

2006

2006年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

4 建筑物理与建筑设备

(第二版)

QUANGUOYIJIZHUCE
JIANZHUSHIKAOSHIPEIXUN
FUDAOYONGSHU

中国建设执业网 编



中国建筑工业出版社

2006 年
全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

• 4 •

建筑物理与建筑设备

(第二版)

中国建设执业网 编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

建筑物理与建筑设备/中国建设执业网编. —2版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006

2006年全国一级注册建筑师考试培训辅导用书·4·

ISBN 7-112-07946-2

I. 建… II. 中… III. ①建筑学: 物理学—建筑师—资格考试—自学参考资料②房屋建筑设备—建筑师—资格考试—自学参考资料 IV. ①TU11②TU8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 151626 号

责任编辑: 郭洪兰

责任校对: 刘 梅 张 虹

2006 年

全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

• 4 •

建筑物理与建筑设备

(第二版)

中国建设执业网 编

*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京天成排版公司制版

北京市安泰印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18½ 字数: 447 千字

2006 年 1 月第二版 2006 年 1 月第二次印刷

印数: 4001—7500 册 定价: 38.00 元

ISBN 7-112-07946-2

(13900)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

2006 年
全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

· 4 ·

《建筑物理与建筑设备》
编写委员会

主任委员：吴硕贤 赵立华

副主任委员：赵越喆 李 豫 高 飞 孟庆林

委 员：(按姓氏笔画排序)

丁士昭	王朝霞	王雪松	王达谄	王春燕
龙莉莉	马继伟	刘桑园	刘 磊	孙继德
孙 雁	庄惟敏	乐 云	任乃鑫	吴硕贤
吴 芳	何清华	杜晓宇	李必瑜	李 豫
孟庆林	金伟良	杨昌鸣	杨真静	屈凯锋
陈金华	赵军立	赵立华	赵越喆	张季超
张 星	张丹丽	张 洁	武六元	赵 宇
钟军立	高 飞	翁 季	裴 刚	程 睿
董 江	蔡 节	魏宏扬	邹胜斌	

参加编写及工作人员：

吴硕贤	赵立华	赵越喆	李 豫	高 飞
孟庆林	李 丽	杨灵彦	范 蕊	张 磊
王 莹	李旭东	张 玉	陈卓伦	

前 言

随着执业建筑师制度在我国的稳步推进,配合注册建筑师考试工作,全国各地已陆续出版了一些有关考试用书,这些都对考试复习起到了积极作用。由于编制力量或编制范围和实际需要不均衡等因素,以及新规范、标准的陆续颁布等原因,使得某些考试用书在不同程度上尚存在一定局限性。为了提高全国注册建筑师考前培训辅导教材的编写出版质量,更好地指导建筑师做好考前复习,由从事建设执业资格继续教育、考辅机构,建设部执业资格注册中心中国建设执业网组织,在各地有关注册建筑师管理机构的支持下,在全国范围内选聘在注册建筑师考试辅导培训一线工作多年,来自全国著名院校及设计院的知名专家、教授等,按最新考试大纲的要求,以最新的设计规范、标准为基础,并吸取了已出版的同类教材的优点,通过分析历届考题特点,调查了解应试过的建筑师的心得体会,总结历届考试的经验,有针对性地编写出全新的考前辅导教材及模拟题解。

首编的2005年版《全国一、二级注册建筑师考试培训辅导用书》尽管出版较晚,但由于该书内容丰富、实用,不到半年即已售罄。为不负广大读者厚爱,2006年版在原书基础上,广泛征求读者意见,组织各编写单位对全书做了全面修改、完善,对2005年内更新的规范、标准做了全面反映,还增加了新版注册建筑师考试复习题及2005年注册建筑师考试模拟题。

本书的特点是重点突出,联系实际,叙述清晰,简明扼要,既具针对性,又具全国普遍性,更具权威性。

书后附有考试大纲及参考书目和有关考试工作方面的最新文件。

本套考试用书共分13册,分别为:

全国一级注册建筑师考试培训辅导用书

书 名

- 1 • 《设计前期与场地设计》
- 2 • 《建筑设计》
- 3 • 《建筑结构》
- 4 • 《建筑物理与建筑设备》
- 5 • 《建筑材料与构造》
- 6 • 《建筑经济 施工与设计业务管理》
- 7 • 《建筑方案设计 建筑技术设计 场地设计》(作图)

主要编写单位

天津大学建筑设计研究院
河北工业大学建筑系
清华大学建筑设计研究院
西安建筑科技大学建筑学院
浙江大学建筑工程学院
华南理工大学建筑学院
重庆大学建筑城规学院
同济大学工程管理研究所
广州大学及广州大学建筑设计研究院

全国二级注册建筑师考试培训辅导用书

- 1 • 《场地与建筑设计》(作图)

天津大学建筑设计研究院
河北工业大学建筑系

• 2 • 《建筑构造与详图》(作图)

• 3 • 《建筑结构与设备》

• 4 • 《法律 法规 经济与施工》

重庆大学建筑城规学院

浙江大学建筑工程学院

华南理工大学建筑学院

同济大学工程管理研究所

全国一、二级注册建筑师考试模拟题解·1·(知识)

全国一、二级注册建筑师考试模拟题解·2·(作图)

参与编写工作的单位除以上相关单位外还有东南大学建筑设计研究院、东南大学土木工程学院、沈阳建筑大学建筑与规划学院。

在本套丛书出版之际,谨向参与编写的各位作者表示衷心的感谢。

由于注册考试工作的不断改进、更新,因此在本书编写过程中,也遇到不少新课题,虽经反复推敲、核证,恐仍难免有不妥甚至疏漏之处,恳请广大读者不吝赐教,提出宝贵意见,以便再版时予以修正,以更好的服务于广大读者和注册建筑师考试工作。

中国建设执业网: <http://www.cpaer.com>

全国一、二级建筑师考试培训辅导用书编写委员会

2006 年元月

修 订 说 明

由华南理工大学建筑学院建筑技术科学研究所负责编写的《全国一级注册建筑师考试培训辅导教材——建筑物理与建筑设备》第一版，已于 2005 年 2 月由中国建筑工业出版社出版。本书发行后，广大读者踊跃购书，使之在 2005 年注册建筑师考试中起到很好的辅导作用，深受广大读者，尤其是注册建筑师考生的欢迎。应广大读者要求，中国建筑工业出版社决定重印此书，并利用重印之机，由原书各章作者对书稿作了修订。

此次修订除了改正第一版书稿中的错误外，还对涉及新颁布或新修订的规范内容，均进行了相应修正，并补充了一些参考习题，同时对解答各参考习题均给出提示，更加方便读者自学。

希望广大读者继续对本书提出宝贵的意见、建议和要求，使本书臻于完善。

本书编写组

目 录

第一章 建筑热工学	1
第一节 建筑热工学基本原理.....	1
第二节 建筑围护结构的传热原理和计算	11
第三节 建筑节能	18
第四节 建筑保温节能设计	23
第五节 建筑防潮设计	29
第六节 建筑防热设计	33
第七节 建筑日照	44
参考书目	47
参考习题及答案	47
第二章 建筑光学	56
第一节 建筑采光和照明的基本原理	56
第二节 天然采光设计标准与计算	64
第三节 人工照明及其对光和色的控制	71
参考书目	81
参考习题及答案	82
第三章 建筑声学	89
第一节 建筑声学基本知识	89
第二节 室内声学原理	95
第三节 材料的声学特性	98
第四节 建筑环境的噪声控制	105
第五节 室内音质设计	111
第六节 室内声场计算机仿真	122
第七节 声学设计中的缩尺模型实验	122
参考书目	123
参考习题及答案	123
第四章 建筑给水排水	132
第一节 室内给水系统	132
第二节 建筑内部热水系统	140
第三节 消防给水与自动灭火系统	146
第四节 污水系统及透气系统	151
第五节 雨水集合及处理	155
第六节 水泵房设计	156

