

石油化工工人技术培训教材

合成纤维生产基本知识

(初 级 本)

上海石化总厂 蓝清华 吴文莺 编



烃加工出版社

石油化工工人技术培训教材

合成纤维生产基本知识

(初级本)

上海石化总厂

蓝清华、吴文莺 编

烃加工出版社

内 容 介 绍

本书是中国石化总公司组织编写的合成纤维工人技术培训教材初级本，主要介绍合成纤维的基本知识，合成纤维原料的生产方法，熔纺和湿纺的生产过程，后处理及其影响因素，纺丝和后处理的主要设备，环境保护和安全生产的基本知识等。

本书除适合于合成纤维工人技术培训外，还可供技校师生及有关人员参考。

石油化工工人技术培训教材 合成纤维生产基本知识

(初级本)

上海石化总厂

蓝清华 吴文莺 编

*

轻工业出版社出版

北京京辉印刷厂排版

北京京辉印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

*

787×1092毫米 32开本 11¹/₄印张 250千字 印1—1900

1990年2月北京第1版 1990年3月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-092-8/TQ·061 定价：3.90元

前 言

本书为中国石化总公司合成纤维工人技术培训统编教材,由总公司人事部培训处及烃加工出版社组织编写,供合纤操作工技术培训使用。全书分初级、中级两册,本书为初级本。书中主要介绍了合成纤维的基本知识;合成纤维原料的生产方法;合成纤维生产过程及其影响因素;合成纤维生产的主要设备、安全生产及环境保护等有关知识。课堂讲授60学时。通过本课程的学习可使学员比较全面地了解合成纤维的生产过程,在实践的基础上逐渐向理论方面发展,提高生产技能。

本书第二章、第三章、第五章、第六章、第七章由蓝清华编写,第一章、第四章由吴文莺编写。

本写由辜昌基同志审阅后,经总公司合纤教材编写协作组初审,最后由审稿会议复审定稿。参加审稿的主要有:潘昭齐、李良泉、许苕珠、曹坤、肖淑莉、高一中、王桂华等同志。

由于我们对编写教材缺乏经验和执笔者的水平有限,书中难免存在着缺点和错误,希望使用本教材的老师和学员以及其他读者批评指正。

编者

1987.2.

目 录

第一章 合成纤维的基本概况及其生产方法	1
第一节 合成纤维的发展概况及其在国民经济中的作用	1
第二节 合成纤维的基本概念、分类及命名	8
第三节 合成纤维主要品质指标的意义及其表示方法	14
第四节 合成纤维生产方法概述	25
思考题	40
第二章 合成纤维原料的生产方法	41
第一节 聚酯纤维原料的生产方法	41
第二节 聚酰胺纤维原料的生产方法	60
第三节 聚丙烯纤维原料的生产方法	77
第四节 聚丙烯腈纤维原料的生产方法	83
第五节 聚乙烯醇纤维原料的生产方法	88
思考题	96
第三章 熔体纺丝过程	98
第一节 熔体纺丝概述	98
第二节 熔体纺丝过程	101
第三节 成纤高聚物的加工性质	123
思考题	144
第四章 湿法纺丝过程	146
第一节 湿法纺丝原液的制备	146

第二节	湿法纺丝成形过程	165
第三节	溶剂的回收净化	183
	思考题	192
第五章	后处理及其影响因素	193
第一节	拉伸及其影响因素	194
第二节	热定型及其影响因素	209
第三节	卷曲及其影响因素	224
第四节	假捻及其影响因素	233
	思考题	255
第六章	合成纤维纺丝和后处理的主要设备	257
第一节	螺杆挤压机	257
第二节	纺丝箱体	267
第三节	熔体纺丝的冷却装置	274
第四节	纺丝头组件	281
第五节	纤维拉伸机	301
第六节	卷曲机	315
第七节	假捻机	320
	思考题	325
第七章	环境保护及安全生产基本知识	326
第一节	环境保护基本知识	326
第二节	化纤生产厂的“三废”及处理方法	330
第三节	化纤厂的噪音防治	338
第四节	化纤厂的安全生产	340
	思考题	349
	参考书目	349

