

## 摘 要

随着人们生活水平的提高和科学技术的飞速发展,人们对纺织产品提出了更高的要求,服饰的舒适卫生性已成为人们的首要追求,在这一发展趋势下,以“纤维皇后”著称的亚麻织物越来越受到人们的青睐,舒适高档的亚麻针织产品更是市场所需。亚麻纱线常用于夏季纺织品中,其产品多为机织物,而针织亚麻产品发展比较晚,这是因为针织物基本结构单元是线圈,纱线在织物中弯曲频繁,而亚麻纱线具有刚性大,纤毛粗糙、延伸性差、弹性差等缺点,因此在针织机上编织比较困难。为了适应人们对高档亚麻针织面料的需求,拟立题进行高档亚麻针织面料的开发,其重点是改善亚麻纱线的针织横编工艺,提高其织物服用舒适性。

亚麻纤维的分子结构及化学组成对产品的加工工艺和织物的性能有直接影响,所以首先通过对亚麻原料性能进行系统研究,分析其纤维的物理及化学性能,为后面的编织工艺探讨奠定基础。通过分析亚麻纱线的摩擦系数对上机编织的影响,及严格控制线圈长度和纱线张力,力争使线圈长度均匀一致,成功地编织出了质量较高的针织横编织物。

本课题通过对亚麻横编针织物进行生化柔软整理,进而达到改善织物服用性能的目的,因此在经过整理之后,把服用性能作为评价和衡量产品档次的重要指标之一。本课题研究了一套织物服用性能评价方法,采用模糊数学客观的评价方法,把反映织物服用性能的物理机械性能作为评价指标,建立评价模型,并对经过不同柔软整理的织物的物理机械性能指标进行测量,利用所建立的模型对测试数据进行校验,从而求得织物的服用性能指标,并确定了各个影响因素的重要性程度。课题结合所试织的各类横编织物的服用性能值最终确定了亚麻横编织物的优化整理工艺。

经过选择合理的编织工艺及柔软整理工艺,亚麻横编织物的手感、悬垂性、柔软性和弹性得到了很大改善,织物布面光洁,外观挺括而又不失飘逸,服用性能较好,达到了本课题的预期研究目的。

[关键词] 亚麻, 横编针织物, 超级柔软整理, 服用性能, 模糊数学

## **Abstract**

With the improvement of people's living standard and rapid development of science and technology, people have put forward higher request for the textile. Comfort and hygiene of the dress have already become people's primary pursuit. Under this trend, the flax fabrics famous for 'fiber emperor' are greatly favored by people and the knitted fabrics are still more. The flax fabrics are usually used in summer. We know flax is coarse, hard and low stretch, so it is difficult to knit in knitting machines. In order to meet people's demands for top-grade flax knitted fabrics, the emphasis of our research is to dispel scratchiness of flax fabric and improve flax fabric's hand feeling, softness and elasticity.

The flax's configuration and component, we know flax is coarse, hard and low stretch, so it is difficult to knit. The pretreatment of flax yarns is essential before knitting so as to improve flax's knit-ability and it is also a foundation of top-grade flax knitted fabrics. In knitting, yarns tension was strictly controlled to make loop length even and consistent in order that high quality flax blanks were successfully knitted. After the finishing of the flax knitting fabrics is finished, its prickle sense is one important index to evaluate and measure the fabric's quality; but the prickle evaluation by means of the fussing mathematics is first introduced. It can avoid subjective influences and gain the index about the prickle sense by some important physics properties which are mainly influenced the prickle sense of the fabrics, and also gain the importance of each parameter so that to get the optimum finishing process, which is based on the prickle sense and the properties of the flax knitting fabrics both.

The flax knitted fabrics produced by the technology above-mentioned have excellent knit-ability. The hand feeling, drape, softness and elasticity of the fabrics were greatly improved. The fabrics' appearance was glabrous, firm but elegant. In a word, the research has achieved the anticipated purpose.

**Key words:** Flax, Flat knitted fabrics; Super softness finishing; Properties of fabrics; Fussing mathematics

# 目 录

□	文 摘	
□	英文文摘	
□	独创性声明及学位论文版权使用授权书	
□	学位论文的主要创新点	
□	第一章绪论	
□	1.1 前言	
□	1.2 国内外发展状况	
□	1.3 本课题研究的内容与意义	
□	第二章亚麻纤维结构与性能的研究	
□	2.1 亚麻纤维的化学组成	
□	2.2 亚麻纤维的生产过程	
□	2.3 亚麻纤维的结构	
□	2.4 亚麻纤维及针织物的性能特点	
□	第三章亚麻纱线的性能测试与分析	
□	3.1 亚麻纱线的拉伸断裂性能	
□	3.2 亚麻纱线的勾结强力	
□	3.3 亚麻纱线的毛羽	
□	3.4 亚麻纱线的摩擦性	
□	第四章亚麻横编织物工艺参数设计	
□	4.1 手摇横机上亚麻横编针织物的编织	
□	4.2 CMS320 电脑横机上亚麻横编针织物的编织	
□	第五章 亚麻横编针织物的超级柔软整理工艺	
□	5.1 机械柔软整理	
□	5.2 化学柔软整理工艺	
□	5.3 纤维素酶整理工艺	
□	5.4 生物酶剂的选用	
□	5.5 亚麻横编针织物生物酶柔软整理原理	
□	5.6 DM-8624 纤维素酶整理	
□	5.7 亚麻针织物超级柔软处理实验设计	
□	第六章亚麻横编针织面料性能测试与分析	
□	6.1 实验的考核指标	
□	6.2 织物服用性能的模糊综合评判	
□	第七章结论与展望	
□	7.1 结论	
□	7.2 展望	
□	参考文献	
□	发表论文情况说明	
□	致 谢	

# 独创性声明

本人声明所呈交的学位论文是本人在导师指导下进行的研究工作和取得的研究成果,除了文中特别加以标注和致谢之处外,论文中不包含其他人已经发表或撰写过的研究成果,也不包含为获得 天津工业大学 或其他教育机构的学位或证书而使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中作了明确的说明并表示了谢意。

学位论文作者签名: 王丽娟

签字日期: 2017年1月28日

# 学位论文版权使用授权书

本学位论文作者完全了解 天津工业大学 有关保留、使用学位论文的规定。特授权 天津工业大学 可以将学位论文的全部或部分内 容编入有关数据库进行检索,并采用影印、缩印或扫描等复制手段保存、汇编以供查阅和借阅。同意学校向国家有关部门或机构送交论文的复印件和磁盘。

(保密的学位论文在解密后适用本授权说明)

学位论文作者签名: 王丽娟

导师签名: 王丽娟

签字日期: 2017年1月28日

签字日期: 2017年1月28日

## 学位论文的主要创新点

一、通过大量的测试分析及试织得出了一定的新观点。

1、通过对亚麻纱线性能进行测试分析，得出了亚麻纱线毛羽的分布情况，即：亚麻纱线的毛羽总量远远少于棉纱，只是4mm以上的长毛羽比棉纱多，4mm以下的短毛羽明显低于棉纱；

2、通过对亚麻纱线性能进行测试分析发现：亚麻纤维的纤维强度虽然比棉纤维要高很多，大约是棉纤维的2倍，但亚麻纱线的强度却并不比棉纱高出很多，再考虑到亚麻纱线的强力不匀率较高的因素，可以认为在编织时亚麻纱线的强力优势并不明显；

3、针织物组织结构的合理设计对改善亚麻纱线的编织性能至关重要，经试织发现：用亚麻纱线编织双面组织结构比单面组织结构的可编织性更好，织物质量更优；

4、生物酶整理虽然可以改善亚麻织物的柔软性，消除刺痒感，但和化学处理后的效果比较，还是暴露出了一些问题。如纤维素酶处理的效果过于温和，织物中原有的杂质没有得到有效的去除，特别是像亚麻这种非纤维素成分较多的原料来讲，单用纤维素酶处理的效果并不理想。采用纤维素酶和化学处理方法结合，可以取长补短。

二、采用模糊数学的客观评价方法，把反映织物服用性能的物理机械性能作为评价指标，建立了评价模型，并对实际测试数据进行了校验。

## 第一章 绪论

### 1.1 前言

随着科学技术的快速发展,物质生活的极大丰富,人们对服饰的追求已经不仅仅是华丽的外观,产品的舒适性、环保性及独特性已成为现代人所追求的热点。市场上琳琅满目的化纤产品已不能满足人们的需求,因此二十一世纪环保产品将主导世界纺织品和服装消费的新潮流,同时人们对穿着舒适、健康的不断追求,外在质感和内在保健功能的珠联璧合又是服饰消费中新的趋势。有着优良品质和天然保健功能的麻类纺织品此时呈现出广阔的市场前景。

我国是亚麻栽培历史较早的国家,自1906年在东北地区试种纤维亚麻以来,目前已有十几个省区种植亚麻<sup>[1]</sup>。亚麻属一年生草本植物,对生长环境和自然条件有着独特的要求,要求生长在北纬37度—55度之间,我国的产区在北纬37—47度之间,即黑龙江省是我国的主产区,亚麻适宜在黑土地上种植,土地轮作,保持地力,在生长期需要充足的水份,温度循序渐进的上升;成熟期光照12小时以上,生长期大约85天左右<sup>[2]</sup>。近年来,我国的科研人员对亚麻的综合利用取得了较大成果,从亚麻种植、纺纱、编织、染整加工开发出了多种亚麻纤维及混纺交织纺织品,受到国内外消费者的青睐。

### 1.2 国内外发展状况

自1992年下半年以来,世界上又兴起了新的“亚麻热”,国内外对亚麻纤维及面料制品开展了积极有益的探索和尝试。国外以西欧发达国家和印度为主,西欧国家对亚麻纤维的化学加工以及对针织物的柔软及无甲醛抗皱整理的研究都取得了意想不到的成绩。我国起步较晚,目前各科研部门及一些纺织高校已经开始研究亚麻针织产品的可编织性能及服用性能。如我国黑龙江省是全国亚麻纺织工业基地,黑龙江省纺织工业研究所一直以来都在从事着亚麻产品的开发研究,取得了生产纯亚麻针织产品的独特工艺及前后整理的有效方法,吉林工学院提出了亚麻纤维柔软化的化学方法——溶出亚麻纤维中体型高分子木素方法,以生产出用于针织的纯亚麻纱线,而不失去亚麻的外观和风格。从而为开发纯亚麻产品开辟了新的前景。亚麻纺织品在欧洲的发展趋向进一步显示,亚麻面料成为与时代相和谐的一种织物。它成了理想的混纺原料,既可以和高贵的蚕丝或开司米混

纺,也可以和普通棉纱或粘胶纤维混纺,织出质地全新的面料。在国内,哈尔滨中纺亚麻科技有限公司研制出了亚麻纤维与竹纤维交织的床上用品、亚麻纤维与竹纤维交捻的针织衫,亚麻纤维与竹纤维这两种优良纤维的性能互补,使织物既凉爽抑菌,有柔软亮丽,既吸湿透气,又悬垂性好,从而改善了纯亚麻品原有的厚重、粗犷的特点<sup>[3]</sup>。亚麻产品的市场主要在美国和欧洲,这些国家和地区经济发达、生活水平高,并有穿着亚麻的传统市场。据介绍,欧洲国家的一些公司女职员夏天大多有十几件以上的亚麻服装。在市场看到的一套四件套的床上用品,价格500多欧元。亚麻以其特有的吸湿、透气、无静电和独特的织物风格,广泛应用于各产业,如帐篷布、食品包装、技术筛网、画像布、飞机翼、炮衣、特种管带、医疗用织物等等。以亚麻纤维的高抗拉性能和防腐性能,制成细到鱼网线、缝纫线,粗到包装绳直到军舰的缆索,这是泛指除了家用床单和桌布以外的非服装用织物<sup>[4]</sup>。

### 1.3 本课题研究的内容与意义

本课题主要探讨适合于针织横机上生产的纯亚麻纱线的可编织性与最佳编织工艺。优选出适合于横机上生产的一整套纱线前处理、编织、织物后整理工艺并对开发出来的亚麻纤维面料产品的舒适性能及机械性能进行测试与分析。为了最大限度的加快产品的试制研究及降低试制费用,经过反复研究,拟定了本课题的总体方案,我们将按照以下的技术路线进行此项新产品的开发。

亚麻纤维性能研究→亚麻纱线性能测试及其柔软前处理工艺的研究→织物组织结构与上机工艺设计→产品试织→织物超级柔软整理工艺研究→织物服用性能测试与综合评判。

中国麻业有着别国难以企及的资源优势。但据业内人士认为,长期以来我国亚麻产品 90%以上是直接或间接出口,并且出口的 30%又依赖香港<sup>[5]</sup>。这预示着国内消费市场的发展潜力大。亚麻常用于夏季纺织品中,其产品多为机织物,而针织亚麻产品发展比较晚,这是因为针织物基本结构单元是线圈,纱线在织物中弯曲频繁,而亚麻纱线具有刚性大,纤毛粗糙、坚硬、延伸性、弹性差等缺点,因此在针织机上编织比较困难。近几年来,亚麻纺纱工艺有较大的革新突破,开发出适合于针织工艺的高支纱,但是由于亚麻纱线较粗硬,在编织过程中,常常会出现断纱、破洞、坏针等疵点;在穿着过程中,虽有吸湿性好、散热快、不贴身等优点,但其粗硬、起皱、刺痒感却让消费者难以承受。亚麻针织产品的生产受到一定的限制,多为中低档产品,产品附加值低。因此提高亚麻针织产品档次,对企业生产高附加值的产品,发展我国亚麻纺织事业,具有十分重要的意义。高

档亚麻针织产品应以改善亚麻纱线手感、消除刺痒感，提高其悬垂性，改善产品的服用性能为重点。

## 第二章 亚麻纤维结构与性能的研究

亚麻纤维的分子结构及化学组成对产品的加工设备、工艺和织物的性能有直接影响，所以我们在进行产品试织之前必须对原料性能进行系统研讨，分析纤维的物理及化学性能，这为后面的生产奠定基础。

## 2.1 亚麻纤维的化学组成

亚麻纤维的主要组成是纤维素，并含有较多的半纤维素和木质素，以及少量的果胶、脂蜡质和含氮物质。虽然亚麻纤维和棉纤维同为纤维素纤维，但亚麻纤维纤维素含量低，并含有较多的半纤维素，其它的杂质如木质素和果胶物质也比棉纤维高，这就决定了亚麻纤维和棉纤维在性能上的差异。亚麻纤维的化学组成见表 2-1<sup>[6]</sup>和表 2-2<sup>[3]</sup>所示。

表2-1 亚麻纤维的化学组成 (%)

品种	国产麻	法国麻	俄罗斯麻	棉纤维
纤维素	71.60	71.63	69.62	94
半纤维素	15.54	16.22	15.95	
果胶	1.78	1.92	1.68	0.9
木质素	6.65	5.67	7.68	
脂蜡质	3.42	3.46	3.65	0.6
含氮物质	0.91	1.10	1.12	1.2

表2-2 纤维素、半纤维素和木质素的组成

纤维组成	单体组成	分子形态
纤维素	$C_6H_{12}O_5$	线形高聚物
半纤维素	$C_6H_5CH_2CH_2CH_3$	线形高聚物
木质素	多缩戊糖	三维网状高聚物

由表2-1和表2-2可看出，亚麻纤维的主要成分是纤维素、半纤维素、木质素，它们同属于高聚糖，三者总量占干重的90%以上，其次是果胶、脂肪、灰分、含氮物质等。它们大多数存在于细胞内腔或特殊细胞内，直接或间接地参与其生理

作用。纤维素是组成亚麻纤维的最主要成分，这正是它能作为纺织纤维的意义所在。其化学元素组成为：碳44.2%、氢6.3%、氧49.5%，分子式可用 $(C_6H_{10}O_5)_n$ 来表示，分子量为7000—10000。纤维素是由 $\beta$ -D-葡萄糖通过 $C_1-C_4$ 苷键联结的链状高分子化合物，它是无色透明的，结晶的纤维素比重约为 $1.6g/cm^3$ ，受热以后于 $150^\circ C$ 左右开始分解，约 $350^\circ C$ 时着火燃烧，其吸湿性，在温度为 $20^\circ C$ ，相对湿度为60%时，吸水率为6%—12%。纤维素含有—OH基和—O—键，其化学反应主要是一OH基呈醇性反应，—O—键产生水解反应。在碱性溶液中，葡萄糖发生烯醇化作用而转变为果糖和甘露糖。在酸性条件下，纤维素分子链中的缩醛链（即 $\beta$ -苷键）发生断裂。纤维素在由菌类、微生物、原生动物等产生的酶的作用下发生降解，从而使其强度和比重下降。

半纤维素也是构成细胞壁的主要成分，它是由多糖单元组成的复合聚糖的总称。主要是多聚戊糖，约占半纤维量的95%，多聚甘露糖占4%—5%，多聚半乳糖其含量甚微。半纤维大分子多有分支，在细胞壁中与木质素一起构成纤维的结壳物质，它是一种无定性物质，是纤维之间和微纤维之间的“粘合剂”和“填充剂”，包围在纤维、微细纤维周围，密度约为 $1.5g/cm^3$ ，它的聚合度较低，吸湿易膨胀，在酸性条件下易水解，在较强的碱性条件下发生碱性水解反应，与纤维素的碱性降解方式十分相似。亚麻纤维中的半纤维素含量一般为12%—15%。

木质素是存在于纤维细胞壁内，集中在胞间层和微细纤维之间的唯一的芳香族聚合物，它使纤维组织具有刚性，不易被菌虫侵蚀或消化吸收，这也是亚麻纤维防蛀的原因所在。木质素的化学结构是由苯基丙烷结构单元通过醚键和碳—碳键结合的复杂化合物，甲氧基是其中的特征功能基。木质素由碳、氢、氧组成，一般含碳量为60%—66%，氢含量为5%—6.5%，氧含量为35%—40%。它是一种热塑性三维网状高分子聚合物，其软化点范围较大，一般为 $130^\circ C$ — $210^\circ C$ ，能够发生卤化、硝化、羟基化及与重氮盐偶合亲电取代反应。果胶质的主要成分是果胶酸的衍生物，它广泛存在于自然界的植物体中<sup>[3]</sup>。

## 2.2 亚麻纤维的生产过程

### 2.2.1 初步加工的工艺流程

由田间收获到的亚麻，经脱粒后称为亚麻原茎。从这种原茎中获取纺织用纤维的整个过程称为亚麻的初步加工。

选取采用的工艺流程如下：亚麻原茎 → 选茎和束捆 → 浸渍 → 干燥 → 入库养生（成为干茎） → 碎茎 → 打麻 → 打成麻和落麻。亚麻干茎，经初步加工后，用打麻方法获得的亚麻长纤维，称为打成麻；粗麻及出渣

量差的干茎直接制得的短纤维称为亚麻短纤维。

工艺流程中亚麻的浸渍是为了从亚麻原茎中获取可供纺织的纤维，浸渍俗称沤麻，又称为脱胶，就是利用微生物或化学物质来破坏麻茎中的粘性物质（如果胶质等），使韧皮层中的纤维素物质与其周围的组织分开，以获取可纺织的亚麻纤维<sup>[7]</sup>。

## 2.2.2 亚麻纤维纺纱常规的工艺路线

### (1) 长麻湿纺工艺流程

打成麻→分束整理→栉梳（I或II）→梳成麻养生→成条→并条（4~5道）→粗纱→粗纱煮漂→湿纺细纱→细纱烘干→分色络筒→检验成件（筒纱）

### (2) 短麻湿纺工艺流程

#### (A) 联梳线

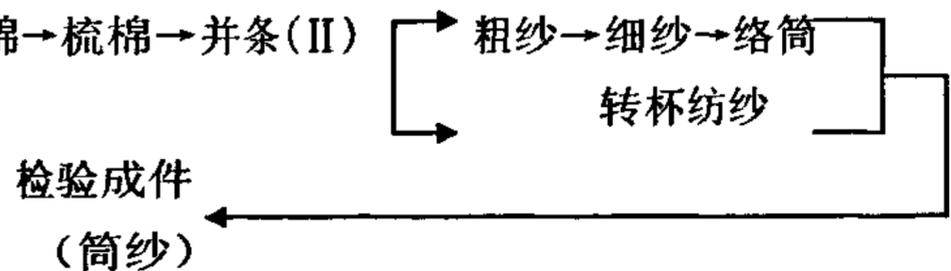
机器短麻（或使用原料）→联合梳麻机→预并条（II道）或牵切机（再割机）→精梳→并条（针梳）1~4道→粗纱机→粗纱煮漂→湿纺细纱→细纱烘干→分色络筒→检验成件（筒纱）

#### (B) 圆梳线

机器短麻（或适用原料）→给湿（油）分磅→大切机→圆梳（I）→中切机→圆梳（II）→小切机→圆梳（III）→排麻→延展（II）→制条→并条（针梳）2~4道→粗纱→粗纱煮漂→湿纺细纱→细纱烘干→分色络筒→检验成件（筒纱）

### (3) 混纺生产线工艺流程

（亚麻短纤维+其它纤维）→清棉→梳棉→并条（II）



近几年，国内个别从事亚麻产品开发的单位、个人在这方面做了大量创新性的探索，基本方法：利用打成麻→化学、机械的方法提取纤维→制成具有一定品质的毛型纤维→进入精梳毛纺、苧麻纺或绢纺生产线→亚麻纯纺或高支混纺纱。通过生产实践，目前已成功开发出纯亚麻 41.7tex 和亚麻与绢、毛混纺 16.7tex, 高品质纱线<sup>[8]</sup>。

### 2.2.3 亚麻打成麻的质量指标<sup>[7]</sup>

(1) 打成麻的长度及其均匀度。亚麻打成麻的长度，决定于亚麻的栽培条件和初步加工的情况，一般以长度长和长度整齐度好为佳。我国绝大多数打成麻长度在 400~900mm 之间。

(2) 麻纤维的强度。强度高表示纤维单位截面上能够经受的外力也大，使亚麻纤维具有更高的纺纱性能。国产打成麻的纤维强度，一般在 490~588N/mm<sup>2</sup>。

(3) 麻纤维的可挠度。这项指标是反映打成麻的柔软程度，与亚麻的生长过程及浸渍工艺有密切关系。根据我国打成麻质量情况，一般规定：可挠度在 50mm 以下为粗硬的打成麻；在 50~60mm 间，为正常的打成麻；60mm 以上的为柔软的打成麻。

