

# 吸波纤维及纺织品研究进展

张 玮, 郭荣辉\*

(四川大学 轻纺与食品学院, 四川 成都 610065)

**摘要:**介绍了电磁波对人体的影响和电磁屏蔽机理,按材料种类详述了目前国内外所用的吸波纤维及纺织品研究进展,综述了电磁屏蔽吸波纺织品的制备方法及应用,以及吸波纺织品的发展前景。

**关键词:**电磁屏蔽;吸波材料;吸波纺织品;进展

**中图分类号:**TS102

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-0356(2017)09-0006-04

随着科技的进步电子产品已经深入到我们生活的方方面面,由此产生的电磁波影响也引起了人们的关注。多国科学家持续的研究表明长时间接受电磁辐射会造成人体免疫力降低,血压异常,记忆力衰减,新陈代谢紊乱,皮肤产生斑痘、变粗糙,心率失常,视力、听力下降,甚至导致各类癌症<sup>[1]</sup>。因此电磁屏蔽材料的开发和运用成了人们关注的焦点。电磁屏蔽材料主要通过反射或吸收电磁波以取得屏蔽作用,其中吸收电磁波不会造成二次污染,比反射电磁波更环保。而且吸波纺织品还具有相对重量轻、吸波性好、易弯折、可随意裁剪、无毒环保等优点,在生活 and 军事等领域均有运用,是目前研究的热点。

## 1 电磁屏蔽原理

电磁屏蔽一般是利用低电阻导体材料对电磁能流的反射和引导,来减小辐射源产生的电磁波从某处域向另一处辐射而产生的危害<sup>[2]</sup>,通常用屏蔽效能(SE)来表示。 $SE(dB) = R + A + B$ ,其中R表示材料对电磁波能量的反射损耗,A表示对电磁波能量的吸收损耗,B表示电磁波能量在屏蔽材料中的内部反射损耗。根据屏蔽原理可知目前电磁屏蔽材料的屏蔽方式主要有两种,一是在入射表面进行反射从而达到电磁屏蔽效果;二是在屏蔽材料内部将电磁波吸收来达到屏蔽效果。空间中交替变化的周期性电场和磁场是电磁波形成的原因,当这些电场、磁场作用于材料时,总存在某种内摩擦而形成损耗。材料的介电系数和磁导率可以复数形式表达: $\epsilon = \epsilon' - i\epsilon''$ ;  $\mu = \mu' - i\mu''$ 式中, $\epsilon'$ 和 $\mu'$ 分别表示材料对电场能和磁场能的储存,而 $\epsilon''$ 和 $\mu''$ 则

表示对电场能和磁场能的消耗。因此要制备吸波性能好的纺织品,应使其具有较高的 $\epsilon''$ 和 $\mu''$ <sup>[3]</sup>。

常规纤维及纺织品不具备吸波性能,可采用涂层、复合等方式将吸波材料处置到纤维和纺织品上,以获得吸波纺织品。

## 2 吸波材料种类

目前吸波材料种类包括无机吸波材料、有机吸波材料,其中无机吸波材料研究较多,在吸波材料中占主导地位;有机吸波材料在新型吸波材料中运用较多。

### 2.1 无机吸波材料

用于制备吸波纺织品的无机吸波材料主要有金属吸波剂、金属氧化物吸波剂、碳系吸波剂和陶瓷系吸波剂四种<sup>[4]</sup>。

#### 2.1.1 金属吸波材料

金属吸波材料包括碳基金属吸波材料和磁性金属吸波材料<sup>[5]</sup>。金属吸波材料主要是通过涡流损耗和磁滞损耗来吸收衰减电磁波,具有较好的吸收特性,但其通常都存在吸收频带窄、密度大等缺点<sup>[6]</sup>。因此采用与其他吸波材料复合来达到轻质宽频的目的是当前研究的热点<sup>[7]</sup>。An等<sup>[8]</sup>在镀铜聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)织物上沉积无定形Ni-Fe-P合金后,制备了具有致密均匀涂层的柔性屏蔽织物。测试发现这种镀覆织物在300 kHz和1.5 GHz频率范围内的电磁屏蔽损耗达到59.3~70.2 dB。Zhan等<sup>[9]</sup>通过化学镀获得Ni/Co/Fe镀PET织物,结果表明镀覆织物能有效吸收微波,且微波吸收特性可通过调节三者的比例来控制。这种镀覆织物在微波吸收领域有很大的应用潜力。

