

高等院校建筑系学生辅导丛书

人与物理环境

柳孝图 林其标 沈天行 编著



中国建筑工业出版社

TU 11
L 75

390702

高等院校建筑系学生辅导丛书

人与物理环境

柳孝图 林其标 沈天行 编著



中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

本书为高等院校建筑系学生学习“建筑物理”课程的辅导读物，编写的目的是为在校学生指导学习要点，启迪学习方法，补充课外知识。

本书介绍了人对环境感觉的物理基础知识，集中论述了城市气候、热环境、光环境及声环境与城市规划和建筑设计的关系，理论知识和工程实例并重。对于在校学生和建筑设计人员、城市规划人员都有参考意义。

DW21/11



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

北京市顺义板桥印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12 1/4 字数: 295 千字

1996 年 8 月第一版 1996 年 8 月第一次印刷

印数: 1—1,600 册 定价: 16.50 元

ISBN 7-112-02879-5

TU·2198 (7993)

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)

人与物理环境

主 编 柳孝图

编著者 柳孝图（第一章及第五章）

林其标（第二章及第三章）

沈天行、马剑（第四章）

前 言

物理环境是建筑环境科学的基本组成部分。作为当代的建筑师，应当很好地了解人们在生理和心理方面对房屋内、外环境的物质和精神要求，并能综合运用工程技术手段，在规划和设计中为人们创造适宜的物理环境。

作为高等院校建筑系学生辅导读物之一，“人与物理环境”这本书紧紧围绕现行的教学大纲，与现行的建筑物理教科书密切相关。其主要目的是为在校学生指导学习要点，启迪学习方法，补充课外知识。因此在本书的编写中注意把握以下几点：

一、根据人们受到的所处物理环境的刺激因素，把视觉刺激、听觉刺激和一部分热觉刺激作用，从波和波传播的共同特征方面集中起来叙述和分析，作为人对环境感觉的物理基础知识。

二、人们在室内所受的物理环境刺激，一般都与室外的环境条件密切相关。本书以一定篇幅介绍室外的物理环境及其对室内的影响，例如将对室内热环境因素有重要影响的“城市气候”专门列为本书的第二章。

三、理论知识的叙述与工程实例的分析并重。在对一些工程实例的分析中，既着重分析了为改善物理环境条件的考虑，又介绍了建筑设计，使学生较为深刻地理解对物理环境的要求，本质上属于建筑设计的范畴，是对城市和建筑物功能要求与质量评价的组成部分。此外还有助于懂得在建筑设计构思时就考虑对物理环境的要求，还能够增加建筑创作的活力。本书所介绍的不同热环境条件下传统民居，表明这些建筑实例不仅力求适应当地的气候特征，还创造了不同热环境条件下的建筑景观。

本书编著者在物理环境教学方面都积累了丰富的经验，希望本书的出版能够指导和帮助学生从物理环境的观点考虑搞好城市规划和建筑设计。

对于本书的错漏和不妥之处，恳切希望得到各方面的及时批评和指正。

柳孝图 1994 年 12 月

目 录

第一章 人对环境感觉的物理基础	1	第三章 热环境	36
第一节 人与环境·物理环境刺激	1	第一节 人与热环境	36
一、人与环境	1	一、人体的热交换与热反应	36
二、物理环境刺激	1	二、人体舒适感的综合评价	38
三、物理环境与规划设计的相互影响	1	第二节 我国建筑热工设计分区	42
第二节 人对环境感觉的物理基础	2	一、建筑热工设计分区及对	
一、波的传播性质	2	建筑的基本要求	42
二、热	4	二、冬季保温设计要求	43
三、光	4	三、夏季防热设计要求	43
四、声	5	第三节 不同热环境条件下传统	
第三节 物理环境因素 I—热觉环境	6	民居实例分析	44
第四节 物理环境因素 II—视觉环境	7	一、寒冷地区民居	44
第五节 物理环境因素 III—听觉环境	9	二、干热地区民居	45
第二章 城市气候	11	三、湿热地区民居	46
第一节 城市气候的基本特征与研究内容 ..	11	四、温和地区民居	47
一、城市气候的含义及其成因	11	第四节 建筑热环境设计	50
二、城市气候的基本特征	11	一、热环境与建筑设计	50
三、城市气候研究的内容	14	二、热环境设计的原则与途径	51
第二节 城市大气污染对居民健康		第四章 光环境	58
和气候的影响	15	第一节 人与光环境	58
一、城市大气污染的原因及其危害	15	一、光环境与效率	58
二、大气污染对城市居民健康的影响	16	二、光环境与艺术感	63
三、大气污染对气候的影响	16	第二节 光源及其特性	70
第三节 城市热岛	17	一、天然光源	70
一、热岛的形成与成因	17	二、人工光源	71
二、热岛强度	21	第三节 材料的光学性能及其应用	77
三、热岛的垂直结构	23	一、材料的反射系数及透射系数	77
第四节 城市的风	25	二、材料反射光及透射光的空间分布	79
一、城市热岛环流	25	三、材料反射及透射光与光谱关系	83
二、城区风与郊区风的差异	26	第四节 光照的设计与控制	84
第五节 城市气候的改善	29	一、天然光的设计与控制	84
一、城市气候与城市规划的关系	29	二、人工光的控制与设计	92
二、城市气候改善的途径	30	第五节 室内光环境设计	99