第七节 建筑中水系统	157
参考书目	157
参考习题及答案	158
第五章 暖通空调	167
第一节 采暖	167
第二节 空调系统及控制	178
第三节 通风	191
第四节 高层民用建筑的防火排烟设计	192
第五节 燃气供应	194
参考书目	198
参考习题及答案	198
第六章 建筑电气	210
第一节 供配电系统	210
第二节 变配电所和自备电源	217
第三节 民用建筑的配电系统	221
第四节 电气照明	229
第五节 电气安全和建筑物防雷	236
第六节 火灾报警和消防联动	243
第七节 电话、有线广播和扩声、同声传译	249
第八节 共用天线电视系统和闭路应用电视系统	254
第九节 呼应(叫)信号及公共显示装置	255
第十节 建筑物综合布线系统	257
第十一节 安全防范系统	259
第十二节 楼宇自动化系统(BAS)	263
第十三节 计算机网络	265
第十四节 交流电的基本概念	268
参考书目	269
参考习题及答案	269
附录 1 全国一级注册建筑师资格考试大纲	276
附录 2 全国一级注册建筑师资格考试规范、标准及主要参考书目	279
附录 3 关于调整注册建筑师考试书目内容的通知	283
附录 4 培养职业化的建筑师(赵春山)	284

第一章 建筑热工学

建筑热工学的主要任务是以热物理学、传热学和传质学作为理论基础,应用已揭示的传热、传质规律,通过规划和建筑设计上的手段有效地防护和利用室内、外气候因素,合理地解决建筑设计中围护结构的保温、隔热和防潮等方面的问题,以创造良好的室内气候条件,节约能源并提高围护结构的耐久性。

第一节 建筑热工学基本原理

一、传热方式

热量的传递称为传热。根据传热机理的不同,传热的基本方式有三种:导热、对流和辐射。

(一) 导热(热传导)

导热是指温度不同的物体各部分或温度不同的两物体直接接触而发生的传热现象。

1. 傅立叶定律

导热基本定律,即傅立叶定律的数学表达式为:

$$q = -\lambda \frac{\partial t}{\partial n} \quad (1-1)$$

式中 q ——热流密度(热流强度),单位时间内,通过等温面上单位面积的热量, W/m^2 ;

$\frac{\partial t}{\partial n}$ ——温度梯度,温度差 Δt 与沿法线方向的两个等温面之间的距离 Δn 之比的极限, K/m ,
图 1-1 为等温面示意图;

λ ——材料的导热系数, $W/(m \cdot K)$ 。

均质材料物体各点的热流密度与温度梯度成正比,但指向温度降低的方向。式(1-1)中的负号就是表示热量传递的方向和温度梯度的方向相反。

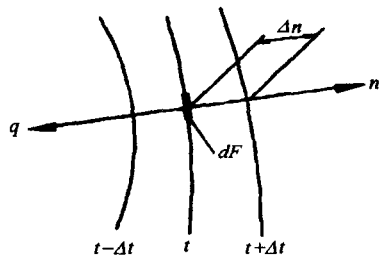


图 1-1 等温面示意图

2. 导热系数

表征物质的导热能力大小的量是导热系数,单位是 $W/(m \cdot K)$ 。其数值是物体中单位温度降度(即在 1m 厚的材料的两侧温度相差 $1^\circ C$ 时),单位时间通过单位面积所传导的热量。

各种材料导热系数 λ 的大致范围是:

气体: $0.006 \sim 0.6 W/(m \cdot K)$;

液体: $0.07 \sim 0.7 W/(m \cdot K)$;

金属：2.2~420W/(m·K)；

建筑材料和绝热材料：0.025~3W/(m·K)。

空气在常温、常压下导热系数很小，所以围护结构空气层中静止的空气具有很好的保温能力。

材料的导热系数不但因物质的种类而异，而且还和材料的温度、湿度、压力和密度等因素有关。影响导热系数的主要因素是材料的密度和湿度。

(1) 密度。一般情况下，密度小的材料导热系数就小，反之就大。但对于一些密度较小的保温材料，特别是某些纤维状材料和发泡材料，当密度低到某个极限以后，导热系数反而会增大。在最佳密度下，该材料的导热系数最小。

