

服装工效学

(第2版)

CLOTHING ERGONOMICS (SECOND EDITION)

阐述服装工效学的概念与原理
研究服装舒适性及其评价方法
探讨功能性服装的设计与研究



服装高等教育“十二五”部委级规划教材（本科）

服装工效学

（第2版）

张辉 周永凯 黎焰 编著

 中国纺织出版社

内 容 提 要

服装工效学是一门研究人、服装和环境三者关系的新兴边缘学科。服装工效学的研究代表了当今服装科学的最前沿水平。本书第2版是在第1版的基础上,根据几年的教学应用,在内容上进行了部分调整,使读者更好地了解与掌握服装工效学的研究方法与手段。内容主要包括与服装工效学有关的环境物理量、人体测量学概念以及与服装工效学有关的人体生理参数的测量、与服装工效学有关的服装材料学领域的基础知识、服装的干热传递与热阻、服装的湿热传递、暖体假人和人工气候室、服装的舒适性及其评价方法、特种功能服装及材料、阻燃防护服的开发及其工效学评价、乒乓球运动服装的工效学研究等。后文附录部分提供了本书相关计算及实验所必需的数据,以方便读者学习与实验。

本书通过作者查阅国内外大量文献资料以及多年教学经验和研究成果归纳总结而成,内容既包括传统的服装工效学相关知识,又包含最新的服装工效学研究应用成果。本书可作为高等院校服装专业本科生、硕士研究生教材。

图书在版编目(CIP)数据

服装工效学/张辉,周永凯,黎焰编著.—2版.—北京:中国纺织出版社,2015.1

服装高等教育“十二五”部委级规划教材(本科)

ISBN 978-7-5180-0929-9

I. ①服… II. ①张… ②周… ③黎… III. ①服装—工效学—高等学校—教材 IV. ①TS941.17

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第211967号

策划编辑:宗 静 张晓芳 责任编辑:宗 静
责任校对:王花妮 责任设计:何 建 责任印制:储志伟

中国纺织出版社出版发行
地址:北京市朝阳区百子湾东里A407号楼 邮政编码:100124
销售电话:010-67004422 传真:010-87155801
<http://www.c-textilep.com>
E-mail: faxing@c-textilep.com
中国纺织出版社天猫旗舰店
官方微博 <http://weibo.com/2119887771>
北京云浩印刷有限责任公司印刷 各地新华书店经销
2015年1月第1版第1次印刷
开本:787×1092 1/16 印张:16.75
字数:293千字 定价:49.80元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社图书营销中心调换

出版者的话

《国家中长期教育改革和发展规划纲要》中提出“全面提高高等教育质量”，“提高人才培养质量”。教高[2007]1号文件“关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见”中，明确了“继续推进国家精品课程建设”，“积极推进网络教育资源开发和共享平台建设，建设面向全国高校的精品课程和立体化教材的数字化资源中心”，对高等教育教材的质量和立体化模式都提出了更高、更具体的要求。

“着力培养信念执著、品德优良、知识丰富、本领过硬的高素质专门人才和拔尖创新人才”，已成为当今本科教育的主题。教材建设作为教学的重要组成部分，如何适应新形势下我国教学改革要求，配合教育部“卓越工程师教育培养计划”的实施，满足应用型人才培养的需要，在人才培养中发挥作用，成为院校和出版人共同努力的目标。中国纺织服装教育学会协同中国纺织出版社，认真组织制订“十二五”部委级教材规划，组织专家对各院校上报的“十二五”规划教材选题进行认真评选，力求使教材出版与教学改革和课程建设发展相适应，充分体现教材的适用性、科学性、系统性和新颖性，使教材内容具有以下三个特点：

(1) 围绕一个核心——育人目标。根据教育规律和课程设置特点，从提高学生分析问题、解决问题的能力入手，教材附有课程设置指导，并于章首介绍本章知识点、重点、难点及专业技能，增加相关学科的最新研究理论、研究热点或历史背景，章后附形式多样的习题等，提高教材的可读性，增加学生学习兴趣和自学能力，提升学生科技素养和人文素养。

