



全国高职高专印刷与包装类专业教学指导委员会规划统编教材
及精品课程主讲教材
国家示范性高等职业院校建设计划重点建设专业核心课程教材

包装材料性能检测及选用

PACKAGING MATERIALS QUALITY TESTS & SELECTIONS

郝晓秀 主编
郝晓秀 曹菲 付春英 编著
孙诚 主审



中国轻工业出版社

全国高职高专印刷与包装类专业教学指导委员会规划统编教材
及精品课程主讲教材
国家示范性高等职业院校建设计划重点建设专业核心课程教材

包装材料性能检测及选用

郝晓秀 主 编 ■
孙 诚 主 审 ■
郝晓秀 曹 菲 付春英 编 著 ■

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

包装材料性能检测及选用/郝晓秀主编. —北京: 中国轻工业出版社, 2010. 2

国家示范性高等职业院校建设计划重点建设专业核心课程教材

ISBN 978-7-5019-7449-8

I. ①包… II. ①郝… III. ①包装材料-性能-检测-高等学校: 技术学校-教材 IV. ①TB484

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2009) 第 234250 号

责任编辑: 杜宇芳

策划编辑: 林 媛

责任终审: 劳国强

封面设计: 白利波

版式设计: 王超男

责任校对: 燕 杰

责任监印: 张 可

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: 三河市世纪兴源印刷有限公司

经 销: 各地新华书店

版 次: 2010 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 10.25

字 数: 243 千字

书 号: ISBN 978-7-5019-7449-8 定价: 22.00 元

邮购电话: 010-65241695 传真: 65128352

发行电话: 010-85119835 85119793 传真: 85113293

网 址: <http://www.chlip.com.cn>

Email: club@chlip.com.cn

如发现图书残缺请直接与我社邮购联系调换

90876J2X101ZBW

前言

包装是为在流通过程中保护产品、方便运输、促进销售,并按一定技术方法采用容器、材料及辅助物等以及为达到上述目的而采用的一些技术措施的总称。随着各行各业产品竞争的日趋激烈,产品的包装已由商品的附属地位逐步演变成为商品的重要组成部分。包装工业的发展和进步,大多体现在新型包装材料和工艺技术的开发和应用方面。包装新技术的开发,主要取决于包装材料的性能、包装机械的自动化程度以及包装设计者的专业水平。因此,只有具备丰富的包装材料知识,才有可能创造出新型的产品包装方法,提高包装技术的整体水平。

2007年,天津职业大学“包装技术与设计”专业有幸成为国家示范性高等职业院校建设项目首批重点建设专业之一,根据项目提出的课程改革要从高技能人才培养的实际需要为出发点的精神,教材编写人员走访相关包装企业,了解包装设计师、包装材料检验工的职业岗位要求,课程在原有教材《包装材料学》的基础上,删减了部分理论强而应用差的知识点,确定了包装纸、纸板、塑料和复合软包装材料以及玻璃材料和金属材料为主要内容,同时增加了食品、药品、日用品包装材料特性、包装材料质量检测、包装材料鉴别等应用型知识,教材名称更改为《包装材料性能检测及选用》。

本书的主要特点:内容体系是由“学习情境→项目→任务”的顺序编写的,根据产品包装材料和容器的选用以及质量检测的工作流程构建内容体系,本书设计了商品纸包装材料与容器的性能检测及选用、商品塑料和复合软包装材料与容器的性能检测及选用、商品玻璃、金属包装材料与容器的选用、商品整体包装材料与容器的选用及性能检测四个学习情境,共十个教学项目。符合学生认知规律由单一向综合的转换。全书以任务和案例的方式重点讲解各类常见包装材料的性能、加工等理论知识,着重介绍各种包装材料及制品的检测技术与方法,使读者能根据商品性能和包装要求,提出正确选择包装材料、正确测试和评价材料的质量的方法,在完成项目和任务的过程中学习包装材料选用以及质量检测的知识,真正达到学习和工作融为一体的效果。

本书由郝晓秀担任主编,孙诚担任主审。学习情境一由郝晓秀和曹菲编写;学习情境二、三、四由郝晓秀和付春英编写,全书由郝晓秀统一定稿。本书理论联系实际,具有较强的实用性,适用于印刷包装高职院校的专业课程教材,也可供相关专业技术人员阅读参考。本书是2009年全国高职高专印刷与包装类专业教学指导委员会精品课程“包装材料性能检测及选用”的主讲教材,使用本教材的读者可以访问 <http://211.68.224.2/k10>。网站上有课程整体设计、单元设计、教学录像、模拟仿真、生产视频、图库等更丰富的教学资源供您参考。

书中引用其他作者的资料不分先后,在此谨向他们致以真诚的感谢!

