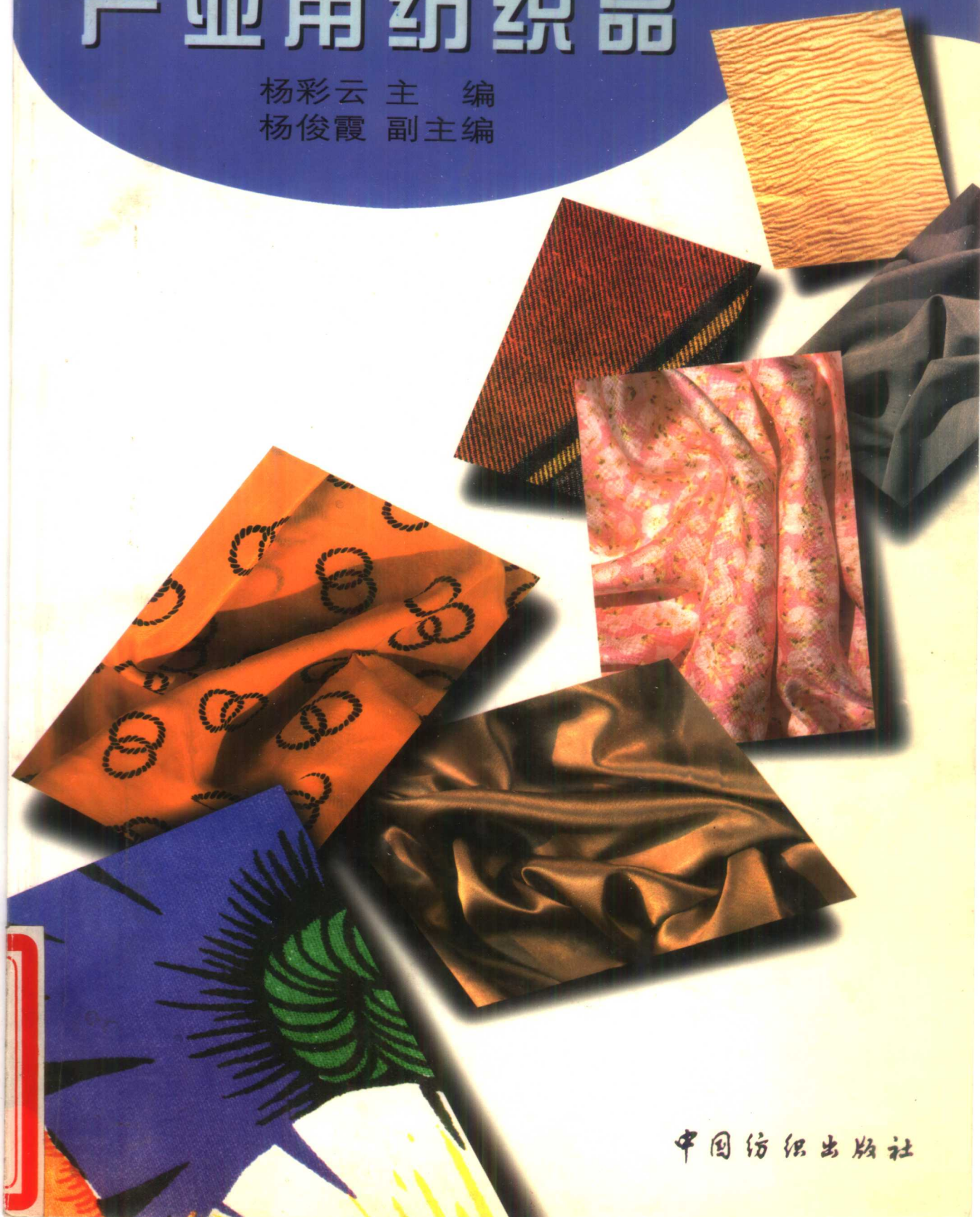


纺织产品开发丛书

产业用纺织品

杨彩云 主 编
杨俊霞 副主编



中国纺织出版社

纺织产品开发丛书

产业用纺织品

杨彩云 主编
杨俊霞 副主编

中国纺织出版社

内 容 提 要

本书是《纺织产品开发丛书》中的一册。

本书简明通俗地介绍各种产业用纺织品,包括土工布、各类防护用品、医用纺织品、农业栽培和渔业水产用材料、航空航天用纺织材料、过滤材料等的常用纤维材料、加工技术、分类及特点性能、作用原理、测试指标、用途等。

本书可作为高等纺织、服装学院选修课教材,以扩大学生的知识面。也可供纺织行业科技人员阅读,以拓宽思路,开发品种。还可供全国各行业的采购人员在选购产业用纺织品时阅读。

图书在版编目(CIP)数据

产业用纺织品/杨彩云主编. —北京:中国纺织出版社,1997
(纺织产品开发丛书)

ISBN 7-5064-1374-4/TS·1163

I. 产… II. 杨… III. 纺织品,产业用-手册 IV. TS106

中国版本图书馆 CIP 数据核字(97)第 21260 号

中国纺织出版社出版发行

北京东直门南大街 4 号

邮政编码:100027 电话:010—64168226

中国纺织出版社印刷厂印刷 各地新华书店经销

1998 年 1 月第 1 版 1998 年 1 月第 1 次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:8.5

