

# 人机交互 设计与评价

刘伟 袁修干 编著



科学出版社  
[www.sciencep.com](http://www.sciencep.com)

TP11/61

2008

# 人机交互设计与评价

刘伟 袁修干 编著

科学出版社

北京

## 内 容 简 介

本书从一独特的视角,提出了基于情境认知的人机交互信息处理理论模型,系统地构建了情境认知综合测量体系——过程及结果的同时测量方法,为情境认知的测量提供了客观依据。应用上述理论和多层次模糊综合评价方法,建立了人机交互中飞行员情境认知应用体系。这对高新技术中的人机交互界面优化设计和人机系统功能优化配置等有着重要的现实意义。

本书可作为工程心理学、工业设计、机械工程及自动化、计算机科学与技术、人机与环境工程专业高校师生的教学参考书,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

人机交互设计与评价 / 刘伟,袁修干编著. —北京:科学出版社,2008  
ISBN 978-7-03-021454-6

I. 人… II. ①刘…②袁… III. 人-机系统-研究 IV. TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 039253 号

责任编辑:任 静 王志欣 / 责任校对:陈玉凤  
责任印制:刘士平 / 封面设计:耕者设计工作室

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新 蕾 印 刷 厂 印 刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2008年7月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2008年7月第一次印刷 印张:21 1/2

印数:1—3 000 字数:410 000

定价:58.00元

(如有印装质量问题,我社负责调换<路通>)

## 前 言

简单地说,人-机-环境系统工程是研究人、机、环境三者之间关系及其最佳匹配的一门科学。但是,具体到人-机交互系统工效来说,人、机、环境匹配性主要体现在以下几个方面。

首先,应当研究人机系统的变化因素对人的体力、生理及心理的影响和作用。这是进行人-机-环境系统匹配性研究的基础。只有在充分了解了人的生理、心理等各方面的特征和需要的基础上,才能按人的需要设计出友好的人-机界面和系统,才能研究出不同的人-机界面和环境变化对人产生的影响和作用,才能指导进一步的研究工作,并对人-机交互系统及其环境进行合理的改进。

其次,研究工作应当解决显示/控制面板上所需显示及控制的参数越来越多,从而造成人的负荷越来越重的矛盾(可简称为人机空间矛盾)。现代显示/控制设备的功能越来越强大,操作也越来越复杂,仪表/控制面板上密密麻麻地排列着各种显示器和操纵装置,对操作/控制人员造成了非常大的工作压力。怎样通过合理的人、机功能分配,减轻操作人员的工作负荷,使人只进行一些高级判断和决策,从而充分发挥人对全局的反应、预测和控制能力,同时发挥辅助系统快速、精确、重复性好、不疲劳等优势,也是当前人机系统研究的重要课题。

最后,研究解决随着内/外部信息要求反应速度越来越快,造成操作/控制人员精神越来越紧张,进而使其疲劳速度加快的矛盾(可简称为人机时间矛盾)。在一些特定的工作环境下(如航空航天等),需要人的注意力高度集中,并迅速对复杂多变的各种形式做出合理的反应。研究表明,人在精神高度紧张的情况下,肾上腺激素大量分泌,心跳加快,血压升高,疲劳速度大大加快。在这种条件下,人的耐力降低、有效连续工作时间缩短,不利于连续工作。从设备和环境的角度来讲,仪器仪表抑式系统的反应速度越快越好。但是,作为控制主体的工作人员,其反应速度却不可能无限制地提高。更重要的是,要求人提高反应速度将是缩短有效连续工作时间为代价。所以,如何合理分配人和设备的反应时间,使人、机之间的结合达到最优,也是人机系统研究的一项重要内容。

对人的情境认知机理及其工效评价的研究涉及的科学领域包括人机工程学、计算机图形学、仿真技术、心理学、生理学、信息科学等学科。目前国外对人的视域、听域、操作域的工效及安全性进行了大量的研究,得到了温度、照明、噪声环境等外界因素和眼动、注意力分布、目标拾取等内在因素与工效的关系。但尚缺乏从系统高度全面综合并定量评估工效,作为人机工效的系统设计很难在系统概念设

计阶段被工程部门使用,更难以评估,所以建立人机工效/安全性设计/评价技术体系(平台)已是一个国际前沿的理论/技术研究课题。本书正是采用这种综合的研究手段,融合人的情境认知机理、方法研究与现象分析成果,进而建立一种理念全新的情境信息处理模型,对人机交互系统的优化设计具有重要意义。

