



郝新敏 张建春 杨元 编著

医用纺织材料与 防护服装

YIYONG FANGZHI CAILIAO YU
FANGHU FUZHUANG



化学工业出版社

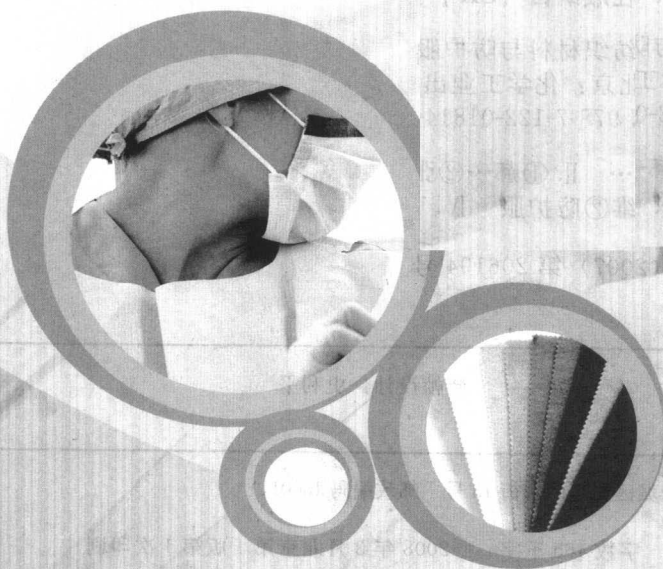
TS106.6
4708



郝新敏 张建春 杨元 编著

医用纺织材料与 防护服装

YIYONG FANGZHI CAILIAO YU
FANGHU FUZHUANG



化学工业出版社

· 北京 ·

随着人们生活水平和健康保健意识的提高,市场对医用纺织材料的需求呈现日益增长的态势。医用纺织品不再只是生活纺织品在医疗卫生行业中的简单沿用,高性能医用纺织品的研究与开发涉及纺织、生物医药、化学、电子及电工等学科的高技术领域,医用纺织材料也由棉、麻、毛、蚕丝等天然纤维,发展到可降解纤维和甲壳质纤维,医用非织造布的广泛应用更使医用纺织品材料的发展呈现巨大活力。

本书兼顾理论与实际,全面介绍了医用纺织材料的现状、研究进展、产品特性及加工方法、市场前景和未来发展势等。上篇为材料篇,系统、详细地介绍了各种医用功能纤维、医用纺织品、医用橡胶材料等的制造技术、性能、应用及展望;下篇为应用篇,涉及医用防护服装、面部呼吸防护装备、医用防护手套、医用防护鞋等。书末附有相关标准。

本书内容丰富,涵盖面广,适合纺织、医疗、轻工、化工等行业的生产技术人员、科研人员及大专院校师生使用,也可供医院有关人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

医用纺织材料与防护服装/郝新敏,张建春,杨元编
著. —北京:化学工业出版社,2008.1
ISBN 978-7-122-01814-4

I. 医… II. ①郝…②张…③杨… III. ①医用织物-
纺织纤维②防护服 IV. TS102 R852.81

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 206194 号

责任编辑:叶 露
责任校对:洪雅姝

装帧设计:史利平

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 装:化学工业出版社印刷厂
787mm×1092mm 1/16 印张 19¼ 字数 465 千字 2008 年 3 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:46.00 元

版权所有 违者必究

京化广临字 2007—60 号

序

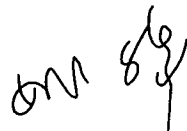
医用纺织品是指用于医学目的的纺织品。尽管该术语在 20 世纪末期才被创造出来，不过，纺织品被用于医学领域的历史已经很长了。早在 4000 年前古埃及人就懂得用亚麻线来缝合伤口，使伤口能够及时愈合；以药用植物处理的织物包裹木乃伊，防止其腐烂。中国古代史书也早有用麻纤维做缝合线、用棉布包扎伤口和止血的记录。

医用纺织品是纺织品中创新性最强、科技含量最高的品种之一。应用领域主要包括外科用植入性纺织品（如缝合线、人造血管、人工心脏瓣膜、人造关节）、外科用非植入性纺织品（如绷带、纱布等）、人造器官（如人工肾脏、人工肺）、保健和卫生产品（如医用床单、手术服、手术罩、隔离单、尿布、卫生巾、成人失禁垫）等几大类。医用纺织品必须具有无毒、杀菌、无过敏、无致癌性、抗静电、耐疲劳、生物兼容、甚至人体细胞长入适当时间自动降解和阻燃等特性，颜色不能带刺激性，在消毒时不起物理性能或化学性能的任何变化。最常用的天然纤维是棉、麻、丝和再生纤维黏胶人造丝。它们广泛地用于非移植材料（伤口敷料，绷带等）和卫生保健用品（床上用品、衣物、尿布、卫生巾、揩拭布等）。随着科技的发展，又大量地使用合成纤维，常使用的化学纤维包括聚酯、聚酰胺、聚四氟乙烯（PTFE）、聚丙烯、碳纤维和玻璃纤维等。特别是近年来对可降解纤维的研究取得了可喜的进步，可降解化学纤维和甲壳质纤维开始引起人们的关注。与此同时，医用非织造布的推广，使化学纤维的应用范围进一步扩大，医用纺织品材料的发展也愈来愈显示出巨大的活力。

