

Ranzheng Gongyi
Yuanli

染整工艺 原理

(第一分册)

主 编 孙 铠
分册主编 蔡再生

 中国纺织出版社

主编 孙铠

要 容 内

本书共分五章。第一章介绍染料、染料的分类、染料的应用。第二章介绍染料的物理性质、染料的化学性质、染料的生物性质。第三章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。第四章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。第五章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。

染整工艺原理

(第一分册)

分册主编 蔡再生

本书共分五章。第一章介绍染料、染料的分类、染料的应用。第二章介绍染料的物理性质、染料的化学性质、染料的生物性质。第三章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。第四章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。第五章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。

本书共分五章。第一章介绍染料、染料的分类、染料的应用。第二章介绍染料的物理性质、染料的化学性质、染料的生物性质。第三章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。第四章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。第五章介绍染料的物理化学性质、染料的物理化学性质、染料的物理化学性质。

中国纺织出版社

内 容 提 要

《染整工艺原理》(第一分册)主要介绍了高分子化学基础、高分子物理基础、纺织纤维等知识,系统论述了纤维素纤维、聚酯纤维、聚酰胺纤维、聚丙烯腈纤维、蛋白质纤维的组成、结构与性能,还扼要介绍了其他合成纤维。

本书可作为印染企业技术人员和相关专业研究人员的参考用书,也可作为纺织化学与染整工程专业、轻化工程专业(染整方向)的教材或参考书。

(册分一第)

图书在版编目(CIP)数据

染整工艺原理. 第1分册/孙铠主编;蔡再生分册主编. 北京:中国纺织出版社,2008.10

ISBN 978-7-5064-5260-1

I. 染… II. ①孙…②蔡… III. 染整-理论 IV. TS19

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第116502号

策划编辑:冯 静	责任编辑:阮慧宁	特约编辑:赵东瑾
责任校对:楼旭红	责任设计:何 建	责任印制:何 艳

中国纺织出版社出版发行

地址:北京东直门南大街6号 邮政编码:100027

邮购电话:010-64168110 传真:010-64168231

http://www.c-textilep.com

E-mail:faxing@c-textilep.com

中国纺织出版社印刷厂印刷 三河市永成装订厂装订

各地新华书店经销

2008年10月第1版第1次印刷

开本:880×1230 1/32 印张:10.75

字数:270千字 定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

序 言

我国正在从世界纺织大国迈向纺织强国,国力的竞争,归根到底是人才的竞争,培养优秀创新人才刻不容缓。为此,教育必须先行,高质量教学用书便显现重要作用。

本人从事纺织品染整工程教育和科研数十年,值此工业转型之际,由于责任心驱使,萌生发挥余热编撰《染整工艺原理》,以期百花齐放,促进科技发展,希望对后来者有所启迪。特邀请多位学术造诣深的学者、专家、教授合作,群策群力,以便编撰工作顺利进行,也希望能将他们的专长和经验传承下去。

本套书的编写原则是:沿用 20 世纪 80 年代王菊生、孙铠主编的《染整工艺原理》的体系和风格,将纤维化学、染料化学的有关基本知识、基本理论和染整工艺融合在一起,着重于染整工艺原理的论述,并推陈出新,与时代同步,同时注意深入浅出,便于自学。

本套书分四个分册,各册内容为:

第一分册——纺织纤维的结构和性能(含高分子基础知识);

第二分册——纺织品前处理和后整理(含生物酶和功能整理基础知识);

第三分册——染料中间体合成路线、染料结构与特性及其对各类纺织品的染色(含染色物理化学基础知识);

