

草类纤维原料低温快速 蒸煮原理及其生产实例

沈序龙 编写

学 术

草类纤维原料低温快速 蒸煮原理及其生产实例

沈序龙 编写

学术期刊出版社

1989·北京

内 容 提 要

本书是根据近年来我国草类制浆研究的最新成果和大量低温快速蒸煮的生产实践而编写的。全书共分七章。第一章简要介绍了草类纤维原料(稻麦草、龙须草、芦苇、荻、芒秆、蔗渣等)的一些显著特点;第二、三、四章分别简述了碱法、亚钠法、中性亚铵法蒸煮草类纤维原料的反应原理;第五章介绍了实行低温快速蒸煮的基础工作,着重介绍了备料;第六章列举了全国几十个低温快速蒸煮的生产实例;第七章分析、讨论了低温快速蒸煮的经济效益。全书以低温快速蒸煮工艺为核心,各章节之间具有较强的连贯性和系统性。

本书可供制浆造纸工业工程技术人员、管理干部、大中专院校师生阅读和参考。尤其是对我国中小纸厂的技术干部具有一定的技术指导作用。

草 类 纤 维 原 料 低 温 快 速 蒸 煮 原 理 及 其 生 产 实 例

沈序龙 编写 周志立 主审

责任编辑 王少湘

学术期刊出版社出版发行

北京海淀区学院南路86号

四川省郫县印刷厂印刷

《纸和造纸》编辑部经售

四川都江堰市四川轻工业学校

1989年2月第1版 开本: 787×1092 1/32

1989年2月第1次印刷 印张: 6.35

印数: 1—3200 字数: 137千字

ISBN7—80045—257—3/TS·1

定价: 3.30元

前 言

近年来，造纸界对草类纤维原料特点及其低温快速蒸煮原理的研究进展迅速，取得了显著成绩。大量的生产实践充分证明：低温快速蒸煮工艺不增加设备投资，适宜于各种草类纤维原料和多种制浆方法，一般纸厂都可采用；实行低温快速蒸煮可大大缩短蒸煮时间，提高浆料得率和浆料质量，降低各种原料消耗，显著提高企业的经济效益。因此，低温快速蒸煮工艺具有切实可行的推广价值，对其进行系统介绍和深入研究，必将为这项新技术更广泛地推广应用和进一步发展奠定基础。

本书在编写过程中参考和引用了国内外、特别是国内作者的一些宝贵资料，在此谨表示衷心的感谢。

本书在编写过程中，周志立副教授给予了精心指导和热情帮助，并担任全书的主审工作。陈嘉翔教授、李元禄教授、张祁年高级工程师、饶继质高级工程师精心审阅书稿，提出了许多宝贵意见。参加本书审稿的还有：李汝栋高级讲师、马在智高级讲师、陶厚基高级工程师、黄国光高级讲师、谈明安高级工程师、李文定高级工程师和曾启璞高级工程师。四川造纸学会常务理事吴开圻同志对书稿提出了有益见解。

在本书的出版、发行过程中，得到蔡为民、陈万萍、邹德琼、王虹等同志大力支持，在此谨致谢意。

由于编者水平和条件所限，书中错漏和不当之处难免，敬希专家、读者批评指正。

编 者

一九八八年十一月于成都

目 录

第一章 草类纤维原料的特点.....	(1)
第一节 概述.....	(1)
第二节 草类纤维原料特点.....	(3)
一、稻草、麦草.....	(5)
二、龙须草(蓑草).....	(8)
三、芦苇、荻、芒秆.....	(10)
四、蔗渣.....	(13)
第二章 草类原料碱法蒸煮反应原理.....	(18)
第一节 蒸煮常用名词术语.....	(19)
第二节 蒸煮反应机理.....	(23)
一、蒸煮过程中的物理机理.....	(23)
二、蒸煮过程中的化学变化.....	(24)
第三章 草类原料亚钠法蒸煮反应原理.....	(37)
第一节 概述.....	(37)
第二节 蒸煮药液.....	(38)
第三节 蒸煮反应机理.....	(39)
一、蒸煮过程中的物理机理.....	(39)
二、蒸煮过程中的化学变化.....	(39)
第四章 草类原料亚铵法蒸煮反应原理.....	(42)
第一节 概述.....	(42)
第二节 亚铵蒸煮常用名词术语.....	(44)
第三节 蒸煮反应机理.....	(45)

