

涤纶工业丝生产与应用

周松亮 周维 编著

中国纺织出版社

前 言

涤纶工业丝生产属高新技术产业。涤纶工业丝产品在世界发达国家或地区已广泛应用，并产生了巨大的经济效益和社会效益。我国涤纶工业丝生产与应用尚处于起步阶段。为了促进我国涤纶工业丝生产的发展和新工艺、新技术、新装备的进一步开发，我们将多年来的技术交流、考察、调研、搜集和试验的有关资料，经认真整理加工，编写了本书。

本书重点介绍涤纶工业丝国内外发展现状及发展趋势（新工艺、新技术、新装备等），以及先进的科研、生产、开发应用技术资料（子午胎生产技术待另外介绍），实属难得，极为宝贵，部分高新技术科研成果和生产实例尚属首次发表。第一、二、三章的内容虽在《合成纤维工业》、《中国科技文库》和美国《化学文摘》（AC）等书刊上发表，但仍有不少刊物要求再版，本书在原内容的基础上又增加了一些具体的新内容。该书是我国涤纶工业丝行业首部专业技术书籍，适合有关科研、设计、教学、生产企业等单位中的科技人员和技术工人阅读、参考。

本书第四、五、六章由周维编著，第十章由周松亮、周维合著，其余章节由周松亮编著。

本书在编写整理和取材过程中，先后得到国内外有关高等院校、科研和生产单位的教授、学者、技术人员以及纺织总会有关领导的支持和指教，在此诚挚地表示感谢。

由于水平有限，加上编写时间紧，虽已十分努力，但仍难免有误，恳请指正。

作 者

1997年2月28日

于河南焦作

内 容 提 要

本书重点介绍国内外涤纶工业丝生产的现状、发展趋势以及新工艺、新技术、新装备等。对涤纶工业丝的应用开发、涤纶工业丝生产工艺计算也有详尽介绍。书中收入的科研、生产及应用开发等技术资料极为宝贵，部分高新技术成果和生产实例尚属首次发表。

该书为我国涤纶工业丝生产的首部技术读物，适合从事涤纶工业丝科研、教学、生产及使用者阅读、参考。

目 录

第一章 涤纶工业丝发展现状	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 世界涤纶工业丝发展现状.....	(2)
第三节 国内涤纶工业丝发展现状.....	(5)
第四节 世界涤纶工业丝生产发展趋势	(10)
第二章 涤纶工业丝的生产	(16)
第一节 聚酯生产工艺和设备	(16)
一、聚对苯二甲酸乙二酯生产工艺	(16)
二、聚对苯二甲酸乙二酯生产流程和设备	(24)
三、PET 质量标准	(29)
第二节 涤纶工业丝的生产	(35)
一、生产路线	(35)
二、纺丝机	(37)
三、原料	(46)
四、生产技术	(48)
第三节 涤纶工业丝质量指标	(55)
第三章 高模量低收缩型涤纶工业丝的生产	(64)
第一节 原料要求	(64)
第二节 生产路线	(67)
一、一步法	(67)
二、二步法	(70)
第三节 生产技术	(73)

第四节 高速牵伸卷绕机	(74)
第五节 CIF 监控系统	(76)
第六节 HMLS 产品的质量指标	(76)
第四章 涤纶浸胶帘子布的生产	(81)
第一节 原料	(81)
一、涤纶工业丝	(81)
二、胶乳	(82)
三、棉纱质量指标	(83)
四、锦纶包芯纱质量指标	(83)
五、间苯二酚质量指标	(83)
六、甲醛质量指标	(83)
七、氢氧化钠质量指标	(83)
八、氨水质量指标	(83)
第二节 设备	(87)
一、加捻机	(87)
二、织机	(92)
三、浸胶机	(96)
第三节 浸胶液的配制	(99)
一、原料及流程	(99)
二、配方	(100)
第四节 浸胶工艺流程及浸胶技术	(106)
一、生产流程	(106)
二、工艺技术	(108)
第五节 涤纶浸胶帘子布的质量标准	(110)
第五章 涤纶浸胶线绳的生产	(119)
第一节 原料	(119)
第二节 生产工艺及技术	(120)

