

朱丹 编著

Human Engineering

全国高等院校设计学学科系列规划教材

人体工程学



014025875

TB18-43  
42

# 人体工程学

中国高等院校设计学科系列规划教材

Human Engineering

朱丹 编著

TB18-43  
42

114052812

## 内容提要

《人体工程学》一书由教学经验丰富、长期从事一线教学工作的高校教师编写而成，其重点选择了人体工程学与环境设计、建筑设计等相关要素进行讲解与分析，并辅以众多实际案例进行说明。全书分为四个部分，分别为人体工程学的基本知识、人与环境、设计心理学与环境设计、课题设计及科研实践。其所含知识涉及广泛，讲解具有一定的深度。设计课题及作业范例部分包括课题目的、扩展知识点、具体要求和方法，具有很强的易操作性，大大提高了本书的实用价值。本书适合作为各类大专院校室内设计、环境艺术设计、建筑设计、家具设计等相关专业的教材，同时也适合作为设计爱好者的自学教程。

### 图书在版编目(CIP)数据

人体工程学 / 朱丹编著. —北京: 中国电力出版社  
2014.1  
全国高等院校设计学学科系列规划教材  
ISBN 978-7-5123-5180-6



I. ①人… II. ①朱… III. ①工效学—高等学校—教材 IV. ①TB18

中国版本图书馆CIP数据核字 (2013) 第268752号

中国电力出版社出版发行  
北京市东城区北京站西街19号 100005 <http://www.cepp.sgcc.com.cn>  
责任编辑: 王倩  
责任校对: 太兴华 责任印制: 蔺义舟  
北京博图彩色印刷有限公司·各地新华书店经售  
2014年1月第1版·第1次印刷  
889毫米×1194毫米·1/16·10.5印张·320千字  
定价: 49.80元

### 敬告读者

本书封底贴有防伪标签, 刮开涂层可查询真伪  
本书如有印装质量问题, 我社发行部负责退换  
版权专有 翻印必究

# 前言

人体工程学是一门新兴的学科，它是专门研究人、产品和环境三者的关系，以及在设计中如何强调科学性和艺术性，如何更好地为人服务的学科。工业革命后，随着机器生产的范围日益扩大，人与造物的关系也越来越复杂，这使得心理学家、工程师、人类学家共同参与到设计中，系统地研究人在设计中的作用。到了20世纪60年代后，人体工程学才在许多领域得到广泛的应用。随着一些发达国家消费者对产品设计要求越来越高，人的因素逐渐成为评价设计好坏的重要标准之一，这在很大程度上推动了以人体工程学的理论和方法指导设计、制定人体工程学方面的设计规范作为现代设计的参考。

所谓“设计以人为本”是指人是设计的主体，所以在设计过程中把握人的尺度显得尤为重要。早期的人体工程学主要着眼于人体物理尺度的研究，并把这些成果应用于产品设计中。随着时代的发展、科学的进步，人们逐渐开始关注人类心理和行为对设计的影响，并在环境设计、建筑设计方面加强了对这方面的探索，形成了环境心理学、建筑心理学、行为建筑学等一系列相关交叉学科。而这些学科的共同特点均是以“人”为研究主体，理解人类的活动、态度、价值观、人类的心理状态和生活方式与物理环境之间的关系，最终在环境设计与建造使用过程中反映这些关系。如今，在西方，一些建筑师转向社会调查研究，并探求心理学、人类学、行为学、美学和模拟智能等作为环境设计与建筑设计的新方法。第三代建筑师们则一直致力于“人、环境、建筑”这一课题的探讨，力求创造多样化、丰富而愉悦的人类环境，可以推测，以人和环境交互作用而发展起来的人体工程学的相关理论，将成为未来建筑设计的重要指导理论之一。

基于以上认识，本书以“人”为研究主体，系统地介绍了人体工程学的基本知识，特别是对与环境设计、建筑设计相关的心理学、行为建筑学、审美心理学等进行了整理，为相关专业的学生提高设计素养、进行环境设计提供了有益的参考和帮助。

全书分为四个部分：第一章介绍了人体工程学的基本知识；第二章重点研究人与环境相关的各个课题，其中梳理和汇总了建筑心理学、行为建筑学的相关知识点；第三章简要介绍现代设计心理学对环境设计的影响；第四章循序渐进地列举了系列设计课题与学生作业实例给读者参考，此部分内容包括课题目的、扩展知识点、具体要求和方法，具有很强的易操作性，这也大大提高了本书的实用价值。其中，最后一个课题是2013年国家自然科学基金资助项目（项目批准号：51208106）的阶段性成果，这是将人体工程学的理论知识应用到实际研究中的一次很好的例证，同时也加强了本书的学术价值。

在内容选择上，本书根据编者多年在建筑学院教学的经验，选择了与环境规划设计及建筑设计相关的要素进行重点讨论和分析，而对于人体工程学应用于产品设计及室内设计方面的内容着墨不多，以此作为与市场上同类相关的书籍的区分。

编写方法上，本书将理论知识与相应的建筑设计实例对比讲解，力求将抽象的纯理论在设计实例中得以印证，以简单、易懂的方式为读者所接受，书中大量的图片增加了阅读的趣味，使理论书籍不再枯燥乏味，也对课程内容进行了有效的补充说明。

最后，作为一门新兴学科，人体工程学正飞速发展着，新的研究成果也将层出不穷，故本书内容也将随着这门学科的发展而不断完善。

# 目录



## 前言

### 绪论

#### 人体工程学概论

- 一、人体工程学的由来与发展
- 二、人体工程学的研究内容
- 三、人体工程学的概念
- 四、人体工程学的应用

## 第一章

### 1 人体工程学基础

#### 第一节 人体生理学基础

- 一、人体感觉系统
- 二、血液循环系统
- 三、人体运动系统和人体力学

#### 第二节 人体心理学基础

- 一、心理现象的生理基础
- 二、心理与行为
- 三、感觉与知觉
- 四、注意与记忆
- 五、思维与想象
- 六、知觉暂留与错觉
- 七、向光性与私密性
- 八、领域与个人空间

