

涤纶生产工人技术读本

# 涤纶纺丝



6.2

纺织工业出版社

涤纶生产工人技术读本

# 涤 纶 纺 丝

王成业 蔡栋才 编  
辜昌基 董义强

纺织工业出版社

## 内 容 简 介

本书是《涤纶生产工人技术读本》中的一册，书中全面而简明地叙述了涤纶短纤维和涤纶长丝的纺丝生产工艺和设备，同时对纺丝成形的基本原理、工程管理、工艺计算、辅助工程、原料和半制品的物理-化学测试以及纺丝运转操作、故障处理等有关内容也作了较详细的介绍。

本书可供涤纶厂的生产工人自学，也可作为涤纶厂新工人的培训教材，从事涤纶生产的管理干部和技术人员也可参考。

涤纶生产工人技术读本

### 涤 纶 纺 丝

王成业 蔡株才 编  
辜昌基 董义强

\*

纺织工业出版社出版

(北京阜成路3号)

北京印刷二厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

\*

87×1092毫米 1/32 印张，916/32 插页，1 字数，211 千字

1980年3月第一版第一次印刷

印数：1-7000 定价：0.90元

统一书号：15041·1106

# 前 言

随着我国合成纤维工业的迅速发展，广大从事合成纤维工业生产的工人、技术人员和干部迫切需要有一些比较浅近的，同时又是结合生产实践的、通俗易懂的合成纤维技术书籍，供学习和参考之用，我们编写的《涤纶纺丝》就是力图适应这一需要，并期望能在蓬勃兴起的群众性的学习技术和业务的热潮中，能起到一定的作用。

《涤纶纺丝》是以近年来兴建的大型涤纶工厂的生产实践为主要依据，并参考了国内外有关资料进行编写的。书中着重介绍了涤纶短纤维和涤纶长丝的纺丝生产工艺和运转管理等方面的内容。本书第一章由王成业同志编写；第二、四、六、七、八章由蔡栋才同志编写；第三、五章由辜昌基同志编写；第九章由董义强同志编写；并由王成业同志对全书进行了审核。

本书在编写过程中，得到了有关领导和同志们的大力支持及帮助，对此表示深切的感谢！

由于我们生产经验不足，水平有限，书中定有不少谬误之处，恳请广大读者批评指正。

编 者

# 目 录

<b>第一章 概 述</b> .....	( 1 )
一、涤纶的发展简况.....	( 1 )
二、涤纶的现状.....	( 2 )
三、涤纶的发展动向.....	( 4 )
<b>第二章 涤纶纺丝成形的基本原理</b> .....	( 6 )
第一节 熔体细流的固化成形历程.....	( 6 )
一、熔体在未喷出喷丝孔之前.....	( 7 )
二、熔体出喷丝孔之后.....	( 8 )
第二节 熔融纺丝成形过程中熔体细流 受力变形和热量交换.....	( 9 )
一、成形过程中的受力变形.....	( 9 )
二、成形过程中的热量交换.....	( 12 )
第三节 初生纤维结构的形成.....	( 13 )
一、纺丝成形过程中的取向作用.....	( 13 )
二、纺丝成形过程中的结晶.....	( 15 )
<b>第三章 切片输送和干燥</b> .....	( 16 )
第一节 工艺流程和设备.....	( 16 )
一、切片干燥的目的.....	( 16 )
二、切片干燥的工艺流程.....	( 17 )
三、主要设备概述.....	( 24 )
第二节 工艺操作和故障处理.....	( 29 )
一、工艺条件的选择.....	( 29 )