(4) 油性。这个指标是指亚麻纤维表面润滑的程度。含油多的纤维便于纺纱加工，所以可纺性能高。

(5) 纤维分裂度（细度）。这项指标是专指亚麻工艺纤维的粗细情况，它取决于亚麻的初步加工工艺。因为这项指标对纺纱性能有直接的影响，所以是一项十分重要的技术指标。我国打成麻的纤维分裂度，一般在 5~10tex 之间。

(6) 纤维的成条性。这个指标是指亚麻束纤维的排列程度及其可分离性。

(7) 重度。这是指亚麻纤维的体积重量。重度大，表示亚麻工艺纤维中含有原纤维的数量多，组织紧密，强度高，能纺出高品质指标的细纱。亚麻打成麻的重度是 1.73g/cm<sup>3</sup>。

(8) 含杂。这是指打成麻中含有杂质数量的情况。一般都控制在 10% 以下。

(9) 色泽。这是一项决定纤维未来用途的重要指标。一般以奶白色、淡黄色或浅灰色为最佳，以暗褐色或赤色为最差。

(10) 吸湿性。这是一项表示亚麻纤维吸收空气中水分本领的强弱指标。一般都以回潮率表示，亚麻的公定回潮率为 12%。

## 2.3 亚麻纤维的结构

亚麻属亚麻科亚麻属，纺织用亚麻均为是一年生草本植物，有长茎麻、中茎麻和多枝麻三种。其中纤维用亚麻为长茎麻，茎高 60—125cm，是亚麻纺纱的主要原料。我国种植亚麻主要是黑龙江和吉林省，以纤维用亚麻为主。

### 2.3.1 亚麻麻茎结构

亚麻纤维是韧皮纤维，麻茎直径 1—3mm，木质都不甚发达，纤维成束地分布

在茎的韧皮部分，在麻茎径向有20—40个纤维束均匀地分布，呈一圈完整的环状纤维层<sup>[9]</sup>。通过对亚麻结构的剖析，可了解到麻茎的结构是由表皮层、韧皮层、形成层、木质层与髓质层五部分组成。

(1) 表皮层：表皮层是亚麻麻茎的保护组织，外面为一层粗糙的角质薄皮，上有蜡质，可减少水分蒸发；中间有表皮，可防治病虫害的侵袭；里面由薄壁细胞组成，紧紧的与韧皮层相连。

(2) 韧皮层：这层处于表皮层的内侧，里面集聚着成束的纤维细胞，韧皮纤维就取自这个部位。

(3) 形成层：位于韧皮层与木质层之间，是由一些柔软、细小而不坚实的细胞组成，但细胞排列十分紧密，它是一种分生组织，在植物生长过程中，不断产生新的纤维细胞及木质细胞，形成韧皮层和木质层。

(4) 木质层：这层处于形成层内侧，由高度木质化的厚壁细胞组成。

(5) 髓质层：在木质层内侧，由高度木质化的薄壁细胞组成，这种细胞的间隙较大，当麻茎成熟时，它自然变成空腔。

### 2.3.2 亚麻纤维的形态结构

亚麻单纤维又称原纤维，纵向两端拉长而呈纺锤状，长度约为17—25mm，直径12—17 $\mu\text{m}$ 。横截面呈多角形，中间有空腔以及独特的果胶扁孔结构。亚麻纤维与其他纤维的形态结构对比如表2-3<sup>[3]</sup>所示。

表 2-3 亚麻纤维与其它纤维的形态结构对比表

纤维种类	纵向形态结构	截面形态结构
亚麻	横节、竖纹	多角形、中腔较小
苧麻	横节、竖纹	腰子形、有中腔及裂缝
黄麻	横节、竖纹	多角形、中腔较大
竹纤维	表面光滑均一、纵向呈多条较浅的沟槽	不规则多边形状、多孔隙、中腔呈椭圆形
羊毛	表面有鳞片	圆形或接近圆形、有些有毛髓
桑蚕丝	平直	不规则多角形
粘胶纤维	纵向有沟槽	有锯齿形或多页形边缘
涤纶、锦纶、丙纶	平滑	圆形

### 2.3.3 亚麻纤维的微结构

亚麻纤维从纤维素长链分子排列到堆砌成纤维，其间有许多级的微观结构。首先是线性大分子互相平行、按一定距离、一定相位、一定相对形状，比较稳定的结合在一起，成为结晶态很细的大分子束——基原纤；由若干根基原纤平行排列结合在一起，而较粗一点的基本上属结晶态的大分子束——微原纤；由若干根基原纤基本平行的排列结合在一起的更粗些的大分子束——原纤；最后由原纤堆砌成纤维。它的基原纤、微原纤、原纤的结构、尺寸与棉纤维相近，但是它的大分子基原纤、微原纤的螺旋角较小，因而纤维强度高，伸长变形小，耐腐蚀性较好。

在亚麻纤维中，存在着许多级结合体的结构，根据缨状微胞理论，亚麻纤维存在二相结构，既包含晶区和非晶区的结构，同一巨分子可以连续地通过一个以上的晶区和非晶区，晶区和非晶区无明显的界面。其中，晶区和非晶区及纤维取向度是决定纤维性质的主要因素。由材料知，亚麻纤维的结晶度、取向度与棉纤维的对比数据如表2-4所示。

表2-4 亚麻纤维与棉纤维微观结构比较表

	结晶度 (%)	取向度 (%)
国产亚麻	66.8	92.7
法国亚麻	66.4	92.3
俄罗斯亚麻	68.2	91.8
棉纤维	46~52	63~65

由表2-4可以看出，亚麻纤维和棉纤维虽然都是纤维素纤维，但是亚麻纤维的结晶度在70%左右，棉纤维的在50%左右，亚麻纤维的结晶度比棉纤维的结晶度高20%左右；亚麻纤维的取向度在90%以上，而棉纤维的在60%多一点，亚麻纤维的取向度比棉纤维的取向度高30%左右。亚麻纤维的结晶度和取向度都远远高于棉纤维。

结晶度高说明大分子排列整齐、密实，纤维中缝隙空洞较少，密度较大，分子之间相互接近的各个基团的结合力相互饱和，而取向度高则说明大分子排列方向与纤维轴向的符合程度高。正是由于亚麻纤维是高结晶度、高取向度的纤维，具有高规整性。使得亚麻纤维各结构单元间的距离较小，其间的范德华力和氢键作用较强，并且由于大量极性基(如—OH)被封闭在晶区内，使分子链之间及大分子内氢键的作用较强。因此，亚麻纤维结构单元以及分子链之间结构紧密，可移

动性差。当外力作用时，由于范德华力和氢键的共同作用，使亚麻纤维有着较大的断裂强度和较小的断裂延伸度，变形小，弹性较差<sup>[10]</sup>。

## 2.4 亚麻纤维及针织物的性能特点

### 2.4.1 亚麻纤维的力学性能及其表征

亚麻纤维的力学性能如表2-5<sup>[11]</sup>所示

表2-5 亚麻纤维与其它纤维的力学性能比较

性能指标	棉纤维	亚麻纤维	粘胶纤维
细度 (tex)	9~18	~15.3	—
断裂强度 (cN/dtex)	3.0~4.9	5.6~6.3	2.0~5.0
相对湿强度 (%)	102~110	102~108	55~80
断裂伸长 (%)	3~7	1.5~2.3	7~24
相对湿伸长 (%)	112~115	116~125	115~150
回弹性 (%)	74(2%)	84(1%)	55~60(3%)

### 2.4.2 亚麻纤维抗弯性能

纱线的抗弯刚度对于织物及针织物的组织结构、形成情况也有关系。但是纱线具有捻度，由于扭应力的存在，使纱线自动弯曲，因而一般测定条件下抗弯刚度极小，甚至是负值，并不能真正反映纱线的抗弯性能。因此，一般不单独讨论纱线的抗弯刚度。以下列出几种纤维的相对抗弯刚度的典型例子，便于后面对纱线进行分析。如表2-6所示<sup>[12]</sup>。

表2-6 纤维的抗弯性能

纤维种类	比重 (g/cm <sup>3</sup> )	初始模量 (cN/tex)	相对抗弯刚度 (cN·cm <sup>2</sup> )
细绒棉	1.50	653.7	2.46×10 <sup>-4</sup>
细羊毛	1.31	220.5	1.18×10 <sup>-4</sup>
亚麻	1.51	1166.2	4.96×10 <sup>-4</sup>
普通粘胶纤维	1.52	515.5	2.03×10 <sup>-4</sup>
晴纶	1.17	670.3	3.65×10 <sup>-4</sup>

纤维的力学性能是表征纤维加工和服用性能极为重要的内容。从宏观方面来看，是指纤维在外力作用下的种种行为；从微观方面讲，可视为在力场中分子运动的表现，因此纤维不同层次的结构对于其力学性能有明显的影响。大多数固体高聚物的应力应变曲线，可以归纳成如图2-1所示的五类。

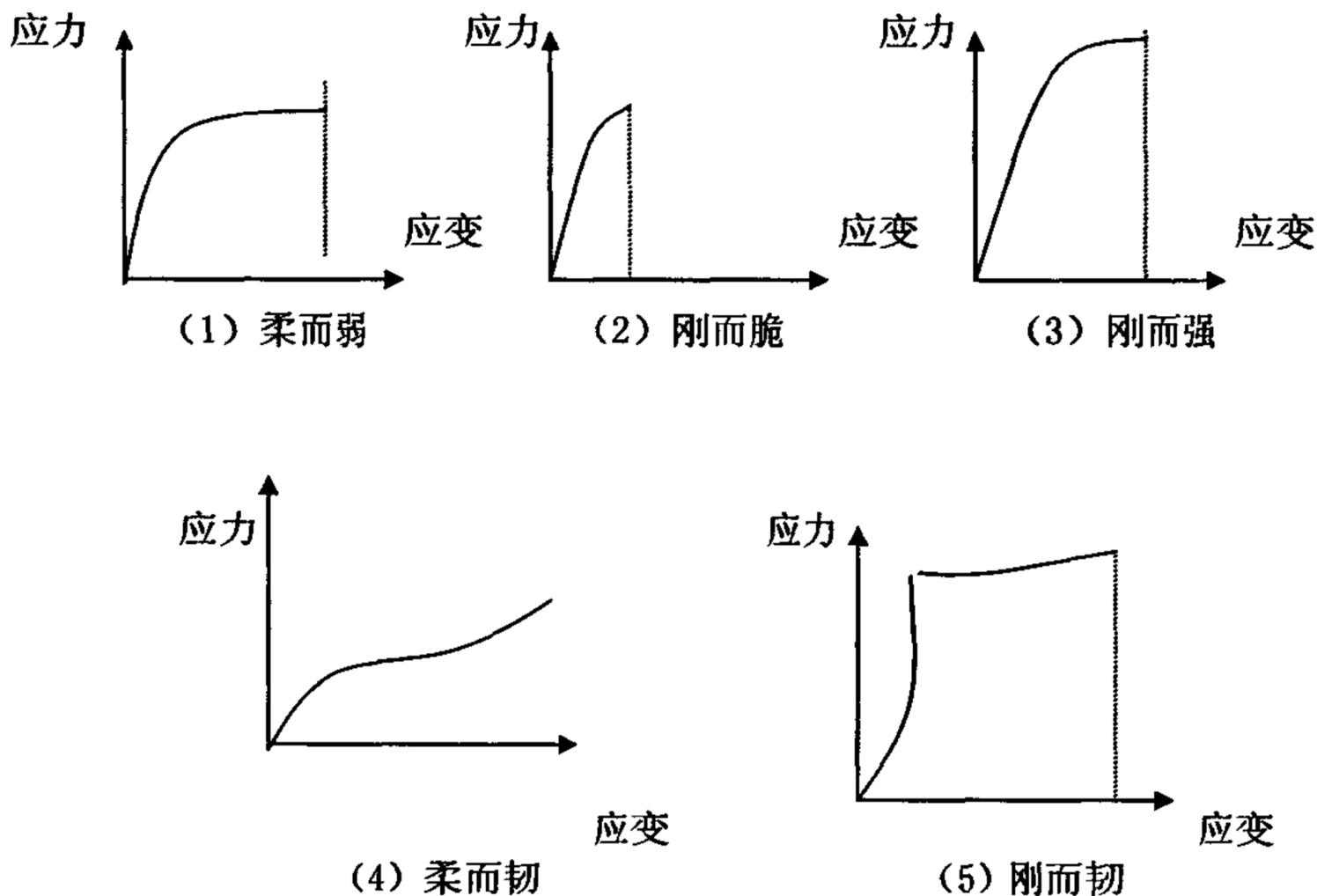


图2-1 固体高聚物的应力—应变曲线

各种材料的应力—应变行为，可用模量、屈服应力、断裂应力和伸长等几个指标表示，应力—应变曲线起始段直线部分的斜率为初始模量，它是纤维抵抗外力作用时行变能力的量度，是纤维刚度的表征。典型的应力—应变曲线上，自原点出发，最初的线段具有较陡的斜度，随着应力的增大，伸长突然变得较大，在其曲线图上所给出的转折点，称为屈服点，由屈服点所给出的应力与伸长，分别称为屈服应力和屈服伸长。屈服点的重要意义在于纤维受外力作用时，在屈服点以前所产生的形变主要是可回复的弹性形变，当所受到的外力超过屈服点应力时，纤维的伸长明显的增加，其中不可回复的伸长和回复较缓的伸长，所占有的比例相应增大，所以在其他指标一定的情况下，屈服伸长大的纤维伸长弹性好。由这种纤维制成织物的弹性恢复能力一般较大，保形性较好。

通常用于描述力学性能的术语与对应的这些指标的关系如表2-7所示，其中的术语“柔”和“刚”用于区分模量的低和高，“弱”和“强”是指强度的大和小，“脆”是指无屈服现象而且断裂伸长很小，而“韧”是指其断裂应力和断裂伸长都较高的情况。

表2-7 固体高聚物应力—应变行为的几种典型特征

描述的术语	拉伸应力—应变的特征			
	模量	屈服应力	断裂应力	断裂伸长
柔而弱	低	低	低	中
刚而脆	高	无	中	低
刚而强	高	高	高	中
柔而韧	低	低	高	高
钢而韧	高	高	高	高

图2-2为纤维应力—应变曲线的五种类型。

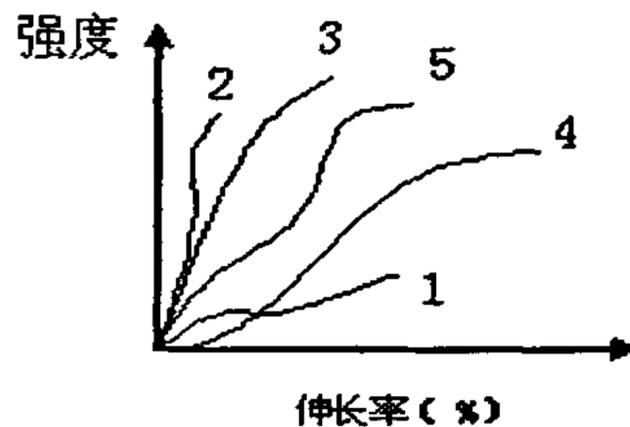


图2-2 纤维应力—应变曲线的五种类型

图中强度1为棉型粘胶纤维，其断裂强度、初始模量与断裂功的数值均较低，而断裂伸长中等，纤维表现为柔而弱，图中2为亚麻，其初始模量较高，断裂强度中等，而断裂伸长和断裂功较低，纤维表现为刚而脆；图中3为高强低伸型涤纶，其纤维断裂强度与初始模量较高，断裂伸长与断裂功中等，纤维表现为刚而强；图中4为锦纶，其纤维初始模量较低，而断裂强度、断裂伸长与断裂功等均较高，纤维表现为柔软而具有韧性，图中5为普通涤纶，其纤维初始模量、断裂强度、断裂伸长与断裂功等均较高，纤维表现为刚而韧。

从应力—应变曲线所提供的各项参数和力学性能与纤维制品性能之间的关系，可用表2-8来说明。

表 2-8 应力—应变曲线表征的力学性能与纤维制品性能之间的关系

参数名称	力学性能	织物性能
模量	刚度	悬垂性、手感、洗可穿性、耐磨性
屈服点	弹性	起皱性、弹性、保形性
断裂强度	强度	纤维的加工性能 织物的强度
断裂伸长	延性	
断裂功	韧性	织物的韧性、耐疲劳性

由此可见，亚麻纤维的初始模量和相对抗弯刚度较其它纤维大，因此亚麻纤维高模量、刚性大的特点使亚麻纱线在横机上的编织过程中不易弯曲成圈，容易产生破洞，增加停机率等问题<sup>[11]</sup>。

### 2.4.3 优良的吸湿放湿性

亚麻纤维吸湿性好是构成亚麻织物的一个显著特点。亚麻纤维的吸湿性一般指在标准状态下具有良好的吸湿性，经测定，其回潮率可达13%，纤维吸湿积分热为13卡/g(干纤维)，视纤维及织物的脱胶程度和纤维及织物的状态而定。亚麻织物具有比较好的吸湿性能，同时又具有较好的散湿性能，亚麻纤维及织物的吸湿性和散湿性形成了亚麻织物的排汗功能，又被人们称之为天然调湿器(在湿度大的条件下，亚麻织物吸收空气中的水分；在湿度低的条件下，亚麻织物能够释放所吸附的水分，从而起到了调湿器的作用)。亚麻纤维的调湿作用赋予亚麻织物良好的服用性能和优良的装饰性能，这也是亚麻织物深受消费者喜爱的主要原因。表2-9为常用纤维的回潮率，可见亚麻的吸湿性是常用纤维中佼佼者。

表2-9 常用纤维的回潮率 (条件:温度为20℃, 相对湿度为65%)

纤维种类	原棉	亚麻	桑蚕丝	涤纶	晴纶	维纶
回潮率 (%)	7~8	12~13	8~9	0.4	1.2~2	4.5~5

### 2.4.4 舒适性

舒适性是服装消费者所关心的十分重要的指标。亚麻是植物的韧皮纤维，它的功能是近似人的皮肤，有保护肌体，调节温度等天然性能。亚麻布服装比其它衣料能减少人体的出汗，吸水速度比绸缎、人造丝织品，甚至比棉布快几倍，与皮肤接触即形成毛细现象，是皮肤的延伸。亚麻的这种天然的透气性、吸湿性、

清爽性,使其成为自由呼吸的纺织品。常温下能使人体室感温度下降4~8℃,被称为“天然空调”。此外服装的卫生保健性能也越来越受到人们的关注,在满足人们对服装美观、舒适的要求外,应着眼于服饰的保健性和功能性的发展,所以开发和选用新原料以生产舒适保健性的面料是非常重要的。而亚麻纤维由于其特殊的微观结构,具有较好的透气性,吸湿率高,强度高,汗液在其中能迅速扩散,且面料外观自然、自由、自在,手感挺括,穿着不贴身。大量实践和研究也发现麻类纤维独具许多保健功能,不易沾污,并且亚麻能散发出对细菌的生成有很强抑制作用的香味,对蜗类等细菌有很强的杀伤力,因此亚麻织物是人们所公认的舒适卫生性面料之一。

#### 2.4.5 天然抗菌性

在人类使用的各种纺织品和人体皮肤表面,经常寄生着许多微生物,它们用人体的分泌物进行生长和繁殖,而且这些微生物中存在大量病菌,不仅刺激皮肤引起瘙痒,还会使皮肤产生病变,威胁着人体的健康。现在,人们已逐步认识到了服装作为和我们“亲密接触的伙伴”,应该具有一定的抗菌卫生性能。亚麻纤维由于其特殊的果胶质斜偏孔结构,与其他天然纤维相比有一定的抑菌作用,而且由于亚麻纤维的中空结构里富含氧气,使厌氧菌无法生存,抗菌性能良好。表2-10为亚麻席、竹席、草席上的细菌存活情况,由表2-10接触检验的结果证明,亚麻席和草席、竹席相比,亚麻席细菌、真菌的死亡率明显提高,说明亚麻纤维具有一定的杀菌作用。另外,已有调查显示:亚麻内衣还可调整人的经脉系统和内分泌系统,从而对中枢神经系统起到镇静用。而且,亚麻含有能吸收紫外线的半纤维素,使紫外线不能照射到人体,保护皮肤,具有防磁、抗腐蚀的作用。

表2-10 不同时间三种席子上的细菌存活情况(接触法)

		存活细菌占原始细菌的比例(%)			
		1小时	3小时	6小时	12小时
白色念珠菌	草席	86	100	100	100
	亚麻席	100	98	61	37
	竹席	100	100	79	100
大肠杆菌	草席	33	25	23	37
	亚麻席	34	12	10	8
	竹席	100	87	96	28
金黄色葡萄球菌	草席	100	100	86	96
	亚麻席	100	29	29	6
	竹席	100	71	75	11

### 2.4.6 抗静电性

亚麻纤维因正负电荷平衡而不产生静电，无灰尘吸附，卫生性能为人们津津乐道。常用纤维的静电性能排列情况如图2-3所示。(试验条件:温度120℃,相对湿度45%±2%)。

+ -----  
羊毛>丝绸>人造丝>棉>亚麻>醋醋>涤纶>晴纶>偏氯纶>氯纶

图2-3 常用纤维的静电性能排列情况

总之，亚麻纺织品由于具有吸湿性好、散热快、不贴身体、无静电、强度高、抗腐耐热、挺括大方、不沾灰尘、易于洗涤等优良品质和良好的舒适卫生性能，能满足人们对高档服饰舒适性的需求。但是，亚麻纤维严重的刺痒感制约了麻产品向高档化的发展。由此可见，消除亚麻织物的刺痒感，提高其柔软性，是档亚麻织物生产中的关键<sup>[13]</sup>。

## 第三章 亚麻纱线的性能测试与分析

亚麻机织物较多，针织物较少，主要是由于针织结构为线圈与线圈穿套而形成织物，针织纱必须柔软、捻度小、弯曲容易。而亚麻纱线刚性大、硬挺、弯曲易断裂，直接上机常出现一些问题。特别是随着技术的进步针织物逐步向高针距发展，对亚麻针织用纱的要求也越来越高，高支亚麻纱线纺纱难度较大。再加上由于针织物特定的结构，使纱线中毛羽更多地暴露于表面而产生比机织物更为明显的刺痒感，难以满足针织物用于贴身穿着的要求，麻类针织产品的开发受到了限制。因此分析亚麻纱线的性能特点，已使其适应针织加工的要求十分重要。

