

摘 要

本文选用大麻纱设计织造了一系列大麻面料作为研究对象。运用从英国进口的 M259B Sweating Guarded Hotplate 仪器来测试面料的热阻力和水蒸气透过阻力。通过对新仪器的反复摸索和实践,测试出大麻系列面料的性能,利用 SPSS 11.5 For Windows 软件对实验结果进行了分析处理。分析结果表明:41.7Tex 和 83.3Tex 大麻纤维织成的大麻平纹、斜纹和缎纹组织面料,均是纬向密度越大,其保暖性越好;41.7Tex 和 83.3Tex 大麻纤维织成的大麻平纹、斜纹组织面料,以及 83.3Tex 大麻纤维织成的大麻缎纹组织面料均是随着纬向密度的逐渐增大,其透湿性先逐渐变差再逐渐变好;41.7Tex 大麻纤维织成的大麻缎纹组织面料,纬向密度越大,其透湿性越差;大麻平布、亚麻平布均是盖覆紧度越大,其保暖性越好,而透湿性越差。

关键词: 大麻面料 热阻力 水蒸气透过阻力 纬向密度 盖覆紧度

RESRARCH ON THERMAL RESISTANCE AND WATER VAPOR RESISTANCE OF HEMP FABRICS

ABSTRACT

A series of hemp fabrics were designed to fundamental weaves in this thesis. The thermal resistances and water vapor resistances of these hemp fabrics were tested by trial and error. The test instrument is M259B Sweating Guarded Hotplate, which was imported from Britain. Hemp plain, twill and sateen fabrics were woven by the 41.7Tex and 83.3 Tex hemp yarn.

The results of relations between weft density or cover tightness and thermal resistances or water vapor resistances were analyzed in Statistical Package for the Social Science (SPSS) 11.5 for Windows. A lot of conclusions were obtained. It shows that as the weft density increases, the thermal comfortable properties of all the hemp fabrics become better. And as the cover tightness becomes larger, the thermal comfortable properties of both hemp plain and flax plain rise, on the contrary, the water vapor penetrability decreases.

KEY WORDS: hemp fabrics, thermal resistance, water vapor resistance, weft density, cover tightness.

0 前言

随着人们生活水平的提高,人们对服装面料的保暖性和透湿性的双重要求日益增强,先前用于测试面料热阻、水蒸气透过阻力的实验仪器随着信息科技的发展开始逐渐被新型仪器所取代。用于测试热阻力和水蒸气透过阻力的新仪器 Sweating Guarded Hotplate,因其具有快捷、方便、准确等优点,且测试的数据能直接用计算机软件算出结果而逐渐取代了原有的古老方式。据说目前在我国仅引进了三台,北京服装学院重点实验室的 M259B 型 Sweating Guarded Hotplate 就是其中之一。

热阻力等于在温度梯度方向上的单位面积上的总热流量除以面料两表面之间温差的比值。总的干热流量包括传导、对流、辐射的其中一种或几种。热阻力 RCT 的单位用 $\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$ 表示,是表征纺织面料或其复合材料的专用量。数值大小取决于与其对应的温度梯度上给定面积的总的干热流量。

水蒸气透过阻力等于在水蒸气压力梯度方向上的单位面积上的总热量除以水蒸气压力差的比值。水蒸气热流量可以包含扩散和对流两种方式。水蒸气透过阻力 RET 的单位用 $\text{m}^2 \cdot \text{Pa}/\text{W}$ 表示,是表征纺织面料或其复合材料的专用量。数值大小取决于与其对应的稳定存在的水蒸气压力梯度上给定面积的水蒸气热流量。

本课题是以大麻面料的热阻、水蒸气透过阻力作为主要研究对象,通过设计并织造不同组织结构的面料用 M259B 型 Sweating Guarded Hotplate 仪器进行测试,摸索该新型仪器的测试规律和性能特点,并在有限的情况下得出大麻面料组织结构与其性能之间的关系。大麻面料是一种相对较新型的面料,根据本课题的需要选购了一批大麻纱线,再用这些大麻纱线织造出一系列的大麻面料,因大麻纱线自身的脆、硬、毛羽多等特点,织造过程也经历了试验、失败、再试验的反复实践过程;M259B 型 Sweating Guarded Hotplate 仪器是一台新仪器,通过一段时间的资料翻译、一系列的测试和不断的探索,对该仪器有了初步的了解。作为这台仪器的第一个摸索者,而且是用新的仪器测试新的面料,因此,得出的实验结论的正确性可能还有待以后使用该仪器的同仁继续验证,希望这个课题能在以后对该仪器的探索过程中起到抛砖引玉的作用。

1 文献综述

1.1 纤维与面料

1.1.1 大麻及大麻纤维

1 概述

大麻是一种天然的一年生草本植物，其纤维具有强力高、伸长小、刚度大、吸湿和放湿快、吸汗、透汽、凉爽等特点，因此可做服装纺纱原料。大麻的单纤维长度短，一般为 7-50mm，且纤维的长度整齐度差，所以大麻纺纱时只能利用其束状纤维，即多根纤维粘连起来的长纤维^[1]。

大麻原产于亚洲和近东。早在史前，中国、波斯及近东亚区就会利用大麻纤维。日本最早用作纺织原料的纤维就是大麻。一些地中海国家尤其意大利，为了取得大麻纤维，在公元前就栽培大麻，并由此传遍欧洲。美国在殖民时代早期开始栽培大麻。智利栽培大麻已有 400 年。阿根廷栽培大麻历史也较长，但数量不多^[2]。

19 世纪，大麻已成为世界最主要的纺织纤维之一，也是主要的绳索用纤维，全球需求量激增。此后，由于黄麻、棉花、西沙尔麻等的竞争，价格比大麻低，使性能优越的大麻的生产和使用受到很大影响。

本世纪五十年代，意大利、南斯拉夫和苏联为大麻最大生产国。当前，中国已成为世界数一数二的大麻生产国。由于大麻织品的独特风格和优异性能，并在回归大自然思潮驱使下，世界上掀起了大麻纤维服饰热，又一次推动了大麻生产。

大麻纤维是制造绳索、篷布和麻袋的优良原料，也是良好的纺织原料。加工精良的大麻纤维可纺织成 35-40 英支的纱，其织物柔软、光洁，外观似亚麻制品，中国在这方面近来有长足的进步。亚洲以及欧洲部分地区，主要用人力种植大麻，意大利已部分机械化，美国已高度机械化。大麻靠近下端的叶片一旦转黄，就可以收获麻秆，有些国家和地区采用手拔或刀割。如需要用大麻子榨油，可推迟雌株收获期，以使麻子成熟，但会使纤维变粗。在使用机械收获的地区，很难做到像人力收获那样把雌雄株分别收获，只能用折衷办法，致使有些纤维过粗、有些则过细。美国以雄株全部花朵掉完花粉时作为机械收获期。大麻的沤制因地区而异。许多地区采用露沤法，美国

也采用此法。少数地区采用雪沤法。有些地区把麻秆整齐地扎成捆,采用水沤法。水沤法的用水必须洁净无化学污染,否则会使纤维受到色污染。大麻纤维在国际上无统一标准。有些国家以买方认可的货主样品作为品质依据。美国各产麻州有其各自的州标准,基本品质项目为:长度、颜色、手感、洁净度和强度以及产地。中国个别省有地方标准。加工良好的大麻纤维颜色浅并且有光泽。商品麻的颜色则有淡灰、黄、绿甚至深棕,其颜色和光泽与品种以及沤制方法有关。麻秆的长度范围约为1-2米。大麻的单细胞较长,短的为5毫米,长的可达55毫米,一般为15-25毫米。大麻纤维的直径很不均匀,大致为16-50毫米,一般为22毫米^[3]。

2 大麻纤维的性能

吸湿透汽性能:大麻纤维中心有一个细长的空腔与纤维表面分布着的许多裂纹和小孔相连,优异的毛细效应使大麻纤维吸湿排汗性能格外好,据测算,穿着大麻服装与棉织物相比可使人体感觉温度低5℃左右。

抗静电性能:干燥的大麻纤维是电的不良导体,其抗电击穿能力比棉纤维高30%左右,是良好的绝缘材料。通常情况下,由于大麻纤维吸湿性能特别好,暴露在空气中的大麻纺织品一般含水分达12%左右,在空气湿度达95%时,含水分达30%,手感却不觉潮湿。故大麻纺织品能避免静电聚集,不会摩擦起球和吸附灰尘。

耐热性:大麻纤维的耐热性能是其他纤维望尘莫及的,在370℃时大麻纤维也不改变颜色,因此特别适宜于制作防晒服装和各种特殊需要的工作服、汽车坐垫装饰用布等。

防紫外线性能:大麻纤维的横截面表现为不规则的三角形、多边形等,其纵向结构呈多棱形、较松散、有螺旋线纹,故其制品对音波、广播具有良好的消散作用,据检测,一般的大麻无需特别整理即可屏蔽95%以上的紫外线。

抑菌性能:大麻纤维具有抗霉抑菌作用,对金黄色葡萄球菌、绿脓杆菌、大肠杆菌、白色念珠球菌有明显的抑菌效果。大麻植物在生长过程中可自身抵御病虫害,是典型的绿色环保作物^[4]。

1.1.2 面料组织结构

1.1.2.1 大麻纱线

大麻纱是由几十根或上百根大麻短纤维经加捻而组成的连续的纤维束；大麻线是由两根或两根以上的大麻纱再经合并加捻而成的大麻纱束（股线）。

1.1.2.2 大麻机织物结构参数

1 经、纬纱密度：单位长度内经向纱线或纬向纱线排列的根数，一般用根/10厘米表示。织物密度的大小及其配置，对织物重量、手感、强度、弹性、耐磨性、透气性、透水性、保暖性以及抗起球性和勾丝性等，都有很大的影响^[5]。

2 盖覆紧度 (Cover tightness)：是织物的相对密度指标，用来比较两种组织相同，而所用纱线的特数不同的织物的紧密程度。对于不同粗细纱线的织物，密度相同时，纱线较粗的织物比较紧密，而纱线较细的织物比较稀疏。紧度这一指标同时考虑了织物密度和纱线的粗细，能够较明确地表征织物组织的紧密程度。盖覆紧度有经向盖覆紧度、纬向盖覆紧度和织物总盖覆紧度之分。织物经（纬）向盖覆紧度是指经（纬）纱直径与相邻两根经（纬）纱间的平均中心距之比，以百分数表示。

$$E_j = d_j / \rho_j \times 100 = d_j / (1/P_j) \times 100 = 100d_j P_j$$

$$E_v = d_v / \rho_v \times 100 = d_v / (1/P_v) \times 100 = 100d_v P_v$$

式中：E—— 织物盖覆紧度（只有在 $E_r \leq 100\%$ 和 $E_v \leq 100\%$ 的条件下才是成立的）

E_j 、 E_v —— 织物经、纬向盖覆紧度（%）；

d_j 、 d_v —— 织物中经、纬纱纱线直径（cm）；

P_j 、 P_v —— 经、纬纱经向密度（根/10cm）；

ρ_j 、 ρ_v —— 相邻两根经纱、纬纱间的平均中心距（cm）。

织物经、纬向盖覆紧度的理论最大值为 100%，一般均小于 100%。由于纱线在织物中发生挤压变形和重叠，在某种情况下有可能超过 100%。

大多数情况下，只需分别使用经向盖覆紧度和纬向盖覆紧度，而不计及织物的总盖覆紧度。但在研究织物的透通性时，需计算织物的总盖覆紧度 E_r （%）。织物的总盖覆紧度的物理意义为织物表面被经、纬纱线覆盖的面积与织物总面积之比。盖覆紧

