

差别化纤维丛书

复合纤维

陈日藻 丁协安 华伟杰 编著

中国石化出版社

差别化纤维丛书

复 合 纤 维

陈日藻 丁协安 华伟杰 编著

中 国 石 化 出 版 社

(京)新登字048号

内 容 介 绍

本书介绍了差别化纤维之一——复合纤维。比较详细地阐述了复合纤维的发展、分类、生产工艺、设备以及关键部件——喷嘴组件的结构，尤其对复合纤维组分的选择和匹配作了较广泛的讨论。书中同时列举了大量应用实例，专门介绍了国内外发展较快的复合纤维品种——超细纤维、导电纤维及其纺织产品的应用。书中附有参考文献供读者查阅。

本书可供从事化学纤维生产和研究的工程技术人员、科研人员及大专院校师生阅读参考。

差别化纤维丛书

复 合 纤 维

陈日藻 丁协安 华伟杰 编著

中国石化出版社出版发行

(北京朝阳区太阳宫路甲1号 邮政编码: 100029)

海丰印刷厂排版印刷

新华书店北京发行所经销

787×1092毫米 32开本 5¹/₈印张 125千字 印1—2,000

1995年2月北京第1版 1995年2月北京第1次印刷

ISBN 7-80043-538-5/TS·002 定价: 5.00元

序 言

合成纤维自20世纪40年代工业化以来,发展甚为迅速,1991年世界化纤产量已达1930万吨,其中合成纤维为1622万吨,已占世界纤维材料总量40%以上。我国化纤产量已超过200万吨,占纤维材料总量11%。预计到2000年我国化纤产量将占纤维材料总量的40%以上。化学纤维的迅速发展,不单从产量上弥补天然纤维的不足,而且有的化学纤维具有天然纤维不可替代的优良性能。然而,化学纤维也有某些缺陷。随着社会的发展,消费水平的提高,对化学纤维要求具有多种多样的性能。为此,近几十年,尤其70年代以来,在世界范围内开展了大量的、有效的工作,以改进化学纤维的性能,提高纤维的质量,改进化纤生产工艺技术,扩大纤维产品的用途,并开发了具有新功能、高附加价值的新产品,以满足市场需要。

“差别化纤维”(differential fibre)一词是来自日本的外来语。实际上,它不是一个有严密定义的词,国内化纤行业中泛指不同于一般常规品种的化学纤维,泛指对常规化纤品种进行技术改造而创造出具有某一特性的化学纤维。差别化纤维概念上与一般特种纤维(或功能纤维)亦有区别。前者以改进服用性能为主,基本上用于服装和装饰织物,而后者则突出有耐高温、高强、高模量、耐腐蚀、反渗透等特殊性能,基本上用于产业及尖端科学技术领域。

差别化纤维通常采用化学或物理改性方法,其主要目的

一方面是为了改进不如天然纤维的某些性能，另一方面又要进一步发挥和改善化学纤维某些性能，以制得能满足各种需要的纤维。

差别化纤维的范畴较广，在聚合、纺丝成形及后加工等各生产步骤中均可进行。例如共聚型、共混、复合、异形、有色、易染、异色、高吸湿、防水、高收缩、易收缩、抗静电、抗起毛起球、防菌、防腐、防霉、耐燃、各种变形、仿丝、仿毛、仿麻、细特、超细特、特粗特等，产品日新月异。据统计，国际上差别化纤维已占化纤产量的30%以上，我国仅10%。我国有关领导部门以大力发展差别化纤维作为重要方针，预期差别化纤维在我国化纤产量中的比例将会逐步地、较大幅度地增长。

有关差别化纤维国内外尚无有系统的、完整的专业著作。为了配合我国差别化纤维较快较好地发展，并满足教学、科研、生产、管理、应用等各方面需要，中国石化出版社在国内有关教授和专家们的支持下，组织编写了一套《差别化纤维丛书》。这套丛书以实用生产技术和产品应用开发技术为主，结合对实际有明显指导意义的理论，理论联系实际，以适应广大读者的需要，融知识型、技术型为一体，希望能起到指导和参考作用。

这套丛书以我国的主要化纤品种为基础，以面广、量大、技术较成熟的差别化纤维生产和加工的重要技术为重点，分期分批组织编写，陆续出版。由于经验不足，错误疏漏之处，恳请读者指正。

乐嗣传

前 言

复合纤维的研究和制造技术虽然已有20多年的历史，但在工业生产上被采用还是近十几年的事。由于应用复合纤维加工而成的纺织品大多数属于高科技和高附加价值的产品，从而受到纤维界的高度重视。