一、设计内容及设计程序	99	一、吸声材料与吸声构造	136
二、照明系统	100	二、隔声材料与隔声构造	137
三、建筑光环境设计各论	101	第四节 噪声控制	141
第六节 室外照明设计	111	一、城市噪声	141
一、道路及隧道照明	111	二、影响声音对人的干扰程度的因素	142
二、场地与体育设施的照明	115	三、常用的噪声评价量和评价方法	143
三、室外景观的泛光照明	117	四、环境噪声立法、标准和规范	147
第五章 声环境	124	五、环境噪声控制综述	153
第一节 人与声环境	124	六、环境噪声控制实例分析	158
一、人与声环境	124	七、消声与振动控制概述	161
二、声音的客观计量	125	第五节 室内声学设计	163
三、人对声音的感受	126	一、对语言和音乐的主观评价标准	163
四、声音在户外空间的传播	127	二、对语言和音乐的客观评价标准	165
第二节 建筑声环境	132	三、厅堂体形设计的一般分析	166
一、建筑声环境	132	四、厅堂的容积	168
二、围蔽空间里的声音	132	五、扩声系统	168
三、混响时间及其计算	133	六、我国有关厅堂声学设计的要求	169
四、室内声压级计算	135	七、混响计算和处理的一般方法	173
第三节 建筑材料的吸声与隔声	136	八、室内声学设计各论	175
		主要参考文献	186

第一章 人对环境感觉的物理基础

第一节 人与环境·物理环境刺激

一、人与环境

环境是环绕着人们的、对其生存有很大影响的物质的、生物的和条件的综合。它不仅包括空气、水、食物、居住地等生命保障系统，也蓄积了对人们产生刺激甚至袭击的物理的、化学的和生物的力量。环境条件的组合是在连续不断的变化状态之中，有些变化是显眼的，有些则是难以察觉和隐伏的；从人们的健康考虑，有些变化是有益的，有些则是有害的，甚至是灾难性的。可能危及人们健康的环境因素大致归为三类，即物理、化学的（或称为无机的环境因素）、生物的（或称有机的环境因素）和社会文化的环境因素。

“人类既是他的环境的造物，又是他的环境的创造者，……在人类在地球上的漫长和曲折的进化过程中，已经到了这样一个阶段，即由于科学技术发展的迅速加快，人们获得了以无数方法和在空前的规模上改造环境的能力。”1972年在斯德哥尔摩召开的联合国人类环境会议宣言中的这一论述，从本质上分析了人与环境的关系。

二、物理环境刺激

人们受到的所处物理环境的刺激，主要是感觉的刺激（视觉、听觉、热觉、嗅觉等）以及动力学的刺激（冲击、振动）等。任何刺激在达到一定的低限值时才能被人们察觉或感受。例如在暗室中的光必须达到一定的强度才能被识别；要区分两种红色光，它们的波长及与其它颜色光的波长均须有足够的数量差。在一个安静房间里辐射的声音必须有一定的强度才能被听到，要判断出两个声音不是一样响，它们的强度须有足够的数量差。因此，环境条件的绝对阈值是在没有感觉和引起感觉之间的临界点，而一定的阈值差则可以判断出环境条件的区别。因为人们正常的生理、心理功能以及能够有效地从事各种工作（包括休息、睡眠）的能力，取决于所处的环境条件，而人们对于物理环境刺激的精神和物质的调节能力有一定的限度，所以我们要控制物理环境的刺激（例如温度、湿度、气流、日照、采光及噪声等），使环境刺激处于最佳的范围，或者说使环境刺激优化，保证人们有适宜于从事各种活动的舒适的物理环境。此外，根据刺激改变的程度所导致的对人们在生理和心理健康方面的影响，要运用城市规划、建筑设计等工程技术手段，尽可能使物理环境条件的影响不致达到危害人们健康的程度。

三、物理环境与规划设计的相互影响

室外物理环境的刺激，受到城市规划的影响；人们在室内物理环境中受到的刺激变化，

在很大程度上决定于对建筑物围护结构的设计（包括对设备系统的控制）。环境对规划设计的影响，就是根据客观存在的物理环境条件，对照所要求的标准（或刺激的最佳范围），进行城市规划和建筑物的设计，以求得到适宜的物理环境。当然，这里所说的标准，事实上还包括了人们在不同场合对各种刺激的生理和心理感受；人们的期望以及随时间、地点而异的环境标准；为达到和保持一定的环境条件在经济上的承受能力，以及由此所导致的人们对环境条件容忍程度的差异等。

