有机械法、热粘法和化学法等,因芳纶强力高,伸长大,卷曲多,纤维间抱合大,因此比较适合采用针刺法固网。针刺非织造布隔热层的加工工艺流程简单,可操作性强,纤维混合充分,开松效果好,铺网与成网加工均匀;产品厚薄一致,表面平

收稿日期: 2017-06-08

基金项目: 河南省服用纺织品工程技术研究中心(豫发改高技 2013 995 号)

作者简介: 肖丰(1965—),女,教授,主要从事纺织工艺研究与产品开发。

整细腻,手感柔软舒适,透气性能好,热收缩小。

面密度的大小影响织物的阻燃隔热效果、穿着的轻便性和成本等。面密度大,隔热层的阻燃、隔热效果好;但面密度过大,热蓄积现象会加重,反而会伤及皮肤^[6],而且服装质量大,穿着灵活性变差。综合考虑芳纶价格和隔热能力,隔热层面密度选择 170 g/m²。

2.1 原料选用及预处理

隔热层要求能隔绝热量的传入,防止高温灼伤皮肤,故选用的纤维必须具有优良的隔热性和阻燃性能。芳纶具有持久的耐热性能和热稳定性能,其极限氧指数高于 28%^[7-8]。选用芳纶 1313 制作针刺非织隔热层,能充分发挥纤维阻燃、耐高温、高强、高模的优势,产品阻燃隔热效果好,纵横向断裂强力高,布面平整,厚薄均匀,柔软舒适,能满足防火服综合性能的要求。

为合理制定纤维开松、梳理、交叉铺网和针刺加固的工艺参数,生产出符合质量要求的非织造布;对芳纶 1313 的性能进行了测试,结果如下:细度 1.5 dtex,长度 51 mm,断裂强度 5.12 cN/dtex,伸长率 25.95%,弹性回复率 78.2%,回潮率 6.5%,质量比电阻 $2.75 \times 10^9 \Omega \cdot \text{g}/\text{cm}^2$ 。

芳纶 1313 比较蓬松,摩擦因数较大,质量比电阻高,在加工过程中静电现象严重,容易出现黏附、堵塞等现象。同时,在纤维成网时,静电作用使开松后的单纤维带有同性电荷,同性电荷互相排斥而造成纤网破裂或纤维成团状分布的现象,严重影响纤网的均匀性,所以加工前需要进行抗静电预处理。在纤维上均匀喷洒适量的抗静电剂,增加其润滑性能,降低摩擦因数,可以改善其吸湿导电性。为了使抗静电剂均匀渗透,需要静置 24 h 左右。同时应适当提高车间的相对湿度,保证生产顺利进行。

2.2 工艺流程

结合实际情况,利用工厂设备和实验中心设备制得两个产品,其中实验中心设备生产工艺流程如下:

WL-GK-1 型粗开松机→过渡棉箱→WL-GK-2 型精开松机→WL-J 型自动给棉机→WL-GS-A 型单锡林、道夫梳理机→夹持式铺网机→夹持式进料机→WL-ZGS.Z-Y 型预针刺机→WL-ZGS.Z-D 型倒针针刺机→WL-ZGS.Z-Z 型主针刺机→切边成卷机→WL-GC-B 型三辊热轧机。

2.3 生产技术难点

非织加工一般要经历开松、梳理、成网和固网过

程,生产时各阶段应采取相应技术措施。

2.3.1 开松和给棉

开松过程包括粗开松和精开松两个阶段。粗开松利用开松辊表面的梳针对喂入的纤维层进行打击,使之初步松解。之后再行精开松,对纤维层进一步开松、混合和除杂,为梳理成网提供良好条件。两次开松可保证纤维具有较好的混合和开松效果,充分除去杂质。分阶段逐步开松,可避免纤维损伤。开松辊转速高低会影响开松除杂效果,经试验开松辊转速选择 900 r/min。

芳纶静电现象严重,给棉机角帘帘采用抗静电皮帘,可避免纤维缠绕;输出棉层由震动板连续挤压成型,将纤维均匀地喂给下道工序,保证梳理成网的均匀性。

2.3.2 梳理

梳理成网是非织造布生产的核心过程,梳理机工作性能对最终产品的质量影响很大。由于芳纶长度长,整齐度好,细度细,较为蓬松,易产生静电,故要合理选用针布,既要保证梳理质量,又要加强纤维转移,防止缠绕。采用变频电动机,控制各机件速度。可根据输出棉网的情况,灵活调节锡林、道夫的转速,以提高纤维分离度,改善棉网质量。锡林转速设置为 375 r/min,道夫转速设置为 12.4 r/min。

2.3.3 纤维铺网

采用双帘夹持式铺网机,铺网机分为上下两帘,纤维网在动力作用下经过两帘进入铺料间,由于上下帘子的往复运动,将纤网在铺网帘上铺成若干层,以达到设计的面密度,还可改善纤网的纵横向强力和均匀度。纤维网在机械夹持下往返运动,可排除外力牵伸和气体流动造成的铺网不均。使用抗静电皮帘,能减少静电干扰。改变铺网速度和输出速度,可改变铺网层数。各传动采用伺服马达和变频电动机单独控制。经试验,铺网工艺参数为:喂入速度 21.33 m/min,铺网速度 18.29 m/min,输出速度 0.38 m/min。

