

人机界面设计

RENJI JIEMIAN SHEJI



刘 伟 庄达民 柳忠起 编 著



北京邮电大学出版社
www.buptpress.com

人机界面设计

刘 伟 庄达民 柳忠超 编 著



北京邮电大学出版社
[www. buptpress. com](http://www.buptpress.com)

内 容 简 介

随着近几十年来科学技术的飞速发展,人机界面技术的地位越来越重要。本书介绍和分析了人机界面技术中交互信息的输入、处理、输出三大过程的特性和关系,阐述了相应的基本理论模型和方法。主要内容包括人机界面技术的形成和发展、人机界面中人的感觉特性(人机界面信息输入阶段)、认知特性与分析、人机界面中情境认知特性(人机界面信息处理阶段)、人机界面中人的控制特性(人机界面信息输出阶段)、网络用户行为信息分析、信息产品中人机交互研究案例(视盲现象与界面设计研究案例、Web 信息架构设计对网络用户视觉搜索能力的影响、即时游戏中玩家流体验的研究)等,章末附有思考题与习题,便于读者掌握所学内容。

本书可作为自动化、计算机、工业设计、信息、通信等专业高校师生的参考书,也可供计算机界面设计、交通运输、航空航天、工业控制等领域的工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

人机界面设计/刘伟,庄达民,柳忠起编著.--北京:北京邮电大学出版社,2011.5
ISBN 978-7-5635-2624-6

I. ①人… II. ①刘…②庄…③柳… III. ①人一机系统—系统设计 IV. ①TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 100477 号

书 名: 人机界面设计

作 者: 刘 伟 庄达民 柳忠起

责任编辑: 何芯逸 韩 琪

出版发行: 北京邮电大学出版社

社 址: 北京市海淀区西土城路 10 号(邮编:100876)

发 行 部: 电话: 010-62282185 传真: 010-62283578

E-mail: publish @ bupt. edu. cn

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京忠信诚胶印厂

开 本: 787 mm×1 092 mm 1/16

印 张: 18.5

字 数: 445 千字

印 数: 1—2 000 册

版 次: 2011 年 5 月第 1 版 2011 年 5 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5635-2624-6

定 价: 33.00 元

• 如有印装质量问题,请与北京邮电大学出版社发行部联系 •

前 言

人机界面技术是随着现代科技与艺术的飞速发展而孕育出的一门交叉学科,广义地讲,它研究人与机器、环境之间的交互作用;狭义地讲,它是计算机科学和认知心理学两大学科相结合的产物,同时也吸收了自动化、艺术设计、语言学和社会学等学科的研究成果。近年来,人机界面的设计理论已经更广泛地发展和应用到人一机—环境系统工程等领域,使工程技术设计与使用者的身心行为特点相适应,从而使人能够安全、高效、舒适地工作与生活。

人机交互本质上是认知过程,人机界面理论以认知科学为理论基础,人机界面技术研究是以系统科学作为人机交互研究的框架的方法学。同时,人机界面又是以信息技术作为用户交互的技术基础,通过信息系统的建模、形式化描述、评估方法以及系统框架等信息技术最终实现和应用人机界面理论的。作为技术人才,计算机、自动化、通信、工业设计、信息等专业的学生毕业后参与或从事软、硬件方面的设计已成为必须面对的现实之一。为适应社会及技术发展需求,我们有必要学习人机界面设计的理论和方法。

“人机界面设计”是集认知心理、计算机、信息、自动化、生理学等知识综合应用的一门课程,是计算机等工科专业十分重要的一门专业课。

本书是编著者根据近年来在人机工程、用户界面设计与评价教学中的体会和讲稿,根据国家有关规定,在吸收了人机交互设计理论和实践的最新研究成果的基础上编写而成的。主要内容包括人机界面技术的形成和发展、人机界面中人的感觉特性(人机界面信息输入阶段)、认知特性与分析、人机界面中情境认知特性(人机界面信息处理阶段)、人机界面中人的控制特性(人机界面信息输出阶段)、网络用户行为信息分析、信息产品中人机交互研究案例(视盲现象与界面设计研究案例、Web 信息架构设计对网络用户视觉搜索能力的影响、即时游戏中玩家流体验的研究)等几个方面。

本书在介绍一般人机界面技术方法时,按理论分析和应用实例两个步骤进行讲解,并在理论阐述之后辅以例题或实例,以便读者深入体会和掌握人机界面设计的理论和方法。

鉴于本书的许多研究成果来源于国家自然科学基金项目(30400137、60672181、30970904)及国家重点基础研究发展计划(2010CB734104),所以在此谨向上述项目提供者表示感谢!

