

新型阻燃防护服的研发及其性能测试

吕海荣 杨彩云

(天津工业大学纺织学院 天津市 300160)

【摘要】 本文对使用新型纤维材料研发阻燃防护服的主要工艺,包括各层面料的选择、层次的搭配,参数的确定以及不同层次间的复合进行了分析。同时还对阻燃防护服应该达到的国家及国际标准、在进行测试时所需要的仪器及测试方法、阻燃防护服应达到的性能指标进行了详细介绍。

【关键词】 阻燃 层压工艺 复合织物 测试

Study and Test of Flame Retardant Protective Clothing

Lü Hairong Yang Caiyun

(School of Textile, Tianjin Polytechnic University Tianjin 300160)

【Abstract】 This article analyses major processes in developing flame-retardant protective clothing using new type of fibers including choosing of materials, lamination of different fabrics, determining of parameters and lamination of different layers. It also describes national and international standards applicable to flame retardant protective clothing, the equipment needed and methods used in testing as well as the required performances.

【Keywords】 flame retardant lamination process composite fabrics; testing

1 前言

阻燃防护服,是指在直接接触火焰及炙热物体后,能减缓火焰蔓延使衣物碳化形成隔离层,以保护人体的安全与健康使用的防护服。由于在家庭或公共场合,火灾频频发生,因而阻燃织物在防护用纺织品消费中占据了重要比例。阻燃防护服的重要性在于它直接面对恶劣危险的环境,保护工人、消防员的人身安全,通过阻燃防护服装的防护作用,极大降低火场中火对人体的烧伤程度,增加救援机会,从而保障劳动者的生命与安全。因此,阻燃防护服的质量问题至

关重要,在生产中对阻燃防护服的要求也就更高、更严格。现有大多数阻燃服装在耐用性上往往不理想,这就加速了对安全耐用阻燃防护服的研发步伐。

2 阻燃防护服的发展

1985年以前,纯棉帆布制服一直作为阻燃防护服使用,1985年起一种新型阻燃防护服问世。这种防护服的阻燃效果的获得多采用阻燃涂层处理,虽然阻燃效果有所增强,但这种防护服也有其明显的缺点:如不耐洗涤,强力较低等。无法满足长期在火场工作经久磨损的要求。近年来,我国开始研发由阻燃耐高温纤维

生产的新型阻燃防护服装,这种阻燃防护服装具有优异的阻燃性能和耐磨损性能,而且在高温下不收缩,没有熔融滴落物,因而市场前景广阔。

3 新型阻燃服装面料的选择

近年来,国际上常使用聚对苯二甲酸对苯二胺纤维(PPTA)、聚间苯二甲酰间苯二胺纤维(MPIA)、Teflon,聚苯并咪唑纤维PBI等阻燃纤维材料研制阻燃防护服,但是这些材料在性能上也存在着很多缺陷。PPTA纤维虽然具有优秀的阻燃性能,在高温下也不熔融,但是其产量非常少,因而价格昂贵,在市场推广

上存在着很大的缺陷。MPIA 纤维, 在高温水蒸气条件下会缓慢脆化, 并在分解时释放出一氧化碳气体。这在火场救援时, 会对消防人员的生命安全造成极大威胁。PBI 纤维虽然具有良好的热稳定性和热收缩性, 但是其具有致癌性。PTFE (聚四氟乙烯) 纤维由于其纺丝成形困难, 制备工艺复杂而应用较少。玄武岩纤维 (CBF) 是一种无机纤维, 它性能优异、性价比好, 应用领域广泛, 极具发展前景。玄武岩纤维具有与生俱来的热防护性能, 避免了在使用中造成的阻燃性能下降的缺陷, 它的不燃性、阻燃无烟、耐高温、无有毒气体、绝热性好、无熔融或滴落、强度高、无热收缩现象等优点更赋予了玄武岩纤维在阻燃防护服开发应用上大展拳脚的机会。玄武岩纤维的缺陷在于相比其他纤维而言, 其比重较大, 因而, 由玄武岩织物研发的阻燃防护服在设计上要尽量减重, 以减轻对工作人员造成的额外负担。

