



普通高等教育“十二五”规划教材

# 染整新技术

主 编 李美真

副主编 姚金波 崔淑玲



科学出版社

普通高等教育“十二五”规划教材

# 染整新技术

主 编 李美真  
副主编 姚金波 崔淑玲



YZLI0890167978

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书在参阅国内外纺织类重要期刊、专著及教材的基础上,归纳整理了本学科最新的学术研究成果,比较全面系统地介绍了近年来染整领域的高新技术,如生物技术、高能物理技术、微胶囊技术、无水染色及少水染色技术、纳米技术、功能染整、稀土染整等,阐述了这些新技术的基本理论、应用方法、研究现状和发展前景。

本书可作为纺织科学与工程学科的研究生和本科生教材,对于本领域的科研工作者、工程技术人员也有很好的参考价值。

### 图书在版编目(CIP)数据

染整新技术 / 李美真主编. —北京:科学出版社,2013

(普通高等教育“十二五”规划教材)

ISBN 978-7-03-036517-0

I. ①染… II. ①李… III. ①染整-高等学校-教材 IV. ①TS19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 012681 号

责任编辑:贾 超 / 责任校对:宋玲玲  
责任印制:钱玉芬 / 封面设计:迷底书装

科学出版社出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

骏志印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2013年2月第一版 开本:B5(720×1000)

2013年2月第一次印刷 印张:22 1/2

字数:436 000

定价:68.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

## 前 言

染整工程包括染色与整理，着重对纺织品进行染色、深加工和精加工，它直接关系到服用面料和各种装备用面料的性能，是纺织品加工不可或缺的重要加工过程。

近年来，随着国内外市场竞争日趋激烈和科学技术迅猛发展，人们对纺织品提出的要求越来越高，已转向服用高档化、功能特色化。因此，对纺织品质量有重要影响的染整加工技术水平也在快速发展。同时，随着人们环保意识的提高和对健康的重视，对改革传统的、能耗较高和污染较严重的染整加工也提出了迫切的要求，并形成了“清洁”加工和生产“绿色”纺织产品的概念。

为适应这种需要，近年来染整工程领域新的研究课题、新型染整技术和高新科技成果层出不穷。对此，我们深入分析并整理编辑了这些课题与研究成果，构成了本书的核心内容。本书共十章。第一章、第二章、第五章由内蒙古工业大学的李美真编写；第三章、第四章由内蒙古工业大学的麻文效编写；第七章、第八章及第九章第一节由内蒙古工业大学的陈香云编写；第六章、第十章由内蒙古工业大学的解芳编写；第九章的第二节至第八节由天津工业大学的牛家嵘编写。全书由李美真统稿并担任主编，由姚金波、崔淑玲担任副主编，他们对全稿进行了认真细致的审校和整理。在此向所有支持本书编写工作的同行表示衷心的感谢！

高新技术内容宽广，涉及的领域较多。高新技术在染整中的应用还处在研究开发阶段或不够成熟，所以收集资料也不尽全面，有待继续完善。敬请同行专家和读者批评指正。

编 者

2013年1月

# 目 录

## 前言

第一章 生态纺织品和纺织品生态技术	1
第一节 生态纺织品的基本概念与标准	1
一、生态纺织品标准	1
二、与纺织品相关的生态问题	3
三、纺织品上的有害物质	6
第二节 生态纺织品加工技术	8
一、生物技术对染整工程的影响	8
二、高能物理技术在染整工程中的应用	9
三、环境友好的染色新技术	9
四、纺织废水及废弃纺织品的生化处理技术	9
第三节 生态环保纤维及其纺织品	10
一、生态环保纤维类型	10
二、典型的新型生态环保纤维	10
习题	17
参考文献	17
第二章 生物技术在染整加工中的应用	19
第一节 生物酶的性质与作用机理	19
一、生物酶的性质	19
二、酶的分类和命名	23
三、酶的一般生产方法	24
四、酶的大分子构象	24
五、酶活性部位的本质	25
六、酶的一般蛋白质性质	30
七、影响酶反应的因素	31
八、酶活力的单位与测定	35
九、酶工程	35
十、纺织酶催化反应的特点	42
十一、纺织用酶制剂的性能要求	45
第二节 纤维素酶的性质与应用	47

