



纺织材料 静电的消除

钱樨成 秦家浩 刘紫葳 陆宗鲁 编

纺织工业出版社

纺织材料静电的消除

钱樨成 秦家浩 编
刘紫葳 陆宗鲁

纺织工业出版社

内 容 提 要

纤维、纱线、长丝、织物等纺织材料在生产加工和穿着使用过程中发生各种静电现象，它给生产和人们的日常生活造成种种障碍和危害。本书主要叙述纺织材料的带电性能、静电现象的产生机理、影响静电现象的因素，并着重介绍纺织材料静电性能的测试方法和仪器，以及解决静电现象的途径。

本书可供纺织、染整、化学纤维专业及服装缝纫等使用纺织品的有关行业的技术人员、科研人员和院校师生参考。

纺织材料静电的消除

钱樾成 秦家浩 编
刘紫葳 陆宗鲁

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

保定地区印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×1092毫米 1/32 印张: 6 1/32 字数: 136千字

1984年11月 第一版第一次印刷

印数: 1—11,000 定价: 0.93元

统一书号: 15041·1290

前 言

随着合成纤维在纺织原料中的比重不断增加，纺织材料的带电现象越来越引起人们的注意。

静电现象在纺织染整和服装缝纫及穿着使用过程中对生产和生活造成一些麻烦和困难，甚至会引起严重事故。因此，对于纺织材料产生静电现象的机理，如何防止静电的产生和消除静电已成为国内外科学工作者所关心的研究课题。

本书将叙述纺织材料静电问题方面的一些研究成果和研究动向，着重介绍静电性能的测试方法和仪器，以及防止静电产生和消除电荷的措施。

本书第一章第一、二节和第二章由刘紫葳编写，第一章第三节和第四章第七节由秦家浩编写，第三章第一至三节、第八节和第四章第一至六节由钱樾成编写，第三章第四至七节由秦家浩和钱樾成编写，第四章第八、九节由陆宗鲁编写。最后由钱樾成修改整理，部分内容在章节之间作了调整。

编写过程中得到山东省纺织科学研究所领导和有关同志的支持，并承蒙有关单位提供资料，特此致谢。

由于编者水平所限，本书内容难免有错误和不当之处，请读者指正。

编 者

封面设计： 颜 黎

统一书号： 15041·12

定 价： 0.93

目 录

第一章 纺织材料的静电现象	(1)
第一节 常见的静电现象.....	(1)
第二节 纺织加工中的静电障碍.....	(4)
第三节 静电现象的产生机理.....	(9)
第二章 纺织材料的静电性能	(14)
第一节 静电序列.....	(14)
第二节 静电荷衰减性能.....	(19)
第三节 环境条件的影响.....	(25)
第四节 摩擦条件的影响.....	(30)
第三章 静电性能的测试	(36)
第一节 静电性能的测试及标准.....	(36)
第二节 静电性能的定性测试.....	(39)
第三节 吸附现象测定法.....	(41)
第四节 比电阻的测试.....	(48)
第五节 静电电位的测量仪器.....	(59)
第六节 摩擦式织物静电测试仪.....	(77)
第七节 电晕放电式织物静电测试仪.....	(90)
第八节 纱线或长丝静电测试仪.....	(96)
第四章 解决静电问题的途径	(102)
第一节 机器接地.....	(102)
第二节 给湿法.....	(103)
第三节 不同纤维的混纺交织.....	(108)
第四节 改变摩擦条件.....	(110)

第五节	服装的配伍·····	(125)
第六节	导电性纤维的应用·····	(130)
第七节	静电消除器·····	(142)
第八节	纤维油剂的应用·····	(157)
第九节	织物防静电整理·····	(175)
第十节	纤维化学改性·····	(188)
主要参考文献 ·····		(190)

第一章 纺织材料的静电现象

第一节 常见的静电现象

纺织材料的静电现象早就被人们所发现。1759年罗伯特·赛默(Robert Symer)研究观察羊毛和丝带电后产生火花的现象。他穿两双袜子——白色羊毛袜和黑色丝袜作试验,在脱袜时发现同样原料的袜子互相排斥,而不同原料的袜子互相吸引。第一次记载了纺织纤维间摩擦带电的现象〔1〕。

