

PUTONG GAODENG JIAOYU GONGYE SHEJI ZHUANYE

"SHIERWU" GUIHUA JIAOCAI

普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材

Design to Ergonomics

人机工程设计

主编 苏建宁 白兴易

副主编 王鹏 师容 周爱民 赵雪松 欧阳晋焱



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材

人机工程设计

主编 苏建宁 白兴易

副主编 王鹏 师容 周爱民 赵雪松 欧阳晋焱

CONG CHENG
SHI JI



中国水利水电出版社
www.waterpub.com.cn

内 容 提 要

本书以人机工程原理在设计中的应用为主线,从基于人体生理尺寸的设计、基于用户心理认知特征的设计、基于人体感知特征的设计、基于人体运动特征的设计、面向人机交互的界面设计、面向室内空间的人机设计、面向室内环境的人机设计、面向系统的人机设计等方面,系统阐述了人机工程设计的理论与方法,共12章。全书注重理论与应用相结合,以实际案例来说明人机工程在产品设计与界面设计、环境设计、汽车设计中的应用及人机工程的发展趋势,力求使读者既能获得基本理论知识和方法,又能在设计实践中加以应用与研究。

本书除作为工业设计、产品设计和环境设计等专业的本科生和研究生必修课教材外,也可作为其他相关专业的教材或教学参考书,还可供工业设计、生产管理等领域的有关人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程设计 / 苏建宁, 白兴易主编. -- 北京 :
中国水利水电出版社, 2014. 10
普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材
ISBN 978-7-5170-2646-4

I. ①人… II. ①苏… ②白… III. ①人-机系统—设计—高等学校—教材 IV. ①TB18

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第249319号

书 名	普通高等教育工业设计专业“十二五”规划教材 人机工程设计
作 者	主 编 苏建宁 白兴易 副主编 王 鹏 师 容 周爱民 赵雪松 欧阳晋焱
出版发行	中国水利水电出版社 (北京市海淀区玉渊潭南路1号D座 100038) 网址: www.waterpub.com.cn E-mail: sales@waterpub.com.cn
经 售	电话: (010) 68367658 (发行部) 北京科水图书销售中心(零售) 电话: (010) 88383994、63202643、68545874 全国各地新华书店和相关出版物销售网点
排 版	中国水利水电出版社微机排版中心
印 刷	北京市北中印刷厂
规 格	210mm×285mm 16开本 15.75印张 421千字
版 次	2014年10月第1版 2014年10月第1次印刷
印 数	0001—3000册
定 价	32.00元

凡购买我社图书,如有缺页、倒页、脱页的,本社发行部负责调换

版权所有·侵权必究

前言

Preface

人机工程设计是人体科学、工程技术、环境科学以及社会学等多学科的综合学科。它以人的生理、心理和行为特征为依据,以创造宜人的人—产品—环境为目的,研究人与产品、人与环境、人与社会之间的相互关系,把人的因素作为设计的主要条件和原则,为设计高效、健康、安全、舒适的人—产品—环境系统提供理论依据和方法。随着科技的进步和时代的发展,其研究也呈现出了很多崭新的面貌,应用也渗透至许多领域。

本书在前人研究的基础上,对传统的人机工程学内容进行了大胆取舍,目标更加明确,定位更加清晰,在阐述有关人机工程基本理论的基础上,着重于描述人机工程设计的实际应用,旨在为设计学专业学生提供一本有特色、高水准的应用教材。书中的理论和方法可为设计中考考虑“人的因素”提供人体尺度数据,为“机的功能”合理性提供科学依据,为“环境因素”提供设计准则,为“人—机—环境”系统设计提供整体思路,为贯彻“以人为核心”的设计思想提供可行的方法。全书注重理论与应用相结合,丰富的案例可为学习和应用提供有效地参考。

全书共12章,其中第1章讲述了人机工程设计的基本概念和研究内容,第2章至第5章分别从基于人体生理尺寸、基于用户心理认知特征、基于人体感知特征、基于人体运动特征等方面阐述如何展开人机设计,第6章至第9章叙述了面向人机交互的界面设计、面向室内空间的人机设计、面向室内环境的人机设计和面向系统的人机设计,第10章和第11章讲解了作业器具人机设计和汽车人机工程设计两个专题,第12章展示了人机工程设计的发展趋势。

本书由兰州理工大学苏建宁、白兴易主编,王鹏、师容、周爱民、赵雪松、欧阳晋焱等共同编写。其中,苏建宁负责全书的内容框架和审稿以及第1、第12章的编写,白兴易负责全书的统稿和内容规范以及第4、第5、第10章的编写,王鹏负责第2、第3章的编写,赵雪松负责第6章的编写,师容负责第7、第8章的编写,欧阳晋焱负责第9章的编写,周爱民负责第11章的编写。此外,张秦玮、刘芸、张新新、陈肖、刘婷婷、李明、沙颖、王瑞红、赵慧娟、刘志君、杨文瑾、康亚君、陈彦蒿等研究生参加了教材的编写和审定。