一、纤维素酶的性质和作用方式	47
二、纤维素酶的组成及催化协同作用	48
三、影响纤维素酶催化效率的因素	50
四、纤维素酶对纤维素纤维作用的特异性	53
五、纤维素酶处理对织物性能的影响	54
六、纤维素酶的返旧整理	56
七、纤维素织物的生物抛光整理	60
八、纤维素酶处理改善苕麻织物的服用性能	63
九、纤维素酶在羊毛纤维炭化中的应用	64
<b>第三节 蛋白酶的的性质与应用</b>	65
一、蛋白酶的基本性质	65
二、蛋白酶对羊毛纤维的作用	66
三、蛋白酶的生丝脱胶与砂洗	70
四、蛋白酶在皮革生产中的应用	71
<b>第四节 其他生物酶的性质与应用</b>	72
一、淀粉酶	72
二、果胶酶	73
三、过氧化氢酶	75
四、漆酶	75
五、脂肪酶和酯酶	78
六、葡萄糖氧化酶	80
七、半纤维素酶与木质素酶	81
八、溶菌酶	81
九、PVA 分解酶和聚酯分解菌	81
十、胍水合酶	83
十一、生物酶在纺织品前处理加工中存在的问题	84
<b>习题</b>	85
<b>参考文献</b>	86
<b>第三章 高能物理技术在染整加工中的应用</b>	87
<b>第一节 低温等离子体技术与染整加工</b>	87
一、等离子体的概念及分类	87
二、等离子体的特征属性	89
三、等离子体的产生方式	92
四、低温等离子体表面加工的反应与类别	98
五、低温等离子体技术在天然纤维改性中的应用	102

六、低温等离子体技术在化学纤维改性中的应用 .....	114
第二节 其他常用辐射能技术与染整加工 .....	118
一、紫外线辐射与染整加工 .....	119
二、激光辐射与染整加工 .....	126
三、微波辐射在纺织加工中的应用 .....	129
四、其他辐射能与染整加工 .....	130
第三节 超声波技术与染整加工 .....	131
一、超声波作用于高分子物质的机理及效应 .....	132
二、超声波在染整助剂配制中的应用 .....	132
三、超声波在纺织品前处理加工中的应用 .....	133
四、超声波在纺织品染色加工中的应用 .....	135
五、超声波在纺织品后整理加工中的应用 .....	136
习题 .....	137
参考文献 .....	137
第四章 微胶囊技术在染整中的应用 .....	140
第一节 微胶囊的功能、特点和制法 .....	140
一、微胶囊的性质 .....	140
二、微胶囊的结构与制造方法 .....	141
三、微胶囊芯材的释放途径 .....	149
第二节 微胶囊在染整加工中的应用 .....	150
一、微胶囊染料和涂料的染色与印花 .....	150
二、微胶囊功能整理剂 .....	154
三、微胶囊的其他染整应用 .....	156
习题 .....	157
参考文献 .....	157
第五章 无水染色及少水染色技术 .....	159
第一节 超临界流体技术在染整加工中的应用 .....	159
一、超临界二氧化碳流体的性质与制备 .....	159
二、超临界二氧化碳流体在染整中的应用 .....	162
第二节 低浴比染色技术 .....	169
一、溢流染色清洁生产技术 .....	169
二、小浴比气流染色机 .....	169
三、冷轧堆染色技术 .....	171
第三节 涂料染色与印花 .....	173
一、涂料染色 .....	173

