



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

人因工程基础与设计

孙远波 主编
李敏 石磊 副主编

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

人因工程基础与设计

孙远波 主 编
李敏 石磊 副主编

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

版权专有 侵权必究

图书在版编目 (CIP) 数据

人因工程基础与设计/孙远波主编. —北京:北京理工大学出版社,
2010.4

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

ISBN 978-7-5640-2965-4

I. ①人… II. ①孙… III. ①人体工效学-高等学校-教材
IV. ①TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 003543 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775(办公室) 68944990(批销中心) 68911084(读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 北京圣瑞伦印刷厂

开 本 / 889 毫米 × 1194 毫米 1/16

印 张 / 19.25

字 数 / 599 千字

版 次 / 2010 年 4 月第 1 版 2010 年 4 月第 1 次印刷

印 数 / 1~3000 册

定 价 / 49.80 元

责任校对 / 陈玉梅

责任印制 / 边心超

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

在我国，人因工程研究和应用近年来有较快的发展，但与西方国家相比还存在一定差距，还要解决理论研究较多、应用研究较少和生产、军事、航天研究较多，生活研究较少的问题。忽略人的因素的现象，在生产、生活中时有所见。增加各工程设计专业的人因工程教育是当务之急，有的大学已经开设人因工程全校选修课。人因工程学一直是工业设计专业的重要技术基础课。普及和加强人因工程学的教学，可以增强工程设计和工业设计等专业学生的人本主义意识，使学生掌握解决人因问题的基本方法。

本书以人本主义的设计理念和人机系统的观点分析研究人因问题，强调任何工程设计其实质都是人机系统的整体设计。在本书的整体结构上分为概论、人因工程设计基础、人因工程与产品设计共三部分。由于本书不是人因工程的专业教材，因此在内容和编排上，以设计应用为主体，不求理论的深入和全面，但对学科的基础和研究也作了概括性介绍。考虑到有些设计问题可能会涉及人的多种因素，所以没有采用把人的因素和设计问题合并讨论的编排方式，而是把人的因素用独立的章节论述。

本书注重研究和设计的方法以及相关实例的叙述，使读者在具体设计中能关注人因问题，并掌握分析问题、解决问题的基本方法。书中还专门设有心理问题的章节，对非功能性的心理问题进行专门论述。

本书由北京理工大学孙远波任主编，北方工业大学李敏和北京理工大学石磊任副主编。孙远波、石磊和李敏共同编写。北京理工大学硕士研究生张瓚、金明华等参与部分资料的搜集和整理工作。其中，石磊负责第7、8、9章的编写，李敏负责全书规范和统稿以及4.5、5.3节的编写，孙远波负责全书的结构框架和其余章节的编写。

在此向书中所引用的全部参考文献的作者们深表谢意，详见参考文献。

由于作者知识面的局限，书中难免有错误或不当之处；敬请各位专家和读者批评指正。

编 者
2010年3月

目 录

第一部分 概 论

第1章 绪论	1
1.1 发展简史与定义	1
1.2 设计理念与原则	4
1.3 人机系统与人机交互	7
1.4 研究和应用概述	10
第2章 人的基本特性	15
2.1 人的特征概述	15
2.2 人体尺寸测量及应用	17
2.3 人的信息感知特性	22
2.4 人的信息处理特性	33
2.5 人的生物力学特性	37
2.6 人的疲劳与失误	42
2.7 人的个性特征及影响	46

第二部分 人因工程设计基础

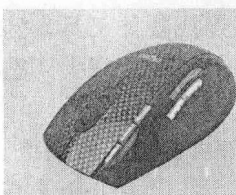
第3章 信息输入设计	51
3.1 视觉信息设计	52
3.2 视觉显示器设计	65
3.3 听觉显示设计	82
3.4 显示器的选择	84
3.5 产品形态语义	86
第4章 人的输出与控制	88
4.1 人的输出与控制概述	88
4.2 常用控制器	92
4.3 手动信息输入装置	100
4.4 控制器选择与设计	108
4.5 手握工具设计	116
第5章 硬件界面与作业空间设计	125
5.1 界面设计基础	125
5.2 座椅设计的人因基础	130
5.3 座椅的设计	134
5.4 作业岗位设计	140
5.5 计算机台椅设计	150

第6章 人机交互设计	157
6.1 人机交互设计概论	157
6.2 人机交互技术	162
6.3 软件人机界面概论	167
6.4 界面设计中的典型问题	176
6.5 几种人机交互界面设计	184
第7章 环境因素控制与设计	190
7.1 概述	190
7.2 体温调节与热环境	195
7.3 光环境设计	203
7.4 声环境	211
7.5 振动	218
7.6 室内环境空气质量	222
7.7 电磁辐射	228
第8章 人因与人机系统设计	232
8.1 人机系统的概念	232
8.2 确定系统目标和作业要求	236
8.3 系统的定义	237
8.4 初步设计	238
8.5 人机界面设计	244
8.6 辅助设计	247
8.7 系统人因验证	248

第三部分 人因工程与产品设计

第9章 人因设计目标	249
9.1 可用性工程	249
9.2 用户体验目标	255
9.3 无障碍设计	257
9.4 通用设计	262
9.5 安全与健康	267
第10章 人因与产品设计开发程序	279
10.1 产品设计及开发程序	279
10.2 产品计划阶段的人因研究	281
10.3 产品设计阶段	286
10.4 产品改进设计的人因分析	289
10.5 人因工程与产品创新设计	295
附录 中国成年人人体尺寸	297
参考文献	301

第一部分 概论



第 1 章 绪论

1.1 发展简史与定义

1.1.1 发展简史

人因问题应该和人类社会一样久远，它甚至标志着人类的开端。人机关系的发展经历了工具时代、机器时代、动力时代和信息时代，人因工程学也随着科学技术的发展经历了以下产生、发展的过程：