第三节	我国生产涤纶浸胶线绳著名厂家·····	(125)
第四节	涤纶浸胶线绳质量指标·····	(126)
第六章	涤纶浸胶帆布的生产 ·····	(128)
第一节	原料·····	(128)
第二节	生产工艺及技术·····	(129)
第三节	涤纶浸胶帆布的质量指标·····	(131)
第七章	涤纶输送带的生产 ·····	(138)
第一节	涤纶帆布输送带的生产·····	(138)
一、	涤纶帆布输送带的性能特点·····	(138)
二、	涤纶帆布输送带的生产·····	(139)
第二节	阻燃输送带的生产·····	(143)
一、	阻燃输送带的性能特点·····	(143)
二、	阻燃输送带的生产·····	(143)
三、	阻燃输送带实用配方·····	(146)
第八章	涤纶传动带的生产 ·····	(149)
第一节	涤纶平带的生产·····	(149)
一、	涤纶平带的性能特点·····	(149)
二、	涤纶平带的生产方法·····	(150)
第二节	涤纶三角带的生产·····	(154)
一、	涤纶三角带的性能特点·····	(154)
二、	涤纶三角带的生产方法·····	(154)
三、	V型带的胶料配方·····	(156)
第三节	涤纶同步带的生产·····	(157)
一、	涤纶同步带的性能特点·····	(157)
二、	涤纶同步带的生产方法·····	(157)
第九章	涤纶胶管的生产 ·····	(162)
第一节	涤纶胶管的性能特点·····	(162)

第二节 涤纶胶管的生产	(163)
一、原料	(163)
二、混炼工艺	(164)
三、压出和擦胶工艺	(165)
四、涤纶胶布的裁断及拼接	(167)
五、胶管的成型	(167)
六、胶管的硫化工艺	(170)
七、胶料配方	(171)
第三节 涤纶胶管的质量指标	(176)
第十章 涤纶涂层织物及其它制品	(179)
第一节 涤纶涂层织物	(179)
一、涤纶涂层织物的性能特点	(179)
二、涤纶涂层织物的生产工艺技术	(180)
第二节 涤纶工业丝其它制品	(188)
一、安全带	(188)
二、过滤布	(189)
三、涤纶缝纫线	(190)
四、高压水龙带	(191)
五、其它制品	(191)
第十一章 涤纶工业丝生产工艺计算及纤维级聚酯切片分析方法	(195)
第十二章 世界橡胶骨架材料的现状及发展趋势	(203)
第一节 世界橡胶骨架材料的现状	(203)
第二节 世界橡胶骨架材料发展趋势	(206)
附录	(211)
一、纤维级聚酯切片分析方法 (GB/T1490-93)	(211)

二、德国涤纶涂层织物国家检验指标标准·····	(234)
三、韩国涤纶涂层织物国家检验指标标准·····	(235)
四、世界著名涤纶工业丝设备生产厂家·····	(236)
五、世界著名涤纶工业丝工程公司·····	(244)
六、世界著名涤纶帘子帆布生产厂家·····	(245)
七、国内著名涤纶工业丝设计及生产单位·····	(246)

第一章 涤纶工业丝发展现状

第一节 概 述

聚酯工业丝（通称涤纶工业丝）的化学组成是聚对苯二甲酸乙二酯。因其分子结构中含有酯基 $\left[\begin{array}{c} \text{—C—O—} \\ || \\ \text{O} \end{array} \right]$ ，故称聚酯工业丝。

自 20 世纪 60 年代初，美国 Goodyear 公司试制成功涤纶工业丝帘子线以来，经过世人 30 多年的不断研制和完善，涤纶工业丝从生产工艺、装备及应用日趋成熟。涤纶工业丝具有高断裂强度、高模量、低延伸、耐冲击、耐疲劳、耐热性好等优良的物理机械性能，同时生产成本较低，生产环境较好，因而获得了迅速发展。涤纶工业丝已成为当代四大橡胶骨架材料（锦纶、钢丝、涤纶、粘胶）之一，在乘用车胎、传动带、运输带、安全带、水龙带等方面有着广阔的应用前景。近几年来又应用于涂层织物、过滤布、土工布等领域，获得了良好效果。1990 年美国涤纶工业丝产量达 170kt/年，日本达 56kt/年，西欧达 30kt/年，其它地区也在发展中。1995 年世界涤纶工业丝产量达 586kt/年，其中高模量低收缩型（HMLS）丝达 169kt/年，预计到 2000 年可达 659kt/年，其中 HMLS 型涤纶丝达 232kt/年。涤纶工业丝是一种很有发展前景的产业用丝。