第四分册——纺织品印花及颜色技术原理。

参加第一分册编写的有蔡再生、周文龙、孙铠,蔡再生为分册主编;参加第二分册编写的有沈淦清、汪澜、王柏华、刘学、袁琴华、朱泉、孙铠,沈淦清为分册主编;参加第三分册编写的有蔡再生、沈勇、戴瑾瑾、黄德音、陈荣圻、薛迪庚、孟庆华、陈水林、邢建伟、钱灏、何瑾馨、毛允萍、刘金强、武达基,蔡再生、沈勇为分册主编;参加第四分册编写的有黄茂福、忻浩忠,黄茂福为分册主编。

本书可作为印染企业技术人员和相关专业研究人员的参考用书，也可作为纺织化学与染整工程、轻化工程(染整方向)等专业的教材或参考书。

由于编者水平有限，书中难免会有缺点和错误，热忱欢迎读者批评指正。

本书主编 孙锐

本书副主编 孙锐

本书副主编 孙锐

本书副主编 孙锐

本书副主编 孙锐

本书副主编 孙锐

本书副主编 孙锐

本书副主编 孙锐

本书副主编 孙锐

前 言

本书是基于《染整工艺原理》(第一版,20世纪80年代出版)(第一册)而编写的,在编写过程中,沿用原书的结构和风格,尽可能结合染整学科的特点,反映新纤维的发展。

全书共分八章,其中,第一、第二章介绍高分子科学基础知识;第三章论述纺织纤维的共性知识,称纤维总论;第四章介绍纤维素纤维,除棉、麻外,还包括彩色棉、黏胶纤维和 Lyocell 纤维等;第五至第七章着重介绍主要的合成纤维,如聚酯纤维(包括 CDP、ECDP、PTT 等)、聚酰胺纤维、聚丙烯腈纤维和其他合成纤维;第八章为蛋白质纤维,先介绍蛋白质基础知识,再分别介绍羊毛、蚕丝、其他动物纤维及大豆纤维、牛奶纤维等。

各章节编写分工如下:第一、第二章由孙铠编写,第三、第四章由孙铠、周文龙编写,第五至第八章由蔡再生编写。最后由蔡再生负责全书的统稿和审校工作。

本书在编写过程中得到了东华大学化学与化工学院许多老师的支持和帮助,博士研究生王维明为资料的搜集、文字的输入做了大量的工作,在此一并表示感谢!

由于编者学识水平所限,错误和不当之处在所难免,恳请读者批评指正!

蔡再生

2008年3月

《染整工艺原理》(第一分册)

编写人员介绍

蔡再生 东华大学教授、博导,复旦大学、美国北卡州立大学博士后,加州大学访问学者。上海市优秀青年教师,教育部科技发明奖获得者。承担国家、省部级项目十多项,获国家发明专利数项。在国内、外发表论文百余篇,主编国家、省部级规划教材多部,《纺织词典》染整分支副主编,参与09版《辞海》编纂工作,《东华大学》学报编委。

周文龙 浙江理工大学教授、博导,美国佐治亚大学访问学者。在国内、外发表论文数十篇,编著《酶在纺织中的应用》。科研成果多项,省、部级科技进步奖获得者。

孙 铠 教授、博导,原纺织工业部染整技术开发中心副主任。部级、国家级科技进步奖获得者,享受国务院特殊津贴,《染整工艺原理》(第一版)主编之一。

主 编 蔡再生
副主编 孙 铠

出版 2002

目 录

第一章 高分子化学基础	1
第一节 高分子化合物（高分子物）的基本概念 / 1	
一、高分子物的含义 / 1	
二、高分子物的分子量与聚合度 / 2	
三、大分子的几何结构和性能 / 2	
四、高分子物的命名和分类 / 3	
第二节 高分子物分子量或聚合度的分级与测定 / 6	
一、高分子物分子量或聚合度的分级 / 6	
二、高分子物平均分子量和聚合度的测定 / 7	
第三节 高分子物的基本合成反应及方法 / 18	
一、缩（合）聚（合）反应 / 19	
二、加聚反应 / 24	
三、加聚与缩聚反应的实施方法 / 35	
第二章 高分子物理基础	39
第一节 大分子的柔（顺）性与构象 / 39	
一、大分子的柔性与内旋转 / 39	
二、大分子柔性表示法 / 43	
三、影响大分子柔性的因素 / 45	
第二节 高分子物分子间作用力和内聚能密度 / 47	
一、分子间作用力的类型和大小 / 47	
二、内聚能密度 / 49	
第三节 晶体基本知识 / 50	
一、晶胞（格）结构和晶系 / 51	
二、晶面指数（米勒指数） / 54	

