

摘 要

在采用纺织品做内装饰织物的汽车中,静电是一个不容忽视的问题。静电的积累不仅影响乘坐者的舒适性,还能吸附大量灰尘给清洁带来很大的麻烦。汽车内饰织物的抗静电性能是经常被人们提到但是很少去实现的一个性能。本文主要采用嵌织导电纤维的方法来设计并开发抗静电汽车内饰织物。

本文设计了单面网眼、素色绒类、双面提花三种汽车座椅面料,分别通过添纱、成圈、集圈、衬纬等方式来嵌织导电纤维,每种面料都确定了一系列的导电丝间距。文中制定了三种面料的生产工艺,并研究了嵌织导电纤维的注意问题。分析比较了目前常用的六种抗静电性能的测试方法:半衰期法、摩擦带电电压法、电荷面密度法、衣物带电法、工作服的摩擦带电法、极间等效电阻法,最终选定电荷面密度法来测试织物的抗静电性能。分析讨论了导电纤维的性能、摩擦方式、导电丝间距、组织结构、导电丝嵌织方式等因素对抗静电性能的影响。模拟出导电丝间距与电荷面密度及导电丝间距与导电丝含量的关系曲线,并得出曲线的回归方程,求得导电丝的最佳间距和最佳含量,最后得出本论文的结论。

【关键词】汽车内饰; 针织面料; 抗静电性能; 导电纤维; 电荷面密度

Abstract

In automobiles that using textile as interior fabrics, static charge is a problem can't be negligible. The accumulation of static charges not only influences the riders' comfort, but also brings big trouble to cleanness for dust adsorption. The antistatic property of automobile interior fabrics is often mentioned, but rarely completed. This paper mainly designs antistatic automobile interior fabrics by embedding conductive fiber.

In this paper, we design three kinds of fabrics: single-side mesh, pile and double-side jacquard. Conductive fibers are respectively embedded by knitting, tucking, laying-in methods. The production processes are made, and the problems of embedding conductive fibers are studies. Each fabric is designed a series of intervals. We analyze six kinds of antistatic property's test methods: half life, friction electrification pressure, electric charge density per unit area, clothing electrification, smock friction electrification, interelectrode equivalent resistance. Electric charge density per unit area is selected. The influence factors including conductive fiber's property, frictional form, conductive fiber's interval, fabric structure, conductive fibers embed methods are also discussed. In terms of experimental datum, we imitate the curves about conductive fiber interval relate to its content and fabric average electric charge density per unit area, and obtain correspond regress equations, and get conductive fiber's optimal interval and content. Eventually we get this paper's conclusions.

【key words】 automobile interior; knitted fabric; antistatic property;
conductive fiber; electric charge density

独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作及取得的研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果，也不包含本人为获得江南大学或其它教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示谢意。

签名： 子燕华 日期：2006年6月12日

关于论文使用授权的说明

本学位论文作者完全了解江南大学有关保留、使用学位论文的规定：江南大学有权保留并向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘，允许论文被查阅和借阅，可以将学位论文的全部或部分内容编入有关数据库进行检索，可以采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编学位论文，并且本人电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。

保密的学位论文在解密后也遵守此规定。

签名： 子燕华 导师签名： 陈松明
日期：2006年6月12日

第一章 绪论

1.1 汽车内饰面料

1.1.1 车用纺织品概况

随着汽车工业的发展,汽车用纺织品成为产业用纺织品的重要领域。纺织品在汽车上的应用可以用“五子登科”来比喻,即:料子、带子、毯子、帘子、毡子^[1]。

1、料子:即内饰面料,包括座椅面料、车门内饰材料、顶棚材料。座椅面料通常有机织面料、针织面料和皮革(真皮、人造皮革)三大类。目前,我国的汽车座椅面料应用得较为广泛的是机织平布和针织绒布^[2],少数高档轿车才配置真皮座椅,还有相当大一部分的座椅采用人造皮革面料。车门内饰材料也在日趋与座椅面料相一致,以求内饰整体上的美观,顶棚材料主要采用无纺布、针织物和PVC膜。本文中的汽车内饰主要是指内饰面料。

2、带子:主要是指安全带。安全带是汽车必不可少的配备,要求其具有较高的强度、良好的延伸性,此外还应有一定的耐磨损性、耐气候性(耐寒、耐热、耐水、耐光照、耐腐蚀)、舒适性以及阻燃性等。安全带一般选用抗拉强度高、伸长率适中和塑性变形小的纤维作材料,锦纶和涤纶是比较适合的材料^[3]。

3、毯子:主要指地毯。与民用地毯相比,汽车地毯生产工艺复杂,技术难度大,技术质量标准要求高。对于汽车地毯的基本要求是美观、舒适、隔热、阻燃、防静电、吸音、防尘、防滑、耐用以及安装方便。

4、帘子:主要是指汽车轮胎骨架材料——帘子布。轮胎帘子布主要由锦纶、涤纶、粘胶、钢丝等原料制成。锦纶因其强度高,耐冲击性、耐疲劳性以及与橡胶的粘合性能较好,尤其适用于载重轮胎;涤纶模量较高、变形小、尺寸稳定性好、成本低,是轿车轮胎的理想材料。钢丝帘子布应用也越来越多。

5、毡子:主要是指再生纤维毡隔热材料,各类棉纤维、熔融纤维材料制成的毡坯,经高温造型各种形状,制成具有隔音、隔热、减震和吸音作用的平态隔音毡、隔音垫。因其质轻、价廉及良好的隔音作用而在汽车上被广泛应用,如车顶隔音垫、地板隔音垫、行礼箱地毯^[42]。

1.1.2 汽车内饰面料的性能要求

作为汽车内饰面料,不仅对其外观质量要求非常严格,其内在的特殊性能也

同样重要,如耐磨性、阻燃性、抗静电性、拒水性和日晒牢度等均有较高的要求。内饰面料的性能至少要满足表 1-1 中的八大要求^[4]。

表 1-1 内饰面料的性能要求

性能	要 求
安全	阻燃, 抗静电
舒适	手感好, 柔软, 有弹性, 有隔音和吸音效果
美观	图案新颖, 色泽高雅, 色牢度稳定, 色差微小
耐用	耐压耐磨, 不起毛起球, 尺寸稳定性好
工艺	延伸性、热收缩性、弹性量稳定, 满足模塑成型要求
适用	抗紫外线照射, 拒油, 拒污, 防水
环保	对人体无刺激, 无异味, 无毒, 无害
经济	价格适中, 工艺合理, 材料来源多

1.1.3 汽车内饰面料的发展

1.1.3.1 汽车内饰面料的演变^[5]

二十世纪四十年代,许多汽车座椅包覆面料使用的原料为乙烯基聚合物或者亚乙烯基氯化物,这种材料在融化状态下采用染料染色,具有很高的色牢度并易于清洗。与此同时,也就是第二次世界大战之后,尼龙开始出现并与其他材料一起被应用到汽车装饰中来。

从五十年代开始,用 PVC 涂层处理的织物开始被广泛地应用在服装、居家装饰以及汽车内饰中。由于这种材料可以加工制作成各种不同的色彩并且可以进行表面模压达到不同纹理效果,所以在当时算是一种较为时尚的复合纺织材料。PVC 材料应用在汽车内饰中的状态一直持续到二十世纪七十年代。当时人们的生活水平有了显著的提高,对汽车的舒适性也相应提出了更高的要求。而以 PVC 材料包覆的座椅透气性很差,尤其在闷热的夏天更是又热又粘。

从七十年代开始,尼龙被大规模地以不同编织结构和色彩效果运用到汽车内饰织物中来。与此同时,关于汽车用织物的品质标准也由于日趋激烈的市场竞争而提高到了新的水平。

尼龙之所以在汽车内饰中运用了将近三十年,是因为早期的汽车车窗相对较小而且车窗玻璃几乎是垂直的,因此在同样的日光条件下车内温度变化没有现在的汽车那么大,另外,当时的消费者可能将更多的注意力放在汽车的性能上,而对内饰不是十分在意。再者,早期的汽车市场显然也没有现在这样激烈的竞争。

七十年代中期,涤纶开始出现并逐渐占据了汽车内饰织物材料的主导地位,

一直到今天,全球90%的汽车内饰织物应用的仍旧是涤纶^[2]。相对于其他各种纺织纤维而言,涤纶具有许多不可比拟的优点,尽管如此,在涤纶纱线染色过程中仍然需要加入吸收紫外线功能的化学试剂以帮助其达到耐光耐老化的要求。

天然皮革作为一种高档内装饰材料应用在汽车中比织物要早得多。早期,在应用时也同织物一样衬有底布,皮革表面通常经过漆光处理以增加光泽和耐磨性,但同时也降低了其天然透气性。近几年,由于大量关于环境生态保护方面的立法规定出台,皮革处理的工艺已经有了很多改变。在车内使用真皮尤其是小牛皮装饰,在全球被公认是奢华高贵的标志,但其价格昂贵,据估计在将来其使用量将趋于下降。但人们对真皮的热情仍然不减,现在的方法是很多真皮与织物结合运用在车内饰中,真皮的短缺导致人造皮革的再次兴起,但仿真程度及各项技术指标均比过去大大提高,而织物中的采用超细纤维制成的仿麂皮面料也愈来愈受欢迎。

1.1.3.2 汽车内饰面料的发展趋势

从近十年国内外内饰面料的发展演变我们可以看出,今后一段时间内,内饰纺织品的发展趋势有如下特点^[6-9]:

1、针织绒类织物成为内饰面料的主流。这是由于针织物具有良好的延伸性和弹性,能适应汽车内饰加工的模压工艺,而且花型变换远较机织物方便。同时绒类织物的使用可消除汽车中的部分噪声。

2、非织造布在汽车内饰上的应用不断增加。非织造布用做汽车内饰也是当前国际发展的趋势。因其成本低、适应性强、质量轻、隔音、保暖以及防震等特点,经不同处理后可用作车用功能性材料。

3、特种化纤将被普遍应用。由于对内饰面料的安全要求和工艺性能要求越来越高,因此,对原料的改性势在必行。例如,具有优异的回弹性和耐磨、坚固的聚酰胺纤维大量使用在座椅、地毯及顶棚织物中。利用纺前染色制成的色纺丝,可提高织物的色牢度及耐光牢度。

4、内饰面料日趋多样化。内饰面料本身价值不高,仅占汽车总价的1%~2%。但人们打开车门,首先看到的就是车饰面料,汽车商往往利用豪华的内饰来提高车子的档次,达到以较低成本获取较高回报的目的,因此在内饰面料中,一种花型包打天下的时代已经过去,选装件的大量应用,使同一车型可有多种装饰风格。以座椅色彩为主,配置内饰面料的做法将成为轿车内饰的主流。

5、重视回收再利用。随着人们对环保的重视,最新的立法迫使汽车制造业在2004年之前,回收所有的废弃汽车,并要求汽车中95%的材料再利用。因此,制造商要面对处理大量的裁剪废料,废汽车内饰面料的处理。由于聚酯纤维具有价格较低、强度高、弹性好、耐磨、保形性好、易回收利用等特点,在座椅、地

毯、顶棚、气囊等许多饰品材料中使用。

1.1.3.3 我国汽车内饰的发展现状

我国在汽车内部采用织物作为装饰的历史还比较短。以前,我国车辆内饰材料基本是人造革,只有进口的车辆才使用织物作为内饰材料。一直到八十年代末我国才出现第一家汽车座椅面料生产厂,但是发展速度很快,上海、江苏、浙江、河北、湖北、天津、吉林等地陆续出现了一批内饰面料生产企业,上海大众、天津大发、南京依维柯、北京吉普等车厂生产的主要车型,其内饰面料已经实现了国产化^[7]。目前我国已有大大小小 60 多家汽车内饰面料生产厂,纺织面料已占汽车内饰的 50%左右。一些中低档车辆虽然仍是以人造革面料为主,但也在逐步使用纺织面料而且有增加之势。中高档车辆尤其是轿车和客车纺织面料已经作为基本内饰面料取代了人造革,不仅用于座椅面料,而且用于车顶棚、侧立柱、门护板、遮阳板等的包覆面料。

从纵向上看中国汽车装饰用纺织品产业取得了明显进步,这主要表现在国内汽车内饰纺织企业的生产规模、产量、外资引进、销售额、出口业绩、配套能力和产品质量等方面的整体水平明显提高。但在横向上中国汽车内纺织品与国际上大的比较成熟的专业公司相比差距仍然很大。如:纺织材料生产水平普遍较低,面料品种单一,自主开发的能力差,生产规模有限,生产设备不完善^[8]。

在未来的十年中,中国的汽车行业还有很大的发展空间,其中 20 万元以内的私家车将吸引庞大的消费群体。他们的消费观念会更加理性,在汽车内饰的选择上,不会盲目地追求档次很高的真皮面料,他们会根据自己的经济能力选择适合自己的,能体现自身个性的内饰。与人造皮革相比,纺织品内饰的舒适性和外观方面的都有很大优势,所以与汽车工业配套的纺织品内饰也会进入一个快速发展的时期。

1.2 汽车内饰织物的抗静电性能

1.2.1 汽车内饰织物静电的危害

从二十世纪七十年代中期开始,涤纶就开始出现并占据汽车内饰织物材料的主导地位,到目前为止,全球有 90% 的汽车内饰织物仍采用涤纶纤维。涤纶纤维在摩擦的过程中,很容易就产生静电,静电的危害有以下几点:第一,电荷的积累会使人产生电击感,使乘坐者(特别是穿着化纤服装)感到不适,离开座位时产生摩擦放电现象,有时静电压高达 1 万伏;对于司机来说,静电打手易引发二次事故。第二,长期摩擦会出现起毛、起球现象,材料表面的静电荷聚集会吸

附灰尘, 绒类产品尤其严重, 这给车内的清洁和保养造成很大麻烦。第三, 如果车内存在挥发出来的汽油蒸汽, 再加上车内吸烟, 就很容易引起火灾。第四, 静电会降低车内电子元件的灵敏度^[10~12, 2]。

1.2.2 汽车内饰织物抗静电性能的研究现状

汽车上一直都很重视静电问题, 一般汽车上都配备静电消除器, 它是一种汽车必备的安全附件, 主要作用是避免汽车(特别是轿车)因高速行驶产生的静电而引起火灾, 并能减少静电吸附尘埃, 保持车身的整洁美观。

汽车内饰织物中进行抗静电处理的主要有两个部位: 一是座椅面料, 主要进行简单的抗静电涂层整理^{[13][14]}, 这种方法得到的抗静电性能是非持久性的, 而且对环境的温湿度有一定的依赖性; 二是地毯, 目前抗静电锦纶 BCF (膨体变形长丝) 地毯的生产工艺已经比较成熟, 主要是采用锦纶长丝与导电纤维制成复合纱^[15, 21]。

在我国, 对汽车内饰织物的强制性国家标准只有“阻燃”一项, 大部分产品功能性整理薄弱, 许多功能难以达到要求。抗静电性能和阻燃性能同属于安全方面的指标, 但抗静电性能一直都是提的最多, 做的最少的一个指标。汽车内饰织物厂家通常是通过简单的涂层整理来赋予织物抗静电的性能, 这种方法得到的抗静电性能不是永久性的, 而且对环境的湿度有依赖性。并且大部分厂家处于生产成本的考虑, 只要汽车生产商不要求, 就不进行抗静电整理^[2]。