由于编者水平有限,书中难免出现疏漏和错误之处,敬请读者批评指正。

编者

目录

1	绪论
1	一、包装材料及其在材料工业的重要性
1	二、包装材料的分类
2	三、包装材料的性能及测试
3	四、包装材料的选用原则
5	学习情境1 商品纸包装材料与容器的性能检测及选用
6	项目1 认识纸包装材料和容器
6	一、包装用纸的组成
9	二、纸的生产工艺流程
13	三、纸和纸板包装材料的规格种类和特点
14	四、纸包装材料的回用
18	项目2 包装用纸和纸板的性能检测
18	一、纸包装材料性能要求
19	二、纸和纸板包装材料性能检测
39	项目3 包装用纸和纸板材料与容器的选用
39	一、市场调查和专业信息查询
41	二、商品包装用纸袋材料和容器的选用
48	三、商品包装用纸盒包装材料与容器的选用
64	项目4 瓦楞纸板、瓦楞纸箱的性能检测与选用
64	一、认识瓦楞纸板
68	二、瓦楞原纸和箱纸板的性能检测与选配
74	三、瓦楞纸板的性能检测
77	四、瓦楞纸箱
88	学习情境2 商品包装用塑料和复合软包装材料的性能检测及选用
89	项目1 常见塑料薄膜的检测方法、性能及选用
89	一、塑料包装材料的检测方法
93	二、常用塑料薄膜性能及选用
99	项目2 常见塑料容器的性能和选用
101	一、常用塑料包装容器
103	二、常用塑料助剂

104	三、塑料包装材料的发展趋势
105	项目 3 软包装复合基材的性能、选用及软包装设计
106	一、软包装复合基材的基本性能
107	二、软包装复合材料的结构及基材的选用原则
110	三、软包装材料复合工艺
111	四、软包装复合材料的性能及应用
113	五、软包装材料设计及主要性能测试
118	学习情境 3 商品玻璃、金属包装材料与容器的选用
119	项目 1 玻璃容器的特性及应用
120	一、玻璃包装容器
120	二、新型金属玻璃
121	三、新型玻璃包装容器及其加工技术
124	四、玻璃包装材料的回收与利用
127	项目 2 金属包装材料的特性及成型
127	一、金属包装材料的性能特点
128	二、金属包装材料的分类
128	三、钢质包装材料
129	四、铝质包装材料
130	五、金属包装容器
137	六、金属包装材料的回收与利用
141	学习情境 4 商品整体包装材料与容器的选用及性能检测
141	项目 1 包装材料选用及评价综合训练
142	一、酸奶整体包装分析
142	二、奶粉包装分析
143	三、商品包装选材实训
144	附录 1 包装材料相关专业术语中英文对照
146	附录 2 包装材料与容器标准目录
149	参考文献

绪 论

包装不仅是商品的必要组成部分,而且也是沟通商品生产的最后一道工序。从流通过程看,包装可保护商品、美化商品、宣传商品以及便利商品贮存、运输、销售和使用,从而提高商品市场竞争能力的重要手段。因此,激烈的市场竞争要求重视包装,不断地改进包装,这已成为企业的一个经营观念。

包装工业未来发展的四大趋势是包装设计趋于多样化;包装工艺趋于简单化;包装机械趋于智能化以及包装材料趋于环保和可降解。没有好的包装材料就不可能有好的包装产品。可以说包装新材料与包装新技术的完美结合是包装工业永远的追求。现在很多新产品和新工艺必须要有好的包装材料与之配套,方可达到很好的包装效果。

一、包装材料及其在材料工业的重要性

包装材料是指用于制造包装容器、包装运输、包装装潢、包装印刷、包装辅助材料以及与包装有关的材料的总称。包装主要材料有塑料、纸和纸板、金属、玻璃,还包括竹木与野生藤类、天然纤维与化学纤维、复合材料、缓冲材料、纳米材料、阻隔材料、抗静电材料、可降解材料等。包装辅助材料主要有黏合剂、印刷油墨、涂料等。各种包装材料及其容器所占的比例为:纸和纸板 35.6%,塑料 31.1%,玻璃 6.6%,金属 26.6%。

包装材料的初级阶段,可以追溯到人类有记载的历史之前,那时的包装材料取之于天然。随着人造包装材料的产生,如纸和纸板、塑料、玻璃、金属等为包装提供了更好的原料,包装的品种逐渐多了起来,并被人们广泛接受。由于纸和纸板的环保特性以及塑料具有质轻、耐用、阻隔性、易成型、形状多样、资源和能源消耗少等优点,因此大量地取代了天然资源包装材料,促进了新包装机械的出现。可以说现代包装是随着造纸工业和塑料工业的发展而发展起来的。在 20 世纪 70 年代到 80 年代发展起来的复合包装材料,如铝塑复合材料、纸塑复合材料、塑与塑复合材料等,提高了包装的阻隔性、印刷安全性且利于结构造型,可代替金属、玻璃等包装材料,使包装更方便、更轻巧。现代新技术的发展促进了各种新兴包装的出现。

包装材料是实现包装的三大功能的保证。包装材料对实现包装的保护功能起着决定性的作用。比如包装材料的强度韧性、阻隔性、耐腐蚀性等均取决于包装材料,优质的包装材料可以有效地减少破损,提高保质保鲜效果,延长货架期。包装的方便功能也与包装材料有密切关系。轻便结实的包装材料和容器,自然能使商品流通更方便,同时也方便消费者携带。至于包装的促销功能,虽与容器造型、装潢设计和印刷有关,但新颖高档的包装材料本身所具有的特性和外观,同样具有促销效果。

由于包装使用寿命短、使用量大,包装材料逐渐在材料工业中占据了重要位置。世界纸和纸板总产量中,约 50% 用于包装;塑料包装占其总产量 30% 以上。

二、包装材料的分类

以包装材料作为分类标志,是研究包装材料的主要分类方法。包装材料可以从不同的

角度进行分类:

① 按材料材质可以分为塑料、纸和纸板、玻璃、金属和复合材料等。

② 按材料的软硬性质可以分为软包装材料(如纸、铝箔、天然纤维等)、半硬包装材料(如瓦楞纸板、塑料等)和硬包装材料(如金属、硬质塑料、玻璃等)。

③ 按材料来源可以分为天然包装材料和加工包装材料。

④ 按材料的主辅作用可以分为主要包装材料和辅助包装材料(如对包装进行装饰印刷的油墨以及在包装中用于制作纸制容器和覆膜的黏合剂等)。

三、包装材料的性能及测试

(1) 力学性能 包装材料的力学性能,主要包括弹性、塑性、强度、韧性和脆性等。

① 弹性。包装材料的弹性主要是指其缓冲防振性能。在包装件受到外力的作用下,包装材料的变形量愈大,说明其弹性愈好,缓冲性能就愈佳。

② 塑性。塑性是指包装材料在外力作用下发生变形,移去外力后不能恢复到原来形状的性质。这种变形称为塑性变形或永久变形。包装材料受外力作用,拉长或变形的量越大,又不会出现破裂现象,说明该材料的塑性好。

③ 强度。包装材料强度分为抗压、抗拉、抗弯曲、抗撕裂、抗戳穿、抗剪切和抗磨等强度。包装材料适用范围和使用条件不同,包装承受外力的形式也不同,因此,强度对于不同包装材料有不同的意义。比如包装堆码时要求抗压强度,起吊时要求抗拉强度,搬运时要求抗弯曲、抗磨、抗戳穿强度等。

(2) 物理性能 包装材料的物理性能主要包括密度、吸湿性、阻隔性、导热性、耐热性和耐寒性等。

① 密度。密度是表示和评价某些材料的重要指标,它不但可以判断这些材料的紧密度和多孔性,而且对包装材料的耗料量,以及搬运、装卸、堆码都很重要。现代包装材料要求密度小、质轻、方便流通,以减少运费,并降低材料成本。

② 吸湿性。吸湿性是指包装材料在一定温度和湿度条件下,从空气中吸收或放出水的性能。具有吸湿的包装材料在潮湿环境中能吸收空气中的水分而增加其含水量;在干燥环境中,则会放出水分,减少含水量。包装材料吸湿性的大小,对包装物有很大的影响。吸湿率和含水率对控制包装的安全水分,保证商品质量安全都是重要的指标。

③ 阻隔性。阻隔性是指包装材料对气体和水气的阻隔性能。它对于防湿、保香包装十分重要。阻隔性的反面是渗透性与透水性,是指被空气或水透过的性能。不同商品的包装,对包装材料的阻隔性能要求不完全相同。

④ 导热性。导热性是指包装材料对热量的传递性能。由于包装材料的组成成分和结构不同,各种包装材料的导热性有很大差异。金属材料导热性强,陶瓷的导热性差。材料的导热性,还受材料的颜色、光滑程度的影响。

⑤ 耐热性和耐寒性。耐热性和耐寒性是指包装材料耐温度变化而不致失效的性能。耐热性大小,取决于材料的成分和其结构的均匀性。一般规律是晶体结构材料大于非晶体结构材料,无机材料大于有机材料,金属材料最高,玻璃次之,纸、塑料和木材更低。熔点愈高,耐热性愈强。有的包装材料及容器需经加热,如热灌装、高温灭菌、蒸煮、烘烤、微波加热等,要求包装材料具有足够的耐热性。包装材料有时又需要在低温或冷冻条件下使用,则要求其具有耐寒性,即在低温下保持韧性,脆化倾向小。

(3) 化学稳定性 化学稳定性是指包装材料受外界条件的作用,不易发生化学变化(如老化、锈蚀等)的性能。老化是指高分子材料在日光、空气和高温作用下,它们的分子结构受到破坏,物理机械性能急剧下降的现象。塑料的老化会造成其分子结构主链断裂,分子量降低,变软、发黏,机械性能变坏等。为了提高塑料包装材料的防老化性能,一般是在材料的制造过程中,添加防老化剂。锈蚀是指金属表面受周围电介质腐蚀的现象。金属锈蚀的基本类型有:斑锈蚀、点锈蚀、孔锈蚀、晶粒间腐蚀和全部腐蚀等。为增加金属包装材料的抗锈蚀性能,可采取几种金属合金、电镀、涂防锈油与油漆、气相防锈技术等措施。抗锈蚀主要要求包装材料要耐水、耐酸、耐腐蚀性气体和耐其他化学物质的性能,使材料不易与这些物质发生化学变化。

(4) (成型)加工性能 包装材料一般需加工成容器或进行其他加工。因此,包装材料的(成型)加工性能的好坏十分重要,(成型)加工性能不好的材料难以推广。对不同的包装材料和不同的成型加工工艺有不同的加工性能要求。如金属包装材料的冲压性、焊接性;塑料包装材料的黏合性、热封性,对各种包装材料都有适印性的要求。

(5) 安全性 安全性是指包装材料必须是无毒(或不含有有害物质或不溶出有害物质)、无菌、无放射性等。也就是说包装材料必须对商品无污染,对人体不产生损害,这点对食品包装和药品包装尤为重要。

(6) 无污染、能自然分解和易于回收利用 易于回收处理性能主要指包装材料要有利于环保,有利于节省资源,对环境无害,尽可能选择绿色包装材料。对此要研究包装废弃物的回收、回用和再生等。

包装材料测试主要是对用于制造包装容器和运输包装、包装装潢、包装印刷等有关的材料和包装辅助材料的测试,一般包括纸、纸板、塑料、金属、玻璃、陶瓷、化学纤维和复合材料等材料。