(2) 突出一个环节——实践环节。教材出版突出应用性学科的特点，注重理论与生产实践的结合，有针对性地设置教材内容，增加实践、实验内容，并通过多媒体等形式，直观反映生产实践的最新成果。

(3) 实现一个立体——开发立体化教材体系。充分利用现代教育技术手段，构建数字教育资源平台，开发教学课件、音像制品、素材库、试题库等多种立体化的配套教材，以直观的形式和丰富的表达充分展现教学内容。

教材出版是教育发展中的重要组成部分，为出版高质量的教材，出版社严格甄选作者，组织专家评审，并对出版全过程进行跟踪，及时了解教材编写进度、编写质量，力求做到作者权威，编辑专业，审读严格，精品出版。我们愿与院校一起，共同探讨、完善教材出版，不断推出精品教材，以适应我国高等教育的发展要求。

中国纺织出版社
教材出版中心

第2版前言

服装工效学是近些年发展起来的一门新型学科,它起源于20世纪80年代中期。当时,“服装工效学”一词由原中国服装研究设计中心(现中国服装集团公司)服装功能研究室主任曹俊周教授首先提出,并将其定义为:“服装工效学是人类工效学的一个分支,是研究人、服装、环境三者之间关系,研究人在某种条件下应该穿着什么服装最合适、最安全、最能发挥人的能力的一门边缘学科。”该定义一直沿用至今。服装工效学的研究内容主要包括人体测量学、服装的功能与舒适性、特种功能服装及材料、个人用携行具、服装功能用特殊装备及测试仪器等。服装工效学的研究代表了当今服装科学的最前沿水平。

国外在服装工效学领域已研究多年。美国等发达国家将其研究成果直接应用于军队装备及特殊的工作环境,为作业人员提供基本的防护保障。美国Natick研究所的Goldman博士在热湿传递及军服的研究方面处于世界领先地位。我国在服装工效学领域研究起步较晚,但也进行了大量的很有价值的研究。曹俊周教授在服装的舒适性 with 功能、防护服等方面做了大量的研究工作,并参与、协助了中国第一代暖体假人的研制工作。

曹俊周教授于1989年与北京服装学院院长周亚夫教授联合培养服装工效学方向的硕士研究生,指导北京服装学院开展服装工效学的研究工作,并为服装工效学方向的硕士研究生开设了服装工效学课程。自此,北京服装学院在服装工效学方面进行了大量基础性工作,逐步建起了服装工效学实验室。20世纪90年代,北京服装学院、中国服装研究设计中心(现中国服装集团公司)与有关部门合作,承担林业部及黑龙江省防火指挥部课题——森林防火服工效学研究,在面辅料研究、服装结构设计、服装生理学评价、防火现场试验等方面做了大量的研究工作。与北京焦化厂合作、开发的炼焦防护服被焦化厂采用,获得了良好的社会 and 经济效益。2002年,北京服装学院得到中央财政经费支持,购置了人工气候室、暖体假人等重要的实验仪器、设备。

近年来,《服装工效学》课程越来越受到纺织服装类院校的重视,很多院校相继开设了服装工效学课程。但是,由于资源缺乏,对服装工效学的基本概念、研究内容与方法并不十分了解,甚至有些教师认为服装工效学就是测试透湿性、保温性、透气性等。北京服装学院开设服装工效学课程已有二十多年的时间,通过应用科研成果、研发实验仪器、设计教学实验、编写出版服装工效学教材等方面,使服装工效学课程取得了很好的教学效果。2009年,本书的第1版正是在这种背景下,经

作者查阅国内外大量文献资料以及作者多年的教学经验和研究成果归纳总结而成的。本书第2版是在第1版的基础上,根据几年的教学应用,在内容上进行了部分调整,为了使读者更好地了解与掌握服装工效学的研究方法手段,增加了第十一章乒乓球运动服装的工效学研究,从服装袖型结构、运动代谢的测量、服装宽松度对热湿舒适性的影响三个方面进行了比较详细的介绍。本书以教学为目的,符合教学要求,希望能为刚刚涉及服装工效学领域或准备开设相关课程的老师提供一些参考。

全书结构安排如下:

第一章首先介绍了人类工效学的定义及其研究内容,然后对服装工效学的定义及其研究内容进行了介绍。

第二章主要介绍与服装工效学有关的环境物理量,如温度、湿度、风、辐射以及这些物理量的单位和测量方法。

第三章简要介绍了人体测量学概念以及人体尺寸的测量,重点介绍与服装工效学有关的生理指标的测量,如人体的代谢产热量、体核温度、平均皮肤温度、出汗量等,并比较详细地讲述了这些生理指标的测量方法。

第四章介绍与服装工效学有关的服装材料学领域的基础知识。主要介绍服装材料的保温性、透气性、透湿性等的定义、测量方法及主要影响因素,并对织物在润湿状态下的透气性、保温性的研究进行了比较详细介绍。

第五章介绍服装的干热传递与热阻,如辐射散热、对流散热、传导散热。本章重点介绍服装热阻的定义、单位、测量方法及其影响因素。

第六章介绍服装的湿热传递。重点介绍服装的透湿指数、透水指数及其测量方法以及服装透湿指数的影响因素。

第七章介绍暖体假人和人工气候室。主要介绍了国内外暖体假人的研究概况。

第八章介绍服装的舒适性的概念、舒适性的分类,服装舒适性的评价方法以及服装舒适性的主要评价指标。

第九章介绍几种功能性服装,如宇航服、防弹服、阻燃防护服等。

第十章介绍阻燃防护服的开发及工效学评价,以阻燃防护服为例,对本教材前八章的讲述基本原理与应用方法进行概括总结。从面料测试与选择、服装设计与制作、服装人体生理学试验、火灾及热辐射现场试验等多方面进行了详细介绍,更有助于学生对特种功能服装设计、研究方法的掌握与应用。

第十一章介绍乒乓球运动服装的工效学研究,以乒乓球运动T恤为例,运用本教材前八章的基本原理与研究方法,从乒乓球运动T恤袖型结构与运动舒适性、代谢产热量的测量、服装宽松度对运动热湿舒适性的影响三个方面进行了比较系统的介绍,有助于学生对服装工效学研究方法的掌握与应用。

为了方便教学、实验及学生学习,附录部分提供了本书相关计算及实验所必需

的数据表格,如呼吸商、饱和水汽压、相对湿度等。本书第2版删去了第1版中的PMV、PPD附录,提供了PMV、PPD的估算应用程序。为了满足用户对不同操作系统的要求,提供了可分别运行于三个不同操作系统(Windows、Mac OS和Linux)的PMV、PPD估算应用程序,用户可根据需要选择安装。

服装工效学是一门边缘学科,涉及的领域比较广,但限于经验和水平,书中内容难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

参与本书编写的有张辉、周永凯、黎焰、曹俊周等,全书由张辉统稿。在本书的编写过程中,郜琳、唐久英、马素想、王丽敏等给予了帮助,内蒙古工业大学轻工与纺织学院的陈晨、郝学峰参与了第二章、第三章、第四章的编写工作。在此一并致谢。

张 辉
2014年1月

第1版前言

服装工效学是近年发展起来的一门新型学科,它是人类工效学的一个分支。服装工效学是研究人、服装和环境三者之间关系,是研究人在何种条件下穿着什么服装最合适、最安全、最能发挥作业人员工作能力的一门边缘性学科。服装工效学的研究内容主要包括人体测量学、服装的功能与舒适性、特种功能服装及材料、个人用携行具、服装功能用特殊装备及测试仪器等。服装工效学的研究代表了当今服装科学的最前沿水平。

国外在服装工效学领域研究多年。美国等发达国家将其研究成果直接应用于军队装备,为作业提供了基本的防护保障。美国 Natick 研究所的 Goldman 博士在热湿传递及军服的研究方面处于世界领先地位。我国在服装工效学领域研究起步较晚,但也进行了大量很有价值的研究。总后勤部军需装备研究所的曹俊周在服装的舒适性 with 功能、防护服等方面做了大量的研究工作,并参与、协助了中国第一代暖体假人的研制工作。

