

轻工业技工学校培训教材

制浆造纸工艺

蒋雄翔 主编

中国轻工业出版社

轻工业技工学校培训教材

制浆造纸工艺

蒋雄翔 主编

中国轻工业出版社

(京)新登字034号

内 容 提 要

本书是轻工业技工学校培训教材。内容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,纸料准备及纸料的流送和上网,纸板抄造和加工纸的制造等。

本书适用于技工学校制浆造纸专业教学和在职工人中级技术培训,也可供初中程度以上的工人自学之用。

轻工业技工学校培训教材

制浆造纸工艺

轻工业技工学校出版

北京东长安街6号

人民交通出版社印刷厂印刷

新华书店发行所发行

各新华书店经销

787×1092 1/16印张 31.5字数: 741千字

1992年2月 第1版第1次印刷

印数: 1—3,000 定价: 25.00元

ISBN7-5019-1105-3/TS·0752

前 言

为加速培养轻工业后备技术工人，建设成一支以在职中级技术工人为主体的，技术结构比较合理，具有较高政治、文化、技术素质的工人队伍，以适应轻工业生产建设发展的需要，我们根据轻工业部颁发的有关《工人技术等级标准》中级工人应知应会要求，组织编写了轻工业技工学校专业教材。

制浆造纸工艺学专业教材由我部委托吉林省轻工业厅牵头组织，吉林造纸厂为主编单位，书稿经制浆造纸行业技工教材审稿会审议。编写组同志根据审稿会议意见，对原稿内容作了增删。

本书由蒋雄翔主编，徐蓉裳为主审。第一、二、四、十章由于跃涟编写，第三章由蒋雄翔、李钟武编写，第五章由陈洪俊编写，第六章由车仁善编写，第七章由蒋雄翔、陈洪俊编写，第八、九章由张宪义编写，第十一章由赵炎编写，第十二章由王祖德、赵炎编写，第十三章由蒋雄翔编写。

本书适用于技工学校制浆造纸专业教学和在职工人中级技术培训使用，也可作为具有初中毕业文化程度和初级技术水平的工人自学教材。

本教材编审过程中得到了上海、天津造纸公司，天津市一轻局，石岬、丹东、营口、齐齐哈尔、广州、柳江、长春、通化、海龙、江城造纸厂，辽阳纸板厂、开山屯化纤厂等单位的大力协助，并提供了宝贵的资料。派出了富有实践经验的教师、工程技术人员参加了审稿工作，谨此表示感谢。

由于我们组织编审工作缺乏经验，疏漏之处在所难免，敬请读者批评指正，以便今后修订。

轻工业部技工
教材编审小组

目 录

绪论	1
第一章 植物纤维原料	4
第一节 概述	4
第二节 植物细胞与细胞壁	6
第三节 植物纤维原料的化学组成	8
第四节 植物纤维原料的结构及纤维形态	9
第五节 植物纤维的鉴别	16
第二章 备料	20
第一节 概述	20
第二节 木材的备料	20
第三节 非木材原料的备料	35
第四节 有关项目的测定	44
第三章 机械法制浆	47
第一节 概述	47
第二节 磨石磨木浆	48
第三节 褐色磨木浆和化学磨木浆	61
第四节 压力磨木浆 (PGW)	63
第五节 木片磨木浆	65
第六节 预热木片磨木浆	70
第七节 化学预热木片磨木浆	80
第四章 碱法制浆	85
第一节 概述	85
第二节 蒸煮理论	89
第三节 蒸煮设备	95
第四节 蒸煮作业	108
第五节 碱法化学浆蒸煮示例	111
第六节 改进碱法蒸煮的技术措施	112
第七节 有关工艺计算和技术经济指标	114
第八节 纸浆的洗涤	118
第九节 有关项目的测定	125
第五章 硫酸盐法制浆废液的碱回收	133
第一节 概述	133
第二节 黑液	134
第三节 黑液蒸发	140

第四节	黑液的燃烧	151
第五节	绿液苛化	162
第六节	白泥回收	172
第七节	直接苛化法	176
第八节	生产过程中主要项目的检验	178
第九节	副产品回收	185
第六章	亚硫酸盐法制浆	191
第一节	概述	191
第二节	原酸制造	192
第三节	蒸煮理论	202
第四节	蒸煮设备与蒸煮操作	206
第五节	亚硫酸盐蒸煮示例	211
第六节	亚硫酸盐法制浆的进展	213
第七节	废液的回收及综合利用	214
第八节	有关项目的测定	220
第七章	其它制浆方法	227
第一节	概述	227
第二节	化学浆的其它方法	228
第三节	半化学浆	235
第四节	化学机械浆	238
第八章	纸浆的漂白及精制	243
第一节	概述	243
第二节	化学浆的次氯酸盐漂白	245
第三节	化学浆的多段漂白	258
第四节	机械浆的漂白	264
第五节	漂白技术	266
第六节	新的漂白方法	268
第七节	有关项目检查	269
第八节	漂白的安全技术	272
第九章	纸浆的筛选与净化	274
第一节	纸浆的筛选、净化原理	274
第二节	纸浆的粗选	276
第三节	纸浆的精选	277
第四节	纸浆的净化	292
第五节	筛选、净化流程的组合	295
第六节	国外使用的离心筛	297
第七节	浆渣处理	299
第八节	纸浆的浓缩与贮存	300
第十章	纸料的准备	308

