

【德】 B. v. 法凯等 编著

张书绅 郑可成 林其梭等 译

合成纤维

下册

纺织工业出版社

合 成 纤 维

(下册)

〔德〕 B.v. 法凯等 编著

张书绅 郑可成 林其梭等 译

纺织工业出版社

内 容 提 要

本书内容包括合成纤维的有关基础理论、生产工艺、加弹变形(上册)和纺织印染加工应用、分析检验、今后发展、纤维性能比较(下册)诸方面。内容广泛新颖,结构合理严谨,叙述扼要简明,又载有大量参考文献,有利向纵深指引。因此,本书堪称当代有关合成纤维的权威巨著。

本书可供从事合成纤维工业的科技工作者,包括生产、加工工厂工程技术人员以及科研、设计人员作为必备的工作手册,也可作大专院校有关专业师生的教学参考用书。

责任编辑:蔡秀卿 胡永祹

Synthesefasern

Bela von Falkai

Verlag Chemie

合成纤维

(下册)

[德]B.v.法凯等 编

张书绅 郑可成 林其桀等 译

纺织工业出版社出版

(北京东长安街12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:11 8/32 字数:290千字

1988年8月 第一版第一次印刷

印数:1—4,000 定价:3.95元

ISBN 7-5064-0050-2/TS·0051

译 序

近十多年来,随着几大化纤基地的相继建立,我国化纤工业已经进入以合成纤维为重点的蓬勃发展时期。出版一本全面介绍当前合成纤维科技现状的书籍,实属当务之急。

本书从纤维结构讲起,包括纤维生产、加弹变形、纺织印染加工,以至纤维制品应用等方面,分别由联邦德国拜耳等几大化学、化纤公司工作多年的专家执笔,是当代有关合成纤维的权威巨著。

我们将此书翻译出版,期能为从事合成纤维生产、加工以及科研、设计工作的广大科技工作者提供工作手册,也可为大院校师生增补教学参考用书。

由于全书内容涉及面广,篇幅较大,故分上下两册出版。分担下册各章节的译、校者为:

7.合成纤维的染色性能和染色 由张书绅译、林其梭校;

8.合成纤维的加工和用途 由郑可成译、张书绅校;

9.分析检验 由张书绅译,印惟智校;

10.合成纤维工业面临的问题 由张书绅译、田彤校;

11.合成纤维性能对比表 由张书绅译校。

译校过程中适逢原书主编法凯博士来华讲学,便借此机会当面请教译校中遇到的部分疑难问题,多承他一一认真作答,铭感至深。个别章节曾请武荣瑞、杨美城同志审阅,季国标同志曾对部分译稿提出修正意见,谨在此致以谢意。

由于我们的水平所限,翻译中谬误在所难免,热诚欢迎读者提出批评指正意见。

译 者

一九八五年三月

原 序

本书是在为第四版乌尔曼化学工业技术大全“纤维”词条所准备的素材基础上又大加扩充写成的，俾可向专业人员及有关读者提供关于合成纤维工业科技现状的概貌。

也就是出版乌尔曼工业技术大全这部巨著的化学出版社，发起出版这本合成纤维手册的建议。鉴于目前在德文文献中正缺少一本有关合成纤维的现代著作，本人便欣然同意这一建议。

本书共分十一章，分别由各该领域内的知名专家执笔。本书内容结构已经本人多年教学实践证明恰当：即先讲合成纤维物理结构和机械性能方面的基本特征，以使用以结合以后的用途掌握原材料和工艺技术的变动。其后两章阐述短纤维和长丝生产以及加弹变形的基本原理，在此批判地介绍近二十年来在生产能力受经济和技术条件限制下在提高方面所取得的进展。再分别讨论各种有机、无机合成纤维的原料化学及其生产技术。随后是与之密切有关的染色章节。接着讲述短纤维和长丝的加工应用。这些讲述不仅肯定具有普遍意义，也包括对实际工作者的激励。有关化验分析章节，则以介绍化学和物理检验测试方法为重点。在最后总结展望中力求说明合纤工业的今后任务和面临问题。当然这样划分章节，难免偶尔有重复出现。书末载有各种纤维的性能对比表。

