

面向21世纪

高等学校系列教材

人机工程学 (第二版)

Ergonomics

朱序璋 主编



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

21 世纪高等学校系列教材

人机工程学(第二版)

Ergonomics

朱序璋 主编

西安电子科技大学出版社

2006

内 容 简 介

本书是在第一版的基础上,根据高等学校人机工程学的教学要求和多年来教学实践的经验,并考虑到本学科的研究成果和发展趋势修订而成的。

全书共分11章,包括绪论、人的形体参数、人的机能特征、人体力学、人的作业能力与疲劳、人的自然倾向与可靠性、人机界面设计、显示装置与控制装置设计、作业空间与用具设计、作业环境以及人机系统设计与分析评价。本次修订主要增加了计算机人机界面设计的有关知识和近几年人机工程学发展过程中的一些其他新内容,同时增加了部分人机系统设计应用实例;另外,在一些章节中增补了例题,并在每一章后增加了一定数量的练习题与思考题。

本书可作为高等学校安全工程、工业工程、工业设计、企业管理、建筑等专业的教材,也可作为机械类专业的研究生教材,亦可供其他相关专业师生及工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程学/朱序璋主编. —2版. —西安:西安电子科技大学出版社,2006.7
ISBN 7-5606-0791-8

I. 人… II. 朱… III. 人-机系统 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 060516 号

策 划 夏大平

责任编辑 雷鸿俊 夏大平

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029)88242885 88201467 邮编 710071

http://www.xduph.com E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

经 销 新华书店

印 刷 陕西华沐印刷科技有限责任公司

版 次 1999年11月第1版 2006年7月第2版 2006年7月第4次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印张 21.625

字 数 511千字

印 数 10 001~14 000册

定 价 26.00元

ISBN 7-5606-0791-8/TB·0003

XDUP 1062012-4

*** 如有印装问题可调换 ***

本社图书封面为激光防伪覆膜,谨防盗版。

第二版前言

本书是在第一版的基础上,根据近几年科学技术的发展和本学科的研究成果与发展趋势,并结合编者多年的教学经验修订而成的。其目的在于满足人们对人机工程学实际应用的需要以及便于对人机工程学课程的教学和自学。

本次修订过程中,主要增补了以下几个方面的内容:

随着科技的进步,一些更为理想有效的研究方法被开发和应用,以人为本和可持续发展的自主创新理念应该是21世纪设计思想的主流。为此,在绪论中增加了计算机数值仿真法和人机工程学的应用及发展趋势的介绍。

人机界面设计是人机工程学原理和方法应用的主要领域之一。计算机技术的迅猛发展,省力、快捷、灵活、方便、愉悦的人机交互方式——友好人机界面,在人机系统设计中得到了广泛的开发和应用。这次修订增加了人机界面设计的有关知识和其他新内容。在修订中,将第一版的第7章人机界面设计分为两章进行编写,用了一章的篇幅介绍广义人机界面设计。

在作业环境一章中增加了核潜艇作业环境设计实例,在人机系统设计与分析评价中增加了典型的人机系统设计实例——汽车人机工程设计,目的在于进一步说明人机工程学原理和方法在实际中的应用,有利于学生分析问题和解决问题能力的培养和提高。

为了便于自学和启发思维,提高学生应用人机工程学原理和方法解决实际问题的能力,在一些章节中增补了适当的例题,并在每一章后增加了一定数量的练习题与思考题。

另外,还对第一版中的其他内容作了许多增删和修改。

此次修订工作由朱序璋任主编。杨宏刚主要负责第1、2、3、11章的修编;李栋主要负责第6~9章的修编;朱玉梅主要负责第4、5、10章的修编。

由于编者水平有限,疏漏和不当之处在所难免,敬请各位人机工程学的专家和广大读者不吝指正。

编 者

2006年5月于西安

第一版前言

随着科学技术的进步、社会的发展、人类文明的不断提高,人们对工作和生活质量的要求也越来越高。创建优良的工作条件和舒适的生活环境,以满足人的生理和心理需要,将成为人类不断追求的目标。而人机工程学正是一门研究人、机、环境如何才能达到最佳匹配,使人—机—环境系统能够适合人的生理和心理特点,以保证人安全、健康、高效、舒适地进行工作和生活的学科。

人机工程学是由人体科学、工程科学、劳动科学和企业管理科学等相互融合的一门综合性新兴边缘学科。它形成于20世纪40年代,到60年代已成为推动工业发展的技术动力之一,在工业发达国家受到普遍重视。人机工程学在我国70年代末逐渐兴起,虽然由于其效果呈现的间接性和习惯的阻碍作用,使其发展和应用受到一定的影响,但由于学科的先进性和适用性,经广大专业工作者的不懈努力,已逐渐为人们所认识,近几年在理论研究和实际应用上都得到了发展。目前人机工程学在国防、宇航、工业、交通运输、医学、农业和教育等各个领域得到了十分广泛的应用,在使人类活动的科学化、适宜化以及提高人机系统效能方面作出了突出贡献。

