

职业技能鉴定培训用书

—— 造纸行业

制浆工艺与技术

韩金梅 主编



化学工业出版社

职业技能鉴定培训用书——造纸行业

制浆工艺与技术

韩金梅 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

(京)新登字 039 号

图书在版编目(CIP)数据

制浆工艺与技术/韩金梅主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 11

职业技能鉴定培训用书——造纸行业

ISBN 7-5025-6218-4

I. 制… II. 韩… III. 制浆-职业技能鉴定-自学参考资料 IV. TS74

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 109477 号

职业技能鉴定培训用书——造纸行业

制浆工艺与技术

韩金梅 主编

责任编辑: 陈 丽 王秀鸾

文字编辑: 林 媛

责任校对: 陶燕华

封面设计: 蒋艳君

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京红光印刷厂印刷

北京红光印刷厂装订

开本 850mm×1168mm 1/32 印张 9 $\frac{3}{4}$ 字数 261 千字

2005 年 1 月第 1 版 2005 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-6218-4/TS·210

定 价: 26.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

制浆造纸工业在我国国民经济中占有重要地位。近年来随着科学技术的发展,我国制浆造纸企业整体水平有了较大的提高。先进的工艺、技术与设备要求工人有较高的文化素质及操作水平。为了适应和配合这种形势的发展,我们编写了《制浆工艺与技术》教材。

《制浆工艺与技术》全书共分八章,编写中注意突出以下三个特点。

(1) 融合了本行业国内外先进的技术、新型成熟的设备以及与之相配套的操作。使之有一定的前沿性。

(2) 由于制浆造纸厂职工原来所学专业不一,理论水平参差不齐,本书从植物纤维原料及植物纤维素化学开始,较全面介绍了制浆造纸所用原料的化学组成、结构、性质、用途等,为后序工段的学习打下基础。使之增强了系统性。

(3) 考虑到造纸企业职工培训的时间特点,书中尽量做到层次清晰、简洁明了、好教易学。使之体现了可行性。

本书第一章、第三章~第八章由韩金梅编写,第二章由赵超编写。全书由秦梦华教授主审,谨此衷心感谢。

本书可作为制浆造纸行业高职高专、中专、技校学生教学用书,也可作为相关企业技术工人、技师的培训教材以及制浆造纸行业职工自学参考书。由于水平有限,疏漏和错误之处在所难免,敬请读者批评指正。

编者

2004年10月

目 录

绪论	1
一、本课程的性质和内容	1
二、纸浆的用途及纸的分类	1
三、制浆工艺过程	3
四、我国制浆工业现状及发展方向	3
第一章 植物纤维原料	5
第一节 植物纤维原料的分类	5
第二节 植物纤维原料的细胞种类	5
一、植物体的结构	5
二、植物体内细胞的种类	7
第三节 植物纤维原料的化学成分	8
一、纤维素	8
二、半纤维素	9
三、木素	9
四、其他少量组分	9
第四节 植物纤维细胞及细胞壁的结构	10
一、植物细胞的结构	10
二、植物纤维细胞壁	10
三、纹孔	13
第五节 常用的几种植物纤维原料	14
一、木材纤维类	14
二、禾本科茎秆纤维类	19
三、韧皮纤维类	26
四、叶纤维类	28
五、棉花及棉短绒（种籽毛纤维）	29

第六节 常用植物纤维原料的选择	30
一、纤维原料的化学组成	30
二、纤维原料的纤维形态	30
三、其他方面	31
思考题	31
第二章 植物纤维中化学组分的结构及性质	33
第一节 纤维素	33
一、化学结构	33
二、性质	35
三、纤维素与制浆造纸的关系	42
第二节 半纤维素	43
一、化学结构	43
二、性质	44
三、半纤维素与制浆造纸的关系	46
第三节 木素	47
一、化学结构	47
二、性质	49
三、木素与制浆造纸的关系	60
第四节 其他少量组分	61
一、脂肪	61
二、淀粉	62
三、果胶	65
四、单宁	66
五、树脂	67
六、色素	67
七、灰分	67
思考题	68
第三章 备料	69
第一节 稻、麦草备料	69
一、稻、麦草的贮存	69

