

全国高等院校环境艺术设计专业规划教材

室内环境物理设计

江楠 黄珂 编著

国家一级出版社 | 西南师范大学出版社
全国百佳图书出版单位 | XINAN SHIFAN DAXUE CHUBANSHE

全国高等院校环境艺术设计专业规划教材

室内环境物理设计

江楠 黄珂 编著
西南师范大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

室内环境物理设计 / 江楠 黄珂编著. -- 重庆: 西南师范大学出版社, 2010.9

ISBN 978-7-5621-5045-9

I. ①室… II. ①江… III. ①室内设计: 环境设计

IV. ①TU238

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第176783号

丛书策划: 李远毅 王正端

全国高等院校环境艺术设计专业规划教材

主编: 郝大鹏 执行主编: 韦爽真

室内环境物理设计 江楠 黄珂 编著

责任编辑: 戴永曦

书籍设计: 田智文 王正端

出版发行: 西南师范大学出版社

地址: 重庆市北碚区天生路1号 邮编: 400715

<http://www.xscbs.com.cn> E-mail: xscbs@swu.deu.cn

电话: (023)68860895 传真: (023)68208984

经 销: 新华书店

制 版: 重庆新生代彩印技术有限公司

印 刷: 重庆长虹印务有限公司

开 本: 889mm×1194mm 1/16

印 张: 9

字 数: 288千

版 次: 2011年3月 第1版

印 次: 2011年3月 第1次印刷

ISBN 978-7-5621-5045-9

定 价: 48.00 元

本书部分作品因无法联系作者, 客观上不能按照法律规定解决版权问题, 我社已将该部分作品的稿酬转存于重庆市版权保护中心, 请未收到稿酬的作者与其联系。

重庆市版权保护中心地址: 重庆江北区杨河一村78号10楼(400020)

电话(传真): (023)67708230

出版、发行高校艺术设计专业教材敬请垂询艺术教育分社。

本书如有印装质量问题, 请与我社读者服务部联系更换。

读者服务部电话: (023)68252471

市场营销部电话: (023)68868624 68253705

艺术教育分社电话: (023)68254107 68254353

序

郝大鹏

环境艺术设计市场和教育在内地已经喧嚣热闹了多年，时代要求我们教育工作者本着认真负责的态度，沉淀出理性的专业梳理。（面对一届届跨入这个行业的学生，给出较为全面系统的答案，本系列教材就是针对环境艺术专业的学生而编著的。）

编著这套与课程相对应的系列教材是时代的要求，是发展的机遇，也是本学科走向更为全面、系统的挑战。

它是时代的要求。随着经济建设全面快速的发展，环境艺术设计在市场实践中一直是设计领域的活跃分子，它创造着新的经济增长点，提供着众多的就业机会。广大从业人员、自学者、学生亟待一套集理论分析与实践操作相统一的，可读性强、针对性强的教材。

它是发展的机遇。大学教育走向全面开放阶段，从精英教育向平民教育的转变使得更为广阔的生源进进大学，学生更渴求有一套适合自身发展、深入浅出，并且与本专业的课程能一一对应的系列教材。

它也是面向学科的挑战。环境艺术设计的教学与建筑、规划等不同的是它更具备整体性、时代性和交叉性，需要不断地总结与探索。经过二十多年的积累，学科发展要求走向更为系统、稳定的阶段，这套教材的出版，对这一要求无疑是有积极的推动作用的。

因此，本套系列教材根据教学的实际需要，同时针对教材市场的各种需求，具备以下的共性特点：

1. 注重体现教学的方法和理念，对学生实际操作能力的培养有明确的指导意义，并且体现一定的教学程序，使之能作为教学备课和评估的重要依据。本套教材从培养学生能力的角度分为理论类、方法类、技能类三个部分，细致地讲解环境艺术设计学科各个层面的教学内容。

2. 紧扣环境艺术设计专业的教学内容，充分发挥作者在此领域的专长与学识。在写作体例上，一方面清楚细致地讲解每一个知识点、运用范围及传承与衔接；另一方面又展示教学的内容，学生的领受进度，形成严谨、缜密而又深入浅出、生动的文本资料，成为在教材图书市场上与学科发展紧密结合、与教学进度紧密结合的范例，成为覆盖面广、参考价值高的第一手专业工具书与参考书。

3. 每一本书都与设置的课程相对应，分工细腻、专业性强，体现了编著者较高的学识与修养。插图精美、说明图例丰富、信息量大，博采众家之长而又高效精干。

最后，我们期待着这套凝结着众多专业教师和专业人士丰富教学经验与专业操守的教材能带给读者专业上的帮助，也感谢西南师范大学出版社的全体同仁为本套图书的顺利出版所付出的辛勤劳动。预祝本套教材取得成功！

2008年1月于重庆虎溪大学城

前言

室内环境物理设计是室内设计的一门专业基础课。室内环境物理不但包含部分理论知识，而且也涵盖专业技术实践，它是由热环境、光环境和声环境三部分组成，我们生活的环境空间离不开这三类基本环境要素。在全社会节约能耗，走可持续发展的道路上，如何更加有效地利用这些环境要素，创造和谐的生活空间，这就需要我们认真仔细地研究环境物理。而目前这方面的工作开展得还不够，主要有以下几点原因：

1. 环境物理涉及部分抽象的理论知识。在分析环境物理现象的时候，我们需要探究这些现象背后的本质，而这一过程需要深刻的理论分析，所以无形中增加了学习者的负担。

2. 部分环境要素。例如热或声，在设计或建设之初是不便于感知和体会的。而艺术院校的学生更善于接受形象的思维，对于理性和抽象思维显得相对匮乏。

3. 社会重视程度不够。大家的焦点，一般都集中在形体、色彩、肌理等外在设计要素上。而物理环境的前期规划、布置、构造、调整等重要的环节被抛之脑后。例如：温度不舒适，指望安装空调解决问题；光线不佳，便多设照明灯具；声音听不清，便寻求更好、更灵敏的扩音系统。殊不知，这种直到发现问题，才去设法弥补的工作方式使设计师显得消极被动，增加投资、浪费资源的情况便在所难免。真正负责任的设计者，应该在事先便仔细分析各类环境要素，考虑到各种可能出现的问题，寻求出最为合理的解决方案。