字数:206 千字 印数:1—3000

定价:15.00 元

前 言

近年来,产业用纺织品无论在国内还是在国外都有很大的发展,将越来越受到重视。这是由于产业用纺织品的生产已经作为各行各业生产资料的生产,它的生产状况直接影响其他行业的生产水平,而其他行业的发展又将推动产业用纺织品的技术进步。目前,世界各国的产业用纺织品无论在数量品种上,还是在质量上都有很大的发展潜力。在我国,纺织行业需调整产业结构,因此,发展产业用纺织品有着广阔的前景。

产业用纺织品涉及的面广,其开发应用的历史还不长,应用方式也千差万别。在这里,我们将一些比较成熟的产业用纺织品介绍给大家,供各行各业的技术人员及院校师生阅读。

本书绪论、第一、第二、第九章和第四章的第九节由杨彩云编写,第三章由郑天勇编写,第四章的第一~第八节由李文璋、张国利编写,第五章由赵家祥编写,第六章由荆妙蕾、夏秀丽编写,第七章由杨俊霞、夏秀丽编写,第八章由郝志坚编写。

由于编者水平有限,书中错误和缺点在所难免,恳请读者批评指正。

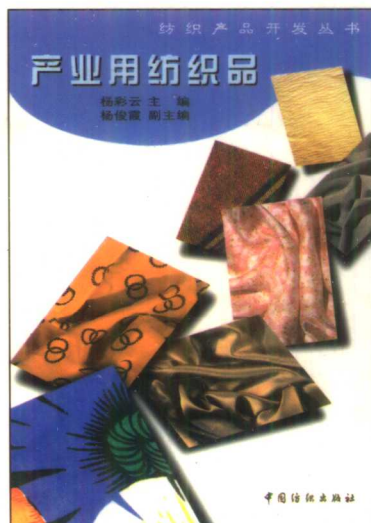
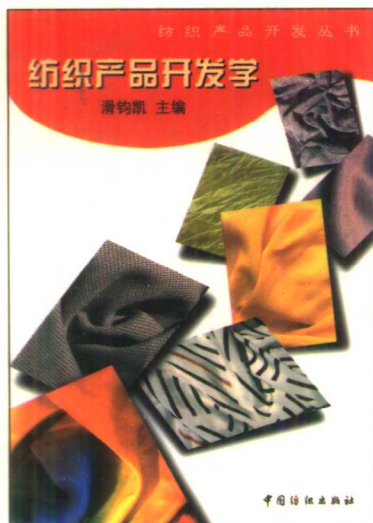
编 者

1996年7月

责任编辑：丁桂玉

封面设计：李 强

纺织产品开发丛书



ISBN 7-5064-1374-4



9 787506 413749 >

定价：15.00 元

目 录

绪论	(1)
第一章 产业用纤维概述	(4)
第一节 产业用纤维分类	(4)
第二节 产业用普通纤维性能	(5)
第三节 产业用高技术纤维	(7)
第二章 产业用纺织品概述	(15)
第一节 产业用纺织品的结构与加工技术	(15)
第二节 产业用纺织品的后加工技术	(21)
第三章 土工布	(31)
第一节 土工布的概况	(31)
第二节 土工布的分类、性能要求	(34)
第三节 土工布的测试指标、方法及常用土工布规格	(38)
第四章 防护用品	(45)
第一节 概述	(45)
第二节 热防护织物	(45)
第三节 电磁辐射防护织物	(49)
第四节 静电防护织物	(51)
第五节 防寒织物	(55)
第六节 防水透湿织物	(56)
第七节 防毒织物	(58)
第八节 防弹织物	(61)
第九节 阻燃织物	(63)
第五章 医用纺织品	(69)
第一节 医用纺织品概述	(69)
第二节 医疗用纺织品	(72)
第三节 护理用纺织品	(76)
第四节 保健织物	(77)
第五节 人工假体	(79)
第六节 医疗装置	(82)
第六章 农业栽培和渔业水产用材料	(84)
第一节 农业栽培用材料	(84)
第二节 渔业水产用材料	(87)
第七章 橡胶骨架材料与包装材料	(91)

第一节 橡胶骨架材料	(91)
第二节 包装材料	(97)
第八章 航空航天用纺织材料	(101)
第一节 概述	(101)
第二节 降落伞用纺织材料	(101)
第三节 个体防护装备用纺织材料	(107)
第四节 其他航空装备用纺织材料	(112)
第九章 过滤材料	(113)
第一节 概述	(113)
第二节 过滤材料的性能要求及测试	(114)
第三节 纺织滤材纤维原料的选择	(115)
第四节 过滤材料的结构及常见品种	(118)
参考文献	(126)

绪 论

一、产业用纺织品的分类和特点

纺织品按最终用途可分为三大类,即服用、装饰用和产业用纺织品。产业用纺织品应用面很广,在工业、农业、渔业、交通运输、医疗保健、文体用品、石油、化工、国防宇航、尖端科学、城市建设、食品加工等各行各业中均有应用。