二、涂料印花 .....	179
第四节 纺织品喷墨印花技术 .....	180
一、喷墨印花原理 .....	180
二、喷墨印花墨水 .....	186
三、喷墨印花工艺过程 .....	187
第五节 转移印花 .....	188
一、升华转移印花 .....	188
二、泳移转移印花 .....	189
三、熔融转移印花 .....	190
四、油墨层剥离转移印花 .....	190
第六节 泡沫染整技术和气雾染色技术 .....	190
一、泡沫染整技术 .....	190
二、气雾染色技术 .....	199
习题 .....	200
参考文献 .....	200
<b>第六章 功能染料及其应用 .....</b>	<b>201</b>
第一节 光变色染料 .....	201
一、光变色染料的特点 .....	201
二、光变色染料的变色途径 .....	202
三、光变色染料在染整中的应用 .....	204
第二节 荧光染料 .....	205
一、荧光产生的机理 .....	205
二、荧光染料的结构特点 .....	206
三、荧光染料的应用 .....	207
第三节 热变色染料 .....	208
一、热变色染料的特性 .....	208
二、可逆热变色染料的种类及其变色机理 .....	208
三、热变色染料的应用 .....	212
第四节 红外线吸收染料和红外线伪装染料 .....	213
一、红外线吸收染料和红外线伪装染料的特性 .....	213
二、红外线吸收染料和红外线伪装染料在染整中的应用 .....	213
第五节 其他功能染料 .....	215
一、湿敏染料 .....	215
二、电致变色染料 .....	215
三、有色聚合物 .....	215



四、金属离子染料和溶剂变色染料	216
五、远红外保温涂料	216
习题	216
参考文献	217
<b>第七章 纳米技术在染整中的应用</b>	219
<b>第一节 纳米材料的基本特性</b>	219
一、纳米材料的定义	219
二、纳米材料的物理效应	219
三、纳米材料的特性	220
四、纳米材料的结构	221
五、纳米材料的维度	222
<b>第二节 纳米材料的制备</b>	222
一、纳米粉体材料制备的基本方法	222
二、纳米复合染整助剂的制备与应用	223
<b>第三节 纳米纤维的制造与应用</b>	227
一、纳米纤维的制造方法	227
二、几种典型的纳米纤维	230
三、纳米纤维的应用	233
<b>第四节 纳米材料在染整中的应用</b>	234
一、纳米粉体应用于抗紫外线织物	234
二、纳米材料用作抗菌剂	236
三、纳米材料用作抗静电剂	237
四、纳米远红外技术	237
五、纳米材料在印染中的应用	238
六、纳米染整助剂的使用方法	238
习题	239
参考文献	239
<b>第八章 稀土在染整中的应用</b>	241
<b>第一节 稀土的来源及应用</b>	241
一、稀土的来源	241
二、稀土的分类	241
三、稀土元素的主要物理化学性质	242
四、稀土元素的应用领域	242
<b>第二节 稀土在纺织前处理中的应用</b>	244
<b>第三节 稀土在染色中的应用</b>	246

一、稀土在染色中的作用机理 .....	246
二、稀土在染色方面的应用 .....	248
第四节 稀土在纺织品后整理中的应用 .....	252
一、稀土在抗菌整理中的应用 .....	253
二、稀土在阻燃整理中的应用 .....	253
三、稀土在发光纺织品中的应用 .....	253
四、稀土在抗皱整理加工中的应用 .....	254
习题 .....	254
参考文献 .....	255
<b>第九章 纺织品功能整理新技术 .....</b>	<b>256</b>
第一节 功能纤维及功能纺织品 .....	256
第二节 拒水拒油整理 .....	264
一、常规拒水拒油整理 .....	264
二、溶胶-凝胶法拒水拒油整理 .....	267
三、超疏水整理 .....	270
第三节 防污整理 .....	272
一、防污原理 .....	274
二、防污及易去污整理 .....	275
第四节 防紫外线整理 .....	279
一、紫外线辐射对人体的影响 .....	279
二、织物防紫外线性能评价指标 .....	280
三、织物防紫外线性能的影响因素 .....	281
四、织物防紫外线整理方法 .....	282
第五节 防皱整理 .....	285
一、树脂防皱整理 .....	285
二、多元羧酸防皱整理 .....	287
三、其他防皱整理 .....	290
第六节 防电磁波辐射整理 .....	291
一、电磁辐射及防护的技术要求 .....	292
二、防电磁辐射基本原理 .....	293
三、防电磁辐射织物的制备 .....	294
第七节 负离子纺织品 .....	297
一、负离子的概念 .....	297
二、负离子的卫生保健作用 .....	297
三、电气石负离子纺织品的开发 .....	298