(2) 湿度。建筑材料含水之后，水或冰填充了材料孔隙中空气的位置，导热系数将显著增大，在建筑保温、隔热、防潮设计时，都必须充分考虑到这种影响。

(3) 温度。大多数材料的导热系数随温度的升高而增大，工程计算中，导热系数常取使用温度范围内的算术平均值，并把它作为常数看待。

(4) 热流方向。对各向异性材料(如木材、玻璃纤维)，平行于热流方向时，导热系数较大，垂直于热流方向时，导热系数较小。

(二) 对流

对流传热只发生在流体(气体和液体)之中，它是因温度不同的各部分流体之间发生相对运动，互相掺合而传递热能的。

由于引起流体流动的动力不同，对流的类型可分为：自然对流和受迫对流。

(1) 自然对流：由于温度不同引起的对流换热，叫做自然对流换热。

(2) 受迫对流：由外力作用形成的对流。受迫对流在传递热量的强度方面要大于自然对流。

在建筑热工中所涉及的主要是空气沿围护结构表面流动时，与壁面之间所产生的热交换过程。这种过程，既包括由空气流动所引起的对流传热过程，也包括空气分子之间和相接触的分子与壁面分子之间的导热过程。这种对流与导热的综合过程称为表面的“对流换热”。它的基本计算式为牛顿冷却公式：

$$q_c = \alpha_c (t - \theta) \quad (1-2)$$

式中 q_c ——对流换热强度，W/m²；

α_c ——对流换热系数，W/(m²·K)；

t ——流体主体部分温度，K；

θ ——固体壁面温度，K。

空气同屋顶和墙壁的表面之间的温度相差越大，对流换热量越多；表面越光滑，对流越顺畅，换热量越多。

(三) 辐射

由于自身温度或热运动的原因而激发产生的电磁波传播称为热辐射。

1. 热辐射的本质和特点

(1) 辐射换热与导热、对流换热不同，它不依靠物质的接触而进行热量传递。

(2) 辐射换热过程伴随着能量形式的两次转化，即物体的部分内能转化为电磁波能发射出去，当此电磁波能射至另一物体表面而被吸收时，电磁波能又转化为内能。

(3) 一切物体只要温度高于绝对零度(0K), 都会不断地发射热射线, 当物体间有温差时, 高温物体辐射给低温物体的能量多于低温物体辐射给高温物体的能量。

2. 物体的辐射特性

物体可按其辐射特性分为黑体、灰体和选择性辐射体(非灰体)三大类。

(1) 黑体: 能发射全波段的热辐射, 在相同的温度条件下, 辐射能力最大。

(2) 灰体: 如果一个物体在每一波长下的单色辐射力与同温度、同波长下黑体的单色辐射力的比值为—常数, 则该物体称为灰体。一般建筑材料均可看作为灰体。

灰体的辐射本领 E_λ 与同温度下黑体的辐射本领 $E_{\lambda,b}$ 的比值称为黑度(发射率) ϵ 。

$$\epsilon = \frac{E_\lambda}{E_{\lambda,b}} \quad (1-3)$$

(3) 选择性辐射体(非灰体): 此类物体的单色辐射力与黑体、灰体截然不同, 有的只能发射某些波长的辐射线。

(4) 全辐射力 E (辐射本领, 全辐射本领): 在单位时间内, 从单位表面上以波长 $0 \sim \infty$ 的全波段向半球空间辐射的总能量, 单位: W/m^2 。

黑体的辐射能力 E_b (斯蒂芬-玻尔兹曼定律), 可表示为:

$$E_b = \sigma_b \cdot T_b^4 = C_b \cdot \left(\frac{T_b}{100}\right)^4 \quad (1-4)$$

式中 T_b ——黑体的绝对温度, K;

σ_b ——黑体辐射常数, $5.68 \times 10^{-8} W/(m^2 \cdot K^4)$;

C_b ——黑体辐射系数, $5.68 W/(m^2 \cdot K^4)$ 。

灰体的辐射能力 E 为:

$$E = \epsilon \cdot \sigma_b \cdot T^4 = C \cdot \left(\frac{T}{100}\right)^4 \quad (1-5)$$

式中 T ——灰体的绝对温度, K;

C ——灰体辐射系数, $W/(m^2 \cdot K^4)$;

