

基于高能电子束辐照技术的服装面料功能化

孟微, 周莉, 钱海洪, 范静静, 王鸿博*

(江南大学 江苏省功能纺织品工程技术研究中心, 江苏 无锡 214122)

摘要:介绍了高能电子束辐照技术的接枝原理及其在服装面料改性方面的加工方法,并且对应用高能电子束接枝技术改善面料的阻燃、抗菌和抗皱性能等进行初步研究。结果表明,经过接枝以后,亚麻织物的阻燃性能得到一定的改善,当接枝率>14.33%时,续燃时间<15 s,阴燃时间<10 s,达到了机织物装饰用布B2级阻燃性能的标准;涤纶织物的抗融滴性能得以提高,30 s内的融滴数由38滴降为8滴;棉织物的抗菌性能有了较好的改善;棉织物的折皱回复角增加了33.13%,抗皱性能有了明显的改善,并且具有一定的耐水洗性。

关键词: 高能电子束;接枝;服装面料;功能化

中图分类号: TS 195.5 **文献标志码:** A **文章编号:** 2096-1928(2016)02-0138-04

Research of the Functional Garment Materials Based on Electron Beam Irradiation

MENG Wei, ZHOU Li, QIAN Haihong, FAN Jingjing, WANG Hongbo*

(Jiangsu Engineering Technology Research Center for Functional Textiles, Jiangnan University, Wuxi 214122, China)

Abstract: The mechanism of graft based on electron beam irradiation technology and processing method for the modification of garment materials were introduced, and the improvement of the flame retardant, anti-microbial and wrinkle-resistance properties of the textiles by electron beam irradiation was investigated. The results indicated that the flame retardant property of flax fabric was improved after grafting. When the grafting ratio of material was more than 14.33%, the times of after-flame and inflaming retarding were less than 15 s and 10 s, respectively, which reached the B2 flame retardant performance standard of the woven decorative textiles. In addition, the melt drop property of polyester fabric was improved, the number of melting drop reduced from 38 to 8 within 30 s. The anti-microbial and wrinkle-resistance properties of cotton fabric were also improved, the WRA of cotton fabric increased by 33.13%, and the wrinkle-resistance and washing-durable properties were improved obviously.

Key words: electron beam irradiation, graft, garment materials, functional

随着经济的快速发展和社会文化生活水平的不断提高,人们的消费观念逐渐向时尚和健康的新方向发展^[1]。对于服装的需求不再是简单地满足于实用性,开始追求质和量的保证,并且逐渐上升为追求舒适性、功能性、艺术性和人性化的诸多性

能的融合。随着新材料和新科技的诞生,服装的功能性不断完善,性能效果更加完美^[2]。由于近年来生活环境污染的日益加重,在对服装面料进行功能化整理的过程中更加追求绿色环保。高能辐照具有高能量、高效率、节能环保等优点,得到越来越多

收稿日期:2016-01-15; 修订日期:2016-02-20。

基金项目:国家自然科学基金项目(31201134,31470509);江苏省基础研究计划(自然科学基金)青年基金项目(BK2012112);江苏省产学研前瞻性研究项目(BY2013015-24);苏州大学丝绸工程省级重点实验室开放课题项目(KJS1312);江苏省先进纺织工程技术中心立项课题项目(XJFZ/2015/1)。

作者简介:孟微(1991—),女,硕士研究生。

* **通信作者:**王鸿博(1963—),男,教授,博士生导师。研究方向为功能纺织材料、新型纺织技术及纺织新产品开发。

Email:wxwanghb@163.com

的关注^[3]。近几年,随着科技的发展,高能辐照技术也不断成熟,除了在有机化工方面取得了不少的研究成果,高能辐照技术在服装面料改性方面的研究也有很多,并且取得了一定的成果。如改善棉织物的疏水性能^[4],提高涤纶织物的抗融滴性能^[5]、改善真丝抗皱性能^[6]等。文中在介绍高能电子束辐照接枝原理以及辐照接枝方法的基础上,通过高能电子束辐照接枝的方法对服装面料功能化加以研究,以改善织物的阻燃性、抗菌性和防皱性能。