度 (用 E_f 表示) 是指在一定面积的织物上纱线的投影面积与织物面积的比值的百分率。计算公式如下:

$$E_f(\%) = E_j + E_w - E_j \times E_w / 100$$

在计算盖覆紧度时, 涉及到纱线的 d_j 、 d_w 。由于纺织用纱线很纤细, 直径 d 不用长度单位直接表示, 而是用线密度单位来间接表示。假定纱线的截面为正圆形, 纱线线密度用特 (tex) 表示时, 纱线直径 d 与 tex 的关系式为:

$$\text{tex} = (\pi \times d^2) / 4 \times 1000 \rho_f \times P_f \times 100, \text{ 则}$$

$$d = 3.57 (\text{tex} / (\rho_f \times P_f))^{1/2} \times 10^{-3} (\text{cm})$$

式中, P_f 为纤维的体积质量 (g/cm^3), ρ_f 为纱线的多孔性系数即填充系数, 通常取平均值 $\rho_f = 0.65$ 。结合盖覆系数 (cover factor) 的计算公式:

$$K_j = P_j (\text{tex}_j)^{1/2} \times 10^{-1} \text{ (经盖覆系数)}$$

$$K_w = P_w (\text{tex}_w)^{1/2} \times 10^{-1} \text{ (纬盖覆系数)}$$

式中, P_j 、 P_w 分别为经纬向密度 (根 / cm), 则

$$E = YK \times 10$$

经推导, 在本课题中所用的盖覆紧度的公式为:

$$E = 3.57 \{ (\text{tex}_j / (0.65 \times P_j))^{1/2} \times P_j + (\text{tex}_w / (0.65 \times P_w))^{1/2} \times P_w \} \times 10^{-3} \\ - 3.57^2 / 0.65 ((\text{tex}_j \times \text{tex}_w) / (P_j \times P_w))^{1/2} \times 10^{-6} P_j P_w / 100 \quad (1-1)$$

式中, P_j 、 P_w 分别为经纬向密度 (根 / cm), tex_j 、 tex_w 为经、纬纱线密度特数^[6]。

3 匹长: 织物长度, 用米表示。

4 幅宽: 织物的门幅宽度, 用厘米表示。

5 厚度: 织物的薄厚程度, 单位为毫米。

6 重量: 单位面积内织物的重量, 单位为克/平方米。^{[7][8]}。

织物的结构密度与织物经向密度和纬向密度的变化都有关系, 为了将经向密度相同纬向密度不同的实验数据与纬向密度相同经向密度不同的实验数据放在一起比较, 在研究中采用经向密度 \times 纬向密度, 表示织物的结构密度。织物结构密度不同, 织物蓬松度不同, 织物的厚度亦有所不同。织物结构密度越小, 织物蓬松度越大, 织物厚度越大, 反之越小。随着织物结构密度的增大, 织物厚度呈减小趋势^[9]。

1.2 性能与测试

1.2.1 面料保暖透湿性机理

织物的透湿性能表征为湿汽通过织物的性能。一般指在织物两面有一定相对湿度差的条件下,单位面积织物单位时间内透过水蒸气的重量。织物内与高湿空气接触一面的纤维从高湿空气中吸湿,水蒸气由纤维中运移到织物另一面,并向低湿空气中放湿。纱线的结构、织物的几何形态、纤维本身的湿传递特征以及织物表面的曲屈波所形成的空隙等均对水汽的蒸发有很大的影响^[10]。

织物的透湿过程实质上就是水蒸气的扩散过程,即水蒸气小分子经织物中的微孔由织物的一侧转移至另一侧。水蒸气分子通过织物的多少与全部微孔体积和总和有关。当织物一侧的温湿度高于另一侧时,在织物的两侧就会存在一个压力差,由其驱动,水蒸气由温湿度较高的一侧扩散至温湿度较低的一侧。因此当织物中具有细密的通道时,在这种压力差的作用下,水蒸气分子就能够自由通过^[11]。在织物两侧的水蒸气压差、织物面积和测试时间均相同的条件下,织物的厚度越小,孔隙率越大,织物中微孔直径越小,则织物的湿阻力越小,因而织物透湿率越大^[11]。

1.2.2 服装材料热湿传递性能

1.2.2.1 服装材料热湿传递性能测试的发展历程和分类

1 发展历程

与几十万年的服装史相比,人们对于服装科学的领悟是非常迟缓的。从人们真正懂得服装隔热防寒的原理并建立了服装生理卫生学这门独立的学科,至今大约只有半个多世纪。服装生理卫生学发展的初期,服装的保暖等热性能是学科的主要研究对象和内容。其间,两次世界大战中严寒导致士兵战斗力下降的现象曾一度推动服装隔热保暖性能的研究。1937年,美国人 Winslow 和 Gagger 发表的论文专著^[12]是比较早的对服装功能性的研究。1941年又是 Winslow 和 Gagger 提出了服装的热阻定量单位:克罗(CLO)^[13],这一概念一直沿用至今。到五、六十年代,合成纤维制品开始大量应

用, 针对使用中常出现的闷热感, 热湿舒适性研究成为学科的另一重点。1962年, A. H. Woodcock 提出了服装的透湿指数 (Im) 这一概念^[14]。以后, R. F. Goldman 又提出了另一指标: 透湿效应 (Im/CLO)^[15]。随着科技的发展和社会的进步, 人们对服装穿着热湿舒适性日益追求。对产业用纺织品也有某些特殊功能要求, 这一切进一步推动了服装热湿舒适性的研究工作。70年代前, 人们主要是建立某种测试装置或仪器, 测试某一指标作为评价服装穿着热湿舒适性的依据。70年代后, 人们逐步认识到人体—服装—环境是一个不可分割的系统, 以前的测试方法存在着片面性, 必须从多个角度展开全面研究。目前, 已从简单的测试方法发展到复杂的测试方法, 从测试单一指标变为测试综合指标; 不但从物理方面, 而且从生理与心理方面全面地研究服装热湿舒适性。随着研究的深入, 对服装热湿舒适性的定义也相应地得到了统一。一般认为, 服装热湿舒适性是指人体穿着服装在不同的气候环境中, 人体与环境间不断进行能量交换, 在这种能量交换达到平衡时, 人体感到舒适满意的服装性能。服装在能量交换中起着调节作用, 随着服装调节作用的进行, 经过物理、生理、心理因素的相互复杂作用, 使人体处在感到舒适满意的热湿平衡中。在服装穿着热湿舒适性的研究历史中, 出现过多种测试与评价方法, 总的看来, 可大致分为二类: 其一是对服装材料热湿传递性能的测试与评价; 其二是对服装热湿舒适性的测试与评价^[16]。

2 基本概念

(1) 热阻力 RCT

热阻力等于在温度梯度方向上的单位面积上的总热流量除以面料两面之间温差的比值。干热流量包括传导、对流、辐射的其中一种或几种。热阻力 RCT 用 $m^2 \cdot K/W$ 来表示, 是表征纺织面料或其复合材料的专用量。数值大小取决于对应于在温度梯度上给定面积的干热流量^{[17][18]}。

(2) 水蒸气透过阻力 RET

水蒸气透过阻力等于在水蒸气压力梯度的方向上单位面积上总热量除以水蒸气压力差的比值。水蒸气热流量可以包含扩散和对流两种方法。水蒸气透过阻力 RET 用 $m^2 \cdot Pa/W$ 来表示, 是表征纺织面料或其复合材料的专用量。数值大小取决于对应于稳定存在的水蒸气压力梯度上给定面积的水蒸气热流量^{[17][19]}。

(3) 水蒸气透过指数 (透湿指数) i_{st}

热阻力与水蒸气透过阻力的比率所对应的方程式:

$$i_{mt} = S \frac{R_{ct}}{R_{et}} \quad (1)$$

此处: $S=60\text{Pa/k}$;

i_{mt} 是无量纲量, 其数值在 0 到 1 之间。透湿指数为 0 表示面料不透湿 (即水蒸气不能透过), 也就是说水蒸气透过阻力无限大; 透湿指数为 1 表示从理论上完全透湿^{[17][20]}。

(4) 水蒸气渗透性 W_d

水蒸气渗透性是指纺织品面料或其复合材料的性征, 依据水蒸气透过阻力和温度关系的方程式来确定:

$$W_d = \frac{1}{R_{et} \cdot \phi T_m} \quad (2)$$

此处: ϕT_m 是指在测试组合件的温度为 T_m 条件下水分蒸发的潜热。例如: 在 $T_m = 35^\circ\text{C}$ 时, $\phi T_m = 0.672\text{W} \cdot \text{h/g}$ 。水蒸气渗透性表示每平方米小时帕斯卡时透过的水蒸气的克数, 即 $\text{g/W} \cdot \text{h} \cdot \text{Pa}$ ^[17]。

3 服装材料热湿传递性能的测试的分类

(1) 按所检测的物理量与热湿传递性能的关系分

1) 直接测试。直接检测热、湿传递量。如用平板仪测热阻力、用水皿法测透湿率、用微气候仪测当量热阻等。

2) 间接测试。所测物理量为与织物热湿传递性能有一定相关关系的物理量, 例如测试声波衰减情况估计织物热阻等。

(2) 按被测物理量随时间变化速度快慢分

1) 瞬态测试。以被测物理量的瞬间突变状态为测试目标。如用 KES-F7 接触冷暖感仪测触落温度和最大热流速率。

2) 过渡过程测试。以被测物理量从突变趋于稳定的变化过程为测试目标。如用微气候模拟装置测微气候区的温湿度变化过程, 用非稳态测试方法测含湿材料的导热系数等。

3) 稳态测试。以基本稳定状态下的物理量为测试目标。如用微气候仪测织物热阻、湿阻等。

(3) 按测试内容分

1) 单纯热湿传递性能测试。如用冷却法或恒温法测保暖率。

2) 单纯湿传递性能测试。如用透湿杯法测透湿率, 用表面皿测透湿指标, 用湿度梯度法测湿阻, 等等。

3) 热湿综合传递性能测试。如用微气候仪测织物当量热阻等。

对材料性能研究而言, 最主要的是研究稳态条件下, 服装材料单纯的、或综合的热湿传递性能的直接测试方法和评价指标。特别随着纺织品和服装穿着热湿舒适性研究的发展, 热湿综合传递性能的测试和评价显得更为重要。以下分别对服装材料单纯热传递、单纯湿传递、热湿综合传递性能的测试方法和评价指标作一一分析对比和综合评述。

表 1 所示为单纯热传递性能的典型测试方法及相应指标。其中冷却法在测试中温度变化范围大, 与实际试验条件常有较大差异, 所得指标仅适用于相对比较。热脉冲测试法速度快, 但就目前水平而言, 测试精度较低, 且测试品种受到一定限制。恒温法中恒温圆筒类保暖仪也仅能测得相对指标, 如检测其热流量与温差求绝对隔热指标, 则额外增加一个曲率半径大小的影响; 而平板型保暖仪易形成有规律的温度分布, 有利于流量分析和数学推导, 在织物两侧测试其温差后, 可扣除织物表面空气层形成的热阻, 并且便于发展成可同时测试热湿传递性能的仪器。

表 2 所示为纺织品热传递性能的典型测试方法及相应指标。其中蒸发法和吸收法所需的测试时间均比较长。蒸发皿法所测蒸发量变化过程受皿底圆弧形状的影响, 测试过程织物内侧的水汽压变化较蒸发法更大, 且所需测试时间更长。倒杯法可消除随蒸发的进行水位发生变化的缺点。湿度梯度法一般可保证试样两侧处于某一恒定的水蒸气浓度差下, 可排除空气层的影响, 相比之下, 测试速度也较快^{[21][22]}。