四、包装材料的选用原则

(1) 对等性原则 在选择包装材料时,首先应区分被包装物的品性,即把它们分为高、中、低三档。对于高档产品,如仪器、仪表等,本身价格较高,为确保安全流通,就应选用性能优良的包装材料。对于出口商品包装、化妆品包装,虽都不是高档商品,但为了满足消费者的心理要求,往往也需要采用高档包装材料。对于中档产品,除考虑美观外,还要多考虑经济性,其包装材料应与之对等。对于低档产品,一般是指人们消费量最大的一类,则应实惠,着眼于降低包装成本、方便使用,以经济性为第一考虑原则,可选用低档包装规格和包装材料。

(2) 适应性原则 包装材料是用来包装产品的,产品必须通过流通才能到达消费者手中,而各种产品的流通条件并不相同,包装材料的选用应与流通条件相适应。流通条件包括气候、运输方式、流通对象与流通周期等。气候条件是指包装材料应适应流通区域的温度、湿度、温差等。对于气候条件恶劣的环境,包装材料的选用更需倍加注意。运输方式包括人力、汽车、火车、船舶、飞机等。它们对包装材料的性能要求不尽相同,如温湿度、振动条件大不相同,因此包装材料必须适应各种运输方式的不同要求。流通对象是指包装产品的接受者,由于国家、地区、民族的不同,对包装材料的规格、色彩、图案等均有不同要求,必须使之相适应。流通周期是指商品到达消费者手中的预定期限,有些商品保质期很短,如食品;有的可以较长,如日用品、服装等,其包装材料都要相应满足这些

要求。

(3) 协调性原则 包装材料应与该包装所承担的功能相协调。产品的包装一般分个包装、中包装和外包装，它们对产品流通中的作用各不相同。个包装也称小包装，它直接与商品接触，主要是保护商品的质量，多用软包装材料，如塑料薄膜、纸张、铝箔等。中包装是指将单个商品或个包装组成一个小的整体，它需满足装潢与缓冲双重功能，主要采用纸板、加工纸等半硬性材料，并适应于印刷和装潢等。外包装也称大包装，是集中包装于一体的容器，主要是保护商品在流通中的安全，便于装卸、运输，其包装材料首先应具备足够的强度，并兼顾其他的功能，多采用瓦楞纸板、木板和胶合板等硬性包装材料。

(4) 美学性原则 产品的包装是否符合美学，在很大程度上决定一个产品的命运。从包装材料的选用来说，主要是考虑材料的颜色、透明度、挺度、种类等。颜色不同，效果大不一样。当然所用颜色还要符合销售对象的传统习惯。材料透明度好，使人一目了然，心情舒畅。挺度好，给人以美观大方之感，陈列效果好。材料种类不同，其美感差异甚大，如用玻璃纸和蜡纸包装糖果，其效果就大不一样。

在当今国际市场激烈竞争的情况下，商品包装的形状、图案、材料、色彩以及广告，都直接影响商品的销售。

学习情境 1 商品纸包装材料与容器的性能检测及选用

知识目标

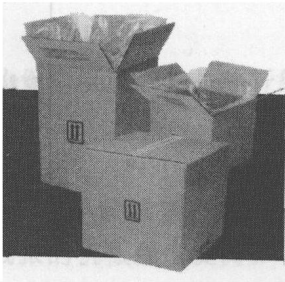
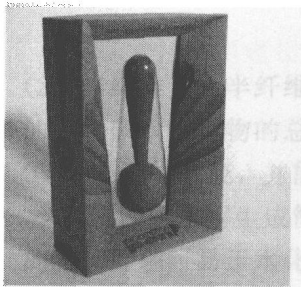
- 1. 了解包装用纸和纸板的规格、特点和种类。
- 2. 了解纸和纸板包装材料的发展趋势、世界各国最新开发的包装用纸的基本状况等。
- 3. 掌握包装用纸的主要组成、纸和纸板的制造工艺。
- 4. 掌握加工纸包装材料的种类、性能特点以及生产方法。
- 5. 掌握纸、纸板和瓦楞纸板包装材料检测技术方法的原理。

能力目标

- 1. 具有根据商品特性，综合质量和成本正确选用纸和纸板包装材料和容器的能力。
- 2. 具有根据商品包装要求确定瓦楞纸板强度，正确选配瓦楞原纸和箱纸板的能力。
- 3. 具有利用互联网等资源进行纸包装专业和市场信息检索和搜集的能力。
- 4. 具有根据国家标准对纸、纸板和瓦楞纸板包装材料的性能进行检测的能力。
- 5. 具有辨别和初步解决纸箱和纸板经常出现的质量问题的能力。

学习情境介绍

以纸和纸板为原料制成的包装，统称为纸制包装。纸和纸板作为传统包装材料，发展至今仍是现代包装最主要的包装材料。纸包装材料是最早采用的包装材料之一，也是当今世界各国包装行业用得最广、用得最多的包装材料。在全世界包装材料与容器的消费中，纸和纸板的消费在数量上和金额上都占有优势。纸制包装产值约占整个包装材料产值的45%，它广泛的应用于商品的销售包装、运输包装，以其独特的性能为商品提供良好的保护，是包装材料中极具发展前途的材料。



该学习情境共包括4个教学项目：认识纸包装材料和容器、包装用纸和纸板的性能检测、包装用纸和纸板材料与容器的选用、瓦楞纸板、瓦楞纸箱的性能检测与选用。培养学生具有商品纸包装材料与容器的性能检测及选用的能力。

项目 1 认识纸包装材料和容器

项目任务

通过教师课前准备和学生自己收集的各种纸包装材料和容器的实物展示，了解纸包装材料的发展历史、纸包装材料的应用现状、包装用纸的组成和生产工艺流程以及包装废弃物处理的基本原则和纸包装废弃物回收利用的方法，要求学生根据自身体验总结纸包装的特点。