1. 工具时代

从用石材制造和使用工具和器皿开始，人类就注意使其尺度和重量基本适应人手的尺度和体能。随着金属材料的采用，工具和器皿的制作也更加精良，也更适合人的使用。在中国的战国时期，人们已经开始合理设计农耕工具和枪、矛等各种冷兵器的握柄截面形状（圆形或椭圆形），以利于控制方向，甚至考虑到根据使用者的性情选用不同性能的弓箭，以达到人与弓箭的完美统一。人类早期制造和使用的工具相对简单，人机问题不是很突出，在其发展过程中，自觉地协调着人与其使用工具和器皿之间的尺度、形态等关系。

2. 机器时代

人类生产方式和生产工具的快速进步是从工业革命（1755—1870 年，也称为第一次产业革命）开始的。蒸汽机和纺织机等各种机器设备的广泛应用，使以手工劳作为主的家庭作坊逐渐被集约化的以机器生产为主的工厂取代。人所使用的工具、设备日益复杂，一些机器设备上已开始出现早期的自动控制装置，人的工作方式也开始变化，生产方式由手工劳动时代进入机械化生产时代。

3. 动力时代

随着以内燃机和电动机的广泛使用为代表的第二次产业革命（1870—1945 年）的到来，生产技术进入电器化时代，如何提高工人的工作效率、减轻疲劳成为一些相关领域学者关注的目标。1884 年，德国学者 A Mosso 通过测量流经人体的微电流的变化对人体疲劳进行了研究。类似的研究方法现在还在使用。19 世纪末，美国学者 Frederick W Taylor 提出应以科学的方法寻找最佳工作法的原则，并进行了著名的铁锹铲矿砂作业的试验研究。经过一系列试验发现，工人每锹铲起 100 N 重量的矿砂时，工人的日工作量可以达到最大，并据此设计不同规格的铁锹铲不同密度的矿砂，从而使原来由 400 ~ 600 人完成的矿砂搬运工作仅需 140 人即可完成。Taylor 以试验的方法分析工作并依据试验结果设计工具的做法给后人很大启示。不仅如此，他创立了新的管理方法和理论，制定了高效的操作方法，20 世纪初，他的研究成果在西欧和美国得到推行。他的研究内容已经涉及人和机、人和环境的关系等问题，如动作时间研究、工作流程与工作方法分析、工具设计、装备布置等，这些方法和理论为人因工程学作为独立学科的产生和发展奠定了基础。

另外，Gilbreth 夫妇（Frank & Lillian）进行的动作分析对人因工程学的发展也有很大的贡献，他们首创的用高速摄影分析动作的方法至今还在使用。他们用寻找、选择、抓取、移动、定位、装配、使用、拆卸、检验等基本的动作元素来描述作业过程，然后进行分析，修

正或删除不必要的动作元素,提高作业的效率。Gilbreth 夫妇用高速摄影和动作分析的方法对砌砖作业进行分析,把原来的十几个动作精简规范为五个,使每小时的砌砖数由平均的 120 块增加到 350 块。在对外科手术的研究中,他们发现医生需要花很多时间寻找各种工具,建议由医生发指令,助理人员寻找工具并递给医生,这种改变大大缩短了手术时间,减少了医生的体力负荷,提高了手术的成功率。

第一次世界大战期间,各参战国聘请心理学家解决战时兵种分工、特种人员选拔和训练、军工生产中的作业疲劳等问题,代表人物是美国心理学教授 H. Munsterberg,其代表作是《心理学与经济生活》和《心理工艺学原理》,这是人因工程学的最早著作。这一时期的学科名称是“应用实验心理学”,其特点是选择和训练人,“使人适应机器”。战后,随着应用范围由军事扩展到生产领域,学科名称又改为“工程心理学”。

第二次世界大战之前,虽然已经开始有学者关注人因问题,但研究工作是对具体问题的分析,没有系统的研究,尚不能称为学科,因此把这个阶段称为经验阶段。

第二次世界大战期间,由于战争需要,出现多种高效能的新式武器和装备,由于在设计中忽略了“人的因素”造成操作失误,甚至发生意外事故。例如,由于战斗机的仪表或控制器位置设计不当,造成飞行员误读仪表或误操作而导致事故;或者由于操作过于复杂、仪表和控制器的布局不符合人体尺寸造成命中率降低。决策者和设计者通过对事故的分析,认识到武器装备的设计必须考虑到“人的因素”,必须“使机器适应人”,必须综合生理学、心理学、人体测量和生物力学等相关学科的知识,而不仅仅是工程设计知识。在战争期间,解剖学家、生理学家、心理学家等相关领域的专家一起开展了军事领域人的因素的综合研究与应用,从而使人因工程学的研究更加系统、全面、科学,因此,这一时期被称为人因工程的科学阶段(第二次世界大战期间——20世纪50年代末)。

战争结束后,学科的研究逐渐发展到生产和生活领域,在飞机、汽车、机械设备、建筑设施和生活用品的设计中开始应用军事领域的研究成果。医学家、生理学家和工程技术专家等相关领域的专家参加学科的研究,研究课题也超出了心理学的范畴。

4. 信息时代

1945年以来的第三次产业革命使电子技术在生产、生活中广泛应用,航空、航天、原子能、计算机、信息等有了长足的发展,科学技术的发展扩展了人因工程学的研究领域。在宇航技术中,人在失重和超重情况下的感觉和操作的问题是人因工程学遇到的新问题。自动化技术的发展并没有降低人在系统中的作用,只是工作方式有了改变,由初期的能量提供者和控制者到单纯的控制者,再到程序的编制者和监控者,人机关系更加复杂,人机协调问题越来越重要。信息技术的发展,新的显示、控制技术的出现,也为人因工程的研究提供了新的课题,软件界面和网页界面设计的人因研究受到关注。同时,科学技术的发展也为人因工程学的发展提供了理论和研究手段的支持。控制论、系统论、信息论和人体科学等新理论的建立,为人—机—环系统工程研究奠定了理论基础,计算机和测控技术的进步为人因工程学研究提供了强有力的实验手段。

