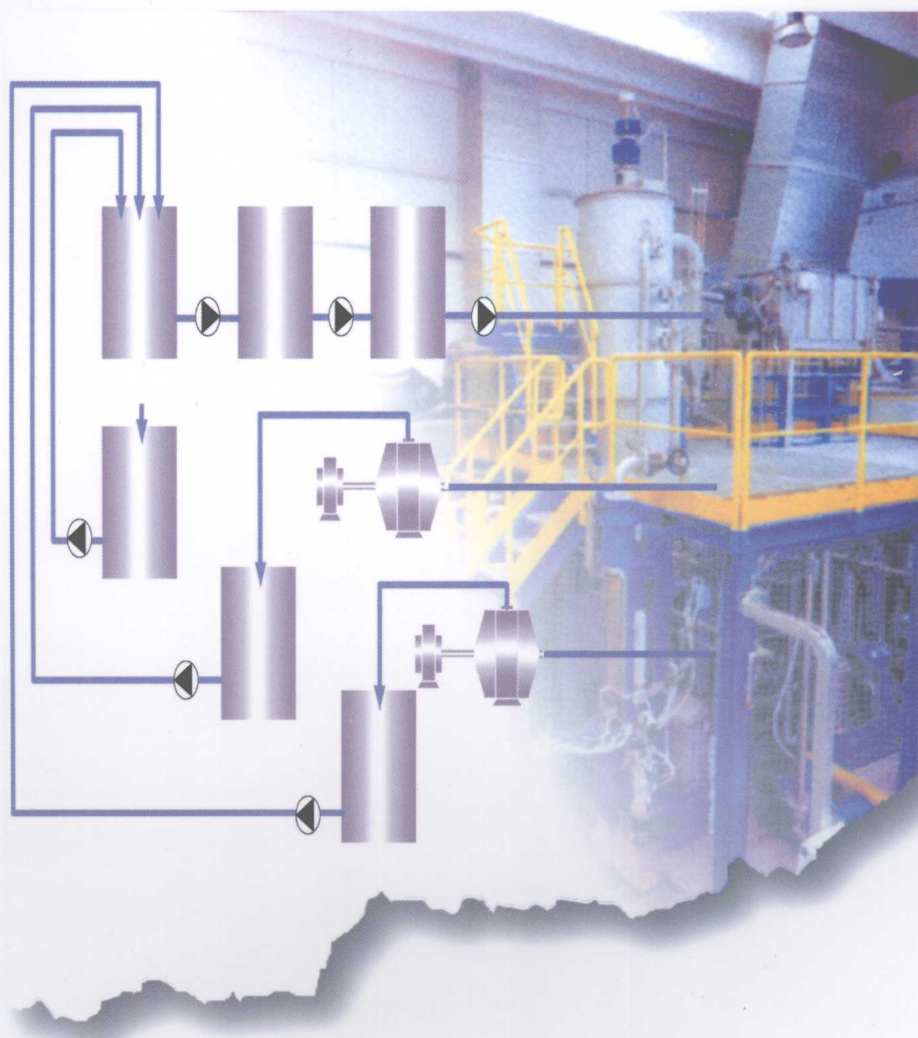


职业技术教育教材

制浆工艺及设备

邝守敏 主编

ZHIJIANG GONGYI JI SHEBEI



中国轻工业出版社

职业技术教育教材

制浆工艺及设备

邝守敏 郑荣辉 任敦銓 边 贵 编

邝守敏 主编

林育德 主审

 中国轻工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

制浆工艺及设备/邝守敏主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2008. 1

职业技术教育教材

ISBN 978-7-5019-2912-2

I. 制… II. 邝… III. ①制浆—生产工艺—技术教育—教材②制浆设备—技术教育—教材 IV. TS7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2000) 第 36189 号