4 新型阻燃防护服的设计

高质量的阻燃防护服应该满足以下要求: (1) 首先应该考虑防护和安全。新型阻燃防护服应具有优秀的防护标准和防护等级, 也就是将功能性放在首位。最大程度的满足工作人员的安全需要。(2) 耐磨性能好。服装应适用于在火场救援的工作人员进行各种复杂的运动所造成的磨损。(3) 耐用性好, 可以长期反复使用。(4) 舒适性好, 具有良

好的透气性和透湿性能, 这对于火场救援来说尤其重要, 在舒适的条件下工作, 不但可以延长工作时间, 而且还可以提高工作效率, 减少工作失误等。新型阻燃防护服发展的总趋势是, 由单一强调危险性防护向重视人体工效学特征与舒适性的转变。充分发挥新检测技术和数据整理相结合的潜力, 设计出舒适性更强, 防护性更全面的耐高温舒适型阻燃防护服。

4.1 面料的选择

为了使阻燃防护服兼具阻燃和舒适性相结合的多重优点, 在面料的设计上首先选出所需要的具备不同性能的面料, 使用织物复合技术, 如层压技术, 在不损伤各组份功能的前提下, 简单地实现功能的叠加和增效, 从而使该新型阻燃服装成为多功能的载体, 提供阻燃、透湿、防水等全面的保护。同时, 由于多层面料的复合会增加服装重量上的需求, 因此在设计时要协调防护性能与舒适性能之间的关系, 减轻穿着者的负重。

4.1.1 阻燃防火层

阻燃防火层为阻燃防护服的最外层, 它直接与火场相接触, 在应用中会受到各种磨损、钩挂作用, 因而阻燃性、耐磨性、耐撕裂性能将都成为该层次的重要设计因素。可以选用平纹组织玄武岩防火布, 该面料为(7~9) μm 的连续玄武岩纤维细纱编制而成, 经测试, 面料的表面性能可以达到上述所要求的阻燃、耐磨、耐

撕破、耐钩挂性能, 为了达到更加优良的效果, 可以对玄武岩防火布进行高温无毒害的涂层处理。该面料具有不燃、耐高温、无有毒气体排出、绝热性好、无熔融物滴落、强度高、无收缩现象等优点, 因此, 可以胜任作为阻燃防护服防火外层的需要。

4.1.2 防水透气层

实现织物防水透湿的途径很多, 如: 高密织物结构设计、防水透湿涂层剂整理、防水透湿薄膜的复合加工。其中防水透湿薄膜是一种既无重量负担, 又性能优异的材料。薄膜为两相之间的选择性屏障, 对其传递过程的外部推动力可以是压力差、浓度差或温度差。在复合织物中使用的防水透湿薄膜应该具有良好的选择通透性。防水透湿薄膜一般可以分为微孔型防水透湿薄膜、无孔型防水透湿薄膜、双组份型防水透湿薄膜 3 种。目前应用较为成熟的技术为聚四氟乙烯微孔薄膜 (简称为 PTFE)。采用拉伸法研制的 PTFE 微孔薄膜的基本性能见表 1。

表 1 PTFE 微孔薄膜基本性能

性能	指标
透湿量	$\geq 1.0 \times 10^4 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot 24\text{h})$
透气量	$\leq 1.0 \times 10^{-2} \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$
耐静水压	$\geq 0.1 \text{ MPa}$
膜厚	$20 \mu\text{m} \sim 70 \mu\text{m}$
厚度不均匀率	$\leq 20\%$
抗张强度	$\geq 25 \text{ MPa}$
断裂伸长率	$\leq 100\%$