- ◆ 具有初步识别纸包装材料和容器的能力。
- ◆ 具有初步分析包装用纸生产工艺各环节对纸张性能影响的能力。

最早的类似纸的材料是古埃及人在公元前三千年发明的一种纸草。而第一张真正意义上的纸则是由中国人蔡伦在公元 105 年发明的，几百年后阿拉伯人将造纸术传到了欧洲。纸是最早采用的包装材料之一，已广泛应用于各行各业的产品包装中。应用于包装工业及包装印刷的纸张和纸板，种类繁多，涵盖面广，从小螺丝钉到大型机电设备，从用于美化生活的礼品包装到为了生活方便的垃圾包装，从装饰性包装到防护性的保护包装，只要是用于包装的纸质材料，全统称为包装纸。主要包括有：箱纸板、瓦楞纸、白纸板及白卡纸、医药包装纸、垃圾包装纸，还有五彩缤纷的礼品包装纸以及各种特殊用途的特种加工包装纸。

国际标准定义：纸是连续的片状形式或卷筒薄材形式的一类材料的通称。由植物纤维、矿物纤维、动物纤维、合成纤维或其混合纤维的悬浮液沉淀，加或不加其他添加物质在成型机上成型制成。在制造过程中或制成后，可以涂布、浸渍或转制而不失纸的特性。

一、包装用纸的组成

包装用纸的主要组成如图 1-1-1 所示。

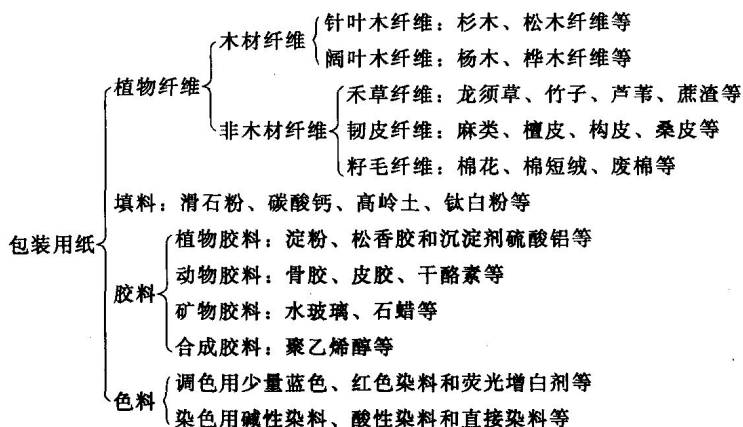


图 1-1-1 包装用纸的主要组成

1. 植物纤维原料的化学组成

不管是木材还是非木材造纸植物纤维原料，其化学组成都是纤维素、半纤维素及木素。不同的造纸植物纤维，其纤维素、半纤维素及木素的含量不相同。表 1-1-1 列出了几种代表性的植物纤维的主要化学成分。

表 1-1-1

几种植物纤维的主要化学成分

单位：%

原 料 组 成			纤维素	半纤维素	木素
木材	阔叶木纤维	白 桦	43~53	18~25	19
	针叶木纤维	云 杉	52.1~63	10~18	27~30
		落叶松	54~58	15~22	18~20
草类	草类纤维	稻 草	36~40	16~23	14
		麦 草	40~52	20~21	9.5~12
		甘蔗渣	50~59.5	20.5~26	18~20.5
		芦 苇	43.7~51	21~23	21~23.5
韧皮纤维		亚 麻	80~82	3.5~5.9	2.74
棉纤维		棉 花	94~97	0.5~1	0

(1) 纤维素 纤维素是植物和树木细胞壁的主要组成部分。经测定，纤维素是由三种元素化合而成的，其元素比例为：碳 (C) 44.4%，氢 (H) 6.2%，氧 (O) 49.4%。从以上百分比可以推算出纤维素的实验分子式： $C_6H_{10}O_5$ 。

近来通过 X 射线对纤维素进行研究，说明纤维素分子是由许多的葡萄糖基通过氧桥结合成的链状大分子，也就是说葡萄糖基是组成纤维素分子的基本化学单位。纤维素的分子式是 $(C_6H_{10}O_5)_n$ ， n 为聚合度，纤维素相对分子质量的大小，只要测得纤维素的聚合度 n 就可知了，因为葡萄糖基的相对分子质量是 162。

一般来讲，由纯粹的纤维构成的棉纤维素的聚合度为 3500~5000，而木材的纤维素的聚合度不超过 2000，图 1-1-2 就是纤维素的化学结构式。葡萄糖基是构成纤维素分子的基本单位，纤维素分子之间又连接起来成为链状的巨分子束。它们进一步的结合就形成极细的纤维丝（微纤维），又由无数细小的微纤维组合得到基本的纤维。纤维素是典型的亲水性胶体物质，这是因为它的葡萄糖基上有三个羟基的缘故，故具有多元醇的性质。由于纤维素具有这一特性，无论是在造纸工业还是在印刷工业的实际生产中都具有重要意义。