表 1 单纯热传递性能的测试方法和指标

测试方法及典型仪器		基本检测量	主要导出指标	同类指标
冷却法	圆筒保温仪, 卡他温度计	温度下降 ΔT , 包覆和不包覆试样时所需冷却时间 t 和 t_0 。	隔热指数: $X = (t - t_0) \times 100\%$ 冷却时间指数: $C = t / t_0$ 。	保暖率: $E = (t - t_0) / t_0 \times 100\%$

北京服装学院研究生论文 (2006)

恒温法	恒温圆筒保温仪; 恒温热板	时间 t 内包覆和不包覆试样时的散热量 Q 和 Q ₀	热绝缘值: $TIV = (Q_0 - Q) / Q_0 \times 100\%$	绝热率: $T = (Q_0 - Q) / Q_0 \times 100\%$
	平板型保温仪	热流量 Q, 试样两侧温差 ΔT, 面积 A, 厚度 L	热阻: $R = \Delta T / (Q / A)$	
热脉冲法	纺织品保温测试仪	加热器脉冲加热后的温度变化情况	CLO 值; 绝热率	

表 2 单纯热传递性能的测试方法和指标

测试方法及典型仪器		基本检测量	主要导出指标	同类指标
透湿杯法	蒸发法; 吸收法	在时间 ΔT 内包覆和不包覆试样时的失重和增重量, 即透过水汽量 G (或 G ₀), 面积 A	透湿度: $F_m = (G_0 - G) / G_0 \times 100\%$ 透湿率: $f_m = G / G_0$ 透湿量 $W = G / (\Delta T \times A)$	绝热率: $T = (Q_0 - Q) / Q_0 \times 100\%$
	蒸发皿法	每隔一定时间多次测试皿重量 G	透湿指数 C	
湿度梯度法	R 管法; 平板法	试样两侧水汽压 ΔP 或浓度差 ΔC, 湿流密度 J _w , 面积 A, 织物厚度 L	湿阻 $R_w = \Delta C / J_w$; 透湿性 $J_w / \Delta P$	透湿系数: $P = J_w L / \Delta P$

表 3 服装材料热湿综合传递性能的测试方法和指标

测试方法及典型仪器	基本检测量	主要导出指标
织物微气候仪	试样两侧温差 ΔT 和湿度差 ΔC 及温湿度分布; 显热流量 Q; 潜热流 Q _w 总热流量 Q ₀	热阻; 热阻率; 湿阻; 湿阻率; 热湿比

织物微气候仪是指以服装材料作为试样, 通过模拟装置测试试样与模拟皮肤之间所形成的空气层的温湿度分布及热流量。这种测试方法是分析与研究服装材料热湿传递性能最简便的方法之一, 尤其它是一种综合测试, 能模拟人体—服装—环境系统, 从人体生理与环境物理方面进行研究, 反映出服装材料热湿传递的瞬态与稳态性能, 与服装实际穿着情况较为吻合。然而, 与实际穿着还存在一定的差异, 不能反映出由于服装形态方面的区别所造成的热湿传递性能的不同。因此, 材料的性能并不能完全反映服装的热湿舒适性^[23]。

传统的透湿性能的测试一般可分为吸湿法和蒸发法。其原理是把盛有吸湿剂或水, 并封以织物试样的透湿杯置于规定温度和湿度的密封环境中, 根据一定时间内透湿杯 (包括试样和吸湿剂或水) 质量的变化计算出透湿量。试验采用 GB/T 12704—1991 织物透湿量测定方法, 透湿杯法中的蒸发法来测织物的透湿量。透湿量是在织物两面分别存在恒定的水蒸气压的条件下, 规定时间内通过单位面积织物的水蒸气质量。测

试方法是在透湿杯内装蒸馏水,杯口覆盖试样,整体置入干燥器内,干燥器处于规定的温度条件下($38^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$)。试样两侧保持恒定水蒸气压差时,在适当时间间隔下称取透湿杯的质量,当质量下降与时间间隔成正比时,从质量下降量测定透湿量的大小^[24]。

1.2.3 运用 Sweating Guarded-hotplate 仪器进行面料热湿传递性能测试

待试样本放置在有已调好的空气导入并流过的电热板上,样本按 ISO 11092 标准所特殊要求的平行于电热板上表面。

在确定热阻力时,在达到稳定条件后,测试通过待测样本的热流量。在 ISO 11092 标准中叙述的确定面料热阻力 RCT 的方法是:在同样的测试条件下,从测试样品加上界面空气层的热阻中减去仪器表面上空气层的热阻来得到。

在确定水蒸气透过阻力时,需有一个在气态水可以通过但液态水不能通过的薄膜覆盖着的多孔深水电加热板。电加热板蒸发的水以蒸汽状态通过薄膜,以便没有液态水接触待测样品。把测试样品放在薄膜上,在板上的热流量使板保持温度为常数,便得到了水蒸气速率,通过这样可测得样品的水蒸气透过指数。

在 ISO 11092 标准中叙述的可供测试面料水蒸气透过阻力 RET 的方法是:在相同的测试条件下,从测试样品加上界面空气层的水蒸气透过阻力中减去测试仪器表面上空气层的水蒸气透过阻力^{[17][25]}。

综上所述,服装材料的保暖透湿舒性能的理论研究的历史不长,国内外在研究热阻力、水蒸气透过阻力测试方法方面有了一定的进展。运用 Sweating Guarded Hot-plate 仪器对服装面料的性能研究的国内资料文献很少,因我国引进该仪器的数量很少,对其的性能摸索还没有论文文献记载;大麻面料用于服装是一种较新型的面料,其保暖透湿性研究在国内外仍属空白。本课题便是运用 Sweating Guarded Hot-plate 仪器对大麻面料的保暖透湿性能进行初步的研究。

2 实验部分

2.1 实验方案设计

2.1.1 技术方案

1 选用大麻纱线织成面料

大麻面料织成平纹、斜纹、缎纹三种组织结构；每一种组织结构分别织成大约五个不同的经向密度、纬向密度的织物。

2 对面料进行保暖透湿性测试^[17]

1) 样品准备

试样必须足够大，以至于能够完全覆盖测试组合件和热防护板，大小为 25cm×25cm 的样品就可以满足测试的尺寸。对于每一种待测面料至少需裁出三个测试样本，并且一一进行测试。

2) 由试样的厚度选用相应的测试方法

对于 ≤5mm 厚的试样，测试之前，每个待测试热阻力的试样需放置在温度为 20℃、湿度为 65% 的条件下恒温恒湿至少 12 小时；而每个待测水蒸气透过阻力的试样需放置在温度为 35℃、湿度为 40% 的条件下恒温恒湿至少 12 小时。

对于 >5mm 厚的样本，为避免热量或水蒸气从其边缘损失需要一个特殊测试程序。测试热阻力时，有必要校正边缘损失。从热阻力与样本厚度之间的线性关系得出的偏差已经定义并且在软件中已建立，运用 ISO11092 标准所提供的信息能很容易计算出来。实验之前，如要测试热阻力，每个样本需放置在温度为 20℃、相对湿度为 65% 的环境条件下恒温恒湿至少 24 小时；如要测试水蒸气透过阻力，每个样本需放置在温度为 35℃、相对湿度为 40% 的环境条件下恒温恒湿至少 24 小时。

如果待测试样需测试水蒸气透过阻力可采用下述方法的其中一种或两种来进行。一种是把样本放进恒温橱（G2120 型恒温橱就适合用于此处）；与之可替代的另

一种方法是用排汗防护加热板的组合件，用该仪器的控制器把温度湿度设置到相应的条件，再把样本放进组合件内，关好组合件的门，放置 24 小时。

3) 确定仪器常数

在国际标准 ISO11092: (1993) E 中叙述到的仪器测量水蒸气透过阻值，其仪器常数本质上是仪器所固有的，也就是说，仪器一定常数一定，这些常数由测试组合件自身的阻力加上试样表面所附有的界面空气层阻力组成。空气层阻力取决于试样上气流的速度和空气波动的程度。仪器常数 R_{CT0} 和 R_{ET0} 定义为“裸板值”。测试组合件的上表面与测试台保持平行是很有必要的。

4) 测试热阻力和水蒸气透过阻力（参见附录 6.2 和附录 6.3）

5) 得出测试结果（参见附录 6.3）

3 数据处理

对测试的数据运用计算机软件(如 SPSS 软件等)进行数据处理，找出织物组织结构、经纬向密度与热阻力、水蒸气透过阻力之间的理论关系。

2.1.2 实施方案所需要的条件

纱线织成面料：在学校实验室运用织布机织布；

对面料进行保暖透湿性测试：在学校重点实验室进行；

数据处理：选用相关的计算机软件（如 SPSS 软件等）进行处理。

2.2 实验材料

2.2.1 选取的面料与纱线

为了进行面料热阻力和水蒸气透过阻力的测试。在山西绿洲纺织责任有限公司现有的情况下按方案设计的需要欲准备面料和纱线列表如表 4，表 5。

表 4 大麻面料

产品编号	产品名称	成分/比例	规格
6115	大麻平布	100H	18NmLD*18NmLD*45*42*63
6067	大麻平布	100H	16Nm/2L*7NmL*41*28*61.5
6064	大麻平布	100H	10Nme*10Nme*32*30*63
6059	精梳大麻湿纺平布	100H	36Nm*36Nm*58*58*63
6032	湿纺纯大麻平布	100H	24Nm*24Nm*54*54**63
6054	大麻短纺牛仔布	100H	16Nm*16Nm*74*54*63
6050	精梳大麻牛仔布	100H	16Nm/2L*16Nm/2S*51*32*63
6027	精梳大麻长纤牛仔布	100H	18Nm*18Nm*69*50*62
6093	大麻短纺牛仔布	100H	12Nme*12Nme*69*35*62
6107	亚麻平布	100F	24Nm*24Nm*50*54*63
6105	亚麻平布	100F	13.5Nm*13.5Nm*41*39*63
6104	亚麻平布	100F	20Nm*20Nm*49*43*63
6097	亚麻平布	100F	10.5Nm*10.5Nm*38*35*63
6084	亚麻平布	100F	15Nm*15Nm*40*44*63

表 5 大麻纱线

产品编号	产品名称	成分/比例	规格(Tex)
3057	大麻湿纺纱	100JHe	31.3
3063	大麻湿纺纱	100JHe	27.8
3073	大麻湿纺纱	100JHe	41.7(两股纱)
3053	大麻湿纺纱	100He	62.5
3007	大麻纱	100He	100.0
3041	大麻纱	100He	142.9
3001	大麻纱	100JHe	41.7
3027	大麻纱	100He	55.6

本试验起初想选取了从山西绿洲纺织责任有限公司直接购买的布作为试验用布,再根据需要用大麻纱补充织造一些大麻面料以用于测试,因该公司在购货订单数量至少达到一千米时才考虑给织布,而本课题所用的面料数量很少,于是,根据其现有的面料给我发了以下几种面料,面料规格见表 6。另外,根据课题所设计的面料规格,该公司给发了几种纱线,纱线规格见表 7。

表 6 大麻、亚麻平布规格

产品编号	产品名称	成分/比例	纱线规格(经向×纬向)(Tex)	经/纬向密度(根/10cm)
6115	大麻平布	100H	55.6×55.6	114.3 / 106.7
6067	大麻平布	100H	125.0×142.9	104.1 / 71.1
6098	大麻平布	100H	100.0×100.0	76.2 / 76.2
6032	大麻平布	100H	41.7×41.7	137.2 / 137.2
6075	亚麻平布	100F	41.7×41.7	127.0 / 134.6
6112	亚麻平布	100F	74.1×74.1	104.1 / 94.0
6104	亚麻平布	100F	50.0×50.0	124.5 / 109.2
6084	亚麻平布	100F	66.7×66.7	101.6 / 111.8

