

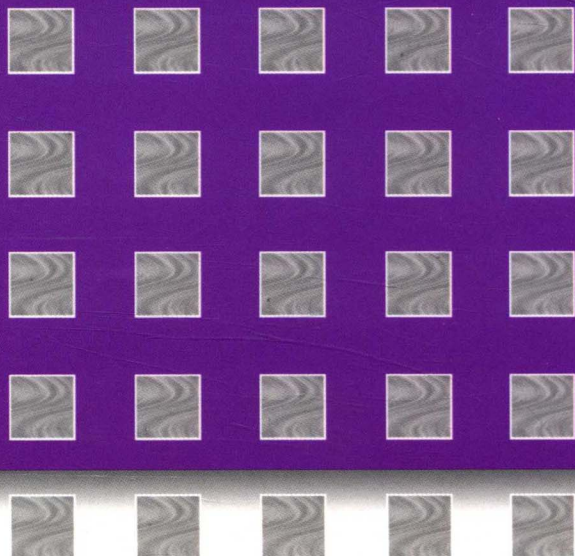


“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

高技术纤维

◎ 崔淑玲 主编

GAOJISHU XIANWEI



 中国纺织出版社



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

高技术纤维

崔淑玲 主编

 中国纺织出版社

内 容 提 要

本书以高性能纤维、高功能纤维、高感性纤维为主线,系统介绍了各种高技术纤维的概念、分类、发展历程、制备原理、结构、性能、应用以及目前存在的问题及发展趋势。高性能有机纤维中介绍了芳香族聚酰胺(PPTA和MPIA)纤维、超高分子量聚乙烯(UHMWPE)纤维、聚苯并杂环类(PBO和PBI)纤维、聚吡啶并二咪唑(PIPD)纤维、聚芳砜酰胺(PSA)纤维、聚苯硫醚(PPS)纤维、聚酰亚胺(PI)纤维;高性能无机纤维中介绍了碳纤维(CF)、玄武岩纤维(BF)和其他无机纤维(高强度玻璃纤维、氧化铝纤维、碳化硅纤维);高功能纤维中讨论了医疗保健功能纤维、传导功能纤维、防护功能纤维、舒适功能纤维、吸附与分离功能纤维、智能纤维(形状记忆功能、光敏、温敏和湿敏纤维);高感性纤维中介绍了超细纤维、异形纤维、仿真纤维及仿生纤维。

本书可作为普通高等院校轻化工程、纺织工程、高分子材料与工程等专业相关课程的教材,也可作为纺织化学与染整工程、纺织工程、高分子材料等专业硕士研究生高技术纤维课程的教材及参考书,还可供其他相关专业的师生、科研和工程技术人员阅读、参考。

图书在版编目(CIP)数据

高技术纤维/崔淑玲主编. —北京:中国纺织出版社, 2016.9

“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

ISBN 978-7-5180-2836-8

I. ①高… II. ①崔… III. ①化学纤维—高等学校—教材 IV. ①TQ340.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第181606号

策划编辑:秦丹红 责任编辑:朱利锋 责任校对:王花妮
责任设计:何建 责任印制:何建

中国纺织出版社出版发行

地址:北京市朝阳区百子湾东里A407号楼 邮政编码:100124

销售电话:010—67004422 传真:010—87155801

http://www.c-textilep.com

E-mail: faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社天猫旗舰店

官方微博 http://weibo.com/2119887771

三河市延凤印装有限公司印刷 各地新华书店经销

2016年9月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:17.5

字数:331千字 定价:48.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

前 言

高技术是建立在现代自然科学理论和最新的工艺技术基础之上,处于当代科学技术前沿,能够为当代社会带来巨大经济、社会和环境效益的知识密集、技术密集技术。依靠高技术研制成的纤维称为高技术纤维。高技术纤维主要包括三大类:高性能纤维、高功能纤维和高感性纤维。高性能纤维一般是指具有高强度、高模量、高耐热性的纤维;高功能纤维是指满足某种特殊要求和用途的纤维,如具有防护功能、舒适功能、医疗保健功能、传导功能、吸附与分离功能等的纤维;高感性纤维是指风格、质感、触感、外观等感官方面性能优良的纤维。

