

含桑皮纤维织物性能研究及产品开发

摘 要

桑皮纤维作为一种新的纺织原料,由于其优良的绿色环保性能,开发出的面料越来越受到人们的关注,系统研究桑皮纤维及其产品的性能、开发桑皮纤维产品也具有十分重要的意义。桑皮纤维取自栽桑养蚕的副产品——桑树废枝,这种纤维具有优良的吸湿性、透气性、保暖性和一定的保健功效,桑皮纤维织物光泽良好、手感柔软、易于染色,是一种具有高附加值的纯天然绿色纤维。

对于桑皮纤维的研究目前处于起步阶段,前人曾就桑皮纤维的制取包括脱胶工艺等进行了初步地探讨,但桑皮纱线、面料等性能研究较少。本论文在前人研究的基础上,通过对桑/棉混纺纱线及纯棉纱线的力学性能的测试分析,研究得出桑皮纱线具有较好的拉伸性能、初始模量较棉小,即桑皮纤维较为柔软的特性。根据纱线的性能特点,合理设计试验方案和产品工艺,在ASL2000全自动气动式剑杆试样织机上小样研制试样,分别选择不同细度的原料,不同捻度的纬线,以及不同规格的纬向密度。对各试样进行各种性能测试,研究结果表明桑皮织物具有较优良的透气性、悬垂性,但美中不足之处其抗折皱性能较差。

在以上研究分析的基础上,从纱线捻度、织物组织、染整工艺等多方面着手,选择较佳工艺进行大样制作,达到优化桑皮织物性能的最终目的。桑皮纤维是天然的纺织材料,加强对桑皮纤维的服装面料的开发和应用研究,将具有显著的社会效益和经济效益。

关键词: 桑皮纤维; 基本性能; 面料; 产品开发

作者 陈桂香

导师 王国和

Research on properties and product development of the fabrics made of mulberry blended yarns

Abstract

Mulberry fiber, a new fabric material, is becoming more and more popular with the consumers because of its no pollution property. So it is of great importance to systematically study Mulberry fiber, and the character of its production and to develop more productions. Mulberry fiber is made of the clipped mulberry branches. This kind of fiber has good moisture absorption, gas permeability, warmth retention property and health function in some ways. Its fabrics also have outstanding luster and soft handle and are easy to be dyed. So it is a high value added fiber with no pollution property.

The study on mulberry fiber has just began and still on the primary stage. Forefathers have do some basic studies on the making process of the mulberry fiber, including degumming procedure and so on. But until recently, there are few reports on the mulberry yarn and fabric's researches. On the basis of the convenient study, this paper drawn some conclusions by testing some mulberry/cotton blended yarns and some pure cotton yarns' mechanical properties. The conclusions show that mulberry yarns have excellent tensile property and low first module. That is to say, mulberry fiber has high flexibility. According to properties of the yarns, we rationally design some test scheme and product process and make several fabrics on the ASL2000 automatically rapier loom. The fabrics are made of different fiber fineness, different yarn twists and different weft density. By testing these fabrics, we come to the conclusion that mulberry fabrics have excellent gas permeability and drape. However, the crease recovery of the mulberry fabrics is inferior to that of the cotton ones.

On the basis of the above researches, the many factors affecting fabric properties, such as yarn twist, fabric structure and dyeing and finishing technology are studied and then more suitable technics is planned to make the better fabrics to improve mulberry fabric's crease recovery. Mulberry fiber is a new natural textile material. It can bring

prominent social benefit and economical benefit by enhancing the studies on the development and applications of the mulberry fabric and garment.

Keywords: Mulberry fiber, basic properties, fabric, product development

Written by Chen Guixaing

Supervised by Wang Guohe

苏州大学学位论文独创性声明及使用授权的声明

学位论文独创性声明

本人郑重声明：所提交的学位论文是本人在导师的指导下，独立进行研究工作所取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本论文不含其他个人或集体已经发表或撰写过的研究成果，也不含为获得苏州大学或其它教育机构的学位证书而使用过的材料。对本文的研究作出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。本人承担本声明的法律责任。

研究生签名： 陈乾音 日期： 2007.5.28

学位论文使用授权声明

苏州大学、中国科学技术信息研究所、国家图书馆、清华大学论文合作部、中国社科院文献信息情报中心有权保留本人所送交学位论文的复印件和电子文档，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。本人电子文档的内容和纸质论文的内容相一致。除在保密期内的保密论文外，允许论文被查阅和借阅，可以公布（包括刊登）论文的全部或部分内容。论文的公布（包括刊登）授权苏州大学学位办办理。

研究生签名： 陈乾音 日期： 2007.5.28
导师签名： 刘烈和 日期： 2007.5.28

第一章 前言

几十年来,科学技术的迅猛发展在给社会带来进步的同时也给人类带来了前所未有的危害,气候变暖、酸雨洪灾、土地沙漠化、臭氧层遭破坏等自然现象警示人类必须对地球环境问题予以重视,开发绿色环保产品成了人们关注的重点。为此,近几年来纺织科学和材料领域重新兴起了天然纺织纤维的研究和开发热潮^[1],彩棉、Tencel、Modal、大豆蛋白纤维、甲壳素纤维等新型环保型再生纤维已陆续开发成功。取自桑枝韧皮部分的桑皮纤维是又一个典型的“绿色纺织品”产品原料,开发桑皮纤维的纺织用新型原料不但可以丰富纺织原料市场,而且符合当今时代环保的要求。

1.1 桑树的综合利用

在栽桑养蚕的数千年的历史过程中,栽桑的主要目的是为了提取桑叶,但也可作其他多种用途^[2]。桑树全身是宝,按用途不同,可分为叶用型、条用型、果用型、材用型。长期以来,人们通过对桑叶、桑椹、桑皮的研究开发,探索出其在医学、造纸等领域的重大贡献。

1.1.1 桑叶之功效

桑叶除了作为桑蚕的主原料,在医学界具有广泛的用途。

在中医界,桑叶又名“铁扇子”,性寒、味苦、甘,归肺,具有疏散风热、清肝明目的功效,传统用于治疗外感风热或温病初起发热,头痛、咳嗽,更有“霜打桑叶是良药”的说法。据《本草纲目》记载:“桑叶可常服,神仙服食方,乃平足阴阳之药”。现代实验证明,桑叶具有降血糖、降血压、降血脂等作用^[3]。另外,甘草、桑叶等中草药能较强的抑制黑色素的生成,有美白作用,并具有消炎、抗衰老、抗紫外线等功效,具有高度的安全性,对人体皮肤无毒无刺激^[4]。

1.1.2 桑椹的实用价值

桑椹系桑科植物桑的成熟果实，又名桑果、桑枣，呈椭圆形紫黑色或玉白色。成熟的桑椹为上等水果，酸甜适中，清香可口。一般情况下，每667m²果桑园可产桑果约500公斤，果、叶兼用桑园每667m²产果200公斤左右^[6]。桑椹富含糖、蛋白质、矿物质维生素及游离氨基酸，具有多种活性成分，毒性小，具有调整机体免疫功能，促进造血细胞生长、降糖、降脂、降血压、护肝等作用。桑椹除了作为中药材被广泛使用外，还用于桑椹膏、桑椹冲剂等中成药的生产。四川利用桑椹开发出保健饮品——桑椹口服液，具有补肝肾、益精血的作用，用于治疗肝肾亏虚导致的消渴、头发早白、目暗耳鸣、关节不利等病症^[6]。

另外，桑椹由于其天然的染色性能，比化学染料更具安全性，肌体不易受感染而过敏。目前专家们正努力开发研制这种天然染料，期待更大更快的进步。

1.1.3 桑树皮的有效利用

桑叶采摘完之后，蚕农需要对桑树进行修剪，每年要剪伐两次，即冬伐和夏伐，平均每667m²桑园，冬伐可收获枝条400~600公斤，夏伐可收获鲜枝条500~700公斤。从桑枝上剥得的桑皮用途广泛，可用来造纸、制造人造棉等。

早在明清时期，我国就开创了桑树皮造纸的历史。将修剪下来的桑树枝条，剥下外表粗皮，将韧皮集中起来放进大锅中煮，加入石灰、烧碱等使韧皮糜烂软化^[7]，再经过搅拌、晾晒等一系列过程制成桑皮纸。

近来，人们注重了对桑树皮的充分开发，将桑皮中的果胶、木质素、及其他杂质去处，经过一系列的流程处理生产人造棉，大大提高了桑皮的利用价值。

1.2 桑皮纤维的开发和利用现状

1.2.1 国外的研究状况

桑皮纤维的研究和开发涉及生物、材料、精细化工、纺织等多种学科和领域。目前，它的研究目前仍然处于起步阶段。在论文准备阶段，查阅了大量的外文资料，但

都未见报道国外正在研究桑皮纤维的信息。这可能是因为国外尤其是一些工业化发达的地区，土地资源稀少，没有大量的桑园面积，很少栽桑养蚕，限于缺少原料的原因，因此相关的研究也就无从开始。

1.2.2 国内的研究背景与研究进展

1 研究背景

蚕丝业一直是中国的传统行业，长达数千年的历史长河中，我们的祖先不断开发和发展的栽桑、养蚕、缫丝、织绸等先进技术，为人类的文明作出了卓越的贡献。1949年新中国成立时，全国桑园面积仅有19.84万公顷，桑蚕茧产量3.09万吨，当时养蚕业还处于起步阶段，发展较为缓慢，只有星星点点的农户开始摸索着养蚕，由于没有成体系的养蚕技术，蚕茧产量一直处于低糜状态。经过长时间的摸索和实践，在20世纪90年代初，我国蚕丝业发展终于有了突飞猛进的进步。1994年我国桑蚕鲜茧产量高达77.69万吨，占当年世界总产100.37万吨的77.4%；桑蚕生丝产量达7.26万吨，占世界生丝总产量10.02万吨的72.5%。最高年1995年全国有26个省（直辖市、自治区）、约1200个县（市）有养蚕业，养蚕总农户约1800万户，桑园总面积发展到116.7万公顷，发种量达2750万盒，桑蚕茧产量达75.98万吨。2000年我国的蚕茧产量为40万吨，白厂丝产量近6万吨，占世界总产量的85%，其中：桑蚕丝出口近4万吨，占世界丝绸出口总量的60%，丝绸产品出口占世界出口量的75%，主导着国际市场形势，这是众所周知的。但是很少有人知道40万吨/年蚕茧的产出是我国蚕农在大约800万亩桑田里辛勤劳作得来的，800万亩桑田一年至少春、夏、秋三个季节生产桑叶，一般地区可养春蚕、夏蚕、早秋蚕和晚秋蚕四批蚕，广东、广西等南方地区还可多养几批。每一季收获之后，为了保持桑树和土地的养分都对桑树进行剪枝，即夏伐、冬整。以一亩桑田1000株，1株5~7根枝，每根枝0.35~0.5公斤计算，每亩在2吨左右，一年只以剪伐两次计算，一亩桑田剪下来的桑枝就有4吨，经专家多次试验测定桑树皮占桑条的15~20%，桑皮纤维占桑皮的10~30%，这样每亩桑田的废桑枝条可产桑皮纤维近100公斤。按工业化生产再打个8折，还有80公斤^[9]。由此可见，桑皮纤维的开发和利用具有相当大的开发空间。

2 国内桑皮纤维的开发现状

桑皮作为一种纤维应用于纺织领域最早始于20世纪90年代,大部分都是有关利用桑皮制造人造棉的相关研究。早在1996年杨草就在河南科技杂志上报道了有关桑皮纤维的提取办法:将桑皮纤维中的木质素、果胶及其他杂质去除,提取其中的有用纤维,经机器梳理而成。其工艺流程如下:桑皮——选料——浸料——碱煮——皂化——浸酸——漂白——脱氯——软化——梳弹——成品。用动力钢丝弹棉机梳弹3~4次,就成为人造棉花,可进一步抽丝、纺纱、织布^[9]。黎小平、陈华玲在“桑树的综合开发利用^[10]”一文中也提出了类似的制造人造棉的方法。

2002年,邱训国、严松俊共同报道了桑皮纤维开发及其综合利用,描述了江苏省南通市栽桑养蚕的规模以及桑叶、桑枝的合理利用,并预测了桑皮纤维合理利用后给农民带来的巨大经济效益。文中特别将桑皮纤维的横、纵截面形态与其他各类天然纤维进行了对比,指出桑皮纤维横截面呈三角形、椭圆形和少量多边形,并带有中腔,这有助于进一步研究纤维吸湿、透气等特性。同时,提出桑皮纤维含有护肤、养发、降血压等保健效用,可以作为一种优良的新型保健纺织原料,并提出了可以与棉、麻、丝等进行混纺交织,开发更多新产品的可能^[11, 12]。

羌晓阳和钱震就桑皮纤维的纺、织、印染处理在“纺织纤维家族又一新成员”一文中进行了初步的探讨分析。文中就桑皮纤维与常规的桑蚕丝纤维、棉纤维、麻纤维的截面形态以及一些物理指标如断裂强度、断裂伸长率、回潮率等进行了比较分析,见表1-1所示。

表1-1 桑皮纤维与其他纤维物理指标的对比分析^[12]

项目	桑皮纤维	桑蚕丝纤维	棉纤维	麻纤维
平均长度/mm	21~32	1000~1200	23~31	60~250
长度不匀/cv%	19~31	-	-	50~58
线密度/dt	3.25~4.0	-	-	2.78~6.67
断裂强度/cN·dt ⁻¹	3.5~5.1	3.34	2.7~4.4	4.85
强力不匀/cv%	23~43	-	-	-
断裂伸长率/%	4~12	15~25	5~7	2~2.5
断裂伸长不匀/cv%	20~38	-	-	-
标准状态下回潮率/%	9~10	9~10	7~8	12~13

有关桑皮纤维的结构和性能方面的详细研究始于四川大学轻纺学院的华坚教授,他致力于从纤维高分子材料结构方面,采用扫描电镜的方法研究了纤维的形态结构,由SEM图了解到沿着纤维纵向方向,纤维表面分布有原纤型微纤维,且相互呈不规则地平行排列^[1],少许微纤交差重叠。

东华大学纺织工程系张之亮同学在分析桑皮纤维化学成分的基础上,介绍了化学脱胶的机理,并详细研究桑皮纤维的脱胶工艺流程:试样准备——浸酸——水洗——一煮——水洗——二煮——水洗——打纤——酸洗——水洗——抖松——脱水——给油——脱水——烘干^[4]。并通过多个试验方案,研究各道流程中所用试剂的浓度、温度以及时间对脱胶程度影响,得出了脱胶工艺的最优设计方案。同时西安工程大学的荆学谦等老师在“桑皮纤维脱胶工艺初探”一文中对桑皮纤维分别采用化学脱胶、生物化学联合脱胶及沤制后生物化学联合脱胶的方法进行脱胶试验,并就各试验的纤维损伤情况、脱胶程度以及桑皮纤维的可纺性进行了对比分析,得出桑皮纤维采用生物化学联合脱胶法的最佳脱胶方案。

南部县绿神丝绸有限责任公司借助四川省丝绸总公司及四川大学、西南农业大学的研究,积极探索桑皮纤维制造设备工艺技术,对桑皮纤维进行科技成果转化开发。2005年4月,桑皮织衣项目初试、中试已经完成^[15]。由四川大学和四川省丝绸进出口公司开发的全国首创桑皮树纤维服装^[16]在中国丝绸资讯上见有介绍,并指出该服装具有丝绸般的光泽。

至此,有关桑皮方面的研究都是有关纤维部分的研究,桑皮纱线、织物以及性能研究分析尚未见有报道,所以在前人研究的基础上就桑皮纱线、织物等性能特点作深入地研究,以期待为开发这种新型绿色环保型纤维、面料做出一定的指导意义。