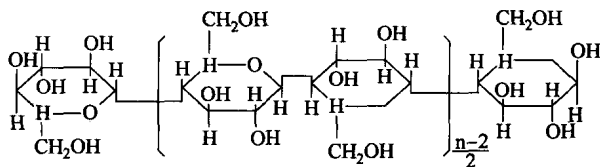


图 1-1-2 纤维素化学结构

(2) 半纤维素 半纤维素是类似纤维素的物质，没有固定的化学组成，它是除纤维素以外的一切碳水化合物的总称。它同纤维素的区别主要在于：

① 可溶于稀碱液，并能溶于沸水中。

② 被稀酸所水解生成简单的五碳或碳糖。若纤维中含有较多的半纤维素，它在成纸之前的工艺处理时易于水化膨胀，成纸后彼此交织得紧密，使纸张的机械强度提高。

(3) 木素 木素也是植物纤维的组成之一，其结构非常复杂，到目前为止尚未确定它的分子结构。木素能溶于碱液、酸液，在各种氧化剂的作用下能够分解。因此在造纸过程中，就利用这一特性，通过碱液或酸液的蒸煮处理，先将木素溶解去掉，将纤维素分离出来。因为木素受日光空气的作用会变成褐色的物质，而木素存在于纸张中，因此，经日光

长期照射的纸张会变黄，发脆而变质。

植物纤维中除了含有纤维素、半纤维素和木素外，还有少量的果胶、树脂、脂肪及其他成分，一般来说对纸张的性能都有影响，必须把它们除去。

2. 造纸过程中的添加剂

(1) 填料

① 常用填料的种类。

滑石粉。滑石粉是我国用得最多的填料，化学式为 $3\text{MgO} \cdot 4\text{SiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ ，可以提高纸张的平滑度、柔软性和光泽度。

碳酸钙。碳酸钙主要是提高纸的不透明度，增加纸张吸收油墨的能力，成纸柔软性强，紧密而有光泽。

钛白粉。钛白粉有优良的性能、分散度高、覆盖能力高，折射率高，具有较高的不透明度、白度和光泽度。

膨润土。膨润土可以提高浆料中细小纤维的留着率。

② 包装用纸加填料的目的和作用。

降低成本。通常矿物填料的价格比纸浆便宜，因此用滑石粉或其他价廉的填料来代替一定量的植物纤维，具有一定的经济意义。

提高纸张的白度和不透明度。造纸工业中应用的填料的白度，大部分高于所用纸的白度，因此，在配比中加入填料，一般有助于提高纸的白度。

提高平滑度。在加进矿物填料时，不经压光的纸的平滑度是不会提高的，但是含有填料（硫酸钡、滑石粉、高岭土）的纸，再经过超级压光机以后，与不含填料的纸相比，变得较为平滑。这是因为当压光时，填料粒子填平了纸页粗糙表面的凹处，促使纸页平滑度增加。

降低弹性，提高塑性。

增大纸页总的孔隙率。含有矿物填料的纸，通常比不含矿物填料的纸毛细管增多，从而增大了纸页总的孔隙率。通常这也引起纸的吸收能力增加，降低纸的湿变形，减少纸的卷曲性，提高纸页的干燥速度。

增加对油墨的吸收能力。施加填料后胶版印刷纸对油墨的吸附能力，因纸中填料的增加毛细孔增多而提高。所以在这种纸中应该限制填料含量的上限，以防止在胶版印刷过程中油墨渗透到纸的另一面。

提高紧度。纸的紧度是随着所用填料的比重、纸中填料量和分散度的增加而提高。尤其是在超级压光之后，紧度提高很多。

掉粉。随着纸中矿物含量增加，纸的掉粉程度增大。

(2) 胶料 施胶目的是使纸张具有一定的抗水性、提高表面强度和某些性质，减少掉毛掉粉现象。施胶方法有内部施胶和表面施胶。

内部施胶剂常用松香胶、石蜡松香胶。要配用沉淀剂硫酸铝 $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ 。如果再配用铝酸钠 $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Na}_2\text{O} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 即为中性或弱碱性施胶，提高纸的耐久性。

表面施胶剂常用淀粉、动物胶、松香胶、聚乙烯醇等。现今为止使用最广泛的是淀粉和动物胶，它们与纸张有一定的亲和性，使植物纤维彼此黏和起来在纸表面形成一层薄膜，阻止墨水或水渗透到纸页内部。同时提高了纸的耐磨性和纸的机械强度。

松香胶或石蜡松香胶可以提高纸张的光泽度；聚乙烯醇可以提高纸张的抗油脂渗透性；湿强树脂可以提高纸张的湿强度。因此，采用表面施胶时，要根据纸张的质量要求来选择表面施胶剂。

另外，为了提高纸张的强度，在纸浆中通常添加分子量相当高的和含有大量能够形成氢键的聚合物，有助于提高纸张的机械强度，如抗张强度、耐破度、拉毛强度、耐磨强度等。

(3) 色料 色料起调色和染色的作用。

调色的目的是提高纸的白度和使生产的每批纸张保持一定的色度。浅黄色或灰白色的纸浆可用少量蓝色染料进行调色；浅绿色或浅蓝色纸浆可用少量红色染料进行调色；对于白度要求高的纸张，可在浆料中加些荧光增白剂以提高白度。

染色是为了生产有颜色的纸张，例如，有色书皮纸、标语纸、广告纸等。

造纸工业常用染料有碱性染料、酸性染料、直接染料和荧光增白剂等。

二、纸的生产工艺流程

1. 制浆

制浆是指利用化学方法或机械方法或两者结合的方法，使植物纤维离解成本色浆或漂白浆的生产过程。

(1) 化学法制浆 化学法制浆就是利用化学药品的水溶液在一定温度和压力下处理植物纤维原料，将原料中的木素溶出，尽可能地保留纤维素和不同程度地保留半纤维素，使原料纤维彼此分离成浆。化学法中最有代表性的有硫酸盐法和亚硫酸盐法两种。