责任编辑: 林 媛

策划编辑: 林 媛 责任终审: 滕炎福 封面设计: 赵小云

版式设计: 丁 夕 责任校对: 燕 杰 责任监印: 胡 兵

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 北京市卫顺印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 2008 年 1 月第 1 版第 4 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 24.25

字 数: 560 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-2912-2/TS·1764 定价: 48.00 元

读者服务部邮购热线电话: 010—65241695 85111729 传真: 85111730

发行电话: 010—85119845 65128898 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

E-mail: club@chlip.com.cn

· 如发现图书残缺请直接与我社读者服务部联系调换 ·

71005J4C104ZBW

职业技术教学教材指导委员会
制浆造纸专业建设指导委员会

主 任: 林润惠

副主任: 林育德

秘 书: 邝守敏

委 员: 边 贵 林永兴 李与文

董永丽 李土根 张 翼

王年安 刘一山

前 言

本书是根据职业技术教育发展的需要,在原郭广源主编,于维熙主审,成绵霞、任敦銮、张新平等编写的《制浆造纸工艺与设备》(上册)基础上,为职业技术教育制浆造纸专业编写的制浆工艺与设备教材,并经全国轻工职业技术教育制浆造纸专业建设指导委员会审定出版。

本教材力求做到系统性、理论性、实用性并重,突出职业技术教育的特点,在教学过程中,各学校可根据本地区制浆生产的实际情况进行选用。

本教材共分九章,其中绪论、第五章、第七章、第八章由邝守敏编写;第一章、第二章、第九章由郑荣辉编写;第三章、第六章由边贵编写;第四章由任敦銮编写。全书由邝守敏主编,林育德主审。

在编写本教材时参阅了大量有关书籍及资料,在此向这些作者一并深表谢意。

由于我们水平有限,教材中难免存在缺点和错误,敬请读者批评指正。

编者
2000.3

目 录

绪论	(1)
第一章 植物纤维原料	(3)
第一节 造纸植物纤维原料的分类	(3)
一、木材纤维原料	(3)
二、非木材纤维原料	(3)
第二节 植物纤维原料细胞的分类	(4)
一、纤维细胞	(4)
二、杂细胞	(4)
第三节 植物纤维原料主要化学组成	(4)
一、纤维素	(5)
二、半纤维素	(5)
三、木素	(5)
四、其它组分	(5)
五、工业分析中有关名词含义	(6)
六、主要功能基	(8)
七、各种原料的化学组成及组成特性	(8)
八、常用植物纤维原料的选择	(13)
第四节 植物纤维原料的生物结构和细胞形态	(14)
一、植物细胞与纤维	(14)
二、木材原料的生物结构和细胞形态	(14)
三、非木材原料的生物结构和细胞形态	(18)
第五节 植物纤维细胞的微细结构	(24)
一、细胞壁的结构和纹孔	(24)
二、细胞壁的微细结构	(25)
三、主要化学组分在细胞壁中的分布	(26)
第六节 植物纤维形态对纸张性能的影响	(26)
一、纤维长度、宽度、均一性和长宽比	(26)
二、细胞壁厚度和壁腔比	(27)
三、非纤维细胞含量	(28)
第三章 植物纤维化学概述	(29)
第一节 木素	(29)
一、木素的分离和测定	(29)
二、木素的化学结构	(30)
三、木素的物理性质	(33)