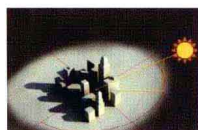
本书的内容不但采用了与现行的建筑物理相关的规范、标准，而且还考虑到艺术院校的学生学习物理环境概念和原理的思维特性，力图以全面系统的框架结合形象生动的图例和工程实例，大量简化理论阐述和枯燥的公式论证，深入浅出地解析室内环境物理的原理和相关知识。目标是使室内环境物理这一门课程的教学更为生动、形象，更能符合学生的实际情况，使他们通过室内环境物理课程学习，就能熟练地掌握物理环境的基本原理，以及正确应用调整和控制物理环境条件的技术措施和方法，熟悉相关规范，创造出适宜的物理环境。本书可以作为室内设计专业、环境艺术设计专业和装潢设计专业的本科或大专学生的教材，也可以作为相关专业人员的参考书，同时也适合广大非专业人士阅读。

本书的编写，要特别感谢西南科技大学的黄珂博士——我的合作者，他为这本书付出了很多。特别感谢我的研究生导师严永红教授，从本书的框架雏形到终稿完成，提出了许多宝贵意见，对提高本书的编写质量起到了重要作用。感谢四川美术学院副院长、设计艺术学院院长郝大鹏教授，设计艺术学院环境艺术系韦爽真女士，给我提供了这么一次难得的机会，让我得以将几年的教学经验和感悟，结合自身专业研究，编著成书。感谢我的学生，现正在攻读硕士学位的刘畅、韩光渝两位同学，在繁忙的功课之余，帮助我完成了本书大量图片的绘制、编辑工作。

另外，由于编者水平有限，尚有不足之处，恳请读者批评指正。

编者著

目录



第一章 热环境

1

第一节 室外热环境

- 一、太阳辐射
- 二、气温
- 三、空气湿度
- 四、风
- 五、降水
- 六、热工分区
- 七、作业任务

8

第二节 室内热环境

- 一、人体热平衡
- 二、热平衡环境影响因素
- 三、作业任务

11

第三节 热环境设计

- 一、基本原理
- 二、建筑与通风
- 三、保温设计
- 四、隔热设计
- 五、作业任务



第二章 光环境

41

第一节 光学基本知识

- 一、光的本质
- 二、人眼的视觉和颜色
- 三、光度量
- 四、材料的光学特性
- 五、作业任务

55

第二节 光源与灯具

- 一、光源
- 二、灯具
- 三、作业任务

目录



71

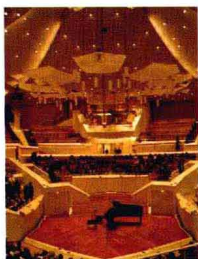
第三节 天然光应用设计

- 一、被动式天然采光
- 二、主动式天然采光
- 三、作业任务

77

第四节 人工照明设计

- 一、室内照明设计基础
- 二、居住空间室内照明设计
- 三、商业空间室内照明设计
- 四、办公空间室内照明设计
- 五、博物馆、美术馆室内照明设计
- 六、工程实例
- 七、作业任务



第三章

声环境

104

第一节 声学基本知识

- 一、声音的产生、传播、频率、波长、速度
- 二、声音的计量
- 三、吸声材料特性
- 四、作业任务

115

第二节 建筑隔声设计与噪声控制

- 一、评价指标
- 二、隔绝空气传声
- 三、隔绝固体传声
- 四、声环境设计
- 五、作业任务

125

第三节 建筑音质设计

- 一、背景声控制
- 二、厅堂的音质设计
- 三、设计案例分析与实践
——英国的Lou和他的音乐室 (Lou's studio)
- 四、作业任务

138

主要参考文献

138

参考网站

第一节 室外热环境

人们对气候的认识由来已久,通过感受春夏秋冬四季变化与南北气候差异来认识我们的生活环境。气候通过建筑物的围护结构、外门窗直接影响室内环境,因此建筑与环境设计必须要了解当地主要气候要素的变化规律及其特征,利用有利气候,防避不利影响,采取综合措施,获得良好的室内热环境。

构成气候的主要气象要素有太阳辐射、气温、空气湿度、风和降水等。

一、太阳辐射

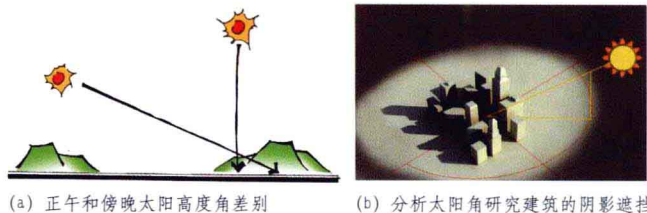
太阳辐射属于电磁波辐射,其光谱范围很宽,而能量主要集中在紫外线、可见光及红外线三个波段。太阳辐射是决定气候的主要因素,对建筑物的室内环境既有利也有弊。太阳辐射直接作用于建筑物,夏季强烈阳光照射使房间过热难耐,而冬季的阳光给房间带来光明和温暖,因此建筑对太阳辐射有夏季防避、冬季利用的要求,我们可通过建筑保温设计或遮阳、隔热设计来满足使用需要。

太阳辐射照度随时间、日期而变化(图1-1、图1-2)。在一天中,中午太阳高度角比早晨和傍晚大,因此中午太阳辐射照度最大。在一年中,地球围绕太阳运行,但由于地轴与地球运行的轨道平面始终成 $66^{\circ}33'$ 倾斜,因此地面有了春夏秋冬四季变化。对于北半球的同一地区而言,夏季太阳高度角比冬季大,由此决定了夏季太阳辐射带来的能量比冬季多。

二、气温

在室外气候因素中,人对气温变化的感觉非常明显,所以通常以气温为指标来评价气候的冷暖程度。我们常见的天气预报也以气温为其主要指标之一,例如:

“北京:晴, $24^{\circ}\text{C}\sim 28^{\circ}\text{C}$ ”。气象部门以气温为指标来划分春夏秋冬四季。建筑设计也是以气温为指标来划分不同的热工气候区,作为采取适用技术措施改善室内环境的依据。



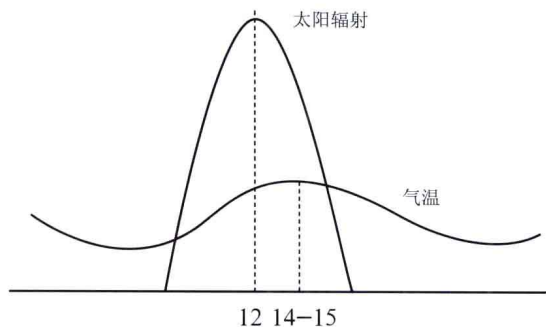
(a) 正午和傍晚太阳高度角差别

(b) 分析太阳角研究建筑的阴影遮挡

图1-1 不同时段太阳高度角差别



图1-2 都市日落,此时太阳高度角小,方位角大



(a) 太阳辐射地面引起气温升高的滞后



(b) 沙地或硬质铺装升温快



(c) 绿地升温慢

图1-3 气温变化滞后

空气中的热量来自太阳,但太阳直接辐射加热空气引起的增温非常微弱。气温升高的主要过程为:太阳辐射穿透大气直达地面,地面吸热升温后发出长波辐射(波长为 $3.0\mu\text{m}\sim 120\mu\text{m}$)被大气吸收,同时地面与空气之间产生自然对流,因此地面与空气的热交换是空气温度升降的直接原因。这也表现在同一地区的空气温度,海拔越高,温度越低,也就是离地面越远,气温越低(海拔每上升 1000m ,气温降低约 6°C)。