1 高能电子束辐照接枝

1.1 电子束辐照接枝原理

电子束辐照技术是利用高压电场加速的高能电子束照射物质,通过高能电子束使物质产生激发态分子引发各种化学反应,从而改变或改善物质的性能。高能电子束在通过介质时,可以在相当短的时间内将能量传递给介质,介质吸收辐射能量后,会使本身产生电离和激发,在体系中产生各种活性粒子(离子、自由基、激发分子、刺激电子等),这些离子均处于极不稳定的状态,并且分布不均一,会经过一系列的物理化学变化,直到建立起新的热力学平衡为止^[5]。由于纺织纤维是一种高分子聚合物,因此辐照接枝改性是通过纤维分子在辐照作用下所形成的自由基、阳离子或过氧化物,使单体接枝到纤维聚合物的主链或侧链基团上^[7],从而在保留织物原有性能的基础上,使织物具有特殊的性能。根据接枝单体的不同,可以赋予织物阻燃、抗菌和抗皱等不同性能。

高能电子束接枝是由射线引发的接枝反应,在其反应过程中无需添加任何引发剂,并且通过电子束对织物进行功能化改性,原则上对单体和织物没有任何要求,在接枝过程中可以根据需要进行接枝率的控制,操作简单易行。

1.2 高能电子束辐照接枝的方法

通过高能电子束对纺织品进行接枝改性的方法包括预辐照接枝法、共辐照接枝法和后辐照接枝法 3 种,其中常用的为前两种辐照接枝法。

1.2.1 预辐照接枝法 预辐照接枝法是将织物在除氧的情况下(真空或 N₂ 等惰性气体保护下)进行辐照,产生比较稳定的陷落自由基,然后在辐射场外与脱除空气的单体(液相或气相)在加热下进行接枝共聚合反应^[8-9]。通过该方法产生的均聚物较少,操作相对简单,接枝以后的织物洗涤更加简单方便,但是接枝过程中能够引发接枝反应的自由基所占的百分率低于共辐照接枝法。

1.2.2 共辐照接枝法 共辐照接枝法是将织物和接枝单体同时进行辐照,使织物和单体在射线作用下产生自由基,直接单体聚合,并且与被加工的物质发生反应得到功能化的织物。共辐照接枝主要采用两种方法:一种是织物在单体反应液中辐照引发接枝,另一种是织物浸轧单体后放入辐射场进行反应^[10-11]。该方法自由基利用率高,辐射与接枝过程一步完成,操作简单。但是由于单体受到照射会发生均聚反应,造成单体浪费并且增加了洗除均聚物的操作^[8-9]。在实验中应该尽量减少均聚物的产生。

2 高能电子束辐照接枝在服装面料功能化方面的应用

2.1 阻燃整理

通过高能电子束辐照技术改善织物阻燃性能,文中分别对亚麻织物和涤纶织物的阻燃性能改善进行初步探索。

2.1.1 亚麻织物阻燃整理 亚麻织物被誉为“纤维皇后”,具有吸湿散湿快、拉力强、透气滑爽、挺括大方等特点,被广泛应用于服装、装饰和其他领域^[12-14],但是亚麻织物易于燃烧,使用中具有很大的安全隐患,因此有必要对亚麻织物进行阻燃整理。对于亚麻织物的阻燃整理,首先将一定量的亚麻织物在 95 ~ 100 ℃ 的条件下经过 NaOH 溶液进行预处理,去除亚麻织物中的杂质后,将亚麻织物在丙烯酰胺溶液中浸泡一定时间,将浸泡后的织物置于高能电子束辐照装置下进行辐照接枝反应,最后将接枝后的织物加以漂洗,洗去未反应的丙烯酰胺以及产生的均聚物,并将织物置于烘箱中烘干,得到所需亚麻织物。对经过辐照接枝后的亚麻织物根据标准 GB/T5454—1997《纺织品燃烧性能试验 垂直法》进行垂直燃烧试验测试,其结果见表 1。

表 1 亚麻织物接枝前后的垂直燃烧试验结果
Tab. 1 Vertical burning test results of the flax fabric before and after grafting

试样	接枝率/%	续燃时间/s	阴燃时间/s
1	0	烧穿	—
2	12.14	16.9	14.8
3	13.20	14.6	10.3
4	14.33	13.4	6.1
5	15.16	10.2	4.3
6	24.20	8.3	2.4
7	36.78	5.2	1.7

由表 1 可以看出,未接枝的织物直接被烧穿,而经过丙烯酰胺接枝后的织物,随着接枝率的逐渐增加,其续燃时间和阴燃时间均呈现出逐步下降的

趋势。并且当织物的接枝率 > 14.33% 时,其续燃时间 < 15 s,阴燃时间 < 10 s,达到了机织物装饰用布 B2 级阻燃性能的标准。由此表明,通过丙烯酸胺接枝以后的亚麻织物,其阻燃性能有一定程度的提高。

2.1.2 涤纶织物阻燃整理 涤纶织物属于热塑性高聚物,其极限氧指数为 20% 左右,在燃烧时会产生熔滴效应,因而涤纶纤维及制品的发展受到限制^[15]。文中将涤纶织物在 FR-300T-D 中(常温)浸泡相应时间,经过二浸二压工序(轧余率为 80%)后,将织物进行高能电子束辐照处理,此后将织物在恒温水浴锅中 50 ℃ 的条件下处理 30 min,用去离子水清洗后烘干称重。将辐照整理后的涤纶织物进行抗融滴性能测试,其试样尺寸为 300 mm × 30 mm,使用酒精灯将试样点燃,酒精灯火焰长度 ≥ 40 mm;观察织物燃烧现象,记录 30 s 内的熔滴次数^[16]。测试结果见表 2。

表 2 涤纶织物接枝前后的抗融滴测试结果
Tab.2 Melt drop test results of polyester fabrics before and after grafting

试 样	30 s 内熔滴数/滴	燃烧情况
未接枝	38	火焰平稳,织物收缩严重,轻微黑烟
接枝后	8	燃烧剧烈,织物收缩,黑烟

由表 2 可知,未经电子束辐照的涤纶机织物熔融现象严重,熔融滴落物带火,织物损毁情况严重,其 30 s 内熔融滴落数为 38 滴;而接枝涤纶机织物的抗熔滴性能有所提高,30 s 内的熔滴数为 8 滴。

2.2 抗菌整理

由于棉织物是典型的多孔性纤维,在服用过程中极易滋生细菌,会对皮肤产生有害刺激。文中选用季铵盐类化合物为抗菌整理剂,将试样用去离子水进行洗涤并烘干,然后在室温下将试样浸泡于季铵盐抗菌整理剂中,经过二浸二压工序后对试样进行高能电子束辐照,辐照完毕将织物用去离子水洗净并烘干。采用 GB/T 20944.1—2007 琼脂平皿扩散法(抑菌圈法)测试经过不同辐照条件接枝后织物的抗菌性能^[17]。测试结果如图 1 所示。

由图 1 可以看出,图 1(g)是未经电子束辐照接枝的纯棉织物,它对大肠杆菌没有抑菌圈,且试样与琼脂培养基接触区域布满繁殖的大肠杆菌,表明纯棉织物原样没有抗菌效能;图 1(a)的纯棉试样几乎没有抑菌带,有少许菌落,细菌滋生几乎被抑制,抑菌效果较好;其他实验条件下(图 1(b)~图 1(f))的纯棉试样均显现宽度不同的抑菌带,且试样