本书由刘伟、庄达民、柳忠起编著,张乐媛、张彦、邓智聪、吕丽娟、武艳龄、雷静、李仕颖、李晟、李雪、于畅等研究生亦参与了本书的编写工作。

本书在编写过程中参考了有关文献,在此向文献作者表示感谢。

限于编者水平,书中有不妥之处,敬请读者批评指正。

编 者

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 人机界面技术的形成和发展	2
1.1.1 人机交互技术	2
1.1.2 人机交互技术的起源与发展	3
1.2 人机界面设计的研究内容	8
1.2.1 国家军用标准表述方法	9
1.2.2 欧美国家等同的系统工效表述方法	10
1.2.3 人机交互工程的研究内容取例	11
1.2.4 人机交互技术的相关学科	17
1.3 人机工程的研究方法	25
1.3.1 观察记录法	25
1.3.2 实测法	26
1.3.3 实验法	27
1.3.4 模拟器或模型试验法	27
1.3.5 计算机数值仿真法	28
1.3.6 分析法	28
1.3.7 调查研究法	29
1.4 人机界面技术的小结	31
习题与思考题	31
第 2 章 人机界面中人的感觉特性	32
2.1 人的基本感觉特性	32
2.1.1 感觉的分类	32
2.1.2 感觉现象	33
2.1.3 感觉与知觉的对比	33
2.2 神经系统与感觉	34
2.2.1 神经系统的组成及其功能	34
2.2.2 神经组织	34
2.2.3 中枢神经系统	36
2.2.4 周围神经系统	38

2.3 眼睛与视觉系统	38
2.3.1 眼的基本构造	39
2.3.2 最佳视野和最大视野	40
2.3.3 眼椭圆	41
2.4 人机交互中的视觉与眼动系统	45
2.4.1 眼动系统的研究发展	45
2.4.2 眼动系统的一般概念	46
2.4.3 眼动测量方法	48
2.4.4 红外电视法眼动测量系统	48
2.4.5 生物视觉与计算机视觉的比较研究	54
2.5 听觉系统	59
2.5.1 声音与测量	60
2.5.2 耳朵解剖图	61
2.5.3 屏蔽	62
2.6 触觉、嗅觉、味觉和本体觉	62
2.6.1 触觉	62
2.6.2 嗅觉	63
2.6.3 味觉	63
2.6.4 本体觉	64
2.7 联觉	65
2.8 人的物理特性	66
2.8.1 人体尺寸	66
2.8.2 人体尺寸的统计特性	70
2.8.3 人体各部分尺寸与身高的相关计算	72
2.8.4 人体数据库管理系统设计	75
习题与思考题	77
第3章 认知特性与分析	78
3.1 理解和认识	78
3.1.1 理解	78
3.1.2 认识	79
3.2 人的知觉	82
3.2.1 知觉特征	82
3.2.2 知觉的种类	83
3.3 学习和习惯	84
3.3.1 学习	84
3.3.2 习惯	86
3.4 文字和标识符号的判别和认知	90

3.4.1 文字/数字的判别和认知	90
3.4.2 标识符号的认知与评价	91
3.4.3 色彩认知	96
3.5 声音的知觉和传递	99
3.5.1 声音的感知	99
3.5.2 语音的感知	100
3.5.3 人对语言的理解度	100
3.6 注意和注意力分配	102
3.6.1 注意和注意力的区别	102
3.6.2 从注意向注意力的展开	102
3.6.3 注意力分配的数学模型	103
3.7 决策	103
3.7.1 决策的信息加工模型	103
3.7.2 人行为三层次控制模型	104
3.7.3 整合模型	105
3.8 空间认知	107
3.8.1 空间认知的形成机制	108
3.8.2 空间认知能力的影响因素	108
3.8.3 影响空间认知的生理因素	109
3.8.4 空间认知在航空航天领域的应用	110
第4章 人机界面中情境认知特性	111
4.1 情境认知的概念	111
4.2 情境认知机理	114
4.2.1 三层模型理论	114
4.2.2 子系统交互理论	117
4.2.3 感知循环理论	119
4.3 情境认知过程	120
4.3.1 情境认知中的注意机制	120
4.3.2 情境认知中的记忆机制	134
4.3.3 有关情境认知的影响因素	141
4.3.4 有关情境认知的定性模型	143
4.4 情境认知测量	147
4.4.1 情境认知测量方法的研究	147
4.4.2 情境认知各种测量方法的比较	152
4.4.3 情境认知测量实例分析	152
4.5 情境认知定性分析模型与定量评价模型的比较	154
4.6 情境认知的降低与提高	155