四、木素在制浆过程中的化学反应	(33)
第二节 纤维素	(41)
一、纤维素的分离和测定	(41)
二、纤维素的化学结构	(42)
三、纤维素的分子量和聚合度	(43)
四、纤维素间氢键结合与纤维素超分子结构	(44)
五、纤维素的物理性质和物理化学性质	(45)
六、纤维素的化学性质	(46)
第三节 半纤维素	(52)
一、半纤维素的分离与测定	(52)
二、半纤维素的化学结构	(53)
三、半纤维素的物理性质	(56)
四、半纤维素的化学性质	(56)
五、半纤维素与制浆造纸的关系	(57)
第三章 备料	(58)
第一节 概述	(58)
一、备料的目的与要求	(58)
二、备料的基本过程和方法	(58)
第二节 木材的备料	(59)
一、概述	(59)
二、贮木	(59)
三、去皮	(64)
四、锯木	(69)
五、去节与劈木	(70)
六、削片	(70)
七、筛选与再碎	(80)
八、木片的输送、计量和贮存	(83)
第三节 非木材纤维原料的备料	(84)
一、概述	(84)
二、稻草的备料	(85)
三、芦苇、芒秆等原料的备料	(92)
四、蔗渣的备料	(93)
五、竹子的备料	(97)
六、破布的备料	(98)
七、其它造纸原料的备料	(99)
第四章 碱法制浆	(100)
第一节 概述	(100)
一、碱法制浆的分类和特点	(100)
二、碱法制浆常用术语	(101)

三、碱法制浆生产流程	(103)
第二节 蒸煮原理	(104)
一、碱法蒸煮的浸透作用	(104)
二、碱法蒸煮的化学反应	(105)
第三节 蒸煮设备	(114)
一、间歇式蒸煮器	(114)
二、连续蒸煮器	(120)
第四节 蒸煮工艺技术	(126)
一、蒸煮操作过程	(126)
二、蒸煮工艺条件	(127)
三、蒸煮技术	(134)
四、蒸煮的工艺计算	(144)
五、蒸煮的技术经济指标	(148)
六、蒸煮技术的发展	(152)
第五节 纸浆的洗涤	(154)
一、纸浆洗涤指标	(154)
二、洗涤原理	(155)
三、洗涤方法	(157)
四、洗涤设备	(158)
第六节 碱回收	(172)
一、概述	(172)
二、黑液的蒸发	(176)
三、黑液的燃烧	(186)
四、绿液的苛化	(200)
五、石灰的回收	(209)
六、黑液的综合利用	(213)
第五章 亚硫酸盐法制浆	(214)
第一节 概述	(214)
一、亚硫酸盐法蒸煮液的组成及性质	(214)
二、亚硫酸盐法制浆的特点	(215)
三、亚硫酸盐法制浆的生产流程	(215)
第二节 蒸煮原理	(216)
一、概述	(216)
二、药液的渗透及影响因素	(216)
三、蒸煮过程脱木素化学	(218)
四、蒸煮过程碳水化合物的降解化学	(220)
第三节 蒸煮设备	(221)
一、蒸煮锅	(221)
二、循环系统	(222)

第四节 蒸煮操作与蒸煮技术·····	(222)
一、蒸煮操作·····	(222)
二、蒸煮技术·····	(225)
三、蒸煮示例·····	(228)
第五节 亚硫酸盐废液的回收及综合利用·····	(232)
一、亚硫酸盐废液的回收·····	(232)
二、亚硫酸盐废液的综合利用·····	(235)
第六章 机械法制浆·····	(239)
第一节 概述·····	(239)
一、机械浆生产概况·····	(239)
二、机械浆的种类、特点和用途·····	(239)
第二节 普通磨木浆·····	(240)
一、普通磨木浆的生产流程·····	(240)
二、磨木过程及原理·····	(241)
三、磨木设备·····	(243)
四、磨木过程的影响因素·····	(255)
五、磨木浆的质量检查和技术经济指标·····	(264)
第三节 褐色磨木浆·····	(264)
一、概述·····	(264)
二、汽蒸过程·····	(264)
三、磨木过程·····	(265)
第四节 木片磨木浆和预热木片磨木浆·····	(266)
一、概述·····	(266)
二、木片磨木浆的生产系统·····	(267)
三、磨浆设备·····	(269)
四、影响磨浆的因素·····	(271)
第五节 化学机械法制浆·····	(274)
一、概述·····	(274)
二、CTMP的生产流程·····	(275)
第七章 筛选与浓缩·····	(280)
第一节 纸浆的粗选·····	(280)
一、除砂·····	(280)
二、粗筛·····	(281)
第二节 纸浆的精选·····	(283)
一、筛选原理·····	(283)
二、精选设备·····	(283)
第三节 纸浆的净化·····	(289)
一、锥形除砂器·····	(289)
二、净化设备的改进·····	(291)

