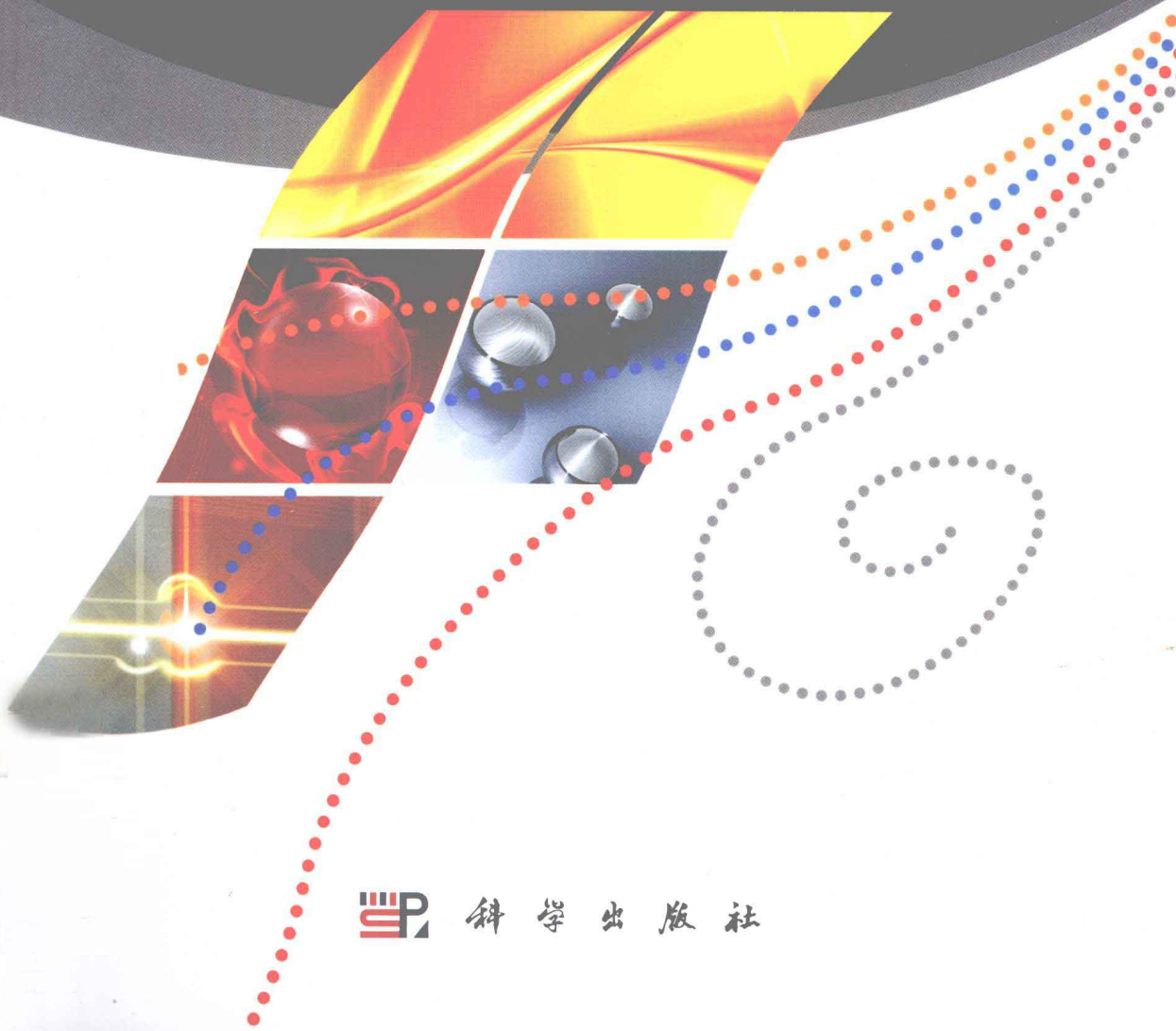


人与热环境

黄建华 张 慧 编著



科学出版社

武汉纺织大学学科建设经费资助出版

人与热环境

黄建华 张 慧 编著

科学出版社

北 京

内 容 简 介

本书以人体-服装-建筑-环境系统为出发点,全面、系统地阐述热环境对人的舒适、健康及工作效能的影响。主要内容包括:人体温度和体温调节系统,热环境的物理参数及评价,人体与环境的热交换,人在中等热环境中的热舒适(包括适应热舒适模型),人在冷环境中的生理反应、冷环境对人的工作效能的影响、冷应力的评价,人在高温环境中的生理反应、高温环境对人的工作效能的影响、热应力的评价、人体生理参数的测定,人在动态热环境中的热舒适,人体室外热舒适,人在非均匀热环境中的热舒适,睡袋的热舒适,服装的热湿传递性能,等等。

本书总结了 20 世纪 20 年代以来国际学术界在人体热舒适方面的研究成果(大多数为国内外学者的共识),通过权威、翔实的资料及确凿的数据,深入浅出地论述了人体热舒适及相关研究领域的科学知识和最新研究进展,为营造舒适、健康、高效的建筑热环境提供理论依据和指导。

本书可作为建筑环境与设备工程专业、服装工程与设计专业的教材参考书,也可作为供热通风及空气调节、人类工效学、人机环境工程、职业卫生学、生理学、环境工程、户外运动等相关领域的研究人员以及相关管理人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

人与热环境/黄建华,张慧编著. —北京:科学出版社,2011

ISBN 978-7-03-029976-5

I. ①人… II. ①黄…②张… III. ①热环境-基本知识 IV. ①X21

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 005254 号

责任编辑:陈 婕 卜 新 / 责任校对:纪振红
责任印制:赵 博 / 封面设计:耕者设计工作室

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2011 年 1 月第 一 版 开本: B5 (720×1000)

2011 年 1 月第一次印刷 印张: 20 1/2

