

摘 要

本论文着重讨论了 30 万吨红麻亚铵法制浆造纸综合厂之红麻全秆亚铵法制浆生产 A 级牛皮箱板纸及高强瓦楞原纸工艺条件。论文中对整体方案进行初步规划, 对红麻原料进行了化学成分分析, 探讨了红麻全秆制浆的蒸煮工艺, 同时对打浆度对纸张物理性能的影响进行了研究。

原料分析的结果表明, 红麻全秆纤维素含量高于一般草类原料和阔叶木原料, 聚戊糖含量高于针叶木而低于阔叶木, 总木素含量接近麦草。这证明红麻是一种很具潜力的优良造纸原料, 可以用来生产牛皮箱板纸面浆和高强瓦楞原纸。

通过正交实验确定出红麻全秆亚铵法制浆抄造牛皮箱纸板的最佳蒸煮工艺为: 亚氨用量 20%, MgO 用量 5.5%, 蒸煮最高温度 165℃, 升温时间 2h, 最高温度下保温时间 3.0h, 液比 1:5。在此条件下蒸煮出的浆质柔软, 色泽浅, 滤水性能好, 浆料得率可达 62 %以上, 浆料易打浆。当打浆度为 35° SR 左右时, 抄出纸达到国家 A 级产品质量标准。

红麻全秆亚铵法制浆生产高强瓦楞原纸的最佳蒸煮工艺为: 亚氨用量 16%, MgO 用量 5.0%, 蒸煮最高温度 160℃, 保温时间 2.5h, 液比 1:5。浆料得率可达 68%, 柔软可塑, 易于打浆。当打浆度为 40~45° SR 左右时, 抄出纸满足国家高强瓦楞原纸质量标准。

关键词: 红麻全秆 亚铵法制浆 牛皮箱板纸 瓦楞原纸

Abstract

How to produce A class kraft liner board and high strength corrugating medium with kenaf is studied in this paper . It includes analyzing the chemical components of kenaf , testing and discussing the cooking technical parameters of kenaf pulp , and discussing the effect of the beating degree on paper physical strengths.

The result of raw material analysis shows that the cellulose content of whole kenaf stalk is higher than common grass and leaf wood, the poly-pentose content is higher than needle wood and lower than leaf wood, and total lignin content is similar to wheat. It's proved that kenaf is a potential kind material for papermaking. It can be used for kraft liner board and corrugating medium.

The optimal cooking technical parameters of kenaf pulp for kraft liner board is obtained by orthogonal experiment, which are ammonium sulfite 20%,Magnesium oxide 6.5%,the supreme temperature 165 °C,temperature raising period 2h, heat preservation time 3 hours at 165°C, liquor ratio 1:5. In this condition, the pulp was very soft and white , and easier filtrating and beating. When beating degree gets 35° SR, paper from the pulp meets national A degree kraft liner board.

After series of experiments , the best cooking parameters for kenaf pulp used for corrugating medium was gotten as followed: ammonium sulfite 16%,Magnesium oxide 5.0%,the supreme temperature 160 °C,heat preservation time 2.5 hours at 160 °C . When beating degree is about 40~45° SR, the paper from the pulp has excellent physical strengthes.

Keywords: whole stalk kenaf ammonium sulfite kraft liner board corrugating medium

目 录

└─ 文摘

└─ 英文文摘

└─ 第一章绪论

└─ 1.1 项目提出背景

└─ 1.1.1 项目的提出

└─ 1.1.2 阜新概况

└─ 1.1.3 阜新经济转型方向

└─ 1.1.4 阜新土地资源和环境状况

└─ 1.2 箱纸板和瓦楞原纸发展现状

└─ 1.2.1 箱纸板市场

└─ 1.2.2 瓦楞原纸市场

└─ 1.3 红麻原料特性及其制浆造纸研究概况

└─ 1.3.1 红麻的基本情况

└─ 1.3.2 红麻纤维及其造纸基本特性

└─ 1.3.3 国内外红麻制浆造纸研究概况

└─ 1.3.4 利用红麻制浆造纸的必要性与原料保障

└─ 1.4 制浆方法的选择

└─ 1.4.1 亚铵法制浆简介

└─ 1.4.2 亚铵法制浆优缺点

└─ 1.4.3 亚铵法制浆副产品开发

└─ 1.5 本论文的研究目的与意义

└─ 第二章项目整体方案

└─ 2.1 项目总体目标

└─ 2.2 产品方案

└─ 2.3 经济效益分析

└─ 2.4 关键工艺技术

└─ 2.4.1 蒸煮工艺技术

└─ 2.4.2 工艺技术路线

└─ 2.4.3 制浆废液综合利用

└─ 第三章实验

└─ 3.1 红麻原料化学成分分析

└─ 3.1.1 原料来源及备料

└─ 3.1.2 化学成分分析

└─ 3.2 蒸煮

└─ 3.2.1 原料

└─ 3.2.2 蒸煮方法

└─ 3.2.3 浆料处理

└─ 3.2.4 浆料分析

└─ 3.3 打浆与抄片

└─ 3.3.1 纸浆打浆度的测定

└─ 3.3.2 纸页物理强度指标的测定

□第四章结果与讨论

□4.1 红麻纤维原料化学成分分析

□4.2 亚铵法制浆生产牛皮箱板纸面浆最佳工艺条件的确定

□4.2.1 红麻全秆中性亚硫酸铵法蒸煮条件实验

□4.2.2 红麻全秆亚铵法蒸煮的正交实验

□4.2.3 再现性实验

□4.2.4 磨浆与抄片

□4.3 红麻全秆亚铵法制浆生产瓦楞原纸最佳工艺条件确定

□4.3.1 亚铵法制浆生产瓦楞原纸正交实验因素水平

□4.3.2 正交实验结果分析

□4.3.3 再现性实验

□4.3.4 磨浆与抄片

□第五章结论

□参考文献

□发表论文

□致谢

第一章 绪论

1.1 项目提出背景

1.1.1 项目的提出

近年来,中国造纸工业发展迅速,纸和纸板产量增长很快。同时国民经济发展促使包装业发展迅猛,高强度低定量箱纸板和瓦楞原纸市场仍供不应求。扩大高强瓦楞原纸及牛皮箱板纸的生产规模成为近几年来各大企业的看点。而作为资源型的阜新地区,近年来由于煤炭资源枯竭,资源和经济转型迫在眉睫^[1]。为充分利用辽西地区贫瘠土地,调整农业种植结构,尽快实现阜新地区资源和经济转型,提出在阜新地区建立红麻种植基地,以红麻为原料生产高强瓦楞原纸和牛皮箱板纸。本文是为阜新民族造纸厂做的30万吨高强瓦楞原纸和牛皮箱板纸实施方案的一部分内容。

作为纺织主要原料之一的红麻属槿葵科草本一年生植物,耐旱、耐涝、耐盐碱,抗洼抗涝能力强。而辽西地区近600万亩的盐碱地、坡地和荒地种植粮食产出能力低下,尤其近些年十年九旱,这些土地几乎没有收益,若将此地区进行红麻集中连片种植,使麻类的生产与加工形成一个稳定的新型产业链,将麻类综合利用与开发和我省西部地区经济转型结合起来,将对阜新经济作出重要贡献。

1.1.2 阜新概况

作为全国知名的“煤矿”,阜新曾有过辉煌的历史。

“一五”期间,中国在前苏联的援助下确定了156个重点发展的重工业项目,其中58个在东北地区,阜新一个市就占了其中4个。

据介绍,建国以来,阜新每年的煤产量年均达到1200万吨,一个形象的比喻是,用载重60吨的卡车装载起阜新出产的原煤,排起队来可以绕地球赤道4圈半。

那时候,阜新像其它煤炭城市一样,一切“以煤为纲”,每当煤产量有所波动,中央或辽宁省立即就会派员前来督促。在阜新历史上,不只一次出现过政府机关关门,所有干部下井挖煤的怪事。这种政策一直持续到十一届三中全会召开前后。

“以煤为纲”给阜新造成的后果,到20世纪80年代初期就开始暴露。这一时期,阜新的煤储量虽然只开采了近一半,但是进一步开采的成本大幅上升,原因是此

前原煤生产主要靠开采成本相对低的露天矿,而剩余储量基本蕴藏在地下 700m 以下。在开采成本加大的同时,矿工年龄老化等问题也接踵而来。到 2000 年,阜新的经济跌落到了谷底,经济总量连续多年辽宁省排名最后。

由于煤炭资源的枯竭,2001 年 3 月 30 日,伫立在阜新大地上的东梁矿、平安矿、新邱露天煤矿,经国务院批准实施全面破产。2002 年 4 月,曾经是亚洲第一大露天煤矿的海州矿因资源枯竭而申请破产。2002 年 6 月,阜新矿务局所属的其他几个煤矿也申请破产。78 万城市人口中,下岗、失业人员 15.6 万,生活在 156 元低保线以下的就有 19.98 万人^[2]。转型终于成为阜新无法绕过去的一个门槛。

1.1.3 阜新经济转型方向

2001 年 5 月,新一届市长王琼在阜新市九届党代会上作了以“经济转型”为主题的报告,其基本想法为从 2002 年到 2005 年四年里,建设一批现代农业示范区。此后五年里,基本建成全国生态、农业建设示范区,用 9 年时间基本完成转型^[3]。

2001 年 12 月,国阅[2001]76 号文件中将阜新确定为全国唯一的资源型城市经济转型试点。

目前,阜新已经建立起 15 个农业园区和 30 个专业小区,吸引了上海的大江集团、光明乳业、河南双汇等 60 多家大型企业^[4]。

经过 2002 年的转型之路后,阜新市于 2003 年 3 月发布了阶段性成果:GDP 增幅为 20.4%^[5],增幅居全省第一。

1.1.4 阜新土地资源和环境状况

阜新土地资源的特点是:

1、土地资源总量大,而质量较差。土地水土流失、风沙干旱、涝洼盐碱面积较大,在现有耕地中,中低产田为总耕地面积的 72.4%。

2、土地资源类型多,山地多于平地,全地区山地丘陵面积 67.17%,而平原洼地仅占 20.65%,风沙地占 12.18%。

3、土地资源地域为异明显。

4、土地后备资源少,可垦耕地资源不足。据 2001 年末统计,阜新市未利用土地面积为 153321.18 公顷,其中多为荒草地、盐碱地、沼泽地、沙地、裸土地、裸岩石砾地、田坎等,可供农林牧业进一步垦殖难度比较大的占 4/5。可见,随着人口的

增加，土地资源不足，特别是耕地少，为地矛盾日趋尖锐。

由上可以看出，阜新地区优质土地资源严重匮乏。如何使经济转型方向朝着现代农业和农产品精深加工业良性发展已成为目前比较严峻的问题。而鉴于大连轻工业学院在辽宁省朝阳地区贫瘠土地上红麻种植成功，并形成种植—造纸—麻纺产业链项目，取得一定的经济效益的基础上，抓住阜新地区经济转型之机，调整农业种植结构，改善生态环境，充分利用我省辽西丘陵山地，盐碱地、坡地荒地及干旱地区种植红麻作物，开发生产目前市场上走俏的优质牛皮箱板纸及高强瓦楞原纸及其副产品，对于促进阜新经济发展，防治水土流失，保护生态环境，提高农民收入，发展我省造纸业，拉动其他行业都有着重大意义。

1.2 箱纸板和瓦楞原纸发展现状

1.2.1 箱纸板市场

近年，国内箱纸板市场需求增加；与此同时，看好这一市场的外资企业纷纷投资建厂，规模之大，发展之迅速成为箱板纸发展中的一个亮点，加之国内箱纸板企业亦扩大生产规模，市场供需状况发生了变化。2001~2002 年间，箱板纸产能的集中进入使其增速明显高于市场需求，出现供大于求的状况，纸价持续低迷，竞争十分激烈，产品销售不畅，库存积压增多，箱纸板市场步入低谷。进入 2002 年，市场依然日趋疲弱，行情一路下跌。以 C 级箱纸板为例，2000 年的价格 2700~3100 元/吨，2001 年为 2500~2800 元/吨，2002 年上半年为 2400~2700 元/吨，箱纸板市场行情呈熊市。从当时情况分析，国际市场废纸、木浆价格前期的持续下滑亦是影响到箱纸板市场价格的一个因素。

随木浆价格上升，废纸价格也大幅上涨，国际市场上箱纸板价格随之提升，但国内大部分品种的箱纸板价格上升空间不大，供大于求的现状丝毫没有改变，因而减少了价格上涨的动力。虽然市场的整体形势不甚景气，但个别厂家的箱纸板产品却较为热销，这是一些企业采用进口设备或经过改造的机台生产的箱纸板，质量好，规格全，克重低，因而受到市场的欢迎。相反未经技术设备改造的箱纸板质量差，消耗高，用户越来越少，库存增多。我们再一次领悟到市场的竞争，靠价格仅是一种短期行为，而产品的质量才是企业竞争致胜的关键，亦是占领市场的基础。

从发展趋势来看，目前箱纸板市场高、中、低档产品应有尽有，市场份额的划分

基本上是进口产品, 外资企业产品、国产产品三足鼎立, 各个不同档次有不同的用途, 可谓各得其所。从高档产品市场看, 外资企业已在国内生产具有进口品质的箱纸板, 在市场中与进口箱纸板抢市场份额, 使后者受到冲击, 按目前势头发展下去, 进口纸在中国市场的份额将逐步减少。而且外资企业生产规模大, 资金充足, 价格与国产同类型纸相当, 使国资企业生产的箱纸板销售同时受到影响, 即使这些企业用先进设备生产的高档纸也受到牵连, 价格受到压抑。因为近年来国内纸业外资投入巨大, 而其投建的大多是大型纸机, 产能增加迅速, 其推向市场后, 除减少部分进口外必定挤占国内纸厂的市场份额。

中低档产品的市场中也不断出现分化, 国内如山东等地一些企业箱纸板价格定得不高, 过去由于产品质量在市场并不显眼, 目标也不是很大。但近几年这些企业加大投资力度, 进行了设备改造, 新上的箱纸板项目使产品质量得到了有效的提升, 在竞争中寻觅到不少机会。他们把箱纸板打到上海、京津地区以及江浙地带, 因其产品迎合部分中档消费者的口味, 蛋糕做得越来越大, 已成为箱纸板市场不可小视的一方诸侯。

作为包装材料, 国内箱纸板市场仍显出品种结构的不够合理, 白面牛卡、低定量牛卡的需求量正在上升, 因此进一步加快生产优质牛皮箱纸板替代进口, 将是平衡箱纸板市场的一个办法。针对目前的市场状况, 国内箱纸板企业, 一方面要及时捕捉市场商机, 把握市场的主动权; 另一方面要针对自己的特点细分市场, 生产出具有自己特色的产品, 迎合消费者的不同需求, 并且在提高质量、降低成本上下功夫, 增加技术含量, 获得比较优势; 再一方面是在售后服务上狠下功夫, 以优质的服务质量取信于客户, 牢牢地保持自己的市场份额, 在激烈的市场竞争中开拓出一片天地。

根据目前市场观察, 箱纸板的发展趋势^[6]表现为:

- 1、基于市场对良好印刷及相应彩印的需求, 白面牛卡、白面牛皮箱纸板发展较快, 市场需求量增加。白面牛卡既能达到白板纸的彩印效果, 又具有牛皮箱纸板强度, 特别适合制作高档饮料、酒类等的包装。由于其具有包装性能、价格、印刷皆宜的效果, 增加了市场竞争力。由于进口白面牛卡价格较高, 现有部分国产产品已经能替代进口产品, 国内有不少厂家已经开始生产。

- 2、低定量、高强度是市场发展趋势。目前市场对高、低定量箱纸板的需求比例正在发生变化。在强度保证的情况下, 包装制箱企业喜欢使用低定量、高强度箱纸板, 其经济合算, 使用效果好。从产品本身看, 箱纸板趋向于低定量发展。150~300 克/平方米的最受欢迎, 其中定量细化, 如 250g/m² 向 220 或 200 g/m² 方向发展; 360 g/m²

向 300 g/m^2 发展。还出现了由面层和底层组成的 150 g/m^2 箱纸板, 强度并不受影响。

3、目前纸板的消费层次渐渐明朗, 消费档次提高。许多优势商品愿意在包装上做文章、下本钱, 因而中高档箱纸板销售情况看好。另外由于箱纸板价格降低, 消费中低档纸板的用户便可以提高包装档次, 改用中高档箱纸板来提高商品的档次。例如: 酒类市场产品外包装由原来使用箱纸板改为白板及白面牛卡的比较多, 建筑陶瓷砖行业由于瓷砖规格加大, 重量增加, 由使用普通涂布箱纸板改为牛皮箱纸板等等, 为箱纸板提供了空间。

尽管箱纸板市场可能会出现低档产品供大于求的现象, 大量产能的增加会导致进口箱纸板减少, 但箱纸板的市场前景仍然看好, 市场潜力大。

据一份调查数据表明, 目前, 全球包装业务生产估计达 4000 亿美元, 其中箱纸板占包装材料销售额的 20%。

相对于其他地区, 北美和欧洲包装市场较为成熟, 它们占世界包装需求的 60%。预计到 2005 年全球箱纸板需求将达到 1093 万吨, 而北美、欧洲市场需求量分别约为 340 万吨和 430 万吨。

另外, 全球纸箱需求增长最快的地区是亚太地区和拉丁美洲, 增速均达 4%。预计到 2010 年, 亚洲箱纸板消耗量将达到 4000 万吨, 成为全球首屈一指的市场。

专家分析认为, 食品包装是瓦楞纸箱主要的增长动力。尤其是发达国家如美国、食品、农业用品、饮料、烟草制品瓦楞纸箱用量估计占全部用量的 40%; 又如欧洲, 其用量更是高达 42%。而在经济欠发达地区, 纸箱主要被用作出口食品包装, 如在拉丁美洲、厄瓜多尔、哥斯达黎加等国家, 瓦楞纸箱是香蕉和其它水果包装和出口运输的主要容器。

因此, 了解国内外最新市场行情, 根据消费者口味, 开发生产出低克重, 高强度优质牛皮箱纸板, 以使产品激烈的市场竞争中立于不败之地成为本论文研究重点之一。

1.2.2 瓦楞原纸市场

按国际包装顾问所专家们预测, 2001 年, 世界各种包装制品市场比重中, 纸制品包装约达到 46%。从占据世界包装销售总量几乎近一半的欧洲各国包装消费统计资料看, 瓦楞包装占三大类纸制品包装的比例达 56.8%。由此可以推算出瓦楞纸板包装在所有各种包装材料中的比重为 26.1%, 在世界包装消费总量中约占 1/4, 居各类包装

材料首位^[7]。我国瓦楞包装要保持稳定增长,必须关注国际瓦楞包装的技术发展动态。

瓦楞原纸又名瓦楞芯纸、瓦楞纸等。它是一种低定量的薄轻纸板,其定量一般在 $102\sim 200\text{g/m}^2$ 之间。瓦楞原纸主要用做瓦楞纸板的瓦楞芯纸,用量非常大^[8]。近两年,国内中高档纸及纸板产量增长迅速,消费大于产量增幅的品种已属少见。而高强瓦楞原纸则是其中最突出的。据权威部门预测,到2005年,中国高强瓦楞原纸的供需缺口将高达160万吨^[9],是最具投资的纸及纸板品种之一。

用瓦楞纸板和牛皮箱板纸制成的包装运输纸箱,是必不可少的包装容器,它具有轻便、牢固、保护商品的作用,便于装卸运输等特点。被广泛用于家用电器、纺织品、食品等运输包装。随着商品市场的发展,纸箱包装数量逐年递增,就上海纸箱业十年中每年以30%的速度递增。目前国内纸箱销售以迅猛速度增长——1996年纸箱销售量达80亿 m^2 ,2000年增长到125亿 m^2 ,2002年达到200亿 m^2 ,六年中增长1.5倍。

瓦楞纸箱是一种十分优良的包装材料,可以纸代木、以纸代塑,加上纸材料可以回收利用,是绿色包装材料,因而受到环保重视和现代社会的青睐,具有良好的发展前景。纸箱工业的发展必然带动纸业和机械制造业以及辅料工业的发展。从这个角度分析,瓦楞原纸、机械制造还需加快步伐,紧紧跟上滚动式发展步伐。

(一) 瓦楞原纸缺口严重

由于经济迅速增长、零售市场进一步发展、消费水平不断提高。据权威部门预测到2020年我国纸和纸板消费量将达到10000~11000万吨,瓦楞原纸消费量将达到1760万吨。与国外相比,我国使用的瓦楞原纸普遍是高定量的,而且高强度瓦楞原纸较少,由于原纸中缺少木浆和附加值低,很多造纸厂不愿生产高强度瓦楞原纸,普遍生产中低强瓦楞原纸,而且规模不大,所以高强瓦楞原纸只能依靠进口。我国计划新扩建的瓦楞原纸项目不多。据悉,除广东玖龙、浙江景兴两家新建高强瓦楞原纸项目外,到2005年至少还会有100万吨以上的缺口,目前高强瓦楞原纸进口量还在不断增加。

目前,我国高强瓦楞原纸供应不足,而需求量又较大,现有的以中低档产品为主的瓦楞原纸供应体系,满足不了用户对产品品质日益提高的要求,于是高强度瓦楞原纸只有大量依靠进口。出现这种局面主要有以下三个原因^[9]:一是由于长期以来瓦楞原纸附加值低,国内生产包装纸板的造纸厂普遍看好牛皮箱板纸、白板纸等附加值高、需求量大的产品,造成计划新扩建的瓦楞原纸项目不多。二是国内纸制品包装迅速发展和提高,拉动了国内高强度瓦楞原纸及牛皮箱板纸的需求增长。三是近期瓦楞原纸国际市场持续疲软,供大于求,而我国高强度瓦楞原纸却存在供不应求。

从市场需求来看,国内发展高强度瓦楞原纸必须向低定量、高强度、全规格方向发展是一大趋势。中高强度瓦楞原纸需求量较大,瓦楞原纸价格会有所上升,当前,降低成本和降低定量是瓦楞原纸发展的两大主题。

