

高等学校教材

印刷材料与印刷适性

严美芳 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

本书是印刷工程专业系列教材中的一种。本书全面系统地介绍了印刷材料的组成、结构、性能、并着重叙述了它们之间的相互关系、变化规律和正确应用。

本书分为五篇、十六章内容，第一篇主要是印刷纸张和包装材料（纸张与瓦楞纸板、塑料、金属、玻璃、陶瓷以及复合材料）的结构组成、性能、种类与应用及印刷适性等。第二篇主要是印刷油墨的组成与结构、油墨性能与印刷适性、油墨种类和新品种的发展和应用。第三篇主要是印刷橡皮布、墨辊、润湿辊、网纹辊结构组成、性能、种类与应用。第四篇主要是根据数字印刷成像的不同原理介绍数字印刷油墨的种类、组成和基本性能指标及数字印刷用纸特性。第五篇主要是纸张、油墨、印刷橡皮布性能检测原理和方法。

本书可作为印刷技术、包装印刷、印刷设备工程和印刷商务专业本科生的教材，也可作为相关行业从业人员的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

印刷材料与印刷适性/严美芳主编. —北京：化学工业出版社，2006.9
高等学校教材
ISBN 7-5025-9303-9

I. 印… II. 严… III. ①印刷材料-高等学校-教材
②印刷适性-高等学校-教材 IV. ①TS802②TS77

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2006）第 117948 号

高等学校教材
印刷材料与印刷适性
严美芳 主编
责任编辑：王蔚霞
文字编辑：陈 雨
责任校对：洪雅姝
封面设计：郑小红

*

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）
购书咨询：（010）64982530
（010）64918013
购书传真：（010）64982630
<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销
北京市彩桥印刷有限责任公司印装
开本 787mm×1092mm 1/16 印张 18¼ 字数 472 千字
2007 年 1 月第 1 版 2007 年 1 月北京第 1 次印刷
ISBN 7-5025-9303-9
定 价：38.00 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

“印刷材料与适性”是印刷包装工程专业（本科）教育的专业基础课程。印刷材料在印刷过程中起着关键作用，是影响印刷质量和印刷技术发展的重要因素。随着印刷科学的迅速发展，新设备、新工艺不断出现，对印刷材料的要求也越来越高，同时也推动了印刷材料日趋完善或更新。印刷材料是根据各类材料的成分、理化结构来研究其性能与应用，也是研究印刷原理的基础。“印刷材料与适性”是一门知识性、理论性、实践性较强的课程，该课程系统地讲述了在印刷工艺中使用的纸张和其他承印物、印刷油墨、橡皮布和墨辊等原材料的组成、分类、性质、规格及与印刷的关系等相关知识，使学生掌握印刷材料的结构、性能和印刷适性等方面的理论知识，以及这些材料的性能测定、印刷适性试验的方法和所用仪器的工作原理等。“印刷材料与适性”是工科院校印刷工程专业学生必修的专业课程之一，也是从事印刷行业的技术人员不可缺少的专业知识。

本书是根据本科“印刷材料与适性”课程的教学大纲的要求，并参照上海理工大学出版印刷学院印刷包装工程专业的教学大纲精神，为印刷技术类本科专业编写的教材。本书内容包括印刷纸张、纸板（瓦楞纸板）、塑料、金属、玻璃、陶瓷以及复合材料，印刷油墨、印刷橡皮布、印刷墨辊（胶辊、网纹辊、润湿辊）、数字印刷纸张与油墨，以及印刷纸张、油墨、橡皮布性能的检测原理和方法。本书内容基础知识覆盖面较广，涉及到高分子化学、数学、物理化学、机械学、电子学、材料学等学科领域，同时还有材料加工技术和工艺等方面的知识，较好地体现了系统性，并反映了国内外印刷材料的理论研究及应用的最新技术进展情况。

本书对各类材料的组成结构和性能以及在印刷中的应用（印刷适性）作了重点讲解。从各类材料的结构、性能作用和特点出发，寻找出它们之间的内在联系与规律，通过应用举例、工艺配方设计和结合印刷工艺的分析，使学生能了解和掌握常用印刷材料的组成、性能，并能正确应用。

本书由上海理工大学出版印刷学院严美芳主编，陈正伟、钱军浩、刘昕副主编，胡伟熊主审。

本书在编写过程中，结合了多年来的教学经验和体会，并参考了大量印刷界前辈和同仁们的技术和经验以及有关资料，力求语言通顺、内容新颖、技术含量高、实用性强。本书的出版得到了上海市教育高地建设经费的赞助，在此深表感谢。同时得到了陈敬良、滕跃民、朱南勤、楼文高、崔子伟、齐晓堃、朱道光、庞茂群、胡月燕、徐正进、胡建安、黄蓓青、陆文俊等同志的关心和帮助，另外还得到了有关造纸厂、油墨厂和印刷厂的专家们的支持和帮助，在此一并表示深切的谢意。

由于专业技术水平有限，时间较紧，难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

编者

2006年7月14日

目 录

第一篇 承印材料

第一章 纸张的基础知识	1	四、化学性质指标	23
第一节 概述	1	第三节 纸张的两面性与丝缕性	24
一、纸的发展简史	1	一、纸张的正面与反面	24
二、纸张的概念	1	二、纸张的丝缕性	24
三、纸张的分类和规格	2	第四节 纸张的吸湿性	25
四、纸张的计量	3	一、纸张吸湿的原因	25
第二节 造纸原料——植物纤维	3	二、纸张吸湿性的基本规律	25
一、用于造纸的植物纤维	3	三、吸湿性对纸张性能的影响	27
二、植物纤维及其构造	4	第五节 纸张的弹塑性	28
三、植物纤维的组成及性能	4	一、弹塑性的概念	28
第三节 纸张的其他成分	5	二、纸张的弹塑性	29
一、填料	5	三、纸张的弹塑性与印刷的关系	30
二、胶料	6	第三章 纸张的印刷适性	31
三、色料	7	第一节 概述	31
第四节 造纸工艺简介	8	一、印刷适性及研究意义	31
一、制浆生产流程	9	二、纸张的印刷适性及研究内容	31
二、制浆方法及常用的浆料	9	第二节 纸张的表面强度	32
三、纸页的抄造	11	一、表面强度的概念	32
第五节 涂料纸的涂布加工	13	二、纸张在印刷中产生掉毛 脱粉的原因	33
一、涂布加工的目的	13	三、表面强度的表示方法	34
二、涂料纸的生产	14	第三节 纸张的吸墨性	35
第六节 纸张的结构	16	一、吸墨性的概念	35
一、纸张的结构特点	16	二、纸张的吸墨性与印刷的关系	35
二、纸张中纤维的分布状态及 结合力	17	三、纸张对油墨的压力吸收和 自然吸收	35
三、纸张的匀度	18	四、吸墨性的其他解释	38
第二章 纸张的性能	19	第四节 纸张的印刷平滑度	40
第一节 概述	19	一、平滑度与印刷平滑度	40
第二节 纸张的质量指标	20	二、纸张的印刷平滑度与印刷的 关系	41
一、物理性能指标	20	三、纸张的印刷平滑度与油墨的	
二、机械强度性能指标	21		
三、光学性质指标	22		

