

Abstract

Organization structures, chemistry components and performances of cotton were dissertated in this thesis. Suitable measures and criterions of analysis and test for cotton pulping were put forward by lots of tests.

Cotton can be planted in many areas in our country. Its quality was far different from producing areas for different zoology conditions and producing methods. There were many differences in pulping performance. Systemic study was developed to find rules of cotton pulping performances in the thesis by analyzing mature coefficient, average single fiber breaking strength, Mic value. Cotton was cooked and bleached by NaOH and H_2O_2 . It was found that breaking strength of cotton fiber was direct ratio to pulp strength, mature coefficient and breaking length were master factors effecting refining, and Mic value had some effects on cotton pulps. The optimum Mic was from 3.5 to 4.9.

Mixed making of cotton fibers and straw fibers or hemp fibers was studied too. Chinese alpine rush pulp and flax pulp were selected as representatives.

Results were as follows:

1. Mixed making sheets test of cotton pulp and flax pulp sheets breaking length, folding strength and fibers filtering time increased as quantity of flax pulp increased.

2. Mixed making sheets test of cotton pulp and Chinese alpine rush pulp. sheets folding strength, breaking length increased, friction strength decreased. permeance increased clearly as quantity of Chinese alpine rush pulp increased.

3. Mixed making sheets test of cotton pulp, flax pulp and Chinese alpine

rush pulp. sheets folding strength, stiffness, breaking length were best in proportion of 75% cotton pulp, 20% flax pulp and 5% Chinese alpine rush pulp.

KEYWORDS: cotton, Chinese alpine rush, flax, mixed making performance, producing area difference, pulp performance, mature coefficient

摘要

本论文对棉花的组织结构、化学成分以及性能进行了系统的论述。通过大量试验分析，提出了适合制浆造纸用棉花的分析检验的方法和标准。

根据我国棉花种植范围广，宜棉区域的不同生态条件以及棉花生产的特点，对由于棉花产地差异，棉花的性能有一定差异，而纸浆性能差别则较大的现象进行了系统研究，通过对不同产地棉花成熟系数、平均单根纤维断裂强力、断裂长度、马克隆值等分析，采用NaOH-H₂O₂法进行煮漂试验，找出棉花纸浆性能产地差异的规律。发现棉纤维的断裂长度与纸浆强度成正比，棉纤维的成熟系数和断裂长度是影响打浆的主要因素之一，马克隆值对棉浆强度有一定影响，最佳马克隆值为3.5-4.9。

本论文重点研究了棉纤维与草类纤维浆和麻类纤维浆的配抄性能。经过分析，选择龙须草浆和亚麻浆为代表。研究发现：

1、棉浆与亚麻浆配抄，成纸裂断长、耐折度指标随亚麻浆配加量的增加，浆料滤水时间随亚麻浆配加量的增加而增加。

2、棉浆与龙须草浆配抄，成纸随配加龙须草浆量增加，耐折度、裂断长指标相应增加，但耐磨度随配加量增加而减小。透气度则随龙须草浆配加量增加而明显增大。

3、棉浆、亚麻浆和龙须草浆配抄，成纸耐折度、挺度、裂断长等指标，以75%棉浆、20%亚麻浆、5%龙须草浆的配比较优。

关键词：棉花；龙须草；亚麻；配抄性能；产地差异；纸浆性能；成熟系数

□致谢

棉纤维配抄性能的研究

前言

造纸术是我国古代的四大发明之一，但由于种种原因我国造纸工业发展缓慢，改革开放以来我国造纸工业有了较大的发展，到2001年底，我国共有造纸厂约4000多家，其中年销售额在500万元人民币以上的有2620家，纸和纸板的产量为2840万吨，总销售额超过1137亿元人民币。同期全国纸和纸板的总产量达到3200万吨，进口纸浆、纸板、废纸、纸张及纸制品用汇高达60多亿美元。到2001年底，我国造纸工业的纤维原料有了较大的变化，木浆和二次纤维的比例分别上升到23%和44%。但与国外发达国家造纸行业比较，我国的造纸行业仍然存在企业规模小、品种少、质量差等问题。我们虽然在造纸原料调整方面有了长足的发展，但为了进一步缓解我国长纤维浆的供应，还应该重视非木材纤维原料中的长纤维原料如麻类、棉类等纤维的开发利用。棉纤维是一种优质的纤维原料，在造纸生产中已经得到了一定的应用，利用棉纤维的特殊性能开发纸张新品种，对于改进原料结构，充分利用棉纤维资源都具有现实的意义。为了充分利用棉纤维原料，就必须对棉纤维的配抄性能进行研究。棉纤维原料一般包含棉花、棉短绒以及各种废棉、破布等回收棉纤维。本研究所指棉纤维原料为棉花。

1、本论文选题的原因：

棉纤维(cotton fiber)是(由各种棉籽的种毛组成。棉类植物果实(棉桃是一个果荚，当成熟时(破)裂开容易摘下，种子及附在其上的棉绒(种毛)棉纤维在轧棉过程中与棉籽脱离。

棉纤维是一种优质的纤维原料，也是制浆造纸的优质原料。随着我国化纤工业、毛纺工业，以及棉花栽培技术的发展，用于制浆造纸的棉纤维量有了明显的增加。棉纤维在生产各种高级纸张和特种纸张的作用也愈来愈重要。棉纤维在造纸生产有的100%采用，但更多的是与其它纤维搭配使用。近年来，虽有对棉纤维制浆造纸的研究报道，但对棉纤维原料棉花用于制浆造纸的棉花分析及检验，质量要求以及棉纤维与其它纤维搭配抄纸缺乏系统的研究。因此，本论文对棉纤维原料棉花的分析及检验、质量要求，特别是棉纤维与其它纤维搭配抄纸进行了分析与研究，以对实际生产进行理论的帮助和指导。

2、国内外概况

棉花和棉短绒制浆技术的研究我国在八十年代初期开始有研究报道，四川502厂、陕西科技大学、山东轻工业学院等对棉短绒、棉花制浆有一定研究，而国外在八十年代开始进行棉类原料的连续蒸漂设备的研究，并取得了水平管

式、塔式、双螺旋管式等形式的连续蒸漂设备，大大提高了棉类原料的制浆效率。但有关棉纤维与其它纤维搭配抄纸的研究，国内外仅见于某一具体产品的试验研究或生产性报道，尚缺乏系统的研究。

3、本论文所要解决的问题

本论文所要解决的问题有以下三个方面：

- 3.1 对用于制浆造纸的棉纤维指标进行研究。
- 3.2 棉纤维产地不同对配抄性能影响的研究。
- 3.3 对棉纤维与草类纤维、麻类纤维的配抄性能进行研究。

第一章 棉纤维原料的分析与研究

1.1 文献综述

1.1.1 棉纤维的组织结构

棉纤维结构一般包括大分子结构、超分子结构和形态。

1.1.1.1 纤维的大分子结构

棉纤维的生长分为三个时期，这三个时期的划分充分体现了棉纤维生长发育的特点。三个时期分别为棉纤维的纤维伸长期、纤维加厚期、纤维转曲期。棉纤维生长的前半期是伸长阶段，表现为纤维细胞的伸长和初生壁的形成。在棉花开花之前，胚珠的表面细胞相当平滑，而当花冠开放后，胚珠还未受精前，胚珠的表皮细胞即有多出隆起，这表明有些表皮细胞已经在伸长，这些细胞就是纤维原始细胞。经过一昼夜的时间，纤维的原始细胞可以伸长为其宽度的两倍。胚珠受精后，纤维原始细胞就迅速生长。在伸长的同时，也加大细胞的宽度，细胞核也随着细胞向前移动。一般在开花后第 6-8 天内纤维原始细胞伸长的速度最快，棉纤维一般在 25 天左右就可以生长到应有的长度。但在构造上仍只有一层初生细胞壁，内部很少加厚。棉纤维生长的后半期是加厚阶段，表现为细胞壁加厚，中空变小。当纤维原始细胞生长到应有长度以后，即开始细胞壁的加厚生长。这时纤维细胞在初生细胞壁不断沉积纤维层，形成次生细胞壁。由于次生细胞壁形成时纤维沉积有昼夜周期，一般每天一层，层次分明称为生长日轮，就象树木的年轮一样。陆地棉纤维加厚期从开花后 20-30 天起约经 20-30 天。纤维在加厚期以后，内部充实，细胞壁加厚。中空变小。纤维的加厚生长与温度关系较大。新疆棉与内地棉的区别就是因为温度的关系。纤维素的沉积是在温度较高的时候进行的，在 20-30℃ 的温度范围内，温度愈高，加厚愈快。如果夜间温度低于 20℃，则纤维素沉积就会受影响，15℃ 以下纤维加厚就会停止。后期发生细胞壁较薄，不成熟的纤维多，这就是由于当温度降低时，影响纤维素沉积的原因。纤维扭曲期约 15-20 天，此时管状细胞干燥变扁，细胞腔内残留的蛋白质也变干沉积。棉铃开始呈现裂缝后，纤维暴露在空气中，水分蒸发引起表面收缩，因为纤维素间有空隙，细胞壁厚薄并非均匀一致。所以，干燥时形成不规则的天然转曲。形成天然转曲的时期，一般在棉铃开始呈现裂缝后的 3-4 天。为未成熟纤维细胞壁薄，没有转曲。

正是由于棉纤维生长过程中是不断变化的，棉纤维在生长过程中化学组成也是变化的，如表 1-1。

棉纤维表面含有蜡质，俗称棉蜡，是纤维素生长初期过程中伴生的不溶于水的脂蜡类物质，它的化学组成主要是碳原子数为 24-30 的脂肪酸、脂肪醇以及它们的脂的混合物。棉蜡对棉纤维具有保护作用，能防止外界

水分立即侵入。棉蜡在制浆中被烧碱等化学物质除去。

成熟的棉纤维绝大部分由纤维素组成，纤维素是在棉花生长过程中由二氧化碳和水经光合作用形成的。棉纤维的聚合度为 10000-15000，即是由 10000-15000 个葡萄糖剩基连成一个大分子。棉纤维的纤维素大分子的氧六环之间距离较短，大分子间羟基的作用又较多，故纤维素大分子的柔曲性较差，是属于较僵硬的大分子。由于棉纤维素的分子很大，分子排列也较密，因此成熟的棉纤维绝大部分由纤维素组成，纤维素是在棉花生长过程中由二氧化碳和水经光合作用形成的。棉纤维的聚合度为 10000-15000，即是由 10000-15000 个葡萄糖剩基连成一个大分子。棉纤维的纤维素大分子的氧六环之间距离较短，大分子间羟基的作用又较多，故纤维素大分子的柔曲性较差，是属于较僵硬的大分子。由于棉纤维素的分子很大，分子排列也较密，因此棉纤维具有较高的强度。纤维素大分子“柔曲性”较差，所以棉纤维比较刚硬，摸量很高，回弹性质有限。由于纤维大分子有很多羟基，因此棉纤维是亲水的，同时还会产生一系列的与羟基的脂化、醚化、氧化及取代等反应。因为棉纤维素分子链中有贰键，由于贰键对酸敏感，所以棉纤维不耐酸。在光照下棉纤维大分子上贰键较不稳定，大分子易断裂，使纤维强度下降。特别在水和氧存在下影响更为显著。