我国近十年来复合纤维的研究和生产十分活跃，科研成果不断涌现，成果转化为生产力的势头日益增长，而目前尚无一本全面阐述复合纤维的专著。本书的出版，期望能对我国复合纤维生产的发展起到促进作用。

本书在收集整理国内外文献资料的基础上，结合笔者十余年从事复合纤维研究的实验经验编写，力求将两者融合一体，使之更具实用性。为了使从事纤维应用的纺织工作者也能对复合纤维的性能和应用有所了解，书中对目前国内外广泛应用的复合纤维纺织品的性能和纺织染加工方法也作了较为详细的叙述。

在本书的撰写过程中，丁协安和华伟杰同志除了协助撰写第1~5章外，重点撰写了第6章。本书承蒙乐嗣传先生审阅，在此深表感谢。

由于作者水平有限，书中难免出现错误和不妥之处，希望广大读者批评指正。

陈日藻

目 录

第一章 绪论	(1)
第一节 引言.....	(1)
第二节 复合纤维的发展概况.....	(2)
第三节 复合纤维的分类.....	(4)
第四节 复合纤维的生产工艺路线.....	(9)
参考文献.....	(11)
第二章 复合纤维组分的选择与匹配	(13)
第一节 熔纺复合纤维组分的选择 与匹配.....	(13)
第二节 湿纺复合纤维组分的选择 与匹配.....	(40)
第三节 功能性复合纤维组分的选择.....	(43)
第四节 其它复合纤维组分的选择.....	(50)
参考文献.....	(57)
第三章 复合纤维纺丝及拉伸工艺	(59)
第一节 熔体温度、粘度与复合纤维成纤性 能的关系.....	(60)
第二节 复合纤维的纺丝工艺.....	(69)
参考文献.....	(82)
第四章 复合纤维纺丝及后处理设备	(83)
参考文献.....	(100)
第五章 复合纤维喷丝组件的类型	

与结构·····	(101)
第一节 熔纺喷丝组件的类型和 结构特点·····	(104)
第二节 熔纺复合喷丝组件的清洗 与维护·····	(123)
参考文献·····	(124)
第六章 复合纺丝技术在超细纤维和导电纤维 制造中的应用·····	(125)
第一节 超细纤维及其纺织品·····	(125)
第二节 导电纤维·····	(168)
参考文献·····	(171)

第一章 绪 论

第一节 引 言

复合纤维(composite fiber)是国际上60年代发展起来的一种化学纤维新品种。这种纤维既不同于异种纤维的混纺或异种长丝间的混纤,也不同于组成纤维的各独立组分在进入喷丝组件前已被充分混和,而后再挤出成形的相溶性聚合物的共混体纤维。它的主要制造方法是,由两种或两种以上不同组分的聚合物液流仅在进入特殊设计的喷丝组件后才被有机复合在一起,并被挤出成形,或将相溶性较差的两种聚合物混合后纺丝而形成具有双相结构的复合纤维。其中两组分的复合纤维也称为双组分纤维(bicomponent fiber)或共轭纤维(conjugated fiber)。

复合纤维可以作为一种最终纤维加以应用,但也有相当一部分复合纤维在应用到纺织产品中时却仅作为一种过渡状态存在。如海岛型纤维在加工成织物后需将“海”的组分除去而形成单组分的超细纤维;复合裂离型纤维在织物中将分离形成两种超细纤维的混纤等等。

因此,确切地讲,本书所讨论的复合纤维仅仅是从其具体制造工艺加以定义的,即将组成纤维的各聚合物组分分别制成独立的聚合物液流,并在特殊设计的复合喷丝组件中复合后挤出成形的纤维。而应用两种聚合物切片在纺丝前加以混合并进行熔融纺丝形成具有双相结构共混型复合纤维,在

此不加论述。

第二节 复合纤维的发展概况

复合纤维这一概念最早是在40年代由Avisco公司的Sisson等提出的。但当时并未受到重视。后来，日本化学家揭示了羊毛构造的奥秘，证明羊毛是两种不同结构的蛋白朊以双半圆的形式沿纤维纵向并列复合而成的一种圆形截面纤维。由于纤维内两种蛋白朊的热收缩性能的差异，使羊毛具有螺旋状立体卷曲的特性。当羊毛受潮时，卷曲个数减少，但干燥后又会重现，这种现象使羊毛得以保持永久立体卷曲的特性。人们由此得到启发，并试图将这种结构应用到化学纤维中来，以获得类似于羊毛的卷曲特性。事实上，也正是具有类似于羊毛结构的并列型复合纤维最早实现了工业化生产。例如1959年，美国杜邦公司首批商业化生产的腈纶复合纤维“Crlon Sayelle”问世，其结构为简单的“并列型”。1963年美国杜邦公司又研制成功了袜用聚酰胺复合纤维“Cantrece”，1965年日本钟纺也研制出了并列型自卷曲复合纤维“尼龙22”等^[1]。在此以后其它各种形式的并列型复合纤维不断涌现，从而创造了许多独具风格的纤维和纺织品。尽管由于纤维变形和加弹技术的出现及其工艺、设备的日益完善，使并列型复合纤维的应用市场受到很大冲击，但由此发展起来的复合纺丝技术及各种复合纤维，仍然在最初十年中得到了较快的发展，特别是在特种纤维领域更是起到了其它纤维所无法替代的作用。

在60年代中期，日本化纤制造商在双组分复合纤维的基础上发展了多层复合纤维，并发现利用这种纤维制成的织物在后整理时纤维内各组分间发生分裂、剥离，并形成更多、

更细的细纤维，由此织物性能也发生了质的变化，其柔软性、悬垂性、光泽度甚至吸水、透气性都大大超过常规产品⁽²⁾。当时仅仅是因为纤维裂离技术及应用等方面的原因，未能使其实现商品化生产。但日本的一些纤维制造商从商业角度考虑，认为开发超细纤维将具有广阔的市场前景，因此对复合超细纤维制造技术相继投入更大力量，对后加工工艺甚至纺织产品开发进行了系统研究。到70年代初期，终于研制出了溶解型复合超细纤维⁽³⁾，并成功地开发了人造麂皮等迎合时装潮流的高档面料。此外，各种皮芯型、并列型复合导电纤维研制成功并投入了工业化生产，为纺织品，特别是合成纤维的抗静电作出了巨大贡献，从此揭开了复合纤维作为高性能纤维新品种辉煌历史的帷幕。在70年代末到80年代，由于超细纤维纺织品，例如高级仿丝绸、超高密织物、仿皮革制品等在日本、欧美市场屡获成功，在国际纺织市场掀起了一股“超细热”⁽⁴⁾，从而进一步刺激了复合纺丝技术的发展。超细纤维这一高技术产品的成功，表明了化学纤维已经从单纯模仿（天然纤维）这一低级阶段开始了一次革命性的飞跃，从而消除了化学纤维不能进入舒适型时装领域的心理。进入90年代，服装面料的发展趋势仍将是在进一步改善服用性能的基础上，力图使其更轻、更软、更富高级质感。因此，可以预料复合纤维在今后一段时期内仍将具有广阔的开发前景。

我国从70年代开始对复合纤维纺丝技术进行了研究，并成功地研制了腈纶并列型复合纤维，到80年代中期，已相继研制出涤/锦皮芯型复合纤维、锦纶类并列型复合纤维、偏心皮芯型复合纤维、三角皮芯型复合纤维等产品。在应用性能方面，有立体螺旋卷曲纤维、导电纤维、熔焊纤维等。1991年初，江苏省纺织研究所和纺织部纺织科学研究院化纤研究

所又分别在自行设计的双螺杆复合纺丝设备上，完成了裂离型超细纤维的中试项目。所研制的超细纤维，单丝纤度分别达到 0.20dtex 和 0.33dtex ，并批量开发成功了仿桃皮织物、高级仿丝绸、仿麂皮织物、洁净布等产品^[5]。

第三节 复合纤维的分类

复合纤维问世近三十年来，品种发展日新月异，就截面几何形态的变化来看就有数十种，如果加上各种化学结构和成分的变化即复合组分的变化，就有数百种。图1-1是根据截面几何形态的分类^[6]。

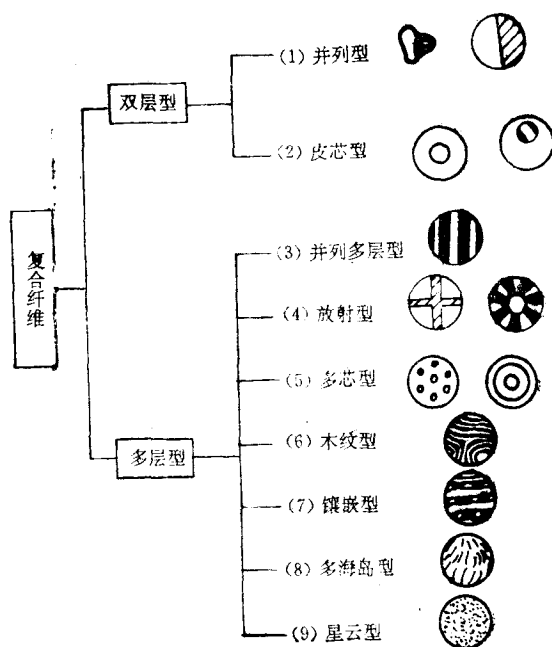


图 1-1 复合纤维截面形态分类

一、双层型

1. 并列型

这类复合纤维的结构是两种互不相混的两种组分以并列结构的形式沿纤维轴向连续排列而成。其组分的多少、组分的化学结构、物理性能等的相互匹配，可以是多种多样的。但这类纤维主要是利用两种复合组分热收缩差异或两种组分含有不同量的亲水单体，可使纤维产生“永久立体卷曲”或“水可逆卷曲”的特性，成为弹性纤维或具有仿毛感纤维的原料。它要求纤维中两种成纤聚合物之间有较强的粘合力，不致在后加工或使用过程中产生裂离。

2. 皮芯型

这类纤维是由两种组分以皮芯结构的形式沿纤维轴向连续排列而成。这种结构的复合纤维对两种组分间粘合力的要求没有象并列型结构那样严格，即使各聚合物组分之间不具有良好的粘合作用，也能形成稳定的复合纤维，所以为达到纤维改性目的而选择组分时也比并列型结构灵活。因此，在为改善卷曲性、染色性、阻燃性、导电性、熔焊性能而制造皮芯型复合纤维时，粘着作用就显得不是那么重要。但在试图改善纤维力学性能或由于纤维内部光散射而产生光学效应时，组分界面间的粘着作用便显得十分重要。由于皮芯结构的复合纤维在选择匹配组分时的灵活性，因此其应用范围也比较广泛。

二、多层型

多层型复合纤维是从双层型复合纤维发展而来的多界面截面结构的复合纤维，在纤维纵向形态上又可分为连续分布型和不连续分布型两种。

1. 连续分布型

连续分布多层型复合纤维是将一种成纤聚合物组分以多根很细的纤维连续分布在母体聚合物中间，如图1-2所示。其

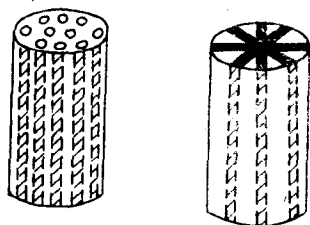


图 1-2 连续分布型复合纤维

纵向连续分布形态示意图

中沿纤维轴向连续分布的细纤维截面，可根据需要设计成各种形态，如圆形、楔形、狭缝型及其它不规则形状。在图1-1多层型结构中，除星云型外，其它均属连续分布型结构。这类

复合结构，特别适合于制造超细纤维。多层型结构复合纤维

另一成功应用的例子，是利用一些简单多层型复合结构，如“三明治”型(⊖)、“十字放射”型(⊕)等制作的导电纤维，上述两例纤维的更为详细的内容将在本文第六章中给予介绍。

2. 不连续分布型

这类复合纤维是将一种成纤聚合物以微原纤维形式沿纤维轴向平行但不连续地排列在基质聚合物中，所以也称为微纤维分散型复合纤维或基质-原纤型复合纤维。图1-1中星云型即属于这类结构的复合纤维。图1-3为这类复合纤维轴向不连续分布的示意图。这类复合纤维的具体制造方法，是将一种成纤聚合物组分在纺丝时以微小颗粒形式分散在另一聚合物组分中，制成两种组分的共聚混合物液流，经喷丝、拉伸，使共混体中微小颗粒被拉伸成与纤维轴向平行的微纤



图 1-3 不连续分布型复合纤维纵向不连续分布示意图

维。例如将聚酯分散在聚酰胺熔体中，这样制成的复合纤维在2.4dtex的单纤维中可分散3500个微原纤维，它们之间距离仅为 $0.23\mu\text{m}$ 。这种纤维的模量大大高于聚酰胺纤维，而与橡胶的粘结性能也好，所以常用来制作帘子线。这种帘子线弹性好，强力高，并能明显改善轮胎的“平点”现象。利

