

高等学校教材·计算机科学与技术

可赠送课件

[dingl@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:dincl@tup.tsinghua.edu.cn)

人机交互技术

——原理与应用

孟祥旭 李学庆 编著



清华大学出版社

高等学校教材·计算机科学与技术

人机交互技术

——原理与应用

孟祥旭 李学庆 编著

清华大学出版社

北京

内 容 简 介

本书采用由浅入深的方式,分两个层次对人机交互技术进行介绍。从基本的人机交互应用开发技术,到当前人机交互研究的技术前沿,完整地介绍了人机交互所涉及的基本问题、主要研究成果和应用方向。

本书内容系统、完整,讲解深入浅出,并设计了丰富的习题和试验,全书配备的电子教案和书中实例的完整程序,需要者可向清华大学出版社索取。

本书可作为计算机相关专业的本科生教材,也可作为工程技术人员的参考书和对人机交互技术感兴趣的读者的自学用书。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13901104297 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社激光防伪标签,无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

人机交互技术:原理与应用/孟祥旭,李学庆编著. —北京:清华大学出版社,2004.9

高等学校教材·计算机科学与技术

ISBN 7-302-09344-X

I. 人... II. ①孟... ②李... III. 人一机系统—高等学校—教材 IV. TP11

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第088080号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址:北京清华大学学研大厦

邮 编:100084

客 户 服 务:010-62776969

责任编辑:付弘宇

封面设计:王 永

印 刷 者:世界知识印刷厂

装 订 者:三河市李旗庄少明装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:16.75 字数:411千字

版 次:2004年9月第1版 2004年9月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-09344-X/TP·6529

印 数:1~5000

定 价:24.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103或(010)62795704

清华大学出版社计算机教材

编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱 教授	北京大学	杨冬青 教授
	覃征 教授		陈钟 教授
	王建民 教授		陈立军 副教授
	刘强 副教授	中国人民大学	王珊 教授
	冯建华 副教授		孟小峰 教授
北京航空航天大学	马殿富 教授		陈红 教授
	吴超英 副教授	北京信息工程学院	孟庆昌 教授
	姚淑珍 教授	石油大学(北京)	陈明 教授
北京交通大学	阮秋琦 教授	天津大学	艾德才 教授
北京科技大学	杨炳儒 教授		
南开大学	吴功宜 教授		
复旦大学	吴立德 教授	上海交通大学	傅育熙 教授
	吴百锋 教授		蒋建伟 副教授
	杨卫东 副教授	华东师范大学	杨宗源 教授
华东理工大学	邵志清 教授		应吉康 教授
东华大学	乐嘉锦 教授	上海第二工业大学	蒋川群 教授
浙江大学	吴朝晖 教授	南京大学	骆斌 教授
	李善平 教授	南京理工大学	张功萱 教授
南京航空航天大学	秦小麟 教授	苏州大学	龚声蓉 教授
南京邮电学院	朱秀昌 教授		
江苏大学	宋余庆 教授		
武汉大学	何炎祥 教授	华中科技大学	刘乐善 教授
中南财经政法大学	刘腾红 教授		朱定华 教授
武汉理工大学	李中年 教授	华中师范大学	魏开平 教授
			王林平 副教授

国防科技大学	赵克佳 教授	中南大学	陈松乔 教授
	肖 侗 副教授		
湖南大学	林亚平 教授		
	邹北骥 教授		
西安交通大学	沈钧毅 教授	西北大学	周明全 教授
	齐 勇 教授	西安石油学院	方 明 教授
长安大学	巨永峰 教授		
西安邮电学院	陈莉君 副教授		
哈尔滨工业大学	郭茂祖 教授	吉林大学	何 桥 教授
长春工程学院	沙胜贤 教授		徐一平 教授
			毕 强 教授
山东大学	孟祥旭 教授	山东科技大学	郑永果 教授
	郝兴伟 教授		
中山大学	潘小轰 教授	厦门大学	冯少荣 副教授
福州大学	林世平 副教授		
云南大学	刘惟一 教授	重庆邮电学院	王国胤 教授
西南交通大学	杨 燕 副教授		