在本书中,引用了国内外部分书籍、文献的研究内容,编者向这些书籍和文献的作者表示真诚的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和欠妥之处,恳请读者和同行专家批评指正。

编者

2014年3月

于兰州

目 录

Contents

前言

第 1 章 绪论	001
1.1 人机工程学的基本内涵	001
1.1.1 人机工程学的命名	001
1.1.2 人机工程学的定义	001
1.1.3 人机工程学的知识理论体系	002
1.1.4 人机工程学的研究内容与方法	002
1.2 人机工程学的发展	006
1.2.1 中国古籍中人机工程学的论述	006
1.2.2 人机工程学的形成与发展	007
1.3 人机系统与人机工程设计	009
1.3.1 人机系统与人机界面	009
1.3.2 人机工程与工业设计	010
1.3.3 人机工程设计	011
第 2 章 基于人体生理尺寸的设计	014
2.1 人体生理尺寸与产品设计	014
2.2 人体测量的基本知识	015
2.2.1 人体测量的主要方法	016
2.2.2 人体测量的基本术语	017
2.2.3 人体测量的常用仪器	018
2.3 人体测量中的主要统计函数	019
2.4 常用的人体测量数据	021
2.4.1 我国成年人人体结构尺寸	021
2.4.2 我国成年人人体功能尺寸	026
2.4.3 其他国家成年人人体尺寸	029
2.5 人体测量数据应用	031
2.5.1 主要人体尺寸的应用原则	031
2.5.2 按产品功能分类选择的人体尺寸数据	034
2.5.3 以身高为基准的设备和用具尺寸推算图	036
2.5.4 人体尺寸测量数据的修正	037
2.6 人体模板及其应用	039
2.6.1 人体模板概述	039

2.6.2	人体模板的结构	039
2.6.3	人体模板的使用要求	041
2.6.4	人体模板的应用实例	042
第3章	基于用户心理认知特征的设计	044
3.1	用户心理认知与设计	044
3.1.1	心理认知机能	044
3.1.2	行为构成	045
3.1.3	心理认知活动	047
3.2	消费心理与设计	056
3.2.1	消费者心理与工业设计	056
3.2.2	消费心理	057
3.3	感性认知与设计	062
3.3.1	感性意象	062
3.3.2	感性设计	064
第4章	基于人体感知特征的设计	068
4.1	人体感知系统	068
4.1.1	人体系统的组成	068
4.1.2	人的感知与反应机能	069
4.1.3	感觉通道与适用的信息	069
4.2	视觉机能及其特征	070
4.2.1	视觉刺激	070
4.2.2	视觉系统	070
4.2.3	视觉机能	071
4.2.4	视觉特征	074
4.3	视觉信息显示设计	074
4.3.1	仪表显示设计	074
4.3.2	信号显示设计	077
4.4	听觉机能及其特征	081
4.4.1	听觉刺激	081
4.4.2	听觉系统	081
4.4.3	听觉的物理特性	081
4.5	听觉传示装置设计	083
4.5.1	听觉信息传示装置	083
4.5.2	言语传示装置	084
4.5.3	听觉传示装置的选择	086
4.6	其他感觉机能及其特征	086
4.6.1	肤觉	086
4.6.2	本体感觉	087
4.6.3	味觉和嗅觉	087
4.6.4	触觉的功能	088
4.6.5	触觉在设计中的应用	088

4.7 人的信息传递与处理	089
4.7.1 人机信息界面的形成	089
4.7.2 信息	090
4.7.3 人体接受信息的途径及能力	090
第5章 基于人体运动特征的设计	092
5.1 人体运动特征	092
5.1.1 运动系统的机能及其特征	092
5.1.2 人的运动输出	096
5.2 人的操作动作分析	097
5.2.1 作业姿势与人体机能	097
5.2.2 作业姿势的设计原则	101
5.2.3 作业姿势的设计要点	102
5.3 操纵装置的类型与特征	104
5.3.1 操纵装置的类型	104
5.3.2 操纵装置的用力特征	105
5.3.3 操纵装置的特征编码与识别	106
5.3.4 操纵装置的空间位置设计	107
5.4 手动操纵装置设计	107
5.4.1 旋转式操纵装置设计	107
5.4.2 移动式操纵装置设计	111
5.4.3 按压式操纵装置设计	112
5.4.4 摆动式操纵装置设计	113
5.5 脚动操纵装置设计	114
5.5.1 脚动操纵装置形式及操纵特点	114
5.5.2 脚动操纵装置设计	115
5.6 操纵与显示的相合性	116
5.6.1 位置相合性	116
5.6.2 运动方向相合性	117
5.6.3 显示器与操纵装置概念的相合性	117
第6章 面向人机交互的界面设计	118
6.1 人机交互	118
6.2 人机交互技术	119
6.2.1 人机交互界面的技术实现	119
6.2.2 人机交互技术及多通道用户界面技术	119
6.2.3 新一代用户界面技术	121
6.3 图形用户界面设计	124
6.3.1 图形用户界面设计的原则	124
6.3.2 移动界面设计	125
6.3.3 Web 界面设计	129
6.3.4 界面设计实例	132