本书以人、机、环境三要素为对象,以人为中心,按照人体因素、人机界面、作业环境、人机系统设计分析为顺序展开论述,重点落实在如何应用人机工程学的原理和方法进行人机系统的设计与分析评价。

人体因素主要研究人在工作过程中的生理、心理特征,是人机工程学的基础理论。内容包括:人的形体参数、人体力学、人的机能特征、人的作业能力与疲劳、人的自然倾向和可靠性等,是研究人机系统的基础和设计依据。

人机界面是人机工程学研究的重点,内容包括:显示器、控制器、作业空间和用具,主要介绍设计原则、方法和必要的数据、资料及其使用条件。

人在不同的作业环境条件下有不同的生理、心理反应,所以作业环境一章介绍了热、声、光、空气等环境对人体的影响,分析评价的指标、方法以及改善的具体措施。

人机系统的设计分析是人机工程学的综合应用性内容,具体研究如何应用人机工程学基本理论、原理和数据解决实际问题。

本书是在广泛收集国内外资料和编者多年教学经验与科学研究基础上编写而成的。在编写过程中,力求资料新、数据全、方法先进、适应面广,理论和

方法的应用可操作性强,并致力于科学性、系统性和逻辑性。

本书既可作为高等院校工业设计、工业工程、企业管理、安全工程等专业的教材和教学参考书,也可供有关工程技术人员、管理人员参考。

全书共分10章,由朱序璋编著,苑舟、张洛章、徐大明、李京京参加了第9章和第10章的编写工作。

书稿承刘信恩教授、樊超然副教授审阅,并提出了宝贵意见,在此表示衷心的感谢。在编写出版过程中还得到了高鑫同志的热情支持和大力帮助,在此表示谢意。

尽管在编写过程中,编者作了不懈努力,但由于水平所限,不当之处在所难免,敬请读者批评指正。

编 者

1999年5月于西安

欢迎选购西安电子科技大学出版社教材类图书

~~~~~国家级、部级重点教材~~~~~

计算机系统结构(第四版)(统编)	25.00
离散数学(第三版)(统编)(乔维声)	16.00
雷达对抗原理(统编)	15.00
雷达原理(第三版)	23.00
通信网的安全——理论与技术	42.00
模拟电子线路基础(傅丰林)	16.00
移动通信(第三版)(统编)(郭梯云)	26.00
智能控制理论和方法	18.00

~~~全国信息技术水平考试指定教材~~~

计算机网络信息安全理论与实践教程	32.00
网页设计与网站开发基础教程	54.00
中小校园网络管理基础教程	19.00
中小校园网络管理实验教程	25.00

~~~~~计算机提高普及类~~~~~

计算机应用基础(第三版)(丁爱萍)	19.00
计算机组装与维护(高职)(杜飞明)	22.00
计算机组装与维护实用教程(第二版)(高职)	29.00
计算机应用基础(Windows 2000	

&Office 2002)(教育部高职) 23.00

《计算机应用基础》实践技能训练

与案例分析(教育部高职) 11.00

计算机综合能力实训教程(高职) 10.00

办公自动化技术及应用教程 22.00

办公自动化设备的使用和维护

(第二版)(高职) 18.00

网络办公自动化技术及应用(高职) 21.00

