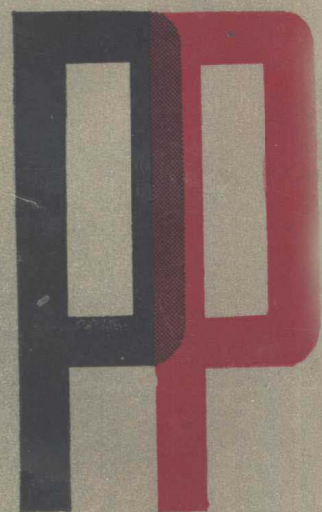
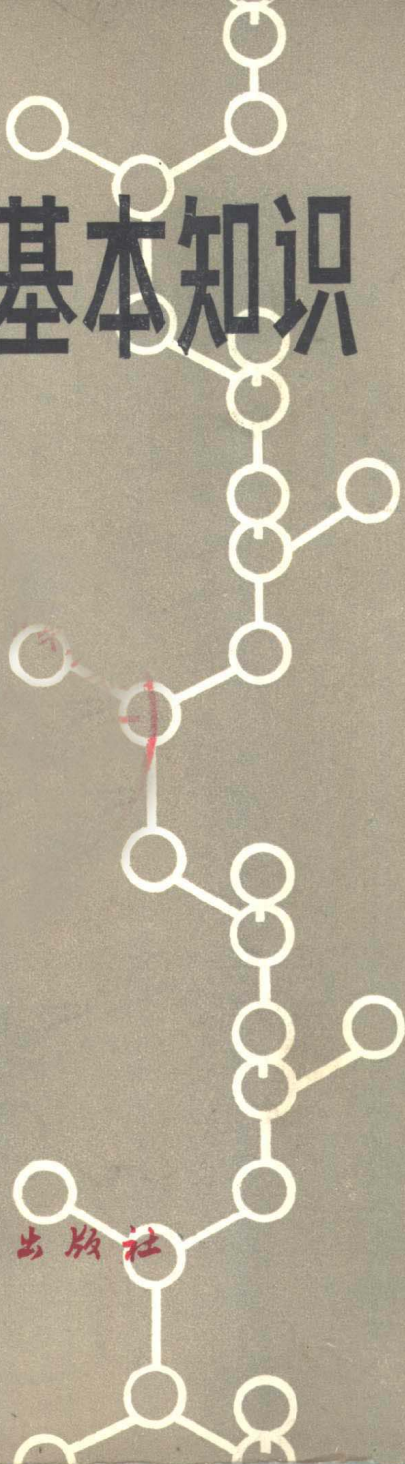


丙纶生产基本知识



纺织工业出版社



丙纶生产基本知识

上海市第三十一棉纺织厂
徐卓 邵东良 伍凤舜等编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书比较简要地介绍了丙纶（聚丙烯化学纤维）生产的基本知识。对丙纶的性能和用途，丙纶生产的设备、工艺过程和计算，丙纶生产用油剂，丙纶生产用原料及半制品的测试方法等，都作了简要叙述。并对防止丙纶老化的途径及改善丙纶染色性能的措施，也作了必要的介绍。

本书可作为丙纶厂技术工人的培训教材，也可作为化学纤维专业的工人、技术人员和管理人员的自学读物。

本书附有棉/丙纺织工艺，可供棉纺织专业人员参考。

丙 纶 生 产 基 本 知 识

上海市第三十一棉纺织厂

徐卓 邵东良 伍凤舜等编

纺织工业出版社出版

（北京东长安街12号）

北京丰台区院厂印刷厂印刷

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：4 8/32 字数：95千字

1980年8月第一版第一次印刷 1983年6月第一版第二次印刷

印数：6001—13000 定价：0.84元

统一书号：15041·1088

前 言

大力发展化学纤维，是更快更好地解决我国人民穿衣问题的一个重要途径。近年来，随着石油化学工业的发展，我国化学纤维特别是合成纤维的生产和科研工作，在数量上和品种上都得到了较高速度的发展。

