



普通高等教育“十五”国家级规划教材

人机工程学

赵江洪 主 编
谭 浩 副主编

Ergonomics



高等教育出版社
HIGHER EDUCATION PRESS

普通高等教育“十五”国家级规划教材

人机工程学

赵江洪 主 编

谭 浩 副主编

高等教育出版社

内容简介

本书是普通高等教育“十五”国家级规划教材。全书内容分为四部分:人机工程学基础、系统中的人、环境和社会因素、人机工程系统化与信息化。本教材既吸收了美国人因工程(human factors)基于人机系统分析与设计的理论框架,又吸收了欧洲工效学(ergonomics)基于生理学的理论框架,并采用了所谓宏观人机工程学的理论,同时,引用了大量的设计案例和研究案例作为理论的支持和补充,是一部理论框架比较完整、理论与实践结合的教材。为满足多媒体教学的需要,书后附有光盘一张,包括电子教材、视频案例等内容。

本书可作为普通高等学校工业设计等各类设计专业的教材,还可供心理学、工业工程、机械工程、计算机科学、软件工程等专业的学生使用。另外,设计师、可用性工程师、软件开发人员、研究人员也可以把本书当作重要的参考资料,在工作中运用。

图书在版编目(CIP)数据

人机工程学/赵江洪主编. —北京:高等教育出版社, 2006.5

ISBN 7-04-018712-4

I. 人... II. 赵... III. 人-机系统-高等学校-教材
IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 036737 号

策划编辑 肖银玲 责任编辑 李瑞芳 封面设计 王 序 责任绘图 朱 静
版式设计 王 莹 责任校对 王效珍 责任印制 尤 静

出版发行 高等教育出版社
社 址 北京市西城区德外大街 4 号
邮政编码 100011
总 机 010-58581000

经 销 蓝色畅想图书发行有限公司
印 刷 北京铭成印刷有限公司

开 本 850×1168 1/16
印 张 21.75
字 数 560 000
插 页 1

购书热线 010-58581118
免费咨询 800-810-0598
网 址 <http://www.hep.edu.cn>
<http://www.hep.com.cn>
网上订购 <http://www.landaco.com>
<http://www.landaco.com.cn>
畅想教育 <http://www.widedu.com>

版 次 2006 年 5 月第 1 版
印 次 2006 年 5 月第 1 次印刷
定 价 36.20 元(含光盘)

本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,请到所购图书销售部门联系调换。

版权所有 侵权必究

物料号 18712-00

郑重声明

高等教育出版社依法对本书享有专有出版权。任何未经许可的复制、销售行为均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人将承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。为了维护市场秩序，保护读者的合法权益，避免读者误用盗版书造成不良后果，我社将配合行政执法部门和司法机关对违法犯罪的单位和个人给予严厉打击。社会各界人士如发现上述侵权行为，希望及时举报，本社将奖励举报有功人员。