~~~~~计算机网络类~~~~~

Internet基础与使用(第二版)(高职) 13.00

计算机网络安全(高职) 15.00

计算机网络管理 20.00

网络安全技术(高职) 17.00

网络安全与保密 24.00

网络信息安全技术 17.00

网络信息安全 11.00

网站建设与维护(崔良海) 18.00

网站建设与维护(廖常武) 19.00

Internet技术及其应用教程 15.00

Windows网络程序设计 26.00

嵌入式系统原理与开发 21.00

通信网理论与技术 25.00

计算机图形图像与网页制作(高职) 19.00

互联网实用技术与网页制作(高职) 14.00

局域网组建、管理与维护(高职) 20.00

综合布线技术(高职) 18.00

计算机网络技术导论 16.00

计算机网络(第二版)(袁家政) 26.00

计算机网络技术(刘敏涵) 20.00

计算机网络(第二版)(蔡皖东) 18.00

计算机网络(第二版)(雷振甲) 21.00

计算机网络工程 20.00

计算机网络实验教程 14.00

计算机组网实验教程 23.00

计算机网络学习辅导及习题详解 23.00

网络工程设计与实践 29.00

网络应用程序设计 21.00

现代网络技术 24.00

网络计算 19.00

~~~~~计算机技术类~~~~~

计算机系统结构(陈智勇) 22.00

计算机系统设计——概念与技术(洪龙) 18.00

计算机组成原理

与系统结构实验教程(杨小龙) 12.00

计算机系统安全 22.00

实用计算机类毕业设计指导 18.00

计算机原理课程设计 10.00

电子政务理论与实务 20.00

电子商务概论(李晓燕) 17.00

电子商务概论(宋沛军) 20.00

电子商务基础与应用(第四版)(含盘)	34.00	~~~~~操作系统类~~~~~	
电子商务基础与实务(第二版)(高职)	16.00	计算机操作系统(第二版)(颜彬)(高职)	17.00
数据结构(C)(第二版)(杨秀金)	20.00	计算机操作系统(修订版)(汤)	24.00
《数据结构》算法实现及解析		《计算机操作系统》学习指导与题解	16.00
——配合严蔚敏的《数据结构》(C语言版)		计算机操作系统(王津)	16.00
(含光盘)(第二版)	35.00	计算机操作系统(孙雅如)	15.00
数据结构——使用C++语言(第二版)	23.00	计算机操作系统(方敏)	28.00
数据结构(高职)(周岳山)	15.00	计算机操作实训教程(张晓云)(高职)	18.00
计算方法与实习(高职)	11.00	操作系统教程——Linux实例分析(孟)	21.00
算法设计与分析	15.00	Linux操作系统实用教程(高职)	20.00
编译原理教程(第二版)	18.00	Linux实训指导教程(高职)	13.00
《编译原理教程(第二版)》		~~~~~图形处理类~~~~~	
习题解析与上机指导	18.00	多媒体技术及应用(王坤)	21.00
离散数学(蔡英)	21.00	多媒体软件设计技术(第二版)	20.00
《离散数学》学习指导书	16.00	多媒体技术与应用(第二版)(傅献祯)	16.00
离散数学(马光思)	22.00	多媒体技术教程(杨安琪)	20.00
离散数学——精讲·精解·精练	24.00	计算机图形学(张义宽)	20.00
软件工程(第二版)	22.00	计算机图形学(丁爱玲)	14.00
软件工程与数据库概论	14.00	计算机图形学(研究生系列)(璩柏青)	26.00
信息系统分析与设计(卫红春)	19.00	计算机图形学——图形的计算与显示原理	22.00
信息系统分析与设计(高职)(卫红春)	18.00	数字图像处理	20.00
信息系统分析与设计(第二版)(陈圣国)	14.00	3DS MAX 6.0实用教程(高职)	23.00
人工智能技术导论(第二版)	18.00	~~~~~微机与控制类~~~~~	
~~~~~计算机辅助技术类~~~~~		微型计算机原理与应用(第二版)(本科)	33.00
电子工程制图(含习题集)(高职)	25.00	《微型原理及应用》(第二版)学习指导	18.00
工程制图(含习题集)(高职)	22.00	微型计算机原理(第四版)	29.00
机械制图与计算机绘图(含习题集)(高职)	24.00	《微型计算机原理》(第四版)学习指导书	14.00
计算机绘图(第二版)	25.00	《微型计算机原理》学习与实验指导	18.00
DSP应用技术(高职)	25.00	微型计算机原理及接口技术(新世纪)	25.00
现代DSP技术	22.00	80X86微机原理与接口技术	26.00
电子电路CAD程序及其应用(高职)	16.00	单片机原理及接口技术(喻宗泉)	15.00
电子线路CAD实用教程(第二版)	22.00	单片机应用实训教程(高职)	22.00
电子工艺与电子CAD(高职)	14.00	单片机原理与应用技术	19.00
电子电路EDA技术	15.00	新编单片机原理与应用(第二版)	22.00
EDA技术及应用(第二版)	24.00	可编程序控制器原理及应用(第二版)	22.00
EDA技术综合应用实例与分析	22.00	计算机控制技术(高职)(温希东)	12.00
EDA技术与数字系统设计(高职)	14.00	计算机外部设备(第二版)	17.00
数字电路EDA设计(高职)	19.00		