二、主要操作过程·····	( 30 )
三、常见故障和产生原因·····	( 32 )
<b>第四章 涤纶短纤维纺丝工程·····</b>	<b>( 35 )</b>
<b>第一节 切片纺丝法和直接纺丝法的工艺</b>	
过程概述·····	( 35 )
一、切片纺丝法·····	( 36 )
二、直接纺丝法·····	( 37 )
<b>第二节 涤纶短纤维纺丝设备的结构和特点·····</b>	<b>( 40 )</b>
一、螺杆挤压机的结构特征和工作原理·····	( 40 )
二、纺丝箱体·····	( 50 )
三、环形吹风装置和纺丝甬道·····	( 57 )
四、短纤维卷绕机·····	( 60 )
<b>第三节 直接纺丝成形的工艺和控制·····</b>	<b>( 68 )</b>
一、熔体输送·····	( 68 )
二、纺 丝·····	( 73 )
三、冷 却·····	( 81 )
四、卷 绕·····	( 89 )
<b>第四节 切片纺丝成形的工艺和控制·····</b>	<b>( 93 )</b>
一、螺杆各区的温度选择和控制·····	( 93 )
二、纺丝熔体的输送工艺和控制·····	( 96 )
<b>第五节 纺丝工程操作·····</b>	<b>( 99 )</b>
一、聚合物输送工序·····	( 99 )
二、纺丝和冷却工序·····	(100)
三、卷绕工序·····	(104)
<b>第六节 涤纶短纤维纺丝工程常见故障</b>	
(或异常)及其排除方法·····	(108)
一、运转操作故障的排除·····	(108)

二、卷绕丝质量异常及排除	(118)
<b>第五章 涤纶长丝纺丝工程</b>	(126)
<b>第一节 原料切片的质量</b>	(126)
一、特性粘数	(126)
二、二甘醇含量和软化点	(127)
三、二氧化钛的含量	(128)
四、羧基的含量	(129)
五、机械杂质的含量	(130)
六、聚酯切片的质量指标	(131)
<b>第二节 长丝纺丝设备概述</b>	(132)
一、螺杆挤压机	(132)
二、纺丝箱体	(134)
三、计量泵和喷丝板	(136)
四、纺丝组件	(137)
五、冷却纺丝筒	(139)
六、卷绕机	(141)
<b>第三节 长丝纺丝工艺和操作</b>	(147)
一、切片的熔融过程	(147)
二、熔体的过滤和混和	(149)
三、丝束的成形和冷却	(160)
四、上油和卷绕	(169)
五、工艺操作和常见故障排除	(176)
六、卷绕丝的质量和工程管理	(183)
<b>第四节 高速卷绕</b>	(188)
一、高速卷绕的工业意义	(188)
二、高速卷绕头	(191)
三、高速卷绕的工艺特点	(193)

四、高速卷绕丝的性能·····	(199)
<b>第六章 纺丝工程管理</b> ·····	(202)
<b>第一节 工艺管理</b> ·····	(203)
一、工艺管理的目的和方法·····	(203)
二、工艺管理的项目和管理标准·····	(204)
<b>第二节 运转管理</b> ·····	(207)
一、运转管理的目的和方法·····	(207)
二、运转管理的项目内容·····	(208)
<b>第三节 质量管理</b> ·····	(213)
一、质量管理的目的·····	(213)
二、质量管理的方法·····	(214)
<b>第七章 涤纶纺丝工艺和技术经济指标计算</b> ·····	(217)
<b>第一节 纺丝工艺计算</b> ·····	(217)
一、纤维纤度的计算·····	(217)
二、纺丝计量泵供量和计量泵转速的计算·····	(219)
三、纺丝卷绕速度和喷头拉伸倍率的计算·····	(221)
四、纺丝卷重和卷绕落筒(或换桶)时间的计算·····	(224)
<b>第二节 技术经济指标计算</b> ·····	(227)
一、生产能力·····	(227)
二、设备利用率和设备运转率·····	(228)
三、原料消耗定额计算·····	(230)
<b>第八章 辅助工程</b> ·····	(232)
<b>第一节 纺丝组件和计量泵的清洗与组装</b> ·····	(232)
一、纺丝组件的清洗和组装·····	(232)
二、纺丝计量泵的清洗和组装·····	(238)
<b>第二节 纺丝油剂的调制</b> ·····	(239)
一、上油的目的·····	(239)