第八节 涂层整理	301
一、织物	302
二、织物涂层的基本原理	303
三、涂层方法	303
参考文献	311
第十章 纺织废弃物处理技术	314
第一节 印染废水	314
一、印染废水的来源与特点	314
二、印染废水的测试指标	315
三、纺织染整废水排放标准	317
第二节 印染废水生化处理技术	319
一、微生物的概念及其生长曲线	319
二、好氧生化处理技术	321
三、厌氧生化处理技术	329
四、厌氧与好氧联合处理技术	337
第三节 废弃纺织品的回收利用	339
一、纺织品回收与利用现状	340
二、废弃纺织品对环境的污染	340
三、废弃纺织品回收利用的方法	341
四、废弃纺织品的利用技术	343
习题	345
参考文献	345

# 第一章 生态纺织品和纺织品生态技术

## 第一节 生态纺织品的基本概念与标准

纺织品的安全、无毒和环保性能越来越被高度关注，这就是纺织品的“环保”或“绿色”问题。绿色纺织品，即生态纺织品，是起源于20世纪60年代“绿色运动”的重要内容之一，其初衷是为了保护生态环境和人体健康。但是，随着国际贸易竞争的日益激烈，越来越多的国家尤其是发达国家凭借自身的技术优势，频繁使用“绿色”的概念阻止纺织品的进口，最终实现保护本国纺织工业的目的。因此，贸易与环境这两个原本在世界贸易史上不相干的问题被一条“绿色”的纽带连在了一起，由“绿色”概念引发的妨碍国际贸易的“绿色壁垒”已成为不能回避的现实问题，是国际贸易中非关税贸易壁垒的一种重要形式。

目前，与“绿色壁垒”相关的问题主要有食品中的农药残留量、陶瓷产品的含铅量、皮革的五氯苯酚(PCP)残留量、烟草中有机氯含量、机电产品及玩具的安全性指标、汽油的含铅量指标、汽车尾气排放标准、包装物的可回收性指标、纺织品有害物的相关指标、保护臭氧层的受控物质等。其内容广泛，且具有动态性。

在纺织领域，目前最严格的是欧洲联盟(简称欧盟)出台的《欧盟生态标签》，其中对纺织品作了明确的技术标准规范，它要求构成纺织品生命周期的每一环节(从原料生产、纺织染整及服装加工、产品的应用)都需要通过有关检测和认证。对不符合规定者，欧盟各成员国均可采取禁止、限制进口等种种限制和惩罚性措施。尽管该标签标准是自愿性的，但是欧盟各成员国都可能会借用这个标准来构筑纺织品的“绿色壁垒”。生态纺织品是未来纺织业的主流方向，因此对纺织品加工领域提出了两个要求，即纺织品自身的环保性和加工技术的生态性。

### 一、生态纺织品标准

目前，针对纺织品的生态问题，人们按照纺织品的生命周期，将纺织品生态研究分为三个方面：

1) 纺织品生产生态学。关注生产过程对环境生态的影响，研究环境友好型纺织品生产过程与工艺，不污染空气和水体，噪声控制在规定范围内。

2) 纺织品处理生态学。关注纺织品的废弃处理过程，包括废弃纺织品的组

成、生物可降解性和对环境的影响；废弃纺织品无污染处理方法；废弃纺织品的回收利用途径和方法。

3) 纺织品消费生态学。关注纺织品在消费过程中对人体或环境可能产生的危害，包括对纺织品中有害物质判定、限量标准以及检测方法等。

纺织品的消费过程与消费者的健康密切相关，因此人们更关心纺织品的安全性、生态性及纺织品的消费生态学研究。由此给出的生态纺织品的定义是：采用对环境无害或少害的原料和生产过程所生产的对人体健康无害的纺织品(GB/T18885—2009)。