转移性	41	三、中小学教科书用纸	61
四、纸张的印刷平滑度的表示		第三节 胶版印刷纸	62
方法	43	一、单面胶版纸	62
第五节 纸张的尺寸稳定性	44	二、双面胶版纸	63
一、纸张的尺寸稳定性与印刷的		第四节 涂料纸	66
关系	44	一、涂料纸	66
二、影响纸张尺寸稳定性的因素	44	二、铸涂纸	68
三、纸张的调湿处理与尺寸稳		三、轻涂纸	69
定性	44	第五节 其他印刷用纸	70
第六节 纸张的光学性	46	一、单面涂布白板纸	70
一、纸张的白度与颜色	46	二、铸涂白板纸	71
二、纸张的透明度和不透明度	47	三、白卡纸	72
三、纸张的光泽度与印刷品质量的		四、米卡纸	73
关系	50	第五章 包装承印材料	75
四、纸张光散射对网目调印刷品		第一节 纸板与瓦楞纸板	75
质量的影响	51	一、纸板	75
第七节 纸张的表面效率	52	二、瓦楞纸板	77
一、表面效率的概念	52	第二节 塑料承印材料	82
二、表面效率的确定	53	一、塑料的组成与特性	82
三、表面效率与油墨的成色效果	54	二、常用塑料的种类与应用	84
第四章 常用的印刷纸	55	三、塑料薄膜的印前处理	89
第一节 新闻纸	55	第三节 金属承印材料	92
一、普通新闻纸	55	一、金属材料	92
二、胶印新闻纸	57	二、金属铝材	93
第二节 书刊印刷纸（书籍纸）	58	第四节 复合包装材料	94
一、凸版印刷纸	58	一、复合包装材料的种类	94
二、胶印书刊纸	60	二、复合工艺和复合原材料	95

第二篇 油 墨

第六章 印刷油墨的基础知识	97	五、无机颜料	112
第一节 油墨的组成与分类	97	第三节 连结料	113
一、油墨的组成	97	一、连结料的组成与性质要求	113
二、油墨的分类	98	二、植物油	115
三、油墨的制造工艺	98	三、矿物油	117
四、印刷油墨的结构	101	四、树脂	118
第二节 颜料	101	五、溶剂	123
一、颜料的分类	101	六、连结料的类型	124
二、颜料成色机理	102	七、助剂	128
三、颜料的特性	107	第七章 油墨的性质和质量技术指标 ...	129
四、有机颜料	108	第一节 油墨的基本性质及质量技术	

指标	129	六、影响油墨干燥性的因素	162
一、油墨的颜色及评价方法	129	第十章 常用的印刷油墨	165
二、油墨颜色的测定	129	第一节 凸版印刷油墨	165
第二节 油墨的理化性质及评价	134	一、新闻轮转印刷油墨	165
一、密度	134	二、书刊印刷油墨和彩色油墨	166
二、细度	135	第二节 柔性版印刷油墨	167
三、透明度	135	一、水基型柔性版油墨	167
四、光泽度	136	二、溶剂型柔性版油墨	169
五、耐光性	136	三、醇型柔性版油墨	169
六、耐热性	136	第三节 单张纸树脂型胶印油墨	169
七、耐酸、碱、水、溶剂（醇）性 ...	137	一、普通树脂型胶印油墨	169
第八章 油墨的流变性和印刷适性	138	二、亮光型树脂胶印油墨	170
第一节 流变性的基础知识	138	第四节 卷筒纸胶印树脂油墨	171
一、流体及流变性	138	一、非热固型轮转胶印油墨	171
二、牛顿流体及流变特性	138	二、热固型轮转胶印油墨	172
三、塑性流体	140	第五节 凹版印刷油墨	173
四、其他流体	140	一、溶剂型凹版油墨	173
第二节 油墨的流变性	141	二、水基型凹版油墨	174
一、油墨在印刷机中的行程	141	三、雕刻凹版油墨	175
二、油墨的流变性的决定因素及		第六节 网版印刷油墨	176
流变性与印刷的关系	142	一、塑料用丝网油墨	176
三、油墨的黏度及与印刷的关系 ...	143	二、织物用丝网油墨	176
第三节 油墨的屈服值和触变性	145	三、金属用丝网油墨	176
一、油墨的屈服值	145	四、玻璃用丝网油墨	177
二、触变性	146	五、纸类用丝网油墨	177
第四节 油墨的转移性	148	第七节 平版无水胶印油墨	177
一、油墨的黏着性	149	一、组成特点及适用范围	177
二、油墨的拉丝性	150	二、无水平版胶印油墨的性能	
三、流动度和流动性	151	要求	178
第九章 油墨的干燥性	154	三、使用要点及注意事项	179
第一节 概述	154	第八节 紫外线光固油墨	179
一、油墨的干燥性和固着的概念 ...	154	一、组成特点	179
二、油墨的干燥方式	154	二、使用要点	181
三、油墨的干燥性与印刷的关系 ...	154	三、紫外线光固油墨的不同	
第二节 油墨的干燥方式及机理	155	印刷工艺特点	181
一、凝聚干燥	155	第九节 电子束干燥油墨	183
二、渗透干燥	156	一、组成特点及适用范围	183
三、挥发干燥	157	二、使用要点及储存保管	184
四、氧化结膜干燥	158	第十节 新型印刷油墨	185
五、紫外线干燥	161	一、磁性油墨	185