ϵ ——灰体的黑度。

物体表面向外辐射热量的多少, 是由物体的表面温度和辐射能力来决定的。表面温度越高, 辐射的热量越多; 辐射能力越强, 辐射的热量也越多。辐射系数 C 表示物体表面的辐射能力, 一般粗糙的表面辐射力大, 光滑的表面辐射力小。

(5) 单色辐射力 E_λ (单色辐射本领): 在单位时间内, 从单位表面积向半球空间辐射出的某一波长的能量, 单位: $W/(m^2 \cdot \mu m)$ 。

3. 物体对外来辐射的反射、吸收和透射

当辐射热落到不透明的物体的表面时, 例如太阳辐射到墙面或屋面, 物体表面就会把一部分辐射热反射出去, 吸收其余部分; 如遇到透明体, 例如窗玻璃, 则还有一部分辐射热透过去, 见图 1-2。

(1) 反射系数 r : 被反射的辐射能 I_r 与入射辐射能 I_0 的比值。

$$r = \frac{I_r}{I_0} \quad (1-6)$$

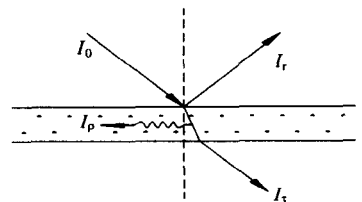


图 1-2 物体对辐射热的吸收、反射和透射示意

(2) 吸收系数 ρ : 被吸收的辐射能 I_ρ 与入射辐射能 I_0 的比值。

$$\rho = \frac{I_\rho}{I_0} \quad (1-7)$$

(3) 透射系数 τ : 被透射的辐射能 I_τ 与入射辐射能 I_0 的比值。

$$\tau = \frac{I_\tau}{I_0} \quad (1-8)$$

显然:

$$r + \rho + \tau = 1 \quad (1-9)$$

如果物体能全部吸收外来射线, 即 $\rho=1$, 则这种物体被定义为黑体(绝对黑体); 如物体全部反射外来射线, 即 $r=1$, 不论是镜面反射或漫反射, 均称为白体(绝对白体); 如物体能将外来辐射全部透过, 即 $\tau=1$, 则称为透明体。

4. 影响材料吸收系数、反射系数、透射系数的因素

材料的吸收系数、反射系数、透射系数是物体表面的辐射特性, 与物体的性质、温度及表面状况有关, 还和投射能量的波长分布有关。

对于任一特定的波长, 材料表面对外来辐射的吸收系数与其自身的发射率或黑度在数值上是相等的, 即 $\rho=\epsilon$, 所以材料的辐射能力愈大, 它对外来辐射的吸收能力也愈大。常温下, 一般材料对辐射的吸收系数可取其黑度值, 对来自太阳的辐射, 材料的吸收系数并不等于物体表面的黑度。

物体对不同波长的外来辐射的反射能力不同。对短波辐射, 颜色起主导作用, 但对长波辐射, 材性(导体还是非导体)起主导作用。在阳光下, 黑色物体与白色物体的反射能力相差很大, 白色反射能力强; 而在室内, 黑、白物体表面的反射能力相差极小。对于建筑物来说, 外围护结构的外表面涂成白色或浅色, 而且做得光滑, 可以减少对太阳辐射热的吸收, 对防热是有好处的。

玻璃作为建筑常用的材料属于选择性辐射体, 其透射系数与外来辐射的波长有密切的关系, 易于透过短波而不易透过长波是玻璃建筑产生温室效应的原因。

5. 辐射换热量

物体之间, 以辐射形式进行热量交换, 称为辐射换热。如散发的热量多于接受的热量, 物体表面温度就下降, 反之, 得多于失, 物体表面温度就上升。两表面间的辐射换热量主要与表面的温度、表面发射和吸收辐射的能力、表面的几何尺寸与相对位置有关。

若不计两表面之间的多次反射, 仅考虑第一次吸收时, 任意两表面的辐射换热量的通式为:

$$q_{1,2} = \alpha_r (\theta_1 - \theta_2) \quad (1-10)$$

式中 $q_{1,2}$ ——辐射换热热流密度, W/m^2 ;