另一方面，城市化的发展对客观存在的物理环境条件又带来种种影响。例如在城市化地区，人口的高密度带来潜在的热污染，在一定的范围里阻挡或改变了城市的主导风向；密集的高层建筑群显著改变了邻近的居住区和房屋建筑的日照、采光状况（见图 1-1）；城市化地区沿干道建筑物的“障壁效应”也影响到城市交通噪声传播分布的某些特性。所有这些又使城市建筑群的布局、单体建筑设计在一定范围内和一定程度上面临了新的物理环境条件。



图 1-1 悉尼市中心密集的高层建筑群对邻近房屋建筑日照、通风等的影响

第二节 人对环境感觉的物理基础

一、波的传播性质

人们对物理环境的视觉、听觉以及一部分热觉，都是决定于波的传播。不同波长的电磁波，相应于不同种类的电磁波辐射能，给人以光和辐射热感觉的波都是电磁波谱的很小的一部分（见图 1-2）。而引起人们听觉的声波则是另一种波，这种波一般是受到外力作用产生振动的物体，引起了弹性介质中压力的迅速而微小的起伏变化，并且经由弹性介质传播到人耳。既然都是波和波的传播，就均以能量频率（或波长）、速度、振幅等物理量表示它们的性质。例如在特定条件下，电磁波和声波的传播速度都是常数（电磁波的速度接近于 $3 \times 10^8 \text{ km/s}$ ，声波的速度接近于 340 m/s ）。光的颜色习惯于依其波长来确定，人们对于

波长在 $380\sim 780\text{nm}$ ^① 范围内的电磁波，依波长的不同产生不同的颜色感觉。在表面温度高达 6000K 的太阳辐射中，能够转化为热能的主要是在可见光（约占热辐射能的 52% ）和红外线的短波部分（约占 48% ）。声音通常用频率表示，频率在 $20\sim 20000\text{Hz}$ 范围里的声音可以使人听出不同的音调。

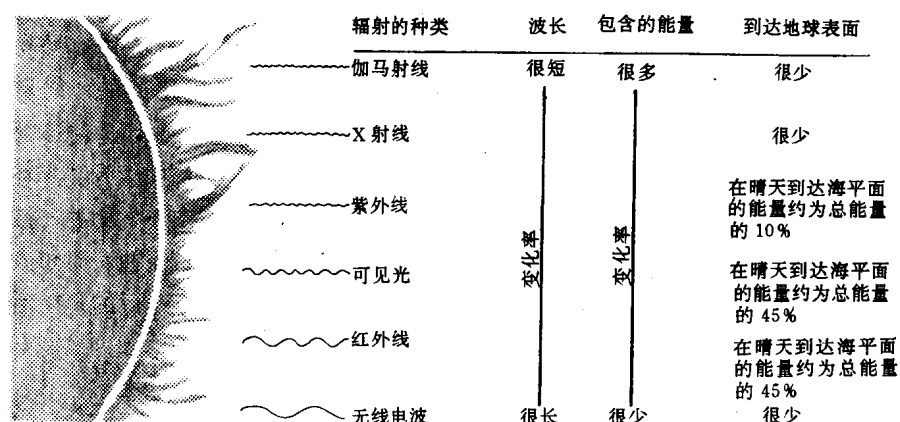


图 1-2 太阳的辐射谱及各种辐射能到达地球表面的量

考虑一个点源（点光源或点声源）辐射的并向所有方向传播的波，如果该辐射源是在半径 $r=1\text{m}$ 的空心球面的中心，其辐射的能量将分布在该空心球的整个表面，即分布在 $4\pi r^2$ 或 12.57m^2 的面积上。因此在每平方米面积上将接受来自辐射源的总能量的约 $1/12$ 。随后，如果空心球的半径增加 1 倍，该球的面积增至 $4\pi (2r)^2$ ，原先分布在 1m^2 面积上的能量这时将分布在 4m^2 的面积上，即减少为原先的 $1/4$ 。在距离和面积之间的这种关系（反映点源辐射强度的变化，见图 1-3）即所谓平方反比定律，说明刺激强度随与距离的平方反比而变，然而使人们对光产生颜色感觉的波长和对声音产生音调感觉的频率均未改变。