#### 第三节 人体测量学基础

- 一、人体测量学的由来与发展
- 二、人体测量学与设计的关系
- 三、人体测量的内容和方法
- 四、百分位和人体尺寸的相关定律

## 第二章

### 9 人与环境

#### 第一节 人和环境的交互作用

- 一、人和环境
- 二、刺激与效应
- 三、知觉的传递与表达
- 四、人体舒适性

#### 第二节 人的心理与环境

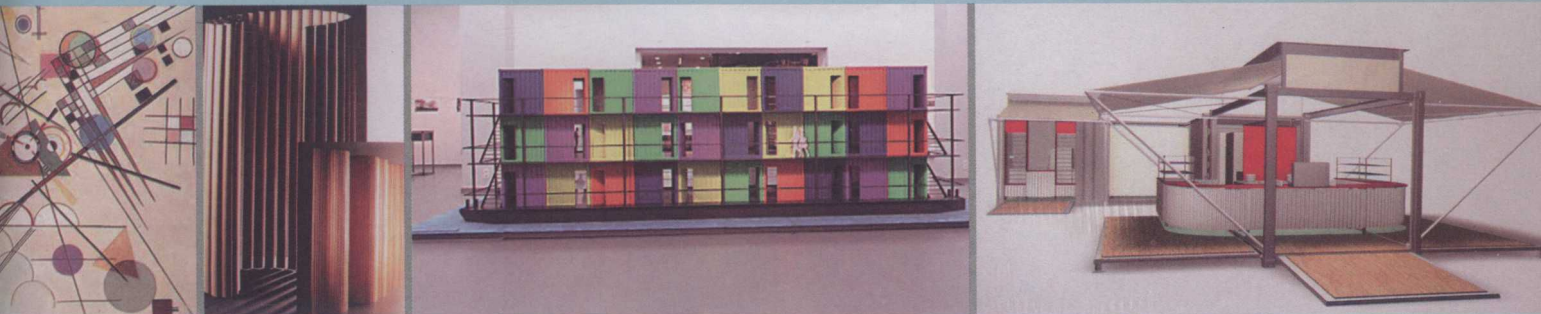
- 一、环境心理学的产生
- 二、空间环境中人的行为心理特点

#### 第三节 行为与环境

- 一、环境行为
- 二、环境行为特征
- 三、人的行为习惯
- 四、人的行为模式
- 五、人的行为与空间设计的关系

#### 第四节 知觉与环境

- 一、视知觉与环境
- 二、听觉与环境
- 三、肤觉与环境



## 第五节 人和环境质量评价

一、评价的概念

二、评价内容、计量和标准

三、评价方法

80

80

81

83

## 第三章

### 设计心理学与环境设计

一、设计心理学概述

二、知觉与设计艺术

三、审美心理

四、造型心理

五、设计心理研究方法

85

86

88

89

99

103

## 第四章

### 课题设计与科研实践

105

课题一：人与物——“以人为本”的

设计理念 106

课题二：我的立方 112

课题三：移动的游牧部落——

集装箱临时住宅 119

课题四：城市俯视景观的视觉认知分

析——图像心理学研究 140

参考文献

后 记



人体工程学是研究人与环境相互作用的一门交叉学科。它涉及生理学、心理学、社会学、工程学等多个领域。随着科技的进步和人类生产活动的日益复杂，人体工程学在提高生产效率、保障劳动者健康、改善人机交互等方面发挥着越来越重要的作用。本书旨在为读者提供关于人体工程学的基本概念、原理和应用，帮助读者理解人与环境的关系，并为实际工作提供有益的参考。

本书共分八章。第一章介绍人体工程学的定义、发展历史、研究内容和意义；第二章探讨人体生理、心理、行为特征及其对工作的影响；第三章分析工作场所环境因素（如照明、噪声、振动、温湿度等）对人体健康的危害及改善措施；第四章讨论工作设计、人机交互设计、界面设计等；第五章介绍工作组织、工作负荷、工作满意度、职业倦怠等问题；第六章探讨特殊人群（如老年人、残疾人、孕妇等）的人体工程学需求；第七章介绍人体工程学在产品设计、交通工具设计、军事领域、体育竞技等领域的应用；第八章为总结和展望。本书可作为高等院校相关专业教材，也可供从事相关工作的工程技术人员、管理人员参考。

人体工程学是近几十年发展起来的新兴综合性学科。过去人们研究探讨问题，经常会把人和物、人和环境割裂开来，孤立地对待，认为人就是人，物就是物，环境也就是环境，或者是单纯地以人去适应物和环境对人们提出要求。而现代设计日益重视人与物和环境间以人为主体的具有科学依据的协调关系。因此，设计开始关注人的物理要求、生理要求以及心理要求的研究，并开始将研究结果运用到设计实践中去。

## 一、人体工程学的由来与发展

人体工程学(Ergonomics)是20世纪40年代后期发展起来的一门技术学科。由于它是一门涉及面极为广泛的综合学科，故随着应用范围的不同，也被称为人机工程学、人类工程学(Human Engineering)、实验心理学、应用心理物理学(Applied Psychosis)、工程心理学、生物工艺学、人机控制学等。目前世界上普遍采用的称呼有“人间工学、人类工效学、人的因素”等。

“Ergonomics”一词原出于希腊文，“Ergo”即“工作、劳动”，“nomos”即“规律、效果”，也即探讨人们劳动、工作效果、效能的规律性。这一词最早由波兰教育学家、科学家雅斯特莱鲍夫斯基于1857年提出，但直到20世纪中期人体工程学才真正开始受到重视。

人体工程学起源于欧美，原先是在工业社会中开始大量生产和使用机械设施的情况下探求人与机械之间的协调关系，作为独立学科约有70多年的历史。早在20世纪初，英国的泰罗为了寻求人们健康、安全、高效的工作而设计出一套研究工人操作的方法及操作制度，人称泰罗制，这是人体工程学的始祖。