产业用纺织品划分为十六大类,即:

1. 农业栽培用纺织品;
2. 渔业和水产养殖用纺织品;
3. 土工织物;
4. 传动、传送、通风等管、带、轮胎的骨架纺织品;
5. 篷盖布、帆布;
6. 工业用呢、毡、垫等;
7. 产业用线、带、绳、缆;
8. 革、毡、瓦等的基布;
9. 过滤材料及筛网;
10. 隔层材料及绝缘材料;
11. 包装材料;
12. 各类劳保、防护用材料;
13. 文娱、体育用品的基布;
14. 医疗卫生及妇婴保健材料;
15. 国防工业用材;
16. 其他。

由分类可以看出,产业用纺织品门类多、范围广。在十六大类的每一类中,都包括很多品种,如各类劳保、防护用材料一类中,防辐射织物、防静电织物、防寒织物、防毒、防化学腐蚀织物、防弹织物、阻燃织物等都属于这一类。目前,我国的产业用纺织品有上千个品种。

产业用纺织品与服用、装饰用纺织品不同,后者属于消费领域,前者属于生产资料领域,产业用纺织品的生产是生产资料的生产。服装粘合衬是服装生产的必备生产资料,农用丰收布是农业生产中的生产资料。

产业用纺织品的外观形态多种多样。服用、装饰用纺织品一般以片状形态,即由纱线编织而成的布面为消费者所使用。产业用纺织品既可以纤维形态投入使用,如通讯用的光纤、过滤用的中空纤维,也可以线、绳结构直接使用,如缝纫线、麻绳等,也可以片状形态投入使用,如蒸呢布、帆布,还可以三维形态投入使用,如土工模袋布、消防水龙带等。

产业用纺织品不管是机织物、针织物、编织物,还是非织造物,其最终产品,绝大部分都要经过涂层、层压或复合处理,这样,才能更好地发挥产品特性,弥补中间产品的各种缺陷。这些

缺陷通常是:不防水、不阻燃、不拒油、不防霉、不耐腐蚀、不抗辐射、不保温隔热、不够厚、缺乏整体性、稳定性差或缺乏多种功能等。

产业用纺织品所用原料比服装用及装饰用原料范围要广泛。产业用纺织品所用原料,除服装用及装饰用纺织品所用的原料外,还大量使用一些特殊的原料,如碳纤维、玻璃纤维、芳纶纤维、钢丝、铜丝等。产业用纺织品既能展示和应用由科技进步带来的高新技术,又能促进各行各业的科技进步,它具有跨学科与高技术的特点。由碳纤维复合材料制成的飞机蒙皮,可大大减轻飞机的自重,从而增加其载重量。人造血管使病人起死回生。在混凝土中加入芳纶纤维用于上海东方明珠电视塔,可使塔身重量减轻,结构稳定。可以说,产业用纺织品与当今高科技领域息息相关。

二、产业用纺织品的地位和发展概况

近 20 年来,产业用纺织品作为生产资料的生产倍受世界各国重视。世界上工业发达国家的产业用布几乎占三大产品总量的 1/3,如日本占 33%,美国占 25%,西欧占 16%,而我国只占 11%。预计到 2000 年,产业用布比例还将增加,日本将占 36%,美国将占 30%,西欧由现在的 16%提高到 22%。

我国产业用纺织品的发展,已经历了较长时间。原纺织工业部在 1984 年提出了发展服装、装饰、产业用三大领域的纺织品,并将商业统购统销的劳保用布、工业用布及公共用布三项划为产业用纺织品;次年在扬州召开了第一次产业用纺织品工作会议。1995 年 11 月,中国纺织工程学会产业用纺织品专业委员会在北京主办第一届产业用纺织品学术年会,1996 年 12 月又在无锡主办第二届产业用纺织品学术年会。为进一步提高我国产业用纺织品的生产技术水平 and 产品档次,使广大产业用纺织品的生产和使用部门全面了解我国产业用纺织品的发展规划。

目前,我国从事产业用纺织品生产的厂家和车间多达 1200 余个,产值近 100 亿元,加工手段也比较全面,包括机织、非织造、针织、编织等。这些厂家大多为中小型企业,且起步较晚,其产品按十六大类分类,类类都有。但总的来说,大部分的产业用纺织品仍属于普通产品,档次不高。当前,我国产业用纺织品领域尚存在以下一些问题有待解决。

1. 产业用纺织品的主要原料仍是棉,而化纤仅占 34%,但发达国家的化纤则占 90%以上。在我国供服用的化纤品种和规格较多,而适合于产业用的化纤品种和规格则较少,尤其是一些国产的高技术纤维和高性能工业用丝,质量不稳定,水平低,价格又偏高,既影响产品的档次,又难于与国外同类产品竞争。

2. 大部分生产产业用纺织品的企业,设备陈旧,工艺技术落后,产品质量差。虽一部分企业经过改造,引进设备,能达到 20 世纪 80 年代国际水平,但进入 90 年代又拉开了与国际先进水平的差距。