二、导电油墨	186	第三节 去黏剂	203
三、发泡油墨	187	一、组成特点及作用	203
四、热敏性油墨	190	二、种类及适用范围	203
五、光致色变油墨	193	三、使用要点及用量	204
六、光致发光油墨	194	第四节 干燥调整剂	204
七、荧光油墨	195	一、干燥促进剂	204
八、干涉型光变油墨	197	二、干燥抑制剂	206
九、防伪油墨	198	三、种类及适用范围	206
第十一章 印刷油墨的辅助剂	201	四、使用要点及用量	207
第一节 概述	201	第五节 冲淡剂	207
第二节 黏稠度调整剂	201	一、组成特点及作用	207
一、组成特点及作用	201	二、种类及适用范围	207
二、种类及适用范围	202	三、使用要点及用量	208
三、使用要点及用量	202		

第三篇 胶辊和橡皮布

第十二章 橡胶及应用	209	墨辊的选择	220
第一节 概述	209	四、凹版印刷对墨辊的选择	220
一、橡胶原材料	209	第四节 印刷常用墨辊	220
二、橡胶配合剂	211	一、橡胶墨辊	220
三、橡胶骨架材料	212	二、塑料墨辊	221
第二节 橡胶的加工	212	三、印刷润湿辊	224
一、原材料的预加工处理	212	四、印刷网纹辊	225
二、胶料的混炼	212	第十四章 印刷橡皮布与适性	229
三、压延、压出、成形	213	第一节 印刷橡皮布概述	229
四、硫化过程	213	一、橡皮布的种类与规格	229
五、整理、检验过程	213	二、橡皮布的结构与组成	229
第十三章 印刷墨辊与适性	214	三、橡皮布的使用与保养	231
第一节 印刷墨辊概述	214	四、印刷对橡皮布的质量要求	232
一、墨辊的结构、种类与规格	214	第二节 印刷橡皮布的性能	234
二、印刷对墨辊性能的要求	215	一、橡皮布的外观性能	234
三、墨辊的使用与保养	215	二、橡皮布的物理力学性能	234
第二节 墨辊的性能	216	三、橡皮布的化学性能	235
一、墨辊的物理力学性能	216	四、橡皮布的印刷适性	236
二、墨辊的化学性能	217	五、橡皮布对印刷质量的影响和	
三、墨辊的印刷性能	218	使用中的故障与处理	237
第三节 印刷墨辊的选择	219	第三节 印刷常用橡皮布	238
一、选择印刷墨辊应注意的事项 ...	219	一、普通型印刷橡皮布	238
二、平版印刷对墨辊的选择	219	二、气垫型印刷橡皮布	239
三、凸版印刷（柔性版印刷）对		三、橡皮布的印刷适性	240

第四篇 数字印刷材料

第十五章 数字印刷材料简介	243	五、数字印刷用纸研究和开发	246
第一节 数字印刷用纸	243	第二节 数字印刷油墨	246
一、数字印刷用纸的现状	243	一、概述	247
二、数字印刷用纸与传统印刷用纸 的区别	244	二、数字印刷油墨的种类及组分 ...	247
三、数字印刷用纸应具备的性能 ...	244	三、数字印刷油墨性能和质量 检测	250
四、目前数字印刷用承印物存在的 问题	245	四、数字印刷油墨的发展	250

第五篇 实验指导

第十六章 印刷材料性能的检测	253	十五、纸张水分的测定	268
第一节 纸张性能的测定	253	十六、纸张灰分的测定	268
一、纸的纵向、横向和正反面的 判断	253	第二节 油墨性能的测定	269
二、定量、厚度和紧度的测定	253	一、着色力的测定	269
三、平滑度的测定	254	二、粗细度的测定	270
四、透气度的测定	255	三、流动度的测定	271
五、吸收性的测定	256	四、干（燥）性、固着的测定	271
六、伸缩率的测定	258	五、油墨黏性的测定	274
七、施胶度的测定	259	六、油墨黏性增值的测定	275
八、拉伸强度和伸长率的测定	259	七、油墨飞墨的测定	275
九、耐折度的测定	261	八、油墨耐酸、碱、醇、水的 测定	275
十、表面强度的测定	262	九、油墨黏度的测定	277
十一、白度的测定	264	十、油墨光泽的测定	278
十二、不透明度的测定	264	十一、油墨丝头长短与流动值 （扩展直径）的测定	279
十三、光泽度的测定	266	参考文献	281
十四、纸张酸（碱）度的测定	267		

第一篇 承印材料

第一章 纸张的基础知识

第一节 概 述

一、纸的发展简史

造纸术是我国古代劳动人民智慧的结晶，是我国古代四大发明之一。据已出土的文物证明，早在公元前二世纪至一世纪，我国就有以丝棉絮、废麻纤维为原料，经过加工处理制成的纸浆，在竹帘上形成薄层，经烘干后成为可供书写的纸张。到公元 105 年，东汉和帝时期的宦官蔡伦总结和完善了前人的造纸经验，采用树皮、麻头、废布和旧渔网为原料，抄制成质地优良的、可供书写记录的纸张。

这种以树皮、竹子、麻头为原料加工成纸浆，用手工方法在竹帘上抄制成纸的造纸技术，从我国先后传到朝鲜、日本，大约在公元 751 年传播到阿拉伯半岛的撒马尔罕，然后再辗转传到欧洲各国，从而促进了世界文明的发展。一直到现在，这种以树皮、竹子为原料精工制作成的人工纸——宣纸，仍被中国、日本等国家的书画艺术家视为珍品。今天的造纸技术虽有了较大的发展，但其基本原理还是根据蔡伦所总结完善的造纸术发展而来的。

随着人类物质、文化生活水平的提高和科学技术、工农业生产的发展，纸的应用领域越来越广泛。从最初仅被用于书写的纸，在发明印刷术后又作为承印物而被应用，到今天纸张不仅是人们生活中的必需品，而且也是工农业生产和科学技术发展所不可缺少的物质。这不仅对纸在数量上提出了要求，更主要的是在质量^❶上的要求越来越高。目前，纸张的品种多达 5000 种以上，全世界年总产量达 2 亿吨；我国的纸张品种也有 500 种以上，年总产量居世界前五位，但按人口平均计算，每年每人消耗量在 10kg 左右，与发达国家的人均消耗量 100kg 以上还有很大的差距。

二、纸张的概念

纸张是经制浆和抄纸两个生产过程制造出来的。纸张是纸和纸板的统称，有时也是纸的简称。纸张是：以加工处理的纤维为主要成分，结合使用目的加入适量的添加剂，在网上或帘上交织形成纤维间相互黏结的薄片物质。这种物质不仅具有一定的强度，而且具有多孔性，这也是纸张与其他薄片物质的主要区别。