第一次世界大战期间，由于生产任务紧张，工厂加班生产，造成了许多工作事故。因此英国成立了工业疲劳研究所，研究如何消除疲劳、提高工作效率的方法。当时人体工程学的研究还非常狭隘，应用也很不普遍。第二次世界大战期间，各国纷纷发展威力大、效能高的武器装备，但由于忽略了操作人员的生理及心理特征，因而设计时没有考虑使用人员的生理及心理效能，从而导致操作失误频发。因此，生理学家、心理学家、工程师、人类学家开始聚集在一起共同研究军事科学技术，开始运用人体工程学的原理和方法解决武器设计方面的问题，比如在坦克、飞机的内舱设计中，如何使人在舱内有效地操作和战斗，并尽可能使人长时间地在小空间内减少疲劳，即处理好人一机一环境的协调关系。直到此时，人体工程学才开始逐渐受到重视，首先在英、美两国，继而许多欧洲国家也开始了对人类功效学的研究。及至第二次世界大战后，各国把人体工程学的实践和研究成果迅速有效地运用到空间技术、工业生产、建筑及室内设计中去，使人体工程学得到了全面的应用并飞速发展壮大起来。至1961年终于创建了国际人体工程学协会，并在斯德哥尔摩召开了第一次国际会议，有英国、美国、日本、澳大利亚及欧洲一些国家参加。1964年日本建立了日本人间工学会；德国早在20世纪40年代起即开始人类功效方面的研究；苏联在20世纪60年代开始研究工程心理学，并大力发展人类功效学标准化方面的研究。我国1989年成立了中国人类功效学学会，作为与国际人类功效学相应的国家一级学术组织，起步较晚，目前仍处于发展阶段。

及至当今，社会发展向后工业社会、信息社会过渡，重视“以人为本”“为人服



务”。人体工程学强调从人的自身出发，在以人为主体的前提下研究人们的衣、食、住、行以及一切生活、生产活动，从而综合分析、产生新的设计思路。故人体工程学必将为越来越多的人重视，而它与设计活动间的关系也必将越来越密切。

## 二、人体工程学的研究内容

人体工程学是一门边缘性学科，主要由六门分支学科组成：人体测量学、生物力学、劳动生理学、环境生理学、工程心理学及时间与工作研究，因此，人体工程学的研究范围也比较广泛。早期人体工程学主要研究人和工程机械的关系，即人机关系，主要包括人体的结构尺寸和功能尺寸、操纵装置、控制盘的显示设计，涉及生理学、人体解剖学和人体测量学等。随着人们对人体工程学的重视，人和环境的关系研究也包括进来，这又涉及人的行为学、环境心理学等。至今，人体工程学的研究内容仍在发展，故研究范围还在不断发展之中。但概括地说，人体工程学主要有四个研究方面：第一，生理学，主要研究人的感觉系统、血液循环系统、人体运动系统等基本知识；第二，心理学，主要研究感觉、知觉、注意、向光性等概念；第三，环境心理学，主要研究人和环境的交互作用、环境行为特征和规律、环境心理等知识；第四，人体测量学，主要研究人体特征、人体结构尺寸、人体功能尺寸及它们在设计中的应用。

本书主要着眼于人体工程学的基础理论及它在环境设计中的应用，主要研究环境设计中人的因素（生理因素及心理因素），简要介绍与之相关的人体工程学基本概念，阐述人与环境的交互作用，并结合了环境行为学、环境心理学、设计心理学、实验心理学的相关内容，旨在为建筑设计、室内设计、城市环境设计提供理论依据和方法。

## 三、人体工程学的概念

人体工程学随着其自身研究范围的不断扩大其概念一直处于发展变化之中。下面是关于人体工程学概念的几种说法。

美国人体工程学专家伍德提出：设备的设计必须适合人的各方面因素，以便在操作上付出最少能耗而获得最高效率。

美国学者科多默认为：人体工程学是为适当地设计人的生活和工作环境而研究的人的特性和“工作的宜人化”。

我国科学家钱学森在《系统科学思维科学与人体科学》一书中提到：人体工程学是一门非常重要的应用科学，它专门研究人和机器的配合，考虑人的功能及能力，来设计机器，求得人在使用机器时达到最佳状态。

日本千葉大学小原教授认为：人体工程学是探知人体的工作能力及其极限，从而使人们所从事的工作趋向适应人体解剖学、生理学、心理学的各种特征。

现阶段普遍采用的相对全面的概念来自于国际工效学会所下的定义，即人体工程学是一门“研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素；研究人和机器及环境系统中交互作用的各组成部分（效率、健康、安全、舒适等）；研究在工作中、家庭生活中和休假时如何达到最优化的科学”。

## 四、人体工程学的应用

人体工程学的应用面相当广泛。可以说，凡是人迹所至，就会应用到人体工程学。目前，人体工程学主要应用在以下几个方面。

## (一) 产品设计

人体工程学在产品设计方面的应用可谓相当广泛。早在石器时代，当原始人挑选合适的石头，并将之打磨成合适手握的形态之时，可以说，人体工程学已经在人类造物活动中得以应用。

到了如今物质产品无比丰富的时代，当我们环顾四周时便会发现身边的每一个产品都注入了设计师对人的关注。比如，我们的衣服轻便合身，即通风又保暖，这种舒适性来自于设计师对于人体尺度及人体体表温度的把握；我们每日使用的牙刷，不仅款式多样，还充分考虑到了不同使用者不同的把握方式（图0-1）；喝盒装酸奶的小勺子被设计成90度的尖头状，这是为了方便地取到奶盒底部的剩余酸奶（图0-2）。有时，对使用者的使用方式及使用心理的关注还会成为产品设计的亮点。比如，可防水的药袋设计，这个设计可以使患者免除寻找水杯吃药的环节，包装药袋直接可以当成临时性的水杯使用，非常方便（图0-3）；又如，设计师考虑到雨天的夜晚，无论是行人还是驾驶员都会有视觉不佳的状况出现，因而设计出可以发光的伞。这样一来，既为行人提供了方便的照明设备，又给车主以醒目的警示标志，可有效减少雨天车祸发生的几率（图0-4）。