表 7 大麻纱线规格

产品编号	产品名称	成分/比例	规格(Tex)
3096	大麻湿纺纱	100He	166.7
3102	大麻湿纺纱	100He	83.3
3052	大麻湿纺纱	100Jhe	62.5
3008	大麻纱	100He	100.0
3041	大麻纱	100Jhe	142.9
3094	大麻纱	100He	41.7
3002	大麻纱	100Jhe	55.6

2.2.2 大麻织物结构设计及织造

2.2.2.1 织物结构设计

为了研究织物结构对织物热阻力和水蒸气透过阻力的影响,需小样机织造部分试样。试样的织物结构设计主要考虑以下因素: 织物组织, 盖覆紧度(通过调整纬向密度实现)^[26]。

织物组织选取了三原组织中的平纹组织、斜纹组织和缎纹组织。斜纹织物采用了均匀设计为试验设计方法, 经/纬纱均选用大麻纱线。

表 8 小样机织造的大麻面料规格

织物代码	织纹	纱线规格(经向×纬向)(Tex)	经/纬向密度(根/10cm)
1 [#]	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 127.0
2 [#]	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 127.0
3 [#]	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 149.9
4 [#]	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 104.1

5 [#]	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 81.3
6 [#]	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 58.4
7 [#]	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 63.5
8 [#]	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 78.7
9 [#]	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 94.0
10 [#]	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 109.2
11 [#]	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 109.2
12 [#]	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 94.0
13 [#]	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 78.7
14 [#]	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 63.5
15 [#]	平纹	83.3×83.3	210 / 63.5
16 [#]	平纹	83.3×83.3	210 / 78.7
17 [#]	平纹	83.3×83.3	210 / 94.0
18 [#]	平纹	83.3×83.3	210 / 109.2
19 [#]	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 81.3
20 [#]	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 104.1
21 [#]	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 58.4
22 [#]	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 149.9
23 [#]	平纹	41.7×41.7	300 / 149.9
24 [#]	平纹	41.7×41.7	300 / 127.0
25 [#]	平纹	41.7×41.7	300 / 104.1
26 [#]	平纹	41.7×41.7	300 / 81.3

2.2.2.2 织物的织造

将经纬纱按织物的组织规律在织机上相互交织构成机织物的加工通常称为织造。织造的工艺参数主要包括经、纬向密度、幅宽、整经米数、综片页数、笄板号数等。SL7900全自动梭织打样机可织造的织物幅宽最大为50cm。综片页数据不同织造密度和织机条件而确定。笄板号数由织物的经向密度和现有笄板情况而定。用SL7900全自动打样机织布的主要工艺有整经、穿综、穿笄、梳理纱线、卷绕和织造^[26]。

1 整经

将纱线按照预先设计的根数、长度和宽度平行而均匀地卷绕到整经架上,作为经纱,在手动整经卷绕时应注意纱线卷绕的力度,为减少织造时的断头率,应注意尽可能使各根经纱的张力一致,并且要一根上一根下地卷绕以便于穿综。

2 穿综

将整经架上的经纱按照织造工艺和织物组织的要求顺序穿过综片,以便在织机上进行织造。穿综是一项十分细致的工作,任何错穿、漏穿都直接影响织造工作的顺利

进行,增加后续工艺的时间和产生织物外观疵点,最终会影响织物测试性能的准确性。

3 穿筘

根据现有筘板及织物所需经向密度,选择合适的筘板,按织物上机图的规定把经纱穿过钢筘,并固定在织机上。

4 梳理纱线、卷绕

因大麻纤维自身的不足,在梳理纱线过程中因纱线粗细不均匀而易断,在梳理纱线和卷绕时注意保持张力大小合适且均匀。

5 织造

输入上机参数,将经纬纱按织物的组织规律在织机上相互交织构成机织物^[26]。

本课题用到的大麻纱线有的出厂前经过了烧毛处理,即用特制的蒸锅除去纱线上的毛羽,而有的没有经过这道程序,因大麻自身纤维较短、纱线毛羽多的特点使得织布比较困难,通过对所有纱线进行尝试只有两种纱线可以织布,在面料设计的基础上织了二十六块大麻面料已用于测试。

2.3 M259B Sweating Guarded Hotplate 仪器（见图 1 和图 2）

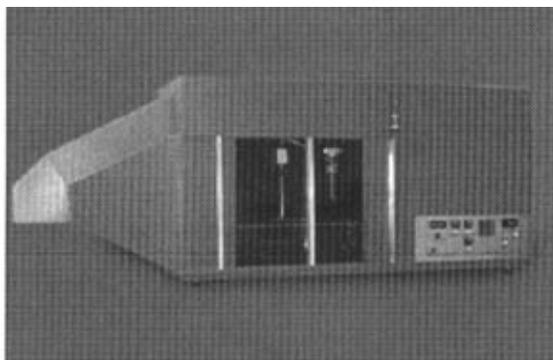


图 1 M259B Sweating Guarded Hotplate 仪器正面图



图 2 显示和控制器部分放大图

该仪器所用标准、配套软件说明指南和测试方法参见附录 6.2 和附录 6.3（其中附录 6.2 是由 ISO 11092: 1993 标准原版英文翻译成中文并做适当删减而来；附录 6.3 是由 INSTRUCTION MANUAL FOR THE M259B SWEATING GUARDED HOTPLATE (SOFTWARE) 原版英文翻译成中文并做适当精简所得）。

3 结果与讨论

3.1 面料性能测试结果

3.1.1 大麻、亚麻平布性能测试结果

1 大麻、亚麻平布盖覆紧度

在本课题中所用的盖覆紧度的公式为:

$$E = 3.57 \{ (\text{tex}_j / (0.65 \times P_j))^{1/2} \times P_j + (\text{tex}_w / (0.65 \times P_w))^{1/2} \times P_w \} \times 10^{-3} \\ - 3.57^2 / 0.65 ((\text{tex}_j \times \text{tex}_w) / (P_j \times P_w))^{1/2} \times 10^{-6} P_j P_w / 100$$

式中, P_j 、 P_w 分别为经纬向密度(根/cm), tex_j 、 tex_w 为经、纬纱线密度特数;

大麻、亚麻平布盖覆紧度见表9。

表9 大麻、亚麻平布盖覆紧度

产品编号	产品名称	Tex _j	Tex _w	P _j (根/10cm)	P _w (根/10cm)	盖覆紧度 E (%)
6115	大麻平布	55.6	55.6	114.3	106.7	21.95
6067	大麻平布	125.0	142.9	104.1	71.1	30.09
6098	大麻平布	100.0	100.0	76.2	76.2	24.45
6032	大麻平布	41.7	41.7	137.2	137.2	21.18
6075	亚麻平布	41.7	41.7	127.0	134.6	21.28
6112	亚麻平布	74.1	74.1	104.1	94.0	23.98
6104	亚麻平布	50.0	50.0	124.5	109.2	21.38
6084	亚麻平布	66.7	66.7	101.6	111.8	23.60

2 大麻、亚麻平布性能测试结果

表10 大麻、亚麻平布性能测试结果

产品编号	产品名称	成分/比例	纱线规格(经向 ×纬向)(Tex)	经/纬向密度 (根/10cm)	盖覆紧度 E (%)	热阻力 (m ² ·K/W)	水蒸气透过阻力 (m ² ·Pa/W)
6115	大麻平布	100H	55.6×55.6	114.3 / 106.7	21.95	0.185	63.578
6067	大麻平布	100H	125.0×142.9	104.1 / 71.1	30.09	0.208	64.393
6098	大麻平布	100H	100.0×100.0	76.2 / 76.2	24.45	0.191	64.110

北京服装学院研究生论文 (2006)

6032	大麻平布	100H	41.7×41.7	137.2 / 137.2	21.18	0.177	62.964
6075	亚麻平布	100F	41.7×41.7	127.0 / 134.6	21.28	0.200	61.545
6112	亚麻平布	100F	74.1×74.1	104.1 / 94.0	23.98	0.214	70.250
6104	亚麻平布	100F	50.0×50.0	124.5 / 109.2	21.38	0.205	63.662
6084	亚麻平布	100F	66.7×66.7	101.6 / 111.8	23.60	0.208	67.324

3.1.2 小样机织造的面料性能测试结果

表 11 小样机织造的大麻纤维面料性能测试结果

织物代码	织纹	纱线规格(经向×纬向) (Tex)	经/纬向密度 (根/10cm)	热阻力 (m ² ·K/W)	水蒸气透过阻力 (m ² ·Pa /W)
Z1	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 127.0	0.220	67.774
Z2	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 127.0	0.207	62.111
Z3	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 149.9	0.211	60.924
Z4	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 104.1	0.206	60.035
Z5	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 81.3	0.204	59.928
Z6	缎纹 五枚二飞	41.7×41.7	300 / 58.4	0.201	58.888
Z7	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 63.5	0.194	64.946
Z8	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 78.7	0.195	65.573
Z9	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 94.0	0.204	66.133
Z10	斜纹 二上一下	83.3×83.3	210 / 109.2	0.205	63.454
Z11	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 109.2	0.212	71.056
Z12	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 94.0	0.198	72.893
Z13	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 78.7	0.192	73.559
Z14	缎纹 五枚二飞	83.3×83.3	210 / 63.5	0.189	73.420
Z15	平纹	83.3×83.3	210 / 63.5	0.193	60.743
Z16	平纹	83.3×83.3	210 / 78.7	0.198	61.480
Z17	平纹	83.3×83.3	210 / 94.0	0.200	61.478
Z18	平纹	83.3×83.3	210 / 109.2	0.211	59.340
Z19	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 81.3	0.205	68.117
Z20	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 104.1	0.215	64.828
Z21	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 58.4	0.198	66.644
Z22	斜纹 二上一下	41.7×41.7	300 / 149.9	0.237	63.906
Z23	平纹	41.7×41.7	300 / 149.9	0.220	59.840
Z24	平纹	41.7×41.7	300 / 127.0	0.206	62.149
Z25	平纹	41.7×41.7	300 / 104.1	0.203	62.620
Z26	平纹	41.7×41.7	300 / 81.3	0.201	62.426

3.2 面料性能测试的结果讨论与分析

本部分主要应用 SPSS 11.5 for Windows 统计分析软件系统对所得数据进行分析处理。

曲线图的制作过程是：在 Variable View 输入 Name、Type、Label 等相关资料→在 Data View 中输入数据→选择“Graphs”→选择“Line”→在“Line Charts”里进行处理并得出“Output”→在“Output”里进行编辑得出曲线图形^[27]。

热阻力表征了面料的保暖性，即测试热阻力是检测纺织品对热量产生的阻抗力大小。也就是说，服装面料的阻抗力越大，其保暖性能越好；反之，服装面料的阻抗力越小，其保暖性能越差。这种测量法也称之为 RCT 法（纺织品热阻力测量法）。RCT 值越高，意味着保暖性能越好^{[28][29][30][31][32]}。

水蒸气透过阻力表征了面料的透汽性，即测试水蒸气透过阻力是检测纺织品对蒸发的湿气（汗气）产生的阻抗力大小。也就是说，服装面料的阻抗力越大，其舒适度越低；反之，服装面料的阻抗力越小，其舒适度越高。这种测量法称之为 RET 法（纺织品透汽阻力测量法）。RET 值越低，意味着透汽性越好^{[33][34][35][36]}。

3.2.1 小样机织造的面料纬向密度与其性能之间的关系

3.2.1.1 同种材料、同种纱线、同一组织、相同经向密度、不同纬向密度的织物与其性能之间的关系

1 41.7Tex 大麻纤维、同一组织、相同经向密度、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系

1) 41.7Tex 大麻纤维、斜纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系如图 3:

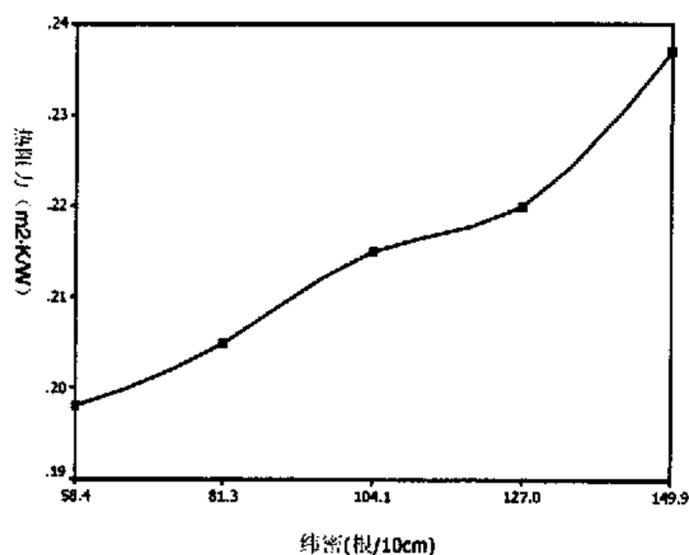


图 3 斜纹组织：纬向密度——热阻力

由图 3 可以看出, 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻斜纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其热阻力也逐渐增大。这是因为热量散失的方式有传导、对流和辐射, 大麻面料的纱支、组织、经向密度均相同的情况下, 其纬向密度越大, 组织间的空隙越小, 热量散失越困难。结果表明 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻斜纹组织面料, 其纬向密度越大, 保暖性就越好。

2) 41.7Tex 大麻纤维、缎纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系如图 4:

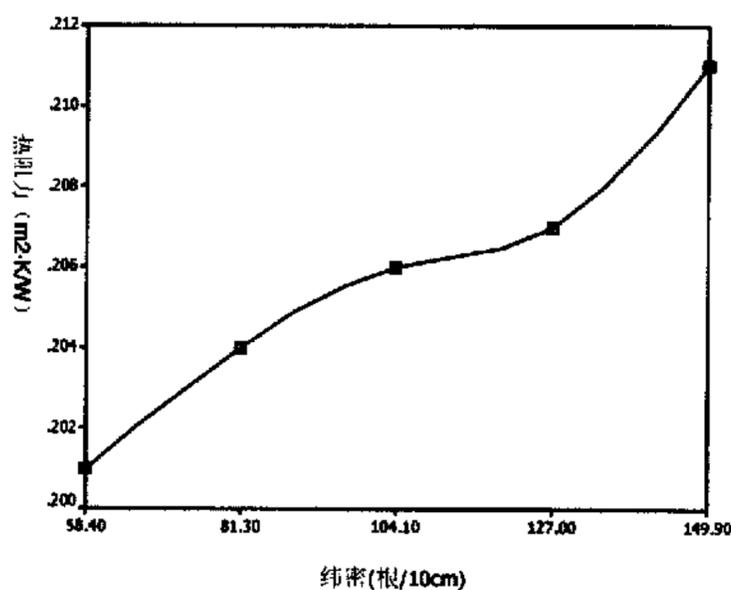


图 4 缎纹组织：纬向密度——热阻力

由图 4 可以看出, 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻缎纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其热阻力也逐渐增大。其原因是热量散失的方式有传导、对流和辐射, 大麻面料的纱支、组织、经向密度均相同的情况下, 其纬向密度越大, 热量散失越困难。这说明 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻缎纹组织面料, 其纬向密度越大, 保暖性就越好。这个变化趋势与斜纹组织的较相

似。

3) 41.7Tex 大麻纤维、平纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系如图 5:

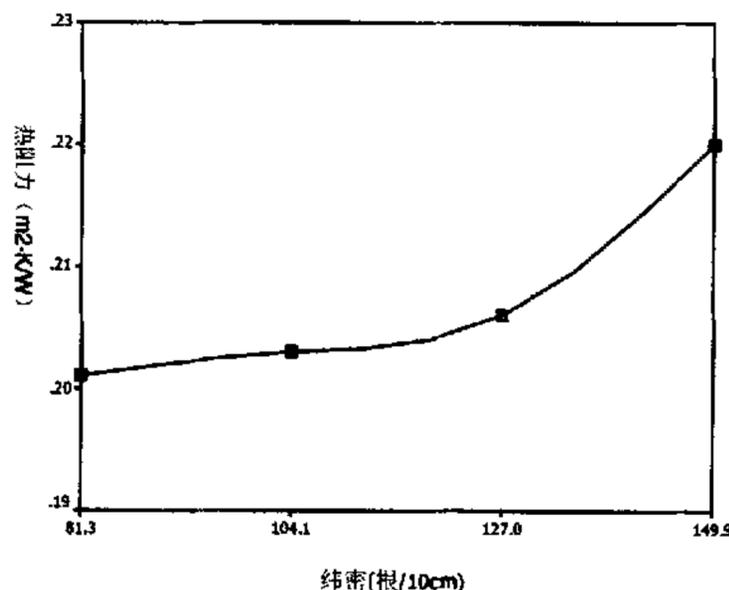


图 5 平纹组织: 纬向密度——热阻力

由图 5 可以看出, 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻平纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其热阻力也逐渐增大。这是因为热量散失的方式有传导、对流和辐射, 大麻面料的纱支、组织、经向密度均相同的情况下, 其纬向密度越大, 热量散失越困难。说明 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻平纹组织面料, 其纬向密度越大, 保暖性就越好。曲线增加的坡度与图 3、图 4 相比较平缓, 这可能与面料的组织有关。

2 41.7Tex 大麻纤维、同一组织、相同经向密度、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系

1)、41.7Tex 大麻纤维、斜纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系如图 6:

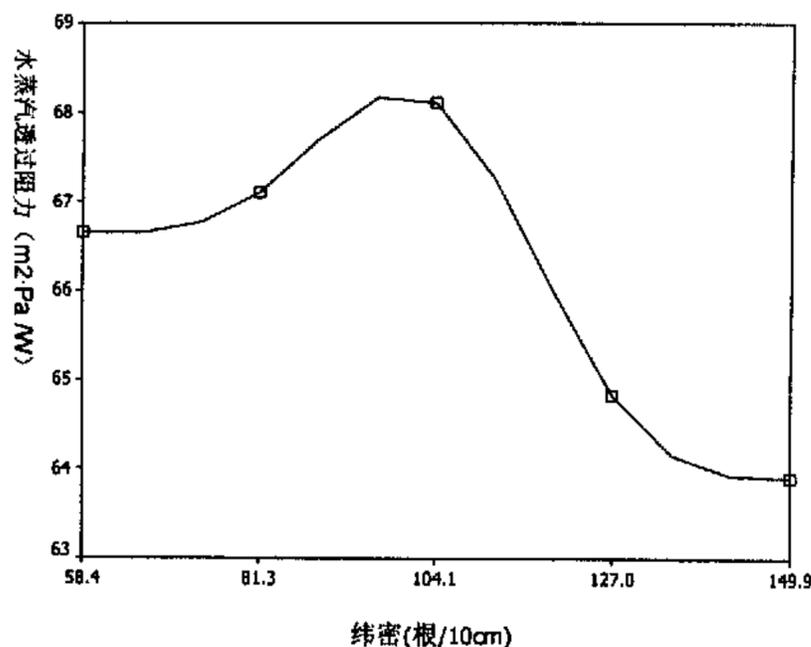


图 6 斜纹组织：纬向密度——水蒸气透过阻力

由图 6 可以看出, 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻斜纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其水蒸气透过阻力曲线先增大再减小。随着大麻斜纹组织面料的纬向密度增加, 纱线间空隙减小, 似乎水蒸气透过阻力会增大, 可实验结果却如图 6 所示, 这可能是因为当面料的经纬向密度增加到一定程度时, 织物中的纱线增多, 纤维密度也相对增大, 纤维的吸湿、放湿作用相应增加, 此时面料的透湿以吸湿、放湿为主, 因而水蒸气透过阻力会下降。随着纬向密度的逐渐增大, 大麻斜纹组织面料的透湿性先逐渐变差再逐渐变好。

2) 41.7Tex 大麻纤维、缎纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系如图 7:

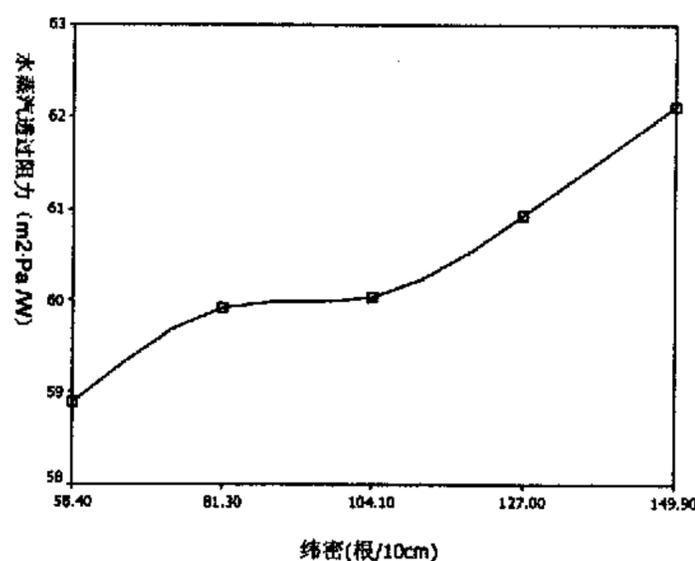


图 7 缎纹组织：纬向密度——水蒸气透过阻力

由图 7 可以看出, 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻缎纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其水蒸气透过阻力逐渐增大, 这是因为当大麻缎

纹组织面料纬向密度增加时, 纱线间隙减小, 水蒸气透过的通道变小, 扩散能力减弱, 使得水蒸气透过能力变差。即就是随着纬向密度的逐渐增大, 大麻缎纹组织面料的透汽舒适性越来越差。

3) 41.7Tex 大麻纤维、平纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系如图 8:

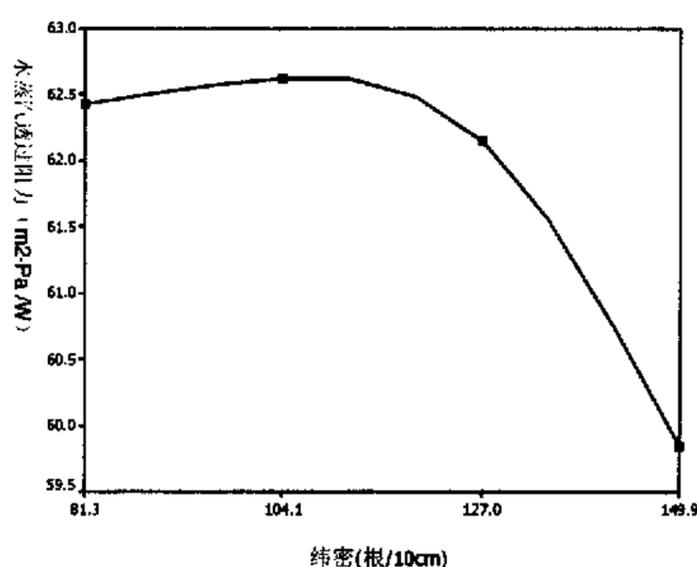


图 8 平纹组织: 纬向密度——水蒸气透过阻力

由图 8 可以看出, 41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻平纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其水蒸气透过阻力曲线先增大再减小。随着大麻平纹组织面料的纬向密度增加, 纱线间空隙减小, 似乎水蒸气透过阻力会增大, 可实验结果却如图 8 所示, 这是因为当面料的经纬向密度增加到一定程度时, 织物中的纱线增多, 纤维密度也相对增大, 纤维的吸湿、放湿作用增加, 此时面料的透湿以吸湿、放湿为主, 因而水蒸气透过阻力会下降。随着纬向密度的逐渐增大, 大麻平纹组织面料的透湿性先逐渐变差再逐渐变好, 与图 7 相比变化的趋势不相同, 这可能与面料组织不同有关。