本书采用理论分析和实验相结合的方式,在工程研究和实验的基础上,取得了如下几个方面的研究成果:①建立了人的情境觉知多级触发定性分析模型,初步揭示了人的情境认知变化规律;②建立了一个人的情境觉知综合测量体系,既包括情境觉知主、客观方面的测量,又包括情境认知过程及结果的测量;③在实验研究的基础上,建立了人的情境认知多层次群组模糊综合评判模型,并得出了任务复杂性、与视觉扫视、情境觉知、操作绩效、工作负荷的相互关系。

本书是作者在多年来从事人机交互中情境认知科研实践的基础上写成的,研究工作得到国家自然科学基金、华为科研基金、中国博士后科学基金、北京邮电大学自动化学院重点项目的资助。有关的研究成果正应用到实践领域。

本书在写作过程中,得到了北京大学医学部王生教授、航空航天医学研究所龙升照教授、空军第八研究所温兆春研究员、北京大学吴艳红副教授、空军第五师邹明现参谋长认真指导和热心的帮助。作者还得到了北京航空航天大学505教研室杨春信教授、庄达民教授、林贵平教授、王长和高级工程师、黄美瑛老师、梅志光老师、邱义芬老师、张兴娟老师、袁卫星老师,北京邮电大学侯文君、王飞、王晨升、徐晓慧等老师的热情帮助,谨在此表示诚挚的谢意。本书中飞行员认知工效实验的顺利进行与空军军训器材研究所、空军指挥学院、空军第五师等单位的大力协助是分不开的,另外,还要感谢北京航空航天大学王立刚、柳忠起、韩彦东、葛恒、王睿、康为勇、马锐、林海燕、丁立、王黎静、董大勇等诸位博士,北京邮电大学张乐媛、张彦、邓智聪、李仕颖、武艳龄、雷静、燕宝珠等硕士研究生的大力支持。

在此,作者对提供帮助的单位和个人表示真诚的感谢!

由于作者水平所限,书中许多论述还很粗浅,不妥之处,恳请读者批评指正!

作者谨志

2008年1月6日

# 目 录

前言	
第一章 概述	1
1.1 人机交互技术的形成和发展	1
1.1.1 人机交互技术	1
1.1.2 人机交互技术的起源与发展	2
1.1.3 信息在人机交互技术中的作用	5
1.2 人机交互的研究内容	7
1.2.1 研究内容的第一种表述方法	8
1.2.2 研究内容的第二种表述方法	9
1.2.3 人机交互工程的研究内容举例	10
1.3 人机交互技术的相关学科	17
1.3.1 人机交互与计算机科学	20
1.3.2 人机交互与工业设计	23
1.3.3 人机交互与生理学	24
1.3.4 人机交互与认知心理学	26
第二章 人的感觉特性	28
2.1 神经系统与感觉	28
2.2 眼睛与视觉系统	33
2.2.1 眼的基本构造	33
2.2.2 最佳视野和最大视野	34
2.2.3 眼椭圆	35
2.3 人机交互中的视觉与眼动系统	40
2.3.1 眼动系统的研究发展	40
2.3.2 眼动系统的一般概念	41
2.3.3 眼动测量方法	44
2.3.4 红外电视法眼动测量系统	44
2.3.5 生物视觉与计算机视觉的比较研究	50
2.4 听觉系统	56
2.5 触觉、嗅觉、味觉和本体觉	60
2.6 联觉	63

<b>第三章 人的情境认知特性</b> .....	65
3.1 情境意识与情境认知的关系 .....	65
3.2 情境认知机理 .....	68
3.2.1 三层模型理论 .....	68
3.2.2 子系统交互理论 .....	72
3.2.3 感知循环理论 .....	73
3.3 情境认知过程 .....	75
3.3.1 情境认知中的注意机制 .....	75
3.3.2 情境认知中的记忆机制 .....	91
3.3.3 有关情境认知的影响因素 .....	100
3.3.4 有关情境认知的定性模型 .....	102
3.4 情境认知测量 .....	106
3.4.1 情境认知测量方法的研究 .....	106
3.4.2 情境认知各种测量方法的比较 .....	112
3.4.3 情境认知测量实例分析 .....	112
3.5 情境认知定性分析模型与定量评价模型的比较 .....	115
3.6 情境认知的降低与提高 .....	115
3.6.1 情境认知的降低 .....	115
3.6.2 情境认知的提高 .....	117
3.7 飞行员情境认知中注意力分配研究举例 .....	118
3.8 动态信息闪烁频率阈值的测算研究 .....	123
<b>第四章 人的控制特性</b> .....	129
4.1 感觉-运动 .....	129
4.1.1 动作的速度和准确性 .....	129
4.1.2 简单反应时间和选择反应时间 .....	129
4.2 反应选择 .....	134
4.2.1 人的输入与输出通道 .....	134
4.2.2 影响人的控制的因素 .....	135
4.2.3 输入-输出关系 .....	135
4.3 人的失误 .....	143
4.3.1 失误的定义和分类 .....	143
4.3.2 人失误的发生原因和防止对策 .....	143
4.3.3 产生人失误的心理原因 .....	144
4.4 人的控制理论模型 .....	146
4.5 人机交互技术中有关人的特性研究 .....	150