第一节	打浆·····	308
第二节	调料·····	322
第三节	有关项目的测定·····	335
第十一章	纸和纸板的抄造·····	340
第一节	概述·····	340
第二节	造纸机前的浆料准备·····	346
第三节	长网造纸机的流浆箱·····	350
第四节	长网造纸机的网部·····	357
第五节	长网造纸机的压榨部·····	374
第六节	长网造纸机的干燥部·····	386
第七节	长网造纸机的压光和卷纸部·····	399
第八节	圆网造纸机·····	404
第九节	纸板机·····	413
第十节	造纸机的传动·····	417
第十一节	造纸的完成及整理·····	419
第十二节	外观纸病·····	422
第十三节	纸张物理性能检验·····	428
第十四节	造纸机几项工艺计算·····	434
第十二章	加工纸·····	441
第一节	概述·····	441
第二节	涂布加工纸·····	441
第三节	变性加工纸·····	449
第四节	其它加工纸·····	451
第五节	特殊技术用纸·····	452
第六节	非植物纤维纸·····	472
第十三章	降低水耗、减少纤维损失和废水外部处理·····	478
第一节	白水循环系统·····	478
第二节	清水的使用与节约·····	482
第三节	损纸回收系统·····	485
第四节	废水的厂外处理·····	486

绪 论

一、制浆造纸工业在国民经济中的地位

制浆造纸工业是由制浆及造纸两大部门所组成。制浆部门生产的浆分造纸用浆（纸浆）和化工用浆（溶解浆、浆粕）两大类。化工用浆主要用来生产塑料、喷漆、乳浊剂、玻璃纸、胶片、绝缘材料以及人造丝、人造棉和人造毛等。造纸用浆主要用于制造纸、纸板和加工纸，除人们熟知的传统的书写、印刷、生活等使用范围的纸种外，还有广泛地应用在工业、农业、国防、建筑、医药卫生等部门的各种纸张。

如机械工业用的钢纸、衬垫纸；电力和电子工业用的电缆纸、电容器纸、浸渍绝缘纸、半导电纸、无线电传真纸等；化学工业用的纸袋纸、电解石棉纸、感光器材包装纸等；国防工业上用的海图纸、弹筒纸等；建筑业上用的油毡纸、隔音纸板等；纺织工业中用的纱锭纸、压光纸板等；农业上用的温床育苗纸、蚕种纸、杀虫纸等；医药卫生部门用的脑电波纸、心电图纸、药棉纸等；在邮电事业中有传真纸、打孔电报纸和电话纸等；在渔业方面用的鱼群探测纸和鱼涎纸等，在食品工业中用的肉类、奶油、糖果包装纸、卷烟纸和过滤烟嘴纸等。

由此可见，制浆造纸工业是国民经济中一个重要的组成部分，它关系到精神文明建设和物质文明建设；它的发展与工业、农业、国防、科研、信息的发展和人民生活水平的提高有着密切的联系；对满足市场的需要，积累国家建设资金，配合其他部门的建设及保证国民经济计划、按比例地发展等方面有一定的重要意义。在一些经济发达的国家中，造纸工业已成为主要的或重要的制造业。造纸工业的发展水平已成为衡量一个国家经济和社会发展水平的重要标志。

二、解放前后我国造纸工业的概况

中国发明造纸术，迄今已有1800多年的历史，曾对推动人类文明进步做出巨大贡献。但是，中国的机器制造业进步较晚，发展较慢。欧洲于1799年发明了造纸机，中国直到1881年才开始兴建外商经营的上海华章造纸厂，1884年投产；1882年开始兴建第一个民族资本的造纸厂——广州造纸厂，1890年投产。由1881年起经过50多年，到抗日战争爆发前的1936年中国机制纸及纸板年产量只有8.9万吨，1943年机制纸及纸板产量仅达到16.5万吨，这就是解放前的历史最高水平。1949年全国机制纸及纸板产量只有10.8万吨。长期以来，由于进口纸在中国大量倾销，使中国纸张市场基本为洋纸所垄断，严重地阻碍了中国造纸工业的发展。