4.6.1 情境认知的降低	155
4.6.2 情境认知的提高	156
4.7 团队情境意识	157
4.8 飞行员情境认知中注意力分配研究举例	159
第5章 人机界面中人的控制特性	164
5.1 感觉—运动	164
5.1.1 动作的速度和准确性	164
5.1.2 简单反应时间和选择反应时间	164
5.2 反应选择	168
5.2.1 人的输入与输出通道	168
5.2.2 影响人的控制的要素	169
5.2.3 输入—输出关系	170
5.3 人的失误	176
5.3.1 失误的定义和分类	176
5.3.2 人失误的发生原因和防止对策	176
5.3.3 产生人失误的心理原因	177
5.4 人的控制理论模型	178
5.5 人机交互技术中有关人的特性研究	181
5.6 生理疲劳与影响因素	185
5.7 反应时间	188
5.8 人体生理和心理测量	190
第6章 网络用户行为信息分析	200
6.1 研究现状及意义	200
6.1.1 研究意义	200
6.1.2 用户需求分析	201
6.1.3 Web 数据挖掘	201
6.1.4 个性化服务	202
6.1.5 国内外研究现状	203
6.1.6 存在的主要问题	204
6.2 相关理论知识	204
6.2.1 数据挖掘	204
6.2.2 Web 挖掘及相关技术	205
6.2.3 上下文及上下文感知	207
6.3 Web 上下文定义及分析	208
6.3.1 Web 上下文概述及定义	208
6.3.2 Web 上下文获取	210

6.3.3 Web 上下文分析	210
6.4 基于 Web 上下文感知的用户行为分析	214
6.4.1 Web 上下文信息识别及预处理	215
6.4.2 Web 用户信息识别及预处理	218
6.4.3 基于 Web 上下文感知的行为参数建模	220
6.5 用户访问行为分析系统模块设计	222
6.5.1 各模块的基本功能	223
6.5.2 Web 上下文信息预处理模块	224
6.5.3 系统应用实例分析	225
第 7 章 信息产品中人机交互研究案例	231
7.1 视盲现象与界面设计研究案例	231
7.1.1 不注意视盲的概念	231
7.1.2 不注意视盲的影响因素实验	232
7.1.3 不注意视盲原理在界面设计中的实际应用	253
7.2 Web 信息架构设计对网络用户视觉搜索能力的影响	254
7.2.1 实验一:网页信息排列方式对视觉搜索效率的影响	254
7.2.2 实验二:色彩对视觉搜索效率的影响	258
7.2.3 实验三:信息层级深度对视觉搜索效率的影响	260
7.2.4 不同排列方式对视觉搜索效率影响分析	262
7.2.5 一级、二级栏目色彩因素对视觉搜索效率影响分析	263
7.2.6 三种信息层级深度对视觉搜索效率影响分析	263
7.2.7 研究结论	263
7.3 即时游戏中玩家流体验的研究	264
7.3.1 沉浸感与不注意视盲的实验	264
7.3.2 软硬操作比与态势感知的实验	268
附录	277
附录一 实验一沉浸感问卷	277
附录二 实验一原始数据	277
附录三 实验二技能脚本原代码和改进设计	279
附录四 实验二问卷	281
参考文献	283

第 1 章 概 述

“人机界面(又称用户界面或使用者界面)是系统和用户之间进行交互和信息交换的媒介,它实现信息的内部形式与人类可以接受形式之间的转换。凡参与人机信息交流的领域都存在着人机界面。”——转自百度词条

随着现代科学技术的发展,人机界面的概念广泛出现在各个领域,而与这些概念有关的思想和方法,在航空、航天、航海、交通、信息、生命、艺术等诸多学科中起着非常重要的作用。虽然,在各个学科中的人机界面研究及应用的侧重点大不同,但它们的本质却有着几个基本的共同点,即人机界面,顾名思义是主要研究人、机及其交互环境方面的学问,而对人的研究侧重于对其心理、生理机理等方面的知识,对于机及其环境的研究则侧重于满足人心理、生理要求的物理等方面的知识。简而言之,人机界面技术就是通过研究人机交互中心理、生理、物理等方面的基本规律应用于某个具体领域的技术。信息技术的每一次重大突破同交互界面的革新息息相关。同时,人机界面作为人与机器之间,更进一步来看是人与人之间的沟通和交流的媒介、信息转换场,它的新的变化和发展都能给人类的生存和生活方式带来巨大的影响,这也将引导未来社会结构模式的一种变革。人机界面同时也是多种学科领域的交集,如信息技术学科、心理学、社会学、美学、人机工程学、传播学等的交叉研究领域。

从历史的角度来看,自从原始人类拿起了手工工具开始进行劳动之际,最早的人机交互模式就悄然形成了。因此,人机界面的开始并不是 HCI(Human-Computer Interface),而是 HMI(Human-Machine Interface)。后来随着第一次工业革命(18 世纪 60 年代,哈格里夫斯发明珍妮纺纱机标志着第一次工业革命的开始)、第二次工业革命(以电力的广泛应用为显著特点)的兴起,人机界面技术的发展越来越迅速,直到以电子计算机等领域发明和应用为主要标志的第三次工业革命兴起, HCI 的称谓才逐步走向前台。近年来,随着机器人、移动通信技术领域的不断发展,也有人把人机界面看成了 HRI(Human-Robot Interface)。客观而言,无论 Computer 还是 Robot,它们都是 Machine 的一部分,因此,人机界面理应也是 HMI:是人与各种机器之间传递、交换信息的媒介和对话接口,是机器系统的重要组成部分,是指人和机器在信息交换和功能上交互的领域,所说人机结合面,信息交换,功能接触或互相影响,指人和机器的硬接触和软接触,此结合面不仅包括点线面的直接接触,还包括远距离的信息传递与控制的作用空间。

