



贝聿洸 徐焯 编

聚酯纤维手册

(第二版)

纺织工业出版社

聚酯纤维手册

(第二版)

贝聿沈 徐焯 编



纺织工业出版社

内 容 提 要

本手册系统地介绍了聚酯纤维的制造过程。包括聚酯纤维的历史和展望、聚酯中间体的制造、聚合过程、纺丝、后加工以及聚酯工业用丝、工艺计算、工厂设计的工艺要求等，内容丰富。在编写形式上力求简明扼要，工艺流程、工艺参数及其影响因素、主要设备特征等尽量采用图表形式，以便查阅。

本书可供化纤企业工作者、科研人员以及大专院校师生参考。

责任编辑：蔡秀卿



TQ346.2-62/1-2

聚酯纤维手册

(第二版)

贝聿洸 徐焯 编

*

纺织工业出版社出版

(北京东直门南大街4号)

纺织工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

850×1168毫米 1/32 印张：15 24/32 插页：2 字数：405千字

1981年6月第一版第一次印刷 1991年5月第二版第二次印刷

印数：5,001—8,000 定价：8.00元

ISBN 7-5064-0608-X/TS·0594

前 言

《聚酯纤维手册》(第一版)问世已近10年。这10年间,我国的聚酯纤维发展很快,1989年产量已达95万吨。聚酯短纤维的产量已跃居世界第二位;聚酯长丝从无到有,以引进技术为起点,发展十分迅速,目前已占聚酯总量的40%左右。大批技术人员成长起来,工艺和设备制造水平均有了长足的进步。

聚酯纤维在全世界也是发展最快的一种化学纤维,由于其性能优异、用途广泛,这种趋势必将持续下去。我国聚酯纤维的产量预计到2000年还将增加一倍。

本书第一版由贝聿泷编写,此第二版由贝聿泷与徐焯合作编写。与第一版相比,第二版重点突出了聚合及纺丝两大部分,并力求将近10年来国内外在聚合及纺丝后加工方面的新技术、新工艺、新设备补充进来。为适合聚酯工业用丝的发展,我们又特设一章加以论述。由于篇幅关系,对单体制造部分作了最大限度的压缩,以给读者一个概括的了解为准则。在编写形式上仍力求简明、实用,对于生产工艺流程、工艺参数变化的影响以及主要设备的特征等,尽量用图、表或简要说明来表述,以便于读者查阅。

如果本书能对我国聚酯纤维工业的发展起些作用的话,将是我们最大的满足。书中难免存在缺点和错误,欢迎读者批评指正。

编 者

1990年7月

目 录

第一章 绪论	(1)
一、聚酯纤维发展简史	(1)
二、聚酯纤维的生产与展望	(3)
三、我国的聚酯纤维工业	(8)
第二章 聚对苯二甲酸乙二酯的制造	(11)
第一节 生产工艺路线概述	(11)
第二节 聚酯中间体的制法	(19)
一、高温氧化法	(19)
(一) 高温氧化反应及其特点	(19)
(二) 影响反应的主要工艺因素	(20)
(三) 工艺流程简介	(20)
二、氧化酯化法	(27)
(一) 氧化酯化反应及其特点	(27)
(二) 影响反应的主要工艺因素	(30)
(三) 工艺流程简介	(31)
第三节 缩聚	(43)
一、缩聚反应及其特点	(43)
二、间歇缩聚、连续缩聚和半连续缩聚	(46)
三、酯化法和酯交换法缩聚的工艺流程	(48)
(一) 酯化法连续缩聚的工艺流程简介	(48)
(二) 酯交换法连续缩聚的工艺流程简介	(52)
(三) 间歇缩聚的工艺流程简介	(53)
四、酯化法和酯交换法缩聚的工艺条件及影响因素	(55)
(一) 影响酯化反应的主要工艺条件	(55)
(二) 影响酯交换反应的主要工艺条件	(64)

