



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

# 染整工艺与原理

第2版

(下册)

-----◎ 赵 涛 主 编

RANZHENG  
GONGYI YU YUANLI



“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材

要 要 容 内

第 2 版  
前 言

# 染整工艺与原理 (第2版)

## (下册)

赵 涛 主编

中国纺织出版社有限公司

国家一级出版社  
全国百佳图书出版单位

## 内 容 提 要

本书简要介绍了各类纺织纤维用染料的化学基础知识及其应用性能,重点阐述了染色基本理论,各类染料在各种主要纤维上的染色原理、工艺条件及流程,各类染料的印花方法及工艺。

本书可供高等纺织院校轻化工程专业师生使用,也可供印染专业技术人员、科研人员参考。

# (染料染色) 染整工艺与原理 (下册)

### 图书在版编目(CIP)数据

染整工艺与原理. 下册/赵涛主编. —2版. —北京:中国纺织出版社有限公司,2020.1  
“十三五”普通高等教育本科部委级规划教材  
ISBN 978-7-5180-6611-7

I. ①染… II. ①赵… III. ①染整—高等学校—教材  
IV. ①TS19

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2019)第 186449 号

责任编辑:范雨昕 责任校对:江思飞 责任印制:何建

中国纺织出版社有限公司出版发行  
地址:北京市朝阳区百子湾东里 A407 号楼 邮政编码:100124  
销售电话:010-67004422 传真:010-87155801  
<http://www.c-textilep.com>  
中国纺织出版社天猫旗舰店  
官方微博 <http://weibo.com/2119887771>  
北京市密东印刷有限公司印刷 各地新华书店经销  
2009年5月第1版 2020年1月第2版第1次印刷  
开本:787×1092 1/16 印张:22.75  
字数:463千字 定价:72.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

课程名称 染整工艺与原理(下册)

适用专业 轻化工程(染整)

总学时 60

课程性质 本课程为轻化工程专业的一门核心专业课。

《染整工艺与原理》(下册)是以教育部“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”要求编写的轻化工程(染整工程)专业教材。其基本内容是将染料和纤维的化学基础知识、染色基本理论与染色工艺及印花工艺相融合,重点阐述了各类纤维纺织品的染色、印花的工艺原理和工艺过程。

该教材2007年被列为“十一五”国家级规划教材,第1版自2009年5月出版以来,承蒙广大院校轻化工程专业教师与学生们的厚爱以及相关专业技术人员的关注和支持,成为相关高校的本科专业教材和工程技术及科研人员的重要参考资料。该教材已经连续印刷11次,总印数近17000册。

通过对该书的学习,可以使学生系统地掌握染色和印花专业知识,培养学生运用专业理论知识合理地设计工艺方案的能力,达到全面提高学生素质培养的目的。在过去近十年使用的基础上,本教材对部分内容进行了重新设计和编排,对国内外最新的染色印花理论和工艺技术进行了补充,并进一步突出了清洁生产和绿色纺织品的概念。在讲述工艺原理的同时,突出了工艺实例的介绍。

本教材第一章至第四章由赵涛(东华大学)编写[其中第四章的第七节由邵建中(浙江理工大学)编写],第五章由吴赞敏(天津工业大学)编写,第六章和第十章由唐人成(苏州大学)编写,第七章由王树根(江南大学)编写,第八章由龙家杰(苏州大学)编写,第九章由王雪燕(西安工程大学)编写,第十一章由孟庆涛(天津工业大学)编写,第十二章由闵洁(东华大学)编写,第十三章由刘今强(浙江理工大学)编写,第十四章由孙向东(武汉纺织大学)编写。全书由赵涛统编和定稿。

在本书的编写过程中,东华大学教务处、东华大学化学化工与生物工程学院以及相关兄弟院校的多位专家和老教师也为本教材的编写提供了许多支持和帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,缺点和疏漏在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2019年9月