第四节 纸浆的浓缩与贮存	(291)
一、纸浆的浓缩	(291)
二、纸浆的贮存	(293)
第五节 筛选、净化流程的确定	(295)
一、确定工艺流程的原则	(295)
二、“段”与“级”的确定	(295)
三、几种筛选净化流程的讨论	(295)
第八章 纸浆的漂白	(297)
第一节 概述	(297)
一、漂白的目的与作用	(297)
二、漂白的的方法和漂白剂	(297)
三、漂白方法的发展	(297)
第二节 化学浆次氯酸盐单段漂	(298)
一、次氯酸盐漂液的组成与性质	(298)
二、次氯酸盐漂液的制备	(299)
三、次氯酸盐的漂白作用与控制因素	(301)
四、漂白设备	(303)
第三节 化学浆的多段漂白	(305)
一、纸浆的氯化	(305)
二、碱处理	(306)
三、补充漂白	(306)
四、漂白设备	(310)
第四节 高得率浆漂白	(314)
一、氧化型漂白剂	(314)
二、还原型漂白剂	(315)
第五节 纸浆白度的稳定	(317)
一、影响纸浆返黄的因素	(318)
二、稳定白度、减少漂白后返黄的方法	(319)
第六节 各种纸浆的漂白实例	(320)
一、化学草浆漂白实例	(320)
二、化学木浆漂白实例	(321)
三、机械木浆漂白实例	(322)
第七节 漂白技术新发展	(323)
一、多段漂白流程和工艺的改进	(324)
二、低污染和无污染漂白技术	(325)
三、其它漂白新技术	(328)
第九章 废纸制浆	(331)
第一节 概述	(331)
一、废纸制浆的意义	(331)

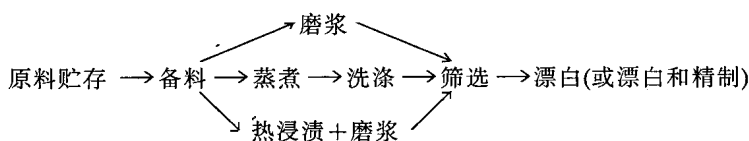
二、废纸制浆的特点和基本过程·····	(331)
三、废纸的分类与用途·····	(333)
四、废纸制浆的现状与发展趋势·····	(334)
第二节 废纸的碎解与疏解·····	(336)
一、水力碎浆机碎解·····	(336)
二、蒸煮碎解·····	(338)
三、废纸的离解工艺·····	(339)
第三节 废纸浆的筛选、净化和浓缩·····	(344)
一、筛选·····	(344)
二、净化·····	(347)
三、浓缩·····	(350)
第四节 废纸浆的脱墨·····	(352)
一、油墨的性质以及在废纸浆中的存在状态·····	(352)
二、脱墨原理和方法·····	(353)
三、脱墨剂的组成、作用和配方·····	(354)
四、洗涤法和浮选法脱墨·····	(359)
五、特殊油墨的处理·····	(365)
第五节 热熔胶的处理·····	(366)
一、热熔胶的来源与危害·····	(366)
二、热熔胶的处理方法·····	(367)
第六节 废纸浆的漂白和打浆·····	(369)
一、漂白·····	(369)
二、打浆·····	(370)
第七节 废纸制浆技术的发展·····	(371)
参考文献·····	(374)