反盗版举报电话：(010) 58581897/58581896/58581879

传 真：(010) 82086060

E - mail：dd@hep.com.cn

通信地址：北京市西城区德外大街4号

高等教育出版社打击盗版办公室

邮 编：100011

购书请拨打电话：(010)58581118

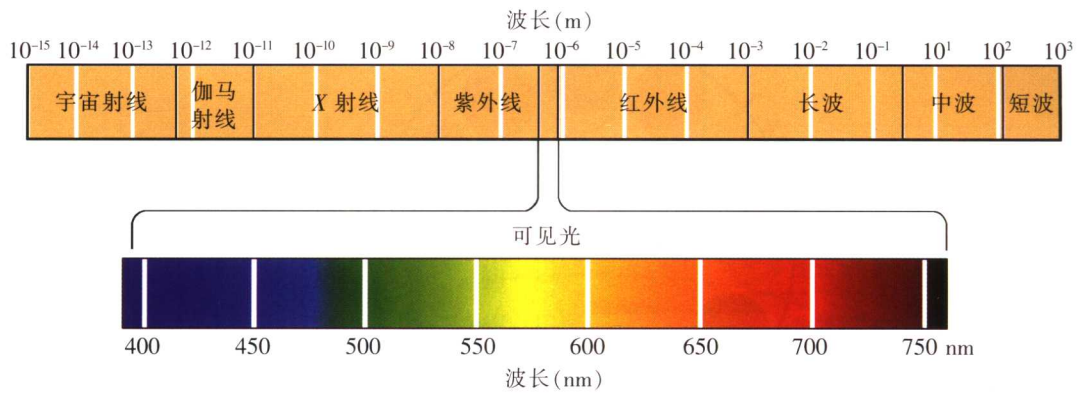


图 4-12

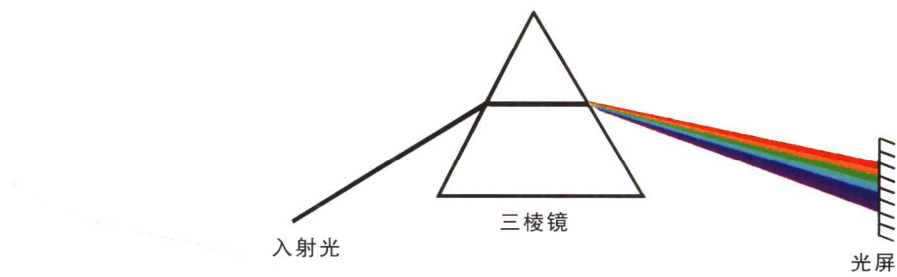


图 4-13

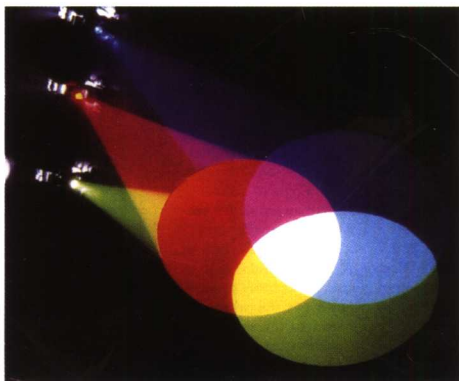


图 4-14



图 4-15

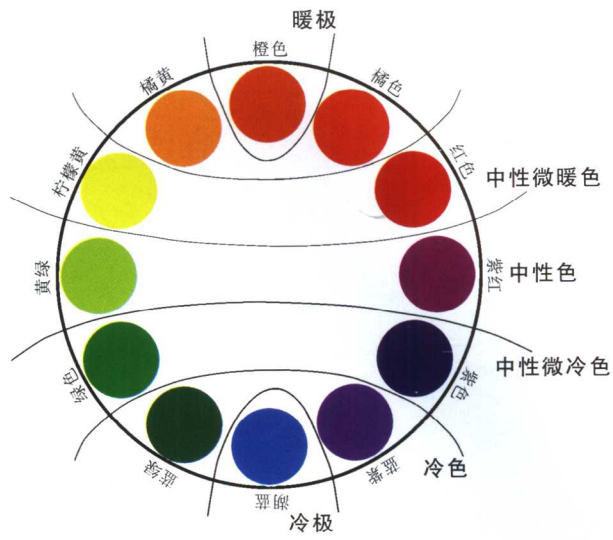


图 4-16



火警电话
易燃

安全出口

当心火灾-
易燃物质

图 4-43

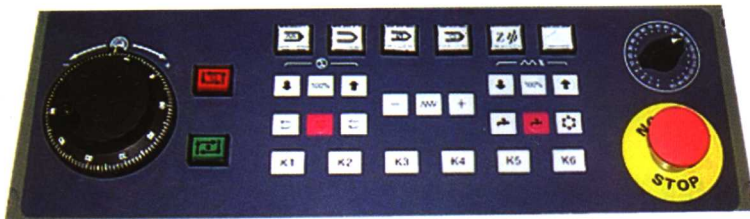


图 5-38



图 5-39



前 言

未来的设计是基于研究的设计(research-based design),这种研究也许是描述一种关系、解释一种关系,也可能是预测某种关系。设计既有“事理”又有“人理”。设计是关于“事物关系”的学问和实践。人机工程学主要研究人、机(对象)和环境之间的交互关系,是设计研究的重要领域。