4.1.3 隔热层

隔热层处于阻燃防护服面料的中间层, 主要起到隔离热环境

中空气的热传导,防止工作人员灼伤的作用。通过实验分析发现,该层对阻燃防护服的热辐射性能、热传导性能、透湿性能均影响显著。在材料的选择上使用远红外涤纶纤维,设计克重为180~200g/m²,厚度在5~6mm之间即可达到性能上的要求。当然,也可以采用其他阻燃纤维进行该层的设计,如Nomax,芳纶等。

4.1.4 衬里

在新型阻燃防护服中加入衬里层主要是从舒适性的角度进行考虑,可以防止外层织物与人体直接接触而产生刺痒感,而且若该层选材合理,还可以达到良好的排汗效果,使工作人员在穿着阻燃防护服时更加舒适。因此,可以考虑选用平纹组织的粘胶织物或纯棉织物,厚度设计在0.2mm左右,纱支选择在18~25tex之间即可。

4.2 织物的复合

层压工艺是一种获得多功能复合织物的有效手段,它通过黏结的办法把具有各种功能的材料结合在一起,与普通织物相比有以下优势:

- (1) 材料的功能叠加,增加使用效果,能够将各种材料的优良性能复合于一体,取长补短。
- (2) 由于各种材料在层压织物内部是相互独立的,不必过多的考虑相容性的问题,因此该工艺对材料的要求不高。
- (3) 在层压工艺中,除了溶剂型,水乳型黏合

剂外,其他黏合剂不含溶剂和水,避免了化学药品的污染和能源消耗,也不会遇到关于消防安全等方面的问题。层压复合织物结构见图1。

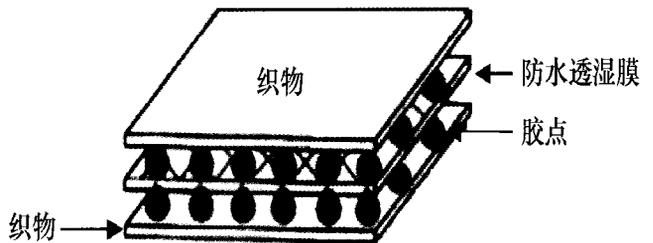


图1 层压织物结构

对各层次面料进行优化组合,使复合面料在性能和功能上均呈现出最优效果。

5 阻燃防护服的检测

用所设计的服装面料做成阻燃防护服最终将应用于火场环境,它的质量直接关系到工作人员的生命安全,因此,阻燃防护服的每一项指标都应严格符合相应标准,做到万无一失,这样才可以尽可能的减少在实际工作中的安全隐患。根据国家标准和国际相关标准对新型阻燃防护服装进行性能测试,其中主要对服装的阻燃性能、力学性能、热防护性能等进行衡量。具体测试指标为衣料的阻燃性能、断裂强力、撕破强力、透湿量、硬挺度、缩水率、耐磨性、热防护性以及辐射热、接触热等,见表2。

表2 阻燃防护服性能要求及检测规范

检测项目	性能要求	检测依据	主要操作仪器
衣料阻燃性能	续燃≤5s 阴燃≤5s 损毁长度≤150mm	GB5455《纺织织物阻燃性能测定 垂直燃烧法》	垂直燃烧试验仪
断裂强力	≥450N	GB/T3923.1《纺织品织物拉伸性能第一部分:断裂强力和断裂伸长率的测定调样法》	YG(B)026 电子织物强力机
经纬向撕破强力	≥25N	GB/T3917.3《纺织品织物撕破性能第3部分:梯形试样撕破强力的测定》	等速伸长型(CRE)强力仪
透湿量	>4500g/(m ² ·24h)	GB/T12704《织物透湿量测定方法透湿杯法》	透湿杯、标准筛电子天平等
衣料的经纬向总平均抗弯长度(硬挺度)	≤4.8cm	GB8965《阻燃防护服》	YG(B)022D型自动硬挺度实验仪
经纬向缩水率	≤2.5%	GB8630《纺织品洗涤和干燥后尺寸变化的测定》	YG(B)089A型全自动缩水率实验机