21 世纪是新材料的时代,处在纺织行业上游产业链的每种新型纤维的开发成功,都会对下游产业链产生重大影响,甚至引起一场革命。近几十年来,随着人类科技水平的进步,高技术纤维的研制与生产获得了突飞猛进的发展。不断开发功能优越、性能稳定、低成本、高附加值的高技术纤维一直是国内外业界关注的重点。

本书以高性能纤维、高功能纤维、高感性纤维为主线展开讨论,系统介绍了各种高技术纤维的概念、分类、历史发展脉络、制备原理、结构、性能、应用以及目前存在的问题及发展趋势。全书共分为三篇十二章。来自国内六所纺织高等院校的 16 位专业人员参与了本书的编写,具体内容及分工如下:第一章由贾立霞、刘君妹、张梓林、胡雪敏、张维、张士培共同编写,第二章由李美真编写,第三章由麻文效编写,第四章由张连兵编写,第五章由姚桂芬编写,第六章由吴军玲编写,第七章由巩继贤编写,第八章由葛凤燕编写,第九章由马辉编写,第十章由汪青编写,第十一章和第十二章由葛凤燕编写,全书由崔淑玲拟定总体框架和编写要求,组织协调,衔接各篇,调整内容,统一格式,最终完成定稿。

本书参编作者在编写过程中参考了不少于 1000 篇的中外文献资料,由于篇幅限制,有许多参考文献未能列入书后参考文献中,在此向那些文献资料的作者表示诚挚的歉意。

本书得到了河北科技大学研究生院以及业内同行的大力支持和帮助,在此深表谢意!

由于高技术纤维发展迅猛,内容广泛,涉及领域颇多,再加上编者水平有限,书中难免有疏漏之处,敬请同行专家和读者批评指正。

编 者

2016 年 3 月



课程设置指导

课程名称：高技术纤维

适用对象：轻化工程专业、纺织工程专业、高分子材料与工程等专业的本科生及研究生

总学时：48

课程性质：本课程属于专业课，是轻化工程、纺织工程、高分子材料与工程等专业知识的重要组成部分。

课程目的：

1. 掌握各类高性能纤维、高功能纤维、高感性纤维的分类及基本概念。
 2. 熟悉各种高技术纤维的结构、主要性能和应用范围。
-

课程教学的基本要求：

1. 教学环节 包括课堂教学、现场教学和期末考试。通过各教学环节，培养学生对知识的理解和运用能力。要求学生重点掌握以芳香族聚酰胺纤维、超高分子量聚乙烯纤维、碳纤维、玄武岩纤维为代表的高性能纤维；以壳聚糖纤维、吸湿排汗纤维为代表的高功能纤维；以超细纤维为代表的高感性纤维。

2. 课堂教学 采用大量图片及实物，注意把高技术纤维的最新成果展示给学生。安排一定的时间，让学生分组，在对某类高技术纤维进行文献检索的基础上，采用课堂讨论的方式向大家介绍该类高技术纤维的基本知识和发展动向，此方式尤其适用于研究生课程教学。

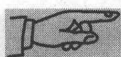
3. 现场教学 安排一两次到相关企业进行参观、学习。

4. 考核方式 根据具体情况，可采用开卷、闭卷笔试方式，题型一般包括填空题、名词解释、判断题、论述题等。



教学学时分配

篇 章		讲授内容	学时分配
第一篇 高性能纤维	第一章 高性能有机纤维	第一节 芳香族聚酰胺（Aramid）纤维	4
		第二节 超高分子量聚乙烯（UHMWPE）纤维	4
		第三节 聚苯并杂环类（PBO 与 PBI）纤维	2
		第四节 聚吡啶并双咪唑（PIPD）纤维	1
		第五节 聚芳砜酰胺（PSA）纤维	1
		第六节 聚苯硫醚（PPS）纤维	1
		第七节 聚酰亚胺（PI）纤维	1
	第二章 高性能无机纤维	第一节 碳纤维（CF）	4
		第二节 玄武岩连续纤维（CBF）	2
		第三节 其他无机纤维	2
第二篇 高功能纤维	第三章 医疗保健功能纤维	第一节 甲壳素纤维与壳聚糖纤维	4
		第二节 远红外纤维	
		第三节 负离子纤维	
		第四节 磁疗纤维	
		第五节 珍珠纤维	
		第六节 玉石纤维	
		第七节 银纤维	
	第四章 传导功能纤维	第一节 导电纤维	2
		第二节 光导纤维	
	第五章 防护功能纤维	第一节 防电磁波辐射纤维	2
		第二节 抗静电纤维	
		第三节 阻燃纤维	
	第六章 舒适功能纤维	第一节 亲水性纤维	2
		第二节 吸湿排汗纤维	
	第七章 吸附与分离功能纤维	第一节 中空纤维膜	2
		第二节 活性碳纤维（ACF）	
		第三节 离子交换纤维	



