



陝西科學技術出版社

服 裝 舒 適 性

熱、通風、結構和評價因素的相互關係

【美】N.R.S.霍里斯 R.F.戈德曼 編

西北紡織學院紡織材料教研室 譯

服装舒适性

热、通风、结构和评价因素的关系

〔美〕N.R.S.霍里斯 R.F.戈德曼 编

西北纺织学院纺织材料教研室 译

陕西科学技术出版社

服 装 舒 适 性

热、通风、结构和评价因素的关系

〔美〕N·R·S·霍里斯 R·F·戈德曼 编

西北纺织学院纺织材料教研室 译

陕西科学技术出版社出版发行

（西安北大街131号）

新华书店经销 西安陆军学院印刷厂印刷

850×1168毫米 32开本 6印张 135千字

1991年2月第1版 1991年2月第1次印刷

ISBN 7-5369-0825-3/Z·91

定 价：3.00元

内容简介

空气温度、环境蒸气压、空气的流动和太阳辐射负荷是气候的完整因素。服装则是对一个人微气候区中本质性质的考察。无论许多生物学家和生理学家如何抹煞和反对，但服装研究者总是把注意力集中在合身、织纹组织、款式、穿用寿命和费用上。

这本书对服装舒适性渊博的现代科学知识领域进行了评述。包括热舒适因素和概念，生理学性状，声学测试在预测服装舒适性中的应用，舒适性整理（合成纤维织物），具有舒适弹性的棉及棉混纺织物，舒适性构型刺激的分析，触感的心理物理学和神经生理学，心理学标尺（量表），织物和服装舒适性的客观评价技术，服装和环境的相互关系，身体运动引起的服装通风，人体运动和对流、蒸发热交换，服装设计的测试和预测，轻薄织物外衣的空气交换等。纺织科学家、纤维生产者、服装加工者和设计师、生理学家和研究工作者将对本书感到兴趣。

译者的话

本书是继莱曼·福特和 N.R.S. 霍里斯所著《服装舒适性与功能》(1970年英文版, 曹俊周译, 1984年, 纺织工业出版社)之后, 在服装舒适性研究成果中最有影响的重要著作, 于1977年由美国密执安州校树科学出版公司出版。虽然本书出版已经十余年, 但对于世界服装业、纺织业和纤维业仍不失为一本具有现实指导意义的基础理论著作。特别是当前世界各主要化学纤维公司, 竞相把舒适性纤维产品的织物作为新一代化纤制品的今天, 出版本书中文本将具有更为现实的意义。本书由姚穆、李秉让、李育民、蒋素婵、王晓东、王府梅、王小兵、张一心、来侃、陈运能、陈惠兰翻译, 姚穆、李秉让校对、统稿。由于本书涉及物理学、生理学、心理学和工程学等十多个学科, 为了便于读者阅读, 译文尽可能少引用某一专门学科过于专门的术语, 以使尽可能多的读者能理解文意。这方面会有不当之处, 欢迎批评指正。

译 者

1987年12月

编者简历

N.R.S.霍里斯是美国马里兰州罗克威尔的吉利梯研究所的研究成员、马里兰大学纺织品和消费经济系教授。1950年他是哈里斯研究实验室(Harris Research laboratories)的组织者。作为一位服装和纺织研究中的科学家和设计领导人,他的工作侧重在织物整理、织物表面、服装设计和舒适性方面,形成了系统的研究项目,包括服装舒适性的心理物理学和纺织品的防燃性。霍里斯博士是具有超过60本科学著作与文章的作者,曾与莱曼·福特(Lyman Fourt)合著了相似题目的早期著作。

R.F.戈德曼是美国马萨诸塞州纳蒂克美国陆军环境医学研究所(NASA)军事装备实验室主任。他也是波士顿大学的助理教授和几所其他大学的客座教员。他系统的研究项目是人的环境生理学、服装热舒适因素评定技术的发展和服装要求的生理学设计。戈德曼博士是在此领域超过160本科学著作的作者。

献 词

本书是由许多观点形成的，并专门用来纪念莱曼·福特。是莱曼·福特提出了纤维协会举行关于服装舒适性讨论会的建议，也是他在最后的计划和组织中倾注了很多心血。这次会议于1975年11月12日—13日在华盛顿特区召开，会议上提交了许多优秀论文，并进行了令人振奋的讨论，形成了本书的背景，为服装科学重要的发展领域做出了重大贡献。

