

DOI: 10.19333/j.mfkj.2018030240104

不锈钢纤维混纺织物电磁屏蔽效能及其穿着安全性研究

宋玉玲^{1,2}, 马恒^{1,2}, 刘伟红^{1,2}, 孙淑娟³, 周小红^{1,2}

(1.浙江理工大学材料与纺织学院, 浙江杭州 310018; 2.先进纺织材料与制备技术教育部重点实验室, 浙江杭州 310018; 3.浙江映山红纺织印染有限公司, 浙江海宁 314400)

摘要: 研究织物类型、混纺比和组织结构对织物电磁屏蔽效能的影响, 借助织物防电磁辐射性能测试仪对机织物和针织物试样分别进行防电磁辐射性能的测试。结果表明: 不锈钢纤维含量越高, 机织物的电磁屏蔽效能越好, 且机织物的电磁屏蔽效能总是优于针织物; 织物的电磁辐射屏蔽效能随着不锈钢纤维含量的增加而增大; 相同上机经纬密度情况下, 能获得最佳电磁辐射屏蔽效能的机织物组织为缎纹; 机织物导电存在穿着不安全的问题; 针织物在频率较小时, 不锈钢纤维含量对电磁屏蔽效能影响较大, 并确定了相同纵横密度下最佳组织为纬平针; 针织物为防静电类织物, 穿着安全性好。

关键词: 不锈钢混纺织物; 混纺比; 电磁屏蔽效能; 穿着安全性

中图分类号: TS 106.5 文献标志码: A

Research the characteristics of electromagnetic shielding effectiveness and wear safety of stainless steel blended fabric

SONG Yuling^{1,2}, MA Heng^{1,2}, LIU Weihong^{1,2}, SUN Shujuan³, ZHOU Xiaohong^{1,2}

(1. College of Materials and Textile, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou Zhejiang 310018, China; 2. Key Laboratory of Advance Textile Materials and Manufacturing Technology, Ministry of Education, Hangzhou Zhejiang 310018, China; 3. Zhejiang Yingshanhong Textile Printing and Dyeing Co., Ltd., Haining, Zhejiang 314400, China)

Abstract: The effect of blending ratio (the content of stainless steel fiber), fabric structure and type on the electromagnetic shielding effectiveness of stainless steel blended fabric were studied on woven and knitted fabrics in this paper. The experimental results show that the electromagnetic shielding effect of the sample increased with content of stainless steel, and the optimized one is blending ratio of 30/70, and the performance of woven fabric is better than that of knitted fabric. The best electromagnetic shielding effectiveness of the woven sample with the fabric structure is satin weave, however, the electrical conductivity of the woven fabric is not safe enough to wear as for knitted fabric. When the frequency is low, the influence of stainless steel fiber content is obvious, and the best knitted fabric structure with optimized electromagnetic shielding effectiveness is plain stitch. The knitted fabric is antistatic fabric with good safety.

Keywords: stainless steel blended fabric; blending ratio; anti-electromagnetic radiation performance; wear safety

收稿日期: 2018-03-20

基金项目: 浙江理工大学材料科学与工程一流学科(A)研究生创新基金资助项目(11110131201701)

第一作者简介: 宋玉玲, 硕士生, 主要研究方向为现代纺织技术及新产品开发。通信作者: 周小红, 教授, E-mail: zhouxh314@163.com。

常用的家用电器,如空调、微波炉、电视机;移动设备,如手机、电脑等电子产品;在提高人们生活品质的同时,也存在使用期间向外发射电磁波,即电磁辐射^[1-3]问题,其是继水源、噪声和大气之后的第 4 大环境污染^[4],危害人类身体健康。联合国人类环境大会将电磁辐射列入必须控制的主要污染物之一^[5]。电磁辐射对人体健康有一定的影响^[6],轻则会产生头痛、头晕、无力、记忆力减退、睡眠障碍(失眠、多梦)等症^[7-8],重则会导致脑瘤、高血压、心脏病等疾病,致癌几率上升^[9-10]。国际癌症研究机构(International Agency for Research on Cancer, IARC)已将电磁辐射列为可能导致人类癌症的物质^[11]。