课程设置指导

篇 章		讲授内容	学时分配
第二篇 高功能纤维	第八章 智能纤维	第一节 概述	2
		第二节 形状记忆纤维	
		第三节 光敏纤维	
		第四节 温敏纤维	
		第五节 湿敏纤维	
第三篇 高感性纤维	第九章 超细纤维	第一节 超细纤维的分类	2
		第二节 超细纤维的制备	
		第三节 超细纤维的结构特征及其性能	
		第四节 超细纤维的应用	
	第十章 异形纤维	第一节 异形纤维的特征及性能	2
		第二节 异形纤维的制备	
		第三节 异形纤维在纺织品上的应用	
	第十一章 仿真纤维	第一节 仿真丝纤维	1
		第二节 仿麂皮纤维	
		第三节 仿毛纤维	
		第四节 仿棉纤维	
		第五节 仿麻纤维	
		第六节 仿蜘蛛丝	
	第十二章 仿生纤维	第一节 仿荷叶纤维	1
		第二节 仿夜蛾角膜纤维	
		第三节 仿蝴蝶翅膀纤维	
		第四节 仿鲨鱼皮纤维	
		第五节 仿珊瑚纤维	
企业参观			4
考试			2
合计			48

目 录

第一篇 高性能纤维

第一章 高性能有机纤维	(2)
第一节 芳香族聚酰胺纤维	(2)
一、聚对苯二甲酰对苯二胺 (PPTA) 纤维	(3)
二、聚间苯二甲酰间苯二胺 (MPIA) 纤维	(9)
第二节 超高分子量聚乙烯 (UHMWPE) 纤维	(13)
一、UHMWPE 纤维的发展简史	(13)
二、UHMWPE 纤维的制备	(14)
三、UHMWPE 纤维的性能	(20)
四、UHMWPE 纤维的应用	(26)
五、UHMWPE 纤维的改性	(28)
第三节 聚苯并杂环类纤维	(29)
一、聚苯并噁唑 (PBO) 纤维	(29)
二、聚苯并咪唑 (PBI) 纤维	(38)
第四节 聚吡啶并咪唑 (PIPD) 纤维	(43)
一、PIPD 纤维的制备	(44)
二、PIPD 纤维的结构	(45)
三、PIPD 纤维的性能	(45)
四、PIPD 纤维的应用前景	(47)
第五节 聚芳砜酰胺 (PSA) 纤维	(48)
一、PSA 纤维的发展简史	(48)
二、PSA 纤维的制备	(48)
三、PSA 纤维的结构	(49)
四、PSA 纤维的性能	(50)
五、PSA 纤维的应用	(52)

六、PSA 纤维的发展展望	(53)
第六节 聚苯硫醚 (PPS) 纤维	(54)
一、PPS 纤维的发展简史	(54)
二、PPS 纤维的制备	(56)
三、PPS 纤维的结构	(56)
四、PPS 纤维的性能	(57)
五、PPS 纤维的应用	(59)
六、PPS 纤维的发展展望	(60)
第七节 聚酰亚胺 (PI) 纤维	(60)
一、PI 纤维的发展简史	(61)
二、PI 纤维的制备	(62)
三、PI 纤维的结构	(63)
四、PI 纤维的性能	(64)
五、PI 纤维的应用	(65)
六、PI 纤维目前存在的问题及发展趋势	(66)
第二章 高性能无机纤维	(67)
第一节 碳纤维 (CF)	(67)
一、碳纤维概述	(67)
二、碳纤维的制备	(67)
三、碳纤维的结构	(69)
四、碳纤维的性能	(72)
五、碳纤维的应用及发展前景	(73)
第二节 玄武岩连续纤维 (CBF)	(74)
一、玄武岩纤维的发展简史	(74)
二、玄武岩连续纤维的制备	(75)
三、玄武岩纤维的结构	(76)
四、玄武岩纤维的性能	(77)
五、玄武岩连续纤维的应用	(79)
六、玄武岩纤维目前存在的问题及发展前景	(80)
第三节 其他无机纤维	(81)
一、高强度玻璃纤维	(81)
二、氧化铝纤维	(86)
三、碳化硅纤维	(89)