第7章 面向室内空间的人机设计	136
7.1 室内空间与人机工程	136
7.1.1 空间的大小	136
7.1.2 空间的形状	137
7.1.3 空间方向	137
7.1.4 空间类型	137
7.1.5 人的行为与室内空间分布	138
7.2 居住空间人机设计	139
7.2.1 家庭活动效率和特征	139
7.2.2 居住行为与居住空间	140
7.3 办公空间人机设计	145
7.3.1 办公空间组成	145
7.3.2 办公空间的设计要求	146
7.3.3 普通办公空间人机设计	146
7.3.4 会议室和经理室人机设计	150
7.4 展示空间人机设计	151
7.4.1 展厅的分类与特性	151
7.4.2 观展的行为及特征	152
7.4.3 展厅人机设计	154
第8章 面向室内环境的人机设计	157
8.1 人与环境	157
8.1.1 人与自然环境	157
8.1.2 人与室内环境	157
8.1.3 机械与环境的交互系统	158
8.2 室内声环境人机设计	158
8.2.1 材料和结构的声学特征	158
8.2.2 室内噪声控制	160
8.2.3 室内音质设计	162
8.3 室内热环境人机设计	163
8.3.1 决定热环境的因素	163
8.3.2 舒适的热环境	164
8.3.3 人体与室内热环境	165
8.3.4 室内热环境设计	165
8.4 室内光环境人机设计	166
8.4.1 光的特性与光的度量	166
8.4.2 采光的控制	169
8.4.3 照明的设计	170
第9章 面向系统的人机设计	175
9.1 人机系统概述	175
9.1.1 系统	175

9.1.2 人机系统	176
9.1.3 人机系统的类型	176
9.1.4 人机系统设计的目标	179
9.2 人机系统设计	179
9.2.1 系统设计的基本思想	179
9.2.2 人机系统设计的内容	180
9.2.3 人机系统设计的程序	181
9.2.4 人机系统设计的开发步骤	181
9.2.5 人机系统设计的要点	183
9.3 人机系统设计分析	187
9.3.1 连接分析法	187
9.3.2 操作顺序图分析法	190
9.4 超市人机系统设计案例	192
9.4.1 卖场空间设计	192
9.4.2 视觉环境设计	194
9.4.3 听觉环境设计	195
9.4.4 味觉环境设计	195
9.4.5 温度环境设计	196
9.4.6 安全环境设计	196
9.4.7 人机系统设计评估	197
第 10 章 专题 1——作业器具人机设计	198
10.1 手握式工具设计	198
10.1.1 手的解剖及其与工具使用有关的疾患	198
10.1.2 手握式工具设计原则	199
10.2 工作座椅设计	202
10.2.1 工作座椅设计主要依据	202
10.2.2 工作座椅设计	205
第 11 章 专题 2——汽车人机工程设计	212
11.1 汽车概念设计	212
11.1.1 汽车概念设计概述	212
11.1.2 汽车总体布置	212
11.1.3 硬点和硬点尺寸	212
11.2 乘员空间布置和人机界面设计	214
11.2.1 人体的舒适驾驶姿势	214
11.2.2 座椅调节量设计	214
11.2.3 踏板布置	216
11.2.4 人体的布置设计	216
11.2.5 室内手操纵装置和操纵钮键的布置	218
11.2.6 后排乘员乘坐空间布置	219
11.2.7 乘员头部空间和顶盖布置	220
11.2.8 汽车宽度方向乘员布置	221

11.3 汽车视野设计	222
11.3.1 驾驶员眼椭圆	222
11.3.2 前方视野设计	224
11.3.3 车身 A 立柱形成的盲区	225
11.3.4 仪表板视野设计	226
11.3.5 动态前方视野	227
11.3.6 后视野设计	227
第 12 章 人机工程设计的发展趋势	230
12.1 绿色人机工程设计	230
12.1.1 绿色设计	230
12.1.2 绿色人机工程设计的思想	230
12.1.3 绿色人机工程设计的要点	231
12.1.4 绿色人机工程设计的因素	231
12.1.5 绿色人机工程设计的意义	232
12.2 信息化人机工程设计	232
12.2.1 非物质化人机工程	233
12.2.2 数字化人机工程	234
12.2.3 虚拟化人机工程	235
12.2.4 智能化人机工程	237
12.3 情感化人机工程设计	239
12.3.1 情感化设计	239
12.3.2 感性工学	240
参考文献	242