从信息转换的角度来看,人机界面的作用是实现“用户认知空间”与“机器信息处理空间”间信息的双向映射。由于人类的交互意图通常是一个涉及人的认知和行为因素的高维复杂信息,且这些信息是非精确的或模糊的,而机器遵循线性信息表示和存储模式来表示和处理交互信息,所能捕获和处理的必须是形式化的精确信息,且其感知和处理结果不一定能够依从人的感知规则,两者间的差异决定了其双向映射实现的技术复杂性和方式多样性,因此,人机界面(交互)技术的任务就是要选择合适的映射方式来解决其技术实现的复杂性与

用户交互的易用性问题。技术实现的复杂性主要体现在如何提升机器感知和识别用户交互行为和状态并进而理解其交互意图;用户交互的易用性则表现为如何充分利用、协调人类的多个感觉和效应通道并进而降低其完成交互行为所需付出的“认知努力”。虚拟现实、协同合作、神经网络和多通道用户界面技术的迅速发展,显示出未来人机交互技术的发展趋势是追求“人机和谐”的多维信息空间和“基于自然的交互方式”的人机界面风格。

1.1 人机界面技术的形成和发展

人机界面存在于人-物信息交流的过程,甚至可以说,人-物信息交流的一切领域都属于人机界面,它反映着人-物之间的关系。它的内涵是极其广泛的。在不同科学学科的共同作用之下,人机界面拥有了多种不同学科的综合特性,其中以人机工程学或人因学、计算机科学、认知心理学、社会与组织心理学、计算机辅助设计和工程学、人工智能、语言学、哲学、社会学以及人类学为主。

1.1.1 人机交互技术

狭义地讲,人机交互(HCI)是研究人、计算机以及它们间相互影响的技术。用户界面是人与计算机之间传递、交换信息的媒介和对话接口,是计算机系统的重要组成部分。人机交互和用户界面有紧密的联系,但又是两个不同的概念:前者强调的是技术和模型,后者是计算机的关键组成部分。广义地讲,人机交互是人—机—环境系统工程学研究的一个重要领域,它不但研究在设计人机系统时如何考虑人的特性和能力以及人受机器、作业和环境条件的限制,而且还研究人的训练、人机系统设计和开发以及同人机系统有关的心理学、生物学或医学问题。经过多年的发展,人机交互技术已演变成为一门交叉性极强的新兴边缘学科,目前已由仅仅针对计算机人机界面领域的单纯学科,逐渐成为广泛应用于机械及自动化、工程心理学、工业设计、人机与环境工程、安全技术工程、交通运输、航空航天工程等领域的应用学科。表 1-1 所示为《eWeek》杂志和新浪网 2007 年总结的人类最迫切需要的 10 项技术与十大超越人类极限的未来技术,其中大部分内容都与人机交互技术有着密切的关联(详细见▲栏内部分)。

表 1-1 人类最迫切需要的 10 项技术与十大超越人类极限的未来技术

人类最迫切需要的 10 项技术	十大超越人类极限的未来技术
拇指般大小磁盘可存储 100TB 数据	人体冷冻
▲通用语言翻译器:可随身携带,实时翻译多种语言	▲电子人
锂离子电池的替代物:无论是燃料电池、纳米技术,还是其他神秘能源	▲自我复制的机器人
▲打造真正的虚拟世界:就像《黑客帝国》所描述的那样	▲虚拟现实
▲像《黑客帝国》那样,可随时安全地输入数据,然后就知道下一步该怎么做	▲超大型工程:如太空电梯、戴森球体
▲用意志控制计算机操作	▲意识上传:指非生物学智慧

续 表

人类最迫切需要的 10 项技术	十大超越人类极限的未来技术
▲更快的旅游方式:尽管当前的交通工具已经很发达,但旅游还是很浪费时间	▲太空移民
▲真正的人工智能:尽管计算机已经比以前聪明多了,但距真正的人工智能还很遥远	▲人工智能:可实现人工合成的有情感的智慧
安全的纳米技术:纳米技术可以清洁城市环境,治愈人类疾病,但同时也能破坏城市环境,给人类带来疾病	分子制造技术:能够以原子的精度生产绝大多数产品
▲隐形术:可以帮助人类遁于无形,免受 RFID 扫描、视频监控以及 GPS 跟踪	基因疗法/核糖核酸干预

1.1.2 人机交互技术的起源与发展

人机交互技术的形成可追溯到人类的早期活动,它的发展经历了漫长的历史阶段。

人类使用简单劳动工具时,客观上就存在人、机、环境三者的最优组合问题。在我国两千多年前的“冬官考工记”中,就有按人体尺寸设计工具和车辆的论述。这就是当今人机交互技术中的“机器适应人”(Machine to Human)的思想。