1.3 本课题的研究意义及内容

1.3.1 研究意义

随着汽车工业的发展, 汽车用纺织品也成为产业用纺织品的重要的发展领域。早在 1997 年, 国家经贸委已将“汽车配套化纤材料和制品生产技术”列入《“九五”国家重点开发指南》, 1999 年 7 月 14 日, 国家发展计划委员会、科技部发布的《当前国家优先发展的高技术产业化重点领域指南》中, 又把内饰面料列为重要产业用纺织品^[4]。

近几年随着轿车工业的发展, 人们对其舒适性提出了更高的要求。车饰面料的多样化、功能性要求及回收再利用是当前汽车内装饰材料研究的主要方向。抗静电性能也越来越受到人们的重视, 它对于提高内饰面料的舒适性和耐污性起到重要作用。为了提高产品附加值、增加技术含量, 并满足汽车工业对纺织品多功能要求, 对汽车面料进行抗静电性研究势在必行。

1.3.2 研究内容

本课题主要采用嵌织导电纤维的方式来编织抗静电汽车内饰织物。文中设计了导电纤维的不同间距、不同嵌入方式以及不同组织结构的织物，并探讨了具体的编织工艺及生产中需要解决的主要的问题。课题分析比较了抗静电性能的六种测试方法，并选用电荷面密度法来测试织物的抗静电性能。由于导电纤维价格昂贵，如何降低导电纤维的含量，同时又要满足织物的抗静电性能的要求，从而降低产品成本，提高市场竞争力，这是本课题要解决的重要问题。通过分析导电纤维的不同含量、间距、嵌入方式等对抗静电性能的影响，作出回归方程曲线来求出导电纤维的最佳含量，从而得到抗静电汽车装饰面料到最好的性价比，为汽车内饰织物生产厂家提供参考依据。

第二章 抗静电织物的加工方法及抗静电机理

2.1 静电的产生

2.1.1 摩擦起电原理

两种不同材料的固体相互接触就会产生静电,起电现象实际上也就是电荷重新分配的结果。起电方式一般有接触起电、摩擦起电、光电起电、热电起电、发射起电、场致发射起电、分散粒子起电、机械断裂起电及电晕起电等,但其基本过程都可归纳为:接触→电荷转移→偶电层形成→电荷分离。最常见的是接触起电和摩擦起电。纤维材料静电的发生,大部分是在摩擦过程中产生的。摩擦起电的原因,本质上还是由于两物体的接触作用,摩擦只不过是增加了接触面积,减小了接触间隙。关于摩擦起电的机理,大致上有两种理论:一为偶电层理论,一为量子力学理^[16]。

1、偶电层理论

一般的摩擦起电现象,由两摩擦物体的接触和分离两个过程组成。在摩擦接触表面间距小于 $2.5 \times 10^{-7} \text{cm}$ 的情况下,界面两侧的分子就会相互吸引。这种吸引作用是由于分子内部原子核对彼此的电子吸引产生的。这种位于表面层分子的电子,既受该物体的原子核吸引,又要受到界面另一侧的不同物质的原子核吸引,而两侧原子核吸引电子的能力不同,同时位于界面两侧的电子又有互相排斥作用,其共同作用的结果,吸引电子能力强的那种物质的原子核,会使界面另一侧的部分电子的偏向界面移动,同时使它原来吸引的部分电子被排斥到离开界面的方向。这样,在界面两侧相对集中了相反电荷的吸附层,这是一种有一定分散程度的吸附层。离开界面的方向上,又分布着与各自界面一侧电荷符号相反的离子扩散层,以上电子移动,伴随着离子化,形成了偶电层。还有,具有极性基团的纤维高分子材料由于受接触电位差的影响发生极化;接触时材料的压电效应;摩擦时的不对称性导致的两块材料的温度差,引起电荷转移等,都能促使或加强偶电层的形成。

2、量子力学理论

从量子力学角度分析,自由原子中的电子具有完全固定的能量级,并由一定的禁区相互隔离。物体的静电序列是由物体原子核对电子吸引力大小即能量级高低来决定的。

两物体摩擦接触并且接触面间距小于 $2.5 \times 10^{-7} \text{cm}$ 时,产生热激发作用,赋予能量,使电子从高能位向低能位方向移动,即对电子吸引力强的物体甲将对电子

吸引力较弱的物体乙的部分电子吸引过去,从而使物体乙带上正电,物体甲带上负电。带电后的物体甲、乙则又阻碍电子由物体甲流向物体乙。当物体甲对电子的吸引力与甲、乙静电场的阻碍作用力相等时,电子交换就达到了平衡,此时,物体甲、乙之间的平衡电压,就是接触电位差。平时,摩擦接触所产生的电荷量并不大,但因为摩擦带电体与地面距离很大,因此对地面的电容值较小,所以静电电压可高达几千伏甚至上万伏。

2.1.2 静电吸灰原理^[17]

空气中存在着大量的灰尘,当织物摩擦带电且产生的静电极性与粉尘带电极性相反时,便会由于静电引力而产生吸附。对中性灰尘也会在静电作用下被极化,呈相反电性被吸附。这些都是由静电引力产生的吸附。吸灰现象的原理如图 2-1 所示。上为经摩擦带一定电荷密度为 Q 的织物(假设带正电),下为一平面反光玻璃,玻璃上放置较小的烟灰,并设烟灰质量为 m ,织物不动,玻璃载着烟灰可上下移动,以改变织物与玻璃间的距离。由于织物带电,根据静电感应原理,平面玻璃上表面及玻璃与烟灰颗粒便会感应出电场,烟灰尘粒所受到的电场力为织物对灰粒的吸引力和同荷灰粒间排斥力之和,即

$$F = \frac{Qq}{\epsilon_0 \epsilon_r d^2} + \frac{q^2}{4\pi \epsilon_0 \epsilon_r (2\delta)^2}$$

式中: Q —织物上正电荷电量(c);

q —灰粒上负电荷电量(c);

ϵ_0 —真空介电系数;

ϵ_r —空气相对介电系数;

d —织物到玻璃间的距离(cm);

δ —烟灰颗粒的直径(cm)

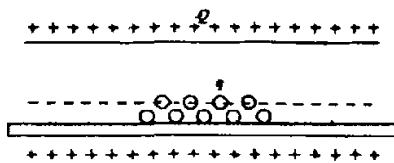


图 2-1 静电吸灰的原理图

此时,烟尘受到电场力和重力的综合作用,当电场力增加到足以克服烟尘重力时,织物便吸附烟尘,即织物吸附烟尘的条件为 $F \geq mg$ 。分析上式可知,吸附力与织物距尘粒间的距离成反比,与电荷密度成正比,即吸附力(电场力)不变,

吸附距离 d 越大, 则说明织物所带电荷密度越大。显然, 测试吸附距离较容易, 因此用吸附距离来表示织物摩擦静电效果还是较好的^[22]。

2.2 抗静电织物的加工方法

对应于纤维制品的静电荷产生与逸散过程, 一般纤维制品的抗静电方法可从两方面入手, 即抑制发生或促进逸散^[18]。目前, 主要通过以下三种途径来赋予织物抗静电的性能^[19、16]。

1、织物表面整理。

对合成纤维织物进行抗静电整理。所用抗静电剂大多数是结构与被整理的纤维相似的、有亲水性的高分子物, 经过浸、轧、焙烘而粘附在合成纤维或其织物上。利用涂覆在合成纤维织物表面上的这些亲水性高分子物, 通过吸湿而增加纤维的导电, 加快织物表面的静电荷的散逸, 使静电荷不至于积聚过多而造成危害。此种方法能解决穿着使用过程中的吸尘、粘污以及粘缠现象, 但在洗涤以及摩擦的情况下缺乏持久性。对工业制品的抗静电要求往往不能满足。

2、纤维化学改性

化学改性的方法是在聚合物内部添加抗静电剂, 如磷酸酯、磺酸盐等表面活性剂, 或是引入第三单体, 如聚氧乙烯及其衍生物, 利用抗静电剂的极性基团在聚合物外层形成导电层或与空气中的水相结合, 使聚合物的电阻减少, 加速静电荷的散逸, 以使纤维本身具有抗静电性。此法不仅能改善抗静电性, 还能改善吸湿性、防污性等, 具有多能化特征。但其抗静电效果与环境湿度密切相关, 在低湿度下几乎失去抗静电性, 所以它的应用范围受到限制。

3、嵌织导电纤维

在合成纤维织物中嵌入导电纤维, 利用导电纤维之间的电晕放电使静电消除。由于导电纤维在低湿度下仍然有较好的抗静电性, 并且具有相对的持久性, 采用较低的混用比例就能使织物具有良好的抗静电效果, 所以此种方法在产业用纺织品中得到了广泛的应用。

前二类方法的作用机理均属提高织物回潮率、降低绝缘性, 加速静电泄漏。因此在干燥环境中、或经多次洗涤后, 加工效果或不耐久、或不显著, 通常在普通服用织物上应用; 唯有第三种方法可持久、高效地解决纺织品的静电问题, 故首先应用于防静电工作服等特种功能性服装。本课题就是采用嵌织导电纤维的方法来编织抗静电汽车内饰织物。

2.3 导电纤维的简介

2.3.1 导电纤维的定义

导电纤维尚无明确定义，通常把电阻率小于 $10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ 的纤维定义为导电纤维^[20]。用于纺织品的导电纤维应有适当的细度、长度、强度和柔曲性，能与其它普通纤维良好抱合，易于混纺或交织，具有良好的耐摩擦、耐屈曲、耐氧化及耐腐蚀能力，能耐受纺织加工和使用中的物理机械作用；不影响织物的手感和外观；导电性能优良，且耐久性好。

导电纤维从导电物质的成分可分为金属纤维、碳纤维和有机导电纤维。金属纤维导电性能好、耐热、耐化学腐蚀。但对于纺织品而言，金属纤维抱合力小，纺纱性能差，成品色泽受限制，多用于地毯和工作服面料，制成高细度纤维时价格昂贵；碳纤维导电性能好，耐热、耐化学药品，但模量高、缺乏韧性、不耐弯折、无热收缩能力，不适合纺织品使用；有机导电纤维中由聚乙炔、聚苯胺、聚吡咯、聚噻吩等高分子导电材料直接纺丝制成的有机导电纤维纺丝困难，价格更高，也难在纺织品中使用^[21]。

导电纤维从其结构可分为导电成分均一型、导电成分被覆型、导电成分复合型三类。导电成分均一型是指由同一种导电成分组成的纤维，如金属纤维、碳纤维和导电聚合物；导电成分被覆型主要通过树脂整理法将导电成分涂覆在非导电主体聚合物纤维的表面；导电成分复合型主要通过复合纺丝的方法制得，如碳黑或金属氧化物复合纺丝得到的导电纤维。如上文所提，金属纤维、碳纤维和导电聚合物等导电成分均一型的纤维，纺丝加工困难，不适合在纺织品中使用。相比之下，以普通成纤高聚物为基体、以碳黑或金属化合物为导电物质的被覆型和复合型有机导电纤维，具有抗静电效果显著持久、纺织染整加工简便、对织物的其它性能影响小、添加成本低的优点，最适合于制造永久抗静电的纺织品^[22]。

2.3.2 导电纤维的主要用途

导电纤维的导电性能主要基于自由电子的移动而不依靠吸湿和离子的转移，所以导电纤维不依赖于环境的相对湿度，它在相对湿度 30%RH 或更低湿度下仍能显示优良的导电或抗静电性能。静电是化工、石油、粉碎加工等行业引起火灾、爆炸等事故的主要诱发因素之一，也是敏感电子元器件的潜在失效、降低电子产品工作可靠性的主要因素之一，静电的有效手段就是采用导电纤维与织物实施有效防护。随着电子通讯、宇航、医药、精密仪器等工业的飞速发展，为了使仪器精确动作和保证操作安全，就要求纤维和织物有更高的抗静电和导电水平。用导电纤维制作的无尘、无菌衣在精密仪器、机械零件、电子工业、胶片、食品、药

品、化妆品、医院、计算机房中起到防尘、防菌、防设备损坏、防计测失灵、防噪声等效果。用导电纤维制成防爆工作服，在石油精练、油轮、汽油加油站、煤矿等领域起到防引火爆炸的作用。防静电过滤袋用于捕集易燃、易爆粉尘。在钢铁厂、生产固体粉类化工厂普遍用作烟卤气或空气过滤材料。此外，利用导电纤维对电磁波的屏蔽性，可用作电磁波屏蔽罩和电磁波吸收罩以及特殊要求的房屋贴墙布，还可制作用于从事雷达、通讯、电视转播、医疗等工作人员的有效防微波工作服。在科学技术现代化发展中，电子技术与高分子材料技术是两个重要的技术领域，电子产品设计的小型化和高集成化，使相应加工技术日趋微、细、精、薄。静电危害不可忽视，而高分子材料的特点之一就是它具有很高的电阻率，易产生静电，高分子材料的推广应用，要求人们对静电更引起足够的重视^[23]。

2.3.3 导电纤维的国内外开发现状

据有关文献报道^[23, 24, 36]，最早的导电纤维是美国 Brunswick 公司的商品名为 Brunsmet 的不锈钢纤维，在世界上首次用于纺织加工。60 年代末最早由日本帝人公司开发成功了表面涂覆碳黑的有机导电纤维，BASF 公司采用熔纺和镀层技术开发了 Resistat 碳黑导电纤维。随后出现了表面镀覆金属的导电纤维。1975 年，美国 Du Pont 公司采用复合纺丝技术制成含有碳黑导电芯的复合导电纤维 AntronIII。从此，各大化纤公司纷纷开始以碳黑为导电成分的复合纤维的研究与开发。孟山都公司制成并列型 Utron 导电纤维，钟纺公司开发了 Belltron 锦纶导电纤维，尤尼吉卡公司开发了 MeganaIII 导电纤维，可乐丽公司开发了 Kuracarbo，东洋纺织开发了“KE-9”导电纤维。80 年代开始了导电纤维的白色化研究。普遍采用的方法是用铜、银、镍和镉等金属的硫化物、碘化物或氧化物与普通高聚物共混或复合纺丝而制成导电纤维。如 Rhone-poulence 公司利用化学反应制成 CuS 导电层的“Rhodiastat”导电纤维；帝人公司制成表面含有 CuI 的导电纤维“T-25”。钟纺公司制成 ZnO₂ 导电的 Belltron632、Belltron638；尤尼吉卡公司开发了 Megana。以金属化合物或氧化物为导电物质的白色导电纤维导电性能较碳黑复合型导电纤维差，但其应用不受颜色的影响。

国内对导电纤维的研究和开发比较晚。80 年代开始生产少量的金属纤维和碳纤维。国内研究和开发导电纤维的单位有河北省纺织科研所、江苏省纺织科研所、上海东华大学、华南理工大学、四川联合大学、苏州大学等。近年，国内也成功开发了多种有机导电纤维，如表面镀 Cu、Ni 的金属化 PET 导电纤维，CuI 导电的腈纶导电纤维，CuI/PET 共混纺丝制成的导电纤维，碳黑复合导电纤维等。这些导电纤维已有商品化产品，但产量低，质量不稳定，与国外产品相比价格上不占优势。