第 1 章

Chapter 1

绪 论

1.1 人机工程学的基本内涵

人机工程学是研究人、机械及其工作环境之间相互作用的学科。该学科在其自身的发展过程中,逐步打破了其他各学科之间的界限,并有机地融合了各相关学科的理论,不断地完善自身的基本概念、理论体系、研究方法以及技术标准和规范,从而形成了一门研究和应用范围都极为广泛的综合性边缘学科。

1.1.1 人机工程学的命名

由于人机工程学研究 and 应用的范围极其广泛,它所涉及的各学科、各领域的专家、学者都试图从自身的角度来给本学科命名和下定义,因而世界各国对该学科的命名不尽相同,即使同一个国家的学者对该学科名称的提法也不统一,甚至有很大差别。

例如,该学科在美国称为“Human Engineering”(人类工程学)或“Human Factors Engineering”(人的因素工程学),西欧国家多称为“Ergonomics”(人类工效学),而其他国家大多引用西欧的名称。

“Ergonomics”一词是由希腊词根“ergon”(即工作、劳动)和“nomos”(即规律、规则)复合而成,其本义为人的劳动规律。由于该词能够较全面地反映该学科的本质,又因为该词源自希腊文,便于各国语言翻译上的统一,而且该词词义保持中立性,不显露它对各组成学科的亲密和间疏,因此目前较多的国家都采用“Ergonomics”一词作为该学科命名。

人机工程学在我国起步较晚,目前该学科在国内的名称尚未统一,除普遍采用人机工程学外,常见的名称还有:人一机一环境系统工程、人体工程学、人类工效学、人类工程学、工程心理学、宜人学、人的因素等。不同的名称,其研究重点略有差别。

1.1.2 人机工程学的定义

与该学科的命名一样,对其所下的定义也不统一,并且随着学科的发展,其定义也在不断发生变化。

美国人机工程学专家 C. C. 伍德 (Charles C. Wood) 对人机工程学所下的定义为: “设备设计必须适合人的各方面因素, 以便在操作上付出最小的代价而求得最高的效率”。W. B. 伍德森 (W. B. Woodson) 则认为: “人机工程学研究的是人与机械相互关系的合理方案, 也对人的知觉显示、操作控制、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及作业时感到安全和舒适”。著名的美国人机工程学及应用心理学家 A. 查帕尼斯 (A. Chapanis) 说: “人机工程学是在机械设计中, 考虑如何使人获得操作简便而又准确的一门学科”。另外, 在不同的研究和应用领域中, 带有侧重点和倾向性的定义很多, 在这里不一一介绍。

国际人类工效学学会 (International Ergonomics Association, 简称 IEA) 为人机工程学学科所下的定义是最有权威、最全面的定义, 即: 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; 研究人和机械及环境的相互作用; 研究在工作中、家庭生活中和休假时怎样统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。

从上述本学科的命名和定义来看, 尽管学科名称多样、定义歧异, 但是本学科在研究对象、研究方法、理论体系等方面并不存在根本上的区别。这正是人机工程学作为一门独立的学科存在的理由, 同时也充分体现了学科边界模糊、学科内容综合性强、涉及面广等特点。

1.1.3 人机工程学的知识理论体系

人机工程学的根本目的是通过揭示人、机、环境三要素之间相互关系的规律, 从而达到人一机一

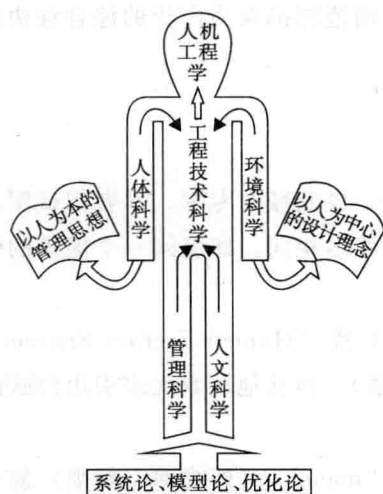


图 1-1 人机工程学体系构成

环境系统总体性能的最优化。从其研究的目的来看, 就充分体现了本学科主要是“人体科学”、“技术科学”和“环境科学”之间的有机融合。它是以人体科学中的人体解剖学、劳动生理学、人体测量学、人体力学和劳动心理学等学科为“一上肢”; 以环境科学中的环境保护学、环境医学、环境卫生学、环境心理学和环境检测学等学科为“另一上肢”; 而以管理科学为“一下肢”; 以人文科学为“另一下肢”; 而以工程科学中的工业设计、工业工程、工程设计、安全工程、系统工程以及管理工程等学科为“躯干”, 形象地构成了本学科体系。人机工程学学科理论的构成是基于系统论、模型论和优化论, 由此建立了本学科的两个重要的核心思想, 其一是以人为中心的设计理念, 其二是以人为本的管理思想。完整的学科体系如图 1-1 所示。