1.1.2 人因工程的名称与定义

1. 学科定义

国际工效学会(International Ergonomics Association, IEA)为学科所下的定义为:人因工程是研究人在某种工作中的解剖学、生理学和心理学等方面的各种因素;研究人和机器及环境的相互作用;研究在工作中、家庭生活中和闲暇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。定义中的“人”是指经过选择、训练的合格操作人员和一般使用者;“机器”主要指系统中的设备、装置等的总称,也简称为“机”;“环境”主要指系统中人所处的作业场所或空间的可控环境,也简称为“环”。

2000年8月,国际工效学会发布了新的人因工程学定义:人因工程学是研究系统中人与其他组成部分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,以优化系统的效能和人的健康幸福之间的关系 [Ergonomics (or human factors) is the scientific discipline concerned with the understanding of interactions among humans and other elements of a system, and the profession that applies theory, principles, data and methods to design in order to optimize human well-being and overall system performance.]。新的定义与传统定义之间并没有本质的差别,但更加强调了“交互”的概念,这符合人因工程学发展的趋势。人因研究是建立在实验科学的方法之上的,是系统地分析、实验、研究和因果关系的假设和验证。研究对象是系统中人与系统其他部分的交互关系。

人因工程学的技术性定义或者职业定义是,专门运用其理论、原理、数据和方法进行设计,以优化系统的工效和人的健康幸福之间的关系 (Ergonomists contribute to the design and evaluation of tasks, jobs, products, environments and systems in order to make them compatible with the needs, abilities and limitations of people)。既要获得最高的系统效能,又要保证人的健康舒适。从人因工程学发展的历史和思想基础看,这种“优化”是以人的利益为前提的。

一般来说,各种设计工作的过程都是分析与综合的过程,有各种设计因素需要考虑,有各种要求需要满足,最后通过优化设计确定各种因素,满足各种要求。人因工程学研究的目的就是通过研究人、机和环境的相互关系以及对整体要求的影响,优化确定设计因素。从学科定义可以看出,其研究范围是与各种设计相关的人的因素、人一机一环的相互关系和人一机一环的整体设计;其研究特点是把人一机一环作为一个完整的系统进行研究,即系统的观点;其应用涉及生产、生活等有人参与的各种领域;其研究的目的或原则是实现人一机一环系统的高效、可靠,以及系统中的人的安全、健康和舒适,即人一机一环系统的优化。

2. 命名

人因工程是一门应用较为广泛的综合性的边缘学科,不同国家、不同的研究和应用领域对它的命名和定义有些差异。主要的名称有两种,即美国的“Human Factors Engineering”(人因工程学)和西欧的“Ergonomics”(人类工效学)。学科名称在中国尚未统一,常见的名称有人机工程学、人类工程学、人体工程学、人类工效学、人的因素、宜人学、工程心理学、人一机一环系统工程等。虽然学科的名称和定义呈多样化,但其研究对象、研究方法基本一致。

从人因工程的定义可以看出,“人因工程”似乎更能准确地反映其学科特点,更易于界定其研究和应用的范围,因为对人的因素、人与机和环境的关系的研究是本学科区别于其他学科的显著特点。“人机工程”的叫法似乎忽略了环境因素,而“工效学”[Ergonomics一词由希腊语的词根 ergon(工作)和 nomos(规律)组成],又好像把研究局限于人的工作状态。国际工效学会在学科的最新定义中也把人的因素和工效学视为同一概念。因此,本书倾向于采用更具概括性的“人因工程”这一名称。

3. 学术与相关机构

人因工程学术团体的成立促进了人因工程专业研究、沟通、整合与推广。1913年,德国人 Rubner 成立了一个工作生理研究机构 (Work Physiology Institute)。在1915年,英国政府成立“工业疲劳研究委员会”(Industrial Fatigue Research Board)。美国的哈佛疲劳实验室 (Harvard Fatigue Laboratory) 成立于1920年。1949年英国的人类工效学会 (Ergonomic Society) 成立。美国的人因工程学会 (Human Factor & Ergonomic Society) 成立于1957年。1960年国际工效学会正式成立,会刊为《Ergonomics》。国际标准化组织 (ISO) 于1975年设立了人因工程技术委员会 (TC-159), 负责制订人因工程学方面的标准。人因工程学在我国起步较晚,目前尚处于初始阶段。20世纪60年代,国防科委的有关研究所曾结合飞机设

计做过一些实验研究工作。作为一门学科,20世纪80年代才开始确立起来,各大学和研究
所开始建立研究室。中国于1989年成立了本学科与IEA相应的国家一级学术组织——中国人
类工效学会(Chinese Ergonomics Society, CES),随后, CES与IEA建立了同盟关系。和人因
工程相关的一些国家和行业标准也在陆续制订。

1.2 设计理念与原则

1.2.1 人本主义的设计理念

1. 人本主义思想

人本主义也就是人道主义(humanism),哲学人道主义原是指欧洲文艺复兴时期的思潮,
它认为人的本性是善良的,反对宗教世界观对人的压抑和封建主义,主张保护人的健康情感,
使人的道德意识在摆脱禁欲主义束缚的基础上得到积极的发展,人本主义的中心思想是对人
的价值的尊重。其实,中国也有以人为本的文化传统,“以人为本”也是中国儒家思想的核
心内容。汉武帝时代正统的封建思想代表董仲舒(公元前179—公元前104年)认为天地万物
中人是宝贵的,“人之超然方然之上,而最为天下贵”,“天地之精所以生物者,莫贵于人”。

人本主义的设计理念是哲学人本主义的实践延伸,认为任何人造物的设计(或非物质设
计)必须以人的需求和人的生理、心理因素即人的因素为设计的第一要素,而不是技术、形
式或其他,它是工业设计经过形式主义、功能主义等思潮走向成熟时期的设计理念。“以人
为本”的设计思想是针对“以机器为本”的设计思想而产生的,虽然更为宏观的“以自然为
本”的设计思想已得到普遍接受,但在经济技术水平相对落后的中国,“以人为本”的设计
思想还有现实的意义。