第五章 人的行为信息分析	155
5.1 人的行为信息研究方法 & 数据处理	155
5.1.1 研究方法综述	155
5.1.2 测量的可靠性及有效性	157
5.1.3 信息输入理论	158
5.1.4 信息处理	158
5.2 人作为操作者的数学模型	168
第六章 作业域设计及评价	173
6.1 人体模型	173
6.1.1 工效研究用人体模型	175
6.1.2 人体几何模型	175
6.1.3 人体运动	178
6.2 人体运动仿真	179
6.2.1 位置、方位和位姿	179
6.2.2 坐标变换	180
6.2.3 人体运动学及求解	186
6.2.4 人体动力学及求解	201
6.3 失重状态下人体运动仿真	209
6.3.1 失重状态下人体运动仿真的特殊性	210
6.3.2 失重环境下人体运动仿真研究现状	212
6.3.3 失重环境下人体运动仿真过程的步骤	213
6.3.4 航天员运动仿真过程中的人体模型	214
6.3.5 航天员舱内活动的仿真	227
6.3.6 航天员舱外活动的仿真	228
6.4 人机界面模型	235
6.4.1 传统的人机界面模型及应用	235
6.4.2 相互适应型人机界面模型	237
6.4.3 智能化的人机界面模型	238
6.5 显示/控制器布局与工效设计	238
6.5.1 概述	238
6.5.2 人与显示/控制器对应关系	246
6.6 座椅设计的人机工效学要求	247
6.6.1 作业姿态和生理	247
6.6.2 座椅的设计	250
6.6.3 座椅设计的工效试验及仿真技术	253



<b>第七章 虚拟飞行人机交互平台的研究及应用</b> .....	257
7.1 测量情境认知虚拟现实平台的设计的研究构思 .....	257
7.2 驾驶工效综合评定实验台概述 .....	258
7.3 驾驶工效综合评定实验台的组成及用途 .....	259
7.3.1 驾驶工效综合评定实验台的组成 .....	259
7.3.2 驾驶工效综合评定实验台的用途 .....	265
7.4 驾驶工效综合评定实验台操作性能验证 .....	266
7.5 情境认知在航空工效中的应用 .....	270
7.5.1 实验设计 .....	270
7.5.2 飞行员情境认知的模糊综合评判研究 .....	273
<b>第八章 网络环境下用户行为分析</b> .....	304
8.1 国内外用户信息行为分析研究概况 .....	304
8.1.1 国外网络用户信息行为研究概况 .....	304
8.1.2 研究方法以搜索引擎日志为主 .....	305
8.1.3 信息查询行为的理论研究 .....	305
8.1.4 国内研究概况 .....	306
8.2 用户行为研究常用调查方法 .....	307
8.3 网络用户信息行为分析 .....	311
8.4 网络用户行为分析 .....	312
8.4.1 网络用户行为的概念及特点 .....	312
8.4.2 网络用户行为的分类 .....	313
8.4.3 网络用户行为收集 .....	316
8.4.4 网络用户行为分析过程 .....	321
8.4.5 用户行为分析在智能化过程中的应用 .....	324
<b>参考文献</b> .....	327