第一章 合成纤维的基本概况 及其生产方法

第一节 合成纤维的发展概况及 其在国民经济中的作用

一、纤维的历史

自从有了人类社会，人就一直和纤维打着交道，换句话说，人类社会离不开纤维，它是衣着、美化人们生活不可缺少的物质。人类最早使用的纤维是天然纤维和毛皮。

一般认为，麻类及其它植物性纤维的使用，开始于炎热地带。四千年前古埃及就出现了麻纺织技术。最早使用棉纤维的国家是印度。

丝绸起源于我国。有资料记载，大约在四千五百年前，随着养蚕技术的发展，人们又发明了纺织机，丝织业便由此兴起。

如果我们将棉花、羊毛、麻类等纤维和蚕丝比较一下，就会发现，除蚕丝外的其它纤维都很短，因此需要纺纱，也就是把短纤维平行排列加捻成线。就此而言，蚕丝具有几乎可称为无限长的长度，就是不经纺纱也能成线。如果需要可作捻线。除上述特点外，蚕丝还具有以下优点：细而光亮、美观、柔软而有弹性，而且其强度、弹力等是其它天然纤维望尘莫及的。但是，养蚕制丝需要适宜的自然环境和专门的技术和经验。

人们一直在探索用人工方法生产纺织纤维。1884年，一位法国人将硝酸纤维素溶解在乙醇或乙醚中制成粘稠液，再通过细管吹到空气中凝固而成细丝，这是最早的人造纤维——硝酸酯纤维，于1891年实现工业生产。以后，陆续开发了铜氨纤维（1899）、粘胶纤维（1905）、醋酯纤维（1916）的工业生产。它们均以天然纤维素为原料，故称人造纤维。1933年，第一个再生蛋白质纤维诞生。

由于人造纤维原料受自然条件的限制，因此人们想从天然资源中寻找其它合适的制造纤维的原料。一些化学家在从化学角度考虑什么样的分子形成纤维最合适的研究中知道，要形成纤维的分子本身最好呈线一样细而长的形状。基于大量基础研究工作并结合当时发达的有机合成化学，人们合成了线型分子，产生了制造合成纤维的方案。合成纤维工业从此开始萌芽，以至逐渐成长、壮大起来。

二、合成纤维的发展概况

合成纤维工业是在本世纪三十年代末四十年代初开始发展起来的。最初实现工业化生产的是聚酰胺-66，于1938年建立中间试验工厂，1939~1940年开始工业化生产。以后相继进入工业化生产的是聚酰胺-6（又称锦纶、尼龙-6，1942年）、维纶、腈纶（1950年）、涤纶（1953年）、丙纶（1957年）。

从1938年至今，合成纤维的生产已有五十多年的历史，归纳起来，它的发展过程大致可以分为以下四个阶段：

第一阶段：1936~1950年，主要发展聚酰胺纤维，同时集中研究和探索新的成纤高聚物。

第二阶段：1950~1956年，除聚酰胺以外，腈纶、维纶、涤纶等纤维也相继问世，并实现了工业化生产，奠定了合成纤维工业的基础。

第三阶段：1956年开始，着重研究大规模工业化生产的工艺、设备、能耗和成本等，并研究开发第二代合成纤维——改性纤维，如等规聚丙烯纤维、复合纤维、异形纤维、超细纤维等。

第四阶段：1960年至今，着重研究和发展特种纤维，如耐高温纤维、聚氨酯弹性纤维等。

合成纤维工业一直以很快的速度不断地向前发展。1945年世界合成纤维的产量仅16kt，到1960年的产量已有710kt，1969年达4396kt，到1982年已达10100kt。1985年世界合纤的总产量已发展到12498kt，与1960年相比二十五年中增长了17.6倍。

随着合成纤维的飞速发展，纺织原料的结构也发生了很大的变化。比如1950年全世界化学纤维只占整个纺织原料的18%，而1960年时占22%，1970年占41%，1980年占46%。这种根本性的纺织原料结构的变化，使一向以棉为主的纺织、印染技术，以及生产管理等方面得到不断地改进，以适应合纤加工的要求。世界纺织纤维产量构成如表1-1所示。

表 1-1 世界纺织纤维产量构成

年份	品种	毛, %	棉, %	麻, %	合纤, %	人纤, %	总产量, kt
1951		9	70	—	1	15	12060
1961		9	65	4	5	17	16144
1971		6	54	3	23	14	24292
1975		6	48	3	30	12	24338
1980		5	47	2	35	11	30044
1981		5	49	2	34	10	31654
1982		5	49	2	34	10	30063
1983		5	47	2	36	10	31118