旧中国纸和纸板产量中，手工纸的数量占有很大比重。1932年手工纸的产量曾经达到36.6万吨，在机制纸和纸板及手工纸的总产量中占80%。手工纸的主要产地为浙江、江西、福建、安徽、湖南等省。此后，由于农村经济破产，手工纸生产遭到严重打击，产量大大下降。1949年手工纸产量只有12万吨。

解放前,我国造纸工业发展迟缓、设备简陋,技术落后、产量低、质量差、品种少;主要的制浆造纸设备以及铜网、毛毡等重要器材都要依赖进口,同时浆和纸的生产不平衡,工厂又多集中在沿海和东北地区,分布极不合理,完全处于半殖民地半封建状态。

解放后,在中国共产党的领导下,造纸工业得到了很大的发展,纸和纸板产量逐年增长,1985年机制纸和纸板的总产量达910万吨,为1949年的84倍,居世界第六位,占世界总产量的4.7%。纸的品种从生产一般文化、包装用纸发展到工农业生产、科学技术和军工等特殊需要的纸和纸板,逐步适应着国民经济各部门的需要。产品质量也有不同程度的提高。

在大力发展机制纸的同时,国家也适当地注意了手工纸的建设和发展。自1953年起年产量都维持在20万吨左右,1979年以后到1985年为止,年产量保持在26万吨的水平,尤其是书画用纸的生产,获得了较大的发展;制作鞭炮、礼花用纸的生产也有增长。由于手工纸在这些特殊用途方面所能发挥的作用,使其有继续保留生产和发展的前途。但是,手工纸不能适应现代印刷技术和工业、农业、科研、信息等部门技术发展的需要,机械造纸是造纸工业发展的主要方向。对于传统生产的手工纸(如:宣纸、毛边纸、连史纸等等书画用纸及其他),应在研究、继承和发扬其技艺效果与品质特色的基础上,尽量引用现代的制浆造纸技术来代替一些低效率的生产工艺和不必要的手工操作,使生产符合科学和经济的要求。

建国40多年来,中国造纸工业的布局发生了较大的变化,趋势比较合理。为了便于就地取材,因地制宜地发展造纸工业,基本扭转了旧中国遗留下来的造纸工业不合理的布局。主要的制浆造纸装备以及铜网、毛毡等贵重器材都能自己制造,减少了依靠进口的局面。

目前,我国造纸工业的生产、科研、设计、制造和安装都有一定的力量。但存在的问题也不少,如:1985年我国人均消费纸和纸板量仅为9.45公斤/人·年(美国284公斤/人·年、瑞典235公斤/人·年、日本168公斤/人·年……);产量结构与社会需要不相适应,社会需要变化也大;我国过去确定了以草类为主的方针,使木材在草类原料中比重下降;造纸企业结构不合理,骨干纸厂生产能力不足,小型纸厂发展快,有的甚至盲目发展,造成这些小厂产品质量低、经济效益差、碱回收不能过关,废水处理无法解决的被动局面。

今后,我国造纸工业在大力提高技术装备水平,提高产量的基础上,要开发新原料,新品种,努力提高产品质量,降低消耗,节约能源,治理污染。

三、国外造纸工业的发展趋势

世界造纸工业经历了手工业、机械化和自动化三个技术发展阶段以后,目前达到了相当高的生产水平和技术水平,使造纸工业的生产形成了高速、高效、高质量、低消耗、低污染、连续化、自动化的作业系统。

当前世界的纸和纸板产量增长较快。在国外,确立了以木材为主要纤维原料的生产体系,木材在纤维原料的比重已达95%,而非木材原料只占5%。世界造纸工业之所以能够发展到今天这样高的生产水平和技术水平,一个重要原因就是大力发展木材制浆造纸,因为采用木材作为原料,其优点有:供应稳定;适于大规模浆纸厂的原料需要;纤

纤维质量好，纸浆得率高；适于高速抄纸；采用硫酸盐法制浆，既可高水平地回收化学药品又可大量地回收热能；不产生草类原料碱回收中的硅干扰问题；制浆废液的污染比较容易解决；对木材的利用率高。国外还针对当前木材资源不足，积极扩大材种，发展速生材和造纸专用林，加强原料的基地建设和管理，发展全树利用技术，充分利用加工厂和林区废材，重视废纸的回收和利用。

