

804567

〔美〕马克塔·阿迈德 编



聚丙烯纤维的科学工艺

吴宏仁 赵华山 等译

上册

纺织工业出版社

聚丙烯纤维的科学与工艺

(上 册)

〔美〕 马克塔·阿迈德 编

吴宏仁 赵华山 等译

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书系统地介绍了聚丙烯纤维生产的基础理论、工艺技术、生产设备、品种开发以及市场调查等。上册主要述及生产聚丙烯纤维的单体及聚合物的制备,聚丙烯的物理性质、稳定化和着色技术,熔体流变学,纺丝及后加工的原理,及其生产设备等。下册主要述及各种不同性能和风格的聚丙烯纤维的制造技术,聚丙烯纤维的性能及其应用,以及该纤维的经济情况和市场调查等。

本书可供从事聚丙烯纤维生产、加工及研究的工程技术人员阅读;其中的某些基础理论,也可供从事其他合成纤维生产和加工的工程技术人员阅读;亦可供有关院校的师生参阅。

责任编辑:周皎林

Polypropylene Fibers-Science and Technology

M. AHMED

聚丙烯纤维的科学与工艺

(上册)

(美) 马克塔·阿迈德 编

吴宏仁

赵华山

等译

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12号)

河北省供销合作联合社保定印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

787×192毫米 1/32 印张:13 字数:289千字

1987年1月 第一版第一次印刷

印数:1—4,000

定价:3.10元

统一书号:15041·1417

译 校 说 明

马克塔·阿迈德 (Mukhtar Ahmed) 编著的《聚丙烯纤维的科学与工艺》一书, 是根据美国塑料工程师学会 (Society of Plastics Engineers) 倡议编写的, 是属于“纺织科学与工艺”丛书中的一本。本书取材广泛全面、评论细致有据, 涉及到聚丙烯纤维生产的各个重要方面, 是一本既有理论, 又有实际的专著。我们把它译成中文, 奉献给读者作参考。为节省篇幅, 对作者列于每章末尾的大量文献目录作了删节, 但对文中指到的所有参考文献则照附。参加本书翻译的人员有:

第一章 姜胶东、赵华山

第二章 谭敏韶

第三章 吴立峰

第四章 王 健、吴宏仁

第五章 童 俨

第六章 王培华

第七章 王镇平

第八章 李培仁

第九章 高景辰

第十章 范嘉骐

第十一章 曹维新、李小宁

第十二章 程小滨

第十三章 罗增志

第十四章 陈德润

本书第二、三、六、七、八章由赵华山同志初校, 第

一、四、五、九、十、十一、十二、十三、十四章由吴宏仁同志初校，最后全书由吴宏仁同志统稿和校定。

在本书的译校过程中，曾请李治文、乐嗣传俩同志拨冗审阅了译稿。

限于译校者的水平，书中不足之处，恳请读者批评指正。

前 言

聚丙烯纤维是近十年来用于纺织工业的最新纤维之一。在相当短的发展时期内，便成为迅速增长着的合成纤维中的一个重要品种。虽然早期基于对原料成本的过于乐观的预测而做的设想，目前还未能实现，但随着聚丙烯纤维的迅速发展，即将出现新的突破。

由于聚丙烯纤维是一种新纤维，故它的制造工艺及市场展望还没有为大家所熟知。本书试图从自成一体的观点来整理这些资料。既不想作为实际工作者操作设备的指南，也不想作为院士关于聚合物流变学及纤维结构的讲义。本书重点不放在目前用聚丙烯能生产什么？而在于将来可能生产什么？因此本书对于从事纤维生产加工及产品开发工程师以及商品推销人员将是很有用的。因为他们的责任，更多的是关心明天而不是今天。

尽管着重于开发工作，但由于本书所涉及的内容广泛，因此对于设备设计师、机械制造师、聚合物科学家、纺织工程师以及技术院校的师生也都是十分有益的。本书对于打算进行聚丙烯纤维制造或改变其生产工艺路线的工厂，无疑也将会有所帮助。我希望使理论和实际保持平衡。

鉴于庞大的主题范围和有限的篇幅，不可避免地要做些省略。在这种情况下将优先选用具有实际重要性的资料，并用广泛的专利文献目录作为讨论的必要补充。在每一章的末尾都列出大量的文献目录索引，以便扩大本书的视野，并使