一、蒸煮过程中的物理机理.....	(45)
二、蒸煮过程中的化学变化.....	(45)
三、亚铵草类蒸煮特点.....	(47)
第五章 低温快速蒸煮的基础工作.....	(50)
第一节 概述.....	(50)
第二节 备料.....	(52)
一、稻、麦草的备料.....	(54)
二、龙须草的备料.....	(70)
三、苇、荻、芒秆的备料.....	(72)
四、蔗渣的备料.....	(81)
五、一些草类常用备料流程.....	(88)
第三节 球外预浸渍.....	(97)
一、螺旋预浸器的设备特征.....	(98)
二、预浸渍对蒸煮的影响.....	(99)
第四节 严格生产管理.....	(106)
第五节 实行有效的微机自控.....	(107)
一、间歇蒸煮过程程序控制原理简介.....	(107)
二、蒸球蒸煮曲线微机控制系统实例.....	(110)
第六章 低温快速蒸煮生产实例.....	(125)
第一节 概述.....	(125)
第二节 烧碱法蒸煮实例.....	(126)
一、蒸煮稻草.....	(126)
二、蒸煮麦草.....	(127)
三、蒸煮龙须草.....	(131)
第三节 硫酸盐法蒸煮实例.....	(131)
一、蒸煮稻草.....	(132)

二、蒸煮麦草	(133)
三、蒸煮龙须草	(138)
四、蒸煮苇、荻、芒秆	(144)
五、蒸煮蔗渣	(150)
第四节 烧碱—蒽醌法蒸煮实例	(154)
一、蒸煮麦草	(154)
二、蒸煮龙须草	(161)
三、蒸煮荻、苇	(163)
第五节 碱性亚钠法蒸煮实例	(165)
一、蒸煮稻草	(166)
二、蒸煮麦草	(170)
第六节 碱性亚钠—蒽醌法蒸煮实例	(172)
第七节 中性亚钠法蒸煮特点	(177)
一、粗浆得率较高	(177)
二、较短时间内可以成浆	(177)
三、浆料滤水性较好、易漂	(178)
第八节 中性亚铵法蒸煮实例	(179)
第七章 低温快速蒸煮的经济效益	(182)
第一节 概述	(182)
第二节 蒸煮实例效益分析	(183)
第三节 结论	(197)
参考文献	(200)

第一章 草类纤维原料的特点

第一节 概 述

我们将稻草、麦草、龙须草、芦苇、荻、芒秆、蔗渣等称为草类纤维原料。

我国草类制浆造纸工业在长期的实践中积累了丰富的经验，取得了巨大成就，成为世界最大的草浆生产国家。据1984年统计数字表明，世界草浆产量约为730万吨，我国草浆产量约为390万吨（含稻麦草浆、荻、芦苇浆、蔗渣浆），占世界草浆产量的53.4%，居世界第一位，而同年我国全部纸浆产量为535万吨（居世界第七位），草浆占总纸浆的72%以上。由此可见，草类制浆在我国造纸工业中占绝对优势，加速草类制浆造纸技术的开发和进步，是我们造纸工作者面临的光荣职责。

从造纸工业发展的长远观点看，我国必须遵循草木并举，逐步增加木材比重的原料方针，最终走上以木材制浆造纸为主的道路。这个结论是在充分总结历史经验教训之后得出来的，不能动摇。然而，我国的客观现实告诉我们，以非木材纤维原料制浆造纸仍是今后若干年我国造纸工业的主要特色，充分开发、利用非木材纤维原料，是一个长时期的历史任务，是这一代和下一代的造纸工作者努力的重点方面。

