

导电纤维及 抗静电纤维

高绪珊 童俨 编



纺织工业出版社

导电纤维及抗静电纤维

高绪珊 童俨 编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了导电纤维及抗静电纤维的导电和抗静电原理、制造和应用。内容包括：静电的干扰、灾害及人体带电的危害；纤维材料的带电机理及影响纤维材料静电性能的主要因素；消除和防止静电的方法；导电纤维和抗静电纤维及其织物的制造技术；导电纤维和抗静电纤维的应用、测试方法及评价技术。

本书可供化学纤维、纺织、染整及服装专业的技术人员、科研人员和院校师生阅读，亦可供国防、电子、医药、石油化工、轻工、印刷等工业部门的技术人员、安全技术干部参考。

责任编辑：唐 琦

导电纤维及抗静电纤维

高绪珊 童仰 编

*

纺织工业出版社出版

(北京东直门南大街4号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

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：1 字数：133千字

1991年2月 第一版第一次印刷

印数：1—1,500 定价：2.75元

ISBN 7-5064-0579-2/TS·0567

前 言

化学纤维具有许多优于天然纤维的性能，因而近年来得到迅速发展和广泛应用。随着人民生活水平的提高，人们对服用纤维的舒适性要求日益提高。化学纤维（特别是合成纤维）作为服用材料的显著缺点就是静电强、吸湿性差。它们产生静电后，易吸灰尘、缠绕身体，刺激皮肤，因而不舒适、不卫生。作为地毯、窗帘等装饰用织物也有明显的静电干扰。在大量的纤维纺织加工以及日益扩大的工业用途方面，也遭受到了不同程度的静电干扰和危害。

为了提高化学纤维在纤维市场上的竞争力，防止化学纤维静电的产生和消除静电，研究开发导电及抗静电纤维已成为当前化学纤维改性研究的主要内容之一。目前，导电纤维及抗静电纤维的工业化生产实施已受到了国内外化纤工作者的特别关心和重视。但是，直到目前为止，国内外有关防止纤维制品产生静电的资料还很不完整，而导电及抗静电纤维的制造技术特别是工业化技术的资料则更为缺乏。为此，编者收集了国内外的导电及抗静电纤维的实际生产工艺，有关的文献资料及专利，并结合我们多年的科研实践经验，编著了这本书。在编写过程中，在不影响全书系统性的前提下，尽量考虑到深浅兼顾的原则，力求扩大本书各部分的实用范围。

由于编者水平有限，本书内容难免有错误和不当之处，
欢迎读者批评指正。

编 者

1990年5月

封面设计：李 敏

ISBN 7-5064-0579-2/TS·0567

定 价： 2.75 元

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 化学纤维的静电问题	(2)
一、化学纤维的静电现象.....	(2)
二、纤维抗静电的广泛需求.....	(6)
第二节 纤维抗静电的理论研究	(8)
一、纤维静电理论研究的概况.....	(8)
二、纤维静电与人体卫生的关系.....	(9)
三、纤维静电的解析方法.....	(11)
第三节 抗静电及导电纤维的开发	(14)
一、抗静电纤维的开发.....	(14)
二、导电纤维的开发.....	(15)
第二章 纤维材料的静电性能	(17)
第一节 纤维材料的电学性质	(17)
一、纤维材料的导电机理.....	(17)
二、纤维材料导电性能表示方法.....	(21)
第二节 静电的产生和带电	(23)
一、静电的发生.....	(23)
二、摩擦起电机理.....	(25)
三、纤维材料的静电积聚过程.....	(28)
第三节 影响纤维材料静电性能的主要因素	(33)
一、纤维结构的影响.....	(33)
二、环境条件的影响.....	(37)
三、摩擦条件的影响.....	(40)
第三章 抗静电纤维的制造	(44)

第一节 概述.....	(44)
一、防止纤维及其制品产生静电的途径.....	(44)
二、抗静电纤维的工业化开发.....	(46)
三、两类制造抗静电纤维的方法.....	(47)
第二节 抗静电剂的作用和机理.....	(49)
一、抗静电剂的分类.....	(49)
二、抗静电剂的作用机理.....	(53)
第三节 化学纤维的抗静电表面加工.....	(58)
第四节 共混纺丝制取抗静电纤维.....	(60)
一、共混纺丝纤维结构的特征.....	(60)
二、相分离及海岛纤维结构的形成.....	(62)
三、含内部抗静电剂的抗静电纤维.....	(64)
第四章 导电纤维的制造.....	(72)
第一节 概述.....	(72)
一、导电纤维的用途和效果.....	(72)
二、导电纤维的开发状况.....	(73)
第二节 导电纤维的作用机理及特征.....	(76)
一、导电纤维的作用机理.....	(76)
二、制造导电纤维的条件和特征.....	(78)
第三节 导电纤维的种类.....	(83)
一、导电成分均一型纤维.....	(84)
二、导电成分不均一型纤维.....	(86)
第四节 导电纤维的成形.....	(94)
一、金属纤维和金属镀层纤维的成形.....	(94)
二、导电成分复合型纤维的成形.....	(97)
第五章 纤维及其制品静电的测试.....	(106)
第一节 纤维导电和静电性能的测试方法.....	(107)