印数: 1—2 000 字数: 400 000

定价: 60.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

著名生物学家 Peter Scholander 说过,人是一种热带动物。因为人是汗腺最发达的哺乳动物,在闷热的气候条件下,通过出汗蒸发散热,人体体温能够保持相对恒定。如果人裸体且体温保持在 37°C ,那么,其周围环境的热中性温度为 $28\sim 30^{\circ}\text{C}$ 。否则,人不得不通过行为调节(肌肉运动、着装等)维持体温的相对稳定。此外,人在炎热环境中的适应能力比在冷环境中要强。因此,人更适应热带气候。

大多数科学家认同人类起源于东部非洲热带丛林。在人类向高纬度地区逐渐迁徙的漫长历史过程中,真正对人类的生存起保障作用的三项重要发明是:生火取暖,缝制衣服,建造原始遮蔽物。火的发明不仅改善了人类的营养状况,而且改变了人类的生存环境。服装的出现弥补了生火取暖的不足,进一步扩大了人类的生存空间。建筑雏形(原始的巢居和穴居)的出现为人类提供了一个遮风避雨、防寒避暑的安全遮蔽物。服装和建筑为人类抵御自然环境侵袭提供了两道防线,使人能在各种复杂的环境中工作和生活。由此,可以认为人体-服装-建筑-环境系统是一个不可分割的统一体。

国外学者对人体热舒适的研究不仅在理论上获得了重大进展,而且在建立热舒适环境的实践中形成了比较完善的供热通风及空气调节技术。国内学者在这方面也进行了研究,但起步较晚,与国外同行有一定的差距,还没有全面系统介绍人体热舒适的书籍。正是在这种背景下,编者查阅了国内外大量文献资料,并结合自己在国外的研究经历,进行归纳总结,著成本书。

本书全面、系统地阐述热环境对人的舒适、健康及工作效能的影响。全书的主要内容包括:人体温度和体温调节系统,热环境的物理参数及评价,人体与环境的热交换,人在中等热环境中的热舒适(包括适应热舒适模型),人在冷环境中的生理反应、冷环境对人的工作效能的影响、冷应力的评价,人在高温环境中的生理反应、高温环境对人的工作效能的影响、热应力的评价、人体生理参数的测定,人在动态热环境中的热舒适,人体室外热舒适,人在非均匀热环境中的热舒适,睡袋的热舒适,服装的热湿传递性能,等等。