(二) 瓦楞纸板发展方向

瓦楞纸板是有面纸、里纸和加工成波浪形的瓦楞芯纸通过粘合形成瓦楞纸板,根据商品包装的要求,瓦楞纸板可以加工成单层、三层、五层、七层、九层等瓦楞纸板,经过印刷、开槽或模切形成纸箱。近十多年来,根据环保的需要和国家相关政策的要求,瓦楞纸箱的商品包装有逐渐取代木箱,塑箱的趋势。

基于环保和成本的考虑,瓦楞纸板平均定量包括箱板纸和瓦楞原纸的定量都必须降低。传统的瓦楞有 A、B、C、D、E 型,主要用于强度要求较高的纸箱,近几年来市场上出现了 F、N、G 型瓦楞,它们的强度比传统的瓦楞低的多,适用于使用低定量的瓦楞原纸。现已能生产 $90\sim 115\text{ g/m}^2$ 的瓦楞原纸,预计将来还会生产 $60\sim 90\text{ g/m}^2$ 的瓦楞原纸,因而瓦楞纸板定量也从原来的 $1000\sim 1100\text{ g/m}^2$ 降低到目前的 600 g/m^2 ,有些国家的瓦楞纸板只有 500 g/m^2 ,而我国的瓦楞纸板目前普遍是高定量的,因此每年不得不进口相当数量的高强度瓦楞原纸,浪费大量的资源。

(三) 瓦楞纸箱发展趋势

瓦楞纸板通常的用途是制作纸箱、纸盒、缓冲衬垫等。据业内人士预测,随着全社会重视环境保护、纸包装属于绿色包装,不仅有使用价值,还有回收利用再生价值,今后大量商品使用纸箱、纸盒做包装、瓦楞纸箱行业应拓宽纸箱、纸盒服务对象。

1、瓦楞纸箱包装传统服务对象是外包装和运输包装,应积极开发新产品,如微型细瓦楞纸盒、超市货架、蜂窝纸板等,从广度和深度两方面发展。

2、瓦楞纸箱包装还应积极向销售包装发展。随着商业的发达,消费者生活水平提高,市场对具有较高强度和良好广告宣传功能的瓦楞纸箱的需求与日俱增,对精美印刷的需求越来越高。

3、牛皮箱板纸运输包装将逐渐被白板牛卡彩面印刷的纸箱所替代,实现内外包装商品一体化。

虽然瓦楞原纸附加值低,但高强瓦楞原纸在国内市场中已成十分走俏的包装材料之一,尽快挤入这份市场中以分得一杯羹,将会得到大量的经济回报。如何利用红麻全秆亚铵法制浆生产出高强优质低定量的瓦楞原纸则成为本论文又一研究重点。

1.3 红麻原料特性及其制浆造纸研究概况

1.3.1 红麻的基本情况

1.3.1.1 红麻在我国的发展概况

红麻 (Kenaf), 学名: *Hibiscus cannabinus*。又名洋麻、槿麻、葵麻、安得利麻等。槿葵科草本一年生植物^[10]。红麻起源于印度和非洲, 分布于世界各地, 但主要集中于亚洲和非洲地区。种植面积较大的国家有中国、泰国、印度、越南, 此外巴西、日本、美国、澳大利亚、埃及、伊朗等国也种植一定面积。我国南方的红麻多引种于印度, 质量较好, 北方红麻多引种于前苏联, 耐寒及抗病虫害能力较强。

红麻在我国栽培已有九十多年的历史。1908 年由印度引入台湾省试种推广, 1943 年又引种推广到广东、广西、浙江等省区, 1956 年以后, 红麻又有新的发展, 江西、湖南、安徽、江苏、河南、山东、四川、贵州、云南等省开始引种栽培。从 1964 年开始河南、安徽、山东、江苏等地, 栽培面积逐年扩大。1985 年全国红麻种植面积达 1500 万亩, 总产量达 155 万吨以上, 达到历史最高水平。进入 90 年代以来, 由于受化学纤维大量应用的冲击, 麻制品市场波动, 比较效益不合理, 投入不足等因素影响, 红麻种植面积逐年减少, 现常年种植面积在 400 万亩左右。

目前, 我国已成为世界上红麻主产国和出口国, 红麻亦是我国麻区的重要经济作物之一。

1.3.1.2 红麻的主要用途

红麻是纺织工业的主要原料之一, 红麻纤维可以纺织麻布、麻袋、地毯、粗帆布、窗帘、壁布、麻绳、麻线等, 自然纤维经变性处理还可与其他纤维混纺成高中档麻纺织品。红麻也是造纸工业的重要原料, 既可以生产精麻浆、麻秆浆, 也可以生产全秆麻浆, 配抄各种纸张。麻秆还是制造爆竹、火药、活性炭的主要原料。红麻骨是制作高质量装饰门板及其系列产品的良好填充材料, 该产品在建筑市场上有良好的应用前景。红麻的嫩叶、嫩稍是良好的饲料, 其中蛋白含量分别为 14.3%、29.7%, 脂肪含量分别是 8%、3.1%, 其种子含油量达 20% 左右, 可食用或做肥皂, 也可作皮革工业的脂肪乳剂。总之, 红麻浑身是宝, 用途十分广泛。

1.3.1.3 红麻的生长环境及特性

红麻的适应性很强, 热带、温带、亚寒带都可种植。干地以及丘陵山地、低洼易

涝地都能生长。红麻耐旱、耐涝、耐碱，苗期耐盐力比棉花、小麦、玉米都强，在土层含碱量 0.25% 以下的地区都能正常生长。我国耕地资源少，不可能利用现有耕地大面积种植红麻，但开发利用荒滩、荒地、河地的潜力很大，如能种植红麻作为造纸原料基地，对发展该地区的造纸工业乃至全国造纸工业，拉动农业生产和改善农业种植结构都具有十分重要的意义。

红麻产量大，生长周期短，每亩地年产约 1~1.5t，当年播种，当年收获，在亚热带地区生长期约 120~150 天，能开花结籽。在温带地区开花不结籽，生长周期 140~180 天。生产一吨化学浆约需要原料基地 2 亩左右，显著低于木浆。美国试种经验表明，同样的土地面积红麻产量是南方松的 26 倍^{[11][12]}。阜新地区试种表明，正常耕地种植红麻，在遭受轻微雹灾的情况下，亩产全杆红麻 2.5 吨，可生产 1 吨全杆化学浆，原料成本在 700~800 元。一亩地农民可获纯利 600 元左右，是改善农业种植结构，使农民致富的良好途径。

1.3.2 红麻纤维及其造纸基本特性

1.3.2.1 红麻的生长结构

红麻具有一个直立茎秆，茎秆的高度一般是 3~5m，直径 1~3cm，下部粗上部细。红麻茎秆由韧皮部、木质部及髓部三部分组成，三种成分在茎秆上、中、下各部位所占的比例不同。韧皮部的比例是下小上大，木质部及髓部相反，髓部组织是上段比下段发达。按质量计，各种组织的质量比例平均大约为韧皮部 30%~40%，木质部 40%~50%，髓部 10%~20%^[13]。红麻密度较小，约为 0.14~0.17g/cm³，仅为一般造纸用针叶木的 1/2。

红麻韧皮部的最外层有一层结构紧密的表皮膜，浅棕色，不含纤维成分，受力后容易破碎脱落，在碱性介质中高温下可分解成单细胞和可溶性物质，在酸性或中性介质中不易分解。因此在备料时筛除一部分，对降低药品消耗，减少纸面尘埃极有好处，尤其是亚铵浆及半化学浆。

红麻韧皮纤维的微纤维，在细胞壁上的排列状态和很多植物纤维一样，所不同的是红麻 S₂ 层虽为近轴排列，但取向角度较大，与纤维轴的交角约为 30°~40°，与一般麻类纤维如亚麻、苧麻、大麻等不同。一般麻类纤维 S₂ 层的缠绕角度（取向角）仅约 0°~5°。因此同为麻类植物，而红麻与亚麻等植物造纸性能绝然不同。

1.3.2.2 红麻的纤维特性

不同品种的红麻，其纤维特性在测定数值上有一定差异，但并不十分显著。表 1-1 是 20 个红麻品种纤维长、宽度及壁腔比的测定值^[13]。从表 1-1 可见，其韧皮纤维的算术平均长度多在 2.6~2.9mm 之间，略短于针叶木纤维（3~3.5mm），在造纸原料中属于中长纤维。红麻纤维宽度远比针叶木纤维小，

表 1-1 红麻纤维长、宽度及壁腔比

Table 1-1 Length, width and wall/Lumen of kenaf fibre

长		算术平均值	最大值	最小值	重量平均值	长宽比
度	韧皮部	2.47~2.99	4.45~8.22	0.63~1.60	2.64~3.42	
mm	木质部	0.60~0.84	1.12~1.84	0.20~0.47	0.65~0.89	
宽	韧皮部	17.1~19.8	30.0~34.8	8.3~12.4		
度	木质部	20.1~25.9	33.0~41.7	8.3~12.4		
mm						
Kajaani		算术	重量	二重	<0.2 mm	
纤维		平均值	平均值	重量平均值	细小纤维含量	
长度	韧皮部	1.41~1.85	2.03~2.35	2.47~2.87	0.73~2.99%	
mm	木质部	0.40~0.60	0.48~0.98	0.64~1.83	5.89~22.69%	
壁		韧皮部			木质部	
腔	壁厚	胞腔	壁腔比	壁厚	胞腔	壁腔比
比	3.7~5.3	4.7~10.6	0.72~2.09	0.9~2.1	18.2~31.0	0.06~0.20

注：表中数据为 20 个品种测定值的波动范围

红麻韧皮部纤维宽度多在 17~19 μm 之间，而针叶木的纤维宽度一般平均为 40 μm ，因此红麻韧皮纤维的交织能力比针叶木浆好。另外红麻韧皮纤维细胞壁较厚，胞腔较小，壁腔比多在 1.0 以上，但由于纤维较细，成纸的结合力仍然会很好。因此综合起来看，红麻韧皮部浆优于一般的针叶木浆，不仅综合强度指标较好，而且成纸细平，并有较好的印刷适应性。

红麻木质部纤维平均长度约在 0.6~0.8 mm 之间，宽度多在 20~25 μm 。这样的纤维长宽度和许多种杨木纤维相似，但和杨木相比，红麻木质部纤维细胞壁薄，其厚度多

在 $1.5\sim 2\mu\text{m}$ 之间；而一般杨木约为 $3\sim 4\mu\text{m}$ ，而且红麻杂细胞含量比杨木高，杂细胞中又多半是薄壁细胞。这样就赋予红麻木质部纸浆一个很大的特点，即成纸撕裂度低，不透明度低，但纤维与纤维间的结合强度却相当好，并且非常容易打浆。

表 1-2 红麻浆筛分与其它原料比较

Table 1-2 Comparison of sieve analysis of kenaf with other fibre materials

	10 目	14 目	28 目	48 目	100 目	过 100 目筛
红麻全秆浆	—	13.85	13.33	15.47	25.64	31.72
竹浆（水竹）	—	2.55	13.79	23.16	27.67	32.85
麦草浆	—	—	5.87	22.70	20.11	51.33
龙须草浆	—	—	29.25	21.26	17.73	31.77
柳桉浆	—	0.8	5.42	60.13	24.13	9.52
云南松浆	0.7	35.80	29.71	19.04	8.63	6.62

表 1-2 是红麻全秆浆筛分结果及其比较。从表中可以看出，红麻浆的长纤维比例虽不如针叶木含量高，却远比阔叶木浆和草浆高得多，长纤维组分云南松约为 36%，红麻为 13.85%，而草浆和阔叶木浆均不到 3%。红麻的细杂纤维组分约为 31%，比针叶木（云南松约 6%）及阔叶木（柳桉约 9.6%）高得多，但又比麦草浆的细杂纤维组分（51%）低得多。由此看来红麻全秆浆优于一般草浆和阔叶木浆，但不及针叶木浆。

1.3.3 国内外红麻制浆造纸研究概况

四十年代末五十年代初泰国曼谷的一家红麻纸浆厂就进行了对红麻的预先可行性研究^[14]，但这方面的技术文章该厂发表极少。1974 年 5 月，1975 年 4 月泰国凤凰制浆公司先后进行了两次工厂规模试验，证明 100%或 25%配用红麻原料均可生产质量良好的纸张。1982 年，该公司组建的世界第一家大规模全秆红麻浆厂正式投入生产，年产量 7 万吨，采用的是硫酸盐法制浆^[15]。1956 年美国全秆红麻化学浆厂用常规硫酸盐法制得了纸浆。但红麻用于造纸的大量试验是在美国六十年代才开始的，1962 年，美国进行了红麻全秆的硫酸盐法，烧碱法和中性亚硫酸盐法的制浆研究^[16]，工业上重点研究红麻配抄新闻纸和进行商品生产；农业方面自 1987 年开始逐步开展了红麻收获系统、育种、脱水、去叶、最佳灌溉与施肥、产量对土壤盐碱的反应等研究。美国农业部门预测，美国的新闻纸最终将有 10%或更多的数量以红麻为原料。

早在 1952 年, 日本就把红麻粉碎后用水浸泡再抄造日本和纸^[17]。日本环境厅则将开发红麻制浆造纸列为保护热带森林资源的措施之一。日本非木材纤维制浆普及协会还从我国引种红麻进行试验。

澳大利亚安卡尔公司研制出红麻皮骨分离机, 每小时处理风干红麻干茎 20t, 到 1988 年机械化剥皮装置已大量在市场上出现^[18]。

我国从 80 年代中期开展红麻制浆造纸研究, 与国际上的研究基本保持一致, 部分研究工作处于国际领先水平。在工业研究方面, 原轻工业部造纸工业科学研究所的科研项目: “全秆红麻及其应用的研究” 已于 1988 年 10 月通过部级鉴定, 并进行了红麻皮和红麻全秆分别配抄新闻纸的研究。湖南省造纸研究所、浙江省造纸研究所、上海造纸研究所、山东省造纸研究所等单位及天津轻工业学院、西北轻工业学院、华南理工大学等高等院校, 在红麻制浆造纸的研究利用方面做了大量试验, 并已取得阶段性研究成果, 形成的红麻制浆造纸工艺技术已经通过中试。“八五”期间, 由原轻工总会组织, 工农业部门多家研究所、设计院、高等院校以及厂家联合承担国家科技攻关项目“红麻化学机械法制浆及配抄新闻纸的研究”, 经过 5 年的联合攻关, 红麻制浆造纸的工艺技术和设备日臻完善, 可直接用于企业技术改造和扩建、新建红麻制浆生产线。

在农业技术研究方面, “七五”期间, 中国农业科学院麻类研究所从适宜造纸用红麻品种筛选, 每公顷产干茎 12t 以上的适宜栽培密度, 施肥技术, 红麻对不同类型盐碱地的反应到红麻茎秆打捆机进行了系列研究, 取得阶段性成果。

“八五”期间, 中国农业科学院麻类研究所与浙江省农科院经济作物研究所、安徽省农业技术推广总站、淮南市农业推广中心等科研、推广单位协作, 开展了造纸用红麻品种的选育、高产栽培技术、病虫害防治, 及打捆设备、打包工艺与贮存防霉变技术的研究与推广。育成的造纸红麻新品种比主栽品种青皮 3 号增产 20%左右, 硫酸盐浆得率提高 1.3~1.5 个百分点; 形成的红麻模式化栽培技术比常规栽培法增产 25%, 研制成功的 DK—180 型红麻秆打捆机工效为 1.6t/h、打捆密度为 129kg/m³, 研究提出了红麻全秆、秆、皮三种料片的打包工艺; 利用红麻贮存防虫蛀和防霉变技术, 可使红麻原料贮存 1 年的损失率控制在 5%以下。

在红麻生物制浆方面, 中国农科院麻类研究所和华中农业大学开展了实验室试验, 获得一些厌氧菌株, 红麻干皮发酵 96h 可分离出单纤维, 经 5 天发酵可使红麻皮成浆^[19]。

1.3.4 利用红麻制浆造纸的必要性与原料保障

我国由于林木的过量采伐,使生态环境遭到了严重破坏,造成洪涝灾害频频发生,特别是1998年长江流域和松花江、嫩江流域发生的特大洪涝灾害给我们再次敲响了警钟。为了保护生态环境造福人类,国务院已决定对长江、黄河上游各省林区实行禁伐,封山育林;对东北林区也要逐步实行减伐、停伐以致禁伐。这一重大决策将为我们的子孙后代留下一个青山绿水的锦绣河山提供有力保障,但对造纸工业也将带来各种影响,促使其调整原料结构和产品结构。鉴于此,开发和利用新的造纸原料资源日显重要,意义重大。

国际上现代造纸工业90%以上采用木浆造纸。我国由于木材资源缺乏,2002年木浆仅占纸浆总量的21%^[20],但国产木浆包括阔叶木化机浆在内仅为6.15%。几十年来都是以非木材纤维原料制浆为主。处于世纪之交的中国造纸工业在逐步增加木材纤维比重的同时,仍需合理利用非木材原料造纸,这是由我国造纸工业的具体国情决定的。非木材纤维造纸原料主要是指蔗渣、芦苇和稻、麦草,但这些原料生产的浆只能配抄中低档纸张。国内外研究结果表明,在非木材纤维原料中,红麻是一种优质的造纸原料,更为重要的是红麻适应性强,丘陵、盐碱、低洼易涝地均可种植。而目前我国尚有各类低洼易涝地2458.2万公顷,盐碱地772.5万公顷。分布在黄淮海地区的洼地233.34万公顷,盐碱地333.34万公顷,分布在长江中下游的涝洼地130万公顷。在这些地方种植红麻,不与粮、棉、油等大宗作物争地,不仅为耕地条件较差地区的农民提供了脱贫致富的途径,同时又可保证红麻制浆造纸有足够的原料来源。

因此,开发和利用红麻制浆造纸,可弥补我国造纸中长纤维原料不足,减少进口纸浆,并逐步改变对进口纸浆及纸板、纸制品的依赖,增强民族工业的自我发展能力。可以说红麻制浆造纸有着广阔的市场前景,特别是可以利用红麻纤维的优良特性,研究开发生产特种纸,提高其附加值。正是基于这一点,本文才选用红麻全秆作为阜新民族造纸厂牛皮箱纸板和瓦楞原纸的制浆原料。

1.4 制浆方法的选择

1.4.1 亚铵法制浆简介

目前,我国仍有部分纸厂以草类纤维为原料,采用的制浆方法多为碱法和硫酸盐法。由于草浆蒸煮废液本身特性的缘故,采用传统的碱回收方法,多数中小厂都处于

运行成本高，承受不了的状况，造成大量制浆污水偷偷的排放。污染问题解决不了，很难适应当前市场对质量的要求和日益严格的环保要求，基于此，考虑采用得率高，污染小的亚铵制浆方法。

国外利用中性亚硫酸盐法制浆，在 1880 年已经发明^[21]，但直到 1920 年才开始应用于生产半化学木浆，且较长时期采用钠盐基。自 1935 年铵盐基的酸性亚硫酸盐法制浆投产后，铵盐基制浆才得到逐步推广和应用。在我国，亚铵法制浆从上个世纪七十年代开始发展起来。近年来，国外以阔叶木为材料，采用铵盐基的中性亚硫酸盐制造半化学浆生产瓦楞原纸，取得了较大发展。国内也陆续出现以亚铵法蒸煮草类原料生产瓦楞原纸和牛皮箱纸板的造纸企业。

所谓亚铵法制浆，就是采用中性亚硫酸铵为蒸煮药剂的制浆方法，简称亚铵法。亚铵法制浆可以避免纤维素和半纤维素在酸性溶液中水解和在碱性溶液中产生剥皮反应及碱性水解^[22]，因此可使制浆得率得以大大的提高。

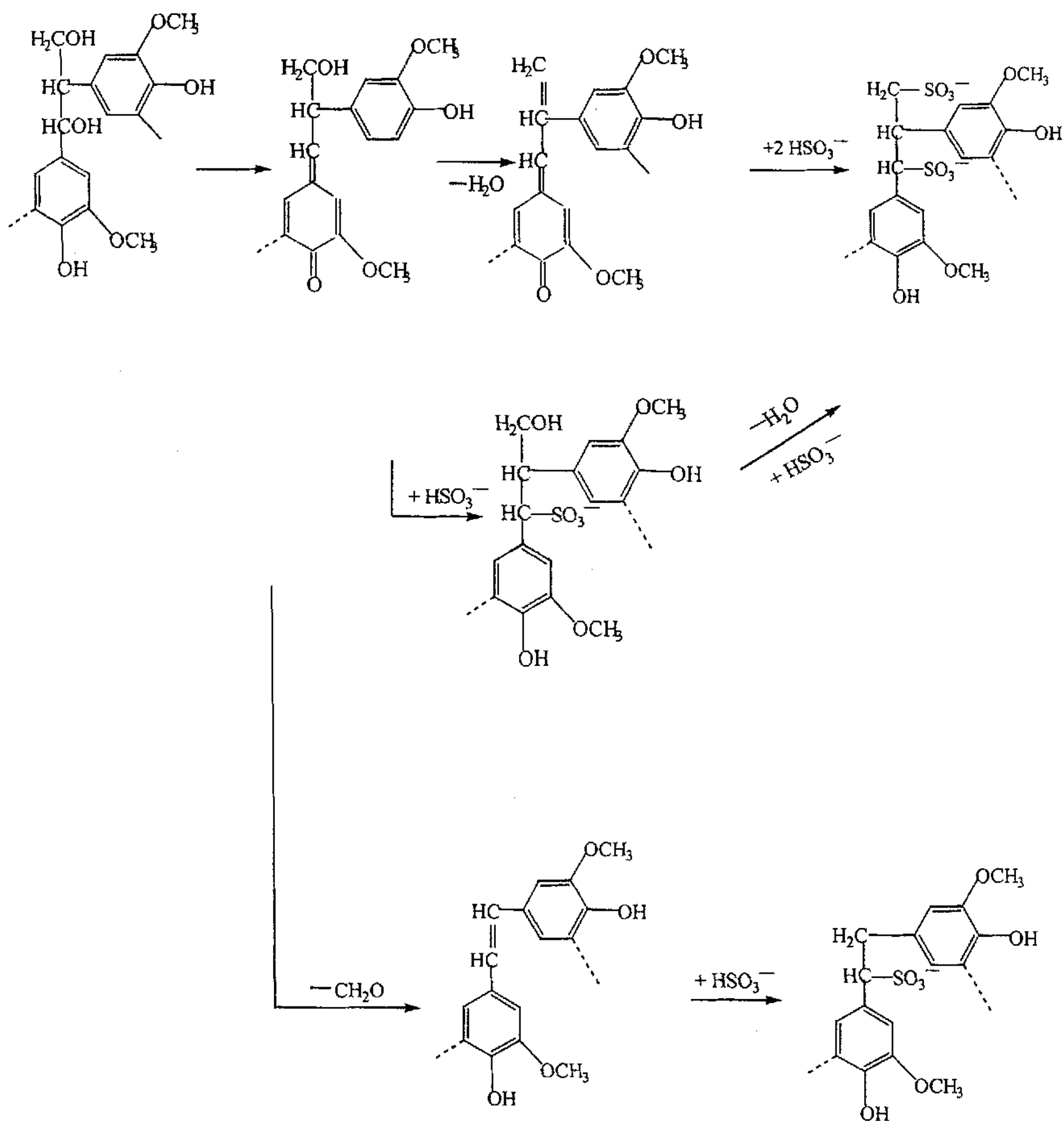
亚铵法蒸煮的主要目的，就是要使蒸煮药液与纤维原料起化学反应，除去纤维原料中的部分或大部分木素，获得一定质量要求的纸浆。蒸煮过程中脱木素的主要化学反应是木素的磺酸化（磺化）反应。木素的磺化反应就是木素与亚铵法蒸煮药液起作用生成木素磺酸盐的化学反应。磺酸是一类含有磺酸基（ $-\text{SO}_3\text{H}$ ）的有机酸，磺酸基直接与碳原子相联接。大多数的磺酸或磺酸盐类都易溶于水。在亚铵法蒸煮中，木素就是通过生成木素磺酸及其盐类才被溶出的。木素磺酸是一种强酸，它在水中很容易离解成离子。由于这个原因，在蒸煮过程中，随着磺化反应的逐步进行，木素磺酸的数量也越来越多，蒸煮液的 pH 值也就逐渐下降（应当指出，在蒸煮过程中，二氧化碳和其它有机酸的生成，也影响到蒸煮液 pH 值的下降）。