3 83.3Tex 大麻纤维、同一组织、相同经向密度、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系

1)、83.3Tex 大麻纤维、斜纹组织、经向密度为 210 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系如图 9:

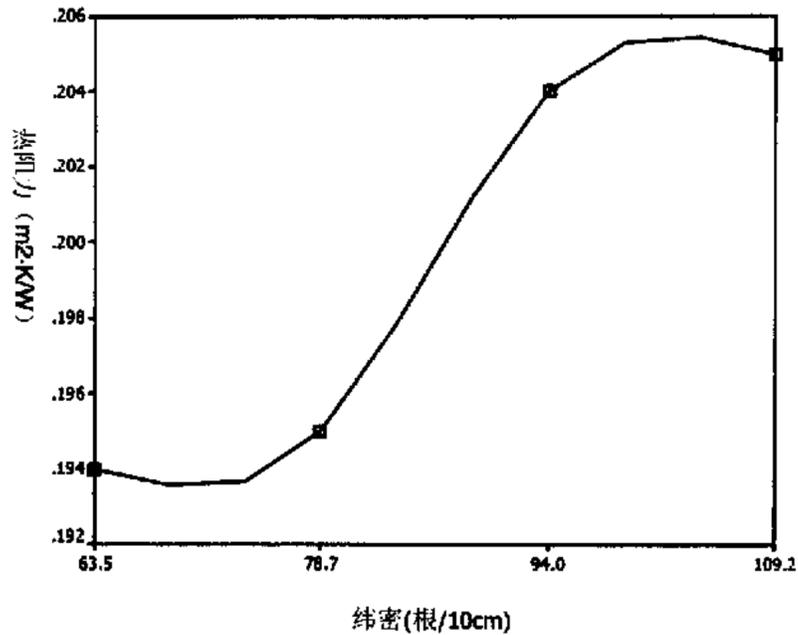


图 9 斜纹组织：纬向密度——热阻力

由图 9 可以看出, 83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻斜纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其热阻力逐渐增大。这是因为热量散失的方式有传导、对流和辐射, 大麻面料的纱支、组织、经向密度均相同的情况下, 其纬向密度越大, 热量散失越困难。这说明 83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻斜纹组织面料, 其纬向密度越大, 保暖性就越好。

2) 83.3Tex 大麻纤维、缎纹组织、经向密度为 210 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系如图 10:

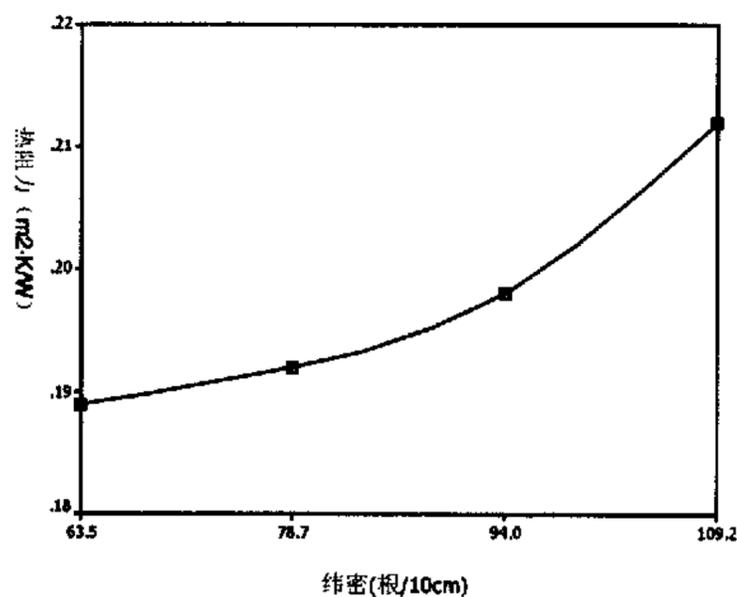


图 10 缎纹组织：纬向密度——热阻力

由图 10 可以看出, 83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻缎纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其热阻力逐渐增大。其原因是热量散失的方式有传导、对流和辐射, 大麻面料的纱支、组织、经向密度均相同的情况下, 其纬向密

度越大, 热量散失越困难。说明 83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻缎纹组织面料, 其纬向密度越大, 保暖性就越好。

3) 83.3Tex 大麻纤维、平纹组织、经向密度为 210 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其热阻力之间的关系如图 11:

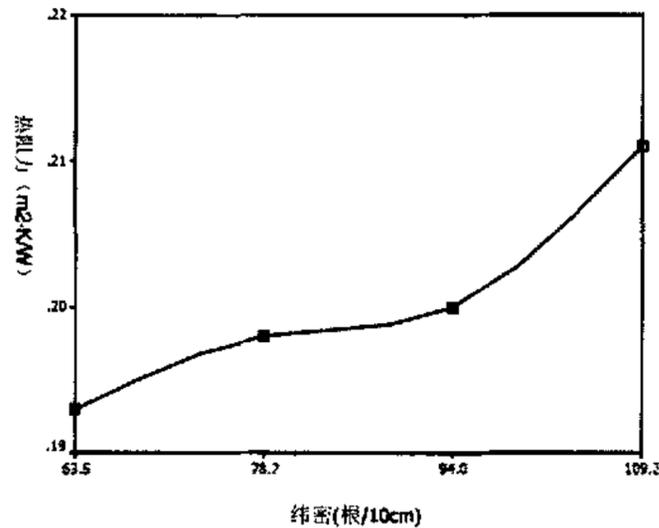


图 11 平纹组织: 纬向密度——热阻力

由图 11 可以看出, 83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻平纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其热阻力逐渐增大。这是因为热量散失的方式有传导、对流和辐射, 大麻面料的纱支、组织、经向密度均相同的情况下, 其纬向密度越大, 纱线间隙越小, 热量散失越困难。这说明 83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻平纹组织面料, 其纬向密度越大, 保暖性就越好。

4 83.3Tex 大麻纤维、同一组织、相同经向密度、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系

1)、83.3Tex 大麻纤维、斜纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系如图 12:

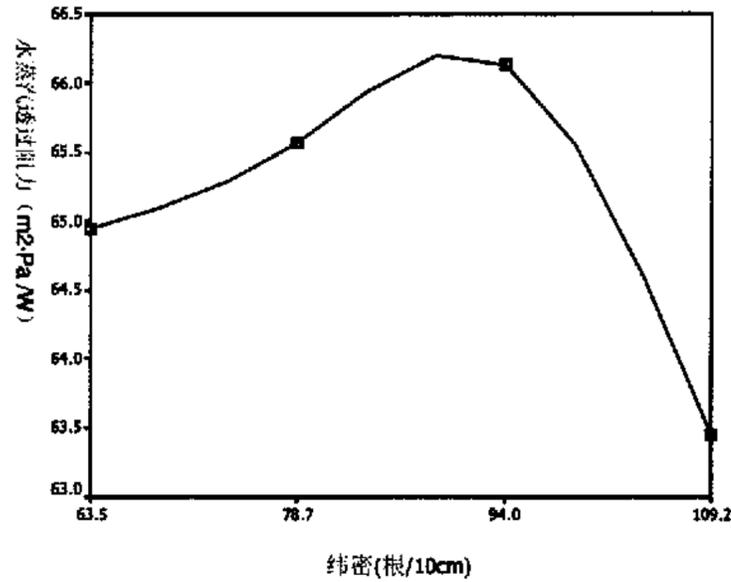


图 12 斜纹组织：纬向密度——水蒸气透过阻力

由图 12 可以看出，83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻斜纹组织面料，随着纬向密度的逐渐增大，其水蒸气透过阻力曲线先增大再减小。随着大麻斜纹组织面料的纬向密度增加，纱线间空隙减小，似乎水蒸气透过阻力会增大，可实验结果却如图 12 所示，这是因为当面料的经纬向密度增加到一定程度时，织物中的纱线增多，纤维密度也相对增大，纤维的吸湿、放湿作用增加，此时面料的透湿以吸湿、放湿为主，因而水蒸气透过阻力会下降。随着纬向密度的逐渐增大，大麻斜纹组织面料的透湿性先逐渐变差再逐渐变好。

2) 83.3Tex 大麻纤维、缎纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系如图 13:

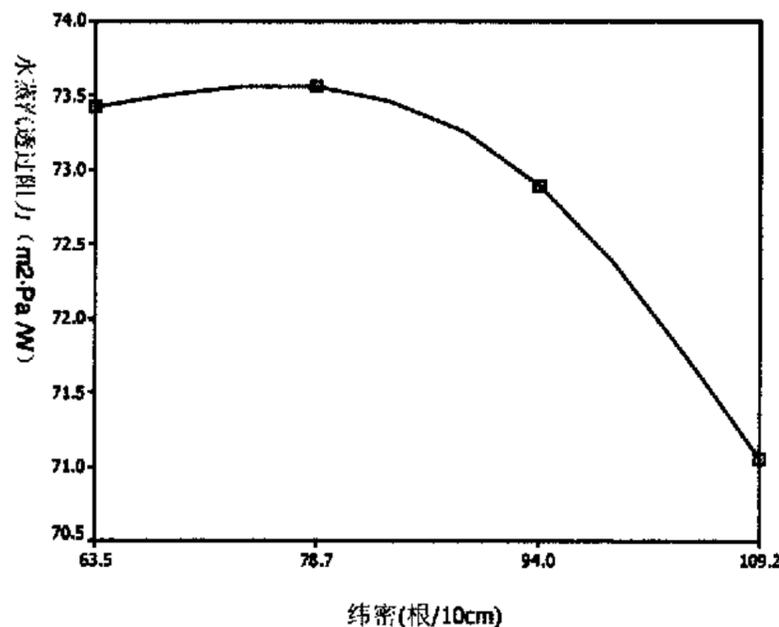


图 13 缎纹组织：纬向密度——水蒸气透过阻力

由图 13 可以看出，83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻缎纹组织面料，随着纬向密度的逐渐增大，其水蒸气透过阻力曲线先增大再减小。随着大

麻缎纹组织面料的纬向密度增加, 纱线间空隙减小, 似乎水蒸气透过阻力会增大, 可实验结果却如图 13 所示, 这是因为当面料的经纬向密度增加到一定限度时, 织物中的纱线增多, 纤维密度也相对增大, 纤维的吸湿、放湿作用增加, 此时面料的透湿以吸湿、放湿为主, 因而水蒸气透过阻力会下降。随着纬向密度的逐渐增大, 大麻缎纹组织面料的透湿性先逐渐变差再逐渐变好。

3) 83.3Tex 大麻纤维、平纹组织、经向密度为 300 根 / 10cm、不同纬向密度的织物与其水蒸气透过阻力之间的关系如图 14:

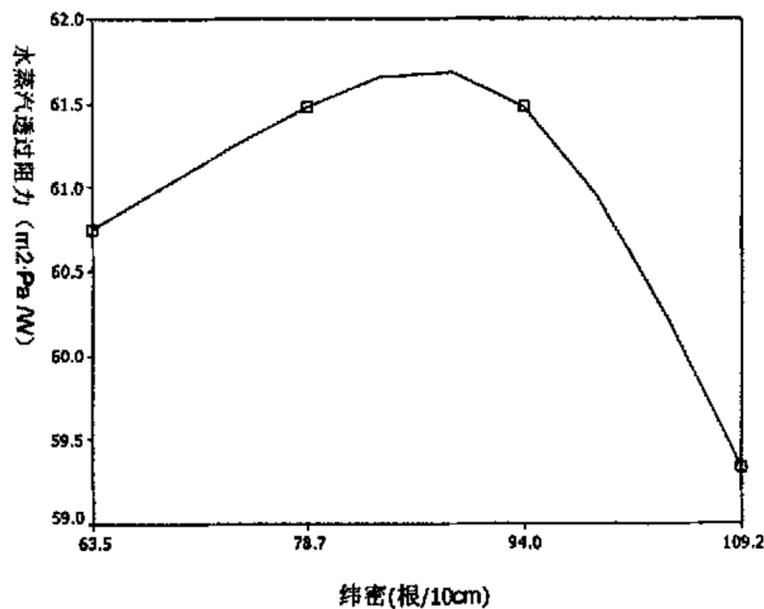


图 14 平纹组织: 纬向密度——水蒸气透过阻力

由图 14 可以看出, 83.3Tex 纤维织成的经向密度为 210 根 / 10cm 的大麻平纹组织面料, 随着纬向密度的逐渐增大, 其水蒸气透过阻力曲线先增大再减小。随着大麻平纹组织面料的纬向密度增加, 纱线间空隙减小, 似乎水蒸气透过阻力会增大, 可实验结果却如图 14 所示, 这是因为当面料的经纬向密度增加到一定限度时, 织物中的纱线增多, 纤维密度也相对增大, 纤维的吸湿、放湿作用增加, 此时面料的透湿以吸湿、放湿为主, 因而水蒸气透过阻力会下降。随着纬向密度的逐渐增大, 大麻平纹组织面料的透湿性先逐渐变差再逐渐变好。

3.2.2 大麻、亚麻平布盖覆紧度与其性能之间的关系

1 大麻平布的盖覆紧度与其热阻力之间的关系

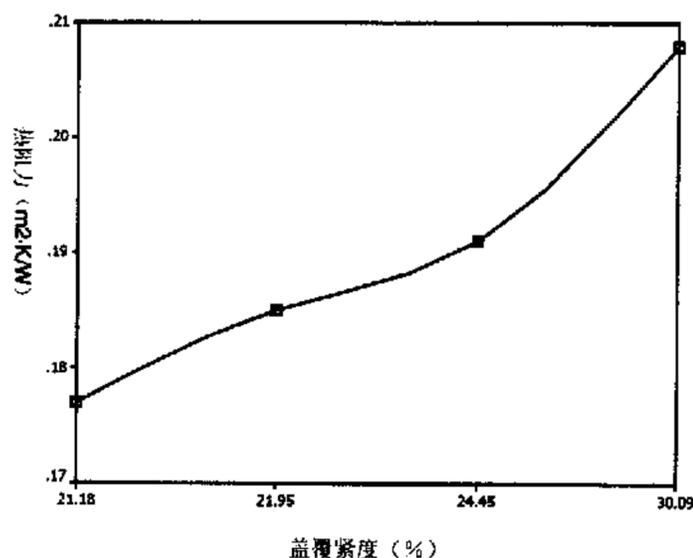


图 15 大麻平布：盖覆紧度——热阻力

由图 15 可以看出，大麻平纹组织面料，随着盖覆紧度的逐渐增大，其热阻力也逐渐增大。织物材料的热阻力主要取决于织物面料中纤维本身的热阻力、织物的厚度、织物组织结构和织物所包含的空气。大麻平纹组织面料随着盖覆紧度的逐渐增大，织物的紧密程度增大，纱线间的空隙变小，因此大麻平纹组织面料保暖性，随着盖覆紧度的逐渐增大而越来越好。

2 大麻平布的盖覆紧度与其水蒸气透过阻力之间的关系

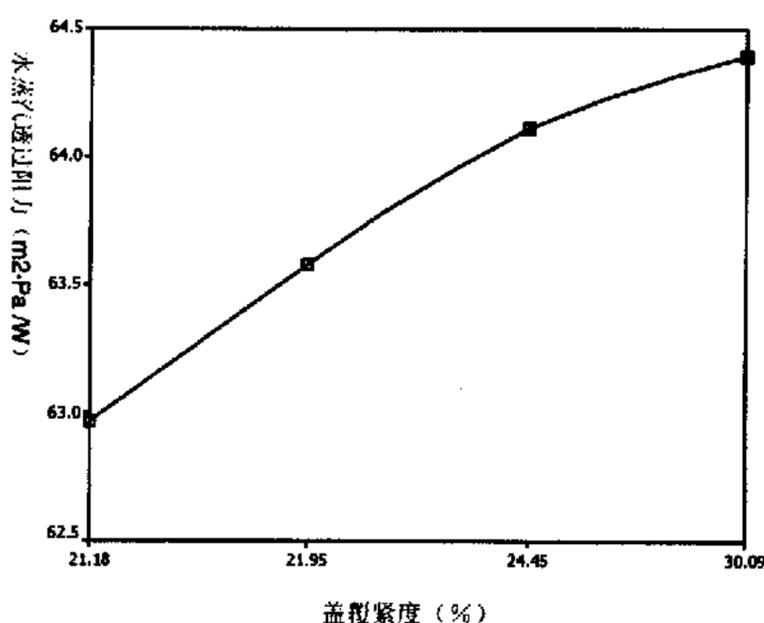


图 16 大麻平布：盖覆紧度——水蒸气透过阻力

由图 16 可以看出，大麻平纹组织面料，随着盖覆紧度的逐渐增大，其水蒸气透过阻力逐渐增大。这是因为当大麻平纹组织面料盖覆紧度增大时，纱线间隙减小，水蒸气透过的通道变小，扩散能力减弱，从而使得水蒸气透过能力变差。

3 亚麻平布的盖覆紧度与其热阻力之间的关系

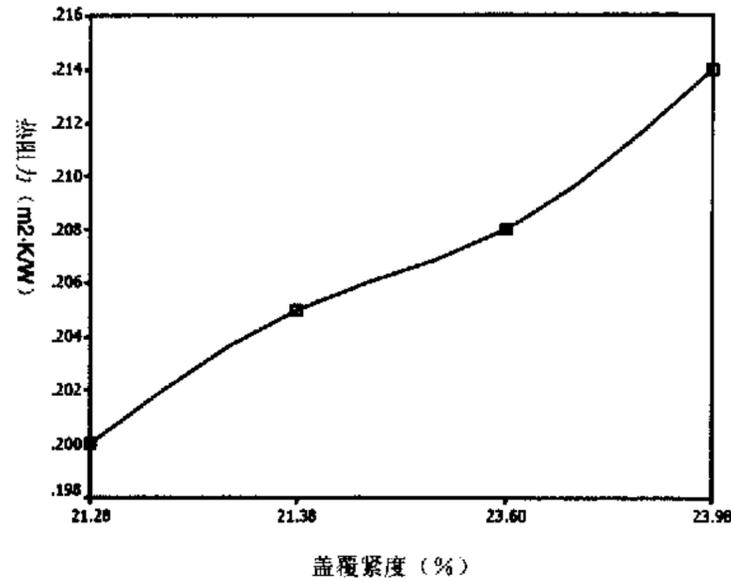


图 17 亚麻平布：盖覆紧度——热阻力

由图 17 可以看出，亚麻平纹组织面料，随着盖覆紧度的逐渐增大，其热阻力呈逐渐增大趋势。织物材料的热阻力主要取决于织物面料中纤维本身的热阻力、织物的厚度、织物组织结构和织物所包含的空气。亚麻平纹组织面料随着盖覆紧度的逐渐增大，织物的紧密程度增大，纱线间的空隙变小，因此亚麻平纹组织面料随着盖覆紧度的逐渐增大，其保暖性能越来越好。

4 亚麻平布的盖覆紧度与其水蒸气透过阻力之间的关系

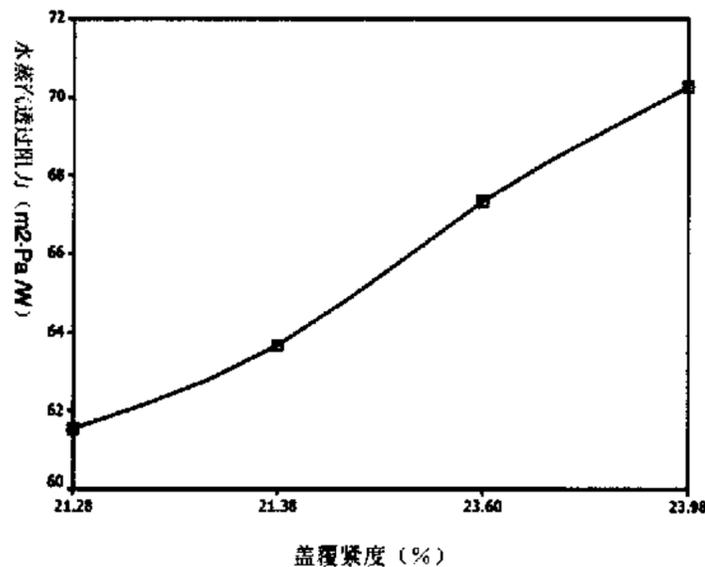


图 18 亚麻平布：盖覆紧度——水蒸气透过阻力

由图 18 可以看出，亚麻平布，随着盖覆紧度的逐渐增大，其水蒸气透过阻力逐渐增大。这是因为当亚麻平纹组织面料盖覆紧度增大时，纱线间隙减小，水蒸气透过的通道变小，扩散能力减弱，从而使得水蒸气透过能力逐渐变差。图 18 与图 16 的变化趋势有差别，这可能去大麻、亚麻纤维本身的结构有关。

综观图 3、4、5 和图 9、10、11，大麻面料在纱线相同、组织相同、经向密度也相同的情况下，随着纬向密度的逐渐增大，其热阻力也越来越大。这是因为随着面料纬向密度的增大，面料的厚度逐渐增大，面料中含的静止空气的量增多，而空气的导热系数最小、导热性最差，使得面料的热阻力增大，保暖性为此而越来越好。

综观图 6、8 和图 12、13、14，大麻面料在纱线相同、组织相同、经向密度也相同的情况下，随着纬向密度的逐渐增大，其水蒸气透过阻力先逐渐增大再逐渐减小。随着大麻面料的纬向密度增加，纱线间空隙减小，似乎水蒸气透过阻力会增大，可实验结果却如上述五个图所示，这是因为该课题中测试的是面料的气态水透过的阻力，面料中的气态水可以从面料的一个表面通过纱线间的空隙和纱线中纤维间的空隙扩散到面料的另一个表面。当面料的纬向密度增加到一定程度时，织物中的纱线增多，纤维密度也相对增大，因纤维本身的毛细效应使冷凝在纤维间隙的毛细水扩散的量增大，因而面料的透湿性可能会增大。另外，水蒸气透过面料的方式有扩散和对流两种，当面料的纬向密度增大到一定程度时，水蒸气透过面料主要以吸湿和放湿为主，使得水蒸气透过阻力下降，即透湿性能增强。从总体来说大麻面料的透湿性随着面料纬向密度的增大，先逐渐变差再逐渐变好。图 7 是 41.7Tex 大麻缎纹面料纬向密度与其水蒸气透过阻力之间的关系，和其他五个图的变化趋势不同，这是因为 41.7Tex 大麻单纱织成的缎纹面料交织点很少，面料很稀疏，水蒸气主要通过纱线间的空隙从面料的一个表面扩散到另一个表面。总体来说，大麻因其本身是纤维素纤维，有亲水基团，易于吸附水分子；加之，大麻纤维中心有一个细长的空腔与纤维表面分布着的许多裂纹和小孔相连，优异的毛细效应使大麻纤维吸湿排汗性能相当好。