表 1-1 棉纤维在生长过程中化学组分的变化

组成物质	组成物质含量 (%)				
	25 天	35 天	45 天	60 天	80 天
纤维素	40.2	77.9	78.6	85.8	93.9
多缩戊糖	2.9	1.5	1.1	1.07	1.02
蛋白质	5.8	3.4	2.5	1.5	0.9
脂肪与蜡	4.4	2.3	1.6	1.01	0.6
水溶性物质	40.8	11.9	—	9.8	3.3
分	4.3	3.09	-2.6	1.8	1.12

1.1.1.2 棉纤维的超分子结构

棉纤维的纤维素大分子结构比较规整，且每个葡萄糖剩基上有三个羟基，大分子之间形成强烈的氢键，大分子链有可能取向和结晶，以及结合成基纤、微原纤、和巨原纤。

取向是大分子排列方向和纤维轴向的关系。大分子排列方向与纤维轴向符合的程度叫“取向度”，用各个大分子与纤维轴向交角的平均数量来度量。通常情况下，细绒棉的倾斜角为 30° 左右；长绒棉 25°；粗绒棉 35° 左右。一般是以双折射法测得的光学取向因子来表示取向度，取向度越

高，纤维强度越高，断裂伸长越低。陆地棉的取向因子约为 0.62。

结晶是纤维中结晶区域的多少称为结晶度，用结晶区的质量占纤维总质量的百分率来表示。结晶度是表示纤维中大分子序态的重要参数，与纤维的物理性质密切相关。纤维结晶度高，纤维强度高，但延伸度小而脆，吸湿比较困难，染料分子不易进入；结晶度低的，纤维强度低，延伸度大染色性能较好。棉纤维的结晶度约为 70%。

基原纤一般情况下是直径约 10-30 纳米的有一定柔曲性的棒状物。微原纤是利用电子显微镜观察，可以清晰地看出纤维素大分子集集成极微细的丝状体。

原纤是由若干根微原纤基本平行地排列结合在一起更粗些的大分子束，其宽度（直径）在 10-30 纳米。巨原纤是由原纤基本上平行地堆砌得更粗的大分子束，巨原纤的横向尺寸（直径）最大的可达 0.1-0.5 微米。原纤和巨原纤中存在比微原纤中更大的缝隙、孔洞和非结晶区。巨原纤在棉纤维中是螺旋状配置的，并且螺旋的方向不断改变。棉纤维中，微原纤内有 1 纳米左右的缝隙和孔洞，原纤间具有 5-10 纳米的缝隙和孔洞，次生壁中日轮层之间具有 100 纳米左右的缝隙和孔洞，因而棉纤维微观内部也是一种多孔性的结构。

1.1.1.3 棉纤维的形态结构

成熟的棉纤维外观形状可分为基部、中部和顶端三部分。由于纤维素是以螺旋状巨原纤形态一层一层地淀积，螺旋方向有左旋也有右旋，在一根纤维的长度方向反复改变，因此当棉铃裂开，纤维干瘪后，胞壁不均匀收缩产生跷曲和扭转，形成所谓“天然转曲”。天然转曲是棉纤维的形态特征，也是棉纤维区别其它纤维的一种有效方法。一般成熟正常的棉纤维转曲最多，薄壁纤维转曲很少，过成熟纤维外观呈棒状，转曲也少。不同品种的棉花，纤维转曲也有差异，一般长绒棉的转曲多，细绒棉的转曲少。细绒棉转曲数约每米 39-65 次。棉纤维的转曲沿纤维长度方向不断改变转向，有时左旋，有时右旋。这就是转曲的反向，反向数约为每厘米 10-25 次。对纤维全长上的转曲测定得出：纤维中段的转曲最多，梢部次之，根部最少。同一粒棉子上，长纤维转曲最多，短纤维次之，中等长度纤维最少。各根纤维之间的转曲数差异很大，转曲不均匀率很高。棉纤维的转曲较多时，纤维间的抱合力大，但转曲反向却使棉纤维的强度下降，反向处本身不一定是棉纤维薄弱环节，但巨原纤的反向附近却造成了棉纤维的薄弱环节。

棉纤维原有的圆形横截面干涸瘪缩而成为典型的腰圆形。棉纤维的截面结构是由许多同心层组成，可区分出六个层次，主要的有初生层、次生层、中腔三个部分。初生层是棉纤维的外层，即纤维细胞的初生层部分。

初生层的外皮是一层蜡与果胶，在外皮之下是纤维的初生细胞壁，初生细胞由网状的原纤组成。初生细胞壁与外皮构成棉纤维的外膜，这层外膜与棉纤维的表面性质密切相关。棉纤维初生胞外直径随棉花品种不同而异。初生胞壁厚度很薄，约为 0.1-0.2 微米，重量仅占纤维重量的 2.5-2.7%。棉纤维初生胞壁中的纤维素呈螺旋状结构，与纤维轴倾斜约 70°，有时发现与纤维轴几乎成直角，一般梢部的倾斜角较根部大，螺旋方向有左旋也有右旋，但沿纤维长度方向并不改变。棉纤维的初生层下面是次生胞壁，占棉纤维的绝大部分。次生胞壁在棉纤维生长期间由外向内逐渐分层淀积，形成日轮。棉纤维生长停止后，次生胞腔内遗留下来的最内部的空隙称为中空。同一品种的棉纤维，初生胞壁平均周长大致相等。

1.1.2 棉纤维的性能

1.1.2.1 棉纤维的化学性能

棉纤维的主要化学性能决定于纤维素大分子中葡萄糖剩基的甙键以及每个葡萄糖剩基上的三个羟基，大分子中存在的少量其它基对棉纤维的化学性质影响较小。

棉纤维虽然具有大量的亲水羟基，但不溶于水，仅能有限度地膨化。这主要是由于纤维素分子间存在着较强的氢键和范德华力。当棉纤维被水湿润而膨化后，水只能进入纤维内部的无定形区。因此无定形区的多少，对纤维的吸水性能有很大的关系。棉纤维的无定形约 30%，它在标准大气状态时的平衡回潮率为 7%；棉纤维水湿的膨化是各向异性的，在水中横截面积增长可达 40-45%，但其长度方向仅增长 1-2%。长时间的高温湿空气作用，由于氧气存在，会使纤维素氧化。

棉纤维耐碱不耐酸，尤其强无机酸对纤维素的作用特别强烈，磷酸较弱，有机酸（甲酸、乙酸）和硼酸则更弱。一些酸性盐类，如硫酸铝，它的水溶液呈酸性反应，也能引起纤维素水解切断长链而呈现脆损。酸对棉纤维的水解作用随浓度、温度和时间的增加而加剧。酸对纤维素的水解作用，开始在无定形区及结晶区的边沿进行，因而水解速度较快；当无定形部分因水解成小分子而溶解后，水解作用几乎主要在结晶区边沿进行，水解速率就会变慢。研究发现酸对纤维的水解主要是甙键对酸很敏感，水解过程中，纤维素的甙键发生断裂。甙键断裂就是纤维素大分子本身的主链断裂，因此纤维素水解后的聚合度比原来纤维的低，强度也降低。

纤维素大分子中的葡萄糖甙键在 9%以下的碱液浓度和常温下处理是相当稳定的；当碱浓度高于 10%时，在常温下纤维即开始膨化，直径增大，纵向收缩；如果浓度提高到 17-18%，处理 0.5-1.5 分钟后，即引起纤维横向膨化，使纤维变形能力增加，如果在膨化的同时，纤维给以外力拉伸，则由于纤维形态改变，纤维表面的光泽度增加，使纤维呈现丝一样的光泽。

在洗去碱之后，光泽仍旧保持。在较高的温度下用浓碱液处理棉纤维，特别有空气存在时，则氢氧化钠表现为一种催化剂，空气中的氧使纤维素氧化。由于纤维素基环上因氧化而产生的醛基或羰基，能使葡萄糖甙键对碱变得敏感起来，而引起聚合度下降。碱分子通常加成在 2 位碳原子的羟基上。因为碱分子的加成使纤维素大分子间距离增大，分子间作用力削弱，纤维就发生膨化、溶胀现象。

棉纤维素的氧化主要发生在葡萄糖基环上的三个羟基上，但氧化也可以发生在纤维素大分子末端的潜在醛基上。不同的氧化剂对纤维素的氧化不同，如次氯酸钠、过氧化氢对纤维素的氧化属于非选择性氧化，它们对纤维素的氧化作用很复杂，甚至包括纤维素大分子化学键的断裂。

棉纤维没有明显的热塑性，热对棉纤维的作用一是热裂解；另一种是热裂解温度以下的热作用，如果伴随有化学反应的，称为热稳定性；如果单是热的作用，称为耐热性。前这将造成纤维素破坏脆损；后者只是增加了纤维素分子的热运动，分子间互相作用的力减弱，强度会暂时降低，但当温度降低后，强度基本上又能恢复。

棉纤维的热稳定性并不好，虽然含水量极低的棉纤维能在 140℃ 加热 4 小时而不发生显著变化，但在 140℃ 以上长时间加热，就要产生纤维的物理和化学变化，例如 150℃ 加热 1 小时，强力降低将近 50%。光对棉纤维长期照射能引起棉纤维损伤，其原因一方面波长越短的光，能量越大，它能使纤维大分子上甙键较不稳定，大分子易断裂，使纤维强力下降；另一方面是光和氧气、水分一起能引起纤维的光氧化作用。

棉纤维在潮湿的环境下，对微生物的抵抗性能较差。微生物会生长繁殖，分泌出纤维素酶和酸，从而使棉纤维发霉变质，因而棉纤维在储运过程中要注意在比较干燥的环境中。

棉纤维不溶于乙醇、乙醚、苯、丙酮、汽油、四氯乙烯等一般溶剂。

1.1.2.2 棉纤维的力学性能

棉纤维在外力作用下所呈现的内应力与变形就是棉纤维的力学性能。由于棉纤维类别、品种、成熟度等不同，棉纤维的力学性能差异也很大。棉纤维在干态时的断裂强度为 3.0-4.9(克力/旦)，断裂伸长为 3-7%；在湿态时的断裂强度为 3.3-6.4(克力/旦)，断裂伸长 3.3-7.7%。湿干强度比为 110-130%，湿干断裂伸长比为 110%。棉纤维随着回潮率的增加，其强度也增加。