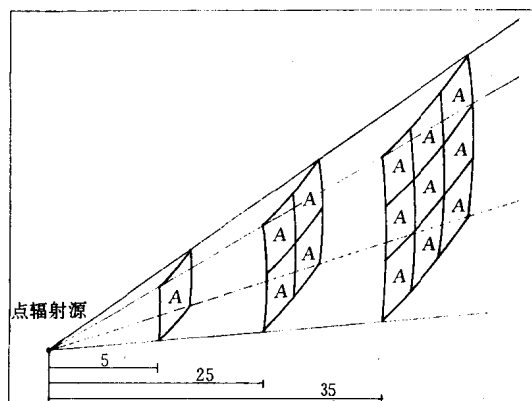


图 1-3 点源辐射强度随距离的变化规律

① nm (Nanometer) —— 长度单位， $1\text{nm}=10^{-9}\text{m}$

二、热

热是贮存于所有物体（不论是固体、液体或气体）中的一种能量，温度是贮存的这种能量对物体产生效应的度量。人体只要是处在与其体温相同的热环境中，就不会得到或者失去热量，即处于平衡状态。但如果是处在较高或较低温度的环境中，人体就会以传导、对流、辐射以及蒸发等方式得到或者失去热量。导热是由于较热和较冷固体直接接触引起的热量转移。对流是由于环绕较热或较凉的固体运动的气体或流体而引起热转移。辐射是温度高于绝对零度的物体，从其表面向外辐射出电磁波并向空间传播。（这种传播可以在真空条件下进行），被辐射体将所接受的辐射能又转换为热能。辐射换热时不仅存在着能量的转移，还伴随着能量形式的转化（辐射体将热能转换为电磁辐射能向外发射，被辐射体将所接受的辐射能又转换为热能）；此外，参与换热的两物体不需直接接触（例如人体与室内墙面、天棚之间的辐射换热）。人体蒸发散热是通过呼吸和皮肤蒸发进行的；在活动强度较大或环境温度较高时，人体大量出汗，靠汗液的蒸发大量散热。

三、光

光是以电磁波形式传播并引起人眼刺激的辐射能，虽然只是电磁辐射波谱中相对小的一部分，但在这个范围内的不同波长的电磁波却足以使我们能分辨出所有各种不同颜色的光。在这个波长范围内的由绝大多数波长的光混合而成的将是“白光”。但是如果在诸波长混成的光中，有某一波长处于支配地位，则将会有颜色感觉。因此，一种光色可以根据其组成的光的辐射能和波长确定。人们对不同波长的单色光的颜色感觉见图 1-4。

辐射源在单位时间内发出的能量称为辐射通量，记为 P ，单位为 W 。对于具有相同的辐射通量但波长不同的可见光，人眼刺激感受所判断的明亮程度不一，人眼的这种视觉特点常用相对光谱效率 $[V(\lambda)]$ 曲线表示，见图 1-5。它表示获得相同视觉感觉时，波长 λ_m 和波长 λ 的单色光辐射通量之比。 λ_m 选在视感最大值处（明视觉时为 555nm，暗视觉时为 507nm）。