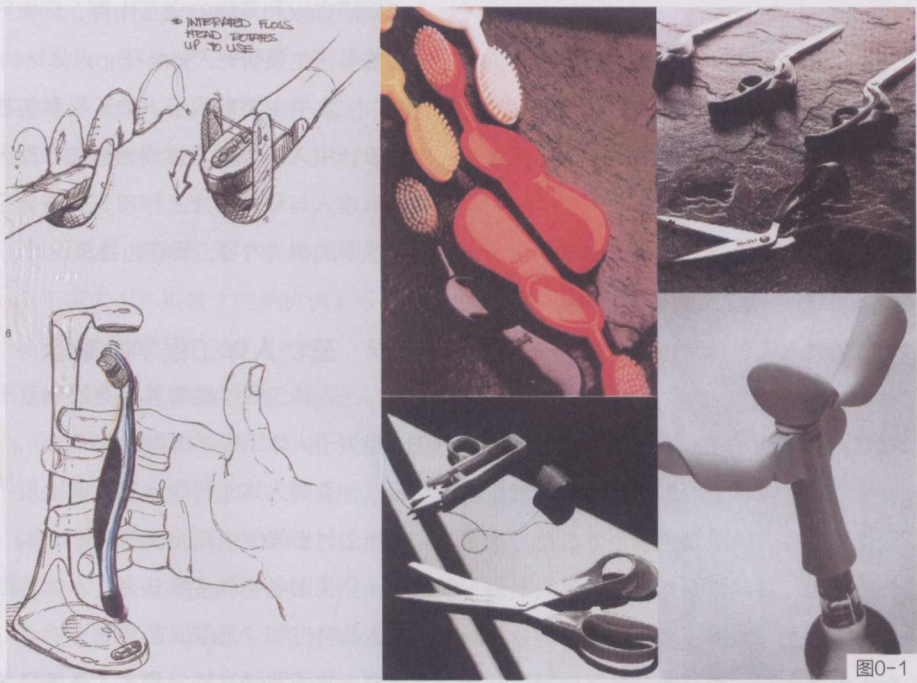


图0-1

图0-1 手柄设计

图0-2 勺子设计

图0-3 防水药袋设计



图0-2

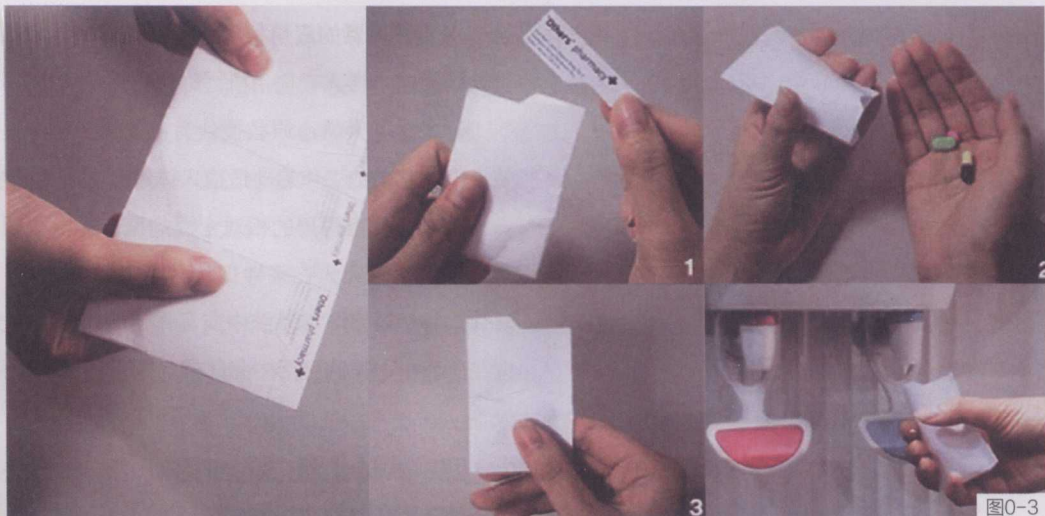


图0-3

图0-4 发光的伞



图0-4

## (二) 家具设计

家具是可以提供人们倚靠、储藏、躺卧等活动的设施，因而家具设计无论在尺度方面还是造型功能方面无不与人的行为方式和人体尺度密切相关。一件合理的家具不仅要在尺度上与人体的动态与静态尺度相吻合，而且要满足人们各种作息习惯的需要，并通过家具的外观、色彩、质感等因素来满足人们的各种审美需求。比如，挪威设计师经过研究发现，人体在工作时如果重心向前，并使重量集中在膝部，既可以提高工作效率，又可以减轻臀部与腰部的疲劳感，据此，设计出“双重平衡”椅，使人们在工作或是休憩时都能获得舒适感（图0-5）。又如，设计师根据人体的背部曲线变化来设计椅子的支撑面，从而获得更合理的体压，这是保证人体获得舒适感的常用方法（图0-6~图0-9）。