丙纶（聚丙烯纤维）是合成纤维中一个较新的品种，它具有质轻、高强、弹性好、耐磨损、抗腐蚀、耐酸碱等优点，而且原料容易取得，产品成本较低。对丙纶的易于老化及难于染色的缺点，也已有较好的解决途径。丙纶的生产和科研在我国已初具规模。

为了适应发展化学纤维工业的需要，我们编写了这本《丙纶生产基本知识》，可作为丙纶生产厂的工人培训教材，也可作为化学纤维专业的工人、技术人员和管理人员的自学读物。

在本书编写过程中，得到了兰州石油化工厂、北京向阳化工厂、太原化工研究所、瓦房店纺织厂、上海高桥化工厂、广州合成材料老化研究所、北京化工研究所、中国科学院化学研究所、上海涂料研究所和上海合成纤维研究所等单位的大力支持和帮助，在此深表谢意。

由于我们的经验不足，书中可能有不恰当甚至错误的地方，希望读者指正。

上海市第三十一棉纺织厂

1971

目 录

第一章 丙纶的性能和用途	(1)
第一节 丙纶的发展.....	(1)
第二节 丙纶的性能.....	(2)
第三节 丙纶的用途.....	(6)
第二章 聚丙烯的制造	(8)
第一节 聚丙烯的性质.....	(8)
一、丙烯.....	(8)
二、聚丙烯.....	(10)
第二节 聚合前的准备.....	(11)
第三节 丙烯聚合.....	(12)
第四节 纺丝级聚丙烯的质量要求.....	(17)
第三章 聚丙烯纺丝	(20)
第一节 纺丝设备.....	(20)
一、螺杆挤压机.....	(20)
二、纺丝机.....	(24)
三、卷绕机.....	(28)
第二节 纺丝工艺与操作.....	(31)
一、纺丝工艺流程.....	(31)
二、操作要点与纺丝疵病.....	(31)
三、计量泵和喷丝头组件的清洁与组装.....	(36)
四、纺丝温度及冷却条件对纤维 质量的影响.....	(39)

第四章 聚丙烯短纤维的后处理	(50)
第一节 丝束的拉伸和卷曲	(51)
一、集束	(51)
二、拉伸	(52)
三、卷曲	(57)
第二节 烘干和定型	(58)
第三节 切断和打包	(60)
第四节 生产工艺计算	(61)
一、计量泵的供量和转速的计算	(62)
二、喷丝头拉伸倍数和卷绕速度的计算	(62)
三、集束桶数和拉伸倍数的计算	(63)
四、机台产量的计算	(64)
第五章 聚丙烯长丝生产	(65)
第一节 长丝纺丝设备与工艺	(65)
一、长丝纺丝设备	(65)
二、聚丙烯长丝生产工艺参数	(68)
第二节 长丝后加工	(69)
一、拉伸加捻	(69)
二、络筒	(71)
三、分级包装	(72)
第六章 丙纶生产用油剂	(74)
第一节 上油的原理及要求	(74)
一、化纤油剂的要求	(74)
二、丙纶油剂的作用	(75)
第二节 油剂的制备	(76)
一、表面活性剂的配制	(76)
二、上油剂的制备	(79)

第七章 原料和半制品的测试	(83)
第一节 原料(聚丙烯树脂)的测试	(83)
一、灰分的测定	(83)
二、铁分的测定	(84)
三、含钛量的测定	(86)
四、水分的测定	(88)
五、等规度的测定	(88)
六、熔融指数的测定	(89)
第二节 丙纶半制品的测试	(91)
一、卷重的测定	(91)
二、丝束断面的测定	(91)
三、分子量的测定	(93)
四、纤维含油量的测定	(97)
第八章 丙纶的老化和染色	(100)
第一节 老化的原因及稳定措施	(100)
一、热老化和光老化	(101)
二、老化的机理	(104)
三、稳定老化的措施	(103)
第二节 染色性能及改善染色的措施	(111)
一、添加助染剂	(112)
二、原液着色	(113)
三、共聚和化学变性	(116)
第三节 丙纶的服用性能的测试	(118)
一、耐热性能的测试	(119)
二、热氧化性能的测试	(119)
三、耐酸、碱性能的测试	(119)
附录: 棉/丙纺织工艺	(123)