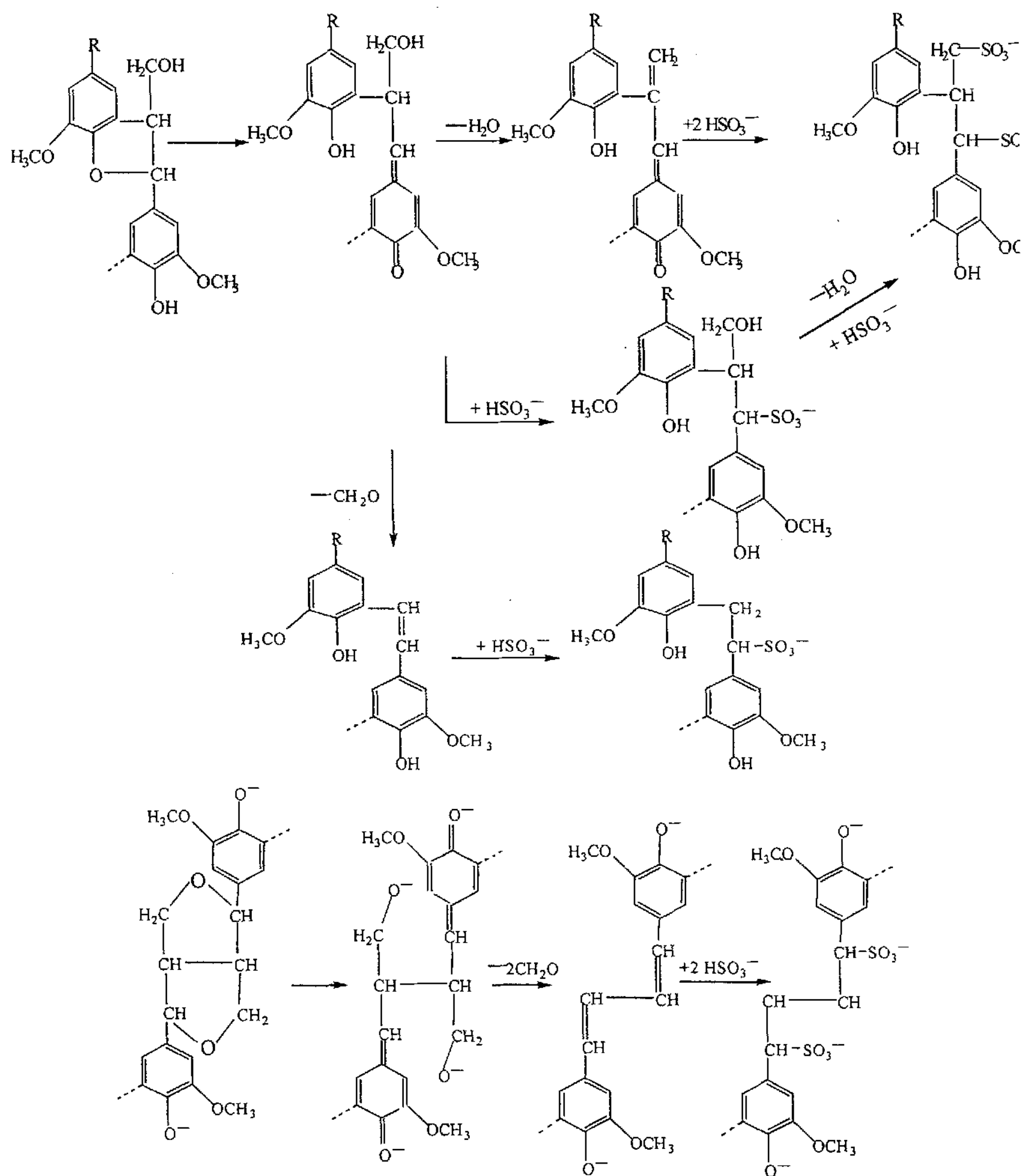
亚铵法蒸煮能够有选择性的去除木素，保存较多的半纤维素，纤维素受到的降解程度很轻。因为亚铵法蒸煮是在 pH 值 7~9 的条件下进行的，所以强酸和强碱对半纤维素水解的影响都可以避免。用亚铵法蒸煮出来的纸浆得率，比酸法和碱法都高。用蔗渣、麦草、龙须草等草类原料生产可漂浆时，亚铵法比碱法的收获率高 10%左右。

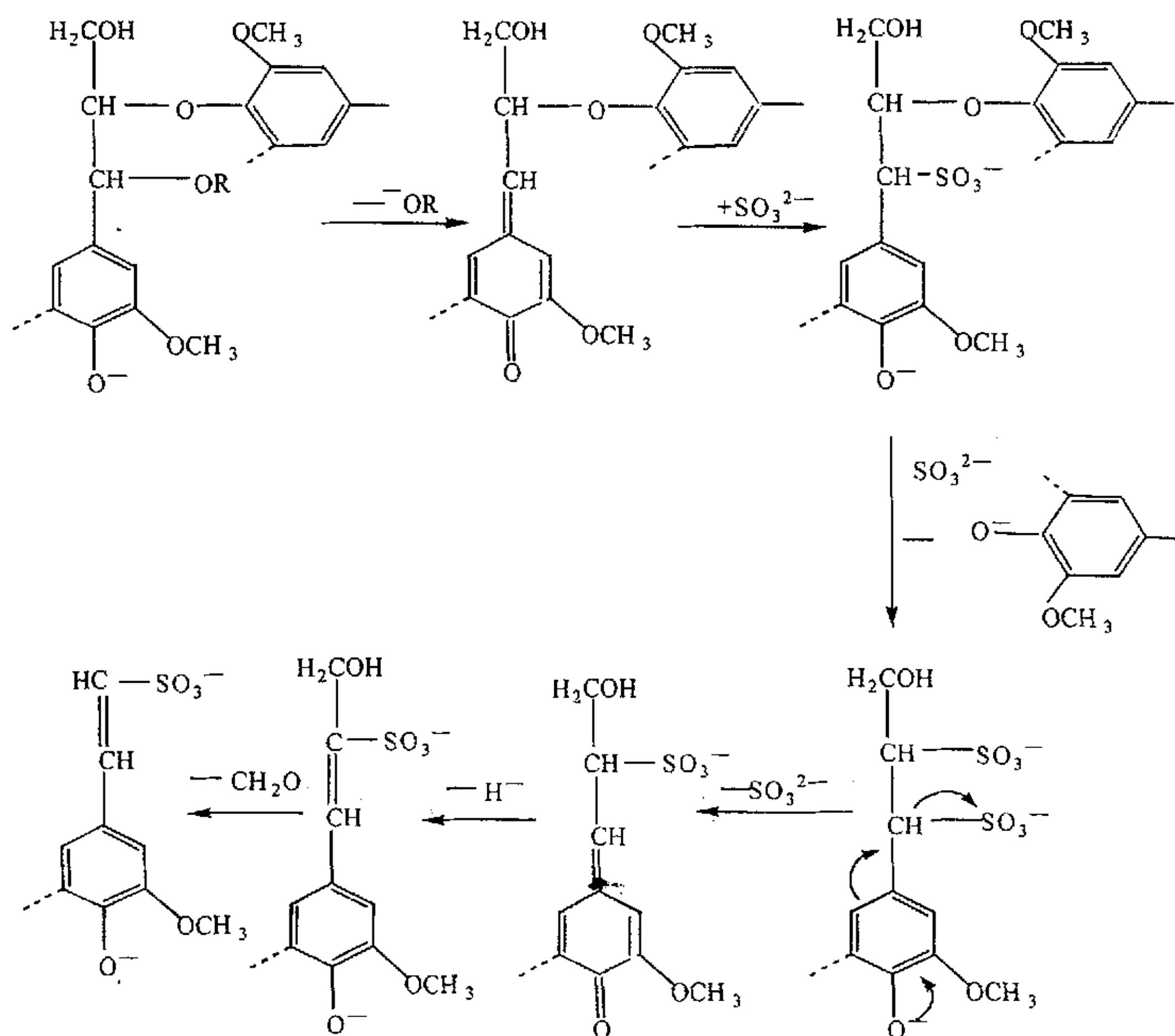
虽然半纤维素在中性或微碱性条件下比较不易水解成可溶性的糖类物质，但因亚铵法蒸煮的温度较高，一部分分子量低的半纤维素仍然会被溶解的。另一方面，因木素与半纤维素有化学连接（木素—碳水化合物复合体），蒸煮中在除去木素的同时，半纤维素也有一部分被除去。在亚铵法蒸煮过程中，纤维素受到的损失比碱法和普通亚硫酸盐法都少。但是，也可能遇到一些特殊情况，如果蒸煮末期的 pH 值在 6 以下

时, 纸浆的收获率会有显著下降, 纸浆的强度也差。这主要是纤维素和半纤维素在高温下受到酸性水解的缘故。严重的酸性水解, 使纸浆的强度变得很差, 甚至无法使用。

中性条件下, 亚胺法制浆主要的磺化反应如图 1-1~2。



图 1-1 酚型 C_α 和 C_γ 的磺化反应Fig 1-1 Sulfonation of C_α -hydroxybenzene and C_γ -hydroxybenzene

图 1-2 酚型 β -芳基醚的断裂与磺化Fig 1-2 Break and sulfonation of β -hydroxybenzene-aryl aether

1.4.2 亚铵法制浆优缺点

亚铵法制浆与传统的碱法制浆相比具有以下优点：

- ①亚铵法制浆所用药液亚硫酸铵大多利用硫酸厂排出尾气进行生产，所以亚铵法制浆可以消除硫酸尾气，减少污染。
- ②亚铵法制浆黑液中含有氮、磷、钾以及植物需要的有机肥料，可以作为农田肥料，减少污染。
- ③亚铵法制浆其得率高于碱法 10% 左右。
- ④成浆强度较好。在高得率范围内(70%)，亚铵法浆远较同样收获率碱法浆的强

度高。在粗浆硬度接近的情况下，亚铵法浆较硫酸盐法浆强度稍高一些。

⑤浆的滤水性能好，容易洗涤。有些原料亚铵法本色浆颜色较浅。

亚铵法制浆缺点：

①蒸球单位容积浆产量下降，即装球量低。

②在相同蒸煮的压力下蒸煮时间稍长些。

③对设备腐蚀较碱法严重。

④浆料不易漂白。

1.4.3 亚铵法制浆副产品开发

亚铵法制浆技术最大的优点就是解决了制浆造纸生产厂常有的污染问题，其废液可以作为氮肥应用于农业，肥效很好。但也存在着工业生产的常年连续性与农田施肥季节性的矛盾，工厂废液排放量与农业生产实际需要量之间的矛盾^[23]。而将亚铵法制浆废液进行喷雾干燥制成粉状固体产品，既可解决供需矛盾，又便于贮存和运输。

亚铵法制浆废液中含有丰富的农作物生长需要的营养元素，固体产品中有机物占绝干重量的 82.78%，而有机物主要是木素磺酸盐、低聚糖和半纤维素。木素磺酸盐可作为粘合剂，糖类可作为营养剂。因此，固体产品除可作肥料使用外，还能作为生产颗粒饲料的粘合剂及饲料添加剂。

1、亚铵法草浆技术能更合理地利用农村草秆纤维资源，增纸、增肥，可促进农兴纸旺地健康发展。

鉴于亚铵法草浆技术的制浆机理不同于碱法草浆工艺，“以铵代碱”也是酸法制浆工艺的新发展，不仅成浆得率比碱法约高 5~8%，而且浆的性能和强度也较好，技术经济效益均优于碱法浆，而近似于亚镁法和亚钠法，特别是蒸煮废液的化学组分中没有钠盐基的存在，几乎全部是农、林业作物生长所必需的多元素有机化合物。蒸煮废液是一种优质高效、多功能的新型生理酸性化学肥料，长期使用还可以改善土壤的生理结构，起到秸秆还田作用，并可增加土壤肥力的有效积累和土地利用率的提高。以麦草亚铵法制浆为例，其蒸煮废液总有机氮含量为 1.24~1.55%，约为人类尿含氮量的 1.5~2.0 倍^[24]，可直接用作农林业的基肥、种肥和追肥，速效持久，其技术经济效益显著优于硫酸铵、硝酸铵和尿素等无机化肥，长期施用还可改善土壤生理结构，特别是废液中含有木素磺酸铵和类似胡敏酸铵等多种生理酸性有机化合物，不仅可以提高粮食作物的产量，而且还可提高作物的质量（如氨基酸含量的提高）。1975 年 7

月 30 日国家科委在给国务院的报告中指出“造纸采用亚铵法，对于解决废水污染化害为宝，支援农业具有重要意义，是我国造纸工业发展的一个方向”。

2、合理利用合成铵资源

“一铵两用”，先工业后农业，并与合理利用工业废二氧化硫资源相结合，扩大商品亚铵的生产，以促进我国亚铵法草浆生产的较大发展，并解决了大气中二氧化硫的污染以及降低对农业的危害。将工业废二氧化硫采用工业氨水吸收的工艺，高效生产商品液体和固体亚硫酸铵，供亚铵造纸厂使用，既可提高化工厂和化肥厂的利废经济效益，同时又显著地减轻了所在地区废二氧化硫对大气的污染和危害，同时还促进我国亚铵法草浆生产的更大发展。因地制宜地合理开发利用农业地区草类纤维资源和水资源，增纸、增肥、增粮，更将有助于辽西地区脱贫致富，促进农业生产和生态农业建设的良性循环，以及工、农业经济地全面健康发展。

3、开发饲料资源

用各种废弃物生产微生物蛋白是国际上较为普遍采用的方式。研究表明，以亚铵废液作营养物质，废液中的杂细胞、细小纤维在制浆过程中已受到不同程度的物理化学处理，比较容易被酶分解，释放出糖类用于单细胞蛋白的生产。同时可提供利于微生物生长的碳源、氮源等营养物^[25]。备料工序的废渣经过适当的处理也可以进行转化，国外现已有利用亚铵废液生产单细胞蛋白饲料的生产企业，年产 30 万吨。北京农业大学刘敏雄教授等人，曾于 1987—1994 年开发利用亚铵草浆废液代替尿素制作饲料蛋白添加剂，试制高效精饲料，获得成功，并于 1996 年在内蒙古托克托县进行饲养牛羊的扩大生产性试验，增产优质牛羊肉，效果显著。将亚铵草浆废液作为新型饲料添加剂，作为农业科技发展规划，将大有可为。

4、作粘合剂

红麻全秆亚铵法制浆废液经蒸发浓缩和喷雾干燥制得深黄色粉状固体产品中，有机物占绝干试样重量的 82.78%^[26]，而有机物主要是木素磺酸盐、低聚糖和半纤维素。木素磺酸盐可作为粘合剂，糖类可作为营养剂，因此固体产品除可作肥料使用外，还能作为生产颗粒饲料的粘合剂及饲料添加剂。

1.5 本论文的研究目的与意义

2002 年我国纸及纸板产量约 3780 万吨，总消费量 4332 万吨；预计 2020 年纸及纸板产消费量 10000~11000 万吨。本论文研究的牛皮箱纸板和高强瓦楞原纸是生产

高档瓦楞纸箱的主要原料，每年两者的进口量各都在 100 万吨以上，2002 年其两者进口量在 250 万吨以上。瓦楞纸箱是纸包装制品的主导产品，1995 年以来包装工业总产值年增长率基本保持在 20%左右，超过了同期全国工业及轻工业总产值的增长率，而在纸、塑料、玻璃和金属包装制品业四种主要包装制品业中，纸包装制品业发展最快，在包装制品业中所占比重已上升到第一位。

另据国家包装总公司的统计资料和发展规划，2000 年我国纸包装制品产量为 900 万吨，2010 年将达 1900 万吨，年增长率 8%。由此可见，抓住机遇，以市场为导向，加速发展瓦楞原纸和牛皮箱板纸的生产，将有广阔的市场前景和较大的投资回收率。基于此，本论文是在阜新 30 万吨红麻制浆造纸项目总体方案的基础上，探讨了用自然界生长最快的植物纤维原料——红麻来生产高强瓦楞原纸和高档牛皮箱板纸的制浆及其纸性能，同时充分利用阜新地区瘠薄土地（丘陵山地、坡地、荒地、河滩地、盐碱地）地域资源，产业化、集约化，高效种植麻类植物，这对于正处于经济转型中的阜新市经济发展，对调整辽西地区农业种植结构，对于整个辽宁省乃至东北地区的造纸事业都会有较大的意义。

第二章 项目整体方案

2.1 项目总体目标

40 万亩红麻种植基地；30 万吨亚铵法红麻制浆造纸综合厂。

年产 20 万吨高强瓦楞原纸，年产 10 万吨牛皮箱板纸，10 万吨固体生态肥料、饲料等副产品。

2.2 产品方案

本项目拟采用红麻全秆亚铵法制浆，生产高强瓦楞纸及牛皮箱板纸。项目分两期建设。

一期工程：红麻基地建设 20 万亩；年产 10 万吨高强瓦楞原纸（定量 112~180g/m²）；年产 5 万吨 A 级牛皮箱板纸（定量 125~300g/m²）；年产 5 万吨生态固体肥料及饲料等。

二期工程：红麻基地建设 20 万亩；年产 10 万吨高强瓦楞原纸（定量 112~180g/m²）；年产 5 万吨 A 级牛皮箱板纸（定量 125~300g/m²）；年产 5 万吨生态固体肥料及饲料等。

2.3 经济效益分析

该项目拟总投资概算 71000 万元。

1. 原料基地投入 9000 万元；
2. 总厂建设 52000 万元；
3. 工程费用 5000 万元；
4. 不可预见费 4000 万元
5. 流动资金 1000 万元；

资金来源：自筹 60000 元，拟引资 11000 万元。

项目建成达产后，主要产品为牛皮箱板纸，高强瓦楞原纸，固体生态肥料饲料等副产品。根据目前国际、国内本产品的价格动态静态分析预测，估算经济效益如下：

1. 销售收入

纸板年销售收入：84000 万元（20 万吨×2200 元/吨+10 万吨×4000 元/吨）

肥料及饲料年销售收入：10000 万元（10 万吨×1000 元/吨）

2. 成本核算

①原料成本：18000 万元（60 万吨×300 元/吨）；

②亚铵：13520 万元（1300 元/吨×40 万吨×16%+1300 元/吨×20 万吨×20%）；

③氧化镁：846 万元（218 元/吨×40 万吨×5.5%+218 元/吨×20 万吨×5%）/0.85；

④水：480 万元（0.2 元/吨×30 万吨×80）；

⑤煤：2520 万元（280 元/吨×30 万吨×0.3）

⑥电：12000 万元（0.8 元/度×30 万吨×500 度）；

⑦水处理：2400 万元（1 元×30×80 万吨）；

⑧包装、运输费：3000 万元；

⑨工资：12000 万元（1500 人×8000 元/年）；

⑩其它费：2000 万元。

该项目年销售总收入 94000 万元，年成本 66770 万元，年可创利税 27230 万元。

2.4 关键工艺技术

2.4.1 蒸煮工艺技术

20 世纪 70 年代初，造纸行业为解决碱法制浆、硫酸盐法制浆的污染问题，国内大面积推广了亚铵法制浆技术，主要以稻麦草、蔗渣、棉秆、芦苇、红麻等为原料，生产各种纸浆，并取得满意效果。亚铵法制浆避免纤维素和半纤维素在酸性溶液中水解和在碱性溶液中产生剥皮反应及碱性水解，制浆得率高。其蒸煮的化学反应主要是木素磺化和磺化木素的脱除。因蒸煮是在中性范围内，木素的磺化、溶出速度较慢，生产中采用比亚硫酸盐法蒸煮更高的温度。同时为了减轻对设备的腐蚀，改善纸浆的某些质量指标，保证蒸煮药液末期的 pH 值等于或大于 7，因此需要加入一定数量的缓冲剂，常用的缓冲剂有烧碱、石灰、尿素、碳酸氢铵、氧化镁、磷酸铵等。使用烧碱作为缓冲剂，将给蒸煮废液中带入大量钠离子，一次用作农肥是不利的。氨水具有刺激性气味，不易操作和掌握。而碳酸氢铵在实际生产中将会产生假压，对生产带来不利。因此为取得更好的防腐效果，生产中采用氧化镁作缓冲剂，黑液的 pH 值可达