微机外围设备的使用与维护 (高职)	19.00	模拟电子技术 (第二版) (江晓安)	18.00
微机结构组成与外部设备 (第二版) (高职)	17.00	《模拟电子技术》学习指导与题解	12.00
~~~~~数据库及计算机语言类~~~~~			
数据库原理 (第二版) (郭盈发)	16.00	模拟电子技术实验 (高职)	9.00
数据库原理 (高荣芳)	18.00	模拟电子技术实训 (高职)	9.00
Visual FoxPro 6.0数据库原理与应用 (高职)	21.00	《模拟电子技术 (修订版)》	
基于VFP和SQL的数据库技术及应用	16.00	目标测试及习题全解	11.00
SQL Server 2000应用基础与实训教程 (高职)	19.00	《电路分析 (修订版)》	
Oracle数据库SQL和PL/SQL实例教程 (高职)	17.00	学习指导及习题全解 (高职)	19.00
数据库技术及应用 (高职)	14.00	电子产品工艺实训 (高职)	15.00
网络数据库技术及应用 (高职)	20.00	电子工艺实训教程	19.00
C++程序设计语言	20.00	电工技能实训基础 (高职)	14.00
《C++程序设计语言》经典题解与实验指导	13.00	电工中级技能实训 (高职)	15.00
新编 C 语言程序设计教程 (第二版)	22.00	流行PLC实用程序及设计	32.00
《新编 C 语言程序设计教程 (第二版)》		多媒体通信技术 (王汝言)	23.00
习题解答与实验指导	15.00	现代通信系统	24.00
C++Builder 6.0 程序设计 (高职)	19.00	现代通信系统导论 (高职)	18.00
Visual Basic 程序设计 (第二版)	20.00	通信电路 (沈伟慈)	18.00
Visual Basic.NET 程序设计教程 (高职)	18.00	通信电源 (高职)	14.00
汇编语言程序设计 (第二版) (韩海)	18.00	通信系统 (修订版) (王秉钧)	22.00
汇编语言程序设计 (李强)	23.00	现代通信网概论	25.00
汇编语言程序设计 (李革新)	19.00	现代通信理论与技术导论	25.00
微型计算机汇编语言程序设计 (龚)	23.00	现代通信技术与网络应用	23.00
面向对象程序设计与VC++实践	22.00	现代通信新技术	20.00
面向对象程序设计与C++语言 (第二版)	18.00	数字移动通信技术	15.00
面向对象程序设计教程	19.00	通信工程专业英语	12.00
面向对象程序设计——JAVA (第二版)	32.00	微波技术与天线	17.00
跨平台程序设计语言——JAVA	24.00	微波技术及应用	20.00
JAVA语言程序设计教程	18.00	电磁波——传输·辐射·传播	26.00
JAVA程序设计 (高职)	18.00	锁相技术	14.80
~~~~~电子技术类~~~~~			
测试与计量技术基础	19.00	计算机通信网 (沈金龙)	24.00
测试技术基础	15.00	计算机通信网 (修订版) (刘后铭)	18.00
现代测控技术	20.00	计算机数据通信教程 (张燕)	15.00
传感器原理及工程应用 (第二版)	20.00	纠错码——原理与方法 (王新梅)	35.00
模拟电子技术 (第二版) (教育部高职)	17.00	编码理论	19.00
模拟电子电路基础 (王卫东)	23.00	现代交换技术	20.00
		程控交换技术实用教程 (李正吉) (高职)	11.00
		程控数字交换原理学习指导与习题解析	12.00
		数字视觉视频技术 (研究生)	26.00