图0-5 家具设计——双重平衡

图0-6 根据办公室工作人员休息时的具体行为需求而设计的家具



图0-5



图0-6

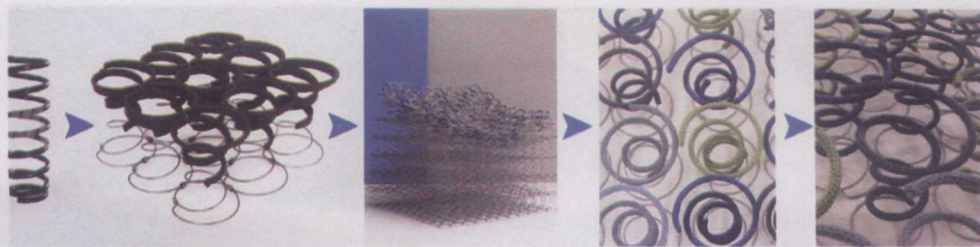


图0-7 弹簧使人体体压获得均匀的分布，增加了舒适感



图0-8 坐凳设计

图0-9 日本设计师的家具设计——“管”，其中的虚空间的造型充分考虑到不同的休息方式的人体需要



图0-7



图0-8

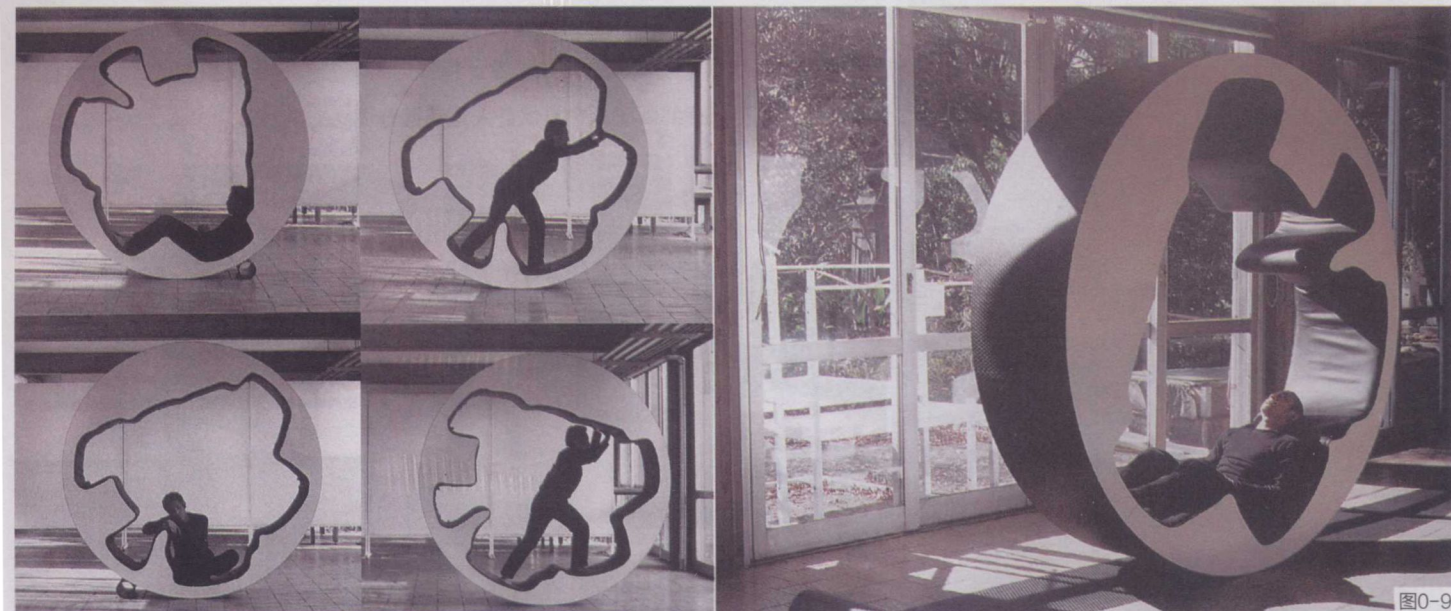


图0-9

### (三) 建筑设计与环境设计

建筑是一个包容人们活动的场所，要使建筑更好地为人所用，就必须了解人们的行为方式与心理需求。比如，台阶设计成何种高度才能使使用者觉得不吃力，扶手的高度、门的尺度及建筑的内部空间大小都与人体的尺度密切相关；建筑的朝向、室内光环境又与人的生理特点相关；建筑物的形态、色彩、质感等方面的设计必须要考虑人

的心理需求。近年来,建筑设计已越来越关注于人们对于建筑环境的知觉感受。而正在新兴的数字建筑设计中,有的学者将建筑定义为场所,指的就是将特定的地点、特定的人群与特定的建筑联系起来,强调三者间的相互积极作用。所谓特定人群指建筑使用者以及建筑周边与建筑有关的人,这些人的活动及其行为会对建筑产生一定的影响。有的也将人的行为活动流线、活动需求或心理活动规律作为编码程序的依据,设计出合理化的建筑形式。比如在莫弗西斯(Morphosis)建筑师事务所设计的Phare塔的设计中,设计师充分考虑到人们对于光线的要求,设计出复杂结构的表皮,建筑表皮可以随着光线角度的变化而改变透明度,有效地减少了夏季眩光,同时又使室内保持了开阔的视野和自然采光(图0-10)。

总之,与人有关的事物都会涉及人体工程学的应用。随着人体工程学研究的不深入,它将与更多的相关学科相结合,从而出现诸如人机工程学、建筑行为学、医学工效学、人际关系学、犯罪心理学、营销心理学、生产安全工效学等一系列相关学科。可以预见,人体工程学在不久的将来将会得到更大范围的应用。

