

普通高等教育教材(本科)

亚麻 纺织与染整

■ 赵欣 高树珍 王大伟 主编

 中国纺织出版社

中国纺织出版社有限公司

亚麻 纺织与染整

曹 蔚 编 曹蔚 曹蔚 曹蔚 曹蔚

中国纺织出版社

普通高等教育教材(本科)

亚麻纺织与染整

赵欣 高树珍 王大伟 主编



中国纺织出版社

内 容 提 要

本书共十一章。除了介绍亚麻纤维的结构、化学组成以及反应性能外,主要介绍了亚麻纤维的前处理、染色、色织物的生产过程、亚麻织物的后整理加工以及各过程中有关性能指标的测试,并对相关工艺参数及助剂做了适当的分析和介绍。

本书可以作为纺织染整专业的本科教材,也可供亚麻纺织印染厂的技术、科研人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

亚麻纺织与染整/赵欣,高树珍,王大伟主编. —北京:中国纺织出版社,2007.7

普通高等教育教材(本科)

ISBN 978-7-5064-4351-7

I. 亚… II. ①赵… ②高… ③王… III. ①亚麻—纺织工艺—高等学校—教材 ②亚麻—染整—高等学校—教材

IV. TS125 TS190.642

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 045241 号

策划编辑:冯 静 秦丹红 责任编辑:王文仙
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

2007年7月第1版第1次印刷

开本:787×1092 1/16 印张:14.5

字数:278千字 印数:1—3000 定价:35.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社市场营销部调换

前 言

亚麻织物具有吸湿、散热快、穿着凉爽、卫生保健的功能,给人以返璞归真、回归自然的感觉,深受广大消费者的青睐,亚麻的纺织染整加工已经成为当今纺织行业研究和关注的热点。因此该书的出版是非常必要和适宜的。

我们在多年从事纺织与染整专业的教学以及科研实践的基础上编写了此书。全书共十一章。第一章~第四章主要介绍了亚麻纤维织物国内外发展的概况、亚麻纤维的结构组成与性质、可纺性亚麻纤维的纺纱与加工过程以及亚麻纱相关的重要性能指标。如线密度、捻度、强力等的测定方法及其对于亚麻制品质量的影响;第五章介绍了表面活性剂在染整加工中的重要应用、染整加工用水的质量及硬水的软化;第六章介绍了亚麻的前处理加工过程,其中包括酸洗、煮练、漂白及退浆的目的、原理及其工艺;第七章主要介绍了与染色有关的基本概念,重点介绍了染色热力学和染色动力学的理论知识;第八章介绍了活性染料、还原染料以及直接染料对亚麻的染色加工过程与工艺;第九章主要介绍了超声波技术、电化学技术以及计算机测配色系统在亚麻染色中的研究应用概况;第十章主要介绍了亚麻织物的热定形、柔软整理、防皱整理及阻燃整理方面的知识;第十一章主要介绍了各种亚麻及其混纺花色纱的具体生产过程。

虽然我们尽量本着与科研和工厂实践相结合的原则来编写此书,但由于亚麻纤维织物的染整加工过程还不十分成熟,书中难免有许多缺点和错误,真诚地希望各界朋友批评指正,编者将不胜感激。

编 者

2007年1月

目 录

第一章 我国亚麻纺织染整行业的发展现状	(1)
第二章 亚麻纺织原料	(2)
第一节 亚麻纤维的结构及组成	(2)
一、亚麻纤维的结构	(2)
二、亚麻纤维的分子结构	(2)
三、亚麻纤维的超分子结构	(3)
四、亚麻纤维的化学组成	(4)
第二节 亚麻纤维的性能	(10)
一、亚麻纤维的物理机械性能	(10)
二、亚麻纤维的化学性质	(12)
第三章 可纺性亚麻纤维的生产工艺	(18)
第一节 选茎和捆麻	(18)
第二节 沤麻	(19)
一、温水沤麻	(20)
二、雨露沤麻	(20)
三、酶法沤麻	(20)
四、化学助剂沤麻	(20)
五、高温水解沤麻	(21)
六、汽蒸沤麻	(21)
第三节 制麻	(21)
第四章 亚麻纺纱系统与设备	(23)
第一节 概述	(23)
第二节 打成麻的品质和梳理	(23)
一、打成麻品质的评定	(23)
二、打成麻梳理前的准备	(24)
三、亚麻的梳理	(25)