为使本书篇幅不致过于庞大，不得不讲究叙述简要。在内容编排方面，全书主要是为求得对重要环节快速了解概况的人们准备的，不能指望周详全面。凡本书未作讲述的专门问题，载有广泛的文献指引，可便于对这些问题的深究。内容索引力求详尽，以便快速找到所要查阅的资料。本书可作为化纤行业从业人员以

及邻近学科成员用的简明手册，也是对欲熟悉这一化学、物理和科学技术广大应用领域，并在将来共同经营这一领域的大专学生所作的鼓动和激励。

集体创作的编著者中总有脱稿延迟的人，本书也不能例外。以致本书脱稿有所推迟，而在所刊文献中也就难免遗漏新近发表的文献。

谨向本书各章作者在撰写稿件中所表现的体谅协作表示万分感谢。

并向本书出版中所有给予支持的人们致以衷心的感谢。凡是业余从事专业写作的人，都不能摆脱经常存在的时间紧迫问题。因此我要向我家属为对我的工作所给予的谅解致谢。最后向化学出版社为出版本书所给予的鼓励、考究的装帧和出色的协作致以深厚的谢意。

B. v. 法凯

1980.12

本册编著者及其所编著部分

- F.霍夫曼 (Fredgar Hoffmann) : 7;
H.齐麦尔曼 (Heiner Zimmermann) : 8;
G.海德曼 (Gerhard Heidemann) } 9.1~2;
G.施泰因 (Gerd Stein) } : 9.4~9;
R.库恩 (Rainer Kuhn) : 9.3;
G.奈拉特 (Günter Nawrath) : 10.3;
B.v.法凯 (Béla von Falkai) : 10.1~2; 10.4;
F.舒尔策-格布哈特 (Fritz Schultze-Gebhardt) : 11.

目 录

7.合成纤维的染色性和染色	(1)
7.1导 言	(1)
7.1.1经济意义	(1)
7.2着色剂	(2)
7.2.1化学构成	(2)
7.2.2应用范围	(2)
7.2.3染色牢度	(5)
7.3染色、印花技术	(5)
7.3.1纺前染色和纺成丝染色	(5)
7.3.2吸尽法 (间歇法)	(6)
7.3.3连续染色法	(11)
7.3.4半连续染色法	(13)
7.3.5间隔染色法	(13)
7.3.6印花方法	(14)
7.4各种纤维的染色机理	(16)
7.4.1聚酯纤维	(17)
7.4.2聚酰胺纤维	(27)
7.4.3聚氨基甲酸酯弹性体纤维	(38)
7.4.4聚丙烯腈纤维	(38)
7.4.5聚乙烯系纤维	(43)
7.4.6聚烯烃纤维	(43)
7.4.7玻璃纤维	(44)
8.合成纤维的加工和用途	(45)
8.1导 言	(45)
8.1.1合成纤维的一般选择标准	(48)
8.1.2合成纤维的发展趋势	(61)

8.2 纱线生产.....	(63)
8.2.1 短纤纱.....	(66)
8.2.2 长丝.....	(95)
8.2.3 纱线进一步加工的准备工程.....	(96)
8.3 纱线加工和用途.....	(104)
8.3.1 概论.....	(104)
8.3.2 缝纫线.....	(110)
8.3.3 绳网制品.....	(113)
8.3.4 织物生产工艺.....	(116)
8.3.5 服装纺织物.....	(154)
8.3.6 家用纺织物.....	(162)
8.3.7 工业用纺织物.....	(169)
8.3.8 非传统纺织物的用途.....	(178)
8.3.9 特种纤维的应用可能性.....	(178)
9. 分析检验.....	(181)
9.1 导言.....	(181)
9.2 一级结构.....	(183)
9.2.1 快速测试法 (检验).....	(183)
9.2.2 定性、定量分析.....	(187)
9.3 分子量和分子量分布.....	(207)
9.3.1 高分子的构象.....	(207)
9.3.2 高分子在稀溶液中的分析.....	(210)
9.4 复合结构.....	(230)
9.4.1 空腔和孔穴.....	(230)
9.4.2 原纤维和多组分纤维.....	(232)
9.4.3 混纺物分析.....	(232)
9.5 宏观结构.....	(235)
9.5.1 纤维尺寸.....	(235)
9.5.2 纤维卷曲情况的测定.....	(237)

9.6机械和纺织性能测试.....	(239)
9.6.1拉力-长度变化特性.....	(240)
9.6.2热和胀机械行为.....	(243)
9.6.3交变应力试验.....	(245)
9.6.4加工性能测试.....	(246)
9.7纤维伴随物分析.....	(247)
9.7.1稳定剂、催化剂.....	(247)
9.7.2残留溶剂.....	(247)
9.7.3消光情况、颜料.....	(248)
9.7.4光学增艳剂.....	(248)
9.7.5低聚物.....	(249)
9.7.6纺丝助剂、油剂.....	(254)
9.8着色试验.....	(258)
10.合成纤维工业面临的问题.....	(263)
10.1化纤消费市场及其开拓.....	(263)
10.1.1化纤的生产和消费.....	(263)
10.1.2欧洲纺织品的贸易平衡.....	(268)
10.1.3西欧纤维供应和价格消长情况.....	(270)
10.1.4摆脱危机的出路及今后展望.....	(273)
10.2合纤工业的原料供应问题.....	(274)
10.2.1全世界的能源情况.....	(274)
10.2.2原料现状.....	(281)
10.3合成纤维废料的回收和分解.....	(293)
10.3.1概述.....	(293)
10.3.2聚酰胺废料的再利用.....	(294)
10.3.3聚酯废料的解聚.....	(299)
10.4合纤生产的环保问题.....	(301)
11.各种纤维性能对比表.....	(305)
参考文献.....	(331)

7. 合成纤维的染色性和染色

7.1 导 言

本章阐述实际应用的染色、印花技术及其基础理论。作为着色剂，包括染料和颜料。所谓染色性，包括染色机理的模型概念，着色剂吸收的规律性和所染纤维的色泽性质；所谓染色，包括染色印花技术。

7.1.1 经济意义

聚酯、聚酰胺和聚丙烯腈纤维占合成纤维的95%以上（表7-1）。其中估计有80%都进行染色或印花。1976年为纺织工业生产了约47.5万吨染料和颜料（包括荧光增白剂）。大约有12万吨、价值约25亿西德马克的着色剂用于合成纤维。染色印花行业用的助剂，约达同样多的数值。联邦德国的纺织染整工业，1977年加工了90万吨纤维，产值约30亿西德马克。其中约30%为合成纤维，还有20%为含有合成纤维的混纺织物〔2〕。

表7-1 全世界纤维产量和染料需要量
(1978年)

合成纤维	产 量 (10 ⁴ t)〔1〕	其中染色品 (估计值)	染料需要量 (10 ⁴ t) (估计值)
聚酯	4.6	77%	75
聚酰胺	3.1	78%	33
聚丙烯腈	2.0	95%	29
其他	0.4	—	—

7.2 着 色 剂

所谓着色剂，包括一切产生颜色的物质。通常也把荧光增白剂算在着色剂之内。可溶于水或其他溶剂（最起码的条件）的着色剂，称之为染料。颜料是不溶性的着色剂。

7.2.1 化学构成

着色剂根据结构单元的分类，如表7-2所示(参见〔3〕、〔4〕)。偶氮类染料是最重要的一类，约占染料总量的50%，其次就是蒽醌类染料，主要用于绿色和蓝色色调。

表7-2 着色剂按照化学结构单元的分类

硝基-	夹氮蒽-	溶旋素-
亚硝基-	氮杂苯-	硫化-
偶氮-	氧氮杂苈-	菁-
间氮硫茂-	硫氮杂苯-	酞菁-
二苯甲烷-	苯并-	其他
	萘醌-	
三苯甲烷-	蒽醌-	
氧杂蒽-	醌类-	

7.2.2 应用范围

着色剂按其应用技术性质分类，更具实际意义（见表7-3，参见〔4〕、〔5〕）。此分类并非一成不变。这是按对染色、印花工艺具主导意义的各式各样标准(有时有部分交叉)进行的分类：即根据可溶性、电荷、结构特征、与纤维相互作用的方式，和/或染色时所进行的反应进行分类。

分散染料是用于未变性聚酯纤维和其他无离子基纤维的一种最重要染料。分散染料是配制成水分散液使用的水溶性差的非离子型染料。

表7-3 着色剂根据应用技术性质和纤维品种的分类

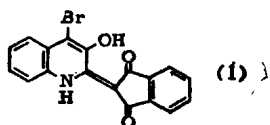
(+ = 主要染料种类、○ = 不很重要的染料种类)