随着人们对医疗卫生用纺织品需求的多样化，以及纺织新材料、新技术的迅速崛起，在纺织和医学相互交叉的这一领域内，医用纺织品的前途仍然十分广阔，特别是高性能医用纺织品获得了前所未有的发展，其品种不断创新，数量不断增长，应用不断拓展，概念不断延伸。高性能医用纺织品的研究与开发已经涉及纺织、生物医学、化学、电子及电工等学科的高技术领域，而不再只是生活纺织品在医疗卫生行业中的简单应用。环顾高性能医用纺织品的最新发展，这一类产品万象纷呈、构思新颖，呈现出旺盛的活力。医用纺织品是一个具有很大发展潜力的领域。

本书作者长期在军队从事功能纺织材料和特种防护服装的研究工作，从事医用纺织品及防护服装的开发研究已有较长的时间，积累了较丰富的经验，整理编写了《医用纺织材料与防护服装》一书，填补了国内医用纺织品领域的空白，是很难能可贵的。特作短文，向读者推荐。

中国工程院院士



（姚 穆）

2007 年 11 月 17 日

目 录

上篇 医用纺织材料

0 引言	2	1.5.3 远红外线纤维的制备	21
0.1 纺织品用原料的特性	2	1.5.4 远红外线纤维的应用	23
0.1.1 医疗用材料的特性	2	1.6 防紫外线纤维	23
0.1.2 生物(可)降解性和生物(可) 吸收性	3	1.6.1 概述	23
0.1.3 血液相容性	3	1.6.2 纺织品防紫外线的原理	24
0.2 医用纺织品的分类	4	1.6.3 常用的紫外线吸收剂	25
0.2.1 外科用纺织品	4	1.6.4 防紫外线纤维的制造	27
0.2.2 体外装置用纺织品	4	1.7 负离子纤维	28
0.2.3 保健和卫生用品	4	1.7.1 负离子产生的机理	28
1 医用功能纤维	5	1.7.2 负离子纤维的功能	28
1.1 抗菌纤维	5	1.7.3 负离子对人体的影响	29
1.1.1 国内外抗菌纤维的开发概况	5	1.7.4 负离子纺织品的用途	30
1.1.2 抗菌机理	6	1.7.5 负离子纤维的加工	30
1.1.3 常用的抗菌剂	7	1.7.6 开发负离子纺织品中应注意 的问题	31
1.1.4 抗菌纤维的制备方法	9	1.7.7 负离子纺织品未来的开发方向	32
1.1.5 抗菌纤维的用途	11	1.8 药物纤维	33
1.2 消臭纤维	11	1.8.1 概述	33
1.2.1 臭气的产生	11	1.8.2 药物纤维的分类	33
1.2.2 消臭原理和消臭剂	12	1.8.3 药物纤维的制造方法	34
1.2.3 消臭纤维开发技术	13	1.8.4 药物纤维的价值	34
1.2.4 消臭纤维的效果评价	14	1.9 止血纤维	35
1.2.5 消臭纤维的用途	14	1.9.1 止血纤维的制备	35
1.3 高吸水性纤维	14	1.9.2 止血纤维的性能和用途	36
1.3.1 纤维与吸水性树脂复合法	14	1.10 生体功能性纤维	36
1.3.2 后加工法	15	1.10.1 生物可降解纤维	37
1.4 芳香纤维	16	1.10.2 主要的生物降解医用材料	37
1.4.1 纺制芳香纤维技术	16	1.10.3 可生物降解医用材料的用途	43
1.4.2 芳香纤维的性能评价	18	1.11 防辐射纤维	45
1.4.3 芳香纤维的应用	18	1.11.1 防中子辐射纤维	45
1.5 远红外线纤维	18	1.11.2 防X射线织物	50
1.5.1 远红外线纤维的保温、保健 机理	19	1.11.3 防电磁辐射织物	53
1.5.2 纤维用远红外线添加剂种类 及制备	19	1.12 光导纤维	62
		1.12.1 光纤的种类	62
		1.12.2 光纤的导光原理	63

1.12.3	光纤的导像原理	63	3.4.2	热黏合法	97
1.12.4	光纤在医学上的应用	63	3.4.3	针刺固结法	99
2	医用纺织品	64	3.4.4	缝编固结法	99
2.1	抗菌纺织品	64	3.4.5	射流喷网法	100
2.1.1	抗菌纺织品的加工	65	3.4.6	蒸汽喷网法	100
2.1.2	抗菌纺织品抗菌力评价法	66	3.5	非织造布的后整理与复合技术	100
2.1.3	抗菌纺织品的安全性	66	3.5.1	一般性整理	101
2.1.4	抗菌纺织品的应用	67	3.5.2	功能性整理	102
2.1.5	国内外抗菌纺织品的开发实例	68	3.5.3	非织造布的复合技术	103
2.1.6	展望	69	3.6	非织造布在医疗卫生上的应用	106
2.2	消臭织物	70	3.6.1	非移植用纺织品	106
2.2.1	消臭整理的机理	70	3.6.2	移植用纺织品	112
2.2.2	消臭织物后整理技术	71	3.6.3	保健用医用品	116
2.2.3	消臭织物的应用	71	3.6.4	卫生用非织造布	116
2.2.4	消臭效果的测试	71	4	医用橡胶材料	118
2.3	芳香织物	72	4.1	橡胶的性能	118
2.3.1	芳香剂的作用	72	4.2	橡胶的加工	119
2.3.2	芳香织物的生产方法	73	4.2.1	生胶的选用	119
2.3.3	影响微胶囊香精制品保 香期的因素	75	4.2.2	合成橡胶的原料	119
2.3.4	测定微胶囊香精及其制品保 香期的方法	76	4.2.3	硫化	119
2.4	药物保健织物	76	4.2.4	防护体系的选择	120
2.4.1	药物织物的概念	76	4.2.5	操作油体系的选择	121
2.4.2	药物织物的现状	77	4.2.6	补强填充体系及着色剂 的选用	121
2.4.3	药物织物的价值	78	4.2.7	软化剂和发泡剂的应用	121
2.5	防紫外线织物	79	4.2.8	生产工艺要求	121
2.5.1	防紫外线织物的制造	79	4.3	合成橡胶的分类	121
2.5.2	纺织品防紫外线效果的 影响因素	80	4.3.1	异戊橡胶	122
2.5.3	纺织品防紫外线效果的评价	81	4.3.2	顺丁橡胶	122
3	医用非织造布	83	4.3.3	丁苯橡胶	122
3.1	概述	83	4.3.4	丁腈橡胶	122
3.1.1	医用非织造布的应用概况	83	4.3.5	丁基橡胶和卤化丁基橡胶	122
3.1.2	非织造布的特点与优势	84	4.3.6	三元乙丙橡胶	123
3.2	非织造布的原料	84	4.3.7	氯丁橡胶	123
3.2.1	非织造布的纤维原料	85	4.3.8	再生胶	123
3.2.2	非织造布使用的黏合剂	86	4.3.9	甲基乙烯基硅橡胶	123
3.3	非织造布的成网技术	87	4.3.10	医用聚酯型聚氨酯橡胶	123
3.3.1	干法成网	87	4.4	橡胶在医疗上的应用	124
3.3.2	湿法成网	88	4.4.1	医药用密封橡胶	124
3.3.3	聚合物挤压成网	89	4.4.2	硅橡胶在医药上的应用	124
3.4	非织造布的固结技术	96	4.4.3	手套	125
3.4.1	化学黏合法	96	4.4.4	避孕用品	125
			4.4.5	胶管	126
			4.4.6	口腔手术用的口腔用胶	