1.3 本课题研究的主要内容及意义

1.3.1 主要研究内容

本课题在前人研究的基础上,主要测试含桑皮纤维纱线、织物的一些基本性能,并设计新型含桑皮纤维面料,主要研究内容包括以下几点:

- 1、在了解桑皮纤维概况包括纤维横、纵截面形态,长度、细度、断裂伸长、断

裂伸长等力学性能, 以及其初始模量、标准回潮率等指标的基础上, 研究含桑皮纤维纱线的各项力学指标, 包括断裂强度、断裂伸长率、初始模量、弹性伸长等, 并与天然纤维如棉、丝等作分析比较, 得出桑皮纤维性能优劣之处, 以利于指导桑皮纤维面料的开发。

2、参考以上桑皮纤维及纱线的基本性能, 选取适当原料研制含桑皮纤维织物试样, 并测试各试样性能, 包括悬垂性、抗折皱性、刚柔性、透气性等, 同时探讨织物紧度、纱线捻度等对织物吸湿性、折皱回复性能等性能的影响。

3、依据以上含桑皮纤维织物性能的研究结论, 从优化纱线捻度、织物紧度等角度改善含桑皮纤维织物的折皱回复性能, 结合市场以及试样条件, 合理选择纱线原料及试样设备, 放制大样 TCM759 涤棉交织布产品。为了更好地体现出织物设计的效果, 同时放制了纬线捻度未经优化的 TCM759-1 产品及纬线为纯棉的 TCM759-2 产品, 并研究三种产品的基本性能。

1.3.2 本课题的研究意义

桑皮纤维作为一种全新的绿色产品, 研究和开发其在纺织上的应用具有较大的实践意义。

首先, 桑皮纤维、面料来源与桑树, 其制取过程对环境无污染, 是一种纯天然生态纺织品^[17], 对其开发和利用在人们日益重视环境保护的今天, 具有极其重要的意义, 同时也符合了资源可持续利用的目的, 在当今世界一些资源面临枯竭的今天也有很大的指导意义。

其次, 具有一定的经济和社会效益。桑皮纤维制品来源于广大农村废弃的桑枝条。过去, 修剪下来的桑枝大部分都是被当作柴火烧掉或用来造纸^[18], 现在加强对桑树废弃枝条的废物利用, 在开发新型纺织原料的同时, 一定程度上也提高了蚕农们栽桑养蚕的综合效益, 增加了农民的经济收入, 符合国家扶持“三农”, “切实减轻农民负担, 增加农民收入”的发展政策。

最后, 利用巨大的废弃桑树枝(皮)资源, 开发可再生利用的具有较高附加值的纯天然桑皮纤维混纺纱线及制品, 不仅将国内广泛的桑树资源保护与综合开发相结合, 实现废物利用; 而且有助于增加纺织产品的品种, 提高纺织服装产品的档次。开

发出的生态纺织品有利于我国冲破国际贸易中的各种技术和生态壁垒,顺应国际纺织品消费追求的趋势^[10],为我国纺织品出口提供了新的增长点,提高了国际市场的竞争力。

第二章 桑皮纤维的结构及性能特征

桑皮纤维作为一种新型纺织纤维，其微观结构及基本性能等相关知识还不为人知。只有很好地研究它的一些性能，才能更好地对其进行开发利用，因此对桑皮纤维的结构及性能研究是十分必要的。本章主要研究桑皮纤维的微观结构及基本性能特征。

2.1 桑树韧皮纤维的结构特征和化学组成

2.1.1 桑树韧皮的外观结构

桑树枝条是由枝条生长点的分裂活动形成的顶端初生结构，可分为分生区、伸长区、成熟区三部分。分生区的生长点和伸长区很短，保藏在枝条顶端的生长芽中。成熟区在伸长区下面，是属于茎的初生构造。成熟区自外向内可分成表皮层、皮层、韧皮层、形成层、木质层和髓组成^[14, 20, 21]。结构示意图^[14]如图2-1所示：

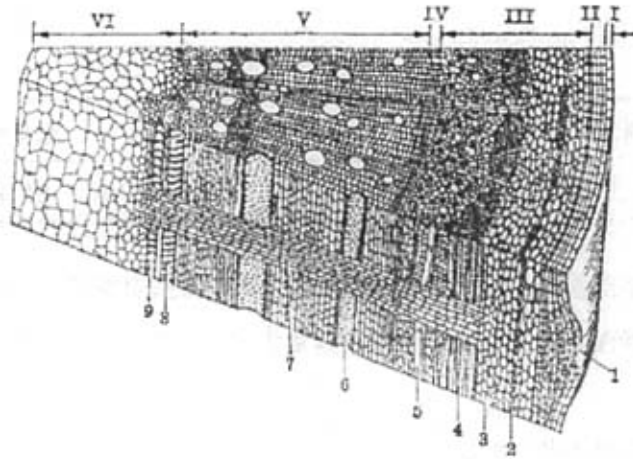


图 2-1 桑树枝条结构图

- I 表皮 II 木栓层 III 韧皮层 IV 形成层 V 木质层 VI 髓部
 1 皮孔 2 乳管 3 皮层细胞 4 韧皮纤维 5 筛管
 6 网纹导管 7 髓射线 8 螺纹导管 9 环纹导管

由上图可知, 韧皮纤维在韧皮内成簇状分布, 因此可以确定桑皮纤维属于束纤维。将桑树枝条趁鲜剥下韧皮, 其外观形态^[14]如图 2-2 所示。

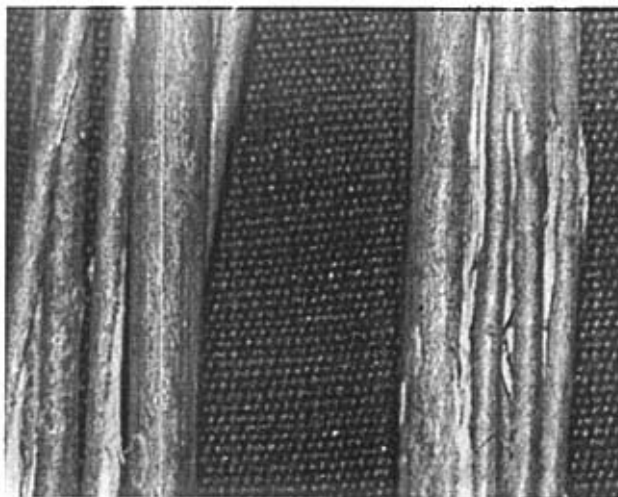


图 2-2 桑树韧皮外观图

2.1.2 桑树韧皮纤维的化学组成

按 GB5889-86《苧麻化学成分定量分析方法》测定桑树韧皮中化学物质成分含量^[14], 如表 2-1 所示。

表 2-1 桑树韧皮中各物质成分含量 (%)

项目	脂腊质	水溶物	果胶	半纤维素	木质素	纤维素
桑皮纤维	4.49	11.47	26.37	18.15	7.04	32.48

从上表可知, 桑树韧皮是由 30%左右的纤维素和 70%左右的胶质组成。胶质中, 果胶占 26.37%, 木质素 7.04%, 果胶含量较高, 因此在桑皮纤维的制取过程中脱胶将是一项重大的任务。

为了更好地把握桑树韧皮的性能, 将桑树韧皮与其他一些天然纤维(亚麻、大麻、剑麻、菠萝叶等)中各成分含量^[22~25]作了对比, 见表 2-2 所示。

表 2-2 几种植物原料化学成分的含量比较 (%)

纤维品种	纤维素	半纤维素	木质素	果胶物质	水溶物	脂腊质	灰分
亚麻	70~80	8~11	1.5~7	1~4	1~2	2~4	0.5~2.5
大麻	55~67	16~18.5	6.3~9.3	3.6~3.8	10~13	1~1.2	1.6~4.6
剑麻	44.86	14.38	32.16	3.02	5.38	0.21	-
黄麻	64~67	16~19	11~15	1.1~1.3	-	0.3~0.7	0.6~1.7
菠萝叶	56~68.5	16~18.8	6~13	1.1~2	1.0~1.5	3.2~7.2	0.9~2.8
竹纤维	45~55	20~25	20~30	0.5~1.5	7.5~12	-	-

由上表可知,桑树韧皮纤维与上述几种植物纤维有着较大的差异主要体现在果胶的含量和纤维素含量:首先,果胶的含量桑树韧皮为26.37%,明显高于其他几种植物纤维;其次,纤维的含量,桑树韧皮纤维素的平均含量只有32%,相对于较低的竹子还低很多。纤维素的含量的高低直接影响桑皮制取过程中桑树韧皮纤维的利用率。

木质素含量多少是影响纤维性能的重要因素之一,木质素含量少的纤维,光泽好,柔软并富有弹性^[6];木质素含量高纤维偏硬脆^[7],伸长小,弹性差,吸湿放湿快,可纺性和服用性能差。桑皮纤维中木质素的含量仅为7%,较表2-2中的一些纤维低,为竹纤维的1/3,因此,桑皮纤维的光泽、柔软性、弹性、可纺性等均比这几种植物纤维好。

2.2 桑皮纤维的形态结构特征

纤维的截面形态结构是指纤维的截面形状,截面结构中的空洞、皮芯、缝隙以及纤维侧面、表面的凹凸状态等,可以通过光学、电子显微镜进行研究分析^[1]。

2.2.1 桑皮纤维横截面形态特征

为了观察纤维的横截面形态特征,实验中采用扫描电镜的方法,试验仪器及试验方法如下:

仪器:Y172型纤维切片器(哈氏切片器),由常州纺织仪器厂生产;上海电光研究所生产的DXS-10A型10万倍扫描电子显微镜(Scanning Electron Microscope);

测试条件：恒温 20℃，湿度 65%RH；

制样：将竹原纤维整理成平行的纤维束，再将平行排列的纤维束嵌入哈氏切器中，然后加压使纤维紧密，此后旋转微动螺丝将纤维送出适当的长度，涂上薄层火棉胶，用锋利的刀片切取送出的薄层纤维；通过扫描电镜成像系统观察纤维的截面与纵面形态。在扫描电镜正式试验前，观察的样品必须进行导电处理（喷金）^[28, 29]。

经电镜扫描实验，得到如下图 2-3 所示的横截面形态图。

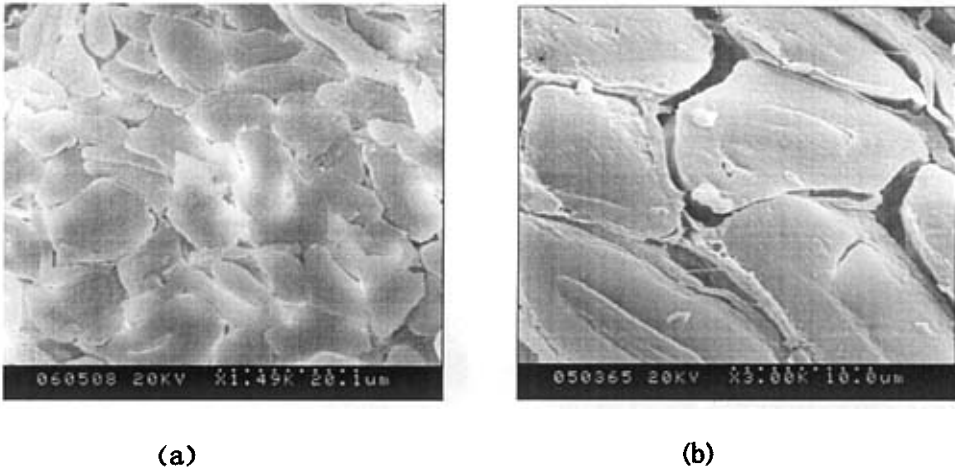


图 2-3 桑皮纤维的横截面形态图

其中 (a) 为放大 1500 倍，(b) 为放大 3000 倍，由图 2-3 可以看出，桑皮纤维的横截面形状呈现椭圆形或多边形，并且带有中空，与麻类中的苧麻、亚麻、大麻、黄麻、红麻及棉纤维类似，决定了它们在吸湿性、柔软性等多种性能上具有相似性。这也证实了多数文献上报道的“桑皮纤维具有似麻似棉的特性^[15]”这一论述。

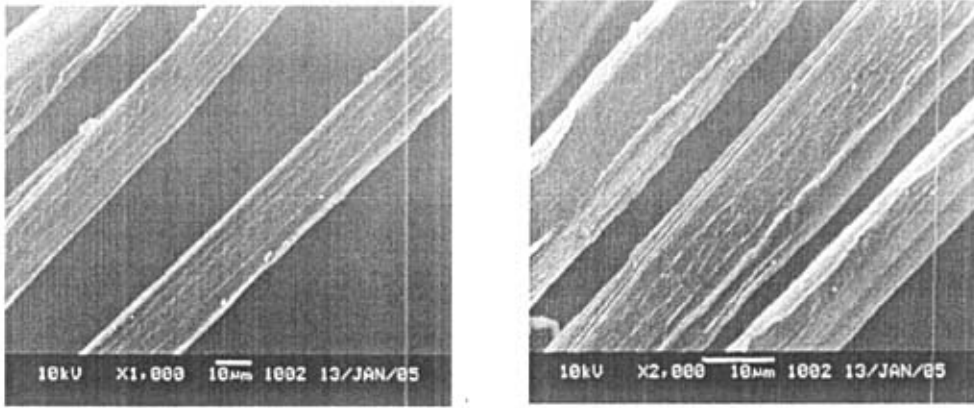
2.2.2 桑皮纤维纵截面形态特征

实验方法：通过高低真空扫描电镜观察纤维的微观表面形态；同时观察纤维的纵向微观表现形态，测出单纤维的宽度。

实验仪器：JSM-5600LV型扫描电子显微镜（SEM），日本电子株式会社（JEOL）

实验条件：高真空3.5nm，低真空4.5nm

经过电镜扫描实验，得出如图 2-4、2-5、2-6 所示的纵向截面形态图^[14]。



(a) (b)

图 2-4 桑皮纤维纵向形态

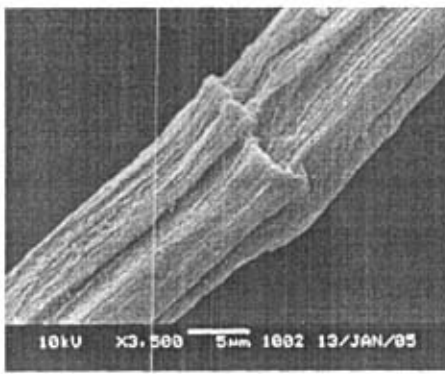


图 2-5 桑皮纤维表面折迭型裂隙

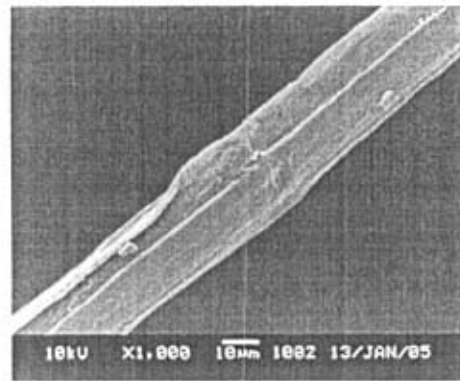


图 2-6 桑皮纤维表面枝节

图中 (a) 为放大 1000 倍, (b) 为放大 2000 倍时的图片。由桑皮纤维的纵向扫描照片可发现, 桑皮纤维为一条细长的管状体, 表面较桑蚕丝粗糙。桑皮纤维与麻类相似, 没有天然扭转, 表面凹凸不平^[30], 不同程度地伴有孔洞和缝隙。从图 2-6 中看到纤维横向有枝节。由图 2-5、2-6 可以看出, 桑皮纤维细胞胞壁上有稀疏的折叠形裂隙, 图 2-5 中的裂隙尤为显著。由于这种裂隙的存在, 可能会造成桑皮纤维上的弱节的存在, 可能会导致桑皮纤维强度在一定程度上下降。