不锈钢纤维是研制防静电、防电磁波辐射织物的常用材料^[12-13]。将不锈钢拉伸抽成直径为几微米至十几微米的纤维^[14],该纤维与其他纤维混纺制成织物,利用不锈钢纤维对电磁波具有的良好反射和吸收性能,可使织物获得防电磁辐射的效果。不锈钢纤维的混纺比与织物的结构影响含不锈钢纤维织物的导磁性和导电性^[15],即影响防电磁辐射的性能及穿着安全性。本文研究比较不锈钢纤维/腈纶混纺纱机织物与针织物的防电磁辐射性能及安全性。

1 实验部分

1.1 材料与设备

材料:不锈钢纤维(15 μm)/腈纶混纺比分别为 30/70、20/80 和 10/90,线密度为 30 tex×2(山东闻道科技有限公司)。

设备:SGA598 型全自动剑杆织样机(江苏常州德普纺织有限公司),SGE601 型手摇横机(南通市银丰针织机械有限公司),FY800 织物防电磁辐射性能测试仪(温州方圆仪器有限公司),TRACK 静电测试仪(深圳市普翔防静电制品有限公司)。

1.2 试样准备

机织物试样:选用平纹、3/1 右斜纹、8 枚 3 飞缎纹 3 种织物基础组织,上机经密为 240 根/(10 cm)、纬密为 220 根/(10 cm),门幅为 20 cm,3 种混纺比纱线共制备 9 个试样。

针织物试样:选用纬平针、1+1 罗纹、2+2 罗纹 3 种基础组织,织物横密分别为 28、24、22 列/(5 cm);纵密均为 30 行/(5 cm),幅宽为 25 cm,3 种混纺比纱线共制备 9 个试样。

织物性能参数如表 1 所示。

1.3 防电磁辐射性能测试

采用 FY800 织物防电磁辐射性能测试仪,运用远场法中的法兰同轴法进行测试。试样对给定强度

表 1 织物性能参数

织物组织	面密度/(g·m ⁻²)			厚度/mm		
	30%	20%	10%	30%	20%	10%
机平纹	278.5	273.6	274.5	0.706	0.707	0.756
织斜纹	285.5	301.1	301.4	0.779	0.838	0.862
物缎纹	291.4	303.2	309.6	0.932	0.932	1.047
针纬平针	148.8	152.4	163.7	0.812	0.835	0.885
织 1+1 罗纹	270.8	279.5	268.6	2.051	2.010	1.970
物 2+2 罗纹	268.9	282.4	269.3	1.919	1.929	1.914

注:百分比为不锈钢纤维含量。

的电磁源进行屏蔽,测量屏蔽前和屏蔽后的电场强度或磁场强度之比,屏蔽效能为:

$$AP = 10 \times \left| \lg \frac{P_0}{P_1} \right| \quad (1)$$

式中:AP 为屏蔽效能,dB;P₀ 为不加试样时接收天线所接收到的功率,W;P₁ 为加入试样后接收到的功率,W。

无试样遮挡时 AP 值为 0,AP 值越大,说明防电磁辐射效果越好。

1.4 不锈钢纤维/腈纶混纺织物表面电阻测试

采用 TRACK 静电测试仪,参照 ASTM D257—2007《绝缘材料直流电阻式电导率的标准试验方法》测试织物表面电阻。测试时通过测试仪底部的 2 根平行铜电极快捷地测试物体表面电阻,测量度为 10 的数量级,表面电阻大于 10¹² Ω 为绝缘体,10⁶~10¹¹ Ω 的为防静电体,10³~10⁵ Ω 的为导体。

2 实验结果与分析

2.1 不锈钢纤维/腈纶混纺织物的电磁屏蔽性能

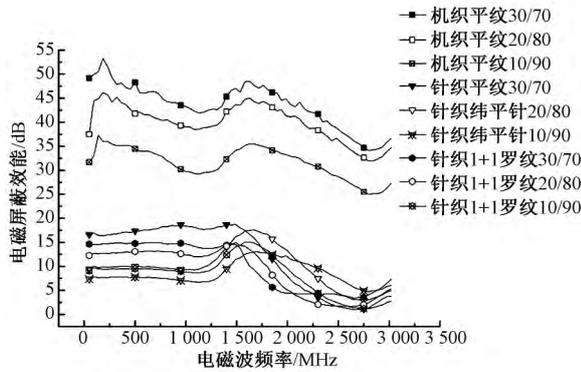
分别测试 18 个试样的防电磁辐射性能各 5 次,记录试样在电磁波频率为 50~3 020 MHz 时电磁屏蔽效能的平均值。