第一章 丙纶的性能和用途

纺织纤维有天然纤维和化学纤维两大类。棉、毛、丝、麻等属于天然纤维。化学纤维又主要有再生纤维和合成纤维两类：再生纤维是以天然的高分子物质（如纤维素、蛋白质等）为基础，通过化学处理及机械加工，而制得的纤维。如粘胶纤维就属于再生纤维中的再生纤维素纤维。合成纤维是用人工合成的方法，将低分子化学物质通过化学处理，合成可成纤的高分子物质（成纤高聚物），再经纺丝及后处理等过程而制得的纤维。目前合成纤维主要有：聚酰胺纤维（如尼纶、锦纶）、聚酯纤维（如涤纶）、聚丙烯腈纤维（如腈纶）、聚乙烯醇纤维（如维纶）、聚烯烃纤维（如丙纶）及聚氯乙烯纤维（如氯纶）等。

第一节 丙纶的发展

丙纶是我国对聚丙烯纤维的商品名称，它是聚烯烃类纤维的一个品种。聚丙烯纤维的商品名称，在意大利为梅拉克纶（Meraklon），在日本为帕纶，在美国为利丰（Reevon）。聚丙烯纤维是在五十年代才开始生产的一种新的合成纤维，1953年意大利首先采用齐格勒型催化剂合成了聚丙烯（它是分子排列具有高度立体规整性和结晶性的成纤高聚物），为聚丙烯纤维的生产创立了基础。1957年意大利进一步应用齐

格勒-纳塔 (Ziegler-Natta) 催化剂, 开始了聚丙烯的工业生产, 为聚丙烯纤维的工业生产提供了基本原料。

由于聚丙烯纤维具有质地轻、强力高、弹性好、耐磨损、耐腐蚀、不起球等优点, 而且原料丙烯的来源丰富, 易于取得, 生产过程也较其他合成纤维简单, 生产成本较低, 用途也比较广泛, 因此, 受到了不少国家的重视。特别是在聚丙烯纤维的易老化和难染色的缺陷得到了基本解决途径的情况下, 聚丙烯纤维在近些年来有了比较迅速的发展。至1977年, 聚丙烯纤维在世界上已有三十一个国家生产, 年产量约九十五万吨。

丙纶在我国化学纤维工业中, 也是一个新的品种, 开始生产的时间不长, 生产规模还比较小。近年来, 我国从事丙纶生产和科研工作的职工, 对丙纶生产的设备与工艺控制、丙纶的纺织加工以及改善丙纶服用性能等方面, 做了大量工作, 取得了必要的经验。随着我国石油化学工业的迅速发展, 和对化学纤维品种及数量上的日益增长的要求, 丙纶的生产也将在我国得到相应的发展。

第二节 丙纶的性能

丙纶虽然是化学纤维中生产时间较短的新品种, 但由于它具有一些比较突出的优良性能, 而受到重视。丙纶的特性主要表现在质地轻、强度高、弹性好、耐磨损、耐腐蚀、不起球等几个方面。但它在性能上也存在一些比较突出的缺陷, 主要是耐热、光性较差, 易于老化及染色性能较差。现对丙纶的主要性能叙述如下。