尤其值得注意的是，莱曼·福特的一生伴随着这个领域成长，在该领域的研究和发展上做得最多，是一位指导者和主要的贡献者。服装舒适性需要物理科学和生命科学，如化学、物理学、数学、生理学，还有其他，如纤维、纱线、织物科学和工程学的知识与方法。这并不令人惊奇，像莱曼·福特这样一位罕见的多才多艺的科学家，他具备了多方面的训练有素的才能，去寻找该领域的热点和突破口。很久以前，他就成为解答该协会各种技术问题，介绍概念进展的、有名望的科学家，是一位诚实的、训练有素的科学家。

我很幸运，在教学生涯中能与莱曼·福特合作。他是极好的、不平凡的人，一个罕见的具有个人优点和最高标准的人。许多人只是肤浅地了解他，从外表上看，他只是一个羞怯的人，好像一名穿白大褂的平易近人的科学家。如果说他被神秘化了，并不是因为他有多么复杂，而是因为他的知识和论文比其他许多科学家多得多。事实上，他是一位学者 在实验室、大学、纺织厂

和在家中一样。

这是一本划时代的著作。当今的社会生活方式正在引人注目地发生着改变，世界不停地在运动变化，发展中国家的许多地区的人们生活水准在提高，所有这些对服装舒适性和效能提出了新的要求。莱曼·福特在这一挑战中是受欢迎的。他将非常高兴，他对服装舒适性和效能科学所做的贡献正广泛应用于需求之中。

密尔顿·哈里斯

前 言

服装舒适性讨论会的计划是1974年初美国纤维协会的秘书兼司库路德维格·里本菲尔德(Ludwig Rebenfeld)博士所发起的。莱曼·福特博士撰写了讨论会应包括内容的计划书,它被广泛寄送给各方面人士,以征求各个论题方面的高质量的文章。此计划书转载于下。

纤维协会舒适性讨论会计划书

本讨论会试图同时提出关于人的舒适感在服装对人体功能及对环境的有效性和适应性的感觉方面的观点。我们希望投稿人指出有关知识现状和发展的线索。我们预期这些文章归入下述四大组之一。

(一) 热平衡和逆环境保护

这是服装舒适性研究的一类领域。进一步发展可指望找到热扩散的局部温度分布,进而找到身体局部差异时的服装需要以及身体在休息(睡眠)和各种运动水平间的差别。这方面皮尔斯基基础实验室(Peirce Foundation Laboratories)已经对普通环境中运动水平的差别和运动近期过程的差别条件下的舒适感觉作出新近的贡献。NASA已经对各种工作中的许多问题进行了解答,诸如越野车旅行和闲步,或在空间轨道实验室中人衬衫袖内环境的平衡等。

（二）与舒适性有关的纤维和织物的性能

织物与皮肤接触，织物表面的形态，其毛羽或光滑度，还有纤维对水分芯吸和吸湿性质都包入表面接触关系之中。在皮肤上针织物的弹性和压力作用影响到感觉，关系到直接加热与蒸发冷却。纺纱新技术、织物新结构和长丝的改性变形都影响常规纱线和短纤维织物的销售，其量化和客观评定的研究，都是必需的。

（三）感 觉

这与前面纤维和织物表面对舒适性的影响这一主题有重复，但可以更多地从心理学的观点来说明。由皮肤的接触感觉和触感或手感的生理学关系形成知觉的形态将包括在内。像纤维直径与粗糙度（粗度 Coarseness或糙度harshness）感觉的关系是已知的，但是还要包括新品种变形纱线和织物或提供符合新信息的染整加工的影响。

（四）负重或抑制运动对身体穿着服装的作用以及身体运动对服装通风的作用

像热趋势，这可以是外衣的趋势，也可集中在设计的相对款式上，就像裤子或套裙之间温暖程度的差异。运动性能方面，如足球运动服方面；服装限制运动的作用和其他重体力劳动方面；像军人或救火队员服装限制运动的作用，这些已经成为研究的对象。在工业和体育服装或武装服役服装方面更进一步的研究将属于这一组。改进用于防暴部队的防护服装的研究已开始进行，并应根据防护本身增加的负重和抑制作用来考虑防护物的成本。

福特博士、戈德曼博士和霍里斯博士都各自为讨论会的进程尽力作出了贡献，他们都乐意地评述了大纲每一领域的一些方面。正如本书目录中指出的，共获得了七篇述评性文章。这些文

