

摘 要

地膜覆盖栽培是一项优良的农业增产技术。然而，由于目前使用的塑料地膜，在土壤中不能自行分解和消失，给土壤带来了严重的污染，极大地制约了地膜的进一步推广应用和发展。因此，开发可降解植物纤维地膜对农业可持续发展具有重要的意义。鉴于此，本论文对红麻全秆生产农用麻地膜进行了研究，以期能够代替塑膜使用，解决残膜污染问题。论文中对红麻原料进行了化学成分分析，探讨了红麻全秆麻地膜用浆的蒸煮工艺条件，并对麻地膜原纸抄制条件进行了研究。

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。证明红麻是一种很具潜力的优良造纸原料，可以用来研制农用麻地膜。

通过正交试验确定出红麻全秆 KP-AQ 法蒸煮制麻地膜用浆的最佳工艺条件为：用碱量 18%（以 Na_2O 计），硫化度 25%，最高温度 165°C ，保温时间 150 min，蒽醌用量 0.05%，液比 1:5。在此条件下蒸煮所得浆料的细浆得率为 44.9%，卡伯值为 17.3，粘度为 982 ml/g。此浆料在打浆度为 60°SR 时，纸页裂断长达到 6.17 km，但湿干强比 (W/D) 仅为 2%。因此，为改善麻地膜的湿强度，着重研究了湿强剂在麻地膜原纸中的应用。研究表明，湿强剂 PAE 树脂的效果明显优于 MF 树脂；并通过条件实验得出 PAE 树脂在麻地膜原纸中应用的适宜条件为：打浆度 $52^\circ\text{SR}\sim 58^\circ\text{SR}$ ，用量 1.5%（对绝干浆），系统 pH 值 7.5，快速熟化条件 120°C 、30min；并且，添加 0.1% CMC（对绝干浆）能够改善 PAE 树脂的湿增强效果。

通过丙纶纤维和水溶性 PVA 纤维的加入，提高了麻地膜的撕裂度，并进一步改善了湿强度。最后所研制的麻地膜原纸性能指标为：定量 $50\text{g}/\text{m}^2$ ，干裂断长 7.26 km，湿裂断长 2.28 km，湿干强比 (W/D) 31.4%，耐破指数 $4.8\text{ kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ ，撕裂指数 $12.3\text{ mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$ ，耐折度 1022 次，透气度 $97\text{ml}/\text{min}$ 。各参数均超过了相关文献提出的麻地膜技术指标。

本课题为辽宁省自然科学基金资助项目（项目编号：20022119）。

关键词： 红麻全秆 KP-AQ 浆 农用地膜 可降解 湿强剂

Abstract

Land-coverage with plastic film has brought about dramatic economic benefits to agriculture, while it has caused serious soil pollution, because it is not degradable. Thus, it is a limit to the application and development of agricultural film. The use of biodegradable mulch film made of cellulose fibers is an important way to resolve this problem. So use whole kenaf stalk to make agricultural film is studied. In this paper, the chemical component of kenaf is analyzed, the cooking technical conditions of kenaf pulp used to make mulch film are discussed, and the kenaf mulch film papermaking conditions are also studied.

The result of 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. So it can be used to make agricultural film.

The optimal cooking technical conditions of kenaf KP-AQ pulp is obtained by orthogonal experiment, which are alkali charge 8%(Na₂O), sulfidity 25%, temperature 165°C, heat preservation time 150 minutes, AQ 0.05%, liquor ratio 1 : 5. On these conditions, the yield of screened pulp is 44.9%, kappa number is 17.3 and viscosity is 982 ml/g. When the degree of beating is 60°SR, the breaking length reaches the maximum 6.17 km, but the wet strength residual ratio (W/D) is only 2%. In order to improve the wet strength of kenaf mulch film, wet strength agents is applied in the manufacture of kenaf mulch film. The experiment result shows that the efficiency of wet strength agent PAE is obviously better than MF. The optimal application conditions of PAE resin in kenaf mulch film manufacture are beating degree 52°SR~58°SR, dosage 1.5% on dry pulp, system pH 7.5, curing temperature 120°C, curing time 30 min. And add 0.1% CMC can help PAE resin improve the wet strength of kenaf mulch film.

The tear strength of kenaf mulch film is improved when add polypropylene

fiber and water-dissolvable PVA fiber to the pulp, and the wet strength is also improved. The kenaf mulch film paper quality index is following, areal weight 50 g/m², breaking length 7.26 km, wet breaking length 2.28 km, wet strength residual ratio (W/D) 31.4%, burst index 4.8 kPa·m²/g , tear index 12.3 mN ·m²/g , porosity 97 ml/min.

Keywords: whole kenaf stalk KP-AQ pulp agricultural mulch film
degradable wet strength agent

目录

└─┬─文摘

└─┬─英文文摘

└─┬─第一章绪论

└─┬─┬─1.1 地膜覆盖栽培及残膜污染

└─┬─┬─┬─1.1.1 我国农用地膜覆盖栽培

└─┬─┬─┬─1.1.2 塑料地膜的残留危害

└─┬─┬─1.2 塑料类可降解地膜的研究概况

└─┬─┬─┬─1.2.1 高强度多功能地膜

└─┬─┬─┬─1.2.2 光降解地膜

└─┬─┬─┬─1.2.3 生物降解地膜

└─┬─┬─┬─1.2.4 双解地膜

└─┬─┬─┬─1.2.5 塑料类可降解地膜存在的问题

└─┬─┬─1.3 植物纤维地膜研究概况

└─┬─┬─┬─1.3.1 溶剂法植物纤维地膜

└─┬─┬─┬─1.3.2 纸基地膜

└─┬─┬─1.4 红麻原料特性及其制浆造纸研究概况

└─┬─┬─┬─1.4.1 红麻的基本情况

└─┬─┬─┬─1.4.2 红麻纤维及其造纸基本特性

└─┬─┬─┬─1.4.3 国内外红麻制浆造纸研究概况

└─┬─┬─┬─1.4.4 利用红麻制浆造纸的必要性与原料保障

└─┬─┬─┬─1.5 本论文的研究目的与意义

└─┬─第二章实验

└─┬─┬─2.1 红麻原料化学成分分析

└─┬─┬─2.2 蒸煮

└─┬─┬─2.3 地膜原纸的抄制

└─┬─┬─2.4 地膜原纸性能的检测

└─┬─第三章结果与讨论

└─┬─┬─3.1 红麻纤维原料化学成分分析

└─┬─┬─3.2 麻地膜用浆蒸煮方法的选择

└─┬─┬─3.3 麻地膜用浆蒸煮最佳工艺条件的确定

└─┬─┬─┬─3.3.1 正交实验各因素及水平的确定

└─┬─┬─┬─3.3.2 正交实验结果分析

└─┬─┬─┬─3.3.3 再现性试验

└─┬─┬─┬─3.3.4 AQ 对蒸煮结果的影响

└─┬─┬─3.4 麻地膜原纸的研制

└─┬─┬─┬─3.4.1 湿强树脂 PAE 及其应用条件的确定

└─┬─┬─┬─3.4.2 湿强剂 MF 树脂的应用

└─┬─┬─┬─3.4.3 合成纤维及其添加效果

└─┬─┬─┬─3.4.4 麻地膜原纸的性能指标及应用分析

- 第四章结论
- 参考文献
- 致谢

第一章 绪论

1.1 地膜覆盖栽培及残膜污染

1.1.1 我国农用地膜覆盖栽培

地膜覆盖栽培技术是一项优良的农业增产技术,可使多种作物早熟 5~20 天,增产 30~50%。美国始于 50 年代,日本在 60 年代末大力推广。我国于 1978 年 10 月在北京举办的国际农业机械博览会上,最初引进日本米可多化工株式会社塑料薄膜、覆盖机械及配套材料。1979 年国家农业部开始组织全国 14 个省(自治区、直辖市)48 个单位进行协作攻关,并逐步形成了我国地膜覆盖栽培技术体系^[1],并在广大地区和多种作物上发挥了巨大的增产效果。1983 年覆盖面积达 943.7 万亩,跃居世界首位,1990 年达 5000 万亩。其应用范围已从最初的蔬菜、花生、棉花覆盖,发展到其它经济作物如瓜果、糖料、烟草和粮食作物如水稻、旱稻、小麦、玉米等 10 多个领域,在 40 多种作物上获得了广泛应用。其适用地域之广阔,已普及到 30 个省、市、自治区。在增加单位面积产量、提高土地利用率和促进稳产高产方面,取得了明显效果^[2]。据有关统计资料表明,我国粮、棉、油三大作物地膜覆盖栽培面积所占比重 1988 年为 57%,1990 年上升为 72%,1991 年再上升到 74%。主要用于粮、棉、油三大作物,是我国地膜覆盖栽培应用的突出特点,而世界其他国家地膜覆盖栽培主要用于经济效益较高的花卉、草莓、蔬菜、瓜类等经济作物。

地膜能有效的控制土壤温度和湿度,减少水分和营养物流失,防止杂草生长。同时覆盖地膜后,由于提高了土壤的温度和湿度,促进了有机物分解,增加了土壤的养分,并使土壤孔隙度增加 3~4%,气相增加 1~1.5%,液相增加 2~2.5%,固相减少 3.3%,使土壤处于良好的疏松透气状态,促进了根系发育,为作物生长创造有利的小生态环境,所以取得了使农作物增产增收的经济效益,而且使我国的适种地区向北推移了 2~4 个地理纬度,向高山地区推移了 500~1000 米海拔高度。因此,人们称它是继化肥、种子之后农业上的第三次革命,也称“白色革命”。

1.1.2 塑料地膜的残留危害

地膜覆盖技术在给农业增产带来巨大经济效益的同时，也给土壤带来了严重的污染。由于目前使用的大多数地膜，如聚乙烯和聚氯乙烯地膜，都是合成聚合物，在土壤中不能自行分解和消失。大量残留在土壤中的地膜碎片致使土壤板结，给耕作和播种带来了很大的困难；而且土壤结构的破坏使土壤中的水、气、肥流动受阻，影响了种子的发芽率和作物的根系生长，造成作物倒伏甚至枯死。据报道，我国科技人员自1986年起，在12个市县进行的对比试验表明，农用地膜的46.2%残留在田间，一年中土壤含水量减少4.7~9%，粮食平均减产15%。经过实测，发现残膜可使黑钙土的含水减少一成左右，孔隙度减少0.7~2.3%。农膜中添加的增塑剂多数为酞酸酯(又称邻苯二甲酸酯)，经雾、水、汽的浸渍作用析出后进入土壤，对作物根系和苗叶产生毒害，致使农作物缺苗断垄，比一般农田增加15%以上。另外，由于此类化合物的低水溶性、高脂溶性以及显著的生物累积性，使其成为最普遍的一类污染物。

据北京近郊的调查，花生、西瓜、蔬菜地中薄膜的残留量占投入量的1/3左右。受其影响，蔬菜品质下降，茄果类果实小、色淡；叶菜类叶色偏黄，根菜类根变细，须根多，蔬菜的抗病力下降。另据科技部门测定：我国使用地膜的农田，每亩每期用量为10公斤，残膜一年不清捡，土壤中平均每亩残留4.3~4.7公斤，两年不清捡达8.6公斤，三年不清捡达12.5~13.4公斤。据试验，农田耕作层有残膜的比无残膜的每亩要减产8.3~54.2%。以小麦为例，连续使用2年农膜，农膜的每亩残留量平均为6.9公斤，可使小麦减产9%，连续使用5年农膜，每亩残留农膜达23公斤，可使小麦减产26%，减产幅度已超过覆盖地膜而增加的产量，已逐渐成为发展地膜覆盖技术的新问题。

除此之外，废旧残膜碎片、渣粒还会随农作物秸秆和饲料进入农家，有的当作燃料化为有毒气体污染大气，有的随饲料进入牲畜体内积压在肠胃，会导致牲畜发病、死亡，严重地污染了农业环境，需要长达10多年的时间才能恢复。

总之，残膜问题已经越来越严重^[3-5]，“白色革命”正日益朝着“白色灾害”的方向发展，极大地制约了地膜的进一步推广应用和发展。

1.2 塑料类可降解地膜的研究概况

目前,残膜处理主要是采用人工或机械拣拾,然后集中焚烧或埋掉的方法。人工拣拾不仅劳动强度大,效率低,清除效果也不好,而且在大面积使用地膜而劳动力短缺的地区是难以实行的。机械清除的效果也不理想,同时增加了清除的成本。因此,无须拣拾和处理的可降解地膜在全世界都引起了极大的关注,我国过去的科委、化工部、轻工部也均把研究开发降解膜作为一项重要的工作来抓。针对塑料地膜的环境污染问题,国内外自七十年代以来进行了不断的探索,研究主要集中在以下几个方面:

1.2.1 高强度多功能地膜

1984年前后,许多厂家为了减轻农民的覆膜成本,利用HDPE、LLDPE试制生产了比地膜厚度($14\pm 3\ \mu\text{m}$)更薄(约 $5\sim 8\ \mu\text{m}$)的超薄(微薄)地膜^[6],对降低覆膜成本、扩大使用面积起到了推动作用。但是,塑料地膜的不断减薄,增加了废旧地膜清除和回收的难度。因此,除制订地膜国标,统一生产规范,提高地膜质量,加强地膜回收利用外;一些人开始研究高强度、耐老化易回收地膜。这种地膜不属于可降解地膜,但这是一种新型地膜。研制这种地膜的目的在于提高地膜的强度、使用寿命及耐老化性能,以减少由于地膜使用后破损,难以回收而造成的土壤污染。据报道,钱汉英等人研制的LLDPE共混地膜,加入少量耐老化剂,有良好的力学性能及耐老化性能,使用一季后,残片在 $1\ \text{m}^2$ 以上,易于回收^[7]。

1.2.2 光降解地膜

光降解地膜在特定波长的紫外线作用下可发生降解。塑料膜生产中所带入的铁、钙等杂质,可吸收紫外线产生自由基,去撞击聚合物的长分子链,使分子链发生断裂^[8]。光降解塑料的制造技术有合成型和添加型两种。前者在聚合时,将光增敏基团引入主链。后者是在聚合物中添加光增敏作用的化学添加剂、过渡金属络合物等。根据Alberllsson和Carlsson近10年的研究结果,降解后的聚乙烯虽然可被细菌分解,但是分解时间很长,光降解产物从发生生物降解到完全进入生态系统需要50年以上的时间^[9],光降解地膜的

分解物对大气、水质、土壤是否会产生二次污染的问题，有待进一步跟踪确认。光降解地膜仅解决耕作表层中的残膜积累造成的污染问题，而埋在土壤中的残膜是无法降解的。虽然随着每年深耕会使部分残膜翻到表层，但土壤中残留碎片的长期积累对土壤结构是否有影响，对地力有否破坏，尚不明确。总之，由于这种膜的基础材料仍为塑料，因而尚未根本解决对农田的污染问题^[10]。