在合成纤维工业发展方面，六十年代为基本技术发展，数量成倍增加，质量日益提高的阶段。当时的生产体系是间歇式、小批量、单一品种的批量生产体系。七十年代以来，由于合纤的工艺和设备几经更新换代，比如短纤维的多孔粗束、短程联机；长丝的POY/DTY,FOY●，超高速、紧凑纺、一步法等开发，从而形成了七十年代的连续化、大流水线、少品种、单功能的刚性生产体系。到了八十年代的今天，这个刚性生产体系又逐渐变革成为生产多功能、多品种、多特色合成纤维的柔性生产体系。其中着重生产一些高附加价值的产品，从衣用纤维扩展到装饰用，工业用纤维，而且尽可能做到最终产品。这样周转灵活，反馈迅速，减少环节，可以成倍地提高经济效益。这些产品有：人造毛皮、地毯、絮片、墙布、土工布、帘子布、传动带、裂膜包装袋等等。

在合成纤维的应用方面，从世界几个工业发达国家看也有变化。随着电子技术、热核技术、海洋技术、空间技术等新兴科学的发展，这些领域需要有许多新型材料与之相适应。而合成纤维，尤其是特种纤维，可作为新技术革命中材料之一，在这些领域中起到不可低估的作用，而且其作用还会越来越大。

目前工业发达国家的合成纤维在衣着、装饰、产业三大领域中所占的比例基本相同，衣着用占35%，装饰用占33%，产业用占32%。

在新技术发展方面，八十年代纺丝技术有以下几个特点：

-
- POY——预取向丝或部分取向丝。
 - DTY——用拉伸变形工序连续或同时的技术生产的丝。
 - FOY——纺丝拉伸一步法生产的丝。

(i) 多孔粗束 熔纺、湿纺、干纺继续向多孔粗束方向迈进。比如湿纺为12万孔,62万tex涤纶的拉伸速度为330m/min。就短丝后加工工艺而言,重点进行的是以下几个方面研究:一是干态卷曲和高速卷曲;二是高速切断;三是混合溶剂的有效分离与浓缩技术,包括薄膜分离技术。

(ii) 高速 高速纺技术目前已应用在涤纶、聚酰胺(锦纶)和丙纶三大品种的工业化生产中。特别是涤纶,在POY、DTY工业生产的基础上FOY也逐渐商品化。聚酯的FOY可纺5~21tex。通过卷曲后的交错吹捻以及纺织特殊加工等新技术的配合,可以推动新品种的开发。以5000m/min以上的速度所纺的涤纶长丝,皮层厚、晶粒的结晶度变低,不但可以提高染色性,甚至可以深染。涤纶的FOY适用于衣着,具有丝质柔软,杨氏模量低,织物的绉疵明显减少,而且还可以低温加捻定型等特点,但在工业化应用上还有些问题,有待解决。

(iii) 生产多功能、多品种、多特色合成纤维的柔性生产体系 近年来日本各公司纷纷将老厂改造成柔性生产体系,纺长、短丝,以尽量满足用户多品种、小批量的要求。过去换一个品种要花几十个小时,现在仅需2小时,同时也减少了因换品种而造成的损耗。

(iv) 短程、紧凑 如果采用短程紧凑装置进行生产,可进一步降低成本、节约能源、减少基建费用,同时还可降低日常的维修费用。就涤纶而言,短程高速纺和常规高速纺比较,总投资要降低10~12%。在短丝生产上,联邦德国的短程纺设备无甬道、无导丝盘,采用30500孔喷丝板,纺速为50m/min,每条生产线12部位,30kg/h,拉伸速度为150~200m/min,该设备除纺制丙纶外,还在试纺涤纶和聚酰胺-6。

(v) 高速连续 过去纺丝连续化，一般是指聚合后直接纺制短纤维，而现代的高效连续已经扩大到许多后加工工序。美国的POY工厂不少是采用直接纺。高速和联机生产一般是紧密结合的，主要是为了提高经济效益。这种联机(SDTY)的最初含义是高速/拉伸/变形联机化，专用于生产聚酰胺，丙纶膨体长丝。到1982年初发展到2000~5000m/min高速切断机联机化，并采用着色纺、填塞喷气变形技术，可纺制成三维卷曲多色的聚酰胺、丙纶短纤维。

我国的合成纤维工业是1949年以后才着手发展起来的。于1958年建成了第一座合成纤维工厂。三十年来，我国的合成纤维工业发展很快，到目前为止，主要品种有涤纶、聚酰胺、腈纶、维纶、丙纶等。同时还研究和掌握了一批改性纤维和特种纤维的生产工艺，并能自行设计和制造年产万吨以上的成套生产设备与装置。合成纤维的产量也逐年上升。我国化学纤维发展情况如表1-2所示。

表 1-2 我国化学纤维发展情况

年 份	化学纤维, t	合成纤维, t
1958	3000	—
1959	6300	100
1960	10700	300
1970	109,000	36,200
1980	450,300	314,100
1984	734,900	575,800
1985	1003,000	816,000