图0-10 Phare塔

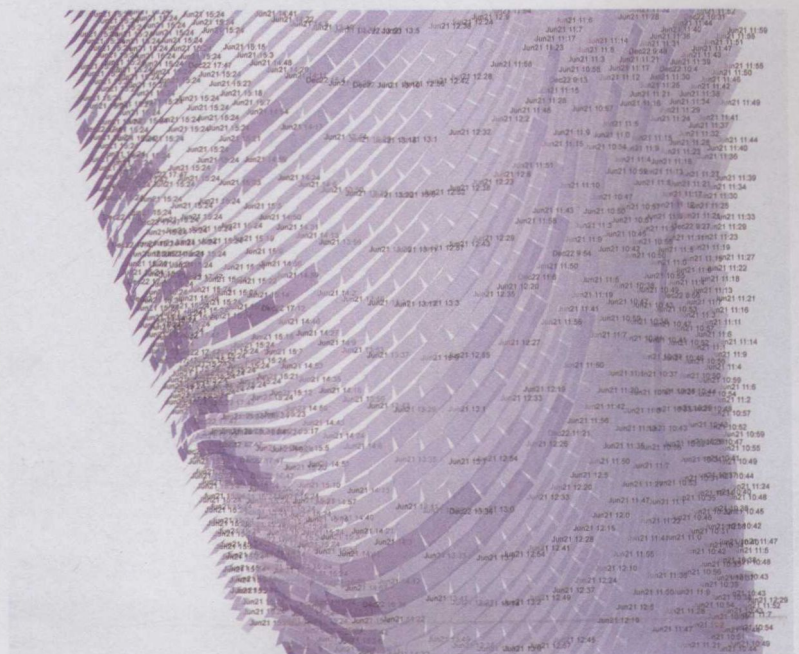
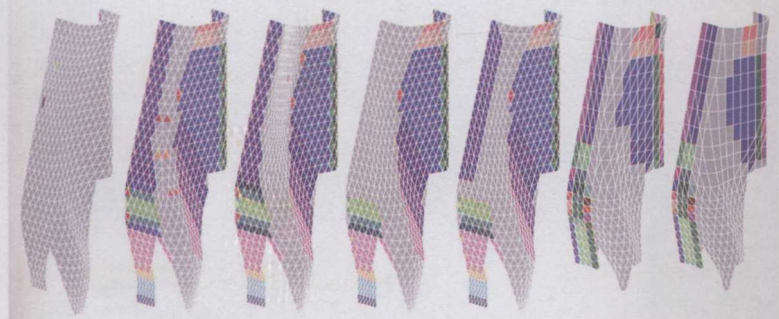
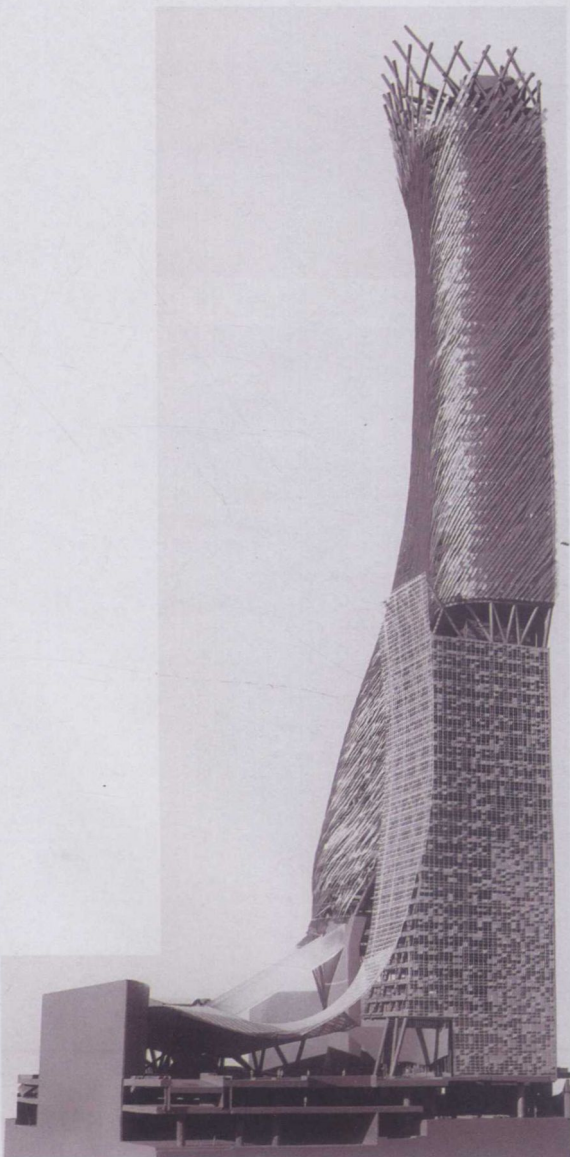
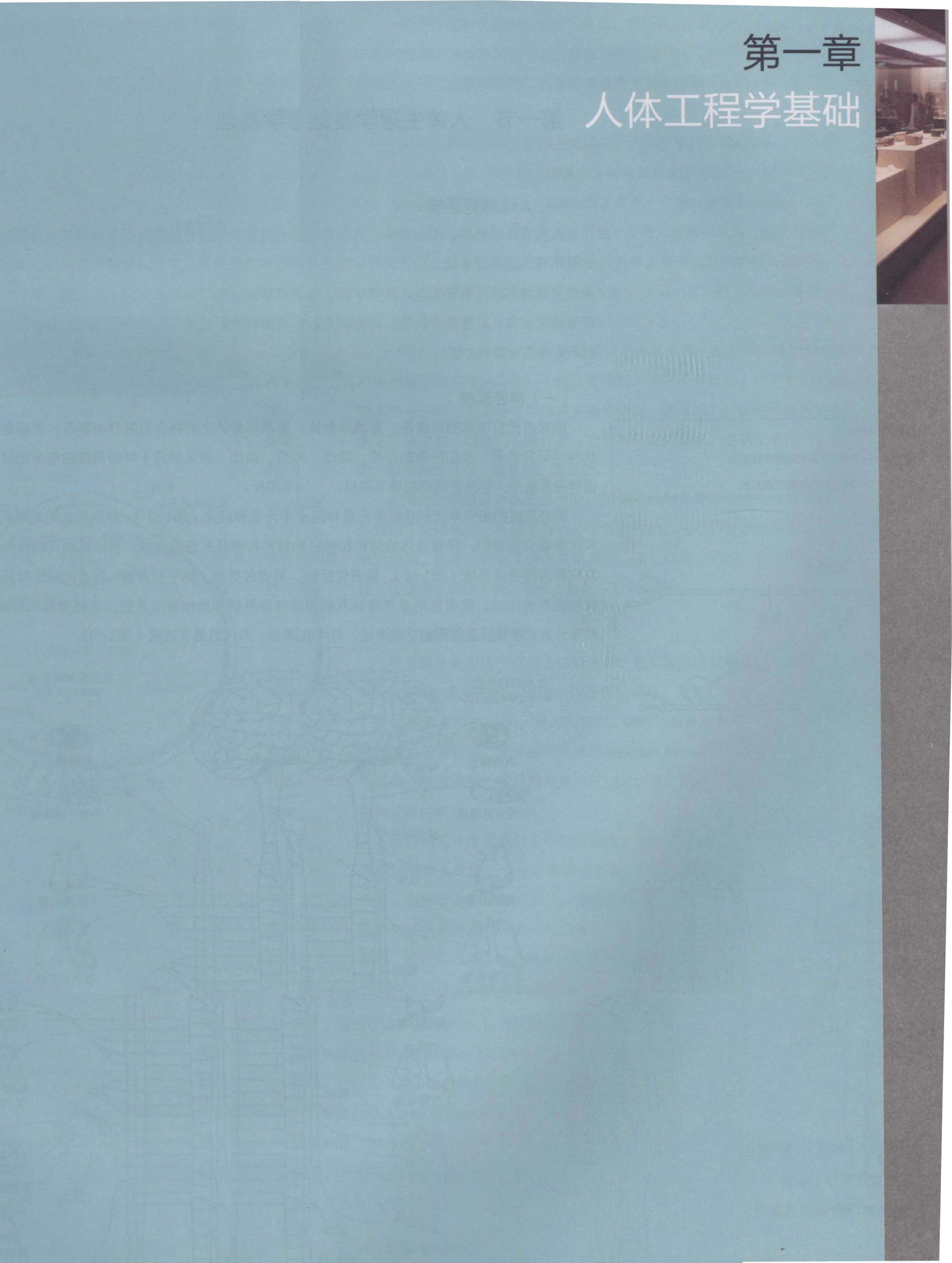