# 第一章 概 述

## 1.1 人机交互技术的形成和发展

### 1.1.1 人机交互技术

狭义地讲,人机交互(human-computer interaction, HCI)是研究人、计算机以及它们间相互关系的技术,而用户界面是人与计算机之间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 分别是 *eWeek* 杂志和新浪网([www.sina.com](http://www.sina.com))2007 年总结的人类最迫切需要的十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、视频扫描,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,它的形成和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年)和第二次产业革命(1870~1945年)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,但一般认为,人机交互技术作为一门科学形成于20世纪初,主要应归功于Taylor和Gilbreth,即用近代科学研究手段,研究人机交互问题。1898年美国人Taylor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公斤左右时,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。此后,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”。Taylor为科学方法研究人机工程做出了开拓性贡献。后来,人们对人、机、环境三者之间的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Gilbreth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。

第二次世界大战期间,由于各种新武器不断出现,相关的人机交互技术问题的研究及解决显得更为迫切。第一次世界大战中,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,是使“人适应机器(human to machine)”的设计思想。在第二次世界大战期间,武器装备的性能大大提高,但由于其设计没有充分考虑人机交互问题,使武器装备的效能得不到充分发挥,甚至常有差错和事故发生。这迫使人们认识到,人机交互是武器装备设计不可忽视的重要问题。到了20世纪50年代,电子计算机应用技术的迅速发展;20世纪60年代,载人航天活动取得了突破性进展。这一切使得人、机、环境相互关系的研究显得更为突出。

在欧美工业发达国家,都建立了专门机构研究人机工程问题。先后出现了工效学(ergonomics)、人的因素(human factors)、人体工程学(human engineering)等人机工程的不同命名,不过它们的研究工作都在“人适应机器”、“机器适应人”以及“环境适应人(environment to human)”三个领域中进行。当今,欧洲对人机工程习惯称作 Ergonomics,美国则习惯称 Human Factors。英国1950年成立 Ergonomics 研究会,1957年发行了会刊 *Ergonomics*;美国于1957年成立 Human Factors 协会,出版了不少书刊。20世纪60年代始,前苏联、德国、日本、法国、荷兰、瑞士、丹麦、瑞典、芬兰等国也都成立了相应名称的学会或研究机构。1960年正式成立国际人机工程学会(International Ergonomics Association)。由于人机工程学在工业界的广泛应用,人机交互标准化问题也日益变得重要。所以,国际标准化组织(ISO)于1957年设立了人机工程学术委员会(TC-159),负责其有关标准化的制定工作。

我国的人机交互技术研究,在20世纪50年代发展我国航空航天工业时就已兴起,在航空航天生理与心理学、飞行器驾驶舱人机工程设计、飞行器作业环境对人体影响及防护等,做了大量的研究工作。在20世纪50~80年代中,当时的人机工程研究框架,仍是“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指导下,陈信、龙升照等发表了“人-机-环境系统工程概论”一文,概括性提出了“人-机-环境系统工程”的科学概念。人-机-环境系统工程是基于人体科学和现代科学的理论和方法而发展起来的,正确处理人、机、环境三大要素的关系,是研究人-机-环境系统最优组合的基础。“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、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。当前,随着我国科技和经济的发展,人们对工作条件、生活品质的要求正在逐步提高,对产品的人机工效特性也会日益重视,一些厂商把“以人为本”、“人体工学”的设计作为产品的卖点,也正是出于对这种新的需求取向的重视。

人-机-环境系统工程学作为一门人机交互工程学科,其研究常常是围绕具体的人机交互现实问题而展开。例如由于航空航天活动对人类生理适应性和工作能力的挑战,促进了航空航天人机交互技术的发展,在北京航空航天大学航空科学与工程学院,较早开展了人-机-环境系统工程专业的教学和科研,其中袁修干教授于20世纪90年代初创立了我国第一个该专业的博士学科点,至今已发展成为全国的重点学科。由于工业生产中职业病的广泛危害,在北京大学医学部公共卫生学院王生教授课题组也开展了包括坐姿作业导致的肌肉骨骼劳损、粉尘污染致癌等职业病学研究,同时也涉及作业姿势、作业环境评价等方面的人-机-环境系统工程学的研究。近年来,南京航空航天大学、西北工业大学、北京理工大学等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,如中科院的计算所、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。

我国人-机-环境系统工程的学术研究团体及机构重大事件如下:

1980年我国成立了“中国航空学会人机工程、航医、救生专业分会”;

1984年10月,国防科工委成立了“人-机-环境系统工程标准化技术委员会”;

1987年4月,国防科工委成立了“人-机-环境系统工程专业组”;

1988年,北京航空航天大学成立了“人-机-环境系统工程研究所”;

1990年,国务院学位委员会批准了我国第一个北京航空航天大学人机环境工程博士学位授权点;