第二篇 高功能纤维

第三章 医疗保健功能纤维	(94)
第一节 甲壳素纤维与壳聚糖纤维	(94)
一、甲壳素与壳聚糖概述	(94)
二、甲壳素纤维和壳聚糖纤维的发展简史	(98)
三、甲壳素纤维和壳聚糖纤维的制备	(99)
四、甲壳素纤维和壳聚糖纤维的形态结构	(100)
五、甲壳素纤维和壳聚糖纤维的性能	(100)
六、甲壳素纤维和壳聚糖纤维的应用	(103)
第二节 远红外纤维	(106)
一、远红外纤维的保健原理	(106)
二、远红外纤维的加工方法	(106)
三、远红外纤维的应用	(107)
第三节 负离子纤维	(107)
一、负离子产生的机理	(108)
二、负离子纤维的制备	(108)
三、负离子纤维的应用	(109)
第四节 磁疗纤维	(109)
一、磁疗纤维的保健原理	(110)
二、磁疗纤维的加工方法	(110)
三、磁疗纤维的应用	(111)
第五节 珍珠纤维	(111)
一、珍珠纤维的保健机理及功效	(111)
二、珍珠纤维的制备	(113)
三、珍珠纤维的应用	(113)
第六节 玉石纤维	(113)
一、玉石纤维的开发现状	(113)
二、玉石纤维的性能	(114)
三、玉石纤维的制备方法	(114)
四、玉石纤维的应用	(114)
第七节 银纤维	(115)
一、银纤维的功效	(115)

二、银纤维的制备方法	(116)
第四章 传导功能纤维	(117)
第一节 导电纤维	(117)
一、导电纤维的导电机理及影响因素	(117)
二、纤维导电性能的表征	(120)
三、导电纤维的制备	(121)
四、导电纤维的应用及市场前景	(125)
第二节 光导纤维	(127)
一、光导纤维的发展简史	(127)
二、光导纤维的分类	(128)
三、光导纤维传光传像的基本原理	(130)
四、光导纤维的制造和成型	(131)
五、光导纤维的应用	(134)
第五章 防护功能纤维	(137)
第一节 防电磁波辐射纤维	(137)
一、防电磁辐射纤维及纺织品的发展简史	(137)
二、防电磁辐射原理	(138)
三、防电磁辐射纤维的种类及应用特点	(140)
四、屏蔽效能测试	(141)
第二节 抗静电纤维	(142)
一、静电产生的机理	(143)
二、静电的消除方法	(143)
三、常用的抗静电剂及其应用特点	(144)
四、抗静电纤维的种类	(144)
五、抗静电纤维的制备	(146)
六、纺织品静电性能的评定	(147)
第三节 阻燃纤维	(151)
一、阻燃技术的发展简史及发展趋势	(151)
二、纤维的燃烧性能及其影响因素	(153)
三、纤维的阻燃机理	(154)
四、阻燃剂及其阻燃作用	(156)
五、阻燃纤维的制备	(157)
六、阻燃纤维的应用	(158)
七、纤维的阻燃性能表征	(159)

第六章 舒适功能纤维	(161)
第一节 亲水性纤维	(161)
一、亲水性纤维的发展简史	(161)
二、影响纤维吸湿性的因素	(162)
三、亲水性纤维的制备	(163)
第二节 吸湿排汗纤维	(166)
一、吸湿排汗纤维的发展简史	(167)
二、影响纤维吸湿排汗的因素	(167)
三、吸湿排汗纤维的制备	(168)
四、吸湿排汗纤维的性能	(171)
五、纺织品吸湿速干性能的技术要求及评价方法	(175)
六、吸湿排汗纤维的应用	(178)
第七章 吸附与分离功能纤维	(179)
第一节 中空纤维膜	(179)
一、概述	(179)
二、中空纤维膜的制备	(180)
三、中空纤维膜的应用	(185)
四、中空纤维膜的发展展望	(187)
第二节 活性碳纤维 (ACF)	(187)
一、ACF 的结构	(188)
二、ACF 的性能	(188)
三、ACF 的制备	(189)
四、ACF 的应用	(190)
五、ACF 的发展展望	(193)
第三节 离子交换纤维	(193)
一、离子交换纤维的分类	(193)
二、离子交换纤维的特点	(194)
三、离子交换纤维的制备	(194)
四、离子交换纤维的应用	(195)
五、离子交换纤维的发展展望	(197)
第八章 智能纤维	(199)
第一节 概述	(199)
一、智能材料结构的分类	(199)
二、智能材料的分类	(200)