2.4 导电纤维的作用机理

导电纤维是以电子传导为机理的功能性纤维，其导电是利用导电体的静电诱导、电晕放电、泄漏等作用的综合效果产生的。导电纤维能很快地泄漏和分散静电，同时还具有电晕放电的能力。电晕放电是一种气体放电形式，它是在大气压或高于大气压条件下，带电体表面曲率很小，电场极不均匀且电场强度很大的情况下发生的。发生电晕放电时，放电区周围存在一电离区。如果是正电晕放电，则电离区域产生的电子就被它直接吸收，正离子则跑出电离区；反之，若发生负电晕放电，则正离子被吸收，电子跑出电离区域外。

接地导电纤维的消除静电的机理：含导电纤维织物接触大地时，其消除静电的机理是在电晕放电的同时，诱导电荷聚集在导电纤维周围，进而泄漏入大地。具体过程是当导电纤维与带电体接近时，在导电体与导电纤维间形成了电场，特别时在导电纤维的周边收敛了电力线，形成了局部的离子活化领域。如图 2-2^[16]所示，带正电的带电体与接地的导电纤维接近时的状况，在导电纤维周围的空气，由于绝缘被击穿，电晕放电生成了正、负离子，其中负离子向带电体移动而中和，正离子通过导电纤维向大地泄漏掉。

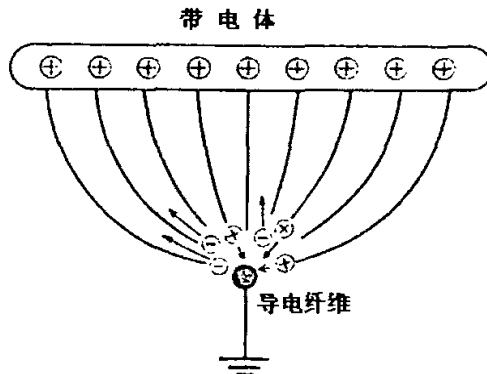


图 2-2 接地导电纤维消除静电机理

不接地导电纤维的消除静电的机理：1、含导电纤维的织物由于摩擦而带上静电；2、织物（带电体）中发生的电荷向导电纤维汇集，导电纤维中诱导了与织物符号相反的电荷；3、导电纤维附近被诱发产生强电场，使其周围的空气受此电场的作用而电离，这一过程就是所谓的电晕放电过程；4、电晕放电产生的正、负离子中，与织物所带电荷性质相反的离子向织物移动，与织物所带电荷中和，从而消除静电。如图 2-3^[16]所示。电晕放电受导电纤维形状的影响，导电纤维越细、表面越粗糙或有突起处，电晕放电越容易。外界电压越高，电晕放电越容易。

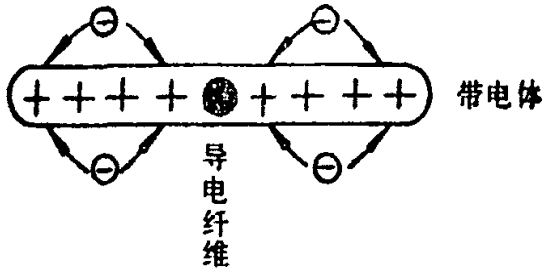


图 2-3 不接地导电纤维消除静电机理

因此，导电纤维在不接地的情况下，也可用电晕放电的方法消除静电。若导电纤维制品接触大地，则在电晕放电的同时，静电还可以通过导电方式泄漏入大地，其带电量就更小了。

由于导电纤维内部含有自由电子，所以即使在低湿度情况下也不会改变导电性能，抗静电效果无湿度依赖性。此外，导电纤维的电荷半衰期很短，在任何情况下都能很快的消除静电。

第三章 抗静电汽车内饰织物的设计

3.1 原料的选择

抗静电汽车内饰织物使用的原料包括两个方面：一是基础织物使用的原料；二是嵌织于基础织物中的导电纤维。

3.1.1 基础织物原料的选择

在汽车内饰织物使用的纤维中，涤纶纤维用量最大，其因高强度、高模量、回潮低、易燃性差、防腐等优点而备受汽车厂商的青睐，而且涤纶织物尺寸稳定、耐磨，经特殊处理具有优良的抗紫外线特性^[25]。汽车用织物采用涤纶还有利于环保，因涤纶纤维可以从回收的玻璃瓶或其他再生材料中获得，所以使用涤纶织成织物，大多数可被重新粉碎成颗粒，从中提炼出涤纶纤维再利用。丙纶纤维主要用于汽车铺地织物、包装材料等，具有质地轻、防潮、耐腐蚀等优点，也可被重新粉碎成颗粒再利用。锦纶纤维主要用于汽车地毯、过滤材料等。维纶纤维主要用于蓬盖、绳、带、线缆类产品、包装材料等。棉纤维在蓬盖帆布、合成革基布等产品中仍保持一定使用量，也有用棉、丝、麻的下脚料。羊毛因其弹性好、吸湿性强、不易沾污等优异特性，近年应用也有所增加，在高级轿车上有一定的市场。

本课题的汽车内饰产品主要用于汽车座椅的装饰，要求强度高、耐磨性好，故选用涤纶纤维作为汽车内饰基础织物的原料。

3.1.2 导电纤维的选择

导电纤维的选择必须以基础织物的物理性能和成品的抗静电性能要求作为依据。导电纤维的主要技术指标包括基体材质、导电物质种类和含量、结构形式、色泽、电阻率、细度等^[26]。导电纤维的基体，理论上与基础织物所用纤维的材质相一致为好，以便于后道的染整加工。导电物质的种类、含量和结构形式，决定了导电纤维的颜色和电阻率，故应根据产品的抗静电性能和颜色合理选用。在抗静电织物中所使用的导电纤维，需要具备以下特性^[27]：

- 1、具有优良的消除静电的能力，并且耐久性良好；
- 2、具有稳定的物理性质和化学性质；
- 3、与一般有机纤维抱合性好，容易混纺和交织，并不影响织物的柔软性和外观；

4、导电性能应在适宜的范围内，电阻率一般为 $10^2-10^7 \Omega \cdot \text{cm}$ ；


5、导电长丝和导电短纤维的单丝纤度、强伸度、卷缩形态、摩擦特性等规格特性应与混纺或交织的纤维相接近。

针织工艺可加工的纱线种类很多，为了保证编织过程的顺利进行以及产品的质量，对于作为针织用纱的导电纤维又有以下要求^[28]：

- 1、具有一定的强度和延伸性，以便能够弯纱成圈；
- 2、捻度均匀而且偏低。捻度高易导致编织时纱线扭结，影响成圈；另外纱线变硬，易使线圈产生歪斜；
- 3、线密度均匀，纱疵少；
- 4、抗弯刚度低，柔软性好；
- 5、表面光滑，摩擦系数小。

嵌织式防静电织物常选用非金属的有机导电无捻长丝作为导电纱线，纤度一般在 $20\sim 65\text{dtex}$ 。本课题所采用的导电纤维是江苏省纺织研究所开发的碳黑三芯型涤纶基质复合纤维，其性能如表 3-1 所示。

表 3-1 导电纤维的规格性能

线密度 dtex	断裂强力 cN	断裂伸长率 %	沸水收缩率 %	电阻率 $\Omega \cdot \text{cm}$	截面形状
28.0/5f	78.4	50.4	5.7	1.5×10^7	

从纤维截面形状可以看出，导电成分有三个尖端靠近纤维表面，绝缘皮层相对较薄，纤维产生电晕放电破坏绝缘层较为容易；另外，导体表面尖端的曲率越大，则放电能力越强。所以三芯型导电纤维的放电能力比圆芯型导电纤维大大提高。为了掩盖导电纤维的黑色外观，对裸丝进行以下处理：

- 1、包芯导电丝：将裸丝与涤棉纤维混纺成导电丝为芯的包芯纱。
- 2、并捻导电丝：裸丝与 13tex 的涤棉混纺纱并捻，捻度为 $6\sim 8$ 捻回数/cm。

两种纱线颜色上略有差别，包芯纱被涤棉纤维包覆的很好，黑色的外观基本被掩盖，颜色成灰白色；而并捻纱和涤棉纱交替暴露在纱线的表面，所以黑色的外观没有被完全掩盖住。

3.2 组织结构的设计

本文设计了三种不同组织结构，即单面网眼织物、绒类织物和双面提花织物。其生产工艺分别如下：

3.2.1 单面网眼织物的设计

3.2.1.1 编织机型

该组织使用 UBX-3SK 型单面四针道圆型纬编机进行编织。机器参数为：成圈系统数 102 路，机号 14 针/25.4mm，筒径 863mm，总针数 1448 针。它是用三角（三功位）选针的。针筒上有踵位不同的 4 种针，织针每经过一个成圈系统，都有成圈、集圈和浮线三种选择。

3.2.1.2 织物组织

编织图及织针排列如图 3-1 所示，三角及纱线排列情况如表 3-2 所示。

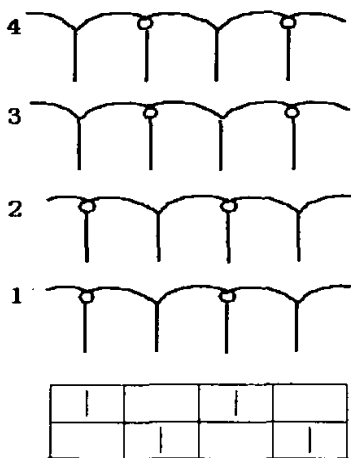


图 3-1 编织图及织针排列

表 3-2 三角排列

路数	1	2	3	4
1	∧	∧	∩	∩
2	∩	∩	∧	∧
3	—	—	—	—
4	—	—	—	—
排纱	a	b	a	b

其中：∧—成圈；∩—集圈；—不编织

a—黑色涤纶 DTY (333dtex/72f×3)

b—白色涤纶 DTY (333dtex/72f)

该组织是单针双列集圈组织，由于连续两次集圈，集圈的悬弧将相邻线圈向两边推开，形成了明显的网眼效应，且网眼位于织物的工艺反面。

3.2.1.3 导电丝的嵌织

导电丝的嵌织要遵循两个原则：一是导电丝的分布要均匀连续；二是导电丝要尽量掩盖在织物的反面，除了故意要显示导电丝存在的情况。

在该组织中，由于导电长丝的细度与基础组织纱线的细度相差比较大，所以采取添纱的方式嵌织。由于纱线 a 是由三根 333dtex 的涤纶丝合并，已经非常粗了，所以将导电丝添加到表 3-2 中的纱线 b 路中。

垫纱的时候采用双孔导纱器，基础组织纱线走下孔，导电丝走上孔。根据添纱原理，导电纤维与基础组织纱线的垫纱横角 α 与垫纱纵角 β 应满足下式要求：

$$\alpha_{电} > \alpha_{基}; \quad \beta_{电} > \beta_{基}$$

式中： $\alpha_{电}$ 、 $\beta_{电}$ 分别是导电纤维的垫纱横角、垫纱纵角； $\alpha_{基}$ 、 $\beta_{基}$ 分别是基础组织纱线的垫纱横角、垫纱纵角。同时，控制导电纤维的张力 $T_{电}$ 略大于基础组织纱线的张力 $T_{基}$ ，即 $T_{电} > T_{基}$ ，这样就能保证导电纤维被基础组织纱线覆盖。

3.2.1.4 导电丝的间距

导电纤维在织物中的间隔距离直接影响到导电纤维的含量,而且也是影响织物抗静电性能的主要因素。我们设计了五种不同的间隔距离,即 1.0cm、1.5 cm、2.0 cm、2.5cm 和 3.0cm,分别上机进行编织,对于无导电纤维加入的织物我们也进行了编织,以便进行分析与比较。在上机编织的过程中,实际用到的机器路数是 100 路,我们分别嵌入 5 根和 10 根导电丝得到 2.0cm 和 1.0cm 的间距。导电丝的具体嵌织路数如下:

导电丝间距 2.0cm: 1F、21F、41F、61F、81F

导电丝间距 1.0cm: 1F、11F、21F、31F、41F、51F、61F、71F、81F、91F

导电丝间距 3.0cm、2.5cm、1.5cm 对应的导电丝根数分别为 3、4、8,为了保证导电丝间距的均匀性又不破坏一个完整的组织循环,要封掉成圈系统的最后 4 路,在剩下的 96 路成圈系统中编织以下路数:

导电丝间距 3.0cm: 1F、33F、65F

导电丝间距 2.5cm: 1F、25F、49F、73F

导电丝间距 1.5cm: 1F、13F、25F、37F、49F、61F、73F、85F

3.2.1.5 工艺流程

织造——剖幅——水洗——定型——检验——胶水复合——成品检验

定型: 门富士四箱燃气定型机

温度 165℃—170℃—175℃—180℃

速度 20m/min, 门幅 155cm(含针刺边各 1.5cm)

顺线圈方向进布, 不可纬斜

复合: 速度 8 ± 1 m/min, 温度 81 ± 1 ℃

胶粘剂 1001 # 胶

海绵门幅 160cm, 重量 23 ± 1 kg/m³, 厚度 3mm

底布门幅 165cm, 重量 25 ± 1 g/m², 涤纶无纺布

3.2.2 绒类织物的设计

3.2.2.1 编织机型

该组织使用 VELNET S.D.P 型单面毛圈机进行编织。机器参数为: 成圈系统数 36 路, 机号 24 针/25.4mm, 筒径 660mm, 总针数 1932 针。毛圈组织的线圈由地纱和毛圈纱构成。垫纱时通过导纱器的两个导纱孔, 地纱的垫入位置较低, 毛纱的垫入位置较高。在弯纱阶段, 通过沉降片的运动配合, 使地纱搁在片颞上弯纱, 而毛纱搁在片鼻上弯纱, 使毛圈纱的沉降弧被拉长, 形成了所需要的毛圈^[29]。毛圈的高度由沉降片片鼻的高度(片鼻上沿至片颞线之间的垂直距离)决定。若要改变毛圈的高度, 需要更换片鼻高度不同的沉降片, 本试验所选择的沉

降片的高度为 2.9mm。

3.2.2.2 导电丝间距

由于该机型的成圈路数较少,导电丝间距的选择范围相对来说就比较少,试验中设计了 0.5cm、1.0cm、1.5cm、3.0cm 四种不同的导电丝间距。

3.2.2.3 导电丝的嵌织

该织物的地纱和毛圈纱均是 167dtex/50f 的白色涤纶低弹丝,经过剪毛后,可以呈现天鹅绒的外观。导电丝必须添加到地纱路,这样剪毛时不会剪到导电丝,既保持了其分布的连续性,又掩盖了其灰色的外观。

3.2.2.4 工艺流程

织造——剖幅——预定型——剪毛——水洗、染色——定型——火焰复合
织造:卷布辊要防止卷布压痕,将剖布线两边各抽针 1—2 枚,逆毛平幅码布,顺毛成卷,毛面向上

剪毛:commet 剪毛机,速度 4m/min,顺毛方向进布,剪两次,毛高 $1.9\pm 0.1\text{mm}$

预定型:门富士四箱燃气定型机

温度 155°C — 155°C — 160°C — 160°C

参考张力 7.8CN,速度 10m/min

门幅 170cm(含针刺边各 1.5cm)