第一次产业革命(1750—1890)和第二次产业革命(1870—1945)时期,人类的劳动进入了机器时代,人的劳动作业在复杂程度及负荷量上均有了很大变化,人、机、环境三者也相应形成了更复杂的关系。虽然在 1884 年,德国学者莫索(A. Mosso)就在人进行劳动时将人体通以微电流,通过电流的变化测量人体的疲劳程度,但人们一般认为人机交互技术作为一门科学形成于 20 世纪初,这主要应归功于泰勒(F. W. Taylor)和吉尔布雷思(Gilbreth),他们用近代科学研究手段研究人机交互问题。1898 年,美国人泰勒从提高工作效率的角度出发,对装卸工使用的铁锹进行了研究。他发现每次铲运的重量在 10 千克左右时,劳动效率最高。因此他设计了许多大小不同的铁锹,以适应装卸不同的物料。在此以后,他还进行过搬运生铁的研究,通过制定每次的搬运量、搬运速度、休息时间,使作业者充分发挥劳动潜力,从而提高工作效率。他的研究成果在美国和西欧得到了推广应用,成为可提高劳动生产率的“泰勒制”。泰勒为科学方法研究人机工程做出了开拓性贡献。后来,人们开始对人、机、环境三者之间关系进行了较系统的实验研究,并积累了大量数据。另外,1911 年,美国人吉尔布雷思对建筑工人砌砖进行了研究,通过去掉砌砖动作中的无效动作和辅助装置,使砌砖工人每小时的砌砖数由过去的每小时 170 块提高到每小时 350 块,大大提高了砌砖工人的工作效率。这样,在泰勒和吉尔布雷思工作的基础上,形成了时间和动作研究这样一个领域,他们致力于熟练动作和作业疲劳方面的研究、进行工作站设计以及为残疾人设计合适的工具。例如他们对外科手术过程的研究成果直到今天还在使用。现在在手术中,外科大夫只需说出所需的器械,同时把手伸向护士,由护士从器械盘中拿起所需器械并递给大夫。而在以前,外科大夫是自己从托盘中拿器械的,显然这样很浪费时间,尤其是当大夫正在手术却又不得不去寻找工具时。

第一次世界大战客观上促进了人机工程学的发展。在欧洲,一方面,工厂必须开足马力生产战争及民需物品;另一方面,由于男性到前线参战,生产第一线大都依靠没有工作经验的女性参与。在这种特定环境下开展的人机工程研究称为工效学(Ergonomics)。Ergonomics 一词是由希腊词根 ergo(工作、劳动)和 nomos(管理、规则)复合而成,其本义为人的劳动规律,以劳动中疲劳、劳动时间和休息等为着眼点,开展人的能力和极限以及对作业工具、作业环境和作业顺序的设计等的研究。另外,各参战国几乎都有心理学家去解决战时兵种分工、特种人员的选拔训练及军工生产中的疲劳等问题,其研究特点是选拔和训练人,使“人适应机器”(Human to Machine)。早在 19 世纪末,英国就创立了心理研究所,并在第一次世界大战中得到进一步发展,在 1921 年创立了国立产业心理学研究所。

穿孔卡是较早的人机交互方式,19 世纪末,美国人 Herman Hollerith 参照 Jacquard 发明的提花机,研制成功穿孔制表机(如图 1-1 所示),并成功地应用于全美第十一次人口普查,有效地实现了大规模的数据处理。

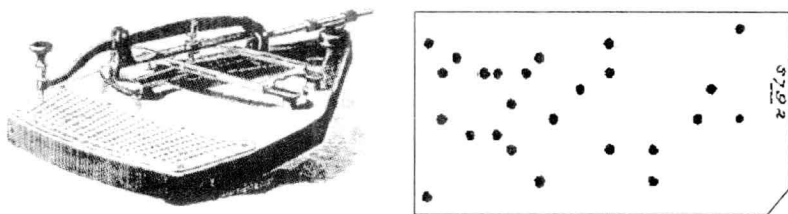


图 1-1 较早的人机交互方式——穿孔卡

随着第二次世界大战的爆发,一些更新型、更复杂、更精密的高技术装备应运而生。大战初期,飞机失事率很高,其中很多原因并不在于飞机的材料、结构等,而是由于飞行员的误操作引起的。一架飞机的驾驶舱内有一两百个仪表、信号灯、按钮及操纵手柄,飞行员要通过眼耳与手的感觉去获得外界信息,并要迅速做出判断,再通过手脚等运动器官来操纵,这是相当困难的。在着陆阶段的短短五分钟内,飞行员要做 100 多个动作,平均观察仪表 100 多次,稍有差错就会酿成大祸,飞机故障率高也就不足为奇了。随着更复杂的作战系统(如导弹系统、雷达与高炮网联防系统)的出现,引起了人们对系统中人的因素的注意,人对复杂系统的认识也达到了新的层次:不能仅从使操作人员去适应机器这一“心理技术”原理出发,和“让人能够做”着眼,而必须转变为“技术适应人”和“让人有效地去做”。这就是人机工程学的精髓之所在。随后,美国陆军建立了第一个人素工程实验室,着重研究各种显示设备、旋钮、按钮和手柄等操纵设备,以适应人的生理心理特点。由此,一门新兴的边缘科学——人因工程学便应运而生。第二次世界大战结束后,从事人机工程的专家分散到企业和学校后进一步扩大了人机工程的应用范围。但从研究内容来说,由于科技的日新月异以及计算机在各个领域的普及应用,对人的特性的研究越来越得到重视。