二、纺丝油剂的调制	(240)
三、油剂更新和油剂系统的清洗	(243)
四、常用的纺丝油剂	(243)
第三节 联苯混合物热媒循环加热系统	(247)
一、联苯混合物热媒的一般性质	(248)
二、联苯混合物的加热系统	(250)
<b>第九章 聚酯熔体 (或切片) 和卷绕丝的质量分析</b>	<b>(253)</b>
第一节 聚酯熔体 (或切片) 的质量分析	(253)
一、特性粘数的测定	(254)
二、聚酯切片软化点测定	(257)
三、聚酯切片的含水率测定	(261)
四、聚酯切片的熔点测定	(264)
五、聚酯切片的羧基含量测定	(266)
六、聚酯切片的灰分测定	(268)
七、聚酯切片中二氧化钛含量测定	(270)
八、切片中凝集粒子含量测定	(274)
九、聚酯切片中含铁量测定	(275)
十、聚酯切片色泽测定 (白度测定)	(277)
第二节 短纤维卷绕丝的质量分析	(280)
一、卷绕丝纤度的测定	(281)
二、卷绕丝双折射 ( $\Delta n$ ) 测定	(282)
三、卷绕丝的断面测定	(284)
四、卷绕丝中异常丝测定	(286)
五、卷绕丝冷拉伸倍率测定	(287)
六、卷绕丝的含水率测定	(288)
第三节 长丝卷绕丝的质量分析	(289)
一、卷绕丝纤度的测定	(289)

- 二、卷绕丝双折射 ( $\Delta n$ ) 测定 .....(290)
- 三、卷绕丝的断面测定.....(290)

**附录**

- 表 1：聚对苯二甲酸乙二酯的物理常数.....(291)
- 表 2：聚酯特性粘数和分子量换算表.....(292)

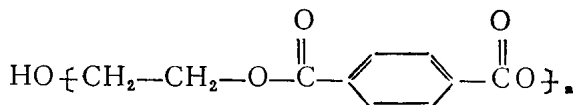
# 第一章 概 述

## 一、涤纶的发展简况

涤纶（聚对苯二甲酸乙二酯纤维）是由对苯二甲酸和乙二醇进行酯化、缩聚、经熔融纺丝和后加工而制成的合成纤维，它是重要的纺织材料，已广泛的应用于纺织工业和其他部门。

在三十年代初期卡罗瑟斯（Carothers）首先用脂肪族二元酸和二元醇缩聚成具有成纤性能的高分子物——聚酯。由它制成的纤维，虽然有像丝一样的光泽，比粘胶纤维高的强度及大的弹性，但是熔点低、耐水性差、制造费用昂贵、毫无使用价值，然而卡罗瑟斯的这一研究成果却奠定了缩聚化学的基础，为以后合成纤维的研究指出了方向，开辟了道路。

温菲尔德（Whinfield）等于1941年发现了有使用价值的涤纶。温菲尔德在研究了大量的文献资料之后，提出了分子对称性对于用聚酯制成的纤维性质有很大影响的见解，他用对称的芳香族聚酯证明了他见解的正确性。用对苯二甲酸和乙二醇缩合成的聚酯，其结构式为：



它能结晶并具有成纤性能，同时具有高熔点和抗水解性，把它进行熔融纺丝则能够得到取向和结晶的纤维。但是，当时

由于第二次世界大战及原料制造技术和成本高等原因，使涤纶发展缓慢，因此，直至1953年才开始大规模生产，1960年以前涤纶仅在美、日、西欧各国生产，以后在发展中国家也有生产，目前发展中国家涤纶的产量约占世界总产量的25%，至八十年代有可能达到35%。在短短二十多年时间内，涤纶产量已占世界合成纤维的首位。

## 二、涤纶的现状

在合成纤维的生产中主要有涤纶、锦纶、腈纶三大品种，它们是世界上合成纤维产量最大、使用最广的品种，其产量增长情况见表1-1。

表1-1 世界主要合成纤维逐年增长情况

(单位：千吨)

年 份	锦 纶	涤 纶	腈 纶
1955	184	16	28
1960	406	123	109
1965	1023	457	404
1970	1903	1645	1003
1975	2469	3374	1398
1976	2803	3907	1732
1977	3000	4200	1800
1978	3000	4500	2000