国外，制浆工艺研究主要着重于提高制浆得率和研究减少污染的新的制浆方法。大力发展高得率浆、重点发展可以使用边材、废材的木片在盘磨机内生产机械纸浆。化学浆中硫酸盐浆仍占主要地位。近 20 年来连续蒸煮有较大进展，其中以卡米尔连续蒸煮发展最快。纸浆的二氧化氯漂白法已普遍采用，置换漂白和无污染漂白开始受到重视。

国外已普遍采用盘磨机处理纸浆。纸张表面施胶和涂布技术发展很快。印刷纸的克重普遍下降，新闻纸的克重已降至 45~49 克/米²或更低。洗、选、漂、打浆工艺采用高浓、高效处理。而造纸工艺主要向高浓成形、干法成形、高效烘缸发展。

国外造纸工业发达的国家，对制浆、造纸生产过程的操作，质量检查等已全部使用电子计算机自动控制、无线电联系或电视自动控制。制浆造纸专用设备已向大型、高速、连续化、自动化方向发展。造纸机向着超宽、超高速发展。如新闻纸机的网宽有的已达到 10 米，车速在 1000~1200 米/分，而卫生纸的车速达到 1600~1800 米/分。新建厂生产能力都在十万吨左右或更高。对制浆造纸工业规定了严格的污染标准，新建的浆或纸厂应设有回收车间的联合工厂，否则不许兴建。

了解国外造纸工业的发展趋势后，我们要刻苦学习新知识，增强紧迫的责任感，把了解和跟踪世界最新的科技动向同改变中国造纸工业的现状结合起来，要依靠技术进步振兴中国造纸工业。

复 习 题

1. 制浆造纸工业在国民经济中的地位如何？
2. 国外造纸工业发展的趋势如何？

第一章 植物纤维原料

第一节 概 述

一、造纸用植物纤维原料的种类

目前,用于造纸工业的纤维原料种类很多,如植物纤维、动物纤维、矿物纤维和合成纤维等,而主要用的是植物纤维原料。造纸用的植物纤维原料可划分为如下两大类:

(一) 木材纤维类

1. 针叶木

云杉、冷杉、马尾松、红松、落叶松、柏木等。

2. 阔叶木

柏木、梓木、榉木、枫木、桉木等。

(二) 非木材纤维类

1. 禾本科茎秆纤维类

稻草、麦草、芦苇、甘蔗渣、竹、高粱秆、玉米秆、棉秆等。

2. 韧皮纤维类

大麻、亚麻、黄麻、桑皮、棉杆皮、构树皮等。

3. 叶纤维

龙须草、剑麻、菠萝叶等。

4. 种子毛

棉花、棉短绒等。

此外,废棉、废麻、废纸、破布等都是以上两大类纤维制成的,因此可以回收回用,作为造纸原料。

植物纤维的种类如此繁多,那末究竟采用什么原料好呢?那就必须根据纸张的品种和质量要求、生产条件、原料产地和其他条件对纤维原料进行合理的选用。

二、一般选用原则及使用方针

(一) 选用植物纤维原料的一般原则

在自然界中虽然植物种类繁多,但并不都能用于造纸。一般具备下列条件才能选作造纸原料。

1. 植物纤维原料的品种要优良

一种植物纤维原料是否适于造纸,一般应根据其化学组成、纤维形态,加以分析研究才能确定。植物纤维原料的化学组成见表 1-1。

从上表可见,木材纤维的木素、纤维素含量较高,灰分、水抽出物、多戊糖含量较低;禾草类纤维的灰分、水抽出物、多戊糖含量较高,而木素、纤维素含量则较低,竹

表 1-1

植物纤维原料的化学组成

名称	成份	灰分 (%)	冷水抽出物 (%)	热水抽出物 (%)	乙醇抽出物 (%)	苯酚抽出物 (%)	1% 钠氢氧化物抽出物 (%)	纤维素 (%)	木素 (%)	多糖 (%)	果胶 (%)	脂肪与蜡 (%)
落叶松 (兴安岭)		0.14	12.50	14.60	—	4.21	22.42	46.80	24.12	9.38	—	—
鱼鳞松		0.22	1.35	2.22	—	1.72	11.09	57.33	28.81	8.72	—	—
臭松		0.59	1.77	2.64	—	2.56	11.31	49.92	30.85	10.74	—	—
马尾松		0.33	2.21	6.77	4.43	—	22.87	51.86	28.42	8.54	—	—
白桦		0.15	1.07	1.55	—	2.40	17.35	49.64	18.63	29.00	—	—
青杨		0.70	1.32	2.49	—	2.38	21.88	54.52	22.61	21.39	—	—
山杨		0.28	1.71	3.44	—	3.53	19.89	54.08	17.49	26.13	—	—
芦苇		5.82	—	—	3.77	—	38.36	41.57	19.26	25.13	—	—
荻 (湖北)		2.72	10.82	12.52	1.07	—	40.12	48.52	18.88	21.79	—	—
蔗渣 (四川)		3.66	7.63	15.83	0.85	—	26.26	42.16	19.30	23.51	—	—
蔗渣 (广东)		2.40	—	3.19	—	2.02	34.46	43.39	20.79	23.73	—	—
毛竹 (福建)		1.10	2.38	5.96	0.66	—	30.98	45.50	30.67	21.12	—	—
慈竹 (四川)		1.20	2.42	9.78	0.71	—	31.24	44.35	31.28	25.41	—	—
稻草 (江苏)		15.50	6.85	28.50	0.65	—	47.70	36.20	14.05	18.06	—	—
麦草 (河北)		6.04	5.36	23.15	0.51	—	44.56	40.40	22.34	25.56	—	—
大麻		2.85	6.45	10.50	5.03	6.72	30.76	69.51	4.03	4.91	2.00	—
亚麻		1.32	5.94	—	2.34	—	—	70.75	—	—	9.29	—
苧麻		2.93	4.08	6.29	—	—	16.81	82.81	1.81	—	3.41	—
黄麻		5.15	8.94	—	—	—	—	65.32	11.78	—	0.38	—
檀皮 (安徽)		4.79	6.45	20.18	4.75	—	32.45	40.02	10.31	8.14	5.60	—
构皮		3.25	7.25	18.91	4.63	—	35.42	40.52	12.15	10.15	8.81	—
桑皮 (河北)		4.40	—	2.39	3.37	—	35.47	54.81	8.74	60.42	8.84	—
棉杆皮		5.64	5.99	7.25	0.645	—	33.94	62.76	22.76	17.24	—	—
龙须草 (广西)		6.09	—	—	—	—	43.80	44.53	16.62	22.75	—	—
剑麻 (海南)		0.64	—	—	—	1.41	—	59.78	8.51	18.87	—	—
棉纤维		0.1~0.2	—	—	—	—	—	95~97	—	1	—	0.3~1
棉短绒	未精制	1~1.5	—	—	—	—	—	90~91	3	1.9	—	0.5~1
	精制	0.18~0.3	—	—	—	—	—	98~98.5	—	1~1.2	—	0.1~0.2

子虽然属于非木材纤维,但其化学组分与木材纤维接近;韧皮类纤维和种子毛类纤维的纤维素含量更高;棉纤维差不多全是纤维素。如就其化学组成来说,纤维素含量高,纸浆收率就大,一般纤维素含量至少应在40%以上才有实用价值。木素含量以少为好。纤维形态是决定成纸的物理强度的主要因素之一,因此要根据成纸性能的要求选用适宜

的纤维长度、宽度、细胞壁厚度和细胞腔大小的纤维原料使制成的纸适合应用要求。

2. 原料产量丰富、产地集中

植物纤维原料除了满足上述品质优良的要求外，还必须具备产量多、产地集中、便于原料的收集、交通运输方便等条件。总之，就是要注意技术上的合理性和经济上的可能性。

(二) 我国造纸植物原料的使用方针

根据上述原则我国适用于造纸的植物纤维原料种类很多。目前我国用作造纸原料的植物纤维中非木材类约占60%以上，废料（破布、废麻、废纸等）占10%左右，木材仅占30%左右。而世界上造纸工业发达国家所用的原料却以木材为主，约占93%，而草类原料仅占5%左右。这样才能满足向大型、高效方向发展的要求。

根据我国造纸工业的具体情况，在纤维原料的使用上应实行“草木并举”的方针，逐渐增加木材比重。随着国民经济和文化事业的发展，造纸工业必须加速发展。在原料问题上应向扩大材种和培植速生材，建立起造纸使用材基地，以逐步增加木材的比重。非木材原料应重点发展芦苇、蔗渣、竹等，以生产更多的纸张，满足科学文化的发展和人民生活的需要。

第二节 植物细胞与细胞壁

一、植物细胞

任何植物都是由细胞构成的。细胞是构成植物有机体的基本单位，它是由细胞壁和原生质体的活质所组成的，原生质体又由细胞质、细胞核、叶绿体及各种内含物所组成（见图1-1）。

细胞是决定植物生长的动力，它是具有生活力的，此时称为活细胞。

在植物发育期间细胞借分裂而繁殖，新生成的细胞还能再分裂，活细胞的生活机能是靠原生质、细胞核和叶绿体来实现。细胞在生长中逐渐枯老、最终死亡，变成了只单独有一个细胞壁而中空的死细胞。死细胞的种类很多，形状也各不相同，其中两端呈尖锐状，犹如纺槌般细而长的一种，就是制浆造纸工业所需要的植物纤维，简称纤维。