数据融合理论与应用 (第二版)	20.00	机械加工技术 (高职) (魏康民)	24.00
自动控制原理 (赵四化)	16.00	计算机辅助机械设计 (秦汝明)	19.00
自动控制原理 (薛安克)	19.00	数控机床原理与编程 (高职) (陈富安)	20.00
《自动控制原理》学习指导与题解 (方斌)	22.00	数控加工与编程 (高职)	19.00
自动控制原理及其应用 (高职)	15.00	数控加工工艺 (高职) (赵长旭)	22.00
智能化仪器原理及应用 (曹建平)	16.00	数控编程与操作 (高职) (秦启书)	16.00
楼宇自动化 (高职)	14.00	数控技术及应用 (高职) (马一民)	17.00
电梯原理及逻辑排故 (高职)	22.00	数控机床故障分析与维修 (高职) (潘海丽)	19.00
~~~~~家用电器与机电类~~~~~			
电视原理与系统 (赵坚勇)	16.00	数控机床电气控制 (高职) (姚勇刚)	21.00
电视原理与电视机检修 (高职)	16.00	机电一体化技术 (高职)	17.00
数字电视技术	20.00	机床电器 PLC (高职) (李伟)	14.00
电器原理与技术 (裴昌幸)	24.00	机床电气与 PLC (高职)	16.00
调音技术 (高职)	16.00	电机及拖动基础 (高职) (孟宪芳)	17.00
音响技术	13.00	电机拖动与控制 (高职) (刘保录)	25.00
现代音响与调音技术	19.00	电机与电气控制 (高职) (冉文)	23.00
电气控制与 PLC 原理及应用 (常文平)	17.00	电切削加工技术 (高职) (詹华西)	13.00
工程力学 (皮智谋) (高职)	12.00	金属切削与机床 (高职) (聂建武)	22.00
工程力学 (史艺农) (高职)	23.00	模具制造技术 (高职) (刘航)	22.00
工程材料与热加工技术 (高职) (程晓宇)	20.00	液压与气动技术 (朱梅)	19.00
机械工程基础 (李茹) (高职)	26.00	特种加工技术 (周旭光)	10.00
机械设计基础 (赵冬梅) (高职)	21.00	汽车电工电子技术 (高职) (袁建华)	20.00
机械设计基础 (张京辉) (高职)	24.00	工业机器人技术 (高职) (郭洪红)	16.00
机械设计基础 (郭红星) (高职)	20.00	互换性与技术测量 (高职) (杨好学)	16.00
机械基础 (周家泽)	17.00	车工基本技能训练 (高职) (武建荣)	6.00
机械 CAD/CAM 技术 (方新)	20.00	钳工基本技能训练 (高职) (彭彦)	5.00
机械制图 (刘家平) (高职)	32.00	焊接基本技能训练 (高职) (王红英)	6.00
机械制造工艺装备 (高职) (吴秀佳)	19.00	建筑管道工基本技能训练 (高职) (陈斐明)	8.00
机械制造技术 (高职) (邵堃)	24.00	铣工基本技能训练 (高职) (韩振武)	4.00
		高等教育管理导论 (研究生)	36.00

欢迎来函索取本社最新书目和教材介绍, 欢迎投稿!

从邮局或银行汇款邮购者, 汇款单上务必写清收书人姓名、地址、邮编、电话。款到后我社将挂号发书, 加收5元包装邮寄费 (一次购书30元以上者可免收邮费)。

通信地址: 西安市太白南路2号 西安电子科技大学出版社发行部 邮 编: 710071

电 话: (029) 88201467

传 真: (029) 88213675

主 页: <http://www.xduph.com>

E-mail: xdupfxb@pub.xaonline.com

目 录

第1章 绪论	1	2.3.3 人体尺寸数据在设计中的应用	31
1.1 人机工程学及其发展史	1	2.4 人体数学模型	37
1.1.1 人机工程学的概念	1	2.4.1 人体作业姿势的数学描述	38
1.1.2 人机工程学发展简史	2	2.4.2 人与作业对象的相对位置	38
1.2 人机系统	3	2.5 人体模板	39
1.2.1 人机系统的基本类型	4	2.5.1 二维人体模板	39
1.2.2 人与机的结合方式	5	2.5.2 人体模板的应用	40
1.2.3 人机系统的发展与人在 系统中的地位	5	2.5.3 人体模板百分位数的选择	42
1.3 人机工程学的研究任务和内容	6	练习题与思考题	42
1.3.1 人机工程学的研究任务	6	第3章 人的机能特征	43
1.3.2 人机工程学的研究内容	7	3.1 人的神经系统	43
1.4 人机工程学的研究方法	8	3.1.1 神经组织	43
1.4.1 人机工程学的一般研究方法	8	3.1.2 中枢神经系统	45
1.4.2 人机工程学研究的一般程序	11	3.1.3 周围神经系统	46
1.4.3 研究人机工程学应注意的问题	11	3.2 人的信息传递	48
1.5 人机工程学的应用及发展趋势	12	3.2.1 人的信息加工模型	48
1.5.1 人机工程学的应用	12	3.2.2 人的信息贮存——记忆	49
1.5.2 人机工程学的发展趋势	13	3.2.3 人的信息输出	52
练习题与思考题	14	3.3 人的感觉和知觉	56
第2章 人的形体参数	15	3.3.1 感觉	56
2.1 人体测量	15	3.3.2 知觉	58
2.1.1 人体测量的基本术语	15	3.4 视觉	59
2.1.2 人体测量的分类	16	3.4.1 视觉器官与视觉	60
2.1.3 人体测量方法	18	3.4.2 视觉特征	61
2.1.4 人体测量数据的统计处理	19	3.5 听觉和其他感觉	65
2.2 常用人体测量数据	22	3.5.1 听觉	65
2.2.1 影响人体测量数据差异的因素	22	3.5.2 肤觉	66
2.2.2 人体结构尺寸	23	3.5.3 本体感觉	67