随着科学技术的发展，现代纸张的含义已经扩展到更大的范围。就其主要组成而言，有以下几种：植物纤维，如木材、草类；矿物纤维，如石棉、云母；金属纤维，如各种金属

❶ 本书中“质量”一词指物质的品质，而物理性质方面的“质量”用“重量”一词代替，以示区别。

丝。此外，还有用石油裂解得到的高分子聚合物的合成纤维制成的合成纸，其用途也日益广泛。尽管如此，目前用于书写、印刷、包装的纸仍是以植物纤维为主要原料。

三、纸张的分类和规格

1. 纸张的分类

纸张的品种很多，分类方法也较多，有按造纸工艺来分的，如手工纸和机制纸，普通纸和加工纸等；有按造纸原料分的，如植物纸、合成纤维纸等；有按纸张的特性分的，如有光纸和无光纸，涂料纸和非涂料纸，绝缘纸和普通纸等；还有按用途分的，如文化用纸、生活用纸、包装用纸等。大多数国家都是以纸张用途来分类的，而且都将纸张分为纸张和纸板。

纸和纸板的区别没有统一的规定，一般是通过定量、层数和厚度来区分的。定量在 $225\text{g}/\text{m}^2$ 以下的为纸，定量在 $225\text{g}/\text{m}^2$ 以上的为纸板。当然，纸和纸板在结构上也是有区别的，纸是单层纤维交织的薄片物，纸板是由两层以上的纤维交织而成的薄片物。另外，纸的厚度通常在 0.25mm 以下，而纸板则在 0.25mm 以上。有些产品定量虽然大于 $225\text{g}/\text{m}^2$ ，却不列入纸板类，习惯上仍称为纸，如白卡纸、绘图纸。而瓦楞原纸规定的定量中有 $112\text{g}/\text{m}^2$ 、 $127\text{g}/\text{m}^2$ 、 $140\text{g}/\text{m}^2$ 等低定量的规格，由于由多层纤维层复合，按习惯仍作为包装纸板类。

按纸张的产品用途，纸与纸板可分为六大类。它们分别是：

(1) 印刷用纸及纸板类 如新闻纸、凸版印刷纸、胶版印刷纸、铜版纸、字典纸、商标纸、招贴纸、白卡纸、玻璃卡纸、税票纸、钞票纸、封套纸等。

(2) 书写、制图、复制用纸及纸板类 如打字纸、有光纸、图画纸、晒图纸、无碳复写纸、誉印纸、复印纸等。

(3) 包装用纸及纸板类 如包装纸、邮封纸、鸡皮纸、铝箔衬纸、玻璃纸、牛皮纸、石蜡纸、防油纸、防潮纸、防锈纸、保鲜纸、牛皮箱纸等。

(4) 生活、卫生、装饰用纸及纸板类 如卫生纸、餐巾纸、壁纸、装饰纸、蜡光纸、塑料贴面纸板等。

(5) 工农业用纸及纸板类 如测试及信息用纸及纸板、过滤用纸及纸板、电气绝缘用纸及纸板、农业生产配套用纸板等。

(6) 加工纸原纸类 如加工记录原纸、静电记录原纸、心电图原纸、真空镀铝膜原纸、晒图原纸、瓦楞纸、复写纸、涂料照相原纸、玻璃卡原纸等。

2. 纸张的规格

由于用途不同，纸张的规格要求也不相同。一般印刷用纸分卷筒纸和平板纸两大类型。根据中华人民共和国国家标准 GB 147—89 “印刷、书写和绘图用原纸尺寸”的规定：新闻纸、凸版印刷纸、胶版印刷纸、胶印书刊纸、涂布纸、打字纸、字典纸、书皮纸等卷筒纸和平板纸的尺寸如下：

(1) 卷筒纸宽度尺寸 卷筒纸宽度尺寸常见的有：1575, 1562, 1400, 1280, 1230, 1092, 1000, 900, 880, 787，单位为 mm。卷筒纸宽度的允许偏差为 $\pm 3\text{mm}$ 。卷筒纸的长度国家标准未作统一规定，但一般产品均有习惯上的做法，例如卷筒新闻纸和卷筒印刷纸的长度为 6000m。目前各造纸厂采用传统的称量法来间接计算卷筒纸的长度，即称出纸卷的重量按下式计算纸张的长度：

$$\text{纸卷长度} = \frac{10^6 \times \text{纸卷重量}}{\text{定量} \times \text{卷筒纸宽度}}$$

式中，纸卷长度的单位为 m；纸卷重量的单位为 kg；卷筒纸宽度的单位为 mm；定量的单位为 g/m^2 。

(2) 平板纸的幅面尺寸 平板纸的幅面尺寸常见的有：1000mm × 1400mm；

900mm×1280mm；880mm × 1230mm；787mm × 1092mm；850mm × 1168mm；889mm×1194mm等。平板纸的幅面尺寸允许偏差为±3mm，偏斜度不许超过 3mm。

所谓偏斜度是指平板纸长边或短边与其相应的矩形长边或短边偏差的最大值，其结果以偏差的长度（mm）表示。

另外常见的平板纸的幅面尺寸有：690mm×960mm；787mm×960mm；880mm×1092mm等。

四、纸张的计量

纸和纸板的计量单位有定量、令重等。

1. 定量

定量是指单位面积的纸或纸板具有的质量，又称为克重，以 g/m^2 表示，是纸或纸板的基本性质。

2. 令重

令重是平板纸常用的计量单位。1 令纸是指 500 张全张（如 880mm×1230mm）纸。市场零售一般按令计价。令重即 500 张全张纸的重量。根据纸张的定量可以计算出平板纸的令重：

$$\text{令重} = \frac{500 \times \text{单张纸面积} \times \text{定量}}{1000}$$

式中，令重的单位为 kg；单张纸面积的单位为 m^2 ；定量的单位为 g/m^2 。

不同定量的平板纸，如果是标准张即全张纸，只需把定量乘以某一系数就等于它的令重。如 880mm×1230mm 的令重是它的定量乘以 0.43。

卷筒纸在出厂时每卷纸都有一定的重量，印刷时可以将卷筒纸折算成令数，也可以根据定量进行计算：

$$\text{令数} = \frac{\text{重量}(g)}{\text{单张纸的面积} \times \text{定量} \times 500}$$

第二节 造纸原料——植物纤维

一、用于造纸的植物纤维

印刷纸张的基本原料是植物纤维。植物纤维是存在于自然界的植物体中的一种细长细胞。自然界中的植物有千百万种，但能作为造纸原料的只有几十种，这是由从植物体中分离纤维的难易程度、植物中纤维含量、纤维中的纤维素含量及该植物的储藏量和运输等因素决定的。可用于造纸的植物原料一般可分为以下四大类：