θ_1 ——表面 1 的温度, K;

θ_2 ——表面 2 的温度, K;

α_r ——辐射换热系数, $W/(m^2 \cdot K)$ 。

上述三种基本传热方式, 在建筑的传热过程中, 都会以两种或三种方式同时出现。不过, 在一定条件下, 以某种传热方式为主。

二、外围护结构的传热过程和特点

(一) 外围护结构的传热过程

室内空气通过围护结构与室外空气进行热量传递的过程，称为围护结构的传热过程，整个传热过程分成三个阶段（图 1-3）：

（1）表面吸热阶段，内表面从室内吸热（冬季）或外表面从室外空间吸热（夏季）。

（2）结构本身传热阶段，热量由结构的高温表面传向低温表面。

（3）表面放热阶段，外表面向室外放热（冬季）或内表面向室内空间放热（夏季）。

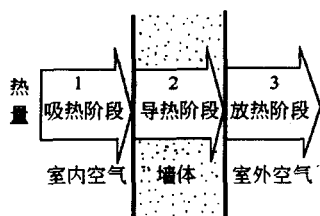


图 1-3 围护结构传热过程

（二）表面换热

热量在围护结构的内表面和室内空气之间或在外表面和室外空气之间进行传递的现象称为表面换热。表面换热由对流换热和辐射换热两部分组成。

$$q = q_c + q_r = \alpha(\theta - t) \quad (1-11)$$

$$\alpha = \alpha_c + \alpha_r \quad (1-12)$$

式中 q ——表面换热量， W/m^2 ；

θ ——室内或室外壁面温度， K ；

t ——室内或室外气温， K ；

α ——表面换热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ；

α_c ——对流换热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ ；

α_r ——辐射换热系数， $W/(m^2 \cdot K)$ 。

三、湿空气的物理性质

地球上的空气（大气），是由干空气和水蒸气组合而成的混合物，称之为湿空气。

湿空气中水蒸气含量很少，却对湿空气的状态变化有着很大的影响。湿空气状态的变化过程，会直接影响建筑物围护结构的潮湿状况，更会明显地影响人们对建筑环境的潮湿感觉。

（一）水蒸气分压力与饱和水蒸气分压力

在一定温度下，湿空气中水蒸气部分所产生的压力称为水蒸气分压力，用 P 表示。湿空气的总压力 P_w 是干空气压力 P_d 和水蒸气分压力 P 之和。

在温度和压力一定的条件下，一定容积的干空气所能容纳的水蒸气量是有限度的。湿空气中水蒸气含量未达到这一限度时称为未饱和湿空气，达到限度时称为饱和湿空气，对应的水蒸气分压力称为饱和水蒸气分压力，用 P_s 表示。标准大气压下， P_s 值只与温度有关，随温度的升高而增大。

（二）空气湿度

空气湿度是用来表示空气干、湿程度的热物理量，空气湿度有不同的表示方法。

（1）绝对湿度：单位容积湿空气中所含水蒸气的质量称为绝对湿度，用 f 表示，单位： g/m^3 ，饱和状态下的绝对湿度则用 f_{max} 表示，单位： g/m^3 。

（2）含湿量：单位质量的干空气所含水蒸气的质量称为含湿量，用 d 表示。

（3）相对湿度：一定大气压力下，温度一定时，湿空气的绝对湿度 f 与同温度下饱和湿空气的绝对湿度 f_{max} 之比称为相对湿度，用 φ 表示：

$$\varphi = \frac{f}{f_{\max}} \times 100\% \quad (1-13)$$

相对湿度也可以用湿空气中的水蒸气的分压力与同温度下饱和水蒸气分压力之比表示，即：

$$\varphi = \frac{P}{P_s} \times 100\% \quad (1-14)$$

在建筑热工设计计算中，广泛使用相对湿度 φ 来评价环境的潮湿程度。

(三) 露点温度

在湿空气的压力和含湿量保持不变的情况下冷却空气，这时湿空气的相对湿度会随着温度的下降而提高，当相对湿度达到 100% 时湿空气就成了饱和湿空气，此时的温度就是湿空气的露点温度，用 t_d 表示。