但是天然纤维的这种带电现象有时不很严重,并没有对生产或衣着带来较大的麻烦。

随着纺织工业中日益广泛地采用合成纤维作为原料,生产各种纯合成纤维或其混纺交织产品,提高与丰富了人们的衣着生活。这些产品虽然具有坚牢耐用、美观大方、快干免烫等特点,但大多数合成纤维由于它们的晶体结构、表面特性等赋予它们固有的憎水性,以及与此直接相关的绝缘性,使其在纺织加工生产和服装穿用过程中出现了一系列与静电现象有关的问题。有些问题直接影响到生产和纺织品的使用价值及声誉,严重时甚至会危害到生命财产的安全。为此,静电问题越来越引起人们的关切。

这里首先介绍一下纺织品使用过程中常发生的静电现象。

一、服装与服装、服装与人体相吸附的现象

服装相互吸附是静电现象之一。不同质料的服装,穿用

时产生极性相同或相反的静电荷。因此，会出现服装之间相互排斥或相互吸引纠缠的现象，如外衣与内衣、上衣与裤子、裤子或裙子与袜子、睡衣与被褥之间均有不同程度的吸引缠附现象。其严重程度则根据所穿用衣料的性质、活动量大小以及外界气候条件等而异。

服装与人体相吸附，这是另一种表现形式。服装在穿用中产生的静电荷与人体表面电荷呈不同极性时，就相互吸附。最突出一例是纯涤纶绸女裙吸附于人腿的现象。如这种现象发生后穿着者立即停止步行而处于静止状态，则两者的静电荷不再继续积聚，而当吸附状态暂时处于平衡时，使人感觉不到静电的继续存在。但是此时如果穿用者加快步伐，甚至快跑时，吸附现象会更加厉害。在干燥气候条件下出现的裙子抱腿现象，会使人步行困难。分析其原因，则不外乎在加速步行时，裙子与人腿相互接触、分离的频率增加，从而使静电荷量增加。涤纶裙的固有性质以及干燥气候又促使静电荷不易散失而大量积聚。

二、服装带电后的吸尘和易沾污现象

合成纤维织物在使用过程中，因受各种因素影响而带静电荷后，由于异性电荷相吸的作用，使织物易于吸附空气中带异性电荷的灰土尘埃微粒。尘土吸附以后，还不易掉落，如用手拍打，不仅不掉落，反而会吸得更牢。这种情况说明拍打本身就促使其静电压升高，因此吸附力更大。这种使人们烦恼的现象还表现在梳头时头屑吸附于合成纤维服装衣领、肩部和背部；锦纶袜统周围沾满一层白色肤屑等等，除了其它原因引起的吸附现象外，静电吸附为主要因素。

穿着未经抗静电加工的合成纤维服装，不仅易吸灰沾污，还会沾污与其紧贴穿着的其它服装；合成纤维制成的针

织内衣贴身穿着时，甚至会使人体皮肤也迅速受到沾污。

三、穿脱合成纤维内衣时的针刺感

合成纤维制成的针织内衣贴身穿着时皮肤有刺痒感，这也是静电现象的一种表现。随着内衣与人体之间的频繁接触、摩擦和分离，产生了无数局部性的小火花放电现象，这是因为在两者接触摩擦过程中静电荷不断积聚的缘故。当内衣与人体脱离的一瞬间，电荷击穿空气小间隙，出现小火花，由于电量极小，所以人体的感觉只是一种刺痒感。穿用这样的服装，例如氯纶针织内衣，用比较迅速的动作脱下时，稍加注意就可听到一种清晰而细微的“劈啪”声。在暗处观察，可以看到在内衣脱离时吸引人发，而且迸发小火花。

四、使用合成纤维织物过程中的电击现象

使用合成纤维制成的床单、地毯或汽车座垫时，人们经过摩擦后立即接触金属门把，就会有一定程度的电击感。这种现象在气候比较干燥的季节尤为严重。据介绍，人们在合成纤维地毯上行走时所产生的电位高达数千伏。人体带电电位与电击感的程度如表1-1^[1]。它表明人体带电电位在3千伏以上时就会发生放电而有强烈的电击感。这种带电的电量较小，虽然不会直接带来生命危险，但人们对突然产生的电击不免有点恐惧感，也有可能因此而间接地带来事故。