“以人为本”要以科学技术为基础,必须系统科学地研究人的因素、人与机和环境的相
互关系,因此人因工程是人性化工程设计和工业设计的必需。

2. 技术发展的负面影响与人性化设计

每一次的技术革命都给人类的生活方式带来深刻的变化,在促进社会发展的同时,如果
不能恰当应用,技术这把“双刃剑”也会对人的身心及生活方式产生负面的影响,也给设计
师提出新的课题。以蒸汽机为代表的第一次工业革命使加工工艺较传统的手工艺有了本质的
变化,也造成了技术与艺术的分离,生产大量的“怪物”,人们对机器及其生产的产品产生
心理上的抵触,人的尊严和价值受到损害,这正是工业设计产生和发展的契机。

机械化和自动化提高了生产率,降低了工业产品的价格,使工业产品进入千家万户,自
动化技术对人类的进步有很大的贡献。但自动化也有负面的影响,其中之一是对操作者的技
能和知识要求降低,工人的工作简单、枯燥和乏味,工人的价值降低,人格尊严受到损伤,
同时也不利于大众科技素质的提高。

原子能、航空、航天、电子等现代技术的发展造成的环境污染、人机冲突等问题尚未完
全解决,以计算机和互联网为代表的信息技术又以惊人的速度渗透我们的生活。那么,信息技
术又给我们带来些什么样的影响呢?彻底了解信息技术给人类带来的直接或间接负面影响尚有待时
日,但有些问题已经显现出来。由于经济技术的发展产生的生活方式的变化,都市化进程的
发展,人们生活节奏的加快,各种疾病、心理问题日益加剧,电影大师卓别林在电影《摩登时
代》(见图1-1)中揭示的工业时代人与“机”的冲突,或者说“机”对人的身心伤害还会以新的形

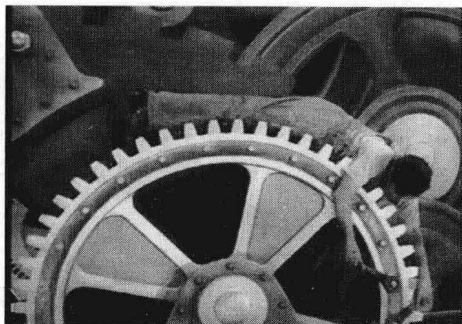


图1-1 《摩登时代》剧照

式解决,以计算机和互联网为代表的信息技术又以惊人的速度渗透我们的生活。那么,信息技
术又给我们带来些什么样的影响呢?彻底了解信息技术给人类带来的直接或间接负面影响尚有待时
日,但有些问题已经显现出来。由于经济技术的发展产生的生活方式的变化,都市化进程的
发展,人们生活节奏的加快,各种疾病、心理问题日益加剧,电影大师卓别林在电影《摩登时
代》(见图1-1)中揭示的工业时代人与“机”的冲突,或者说“机”对人的身心伤害还会以新的形

式在信息化社会出现，仅仅依靠科技的进步和经济的繁荣是不可能给人类带来真正的幸福的，第二次世界大战后西方的发展过程就印证了这一点。

计算机技术的飞速发展使智能化进入人们的工作和生活，未来我们的日常生活和工作中的许多事情可能都由高智能的电子产品完成，自动做家务的电子产品，恒温、恒湿的智能化的居室，智能化的自动驾驶交通工具……人类从产生到现在已有二三百万年的历史，早已适应了自然环境条件，如果想要人长期生活在人造的环境条件下，短时间内适应新技术的条件是危险的。保护使之退化是生物学的法则，这样的生活条件对人类的进化是喜是忧尚难定论。

人机界面问题历来都是人性化设计的中心，利用新技术可以使人机界面更加友好，但新的各种信息处理设备的界面设计成为设计师的新课题。我们可以把人与计算机的界面分为软界面和硬界面两个方面。随着信息化的进程，长期使用计算机的人将大量增加。计算机的硬界面是指鼠标、键盘、显示器、手写板等人机交互设备和座椅、工作台等，这应该是传统的人机问题，但也有新的问题。计算机的设计大多只在造型上做文章，少有从人机关系上作实质的变化。长时间使用计算机的人越来越多，工作方式发生了变化，而我们的台面还停留在纸和笔的时代，桌子还是那张桌子，椅子还是那把椅子，只不过桌面上放上了显示器、鼠标和键盘（有些在桌面下的支架上），那么这些外设的摆放位置是否适合人长时间使用，是否会造成使用者的疲劳与伤害，是我们需要注意的问题。据媒体报道，已经发现长时间使用鼠标造成的手腕部的损害，被称为“鼠标手”。调查显示，长时间从事文字录入的人，会产生肩部和腰部的疲劳与永久性伤害，图1-2是对这种问题的夸张描绘。这些问题都有可能通过设计师对问题的分析与合理的设计得到解决，关键是要在观念上有一个改变，那就是要以人为中心展开设计，让物来适应人。国外已经出现一些根据人的需求设计的电脑桌，一些是显示器和键盘高度可调，人甚至可以坐在地上使用计算机，一些是座椅靠背倾角可调，人在使用时可变换坐姿，或端坐或半躺，可以在一定程度上解决长时间保持一种姿势工作产生的疲劳和疾患。