北京服装学院 1989 年开始招收服装工效学方向的研究生,逐步建起了服装工效学实验室,在服装工效学方面进行了大量基础性工作。20 世纪 90 年代,北京服装学院、中国服装研究设计中心(现中国服装集团公司)与有关部门合作,承担林业部及黑龙江省防火指挥部课题——森林防火服工效学研究,在面辅料研究、服装结构设计、服装生理学评价、防火现场实验等方面做了大量的研究工作。与北京焦化厂合作开发的炼焦防护服被北京焦化厂采用后,获得了良好的社会 and 经济效益。2002 年北京服装学院得到中央财政经费支持,组建了服装工效学实验室,配有人工气候室、暖体假人等实验仪器设备。

我国一些纺织服装院校已相继开设了服装工效学及其相关课程。但是,目前还没有一本比较全面、系统介绍服装工效学基础理论的教材。本书正是在这种背景下,经作者查阅国内外大量文献资料及多年的教学经验和研究成果归纳总结而成的。本书以教学为目的,符合教学要求。全书结构安排如下:

第一章首先介绍了人类工效学的定义及其研究内容,然后对服装工效学的定义及其研究内容进行了介绍。

第二章主要介绍与服装工效学有关的环境物理量,如温度、湿度、风、辐射以及这些物理量的单位和测量方法。

第三章首先简要介绍了人体测量学概念以及人体尺寸的测量,并且重点介绍了与服装工效学有关的生理指标的测量,如人体的体温、能量代谢、人体表面积、体

重丧失量、心率等,并比较详细地讲述这些生理指标的测量方法。

第四章介绍与服装工效学有关的服装材料学领域的基础知识。本章主要介绍服装材料的透气性、透湿性、保温性等的定义、测量方法及主要影响因素,并对织物在润湿状态下的透气性、保温性的研究进行了比较详细的介绍。

第五章介绍服装的干热传递,如辐射散热、对流散热、传导散热,并且重点介绍服装的热阻、影响因素及其测量方法。

第六章介绍服装的湿热传递。重点介绍服装的蒸发散热、评价指标及其测量方法。

第七章介绍暖体假人和人工气候室。主要介绍了国内外暖体假人的研究概况。

第八章介绍服装的舒适性及其评价方法。其中重点介绍了舒适性的概述及分类、服装工效学的评价方法及服装舒适性的主要评价指标。

第九章介绍几种特种功能服装及材料,如阻燃防护服、宇航服、防弹服等。

第十章介绍阻燃防护服的开发及其工效学评价,以阻燃防护服为例,对本教材前九章所讲述内容就其应用方法进行概括总结。本章从面料测试与选择、服装设计 with 制作、服装人体生理学实验、火灾及热辐射现场实验等多方面进行详细介绍,更有助于学生对服装工效学研究方法的掌握与应用。

附录部分是为了学生学习与实验方便,提供了本书实验以及相关计算所必需的数据表格,如呼吸商、饱和水汽压、相对湿度、PMV、PPD等。

参加本书编写的有张辉、周永凯、曹俊周、黎焰等,全书由张辉统稿,曹俊周审稿。在本书的编写过程中,郜琳、唐久英、郭利强、林文茹等给予了帮助,在此一并致谢。

服装工效学是一门边缘学科,涉及领域比较广泛,但限于经验和水平,书中内容难免有不妥之处,恳请读者批评指正。

张 辉
2009年4月

《服装工效学》(第2版)教学内容及课时安排

章/课时	课程性质/课时	节	课程内容
第一章 (2 课时)	基础理论 (2 课时)		• 绪论
		一	人类工效学
		二	服装工效学
第二章 (2 课时)	专业知识与实验方法 (22 课时)		• 描述环境的物理量
		一	气温
		二	湿度
		三	风
		四	辐射
		五	色彩
第三章 (6 课时)			• 人体测量学
		一	人体测量的统计指标
		二	人体尺寸的测量
		三	服装工效学人体生理指标的测量
第四章 (4 课时)			• 与服装工效学有关的服装材料学概论
		一	织物的透气性
		二	织物的透湿性
		三	织物的保温性
第五章 (6 课时)			• 服装的干热传递与热阻
		一	辐射散热
		二	对流散热
		三	传导散热
		四	服装的传热原理与热阻
第六章 (4 课时)			• 服装的湿热传递
		一	蒸发散热
		二	服装蒸发散热的评价指标
		三	服装蒸发散热的计算
第七章 (2 课时)	专业理论 (2 课时)		• 暖体假人和人工气候室
		一	暖体假人
		二	人工气候室