#### 2.1.2 金属氧化物吸波材料

铁氧体是主要的金属氧化物吸波材料,它既是磁损耗型材料也是介电损耗型材料,具有稳定性高、适用

收稿日期:2017-06-21;修回日期:2017-07-06

基金项目:校级教育教科研项目(2014cdfzj17)

作者简介:张 玮(1996-),女,本科,主要研究方向:纺织品功能整理, E-mail:286069564@qq.com。

\* 通信作者:郭荣辉,副教授, E-mail: ronghuiguo214@126.com。

频段广等特点。但其密度高、质量重,在纺织品上常作为复合或填充材料来达到吸波目的。

Li等<sup>[10]</sup>用3-氨基丙基三甲氧基硅烷(APTMS)对聚酯织物进行改性,并电镀Ni-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>,研究了沉积重量对Ni-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>复合涂层组织和性能的影响。结果表明在较高沉积重量下,粒度和饱和磁化强度分别增加,且随着沉积物重量的上升电阻率下降。由于处理过的织物上Ni-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>重量为32.90 g/m<sup>2</sup>,Ni-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>镀聚酯织物的EMI SE在8~18 GHz的频率范围内达到15~20 dB;Ni-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>电镀聚酯织物适用于超顺磁性,导电和EMI屏蔽材料。Liu等<sup>[11]</sup>通过生物模板碳化和溶剂热法将Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>与木棉纤维复合,制备了一种低成本、低密度、强吸收的Ku波段新型微波吸收复合纤维。研究表明当样品厚度为1.5 mm时,Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>/木棉纤维在17.4 GHz处具有约-24.1 dB的最佳吸收峰值,并且其在15.6~18.0 GHz之间的吸波率高于10 dB,具有较高的微波吸收能力。Gupta等<sup>[12]</sup>以聚氨酯为基质,在棉织物上涂覆Ni-Zn铁氧化物和炭黑,通过更改不同的涂覆比例,发现涂层均匀且1.6~1.8 mm厚涂层的织物样品显示出约40%的吸收;8.2~12.4 GHz和Ku(12~18 GHz)频段的透射率为0,反射率为40%;当涂层样品的光学厚度为λ/4时,整个Ku波段的反射损耗均在7.5 dB以上,13.5 GHz的反射损耗显示出最高的峰值22.5 dB。由于其薄而柔软的性质,涂层织物可用做保护人类免受危险微波的服装,也可用做防雷的防雷遮蔽罩。

### 2.1.3 碳系吸波材料

碳系吸波剂有碳纤维、乙炔炭黑、碳纳米管、石墨等<sup>[13]</sup>,碳纤维具有密度小、强度高、热导性好、屏蔽性好等优点,是理想的吸波材料<sup>[14]</sup>。但是普通碳纤维是通过反射实现电磁屏蔽,基本没有吸波效果。目前常采用改变碳纤维形态、低温制备某一电导率范围的碳纤维,或对碳纤维进行表面改性和掺杂等来提高其吸波性<sup>[15]</sup>。Liu等<sup>[16]</sup>通过催化化学气相沉积法制备了螺旋碳纳米纤维(HCNF)涂层碳纤维(CF)。透射电子显微镜和拉曼光谱特征表明,对于2.5 mm厚度的未退火HCNF涂层CFs复合纤维,9 GHz时最大反射损耗为32 dB;8.2~18 GHz的频率范围内,反射率高于10 dB,这表明HCNF涂层CFs在高性能微波吸收纤维中应具有潜在应用。Qiu等<sup>[17]</sup>制出具有“树状”结构的吸收剂,以中空多孔碳纤维(HPCF)作为“树干”,碳纳米管(CNT)结构作为“树枝”,通过化学气相沉积的

磁铁矿(Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>)作为“果实”,在2~18 GHz的频率范围内研究了Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub>-CNTs-HPCFs复合纤维的微波反射损耗、介电常数和磁导率。实验表明厚度为1.5~3.0 mm的吸收剂在10.2~18 GHz频率范围内,反射率高于15 dB,具有较宽的吸收范围;2.5 mm厚的纤维层在14.03 GHz处的最低反射损耗为50.9 dB,具有较好的吸波性能。