4 结论

1、大麻纱织成的平纹、斜纹和缎纹组织大麻面料，均是随着纬向密度的逐渐增大，其保暖性越好。

2、大麻单纱织成的平纹组织和斜纹组织面料，83.3Tex 纤维织成的大麻缎纹组织面料均是随着纬向密度的逐渐增大，面料的透湿性先逐渐变差再逐渐变好。

3、41.7Tex 纤维织成的经向密度为 300 根 / 10cm 的大麻缎纹组织面料，随着纬向密度的逐渐增大，大麻缎纹组织面料的透湿性越来越差。

4、大麻平布和亚麻平布均是盖覆紧度越大，其保暖性越好。

5、大麻平布和亚麻平布均是盖覆紧度越大，其透湿性越差。

5 参考文献

- [1] 孙小寅 等大麻纤维的理化性能分析 四川纺织科技 2000 年第 5 期 P4-6
- [2] 周裕国 发展在麻产业用纺织大有可为 产业纺织品 1994 年 5 月 P22
- [3] 张杰 周永凯 张建春 大麻落麻制备粘胶纤维浆粕的蒸煮工艺初探 北京服装学院学报 (自然科学版) 2005 年第 1 期 P6-10
- [4] 麻专题—大麻篇 科技前沿 中国纺织经济 中国国际麻纤维及纺织技术与发展论文集 2004 NO.1 P150-151
- [5] 徐军编著 服装材料学 北京: 中国轻工业出版社 2001 年 1 月 P8-11, P17-22, P50-51
- [6] 顾平主编 织物结构与设计学 上海: 东华大学出版社 2004 年 9 月 P153-157
- [7] 姚穆等 《纺织材料学》第二版 北京: 中国纺织出版社 1990 年 6 月
- [8] 于伟东 储才元 纺织物理 上海: 中国纺织大学出版社 2001
- [9] 宋兰霞 陈 昀 织物结构密度对织物导热性能影响的研究 中国纤检 2005 年第 3 期 P25-27
- [10] 金江昌 羽绒服面料的透湿性与其结构之间关系的探讨 纺织学报 第二十卷第二期 1999 年 4 月
- [11] 周庆 新型拒液透湿织物的开发初探 天津纺织工学院学报 第 18 卷第 4 期 (1999) P12-17
- [12] Window C E A, Gagger A P Relations between atmospheric conditions Physiological reactions and sensations of pleasantness. Am. J. Hug., 1937 (26): 103-115
- [13] Window C E A, Gagger A P Influence of physical work on physiological reactions to the thermal environment Am. J. Physial, 1941 (134): 664-681
- [14] Woodcock A H. Moisture transfer in textile systems: Part I. Textile Res. J. 1962 ((32): 628-633
- [15] Goldman R.F. Systematic evaluation of thermal aspects of aircrew protective systems, Military ergonomics lab. U. S. Army Res Inst enmronmed Natick, Massachusetts, AUG 1965
- [16] 陆建平 服装热湿舒适性测试方法和评价指标 南通工学院学报 第 3 期 1996 年
- [16] 陆建平 服装热湿舒适性测试方法和评价指标 南通工学院学报 第 3 期 1996 年

12月 P59-63

[17] Textiles—Physiological effects—Measurement of thermal and water - vapor resistance under steady-state conditions (sweating guarded-hotplate test). International Standard ISO 11092:1993(E)

[18] 周永凯 张建春编著 服装舒适性与评价 北京:北京工艺美术出版社 2006年1月. P57-109

[19] 杨晓红, 陈国强 PEG 改善涂层织物透湿性的研究 四川丝绸 2004年第2期 P26-28

[20] 成秀光著 金玉顺, 高绪珊译 服装环境学 北京:中国纺织出版社 1999年10月

[21] 施楣梧 人体的舒适感与纺织品的热湿舒适性[学位论文] 西北纺织工学院 1987年

[22] 施楣梧, 陈运能等 织物湿传导理论与实际的研究 西安工程科技学院学报 2001年6月

[23] 傅吉全 陈天文 李秀艳 织物热湿传递性能及服装热湿舒适性评价的研究进展 北京服装学院学报 第25卷第2期 2005年6月 P66-71

[24] 王耀武 杨建忠 田秀凤 Coolmax 织物热湿传递性能的测试分析 棉纺织技术 第32卷第3期 2004年3月 P154-156

[25] Instruction Manual for the M259B Sweating Guarded Hotplate (Software) Revised 19 September 2002

[26] 朱苏康 主编 机织学 北京:中国纺织出版社 2004年2月 P46-70, P157-

[27] 卢纹岱 SPSS For Windows 统计分析(第2版) 北京:电子工业出版社 2002年9月 P1, P479-483, P552-557

[28] 张建春 石新辉 防护服热阻研究简介 中国劳动防护用品 第40期 P36-39

[29] P. W. O' Callaghan and S. D. Robert Thermal resistance behavior of single and multiple layers of clothing fabrics under mechanical load. Volume 3 Issue 1 January 1977 Pages 3-12

[30] P. W. O' Callaghan and S. D. Robert Thermal insulation provided by dry, single-layer clothing materials Applied Energy. Volume 2 Issue 4. October 1976. Pages 269-277

- [31] Su Kiang Sung Studies on the thermal insulation effect of Korean men's folk clothes Journal of Thermal Biology Volume 18, Issues 5-6, December 1993 Pages 409-412
- [32] George Havenith Heat balance when wearing protective clothing The Annals of Occupational Hygiene Volume 43, Issue 5, July 1999 Pages 289-296
- [33] Alexander Strokes The moisture vapor transmission rate of block co-poly (ether - ester) based breathable films. 2. Influence of the thickness of the air layer adjacent to the film. Polymer. Volume 42, Issue 25, December 2001, Pages 09903-09908
- [34] Xinmin Hao, Jianchun Zhang and Yuhai Guo. Study of new protective clothing against SARS using semi-permeable PTFE/PU membrane . European Polymer Journal, Volume 40, Issue 4, April 2004, Pages 673-678
- [35] Anne Jonquière, Robert Clément and Pierre Lochon Permeability of block copolymers to vapors and liquids Progress in Polymer Science, Volume 27, Issue 9, November 2002 Pages 1803-1877
- [36] 张怀珠, 邹奉元, 袁观洛 薄型织物的吸水散湿性能研究 纺织学报 第十五卷第二期 1994年2月
- [37] 沈宏庆 张建春 聚四氟乙烯微孔膜防水透湿性能的探讨 产业用纺织品 第14卷 P15-19.
- [38] 范士秀 服装面料的透湿性能探讨 纺织学报 第十七卷第6期 P11-13.
- [39] 朱利容 张序贵 防水透湿织物技术性能探讨 四川丝绸 2000年3期
- [40] 熊杰 张怀珠 袁观洛 薄型织物稳态湿传递性能研究 纺织学报 第十六卷第五期 1995年10月
- [41] X. M. Ding 等著 邱莉译 晶体熔点对形状记忆聚氨酯膜透湿性能的影响 国外纺织技术 总第236期
- [42] 彼.奥.范格著 李天麟, 曹俊周、黄海潮编译 舒适 北京: 北京科学技术出版社 1992年6月
- [43] <http://www.texnet.com.cn/news/2004/01/06/109043.html> 中国纺织网
- [44] <http://www.textiletest.com/shownew> 新型纤维及面料 2004-09-08
- [45] <http://info.china.alibaba.com/news/detail/v3-d5393361.html> 纺织常用概
-

念及分类, 纺织知识宝典

[46] <http://www.cnfti.org.cn/> 中国纺织工业协会

[47] <http://www.cblfta.org.cn/mynewCBLFTA/> 中国麻纺信息网

[48] <http://www.zgsxw.com/news> 中国纱线网

[49] 杨斌、郭维婵 织物液态水传递研究 广西纺织科技 1994 年第 23 卷第 4 期 P19-20

[50] 张玉清 织物透汽性与表面蒸发性的关系研究 丹东纺专学报 1998 年第 2 期 P17-18.

[51] 杨斌 陈克强 织物湿传递研究 纺织学报 第十五卷第四期 P12-15

[52] 吴熙华 张渭源 织物热湿传递测试装置 中国纺织大学学报 1998 年 12 月 第 24 卷第 6 期 P73-75

[53] 陈天文 李秀艳 傅吉全 织物的透湿性及液态水传递研究 北京服装学院学报 第 25 卷第 1 期 2005 年 3 月

[54] 张才前 敬凌霄 查安霞等 织物八方向导湿性测试仪器的研究 纺织科技进展 2004 年第 6 期 P55-65

[55] 张建春 新型军用功能性纺织面料的开发 棉纺织技术 第 30 卷第 1 期 2002 年 1 月 P19-21

[56] 秦言华 黄淑珍 邱冠雄 纬平毛针织物热舒适性能与织物结构参数关系的探讨 纺织学报 第十五卷第一期 1994 年 1 月 P11-14

[57] 尉霞 范立红 张皓月等 透汽、透湿型防紫外纺织品的开发 上海纺织科技 2005 年 4 月 第 33 卷 第 4 期

[58] 何俊 张广平 吴丽莉等 Viloft 纤维及其产品舒适性 纺织学报 第 26 卷第 1 期 2005 年 2 月

[59] 何超英 李栋高 出汗暖体躯干的工效模拟 纺织学报 第 25 卷第 1 期 2004 年 2 月

[60] 张国高等编著 高温生理与卫生 上海: 上海科学技术出版社 1989 年 4 月. P27-60

[61] 刘静伟 主编 服装材料实验教程 北京: 中国纺织出版社 2000 年 9 月 P74-95

[62] [日]纤维性能评价研究委员会编 张亮恭等译 纺织测试手册 北京: 纺织工业出版社 1983 年 11 月

- [63] 唐世君 湛玉红 夏彭泽 服装热湿舒适性评价模型研究 中国劳动防护用品
第 39 期 P21-26
- [64] 张建春 施楣梧等 Lyocell 纤维的吸湿性能研究 上海纺织科技 2001 年 12
月 第 29 卷第 6 期 P54-55
- [65] 郝新敏 张建春等 PTFE 复合膜 SARS 防护及透湿机理的研究 西安工程科技学
院学报 2003 年 9 月 第 17 卷第 3 期 P200-205

7 致谢

本论文是在周永凯副教授的悉心指导下完成的。在整个实验及论文完成过程中，周老师给了我莫大的指导和帮助，在实验中提出了不少建设性的意见，使我边学习边实验，自己的理论水平和分析解决问题能力都有了很大的提高。周老师严谨的治学态度和科研精神深深影响着我，在此，特向我的导师致以最真挚的谢意！

服装系张辉老师、王柏华老师、郭凤芝老师、王越平老师给了一些有意义的建议。重点实验室的李小宁老师、赵莉老师等给我提供了很好的试验条件，使得实验能顺利进行；重点实验室的李秋宇老师在大麻纱织布非常困难的情况下，仍不厌其烦地反复尝试直至成功地织造出我课题所需要的大麻布，并且指导我所欠缺的织造学方面的知识；防化研究院的丁松涛主任在我电话向其请教该新仪器的实验所遇到的问题时很热情地告知我他们使用的情况并给我提出中肯的意见和建议；李秋宇老师、研究生李磊、本科生冯丽萍和刘娜帮我在织布过程中穿线；在此对给予我热情帮助的老师 and 同学一并表示深深的谢意！

最后还要感谢答辩委员会的各位老师百忙之中抽出时间，阅读论文并参加我的答辩。各位专家提出的建设性意见给了我深刻的启发和深思，使我受益匪浅！

8 攻读硕士学位期间发表论文

唐久英 张辉 周永凯 防弹衣的研究概况 中国个体防护装备 2005 年第 5 期 P24-27