五、使用合成纤维织物引起意外事故

穿着合成纤维服装并在周围存在易燃易爆气体的环境中活动时，存在一定的危险性。因为在某种条件下，静电放电的小火花，其能量足够使周围易燃易爆气体着火或爆炸，引起重大事故。如果人体对地电容为200微微法时，人体带电电压为2000伏，则人体的带电能量为0.4毫焦耳，这比汽油和空气混合物的发火极限（0.2毫焦耳）高出一倍。国外资料

表1-1 人体带电与电击感的关系

人体带电电位 (千伏)	电 击 感 程 度
1	无感觉
2	手指外侧稍有感觉, 产生微弱放电声音
3	手指外侧痛感, 内侧轻微痛感
4	手指外侧针刺状痛, 内侧痛感范围较广
5	手心到前腕电击感, 看到放电火花
6	指痛剧烈
7	手指全部痛感
8	手指到前腕电击感强烈

曾报导关于在乙醚麻醉的手术室内由于合成纤维服装与病床被单摩擦产生火花, 引起乙醚气体爆炸的事故。因汽车司机的合成纤维运动衫与塑料汽油桶摩擦产生火花, 引起汽油燃烧的事故〔4〕。合成纤维降落伞由于与空气剧烈摩擦而产生静电, 导致打不开伞而造成严重事故。

六、静电现象对人体健康的影响

穿着带电现象比较严重的合成纤维服装对人体健康的影响问题, 也有人作过研究。目前普遍认为, 穿氯纶针织内衣对风湿性关节炎等有一定的辅助疗效, 这除了其它因素外, 与静电现象也有关。也有人提出, 由于过于频繁的放电作用, 促使皮肤产生一定的过敏反应, 甚至发生皮疹。据报导, 长期穿用者也有发生血相变化的事实〔2, 3〕。

第二节 纺织加工中的静电障碍

在上一节提到了关于合成纤维制品在使用过程中出现的一些静电现象, 不言而喻, 在生产加工过程中也同样存在各

种不同的静电效应。

一、纺纱过程中的静电

在纺纱过程中，首先在开松纤维工序，紧压的纤维团受机械部件的打击、撕松，受到各种撞击与相互摩擦而产生静电荷，使疏松的纤维贴附于接地的机框、管道等而造成输出纤维层厚薄不匀，影响半制品的不匀率；同时还会产生缠绕压辊、罗拉等，使生产发生困难。在开清棉部门，纤维带电程度以及对生产的直接影响如表 1-2 [5]。

从表列数据可见，加工合成纤维时，其带电量往往超过正常生产带电量而造成困难。但在加工粘胶纤维时，即使静电荷密度达到 200×10^{-12} 库仑/厘米² 时，也不会出现困难。这是由于粘胶纤维能在极短时间内将其电荷密度降到十分之一以下。

表1-2 开清棉部门纤维带电程度对生产的影响

电荷密度 ($\times 10^{-12}$ 库仑/厘米 ²)	体积比电阻 ($\times 10^9$ 欧·厘米)	现 象
57	126	纤维与罗拉、机框相缠附
40	125	纤维与罗拉、机框相缠附
22	54	无缠附障碍
3.0	31	无缠附障碍
2.7	2.8	无缠附障碍
1.8	2.0	无缠附障碍
0.2	5.9	无缠附障碍

在梳理部分常见的静电现象，是被梳理分散的单根纤维带着相同极性的电荷而相互排斥，使本来就比较松散的纤维网发生破裂、断边，成条疏松，易于堵塞圈条斜管。带电纤维易缠绕在机件上影响正常生产，并且使短纤尘土飞扬，污染劳动

环境。在纺织工艺中对静电障碍比较敏感，是因为加工对象是重量极轻的纤维，易受静电吸引力或排斥力的影响。特别是当纤维处于松散、无捻度、抱合力较小的前纺工序影响更大。梳棉机的纤维网对静电影响特别敏感。据介绍^[3]：在梳棉部分纤维电荷量大于 4×10^{-12} 库仑/厘米²时就会产生一定程度的静电障碍；一旦超过 10×10^{-12} 库仑/厘米²，则难以正常生产。