乳薄膜.....	126	5.6.1 膜式人工肾.....	148
4.4.7 粘贴制品.....	126	5.6.2 血液透析器.....	149
5 医用膜材料	127	5.6.3 血液过滤器.....	150
5.1 膜分离科学与技术.....	127	5.6.4 血浆分离器.....	150
5.1.1 膜分离技术的发展概况.....	127	5.6.5 血浆过滤器.....	151
5.1.2 膜分离过程的特点.....	127	5.6.6 鲜血采浆器.....	151
5.1.3 膜的分类.....	128	5.6.7 血液浓缩器.....	151
5.2 膜的分离机制.....	129	5.6.8 腹水处理装置.....	151
5.2.1 反渗透.....	129	5.7 中空纤维分离膜在医疗用水	
5.2.2 超滤.....	130	上的应用.....	152
5.2.3 微滤.....	130	5.7.1 普通水.....	152
5.2.4 纳滤.....	130	5.7.2 精制水.....	152
5.2.5 透析.....	130	5.7.3 灭菌精制水.....	152
5.2.6 电渗析.....	131	5.7.4 注射用水.....	152
5.2.7 气体透过膜.....	131	5.8 中空纤维分离膜在人工肺	
5.2.8 渗透蒸发.....	132	上的应用.....	153
5.2.9 液膜.....	132	5.8.1 肺的功能及人工肺的作用.....	153
5.2.10 气态膜.....	133	5.8.2 膜式人工肺的应用.....	153
5.3 膜的材料及分类.....	133	5.8.3 中空纤维氧交换膜式人工肺.....	153
5.3.1 纤维素.....	133	5.9 中空纤维分离膜在人工肝	
5.3.2 聚砜类.....	133	上的应用.....	154
5.3.3 聚酰胺类.....	134	5.9.1 人工肝原理.....	154
5.3.4 乙烯基类聚合物及其共聚物.....	134	5.9.2 人工肝组成.....	155
5.3.5 聚四氟乙烯.....	134	5.9.3 人工肝分类.....	156
5.4 膜的形状及制造方法.....	134	5.9.4 制作人工肝注意事项.....	156
5.4.1 膜的形状.....	134	5.10 中空纤维分离膜在其他方面	
5.4.2 膜的制造方法.....	134	的应用.....	156
5.4.3 影响膜性能的主要因素.....	136	5.10.1 中空纤维分离膜在人工膀胱	
5.5 中空纤维分离膜.....	137	上的应用.....	156
5.5.1 中空纤维膜的优点.....	137	5.10.2 中空纤维分离膜在人工胰腺	
5.5.2 膜的表征.....	137	上的应用.....	156
5.5.3 制备中空纤维膜的材料.....	138	5.11 其他形式的医用膜材料.....	156
5.5.4 中空纤维分离膜在医学		5.11.1 丝素蛋白.....	156
上的应用.....	138	5.11.2 医用壳聚糖膜.....	159
5.5.5 医用中空纤维膜及其制备.....	139	5.12 医用膜的展望.....	160
5.6 中空纤维分离膜在血液过滤		参考文献.....	160
方面的应用.....	148		

下篇 医用纺织防护用品

6 医用防护服装	164	6.2 医用手术服.....	168
6.1 医务人员面临的危险因素及防护.....	164	6.2.1 医用手术服与辅料的	
6.1.1 医务人员所面临的危险因素.....	164	发展历史.....	168
6.1.2 个体防护装备选配原则.....	166	6.2.2 非织造布手术衣.....	170
6.1.3 个体防护装备的分级原则.....	167	6.3 急救防护服.....	173