第四节 研究高分子物超分子结构的方法原理 / 54

一、X 射线衍射法 (XRD) / 54

二、双折射法 / 65

三、红外法 / 67

四、热分析法 / 70

五、电子显微镜法 / 71

第五节 高分子物超分子结构和模型 / 74

一、晶态结构模型和理论 / 75

二、非晶态结构模型——侧序度 / 79

三、取向度 / 81

四、高分子物分子结构与结晶的关系 / 82

第六节 高分子物力学性质及其与时间、温度的关系 / 84

一、基本指标 / 84

二、非晶态线型高分子物的三种力学状态 / 88

三、高分子物的玻璃化温度与熔点 / 89

四、高分子物的拉伸性能 / 96

五、高分子物的黏弹性 / 102

第七节 高分子物的溶解和溶胀 / 109

一、高分子物的溶解和溶胀现象与过程 / 109

二、高分子物溶解的一些经验规则 / 110

三、影响高分子物溶解的因素 / 111

第三章 纺织纤维总论..... 114

第一节 纺织纤维的应用领域 / 114

一、服用纺织纤维及其产品 / 114

二、装饰用纺织纤维及其产品 / 115

三、产业用纺织纤维及其产品 / 115

第二节 纺织纤维及其制品的分类 / 116

一、纺织纤维 / 116

二、纱线 / 118	
三、织物 / 119	
第三节 纺织纤维(纱线)的基本性能与衡量指标 / 119	
一、长度和细度 / 119	
二、纤维的力学性能 / 122	
三、纤维的微细结构 / 128	
四、纤维的吸湿及其对材料性能的影响 / 130	
第四节 纺织纤维的发展趋势 / 135	
一、高性能纤维的分类 / 135	
二、纺织纤维的高功能化 / 136	
三、纺织纤维的高感性化 / 137	
四、纺织纤维的智能化 / 137	
第四章 纤维素纤维 / 139	
第一节 棉和麻纤维的形态结构 / 139	
一、棉纤维的形态结构 / 139	
二、麻纤维的形态结构 / 143	
第二节 纤维素纤维的分子结构 / 146	
第三节 天然纤维素纤维的超分子结构 / 148	
一、原纤结构 / 148	
二、结晶结构 / 150	
三、微观结构模型 / 154	
第四节 再生纤维素纤维 / 156	
一、再生纤维素纤维的分类 / 156	
二、黏胶纤维 / 156	
三、Lyocell 纤维 / 163	
四、铜氨纤维 / 166	
五、醋酯纤维 / 167	
第五节 纤维素纤维的主要力学性能 / 168	

一、纤维的断裂延伸度(断裂伸长率)及应力—应变曲线 /	168
二、纤维素纤维的应力—应变曲线与纤维超分子结构间的关系 /	169
三、纤维素纤维的弹性、蠕变和松弛 /	172
第六节 纤维素的主要化学性质 /	176
一、纤维素的可及度与反应性 /	176
二、酸对纤维素的作用 /	178
三、纤维素的氧化 /	180
四、纤维素的酶水解 /	183
五、碱和液氨对纤维素的作用 /	184
六、纤维素的其他反应 /	189
第五章 聚酯纤维.....	190
第一节 概述 /	190
第二节 涤纶的基本组成物质及其生产 /	191
一、聚对苯二甲酸乙二酯的制备 /	191
二、涤纶的生产过程 /	192
第三节 涤纶的结构 /	193
一、分子结构 /	193
二、形态结构 /	193
三、超分子结构 /	194
第四节 涤纶的物理性能 /	195
一、热性能 /	195
二、玻璃化温度 /	196
三、力学性能 /	196
四、吸湿性 /	197
五、静电现象 /	198
六、起毛起球现象 /	198
第五节 涤纶的化学性能 /	199
一、耐酸性 /	199