(三) 影响缩聚反应的主要工艺条件	70
(四) 二甘醇的生成及其对产品质量的影响	78
(五) 稳定剂的配制及其对产品质量的影响	81
(六) 消光剂的配制及其对缩聚和纺丝的影响	82
五、铸带切粒与切片输送	85
(一) 铸带切粒的工艺流程简介	85
(二) 铸带切粒的工艺参数及其影响	87
(三) 切片输送	88
六、甲醇及乙二醇回收	88
(一) 甲醇及乙二醇回收的工艺流程简介	90
(二) 甲醇及乙二醇回收的主要工艺参数	90
(三) 回收的甲醇及乙二醇的质量指标	94
七、真空系统及防堵措施	96
(一) 缩聚装置真空系统的作用	96
(二) 缩聚装置真空系统的类型	96
(三) 防堵塞措施	99
八、产品产量及质量的控制	101
(一) 生产优质产品的设计因素	101
(二) 持续稳定生产的设计因素	101
(三) 影响切片质量主要指标的因素图	101
(四) 增加产量的途径	106
九、聚酯的结构与物理性能	106
(一) 聚酯的分子结构	106
(二) 聚酯的物理性能	107
十、主要设备	113
(一) 酯交换反应器	113
(二) 酯化反应器	113
(三) 乙二醇脱除器	113
(四) 预缩聚反应器	114

(五) 缩聚反应器.....	(115)
(六) 反应器按类型的分类及其特征.....	(115)
(七) 切粒机.....	(123)
第三章 聚酯纤维的制造	(125)
第一节 聚酯纤维的特性	(126)
一、纤维的外观.....	(126)
二、纤维的密度.....	(127)
三、纤维的吸湿.....	(127)
四、纤维的机械性质.....	(127)
五、纤维的热性质.....	(128)
六、纤维的耐光性.....	(129)
七、纤维的电性质.....	(129)
八、纤维的化学性质.....	(131)
九、纤维抗微生物性能.....	(132)
第二节 切片干燥	(133)
一、干燥的目的和要求.....	(133)
二、切片干燥的方式和流程.....	(133)
(一) 切片干燥的方式.....	(133)
(二) 切片干燥的流程简介.....	(134)
(三) 不同干燥装置的比较.....	(143)
三、切片干燥的主要工艺参数及其影响.....	(143)
(一) 干燥条件的影响.....	(143)
(二) 干燥工艺参数.....	(146)
(三) 干燥不良的影响因素.....	(148)
四、干燥过程中切片结构的变化.....	(149)
五、干燥和熔融的连接.....	(149)
六、主要干燥设备.....	(150)
(一) 真空转鼓干燥机.....	(150)
(二) 滚筒干燥机.....	(151)

(三) 充填干燥机	(152)
(四) 縫隙式干燥器	(153)
(五) 结晶机	(154)
(六) 空气脱湿器	(155)
(第三节) 切片熔融	(156)
(一) 切片熔融方式及熔体质量	(156)
(二) 熔融的工艺条件及其影响	(156)
(一) 影响熔融均匀性的主要因素	(156)
(二) 防止降解的措施	(157)
(三) 影响环结堵料的因素	(158)
(四) 熔融温度的选择	(158)
(五) 螺杆挤出机出口压力的确定	(158)
(三) 螺杆挤出机的结构及其特征	(161)
(一) 螺杆挤出机的结构	(161)
(二) 螺杆挤出机的材质	(162)
(三) 螺杆挤出机结构参数的选择	(162)
(四) 螺杆挤出机的型号和规格	(164)
(四) 熔体过滤器	(165)
(五) 静态混合器	(169)
(第四节) 短纤维纺丝	(170)
(一) 工艺流程简介	(171)
(二) 纺丝各组成部分的作用和要求	(174)
(三) 纺丝主要工艺参数及其影响	(174)
(一) PET质量对纺丝的影响	(175)
(二) 熔体停留时间的影响	(178)
(三) 纺丝主要工艺条件的影响	(178)
(四) 影响纺丝的主要因素图	(185)
(四) 短纤维纺丝主要工艺参数及实例	(187)
(五) 纺丝机的结构特征	(189)

(一) 纺丝箱体	(189)
(二) 计量泵	(189)
(三) 纺丝组件和喷丝板	(192)
(四) 冷却吹风装置	(197)
(五) 纺丝筒	(204)
(六) 卷取成条装置	(205)
六、纺丝机主要技术规格	(205)
第五节 短纤维后加工	(208)
一、工艺流程简介	(208)
二、后加工各部分的作用和要求	(211)
三、后加工主要工艺及其影响因素	(213)
(一) 集束	(213)
(二) 拉伸	(217)
(三) 热定型	(224)
(四) 卷曲	(230)
(五) 切断	(234)
(六) 纤维的输送和打包	(236)
(七) 影响后加工及成品质量的因素图	(237)
四、后加工主要工艺参数实例	(240)
五、后加工主要设备的技术特征	(241)
(一) 拉伸机	(241)
(二) 热定型机	(242)
(三) 卷曲机	(243)
(四) 切断机	(244)
六、后加工设备的主要技术规格	(245)
第六节 长丝纺丝	(249)
一、长丝纺丝的特点及流程组合	(249)
(一) 长丝纺丝的特点	(249)
(二) 长丝加工工艺流程的组合	(249)