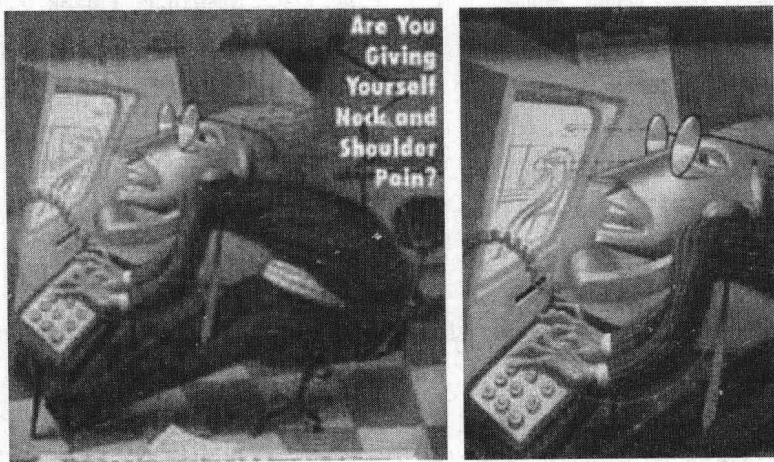


图1-2 不合适的计算机台椅

软界面主要是指计算机或其他设备的软件界面。随着信息技术的发展和普及，各种软件界面的设计必将成为需要设计师给予充分关注的领域。近年出现的设计的“非物质化”趋势说明界面设计正成为与产品设计并行的新的设计主题。手机和PDA等个人信息产品的界面设计，特别是文字的录入，尚有许多不如人意的地方，一些专业的和非专业的计算机软件还远远没有达到易学易用的要求。在我国有许多人是通过参加各种计算机培训学校学习使用计算机的。对于软界面的设计主要有相互关联的三个方面的要求。第一，功能要求，即快速、准确地实现人机之间的信息交流，界面的设计要符合人的认读和思维习惯，我国软件开发商的

文化优势，或者说对于国外开发商的文化屏障，实际上就是对中国人的认读和思维方式的了解。第二，界面的色彩、亮度和图底对比等要素的设计要注意对人视觉系统的认知过程和生理的影响，这些因素在人因工程学上都有较深入的研究。第三，界面设计的艺术性要求，在这一点上和产品设计是相同的。

3. 人性化的信息化

当然，在信息化的人性化方面，人们已经有了很多努力，有些技术本身就具有人性化的特征。计算机操作系统从 DOS 到 Windows 的进步，使普通人不必像专业人员一样用键盘给计算机键入烦琐的指令，而是通过点击鼠标与计算机交流，甚至通过图标的使用突破语言的障碍，使计算机让更多的人使用成为可能。笔记本电脑、手机和 PDA 等产品满足人们随时随地交流信息的需要。网络技术的交互性一改传统媒体单向传递信息的弊端。多媒体技术实现了文字、图像、声音、视频等多形式、多通道的信息传输，使信息更加丰富、形象，更利于信息的传播。宽带网技术加快了信息传播速度，为设计丰富多彩的网页界面提供了技术可行性。一键上网技术使一般使用者可以方便地在网络世界遨游，避免了复杂的设置工作。语音录入技术、手写板、先进的显示手段使人机交互界面更加方便快捷。“蓝牙技术”实现了短距离无线数据传输，使各种个人信息产品或键盘、鼠标等外设可以摆脱连线的束缚。重要的一点是，网络在消费者和企业之间搭建一个双向的桥梁，可以使传统产业为人们提供个性化的服务，一改传统的工业化批量生产对个性需求的抹杀，使“订制产品”成为可能，这也给工业设计师提出了新的要求，产品的设计要给消费者留下足够的再创造空间，包括产品的功能、材料、形态、尺度和色彩等。

信息化的人性化需要正确的理念——人本主义理念的指导，在人与技术（包括信息技术）的关系上，首先要适度利用技术，根据人的需要合理选用，不要张扬和炫耀新技术。20 世纪 80 年代出现的具有多种复杂功能、厚厚说明书以及充满按钮和显示灯的控制面板的家用电器，不仅没有给人带来方便，反而使人手足无措，有些功能可能从来就没有被使用过，仪器风格的造型也使人望而生畏，没有亲切感。另外，要让人方便地使用新技术，没有心理上的恐惧。技术是服务于人的，不能凌驾于人之上。是让技术高高在上，让人敬畏；还是让技术服务于人，这是两种不同的设计观念，也会产生截然不同的结果。“傻瓜相机”的设计可以说是最成功的实例之一，让不懂焦距、光圈、快门和景深的外行人也能拍出高质量的照片，这不能不说是人性化设计的典范。以往由专业人员使用的各种信息类电子产品在逐步走进家庭的过程中，要注意界面的简洁易懂和造型的家庭化、个性化。

总之，设计师要不断学习新的信息技术，并密切注意新技术给生活方式带来的变化，利用新技术改善生活方式，并消除或减轻负面影响，使信息化真正成为人性化的信息化。

1.2.2 人因工程设计原则

从新的定义可以看出，人因工程学研究的原则或目的是平衡系统效能（Performance）和人的幸福（Well-being）两个方面的关系（见表 1-1）。从本质上说，效能是功利性的，而人的幸福则是从人本角度对设计提出的要求。

表 1-1 人因工程设计原则

人的幸福	系统效能
安全	有效性
健康	效率
舒适	可靠性
体验	

(1) 系统效能。从系统优化的角度看，主要是系统的有效性运行效率。系统的效率包括

人的效率、人机系统的效率，它取决于人一机一环之间的匹配。人一机一环系统的可靠性（少或无差错、事故）也是影响效率的重要因素，人的可靠性和机的可靠性与人机系统的可靠性密切相关。依不同的人机系统有不同的项目和内容，如工业生产系统中，有产品质量、生产效率、设备利用率等标准。

(2) 人的幸福。人的幸福可以分为安全、健康、舒适、体验四个方面。

1) 安全。安全的概念是指人的身体不受直接的伤害，如机器的活动零部件、高温以及电流等对人体的直接伤害，是人最基本的需求。

2) 健康。人生理和心理健康不受间接的、长期的影响，如不正确的作业姿势造成的肢体损伤以及环境因素对人体的伤害。在马斯洛的需求层次理论中安全包含了健康需求。

3) 舒适。舒适是人的一种状态，影响舒适的因素很多，涉及心理和生理两个方面。生理上主要是指体力的负荷程度，包括对人的生理特性、操作方式、工作强度等因素；而人的心理负荷就相对复杂，不仅包括脑力和认知活动，还要考虑人的精神和情绪等问题。有人认为，舒适就是没有不舒适。