3. 缺乏精通产业用纺织品业务的管理人员及具有较广科技知识、掌握较新高科技原理和能进行新产品设计、仿制和生产的技术人员。

4. 信息传递慢,对市场的发展趋势、市场需求的信息报导少,缺乏宏观指导,生产上有一定的盲目性。

三、国际上产业用纺织品的发展趋势

1993 年世界产业用纺织品的产量达 170 亿平方米。它在整个世界纺织行业中所占的市场

份额在 25%~30%，专家预计到 90 年代后期将上升到 35%~40%，至 2000 年将达到 50%。国际上一些发达国家的产业用纺织品的发展趋势有下列一些特点。

1. 产量迅速增长，尤其在市场渗透率低的一些品种上有较大的增长。表 1 为西欧的部分产业用纺织品市场份额和市场渗透率。

表 1 西欧的部分产业用纺织品市场份额及市场渗透率

品 种 分 类	市 场 份 额 %	市 场 渗 透 率 %
医疗卫生用品	22	90
包装用品	20	95
绳网等	15	95
交通运输用	18	30
土工织物	12	60
工业用织物	5	20
过滤织物	3	10
军用织物	2	20
防护用织物	2	15
复合织物	1	10

从表 1 可以看出，医疗卫生用品的市场份额虽大，但市场渗透率也大，已趋于饱和，所以不可能大幅度增产。而过滤用织物、军用织物、工业用织物、防护用织物、复合织物，则大有发展潜力。

2. 高新技术产品开发活跃。目前，美国、德国、日本和我国的台湾省在开发高新技术产品方面十分活跃，在开发的七大类纺织品中，就有六大类属于产业用纺织品（宇航、汽车等机动车用纺织品，农用、环保地质用纺织品，建筑用纺织品，工业用纺织品，医学用纺织品，安全防护用纺织品）。特别在开发土工布、过滤布、防护材料、火箭导弹、隐形飞机的结构材料等方面，有力地配合了各行业的科技进步与发展。

3. 高性能化纤已成为产业用纺织品的主要原料。目前，在美国产业用纺织品的原料结构中，化纤约占 90%，高性能化纤如高强丝、碳纤维、超细纤维、聚四氟乙烯纤维等越来越被广泛采用。

4. 产业用纺织品的应用领域向空间、海洋及生物领域扩展。最近，美国以高功能化纤等组成的复合产品用于航空航天领域的有 140 万吨，每年以 20% 的速度增长。为开发新能源，将在 2000 年以后从海水中提取铀。据专家估计，铀的储量高达 5 亿吨，所以高效吸附材料将大批投入应用。随着抗菌纤维、仿生纤维等的开发，产业用纺织品的应用也将进入生物技术领域。

第一章 产业用纤维概述

产业用纺织品的品种日新月异,作为产业用纺织品的纤维材料已从普通纤维向高技术纤维扩展。用于制作产业用纺织品的纤维种类越来越多,产业用纺织品在国民经济中正在发挥越来越重要的作用。

第一节 产业用纤维分类

一、天然纤维

天然纤维按其属性可分为植物纤维、动物纤维和矿物纤维三类。

(一)植物纤维

产业用纺织品所用的植物纤维主要有棉和黄麻,其主要化学组成物质都是纤维素。以棉和黄麻为原料生产的劳保服装、包装用袋及军工用布是早期的产业用纺织品,属于简单的低档产品。随着国民经济的发展,植物纤维在产业用纤维中所占比重会逐渐下降,取而代之的是合成纤维。

(二)动物纤维

产业用纺织品所用的动物纤维主要有蚕丝和羊毛,其化学组成物质均为蛋白质,因而这类纤维称为蛋白质纤维。用于民航基地的高级阻燃装饰布的原料就是羊毛。造纸毛毯大多也以羊毛为原料。

(三)矿物纤维

石棉是矿物纤维中最主要的一种,以矿石埋藏于地下,它很容易分离成为纤维。它具有不燃性,是优良的热绝缘体,因而在某些航天航空产品上用作热绝缘材料等。建筑上常用石棉纤维与水泥等拌合而制成板状材料,用以铺屋顶。但因石棉纤维有致癌性,西方各国已限制其使用。

二、化学纤维

化学纤维是指经过化学处理与机械加工而制得的纤维。化学纤维依所用原料及处理方法的不同,可分为再生纤维、合成纤维、无机纤维。

(一)再生纤维

再生纤维采用诸如纤维素一类天然高聚物为原料,经过化学方法而制得的纤维。粘胶纤维是再生纤维素纤维,几乎全部由纤维素组成。早期的粘胶纤维都是长丝,称粘胶丝,也可切断成短纤维,有棉型粘胶纤维(人造棉)和毛型粘胶纤维(人造毛)。早期制织航空降落伞用的丝绸常以粘胶丝为原料。

(二)合成纤维

世界上已经工业化生产的合成纤维不下百余种,产业用纺织品所用的合成纤维主要有涤纶、锦纶、丙纶、维纶、腈纶、对位芳香族聚酰胺纤维、间位芳香族聚酰胺纤维、聚酰亚胺纤维、高