基于对消费生态学的研究，在1992年，由15个国家组成的国际生态纺织品研究和测试协会制定了《生态纺织品标准100》(Oeko-Tex Standard 100)。自颁布之日起，该标准就成为国际上判定纺织品生态标准的基准，也是全球第一个关于生态纺织品的标准。该标准规定了生态纺织品应达到的通用及特别技术条件(指标)，适用于纺织品、皮革制品以及生产阶段的产品(包括纺织品及非纺织品的附件)，但该标准只针对最终产品对人体的安全性，不涉及生态环境保护。

Oeko-Tex Standard 100 重点对有害物质做出了明确的限定或限量。所谓的有害物质是指存在于纺织品或附件中并超过最大限量，或者在通常或规定的使用条件下会释放出并超过最大限量，根据现有科学知识水平的推断，会损害人类健康的物质。随着科学认知水平和医学水平的不断提高，有害物质的种类将不断扩大，这也表明了标准的动态性。

Oeko-Tex Standard 100 将纺织品分为四类(四个级别)：3岁以下婴儿用纺织品(第一级别)、直接接触皮肤类纺织品(第二级别)、不直接接触皮肤类纺织品(第三级别)和家饰材料类纺织品(第四级别)。不同类别的纺织品，其技术要求不同。

Oeko-Tex Standard 100 是目前全球纺织行业公认的权威生态纺织品标准，通过该标准认证的产品有“信心纺织品”或“可信任纺织品”的美称。欧洲及美洲的一些发达国家(地区)的许多大型采购商都将 Oeko-Tex Standard 100 作为产品采购的技术依据。目前，全世界有近80个国家(地区)的8000多家制造商严格按照 Oeko-Tex Standard 100 进行生产管理和质量控制，按照纺织品的类别及用途，全球共有62000种纺织品获得了相应的证书。Oeko-Tex Standard 100 的中、英文标志签分别如图1-1所示。

我国政府对“生态标签”产品及环境保护工作也十分重视，采取多项措施积极推进生态纺织品发展。包括：对绿色纺织品的广泛宣传，从纤维生产者到消费者都要熟悉绿色纺织品的含义及意义；贯彻我国绿色纺织品的标准，即GB/T18885—2009《生态纺织品技术要求》及实施方案；鼓励和支持纺织品清洁生产的



图 1-1 Oeko-Tex Standard 100 的中、英文标志

研究与应用，特别是污染严重的印染企业和化纤企业，使生产过程少产生废弃物，减少对环境的污染；大力开发绿色纺织纤维及产品，如聚乳酸纤维等。

GB/T18885—2009 与 Oeko-Tex Standard 100 (2008 版)基本相同。随着科技水平及危害性认知水平的提高，标准也在不断地修订，其技术参数将逐年提高。同时，以 GB/T 18885—2009 标准为基础，中国质量认证中心设定了我国生态纺织品的标志(图 1-2)。



图 1-2 生态纺织品标志

## 二、与纺织品相关的生态问题

与纺织品相关的生态问题有很多，涉及原材料、生产环节和成品等方面。

### (一) 纺织纤维的生产方面

天然纤维方面的问题，主要是利用再生资源进行循环生产，对环境不产生毁灭性破坏，但要注意杀虫剂等。化学纤维方面的问题主要是利用石油、煤炭这些不可再生资源。化纤生产过程中废气、废水排放很难达到有关法规的要求。