### 2.1.4 陶瓷系吸波材料

陶瓷吸波材料主要有碳化硅吸波材料,碳化硅复合吸波材料。这类材料具有高强度、耐高温、低蠕变、膨胀系数小、耐腐蚀性强和化学稳定性好等特点,同时又具有吸波功能,在吸波纤维制备中运用较多<sup>[18]</sup>。

Zhou等<sup>[19]</sup>通过催化化学气相沉积法,用Ni纳米颗粒作为催化剂在1000 °C下将碳化硅纳米纤维(SiC-NFs)生长在碳纤维表面上。结果表明与纯碳纤维相比,SiCNF涂覆碳纤维的抗氧化性显著提高,对微波的吸收性能得到有效提高,在9.2~11.7 GHz频率范围内,SiCNF涂层碳纤维的反射率大于10 dB;当样品厚度为2 mm时反射率最高值可达到19.9 dB,而纯碳纤维的反射损耗在2 GHz和18 GHz的整个频带内高于2.1 dB。SiCNF涂覆碳纤维优异的微波吸收性能主要是由于改进的阻抗匹配及跳跃迁移引起的耗散。Ding等<sup>[20]</sup>研究了KD-1 SiC纤维织物<sup>[21]</sup>在X带的微波吸收能力,发现织物的微波吸收能力可以通过热氧化来优化。500 °C下氧化30 min的样品,获得了最佳的反射损耗;其在10.3 GHz处的最高反射损耗约为25.4 dB,吸收频带约为4 GHz。氧化的KD-1 SiC纤维织物是一种低密度,耐高温,柔韧性好的微波吸收织物。

### 2.2 有机吸波材料

有机吸波纤维材料主要为导电高分子类吸波材料,以聚苯胺、聚噻吩、聚吡咯等为主。这种含阴离子的π-电子共轭体系高聚物经适当掺杂,导电率为半导体状时对微波有良好的吸收性能<sup>[22]</sup>。Saini等<sup>[23]</sup>通过原位聚合法分别将聚苯胺(PANI)和聚吡咯(PPY)接枝在棉织物上,结果表明PANI的表面涂层比PPY更平滑。但PPY织物可更好地控制涂层厚度和均匀性。导电织物在X波段(8.2~12.4 GHz)的反射率为11.3~11.7 dB。Nina等<sup>[24]</sup>通过简单的化学聚合方法合成了聚苯胺纳米纤维和石墨的复合材料,并通过原位聚合法将其与织物复合;获得的功能面料在涂层为0.1 mm时,在8.2~18 GHz频率范围内EMI屏蔽效能能在11~15 dB范围内,为开发宽范围屏蔽应用的薄型和柔

性屏蔽织物提供了可能。温娇等<sup>[25]</sup>以铜镍镀层织物和金属纱线混纺织物为基布,以聚氨酯为基体,制备1.5 mm涂层厚度的柔性纺织涂层复合面料。对吸波粉体的电磁特性进行测试分析,考察了2.6~18.0 GHz范围内吸波粉体与基体的不同混比及基布对反射损耗的影响及其机制。结果表明在一定范围内随吸波粉体体积分数的增加,吸波效能提升,频段拓宽,反射损耗曲线的峰值向低频移动。以金属纱线混纺织物为基布的涂层面料的吸波效果要优于铜镍镀层织物为基布的涂层面料。

### 3 制备方法

吸波纤维及纺织品的制备方式主要有两种,一是对纤维和纺织品进行涂覆或镀层,常用的镀层方式有物理气相沉积法、化学镀层法、等离子电镀法、溅射镀膜等<sup>[26]</sup>;二是设计结构型吸波纤维,以达到所需的吸波范围和效果。

#### 3.1 涂覆型纤维及纺织品

对纤维及纺织品进行涂层是一种简便的使其具有吸波性的方式,目前人们尝试多层涂层和改变涂层形态以提高吸波性。Wan等<sup>[27]</sup>通过FeCo合金和铜的轻微电沉积,然后在空气中热氧化,合成了FeCo合金和CuO双重涂层的碳纤维。研究发现温度影响CuO涂层的形貌及CF/FeCo/CuO纤维的复介电常数和磁导率。CF/FeCo/CuO纤维的吸收显著优于具有唯一FeCo涂层的CF,提供了控制碳纤维微波吸收特性的替代方法。万怡灶等<sup>[28]</sup>将磁性Fe-Co合金通过电沉积涂覆在碳纤维(FeCo@CFs)表面上,通过调整电镀温度首次获得薄板、不规则颗粒、金字塔等不同形态的Fe-Co涂层,确定FeCo@CFs的形貌、结构。以磁性能、复介电常数和磁导率作为电镀温度的函数,结果表明具有不同涂层形态的FeCo@CFs具有不同的磁性能和复介电常数,具有板状形态的FeCo@CFs表现出最佳的吸收性能。