章所写的意见共同带来了许多不同实验室的未发表的材料，提出了一大批对学生、研究者和消费纺织组织应如何考虑舒适性的新论点。

莱曼·福特热切地从事本讨论会的准备。作为马里兰大学的兼职教员，他劝说了一位他的学生詹尼斯·席沃思（Janice Shivers）提供了一篇基于他的论文的文章，相当适合于讨论会的主要纲目之一。不幸的是莱曼没有活到看见他努力成果的实现。在讨论会的第一天，发言者全体一致地赞同献出这些论文以莱曼的荣誉成书。我们怀着极大的愉快和自豪呈献本书，作为意味深长的巨大敬意的回顾，我们要继续作出对莱曼·福特的纪念。

R.F.戈德曼

N.R.S.霍里斯

目 录

第一篇 热平衡与逆环境保护	(1)
第一章 热舒适因素的概念与定义.....	(2)
第二章 军人防护性服装的生理学性状.....	(10)
第三章 声学测试在预测织物舒适性中的应用.....	(24)
第二篇 纤维、织物性能与舒适性的关系	(32)
第四章 合成纤维织物的舒适性整理.....	(33)
第五章 提高具有舒适性拉伸的棉及棉混纺针织物的 褶皱回弹性.....	(57)
第六章 舒适性构型刺激的分部分析.....	(72)
第三篇 服用织物的舒适性及评定	(84)
第七章 触感的心理物理学和神经生理学研究.....	(85)
第八章 舒适性评价的心理学标尺.....	(110)
第九章 织物和服装舒适性的主观评价技术.....	(126)
第四篇 服装与周围环境的相互作用以及身体运动对服装 通风的影响	(137)
第十章 服装系统的温度、湿度 范围.....	(138)
第十一章 人体运动对散热的影响.....	(157)
第十二章 设计与密封程度对轻薄织物微气候空气交 换的影响.....	(174)

第 一 篇

热平衡与逆环境保护

第一章 热舒适因素的概念与定义

Ralph F. Goldman

(美国马萨诸塞州纳蒂克美国陆军环境医学研究所)

“您舒服吗”？这句问话会唤起一系列不同的回答，它与您谈话的是心理学家、生理学家、社会学家和银行家等有关。在这次专题讨论会上，我们所称呼的舒适性仅与服装有关。恰恰在此，对于舒适性可从生理学家、物理学家、心理学家和社会学家处得到不同的答案。即对服装而言，也有许多不同的方面。我们将相当广泛地陈述热舒适问题，另外，服装热学性能的复杂程度，又随穿着者的活动水平而变化。在服装的触觉方面，它与皮肤的接触、刺激与光滑等将是这次讨论会谈论的几个课题之一。关于社会性正统服装，我们将不去正面谈论它。不论您穿大圆领女背心或者正面上浆的衬衫，我都不加以注意，我们早已谈论过那些方面。

初期阶段，它似乎适于识别影响我们服装舒适与不舒适的周围环境的那些热学因素。存在这样四种因素，它们必须能在最简单的热环境中加以研究。首先是空气温度(或环境的干球温度)，尽管其测量简单，但是干球温度计由于需要在温度计表面产生大量空气流动，以达到最大限度的对流热损失，因而也是复杂的。

同样，温度计的水银球受光、日光与辐射体等等的热辐射，所显示的空气温度将会增加。或者用悬挂式温度计、像传统的悬挂式干湿球温度计那样，或者用电动机驱动叶片抽动空气，使其流过温度计的水银球表面产生空气流。如果将您的手伸在空气中，您会感觉到一种环境温度，以此能够迅速评价包围着温度计或任何别的静止物体的静止空气层的重要作用。现在转动您的手心 and 手背，感觉出温度的全部变化没有反映出水分的蒸发，就像您的手是个温度计被静止空气层包围着。这个绝热空气层收集着手表面依靠对流或温度计表面依靠辐射传出的热量。

由于对流热损失的原因，干球或空气温度是个被控制的因素，这个热损失可以写成简单的公式：

$$H_c = k_c \cdot A \cdot (\bar{T}_s - T_a) \quad (1-1)$$

式中 H_c —对流热损失；

K_c —对流传热系数（在上述事例中的系数，它不但涉及我们身体周围的静止空气层，而且是服装穿着的热学特性的表现）；

A —身体表面面积；

$\bar{T}_s$ —身体表面皮肤温度的加权平均值；

T_a —测量的干球温度。

显然，我们有一个计算定额的公式，在这个定额中人们将损失在任何环境中的对流热量，如果我们能够建立一个合适的 K_c 值，即考虑到服装加上静止空气层的话，这个环境里的空气温度，就是在它下面的人的皮肤温度。