### (二) 纺织加工方面

除上浆外，纺纱、织造对环境的影响不大，但噪声、短纤维、尘埃等会导致职业病的发生。

### (三) 染整加工方面

染整加工是纺织品生产过程中生态问题最多的环节，主要表现在水污染、大气污染和产品污染三个方面。

## 1. 水污染

染整加工过程使用大量的水作为加工介质，含有染料、助剂和其他化学成分的废水被排放到河、湖、海或者就地渗入地下，造成自然界水源的污染。棉布染整加工所产生的废水情况如表 1-1 所示。

表 1-1 棉布染整加工所产生的废水情况

污染物来源	主要污染物	耗水量/(L/kg)	BOD	COD
退浆	酸、碱、酶等退浆剂和淀粉、PVA、聚丙烯酸衍生物等浆料	20	高	高
煮练	碱、精练剂、油蜡、果胶物质、棉籽壳等	4	很高	很高
漂白	双氧水、次氯酸钠、亚氯酸钠等漂白剂和稳定剂等	180	较低	较低
丝光	烧碱	7	低	低
染色	染料、染色助剂等	30	较低	很高
印花	各种棉用染料、印花糊料、印花助剂等	25	较高	较高
水洗	各种棉用染料、助剂等	110	较低	较低
整理	各种树脂、甲醛、功能整理剂等	5	高	高

在纺织品的染整加工过程中，除形成大量的废水之外，某些特定的污染源也会带来生态问题，主要包括：

1) 六价铬。羊毛铬媒染色中使用的铬离子毒性高，会造成皮肤和黏膜的损害，出现接触性皮炎、湿疹和溃疡，对呼吸道也有刺激作用，可引起鼻炎、咽炎及支气管炎等。此外，还会出现多发性黏膜溃疡、咽部糜烂、齿龈炎、中毒性肝病、肾炎、贫血和眼结膜炎等。

2) 可分解芳香胺。用偶氮染料染色的服装与人体皮肤长期接触后，可能被皮肤吸收，并在体内扩散、代谢过程中，通过还原反应形成致癌的芳香胺化合物，该化合物经过一系列活化作用使人体细胞的 DNA 结构与功能发生变化，引起人体病变和诱发癌症。在其他动物体内也会发生类似的变化。

3) 酸碱性。纺织品在染色、整理等加工过程中要用到各种的染料与助剂，其自身有一定的酸碱性，或者是需要在一定的酸性或碱性条件下使用，尽管后道工序中进行热水洗、酸洗或碱洗，但是一部分的酸或碱仍可能残留在纤维内部，使纺织品呈现不同程度的酸碱性。人体的皮肤表面呈弱酸性，以保证常驻菌的平衡，防止致病菌的侵入，因此，酸性或碱性过强都可能危及人体的健康，还会刺激皮肤发生一些过敏反应。

后整理过程中的主要问题是：

1) 阻燃剂。常用的是含溴和含氯阻燃剂，长期接触这些高毒性的阻燃剂会

导致免疫系统恶化、生殖系统障碍、甲状腺功能不足、记忆力衰退和关节强直等。

2) 含氯的有机载体。载体染色工艺是涤纶纤维纯纺及混纺产品常用的染色工艺,在染色过程中加入载体,可使纤维结构膨化,从而有利于染料的渗透。某些廉价的含氯芳香族化合物,如三氯苯、二氯甲苯是高效的染色载体,这些化合物会影响人的中枢神经系统、引起皮肤过敏并刺激黏膜,对人体有潜在的致畸性和致癌性。

3) 含氯酚。五氯苯酚是纺织品、皮革制品、木材、织造浆料和印花色浆采用的传统的防霉防腐剂,属强毒性物质,对人体具有致畸性和致癌性,其化学稳定性很高,自然降解过程漫长,会对环境造成持久的损害,且在燃烧时会释放出高污染的二噁英类化合物。四氯苯酚是五氯苯酚合成过程中的副产物,对人体和环境同样有害。

4) 游离甲醛。甲醛是一种毒性物质,它可与生物体内的蛋白质结合而改变蛋白质结构并将其凝固。甲醛作为纤维素树脂整理的常用交联剂,广泛应用于纯纺或混纺产品中,赋予纺织品防缩、抗皱、免烫和易去污等功能。含甲醛的纺织品在穿着或使用过程中,部分未交联的或水解产生的游离甲醛会释放出来,对人体健康造成危害。