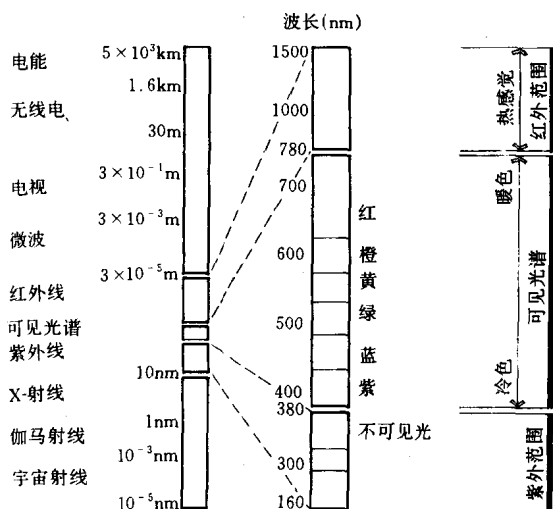


图 1-4 人对不同波长的单色光的颜色感觉

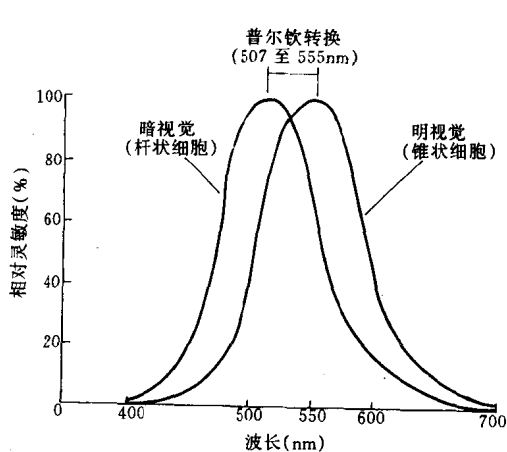


图 1-5 相对光谱效率曲线

光源的光谱组成不但影响光源的表现颜色，而且决定被照物体的显现效果。视觉环境通过眼睛所传递的刺激还与采光、照明方式及被照空间所显现的状态有关。

四、声

引起人们听觉刺激反应的声波，通常都是起源于若干物体的振动，这种振动在空气中引起连续的压缩和膨胀的系列。裸露的扬声器发出最低的音符的声音时，可以清楚地看到扬声器膜向里和向外的移动，当然振动的扬声器膜迫使邻近空气质点按与其完全一样的运动特征作的起伏波动就不易看出了，但这些波动很快传达到人耳。声波必须有弹性介质的传播，悬挂在真空瓶内的钟，当抽去空气后，人们就听不到钟的嘀答声。声源导致的介质压力的起伏变化只能使介质质点在其平衡位置往复振动，而并不导致介质质点的位移。

声波在自声源不断向外传播的过程中，同一时刻到达的界面称为波阵面，波的传播方向可以用与波阵面垂直的声线表示。除已熟悉的点声源外，根据波阵面的空间分布特征，我们还可以把实际生活中的声源归类为线声源和面声源。图 1-6 为常见的几种声源及其声波的传播分布情况。

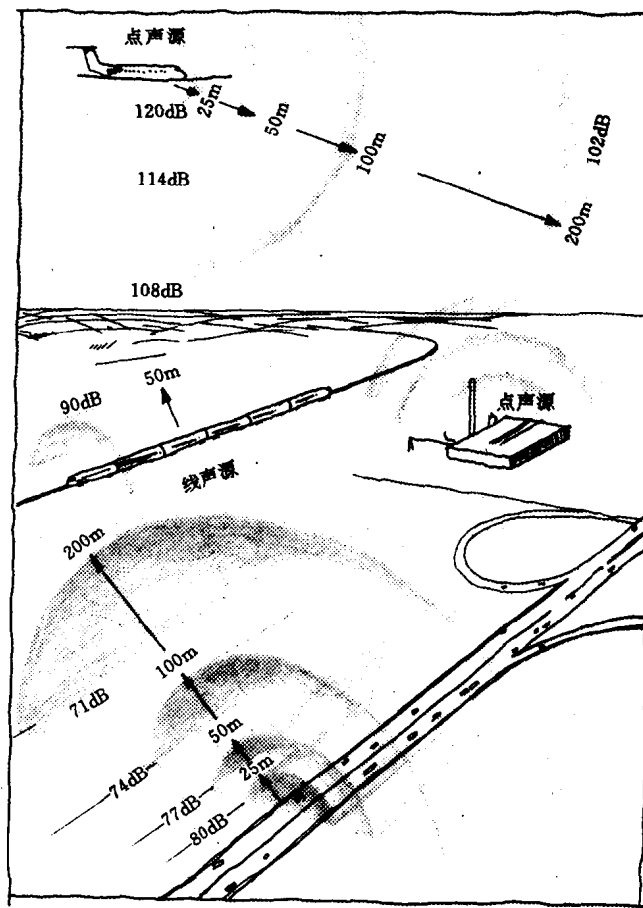


图 1-6 点声源和线声源的举例及声波传播分布特征

大多数单个的声源是向所有的方向辐射声音，但是也有不少声源辐射的声音在某一个方向具有较大的强度，例如人们的嗓音。对于声源在自由空间里辐射声能在某一个方向具有的较为集中的分布，称为声源的方向性。

如同我们看到的颜色很少是单波长的光产生的色彩一样，人们很少听到由单一频率的波发出的纯音。类似于由光谱中所有波长成份混合成的光是白色光，由声谱中具有大致相同的能量级的所有频率构成的声音称为“白噪声”，浴室莲蓬头放水时发出的声音就近似于这种白噪声。

第三节 物理环境因素 I — 热觉环境

环境的温度、湿度、风以及热辐射等构成人们所处的热环境因素或者说所处的气候条件。热环境以各种方式影响从事各种活动（或处于各种状态）的人。半个世纪以来的许多研究已经揭示了几乎人体的每一部分都受到热环境的影响。人们对热舒适的基本要求是保持体内（或核心）温度在 37℃。人体器官力图在正常功能所及的范围内达到热平衡和不变的体温，这种热平衡可以表示为

$$q_m \pm q_r \pm q_c - q_w = 0$$

式中 q_m ——人体新陈代谢获得的热量；

q_r ——人体辐射换热量；

q_c ——人体对流换热量；

q_w ——人体蒸发散热量。

任何对散热的阻碍（例如随热带气候的高温出现的阻碍），将可能抑制人体的功能，使人易患传染疾病甚至缩短寿命。相反，在低温的气候区，人体最容易散热，过份加快人体的功能亦将影响寿命。当空气温度在 20~25℃ 时，人体可以保持最小的新陈代谢。如果湿度过高，空气不能吸收人体希望去掉的水份，同时人体内部温度升高引起了热压力。当空气温度较高或辐射温度较高并且湿度较低时，失去水份的人体在某种程度上也失去了盐份而可能出现热束缚。风速（或气流速度）愈大，人们感觉的冷却效应愈大，这就是生物气象学家所说的风冷却因素。综上所述，热环境各个因素的组合决定了人们的热舒适程度或存在的热压力。

