

电磁屏蔽防护织物的研究进展

杨苗苗^{1,2}, 王瑄¹, 王进美², 王尚军¹

(1. 西安工程大学, 陕西 西安 710048;

2. 浙江纺织服装职业技术学院 宁波市先进纺织技术与服装 CAD 重点实验室, 浙江 宁波 315211)

摘要: 简述了电磁辐射的危害和电磁屏蔽原理, 介绍了现有的几种电磁防护织物及其制备方法, 对电磁防护织物的发展趋势提出了自己观点和建议。

关键词: 电磁屏蔽; 纳米材料; 研究进展

中图分类号: TS195.5

文献标识码: A

文章编号: 1673-0356(2014)05-0001-03

随着现代科学技术的高速发展, 电磁波被广泛应用于军事装备、电子系统和家用电器、电子和通信行业等各个领域, 从而引发一系列日益严重的社会问题和环境问题, 如电磁波干扰、电磁信息泄密及电磁辐射对人体健康带来的危害等^[1-3]。通过一系列的动物生物学实验发现, 电磁辐射会对生物体的中枢神经系统、免疫系统、造血系统和生殖系统等产生不同程度的危害, 且不同的辐射强度、辐射时间及辐射后间隔的时间对生物体不同部位的危害亦是不一样的^[4-8], 但关于电磁辐射的生物学实验国内还缺乏相关的标准^[9]。因此, 电磁屏蔽防护织物应运而生, 研究电磁屏蔽织物也成为目前功能性纺织品研究的一个重要领域。

1 电磁屏蔽原理

理论上, 一般避免或减小电磁辐射的途径有两种: 一是距离保护, 即与辐射源保持一定的距离, 随着辐射源与被照射物体距离的增加, 可较大幅度减小电磁辐射, 这种方法虽然简单, 但受到距离的限制, 生活中很多方面难以实现。二是利用电磁屏蔽和吸波材料, 通过反射和吸收电磁波达到对照射物进行保护的目的。本文重点论述通过特殊材料与传统纺织纤维混纺制成织物或采用吸波材料与织物相复合的方法来减小电磁波污染。

电磁屏蔽, 即利用屏蔽体的反射、衰减等使电磁辐

射场源所产生的电磁能流不进入被屏蔽区域。电磁波传播到达屏蔽材料表面时, 通常按 3 种不同机制进行衰减^[10], 即在入射表面的反射损耗、未被反射而进入屏蔽体的电磁波被材料吸收的损耗和在屏蔽织物内部经多次反射的损耗衰减。

1.1 反射损耗

反射损耗是由于空间阻抗和屏蔽层的阻抗之间不配而引起的, 发生在织物表面。反射损耗不仅与材料表面的阻抗有关, 也与辐射源的类型及屏蔽体到辐射源的距离有关。

1.2 吸收损耗

吸收衰减表示没有被反射的电磁波进入抗电磁辐射织物的内部时被其吸收的衰减, 与电磁波的类型无关, 只要电磁波通过抗电磁屏蔽织物就有吸收。吸收只与屏蔽层的厚度、频率、导电率及磁导率有关, 具有较大磁导率的镍铁钒超导磁合金和镍铁高导磁合金具有良好的吸收电磁波性能, 且多种具有不同吸波性能的材料复合对电磁波有更好的吸收衰减作用。

1.3 多重反射损耗

透射波通过织物表面后, 在织物内部材料的作用下又进行反射和透射, 反射波再次通过内部, 如此进行反复反射, 使能量迅速衰减。为减小二次污染, 使反射回去的电磁波尽量少, 因此高吸收、低反射电磁屏蔽材料是当前研究的重点, 多以多层复合技术为主。对于电磁屏蔽织物材料, 多以镀金属工艺或混纺技术为主。

电磁波通过抗电磁辐射织物的总屏蔽效应 SE (Shielding Effectiveness) 可用下式表示:

$$SE=R+A+B$$

式中: SE 为电磁屏蔽效果 (dB); R 为表面单次反

收稿日期: 2014-06-13

基金项目: 宁波市自然科学基金《基于生物学效应的吸波型电磁防护织物的功能性研究》(2011A610112); 浙江纺织服装职业技术学院科研团队创新项目《功能纺织品开发及其应用创新团队》(2012-3A-002)

作者简介: 杨苗苗(1990-), 陕西宝鸡人, 在读硕士研究生, 研究方向为功能性纺织品的研究与开发, E-mail: 418171330@qq.com.