强高模聚乙烯纤维等。

(三)无机纤维

无机纤维大多是以无机物为原料制得的纤维,主要有玻璃纤维、陶瓷纤维,另外,还有用纤维素纤维或聚丙烯腈纤维作原料,经过预氧化、碳化、石墨化制得的碳纤维(石墨纤维)等。金属纤维也是无机纤维的一种,在产业用纺织品中主要用于制作筛网、带、过滤器、捕集器等。常用的金属纤维有铜丝、铝丝、钢丝、黄铜丝、镍丝、铂丝等。

第二节 产业用普通纤维性能

一、天然纤维

(一)棉

棉纤维是产业用纤维中用得最早的最广泛的天然纤维素纤维,棉帆布、棉运输带、棉帘子线等仍占有很大的市场。棉纤维的主要性能如下。

1. 长度和细度 长度是棉纤维最重要的指标。在保证成纱具有一定强度的前提下,棉纤维长度越长,纺出的纱越细。长度在25mm以下的细绒棉,一般只能纺30 tex以上的中、粗特纱。长度在29mm左右的细绒棉,可纺10 tex细特纱。如果要纺10 tex以下的细特纱,必须采用长绒棉。长绒棉的最长纤维可纺3 tex的细特纱。

2. 拉伸及吸湿性 棉纤维拉伸强力一般在3.4~5.9 cN,其强力随纤维吸湿率的增加而增加,这是棉纤维的一个重要特性。吸湿后,棉纤维弹性模量减小,伸长率增加。棉纤维吸湿后易于发霉。

3. 光热作用 棉纤维在日光及大气中长期暴露,由于紫外线及氧的作用,强力及伸长率均有不同程度的下降。棉纤维经日晒940 h,其强力损失50%。棉纤维加热超过100℃长时间烘烤,纤维素的化学结构受到破坏,强力急剧下降,最终发生炭化。但棉为无熔点纤维,其制品耐瞬时高温性能较好,目前,大多数的炼钢工作服仍为棉制品。

(二)麻

麻纤维种类很多,有苧麻、亚麻、剑麻等。苧麻为我国特产,其产量占世界总产量的80%,所以苧麻在产业用纺织品中应用较多。

苧麻因其纤维素分子排列的定向性高,故其强力高而伸长率小,苧麻单纤维的绝对强力平均在49 cN,而伸长率仅为2%~3%。苧麻的湿强比干强度高20%~30%,抗扭刚度大。此外,苧麻纤维抗腐蚀能力强,以麻为原料的水龙带,其性能优于棉水龙带。麻棉交织带及麻带也用于降落伞背带。苧麻的不足处是纤维粗硬,抱合力差,耐磨性差。

(三)蚕丝

蚕丝重量较轻,弹性和在空气中的飘拂性好,早期将其制成绸、绳、带用作救生伞和运动伞等,但因其老化性能差,用量渐趋减少。

二、粘胶纤维

粘胶纤维的强力、伸长率受湿度的影响很大。一般普通型:湿强比干强降低50%以上,而湿伸长比干伸长增加25%左右。强力型:湿强比干强降低35%左右,而湿伸长比干伸长增加2~3倍。因此,使用粘胶纤维的织物时,应尽量避免受潮,但其耐热性较好。

三、合成纤维

合成纤维在一个国家的产业用纤维中所占比重的大小,可充分反映这个国家产业用纺织品的总体档次和水平。合成纤维之所以成为现代最重要的产业用纤维,是因其具有优良的物理机械性能和化学性能,如强力高、密度轻、弹性好、吸水性低、耐磨、耐酸碱、不霉蛀等性能,这些性能是天然纤维所不能比拟的。

(一)涤纶

涤纶是合成纤维的一大品种,国际上,根据用途不同将涤纶工业丝分为不同的型号和规格,有标准型、低收缩型、高模低缩型、活性型等大类。每一类又按不同线密度、束丝根数、伸长、强度、干热收缩等细分,以适应后加工生产的需要。高强涤纶工业丝由于具有模量高、荷重下的伸长低、热性能好、尺寸稳定性好等特点,目前,工业化生产的高模低缩涤纶已广泛用于轮胎等橡胶制品、运输带、安全带、绳网、过滤材料、篷盖布、渔网、线绳等。涤纶的主要性能如下。

1. 强度高 高强低伸型涤纶,强度为 53~62 cN/tex,断裂伸长 20% 以下。普通型涤纶,强度一般为 38~53 cN/tex。在湿态下强度不变,耐冲击强度比粘胶纤维高 20 倍。
2. 弹性好 将涤纶拉伸 5%~6% 时,几乎可以完全恢复,抗皱性极佳。
3. 耐热性好 涤纶的熔点为 255~265℃,230℃ 开始软化,其耐热性及热稳定性均很好。涤纶在 150℃ 的热空气中加热 168h,强度损失只有 15%~30%。
4. 耐光性强 涤纶织物经 100 天光照后其残留强力达 95%。
5. 耐磨性好 涤纶耐磨性仅次于锦纶。
6. 吸湿性低 涤纶的吸湿性低,染色困难,必须用分散染料在高温高压下染色。