在造纸工业中，所谓纤维有时是泛指留在纸浆中的一切细胞而言，一根纤维即为一个细胞。但是一个细胞不一定是一根纤维，只有那种长成了的、失去生活机能的两端尖细或圆钝，略呈纺槌状的植物细胞称为纤维。如麻的韧皮纤维，针叶木中的管胞，阔叶木中的木纤维，以及草类原料中的纤维细胞等，除此之外的各种短的细胞如薄壁细胞、硅质细胞等，均称为杂细胞或非纤维。

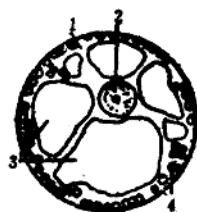


图 1-1 细胞的横切面

1—细胞质 2—细胞核 3—液泡
4—叶绿体

二、细胞壁

细胞壁是由初生壁和次生壁组成的。在各个相邻的细胞之间，存在着一层细胞间隙

物质，称为胞间层。纤维细胞壁在光学显微镜下的结构见图 1-2。

相邻两个细胞的初生壁与其公共的一层胞间层称为复合胞间层。

初生壁是细胞发育过程中最初形成的壁，位于次生壁外层，很薄。次生壁比初生壁厚得多，可分为外、中、内三层。次生壁外层 (S_1) 很薄，中层 (S_2) 层较厚，内层 (S_3) 很薄。(S_3) 层之内为细胞腔。由于品种、生长条件、气候不同，不同原料次生壁的厚度不同；就是同一种原料由于细胞生长的时间和所在部位不同，次生壁的厚度也不相同。由于次生壁的中层较厚，它对纤维的性质起着决定性的影响。

细胞壁的微细结构及其化学成分分布：

在电子显微镜下观察细胞壁是由许多层结构组织起来的，每一层都缠绕着许多微纤维。不同的原料其微纤维在细胞壁各层的排列方式也不同，因而各种纤维的性质也有差异。木材纤维的微细结构（见图 1-3）。它是由四个围绕着细胞腔的同心层组成，即初生壁 P、次生壁的外层 S_1 、中层 S_2 、和内层 S_3 。而细胞壁外细胞之间存在一层胞间层 ML。

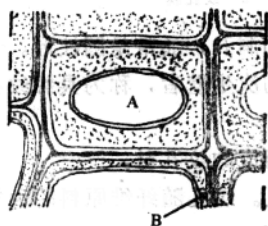


图 1-2 细胞壁的结构

1—胞间层 2—初生壁 3—次生壁
外层 4—次生壁中层 5—次生壁内层

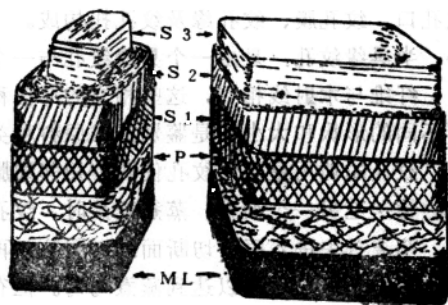


图 1-3 木材纤维的微细结构

初生壁的微纤维层薄呈网状不规则排列，它由木素、果胶和半纤维素组成。次生壁外层 S_1 也很薄，是由几层微纤维组成，微纤维与纤维轴呈左右螺旋排列，层间螺旋呈钝角交错。它主要含有半纤维素，而木素含量变少了。次生壁的 S_2 层是细胞壁中最厚的一层，微纤维的排列方向几乎与纤维轴平行。 S_2 层中木素和半纤维素含量都不多。次生壁内层 S_3 是由细胞壁的最内层与细胞腔相邻，微纤维的排列绕纤维轴呈锐角定向，与纤维轴间的夹角接近 90° 。 S_3 层中木素含量更少。ML 层为胞间层，它由半纤维素、果胶、木素等非纤维素物质组成，把此层物质溶出即达到把木材分离成单根纤维的目的。

细胞壁中的化学成份分布，以针叶木为例：胞间层中木素的含量极高，达 90%；初生壁 (P) 层木素含量也很高，达 70%；而与细胞腔相邻的 S_3 层，木素含量迅速下降到 5% 或更少。纤维素的含量在 P 层、 S_1 层稍低，在 S_2 层、 S_3 层含量超过 50%。半纤维素的分布是由 ML 层向内层渐渐增加的， S_3 层达到 40%。