二、稻、麦草备料流程	71
第二节 木材的备料	80
一、原木的贮存	80
二、原木的备料流程	82
第三节 其他原料的备料	93
一、芦苇、荻苇、芒秆的备料	93
二、竹类的备料	96
三、甘蔗渣的备料	96
四、麻类及棉秆的备料	99
五、破布类的备料	99
思考题	99
第四章 化学法制浆	101
第一节 概述	101
一、制浆方法简介	101
二、化学法制浆分类	101
第二节 碱法制浆	102
一、碱法制浆分类及特点	102
二、碱法制浆工艺流程	103
三、蒸煮术语及计算	103
四、蒸煮理论	105
五、蒸煮设备及操作	118
六、碱法制浆的特点及发展	131
第三节 亚硫酸盐法制浆	134
一、概述	134
二、蒸煮液的制备	136
三、蒸煮理论	147
四、蒸煮设备	152
第四节 废液回收及综合利用	154
一、黑液的碱回收	154
二、红液回收	189

三、废液的综合利用	190
思考题	193
第五章 高得率浆	194
第一节 机械法制浆	194
一、概述	194
二、机械浆的种类	194
三、机械浆的特点及用途	194
四、磨石磨木浆	195
五、木片磨木浆	206
第二节 化学机械法制浆	213
一、碱性过氧化氢化学机械浆	214
二、化学热磨机械浆	220
第三节 半化学法制浆	221
一、化学处理	221
二、磨浆	221
三、半化学法制浆实例	221
思考题	222
第六章 纸浆的洗涤、筛选、净化与浓缩	224
第一节 概述	224
第二节 纸浆的洗涤	224
一、洗浆的目的	224
二、洗浆的原理	224
三、影响洗浆的因素	225
四、洗浆方法	226
五、洗浆常用术语	227
六、洗浆设备	229
第三节 纸浆的筛选	239
一、筛选目的	239
二、筛选流程	239
三、筛选设备	240

四、筛选流程的确定.....	246
第四节 纸浆的净化.....	247
一、锥形除砂器.....	247
二、跳筛.....	248
第五节 纸浆的浓缩与贮存.....	248
一、纸浆的浓缩.....	248
二、纸浆的贮存.....	251
思考题.....	253
第七章 漂白	254
第一节 概述.....	254
一、漂白的意义.....	254
二、纸浆颜色的来源及漂白原理.....	254
三、漂白方法及漂白剂.....	255
第二节 化学浆的次氯酸盐漂白.....	255
一、次氯酸盐漂液的制备.....	255
二、次氯酸盐漂白原理.....	259
第三节 化学浆的 C-E-H 三段漂白	264
一、纸浆的氯化.....	264
二、碱处理.....	267
三、次氯酸盐补充漂白.....	268
四、C-E-H 三段漂白设备	268
第四节 化学浆的无元素氯及全无氯漂白.....	272
一、无元素氯漂白技术.....	272
二、全无氯漂白.....	275
第五节 高得率浆的漂白.....	279
一、高得率浆漂白方法的选择.....	279
二、高得率浆的过氧化氢漂白.....	279
三、连二亚硫酸盐漂白.....	281
第六节 纸浆返黄机理及处理方法.....	284
一、返黄概念.....	284

二、纸浆返黄的原因.....	284
三、减轻返黄的措施.....	285
思考题.....	286
第八章 废纸制浆	287
第一节 概述.....	287
一、废纸制浆的意义.....	287
二、废纸的概念及分类.....	287
三、废纸制浆基本流程.....	288
第二节 废纸制浆生产工艺.....	289
一、贮存.....	289
二、挑选.....	289
三、碎解.....	289
四、除砂.....	291
五、疏解.....	292
六、筛选.....	293
七、热熔胶的处理.....	294
八、脱墨.....	295
思考题.....	299
主要参考文献	300

绪 论

一、本课程的性质和内容

制浆工艺与技术就是介绍纸浆完整的生产过程，以及在这个过程中的概念、反应原理、设备、操作、计算等方面的内容的一门专业课。制浆造纸工业属传统大工业生产，它的工艺过程涉及多个学科领域，综合性很强，因此，制浆工艺与技术内容丰富，也较复杂。

二、纸浆的用途及纸的分类

众所周知，造纸术起源于我国，是中国古代劳动人民智慧的结晶。众多考古和研究证明，东汉时期的蔡伦造纸被认为是最早的造纸术，蔡伦也被称为造纸的祖先。而纸的生产过程包括制浆、造纸两大部分，造纸必须先制浆。因此，制浆过程对纸的生产起着重要作用。