(一) 质地轻

纤维的质地轻重用比重表示，即单位体积的重量。丙纶是目前所有纤维中比重最小即质地最轻的纤维，它的比重为0.91。几种主要纤维的比重如下表：

纤维	丙纶	尼纶	腈纶	维纶	羊毛	蚕丝	涤纶	粘胶	棉
比重	0.91	1.14	1.17	1.3	1.32	1.35	1.38	1.5	1.54

从表中可以看出，丙纶的比重仅为棉纤维和粘胶纤维比重的 $\frac{3}{5}$ ，为羊毛、涤纶、蚕丝、维纶比重的 $\frac{2}{3}$ ，为腈纶和尼纶的 $\frac{4}{5}$ 。因此，用丙纶制成的同样规格的纺织品，比其他纤维都要省料，从而能降低成本。同时，丙纶质地轻的特点，也为制造需要质地轻的纺织品提供了理想的原料。

（二）强度高

强度是纤维性能的重要指标之一，它体现了纤维以至织物的牢度。纤维强度的表示方法是，纤维在连续增加负荷作用下直至断裂时所能承受的最大负荷，称为纤维的绝对强力，单位为克或千克；单位纤度的纤维被拉断时所能承受的力，称为相对强力，单位为克/旦（旦是表示纤维细度的一种单位，纤维长度9000米，重量为1克时的纤度为1旦）。几种主要纤维的强度如下表：

纤维	丙纶	涤纶	尼纶	维纶	棉
强度(克/旦)	4.5~7.5	4.7~6.5	4.5~7.5	4.0~6.5	3.0~4.9

纤维	蚕丝	腈纶	粘胶	羊毛
强度(克/旦)	3.0~4.0	2.5~5.0	2.5~3.1	1.0~1.7

从表中可以看出，丙纶是强度比较高的一种纤维，它用于衣着，坚牢耐穿，同时适于强度要求很高的工业用途。由于丙纶不吸水，它的湿态强度基本上等于干态强度，因此更能适应湿态使用的要求。

(三) 弹性好

纤维在负荷作用下发生一定的伸长（如3%），解除了负荷后，在规定的时间内恢复原长的能力，称为纤维的回弹率。如能完全恢复原长，则回弹率为100%，纤维的回弹率高，其织物的尺寸稳定性就好，不易起皱和变形。从下表几种主要纤维的回弹率对比中可以看出，丙纶的回弹率是相当高的。

纤 维	丙 纶	尼 纶	涤 纶	腈 纶
回 弹 率 (%) (伸长 3 %时)	90~100	95~100	90~99	90~95

纤 维	维 纶	羊 毛	粘 胶	棉
回 弹 率 (%) (伸长 3 %时)	70~85	99(2 %伸长)	55~80	74(2 %伸长)

表示纤维弹性的另一个指标是初始弹性模数，也叫杨氏模数，是使单位纤度（或横截面）的纤维产生单位形变所需的负荷，一般指伸长1%时所需的力，用千克/毫米²或克/旦表示。弹性模数表示纤维的刚性，模数大的纤维，在加工和使用中变形较小。几种主要纤维的弹性模数如下表：

纤 维	丙纶	涤纶	尼纶	维纶	腈纶	棉	粘胶	羊毛	蚕 丝
弹性模数 (克/旦)	29~55	25~70	8~45	25~70	25~62	68~93	30~70	11~25	50~100

从上表可以看出，丙纶的弹性模数也是比较高的。

(四) 耐腐蚀

纤维的耐酸、碱等腐蚀的性能，直接关系到织物的使用范围和使用价值。特别是工业用纤维及织物，对耐腐蚀性能有很高的要求。丙纶的耐酸、耐碱性能不仅优于棉和粘胶纤维，而且与其他合成纤维比较，也是很好的。

丙纶的耐霉性、耐蛀性也很好，并且有良好的电绝缘性。

(五) 光、热稳定性差

丙纶性能上的主要缺陷，是光、热稳定性差，易于老化，从而在加工和使用过程中容易产生失去光泽、强度伸度下降以至发脆等现象。虽然有的合成纤维如尼纶、涤纶等，经过长期日晒，强力也有降低，但丙纶更为显著。丙纶易于老化的原因，主要是由其化学结构所致。近些年来，国内外的丙纶生产和科技人员，通过在聚丙烯树脂中添加防老化稳定剂以及采取共聚、交联，以改变聚丙烯化学结构性能等途径。丙纶的老化问题已基本得到解决。