涤纶之所以能得到持续迅速的发展，并受到很多国家的重视，其原因是多方面的，但其中重要原因之一是由于石油化学工业的重大发展，给生产涤纶提供了丰富廉价的起始原料对二甲苯、乙二醇。随着新工艺的不断开发和生产规模的扩大，涤纶的成本今后会不断的下降。

随着涤纶生产工艺技术不断改进，使涤纶既有很好的强

度及耐摩擦性能，又有很好的形状稳定性及耐光、耐气候、耐化学药品等性能。既适合民用，又适合工业用；既适合发展短纤维，又适合发展长丝；它既可纯纺，又可与棉、毛、麻、粘胶纤维等混纺，特别是作为衣着用，具有坚牢、挺括、易洗快干等特点，深受消费者的欢迎。因此，涤纶的产品市场越来越广泛，使用面也越来越扩大，随之涤纶获得了迅速的发展。不同品种的涤纶其物理性质如表 1-2 所示。

表1-2 涤纶的物理性质(在21°C, 相对湿度65%,  
应变速率每分钟60%时的机械性质)

性 质	长 丝		短 纤 维	
	普通抗张强度	高抗张强度	普通抗张强度	高抗张强度
断裂强度(克/旦)	2.8~5.6	6.0~9.5	2.2~6.0	5.8~6.0
断裂伸长(%)	19~34	10~34	25~65	25~40
起始模量(克/旦)	75~100	115~120	25~40	45~55
弹性回复(%)	88~93 (在伸长5%时)	90 (在伸长5%时)	75~85 (在伸长5%时)	—
水 分(%)	0.4	0.4	0.4	0.4
比 重	1.38	1.38	1.38	1.38
熔融温度(°C)	265	265	265	265

由于涤纶的性能优良，除了产量逐年增长之外，还朝着品种多样化方面发展。短纤维除有棉型、毛型、地毯型外，还有高模量、抗起球、难燃性、异形断面、高收缩等许多品种。长丝除普通型外，还有变形丝、异形断面丝、帘子线、复合丝等等。涤纶的花色品种千变万化，规格繁多，种类不下数百种。现时各国还在继续通过化学的或物理的方法研究新品种，便于纺织加工工业的选择，满足多种用途和不同爱好者的需要。

### 三、涤纶的发展动向

众所周知，涤纶不仅是当前合成纤维的最大品种，而且今后涤纶仍然是发展的主体，因此，受到纤维生产者的极大关注。在当前，涤纶正朝着多品种、高质量、高速度、高效率、低成本的方向发展。

近年来电子计算机已应用在聚合、纺丝及后加工中，更进一步提高了生产效率和产品质量，据报导，西德、日本等国家都建有电子计算机控制的聚合、切片输送、纺丝以及后加工的联合企业。例如，一个日产110吨的聚酯工厂（短纤维55吨/天和切片55吨/天），从酯化到短纤维打包、储藏整个生产流程的管理和质量控制均由电子计算机进行监控，每班操作人员只有8人。一个年产长丝24000吨的工厂（包括拉伸丝和假捻丝），从切片的接受到打包、储藏全面自动化，劳动定员只有270人，而且生产稳定，质量均一，成本降低10%左右。

另一特点是生产机械的高速化。普通短纤维纺速已达2000米/分；高速纺的纺速已达4000~6000米/分。短纤维的拉伸和卷曲速度达400米/分（300万旦），切断速度达450米/分（450万旦）。长丝的拉伸加捻速度达2500米/分，锭子式假捻速度达 $8 \times 10^5$ 转/分（线速400~500米/分）；摩擦式假捻速度达 $4 \times 10^6$ 转/分。高速化生产使单机生产能力和劳动生产率得到大幅度提高。

此外，生产流程的连续化、设备的大型化也是涤纶生产中的一大特点，3600孔的喷丝板、大容量（3吨/桶）的盛丝桶和长丝卷绕达50公斤的大卷装都已相继使用，当前最大的涤纶短纤维生产线，一个系列已达100吨/天。连续聚合直接纺丝、纺丝拉伸联合机和纺丝拉伸假捻联合机等也已投