1.2.3 生物降解地膜

生物降解地膜是由生物降解塑料制成的。1992年4月日本生物降解塑料研究技术委员会提出如下定义：“生物降解性塑料是在自然界中微生物作用下能分解成对环境无不良影响的低分子化合物的塑料。由生物降解塑料制成的地膜按组成可分为以下几类：①结构型降解地膜：此类降解地膜由结构型降解塑料制成，它是使塑料的高分子中形成具有被微生物分解的结构，从而被微生物消化吸收。该项技术涉及化工、高分子和生物学等多门学科，属一项高新技术，是目前国内外研究的热点。结构型生物降解塑料的类型有天然高分子聚合物和聚酯类。前者是利用甲壳素、木质素、纤维素等作为原料合成的树脂；后者是由微生物通过各种碳源发酵合成的聚酯，这种聚酯类物质具有热可塑性，并可以被微生物产生的酶分解，从而达到降解的目的。②含无机盐型降解地膜。制成此类降解地膜的塑料是将碳酸钙、滑石粉等无机盐类加入聚己内酰胺中而生产的生物降解塑料，该塑料的聚己内酰胺可被一些微生物所特有的菌分解，在土壤中还原成二氧化碳和水。③淀粉填充型降解地膜。此类地膜是由淀粉类可降解塑料制成的，它是目前国内外研究开发最多、工艺较成熟的一种。它是将淀粉与普通塑料共混或共聚以制取具有良好物理机械性能和加工性能的生物可降解材料。淀粉具有在自然环境中代谢循环的性质，将它以适当形式添加在塑料中，赋予塑料生物降解性^[11]。淀粉在使用前一般要经过处理，因为淀粉的大分子链上含有许多羟基，所以它是极性的；而聚乙烯是非极性的，又由于淀粉与聚乙烯的结构相差悬殊，因此，二者相容性极差。为了增加它们的相容性，一是增加聚乙烯的极性；二是对淀粉进行表面疏水化处理，使其表面由亲水性变为疏水性。经过改性处理后的淀粉，在引发剂、催化剂的存在下，与聚乙烯分子相互连接。淀粉塑料地

膜的降解原理是将淀粉作为微生物培养基，当淀粉颗粒被土壤中的细菌及微生物吞食后，释放出的酶使淀粉降解，导致膜出现孔网状结构，其强度下降，表面积增加。这种地膜，仅其中的淀粉可被微生物降解，而塑料部分，只是丧失其形状及降低其性能，仍属于非完全降解地膜，不能彻底解决对环境的污染^[10]。

1.2.4 双解地膜

近年来，在生物降解地膜和光降解地膜研究的基础之上，人们把注意力转向了既可光降解又可生物降解的“双解地膜”的研究上。以光—生物降解塑料制得的这类地膜是利用光降解和生物降解相结合的方法来体现其优越性的。北京塑料研究所采用多种成分的有机化合物作为生物降解体系与采用多种光敏组分配伍的可控光降解体系制成可控光—生物降解地膜，在曝晒条件下基本上当年可降解成 $4 \times 4 \text{ cm}^2$ 以下的碎片小块^[12]，问题是两种降解的有机结合尚不够理想。

1.2.5 塑料类可降解地膜存在的问题

可降解塑料农膜经过多年的研究和开发已经取得了一些可喜的成绩，但是还存在一些不足：①目前开发的淀粉添加型可降解农膜材料中，淀粉的含量只有 20%左右，而根据 Modern Plastic 年鉴报道，淀粉添加含量只有达到 50%以上才具有好的生物降解作用。另据欧洲塑料制造协会 Claus 报道，使用生物降解塑料弊多利少，它可能会导致环境问题。Claus 认为，降解材料能污染水和土壤，有着火的危险，会对建筑、土地造成危害。美国国家环境活动基金会的 J. Wirks 说：“即使是膜降解了，仍然剩下残留物，因此在填埋坑中实际上没有东西降解。”这种膜在微生物的作用下，至多是其中的淀粉分解，而残留的聚烯烃膜仍以一种低强度的多孔结构形态存在，因而淀粉添加型的可降解农膜只是一种不完全生物降解薄膜，它不能完全消除农田中的“白色灾害”问题。②根据 Alberllsson 和 Carlsson 近 10 年的研究结果，降解后的聚乙烯虽然可被细菌分解，但是分解时间很长，光降解产物从发生生物降解到完全进入生态系统需要 50 年以上的时间。此外，光降解地膜仅解决耕田表面上的残膜积累造成污染问题，而埋在土壤中的地膜是无法降解的，

虽然每年深耕会使部分残膜翻到表层，但土壤中残留量的长期积累对土壤结构是否有影响，对地力是否会破坏，尚不清楚。

1.3 植物纤维地膜研究概况

以植物纤维为主要原料，经过适当处理制成的地膜更具有良好的生物可降解性，国内外学者为此进行了不懈的努力并取得了很大的进展。植物纤维薄膜制造技术，被列为当今世界七大关键技术之一，若开发成功，将对我国农用地膜结构、农业生产和环境保护产生深远的影响。

植物纤维地膜主要有两条工艺路线，一是溶剂法（玻璃纸工艺）生产，二是纸基地膜。

1.3.1 溶剂法植物纤维地膜

溶剂法也即玻璃纸工艺，例如将稻麦草或其它植物纤维制成的溶解浆与二硫化碳制成纤维素磺酸盐，然后用流延法在硫酸溶液中成膜。但是这种工艺对纸浆的要求较高，需要较高的 α -纤维素含量，低的半纤维素含量，不含或少含铁等金属离子，通常纸浆得率较低。若用稻麦草生产溶解浆，得率通常只有 20~30%。因此，这种工艺不但对纸浆的要求较高，生产过程复杂，成本也高，而且生产过程中还存在 CS_2 的污染问题。

中国国际科技促进会北京膜科学研究所利用此工艺经过四年多的实验、中试和年产 250 吨的小型工业化试生产，成功地用草纤维制成了能够自然降解的新型 CXW-1 草纤维农用膜^[13]。这种地膜以麦秸、稻草或其它富含纤维素的植物为主要原料，成本低廉，使用后 80 天左右就能被土壤微生物分解吸收，并能增加土壤有机肥。武汉某大学则采用另一种玻璃纸工艺，他们以铜氨溶液作为纤维素的溶剂。据称，此种地膜使用性能、降解性能较好，但也存在成本高的缺点及污染问题。

据报道^[14]，在温度 48℃ 和 50% 氧的氛围内，氧化由亚硫酸盐溶解浆制成的碱纤维素，然后经洗涤、研磨得到氧化碱纤维素微颗粒；将 2 克脱乙酰几丁质混入 100ml 0.5% 的乙酸溶液中；加入 20 克氧化碱纤维素和 2 克阴离子表面活性剂到此溶液中并混合均匀，铸涂到聚酯薄膜上，经干燥后得到

光滑而且透明的薄膜，具有良好的干、湿强度。另据报道^[15]，将微纤维化的纤维素 100 份，脱乙酰几丁质 0.8 份，二聚丙三醇 3 份和水 300 份互相混合，并将其在光滑面上涂膜，经干燥后就得到了透明的薄膜或薄纸，具有良好的生物可降解性。

1.3.2 纸基地膜

纸基地膜，就是以植物纸浆为基本原料，在纸浆内添加湿强剂、防腐剂、透明剂等助剂，采用常规造纸工艺抄制出原纸，然后对其进行加工处理，使纸张具有地膜所要求的机械强度、透光、透水、保温、增温、保墒性或其它功能。与玻璃纸工艺相比，纸基地膜的工艺较简单，生产成本也低一些。但与塑料地膜相比，纸地膜的干湿强度与保温性能是该技术的核心和关键，也是困难所在。然而与其它可降解地膜相比，纸地膜能够完全消除“白色灾害”，因此其研究具有重大的意义。

日本在 1990 年研制了可生物降解的农用纸膜^[16]，这种能透气透水的农用水湿强度高，适用于屏护苗圃种苗。该纸是将 1~10%（对纸浆重）的脱乙酰几丁质涂布于定量为 50g/m² 的针叶木机械浆原纸上而得。在温度 25℃，水分含量 50% 的土壤中放置 3 周和 2 个月后，涂布量为 1% 的纸页裂断长（JIS-P811）分别为 1.8 千米和 0.4 千米，而不含脱乙酰几丁质的纸，上述情形下的裂断长分别为 0.1 千米和 0 千米；当用 10% 脱乙酰几丁质涂布时，上述裂断长分别为 1.9 和 1.1 千米。

据介绍，日本四国工业技术试验所采用脱乙酰化度 95% 的壳聚糖，溶于 2% 的醋酸溶液中，制得 1~3% 的壳聚糖溶液，对原纸进行涂布或表面施胶，制得具有湿强、透水、透气功能的农用薄膜，在一定时间内可降解^[17]。本州株式会社在 20~450g/m² 的起皱牛皮纸中加入 0.1~4% 的抗菌剂，再用相当于纸重的 0.5~20% 的聚烃硅氧烷树脂涂布、浸渍和硬化，制成透气度为 100~230ml/min·cm²·10cmH₂O 的小麦育苗纸^[18]。经起皱的牛皮纸，有较大的伸长率，可根据作物的不同需要，用加入的抗菌剂的多少来控制所需要的降解速度。与此相类似，用 10%（重量百分比）的二羟甲基二羟基撑尿素和 2% 的 MgCl₂·6H₂O 溶液分别处理未漂硫酸盐纸浆和缩醛化的聚乙烯醇纤维，然后，按 9:1 的比例混合、加压、干燥，并在 160±1℃ 的温度下加热 2 分钟，制成

可用于农业和建筑工业的防腐纸，用此法处理得到的纸的湿抗张强度为 16.50Kg/60mm，而未经处理的纸的湿抗张强度仅为 5.31Kg/60mm。这种纸用于种苗包装，经培育 30 天后没有腐烂和破裂^[19]。

另据报道，将 100 份浓度为 4% 的漂白针叶木浆和 20 份浓度为 4% 的脱乙酰几丁质乙酸酯溶液以及 3% 丙三醇(增塑剂)均匀混合，在相当于水饱和蒸汽压的压力，温度 $\leq 30^{\circ}\text{C}$ 的条件下，将分散液转化成薄的降流层再转化成纸页，经干燥后制得约 50 微米厚的可生物降解纸^[20]。

美国某纸品公司将纸或纸基材料浸渍在尿素溶液中，据介绍，当尿素的添加量为 36kg/t 纸时，可较好地改善纸的生物降解性^[21]。

据美国有关专利^[22]介绍，采用纤维素纤维抄纸并经表面涂布或必要的处理生产农用膜。根据使用情况，控制定量在 40~130g/m²；纤维原料以针叶木 KP 浆纤维为主，可配加棉、羊毛等天然纤维，或配加聚酯、聚烯烃等合成纤维；浆料中加入 Kymene-557H 湿强剂；以合成聚合物胶乳为主配制涂布乳液浸涂纸页，如苯乙烯—丁二烯类、自交联聚丙烯酸类及丙烯腈—丁二烯—苯乙烯类聚合物胶乳，涂布量 22~40g/m²；为减少撕裂或破损可适当起皱；农膜的有效使用时间约为 140 天，可适用于某种农作物的整个生长周期，之后可降解成肥料。

在我国，也有一些研究机构和厂家对纸地膜进行了研究，据报道，湖北省枝城市第一造纸厂试制成多功能农用地膜，并已批量投产。据悉，这种地膜能在 2~3 个月内自行分解变成肥料，具有防虫病、除杂草、增养分和改善土质结构功能，能将粮、棉、蔬菜、瓜果等农作物的生长期提早 7~10 天。新疆和田地区农业科技开发中心于 1995 年引进了少量该纸膜进行植棉试验，并与塑膜覆盖进行了比较^[23]。结果表明，用纸膜植棉，具有较好的防病、除草功能，但维持的时间不长，保温保湿能力比塑膜差，出苗晚，产量较低，比现行塑膜产量低 14~17%，且成本高。因此，该纸膜的应用还需要作进一步的研究。另据华中农学报报道^[24]：天津市园艺工程研究所研制出多效农艺营养纸膜，这种纸膜不但可自行分解，而且能释放多种营养成分，促进植物的生长发育，并在一定程度上起到防治植物病害的作用，但是其保温作用不及塑料地膜，配方还需要改进；此外，其降解时间和降解速度还有待于进一步研究。

1996年,湖北轻工业设计院傅玉全等开展了纸基地膜地面覆盖的应用试验^[25]。纸基地膜的原纸由丹江口市第一造纸厂生产,加工处理后,纸基地膜主要技术指标为:原纸定量 $35\pm 5\text{g/m}^2$,纸幅宽度800~1000mm,原纸裂断长(纵横平均)3600~3700m,原纸湿强度20%,涂布量8~10 g/m^2 ,透明度65%~70%。这次纸基地膜地面覆盖栽培试验的作物有辣椒、棉花、玉米3种。表1-1为纸地膜的保温、增温作用效果,表1-2为覆盖纸地膜对玉米生长期的影响,并且与塑膜覆盖和露天栽培进行了比较。

表 1-1 纸地膜对保温、增温作用的影响

项目	地表温度 (°C)				地下温度 (°C)			
	8时	14时	20时	日均	8时	14时	20时	日均
阴天测温结果								
塑膜覆盖	10.7	14.4	13.4	12.83	10.9	12.4	11.7	11.67
纸膜覆盖	10.5	13.8	12.7	12.33	10.7	11.9	11.6	11.4
无覆盖	10.2	12.3	10.7	11.07	10.2	10.8	10.6	10.53
雨天测温结果								
塑膜覆盖	9.2	11.2	11.1	10.5	9.4	10.8	10.7	10.3
纸膜覆盖	9.2	10.9	10.9	10.33	9.4	10.7	10.6	10.27
无覆盖	8.8	10.5	10.5	9.93	9	10.1	10	9.7
晴天测温结果								
塑膜覆盖	13.5	28.8	19.4	20.57	13.6	26.2	25.4	21.73
纸膜覆盖	13.5	26.8	17.6	19.3	13.5	25.8	24.5	21.27
无覆盖	13.2	22	15	16.73	13.1	21.4	20	18.17

表 1-2 纸地膜对作物(玉米)生长期的影响

处理	播种期 (月.日)	出苗期 (月.日)	齐苗期 (月.日)	抽雄期 (月.日)	成熟期 (月.日)	全生长期 (日)
塑膜覆盖	4. 6	4. 15	4. 21	6. 30	8. 10	127
纸膜覆盖	4. 6	4. 15	4. 22	7. 1	8. 11	128
无覆盖	4. 6	4. 16	4. 24	7. 5	8. 16	133