到 8.68，远远比用碳铵、氨水作缓冲剂的 pH7.2~7.5 为高，对防止设备腐蚀更为可靠，同时其成本比尿素等低得多。而且黑液中含有植物需要的镁盐，不含使土壤盐碱化的钠盐，较好地、安全地用于农肥。实践证明，以氧化镁作缓冲剂的亚铵法蒸煮，其浆色浅、易洗，非烧碱或硫酸盐浆料可以比拟的^[27]。此外，我国的镁矿资源极为丰富，也是有利条件。

2.4.2 工艺技术路线

工艺技术路线如图 2-1 所示。

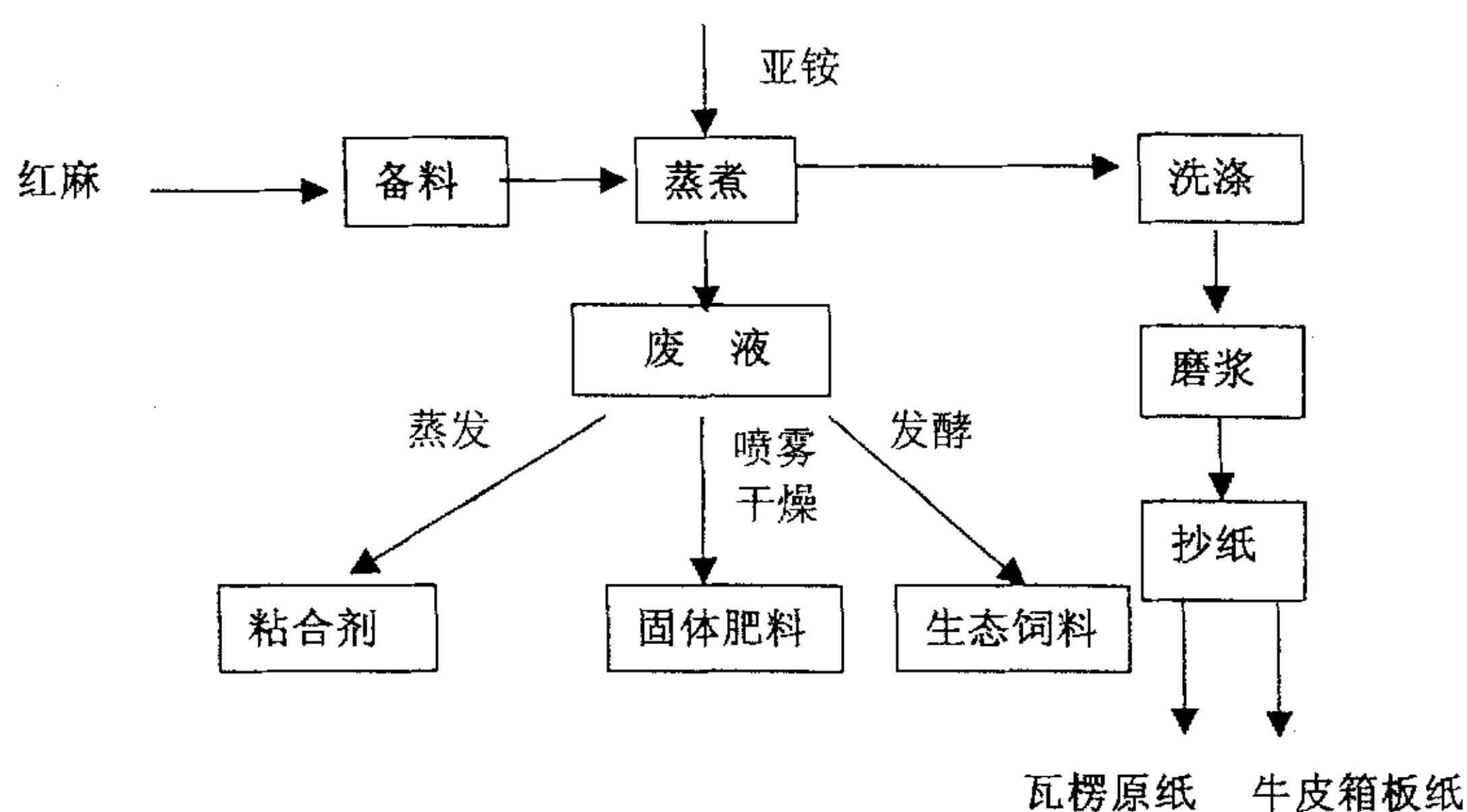


图 2-1 亚铵法制浆工艺路线

Fig 2-1 Technical route of ammonium sulfite pulping

2.4.3 制浆废液综合利用

2.4.3.1 生态固体颗粒肥料开发

将亚铵法制浆废液进行蒸发、浓缩、喷雾干燥制成颗粒状生态固体肥料。其固体产品中，有机物占绝干试样重量的 82.78%，主要成分是木素磺酸盐，低聚糖和半纤维素。

2.4.3.2 生态饲料开发

研究表明，亚铵废液中的杂细胞，细小纤维在制浆过程中已受到不同程度的物理

化学处理，易被酶分解，释放出可发酵糖用于单细胞蛋白的生产。同时可提供利于微生物生长的碳源、氮源等营养物。因此，用亚铵废液作营养物，对备料工序废渣进行发酵处理，生产单细胞蛋白生态饲料。

2.4.3.3 粘合剂开发利用

亚铵法红麻全秆制浆废液经蒸发浓缩后，可制得液态粘合剂。进一步喷雾干燥可制得深黄色粉状固体产品，作为粘合剂和减水剂。

第三章 实验

3.1 红麻原料化学成分分析

3.1.1 原料来源及备料

实验用红麻产地为朝阳地区，贮存期不少于 6 个月，茎秆高 3~4m，粗 2~4cm。无腐败，少杂质。

将风干后的红麻原料剥皮，分别将皮、秆芯以及全秆切碎，置入粉碎机中磨碎至成为能全部通过 40 目筛的细末。过筛，截取能通过 40 目筛，但不能通过 60 目筛的部分细末，贮于具有磨砂玻塞的广口瓶中备用。

3.1.2 化学成分分析

按照文献《制浆造纸实验》^[28] 分别对红麻全秆、秆芯和皮部进行原料分析。

3.2 蒸煮

3.2.1 原料

将取自朝阳的全秆红麻在实验室备料切成规格为 30~50mm 长的麻段，置于大塑料袋中平衡水分备用。

3.2.2 蒸煮方法

蒸煮在 ZQS-1 型 15 升电热回转蒸煮锅中进行。固定装锅量为风干原料 500g，于 105℃小放汽，保温结束后将锅内压力放至零后，排出锅内浆料与残液。

3.2.3 浆料处理

将蒸煮排出的浆料与残液一并装入布袋，挤干废液，人工将浆料搓洗干净，然后将浆料拧干，称出总重，装入塑料袋中平衡水分，以备测蒸煮得率，剩余浆料用 GNM

—300 型磨浆机进行磨浆处理，再次拧干，将磨后的浆撕成碎片平衡水分备用。

3.2.4 浆料分析

3.2.4.1 蒸煮得率测定

将筛选后的粗渣与细浆撕成小块，装入塑料袋中均衡水分，称湿浆总重，并测水分含量，计算粗浆得率及细浆得率。

3.2.4.2 纸浆粘度测定

测定方法按《造纸工业化学分析》^[29]的标准进行。

3.2.4.3 纸浆硬度测定

用高锰酸钾测定浆料的卡伯值来表示，参照《制浆造纸实验》^[28]一书进行测定。

3.3 打浆与抄片

3.3.1 纸浆打浆度的测定

称取磨浆后的绝干浆料 2g，用浆料打散器打散，稀释至 1000ml，用肖伯尔式打浆度仪进行测定。

$$\text{打浆度} (^{\circ} \text{SR}) = (1000 - \text{侧流管流出的水量}) / 10$$

3.3.2 纸页物理强度指标的测定

在 $\phi 200$ 抄片成型器中将浆料抄成一定定量的手抄片，纸页各种物理强度性能均按国家相关标准，参照《制浆造纸实验》^[28]一书进行测定。

第四章 结果与讨论

4.1 红麻纤维原料化学成分分析

将红麻全秆的皮秆分离后，分别称量其秆和皮的重量，测得红麻韧皮部约占 33.5%，木质部占 66.5%。对红麻全秆、秆芯及其韧皮部分别进行化学成分分析，结果见表 4-1。

表 4-1 红麻纤维原料的化学成分

Table 4-1 Chemical composition of kenaf

	灰分 / %	抽提物 / %			Klason	酸溶	总木	综纤	聚戊
		热水	1%NaOH		木素 / %	木素 / %	素 / %	维素 / %	糖 / %
全杆	2.74	12.07	4.36	34.34	16.27	2.07	18.34	78.41	17.99
杆芯	2.51	15.01	4.45	36.39	19.00	1.73	20.73	77.93	19.67
皮	3.82	9.83	4.19	30.37	8.65	2.16	10.81	79.65	14.07

由表 4-1 可见，红麻秆芯和韧皮部的苯醇抽出物相近；秆芯的灰分含量较韧皮部少，而热水抽出物和 1%NaOH 抽出物较韧皮部高。红麻秆芯的总木素含量约为韧皮部的 2 倍，其值分别为 20.73%和 10.81%。其中秆 Klason 木素较韧皮部高 11.35%，而酸溶木素较韧皮部低。秆芯的聚戊糖含量较皮部高，而综纤维素含量较皮部低。

上述红麻原料成分的分析结果表明，红麻韧皮部的总木素含量比秆芯低，综纤维素含量比秆芯部高，聚戊糖含量低。因而红麻韧皮应当比红麻秆易于蒸煮成浆，而且得率应当较高。红麻秆的聚戊糖含量比较高，而且其纤维较短，细胞壁薄，壁腔比小，因此容易打浆，且有助于改善成纸的均匀性和柔软性。而红麻皮部纤维较长，细胞壁厚，壁腔比大，有利于提高纸的撕裂度、挺度和抗张强度。红麻全秆则集中了两者的特点，其协同作用使得红麻全秆纸浆的各项强度均比较高。

从原料分析的结果来看，红麻原料的纤维素含量要高于一般草类原料及阔叶木原料；多戊糖含量高于针叶木而低于阔叶木；总木素含量接近麦草。这证明红麻全秆是一种很具潜力的造纸原料，利用它作为生产瓦楞原纸及牛皮箱板纸的原料，将大有可

为。

4.2 亚铵法制浆生产牛皮箱板纸面浆最佳工艺条件的确定

牛皮箱板纸挂面用纸浆既要有较好的物理强度，又要求外观细腻，蒸煮要有较高得率。因此，用红麻亚氨法生产牛皮箱板纸面浆必须选择合适的蒸煮工艺条件和浆料磨解措施，才能满足挂面用浆要求。用亚铵法蒸煮出硬度比较低的红麻浆是第一关键[30]。

中性亚铵法制浆时，蒸煮化学药品以亚硫酸铵为主，药液 pH7~10，其主要脱木素方式是：通过亚硫酸铵蒸煮液与纤维原料中木素发生磺化反应，生成木素磺酸或其盐，使木素的溶解度增加，从而达到分离纤维的目的。在亚铵法蒸煮过程中，木素的磺化与溶出的机理及规律与酸性亚硫酸盐法是一致的。因为蒸煮液是在中性范围，所以木素磺化、溶出速度较低，必须采用比亚硫酸盐法蒸煮更高的温度。为中和蒸煮过程中半纤维素的去乙酰基反应及纤维素、半纤维素在高温蒸煮时分解产生的有机酸，实验选用氧化镁作为亚铵法蒸煮的缓冲剂，以使蒸煮终了废液的 pH 值大于 7，从而减轻对设备的腐蚀和提高浆的得率。

亚铵法制浆过程中，影响纸浆得率和质量的主要因素是：亚硫酸铵用量、缓冲剂的选择和添加量、蒸煮最高温度和时间。实验初，固定液比及其它因素，改变亚铵用量首先做了条件实验。

4.2.1 红麻全秆中性亚硫酸铵法蒸煮条件实验

为了初探牛皮箱板纸用浆的蒸煮条件，选择在蒸煮最高温度 165℃ 和最高温度下保温时间 3h 的条件下，对亚铵用量和氧化镁进行了简单的条件实验，结果列于表 4-2 中。从表 4-2 中可以看出，在亚铵法制浆过程中，增加亚硫酸铵用量，蒸煮药液的浓度提高，起到磺化作用的 SO_3^{2-} 离子增多，有利于加速磺化和抑制木素缩合，同时，也有利于蒸煮液对红麻秆片的浸透，而纸浆得率和硬度都随着亚铵用量的增加而相应下降。但是，过多的增加亚铵用量没有明显的效果，因为亚铵法蒸煮是在弱碱性条件下进行的，化学反应不太剧烈。当亚铵用量低时，增加用量，其消耗量明显增加但在亚铵用量已基本满足的情况下，其消耗量增加缓慢，而残余亚铵含量却会增加。

表 4-2 中性亚硫酸铵法制浆条件实验结果

Tabel 4-2 Result of conditional experiment of ammonium sulfite pulping

实验号	亚铵 /%	MgO 用量 /%	最高温度 /℃	保温时间 /h	黑液 pH	粗浆得率 /%	残余亚铵 /g/l	卡伯值	残液温度 /℃
1	16	3	165	3	8.04	74.55	6.5	70.90	19.8
2	20	3	165	3	7.51	70.04	14.06	56.86	20.2
3	24	4	165	3	8.59	65.36	18.65	48.83	20.0

根据牛皮箱板纸生产要求, 选取正交实验因素水平亚氨用量在 20% 左右。同时, 由于亚铵法制浆比较缓和, 要求蒸煮条件较高, 选取蒸煮最高温度在 165℃ 左右, 保温时间在 3h 左右为正交实验因素水平。

4.2.2 红麻全秆亚铵法蒸煮的正交实验

(1) 正交实验各因素水平的确定

影响蒸煮结果的因素很多, 有亚铵用量、氧化镁用量、最高温度、保温时间、液比、升温时间等, 本实验采用四因素三水平, 四因素分别选择对蒸煮影响较大的亚铵用量、氧化镁用量、最高温度及保温时间。在 1: 5 液比、升温时间 2h、40℃ 空转 20 分钟的固定条件下, 采用如表 4-3 所示各因素水平进行正交实验, 以优选出适合于牛皮箱板纸浆料的制浆条件。

(2) 正交实验结果分析

按表 4-3 所示的正交实验条件及所选定的固定条件, 排列正交实验表并将实验所得的结果一并列于表 4-4 中。从表 4-4 正交实验结果中可以看出, 随亚氨法制浆蒸煮各因素水平的变化, 粗浆得率、残余亚氨量变化范围较大。除实验 1 # 中煮出的浆料 kappa 值稍高一点外, 其余实验中 kappa 值变化不大。

表 4-3 中性亚硫酸铵红麻制浆正交实验因素水平表

Table 4-3 Factors of orthogonal experiment of ammonium sulfite pulping

水平	因 素			
	A 亚铵用量/%	B 氧化镁用量/%	C 最高温度/℃	D 保温时间/h
1	18	2.5	160	2.5
2	20	3	165	3
3	22	3.5	170	3.5

表 4-4 正交实验结果

Table 4-4 Result of orthogonal experiment

序号	亚铵 /%	氧化镁 /%	最高温度 /℃	保温时间 /h	得率 /%	kappa	残余亚铵 /g/l	废液 pH	温度 /℃
1	18	2.5	160	2.5	72.45	65.78	8.34	5.63	19.8
2	18	3	165	3	67.53	56.26	3.22	5.98	20.2
3	18	3.5	170	3.5	62.70	55.37	2.6	5.96	20.1
4	20	2.5	165	3.5	65.13	54.24	5.24	5.85	20.3
5	20	3	170	2.5	62.99	58.78	5.7	5.97	19.8
6	20	3.5	160	3	70.48	59.91	10.48	6.24	20
7	22	2.5	170	3	54.44	51.07	10.48	6	20.2
8	22	3	160	3.5	60.44	55.76	9.78	6.7	20.1
9	22	3.5	165	2.5	58.25	57.67	15.61	6.53	20

室温下测得的各实验蒸煮废液的 pH 值均小于 7，与条件实验结果相差较大。这是因为，亚氨法蒸煮中，氨对蒸煮废液的 pH 值影响亦较大，在条件试验中采用的是

小罐蒸煮，没有小放气和大放气；而正交实验采用的是大罐蒸煮，有小放气，同时大放气时间较长，导致有大量的氨气被排出，使得蒸煮废液的 pH 值降低。将蒸煮大放气时的气体用水吸收后，测量吸收液体的 pH 值显碱性，充分说明的这一点。其实蒸煮时锅内 pH 并不低于 7，只是由于大放气时放出氨而导致废液 pH 值小于 7。同时小放气时间应尽量短，以消除假压为目的，而大放气应设法回收放出的氨气。

对正交实验结果作极差分析，见表 4-5。

表 4-5 正交实验极差分析结果

Table 4-5 Result analysis of orthogonal experiment

	粗浆得率/%				kappa				残余亚铵 g/l			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
I/3	67.6	64	67.8	63.9	62.5	60.4	63.8	64.1	4.72	8.02	9.53	9.88
II/3	65.6	63	63.6	64.2	57.6	56.9	56.1	55.8	7.14	6.23	8.02	8.06
III/3	57.7	63.8	59.4	62.8	54.8	57.6	55.1	55.1	11.9	9.56	6.26	5.87
R	9.9	1	8.4	1.4	7.7	3.5	8.7	9	7.18	3.33	3.27	4.01
优	A1	B1	C1	D2	A3	B2	C3	D3	A1	B2	C3	D3
	主次因素 A>C>D>B				主次因素 D>C>A>B				主次因素 A>D>B>C			

从表 4-5 中各因素结果产生的极差可知，对粗浆得率影响的主次因素是：亚铵(A) > 最高温度 (C) > 保温时间 (D) > 氧化镁 (B)，较优组合为 A₁B₁C₁D₂；对硬度影响的主次因素是：保温时间 (D) > 最高温度 (C) > 亚铵 (A) > 氧化镁 (B)，较优组合为 A₃B₂C₃D₃；对残余亚铵影响的主次因素是：亚铵 (A) > 保温时间 (D) > 氧化镁 (B) > 最高温度 (C)，较优组合为 A₁B₂C₃D₃。可以看出亚氨用量对红麻亚氨法纸浆蒸煮效果影响最大，保温时间和最高温度的影响亦较大。蒸煮后期测得的废液 pH 值小于 7，为使 pH 值达到中性以上，做再现性实验时，须重新适当调节 MgO 用量。