原始的造纸术是通过碾压，揉搓树皮、麻头、破布等制成浆，再用竹帘捞成纸页，这就是最早的制浆造纸工艺，制浆是采用人工的作用将植物纤维原料搓成纸浆，使纤维离解。当然，分散性较差，浆料粗糙，捞成的纸平滑度也差，但这是最基本的制浆过程。至今，所有的制浆方法，都是通过不同的途径将原料中的纤维分散，使其解体，离解成浆。如化学法制浆，它是通过化学药液在高温高压下蒸煮植物纤维原料，使其离解；半化学法和化学机械法是通过先轻微蒸煮原料，再用机械的力量撕磨成浆；而机械法是利用机械力量将原料磨成浆。相同的原料采用不同的制浆方法，生产出的浆不同；而不同的原料采用相同的制浆方法生产的浆也不一样，要视生产的纸种而定。为了满足各种纸的需要，就要生产不同质量的纸浆。

目前，纸的种类主要有以下几类。

(1) 文化用纸 这类纸张产量最大, 适用范围广。如人们所熟知的新闻纸、印刷纸、书写纸、打字纸、有光纸、描图纸、晒图纸、图画纸等。这类纸张的人均消费量在一定程度上可反映一个国家文化教育的发展水平。

(2) 生活用纸 满足人民日常生活的需要是造纸工业的重要任务之一。如各种生活日用品包装纸、食品包装纸、卷烟纸、卫生纸等都是人们日常生活不可缺少的物品。近代, 用造纸法生产的无纺布, 可供医疗部门、旅馆、饭店作一次性使用的工作服、内衣、床单、拭布、台布、窗帘布、餐巾等。生产无纺布, 这是造纸技术的一种新动向。

(3) 工农业技术用纸 为工农业生产服务, 提供工农业技术配套所需的纸和纸板, 是造纸工业所承担的又一个重要的任务。就此而论, 造纸工业还具有生产资料工业的性质。工农业技术用纸品种繁多, 如: 在机械工业中, 有钢纸、衬垫纸、防潮纸、精密仪器包装纸、三清滤纸等; 在电气工业中, 有电缆纸、电容器纸、云母带纸、电气绝缘纸、青壳纸、浸渍绝缘纸板等; 在化学工业中, 有纸袋纸、电解石棉纸、感光材料包装纸、耐酸过滤纸、耐碱过滤纸等; 在建筑工业中, 有墙壁纸、油毡纸、防火纸板、屋顶纸板、塑料贴面纸板和地板纸板等; 在纺织工业中, 有纱锭纸、棉条筒钢纸板、压光纸板等; 在卫生部门, 有脑电图纸、心电图纸、药棉纸、纱布纸和膏药代布纸、水溶性药纸等; 在邮电部门, 有电话纸、打孔电报纸及传真纸等; 在农业生产中, 有育苗纸、稻谷包装纸、蚕种纸、饼肥草纸、杀虫纸等。

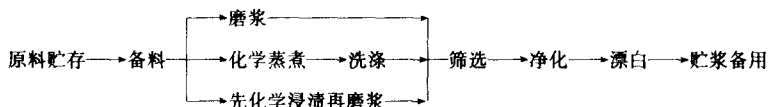
(4) 科学技术用纸 科学技术(包括国防科技)的发展要求具有各种特殊性能的技术加工纸, 如耐低温、耐高温绝缘性能; 对微细粒子(几微米)的过滤性能; 纸面涂层对电、力、热、磁、光射线有高灵敏性能; 防火、防水、防潮和水溶性能等。这类专用的技术加工纸, 其品种数量将随科学技术发展的需要而不断地增加。

(5) 包装材料 作为商品包装材料是扩大纸和纸板用途的一个重要方面, 如以纸箱代替木箱包装, 有成本低、质量轻、运输方

便、节约木材等好处；纸与塑料、金属、纺织品等结合所制造的复合纸，使商品包装的范围从固体扩大到包装炼乳、糖浆等液体商品。在某些国家作包装材料用的纸和纸板所占的比重很大，达到了总产量的 50% 左右。