绪 论

造纸术是我国古代四大发明之一,是对世界人类最伟大的贡献之一。

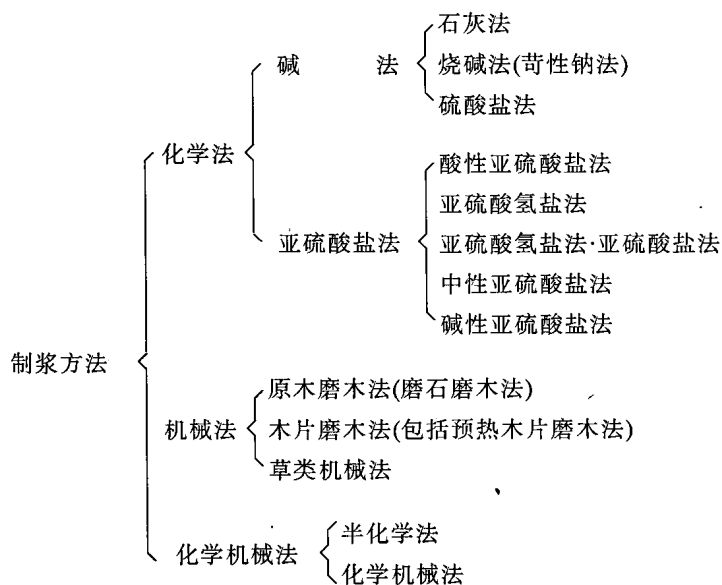
造纸术经过了近两千年的发展到今天,制浆造纸工业已成为我国国民经济的基础产业之一,是新闻出版、印刷、商品包装和其它工业领域等许多部门配套必用的重要原材料工业,与社会经济发展和人民生活息息相关。现在世界上已将纸和纸板的消费水平作为衡量一个国家现代化水平的重要标志之一。

制浆造纸分为制浆和造纸两大生产过程。制浆是指利用化学的方法或机械的方法或两者结合的方法,使植物纤维原料离解成为本色浆或漂白浆的生产过程。它由以下基本过程组成:



除了上述基本生产过程外,还包括一些辅助生产过程,如:蒸煮液的制备、漂液的制备、蒸煮废气和废液中化学药品与热能的回收利用以及废液的综合利用、中段废水(指浓缩机废水和漂白后洗涤废水)处理等。

将植物纤维原料离解成纸浆的方法有多种,由于方法不同,其生产过程和制成的纸浆的性能也有所不同。一般纸浆的品种的名称是按其所采用的制浆方法和原料名称来命名,现将各种制浆方法介绍如下:



化学法制浆是借助化学作用,通过除去植物纤维原料中的某些成分使原料离解成浆,是一种应用最广泛的制浆方法;机械法制浆是借助机械的摩擦作用使植物纤维原料离解成浆,

制浆过程中原料基本上没有化学成分的损失,浆料的得率高,但纤维较细小,耐久性较差;化学机械法制浆是用轻程度的化学处理再加以机械磨浆的方法,所得纸浆的性能介乎于化学浆与机械浆之间。

随着全球性对资源的再生利用和对环境保护的日益重视,一种利用二次纤维原料——废纸制浆已成为广泛应用的制浆方法,其纸浆主要用于生产包装用纸板,也可用于生产新闻纸、卫生用纸等。

我国制浆工业正向着这样的方向发展,重点发展高强度、高得率、高白度、低污染的制浆生产技术,以发展碱法制浆为主,适当发展化学机械制浆以及开发生物制浆;走林纸结合的道路,促使制浆原料实现以木为主、草木并举;发展精制草浆,重点解决草类纤维原料的备料、净化、漂白和碱回收的技术与装备;开发废纸脱墨、废水处理的技术与装备;发展大型制浆企业,研究低消耗的生产技术,提高污染治理的技术水平与能力,使制浆生产形成可持续的长足发展。

第一章 植物纤维原料

造纸用的原料主要是自然界中的植物纤维原料,但并不是所有的植物纤维原料都可以作为造纸原料,这主要取决于植物的来源、组成和其细胞形态等因素。其它种类的纤维,如动物纤维、矿物纤维、合成纤维、金属纤维等也可以用做造纸原料,主要是用于某些特殊用途的纸张的制造。人们生活中大量需求的书写、印刷、包装等用纸的主要原料是植物纤维原料。