(六) 染色性差

染色性差是丙纶性能的又一主要缺陷。聚丙烯的化学结构中，分子上没有极性基团，缺乏对一般染料的亲和性，因此难于染色，经光、热氧化又易于褪色。

经过研究试验，目前已得到较好的解决途径。例如纺丝

前在聚丙烯树脂中加入助染剂，以改善丙纶的染色性能；或纺丝前在聚丙烯树脂中加入颜料以纺制有色纤维，即原液着色；或向聚丙烯分子链上嫁接能够接受染料的聚合物；以及在丙纶织物染色前进行表面化学处理，使纤维变性而改善染色性能等等，这些措施都已得到较好的效果。

第三节 丙纶的用途

丙纶虽然是一种较新的化学纤维品种，但由于它具有不少优异的性能，而且成本较低，还不到涤纶、尼纶成本的一半，因此在国内外已经开辟了较为广阔的用途。

在衣着方面，丙纶与棉或粘胶纤维混纺，可在性能上互相取长补短。丙纶的强度大，弹性好，但不吸湿，而棉或粘胶纤维的强度较小，弹性差，但吸湿性大，混纺后可得到更好的穿着效果。目前我国生产的 32 支丙/棉（各 50%）混纺布，很受消费者欢迎。丙纶还可与毛及其他合成纤维混纺，织成仿毛产品。

丙纶的质地轻、强度大、耐磨损，适宜于制成毛毯。丙纶制成的絮棉重量小，保暖性好。

丙纶长丝可织成袜、蚊帐和弹力衫裤等。一顶单人蚊帐的重量仅有 300 克左右，可折叠成一本书的大小，便于携带和保存。

纯丙纶布在医疗卫生方面，可以代替棉纱布，并具有不粘伤口的优点。

在工业和国防方面，由于丙纶的强度高，耐磨性好，且不吸水，丙纶长丝可制造绳索、船用缆绳、渔网等。利用丙纶不吸水的特点，可制成良好的吸油毡。

丙纶的耐腐蚀性好，强度高，耐磨损，可制成工业过滤布，既坚牢耐用，成本又低。

丙纶膜裂纤维制成的包装材料，可代替麻袋，既耐磨损，又能防水、防腐，并可降低包装费用。

由于丙纶质轻、耐磨，采用原液着色等工艺制成的地毯更具其独特风格，随着旅游事业的发展，宾馆、轿车、客机等使用丙纶地毯更为合适。

丙纶制成的纺织品、蚊帐、被絮等，重量轻，牢度高，适合于军用被服装备的需要。

随着丙纶性能的不断改进，特别是防老化和染色性能的逐步改善，加之在丙纶纤维和织物的加工、使用上不断积累经验，必将使丙纶扩展更加广泛的用途。在更快更好地解决我国人民的穿衣问题、加速实现我国的四个现代化中，丙纶将发挥应有的作用。

第二章 聚丙烯的制造

生产丙纶的原料是等规聚丙烯树脂，它是以精制丙烯在一定的温度、压力和催化剂的作用下，经聚合以及酯化、水洗、中和、干燥、铸带、切粒等后处理工序而制得的片状固体。

第一节 聚丙烯的性质

一、丙 烯

丙烯是制造聚丙烯的原料。来自炼油废气、天然气以及石油催化裂解等。丙烯是具有三个碳原子的不饱和烃，分子式为 $\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$ 。丙烯的物理性质，见表 2-1。由于丙烯具有双键，因此，结构不稳定，化学性能活泼，在一定条件下会发生聚合反应。丙烯的双键打开并互相连接成为高分子聚合物的过程，叫做丙烯聚合反应。