(3)正交实验极差分析各因素水平趋势见图 4-1~12。

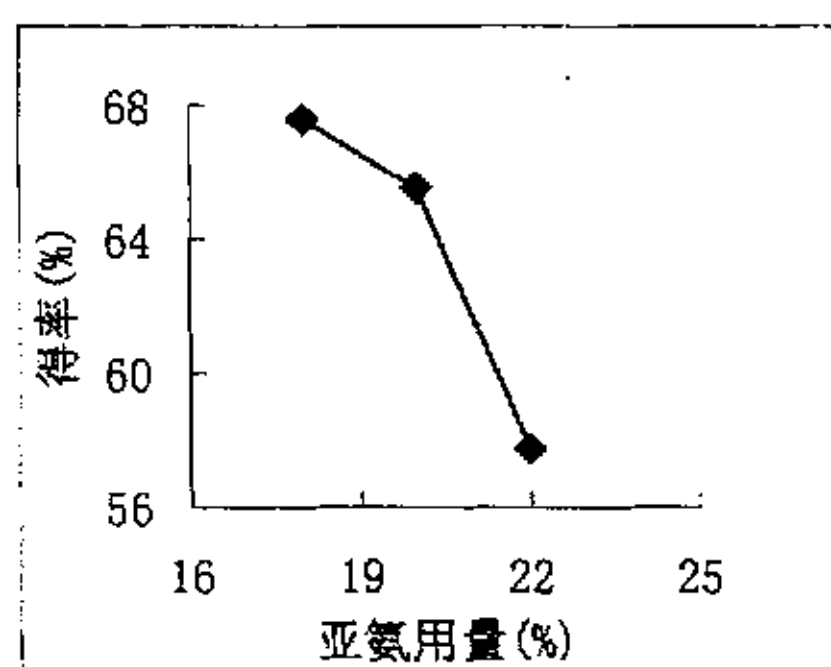


图 4-1 亚氨用量对得率影响

Fig 4-1 Effect of ammonium sulfite charge on yield

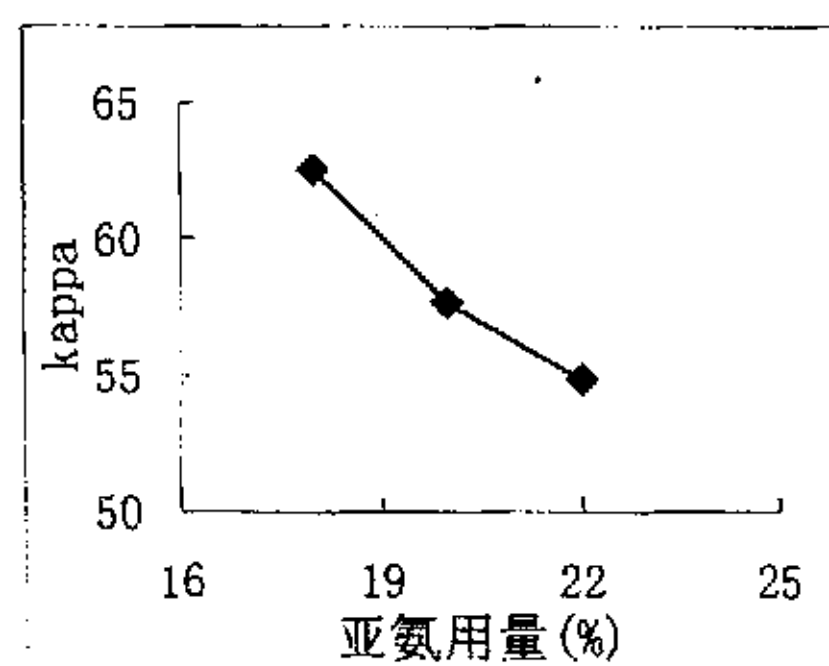


图 4-2 亚氨用量对 kappa 影响

Fig 4-2 Effect of ammonium sulfite charge on kappa

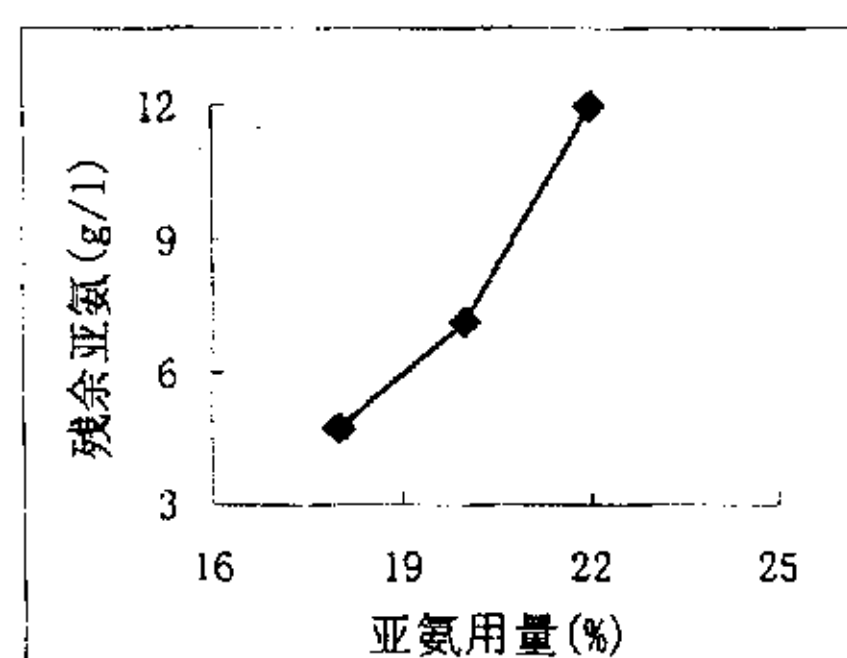


图 4-3 亚氨用量对残余亚氨影响

Fig 4-3 Effect of ammonium sulfite charge on residuary ammonium sulfite

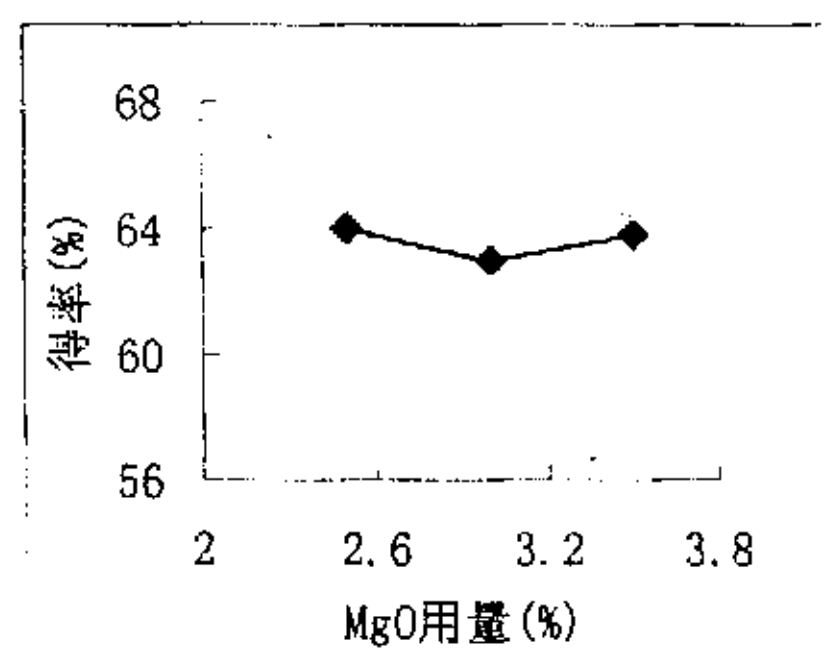


图 4-4 MgO 用量对得率影响

Fig 4-4 Effect of MgO charge on yield

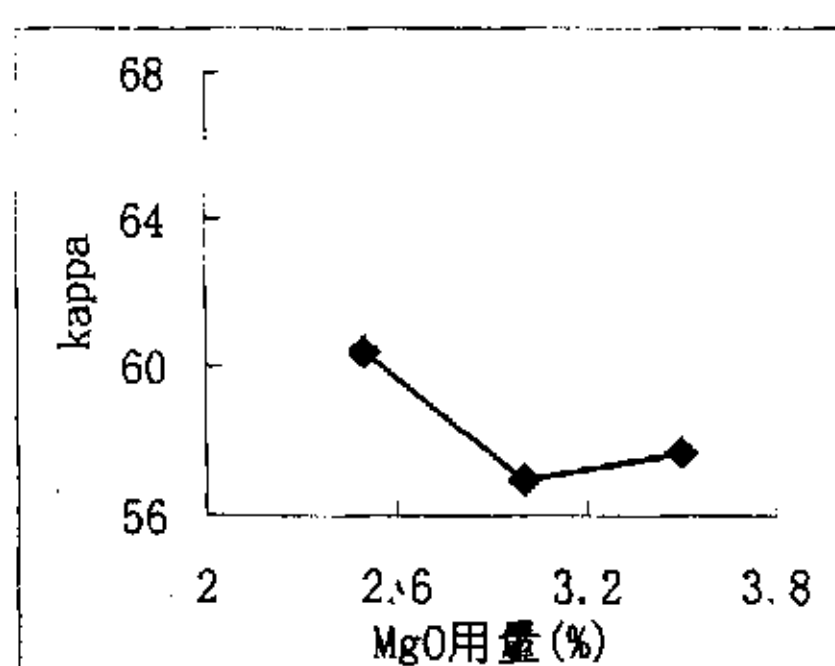


图 4-5 MgO 用量对 kappa 影响

Fig 4-5 Effect of MgO charge on kappa

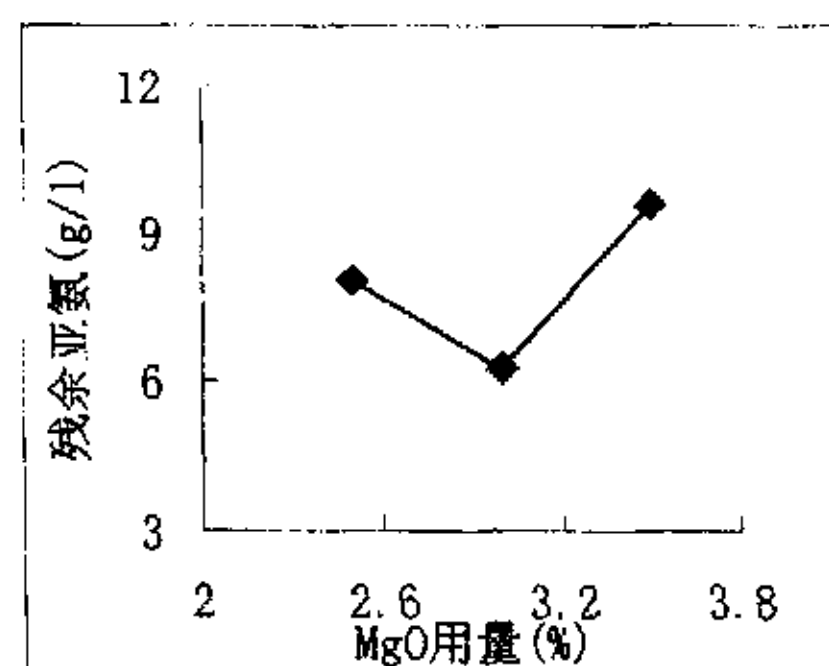


图 4-6 MgO 用量对残余亚氨影响

Fig 4-6 Effect of MgO charge on residuary ammonium sulfite

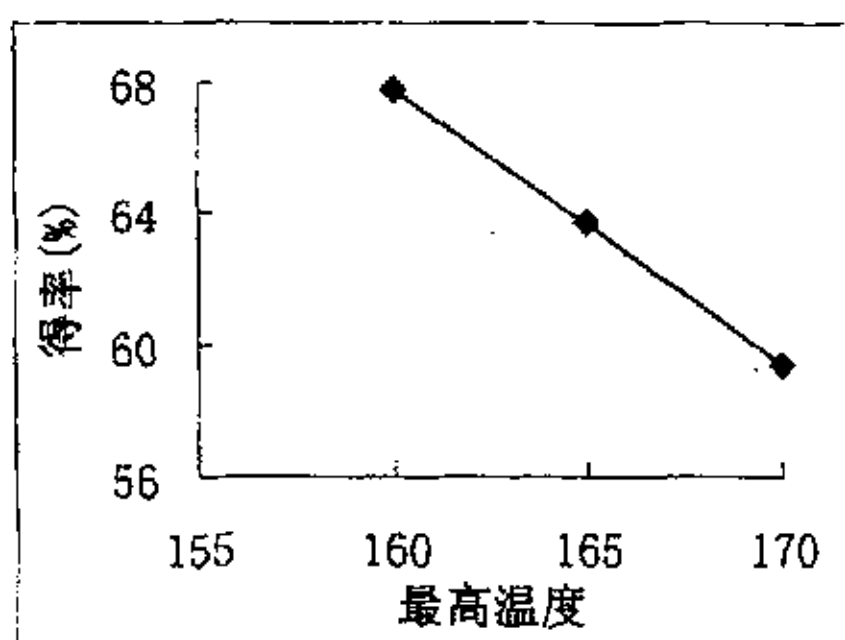


图 4-7 最高温度对得率影响

Fig 4-7 Effect of Max temperature on yield

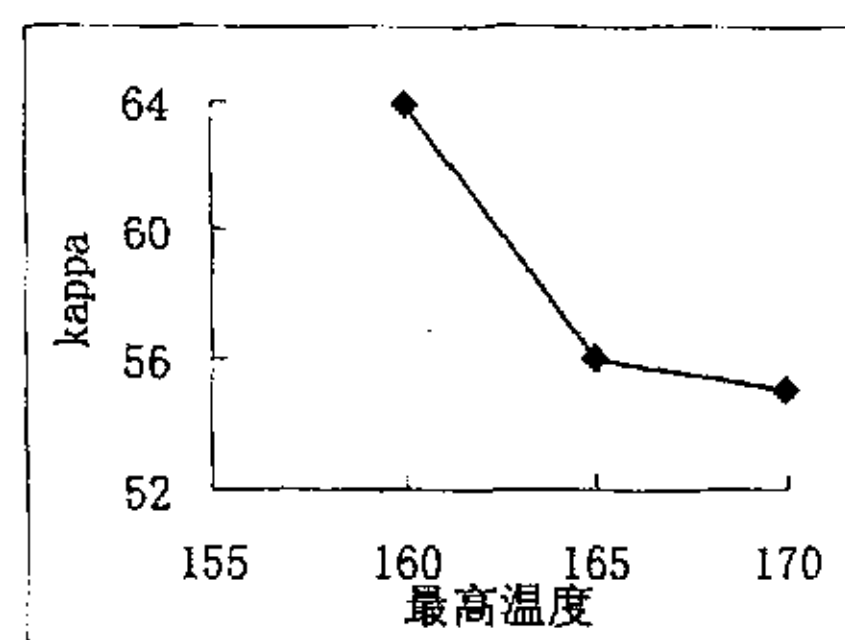


图 4-8 最高温度对 kappa 影响

Fig 4-8 Effect of Max temperature on kappa

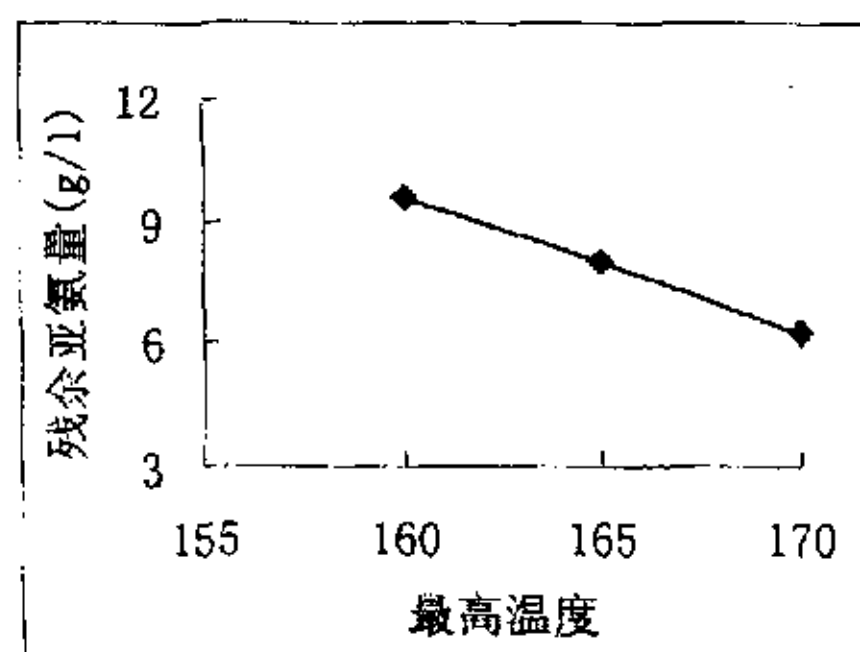


图 4-9 最高温度对残余亚氨影响

Fig 4-9 Effect of Max temperature on residuary ammonium sulfite

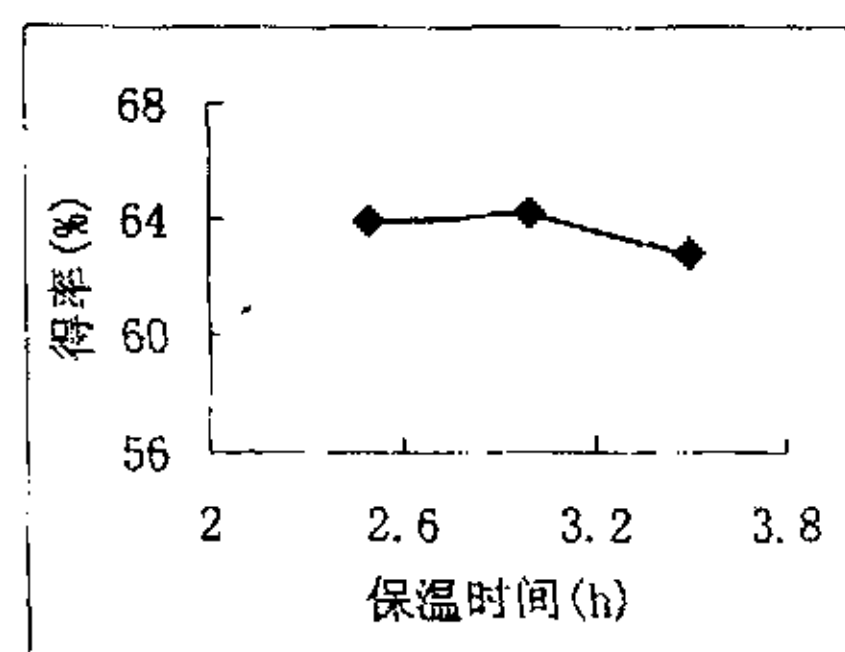


图 4-10 保温时间对得率影响

Fig 4-10 Effect of heat preservation time on yield

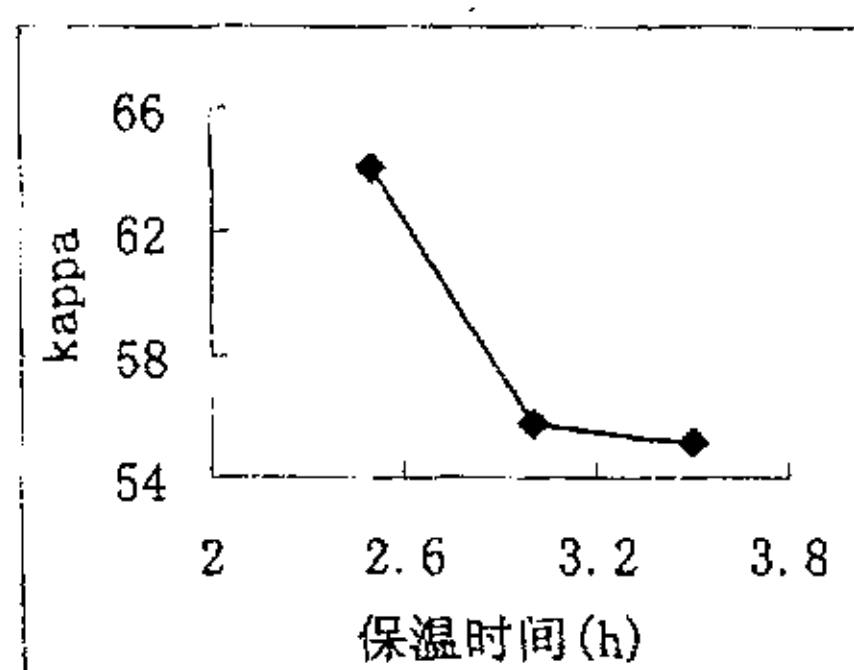


图 4-11 保温时间对 kappa 影响

Fig 4-11 Effect of heat preservation time on kappa

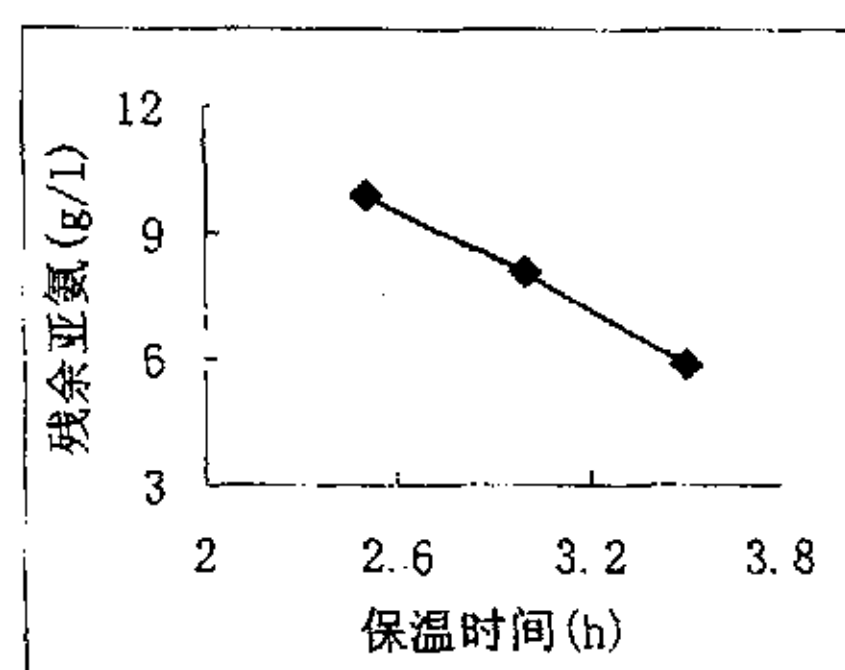


图 4-12 保温时间对残余亚氨影响

Fig 4-11 Effect of heat preservation time on residuary ammonium sulfite

正交实验极差分析因素水平及趋势图如上，现做以说明。

(1)蒸煮过程中亚铵用量，应根据所用纤维原料的化学成分和物理特性及希望获得的纸浆的质量要求而定。在一定范围内增加亚铵用量，就增加了与木素起磺化作用的磺化剂，同时相应增加了铵离子的浓度。这对促使木素的磺化和控制木素的缩合都有利，能够相应减少浆料的硬度和提高纸浆的质量。由图 4-1~3 可以看出，随着亚氨用量的增加，浆料得率跟 kappa 值成直线下降，残余亚氨用量直线上升。当亚氨用量由 18% 增加到 20%，浆料得率由 67.56% 降至 65.53%，kappa 值由 63.82 降至 56.06；当亚铵用量升至 22% 时，得率有明显下降，而 kappa 值变化不是太大。说明当亚氨用量在 20% 时，煮出浆料较好，若继续增加亚氨用量，尤其使当亚铵用量超过某一数值时，再增加亚铵用量，纸浆的硬度却看不出有显著的下降。这是因为亚铵法蒸煮是在中性或弱碱性的条件下进行的，蒸煮药液中，参与化学反应的主要成分是亚硫酸根，它对木素的磺化能力比较差。亚铵用量低时，提高亚铵用量，增加了亚硫酸根的浓度，木素磺化脱出程度较深，效果比较显著。当亚铵用量比较充足时，再增加亚铵用量，蒸煮中亚氨实际消耗不会增加，残留于蒸煮液中造成药液的浪费。从图 4-3 中就可以看出，残余亚氨的量在亚氨用量由 20% 增加到 22% 时，大幅度上升。由于 kappa 值和得率是蒸煮浆料质量好坏是主要参考指标，实验选取亚氨用量为 20%，此时，残余亚氨在 7g/l 左右。

(2)MgO 缓冲剂用量，其作用主要是调节蒸煮末期废液 pH 值，由图中可以看出 MgO 虽在蒸煮过程中参加反应，但对浆料得率，kappa 值，残余亚氨影响都不大。当 MgO 用量在 2.5% 时，用小罐蒸煮废液 pH 值在 7 以上，而用大罐蒸煮时，当 MgO 用量在 3.5% 时，蒸煮末期蒸煮液的 pH 值仍在 6.5 以下，同时，浆料得率却明显下降。这可能是因为用大罐蒸煮有小放气和大放气，小放气和大放气时有大量的氨气跑出，导致蒸煮液中流失大量铵盐，从而使蒸煮液 pH 值下降。实际生产中可以改变装锅方式，从而采取不放气或者尽量缩短小放气时间的方法，同时设法回收大放气放出的氨气，从而保证蒸煮末期蒸煮液的 pH 值在规定范围内。因此，以下实验对 MgO 用量再进一步调整。