#### 3.2 复合型吸波纤维及纺织品

复合型吸波纤维是一类多功能复合纤维,它既能透过或吸收电磁波,又能承载做结构部件,符合复合材料轻质高强的需求,多用于军事隐身领域。结构型吸波纤维虽然有很好的吸波性能,但只靠单种或单层结构吸波纤维并不能达到完全隐身的效果,所以应设计多层结构的吸波纤维。Wang等<sup>[29]</sup>将Ni-Fe-P涂层与皮肤胶原纤维(CF)复合,获得了高性能微波吸收的纤

维。研究表明CF@Ni-Fe-P复合纤维的最大反射损耗(RL)达到31.0 dB,反射损耗值超过10.0 dB的吸收带的宽度覆盖了整个Ku波段和部分X波段(9.5~18.0 GHz),提出了具有轻质和高效吸收性能、高性能微波吸收纤维材料、基于生物基质制造的可能性。为了开发柔性复合吸波织物,Wei等<sup>[30]</sup>根据厚度匹配和阻抗匹配设计了双层层压织物。第一层为易于实现与自由空间匹配的不锈钢芯纱,第二层由具有强介电损耗和磁损耗的Ni-Fe纤维组成。通过“拱形测试方法”在2~18 GHz的范围内测试织物的反射率。结果表明层压织物的反射率高于20 dB,随着织物规格的变化,大于10 dB的频宽可达到3.88 GHz。

### 4 吸波纺织品的应用

#### 4.1 军事领域

军事隐身是吸波材料最主要的应用领域。将轻质高强的吸波纤维用于制造导弹、飞机、舰艇、坦克等各种武器装备,就可以侦察电磁波,并吸收衰减反射信号,从而打破敌方雷达的防区,实现反雷达侦察<sup>[31]</sup>。此外,柔性的吸波纤维及纺织品可用于开发隐身服装,保护在高功率雷达、通信机等高电磁辐射场所工作的操作人员。

#### 4.2 民用

生活中的电磁辐射不容小觑,电磁辐射在所有电器的使用过程中均会产生,其无形无色却又无处不在,因此更具有危险性。且随着手机、电脑等电子设备的广泛运用,人们更应重视电磁波的吸收与屏蔽。如用吸波纤维及纺织品制作孕妇服、窗帘等产品,可减少电磁辐射对人体的损害<sup>[32]</sup>。

### 5 结语

人们对电磁辐射危害的认识正逐渐提高,因此吸波纤维及纺织品的应用前景广阔。目前市场上的产品虽然已具有优良的性能,但其屏蔽效果和服用效果不甚理想。未来可对提高吸波纺织品的柔性、着色性、亲肤性等进行更加深入的研究,以满足人们对吸波纺织品的需求。

#### 参考文献:

- [1] 张淑琴,张 彭.电磁辐射的危害与防护[J].工业安全与环保,2008,34(3):30-32.
- [2] 凯瑟 B E.电磁兼容原理[M].北京:电子工业出版社,2003.