(二)锦纶

在世界市场上,锦纶产量的 51% 为膨体变形丝和短纤维(主要用于铺地织物),29% 为纺织纤维,19% 为工业丝。在亚洲地区,锦纶工业丝占 25%,膨体变形丝仅占 5%。

在我国锦纶生产中,锦纶帘子线占 36%。锦纶帘子线是我国工业用化纤产品中最大的品种。1993 年我国橡胶工业在轮船、运输带、传动带等产品所用纤维增强材料中,80% 为锦纶。在国防军工工业中每年也需特种锦纶工业丝数百吨,主要用于各类降落伞材料。目前,锦纶工业丝的应用还在不断开发,如涂层织物、非织造布、汽车安全充气袋等,都有很大的潜在市场。锦纶的主要性能如下。

1. 密度轻。锦纶的密度为 1.14 g/cm³,除丙纶、乙纶外,几乎是目前已有的各种纤维中最轻的一种。
2. 强度高。一般普通型锦纶为 35~53 cN/tex,高强型锦纶可达 66~84 cN/tex,比天然纤维的强度高一倍以上,在合成纤维中也是较高的,湿强为干强的 80%~90%。
3. 弹性好。断裂伸长率一般为 16%~25%,回弹性好。所以用锦纶制成的绸、绳、带作航空降落伞,其吸收较大能量的性能优于其他纤维材料制作的降落伞。
4. 耐磨性特优。锦纶的耐磨性高于一切天然纤维和化学纤维,为棉纤维耐磨性的 10 倍。
5. 化学性能较稳定。锦纶化学性能较稳定,稀酸对其无影响,耐碱性也很好。
6. 锦纶的耐热性及热稳定性不及涤纶。
7. 锦纶不耐日晒。

(三)丙纶

丙纶是近年来增长较快的品种,丙纶的高增长原因在于原料丰富、便宜,容易得到。丙纶在耗纤量最大的应用领域内占有相当的比例。如在每年消耗 50~100 万吨的产业通用布类中,丙纶和涤纶各占 40%;在土建用布类中,丙纶占 76%;在医用类中,丙纶占 64%;在农用类中,丙纶占 86%。在世界范围内对丙纶应用的市场分析中,发现丙纶在服装用、装饰用、产业用三大领域内的比例为 2:42:56,可见丙纶的主要应用为后两大领域。

在我国,丙纶自起步到 1993 年已发展为近 20 万吨的生产能力,产量近 11 万吨,产品主要是膨体变形丝、烟用束丝、非织造布和工业用丝等。1992 年我国丙纶产量达 10 万吨,产业用 4 万吨,占 40%,其中以烟用束丝为主,占 63%~75%。目前,我国自行研制成功的高强丙纶,其生产能力达 1.5 万吨,用于窄幅带类、绳、缆类,在过滤布和土工布领域内将会有很大的应用。丙纶的主要性能如下。

1. 丙纶的密度轻,仅 0.91 g/cm^3 ,是所有天然纤维及合成纤维中最轻者,其制品能浮于水面。

2. 强度高,普通型丝为 $40\sim 53\text{ cN/tex}$,高强型丝可达 $54\sim 70\text{ cN/tex}$ 。受湿后强度不变。

3. 耐腐蚀性好,丙纶对无机酸、碱有显著的稳定性。

4. 耐磨性好,丙纶的耐磨性接近锦纶。

5. 吸水性小,经湿润或干湿反复多次,尺寸稳定性好。

6. 耐光性差。

7. 熔点低,易老化。

(四)腈纶

腈纶直接用于产业用领域,比前三种纤维要少得多。目前,国外腈纶在产业用领域的最大品种是阻燃腈纶或替代石棉用作水泥制品的增强材料,也用于制动器、塑料及油漆制品等领域。腈纶的主要性能如下。

1. 腈纶的性质近似羊毛,故有合成羊毛之称。

2. 腈纶的吸湿性较低,适于用阳离子染料染色。

3. 耐日光与耐气候性特别好,腈纶经日晒 1000 h,强度损失不超过 20%,因此,腈纶织物适宜制作户外用品。

4. 腈纶燃烧时没有明显的熔融粘流态,火星溅落在腈纶衣服上不会熔成小孔,但由于燃烧时产生大量氰化物,毒性大。

5. 腈纶在 $200\sim 300^\circ\text{C}$ 时发生热裂解,利用这一性能,可制作高模量碳纤维。

6. 腈纶耐酸不耐碱。

第三节 产业用高技术纤维

高技术纤维也称为特种纤维。高技术纤维的一个特点是它们的开发动机几乎都是用于产业用纺织品,特别是国防尖端工业领域用纺织品。在工业发达国家,很多新一代产业用纺织品都用上了高技术纤维,可以说高技术纤维的开发和应用是产业用纺织品领域里的一场技术革命。用高技术纤维制作的产业用纺织品达到了一个前所未有的档次。