2.2.3 人体主要参数计算	26	3.6 心理现象	68
2.3 人体测量数据的应用	29	3.6.1 心理学概念	68
2.3.1 人体尺寸数据的应用原则	29	3.6.2 情感与情绪	69
2.3.2 应用人体尺寸数据时应注意 的问题	29	3.6.3 气质与性格	70
		3.6.4 意志与动机	72
		3.6.5 注意	73

练习题与思考题	77	5.4.1 作业能力的动态变化规律	112
		5.4.2 影响作业能力的主要因素	113
第4章 人体力学	78	5.5 作业疲劳及其测定	115
4.1 肌肉收缩与肌力	78	5.5.1 作业疲劳的特点与分类	115
4.1.1 肌肉的组织结构	78	5.5.2 疲劳的发生机理	115
4.1.2 肌肉收缩的机理和形式	79	5.5.3 测定疲劳的方法	116
4.1.3 肌肉收缩的力学特征	80	5.6 提高作业能力与降低疲劳的措施	119
4.1.4 肌肉收缩的机械效率	81	练习题与思考题	124
4.1.5 肌力	81		
4.2 骨杠杆系统	82	第6章 人的自然倾向与可靠性	125
4.2.1 关节的运动	82	6.1 习惯与错觉	125
4.2.2 关节的类型	84	6.1.1 群体习惯	125
4.2.3 人体运动的杠杆原理	85	6.1.2 惯用一侧	125
4.3 静态肌肉施力	86	6.1.3 视错觉	126
4.3.1 肌肉施力的类型	86	6.1.4 其他错觉	127
4.3.2 静态肌肉施力特征	86	6.2 精神紧张与躲险行动	128
4.3.3 常见静态作业和对人体的影响	87	6.2.1 精神紧张	128
4.3.4 避免静态肌肉施力	88	6.2.2 慌张	129
4.4 作业姿势	89	6.2.3 惊慌	129
4.4.1 作业姿势的类型及影响因素	89	6.2.4 躲险行动	130
4.4.2 确定作业姿势的一般原则	89	6.3 人为差错	132
4.4.3 作业中常用的姿势	90	6.3.1 人为差错的分类	132
4.5 人的操纵力	91	6.3.2 人为差错发生的原因	134
4.5.1 手臂的操纵力	92	6.4 人的生理节律	135
4.5.2 脚的操纵力	95	6.4.1 日周节律	135
练习题与思考题	96	6.4.2 其他周期节律	136
		6.4.3 PSI 周期节律	136
第5章 人的作业能力与疲劳	97	6.5 人的可靠性	138
5.1 人体作业时的能量代谢	97	6.5.1 人的可靠性与压力	138
5.1.1 人体能量的产生机理	97	6.5.2 人的可靠性与意识水平	139
5.1.2 作业时人体的耗氧动态	98	6.5.3 影响人操作可靠性的因素	140
5.1.3 能量代谢和能量代谢率	99	练习题与思考题	140
5.1.4 能量代谢的测定	103		
5.2 作业时人体的调节与适应	104	第7章 人机界面设计	141
5.2.1 神经系统的调节与适应	104	7.1 人机界面概述	141
5.2.2 心血管系统的调节与适应	104	7.1.1 人机界面的定义	141
5.2.3 其他系统的调节与适应	107	7.1.2 人机界面学的起源	143
5.2.4 脑力劳动和持续警觉作业		7.1.3 人机界面的发展	143
的特点	107	7.2 硬件人机界面设计	145
5.3 体力劳动强度分级	109	7.2.1 人机界面输入装置	145
5.3.1 国外的劳动强度分级	109	7.2.2 人机界面输出装置	147
5.3.2 我国的劳动强度分级	111	7.3 软件人机界面设计	149
5.4 作业能力的动态分析	112	7.3.1 人机界面的用户分析	149

7.3.2 软件人机界面的类型	151	9.1.1 行动空间	211
7.3.3 软件人机界面的开发过程	158	9.1.2 心理空间	212
7.4 人机界面设计的测试与评价	160	9.1.3 活动空间	214
7.4.1 人机界面设计测试和评价的 意义	160	9.2 工作区域设计	216
7.4.2 设计准则	161	9.2.1 水平面工作区域	216
7.4.3 人机界面的测试	161	9.2.2 垂直面工作区域	217
7.4.4 界面设计评价	162	9.2.3 立体工作区域	217
练习题与思考题	164	9.2.4 工作区域设计	218
第8章 显示装置与控制装置设计	165	9.2.5 脚的工作区域	225
8.1 信息显示器的类型及其特点	166	9.2.6 垂直作业面的布置	225
8.1.1 信息显示的方式及特征	166	9.3 座椅设计	226
8.1.2 仪表显示器的种类	166	9.3.1 坐姿分析	226
8.1.3 显示装置的选择原则	169	9.3.2 座椅的类型	228
8.2 视觉显示器设计	169	9.3.3 座椅设计	229
8.2.1 显示装置设计的基本原则	169	9.4 手握式工具设计	232
8.2.2 模拟式显示器的设计	170	9.4.1 手握式工具分析	232
8.2.3 数字显示器的设计	177	9.4.2 手握式工具设计原则	233
8.3 信号灯和报警信号设计	178	9.4.3 把手设计	235
8.3.1 信号灯设计	179	练习题与思考题	237
8.3.2 听觉报警信号的设计	180	第10章 作业环境	238
8.4 控制器的类型及其适用范围	181	10.1 微气候	238
8.5 控制器设计的主要问题	186	10.1.1 微气候条件	239
8.5.1 控制器设计的人机工程学 因素	186	10.1.2 人体对微气候条件的感受 与评价	240
8.5.2 设计和选择控制器的基本 要求	189	10.1.3 微气候条件对人体的 影响	244
8.6 控制器设计	190	10.1.4 改善微气候条件的措施	246