2.3 桑皮纤维的物理性能

纤维的长度、细度等指标直接影响它的可纺性、织物的力学性能和风格, 断裂强

度、断裂伸长率等力学性能影响到织物的耐久性、舒适性等。因此对纤维基本物理性能的研究可以有助于了解纤维及纱线的性能特征。

2.3.1 桑皮纤维的长度与细度

经测试得桑皮纤维长度在 5~15mm 之间,桑皮单纤维长度较短,不能直接用于纺纱。因此,桑皮纤维的纺纱加工必须与亚麻、黄麻一样,采用工艺纤维,即在脱胶处理时,不能采用与苧麻一样的完全脱胶方式,而必须采用半脱胶,以保证保留有一定量的残胶,将很短的单纤维粘连成具有一定长度的束纤维,以满足纺纱的工艺要求。桑皮纤维的工艺纤维长度与棉纤维长度相似,因而经半脱胶制得的工艺纤维可采用棉型纺纱系统进行纺纱。

为了便于比较,表 2-3 中列出了与桑皮纤维相近的几种植物纤维的长度、细度^[21~23]的相关数据。

表 2-3 桑皮纤维与几种植物纤维长度、细度的对比表

纤维	单纤维		束纤维(工艺纤维)	
	长度/mm	宽度/ μm	长度/mm	细度/tex
桑皮纤维	5~15	10~22	27~52	0.7~1.9
黄麻	2~5	15~25	80~150	2.8~3.8
亚麻	16~20	12~17	300~900	2.5~3.5
大麻	20~50	14~17	40~120	0.8~1.2
菠萝叶纤维	3~8	7~18	100~900	2.5~4.0
香蕉纤维	2.3~3.8	11~34	80~200	6~7.6
竹纤维	1.5~2.0	15~20	70~130	14~21

由上表可知,桑皮单纤维的长度较竹纤维、菠萝纤维、香蕉纤维、黄麻要长,和亚麻、大麻纤维差不多。单纤维宽度较香蕉纤维窄,跟其它几种纤维大致相同。但是工艺纤维无论是长度还是细度都较其他纤维小,符合一般工艺纤维“越长越粗,越短越细”的规律^[23]。

2.3.2 桑皮纤维的强伸性

纤维具备一定的机械性能是纤维可纺的先决条件。桑皮纤维具有一定的断裂强度、断裂伸长，同时还列出了黄麻、亚麻等天然纤维断裂强度、断裂伸长率^[31, 34, 39~41]与之进行比较，见表 2-4 所示。

表 2-4 桑皮与几种天然纤维的强伸性对比表

纤维	断裂强度/ $\text{cN}\cdot\text{tex}^{-1}$	断裂伸长率/%
桑皮纤维	10~29	4~6
亚麻	47.97	3.96
黄麻	26.01	3.14
香蕉纤维	50.75	3.18
菠萝纤维	30.56	3.42
竹纤维	30.99	3.48

从表中可看出，桑皮纤维的断裂强度较其他几种纤维低，这跟前面分析的纤维细胞壁上折叠形裂隙有一定关系，但其断裂伸长较大。从桑皮纤维的断裂强度、断裂伸长来看桑皮纤维的织造是可行的。

2.3.3 桑皮纤维的回潮率

桑皮纤维的回潮率为 9~10%，与其他几种天然纤维的回潮率^[14, 42]对比见表 2-5 所示。

表 2-5 桑皮与其他纤维的回潮率对比表

纤维	桑皮纤维	棉	亚麻	黄麻	大麻
回潮率/%	9~10	7~8	8~11	9~11	10~13

由上表可知，桑皮纤维的回潮率介于棉和麻类之间，故其吸湿性比棉纤维强，较麻类差。

2.4 本章小结

通过桑皮纤维结构及性能研究可以得出以下几点结论:

(1) 桑皮纤维中木质素的含量较低,因此桑皮纤维具有较好的光泽、柔软性、弹性、可纺性等优良性能。

(2) 桑皮纤维的横截面呈现椭圆或多边形,并且带有中空,纤维纵向方向没有天然扭转,表面凹凸不平,不同程度地伴有孔洞和缝隙。

(3) 桑皮纤维长度为 5~15mm,宽度为 10~22 μ m,断裂强度为 10~29cN/tex,断裂伸长率为 4~6%,其纺纱、织造是可行的。

(4) 桑皮纤维的吸湿性能较好,回潮率为 9~10%,桑皮纱线、织物具有较好的染色性能。

第三章 含桑皮纤维纱线力学性能研究

纱线的力学性能对纺织品的强力、手感、外观等均有重要影响，因此研究含桑皮纤维纱线的力学性能具有一定的理论价值。本章主要研究含桑皮纤维纱线的拉伸以及弹性等力学性能。

3.1 含桑皮纤维纱线试样规格

由于纯桑皮纤维纱线的纺制目前正处于研制阶段，故本试验中采用桑皮纤维与棉纤维的混纺纱线进行测试分析。经过多方收集，主要采集了江苏、四川两地的桑/棉混纺纱线，并测试各纱线的捻系数便于后面力学性能的研究分析。纱线原料规格及捻系数测定值见表 3-1 所示，其中 4 号桑/丝/棉纱线，桑是桑皮，丝是桑蚕丝。

表 3-1 含桑皮纤维纱线试样规格

试样序号	成分	混纺比/%	细度/tex	捻系数
1	桑/棉	50/50	83.3	62
2	棉	100	59.1	112
3	桑/棉	50/50	59.1	172
4	桑/丝/棉	40/30/30	20.0	127
5	涤/棉	30/70	19.6	113
6	精梳棉	100	18.3	115

3.2 含桑皮纤维纱线拉伸性能研究

3.2.1 拉伸性能测试

纱线、织物在制造和服用过程中经常经受湿、热等条件的处理，因此在拉伸性能测试中主要测试试样在标准状态下、湿态以及受热处理三种条件下的拉伸性能。

1 试验仪器及试验方法

在测试纱线拉伸性能实验时, 使用 YG020A 型电子单纱强力机, 试验条件及方法如下所示:

试样准备: 干态试验时, 在标准大气条件, 温度 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$, 相对湿度 $65\% \pm 2\%$ 下进行; 湿态试验时, 将试样在蒸馏水中浸渍 5 分钟, 自然晾干 1 小时, 然后在标准大气条件下进行测试; 试样受热试验时, 分别将纱线试样置于 Y802N 八篮烘箱内, 在 100°C 、 120°C 、 140°C 、 160°C 和 180°C 下烘 30 分钟, 然后在标准大气条件下平衡 24h 进行测试。

试验参数: 选取试样长度为 250mm, 实验速度为 250mm/min, 走纸速度 250mm/min, 预加张力 $(0.5 \pm 0.1) \text{cN/tex}$ (湿态实验时减半), 各试样所加张力设置见表 3-2 所示。为了减小实验误差, 每种样品测试十次取其平均值。

表 3-2 拉伸试验时的预加张力值

试样序号	1	2	3	4	5	6
纱线细度/tex	83.3	59.1	59.1	20.0	19.6	18.3
干态/cN	41	30	30	10	10	9
湿态/cN	20	15	15	5	5	5

2 测试结果

含桑皮纤维纱线试样干态、湿态条件下的拉伸性能测试结果见表 3-3 所示, 试样在不同温度下受热处理后的拉伸测试结果见表 3-4 所示。

表 3-3 干态和湿态条件下试样的拉伸性能测试结果

试样序号	断裂强度/ $\text{cN} \cdot \text{dtex}^{-1}$		断裂伸长/%	
	干态	湿态	干态	湿态
1	0.418	0.404	7.808	10.217
2	0.868	1.100	9.282	11.722
3	1.010	1.228	8.611	10.367
4	1.001	0.950	7.011	8.291
5	1.312	1.520	7.035	10.467
6	1.194	1.489	5.644	8.394

表 3-4 不同温度下试样的拉伸性能测试结果

试样	温度	100℃	120℃	140℃	160℃	180℃
1	断裂强度/ $\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$	0.395	0.381	0.362	0.363	0.352
	断裂伸长率/%	7.363	6.403	6.689	6.235	5.145
2	断裂强度/ $\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$	0.546	0.537	0.775	0.438	0.516
	断裂伸长率/%	6.213	8.478	8.731	5.851	5.838
3	断裂强度/ $\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$	0.926	1.013	0.956	0.828	0.963
	断裂伸长率/%	7.533	7.593	7.019	6.104	6.452
4	断裂强度/ $\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$	0.941	1.127	1.039	0.993	0.882
	断裂伸长率/%	6.442	6.786	5.799	5.931	7.024
5	断裂强度/ $\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$	0.973	0.960	1.098	1.094	0.892
	断裂伸长率/%	7.116	6.263	6.632	7.201	6.639
6	断裂强度/ $\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$	0.897	0.664	0.874	0.920	0.736
	断裂伸长率/%	5.868	4.162	3.542	3.323	3.373

3.2.2 标准状态下试样的拉伸性能研究

根据表 3-3 中测试数据, 绘制出断裂强度及断裂伸长值曲线变化图, 如图 3-1, 3-2 所示。

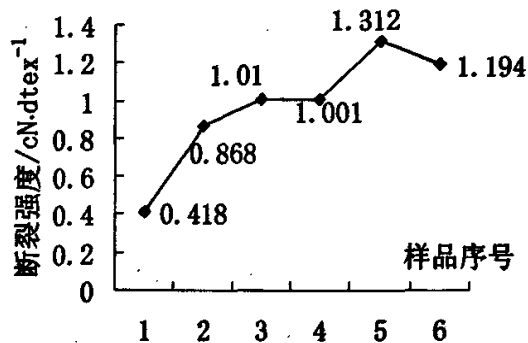


图3-1 纱线断裂强度随细度的变化曲线图

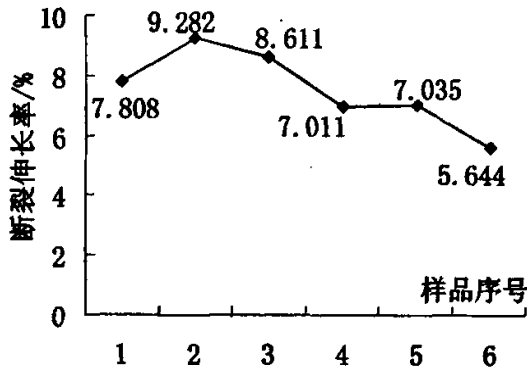


图3-2 断裂伸长率随细度变化曲线图

1 断裂强度分析

从图 3-1 的曲线变化情况，可以得出以下几点结论：

(1) 1~6 号样品中，纱线的断裂强度呈现上升趋势。在本实验中，影响断裂强度增大的主要原因是捻系数的增大。随着捻系数的增大，纱线内部结构中纤维之间的摩擦力增强，断裂强度随着逐渐增大。5、6 号纱线虽然捻系数不是很高，但是由于在 5 号纱线中含有 30% 的涤纶，使得其断裂强度大增，达到所有试样中的最大值，6 号纱线是精梳棉，纤维整齐度较高，各根纤维受力比较均匀，因而纱线的断裂强度较大。

(2) 同细度的 2 号、3 号两纱线，3 号桑/棉纱线断裂强度较 2 号纯棉纱线高出 16.5%，同样 4 号桑/丝/棉纱线的断裂强度高出 2 号纯棉纱线 15% 左右，从这两组结论中可以断定，桑皮纱线的断裂强度高于棉纱线，这一结论与文献里提到的“桑纤维的断裂强度高于棉纤维^[1]”的论述是一致的。

2 断裂伸长率分析

纱线的断裂伸长率是指纱线在拉力作用下产生伸长，随着拉力作用时间的延长，纱线不断伸长直至断裂，纱线断裂时的长度与原长之差称为断裂伸长，断裂伸长与纱线原长之比即为断裂伸长率。断裂伸长率越高，纱线韧性越大。由图中曲线可看出：

(1) 随着纱线细度的增加，断裂伸长率呈现逐渐下降的趋势。即纱线越细，断裂伸长率逐渐减小。

(2) 2 号纯棉纱线断裂伸长率明显高于 1 号和 3 号桑/棉混纺纱线，因此桑皮纤维的断裂伸长率小于棉纤维。

(3) 4 号纱线在细度相近的 4、5、6 号纱线中断裂伸长率最高，其原因在于 4

号纱线中含有 30% 的柔韧性较好的桑蚕丝，使得混纺纱线的断裂伸长率高出于 6 号纯棉纱线。

3.2.3 湿态条件下试样的拉伸性能研究

结合表 3-3 湿态条件下的强伸性能测试结果并对照干态常温下的测试值绘制出图 3-3、3-4 所示的对比曲线图。

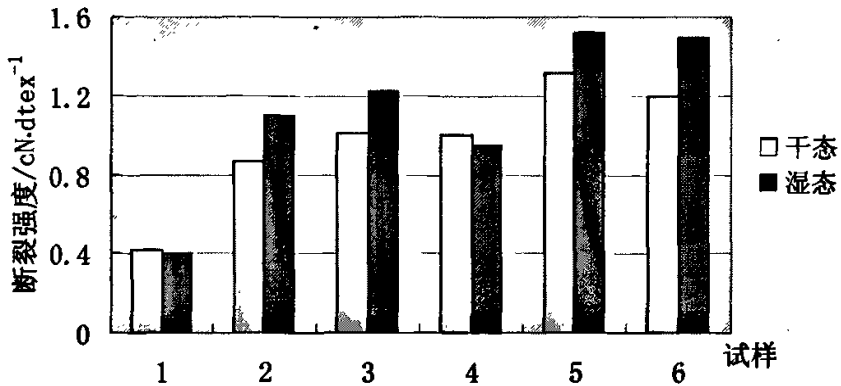


图3-3 试样在干态、湿态条件下断裂强度的对比

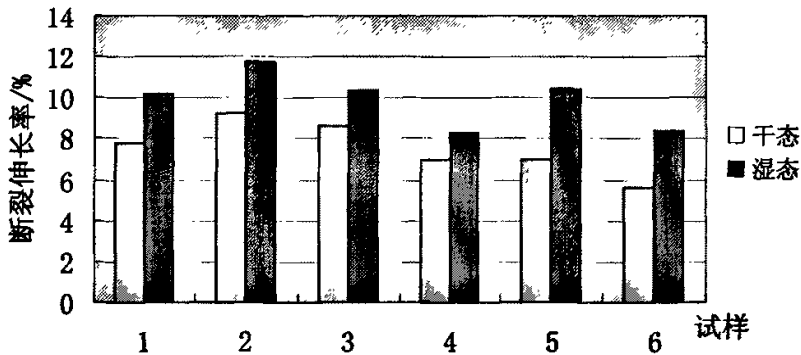


图3-4 试样在干态、湿态条件下断裂伸长率的对比

由图3-3、3-4可知，试样在湿态条件下断裂强度、断裂伸长较干态时均有不同程度的提高，最高涨幅可达48.8%。这是由于试样中是棉与桑皮混纺纱线或纯棉纱线，试样在湿态下，棉纤维大分子聚合度高，结晶度高，纤维断裂主要表现为大分子本身的断裂，而水分子进入后对大分子间结合力的减弱不显著，并主要表现为水分子进入后可将一些大分子链上的缠结拆开，分子链的舒展和受力分子链的增加，平均地负担