顺毛方向进布且毛面向上,不可纬斜

定型:门富士四箱燃气定型机

温度 170°C — 170°C — 175°C — 180°C

速度 20m/min,进步方向同上

复合:火焰复合机

速度 $6\pm 1\text{m}/\text{min}$,温度 230°C — 270°C

不加张力,逆毛进布,复合后放 4 小时以上

3.2.3 双面提花织物的设计

3.2.3.1 编织机型

该组织使用 Terrot 公司的 UCC572 型电子提花双面大圆机进行编织。机器参数为:成圈系统数 72 路,机号 18 针/25.4mm,筒径 762mm,总针数 1696 针。其上针采用三角选针,通过变换针盘三角,可以实现成圈、集圈、浮线相互变换的三工位选针;下针采用八级电子选针,可以在编织与不编织方式之间进行选针。

八级电子选针器如图 3—2 所示。在针筒 2 的同一针槽中,自上而下插着提花片 3、挺针片 4 和织针 5。提花片 3 上有八档齿,高度与八级选针刀片一一对应。每片提花片只保留一档齿,留齿呈步步高“/”或步步低“\”排列,并按八片一组重复排满针筒一周。如果选针器中某一级电器元件接收不到选择编织的脉

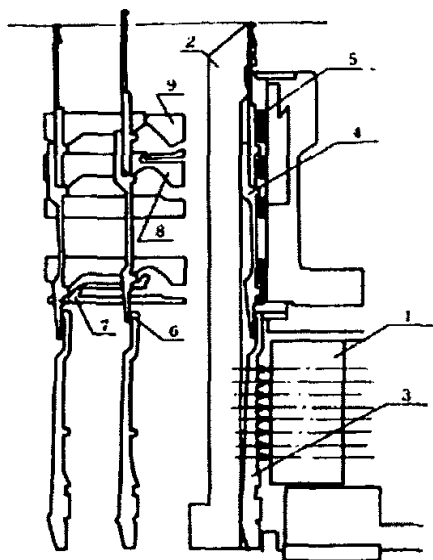


图 3-2 多级式电子选针原理

冲信号，它控制同级的选择刀向上摆动，刀片可作用到留同一档齿的提花片并将其压入针槽，通过提花片的上端 6 作用于挺针片下端，使后者的下片踵没入针槽中，因此挺针片不走上挺针片三角 7，即挺针片不上升。这样，在挺针片上方的织针也不上升，因此不参加编织。如果某一级选针电器元件接收到选针编织的脉冲信号，它控制同级的选针刀片向下摆动，刀片作用不到留同一档齿的提花片，即后者不被压入针槽。在弹性力的作用下，提花片的上端和挺针片的下端向针筒外侧摆动，使挺针片下片踵能走上三角 7，这样挺针片上升，并推动在其上方的织针也进行编织。三角 8 和三角 9 分别作用于挺针片上片踵和针踵，将挺针片和织针向下压至起始位置^[29]。

对于八级电子选针器来说，在大圆机运转的过程中，每一选针器中的各级选针电器元件在针筒每转过 8 个针距都接收到一个信号，从而实现连续选针。

3.2.3.2 织物组织

织物针盘三角的排列如表 3-3 所示。织物的工艺反面是由 a、b、c 三种纱线共同编织的小芝麻点效应的组织。

表 3-3 针盘三角排列

路数	1	2	3	4	5	6
高踵针	—	√	—	√	—	√
低踵针	√	—	√	—	√	—
排纱	a	b	c	a	b	c

其中：—不编织；√成圈

a—黄；b—灰；c—白；

a、b、c 均为 167dtex 涤纶低弹丝

织物的工艺正面是由纱线 a 和 b 编织的两色提花组织，纱线 c 只参加上针编织，下针在此路退出工作，这种设计是为了便于导电丝在上针的嵌织。织物正面的花型如图 3-3 所示。

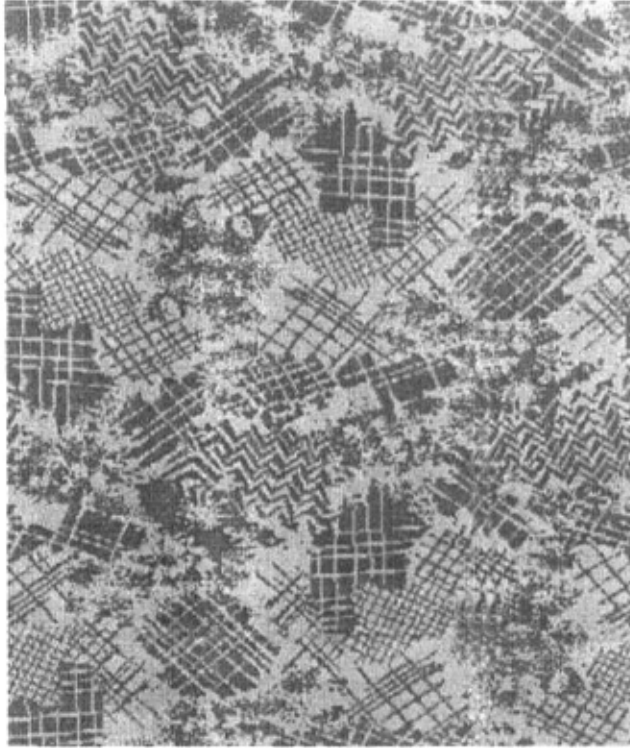


图 3-3 花型图案

3.2.3.3 导电丝的间距

导电纤维在织物中的间隔距离直接影响到导电纤维的含量,也是影响织物抗静电性能的主要因素。试验中设计了四种不同的间隔距离,即 0.5cm、1.0cm、1.5cm、2.5cm,分别上机进行编织,对于无导电纤维的织物也进行了编织,以便进行比较与分析。

3.2.3.4 导电丝的嵌织

为了掩盖导电丝的灰色外观,不破坏织物正面的花纹效果,导电丝要尽量掩盖在织物的反面。导电丝从纱线 c 对应的路数添加,纱线 c 只参加上针的编织,下针不参加选针,不参与花纹的形成。这种设计一是为了增加织物的厚度,提高面料的弹性;二是为了便于导电丝的嵌织。

该织物中导电长丝的细度与织物纱线的细度相差不大,可以取代基础织物的纱线,单独作为一路参加编织。为了探讨嵌织方式对抗静电性能的影响,本文设计了成圈、集圈、衬纬三种导电丝的嵌织方式,这主要是通过变换纱线 c 路的上针盘三角来实现的。在编织集圈(或衬纬)组织时,如果只更换导电纤维对应路三角,织物反面的线圈就会出现大小不一致的情况,从而引起布面的不平整。为此,

要把纱线c路所对应的三角全部都换成集圈(或浮线)三角。

双面提花机上采用的导纱器如图 3-4 所示,当导电丝以成圈方式嵌入的时候,纱线从 b 孔垫入;而当导电丝以集圈、衬纬的方式嵌入的时候,导电丝就要换到 a 孔垫入,因为集圈和浮线三角的高度低于成圈三角,a 孔离针筒的距离更近,换孔编织有利于织针钩取纱线。

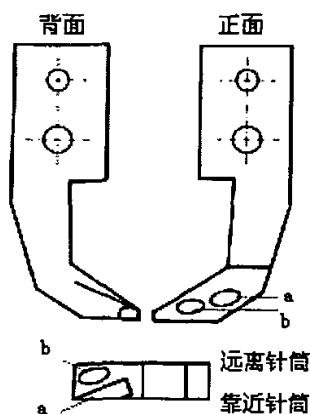


图 3-4 导纱器示意

3.2.3.4 工艺流程

织造——剖幅——水洗——柔软——定型——胶水复合

水洗: 常温常压溢流染色机, 普通离心脱水机

时间 30min, 水洗助剂、洗衣粉用量为布重的 1%

柔软: 门富士定型机(自带轧槽)

柔软剂汽巴阿伟环 SFC 50g/L, 带液率为 70—80%

定型: 门富士四箱燃气定型机

温度 165℃—170℃—175℃—180℃

速度 20m/min

顺线圈方向进布, 不可纬斜

复合: 胶水复合机

速度 5m/min, 温度 150℃

胶粘剂 HK-61# 或 710# 胶

海绵门幅 160+1cm, 重量 23±1kg/m³

底布门幅 165cm, 重量 25±1g/m², 涤纶无纺布

3.3 后整理过程的注意问题

由于导电丝的性能与基础织物的纱线性能基本接近,而且是提花织物不需要进行染色印花,所以在后整理时,不需要增加额外的工序。但是对于定型和复合过程中需要注意的问题,这里要做专门的说明。

3.3.1 定型

定型的目的是要赋予织物尺寸稳定性和合理的延伸性,这主要是由超喂来实现的^[30]。织物在宽度方向上的拉幅会引起长度方向的收缩,过分的超喂将会使织物在宽度方向上过分松弛。而定型的温度越高,尺寸越稳定。虽然导电丝的性能

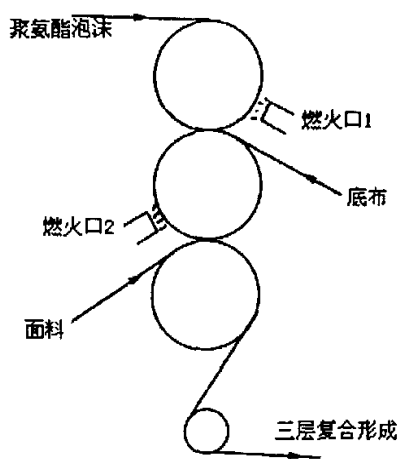
能与基础织物的纱线性能基本接近,但二者的模量和收缩率终究会存在些许的差别。所以在定型过程中,注意张力不要太大,一般控制在 $8\text{cN}\sim 10\text{cN}$,温度不易太高,一般控制在 $155^{\circ}\text{C}\sim 180^{\circ}\text{C}$ 以免二者的差异扩大,造成布面不平整。

定型的同时可以加入助剂,对织物进行功能性整理,如阻燃、拒水、拒油等。在整理剂的选择上,要注意与导电丝性能的影响,比如酸性不能太强,以免腐蚀导电纤维。

3.3.2 复合

复合是生产的最后一道工序,一般是将定型后的面料与阻燃海绵以及底布通过加热进行复合。复合分为火焰复合和胶水复合两种。

火焰复合的原理^[2]如图 3-5 所示,首先是聚氨酯泡沫与底布在燃火口 1 处进行复合,然后再在燃火口 2 处与面料进行复合。为了避免面料和底布受到损坏,燃火口的喷嘴均对着有聚氨酯泡沫一边的滚筒,走布速度太慢,海绵很容易烧着,速度太快复合效果较差。由图可以看出,面料朝上的一面是反面,即导电丝显露的一面,所以复合的过程温度不易过高,一般控制在 $230^{\circ}\text{C}\sim 270^{\circ}\text{C}$,张力不易过大或者不加张力,以免导电丝受到损伤。



3-5 火焰层合原理

胶水复合就是通过加温,运用特殊胶水的粘合力将面料与阻燃海绵以及底布复合在一起。复合时一定要注意固化温度、压辊压力、上胶量和车速等因素,保证上胶均匀。在保证复合牢度的前提下,尽量减少用胶量,以免多余的胶水覆盖住导电纤维,影响织物的抗静电性能。

第四章 抗静电汽车内饰织物的物理机械性能测试

4.1 织物的常规性能测试

针织物织造完成并进行相应的整理后，首先进行常规的物理机械性能的测试。测试项目有：针织物每平方米干燥重量、顶破强力、拉伸强力、横密和纵密。

4.1.1 每平方米干燥重量

针织物的单位面积干燥重量是考核针织物质量的重要指标之一。针织物的每平方米干燥重量可以用计算等方法得出，同时得考虑织物在整个生产加工过程中的损耗率等。这种方法比较繁琐，最直接的就是实际工厂生产中所采用的直接称量法。用圆刀剃一圆形的面积为 100cm^2 的试样，烘干后放到天平或电子天平上称量，精确到 0.001g ，得出结果乘以 100 便是所测试样的平方米克重值。测试共做 5 次，5 次所得结果的平均值就是所测织物的平方米克重指标。

4.1.2 顶破强力

针织物的顶破强力试验采用的是摆锤式弹子顶破强力试验机。试验机的参数为：试样直径 6cm ；夹布圆环的内径 2.5cm ；弹子直径 2cm ；试验机的下降速度 $10\sim 11\text{cm}/\text{min}$ 。一般顶破试验测定 5 块试样，试验结果求其平均值。

对汽车内饰织物来说，顶破与织物受力的状况相似。顶破试验可提供织物多向强伸特征的信息，特别适用于针织物等，是考核针织物品质的一项重要指标。针织物的顶破过程，是组成试样的各线圈如钩接强度试验一样联成一片，共同承受伸长变形，直至顶破。可以推知，如果组成针织物的纱线钩接强度愈大，则顶破强度也愈大。针织物的顶破强度可通过改用较粗的纱线与适当增加针织物的线圈密度，或采用各种合纤混纺纱来提高。

4.1.3 拉伸强力

针织物由于容易变形、强伸特性，一般采用顶破强度来表征耐久性强力。而绒类织物具有机械性质具有各向异性、拉伸变形能力较小等特点，所以测试拉伸断裂强力。

针织物在拉伸过程中线圈的转移，变形较大，往往会导致非拉伸方向的显著收缩，使试样在钳口处所产生的剪切应力特别集中，造成多条试条在钳口附近断

裂,从而影响试验结果的准确性。为了改善这种情况,可采用梯形试条或环形试条。织物的拉伸断裂性能常采用断裂强力,断裂伸长率表示。

本试验采用 YG026 型电子织物强力仪,预加张力 200g。

4.1.4 横密与纵密

当原料和纱线的支数一定时,针织物的疏密程度可用针织物的密度来表示。密度直接反映针织物在单位长度或单位面积内的线圈数,通常用横向密度、纵向密度和总密度来表示。密度也是考核针织物物理性能的一个重要指标。横密和纵密分别是用 50mm 内线圈横列方向的线圈纵行数和 50mm 内线圈纵行方向的线圈横列数来表示。

测试这项指标我们采用了直接测数法,用织物密度镜在坯布不同的 5 个点(横密、纵密各 5 个点)进行测试,得出结果的平均值即是测试结果。

4.1.5 导电纤维含量的计算

导电纤维的含量测试采用两种方法,一是公式计算法,二是脱散称重法。

1、公式计算法

在用计算法计算之前,我们必须先用脱散法测得各种纱线的线圈长度。然后用下式进行计算得出导电纤维的计算含量。

$$H(\%) = \frac{L_1 \times Nden_1 \times 100}{L_1 \times Nden_1 + L_1 \times \frac{588}{N_e} + L_2 \times 9 \times Ntex \times K}$$

其中: H—导电丝的百分含量;

L_1 —导电丝和与导电丝并捻的涤棉纱的线圈长度;

L_2 —基础织物的涤棉纱的线圈长度;

$Nden_1$ —导电丝的纤度;

N_e —与导电丝并捻的涤棉纱的英制支数;

$Ntex$ —基础织物的涤棉纱的特克斯数;

K—一个完全组织中基础织物中的涤棉纱是导电纤维的多少倍;