露点温度是一个用来判断湿空气结露与否的重要参数，当围护结构内表面温度低于室内空气的露点温度时，内表面将产生结露。

四、建筑室内热环境

室内热环境是指室内空气温度、空气湿度、气流速度及环境辐射温度等因素综合组成的一种热物理环境。

(一) 室内热环境要素及其对人体热舒适的影响

1. 影响室内热环境的因素

影响室内人体热舒适的因素有六个，其中两个主观因素，四个客观因素。主观因素之一是人体所处的活动状态，如站、跑、大量运动或静坐。这与人体的新陈代谢有关，可以用人的新陈代谢率来代表人体的活动状态。主观因素之二是人体的衣着状态。衣着状态可以用服装的热阻(单位: clo)来描述。影响人体热舒适的四个客观影响因素都是室内的气象参数，分别是室内空气温度、空气湿度、气流速度和环境辐射温度。人的热舒适感是在上述六个因素共同影响下的一种综合效果。

影响人体热舒适的各室内气候参数之间在很大程度上是可以互换的。一个参数的变化所造成的影响常可以由另一个因素的变化所补偿。例如，室内温度升高了，人感到热了，但增加空气流动，如开电风扇，人的感觉就没有那么热了。

2. 对室内热环境的要求

房间的使用性质不同，对其内部的热环境要求也不相同。以满足人类生理卫生需要为主的房间(如居住建筑、公共建筑和一般生产房间)，对其室内热环境的要求是保证人的正常生活和工作，以维护人体的健康。

(1) 人体的热感觉

人体作为室内的一部分参与室内的热交换。人体与室内的热交换主要以对流和辐射的方式进行。室内气候对人体舒适的影响主要表现为冷热感。冷热感取决于人体新陈代谢产生的热量(以下简称为人体产热量)和人体向周围环境散热量之间的平衡关系。这种关系可用式(1-15)表示：

$$\Delta q = q_m - q_e \pm q_r \pm q_c \quad (1-15)$$

式中 q_m ——人体产热量，主要取决于人体的新陈代谢率及对外作机械功的效率，W；

q_e ——人体蒸发散热量，W；

q_r ——人体辐射散热量, W;

q_c ——人体对流散热量, W;

Δq ——人体得失的热量, W。

$\Delta q=0$ 时, 体温恒定不变; $\Delta q>0$ 时, 体温上升; $\Delta q<0$ 时, 体温下降。

从人体热平衡的角度来说, 建筑师的任务就是为人类营造良好的室内热环境, 使生活、工作在其中的人们保持舒适状态下的人体热平衡, 即正常热平衡。这种热平衡有利于人们的身体健康。

(2) 热舒适

热舒适是指人对环境的冷热程度感觉满意, 不因冷或热感到不舒适。人的生存能力很强, 可以在 -20°C 到 $+40^{\circ}\text{C}$ 的范围内生活。然而, 人体感到舒适的范围却在 22°C 到 28°C 的范围之间。人体最满意的温度范围是 $24\sim 26^{\circ}\text{C}$ 之间。满足舒适的条件是:

必要条件: $\Delta q=0$;

充分条件: 皮肤温度处于舒适的温度范围内, 汗液蒸发率处于舒适的蒸发范围内。

室内热环境可分为舒适、可以忍受和不能忍受三种情况, 只有采用充分空调设备的房间才能实现完全舒适的要求, 对大多数建筑而言, 应以保证人体健康不受损害为准则, 确定对室内热环境的要求。

(二) 室内热环境的评价方法和标准

1. 单一指标

使用室内空气温度作为热环境评价指标。目前, 我国许多设计规范和标准均以室内温度为控制指标。例如, 对冬季采暖设计温度, 规范规定居住建筑取 18°C , 托幼建筑为 20°C 。这种方法简单、方便, 但不很完善。

2. 有效温度

有效温度 ET(Effective Temperature)的定义是: “这是一个将干球温度、湿度、空气流速对人体温暖感或冷感的影响综合成一个单一数值的任意指标。它在数值上等于产生相同感觉的静止饱和空气的温度”。它意味着在实际环境和饱和空气环境中衣着和活动强度相同, 且平均辐射温度等于空气温度。有效温度通过人体试验获得。