- [3] 朱 华,张华鹏,张建春.吸波型电磁屏蔽纺织品的开发[J].上海纺织科技,2005,33(3):52-55.
- [4] 曾东海,陈阳如,熊国宣.无机吸波材料的研究进展[J].无机盐工业,2007,39(5):4-8.
- [5] 王 磊,朱保华.磁性吸波材料的研究进展及展望[J].电工材料,2011,(2):37-40.
- [6] 张 健,张文彦,奚正平.隐身吸波材料的研究进展[J].稀有金属材料与工程,2008,37(4):504-508.
- [7] 邓秀文.吸波材料研究进展[J].化工时刊,2007,21(8):64-68.
- [8] AN Z T, ZHANG X Y, LI H G. A preliminary study of the preparation and characterization of shielding fabric coated by electrical deposition of amorphous Ni-Fe-P alloy[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2015, 621: 99-103.
- [9] ZHAN J C. Study on the properties of polyester fabric by Ni/Co/Fe multilayer electroless plating technology[J]. Advanced Materials Research, 2013, 604:1 729-1 732.
- [10] LI Y, LAN J, GUO R, *et al.* Microstructure and properties of Ni-Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> composite plated polyester fabric[J]. Fibers and Polymers, 2013, 14(10):1 657-1 662.
- [11] LIU Q, HUANG F, ZI Z, *et al.* Bio-template synthesis of hollow Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> fibers and their enhanced microwave absorption performance in Ku-band[J]. Integrated Ferroelectrics, 2016, 172(1): 66-73.
- [12] GUPTA K K, ABBA S M, GOSWAMI T H. Microwave absorption in X and Ku band frequency of cotton fabric coated with Ni-Zn ferrite and carbon formulation in polyurethane matrix[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2014, 362(15):216-225.
- [13] 赵东林,沈增民.碳纤维结构吸波材料及其吸波碳纤维的制备[J].高科技纤维与应用,2000,25(3):8-14.
- [14] 蒋少军,吴红玲.碳纤维的特征及其在产业用纺织品中的应用[J].非织造布,2003,11(2):31-33.
- [15] 吕 潇.不同形态碳吸波剂结构吸波复合材料研究[D].上海:东华大学,2009.
- [16] LIU L, HE P, ZHOU K, *et al.* Microwave absorption properties of helical carbon nanofibers-coated carbon fibers[J]. Aip Advances, 2013, 3(8):1 542.
- [17] QIU J, QIU T T. Fabrication and microwave absorption properties of magnetite nanoparticle-carbon nanotube-hollow carbon fiber composites[J]. Carbon, 2015, 81(1):20-28.
- [18] 王 海.雷达吸波材料的研究现状和发展方向[J].上海航天,1999,(1):55-59.
- [19] ZHOU W, LONG L, XIAO P, *et al.* Silicon carbide nano-fibers in-situ grown on carbon fibers for enhanced microwave absorption properties[J]. Ceramics International, 2017, 43(7): 5 628-5 634.
- [20] DING D H, LUO F, SHI Y M. Influence of thermal oxidation on complex permittivity and microwave absorbing potential of KD-I SiC fiber fabrics[J]. Journal of Engineered Fibers and Fabrics, 2014, 9(2): 99-104.
- [21] 于海蛟,周新贵,张长瑞,等.纤维排布方式对 KD-I/SiC 复合材料性能的影响[J].稀有金属材料与工程, 2009, 38:411-414.
- [22] 邓 芳,何 伟,姜莹莹,等.有机高分子磁性材料研究进展[J].高分子材料科学与工程, 2010, 26(2): 171-174.
- [23] SAINI P, CHOUDHARY V, DHAWAN S K. Improved microwave absorption and electrostatic charge dissipation efficiencies of conducting polymer grafted fabrics prepared via in situ polymerization[J]. Polymers for Advanced Technologies, 2012, 23(3): 343-349.
- [24] JOSEPH N, VARGHESE J, SEBASTIAN M T. In situ polymerized polyaniline nanofiber-based functional cotton and nylon fabrics as millimeter-wave absorbers[J]. Polymer Journal. 2017, 49: 391-399.
- [25] WEN J, DING Z, ZHANG Y, *et al.* Preparation of wave-absorbing coated composite fabric and its microwave absorption capacity[J]. Journal of Textile Research, 2014, 35(5):61-66.
- [26] 肖鹏远,焦晓宁.电磁屏蔽原理及其电磁屏蔽材料制造方法的研究[J].非织造布,2010,18(5):15-19.
- [27] WAN Y, CUI T, XIAO J, *et al.* Engineering carbon fibers with dual coatings of FeCo and CuO towards enhanced microwave absorption properties[J]. Journal of Alloys and Compounds, 2016, 687:334-341.
- [28] WAN Y, XIAO J, LI C, *et al.* Microwave absorption properties of FeCo-coated carbon fibers with varying morphologies[J]. Journal of Magnetism and Magnetic Materials, 2016, 399:252-259.
- [29] WANG X, LIAO X, ZHANG W, *et al.* Bio-inspired fabrication of hierarchical Ni-Fe-P coated skin collagen fibers for high-performance microwave absorption[J]. Physical Chemistry Chemical Physics, 2015, 17(3):2 113-2 120.
- [30] WEI S N, LI Q, YAO J M, *et al.* Optimum design of flexible microwave absorption fabrics[J]. Advanced Materials Research, 2014, 39(42):960-961.
- [31] 温 娇,丁志荣,欧卫国,等.雷达吸波功能纤维及纺织品的研究进展[J].南通大学学报, 2014, 13(3):43-48.
- [32] 杨国栋,康 永,孟前进.微波吸波材料的研究进展[J].有机化学, 2010, 4(29): 584-589. (下转第 20 页)