在美国以人素学(Human Factors)来表示人机工程。美国早期的人机工程的研究叫 Human Engineering, 后来又叫 Human Factors Engineering, 在 20 世纪 60 年代前后改叫 Human Factors。而对于 Human Factors 这一流行术语也有很多指摘, 如认为该术语从日常用语的角度去考量应包括与人有关的所有因素, 对该术语的解释和理解也存在差异。为此, 美国 NASA 的人素学研究部门的各种活动以及人素学学会会员资格都明确规范了人素学的研究内容和活动。

日本东京大学的松本教授在第一次世界大战期间到美国访问留学, 归国后在 1920 年至 1921 年期间先后发表和出版《人间工学》论文与专著, 正式将人机工程引入日本。日本在 1921 年由大原创设了仓敷劳动科学研究所, 开始了作业效率与身体负担方面的工效研究。其后, 在产业心理学领域也开展了人机工程方面的研究。更进一步, 在人类学领域, 包括对人的生物学特性的解明、身体负担和疲劳、环境适应能力等方面开展了生理人类学研究。日本“人间工学”是按照美国的 Human Engineering 直译过来, 但内容是以练习效果或疲劳为中心, 阐述如何提高作业效率, 即以提高工效为研究对象。松本的研究在日本影响甚微, 但“人间工学”名称被沿袭至今, 1963 年日本正式成立人间工学学会, 但人间工学的英文翻译使用的是 Ergonomics, 这在很大程度上是为了与国际接轨, 因为于 1959 年成立的国际工效学会(International Ergonomics Association, IEA)使用的就是 Ergonomics。德国和法国这些欧洲工业强国也先后开展了人机工程方面的研究, 他们都统一使用了 Ergonomics 这一术语来表示人机工程。

人素学早期的研究(如泰勒的研究)具有很强的管理科学和劳动科学的内涵, 从事这一领域的研究学者大都是心理学家, 这一影响一直沿袭至今。在对美国 Human Factors 学会(成立于 1957 年)会员专业领域的调查表明, 有心理学背景的会员人数远多于有工学背景的会员人数。在第二次世界大战期间, 以防止飞机事故为目的的对仪表显示方式和对人的操作控制装置的研究则注重于对人的认知特性开展研究, 这一研究在很大程度上影响了人机工程今后的发展。

20 世纪 80 年代开始的对人机界面(HMI)的研究其核心就是对人的认知科学的研究。人机界面是指人与机(装备、设备、系统)间信息交互、作业交互的连接部。界面形式有硬件和软件两种, 如作业域的开关、按钮、驾驶操纵杆、脚踏等为硬件人机界面, 通过计算机软件和显示器实现的视觉信息交互为软件人机界面。信息交互界面包括视觉、听觉、语音等人机交互接合部。交互界面包括手脚体能作业的操纵器和控制器等人机交互接合部。

认知科学研究信息科学如何与人的特性和行为相结合、人如何感知数据、如何将其转化成综合信息、如何将综合信息作为决策依据, 其研究目的旨在提高人机工效, 揭示人为失误的原因、失误本质以及减少失误的措施。可见, 人机界面研究已从传统的人机关系研究深入到对人机交互的研究, 从传统的人适应机器到机器的设计和使用要符合人的特性, 从传统的采用劳动和安全科学对人体的研究到采用心理学、生理学和精神物理学来对人的认知特性开展研究。即人机界面的研究又为人机工程的研究注入了新的内容, 如图 1-2 所示。