纤维所受的外力，因此纱线断裂强度增强^[44]。

同样断裂伸长率的增加是由于水分子进入纤维分子间，充当分子间连接，增大了分子链长度，且水的侵入，使纱线截面膨胀较大，从而增加了纤维间的滑脱，使纤维在受外力作用时容易伸直和产生相对滑移，最终导致断裂伸长率的增加。

3.2.4 不同温度下试样的强伸性能研究

根据表3-4绘制出试样在不同温度条件下的断裂强度、断裂伸长率的曲线变化图，如图3-5、3-6所示。

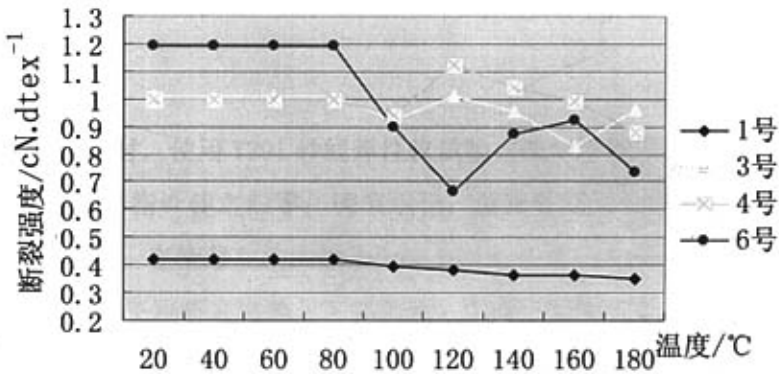


图3-5 试样在不同温度下的断裂强度的变化

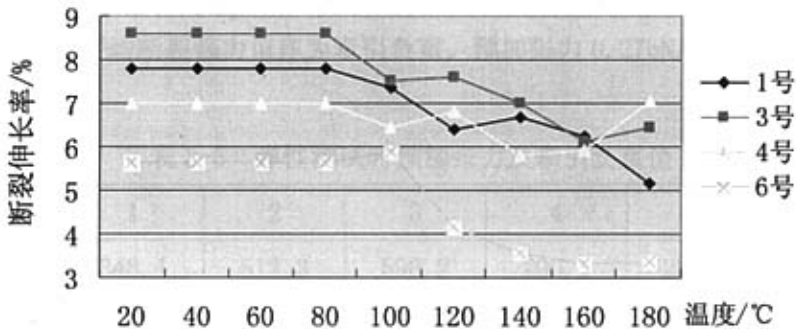


图3-6 试样在不同温度下的断裂伸长率的变化

从图3-5、图3-6可以看出，试样经受高温热处理后断裂强度、断裂伸长均有变小的趋势。由于热的作用加大了纤维分子的活动能力，改变了纤维的内部结构^[45]，因此各试样断裂强度随加热温度的增加都呈一定程度的下降，并且尤其在140-160°C最为

显著。说明纱线在高温受热条件下处理，强度、伸长等都有较大损伤。从图中可以明显看到6号试样损失率最大，在100~120℃之间强度损失率达26%，伸长损失率达41%。

综合以上试验分析，在纺织品生产过程和服用过程中纱线经常会遇到湿、热处理，应根据实际情况选择合适的温度和处理时间，尽量避开损失率最低的区域，确保纺织品的强度等力学性能优良，保证加工过程顺利进行。

3.3 含桑皮纤维纱线弹性性能研究

3.3.1 弹性测试

1 试验仪器及方法

在测试纱线弹性时，使用 Y391 纱线弹性仪试验方法如下所示：

试验方法：调节指针使之归零；调节螺母，使指针回转点控制在伸长尺上 5mm 的位置，并旋紧固定。在刚带左端的钩子上挂上预先称量好的牵引负重，在初张力的作用下，将试样夹持于刚带右端的上下夹之间，并确保指针指零。按下“顶杆下”使试样定伸长 3 分钟后，取下牵引负重（保持初张力），按“顶杆上”，待试样松弛两分钟后，立即按下“顶杆下”，待指针稳定后读出指针在伸长尺上的残留伸长值。

试验参数：选用定伸长弹性测定法（选取试样长度的 5% 为定伸长值），试样长度 100mm，取试样的平均断裂强力值作为牵引负重。预加张力 0.27cN/tex，预加张力值见表 3-5 所示。

表 3-5 弹性测试时预加张力及牵引负重值

试样序号	1	2	3	4	5	6
牵引负重/cN	348.1	512.3	596.2	200.1	258.7	218.5
初张力/cN	22	16	16	5	5	5

弹性回复率的计算公式为：

$$R_E = \left(1 - \frac{\sum L_2}{nL_R}\right) \times 100 \quad (3-1)$$

式中： L_2 — 测试回复 2 分钟（初张力）伸长值/mm

L_R — 一定伸长值（一般取试样长度的 5%）/mm

n — 测试次数

2 测试结果

测试原始数据见附表 5，对试验数据处理并计算得出各试样弹性回复率见表 3-6 所示。

表 3-6 试样弹性回复率计算值

试样序号	1	2	3	4	5	6
\bar{L}_2 /mm	3.313	3.304	3.367	2.815	1.986	4.970
R_E /%	33.74	33.92	32.7	43.7	60.3	0.6

3.3.2 测试结果分析

根据表 3-6 计算数据绘制出各试样弹性回复率曲线图，见表 3-7 所示。

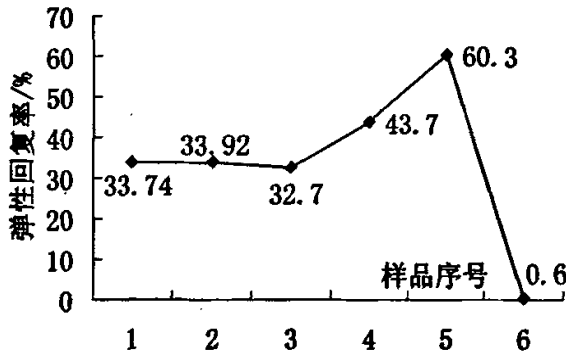


图3-7 弹性回复率随细度的变化曲线图

由图可见，1、2、3号纱线弹性回复率基本相当，但1号和3号桑/棉混纺纱线的弹性回复率较2号纯棉纱线小，同样同细度的4、5号纱线中4号桑/丝/棉混纺纱线弹性回复率小，由此可得出结论：桑皮纤维弹性回复性低于棉纤维，更远远小于聚脂纤维。由于聚脂纤维在小变形下的拉伸回复能力高，在纯棉纱线中加入少量的聚脂纤维即可大大改善棉纱线的弹性性能，如曲线中5号涤/棉混纺纱线其弹性回复性达

到了图中最大值，远远大于同密度的6号纯棉纱线。6号纱线弹性回复率几乎接近于0，其原因大概在于6号是细号的精梳棉，其纤维平均长度较长，纤维排列较好，整齐度高，纱线条干均匀度较高。

3.4 含桑皮纤维纱线初始模量研究

3.4.1 初始模量测试

1 测试仪器及方法

采用Y391纱线弹性仪测定纱线初始模量试验，试验方法如下：

参照纱线弹性测试时的实验方法，试样长度100mm，选取试样平均断裂强力的10%作为牵引负重，预加张力参考弹性测试时的张力值，见表3-7所示。按“顶杆下”，5秒后立即读取伸长尺上的伸长值 L_0 ，初始模量的计算公式如下：

$$E = \frac{F \cdot L \cdot n}{D \cdot \sum_1^n L_0} \quad (\text{单位: cN/dtex}) \quad (3-2)$$

式中：F — 牵引负重/cN

D — 细度/dtex

L — 试样隔距长度/mm

L_0 — 5秒伸长值/mm

n — 测定次数

表3-7 初始模量测试时的预加张力值

	1	2	3	4	5	6
牵引负重/cN	35	51	60	20	25	20
预加张力/cN	22	16	16	5	5	5

2 测试结果

初始模量原始测试数据见附表4所示，经计算初始模量值见表3-8所示。

表 3-8 初始模量计算值

	1	2	3	4	5	6
\bar{L}_0/mm	-	0.457	0.627	0.43	0.457	0.448
$E/\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$	-	18.9	16.2	23.3	29.0	26.8

注：鉴于已测得的 1 号纱线的断裂强度太低，计算得初张力比牵引负重大，本实验的牵引负重取平均断裂强力的 10%，所以测试 1 号纱线的初始模量缺乏意义，故没有获得测试数据。

3.4.2 测试结果分析

根据表 3-8 的计算数据绘制出各试样初始模量曲线图，如图 3-8 所示。

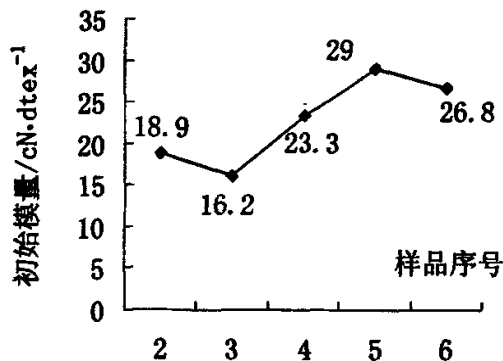


图3-8 初始模量随细度的变化曲线图

纤维的初始模量是量度纤维材料在弹性范围内受力作用时变形大小的因素之一。一般来说，初始模量愈大纤维材料的刚性愈高，在使用过程中变形愈小，纤维的柔顺性愈差^[46]。

从图 3-8 可以看到随着细度的增加，初始模量有逐渐增加的趋势。同种原料的 2 号和 6 号棉纱线，6 号纱线的初始模量较 2 号增加 42%。同细度的 2 号和 3 号纱线，由于含有 50% 的桑皮纤维，3 号桑/棉混纺纱其初始模量明显下降。由此可证明桑皮纤维初始模量较小，具有较好的柔顺性，同样从 4 号和 6 号纱线也可得出同样的结论。5 号纱线由于其中含有 30% 的涤纶，涤纶长丝具有较高的初始模量，使得混纺纱线的初始模量大大提高，达到图中的最大值，纱线较刚硬，柔顺性较差。

3.5 本章小结

通过对含桑皮纤维纱线拉伸、弹性等性能的研究分析,得出以下结论:

(1) 含桑皮纤维纱线的断裂强度为 $1\text{cN}\cdot\text{dtex}^{-1}$ 左右,较棉纱线大,断裂伸长率为7~8%,纱线韧性较好。

(2) 含桑皮纤维纱线在湿态条件下断裂强度、断裂伸长较标准状态下均有不同程度的提高,而在经受高温热处理后断裂强度、断裂伸长均有变小的趋势。

(2) 含桑皮纤维纱线的弹性回复率为30~35%,较棉纱线小。

(3) 含桑皮纤维纱线具有较小的初始模量,纤维、纱线较柔软,这与文献中报道的“质地细腻柔和,手感舒适,比绸缎的手感还好”相一致。

第四章 含桑皮纤维织物性能研究

织物性能直接影响着人体穿着时的舒适、美观程度,因此研究织物性能具有极大的理论价值和实际意义。一般面料的性能主要考虑透湿透气、手感、弹性,悬垂性、一定的抗折皱性能等一些指标,这些性能与组成纱线的纤维种类,纱线的捻度,织物的组织、密度、紧度等因素密切相关,本章主要就纱线捻度、织物密度等方面做一些相关研究。

4.1 试验方案设计与试样研制

4.1.1 试验方案设计

织物性能一般受纱线原料组成、粗细、捻度,织物组织、密度、紧度等因素影响。根据本课题的实际情况主要从考虑以下几点着手研究:

(1) 研究含桑皮纤维织物性能。主要通过测试并分析含桑皮纤维织物与纯棉织物的性能特征,得出桑皮纤维织物的性能优劣。由于试验材料和时间的限制,经线选用竹原纱线,纬线分别选用不同细度的桑/棉、纯棉以及绢丝制作试样,原料及试样规格见表 4-1 中的 1~5 号所示。

(2) 研究含桑皮纤维纱线的捻度对织物性能的影响,主要讨论捻度对织物透气性及折皱回复性能的影响。选用 59tex 桑/棉纱线,在原有纱线捻度(708T/m)的基础上,采用加捻机以每次 45T/m 对纱线逐步进行加捻,直到强捻为止。纱线经加捻后捻度范围为 708~978T/m,见表 4-1 中的 6~12 号所示,利用上述纱线作纬线制作试样。

(3) 研究织物紧度对织物性能(主要是透气性及折皱回复性能)的影响,采用竹原纱线作经,10s 桑棉纱线作纬制作试样,通过改变织物纬向密度设置不同的织物紧度,制作试样并进行测试。纬向密度设置从 140 根/10cm 开始,在此基础上以每次增加 20 根/10cm 的纬向密度制作下一试样,直到最大密度 280 根/10cm。试样规格见表 4-1 中的 13~20 号所示。

4.1.2 含桑皮纤维织物试样规格

根据以上试验方案设计,对含桑皮纤维纱线试样制作选用的原料及试样规格建立如表 4-1 所示的规格表。

表 4-1 含桑皮纤维织物试样规格

经线规格	9.8×2 竹原纱线		经密/根·(10cm) ⁻¹		300
试样序号	纬线规格				纬密/ 根·(10cm) ⁻¹
	组成	混纺比 (%)	细度/tex	捻度/T·m ⁻¹	
1	桑/棉	50/50	59.1	708	200
2	棉	100	59.1	460	200
3	桑/丝/棉	40/30/30	20.0	900	286
4	棉	100	18.3	850	286
5	绢丝	100	18.9	1068	286
6	桑/棉	50/50	59.1	708	200
7	桑/棉	50/50	59.1	753	200
8	桑/棉	50/50	59.1	798	200
9	桑/棉	50/50	59.1	843	200
10	桑/棉	50/50	59.1	888	200
11	桑/棉	50/50	59.1	933	200
12	桑/棉	50/50	59.1	978	200
13	桑/棉	50/50	59.1	708	140
14	桑/棉	50/50	59.1	708	160
15	桑/棉	50/50	59.1	708	180
16	桑/棉	50/50	59.1	708	200
17	桑/棉	50/50	59.1	708	220
18	桑/棉	50/50	59.1	708	240
19	桑/棉	50/50	59.1	708	260
20	桑/棉	50/50	59.1	708	280

4.2 试样研制

试样研制选用剑杆试样织机进行小样试制，并配以适当的上机工艺，最后使用纯碱、保险粉等试剂对试样进行精练处理。

4.2.1 试样设备

试样选用由天津市隆达机电科技发展有限公司生产的 ASL2000 全自动气动式剑杆试样织机进行织造。该织机由硬件和软件两部分组成，其中硬件部分如图 4-1 所示，由主控制柜和织样机两部分组成。