## 内 容 提 要

本书简要介绍了各类纤维服用染料的基本性能、应用性能,重点阐述了染色基本理论,并重点介绍了纤维上的染色原理、工艺条件控制,并介绍了印花工艺。本书可作为高等院校染整工程专业及相关专业的教材,也可供从事染整工作的工程技术人员、科研人员参考。

《染整工艺与原理》(下册)是以教育部“普通高等教育‘十一五’国家级规划教材”要求编写的轻化工程(染整工程)专业教材。其基本内容是将染料的化学基础知识、染色基本理论与染色工艺及印花工艺相融合,重点阐述了各类纤维纺织品染色和印花的工艺原理。与本教材相配套的《染整工艺与原理》(上册)(阎克路主编)主要讲述织物前处理和整理方面的内容。

由于篇幅所限,本教材并未对染料和纤维的结构及其性能进行详细的论述,只是在讨论染色工艺与原理时,对相关的染料和纤维的结构进行了分析。关于染料和纤维的详细内容,可参阅《染料化学》(何瑾馨主编)和《纤维化学与物理》(蔡再生主编)等书。

在本教材编写中,编者对编写大纲和内容进行了合理的设计和编排,力求反映国内外最新的工艺技术和理论,并突出清洁生产和绿色纺织品的概念,在讲述工艺原理的同时,注重工艺实例的讲述。

本教材第一章至第四章由赵涛(东华大学)编写[其中第四章的第七节由邵建中(浙江理工大学)编写],第五章由吴赞敏(天津工业大学)编写,第六章和第十章由唐人成(苏州大学)编写,第七章由王树根(江南大学)编写,第八章由龙家杰(苏州大学)编写,第九章由王雪燕(西安工程大学)编写,第十一章由孟庆涛(天津工业大学)编写,第十二章由闵洁(东华大学)编写,第十三章由刘今强(浙江理工大学)编写,第十四章由孙向东(武汉科技学院)编写。全书由赵涛统编和定稿。

在本书的编写过程中,东华大学教务处、东华大学化学化工与生物工程学院以及相关兄弟院校的多位专家和老师也为本教材的编写提供了许多支持和帮助,在此一并表示诚挚的谢意。

由于编者水平有限,缺点和疏漏在所难免,敬请读者批评指正。

编 者  
2009年1月



**课程名称** 染整工艺与原理(下册)

**适用专业** 轻化工程(染整)

**总学时** 66

**课程性质** 本课程为轻化工程专业的核心专业课。

### 课程目的

1. 掌握染色基本理论,主要包括染色热力学和动力学有关基本概念以及各类染料的染色原理。
2. 掌握各类纺织品的主要染色和印花工艺原理与方法以及印染产品的质量要求,使学生具有较牢固的专业理论基础和一定的生产工艺分析能力。

**课程教学的基本要求** 该课程着重介绍染色和印花的基本理论和典型工艺,培养学生分析和解决问题的能力,并在讲课时介绍有关参考书籍和专业文献,增强学生的自学能力。教学时还应结合当前学科的发展,对一些有关问题进行讨论,培养学生理论联系实际和对实际问题的分析能力。有些章节不进行课堂教学,引导学生自学,进行讨论。

本课程共 66 学时,作业随堂布置,考试采用笔试的方式。

教学环节学时分配表

章 数	讲授内容	学时分配
一	绪论	2
二	染色基本理论	12
三	直接染料染色	3
四	活性染料染色	8
五	还原染料染色	4
六	酸性染料、酸性媒介染料及酸性含媒染料染色	5
七	分散染料染色	5
八	阳离子染料染色	4



# 课程设置指导

(概不) 课程法工業染 概各野果 续表

章 数	讲授内容	学时分配
九	不溶性偶氮染料及硫化染料染色	自学
十	多组分纤维纺织品的染色	2
十一	印花方法	2
十二	印花色浆	4
十三	颜料印花	5
十四	各类织物的印花	8
	考 查	2
	共 计	66

本课程是染整专业的一门专业基础课，主要讲授印花工艺原理、印花浆料配制、印花设备、印花工艺等。通过本课程的学习，使学生掌握印花的基本原理和工艺，为后续课程的学习打下基础。