第二节 形状记忆纤维	(200)
一、形状记忆纤维的发展简史	(200)
二、形状记忆纤维的分类及其性能	(201)
三、形状记忆纤维的制备及应用	(202)
第三节 光敏纤维	(203)
一、光致变色纤维的变色机理	(203)
二、光致变色纤维的发展简史及其应用	(204)
三、光致变色纤维的制备	(205)
第四节 温敏纤维	(205)
一、调温纤维	(205)
二、热敏变色纤维	(208)
三、热敏纤维的研究进展	(209)
第五节 湿敏纤维	(210)
一、湿敏变色纤维	(210)
二、湿敏型纳米纤维	(211)

第三篇 高感性纤维

第九章 超细纤维	(214)
第一节 超细纤维的分类	(214)
一、超细天然纤维	(214)
二、超细合成纤维	(215)
第二节 超细纤维的制备	(215)
一、常规超细纤维的制备	(215)
二、纳米纤维的制备	(216)
第三节 超细纤维的结构特征及其性能	(216)
一、超细纤维的结构特征	(216)
二、超细纤维的性能	(217)
第四节 超细纤维的应用	(224)
一、过滤织物	(224)
二、清洁织物	(225)
第十章 异形纤维	(226)
第一节 异形纤维的特征及性能	(226)
一、异形纤维的独特性质	(226)

二、异形纤维的几何特征	(227)
三、异形纤维的性能	(227)
第二节 异形纤维的制备	(235)
一、异形喷丝板的设计原理	(236)
二、喷丝孔的形状设计	(236)
三、异形纤维纺丝工艺	(237)
第三节 异形纤维在纺织品上的应用	(238)
一、异形纤维在仿天然纤维织物上的应用	(238)
二、异形纤维在吸湿排汗纺织品上的应用	(240)
第十一章 仿真纤维	(241)
第一节 仿真丝纤维	(241)
一、仿真丝纤维的发展简史	(242)
二、仿真丝纤维的制备方法	(243)
三、仿真丝纤维的形态	(243)
四、仿真丝纤维的性能	(244)
五、仿真丝纤维的后处理	(244)
第二节 仿麂皮纤维	(245)
一、仿麂皮的发展简史	(245)
二、仿麂皮的制备方法	(246)
三、仿麂皮的形态结构	(246)
四、仿麂皮的性能	(247)
第三节 仿毛纤维	(247)
一、仿毛纤维的发展简史	(247)
二、仿毛纤维的制备方法	(248)
第四节 仿棉纤维	(248)
一、仿棉纤维的制备方法	(249)
二、仿棉纤维的性能	(249)
第五节 仿麻纤维	(250)
一、仿麻纤维的发展简史	(250)
二、仿麻纤维的制备方法	(250)
第六节 仿蜘蛛丝	(251)
一、仿蜘蛛丝纤维的发展简史	(251)
二、仿蜘蛛丝纤维的制备方法	(252)
三、蜘蛛丝纤维的形态结构	(252)

四、蜘蛛丝纤维的性能 (253)

第十二章 仿生纤维 (254)

第一节 仿荷叶纤维 (254)

一、荷叶的拒水机理 (255)

二、仿荷叶的途径 (256)

第二节 仿夜蛾角膜纤维 (256)

一、仿夜蛾角膜纤维的结构 (256)

二、仿夜蛾角膜纤维的生产方法 (256)

第三节 仿蝴蝶翅膀纤维 (257)

一、蝴蝶翅膀发色原理 (257)

二、仿蝴蝶翅膀纤维的制备方法 (258)

第四节 仿鲨鱼皮纤维 (258)

一、仿鲨鱼皮纤维的发展简史 (258)

二、仿鲨鱼皮纤维的制备方法 (259)

第五节 仿珊瑚纤维 (260)

一、仿珊瑚绒织物的结构与性能 (260)

二、仿珊瑚绒的制备方法 (261)

主要参考文献 (262)

