

涤纶生产基本知识



纺织工业出版社

涤纶生产基本知识

上海市化学纤维工业公司 编

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书较全面而简明地叙述了涤纶短纤维和长丝生产的化学及制造工艺原理,介绍了涤纶基本原料和中间体的制备、树脂合成、切片干燥、熔融纺丝成型和后加工的方法及工艺设备。同时本书对主要工序操作、工艺计算、物理测试、公用工程和安全技术等也作了介绍。书中还叙述了涤纶的结构、性质和用途。

本书可供化学纤维行业的工人、干部和七·二一大学学员参考。

涤纶生产基本知识

上海市化学纤维工业公司 编

(限国内发行)

*

纺织工业出版社

(北京阜成路 3 号)

北京印刷一厂印刷

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: $8\frac{28}{32}$ 字数: 191 千字

1978 年 3 月 第一版第一次印刷

印数: 1—9,300 定价: 0.62 元

统一书号: 15041·1002

前 言

在英明领袖华主席提出的抓纲治国的战略决策指引下，全国形势一派大好，到处出现欣欣向荣的革命景象。我国化学纤维工业战线上的广大职工高举“鞍钢宪法”的光辉旗帜，深入开展“工业学大庆”的群众运动，掀起了“抓革命，促生产，促工作，促战备”的新高潮。为了适应形势的发展，满足化学纤维工业广大工人和干部学习技术的迫切要求，我们编写了《涤纶生产基本知识》一书。

本书在编写过程中，得到了有关单位的大力协助，在此表示感谢。

由于我们水平有限，经验不足，书中难免有不少缺点和错误，希望读者批评指正。

上海市化学纤维工业公司

CAH/96/09

目 录

第一章 概论	(1)
第一节 涤纶生产的发展	(1)
第二节 涤纶基本原料的来源	(3)
第三节 涤纶生产的主要工艺路线和流程	(5)
第四节 涤纶的结构、性能和用途	(6)
第二章 涤纶基本原料的制备	(14)
第一节 石油化学工业与对二甲苯的生产	(14)
一、石油化学工业提供了丰富的芳烃原料	(14)
二、对二甲苯的生产	(16)
第二节 对苯二甲酸和对苯二甲酸二甲酯的制备	(21)
一、对苯二甲酸的制备	(21)
二、对苯二甲酸二甲酯的制备	(35)
第三节 乙二醇的制备	(42)
一、制备方法	(42)
二、乙二醇的性质和质量指标	(44)
第三章 对苯二甲酸乙二酯的制备	(45)
第一节 对苯二甲酸二甲酯与乙二醇的酯交换法	(45)
一、酯交换反应的原理	(45)
二、间歇法酯交换	(46)
三、连续法酯交换	(50)
第二节 对苯二甲酸与乙二醇的直接酯化法	(54)
一、直接酯化的原理	(54)

二、间歇法直接酯化	(56)
三、连续法直接酯化	(57)
第三节 对苯二甲酸与环氧乙烷的直接加成法	(60)
一、加成反应的工艺	(60)
二、BHET 的精制	(63)
第四节 酯交换法、酯化法和环氧乙烷法 的比较	(63)
第四章 涤纶树脂的生产	(65)
第一节 对苯二甲酸乙二酯缩聚的原理	(65)
第二节 间歇法缩聚	(67)
一、生产的工艺和设备	(67)
二、缩聚反应工艺参数的影响	(71)
第三节 连续法缩聚	(73)
一、工艺过程概述	(73)
二、缩聚反应的工艺	(74)
三、缩聚反应装置的结构	(76)
四、后缩聚反应影响的因素	(78)
五、乙二醇的循环回收	(80)
第四节 连续酯交换和缩聚操作的要点	(81)
一、各连续装置的开车	(81)
二、各连续装置的关车	(82)
三、各连续装置的正常运转	(83)
第五节 注带和切片	(84)
第六节 有色切片和消光切片的制备	(87)
一、有色切片的制备	(87)
二、消光切片的制备	(89)
第七节 涤纶树脂的性质和质量指标	(90)