第一章 印花概述	天津工业大学	1
第二章 印花浆料	天津工业大学	2
第三章 印花设备	天津工业大学	3
第四章 印花工艺	天津工业大学	4
第五章 印花质量控制	天津工业大学	5
第六章 印花新技术	天津工业大学	6
第七章 印花环保	天津工业大学	7
第八章 印花安全	天津工业大学	8
第九章 印花案例	天津工业大学	9
第十章 印花展望	天津工业大学	10

2009年1月

第一章 绪论	1
第一节 引言	1
一、印染工业发展历史及现状	1
二、纺织品印染技术的发展趋势	2
三、印染的目的与要求	3
第二节 电子测色配色及其应用	3
一、拼色	3
二、颜色的测定	4
三、电脑配色	5
第三节 染色牢度	6
一、染色牢度的概念	6
二、常见的染色牢度	7
第四节 生态纺织品与染整	9
第五节 染色方法	10
一、浸染	10
二、轧染	11
复习指导	13
思考题	13
参考文献	14
第二章 染色基本理论	16
第一节 染料的上染过程	16
一、上染过程的几个阶段	16
二、上染速率曲线及吸附等温线	18
三、染料上染的可逆过程	19
第二节 染料在溶液中的状态	20
一、染料的溶解和电离	20
二、染料的聚集	22
三、影响染料聚集的因素	23
第三节 纤维在水溶液中的电化学性质	24
一、纤维在水溶液中的双电层	24

二、 $\zeta$ 电位的影响因素 .....	25
三、纤维的 $\zeta$ 电位与染色 .....	26
第四节 染色热力学基础 .....	27
一、化学位、亲和力和直接性 .....	27
二、吸附等温线及其意义 .....	30
三、染色热 .....	33
四、染色熵 .....	34
五、染料与纤维之间的作用力 .....	34
第五节 染色动力学基础 .....	37
一、染料在纤维中的扩散和菲克(Fick)扩散定律 .....	37
二、扩散系数的计算方法 .....	39
三、染料在纤维内的扩散性能及影响因素 .....	40
四、扩散模型 .....	41
五、匀染和移染 .....	45
复习指导 .....	47
思考题 .....	47
参考文献 .....	47
第三章 直接染料染色 .....	49
第一节 引言 .....	49
第二节 直接染料对纤维素纤维的染色原理及性能 .....	49
第三节 直接染料的一般染色过程 .....	51
一、纤维素纤维的染色 .....	51
二、其他纤维的染色 .....	53
第四节 直接染料的固色后处理 .....	54
一、固色机理 .....	54
二、固色剂的类型 .....	55
第五节 直接染料对纤维素纤维上染的温度效应和盐效应 .....	57
一、温度效应及其应用 .....	57
二、盐的作用和电荷效应 .....	58
三、唐能(Donnan)模型 .....	60
第六节 直接染料对纤维素纤维的吸附 .....	62
一、直接染料在纤维素纤维中的吸附状态 .....	62
二、混合染料在纤维素纤维上的吸附 .....	62
复习指导 .....	63
思考题 .....	64
参考文献 .....	64