二、耐碱性 / 200	
三、耐氧化剂和还原剂的作用 / 201	
四、耐溶剂性 / 201	
第六节 染色性能及低聚物的影响 / 201	
一、染色性能 / 201	
二、低聚物及其对染色性能的影响 / 202	
第七节 其他理化性能 / 203	
一、燃烧性 / 203	
二、耐蛀、菌性 / 203	
三、耐光性 / 204	
第八节 其他聚酯纤维 / 204	
一、阳离子染料可染聚酯纤维 / 204	
二、常温常压可染聚酯纤维 / 205	
三、PTT 纤维 / 205	
四、PBT 纤维 / 206	
五、PEN 纤维 / 206	
第六章 聚酰胺纤维 (锦纶)	208
第一节 概述 / 208	
第二节 锦纶的基本组成及其生产过程 / 211	
一、锦纶 66 的合成 / 211	
二、锦纶 6 的合成 / 212	
三、锦纶的生产过程 / 212	
第四节 锦纶的结构 / 215	
一、分子结构 / 215	
二、形态结构 / 215	
三、超分子结构 / 215	
第三节 锦纶的物理性能 / 217	
一、密度 / 218	

二、吸湿性 / 218

三、热转变点 / 218

四、耐热性 / 219

五、力学性能 / 220

六、电性能 / 221

七、耐光性 / 221

八、耐微生物作用 / 221

第五节 锦纶的化学性能 / 221

第六节 锦纶的染色性能 / 222

第七章 聚丙烯腈纤维(腈纶)和其他合成纤维 224

第一节 概述 / 224

第二节 腈纶的基本组成物质及其生产过程 / 225

一、腈纶的化学组成和结构 / 225

二、丙烯腈三元共聚物的合成 / 226

三、腈纶的生产过程 / 227

第三节 腈纶的结构 / 229

一、形态结构 / 229

二、超分子结构 / 230

第四节 腈纶的性能 / 231

一、吸湿性 / 231

二、力学性能 / 231

三、玻璃化温度 / 232

四、热弹性 / 232

五、热稳定性 / 233

六、燃烧性 / 233

七、化学性能 / 233

八、染色性 / 234

九、耐光、耐晒和耐候性 / 234

十、其他性能 / 235

第五节 其他合成纤维 / 235

一、聚氨酯弹性纤维 (氨纶) / 235

二、聚丙烯纤维 (丙纶) / 241

三、聚乙烯醇纤维 (维纶) / 247

四、聚氯乙烯纤维 (氯纶) / 252

五、聚乙烯纤维 (乙纶) / 255

第八章 蛋白质纤维 256

第一节 蛋白质基础知识 / 256

一、氨基酸及其性能 / 256

二、蛋白质分子的结构 / 263

三、维系蛋白质分子构象的作用力 / 264

四、蛋白质的主要性质 / 267

第二节 羊毛纤维 / 271

一、羊毛的形态结构 / 272

二、羊毛的表观性状 / 279

三、羊毛的近程结构 / 281

四、羊毛的远程结构 / 281

五、羊毛的超分子结构 / 282

六、羊毛纤维的性能 / 283

第三节 蚕丝纤维 / 294

一、蚕丝的形态结构 / 294

二、蚕丝的近程结构 / 296

三、蚕丝的远程结构 / 297

四、蚕丝的超分子结构 / 297

五、蚕丝的主要性能 / 299

六、绢丝 / 306

七、丝素蛋白的其他用途 / 307