图0-10



# 第一章

# 人体工程学基础



# 第一节 人体生理学基础

## 一、人体感觉系统

人类要认识世界、改造环境，其前提条件是必须先要能够感知到身边的一切。而这离不开人的感觉系统，由此人可以感受世界，实现人与环境的互动。人的感觉系统由神经系统和感觉器官组成。环境所提供的刺激直接作用于人的眼、耳、口、鼻、皮肤等感觉器官，产生各种刺激，再由神经系统将这些刺激传送至大脑，经过大脑分析后产生种种复杂的心理。

### (一) 神经系统

困扰古代哲学家的问题是，灵魂与身体之间存在着怎样的联系？灵魂是什么？现代科学研究表明，我们所有的思想、活动、知觉都源于神经系统的电学化过程，可以说神经系统是人体生命活动的调节中枢。

神经系统的组织单元和功能单元是神经元（图1-1），神经元之间的联系是通过电和化学媒介实现的。根据身体的结构和神经系统的功能，神经系统可以分为中枢神经系统和周围神经系统（图1-2）。前者包括脑、脑干和脊髓；后者由躯干神经系统和自律神经系统组成。前者包括感觉神经系统和运动神经系统，与感受器和运动器相连；后者分为交感神经系统和副交感系统，与内脏器官连接（图1-3）。

图1-1 神经元

图1-2 中枢神经系统和周围神经系统

图1-3 交感神经系统和副交感系统

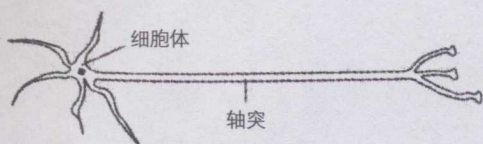


图1-1

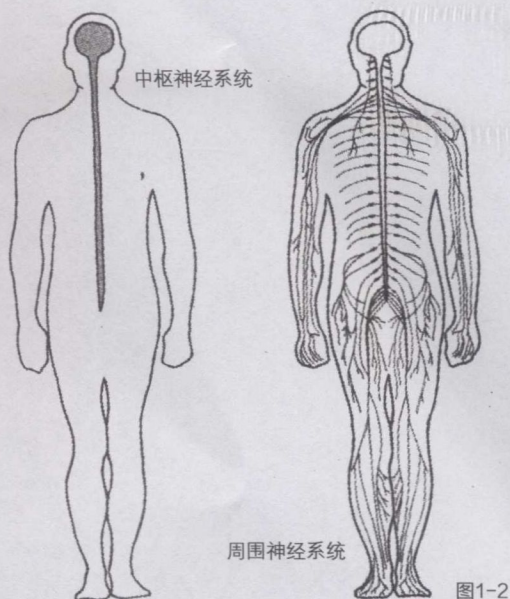
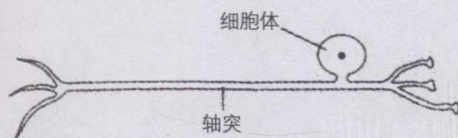


图1-2

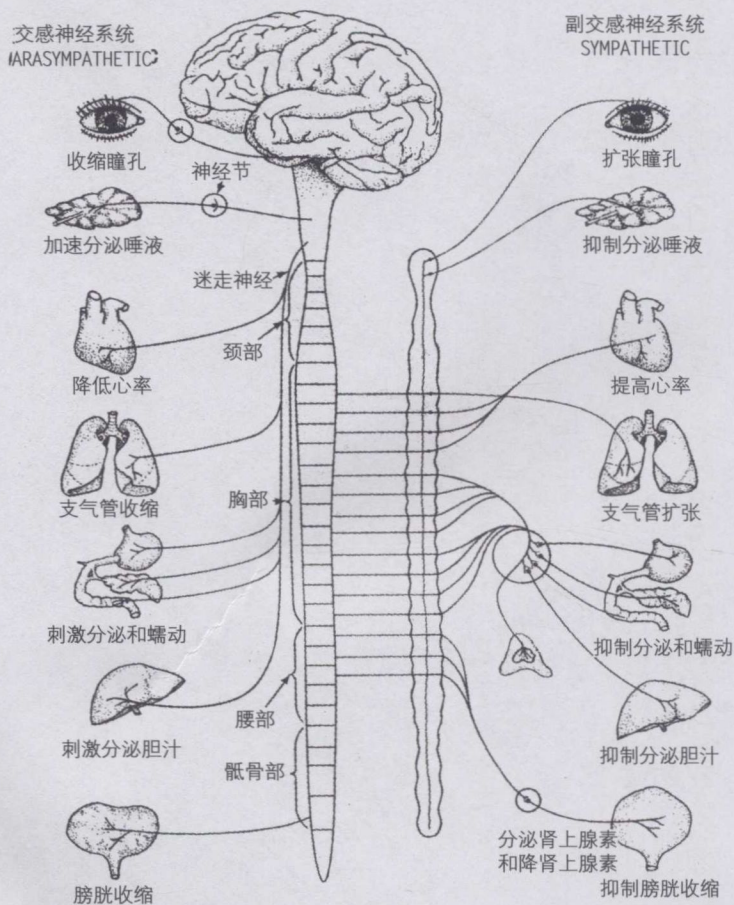


图1-3



人对外界的刺激能作出相应的反应，这种现象被称为应激性。它是通过反射，在一系列的基本神经单位即神经元所形成的反射弧中完成的。当刺激为感受器所接受，传入神经元和中枢神经元，刺激信号就变为指令信号，通过传出神经元到达效应器官而发生作用。