第四章 活性染料染色 .....	65
第一节 引言 .....	65
第二节 活性染料的化学结构 .....	65
一、均三嗪活性基类 .....	66
二、卤代嘧啶活性基类 .....	68
三、乙烯砜活性基类 .....	68
四、其他活性基类 .....	68
五、多活性基类 .....	69
第三节 活性染料的反应性能 .....	69
一、亲核加成—消除取代反应 .....	69
二、亲核加成反应 .....	72
第四节 活性染料与纤维素纤维的反应性 .....	74
一、纤维素纤维的化学结构和反应性 .....	74
二、活性染料的醇解反应动力学 .....	75
三、活性染料与纤维素纤维的反应动力学 .....	76
四、影响固色反应速率及效率的因素 .....	77
第五节 纤维素纤维纺织品的浸染工艺 .....	82
一、活性染料的上染过程 .....	82
二、浸染用活性染料的染色特征值 .....	84
三、浸染主要工艺因素 .....	85
四、浸染工艺过程 .....	87
五、活性染料的水洗后处理 .....	87
第六节 纤维素纤维纺织品的连续轧染、轧卷堆染色工艺 .....	88
一、连续轧染工艺 .....	88
二、轧卷堆染色工艺 .....	91
第七节 活性染料对蛋白质纤维及锦纶的染色 .....	92
一、羊毛的染色 .....	92
二、蚕丝的染色 .....	95
三、锦纶的染色 .....	97
第八节 活性染料和纤维间共价键的稳定性 .....	97
一、染料—纤维间共价键的水解反应 .....	97
二、影响染料—纤维键酸、碱水解的因素 .....	99
第九节 化学改性纤维素纤维的染色 .....	101
一、季铵基改性纤维素纤维的染色 .....	101
二、氨基或胺烷基改性纤维素纤维的染色 .....	101
三、羟甲基丙烯酰胺及胺化改性纤维素纤维的染色 .....	102
复习指导 .....	103

思考题	103
参考文献	103
<b>第五章 还原染料染色</b>	106
第一节 引言	106
第二节 还原染料的染色过程和染色机理	107
一、染料的还原和溶解	107
二、染料隐色体的上染	113
三、染料隐色体的氧化	115
四、皂煮后处理	116
第三节 还原染料的染色方法	117
一、隐色体浸染	117
二、悬浮体轧染	119
三、靛蓝染色	120
四、还原染料染色新技术	121
第四节 可溶性还原染料的染色	123
一、可溶性还原染料的染色性能	123
二、可溶性还原染料的显色机理	123
三、可溶性还原染料的染色工艺	125
复习指导	126
思考题	126
参考文献	126
<b>第六章 酸性染料、酸性媒介染料及酸性含媒染料染色</b>	128
第一节 引言	128
第二节 酸性染料的分类	129
一、酸性染料按应用分类	129
二、酸性染料按结构分类	129
第三节 酸性染料对羊毛、蚕丝和锦纶的上染原理	131
一、羊毛、蚕丝和锦纶的两性性质与染料上染机理	131
二、纤维染色饱和值、超当量吸附及亲和力	133
第四节 酸性染料对羊毛、蚕丝和锦纶的染色工艺	139
一、羊毛的染色	139
二、蚕丝的染色	142
三、锦纶的染色	144
第五节 混合酸性染料的相容性	148

一、混合染料相容性的基本概念	148
二、混合酸性染料相容性的理论基础	149
第六节 酸性媒介染料的染色机理与染色方法	151
一、酸性媒介染料的染色机理	152
二、酸性媒介染料的染色方法	155
第七节 酸性含媒染料的染色原理和工艺	156
一、1:1型酸性含媒染料的染色	157
二、1:2型酸性含媒染料的染色	159
复习指导	161
思考题	161
参考文献	162
第七章 分散染料染色	164
第一节 引言	164
第二节 分散染料溶液特性	165
一、分散染料的溶解性和分散稳定性	165
二、分散染料的化学稳定性	166
三、分散染料的热稳定性	167
第三节 分散染料染色理论	168
一、上染过程	168
二、分散染料的吸附等温线	169
三、分散染料与纤维分子间的相互作用	171
四、分散染料的上染速率	172
第四节 涤纶的染色特性	173
第五节 涤纶的染色方法	174
一、载体染色法	175
二、高温高压染色法	176
三、热熔染色法	180
四、新型染色方法	183
第六节 分散染料对其他纤维的染色	184
一、锦纶的染色	184
二、腈纶的染色	185
三、醋酯纤维的染色	185
四、氨纶的染色	185
五、聚乳酸纤维的染色	186
六、PTT纤维的染色	187