6.3.1 国内外急救防护服的 研究概况	173	7.3.4 医用口罩的过滤机理及材料	232
6.3.2 急救防护服的性能要求	176	7.3.5 医用口罩的结构设计	234
6.4 防护服用医用屏蔽织物	178	7.4 驻极超微细纤维高效滤材	
6.4.1 国外新型医用屏蔽织物的 开发现状	179	防护口罩	235
6.4.2 我国医用屏蔽织物的 发展现状	181	7.4.1 驻极超微细纤维高效滤材	235
6.4.3 医用屏蔽织物的性能 测试标准	181	7.4.2 驻极超微细纤维高效滤材的 结构与性能	236
6.4.4 医用屏蔽织物的分类	182	7.4.3 防护口罩结构	238
6.4.5 医用屏蔽织物的后整理	186	7.4.4 防护口罩的性能试验	239
6.5 可重复使用的医用多功能防护服	189	7.4.5 结论	239
6.5.1 可重复使用防护服面料	189	7.5 活性炭纤维防护口罩	240
6.5.2 可重复使用急救防护服的 结构设计	203	7.5.1 活性炭纤维的特性	240
6.6 医用一次性透气透湿防护服	205	7.5.2 活性炭、活性炭纤维在医疗防 护口罩中的应用	241
6.7 医用抗菌拒水隔离服	208	7.5.3 活性炭纤维防护口罩的 适用范围	242
6.7.1 医用抗菌隔离服面料的设计	208	7.6 一体化防护头罩	242
6.7.2 隔离服面料的染整加工	208	7.6.1 一体化防护头罩设计	242
6.7.3 医用抗菌拒水隔离服的设计	209	7.6.2 一体化防护头罩的技术关键 和创新点	243
6.7.4 隔离服性能评价	209	参考文献	244
6.8 抗菌内衣	209	8 医用防护手套	245
6.8.1 抗菌内衣面料的设计	209	8.1 手部的伤害与防护	245
6.8.2 抗菌内衣的染整加工	210	8.1.1 医护人员的手部伤害	245
6.8.3 抗菌内衣的设计	210	8.1.2 安全手套选用时必须考虑 的因素	246
6.8.4 抗菌内衣的性能评价	210	8.1.3 使用手套时的注意事项	247
参考文献	210	8.1.4 防护手套的保养维护	247
7 面部呼吸防护装备	212	8.2 防护手套的基本特性及标记方法	247
7.1 面部呼吸防护的要素及防护	212	8.2.1 防护手套的基本结构	247
7.1.1 突发公共事件中对面部 的伤害	212	8.2.2 防护手套的分类	248
7.1.2 日常生活中的危害	213	8.2.3 决定手套软化性能的 3个因素	250
7.1.3 面部防护	213	8.2.4 防护手套的分类标记代号	251
7.2 呼吸防护用品	215	8.3 防护手套的技术要求	252
7.2.1 呼吸防护用品的分类	215	8.3.1 防护手套的通用技术要求	252
7.2.2 几种常见的呼吸防护用品	217	8.3.2 几种典型防护手套的 技术要求	252
7.2.3 呼吸防护用品的选用原则和 注意事项	219	8.4 医用防护手套	254
7.3 医用口罩	221	8.4.1 医用防护手套的制备方法	254
7.3.1 口罩的发展历史及在危 害中的作用	221	8.4.2 改善天然胶乳手套抗撕裂 性能的方法	255
7.3.2 医用口罩的分类及特点	224	8.4.3 胶乳手套的防粘技术	258
7.3.3 医用防护口罩的技术现状	225	8.4.4 耐磨耐穿刺医用检查手套及	

外科手套.....	260
8.5 乳胶手套的蛋白质过敏问题.....	263
8.5.1 天然胶乳手套蛋白质 (EP) 的种类.....	264
8.5.2 过敏的种类、流行情况及与 EP 含量的关系.....	264
8.5.3 降低天然胶乳手套中 EP 含量 的方法.....	264
8.5.4 低过敏性高强度医用手套.....	266
参考文献	267
9 医用防护鞋	268
9.1 人脚的伤害与防护.....	268
9.1.1 引言.....	268
9.1.2 脚部伤害的分类.....	268
9.1.3 安全鞋靴的穿用范围.....	269

9.1.4 防护鞋靴的要求.....	270
9.2 防护鞋靴.....	270
9.2.1 防护鞋.....	270
9.2.2 运动鞋.....	272
9.2.3 医疗保健鞋.....	273
9.3 防护鞋的性能要求.....	273
9.3.1 鞋底的选择.....	273
9.3.2 鞋帮的选择.....	274
9.3.3 鞋后跟的选择.....	275
9.4 麻风病人防护鞋.....	276
参考文献	276

附录 NFPA 1999—1997 急救医疗手术 用防护服装	277
---	------------

上篇 医用纺织材料

0

引言

随着医疗手段和纺织工程的不断进步，纺织品材料在医疗行业中的应用越来越广。在1980~1990年间，美国医疗纺织产品年平均递增率为11%；1991~2000年，年增长率也达到10%左右；预计到2012年可达到12%左右。除了医疗防护服外，纺织品还以纤维和织物等形态应用于器官移植、血液过滤和外科敷料等方面。用合成纤维和天然纤维制成的机织物在生物学纺织品（biotextile）领域中能发挥一定的作用；非织造布材料的应用也证明，其不但效果良好，而且价格合理。

用于人体器官移植的纺织材料，按结构、材料成分、纤维表面性状和降解性能等进行分类。有关人造移植器官的主要问题是患者躯体对它的排异性。移植用的生物纺织品要有足够的机械强度和良好的生物相容性（biocompatibility）。测试生物相容性可用以评估器官移植宿主（host）对该医疗纺织品的反应，应利用测试结果对移植的危险性和疗效作出判断。