具有广泛的价值。

书中所给出的资料没有公开的或默许的担保。关于产品应用及各种加工方法的详细评述，不能认为是对某个专利的推荐或贬损。对于因任何加工方法或产品的使用所引起的一切后果，作者和出版者均不承担责任。

美国北卡罗来纳州，里兹维尔，
国际纤维股份有限公司 总经理
马克塔·阿迈德

1982年

目 录

第一章 聚合物	(1)
第一节 引言	(1)
第二节 制造技术	(5)
一、单体生产.....	(5)
二、定向聚合.....	(18)
三、聚合过程.....	(23)
第三节 性质和特性	(29)
一、分子量和分子量分布.....	(31)
二、等规度.....	(37)
三、热学和热力学性质.....	(38)
四、耐化学性与抗生物性.....	(40)
参考文献	(41)
第二章 对热和光的稳定作用	(43)
第一节 引言	(43)
第二节 热和光的降解	(44)
一、热降解.....	(44)
二、热氧化降解.....	(45)
三、光氧化降解.....	(47)
四、热氧化和光氧化中的催化作用.....	(54)
第三节 稳定化措施	(56)
一、自由基清除剂.....	(58)
二、过氧化物分解剂.....	(67)

三、紫外线吸收剂.....	(76)
四、能量猝灭剂.....	(80)
五、金属减活剂.....	(92)
六、HCl清除剂.....	(94)
七、稳定剂的协同效应.....	(97)
八、稳定剂配方与组分选择.....	(105)
第四节 稳定剂的测试与评价.....	(111)
一、加工稳定性试验.....	(111)
二、气候老化试验.....	(112)
三、加速老化试验.....	(114)
四、洗涤试验.....	(116)
五、自燃.....	(116)
六、综合试验与观察.....	(117)
参考文献.....	(117)
第三章 着色.....	(121)
第一节 引言.....	(121)
第二节 着色剂.....	(123)
一、无机颜料.....	(125)
二、有机颜料.....	(126)
三、光学增白剂.....	(127)
第三节 颜料的选择.....	(130)
一、颜色的特征.....	(130)
二、耐气候性.....	(131)
三、热稳定性.....	(133)
四、耐化学性.....	(134)
五、对聚丙烯稳定性的催化作用.....	(135)
六、对抗拉性能的影响.....	(138)

七、流变性·····	(139)
八、形态特征·····	(139)
九、耐迁移性·····	(139)
十、分散性·····	(140)
十一、过滤性·····	(142)
十二、切刀变钝·····	(142)
十三、价格可行性·····	(143)
第四节 配色 ·····	(144)
第五节 干颜料、预分散颜料和浓色物料 ·····	(148)
第六节 测试和评价 ·····	(151)
参考文献 ·····	(153)
第四章 熔融体的流变学 ·····	(156)
第一节 引言·····	(156)
第二节 简单剪切形变·····	(157)
第三节 拉伸形变·····	(167)
第四节 温度的影响·····	(171)
第五节 分子量和分子量分布的影响·····	(173)
第六节 添加剂对熔体流变性的影响·····	(178)
第七节 聚合物熔体流动性质的测定·····	(180)
参考文献 ·····	(193)
第五章 熔体纺丝原理 ·····	(197)
第一节 引言·····	(197)
第二节 通过喷丝头毛细孔的流动·····	(198)
第三节 纤维的细化和冷却·····	(208)
第四节 固化和结构形成·····	(210)
一、结晶·····	(211)
二、结晶度·····	(215)

三、等温结晶动力学·····	(216)
四、在非等温条件下的结晶·····	(222)
五、应力下的结晶·····	(226)
六、取向·····	(236)
七、皮芯结构·····	(240)
八、物理性能与纤维结构·····	(242)
参考文献·····	(246)
第六章 熔体纺丝中的不稳定性·····	(250)
第一节 引言·····	(250)
第二节 聚丙烯熔体的可纺性·····	(254)
第三节 机械因素·····	(259)
第四节 熔体流变性不均匀·····	(263)
第五节 熔体破裂·····	(266)
第六节 鲨鱼皮效应·····	(270)
第七节 拉伸共振·····	(271)
第八节 由于热传导系数波动所造成的 不稳定性·····	(288)
参考文献·····	(289)
第七章 拉伸和热定型原理·····	(293)
第一节 引言·····	(293)
第二节 拉伸机理·····	(294)
第三节 冷拉伸过程中结构的变化·····	(299)
第四节 实际的拉伸过程·····	(317)
第五节 松弛和热定型·····	(324)
一、松弛或平衡调整·····	(325)
二、热稳定化·····	(330)
参考文献·····	(339)