棉纤维的初始模量为 68-93 (gf/D)。

棉纤维的拉伸弹性恢复率在伸长率 3% 时为 74%；在伸长率 5% 时为 45%。棉纤维的耐折挠次数一般长绒棉（纤维直径 17 μ m，单纤维强力 4.5gl）为 3200 次。

1.2 棉纤维的分析检验方法

棉花是一种优质造纸原料，其纤维素含量达到 95-97%，因此棉纤维原料的分析检验与其它纤维原料不同。我国目前的棉花检验标准是根据纺织行业对棉花的质量要求建立的，它主要是依据实物样和一定的仪器检验来进行。由于制浆造纸对棉花质量的特殊要求，现行的棉花标准不能完全表达棉花的质量性能。为了使棉花在进厂检验时能够确切的表达棉花的质量性能，保证棉纤维原料的品质，本研究根据制浆造纸对纤维原料的要求，结合棉花的具体特点以及大量的统计数据进行分析提出了基本适合制浆造纸的棉花检验标准。本研究根据生产实际需要，为方便研究仅以三级棉花为样本进行研究。

1.2.1 实验及分析方法

1.2.1.1 扦样方法

根据我国棉花生产的实际情况，存在棉花从不同地块里采摘的棉花混合一起交货以及仓储、打包、运输等方面的参混现象，我国棉花检验规定了四中扦样方法。根据制浆造纸对棉花品质的要求，经过大量实验，以代表性扦样为佳。代表性扦样的方法是把总体（一批）分为若干部分（组），在各个部分（组）中，用随机扦取的样品合并在一起而组成。当总体中各个部分之间性质差异较大时，代表性扦样的方法更具有实际意义。扦样数量一般根据实践经验确定，也可根据数理统计方法求得。

1.2.1.2 外观检验

外观检验主要是根据棉花的外观预示棉花的质量和制浆造纸性能。外观检验主要检验棉花的成熟度、色泽特征、扎工质量。成熟度就是棉纤维中积累纤维素的程度，因为棉纤维的色泽、强力、弹性、天然转曲、吸湿、染色等物理、化学性能是随纤维素积累程度而不同的，所以棉花的成熟度是反映纤维的内在质量的一个重要因素；色泽特征是棉纤维内在质量在外观上的表现，是指棉纤维的颜色和光泽，它是棉纤维外表的物理现象的反映；扎工质量是扎花工艺对棉花质量的影响，即籽棉经初加工过程扎出的皮棉，视纤维层的匀净清晰程度，各种有害斑点的多少，有无切断纤维等以评定扎工的质量，锯齿棉一般为棉结、索丝、带纤维籽、不孕籽、破籽等；外观检验采用目视的方法，棉花的色泽虽在一定程度上能够预示棉花的品质，但由于外在环境和人为视差的差异，仅作为棉花品质检验的参考。

根据 GB/T13786 标准或以国际上公认的昼光鉴定，采用具有北面光照的检验室（因为，在一天时间内，北面昼光的光色、色温和照度的变化比较少，而且是充分漫射光。）。

成熟度的外观检验有目测法、手扯法、手感法三种，一般外观检验使用目测法。实际在制浆造纸生产中要结合应用仪器检验成熟度（在后面将

进行详述)。目测法依棉样色泽(主要是光泽)的优劣,判断成熟度。棉花颜色洁白或乳白,精亮有丝光,棉块肥大轻松,即为正常成熟的好棉;略有丝光或基色白稍见阴黄,成熟为中等;色呆白、灰暗或阴黄,缺乏光泽,有糟绒,成熟差。

色泽检验分颜色辨别和光泽辨别。棉花的颜色一般分为白色类(洁白、乳白、白)、灰色类(灰白、浅灰)、黄色类(阴黄、灰黄)、褐色类(浅褐、褐、深褐)四类。褐色仅见于国外长绒棉。我国棉花只有白、灰、黄三类。棉花颜色随外因而变化。棉花的光泽一般分为丝光好、有丝光、丝光稍好三档。棉花颜色分为基色和污染两部分。基色是基本色,是棉纤维本来的颜色;污染不是纤维本色,是受外界影响(病虫害、雨水等)染上的颜色。决定棉花颜色,基色起决定作用,同时应考虑污染对整个颜色的影响程度。自然光照下鉴定棉花颜色。应反复移动位置,在不同光线和角度下细心观察。光泽检验在规定的光照下进行,同时还应注意棉花的松紧程度等,因为棉花的光泽随加压的增加而增加。丝光好就是反光程度似晶体一样明亮,棉样摇动时,闪烁光亮活泼;有丝光就是反光程度明亮,不很活泼;丝光稍好就是反光程度次于明亮,不活泼。

扎工检验为目测法。皮辊棉着重观察黄根的多少;锯齿棉着重观察疵点,疵点包括索丝、棉结、不孕籽、破籽及带纤维籽屑。棉花中黄根、疵点杂质多,说明扎工质量不好,反之,扎工质量比较好。

1.2.1.3 棉花长度检验

棉纤维长度是指伸直(指没有伸长的条件下)纤维两端间的距离。由于纤维有天然转曲,所以转曲着的纤维两端间的距离称为纤维的自然长度。当纤维经过梳理伸直后,纤维的自然长度接近于伸直时的长度。

棉花纤维长度检验采用手扯尺量法。棉纤维长度以2毫米为计算单位。一般分为23毫米(包括24毫米及以下)、25毫米(包括24.1-26.00毫米)、27毫米(包括26.01-28.00毫米)、29毫米(28.01-30.00毫米)、31毫米(30.1-32.00毫米)、33毫米(包括32.00毫米及以上)。其中,27毫米为标准品。测量时首先选取棉样,从不同部位多处选取有代表性的棉样约10克,对棉样加以整理,使纤维基本趋于平顺。然后将棉样放在双手并拢的拇指和食指间,使二拇指并齐,手背分向左右,用力握紧,以其余四指作支点,二臂肘紧贴二肋,用力由二拇指处缓缓向外分开,然后将右手的棉样弃去或合并于左手重叠握持。双手平分后,将握紧在左手中的棉样,用右手拇指与食指,清除断面上的棉块、索丝、杂物和不被左手控制的游离纤维,以待抽取纤维。抽取纤维时用右手的拇指与食指的第一节平行对齐,夹取断面多处纤维,每处抽取三次,将每次抽取的纤维均匀整齐的重叠在一起,至成适当棉束为止。然后反复整理、抽拔棉束,清除棉束上的

游离纤维、杂质、索丝等，使棉束达到一端齐另一端不齐的平直光洁。最后，棉束重量一般约为 60 毫克。将扯成一端整齐的棉束，平放在黑绒板上，使棉束没有歪斜变形，用小钢尺的刃面在整齐的一端少切些，参差不齐的一端多切些，两头均以不见黑绒板为宜。棉束两端切痕互相平行，不得歪斜，切痕愈细愈好。然后用小钢尺测量两切线间的距离，即得该棉束的长度。鉴定每个棉样，一般应扯量 3 或 5 个棉束，计算其平均长度。

1.2.1.4 棉花水分检验

棉花中含水的多少，通常用含水或回潮率来表示。检验时采用烘箱法，按照 GB/T6102.1-1985 标准执行。

1.2.1.5 花含杂质率检验

棉花中含有的非棉纤维性物质及其着生的纤维，如沙土、枝叶、铃壳、虫尸、棉籽、籽棉、破籽、不孕籽、带纤维籽屑、软籽表皮等。含杂率就是指在规定试样中，杂质质量对其试样质量的百分率。检测时采用原棉杂质分析仪进行分析。检验方法参见 GB/T6499-1992。

1.2.1.6 棉花马克隆值的检测

马克隆值是指一定量棉纤维在规定条件下的透气性的量度。马克隆值是利用气流通过纤维层所产生的阻力大小来测定棉纤维的细度，棉纤维的细度是指棉纤维的粗细程度。它与纤维的强度、成熟度有着密切的关系。

检验方法参见 GB/T6498-1992。

1.2.1.7 棉花颜色的检验

棉花颜色的检验是利用测色仪测定棉纤维颜色，即反射率 R_d 和黄色 +b 指标。检验方法参见 GB/T13784-1992。

1.2.1.8 棉纤维成熟度检验

棉纤维成熟度是指纤维胞壁相对发育程度。纤维细胞壁愈厚，成熟度愈好。成熟度与生长条件、棉花品种有关，特别受生长条件的影响较大。除长度外，棉纤维的各项性能几乎都与成熟度有密切的关系。棉纤维成熟度的检验方法有中腔细胞壁对比法、偏光仪法、显微镜法、气流法四种。本实验采用偏光仪法，以成熟系数表示，它是根据棉纤维中腔宽度与胞腔壁厚度的比值订出的相应数值。检验方法参见 GB/T6099.2-1992。

1.2.1.9 棉纤维断裂强力检验

棉纤维断裂强力是指被拉伸的棉纤维在断裂时所承受的最大负荷。平束纤维拉至断时所受的断裂负荷及断裂伸长率可从拉伸试验仪上直接读出，而纤维束的长度已确定，所以只要再测定出拉伸纤维束的质量，便可以计算出纤维束的断裂比强度。单位为厘牛顿/特克斯。具体检验方法参见 GB13783-1992。

1.2.2 棉花用于制浆造纸的质量指标确定

为了确定制浆造纸用棉花质量指标，根据对不同产地和不同品种三级棉花的检验数据积累见表 1-2，按照数理统计原理处理得出表 1-3。表中实测范围剔除了异常数据。

表 1-2 棉花指标检验结果

产地	回潮率 %	含杂率 %	成熟系数	单纤维断裂强力 gf	断裂比 强度 cN/tex	马克隆值
大丰	10.99	1.5	1.39	3.20	19.3	3.8
小海						
大丰	10.25	1.0	1.36	3.49	21.1	3.8
小海						
大丰	7.87	1.5	1.43	3.33	20.5	3.7
小海						
大丰	10.01	1.2	1.39	3.36	21.3	3.5
小海						
大丰	8.34	1.0	1.42	3.87	22.9	3.9
小海						
大丰	9.05	1.1	1.44	3.38	20.8	3.7
小海						
江苏	9.17	2.6	1.45	3.39	21.1	3.7
海安						
江苏	8.11	1.8	1.5	3.14	18.1	4.2
海安						
江苏	9.17	1.3	1.61	3.59	20.6	4.2
东台						
江苏	9.17	1.8	1.64	3.70	21.0	4.2
东台						
江苏	8.11	1.4	1.39	3.44	20.8	3.8
建湖						
江苏	9.17	1.2	1.51	3.50	19.7	4.2
响水						
江苏	10.01	2.1	1.35	3.02	19.3	3.5
海安						
江苏	9.05	2.2	1.48	3.57	21.7	3.7
海安						
江苏	9.17	1.7	1.53	3.47	19.7	4.2