大家知道，草类制浆造纸技术历史悠久而进展迟缓。

草类原料的利用为时很早，一种说法是始于二世纪中叶，即我国造纸技术发明之后；另一种说法是始于我国唐代，还有一种说法是始于我国宋代。这些说法目前尚无定论，但无论如何，草类原料的利用至少已有一千多年的历史，因而其历史源远流长。然而，草类制浆的技术进步却相当缓慢，落后于木材制浆造纸技术，更落后于其他传统工业，如印刷、火药（发展领域已十分广阔，纵深很大）导航、机械制造等等。因此，草类制浆造纸技术可以说是造纸工业中的薄弱环节（当代新技术革命的某些倡导者称世界整个造纸工业为“夕阳工业”），这种说法并不过分。为什么呢？草类制浆虽有悠久的历史，但对其纤维的微观结构，木素、灰分等成分在细胞壁上的分布、各组分之间的结构关系以及化学制浆的机理和反应动力学等的认识，直到近年才基本清楚，从而初步明确了草类化学制浆中的纤维解离点；草类制浆长期处于高碱量，高温高压，长时间的间歇蒸煮、间歇漂白等间歇主产方式，直到本世纪五十年代后期，快速连续蒸煮技术才在世界上一些国家逐步推广开来，而我国拥有大小造纸企业近10000家（截止1985年末仅乡镇造纸企业就有6172家，基本上是以草类为原料的制浆造纸厂），大部分为草类浆纸厂；草类制浆黑液，长期普遍处于既不回收化学药品，又不回收热能，任意排放，污染水质的高污染负荷状态。近年来，回收技术和回收经济价值问题才基本得到解决，草浆漂白也长期处于自然漂白及单段次氯酸盐漂白的简单工艺阶段，也只是近年借助于木浆多段漂白技术，才使草浆有可能达到高白度的质量要求；草浆的打浆长

期处于不合理状态，目前才基本明确了草浆的打浆特性；对草浆的洗涤和抄造也有类似的发展认识过程。另外，关于蔗渣的除髓，早在本世纪初已经认识到其重要性，然而通过几十年的努力，才于六十年代真正从工艺上和设备上解决了蔗渣除髓的技术问题，从而大大加快了蔗渣广泛用于制浆造纸工业的步伐，目前印度、马来西亚、古巴等国家和地区的蔗渣制浆造纸技术已经取得了重大发展。

认识是行动的指南，理论是实践的指导。本书的目的是介绍和推广草类纤维原料的低温快速蒸煮工艺，提高草类制浆的质量。而本章的意图则是简要介绍近年来国内外造纸界对草类纤维原料特点和草类制浆蒸煮反应机理的比较统一的认识和研究成果，从而为实践中的低温快速蒸煮技术提供基本的理论依据。

第二节 草类纤维原料特点

造纸用的植物纤维简单说就是植物内部细而长，有较大的长宽比例的细胞。对木材而论，针叶木中的纤维是指细而长的管胞，管胞在针叶木中占90%以上，管胞纤维细长，平均长度在3毫米以上，长宽比在60以上，杂细胞较少，是造纸的上佳原料。阔叶木中的纤维是指纤维状管胞、导管状管胞、导管分子和韧性纤维，纤维的平均长度为0.8~1.3毫米，长宽比较小，一般为43~65，杂细胞含量较多一些，约20%左右，也是造纸的好原料。