0.1 纺织品用原料的特性

生物材料（biomaterial）这个术语的定义是：用于和血液、组织、细胞、蛋白质等任何活性物体（living substance）接触的材料。生物材料主要包括医用金属及合金、医用高分子材料、生物陶瓷，以及它们结合而成的生物医学复合材料。其中高分子材料又可分为非降解型（如聚乙烯、聚丙烯、聚丙烯酸酯、聚硅氧烷、聚甲醛等）、可生物降解型（如胶原、甲壳质、纤维素、聚氨基酸、聚乙烯醇、聚乙内酯等）两大类。

0.1.1 医疗用材料的特性

对生物医用材料的主要性能要求是无毒性，即不会引起发热，无过敏反应，不致癌；可以经受消毒处理，如辐射、环氧乙烷气、干热和煮沸消毒；机械性能好，如强度、弹性、耐用性；以及具有生物相容性，包括生物惰性（bioinert）和生物活性（bioactive）。假如移植材料进入人体后会引起发烧、慢性炎症、过敏反应、致癌或致畸，那么就认为这种材料具有毒性。

医疗用纺织品材料有纤维、纱线（单丝或复丝）、织物（机织、针织、非织造布）和复合材料。对医用纺织品的主要要求，随用途而有所不同，大体有吸收性、强度、挠曲性、柔软性、长期生物稳定性或生物降解性。医疗用纺织品可以是天然的或合成的、生物

降解的或非生物降解的材料。

棉花和蚕丝是医疗纺织品中用得最为普遍的天然纤维材料,它们和再生纤维素纤维(黏胶纤维)广泛用于非移植性材料和保健/卫生用品。人造材料应用于医疗纺织品的有聚氨酯纤维、聚酰胺纤维、聚丙烯纤维、聚四氟乙烯(PTFE)纤维、碳纤维和玻璃纤维。

还有一些特种纤维用于医疗纺织品,如从牛皮中提取的胶原(collagen),系生物可降解材料,它是一种蛋白质,可以做成纤维状或水凝胶状(明胶)。胶原纤维可用作缝合线,其强度和蚕丝相当。水凝胶是由5%~10%的胶原水溶液交联制成。由昆布属海藻制成的海藻酸钙纤维(calcium alginate fiber)对伤口愈合很有效,该材料无毒,且能被生物降解。甲壳质(又称甲壳多糖, chitin)是从昆虫皮质、蟹壳、大螯虾壳中提炼得到的聚糖,其制成的纤维以及织物系相对非凝血酶原材料,能为人体吸收,且具有良好的愈合特性。甲壳质非织造布用作人造皮肤敷料,它和人体结合良好,可刺激新肤生长,加快愈合,减轻痛苦。甲壳质经碱处理得到壳聚糖(chitosan),能纺成长丝,用于缓慢释放膜。用聚乳酸和聚半乳酸类物质可制作缝合线。

0.1.2 生物(可)降解性和生物(可)吸收性

生物医疗纤维可按其生物降解性(biodegradability)进行分类。移植材料植入人体后,经2~3个月或稍长的时间,能被人体吸收的看作是可降解生物材料,如聚酰胺、某些聚氨酯、胶原和海藻酸盐。虽然棉花和黏胶材料也能生物降解,但这类材质不用于移植。聚酯、聚丙烯、聚四氟乙烯(PTFE)和碳纤维等材料不能被人体吸收,看作是非生物降解材料。

生物可降解材料和生物可吸收材料一般统称为生物可吸收材料,这些材料能在人体内分解,分解后的生成物通过人体代谢作用排出体外。这些材料有时用来暂时代替人体某些器官。用于医疗的生物可吸收聚合物有可吸收性外科缝合线、人造皮肤、黏结剂和关节、药物输送体系(DDS)以及生物杂化器官(biohybird)。

聚合物材料的生物吸收过程分两个阶段:分解和吸收。分解时,主链键断裂,分子量减小,生成无毒的单体化合物和低聚物。分解时有的需要酶,有的不需要酶,这取决于聚合物的特性。需特种酶反应而分解的聚合物称为酶可降解聚合物;而毋需特种酶作用只要接触体液就能水解或氧化而分解的称为非酶化可降解聚合物。根据定义,仅仅通过酶作用即可降解的聚合物称为“生物可降解”聚合物。在吸收阶段生成的产物由生物过程使其成为无害性物质,由肾和汗腺排泄出去。除了生物可降解性外,生物可吸收材料还要满足另外一些要求,如生物相容性、机械强度和化学性能,并且必须是不带毒性。其降解和吸收速度应该与生物组织器官的愈合速率相匹配,但各种人体生物组织的愈合速率又是大不相同的,例如皮组织约需3~10天,内脏器官需1~2个月,而坚实的组织需2~3个月,大器官的再生至少要6个月。生物可吸收移植材料应该在生物组织完全治愈前能够维持其机械性能和功能,当生物组织完全愈合后,植入材料又必须尽快降解而被吸收,以减少其副作用,因此了解这些材料的生物可降解性能甚为重要。影响可降解性的因素有材料的化学结构、结晶性、亲水性/疏水性平衡、外形和形态结构。

0.1.3 血液相容性

生物医疗材料必须具有血液相容性(blood compatibility),特别是和血液接触的器材,例如人造心脏、人造血管以及血液净化装置、血液导管等。所谓某种材料的血液相容性好,是指不会形成血栓,即血液不会在血管中凝块。长期使用的材料,除了要防止血栓

外,还应不会改变血浆蛋白,不破坏酶,不使电解质减损,不损害免疫功能,不损坏相邻组织,不致癌,不带毒性,不会引起变态反应或破坏血液的细胞基本组分(如红细胞、白细胞和血小板)。虽然已经有若干种材料成功地利用于和血液打交道的场合,但直至今日,尚未发现真正的能和血液完全相容的聚合物。