第一篇 高性能纤维

高性能纤维 (high performance fiber, HPF) 是指具有高强度、高模量或高耐热性的纤维。一般来讲, 高性能纤维的强度大于 17.6cN/dtex , 弹性模量在 440cN/dtex 以上, 玻璃化温度在 200°C 以上。

高性能纤维的研究和生产始于 20 世纪 50 年代。从 70 年代开始, 随着人类科学的进步和节能环保意识的增强, 高性能纤维获得了突飞猛进的发展, 在多个领域得到了广泛的应用。

高性能纤维按其化学组成可分为高性能有机纤维与高性能无机纤维两大类, 有机纤维中的典型代表是芳香族聚酰胺纤维 (主要品种为对位芳纶与间位芳纶) 和超高分子量聚乙烯纤维; 无机纤维中的典型品种是碳纤维以及近年来迅速崛起的玄武岩纤维。

我国高性能纤维从产能、产量、品质等方面和世界先进水平相比还存在一定差距, 综合实力排在欧美日之后的第四位, 居世界二流水平。未来 5 ~ 10 年, 是高性能纤维发展的上升期, 是大浪淘沙、优胜劣汰的过程, 高性能纤维的发展具有广阔的空间。

第一章 高性能有机纤维

第一节 芳香族聚酰胺纤维

芳香族聚酰胺纤维（英文 aramidfiber，国内商品名为芳纶）与脂肪族聚酰胺纤维（锦纶）的相同之处在于纤维分子长链中都含有大量的酰氨基（ $-\text{CO}-\text{NH}-$ ），不同之处在于其分隔基团的不同。芳香族聚酰胺分子中与酰氨基相连的是芳香环，而脂肪族聚酰胺分子中是脂肪基。

最早开发芳香族聚酰胺纤维的是美国杜邦公司。1951 年，美国杜邦公司的 Flory 发明低温溶液聚合法，无意中制造出间位全芳香族聚酰胺。1960 年，美国杜邦公司开始开发间位全芳香族聚酰胺纤维，到 1967 年上市，其商品名为诺梅克斯（Nomex[®]）。1965 年，Kwolek 发明液晶纺丝法，并开始研究对位全芳香族聚酰胺纤维。1968 年，杜邦公司开始研究对位全芳香族聚酰胺纤维，到 1972 年上市，商品名为凯夫拉（Kevlar[®]）。1974 年，美国通商委员会将全芳香族聚酰胺命名为 aramid，泛指酰氨基团直接与两个苯环基团连接而成的线型高分子，用其制造的纤维称为芳香族聚酰胺纤维。

全芳香族聚酰胺纤维最具实用价值的品种有两个：间位全芳香族聚酰胺纤维（MPIA，间位芳纶，芳纶 1313，聚间苯二甲酰间苯二胺纤维）和对位全芳香族聚酰胺纤维（PPTA，对位芳纶，芳纶 1414，聚对苯二甲酰对苯二胺纤维）。间位芳纶是开发最早、产量最大、应用最广的有机耐高温纤维，是世界公认的耐高温防护服的最佳选材；对位芳纶具有高强度、高模量的特点，素有高分子材料中的“百变金刚”之誉，是当今世界高性能纤维材料的代表。高性能芳纶的制备难度高，投资大，目前主要由美国的杜邦公司和日本的帝人公司垄断。

我国自 1972 年开始研究芳纶，长期以来，芳纶国产化、规模化技术一直备受国内许多化纤企业的关注，经过广大科技工程人员的不懈努力，我国芳纶的研制和生产取得了突破性进展，对芳纶 1313 的研发已形成产业化规模。1999 年开始，烟台氨纶股份公司（烟台泰和新材料股份有限公司）历时三年，研发出了高品质的芳纶 1313，并实现了工业化生产，目前该企业生产能力已达到 5000 吨/年，一跃成为世界第二大芳纶制造商。上海圣欧集团（中国）有限公司的芳纶 1313 产能紧随烟台泰和有限公司之后，居国内第二位，在世界范围内暂居第四位。进入 21 世纪后，对位芳纶已取得实质性突破，基本具备工业化生产条件，同时国内许多企业也已完成小试和中试，正在启动工业化生产线的建设。2011 年，烟台泰和新材料股份有限公司 1000 吨/年对位芳纶产业化工程项目试车成功，使我国成为继美、日之后又一个能