并粗部分静电现象表现在条子和粗纱毛羽较多，纤维缠绕罗拉、皮辊，堵塞圈条器、粘附锭翼，条子、粗纱成形松软，造成飞花增多。

对精纺来说，受静电影响而使成纱毛羽多，须条缠绕罗拉皮辊，断头和飞花增多，影响机器和周围环境的清洁，污染劳动环境。

二、织造过程中的静电

在准备和织造过程中，络经时纱线高速运动，剧烈摩擦产生一定的静电荷，造成纱线毛羽增多，生产上也受一定影响，但不如整经工序显著。加工合成纤维的高速整经机在突然停车或纱线张力稍有松弛时，筒子架至整经机后箱之间一段纱线相互排斥形成特殊的气圈现象。它使本来整齐排列的纱线造成紊乱，甚至邻纱之间相互纠缠、扭辫，影响产品质量及后工序的正常加工。除此之外，挡车工常有受电击的感觉。在织机上加工合成纤维时，纱线通过落片、综丝、钢筘运动所受的摩擦，使纤维端外伸起毛。而合成纤维本身强力较大，起毛后纤维不易断裂掉落而是与相邻毛羽纠缠成球。严重时无法继续开车。车间相对湿度越低，则情况越严重。同时，投入梭口的纬纱常与钢筘相吸附而引起相应的障碍与疵点。

在针织过程中，经编机编织速度较高，会受到一定的静

电影响。特别是加工弱捻或无捻长丝时影响更大。编织时针梳返回，纱线张力松弛，纱线之间静电力相斥而形成小圈，相互纠缠，甚至与相邻编针相缠，影响生产。针织成品的折叠，成衣车间的裁剪与缝纫，都会由于静电影响而降低劳动生产率和产品质量。

三、染整过程中的静电

在染整过程中，显示静电效应较明显的是在烘干与热定型工段。高温低湿状态下的纯合成纤维制品尤为显著。轻薄织物易于吸附于导布罗拉，成布折叠困难。在烘干机、拉幅机、热定型机、轧光机及起绒机上，静电压有时可高达几千伏，挡车工在接触加工中的纺织品时，常常受到这种高压静电不同程度的电击。毛纺织厂合成纤维毛毯在起绒与烘干过程中，挡车工靠近加工中的毛毯会毛发竖立。印染过程中由于静电现象起作用，对质量也造成一定的影响。

B.H.希霍夫⁽⁷⁾列举各种纺织机械上加工纺织纤维时产生的静电值以及不致造成困难时的允许电荷值，如表1-3。

上述为各工序常遇到的一些静电障碍。在整个纺织行业中比较普遍的障碍可归纳为纤维或其制品易于吸附、纠缠，易于沾污、起毛起球、造成纱线断头和生产中断、折叠困难、电击感以及在易燃易爆气体存在的条件下引起火灾事故等。因此，静电的种种障碍与危害必须引起我们足够的重视。

在不需要产生静电效应的场合，静电现象是一种消极因素，然而在某些生产中，静电却是一种积极因素，被人们所利用。如静电纺纱、静电植绒、静电除尘等。即使在纺织工艺过程中，也有人⁽⁶⁾认为纺织纤维最好带有一定量的静电，即所谓“蓬松静电”，有利于生产工艺。

研究纺织加工中的静电问题，着重点应放在研究探讨减

表1-3 在各种纺织机械上加工时

纺织材料的电荷值

(单位: 库仑/米²)