1. 木材纤维类

用于造纸的木材分为针叶木和阔叶木两大类。针叶木又称软木，如落叶松、红松、白松、马尾松、云杉、冷杉等，阔叶木又称硬木，如杨木、桦木、枫木等。木材纤维长短不一，约在 2.5~3mm，纤维的聚合度为 5000 左右，一般可制作成各种浆料，如磨木浆、硫酸盐木浆和亚硫酸盐木浆等，是制造文化用纸的主要原料。

2. 茎秆纤维类

茎秆纤维是指稻草、麦草、竹、芦苇、高粱秆、甘蔗渣等的纤维。这类纤维大都短而细小，长约 0.5~2mm，直径约为 0.01~0.02mm，纤维的聚合度为 3000 左右，半纤维素的含量较高，一般与木浆一起制造中、低档的文化用纸和包装用纸。

3. 韧皮纤维类

韧皮纤维是指亚麻、黄麻、大麻、桑树皮等的纤维，其质地硬、强度高、韧性好。这类纤维粗而长，长度约在 25~30mm，直径约为 0.012~0.025mm，纤维素的含量较高，在 80%左右，纤维的聚合度在 36000 左右，常用于制造有价证券纸和较薄而又紧密的印刷纸。

4. 籽毛纤维类

籽毛纤维是指棉花、棉短绒、废布的纤维。棉纤维中的纤维素含量极高，可占 98% 以上。纤维的长度为 20~40mm，直径约为 0.012~0.037mm，聚合度为 12000，具有较高的强度和柔韧性，主要用于制造钞票纸及其他高级纸张。

除此之外，各国非常重视废纸、废布、废木材、废棉胎的利用。有的国家利用回收废纸作为原料就占造纸原料的 23%~40%。

目前世界上主要产纸国的造纸原料以木材类纤维原料为主，约占 90% 以上，所用非木材类纤维原料不到 10%。我国造纸原料所用的木材类纤维只占 40%~45%，而茎秆类纤维原料却占 50% 以上。

二、植物纤维及其构造

植物纤维实际上是植物体中的厚壁细胞，它是丧失了活力的死细胞，一个细胞即一根纤维。植物体中除了植物纤维外，还有薄壁细胞、表皮细胞、筛管分子等。造纸工业统称它们为“杂细胞”。

虽然不同植物中的纤维细胞的形状非常相似，但是它们的长短、粗细还是存在着差异。植物纤维和杂细胞在不同的植物体中的含量也各不相同，这不仅影响造纸工艺，也直接影响着纸张的性能。一般来讲，粗长的纤维交织出的纸张其强度优于细短纤维交织出的纸张；杂细胞含量多的纤维原料抄造出的纸张，其印刷适性不如用杂细胞含量少的植物原料抄造出来的纸张好。

经研究发现植物纤维的细胞壁是一种多层结构。不同的植物原料其植物纤维的细胞壁具

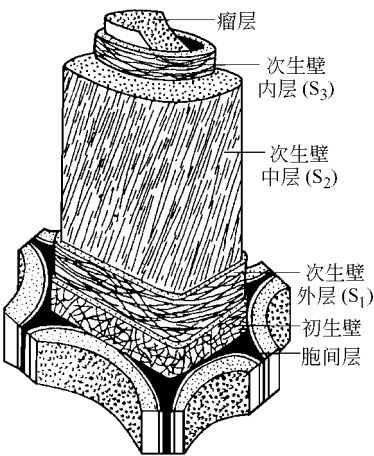


图 1-1 植物纤维细胞层次结构

有相似的精细结构。在显微镜下可观察到图 1-1 的结构，分为胞间层 (M)、初生壁 (P)、次生壁 (S)。纤维与纤维之间的组织称为胞间层，它是由半纤维素、木素、果胶等非纤维素物质所组成。胞间层把纤维与纤维粘连在一起，若把此层物质溶出，就能达到分离纤维的目的。初生壁很薄 (约 0.2~0.5 μ m)，是一层类似塑料的多层薄膜，它的细纤维呈网状排列。从结构来看，它是各向同性的，且木质素含量较高，因而只能透水，不能润胀。次生壁又分成外层 (S₁)、中层 (S₂)、内层 (S₃)。次生壁外层是介于初生壁与次生壁中层间的一个过渡层，在物理结构或化学成分上都比较接近于初生壁的性质。次生壁中层是纤维的主要部分，比其他各层厚得多，约为 1.0~5.0 μ m。它的细纤维排列是高度各向异性的，且与纤维的轴向呈一定的角度。因而造成纤维的纵向结合

强度大，沿着纤维的横向润胀较为容易。次生壁内层较薄，其木质素含量较低，细纤维呈交叉螺旋状排列。

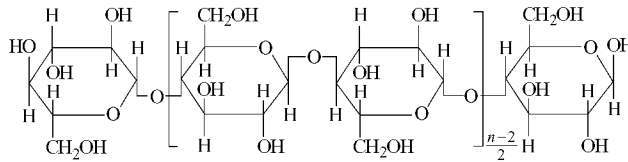
三、植物纤维的组成及性能

植物纤维细胞壁的主要成分是纤维素、半纤维素、木质素，还有少量的果胶、树脂、无机矿物质等。

1. 纤维素

纤维素是构成植物纤维的主体，是构成细胞壁的骨架。纤维素的纯品是无色、无味、无臭、不溶于水 and 一般有机溶剂的天然高分子聚合物，属于碳水化合物。经研究确定其分子通式为 (C₆H₁₀O₅)_n，即纤维素是一个由脱水葡萄糖基通过 β -1, 4 苷键连接而成的线形高分

子化合物，并通过乙酰化和硝化确定了纤维素的每一个 $C_6H_{10}O_5$ 分子单元上含有三个自由的羟基。 n 为葡萄糖基的数目，称之为聚合度。其分子结构式为：



天然纤维素有很多性质，与纸张有关的是：含有大量的羟基，亲水性很好，且有膨润性，但无水溶性；由于羟基的存在，能明显形成氢键；因膨润而失去刚性，而明显变得柔软。纸张的许多性质都与纤维素的性质有关。在化学制浆过程中，应尽量不破坏纤维素，以保证各种植物纤维的纤维素在纸张性能中起主导作用。