由于太阳辐射首先影响地面,地面再影响气温,因此出现气温变化与太阳辐射变化不同步,具有一定的滞后性。例如在一天中,正午12时太阳辐射最强,但气温在下午14时~15时才最高(图1-3);在一年中,太阳辐射6月底最强,12月底最弱,但最高气温出现在7月~8月,最低气温出现在1月~2月。

除了太阳辐射的决定作用以外,影响气温的因素还有大气的对流作用。无论是水平方向还是垂直方向的空气流动,都会使高、低温空气混合,从而减少地域间空气温度的差异。此外地表覆盖材料对气温的影响也很重要,草原、森林、水面、沙漠等不同的地面覆盖层对太阳辐射的吸收及与空气的热交换状况都不相同,对气温的影响不同,因此各地气温就有了差别。例如水面和陆地,在同样的太阳辐射下,水面由于蓄热大、蒸发大,表面温度上升慢、下降也慢,因此水面上的空气温度变化小,比陆地稳定。另外海拔高度、地形地貌都对气温及其变化有一定影响。山顶与山谷相比,白天山顶日照时间长,升温快,夜间山顶向天空辐射冷却面大,降温也快,因此山顶气温变化大,山谷气温变化小(图1-4)。

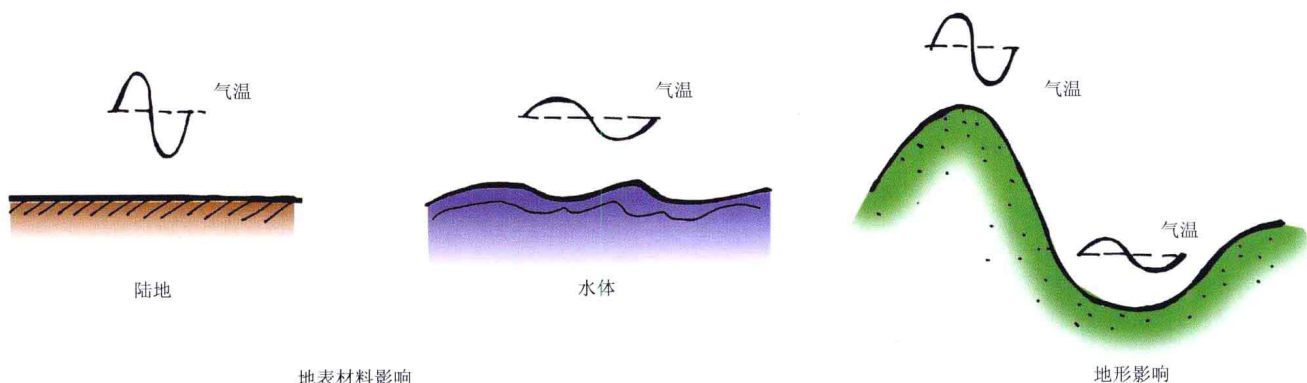


图1-4 地面对气温影响

中国气象台站地面所观测的气温是指距离地面1.5 m高度的百叶箱内温度。使用百叶箱的目的是创造通风透气, 而且没有阳光直射的测量环境。

三、空气湿度

我们周围的空气都含有水蒸气, 我们把这种含有水蒸气的空气叫做湿空气。空气湿度是指空气中水蒸气的含量。这些水蒸气来源于各种水面、植物及其他载水体的蒸发。空气湿度有多种指标表示, 在建筑环境设计中常用的空气湿度指标有水蒸气分压力、相对湿度、露点温度。

空气由多种成分组成, 水蒸气为其中之一。空气所具有的压力为各成分分压力之和, 水蒸气所具有的分压力可以反映空气含湿量, 空气中水蒸气分压力越大, 空气中的水分就越多, 空气就越湿。空气中的水蒸气分压力有一个最大限值, 称为饱和水蒸气分压力, 此时空气中的水蒸气达到了饱和状态, 超过这个值的水蒸气将凝结成液态水。饱和水蒸气分压力表示空气容纳水分的最大能力, 与空气温度有关, 气温越高, 饱和水蒸气分压力就越大, 空气容纳水分的能力也越大。饱和水蒸气分压力与气温的关系见图1-5。

由此就可以解释天空下雨的原理: 地面附近气温较高, 能够容纳较多的水蒸气, 当热空气对流上升到高空, 气温降低, 饱和水蒸气分压力相应降低, 多余的水蒸气就凝结成云雾, 最后越聚越多, 凝成雨水落下来。

水蒸气分压力表示空气中水蒸气的实际含量, 也称为空气的绝对湿度。然而空气中水蒸气含量的多少并不容易直接反映人对空气干湿程度的感觉。人感觉的空气干湿程度主要取决于空气蒸发水分的快慢, 空气蒸发力越强, 越感觉干燥。而空气的蒸发力取决于空气中水蒸

气接近饱和的程度, 空气中水蒸气越接近于饱和, 水分蒸发进入空气就越困难, 蒸发速度就越慢。当空气中水蒸气达到饱和时, 空气再也不能容纳多余的水蒸气, 蒸发为零。相反, 空气中水蒸气远离饱和状态时, 空气的蒸发力就越强, 水分蒸发的速度就越快。例如: 在30℃的相同气温条件下, 人在沙漠中感觉异常干燥(体表水分蒸发快), 而在海边则感觉舒适(体表水分蒸发慢)。

因此用空气中水蒸气分压力 P 与它的饱和水蒸气分压力 P_s 的比值来表示人感觉的空气干湿程度, 称为空气相对湿度, 用 φ 表示, 单位为%, 即

$$\varphi = \frac{P}{P_s}$$

例如, 在使用中的浴室, 空气相对湿度就可以达到100%, 为达到舒适的目的, 我们在浴室安装换气扇, 迅速将湿空气排走, 以降低空气相对湿度(图1-6)。人体感觉适宜的相对湿度在40%~70%之间, 可用常用温湿度计进行测量(图1-7)。