高技术纤维包括高功能纤维和高性能纤维两大类。下面将几种产业化规模较大、应用较成

熟的产业用高技术纤维的制造方法、性能特点、应用场合作一介绍。

一、碳纤维

(一)碳纤维的分类

1. 根据制造碳纤维的原料可分为:纤维素纤维系、聚丙烯腈系(PAN基)、沥青系三种。

2. 按特性分类,可分为普通碳纤维和高强度高弹性碳纤维。普通碳纤维,其抗拉强度在 1.17 GPa 以下及弹性模量在 98 GPa 以下者。高强度高弹性碳纤维,其抗拉强度在 1.47 GPa 以上而弹性模量在 166.6 GPa 以上者。

3. 根据热处理温度可分为滞焰纤维、碳纤维和石墨性碳纤维。滞焰纤维(又称耐焰纤维或预氧化丝),加热处理温度为 200~300℃。碳纤维,加热处理温度为 500~1500℃。石墨性碳纤维,加热处理温度为 2000℃以上。

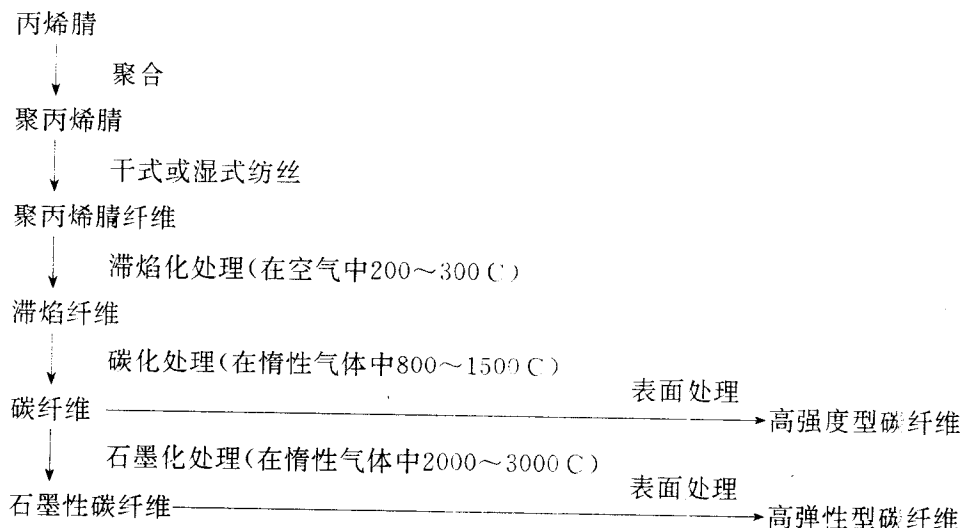
(二)碳纤维的制造方法

至今,尚未找到溶解元素碳的溶剂,要使碳熔融也必须在 100 个大气压和 3300℃以上的高温下才能实现。因此,不可能直接从元素碳按照一般合成纤维的生产方法来制造碳纤维,而通常是用保持纤维形状碳化高分子纤维的方法来制取。

用于碳化的有机纤维应满足下述要求:

- (1)碳化过程中纤维不熔融;
- (2)碳化后对原丝来说碳化收率较高;
- (3)成品碳纤维的力学性能较好;
- (4)产品为长丝时,原丝也应是稳定的连续长丝。

制造碳纤维的过程,根据制造碳纤维的原丝(原料)不同而不尽相同。以最常用的腈纶为例,其制造方法如下:



为了缩短滞焰化处理的时间及改善所得碳纤维的特性,对主要成分的丙烯腈单体添加适当的共聚体乙烯单体聚合,然后用干式或湿式纺丝法,将所得聚丙烯腈系共聚体制成碳纤维用的特殊聚丙烯腈纤维。通常,滞焰化处理是在空气环境中,使其处于拉伸状态,在 200~300℃

温度下进行。由于进行滞焰化处理,使聚丙烯腈纤维与空气中的氧结合,这种处理后的纤维即使在火焰中也很难燃烧,所以被称为滞焰纤维或难燃腈纶,也称为预氧化丝。若不经滞焰化处理,而直接对聚丙烯腈纤维施行碳化、石墨化处理,则由于快速发热反应,聚丙烯腈纤维产生燃烧,则无法稳定地进行碳化处理。接着,滞焰纤维要接受碳化处理,通常是在氮、氩等惰性气体中,于 800~1500℃ 温度下进行。

从纤维素纤维制取高力学性能的碳纤维必须高温牵伸石墨化,技术难度大,成本也高,除作为烧蚀材料保留部分生产外,此法处于逐步收缩而被淘汰的地位。由腈纶制得高性能的碳纤维,其生产工艺较其他方法简单,产品的力学性能也良好,因而得到大力发展。沥青基碳纤维的原料来源丰富,碳化收率高,目前主要是强度还不很高,产品形状和直径变化大,但这些都是可以进一步得到改善的。