一、涤纶树脂的物理性质	(90)
二、涤纶树脂切片的质量指标	(91)
第八节 涤纶生产中废料和废丝的回收	(91)
一、化学法回收对苯二甲酸	(92)
二、物理法回收涤纶废丝	(93)
第五章 切片的干燥	(94)
第一节 切片干燥的作用	(94)
第二节 干燥设备及工艺	(95)
一、转鼓真空干燥	(95)
二、沸腾式干燥	(98)
三、回转充填二级干燥	(100)
第三节 干切片的贮存和输送	(102)
第四节 干燥操作要点	(103)
一、转鼓真空干燥操作要点	(103)
二、卧式沸腾干燥操作要点	(104)
第六章 短纤维的熔融纺丝成型	(106)
第一节 熔融纺丝成型的原理	(106)
第二节 熔融纺丝成型的设备	(109)
一、螺杆挤压机的结构	(110)
二、弯管和纺丝箱体	(114)
三、吹风窗和甬道	(119)
四、卷绕机	(121)
第三节 熔融纺丝成型的工艺	(123)
一、切片纺丝	(123)
二、直接纺丝	(130)
第四节 纺丝卷绕工序操作的要点	(130)
一、纺丝工序的开车、停车和正常运转	(130)

二、卷绕工序的开车、停车和正常运转	(132)
第五节 纺丝卷绕工序常见故障及其处理	(133)
一、螺杆挤压机不进料	(133)
二、泛浆和漏浆	(134)
三、注头丝和气泡丝	(134)
四、硬头丝和螺旋丝	(135)
五、卷绕丝断面不匀及毛丝	(135)
六、卷绕丝卷重的波动	(136)
第七章 长丝的熔融纺丝成型	(137)
第一节 普通长丝	(137)
一、纺丝设备	(137)
二、纺丝工艺	(140)
第二节 帘子线——高压纺丝法	(142)
一、高压纺丝的原理	(143)
二、高压纺丝设备	(144)
三、高压纺丝工艺	(149)
第三节 变形纱用长丝——高速纺丝法	(153)
一、高速纺丝法概述	(153)
二、高速纺丝的设备 和 工艺	(154)
第八章 短纤维的后加工	(157)
第一节 后加工的意义和工艺流程	(157)
一、后加工的意义	(157)
二、工艺流程	(158)
第二节 拉伸等工序的设备和工艺	(160)
一、集束	(160)
二、拉伸	(161)
三、卷曲	(171)

第三节	热处理等工序的设备和工艺·····	(175)
一、	热处理·····	(175)
二、	切断·····	(181)
三、	打包·····	(184)
第四节	后纺油剂组成及配制方法·····	(186)
第九章	长丝的后加工·····	(189)
第一节	普通长丝·····	(189)
一、	拉伸加捻的工艺和设备·····	(189)
二、	后加捻的工艺和设备·····	(197)
三、	热定型的工艺和设备·····	(199)
四、	倒筒的工艺及设备·····	(201)
五、	长丝的质量和产生疵品的原因·····	(203)
第二节	帘子线·····	(204)
一、	工艺流程概述·····	(204)
二、	帘子线拉伸、加捻合股和热定型的设备和工艺·····	(206)
三、	涤纶帘子线的性能·····	(209)
四、	帘子布的浸胶处理·····	(209)
第三节	变形纱·····	(211)
一、	假捻法生产低弹变形纱的原理·····	(212)
二、	假捻的设备和工艺·····	(213)
第十章	生产工艺计算·····	(219)
第一节	纺丝卷绕工序的工艺计算·····	(219)
第二节	后加工工序的工艺计算·····	(224)
第十一章	生产中的物理化学测试·····	(228)
第一节	化学分析·····	(228)
一、	特性粘度的测定·····	(228)
二、	熔点的测定·····	(230)

三、切片含水率压差法的测定	(231)
四、灰分和二氧化钛含量的测定	(233)
五、纤维含油率的测定	(234)
六、油剂浓度的测定	(234)
第二节 物理测试	(235)
一、常规测试	(235)
二、非常规测试	(243)
第十二章 生产的公用工程	(250)
第一节 空气调节和压缩空气	(250)
一、空调概述	(250)
二、各车间的空调和通排风	(251)
三、压缩空气	(253)
第二节 供电和电气控制	(254)
一、供电	(254)
二、生产设备的电气控制	(255)
第三节 水、汽的供给和排泄	(260)
一、工艺用软水	(260)
二、蒸汽的供给和冷凝水的排泄	(263)
第十三章 生产的安全技术	(265)
第一节 安全生产的一般知识	(265)
第二节 化学车间的安全技术	(266)
一、防毒	(266)
二、防火防爆	(267)
第三节 纺丝和后加工车间的安全生产	(270)
附录:	(271)
表一 涤纶树脂分子量换算表	(271)
表二 纤维切断长度表	(272)
表三 高温载热体的物理性质	(273)