三、制浆工艺过程

制浆原料种类繁多，不同的纸对浆的要求也不一样，但不论是采用什么原料，生产哪种纸浆，其基本过程可概括如下：



四、我国制浆工业现状及发展方向

进入 21 世纪，随着科学技术的发展，制浆造纸工业也跨入快速发展的自动化时代。

从原料结构来看，随着纸的产量和质量提高，造纸用植物纤维原料日趋紧张，迫使人们在保护生态平衡的前提下，开发利用各种可用的原料资源，以木材为主，发展速生树木，提高废纸回收利用率，因地制宜发展禾草类原料。从制浆方法看，在以化学法制浆为主的基础上，大力发展高得率浆。而化学制浆目前仍以碱法为主，如木浆以硫酸盐法为主，草浆以烧碱法为主，并趋向于制备深度脱木素的纸浆，以减轻后续工序的污染。近年来高得率浆得到了快速发展，如化学预热机械浆（CTMP）、预热机械浆（TMP）及近来发展的杨木碱性过氧化氢化机浆（APMP）。从漂白工艺来看，在 C-E-H 三段漂的基础上发展无元素氯及全无氯漂白，减轻漂白废水的污染。制浆造纸生产废水一直是环境污染的重要来源之一，其有机污染占整个环境有机污染的一半左右。制浆中的蒸煮废液、中段水、纸机网下白水是三大废水源。处理碱法废液主要是采用碱回收，木浆的碱回收已较成熟，草浆的碱回收也在不断完善。中段水的处理主要是采用物理、化学、生物法结合的方法，已经有成熟的工艺。处理网下白水主要是采用物理、生物结合的方法。处理后的水可直接回用到生产中。

在我国制浆造纸工业快速发展的同时，也存在许多困难和挑战，为满足高档纸的要求必须提高木浆产量。近年来，虽然木浆生产比例逐年增加，但外购木浆的量仍然很大，逐步增加木材及废纸比重是我国造纸工业的原料方针。近几年，废纸用量不可忽视，我国废纸用量从 1995 年的 810 万吨增加到 2001 年的 1638 万吨，五年翻一番，发展速度越来越快。目前，林纸一体化、营造造纸速生林在各地兴起。我国造纸原料结构会更合理，造纸业会成为名副其实的绿色产业。

第一章 植物纤维原料

第一节 植物纤维原料的分类

“纤维”在制浆造纸工业中是指长宽比较大、纤细的丝状物。由于其形态的特征，容易相互交织而形成纤维薄层，即通常所说的纸页。造纸工业纤维主要来源于植物纤维原料。纤维是构成植物纤维原料的主体，也是制浆中力求得到的成分。目前应用于制浆造纸的纤维原料种类繁多，按造纸工业原料的传统分类方法，造纸植物纤维原料可分为以下几类。

① 木材纤维原料 包括针叶木，如云杉、冷杉、臭杉、马尾松、落叶松、红松等；阔叶木，如白杨、青杨、桦木、枫木、桉木、桉木等。

② 草类纤维原料 如稻草、麦草、芦苇、芦竹、甘蔗渣、高粱秆、玉米秆等。

③ 竹类纤维原料 如慈竹、毛竹等。

④ 韧皮纤维原料 如大麻、亚麻、黄麻、桑皮、棉秆皮、构树皮等。

⑤ 叶纤维原料 如龙须草、剑麻、菠萝叶等。

⑥ 种子毛纤维原料 如棉花、棉短绒等。

除植物纤维外，有时在生产某些特种纸时，还配用少量其他纤维，如动物纤维，包括羊毛、蚕丝；矿物纤维，包括石棉、玻璃纤维；合成纤维，包括尼龙、聚丙烯腈、聚酯。

第二节 植物纤维原料的细胞种类

一、植物体的结构

从植物的结构来看，大多数植物体可分为根、茎、叶三部分。

大部分植物纤维原料都是用它的茎秆制浆（叶纤维类、韧皮纤维、种子毛纤维除外）。茎秆部分含纤维细胞较多，但由于在收割时不可避免混入植物的叶子等其他部分。因此，研究植物各部分的结构以及细胞种类，是制浆造纸原料选择的基础。植物的叶部其功能是为植物体制造营养成分。叶肉细胞为壁薄、含汁、有生命的细胞，一般较短，呈圆形或椭圆形。除此之外尚有起支承作用的叶脉，由纤维状细胞组成。叶的表面都有一薄层为了防止水分过分蒸发和起保护作用的表皮细胞，表皮细胞常分泌蜡质使细胞角质化，减少水分蒸发；还有气孔，进行植物的呼吸作用；有时还有毛刺、刚毛，进行植物的生物保护。图 1-1 为禾草类植物叶部的表皮组织。