1.1.4 人机工程学的研究内容与方法

1. 学科的研究内容

人机工程学研究应包括理论和应用两个方面, 但当今研究的总趋势还是侧重于应用方面。而对于学科研究的主体方向, 则由于各国科学和工业基础的不同, 侧重点也有所不同。例如, 美国注重工程和人机关系, 法国注重劳动生理学, 俄国注重工程心理学, 保加利亚偏重人体测量, 捷克、印度等则注重劳动卫生学。

虽然人机工程学的研究内容 and 应用范围极其广泛, 但从人一机一环境系统角度出发, 人机工程学的研究内容可用图 1-2 所示加以说明。图中曲线交叉形成七个分支, 各分支的研究内容主要有以下几

个方面。

- ①人体特性的研究。
- ②机器特性的研究。
- ③环境特性的研究。
- ④人一机关系的研究。
- ⑤人一环境关系的研究。
- ⑥机—环境关系的研究。
- ⑦人一机—环境系统性能的研究。

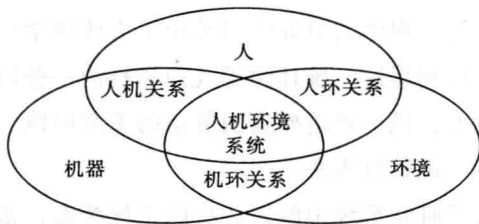


图 1-2 人机工程学的研究内容示意图

对工业设计学科而言，也是围绕着人机工程的基本研究方向来确定相关的研究内容。对工业设计师来说，从事本学科研究的主要内容可概括为以下几个方面。

（1）人体特性的研究。

主要研究对象是在工业设计中与人体有关的问题。例如，人体形态特征参数、人的感知特性、人的反应特性以及人在劳动中的心理特征等。研究的目的是解决机械设备、工具、作业场所以及各种用具和用品的设计如何与人的生理、心理特点相适应，从而才有可能为使用者创造安全、舒适、健康、高效的工作条件。

（2）工作场所和信息传递装置的设计。

工作场所设计的合理与否，将对人的工作效率产生直接的影响。工作场所设计一般包括：工作空间设计、座位设计、工作台或操纵台设计以及作业场所的总体布置等。这些设计都需要应用人体测量学和生物力学等知识和数据。研究作业场所设计的目的是保证物质环境适合于人体的特点，使人以无害于健康的姿势从事劳动，既能高效地完成工作，又感到舒适并且不会过早产生疲劳。

人与机械以及环境之间的信息交流分为两个方面：一方面是显示器向人传递信息，另一方面是控制器接受人发出的信息。显示器设计研究包括视觉显示器、听觉显示器以及触觉显示器等各种类型显示器，同时还要研究显示器的布置和组合等问题。控制器设计则要研究各种操纵装置的形状、大小、位置以及作用力等有关人体解剖学、生物力学和心理学方面的问题，在设计过程中，还需考虑人的定向思维和习惯动作等。

（3）环境控制与安全保护设计。

从广义上说，人机工程学所研究的效率，不仅是指所从事的工作在短期内有效地完成，而且是指在长期内不存在对健康有害的影响，并使事故危险性缩小到最低限度。从环境控制方面应保证照明、微小气候、噪声和振动等常见作业环境条件适合操作人员的要求。

保护操作者免遭“因作业而引起的病痛、疾患、伤害或伤亡”也是设计者的基本任务。因而在设计阶段，安全防护装置就视为机械的一部分，应将防护装置直接接入机器内。此外，还应考虑在使用前操作者的安全培训，研究在使用中操作者的个体防护等。

（4）人机系统的总体设计。

人机系统工作效能的高低首先取决于它的总体设计。也就是要在整体上使“机”与人体相适应。人机配合成功的基本原因是两者都有自己的特点，在系统中可以互补彼此的不足，如机器功率大、速度快、不会疲劳等，而人具有智慧、多方面的才能和很强的适应能力。如果注意在分工中取长补短，则两者的结合就会卓有成效。显然，系统基本设计问题是人与机械之间的分工以及人与机械之间如何有效地交流信息等问题。

2. 学科的研究方法

人机工程学的研究广泛采用了人体科学和生物科学等相关学科的研究方法及手段，也采取了系统工程、控制理论、统计学等其他学科的一些研究方法，而且本学科的研究也建立了一些独特的新方法，以探讨人、机、环境要素间复杂的关系问题。这些方法中包括以下几种。