用于聚合的丙烯单体中，水、硫化物、烷基化合物、不饱和烃、氧等的含量应有严格控制，否则将会影响反应触媒的效应（即触媒中毒），使触媒失去活性，从而阻碍反应的正常进行，并影响聚合物的结晶度和分子量。因此，必须将粗丙烯经过精馏、干燥等精制工序，才能送入聚合工序。

粗丙烯中的硫化氢（ H_2S ）、二氧化碳（ CO_2 ）及其它酸性物质，可用烧碱（ NaOH ）溶液进行洗涤而除去。粗丙烯

表 2-1 丙 烯 的 物 理 性 质

分 子 量		42.046
气体密度(0°C, 1大气压)	千克/米 ³	1.9149
气体比重(0°C, 1大气压)	空气 = 1	1.481
液体密度(0°C, 饱和)	千克/升	0.5464
(20°C, 饱和)	千克/升	0.5139
蒸气压(0°C)	大 气 压	5.9
(20°C)	大 气 压	9.8
熔 点	°C	-185.25
沸点(1 大气压)	°C	-47.70
临界温度	°C	91.9
临界压力	大 气 压	45.4
临界密度	千克/升	0.233
蒸发潜热(沸点)	千卡/千克	104.6
气体比热 C_p (定压)(25°C, 1大气压)		0.363
C_v (定容)(25°C, 1大气压)		0.321
总发热量(25°C, 1大气压, 气体)	千卡/千克	11692
	千卡/米 ³	20110
实际发热量(25°C, 1大气压, 气体)	千卡/千克	10942
	千卡/米 ³	18820

中的乙烷、乙烯、丙烷、丁烯等，可在精馏塔中除去。粗丙烯中的乙炔类化合物和丙二烯可用分子筛吸附除去。再经干

表 2-2 聚 合 用 丙 烯 的 质 量 要 求

丙 烯	≥99.5%
其 他 烯 烃	≤0.1%
炔 烃、双 烯 烃	≤15ppm
H ₂ S	≤10ppm
H ₂ O	≤10ppm
CO + CO ₂	≤20ppm
O ₂	≤10ppm

燥，便可得到符合聚合要求的纯度为 99.5% 以上的精制丙烯。聚合用精制丙烯的质量要求见表 2-2。

二、聚丙烯

聚丙烯的结构式为 $\left\{ \text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right\}_n$ ，是头尾相连的线型

结构物， n 表示聚合度。

用于纺丝的聚丙烯要求具有高等规度，并要有较高的结晶性和较高的熔点及软化点。在聚合过程中，因甲基在立体空间所取位置的不同，可产生三种构型的聚合物。如果把线型聚合物的主链看作在同一个平面上，那么甲基都在主链平面的同侧的，是等规聚合物（图 2-1）。甲基依次交替有规则地分布在主链平面两侧的，是间规聚合物（图 2-2）。图中 R 表示甲基（ CH_3 ）。甲基排列无规则的是无规聚合物。有规和间规聚丙烯具有高度立体规整性，易结晶，常温下呈固态；无规聚丙烯则是糊状粘稠物。

等规聚丙烯的分子结构，用 X 线衍射法测定，可知甲基的等同周期为 6.5 埃（ $\text{\AA}$ ），这个值与平面上的 2.35 埃相比，不是整数倍，因此设想分子骨架是互相交叉排列，并具有三个螺旋结构，每一根单键 $\text{C}-\text{C}$ 的距离是 1.54 埃，主链的结合角是 114° ，侧链的结合角是 110° 。等规聚丙烯的分子结构，见图 2-3。

等规聚丙烯的结晶度对成品有很大影响，等规度越高，结晶度也越高。一般来说，分子量增加时，分子链扩展困难，结晶度则下降。对于同样分子量的聚丙烯，也会因成型或加热条件不同而改变结晶度，逐渐冷却时结晶度高，急骤冷却时则结晶度低。

等规聚丙烯的分子量和分子量分布对加工性能也有密切