8.6.1 手动控制器设计	190	10.2 噪声与振动	248
8.6.2 脚动控制器设计	195	10.2.1 噪声度量	248
8.7 显示器和控制器的布置与配合	197	10.2.2 噪声危害	251
8.7.1 显示器和控制器的布置原则	197	10.2.3 噪声评价	254
8.7.2 视觉显示器的布置	198	10.2.4 噪声控制措施	257
8.7.3 控制器的布置	199	10.2.5 振动的危害及控制	258
8.7.4 显示器与控制器的配合	201	10.3 照明	262
8.8 控制台设计	204	10.3.1 光的度量	262
8.8.1 仪表面板设计	204	10.3.2 环境照明对作业的影响	263
8.8.2 控制台设计	206	10.3.3 照明标准	265
练习题与思考题	209	10.3.4 环境照明设计	266
第9章 作业空间与用具设计	211	10.4 色彩调节	270
9.1 作业空间设计的基本要求	211	10.4.1 色彩的基本概念	270
		10.4.2 色彩对人的影响	274
		10.4.3 作业环境的色彩调节与应用	275

10.5 空气污染	278	11.3 作业分析	302
10.5.1 空气中的主要污染物及其含量 表示法	278	11.3.1 方法研究	302
10.5.2 空气污染物对人体的危害及 评价	279	11.3.2 程序分析	304
10.5.3 空气污染物的防治	283	11.3.3 操作分析	307
10.5.4 车间空气调节	286	11.3.4 动作分析和动作经济原则	310
10.6 作业环境分析实例	288	11.3.5 时间研究	312
练习题与思考题	289	11.4 人机系统评价	312
第11章 人机系统设计与分析评价	290	11.4.1 检查表评价法	312
11.1 人机系统设计	290	11.4.2 工作环境指数评价法	316
11.1.1 人机系统设计基本思想 及要求	290	11.4.3 海洛德分析评价法	318
11.1.2 人机系统设计的一般程序	291	11.5 人机系统安全分析	320
11.1.3 人机系统分析设计的主要 内容	295	11.5.1 事故原因分析	321
11.1.4 人机系统的设计步骤	296	11.5.2 FTA 法	324
11.2 连接分析	297	11.6 汽车人机工程设计	327
11.2.1 连接及其表示方法	298	11.6.1 汽车显示—控制系统的设计 ...	327
11.2.2 连接分析的目的	298	11.6.2 汽车座椅设计	328
11.2.3 连接分析的步骤	299	11.6.3 驾驶室的空间区域设计	330
11.2.4 连接分析法的应用	300	11.6.4 汽车驾驶室内环境设计	330
		11.6.5 汽车的视野设计	331
		11.6.6 汽车安全性设计	333
		练习题与思考题	333
		参考文献	335

第 1 章 绪 论

1.1 人机工程学及其发展史

1.1.1 人机工程学的概念

人机工程学是 20 世纪 40 年代后期跨越不同学科和领域,应用多种学科的原理、方法和数据发展起来的一门新兴的边缘学科。由于它的学科内容的综合性、涉及范围的广泛性以及学科侧重点的不同,学科的命名具有多样化的特点。例如,在欧洲多称为工效学(Ergonomics);在美国多称为人类因素学(Human Factors)、人类工程学(Human Engineering)、工程心理学(Engineering Psychology);在日本称为人间工学等。在我国所用的名称有人机工程学、工效学、人机学、人体工程学等,本书使用人机工程学这一名称。

人机工程学目前也无统一的定义。

著名的美国人机工程学专家 W. E. 伍德森(W. E. Woodson)认为:人机工程学研究的是人与机器相互关系的合理方案,亦即对人的知觉显示、操纵控制、人机系统的设计及其布置和作业系统的组合等进行有效的研究,其目的在于获得最高的效率和作业时感到安全和舒适。

前苏联的学者将人机工程学定义为:人机工程学是研究人在生产过程中的可能性、劳动活动方式、劳动的组织安排,从而提高人的工作效率,同时创造舒适和安全的劳动环境,保障劳动人民的健康,使人从生理上和心理上得到全面发展的一门学科。

国际人机工程学会(International Ergonomics Association, 简称 IEA)对人机工程学的定义为:人机工程学是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因素,研究人和机器及环境的相互作用,研究在工作、生活和休假时怎样统一考虑工作效率、健康、安全和舒适等问题的学科。

《中国企业管理百科全书》中对人机工程学所下的定义为:人机工程学是研究人和机器、环境的相互作用及其合理结合,使设计的机器和环境系统适合人的生理、心理特点,达到在生产中提高效率、安全、健康和舒适的目的。

综上所述,尽管各国学者对人机工程学所下的定义不同,但在下述两方面却是一致的:

- (1) 人机工程学的研究对象是人、机、环境的相互关系。
- (2) 人机工程学研究的目的如何达到安全、健康、舒适和工作效率的最优化。

1.1.2 人机工程学发展简史

早在石器时代,人类就学会了选择石块打制成可供敲、砸、刮、割的各种工具,从而产生了原始的人机关系。此后,在漫长的历史岁月里,人类为了扩大自己的工作能力和提高自己的生活水平,便不断地创造发明,研究制造各种工具、用具、机器、设备等。但是,人类却忽略了对自己制造的生产工具与自身关系的研究,于是导致了低效率,甚至对自身的伤害。