本书引用的参考资料来自世界各国研究人员在该领域的研究成果,大多数为国内外知名专家的著作、国际权威期刊和会议论文集的相关文献以及国际学术界有影响力的学会出版的书籍。其中,不乏国内外学者公认的经典著作和论文,有些知识和观点来源于国内外最新的标准文献,因此颇具权威性和时效性。在此谨向这些著作和论文的作者表示诚挚的谢意。为方便读者进一步追溯和研读相关资

料,书中采取了按章标引参考文献的形式。

本书的第1~9章、第12章由武汉纺织大学纺织学院黄建华编写。第10章(英文)由美国加利福尼亚大学伯克利分校环境设计与研究中心张慧教授及Edward Arens教授执笔,黄建华翻译,张慧教授审阅。第11章(英文)由黄建华、美国堪萨斯州立大学环境研究所Elizabeth McCullough教授和Byron Jones教授执笔,黄建华翻译。在本书的编写过程中,华南理工大学建筑学院张宇峰副教授给予了一些宝贵意见,在此表示衷心的感谢。

尽管作者试图在本书中囊括人体热舒适的所有相关知识,但由于该领域是一门交叉学科,跨度大,研究成果层出不穷,难免遗漏一些相关信息。由于作者水平有限,书中内容难免有不妥之处,恳请读者批评、指正。

作者

2010年10月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 人体-服装-建筑-环境系统	1
1.2 人在热环境中的热反应	3
1.3 热舒适的定义	4
1.4 人体热反应的主观评价	5
1.4.1 热感觉	5
1.4.2 热舒适	6
1.4.3 热可接受度	7
1.4.4 热偏好	7
1.5 人体热舒适的研究内容及意义	7
参考文献.....	8
第 2 章 人体温度和体温调节系统	10
2.1 人体的新陈代谢.....	10
2.1.1 人体新陈代谢的概念	10
2.1.2 影响人体新陈代谢的因素.....	12
2.1.3 新陈代谢率的测量与估算方法	14
2.2 人体体温.....	19
2.2.1 核心温度.....	19
2.2.2 皮肤温度.....	21
2.2.3 平均体温.....	22
2.2.4 体热含量.....	22
2.3 人体的散热.....	23
2.3.1 传导	23
2.3.2 对流	23
2.3.3 辐射	24
2.3.4 蒸发	24
2.3.5 体表面积.....	29
2.4 人体体温调节系统的生理基础.....	30
2.4.1 温度感受器	31

2.4.2	体温调节中枢	34
2.4.3	效应器	35
2.5	人体体温调节系统数学模型	38
2.5.1	人体体温调节的研究历史	38
2.5.2	二节点模型	41
2.5.3	Berkeley 模型	44
	参考文献	45
第3章	热环境	50
3.1	热环境的物理参数	50
3.1.1	大气压	51
3.1.2	密度	51
3.1.3	空气温度	51
3.1.4	露点温度	53
3.1.5	湿球温度	54
3.1.6	湿度	55
3.1.7	风	58
3.1.8	焓	60
3.1.9	焓湿图	61
3.1.10	平均辐射温度	62
3.1.11	平面辐射温度	63
3.1.12	不对称辐射温度	63
3.2	热环境的评价指标	63
3.2.1	作用温度	64
3.2.2	湿度作用温度	64
3.2.3	有效温度	65
	参考文献	67
第4章	人体与环境的热交换	68
4.1	人体与环境的热交换概述	68
4.2	人体与环境的对流热交换	70
4.2.1	对流换热的基本概念	70
4.2.2	人体与环境对流热交换的计算	70
4.3	人体与环境的辐射热交换	76
4.3.1	热辐射的基本概念	76
4.3.2	人体与环境辐射热交换的计算	76
4.4	人体皮肤的蒸发热损失	78