我们仍然打算使用手感觉的例子，在这里空气温度比皮肤温度更高，结果弄清楚它们有着相同的公式和系数，而刚才用特别

容许的热增量代替着由对流产生的热损失。在这样的环境下，人们有用汗液蒸发来调节自身体温的非常有效的生理机制。无论如何，他能够蒸发他产生的汗液，这就是下一个环境参数的作用。由于水分跨过一个蒸发压差，而且是皮肤表面汗液100%的湿度和周围环境的相对湿度之间的更不熟悉的压差，被蒸发出去，因而我们必须测量周围的蒸发压和那些环境参数。如果房间的空气随着水的蒸发而已经饱和，即周围环境相对湿度达到100%，我们能使皮肤表面产生的汗液停止蒸发吗？您的答案肯定有些混乱，因为与皮肤温度一样的汗液（开始出汗时大约为35℃或95°F）有大约42毫米汞柱的蒸发压，且这个带有大量空气冷却剂的蒸汽压，甚至可以达到100%的相对湿度。事实上正确的答案将是下面的内容。观察这一难题的一种方法，是看皮肤表面上的汗液能否立即蒸发变冷，静止空气层第二次向着皮肤表面，依靠对流把它带走并且凝结（如同雾状），它离得更远时进入温度更低的空气层，并在那里完全达到饱和。我们浸湿一条纱布，用来包裹一个直立的玻璃水银柱温度计，来确定周围环境的蒸汽压。此外，必须解决大量空气流动以使范围减至最小，在这个范围中，围绕着湿球温度计的任何静止空气层，能够被饱和而达到临界值。也可以使用叶片驱动的干湿球温度计或更精密的湿度计。我们测量周围环境的湿球温度，利用一张标准的干湿球湿度计图表，就能够确定环境的相对湿度与相应于环境温度的相对湿度的蒸汽压。

建立一个没有蒸发热损失的对流系数与蒸发系数 K_e 之间的物理关系式，在Lewis关系式中建立了 $k_a = 2.2k_e$ （即 $2.2^\circ\text{C} = 133.32\text{P.}$ ）。因此，我们能够给出一个蒸发热损失的公式，此式要比对流热损失的公式（1—1）严密。

$$H_e = K_a \cdot A \cdot 2.2 (\bar{P}_s - P_a) \quad (1-2)$$

式中 H_e —蒸发热损失;

K_a —对流系数, 其中描述了湿球温度计周围的空气层;

$\bar{P}_s$ —与皮肤温度相同的水的饱和蒸汽压;

P_a —环境的蒸汽压。

为了用这个公式说明服装, 我们引入了由Woodcock提出的调节系数 K_a 和透湿指数 i_m 。这个透湿指数是一个完全的屏障(对水份的蒸发传递来说, 透湿指数是零), 假定把穿上衣服的100%汗湿的人由脚跟快速地吊起来, 透湿指数将等于1, 因此他获得了一个通风湿球温度计的充分的蒸发势能。

在定义热舒适性时必须评价环境的第三个因素已经叙述过了, 因为人不是由脚跟吊起来, 所以提升速度(即空气流速)不可能达到最大的对流。所以他仅得到由环境中空气流动速度再加上行走时产生的任何空气流动所提供的对流。这个复杂的穿着者运动时产生的空气对流, 显然必须涉及到服装保暖的计算和蒸发系数, 以及在这次专题讨论会上将要提供的其它信息。遗憾的是, 空气流动的计算相当困难, 除非它是稳定的、有方向的和有足够强度的, 普通仪器的转杯或叶片就可以用来测量它。非常精密的仪表如热线风速仪, 热金属丝热损失的速率是流过仪表气流的一种量度, 它能够在无方向性气流的弱强度下使用。然而也由于存在自然对流, 即皮肤表面上变热后的暖空气上升的烟囱效应, 而且是沿着身体朝向头部向上流动(可以由条纹摄影技术来证明), 于是它变成了粗略地计算速度小于0.2米/秒弱气流的普通方法, 尽管有人更喜欢用于速度近似为0.1米/秒的场合, 所有这些作法的不同目的都可以忽略。