有效温度的缺陷是过高地估计了湿度在低温凉爽和舒适状态的影响。因此已经被新有效温度 ET^* 所替代, 以提供一个适用于穿标准服装和坐着工作的人的舒适指标。通过对身着 0.6clo 服装, 静坐在流速为 0.15m/s 的空气的人的热舒适实验, 采用相对湿度 50% 时的空气温度来作为与其冷热感相同环境的有效温度, 即同样服装和活动的人在某环境中的冷热感与在相对湿度 50% 的空气环境中的冷热感相同, 则后者所处环境的空气干球温度就是前者的 ET^* 。该指标只适用于着装轻薄、活动量小、风速低的环境。

通用的指标——标准有效温度(SET^*)是对新有效温度的内容有所扩展, 综合考虑了不同的活动水平和衣服热阻所形成的。

3. 预测平均评价 PMV

预测平均评价 PMV(Predicted Mean Vote)指标方法包括 PMV 指标与预测不满意百分率 PPD 两方面的内容, 是由丹麦范格尔教授(P. O. Fanger)提出来的。该指标以人体热平衡方程式以及生理学主观感觉的等级作为出发点, 综合反映了人的活动、衣着及环境的空气温度、相对湿度、平均辐射温度和室内风速等因素的关系以及影响, 是迄今为止考虑

人体热舒适诸多有关因素最全面的评价指标，被国际标准化组织 ISO 确定为评价室内热环境指标的国际标准(ISO—DIS 7730)。PMV 值所对应的冷热感如表 1-1。

PMV 值与对应的冷热感 表 1-1

级 别	热 感 觉	级 别	热 感 觉
-3	冷	+1	稍 暖
-2	凉 爽	+2	暖
-1	稍 凉	+3	热
0	热 舒 适		

PMV 指标是一个适用于适度热环境的标准。对于极端的热环境，应使用其他标准。

(三) 室内热环境控制

为了达到满意的舒适温度范围，我们应该从几个层次上进行热环境设计。

(1) 小区热环境设计

小区规划中建筑群的布局合理，间距适当，有利于寒冷地区争取日照或炎热地区组织自然通风；小区环境设计优美，良好的绿化可以使小区的热环境和微气候有较大的改善。

(2) 合理设计建筑物

确保围护结构达到保温隔热的要求，正确选择朝向以争取日照或合理组织室内自然通风，处理好窗户保温、热桥保温、遮阳等与室内热环境密切相关的构造问题，进一步创造较好的室内热环境。

(3) 采用空气调节或采暖设备，以满足人体热舒适的要求。

五、建筑室外热环境

室外热环境是指作用在围护结构上的由太阳辐射、室外气温、空气湿度、风、降水等因素综合构成的一种热环境。

(一) 太阳辐射

1. 太阳辐射的基本过程

太阳辐射是地球上所有气候能源的根本来源，是决定气候的主要因素。地球上的所有气象现象如空气温度变化、风的形成、地温的变化、海水的温差的形成等都直接或间接地受其影响。

到达地面的太阳辐射由两部分组成，一是太阳直射达地面的部分，称为直接辐射，它的射线是平行的；另一部分是经大气散射后到达地面的，它的射线来自各个方向，称为散射辐射。直接辐射与散射辐射之和就是到达地面的太阳辐射总量，称为总辐射量。

2. 太阳常数

在太阳与地球的平均距离处，垂直于入射光线的大气界面单位面积上的热辐射流，称为太阳常数，从理论上计算的该常数 $I_0=1395.6\text{W/m}^2$ ，称为天文太阳常数，用实测分析决定的太阳常数 $I_0=1256\text{W/m}^2$ ，称气象太阳常数。

太阳辐射透过大气层时，由于受到云层的反射和大气层中气体分子及各种微粒的散射和吸收的作用，使得到达地球表面的辐射强度大大减弱。地理位置不同，到达地表的太阳辐射强度差异较大。

3. 影响太阳辐射照度的因素

太阳辐射强度大小是用单位面积和单位时间内接收到的太阳辐射能量表示，分别为太