硫酸盐法药液的主要成分是 NaOH 和 Na_2S ，溶液中 S^{2-} 、 HS^- 和 OH^- 可与木素结构单元发生反应，使木素结构单元之间的链接发生断裂，成为溶于水的低分子物质，从而使纤维间分离成单根纤维。硫酸盐法应用范围广，各种类型的原料均可采用此法，成浆强度大，因此抄制包装用牛皮纸和纸袋纸都采用此法制浆，故又称硫酸盐浆为牛皮浆。但此法得浆率低，成浆颜色较深，要制成漂白木浆，需采用技术上较复杂的多段漂白，废液回收设备复杂。尽管如此，硫酸盐法仍然是目前最主要的制浆方法。

亚硫酸盐法根据药液的组成和 pH 不同，一般又可分为四类：酸性亚硫酸盐法、亚硫酸氢盐法、中性亚硫酸盐和碱性亚硫酸盐法，但无论是酸法还是碱法，脱木素的主要作用都是基于溶液中的 SO_3^{2-} 和 HSO_3^- 与木素反应，在木素结构单元引进了亲水性基团——磺酸基，使木素溶出，因此木素大分子没有太大的变化，当然在碱性亚硫酸盐法中 OH^- 也有一定的脱木素作用。亚硫酸盐法的未漂浆色浅易漂，纤维润胀能力大，较硫酸盐法易打浆，成纸质地柔软，对原料要求严格。

(2) 机械法制浆 机械法制浆是利用机械方法对纤维原料进行处理，使纤维离解。用木材为原料的称之为机械木浆，以草类为原料的称之为机械草浆。目前工业应用的主要是机械木浆，也称磨木浆，机械草浆正在研究开发之中。机械浆保留了原料中的大量木素，显然得浆率高于化学浆。

磨木浆又分为普通磨木浆、木片磨木浆。普通磨木浆是应用机械力将原木段压在磨石表面，由旋转的磨石将木材磨解成纤维，再用水把它从磨石表面冲洗下来，即成磨木浆。普通磨木浆主要用来生产新闻纸或与化学木浆配合生产凸版纸及其他印刷用纸。木片磨木浆是在不用化学药品的情况下，分离木片中的纤维并精磨而成的纸浆。若在磨浆前对木片

进行热处理,即为热磨机械浆。与普通磨木浆比较,木片磨木浆扩大了原料的范围,通过适当的预热处理,用阔叶木也能生产出较高强度的磨木浆。用木片磨木浆抄造的纸张,不透明度高,印刷性能好,可减少纸中化学浆的用量,但热磨机械浆颜色较深。实际印刷中也发现,用机械浆配抄的印刷纸,不透明度高,纸面平滑细致,组织均匀,可压缩性好,吸墨性好,印出的字迹、图像清晰美观。

(3) 化学机械法制浆 先用化学药品对原料进行预处理,然后再用机械方法进行进一步磨解。由于化学处理条件比较温和,所以得浆率很高,被称之为高得率浆。目前已成功地用化学机械浆来抄造新闻纸、包装纸和各种包装纸板,经过漂白后还可用于制造书写纸、杂志纸等一些较高档的印刷纸。化学机械法是制浆方法的一个发展方向。

除上述制浆方法外,目前新发展起来的新方法有蒸气爆破法制浆和生物制浆,这些方法不仅成浆得率高,成纸强度高,而且能耗低,可减少或消除制浆废液对环境的污染,因而是制浆的发展方向。

2. 漂白

经过化学蒸煮或机械磨解等方法制得的纸浆,叫做本色浆,本色浆都有一定的颜色,深的呈暗褐色,浅的呈灰白色。浆料中的木素是纸浆呈色的主要原因。要满足纸张的使用要求,就必须对纸浆进行漂白处理,使纸张具有一定的白度。漂白的目的就是用适当的漂白剂通过氧化或还原或分解等反应,使纸浆中残留的木素进一步溶出,或在保留木素的情况下使有色物质褪色。常用的漂白方法有两大类:一类是氧化性漂白剂,能破坏木素的结构,使其溶解,达到提高纸浆纯度,同时也提高纸浆白度的目的。此类漂白剂有 Cl_2 、 ClO_2 和氯酸盐等。另一类是还原性漂白剂,它可以使发色基团改变结构,使其褪色。由于不会造成纤维组分的损失,并保持原浆料的特性,因此特别适用于磨木浆、化学机械浆等高得浆率的漂白。此类漂白剂有连二亚硫酸锌、连二亚硫酸钠、过氧化氢和过氧化钠等。还原性漂白剂漂白的纸浆成纸白度稳定性差,在空气中长时间光照日晒后又会恢复原来的颜色。因此目前仍以氧化性漂白为主要的漂白方法。氧化性漂白剂为氯漂白,由于污染严重,也将逐渐被含氧漂白方法所取代。新的生物漂白方法正在研究之中。

3. 纸料的制备

(1) 打浆 经过蒸煮或机械磨解、洗涤、筛选和漂白以后的纸浆,还不能直接用来抄纸。因为纸浆中的纤维缺乏必要的柔曲性,如果用它抄纸,纸张会疏松、多孔,表面粗糙,强度低,不能满足使用的要求。打浆就是利用机械方法处理水中的纤维,使其具有满足造纸机生产要求的特性,使生产的纸张能达到预期的质量指标。所以打浆是造纸过程中最重要的工段。