2.3.4 针刺加固

针刺加固主要采用预针刺机、主针刺机等设备。针刺加工后,纤维层内的纤维呈三维空间排列,柔性缠结,使成品具有一定的强度和尺寸稳定性。

铺网机输入的纤维网过于蓬松,通过预针刺机进行针刺压缩,可以确保纤维网不断裂或者堵塞针刺机。预针刺机针板由电脑杂乱布针,针板布针密度 3 500 枚/m²,针刺频率 950 次/min,动程 50 mm。主针

刺机针刺动程降低,密度和频率提高,而且托网板和剥网板间距降低,以进一步对预针刺的纤维网进行加固和压实。针刺加固工艺参数为:主针刺机针板布针密度 5 000 枚/m²,针刺频率 1 000 次/min,动程 30 mm。

2.3.5 热压加固

采用三辊热轧机对针刺加固的纤网进行处理,以保证纤网的机械和物理性能。三辊加热温度选择 200℃,经热压后,纤网更加稳定、平整。

3 产品性能测试

测试了工厂研制产品(织物 A)和实验中心研制产品(织物 B)的面密度、厚度、透气性、透湿性和阻燃性,并对测试结果进行分析。

3.1 阻燃性测试

防火服必须具备良好的阻燃隔热性,接近火源时不燃烧,才能从根本上保护消防员的生命安全。根据 GA10—2002《消防员灭火防护服》标准要求,防火服隔热层的续燃、阴燃时间不超过 2 s,损毁长度不能超过 100 mm,燃烧过程中不产生熔融液滴。

采用 YG815A 型织物阻燃性能测试仪,按 GB/T 5455—2014《纺织品燃烧性能垂直方向损毁长度、阴燃和续燃时间的测定》中的要求测试织物阻燃性能,测试结果见表 1。

表 1 阻燃性测试结果

项目	续燃时间/s	阴燃时间/s	损毁长度/mm
织物 A	0	0	41.3
织物 B	0	0	39.4

从表 1 可看出,两个试样均无续燃和阴燃,同时没有熔滴,完全符合国家标准要求。

3.2 面密度、厚度测试

非织造布的面密度与其厚度正相关,厚度越厚,面密度越大。面密度影响织物的隔热性能、蓄热性能、面料成本和穿着的轻便性。采用 YG141 型织物厚度测试仪,按照 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》的方法对面料厚度进行测试;按照 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》的方法对面密度进行测试。测试结果见表 2。

表 2 单位面积质量和厚度测试结果

产品	试样质量/g	面密度/(g·m ⁻²)	厚度/mm
织物 A	10.307 3	171.79	1.33
织物 B	10.112 4	168.54	1.30

从表 2 可以看出,两个产品的面密度与设计值(170 g/m²)比较相近,符合设计要求。作为防火服隔热层,可满足防火服的隔热要求,又减轻了防火服的质量,使消防员作业时更灵活方便。

3.3 透气性测试

织物的透气性是衡量织物服用性能的重要指标,一般用透气率来表示。消防员在火灾现场作业时,身体会大量散发汗气,良好的透气性可保证消防员的穿着舒适性。

采用 YG461 型全自动透气性能测试仪,按照 GB/T 5453—1997《纺织品 织物透气性的测定》的方法对织物透气率进行测试。试验时对织物两边施加一定的压力,在压力差值作用下使空气通过织物,测试单位时间内透过织物的空气量,即为织物透气性。透气性测试结果为:织物 A 707.6 mm/s,织物 B 780.5 mm/s。

可以看出,非织造布结构疏松,其透气率远远超过普通机织物^[9]。说明用非织造布作为隔热层的防火服穿着舒适,有利于消防员在火场长时间工作。

3.4 透湿性测试

织物的透湿性是指织物透过水汽的性能,用透湿率表示。在高温环境下,为保证汗液及时地散发到体外,防止热蓄积产生,隔热层要有良好的透湿性^[10]。另外人体通过排汗进行散热和降温,透湿性好可加速织物的排湿排汗,保证了织物穿着的舒适性。

采用透湿试验箱,按照 GB/T 12704.1—2009《纺织品 织物透湿性试验方法 第 1 部分:吸湿法》的方法对织物透湿性进行测试。试验时,把盛有吸湿剂(吸湿硅胶)并封以织物试样的透湿杯,放置在设定的温度和相对湿度的环境中,气流速度设置为 0.3~0.5 m/s,试验 1 h 后按次序逐一称重,根据透湿杯内吸湿材料质量的变化计算得出织物的透湿量,其测试结果见表 3。