银都						
新疆	8.23	0.9	1.46	3.13	19.1	3.7
和田						
新疆						
农一	6.84	0.9	1.50	3.48	20.1	4.0
号						
安徽						
巢湖	8.81	1.9	1.63	3.63	19.8	4.5
新疆						
3291	8.34	1.7	1.61	3.91	23.7	3.7
江苏						
连云港						
港东	8.48	1.3	1.53	3.49	19.2	4.4
辛						
江苏						
连云港						
港东	8.46	1.0	1.44	3.32	19.5	3.9
辛						
江苏						
徐州	7.53	1.4	1.50	3.70	21.3	4.1
大许						
江苏						
徐州	7.64	1.7	1.51	3.63	21.2	4.0
邳洲						
大丰						
大中	8.89	1.0	1.62	3.79	21.1	4.3
大丰						
大中	9.77	1.0	1.56	3.84	21.1	4.4
新疆						
兵团	6.04	1.5	1.51	3.79	22.6	3.8
江苏						
启东	8.58	1.4	1.65	3.50	20.4	4.0
安徽						
肥东	7.78	1.6	1.68	3.59	19.3	4.6
山东						
菏泽	8.70	1.7	1.43	4.10	23.5	3.8

山东	8.46	1.3	1.43	3.66	21.2	4.0
齐河						
江苏						
徐州	8.23	1.4	1.54	3.94	21.8	4.3
邳洲						
江苏						
徐州	9.89	1.6	1.52	3.96	22.6	4.1
邳洲						
江苏						
大丰	8.93	1.2	1.56	3.91	21.9	4.3
大中						
江苏						
常熟	8.46	2.1	1.53	3.53	20.2	4.1
江苏						
启东	10.01	1.9	1.64	4.03	21.8	4.5
安徽						
明光	7.79	2.2	1.63	3.51	19.1	4.4
江苏						
启东	9.89	1.9	1.66	4.16	21.8	4.8
江苏						
启东	9.53	2.4	1.70	3.60	19.6	
江苏						
大丰	8.55	1.2	1.40	3.30	18.9	3.8
小海						
安徽						
徐桥	8.14	1.7	1.62	3.64	19.3	4.6
安徽						
同大	6.19	1.4	1.66	3.63	20.0	4.4
江苏						
盐城	8.26	1.3	1.41	3.42	21.5	3.6
新疆	5.54	1.3	1.43	3.30	19.9	3.8
新疆	5.65	1.3	1.43	3.63	22.3	3.7
江苏						
徐州	6.16	1.4	1.55	3.57	20.6	4.1
贾汪						
江苏	6.61	1.1	1.40	3.30	17.3	4.0

连云港东辛	7.18	1.1	1.41	3.48	19.8	4.2
江苏徐州贾汪	7.64	1.6	1.57	3.63	20.7	4.1
江苏徐州贾汪	7.70	1.1	1.56	3.53	20.0	4.2
山东齐河	7.53	1.1	1.66	3.82	21.4	4.3
江苏连云港东辛	7.87	1.0	1.42	3.30	19.5	3.5
新疆	5.08	1.8	1.84	3.84	21.1	4.4
新疆	6.10	1.4	1.44	4.11	21.6	4.7
新疆	5.74	1.9	1.78	4.22	22.7	4.6
安徽巢湖	8.64	1.3	1.56	3.45	19.6	4.2
山东	7.72	1.5	1.59	3.79	22.6	3.8
山东	8.58	1.2	1.60	3.60	21.4	4.1
江苏海安	7.79	1.4	1.61	3.53	20.4	4.6
江苏海安	8.64	1.9	1.46	3.33	18.3	4.7
新疆	7.33	2.2	1.73	3.70	19.6	4.4
新疆	5.60	1.4	1.69	3.97	21.8	3.9
新疆	7.30	1.1	1.58	3.30	19.6	4.4
新疆	8.11	1.1	1.63	3.47	19.0	4.1
江苏大丰	7.87	1.7	1.51	3.30	18.8	3.9

新疆	6.24	1.8	1.49	3.36	19.8	3.9
山东	7.39	2.2	1.62	3.90	22.7	4.0
山东	8.20	1.9	1.86	4.03	21.2	4.8
新疆	5.95	1.4	1.68	3.60	20.0	4.3
江苏 徐州	8.55	1.8	1.78	3.54	18.6	4.7
新疆	5.56	2.5	1.62	3.32	19.1	4.1
江苏 徐州	7.56	1.7	1.76	3.67	20.0	4.5
新疆	5.59	2.2	1.61	3.59	20.7	4.1
新疆	6.21	2.5	1.63	3.47	20.2	4.0
江苏 徐州	7.67	1.6	1.62	3.45	19.1	4.3
邳洲						
江苏 徐州	9.41	2.3	1.43	3.32	22.1	3.3
江苏 徐州	10.71	2.4	1.50	3.33	21.6	3.4
江苏 小海	8.60	1.3	1.56	3.56	20.6	4.0
江苏 小海	8.70	1.8	1.55	3.10	19.3	3.6
江苏 东台	9.60	1.2	1.53	3.30	19.8	3.7
江苏 启东	8.91	2.2	1.68	3.76	20.5	4.5
江苏 徐州	8.81	1.8	1.57	3.39	20.5	3.8
邳洲						
江苏 银都	8.46	1.6	1.57	3.13	19.5	3.9
江苏 东台	9.77	2.3	1.41	3.16	19.6	3.9
江苏 大丰	8.60	1.4	1.51	3.17	19.1	3.8
小海						

江苏 启	7.99	2.0	1.57	3.53	21.8	3.7
---------	------	-----	------	------	------	-----

表 1-3 三级棉花主要指标检测数据

结果 项目	平均值	标准 偏差	波动范围(设定 置信度为 95%)	实测范围
回潮率	8.11	1.31	5.95-10.27	5.56-10.99
含杂率	1.6	0.43	0.9-2.3	0.9-2.5
成熟系数	1.55	0.11	1.37-1.73	1.35-1.78
单纤维断裂强 力 gf	3.56	0.26	3.13-3.99	3.02-4.22
断裂比强度 CN/tex	20.5	1.28	18.4-22.6	18.8-23.7
马克隆值	4.1	0.35	3.5-4.7	3.5-4.8
R457%	62.7	2.14	59.07-66.3 5	59.77-66.8 0
+b	10.81	0.66	9.69-11.93	9.59-12.19

1.2.2.1 棉花回潮

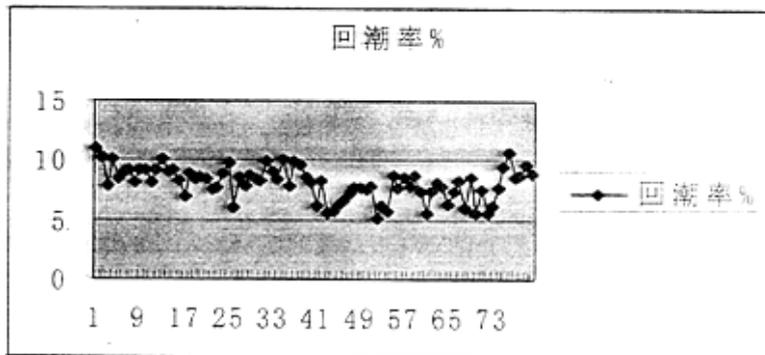


图 1-1 回潮率波动曲线

从表 1-2 和图 1-1 可以看出回潮率在 5-10%之间, 从前面我们知道, 水分含量对纤维的各项性能影响较大, 因此根据棉花的实际生产情况和我们的采购检测结果, 棉花回潮率控制上限为 10.0%比较合适。

1.2.2.2 棉花含杂率

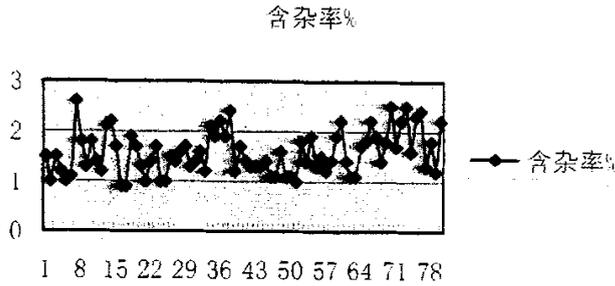


图 1-2 棉花含杂率波动曲线

从表 1-2 和图 1-2 可以看出三级棉花的含杂率波动范围在 1%--3% 之间，根据大量检验结果和制浆造纸生产对棉花含杂率的要求，选择棉花的含杂率在 2.5% 以下比较合适。

1.2.2.3 成熟系数

从表 1-2 和图 1-3 可以看出棉花的成熟系数实际检测值在 1.35-1.84 范围内波动，平均值为 1.55。棉纤维成熟系数是纤维细胞中腔与细胞壁厚的比值关系。纤维成熟系数越小，说明纤维成熟性差，色泽和强度等指标相对较差；纤维成熟系数越高，说明纤维越成熟，色泽和强度等指标相对较好。但在制浆造纸实际生产中，成熟系数太高，由于纤维的细胞中腔大，细胞壁厚度明显减薄，纤维细胞壁过于

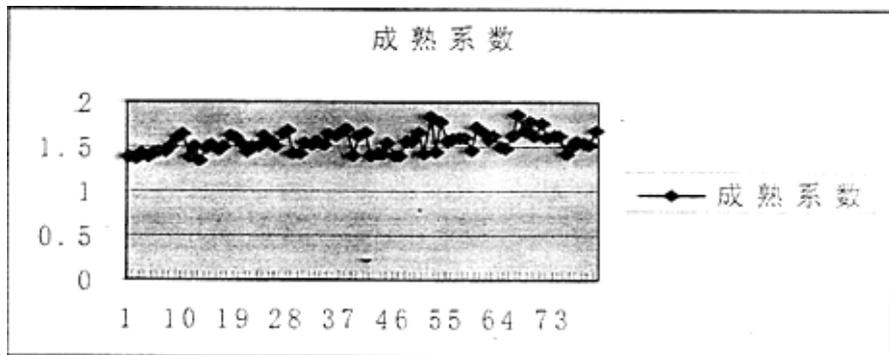


图 1-3 棉花成熟系数波动曲线

致密，打浆时纤维分丝帚化困难，同时过成熟的棉花纤维刚性大，纤维强力反而不高。在实际检测中，纤维成熟系数小于 1.4 的仅占 5.9%，而高于 1.8 的仅有 1.2%，因此根据实际生产经验，确定纤维成熟系数波动范围为 1.4-1.8。