588、9 均为相应的换算系数。

2、脱散称重法

脱散称重法是先剪刀剪取有若干完全组织的规格试样,利用针织物的脱散性,将不同的纱线脱散分开,然后到电子天平上分别称量,读取各自的重量值,再利用下式即得到了织物中导电纤维的含量。

$$H(\%) = \frac{G_1 \times M \times 100}{G_1 + G_2}$$

其中：H—导电丝的百分含量；

G_1 —导电包芯纱的称取重量；

G_2 —基础织物涤棉纱的称取重量；

M—导电丝在导电包芯纱中所占的比率

4.1.6 测试结果

单面网眼、素色绒类和双面提花三种不同组织的防静电汽车内饰织物的主要物理机械性能测试结果如表 4-1、4-2、4-3 所示。

表 4-1 单面网眼织物的基本性能

导电丝间距 cm	平方米克重 g/m ²	顶破强力 N	横密 纵行/5cm	纵密 横列/5cm
1.0	259.98	626	35.3	26.5
1.5	247.56	674	34.9	24.7
2.0	252.28	628	35.6	24.2
2.5	252.02	776	35.2	24.1
3.0	254.18	646	35.0	24.4
∞	228.60	638	35.6	24.3

表 4-2 绒类织物的基本性能

导电丝间距 cm	平方米克重 g/m ²	横密 纵行/5cm	纵密 横列/5cm	横向拉伸强力		纵向拉伸强力	
				N	%	N	%
3.0	254.34	51.0	60.4	233.20	106.72	431.25	51.83
1.5	253.06	50.9	60.5	256.00	132.00	504.50	51.57
1.0	254.12	52.2	60.0	204.67	114.63	459.67	46.13
0.5	261.06	51.0	59.8	229.33	122.57	556.77	58.40
∞	232.46	50.4	58.8	237.33	118.00	500.00	49.23

注：N—断裂强力；%—断裂伸长率

表 4-3 双面提花织物的基本性能

导电丝间距	平方米克重	顶破强力	横密	纵密	
cm	g/m^2	N	纵行/5cm	横列/5cm	
成圈	0.5	156.80	518	53.1	50.8
	1.0	154.28	462	53.7	50.2
	1.5	155.24	484	53.6	50.8
	2.5	159.22	546	52.7	50.4
集圈	0.5	179.12	470	52.7	43.9
	1.0	179.06	504	52.4	44.4
	1.5	176.40	490	53.0	44.2
	2.5	179.96	594	52.3	43.4
衬纬	0.5	169.02	428	52.7	42.4
	1.0	156.13	457	53.4	42.6
	1.5	150.02	464	54.0	41.3
	2.5	159.22	546	52.7	50.4
∞	157.26	554	50.7	48.6	

4.2 抗静电性能测试

4.2.1 名词解释

半衰期：当外界作用撤除后，样品静电电压衰减为初始值的一半时，所需的时间。

静电电压：样品受到某种外界作用后，其上积累的相对稳定的电荷所产生的对地电压。

电量：在单极性带电情况下，指样品上积累的电荷量；在双极性带电情况下，指正负电荷的代数和。

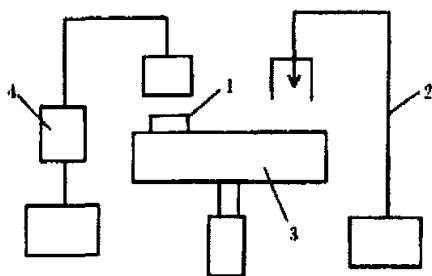
电荷面密度：样品每单位面积上所带之电量，以 $\mu C/m^2$ 为单位。

4.2.2 测试方法及仪器

关于织物的抗静电性能测试，国际上常用的测试方法有半衰期测定法、摩擦带电电压测定法、摩擦带电电荷量测定法、表面阻抗测定法、静电吸附性测试法、静电衰减时间测定法、行走(模拟步行)测试法、吸灰测试法^[32, 33]。国内常用的测试方法有如下 6 种：

1、半衰期法(A 法) 如图 4-1 所示，使试样在高压静电场中带电至稳定

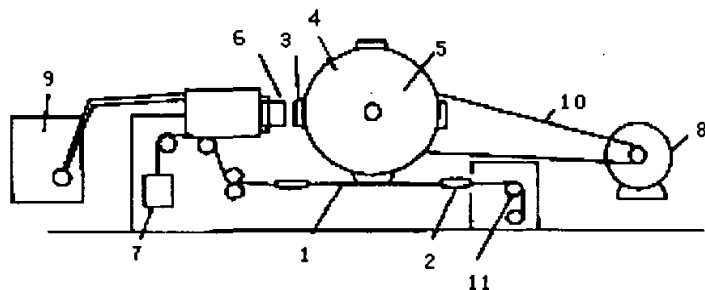
后, 断开高压电源(+10kV), 使其电压通过接地金属台自然衰减。测定其电压衰减为初始值一半所需的时间。该法操作简便, 数据重现性好, 可对被测织物实现非破坏性测量, 测试电压和极性均可人为地进行控制。但一般情况下, 织物电荷衰减不符合指数规律, 不同织物电荷衰减随电压的变化而不同。因此半衰期值与测试电压密切相关。



1—试样 2—高压电源 3—接地金属台 4—测量装置

图 4-1 半衰期测试仪器示意图

2、摩擦带电电压法(B法) 如图4-2所示, 在一定张力条件下, 使样品与标准布相互摩擦, 以此时产生的最高电压及平均电压对着装者内衣与外衣摩擦带电关系进行评价。该法采用应用比较广泛, 但其试样尺寸过小, 摩擦布的接触压力不充分, 不适用于嵌织导电纤维的织物。由于摩擦状态不够稳定, 测试值比实际摩擦生成的电压稍低。

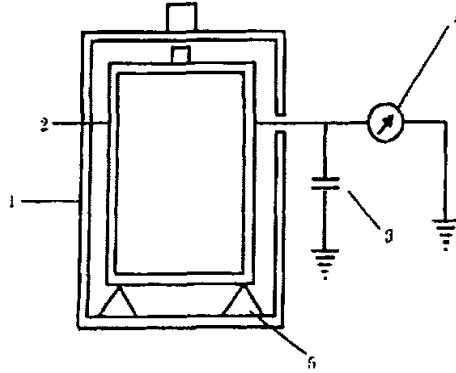


1—标准布 2—标准布夹 3—样品箱 4—样品夹框
5—金属转鼓 6—测量电极 7—负载 8—电机
9—放大器及记录仪 10—皮带 11—立柱导轮

图 4-2 摩擦带电电压测试示意图

3、电荷面密度法(C法) 如图4-3所示, 将经过摩擦装置摩擦后的样品投入法拉第筒, 以测量样品的电荷面密度。该法需要大块的织物作试验样品, 测试装置复杂, 试样也很难作到完全均一的摩擦, 并且摩擦后迅速投入法拉第筒的过程难免有小量的放电, 从而造成测定误差。所以该法要进行多次精细的测定,

才能取得可以信赖的数据。但该法的起电方式能较好地反映了织物实际穿着时的摩擦起电情况，剥离过程与脱衣过程类似，能反映织物起电时的电晕放电能力，而且适用于加入导电丝的防静电织物的测试。所以该法在实际应用中具有较大的直接参考价值。

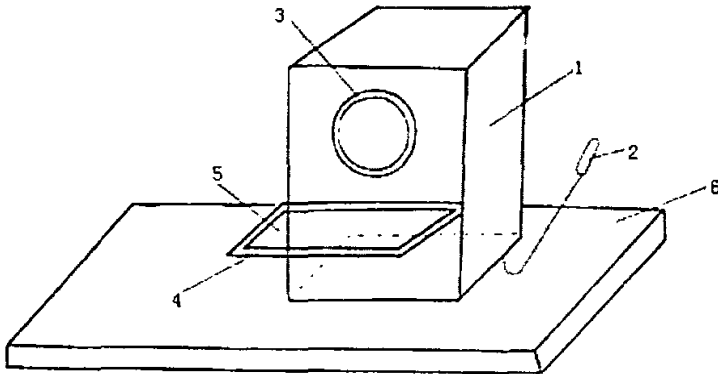


1—外筒 2—内筒 3—电容器 4—静电电压表 5—绝缘支架

图 4-3 电荷面密度法示意图

4、脱衣时的衣物带电(D法) 如图 4-3 所示，将脱下的工作服投入法拉第筒，测量其电量，即求得工作服对内衣摩擦的起电量。该法测试对象局限于服装，而且内衣材质未作规定，摩擦手法难以一致，缺乏可比性。

5、工作服的摩擦带电(E法) 如图 4-4 所示，用内衬尼龙或丙纶标准布的滚筒烘干装置(转速 45r/min 以上)对工作服试样摩擦起电 15min，投入法拉第筒测得工作服带电量。该法原理与 C 法相同，适合于服装摩擦带电量的测试。

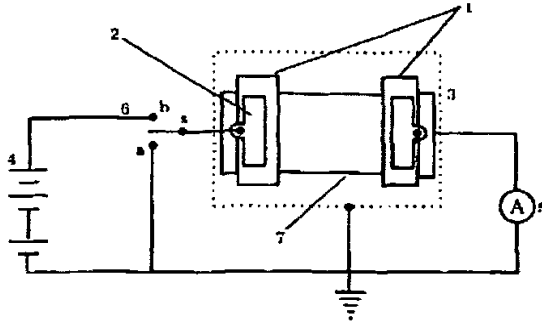


1—转鼓 2—手柄 3—绝缘胶带 4—盖子 5—标准布 6—底座

图 4-4 摩擦带电滚筒测试装置示意图

6、极间等效电阻法(F法) 如图 4-5 所示，采用伏安法，在定电压下测出流过样品的电流，从而求得极间等效电阻。该法操作简便，适宜成衣、批布和

现场测试，对静电性能均匀的静电泄漏型织物测量效果好。



1—电极 2—金属夹 3—屏蔽箱 4—直流稳压电源
5—直流微安表 6—单刀双掷开关 7—试样

图 4-5 极间等效电阻测试示意图

在一定的测试环境（温度 $20 \pm 5^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度 $30\% \sim 40\%$ ），B 法和 C 法反映了织物在摩擦状态下产生抗静电的能力，与纺织品在实际应用过程中的摩擦现象相似，但测试方法中磨料的选择、摩擦接触状态、摩擦压力、摩擦速度等对测试结果有一定影响；A 法反映了织物带电后衰减的快慢程度，但测试结果表明半衰期与样品所带的静电压有十分密切的关系，并与样品的规格（如厚薄）、平挺度等也有一定的关系，且纺织品在带电后衰减速度相互之间差异较大，有部分织物衰减时间很长且可能有一定的残余量，因此从静电感应的角度来说，可增加静电感应电压来反映纺织品在静电环境中带抗静电的能力。从静电消除角度来说，可增加静电残余值来反映织物经过一定衰减时间后的静电带电量；F 法反映了织物的静电泄漏能力，测试结果表明其与导电纤维的种类（包覆型或裸露型）、分布及测试接触点位置有很大关系，且较适用于包覆型导电纤维织物的抗静电性能测试；D 法和 E 法只适合服装抗静电性能的测试。所以经过综合的分析和比较，本课题选用电荷面密度测试方法。

电荷面密度测试法的原理：纤维作为非导体，与普通金属导体的测量方法不同，普通金属的带静电测量可以将金属与验电器或微电流计直接接触就可以测量出来。由固体能带理论可知纤维所带的静电荷不同于导体所带的静电荷能在电场的作用下自由的移动。电子或空穴的移动要穿越禁带，禁带可能产生新的电荷，给测量带来误差。况且，纤维的静电耗散有可能向纤维散内部进行。较好的测量方法应该是利用静电平衡现象，把带电的织物投入法拉第筒内，如图 4-3 所示。带电织物和法拉第筒的外壳不相接触，并且法拉第筒的外壳不受其它外加电场的影响。这样，法拉第筒的外壳在带电织物的静电作用下达到静电平衡。其内壁带有与纤维数量相等的电荷，电性相反。外壁带有与纤维相同的电荷，然后用验电器或电流计量出外壁的带电量。

4.2.3 测试条件及步骤

测试温度：22℃，相对湿度：38%；

测试仪器：FJ-356 型动电容静电计、法拉第筒、摩擦布及摩擦棒、垫板。

法拉第筒如图 4-3 所示。外筒直径 50~70cm，高 85~100cm，内筒直径 40~60cm，高 75~95cm，电容器的泄漏电阻 $1 \times 10^{14} \Omega$ 以上，电容值应与静电电压表量程相匹配，绝缘支架的绝缘电阻应在 $1 \times 10^{12} \Omega$ 以上。系统电容可用万用电桥或其他电容测量仪测量。

摩擦布及摩擦棒：摩擦布是 450mm×50mm 的尼龙布料。取长为 400mm 的硬质聚乙烯管，以摩擦布的长边方向为卷绕方向，在其上缠绕五圈，制成摩擦棒。要求摩擦布的两端拉紧塞入管内，以固定在摩擦棒上。

垫板：把一块尺寸为 400mm×450mm、材料与摩擦布相同的尼龙布，用胶带从四面裹在金属垫板上，垫板面积为 320mm×300mm，厚度为 3mm，用聚乙烯包皮线接地。

采样方法：随机采样四块（经向二块，纬向二块），大小为 250mm×300mm，将一端缝制为套状。将绝缘棒（直径 20mm，长 500mm）的有机玻璃或丙稀棒插入缝制好的套内，放置于垫板上，勿使之产生折皱。

测试步骤：双手持缠有标准布的摩擦棒的两端，由前端向体侧一方摩擦样品（注意不应使摩擦棒转动），约 1s 摩擦一次，连续五次。握住绝缘棒的一端，使棒与垫板保持平行地由垫板上揭离，并在 1s 内迅速投入法拉第筒。样品应距人体或其它物体 300mm 以上。读取静电电压表的指示的电压值，根据下式计算电荷面密度。

$$\sigma = CV/A$$

式中：C——法拉第系统总电容，F；

V——电压值，V；

A——样品摩擦面积， m^2 。

每块样品进行三次测试。每次测试后都应进行消电，直至确认样品不带电时，再进行下一次测试。取三次测试的平均值作为该试样的测量值。然后对四块样品的测试结果取平均值，作为该样品的测量值。测试结果中还应该记入测得的最大值。

4.2.4 测试结果

单面网眼、绒类、双面提花（成圈、集圈、衬纬）三种织物抗静电性能的测试结果如表 4-4、4-5、4-6、4-7、4-8 所示。

表 4-4 单面网眼织物抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝 根数/循环	导电丝含量 %	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
			纬向	经向	平均值	最大值
1.0	10 根	0.4871	1.810	4.659	3.234	4.928
1.5	8 根	0.3585	2.155	5.121	3.638	5.544
2.0	5 根	0.2397	2.426	5.236	3.831	6.068
2.5	4 根	0.2037	2.503	5.390	3.946	6.160
3.0	3 根	0.1377	2.664	5.467	3.966	6.160
∞	0	0	13.552	14.604	14.078	16.170

表 4-5 绒类织物抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝 根数/循环	导电丝含量 %	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
			纬向	经向	平均值	最大值
0.5	4 根	0.7508	2.503	5.308	3.805	6.622
1.0	3 根	0.5822	2.554	5.139	3.846	5.852
1.5	2 根	0.3626	2.962	5.952	4.457	7.084
3.0	1 根	0.1847	3.388	6.072	4.730	7.392
∞	0	0	15.400	16.363	15.881	17.710