表 3 透湿性测试结果

产品	质量差/g	透湿率/(g·m ⁻² ·d ⁻¹)
织物 A	0.568	4 817.0
织物 B	0.603	5 113.8

从表 3 可看出,非织造布的透湿性符合国家防火服标准要求,用其制作的防火服,可将消防员作业时产生的湿热及时传导出去,保障消防员的舒适性。

4 结 语

选择芳纶 1313,采用针刺非织造布生产线加工防

火服的隔热层,生产工艺流程短,成本低,产品结构均匀,表面平整。因芳纶静电严重,加工前需加抗静电剂,进行预处理。

采用芳纶针刺无纺布制作的防火服隔热层,其隔热阻燃性能好,无续燃和阴燃现象,能够保证消防员的人身安全;由于其透气性和透湿性良好,能及时传导汗液和湿汽,给消防员提供舒适的人体微环境。



参考文献:

[1] 范真祥,程海峰,张长瑞,等.热防护材料的研究进展[J].材料导报,2005(1):13-15.

[2] 李俊,王云仪,张向辉,等.消防服多层织物系统的组合构成与性能[J].东华大学学报,2008(8):410-415.

[3] 蔡普宁,林娜,赵领航.消防服用芳纶隔热层面料的热防护性能研

究[J].产业用纺织品,2015(6):21-24.

[4] 杨柳,杨建忠,李龙.消防服用多层织物的热防护性能[J].合成纤维,2014(9):28-30.

[5] 翟丽娜,李俊.消防服装功能与舒适性开发及研究进展[J].上海纺织科技,2015(3):44-52.

[6] 张梦莹,苗勇,李俊.防火服热蓄积的影响因素及其测评方法[J].纺织学报,2016(6):171-175.

[7] 张玲.芳纶纤维在阻燃织物上的应用[J].中国纤检,2008(4):47-48.

[8] 袁金慧,汇根,马家举,等.芳纶的应用与发展[J].高科技纤维与应用,2015(4):27-31.

[9] 肖丰,李营建.集聚赛络纱及其织物性能分析[J].棉纺织技术,2015(2):57-60.

[10] 徐强.防火服的设计因素分析[J].重庆科技学院学报,2010(5):135-137.

(上接第34页)

通过采取以上技术措施后,织物经向台时断头为0.52根/万米,纬向台时断头1.21根/万米,生产效率达到97%以上,入库一等品率达到99%以上,达到了较好的效果。



参考文献:

[1] 马顺彬.一种竹浆纤维起花织物:201310226824.6[P].2013-06-08.

[2] 马顺彬.经纬双向大循环色织物的设计与生产[J].上海纺织科

技,2014,42(3):38-39.

[3] 马顺彬.纯棉小提花织物的工艺设计[J].棉纺织技术,2017,45(3):74-76.

[4] 马顺彬,蔡永东,秦瑶,等.芦荟粘胶纤维纵凸条织物的生产体会[J].上海纺织科技,2015,43(6):36-37,64.

[5] 马顺彬.芦荟改性粘胶纤维弹力色织物的生产[J].棉纺织技术,2016,44(12):61-64.

[6] 马顺彬.粗细线条状凹凸网格织物的设计与织造工艺[J].上海纺织科技,2014,42(1):40-41.

(上接第36页)

爽、尺寸稳定性好,以及易于打理等特点。成品经检测,经纬向水洗尺寸变化率均在3.0%以内,符合FZ/T 62007—2003《床单》标准中一等品的指标要求。



参考文献:

[1] 孔庆伟,顾平,余儒丹.纯棉高支高密紧密纱免烫府绸的开发[J].上海纺织科技,2007,35(6):51-53.

[2] 张国辉,郭其生.高支纯棉色织府绸的织造工艺[J].上海纺织科

技,2005,32(10):51-53.

[3] 蔡永东.全棉紧密纱色织物的生产技术[J].上海纺织科技,2007,35(4):22-23.

[4] 孙国淮.细号高密紧密纺纯棉色织府绸的生产实践[J].山东纺织科技,2011(1):18-21.

[5] 徐剑锋,蔡永东,姜生.人棉仿绸牛仔布的生产技术探讨[J].上海纺织科技,1997(2):33-35.

上海中纺物产发展有限公司

竹纤维是以取自大自然的常青植物——竹子为原料生产的纤维,是一种健康的、环保的纺织纤维,广泛应用于棉纺、精纺、半精纺、粗纺、无纺布等各个纺织领域。云竹(SOFTBAMBOO)是上海中纺物产发展有限公司竹浆纤维的注册商标。经过多年来的研究、开发,上海中纺物产发展有限公司已逐步拥有了具有自主知识产权的竹纤维产品,产品通过了国际生态纺织品 Oeko-TEX Standard 100 的认证,成为国内第一个获此认证的同类产品。经过几年来不断技术研发和市场推广,“云竹”已经成长为享有市场美誉的品牌,而且“云竹”纤维也切实推动了家纺用品、针织面料、卫生用品、服装等新产品链的发展,海外市场从过去单一的日本市场扩展到了美国、巴西、韩国等国。