聚氨酯和聚氨酯脲由于其血液相容性和力学性能良好,常用于主动脉结构。杜邦公司开发的弹性纤维 Lycra 是嵌段聚氨酯材料,具有优良的物理性能和生物学性能,但不易溶解,难以用于制造复杂的医疗器材。由亚甲基二醇和聚丙二醇或聚丁二醇可以制备较易溶解的嵌段聚氨酯材料。

碳纤维具有良好的血液相容性,适宜用于坚实结构,但不适用于薄的或需弯曲的结构。复合形式的微细旦纤维,通常和血液相容,形成活性表面。典型的微细旦纤维有聚酯纤维和聚丙烯纤维,其他还有聚四氟乙烯纤维,用作人造动脉和人造静脉分流管以及分流管顶部体。聚乙烯材料通常用作管材,输送血液和作为血管内导管。

0.2 医用纺织品的分类

根据应用领域,医疗用纺织品可分为如下三类。

0.2.1 外科用纺织品

移植用纺织品,如缝合线、血管移植物、心脏瓣膜及修复用织物、人造关节、疝修补织物、外科用增强网材、纤维性骨板等。非移植用纺织品,如绷带、伤口敷料、膏药布等。

0.2.2 体外装置用纺织品

如人工肾、人工肝、人工肺等。

0.2.3 保健和卫生用品

如床上用品、防护服、外科手术大衣、揩拭布等。

对于移植用纺织品的生物学要求根据特定应用场合而定,但一般说来,应具有如下特点。

① 具有一个适应人体细胞的表面,使其易于结合生长。

② 多孔性,它决定组织生长情况以及把植入物包住的速度快慢,植入物材料必须有足够的孔隙。

③ 纤维直径,一般应小于其所黏附的细胞,虽人体组织能够包住比纤维粗得多的物体,但包住细的圆形纤维总比包住粗的不规则纤维为优。

④ 生物可降解性和生物(学)稳定性,随应用场合而定。

⑤ 无毒性,纤维聚合物本身以及制作过程一定不能有毒性,纤维不能被污染。

植入材料一定要适应具体应用场合的力学性能要求。生物相容性要求指生物纺织品和宿主的相互作用必须按可控和可预期的方式进行。除上述各项要求以外,生物材料务必不能有损于血液细胞或产生破坏性血液凝块,例如骨骼和牙齿等硬实组织的主要功能是承受载荷;而含胶原质较多的组织(如皮肤、腱和软骨)的功能也是承载负荷;弹性组织(如血管、颈背韧带和肌肉等软性组织)承受较小的交变载荷便会产生较大变形。采用纺织品植入材料的还有腹壁、动脉、生物杂化器官(biohybird organ)、骨骼、心瓣膜、心壁、髋关节、韧带、腱、气管和静脉等。

1

医用功能纤维

纤维本身具有医学相关应用特色的一类纤维称作医用功能纤维。采用医用功能纤维是医用纺织品的一大进步。凭借这类纤维，医用纺织品提高了功能性，扩大了应用面，开发出了全新的产品。按照不同的医用功能，医用功能纤维可分为以下几类：

- (1) 卫生功能性纤维 如抗菌纤维、消臭纤维、高吸水性纤维；
- (2) 保健功能性纤维 如芳香纤维、磁性纤维、发热纤维、远红外线纤维、防紫外线纤维；
- (3) 生物功能性纤维 如生物吸收性纤维、生物稳定性纤维、生物亲和性纤维；
- (4) 防辐射纤维、药物纤维、光导纤维。

医用功能纤维的技术开发，不仅选择性地使用了传统的纺丝技术，而且充分地利用了生物、化工领域的最新成果。技术方法有以下几种。

- (1) 采用新型材质进行纺丝。
- (2) 采用后整理技术。
- (3) 采用化学改性的方法 化学改性包括基质改性和表面改性两方面内容。基质改性是使纺丝聚合物和功能组分进行共聚而生成一种功能共聚体，然后再进行纺丝。表面改性是在化纤成纤后对纤维进行化学处理而完成的。
- (4) 采用共混纺丝技术 共混纺丝技术是一种物理改性方法，其工艺是向纺丝原液中掺入功能剂和分散剂，均匀混合纺成纤维。
- (5) 采用复合纺丝技术。

1.1 抗菌纤维

人们在日常生活中最不可缺少的是服装，而在穿着各式服装的过程中，尤其是内衣织物会被沾污很多汗液、皮脂及其他各种人体分泌物，外衣也会被环境中的污物所沾污。这些污物尤其在高温潮湿的条件下，成为各种微生物繁殖的良好环境，可以说是各种微生物的营养源，致使病菌在内外衣上不断繁殖。人体被细菌感染后还可导致皮炎及其他各种传染病的发生。

1.1.1 国内外抗菌纤维的开发概况

纺织品的抗菌防臭整理已有近百年的历史。20 世纪 50 年代至 60 年代，美国已实现

卫生整理纺织品的工业化生产,70年代末、80年代初,日本的抗菌防臭纺织品进入了较快的发展阶段。国际上也开始出现通过化学纤维的高分子结构改性和共混改性方法生产抗菌防臭织物,如日本蚕毛染色公司用染色方法生产抗菌织物;日本旭化成公司采用银离子在纤维中分散的方法生产抗菌织物;日本钟纺公司采用银、锌、铜等金属离子复合技术生产抗菌织物;日本大和化学工业公司以 *N*-苄基-*N,N*-二甲基-*N* 烷基氯化铵为主要成分生产抗菌织物等。