表 4-6 双面提花织物成圈方式抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝 根数/循环	导电丝含量 %	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
			纬向	经向	平均值	最大值
0.5	4	0.7422	1.810	5.506	3.658	5.852
1.0	3	0.5595	2.272	4.890	3.581	5.236
1.5	2	0.4016	2.387	4.959	3.673	5.544
2.5	1	0.1732	3.581	6.853	5.217	7.084
∞	0	0	11.755	13.475	12.615	14.476

表 4-7 双面提花织物集圈方式抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝 根数/循环	导电丝含量 %	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
			纬向	经向	平均值	最大值
0.5	4	0.5246	1.964	5.544	3.754	5.852
1.0	3	0.3805	2.021	5.236	3.629	5.852
1.5	2	0.2667	2.368	5.332	3.850	6.391
2.5	1	0.1316	2.907	6.006	4.456	6.468

表 4-8 双面提花织物衬纬方式抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝 根数/循环	导电丝含量 %	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
			纬向	经向	平均值	最大值
0.5	4	0.5579	1.848	4.312	3.080	4.928
1.0	3	0.4015	1.914	4.518	3.216	5.376
1.5	2	0.2825	1.810	4.659	3.234	5.544
2.5	1	0.1387	2.233	5.467	3.850	5.544

4.2.5 吸附测试法

对于含有机导电纤维纺织品而言,用电荷面密度评价织物抗静电性能是比较可信的,但由于导电纤维所含静电荷往往与基础纤维所含静电荷极性相反,光从电荷面密度考虑,难以解释含有机导电纤维织物在干燥多灰地区的吸灰问题,特别是在导电丝间距大的地方,会出现灰条。为了弥补这一缺点,我们又对织物进行了吸附测试。

采用织物摩擦静电吸附性测定方法^[35]。其原理是用磨料布摩擦试样,使之带电吸附到金属板上,将试样自下端剥离,由于试样带电,再次吸附到金属板上,测定直到不再吸附时所需的时间 t 。

以单面网眼织物为例,吸附测试的试验结果如表 4-9 所示。

表 4-9 吸附性测试结果

导电丝间距(cm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	无导电丝
吸附时间(s)	23	42	75	118	151	>600

第五章 抗静电性能分析与讨论

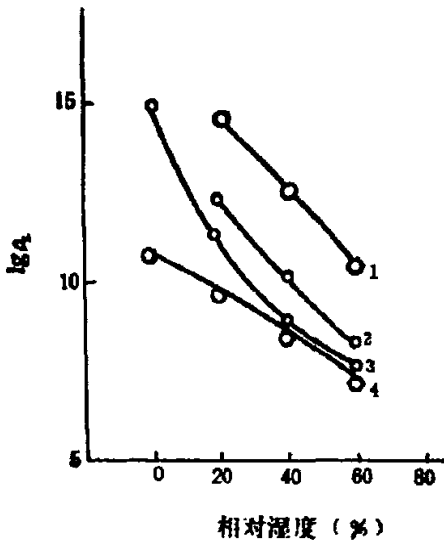
5.1 环境和纤维材料种类对织物抗静电性能的影响

5.1.1 环境温湿度对抗静电性能的影响

纤维材料的静电性能，例如比电阻、静电半衰期和静电电压等的测试，在没有特殊注明时，一般都是在标准条件下，即相对湿度 65%、温度 20℃条件下进行的。

环境温度对于非极性的纤维材料电性能的影响很小。对于极性的纤维材料来说，环境温度的上升可以使其带电量减少，甚至会改变静电极性。

环境相对湿度高时，带电材料周围的离子化较容易，电荷向外界的散失速度变快。同时，相对湿度高，



1—锦纶 6 2—羊毛 3—棉 4—抗静电尼龙 (PAREL)

图 5-1 纤维的表面比电阻与空气相对湿度的关系

使纤维的吸湿率增高，导致纤维本身的比电阻降低，静电衰减加快，静电电压降低。图 5-1 为四种纤维的表面比电阻与相对湿度的关系。图中纵坐标为表面比电阻的对数。所有纤维的比电阻都随着相对湿度的增高而降低。在一定范围内，例如图中相对湿度 20%~60% 的范围内，表面比电阻的对数 $\lg \rho_s$ 与相对湿度间近似地呈直线关系，

即纤维表面比电阻在一定相对湿度范围内，随着相对湿度的提高，按指数规律下降^[16]。

5.1.2 纤维材料电性对抗静电性能的影响

纤维材料的摩擦起电，首先与两种材料的种类密切相关，可以依照一定的带电序列表，判明哪一方带正电，哪一方带负电，而且带电序列相差得越远，产生

的静电也就越强。纤维的带电序列如表 5-1^[10]所示。

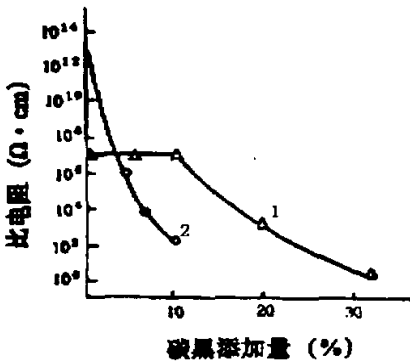
表 5-1 纤维静电电位序列

正+							负-							
聚	锦	羊	蚕	粘	棉	涤	聚	聚	聚	聚	聚	聚	聚	聚
氨	纶	毛	丝	胶	纤	纶	丙	氯	碳	本	苯	乙	丙	四
酯				纤	维		稀	乙	酸	醚	乙	烯	稀	氟
				维			腈	烯	酯		烯			乙
														烯

如果织物中含有导电纤维，那么导电纤维中的导电成份对织物的抗静电性能的有很大的影响。复合导电纤维中的导电物质多种多样，导电物质在导电纤维中的含量各不相同，再加上导电纤维中导电介质的分布形状也多种多样，所以导电纤维本身的放电性能有较大的差异，当然对织物的抗静电性能有较大的影响。在一定的条件下，导电纤维的抗静电性能好，那么相应的织物的抗静电性能也好，反之亦然。

可以进行混合纺丝的导电粒子有金属粉末、碳黑、石墨等。以使用最多的导电

粒子碳黑为例，当其在基体聚合物中的含量小于 3% 时，完全不连续，基本不具备导电性；当碳黑的含量达到 60% 时，导电性处于饱和状态，碳黑含量再增加，导电性也不再增加。但是，导电粒子的大量混入，会给复合纺丝造成困难，纤维的机械力学性能大幅度下降。因此，在实际的应用中，碳黑的含量一般控制在 25%~45%。碳黑的添加量与比电阻的关系见图 5-2^[36]。



1-聚乙烯系聚合物 2-涤纶

图 5-2 碳黑的添加量与比电阻的关系

根据复合纺丝时两组分的分布方式的不同，可将导电丝按截面形态分为内藏型、外露型、部分外露型和内藏异型。几种导电纤维的起始放电电压如表 5-2 所示。

表 5-2 导电纤维的起始放电电压

类型	内藏型	外露或部分外露型	内藏异型
起始放电电压 (V)	3290~3740	1870~2090	2420~2770

导电组分内藏型可纺性好，耐磨性优良，染色性能好，导电组分中的粒子不会在使用过程中扩散到外部，但皮层也限制了它的抗静电性能，其起始放电电压较高；导电组分外露型，表面的电阻值低，起始放电电压也较低，但这类纤维的纺丝难度较高，耐磨性差，导电粒子有脱落的危险；内藏异型正好将两者的缺点折中，抗静电性能介于两者之间。

本课题所采用的三芯型属于导电组分内藏异型，但是其截面形态比较特殊，三个芯均与外表接近，三芯都可以放电，起始放电电压仅为 1745V。因为导电体表面的电荷面密度与表面的曲率有关，表面曲率越大（特别是表面凸出或比较尖锐）的地方电荷面密度越大^[37]，附近的电场强度也越大，因而电晕放电的能力大大提高，抗静电性能也随之提高。

5.2 摩擦方式对抗静电性能的影响

纤维材料的相互摩擦可以分为图 5-3 所示的对称摩擦和非对称摩擦两种形式。对称摩擦是两接触物体从整体上相互受到均匀的摩擦，所造成的电荷移动量小，静电的产生不明显；非对称摩擦是指一个物体的整体与另一个物体的局部发生的各种形式的摩擦。非对称摩擦的电荷移动量大，起电效果显著。

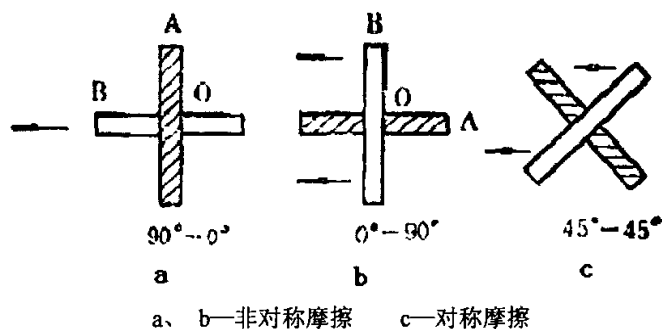


图 5-3 纤维材料的摩擦方式

对于同一种纤维材料自身的相互摩擦，由于纤维间摩擦的方式不同或者纤维表面平滑度、纤维形态结构和超分子结构的不同，有时会产生静电。例如，纤维在受到图 5-3(a, b)那样非对称摩擦的情况下，A、B 纤维的 O 点会受到较长时间的特别的摩擦，此点所接受的机械能最高，因此会受到活化，失去电子而带正静电荷^[16]。

摩擦速度和摩擦力对抗静电性能也有影响。相对摩擦速度越大，产生的静电荷量越大，同时静电电压也会随着相对摩擦速度的增加而升高。摩擦力越大，则摩擦产生的能量越大，越有利于较易失去电子的物体失去电子，较易接受电子的

物体接受电子，这种电子转移的加剧使得起电量增大。

在具体的试验操作的过程中，经纬向和正反面的摩擦方式也会产生不同的电荷面密度，如表 5-3 所示。

表 5-3 网眼织物的抗静电测试结果

导电丝间距 cm	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
	纬向	经向	反面	正面
1.0	1.810	4.659	3.095	3.300
1.5	2.155	5.121	3.511	3.773
2.0	2.426	5.236	3.850	4.235
2.5	2.503	5.390	4.004	3.850
3.0	2.664	5.467	3.819	4.312
∞	13.552	14.604	13.398	14.168

由表 5-3 可以看出：(1)在没有添加导电丝的情况下，织物的经纬向的电荷面密度值比较接近，说明经纬向的静电积累程度基本相同。(2)添加了导电丝后，经纬向的电荷面密度存在明显的差异，纬向的电荷面密度值不到经向的一半。这主要是由导电丝的嵌织方向决定的，纬编织物中导电丝只能从纬向嵌入，导电丝在纬向是连续分布的，而经向是不连续的且存在一定间距，所以纬向的电荷面密度普遍比经向小很多。因此，在抗静电织物的设计中一定要注意导电丝分布的连续性。(3)正面的电荷面密度要略大于反面，抗静电性能要稍次于反面，但二者的差别不是很大。这是因为导电丝被掩盖在织物的反面，进行反面摩擦时，导电丝的显露机会相对大一些。

5.3 导电丝间距对抗静电性能的影响

5.3.1 导电丝间距对电荷面密度的影响

从测试结果可以看出，随着导电丝间距的减小，电荷面密度明显的减小。加入导电丝后，平均电荷面密度下降到不加导电丝的三分之一左右，其中经向的电荷面密度能下降到不加导电丝的四分之一，而纬向则可以下降到五分之一，最小可以到达六分之一。这充分体现出导电纤维优良的抗静电性能。为了进一步分析，导电丝间距对抗静电性能的影响，我们分别做出三种织物的导电丝间距与电荷面密度的关系曲线。

1、单面网眼织物

经测试五种导电丝间距的电荷面密度如表 5-3 所示, 根据表中数据作出导电丝间距与电荷面密度的关系曲线, 如图 5-4 所示。

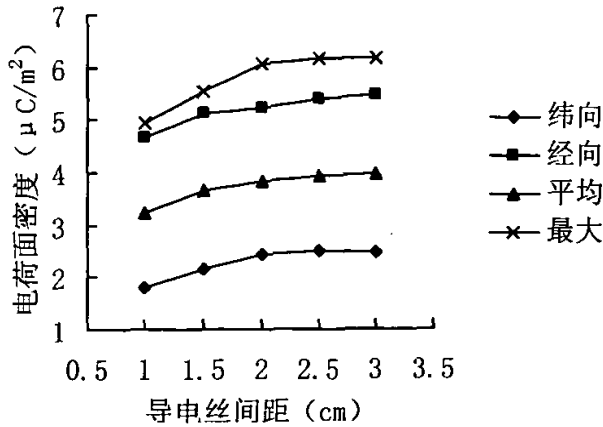


图 5-4 导电丝间距与电荷面密度的关系

由图 5-4 可以明显地看出, 随着导电丝间距的增加, 导电纤维的含量下降, 织物的电荷面密度呈逐步增加的趋势, 抗静电性能呈下降的趋势。其中经向和纬向的电荷面密度差异很大, 最大电荷面密度也比平均电荷面密度高出许多, 而且最大电荷面密度也都是经向测得的结果, 这还是由于导电丝的纬向嵌织造成的。

2、绒类织物

经测试四种导电丝的间距的电荷面密度如表 5-4 所示。根据表中数据, 作出导电丝间距与电荷面密度的关系曲线, 如图 5-5 所示。

表 5-4 绒类织物的抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝含量 %	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
		纬向	经向	平均值	最大值
0.5	0.7508	2.503	5.308	3.805	6.622
1.0	0.5822	2.554	5.139	3.846	5.852
1.5	0.3626	2.962	5.952	4.457	7.084
3.0	0.1847	3.388	6.072	4.730	7.392

由图 5-5 可以看出, 绒类织物的导电丝间距与平均电荷面密度的关系曲线整体上呈上升趋势。间距为 1.0cm 的点, 经向电荷面密度和最大电荷面密度均小于间距为 0.5cm 的点, 平均电荷面密度略大于间距为 0.5cm 的点。

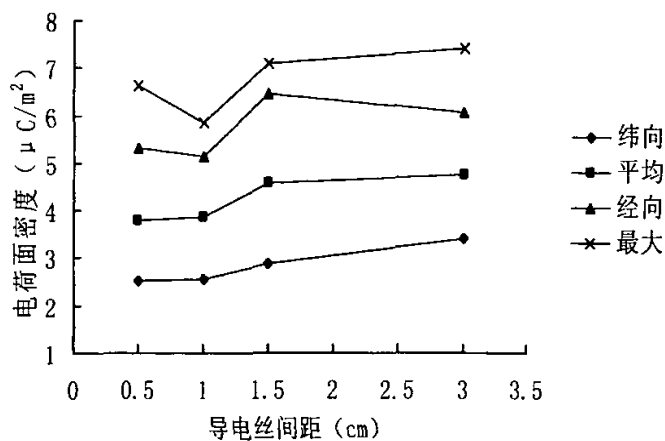


图 5-5 导电丝间距与电荷面密度的关系

3、双面提花织物

以成圈方式为例，经测试四种导电丝的间距的电荷面密度如表 5-5 所示。根据表中数据，作出导电丝间距与电荷面密度的关系曲线，如图 5-6 所示。

表 5-5 提花织物的抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝含量 %	电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			
		纬向	经向	平均值	最大值
0.5	0.5246	1.964	5.544	3.754	5.852
1.0	0.3805	2.021	5.236	3.629	5.852
1.5	0.2667	2.368	5.332	3.850	6.391
2.5	0.1316	2.907	6.006	4.456	6.468