从表 1-1 和 1-2 中可见, 纸膜的增温、保温性能与塑膜接近, 明显高于露地直播, 晴天尤为明显。而纸膜覆盖的玉米生育过程与塑膜覆盖相比晚 1 天, 比露天栽培提早 5 天。塑膜覆盖与纸膜覆盖的玉米亩产量比露地分别提高 27.95%和 29.72%, 纸膜较塑膜覆盖, 产量增幅要高 1.77%。更重要的是, 纸膜覆盖在 30~40 天开始降解, 60 天基本降解, 从而省去了 6 月份繁重的揭膜用工, 彻底消除了塑膜碎片对农田的污染, 还增加了农田的有机质含量。

1997 年, 天津轻工业学院在实验室范围内采用常规造纸方法制造了以植物纤维为主要原料的农用纸基地膜, 并进行了小型种植试验^[26]和纸质材料在土壤中降解测试^[27]。试验结果也表明, 该纸基地膜, 各有关性能与塑料地膜基本相当, 对地温、作物的根系发育及光合作用等均有较明显的改善, 作物产量有一定的提高。同时, 具有良好的生物降解性能。

1999 年, 据有关资料, 黑龙江省哈尔滨市宾县农业技术推广中心应用纸质地膜进行了水稻覆盖栽培试验^[28], 其纸质地膜是由牡丹江造纸研究所生产, 试验结果表明用它覆盖水稻农田, 可以节水、增温、灭草。结合施用生物有机肥, 少施化肥, 减少污染, 增产增效, 生产无公害稻米。

国内对以植物纤维为主的可生物降解的纸地膜的研究已引起了足够的重视。有关研究成果不断报道, 如河南省社会科学院科技实业开发公司拟专门承建草纤维农用地膜分厂; 广东高技术产品发展中心研制的草纤维地膜; 天津园艺工程研究所研制的多效农艺营养纸膜等。总之, 由于研究可生物降解性纸膜或塑料膜有利于环境保护而得到了广泛的重视。

1.4 红麻原料特性及其制浆造纸研究概况

1.4.1 红麻的基本情况

1.4.1.1 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。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。

1.4.1.2 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。

1.4.1.3 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。在温寒带地区开花不结籽，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^[29,30]。

1.4.2 红麻纤维及其造纸基本特性

1.4.2.1 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是韧皮部 30%~40%，木质部 40%~50%，髓部 10%~20%^[31]。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，尤其是亚铵浆及机械半化学浆。

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。

1.4.2.2 红麻的纤维特性

不同品种的红麻，在测定数值上有一定差异，但并不十分显著。表 1-3 是 20 个红麻品种纤维长、宽度及壁腔比的测定值^[31]。从表 1-3 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，红麻韧皮部纤维宽度多在 17~19μm 之间，而针叶木的纤维宽度一般平均为 40μm，因此红麻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 1.5~2 μm 之间；而一般杨木约为 3~4 μm ，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 1-3 红麻纤维长、宽度及壁腔比

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	—
宽度	韧皮部	17.1~19.8	30.0~34.8	8.3~12.4	—	—
μm	木质部	20.1~25.9	33.0~41.7	8.3~12.4	—	—
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

表 1-4 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。

表 1-4 红麻浆筛分测定及其比较

	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

1.4.3 国内外红麻制浆造纸研究概况

早在 70 年代到 80 年代初，许多国家如美国、澳大利亚、德国、日本、意大利、巴西、斯里兰卡、泰国、印度等都对红麻制浆进行了大量的试验研究，泰国等国还相继投资兴建红麻制浆造纸厂。其中美国的研究较系统和深入，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。

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。

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。现已建成湖南沅江、河南武涉、新疆米泉、山东禹城、济宁、重庆彭水等红麻造纸厂等生产线，年生产能力均在万吨以上。

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^[32]。

1.4.4 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，2001 年木浆仅占纸浆总产量的 23%^[33]，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研制环保型可降解地膜的原料。

1.5 本论文的研究目的与意义

本论文探讨用自然界生长最快的植物纤维原料——红麻来研制农用麻地膜，使其干湿强度、保湿、保墒能力与塑膜相当而不影响其生物降解性能；以求代替塑膜。这对于农田塑料残膜污染的治理、红麻资源的综合利用以及造纸工业新产品的开发都具有重大的意义。

前面已经说过，地膜覆盖栽培正日益由原来的“白色革命”朝着“白色灾害”的方向转化，极大地制约了地膜的进一步推广应用和发展。因此，本选题采用红麻天然纤维生产农用麻地膜以替代现有的塑料地膜，既可使作物

增产，又没有残留及污染问题，还可增加土壤有机质，符合“生态农业”的要求。

目前我国有大量低洼易涝地、盐碱地、瘠薄干旱土地，不能用于粮棉油等其它经济作物的种植，而红麻却可以很好的生长。例如辽宁西部地区现有600万亩瘠薄干旱土地，农业种植粮食产出能力低下，为开发这些瘠薄土地，几年来在大连轻工业学院技术指导下，至2002年已种植黄红麻、大麻3万亩。如何综合利用黄红麻资源是摆在我省面前的一个重要课题。而本论文采用红麻全秆研制造纸工业高附加值产品——麻地膜，就为红麻资源的利用开辟了一条新的途径。

第二章 实验

2.1 红麻原料化学成分分析

2.1.1 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2~3m，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。

2.1.2 化学成分分析

按照文献34分别对红麻全秆、秆芯和皮部进行原料分析。

2.2 蒸煮

2.2.1 原料准备

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

2.2.2 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(原料水分为8.3%)，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。

2.2.3 浆料处理

将蒸煮排出的浆料与残液一并装入布袋，挤干黑液，人工将浆料用水搓洗干净，然后于ZQS-1型振动式平板筛浆机(筛缝0.35mm)进行筛选，分离出粗渣与细浆。

2.2.4 浆料分析

2.2.4.1 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，称湿重，并测水分含量，计算粗浆得率及细浆得率。

2.2.4.2 纸浆粘度测定

采用铜乙二胺法，按照 GB/T1548-1989 所规定的方法进行。。

2.2.4.3 纸浆硬度测定

用高锰酸钾测定浆料的卡伯值来表示，卡伯值的测定按照 GB/T1546-1989 所规定的方法进行。

2.3 地膜原纸的抄制

2.3.1 浆料准备

将在最优条件下制得的红麻全秆浆调节至 10%的浆浓，在 PFI 磨中打至所要求的打浆度，储存备用。

2.3.2 助剂及合成纤维的准备

PAE 树脂和 MF 树脂在使用前均稀释成 1%的溶液。丙纶纤维剪成 5mm 左右的长度。

2.3.3 抄片

称取一定量的浆料（控制纸页定量在 $50\text{g}/\text{m}^2$ 左右），加入所需要的助剂或合成纤维，在打散器中分散均匀，然后在实验室抄片器中抄制手抄片。

2.4 地膜原纸性能的检测

2.4.1 湿强度的测定

纸页湿强度的测定按 GB/T465.2-1989 进行。将试样浸泡于温度 $23\pm 1^\circ\text{C}$ 的水中 2 小时，待到达规定时间后，将试样从盘中取出，用滤纸轻轻吸去试样表面的水。

将浸过水并吸去表面水的试样,迅速置于抗张力试验机上测定抗张强度,一般要求测定十条试样。同时为了测定抗张强度保留率,则干抗张强度也要求测定十条试样。对于湿强度很低的纸,则应采用多层试样进行试验。

浸水后抗张强度保留率按式(1)计算:

$$W/D(\%) = \frac{P_w}{P_d} \times 100 \quad (1)$$

式中: W/D—浸水后抗张强度保留率;也叫湿干强比或湿强度百分数, %;

P_w —湿抗张强度, kN/m;

P_d —干抗张强度, kN/m。

2.4.2 其它物理强度指标的测定

纸页各种物理强度性能均按国家相关标准,参照文献 34 进行实验。

第三章 结果与讨论

3.1 红麻纤维原料化学成分分析

表 3-1 红麻纤维原料的化学成分

	灰分 %	抽提物 / %			Klason 木素 %	酸溶 木素 %	总木 素 %	综纤 维素 %	聚戊 糖 %
		热水	苯醇	1%NaOH					
全秆	2.74	12.07	4.36	34.34	16.27	2.07	18.34	78.41	17.99
秆芯	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

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 3-1。由表 3-1 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抗张强度和耐破强度以及均匀性和柔软性。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和挺度。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。

地膜在使用的过程需要较高的强度，因此纸基地膜的原料最好是全部或

部分使用高质量的针叶木硫酸盐浆，目前国内外的绝大部分研究也都是如此。但是众所周知，我国木材原料匮乏，同时这也会使地膜的成本增加。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优良造纸原料，选择红麻全秆作为麻地膜的原料，在经济上和性能上都能够满足地膜使用的要求。

3.2 麻地膜用浆蒸煮方法的选择

在 80 年代，国内外对红麻制浆造纸进行过广泛的研究，曾经试验过各种制浆方法，如：硫酸盐法、硫酸盐蒽醌法、烧碱蒽醌法、碱性亚钠法、亚铵法等对红麻全秆原料进行蒸煮。综合参考各相关资料^[35-37]，发现硫酸盐蒽醌法（KP-AQ 法）所制得的浆料成纸强度在这些制浆方法中是最高的。而本项目制浆的目的是为了生产农用麻地膜，需要较高的强度，因此，制浆方法就选用了 KP-AQ 法。

3.3 麻地膜用浆蒸煮最佳工艺条件的确定

确定制浆方法采用 KP-AQ 法后，为满足抄制麻地膜的要求，设计一组 $L_9(3^4)$ 正交实验以探讨蒸煮最佳工艺条件。

3.3.1 正交实验各因素及水平的确定

KP-AQ 法蒸煮时，影响因素是多方面的，其中主要有用碱量(A)、蒸煮最高温度(B)和保温时间(C)。因此，把它们定为正交实验的三个因素。另外，通过参考相关资料^[35-37]，将用碱量的三个水平定为 14%、16%、18%（以 Na_2O 计）；最高温度定为 155℃、160℃、165℃；保温时间定为 90 min、120 min、150min（如表 3-2 所示）。

表 3-2 红麻 KP-AQ 法蒸煮正交实验因素水平表

水平	因素		
	A	B	C
	用碱量 (以 Na ₂ O 计, %)	温度 (°C)	保温时间 (min)
1	14	155	90
2	16	160	120
3	18	165	150

其它蒸煮条件：硫化度 25%，液比 1：5，升温时间 2 h，AQ 用量 0.05%

3.3.2 正交实验结果分析

红麻 KP-AQ 法蒸煮正交实验的结果见表 3-3，为了明确各因素的显著性，并消除实验误差可能造成的影响，提高论证的可靠性，对上述正交实验的结果进行了方差分析，如表 3-4 所示。

从表 3-4 可以看出，在所设计的试验范围内，除了保温时间对粗浆得率的影响不显著之外，各因素对粗浆得率、卡伯值和粘度的影响都是显著的。

再看各因素对细浆得率的影响。从理论上讲，用碱量、蒸煮温度和保温时间都应当对细浆得率有比较大的影响；但是从影响细浆得率各因素的 F 值可以看出，仅仅用碱量对其影响显著，保温时间和蒸煮温度都不显著。经过分析，其原因在于，当用碱量为 14% 时，细浆得率比较低，很大一部分原料还没有分解成浆，筛渣时比较困难，测得的细浆得率可能不准，这一点可以从误差列看出来。因此，实验误差的影响超过了保温时间和蒸煮温度对细浆得率的影响，使它们成为对细浆得率影响不显著的因素。

从极差 R 可知，对各指标影响的主次因素均为：用碱量 (A) > 温度 (B) > 保温时间 (C)。因此，用碱量是红麻全秆蒸煮的关键因素，它对浆料质量的优劣起着决定性影响。

表 3-3 蒸煮正交实验结果

试验号	用碱量(A) Na ₂ O 计%	温度(B) ℃	时间(C) min	误差列	粗浆得率 %	细浆得率 %	粘度 ml/g	卡伯值
1	1 (14)	1 (155)	1 (9 0)	1	55.5	17.6	1267	58.7
2	1 (14)	2 (160)	2 (120)	2	54.6	25.4	1189	55.2
3	1 (14)	3 (165)	3 (150)	3	51.6	31.7	1082	47.7
4	2 (16)	1 (155)	2 (120)	3	48.9	44.1	1194	31.5
5	2 (16)	2 (160)	3 (150)	1	47.8	45.1	1054	28.2
6	2 (16)	3 (165)	1 (9 0)	2	46.4	44.9	1066	27.3
7	3 (18)	1 (155)	3 (150)	2	46.5	45.7	1041	18.6
8	3 (18)	2 (160)	1 (9 0)	3	46.1	44.8	1024	23.5
9	3 (18)	3 (165)	2 (120)	1	45.0	44.6	992	17.4

其它蒸煮条件：硫化度 25%，液比 1：5，升温时间 2 h，AQ 用量 0.05%

表 3-4 正交实验结果方差分析

	粗浆得率				细浆得率				卡伯值				粘度			
	A	B	C	误差 e	A	B	C	误差 e	A	B	C	误差 e	A	B	C	误差 e
I/3	53.9	50.3	49.3	49.4	24.9	35.8	35.8	35.8	53.9	36.3	36.5	34.8	1179	1168	1119	1104
II/3	47.7	49.5	49.5	49.1	44.7	38.5	38.0	38.7	29.0	35.6	34.7	33.7	1104	1089	1125	1099
III/3	45.9	47.7	48.6	48.9	45.0	40.4	40.8	40.2	19.8	30.8	31.5	34.2	1019	1046	1059	1100
R	8.0	2.6	0.9	0.5	20.1	4.6	5.0	4.4	34.1	5.5	5.0	1.1	160	122	66	5
S	11.80	1.23	0.14	0.05	88.65	3.60	4.29	3.38	207.05	6.04	4.25	0.20	4292	2523	884	6
f	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
S/f	5.90	0.62	0.07	0.02	44.32	1.80	2.14	1.69	103.53	3.02	2.13	0.10	2146	1262	442	3
F 值	245.5	25.6	3.0	26.2	1.1	1.3	1029.4	30.1	21.2	730	429	150	很显著	很显著	很显著	很显著
显著性	很显著	显著	不显著	显著	不显著	不显著	不显著	很显著	很显著	显著	显著	显著	很显著	很显著	很显著	很显著