国内在抗菌纤维的开发方面,起步不晚,但品种开发和产业化的程度不高。最早开发成功的是原中国纺织大学的 AB 抗菌纤维,其本质是通过高分子的化学反应在聚丙烯腈(PAN)纤维上接枝两个具有协同效应的基团,使纤维具有抗菌功能。在实现的方式上,早期还是将织物通过湿法处理(借助于染整设备)进行接枝。AB 抗菌产品在 20 世纪 80 年代末、90 年代初曾占据国产抗菌纺织品的绝大部分市场份额。AB 抗菌产品因含铜离子而使产品带有特定的蓝绿色,在应用上受到许多限制,而在层出不穷的新产品竞争中处于劣势。以化学处理方式赋予真丝纤维抗菌功能的研究成果近年也偶见报道。有关稀土离子在抗菌纺织品开发中的应用曾有一些连续的报道,但因耐久性效果不太理想,而只能用于一次性的医用敷料。

随着日本多家公司采用以含银沸石为主,通过共混熔纺方法制取抗菌纤维并形成产业化开发以来,相关技术迅速传入我国,许多高校、研究院所以及企业采用进口含银沸石迅速开发出不少聚丙烯(PP)纤维和聚对苯二甲酸乙二醇酯(PET)抗菌纤维系列产品。与此同时,以中国科学院相关研究机构为核心建立的多家以纳米材料开发为宗旨的企业纷纷推出各种具有抗菌功能的超细添加剂材料,使国产抗菌纤维开发的面迅速扩大;但由于在纺丝工艺、抗菌剂颗粒度及均匀度、产品价格和市场推广等多方面尚存在诸多问题,实际实现产业化生产抗菌纤维的格局尚未形成。1998 年,上海市合成纤维研究所首次推出采用有机抗菌添加剂、以共混熔纺方式生产抗菌丙纶的研究成果,并在此基础上,将此项技术逐步推广到抗菌涤纶(PET)纤维和抗菌锦纶(PA)纤维。2000 年,东华大学成功地通过熔融缩聚方法合成了聚亚己基胍盐酸盐(PMGC)和聚亚己基双胍盐酸盐(PHB-GC)抗菌剂,并在此基础上首次以沉淀反应合成了聚亚己基胍硬脂酸盐(PHCS)和聚亚己基双胍硬脂酸盐(PHBGS)两种抗菌剂,并将其运用于抗菌细旦丙纶的共混熔融纺丝。

1.1.2 抗菌机理

抗菌剂的抗菌机理归纳如下:

- ① 使细菌细胞内的各种代谢酶失活,从而杀灭细菌;
- ② 与细胞内的蛋白酶发生化学反应,破坏其机能;
- ③ 抑制孢子生成,阻断 DNA 的合成,从而抑制细菌生长;
- ④ 极大地加快磷酸氧化还原体系,打乱细胞正常的生长体系;
- ⑤ 破坏细胞内的能量释放体系;
- ⑥ 阻碍电子转移系统及氨基酸转酯的生成;
- ⑦ 其他。

常用抗菌剂的作用机理见表 1-1。

抗菌剂对微生物的抗菌作用主要是通过两方面的途径实现:①抑制微生物生长繁殖,

表 1-1 常用抗菌剂的作用机理

抗 菌 剂	作 用 机 理
季胺盐类	细胞膜和细胞壁的损伤,酶蛋白的变性
卤素类	酶蛋白和核蛋白的 SH 基的氧化、破坏
银	阻碍电子传递系统,损伤细胞膜,并与 DNA 反应
两性界面活性剂	损伤细胞膜
甲醛	酶蛋白其他活性基的还原反应,凝固、变性作用
环氧衍生物类	与核酸成分反应
醇类	蛋白质的变性,溶菌,阻碍代谢机能

使微生物数量增加速度降低;②杀灭微生物个体,降低体系中微生物绝对数量。针对生物个体,抑制微生物生长繁殖指在抗菌剂作用下微生物个体生长受阻,即只能维持个体生存,而不能进一步生长发育繁殖,使体系微生物数量无法增加,因此抗菌剂抑制微生物增长繁殖作用也叫静菌作用。由于抗菌剂和微生物体中蛋白质等生命分子相互作用,导致微生物个体不能维持正常生理活动而死亡的过程是抗菌剂杀灭微生物个体的过程,该过程也称为杀菌过程。抗菌剂对体系微生物的抗菌作用都是通过静菌作用和杀菌作用来实现的。

多年来,医学界对微生物适应潜在毒性的能力已有认识。未达到致命剂量的抗菌剂会残留在细菌体内,当这些细菌中毒症状消失后,这些暴露细菌可能会产生遗传基因的突变,从而产生抗药性,这些细菌繁殖的后代将不再受该种化学物质的影响。这一现象引起了医药界和食品行业的强烈关注。抗菌剂也可能渗入皮下和(或)可能引起皮疹和其他皮肤过敏。所以在选择抗菌剂时也必须认真考虑这些问题。

1.1.3 常用的抗菌剂

理想的抗菌剂必须是低毒性的,不能引起皮肤过敏或损伤;抗菌剂不能给纺织品性能和外观带来负面的影响,必须与通常的纺织品加工相容;抗菌效力必须对重复的水洗具有耐久性。

制造抗菌纤维与进行抗菌后处理所用的抗菌剂大致相同,只是后处理法可以用反应性树脂或吸附法来固定抗菌剂,而制造抗菌纤维则主要是将抗菌剂分散于纺丝液中,但纺丝与后处理相结合的方法除外。因此随纤维材质和抗菌剂赋予方式的不同,适用的抗菌剂也有所不同。目前纺织用的抗菌剂主要有以下几种。