合成纤维工业之所以能这样迅速地发展，是因为合成纤维具有天然纤维所不具备的独特的性能。它生产稳定，不受自然气候条件的影响，特别是随着石油化工工业的发展，生

产合成纤维的原料来源又越来越广。这些都是促使合成纤维工业大力发展的主要因素。但由于我国原有的基础比较薄弱，对于合成纤维的研究以及转向工业化生产的历史也比较短，与世界先进水平相比，生产技术还比较落后。因此，还需进一步努力发展，大幅度地提高合成纤维的产量、质量，增加花色品种，以满足四化建设和人民生活的需要。

三、合成纤维在国民经济中的作用

合成纤维的工业发展及其产品的广泛应用，使人们越来越认识到它在整个国民经济中所占的重要位置，它与工业、农业国防建设以及人民生活等诸方面都有着十分密切的关系。

一万吨合成纤维织成的布，相当于16万公顷棉田所产的棉花织成的棉布的数量，或相当于三百万头羊的全年产毛量。因此合成纤维工业的大力发展，相应地可以腾出大量棉田，用于发展粮食或其它经济作物的生产。

合成纤维因具有高强度、耐磨、耐酸、耐碱、耐高温、质轻又保暖、电绝缘性好以及不怕霉蛀等性能，所以在国民经济的各个领域得到了广泛的应用。

在工业上，它常被用作衬垫材料、隔音、隔热材料、电气绝缘材料、传动带、滤布、渔网、绳索、轮胎帘子线、包装材料以及人造皮革等各种复合材料的基布等。

在国防建设方面，以耐高温纤维制造的增强材料可用来代替铝、钛等金属，作为飞机、火箭、导弹等装备的结构材料。以碳纤维为主的高性能复合材料，比金属材料具有比重小、机械强度高和尺寸稳定性好的优点，因此在宇航和航空工业上有重要的用途。其次，这些复合材料还用于降落伞、军服、军被等军事用布。

合成纤维在医学方面的应用，有常用的医疗用布、外科缝合线、止血棉以及某些人造器官等。

在民用方面，各种合成纤维的纺织品、针织品更是五光十色，它与人民群众的日常生活密切相关，广泛地被应用于各类服装、床上用品、室内装饰、日用百货等。用合成纤维纺织的衣料，不仅耐磨、耐穿、挺括、易洗，而且价格便宜、不易霉蛀、深受广大消费者的欢迎。

第二节 合成纤维的基本概念、 分类及命名

一、纤维的基本概念

(一) 纤维

从形状上讲，纤维是一种比较柔韧的细而长的物质。典型的纺织纤维的直径为几微米至几十微米，长度超过25mm。

(二) 长丝

以千米计的丝称为长丝，长丝包括单丝和复丝。

一般把由1~6根单丝组成的少孔丝称为单丝，由8~100根单丝组成的丝称为复丝。用于制造轮胎帘子线的复丝一般由几百根单丝组成。

目前在主要合成纤维生产中，聚酰胺以生产长丝为主，腈纶、维纶、丙纶从生产短纤维为主，涤纶长、短丝的比例比较接近。

(三) 短纤维

根据产品的需要，把切成几厘米至十几厘米的短段纤维称为短纤维或切断纤维。

(四) 丝束

由几万根至百万根单丝汇成一束的纤维称为丝束，丝束

经切断即为短纤维。丝束经牵切而制成条子，则称牵切纤维。牵切纤维的用途和短纤维一样，它是在纺丝工序中才被切断（或拉断）的。

（五）异形截面纤维（异形纤维）

在合成纤维成形过程中，一般采用圆形孔眼的喷丝板，形成的纤维横截面都是圆形实芯。而分析所有天然纤维，其横截面都不是圆形的。经脱

胶后的蚕丝是三角形的；棉花的横截面是椭圆形的，而且中间有一定空腔；羊毛是一种多层鳞片的弯钩形。因而蚕丝具有很好的光泽和清爽的手感；棉花具有良好的吸湿性和易染色性；羊毛具有优异的蓬松性和弹性。为了改善合成纤维的弹性、光泽、手感、吸湿、透气、染色、回弹等性能，人们在天然纤维形态的启发下，制造了各种非圆形孔眼的喷丝板，以制取各种不同截面形状的纤维（简称异形纤维），如三角形、三叶形、多叶形、支