与琼脂培养基接触区域没有繁殖,抑菌效果良好^[17]。

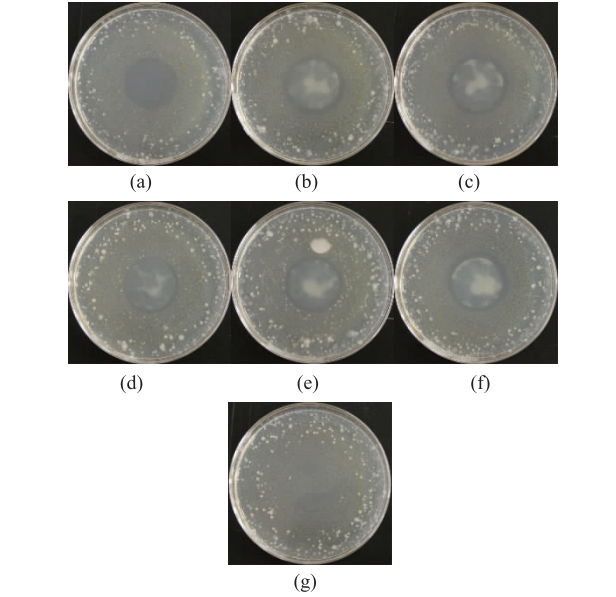


图 1 电子束辐照纯棉织物的抑菌圈实验效果
Fig.1 Bacteriostatic ring experiment results of cotton fabric by electron beam irradiation

2.3 抗皱整理

棉织物在穿着以及洗涤过程中容易起皱,易变形,需要反复熨烫才能保持外观的平整性,这使得棉织物在服用过程中有诸多不便。因此,对纯棉织物的抗皱整理必不可少。文中采用有机硅无甲醛抗皱整理剂对棉织物的抗皱整理进行初步研究。将棉织物在去离子水中浸泡 24 h,烘干后在抗皱整理剂中浸泡一定的时间,将其经过高能电子束辐照,辐照后的织物在 50 ℃ 水浴 30 min,充分洗净后烘干称重。对辐照后的织物进行折皱回复角(WRA)测试,并测试其耐洗性,测试结果见表 3。

表 3 经 5 次洗涤后织物 WRA 测试结果
Tab.3 WRA results of the fabric after 5 times washing

试 样	WRA/(°)		降幅/%
	洗涤前	5 次洗涤后	
辐照前试样	131.9	120.4	8.7
辐照后试样	175.6	166.3	5.3

由表 3 可以看出,辐照后的织物的折皱回复角达到 175.6°,与原样相比增加了 33.13%,织物的抗皱效果有了明显的改善。在经过 5 次洗涤后,辐照前后的纯棉织物的 WRA 都有一定幅度的下降,但是辐照后的织物下降幅度明显小于原样。辐照后的纯棉织物经洗涤后折皱角下降的原因主要是织物受到外力作用后,使有机硅与纤维素分子之间的交联结构受到破坏,从而降低了织物的折皱回复角。

3 结 语

文中实验研究表明,高能电子束辐照接枝可以广泛应用于天然纤维和化学纤维成分的服装面料的功能化整理方面,对于织物的结构与组成没有限制与要求。同时,高能电子束辐照接枝可以满足对服装面料进行阻燃、抗菌、抗皱等多种功能化整理的需求。对于接枝单体或功能整理剂没有要求,只需要将织物的接枝单体或者整理剂进行合理的选择,能够完成与织物之间的接枝反应即可达到对于织物进行功能化整理的效果。此外,通过高能电子束辐照接枝对织物进行功能化整理,该方法操作简便易行,反应时间较短,对环境无污染,绿色环保。这些优点使高能电子束辐照接枝技术在服装面料功能化研究方面具有很大的发展潜力和广阔的发展前景。

参考文献:

- [1] 马顺彬. 我国家用纺织品的发展现状及其创新开发[J]. 国外丝绸, 2007(4): 30-32.
MA Shunbin. The development and innovation of the home textiles in our country [J]. Silk Textile Technology Overseas, 2007(4): 30-32. (in Chinese)
- [2] 张玲. 床上用棉织物的柔软-抗菌-阻燃多功能一体整理[D]. 上海: 东华大学, 2015.
- [3] 张珊艳. 高能辐射接枝在纺织品改性方面的研究进展[J]. 现代纺织技术, 2012(5): 56-60.
ZHANG Shanyan. Progress of researches on radiation grafting technology in textile modification [J]. Advanced Textile Technology, 2012(5): 56-60. (in Chinese)
- [4] 吴景霞. 超疏水纺织品的辐射方法制备及其服用性能研究[D]. 上海: 中国科学院研究生院(上海应用物理研究所), 2015.
- [5] 刘梅军. 电子束辐照接枝对涤纶的抗熔滴性影响研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013.
- [6] 胡盼盼, 张丽艳, 吴嘉麟, 等. 真丝织物预辐照接枝 N-N'-亚甲基丙烯酰胺的研究[J]. 印染, 2000, 26(2): 5-8.
HU Panpan, ZHANG Liyan, WU Jialin, et al. Pre-radiation grafting silk fabrics with N, N'-methylene-bis-acrylamide [J]. Dyeing and Finishing, 2000, 26(2): 5-8. (in Chinese)
- [7] 王中央, 宋爱宝. 高能辐射在纺织纤维改性中的应用[J]. 核技术, 1983(2): 66-67.
WANG Zhongyang, SONG Aibao. The application of highenergy radiation in textile fibers modification [J]. Nuclear Techniques, 1983(2): 66-67. (in Chinese)
- [8] 张志成, 葛学武, 张曼维. 高分子辐射化学[M]. 合肥: 中国科学技术大学出版社, 2000: 69.
- [9] 史戎坚. 电子加速器工业应用导论[M]. 北京: 中国质检出版社, 2012: 213.
- [10] 周绍强. 甲基丙烯酰氧乙基三甲基氯化铵对真丝的接枝改性[D]. 苏州: 苏州大学, 2005.
- [11] 向正瑜, 万代蓉. 蚕丝绸预辐射接枝甲基丙烯酸胺研究[J]. 中国核科技报告, 1997(S1): 1-8.
XIANG Zhengyu, WAN Dairong. Study on preirradiation grafting of methacrylamide onto natural silk fabrics [J]. China Nuclear Science and Technology Report, 1997(S1): 1-8. (in Chinese)
- [12] 岳仕芳. 高支亚麻织物的染整加工[J]. 印染, 2012, 36(7): 20-24.
YUE Shifang. Wet processing of high count linen fabric [J]. Dyeing and Finishing, 2012, 36(7): 20-24. (in Chinese)
- [13] 李红, 郭红. 亚麻织物膨胀型阻燃剂整理[J]. 印染, 2010, 36(3): 4-6.
LI Hong, GUO Hong. Intumescent flame-retardant finish of linen fabric [J]. Dyeing and Finishing, 2010, 36(3): 4-6. (in Chinese)
- [14] 陈朝晖, 杜云恒, 王则臻, 等. 亚麻织物的含磷阻燃整理[J]. 印染, 2015(1): 13-16.
CHEN Zhaohui, DU Yunheng, WANG Zezhen, et al. Phospho-containing flame retardant finish of linen fabric [J]. Dyeing and Finishing, 2015(1): 13-16. (in Chinese)
- [15] 钱明球, 潘晓娣. 抗熔滴涤纶纤维的研究及应用[J]. 合成技术及应用, 2013(4): 21-25.
QIAN Mingqiu, PAN Xiaodi. Research and application of the anti-dripping PET fiber [J]. Synthetic Technology and Application, 2013(4): 21-25. (in Chinese)
- [16] 冯新星, 张建春, 刘梅军. 丙烯酰胺/马来酸酐电子束辐照接枝涤纶改性[J]. 高分子材料科学与工程, 2014, 30(2): 68-71.
FENG Xinxing, ZHANG Jianchun, LIU Meijun. Acrylamide/maleic anhydride modified polyester fabric by electron beam irradiation grafting [J]. Polymer Materials Science and Engineering, 2014, 30(2): 68-71. (in Chinese)
- [17] 国家棉纺织产品质量监督检验中心. 纺织品抗菌性能的评价 第1部分: 琼脂平皿扩散法 GB/T 20944.1—2007[S]. 北京: 中国标准出版社, 2007.

(责任编辑: 邢宝妹)