四、亚麻栉梳机的主要机构及作用	(28)
五、影响亚麻栉梳工艺的因素	(31)
六、梳成麻的重梳及其麻号评定	(36)
第三节 亚麻长麻的生产工艺过程	(37)
一、成条	(37)
二、并条	(39)
三、成条、并条原理	(41)
四、影响亚麻成条、并条质量的因素	(43)
五、亚麻粗纱	(45)
第四节 亚麻短麻工程	(50)
一、亚麻混麻加湿机	(51)
二、高产联梳机	(53)
三、亚麻精梳	(58)
第五节 亚麻细纱与干燥	(63)
一、亚麻细纱	(63)
二、亚麻细纱的干燥	(71)
第六节 亚麻纱性能指标及其测试	(73)
一、纱的细度	(73)
二、纱的匀细度	(74)
三、纱的捻度	(75)
四、纱的强度	(76)
五、纱的毛效	(77)
第五章 染整用水及表面活性剂	(78)
第一节 染整用水	(78)
一、染整加工对水质的要求	(78)
二、水的硬度	(78)
三、水的软化	(80)
第二节 表面活性剂	(83)
一、表面活性剂的结构和性质	(83)
二、表面活性剂的作用	(84)
三、表面活性剂的种类	(88)
第六章 亚麻纤维织物的前处理	(93)

第一节 概述	(93)
第二节 酸洗	(93)
一、酸洗的作用及其原理	(94)
二、酸洗的工艺	(94)
第三节 煮练	(94)
一、煮练的目的	(94)
二、煮练助剂及其作用	(95)
三、煮练工艺	(98)
四、煮练效果测试	(99)
第四节 漂白	(99)
一、次氯酸钠漂白	(100)
二、双氧水漂白	(101)
三、亚氯酸钠漂白	(103)
四、亚氧双漂	(104)
第五节 退浆	(104)
一、常用浆料及性能	(105)
二、退浆方法	(107)
第七章 染色相关知识及设备	(112)
第一节 染色的基础知识	(112)
一、相关概念	(112)
二、染色方法	(113)
第二节 染色的热力学知识	(114)
一、染料在染液中的状态	(114)
二、吸附的热力学概念	(116)
三、染料与纤维之间的作用力	(119)
四、水的结构与染色熵	(121)
第三节 染色动力学知识	(122)
一、扩散过程与扩散定律	(122)
二、扩散系数的计算方法	(123)
三、扩散的温度效应和扩散活化能	(124)
四、亚麻纤维的结构与扩散模型	(126)
第四节 亚麻染色产品的质量控制	(126)
一、染液浓度对上染速率的影响	(127)

二、温度对上染速率的影响	(128)
三、染浴 pH 值和电解质及表面活性剂对上染速率的影响	(128)
四、浴比对上染速率的影响	(128)
五、染液流动对上染速率的影响	(128)
第五节 染色性能指标的评定	(129)
一、上染百分率的测试与分析	(129)
二、上染速率曲线的绘制	(129)
三、匀染性的测定	(130)
四、染色牢度的测试	(130)
第六节 染色设备	(132)
一、散纤维染色机	(132)
二、纱线染色机	(132)
三、织物染色机	(134)
第八章 亚麻纤维织物的染色	(137)
第一节 还原染料染色	(137)
一、还原染料的结构特征	(137)
二、还原染料的染色方式	(138)
三、还原染料染色工艺	(139)
第二节 活性染料染色	(145)
一、活性染料的结构特征及其分类	(145)
二、活性染料与纤维素纤维的反应	(152)
三、活性染料的染色工艺	(155)
四、活性染料与亚麻等纤维素纤维形成共价键的稳定性	(159)
第三节 直接染料染色	(160)
一、直接染料的结构特征及其分类	(161)
二、直接染料染色机理	(161)
三、直接染料的染色工艺	(162)
四、亚麻纤维染色物耐水洗牢度的改善措施	(163)
第四节 计算机测配色系统在染色中的应用	(164)
一、计算机测配色系统	(164)
二、计算机测配色的步骤	(164)
第九章 亚麻纤维织物的特种染色	(169)

第一节 亚麻纤维织物的超声波染色	(169)
一、超声波及空穴效应	(169)
二、超声波染色机理	(170)
三、超声波染色工艺及优点	(172)
第二节 亚麻织物的电化学染色	(173)
一、电化学染色机理	(173)
二、电化学染色的优缺点	(174)
三、影响电化学染色的因素	(174)
第十章 亚麻纤维织物的整理	(176)
第一节 亚麻织物的定形	(176)
一、热定形的目的及机理	(176)
二、定形工艺及设备	(176)
第二节 亚麻纤维织物的柔软整理	(177)
一、柔软整理的目的	(177)
二、柔软整理剂	(178)
三、纤维纱线柔软性的测试	(178)
第三节 亚麻织物的防缩整理	(179)
一、亚麻织物的缩水机理	(179)
二、亚麻织物防缩的方法及原理	(180)
三、亚麻织物防缩整理设备	(180)
第四节 亚麻织物的防皱整理	(181)
一、亚麻织物防皱整理的概况	(181)
二、防皱整理剂	(182)
三、织物防皱性能评价指标与测试	(186)
四、机械性能指标的测试	(187)
第五节 亚麻织物的阻燃整理	(188)
一、阻燃整理机理	(188)
二、阻燃整理剂及其整理工艺	(190)
三、阻燃性能评价指标与测试	(193)
第十一章 亚麻纺织染整生产实例	(195)
第一节 粗纱的色纱生产	(195)
一、粗纱煮练工艺的设计和控制	(195)

亚麻纺织与染整

二、染色	(197)
第二节 麻和棉双层织物的设计与生产	(198)
一、前处理和染色	(198)
二、织造工艺	(199)
三、后整理	(201)
第三节 高档亚麻花式纱线面料和针织用纱的开发与利用	(201)
一、工艺路线的选择和优化	(201)
二、受控染色工艺	(203)
第四节 麻/棉和麻/粘纱染色	(205)
一、前处理加工	(206)
二、染色加工	(206)
参考文献	(208)

第一章 我国亚麻纺织染整行业的发展现状

亚麻纺织工业在国外是最古老的行业,但在我国却是一门新兴工业。我国纤维用亚麻的种植只有 90 年的历史,亚麻纺织工业的历史也只有 45 年。自改革开放以来,我国亚麻行业得到了迅猛发展,亚麻纺锭规模已跃居世界第二位,成为世界亚麻工业大国。

我国亚麻纺织工业虽然取得了很大成就,但目前仍面临原料发展滞后,产品单一,价格失控,染整不过关,国内市场开发落后,市场经营观念淡薄,企业经济效益较低等诸多深层次的矛盾。只有认真处理好这些矛盾,我国亚麻行业才能得以持续健康地发展。

我国年出口亚麻纱 20kt 左右,是世界亚麻纱出口大国。近年来,我国的亚麻纺织企业迅速发展,生产规模仅次于俄罗斯,居世界第二。

我国亚麻的种植条件良好,但原料生产却一直处于停滞状态,造成这种现象主要有三方面的原因:一是亚麻育种体系不健全,国内亚麻原茎的生产长期停留在每公顷 3750kg 左右,比世界发达国家的每公顷 7500kg 低 50%左右;二是长麻率低,国内亚麻长麻率只有 11%~13%,与世界的 17%~18%水平相差很多;三是国内亚麻梳成率为 45%,与世界平均水平相比低 10%~15%,而且强度不高,断头率高,难以生产细特纱。另外,国内种植亚麻的机械化程度低,80%以上的麻田靠人工收获,播种过程中种子损失率高达 10%左右,亚麻植株原茎产量低,纤维质量差,生产的高成本低效益已经成为制约中国亚麻原料的瓶颈。面对上面的现状,引进先进的技术和设备,广泛地开展国际合作,将会促进中国亚麻业发展和不断地壮大。

亚麻产品吸湿透气、爽身宜人、天然抑菌、抗辐射、无静电、有利健康,消费者渴望穿着使用,但现行的亚麻产品存在手感粗硬,穿着易起皱,洗涤后缩水率大、变硬,染色性差等缺陷,又让消费者敬而远之,因为它很难达到目前人们服饰审美习惯和人们追求产品内在质量和形式完美结合的要求。如何用高新技术弥补亚麻等天然纤维产品的缺陷,满足消费者的市场需求,成为当前最具经济价值与亟待解决的新课题。

鉴于以上原因,亚麻纤维织物的纺织和染整加工工艺都有待进一步的完善和提高。

从上面的分子结构中可以看出：

(1)纤维素大分子上的每个葡萄糖剩基上都含有 3 个自由存在的羟基,其中 2、3 位上的是仲羟基,6 位上的是伯羟基。不同位置上羟基的反应活性不同,它们可以发生如氧化、酯化、醚化以及交联接枝等反应,这对进行亚麻纤维素纤维的接枝改性,提高亚麻的染整加工效果是非常重要的。

(2)分子链最右端的葡萄糖剩基上含有一个潜在的醛基,使纤维素纤维表现出一定的还原性,且这种还原性会随着相对分子质量的减小而增强。

(3)纤维素大分子链节之间的苷键,在酸或高温的条件下,会发生水解,使分子链的聚合度下降,纤维的强力降低,引起纤维的物理机械性能发生变化。

(4)分子的直线性和平面性较强,这对于染色时以物理形式染着在纤维上的染料的固着是十分关键的。

纤维素纤维的分子结构决定了纤维本身的性能和亚麻纤维的染整加工过程。

三、亚麻纤维的超分子结构

目前有关亚麻纤维的超分子结构的资料很少。人们只能借助对棉纤维超分子结构的认识来了解亚麻纤维的超分子结构,因为所有纤维素纤维的超分子结构都大致相同。

纤维素纤维分子之间是通过氢键、范德华引力等作用相互连接成一个整体。纤维是由基本原纤即基础原纤组成的,基础原纤构成了微原纤,微原纤又构成了大原纤,大原纤以薄层状构成细胞壁的各个层次,于是形成了一个统一的韧皮纤维。而对纤维素大分子在纤维内部是如何排列的,目前有很多说法。现只介绍一下两相结构共存的体系。

前人在 X 射线研究结果的基础上认为,在纤维素纤维的高分子物中,既含有结晶部分,又含有无定形部分,而且纤维素大分子的分子长度要比结晶区的长度大。因此,一个纤维素纤维大分子可以交替穿过结晶区和无定形区,分子的末端可以停留在结晶区,也可以停留在无定形区。

结晶区是纤维大分子的某些部分与邻近大分子的一部分彼此之间相互作用,在空间按照一定的规则进行有规律的排列,分子之间的距离比气态物质分子之间的距离小得多,即使水分子这样的小分子都很难通过,分子之间的作用力很强,它们不能自由移动,只能在平衡位置附近振动,人们把这部分区域叫结晶区,又称为微胞、微晶体、晶区;而大分子的另一部分又与邻近分子的另一部分在空间上进行无规则的排列,分子与分子之间的距离较大,允许水等一些其他化学药剂的单分子通过,分子之间的作用力较弱,分子中的质点随着温度的升高,能量变大,可以绕动,但也不能像液体一样自由移动,人们把这部分区域叫无定形区,又叫非晶区。染整加工的过程就是化学药剂进入纤维无定形区并发生反应的过程。

以前人们往往认为无定形区分子以完全无规则的状态进行排列,实际上晶区和无定形区之间并不是完全截然分开的,而有一个过渡阶段。而这种过渡阶段可以用单位体积内所含分子间

键能或氢键数,即侧序度表示。一般都认为,在纤维素纤维中,原纤内或层内的分子排列有序性较高,也有人认为它们就是结晶的,但可能存在着一定的缺陷,如微细的裂缝和空洞,形成弱点。而原纤或层间属于非结晶的。而且一般认为纤维素大分子中只含有直链结晶,很少含有折叠链结晶。

纤维中大分子有序排列的程度也可以用取向度表示。所谓取向度是纤维的大分子链、链段或晶体轴顺着某一特定的方向进行有序排列的程度。但结晶度与取向度不同,取向度是一维或二维空间的,而结晶度则是三维空间排列的。纤维大分子有序排列的程度,影响纤维的物理机械性能和染整加工。通常纤维大分子有序排列的程度越高,纤维的强力越大,染料以及化学药剂越难对纤维进行加工;反之,纤维大分子有序排列的程度越小,分子之间的空隙越大,作用力越弱,纤维的强力越小,染整加工越容易进行。

不同纤维素纤维,其取向度、结晶度等超分子结构不同,见表 2-1。

表 2-1 不同纤维素纤维的结晶度和取向度

纤维	取向度/%	结晶度/%
亚麻	82±3	88
棉	60±2	70
苧麻	89±3	88~90

四、亚麻纤维的化学组成

亚麻纤维是植物纤维,其基本组成为纤维素,所以也叫纤维素纤维。纤维素纤维有很多种,如棉、亚麻、苧麻、黄麻以及粘胶纤维等再生纤维素纤维。这些纤维的主要组成部分虽然都是纤维素,但纤维素以及各种杂质的含量却有很大差别。

亚麻纤维属于植物纤维的韧皮部分,亚麻单根纤维是通过果胶、半纤维素、木质素连接在一起而形成的束状纤维。此外,还含有一些蜡质、色素以及无机盐和灰分等物质。通常把亚麻纤维中除了纤维素以外的部分叫纤维素的伴生物。研究这些物质,对于亚麻纤维织物的前处理具有相当重要的意义。

1. 木质素

目前单独对亚麻纤维中木质素进行研究的资料还很少见,下面有关木质素知识的介绍都是关于木材中木质素的知识,虽然与亚麻中的木质素会有一定差异,但对于亚麻纤维织物的染整加工仍具有十分重要的参考价值。

木质素在自然界中不是独立存在的。但至今未找出一种理想的能使分离出来的木质素与植物中原来的木质素相同的方法。人们用不同方法所提纯的木质素都不同程度地发生某种结构上的变化,而且分离提纯的方法不同,得到的木质素的结构也不同,因此提到木质素的时候,一般都应指出其提纯的方法。当前大多数人认为:从植物中除去水溶物、苯醇萃取物、纤维素与

其伴生物后剩余的物质就是木质素。

而且木质素也不是单一结构的化合物,而是复杂的芳香族的聚合物。木质素的结构比较复杂,一般认为它是苯丙烷单元构成的高分子聚合物。苯丙烷上的3个碳原子分别称之为 α 、 β 、 γ 碳原子。分子中含有多种官能团,如甲氧基、羟基、羰基等。

甲氧基($-\text{OCH}_3$):实验已经证实,甲氧基连接在芳环上,一般来说比较稳定,高温下,在碱性条件下,才能使甲氧基中的甲基脱去形成甲醇。

羟基($-\text{OH}$):一种是木质素苯环上的酚羟基,另一种为丙烷脂肪族的羟基。羟基对木质素的化学性质有很大的影响,然而测出的木质素中羟基的含量变化很大。这是由于木质素的化学性质不稳定。经不同的化学处理,木质素羟基变化了。温和条件下制备的盐酸木质素每5.0~5.3个木质素单元有一个酚羟基,木质素磺酸则每3.9个中有一个酚羟基。充分缩合的酸木质素,几乎没有酚羟基。

羰基($-\text{CO}-$):木质素的羰基主要位于脂肪链上,其他部分为酮基或醛基。因此木质素具有羰基的一些化学性质。

双键:已经确定木质素中含有不饱和的双键。

木质素中含有许多官能团,至于亚麻纤维中的木质素的结构是否如此,目前还尚未见诸报道。但相信至少其基本组成是一样的。由于木质素中含有许多官能团,这些基团的存在形式不同也决定了木质素具有不同的化学性质。

从以上可知,木质素是由丙烷单元通过各种类型的键连接而成的高分子,不同连接键所形成的木质素的反应性不同,就是同一个木质素分子,由于各个单元的连接键不同,也表现出一定化学性质的差异。化学反应过程中,有的表现得很活泼,可以发生键的断裂,有的化学性质却比较稳定。长期的研究表明,相同键的活泼性,还受木质素结构单元侧链对位游离酚羟基的影响。为此,许多科研人员把木质素结构单元分为酚型结构和非酚型结构来研究其不同的性能。