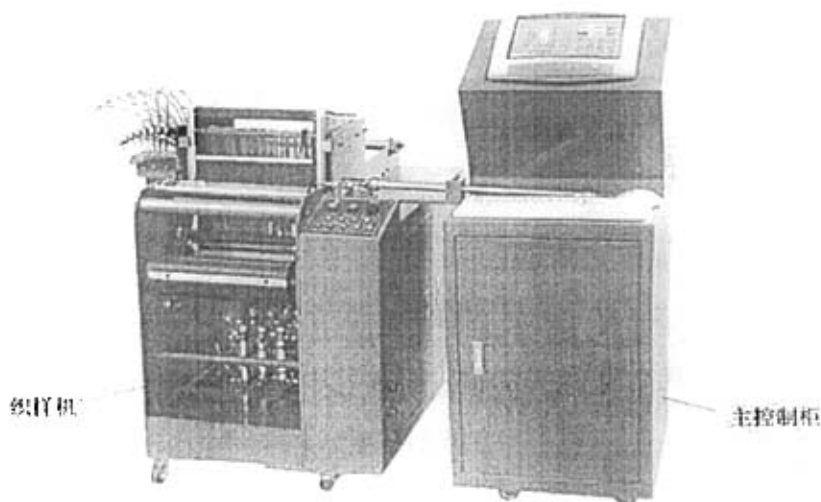


图 4-1 ASL2000 型自动织样机全貌

织样机主要由以下几个部分组成：

- (1) 多臂开口机构。由电脑控制，根据输入的纹板图自动形成开口，织机主轴转动一周形成一次梭口。
- (2) 引纬机构。采用剑杆引纬，纬线由筒子架上直接退绕下来经过张力装置，由剑杆夹持引入梭口，剑杆为刚性剑杆，采用单剑杆、夹持式引纬方式。
- (3) 打纬机构。织造时采用的钢筘为 10#号筘，纱线采用 3 入式穿筘，穿综按顺

穿法。

(4) 纬纱断头自停机构。当纬纱发生断头时，织机自动停在引纬结束的位置。待将断纬重新穿好，织机才会重新引这一纬，继续织造。

(5) 送经机构。由于试样机用的纬纱少，总经根数约为 900 根，因此采用人工整经。织造时，经纱经织轴上退绕，经过张力装置及综丝后穿入织造区。

(6) 电子式卷取机构将织造好的机织物卷绕到布棍上。

4.2.2 织物组织结构

为了方便织物性能测试，充分体现各组纬线的性能特征，织物组织选用四枚缎组织。上机图见图 4-2。

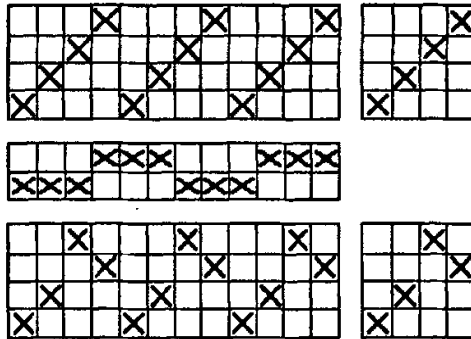


图 4-2 织物上机图

本试样研制时采用四片综框，穿综按顺穿法穿入，钢筘选用 10 号筘，每筘 3 穿入，总经根数 840 根，即坯布门幅 28cm。

4.2.3 织造工艺

整经张力、织造时的经纱以及纬纱张力必须控制得当，否则影响织造效果，织造时尽量注意以下几点：

(1) 由于是人工整经，所以尽量做到整经张力均匀，经线长短差异不要太大，否则织造时开口不清，容易引起经纱断头率的提高，影响测试效果。

(2) 在织造时，若发现经纱张力过大或过小，按动织机上的卷布、退布、送经、

回卷按钮或用鼠标点击计算机屏幕上的卷布、退布、送经、回卷按钮将经纱张力调整到合适的水平。

(3) 织造时纬纱的张力应适当控制, 张力太大, 剑杆很难引纬; 张力太小, 纬纱不能完全伸直, 可能屈曲在织物中, 造成织物表面不平整, 且张力太小时, 织物很难握持住纬纱而造成纬纱不断被剪断。调节断纬自停装置上张力盘上的螺母, 即可使纬纱张力达到适中。

4.2.4 精练工艺

天然纤维的原料中含有多种杂质, 加上上机织造时所上的浆料, 这些人为引起的杂质和天然杂质的存在, 不仅影响了天然纤维织物的一些优良品质, 而且有损服用性能和妨碍染整加工, 因而必须经过精练。精练工艺见表4-2:

表 4-2 精练工艺处方

药剂及工艺条件	精练
工业皂/g·L ⁻¹	5
纯碱/g·L ⁻¹	0.5
Na ₂ SiO ₃ /g·L ⁻¹	3
保险粉/g·L ⁻¹	0.5
PH	10.0
时间/min	40
浴比	1: 30
温度/℃	95

4.3 含桑皮纤维织物透气性能研究

织物是由一定的纤维以一定的方式构成的, 在纤维之间存在着大小不等的间隙, 而且纤维本身又是某种物体的导体, 因此织物具有透气和传递空气的性能。空气透过织物的能力称为织物的透气性^[47], 它在一定程度上影响服用舒适性和人体新陈代谢。透气性过小, 会因人体产生的热湿不易排出而使人感到闷热不适; 但同样如果透气性

过大的纺织品,由于其疏松的结构也会使外界温度的变化迅速影响人体,或者寒风刺骨,又或者骄阳难耐。因此透气性是评价织物服用性能的一个重要指标。为了客观地反映织物的透气性,测试时一般采用 YG461B 型织物透气量仪,测试气流垂直通过织物的速率,来评判织物的透气程度^[40]。

4.3.1 透气性能测试

1 试验仪器及试验方法

在织物透气性测试时,使用 YG(B)461D 型织物透气仪,试验方法如下:

选取 $20 \times 20 \text{cm}^2$ 的正方形织物试样,选取合适的喷嘴,应保证所测的流量压差示压管的读数在 $600 \sim 4000 \text{L/m}^2 \cdot \text{s}$ 之间为准,过大或过小均要重新换喷嘴。本试验中根据试样规格选择了 2#和 3#两种不同型号的喷嘴,圆盘直径选用 $\phi=20 \text{cm}^2$ 。

2 测试结果

透气量测试数据见表 4-3 所示。

表 4-3 织物透气量测试结果 (单位: $\text{L/m}^2 \cdot \text{s}$)

试样	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
透气量	233	134.0	247.4	246.0	236.6	181.7	172	218.1	245.6	231.7
试样	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
透气量	233.3	198.7	425.2	255.2	231.5	181.7	123.4	91.5	71.1	64.6

4.3.2 紧度对织物透气性能影响的研究

一般情况下,当织物组织相同时,对织物透气性产生影响的结构因素主要是织物总紧度、经纬紧度以及纱线的线密度^[40]。

1~5 号含桑皮纤维织物试样在织物组织相同,原料组成、粗细、密度等不相同的情况下,织物紧度成为影响透气量的主要因素,以下将分别讨论 1~5 号以及 13~20 号试样,分析紧度对织物透气性的影响。

根据织物精练后的密度,算得其经向、纬向紧度及总紧度,如下表 4-4、4-5 所示。

根据表 4-4、4-5 中织物紧度值以及表 4-3 中透气量测试数据绘制图 4-3、4-4 所示

的紧度与透气量之间的曲线图。

表 4-4 试样的织物紧度值

试样 序号	经密/ 根·(10cm) ⁻¹	纬密/ 根·(10cm) ⁻¹	经向紧度/%	纬向紧度/%	总紧度/%
1	325	236	59.7	60.9	84.24
2	305	229	56.0	59.1	82.004
3	340	314	62.5	50.6	81.475
4	328	300	60.3	46.2	78.94
5	350	305	64.3	50.3	82.257

表 4-5 含桑皮纤维试样的织物紧度值

试样 序号	坯布密度/ 根·(10cm) ⁻¹	成品密度/ 根·(10cm) ⁻¹	缩率/ %	纬向紧度/ %
13	140	175	20.0	48.4
14	160	194	17.5	53.6
15	180	212	15.0	58.7
16	200	230	13.0	63.8
17	220	250	12.0	69.0
18	240	268	10.4	74.1
19	260	286	9.1	79.2
20	280	305	8.2	84.3

由图 4-3 中虚直线(趋势线)及 4-4, 我们可以看到随着纬密及纬向紧度的增加, 织物透气量成下降趋势。当织物纬密增加时, 纱线在织物中排列的紧密程度增加, 纬向紧度增加致使织物总紧度增加, 纱线覆盖面积增大, 即在一定面积上纱线的总数增加, 引起表面填充度的增加, 织物孔隙面积减小, 使得纱线之间构成的气体通道变小, 致使空气垂直于织物流动的粘滞阻力增大^[40], 所以织物的透气性能下降。但是当紧度增加到一定程度后, 透气量减小的速率降低, 因为紧度增加到一定程度后, 纱线中纱线的孔隙已很小了, 再增加纬纱密度只能加大织物对纱线的挤压而孔隙变化很小, 透

气量的降低幅度也减小了。在图 4-4 中，紧度在 70% 以后，透气量变化幅度明显减小。

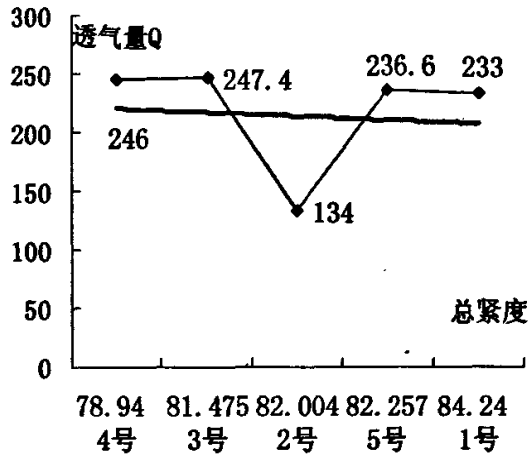


图4-3 总紧度与透气量之间的关系

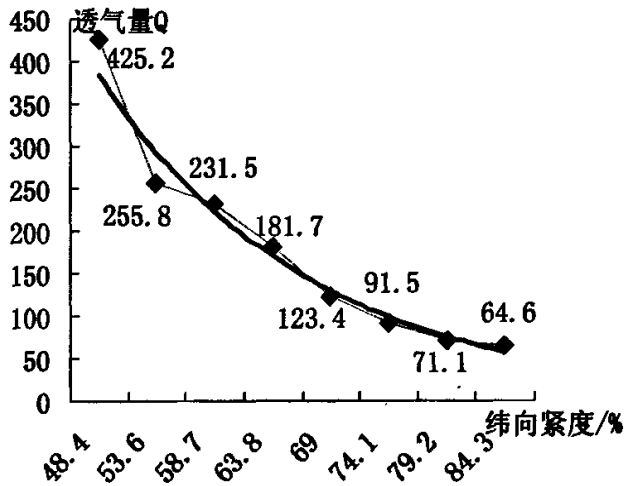


图4-4 纬向紧度对织物透气性的影响

在图 4-3 中，随着紧度的降低，透气量成下降趋势，但图中明显存在一个特殊点，即 2 号纱线透气量处于图中的最低位置，原因在于 2 号试样所用纬线的捻度仅为较小，仅为 460T/m，纤维之间的抱合力较小，纱线中纤维排列较为疏松，纱线孔隙较小，空气不易透过织物，透气量严重降低，尽管其紧度小于 1 号及 5 号纱线。但是与 2 号试样同细度的 1 号试样，由于 1 号试样的纬线中含有 50% 的桑皮纤维，从图中可看出，1 号织物的透气量明显高出 2 号 74% 左右，由此可见桑皮织物的透气性明显优于

棉织物，具有较优良的舒适性能。同样从 3、4、5 三个试样也可得出上述结论。

由此可见，织物紧度对织物性能有较大的影响。在织物设计过程中，织物紧度是必须考虑的重要因素之一。同时桑/棉纤维混纺织物可以明显改善棉织物的透气性能，由此可推测纯桑皮织物必将具有良好的透气性能，研究和开发桑皮织物具有较优越的市场前景。

4.3.3 捻度对织物透气性能影响的研究

除了织物紧度，纱线捻度也是影响织物透气性能的一个重要原因。

依据表 4-4 中捻度及透气量测试值，绘制出图 4-9 曲线变化图。

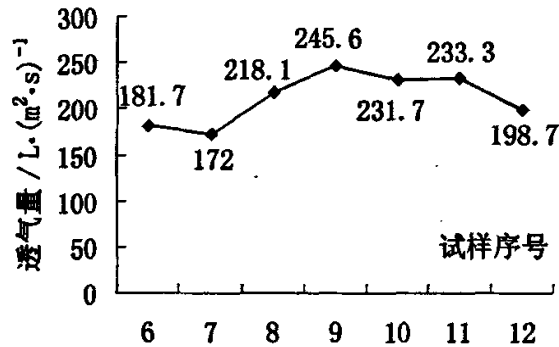


图4-5 纱线捻度对织物透气性的影响

由图 4-5 见，纱线捻度对织物透气性与对织物强力影响相仿，随着纱线捻度的增加，织物透气量先增大后减小。当纱线捻度增加时，纱的外层纤维的向心压力增大，使纱线的直径减小，纤维与纤维之间的抱合力增加，纱线的紧密度增加，织物孔隙面积增加，透气量随之增加。但是织物的透气量也不是随着捻度的增加而无限制地增大，捻度增大到一定程度后，纤维已经充分抱合，纱线的直径不再减小，但是纱的捻缩不断增大^[60]，致使纱线的直径增大，孔隙减小，因此透气量略有下降。

因此纱线捻度过小或过大都会导致织物透气量的减小，在实际生产中，应根据实际情况，合理选择纱线的捻度。从该组试验结果可得知，试样的最佳捻度值为 9 号的捻度即 840T/m。

4.4 含桑皮纤维织物悬垂性能研究

织物在悬垂状态下受本身重量及刚柔程度等影响而表现的下垂特性称为悬性^[61]。测算出来的悬垂系数越大，悬垂性越差；反之，悬垂系数越小，表示织物越柔软，悬垂性越好^[62]。因此悬垂系数可以直观地反映出织物悬垂性的优劣。

4.4.1 织物悬垂性测试

1 试验仪器及试验方法

本试验中使用 YG (L) 800-DN 型织物悬垂仪，测试方法如下：

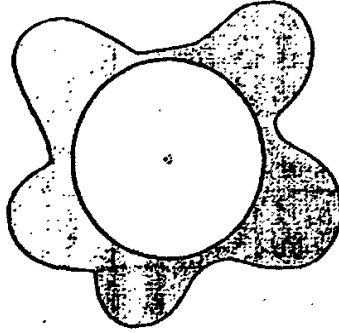


图 4-6 悬垂性测试示意图

测试试样：直径 $\phi=240\text{mm}$ 的试样若干块（圆盘直径小于试样直径）

测试方法：将试样放置在支持盘上，打开电源及照相机开关，按下转动按钮，试样以一定速度转动，照相机自动拍摄下静态和动态两个图象，并根据下垂部分的投影面积与原面积的关系，计算出悬垂系数，计算公式如下：

$$K_c = \frac{A_d - A_1}{A_2 - A_1} \times 100 (\%) \quad (4-1)$$

式中： K_c —悬垂系数/%

A_d — 试样织物投影面积/ mm^2

A_1 — 试样托盘面积/ mm^2

A_2 — 试样织物原面积/ mm^2

进一步进行数据处理, 得出悬垂系数及硬挺度系数, 波纹数等多个指标。

2 测试结果

在悬垂性测试中仅测试了 1~5 号试样, 将桑/棉和纯棉织物作比较分析。测试结果见表 4-6 所示。

表 4-6 织物悬垂性测试结果

试样序号	静态悬垂系数 (%)	动态悬垂系数 (%)	硬挺度系数 (%)
1	53.45	52.97	52.97
2	63.32	63.09	63.09
3	41.31	40.77	40.77
4	45.06	44.42	44.42
5	29.65	29.48	29.48