### 3.1 亚麻纱线的拉伸断裂性能

#### 3.1.1 亚麻与其他纱线性能测试比较

纱线的拉伸断裂性是纺织材料服用性能的最重要物理性能之一。它影响着纱线的可编织性及织物的手感、服用时的舒适感、耐用性。当纱线在外力作用下被破坏时，纱线抵抗拉伸的能力就是纱线的拉伸断裂性，表达它的指标很多，主要有以下四类：（1）拉伸断裂强力，（2）相对强度，（3）断裂伸长，（4）断裂伸长率。实验选用28.2tex的纯棉纱、28.2tex的涤棉混纺纱（65涤/35棉）与66.70tex的纯亚麻纱线三种原料在YG061F电子单纱强力仪上测试，得出亚麻纱线和纯棉、涤棉纱拉伸断裂性能指标如表3-1所示。

表 3-1 亚麻和其它纱线拉伸断裂性能指标

性能指标	涤棉（65涤/35棉）	纯棉	纯亚麻（干）	纯亚麻（湿）
单纱细度（tex）	28.2	28.2	66.7	66.7
断裂强力（cN）	467.9	428	1211.5	1494.5
断裂强度（cN·T <sup>-1</sup> ）	16.6	15.2	18.1	22.4
断裂伸长（mm）	53.4	38.1	7.8	15.7
伸长率（%）	10.69	7.63	1.56	3.14
断裂强力 CV 值	6.86	4.35	16.91	14.23
断裂伸长 CV 值	5.71	5.73	12.91	9.1

当纱线在受到外力作用时，首先是纱线中的纤维由于外力的作用而产生滑移，随着外力的增加和持续纤维开始被拉断，由以上数据可以看出，纯亚麻纱线的断裂强度为  $18.1 \text{ cN} \cdot \text{dt}^{-1} = 1.8 \text{ cN} \cdot \text{dt}^{-1}$  而亚麻纤维的断裂强度为  $5.6 \sim 6.3 \text{ cN} \cdot \text{dt}^{-1}$ ，纱线在断裂时还没有到达纤维断裂所需要的强度，这说明亚麻纱线的断裂发生在纱线中纤维相对滑移的阶段，这与亚麻纱线抱合力差有直接的关系。另外亚麻纱线有较高的拉伸强度，但断裂伸长率较低，表现为弹性和延伸性较差，此外，亚麻纤维的耐磨与耐扭折性能也较差，易受损断裂。而且亚麻纱线湿态的强度、断裂伸长都大于干态，因此，在使用亚麻进行编织时可以适当进行加湿处理增强纱线的强度和断裂伸长，以改善亚麻的编织性能。

### 3.1.2 亚麻及其混纺纱性能测试比较

亚麻单纤刚度远大于棉，显得硬挺，柔软性、弹性差，因而其编织性能很差。而针织结构为线圈与线圈串套形成织物，针织纱必须柔软、捻度小、弯曲容易。为了编织亚麻针织物，必须对其可编织性能进行改进，采用亚麻与棉的混纺可改善其编织性能。实验选用细度为  $45.45 \text{ tex} \times 2$  的亚麻/棉 (15/85) 混纺纱、 $32 \text{ tex} \times 2$  的纯亚麻纱线两种原料，经在 PG/YG061F 系列电子单纱强力仪上测试。得出混纺和纯纺两种亚麻纱线拉伸断裂性能指标如表 3-2 所示。

表 3-2 麻纤及其混纺纱物理机械性能指标<sup>[14]</sup>

性能指标	亚麻/棉	纯亚麻
混纺比 (%)	15/85	100
单纱细度 (tex)	45.45	32
单纱强力 (Cn)	319.0	559.5
强度 ( $\text{cN} \cdot \text{tex}^{-1}$ )	7.0	17.4
伸长 (mm)	32.5	11.9
伸长率 (%)	6.51	2.39

由表 3-2 可以看出，亚麻纱线采用一定比率的混纺后，强力和强度与纯亚麻相比数值降低，但断裂伸长高于纯亚麻，可编织性要优于纯亚麻纱线。

### 3.1.3 几种处理过的亚麻纱线性能测试比较

尽管亚麻纱线有较高的拉伸强度，但断裂伸长率较低，也即纱线的延伸性较差，表面较粗糙和较硬。为了提高亚麻的柔软性使其在横机上顺利编织，我们对亚麻纱线进行简单处理，分三种情况：（1）上蜡处理：对络纱机进行简单的改造，把第二道的张力圈改为蜡圈（1.5cm厚，3.5cm直径），对纱线进行两次过蜡处理。（2）柔软剂处理：对络纱机的第二道张力圈缠上浸有柔软剂溶液的棉球，纱线在络纱的过程中经过棉球而粘上柔软剂，从而起到对纱线进行柔软处理的目的，在此过程中要不断地给棉球滴入柔软剂以确保柔软处理的顺利进行。（3）加柔软剂再上蜡两次的处理：对纱线进行柔软处理的基础上再进行两次过蜡处理。处理后的亚麻纱线拉伸断裂性能指标如表 3-3 所示。

表 3-3 处理后亚麻纱线拉伸断裂性能指标

性能指标	亚麻原纱	过蜡两次纱	上柔软剂纱	上柔软剂过蜡两次纱
断裂强力 (CN)	1211.5	1136.33	1166.28	1224.98
断裂强度 (CN/T)	18.1	17	17.43	18.33
断裂伸长 (mm)	7.8	7.98	9.90	8.73
断裂伸长率 (%)	1.56	1.60	1.99	1.75

从表 3-3 可以看出，经过处理过的亚麻纱线在断裂伸长上都提高即纱线的延伸性能改进。上柔软剂的亚麻纱线延伸性最好，强度虽然有所降低但和棉纱相比强度还是很高的，纱线手感较柔软。

经过处理的亚麻纱线不但强度降低，纱线的重量也有相应的改变，我们用减量率来衡量纱线重量的改变，纱线的减量率如表 3-4 所示。

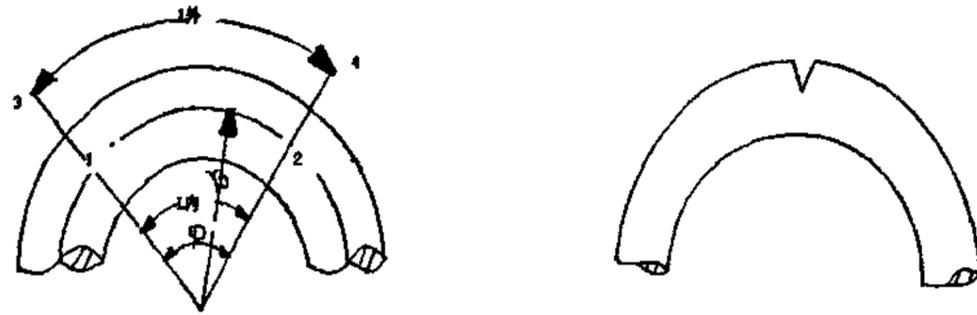
表 3-4 纱线的减量率

纱线种类	减量率 (%)
过蜡两次亚麻纱线	0
上柔软剂亚麻纱线	9.66
上柔软剂过蜡两次亚麻纱线	1.14

从表 3-4 可以看出上柔软剂的亚麻纱线重量损失比较严重, 上柔软剂过蜡两次的亚麻由于表面裹着一层蜡质减量率提高, 过蜡两次的亚麻纱线的重量基本上没什么改变, 这是因为纱线在络纱过程中通过控制清纱板隔距, 可去除部分纱疵, 部分毛羽脱落, 但同时纱线表面又裹上一层蜡质。

### 3.2 亚麻纱线的勾结强力

纤维和纱线在弯曲过程中, 和任何梁的弯曲一样, 各部分的变形是不同的, 如图 3-1 (a) 所示。中性面以上受拉伸, 中性面以下受压缩。弯曲曲率愈大 (曲率半径  $r_0$  愈小), 各层变形差异也愈大。若编织中, 纱线弯曲较大时, 曲率半径小的地方易发生折断见图 3-1 (b) 所示<sup>[16]</sup>。



(a) 纤维和纱线弯曲时变形 (b) 纤维和纱线的弯曲破坏

图 3-1 纤维和纱线弯曲时的变形与破坏

通常情况下, 纱线或纤维互相钩接或打结的地方, 最容易产生弯断。这时, 弯曲曲率半径基本上等于纤维或纱线的厚度 (直径) 的一半。针织物中线圈钩接承受拉伸, 也是属于这种状态。为了反映这方面的性能, 在 YG061F 电子单纱强力仪上测试对亚麻纱线进行钩接强度的试验。结果如表 3-5 所示。

表 3-5 亚麻钩接强力指标

性能指标	亚麻
钩接强力 (cN)	1010.1
钩接强度 (cN · T <sup>-1</sup> )	15

### 3.3 亚麻纱线的毛羽

纱线毛羽是外露在短纤纱表面的纤维端、圈等。在纺纱加捻过程中，大多数纤维的头端伸出在纱线的外表，形成毛羽。它不仅影响纱线的外观和织物的清爽，而且刚硬干涩，毛羽较多的特点使其在织机上容易产生洞眼及脱套等问题，且坏针多。在 YG172 型纱线毛羽测试仪上对亚麻纱线的毛羽试验，其结果如图 3-5 所示。

表 3-6 亚麻纱线的毛羽 (个/1m)

毛羽指数	1mm	2mm	3mm	4mm	5mm	6mm	7mm	8mm	9mm	大于 4mm 百分比
纯棉纱	122.30	16.96	2.50	0.48	0.08	0.06	0.00	0.00	0.02	0.11
纯亚麻纱 线	20.57	2.38	1.35	0.65	0.18	0.21	0.18	0.15	0.11	3.22
络纱一次 亚麻纱线	26.83	4.45	1.13	0.46	0.23	0.13	0.15	0.11	0.10	2.14
络纱两次 亚麻纱线	43.61	5.80	1.68	0.46	0.28	0.20	0.11	0.10	0.08	1.47
上蜡一次 亚麻纱线	53.51	10.41	3.28	0.93	0.33	0.20	0.08	0.05	0.03	1.00
上蜡两次 亚麻纱线	87.73	18.18	4.60	1.11	0.36	0.18	0.05	0.08	0.10	0.69
上柔软剂 亚麻纱线	12.23	2.13	0.60	0.25	0.15	0.13	0.13	0.06	0.03	3.18
上柔软剂 过蜡两次 亚麻纱线	58.98	12.43	3.93	1.55	0.81	0.40	0.20	0.18	0.20	2.28
从织物上 拆下的亚 麻纱(水洗 后)	131.6	28.07	6.93	1.67	0.67	0.33	0.20	0.10	0.10	0.83

由表 3-6 可以看出，亚麻纱线的长毛羽比棉纱要多，纯棉纱 4mm 以上的毛羽百分比是 0.11%，纯亚麻纱线 4mm 以上的毛羽百分比则为 3.22%。经过处理后的

亚麻纱线长毛羽有明显的改善如：纯亚麻纱线 6mm 毛羽指数为 0.20, 上蜡一次的亚麻纱线则为 0.21。而在 7mm 处纯亚麻纱线的毛羽为 0.18, 上蜡一次亚麻纱线为 0.08。上柔软剂的亚麻纱线毛羽指数的改善也比较明显, 柔软剂贴服在纱线的表面, 纱线毛羽被软化在络纱过程中脱落。上蜡两次和上柔软剂过蜡两次的亚麻纱线毛羽指数有不减反增的现象。经过研究, 我们对纱线分别进行一次和两次络纱, 结果发现络纱的过程使得纱线的毛羽增多, 而且随着络纱次数的增多纱线的毛羽的小毛羽不断的增多大毛羽有不断减少的趋势, 这是因为纱线在络纱的过程中与机件产生摩擦而生成小毛羽, 长毛羽在摩擦中脱落。亚麻纱线及其处理后的亚麻纱线在高倍显微镜下的纱线的毛羽情况如图 3-2 至 3-5 所示。



图 3-2 上蜡两次亚麻纱线在高倍显微镜下纱线的毛羽情况



图 3-3 未处理亚麻纱线在高倍显微镜下纱线的毛羽情况

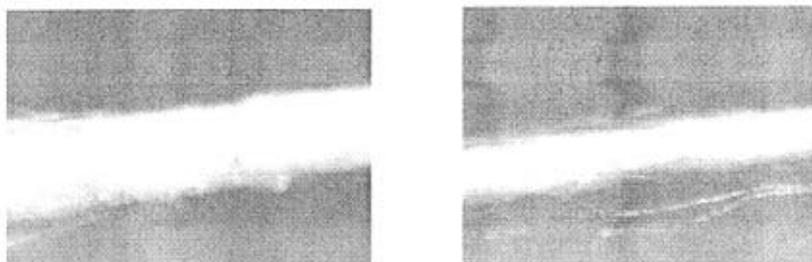


图 3-4 上柔软剂亚麻纱线在高倍显微镜下纱线的毛羽情况

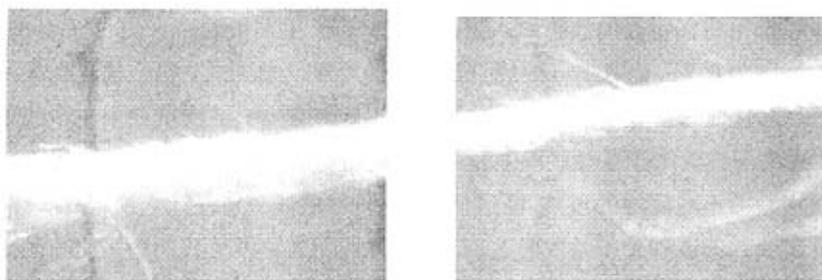


图 3-5 上柔软剂过蜡两次亚麻纱线在高倍显微镜下纱线的毛羽情况

实际观测结果表明：纱中大多数纤维端都伸出在纱线的表面，伸出的长度同纤维性质、纱线的捻度等有关。在亚麻纱线中，由于亚麻纤维比较粗长而且亚麻纤维刚而脆，亚麻纱线的捻度如果太大，纱中的亚麻纤维就会断裂，影响纱线的强度，而且亚麻纤维的抱合力很差，亚麻纱线中的亚麻纤维排列较平直蓬松，纤维端伸出纱外的长度较长且伸出纱外的纤维端比较平直。

### 3.4 亚麻纱线的摩擦性

纤维和纱线在加工过程中和在编织织物中都受到互相间或与其它材料间的摩擦，这些摩擦产生阻力。纱线在上机时与机器产生摩擦，如果纱线太脆弱、弹性差容易磨损断裂。而且摩擦系数过大也会影响针织物的手感和弹性。在 CTT 摩擦系数测试仪上测试亚麻与金属之间的摩擦系数，实验结果如表 3-6 所示。

表 3-7 亚麻与金属之间的摩擦系数

相互摩擦材料	金属
棉纱	0.240
亚麻纱线	0.224
络纱一次亚麻纱线	0.190
络纱两次亚麻纱线	0.221
过蜡一次亚麻纱线	0.104
过蜡两次亚麻纱线	0.115
上柔软剂亚麻纱线	0.202
上柔软剂过蜡两次亚麻纱线	0.113

从表 3-7 可以看出，对纱线进行过蜡能够有效的改变纱线的摩擦性，纱线与金属的摩擦性对纱线的可编织性有着重要的影响，在下一章将有具体说明。

## 第四章 亚麻横编织物工艺参数设计

根据目前国内外开发研究分析,发现麻纤维在针织横机上的应用有一定的潜力,在全面分析了亚麻纤维和亚麻纱线性能和正确选取原料的基础上,织物结构和编织工艺参数的科学设计是实现亚麻纤维具有良好的编织性的关键。根据针织产品的用途,结合实验室针织设备情况,设计了在手摇横机及 stoll 公司 CMS320 型电脑横机上编织纬平针、1+1 罗纹、半畦编、满针罗纹四大类织物。

### 4.1 手摇横机上亚麻横编针织物的编织

手摇横机是中小型企业普遍采用的一种编织设备,其传统编织的织物一般为罗纹、纬平针、集圈布等,品种较为单一。在手摇横机上采用亚麻纤维针织纱时,只有 1+1 罗纹能顺利编织,但经常出现断纱、破洞,织物正品率低。采用过蜡两次亚麻纱线、上柔软剂过蜡两次纱均能正常编织,破洞较少,能满足正常编织的需要,上柔软剂亚麻纱线满针罗纹不能正常编织。

#### 4.1.1 原料的选用

本实验采用纱支为 66.7tex 的纯亚麻纱线,分四种情况:亚麻原纱、过蜡两次亚麻纱线、上柔软剂亚麻纱线、上柔软剂过蜡两次亚麻纱线分别在 9 针/25.4mm 手摇横机上进行编织。采用 2 根纱同时喂入进行编织。由于亚麻纱线条干不均匀,2 根入纱可以弥补纱线脆弱点性能。

#### 4.1.2 成圈过程及分析

横机是一种采用舌针的,双面纬编平型针织机。它是以移动的三角对针踵作用,使针作纵向运动以完成成圈过程。舌针进行编织的成圈过程分退圈、垫纱、闭口、套圈、脱圈、弯纱、成圈与牵拉等阶段,如图 4-1<sup>[16]</sup>所示。现将其成圈过程分析如下:

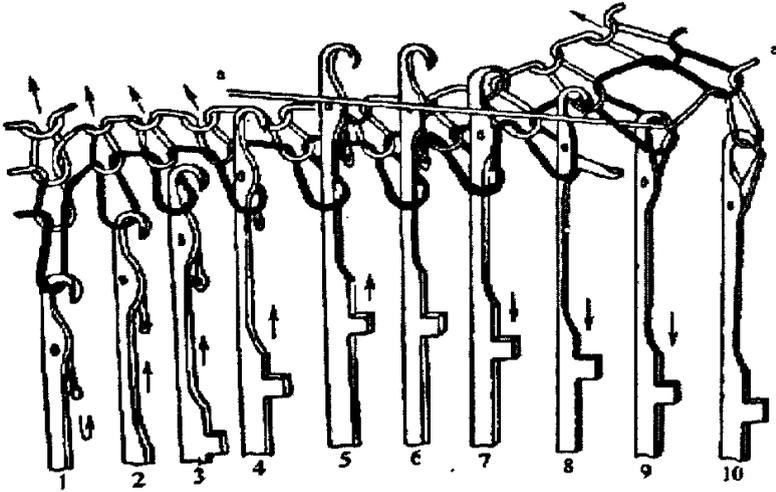


图 4-1 织物横编成圈过程

1. 退圈：退圈动作是由起针三角 1, 2 和挺针三角 3 来完成的（如图 4-2 所示）但在横机上起针三角同压针三角配合而成针道，因此起针三角的角度将受压针三角所制约。

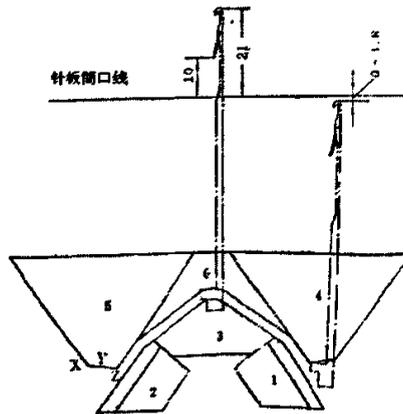


图 4-2 织针的退圈过程

图 4-2 为织针在退圈过程中的情况。开始时，针头从筒口线下方上升，由于三角的作用以及牵拉里的配合，织针顺利地升起。从而使针钩住的线圈转到牵拉里的作用平面内。线圈在牵拉力的作用下，沿针舌向下滑动。在横机上两只针床的夹角为  $97^\circ$ ，因此针背平面沿铅垂面之间的夹角为  $48.5^\circ$ 。而针舌上面与针背所成夹角为  $15^\circ$  左右，这样将使针舌与牵拉力之间的夹角高达  $60^\circ$

°以上,增加退圈时的阻力。因此线圈将随着针上升,直到与对面筒口相碰为止。然后,再从针舌上滑下,这样为了完成退圈,所需要的挺针高度必须相应地增大。在横机上编织平针组织时,两针床间的距离愈大,线圈浮出筒口线的可能性愈多。因此挺针最高点针舌尖出筒口线的距离应该适当的加大。起针三角同挺针三角交界的地方一般是设计在针舌尖进筒口1毫米的地方。这样当编织集圈组织时只需将挺针三角退出工作即可。挺针三角的角度要比起针三角小,一般约为 $35^{\circ}$ 左右。这是因为挺针三角3与眉毛三角6相配合组成针道。减小挺针三角的角度可以使得织针在改变运动方向时比较缓和。

2. 垫纱:舌针完成退圈阶段后开始下降,并垫上纱线。垫纱时纱线上应有适当的张力,否则纱线跳动将使针钩钩不住纱线而造成漏针,横机在二侧机头调头时,纱线将会变松,假使张力补偿装置的跳线弹簧未能及时张紧纱线,则将形成豁边、成圈过松或者纱线露出在边口外边的弊病。

3. 闭口:针踵沿眉毛三角下降时,旧线圈同针舌相遇而将针口关闭。在压针开始阶段,由于针钩尚未钩住纱线,因此舌针的运动轨迹同弯纱张力并无多大关系。因此眉毛三角的上半部总是设计成倾斜角度较小,并带有弧形的针道,这样当织针运动方向改变时,有个比较平稳的过渡。

4. 套圈、脱圈、弯纱以及成圈 当针踵沿着眉毛三角运动而过渡到压针三角时,舌针继续下降而实现套圈、脱圈、弯纱以及成圈等过程。横机前后针床三角是对称的,因此退圈时前后针床舌针同时到达挺针最高点。压针时前后针床舌针同时到达压针最低点。它是属于无分纱式弯纱。这样在成圈过程中,同时参加弯纱的针数以及针与纱线之间的包围角都将增加,使弯纱时的纱线张力剧增<sup>[17]</sup>。