(3)蒸煮温度和压力是亚铵法蒸煮中的一个重要因素。亚铵法蒸煮药液中的主要成分是亚硫酸根，它与木素起磺化反应的能力比较差，为了加快磺化反应速度，缩短蒸煮时间，需要提高蒸煮温度^[30]。由图中可以看出，随着最高温度的增加，纸浆得率、kappa 值成直线下降，得率下降最快。因为最高温度增加，蒸煮程度加深，尤其是蒸煮后期温度越高，越有利于木素磺酸及其盐类的溶出，与此同时，纤维素与半纤维素

的水解程度也会加剧，以半纤维素的损失最为明显。从 165℃~170℃虽然得率和残余亚铵量还在继续下降，但卡伯值下降缓和，再提高最高温度对浆料质量改善不大，牺牲得率已不再有意义。同时，根据牛皮箱板纸面浆生产要求及实际情况，可选择最高温度为 165℃。

(4) 蒸煮时间直接受亚铵用量、纤维原料的特性、蒸煮的最高温度和压力以及对成浆质量要求等条件的影响。在一定范围内增加亚铵用量，可适当缩短蒸煮时间；提高蒸煮温度和压力，可缩短蒸煮时间。纤维原料的种类不同蒸煮的时间也不同。

蒸煮时间主要由升温时间和保温时间组成。亚铵法蒸煮与传统的亚硫酸盐法蒸煮相比较，升温时间要短些，能够实现快速升温。这是因为铵盐基有较高的溶解度，铵离子有较大的活动性，容易渗透到纤维原料中去。亚铵法蒸煮药液的 pH 值较高，对木素缩合有抑制作用，这也是快速升温的有利条件。

而保温时间在蒸煮过程中对纸浆的产量和质量都有重大的意义。由图 4-10~12 中可以看出，随着保温时间延长，浆料得率、kappa 值，残余亚氨均有所下降。当保温时间由 2.5h 升至 3h 时，kappa 值由 64.07 降至 55.75，下降较大；当升至 3.5h 时，kappa 值变化较小。因为亚铵法蒸煮过程中木素的磺化与溶出主要发生在保温时间的前期，保温后期过多的延长蒸煮时间，木素含量的下降并不明显。相反，半纤维素在高温下的损失随着时间的延长而增大。当亚铵药液在蒸煮后期已经耗尽，pH 值偏低时，延长保温时间，还可能使煮出的纸浆颜色变深，难于漂白，严重时，可使整锅纸浆报废。因此选择保温时间为 3h。

综上所述：选择红麻亚铵法制浆生产牛皮箱板纸面浆的最佳工艺条件为亚铵用量 20%，最高温度 165℃，保温 3 小时，液比 1: 5，升温 2h、40℃空转 20 分钟，MgO 用量须进一步调整。

4.2.3 再现性实验

取 400 克绝干红麻原料，按照亚铵用量 20%，最高温度 165℃，保温时间 3 小时，液比 1: 5、升温时间 2h、40℃空转 20 分钟，MgO 用量 4.5~6%，同时在蒸煮过程中，缩短小放气时间，进行再现性实验。结果见表 4-6。

从表中可知，当 MgO 用量超过 5.5% 时，蒸煮末期黑液 pH 值达 7 以上。此时浆料得率在 62 % 左右，卡伯值在 52 左右，煮出浆料柔软，色泽较浅。通过优化条件下的亚铵法蒸煮，红麻浆各项指标均达到比较理想的水平。

表 4-6 再现性实验结果

Table 4-6 Result of reappearance experiment

实验	亚氨 用量 /%	MgO 用量 %	最高 温度 /℃	保温 时间 /h	得率 /%	kappa	残余 亚氨 /g/l	pH	温度 /℃
1	20	4.5	165	3	61.45	53.25	6.1	6.68	20
2	20	6	165	3	62.29	52.65	5.3	8.71	20.1
3	20	5.5	165	3	62.24	52.36	5.6	7.52	20.2

4.2.4 磨浆与抄片

红麻全秆亚铵法牛皮箱板纸面浆为高得率化学纸浆,选择合适的打浆和磨浆设备以及掌握合适的磨浆工艺是保证纸浆质量的中心环节^[32]。牛皮箱板纸的面浆既要求有较高强度,又要求外观好,也既要求纤维少切断,又要求纤维结合力大,纤维分散良好,这就要求在纤维磨解中兼顾打浆度和纤维平均长度两项指标,兼顾纸浆的耐破度和撕裂度等强度指标。为此,在实验室对打浆度的选择与纸页强度关系进行了磨浆探索。

对红麻亚铵浆采用 GNM-300 磨浆机磨浆 (3~5%),测得不同打浆度对纸张物理强度的影响如表 4-7 所示。

表 4-7 打浆度与纸页性能指标

Table 4-7 Beating degree and paper character

打浆度	定量 /g/m ²	紧度 /g/cm ³	耐破指数 /kPam ² /g	耐折度/ 次	环压指数 /Nm/g	撕裂指数 mNm ² /g
24	100.82	0.67	1.98	78	7.87	12.81
28	101.50	0.69	2.87	99	9.11	12.10
34.5	103.58	0.736	3.67	130	10.83	10.45
37	101.47	0.742	4.15	147	11.21	9.51
40	103.9	0.748	4.79	175	11.51	8.65
43.2	102.83	0.755	5.59	221	12.1	7.64
国标	≥	0.72	2.80	55	9.2	8.1

牛皮箱板纸属于高强韧纸板,要求刚性好,有较高的挺度和环压强度,而对环压

强度及纤维间的结合强度影响较大的因素是纤维长度。对耐破度影响较大的因素是纤维长度和结合力。故红麻全秆浆可采用长纤维半游离状打浆^[33]。打浆度对耐破指数、耐折度、撕裂指数、环压指数的影响如图 4-13、14 所示。

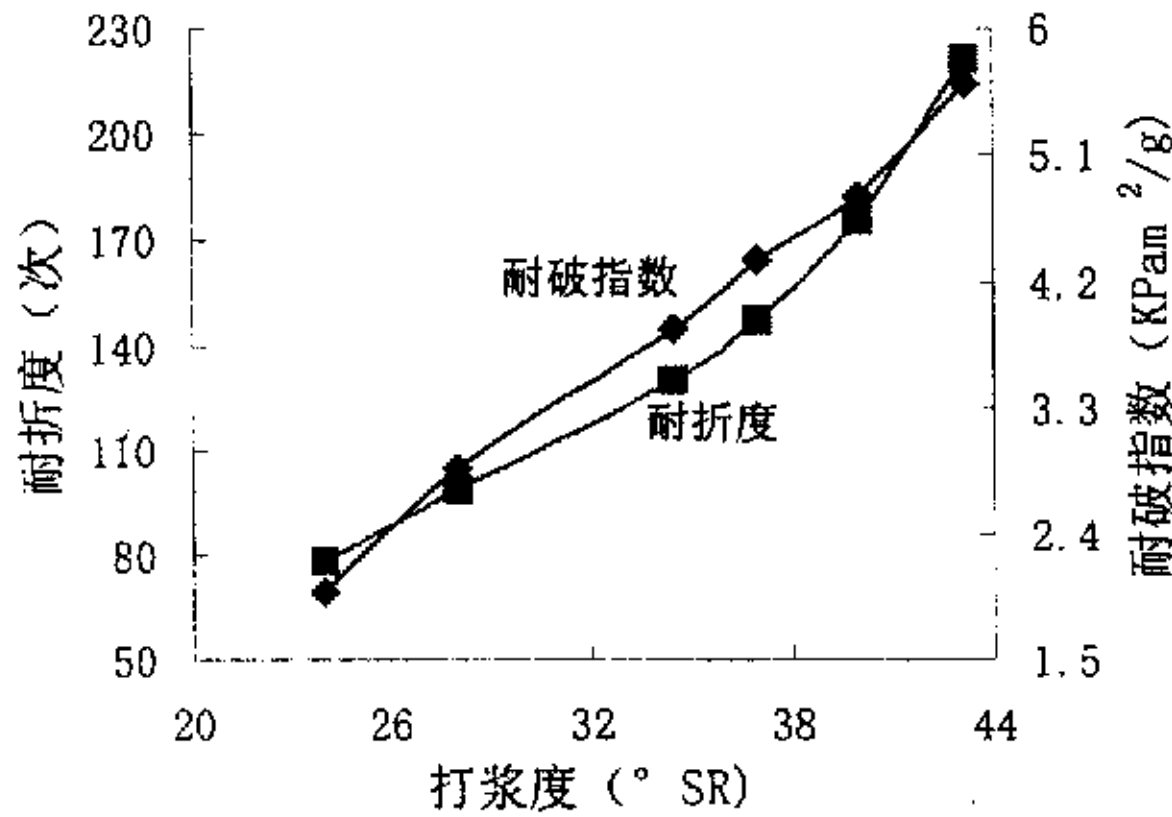


图 4-13 耐折度耐破指数随打浆度变化

Fig 4-13 Folding strength and bursting index at various beating degree

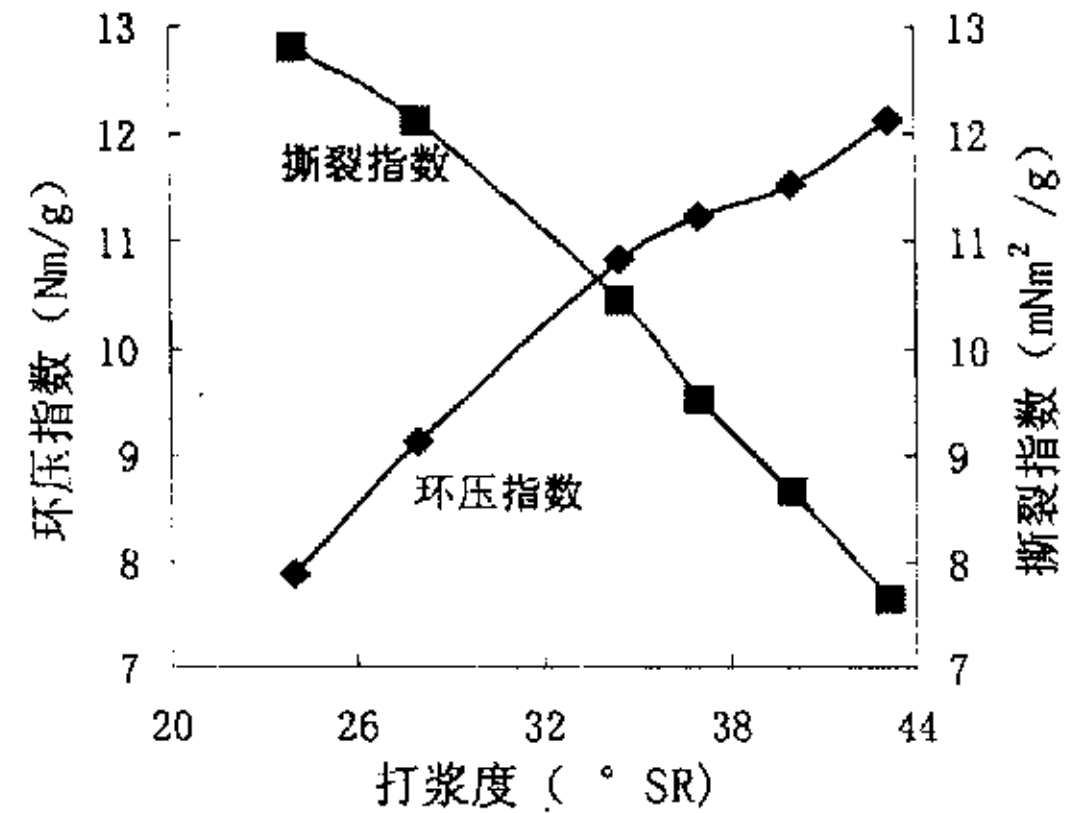


图 4-14 环压指数撕裂指数随打浆度变化

Fig 4-14 Ring index and tear index at various beating degree

由以上表和图可以看出，纸页紧度、耐破度、耐折度等均随打浆度的升高而增大，撕裂度则随打浆度的升高而降低，因为耐破度、耐折度主要取决于纤维间结合力，而撕裂度主要取决于纤维平均长度，其次取决于纤维间结合力，因此在考虑打浆度时一定要兼顾结合力和纤维平均长度，从耐破度和撕裂度等项指标综合考虑，用作牛皮箱纸板挂面纸浆，控制打浆度在 35°SR 左右比较适宜。此时，抄出的纸页各项指标均达到国家 A 级箱纸板要求。

4.3 红麻全秆亚铵法制浆生产瓦楞原纸最佳工艺条件确定

4.3.1 亚铵法制浆生产瓦楞原纸正交实验因素水平

瓦楞纸箱在堆存中的抗压强度主要受瓦楞纸板的边压强度的影响，而瓦楞纸板的边压强度又在很大程度上与箱板纸和瓦楞原纸环压强度成正比关系，故环压强度是生产瓦楞原纸极为重要的指标。影响瓦楞原纸环压强度的因素较多，诸如纤维平均长度、纤维之间的结合力、纸页成形过程中纤维的交织情况、浆料中杂质去除程度、是否加入增强剂等等^[34]。本实验着重探讨亚铵法蒸煮中各因素及磨浆质量对瓦楞原纸物理性

能的影响。

根据上述红麻亚铵法制浆生产牛皮箱板纸面浆实验结果,在实验室进一步降低了亚铵法制浆各蒸煮因素,重新设计一组正交实验,结果如表4-8。

表 4-8 亚铵法制浆生产瓦楞原纸正交实验因素水平

Table 4-8 Factors of orthogonal experiment of ammonium sulfite pulp making

水平	因 素			
	A 总铵/%	B 最高温度/℃	C 保温时间/h	D 氧化镁/%
1	18	165	3	5.0
2	16	160	2.5	5.5
3	14	155	2	6.0

4.3.2 正交实验结果分析

表 4-9 正交实验结果

Table 4-8 Result of orthogonal experiment

实验	亚铵 用量 /%	最高 温度 /℃	保温 时间 /h	MgO 用量 /h	pH	粗浆 得率 /%	紧度 /g/cm ³	环压 指数 /Nm/g	裂 断 长 /m
1	18	165	3	5	7.62	64.3	0.7816	9.49	7541
2	18	160	2.5	5.5	7.84	66.2	0.6819	9.1	6950
3	18	155	2	6	7.56	69.2	0.6686	8.4	6424
4	16	165	2.5	6	8.1	66.9	0.7265	8.75	6953
5	16	160	2	5	8.06	67.6	0.6892	7.96	6765
6	16	155	3	5.5	8.21	71.5	0.6771	7.75	6350
7	14	165	2	5.5	8.78	71.2	0.6674	8.6	6821
8	14	160	3	6	8.55	72.6	0.6880	7.7	6567
9	14	155	2.5	5	8.41	73.6	0.6677	7.37	6356

红麻全秆亚铵法制浆生产高强瓦楞原纸正交实验结果见表 4-9 所示。为了明确各因素的显著性，对正交实验结果做了极差分析，见表 4-10 所示。

表 4-10 正交实验结果极差分析

Table 4-10 Result analysis of orthogonal experiment

	粗浆得率/%				环压指数/Nm/g				裂断长/m			
	A	B	C	D	A	B	C	D	A	B	C	D
I/3	66.5	67.5	68.7	68.5	8.99	8.95	8.31	8.27	6971	7105	6819	6887
II/3	68.7	68.8	68.9	69.6	8.15	8.25	8.41	8.48	6689	6761	6753	6707
III/3	72.5	71.5	69.3	69.7	7.89	7.84	8.32	8.28	6581	6377	6670	6648
R	6.0	4.0	0.6	1.2	1.1	1.11	0.09	0.21	390	728	149	239
优	A3	B3	C1	D3	A1	B1	C2	D2	A1	B1	C1	D1
主次因素 A>B>D>C				主次因素 B>A>D>C				主次因素 B>A>D>C				

(纸页定量 115g/m², 打浆度 40° SR)

对于红麻全秆亚铵法制浆生产瓦楞原纸，蒸煮除去部分木素，使纤维软化易于打浆，提高纤维间结合力而改善其物理性能是最主要的。从表 4-10 中可以看出，对粗浆得率影响主次因素为 A（亚铵用量）>B（最高温度）>D（MgO 用量）>C（保温时间），优组合为 A3B3D3C3，对环压强度及裂断长影响的主次因素相同，都为 B>A>D>C，对于环压强度较优组合为 B1A1C2D2，对于裂断长较优组合为 B1A1C1D1。可以看出在红麻全秆亚铵法制浆蒸煮中，亚铵用量，最高温度对蒸煮效果起着主导作用。亚铵用量跟最高温度在一定范围时，过分延长蒸煮时间对于蒸煮效果没有太大意义。MgO 主要作用是在蒸煮末期中和生成的木素磺酸，以保证蒸煮末期蒸煮液的 pH 值大于 7，而对于浆料各种性能影响不是太大。