一、纤维比电阻的测试.....	(107)
二、纤维静电半衰期的测试.....	(110)
三、纤维静电电位的测试.....	(113)
四、纤维起始电晕放电电位的测试.....	(115)
第二节 织物静电性能的测试方法.....	(117)
一、织物静电半衰期的测试.....	(117)
二、织物摩擦带电电压的测试.....	(118)
三、织物的静电缠贴性的测试.....	(120)
四、织物表面比电阻的测试.....	(123)
五、织物摩擦带电电荷量的测试.....	(125)
六、电荷符号分布的判定.....	(129)
第三节 人体和人体穿着服装和脚踏地毯时 静电电位的测试.....	(129)
第六章 抗静电、导电纤维的织造和织物的抗静 电整理.....	(132)
第一节 抗静电纤维的织造与后整理.....	(132)
一、抗静电纤维的织造.....	(132)
二、织物的抗静电整理技术和装置.....	(134)
三、织物抗静电整理的实际应用.....	(144)
第二节 导电纤维制品的设计和织造.....	(155)
一、金属导电纤维的织造加工.....	(155)
二、导电纤维制品的设计和织造.....	(156)
第七章 导电及抗静电纤维的应用.....	(163)
第一节 日常的生活用抗静电织物.....	(163)
一、从服装卫生学角度看纤维制品抗静电的 重要性.....	(164)
二、导电及抗静电纤维在高附加价值差别化纤维	

开发中的应用.....	(168)
第二节 无尘无菌工作服.....	(170)
一、无尘无菌工作服的材料.....	(171)
二、无尘服效果的测试方法.....	(173)
三、各种材料的尘埃发生量.....	(175)
四、无尘无菌工作服的织物构造与其性能的 关系.....	(176)
第三节 导电和抗静电纤维的广泛应用.....	(178)
一、抗静电地毯.....	(178)
二、防火防爆型工作服及其他纤维制品.....	(179)
主要参考文献.....	(183)

第一章 绪 论

对纺织过程中的静电现象的研究，已有较长的历史。早期，人们在加工天然或纤维素纤维时，就已经遇到了静电现象，但那时的静电效应并不严重，还没有对纺织加工和织物的使用造成明显的影响。近年来，随着化纤工业的发展以及化学纤维成形与加工速度的高速化，由于化学纤维吸水性差，绝缘性高，致使化学纤维在加工和使用过程中静电问题日趋严重，使得纺丝、拉伸、纺纱和编、织过程中纤维易缠绕、产生毛丝，使纺织工艺不好控制，造成生产效率低，质量差。化纤织物和地毯会由于摩擦造成静电集聚，引起轻微的电击，给人以刺激。静电还会造成化纤服装的相互缠绕、吸尘，影响穿着。

在现代工业生产中，虽然织物和服装的静电放电可引起电击，但由于其能量很小，未见直接造成人体伤亡，但会造成许多干扰，甚至严重的灾害（包括间接致死）。例如，在高空作业的工人，因为意外受到静电电击而从高处坠落死亡；仓库内的工人从桶中将汽油倒入另一桶的过程中，由于操作人员的化纤工作服与桶摩擦产生火花引起火灾。此外，还有由于静电的干扰，造成在天空中降落伞张不开；在医院里进行用乙醚麻醉的手术时，由于织物摩擦静电打火引起爆炸等重大事故。

为了消除纤维及其制品的静电，自60年代起就开始了开发抗静电和导电纤维的工作。它们在当前差别化纤维的研

究开发中，仍然占据重要地位，引起人们的兴趣和关注。关于纤维材料静电现象和理论的研究，虽然困难很多，但仍在不断取得进展。在实验和工业化的推动下，抗静电和导电纤维的开发可望达到高技术、高质量、多品种的新水平；纤维材料静电现象的研究，在系统化、准确定量、消电机理等方面，一定会出现新的面貌。