F_a: F_{0.25} (2, 2) = 3 F_{0.10} (2, 2) = 9 F_{0.05} (2, 2) = 19 F_{0.01} (2, 2) = 99

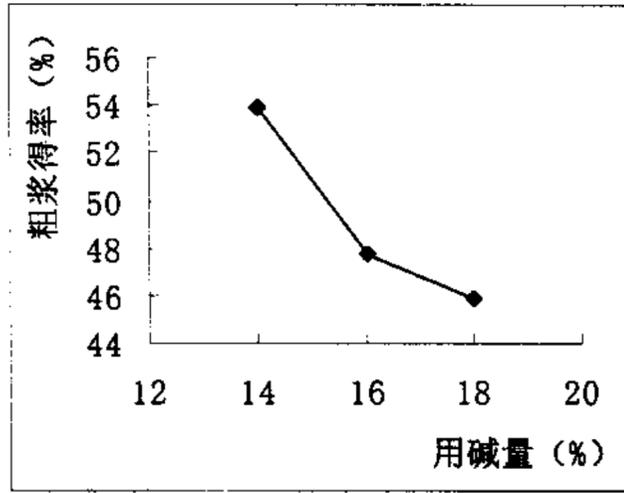


图 3-1 用碱量对粗浆得率的影响

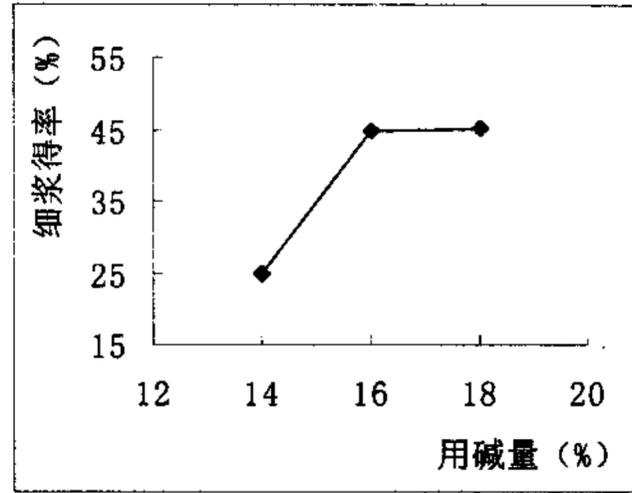


图 3-2 用碱量对细浆得率的影响

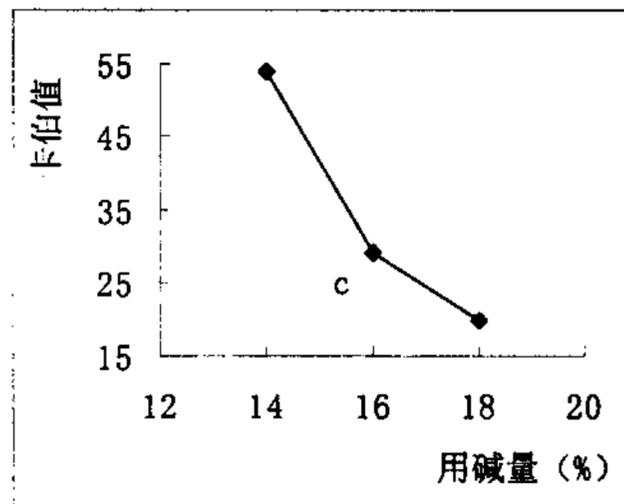


图 3-3 用碱量对卡伯值的影响

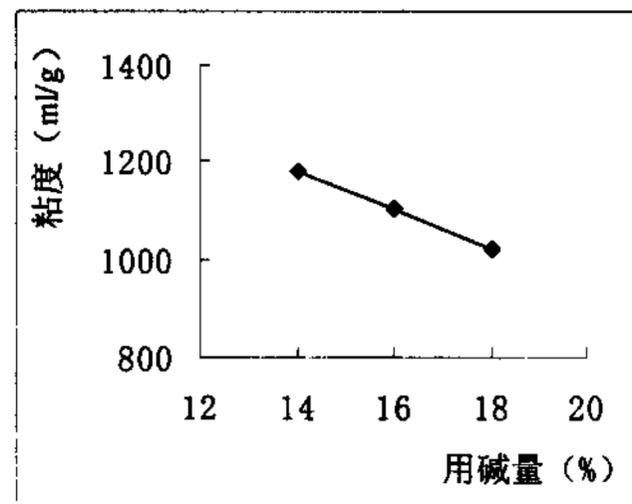


图 3-4 用碱量对粘度的影响

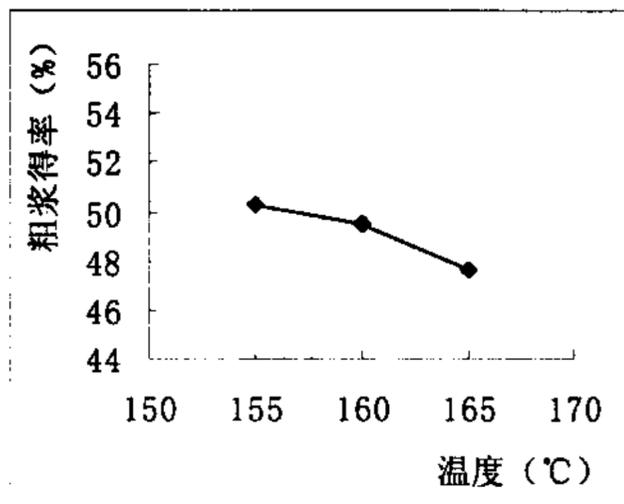


图 3-5 蒸煮温度对粗浆得率的影响

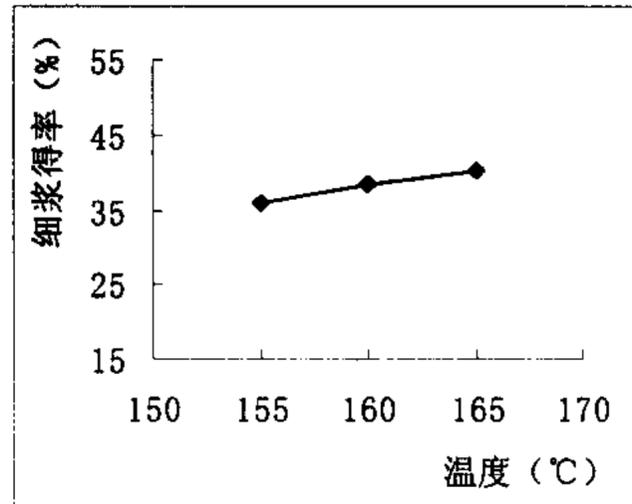


图 3-6 蒸煮温度对细浆得率的影响

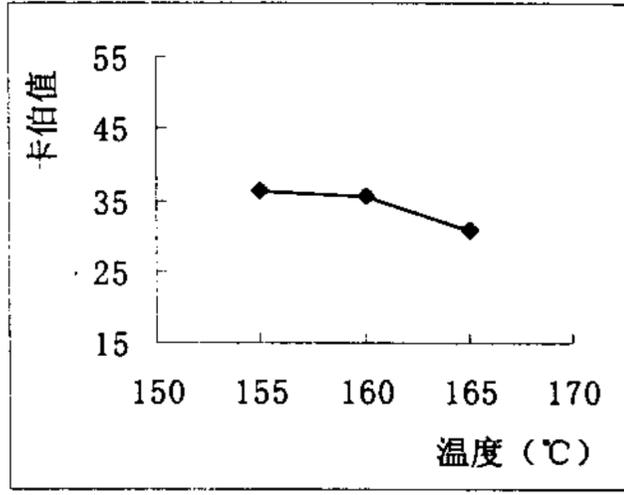


图 3-7 蒸煮温度对卡伯值的影响

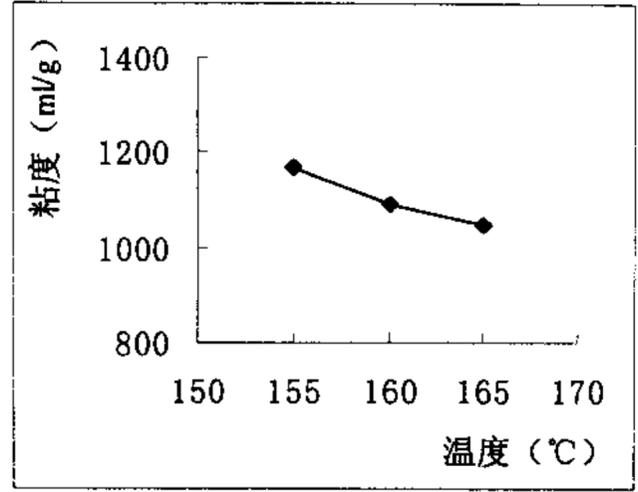


图 3-8 蒸煮温度对粘度的影响

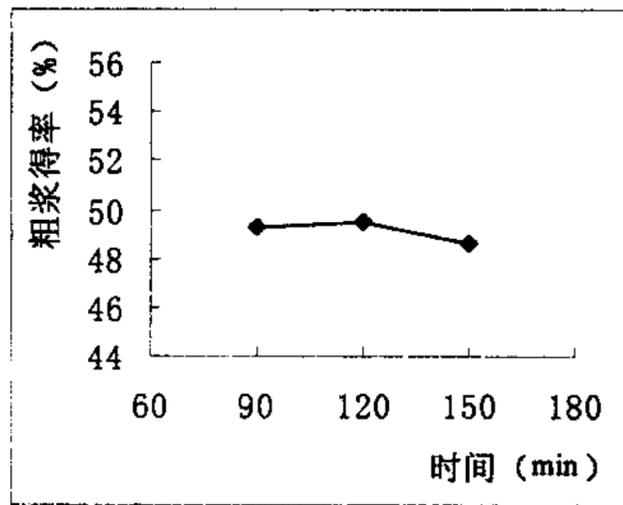


图 3-9 保温时间对粗浆得率的影响

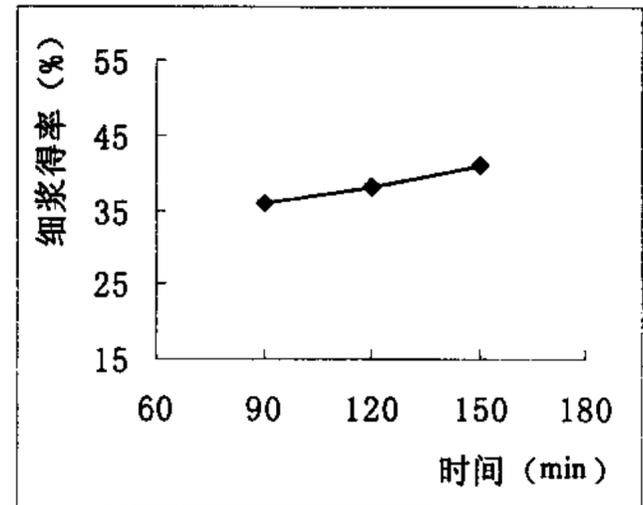


图 3-10 保温时间对细浆得率的影响

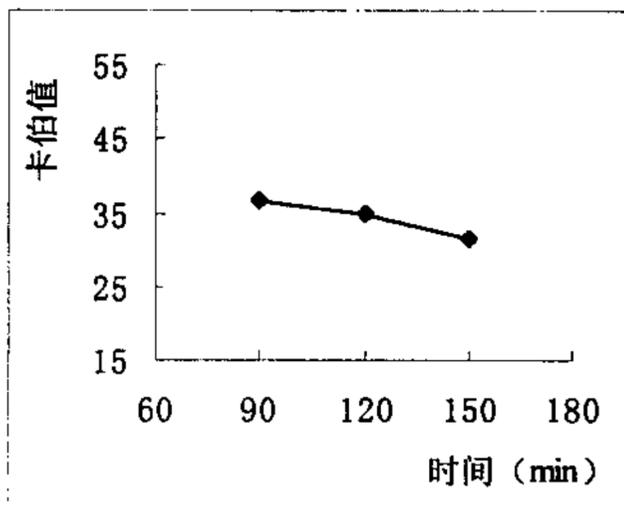


图 3-11 保温时间对卡伯值的影响

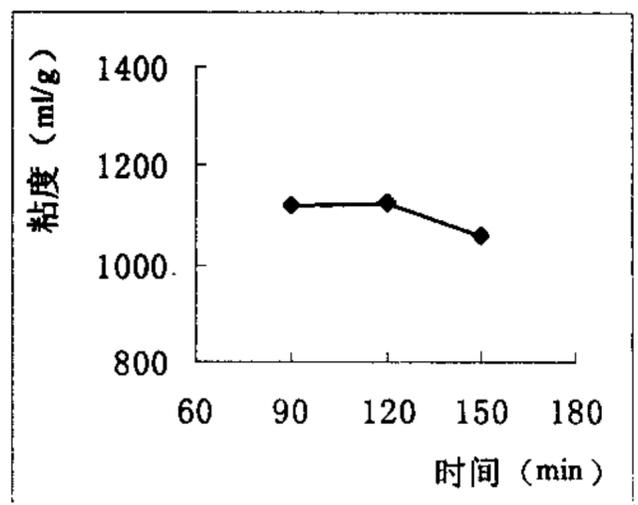


图 3-12 保温时间对粘度的影响

图 3-1~12 分别表达了用碱量、最高温度和保温时间对浆料粗浆得率、细浆得率、卡伯值和粘度的影响。

从图 3-1 和 3-2 可知,随着用碱量的增加,粗浆得率下降很快,但是细浆得率却一直在上升。特别是当用碱量从 14%增加到 16%时,细浆得率从 24.9%上升至 44.7%,增加了将近 20 个百分点。随后用碱量再增加,细浆得率基本上不变,并且与粗浆得率的值接近。这说明当用碱量比较低时(14%),还有很大一部分原料没有完全蒸解,粗渣比较多;当用碱量达到 18%以后,原料已经完全成浆,基本上没有粗渣。从图 3-3 和图 3-4 可以看出,随着用碱量的增加,浆料的卡伯值急剧下降,然而粘度也呈现出下降趋势。总的来说,当用碱量为 14%时,由于有大部分原料未蒸解,显然不可取。当用碱量从 16%增加到 18%,粘度降低了 85;而卡伯值仍然下降很快,从 29.0 降至 19.8,并且细浆得率也略有上升。所以综合考虑来看,我们选定用碱量为 A_3 (18%)。

同样,从图 3-5~3-8 可以看出蒸煮最高温度对各指标的作用趋势与用碱量是一致的,只是其影响程度比用碱量低。当蒸煮温度为 155℃时,筛渣率将近 15% (对原料),卡伯值高达 36.3,显然是不可取的。当最高温度从 160℃升至 165℃时,卡伯值仍然下降很快;虽然粗浆得率最低,但是细浆得率却达到最大值;同样粘度仍然超过 1000ml/g。因此,最后选定蒸煮最高温度为 B_3 (165℃)。