1993年10月,“中国系统工程学会人-机-环境工程专业委员会”成立;

2007年11月,国防科工委成立了“人机工效与环境控制国防重点学科实验室”。

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)领域。3C(计算机、通信、消费电子)融合也已不是一个新词汇,

当我们把 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现出来。

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(图 1.1)。

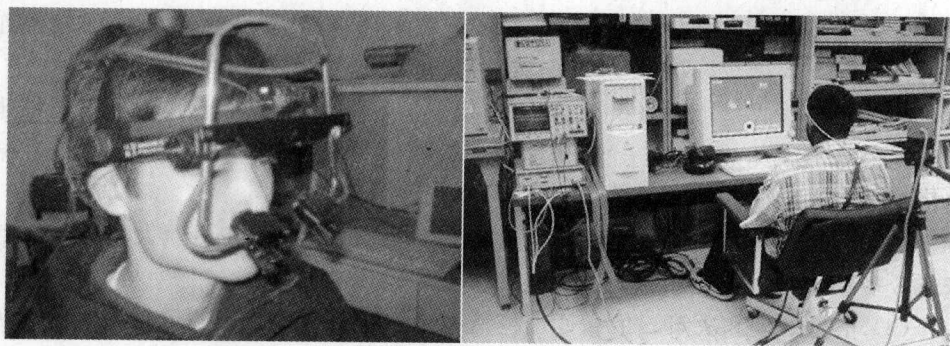


图 1.1 用眼睛“眼标”及直接用大脑思维来控制的“脑标”来操控图形界面实验

综上所述,20 世纪 40 年代前,是人机交互技术发展的萌芽期;20 世纪 40~70 年代是准备期;20 世纪 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,它的研究和应用范围,已全面渗入到航空航天、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的作用。

### 1.1.3 信息在人机交互技术中的作用

人机交互技术是人与机器之间传递和交换信息的媒介,其工作过程是:人机交

互界面为用户提供直观感性的形象,支持用户应用知识、经验、感知和思维等获取界面信息,并使用交互设备完成人机交互,如向系统输入命令、参数等,机器将处理所接受的信息,通过人机界面向用户回送响应信息或运行结果。

任何有效的人机交互功能的完成,常常是四个基本功能组合的结果。这四个基本功能是:信息接收功能(敏感功能)、信息储存功能、信息处理和决策功能、执行功能,如图 1.2 所示。因为信息储存与所有其他功能相配合,所以列在其他功能上面。

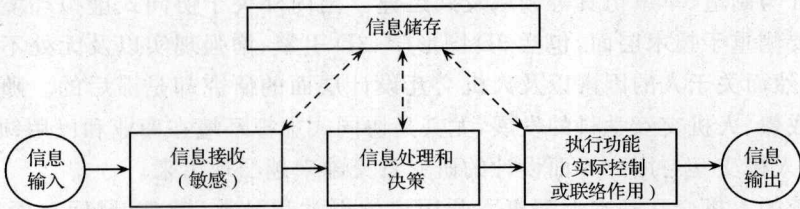


图 1.2 人-机系统基本功能示意图

(1) 信息接收。有些进入系统的信息是来自系统以外。如一架飞机进入塔台指挥员控制范围。也有些信息可能来源于系统内部,如具有反馈特性(如加速器作用时速度计上的读数,或是操纵杆的感触)或是系统中所储存的信息。

如果信息接收是由人来执行,则可使用人的各种感觉,如视、听、触等。机器敏感装置也有不同类型,如电子的、光学的和机械的。由机器来执行信息接收,在某些情况下是人的同样功能的简单代替。

(2) 信息储存。对于人类,信息储存和知识的记忆是同义语。大多数储存起来供今后使用的信息是用编码或符号的形式来表现的。

(3) 信息处理和决策。信息处理包括用接收的信息和储存的信息完成的各种运行方式。当人参与信息处理时,这一过程一般产生一个决策来执行(有时是不做行动的决策)。当使用机械的或自动的机器组件时,必须设法拟定程序,使组件对于每一可能输入都能以预定方式反应。如果使用计算机,这样的程序是可以省略的。

(4) 执行功能。一个系统的所谓“执行”功能,一般是由所作决策产生的动作。这些功能可粗略分为两类。第一类是一些实际控制的行为或过程,如开动某操作机构,或操纵、移动、调整、变换一些设备。第二类基本上是联络作用,如用声音(在人与人之间)、信号、记录或其他方法。这些功能也包含一些体力动作,但在某种意义上说,这对于联络功能不是主要的。