第一节 化学纤维的静电问题

化学纤维自30年代问世以来，以其许多天然纤维无法比拟的优良性能，如弹性好、强度高、耐磨损、耐腐蚀、不怕虫蛀等，得到了迅速的发展，使其市场不断扩大。同时，在生产和使用过程中也暴露出了它们存在的一个共同缺点，就是吸湿性差，静电现象比天然纤维严重得多。针对这一问题，最早是采用向纤维产品上喷洒抗静电剂或对织物加以表面处理的方法。这种临时性消除静电的方法，在许多场合，使人们暂时能够解决纤维静电带来的烦扰，但并没有从根本上解决问题。到了70年代，随着人们对服用和工业用纤维及其制品质量的要求不断提高，化学纤维从产量增长的时代转入了提高质量、增加品种的时代。进入80年代后，人们对化学纤维的性能提出了更高的要求，把服装耐穿性放在第一位的时代已经过去，对服装的主要要求则变为美观、舒适、卫生、安全。近年来，化学纤维不仅普遍应用在服装和室内装饰中，而且在各工业部门中都得到了广泛的应用，这就对作业安全、防静电干扰提出了更高的要求。

一、化学纤维的静电现象

化学纤维材料特别是合成纤维材料的静电现象到处可

见，有些已被人们在日常生活中感受到了，但也有许多的静电干扰还没有被人们认识。下面列举纤维材料在使用过程中所产生的诸多静电现象。

1. 纤维的加工过程和服装服用过程中的静电吸引和排斥现象 化学纤维在纺织加工过程中，产生的静电会使正在开松的纤维贴附于接地的机框、管道等处，造成输出纤维层厚薄不匀；梳棉机上的棉网因静电而成形不良，产生破边、破洞，棉网集合不到喇叭头中去；在粗梳、精梳、并条等工序中，由于静电吸引发生缠绕皮辊和罗拉的现象，同时由于静电排斥又会造成飞花现象。例如锦纶和涤纶，在55%R.H.的情况下，梳棉网电压可达1kV以上，纤维网很容易吸附缠绕在斩刀和剥棉罗拉上。在织造过程中，异性静电的吸引和同性静电的排斥作用，造成纱线毛羽增多，纱线之间纠缠以及纱线之间相互排斥形成特殊气圈。在印染加工过程中，由于烘干、热定型等高温处理及织物与机件的摩擦，同样会产生数千伏的静电压，带同性电荷的织物间的排斥作用，在折叠工序中会使织物表面起皱。表1-1给出了纤维在加工中的

表1-1 各种纤维与橡胶辊摩擦时的带电电压

纤维种类	电压 (V)
棉	50
粘胶纤维	100
羊毛	350
醋酸纤维	550
蚕丝	850
腈纶	960
涤纶	1025
锦纶	1050

摩擦带电电压的一些数据，从中可以看出化学纤维特别是合成纤维的摩擦静电电压大大高于天然纤维。

表1-2列出了各种纤维的回潮率和比电阻，可以看出合成纤维的回潮率比较低，比电阻大大高于天然纤维。比电阻越高，静电性越强，对服用中的干扰越明显。

表1-2 各种纤维的回潮率及比电阻

纤维种类	回潮率 (%)	比电阻 ($\Omega \cdot \text{cm}$)
氯纶	0	10^{15}
涤纶	0.4	10^{14}
腈纶	2	10^{14}
锦纶	4.5	10^{12}
醋酸纤维	6.5	10^{12}
粘胶纤维	11	10^7
棉	8	10^7

在服用过程中，静电干扰较突出的一种表现是缠贴现象，如女裙因静电吸引缠绕人腿，在干燥气候下的涤纶女裙，甚至会发生使人步行困难的抱腿现象。另外，被褥之间、内外衣之间、服装之间的相互吸附现象也是静电吸引所造成的。服装带电后的又一特征是很容易吸附灰尘。化纤织物在使用过程中，都会因摩擦而带上静电，容易吸附空气中的尘埃。这种尘埃不易刷掉，因为越刷静电越强，吸附尘埃的能力也就越强。在日常生活中，还有许多令人烦恼的现象，如服装的肩部吸附头屑，锦纶丝袜吸附肤屑，这不仅使服装本身容易弄脏，而且使人体易于受到沾污，这与人们对织物应具有舒适、卫生、美观等要求是格格不入的。

2. 化学纤维及其织物的电击和放电现象 人们在化纤地毯上行走后，再去接触门的金属把手，常有电击感。用丙纶

膜裂纤维织成的地毯底布的卷绕轴电压可达5kV以上，操作人员靠近时，手上的汗毛都会竖起来，一不小心就会造成电击，给人以恐怖感。在干燥的气候条件下，脱去合成纤维的衣服时，会听到清脆的“噼叭”声，此时若在暗处，还可以看到电火花。这是由于脱衣时摩擦产生的静电荷不断积聚，当衣服与人体分离的一瞬间，积聚的电荷击穿局部的空气间隙而发生的微小放电火花。这种放电的电压很高，甚至可高达万伏以上，而放电量很小，虽不能直接造成伤亡，但却给人们带来不适和烦恼。表1-3是在穿着各种纤维材料的内、外衣时，外衣的带电电压。表1-4为在化纤地毯上行走时人体的带电电压情况。