1.2.2.4 棉纤维单纤维断裂强力

单纤维断裂强力 gf

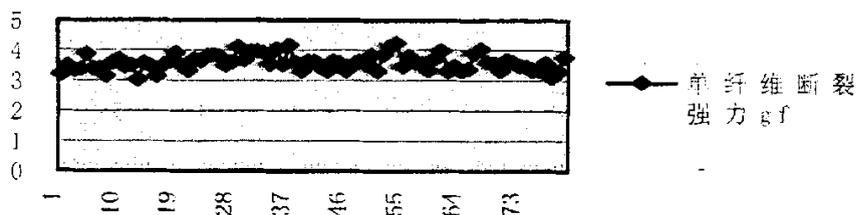


图 1-4 棉花单纤维断裂强力波动曲线

从表 1-2 和图 1-4 可以看出,单纤维断裂强力全在 3gf 以上,最高的是新疆棉达到 4.22gf。单纤维断裂强力对成纸强度有较大的影响,因此将单纤维断裂强力最低确定为 3.00gf。

1.2.2.5 棉纤维断裂比强度

从表 1-2 和图 1-5 可以看出,棉纤维断裂比强度的平均值为 20.5cN/tex,实际检测范围在 17.3-23.7cN/tex。低于 19.0cN/tex 的仅 7.1%,因此,根据制浆造纸生产的实际经验,确定棉纤维断裂比强度最低限定为 19.0cN/tex。

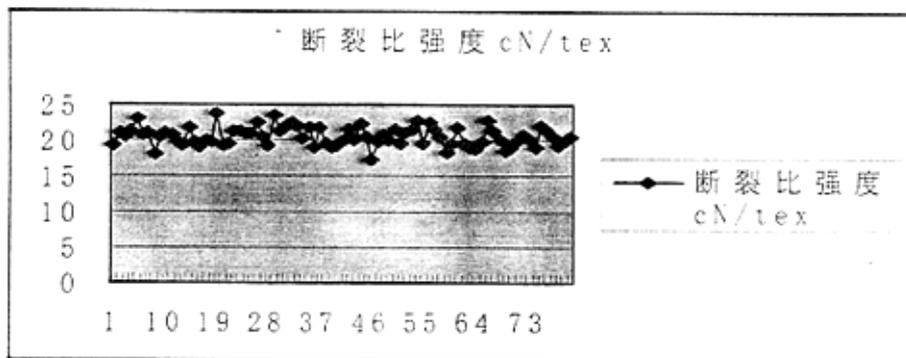


图 1-5 纤维断裂比强度波动曲线

1.2.2.6 棉花的马克隆值

从表 1-2 和图 1-6 可以看出,棉花的马克隆值平均为 4.1,实际检测值在 3.3-4.8。马克隆值是棉纤维细度的量值,马克隆值过低,也就是棉纤维过细,纤维的刚性差,强度低;但马克隆值过高,也就是棉纤维过粗,也就是棉纤维过成熟,不利于制浆造纸。因此按照 GB1103-1999 和生产实际,马克隆值在 3.5-4.8。

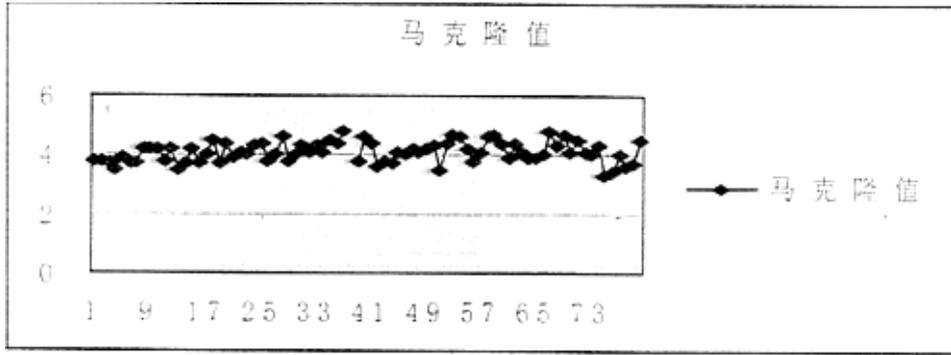


图 1-6 棉花马克隆值波动曲线

第二章棉花产地对棉浆性能影响的研究

2.1 前言

棉花在我国种植有悠久的历史，种棉范围广，根据宜棉区域的不同生态条件以及棉花生产特点等，一般把我国分为五大棉区。棉花是制浆造纸的优质原料，主要用于生产高档文化用纸，证券纸和生活用纸。纸张强度要求较高的纸种，对棉花的质量提出了较高的要求。由于制浆造纸的产品品种不同，对棉花的要求也不同，其制浆方法也各异。由于棉花产地的差异，棉花的性能有一定差异，而纸浆性能差别则较大。由于当前的棉花检验指标几乎只适应纺织用棉花的需要，因此怎样判定用于制浆造纸用棉花的质量研究就显得十分迫切。本研究通过对中国不同产地棉花成熟系数、平均单根纤维断裂强力、断裂长度、马克隆值等方面分析，采用 NaOH—H₂O₂ 法进行煮漂试验，寻找出棉花纸浆性能产地差异的规律。根据试验结果和生产实践，研究了棉花品质对成纸质量的影响，发现成纸强度与棉纤维成熟系数、断裂长度等有一定的关系。通过棉花检验，可以预测成浆性能的优劣。

2.2 实验及分析方法

2.2.1 试验原料

选取江苏、安徽、新疆等地的三级棉花。

2.2.2 试验方法及仪器

2.2.2.1 棉花检验

采用 GB1103—1999 标准，其中马克隆值测定仪为 Y145C 型，棉纤维

偏光或熟度仪为 Y147—电脑二型，束纤维强力机为 Y162 型。

2.2.2.2 煮漂

NaOH—H₂O 煮漂在 15L 电热蒸煮锅中进行。首先称取绝干棉花 1kg (水份以实测为准)，量取一定量的水于塑料桶中，在水中加入一定的 NaOH，再加入一定量的 H₂O 并充分搅拌，然后将称好的棉花放入液体中浸泡均匀后放入 15L 电热蒸煮锅进行煮漂。

NaOH 用量：2.4%

H₂O 用量：2.4%

液比：1：8

空转 30min 后，升温 35min，最高温度 101℃，保温 30min，不进行小放汽。

2.2.2.3 半浆

煮漂后的棉浆经甩干机甩干后洗涤干净，取 700g 绝干浆于荷兰式 (5—44A 型) 打浆机内打半浆。

打浆浓度：1%；

疏解时间：40min；

下刀电流：3.0A

2.2.2.4 精浆

精浆在 WEVERK—46894 打浆机中进行。

精浆浓度：2%；

疏解时间：10min；

下刀重量：5.7kg。

2.2.2.5 抄片：在 X—1206 型抄片器上进行。

2.2.2.6 打浆和纸页分析

打浆度、定量、耐折度、裂断长、撕裂度，耐破度等均按 ISO 标准进行。

纤维长检测采用 kajaani FS—200 型纤维分析仪测定。

2.3 结果与讨论

2.3.1 棉花产地不同其性能有一定的差异。

不同产地棉花的性能见表 2-1。从表中我们可以看出不同省份的棉花性能有差异，同一省份不同地区的棉花性能也有明显差异。为了更能全面的反映这一点，表 2-2 列出了生产中的部分检测结果。

2.3.2 棉纤维断裂长度对纸浆强度的影响。

断裂长度是纤维本身重量与其断裂强力相等的计算长度。从不同产地棉花纸浆指标表 2-3 可知，江苏启东、新疆新和、安徽巢湖，江苏大丰的棉花纸浆强度的高低和棉花纤维断裂长度成正比。江苏东台棉花纤维断裂长度较低，而棉花纸浆强度最高，出现了例外。我们知道影响纸浆强度的

因素，在其它条件相同时，纤维长是一个重要因素，江苏东台棉花的纸浆加权平均纤维长为 1.83mm，而且打浆时间最长，纤维吸水润涨相对充分，因此产生江苏东台棉纸浆强度高的结果。

表 2-1 不同产地棉花的性能

产地 项目	江苏启 东北新	新疆新和	江苏东 台三仓	安徽 巢湖	江苏大 丰银都
手扯长度 (mm)	29	29	29	29	29
机检杂质 (%)	1.70	1.86	1.18	1.90	1.60
水份 (%)	9.28	7.37	9.43	7.30	8.10
成熟系数	1.49	1.53	1.50	1.65	1.51
单根纤维断裂强 力 (gf)	3.70	3.75	3.30	3.90	3.17
马克隆值	3.90	3.70	3.70	4.65	4.03
断裂长度 (km)	22.3	23.0	20.2	21.1	18.7

表 2-2 棉花性能

项目 产地	回潮率 (%)	成熟系数	单纤维断裂强 力 gf	马克隆值
江苏大丰兴中	10.99	1.39	3.2	3.8
江苏大丰小海	10.25	1.36	3.49	3.8
江苏海安	9.17	1.45	3.39	3.7
江苏东台	9.17	1.61	3.59	4.2
江苏建湖	8.11	1.39	3.44	3.8
江苏银都	9.17	1.53	3.47	4.2
新疆和田	8.23	1.46	3.13	3.7
新疆农一号	6.84	1.50	3.48	4.0
安徽巢湖	8.81	1.63	3.63	4.5
新疆 3291	8.34	1.61	3.91	3.7
江苏东辛	8.48	1.53	3.49	4.4
江苏徐州大许	7.53	1.50	3.10	4.1
江苏邳州	7.64	1.51	3.63	4.0
新疆兵团	6.04	1.51	3.79	3.8
江苏启东	8.58	1.65	3.50	4.0

安徽肥东	7.87	1.68	3.59	4.6
山东菏泽	8.7	1.43	4.10	3.8
山东齐河	8.46	1.43	3.66	4.0
江苏常熟	8.46	1.53	3.53	4.1
安徽明光	7.79	1.63	3.51	4.4
安徽徐桥	8.14	1.62	3.64	4.6
安徽同大	6.19	1.66	3.63	4.4
江苏盐城	8.26	1.41	3.42	3.6

表 2-3 纸浆物理指标

产地 指标	江苏启东		新疆	江苏东台三	安徽	江苏
	北新(16批)	新和	新和	仓	巢湖	大丰
半浆	半浆时间	17min	18min	27min	19min	26.5min
	叩解度 (°SR)	29.5	28.5	28.5	30.5	30.5
	纤维长 (mm)	1.50	1.78	1.87	1.56	1.20
成浆	精浆时间	18min	31min	35min	22min	27min
	叩解度 (°SR)	50	50.5	50.5	50	50
	纤维长 (mm)	1.33	1.77	1.83	1.47	1.13
	帚化率	6.5%	6%	10%	8.5%	8%
耐折度(双 次)	4550	9000	10350	5270	2435	
断裂长(m)	4880	5820	5960	4730	5080	
撕裂度(mm)	1820	2960	3280	1640	1500	
耐破度(bar)	2.7	2.8	3.0	2.6	2.0	