图1-6 某浴室顶部的换气、取暖和照明布置

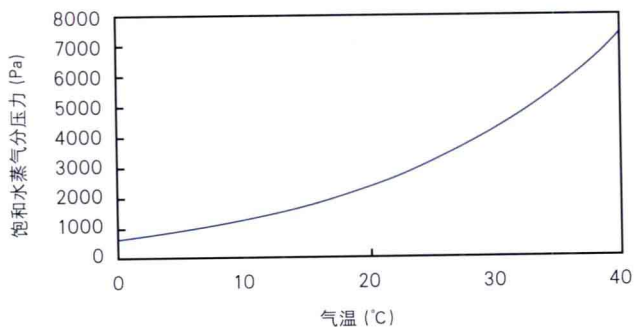


图1-5 饱和水蒸气分压力



图1-7 某指针式温湿度计

如果保持空气中水蒸气含量不变,而只是降低空气温度,则因其饱和水蒸气分压力的降低而使得空气相对湿度增大。当空气温度降低到饱和水蒸气分压力与水蒸气分压力相等时,即空气相对湿度为100%的时候,这时的空气温度称为露点温度。简而言之,空气的露点温度就是空气中水蒸气开始出现结露时的温度。空气温度降低到露点温度是导致水蒸气产生凝结的重要条件。

在湿热地区建筑设计中,控制建筑内表面温度高于空气露点温度是建筑防潮设计的基本要求。夏季初到,太阳辐射开始变强,大量的热量投射到地面,空气升温,蒸发力变强,地表水分获得了更多的蒸发热量,大量进入空气。然而这时的建筑内表面由于受不到太阳照射,又经历了冬季长时间的低温环境,可能内墙表面会低于室外空气的露点温度。当室外潮湿空气进入房间遇到低温表面,水蒸气便凝结出来,使得地面、墙角返潮,时间长了就容易滋生真菌,污染环境,诱发疾病(图1-8)。因此避免房间结露是建筑环境设计的基本任务。

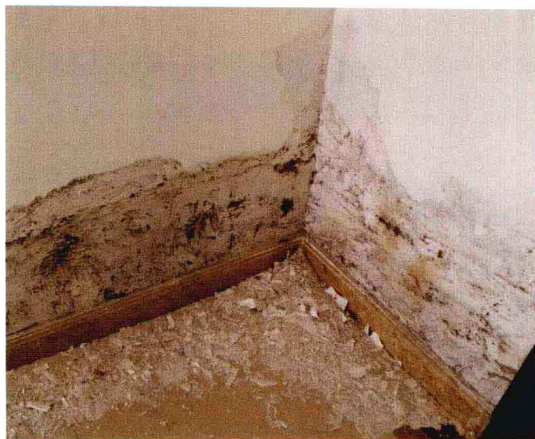


图1-8 墙角受潮

下面用示意简图来说明风的形成(图1-9)。假使整个大气开始时处于平衡状态,这时甲、乙相邻两地没有温差,气压相等,此时两地上空也同时是热平衡和静力平衡的,如图1-9(a)。若两地因日照等受热冷暖不同,地面出现温差,甲地高于乙地,则甲地大气开始向上膨胀,虽然继续在地面维持气压平衡,但在高空已出现了甲地气压高于乙地。因此,在高空出现了从变暖快地区到变暖慢地区的高空气流,这种气流使高空产生压力平衡的趋势,如图1-9(b)。接着在变暖的乙地出现高压,产生了从乙地流向甲地的气流,这就形成了风,如图1-9(c)。

四、风

(一) 风的形成

风产生的原因很复杂,水平方向的气压差是形成风的基本原因,这种气压差通常是由于大气升温不均匀造成的。导致大气升温差别因素有日照不均匀、下垫面物理性质不同、地面覆盖材料不同、空气中水蒸气凝结放热等,这也说明风形成的复杂性。

(二) 风的分类

风具有地域性、地方性和局部性。根据风的成因、范围和规模,风可分为大气环流、季风、地方风等类型。

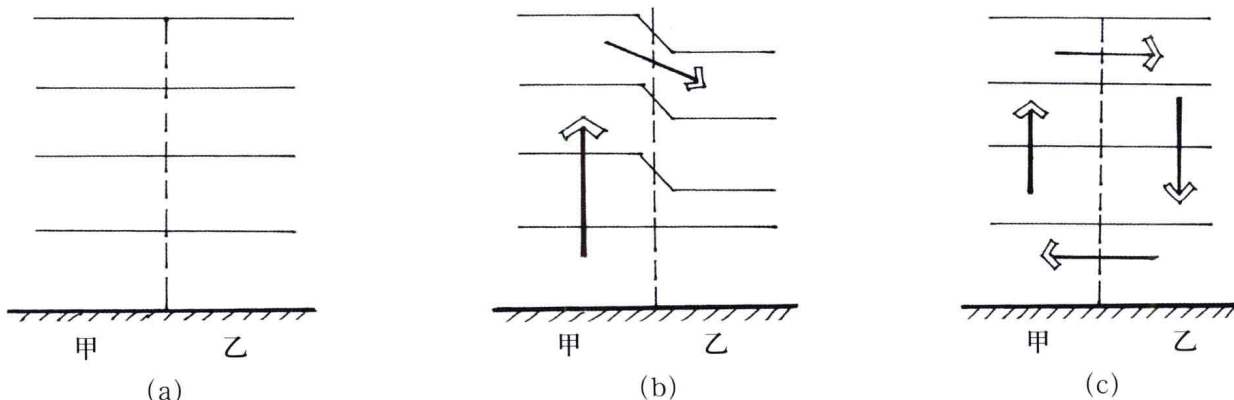


图1-9 风的形成示意图

1. 大气环流

大气环流是大规模的大气运动,这种运动牵涉到整个地球大气。在地球的赤道地带,由于气温高,空气受热膨胀上升,从高空流向南北半球,由于地转偏向力的作用,气流向其前进方向的右方偏转,到了纬度 30° 的地方,气流几乎与纬度平行,造成地面高压无风。从这一带开始,地面气流向南北流动,在纬度 30° 以南造成北风,在纬度 30° 以北造成南风。这种风行进到纬度 60° 时已抬头向上,在地面造成低压吸引两极的气流,形成整个大气的完整环流。

2. 季风

季风是由于海洋与大陆对太阳辐射的升温效果不同而产生的范围较大、周期较长的大气运动。夏季大陆强烈受热,近地面层形成热低压,而在海洋上副热带高压大大扩展,从而使气流由海洋流向大陆。冬季,大陆迅速冷却,近地面层形成冷高压,而海洋上的副热带高压逐渐退缩,大陆高压扩展,气流由大陆向海洋运动。这样引起一年中盛行风向随季节做有规律地变化,从而形成季风。我国是著名的季风区,东南大部分地区夏季刮东南风,冬季刮西北风。