章/课时	课程性质/课时	节	课程内容
第八章 (6 课时)	专业理论、应用理论与实验方法 (6 课时)		● 服装的舒适性及其评价方法
		一	人体的感觉及舒适感
		二	服装舒适性概论
		三	服装舒适性的评价方法
		四	人体穿着实验方法
		五	热平衡方程
		六	热舒适图
		七	预测平均票数(PMV)与不满意百分数(PPD)
第九章 (4 课时)	专业知识		● 特种功能服装及材料
		一	特种功能服装概述
		二	阻燃防护服
		三	飞行服
		四	宇航服
		五	防弹服
		六	“鲨鱼皮”泳衣
第十章 (2 课时)	应用方法 (4 课时)		● 阻燃防护服的开发及其工效学评价
		一	阻燃防护服及实验设计
		二	实验结果与讨论
		三	实验结论
第十一章 (2 课时)			● 乒乓球运动服装的工效学研究
		一	乒乓球服装袖型结构的运动功能性研究
		二	乒乓球运动代谢产热量的测量
		三	服装宽松度对乒乓球运动 T 恤热湿舒适性的影响

注 各院校可根据自身的教学特点和教学计划对课程时数进行调整。

目录

第一章 绪论	002
第一节 人类工效学	002
一、人类工效学的定义	002
二、人类工效学研究的内容	002
三、人类工效学研究的目的	003
四、人类工效学的发展动向	004
第二节 服装工效学	004
一、服装工效学的定义	004
二、服装工效学的主要研究内容	004
三、我国开展服装工效学的情况	006
第二章 描述环境的物理量	008
第一节 气温	008
一、温标及温标之间的换算	008
二、气温的测量方法	009
三、气温对人的影响	009
四、舒适的环境温度	010
第二节 湿度	011
一、描述湿度的指标	011
二、测量湿度的仪器	012
第三节 风	013
一、风的特征及表示	013
二、风速的测量方法	014
第四节 辐射	016
一、辐射热	016
二、辐射热的测量方法	017
第五节 色彩	018
一、色彩的形成	018
二、色彩的象征作用	019
三、色彩的生理作用	019

第三章 人体测量学	022
第一节 人体测量的统计指标	023
一、平均值	023
二、均方差	024
三、百分位数	024
第二节 人体尺寸的测量	025
一、人体尺寸的测量方法	025
二、人体尺寸测量数据与国家服装号型标准	027
三、人体尺寸的影响因素	029
第三节 服装工效学人体生理指标的测量	031
一、人体的体温	031
二、能量代谢	041
三、人体表面积	049
四、体重丧失量	051
五、心率	053
第四章 与服装工效学有关的服装材料学概论	056
第一节 织物的透气性	056
一、透气性的概念	056
二、织物透气性的测量方法	057
三、织物透气性的影响因素	058
四、织物在润湿状态下的透气性能研究	059
第二节 织物的透湿性	063
一、透湿性的概念	063
二、织物透湿性能的测量方法	063
三、费克方程	064
四、织物透湿性的影响因素	065
第三节 织物的保温性	065
一、保温性的概念	065
二、织物保温性的测量方法	066
三、织物保温性的影响因素	067
四、织物在润湿状态下的保温性研究	068
第五章 服装的干热传递与热阻	076
第一节 辐射散热	076
一、辐射散热的概念	076

二、辐射散热的计算	077
三、辐射散热的影响因素	079
第二节 对流散热	080
一、对流散热的概念	080
二、对流散热的计算	081
三、对流散热的影响因素	081
第三节 传导散热	082
一、传导散热的概念	082
二、传导散热的计算	082
第四节 服装的传热原理与热阻	083
一、服装的传热原理	083
二、服装的热阻	084
三、服装热阻的影响因素	088
四、服装热阻的测量	092
第六章 服装的湿热传递	096
第一节 蒸发散热	096
一、蒸发散热的概念	096
二、人体的出汗机理	096
三、蒸发散热的影响因素	097
第二节 服装蒸发散热的评价指标	098
一、透湿指数	098
二、蒸发散热效能	102
三、透水指数	103
第三节 服装蒸发散热的计算	103
第七章 暖体假人和人工气候室	106
第一节 暖体假人	106
一、暖体假人概述	106
二、国外暖体假人研究概况	108
三、我国暖体假人的研制概况	110
第二节 人工气候室	111
一、人工气候室的结构原理	111
二、人工气候室的具体环境参数	111
三、实验类型	111