由表 1 可知,平纹织物与纬平针织物厚度接近,面密度不同,平纹织物与 1+1 罗纹织物面密度接近但厚度不同,因此采用平纹织物、纬平针织物和 1+1 罗纹织物 9 组实验数据。不同组织织物的电磁屏蔽性能见图 1。

由图 1 可知:

①机织物较针织物具有较好的电磁辐射屏蔽效能,即使 1+1 罗纹针织物的厚度均大于平纹机织物,机织物仍表现出较好的防电磁辐射性能。

②织物对电磁辐射的屏蔽效能与电磁辐射的频率有关,机织物明显有 2 个峰值,在低频 200 MHz 和中频 1 500 MHz 左右,有较好的防护性能,针织物在



注: 数字为不锈钢纤维/腈纶混纺比。下同。
图 1 不同组织织物的电磁屏蔽性能

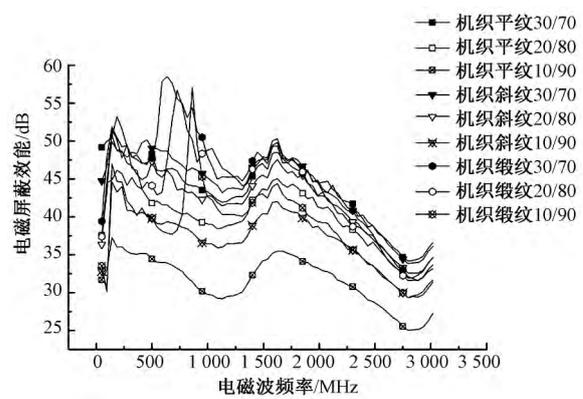


图 3 机织物的电磁屏蔽性能

1 500 MHz 以上的屏蔽效能显著下降。可见织物对于人体在一般环境中所收到的电磁辐射(30 kHz~500 MHz)^[16]的防护是有一定作用的。

③ 不锈钢纤维含量对织物电磁辐射的屏蔽效能有显著的影响, 不锈钢纤维含量大, 织物防电磁辐射性能好。

取厚度和面密度基本一致的 6 组罗纹针织物, 织物电磁屏蔽性能测试结果见图 2。

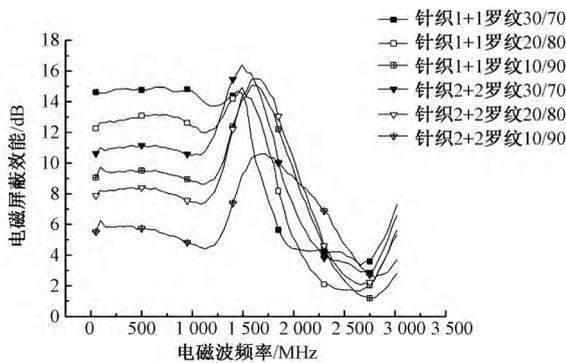


图 2 针织物的电磁屏蔽性能

由图 2 可以看出, 在中低频阶段, 1+1 罗纹织物的防电磁辐射性能好于 2+2 罗纹织物, 电磁波频率在 2 500 MHz 左右, 织物的电磁辐射屏蔽效能下降接近零。说明同类织物组织结构对织物的防电磁辐射效能会产生一定的影响。

9 组机织物电磁屏蔽性能测试结果见图 3。

由图 3 可以看出, 不锈钢纤维含量为 10% 和 20% 的织物, 平纹织物的屏蔽效能较小, 斜纹织物次之, 缎纹织物的屏蔽性能最好; 而不锈钢纤维含量为 30% 的织物, 平纹、斜纹、缎纹织物的电磁屏蔽效能基本一致。缎纹织物在 500~1 000 MHz 之间存在电磁辐射屏蔽增强的峰值。