八、蚕蛹纤维 / 307

九、蜘蛛丝 / 307

第四节 其他动物纤维 / 309

一、兔毛 / 309

二、马海毛 / 312

三、山羊绒 / 314

四、骆驼绒 / 315

五、牦牛绒 / 318

第五节 蛋白复合纤维 / 320

一、大豆蛋白复合纤维 / 320

二、牛奶蛋白复合纤维 / 321

参考文献 322

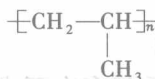
第一章 高分子化学基础

高分子化学是一门比较年轻的学科,但高分子化合物的存在和应用却极为广泛。染整工业中应用到很多高分子材料,例如纺织纤维、橡胶、塑料以及糊料等。它们品种虽然繁多,但也有一些共同的特征。本章除了对高分子物的基本概念做扼要的介绍外,还将对高分子物的分子量^①及合成反应做必要的讨论。

第一节 高分子化合物(高分子物)的基本概念

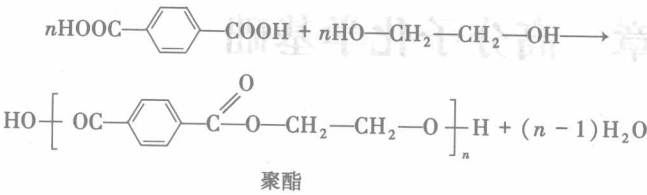
一、高分子物的含义

顾名思义,所谓高分子物是指分子量高的化合物,一般在 1000 以上,可高达几十万或几百万,并显示出与低分子化合物显著不同的力学性能。高分子化合物有天然的和人工合成的,前者是自然存在的,后者是通过化学合成制得。通过化学合成也可以得到某些类似天然的高分子物。从化学合成的角度来看,大部分高分子物是由具有两个或多个官能度的低分子化合物(单体)以共价键联结而成,其化学组成与单体相同,有的也略有差异,例如丙烯($\text{CH}_2=\text{CH}-\text{CH}_3$)是一种具有双官能度(π 键活化后有两个活化点)的低分子物,通过适当方法可使它转变为高分子量的聚丙烯(丙纶原料),其具有如下结构:



又如对苯二甲酸和乙二醇可反应形成聚酯(涤纶原料):

① 分子量即相对分子质量。



如果[]内用 A 表示,则对一般高分子物可用 $\text{—}[A]_n\text{—}$ 或 —A—A—A—A— 表示。通常将 A 称为基本结构单元或链节。

二、高分子物的分子量与聚合度

从聚丙烯和聚酯来看,高分子物都是以基本结构单元彼此通过共价键联结而成的大分子,通常把组成一个大分子的链节数(n)称为聚合度(DP),因此高分子物的分子量(M)与链节的分子量(m)和聚合度之间有下列关系:

$$\text{DP} = \frac{M}{m} \qquad (1-1)$$

高分子物的分子结构虽可描述如上,但又不应理解为每一个大分子都具有同等大小的聚合度或分子量。实际上,通常高分子物是由链节相同、聚合度不同的大分子混合组成,所以高分子物也可称为聚合同系物的混合物。从这点来说,高分子物与低分子物是完全不同的。

$\text{—}[A]_n\text{—}$ 只不过说明该化合物的大分子是以 A 为链节,而分子中链节数的平均值为 n ,也称为平均聚合度($\overline{\text{DP}}$),其中各个大分子的聚合度或分子量是不尽相同的。上述这种情况,称为高分子物分子量或聚合度的多分散性。由于测定高分子物平均聚合度或分子量的方法不同,可能有数种统计数据,数值也不相同。

三、大分子的几何结构和性能

大分子虽然都是由链节重复多次而成的,但是由于单体的官能度不同,因此所形成的大分子的结构也就不同。若单体为双官能度的,一般可形成线型(直链型)的大分子:

