

高等学校轻工专业试用教材

制浆造纸工艺

华南工学院 天津轻工业学院 合编

华南工学院 主编

轻工业出版社

1
高等学校轻工专业试用教材

制 浆 造 纸 工 艺

华南工学院 天津轻工业学院 合编

华南工学院 主编

轻工业出版社

内 容 提 要

本书共分为二篇。第一篇制浆部分包括：造纸用植物纤维原料的结构及化学组成、主要化学成分；各种制浆方法；纸浆的洗涤、筛选、漂白；废液的处理及废纸的回收。第二篇造纸部分包括：纸料的制备、纸料的流送和上网；纸和纸板的抄造及加工纸的制造等。

本书适用于高等学校制浆造纸机械专业师生阅读，也可供制浆造纸工业技术人员、工人参考。

高等学校轻工专业试用教材

制浆造纸工艺

华南工学院 天津轻工业学院 合编

华南工学院 主编

*

轻工业出版社出版

(北京阜成路3号)

天水新华印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行

各地新华书店经售

*

787×1092毫米1/16 印张：26 1/16 插页：3 字数：590千字

1982年12月第一版第一次印刷

印数：1—6,000 定价：3.05元

统一书号：15042·1680

前 言

本书是按照轻工业部组织的全国高等院校制浆造纸机械专业教材编审委员会通过的《制浆造纸工艺》的编写大纲，由华南工学院和天津轻工业学院共同编写的。本书由华南工学院主编，并经编审委员会审定。是为制浆造纸机械专业设置的试用教材。

本书在编写中努力运用辩证唯物主义观点来阐述制浆造纸工艺过程的规律。在取材方面立足于我国生产实际，并努力反映国外制浆造纸工业的先进科学技术。根据制浆造纸机械专业对制浆造纸工艺的要求，扼要地阐述了制浆造纸工艺的基本理论、生产流程、生产方法以及工艺对设备的要求。在文字叙述上力求做到通俗易懂，便于学生自学。

全书教学时数为80学时，第一篇48学时，第二篇32学时。全书共分两篇十三章。第一篇由华南工学院李海芳编写。第二篇由天津轻工业学院孙德侠编写。全书由华南工学院曹希建主审。

本书在编写过程中得到轻工业部造纸科学研究所、天津造纸研究所、广州造纸厂、吉林造纸厂、天津造纸总厂、柳江造纸厂、岳阳造纸厂等有关单位的指导和帮助，在此表示感谢。由于水平有限，书中难免有一些不足之处，恳切地希望读者提出宝贵意见。

编者

目 录

第一篇 制 浆

第一章 造纸用植物纤维原料	(4)
第一节 概述.....	(4)
一、造纸用植物纤维原料的分类.....	(4)
二、造纸用植物纤维原料的细胞组成.....	(5)
三、植物纤维细胞的细胞壁.....	(5)
第二节 造纸用植物原料的组织结构与纤维形态.....	(7)
一、木材类.....	(7)
二、非木材类.....	(10)
第三节 植物纤维细胞的微细结构及其成分分布.....	(16)
一、植物纤维细胞的构造.....	(16)
二、细胞壁中的化学成分分布.....	(20)
第四节 造纸植物原料的化学组成.....	(20)
一 概述.....	(20)
二、造纸植物原料的化学组成.....	(22)
第二章 木素、纤维素和半纤维素的结构及其主要性质	(23)
第一节 木素.....	(23)
一、木素的基本特性.....	(23)
二、木素的元素组成及结构.....	(23)
三 木素的官能基.....	(26)
四、木素的化学反应.....	(26)
第二节 纤维素.....	(31)
一、纤维素的结构.....	(32)
二、纤维素的性质.....	(35)
第三节 半纤维素.....	(40)
第三章 备 料	(44)
第一节 非木材纤维原料的备料.....	(44)
一、非木材纤维原料的收集和贮存.....	(44)
二、非木材纤维原料的备料.....	(46)
第二节 木材原料的备料.....	(57)
一、原木的贮存.....	(58)
二、锯木.....	(59)
三、去皮.....	(60)

四、除节与劈木	(63)
五、削片	(63)
六、木片的筛选与再碎	(70)
第四章 机械法制浆	(73)
第一节 概述	(73)
一、机械木浆的分类	(73)
二、机械木浆的特性与用途	(74)
三、机械木浆的生产流程	(75)
第二节 木段磨木浆的生产	(76)
一、普通磨石磨木浆的生产	(76)
二、压力磨石磨木浆的生产	(87)
第三节 木片磨木浆的生产	(89)
一、木片磨木浆的优缺点	(89)
二、木片磨木浆的生产	(90)
三、木片磨木浆的磨解过程	(93)
四、影响木片磨木浆质量的因素	(94)
第五章 碱法制浆	(99)
第一节 概述	(99)
第二节 碱法蒸煮	(100)
一、碱法制浆常用术语	(100)
二、碱法蒸煮的生产流程	(101)
三、碱法蒸煮	(107)
第三节 碱法纸浆的洗涤	(122)
一、纸浆洗涤指标	(122)
二、纸浆洗涤与黑液提取的原理及洗涤方法	(124)
三、洗涤设备	(125)
四、纸浆洗涤生产流程	(128)
第四节 黑液中的碱和热能的回收	(129)
一 黑液的蒸发	(131)
二、黑液的燃烧	(139)
三、绿液的苛化与石灰回收	(142)
第六章 亚硫酸盐法制浆	(147)
第一节 概述	(147)
第二节 亚硫酸盐酸液的制备	(148)
一、酸液的组成和表示方法	(149)
二、塔酸制备流程	(150)
三、二氧化硫的制备	(150)
四、二氧化硫的吸收	(155)

五、亚硫酸盐蒸煮液的调制	(158)
第三节 亚硫酸盐蒸煮	(159)
一、蒸煮原理	(159)
二、蒸煮技术	(168)
三、酸性亚硫酸盐的蒸煮	(169)
四、亚硫酸镁盐的蒸煮	(170)
五、亚硫酸盐法连续蒸煮	(171)
第四节 亚硫酸盐纸浆的洗涤	(172)
第五节 亚硫酸盐蒸煮废液的回收	(172)
一、红液的化学与物理性质	(172)
二、亚硫酸镁盐蒸煮废液的回收流程	(174)
第七章 纸浆的净化与筛选	(177)
第一节 概述	(177)
第二节 纸浆的筛选	(178)
一、筛选设备简述	(178)
二、纸浆的粗选	(179)
三、纸浆的精选	(180)
第三节 纸浆的净化	(192)
一、纸浆的净化	(192)
二、影响净化的因素	(195)
三、纸浆的筛选和净化流程	(195)
第四节 纸浆的浓缩和浆渣的处理	(197)
一、纸浆的浓缩	(197)
二、浆渣的处理	(200)
第八章 纸浆的漂白	(201)
第一节 概述	(201)
一、漂白的目的与方法	(201)
二、漂白术语	(201)
第二节 化学浆的漂白	(202)
一、次氯酸盐漂白	(203)
二、二氧化氯漂白	(209)
三、化学浆的综合多段漂白	(214)
四、各种化学浆的漂白	(221)
第三节 机械浆的漂白	(224)
一、概述	(224)
二、漂白的方法	(225)
第九章 废纸制浆	(228)
第一节 概述	(228)

一、废纸的来源	(228)
二、废纸的分类	(228)
第二节 废纸的加工	(229)
一、废纸的碎解	(229)
二、废纸的疏解	(230)
三、废纸浆的净化、筛选与浓缩	(232)
第三节 废纸脱墨	(235)
一、脱墨机理及脱墨剂	(235)
二、脱墨的方法	(236)
三、脱墨纸浆的性质与用途	(239)

第二篇 造 纸

第一章 概述	(240)
第一节 纸、纸板和加工纸的分类和用途	(240)
一、纸、纸板和加工纸的分类和用途	(240)
二、纸和纸板的规格	(241)
第二节 纸和纸板的性能指标	(241)
一、纸和纸板的物理性能指标	(241)
二、纸的光学性能指标	(244)
三、纸张的印刷性能指标	(244)
四、纸和纸板的电气性能	(245)
五、纸和纸板的化学性质指标	(246)
第三节 纸和纸板的制造过程和方法	(246)
一、纸和纸板的制造方法	(246)
二、纸和纸板的湿法制造过程	(247)
第四节 常用纸张的性能、质量要求与用途	(247)
一、新闻纸	(247)
二、凸版印刷纸	(248)
三、胶版印刷纸	(248)
四、书写纸	(249)
五、打字纸	(249)
六、有光纸	(249)
七、邮封纸	(250)
八、牛皮纸	(250)
九、纸袋纸	(250)
十、玻璃纸	(251)
十一、蜡光纸	(251)
十二、卷烟纸	(251)

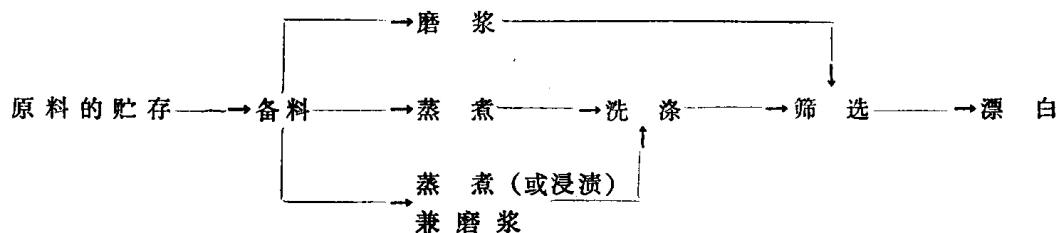
十三、植物羊皮纸	(252)
十四、草纸板	(252)
十五、白纸板	(252)
十六、箱纸板	(253)
第二章 纸料的制备	(254)
第一节 打浆	(254)
一、概述	(254)
二、打浆原理	(257)
三、打浆对纸张性质的影响	(261)
四、影响打浆的因素	(263)
五、打浆方式和方法	(267)
六、打浆设备	(269)
第二节 施胶	(276)
一、概述	(276)
二、纸内施胶	(277)
三、表面施胶	(285)
第三节 纸的填充	(289)
一、加填的目的和作用	(289)
二、填料的种类及性质	(289)
三、填料对纸页性质的影响	(290)
四、填料的留着率及影响因素	(291)
第四节 染色和调色	(293)
一、染色和调色的目的和调色原理	(293)
二、染料种类和性质	(294)
三、影响染色的因素	(295)
四、染色的方法	(297)
第三章 纸和纸板的抄造	(298)
第一节 概述	(298)
一、长网造纸机	(298)
二、圆网造纸机	(298)
三、造纸机的几个基本问题	(298)
第二节 纸料的准备	(302)
一、纸料的贮存	(302)
二、浓度的自动调节	(303)
三、配浆与调量	(305)
四、纸料的净化与筛选	(307)
五、纸料的除气	(309)
六、纸料配浆与净化流程	(312)

第三节 纸料的流送和上网	(312)
一、纸料的流体力学特性	(312)
二、流浆箱	(314)
三、新式的流浆箱	(322)
四、流浆箱堰口高度和上网压头高度计算	(322)
第四节 纸页的成形和脱水	(324)
一、概述	(324)
二、长网造纸机的网部	(326)
三、圆网造纸机的网部	(338)
四、纸页成形和脱水装置的新发展	(345)
第五节 纸页的压榨	(347)
一、概述	(347)
二、湿纸页的传递	(348)
三、压榨脱水的机理	(350)
四、压榨的类型和构造	(351)
五、压榨辊的中高和加压	(355)
六、影响压榨脱水效率的因素	(356)
七、造纸毛毯	(358)
第六节 纸页的干燥	(360)
一、概述	(360)
二、干燥对纸张质量的影响	(363)
三、烘缸干燥的机理	(365)
四、烘缸温度曲线和通汽方式	(367)
五、影响干燥效率的因素	(369)
六、加强干燥的措施及新型干燥法	(372)
第七节 纸页的压光和卷取	(373)
一、纸页的压光	(373)
二、纸页的卷取	(374)
第八节 纸页的完成及整理	(375)
一、概述	(375)
二、超级压光机	(375)
三、复卷机	(377)
四、卷筒纸的包装和封头	(378)
五、平版纸的切纸、选纸、数纸及包装	(378)
第九节 白水回收和浆水平衡	(379)
一、概述	(379)
二、白水回收的方法和设备	(380)
三、造纸车间浆水平衡的计算	(383)

第四章 加工纸	(386)
第一节 概述	(386)
第二节 涂布加工纸	(386)
一、概述	(387)
二、原纸的生产	(388)
三、涂布颜料的制备	(390)
四、胶粘剂及其他化学助剂	(392)
五、涂料液的调制	(396)
六、铜版纸的涂布	(397)
七、干燥与压光	(400)
八、其他涂布方式	(402)
第三节 变性加工纸	(403)
一、钢纸	(403)
二、植物羊皮纸	(406)
第四节 其他加工纸	(406)
一、浸渍加工纸	(406)
二、机械加工纸	(406)
三、贴合加工纸	(407)
主要参考资料	(407)

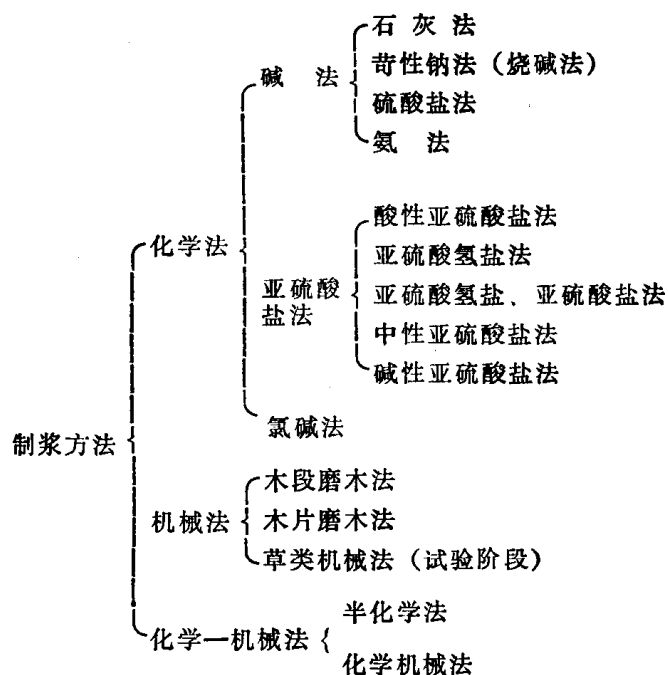
第一篇 制 浆

制浆是用化学的或机械的，或二者相结合的方法，使植物纤维原料分离成纤维的过程。基本程序是：



此外，还有蒸煮液和漂液的制备，废液中化学药品的回收及热能的利用，中段废水的处理和废纸回收等辅助过程。

制浆的方法很多，其分类大致如下：



各种制浆方法生产的纸浆按用生产的方法命名，称化学浆、机械浆、半化学浆、化学机械浆等。

或按所用原料命名为木浆、草浆、竹浆、苇浆、棉浆、麻浆等。

还可根据制浆方法和所用原料品种结合起来命名，如称硫酸盐木浆、硫酸盐草浆、硫酸盐苇浆，或亚硫酸盐蔗渣浆，硫酸盐蔗渣浆，机械木浆、机械草浆等。

各种制浆方法生产的纸浆有一定的得率范围，以木材原料为例：

纸浆种类	纸浆得率 (%)
化学浆	40~50
高得率化学浆	50~65
半化学浆	65~85
化学机械浆	85~90
磨木浆	90~95

以草类为原料生产的各种纸浆其得率范围一般都比相应的木浆低。

各种纸浆有不同的质量指标，可参阅部颁质量标准。

目前，在各类制浆方法中，发展最快的是硫酸盐法，在世界而言都已处于绝对优势的地位。

硫酸盐法成为生产化学木浆的主要方法的原因是：

(1) 原料的适应性广，纸浆强度比较高。

(2) 由于多段漂白技术的发展，使硫酸盐浆可漂至90度以上的白度，扩大了使用范围。

(3) 由于碱回收技术的完善，生产成本大大降低，黑液污染问题也大大减轻。

在我国硫酸盐法制浆同样是发展的方向，建国后新建的大型浆厂大都采用硫酸盐法。

但必须指出：硫酸盐法在化学木浆生产中虽占绝对优势，然而在化学草浆生产中却没有显示出来，这主要是由于草类原料在结构上及性质上和木材不同所致。因此，化学草浆的生产在国内外是采用苛性钠法，相反的国外在化学木浆的生产中苛性钠法已被淘汰。

石灰法是最古老的制浆方法，目前主要用来生产半化学草浆（如石灰煮稻草制黄版纸），或处理破布生产破布浆。它不适用于木浆生产。

氨法，目前仅用于草浆生产，且一般只生产半化学浆。

在亚硫酸盐法中，酸性亚硫酸盐法主要用于化学木浆的生产，而酸性亚硫酸钙盐法制浆已逐渐被淘汰，其主要原因有：

(1) 对材种的适应性差。

(2) 钙盐废液不能回收，污染问题不能解决。

(3) 浆料物理性能比硫酸盐浆低。

因而，在国外一些主要产纸国，许多工厂都纷纷改用镁盐或钠盐等可溶性盐基，以解决废液中化学药品的回收和对水体的污染，得以继续存在。

氯碱法，只用于生产化学草浆，由于污染严重也已逐渐淘汰。

在机械法制浆生产中，木段磨木法的生产仍占主要地位。而木片磨木法的生产目前有了很大的发展，从解决原料资源的观点来看，木片磨木法有着广阔的发展前途。由于木片磨木浆的质量比木段磨木浆好，故可减少新闻纸中化学木浆的配比。在某些国家已用100%热磨木片磨木浆抄新闻纸，并向着用于生产其他品种的纸张的方向努力。在我国，东北某厂也已采用预热木片磨木法生产木片磨木浆，这是广开材路，节约木材，降

低成本，增加新闻纸生产的重要途径。

本篇主要讲述各种制浆法。但因本专业没有设植物纤维化学课，故在讲述各种主要制浆法之前，先介绍植物纤维原料的基本知识，从而对造纸植物纤维原料的组织结构、纤维形态、化学组成以及它们的主要化学成分——纤维素，半纤维素和木素的基本结构和有关的化学性质有一个初步的认识，有助于从本质上认识植物纤维原料在制浆造纸过程中所发生的变化，加深对本课程的理解。

第一章 造纸用植物纤维原料

第一节 概 述

木材是造纸的重要原料。我国森林资源主要分布在东北、西南和内蒙古自治区；而中南及华东等省则有不少的人工林区。

东北四大林区（大兴安岭、小兴安岭、完达山和长白山）盛产白松（包括鱼鳞松、臭松和沙松）、红松和落叶松。阔叶木有白杨、青杨和桦木。

西南林区（四川岷江、大渡河、西昌地区和云南西南部）盛产冷杉、马尾松、云南松等。西藏山南地区的原始森林有喜马拉雅山松、白杨和桦木。

内蒙古自治区盛产西伯利亚松与桦木。

中南和华东地区的人工林区，产马尾松、桉树等速生材种。这些速生材种10年左右即可成材，是制浆造纸的好原料。目前已重视造纸速生材的培植工作，可有目的有计划地营造造纸速生材林场。

除此之外，我国还有许多非木材植物纤维原料资源，如西南地区的竹材；南方六省的蔗渣；两湖地区盛产的芦苇；遍布全国各地的大量的稻草、麦秆、高粱秆；以及芒秆、龙须草、桑皮和某些纸张需配用的部分破布纤维、棉短绒等，都是造纸的原料。

除上述原料外，目前世界各产纸国家都充分利用废材做制浆造纸工业的原料，主要是利用木材加工工业的废材。采伐废材的利用也正在发展中。

废纸也已成为造纸的重要的纤维原料。近年来世界各主要产纸国都非常重视废纸的回收和回用。世界六个主要产纸国家废纸回用率占纤维原料的23~45%（瑞典除外）。废纸浆的回用，既节约原料，又可减少污染，是造纸纤维原料的重要来源之一。

一、造纸用植物纤维原料的分类

制浆造纸工业所用的植物纤维原料种类很多，大致可分如下两大类：

（一）木材纤维原料类

- （1）针叶木：如云杉、冷杉、铁杉、红松、落叶松、马尾松、臭松、柏木等。
- （2）阔叶木：如白杨、桦木、栗木、枫木、槭木、榉木、桉木、南洋楹、木麻黄等。

（二）非木材纤维原料类

- （1）禾本科茎秆纤维原料类：包括多年生的竹、芦苇及一年生的稻草、麦秆、蔗渣、高粱秆、棉秆、麻秆等。

- （2）韧皮纤维原料类：包括通常称之为韧皮纤维的各种麻类，如亚麻、黄麻、苧麻、大麻、蓖麻皮、棉秆皮等；以及包括通常称之为树皮纤维的桑皮、构皮、楮皮、檀皮等。

(3) 叶部纤维原料类：如龙须草。

(4) 种毛纤维原料类：如废棉、棉短绒。

二、造纸用植物纤维原料的细胞组成

任何植物都是由无数的细胞所组成，这些细胞在植物生长过程中由于在植物体内的位置、机能和生理作用的不同，它们的形状和结构也很不相同。这些细胞是：

薄壁细胞：它的形状多种多样，有圆形、椭圆形和多面体。在植物生长过程中是有生活力的，它的功能是吸收和贮藏水分、矿质养料和有机养料，又能通过光合作用制造养分。这类细胞长度较短，且长度与宽度相差不多，在造纸工业上没有利用价值。

表皮细胞：存在植物体的表皮组织中，它的作用是保护植物体不受外界机械力或生物物的侵害。它存在禾本科植物中。而木本科植物中不存在表皮细胞。多年生植物的外皮由木栓细胞群和其他死细胞混合组成，即为植物的树皮，起保护树木的作用。

石细胞：存在植物的表皮组织中，是一种矿质化细胞，称硅细胞（它又属厚壁细胞），其主要成分为二氧化硅。

薄壁细胞、表皮细胞、硅细胞、筛管分子等在造纸工业上统称为“杂细胞”，在制浆过程中应尽量除去，若纸浆中的杂细胞含量过多，将影响纸的抄造性能及纸张性质。

厚壁细胞：它为丧失了生活力的死细胞，在植物体内起增进机械强度的功用，使植物具有一定的抗张强度、挠曲强度和耐压强度。如针叶木中的管胞，它又分春材管胞和秋材管胞两种，前者在春天生长形成，壁薄而柔软，后者在秋天生长形成，壁较厚。在阔叶木中的厚壁细胞有木纤维细胞和导管细胞。在禾本科植物中有纤维细胞。这些细胞在造纸工业上统称为“纤维细胞”（简称纤维），它们均为纸浆的基本成分。

三、植物纤维细胞的细胞壁

成熟的植物细胞如图1-1-1所示，它是由细胞壁和细胞腔所组成。在细胞生长期形成的细胞壁称为初生壁。在细胞停止生长以后，细胞壁继续往内加厚，此时形成的细胞壁称为次生壁。次生壁一般比较厚，可分为内、中、外三层，如图1-1-2所示，每层又由许多薄层所组成。

在细胞壁加厚的过程中，大部分得到加厚但仍有少部分没有加厚，因此在成熟的次生壁上留下许多凹穴，称为纹

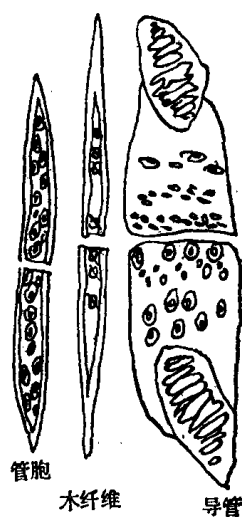


图 1-1-1 木材的几种细胞

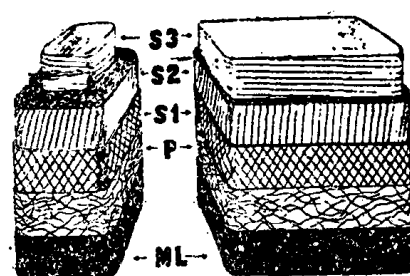


图 1-1-2 细胞壁的构造
ML—胞间层 P—初生壁 S₁—次生壁外层 S₂—次生壁中层 S₃—次生壁内层

孔。从上图1-1-1中可看到在普通显微镜中观察到的木材的纤维和导管,其壁上有很多小孔即为纹孔,若把纹孔用电子显微镜放大后的真实情况如图1-1-3所示,该图为我国桦木导管上的纹孔(放大6000倍)。

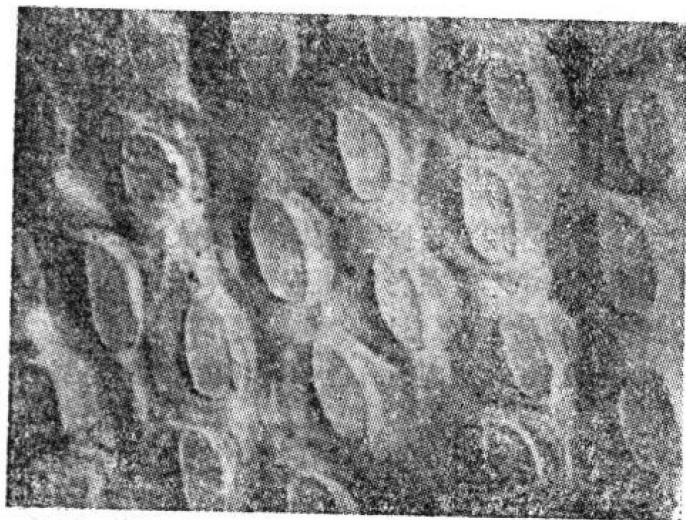


图 1-1-3 桦木导管上的纹孔

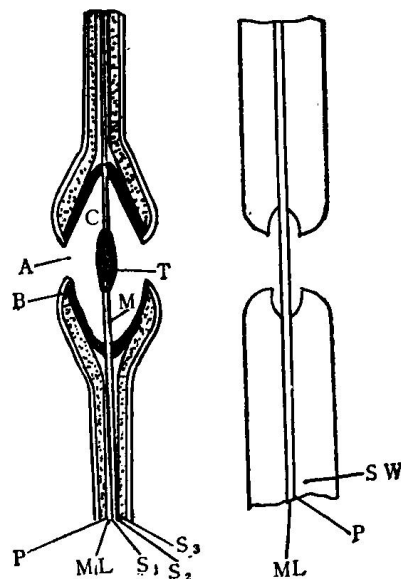


图 1-1-4 针叶木具缘纹孔对的结构示意图

T—纹孔托 M—纹孔膜 C—纹孔室 A—纹孔口
B—纹孔缘 ML—胞间层 P—初生壁 SW—次生壁
S₁—次生壁外层 S₂—次生壁中层 S₃—次生壁内层

一个纹孔基本上由纹孔室和纹孔膜所组成。图1-1-4表示相邻两细胞的横切面上的纹孔部分。两细胞次生壁的凹处即为纹孔室,纹孔膜位于一对纹孔之间,它由两细胞的初生壁和胞间层所组成,纹孔膜中具有初生性质加厚的纹孔塞。

纹孔主要有两种类型,即单纹孔和具缘纹孔。对于具缘纹孔,它的次生壁凸出在纹孔腔之上,组成纹孔缘,它的纹孔膜中间有初生性质加厚的纹孔塞。单纹孔则不具纹孔缘,也不存在纹孔塞。木材中纵向细胞和横向细胞上相连接的纹孔为交叉场纹孔,交叉场纹孔多为单纹孔。交叉场纹孔有圆形、椭圆形、窗格形等多种形式。交叉场纹孔形状和分布的特征,往往是鉴别针叶木的树种的主要依据。阔叶木的鉴别则主要由导管的特征来决定。

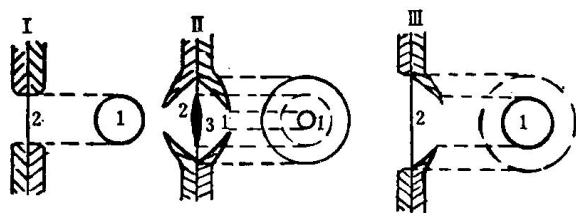


图 1-1-5 纹孔对的类型

I、单纹孔 1—纹孔腔 2—纹孔膜 II、具缘纹孔 1—纹孔口 2—纹孔膜 3—纹孔托 III、半具缘纹孔 1—纹孔口 2—纹孔膜

细胞壁上的纹孔通常与其相邻细胞壁上的纹孔组成一对的结构,称为纹孔对。从图1-1-5可看出:由两个具缘纹孔组成的称具缘纹孔对;由两单纹孔组成的称单纹孔对;具缘纹孔亦可以与一个单纹孔相遇,组成半具缘纹孔对。由于纹孔的成对出现,使木材在蒸煮时药液能从一个细胞通过纹孔对向另一细胞