当今已经提出和运用了许多关于热压力的评价指标。研究表明，如果有效温度^①超过 27~30℃ 的范围，操作工人的熟练程度将明显地减退。在对采煤生产中的研究显示，随着有效温度的增加（从 18℃ 增至 28℃），花在装煤的时间逐渐增加，并且用于休息的时间也有所增加，当温度高于 24℃ 时这种变化更为明显（见图 1-7）。随着环境温度的增加，年龄超过 30 岁的人（尤其是 50 岁以上的人）在生产中的事故也会明显地增加（见图 1-8）。

人们的热舒适程度，事实上决定于客观的热环境因素和人体主观条件这两个方面，可以简单归纳为表 1-1。

^① 有效温度——见本书第三章有关论述。

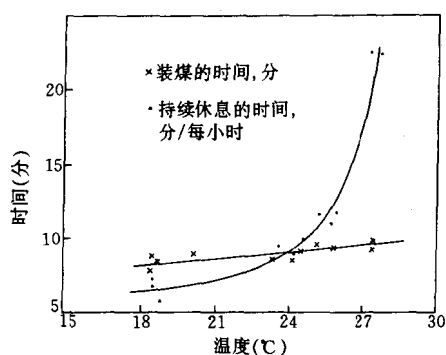


图 1-7 装煤工作中,有效温度对工作和休息的持续时间的影

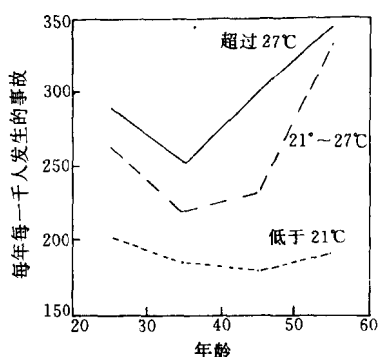


图 1-8 生产事故与年龄及温度的关系

决定热舒适程度的热环境因素与人体条件

表 1-1

热环境因素	户 外	气温、湿度、风速及风向; 太阳辐射; 地理纬度及住处(或工作地点)的周围环境、地形等
	户 内	气温及其空间分布; 湿度及其空间分布; 气流速度, 方向及空间分布; 辐射强度及方向; 大气压; 居住(或工作)空间的尺度; 室内的人数及家具陈设(包括设备数量、分布及散热情况等)
人体条件	体 质	健康状况, 心脏功能, 新陈代谢, 汗腺功能, 种族, 性别, 年龄, 体质, 体形等
	心理功能	精神紧张或放松的程度, 性格(焦虑或开朗), 其它社会因素对心理的影响
	外部因素	服饰(衣着的热、湿及透气特性, 复盖和外露情况), 活动量(工作、劳动、学习等), 暴露的持续时间, 暴露的经历及对热环境的适应能力等

第四节 物理环境因素 II — 视觉环境

人类生活中 2/3 以上的信息来自视觉, 而光是正常人产生视觉刺激所不可缺少的外界条件, 也就是在一定的光环境(包括天然光和人工光)条件下通过视觉器官看到周围环境而获取信息。光环境包括照度水平, 亮度分布, 采光及照明方式, 光源颜色及显色性, 空间状态及表面色彩等因素。

许多人都有这样的体会, 在晴朗的日子走入昏暗的电影厅很难立刻找到自己的座席, 而且几乎看不见所有的一切。经过一段时刻以后才能看得相对好些。这是因为分布在人视网膜上的锥状感光细胞与杆状感光细胞所起的不同作用, 即在暗环境和亮环境里的适应速度是由这两种感光细胞的化学组成中出现的变化率的作用所致。图 1-9 说明两种不同的感光细胞对光环境适应的变化情况, 锥状感光细胞只在明亮环境下起作用, 达到其最大的适应程度只需几分钟; 杆状感光细胞只能在黑暗环境中起作用, 而要达到其最大的适应程度

约需 30 分钟。此外在亮环境下锥状感光细胞能分辨出物体的细部和颜色，并能对光环境里的明暗变化作出迅速的反应；杆状感光细胞能在黑暗环境中看到物体，但它不能分辨物体的细部和颜色，且对光环境的明暗变化反应较慢。