3. 地方风

地方风是由于局部环境,如地形起伏、水陆分布、绿化地带等的影响,造成某些局部地方加热、冷却不均,产生小规模的气流,其周期为一天。地方风的种类很多,主要有水陆风、山谷风、林原风等(图1-10)。只要有形成它的条件,就能产生风,如巷道风、庭院风等。

水陆风是在江岸、湖滨、海滨等水陆相接处,由于水面与陆地加热、冷却快慢不一,出现了白天由水到陆的水风,夜晚由陆到水的陆风。

山谷风是由于山坡比山谷受日照的时间较早而且长,日辐射强,升温快,从而白天风沿坡而上形成谷风,夜晚风顺坡而下形成山风。

林原风是由于绿化地带的茂密森林与开阔的田园两地受热不均,日间风从林中吹来,夜间风向林中吹去。

同理,街巷风、天井风和庭院风等都是由于建筑布局与平面设计采取了不同的处理手法,造成不同的局部环境而形成不同温差的结果。

(三) 风的特性

风的特性是用风向、风速和风质来描述的。风向是指风吹来的方向,通常分成8个方位或16个方位。将一段时期观察的风向次数按各方位统计起来,并在极坐标上将各方位的风向频率用向径表示,得到风向频率图,如果将各风向频率的端点用直线连接成一封闭的多角形,得到风向玫瑰图。玫瑰图上所表示风的吹向(即风的来向),是指从外面吹向地区中心的方向,实线为全年,虚线为夏季。图1-11为我国部分城市的风向频率玫瑰图。

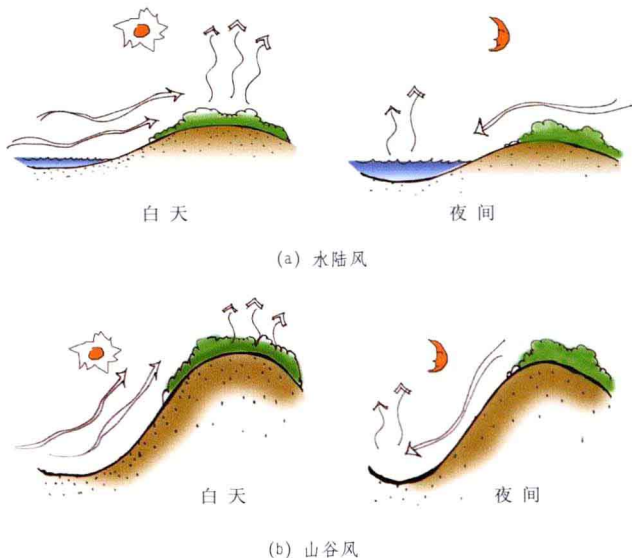


图1-10 几种地方风

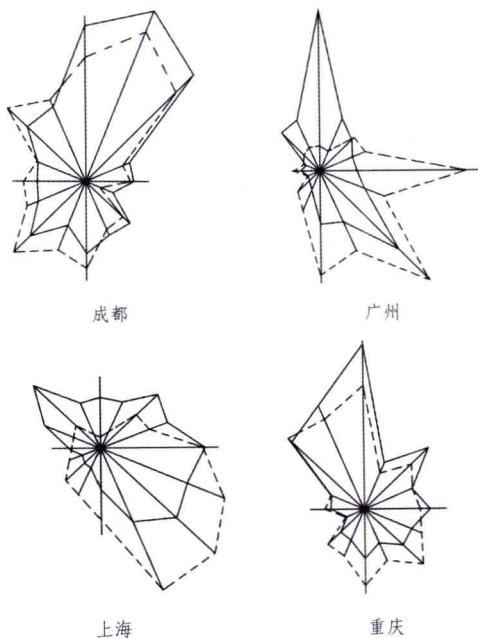


图1-11 风向频率玫瑰图

表1-1 风速分级表

风级	风 (m/s)	风名	风的目测标准
0	0—0.5	无风	缕烟直上, 树叶不动
1	0.6—1.7	软风	缕烟一边斜, 有风的感觉
2	1.8—3.3	轻风	树叶沙沙响, 有风的感觉明显
3	3.4—5.2	微风	树叶及枝微动不息
4	5.3—7.4	和风	树叶、细枝动摇
5	7.5—9.8	清风	大枝摆动
6	9.9—12.4	强风	粗枝摇摆, 电线呼声响
7	12.5—15.2	疾风	树杆摇摆, 大枝弯曲, 迎风步艰
8	15.3—18.2	大风	大树摇摆, 细枝折断
9	18.3—21.5	烈风	大枝折断, 轻物移动
10	21.6—25.1	狂风	拔树
11	25.2—29.0	暴风	有重大损失
12	>29.0	飓风	风后破坏严重, 一片废墟

自然风的风速和风向用统计方法确定。通常以风来的方向表示风向, 如东南风, 即来自东南方向的风。风的强弱用风速表示, 风速指每秒风行的距离, 单位为m/s。按风速的大小可将风分成0~12级(表1-1)。

五、降水

从地球表面蒸发出来的水汽进入大气层, 经过凝结后又降到地面上的液态或固态水分, 简称降水。雨、雪、冰雹等都属于降水。降水性质包括降水量、降水时间和降水强度等。降水量是指降落到地面的雨、雪、冰雹等融化后, 未经蒸发或渗透流失而积累在水平面上的水层厚度, 以mm为单位。降水强度的等级, 以24 h的总量来划分, 用规定尺寸的雨量筒和雨量计测量降水的深度: 小雨<10mm; 中雨10 mm~25 mm; 大雨25 mm~50 mm; 暴雨50 mm~100 mm。图1-12为大暴雨场景。影响降水量分布的因素很复杂, 地域含水量、大气环流、地形、海陆分布的性质及洋流等对降水规律都有影响, 它们往往同时起作用。

我国大部分地区受季风影响, 雨量多集中在春、夏两季, 由东南向北递减。山岭的向风坡常为多雨地带, 年降雨量的变化很大。春末夏初, 东南暖湿气流北上, 与由北向南的低温气流在长江流域相遇, 形成长江流域的梅雨期, 其基本特征是在某一特定的长时期里大量

地连续降水, 这是长江流域降水的主要组成部分。由于梅雨期内气候的特殊性, 它在长江流域的气候中占有重要地位, 对建筑物和室内热环境都有不可忽视的影响。珠江口和台湾省南部, 在七、八月间多暴雨, 这是由于西南季风和热带风暴或台风的综合影响所致, 其特征是降水强度大, 往往造成不同程度的灾害, 但一般持续时间不长。