正交实验极差分析图如 4-15~26 所示

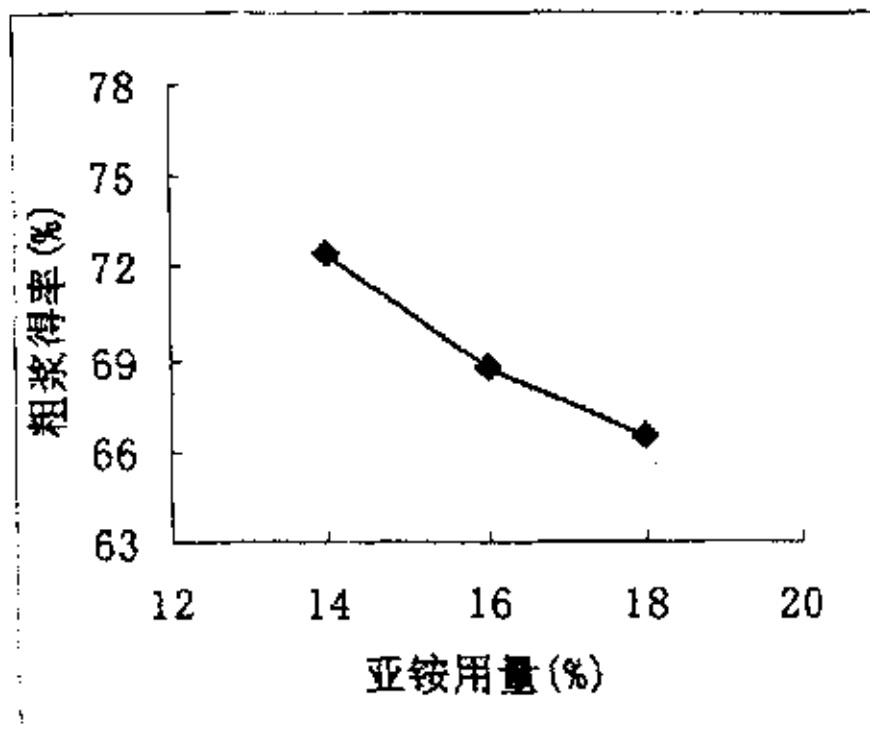


图 4-15 亚铵用量对粗浆得率影响
Fig 4-15 Effect of ammonium sulfite charge on yield

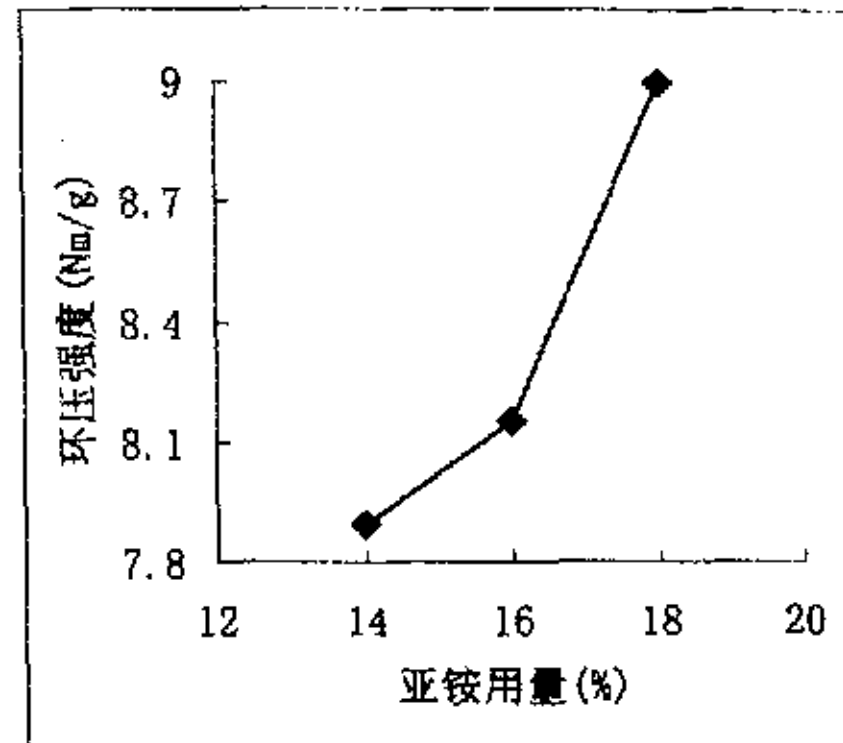


图 4-16 亚铵用量对环压强度影响
Fig 4-16 Effect of ammonium sulfite charge on yield

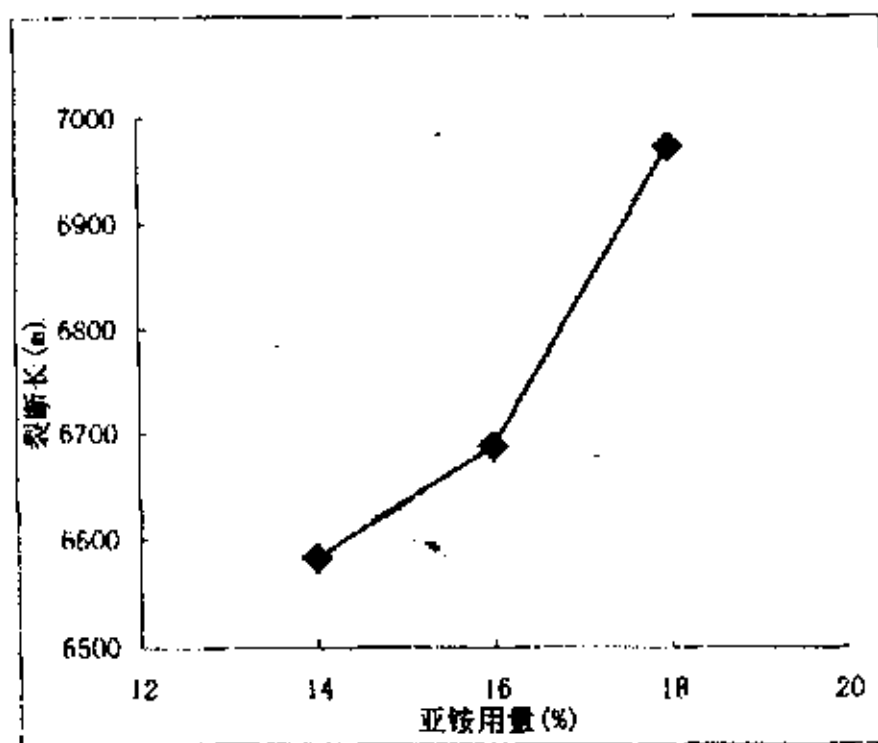


图 4-17 亚铵用量对裂断长影响
Fig 4-17 Effect of ammonium sulfite charge on fracture length

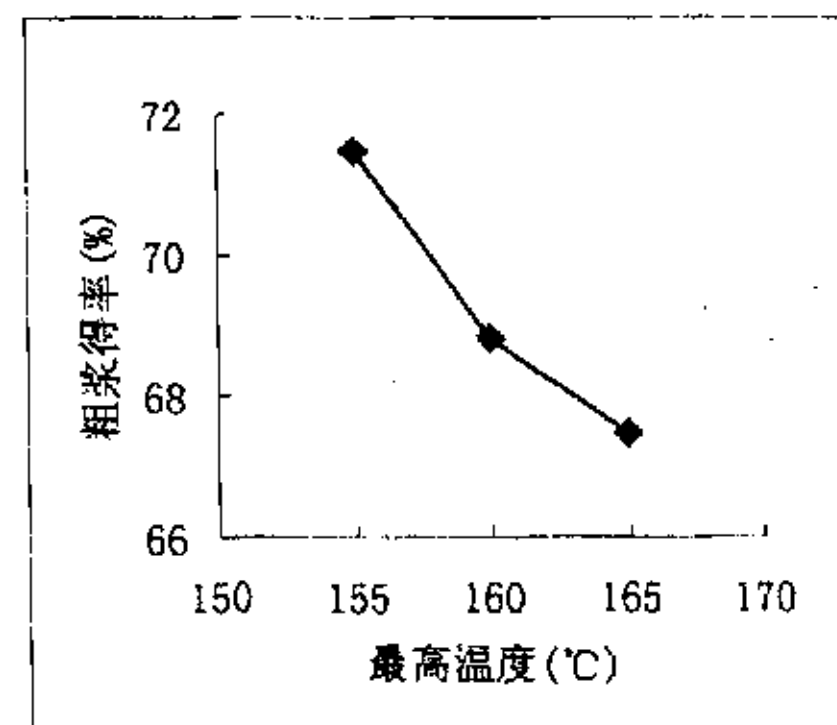


图 4-18 最高温度对粗浆得率影响
Fig 4-18 Effect of Max temperature on yield

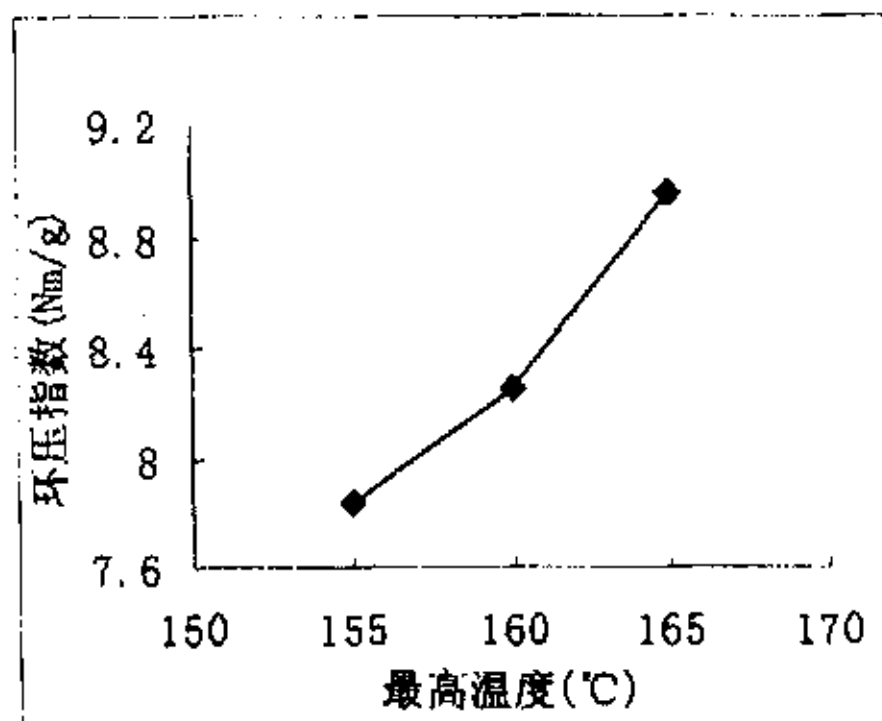


图 4-19 最高温度对环压指数影响
Fig 4-19 Effect of Max temperature on ring index

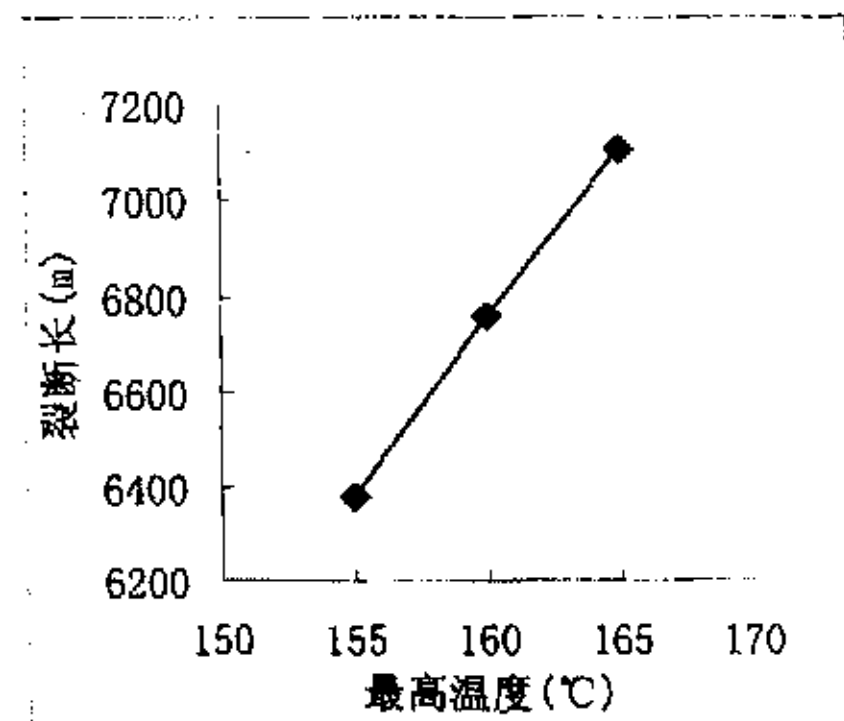


图 4-20 最高温度对裂断长影响
Fig 4-20 Effect of Max temperature on fracture length

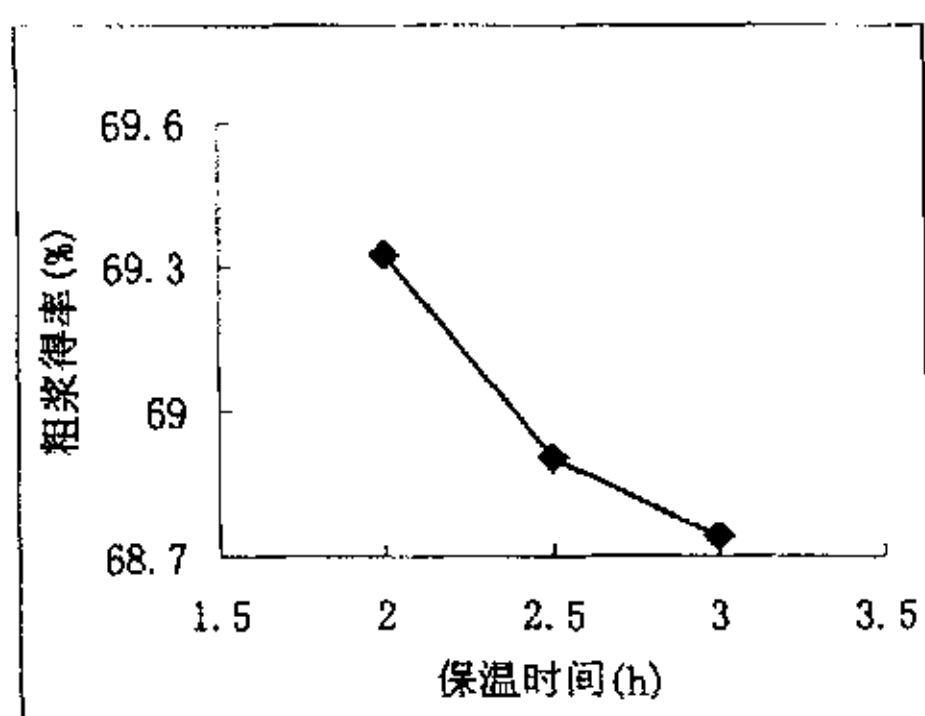


图 4-21 保温时间对粗浆得率影响

Fig 4-21 Effect of heat temperature on yield

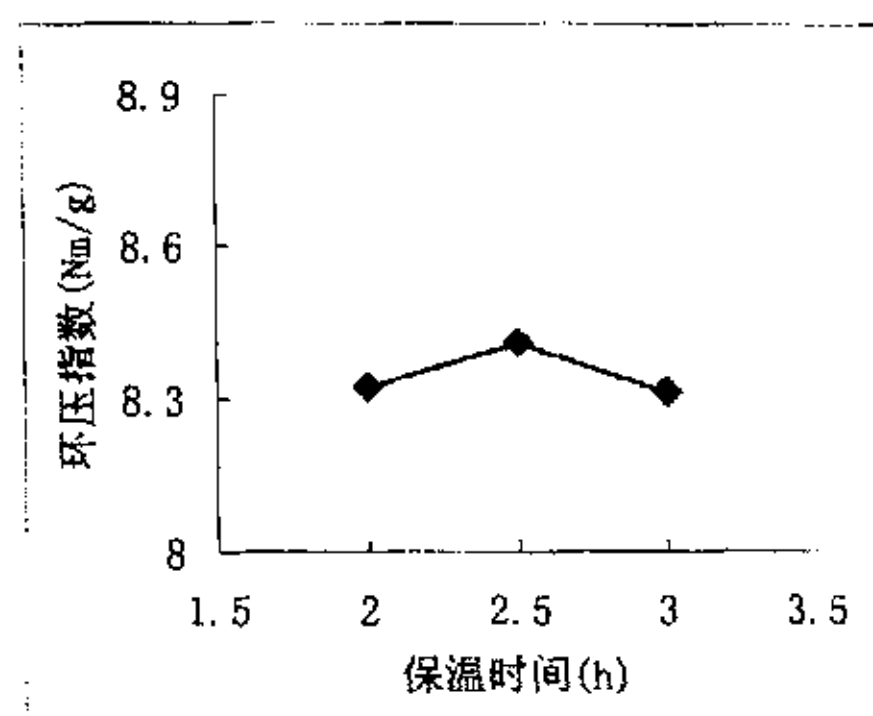


图 4-22 保温时间对环压指数影响

Fig 4-22 Effect of heat temperature on ring index

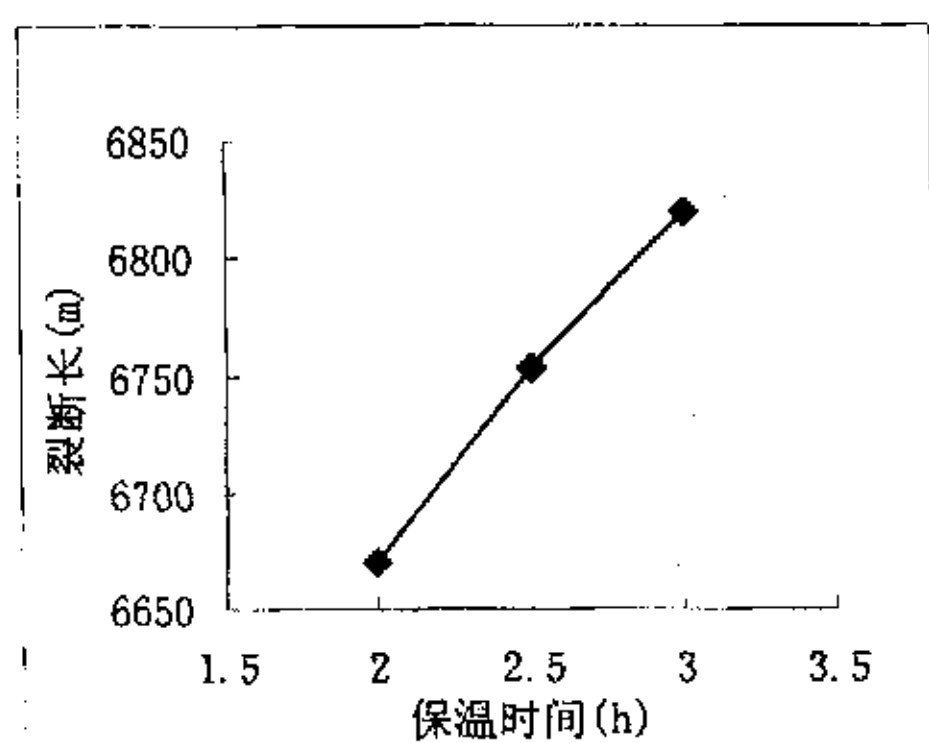


图 4-23 保温时间对裂断长影响

Fig 4-23 Effect of heat temperature on fracture length

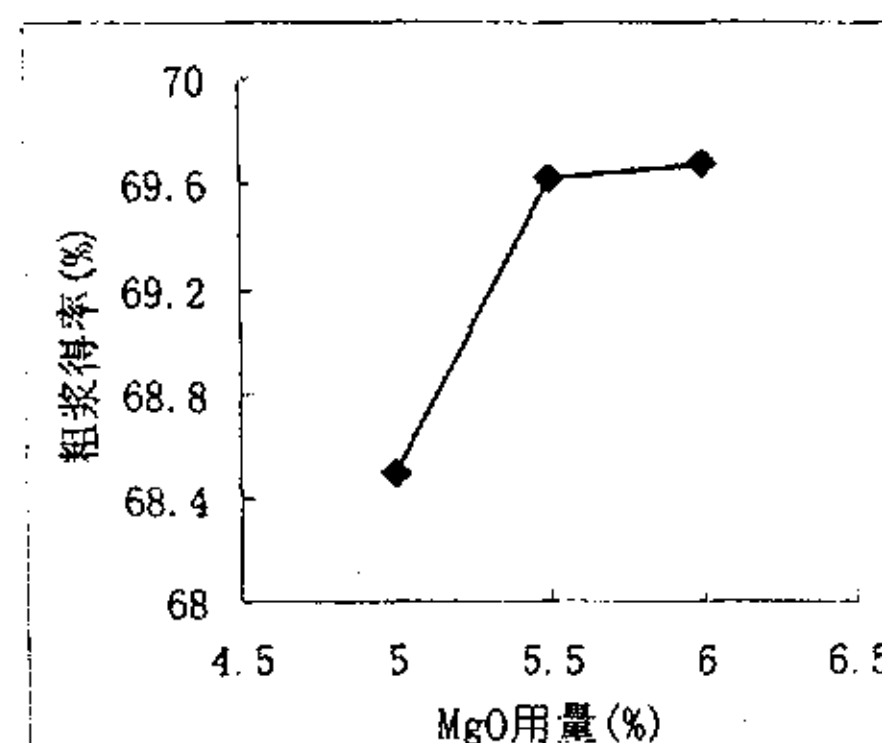


图 4-24 MgO 用量对粗浆得率影响

Fig 4-24 Effect of MgO charge on yield

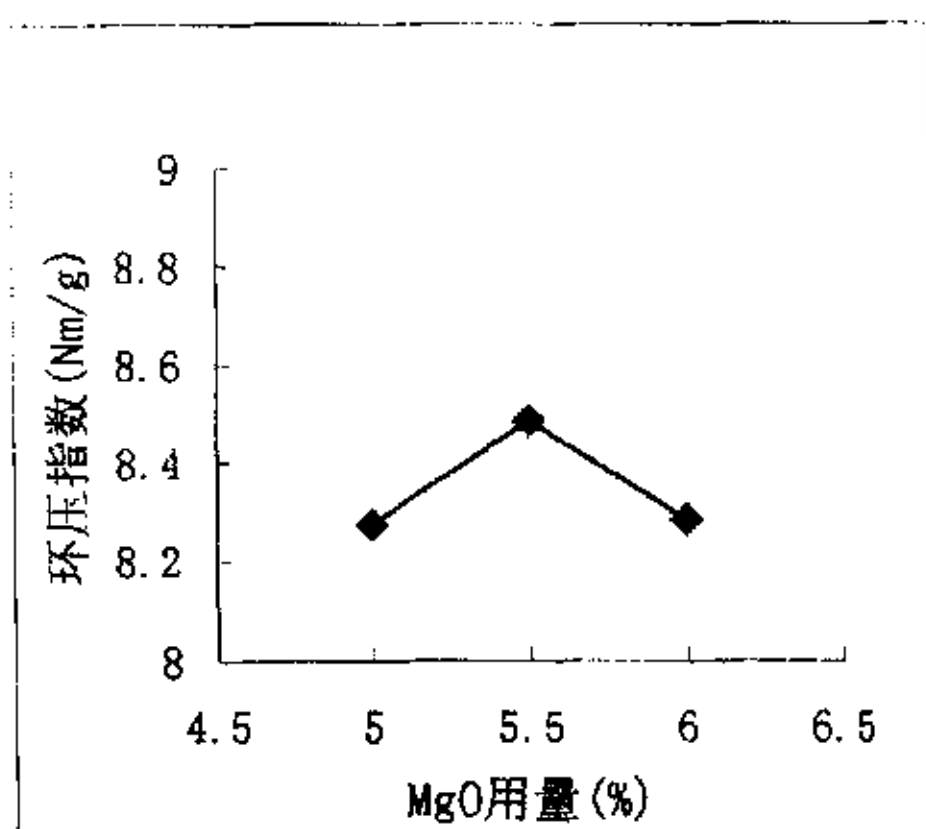


图 4-25 MgO 用量对环压指数影响

Fig 4-25 Effect of MgO charge on ring index

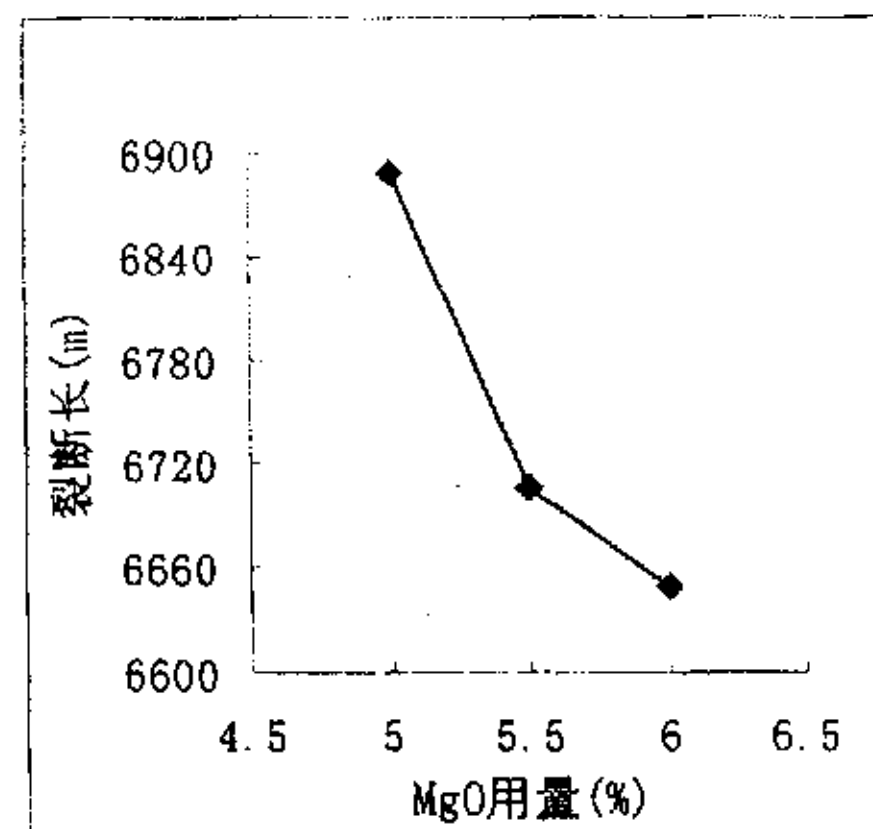


图 4-26 MgO 用量对裂断长影响

Fig 4-26 Effect of MgO charge on fracture length

从图 4—15~26 可以看出,随着亚铵用量的增加,粗浆得率明显下降。当亚铵用量从 14%上升到 18%时,粗浆得率下降 6 个百分点,在亚铵用量为 16%时,煮出浆料相对柔软,色泽较浅,易于打浆。亚铵用量增加,蒸煮程度加深,脱木素效果显著,纤维软化程度加深,煮后浆在相同打浆度下,纸张环压强度跟裂断长明显上升,但在亚铵用量为 14%时,各项物理强度指标均超过国家高强瓦楞原纸质量标准。综合考虑,选定亚铵用量为 16%。