本章介绍植物纤维原料的种类、化学组成、细胞形态、细胞壁结构及微细结构、各组分的主要化学性质等内容。为进一步学习制浆造纸原理,理解制浆造纸生产过程中每个环节上的机理和实施的工艺条件,及对制成纸张品质的分析,奠定专业知识基础。

第一节 造纸植物纤维原料的分类

造纸植物纤维原料的分类不同于自然界植物的分类,它只简单地分为两大类:木材纤维和非木材纤维。

一、木材纤维原料

木材纤维原料又可以分为针叶木和阔叶木。

1. 针叶木

绝大部分的叶状是尖细的,故称针叶木,因其质地较软又称为软木。如云杉、冷杉、落叶松、红松、马尾松、柏木等。

2. 阔叶木

阔叶木叶状是阔宽,故称阔叶木,因其质地较硬又称为硬木。如白杨、桦木、枫木、桉木等。

二、非木材纤维原料

它是指除木材外的所有造纸用植物纤维原料。

(1) 竹类: 如毛竹、慈竹、白夹竹、楠竹等。

(2) 禾草类: 如稻草、麦草、芦苇、甘蔗渣、高粱秆、玉米秆、棉秆等。

(3) 韧皮纤维类: 大麻、亚麻、黄麻、桑皮、构树皮、檀皮等。

(4) 叶纤维类: 龙须草、剑麻等。

(5) 种子毛: 如棉花、棉短绒等。

上述原料中非木材原料通常也称草类原料(除种子毛)。我国的森林资源缺乏,用于造纸的主要原料是草类原料。一般而言,作为造纸原料,木材原料优于草类原料,木材原料中针叶木又优于阔叶木。

第二节 植物纤维原料细胞的分类

植物细胞是构成植物体的结构单元。一个活的细胞是由外表很薄的细胞壁和包围在它里面的原生质体组成。植物之所以能生长是靠细胞数目和体积的增大。活细胞数目增大是靠细胞的分裂分生能力。细胞分裂首先是细胞核分裂,然后是细胞质分裂并生成新壁。细胞体积增大主要是原生质生命活动的结果。

另一方面,活细胞生长的结果是变成一个死细胞,此时,细胞核和原生质消失,其代谢的产物

是加厚的细胞壁,如图1-1示。

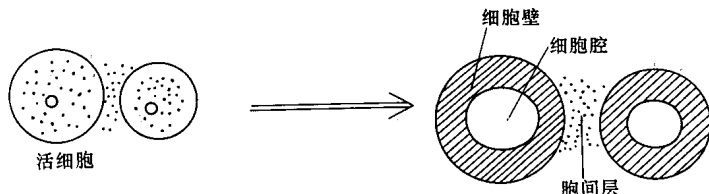


图 1-1 死细胞的形成示意图

这样,一个死的细胞是中空而壁厚的细胞。纸浆中各种形态的细胞均是死细胞。细胞与细胞之间的存在部分为胞间层。

不同种类的细胞,或同一种类的细胞,但处于不同的植物及植物的不同部位,其细胞的形态是不同的,即细胞的直径及长度大小不同,这将导致所抄造的纸的性质不同。因此,必须从造纸的角度把原料的细胞分类。

一、纤维细胞

所谓纤维,是指又纤又细的丝状物。纤维细胞是指两端尖锐,细长呈纺锤状的一类细胞,纤维细胞常简称为纤维。由纤维细胞的形态特征,不难推断,它具有较好的交织形成纸页的能力。就原料的质量而言,纤维细胞含量愈多,质量愈好,纤维细胞越细长,越有利于交织成纸页。