续 表

检测项目	性能要求	检测依据	主要操作仪器
颜色	色差及色牢度符合相关规定	未提供	
毒性	无皮肤过敏反应	未提供	
缝纫线单线强力	≥8N	GB/T3916《纺织品卷装纱单根纱线断裂强力和断裂伸长率的测定》	等速伸长型(CRE)强力仪
阻燃性能(洗前和洗后12次后的接焰次数)	3次	GB8965《阻燃防护服》附录B	垂直燃烧试验仪
颜色	与衣料匹配,色牢度符合相关规定	未提供	
附件扣、钩	使用不易熔、易燃材料,使用时表面需加阻燃掩襟	GB8965《阻燃防护服》	
织物耐热性	不得烧穿、熔洞、熔融或熔成碎片,接缝要求完好	ISO/DIS 17493《耐热服装和设备.采用热空气循环炉对耐热对流的试验方法》	热空气循环炉
单层防护服及多层的内层	260℃不得点燃或熔融,收缩≤5%	ISO/DIS 17493《耐热服装和设备.采用热空气循环炉对耐热对流的试验方法》	热空气循环炉
接缝强力	?材料强力的75%	ISO 13934—1《纺织品 织物拉伸特性 第2部分:用抓样法测定断裂强力和断裂伸长率》	等速伸长型(CRE)试验仪
耐磨性(试验压力9kPa)	外层材料循环≥15000次,断纱≤2根	EN530《防护服材料的耐磨性能.试验方法》	Y522型圆盘式织物耐磨仪
热防护			
热传递性能要求	≥B1级(4.0s≤HTT<10s)	EN367/ISO 9151《阻燃隔热防护服 有火源条件下热传导性的测试》	LAF—16 织物保温性能测试仪
辐射热(热通量20Kw/m ²)	≥C1级(7.0s≤t ₂ 级平均时间<20.0s)	Pr EN 366/pr EN ISO 6942《防护服 耐热和耐火防护试验方法:暴露于辐射热源时对材料和材料套件的评定》方法B	TPP 检测装置

除了进行以上实验来测试织物的性能外,还应该考虑到在火场中,消防人员要用水进行灭火,这就要求阻燃防护服具有良好的防水能力,经常在实验室用到的测试防水性能的方法为静水压测试方法,即在标准大气压条件下,织物涂层面或拒水面接触水面,承受持续上升的水压,直到织物背面有3处渗出水珠时为止测得水的压力,其值的大小表示织物的抗渗水性能,织物能承受的静水压越大,防水性越好。

6 结束语

作为新型阻燃防护服,要求其不仅仅具有阻燃功能,根据在实际生活和生产中的具体应用应赋予其更多性能,如防水、拒油、抗静电等,进行拒油整理可以提高阻燃防护服的功能性,进行抗静电整

理,可用于炼油及化工行业,预防由静电引发的严重的后果。当前,我国大部分行业仍在广泛使用传统的阻燃防护服装,其耐用性能较差,而从国外引进的阻燃防护服装虽然性能优良但是价格过高,影响了推广,而本文中设计的新型阻燃防护服则很好地弥补了上述两种服装的缺陷,既在性能上达到了标准,在价格上,由于选用了性价比较高的玄武岩织物而使其容易被广大消费群体接受。随着新型阻燃纤维材料的不断研发,阻燃防护服装必将更好地保护工作人员的人身安全。

参考文献

- [1] 王秀丽,王越平,周璐璐.森林防火服配套性研究[J].上海纺织科技,2004,(32)1:44. (下转第47页)

出很强的市场竞争力。比如：建设牌全身式安全带，安全牌绝缘手套，生宝牌半面具等内资品牌都有成熟的高端产品并取得了CE认证，不仅参与国内高端产品市场的角逐，还实现了产品出口欧洲等国家和地区的目标，使众多置身于国内低端产品价格战中的内资品牌看到了希望。

3 代理商与渠道商不断寻找新出路

我国PPE市场经过了多年的快速发展，其渠道商的情况也在悄然发生改变。近年来随着更多外资PPE厂商进入我国市场，欧美品牌的主导地位和日系品牌的传统优势以及国产品牌的迅速崛起，使得PPE制造技术及其市场趋于成熟，不同品牌之间的竞争，愈加激烈，代理商之间的价格竞争也进入了白热化。尽管我