此外，由于感光细胞在视网膜上的分布特征，以及眼眉、面颊的影响，人眼的视看范围（即视场）受到一定的限制。由图 1-10 可知，双眼不动的视野范围为：水平面 180° ；垂直面 130° ，其中向上为 60° ，向下为 70° 。图中灰色区域为单眼视看范围，白色区域为双眼共同视看范围。人眼在视轴 1° 范围内具有最高的视觉敏锐度，能分辨最小的细部，称为“中心视场”，但是由于这里没有杆状感光细胞，所以在黑暗环境中，这一角度范围内不产生视觉。从中心视场向外的 30° 范围内是视觉清楚区域（又称近背景视场），这是观看物体总体时的最有利位置。此外，人眼对光环境的刺激总是被吸引到视场中最亮的、色彩最丰富的或对比最强的部分，这是视觉的向光性。

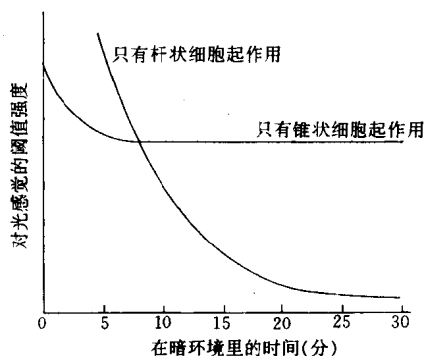


图 1-9 人眼两种感光细胞在暗环境中的视觉阈

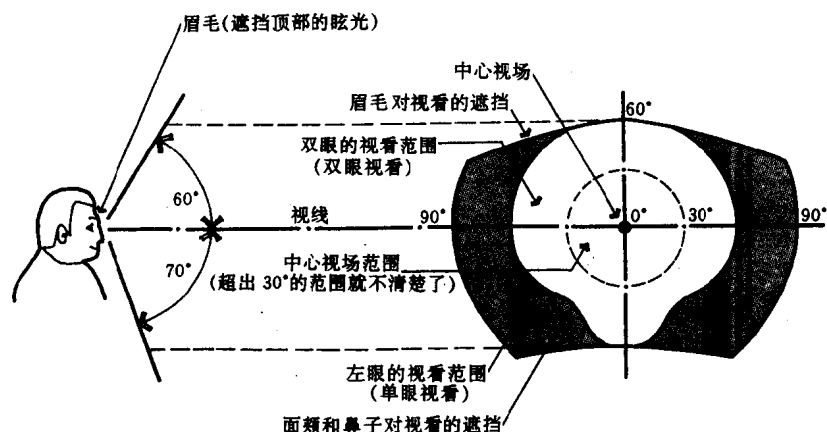


图 1-10 人眼的视野范围

人们从事各种活动的效率取决于适当的视觉刺激。依对识别速度和准确性均有要求的作业的研究结果表明，在视看对象有很高对比度的情况下，当作业面照度自 $5\text{lm}/\text{m}^2$ 增至 $500\text{lm}/\text{m}^2$ ，作业的差错率明显减少，如果照度继续增加至 $1600\text{lm}/\text{m}^2$ ，对作业差错率的减少仅略有增加。作业（活动）所要求的照度，受到四个相互独立的因素的影响，即：物件尺寸，物件与其最靠近的环境之间的对比，最靠近的环境的反射特征，观察时间。除了物件的尺寸而外，设计人员可以在不同程度上控制其余三个因素，在所有这些因素确定之前，不可能确定所需要的采光（或照明）数量。采光或照明标准推荐的照度一般根据视功能需要，也结合考虑经济条件。

日光在人们的心目中是光明和生命的象征。人们对日光的喜爱不仅是生理、心理的需

要，室内的日光和日光的移动向人们提供了时间和季节的信息，并且给予人们建筑空间的三维体形和定向、定时的重要信息。建筑师可以从天然光得到一种仅凭建筑体型研究而不可能有的建筑造型的创造力，使其建筑设计能够获得相应于日光变化的活力。此外，当今还从节能的意义方面考虑天然光环境的周期循环变化与建筑设计之间的互补作用，就是强调把房屋建筑与自然力（即天然光的照度，太阳的热能）加以综合。人们对天然光的利用受时间、地点的限制，随着生产和科学技术的发展，人类由利用篝火照明，逐渐发展到现在使用各种电光源照明，照明技术的发展对人们的视觉环境产生了深远的影响。

第五节 物理环境因素Ⅲ—听觉环境

与人眼受电磁波能量的刺激产生视觉反应不同，人耳是对机械能作反应，即人耳受到由弹性介质质点振动传播的声波的刺激而产生听觉。人们所处的声音环境包括了需要听闻的声音和不需要听闻的声音，任何其它形式的能量都不像声音这样遍及于人们生活的各个方面，也正是靠了语言的交流，人类的知识才得以延续地积累。