第八章 服装的舒适性及其评价方法	114
第一节 人体的感觉及舒适感	114
一、感觉的一般概念	114
二、感觉的生理机制	115
三、感受性与感觉阈限	115
四、温度感觉	116
五、触压感觉	117
六、人体的舒适感	118
第二节 服装舒适性概论	119
一、服装舒适性的研究概况	119
二、服装舒适性的定义	120
三、服装舒适性的分类	121
第三节 服装舒适性的评价方法	122
一、材料实验	122
二、假人实验	123
三、人体穿着实验	123
四、现场穿着实验	123
五、大规模穿着实验	123
第四节 人体穿着实验方法	124
一、人体穿着实验及评价方法	124
二、人体穿着实验的限度	124
三、主观感觉评价	125
第五节 热平衡方程	127
一、人体的产热量	127
二、通过皮肤表面的不显汗蒸发所散失的热量	128
三、汗液通过皮肤表面蒸发所散失的热量	128
四、通过呼吸所产生的蒸发散热量	130
五、通过呼吸所产生的对流散热量	130
六、通过服装的干热传递量	131
七、通过服装外表面的辐射热交换量	131
八、通过服装外表面的对流热交换量	131
九、热平衡方程式	131
第六节 热舒适图	132
第七节 预测平均票数(PMV)与不满意百分数(PPD)	142
一、预测平均票数(PMV, Predicted Mean Vote)	142
二、不满意百分数(PPD, Predicted Percentage of Dissatisfied)	143

第九章 特种功能服装及材料	148
第一节 特种功能服装概述	148
第二节 阻燃防护服	149
一、阻燃防护服的应用分类	150
二、阻燃防护服的结构和材料	150
第三节 飞行服	154
一、抗荷服	154
二、代偿服	156
三、抗浸服	157
第四节 宇航服	158
一、宇航服的发展	158
二、宇航服的分类与结构	164
三、宇航服的工效学应用	169
第五节 防弹服	172
一、防弹服的历史变革	173
二、防弹服的分类	173
三、防弹服的纤维材料	173
四、防弹服的评价指标	175
五、防弹服的发展趋势	175
第六节 “鲨鱼皮”泳衣	176
一、“鲨鱼皮”泳衣的发展	176
二、“鲨鱼皮”泳衣的材料	177
三、“鲨鱼皮”泳衣的原理	177
四、后“鲨鱼皮”时代	177
第十章 阻燃防护服的开发及其工效学评价	180
第一节 阻燃防护服及实验设计	180
一、阻燃防护服材料	180
二、阻燃防护服的结构与款式	181
三、实验方案	181
第二节 实验结果与讨论	184
一、面料的组织结构及服用和防护性能	184
二、阻燃防护服实验	189
第三节 实验结论	202

第十一章 乒乓球运动服装的工效学研究 204

第一节 乒乓球服装袖型结构的运动功能性研究 204

一、乒乓球服装板型设计及袖型变化原理 204

二、实验设计 206

三、实验结果与讨论 207

四、结论与展望 212

第二节 乒乓球运动代谢产热量的测量 212

一、代谢产热量测量的原理 212

二、乒乓球运动技术动作的分类及其代谢产热量的测量 213

三、技术动作的聚类分析 215

四、代谢产热量与击球频率的关系方程 216

五、乒乓球比赛的视频分析 221

六、结论 222

第三节 服装宽松度对乒乓球运动 T 恤热湿舒适性的影响 223

一、实验方案 223

二、实验结果与讨论 225

三、结论 230

参考文献 231

附录

附录 1 相对湿度换算表 234

附录 2 -40~60℃ 气温条件下的饱和水汽压及含湿量表 240

附录 3 非蛋白呼吸商和氧热价 249