我国不同地区的降雪量差别很大, 在北纬35°以北至北纬45°的区域为降雪或多雪地区。

六、热工分区

我国幅员辽阔, 地形复杂。各地由于纬度、地势和地理条件不同, 气候差异悬殊。根据气象资料显示, 我国从漠河到三亚, 最冷月(一月份)平均气温相差50℃左右。相对湿度从东南到西北逐渐降低, 一月份海南岛中部为87%, 拉萨仅为29%; 七月份上海为83%, 吐鲁番为31%。年降水量从东南向西北递减, 台湾地区年降水量多达3000 mm, 而塔里木盆地仅为10 mm。北部最大积雪深度可达70 cm, 而南岭以南则为无雪区。新疆地区全年日照时数达3000 h以上, 四川、贵州部分地区只有1000 h左右。

为了区分我国不同地区气候条件对建筑影响的差异, 明确各气候区的建筑基本要求, 使各类建筑能更充分地利用和适应气候条件, 做到因地制宜, 我国《民用建筑热工设计规范》(GB 50176-93)从建筑热工设计的角度, 以累年最冷、最热月平均温度为主要指标, 累年日平均温度≤5℃和≥25℃的天数为辅助指标, 将全国划分成五个区, 即严寒地区、寒冷地区、夏热冬冷地区、夏热冬暖地区和温和地区(图1-13), 并提出相应的设计要求。这五个地区的分区指标、气候特征的定性描述以及对建筑的基本设计要求见表1-2。



图1-12 大暴雨场景, 来不及排走的雨水淹没了路面

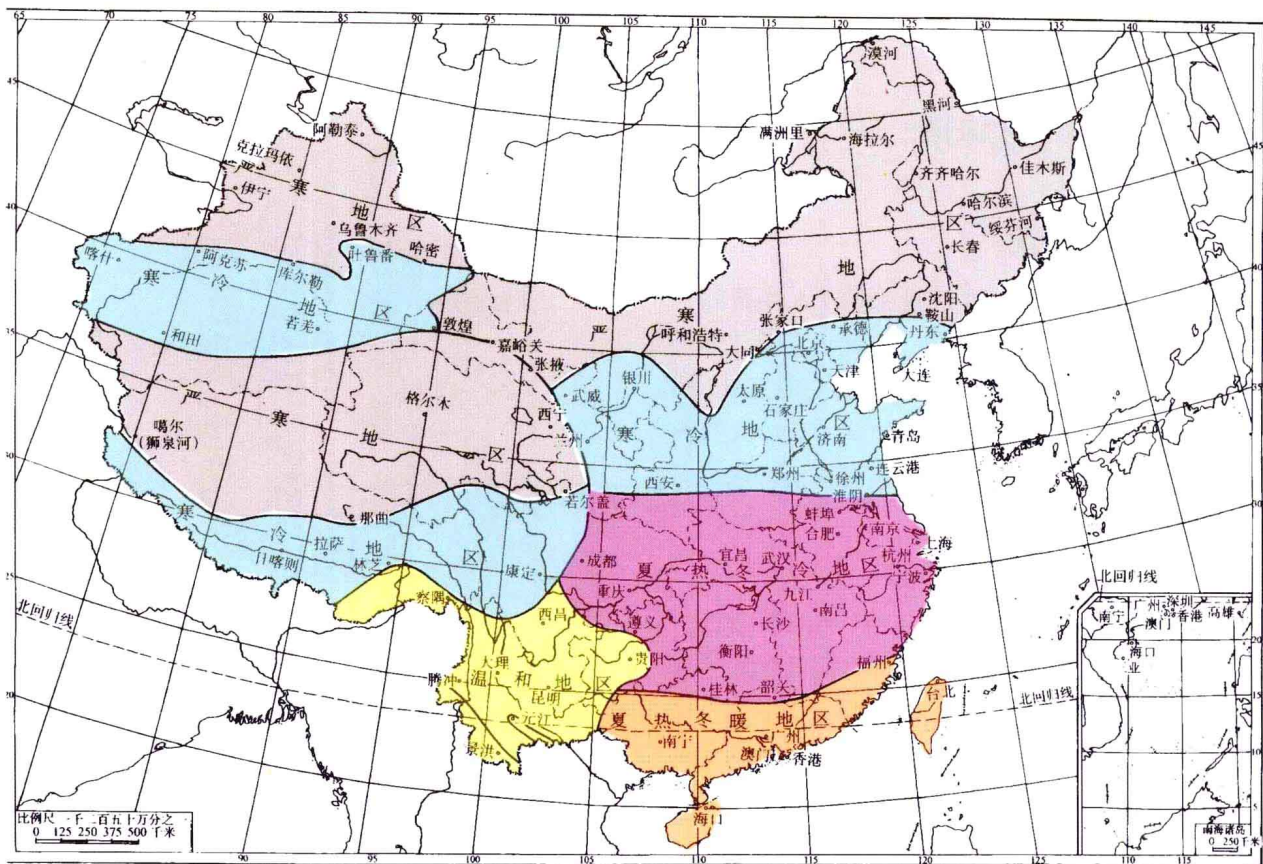


图1-13 建筑热工设计气候分区

表1-2 建筑热工设计分区及设计要求

分区名称	分区指标		设计要求
	主要指标	辅助指标	
严寒 ■	最冷月平均温度 $\leq -10^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 ≥ 145	必须充分满足冬季保温要求,一般可不考虑夏季防热
寒冷 ■	最冷月平均温度 $0^{\circ}\text{C} \sim -10^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $90 \sim 145$	应满足冬季保温要求,部分地区兼顾夏季防热
夏热冬冷 ■	最冷月平均温度 $0^{\circ}\text{C} \sim 10^{\circ}\text{C}$, 最热月平均温度 $25^{\circ}\text{C} \sim 30^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $0 \sim 90$ 日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数 $40 \sim 110$	必须满足夏季防热要求,适当兼顾冬季保温
夏热冬暖 ■	最冷月平均温度 $> 10^{\circ}\text{C}$, 最热月平均温度 $25^{\circ}\text{C} \sim 29^{\circ}\text{C}$	日平均温度 $\geq 25^{\circ}\text{C}$ 的天数 $100 \sim 200$ 日平均温度 $\leq 5^{\circ}\text{C}$ 的天数 $0 \sim 90$	必须充分满足夏季防热要求,一般可不考虑冬季保温
温和 ■	最冷月平均温度 $0^{\circ}\text{C} \sim 13^{\circ}\text{C}$, 最热月平均温度 $18^{\circ}\text{C} \sim 25^{\circ}\text{C}$		部分地区应考虑冬季保温,一般可不考虑夏季防热