4.5 人体的呼吸热损失	81
参考文献	82
第5章 人在中等热环境中的热舒适	85
5.1 热舒适方程式	85
5.2 热舒适图	86
5.3 预测平均投票值和预测不满意率	89
5.3.1 预测平均投票值	89
5.3.2 预测不满意率	92
5.4 PMV 修正模型	94
5.5 影响热舒适的其他因素	96
5.5.1 与人有关的因素	96
5.5.2 与环境有关的因素	101
5.6 特殊人群的热舒适	103
5.6.1 残疾人的热舒适	103
5.6.2 未成年人的热舒适	105
5.6.3 患者的热舒适	106
5.6.4 孕妇的热舒适	106
5.7 不舒适指数	106
5.8 适应热舒适模型	107
5.8.1 适应模型的定义	107
5.8.2 适应热舒适模型的主要内容	108
5.8.3 适应热舒适模型的应用	113
参考文献	113
第6章 冷应力	118
6.1 人在冷环境中的生理反应	118
6.2 冷致血管舒张	120
6.3 冷环境对人的工作效能的影响	122
6.3.1 冷环境对认知能力的影响	122
6.3.2 冷环境对体力劳动的影响	122
6.4 冷应力的评价	124
6.4.1 风冷指数	124
6.4.2 所需服装热阻	127
参考文献	136
第7章 热应力	138
7.1 人在高温环境中的生理反应	138

7.2 高温环境对人的工作效能的影响	139
7.2.1 高温环境对认知能力的影响	139
7.2.2 高温环境对体力劳动的影响	140
7.3 热应力的评价	142
7.3.1 热应力指数	142
7.3.2 皮肤湿润率	143
7.3.3 湿球黑球温度	143
7.3.4 环境应力指数	145
7.3.5 预测热应激模型	146
7.4 人体生理参数的测定	154
7.4.1 人体核心温度的测量	154
7.4.2 人体皮肤温度的测量	157
7.4.3 人体心率的测量	159
7.4.4 人体出汗量和汗液蒸发量的测定	160
参考文献	161
第8章 人体动态热舒适	163
8.1 人在动态热环境中的热反应	163
8.1.1 温度变化时人体的热反应	164
8.1.2 相对湿度变化时人体的热反应	167
8.1.3 人体活动水平变化时的热反应	168
8.1.4 气流变化时人体的热反应	169
8.1.5 人在动态热环境中的热反应机理	171
8.2 人体动态热舒适的评价	172
8.2.1 吹风感指数	172
8.2.2 预测满意率指数	173
8.2.3 心理感觉强度模型	173
参考文献	173
第9章 人体室外热舒适	177
9.1 人在室外热环境中的热反应	177
9.1.1 人体室外热舒适的研究	177
9.1.2 室内外人体热反应差异的原因	178
9.2 人体室外热舒适的评价	178
9.2.1 室外标准有效温度	178
9.2.2 生理等效温度	178
9.2.3 RayMan 模型	179

9.2.4 通用热气象指数	181
9.3 户外服装的热舒适	182
9.3.1 热舒适模型	183
9.3.2 影响可接受舒适温度的因素	186
参考文献	189
第 10 章 人在非均匀热环境中的热舒适	192
10.1 受试者实验	192
10.1.1 受试者的选择	192
10.1.2 实验程序	193
10.1.3 热感觉和热舒适标度	194
10.2 局部热感觉	194
10.2.1 局部热感觉模型	194
10.2.2 模型的验证	196
10.3 局部热舒适	197
10.3.1 局部热舒适模型	197
10.3.2 模型的验证	200
10.4 全身热感觉	200
10.4.1 全身热感觉模型	201
10.4.2 模型的验证	204
10.5 全身热舒适	207
10.5.1 全身热舒适模型	207
10.5.2 模型的验证	208
参考文献	211
第 11 章 睡袋的热舒适	212
11.1 睡袋	212
11.1.1 睡袋的组成	212
11.1.2 睡袋的种类	213
11.1.3 睡袋的选择	215
11.2 睡袋热舒适模型综述	215
11.2.1 Goldman 模型	215
11.2.2 Holand 模型	216
11.2.3 TNO 模型	216
11.2.4 Europe 模型	217
11.2.5 KSU 模型	218
11.2.6 热舒适模型的比较	222