2.3.3 棉纤维的成熟系数大小对棉花纸浆打浆的影响。

棉纤维的成熟系数是指纤维胞壁上纤维素的加厚程度，它是反映棉纤维品质的一项综合指标。成熟系数对棉花纸浆强度的影响是两个方面的，一是不同成熟系数的棉花纸浆打浆难易程度不同，成熟系数高的棉花纤维

成熟好，纤维腔壁比值小，打浆时纤维不易被切断，打浆度上升困难，从表 2-3 也可以看出江苏启东棉的成熟系数最小，因而打浆时间最短，但本研究其它产地棉花差别不明显，甚至出现安徽巢湖棉成熟系数高，精浆时间并不长的现象。为了进一步验证，又对四个产地棉花进行了生产对比试验见表 2-4；虽然影响打浆时间的因素是多方面，但从生产积累的数据来看基本上反映出成熟系数与打浆难易的关系。二是成熟系数和断裂长度相匹配对打浆的难易程度有影响，成熟系数低，断裂长度大和成熟系数高、断裂长度小的棉花纸浆打浆都困难；成熟系数和断裂长度都高时棉花纸浆打浆容易，成纸物理强度较高，成熟系数和断裂长度都低时棉浆打浆容易，但成纸强度低。

2.3.4 马克隆值的大小对棉花纸浆强度的影响。

马克隆值是棉纤维细度的表达。由于纤维细度和成熟度对纸浆打浆和纤维纵裂帚化有重要影响，因此必然对成纸强度有一定影响。马克隆值高的棉纤维不易纵裂帚化，马克隆值低的棉纤维易纵裂帚化。大量实践证明马克隆值在 3.5—4.9 之间的棉花纸浆较适应抄造高强度纸张。

表 2-4 成熟系数与打浆时间的关系

项目 产地	成熟系数	打浆时间 min
江苏大丰	1.44	14.0
江苏连云港	1.53	14.5
新疆	1.78	15.5
山东	1.41	13
备注	每个产地棉花至少 50 吨	

2.3.5 结论

- (1)、棉纤维的断裂长度与纸浆强度成正比。
- (2)、棉纤维的成熟系数和断裂长度是影响打浆的主要因素之一。
- (3)、马克隆值对棉花纸浆强度有一定影响，最佳的马克隆值为 3.5—4.9。
- (4) 不同产地的棉花由于生长环境不同，性质有差异，而影响棉花纸浆性能的因素又是多方面的，因此要进一步研究，以便更准确预测成纸性能的优劣。

第三章棉纤维与其它纤维配抄性能的研究

3.1 前言

本研究以棉纤维为主纤维进行研究，其它纤维作为配抄纤维。采用棉纤维与其它纤维搭配抄造纸张，各国在特种纸中使用棉纤维为主，搭配苧麻、亚麻、木、稻草、合成纤维、三亚皮、马尼拉麻等纤维。我国1960年曾进行棉纤维与大麻纤维配抄试验，因大麻纤维难于处理未能成功；1973年开始苧麻与棉纤维配抄试验，并进行了一定量的生产，但由于苧麻蒸煮、漂白困难，未能继续进行研究。1995年开始我们曾参与有关国家“八五”科技攻关项目的研究，取得了一定的研究成果。

由于棉纤维的性质，为保证高质量纸张的生产，选择适合于和棉纤维配抄的纤维是本课题的关键。经过对我国现有纤维原料的分析和走访中国林科院木材所、中国纺织科学研究院、中国制浆造纸研究院，根据我国纤维原料的特点，以草类原料和韧皮类原料为配抄原料。草类原料用于造纸是我国的优势，草类原料品种较多。通过收资和纤维形态分析，发现龙须草原料纤维纤细柔软，细胞壁腔比较大，纤维不易扁塌，打浆时纤维内带化性能好，成纸表面细腻，纸张吸收性和印刷适性好。因此，选择龙须草为草类原料的代表。韧皮纤维原料，从成本资源以及开发等方面考虑，选择了亚麻浆。

由于高级纸张的特殊性和对浆料质量要求的苛刻，目前尚无适合高级纸张的麻浆和龙须草浆的商品浆。我们选择两个浆厂进行合作研究。为了既要尽可能的保护纤维，又要最大限度地除去影响高级纸张外观质量的非纤维杂质。为此，我们经过调查收资，对所选原料进行分析研究，制订了符合高级纸张质量要求的工艺路线。

3.1.1 亚麻制浆

亚麻(flax)又名胡麻(linum usitissimum linacena)。我国三北地区(东北、华北、西北)年种植一千多亩，资源丰富。麻纤维分为长麻、短麻。短麻是麻类在剥皮加工中的剩余物，分为一粗、二粗、麻绒、麻屑等。我们选择二粗亚麻。

3.1.1.1 亚麻纤维特征

亚麻纤维韧皮部平均长度为18.3毫米，宽16毫米，表面平滑，中段直径大小均匀，两端渐渐变细，端头尖削，胞壁厚，并有明显的横节纹和膨胀节，胞腔小，仅显一黑线，在某些部位，甚至完全闭合，黑线消失。在其它韧皮纤维中也能发现类似亚麻的横节纹，但不如亚麻清晰，与碘氯化锌染色剂作用，显暗红色。亚麻纤维在打浆过程中易分丝带化。亚麻纤维通过透射电镜(TEM)的观察，韧皮纤维细胞壁及木质部纤维细胞壁和一般原料的纤维细胞一样，存在着胞间层，初生壁和次生壁外层S1，次生

壁中层及次生壁内层 S3 等,所不同的是韧皮纤维细胞壁的 S3 层厚度较大,甚至较 S1 层厚。亚麻韧皮纤维细胞壁各微细纤维的排列 P 层为乱网状排列: S1 层为交叉网状排列,微细纤维与纤维轴成 55° — 75° S2 层排列整齐,微细纤维几乎与纤维轴平行。由于亚麻韧皮纤维 S1 层有较大角度的微细纤维排列,与 S2 层结合也较松弛,因此 S1 层与 S2 层较易剥离,稍经疏解经短时间打浆, S2 层便有较大程度的暴露,纤维易发生纵裂,故亚麻的打浆最好先短时间的重刀切断再轻刀疏解。

3.1.1.2 亚麻的化学组成

水分 8.34%, 苯醇抽提物 3.84%, 热水抽出物 13.49%, 1%NaOH 抽出物 33.54%, Klason 木素 5.0%, 酸溶木素 2.36%, 总木素 7.36%, 综纤维素(硝酸乙醇纤维素) 83.79%, 多戊糖 5.83%, 灰份 3.89%, 果胶 9.17%。

据研究, 亚麻木素的基本结构属于 GSH (G-愈创木基)。

3.1.1.3 亚麻浆的制备

我们选用的亚麻纤维是麻纺厂的下脚料——二粗亚麻。由于亚麻不易蒸煮, 且现有的工艺都是针对卷烟纸的特点而确定的, 不适合生产特种纸用浆。为此, 我们提出了既尽可能的保护纤维, 又最大限度的除去非纤维类杂质的制浆原则, 并将纸浆白度、尘埃、强度、打浆作为的重点。经过四次试制, 采用硫酸盐法蒸煮, 强化了净化和筛选能力。制得的浆纤维平均长 1.657mm, α -纤维素 93.6%, 戊糖量 3.01%, 白度 77°

3.1.2 龙须草制浆

龙须草是一种丛生的野草, 属于叶脉植物, 盛产于我国西南、华南各省是一种优良的造纸原料, 造纸工作者常常称它为草中之王。叶片狭长而扁平, 一般长 0.5—1.5, 受日光曝晒后, 便逐渐卷曲成为细长的圆筒形。

3.1.2.1 龙须草纤维特征

龙须草纤维细胞细而长, 平均纤维长度 2.10 毫米, 重量平均纤维长度 2.47 毫米, 宽度 10 微米, 长宽比超过 200, 这在其它草类纤维中是罕见的。细胞壁厚度平均为 3.3 微米, 腔径 3.1 微米, 壁腔比为 2.13。纤维粗度为 7.64 毫米/100 米。纤维有两种类型, 一类为韧性纤维, 与碘氯化锌染色剂作用显红色, 这种红色纤维约占总纤维量的 40%; 另一类为纤维木质化程度较高、与碘氯化锌作用显黄色的木化纤维。龙须草中纤维微细结构有两种形态, 一半以上的纤维, 其次生壁的层数多于 3 层, 多者可达 8-9 层, 壁层上的微纤维排列很特殊, 其中 P 层及 S1 层与木纤维相似, 但其它与 S1 层状态相似纤维层, 即沿纤维面横向作交叉排列的微纤维层, 不但出现在 S1 层, 还多次出现在次生壁中, 并与近轴向排列的微纤维交替结合, 形成一宽一窄的同心圆结构, 窄层结构松弛, 微纤维呈近水平向排列。宽层结构紧密, 微纤维呈螺旋型排列, 与纤维轴的缠绕角一般为 30

—45°，缠绕方向有右螺旋型，也有左螺旋型。另一种是韧性纤维，分布在微管束的端部，S1层相对厚度较大，约占细胞壁总厚度的14%，S2层微纤维的缠绕角度也约30°—45°。

从上知，纤维细胞壁中层为多层结构的纤维，打浆时容易产生层间位移，使纤维软，内部细纤维化程度增大；初生壁及次生壁外层厚的纤维，由于这两层壁对纤维的束缚作用，打浆时纤维易起毛，但不易纵裂帚化；另微纤维与纤维轴之间的交角为30°—45°，也导致打浆时纤维不容易纵裂帚化。这些特点是龙须草纤维打浆时的特殊现象。

3.1.2.2 龙须草的化学组成（成都）

水分10%，灰分6.67%，热水抽出物13.73%，1%NaOH抽出物44.72%，苯醇抽出物4.14%，木素14.3%，多戊糖20.77%，纤维素44.94%。

3.1.2.3 龙须草浆的制备

龙须草选用四川产龙须草。在制浆方法选择上，考虑到龙须草纤维表皮组织外层有层角质膜，不溶于酸性和中性介质，在酸法制浆时留在浆中的角制膜会将表皮细胞连成片状，不易疏解，影响纸浆质量，而在碱法制浆中此膜大部分被溶除，故我们选择了碱法制浆。根据龙须草组织疏松，药液容易渗透，纤维易于分散的特点，我们选择了蒸煮时间短，纤维素受破坏少，质量稳定的连续蒸煮设备—两横管15M1连续蒸煮器进行蒸煮，以保留一部分半纤维素，提高纸页强度。为保证浆料的洁净，我们强化了净化筛选能力，加大了筛渣排放量（用于抄纸板）。由于受设备的限制，漂白仅采用单段漂，故浆料白度仅76%。如果批量生产，可以采用CEH三段漂（氯化、碱处理、漂白），实践证明白度可达80%。