频率与声压是用来说明声波的两个主要特征的量。频率是指当声波通过空气或其它弹性介质传播时，在1秒钟内介质质点在其平衡位置的完全振动次数，它与声源振动的频率相同，记为 f ，以Hz表示。声压是指介质质点由于声波作用而产生振动时所引起的大气压力起伏变化，或者说是有声波时介质中的压力与静压的差，单位是 N/m^2 或Pa。任何一点的声压都随时间不断变化，任何一瞬间的声压称为瞬时声压，记为 p 。声压变化呈正弦波曲线的声音称为纯音。声波的频率是人们所感觉的音调，高频声是高音调，低频声是低音调；然而音调有可能受声压（或强度）的影响。人们对声音强弱程度的感受基本上决定于声压（或强度），对于频率为1000Hz的声音，人耳可以察觉的声压为 $2 \times 10^{-5} \text{N/m}^2$ （或 $20 \mu\text{Pa}$ ），而要能察觉频率为30Hz的声音，其声压需达 $2 \times 10^{-2} \text{N/m}^2$ 。在正常人耳听觉范围里，声压和声强的变化范围很大，很难直接用声压或声强表示人们对声音强弱感受的差别，改用对数标度不仅可以“压缩”这个变化范围，而且接近于人耳对声音变化的主观感受。dB（分贝）是一个可以把作用在人耳鼓膜上的压力方便地转换的量度。图1-11是以大量的听力良

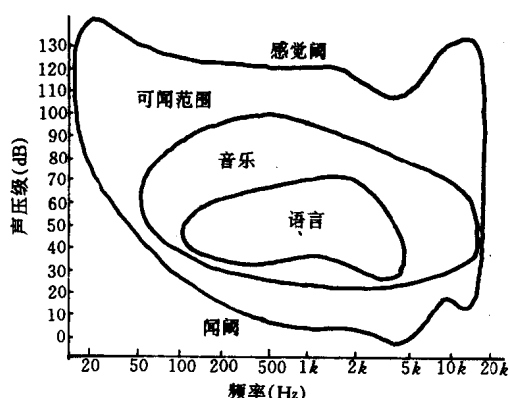


图 1-11 反映频率与声压级关系的听阈范围
以及语言和音乐的大致范围

好的人的意见为依据判断的随声音刺激频率而变的听阈范围。0dB 是人为地设置的作为对 1000Hz 纯音的闻阈绝对值。

不同乐器发出同样音符的声音之所以让人们感觉不同，是由于在它们发出的声音中包括了除基音以外，还有若干其它频率成份的谐音。所谓基音，是指乐器发出的声音中，频率最低、强度最大的声音，这就是决定乐器音调的基频。另一些频率成份的声音统称为谐音，谐音的频率都是基音频率的不同的整数倍。不同乐器在发出同样基音（音符）时包含了不同数量的谐音，而且乐器加强（放大）某些谐音的构造有所不同。与谐音的特征有关的听觉感受称为音色。如果用滤波器消除所有的谐音成份，就判别不出是何种乐器演奏。

噪声是由许多频率复合成的声音，这些频率之间没有谐和关系，人耳听不出其中包含有任何谐音或音调的特征。但是如果某一频率或某一段频率范围的声音处于支配地位，这种声音就可以说有点“颜色”，例如人们说某一噪声是“刺耳”的或是“隆隆”的，也就是感受到噪声中的某些频率成份有较多的能量。

为了判断噪声的干扰，往往借助于滤波器将声音的频率范围分成若干相连的频带，以便看出整个频率范围的声能分布。在倍频带中，上限频率总是等于下限频率的 2 倍；在 1/3 倍频带中，上限频率总是等于下限频率的 1.26 倍，每个倍频带包括 3 个接连的 1/3 倍频带。因此，为了覆盖自 31Hz 至 8000Hz 这样重要的频率范围，按倍频带分析，有 9 个不同的数据；若用 1/3 倍频带分析，则有多达 25 个不同的数据。

与声音遍及于人们生活的各个方面类似，振动也经常出现在各种环境里，振动通过人体与振动源接触的部位传至全身，从令人感觉轻微的不舒适到身体的损伤。对于从事劳动和工作的人，振动会引起对视觉的干扰，影响精力集中，从而导致操作熟练程度的下降，生产效率降低，并可能出现质量事故。振动环境对人的影响及危害主要决定于振动频率、振动强度（位移、速度和加速度）以及局部振动方向；此外人们接触振动的时间、振动的环境条件、工作体位及各人的差异也有关系。

以上仅仅是分别介绍热环境条件、光环境条件及声环境条件对人的刺激和影响。事实上，人们处于上述各物理环境因素不同组合的环境之中。有些学者根据改变的温度、采光和噪声条件，对这些环境因素作了多种不同的组合，以探讨这些因素组合与满足日常生活舒适条件的最佳关系。