(1) 观察分析法。

为了研究系统中的人和机的工作状态，常采用各种各样的观察方法，如工人操作动作的分析、功能分析和工艺流程分析等大都采用观察法。目前，常采用的观察分析法有瞬间操作分析法、知觉与运动信息分析法、动作负荷分析法、频率分析法、危象分析法、相关分析法等。

荷兰 NOLDUS 公司 Observer 行为观察分析系统是研究人类行为的标准工具。此系统可用来记录分析被研究对象的动作、姿势、运动、位置、表情、情绪、社会交往、人机交互等各种活动。同时该系统可以记录被研究对象各种行为发生的时刻、发生的次数和持续的时间，然后进行统计处理，得到分析报告，是可以应用于心理学、人因工程、产品可用性测试、人机交互等领域的实验研究。

(2) 实测法。

它是一种借助于仪器设备进行实际测量的方法。例如，对人体静态与动态参数的测量，对人体生理参数的测量或者是对系统参数、作业环境参数的测量等。如图 1-3 所示为实测法研究飞行驾驶中人体特性。

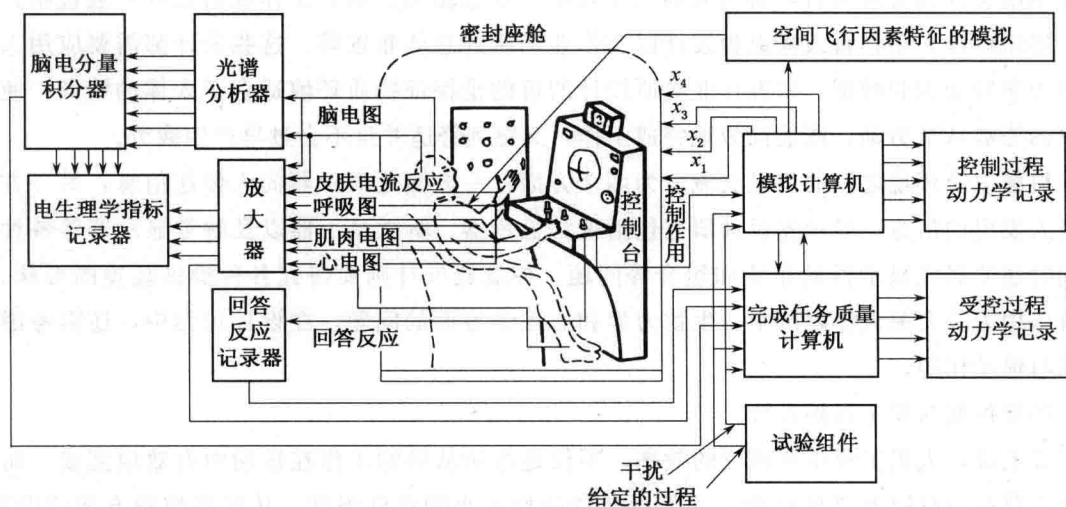


图 1-3 实测法研究飞行驾驶中人体特性

(3) 实验法。

实验法是当实测法受到限制时采用的一种研究方法，一般是在实验室或作业现场进行。例如，为了获得人对各种不同显示仪表的认读速度和差错率的数据时，一般在实验室进行实验。如需了解色彩环境对人的心理、生理和工作效率的影响时，由于需要进行长时间和多人次的观测，为获得比较真实的数据，通常是在作业现场进行实验。图 1-4 是研究驾驶员眼动规律的实验装置。

(4) 模拟和模型试验法。

由于机械系统一般比较复杂，因而在进行人机系统研究时常采用模拟的方法。模拟方法包括各种技术和装置的模拟，如操作训练模拟器、机械的模型以及各种人体模型等。通过这类模拟方法可以对

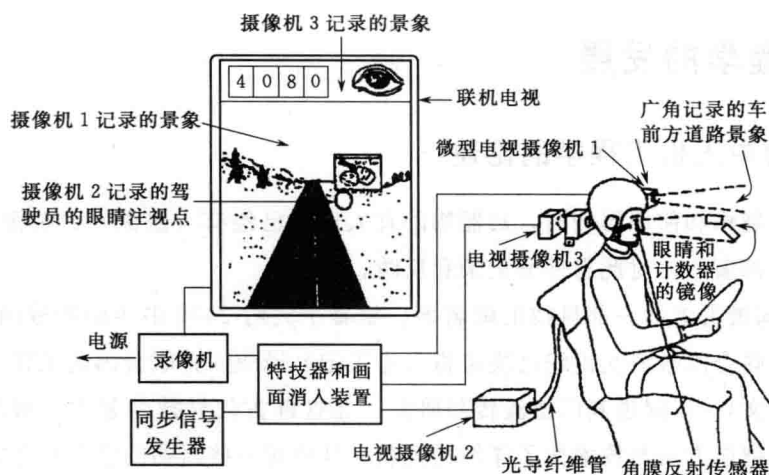


图 1-4 驾驶员眼动规律实验装置

某些操作系统进行逼真的试验，可以得到从实验室研究外推所需的更符合实际的数据。图 1-5 为应用模拟和模型试验法研究人机系统特性的典型实例。因为模拟器或模型通常比它所模拟的真实系统价格便宜得多，但又可以进行符合实际的研究，所以得到较多的应用。