就细胞形态而言，相对于木材，草类纤维细胞的比例较少，仅占有所有细胞总面积的46~65%左右，而杂细胞的数量很多，特别是禾本科植物，种类不同，产地不同或植物生长部位不同，其差别都很大。如稻草杂细胞的含量高达54%，麦草37.9%、龙须草29.5%、荻29.3%、芦苇32.4%、蔗渣30.4%；纤维的平均长度：稻草为0.92毫米，麦草为1.32毫米，甘蔗渣1.73毫米，龙须草为2.1毫米，芦苇为1.12毫米、荻为1.36毫米，芒秆1.64毫米。可见，草类纤维的纤维长度大大小于针叶木而与阔叶木相近，有的还比阔叶木长；草类纤维细胞，长宽比多在105以上，龙须草的可达225以上，一般是针、阔叶木的2~4倍，但比麻类小。

就植物结构看，木材组织紧密，草类疏松。草片的比重为60公斤/米³，而木材为160公斤/米³；草类的比表面积比木材大很多，如稻草为144厘米²/克，麦草为166厘米²/克，而木材仅为8厘米²/克。由于草片比容、比表面积大，结构疏松，使草片与热碱液相遇后，能迅速软化，可在40~45秒钟内吸收草片本身重量3倍以上的药液量。

在化学组成方面，草类纤维原料具有以下特点：

纤维素的含量与针叶木、阔叶木差别不大，一般都在70%左右；半纤维素的含量一般都高于木材，就聚戊糖含量而言，针叶木最低，在10%左右，阔叶木较高，在20%左右；禾本科植物几乎都超过20%，有的竟高达32%，木素含量针叶木最高，大多数在30%左右，阔叶木次之，一般为20~24%，草类木素含量很低，多数在20%左右，稻草最低，约10%；灰分含量针叶木最低，在0.66%以下，阔叶木次之，在1%以下，草类的灰分含量最高，大多在3.6%以

上，最高的是稻草，可达16%。灰分中的 SiO_2 含量很高，稻草节中的灰分含89.5%的 SiO_2 ，这使得草浆黑液的碱回收遇到很多困难；1% NaOH抽出物，针叶木在13%左右，阔叶木大多数在20%以下，而一年生禾本科植物多超过35%，主要是草类含有较多的碱易溶半纤维素和碱易溶木素。

造纸纤维原料的化学成分随原料品种、产地和植物的生长部位不同而不同。原料的化学成分选择和评价原料质量的重要指标，也是确定制浆造纸工艺的重要根据。一般说来，在同样的条件下，纤维素含量高的原料质量较好，成浆得率较高；木素含量较高的原料，蒸煮比较困难；树脂含量（常用有机溶剂抽出物表示）较高的原料不适于采用酸法制浆，它易出现树脂障碍；灰分含量较高的原料，容易造成黑液碱回收困难。草类原料在与木材存在明显差别的同时，其中各自也有一定的差异，下面将分别介绍稻草、麦草、龙须草、芦苇、荻、蔗渣等几种主要草类纤维原料的植物结构、纤维形态、化学组分上的特点，以便对各类原料有更具体的认识，从而在生产中制定出适宜于各种原料的制浆造纸工艺，尤其是对低温快蒸工艺的制定具有指导意义。

一、稻草、麦草

（一）植物结构、纤维形态上的特点

稻草为一年生植物，秆直立，高一米左右（短秆稻约0.5~0.6米），其秆直径约4毫米左右，秆壁厚约1毫米，腔径较大。茎的表皮下面由4~6层厚壁纤维细胞组成纤维组织带，向内为基本组织的薄壁细胞。维管束排成两圈：

外圈呈扁圆形，嵌埋在背状突起的纤维组织内，内圈较大，呈椭圆形，维管束外面有1~2层纤维细胞组织的维管束鞘。

稻草纤维较短，其纤维平均长度为1毫米左右，宽度8微米左右，胞壁上有明显的纹孔或不甚明显的纹孔，胞腔较小，约占细胞总数的46%。薄壁细胞含量高达46%，因其在植物体中的部位不同，形状变化较大，大多数为非杆状薄壁细胞。导管有螺纹、环纹及孔纹三种。孔纹导管平均长0.4毫米左右，宽约40微米。表皮细胞中的长细胞多为锯齿状，齿端或不甚尖削，或边缘平滑，约占细胞总数的6.2%。