4) 体验 (Experience)。体验是人因工程设计的目标之一，主要是考虑人的精神需求，是继安全、健康和舒适目标后又给设计提出的更高要求。体验虽然不是人因工程研究的经典问题，但体验对人的身心健康和工作效率有着极大的影响，是一种较高的人性价值的体现。

以上原则在具体的设计中，有时是一致的，有时会有抵触，可能要有所偏重，但人的安全和健康永远是第一位的，至于其他方面，可以根据不同的设计要求进行权衡。针对不同的应用领域，对设计的人因要求又有安全性、可靠性、使用性、体验、无障碍、通用化等方面和相应的设计、评价方法，这些内容将在第9章介绍。

1.3 人机系统与人机交互

1.3.1 人机系统

1. 人机系统的概念

系统是由相互作用和相互依赖的若干组成部分结合成具有特定功能的有机整体。各种人为系统设计的目的是满足人们的各种需要，系统的功能需要通过技术过程来实现（见图1-3）。在技术过程中，人和机是作为技术手段为技术过程提供各种效能的。作业对象可分为物料对象、生物对象、能量以及信息。对象的变化有四种基本的形式：结构变化（内部的变化）、形状的变化（外部的变化）、时间的变化和空间位置的变化。

一般来说，在人和机参与的技术过程中，人和机不是相互孤立地发挥作用的，人和机之间有着信息、物质和能量的交换，有着相互作用和制约。根据系统的概念可把人和机作为具有一定功能的系统来看待，称为人机系统 (Man-Machine System)。另外，人机系统总是在某一环境中运行的，那么就必然和环境有着信息、物质和能量的交换，在特定的条件下有时把人、机和环境作为一个整体即人一机一环系统来研究。大多数情况下，只把环境作为人机系统的外部条件来考虑。从本质上说，人所使用的各种机具的设计都是人机系统的设计，设计者以人机系统的观点分析问题，以系统的设计方法设计机具无疑会提高设计的质量和效率。

2. 人机系统的分类

(1) 按照人和机的分工不同，人机系统可分为：

1) 人工系统：在这种系统中，人既是动力源又是控制者，使用的是简单的非动力工具

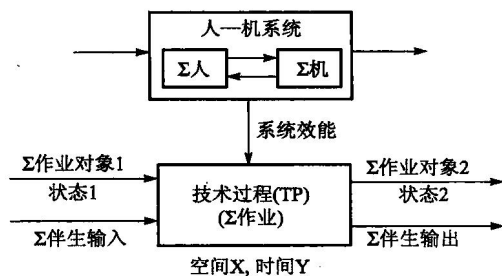


图1-3 人机系统与技术过程

(如自行车、钳子、锉刀)。

2) 机械化系统: 人主要是控制者, 有时也提供少量动力, 机器提供动力完成工作, 如普通机床加工零件。

3) 自动化系统: 机不仅提供动力, 还要自行控制, 人只是负责编制程序、输入程序、监视和维修、保养, 如数控加工设备。

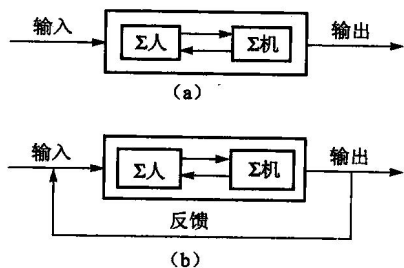


图 1-4 人机系统分类

(a) 开环人机系统; (b) 闭环人机系统

(2) 按照有、无反馈环节可将系统分为:

1) 开环人机系统: 开环人机系统的主要特征是系统的输出对控制没有影响, 虽然它也能提供系统输出的信息, 但此信息不影响输入 [见图 1-4 (a)]。

2) 闭环人机系统: 闭环人机系统的主要特征是系统的输出对控制作用有直接的影响。若由人来观察和控制系统的输入、输出信息, 则称为人工闭环系统, 如驾驶员驾驶汽车; 若由自动控制装置来代替人的工作, 人只起监视作用, 则称为自动闭环人机系统 [见图 1-4 (b)]。

(3) 根据系统的复杂程度又可将系统分为:

1) 简单人机系统 (单人单机): 由一名操作者和一台机器组成的系统, 如一名工人使用一台机床。

2) 复杂人机系统 (多人多机): 这类系统的特点是一名操作者可使用两台以上机器, 或者一台或多台机器同时被几名操作者使用, 目前许多工业生产机器的操作都类似于此。

1.3.2 人机界面与人机交互

1. 人机界面的概念

在人机系统中, 机器的信息输入、显示、人员的感官接收与机器控制等问题统称为人机界面 (Man-Machine Interface) 问题。这是人机界面问题的通常理解, 也有人把人机空间位置关系、座椅、手工具等也作为人机界面问题。人机关系问题很大程度上就是人机界面问题, 人机界面的设计优劣直接影响人机系统的效率、可靠性、安全性以及操作人员的身心健康。

随着计算机技术的发展, 现在的人机界面和以往有很大不同, 特别是人与计算机的界面、软件界面等技术的发展, 使人机界面有很大的改观, 但仔细分析一下就会发现人机界面的本质和作用并没有改变, 即有信息显示装置和控制装置构成的人与机的交互途径, 只是形式上有了很大不同。人机界面的问题基本上可分为硬件界面问题和软件界面问题两种。

作为严格意义上的人机之间信息交流途径的人机界面, 应该是和各种替代人的体力劳动的机器设备一起出现的早期的人机界面, 主要是由各种仪器、仪表和控制元器件构成, 仪器、仪表和各种传感器相连反映设备的工作状态, 人通过控制器直接干预机器设备的工作。这种形式的人机界面可能是一直以来大家普遍接受的人机界面的概念, 我们称之为硬件界面 (见图 1-5)。硬件界面在人因工程学中已有充分的研究, 形成了许多设计标准和设计指南。