11.3 睡袋热舒适模型的评价	224
11.3.1 睡袋的选择	224
11.3.2 睡袋热阻的测量	225
11.3.3 受试者实验	227
11.3.4 实验数据处理	231
11.3.5 实验数据分析	232
11.3.6 结论	243
参考文献	243
第12章 服装的热湿传递性能	245
12.1 服装的热传递性能	245
12.1.1 描述服装热阻的单位	245
12.1.2 测试服装热阻的方法	246
12.2 服装的透湿性能	252
12.2.1 表示服装透湿性能的指标	252
12.2.2 服装透湿性能的评定方法	253
参考文献	254
附录A 人从事各种活动的新陈代谢率	256
附录B 焓湿图	259
附录C 单件服装的热阻	260
C1 常见单件服装的热阻值	260
C2 其他单件服装的热阻值	261
附录D 配套服装的热阻和湿阻	265
D1 常见配套服装的热阻值	265
D2 其他配套服装的热阻值和湿阻值	266
D3 防寒服的热阻值	270
D4 防暑服的热阻值	274
附录E 预测平均投票值	275
E1 人体新陈代谢率为 $46.4\text{W}/\text{m}^2$ (0.8Met)	275
E2 人体新陈代谢率为 $58.15\text{W}/\text{m}^2$ (1Met)	277
E3 人体新陈代谢率为 $69.6\text{W}/\text{m}^2$ (1.2Met)	279
E4 人体新陈代谢率为 $81.2\text{W}/\text{m}^2$ (1.4Met)	281
E5 人体新陈代谢率为 $92.8\text{W}/\text{m}^2$ (1.6Met)	283
E6 人体新陈代谢率为 $104.4\text{W}/\text{m}^2$ (1.8Met)	285
E7 人体新陈代谢率为 $116\text{W}/\text{m}^2$ (2.0Met)	287
E8 人体新陈代谢率为 $174\text{W}/\text{m}^2$ (3.0Met)	288

E9 人体新陈代谢率为 $232\text{W}/\text{m}^2$ (4.0Met)	290
附录 F 计算 PMV 和 PPD 的源程序	292
附录 G 计算所需服装热阻的源程序	293
附录 H 预测热应激模型源程序	296
预测热应激模型例子	304
附录 I 户外服装热舒适模型源程序	305
附录 J 睡袋热舒适模型源程序	307
附录 K 中英文对照	308

第 1 章 绪 论

1.1 人体-服装-建筑-环境系统

在人体-服装-建筑-环境系统中(图 1-1),人体、服装、建筑、环境四者既各成子系统,各有自身的结构和特点,又相互依存,相互制约,相互补偿。

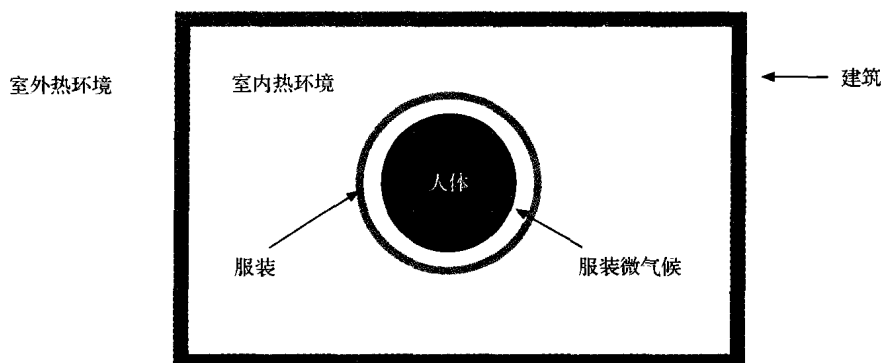


图 1-1 人体-服装-建筑-环境系统

人是环境的人,环境是人的环境,也就是说人是环境不可分割的一部分。同时,人又是环境的核心与主体。由此可见,人和环境是密不可分的。心理学家 Lewin 用下式表示人与环境的关系^[1]:

$$B = f(P, E) \quad (1-1)$$

式中, B 表示行为(behavior); f 表示函数关系(function); P 表示人(person); E 表示环境(environment)。

式(1-1)表示人的行为是由人的个体及人所处的环境所决定的。

在人与环境之间存在两道屏障:建筑和服装。由于它们的存在,人才得以在各种不同的气候条件下生存,并且通过控制室内环境和增减衣服,满足其对舒适的要求。人和环境之间要进行热量交换,人体新陈代谢会不断地产生热量,如果这些热量不能及时扩散到环境中,人就会感到不舒服,甚至会极度难受。如果人体的外部环境导致过多的热量交换,那也会产生不舒服的感觉^[2]。

人是一种高度复杂的恒温动物,为了维持内部各种器官正常的新陈代谢,人体必须保持适宜的体温(37℃左右)。当外界环境条件改变时,人体可以通过改变血

管运动、汗腺活动及肌肉运动等调节人体的产热量和散热量,保持人体与环境的热平衡。但人体的生理调节范围是很窄的,当外界气候条件的变化超出生理调节范围时,着装就成了必需的人为调节手段。服装的功能就在于在各种气候和生理条件下,保证人体皮肤与服装内层之间的微气候处于人体生理调节的范围之内。舒适则是对服装这一功能进一步的要求。

服装作为准生理学系统,它是身体的外延,是人的第二皮肤,与人体有相互作用。服装紧贴人体体表,并展现人体各部分的生理与卫生现象,是体现生理现象的物质媒介^[3]。服装作为人体体温调节系统的边界条件,有着与人体体温调节模型本身同等的重要性,人体体温调节必须通过服装的热湿传递才能最终实现。此外,服装在人体与环境之间既发挥热阻作用,又起隔热防暑作用。服装不仅影响人体和环境的显热交换,而且影响人体皮肤表面的蒸发散热^[4]。

Watkins 认为服装是可携带的贴身环境^[5]。服装贴附在身体上,由身体支撑,且服装是可携带的,与我们身体形影不离,因此,在人体皮肤和服装之间形成了微气候。在复杂多变的环境中,服装为我们提供保护及舒适。随着科学技术的发展,各种功能服装(如防化服、防寒服、阻燃防护服装、航天服、液冷服等)相继出现,它们不仅可以保护人体,而且增加了我们对环境的适应功能,使其成为可携带的环境。

建筑是人类发展到一定阶段后出现的,是人类适应各种气候的产物。建筑是由人来建造的,是人类文明的重要载体。建筑的功能是在自然环境不能保证令人满意的条件下,创造一个微环境来满足居住者的安全与健康及生活生产过程的需要。从建筑出现开始,建筑和环境就是不可分割的。随着人类文明的进步,人们对建筑的要求不断提高^[6]。热环境的设计目标是舒适、健康、高效,以最少的能源消耗提供舒适、健康的工作和居住环境,提高生活质量。

当人静坐保持舒适状态时,人体-服装-建筑-环境系统的温度分布如表 1-1 所示。

表 1-1 人体-服装-建筑-环境系统的温度分布

系统	人体核心	人体皮肤	服装微气候	室内环境	室外环境
温度/℃	36.9~37.9 (直肠) ^[7]	33~34 ^[2]	32±1 ^[4]	17.4~31.5 ^[8] (自然通风建筑,80%可接受度)	10~33 ^[8]

从人体到室外环境,温度范围越来越宽。服装是热环境中与人最贴近的部分,是人体抵御自然气候的第一道防线,对人的舒适有直接的影响。正是因为有了服装的存在,才使得人们对建筑热环境有一个相对比较宽泛的要求。建筑将人生活的环境分为室外环境和室内环境^[2]。服装将室内环境分为服装微气候和建筑内微气候。在炎热环境中,由于服装阻碍人体皮肤表面的蒸发散热,衣服显得有些多余。但是在极端寒冷环境中,服装作为第二皮肤起到了重要的御寒作用,这时候服