(5) 计算机数值仿真法。

由于人机系统中的操作者是具有主观意志的生命体，用传统的物理模拟和模型方法研究人机系统，往往不能完全反映系统中生命体的特征，其结果与实际相比必有一定误差。另外，随着现代人机系统越来越复杂，采用物理模拟和模型方法研究复杂人机系统，不仅成本高、周期长，而且模拟和模型装置一经定型，就很难作修改变动。为此，一些更为理想而有效的方法逐渐被研究创建并得以推广，其中的计算机数值仿真法已成为人机工程学研究的一种现代方法。

数值仿真是在计算机上利用系统的数学模型进行仿真性实验研究，研究者可对尚处于设计阶段的未来系统进行仿真，并就系统中的人、机、环境三要素的功能特点及其相互间的协调性进行分析，从而预知所设计产品的性能，并进行改进设计。应用数值仿真研究，能大大缩短设计周期，并降低成本。如图 1-6 所示为人体动作分析仿真图形。

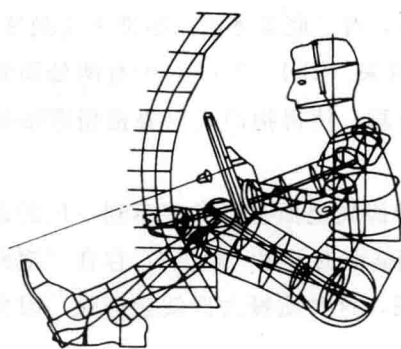


图 1-5 应用模拟和模型试验法研究人机系统

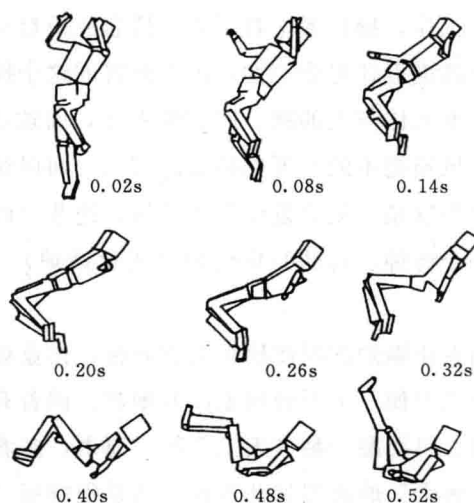


图 1-6 人体动作分析仿真图形

1.2 人机工程学的发展

1.2.1 中国古籍中人机工程学的论述

中国古代工匠在制作和使用器物时,对器物的宜人性,已经有一些深入、精湛的把握。《考工记》和《天工开物》这两部著作,对此有部分记录和反映。

《考工记》是我国最古老的一部科技汇编名著,编纂于大约 2400 多年前的战国初期。它的历史与科学价值闻名中外,联合国教科文组织已决定将《考工记》译成 6 种联合国的工作文字(中、英、法、俄、西班牙、阿拉伯文),以促进其广泛流传与研究。在这部古代科技名著中,对车舆、工事、兵器、农具以及礼乐诸器的制作方法与技术作了详细的记载,其中对一些器物的宜人性考究,尤为深入精彩。其中有如下一段文字。

凡为弓,各因其君之躬志虑血气。丰肉而短,宽缓以茶,若是者为之危弓,危弓为之安矢。骨直以立,岔执以奔,若是者为之安弓,安弓为止危矢。其人安,其弓安,其矢安,则莫能以速中,且不深。其人危,其弓危,其矢危,则莫能以愿中。

其大意是:要根据弓箭手的脾性、气质配给不同性能的弓箭。性情温和、行动迟缓的人,要配置强劲急疾的硬弓。而刚毅果敢、暴躁性急、行动快猛的人,则要配置较为柔韧的软弓。假若慢人用软弓,易延误时间,箭行的速度快不了,自然不易命中目标,即使射中了也无力深入敌体。急人用硬弓,则因过于急促,也影响命中率。

此处关于不同性格的人应配以不同性能弓箭的论述,可列为设计心理学应用的经典范例,更加令人称绝。有关专家指出,上述论述对现代射箭运动员的心理素质训练和弓箭选择,确有参考价值。