国PPE市场每年仍然保持高速增长，但是成品价格不断下降，成本不断攀升，使利润不断缩水，原先的销售体系已不足以再继续保持。一级代理商，开始大批量定货，从而获得更好的折扣，以便更好地参与市场竞争。

渠道商也在不断寻求新的出路。与此同时由于不少厂商奉行大客户直销、小客户代理维护的市场策略，因此，这种直销与分销并存的销售模式使饱受价格战之苦的渠道商雪上加霜。

4 服务升级满足顾客更多要求

随着国民对安全防护意识的不断提高，PPE的应用范围不断扩大，产品日渐普及。厂商除了给顾客提供更丰富的产品外，个性化的售后服务也成为争夺市场的又一个重要砝码。提供增值服务可以更好地开拓和维护客户，

而且可以提高知名度，并找到新的利润增长点。免费上门维修、配套产品一站式服务、30天内凭销货单退换货物、一个月内买贵了退差价以及作价回收旧产品等，在细枝末节处感受到售后服务带来的实惠。

5 结束语

业内人士分析指出：我国PPE市场低端产品需求减缓，而中高端产品需求旺盛的市场现状非常明显。中高端产品市场需求升温会持续10年左右才能达到相应的饱和度。因此，行业面临着难得的发展机遇。众多的内资品牌一定要抓住这个机遇，坚定地树立起自己的品牌，不断开发出与市场需求相适应的产品，才能在同质化竞争中取得优势，才能面对几乎被外资品牌垄断的高端产品市场，占据更多的市场份额。

(上接第16页)

- [2] 郑梅华.新型消防战斗服[J].现代消防与产品研究, 2000(5): 24.
- [3] 金壮,张弘.纺织新产品设计与工艺[M].北京:纺织工业出版社,1992.131~147.
- [4] Muller T.纺织品的阻燃整理[J].国际纺织导报,2001,(1):67~71
- [5] 沈兰萍,朱宁.新型发展产品设计与生产[M].北京:中国纺织工业出版社,2001.
- [6] 张腾,张建春.高性能纤维与功能性整理织物[J].中国劳动防护用品,(42):26~30.
- [7] 张辉,谢光银,沈兰萍等.复合功能型织物的开发探讨[J].北京纺织,2003(24):35~37
- [8] 赵阳,滕金山.阻燃防护服[J].劳动保护,2006.8,95~97.
- [9] 李俊,施雷花,张渭源,张华.耐高温防护服及其发展趋势[J].中国个体防护装备.2005.1:16~18
- [10] 李护彬.ASTM标准及F23防护服系列标准[J].中国个体防护装备,北京:2004:1
- [11] 郭晓芳,李俊.防护服装的应用及发展趋势[J].中国个体防护装备,北京:2007:6
- [12] 姚晓林.特种防护服的发展概况[J].上海纺织科技,2003.5:50~52
- [13] 李瑞欣,张西正,郭勇等.高透湿性生物防护服的研制[J].中国个体防护装备,北京:2007:2
- [14] 蔡陞霞.织物结构与设计[M].北京:纺织工业出版社,1990
- [15] 郭玉海,张建春.聚四氟乙烯薄膜防水透湿层压织物的研究[J].北京纺织,1998,19(4):12~15.
- [16] 黄机质,张建春,郝新敏.聚四氟乙烯防水透湿层压织物的研制与开发[J].上海纺织科技,2003,31(5):53~54.
- [17] 王妮.功能纤维及其在劳动防护服中的应用[J].产业用纺织品.2001,4:6~10
- [18] 周玉,武高辉.材料分析测试技术—材料X射线衍射与电子显微分析[M].哈尔滨工业大学出版社.1998.1
- [19] 张文彬.新世纪产业用特种纤维材料[J].纺织导报.2001,5