机械名称	纤维类型	实测电荷值	加工时不致产生困难的允许电荷值
清棉机	合成纤维	6×10^{-6}	3×10^{-7}
	粘胶纤维	—	2×10^{-6}
	棉花	10^{-5}	5×10^{-6}
梳棉机	合成纤维	8.16×10^{-7}	3×10^{-7}
	粘胶纤维	—	10^{-7}
	羊毛	—	2×10^{-7}
	羊毛	1.2×10^{-6}	5×10^{-7}
	羊毛50/腈纶50	5×10^{-6}	4×10^{-7}
并条机	合成纤维	6×10^{-6}	2×10^{-6}
	粘胶纤维	5×10^{-6}	2×10^{-6}
	羊毛	4×10^{-6}	10^{-6}
	羊毛50/粘纤50	2.5×10^{-6}	10^{-6}
粗纺机	合成纤维	8×10^{-6}	5×10^{-6}
	卡普纶10/羊毛30/粘纤60	—	10^{-6}
	羊毛	6.5×10^{-6}	2.5×10^{-6}
整经机	合成纤维	—	4×10^{-7}
	羊毛	2.5×10^{-6}	8×10^{-7}
织布机	羊毛	6.5×10^{-6}	2×10^{-6}
圆编机和横编机	粘胶纤维	—	2×10^{-6}
	羊毛	6.5×10^{-6}	10^{-6}
烘干拉幅机	羊毛	1.5×10^{-5}	5×10^{-6}
	羊毛50/腈纶50	2×10^{-5}	2×10^{-6}
起毛机	粘胶纤维	2.5×10^{-5}	8×10^{-6}
刮布机	羊毛50/腈纶50	2.5×10^{-5}	5×10^{-6}

少其消极影响，包括静电产生机理、各种纤维的带电性能、影响纤维带电的因素、测试方法和手段，以及解决纺织材料带电现象的措施等，以期在纺织加工过程中的静电障碍与危害减轻到最低限度。

第三节 静电现象的产生机理

每一种物质都是由一种特定的分子所组成，分子是物质保持基本性质的最小粒子。而分子又由一种或几种原子构成，原子由带正电的原子核和带负电的电子组成。不管哪一种原子，它的所有电子所带的负电量的总和都等于原子核所带的正电量。所以从整体来说，它们呈中性。

原子中，受原子核吸引力较小的外层电子在外界因素的影响下，从一种物体跑向另一种物体，使一种物体电子过剩，另一种物体电子不足，因而在每一物体上原来的电性平衡被打破。增加电子的物体带上了负电，失去电子的物体带上了正电，这种使物体带有电荷的过程称为起电。固定在物体上而不运动的电荷叫做静电荷，带电荷的物体称为带电体或荷电体。

在纺织加工过程中及织物在穿用过程中，纺织材料接触其它物体（如导纱器、综箱、罗拉等机件），或者纤维间相互接触摩擦都会引起带电现象。在纺织材料受压缩或拉伸，甚至在空气中烘干时也会产生带电现象，周围存在带电体也会使纺织品感应带电。

纺织材料在实际生产加工和穿着使用过程中的起电情况是十分复杂的。通常是由于紧密接触的两个表面互相摩擦而发生一系列的接触与分离的过程，造成了电荷在物体表面间

的转移，产生静电。

两种不同的固体接触时，一般认为在接触面的距离达到 25×10^{-8} 厘米或更小时，一物体就会把电子转移给另一物体，失去电子的物体带正电，得到电子的带负电。至于摩擦的作用主要在于增加两种物体达到 25×10^{-8} 厘米以下距离的接触面积。

早在1796年，伏打发现，两种不同金属A和B接触后，产生电势差 U_{AB} 。 U_{AB} 大约在十分之几伏到几伏之间，并且存在着如下序列：

(+) 铝、锌、锡、镉、铅、锑、铋、黄铜、汞、铁、钢、

铜、银、金、铂、钯、 MnO_2 、 PbO_2 (-)

上序列中前后两种固体接触时，前者带正电，后者带负电。

1879年赫姆霍尔兹提出偶电层理论，根据该理论可以认为如图 1-1 两种金属A和B接触时分别带极性相反的等量电荷。由于吸力作用，电荷分别集中在两种金属的接触面处，形成所谓偶电层。偶电层内部距离很小 (25×10^{-8} 厘米以下)，故其间电容很大。若把接触面看作平行板电容器，那末单位面积的电容C为：

$$C = \frac{\epsilon_r \epsilon_0}{d} \quad (\text{法/米}^2)$$

式中： ϵ_r ——平行板间隙内的相对介电常数，对于真空
 $\epsilon_r = 1$ ；

ϵ_0 ——空气绝对介电常数 ($\epsilon_0 = 8.854 \times 10^{-12}$ 法/米)；

d——间隙距离 (米)。

当 $d = 25 \times 10^{-8}$ 厘米 $= 25 \times 10^{-10}$ 米时，