第八章 纤维生产设备概况	(341)
第一节 引言.....	(341)
第二节 原料管理和配料.....	(343)
第三节 挤出机.....	(351)
第四节 纺丝箱体.....	(364)
第五节 纺丝和卷绕系统.....	(377)
第六节 后加工设备.....	(387)
第七节 短程纺技术.....	(393)
第八节 质量管理.....	(396)
第九节 废料回收.....	(398)
附表：单位换算表	(403)

第一章 聚 合 物

第一节 引 言

聚丙烯是烯烃类塑料中的一个重要成员。它是第一个实现工业化的合成立体规整聚合物。在使丙烯获得聚合的早期只能得到低聚合度的支化产物，它属非结晶性化合物，粘度在油状与半固体状态之间。这些非结晶性聚合物只具有极小的（即使有时）商业价值。在齐格勒（Ziegler）及其同事们发现一种可供生产高密度聚乙烯的配位催化剂体系之后，丙烯才能以众所周知的目前工业中所用的形式进行聚合。

本世纪的50年代，米兰（Milan）综合性工艺学院的纳塔（Natta）及其同事们首先发表了结晶性聚丙烯的制备。他们使用齐格勒发现的供乙烯低压聚合成高密度聚乙烯用的那类多相催化剂。随后的工作揭示这种硬的、结晶性产物是由具有立体规整性的大分子链组成的。这一发现不仅是聚合物化学中一个转折点的标志，而且开辟了乙烯类聚合的一整套新工艺的前景。

立体规整聚丙烯，特别是等规聚丙烯的性质，使其在热塑性塑料工业及薄膜和纤维等的生产中获得广泛的应用。基础专利颁发于1954年，并于1957年由意大利的蒙特卡蒂尼（Montecatini）公司首先开始等规聚丙烯的工业化生产。其后，其他生产者也投入生产，他们大都按照蒙特卡蒂尼的专利。目前世界上主要化学公司都在生产聚丙烯及其共聚

物。

现在估计世界聚丙烯的生产能力为2.5~3.0Mt,主要分布在美国、日本、联邦德国、意大利、英国、法国、比利时及荷兰。预计聚丙烯的生产能力会迅速增加,1980年可能达到6.5Mt⁽¹⁾。目前,估计美国聚丙烯的生产能力为 45×10^8 lb(表1-1),此项生产能力还在急剧增加。

聚丙烯生产能力迅速增长的原因,是由于其性能优于聚乙烯。从成本来看,聚乙烯是它的最相近的竞争者,聚丙烯的原料比聚乙烯便宜得多。在原料成本方面的经济利益及高效催化剂的最新发展,无疑将使聚丙烯成为一个成本很低的塑性材料,并达到目前聚乙烯和聚氯乙烯(PVC)所具有的地位。

表1-1 美国聚丙烯生产能力(1979~1980年)

公 司 名 称	生 产 能 力 (Mlb/年)
阿莫可(Amoco)化学公司	
得克萨斯州 阿尔文(Alvin)	250
特拉华州 新城(New Castle)	250
大西洋富野(Atlantic Richfield)化学公司	
得克萨斯州 拉波特(La Port)	400
依斯曼(Eastman)化学公司	
得克萨斯州 朗维尤(Longview)	140
埃克森(Exxon)化学公司	
得克萨斯州 贝敦(Baytown)	400
海湾石油(Gulf Oil)化学公司	
得克萨斯州 塞达贝约(Cedar Bayou)	400
赫克里斯(Hercules)股份有限公司	
得克萨斯州 贝波特(Bayport)	400
路易斯安那州 莱克查尔斯(Lake Charles)	700
加拿大 魁北克 蒙特利尔(Montreal)	200

续表

公 司 名 称	生 产 能 力 (Mlb/年)
北方石油化学公司	
伊利诺斯州 莫里斯 (Morris)	200
诺伐蒙脱 (Novamont) 公司	
西弗吉尼亚州 尼尔 (Neal)	200
得克萨斯州 拉波特 (La Port)	200
菲利浦石油公司	
得克萨斯州 帕萨迪纳 (Pasadena)	90
立克森 (Rexene) 聚合物公司	
得克萨斯州 奥得萨 (Odessa)	140
得克萨斯州 贝波特 (Bayport)	150
壳牌 (Shell) 化学公司	
新泽西州 伍德布勒 (Woodbury)	280
路易斯安那州 纳科 (Norco)	300
总 计	4700