计算机和自动控制技术的发展, 使人机界面有了新的变化, 人可以不通过仪表和控制器直接控制机器设备, 而是通过控制机器设备的计算机来控制, 这样人机界面就变成了人和计算机的界面, 而且界面形式也变为软件界面, 它是由显示器、控制器和界面软件构成的 (见图 1-5)。大多数情况下, 硬件界面和软件界面两种界面形式是并存的。实际上, 软件界面也是由硬件界面 (由显示器和输入设备构成) 和界面软件构成的。软件人机界面的研究还处于不断的发展过程中。触摸屏界面的控制与显示是一体的。随着电子技术和计算机技术的发展, 硬件界面和软件界面逐步走向一体化。人机界面问题是人因工程学最重要的问题之一, 因此本书有较多的篇幅是关于人机界面设计的, 信息显示、控制和软件界面的设计将在第 3

章、第4章和第6章等章节介绍。

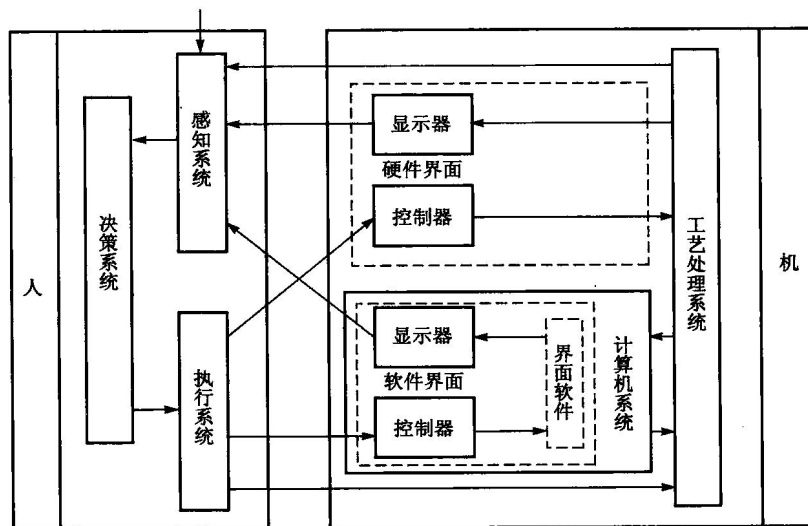


图 1-5 简单人机系统的模型

人机界面的形式与内容是对人机关系的表征，是人因工程学研究的核心方面。从人机界面的角度看，人因工程学研究可以分为三个层次：物理层、认知层和感性层。物理层的界面主要指人进行操作活动的界面，偏重于基于操作活动的人的心理和生理特性的研究，如把手、按键的大小和显示的认读性等。认知层的界面主要指在人接触物理界面时所隐含的认知和信息处理过程，它偏重于基于认知过程的人的心理特性的研究，如心理模型和用户模型等。而感性层的界面主要指人对物产生的感觉和感性的形式，偏重于基于人的情感活动的心理特性研究，某种意象活动的心理感受，如汽车的驾驶感和操作感，具有审美意义的感性层是人机系统设计的最高境界。事实上，产品以物质的形式与人类生活相互关联，却深刻地影响着人的心理、情感和审美体验。

2. 人机交互的概念

人机交互 (Human-Machine Interaction) 是比人机界面更宽泛的一个概念，它包括人机界面 (包括硬件界面和软件界面)、交互方式和环境因素三大方面。随着信息和通信技术的发展和广泛应用，人机交互更多的是指人与计算机的交互 (Human-Computer Interaction, HCI)。

3. 人机界面的历史

人机界面的发展可以说是和人因工程学的产生和发展同步的，它的发展历程也和人因工程学的发展阶段相契合，也以三次技术革命作为“分水岭”，即工业革命、电子技术的出现以及信息革命，分为工具时代、机器时代、动力时代和信息时代四个阶段。

随着计算机技术和网络技术的逐步发展，第三次浪潮——信息化浪潮迎面而来，信息化改变了人们的生活方式。此时的设计，逐步从物质化设计，转向信息化、非物质化设计。软件开发设计层出不穷，虚拟设计、网络化设计、并行工程逐步成为设计的主流。人与机器的交互走向多通道化、虚拟化，人与人之间的交互也步入网络化、虚拟化。软件人机界面学的发展，首先必须归功于计算机技术的迅速发展，从而导致计算机应用领域的迅速膨胀，以至今天，计算机和信息技术的触角已经伸入到现代社会的每一个角落。

在人机界面技术的发展中，有些产品的出现对人机界面的发展有着重要的意义，扩音器、按键式电话、方向盘、磁卡、交通指挥灯、遥控器、阴极射线管、液晶显示器、鼠标 (含图形用户界面) 和条形码扫描器被专家们认为是 20 世纪最伟大的人机界面装置 (新浪 www.sina.com.cn)。从上述 20 世纪最伟大的 10 种人机界面装置来看，人机界面并不仅仅指

计算机系统的人机界面，而是具有更广泛的意义。

4. 人机界面发展特征

随着信息社会的发展，人们生活水平的提高以及审美情趣的变化，各种界面技术和产品日益涌现，对人机界面设计也提出了越来越高的要求。从目前来看，人机界面设计的发展有如下所述的特征。

(1) 人性化设计。早期的人机（计算机）界面很简单，人机对话使用的都是机器语言。由于硬件技术的发展以及计算机图形学、软件工程、人工智能、窗口系统等软件技术的进步，图形用户界面、直接控制（Direct Manipulation）、“所见即所得”（What you see is what you get）等交互原理和方法相继产生并得到了广泛应用，取代了旧有“键入命令”式的操作方式，推动人机界面自然化向前迈进了一大步。然而，人们不仅仅满足于通过屏幕显示或打印输出信息，还进一步要求能够通过视觉、听觉、嗅觉、触觉以及形体、手势或口令，更自然地“进入”到工作空间中去，形成人机“直接对话”，从而取得“身临其境”的体验。