现在来讨论一下弯纱时的纱线张力:如图4-3所示,就是弯纱过程中,一只舌针处纱线转移示意图。

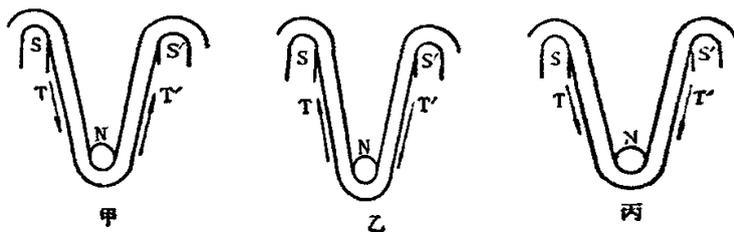


图4-3 舌针处纱线转移示意图

为了简化起见,图上假定了两侧托住纱线的沉降片或口齿S、S'的截面是圆弧形的,钩住纱线进行弯纱的钩针N的截面也是圆弧形的。

图中舌针N正在继续下降,弯纱深度不断增加,N两侧的线段长度也将不

断增加，作为弯纱需要的纱线长度的补充，可以从 S 侧或 S' 侧（导纱器一侧或已编织一侧）抽引过来，它大致可分成下列三种情况：

(1) S' 侧是已织成织物的一侧，邻近的舌针，也正在加深弯纱深度，无法转移纱线给针 N，相反，还需要从针 N 处取得补充纱线。纱线的流程将如图 3-7 (a) 上的箭头所示。

这时，由于摩擦力和纱线运动的关系，N 二侧的纱线张力 T' 和 T 之间的关系将为：

$$T' = T e^{\mu\theta} \quad \text{公式 (4-1)}$$

式中：  $\theta$  —— 纱线的包围角；  
 $\mu$  —— 纱线对舌针的摩擦系数；  
 $e$  —— 自然对数的底。

(2) S' 侧已放松，不仅不需要从针 N 处取得补充纱线，反而可能回退一部分纱线给针 N，但是 S 侧，也就是导纱器一侧，则张力已经很大，无法补充纱线给针 N。这时纱线的流程将如图 3-7 (b) 所示。在这种情况下，纱线所需要的补充纱线，将完全从“回退”过来的纱线中取得。这时 T' 和 T 的关系将为：

$$T' = T / e^{\mu\theta} \quad \text{公式 (4-2)}$$

(3) S' 侧已放松，不仅不需要从针 N 处取得纱线，反而可能回退一部分纱线给针 N。同时 S 侧，导纱器一侧，张力也不大，也可能供应一部分纱线。这样针 N 加深所需要补充的纱线，将分别从两侧同时取得。这时，纱线的流程，将如图 3-7 (c) 所示，T' 和 T 的关系将为：

$$\frac{1}{e^{\mu\theta}} T \leq T' \leq T e^{\mu\theta} \quad \text{公式 (4-3)}$$

上述这种由于摩擦力所形成的张力关系，一般情况下都可适用，沉降片或口齿二侧纱线上的张力也有类似的关系。

事实上，舌针纬编机上的弯纱成圈阶段，舌针相对于三角水平方向，要移过好几个针距才能完成，将有好几个针钩住纱线在弯纱，也有好几个针同时在回针放松已经弯好的纱线。同时弯纱的舌针的多少，和同时回针的舌针的多少决定于针头轨迹线和弯纱深度。

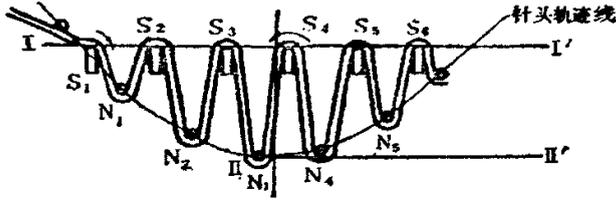


图 4-4 针头轨迹线、弯纱深度和同时弯纱的舌针之间的关系

图 4-4 是针头轨迹线、弯纱深度和同时弯纱的舌针之间的关系。图上  $S_1, S_2, \dots$  表示沉降片， $I I'$  线为沉降片握持纱线的平面， $N_1, N_2, \dots$  为舌针， $II II'$  为弯纱深度线。不论是弯纱侧，还是回针侧，是舌针，还是沉降片，二侧纱线上的张力和纱线的流程方向之间的关系，如方程 (1)，(2) 和 (3) 所示，最终的边界条件将决定于导纱器处喂入纱线的初始张力和织物那里的牵拉张力。

值得注意的是，弯纱深度继续增加时，舌针究竟从哪点开始将不从导纱器侧取得补充纱线，而却从织物侧回退弯纱所需要的补充纱线。非常明显，它不一定在弯纱最深处<sup>[10]</sup>。

纱线在每一成圈机件上的包围角  $\theta$  可近似地从图 4-5 中找出：

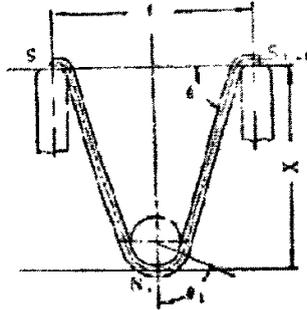


图 4-5 纱线在每一成圈机件上的包围角  $\theta$

$$\theta = 2\theta_i = 2\text{tg}^{-1} \frac{2X_i}{t} \quad \text{公式 (4-4)}$$

式中

$t$ ——针距；

$X_i$ ——针钩内点下降的距离。

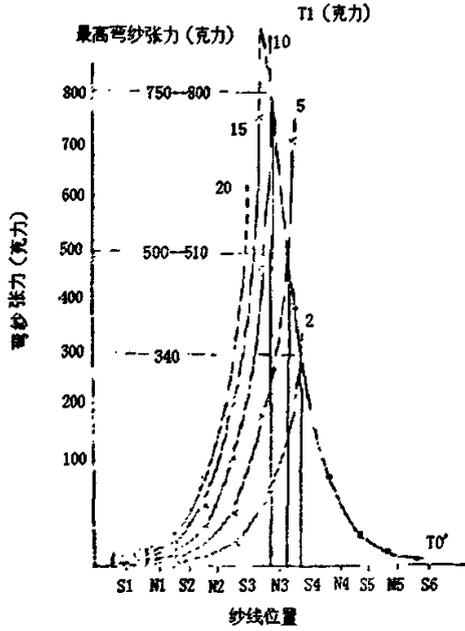


图 4-6 上蜡的粘胶短纤纱弯纱时的弯纱张力

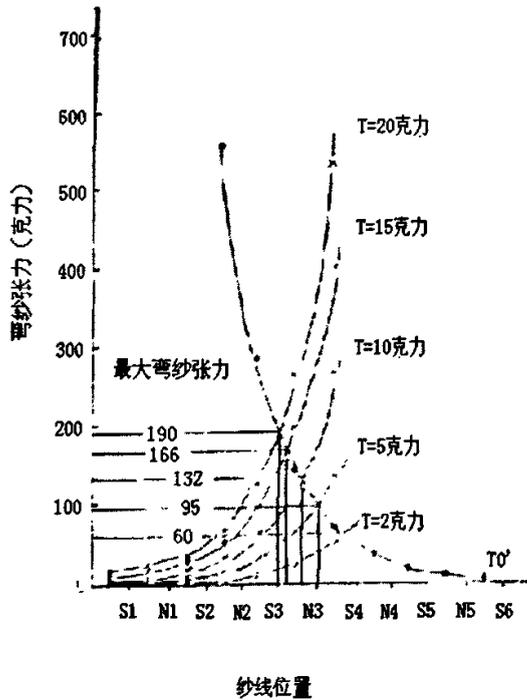


图 4-7 不上蜡的粘胶短纤纱弯纱时的弯纱张力

图 4-6 是上蜡的粘胶短纤纱在各种不同输入张力下，当它们处于不同弯纱

位置时的弯纱张力。图 4-7 是不上蜡的粘胶短纤纱弯纱时的弯纱张力。从这些图中可以看到，弯纱张力是随着所通过的成圈机件数而增加得很快，特别是在较高的输入张力  $T_i$  值时，纱线在经过比较少的成圈机件后，就会到达断裂负荷。对不上蜡的纱线来讲，这种现象就更厉害，这是由于  $\mu$  值较大的缘故。

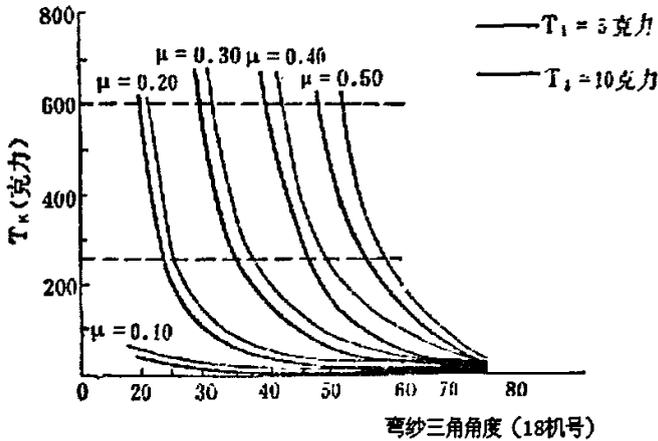


图 4-8 在各种不同弯纱三角角度下的最大弯纱张力

在同样条件下，不上蜡纱线比上蜡纱线产生大得多的弯纱张力，例如在  $T_i=2$  克时，它的  $T_k$  值超过上蜡纱线当输入张力为 20 克时的  $T_k$  值，在  $T_i=10$  克时，不上蜡纱线的  $T_k$  值已达 700~800 克，即已大于纱线的断裂强力。可以预示在这种情况下，编织时将产生破洞，因此在加工高  $\mu$  值的纱线应该采用增大弯纱角  $\gamma$  的方法，使同时参加弯纱的针与沉降片数减少，用减少  $\Sigma \theta$  ( $\Sigma \theta$  表示弯纱区中纱线与成圈机件之间所形成的包围角的总和) 的办法，降低最大弯纱张力  $T_k$  的值。图 4-8 为在各种不同弯纱三角角度下的最大弯纱张力，纱线和金属的摩擦系数是在 0.1 到 0.5 取五种，输入张力  $T_i$  取 5 克和 10 克，这些数值包括着一般的使用范围。从图中可以观察到，输入张力  $T_i$  影响相对是比较小的。无论在何种  $\mu$  值下当  $T_i$  增大 100%，即从 5 克变到 10 克，影响  $T_k$  值仅 25% 左右。从纱线与金属的摩擦系数  $\mu$  却显著地影响着弯纱张力  $T_k$ ，当  $\mu=0.1$  时，即使在很小的弯纱角度下， $T_k$  值也很难超过 50 克。对于一般经过上油上蜡的纱线， $\mu=0.2$  对他来讲，弯纱三角角度超过  $30^\circ$  都适用，这时弯纱张力  $T_k$  对纱线性能没有或者很少有影响。但当  $\mu=0.4$  时（洗净的不上蜡与不上油的人造纤维与合成纤维）在一个常规为  $45^\circ$  的三角系统中， $T_i=5$  克或 10 克， $T_k$  就超过羊毛衫的断裂强力，但是还是比合成纤维的强力低，这时虽然编织可以顺利进行，但是编织时所需

要的功却相应地要提高。在使用 60° 弯纱三角时, 其  $T_k$  值远低于一个 45° 弯纱三角系统弯纱时所产生的张力, 即使纱线摩擦系数高至 0.5,  $T_k$  值还是低于强度较弱的羊毛纱的断裂强力。在针距一定, 弯纱深度一定的条件下, 加大弯纱三角的角度, 可以使得弯纱时纱线的曲折数减少, 从而可以减少弯纱时的纱线张力<sup>[17]</sup>。

从以上分析可以看出, 经过上蜡的亚麻纱线摩擦系数只有 0.115, 即使在很小的弯纱角度下, 弯纱张力  $T_k$  值也很难超过 50 克。亚麻纤维刚而脆, 在上机编织时可以适当增大弯纱三角的角度来减少弯纱时纱线的曲折数, 以减少上机时的断纱现象。

5. 牵拉: 在横机上牵拉所起的作用和其它针织机一样, 也是将以形成的针织物引出成圈区域, 同时在退圈时拉紧旧线圈, 不使它随着舌针的上升而向上浮出筒口线过多。

### 4.1.3 弯纱深度的确定

考虑到麻纤维高模量、刚性大、易弯曲断裂等特点, 而且织物组织结构的不同将影响到织物的力学性能和服用性能。为此先后选择了纬平针组织、1+1罗纹组织、四平组织和半畦编组织以过蜡两次纱为例进行小样编织研究, 以找出麻纤维在横编中存在的问题, 并找出各种组织横编的最优编织工艺参数。

在编织过程中, 控制产品的尺寸主要是控制产品的密度, 在生产中就是控制编织时的弯纱深度。在成圈过程中的弯纱阶段, 纱线被弯曲的深度为弯纱深度, 弯纱深度是三角设计的必要参数, 也是针织机设计中的一个重要内容。在编织生产时, 弯纱深度又是一个重要的工艺参数, 不同的组织结构, 其弯纱深度的变化对织物尺寸特性的影响也各不相同。通过试验找出适合于某种织物的最佳弯纱深度值, 以保证产品尺寸稳定是很必要的<sup>[18]</sup>。

#### (1) 平针织物弯纱深度的确定

编织过程中选取的弯纱深度刻度分别为 8、9、10、11、12, 其可编织性如图 4-9 所示。

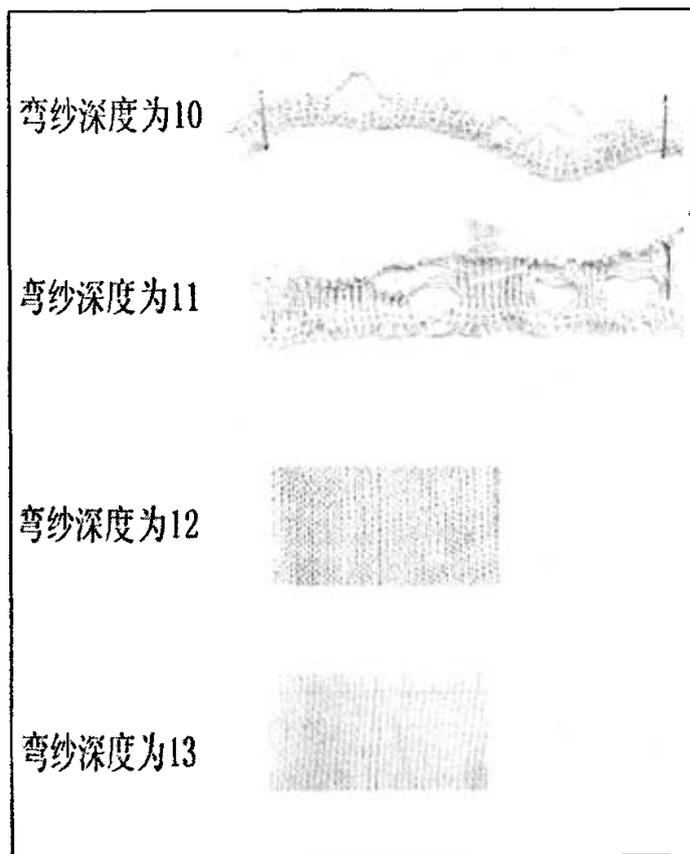


图 4-9 平针各弯纱深度比较

弯纱深度刻度盘值偏小、线圈长度偏短脱圈困难且机头移动阻力很大，见图 4-10 所示，在编织过程中，针钩能垫上新纱线，但是旧线圈并不脱圈。弯纱深度刻度盘值偏大，织物密度偏稀，线圈易脱散。因此在编织过程中试织弯纱深度为 13 的平针组织，由于过于松散虽然编织可以进行，但织物较稀疏，线圈过大。经试验得证合适的刻度盘数值是 12。

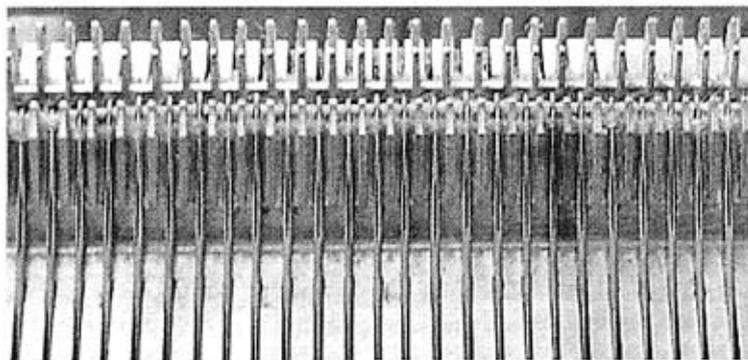


图 4-10 织针不脱圈现象

(2) 1+1 罗纹弯纱深度的确定

编织过程中选取的弯纱深度刻度值分别为 9、10、11、12，其可编织性如图 4-11 所示。

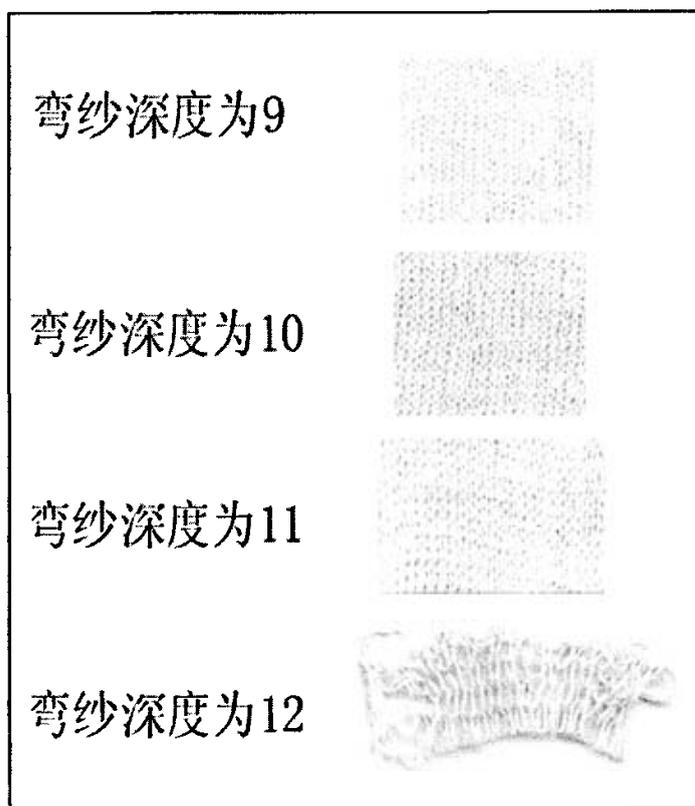


图 4-11 1+1 罗纹组织各弯纱深度比较

从图中可以看出弯纱深度越小，织物线圈越密集；随着弯纱深度的增大，

线圈逐渐变大，纹路清晰；当弯纱深度达到 12 时，可明显看出织物组织稀松，编织过程易出现破洞且形成的外观效果较差。因此考虑到织物外观效果及编织过程中的可编织性，故选择弯纱深度为 10。

### (3) 四平组织弯纱深度的确定

编织过程中选取的弯纱深度刻度值分别为 8、9、10、11，其可编织性如图 4-12。

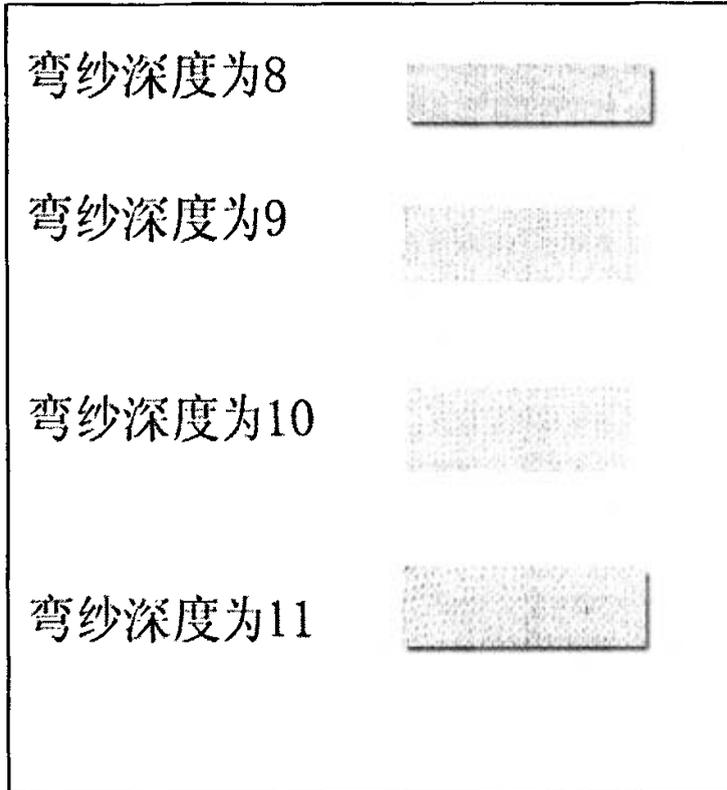


图 4-12 满针罗纹组织各弯纱深度比较

由图 4-12 可明显观察到线圈疏密的变化，弯纱深度为 8 时，织物过于紧密；而弯纱深度为 11 时，线圈过大造成外观效果不如其他好。从编织过程中可以发现，弯纱深度为 8-9 时，编织速度较慢，机头推动困难。因此选择弯纱深度为 10，编织质量较好，布面光洁，纹路清晰，线圈形态规整，结构均匀。

### (4) 半畦编组织弯纱深度的确定

由于半畦编组织是在 1+1 罗纹的基础上进行编织所以弯纱深度与 1+1 罗纹是相同的。

可见，弯纱深度的选择是关系到能否正常编织，织物密度是否适当和线圈

结构是否均匀的关键因素。

#### 4.1.4 编织过程中遇到的问题及解决方法

(1) 纱线的种类和细度不仅是选择横机机号与针号的重要依据，而且影响横编针织物的性能，是设计横编针织物组织结构的基础。因此根据横编针织物的用途选择针织用纱是极其重要的。

(2) 由于亚麻纤维纱线的摩擦系数较高，要增加纱线根数，使机头本来就移动阻力较大的现象更加严重，此外针钩也不容易勾住所有纱线，这些将导致机器无法正常编织。故在保证织物紧密的前提下选择双裸入纱，并发现经过上蜡整理的纱线摩擦系数降低，可提高编织能力。