第一章 概 论

第一节 涤纶生产的发展

涤纶是聚对苯二甲酸乙二酯纤维的商品名称，它是以对苯二甲酸(TPA)和乙二醇(EG)为基本原料制得的涤纶树脂，经熔融纺丝和后加工制成的一种合成纤维。因为分子结构中

$$\begin{array}{c} \text{O} \\ \parallel \\ \text{—G—O—} \end{array}$$
含有酯基(—G—O—)，所以常称聚酯纤维(国外有称“特头纶”、“达克纶”、“特丽纶”、“拉夫桑”等，是这种纤维的商品名称)。早在二十年代末期就已开始线型成纤聚酯的研究，但要是以脂肪族二元酸和乙二醇为原料，制得聚酯性能不佳，无使用价值，因而未作进一步研究。至四十年代初，有人改用芳香族二羧酸即对苯二甲酸和乙二醇首次在实验室制成涤纶树脂，由于熔点高，而且机械性能和耐化学试剂优良，因此随后进行了涤纶工业化的研究，并于五十年代初正式投入工业生产。

涤纶生产虽然只有二十余年的历史，但由于它具有许多优点，因而使民用和工业用深受欢迎；同时随着六十年代石油裂解技术的飞跃发展，给涤纶提供了更加丰富而廉价的原料；加之对苯二甲酸的制造、连续酯交换、直接酯化和连续缩聚技术的进步，纺丝和后加工的工艺革新，为涤纶发展开辟了广阔的前景。由于这些原因，涤纶发展颇为迅速，它在合成纤维总产量中的比例迅速增加，1965、1970 和 1975 年所

占比例分别为 22.6%、35%和 45%，在 1972 年世界涤纶总产量第一次超过锦纶，跃居第一位。1973 年以后由于资本主义国家石油危机所导致的经济危机，合成纤维产量大幅度下降，见表 1-1，迫使资本主义国家放慢了扩大合成纤维生产能力的步伐，因此涤纶的发展也受到影响。相反，发展中国家由于加强团结和改变对帝国主义的依赖，独立发展民族经济，使合成纤维产量迅速上升，增加了 6%。

表 1-1 近年来世界合成纤维的产量
(单位：万吨)

品 种 \ 年 份	1970	1971	1972	1973	1974	1975
涤 纶	162.2	209.0	250.8	310.0	327.5	320.0
锦 纶	187.3	216.5	242.9	270.0	259.4	230.0
腈 纶	101.1	120.0	126.8	156.6	144.8	130.0
其 他	33.9	5.6	7.3	5.8	21.3	35.0
总 产 量	484.5	551.1	627.8	760.0	753.0	715.0

目前，涤纶的发展是长丝比短纤维快，长丝产量已逐渐接近短纤维，长丝中又以变形纱产量为最大。这主要是由于涤纶变形纱广泛用于针织和机织，其织物适合制内外衣，以及涤纶长丝用于轮胎帘子线的缘故。从生产工艺路线来看，以对苯二甲酸二甲酯(DMT)连续法生产为主，TPA代替DMT，环氧乙烷(EO)代替EG的直接法将是发展方向。从工艺技术而论，趋向于大型化、连续化和自动化，目前涤纶厂的一般规模为1~6万吨/年，最大规模达15万吨/年。

我国涤纶工业比较年青，在毛主席的无产阶级革命路线

指引下,无产阶级文化大革命以来,化学纤维战线广大职工坚持“独立自主、自力更生”的伟大方针,使涤纶工业从无到有,从小到大,迅速发展起来。目前不但有了中小型涤纶厂,而且正在建设以涤纶为中心的联合性大型企业。我国是一个石油资源非常丰富的国家,随着石油化工、涤纶科学技术研究及合成纤维设备制造技术的提高,必将促进涤纶工业的迅速发展。