未来的设计是以创新(innovation)和创新力(innovation capability)为核心的设计,而设计创新在本质上是以人为中心的创新(human-centered innovation)。设计是关于人的物质和精神生活的,所以任何一项科学性的设计研究必然涉及人机工程学。它也可能涉及其他领域,但是,涉及人机工程学范畴则永远不会改变。顾名思义,人机工程学自然要研究人。与其他研究人的科学不同的是,人机工程学研究的是“系统中的人”,是人与系统中其他组成部分的交互关系。也就是将人放到人-机-环境系统中来研究,从而建立以人为中心的设计体系,这是人机工程学的一大贡献。

本书由湖南大学赵江洪任主编,谭浩任副主编。湖南大学赵江洪、谭浩、张军、王巍,浙江大学罗仕鉴共同编写。美国北卡罗莱纳州立大学里查德·皮尔逊(Dr. Richard G. Pearson)教授对全书的大纲、内容提出了很多宝贵意见,并提供了部分个人的学术参考材料。其中赵江洪负责全书的结构和内容框架以及第一、二、三章的编写,谭浩负责全书规范和统稿及第四、五、六、七、九、十一、十二章的编写,张军负责第八章的编写,王巍负责第十、十三章的编写,罗仕鉴负责第十四章的编写。由教育部工业设计专业教学指导分委员会主任委员何人可主审。主编在此对所有参与本书编写的作者表示特别谢意,并对主编的导师里查德·皮尔逊博士、教授致以特别感谢,感谢他在如此高龄时来中国讨论教材编写工作。在教材中,引用了国内外部分书籍、文献的插图(详见参考文献),编者向这些书籍和文献的作者表示真诚的感谢。

本书配套有多媒体课件,本课件由赵江洪、王巍、邹方镇、张军、谭浩负责规划制作,湖南大学设计艺术学院硕士研究生赵丹华、张文泉、郭琦、郑皓、陈凌雁、李俊涛、张海波、宋妍敏、江力、张晓、黄旭、陈岩、刘云乐、闵光培、蒋婷、陈宪涛、李健、邹涛负责完成各章的课件的制作和图片的处理工作。

由于编者水平有限,书中难免有错误和欠妥之处,恳请广大读者批评指正。

赵江洪

于岳麓山

2005.9.21

目 录

第一部分 人机工程学基础

第一章 人机工程学概论	3
1.1 人机工程学的起源和历史	4
1.2 人机工程学定义	7
1.3 人机工程与工业设计	11
案例与研究:古希腊的人机工程学	14
讨论	17
第二章 人机工程学的研究方法	18
2.1 科学的研究方法	19
2.2 人机工程学研究方法	22
2.3 以人为中心的设计研究方法	24
案例与研究:客车座椅舒适性实验研究	30
讨论	32

第二部分 系统中的人

第三章 人体尺寸与作业空间	35
3.1 人体尺寸与尺度	36
3.2 我国人体尺寸的基本情况	41
3.3 人体尺寸的特征	46
3.4 人体尺寸与设计	50
3.5 作业空间设计	51
3.6 座椅设计	58
案例与研究:脊柱压力与座椅的研究与设计	61
讨论	63
第四章 人的感觉系统——输入系统	64
4.1 神经和神经传导	65
4.2 听觉	67
4.3 视觉	70
4.4 躯体感觉	77
4.5 化学感觉	79
4.6 显示设计——人的信息输入设计	80
案例与研究:设计软件中图符的识别性研究与设计	89
讨论	93
第五章 人的运动学基础——输出系统	95
5.1 肌肉	96
5.2 骨和关节运动	103
5.3 人体运动特征	105
5.4 人的操作动作分析	110
5.5 控制设计——人的信息输出设计	113