稻草浆中不定形的细小细胞较多，这是稻草较突出的特征。稻草非纤维细胞含量很大，约占各细胞总面积的54%，其中尤以细碎不整的薄壁细胞最多，这是稻草浆滤水性不好、质量较差的主要原因，草叶、草节、草穗中的非纤维细胞较茎部多，纤维也较短。稻草茎秆壁较薄，结构疏松而且木素含量较少，故蒸煮时药液易于浸透，容易蒸煮成浆，也容易漂白。草节组织坚实、不易蒸解，这是造成漂白草浆黄尘埃多的主要原因之一。

由此可见，稻草纤维特征是薄壁细胞细碎，表皮细胞齿峰较平，齿形小，无杆状细胞。

稻草纤维形态特点（与木材纤维比较）见表1—1所示。

用于制浆造纸的小麦茎秆，为一年生植物，茎秆直立，其秆高可达1米以上，茎秆直径3~4毫米，秆壁厚0.3~0.4毫米，腔径很大。

麦草纤维较稻草纤维长而粗，其长度平均为1.5毫米，宽14微米，壁厚3微米，纤维细胞壁上有明显的横节，含量

约62.1%。薄壁细胞无纹孔而有网状，其形状多为杆状及枕头状，约占30%，其中杆状薄壁细胞约占非纤维薄壁细胞总数的50%左右。导管有螺纹孔、环纹及纹孔导管三种。表皮细胞的长细胞一部分的边缘平滑，纹孔不明显，另一部分边缘为浅波浪状，有很显著且数目较多的单纹孔，约占2.3%。麦草与稻草相比，没有不定形的小细胞，非纤维细胞的含量也较少。麦草纤维特征是，纤维较粗大，表皮细胞大，其宽度和纤维细胞类似，锯齿长短不齐，齿峰尖削。

麦草的木素含量一般比稻草高，蒸煮较稻草难。麦草草节与稻草草节一样，不易蒸解，但麦草草节比重较大，可采用风选方法将其与草秆分离，这样，纸浆质量有些提高。麦草的纤维形态特点（与木材纤维相比）也见表1—1所示。

表1—1 稻麦草纤维形态特点（与木材相比）

项 目 原 料	长度（毫米）		宽度（微米）		长宽比	非纤维细胞含量*（%）
	平均	一般	平均	一般		
稻草	0.92	0.47~1.43	8.1	6.0~9.5	114	54.0
麦草	1.32	1.03~1.60	12.9	9.3~15.7	102	37.9
马尾松	3.61	2.23~5.06	50.0	36.3~63.7	72	1.5
白皮桦	1.21	1.01~1.47	18.7	14.7~22.0	65	—
桉木	0.68	0.55~0.79	15.8	13.2~18.3	43	17.6

注：非纤维细胞含量用面积法测定

（二）化学组成上的特点

稻麦草木素含量较针叶木低，接近阔叶木的低值，其中稻草秆木素含量最低，但其草叶、草穗木素含量却很高。

聚戊糖含量稻麦草比针叶木高得多，相当于阔叶木的高值。

纤维素含量稻麦草远低于木材原料，而热水抽出物和1%氢氧化钠抽出物含量比木材高。

灰分的含量，稻麦草远远高于木材原料，特别是稻草含量更高，稻草中尤以草叶、草穗更高；灰分中 SiO_2 的含量很高。稻麦草化学组成见表1—2所示。

表 1—2 稻麦草化学组成的特点（与木材比较）

项 目 原 料	灰分 (%)	热水抽出 物 (%)	1 % NaOH 抽出物 (%)	木 素 (%)	聚戊糖 (%)	硝酸乙醇 纤维素 (%)
泥田稻草茎秆 (浙江)	13.39	—	45.31	11.66	22.45	39.12
沙田稻草 (浙江)	16.79	—	50.06	8.32	20.15	37.58
小麦茎秆 (河北)	6.04	23.15	44.56	22.34	25.56	40.40
欧洲山杨 (河北)	0.32	3.46	15.61	17.10	22.61	43.24
日本柳杉 (浙江)	0.35	2.96	21.28	32.47	11.86	48.37