(3) 编织纯亚麻织物时，各种组织均能正常编织，但移动机头较编织亚麻混纺纱要费力。这主要是由于亚麻纱线的刚性较大，不利于弯纱和脱圈，易于断纱和破洞。对其进行再次络筒、打蜡，解决了纯亚麻纱线的编织问题。

(4) 亚麻纤维纱线较高的弯曲刚度对织物外观产生了明显的影响。一是平针织物的卷边比其他纱线织物要严重的多。二是亚麻纤维纱线编织的大部分织物，其线圈呈圆弧状，没有明显的圈柱段，典型的是罗纹组织。

(5) 经试织发现编织集圈组织最顺利，成圈平针最难编织，主要原因是平针成圈时，麻纱弯曲次数较多而且是单针床进行编织，旧线圈比1+1罗纹等在双针床编织的旧线圈所受的牵拉要大，形成的线圈易被拉断而且加大机头的运行阻力。牵拉如果给的太小旧线圈会随着舌针的上升而向上浮出筒口线过多影响下一转的编织。由此可见，设计合适的针织组织结构是编织工艺当中的重要工作之一。

(6) 纱线横编前的处理直接影响编织能否顺利进行。选用麻纤维高模量原料进行横编时，需要进行柔软处理和打蜡处理，在络筒过程中通过物理机械作用使麻纱的柔软性能得以改善是使编织顺利进行的有效措施之一，打蜡处理可有效改善麻纱的集束性能，提高其编织性。且纱线湿度要适当，过高会造成纱线与织针的摩擦系数增大，编织时织针容易带布造成漏套；过低会影响纱线强力，在编织过程中造成断纱破洞。

#### 4.1.5 工艺参数

织物组织及其结构下机参数见表 4-1 所示。

表 4-1 织物下机工艺参数

织物名称		横密 (纵行 /10cm)	纵密 (横列 /10cm)	线圈长度 (mm)	厚度 (mm)	平米克 重 (g/m <sup>2</sup> )
亚麻原纱	1+1 罗纹	24	31	8.0	2.363	349.2
上柔软剂 亚麻 纱	1+1 罗纹	18	26	7.9	2.457	315.6
	半畦编	12	24	8.5	2.827	517.7
	纬平针	24	25	8.3	2.038	305.5
过蜡 两次 亚麻 纱	纬平针	24	24	9.7	2.057	305.5
	1+1 罗纹	22	25	8.7	2.789	350.2
	半畦编	12	23	8.3	3.238	529.8
	满针罗纹	27	24	8.7	2.756	424.3
上柔软剂 过蜡 两次 亚麻 纱	纬平针	24	22	9.1	1.979	303.5
	1+1 罗纹	22	25	8.6	3.119	337.0
	半畦编	13	23	8.2	3.175	521.7
	满针罗纹	27	22	8.8	2.678	410.2

#### 4.1.6 亚麻手摇横编针织物小样

经过多次试织，编织形成了四种不同组织，四种不同处理的纱线的小样，如表 4-2 所示，其代表性的织物小样实物照片见图 4-13。

表 4-2 手摇亚麻横编针织物小样

不同处理纱线	成圈组织			集圈组织
	纬平针	1+1 罗纹	满针罗纹	半畦编
亚麻原纱		b1		
上柔软剂亚麻纱线	a <sub>1</sub>	b2		d1
过蜡两次亚麻纱线	a <sub>2</sub>	b3	c <sub>1</sub>	d2
上柔软剂过蜡两次亚麻纱线	a <sub>3</sub>	b4	c <sub>2</sub>	d3

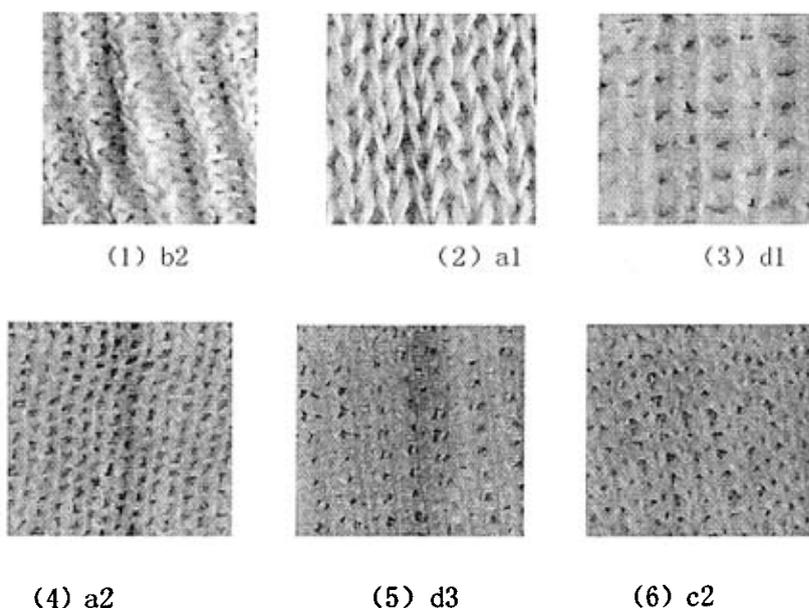


图 4-13 手摇横编织物小样

## 4.2 CMS320 电脑横机上亚麻横编针织物的编织

考虑到麻纤维高模量、刚性大、易弯曲断裂等特点，故设计选用针织基本纬平针和 1+1 罗纹进行小样编制研究，以探讨麻纤维横编织中存在的问题，求得麻纤维横编的最优编织工艺参数。

德国 Stofl 公司 CMS320 型电脑横机编织工艺参数中的弯纱深度 ( $NP$  值)、牵拉力 ( $WM$ ) 和编织速度 ( $MSEC$ ) 等是亚麻横编工艺中的重要指标，直接影响编织的顺利与否、编织的效率、编织的外观效果及整体性能等各个方面。通过对亚麻纱线横编工艺的分析研究，为亚麻横编针织物的开发提供了依据。

原料：66.7tex 半漂白过蜡两次纯亚麻纱线。

设备：络纱机：CORGI 的 TGL-1 型络纱机，其机速范围为 200~1000r/min，导纱眼范围为 0~9mm。

电脑横机：德国 Stofl 公司 CMS320 型电脑横机及其花型准备系统。具体参数为：

机号	12 针/25.4mm
针号	8
针床针数	599 枚/针床
系统数	2 个编织系统

该机具有 stol1 分段可调牵拉卷曲系统（装有牵拉梳）和切夹纱装置，具有 stol1 多针距功能。

## 4.2.2 编织工艺探讨

### 4.2.2.1 纱线号数及选针方式

在纱线和设备确定的条件下，纱线根数和选针方式的确定十分重要，具体如下：

(1) 纱线捻度过低时在横机上无法正常编织。由于亚麻纱线属于束纤维纺纱，纱线捻度低、结构松散、强力不均且电脑横机上纱路长，并要经过较多的导纱机件，容易造成亚麻纱线输纱过程中的乱纱与缠绕等问题。

(2) 采用两根纱线编织时可以顺利编织出较为紧密的织物；可以改善由于纱线不均而造成纱线不匀的问题；可以降低织物的伸长形变，改善织物的尺寸稳定性，提高织物强力。

(3) 两股单纱分别从机器的左右两侧同时喂入统一导纱器，两根纱线反向并捻进行编织。一方面可以降低织物线圈歪斜的程度，改善织物的外观效果；另一方面可以相应地提高纱线捻度从而提高纱线的断裂伸长率、纱线强度，降低编织时的纱线断头率，改善织物的整体力学性能。

有以上分析确定：采用两根亚麻纱线，在 Sto/HCMS320 型电脑横机上按一隔一选针方式进行编织。

### 4.2.2.2 弯纱深度 $NP$ 值

#### (1) $NP$ 值对横编工艺的影响

$NP$  值是横编工艺中的一个重要指标，它关系到横编能否正常进行、针织物密度是否适当、线圈结构是否均匀等各方面，直接影响到针织物的密度、克重、平整度、宽度以及编织的效率和难易程度。亚麻纱线刚度大，弯纱深度过大，易断纱；弯纱深度过小，不宜成圈。亚麻纱线弹性小，在弯纱套圈的瞬间，纱线很容易被针槽壁切断，因而亚麻纱线编织时的弯纱深度要小于其他纱线编织时的弯纱深度。

#### (2) $NP$ 值的确定

机号为 12 针/25.4mm 的电脑横机，其  $NP$  值的允许范围为 7.7~21.4。小样编织采用 1 隔 1 选针，依据纱线性能及组织结构的不同，纱线正常编织的  $NP$  值的范围可以在允许范围内作相应的调整。经过多次试织，亚麻纱线正常编织的  $NP$  值可选范围为：单面织物 10.5~14.5，双面织物 10.0~14.0，其中每 0.5 为一分度值。

## 4.2.2.3 牵拉力 WM 值

## a. WM 值对横编工艺的影响

与 NP 值一样, WM 值也是影响编织的一个重要参数。牵拉力过大, 使纱线张力过大, 导致断裂, 从而使针织物破洞; 牵拉力不足, 使针织物因张力不足不能及时被拉下, 从而堆积在编织区域, 造成线圈上浮, 影响退圈和编织。

## b. WM 值设定的原则

最大、最小牵拉力设定时, 以保证每枚针所受到的牵拉力均衡为宗旨; 牵拉力值依据编织宽度有机器自动设置, 它随编织宽度增加适当增加; NP 值增加, 线圈增长, 牵拉直应适当增加; 编织集圈针织物, 尤其是多次集圈针织物时, 牵拉值应加大, 以防止集圈圈弧、线圈上浮而影响编织。

## c. WM 值的确定

亚麻纱线刚度大, 不宜弯曲成圈, 牵拉值的选定见表 4-3 所示。

表 4-3 亚麻纱线正常编织的牵拉 WM 值

组织结构	纬平针				1+1 罗纹				
	NP 值	9.5	10.0	10.5	11.0	11.5	11.8	12.0	起头纱
WM 值	2.5	2.7	2.9	3.2	3.4	3.6	3.8	30	

## 4.2.2.4 机速 MSEC 值

## a. MSEC 值对横编工艺的影响

机速是影响编织的另一个重要因素。机速过快, 编织时会使纱线承载的张力过大, 导致断纱、织物破洞、频繁停机, 影响编织效率及织物外观性能; 机速过慢, 影响编织效率。

## b. MSEC 值的确定

亚麻纱线正常编织时的机速 MSEC 值见表 4-4 所示。

表 4-4 亚麻纱线正常编织的机速 MSEC 值

标识	含义	数据范围	设定值
MSEC	用普通导纱器时的速度	0.05~1.20m/s	0.70m/s
MSECK	遇到小结头时的速度	0.05~1.20m/s	0.50m/s
MSECO=n	空行机速	n=0.05~1.40m/s	0.90m/s
MSECO=n	翻针机速	n=0.05~1.20m/s	0.40m/s
行数	遇到小结头后慢速编织的行数	1~12 行	4 行

### 4.2.3 编织中出现的问题及其解决探讨

亚麻纱线的断裂伸长率小,抗拉伸的能力较差,不利于编织;亚麻纱线弹性差、条干不均、麻粒子多,给亚麻针织的弯纱、成圈、退圈等带来很大的困难,在编织过程中极易产生漏针、花针、损针等现象;亚麻纱线高模、高强、抗弯刚度大,成圈困难且易断纱;编织时摩擦系数大、飞花严重。

通过络纱,一方面可以消除纱疵;另一方面可以在络纱时打蜡,对纱线进行柔软处理,从而改善纱线性能。

(1) 络纱机的参数选择:导纱速度为 360r/min,导纱眼大小为 3.5mm。

(2) 络纱时注意事项:亚麻纱线在络纱时,掉落的毛羽很多且极易断纱,大小结头太多会影响亚麻纱线上机编织,且影响亚麻针织物的外观及力学性能。因此亚麻纱线在络纱时,应注意以下几点:

(A) 络纱时导纱孔不宜过小。因为亚麻纱线条干不均、毛羽长而多、纱线上小结头较多,如果导纱孔间距较小会导致毛羽堆积形成结头,造成断纱频繁。

(B) 络纱速度应尽可能调慢,络纱张力要适中。因为亚麻纱线刚性大,络纱时络纱机的速度过快,会使纱线因承载较大的张力而导致断纱频繁。

(C) 络纱工序所打的结头应该牢而小,筒子表面平直成形好,且张力均匀一致,从而保证纱线的物理机械性能。

(D) 在络纱前,可先对亚麻纱线进行适当加湿处理,一方面使亚麻纱线软化,便于络筒,防止断纱;另一方面,使纱线毛羽贴附纱线表面,使纱线充分打蜡,减少毛羽的脱落及小结头的形成,形成纱线损耗。注意给纱线加湿要适中,湿度过大会增大纱线的摩擦系数,导致断纱频繁<sup>[20]</sup>。

### 4.2.4 工艺参数

织物组织及其结构下机参数见表 4-5 所示。

表 4-5 织物下机工艺参数

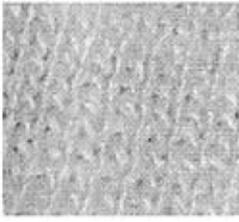
织物名称		横密 (纵行/5cm)	纵密 (横列/5cm)	线圈长度 (mm)	厚度 (mm)	平米克重 (g/m <sup>2</sup> )
1+1 罗纹	$NP=9.5$	22	50	6.4	2.41	646.6
	$NP=10$	23	41	7.2	2.697	521.6
	$NP=10.5$	24	37	7.2	2.737	528.3
	$NP=11$	23	32	7.7	2.575	439.8
纬 平 针	$NP=11.5$	29	50	6.0	1.554	531.5
	$NP=11.8$	29	45	6.6	1.653	498.2
	$NP=12$	29	42	7.2	1.595	478.8

#### 4.2.5 亚麻电脑横编针织物小样

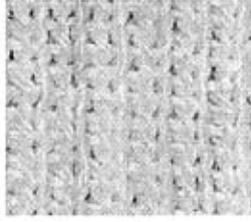
经过多次试织，编织形成了两种不同组织，共七种不同弯纱深度的小样，如表 4-3 所示，其代表性的织物小样实物照片见图 4-14。

表 4-6 亚麻电脑横编针织物小样

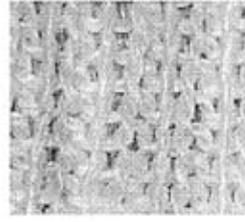
$NP$ 值	成圈组织	
	纬平针	1+1 罗纹
9.5		B1
10		B2
10.5		B3
11		B4
11.5	A1	
11.8	A2	
12	A3	



(a) 纬平针 A2



(b) 1+1 罗纹 B2



(3) 1+1 罗纹 B4

图 4-14 电脑横编织物小样

## 第五章 亚麻横编针织物的超级柔软整理工艺

超级柔软整理作为一种新兴的整理加工工艺,其加工产品已经受到了广大消费者的青睐。它是协同化学、生物、机械等作用,从而使被处理织物具有超级柔软效果的一种整理方法,其中生物酶整理是该整理中极为重要的一环。通过超级柔软整理加工,可以改善针织物的外观和服用性能,提高产品的档次。

### 5.1 机械柔软整理

机械柔软整理主要使用机械的方法,对亚麻织物等通过水洗、机械搅拌、砂洗等处理,使纤维表面绒毛整齐细密,色泽柔和,手感丰满,穿着舒适,透气性良好,布面有特殊的优异风格。采用机械柔软整理,工艺流程短,降低了生产成本,而且降低了能源的消耗,减少了对环境的污染。但整理的效果不是很明显,有待于进一步整理。

#### (1) 机械柔软整理设备及材料

机械柔软整理设备为常温常压煮布锅、搅拌棒、碱性皂液。

#### (2) 工艺流程

毛坯布→进锅升温60℃,保温5分钟→升温80℃,保温10分钟→升温到100℃,保温50分钟→加入碱性皂液,反应10分钟→排液→70℃的热水冲洗20分钟且不断用搅拌棒进行搅拌→室温水冲洗20分钟且不断用搅拌棒进行搅拌→出锅→水洗两次。

#### (3) 工艺关键

(A) 在工艺上采用“阶段保温”和匀速保温、降温的方法,即升温时,在没有达到煮练温度100℃以前,分别在温度为60℃和80℃时分别保温5分钟和10分钟,这对减少织物的强力损伤有利。

(B) 加入碱性皂液,主要起到进一步去除杂质的作用。

(C) 水洗过程中用搅拌棒不断的搅拌,增加织物的紧张状态,使织物与搅拌棒不断的接触摩擦,提高摩毛效果。

织物经过机械柔软整理后,工艺参数也发生改变,手摇横编织物和电脑横编织物机械柔软处理后工艺参数如表5-1和5-2所示。

表5-1 手摇横编织物机械整理后工艺参数

织物名称		横密 (纵行/5cm)	纵密 (横列/5cm)	厚度 (mm)	平米克重 (g/m <sup>2</sup> )
亚麻原纱	1+1 罗纹	19	31	2.293	349.3
上柔软剂 亚麻纱	1+1 罗纹	15	33	2.151	315.8
	半畦编	10	28	2.785	517.9
	纬平针	23	30	1.626	302.6
过蜡 两次 亚麻纱	纬平针	22	25	1.755	305.7
	1+1 罗纹	14	33	2.538	350.4
	半畦编	14	24	2.908	530.1
	满针罗纹	18	30	2.434	424.5
上柔软剂 过蜡 两次 亚麻纱	纬平针	16	30	1.369	303.6
	1+1 罗纹	16	33	2.971	337.2
	半畦编	15	24	2.96	522.0
	满针罗纹	16	30	2.373	410.3

表5-2 电脑横编织物机械整理后工艺参数

织物名称		横密 纵行/5cm	纵密 横列/5cm	厚度 mm	平米克重 g/m <sup>2</sup>
1+1 罗纹	NP=9.5	22	50	2.036	645.6
	NP=10	23	41	1.872	521.4
	NP=10.5	24	37	1.922	528.1
	NP=11	23	32	1.869	439.7
纬 平 针	NP=11.5	29	50	1.395	531.3
	NP=11.8	29	45	1.335	498.1
	NP=12	29	42	1.379	478.6

## 5.2 化学柔软整理工艺

化学柔软剂已被广泛应用于柔软织物，而且也作为纤维润滑剂，减少纤维—纤维间的摩擦力，使织物的悬垂性和服用性能得到提高。化学柔软剂分为许多化学类型，如阳离子、阴离子、非离子、两性性和反应性柔软剂。经过比较，我们采用广州德美化工公司生产的软片DM-3110。软片DM-3110为酰胺类化合物，适用于棉、麻及其混纺织物柔软整理，可获得理想的柔软手感。

软片DM-3110具有超级柔软的作用，表现在弹性、手感柔软、蓬松及耐洗方面。使用软片DM-3110整理后的织物具有滑糯、丰满的手感，对白度、色光影响小，可与阳离子固色剂同浴使用，配成工作液后稳定性好，容易化料，方便工人手工操作。软片DM-3110基本情况如下所示：

**基本性状：**外观：微黄至淡黄色片状物

离子性：阳离子

PH值：3.5~5.0（1%水溶液）

**应用范围：**天然纤维及其混纺针、梭织物及成衣柔软整理。

**参考用量：**10%软片DM-3110 3~5%（o.w.f.）。

**使用方法：**用50-60℃温水浸泡15分钟后搅拌均匀即可使用。

**工艺流程**

(1) 设备：

恒温槽。

(2) 工艺条件：

10%软片DM-3110: 4% (o. w. f)

浴比: 1: 10

处理时间 (min) 15

处理温度 (°C) 55

(3) 工艺流程：

毛坯布→进机升温40℃，保温10分钟→升温55℃，加入软片DM-3110溶液，保温15分钟→排液→80℃的热水冲洗10分钟→冷水冲洗10分钟→出机→烘干。

(4) 工艺曲线

工艺曲线如图5-1所示。

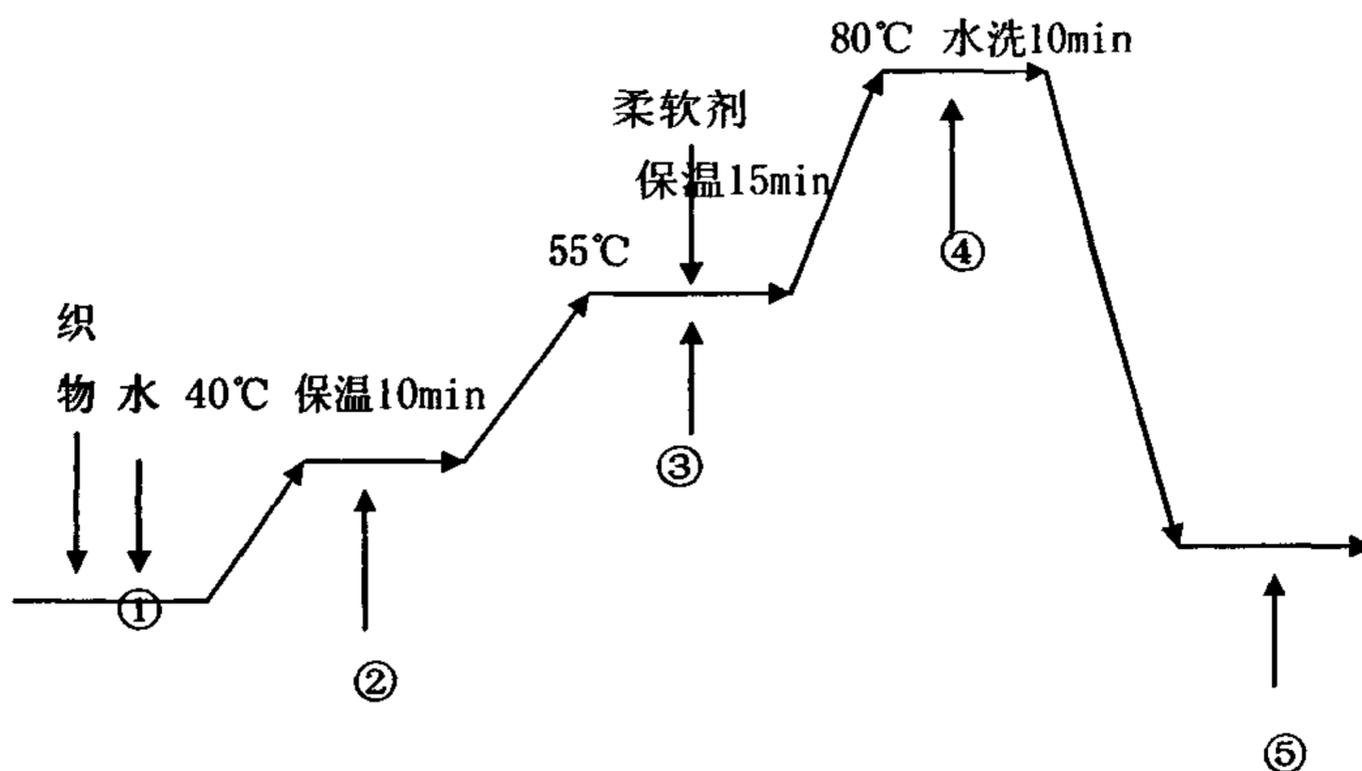


图 5-1 工艺曲线

### (5) 工艺解释

(A) 柔软和水洗工序均在恒温槽内进行。

(B) 在工艺上采用阶段保温和降温的方法，即升温时，在没有达到柔软处理温度55℃以前，在温度为40℃保温10分钟，这对减少织物的强力损伤有利。

(C) 柔软剂的用量、处理温度和时间是影响柔软处理效果的3个因素，浓度过高，织物失重率高，杂质去除干净，但纤维损伤严重；而浓度过低，则处理效果不好。在温度一定的情况下，随着时间的延长，失重率升高，去杂净，但时间超过一定的界限，失重率升高趋缓，而且纤维损伤加剧。在生产时，这3个因素要综合考虑。试验发现，柔软剂浓度为10%、温度在55℃、处理时间15min的条件下，柔软剂处理效果较好。