第二节 世界涤纶工业丝 发展现状

美国的涤纶工业丝生产开发及应用处于领先地位，主要因为其轮胎子午化发展很快，且乘用车比例很高。如 Goodyear 公司开发出“全涤纶”（胎体骨架材料全部采用涤纶帘子布）和“半钢丝”（胎体骨架材料采用一半钢丝帘子线和一半涤纶帘子线）子午胎，首先实现乘用车轮胎子午化、轻型化。该公司采用在涤纶帘帆布浸胶体系中加入第三代粘合剂，提高了产品与橡胶的结合力，解决了涤纶与橡胶粘合差的问题。目前正在开发使用粘合力强、稳定性好、毒性低的异氰酸酯系列第四代粘合剂。在涤纶工业丝橡胶制品中，正在减少或杜绝使用易造成涤纶工业丝胺解的助剂，增加使用抗胺解的助剂（如促进剂等），克服了通常认为涤纶骨架材料在橡胶中易胺解的弊病。Goodyear 公司认为，子午胎具有滚动阻力小、重量轻、寿命长、安全可靠等优点，并认为涤纶帘子布具有良好的物理机械性能，原料易得；涤纶帘子布做子午胎可减少层数，发热量降低，延长了轮胎使用寿命；轮胎尺寸稳定性好，不变形，阻力小，省油，适合高速公路行驶。因此，HMLS 是理想的子午胎骨架材料。Hoechst Celanese 公司的涤纶工业丝不仅生产规模大，而且产品品种多，目前已研制出被称之为涤纶第四代产品——易胶粘、高模量低收缩（HMLS）纤维，如 740、748 型等系列产品。美国 Allied Signal 公司研制出尺寸稳定型涤纶工业丝，称之为 DSP，其产量大、品种多、规格全、系列化，如 1×90 ， 1×30 ， 1×40 ， 1×50 等等，以满足轮胎及各种橡

胶制品生产的需要。

日本乘用车子午胎胎体及传动带几乎全部采用涤纶工业丝帘线，这主要是由日本的国情决定的，加之日本汽车商迎合消费者心理，突出其物美价廉，轻型耐用，省油实用，舒适安全等优点。涤纶帘子布及涤纶工业丝制品用于汽车工业也满足汽车商要求，因而也促使了涤纶工业丝的发展，如东丽、帝人等公司生产规模适中，生产水平上乘，其 HMLS 型产量达 35kt/年以上，产品型号有 HL 等系列。日本石桥轮胎采用 HMLS 型帘子线生产出高性能轮胎，远销世界各地，几乎完全取代了三超粘胶强力丝帘子线。

西欧涤纶工业丝主要用于胶管、胶带、传动带、水龙带、运输带、涂层织物等橡胶制品领域，轮胎使用量也在逐年增加，尤其近几年来，西欧各大轮胎生产厂均在使用高模量低收缩型涤纶帘子布生产子午胎。荷兰 AKZO 公司的涤纶工业丝无论标准型还是 HMLS 型，其质量均处于世界一流水平，产品有低收缩型、高强型、高模量低收缩型等，如 54ST、164SF、190S、166N、1125T 等等，可满足各种制品的需要。西欧著名帘帆布生产厂 OLBO 公司，涤纶帘帆布品种多，规格全，质量好，可满足 Michelin、Dunlop 等著名公司的生产需要。轮胎及输送带著名生产厂 Michelin、Dunlop 等公司采用 HMLS 型帘子线生产高性能轮胎逐渐取代三超粘胶强力丝帘线，他们制造的涤纶输送带效率高，使用寿命长，已被誉为名牌产品。

进入 90 年代，一些中等发达国家(或地区)及个别发展中国家也在发展涤纶工业丝及其制品。如韩国 Kolon，除在本国建设 10kt/年涤纶帘帆布装置外，又在泰国建设 6kt/年涤纶帘帆布厂。台湾 FTC 建设 15kt/年帘帆布装置中，相当部分

为涤纶帘帆布(原丝主要从日本购进)。土耳其Kord sa具有30kt/年帘帆布生产装置,其中涤纶帘帆布产量超过10kt/年(原丝主要从美国购进)。南非Lndustex及埃及也正在建设涤纶帘帆布生产企业。