第二节 涤纶基本原料的来源

对苯二甲酸或对苯二甲酸二甲酯和乙二醇是制造涤纶树脂的基本原料。其中,乙二醇可从石油裂解的乙烯制得;而TPA和DMT的制造技术路线和工艺较为复杂,生产技术路线的选择,关键在于原料的来源。各国由于资源条件不同,采用的原料及制造方法也各不一样。图1-1为生产TPA和DMT的主要技术路线。

尽管制造TPA和DMT的原料很多,但目前世界各国随着石油化学工业的飞速发展,特别是重整装置的不断增设,裂解轻油芳烃分离技术的进步,使TPA的制造由煤转向了石油,即以各种二甲苯为原料,其中最普遍的是用对二甲苯制备TPA和DMT,其次是以廉价的混二甲苯作原料。除二甲苯外,还可利用廉价的甲苯作为原料,采用第二亨格尔法由甲苯所制得的TPA纯度很高,可以满足直接酯化和连续化生产涤纶的要求。此外,有的还利用萘经第一亨格尔法制得对苯二甲酸。我国除用石油化工的芳烃和煤炼焦的副产物萘为原料外,还有用天然资源松节油和农副产品糠醛为原料的,以糠醛制呋喃二甲酸代替对苯二甲酸,制备的呋喃涤纶

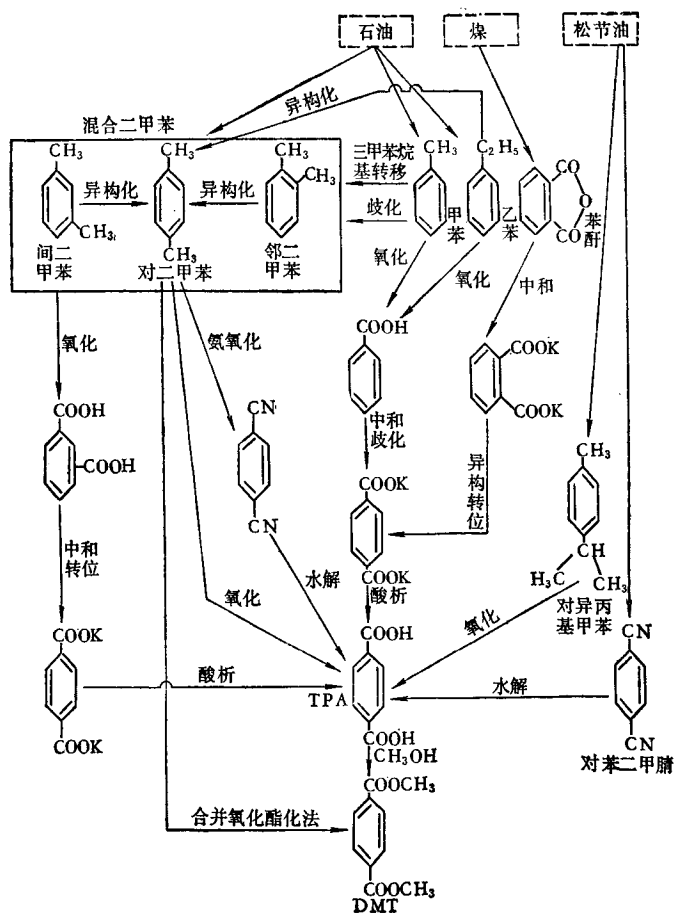


图 1-1 TPA 和 DMT 的生产技术路线

有类似于涤纶的某些性能，因此这条代用原料的路线对于小厂也是可以发展的。

第三节 涤纶生产的主要工艺路线和流程

涤纶生产的主要工艺路线，从基本原料到涤纶树脂有四种方法：间歇酯交换缩聚、连续酯交换缩聚、直接酯化缩聚和环氧乙烷加成酯化缩聚。实质上，从化学反应的原理来分仅有三种方法。因为间歇酯交换缩聚和连续酯交换缩聚，只是工艺流程、反应设备和反应条件的差异，反应本质完全一样。涤纶生产的主要三种工艺路线，如图 1-2 所示。生产的