着色剂种类	PES	PA	PAC	PUE	PP	PVC
分散染料	+	+	○	+	+	+
阳离子染料	○	○	+			○
酸性染料		+	○	+	○	
直接染料		○				
金属络合染料		+	○	○	○	
铬媒染料		○		○	○	
活性染料		○				
氧化染料	○					
显色染料	○	○			○	○
还原染料	○	○	○	○	○	
隐色酯化还原染料	○	○	○		○	○
颜料	○	○	○	○	○	○

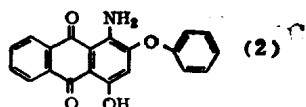
带有离子基的纤维主要用水溶性离子型染料染色；含有酸性基的丙烯腈纤维使用阳离子染料染色；聚酰胺纤维具有碱性端基，因而使用阴离子染料染色（见表7-4）。

表7-4 典型的分散染料、阳离子染料和酸性染料

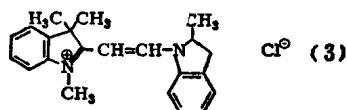
C.I. (染料索引) 分散黄64



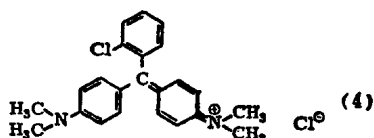
C.I. 分散红60



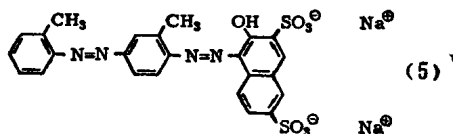
C.I. 碱性黄21



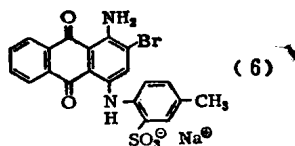
C.I. 碱性蓝1



C.I. 酸性红115



C.I. 酸性蓝78



阴离子聚酰胺染料分属不同的种类，其中最重要的是酸性染料。它们是不含金属的染料，大都是单黄酸或双黄酸的盐，也可用于羊毛的染色。直接染料对聚酰胺纤维不很重要，它们是不含金属的、分子较大的阴离子染料，主要用于纤维素纤维的染色。金属络合染料是Cr、Cu、Co或Ni等金属与染料（以1:1或1:2）的络合体。它们大多数是阴离子聚酰胺（和羊毛）的染料，部分具有弱水溶性。酸性染料、金属络合染料和分散染料是染色工业中

最重要的聚酰胺染料，其比率大致为7:2:1。

对合成纤维不很重要的有下列染料种类。铬媒染料是阴离子聚酰胺纤维（也是羊毛）的染料，靠铬盐络合在纤维中。活性染料含有和纤维形成共价键的基团。聚酰胺活性染料，大都是阴离子型。氧化和显色染料，由水溶性无色或着色成分通过氧化或重氮化在纤维中生成。还原染料是一种颜料，这种颜料在水介质中预先还原（养缸）成可溶性的碱金属盐，即所谓隐色还原染料，而在染色后又在纤维中氧化成颜料。隐色酯化还原染料，是隐色还原染料的硫酸酯，具有水溶性，而在纤维中受皂化，再被氧化成还原染料。

不溶性的颜料，主要用于纺织品印花，而靠粘合剂固定在纤维中。颜料的优点是能使纤维混纺织物的染色接近色调均一。

7.2.3 染色牢度

所谓染色牢度，是指能耐各种作用的能力，例如耐光（光牢度）；耐水、汗（湿牢度）；耐磨损（摩擦牢度）；耐热处理（升华牢度）等等〔6〕。因而着色剂也可根据其染色牢度进行分级，例如酸性染料根据其湿牢度分级，分散染料根据升华牢度分级。很多按其应用范围进行区分的染料种类以其特殊的牢度而著称，例如活性染料就以其湿牢度高而著称。

7.3 染色、印花技术

狭义地说，染色技术就是使纺织品或其半成品全部均一地着色的方法。印花技术是按照图案仅仅局部地着色或局部有区别地着色的方法。间隔染色技术是不按图案局部着色的方法，因而介于染色、印花技术两者之间〔4〕，〔5〕，〔7〕，〔19〕，〔20〕。