七、作业任务

调查家乡城市所在地的城市热环境

- 1.目的:了解城市的气候特点以及为适应该气候的设计与建设措施。
- 2.方法:通过调查、记录、比较和分析得出某项富有地域特色的设计元素。例如屋顶的坡度、门窗的造型或者建筑材料的选取等。
- 3.内容:环境特征分析、设计要点分析、写生记录、结构或安装大样。
- 4.要求:体现地域特色的设计。

第二节 室内热环境

一、人体热平衡

人体是一种发热体,其发热量来源于人体新陈代谢。人体通过吃进食物和吸入氧气,在体内发生化学反应产生热量,为人体各种器官提供功能需要的能量。同时人体又是恒温体,为了维持正常的生命活动,人的体温必须保持恒定,这就需要人体与周围环境进行热量交换来达到平衡。即

人体热平衡: 产热量=散热量

在室内,与人体有热量交换的有空气和各种表面。空气是人体直接接触的环境物质,人体向空气散热通过对流和蒸发两种方式,其中蒸发散热通过皮肤和呼吸进行,而通过皮肤的蒸发又分为有感蒸发和无感蒸发两种,在出汗时为有感蒸发散热。室内各种表面通过辐射方式与人体进行热量交换(图1-14)。

人体与环境之间达成的热平衡是一种动态热平衡,它随环境的冷热变化以及人的活动状态的改变而不断调整。人体周围的环境受气候影响是变化的,在环境逐渐变冷或变热的过程中,人体具有一定的生理调节功能来适应环境变化。当人体皮肤受到冷(热)刺激时,引起毛细血管收缩(膨胀),血流量减少(增多),出现皮肤温度降低(升高),以适应环境变化。由于人体皮肤温度的调节范围很有限,在高热环境,人体启动生理调节的出汗方式向环境散热,保持身体健康;而在过冷环境,虽然人体生理调节功能已无能为力,但人类发明了



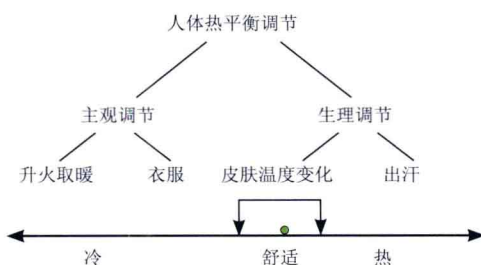
图1-14 人体与室内环境之间的热交换

衣服保暖、生火取暖等主观调节方式来维持生存。因此在长久的历史进程中,人类依靠生理调节和主观调节两种方式将生存范围扩大到整个地球,在现代人工环境技术出现以前地球上任何气候带都有永久性居民。适应气候的人体热平衡调节方式如图1-15。

人体热平衡是人体保持正常生命活动的基本要求,在这种情况下,人体健康不会受到损害。但人体处于热平衡状态并不一定表示人体感到舒适,只有那些能使人体按正常比例散热的平衡才是舒适的。所谓按正常比例散热,指的是人体总散热量中对流换热占25%~30%,辐射散热量占45%~50%,呼吸和无感觉蒸发散热量占25%~30%。处于热舒适的平衡,称之为“正常热平衡”。



(a) 添加衣服生火取暖



(b) 长跑运动员在比赛中用水降温

图1-15 人体热平衡调节

二、热平衡环境影响因素

在人体热平衡范围内,影响人体冷热感觉的因素有两组:客观环境因素和人体主观因素。人体向空气对流散热和蒸发散热与空气的温度、湿度和流速相关,人体向周围辐射散热与周围表面辐射温度相关,因此室内空气温度、相对湿度、气流速度以及室内平均辐射温度为室内环境因素。人体主观因素包括人体活动量和衣着,是人体主观上可以控制的,在同样的室内环境条件下,人体活动状态不同、衣着不同都会有不同的热感觉。因此四个环境因素和两个人体主观因素构成了室内热环境的基本因素,这些因素的不同组合产生了不同的室内热环境,并且它们对热环境的影响是综合性的,且各因素之间具有互补性。

(一) 客观环境因素

空气温度、相对湿度、气流速度、室内平均辐射温度为室内环境四要素,它们对人的冷热感和舒适感的影响方式和程度是不同的,它们与建筑设计有着较为密切的关系,在设计中应结合建筑物所在地区的气候特点和对建筑物的功能要求,充分利用诸因素的变化规律使所设计的建筑空间具有良好的热环境属性。

1. 空气温度

空气温度是最重要的环境因素,人体对流散热的前提条件是人体皮肤与空气之间存在温差,温差太大,对流散热过多,冷感强;当空气温度接近人体皮肤温度时,温差很小,对流散热困难,热感强。由于人体皮肤温度变化范围有限,因此空气温度与人体皮肤温度之间的温差主要由空气温度来决定,所以空气温度很大程度上影响人的舒适感,人们通常用空气温度来表达热环境状况,普遍感觉舒适的空气温度为20℃~25℃。

2. 空气湿度

空气湿度影响人体蒸发散热,尤其是在夏季气温较高的时候,人体皮肤与空气之间温差太小,对流散热不足,人体开始出汗,进入有感蒸发状态,这时人体蒸发散热快慢与空气湿度有很大关系。空气湿度大,则蒸发困难,蒸发散热量小,人体感觉闷热。而在气温舒适范围,人体处于无感蒸发状态,蒸发量小,空气湿度对人体热感影响小。当然,空气湿度过低也不好,会引起眼、鼻、喉和皮肤干燥等不适感觉,降低身体抵抗力。一般情况下,室内空气湿度在50%~70%较为舒适,我国民用建筑设计通常采用室内空气湿度为60%作为设计参数。

3. 空气流速

空气温度和空气湿度是引起人体向空气对流散热和蒸发散热的根本因素,空气流动速度则是加快人体向空气散热的促进因素,气流速度越大,人体的对流、蒸发散热量越强,亦加剧了空气对人体的冷却作用。然而当人体周围空气温度高于皮肤表面温度时,增大气流速度将使对流附加热负荷增加,对人体是加热作用。因此夏季应在空气温度低于皮肤表面温度的情况下采取自然通风或机械通风方式散热降温。

4. 平均辐射温度

室内平均辐射温度影响人体辐射散热。当人体皮肤平均温度高于室内各表面的平均辐射温度时,人体以辐射方式向环境各表面散热;当人体皮肤平均温度低于室内各表面的平均辐射温度时,人体从环境各表面得到辐射热,成为人体附加的辐射热负荷。室内平均辐射温度近似等于室内各表面温度的平均值,因此建筑设计应控制室内各表面温度,使其冬季不要过低,夏季不致过高。