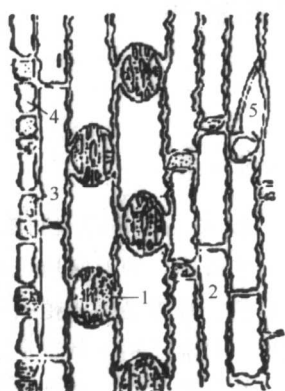


图 1-1 禾草类植物

叶部的表皮组织

1—气孔器；2—长细胞；3—栓质细胞；4—硅细胞；5—表皮毛

的生物保护。图 1-1 为禾草类植物叶部的表皮组织。

一般来说，植物的叶子含纤维状细胞较少，都不用作造纸，在备料中尽量除去。但也有个别植物叶部纤维特别丰富。如龙须草、剑麻等是造纸的上等原料。其他如稻、麦草、蔗渣等叶部的纤维虽不多，但在加工过程很难除去，常与茎秆混在一起使用。在显微镜检验中常凭叶部的表皮细胞的含量、形状作为鉴别纤维原料的参考。

植物的根埋在土壤中，使植物固定，并吸收土壤中的水分及矿物质营养盐向上输送，供给植物生长的需要，所以根部的细胞多为起机械固定及输导作用的细胞。一般来说，造纸工业中极少用到植物的根做生产原料。近年来由于造纸工业发展很快，纤维原料供应紧张，各国都在倡导用全树制浆，除树干、枝丫外，树根也用来造纸，以提高木材的利用率。

植物的茎秆主要起机械的支撑作用，使冠部或叶部撑开吸收更多的阳光以利生长，并起输导作用。即将根部的水分、矿物质向上

送到叶部，将叶部制造的营养物质输送到植物的各部以进行植物的新陈代谢作用，多余的贮存起来。这部分组织的细胞多数呈纤维状，是造纸工业使用的主要部分，此外，也有一些基本组织的薄壁细胞及表皮细胞。

二、植物体内细胞的种类

虽然植物体内细胞种类很多，形态各异，就造纸性能而言，可以分为两大类。

（一）薄壁细胞

薄壁细胞的细胞壁薄而柔软（如图 1-2），长度较短，胞腔大多为圆形、椭圆或不规则的多面体，是植物营养分贮存的基本组织细胞，存在于植物的叶部、髓部以及茎秆纤维类茎秆的基本组织中。由于壁薄、胞腔大，在蒸煮过程中容易吸收蒸煮药液并与之起化学反应而使部分细胞壁破坏、碎解，增加化学药品的消耗。洗涤时大部分流失使制浆得率降低。由于它吸水性强且润胀，洗浆时滤水困难。抄纸时容易造成压花、粘辊，给抄纸带来困难。而且，这部分细胞交织力弱，机械强度差，原料中含薄壁细胞过多，必然造成纸张强度降低。从造纸的角度来看，原料中的薄壁细胞愈少愈好。有的原料，如甘蔗渣中含有较多的蔗髓，这些是贮存蔗汁的基本组织细胞，在制浆之前必须进行除髓，尽量除去薄壁细胞以利于制浆和造纸。

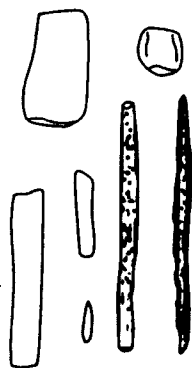


图 1-2 蔗渣的
薄壁细胞

导管是长而壁薄、腔大的细胞，如图 1-3。在植物体中常由多个导管连接成一个长管。上下相邻的两细胞之间的横隔膜局部或全部溶解消失，互相黏结形成一条由许多细胞腔相连、上下相通的一条长管，供液体流通，在植物体中起输导作用。导管壁上有纹孔，供液体横向流动。不同的植物导管的形状及纹孔的形状和排列都有差别，在显微镜检验中常以此来作为鉴别原料的依据。

导管只在阔叶木中及禾本科植物的维管束中存在，针叶木则由