所谓的酚型结构单元:凡是木质素结构单元的苯环上含有游离酚羟基的叫酚型结构单元。其特点是结构单元苯环上含有游离的酚羟基,它能通过诱导效应使其对位侧链上的 α -碳原子活化,当发生化学反应时, α -碳原子反应能力比较强。如果 α -碳原子连接的是芳氧基、烷氧基时,这里的醚键很容易断裂,当断裂后,在 α -碳原子上存在羟基,其在化学反应时,极易再引起一些反应,并能引入一些离子,例如用亚硫酸盐进行煮练时,木质素酚型结构单元侧链上的 α 芳基醚将会断开,并在该位置上引入 HSO_3^- ,如果 α 位置上为羟基,则可直接在 α 位上引入 HSO_3^- 。可见,酚型结构单元很容易引起化学反应。

所谓的非酚型结构单元基团:人们把凡是木质素单元中不具有游离酚羟基,而是以酚醚连接到相邻的单元这类结构单元叫非酚型结构单元。非酚型结构单元的特点是苯环上的酚羟基上有了取代基,难以像酚羟基那样使 α -碳原子活化。因此非酚型单元中存在的 α -醚键、 β -醚键都比较稳定,或者说反应活泼性弱,即使 α 位置上是醇羟基,其反应能

力也比酚型结构的羟基小很多,如果 α -醇羟基又被醚化,则此位置就更难以发生化学反应。

因此,木质素的反应能力,与木质素的酚型和非酚型结构有很大的关系。如果使木质素大分子上含有更多的酚羟基或者尽量保护游离的酚羟基不发生缩合反应,将在很大程度上提高木质素的反应活泼性。

由于木质素分子中含有许多官能团和不饱和的化学键,且存在着酚型结构的苯环,因此总的来说,木质素的反应能力是非常强的,它能与含有 OH^- 、 SO_3^- 、 SH^- 、 S^{2-} 等的化学试剂发生反应,也能与一些离子发生取代反应。例如漂白中氯的取代反应;在氧化反应中,与各种不同的漂白剂,如次氯酸盐、亚氯酸盐、双氧水等都可以发生化学反应。

(1)木质素与亚硫酸盐的反应:中性亚硫酸盐与木质素的反应仅限于酚型结构单元,与木质素起主要作用的是溶液中的 HSO_3^- 离子。它使 α -碳原子的醚键断裂,生成 α -磺酸,因此在中性亚硫酸盐中进行沸煮时,木质素上 α -碳原子的磺化反应是一个非常重要的反应。

在该反应中,pH值的影响较大。当pH值低于7或等于7时,反应是很慢的,只有在中性的条件下才能生成 α -磺酸和 α 、 β -二磺酸等。木质素中的部分不饱和的羰基等化学结构也可以被磺化。木质素经过上述与中性亚硫酸盐反应后,会转变成水溶性,从而可以从亚麻纤维中水洗去除。

(2)与碱液的反应:高温下木质素能与氢氧化钠反应。在此反应中,木质素中的多种醚键如 α -芳基醚、 α -烷基醚、 β -芳基醚以及甲基芳基醚受羟基负离子的作用而断开,使木质素大分子发生降解,从而变成小分子的溶于水的物质而被去除。

(3)与氯的反应:木质素在含氯的水溶液或气态氯的作用下漂白,不但是造纸行业中漂白的基本反应,也是亚麻酸性漂白的重要反应。

氯在水溶液中会生成次氯酸离子、氯离子等。氯是一种强氧化剂,木质素与氯的反应主要有以下几方面的反应。

①苯环上的氯取代反应:这是氯水中的氯离子取代苯环上甲氧基的对位或邻位上的氢原子,其反应很快。

②木质素单元侧链上的氯取代反应:在氯水中,氯离子进攻苯环羟基对位的碳原子,可以取代脂肪族侧链,导致苯环与侧链的断裂,使木质素大分子降解成易溶的产物而易从亚麻纤维中水洗去除。

③木质素醚键的氧化断裂:在氯水中,氯离子能使木质素分子中的 β -芳基醚键氧化断裂,生成醌和相应的醇,而易从亚麻纤维中水洗去除。

④木质素脂肪族侧链脱落物的再氧化:木质素结构单元侧链的脱落物分子中含有原来的或者反应生成的醛基,在氯离子的进攻下,生成碳离子中间产物后,最终形成相应的脂肪族羧酸,转变成水溶性的物质,易被水洗而去除。