同样,蒸煮最高温度对各项指标的影响趋势跟亚铵用量是一样的。随着最高温度的增加,粗浆得率明显下降,当最高温度由 155℃升至 165℃时,粗浆得率下降 4 个百分点。环压强度,裂断长则随着温度的升高直线上升。对于半化学浆来讲,随着蒸煮温度的升高,脱木素程度加深,反应剧烈,纤维软化程度加深,易于打浆。在满足质量指标的前题下应使得率尽量高。综合考虑,选定最高温度为 160℃。

对于保温时间,从图中可以看出,保温时间对于各项指标的影响是最小的。当保温时间由 2h 升至 3h 时,粗浆得率始终在 69%左右徘徊。当亚铵用量在一定范围时,磺化木素的脱除多在蒸煮初期,蒸煮末期蒸煮液中残余亚铵已经很少,过分延长蒸煮时间,反而无宜于蒸煮。环压指数在保温时间为 2.5h 时达到最大值,但上下变化幅度不大。裂断长则随着保温时间的增加成直线上升趋势。但各项指标都在规定范围内,实际生产中考虑缩短蒸煮时间,可选定保温时间为 2.5h。

MgO 虽然在蒸煮过程中参与一定的反应,但其用量对于各项指标影响也不大。由于 MgO 的主要作用是中和蒸煮生成的木素磺酸,在保证蒸煮末期黑液 pH 值大于 7 的基础上,可以选定 MgO 用量为 5%即可。

综上所述,选择最佳蒸煮工艺条件为:亚铵用量 16%,最高温度 160℃,保温时间 2.5h, MgO 用量 5%。其它固定条件:1:5 液比、升温时间 2h、40℃空转 20 分钟。

4.3.3 再现性实验

为验证正交实验的结果,在前述分析的最优条件下进行了再现性实验,实验结果如表 4-11 所示。

表 4-11 再现性试验条件及结果

Table 4-11 Condition and result of reappearance experiment

亚铵用量	最高温度	保温时间	MgO 用量	粗浆得率	pH	紧度	环压指数	裂断长
/%	/°C	/h	/%	%		/g/cm ³	Nm/g	/m
16	160	2.5	5	68	7.8	0.71	8.65	6985
国标	\	\	\	\	\	0.5	7.1	4300

其它条件：液比 1:5，升温时间 2 h，打浆度 40° SR，纸张定量 115g/m²

从再现性实验结果可以看出，粗浆得率 68%，煮出浆料虽未完全成浆，但已柔软可塑，易于打浆，在打浆度为 40° SR 时，抄成定量为 115 g/m² 的纸片，其各项物理指标均超出国家 A 级瓦楞原纸质量标准。

由以上可以看出，红麻全秆确实是一种优良的制浆造纸原料，用亚铵法生产高强瓦楞原纸，其制浆得率高，污染小，成本低，抓住目前国内高强瓦楞原纸内需的市场行情，将会有很大的投资回报率。

4.3.4 磨浆与抄片

俗话说，纸是在打浆机中造出来的^[35]。也就是说，纸张的物理性能的取得是通过打浆而得到的。对于以红麻全秆为原料的瓦楞原纸来说，合理适宜的打浆工艺是保证纸张物理强度的必要条件之一。影响瓦楞原纸环压强度的因素，除了组成纸板的原料特性以外，还有纤维间的结合力和瓦楞原纸的厚度。在一定条件下，增加纸板紧度就减小了纸板的厚度，若结合力的提高超过了此厚度减小的影响，环压强度就增加，若结合力的提高弥补不了厚度减小对环压强度的损失，则环压强度就降低。而对于目前市场，多数商家更喜欢高强度低定量的瓦楞原纸，因此如何在降低定量，降低纸板厚度的情况下提高原纸强度则成为重中之重。

对于生产高强瓦楞原纸的红麻全秆亚铵法制浆，其蒸煮浆料未能完全成浆，属半化学浆范畴。浆料中纤维保留了一定的长度。若用此浆生产高强瓦楞原纸，打浆时既要保证纤维有适当的切断，还要保证纤维充分润胀，细纤维化，使纤维变得柔软可塑。

表 4-12 及图 4-27~28 显示了打浆度对纸张物理强度性能指标的影响。

表 4-12 瓦楞原纸各强度随打浆度影响

Table 4-12 Effect of beating degree on corrugating medium strength

打浆度/° SR	湿重/g	定量/g/m ²	环压指数 Nm/g	裂断长/m
24.8	4.7	115.4	5.83	4247
30.7	4.5	115.1	6.76	4790
34.6	4.6	114.6	7.41	5647
42.0	4.9	114.9	8.81	6831
48.9	4.9	115.3	8.97	6987
56.1	4.7	114.9	9.34	6940

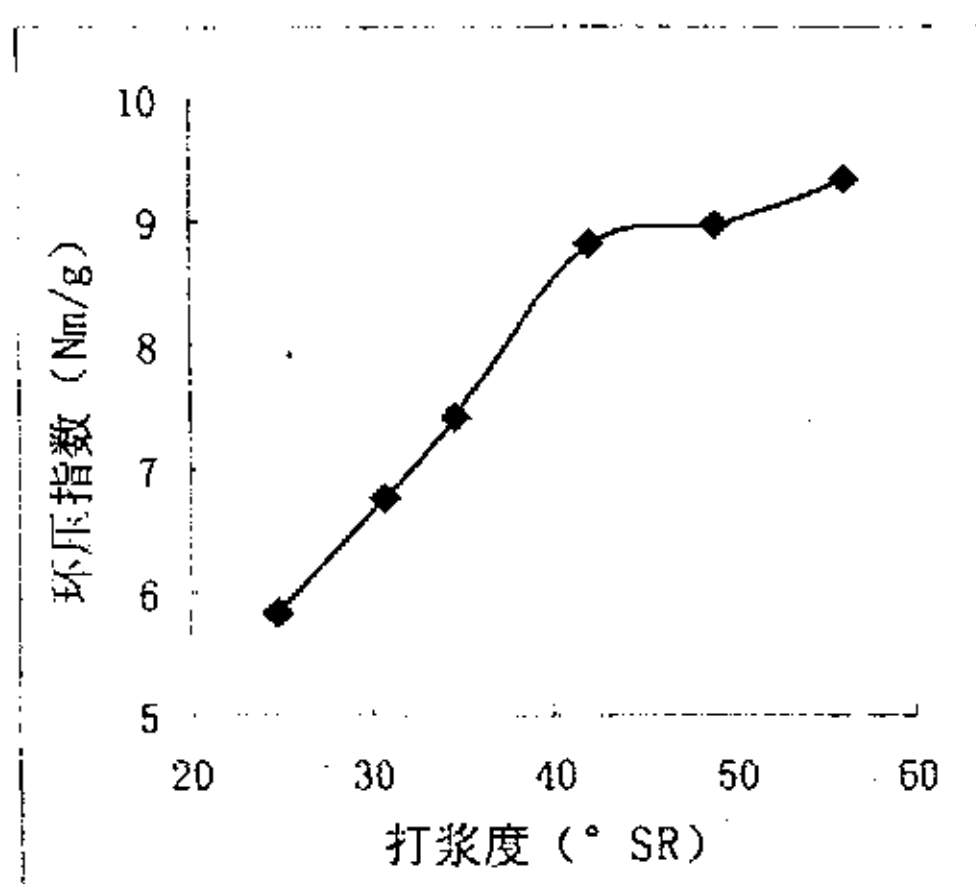


图 4-27 打浆度对环压指数影响

Fig 4-27 Effect of beating degree on ring index

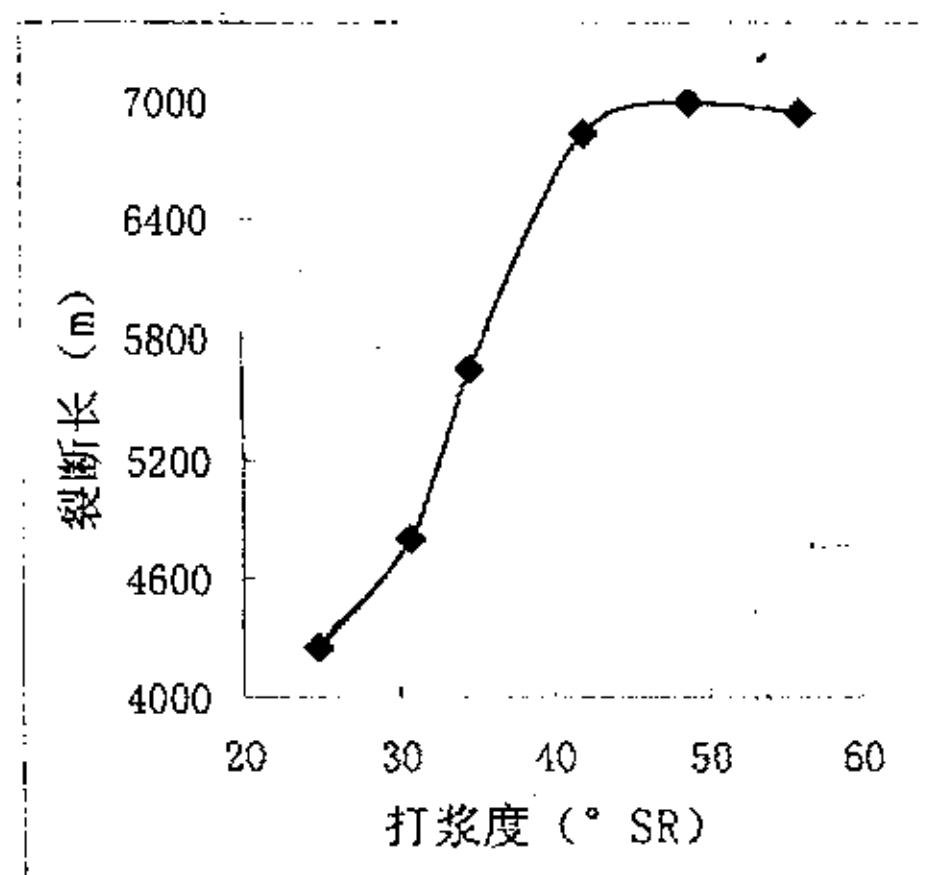


图 4-28 打浆度对裂断长影响

Fig 4-28 Effect of beating degree on fracture length

从图 4-27~28 中可以看出, 随着打浆度的提高, 瓦楞原纸主要指标环压指数跟裂断长逐渐提高, 当打浆度在 40~45° SR 时, 环压强度变化趋于平缓后又上升, 而裂断长在此时已达到最大值。根据瓦楞原纸质量要求, 可选择打浆度在 40~45° SR 左右。

以上结果是在较低浓度下测定的。理论上, 低浓打浆多为游离状打浆, 实际生产中, 低浓打浆双盘磨对纤维分丝帚化作用较差, 成纸结合力弱而导致纸产品环压强度不佳。此外, 低浓打浆双盘磨对纤维的剧烈切断及纤维间结合力弱造成瓦楞原纸裂断长相对较低。而中浓打浆^[36], 其原理主要是在较高浓度下, 磨浆的作用力主要靠纤维间“内摩擦效应”完成而机械剪切力作用则较微弱, 中浓磨浆较低浓磨浆, 纸浆纤维

长度较大，分丝帚化现象显著，抄造性能提高，这亦导致中浓磨浆抄造的瓦楞原纸的质量明显改善，具有较高的紧度、裂断长及环压强度值。因此，在实验室里进一步对低浓打浆与中浓打浆对瓦楞原纸的影响做了进一步探讨。

表 4-13 低浓打浆与中浓打浆比较

Table 4-13 Strength contrast of low consistency beating with high consistency

打浆浓度 /%	打浆度 /° SR	定量 g/m ²	紧度 /g/cm ³	环压指数 /Nm/g	裂断长 /m
3~5	42	114.9	0.69	8.81	6831
9~12	41.2	115.2	0.74	9.73	7687

（注：由于实验室条件限制，以上浓度仅为大致范围）

从表 4-13 中可以看出，随打浆浓度的提高，纸张各物理强度提高显著，且从纸张匀度来看，中浓打浆抄造的瓦楞原纸较之低浓打浆大为改观，这说明中浓打浆对纤维具有良好的均整及分丝帚化作用，因此实际生产中，若进一步提高打浆浓度到中浓范围，这样产品无论从质量还是从观感及手感上都能使消费者感到满意，从而可以确定产品在市场中的竞争地位。

第五章 结论

5.1 通过对红麻全秆、秆芯及韧皮部的原料成分分析,发现红麻原料纤维素含量较高,红麻全秆是一种很具潜力的优良的造纸原料。红麻全秆作为生产牛皮箱板纸面浆及高强瓦楞原纸的原料,在经济上和性能上是可行的。

5.2 红麻全秆亚铵法制浆生产牛皮箱板纸面浆的最佳工艺条件为:亚铵用量 20%,最高温度 165℃,升温时间 2h,保温时间 3h, MgO 用量 5.5%,其它蒸煮条件为 105℃,小放汽,40℃下空转 20 分钟。此时煮出浆料柔软,易于打浆。

5.3 红麻全秆亚铵法制浆生产高强瓦楞原纸的最佳工艺条件为:亚铵用量 16%,最高温度 160℃,升温时间 2h,保温时间 2.5h, MgO 用量 5%,其它蒸煮条件为 105℃小放汽,40℃下空转 20 分钟。

5.4 打浆度对牛皮箱板纸及瓦楞原纸强度影响较大。对于牛皮箱板纸打浆度适宜在 35° SR 左右,瓦楞原纸打浆度适宜在 40~45° SR 左右时,此时抄出纸页物理强度较高,均达到国家 A 级质量要求。

5.5 亚铵法蒸煮中,采用 MgO 作缓冲剂具有良好的效果,在用量为 5%左右时,蒸煮末期蒸煮液的 pH 值即达到 7 以上,且 MgO 成本低,对以亚铵法蒸煮的造纸厂,经济合算,效益高。

5.6 实验证明,红麻全秆亚铵法制浆生产高强瓦楞原纸及牛皮箱板纸切实可行,若充分利用辽西地区贫瘠土地种植红麻生产高强瓦楞原纸及牛皮箱板纸,对于阜新民族造纸厂,对于正处于转型中的阜新市,对改善辽西地区农业种植结构以及对发展辽宁省的造纸业都将具有重大的意义。

参考文献

- [1] 王庚华 白艳 从阜新看资源枯竭型城市经济转型的新思路——“三个代表”重要思想的实践创新 辽宁经济, 2003, (3): 5
- [2] 王红茹 阜新: 由“黑”到“绿”的转变 中国经济快讯, 2003, (32): 12~13
- [3] 孙岩冰 阜新创新 中国石油石化, 2003, (3): 43
- [4] 阜新市经济转型工作背景资料 辽宁科技参考, 2003, (1): 5
- [5] 王红茹 阜新: 由“黑”到“绿”的转变 中国经济快讯, 2003, (32): 12~13
- [6] 国内箱纸板市场前景继续看好 包装世界, 2002, (2): 23~24
- [7] 周晓媛 吴若梅 龚慧芳 瓦楞包装技术发展动态和企业现状分析及对策 包装工业, 2003, (3): 27
- [8] 骆光林 瓦楞纸箱制造工艺及质量控制(三) 制造瓦楞纸板的原纸 印刷杂志, 2001, (11): 52
- [9] 张改梅 我国瓦楞纸箱工业的现状与发展 印刷技术, 2002, (9): 33
- [10] 陈叔酉 红麻全秆制浆造纸 中国麻作, 1990 (2): 22
- [11] A.F. Kaldor, et al. Kenaf—a fast growing fiber Source for Papermaking. Tappi J. 1990, 73 (11): 205
- [12] A.F. Kaldor, et al. A Strategy for the development of a kenaf—based pulp and paper industry. Tappi J. 1992, 75 (1): 87
- [13] 邝仕均, 王菊华, 薛崇昀等. 红麻纤维及其造纸基本特性(上) 中国造纸, 1997, (1): 7~10
- [14] 邓永祥 国内外红麻制浆造纸发展动向 四川造纸, 1991 (3): 201
- [15] 国外红麻制浆造纸概述 湖南造纸, 1984 (3): 34~41
- [16] Worldwide developments in kenaf, NonWood plant fiber pulping progress report 1976, 7
- [17] Japanese paper Cell and structure of hibiscus manihotL J.Soc.chem. Ind. Japan, 1942, (45): 10
- [18] Andrew F. Kaldor. Preparation of Kenaf Bark and Core Fibers for Pulping by the Ankali Method, TAPPI, 1989 (9)
- [19] 何绍江, 冯新梅, 刘冰玉 厌氧菌发酵红麻皮制浆造纸的研究 中国麻作, 1998, 20 (2): 24~29
- [20] 中国造纸协会关于中国造纸工业 2001 年度报告 造纸信息, 2002 (4): 1
- [21] 亚铵法制浆及其废液的利用 轻工业出版社, 1978.9
- [22] 赵翠英 谈亚铵法制浆 人造纤维, 1996 (3): 23~25
- [23] 蒋涛 王家洪 亚铵法制浆废液制固体有机复合肥 北方造纸, 1997, 18 (2): 75

- [24] 许文璋 合理利用草纤资源发展我国亚铵法草浆技术促进西北地区农牧兴林纸旺的几点看法 轻工环保, 1999, 01 (4): 36~41
- [25] 金适 利用亚铵制浆废液开发饲料资源 中国环保产业, 1999, (4): 32
- [26] 李敬民 利用亚铵法麦草半化学浆黑液生产粘合剂, 西南造纸, 2001, 30 (3): 29
- [27] 吴克明 朱桂琴 席桂兰 氧化镁作亚铵法缓冲剂制取红麻浆的试验 纸和造纸, 1991, 1 (1): 14
- [28] 屈维均 制浆造纸实验 中国轻工业出版社, 1992, 8
- [29] 北京造纸研究所 造纸工业化学分析 轻工业出版社, 1975
- [30] 林素清 马运河 张规划 亚铵法红麻全秆浆作面浆生产牛皮箱纸板 1991, 7 (3): 23
- [31] 潘福池 制浆造纸工艺基本理论与应用 大连理工大学出版社, 1990, 239
- [32] 石淑兰 胡惠仁 利用红麻全秆亚铵法浆挂面抄造牛皮箱板纸 第六届学术年会论文选编 1986 214~219
- [33] 刘晨 熊金斗 红麻全秆配抄牛皮箱纸板的中间生产试验 江苏造纸, 1988 (16): 27
- [34] 刘士亮 废纸抄造瓦楞原纸应注意的几个问题 浙江造纸, 2000 (3): 19
- [35] 候彤梅 高强度低定量瓦楞原纸的生产 西南造纸, 2001 (1): 28
- [36] 李世扬 刘士亮 曹国平 采用中浓打浆, 提高纸板质量 广东造纸, 1999, (5)

发表论文

- [1] 杨永刚, 周景辉, 姜玉芝. 稻草浆强化氧碱漂白. 大连轻工业学院学报, 2002, 21 (1)
- [2] 周景辉, 杨汝男, 刁云云, 孙平, 朱宏伟. 黑夜预处理改进落叶松硫酸盐浆性能. 中国造纸学报, 2002, 17 (1) (Ei 收录)
- [3] 周景辉, 朱宏伟. 纸地膜的研究与应用概况. 中国造纸, 2002, 21 (5)
- [4] Zhou Jinghui, ang Yonggang, Wu Xinge. TCF Blerching of AS-AQ Straw Pulp. Proceeding of 2nd ISETPP (International Symposium on Emerging Technologies of Pulping and Papermaking), 华南理工大学出版社, 2002, 10: 417~423 (ISTP 收录)
- [5] 朱宏伟, 周景辉. 环保型麻地膜的试制——蒸煮工艺条件的确定. 黑龙江造纸, 2002, 30 (4): 1—2
- [6] 张运展, 刘秉钺, 周景辉, 鲁杰. 用硬杂木制取磺化化机浆. 中国造纸, 2002, 21 (6)
- [7] 刘秉钺, 陈书公, 周景辉. 用于纸浆浓缩及废液提取新型设备——高效旋转式压滤机. 中国造纸 2002, 21 (6)
- [8] 吴星娥, 刘秉钺, 周景辉. 碱回收锅炉清灰处理. 国际造纸, 2002, 21 (5)
- [9] 刘秉钺, 周景辉, 肖正扬, 陈书公. 高效旋转压滤机的脱水原理及特点. 中国造纸, 2003, 22(3)
- [10] 杨永刚, 周景辉. AS-AQ 稻草浆全无氯漂白. 中国造纸学报, 2003, 18 (1) (Ei 收录)
- [11] 吴星娥, 周景辉. 纸张干强剂的研究. 西南造纸, 2003, 32 (2)
- [12] 周景辉, 吴星娥. 造纸湿强剂进展. 中国造纸, 2003, 22(9): 49~52
- [13] 周景辉, 杨永刚. 氧漂稻草浆的 H_2O_2 补充漂白. 造纸科学与技术, 2003, 22(5): 45~47
- [14] 周景辉, 杨永刚. 稻草 AS-AQ 浆全无氯漂白. 中国造纸学报 2003 (增刊) 18: 236~240 (中国造纸学会第十一届年会论文)
- [15] 周景辉, 朱宏伟. 环保型麻地膜的试制. 中国造纸学报., 2003, 18 (2): 101~105,
- [16] 陈亮, 周景辉. 红麻亚硫酸氢镁法制浆工艺的研究. 黑龙江造纸, 2003, 31 (4)

致 谢

本实验是在尊敬的张运展教授和李忠福高工的指导下开展完成的,实验过程中同时得到造纸教研室和实验室所有老师的大力协助。实验过程中,同专业的研究生也给予我很多的帮助,在此一并向他们表示最衷心的感谢。