## 2. 大气污染

染整加工过程中由于使用了大量的会释放异味的物质,影响了生产车间的环境。此外,生产车间中蒸汽、热空气的泄漏和释放也影响着车间环境。目前,最严重的是涂层、印花加工过程中所释放出的污染物质。

## 3. 产品污染

由于某些生产企业一味地追求低成本或者技术力量薄弱,使用了一些含有毒物质的染料、助剂和其他化学品,这些物质的残留造成了成品污染,给消费者的健康带来了威胁。对此,Oeko-Tex Standard 100 规定了这些有毒物质在纺织品上的最大允许残留量。

生态染整工程不仅要生产出合格的生态纺织品,而且生产过程也必须是无污染或少污染。也就是说将来的纺织品染整工程必须解决以上关于水、大气和产品等三个方面的污染问题。只有这样,纺织工业才能可持续地发展。

目前研究与开发成功(实现产业化)或接近成功(实验室成果)的纺织品生态染整加工技术主要有:①高效短流程前处理技术,可以达到节水、节能和减少污水排放以及提高生产效率的目的。②生物酶前处理技术,代替或部分代替传统的前处理加工技术,节水、节能和减少污水的排放,提高纺织品的质量和增加附加值。③高效短流程染色技术,采用特殊的助剂,使一种染料能够同时染两种或两种以上的纤维,达到节水、节能、减少污水排放及提高生产效率的目的。④提高



染料的利用率技术，主要是对染色工艺进行改进，或者是对纤维进行改性，使染色过程能够得到高的染料利用率，从而达到减轻后道工序污水处理负担的目的。

⑤非水染色技术，主要是对超临界  $\text{CO}_2$  流体染色技术进行研究与开发，其特点是染色过程中不使用水，无污染，时间短，残留染料可以回收利用，低能耗。

#### (四) 服装制造过程

服装制造过程面临的生态问题也有很多，主要是面料上有毒有害物质残留、辅料的选择（如黏合剂、黏合衬）和空气中的微细纤维漂浮物。

#### (五) 消费过程

消费过程面临的生态问题主要包括两个方面：一是纺织品上所含的有害物质对消费者可能造成的危害；二是消费者将纺织品废弃后对环境造成的污染。

### 三、纺织品上的有害物质

#### (一) 有害物质的来源

以纯棉服装的加工工序为例，有害物质来源如下：

棉花种植√→采摘→轧棉→开清棉→梳棉→并条→成纱→络筒→整理（卷纬）→浆纱√→穿经→织造→烧毛→退浆√→煮练√→漂白√→丝光√→染色√→印花√→整理√→裁剪→缝制→水洗√→整烫→成品

上述工艺流程中，画“√”的工序，经常会涉及有害物质。①浆纱：淀粉浆料中加防腐剂，如甲醛、苯酚、萘酚。有的企业在淀粉浆中添加了聚乙烯醇（PVA），该物质很难降解。②退浆和煮练：使用浓度很高的  $\text{NaOH}$ ，产生污染严重的废水。③漂白：采用含氯氧化剂，对人体有害，排放在江河中对环境有害。④丝光：采用浓碱液进行加工并用含氯氧化剂，若不漂白，则不用。⑤染色与印花：大量合成染料和助剂的使用对人体和环境均造成危害。⑥整理：使用各种各样的整理剂，如甲醛、阻燃剂、抗微生物整理剂、涂层剂等，对人体和环境造成危害。⑦纯棉服装的水洗：若使用有害助剂，将产生危害。

#### (二) 有害物质的种类

纺织品上的有害物质主要有以下几大类。

1) 致癌物质与过敏物质。作为染料中间体的芳胺，已被列为可疑致癌物，其中联苯胺的乙萘胺已被确认是对人类最具烈性的致癌物（表 1-2~表 1-4）。