试制的龙须草浆纤维平均长1.252毫米，白度76.0%，打浆度27.5°SR，纤维几乎没有帚化，但纤维表面有发毛现象。

3.2 实验及分析方法

3.2.1 打浆

各种浆料采用Valley打浆机疏解，打浆到纤维平均长度1.1毫米左右。（执行标准：GB7980—87）

3.2.2 抄纸

按照GB-7981-87纸浆实验纸页的制备，用常规纸页成型器法进行抄纸。

各种浆料按照规定的配比，施加TiO₂ 2.3%，MF2.2%，硫酸铝加入量浆料PH值在4.6-5.2为准来控制。用抄片器抄成87±4g/m²圆片。

3.2.3 手抄纸的测定

在标准恒温恒湿条件下，按照GB7982-87纸浆实验室纸页物理性能的测定法检测。

在抄纸的同时，测定相同浓度的浆料悬浮液从一定体积到滤干为止所需的时间，并依次做为浆料滤水时间来比较浆料的滤水性能。

3.3 实验结果及讨论

3.3.1 棉浆/亚麻浆配抄

棉浆：平均纤维长 1.310mm，打浆度 49° SR，帚化率 15%

亚麻浆：平均纤维长 1.188mm，打浆度 72° SR，帚化率 18%

配加不同配比的亚麻浆对棉浆性质的影响见表 3-3-1。从表 3-3-1 的实验结果可以看出，随着亚麻浆配加量的增加，平均裂断长、干拉力、湿拉力、耐折度、挺度都有一定程度的增加，而撕裂度、白度有一定的下降，透气度明显下降，耐磨度基本上一致。具体分析如下：

亚麻浆的配加量直接影响着混合浆的裂断长指标，亚麻浆配加量越多平均裂断长值越大。随着亚麻浆配加量的增加，纸页的撕裂度有一定的降低，最大下降 23.36%。我们知道，撕裂度与三种参数：（1）参与纸页破裂是纤维总数；（2）纤维长度；（3）纤维与纤维结合的数目与强度。

从混合浆来分析，对（1）和（2）来说是一对矛盾。亚麻浆易吸水膨胀，分丝帚化，打浆度高，所以亚麻浆的配加会使纸页中纤维结合的数目和强度增加。但打浆的结果使纸的内聚力和挺度增加，就倾向于把撕裂的力量集中到较小的面积上，结果得出较低的撕裂度。因此，撕裂度一般随打浆度的上升先有一些上升，然后持续下降。据 JAMES CASEY 研究，棉浆在整个打浆周期中，是保持大致相同的撕裂度。因此亚麻浆的配入使纸页的挺度增加，挠性降低，导致纸页的撕裂度不是上升，而是有一定的下降。

因此，要提高纸页的撕裂度，只能依靠（2）纤维长度。由于纤维长度的增加会使每根纤维在撕裂时消耗的功增加，所以纤维长度增加，撕裂度上升。表小试中棉纤维平均长度 1.310 毫米，亚麻纤维平均长度 1.188 毫米，显然棉纤维比亚麻纤维长 0.122 毫米，所以配加亚麻浆后撕裂度会下降。在以后的实验中，由于亚麻纤维长度和棉纤维相比稍长或接近，所以撕裂度值基本一致，也证明了这一点，见表 3-3-2。配加亚麻浆后纸页的耐磨度基本一致。

3.3.2 棉浆/龙须草浆配抄

棉浆：纤维平均长 1.175 毫米，打浆度 52° SR；

龙须草浆：纤维平均长 1.252 毫米，打浆度 27.5° SR。

配加不同配比的龙须草浆对棉浆浆料性质的影响见表 3-3-3。

从表 3-3-3 的实验结果可以看出，随着龙须草浆的配加量的增加，纸页的平均裂断长、耐磨度、挺度、透气度都有一定的增加，撕裂度基本一致，耐磨度有一定的改善。

从上述可以看出，有一个混合浆强度大于单一浆强度的现象，目前纸

业界普遍认为这种现象是协同效应，而且这种协同效应已经被纸业界众多研究者证实。如，中国造纸研究院邝仕均，ME DONALD 等（TAPPI，1988，TJ）。但生产协同效应的机理目前尚不清楚，有待进一步研究。

3.3.3 棉浆/亚麻浆/龙须草浆配抄

从上述实验结果可知，棉浆配加亚麻浆或龙须草浆后，强度有一定的提高，挺度有明显提高，但同时也存在一些不足之处。配加亚麻浆后，浆料滤水时间成倍增加，配加龙须草浆后成纸透气度增加较大。为了综合两种浆料的优点，克服其不足，又进行了棉浆/亚麻浆/龙须草浆配抄的实验。

实验结果表明，生产强度要求高级纸张采用 75%棉浆、20%亚麻浆、5%龙须草浆配抄，综合性能较好。

3.3.3.1 三水平正交实验：

为了确定亚麻浆、龙须草浆与棉浆混合后，它们各自配加量对纸性能的影响程度，采用三水平正交实验进行。

实验原料：

亚麻浆：纤维平均长 1.188 毫米，打浆度 71° SR；

龙须草浆：纤维平均长 1.196 毫米，打浆度 29° SR；

棉浆：纤维平均长 1.170 毫米，打浆度 53° SR。

实验结果见表 3-3-4、表 3-3-5。

实验结果按照正交实验数据处理的方法进行处理，可得出因素对各项指标的影响。

(1)耐折度：龙须草离差为+23.43，亚麻浆的离差为+160.21。因此，对棉浆成纸耐折度的影响亚麻浆远大于龙须草浆。从表可见，配加亚麻浆后耐折度呈正增加，所以要提高纸页的耐折度，必须适当增加亚麻浆的配加量。

(2)平均裂断长：龙须草浆的离差为+1653，亚麻浆的离差为+5582。因此，对棉浆成纸裂断长的影响亚麻浆远大于龙须草浆。

(3)挺度：从表可知，亚麻浆、龙须草浆配抄，纸页的挺度都大于单一棉浆，最大提高 38%。

(4)滤水时间：采用亚麻浆、龙须草浆、棉浆三种浆料配比后，滤水时间接近全棉浆，就是在亚麻浆配加量增加到 25%时，滤水时间仅比全棉浆多 3 秒。而棉浆/亚麻浆配比，当亚麻浆配加量达到 25%时，滤水时间比全棉浆高 1.27 倍。说明采用三种浆料配比浆达到了预期的滤水效果。

3.3.3.2 棉浆/亚麻浆/龙须草浆配抄配比的优选

棉浆纤维平均长度 1.310 毫米，打浆度 49° SR；亚麻浆纤维平均长度 1.188 毫米，打浆度 72° SR；龙须草浆纤维平均长度 1.231 毫米，打浆度 28.5° SR。

实验结果表明，75%棉浆/20%亚麻浆/龙须草浆 5%；70%棉浆/25%亚麻

浆 5%龙须草浆两种配比效果效果最好。

3.3.4 结果分析与讨论

从实验研究的结果可以看出，配加一定量的亚麻浆、龙须草浆都能在在一定程度上提高了纸页的强度。

棉浆与亚麻浆配抄，根据表的结果，裂断长、耐折度指标随亚麻浆配加量的增加而增加，撕裂度仅有配 20%的亚麻浆时与全棉浆基本一致，浆料滤水时间随亚麻浆配加量的增加而增加。

棉浆与龙须草浆配抄，根据表的结果，配加龙须草浆量增加，耐折度、裂断长指标相应增加，但耐磨度随配加量增加而减小。透气度则随龙须草浆配加量明显增大。

棉浆、亚麻浆、龙须草浆配抄，根据表的实验结果，耐折度、挺度、裂断长等指标，以 75%棉浆、20%亚麻浆、5%龙须草浆的配比较优。

表 3-3-1 配加不同配比的亚麻浆对棉浆性质的影响

浆料配比	棉浆		90%棉 10%亚麻		85%棉 15%亚麻		80%棉 20%亚麻		75%棉 25%亚麻		100%亚麻	
	100%		增加%		增加%		增加%		增加%		增加%	
纸页性能												
定量 g/M ²	86.9	86.9		87.5		87.5		87.5		87		
厚度 mm	0.131	0.129		0.123		0.131		0.130		0.125		
干拉力 KN/m	2.29	2.46	+7.42	2.57	+12.22	2.59	+13.10	3.54	+54.5	3.84	+67.69	
裂断长 M	2685	2885	+7.45	2994	+11.51	3017	-12.36	4122	+53.5	4498	+67.52	
湿拉力 KN/m	0.29	0.31	+6.90	0.31	+6.09	0.31	+6.90	0.36	+24.1	0.65	+124	
湿强度%	12.96	12.7		12.0		12.1		16.0		16.9		
耐折度双次	28.9	36	+24.57	49	+69.55	64	+121.45	394	-12.6	492	-1602	
挺度 MN.m	0.36	0.4	+11.11	0.45	-25	0.49	+36.11	0.45	-25	0.54	-50	
撕裂度 MN	1344	1285	-4.39	1030	-23.36	1334	-0.74	1099	-16.2	1125	-16.3	
湿变形%	0.62	0.62		0.62		0.62		0.62		0.48		
白度%	80.1	79.2	-1.12	78.9	-1.50	78.7	-1.75	78.6	-1.87	74.3	7.	