## 5.3 纤维素酶整理工艺

亚麻纤维织物手感偏硬，由于纱线毛羽长而多，织物有刺痒感。而酶处理是利用酶的催化降解作用，使纤维变细，刚性降低，从而达到增强织物的柔软度及悬垂度，改善织物服用性能的目的，在制定酶处理时，为保证织物不过度受损，必须掌握好酶制剂的活力，严格控制其用量、处理时间、浴比、温度、PH值并及时是酶失去活力。

酶是生物为提高其生化反应效率而产生的一种生物催化剂，其化学本质为蛋白质。生物体维持生命活动过程的一切生化反应均在酶的催化作用下完成，几乎所有生物的生理现象都与酶的作用密切相关。酶可以发挥多种反应的催化作用，

而且其催化能力极强。进入20世纪80年代,生物工程作为一门新兴高新技术在我国得到了迅速发展。近年来,生物技术在纺织领域的应用也越来越广泛,生物技术对改善纺织产品的性能、提高产品的档次起着举足轻重的作用。更重要的是,该技术在纺织品加工中不发生污染,所以深受中外染整同行的关注和消费者的喜爱。在纺织加工的各个工序中,主要利用生物酶的特殊性能来达到我们的要求。生物酶的种类有很多,它们在纺织行业整理中的作用对象和目的是不同的。酶既可以应用于前处理中的退浆、精练和脱胶工序,还用于羊毛的净洗、脱鳞片处理,而且还广泛应用于各种织物的后整理过程中。

### 5.3.1 生物酶的催化特征<sup>[21][22][23]</sup>

#### (1) 催化反应的效率高

酶在生物细胞中的含量很少,但却能催化大量的底物发生化学反应,且催化效率高。一个典型的反应,其速度常数 $K$ 和反应速度 $T$ 等因子有以下关系 $K=A e^{-E/RT}$ 式中: $R$ 是气体常数; $E$ 是反应活性能, $A$ 是频率因子。由上式可以看出,在一定温度下, $A$ 值越大,反应速度越快; $E$ 越小,反应速度越快。

酶在化学反应中就是起到降低活化能和增加频率因子(即反应分子间的碰撞率)的作用。另一方面,一般酶与被催化的反应物(又称底物)有亲和力,并以一定的有利于反应的位置相结合,所以酶作催化剂时的频率因子也大为增加,从而大大加速反应速度。据文献记载,酶催化反应的速度比非催化反应的速度高 $10^8 \sim 10^{20}$ 倍,比其他催化剂催化的反应速度高 $10^7 - 10^{13}$ 。

#### (2) 催化反应的高度专一性

酶催化反应有极高的专一性,或称为选择性。也就是说,一种酶仅能作用于一种物质或一类结构相似的物质进行某一种反应,这是酶催化反应十分重要的一种特性,也是它优于其他化学催化反应的重要特性。如果一种酶只能催化一种化合物进行一种反应,称为绝对专一性,如脲酶只能催化尿素水解成二氧化碳和水。假如一种酶能够催化一类具有相同化学键或基团的物质进行某种类型的反应,这种专一性称为相对专一性,如脂肪酶可以催化所有酯类化合物水解。酶的这种特性,可以使酶在起催化作用时,只对特定的物质进行分解,而不损伤其他的物质。

#### (3) 酶催化反应具有温和的反应条件

一般酶的催化反应均在 $25\text{ }^{\circ}\text{C} - 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 范围内进行,仅少数酶可在较高温度下进行。另外,酶催化反应都在较弱酸性条件( $\text{pH}=3 \sim 5$ )、碱性条件( $\text{pH}=9 \sim 11$ )、中性条件( $\text{pH}=7 \sim 8$ )下进行,这既可节约大量热能,同时对底物以外的物质损伤极轻,加之高度的专一性,底物以外的物质在化学反应中是极安全的。

#### (4) 酶容易变性失活

酶的高催化效率缘于酶的活力，酶的活力越大，在单位时间内一定量的酶所能催化底物的量越多，催化效率越高。若酶失去了活力，就如同人没有了生命，就根本不起作用了。

温度和PH值是影响生物酶活性的重要因素。所有的生物酶都是在最佳温度和pH值范围内活力最大。当两者之中的任何一个偏离了其最佳范围，酶的活性就会显著降低。当偏离到一定程度时，酶就会失去活性。可以利用生物酶对温度和pH值的敏感性来终止酶催化反应，即当生物酶整理结束后，可以通过升高温度或调节pH值使纤维素酶终止其反应活性。另外，酶催化反应的速度有时可被底物以外的其他化合物改变。有的物质会降低酶的活性，甚至会使酶完全失去活性，这样的物质称为酶的抑制剂。酶的抑制剂种类繁多，有分子较小的物质，如重金属离子 $\text{Ag}^+$ 、 $\text{Hg}^{2+}$ 、 $\text{Cu}^{2+}$ 以及 $\text{CO}$ 、氢氰酸等，也有分子较大的物质，如胰酶抑制剂、凝血系统中的各种大分子抑制剂等。相反，有些物质的存在会增加酶的活性，这样的物质称为酶的激活剂。在酶的催化反应中，激活剂的存在可使酶活化，加强酶的催化效果，甚至有的酶只有在激活剂存在时才表现出活性。一般碱金属和碱土金属离子能使酶活化，如 $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Zn}^{2+}$ 、 $\text{Mn}^{2+}$ 、 $\text{Fe}^{2+}$ 、 $\text{Cr}^{3+}$ 、 $\text{Al}^{3+}$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{PO}_4^{3-}$ 等，所以酶整理时，使用硬水是有利的。还有某些有机分子如各种辅酶也可作为酶的激活剂，另外，在进行酶整理时，表面活性剂的加入也会使酶的活性发生变化，阳离子表面活性剂容易使酶发生沉淀和丧失活力，因此酶整理时，宜使用非离子表面活性剂，可见，酶对反应条件的要求是非常严格的，如果反应条件超出了酶的适宜范围，它就容易变性，进而失去活性，而且这种反应是不可逆的，因此使用中不可忽视。

#### (5) 酶参与的生化反应可降低能耗

任何一个化学反应进行时都需要克服一定的活化能，要使反应加速进行，就要设法降低反应活化能。酶可以降低反应活化能，加快反应的速率，而且，酶本身一般不被消耗，底物的反应完成后，酶就被释放出来，重新吸附到其他底物上，继续起催化作用。因此，酶消耗比较少。

#### (6) 环保性

生物酶是一种无毒、环境友好的催化剂，处理织物后产生的废水可生物降解，减少了对环境的危害，节约了能量。

### 5.3.2 影响酶反应的主要因素<sup>[24]</sup>

#### (1) pH值对酶反映的影响

(A) 酸或碱可以使酶的空间结构破坏，引起酶失去活力。

(B) 影响活性部位催化基团的离解状态，使得底物不能分解。

(C) 影响活性部位催化基团的离解状态, 使得底物不能和它结合。

(D) 影响底物的离解状态。不同的酶, 其最适合的Ph值范围不同。

#### (2) 温度对酶反应的影响

酶反映和其他化学反应一样, 在某一温度范围内, 温度升高, 反应速度加快, 但是进一步升高温度, 由于酶会发热丧失活力现象, 所以温度升高, 酶的反应速度反而减少。

#### (3) 金属离子对酶反应的影响

金属离子对酶的形成、提纯有密切的关系, 而且金属离子对酶的活力也有很大的影响。

#### (4) 抑制剂和激活剂对酶反应的影响

提高酶的活力的物质通常称为酶的激活剂, 对酶的活力起抑制作用的物质称为酶的抑制剂

### 5.4 生物酶剂的选用

由于生物酶具有高度的专一性, 因此在选择生物酶种类时, 首先要根据整理的对象——亚麻纤维针织物和用途——柔软整理来确定所用生物酶的种类——纤维素生物酶。其次要全面掌握纤维素生物酶的性能、作用机理。在此基础上来全面研究生物酶柔软整理过程中的工艺条件对织物的柔软性、失重率及织物强力的影响, 从而制定科学合理的生物酶柔软整理工艺。在亚麻针织物的染整工艺中, 消除织物表面茸毛, 减少刺痒感的生物酶柔软整理工艺是整理工艺的重中之重。

纤维素酶种类繁多, 纺织工业中应用的酶大多数是由木酶属真菌制造的。纤维素酶是一个多组分酶体系, 一般有两种或两种以上的酶组成。纤维素酶不仅本身是一种多组分的酶, 而且产生纤维素的多种微生物还能同时产生一些其他的酶。因此, 应用纤维素酶制剂时, 不仅是纤维素酶起作用, 往往还有其他一些酶共同参与作用, 它们协同作用, 对纤维素进行水解。这样, 不同的生产方式及工艺制造出来的酶剂品种就可能产生不尽相同的应用效果<sup>[25]</sup>。经比较我们采用广州德美化工提供的DM-8624纤维素酶, DM-8624纤维素酶对织物表面毛羽去除较彻底, 赋予织物表面良好的抛光效果。与非离子表面活性剂一起使用, 可增强润湿性、渗透性和防沾色效果。与浮石、硅藻土的相容性好。用于牛仔布酵磨时, 少用或不用浮石, 均可取得不同程度的酵磨效果。DM-8624纤维素酶处理纤维素织物时, 减量率比较大, 效果比较好, 因为亚麻纱线刚性大, 表面毛羽粗长, 减量率太小, 柔软效果不好。用纤维素酶对织物进行柔软整理, 有如下优点:

(1) 纤维素酶是天然非病性微生物, 其自身可迅速生物降解, 不会引起废弃

物积累，因此无害有利于环保。

(2) 经纤维素酶整理后，纤维表面的茸毛被水解，永久地除掉了，可以从本质上改变纤维表面的结构，得到的是一种持久性的手感。而对织物进行化学药品整理，其柔软机理是将柔软剂覆盖住粗硬的纤维表面，虽也能提高织物的柔软性，但只是暂时的，织物在以后的使用穿着过程中，由于长期的摩擦作用，会造成柔软剂脱落，并没有从根本上改变织物的手感。或者，也可以使化学整理剂与纤维发生化学键结合，提高持久性，但化学整理剂的存在对人体皮肤或多或少的存在一定的伤害，而酶整理安全、无污染，对消费者更具吸引力。

## 5.5 亚麻横编针织物生物酶柔软整理原理

亚麻纤维是一种木本植物的韧皮纤维素纤维，分子结构的取向度和结晶度较棉纤维高，且纤维中含有较多的果胶物质、木质素及杂质，因此亚麻纤维刚性大，纤毛粗糙、坚硬，可挠性差，纱线中的纤维抱合力差，纱线及布面茸毛多且刚硬。是造成亚麻针织物穿着粗糙、有刺痒感的根本原因，也是发展高档亚麻针织产品的主要障碍。生物酶技术的应用为从根本上改善亚麻织物的手感创造了条件，推动了高档亚麻产品的发展。生物酶柔软整理的机理就是在机械作用下，利用纤维素酶特殊的催化降解作用，水解织物表面或附近纤维素大分子中的1,3-1,4葡萄糖键，切断不溶性纤维分子的1,4糖苷键，并能在非还原性末端开始切断，使大分子键分解而形成纤维素二糖及单糖，而溶解于纤维素酶的溶液中。这种作用使纤维素软化和容易从织物表面折断，从而将纤维表面的茸毛从织物上脱离或者使其变细变软，使结晶区之间的空隙变大，降低纤维的抗弯能力和刚度，以改善织物的手感，提高织物表面的滑糯柔软性和纹路清晰度，并且由于纤维内部结晶区尺寸变小，可大大提高织物对柔软助剂及染料的吸附能力，使织物达到超柔软的条件<sup>[26]</sup>。

## 5.6 DM-8624 纤维素酶整理

### 5.6.1 DM-8624 纤维素酶

纤维素酶 DM-8624 是对纤维素纤维具有分解作用的生物酶制剂，用于纤维素纤维织物去除表面毛绒（抛光）整理，织物经整理后可获得光洁平整的表面。

(1) 特性及优点：

对织物表面绒毛去除较彻底，赋予织物表面良好的抛光效果。与非离子表面

活性剂一起使用，可增强润湿性、渗透性和防沾色效果。与浮石、硅藻土的相容性好。用于牛仔布酵磨时，少用或不用浮石，均可取得不同程度的酵磨效果。

(2) 基本性状：

外观：棕色液体

pH 值：5.0 左右（原液）

溶解性：可用水以任意比例稀释

(3) 应用范围：纤维素纤维织物的去毛绒（表面抛光）整理、牛仔布酵磨水洗。

(4) 参考工艺条件

纤维素酶 DM-8624	2~4 g/L
HAc 调节 pH 值为	4.5 ~ 5.5
浴比	1: 8~15
温度	50~60℃
处理时间	25~45min。

纤维素酶 DM-8624 用量应根据不同纺织品及加工要求而定。

(4) 注意事项：

为保证酶的活力，不能与离子型表面活性剂一起使用。酶的失活：整理完毕，应将剩余的有活力的酶失活，以免造成纤维过度降解，而使得强力下降过大或强力下降不均匀。方法是排去残液，加清水和碱性洗涤剂，调节 pH>9，在 60~80℃下水洗 15min，然后用清水洗净即可。用于牛仔布酵磨时，可根据情况将 pH 值适当调高。

## 5.6.2 工艺流程

(1) 设备

恒温槽

(2) 工艺条件

纤维素酶 DM-8624:	3g/L
非离子型表面活性剂:净洗剂JU:	1g/l
浴比:	1: 10
PH:	5
处理时间 (min)	40
处理温度 (℃)	55

(3) 工艺流程

毛坯布→进机升温30℃，保温5分钟，然后加入醋酸和醋酸钠缓冲液，调节

pH=5→升温40℃，加入纤维素酶DM-8624，保温40分钟→升温80℃，保温15分钟→换入另一个染色机内，常温水洗数次→烘干。

#### (4) 工艺曲线

工艺曲线如图5-2所示。

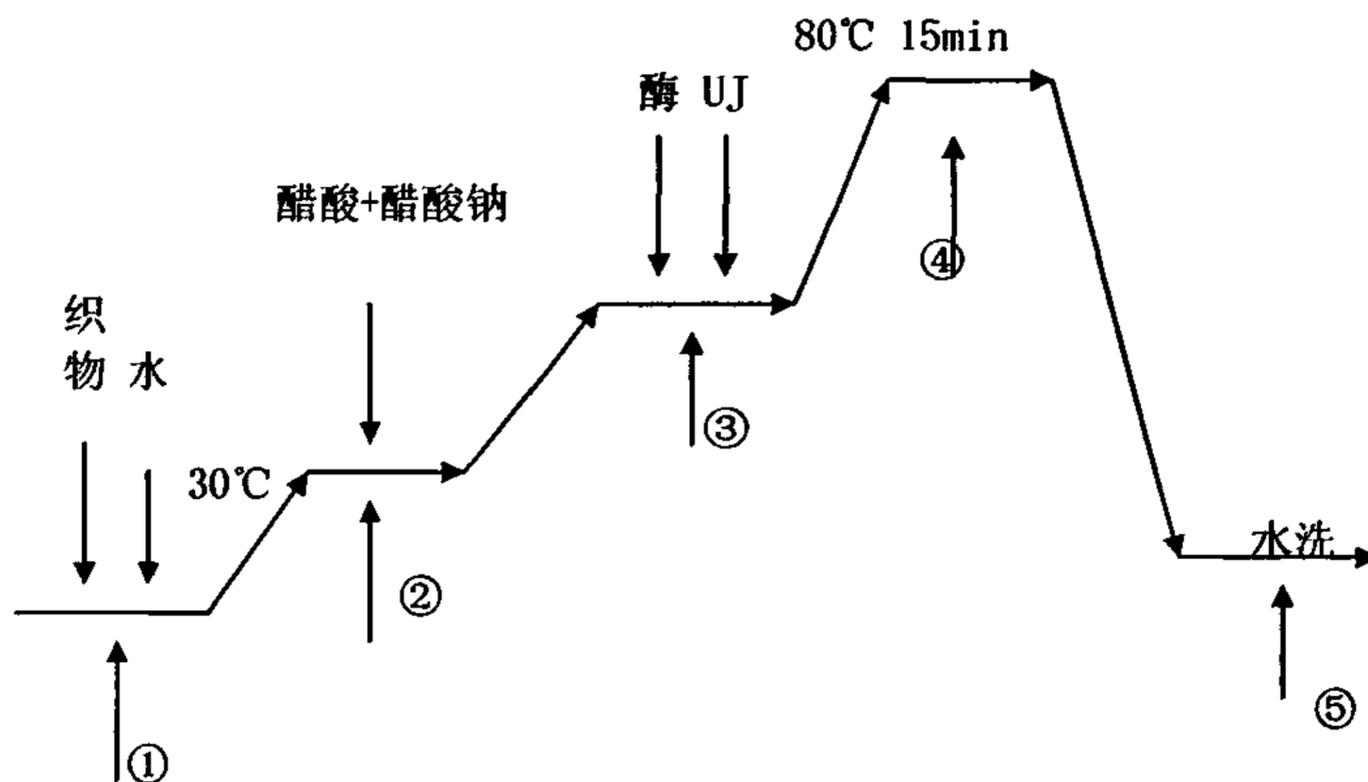


图5-2 工艺曲线

#### (5) 工艺分析

(A) 在室温下，织物进机，然后加水，调节浴比至1:10。

(B) 调温到30℃，然后加入醋酸和醋酸钠缓冲液，调节pH=5。

(C) 升温至40℃，必须注意先将pH值和温度调节稳定后，方可加入纤维素酶DM-8624进行酶柔软处理，整理时间为40分钟。

(D) 生物酶柔软整理完毕后，将温度升高到80℃，并保持15分钟，使酶剂失活，终止酶整理工艺，阻止纤维素继续水解，以免过渡损伤织物强力，降低服用性能。如果酶整理工艺和酶终止工艺在同一染色机内进行，会造成处理液中全部酶剂失活，生物酶不能得以继续利用，浪费太大。为了降低生产成本，在酶整理的批量生产中，采用续缸的办法进行。具体做法是：生物酶整理结束后，将坯布转移到另一染色机内进行终止工艺。因为纤维素酶在整理过程中，起催化作用，其本身消耗少，在下一次酶整理时，只需视添加的水量按比例加入酶剂及助剂即可使整理液循环使用。

(E) 用常温水清洗织物数次。

在纤维素酶整理工艺中，合理控制酶整理的程度，是获得最佳整理效果，同时抑制织物强力损失的关键，通常在酶整理中，以减量率来衡量纤维水解的程度。减量率越大，纤维水解越严重，织物柔软性、光洁度提高，但强力下降越严重。

对于亚麻织物的生物酶柔软处理,其主要目的是改善纤维手感及表面光洁度,为了避免过度损伤织物强力,减量率不应过大。

### 5.7 亚麻针织物超级柔软处理实验设计

为了确定超级柔软整理的效果,我们将对手摇横编针织物进行实验设计,分别对四种不同处理纱线的织物分别进行机械柔软整理、柔软剂整理、纤维素酶整理后再进行减量率、顶破强力、刚柔性、导湿性等性能测试。实验设计方案如表5-3所示。

表5-3 亚麻手摇横编针织物实验设计方案

织物处理	实验内容	亚麻原纱	上柔软剂纱				过蜡两次亚麻纱线				上柔软剂过蜡两次亚麻纱线			
		1+1罗纹	1+1罗纹	纬平针	半畦编	1+1罗纹	纬平针	半畦编	满针罗纹	1+1罗纹	纬平针	半畦编	满针罗纹	
机械柔软整理	①	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	②			√	√		√	√	√		√	√	√	
	③	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	④	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
	⑤			√			√				√			
	⑥	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	√	
柔软剂整理	①					√	√	√	√					
	②						√	√	√					
	③					√	√	√	√					
	④					√	√	√	√					
	⑤						√							
	⑥					√	√	√	√					
纤维素	①		√	√	√									
	②			√	√									
	③		√	√	√									

酶整理	④		√	√	√								
	⑤			√									
	⑥		√	√	√								
柔软剂+酶整理	①	√								√	√	√	√
	②										√	√	√
	③	√								√	√	√	√
	④	√								√	√	√	√
	⑤										√		
	⑥	√								√	√	√	√

注：①——减量率；②——顶破强力；③——刚柔性；④——折皱回复性；⑤——悬垂性；⑥——导湿性。

具体实验分析见第六章。

超级柔软整理的要求应该是很高的，概括起来，只有将上述介绍的二种或几种工艺组合在一起使用才可达到。超级柔软整理是一种新兴的整理加工工艺，它赋予纺织品优异的使用性能，在国际纺织市场显示出极大的优势。超柔软面料的大量开发，很好地满足了消费者的生理和心理需求，正日益在纺织品市场占据主导地位。随着人们对服装高档化要求的日益增强和对功能性整理织物要求的提高，超级柔软整理方法会有更广阔的应用前景，开发超柔软纺织品也将有良好的发展前途<sup>[26]</sup>。