二、纺丝主要工艺参数及其影响	(256)
(一) 干切片质量的影响	(250)
(二) 纺丝主要工艺参数的影响	(251)
(三) 纺丝间气流组织的影响	(262)
(四) 集束上油位置的影响	(262)
(五) 卷绕丝的存放时间对丝质的影响	(263)
(六) 卷绕机有无导丝盘的影响	(270)
(七) 影响卷绕筒子成型的因素	(272)
(八) POY 结构、质量及性能之间的关系	(272)
三、纺丝主要工艺参数实例	(272)
四、长丝纺丝机的主要技术特征	(273)
(一) 纺丝箱体	(277)
(二) 侧吹风及甬道	(278)
(三) 卷绕机	(281)
(四) 纺丝组件和喷丝板	(283)
(五) 计量泵	(285)
(六) 静态变频器	(289)
五、长丝纺丝机的主要技术规格	(290)
第七节 长丝后加工	(291)
一、拉伸丝的加工	(291)
(一) 拉伸机各部分的作用、要求及措施	(293)
(二) 拉伸工艺条件的影响	(294)
(三) 拉伸主要工艺参数实例	(303)
(四) 拉伸加捻机的主要技术规格	(303)
二、假捻变形丝的加工	(305)
(一) 以拉伸丝为原料生产假捻变形丝	(306)
(二) 以 POY 为原料生产假捻变形丝	(317)
(三) 主要工艺条件实例	(332)
(四) 假捻变形机的主要技术特征	(332)

(五) 假捻变形机的技术规格	(340)
三、空气变形丝的加工	(342)
(一) 空气变形机各部分的作用	(343)
(二) 空气变形工艺条件对成品丝的影响	(344)
(三) 主要工艺条件实例	(351)
(四) 空气变形机的主要技术特征	(351)
(五) 空气变形机的主要技术规格	(355)
四、网络丝的加工	(355)
(一) 交络器位置的选择	(358)
(二) 工艺条件对交络的影响	(358)
(三) 交络器的结构特征	(362)
第八节 纺丝部件的清洗和检验	(363)
一、各种清洗方法的比较	(363)
二、清洗方法和设备	(363)
三、检验	(368)
第四章 聚酯工业用丝	(372)
第一节 聚酯工业用丝的发展趋势	(372)
第二节 聚酯工业用丝的生产工艺	(374)
一、对原料质量的要求	(374)
二、高粘度聚合物的制备	(375)
三、聚酯工业用丝纺丝的特点	(378)
四、聚酯工业用丝的后加工处理	(384)
第三节 聚酯工业用丝的性能与用途	(386)
一、聚酯工业用丝的性能	(386)
二、聚酯工业用丝的用途	(389)
第五章 聚酯纤维生产工艺计算	(394)
一、原料摩尔比的计算	(394)
二、酯化率或酯交换率的计算	(394)
三、缩聚转化率的计算	(395)

四、平均聚合度的计算.....	(396)
五、产品特性粘度的计算.....	(397)
六、反应器容积的计算.....	(397)
七、纤维纤度及截面积的计算.....	(398)
八、相对强度的计算.....	(399)
九、螺杆挤出机的计算.....	(399)
十、计量泵供量和转速的计算.....	(400)
十一、喷丝头拉伸倍数的计算.....	(401)
十二、牵引辊和喂入轮转速的计算.....	(402)
十三、短纤维换桶及长丝落筒时间的计算.....	(403)
十四、拉伸倍数的计算.....	(403)
十五、短纤维丝束总纤度的计算.....	(404)
十六、纺丝机生产能力的计算.....	(406)
十七、短纤维后加工联合机生产能力的计算.....	(407)
十八、拉伸加捻机生产能力的计算.....	(407)
十九、假捻变形机生产能力的计算.....	(408)
二十、超喂率的计算.....	(409)
第六章 工厂设计中工艺对有关公用工程的要求.....	(410)
一、对空调和送排风的要求.....	(410)
(一) 缩聚.....	(410)
(二) 短纤维纺丝和后加工.....	(410)
(三) 长丝纺丝和后加工.....	(410)
(四) 辅助设施.....	(411)
二、对电源的要求.....	(414)
三、对防火防爆的要求.....	(414)
四、对水、汽、气的要求.....	(415)
(一) 水.....	(415)
(二) 蒸汽.....	(415)
(三) 氮气.....	(415)

(四) 压缩空气.....	(416)
五、主要原材料消耗.....	(416)
(一) DMT 装置主要原材料消耗.....	(416)
(二) PTA 装置主要原材料消耗.....	(416)
(三) 酯交换法缩聚装置主要原材料消耗.....	(416)
(四) 酯化法缩聚装置主要原材料消耗.....	(417)
(五) 短纤维纺丝后加工装置主要原材料消耗.....	(418)
(六) 长丝纺丝装置主要原材料消耗.....	(418)
(七) 长丝后加工装置主要原材料消耗.....	(418)
附录一 质量指标.....	(419)
(一) 主要原材料质量的参考指标.....	(419)
1.对二甲苯(419) 2.甲醇(419) 3.对苯二甲酸二甲酯(420)	
4.精对苯二甲酸(420) 5.中纯度对苯二甲酸(421)	
6.乙二醇(421) 7.聚酯(422)	
(二) 催化剂及其他添加剂质量的参考指标.....	(423)
1.醋酸钴(423) 2.四溴乙烷(423) 3.二甲基氧化锡(423)	
4.加氢催化剂(424) 5.氢气(424) 6.乙醛(424)	
7.醋酸(425) 8.醋酸锰(425) 9.醋酸镁(426)	
10.苯甲酸锌(426) 11.醋酸钙(426) 12.氯化钴(427)	
13.三氧化二铋(427) 14.醋酸铋(427)	
15.醋酸锌(428) 16.二氧化钛(428) 17.磷酸三甲酯(428)	
18.亚磷酸(429)	
(三) 纤维质量标准.....	(429)
1.预取向丝(POY)的物理指标(429) 2.预取向丝(POY)的外观指标(430)	
3.拉伸假捻丝(DTY)的物理指标(430) 4.拉伸假捻丝(DTY)的外观指标(431)	
5.拉伸丝的物理指标(432) 6.拉伸丝的外观指标(433)	
7.高强棉型短纤维质量指标(433) 8.普通棉型短纤维质量指标(434)	
9.毛型短纤维质量指标(434) 10.中长型短纤维质量指标(435)	
附录二 主要原材料的物化常数.....	(436)
(一) 对二甲苯.....	(436)

(二) 甲醇.....	(439)
(三) 乙二醇.....	(445)
(四) 对苯二甲酸二甲酯.....	(450)
(五) 对苯二甲酸双羟乙酯.....	(455)
(六) 对甲基苯甲酸.....	(458)
(七) 对甲基苯甲酸甲酯.....	(459)
(八) 对苯二甲酸单甲酯.....	(461)
(九) 对苯二甲酸.....	(461)
(十) 醋酸.....	(465)
(十一) 乙醛和三聚乙醛.....	(467)
(十二) 三氧化二锑.....	(467)
(十三) 醋酸锑.....	(468)
(十四) 其他添加剂.....	(468)
(十五) 导生.....	(469)

附录三 常用计量单位及换算表.....	(471)
---------------------	-------

附录四 我国部分涤纶企业的生产能力、产品品种 及其采用技术.....	(482)
---------------------------------------	-------

1. 涤纶长丝及短纤维均生产的部分企业(482) 2. 仅生产
涤纶长丝的部分企业(483) 3. 仅生产涤纶短纤维的部分
企业(486)

(三) 涤纶长丝.....	(482)
(一) 涤纶短纤维.....	(486)

第一章 绪 论

聚酯纤维是由二元醇与二元酸或 ω -羟基酸等聚酯线型大分子所构成的合成纤维。目前大规模工业化生产的聚酯纤维是以聚对苯二甲酸乙二酯为原料制得的，按其原料的英文缩写字头亦可称其为PET纤维。我国称这种纤维为涤纶。

人们对PET以外的聚酯纤维也进行过广泛的研究开发，但工业化的种类不多。其中工业化生产的有美国伊斯曼 (Eastman) 公司以对苯二甲酸及环己烷1,4-二甲醇合成的“Kodel-200”聚酯纤维；为改善染色性能，不少公司也生产PET和其他第三单体的共聚聚酯纤维。近年来，美国塞拉尼斯 (Celanese) 公司研制的对苯二甲酸丁二酯纤维 (PBT纤维) 亦已工业化生产，年产量已超过10000t，我国亦在生产，但规模较小。该纤维弹性较好。此外，世界各国亦在积极开发具有特殊用途的芳香族聚酯纤维。表1-1例举了几种已工业化生产的聚酯纤维结构。但到目前为止，聚酯纤维中90%以上仍是PET纤维。

一、聚酯纤维发展简史

1928年美国杜邦公司的卡罗瑟斯 (Carothers) 对脂肪族二元酸和乙二醇的缩聚进行了研究，并最早用聚酯制成了纤维。

1931年秋，卡罗瑟斯在美国化学会正式发表其研究成果。该纤维具有丝的光泽，强力和弹性均可和蚕丝媲美，但由于其熔点低、易水解、不耐碱，而无实用价值。但这项研究最早证实了聚酯可以制成纤维。

1941年英国卡利科印染工作者协会 (Calico Printers Association, 以下简称CPA) 的温菲尔德 (Whinfield) 和迪克森 (Dickson) 在卡罗瑟斯工作的启发下，继续研究聚酯，他们选

表1-1 已工业化生产的聚酯纤维结构

化学名称	结构式	商品名	生产厂
聚对苯二甲酸乙二酯	$\left[\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n \text{OCH}_2\text{CH}_2\text{OH}$ <p>$n: 80 \sim 150$, 常用为: 110左右</p>	特丽纶(Terylene) 达克纶(Dacron)等	世界各国
聚对苯二甲酸环己烷1,4-二甲酯	$\left[\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n \text{OH}$	柯德尔(Kodel)-200型	伊斯曼公司(美)
聚对苯二甲酸乙二酯和间苯二甲酸5-磺酸钠乙二酯的共聚物	$\left[\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_x \left[\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_y \text{SO}_3\text{Na}$ <p>其中间苯二甲酸5-磺酸钠占总酸量的2~5mol%</p>	达克纶(Dacron)-64-62	杜邦公司(美)
聚对苯二甲酸丁二酯	$\left[\begin{array}{c} \text{H} & \text{H} & & \text{O} & & \text{H} & \text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{O}-\text{C}-\text{C}-\text{H} \\ & & & & & & \\ \text{H} & \text{H} & & & & \text{H} & \text{H} \end{array} \right]_n \text{O(CH}_2\text{)}_4\text{OH}$		塞拉尼斯公司(美)

用了具有对称结构的芳香族二元酸——对苯二甲酸和乙二醇缩聚，制成了聚对苯二甲酸乙二酯，成功地在实验室中用它制成了有实用价值的聚酯纤维，其熔点高达250℃，耐碱性良好。该纤维当时命名为特丽纶 (Terylene)。1942年CPA取得专利权。

1946年美国杜邦公司在证实了特丽纶的优异性能后，购买了CPA的专利，开始工业化试验。

1947年英国帝国化学工业公司(I.C.I.)从CPA购得除美国以外的全世界专利权。

1949年英国I.C.I.公司建成年产1000t的中试工厂。

1951年美国杜邦公司决定建厂，商品名定为达克纶(Dacron)。该厂建在美国北卡罗里达州的 金斯頓 (Kinston) 城，于1953年建成，是世界上第一个聚酯纤维生产厂，年生产能力为16000t。

1955年英国I.C.I.公司在威尔顿(Wilton) 城建成年产5000t的聚酯纤维生产厂，商品名仍为特丽纶。

随后，联邦德国的赫斯特 (Höchst)公司、恩卡·格拉斯道夫 (Enka Glanzstoff) 公司、法国的隆波朗(Rhône-Poulenc) 公司、意大利的蒙的迪松 (Montedison) 公司以及日本的东丽和帝人公司均引进了英国技术，于50年代后期投入生产，从此聚酯纤维在世界范围内迅速发展。

二、聚酯纤维的生产与展望

聚酯纤维在三大合成纤维中工业化最晚，但发展速度最快。1960年聚酯纤维的世界产量超过聚丙烯腈纤维，1972年又超过了聚酰胺纤维，跃居为化学纤维第一大品种。1986年聚酯纤维产量已达699万吨，占合成纤维总产量的53.3%，占化学纤维总产量的43.4%。

表1-2是聚酯纤维世界生产量的增长情况。

表1-3是聚酯纤维在合成纤维中所占比例的变化。

图1-1是三大合成纤维世界产量的增长情况。由图可见，70年代以后涤纶的增长趋势远大于其他合成纤维，分析其原因，大