二、龙须草（蓑草）

（一）植物结构、纤维形态特点

因产地不同，纤维形态和植物结构各异。皖西大别山区的龙须草高度在0.4~1.3米，平均高度1米以上，直径1~1.5毫米，丛生，呈圆筒形，中空，内有泡状物，壁厚为0.3毫米左右。这与湖北、广西、四川等地龙须草不同，

湖北、广西、四川龙须草一侧有纵沟，而大别山区的为圆筒形，中空，内有泡状物；大别山区龙须草纤维平均长1.26毫米，平均宽5.56微米，长宽比为225，约为稻麦草的2倍、阔叶木的4倍、针叶木的3倍；杂细胞含量为20%，较四川、湖北、广西所产龙须草为多。龙须草纤维细胞含量占细胞总数的70%左右，纤维细胞细长柔软，部分纤维无横节纹；薄壁细胞占10%，表皮细胞约10.7%，龙须草的杂细胞总共约占细胞总面积的30%（以表皮细胞为主），较其他草类纤维原料的杂细胞含量少，这是其主要特征之一。安徽农学院鉴定认为，皖西（大别山区）龙须草为“正宗”龙须草，湖北、广西、四川等地龙须草是“正宗”龙须草的变种。龙须草的纤维形态特征见表1—3所示。

表 1—3 龙须草纤维形态特征（与木材相比）

原 料 名 称	长度（毫米）		宽度（微米）		长宽比	非纤维细胞含量%
	平均	一般	平均	一般		
湖北龙须草	2.10	1.34~2.85	10.4	8.3~12.7	202	29.5
四川龙须草	1.70	—	9.4	—	181	—
广西龙须草	1.75	—	10.4	—	168	—
皖西龙须草	1.26	—	5.6	—	225	20
山杨	0.86	0.65~1.14	17.4	14.7~23.5	50	23.3
红松	3.62	2.45~4.10	54.3	39.2~63.8	67	1.83

（二）化学组成上的特点

龙须草的木素含量低，一般在12~13.5%，最高

16.4%，比稻草稍高，远低于木材、麦草、芦苇、荻、芒秆、蔗渣等；聚戊糖含量与稻草等草类和阔叶木接近，低于麦草，远高于针叶木；纤维素含量较高，与针、阔叶木相当，高于其他草类原料；灰分含量较高，仅低于稻草而高于其他草类和大大高于木材，因此龙须草黑液中硅含量较高，给碱回收带来一定困难。龙须草化学组成特点见表1—4。

表 1—4 龙须草化学组成的特点（与木材相比）

项 目 原料产地	灰 分 (%)	热水抽出 物 (%)	1% NaOH 抽出物 (%)	木 素 (%)	聚戊糖 (%)	纤维素① (%)
湖北龙须草	4.39~ 6.04	7.26~ 9.01	34.61~ 38.66	13.35~ 13.77	21.25	55.23~ 58.78
四川威远龙须草	5.84	9.42	44.22	12.20	21.46	54.8②
四川三台龙须草	6.43	13.87	43.14	14.29	24.52	47.28
皖西龙须草	4.33	15.81	48.08	16.40	16.50	47.06
广西龙须草	6.09	—	43.80	12.62	22.75	44.53
内蒙落叶松	0.33	1.93	13.03	27.44	11.27	52.55
内蒙桦木	0.82	2.36	21.20	23.91	25.90	53.43

注：①指纤维素含量为克贝纤维素；②指为次氯酸钠法测定。

三、芦苇、荻、芒秆

（一）植物结构、纤维形态上的特点

芦苇、荻、芒秆是一些类似的多年生草本植物，芦苇和荻常生于河旁、池塘边及沼泽地等，在盐碱地也能生长，产