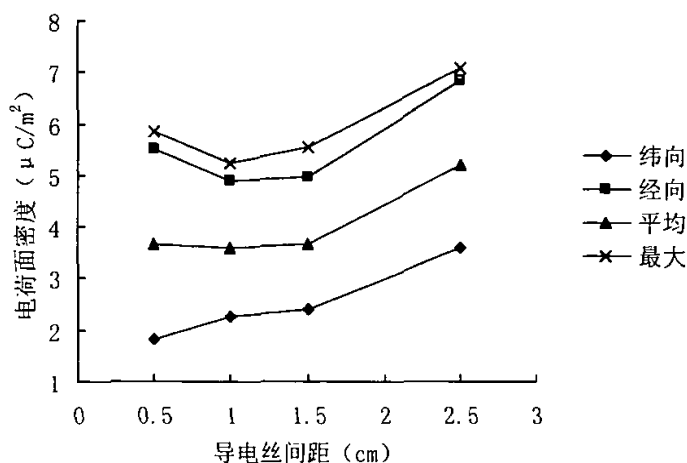


图 5-6 导电丝间距与电荷面密度的关系

由图 5-6 可以看出, 提花织物的导电丝间距与平均电荷面密度的关系曲线整体上呈上升趋势。曲线的变化趋势类似于绒类织物, 间距为 1.0cm 的点的经向电荷面密度和最大电荷面密度均小于间距为 0.5cm 的点。分析可能的原因有两个: 一是当导电丝间距较小时, 电荷面密度的变化量不大, 导电丝间距对抗静电的影响不大; 二是间距为 1.0cm 点的试验可能有误差, 因为在有限的被测面积上, 导电长丝以较宽的间距嵌织时, 裁样方法的不确定性会导致检测结果的误差。

5.3.2 导电丝间距对吸附时间的影响

以单面网眼织物为例, 吸附测试的试验结果如表 5-6 所示, 导电丝间距与吸附时间的关系曲线如图 5-7 所示。

表 5-6 吸附性测试结果

导电丝间距(cm)	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0
吸附时间(s)	23	42	75	118	151

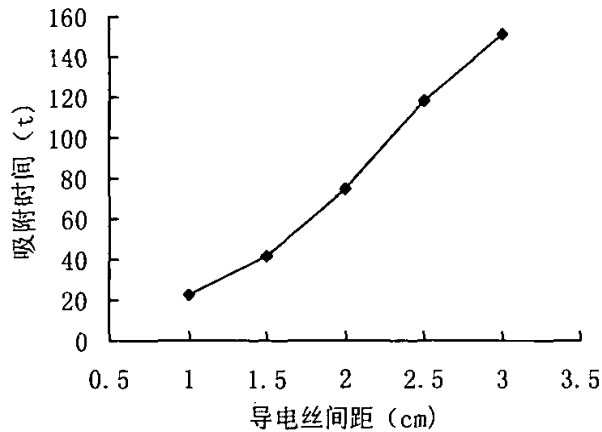


图 5-7 导电丝间距与吸附时间的关系曲线

由图 5-7 所示, 随着导电丝间距的增加, 吸附时间逐渐增加, 抗静电性能减弱。所以导电丝间距对吸附时间和电荷面密度的影响趋势基本相同, 但是由于两个指标对抗静电性能表征存在一定的差异, 我们可以将二者综合起来考虑。

5.4 组织结构对抗静电性能的影响

在导电丝间距相同的情况下, 不同的组织结构对抗静电性能有一定的影响。

选取不同组织的两种织物，比较相同的导电丝间距时，电荷面密度的变化趋势。

5.4.1 单面织物与绒类织物的抗静电性能比较

两种组织在相同的导电丝间距下，平均电荷面密度如表 5-7 所示，其关系曲线如图 5-8 所示。

表 5-7 单面织物与绒类织物的抗静电性能比较

导电丝间距 cm	导电丝含量%		平均电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	
	单面	绒类	单面	绒类
1.0	0.4871	0.5822	3.234	3.846
1.5	0.3585	0.3626	3.638	4.457
3.0	0.1377	0.1847	3.966	4.730

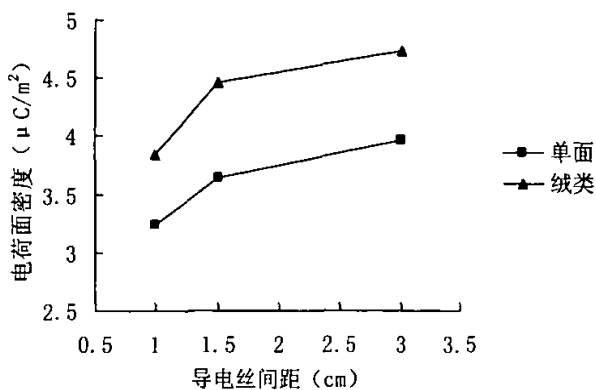


图 5-8 单面织物与绒类织物抗静电性能比较

由图 5-8 可以看出，两种组织电荷面密度的变化趋势基本相同。导电丝间距相同的点，单面织物的平均电荷面密度小于绒类织物的平均电荷面密度，抗静电性能优于绒类织物。而从表 5-7 看出，绒类织物的导电丝含量却比网眼织物大很多，这是因为绒类织物中的导电丝在每个针上都成圈，而单面网眼织物中导电丝在有些针上成圈，在有些针上集圈。绒类织物的导电丝消耗量大于单面织物，抗静电效果却比单面织物差，这主要是由于绒类织物的厚度很大，绒毛的掩盖减弱了导电丝电晕放电的能力。

5.4.2 绒类织物与双面织物的抗静电性能比较

两种组织在相同的导电丝间距下，平均电荷面密度如表 5-8 所示，其关系

曲线如图 5-9 所示。

表 5-8 绒类织物与双面织物的抗静电性能比较

导电丝间距 cm	导电丝含量%		平均电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	
	绒类	双面	绒类	双面
0.5	0.7508	0.7422	3.805	3.658
1.0	0.5822	0.5595	3.846	3.581
1.5	0.3626	0.4016	4.457	3.673

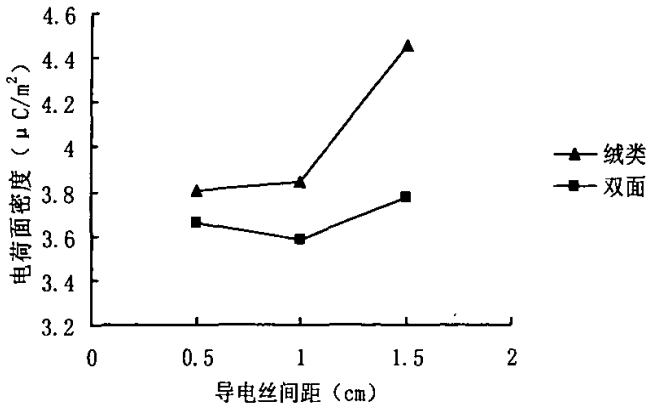


图 5-9 绒类织物与双面织物抗静电性能比较

由图 5-9 可以看出, 两种组织的电荷面密度变化的趋势也基本相同。导电丝间距相同点, 绒类织物的电荷面密度大于双面织物的电荷面密度, 由此可知双面提花织物的抗静电性能优于绒类织物。由表 5-8 看出, 绒类织物与双面织物的导电丝含量基本相同, 绒类稍大于双面。

5.4.3 单面织物与双面织物的抗静电性能比较

两种组织在相同的导电丝间距下, 平均电荷面密度如表 5-9 所示, 其关系曲线如图 5-10 所示。

表 5-9 单面织物与双面织物的抗静电性能比较

导电丝间距 cm	导电丝含量%		平均电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$	
	单面	双面	单面	双面
1.0	0.4871	0.5595	3.234	3.581
1.5	0.3585	0.4016	3.638	3.673
2.5	0.2037	0.1732	3.946	5.217

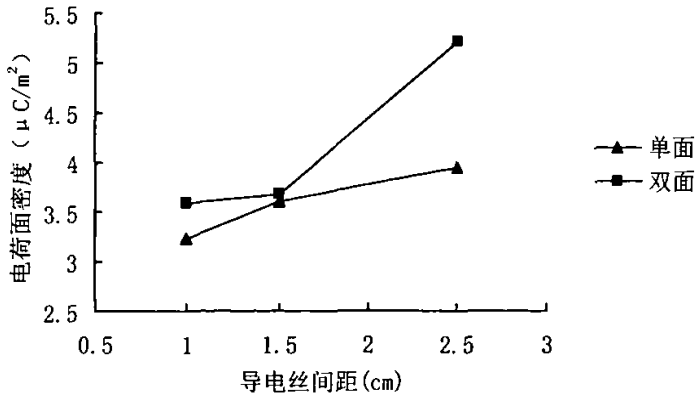


图 5-10 单面织物与双面织物抗静电性能比较

由图 5-10 看出, 两种组织电荷面密度变化的趋势存在一定的差异。导电丝间距相同的点, 双面织物的电荷面密度明显大于单面织物, 抗静电效果比单面织物差。由表 5-9 看出, 双面织物的导电丝含量稍大于单面织物。

综上所述, 比较三种织物的电荷面密度: 绒类织物最大, 双面织物次之, 单面织物最小。这主要是由于绒类织物厚度大很多, 绒毛的掩盖减弱了导电纤维电晕放电的能力。双面织物的厚度也大于单面, 且导电丝都被掩盖在织物的反面, 而导电丝在单面织物的正面也有部分的显露。导电丝的含量: 绒类织物最大, 双面次之, 单面最小。这主要是由导电丝的成圈方式决定的。绒类织物中, 导电丝在地纱路每针都出针, 双面织物中每三路才出一次针, 而单面织物中部分导电丝还以集圈的方式成圈, 所以绒类织物导电丝消耗量大, 单面织物最小。

因此在使用相同的导电丝及导电丝间距相同的情况下, 单面网眼织物的抗静电性能最好, 双面提花织物次之, 而绒类织物最差。

5.5 导电丝嵌织方式对抗静电性能的影响

双面提花织物采用成圈、集圈、衬纬三种不同的成圈方式来嵌织导电丝, 三种方式的抗静电性能的测试结果如表 5-10 所示。为了分析不同的嵌织方式对抗静电性能的影响, 做出图 5-11 和图 5-12。

表 5-10 三种成圈方式的抗静电测试结果

导电丝间距 cm	平均电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$			导电丝含量 %		
	成圈	集圈	衬纬	成圈	集圈	衬纬
0.5	3.658	3.754	3.080	0.7422	0.5246	0.5579
1.0	3.581	3.629	3.216	0.5595	0.3805	0.4015
1.5	3.673	3.850	3.234	0.4016	0.2667	0.2825
2.5	5.217	4.456	3.850	0.1732	0.1316	0.1387

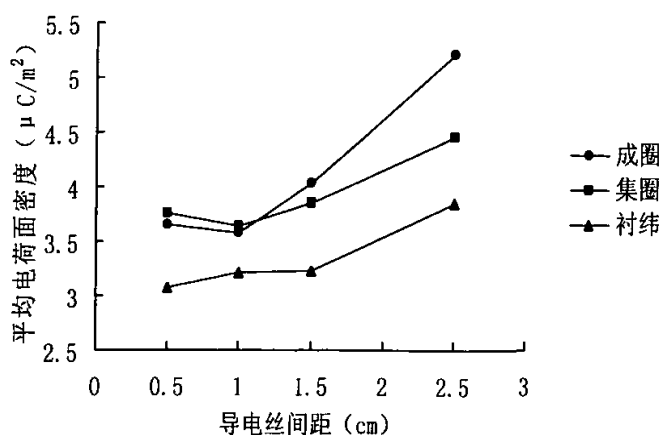


图 5-11 三种成圈方式的导电丝间距与电荷面密度的关系

由图 5-11 可以看出，成圈、集圈、衬纬三种嵌入方式的电荷面密度的变化趋势基本相同。衬纬方式的电荷面密度最小，抗静电效果最佳；当导电丝间距比较小的时候，集圈方式的抗静电效果稍次于成圈方式，二者比较接近；随着导电丝间距的增大，成圈方式的电荷面密度明显增加，逐渐超过集圈方式的电荷面密度。

从线圈的结构来看，衬纬方式中的导电丝没有成圈呈现直线的连续分布状态，所以衬纬方式的抗静电效果最好；成圈方式的线圈弯曲程度最大，纱线与其它线圈的接触点也最多，导电丝连续分布状态比集圈方式差，所以集圈方式的抗静电效果应该好于成圈方式，但是实际的测试结果并不完全符合这一规律。由图 5-12 可以看出，成圈方式在导电丝含量上占有绝对的优势，这导致其抗静电性能上的优势，所以在导电丝间距较小的时候，成圈方式的电荷面密度小于集圈方式。但是随着导电丝间距的增大，这种含量上的优势逐渐被弱化，集圈方式的抗静电性能又优于成圈方式。

采用成圈、集圈、衬纬三种方式添加导电丝的织物中导电丝的含量如图 5-12 所示。由图可以看出，以成圈方式添加的导电丝的含量最大，明显高于集圈和衬纬；而衬纬方式的导电丝含量略高于集圈。导电丝含量不同主要是由三种线圈本身的特点决定的。从理论上讲，形成集圈消耗的纱线应大于形成浮线的消耗量。但是由于织造过程中使用的是消极式的储纬器，衬纬纱的张力不够，而造成多余的纱线向布面转移，从而造成衬纬导电丝的消耗量大于集圈，这也是造成衬纬方式电荷面密度小于集圈方式电荷面密度的原因。

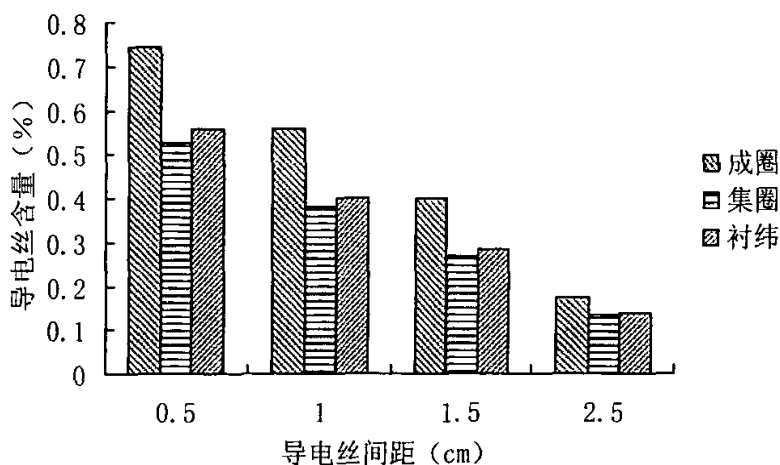


图 5-12 导电丝间距与导电丝含量的关系

5.6 导电纤维最佳含量的确定

根据以上分析,当织物中嵌织有机导电纤维后,其抗静电性能明显提高,且抗静电效果持久。随着导电丝间距的减小,导电丝含量增加,织物的电荷面密度逐渐减小,抗静电性能增强。由于导电丝价格昂贵,不可能无限制的增加导电丝的含量。为了求得合适的导电纤维含量,使织物既能满足抗静电性能的要求,又不致因导电纤维含量过高而增加成本,我们以单面网眼织物为例,由表 5-11 的测试结果,分别作出导电丝间距与平均电荷面密度的关系曲线如图 5-13 所示,导电丝间距与导电丝含量的关系曲线如图 5-14 所示。