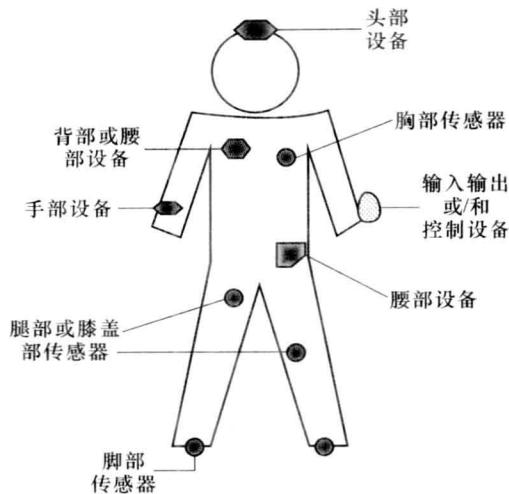


图 1-2 现代的人机交互方式——穿戴式交互装置

我国的人机工程研究始于 20 世纪 50 年代。例如在中苏友好时期,我国消化吸收苏式飞机和坦克的设计技术过程中遇到了大量的人机工程问题。以苏式飞机和坦克的座椅设计为例,设计规范确定了适用该座椅的驾驶员身高范围,但按照设计图纸生产出来的飞机和坦克在使用过程中都发现问题,如弹射座椅弹射过程中有座舱舱盖与座椅扣合时与人头发生碰撞的事故,坦克驾驶员踩刹机时有踩不到底的案例。仔细分析后才了解到欧洲体型与亚洲体型相比,欧洲型身体上身较短和下身较长。故在采用前苏联标准设计弹射座椅的情况下,因中国人上身长,座舱舱盖与座椅扣合时容易发生人头碰撞的事故。同样,因中国人下身短,采用前苏联标准设计坦克座椅有踩刹机时踩不到底的情况。为了解决这类问题,我国在航空生理与心理学、飞行器驾驶舱人机工效设计、飞行器作业环境对人体影响及防护等方面做了大量的研究工作。50—80 年代中,当时的人机工程研究框架仍是由“人适应机器”、“机器适应人”以及“环境适应人”三个领域构成。1981 年,在著名科学家钱学森的指导下,陈信、龙升照等发表了《人一机—环境系统工程概论》一文,概括性地提出了“人一机—环境系统工程”的科学概念。人一机—环境系统工程是人体科学和现代科学的理论和方法,正确处理人、机、环境三大要素的关系,是研究人一机—环境系统最优组合的一门科学。“人”是指作为工作主体的人,指参与系统工程的作业者(如操作人员、决策人员、维护人员等);“机”是指人所控制的一切对象,是指与人处于同一系统中与人交换信息、能量和物质,并为人借以实现系统目标的物(如汽车、飞机、轮船、生产过程、具体系统、计算机等)的总称;“环境”是指人、机共处的外部条件(如外部作业空间、物理环境、生化环境、社会环境)或特定工作条件(如温度、噪声、振动、有害气体、缺氧、低气压、超重及失重等)。研究中,把人、机、环境三者视为相互关联的复杂巨系统,运用现代科学技术的理论和方法进行研究,使系统具有“安全、高效、经济”等综合效能。

作为对人机与环境工程学科的认可,1990 年,国务院学位委员会批准了我国第一个人机与环境工程博士学位授权点——北京航空航天大学人机与环境工程博士学位授权点。目前,南京航空航天大学、西北工业大学、北京理工大学等大学也先后成立了该专业。此外,从

事其他人机交互技术领域研究的单位就更多了,如中科院计算所/软件所/自动化所/心理所、航天医学与医学工程研究所、航空医学研究所、北京大学、清华大学、浙江大学、北京邮电大学、山东大学、北京师范大学、天津师范大学等科研院所。各研究单位的研究内容根据国家需要,有着重于人的因素的,也有着重于人机工效的。我国载人航天的辉煌成就包括了对人的因素和人机工效的综合研究成果,既体现在对航天员的培训,也包括飞船人机系统设计的工效和适人性研究等。在人机工程的学术用语上大致有人机与环境工程、人机工程、人因工程等。其既反映了不同的研究重点,也反映了对人机工程新的理解和认识。如果要总结人机工程的研究内容和含义,按照 IEA 的定义可表达为:人机工程是研究人在某种工作环境中的解剖学、生理学和心理学等各方面的各种因素,研究人和机器及环境的相互作用,研究在工作中、家庭生活中和休假时如何统一考虑工作效率、人的健康、安全和舒适等问题的学科。IEA 的定义实质上是综合考虑了人一机—环境三大要素,其核心是以人为本和人机工效。

近年来,人机交互技术越来越多地应用于计算机和信息技术(计算机界面、智能家居、互联网等)中。3C(计算机、通信、消费电子)融合已不是一个新词汇,当人们把 3C 融合与人机交互技术二者联系起来时可以发现,人机交互技术的发展过程正是 3C 的融合过程,也正是当今信息社会的形成过程。人机交互是计算机系统的重要组成部分,是当前计算机行业竞争的焦点,它的好坏直接影响计算机的可用性和效率。计算机处理速度和性能的迅猛提高并没有相应提高用户使用计算机交互的能力,其中一个重要原因就是缺少一个与之相适应的高效、自然的人——人机交互界面。例如协同式虚拟环境(Collaborative Virtual Environments,CVE)作为虚拟现实(Virtual Reality,VR)的新的应用方向,在 3D 计算机游戏、网络虚拟社区、协同设计与制造、军事仿真等领域发展迅速。国内外关于协同式虚拟环境的研究目前主要侧重于技术层面,包括 3D 图形学、3D 引擎、增强现实以及无处不在的计算技术,然而关于人的因素以及人机交互设计层面的研究却是滞后的。随着虚拟技术的成熟、人机交互学科的发展,尤其是协同式虚拟环境在商业和民用领域的日益增多,人机交互与用户界面设计的研究意义越来越凸显出来。