聚丙烯可用作模压树脂以及制做许多其他挤压成形制品,其中包括薄膜、纤维及切膜扁丝等。按其在美国、西欧及日本的用途分类列于表1-2。目前,全世界约有40%的聚丙烯用于制造各种纤维。这是按照美国在1980年消耗于制造纤维的聚丙烯超过800Mlb估算的。预料这一用途的比例将继续增长。这一乐观的预测是根据如下的一些情况做出的:由于天然纤维市场被聚丙烯纤维不断渗入;由于基础专利期满,使一些新的聚丙烯纤维生产厂家乐于加入;由于聚丙烯纤维新品种的开发而开创了新的市场,特别是由于聚丙烯有着比较低的原料价格。

早在1958~1960年〔3〕、〔4〕,聚丙烯在意大利刚实现工业化不久,蒙特卡蒂尼公司便倡导用聚丙烯作为纤维生产的

表1-2 工业发达国家中聚丙烯树脂的用途 (单位: kt)

用 途	西 欧		美 国		日 本	
	1974年	1980年	1974年	1980年	1973年	1980年
裂膜纤维	190	350	83		44	111
单 丝	26	{ 65	{ 83		{ 3	{ 3
纺粘产品						
膨化变形长丝	{ 9	{ 27	12	61	{ 9	{ 10
长 丝			30			
短纤维及丝束	45	78	26	45	41	42
纤维小计	270	520	234	748	97	166
模压制品	270	450				
薄 膜	60	160	{ 730	{ 1679	{ 566	{ 745
挤压成形制品	60	180				
总计(全部用途)	660	1310	964	2427	663	911
纤维占总量的百分数 (%)	41	40	24	31	15	17

基本原料, 并且颁发了实施专利。当时用以生产单丝及粗旦的短纤维并不困难, 但在60年代初期, 能为市场提供的只是有限量的低旦复丝及细旦短纤维。直到60年代中期, 聚丙烯才引起纤维生产者很大的注意, 并被确认为是纤维生产的最有潜力的原料之一。当然, 在欧洲, 蒙特卡蒂尼公司是开拓者, 但是英国的帝国化学工业公司 (I.C.I), 加拿大的塞拉尼斯 (Celanese) 公司, 赫克里斯 (Hercules) 公司, 里夫兄弟 (Reeves Brothers) 公司以及北美的维克拉 (Vectra) 公司, 也都为聚丙烯纤维的工业化作出很大的努力。

用于制造纤维的聚丙烯, 其消耗量的增长很缓慢。这是因为尼龙及聚酯纤维的地位被牢固地确立。与它们相比, 聚

丙烯纤维只有少数性能占优势；而原料价格方面的优势直到最近才被认识到。另外专利权也妨碍了新的生产者进入这一领域。现在，属于使聚丙烯转变为纤维的大部分基本专利已期满，更经济的着色方法也被开发，以及原料价格优于尼龙和聚酯纤维也已终成事实。可以预料：许多小生产厂将会下决心投入聚丙烯纤维的生产。

第二节 制造技术

一、单体生产

丙烯是聚丙烯的单体。它是沸点为 -47°C 、可液化的烃。丙烯的生产一般只与石油的炼制过程及石油化学工业有关。

除1939~1945年大战期间德国的小量生产而外，自从石油化学工业开创以来，聚丙烯都是按下述方法之一，由热裂化石油制得的：

(1) 由石油蒸馏及天然气分馏得到的气态及液态烃，在高温裂化过程中，作为与乙烯（及高级烃）同时产生的一个副产物。

(2) 在高级烃催化裂化制造汽油，以及为了得到高辛烷值，而使汽油进行热重整过程中获得的一个副产物。

1. 作为与乙烯共生的副产物 原油主要是由链烷烃（40~75%），环戊烯和环己烷的衍生物组成的环烷烃（20~50%），以及苯含量较高的芳烃（6~22%）组成。原油的来源不同，其组成变化很大。分馏组分的碳原子数列于表1-3中。馏出物中只含少量或根本不含烯烃、二烯烃或乙炔。气体馏分主要由甲烷、乙烷、丙烷及丁烷组成。如果这些馏出物不就地使用，可以将其冷凝装瓶，称为液化石