案例与研究:人机工程学理发剪刀的设计与评估	125
讨论	129
第六章 人的信息加工过程	130
6.1 信息理论	131
6.2 人的信息加工过程模型	131
6.3 人的信息输入与传递	133
6.4 知觉	134
6.5 记忆	138
6.6 思维与决策	145
6.7 注意	147
6.8 人的信息输出	148
案例与研究:产品直观使用研究——以数码相机为例	150
讨论	153
第七章 人的行为与心理	155
7.1 人的作业行为	156
7.2 人的行为特征	171
7.3 人的差错	175
7.4 任务分析——研究人的行为的方法	178
7.5 以人为中心的设计原则	183
案例与研究:基于用户行为的饮水机设计研究	187
讨论	192
第八章 人的心理生理状态	193
8.1 觉醒理论	194
8.2 疲劳	198
8.3 应激	202
案例与研究:驾驶员的生理心理状态与安全驾驶	
研究介绍	207
讨论	211
第九章 人的感性因素	212
9.1 动机	213
9.2 体验	217
案例与研究:产品使用中的人的愉悦因素研究	222
讨论	227
第十章 物理环境因素	231
10.1 照明	232
10.2 噪声	236
10.3 振动	239
10.4 气候环境	241
案例与研究:室内间接照明设计研究	245
讨论	248
第十一章 人文社会因素	249
11.1 微观人机工程和宏观人机工程	250

第三部分 环境和社会因素

11.2 团体与人的行为	250
11.3 个人空间与社会因素	261
11.4 文化环境	267
案例与研究:企业规划系统的宏观人机工程研究	274
讨论	276

第四部分 人机工程系统化 与信息化

第十二章 人机系统	279
12.1 系统	280
12.2 人机系统	281
12.3 人机配合	283
12.4 人机系统设计	290
案例与研究:汽车生产线的人机工程系统研究	295
讨论	300

第十三章 交互设计	301
13.1 人机工程学与交互设计	302
13.2 交互设计的对象与方式	303
13.3 交互设计目标与适用的原则	308
13.4 交互设计的过程与方法	310
案例与研究:个人移动通讯终端的交互设计	314
讨论	317

第十四章 发展中的人机工程学	318
14.1 虚拟人与虚拟设计	319
14.2 计算机辅助人机工程设计系统	324
14.3 图形用户界面和网络用户界面	329
14.4 智能系统	334
讨论	335