打浆的作用是使纤维细胞发生位移变形,破除初生壁和次生壁外层,纤维润胀和细纤维化,并受到部分切断。打浆过程中,这些作用是交错进行的。吸收润胀为纤维的细纤维化创造了有利条件;反过来,纤维的细纤维化又能促进纤维的进一步吸水润胀。纤维的细纤维化分为外部细纤维化和内部细纤维化。外部细纤维化的结果,纤维表面游离出大量具有亲水性能的羟基,在水中通过水的作用形成水桥,在干燥脱水后,转化为纤维之间氢键结合,氢键只有在相邻羟基间距离小于 $2.55 \sim 2.75 \mu\text{m}$ 范围之内才能形成。内部细纤维化的结果,纤维变得具有高度的柔软性和可塑性,因而利于纸页成型时增加纤维之间的交织,干燥后纤维间形成更多的氢键。所以打浆的结果,大大增强了纤维间的结合力,提高

了纸张的强度。图 1-1-3 所示为打浆对纸张强度的影响，从图中可以看出，随着打浆的进行，纤维间结合力不断增加，除撕裂度外，抗张强度、耐破度和耐折度均不断增加，但打浆到一定程度后又开始下降。因此控制一定的打浆度，可得到所希望的纸张强度。打浆除影响纸张的强度外，打浆还导致纸张平滑度增加，紧度增加，吸收性和不透明度下降。这些影响对于印刷纸张来讲，有的是有利的，有的是不利的，因此，只有根据不同的纸张品种，选择适当的打浆工艺，才能得到具有良好印刷性能的纸张。

(2) 调料 调料就是根据纸张不同用途要求，向打浆完毕的浆料中加入各种辅料，如胶料、填料和色料等，以制成适合造纸机抄造纸页的纸料。因此，调料的目的是从不同的角度，改进与纸浆和纸张有关的质量指标，但并不是所有纸张都必须经过调料处理。

4. 纸页的抄造

(1) 抄造方法和设备 纸页的抄造方法可以分为干法和湿法两大类，其主要区别在于湿法造纸以水为介质，干法造纸则以空气为介质，目前绝大多数的纸张都是湿法抄造的。

湿法造纸机按纸页成型的结构，一般可以分为长网造纸机、圆网造纸机和夹网造纸机三大类。长网造纸机和圆网造纸机是目前我国应用最多的两类造纸机，夹网造纸机是近年来发展起来的新造纸设备。三种造纸机都是由网部、压榨部、干燥部与卷纸机等组成，所不同之处是不同纸机网部的形式与成型的方法不同。长网纸机的网部是由成型网、案辊（或案板）、真空吸水箱、伏辊等脱水元件组成；圆网造纸机的网部是由网槽与网笼组成；夹网造纸机的网部包括立式和弧型以及 S 型成型器。长网纸机和圆网纸机在纸页成型时都是采用单面脱水，因而会造成纸页的两面差，而夹网造纸机采用双面同时脱水，有效地减少或消除了纸页的两面差，提高了成纸的匀度。

(2) 抄造过程及特点 长网造纸机是目前应用最为广泛的造纸机，图 1-1-4、图 1-1-5

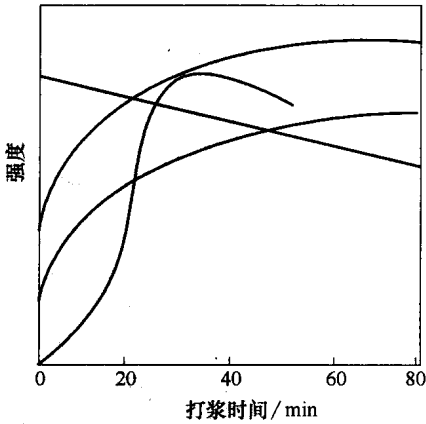


图 1-1-3 打浆对纸张强度的影响

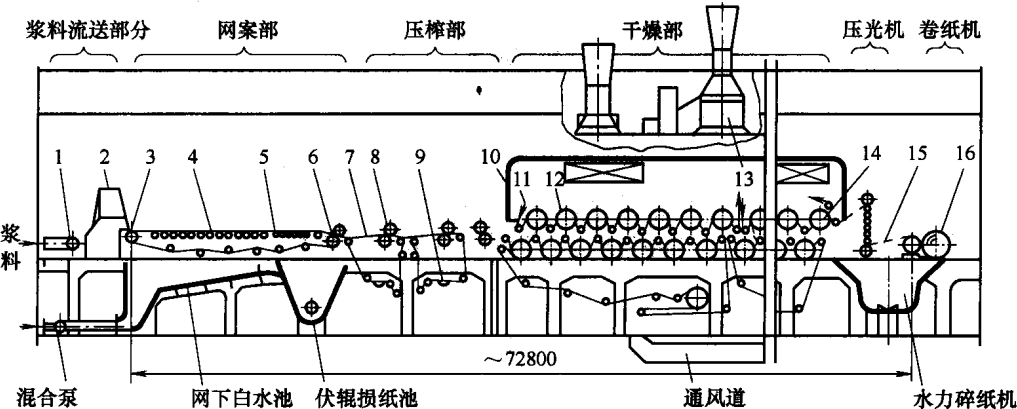


图 1-1-4 长网造纸机的示意图

- 1—浆流分布器 2—流浆箱 3—胸辊 4—案辊 5—真空吸水箱 6—伏辊 7—压榨毛毯 8—压榨辊 9—毛毯洗涤器 10—通风罩 11—干燥帆布 12—烘缸 13—通风系统 14—冷缸 15—纸幅 16—纸卷