一般的反射活动是在脊髓上完成的，大脑皮层产生高级反射，有意识和思维的功能。中枢神经系统包括脑和脊髓，是神经系统的高级部分，其中脑又分为大脑、小脑、间脑和脑干四个部分。大脑分为左右两个半球，依靠胼体相连，半球上布满了沟回，表面一层称大脑皮层。大脑皮层是一个极为复杂的组织，是细胞最为密集的地方，平均厚度1.5~4.5mm，皮层下面的髓质由传递各种信息的神经纤维所组成。皮层的各个区域管理不同的功能，被分为各个小区：视觉小区、听觉小区、嗅觉小区、语言区、躯体感受区和躯体运动区等（图1-4）。

一般来说，大脑对人体的管理是一个倒置关系，即左半大脑控制右半身的运动，右半大脑控制左半身运动；大脑上部控制人的下半身运动，而下半个大脑则相反，控制上半身运动。大脑的左半球偏重语言功能，逻辑的、分析的和抽象的概念，右半球偏重非语言的、综合的、整体的、空间和形象的思维。左脑是串行的、线性的、收敛的；右脑是并行的、整体的、发散的。

周围神经系统是由脑干发出的12对脑神经和脊髓发出的31对脊神经组成，它们广泛分部于身体各处，可感受体内外的各种变化。我们将管理内脏活动的周围神经称为植物神经。根据功能它又分为交感神经、副交感神经两种，它们能调整内脏平滑肌收缩，使体内外保持平衡，提高人体适应自然的能力。

## （二）视觉生理基础

视觉器官是眼睛，它是人体最精密、最灵敏的感觉器官。我们接受到的外界信息80%是由眼睛来感知的。眼睛的构造包括眼球、眼眶、结膜、外眼肌等组成部分（图1-5）。眼球直径约25mm，重为7g左右。眼球的前面是透明的角膜，其余部分由粗糙而多纤维的巩膜包住，借此保护眼睛不受损伤并维持其形状不变。中间层是黑色物质的脉络膜，富有血管。视网膜是薄而纤细的内膜，它由光感受器和一种精致而互相连接的神经组成网络。

眼睛的工作原理类似于一架照相机。来自视野的光线由眼睛聚焦，从而在眼睛后面的视网膜上形成一个非常准确的倒像。这种光学效应绝大部分来自于角膜的曲度，但是，借助改变水晶体的形状，眼睛还能对远处和近处物体的焦点作细致的调整。在水晶体的两侧是被称为前房和后房的空间，里面充满着透明物质。虹膜是色素沉着的结构，它的中心开口就是瞳孔，它能以类似照相机改变光圈的方式缩小或扩大。

外界物体发出或反射的光线，通过眼睛的角膜、瞳孔进入眼球，穿过如放大镜般的晶状体，使光线聚集在眼底的视网膜上，形成物体的像。图像刺激视网膜上的感光细胞，产生视觉冲动，沿着视觉神经传到大脑的视觉中枢，在此进行信息的分析和整理，产生具有大小、形态、明暗、色彩和运动的视觉。

## （三）听觉的生理基础

听觉器官是耳朵，它包括外耳、中耳、内耳三部分（图1-6）。其中，外耳由耳廓和外耳道组成。耳廓能收集声波，外耳道是声音传入中耳的通道。中耳包括鼓膜、鼓室和听小骨几个部分。鼓膜位于外耳道的末端，是一片椭圆形的薄膜，厚度只有

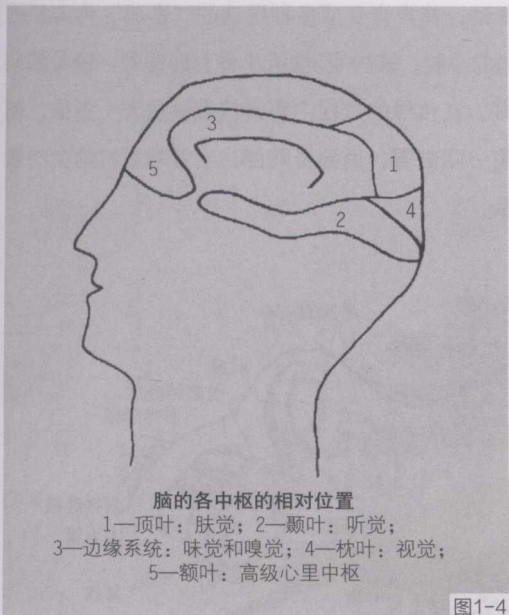


图1-4

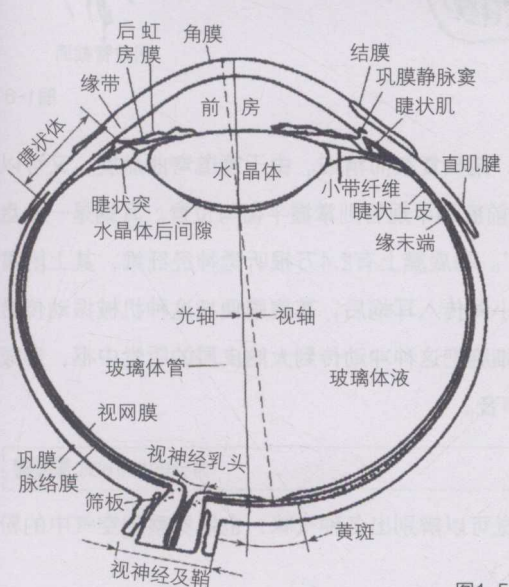


图1-5

图1-4 人的大脑分区

图1-5 眼的生理结构