4.4.2 测试结果分析

根据表 4-6 数据, 绘制出悬垂系数及硬挺度系数曲线图, 如图 4-7、4-8 所示

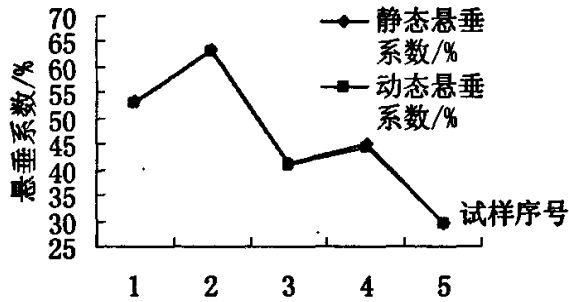


图4-7 织物动、静悬垂系数比较

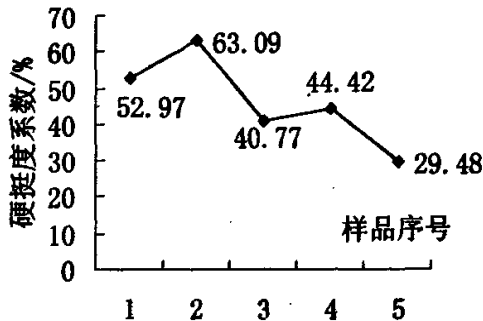


图4-8 硬挺度系数比较

影响织物悬垂性的主要因素有纤维的刚性、纤维细度、纱线捻度、织物厚度^[47]、织物的密度、重量及组织结构等^[64]。从图 4-7 可以看出：

(1) 随着纱线原料细度的增加，悬垂系数逐渐减少，织物柔软性能提高。

(2) 1 号和 3 号含桑皮纤维织物悬垂系数均低于 2 号和 4 号纯棉织物，说明桑皮纤维织物的悬垂性能优于棉织物，织物手感柔软滑爽。

(3) 5 号织物悬垂系数最小，由此可知，丝织物具有较棉织物优良的悬垂性，织物手感柔滑。

桑皮纤维织物具有优良的悬垂性归根结底与桑皮纤维的刚性有关。前面章节研究表明，桑皮纤维具有较小的初始模量，纤维柔顺，这直接决定了桑皮纤维织物柔软的特性。

4.5 含桑皮纤维织物刚柔性能分析

织物的刚性是织物手感的重要因素之一，织物柔软还是硬挺好不能一概而论，应根据织物的最终用途而定。通常来说，贴身穿的衣物要求柔软些，而如果做外衣面料，对硬挺度的要求相对而言就要高些，需要保持一定的外形。总之，织物的刚柔性能是影响其使用时的保形性、舒适性、耐久性和外观风格特征的一项重要力学性能。

4.5.1 织物刚柔性能测试

1 试验仪器及方法

本试验选用 2cm×15cm 试样条若干块，在抗弯长度木块仪上进行测试，试验仪器如下图所示：

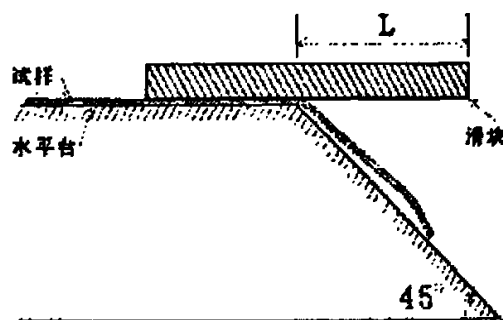


图 4-9 刚柔性测定仪简图

测试方法：将试样条放在连有斜面的水平台上，保证滑块、试样头端及水平台的折点在同一起点上，推动有橡胶层附着于上的滑块，试样随之徐徐推出，直至试样头端碰上斜面便停止。测得滑块移动长度 $L^{[65]}$ (cm)。斜面一定时滑出长度 L 越长，表示其织物的硬挺度也就越大。

$$\text{根据抗弯长度公式：抗弯长度 } C = L \cdot f(\theta) = L \cdot \left(\frac{\cos \frac{1}{2}\theta}{8\text{tg}\theta} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (\text{cm}) \quad (4-2)$$

当 $\theta = 45^\circ$ 时， $C = 0.487L$ ，即由 $C = 0.487L$ 计算抗弯长度即硬挺度^[66]，根据五次测试值取平均值。

2 测试结果

测试原始数据见附表 10，根据公式计算得抗弯长度列表 4-7 所示。

表 4-7 织物刚柔性计算值

试样序号	1	2	3	4	5
移动长度 L (cm)	2.78	2.94	2.72	2.88	2.58
抗弯长度 C (cm)	1.354	1.432	1.324	1.403	1.257

4.5.2 测试结果分析

根据表 4-7 抗弯长度测试结果，绘制出图 4-10 所示的织物刚柔性分析图。

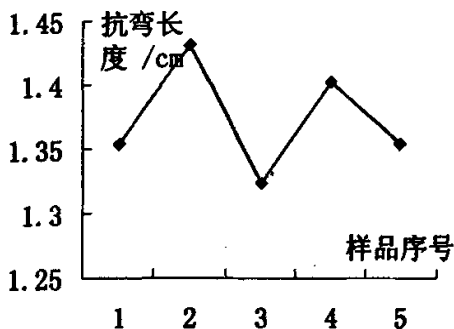


图4-10 织物刚柔性比较

织物的硬挺和柔软程度称为刚柔性。织物的刚柔性纤维的截面形态有一定关

系, 由于面积相同的任何非圆形纤维的刚度一般都大于圆形纤维的刚度, 同时, 异型纤维的截面特征限制了纤维间的相互接触, 使异型纤维制成的纱线密度小于圆形纱线制成的纱线密度, 因此, 在纱线特数相同时, 由异形纤维制成的纱线直径就大于由圆形纤维制成的纱线直径, 使得异型纤维织物的刚性较圆形纤维织物大。另外, 中空纤维的抗弯能力较大, 随着纤维中空度的增加, 纤维刚性增大, 其织物硬挺度也增大。纤维初始模量是织物刚柔性的决定性因素。纤维初始模量越大, 织物刚性越大。另外织物刚柔性还与纱线细度、纱线捻度、捻向配置、织物厚度、织物组织、经纬密度、后整理等因素有关。从图 4-10 可以看出:

(1) 同样细度的 1 号桑/棉混纺织物和 2 号纯棉织物, 1 号抗弯长度明显小于 2 号, 说明 1 号织物的抗弯能力不及 2 号纯棉织物, 即硬挺度不及棉, 这与前面论证的桑皮纤维织物较柔软的结论相一致。

(2) 同样原料的 2 号和 4 号棉织物, 随着细度的增加, 抗弯长度降低, 抗弯能力下降, 织物越柔软。1 号和 3 号织物也具有同样的规律。

桑皮纤维截面形态是导致桑皮织物较为柔软的原因之一。从第二章中桑皮纤维的横截面可看出桑皮纤维截面为带中腔的椭圆形结构(圆形纤维织物的刚性较异型纤维织物小), 因此桑皮纤维具有较小的刚度, 织物较柔软。

4.6 含桑皮纤维织物折皱回复性能研究

折皱回复性是指织物在使用过程中外力消除后能回复原来状态至一定程度的性能^[67]。织物在使用过程中如果产生了折皱, 就会影响其外观, 它属于织物的实用性能。纺织面料服装用织物的实用性往往都是使用者所关心和注重的性能之一。外力作用是形成织物折皱的直接原因。织物沿经、纬向的折皱性能是不同的, 但在本实验中由于经线是同一种规格, 所以只测试纬向的折皱回复角加以比较。

4.6.1 折皱回复性能测试

1 试验仪器及试验方法

测试仪器: YG541 型织物折皱弹性仪, 包括折皱弹性木块一套、量角器、玻璃片、

重锤等。

测试试样：取纬向凸条形试样 $15\text{mm} \times 20\text{mm} \times 20\text{mm} \times 40\text{mm}$ 各三块，形态如图 4-11 所示。

测试设置：重锤选取 1 公斤，熨斗重 2 公斤。

测试方法：将试样先用恒温熨斗 ($150 \pm 5^\circ\text{C}$) 进行熨烫，时间掌握在 5 秒以内。织物放在木块上，按照折叠线将回复翼对折后覆盖在固定翼之上后，玻璃片放在上面，最后再放上重锤，5 分钟后释去重量，隔 15 秒后，用量角器测出急弹性回复角，再 5 分钟后，测缓弹性回复角。根据三次测试结果取平均值。

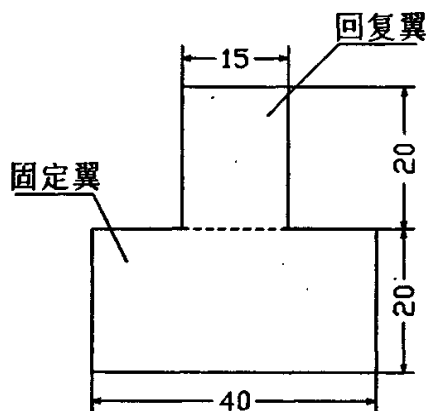


图 4-11 折皱回复性试样规格

2 测试结果

试样弹性回复性测试结果见表 4-8 所示

表 4-8 织物急弹性回复角测试结果 (单位: $^\circ$)

试样序号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
急弹性回复角	59.7	71.3	113.0	109.7	143.3	68	67	70	71	70
缓弹性回复角	80.0	84.7	125.7	126.0	158.0	79	80	86	87	82
试样序号	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
急弹性回复角	68	65	78	71	67	68	59	51	52.5	51
缓弹性回复角	82	80	91	81	81	79	71	60.5	63	60

4.6.2 含桑皮纤维织物与纯棉织物折皱回复性对比分析

根据表 4-8 中的试样 (1~5 号) 急弹性回复角与缓弹性回复角的测试数据, 绘制如图 4-12 所示的曲线, 将含桑皮纤维织物与其他几种天然做比较分析。

由图中曲线可知, 急弹性回复角与缓弹性回复角变化趋势是一致的。他们之间存在一定的线性相关性, 将织物急、缓弹性回复角按方程 $y=a+bx$ 回归, 式中 x 为急弹性回复角, y 为缓弹性回复角。得出回归方程:

$y=19.74118+0.957131x$, $R\text{-square}=0.993343$ 。所以, 一般可以采用缓弹性回复角来表示织物的抗折皱性能。

比较图 4-12 可以看出:

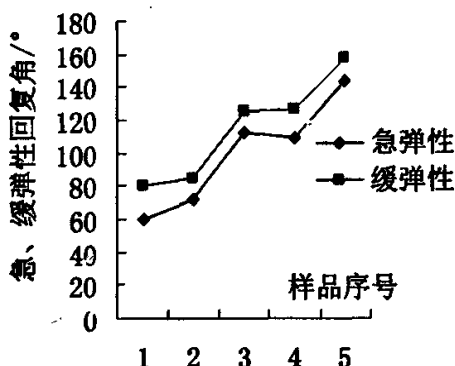


图4-12 急弹性、缓弹性对比图

(1) 1号和3号混纺纱线无论急弹性、缓弹性回复角均较2号、4号纯棉纱线小, 弹性回复角越大, 织物弹性回复性越好。由此可知, 桑皮织物的弹性回复性能较棉织物要差, 织物一旦产生折皱, 就不易消失, 影响织物的外观及服用性能。

(2) 5号桑蚕丝织物弹性回复性能最佳, 达到了峰值, 这与桑蚕丝优良的弹性回复性息息相关。

影响织物弹性回复性的因素很多, 桑皮织物较差的弹性回复性也可以从前面章节研究含桑皮纤维纱线得出的结论上验证:

(1) 桑皮纱线的低弹性回复率。当织物经受外力压制时, 纱线与纤维在织物弯折处受到屈曲, 即外侧的纤维被拉伸, 内侧被压缩。当形成织物折皱的外力去除后,

处于应变状态的纤维变形要回复,因此此时织物回复的程度取决于纤维的拉伸变形能力。在第三章中我们得出了桑皮纱线低弹性回复率的结论,即桑皮纤维在较小的拉伸变形下弹性回复能力较差,因而导致了桑皮织物的弹性回复性能不佳。

(2) 较低的初始模量。织物在经受外力时,纱线与纤维受到屈曲,即形变,这种形变越小织物越容易回复,反之,形变越大织物越难回复。因此此时织物回复的程度取决于产生形变的大小。由于桑皮纤维的较低的初始模量,纤维在较小的外力作用就能产生较大的形变,或者在同样外力作用下纤维易变形,产生较大的形变,因此桑皮织物的折皱回复性一般较差。

织物的折皱回复性能除了与纤维拉伸弹性回复率以及初始模量的大小有关,还受到织物结构包括纱线的捻度,织物密度、紧度等因素影响。

4.6.3 捻度对织物折皱回复性影响的研究

根据表 4-8,绘制出 6~12 号织物的急、缓弹性回复角变化曲线图,见图 4-13 所示。

由图 4-13 可知,随着含桑皮纤维纱线捻度的增加,织物弹性回复角先增大后减小。捻度的增加,纱线中的纤维间的抱合力增大,受外力作用时纱线不易产生变形,织物的弹性回复性能增强^[60]。但捻度增大到一定程度时,纱体刚硬,当织物受力弯曲时,纱线抗弯性能变差,产生不易回复的位移而使织物的抗折皱性能下降^[60]。由此可见,纱线的捻度对织物的折皱回复性有一定的影响,捻度过低时,纱线中纤维松散,在外力作用下,纤维间易发生过大滑移,最终使织物表面形成皱痕;但捻度过高,纤维产生很大的扭转变形,塑性变形增加,纤维间束缚得很紧密,弯曲时纤维间相互滑移小,纱线抗弯刚度下降,当外力释去后,纤维间作相对移动而回复的程度极低,也使织物起皱后不易消退。因此在实际生产中,应根据实际情况选取合适的捻度,本试样若仅考虑折皱回复性可以选取临界捻度 840T/m。

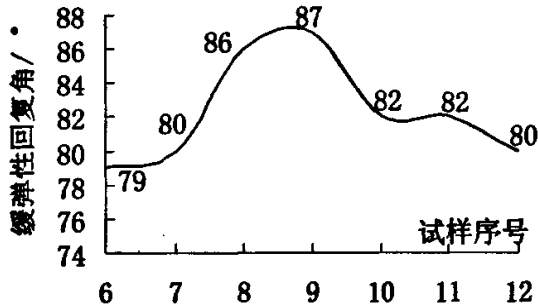


图4-13 捻度对织物折皱回复性的影响

4.6.4 紧度对织物折皱回复性影响的研究

根据表 4-8 测试数据, 绘制出 13~20 号试样急、缓弹性回复角曲线变化图, 如图 4-14 所示。

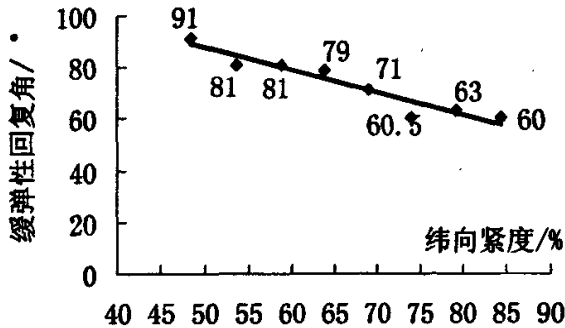


图4-14 纬向紧度与折皱回复性的关系图

当纬密增加时, 织物的折皱回复角减小。这是因为随着纬密的增加, 织物中纱线间的切向滑动阻力增大, 外力释去后, 纱线不易作相对移动, 织物折皱回复性有下降的趋势^[60]。同样道理, 当经密增加时, 因织物紧度增大, 织物中的纱线不易发生移动, 织物的折皱回复角也降低。因此织物经纬密度的选择应该综合考虑织物的其他性能选取的密度。

综合以上几点影响织物折皱性能的主要因素, 在实际生产中, 为了考虑克服桑皮织物折皱回复性较差这一缺陷, 可以从以下几个角度着手:

(1) 纱线捻度选择适中。捻度过小, 纱线中纤维松散, 纤维间易产生不可滑移的位移, 使折皱回复性能变差; 捻度过大, 纤维变形大, 且弯曲时纤维间的相对滑移

小,折皱回复性差。

(2) 经纬向紧度不宜过高。在一定范围内,随着经纬向紧度的增加,织物中纱线间的摩擦增加,纤维之间的这种摩擦对织物折皱回复性起消极作用。因此,在确保织物其他性能良好的前提下,经纬向紧度应选择较小为佳。

(3) 组织选择中选用浮长长的组织。一般斜纹组织织物的折皱回复性要好于平纹组织织物,织物组织中联系点少的,织物厚的折皱回复性好。

(4) 加大染整工艺的力度。染整工艺对织物的折皱回复性的改善起着关键作用。生织织物经过染整加工后,折皱回复性提高很多,远比由经纬向紧度和织物组织所产生的影响大^[42]。

4.7 本章小结

通过各含桑皮纤维试样的测试分析,得出以下几点有关桑皮织物的结论:

- (1) 含桑皮纤维织物具有较优良的透气性,其透气性较棉织物好。
- (2) 含桑皮纤维织物的悬垂系数为 40~55%,较棉织物小,悬垂性能好,同时织物抗弯刚度较小,织物手感柔软清爽。
- (3) 含桑皮纤维织物的抗折皱回复性能较棉织物差,合理改善桑皮织物的抗折皱性能将是设计桑皮织物的重点。
- (4) 在一定范围内,随着织物紧度的增加,织物透气量、折皱回复角均逐渐减小,但到下降到一定程度后下降趋势逐渐减小。但随着纱线捻度的增加,透气量、折皱回复角呈现先增加后减小的趋势。

第五章 含桑皮纤维产品设计

桑皮纤维、纱线具有一定的断裂强度和断裂伸长,较优良的吸湿性、柔软度,但是其弹性回复性较差,根据第四章研究的含桑皮纤维织物性能可知,可以通过设计含桑皮纤维纱线的捻度以及选择合理的织物紧度两方面来改善含桑皮纤维织物抗折皱回复性能,设计新型桑皮纤维产品。

5.1 产品设计与试样

产品设计主要考虑包括原料、组织结构、经纬密度、织造、染整工艺等要素。本次产品设计如下:

5.1.1 原料的选择

原料是决定产品质量的基础,不同的原料会产生迥然不同的风格特征。结合市场以及试样条件,选择市场流行的有光三角异形丝,并参照 T/C 交织布设计,以 55dtex 的有光三角异形丝作经线,以捻度为 840T/m 的桑/棉混纺纱线为纬线,为了便于分析比较,同时还选取了原始的 708T/m 的桑/棉混纺纱线以及纯棉纱线为纬线,研制这三种规格的大样。

5.1.2 组织结构的选择

织物组织的选择直接关系到织物外观性能及风格特征。一般为了改善织物的抗折皱性能,组织应选择浮长长的组织。一般斜纹组织织物的折皱回复性好于平纹组织织物,同时为了充分体现出纬线原料的性能特征,在本次大样设计中选用四枚缎组织。

5.1.3 经纬密度的选择

织物经纬密度的选择与织物的透气性、悬垂性等密切相关,根据经验及生产实际

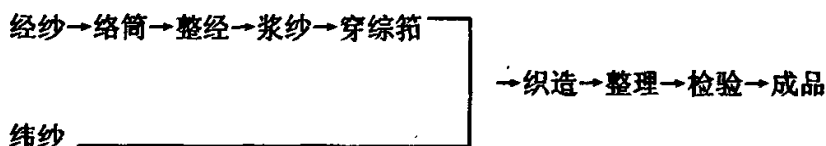
情况, 经密选取 820 根/10cm, 纬密选用 260 根/10cm, 织物规格表见表 5-1 所示。

表 5-1 试样规格表

试样名称	纬纱原料成分	捻度/ $T \cdot m^{-1}$	纬线细度/ tex	纬密/根·(10cm) $^{-1}$
TC759	桑/棉	840	59	260
TC759-1	桑/棉	708	59	260
TC759-2	棉	460	59	260

5.1.4 织造工艺

生产试样时采用如下的工艺流程:



根据试样条件, 选择在丰田 710 喷气织机上织造, 机速为 650 转/分。选用八片综框, 顺穿法穿综; 钢筘采用 19.68#筘, 4 穿入, 上机门幅 156cm。

5.1.5 染整工艺

前面第二章桑皮纤维的性能研究, 得出其具有较高的回潮率, 吸湿性好, 染色性能好。桑皮纤维是纤维素纤维, 可以沿裘棉、麻等纤维素纤维的染色方法对其染色, 但是区别在于桑皮纤维取自于桑树皮, 在桑皮纤维制取过程中, 由于果胶等杂质的存在, 需要经过脱胶这一流程, 但是由于桑皮纤维较短, 不能单独纺纱, 生产中采用半脱胶的方法, 因而桑皮纤维脱胶后, 仍存在有一定的残留果胶, 且桑皮纤维的结构比较紧密, 因此用分子量较大的直接染料对桑皮纤维上染中、黑色比较困难。采用活性染料尤其是分子量较小的活性染料在桑皮织物上的染色上染情况要好于直接染料。因此, 在对桑皮织物染色时, 首先必须对其进行很好的前处理, 尽量脱除果胶等杂质, 使桑皮纤维充分膨化, 基本符合一般染料正常染色的要求^[7]。

在该大样产品中, 纬线为桑棉, 先采用黑色活性染料染练 8 小时, 再用黑色分散染料染涤纶丝 1 小时。

5.2 产品主要性能测试

为进一步了解所开发织物的性能特点,对三种大样的透气性、折皱回复性、悬垂性等性能进行了测试,测试结果如表 5-2 所示:

表 5-2 大样产品性能测试结果表

试样序号	透气量 $/L \cdot (m^2 \cdot s)^{-1}$	急弹性回 复角/ $^{\circ}$	缓弹性回 复角/ $^{\circ}$	静态悬垂 系数/%	动态悬垂 系数/%	硬挺度系 数/%
TC759	620.5	92	119.7	69.58	71.60	75.72
TC759-1	521.8	86.7	100.2	72.17	74.15	77.91
TC759-2	349.3	88.8	107.7	79.06	80.39	83.63

以上测试数据表明,通过纱线捻度的设计以及后整理工艺的完善,TC759 织物的透气性、抗折皱回复性能较前章试织的小样织物均有较大的提高。同时捻度经过优化设计后的 TC759 织物性能较低捻度的 TC759-1 织物性能得以提高,透气性提高 19% 左右,悬垂性能也得以提高,较 TC759-2 纬向棉织物悬垂性及柔软性提高不少。

通过优化设计后的织物不仅具备优良的透气、悬垂性能,抗皱性得到较大的提高,其光泽良好、手感柔软、易于染色,具有广阔的市场前景。

5.3 本章小结

(1) 通过产品规格设计和工艺设计,选择较为合适的纬纱捻度,选用较为合理的适合桑皮纤维织物的染色工艺,主要从纱线捻度和染整方面改善桑皮织物抗折皱性差这一缺点。通过测试表明,优化后的桑皮织物的各项性能较优化前以及纯棉织物,其抗折皱性明显改善不少。

(2) 通过含桑皮纤维织物与纯棉织物的比较分析得出,含桑皮纤维悬垂性、柔软度、透气性均好纯棉织物。桑皮纤维作为一种全新的绿色环保型产品,具有较棉织物更为优良的性能特点,桑皮纤维的开发和利用必将为纺织领域提供一种新型纺织原料,深受广大消费者的喜爱。

第六章 结论

桑皮纤维作为一种全新的纺织原料,由于其优良的绿色环保性能,由桑皮纤维发出的面料越来越受到人们的关注,本文通过系统研究得出了如下几点结论:

(1) 桑皮纤维的横截面呈现椭圆形,并且带有中腔,纤维纵向方向没有天然扭转,表面凹凸不平,不同程度地伴有孔洞和缝隙。

(2) 桑皮纤维中木质素的含量较低,因此桑皮纤维具有较好的光泽、柔软性、弹性、可纺性等优良性能;桑皮纤维的回潮率为9~10%,桑皮纤维制品具有较好的染色性能和吸湿性。

(3) 桑皮纤维长度为5~15mm,宽度为10~22 μm ,断裂强度为10~29cN/tex,断裂伸长率为4~6%,其纺纱、织造是可行的。

(4) 含桑皮纤维纱线具有较大的断裂强力,其断裂强度大于棉,断裂伸长率较棉小,弹性回复率较棉纱线小,弹性回复性较棉差。另外,桑皮纱线具有较小的初始模量,纤维、纱线较柔软。

(5) 桑皮织物具有优良的透气性、吸湿性、光泽良好、手感柔软、易于染色,但需其折皱回复性能较差,在织物设计和开发中应着重改善这一缺点,使之尽善尽美。

(6) 通过捻度、组织、紧度等参数的设计,并试织大样,采用合理的染整工艺,由试样性能测试分析可知,桑皮织物的折皱回复性能得到较大的改善,各项性能较佳,是一种新型环保型绿色产品。

在本课题中,由于桑皮纤维原料的限制,对桑皮纤维的一些微观结构、分子结构等特征没有作详尽的分析,对纤维微观结构的了解,可以更有目的地从多方面着手分析桑皮纱线、织物等性能,有利于从自身结构上改善其性能劣势,弥补其不足之处,开发出更为优良的新型纺织面料。另外,由于桑皮纤维原料的不足和时间的限制,没有对桑皮纤维的纯纺作试纺研究。

桑皮纤维是一种全新的绿色新产品,其织物具有真丝般的光泽,具有似棉似麻的特性,要使得桑皮纤维产品能够在市场上得以更为广泛的应用,对于桑皮纤维的研究开发工作还有待进一步加深,例如在改善织物抗折皱性能方面,除了本文中提到的从

纱线、织物组织、紧度等方面，还可以采用抗折皱整理等方法来达到提高其抗折皱的性能，相信通过桑皮纤维织物的不断开发，全新设计的桑皮纤维新产品必将成为纺织原料市场上的“新宠”，将会具有更为广阔的发展前景。

参考文献

- [1] 华坚,彭旭东等,桑皮的结构和性能研究,丝绸[J],2003,10:21~23
- [2] 邵家祥,桑树的栽培,财政经济出版社[M],1957
- [3] 夏满莉,桑叶提取物的血管药理学效应及其机制,[硕士学位论文]:浙江大学,2006
- [4] 姜玉兰,朴惠善,甘草与桑叶等对皮肤美白作用的研究进展,时珍国医国药[J],2006,17(8):1572~1574
- [5] 郝平,开发桑蚕副产品,增强产业经济效益,农业科技与林业生产[J],2003,7:40
- [6] 黄勇,张林,赵卫国,刘利,潘一乐,桑椹的化学成分及药理作用研究进展,广西蚕业[J],2006,43(3):15~19
- [7] 李芝庭,禾田桑皮纸,丝绸之路[J],2004,7:34~36
- [8] 羌晓阳,钱震,纺织纤维家族又一新成员,四川丝绸[J],2001,3:46~47
- [9] 杨草,利用桑皮生产人造棉新工艺,河南科技[J],1996,2:13
- [10] 黎小平,陈华玲,桑树综合开发利用几例,北方蚕业[J],2000,21(87):33~34
- [11] 邱训国,严松俊,桑皮纤维开发及其综合利用,辽宁丝绸[J],2002,4:11~13
- [12] 桑树皮纤维,技术创新[J],2003,8:9
- [13] 羌晓阳,钱震,纺织纤维家族又一新成员,四川丝绸[J],2001,3:46~47
- [14] 张之亮,桑皮纤维脱胶工艺和结构性能研究,[硕士学位论文]:东华大学,2005:18,32,38~39
- [15] 桑皮织衣完成中试,丝绸[J],2005,4:39
- [16] 全球首创四川造“桑树皮纤维服装”将面世,中国丝绸资讯[J],2003,14:11
- [17] 新产品新技术——纺织,中国中小企业[J],2003,11:70

- [18] 王光民, 谢宝珍, CH 型干强剂在特种纸中的应用[J], 造纸化学品, 2001, 13(4): 38~39
- [19] 潘然, “返璞归真”的桑皮纤维, 纺织服装周刊[J], 2006, 25: 27
- [20] 中国农业科学院蚕业研究所 主编, 中国桑树栽培学[M], 上海科技出版社, 1985, 7
- [21] 苏州蚕桑专科学校 编著, 桑树栽培及育种学[M], 1979, 10
- [22] 许树文, 刘华, 工业大麻的开发利用及其市场前景[J], 纺织导报, 2005, 7: 62~65
- [23] 刘晓霞, 王振水, 徐卫林, 棕叶纤维的开发研究初探[J], 纺织学报, 2004, 25(3): 74~75
- [24] 张延辉, 郁崇文, 龙须草的化学脱胶工艺初探[J], 纺织科技进展, 2005, 5: 54~56
- [25] 张恩平, 郭运玲等, 菠萝叶纤维的开发与应用现状及前景[J], 纺织导报, 2006, 2: 32, 34~35
- [26] 柳新燕, 郁崇文, 香蕉纤维的性能与开发应用分析, 上海纺织科技, 1997, 25(5): 8~8, 11~11
- [27] 周玲, 郁崇文, 黄麻与亚麻的纤维性能比较, 中国麻业[J], 2005, 27(1): 24~27
- [28] 陶丽珍, 竹原纤维、纱线的性能研究及优化, [硕士学位论文]: 苏州大学, 2004
- [29] 朱宜等, 扫描电镜图的形成原理和显微镜分析, 北京大学出版社[M]
- [30] 刘晓霞, 茅探, 棕叶纤维性能研究, 上海纺织科技[J], 2006, 34(9): 20~21
- [31] 郭爱莲, 菠萝叶纤维的性能及应用, 山东纺织科技[J], 2005, 46(6): 49~51
- [32] 李宗道, 胡久清 著, 麻类形态学, 北京: 科学出版社[M], 1987, 9
- [33] 李成龙 张元明, 大麻纤维长度与细度的相关研究, 上海纺织科技[J], 2003, 31(3): 11~12
- [34] 赛明池, 姜亚明, 几种新型天然纤维的性能分析与开发应用[J], 中国麻业,

- 2006, 28 (1): 41~44
- [35] 全金英 张潇, 茶杆竹、淡竹、短穗竹纤维形态和化学组成的研究[J], 竹类研究, 1997, 2: 1~6
- [36] 万玉芹, 崔运花, 俞建勇, 竹纤维的开发与技术应用, 纺织学报[J], 2004, 25 (6): 127~129
- [37] 浙江麻纺厂《黄麻纺织手册》编写组, 黄麻纺织手册[M], 北京: 纺织工业出版社, 1982: 19
- [38] 吴洁, 绢麻纺概论, 北京: 中国纺织出版社[M], 2001, 10: 138~139
- [39] 荆学谦, 杨佩鹏, 武海良, 桑皮纤维脱胶工艺初探, 中国麻业, 2006, 28 (4): 182~185
- [40] 郁崇文, 张元明等, 菠萝叶纤维的性能研究, 中国纺织大学学报[J], 1997, 23(6): 17~20
- [41] 万玉芹, 纺织用竹纤维脱胶、细化工艺及其结构性能研究, [硕士学位论文]: 东华大学, 2003: 45
- [42] 姚穆等编著, 纺织材料学, 北京: 纺织工业出版社(第二版)[J]: 78, 324
- [43] 王文中, 原棉性能与纱线强力的关系初探, 广西纺织科技[J], 1999, 28(4): 24~26
- [44] 王琳, 曹秋玲, Tencel纱线强伸性能探讨, 纺织科技进展[J], 2006, 1: 56~57
- [45] 朱明娟等, 热处理对 Tencel 纱线强伸性能的影响, 东华大学学报(自然科学版)[J], 2003, 29(6): 90~94
- [46] 张凤涛, 吴红玲, 蒋少军, 提高驼绒纺纱性能的研究, 印染助剂, 2004, 21(6): 30~32
- [47] Alfredo C.Peterlevitz, Helder J.Ceragioli and Steven F. Durrant Growth of glassy carbon on natural fibers[J] Journal of Non-Crystalline Solids 2002, 7
- [48] 吴湘济, 棉型服装面料服用性能测试分析, 上海工程技术大学学报[J], 2004, 18 (1): 28~33
- [49] 李焰, 麻织物透气性能的研究, 湖南工程学院学报, 2005, 15 (2): 88~90