射衰减;A为吸收衰减;B为内部多次反射衰减。

电磁屏蔽机制如图1所示。

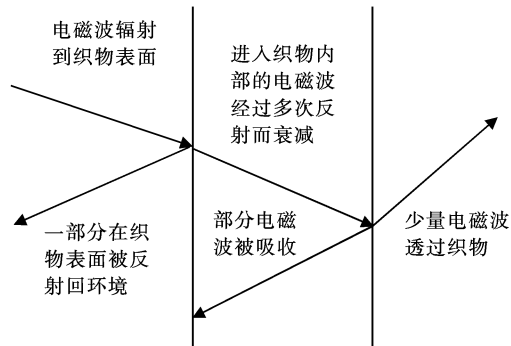


图1 电磁屏蔽机制

2 电磁屏蔽织物的种类及制备工艺

电磁屏蔽织物既具有良好的电磁防护性能,又能保持织物原有的某些特性,可进行黏接、缝制,还可缝制成屏蔽服、屏蔽帽等,使工作人员免受电磁波的辐射,是理想的电磁屏蔽材料。根据屏蔽机理的不同,将电磁屏蔽织物分为反射型和吸收型。

2.1 反射型电磁屏蔽材料及织物

反射型屏蔽织物主要是通过直接制备的金属丝或拉伸后得到的金属纤维进行纺织加工而得,也可将金属通过化学镀的方法镀覆在普通基体材料(如纤维、纱线、织物等)上,在表面再涂上树脂得到的金属复合材料^[11]。金属因其具有优良导电性能而被大量地应用于电磁屏蔽材料中。当电磁波辐射在到织物上时,织物中的金属成分成为导电介质而将部分电磁波反射回去,减少了电磁波的透过量,起到屏蔽作用。常见的金属有铜、镍、银、不锈钢及其合金等。

在各种不同方法制备的防电磁辐射织物中,以不锈钢金属纤维混纺织物在市场中的份额最大,约70%。不锈钢金属纤维织物因织物内部含有较高密度的不锈钢纤维网,故具有屏蔽电磁波频带宽、透气性好、质地柔软、强度好、耐洗涤、耐腐蚀、安全可靠、穿着舒适、加工方便、有普通织物的外观、防辐射效果长久等优点,在10 MHz~10 GHz频率范围内,屏蔽效能能够达到15~40 dB^[12-14]。

2.2 吸波型电磁屏蔽材料及织物

吸波材料是指能吸收投射到表面的电磁波能量,并通过材料的介质损耗使电磁波能量转变成热能或其他能量形式的一类功能复合材料^[15]。吸波材料一般

由基体材料(或黏结剂)与吸波剂复合而成,即吸波复合材料。吸波剂是吸波复合材料中的主要组成部分,必须具有电磁参量频率特性良好、磁损耗较高、在基料中容易分散、耐腐蚀性好、温度稳定性高等特点。按照吸波机理的不同,吸波剂可分为磁损耗型和电损耗型两大类。磁损耗型吸收剂的特点是具有较高的磁损耗正切角,依靠磁滞损耗、畴壁共振、后效损耗等磁化机制衰减、吸收电磁波,主要包括铁氧体粉、金属微粉等;电损耗型吸收剂的特点是具有较高的电损耗正切角,且依靠介质的电子极化、离子化、分子极化或界面极化衰减、吸收电磁波,主要有金属纤维、陶瓷体和各种导电性高聚物等。吸收剂选用纳米材料尤为重要,因为纳米材料尺寸小,对波长处于纳米级以上的各种信号反射能力很弱,且更易于吸收信号波,因而隐身效果更佳^[16-17],但由于纳米颗粒粒径过小,表面能很高,特别是金属微粒,在制备吸波剂的过程中很容易出现团聚和二次团聚现象。对纺织品而言,吸收剂既可混入成纤高分子材料中,又可借助涂覆剂附着于织物表面,当采用添加到成纤聚合物中的方法时,吸波剂要与聚合物共同经历纺丝高温,因此其必须具有良好的热稳定性;表面涂覆的方法可获得较好的吸波效果。将纳米材料应用于防电磁波织物将是这一领域以后的发展方向^[18],但关于此类织物对生物体防护效果的生物学效应和安全卫生性能还未提及,且在我国关于此领域的吸波织物产品还未有统一的国家标准,最为重要的是因吸波材料,尤其是纳米材料所限,织物的安全卫生毒理性方面的研究还未有定论^[19-20]。

3 结语

目前有关电磁屏蔽材料的研究大多集中于1 GHz以上范围,而屏蔽低频范围的材料研究较少,但这是计算机、打印机、移动通讯设备、电视机、电冰箱等与人们生活息息相关产品需要进行屏蔽的频率范围,因此研究在低频或在更宽频率范围内具有很好的电磁屏蔽效能是今后研究的一个重要方面。另外,由于复合材料的屏蔽效能比单一金属材料要好,对低频和高频都有很好的屏蔽效能,特别是高频段的屏蔽效能提高更快,复合材料对电磁波的吸收要好于单一金属材料。

随着人们对电磁波危害的进一步认识和环保理念的提升,新型的吸波型电磁屏蔽织物将是今后的发展方向,而纳米技术及其材料将会在此领域发挥重要作

用。新型电磁屏蔽织物要求其具有薄、轻、宽、强等特性,特别对于服用织物要有较好的透气性、悬垂性、耐洗涤性等。同时,需建立与材料性能参数相关的理论模型和评价体系,最好能与电磁辐射生物学效应相结合,对材料进行科学合理的选择和设计,从理论和分子生物学角度对织物的屏蔽效能进行综合评估。

参考文献:

- [1] D R Smith, J J Mock, A F Starr, *et al.* Gradient index metamaterials[J]. *Physical Review E*, 2005, 71(3):211-230.
- [2] 庞永强,程海峰,周永江,等.人工电磁材料在隐身技术中的应用[A].2011中国功能材料科技与产业高层论坛论文集(第二卷)[C].中国仪器仪表学会会议功能材料学会、重庆市科学技术协会、重庆市科学技术研究院、重庆大学、重庆材料研究院(重庆仪表材料研究所)、中国人民解放军后勤工程学院、重庆功能材料期刊社、国家仪表功能材料工程技术研究中心,2011.
- [3] 赵玉峰.现代环境中的电磁污染[M].北京:电子工业出版社,2004.17-108.
- [4] 徐鹏,张建春.电子辐射对人的危害与防护[J].中国个体防护装备,2001,28(5):16-19.
- [5] Lu Bin. The harm of thunder and lightning electromagnetic radiation and its safety countermeasure[J]. *Journal of Guangxi Meteorology*, 2006,(3):58-60.
- [6] 周振,姜秉成,童建,等.900 MHz电磁辐射对小鼠自发活动昼夜节律的影响[J].环境与职业医学,2011,(11):680-683.
- [7] 张怡堃,李慧,黄根山,等.慢性持续高剂量电磁辐射对小鼠外周血象的长期影响[J].山西医科大学学报,2013,(11):844-847.
- [8] 张怡堃,李慧,黄根山,等.持续高剂量电磁辐射对小鼠外周血免疫细胞数量影响的长期效应[J].吉林大学学报(医学版),2012,(5):856-860.
- [9] 吴瑛,赖声礼.电磁场生物效应实验研究的标准化问题[J].中华理疗杂志,2000,(5):58-60.
- [10] (日)雀部博之.导电高分子材料[M].曹铺,叶成,朱道本,译.北京:科学出版社,1989.327-341.
- [11] 李凤生,杨毅,马振叶,等.纳米功能复合材料及应用[M].北京:国防工业出版社,2003.170-203.
- [12] 王瑄.金属纤维织物防电磁辐射性能影响因素探析[A].2010年全国现代纺纱技术研讨会论文集[C].2010.
- [13] 施楣梧,周洪华.防辐射纤维及其纺织品研究[J].纺织导报,2013,(5):90-93.
- [14] Zhang Haijun, Liu Zhichao, Ma Chengliang, *et al.* Complex permittivity, permeability, and microwave absorption of Zn- and Ti-substituted barium ferrite by citrate sol-gel process[J]. *Materials Science and Engineering*, 2002,(96):289-295.
- [15] 李凤生,杨毅,马振叶,等.纳米功能复合材料及应用[M].北京:国防工业出版社,2003.170-203.
- [16] 高绪珊,吴大诚.纳米纺织品及其应用[M].北京:化学工业出版社,2004.127-131.
- [17] 陈亮,郑国禹,王艳艳,等.雷达吸波涂料的研究进展[J].表面技术,2007,(2):54-55.
- [18] S K Dhawan, N Singh, S Venkatachalam. Shielding behaviour of conducting polymer-coated fabrics in X-band, W-band and radio frequency range[J]. *Synthetic Metals*, 2002,(129):261-267.
- [19] 赵宇亮,柴之芳.纳米生物效应研究进展[J].中国科学院院刊,2005,(3):194-199.
- [20] 裘著革,林治卿.纳米尺度物质对生态环境的影响及其生物安全性的研究进展与展望[J].生态毒理学报,2006,(3):203-208.

Research Progress of Electromagnetic Shielding Fabric

YANG Miao-miao^{1,2}, WANG Xuan¹, WANG Jin-mei², WANG Shang-jun¹

(1. Xi'an Polytechnic University, Xi'an 710048, China;

2. Zhejiang Fashion Institute of Technology, CAD Key Laboratory of Advanced Textile Technology and Apparel of Ningbo City, Ningbo 315211, China)

Abstract: The hazards of electromagnetic radiation and the principle of electromagnetic shielding were resumed. The existing electromagnetic protective fabrics and its preparation method were introduced. Some views and suggestions about the development trends of electromagnetic shielding fabrics were proposed.

Key words: electromagnetic shielding; nano-material; research progress