传统的人机交互基本上都离不开用户的视觉和触觉(键盘、鼠标),而进入 21 世纪后能用眼睛“眼标”及直接用大脑思维来控制的“脑标”来操控图形界面已经应运而生,如图 1-3 所示。

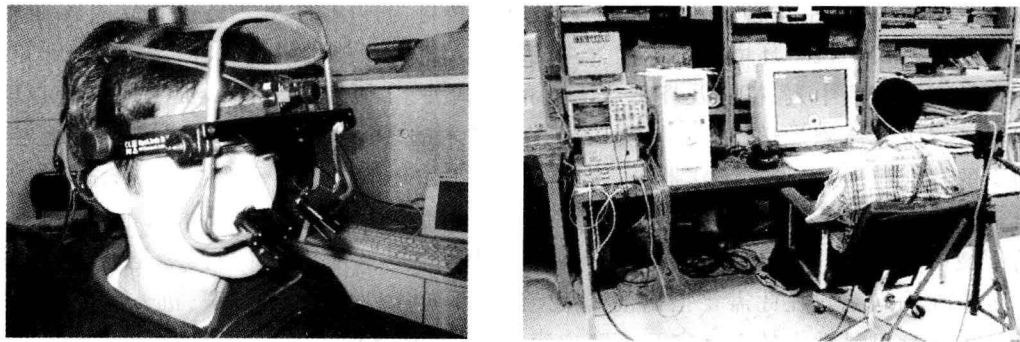


图 1-3 用眼睛“眼标”及直接用大脑思维来控制的“脑标”来操控图形界面实验

综上所述,20 世纪 40 年代前是人机交互技术发展的萌芽期;40—70 年代是准备期;80 年代进入发展期;进入 21 世纪后,人机交互技术与其他学科不断融合,正酝酿着新的技术创新时代,它的研究和应用已全面侵入到航空航天、通信、计算机科学、兵器、航海、交通、电子、建筑、能源、煤炭、冶金、管理等领域,并随着它的不断发展和完善,必将在新一轮科学技术革命中发挥积极作用。

未来的人机界面可能需要让交互变成一种无形的信息动态环境,如同一个大的信息场,在这个信息场中“机”这个概念会越来越淡化,因为它表现出来的虚拟成分会越来越多,进而使人与人之间的沟通壁垒会越来越薄,同时也更加感性化。未来的交互界面与操作方式将有虚拟与真实融合为一体的方式体现,同时利用人体自身的优势做了全新的尝试,进而达到人一机一环境的一种融合状态。

1.2 人机界面设计的研究内容

完整的人机系统包括人、机、人机之间的界面以及人机系统所处的环境。人与机之间存在一个相互作用的界面,人和机器的所有信息交流都发生在这个作用面上,通常称其为人机界面。人机界面上的显示设备显示了机器的工作状态,将机器工作的信息传递给人,实现人一机信息传递;人通过控制器操纵机器,将自己的决策信息传递给机器,实现人机信息传递。由此可见人机界面在人机与环境系统中的重要地位,设计出优良的人机界面一直是人因工程学研究的核心内容。另外,由于环境因素对人的决策有着十分显著的影响,人与环境的协调性研究在人因工程学中也很重要,如果在系统设计的各个阶段中,尽可能地排除各种不利环境因素对人的影响,不仅有利于劳动者的健康和安全,还有利于最大限度地提高系统的综合效能。关于这一类问题的研究主要是针对工作场所、办公室的室内照明方式、温度湿度条件、色彩协调、防止噪声、通风情况、空气组成等同人的心理和生理疲劳有关的问题。

人机交互技术的研究内容按研究的范围不同可以划分为两大部分。第一部分是因近年来计算机科学迅猛发展而产生的狭义人机交互技术研究内容,如 HCI 是研究关于设计、评价和实现供人们使用的交互计算系统的科学,是人与计算机之间传递、交换信息的媒介和对话接口,是计算机系统的重要组成部分,是狭义的人机交互研究范畴。随着人工智能及自动化技术等领域的发展,这种狭义的人机交互研究必将与广义的人机交互研究内容相融合。第二部分是以人一机一环境系统工程为主的广义人机交互技术研究内容,如 HMI 研究的核心问题是不同作业中人、机器及环境三者间的协调关系,研究方法和评价手段涉及心理学、生理学、医学、人体测量学、社会学、美学和工程技术的多个领域,研究的目的是通过各学科知识的综合应用,以指导工作器具、工作方式和工作环境的设计和改造,使得作业在效率、安全、健康、舒适等几个方面的特性得以提高。这种广义的人机交互技术从不同的学科、不同的领域中得来,又面向更广泛领域的研究和应用,这是因为人机环境问题是人类生产和生活中普遍性的问题。在此需要指出的是,以上这种划分只是为了从人一机一环境系统工程中区别出计算机科学中的人机交互研究内容,实际上两类研究工作并不是独立分割,而是相互渗透、协同攻关,所以才会有人机交互系统工程技术今天的蓬勃发展。本书将从广义的人机交互技术角度进行论述。