再看图 3-9~3-12,显而易见,当保温时间为 150min 时,卡伯值最小,此时对应的有粗浆得率最低,但细浆得率最高,与前两个因素一样,粘度数值此时在可以接受的范围之内,故选定最优条件为 C_3 (150min)。但是由于保温时间是三个因素中最次要的一个因素,实际生产中为缩短总蒸煮时间,也可以选用条件 C_2 (120min)。

综上所述,选择较优组合为 $A_3B_3C_3$,即用碱量为 18% (以 Na_2O 计),蒸煮温度为 165℃,保温时间为 150min。

3.3.3 再现性试验

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 3-5 所示。

表 3-5 再现性试验条件及结果

用碱量(A) Na ₂ O 计%	温度(B) ℃	时间(C) min	粗浆得率 %	细浆得率 %	卡伯值	粘度 ml/g
18	165	150	45.2	44.9	17.3	982

其它蒸煮条件：硫化度：25%，液比 1：5，升温时间 2 h，AQ 用量 0.05%

从此表中可以看出，此时浆料粗浆得率为 45.2%，基本上已经没有渣子；卡伯值为 17.3；虽然蒸煮条件比较强烈，但粘度仍然接近 1000ml/g。在再现性实验中，各个指标都较好的验证了正交实验方差分析所得的结果。

蒸煮的结果表明红麻纤维原料确实是一种优良的制浆造纸原料，能够满足麻地膜用浆的要求。为进一步验证其强度性能，通过不同转数的 PFI 磨打浆，研究了不同打浆度下手抄纸页的物理性能，所得结果如表 3-6 所示。从表中数据可见，在打浆度为 60°SR 时，纸页的裂断长达到了最大值 6.17km。在干强度上来说，已经基本能够满足麻地膜使用的强度要求；但是其湿强度很低，从湿干强比（W/D）可以看出，不加任何助剂的话，W/D 大概在 2% 左右。因此，在后续实验中需要解决的问题是：尽量提高麻地膜的湿强度，同时不能影响麻地膜的降解性能。

表 3-6 不同打浆度下红麻全秆浆的物理性能

打浆度 ° SR	定量 g/m ²	紧度 g/m ³	撕裂指数 mN·m ² /g	干裂断长 km	湿裂断长 km	W/D %
27.5	54	0.50	14.2	4.70	0.09	2.0
40.8	55	0.53	16.1	5.07	0.12	2.4
48.0	54	0.54	14.3	5.63	0.10	1.8
60.0	53	0.56	12.5	6.17	0.14	2.3
69.0	53	0.59	12.3	6.14	0.16	2.6
75.0	55	0.60	10.1	6.12	0.14	2.4

3.3.4 AQ 对蒸煮结果的影响

为了明确蒸煮助剂 AQ 对红麻全秆蒸煮的影响，在上述得到的最优化的条件下进行了不添加 AQ 的对比实验。实验结果如表 3-7 所示。

表 3-7 AQ 对红麻全秆蒸煮的影响

	粗浆得率 %	细浆得率 %	卡伯值	粘度 ml/g
加 0.05% AQ	45.2	44.9	17.3	982
不加 AQ	45.0	44.1	19.0	981

蒸煮条件：用碱量 18%（以 Na_2O 计），温度 165°C ，保温时间 150min，
硫化度 25%，液比 1:5，升温时间 2 h

众所周知，AQ 作为蒸煮助剂，具有保护碳水化合物，促进木素脱除的作用。从表 3-7 可以看到，添加 AQ 对红麻全秆的蒸煮确实起到了一定作用，但是并不明显，浆料得率稍有上升，卡伯值降低了 1.7，粘度则基本不变。因此，在实际生产中，从降低成本的方面考虑，也可以不添加 AQ。

3.4 麻地膜原纸的研制

由于地膜需要在各种天气条件下露天使用，需要较高的干湿强度。在前面的研究中已经发现红麻全秆浆的干强度能够满足要求，但是它与一般的纸张一样，湿强度较低。这是由于相邻纤维间的氢键的结合力容易被水所分解或减弱以及水的润滑作用使纤维间产生滑动。因此，需要通过加入各种助剂来解决，其中最普遍使用的便是湿强剂。

经过湿强剂处理过的纸张，在其内部既有纤维与纤维的交织，又有加入的聚合物与聚合物间的化学交联，以及聚合物与纤维间的化学交联，使得纸张在水中不易膨胀，限制了润胀，从而产生湿强度。聚合物和纤维之间的化学交联包括：①共价键合：如湿强剂与纤维素、半纤维素、木素残留物中羟基发生化学键合；②配位络合：如加入的高分子中极性基与纤维通过金属离子如 Al^{3+} 等形成配位络合；③氢键及分子间相互作用的加强。

纸张中半纤维素对纤维间的氢键形成起着很大的作用，由于在纤维素间填充的半纤维素使得纤维间的结合更加紧密，增加了纸张中氢键的数量。当纸张遇水时，半纤维素很快吸水而膨胀，使纤维素间的氢键断裂导致纸张强度下降。而加入湿强剂后，轻度交联的纤维网络只能发生溶胀作用，即吸收一定量水分而使分子链扩张，但纤维-纤维的分离（强度破坏）则不易发生。湿强添加剂以各种机理增进纸页的湿强，但一般认为主要有两种机理^[38]。

一是“保护理论”：加入湿强剂后，因树脂间的化学交联形成的网状结构包裹在纤维周围，这种化学交联键又不会被水解，从而阻止了纸中半纤维素的吸水膨胀，减少了纸张在润湿条件下的强度下降，像一个发网一样，束缚了纤维的润胀，从而保持纸张的湿强度。Kennedy 将其比喻为发网罩着的一个气球，气球膨胀只能发生在发网限制的范围内，同样纸张的纤维也只能膨胀到树脂交联成的网络为止。

另一种是“增强理论”：加入的湿强剂同纤维素之间形成了化学键（共价键、离子键），同时使其内部存在的氢键增强，热固性树脂中的高活性官能团同纤维素中的羟基形成的共价键，不会由于纸的浸湿而断裂，在湿的纸中仍提供强度。对于具有高阳离子电荷密度的电解质湿强剂，可与纤维素表面的阴离子之间形成离子键，这些键在数量与强度方面，都足以克服纤维与水的相互作用。Pr. Heesly 将其比喻为一个轻度硫化的橡胶气球，由于内部橡胶分子间增加了新的键，使其不易膨胀。

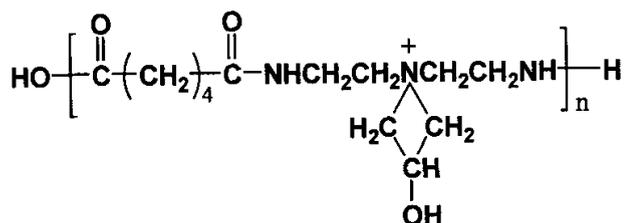
以上两种理论并不互相矛盾，对于许多湿强剂来说，往往是两种机理同时作用。

因此在麻地膜的抄制过程中加入湿强剂后，特别是湿强树脂，因树脂的正电荷与带负电荷的纤维的吸附反应和湿强剂含有的羟基与纤维羟基所形成氢键的结合，使纤维表面吸附大量的湿强树脂；在干燥过程中，留着在纸中的树脂发生缩聚，在纤维界面形成不能完全被水破坏的交联树脂的网状结构，减少了纤维润胀和纤维之间的滑动，从而改善麻地膜的湿强度。

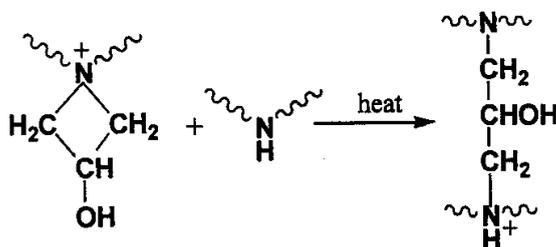
3.4.1 湿强树脂 PAE 及其应用条件的确定

本研究首先选用的湿强剂是上海恒谊化工生产的 HY320 树脂，其主要成分为聚酰胺环氧氯丙烷树脂（Polyamide epichlorohydrin resin），简称为 PAE，

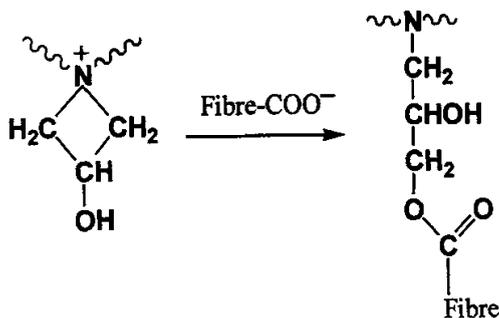
其分子结构式如下所示:



PAE 树脂产生湿强的机理一般认为有两步反应: 一是分子链上的氮杂环丁基团与另一分子链上的第二个氨基产生交联反应, 如反应式 (1) 所示; 二是在单个树脂分子中的氮杂环丁基与纤维上的羧基产生交联, 如反应式 (2) 所示。



PAE 分子间自交联反应 (1)



PAE 分子与纤维素的交联反应 (2)

影响 PAE 树脂效率的因素一般有树脂的添加量、浆料的不同打浆度、不同的浆种、浆料的 pH 值等, 这些因素之间相互作用使树脂发生留着。但是,

PAE 树脂仅有高的留着是不够的, 留着的树脂还必须通过加热固化, 即熟化过程, 在实验室中可采取在烘箱中放置一定时间的方法来进行。下面分别对这些因素进行考察, 以找出在麻地膜中应用 PAE 的适宜条件。

3.4.1.1 打浆度的确定

固定 PAE 用量为 1%, 系统 pH 值为 7.5 (实验室自来水的 pH 值), 在 120°C 下熟化 30min, 对不同打浆度下添加湿强树脂的纸页性能进行了研究, 其结果如表 3-8 所示, 图 3-13~16 表明了打浆度与纸页各种强度指标的关系, 其中 W/D 是指纸页的湿强度与干强度的比值, 也叫做湿强度百分数。

表 3-8 不同打浆度下麻地膜原纸性能指标

打浆度 (°SR)	定量 (g/m ²)	紧度 (g/cm ³)	耐破指数 (kPa·m ² /g)	撕裂指数 (mN·m ² /g)	裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)
32.5	55	0.50	3.84	12.8	4.95	0.70	14.1%
43.0	51	0.50	4.48	12.4	5.79	0.79	13.7%
52.0	50	0.53	5.10	11.8	6.75	1.01	14.9%
58.0	50	0.53	4.80	11.2	6.86	0.95	13.9%
63.5	49	0.54	4.54	10.3	7.12	0.86	12.1%
72.5	50	0.54	4.31	9.8	6.85	0.86	12.6%

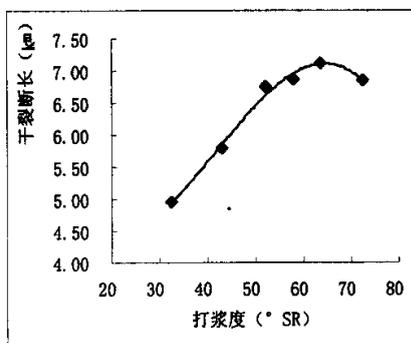


图 3-13 打浆度对干裂断长的影响

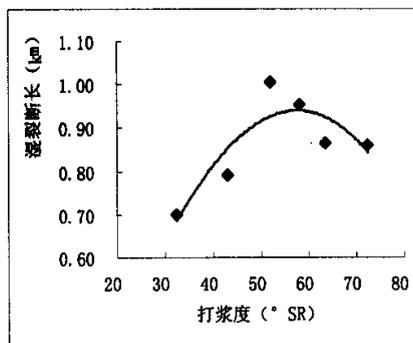


图 3-14 打浆度对湿裂断长的影响

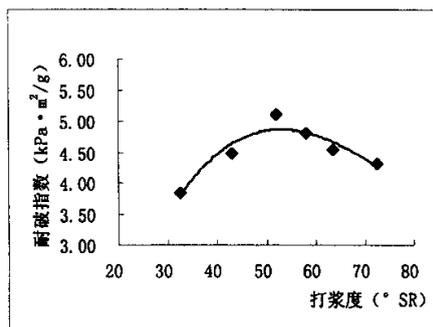


图 3-15 打浆度对耐破指数的影响

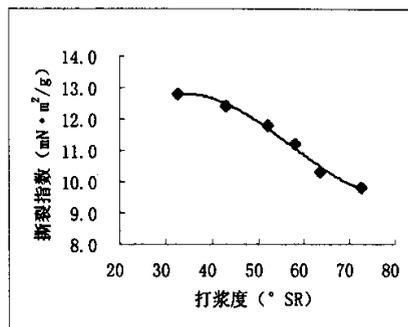


图 3-16 打浆度对撕裂指数的影响

从图 3-13 可以看出,随着打浆度的升高,纸页干裂断长上升很快,在 65°SR 左右达到最大值;从图 3-14 来看,随着打浆度的升高,纸页的湿裂断长的变化趋势与干裂断长是一样的,只不过其最大值出现在 50°SR~60°SR 之间,这是因为,随着打浆度的增加,纤维的比表面积增加,对树脂的吸附能力增加,树脂获得更多的保留,纸页的湿强随之增加;而随着打浆的进一步进行,纤维长度下降很快,细小纤维增多,抄纸时的纤维留着率降低,树脂的流失率增加,纸页的湿强有所下降。

图 3-15 表明了打浆与耐破度的关系,其变化趋势与裂断长也是一样的,只不过比裂断长曲线下落得更快一些。这是由于纸页在破裂时不仅受到拉力,同时也受到撕力的作用,纤维长度对它的影响要比对裂断长的影响大。对撕裂指数影响的主要因素是纤维的平均长度,因此,随着打浆的进行,其值一直呈现出下降的趋势,这一点反应在图 3-16 中。

综合以上各点,最后确定打浆度为 52°SR~58°SR 之间,在此区间,湿强和耐破度都达到最大值,干裂断长也接近最大值,只是撕裂指数稍低。

3.4.1.2 系统 pH 值的确定

浆料系统的 pH 值是重要的湿部化学参数之一,其基本作用是 pH 值影响功能基团的电离状态,也即影响系统中粒子的表面电荷和它们的物理化学状态,它是影响纤维对湿强树脂吸附的一个重要因素。因此,固定浆料打浆度为 56°SR, PAE 用量为 1%, 120°C 下熟化 30min, 进行了一组条件实验,以