二、杂细胞

这是一类非纤维状细胞的总称,其形态特征是壁薄、腔大、长度短。壁薄易受化学、机械作用的破坏;腔大易吸收液体,使滤水性下降;长度短,交织能力差,成纸性能差。因此这类细胞于造纸无益,它在备料及生产过程中应尽量除去。但因上述参数(壁、腔、长度)是相对而言的,故纤维细胞和杂细胞之间没有截然的分界,因而有某些细胞其形态和性质会介乎上述两种细胞之间,如图1-2所示。

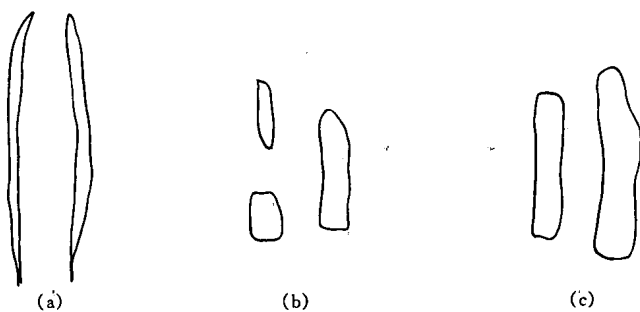


图 1-2 各种细胞形态

(a) 纤维细胞 (b) 杂细胞

(c) 某些介乎于(a)和(b)形态之间的细胞

第三节 植物纤维原料主要化学组成

不管是木材还是非木材造纸植物纤维原料,其主要化学组成皆是纤维素、半纤维素及木

素。纤维素和半纤维素是碳水化合物，木素是芳香族化合物。除此之外，还有少量其它组分对制浆造纸也有一定的影响。

一、纤 维 素

纤维素是不溶于水的均一聚糖，它是由 β -D葡萄糖基构成的链状高分子化合物。纤维素大分子中的葡萄糖基之间按照纤维素二糖联接(1-4 β 甙键)的方式连结。纤维素是构成植物细胞壁的主要成分，组成每个纤维素大分子的葡萄糖基数目称为纤维素的聚合度。天然纤维素的聚合度接近10000，草类原料的纤维素平均聚合度稍低些。经过蒸煮漂白等制浆过程，纤维素会降解，其聚合度降至1000左右。从造纸的角度来看，纤维素是在制浆过程应尽力保护的部分，以提高浆的得率和纸的强度。

二、半 纤 维 素

半纤维素是指除纤维素和果胶、淀粉以外的碳水化合物，它也是聚糖，但不同于纤维素。

(1) 是不均一聚糖。构成半纤维素的单糖，是两种或两种以上不同的糖基。

(2) 聚合度低。其聚合度比纤维素低得多，天然半纤维素大约只有200~500。

(3) 链状分子上有支链。主链的单糖主要有木糖、葡萄糖和甘露糖。支链主要的糖基有木糖、葡萄糖、阿拉伯糖、葡萄糖醛酸、半乳糖酸等。

(4) 其存在部位不同。半纤维素主要存在于细胞壁和胞间层间。

(5) 是一群物质的总称。各种植物纤维原料的半纤维素含量、组成和结构均不同，就是同一植物原料的半纤维素一般也含有多种结构。

半纤维素也是组成细胞壁的主要成分之一，它的存在对打浆性能和成纸性质有一定的影响，在制浆过程中也是应尽量保存的部分。

三、木 素

木素是芳香族高分子化合物，是由苯基丙烷结构单元通过碳-碳键和醚键连接而成的具有三维空间结构的高分子聚合物。不同原料木素分子的化学结构是不同的，甚至同一原料同一细胞的不同部位，木素的结构也有差异。因此，木素一词不是代表单一物质，而是代表植物中具有某些共同性质的一群物质。