三、纹 孔

在细胞壁生长加厚的过程中，由于次生壁增厚的不均匀，未增厚的部分形成近似圆

形或方形小孔，称为纹孔。相邻两个细胞的纹孔通常是成对出现的，称为纹孔对。

各种细胞的纹孔大小与形状是十分不相同的。常见的有单纹孔、具缘纹孔及半具缘纹孔（见图 1-4）。

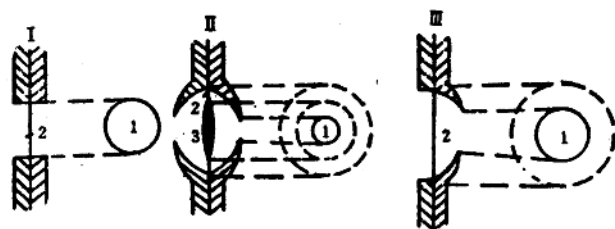


图 1-4 纹孔的类型

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

单纹孔：是一种由薄膜（初生壁的一部分）分隔的洞孔，通常是圆柱形。

具缘纹孔：凡在纹孔腔上，虚悬有被称为纹孔缘的次生壁者，称为具缘纹孔。它由纹孔口、纹孔膜、纹孔缘及纹孔托构成。

半具缘纹孔：是由一个具缘纹孔与一个单纹孔所组成的纹孔对。

纤维与木射线相交，这些相交的部位称交叉场纹孔。纹孔随纤维原料的种类不同具有不同的形状和大小，是鉴别纤维原料种类的主要根据。

纹孔的功用是通过纹孔使两个相邻细胞腔相通，并把养料物质溶液经过纹孔由一个细胞输送至另一个细胞。蒸煮纸浆时，纹孔对使药液向细胞壁内部的扩散作用有很大帮助，药液首先进入原料切断面的细胞腔，再沿纹孔不断向内渗透，也有部分药液是透过纹孔向胞间层渗入，以达到蒸煮均匀。但有些木材的心材和髓部的细胞，其纹孔膜被树脂和膜等粘糊着，或纹孔托偏于一边，把纹孔口塞住，则蒸煮药液的渗透受到阻碍，使蒸煮不均匀而产生部分生煮现象。

由于每个细胞上的纹孔数目很多，有几十个甚至到几百个之多，故纹孔对蒸煮药液渗入具有重要的意义。

第三节 植物纤维原料的化学组成

某一种植物纤维原料，是否适合于制浆造纸？是好还是不好？这和其化学组成有密切关系，因此了解植物纤维的化学组成是具有极重要意义的。

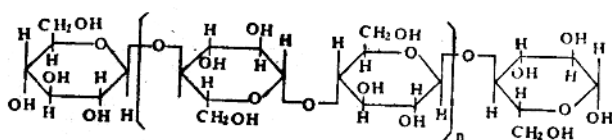
植物纤维原料的主要组分有纤维素、半纤维素、木素。这三种成分不论草本植物纤维还是木材纤维都存在，并且含量高。此外还有少量的果胶、丹宁、树脂、蜡以及无机物等次要组分。

一、主要化学成分

（一）纤维素

纤维素是构成植物细胞壁的主要成分，它是由大量葡萄糖基失水构成的链状高分子

化合物，即 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 称为聚合度。天然纤维素的聚合度在 100,000 左右。其结构式用哈涅斯式表示如下：



经过蒸煮、漂白等制浆过程，聚合度降低到 1000 左右。从造纸的角度来看，纤维素是在加工过程中应极力设法保留的部分，以提高制浆的得率和纸张的强度。

(二) 半纤维素

半纤维素是指除纤维素以外所有的碳水化合物。按习惯果胶、淀粉除外。它和纤维素不同，不是一种单一的化合物而是一些多糖类化合物的总称。一种植物中往往有几种不同的半纤维素分子结构，而每一种又由两种或三种单糖组成。不同的原料其化学组成和结构都有差异，且常有支链。半纤维素的聚合度比纤维素低得多，平均在 150 左右，所以它与纤维素比较，易被酸水解，也易溶于氢氧化钠溶液中。

半纤维素也是组成细胞壁的主要组分之一。它有助于纤维的吸水润胀，使打浆容易进行，也是应该极力设法保留的部份。然而半纤维素含量高对人造丝浆粕的质量不利。

(三) 木素

木素是芳香族的高分子化合物，也是一类性质相似的物质的总称。不同的原料木素分子的化学组成及结构都有差异。木素的结构与纤维素和半纤维素不同，它不是线性分子而是一种无定形结构物质，大部份存在于胞间层中，是细胞间的粘结构，在细胞壁中也含有。棉花、亚麻等纤维则不含木素。