世界聚酯工业丝主要生产厂家状况见表1-1所示。

表1-1 世界聚酯工业丝生产主要厂家状况

单位:万吨/年

国家 或地区	企业名称	工艺路线	生产能力
美国	Hoechst Celanese (含墨西哥厂)	固相增粘、一步法 FDY 直纺二步法 HMLS 切片增粘一步法 HMLS	15.3 1
	Allied 杜邦	熔体增粘直纺法 切片间歇式固相增粘	7 1.6
	联合化学	纺牵联合卷绕 切片间歇固相增粘	 5.5
	Akzo(原 Goodyear)	纺牵联合卷绕 切片间歇固相增粘	 1.3
	日本石桥公司 (原法爱司东)	切片间歇固相增粘 纺牵联合卷绕	1.8 1.8
西欧	Akzo(荷兰)	切片间歇式固相增粘 纺牵联合卷绕	6.1 6.1
	ICI(英)	切片间歇式固相增粘 纺牵联合卷绕	3 3
	Allied(法国工厂)	聚合4万吨、直纺2万吨 纺牵联合卷绕 FDY	1995年5 月前只生产 2万吨 FDY

续表

国家 或地区	企 业 名 称	工 艺 路 线	生产能力
日 本	帝 人	切片间歇固相增粘有一 步法和二步法	2.1
	东 丽	切片连续固相增粘一步 法、二步法	2.2
	东洋纺	切片间歇固相增粘纺牵 一步法、二步法	2
	尤尼吉可	切片间歇固相增粘一步 法、二步法	1.9
	旭化成	切片间歇固相增粘纺牵 一步法、二步法	1.5

注 总量为54.3万吨。其中美国33.5万吨，西欧11.1万吨，日本9.7万吨。

第三节 国内涤纶工业丝发展现状

国外涤纶工业丝已广泛用于轮胎和橡胶制品的骨架材料，发挥出巨大的社会效益和良好的经济效益。我国橡胶骨架材料正处于淘汰棉纤维，向锦纶、钢丝、涤纶过渡时期，涤纶工业丝及钢丝帘子线的生产规模、品种、质量均与发达国家有很大差距，尚处起步阶段。目前我国处于锦纶、涤纶、钢丝三者并重时期。

1979年我国完成了二步法生产涤纶工业丝的试验，由于二步法工艺流程长，设备落后（VC403、VC404机），螺杆设计欠合理，切片特性粘度最高达0.80dl/g，大分子严重降解，致使生产的纤维虽经后道工序的高倍拉伸，其断裂强

度最高只能达到 68.4cN/tex，耐疲劳性亦差。又由于牵伸机锭位间工艺条件差异大，致使产品质量难以稳定，只能作低档工业用丝。

1981 和 1987 年，化学工业部先后两次从美国、日本进口大批量涤纶帘子布并试用于轮胎制造，结果良好。由此，取得了用涤纶帘子布生产轮胎的经验并开阔了视野，不久便确立了以聚酯帘帆布作为我国橡胶工业骨架材料更新换代的主攻方向。这使我国涤纶工业丝生产及应用初见成效。

进入“八五”以后，国家多次组织涤纶帘子布生产应用攻关。无锡合纤总厂、上海十四化纤厂、蚌埠帆布厂、无锡三力工业布厂等单位大力协作，经纺丝、加捻、织造、浸胶而生产出帘子布，由荣成橡胶厂等单位生产子午胎，1990 年 11 月通过了化工部技术鉴定，国产涤纶帘线生产的 185/80SR14、175/80R13 等规格轮胎均达到国优标准。目前辽宁长征轮胎有限公司、北京轮胎厂、荣成橡胶厂等单位已批量生产子午胎。南京轮胎厂、广州星球轮胎厂等单位利用涤纶帘子布生产的轻型载重胎已获得成功并通过技术鉴定，进入了批量生产。无锡第三橡胶厂用国产涤纶帘子布生产摩托车胎，经过性能试验，其高速性、耐久性和强度均能达到规定要求。洛阳轮胎厂用涤纶帘子布生产农用胎，经使用验证后反映良好，尤其用于水田农机胎，效果更为明显。“八五”中期，上海正泰橡胶厂、青岛第二橡胶厂、华南轮胎集团等一大批骨干企业重点发展子午胎。