木素存在于细胞壁和胞间层，在细胞壁中的含量不大，但木素存在的绝对量多；在胞间层的存在量不多，但其含量很高。所以木素是存在于胞间层中的最主要物质，它使细胞互相粘合而固结。因此要分离纤维细胞，就必须溶解木素，这是化学制浆的实质。按照被保留在纸浆中木素的含量，可将浆区分为软浆和硬浆。软浆残余木素含量较低，在2%左右；硬浆残余木素含量较高，在8%左右；半化学浆木素含量高达15%。而纸浆的漂白是在蒸煮的基础上尽可能少损伤纤维素和半纤维素的情况下，进一步处理残留在纸浆中的木素。

四、其 它 组 分

以上所述是组成植物细胞壁和胞间层的三大主要组成部分。除此以外，尚有其它少量组分，这些少量组分一般情况下在原料中含量不多，对整个制浆造纸生产过程不会造成不利的影响，一般不需加以特殊的处理，但个别含量较多或有特殊要求的纸张则必须采取措施将之除去。

1. 树脂、脂肪

一般原料中树脂、脂肪的含量较少,都在1%以下,但在松属木材中含量较多。它们的粘性较大容易粘结成团,粘在铜网、压辊和毛毯等部件上,对纸的抄造不利,留在纸中则易形成透明的树脂点,影响成纸质量。树脂和脂肪易与碱生成皂化物而溶于水中,所以树脂多的松木一般宜采用碱法制浆,若采用机械法和酸法制浆,则易造成树脂障碍。

2. 果胶、淀粉

淀粉易溶于水,果胶常以果胶酸盐的形式存在,被认为是灰分的载体,易被稀碱液溶出,因此它们对制浆造纸基本上不产生什么危害。

3. 单宁、色素

单宁含量也很低,且主要存在于树皮。色素是指原料中除木素、单宁等有色物质外,存在的极少量色素物质。一般情况下,它们对制浆造纸不产生危害。

4. 灰分

造纸植物纤维原料都有一定量的矿物质,燃烧后产生灰分。木材与草类的灰分含量和组成有较大的差别。

一般来说,木材灰分含量较低,多在1%以下。灰分的主要成分是 CaO 、 K_2O 、 Na_2O 。树皮的灰分含量稍高。木材中灰分常以果胶为载体。

草类原料的灰分含量较高,多在2%以上,稻、麦草灰分高达10%,且其主要组成为 SiO_2 。 SiO_2 对燃烧法碱回收相当不利,会产生多种危害,常称为硅干扰。

五、工业分析中有关名词含义

以上所述是构成植物纤维原料的化学组成,是从纯化学的观点来进行分析的。在工业生产中有时采用工业分析的方法来表示植物纤维原料的组分。

1. 综纤维素

它是指植物纤维原料中全部的碳水化合物的总量,即纤维素和半纤维素之总和,又称全纤维素。

测量综纤维素含量的原理,是先将原料中的少量组分用有机溶剂抽提除去,得到无抽提物的原料,然后用一定的方法将木素除去,这样剩下残渣就是综纤维素。

测定综纤维素的方法有:

(1) 氯化法: 经粉碎并抽提过的纤维素原料样品,先用氯气处理,然后用乙醇胺的乙醇溶液抽提,将氯化木素溶出,残渣就是综纤维素。

(2) 亚氯酸钠法: 用酸化的亚氯酸钠处理无抽提物的粉碎原料样品,使木素氯化而除去,得到的有少部分降解的碳水化合物产物就是综纤维素。

(3) 二氧化氯法: 用二氧化氯加碳酸氢钠的饱和溶液处理无抽提物的粉碎原料样品,把其中的木素氧化除去,得到的残渣就是综纤维素。

(4) 过醋酸法: 在醋酸溶液中加入醋酸酐和过氧化氢形成过醋酸溶液,用它处理无抽提物试样,将木素氧化除去。

上述方法中,除去木素的同时,往往有一部分综纤维素也被溶出,而保留的综纤维素残渣中又会保留少部分木素。制备综纤维素方法不同,残留木素的量和溶出的综纤维素程度也不尽相同,为便于进行比较,在报告综纤维素含量时,必须注明所采取的分析方法。表1-1为