形、Y形、星形、中空形等。图 1-1 所示为制造各种异形纤维时所用喷丝板孔的形状。

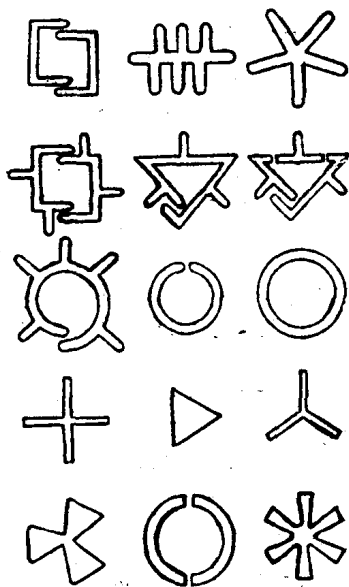


图 1-1 制造异形纤维喷丝板的喷孔形状

（六）复合纤维

将两种或两种以上不同的纺丝熔体或液溶液，分别输入

同一个纺丝组件，在组件内的适当部位汇合，再经同一个纺丝孔喷出而形成一根纤维。这样能在同一根纤维上同时含有两种或两种以上的聚合体成分，这种纤维称为复合纤维。

复合纤维具有高度的体积蓬松性，具有羊毛或变形纱一样的弹性，手感柔和，抱合好等优点。复合纤维在五十年代末、六十年代初首先在腈纶上获得成功，制得了腈纶复合纤维。目前许多化学纤维都可制成复合纤维，如有类似蚕丝的复合纤维，类似羊毛的复合纤维，有抗静电的复合纤维、超吸湿性能的复合纤维等等。

(七) 变形纱

凡经过变形加工的化纤丝和化纤纱，都称为变形丝或变形纱。弹力丝和膨体纱都属于变形丝和变形纱。常见的变形丝和变形纱，有高弹聚酰胺-6丝，低弹涤纶丝和腈纶膨体纱。

聚酰胺-6弹力丝适宜生产袜子，涤纶弹力丝大多用于衣着，丙纶弹力丝则多数用于家用织物及地毯。膨体纱以腈纶产量为最大，用于生产针织外衣、内衣、毛线、毛毯等。

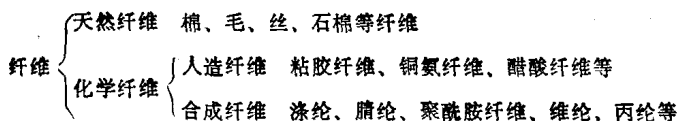
二、纤维的分类

纤维的种类繁多，一般可以把它分为两大类：一类是天然纤维，另一类是化学纤维。天然纤维就是自然界天然形成或通过植物栽培和动物饲养获得的纤维，如棉、毛、麻、丝、石棉、某些野生植物纤维等等。化学纤维是人们用天然高分子物质或人工合成的高分子物质，经过化学加工制得的纤维。

化学纤维按照原料和生产方法不同，又可以分为人造纤维与合成纤维两大类。人造纤维是利用自然界存在的纤维素材料，如木材、竹子、刨花、废棉等；或者一些天然的复杂

有机物质如蛋白质、海藻酸等作为原料，经过一系列化学处理、机械加工经再生而成的纤维。所以人造纤维也称再生纤维，如粘胶纤维、铜氨纤维、醋酸纤维、蛋白质纤维等。合成纤维是以从石油天然气、煤及农副产品等原料加工获得的低分子物作为原料，完全用人工的方法合成出高分子物，然后再将高分子物通过多种加工纺制成的纤维。世界上已经工业化生产的合成纤维已不下百余种，常见的有涤纶、聚酰胺、纤维、腈纶、维纶、丙纶等。

纤维分类情况如下所示：



合成纤维按其结构组成的不同，可以分为若干个系列，在此介绍几种常见纤维的系列。

(一) 聚酯系纤维

聚酯系纤维是由有机的二元酸与二元醇经缩聚反应制得的高聚物。这类纤维的大分子中均含有酯基 $\text{—}\overset{\text{O}}{\parallel}\text{—O—}$ ，如聚对苯二甲酸乙二酯（涤纶）、共聚酯等纤维。

(二) 聚酰胺系纤维

聚酰胺系纤维的品种很多，凡是分子主链含有酰胺基 —CONH— 联接而成的一类合成纤维，统称聚酰胺纤维，如聚酰胺-6、聚酰胺-66、聚酰胺-1010等纤维。

(三) 聚丙烯腈系纤维

聚丙烯腈系纤维的基本组成是 $\text{—CH}_2\text{—}\overset{\text{CN}}{\text{C}}\text{—}$ ，如聚丙烯腈纤维、氯乙烯与丙烯腈共聚纤维等。如果丙烯腈含量占