在传动带实现聚酯化的过程中，开封橡胶厂、焦作橡胶三厂等单位采用涤纶浸胶线绳制造传动带，传动效率平均提高近 20%，传动带寿命平均延长 2~3 倍。

输送带骨架材料经过两年多的攻关，涤纶工业丝的优势

越来越明显地显示出来，成为输送带生产的主要制作材料。焦作市橡胶三厂等单位开发的涤纶阻燃带和帆布输送带，经鉴定完全符合要求，产品深受用户欢迎，与进口同类产品性能比较见表1-2。近年，涤纶工业丝织物发展至30多种，如高压水龙带、安全带、过滤布、篷盖布、土工布、各种网类等。上海水龙带厂、天津织带一厂等单位生产的高压水龙带很受用户欢迎，开封橡胶厂等单位开发用于造纸工业的湿纸脱水和烘干用输送带已被造纸行业广泛应用，上海、广东的过滤材料厂开发的涤纶工业丝过滤布已被广泛应用于氧化铝粉过滤，四川、深圳、宁夏等织带厂用银川涤纶厂开发的有色涤纶工业丝织造安全带，创出较好的社会效益和经济效益。

我国经引进整条生产线生产的涤纶工业丝，其（用国产聚酯切片）质量性能已赶上国外同类产品标准，具体见表1-3所示。

表 1-2 国产涤纶帆布输送带与进口涤纶帆布输送带性能比较

项 目	国 产		进 口
	PP-200-80	PP-200-100	PP-200
帆布结构 经 纬	1100dtex/3	1100dtex/3	1100dtex/3
	1100dtex/2	1100dtex/2	1100dtex/2
密度/根·10cm ⁻¹ 经 纬	124	188	188
	55	54	54
扯断强力/N·cm ⁻¹ 经 纬	2180.8	2262.9	2282.1
	785.67	878.96	881.46

续表

项 目	国 产		进 口
	PP-200-80	PP-200-100	PP-200
10% 扯断强力 经	1.0	0.9	0.94
时的伸长率/% 纬	15.0	12.2	12.1
扯断伸长率/% 经	9.3	9.7	9.8
纬	15.9	18.5	16.5
布幅/cm	78.0	86.5	86.5
绝干重量/ $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$	629.7	705.1	705.0
厚度/mm	0.82	0.87	0.86
剥离力/ $\text{N}\cdot 25\text{mm}^{-1}$	417.15	407.52	418.31
干热收缩率/% (150℃, 30min)	3.2	4.2	4.2

表 1-3 国产与进口涤纶工业丝性能比较

性 能 指 标	标 准 型	
	进 口	国 产
线密度/dtex	1100	1100
线密度不匀率/%	2.0	2.1
断裂强力/N	150.1	156.5
5% 伸长负荷/ $\text{dN}\cdot\text{tex}^{-1}$	2.18	2.20
44N 定负荷伸长/%	4.4	4.5
断裂伸长率/%	16.5	16.3
初始模量/ $\text{dN}\cdot\text{tex}^{-1}$	65.5	65.0
	50.1	49.9
干热收缩率/% (177℃, 10min)	5.8	5.7

自 1988 年我国引进第一条 1.2kt/年生产涤纶工业丝装置以来, 到目前我国先后引进 10 多条生产线, 生产能力达 36.8kt/年 (含无锡合纤总厂新建 6.8kt/年及上海石化股份有限公司扩建 3kt/年)。但引进的装备及生产技术, 仅相当国外 20 世纪 70 年代水平, 其产品不能适应高性能轮胎和高性能橡胶制品生产的需要。已引进的设备布点分散, 规模小, 引进水平低, 产品质量差, 消化吸收跟不上, 品种规格单一等等。这些问题使涤纶工业丝生产及加工企业步履艰难, 严重影响了我国橡胶骨架材料更新换代的进程。

进入“九五”初期, 国家确立了有计划、分步骤, 集中财力、物力建设几个上规模、上水平、高起点、能竞争的涤纶工业丝项目, 一条龙引进国外先进装备及技术, 以便尽快与国际接轨, 缩小与发达国家涤纶工业丝及轮胎生产的差距, 以满足我国高速发展的汽车工业和橡胶工业的需要, 并参与国际竞争。

我国目前涤纶工业丝生产加工主要厂家状况见表 1-4。

表 1-4 我国涤纶工业丝生产与
加工厂家状况

单位: kt/年

企 业 名 称	设计能力	产 品 品 种
上海石化股份有限公司	6 (另扩建 3)	长丝
开平涤纶帘子布厂	5	帘子布
无锡合纤总厂 (太极)	1.2 (另新建 6.8)	帘帆布
湖北化纤厂	2	长丝
汪清化纤厂	1.2	长丝
上海十四化纤厂	2	帘子布