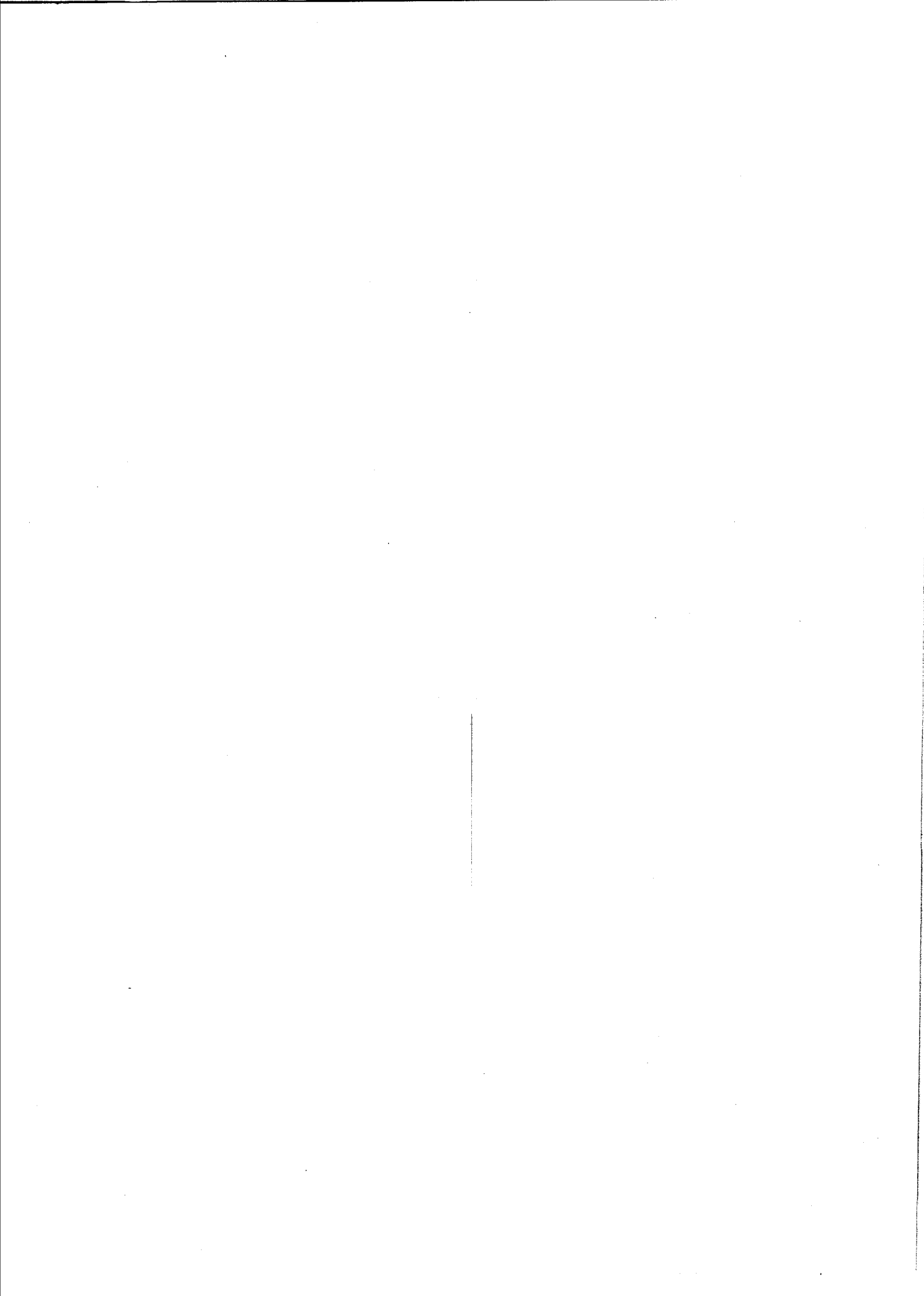
参考文献	336
-------------------	-----



第一部分 人机工程学基础

第一章 人机工程学概论

第二章 人机工程学的研究方法



第一章 人机工程学概论

本章要点

1. 人机工程学的起源是由于人与物(工具)之间的关系变化。
2. 人机工程学产生的核心思想是“使机器适应于人”。
3. 人机工程学是研究系统中人与其他组成部分之间的交互关系的一门科学,并运用其理论、原理、数据和方法进行设计,以优化系统的功效和人的健康幸福(well-being)之间的关系。
4. 人机工程学的特点是,它不是孤立地研究人、机和环境,而是从系统的高度,将人、机和环境看成是一个相互作用、相互依存的具有特定目标的系统。
5. 人机工程学与设计研究的关注点都是人与物的关系。
6. 以用户为中心的设计,就是把用户“知道的”和“需要的”变成设计的基础。

1.1 人机工程学的起源和历史

任何学科都有其起源和历史。研究人机工程学的起源和历史的必要性在于,了解这门学科形成的原因、历史条件以及所涉及的相关学科、学术思想和研究方法,以便从历史的角度来认识人机工程学的本质和意义。

1.1.1 人机工程学的起源

任何事物的发展都取决于事物内部的矛盾。

人机工程学的产生首先是由于人和机器或者“人造物”之间的关系和矛盾。这个矛盾是人类在利用和改造自然的漫长过程中,发展到某一个特定历史阶段时产生的,特别是工业化大生产的结果。著名人机工程学家伍德(John Wood)认为:“当人操作和控制系统的的能力无法达到系统的要求时,人们就确认了人机工程学这门学科。”就是说,人机关系及其矛盾反映到人机工程学上,其核心问题是人的能力与系统的要求不匹配。因此,分析人和机器之间的关系,可以为研究人机工程学的产生提供理论基点。