表1-3 各种纤维材料外衣的带电电压

测试外衣	内 衣	刚穿上时电压	穿着5 min后电压	脱衣时电压
		(V)	(V)	(V)
棉	棉	+ 30	+ 20	-
涤/棉(65/35)	涤/棉(65/35)	- 10	- 180	- 1900
羊毛	羊毛	+ 300	+ 150	+ 1500
腈纶	腈纶	- 400	- 400	- 9000
涤纶	涤纶	+ 100	- 200	- 10000

从表中可以看出，化学纤维的带电电压远高于天然纤维或导电纤维的混编织物，特别在低相对湿度环境下，使人具有电击感，刺激人的神经，产生不良的生理反应。当衣服上带有很高的静电电压时，不仅会发生人体与接地体间的放电电击，如果周围存在易燃易爆可燃性气体、溶剂等物质，则会引起火灾和爆炸，因此在石油、国防等工业部门的某些车间中，

表1-4 在化纤地毯上行走时人体的带电电压 (V)

鞋底材料 地毯材料	合成橡胶	皮 革	塑 料
N × PP	- 5500	- 8300	- 17900
N × N	- 13100	- 17100	- 16800
N × PP, 22dtex/3	- 1000	- 2700	- 5800

注 测定方法：人坐在椅子上，穿鞋摩擦达静电饱和状态时，将人体（穿着鞋）与地毯隔离，测此时人体的最大静电电压值；

测定环境：20% R.H., 20℃；

表中，N—1155dtex/68锦纶66 BCF纱 PP—1100dtex/60 丙纶 BCF纱 22dtex/3—加碳黑制成的锦纶导电纤维，比电阻 $10^4 \sim 10^5 \Omega \cdot \text{cm}$ 。

化纤服装必须进行抗静电处理，否则禁止使用。近年来，电子工业、电子计算机等发展很快，在操作电子仪器设备时，因摩擦而产生的静电成为急待解决的问题，否则化纤织物会对精密电子设备和电子部件产生干扰，造成仪器的动作失误及元件破坏甚至整个电路失效。

二、纤维抗静电的广泛需求

表1-5概括了化学纤维静电的干扰和危害。实际上，到了80年代，纤维抗静电不仅仅是针对化学纤维，在精密电子和医疗等部门中，天然纤维也需要进一步提高抗静电性，对天然纤维适用的抗静电新技术也受到了人们的重视。

表1-6简要列出了需要纤维制品抗静电的产业及其用途。从表中可以看出各种产业部门和日常生活方面对纤维制品抗静电的广泛需求。特别是在工业企业中，纤维和织物不仅仅是简单地对人体起到保护和保暖作用，还要满足生产的特殊

表1-5 关于化学纤维静电的危害

化学纤维 静电的危害	静电力的 干扰和危害	吸引	- 灰尘附着、沾污 - 缠绕、粘着、不快感
		排斥	- 纷乱、纠结、不能集束 - 印刷、涂装时不能附着
		其他	——对于人体的危害（血液pH值上升，血球中钙含量降低，尿中钙含量增加）
	静电放电 的危害	电击	- 刺激、不快感 - 皮肤受损害
		放电	- 引火（可燃气体、液体、橡胶糊）、爆炸（可燃气体、粉尘） - 电子元件破损 - 造成静电痕迹

表1-6 需要纤维制品抗静电的产业及其用途

静电干扰和危害 的种类及主要情况		适用的产业	衣料用途	其他用途
引火、 爆炸	可燃气体、 纤维絮、粉尘 的引火、爆炸	纺织、石油精制、 煤气、煤、橡胶、 食品加工、医疗、 邮政、化学、有机 溶剂运送、涂装	各工种的安全工 作服、医院手术服、 工作服	消防管道、输送 带、邮袋、救生袋
电击、 破坏绝缘	电击刺激导 致间接的死 伤，电子元件 的破坏、发光	通讯、电子、情 报、胶片	各工种的安全工 作服、医院和电子 机房的工作服	汽车内的装饰、 床单、毯子
吸引、 排斥	灰尘和脏物 的附着、缠绕、 卷曲附着、粘 堵、飞花、纷 乱、纠结	纤维、纺织、造 纸、出版、精密机 械、医疗、制药、 食品、胶片、电子、 涂装	礼服、学生服等 各种服装，无尘、 无菌衣	滤材、输送带、 缝纫线、锭带、帐 篷、带子