确定 PAE 使用的最佳系统 pH 值，实验结果如表 3-9 所示。

表 3-9 系统 pH 值对纸页性质的影响

pH	定量 g/m ²	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 kPa·m ² /g	撕裂指数 mN·m ² /g
5.0	50	5.24	0.75	14.3%	3.2	9.5
6.0	51	6.03	0.73	11.7%	3.8	9.4
7.5	48	7.05	0.89	12.6%	4.2	8.7
8.5	48	7.15	0.97	13.5%	4.6	7.9
9.5	50	7.18	0.99	13.8%	4.4	8.2

从表 3-9 可见，当系统 pH 值在酸性范围内时，纸页的干湿强度明显要比碱性范围内的低，特别是干强度，中碱性条件下的纸页裂断长比酸性条件下高出 1~2km，耐破指数也有明显改善，而撕裂指数却有所下降。这一现象也有相关资料报道^[39]：使用硫酸盐浆抄纸，在 pH 值上升的情况下，大多数纸机上强度性能均得到改善。例如，在箱板纸机上网前箱的 pH 从 5.5 提高到 7 时，纸板耐破度提高 20% 以上。

分析其原因可能在于：①纤维在酸性环境下是收缩的；而在碱性条件下是润胀的，纤维之间相互接触的面积增大，氢键结合增加，因此，纸页抗张强度增加，耐破度也得到改善，而撕裂度主要是跟纤维本身的强度有关，所以影响不大，甚至略有下降。②PAE 是强的高分子阳离子电解质，可以在中性或碱性条件下，使胶体 ζ 电位趋向于零，浆料的凝聚强度高；而在酸性条件下，浆料中阴离子较多，使 PAE 受其干扰，一部分 PAE 分子被阴离子中和了，因此，在用量相同的情况下，未能充分发挥其作用，纸页强度改善效果不佳。

从图 3-17 可以看出浆料系统 pH 值对干湿强度的影响趋势，随着浆料系统 pH 值的提高，纸页的干湿裂断长也随之上升。这是因为 PAE 树脂是一种阳离子型树脂，一般认为吸附的产生是由于纤维的负电荷和树脂的正电荷相互吸引。而随着 pH 值的升高，纤维素分子上像羧基等可电离的基团的电离作用增加，对 PAE 树脂的吸附作用增大，PAE 树脂的留着增加，所以纸页的

湿强度增加。另一方面，在 pH 值较低时，湿强树脂中的氨基产生质子化，就不容易与氮杂环氧丁烷发生交联反应，从而降低了其湿增强的效果。

虽然纸页的干湿强度在 pH 值为 9.5 时取得最大值，但是考虑到在实际生产中使用这么高的 pH 值会对设备产生腐蚀，同时增加了碱耗，而且从图 3-17 可以看出，pH 值为 7.5 时的干湿强度跟 9.5 相差并不是很大，所以，为了降低碱耗和减少设备腐蚀，将浆料系统的 pH 值确定在 7.5 左右，即生产中可以使用中性抄纸。

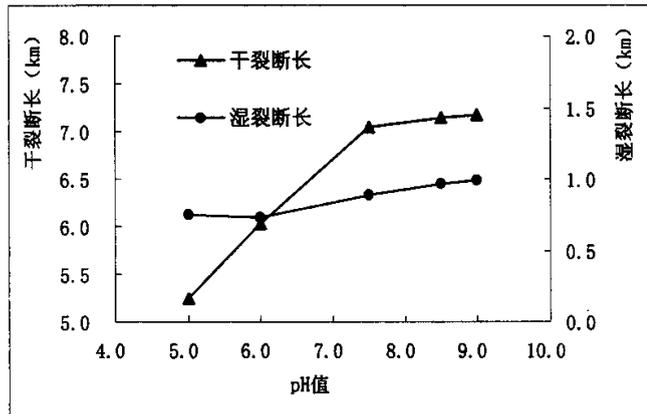


图 3-17 系统 pH 值对干湿强度的影响

3.4.1.3 湿强树脂用量的确定

PAE 树脂的用量是影响其作用效果的一个最重要的因素。据相关资料介绍^[40-41]，根据纸张的用途不同，其用量范围在 0.25~2.0% 之间。为确定在麻地膜原纸中 PAE 树脂的适宜添加量，采用前述实验中确定的打浆度 (56°SR) 和浆料系统 pH 值 (7.5)，对添加不同用量的 PAE 树脂的麻地膜原纸进行了实验，实验结果如表 3-10 所示。

表 3-10 PAE 用量对纸页性质的影响

PAE 用量 (%)	定量 g/m^2	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 $\text{kPa}\cdot\text{m}^2/\text{g}$	撕裂指数 $\text{mN}\cdot\text{m}^2/\text{g}$
0	46.9	6.74	0.07	1.1%	4.2	8.8
0.5	47.0	6.90	0.64	9.2%	4.2	8.3
1.0	47.8	7.05	0.89	12.6%	4.2	8.7
1.5	48.0	7.36	1.74	23.6%	4.5	7.9
2.0	48.5	7.49	1.83	24.4%	4.2	8.0

注：熟化条件 120°C ，30min，打浆度 56°SR ，系统 pH 值 7.5

实验结果表明，在其它条件完全相同的条件下，添加 PAE 树脂对湿强度的提高有很大的作用，不添加树脂的纸页几乎没有湿强，其湿强度百分数仅为 1.1%，添加 0.5% 的 PAE 树脂后其湿强百分数便达到了 9.2%，将近原来的 10 倍。

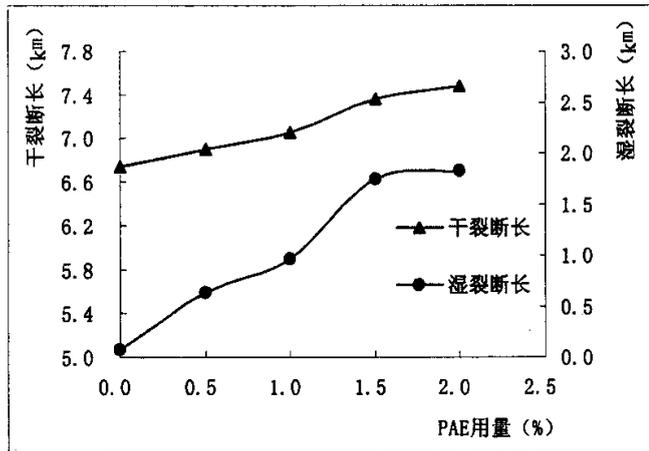


图 3-18 PAE 用量对干湿强度的影响

从图 3-18 可以看出，PAE 用量从 0.5% 增加到 1.5%，湿强度增加很快，超过 1.5% 以后，湿强度的增幅不大。这是因为，随着 PAE 添加，被纤维强烈吸附，逐渐导致纤维电荷变正，随着 PAE 树脂添加量的增加，使纸浆电荷逐渐达“饱和状态”，致使 PAE 树脂的保留率下降。所以，随着 PAE 用量的

增加, 纤维吸附的树脂增加; 但是树脂的留着率却不断下降, 这样便使湿强度的变化呈现出如图 3-18 所示的趋势。同时, 从图 3-18 也可以看出, 随着树脂用量的增加, 纸页的干强度也有一定的增加。

这也可以用浆料系统的 ζ 电位来解释, 在未加入 PAE 时, 浆料系统的 ζ 电位为负值, 但在 PAE 树脂添加到浆料中后, 由于电中和作用, 浆料系统的 ζ 电位将接近于零, 凝结强度最高。如再增加 PAE 树脂的用量, 浆料系统的 ζ 电位将由零转为正值, 使 PAE 树脂的保留率降低, 从而影响纸页的湿强进一步提高。根据 ζ 电位理论, 当浆料系统的 ζ 电位的绝对值越小, 细小纤维、PAE 树脂的留着率越高, 因此, 从理论上说, 当 PAE 树脂的加入量使得系统的 ζ 电位为零时, 则为最佳添加量。

由于添加量为 2.0% 时的湿强度与 1.5% 相比, 其增幅不大, 所以, 选定 PAE 树脂的用量为 1.5%, 此时湿强度百数达到了 23.6%, 干强度也比未添加湿强剂的增加了 9.2%。

3.4.1.4 熟化条件的确定

由于 PAE 树脂为热固型树脂, 可通过加热固化聚合成非水溶性的。因此, 纸张在添加 PAE 后, 纸页干燥、室温下自然熟化以及加热快速熟化等过程均有利于其与纤维的交联或自身交联, 即热熟化过程是 PAE 树脂取得增湿强效果的必要途径之一。为了使湿强树脂尽可能的发挥其作用, 提高麻地膜的湿强度, 本文对 PAE 加热快速熟化条件 (在烘箱中加热一定时间) 进行了研究, 并与自然熟化 (在室温下存放一定天数) 作了对比。自然熟化和快速熟化条件如表 3-11 所示, 实验结果如图 3-19~3-21 所示。

表 3-11 PAE 自然熟化及快速熟化条件

自然熟化条件	快速熟化条件
不熟化	条件 1 80°C, 120 min
熟化 5 天	条件 2 100°C, 60 min
熟化 10 天	条件 3 120°C, 30 min
熟化 15 天	条件 4 140°C, 10 min

注: 打浆度 56°SR, PAE 用量 1.5%, 系统 pH 值 7.5, 定量 50g/m²

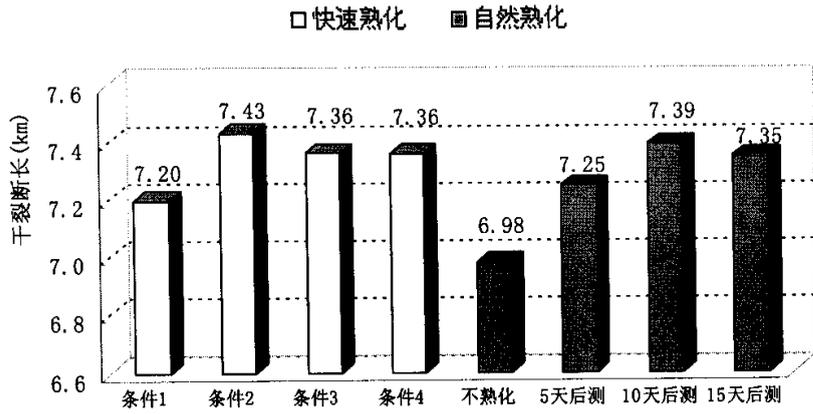


图 3-19 不同熟化条件对干强度的影响

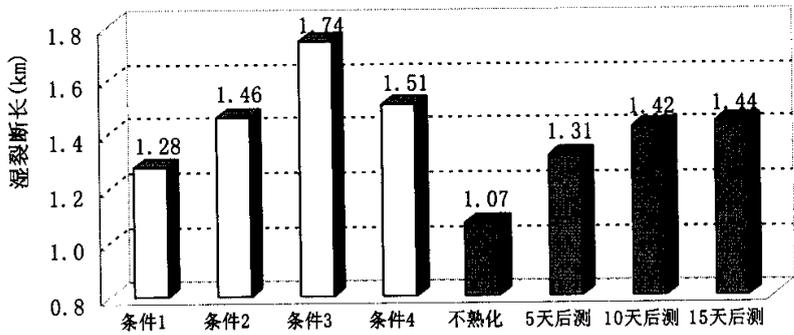


图 3-20 不同熟化条件对湿强度的影响

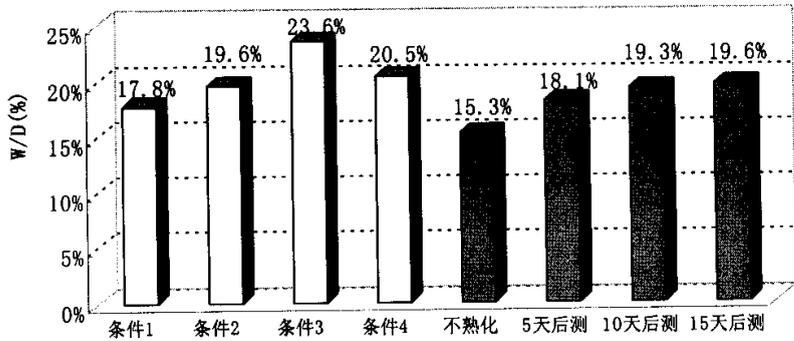


图 3-21 不同熟化条件对湿干强比的影响

从以上各图可知,各种加热快速熟化条件对PAE作用效果的改善是明显的,特别是温度超过100℃后,纸页的湿强度更佳。在条件3下,即120℃下熟化30min时,纸页的湿强度最优,达到1.74km,此时的湿干强比W/D也最大(>20%)。

同时,从各图中可见,如果不加以熟化(当天测),纸页的干湿强度和湿干强比都是最低的,其湿强度仅为最佳效果(条件3)的60%左右。在自然条件下(实验室室温,大约10~15℃),随着纸页存放时间的增长,其干湿强度都随之增加,到15天时基本稳定,不再增长,此时的湿强约为最佳快速熟化效果的83%左右,而根据文献42介绍,自然熟化14天左右可以达到100%的效果,而本实验的结果偏低,其原因可能是由于冬季室内气温较低,不利于PAE树脂的熟化。

3.4.1.5 湿强树脂与CMC共用的效果

CMC是羧甲基纤维素(Carboxy methyl cellulose)的简称,其分子式为 $(C_6H_9O_5CH_2COONa)_n$,分子量为 $(242.16)_n$,是一种白色纤维状粉末。中性或碱性条件下熟化的热固性树脂,如PAE树脂,若与水溶性羧甲基纤维素(CMC)共用,有利于促进纤维对湿强树脂的吸收,可望取得更佳的纸张干、湿强度。因此,考查了在浆料中同时添加PAE树脂和CMC后对纸张性质的影响。其它条件为:打浆度56°SR,120℃下熟化30min后测量,结果见表3-12,与空白实验和不添加CMC的效果比较如图3-22~3-25所示。

表3-12 添加CMC对PAE湿增强效果的影响

	定量 g/m ²	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 kPa·m ² /g
空白	46.9	6.74	0.074	1.1%	4.2
仅PAE 1.0%	47.8	7.05	0.89	12.6%	4.2
PAE1.0%+CMC0.1%	48.0	7.45	1.03	13.9%	4.4
仅PAE 1.5%	48.0	7.36	1.74	23.6%	4.5
PAE1.5%+CMC0.1%	48.0	7.66	1.97	25.8%	4.8