从哲学上讲,可以把人和机器的关系当做所谓劳动主体与劳动工具的关系,即人与工具的关系。这是从劳动这种人类最基本的实践活动的角度,分析人机关系和人机矛盾。因为机器(包括以计算机为标志的智能机器)是人的劳动工具,而工具的演变和发展,必然引起劳动方式和生存方式的变革,又导致作为劳动主体的人的发展。所以,人与工具之间有着必然的、内在的联系。从这样的理论观点,我们不难看出,人机矛盾在本质上是由于人和工具发展不平衡造成的矛盾。

从科学发展史来看,人类运用科学方法对周围事物进行研究实际上先于对自身的研究,而对于周围事物的研究,尤其是对工程系统与人的关系的研究还是近几十年的事情。创建世界上第一个心理实验室的心理学家冯特(1830—1920)(图 1-1),他比牛顿(1642—1722)晚了 200 年。



图 1-1 冯特

因此,可以说,研究人的科学落后于研究物的科学,或者说我们对人的发展的研究落后于对物的发展的研究。人类文明在无形中造成了一种失衡现象,这种失衡现象的基本特征是:人与机器、人与环境之间失去了和谐。

人机关系和人机矛盾的演变和发展大体可以分为三个历史时期:

第一时期是漫长的石器时代、青铜时代和农耕时代。在石器时代,人类发展了初步

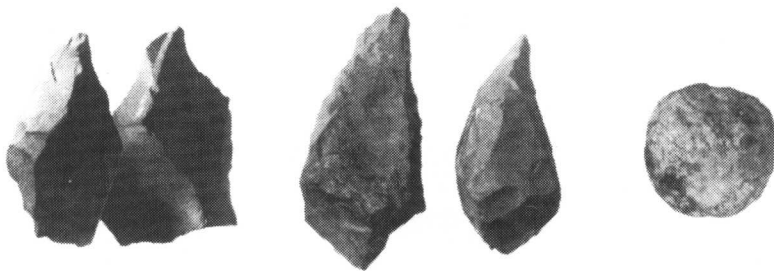


图 1-2 山西襄汾丁村出土的旧石器时代石器

的社会行为和工具行为,社会行为使人类利用集体的力量更加有效地捕猎、获取食物和维护家族生衍;原始人使用简单的工具,人类进化的速度十分缓慢。一直到30万年前,人类用于计划复杂项目的大脑前部才随着复杂工具的使用逐渐发展起来,创造工具和使用工具改变了人的进化进程(图1-2)。



打制石器体现了人类最早的工具意识和设计意识。在青铜时代和农耕时代,人类开始了社会分工,出现了工匠(craftsmen)、商人(merchants)、农民(farmers)和战士(soldiers)。无论是工匠的工具还是战士的武器,其使用效率和成果基本取决于人的技能和技巧。所谓“百工之事,皆圣人之作”(《考工记》)。这一时期,人们使用的工具均属手工工具,人的劳动属手工劳动。因此,人机关系是一种所谓的“柔性”关系,即工具对于使用者而言是一种“器物”,所以有“工欲善其事,必先利其器”之说,工具对于人没有很大的“约束力”,工具是个体意义的工具,或者说“我的工具”。因此,在人机关系中,人占主导地位。人类的设计与器物也在粗制中蕴含着一种原始的生命力和个性的张扬(图1-3)。