## 第六章 亚麻横编针织面料性能测试与分析

亚麻织物以其挺括、吸湿透气、抑菌等特性为人们所青睐。但由于亚麻织物尚存在手感硬、抗皱性差等缺陷，致使其在服用方面受到限制。作为服装面料，不仅要考虑面料的外观审美性，还要考虑面料的力学性能及服用舒适性。人在日常生活中，总是在不停的运动，会对衣服产生破坏性，影响着服装耐用性能，研究面料的力学性能具有十分重要的意义。同时，随着物质文化的丰富和生活忙碌，人们对服装的要求已不仅仅停留在华丽的外观，而是更加注重服用的舒适性。服用性能含义很广，是穿着外观和服用舒适性的综合体现，包括很多性能指标，但经归纳可以从反映织物外观效应的折皱回复角、抗弯刚度、悬垂系数指标及反映织物湿热舒适性的透气量、毛细效应、透湿量指标来综合评判。

### 6.1 实验的考核指标

#### 6.1.1 顶破强力损失率

织物破损时往往同时受到经向、纬向、斜向等多方面外力，特别是纬编针织物具有直向延伸，横向收缩的特点，直向和横向相互影响较大，不宜采用拉伸强度试验。而织物顶破试验是反映织物多向受力的结果，可以对织物强度进行一次性评价。顶破强力是评价针织物强力性能的主要指标，而处理后织物的顶破强力损失率也是衡量处理工艺质量的一个重要指标。

$$\text{强力损失率} = \frac{F_0 - F_1}{F_0} * 100\% \quad \text{公式(6-1)}$$

式中： $F_0$ ——试样处理前标准状态下的顶破强力（N）

$F_1$ ——试样处理后标准状态下的顶破强力（N）<sup>[27]</sup>

#### (1) 试验条件

(A) 试验标准：专业标准FJ473—80的规定，并符合国家标准针织物分等的GB74—79和GB75—79的国家标准。

(B) 实验仪器：重锤式弹子顶破试验机

#### (2) 实验结果与分析

(A) 顶破实验结果如表6-1所示。

表6-1 顶破实验结果

试样名称	处理前顶破强力 (g)	处理后顶破强力 (g)	强力损失率(%)
a2	82.33	69	16.2
a3	84.92	71.67	15.6
a4	80.83	69.9	13.5
c3	92.7	78.8	15
c4	91.03	75.83	16.7
d2	91.83	84.13	8.4
d3	99.05	85	14.2
d4	91	77.33	15

## (B) 实验分析:

比较三个方案处理后的针织物的顶破强力均在60 g以上,且顶破强力损失率控制在20%以内,整个工艺强力损失的控制是比较成功的,完全满足服用性能的要求。

## 6.1.2 织物的减量率

试验样布的减量率是衡量织物保持亚麻风格的基本指标,也是衡量柔软处理效果的一项重要指标。

$$\text{减量率} = \frac{W_0 - W_1}{W_0} * 100\% \quad \text{公式(6-2)}$$

式中:  $W_0$ ——试样处理前标准状态下的干重(g)

$W_1$ ——试样处理后标准状态下的干重(g)

亚麻手摇横编针织物的减量率如表6-2所示。

表6-2 亚麻针织物的减量率

试样名称	减量率 (%)
a2	4.2
a3	2.4
a4	2.4
b1	6.5
b2	3.0
b3	2.8
b4	5.4
c3	4.7
c4	5.5
d2	3.2
d3	2.7
d4	2.6

由表6-2可以看出，减量率较高的是b1、b4、c4且都是经过先柔软剂处理后纤维素酶处理的织物。由此说明经过此种方案处理织物是比较彻底的。

### 6.1.3 织物的悬垂系数

采用投影法测定织物的悬垂性能，描述织物的悬垂程度，一定意义上讲也描述了织物的柔软程度。

#### (1) 试验条件

(A) 试验标准：部标准FJ539-84《织物悬垂性试验方法》

(B) 试验仪器：YG811型织物悬垂性试验仪。

#### (2) 试样的准备与试验

(A) 试样的准备：每份样品取试样2块，尺寸直径24cm的圆形试样

#### (B) 试验：

剪取与试样大小相同的制图纸并用天平称重，将OA线指向操作者，再依次放上有机玻璃划样板、制图纸以及上盖。轻轻向下按三次，静置三分钟，开始描图，并剪下图形，再次称重。按下式求出悬垂系数F (%)：

$$F = \frac{G_2 - G_3}{G_1 - G_3} * 100\% \quad \text{公式(6-3)}$$

式中  $G_1$ ——与试样相同大小的纸重 (mg)  
 $G_2$ ——与试样投影图相同大小的纸重 (mg)  
 $G_3$ ——与夹持盘相同大小的纸重 (mg)。当选定 $G_1$ 纸片直径为24cm,  $G_3$ 夹盘直径为12cm时, 则 $G_3 = G_1/4$ 。

(3) 试验结果与分析:

(A) 试验结果如表6-3所示。

表6-3 织物悬垂性 (%)

织物悬垂性	处理前	处理后
a2	45.0	32.6
a3	47.7	30.9
a4	52.4	33.4

(B) 结果分析: 从测试的数据我们可以看出, 经过处理后织物悬垂性改变都很明显。如图6-1所示, 在生化处理过程中, 织物柔软的趋势是比较明显的。因此证明利用生化处理的方法来去除织物中残余的杂质, 特别是去除木质素的效果是明显的, 有效的, 对亚麻柔软度和手感带来了很大的影响。

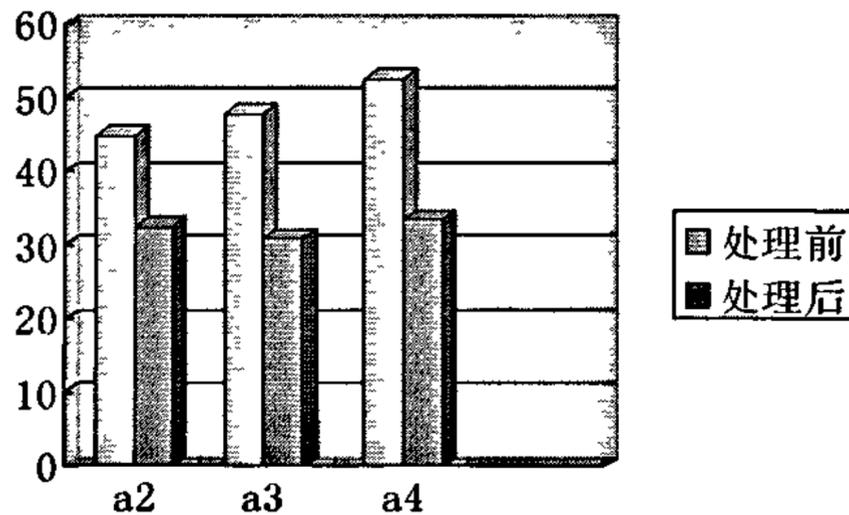


图6-1 织物悬垂系数比较

#### 6.1.4 织物的刚柔性

织物的刚柔性也是衡量织物服用性能的一个重要指标, 用斜面悬臂法测定织物的弯曲刚度, 用于表征织物的硬挺度或柔软度。在测定针织织物时, 还应该考

考虑到其正反面卷边和纵向横向的因素。

- (1) 试验条件:
- (A) 试验标准: 国家专业标准 ZB W04003—87
- (B) 试验仪器: LFY—22B型织物硬挺度测试仪。
- (2) 试样的准备和试验:
- (A) 试样的准备: 截取纵向和横向试样各4条, 试样尺寸20cm\*2.5cm。
- (B) 试验:
- (a) 将试样正面向上放在平台上, 一端与平台前沿对齐。放上压板并使指示线与标尺的“零”刻线重合。
- (b) 以0.3~0.5cm/s的速度移动压板, 带动试样同步前移。在试样下垂端接触检测线的瞬间停止移动, 记录标尺读数, 精确到0.1cm。
- (c) 抬起压板, 将试样反面向上依上述方法在测一次。
- (d) 以正反面测得数值算术平均值为该试样伸出长度的一次读数, 精确到0.1cm。
- (e) 分别计算纵向和横向各4次读数平均值。如有需要, 在正、反面读数差异较大时, 正、反面读数可分别平均。
- (f) 按式(1)和(2)分别计算横纵向的平均抗弯长度和总平均抗弯长度, 有效值取至小数点后一位。

$$C \approx L/2^* \quad \text{公式 (6-4)}$$

$$C_B \approx \sqrt{C_T \cdot C_W} \quad \text{公式 (6-5)}$$

式中 L——试样伸出长度, cm;  
 C——抗弯长度, cm;  
 $C_T$ ——纵向平均抗弯长度, cm;  
 $C_W$ ——横向平均抗弯长度, cm;  
 $C_B$ ——总平均抗弯长度, cm。

\* 注:  $C = L \left( \frac{\cos \frac{\theta}{2}}{8 \lg \theta} \right)^{\frac{1}{3}}$  式中  $\theta$  为斜面倾角,  $\theta = 41.5^\circ$  时,  $C \approx L/2^{[21]}$

- (3) 试验结果与分析
- (A) 试验结果如表6-4、表6-5、图6-2所示。

表6-4 处理前织物的抗弯长度 (cm)

抗弯长度	原纱	上柔软剂纱			过蜡两次纱			上柔软剂过蜡两次纱				
	1+1罗纹	1+1罗纹	纬平针	半畦编	1+1罗纹	满针罗纹	纬平针	半畦编	1+1罗纹	满针罗纹	纬平针	半畦编
横向抗弯长度	1.5	1.6	1.6	2.3	1.6	1.2	1.9	2.1	1.5	1.4	1.5	3.1
纵向抗弯长度	1.9	1.8	1.6	2.5	2.4	2.2	1.6	2.6	1.9	1.9	2.0	2.3
总抗弯长度	1.7	1.7	1.6	2.4	2.0	1.6	1.7	2.3	1.7	1.6	1.7	2.7

表6-5 处理后织物的抗弯长度 (cm)

抗弯长度	原纱	上柔软剂			过蜡两次纱			上柔软剂过蜡两次纱				
	1+1罗纹	1+1罗纹	纬平针	半畦编	1+1罗纹	满针罗纹	纬平针	半畦编	1+1罗纹	满针罗纹	纬平针	半畦编
横向抗弯长度	1.4	1.4	1.6	1.4	1.6	1.1	1.5	1.7	1.3	1.3	1.7	1.8
纵向抗弯长度	1.4	1.8	1.5	1.9	1.5	1.5	1.5	2.0	1.6	1.3	1.1	1.7
总抗弯长度	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.3	1.5	1.8	1.4	1.3	1.4	1.7

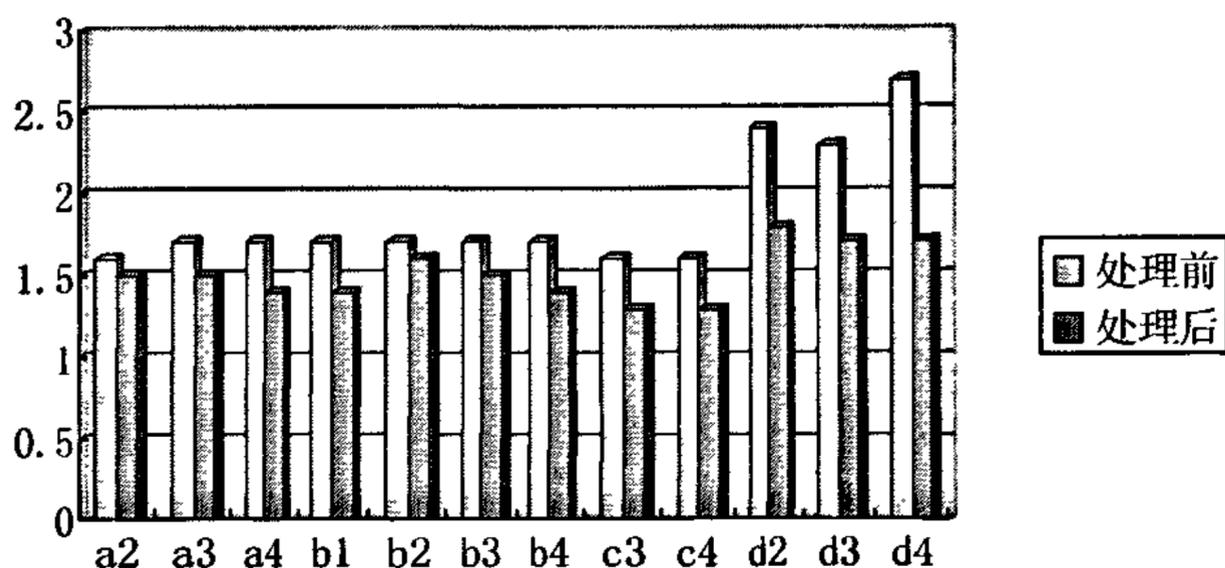


图6-2 织物的刚柔性比较

(B) 由图6-2可以看出, 经过处理后织物的刚柔性都有不同程度改变, 处理前纬平针、1+1罗纹、满针罗纹的抗弯长度都差不多, 而半畦编的抗弯长度较大, 虽然纱线经过不同方法的处理经过上机编织后对织物的抗弯性能并没有多大的影响, 经过织物后处理后a4、b1、b4、d4即先经过柔软处理再纤维素酶处理的织物效果比较明显, 从刚柔性的角度分析, 生化整理比单一的化学柔软整理效果更明显, 而化学柔软处理要比单一的生物酶处理的效果好。

### 6.1.5 织物的折皱回复性

织物受到揉搓作用时产生塑性弯曲变形而形成折痕的性能, 称为折皱性。织物抵抗这种由于揉搓产生弯曲变形的能力, 称为抗皱性。有时, 抗皱性也可以理解为引起织物变形的的外力消失后。由于织物的急、缓弹性而使织物逐渐回复到起始状态的能力。因此, 抗皱性也可称为折痕回复性。

折痕回复性差的织物制成的服装、穿着过程中容易产生折痕, 这不仅影响织物的外观, 而且易于沿着折痕凸起部位磨损, 降低织物的耐用性。通常以折痕回复角表示织物的折皱恢复能力。折皱回复角是指一定形状和尺寸的试样在规定的条件下被折叠, 并施压一定时间, 卸去压力后, 经过一定时间的恢复, 两翼之间形成的角度。

(1) 试验条件:

(A) 试验标准: 国家标准GB3819—83《纺织织物——以回复角表示折叠试样折痕回复性的测定》

(B) 试验仪器: LAY-G织物回能测试仪

(2) 试样的准备和试验:

(3) 试样准备：每次试验的试样数量不少于20个，其中纵向和横向各一半，各半中再分正面对折和反面对折两种。尺寸40mm\*15mm。

(4) 试验：

(5) 将试样长度方向两端对齐折叠后，用宽口镊子夹持，夹持部分自试样端头算起，不超过5mm。然后移至标有15\*20mm<sup>2</sup>标记的平板上，试样位置确定后，施加1kg的负荷，加压时间为5min±5s。然后去除负荷，用镊子将试样移至试样夹上，试样一翼被夹持，另一翼处于悬挂态。连续移动试样夹的角度，使自由悬垂的一端始终保持垂直位置。自卸压时起5min后，读取折痕回复角。

(6) 计算各项的平均值，有效值取至小数点后一位，以正反面的和为一次读数。

(7) 试验结果与分析：

(8) 试验结果如表6-6所示。

表6-6 织物的折皱回复性 (°)

折皱回复角	原纱	上柔软剂				过蜡两次纱				上柔软剂 过蜡两次纱			
		1+1 罗纹	纬 平 针	1+1 罗 纹	半 畦 编	1+1 罗 纹	满 针 罗 纹	纬 平 针	半 畦 编	1+1 罗 纹	满 针 罗 纹	纬 平 针	半 畦 编
处理前	横 向 + 纵 向	205.2	205.7	216.3	190.3	218	247.5	207.4	187.8	204.8	228	206.6	183.2
处理后	横 向 + 纵 向	213.8	208.1	229.5	207.4	230.4	260.5	210.9	199.2	222.5	253.8	210.9	199.6

由表6-7可以看出，经过柔软处理后，织物的抗皱性改善不少，如图6-3所示，满针罗纹的抗皱性较其它组织好，就处理效果方面讲，生化整理比单一的化学柔软整理或生物酶整理的效果明显，而化学柔软处理要比单一的生物酶处理的效果

好。

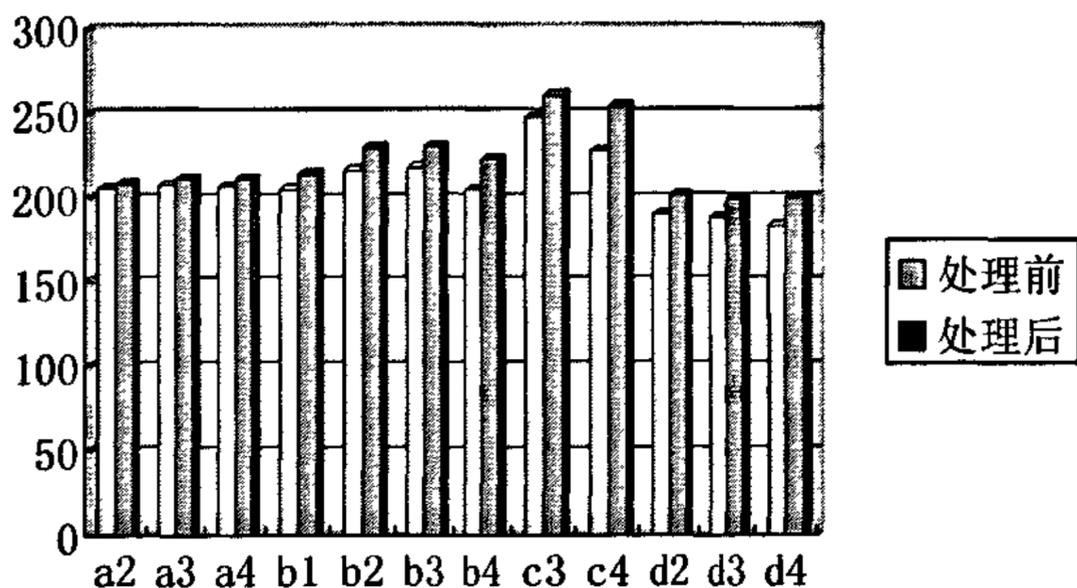


图6-3 织物折皱回复性比较

### 6.1.6 织物的吸湿性

织物的吸湿一般是指在织物两面有一定相对湿度差的条件下,水蒸气从高湿区透过织物向低湿区发散的过程。即织物的一面吸收了皮肤表面的蒸发水汽后,由纤维将水汽传递到织物的另一面发散。同时,纱线和织物内部的孔隙也产生一定的扩散水蒸汽的作用。织物与气态水蒸汽吸收关系通常叫做吸湿性。

#### (1) 试验条件:

试验标准: FZ/T 01071—1999 《纺织毛细效应实验方法》

#### (2) 试样的准备和试验:

(A) 试样准备: 每份样品在织物左、中、右部位沿横向和纵向各剪一条,共六条,试样大小为30cm\*2.5cm;

(B) 试验: 试样上端固定在毛细效应测试仪上,保持试样下端自然垂直时置于水中1cm,水深6cm。下端1cm处夹上8g张力夹以保持布面垂直,使试样下端入水,水温为22℃,记录30分钟时的爬升高度(mm)。芯吸高度总值=横向芯吸高度+纵向芯吸高度。

(C) 注意事项: 在FZ/T01071-1999《纺织品毛细效应试验方法》规定试验溶液为蒸馏水或者0.5%的重铬酸钾溶液。用0.5%的重铬酸钾溶液,是为了毛细管水线高度容易观察。然而试验中发现,对试样进行测试时,在试验溶液中加入0.5%或者浓度更大的重铬酸钾溶液时,对观察毛细管高度水线的帮助不大,因为重铬酸钾分子与水分子的运动速率不一致,水分子的运动速率较快,如果纪录重铬酸钾分子到达的高度为芯吸高度,就会产生较大的误差,而且对有色布进行测试时,更是没有任何作用。因此,在试验溶液中加入0.5%的重铬酸钾对试验数据

的精确是没有任何帮助的。另外，在观察毛细管芯吸高度时，常因水线不清晰造成观察和记录数据困难，有资料介绍：沿试样长度方向在织物中间用墨水画线，可以帮助观察毛细管水线高度。但是试验中发现：如果画上墨线后立即进行试验，未干的墨水向旁边的扩散确实有助于帮助观察毛细管芯吸高度，但是它提前润湿了织物的局部，使得实验数据不能真实地反映织物的实际导湿能力，而且画线力度不同，线条粗细不同，得出的实验数据也是不同的。因此可以说湿的墨线对于毛细管芯吸高度产生不利影响。所以，不能为了试验时观察方便在试样上画墨线<sup>[30][31]</sup>。

### (3) 试验结果与分析

试验结果如表6-7和6-8所示。

表6-7 手摇横编织物的毛细效应(cm)

织物编号	处理前芯吸总高度	处理后芯吸总高度
a2	18.4	20.5
a3	17.8	20.5
a4	18.8	20.6
b1	17.6	20.8
b2	18.2	20.2
b3	18.4	20.3
b4	19.1	21
c3	17.9	20.3
c4	17.3	21
d2	18.6	21.9
d3	18.7	21.9
d4	18.5	22

表6-8 电脑横编织物的毛细效应(cm)

织物编号	横向芯吸高度	纵向芯吸高度
A1	8.3	7.6
A2	9.3	8.9
A3	10.4	10.9
B1	7.4	10
B2	7.4	10.3
B3	8.9	10.6
B4	9.3	10.9