(三)碳纤维的特性

1. 密度小,一般为 $1.7 \sim 2.0 \text{ g/cm}^3$ 。
2. 弹性模量高,比模量也高。
3. 抗拉强度大。
4. 复丝的不匀率低,单纤极细。
5. 导电性优。
6. 耐热性极好。
7. 尺寸稳定性好。
8. 不易发生蠕变,具有高的静疲劳强度。
9. 热膨胀系数小,热冲击性强。
10. 热传导率大。
11. 耐化学药品腐蚀性好。
12. 石墨制品具有自己润滑性。

碳纤维虽有不少优异性能,但也存在一些缺点。一是碳纤维的轴向剪切模量相当低,给后加工带来一定困难,另一是碳纤维的抗氧化性较差,断裂伸长率,使耐冲击性差。

(四)碳纤维及其复合材料的应用

由于碳纤维具有质轻、高强度、高弹性模量、耐化学药品、尺寸稳定性良好等优异特性,故为各个领域的制品所采用。

1. 航空航天方面:人造卫星、火箭、太空船、喷射引擎、民航机、战斗机、直升机的机身、机尾、舵、升降梯等。

2. 交通运输方面:汽车骨架、螺旋桨芯轴、车轮、车胎、缓冲器、弹簧片、引擎零件、船舶增强材料等。

3. 运动休闲器材方面:高尔夫球杆、钓鱼杆、网球拍、羽毛球拍、独木舟、游艇、帆船、滑雪板、水中快艇、自行车等。

4. 其他方面:化学设备、运输管、泵、槽、压力容器、剑杆织机的剑带等。

碳纤维自 20 世纪 60 年代开发以来,是世界上生产厂家最多,也是品种最多的高技术纤维。由于它既是高强高模纤维,又是最不怕火的纤维材料,所以它既是高性能纤维,也是高功能纤维。在聚丙烯腈基、沥青基和粘胶基三类碳纤维中,以聚丙烯腈基碳纤维产量最大,占绝对优

势。

我国从事碳纤维研制的厂家不少,且聚丙烯腈基、沥青基和粘胶基品种都有,但一般规模都较小。目前,碳纤维在复合材料、纺织器材、摩擦材料和文体用品及国防军工工业上都有应用,每年至少需碳纤维材料 200 t 以上,有待开发。

二、对位芳香族聚酰胺纤维

对位芳香族聚酰胺纤维也称芳纶,美国杜邦公司自 1972 年开始工业化生产以来,至今一直是世界上产量大、用途广的一种高性能纤维。目前世界上对位芳香族聚酰胺纤维的总生产能力约为 4 万多吨,其主要生产厂家及生产能力如下:美国杜邦公司 3.2 万吨,商品名为凯夫拉尔(kevlar);荷兰阿克苏公司 1.1 万吨,商品名为 Twaron;日本东丽公司/杜邦公司(合作生产厂)0.5 万吨,商品名也叫凯夫拉尔(kevlar);日本帝人公司 750 t,商品名为 Technora;德国、俄罗斯及我国有少许生产能力。我国将其称为芳纶。

(一)纤维分类

美国杜邦公司将 kevlar 分为三种类型:

1. 凯夫拉尔(kevlar):主要用作橡胶增强材料。
2. 凯夫拉尔 29(kevlar 29):最终用途为防弹装备。
3. 凯夫拉尔 49(kevlar 49):专门用于复合材料。

我国将芳纶分为:

- (1)芳纶 I 型或芳纶 14:化学名称是聚对苯甲酰胺纤维。
- (2)芳纶 II 型或芳纶 1414:化学名称是聚对苯二甲酰对苯二胺纤维。

(二)制造方法

凯夫拉尔纤维的组成及制造方法,尚未详细公开发表。目前人们普遍认为是将对一次苯基二胺(P-phenylene diamine)与异苯二酸(Isophalic acid)在低温下产生缩合聚合反应所形成的聚合物。将此聚合物滤出,经洗净、烘干后,用干喷射湿式纺丝法(dry-jet wet spinning)在强酸溶液中纺丝。在 51~100℃ 高温下从喷嘴挤压成丝,通过空气层后即进入 0~4℃ 冷水中。最后将丝洗净,卷成丝饼,烘干后,即为其产品。

(三)纤维特性

1. 强度高。表 1-1 列出了凯夫拉尔纤维与其他纤维的性质比较。

表 1-1 凯夫拉尔纤维与其他纤维性质比较

性 质		Kevlar 29	Kevlar 49	E 型玻璃纤维	钢纤维
密度	g/cm ³	1.44	1.44~1.45	2.54	7.85
抗拉强度	9.8MPa	285	285	220	240
弹性模量	9.8GPa	6	13	7	20
断裂伸长率	%	3.8	2.4	4	1.7

从表 1-1 可看出,凯夫拉尔纤维的比强度(强度/密度)比 E 型玻璃纤维大 1.3 倍,比钢丝大 5 倍,比模量比 E 型玻璃纤维大 2.3 倍,比钢丝大 2.5 倍。

2. 耐高温。凯夫拉尔纤维的耐热性好,分解温度为 560℃,在高温下仍保持其强度和模量,湿热下尺寸稳定。