复习指导	187
思考题	187
参考文献	188
<b>第八章 阳离子染料染色</b>	189
第一节 引言	189
第二节 阳离子染料的染色特性	190
一、阳离子染料的配伍性	190
二、染料的染色饱和浓度( $[S]_D$ )及饱和系数( $f$ )	192
三、阳离子染料的移染性	192
第三节 腈纶的染色特性及阳离子染料的染色机理	193
一、腈纶的染色特性	193
二、阳离子染料的染色机理	199
第四节 腈纶纺织品的阳离子染料染色	200
一、染色工艺因素	200
二、染色方法	204
第五节 阳离子染料可染改性涤纶的染色	206
一、阳离子染料可染改性涤纶的染色特性	206
二、阳离子染料在酸改性涤纶中的应用	208
复习指导	209
思考题	209
参考文献	209
<b>第九章 不溶性偶氮染料及硫化染料染色</b>	212
第一节 不溶性偶氮染料染色	212
一、引言	212
二、色酚的性能及其打底液的配制	212
三、色基的重氮化	214
四、色盐	216
五、偶合显色	216
六、不溶性偶氮染料染纤维素纤维的染色工艺	217
第二节 硫化染料染色	218
一、引言	218
二、硫化染料染色原理	219
三、硫化染料的染色工艺及方法	219
四、硫化还原染料染色	223

复习指导	223
思考题	224
参考文献	224
<b>第十章 多组分纤维纺织品的染色</b>	226
<b>第一节 引言</b>	226
一、多组分纤维纺织品概述	226
二、多组分纤维染色纺织品的色彩效果	226
三、双组分纤维纺织品染色的基本方法	227
<b>第二节 多组分纤维纺织品染色</b>	227
一、羊毛/锦纶(AA类)纺织品的染色	228
二、羊毛/腈纶(AB类)纺织品的染色	229
三、羊毛/纤维素纤维、锦纶/棉等(AC类)纺织品的染色	230
四、腈纶/纤维素纤维(BC类)纺织品的染色	232
五、纤维素/纤维素纤维(CC类)纺织品的染色	233
六、涤纶/羊毛、涤纶/锦纶等(DA类)纺织品的染色	233
七、涤纶/阳离子染料可染涤纶(DB类)纺织品的染色	235
八、涤纶/棉(DC类)纺织品的染色	236
九、涤纶/醋酯纤维(DD类)纺织品的染色	241
复习指导	242
思考题	242
参考文献	243
<b>第十一章 印花方法</b>	246
<b>第一节 引言</b>	246
<b>第二节 以印花设备划分的印花方法</b>	248
一、滚筒印花	248
二、筛网印花	249
三、转移印花	259
四、喷墨印花	261
<b>第三节 以印花工艺划分的印花方法</b>	262
一、直接印花	262
二、防染(防印)印花、拔染印花	263
三、罩印和叠印印花	263
四、阶调印花	264
五、共同印花	264

第四节 以印花效果划分的印花方法 .....	264
一、烂花印花 .....	264
二、静电植绒印花 .....	265
三、胶浆印花 .....	265
四、其他基于涂料印花技术的特种印花 .....	265
复习指导 .....	265
思考题 .....	266
参考文献 .....	266
第十二章 印花色浆 .....	267
第一节 引言 .....	267
第二节 印花糊料的结构和性质 .....	267
一、印花原糊在印花过程中的作用 .....	267
二、印花糊料的要求 .....	268
三、印花糊料的分类 .....	269
第三节 糊料的流变性概述 .....	277
一、原糊的流变性质 .....	278
二、印花糊的印花适应性 .....	282
复习指导 .....	284
思考题 .....	284
参考文献 .....	284
第十三章 颜料印花 .....	285
第一节 引言 .....	285
第二节 颜料 .....	287
一、常用颜料及其化学结构 .....	287
二、颜料的应用性质 .....	289
三、特殊颜料 .....	291
第三节 黏着剂和交联剂 .....	297
一、黏着剂 .....	297
二、交联剂 .....	304
第四节 黏着过程 .....	306
一、黏着剂的成膜 .....	306
二、黏着剂性质与黏着牢度的关系 .....	307
三、影响黏着牢度的其他因素 .....	309
第五节 印花色浆与印花工艺 .....	310