2.2 不锈钢纤维/腈纶混纺织物的表面电阻

织物的导电性影响织物的电磁波屏蔽性能, 也影响织物穿着过程中的安全性。实验测试机织物经

纬向与针织物 45° 方向的表面电阻值各 5 次, 取平均值, 结果如表 2 所示。

表 2 织物表面电阻

织物组织	Ω									
	纬向电阻			经向电阻			45° 方向电阻			
	30%	20%	10%	30%	20%	10%	30%	20%	10%	
机织物	平纹	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁴
	斜纹	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³
	缎纹	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ³	10 ⁴
针织物	纬平针	10 ⁴	10 ⁸	10 ¹¹	10 ⁷	10 ¹¹	10 ¹²	10 ⁷	10 ⁹	10 ¹¹
	1+1 罗纹	10 ⁶	10 ⁷	10 ⁹	10 ⁷	10 ¹⁰	10 ¹²	10 ⁶	10 ⁸	10 ¹⁰
	2+2 罗纹	10 ⁶	10 ⁸	10 ¹²	10 ⁷	10 ¹¹	10 ¹²	10 ⁷	10 ¹⁰	10 ¹²

注: 百分比为不锈钢纤维含量。

由表 2 可知, 机织物的电阻均在 10 的 3~4 次方的数量级, 为导电织物, 说明机织物具有较好的电磁辐射屏蔽性能, 但存在安全隐患。而对于针织物, 在 3 个方向上的电阻均存在差异, 且多数集中在 10 的 6~12 次方的数量级, 为防静电织物, 且 1+1 罗纹织物在相同条件下的电阻为最小; 不锈钢纤维含量越高, 同一方向上的电阻越小; 相同不锈钢纤维含量的针织物, 纬向电阻 < 45° 方向电阻 < 经向电阻。

3 结论

① 含不锈钢纤维织物的电磁辐射屏蔽效能与织物类别、组织、不锈钢纤维的含量均有密切关系。

② 含不锈钢纤维织物在获得电磁辐射屏蔽效能时, 织物的导电性能增强, 实验样品中机织物电磁辐射屏蔽效能高, 但织物导电, 存在穿着不安全的问题, 而针织物为防静电类织物, 穿着安全性好, 但对电磁屏蔽效能不够理想。

③ 应进一步优化机织物和针织物的设计, 研发具有较好电磁辐射屏蔽效能、较好穿着安全性能的功能纺织品。

参考文献:

- [1] 万刚,李荣德. 电磁屏蔽材料的进展[J]. 安全与电磁兼容,2003(1):40-41.
- [2] 郑大伟,杨军. 电磁辐射的危害及其防护[J]. 科技信息,2010(9):39-39.
- [3] 孟通,田竞,李秀岩. 电磁辐射的危害及其防护[J]. 灾害医学与救援,2012(3):197-199.
- [4] SINGH A, MISHRA M, SAMBYAL P, et al. Encapsulation of g-Fe₂O₃ decorated reduced graphene oxide in polyaniline core-shell tubes as an exceptional tracker for electromagnetic environmental pollution[J]. Journal of Materials Chemistry A,2014(10):3581-3593.
- [5] 安树林,张季,毛福坡. 导电涂层织物的研制[J]. 纺织学报,2002,23(5):73-75.
- [6] 王玉秋,钱茜. 室内电磁辐射的危害及防护[J]. 解放军健康,2003(4):37-37.
- [7] 李江波,赵丽,谢凌,等. 手机电磁辐射的危害及防护[J]. 中国辐射卫生,2010,19(2):250-251.
- [8] 王伟. 浅析电磁辐射的危害及防护[J]. 科技视界,2013(9):33-33.
- [9] 郝利君,张彤,李春萍. 电磁辐射职业危害及防护对策[J]. 中国个体防护装备,2013(6):50-53.
- [10] 张颖. 关于电磁辐射危害及防护的探讨[J]. 环境与发展,2011(12):93-94.
- [11] IARC. Working Group on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans. Non-ionizing radiation, Part 2: Radiofrequency electromagnetic fields [J]. Iarc Monographs on the Evaluation of Carcinogenic Risks to Humans,2013,102(Pt 2):1.
- [12] 倪广菊,张毅. 不锈钢纤维性能及在纺织工业中的应用[J]. 中国纤检,2005(2):46-47.
- [13] 毋录建,祝锐,张健. 不锈钢纤维在防电磁波辐射中的应用[J]. 针织工业,2000(5):39-40.
- [14] 朱正锋,王军华. 不锈钢纤维及混纺纱性能探讨[J]. 中原工学院学报,2007,18(4):22-24.
- [15] 刘国华,王文祖. 电磁辐射防护织物的开发[J]. 产业用纺织品,2003,21(6):16-18.
- [16] 王建明,赵云娜,曹婧,等. 导电防辐射织物的研制[J]. 毛纺科技,2008,36(2):43-45.