抗菌整理剂的特殊活性对微生物的细胞、新陈代谢或细胞核内基因组织(genome)的作用是多种多样的。必须指出,明确抗菌织物所采用的具有抗菌活性的物质(antimicrobials)和人类用于治病的抗生素药物(antibiotics)之间的区别是十分重要的,不可混淆。

1.1.3.1 无机化合物

无机二氧化钛(TiO_2)为光催化剂(或称光触媒)。纳米级的二氧化钛处在一定的空气湿度条件和阳光(或紫外光)的照射下,能够自行分解出强还原性带负电荷的电子(e^-)和强氧化性的带正电荷的空穴(h^+)。它们激活材料表面吸附的氧和水分,产生活性羟基自由基($\cdot\text{OH}$)和过氧阴离子自由基($\text{O}_2^{\cdot-}$),它们的活性除可以杀死细菌外,也可将甲醛、氨、苯、二甲苯、二氧化硫、氮氧化物等有害气体和有机物分解,实现抗菌和净化空气、净化水的作用。为克服二氧化钛只在紫外线存在的条件下才有杀菌作用的限制,可将二氧化钛和纳米银系结合与高聚物共混制成双料抗菌纤维,抗菌广谱,效果

持久。

1.1.3.2 金属化合物

以银、铜、锌和汞等为主的无机系复合金属化合物能抑制微生物酶的活性和抑制代谢作用。其中无机纳米银系化合物优点最多,采用最广。纳米银系抗菌剂一般是以沸石为载体,通过离子交换将银离子(Ag^+)分散吸收在沸石的三维结构中;还有以磷酸铝/磷酸铝钠的二维结构为载体吸收的无机纳米银系抗菌剂。它们可以制成微粉,与高聚物共混纺丝制成抗菌纤维和抗菌母粒,也可以制成液态抗菌整理剂。纳米级的银离子具有很强的抗菌活性,当微量的银离子与细菌等微生物接触时,银离子穿透细胞壁进入细胞内,与蛋白酶的巯基($-\text{SH}$)反应,使蛋白质凝固,破坏合成酶的活性,使细胞丧失分裂增殖能力;银离子还能破坏微生物电子传输系统、呼吸系统和物质传输系统,使菌体很快失去活性而消亡,无耐药性。当菌体死亡后,银离子又会从菌体中游离出来,重复进行杀菌,抗菌广谱,效果持久,对医院空气传播的细菌、酵母菌、真菌和霉菌有杀灭功效。

1.1.3.3 季铵盐类化合物

(1) 季铵盐 季铵盐系化合物(quaternary ammonium compounds, QACs)是指脂肪族季铵盐或聚烷氧基三烷基氯化铵。季铵盐化合物是最常用的抗菌剂,由于其与纤维的结合力差,应与反应性树脂并用,以提高其耐久性,主要应用于100%聚酯纤维织物。季铵盐具有抗菌活性,是因为细菌一般带有负电荷,而季铵盐中的氮原子带正电荷,二者相互吸引,可导致细菌细胞中酶的代谢功能失调,使其丧失呼吸功能而失活,其抗菌机理属于“触杀”。但对芽孢菌、真菌和病毒的抗菌效果差。日本可乐丽的 Saniter 和日清纺的 Peachfresh 就是季铵盐与反应性树脂同浴整理而成的商品。

(2) 有机硅季铵盐类 有机硅烷季铵盐化合物属阳离子型抗菌剂,主要成分是3-(甲氧甲硅烷基)丙基二甲基十八烷基氯化铵(3-trimethoxysilylpropyldimethyloctadecyl ammonium chloride),其中的三甲氧甲硅烷基有机硅烷有偶合性,二甲基十八烷基氯化铵有杀菌性。一般的季铵盐极易从织物中溶出,不仅能杀死有害细菌,也可杀死皮肤表面的其他微生物,这样就破坏了人体的微生物平衡;何况有些季铵盐是水溶性的,耐洗性差。为此,须采用憎水性和表面活性强的有机硅烷系季铵盐,最好是含有甲氧基的,当抗菌剂的阳离子型溶液浸渍或浸轧纤维时,其三甲氧甲硅烷基与纤维表面上的羟基发生脱醇反应,使抗菌剂通过共价键固着于纤维表面;同时有机硅接枝聚合在纤维表面形成薄膜,实现耐洗性和抗菌持久性。其抗菌机理与季铵盐类抗菌剂类似,但抗菌谱更广,对革兰阳性细菌(如金黄色葡萄球菌、链球菌等)、革兰阴性细菌(大肠杆菌、肺炎杆菌等)和真菌(绿脓毛癣菌、橘青霉、黑曲霉等)有很好的抗菌作用。经100次以上洗涤、高温高压处理及紫外线照射,抗菌效果基本不变;对人体安全,无副作用。此抗菌剂已被美国环境保护局(EPA)认可,也符合日本、西欧关于家庭用品含有害物质的有关限制规定,可用于含棉、麻、丝绸、羊毛等天然纤维和涤纶、尼龙(锦纶)、黏胶等化学纤维及其混纺织物的抗菌整理。美国道康宁公司的 DC-5700 抗菌剂就属于这一类,其活性成分的学名为3-(三甲氧基硅烷基)丙基二甲基十八烷基氯化物,具有耐久性、安全性好及广谱抗菌的特点。

1.1.3.4 胍类

双胍系抗菌剂(biguanides),如聚六亚甲基双胍盐酸盐(PHMB)等,可作整理剂或直接混入尼龙高聚物混纺。它对细菌的活性较强,而对真菌的活性和防霉效果较差,耐