不透水性	88.4	88.4	-0	89.1	-0.79	90.7	-2.06	91.5	-3.51	91.2	-3.17
透气度 ml·min	298	189	-36.5 8	149	-50	106	-64.43	159	-46.6 4	13.4	-95 .50
耐摩度 mg	6.1	4.8	-21.3 1	6.8	-11.4 8	5.7	-6.56	3.9	36.0 7	6.1	0
滴水时间 s	11	22		22		25		35		60	

表 3-3-2 亚麻在不同添加量下对纸页撕裂度的影响

浆料配比	2002年12月					2003年3月				
	100%棉	89%棉	86%棉	80%棉	75%棉	100%棉	89%棉	86%棉	80%棉	75%棉
纸页性能	11%亚麻	11%亚麻	14%亚麻	20%亚麻	25%亚麻	棉	11%亚麻	14%亚麻	20%亚麻	棉
撕裂度	481	540	579	667	765	1020	1530	1315	1481	1295
备注	亚麻浆: 纤维平均长 1.186mm 打浆度 70° SR (未加辅料)					亚麻浆: 纤维平均长 1.187mm 打浆度 67° SR (未加辅料)				
	棉浆: 纤维平均长 1.04mm, 打浆度 52° SR (未加辅料)					棉浆: 纤维长 1.086mm, 打浆度 52° SR (按条件加辅料)				

表 3-3-3 是配加不同配比的龙须草浆对棉浆浆料性质的影响

浆料配比	100%棉	95%棉	90%棉	85%棉	80%棉	75%棉	100%
		5%龙须草	10%龙须草	15%龙须草	20%龙须草	25%龙须草	龙须草
纸页性能		增加%		增加%		增加%	
定量	88.5	90.6	89.6	89.6	89.6	88.5	86.7

g m0												
厚度 mm	0.13 5	0.13 8		0.13 9		0.14 0		0.13 8		0.13 4		0.14 4
十 拉 力 kn.m	1.88	2.00	+6.4	2.00	+6.4	2.22	+18. 1	2.29	+21. 8	2.02	+7.4	3.08
裂断长 M	2169	2252	+3.8	2277	+5.0	2522	-16. 3	2604	+20. 1	2328	-7.4	3622
湿 拉 力 KN/m	0.33	0.33	0	0.38	+15. 2	0.45	+36. 4	0.41	+24. 2	0.41	24.2	0.33
湿强度%	17.4	16.7		19		20.4		18		19.1		10.6
耐折度双 次	19	19	0	27	+42. 1	31	+63. 2	27	+42. 1	20	+5.3	22
挺度 MN	0.33	0.46	+39.4	0.46	+39. 4	0.46	+39. 4	0.56	+69. 7	0.45	+36. 4	0.65
撕裂度 MN	981	922	-6.0	1059	+8.0	1059	+8.0	+117 7	+20. 0	942	-4.0	851
湿变形%	+0.5 3	+0.7 0		+0.7 0		+0.5 2		+0.5 4		+0.6 7		+0.4 8
透 气 度 ml/min	160	184	+15	207	+29. 4	200	+25. 0	225	+40. 6	335	+109	非常 大
耐磨度 mg	9.9	9.7	-2.0	9.7	-2.0	9.1	-8.1	8.6	+13. 1	7.4	-25. 3	7.8
灰分%	3.6	3.46		3.59		4.61		3.5		3.7		3.85
滤水时间 S	7.5	7.2		7		6.9		7		7		7
备注												

表 3-4-4 正交实验结果 1

水 因 素 平 行 试 验 号	棉浆 %		龙须草浆 %	亚麻浆 %	定量 g/m ²	厚度 mm	干拉力 Kn/m	湿拉力 Kn/m	湿强度 %	耐折度 双次	平均裂断长 m	挺度 mn. m	撕裂度 mN	湿变形 %	透气度 ml/min	耐磨度 mg	灰分 %	滤水时间 S
	H _a	8 5	5	10	91.7	0.1 33	2.37	0.3 7	15. 7	25	263 2	0.47	785	0.7 8	1 0	6.5	5.0 3	8 1
H _b	8 0	5	15	90.6	0.1 31	2.37	0.3 9	16. 5	32	267 1	0.46	903	0.7 1	8 5	9.8	6.7 6	8 6	
H _c	7 0	5	25	92.7	0.1 36	2.59	0.4 7	18. 2	45	284 8	0.47	102 0	0.8 4	8 0	7.2	6.4 7	1 5	
H _d	7 0	15	15	92.7	0.1 36	2.56	0.3 7	16. 6	27	281 9	0.47	981	0.7 6	1 3	8.0	5.6	8 8	
H _e	6 0	15	25	93.8	0.1 39	2.59	0.4 7	17	38	281 4	0.58	824	0.7 6	1 8	7.8	5.7 9	1 7	
H _f	7 5	15	10	91.7	0.1 38	2.59	0.4 0	16. 5	23	268 3	0.47	863	0.7 6	1 8	9.3	4.9 7	8 0	
H _h	5 0	25	25	93.8	0.1 42	2.77	0.5 0	18. 2	47	295 1	0.49	104 0	0.7 6	1 5	8.4	5.1 3	1 1	

Hj	6 0	25	15	93.8	0.1 42	2.43	0.3 9	16. 1	32	264 4	0.53	785	0.7 6	1 7	8.2	4.9 9	8
Hj	6 5	25	10	91.7	0.1 39	2.33	0.3 9	16. 8	29	259 6	0.53	785	0.7 6	2 0	6.7	5.0 6	8
Hk	1 0	6	0	90.6	0.1 32	1.71	0.2 7	15. 6	26	192 3	0.42	706	0.7 6	1 2	5.8	4.2 2	7 5

表 3-5-5 正交实验结果 2

试验号	1	2	3	4	5	6	7	8	9
因素									
棉浆%	100	0	0	90	80	80	75	70	75
亚麻浆%	0	100	0	5	15	10	20	25	15
龙须草 浆%	0	0	100	5	5	10	5	5	10
定量 g/m0	86.9	87.0	86.7	86.8	86.5	88.5	88.0	87.6	87.0
厚度 mm	0.13 1	0.125	0.159	0.130	0.129	0.131	0.129	0.130	0.130
干拉力 KN/m	2.29	3.84	3.08	2.28	2.61	2.66	2.88	2.97	2.59
湿拉力 KN/m	0.29	0.65	0.33	0.30	0.35	0.36	0.41	0.42	0.36
平均裂 断长 m	2685	4498	3622	2683	3075	3070	3352	3455	3034
湿强度%	12.9 6	16.9	10.6	13.0	13.6	13.4	14.0	14.1	13.9
耐折度 双次 挺度 m\m	28.9	492	21.6	39	38	41.8	67	57	43
挺度 m\m	0.36	0.54	0.65	0.44	0.44	0.45	0.50	0.33	0.45
湿变形%	0.62	0.48	0.48	0.78	0.68	0.78	0.73	0.72	0.57
白度%	80.	74.3	71.7	79.1	79.4	78.0	78.4	77.7	78.4

不透明度%	88.4	91.2	93.1	88.8	88.9	88.5	89.5	89.7	89.5
透气度 ml/min	298	13.4	7	221	185	213	132	123	169
耐磨度 mg	6.1	6.1	7.8	5.1	5.3	9.7	7.9	6.8	6.0
撕裂度 mn	1344	1125	851	1216	1111	1177	1125	994	955
滤水度 S	10.7	79.7	7.8	13.6	14.7	15.2	19.8	23.0	15.8

结论

本论文在国内首次对棉花的性能进行了系统的分析和研究，对棉纤维的形态特征、超微结构、原料的组分及其分布有了较深入的认识。根据实际生产中棉纤维性能因产地不同而性能差异的现象，对棉纤维产地性能差异进行了研究。本论文研究了棉纤维与草浆、麻浆配抄对纸页性能的影响。论文结论如下：

1. 制浆造纸与纺织对棉花的质量要求不同，制浆造纸必须有适合的棉花质量标准表达棉花的质量性能。本论文研究了纺织工业用棉花的质量标准，通过实验提出了适合抄造高强度高级纸张棉花的检验方法；初步确定了用于制浆造纸的棉花标准即棉花回潮率小于 10%，棉花含杂率小于 2.5%，棉纤维成熟系数为 1.4-1.8，棉纤维单纤维断裂强力不小于 3.00gf，棉纤维断裂强度不小于 19cN/tex，棉花的马克隆值在 3.5-4.8。
2. 棉花产地不同，棉纤维的性质就有差异，对棉浆性质就会产生较大影响。
 - (1) . 棉纤维的断裂长度与纸浆强度成正比；
 - (2) . 棉纤维的成熟系数和断裂长度是影响棉浆打浆的主要因数之一；
 - (3) . 马克隆值对棉浆强度有一定影响，最佳的马克隆值为 3.5-4.9。
3. 棉浆与亚麻浆配抄时，在一定范围内，成纸的裂断长、耐折度指标随亚麻浆配加量的增加而增加，撕裂度仅在配比为 205 时与全棉浆基本一致，浆料滤水时间随亚麻浆配加量的增加而增加。
4. 棉浆与龙须草浆配抄时，随配加龙须草浆量的增加，成纸耐折度、裂断长指标相应增加，但耐磨度随龙须草浆量的增加，透气度则随龙须草浆配加量增加明显增大。

参考文献

- 1、 陈讯武. 胡麻原料形态性状、微细结构(光学显微镜 LM、透射电镜 TEM 以及扫描电镜 SEM)的研究及木素在木质部纤维细胞上分布的 (SEM-EDXA) 研究. 西北轻工业学院硕士学位论文. 1989 年
- 2、 B.L. Browning: The chemistry of Wood, 314, 1963
- 3、 邬义明. 植物纤维素化学. 北京: 轻工业出版社, 1991
- 4、 屈维均主编. 制浆造纸实验. 北京: 中国轻工业出版社, 1995
- 5、 王菊华. 中国造纸原料纤维特性及显微图谱. 北京: 轻工业出版社, 1999
- 6、 J. P. 凯西. 制浆造纸工艺学. 北京: 轻工业出版社, 1988. 151-164
- 7、 李策主编. 纸张生产实用技术. 北京: 中国轻工业出版社, 1998. 93-128
- 8、 国家标准局纤维检验局. 棉花纤维检验学. 北京: 中国标准出版社, 1984. 1-532
- 9、 李策, 张美云. 棉花产地对棉浆性能影响的研究. 西北轻工业学院, 2002 (6): 4-43
- 10、《〈制浆造纸手册〉》编写组. 制浆造纸手册(第一分册). 纤维原料和化工原料. 北京: 轻工业出版社, 1987
- 11、丁益平. 国外红麻制浆造纸概述. 湖南造纸, 1984 (3): 38
- 12、徐时霞, 朱萍, 李淑华. 西昌剑麻制浆初探. 青城纸厂剑麻制浆实验组. 1990

致谢

本论文是在导师张美云教授的悉心指导下完成的，从论文的选题和实验方案的设计，都得到了张老师认真仔细的教导，在论文的编写过程中，张老师也耐心的给予很大的帮助。她严谨的科学态度、渊博的知识、睿智开阔的科学思维以及正直、高尚的人格力量，令我受益终生。在此，谨向张老师致意崇高的敬意和诚挚的感谢！

在这里，还要感谢我的副导师成都印钞公司副总工程师田德卿高级工程师，田总在我的论文工作中给予了无私的帮助，使我的论文能顺利按时完成。田总丰富的实际工作和科研经验，为时所敬仰！在此，谨向田老师表示我诚挚的感谢和敬意。

另外，还要感谢陕西科技大学造纸学院的王志杰老师、张宏老师的关怀和帮助。感谢昆山钞票纸厂王都义、刘文全、江星、李世雄、冯国梅、铁桂珍、唐仁玲等同事的帮助！感谢成都印钞公司宋志英工程师、黎富勤高级工程师的帮助！

在我做论文期间，耿九茹女士对我给予了无比的鼓励，对我的生活给予了细心的照料，在这里谨向她表示深深的感谢！