- 于华等, 机织过滤布的透气性研究, 产业用纺织品[J], 1996, 14 (6): 20~24
- Friz. A new way to measure fabric handle. Textile Asia, 1992, Vol. 23, No. 7
- Perice F T. The handle Of cloth as a measurable quantity. Journal Of the Textile Institute, 1930
- 赵书经, 纺织材料实验教程[M], 中国纺织出版社, 1996, 11
- 郭永平, 李汝勤, 施德良, 图象分析织物动静态悬垂仪的研制[J], 2000, 2: 35~37
- 王玲玲, 周纪芃编, 常用统计方法[M], 上海: 华东师范大学出版社, 1994
- 蒋耀兴主编, 纺织工程专业试验教程[M], 苏州大学出版社, 2000, 11
- Postle R. Objective Evaluation of the Mechanical Properties and performance of Fabric and Clothing, The Textile Mach. Soc of Japan, 1983
- 郭薦, 张建炜, 纯棉抗皱免烫织物结构与抗皱性能的探讨[J], 北京纺织, 2001, 22 (3): 19~21
- 姜为青, 薄型精纺毛织物抗皱性与织物结构的关系[J], 现代纺织技术, 2006, 14(5): 30~32
- 吕丽华, 吴坚, 叶方, 织物结构对折皱弹性和硬挺度的影响[J], 纺织学报, 2004, 25 (5): 99~101

论文发表

- 1 陈桂香, 顾平. 涤纶仿真丝产品的开发技术. 江苏丝绸, 2006 年 01 期
- 2 王国和, 陈桂香. 超薄型织物的设计与开发. 丝绸, 2006 年 12 期

附录

附表1 含桑皮纤维纱线标准状态下的拉伸性能测试值

样品	断裂强力		断裂伸长		断裂强度		断裂伸长率	
	平均值 (N)	CV 值 (%)	平均值 (mm)	CV 值 (%)	平均值 cN/dtex	CV 值 (%)	平均值 (%)	CV 值 (%)
1	3.481	9.465	19.521	10.343	0.418	9.465	7.808	4.137
2	5.123	12.301	23.206	7.840	0.868	12.301	9.282	3.136
3	5.962	11.773	21.528	9.071	1.010	11.773	8.611	3.628
4	2.001	12.760	17.527	9.873	1.001	12.760	7.011	3.949
5	2.587	6.169	17.586	11.434	1.312	6.169	7.035	11.434
6	2.185	11.304	14.111	7.036	1.194	11.304	5.644	2.815

附表2 含桑皮纤维纱线湿态下的拉伸性能测试值

样品	断裂强力		断裂伸长		断裂强度		断裂伸长率	
	平均值 (N)	CV 值 (%)	平均值 (mm)	CV 值 (%)	平均值 cN/dte	CV 值 (%)	平均值 (%)	CV 值 (%)
1	3.370	17.533	25.542	19.766	0.404	17.533	10.217	7.910
2	6.491	19.432	29.305	10.666	1.100	19.432	11.722	4.266
3	7.243	9.569	25.918	9.750	1.228	9.569	10.367	3.900
4	1.900	8.169	20.728	7.795	0.95	8.169	8.291	3.118
5	2.990	14.464	16.167	8.404	1.52	14.464	10.467	3.362
6	2.725	17.319	20.986	7.628	1.489	17.319	8.394	3.051

附表 3 含桑皮纤维纱线不同温度下的拉伸性能测试值

表 3-1 100℃处理 30 分钟

样品	断裂强力		断裂伸长		断裂强度		断裂伸长率	
	平均值 (N)	CV 值 (%)	平均值 (mm)	CV 值 (%)	平均值 cN/dtex	CV 值 (%)	平均值 (%)	CV 值 (%)
1	3.290	8.462	18.407	13.771	0.395	8.462	7.363	5.509
2	3.221	23.977	21.582	12.925	0.546	23.977	6.213	9.143
3	5.463	12.368	18.833	8.799	0.926	12.368	7.533	3.519
4	1.882	7.671	16.104	7.553	0.941	7.671	6.442	3.021
5	1.908	10.198	17.790	13.463	0.973	10.198	7.116	5.385
6	1.642	28.986	17.169	97.776	0.897	28.986	5.868	39.111

表 3-2 120℃处理 30 分钟

样品	断裂强力		断裂伸长		断裂强度		断裂伸长率	
	平均值 (N)	CV 值 (%)	平均值 (mm)	CV 值 (%)	平均值 cN/dtex	CV 值 (%)	平均值 (%)	CV 值 (%)
1	3.173	4.410	16.008	6.500	0.381	4.410	6.403	2.600
2	3.171	19.638	21.194	38.790	0.537	19.638	8.478	15.516
3	5.974	5.323	18.983	6.660	1.013	5.323	7.593	2.664
4	2.254	3.047	16.964	8.233	1.127	3.047	6.786	3.293
5	1.881	12.741	15.658	18.041	0.960	12.741	6.263	7.216
6	1.216	35.321	10.406	35.357	0.664	35.321	4.162	14.143

表 3-3 140℃处理 30 分钟

样品	断裂强力		断裂伸长		断裂强度		断裂伸长率	
	平均值 (N)	CV 值 (%)	平均值 (mm)	CV 值 (%)	平均值 cN/dtex	CV 值 (%)	平均值 (%)	CV 值 (%)
1	3.013	7.736	16.722	5.082	0.362	7.736	6.689	2.033
2	4.574	10.888	21.828	6.518	0.775	10.888	8.731	2.607
3	5.641	9.297	17.548	6.688	0.956	9.297	7.019	2.675
4	2.079	8.710	14.498	16.697	1.039	8.710	5.799	6.679
5	2.153	15.581	16.580	12.389	1.098	15.581	6.632	4.956
6	1.600	23.943	8.854	19.694	0.874	23.943	3.542	7.878

表 3-4 160℃处理 30分钟

样品	断裂强力		断裂伸长		断裂强度		断裂伸长率	
	平均值 (N)	CV值(%)	平均值 (mm)	CV值(%)	平均值 cN/dtex	CV值 (%)	平均 值(%)	CV值 (%)
1	3.023	9.273	15.587	8.690	0.363	9.273	6.235	3.476
2	2.584	16.657	14.628	11.968	0.438	16.657	5.851	4.787
3	4.883	16.568	15.261	14.932	0.828	16.568	6.104	5.973
4	1.986	8.386	14.828	9.904	0.993	8.386	5.931	3.962
5	2.144	13.125	18.002	14.374	1.094	13.125	7.201	5.750
6	1.684	17.942	9.558	12.179	0.920	17.942	3.323	4.871

表 3-5 180℃处理 30分钟

样品	断裂强力		断裂伸长		断裂强度		断裂伸长率	
	平均值 (N)	CV值 (%)	平均值 (mm)	CV值 (%)	平均值 cN/dtex	CV值 (%)	平均值 (%)	CV值 (%)
1	2.933	13.181	12.864	20.898	0.352	13.181	5.145	8.359
2	3.044	19.149	14.594	10.466	0.516	19.149	5.838	4.186
3	5.683	15.961	16.129	13.712	0.963	15.961	6.452	5.485
4	1.763	22.032	71.561	75.364	0.8815	22.032	7.024	30.146
5	1.748	9.797	16.597	11.683	0.892	9.797	6.639	4.673
6	1.346	10.206	8.432	5.081	0.736	10.206	3.373	2.032

附表 4 含桑皮纤维纱线初始模量测试值

样品 序号	测试次数									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
2	0.45	0.50	0.38	0.48	0.50	0.51	0.48	0.49	0.38	0.40
3	0.65	0.72	0.55	0.65	0.70	0.72	0.58	0.52	0.60	0.58
4	0.48	0.38	0.46	0.48	0.32	0.40	0.55	0.48	0.40	0.35
5	0.50	0.48	0.55	0.45	0.48	0.38	0.35	0.42	0.48	0.48
6	0.55	0.52	0.48	0.45	0.46	0.38	0.42	0.44	0.40	0.38

附表5 含桑皮纤维纱线弹性测试值

样品 序号	测试次数									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	2.88	2.90	4.90	2.85	2.75	4.05	2.90	2.95	3.00	3.95
2	4.01	3.02	3.83	2.82	2.81	2.74	4.40	2.80	2.80	3.81
3	4.35	2.95	4.95	2.90	2.95	2.95	2.92	3.80	2.90	3.00
4	4.45	2.65	2.65	2.60	2.40	3.45	2.45	2.45	2.55	2.50
5	2.05	2.15	1.95	1.95	2.05	2.05	1.85	1.85	1.95	2.00
6	4.98	4.95	4.98	4.98	4.96	4.95	4.96	4.98	4.98	4.98

附表6 含桑皮纤维纱线(25cm)捻度测定及计算值

样品 序号	测试次数										捻度 T_m (T/m)	捻系 数
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
1	100	120	99	90	92	99	112	137	85	139	215	62
2	243	202	259	208	223	251	231	212	234	234	460	112
3	344	372	367	332	354	353	351	343	361	366	708	172
4	417	447	436	431	464	467	451	495	460	452	900	127
5	413	422	450	401	413	417	361	390	390	398	810	113
6	449	431	411	471	411	458	383	440	414	383	850	115

其中捻度的计算为: $T_m = \text{测试值} \times 4/2$ (采用退捻加捻法)

捻系数的计算公式为: $\alpha_m = T_m / \sqrt{N_m}$, 其中 N_m 为纱线的公制支数。

附表7 含桑皮纤维织物透气量测试值

样品	1	2	3	4	5	6	平均值
1	253.8	230.5	231.2	231.3	225.2	226.1	233.0
2	132.7	141.6	139.2	135.1	128.3	132.1	134.8
3	244.0	244.0	244.0	252.0	247.7	252.4	247.4
4	244.0	244.0	244.0	244.0	244.0	256.1	246.0
5	255.2	215.7	248.4	243.4	248.0	208.6	236.6
6	177.0	169.8	186.6	184.3	176.4	195.9	181.7
7	165.6	182.7	159.4	178.1	156.7	189.3	172.0
8	248.9	223.8	210.6	219.1	203.9	202.2	218.1
9	256.5	256.5	229.2	229	255	247.4	245.6
10	238.6	242.4	224.7	226.6	234.7	223.3	231.7
11	217.8	248.2	238.1	216.8	237.2	241.7	233.3
12	203.7	204.7	192.9	199.6	188	203.3	198.7
13	418.8	429.0	434.3	428.6	435.1	405.4	425.2
14	256.5	256.5	250.4	252.8	256.2	258.8	255.2
15	244.0	228.0	214.0	235.2	232.3	235.5	231.5
16	177.0	169.8	186.6	184.3	176.4	195.9	181.7
17	119	121.1	123.8	120.9	125.4	129.9	123.4
18	86.68	91.55	94.42	95.80	88.36	92.34	91.5
19	67.39	72.63	69.66	74.36	69.65	72.63	71.1
20	68.35	65.27	64.33	62.78	64.59	62.24	64.6
TC759	627	594	621	623	646	612	620.5
TC759-1	513	513	521	540	528	516	521.8
TC759-2	342.1	358.9	331.8	348.5	362.0	352.7	349.3

附表8 含桑皮纤维织物悬垂系数测定值

样品	静态悬垂系数(%)	动态悬垂系数(%)	硬挺度系数(%)
1	53.45	52.97	52.97
2	63.32	63.09	63.09
3	41.31	40.77	40.77
4	45.06	44.42	44.42
5	29.65	29.48	29.48

附表 9 含桑皮纤维织物折皱回复性测试值

样品	急弹性折皱回复角				缓弹性折皱回复角			
	1	2	3	平均值	1	2	3	平均值
1	56	58	65	59.7	81	79	80	80.0
2	70	72	72	71.3	83	86	85	84.7
3	115	110	114	113.0	125	124	128	125.7
4	111	106	112	109.7	128	123	127	126.0
5	146	145	139	143.3	160	158	156	158.0
TC759	89	93	94	92	120	122	117	119.7
TC759-1	86	82	92	86.7	101	95.5	104	100.2
TC759-2	89	88.5	92	88.8	107	106	110	107.7

附表 10 含桑皮纤维织物抗弯长度测试值

样品	1	2	3	4	5	平均值 L (cm)	C 值 (cm)
1	2.4	2.8	2.9	2.8	3.0	2.78	1.354
2	3.0	2.9	3.0	2.9	2.9	2.94	1.432
3	2.5	2.6	2.8	2.8	2.9	2.72	1.324
4	2.9	3.0	2.9	2.8	2.8	2.88	1.403
5	2.8	2.4	2.5	2.7	2.5	2.58	1.257

附表 11 59tex 桑棉经加捻后捻度测定值

试样 序号	1	2	3	4	5	6	平均值
6	688	742	734	664	708	712	708
7	756	750	768	750	764	754	753
8	807	793	781	782	819	806	798
9	848	826	821	847	864	852	843
10	896	902	886	893	895	856	888
11	944	916	902	951	953	932	933
12	1004	934	972	967	985	1006	978

附表 12 含桑皮纤维织物急/缓弹性回复角测试结果

试样序号	1	2	3	4	平均值
6	71/82	64/78	62/71	75/84	68/79
7	70/82	69/83	64/68	65/87	67/80
8	65/84	64/80	76/89	75/90	70/86
9	64/91	82/91	68/84	69/82	71/87
10	70/83	70/83	60/73	79/89	70/82
11	70/85	70/88	65/75	68/80	68/82
12	72/87	62/75	58/73	68/85	65/80
13	78/90	83/95	72/88	79/90	78/91
14	68/75	80/95	69/75	66/78	71/81
15	71/90	69/81	60/73	69/80	67/81
16	71/82	64/78	62/71	75/84	68/79
17	58/65	61/72.5	60/75	56/70	59/71
18	53/57	54/67	47/59	50/59	51/60.5
19	50/60	55/65	46/56	59/70	52.5/63
20	56/66	56/61	45/52	46/61	51/60

致谢

本课题是在导师王国和老师的悉心指导下完成的，王老师治学严谨，为人谦和，从课题入手一直到最后论文的审稿、定稿，王老师给予了很多指导和帮助；特别是在课题进行期间，从实验设计、数据分析与处理等，王老师严谨的治学态度、清晰的思路令人难忘。在此表示深深的敬意和由衷的感谢！

在实验过程中苏州大学材料工程学院实验室的李春萍老师和染整实验室的彭桃芝老师为我提供了很多的帮助；另外，南通新思路蚕业有限公司为本课题提供了大量的实验原料，实现了实验进程的顺利进行，在此对他们一并表示感谢！

最后要感谢的是我的家人和朋友，他们在精神和物质上给予了我很大的支持，没有他们的关心和热情帮助，本论文就不能顺利完成。

在此，谨向给予我帮助的老师 and 朋友们表达我最诚挚的感谢！