产。

随着高分子化学和高分子物理技术的发展，涤纶变性纤维也相继出现，变性纤维目前已成为人们改善纤维性能、增加品种、提高质量的重要手段之一。变性方法有共聚、接枝、镶嵌、混抽、假捻、复合、添加、异形等多种，通过变性可以达到人们需要的特定性能，如耐热性、抗起球、制电性、抗菌性、亲水和疏水性、染色性、手感和挺括性等等。在长丝方面最引人注目的是 POY 和 DTY 技术，这一新技术已在美国、西欧和日本普遍采用。

综上所述，涤纶在过去、现在和将来都是化学纤维中的最主要品种之一。涤纶的生产技术将会迅速的得到发展。

## 第二章 涤纶纺丝成型的基本原理

涤纶是采用熔融纺丝法进行纺丝成形的，熔融纺丝法是合成纤维生产中一种比较重要的工艺方法。熔融纺丝成型基本包括以下几个过程：

1. 聚酯熔体（熔体）的制备和经喷丝孔喷出形成熔体细流。
2. 熔体细流的拉长、变细和冷却固化。
3. 初生纤维（卷绕丝）的上油给湿和卷绕。

一般来讲，采用熔融纺丝成型时，熔体形成纤维只是一个随着传热过程而产生的物态变化过程，即固态聚合物在高温下转变为流动的粘流体，并在一定的纺丝压力下从喷丝孔喷出，然后在空气中冷却凝固成固态丝条的过程，这个过程伴随着热的传递和力的作用等各种复杂因素的影响，使丝条不断地变化，温度逐渐下降，熔体细流的运动和性质发生连续不断的变化，聚合物大分子亦不断地改变它的聚集状态，熔体细流则不断地凝固而形成预取向度较低的初生纤维（卷绕丝）。下面简要地叙述涤纶熔融纺丝成型的基本原理。

### 第一节 熔体细流的固化成形历程

众所周知，当熔体由纺丝计量泵以一定压力压经喷丝孔吐出时，在外力（卷绕拉力、熔体重力和空气的摩擦力等）和纺丝冷却筒和纺丝甬道中的空气气流的冷却作用下，使熔



体拉长、变细、固化而最终形成初生纤维。由于聚酯熔体是高分子聚合物，呈现出非牛顿型的流动，所以熔体的固化成形历程，基本上可分为入口区、孔流区、膨化区、形变区和稳定区（图2-1）。

### 一、熔体在未喷出喷丝孔之前

由图 2-1 可知，熔体在未出喷丝孔之前，经历两个区即入口区和孔流区（见图 2-1 中的 I 和 II）。熔体自喷丝导孔压进直径只有零点几毫米的喷丝孔时，在入口部分发生速度骤增现象，并损失一定的能量。具有粘弹性质的熔体，这部分能量损失则用于使柔顺的高分子聚合物的分子链以高弹形变的方式改变自己的分子构象，并作为弹性能贮存于体系之中，这就是高聚物在入口区所具有

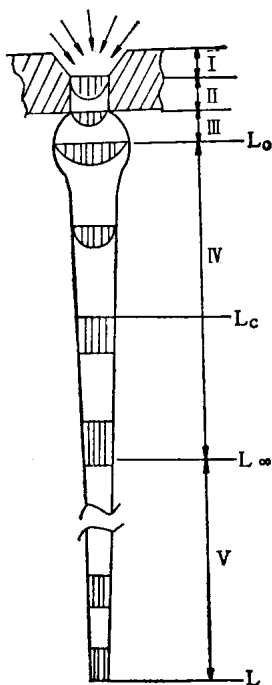


图2-1 熔体固化成形示意图

I—入口区 II—孔流区 III—膨化区 IV—形变区 V—稳定区

的特征，称为“入口效应”。以后熔体进入喷丝孔。一般来说，高聚物熔体在不流动时，大分子相互缠结、卷曲；流动时，分子链受到剪切力作用而沿孔流方向伸展，另外由于高