装的作用大于建筑。正是由于建筑和服装的出现,人类才能适应各种复杂的气候,在不同环境中生活和工作。

1.2 人在热环境中的热反应

服装生理学家 Goldman 将人在热环境中的热反应分为 5 个区^[9],如图 1-2 所示。

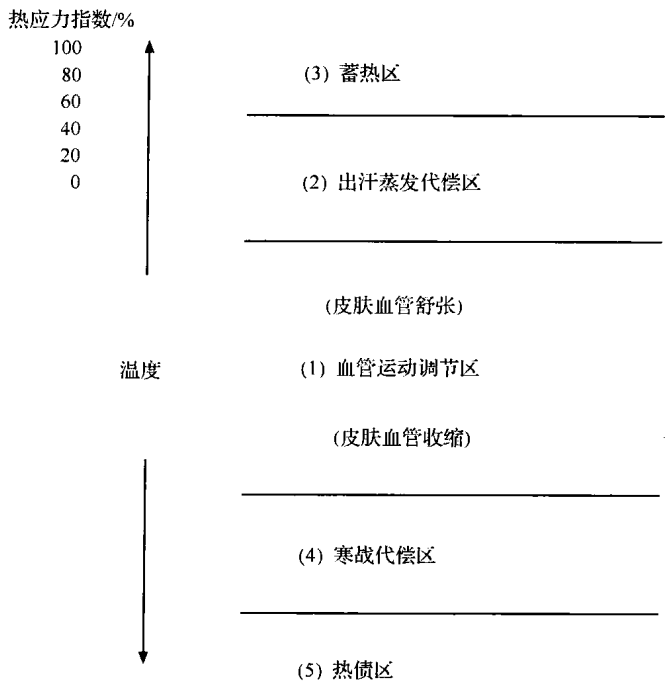


图 1-2 人在热环境中的热反应

(1) 血管运动调节区:人体和热环境之间的热交换调节通过皮肤血管的舒张和收缩来完成,在这个范围内人的热感觉是中性或稍暖或稍凉。当人体代谢产热量增加或环境温度升高时,血管舒张,导致皮肤血流量增加,皮肤表面温度增加,促进了对流、辐射、蒸发散热。相反,当人体代谢产热量减少或环境温度降低时,血管收缩,导致皮肤血流量减少,皮肤表面温度下降,体表的对流、辐射、蒸发散热相应减少。

(2) 出汗蒸发代偿区:当人体活动水平较高或环境温度继续升高时,通过汗腺出汗来增加蒸发散热,以维持人体热平衡。在这个范围内,人的热感觉是稍暖或暖和。理论上,人体可以通过出汗抵消由于代谢产热量增加及环境温度升高导致的热负荷(只要其不超过最大蒸发散热量),但是人体要承受生理紧张。生理紧张程

度可用人体所需蒸发热损失与最大蒸发热损失之比(即热应力指数 HSI)来评价。该比值越大,说明人体的生理紧张越严重。

(3) 蓄热区:当人体所需蒸发散热量大于最大蒸发散热量时,或者环境空气湿度较大,或者服装的透湿性很差,人体皮肤上的水蒸气不能及时通过服装系统扩散到周围环境中,人体进入蓄热区,体内蓄积多余的热量,体内温度上升。在这个范围内,人的热感觉是热。

(4) 寒战代偿区:当环境温度继续下降或风速增加时,人通过寒战来增加产热量,抵消人体散热的增加,以维持人体热平衡。在这个范围内,人的热感觉是凉或冷。寒战可使人体产热量比人静坐时的新陈代谢(58.15 W/m^2)增加 25%(适度的突发寒战),最大可达 5 倍(剧烈的持续寒战)。

(5) 热债区:当环境温度进一步下降或风速很高时,人通过寒战产热也不能维持人体热平衡,人体散热量大于产热量,体温下降,人体承受一定的热债。在这个范围内,人的热感觉是冷。

1.3 热舒适的定义

热舒适是一个很难下定义的复杂而模糊的概念。Goldman 认为热舒适是包含各种不同类型感觉的通用术语。一个人处于热平衡状态,但如果别人穿着西服,而他穿着粗蓝布工作服,他就会感到不舒适^[9]。