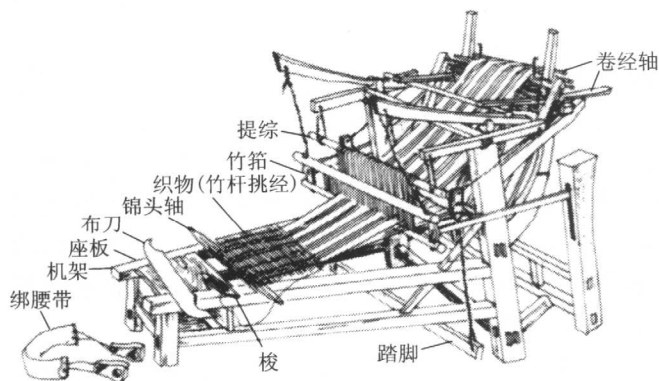


图1-3 江华八宝被瑶锦传统民间织机图

第二时期是迅猛发展的工业化时代。仅仅是一百多年的时间,工业化使“器物”的工具演变为具有动力和计算能力的机器,形成了社会化的大工业生产方式和组织方式。机器对于人具有强大的“约束力”,所以人必须适应于机器。这时候,人必须按照机器规定的技术、动作、节奏来工作,人的工作效率和生活素质取决甚至依附于机器(图1-4)。人机关系演变为一种“刚性”的关系,人逐渐失去了在人机关系中的主导地位,从而在人与机器之间发生了具有对抗性的矛盾。在人机关系的演变过程中出现人机之间的对立矛盾,是产生人机工程学的根本原因,而提出“使机器适应人”的原则,是人机工程学产生的思想基础。

第三时期是日新月异的信息时代。计算智能使机器具有了“内部信息过程”,智能机器已经有了初步的“自主性”,这将是人机关系的一次重大演变。本来,在浩瀚的宇宙中,万千生灵一切自有其发展的生长点,而人类的生长点在于理性和智力。如果机器的智能水平达到了一定程度的“自主性”,可以设想,人机关系将是一种相互适应的关系,或者说一种“弹性”的人机关系。事实上,一架波音飞机的飞行过程,人的操作介入程度就是弹性的,可以全自动飞行,也可半自动飞行,如果需要,也可手动飞行。汽车的发展也是如此。可见,人机交互是



图1-4 电影《摩登时代》

未来人机工程学发展的核心点。

1.1.2 人机工程学简史

尚德斯(Mark S. Sanders)和麦克米克(Ernest J. McCormick)在《工程和设计中的因人学》一书中,将人机工程学简史分为4个阶段:早期人机工程学、人机工程学的诞生、人机工程学迅速发展期和1980年以后的人机工程学。

1. 早期人机工程学

早期人机工程学以19世纪80年代和90年代初的工业化运动为起点,以古典管理理论及其代表人物泰勒(W. Taylor, 1856—1915)和吉尔伯瑞斯(F. Gilbreth, 1868—1924)的科学管理研究为标志,并受米约(E. Mayor, 1880—1949)的所谓人际关系运动的影响。

泰勒在其著作《科学管理原理》中认为,通过系统地研究、分析因果关系和理论假设,可以用于推导和管理的东西就是科学管理原理。他认为通常工作系统是低效的,因为没有人愿意自觉提高工作效率,“人的自然本性是懒惰和低效”。泰勒被认为是最早对人与工具匹配问题进行科学研究的学者。他在美国伯利恒钢铁公司(Midvale Steel Company)进行了一系列有关提高工作效率的试验。通过试验,他找到了工人铲煤、铲铁矿石最有效的铁铲形式。可以说是一种基于研究的人机工程分析和设计方法。科学管理理论的宗旨是,使机器生产所要求的机器运动同人与作业之间、人与工作组织形式之间建立起最佳的匹配关系,把人的无效活动降到最低。泰勒的研究和理论特别重视“测量”的概念,认为只有通过测量才能找到改良生产效率的途径,并且要用测量来验证改良的绩效。

吉尔伯瑞斯研究过人的技能作业、疲劳问题,他热衷于时间动作研究(time and motion study),并为伤残人设计工作台。他在对手术过程的动作研究中发现,主刀医生用于找手术工具的时间(所谓无效时间)与观察患者的时间一样长,这显然是低效的工作方式。他提出的解决方案是为主刀医生配一个辅助医生,这种手术方式一直沿用到今天。

早期人机工程学的另一个重要人物是邝斯特伯格(H. Munsterberg),他在1913年建立了一个心理学实验室,专门研究人员挑选和培训,以便“让合适的人从事合适的工作”。从泰勒到邝斯特伯格,他们的理论和研究都对后来的人机工程学发展起了重要的作用,不过,这些理论和研究并没有明确提出“使机器适应于人”的思想,而更多地强调“使人适应于机器”或者“使人适应于工作”。而判断人机工程学产生的理论基点是“使机器适应于人”。