2. 半纤维素

半纤维素是在植物中与纤维素共存的多糖，即除纤维素以外的碳水化合物。半纤维素经水解后，可得到葡萄糖、半乳糖、甘乳糖、木糖等单糖，这说明半纤维素的化学成分是由戊糖和己糖组成的。半纤维素也是一种线形高分子化合物，但具有支链结构，其平均聚合度很低，将近 200。

从构成多聚糖的各种单糖基可看出，半纤维素也含有大量的羟基，由于其具有支链结构，使得这些羟基更具有游离性，因而半纤维素的吸水、润胀能力较纤维素强。植物纤维的吸水、润胀的难易在很大程度上取决于植物体所含的半纤维素量的多少。纸浆中保留一定量的半纤维素，对于打浆及纸张性质都有好处，它能提供更多的极性基团，在打浆过程中增加纤维的润胀和细纤维化，提高纤维的柔软性，因而能提高纸张的强度。但半纤维素含量高的纸张，其尺寸稳定性较差，容易因环境温湿度的变化产生吸湿性而变形。

3. 木质素

木质素存在于木化纤维的复合胞间层和次生壁外层中，是一种具有立体网状结构的高分子化合物。不同的植物原料其化学结构也有所不同，一般认为木质素是由三种基本的苯丙烷结构单元通过 C—O 键、C—C 键连接起来的立体网状分子。不同的原料，其木质素大分子中三种基本结构单元在数量上差别很大，这是草纤维木质素性质与木材纤维木质素性质在本质上的区别之一。

木质素在植物中起到黏结纤维、增强植物细胞壁强度的作用，在胞间层中木质素的含量最高，因此要离解纤维，就必须去除木质素，这就是化学制浆的原理。木质素在化学结构上极不稳定，在光、热、空气、酸、碱的作用下，都会引起木质素结构的化学变化，使纤维发黄、变脆，使纸张质地变脆，机械强度下降，并显示出木质素的黄褐色，影响纸张的白度。

因此，在造纸过程中，要尽可能保持植物纤维中纤维素成分，适当地保留半纤维素成分，必须除去木质素成分，这样才能保证纸张的质量，提高纸张的耐久性。

第三节 纸张的其他成分

仅用植物纤维相互交织形成的纸张，存在着密度分布不均匀、表面不平整、吸水极强等问题，不能在印刷中使用。为了克服这些弊病，在制造印刷用纸和文化用纸时必须加入适量的填料、胶料和色料，才能使纸张达到一定的性能指标和质量要求。

一、填料

1. 加填的作用

填料是纸张其他成分中加入量较多的一种，最多可达 25%，它是一种白色粉末状的无

机矿物质。造纸时加入填料，在纸料成纸时能填充纤维间交织的空隙和纸张表面的凹凸不平，造纸工业中称之为加填。填料的加入，不仅可以增加纸张的平滑度、不透明度、紧度和白度，也可提高纸张的定量和降低成本。另外填料的加入可在纸页中形成更多细小的毛细孔，而且填料粒子比纤维更易被油墨润湿，因而可改善纸张对油墨的亲合力。但纸张中填料的加入量不能太高，否则，会对纸张带来一些不良影响，如会造成纸张的强度降低和施胶效果的下降，在印刷中易发生掉毛、掉粉现象，从纸面上脱落下来的粉、毛有可能传递到橡皮布或印版上，造成糊版现象。而且填料有摩擦作用，会磨损印版，使印版的耐印力下降。

2. 常用的填料

一般作为填料的白色颗粒物质应具有颗粒细腻而均匀、色纯而白度高、良好的化学稳定性、透明度小而折射率要大以及成本要低等特点。印刷用纸中常用的填料有滑石粉、高岭土、碳酸钙、硅酸钙、二氧化钛等。

(1) 滑石粉 滑石粉是一种粉末状的矿物质，其化学成分为 $\text{Mg}_3[\text{Si}_4\text{O}_{10}](\text{OH})_2$ ，相对密度为 2.6~2.8，折射率为 1.56~1.57。滑石粉系单斜晶，是常呈片状、鳞片状或致密块状的集合体，有白色、灰色、淡绿色或淡黄色。造纸采用的是白色，其白度要求在 90% 以上，颗粒度要求能通过 200 目筛网的占 98% 以上。

滑石粉质地极软，手感滑腻，它的加入可提高纸张的平滑度和光泽度，对施胶度和强度的影响较小，但过多的加入会使纸张出现“掉粉”现象。

(2) 碳酸钙 碳酸钙的化学成分为 CaCO_3 ，有天然碳酸钙和沉淀碳酸钙两种。天然碳酸钙是由石灰石磨碎而成的，相对密度为 2.2~2.7，白度为 90%，球形颗粒。沉淀碳酸钙是由制碱厂将白泥通过特殊沉淀方法制得的，相对密度为 2.3，白度为 95%。

碳酸钙的主要作用是提高纸张的不透明度和平滑度，使纸张紧而有光泽。碳酸钙对纸张的强度影响较小，但由于碳酸钙是一种碱性物质，一般总是与其他填料混合使用。

(3) 高岭土 高岭土又称瓷土，是一种纯度不同的硅酸铝。主要成分是高岭石，一般呈白色，其化学成分为 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{SiO}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ，相对密度为 2.2~2.6，折射率为 1.56。高岭土中的含砂量与白度是衡量其质量好坏的主要因素，印刷用纸的高岭土要求白度在 90% 以上，含砂量不大于 0.5%。

(4) 二氧化钛 二氧化钛也称钛白粉，化学成分为 TiO_2 ，相对密度为 3.38，折射率为 2.62，白度在 98% 以上。二氧化钛是性能最优良的一种填料，其特点是颗粒细腻、分散度高并具有良好的遮盖力、良好的白度和光泽度，折射率高使纸张具有良好的不透明度。

二、胶料

胶料是指加入到浆料中或纸张表面的抗水物质，胶料的加入能使纸张具有一定的抗水作用。用植物纤维交织而成的纸张，因纤维和纤维之间存在着大量的毛细孔，而且由于构成纤维的纤维素、半纤维素含有大量亲水的羟基，所以具有良好的吸水性和吸墨性。在这样的纸上书写和印刷，墨水或油墨会迅速浸透和扩散，造成字迹图像模糊不清和透印。