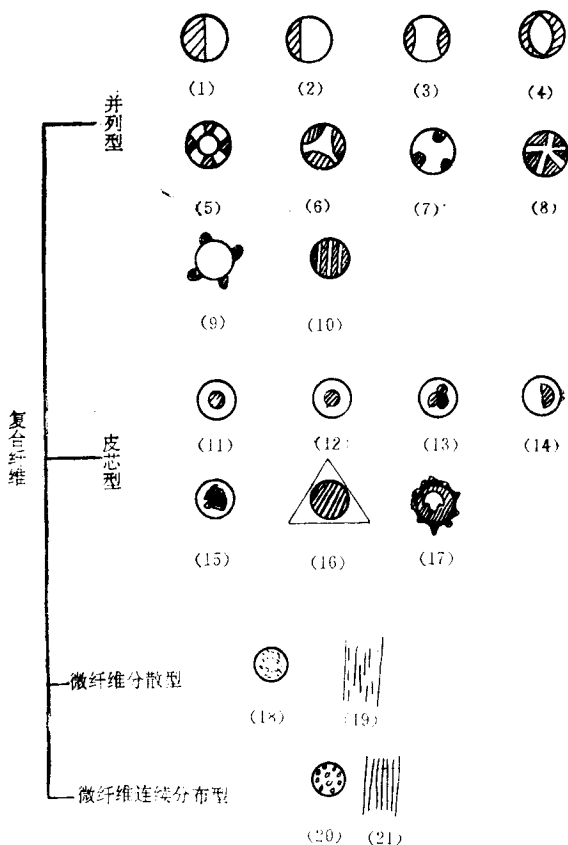
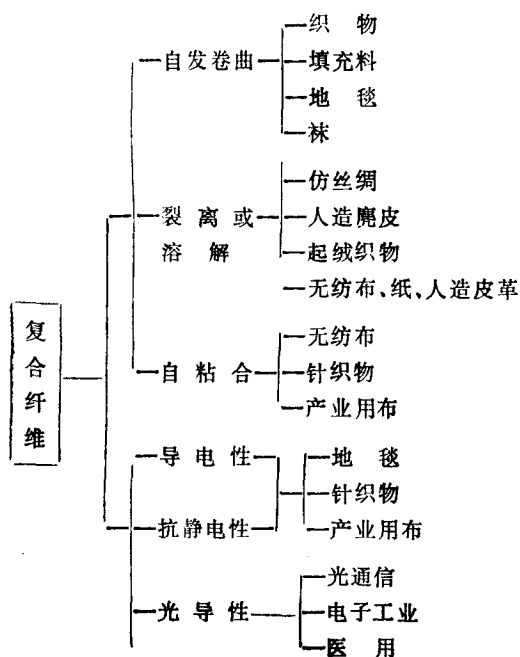


图 1-4 复合纤维截面形态分类

用这种方法也可制造多孔性纤维，即用这类复合纤维制成织物后再将分散的微纤维聚合物用溶剂萃取脱除。

由于复合纤维截面结构形态种类繁多，所以至今没有一种统一的分类模式。前页图1-4是根据截面复合形态的另一种分类方式。

事实上，随着复合纺丝技术的发展，特别是喷丝组件及其加工技术的日益完善，截面复合形态更是千变万化，所以强求统一的截面分类是非常困难的，也没有多大实际意义。由于形态各异的复合结构都是人们根据对纤维改性要求而精心设计的，所以，根据最终用途对其加以分类可能更为直观。图1-5是根据复合纤维应用的分类^[7]。



续上图

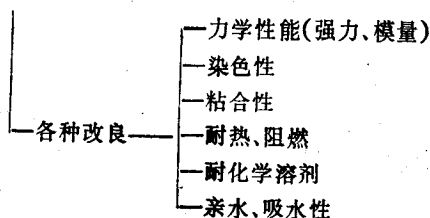


图 1-5 复合纤维应用分类

第四节 复合纤维的生产工艺路线

和普通化学纤维一样，复合纤维必须以天然或合成线型高分子材料为原料。复合纤维纺丝生产的基本工艺路线，是将所选择的线型高分子材料以适当方式制备成两种熔体（或原液），然后分别计量，经特殊的喷丝组件复合后喷出固化卷绕而成初生纤维，再经拉伸而成。

由此可知，制造复合纤维的工艺路线大体与普通化学纤维制造方法相仿，然而对原料的匹配和工艺条件的控制却有严格的要求，工艺控制也比普通化学纤维复杂。生产复合纤维的另一关键所在，是必须具有合理的纺丝设备和复合喷丝组件。这在很大程度上决定复合纤维内各组分几何结构的形状、均匀性和统一性，当然也影响最终纤维的性能。

一、熔纺复合纤维生产工艺

1. 单螺杆纺丝法

该法是应用一种聚合体来生产复合纤维的方法。这种方法大多用于聚烯烃纤维，并利用热降解来造成两股熔体流在物理性能上的差异而形成复合纤维。例如，将由螺杆熔融挤出的聚合物熔体流分为两股，并使这两股熔体流在受热时间或受热温度上不同，使聚合物的分子量产生差异，然后再将这