(二) 人体主观因素

1. 人体活动量

影响人体新陈代谢产热量的因素较多,除年龄、性别、身高、体重等及环境因素的不同程度影响外,主要取决于人体的活动量(表1-3)。人体活动量越大,其新陈代谢产热量越高,图1-16为人体常见活动状态下产热量的差别。可以看出,人体活动量如果与生产劳动中的重体力劳动新陈代谢产热量相比,其差异将更大。而这些活动或生产场所往往又与建筑空间和环境有着密切的联系,从而有着不同的要求。

表1-3 人体单位皮肤表面积上的新陈代谢产热率

活动强度	新陈代谢产热率	
	(W/m ²)	(J/h)
躺着	46	3.36
坐着休息	58	4.2
站着休息	70	5.04
坐着活动(在办公室、住房、学校、实验室等)	70	5.04
站着活动(买东西、实验室内轻劳动)	93	6.72
站着活动(商店营业员、家务劳动、轻机械加工)	116	8.4
中等活动(重机械加工、修理汽车)	185	11.76

2. 衣着

人的衣着多少,也在相当程度上影响着人对热环境的感觉。例如,在冬季人们穿上厚重的衣物,以隔绝冷空气来保持身体之温暖;而在夏天则穿短袖等少量衣物,以加速人体之散热达到舒适程度。衣着对人体散热的影响用热阻来表示,衣服热阻越大,保温性越好(图1-17),单位为 $m^2 \cdot K/W$ 。表1-4为几种着衣状况下的热阻比较。

(三) 控制措施

由于人体包围在空气中的缘故,人对环境的热感觉中,空气温度是热环境的第一指标,并且因容易测量而被广泛用于评价室内外热环境。根据不同空气温度下人的热感觉调查(表1-5),结合我国国情,居住建

筑室内舒适性标准为空气温度夏季 $26^{\circ}C \sim 28^{\circ}C$,冬季 $18^{\circ}C \sim 22^{\circ}C$ 。此外,可居住性标准为空气温度夏季不高于 $30^{\circ}C$,冬季不低于 $12^{\circ}C$ 。

使用室内空气温度作为评价室内热环境的指标,虽然方便、简单、易行,但却不完善,因为人体热感觉的程度依赖于室内热环境四要素的共同作用。例如,当不考虑气流速度、空气湿度和平均辐射温度时,室温 $30^{\circ}C$ 时,比 $28^{\circ}C$ 时感觉要热;但当室温为 $30^{\circ}C$ 且气流速度为

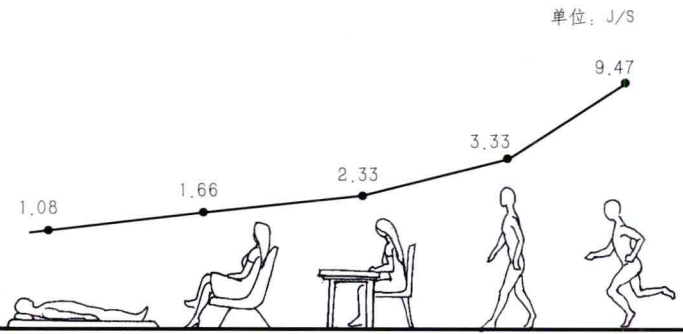


图1-16 新陈代谢产热量(每1kg质量)

表1-4 各种典型衣着的热阻

服装形式	组合服装热阻	
	$(m^2 \cdot K/W)$	(clo)
裸身	0	0
短裤	0.016	0.1
典型的炎热季节服装: 短裤, 短袖开领衫, 薄短袜和凉鞋	0.047	0.3
一般的夏季服装: 短裤, 长的薄裤子, 短袖开领衫, 薄短袜和鞋子	0.078	0.5
薄的工作服装: 薄内衣, 长袖棉工作衬衫, 工作裤, 羊毛袜和鞋子	0.124	0.7
典型的室内冬季服装: 内衣, 长袖衬衫, 裤子, 茄克或长袖毛衣, 厚袜和鞋子	0.155	1.0
厚的传统的欧洲服装: 长袖棉内衣, 衬衫, 裤子, 茄克的套装, 羊毛袜和厚鞋子	0.233	1.5

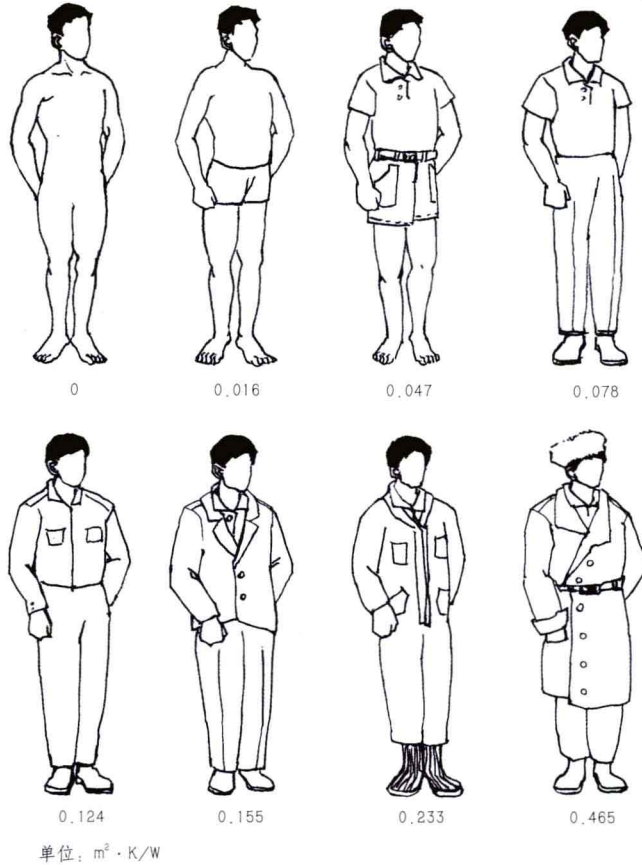


图1-17 几种着衣状况热阻

表1-5 空气温度与感觉

空气温度 ($^{\circ}C$)	感觉
>34	100%的人感到热, 43.2%的人感到难以忍受
$30 \sim 34$	84%的人感到热, 14.5%的人感到难以忍受
$28 \sim 30$	30%的人感到热, 但可以忍受
25	舒适
18	5%坐着的人感到冷
<12	80%坐着的人感到冷, 20%活动的人感到冷