从表6-8测试结果可以看出,随着密度的增大,织物的芯吸高度变小,这是因为密度增大后织物的空隙减小,纤维之间的毛细芯吸管道变小,毛细芯吸阻力增大,不利于吸湿能力的发挥。对于纬平针织物,A3的密度最小,横向芯吸效应小于纵向芯吸效应,A2的密度居中横向芯吸效应大于纵向芯吸效应,A1的密度最大,横向芯吸高度也是大于纵向。从理论上分析,应该是织物的纵向芯吸效应好于横向芯吸效应,因为对于纬编针织物,可以把它看成在纵向上是圈柱相连,横向上是圈弧相连,而液体直线运动时速度较快,在圆弧运动时速度相对较慢,所以液体在两向运动时纵向速度总是大于横向速度,即纵向芯吸效应总是好于横向的。然而从该试验数据可以看出,织物的芯吸效应除了受织物本身结构特征的影响外,还受织物密度的影响,密度的增大使织物的芯吸管道增多,从而使织物的横纵向芯吸高度发生变化。而对于1+1罗纹,织物的纵向芯吸高度总是大于横向,这是因为1+1罗纹是双面织物且正反面相同,密度的变化对芯吸高度影响较小<sup>[32][33]</sup>。

### 6.1.7 实验小结

本章对采用化学处理、生物酶处理及化学和生物酶相结合的处理方法进行整理的亚麻织物和整理前的织物进行了对比实验。实验表明生物酶处理后的效果是明显的,织物的柔软性有了一定的改善;但在和化学处理后的效果进行比较之后,还是暴露出了很多纤维素酶处理中的问题。比如纤维素酶处理的效果过于温和,织物中原有的杂质没有得到有效的去除,特别是象亚麻这种非纤维素成分较多的原料来讲,单用纤维素酶处理的效果其实并不理想。所以生物酶和化学处理相结合势在必行,两种方法互相取长补短,使织物的整理达到理想的效果。根据以上的实验分析最后得出生化处理的效果>化学处理的效果>生物酶处理的效果。

## 6.2 织物服用性能的模糊综合评判

织物是一个整体,用来反映其服用性能的各个参数之间必然存在着相互影响,这种不可分割的关系,符合模糊数学的范畴,可以应用模糊数学的方法对织物的服用性能进行综合评判。在衡量织物服用性能的时候,影响织物服用性能的因素的好坏之间不存在一个明确的界限,而模糊数学所研究的正是涉及事物本身固有的不精确状况,反映事物之间由于差异的中间过渡性所引起的划分上的不确定性产生的概念外延的不分明性,因而采用模糊数学综合评判理论对织物服用性能进行评价是非常适合的。

模糊数学是美国加利福尼亚大学控制论专家查德于1965年首先提出的,近40

年的发展历程中,其理论方法日益完善,已广泛地应用到社会科学和自然科学领域中。由于模糊数学在处理客观实际问题时既能与精确数学结合,同时又具有区别于精确数学的“亦此亦彼”的特性,因而应用广泛,它拓宽了经典数学的基础,找到了一条解决概念划分上不确定性现象的描述方法,因而模糊数学是研究和处理模糊现象的科学,其所定义的具有描述事物渐变过渡能力的隶属函数,使人们从“亦此亦彼”的事物中提取“非此即彼”的信息成为可能,而这使人们在认识事物属性的程度上提高了准确度<sup>[31]</sup>。

其实,模糊数学在纺织工业上已经有比较广泛的应用了,比如工艺流程的综合评判以及混纺比的确定等等,都可以应用模糊数学得到很好的解决,这里我们就要采用模糊数学的方法对亚麻织物的服用性能进行综合评判<sup>[34]</sup>。

近年来,麻类织物挺括,抗菌保健性能深受大家的喜爱,但是麻类织物普遍存在着服用性能差的严重问题,又一定程度上阻碍着麻类织物的发展。在前面的章节中我们已经讨论出了一套比较完整的亚麻柔软整理工艺,织物的服用性能也得到了很大程度的改善。但是,目前较多的都是比较笼统的评判系统,还没有一套针对亚麻服用性能评价的理论体系。

### 6.2.1 模糊综合评判模型<sup>[33][34]</sup>

定义三个集合:

- 1) 因子集 $U = \{1, 2, \dots, n\}$ , 因子集为模型中各因素的集合,  $n$ 为因素的个数;
- 2) 水平集 $V = \{1, 2, \dots, m\}$ , 指的是因子集中因素 $i$ 的水平集;
- 3) 子集向量 $R_i = (r_{i1}, r_{i2}, \dots, r_{im})$  是用来评定因子 $i$ 对水平集贡献, 是 $V$ 的模糊子集。

设模糊转换矩阵为 $R$ , 以 $(U_i, V_j)$ 来代表 $r_{ij}$ ,  $r_{ij}$ 为因素 $i$ 的 $j$ 水平在模糊转换矩阵 $R$ 中的隶属度, 则模糊转换矩阵可表示为:

$$R = \begin{pmatrix} R_1 \\ R_2 \\ \dots \\ R_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} r_{11} & \dots & a_{1m} \\ r_{21} & \dots & a_{2m} \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ r_{n1} & \vdots & r_{nm} \end{pmatrix}$$

这里的因子 $U$ 不是任意确定的,是由专门知识、实践经验等来决定的。根据评定,对因子集 $U$ 进行权重分配,建立权重因子向量集 $A$ ,权重因子向量集 $A$ 为 $U$ 的模糊子集,  $a_i$ 表示因素 $i$ 的权重:

$$A = (a_1, a_2, \dots, a_n) \quad a_i \geq 0, \quad \sum_{i=1}^n a_i = 1 \quad \sum_{i=1}^n a_i r_{ij}$$

则模糊数学综合评判过程可表示为： $A * R = B$ 。式中B为综合水平集： $B = (b_1, b_2, \dots, b_m)$ ， $b_j = \bigvee_i (a_i \wedge r_{ij})$ ，其中 $\wedge$ ， $\vee$ 分别代表最小和最大逻辑算子。因子模糊综合评判流程如下：

#### 权重分配——模糊转换矩阵——综合评判

R是因子集U到水平集V的模糊转换子，对R进行权重分配可得到综合评判B。为得到计算结果，进一步采用加权算子，用加权平均模型 $M(\cdot, \otimes)$ 对织物服用性能进行综合评定。符号意义：“ $\cdot$ ”是普通算法， $a \cdot b = a \times b$ ；“ $\otimes$ ”是有界算子， $a \otimes b = \wedge(1, a+b)$ ，则 $M(\cdot, \otimes)$ 运算可表示为 $b_j = \sum_{i=1}^n a_i r_{ij}$ 。

由以上实验分析可以看出，本节中以手摇横机编织出的11种织物选出较典型的几种组织a2、a4、b1、b3、b4、c3、c4、d2、d4，分别从折皱回复角、抗弯刚度、毛细效应3个方面来计算并综合评判亚麻织物的服用性能。

### 6.2.2 权重因子向量 $A_0$

权重因子 $A_0$ 表示的是因子相对重要性大小的一个表征量度值，就是要将之前选定的三个与服用性能相关的评定因子，对其重要性进行分配，确定各因素的权重。但是考虑到权重的分配是随着需求方需求变化而变化的一个量度值，是没有一个标准的。所以对于织物服用性能的评价来讲，在无法确定各评定因子的重要性的前提下，通过设定不同的权重方案得到不同的服用性能和之前实验分析结果进行比较，最后在得到最合理的服用性能结果的同时，也确定了各评定因子对服用性能的影响程度。

按照评定因子的重要性和三个因素权重值相加为1的原则对各因子在1中进行分配。将因子对织物服用性能的影响程度分为{重要、一般、不重要}，它们的权重值分别对应为(0.33+0.03, 0.33, 0.33-0.03)即权重因子 $A_0 = (0.36, 0.33, 0.30)$ 。

在织物服用性能的评定中，由于无法确定各个评定因子的重要性顺序，所以采用不同的权重方案进行分别考虑，其中结合了部分实验数据较典型的几种组织进行服用性能的计算。具体权重方案见表6-9所示。

表6-9 各评定因子的权重方案

	抗弯长度	毛细效应	折皱回复角
权重方案1	0.36	0.33	0.30
权重方案2	0.33	0.30	0.36
权重方案3	0.30	0.36	0.33

### 6.2.3 服用性能评定因素的测定

将影响织物服用性能的三个评定因素在九种组织织物上进行测试, 抗弯刚度、毛细效应、折皱回复性的实验数据见表6-10。

表6-10 各个方案织物物理性能指标

织物编号	总抗弯长度	毛细效应 (横+纵)	折皱回复角 (横+纵)
a2	1.6	20.5	208.1
a4	1.6	20.6	210.9
b1	1.4	20.8	213.8
b3	1.5	20.3	230.4
b4	1.4	21	222.5
c3	1.3	20.3	260.5
c4	1.3	21	253.8
d2	1.6	21.9	207.4
d4	1.7	22	199.6

为同时获得 $[0, 1]$ 闭区间的映射, 可作下述转换。用 $\frac{x_i - x_{\min}}{x_{\max} - x_{\min}}$ 可以得到模

糊矩阵R为:

$$\begin{pmatrix} 0.75 & 0.75 & 0.25 & 0.5 & 0.25 & 0 & 0 & 0.75 & 1 \\ 0.12 & 0.18 & 0.29 & 0 & 0.41 & 0 & 0.41 & 0.94 & 1 \\ 0.14 & 0.19 & 0.23 & 0.51 & 0.38 & 1 & 0.89 & 0.13 & 0 \end{pmatrix}$$

根据模糊综合评定模型 $M(\cdot, \otimes)$ , 则织物服用性能的计算式为:

$$B=A*R$$

因此将模糊评判模型矩阵R和各个权重方案的权重值 $A_0$ 代入模糊综合评判模型式中, 由 $B=A*R$ 得到各个织物在不同权重方案下的服用性能指标。见表6-11所示。

表6-11 各织物在不同权重方案下的服用性能指标

织物编号	a2	a4	b1	b3	b4	c3	c4	d2	d4
权重方案1	0.35	0.39	0.26	0.35	0.34	0.3	0.41	0.62	0.69
权重方案2	0.34	0.37	0.25	0.35	0.34	0.36	0.44	0.54	0.63
权重方案3	0.32	0.35	0.26	0.32	0.36	0.33	0.41	0.61	0.66

表6-12 模糊评价方法的服用性能比较(由好到坏)

评价方案	各个织物服用性能比较
权重方案1	d4>d2>c4>a4>b3>a2>b4>c3>b1
权重方案2	d4>d2>c4>a4>c3>b3>a2>b4>b1
权重方案3	d4>d2>c4>b4>a4>c3>a2>b3>b1

由表6-12可以看出, 不同的权重方案, 得出织物服用性能的比较大致是相同的, 结合上述试验分析的结果, 权重方案3的权重分配更趋于合理, 它不仅体现不同组织对织物服用性能的影响, 还充分表现出生物化学整理对织物服用性能的影响, 依照权重方案3的权重分配, 影响织物服用性能的主要因素依次为织物的抗皱性、吸湿性、刚柔性。当然影响织物服用性能还有其它多种因素, 本课题仅仅从这三个方面来说明问题。

## 第七章 结论与展望

### 7.1 结论

经过对亚麻横编针织物整个生产工艺,包括纱线的理化性能分析、纱线前处理、编织、超级柔软整理各个工序的系统研究,我们得到如下结论:

(1) 通过对亚麻纱线性能进行测试实验发现:亚麻纱线的毛羽总量并不比棉纱多,而是分短毛羽和长毛羽两种情况,4mm以下的短毛羽明显低于棉纱,而4mm以上的长毛羽则比棉纱多;

(2) 亚麻纤维的纤维强度虽然比棉纤维要高很多,大约是棉纤维的2倍,但亚麻纱线的强度却并不比棉纱高出很多,综合考虑亚麻纱线的强力不匀率高的因素,可以认为在编织时亚麻纱线的强力优势并不明显,反而因为其强度不匀率高、断裂伸长率低而使得其在编织时比棉纱更容易断头和出现破洞。

(3) 由于亚麻纤维刚性大,纤毛粗硬,所以纱线柔软前处理、络纱上蜡是改善亚麻纱线的编织性能和提高织物正品率的前提和保证。

(4) 织物组织结构的合理设计对改善亚麻纱线的编织性能至关重要,为此在手摇横机上开发了纬平针、1+1罗纹、满针罗纹、半畦编等四种不同的组织结构;在电脑横机上编织出四种不同弯纱深度的平针和1+1罗纹组织结构。经试织发现:双面组织织物质量优于单面组织,而且经过上蜡处理的亚麻纱线较经其他方法处理的纱线容易编织。

(5) 生物酶整理是改善亚麻织物的柔软性、消除其刺痒感的有效手段。但在经过和化学柔软整理后的织物效果进行比较之后,还是发现生物酶整理存在一些问题。比如纤维素酶处理的效果过于温和,织物中原有的杂质没有得到有效的去除,特别是像对于亚麻这种非纤维素成分较多的原料来讲,单用纤维素酶处理的效果其实并不理想。化学柔软剂处理对进一步改善亚麻针织物的手感、提高其柔软性是非常必要的。但是只经生物酶整理或只经化学柔软剂整理,整理效果都不十分理想。所以本文采用生物酶整理和化学柔软整理相结合的方法,通过系统研究,使所开发的亚麻横编针织产品既保留了原料的优良特性,又改善了产品的手感,织物布面光洁、触感柔软而有弹性、外观挺括而又不失飘逸。

(6) 采用模糊数学的综合评定方法对超级柔软整理后织物的服用性能进行客观评定,实验证明用模糊数学的方法客观评定服用性能是切实可行的,能够反映不同组织结构对织物服用性能的影响。

## 7.2 展望

在市场竞争激烈和生产成本高的形势下,纺织工业要想生存,就必须定位于生产具有高附加值的创新产品。亚麻纤维具有强度高、卫生、舒适等优点,是一种环保型的纤维原料,在许多方面都有着巨大的应用潜力和发展优势。虽然亚麻纤维具有手感硬、易起皱、有刺痒感等缺点,但随着科技的发展,通过纤维变性,亚麻纤维正在由表面粗糙的纤维向科技含量高的舒适性纤维转化。经过本课题的系统研究,为深入开发高附加值的亚麻针织产品提供了一些有益的经验,对此类产品的开发和研究具有积极的意义。但我们对高档亚麻针织产品的研究还远没有结束,还需要进一步探讨,使亚麻针织产品具有更优越的服用性能,更好地满足人们对产品舒适性的要求。要进一步提高亚麻针织产品的舒适性,主要应从以下几个方面进行研究。

(1) 纤维细度对成纱质量有很大的影响,从而影响纺织品的最终服用性能。纤维细度越细,纱线强度较好,纱线条干均匀,织物表面纹理清晰、光洁,而且触觉更为柔软舒适。亚麻织物手感粗糙,严重影响织物外观,开发高支亚麻纱线,对改善亚麻针织产品的手感和外观极为有利。

(2) 进一步研究亚麻织物的超级柔软整理工艺,研究亚麻织物的生物化学柔软整理方法,探讨生物酶柔软整理的机理,研究整理工艺对柔软整理效果的影响,继续探讨获得最佳柔软效果的方法及工艺。

(3) 进一步开发无污染、环保型的亚麻织物。随着人们的生态和环境意识的不断增强,纺织品生产的无污染性显得尤为重要,亚麻纤维作为一种天然纤维,其本身可生物降解,对环境无污染,而在生产过程中,由于使用了大量的化学处理剂及化学染料,对周围环境会产生一定的危害,而且对亚麻织物本身的保健性能会产生负面的影响。因此,我们要进一步探讨亚麻针织产品的染整工艺,研究生物处理方法和绿色染料在亚麻加工中的应用,力争减少亚麻生产中的污染,生产绿色亚麻纺织产品,赋予亚麻产品更优异的服用性能。

## 参考文献

- [1]刘宏曼,郭翔宇.黑龙江省亚麻比较优势与市场竞争力分析.农业现代化研究,2004(3),181~185
- [2]刘敬来.后配额时代的中国亚麻业.黑龙江纺织,2005(1),1~3
- [3]熊秋元.竹纤维针织面料的工艺与性能研究.[硕士学位论文].天津:天津工业大学,2004
- [4]陈新明,刘鹤.对亚麻服饰产品开发的理性思考.黑龙江纺织,2006(2),15~17
- [5]戴玉琪.亚麻纺织业的现状及发展.山东纺织科技,2005(5),51~54
- [6]任志华,.影响亚麻纤维弹性的因素及其提高方法.大连轻工业学院学报,2002(3),228~231
- [7]顾伯明.亚麻纺纱.北京:纺织工业出版社,1987,5~11,28~45
- [8]王启祥.亚麻纤维开发利用初探.北京纺织,2003(4),28~31
- [9]黄素平.麻纤维的凉爽舒适及卫生保健性能.纺织学报,2005(3),138~139
- [10]郭雅琳,赵明,黄故等.亚麻纤维的结构性能对染色性能的影响.大连轻工业学院学报,2001(3),67~69
- [11]吴宏仁,吴立峰.纺织纤维的结构和性能.北京:纺织工业出版社,1985,182,124~126
- [12]姚穆,周锦芳,黄淑珍等.纺织材料学.北京:纺织工业出版社,1990,403
- [13]王秀燕.舒适性高档亚麻针织产品的开发.[硕士学位论文].天津:天津工业大学,2004
- [14]李红霞,李杰,黄故.麻纤维及其混纺纱针织横编织物开发研究.上海纺织科技,2005(9),60~62
- [15]徐红,单小红.相对湿度对浸渍处理后生丝勾结强度和勾结伸长的影响.针织工业,2002(4),115~116
- [16]龙如海.针织学.北京:中国纺织出版社,2004,21
- [17]天津纺织工学院.针织学.北京:纺织工业出版社,1980,75~80,89~92
- [18]杨善同,瞿履修.舌针与三角.北京:纺织工业出版社,1987,49~51
- [19]宋广礼,华福祥,沈晓燕.电脑横机弯纱深度值对织物结构和尺寸稳定性的影响.针织工业,2001(3),49~53
- [20]李红霞,周琼,黄故.提高亚麻纱线可横编性的工艺探讨.针织工业,2006(11),15~18
- [21]宋心远.新型染整技术.北京:中国纺织出版社,1999,114~118
- [22]Reese ET.history of the cellulase program at the U.S.Army Natick Development center Biotechnol Bioeng Symp.1976(6),9~12

- [23] Wood T.M. Properties and mode of action of cellulose. *Biotechnol Bioeng Symp.* 1975 (5), 111~137
- [24] 董永春, 滑钧凯. 纺织品整理剂的性能与应用. 北京: 中国纺织出版社, 1999, 137~201
- [25] Van sumere, c. f., retting of flax with special reference to enzyme-retting, in "the biology and processing of flax," h. s. s. Sharma and S. F. Van Sumere, Eds., MPublications, Bblfast, Northern Ireland, 1992, 157~198
- [26] Akin, D. E., Rigsby, L. L., and Perkins, W., Quality Properties of Flax Fibers Retted With Enzymes, *Textile Res. J.*, 1999, 69, 747~753
- [27] 万震, 刘嵩, 王靖天. 天然纤维织物的超级柔软整理. *针织工业*, 2001 (2), 83~85
- [28] 胡文侠. 纺织材料学试验. 西安: 陕西科学出版社, 1996. 175~197
- [29] 凌群民, 刘正芹, 吴梅娇. 对针织物导湿性能测试方法的研究. *中国纤检*, 2005 (5), 13~15
- [30] 刘晓玲. 吸湿排汗抗紫外线功能针织面料的开发. [硕士学位论文]. 天津: 天津工业大学, 2005
- [31] 杨昆, 邱冠雄. 针织物经、纬两向吸水性能的测试及分析. *针织工业*. 1994(6), 10~13
- [32] 姜生, 王滨立, 史加强. 亚麻纤维及织物吸湿、散湿性能的研究. *黑龙江纺织*, 2001 (4), 1~5
- [33] 张文修. 模糊数学引论. 西安: 西安交通大学出版社, 1991, 4~5
- [34] 汪学骞. 模糊数学在纺织工业中的应用. 香港: 开益出版社, 223
- [35] 罗纪华, 马艺华, 黄海珍. 天丝苧麻服装面料服用性能的模糊综合评定, *广西纺织科技*, 2004(2), 5~7
- [36] 刘艳君, 李素英, 徐军. 用模糊数学对羊毛衫性能进行综合评判. *针织工业*, 2005(1), 25~27
- [37] 龙海如. 玻璃纤维横机针织物编织工艺探讨. *针织工业*, 2001(6), 37~39
- [38] 王秀燕, 张会青. 亚麻纱线柔软处理工艺. *四川纺织科技*, 2002(3), 25~27
- [39] 吴德姝, 施佰明. 改善苧麻纤维编织性能的探讨. *针织工业*, 1992 (4), 4~6
- [40] 孙致仁. 纯亚麻产品柔软整理剂的选用与探讨. *黑龙江纺织*, 2001 (4), 8~10
- [41] 薛广洲, 王秀燕. 亚麻针织产品的酶整理工艺探讨. *天津工业大学学报*, 2003 (2), 29~32

## 发表论文情况说明

在读研期间发表了如下论文：

- 1、《亚麻针织用纱的性能分析及产品开发》，纺织科技进展，2006（4）
- 2、《亚麻服用针织产品的现状及前景》，陕西纺织，2006（4）
- 3、《亚麻针织物的性能测试与分析》，毛纺科技，已录用。

## 致谢

在攻读硕士研究生学位期间,十分荣幸的能够师从针织教研室主任宋广礼教授。在宋老师那里,我除了学得精湛的专业知识外,还学得了宋老师实实在在做人,踏踏实实做学问的做人处事风格。在宋老师的影响和教育下,我已经成长为一个在社会上经得起任何考验的合格的天津工业大学的硕士研究生。在此,首先向我的导师宋老师表示深深的谢意!

在进行研究生毕业设计期间,除得到我的导师宋老师的精心指导外,还得到李红霞老师的帮助,在课题进行期间还要进行大量的试验,因此还要感谢天津工业大学纺织学院纺织测试中心主任张毅副教授,李伟老师,周强老师和针织实验室的华福祥老师的大力支持。还有在我做课题期间,我的舍友冯洁和苏云同学也给了我大力的支持和无私的帮助,在此一并向他们表示真诚的感谢!

最后还要向我的家人和朋友表示感谢,没有他们的爱心呵护带给我的精神支持,我将不会度过这么一段快乐而充实的研究生生活,使我顺利地完成课题研究,能够满怀信心、希望的走向社会,走向我未来的人生!

谢谢所有给予我支持和帮助,关心我,爱护我的人!