2. 人机工程学诞生

人机工程学诞生于1945—1960年之间。随着第二次世界大战的结束,二战中一些高性能机器投入使用(如战斗机),使人为因素造成的事故急剧增加,引起了科学界特别是心理学界和生理学界的高度重视。人的因素影响了机器性能的发挥,而继续调动人的能力又受到人自身的心理、生理极限的限制,只要求“人适应机器”是不够的。因此,人们提出了“使机器适应于人”的思想。1945年美国空军和海军建立了工程心理学实验室,1949年英国人机工程学会(Ergonomics Research Society)成立,1955年美国因人工程学会(Human Factors Society)在美国南加州成立(1992年更名为美国人因与工效学学会,Human Factors and Ergonomics Society),同年人机工程学杂志(Ergonomics)出版。1959年,国际工效学协会(International Ergonomics Association)成立。至此,人机工程学得到了学术界,特别是军事领域的承认。有趣的是,

ergonomics 这个名词是波兰籍教授稼斯特兹伯斯基(Wojciech Jastrzebowski)发明的,按照希腊文 ergo 的意思是工作(work),而 nomics 的意思是规律或法则(laws),由此,ergonomics 的基本含义是工作的规律或法则(the laws of work)。

3. 人机工程学迅速发展期

1960年至1980年是人机工程学迅速发展的时期。人机工程学的研究和实践从实验室和从军事领域扩大到工业的各个领域,如计算机、汽车和消费产品。企业开始重视运用人机工程技术,分析、设计和检验产品的宜人性,人机工程学也从生产领域扩展到了生活领域,影响到人们日常生活的方方面面,大众开始接受人机工程学思想和观念。并且在特殊人群(妇女、老人、儿童、伤残人)领域,人机工程学也取得了许多研究和运用成果。与此同时,人机工程学的发展又受到控制论、信息论和系统论的影响。这一时期出版了一批优秀的人机工程学著作,例如,戈兰德京(Etienne Grandjean)的《使工作适应于人》(Fitting the Task to the Man, 1963),麦斯特(D. Meister)的《人机工程学理论与实践》(Human Factors: Theory and Practice, 1971)和凡哥特(Van Cott)的《设备设计中的人体机工程学指南》(Human Engineering Guide to Equipment Design, 1972)等。

4. 1980年以后的人机工程学

1980年以后,人机工程学已经形成了一门完整的学科体系,其理论和实践随着一大批专业人才的出现而逐渐扩展到了法律咨询和社会生活的各个层面。与此同时,计算机科学的飞跃发展又引起了人机交互、人机界面、可用性研究、认知科学等新的人机工程研究领域。人机工程学的目标也随之发生了变化,只要求“机器适应人”是不够的。在人机相互适应的目标下,人机工程学不仅关注人的安全、健康、效率,更加关注人的价值,关心人的满意度、舒适感、成就感和人的尊严。可以说,一部人机工程学的发展史,其实就是“以人为本”的思想在工程和设计领域的运用和实践的历史。

5. 我国人机工程学发展

我国人机工程学发展的基础工作是在工业心理学和工程心理学的领域内开始的,这一点与美国十分相似。20世纪30年代,清华大学开设了工业心理学课程。《工业心理学概论》(陈立,1935)是我国最早系统地介绍工业心理学的著作。70年代后期,人机工程学开始发展,其标志性发展是中国科学院心理研究所、航天医学工程研究所、空军医学研究所和杭州大学等分别建立了工效学或工程心理学研究机构。1989年成立了中国人类工效学协会(Chinese Ergonomics Society)。同时,在工业设计(industrial design)领域,人机工程学的发展几乎与设计的发展是同步的,这成为我国人机工程学发展的特色之一。

1.2 人机工程学定义

作为一门独立的学科,人机工程学在其内涵、外延及其不同方面有着不同的定义。人机工程学定义是对其研究对象、科学性、技术性和解决问题的职业特征的描述。定义的变化和不同往往反映了认识的角度和深度的差异。

1.2.1 人机工程学的知识基础及其科学技术性质

人机工程学是一门技术科学,技术科学是介于基础科学和工程技术之间的一