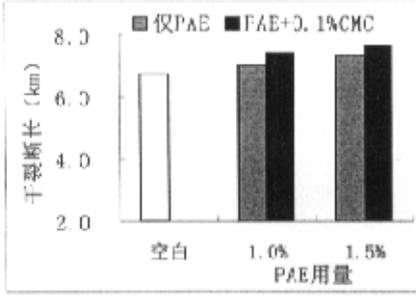


图 3-22 添加 CMC 对干强的影响

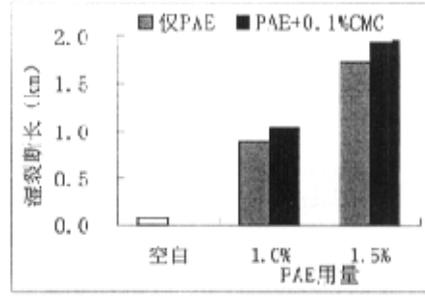


图 3-23 添加 CMC 对湿强的影响

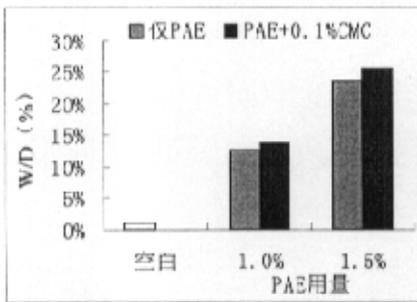


图 3-24 添加 CMC 对湿干强比的影响

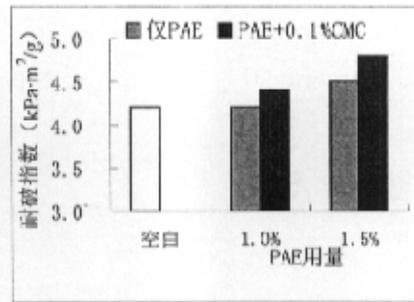


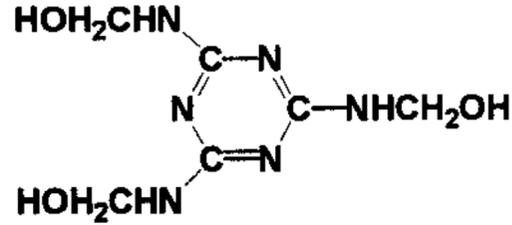
图 3-25 添加 CMC 对耐破指数的影响

实验结果表明，在浆料中同时添加 PAE 和 CMC 后，纸页的干湿强度还有耐破指数，均较单独添加 PAE 时有一定的改善，最大湿干强度比值 (W/D) 已经超过了 25%，说明 CMC 的加入在一定程度上改善了湿强剂的作用效果。

其原因在于，PAE 为阳离子型树脂，由于纤维表面的电负性而被快速吸附。然而这种吸附反应较复杂，易受到偶然存在的无机盐或有机物质的影响，纤维对这些干扰物质的吸附会削弱其本身对 PAE 树脂的吸附能力；另一方面，随着越来越多的阳离子树脂被吸附，纤维上残留的负电荷减少，而不利於吸附更多的树脂。负电性的 CMC 的加入，增加了系统的负电荷，从而有利于增加 PAE 树脂的留着率，因此就改善了其作用效果。

3.4.2 湿强剂 MF 树脂的应用

三聚氰氨甲醛树脂 (Melamine Formaldehyde Resin), 简称为 MF 树脂, 全名为三羟甲基三聚氰胺树脂。其分子式如下所示:



该湿强剂是一种热固型树脂, 它在高温和酸性介质中, 能由水的可溶性物质转变为水不溶性物质, 在纤维之间形成水不溶性胶粘剂, 使纤维具有更高的结合力, 并且减少纤维的吸水润胀, 从而提高纸的湿强度。根据厂家的介绍, 其适宜的 pH 值在 4~6 之间, 用量在 1~3%, 可以使纸张获得很高的湿强度, 因此, 对其在麻地膜原纸中的应用条件进行了研究。

首先将 MF 树脂用量固定为 2%, 采用铝矾调节浆料系统的 pH 值, 分别在 pH 值为 4.5、6.0、7.5 的情况下进行抄纸, 纸页检测结果如表 3-13 所示。

表 3-13 不同 pH 值下添加 MF 树脂的作用效果

pH 值	定量 g/m ²	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 kPa·m ² /g
4.5	52	5.87	0.84	14.3%	3.7
6.0	50	5.92	0.75	12.7%	3.8
7.5	51	7.20	0.63	8.8%	4.4

注: 浆料打浆度 56°SR, 熟化条件 120℃、30 min

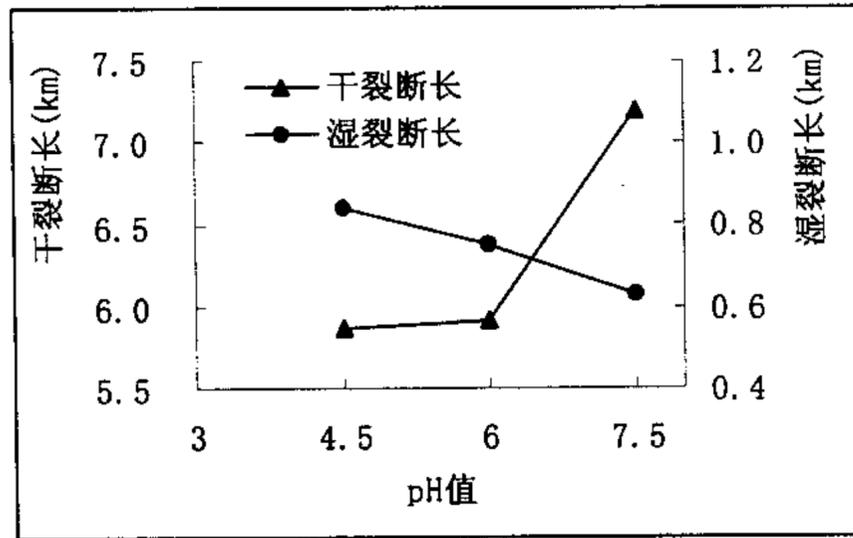
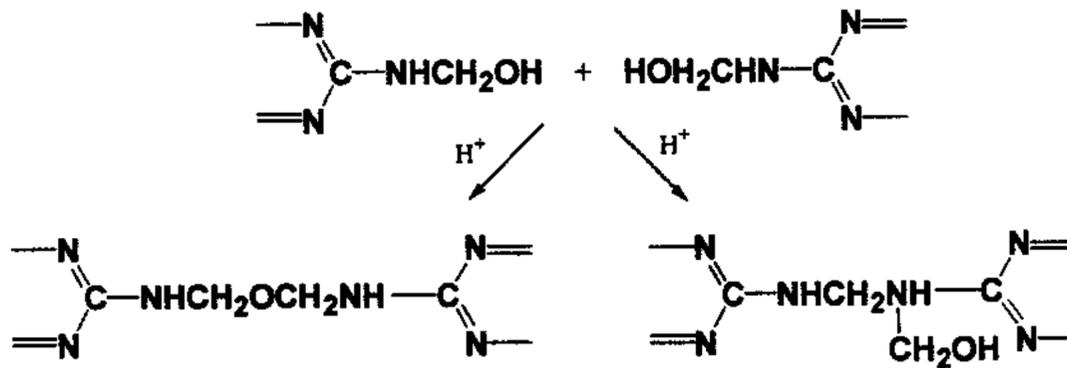


图 3-26 不同 pH 值下添加 MF 树脂对干湿强度的影响

从图 3-26 中可见，pH 值较低时，纸页的湿强度比较高。这是因为在酸性条件下 MF 树脂容易交联形成聚合胶体，如反应式 (3) 所示，阻止纤维的润胀和吸水，从而产生较高的湿强度。



MF 树脂在酸性条件下交联形成聚合胶体.....(3)

与使用 PAE 树脂时的情况一样，随着 pH 值的提高，纸页的干强度上升，特别是当 pH 值从 6 上升到 7.5 时，即系统 pH 转为中性或弱碱性以后，纸页的干强度上升的幅度很大，其原因跟前面使用 PAE 树脂的实验是一致的。因此，接下来还是选择在近中性的条件下 (pH=7.5) 对添加不同用量的 MF 树脂进行了实验。据文献 43 介绍，MF 树脂的用量一般不超过 5%，加入量不超过 5% 时，树脂的存留率随加入量增加而增加，超过 5% 时，存留率不再增加，因此确定其用量为 1~4%，实验结果如表 3-14 所示。

表 3-14 MF 树脂用量对干湿强度的影响

MF 树脂用量 (%)	定量 g/m^2	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)
1	50	7.02	0.54	7.6%
2	51	7.20	0.63	8.8%
3	52	7.31	0.99	13.5%
4	52	7.34	1.24	16.9%

注：浆料打浆度 56°SR，熟化条件 120℃、30 min

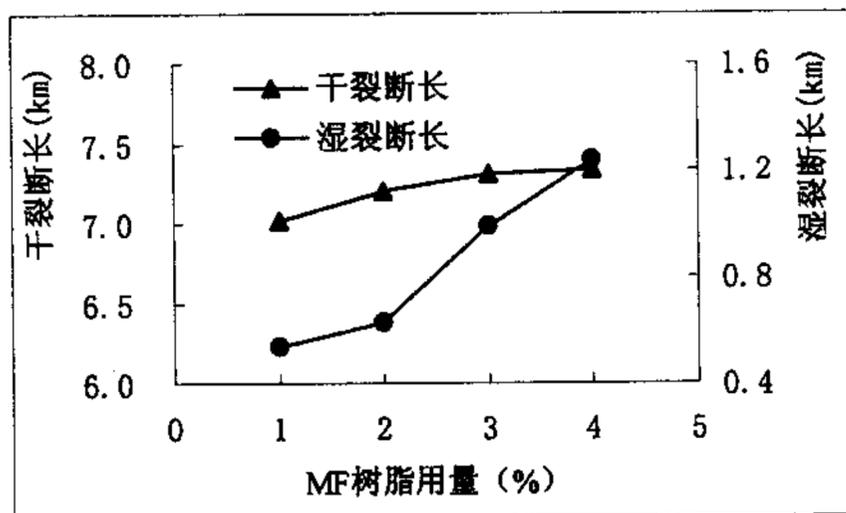


图 3-27 MF 树脂用量对纸页干湿强度的影响

从实验结果可知，随着 MF 用量的增加，纸页的干强度基本变化不大，稍有增加；而湿强度则一直呈现出上升的趋势，这是因为随着用量的增加，交织在纤维周围的 MF 水不溶性聚合交联网络增多，从而使湿强增加。但是从表 3-14 可知，MF 用量为 4% 时，纸页湿裂断长也只有 1.24km，若再增加用量，在成本上显然是无法接受的。不过根据 MF 树脂作用的机理，若在酸性条件下进行抄纸，纸页的湿裂断长也许可能会有较大的增加，但是如前所述，酸性条件又会大幅降低纸页的干强度。

而前述 PAE 树脂最适宜条件下湿裂断长是 1.97km，两者的比较如图 3-28 所示。显然 PAE 树脂的湿增强效果要优于 MF 树脂，所以确定麻地膜原纸使用的湿强剂为 PAE 树脂。

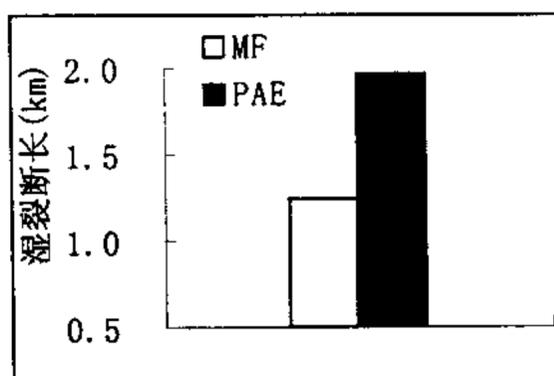


图 3-28 MF 树脂与 PAE 树脂湿增强效果比较

3.4.3 合成纤维及其添加效果

3.4.3.1 PVA 纤维

PVA 纤维是聚乙烯醇纤维的简称，是一种很重要的合成纤维，在造纸中应用很多。它分为可溶型与不溶型两种，其中可溶型纤维可作为纤维的胶粘剂应用，不溶型纤维可抄制合成纤维纸。

本实验中使用的 PVA 纤维包括了这两种，其中水溶性的溶解温度为 60~70℃，两者的长度均为 3mm。根据厂家的介绍，两种纤维配合使用，可以提高纸页的干湿强度，撕裂度以及耐折度等。本实验使用合成纤维的目的主要是想改善地膜纸的撕裂度，同时希望进一步提高湿强度。实验条件及结果见表 3-15。

表 3-15 添加 PVA 纤维对纸页性质的影响

PVA(溶) 用量 (%)	PVA(不溶) 用量 (%)	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 kPa·m ² /g	撕裂指数 mN·m ² /g
0	0	7.36	1.74	23.6	4.5	8.3
1	1	7.38	1.98	26.8	4.5	8.3
2	3	7.67	2.11	27.5	4.6	8.9
3	2	7.64	2.14	28.0	4.6	8.7
0	5	7.51	1.76	23.4	4.8	9.1

注：打浆度 56°SR，定量 50 g/m²，PAE 用量 1.5%，熟化条件 120℃、30min。

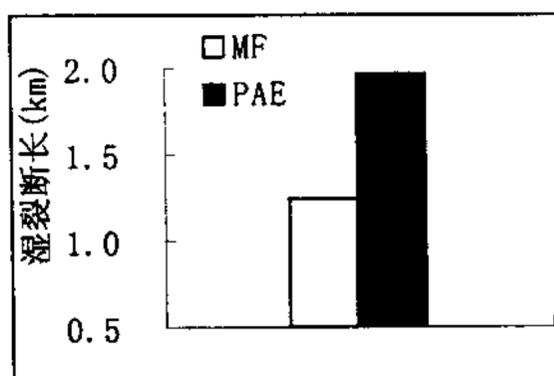


图 3-28 MF 树脂与 PAE 树脂湿增强效果比较

3.4.3 合成纤维及其添加效果

3.4.3.1 PVA 纤维

PVA 纤维是聚乙烯醇纤维的简称，是一种很重要的合成纤维，在造纸中应用很多。它分为可溶型与不溶型两种，其中可溶型纤维可作为纤维的胶粘剂应用，不溶型纤维可抄制合成纤维纸。

本实验中使用的 PVA 纤维包括了这两种，其中水溶性的溶解温度为 60~70℃，两者的长度均为 3mm。根据厂家的介绍，两种纤维配合使用，可以提高纸页的干湿强度，撕裂度以及耐折度等。本实验使用合成纤维的目的主要是想改善地膜纸的撕裂度，同时希望进一步提高湿强度。实验条件及结果见表 3-15。

表 3-15 添加 PVA 纤维对纸页性质的影响

PVA(溶) 用量 (%)	PVA(不溶) 用量 (%)	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 kPa·m ² /g	撕裂指数 mN·m ² /g
0	0	7.36	1.74	23.6	4.5	8.3
1	1	7.38	1.98	26.8	4.5	8.3
2	3	7.67	2.11	27.5	4.6	8.9
3	2	7.64	2.14	28.0	4.6	8.7
0	5	7.51	1.76	23.4	4.8	9.1