一、颜料印花色浆 .....	310
二、印花工艺 .....	312
第六节 颜料印花的生态环保问题 .....	313
一、生产废水的污染问题 .....	314
二、生产废气的污染问题 .....	314
三、游离甲醛问题 .....	315
四、有机颜料的毒性问题 .....	315
复习指导 .....	315
思考题 .....	316
参考文献 .....	316
第十四章 各类织物的印花 .....	320
第一节 纤维素纤维织物的印花 .....	320
一、活性染料直接印花 .....	320
二、还原染料直接印花 .....	325
三、共同印花 .....	329
四、防染印花 .....	330
五、拔染印花 .....	333
第二节 蛋白质纤维织物印花 .....	335
一、蚕丝织物直接印花 .....	335
二、羊毛织物直接印花 .....	337
三、蚕丝、羊毛织物拔染印花 .....	337
第三节 合成纤维织物印花 .....	338
一、涤纶织物直接印花 .....	338
二、涤棉混纺织物直接印花 .....	340
三、涤纶织物的防拔染印花 .....	342
四、锦纶织物印花 .....	345
五、腈纶织物印花 .....	345
复习指导 .....	346
思考题 .....	346
参考文献 .....	347

# 第一章 绪 论

## 第一节 引 言

### 一、印染工业发展历史及现状

纺织品的染色是人类文明最古老的工艺之一,人类使用染料(dyes)对纺织品进行染色具有十分悠久的历史。在19世纪中叶以前,人们使用的染料都来源于自然界的植物、动物和矿物,几乎未经过化学加工,因此称为天然染料(natural dyes)(严格说是天然色素)。其中主要是采用某些植物的花、茎、叶、根及果实的浸出液进行染色,如靛蓝、茜素等。天然染料除少数品种外,对纤维都没有亲和力(affinity)或直接性(substantivity),必须与媒染剂作用后才能固着在纤维上。此外,天然染料还存在色泽单调、染色工艺繁杂、劳动强度大、产量小及季节依赖性强的缺陷。

从1856年英国化学家珀金(Perkin)制得第一只合成染料(synthetic dyes)——苯胺紫,到1910年前后,用于各类纤维染色、印花的染料已经有了许多性能良好的品种,如碱性染料(basic dyes)、酸性染料(acid dyes)、苯胺染料(aniline dyes)、直接染料(direct dyes)、硫化染料(sulfur dyes)及蒽醌结构的还原染料(vat dyes)等。

1910年以后,为了适应醋酸酯纤维染色的需要,染料商开发出了分散染料(disperse dyes),后来又出现了具有酞菁结构的染料。此时,随着黏胶、醋酸等再生纤维素纤维的面世以及人们对纤维化学结构及微结构的深入研究,迫使人们对染色技术及染色理论进行深入研究,也促使许多性能良好的染料品种不断出现,染色技术日臻完美。

1940~1945年,伴随着聚酰胺纤维、聚酯纤维、聚丙烯腈纤维、聚丙烯纤维等新一代合成纤维的出现及迅速崛起,完全改变了20世纪40年代中期以前纺织工业都是以天然纤维或用天然聚合物制成的再生纤维为原料的结构。这些新型的纺织材料,促进了染整加工、染料制造技术的发展,使染料与纤维之间相互促进、相互发展,染色技术和理论不断完善,并使纺织产品的应用范围扩大至国防、宇航、水利、建筑、汽车等其他工业。20世纪70年代,新型纺(如气流纺纱机)织(如剑杆、喷气、喷水等无梭织机)机械进入商业化实用阶段,大大提高了纺纱和织造的效率,同时也促进了许多新型快速染色与印花设备的开发与应用,使世界纺织工业在随后的一二十年上升到一个前所未有的辉煌阶段。

20世纪80年代,由于环保费用的上升及发展中国家染整技术的提高,作为现代纺织工业发祥地的欧洲,已失去世界印染产品主要供给地的地位,但其一流的染整技术、染化料开发能力、染整机械制造能力及对高层次印染产品的消费,使其仍引导着世界染整技术的发展方向。