Cabanac 指出热舒适是一种心理现象,与人体内神经系统有关,实际上是外周神经感觉的综合,加上由体内温度决定的情感因素,其只存在于某些动态过程之中^[10]。Cabanac 将热舒适定义为人对热环境主观上表示中性的状态,这一定义已被国际生理科学联合会热生理学委员会接受^[11]。

由于从正面描述热舒适很难,不舒适的感觉却能很容易地用诸如刺痛、痒、热、冷等词来描绘,真正的舒适只存在于没有任何不舒适因素的时候。Hatch 从反面这样定义舒适:它是无痛、无不舒适感觉的一种中性状态^[12]。

Slater 认为热舒适是指人在生理上、心理上及物理上与环境之间处于一种愉悦协调状态^[13]。可见,热舒适性涉及不同的学科。不同学科的研究人员对热舒适的定义各有不同。心理学家通过各种标度采用舒适投票来评价舒适感觉,因其主观性,造成个体差异较大,要获得令人满意的精确度困难很大^[9]。在生理上,热舒适是人体皮肤和下丘脑内热感受器对温度变化的应答反应^[14]。在物理上,热舒适是指人体自身产生的热量与其向环境散失的热量之间的平衡,且人体皮肤温度和出汗率保持在一个较小的范围内^[15]。由此可见,人体皮肤温度在后两种情况中起主要作用。

美国作家马克·吐温有句名言:“A man cannot be comfortable without his

own approval.”^[16]可见,人体的舒适感觉属于主观现象。

依据美国供暖制冷空调工程师学会的标准(ASHRAE Standard 55—2004),热舒适的定义为:对热环境表示满意意识状态^[17],这一定义当前已被普遍接受。热舒适的主观感觉与下列因素有关^[9]:

- (1) 物理因素:环境空气温度、平均辐射温度、湿度、风速。
- (2) 着衣量:服装的热湿传递性能。
- (3) 人体活动水平:新陈代谢率。
- (4) 适应能力和热经历。
- (5) 平均皮肤温度、局部皮肤温度、出汗率。
- (6) 个体差异:不同个体对热舒适的感受是有差异的。

1.4 人体热反应的主观评价

1.4.1 热感觉

热感觉是人对于热环境冷热程度的一种有意识的主观感觉^[17]。对热感觉的研究属于心理学研究范畴。热感觉不能直接测量,尽管人们经常评价房间的“冷”和“暖”,但人是不能直接感觉到环境温度的,只能感觉到位于自己皮肤表面下的神经末梢的温度。

人的热感觉不仅包含了生理上的冷热刺激感觉,而且包含了人们心理上对冷热感觉的主观描述。热感觉除了是由冷热刺激的存在所造成的以外,还与刺激的延续时间以及人体原有的热状态有关。人体的冷、热感受器均对环境有显著的适应性。当局部皮肤已经适应某一温度后,改变皮肤温度,如果温度的变化率和变化量在一定范围内,不会引起皮肤有任何热感觉的变化。皮肤对温度的快速变化更为敏感。如果温度变化率低,适应过程会跟上温度的变化,从而完全感受不到这种变化^[1,6]。

除皮肤温度以外,人体的核心温度对热感觉也有影响。如果人体的初始体温比较低,尽管开始感受到的是中性温度,但随着核心温度的上升,将会感到暖和,最后感到燥热。因此,热感觉最初取决于皮肤温度,而后则取决于核心温度^[6]。

当环境温度迅速变化时,热感觉的变化比体温的变化要快得多。当人处于突变的环境温度下,尽管皮肤温度和核心体温的变化需要几分钟,但热感觉却会随着空气温度的变化立即发生变化。因此,在瞬变环境下,用空气温度来预测热感觉比根据皮肤温度和核心温度来确定可能更为准确。

由于不能直接测量热感觉,因此只能采用问卷调查的方式了解人对环境的热感觉,即要求受试者按某种标度来描述其热感觉。表 1-2 是两种目前最广泛使用