现代设计已经从功能主义逐步走向了多元化和人性化。今天的消费者纷纷要求表现自我意识、个人风格和审美情趣，反映在设计上亦使产品越来越丰富、细化，体现一种人情味和个性。它一方面要求产品功能齐全、高效，适于人的操作使用，另一方面又要满足人们的审美和认知的精神需要。现代的电脑设计，已经摆脱了旧有的四方壳纯机器味的单调。尖锐的棱角被圆滑；单一的米色不再一统天下；机器更加紧凑、完美，被赋予了人的感情。软件界面中颜色、图标的使用，屏幕布局的条理性，软件操作间的连贯性和共通性，都充分考虑了人的因素，使之操作更简单、友好。

建立自然化、人性化的人机界面已成为当今信息社会研究的主课题。我们继续采用的图形用户界面（WIMP）有其内在的不足。在人机交互界面中，计算机可以使用多种媒体而用户只能同时用一个交互通道进行交互，从计算机到用户的通信带宽要比用户到计算机的大得多，这是一种不平衡的人机交互。目前，人机交互正朝着从精确向模糊，从单通道向多通道以及从二维交互向三维交互的方向转变，发展用户与计算机之间快捷、低耗的多通道界面。

(2) 高科技应用。信息技术的革命，带来了计算机业的巨大变革。计算机越来越趋向平面化、超薄型化；输入方式已经由单一的键盘、鼠标输入，朝着多通道输入发展。追踪球、触摸屏、光笔、语音输入等竞相登场；蓝牙等技术的出现，改变了接口方式；多媒体技术、虚拟现实及强有力的视觉工作站提供了真实、动态的影像和刺激灵感的用户界面。在计算机系统中，各种技术各显其能，使产品的造型设计更加丰富多彩，变化纷呈。

高科技人机界面也将逐渐步入人们的日常生活。如加拿大推出的一部全新电子智能冰柜，除了改良储存食物功能以外，其上网、录影及自行修理功能更非一般人可以想象。它可以通过内置的6个微波感应器，测试个别食物温度，为其“量身定造”冷藏温度；记录食物存入日期；能提供各种食物的营养资料；雪柜门的液晶体荧光屏附有镜头及收音装置，可录下留言和影像；可以上网、收发电子邮件或收听MP3，甚至会在发生故障时自动联络就近的维修中心。另外，很多企业如伊莱克斯也在研究屏幕冰箱等高科技产品，为其赋予了更多的功能。

1.4 研究和应用概述

1.4.1 研究内容

根据研究对象的不同，人因工程学可分为微观人因工程学和宏观人因工程学（见表1-2）。微观人因工程学就是传统意义上的人因工程学，主要研究人的特性和人一机一环关系以及简单系统的设计；宏观人因工程学主要研究由很多人、技术子系统和组织管理子系统构成的复杂人机系统，除了考虑传统的人—机—环关系外，还要考虑社会、组织和其他人对作业者的影响。一般来说，微观人因工程学研究的是单个的人，而宏观人因工程学研究的就

是一个群体。

表 1-2 人因工程研究内容和设计应用

类别	微观人因工程学 (简单人机系统)		宏观人因工程学 (复杂人机系统)
关系	人一机关系 人一环境关系		人一人关系
领域	人体人因工程学	认知人因工程学	组织人因工程学
研究内容	人体解剖学, 人体测量学, 生理学, 生物力学	思维过程: 理解, 记忆, 推理, 神经反应等影响人与系统其他部分交互的因素	组织结构, 政策, 程序
人的因素	人的结构特征, 人的物理特征, 人的生理特征, 人的生物力学, 人的环境适应性, 人的信息感知、处理, 人的心理特征		
设计问题	工作姿势, 材料处理, 反复运动, 肌肉和骨骼的失调, 工作场所布局, 安全与健康	精神负荷, 决策, 操作技能, 人一机交互, 人的可靠性, 工作载荷和训练等与系统设计相关的因素	通信, 人力资源管理, 工作设计, 工作时间设计, 联合作业, 共享设计, 团体工效, 合作, 新作业示范, 虚拟组织, 远程作业, 质量管理
人因设计	空间设计, 交互设计 (人机界面设计——信息与显示设计, 控制设计, 软件界面设计, 交互方式设计), 物理环境设计, 辅助设计, 作业设计, 体验设计, 安全性设计, 无障碍设计, 可靠性设计, 人机系统设计程序与方法		组织设计, 管理系统

人因工程学研究的人的因素, 可分为三大类, 即人体因素 (physical ergonomics)、认知因素 (cognitive ergonomics) 和组织因素 (organizational ergonomics)。从设计角度又可分为人的结构特征、人的物理特征、人的生理特征、人的功能特征 (人的信息感知, 处理, 生物力学)、人的环境适应性特征和人的心理特征等。

1.4.2 研究与应用模式

概括起来说, 人因工程对于工程设计的作用主要有两个方面: 一是设计研究, 包括人因方面的设计原则与设计要求, 人因设计方法, 人一机一环的匹配设计变量确定; 二是人因测试与评价。通过对人的因素和人一机一环关系的研究, 确定人因设计要求和人机系统的设计方法, 对于显示、控制和环境设计等一般性问题制定人因设计标准和设计指南, 对于设计中遇到的特定问题进行研究以确定设计变量或设计方案。对设计后的方案、模型或样机等进行人因测试评估, 发现人因问题改进设计, 确保产品或系统达到设计的人因要求 (见图 1-6)。

设计变量是指人机界面、工作姿势、工作方式、环境因素、工作空间等与人的因素相关的需要在设计或人因工程研究中确定的参数, 是实验研究的自变量。系统效标则是指经济性、可靠性、安全性等综合性系统指标, 如方便性、操作性能、安全性、可维修性、经济性、人员培训要求等。人因工程的实验效标通常是实验的因变量即反应变量, 是指实验目的所要求的心理、生理或行为指标, 如作业错误、闪光融合频率、耗氧量、肌电活性、反应时、心理量表值、脑力负荷、学习时间、心理阈限、心血管系统的反应等, 这些指标反应了人的生理、心理疲劳程度、工作载荷, 系统人机界面的优劣、人机系统工作效率、心理评价等系统效能。人因工程设计或应用研究应首先确定系统效标, 再选择最能反映系统效标的实验效标, 然后