5-11 单面织物抗静电测试结果

导电丝间距 cm	导电丝含量%	平均电荷面密度 $\mu\text{C}/\text{m}^2$
1.0	0.4871	3.234
1.5	0.3585	3.638
2.0	0.2397	3.831
2.5	0.2037	3.946
3.0	0.1377	3.966

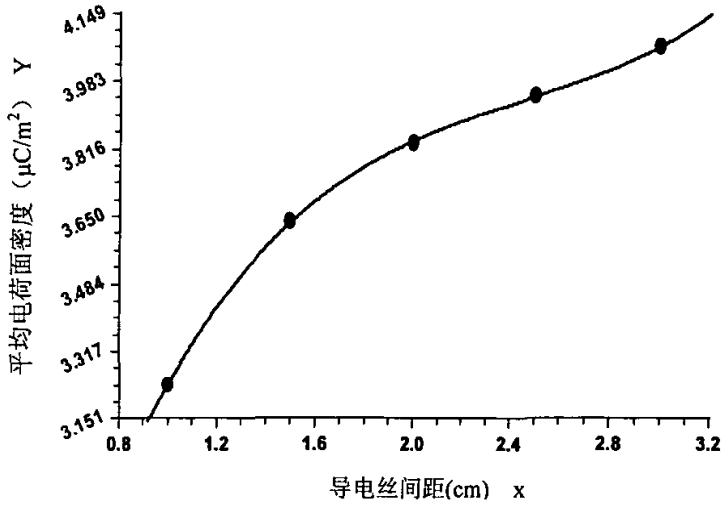


图 5-13 导电丝间距与平均电荷面密度的关系

由图 5-13 可以看出, 导电丝间距和平均电荷面密度之间的关系, 通过计算机曲线模拟, 得到一个一元三次非线性方程:

$$Y=1.5970+2.3499x-0.8086x^2+0.0973x^3 \quad (1)$$

式中: x — 导电丝间距(cm);

Y — 平均电荷面密度(μC/m²)

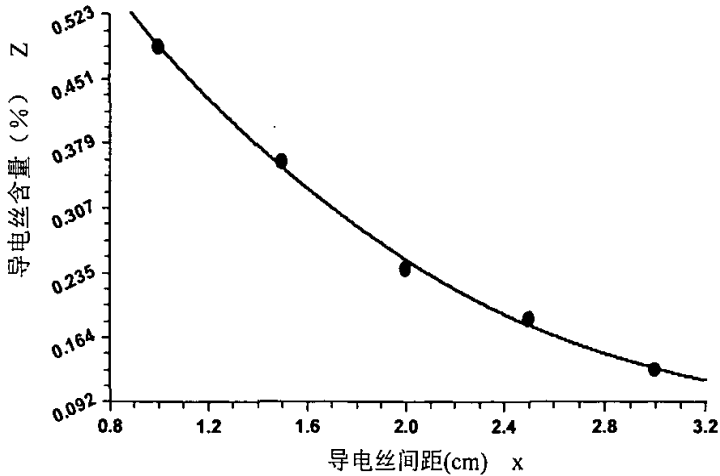


图 5-14 导电丝间距与导电丝含量的关系

由图 5-14 可以看出, 导电丝间距和导电丝含量之间的关系, 通过计算机曲线模拟, 得到一个一元三次非线性回归方程:

$$Z=1.0026-0.7054x+0.2192x^2-0.0266x^3 \quad (2)$$

式中: x — 导电丝间距(cm)

Z — 导电丝含量(%)

作为一般防静电面料，参考防静电工作服国家标准 GB12014-1989，其电荷面密度值不大于 $7\mu\text{C}/\text{m}^2$ 即可。但对于防尘面料来讲，要求要高一些，有关资料表明电荷面密度应不大于 $4\mu\text{C}/\text{m}^2$ 。汽车面料还要考虑到使用过程中的磨损，电荷面密度会有所上升，估计在 $0.5\mu\text{C}/\text{m}^2$ 左右，那么织物上允许的电荷面密度值应取 $3.5\mu\text{C}/\text{m}^2$ 。当 $Y=3.5\mu\text{C}/\text{m}^2$ 时，代入式 (1) 中得 $x_{\text{理}}=1.3010\text{cm}$ ，将 x 的值代入式 (2) 中得 $Z_{\text{理}}=0.3973\%$ ，即导电丝的理论含量为 0.3973% 。

考虑到在编织时导电纤维分布的不均匀性，织物的抗静电性能测试环境的不稳定性，以及其他不确定因素造成数据的随机性。为此，对上述的理论值进行修正，修正系数即安全系数，可根据织物的最终用途而定。作为汽车内饰面料修正系数取 0.9 ，则导电丝的实际间距 $x_{\text{实}}=x_{\text{理}}\times 0.9=1.1709\text{cm}\approx 1.2\text{cm}$ ，将 $x_{\text{实}}$ 代入式 (2) 中，得到导电丝的实际含量 $Z_{\text{实}}=0.4258\%\approx 0.43\%$ 。这就是能满足抗静电性能要求的最佳导电纤维的含量，可作为理论数据指导生产。

第六章 结论

6.1 结论

- 1、导电长丝的嵌织明显提高了织物的抗静电性能，并且抗静电性能是永久的。加入导电丝后织物的电荷面密度（指平均值）降到原来的四分之一到三分之一，已经达到防静电面料标准中规定的小于 $7\mu\text{C}/\text{m}^2$ 的标准。
- 2、导电纤维本身的性能对织物的抗静电性能有很大的影响，在一定的条件下，导电纤维的抗静电性能好，相应的织物的抗静电性能也好，反之亦然。
- 3、导电丝间距对抗静电性能的影响很大，随着导电丝间距的减小，织物的电荷面密度逐渐减小，抗静电性能逐渐增强。
- 4、摩擦方向对电荷面密度有较大的影响，纬向的电荷面密度明显小于经向，正反面的电荷面密度也有很小的差别。导电纤维分布的连续性越好，显露的越多，电荷面密度越小，抗静电性能越好。
- 5、相同的导电丝间距，不同的组织结构时，织物的电荷面密度有较大的差异，因而其抗静电性能亦不同，由试验得出：单面网眼织物的抗静电性能最好，双面提花织物次之，绒类织物最差。
- 6、双面提花织物中，导电丝分别采取成圈、集圈、衬纬三种不同的方式进行编织。三者的电荷面密度比较：衬纬方式的最小；当导电丝间距比较小的时候，成圈和集圈比较接近，随着导电丝间距的增大，集圈开始小于成圈。导电丝含量比较：成圈最大，衬纬次之，集圈最小。将导电丝含量与电荷面密度两个因素综合起来考虑，导电丝以集圈的方式嵌入最好，即在导电丝含量最小的情况下，具有较好的抗静电性能。
- 7、以单面网眼织物为例，模拟出导电丝间距与电荷面密度及导电丝间距与导电丝含量的关系曲线，得出曲线的回归方程。利用该方程计算出导电丝的理论间距和含量，经过修正得到导电丝最佳间距为 1.2cm，最佳含量为 0.43%。

6.2 课题的不足之处

- 1、仅用电荷面密度指标来评价织物抗静电性能，在有限的被测面积上，导电长丝以较宽的间距嵌织时，裁样方法的不确定性显然会导致检测结果的显著误差；不能反映织物峰值电位，难以解释织物在干燥多灰的地区的吸灰问题。如果试验条件允许，应该将摩擦带电电压和吸灰时间的指标综合起来考察织物的抗静电性能。

- 2、关于抗静电织物的耐久性问题有必要进一步研究。因为汽车座椅面料在经过长期的摩擦和机械外力的作用后，导电长丝会断裂，破坏了连续分布的状态，从而使抗静电性能下降。另外，摩擦还可能破坏导电纤维的皮层使导电粒子脱落，也可以使抗静电性能下降。
- 3、关于后整理工艺对汽车面料抗静电性能的影响有必要进一步研究。

参考文献

- [1] 聂建斌. 汽车内饰面料的市场与开发[J]. 毛纺科技, 2003(6): 50~54
- [2] [英]冯庆祥、迈克哈德卡斯特尔著.宋广礼等译. 汽车用纺织品[M]. 中国纺织出版社, 2004
- [3] 刘玥. 应用于汽车工业的纺织品及其发展趋势[J].汽车工艺与材料, 2002(11): 19~21.
- [4] 郑志方. 汽车内装饰纺织面料发展趋势和我们的策略[J]. 产业用纺织品, 2000(2): 1~4
- [5] 张港霞. 汽车内饰织物演变[J]. 中国纺织, 2004(7): 117
- [6] 甘应进, 刘辉. 汽车内装饰纺织品的市场状况与发展趋势. 汽车工艺与材料 2003(5): 36~38.
- [7] 王成. 汽车内饰织物的现状和展望[J]. 产业用纺织品, 2003(10): 5~8
- [8] 周凤飞、柴雅玲. 车用纺织品的发展[J]. 产业用纺织品, 2002(2): 15~18
- [9] Reisinger H(Eybl). Latest development in the technology of circular knittings for automotive textile[J]. IMMFC, Dornbirn, 1997(9): 37~40
- [10] 于伟东, 储才元. 纺织物理[M]. 东华大学出版社, 2001
- [11] 尼玛平措. 静电的危害与预防[J]. 西藏科技, 2003(8): 60~64
- [12] 罗忠红. 怎样防止汽车静电[J]. 汽车运用, 2003(7): 10
- [13] Anon. Kanebo, Bellatron conductive fiber[J]. JIN, 1991(5): 86~87
- [14] Lennox-Kerr P. Reducing static shock[J]. Inside Automobiles International, 1998(10): 20~21
- [15] 狄剑锋, 姜开明. 摩擦纺开发抗静电化纤地毯纱的研究[J]. 纺织学报, 2001(6): 23~26
- [16] 高绪珊, 童俨. 导电纤维及抗静电纤维. 纺织工业出版社, 1991
- [17] 陈美玉, 孙润军. 织物静电吸灰性能的测试研究[J]. 四川纺织科技, 2004(4): 40~42
- [18] 傅伟江, 姜开明. 纺织品的抗静电[J]. 中国劳动防护用品, 2003(2): 36~39
- [19] 施楣梧. 纺织品用抗静电纤维!导电纤维的回顾和展望[J]. 毛纺科技, 2000(6): 5~10
- [20] I.Holme, J.E.McInt. Electrostatic Charging of Textiles[M]. Textile Progress, 1998
- [21] 白杉, 周洁. 纺织品的抗静电技术[J]. 技术创新, 2004(2): 28~31
- [22] 施楣梧. 用有机导电纤维开发抗静电工作服面料[J]. 中国个体防护装, 2003(4): 13~15

- [23] 李建新, 金立国. 导电纤维的发展和应用[J]. 针织工业, 2004(8): 72~73
- [24] 南燕. 有机导电纤维结构性能研究和防静电织物研制. 西北纺织工学院硕士学位论文.
- [25] 宋广礼、李雪梅等. 车用内饰产品设计综述[J]. 针织工业, 2004(1): 94~95
- [26] 赵恩华, 李秋荣, 伍建广. 嵌织式抗静电织物的设计与生产[J]. 纺织科学研究, 2002(2): 16~21
- [27] 陈振洲, 陈慕英等. 防静电针织物的抗静电性能研究[J]. 纺织学报, 2004(6): 87~88
- [28] 刘立华. 抗静电和防电磁辐射面料的开发及其性能研究. 东华大学硕士学位论文, 2001
- [29] 许吕崧、龙海入主编. 针织工艺与设备[M]. 中国纺织出版社, 1999
- [30] 南京奥普织物有限公司, 生产工艺流程检验单
- [31] Finke Hantisoiling. Treatment of automotive fabric from the viewpoint of the use textile in Automobile[J]. VDI Congress, Mannleim, 1998(3): 25~26
- [32] 沈兰萍, 南燕. 防静电织物的设计原理与性能测试方法[J]. 四川纺织科技, 2002(2): 38~40
- [33] 张燕, 施楣梧. 有机导电纤维抗静电织物的测试方法[J]. 毛纺科技, 2001(4): 13~15
- [34] 纺织品静电测试方法. 中华人民共和国国家标准, GB/T 12703-91
- [35] 织物摩擦静电吸附性测定方法. 中华人民共和国专业标准, ZB W 04007-89
- [36] 张林, 李锦春. 导电纤维[J]. 合成纤维, 2004(5): 6~8
- [37] 田广志. 导体表面曲率相同电荷密度不同. 唐山师范学院学报, 2006(3): 57~58
- [38] 李伟, 陈冠清等. 论我国生态纺织品标准体系的建立[J]. 中国标准化, 2004(8)
- [39] 华载文. 耐久性抗静电织物研究[J]. 纺织学报, 1996(2)
- [40] Rink GS(Opel). Harmonisation of test procedures of automotive textiles. IMMFC, Dornbin, 1999(9)
- [41] 杨尧栋, 宋广礼主编. 针织物组织与产品设计[M]. 中国纺织出版社, 1998
- [42] [www.xinansh.com/ product.htm](http://www.xinansh.com/product.htm)

致谢

本课题是在陈振洲教授的精心指导下完成的。他为本课题研究方向与内容的选定,实验样布与场地的联系以及课题进行中遇到的疑难问题的解决付出了巨大的心血。同时在研究生这三年期间,导师在生活上也给予我无微不至的关心和帮助。他严谨的治学态度以及对科学真理孜孜不倦的追求精神,令我深感钦佩,在此,我向敬爱的导师表示我最诚挚的谢意!

在课题进行过程中,受到江苏旷达集团,南京奥普织物有限公司和江苏纺织研究所的大力支持与帮助,在此表示感谢!

同时,还要感谢对于本课题完成所给予我关心与照顾的纺织服装学院的各位领导和老师,特别是周罗庆老师!感谢王家豪、丁苏宁、孙扬骅、崔元凯、庄建国等同学,陪我渡过研究生三年的生活,感谢所有关心和帮助过我的同学!

最后,向关爱我的父母和家人,感谢他们给予我精神和物质上极大的支持。

读研究生期间发表论文清单

- 1、在 MCPE2.4 型提花毛圈机上开发装饰性绒类织物，《上海纺织科技》，2005 第六期：31—33，第一作者
- 2、导电纤维在汽车内饰织物中的应用，《针织工业》，2006 年第五期：13—15，第一作者
- 3、抗静电汽车内饰面料的工艺研究，《上海纺织科技》，已通过审稿