19 世纪末,人们开始采用科学的方法研究人的能力与其所使用的工具之间的关系,从而进入了有意识地研究人机关系的新阶段。这一阶段(大致从 19 世纪末到 20 世纪 30 年代),在人与工具的关系以及人与操作方法的研究方面,最具有影响力的首推现代管理学的先驱——泰勒(F. W. Taylor)。1898 年泰勒进入美国的伯利恒钢铁公司后,对铲煤和矿石的工具——铁铤进行研究,找到了铁铤的最佳设计以及每次铲煤和矿石的最适重量。同时,泰勒还进行了操作方法的研究,剔除多余的不合理的动作,制定最省力高效的操作方法和相应的工时定额,大大提高了工作效率。1911 年吉尔布雷斯夫妇(F. B. Gilbreth and L. M. Gilbreth)通过快速拍摄影片,详细纪录工人的操作动作后,对其进行分析研究,将工人的砌砖动作进行简化,使砌砖速度由原来的 120 块/h 提高到 350 块/h。现代心理学家闵斯托博格(H. Munsterberg)1912 年前后出版了《心理学与工作效率》等书,将当时心理技术学的研究成果与泰勒的科学管理学从理论上有机地结合起来,运用心理学的原理和方法,通过选拔与培训,使工人适应于机器。20 世纪 20 年代,心理技术学传入中国。1935 年,我国心理学家陈立出版了《工业心理学概论》,这是我国最早系统介绍工业心理学的专著。该阶段人机关系研究的特点是,以机器为中心进行设计,通过选拔和训练,使人适应于机器。在此期间的研究成果为人机工程学学科的形成打下了良好的基础。

第二次世界大战期间,由于战争的需要,军事工业得到了飞速发展,武器装备变得空前庞大和复杂。此时,完全依靠选拔和训练人员,已无法使人适应不断发展的新武器的性能要求,事故率大量增加。据统计,美国在第二次世界大战期间发生的飞机事故中,90%是由人为因素而造成的。人们在屡屡失败中逐渐认识到,只有当武器装备符合使用者的生理、心理特性和能力限度时,才能发挥其高效能,避免事故的发生。于是,对人机关系的研究,从“人适机”转入“机宜人”的新阶段。从此,工程技术才真正与生理学、心理学等人体科学结合起来。第二次世界大战结束后,人机关系的研究成果广泛地应用于工业领域。1949 年,在默雷尔(Murrell)的倡导下,英国成立了第一个人机工程学科研究组。翌年 2 月 16 日在英国海军部召开的会议上通过了人机工程学(Ergonomics)这一名称,正式宣告人机工程学作为一门独立学科的诞生。

1949 年查帕尼斯(A. Chapanis)等人出版了《应用实验心理学——工程设计中人的因素》一书,总结了第二次世界大战时期的研究成果,系统地论述了人机工程学的基本理论和方法,为人机工程学奠定了理论基础。1954 年伍德森发表了《设备设计中的人类工程学导论》。1957 年麦克考米克(E. J. Mc Cormick)出版了《人类工程学》一书,该书相继被美国、欧洲一些国家和日本等国广泛采用作为大学教科书。在这一阶段,德国、美国先后成立了人机工程学会,德国的马克思—普朗克协会人类工程学研究所、英国的劳勃路技术学院、美国的哈佛大学等都开展了不少人机工程学方面的研究工作,人机工程学原理也为许

多工业设计师所采用。

20 世纪 60 年代以后,科学技术飞速发展,电子计算机应用的普及,工程系统的进一步复杂化及其自动化程度的不断提高,宇航事业的空前发展,一系列新科学的迅速崛起,不仅为人机工程学注入了新的研究理论、方法和手段,而且也为人机工程学提出了一系列新的研究课题。如核电站等重要系统的可靠性问题、计算机的人机界面设计问题、宇航系统的设计问题等,拓宽了人机工程学的研究领域和应用范围,促进了人机工程学的发展和进步。

20 世纪 60 年代人机工程学研究的指导思想是将人、机、环境作为一个完整的系统,使系统中的人、机、环境获得最佳匹配,以保证系统整体最优。20 世纪 70 年代以后,在指导思想上有人主张应特别强调人类的基本价值,特别强调在系统、工具、环境设计中考虑操作者的个体差异,让科学技术不仅在产品性能上能满足人类要求,而且使人类在操作机器的过程中也获得满足。

国际人机工程学会(IEA)1960 年成立至今,先后召开了 10 届国际性会议,英国、美国、德国、日本、法国等许多国家的人机工程学会均与 IEA 建立了联系。1975 年成立了国际人机工程学标准化技术委员会(ISO/CT-159),至 1986 年共制定了 8 个标准草案或建议,发布了《工作系统设计的人机工程学原则》标准,作为人机系统设计的基本方针。此外,许多国家设立了专门的人机工程学研究机构。英、德、美、(前)苏联等国都相继制定了本国的人机工程学国家标准。目前,人机工程学已被广泛应用于国防、交通运输、工业、航空航天、农业、建筑等各个领域。

我国的人机工程学研究起步较晚,但发展较快。1980 年成立了全国人类工效学标准化技术委员会,至 1988 年已制定有关国家标准 22 个。1989 年成立了中国人类工效学学会。中国科学院心理学研究所及一些高等院校分别建立了人机工程学研究机构,开设了人机工程学课程。有关人机工程学方面的出版物也日益增多。目前在我国人机工程学已应用于许多部门,如铁路、冶金、汽车运输、工程机械、机床设计、航天航空、医药等,并取得了不少可喜成绩。

有关资料表明,近期内人机工程学的研究方向可归纳为:工作负荷研究(在体力、脑力活动中和工作紧张时,人的生理和心理负荷的研究);工作环境研究(一般工作环境和特殊工作环境中人的生理、心理效应);工作场地、工作空间、工作装备的人机工程学研究;信息显示特别是计算机终端显示中人的因素研究;计算机设计与使用的人机工程学研究;安全管理及人的可靠性研究;工作成效的测量和评定;机器人设计的智能模拟等。

1.2 人 机 系 统

当今世界,没有机器的帮助人们几乎不能达到自己的目的。但没有人的操作,机器也不能自己工作。人机系统的外延相当广泛,工人用车床加工零件,构成了工人—车床人机系统;人与工具、人与桌椅等都是人机系统。

人机系统之所以能够不断发展,是由于人机系统中人与机器能够互相补偿各自的不足。因此,任何一个人机系统都需要解决人与机器的合理分工问题。既然人与机器在完成