明代科学家宋应星所著《天工开物》以插图丰富著称。浏览这些插图以后,会产生一个深刻的印象,就是在众多生产作业的场景中,人们的工作、劳动姿态总是那么自然、舒展,难见哪一幅图上有强迫体位的工作姿势、扭曲不当的劳动动作。作业姿势自然舒展,表示劳动工具、生产设备与人体尺寸的适应性好。如图 1-7 所示,这是取自《天工开物》的两幅插图。图 1-7(a)为“分金炉清锈清底”的工作,操作者坐着干活,情态放松自得。而能够以这样舒适的姿态工作,来自于“分金炉”相关部分高度设计得合理性,图上画着的这个操作高度是砌了 5 层砖达到的。再看图中的风箱,风箱把手的高度大体与人的胸、肘部位平齐,而这正是立姿下推拉施力的最适宜高度。图 1-7(b)中也有风箱,风箱把手的高度也是如此宜人,而风箱下面还有个底盘,有了底盘才使风箱把手达到这个高度,足以说明这是“刻意设计”的结果,绝非“赶巧”、“碰巧”得来。图 1-7(b)中有两处画着两个人抬着一个铸钟、铸鼎的化铜炉(或化铁炉)。由于炉子下面有脚,使得抬炉人只要稍稍弯腰便可把炉抬起。

抬着化铜炉的时候抬炉人直着腰,作业姿势合理,此时炉脚离地面有半尺多不到一尺的距离,抬炉人行走方便,上下台阶也没有困难。倘若有人怀疑对这两幅插图的上述“解说”,存在“演绎”的成分,那么只要翻一翻《天工开物》原书,多看一些里面的插图,这种质疑大概就会消除,因为能够作类似“解说”的插图如此普遍,那是很难用“碰巧”来解释的。

《考工记》和《天工开物》中所记载的,只是我们祖先创造成果中的一部分而已。在北京中国农业展览馆里,还有一个“中国传统农具展览馆”,展出的多种传统农具宜人性非常优良。实践出智慧、需



图 1-7 《天工开物》插图选

求促灵感, 这些优秀传统农具都是来自实践、来自需求的卓越创造。

1.2.2 人机工程学的形成与发展

从学科发展来看, 英国是世界上开展人机工程学研究最早的国家, 而奠基性工作是在美国完成的。因此, 人机工程学有“起源于欧洲, 形成于美国”之说。本学科的起源可以追溯到 20 世纪初期, 作为一门独立的学科, 在其形成与发展史中, 大致经历了以下三个阶段。

1. 经验人机工程学

20 世纪初, 美国学者 F. W. 泰勒 (Frederick W. Taylor) 在传统管理方法的基础上, 首创了新的管理方法和理论, 并据此制订了一整套以提高工作效率为目的的操作方法, 考虑了人使用的机器、工具、材料及作业环境的标准化问题。例如他曾经研究过铲子的最佳形状、重量, 研究过如何减少由于动作不合理而引起的疲劳等。其后, 随着生产规模的扩大和科学技术的进步, 科学管理的内容不断充实丰富, 其中动作时间研究、工作流程与工作方法分析、工具设计、装备布置等, 都涉及人和机械、人和环境的关系问题, 而且都与如何提高人的工作效率有关, 其中有些原则至今对人机工程学研究仍有一定意义。因此, 人们认为他的科学管理方法和理论是后来人机工程学发展的基石。

从泰罗的科学管理方法和理论的形成到第二次世界大战之前, 称为经验人机工程学的发展阶段。这一阶段主要研究内容是: 研究每一职业的要求; 利用测试来选择工人和安排工作; 规划利用人力的最好方法; 制定培训方案, 使人力得到最有效的发挥; 研究最优良的工作条件; 研究最好的管理组织形式; 研究工作动机, 促进工人和管理者之间的通力合作。

在经验人机工程学发展阶段, 研究者大都是心理学家, 其中突出的代表是美国哈佛大学的心理学教授 H. 闵斯特伯格 (H. Munsterberg), 其代表作是《心理学与工业效率》。他提出了心理学对人在工作中的适应与提高效率的重要性。闵斯特伯格把心理学研究工作与泰罗的科学管理方法联系起来, 对选择、培训人员与改善工作条件、减轻疲劳等问题曾做过大量的实际工作。由于当时该学科的研究偏重于心理学方面, 因而在这一阶段大多称该学科为“应用实验心理学”。学科发展的主要特点是: 机械设计的主要着眼点在于力学、电学、热力学等工程技术方面的原理设计上, 在人机关系上是以选择和培训操作者为主, 使人适应于机械。

经验人机工程学一直延续到第二次世界大战之前, 当时, 人们所从事的劳动在复杂程度和负荷量上都有了很大变化。因而改良工具、改善劳动条件和提高劳动效率成为最迫切的问题, 从而使研究者