7.3.1 纺前染色和纺成丝染色

纺前染色法是将颜料或（在熔体或纺丝液中可溶的）染料，加到纺丝原料中，也可在喷丝头之前计量加入。在用熔纺法时，

必须选用能耐高温的着色剂。颜料必须微细分散 ($0.1\sim 1\text{nm}$)。使用颜料进行纺前染色, 可得很高的染色牢度 (见4.2.6)。纺前染色对染料亲和力小而难以用吸尽法使之着色的纤维特别重要 (例如未经变性的聚烯烃纤维)。可是, 最主要的纺织用纤维, 采用纺前染色法的并不多 [8]。

聚丙烯腈湿纺丝条越来越多地以纺成丝进行染色。使还在凝胶态的丝条, 紧接拉伸后或在拉伸过程中经受洗涤, 再在阳离子染料的水染浴中引过。在约 50°C 的温度下, 几秒钟之内染料就被吸收, 接着通过干燥纤维而固色 [湿丝束法、尼奥克纶 (Neochrom) 法 [9]]。

7.3.2 吸尽法 (间歇法)

这是合成纤维染色最常用的方法。纺织品用其中至少部分地溶解有染料的染浴 (大都是水溶液) 进行染色。浴量因染色设备而异, 约在纤维体积的1到40倍之间。染色平衡显然在纤维方面;

表7-5 分散染料染聚酯、酸性染料染PA和阳离子染料染PAC的染色方法及典型工艺条件

染色方法	纤维	最终温度 ($^{\circ}\text{C}$)	染色时间
间歇法 吸尽法	PA, PAC	95~110	60~90min
	无载体PES	95~110	60~90min
	PES (载体)	95~110	60~90min
	PES (高温)	125~140	60~90min
半连续法 浸轧停留法	PA	25~45	12~48h
连续法 轧蒸法	PA	100~105	3~30min
	PAC	100~115	5~60min
	PES (饱和蒸汽)	130~140	10~15min
	(过热蒸汽)	160~180	2~8min
浸轧-热溶法	PES	180~220	15~90s

即染浴随着染色的进行迅速枯竭，人们称之为“吸尽”。常用的染色温度和时间载干表7-5中。通常的聚酯纤维，在100℃左右的温度下，只在加有染色加速剂（载体）时，才能在所示时间内染色。这些加速剂就是降低纤维玻璃化温度 T_g 的助剂。

染色过程的掌握，大都要避免纺织品在开始着色时因初染率过高而造成的上染不匀现象^{[10]~[12]}，为此主要是控制好温度。使染色在比 T_g 略高的温度，即染料只能缓慢扩散进入的温度下开始，而后控制加热到最终温度，见表7-5（控制扩散染色）。使用亲和力低的酸性染料进行聚酰胺地毯的染色时，其对纤维的亲和力显然因pH而异，此时控制pH值的方法就显得重要^[13]。染色在温度100℃左右、pH在7~10的范围内开始，而控制pH值下降2~4单位。这样，纤维的吸收能力便能继续上升（控制亲和力染色）。

染色设备的种类因待染坯料的卷装形式、所要求的染品质量以及纤维种类而异。散纤维染色，使用散纤维染色设备（图7-1），用泵使染浴流过压紧的纤维。丝条绕成绞状，也可绕成卷装（图7-2）或经轴在染色机内也用染液循环的方法进行染色（丝绞染色丝条不受损伤，但费工，因而只有易受损伤的丝才用此法）；前纺制品（条子，精梳条子）也用同样方法染色。经轴染色机（图7-3）主要供机织物和平针织物使用。厚地（染浴不易流过的）织物或使用经轴染色机易受损伤的织物（例如聚酰胺纤维厚大衣料或衬里料），用卷染机（图7-4）染色。在卷染机中，染件由辊筒送出，经过染浴槽卷到牵引辊上，再反向行进；这样反复多次。筒状针织物用绞盘绳状染槽（图7-5）染色，也越来越多地用喷射染色机染色。用绞盘绳状染槽时，把连接成无端的坯料引经染槽中的染浴，此浴或是静止或是用泵循环。在喷射染色机（图7-6）中，坯料被流动的染液所带动，喷嘴在此起驱动作用。由于坯料行进速度高达400m/min，而能比在绞盘染槽上快速而均匀地着色；但坯料所受应力也较剧烈。喷射式绳状染槽和溢流设备则介