- 56.
- [2] 张家洲.竹代尔纤维[J].纺织科学研究,2014,(4):22.
- [3] 卢晓彦,梁莉萍.竹代尔:引领织物纤维新风潮[J].中国纺织,2013,(9):50-51.
- [4] 顾东雅.莫代尔纤维的性能与应用[J].辽宁化工,2009,38(12):914-915.
- [5] 王虹.纤维创新:三大新品引关注[J].中国纤检,2013,(11):42-43.
- [6] 么志高.新时代创新纺织原料——竹代尔纤维[C]//第九届(2013)纺织新品开发研讨会资料汇编,2013:2-4.
- [7] 郑少琼,朱江波.竹纤维及其针织物性能分析[J].轻纺工业与技术,2011,40(5):28-30.
- [8] 梁莉萍.竹代尔纤维[J].纺织装饰科技,2014,(4):22.
- [9] 于悍江.竹代尔不是一般的竹纤维[N].中国纺织报,2014-8-23.
- [10] 刘文福,张淑云,雒军,等.竹原纤的性能及绿竹制备竹原纤的工艺研究[J].福建林业科技,2009,36(4):67-71.
- [11] 尹玲,张文斌,夏蕾.服装压力舒适性的研究综述与剖析[J].纺织学报,2008,29(3):137-141.
- [12] 张家洲.从“石油经济”到“生物经济”生物基竹代尔纤维联盟顺势而为[J].纺织科学研究,2014,(6):22-24.

## Properties and Applications of Bamdal Fiber

ZHANG Shu-mei<sup>1</sup>, GAO Xiao-yan<sup>1</sup>, WANG Wen-zhi<sup>1</sup>, ZHANG Jian-yu<sup>2</sup>

(1. Yantai Nanshan University, Longkou 265706, China;

2. Shandong Nanshan Fabric & Garment Co.Ltd., Longkou 265706, China)

**Abstract:** Bamdal fiber was introduced, and it was compared with modal fiber and viscose fiber. The special production craft made bamdal fiber retain the moisture absorption, humidity releasing, breathable, natural antibacterial, deodorizing, anti-ultraviolet radiation and other special features of the bamboo fiber. Meanwhile, bamdal fiber had soft, comfortable, luster and smooth as silk, excellent dyeing properties, no fluff fleece, elegant drape, wet absorption, breathability and other excellent features as modal fiber. Especially, bamdal fiber was better than other renewable cellulose fibers in strength, wet modulus, abrasion resistance and instant water absorption. And unique heat and moisture comfort made it become a natural, green and environmentally friendly fiber in the true sense. The products had broad application prospects in the modern clothing accessories.

**Key words:** bamdal fiber; features; wet modulus; heat and moisture comfortable

(上接第9页)

## Research Progress of Wave Absorption Fibers and Textiles

ZHANG Wei, GUO Rong-hui\*

(College of Light Industry, Textile and Food Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

**Abstract:** Influence of electromagnetic wave on human and the mechanism of electromagnetic shielding were introduced. Research progress of wave absorption fiber and textiles at home and abroad was reviewed according to material categories. Preparation method and application of electromagnetic shielding absorbing wave textiles were reviewed. Development prospect of wave absorption textiles was prospected.

**Key words:** electromagnetic shielding; wave absorption material; wave absorption fabric; progress

(上接第16页)

## Recycling of Waste Textiles Based on Useless Design Idea

YE Ning

(Jinhua College of Vocation and Technology, Jinhua 321007, China)

**Abstract:** Waste textiles were endowed with new life by design method. The value of waste textile was excavated to advocate green low-carbon life. The significance and methods of the useless design idea were introduced. The application of useless design idea in clothing accessories, home textile products, creative daily necessities and decorative artwork were detailed.

**Key words:** useless design idea; waste textile; recycle