化学法制浆即是用化学药品使细胞间的木素溶去一部分，使纤维互相分离成浆。因此原料中含木素愈多则制浆愈困难，所消耗的化学药品也愈多。

二、其他组分

植物纤维原料中，除了上述三大主要组分外，还有树脂、脂肪、淀粉、果胶、单宁、色素及灰分等含量较少的组分，它们是细胞的分泌物或细胞腔内的贮存物。在一般常用的原料中含量不大，不会造成太大的困难。如果含量过多，则对某些特殊要求的纸张来说必须采用相应的措施予以除去。

第四节 植物纤维原料的结构及纤维形态

一、木材纤维类

用木材纤维原料造纸主要是用其树干（约占材积 70~90%）为原料，树干主要由树皮、形成层、木质部和髓线组成（见图 1-5）。

树皮分为外皮及内皮。外皮由于树干的增粗而破裂。内皮（也有称为周皮）对树干起保护作用。树皮中纤维素含量极低，杂质多，对造纸无利用价值。

形成层位于树皮和木质部之间，是木材的分生组织。它向内分生产生木质部，向外

分生产生树皮。形成层以内为木质部，也就是造纸使用的部分。

形成层细胞生长过程中随季节不同而异，使木材形成春材与秋材，心材与边材之分。

形成层在生长季节的早期，生长细胞分裂速度较快，形成细胞壁薄、腔大、质松、色浅称为早材（春材），而在生长季节末期形成的，细胞分裂速度减慢，形成细胞壁厚，腔小，色深称为晚材（秋材）。同一季度早材与晚材一般是逐步过渡的，但一个季度的晚材与下一季度的早材之间木质部形成明显的界限，称为年轮。根据年轮数目可以判断木材生长的年龄。

木质部是树干中最主要部分，也是造纸原料的主要部分。它位于形成层和髓心之间。木质部细胞没有再生能力，只起输导、贮存养分的作用。随着树龄的增长，树心周围的木材细胞壁和细胞腔中渗入树脂、单宁及色素等物质，变成色深、比重大、渗透较难的心材。心材周围颜色较浅起输导作用的称边材。大多数树种心材和边材在性质上有很大的差别。对制浆来说，边材比心材更合适。边材色浅、比重小，渗透较易；由于性质有差别，往往造成蒸煮不均匀。

髓心位于树干中心。髓线可在树干横断面上看到，成辐射方向从髓心穿过年轮与皮层相连，它是由薄壁细胞组成的。

（一）针叶木

针叶木的木质部主要是由管胞所组成，此外还有木射线细胞和树脂道等（见图 1-6）。

管胞是各种针叶类木材的基本单位，约占木材总体积的90%以上，管胞是长度方面剧烈伸展的纺锤状细胞（纤维）。其长度在 1.1~5.6 毫米之间，大多数为 2.0~3.2 毫米，宽度在 0.03~0.076 毫米。松木管胞见图 1-7。

针叶木管胞按一定的间隔和木射线细胞相交，这些相交的部位称为交叉场。交叉场纹孔的类型是鉴别针叶木种属的主要依据。

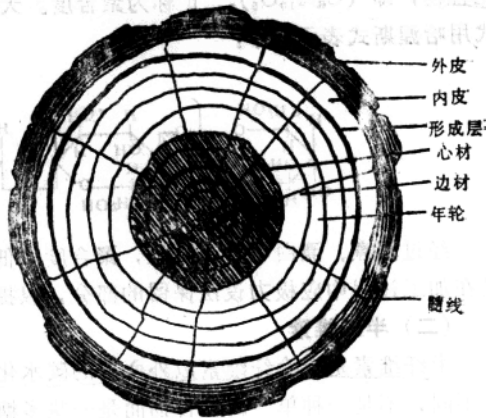


图 1-5 木材的茎杆构造

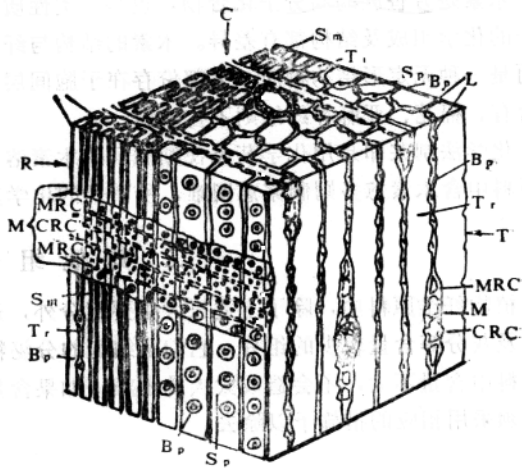


图 1-6 云杉木材结构

C—横切面 R—径切面 T—弦切面 D—树脂道
Sp—春材 Sm—秋材 Tr—管胞 Bp—具缘纹孔 L—
胞间层 M—木射线 CRC—中央木射线细胞 MRC—
边缘木射线细胞