纸张施胶后，利用胶料的抗水性，可以阻碍水分向纸张中渗透，从而提高纸张的抗水能力。这是由于加入的胶料能封闭纤维之间的间隙，并包围在纤维的四周形成隔层，使纤维不能直接与水接触，这样使纸张的吸水性下降。此外，表面施胶还能改善纸张的强度和挺括度，使纸张表面的光洁度得到提高，减少纸张表面的起毛现象，改善纸张吸墨的均匀性。

1. 施胶原理

施胶的主要目的是使纸张具有一定的抗水性能。不管采用何种施胶方法、何种胶料，使纸张获得抗拒液体渗透性能的原理是相同的，都是通过减少液体在纸面的扩散和渗透来达到目的的。

当一滴液体与纸面纤维接触，是扩散还是凝集成一个小滴，这主要取决于纸张表面与液

体的附着力和液体本身的内聚力的大小。根据表面化学的润湿理论，液体在固体表面的扩散程度可用扩散系数来表征：

$$\lambda_{LS} = \gamma_{LV} (\cos\theta - 1)$$

式中 λ_{LS} ——扩散系数；

γ_{LV} ——液体的表面张力；

θ ——液固接触角。

上式表明，对于一定的液体， γ_{LV} 为一定值，扩散系数 λ_{LS} 只取决于液体与固体表面接触角的大小。当 $\lambda_{LS} = 0$ 时，表明液体完全扩散，此时， $\theta = 0$ ； $\lambda_{LS} < 0$ ，表明液体部分扩散， $0^\circ < \theta < 90^\circ$ ； $\lambda_{LS} \ll 0$ ，表明液体几乎不扩散，此时， $90^\circ < \theta < 180^\circ$ ；而当 $\theta = 180^\circ$ 时，液体完全不扩散，也即液体在固体表面凝聚成珠状。如图 1-2 所示。

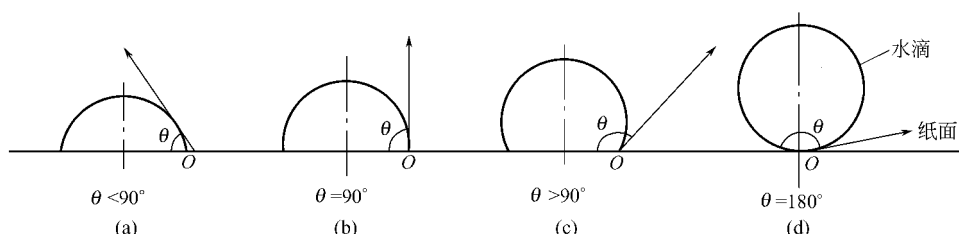


图 1-2 液滴在纸面上的润湿状态

当附着力大于内聚力时，液体扩散；当附着力小于内聚力时，液体聚集而不扩散。当纸面与液体接触时，形成一接触角，则说明纸张对液体具有抗拒能力或液体对纸张表面具有润湿能力。接触角也称润湿角，润湿角越大则抗拒能力越强，反之则抗拒能力弱。另外，液体向纸内的渗透，还取决于纸张毛细管的大小。当液体的表面张力与黏度一定时，渗透速度和渗透深度主要取决于毛细管半径 r 和接触角 θ 。

未经施胶的纸张，由于纤维素具有极好的亲水性，水与纸张的接触角接近于 0° ，因而水滴在纸面上将完全扩散，渗透也很迅速。松香胶加入到纸浆中后，纤维与松香胶都是带负电荷的，两者互相排斥，故必须依靠硫酸铝所离解出的铝离子（带正电）来与松香胶共聚，产生带正电荷的沉淀物，然后再沉淀到纤维表面上去。抄成纸页后能减小纸页的毛细孔半径，同时也提高了液体与纸张表面的接触角，减少了液体在纸面上的扩散和渗透，从而使纸张的抗水能力有所提高。

2. 施胶的方法及常用胶料

根据施胶的效果不同，施胶的方法有内部施胶和表面施胶两种，另外，根据胶料的投放量不同，还有重施胶和轻施胶等施胶工艺。在造纸中，施胶量不宜过大，一般约占浆料重量的 $0.25\% \sim 9\%$ ，否则会影响纸张的其他性能。

内部施胶是在造纸过程中向纸浆中加入胶料，使胶料沉淀在纤维上再抄造成具有憎液性的纸和纸板的方法。内部施胶所用的胶料有松香胶、聚烷基烯酮胶料、石蜡松香乳剂、沥青胶等。

表面施胶是将纸或纸板浸入成膜性胶料溶液中，在纸面上形成部分连续的薄膜，从而使纸张具有憎液性能。表面施胶主要用于胶版纸、书写纸和要求憎液性能好的包装纸和纸板。表面施胶所用的胶料有改性淀粉、动物胶、聚乙烯醇（PVA）、羧甲基纤维素（CMC）、甲基纤维素（MC）、石蜡胶等。表面施胶不仅能提高纸张的抗水性能，而且能改善纸张的表面性能。

三、色料

色料通常是指颜料与染料。加入到纸张中的色料实际上是指用于改变和调整纸张颜色的物质。调整和改变纸张的颜色，又称调色和染色。

调色是指用少量染料利用“互补色”原理对纸张进行颜色的调整，使纸张的白度提高。因为纸浆纤维总是略呈黄色至灰白色，即使经过漂白处理，其白度仍不能令人满意。这是因为纸浆中所含有的木质素倾向于吸收波长在 400~500nm 的蓝紫色光所致。纸浆中木质素含量愈多，其色泽也就愈深。如果在稍呈黄色的漂白浆中加入适量的蓝紫色染料，吸收波长为 500~600nm 的黄色或橙色光，即能起到互补作用，使纸张在肉眼观察下反映出较纯的白色。白色纸张的纸料经过调色处理，不仅可提高纸张的白度，而且可使生产的每一批纸张保持一定的色度。