当论及人的活动时,其中三种功能(感知、信息处理和执行)相当于心理学中习惯称之为 S-O-R(刺激-机体-反应)的范例。这三种功能是大多数人类活动不可缺少的。对于个人来说,刺激常常是来自外部(如夜晚驾驶员降落时看跑道上的指示

灯)。有时,刺激也产生于个体内或由个体产生(如判别一项专门活动应该开始执行的时间,或是在一个过程中一个动作是否完成以便紧接着开始下一个动作)。

作为人机交互的典型形式——飞机驾驶员与飞机间的关系如图 1.3 所示。该图表示飞机的显示(或外景)如何作为驾驶员的刺激,这在驾驶员这一部分引起一些类型的信息处理(包括做出决策),顺次形成一些动作(如操纵)控制飞机的飞行。这基本上是一个闭环系统,因为飞机飞行(由操纵造成的)的效果不断影响显示出来的信息(如飞机上的飞行速度指示器)。

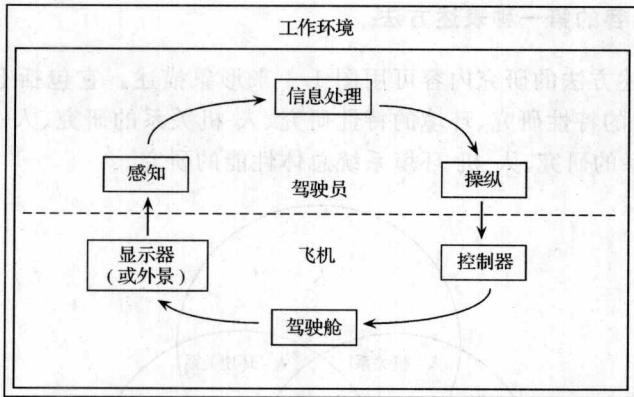


图 1.3 人-机系统示意图

## 1.2 人机交互的研究内容

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以及有关这些现象进行研究的科学,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。第二部分是有人-机-环境系统工程为主的广义人机交互技术的研究内容,如 HMI (human-machine interaction) 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-机-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。

人机交互技术学科的研究内容有两种表述方法。第一种是国家军用标准 GJB—90“人-机-环境系统工程术语”中表述的方法;第二种是欧美国家的系统工效 (system ergonomics) 表述方法。

### 1.2.1 研究内容的第一种表述方法

第一种表述方法的研究内容可用图 1.4 来形象描述。它包括七个方面:人的特性研究、机器的特性研究、环境的特性研究、人-机关系的研究、人-环境关系的研究、机-环境关系的研究、人-机-环境系统总体性能的研究。

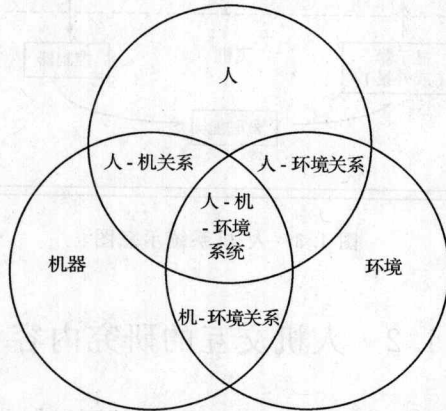


图 1.4 人-机-环境系统研究内容示意图

(1) 人的特性研究。主要包括人的工作能力研究,人的基本素质的测试与评价,人的体力负荷、智力负荷和心理负荷研究,人的可靠性研究,人的数学模型(控制模型和决策模型)研究,人体测量技术研究,人员的选拔和训练研究。

(2) 机器特性研究。研究与人机工程相关的机器特性及其建模技术。

(3) 环境特性研究。研究人机工程相关的环境特性及环境建模技术。

(4) 人-机关系研究。主要包括静态人-机关系研究、动态人-机关系研究和多媒体技术在人-机关系中的应用等三个方面。静态人-机关系研究主要有作业域的布局与设计;动态人-机关系研究主要有、机功能分配研究(人机功能比较研究,人机功能分配方法研究,人工智能研究,网络用户行为信息研究)和人-机界面研究(显示和控制的人-机界面设计及评价技术研究)。

(5) 人-环境关系研究。主要包括环境因素对人的影响,个体防护及救生方案