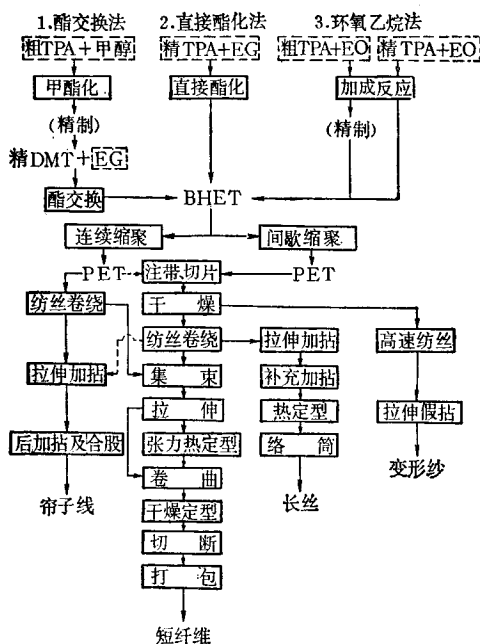


图 1-2 涤纶生产的工艺路线

工艺流程图示于图 1-3。

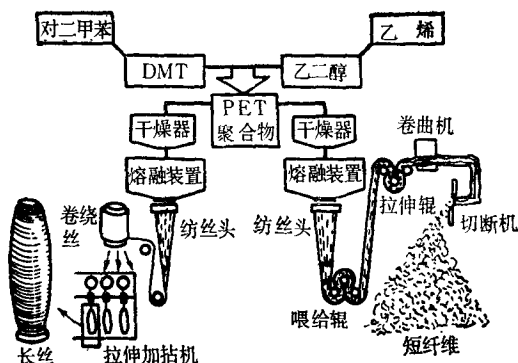


图 1-3 涤纶生产工艺流程图示意图

在这三种工艺路线中，酯交换缩聚法生产技术最为成熟。其中间歇酯交换缩聚法在生产中使用较早，目前多用于单品种的试验性生产，有易于变换品种的优点。连续酯交换缩聚法，在 1963 年已广泛工业化，现在是涤纶生产中最主要的方法，发展速度比其余各法都快，大型涤纶厂基本均采用此法。直接酯化缩聚法虽也于 1963 年开始工业化，但由于存在一些工艺和质量上的具体问题，所以发展远不如连续酯交换缩聚法快。环氧乙烷加成酯化缩聚法在 1971 年已有大厂建立，但因加成反应难控制，设备结构较复杂，存在问题尚多，故目前采用此法生产的量不大。

第四节 涤纶的结构、性能和用途

涤纶具有许多宝贵的性能，这些性能取决于结构，同时

又决定了纤维的用途，因此，结构、性能和用途三者间有着密切的关系。

一、涤纶的结构

涤纶的结构可分为分子链结构和超分子结构。分子链结构是用化学元素来表示涤纶的化学分子式，它反映了物质的本质，决定了纤维的主要性能。超分子结构很复杂，包括内容较多，但与分子链结构相比，对纤维性质的影响较小，限于篇幅，在此不予叙述。

涤纶分子链结构用分子式 $\text{HO} \left[\text{CH}_2\text{CH}_2-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\right.
 \left. -\text{C}(=\text{O})-\text{O} \right]_n \text{CH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ 来表示，从分子式看出，涤纶大分子结构的两端存在两个羟乙基，中间有一个苯环，两个单元通过酯基相互连接。涤纶是对称的苯环结构线性大分子，大分子长链上官能团的排列很整齐，没有支链，这与组成它的单体对苯二甲酸和乙二醇分子的对称性有关。假若单体对苯二甲酸的羧基位置改变，将导致结构和性能的很大差异，见表 1-2。由表中可看出，由于涤纶树脂分子链结构的改变，其熔点、结晶性和成纤维性能有显著不同。

由分子链结构看出，涤纶大分子中存在着重复单元

$-\text{O}-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{C}_6\text{H}_4-\overset{\text{O}}{\parallel}{\text{C}}-\text{O}-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ ，这个重复单元含有柔软的链段和活动困难的苯环。在这个单元中，由于酯基与苯环间形成了一个共轭体系，使它成为一个整体。在大分子链围绕着这个刚性基团自由转动时，由于转动能阻较