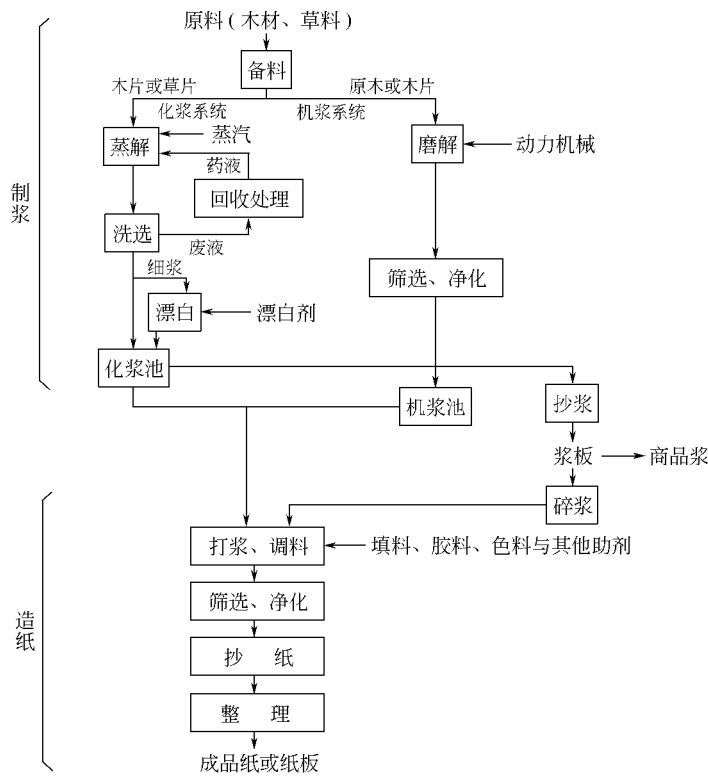
染色是指利用色料改变纸张颜色的工艺。为了生产有色纸，如有色书皮纸、包装纸、广告纸、彩色皱纸等都要进行染色。

常用的色料有：碱性染料，如盐基槐黄、盐基玫瑰红、盐基品蓝等；酸性染料，如酸性金黄、酸性桃红、酸性湖蓝、酸性青莲等；直接染料如直接大红、直接橘黄、直接品蓝等；还有荧光增白剂等。调色所用色料多为直接染料和荧光增白剂。染色所用色料则需根据具体要求而定。

荧光增白剂实质上并不起染色作用，也不起漂白作用，而是通过一种光学作用使纸张显白。它是一种荧光染料，或称白色染料，不仅能够吸收可见光，而且能吸收一部分紫外光并将其转化为蓝光或红光，可以抵消纸浆中的灰暗黄色，从而使纸浆显白。荧光增白剂还能增加纸张对光的反射强度，使其取得更高的亮度。但是，荧光增白剂不适用于本色浆的显白，因为本色浆色泽较深，又具有吸收紫外光的能力。

第四节 造纸工艺简介

造纸是将植物纤维原料加工处理成细小的纤维，并加入适量的添加剂抄制成薄膜状物质的过程。纸张是经过制浆和造纸两大生产过程制造出来的，其工艺流程如下所示：



一、制浆生产流程

制浆就是利用化学、机械或者两者相结合的方法将植物原料离解，变成以纤维素为主体的漂白浆或本色浆的生产过程。其生产工序主要有原料储存、备料、离解、洗涤、筛选、和漂白等。

(1) 原料的储存 根据地区资源和造纸的要求，选择、收集并储存所需的植物纤维原料，一般造纸厂应储存可供一个月以上生产所需的原料。

(2) 备料 实质上就是制备制浆所需的原料量，在这一阶段，储存的原料被去皮除枝及除尘，并切成制浆所需的长短与大小，有时还需进行预处理。

(3) 离解 通过不同的离解方法，植物原料被分离出纤维浆料。离解的方法不同，所得到的浆料性质也有所不同，通常冠以不同的方法以示区别，如机械木浆、化学木浆等。

(4) 洗涤 由于用化学方法制取的浆料呈褐色，必须经洗涤工序，用清水冲洗除去浆料中的木质素溶解物和色素，从而使纤维恢复本色。

(5) 筛选 筛选是利用过滤和沉降的方法，将浆料中的未离解纤维束与块以及其他杂物除去的生产工艺。

(6) 漂白 漂白是指用一定的化学药剂对纤维浆料进行再处理，从而使浆料的白度大大提高的生产工艺。并非所有的浆料都要进行漂白，所以浆料又分漂白与未漂白两种。

漂白所用的漂白剂有还原性和氧化性两种，它们的作用有所不同。还原性漂白剂如二氧化硫、亚硫酸盐，只能对浆料中被氧化的木质素分子进行还原，即改变木质素分子中的发色基团的结构。这种存在着木质素的浆料在空气中会被氧化，仍会返黄。所以，这种方法只能使浆料暂时漂白，主要用于得浆率高的机械木浆。化学木浆一般采用氧化性漂白剂漂白。氧化性漂白剂如漂白粉 $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ 、次氯酸钠 NaOCl 和 ClO_2 ，这类漂白剂主要是进一步除去浆料中残存的木质素，从而提高纤维素的纯度，使白度稳定性好。

要得到白度较高的浆料一般采用两段漂白法和三段漂白法。两段漂白法将漂白工艺分为两步进行，第一步先投入全部漂白剂的 $1/2 \sim 3/4$ ，反应后先用水洗涤纸浆，滤出溶出物，然后再进行第二步，加入余下的 $1/2 \sim 1/4$ 漂白剂，使纸浆达到预期的白度，这样做虽比较费工，但能在保证质量的前提下，比一次漂白节省漂白剂 $20\% \sim 25\%$ 。三段漂白法是一种较先进的漂白技术，较适合于硫酸盐浆和其他颜色较深的纸浆，它是利用氯气能去除纸浆中木质素的性质，在未漂白前，先用氯气处理浆料，在不损伤纤维的情况下起纯化作用，这是第一步，称为氯化 (C)。第二步在纸浆中加入碱，以溶出全部氯化木质素，用水洗去，称为碱处理 (E)。第三步是将呈褐色的纸浆用次氯酸盐进行漂白，使之达到白度指标，称为漂白 (H)。这就是制造一般印刷用纸最常用的 CHE 三段漂白法，它能将硫酸盐浆或磨木浆漂白到 80% 以上的白度，同时保持了纸浆原有的机械强度，因此，目前被造纸厂广泛采用。

二、制浆方法及常用的浆料

1. 机械法

机械法就是利用机械摩擦力磨解植物原料而得到纤维浆料的方法，所得的浆料统称为机械浆。用木材为原料磨解出的浆料称为机械木浆或磨木浆，以草类为原料的称为机械草浆。磨木浆是将一定长度的去皮原木在磨木机中由旋转的磨石将木材磨解成纤维，再用水冲洗下来所得的浆料。磨木浆的生产工艺流程如下：