注：打浆度 56°SR，定量 50 g/m²，PAE 用量 1.5%，熟化条件 120℃、30min。

从实验结果可以看出,添加水溶性及不溶的 PVA 纤维对纸页的各种强度均有一定的改善,相对来说,水溶性的 PVA 纤维主要是起到改善湿强度的作用,而不溶的 PVA 纤维主要是起到提高撕裂度的作用,这一点从表中数据可以看出,因为随着水溶性 PVA 纤维添加量的增加,湿裂断长的值逐渐增加;而随着不溶的 PVA 纤维添加量的增加,纸页的撕裂指数不断上升,但是,总的来说,它们对改善撕裂度起到的作用不是很大,不溶的 PVA 添加量达到 5%时,撕裂指数也不过才提高 $0.8 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$;水溶性 PVA 纤维在添加量为 1%时,湿干强比(W/D)提高了 3.2 个百分点,再增加其用量,效果不大。

经过分析,产生上述结果的原因可能在于:①添加水溶性的 PVA 纤维、抄出的湿纸页在干燥后,湿纸页下的细纹布跟干燥器胶膜、上面的细纹布跟细铜网都粘得比较紧,因此,溶解后的 PVA 纤维可能大部分都被细纹布吸收了,留在纸页中的很少,所以增加用量,对湿增强的作用不显著;②所使用的 PVA 纤维不是很长,才 3mm,而红麻韧皮纤维的平均长度在 2.6~2.9mm 之间,所以 PVA 纤维对撕裂指数的改善效果也不是很显著。③PVA 纤维没有经过打浆,它们与红麻纤维的结合力可能不是很好。

综上所述,由于 PVA 纤维的价格比较高,不溶性 PVA 纤维对纸页的撕裂度改善不是很明显,如果从成本方面考虑,应当不使用这种纤维。水溶性 PVA 纤维在添加量为 1%时,湿强的增加效果较明显,再增加用量,效果不佳,因此,确定其添加量为 1%。

3.4.3.2 丙纶纤维

丙纶纤维即聚丙烯纤维,其分子式为: $\left[\text{CH}_2 - \underset{\text{CH}_3}{\text{CH}} \right]_n$ 。丙纶纤维具有高

强力特性。非织造布工业是丙纶的主要应用领域。丙纶应用于非织造布工业,可生产一次性商用非织造布产品,卫生用品、医用材料以及产业用非织造布产品,如土工布、过滤布、擦拭布及覆盖材料等。

本实验中使用丙纶纤维的主要目的是为了提高地膜原纸的撕裂度,考虑到前面使用 PVA 纤维效果不佳的原因,因此,用剪刀将其剪成 5~6mm 长的纤维段,然后加入到浆料中,其用量为 5%,实验条件及结果见表 3-16。

表 3-16 加入丙纶纤维对纸页性质的影响

丙纶纤维 用量 (%)	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 kPa · m ² /g	撕裂指数 mN · m ² /g
空白	7.36	1.74	23.6	4.5	8.3
5	7.19	1.76	24.5	4.8	12.3

注：打浆度 56°SR，定量 50 g/m²，PAE 用量 1.5%，熟化条件 120℃、30min。

实验结果表明，丙纶长纤维加入，对麻地膜的撕裂指数有很大的提高，跟空白实验相比，提高了将近 50%；耐破度也有所提高，湿强基本不变，但是干裂断长有所下降。而且丙纶长纤维加入后，浆料很容易絮聚，所抄出的纸片匀度下降，正是由于这一点，造成纸页的干裂断长有所下降，因此，生产中必须注意操作条件，防止浆料的絮聚。

3.4.4 麻地膜原纸的性能指标及应用分析

通过对前述各种助剂及合成纤维使用条件的探讨，最后确定麻地膜原纸的抄制条件如表 3-17 所示，麻地膜原纸的性能指标检测结果如表 3-18 所示。

表 3-17 麻地膜原纸的抄制条件

浆料 打浆度	麻地膜 定量	熟化 条件	PAE 用量	CMC 用量	水溶 PVA 纤维用量	丙纶纤 维用量
56°SR	50g/m ²	120℃、30min	1.5%	0.1%	1%	5%

注：助剂的加入量均是对绝干浆料的百分比

表 3-18 麻地膜原纸性能指标

定量 (g/m ²)	干裂断长 (km)	湿裂断长 (km)	W/D (%)	耐破指数 (kPa · m ² /g)	撕裂指数 (mN · m ² /g)	耐折度 (次)	透气度 (ml/min)
50	7.26	2.28	31.4	4.8	12.3	1022	97

从表 3-18 可见, 在前述各条件实验得出的最优条件下抄制的麻地膜, 各性能指标均达到了比较好的水平, 其湿强度百分数达到了 31.4%。虽然目前纸基地膜的性能指标没有统一的标准, 但本论文所研制的麻地膜各强度指标均达到或超过了文献 44 中提出的麻地膜技术指标 (见表 3-19)。

表 3-19 麻纤维地膜技术指标^[44]

指标名称	单位	规格	
定量	g/m ²	30~40	50~60
裂断长	m	>4500	>4000
湿强度	%	>20	>20
横向撕裂度	mN	>350	>300
透明度	%	>60	>50
完全降解时间	天	<90	<90
覆盖效果		与塑膜相当可替代	与塑膜接近可替代

因此, 所研制的麻地膜原纸干湿强度能够达到作为地膜使用的要求。在生产加工中, 可以通过浸渍透明剂, 做成透明地膜; 也可以加入染料, 做成有色地膜; 还可以浸渍抗菌剂、杀虫剂、肥料等, 做成各种功能性地膜, 提高其附加价值。

当然, 按面积来算, 麻地膜的成本肯定要超过塑料地膜。但麻地膜是纯天然纤维产品, 可完全降解, 参入生物循环, 对农业可持续发展有着极为重要的意义。而且应当看到, 使用后塑料残膜的清捡需要花费大量的人力物力。因此, 计算成本时应当把地膜的回收成本也计算进去。这样一来, 两者的相差可能不大。总之, 麻地膜在环保方面有着广阔的前景。

第四章 结论

4.1 通过对红麻全秆、秆芯及韧皮部的原料成分分析,发现红麻原料的纤维素含量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。红麻全秆是一种很具潜力的优良的造纸原料,红麻全秆作为研制麻地膜的原料,在经济上和性能上是可行的。

4.2 通过研究分析,确定红麻全秆 KP-AQ 浆作为麻地膜用浆,并通过正交试验确定出红麻全秆 KP-AQ 法蒸煮制麻地膜用浆的最佳工艺条件为:用碱量 18% (以 Na_2O 计),硫化度 25%,最高温度 165°C ,保温时间 150min, AQ 用量 0.05%,液比 1:5。在此条件下蒸煮所得浆料的细浆得率为 44.9%,卡伯值为 17.3,粘度为 982.1ml/g。而且从实验中可以得出,影响红麻全秆蒸煮的首要因素为用碱量,其次为蒸煮温度和保温时间。

4.3 不同打浆度下红麻全秆 KP-AQ 浆手抄纸页的强度检测结果表明,在打浆度为 60°SR 时,纸页裂断长达到最大值 6.17 km。就干强度而言,已经基本能够满足麻地膜使用的要求,但是其湿强度很低,从湿干强比 (W/D) 可以看出, W/D 大概在 2%左右,因此,不加任何助剂的话,不能作为地膜使用。

4.4 在麻地膜原纸的抄制中,湿强剂 PAE 树脂的湿增强效果明显优于 MF 树脂。同时,通过几组条件实验得出 PAE 树脂在麻地膜抄纸中应用的最佳条件为:打浆度 $52^\circ\text{SR} \sim 58^\circ\text{SR}$,用量 1.5%,系统 pH 值 7.5,熟化条件 120°C 、30min,此时,麻地膜湿裂断长达到 1.74km。另外,添加 0.1%CMC 能够改善 PAE 树脂的湿增强效果,使湿裂断长达到 1.97km。

4.5 通过加入 1%的水溶性 PVA 纤维和 5%的丙纶纤维,增加了麻地膜的撕裂度 (撕裂指数从 $8.3 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$ 提高到 $12.3 \text{ mN} \cdot \text{m}^2/\text{g}$),同时进一步提高了湿强度。

4.6 麻地膜的抄制条件为:定量 $50\text{g}/\text{m}^2$,浆料打浆度 56°SR ,PAE 用量 1.5%,CMC 用量 0.1%,水溶性 PVA 纤维用量 1%,丙纶纤维用量 5%, 120°C 下

快速熟化 30min。在上述条件下抄制的麻地膜性能指标为：干裂断长 7.26km，湿裂断长 2.28km，湿干强比（W/D）31.4%，耐破指数 4.8 kPa·m²/g，撕裂指数 12.3 mN·m²/g，耐折度 1022 次，透气度 97ml/min。

4.7 按面积来算，麻地膜的成本相对塑料地膜较高，现阶段大范围农田推广应用或被广大农民认可使用，还存在一定困难。但随着塑膜对土壤危害的日趋严重；随着对环保要求及人们认识的不断提高，或国家对农业政策的规定、以及麻地膜成本的进一步降低；随着红麻种植面积的扩大，麻地膜的应用前景一定广阔。

参考文献

- [1] 张睿. 小麦地膜栽培技术问答. 金盾出版社, 2001年, 1~2
- [2] 沙家峻. 农用化学品. 化学工业出版社, 1999年, 35~36
- [3] 麻世华, 叶东平, 麻成军. 农用塑料薄膜的残留危害及控制措施. 现代化农业, 1997, (10): 5~6
- [4] 安琼. 塑料对农田生态系的污染及其防治. 农村生态环境, 1996, 12(2): 44~47
- [5] 刘清. 我国农膜土壤污染的现状、原因与治理措施. 环境污染与防治, 1993, 15(4): 21~23, 37
- [6] Qian Hanying. Agriculture Film in China, *Plasticulture.J.*, 1988, 77(1): 53~59
- [7] 钱汉英, 王佩璋, 王秀娴等. 耐老化易回收地膜的研究. 1993, 7(2): 21~26
- [8] William R., etc. Degradability of Papers and Plastics-Comparative Study. *Tappi J.*, 1993, 76(3): 193~195
- [9] A1berllsson, Carlsson . LDPE/HDPE/LDPE Nonwoven Scrim-Reinforced papers. *Plasticulture.J.*, 1989, 78(3) : 35~37
- [10] 邹盛欧. 降解聚乙烯膜. 化工商品科技情报, 1993, 16(1): 36~39
- [11] Wei Sung, Zivko L. Nikolov. Accelerated Degradation Studies of Starch-Filled Polyethylene Films, *Ind. Eng. Chem. Res.* , 1992, (31): 2332~2339
- [12] 韩昌泰等, 尔英. 可控光生物降解地膜的研究与应用. 塑料导报, 1995, 24(2): 29~36
- [13] CN 1088225A
- [14] JP. pat. 93-287120
- [15] JP. pat. 93-148337
- [16] JP. pat. 90-2303
- [17] JP. pat. 特许 平 4-4559
- [18] JP. pat. 公开 平 2-2303
- [19] JP. pat. 特许 平 4-4550
- [20] DE. pat. 4127763
- [21] US. pat. 5050353
- [22] US. pat. 5163247
- [23] 艾克拜尔·阿不都卡德尔. 多功能农用纸质地膜应用试验简报. 新疆农业科学, 1997, (5): 220~221
- [24] 郭富常. 多效农艺营养纸膜对番茄和黄瓜生育的影响. 华中农学报, 1995, 10(4): 119~122

- [25] 傅玉全. 纸基地膜覆盖栽培试验. 纸和造纸 2000, (1): 45~46
- [26] 高玉杰, 谢来苏. 纸基农用地膜实际应用研究. 天津造纸, 1998, (1): 11~13
- [27] 贾原媛、谢来苏. 纸质材料在土壤中的降解. 中国造纸, 1997, (3): 67~68
- [28] 兰雨锋. 水稻应用纸质地膜覆盖栽培试验. 垦殖与稻作, 2000, (2): 21, 28
- [29] A.F. Kaldor, etal. Kenaf—a fast growing fiber Source for Papermaking. Tappi J. 1990, 73(11): 205
- [30] A.F. Kaldor, etal. A Strategy for the development of a kenaf—based pulp and paper industry. Tappi J. 1992, 75(1): 87
- [31] 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
- [32] 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
- [33] 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
- [34] 屈维均. 制浆造纸实验. 中国轻工业出版社, 1992.8
- [35] 石淑兰, 胡惠仁, 隆言泉. 红麻的原料特征及其硫酸盐法制浆特性. 天津造纸, 1991(1): 4~9
- [36] 刘明友, 任维羨. 红麻全秆烧碱蒽醌法蒸煮. 纸和造纸, 1996(1): 45~46
- [37] 成都造纸公司研究所. 全株红麻制浆漂白. 四川造纸, 1991, (1): 8~19
- [38] 张光华. 造纸化学品. 中国石化出版社, 2000. 12
- [39] 杨长德. 开发碱性抄纸的新途径. 四川造纸, 1996, (1): 9~16
- [40] 毕松林, 吴佩琛, 戴红旗等. PPE 树脂应用研究. 中国造纸, 1993, (2): 32~37
- [41] 张素凤, 劳嘉葆. 影响聚酰胺表氯醇树脂增强效果的因素. 纸和造纸, 1999,(4): 50
- [42] 孙义坤. 聚酰胺环氧氯丙烷树脂在我厂的应用. 造纸化学品, 1992, 4 (4): 37~39
- [43] 黄鸿. 浅谈纸张湿强剂三聚氰胺甲醛树脂. 纸和造纸, 2000, (4): 54~55
- [44] 周文春. 环保型麻纤维纸地膜研究开发分析. 中国麻业, 2002, 24 (2): 22~25

致 谢

本论文是在导师周景辉教授的耐心指导下完成的，字里行间凝结着周老师的心血和汗水。导师广博的知识，严谨的治学态度和勤劳的工作习惯使我受益非浅，感谢导师三年来悉心的教诲和培养。同时，在论文完成期间，梁富政老师、杨汝男老师及造纸教研室的其他各位老师以及实验室邢效功老师、赵涛老师都给予了我大力的支持和热情的帮助，在此一并表示感谢。

另外，在论文的初始阶段，得到了天津科技大学谢来苏教授和黑龙江造纸研究所杨金玲教授级高工的指导，他们开阔的视野和渊博的知识使我受益非浅，并使我对如何开展整个论文的思路逐渐明晰起来。在此，向他们表示衷心的感谢！