出版说明

改革开放以来，特别是党的十五大以来，我国教育事业取得了举世瞩目的辉煌成就，高等教育实现了历史性的跨越，已由精英教育阶段进入国际公认的大众化教育阶段。在质量不断提高的基础上，高等教育规模取得如此快速的发展，创造了世界教育发展史上的奇迹。当前，教育工作既面临着千载难逢的良好机遇，同时也面临着前所未有的严峻挑战。社会不断增长的高等教育需求同教育供给特别是优质教育供给不足的矛盾，是现阶段教育发展面临的基本矛盾。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2001年8月，教育部下发了《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》，提出了十二条加强本科教学工作提高教学质量的措施和意见。2003年6月和2004年2月，教育部分别下发了《关于启动高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作的通知》和《教育部实施精品课程建设提高高校教学质量和人才培养质量》文件，指出“高等学校教学质量和教学改革工程”，是教育部正在制订的《2003—2007年教育振兴行动计划》的重要组成部分，精品课程建设是“质量工程”的重要内容之一，教育部计划用五年时间（2003—2007年）建设1500门国家级精品课程，利用现代化的教育信息技术手段将精品课程的相关内容上网并免费开放，以实现优质教学资源共享，提高高等学校教学质量和人才培养质量。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作，提高教学质量的若干意见》精神，紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”，在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下，我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”（以下简称“编委会”），旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划，讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师，其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求，“编委会”一致认为，精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求，处于一个比较高的起点上；精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要，要有特色风格、有创新性（新体系、新内容、新手段、新思路，教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量）、先进性（对原有的学科体系有实质性的改革和发展，顺应并符合新世纪教学发展的规律，代表并引领课程发展的趋势和方向）、示范性（教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性）和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐（通过所在高校的“编委会”成员推荐），经“编委会”认真评审，最后由清华大学出版社审定出版。

目前，针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”，即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。首批推出的特色精品教材包括以下三个系列：

- （1）高等学校教材·计算机应用——高等学校各类专业，特别是非计算机专业的计算

机应用类教材。

(2) 高等学校教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 高等学校教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

清华大学出版社经过近二十年的努力，在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌，为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材经过二十多年的精雕细刻，形成了技术准确、内容严谨的独特风格，这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

总策划 李家强

策 划 卢先和 丁 岭

清华大学出版社教材编审委员会

E-mail: dingl@tup.tsinghua.edu.cn

luxh@tup.tsinghua.edu.cn

前 言

信息技术的高速发展给人类生产、生活带来了广泛而深刻的影响。“上网冲浪”、“数码相机”、“PDA”、“彩屏手机”、“蓝牙技术”等新产品、新概念层出不穷，不断冲击着人们的视听。这些高科技成果为人们带来便捷、快乐的同时，也促进了人机交互技术的发展。但作为信息技术的重要分支，人机交互技术却比计算机硬件和软件技术的发展要滞后许多，已成为人类运用信息技术深入探索和认识客观世界的瓶颈。目前，人机交互技术已成为21世纪信息领域亟待解决的重大课题之一，引起了世界许多国家的高度重视。在美国21世纪信息技术计划中，软件、人机交互、网络、高性能计算被列为四大基础研究内容。

人机交互是关于设计、评价和实现供人们使用的交互式计算机系统，且围绕相关的主要现象进行研究的科学。它主要研究人与计算机之间的信息交换，涉及计算机科学、心理学、认知科学、社会学以及人类学等诸多学科，是信息技术的一个重要组成部分，并将继续对信息技术的发展产生巨大的影响。

本书是一本讲述人机交互基本原理和相关技术的教材，从人机交互应用开发的基本技术，到当前人机交互技术的研究前沿，完整地介绍了人机交互所涉及的基本问题、主要研究成果和发展方向，可作为计算机相关专业本科生、研究生教材也可作为从事工业设计、交互设计、软件工程、人机交互、网站设计等相关行业的技术人员的参考书以及对人机交互感兴趣的读者的自学用书。

本书共分9章，第1章介绍人机交互的概念、人机交互与其他相关学科的关系、人机交互的研究内容和人机交互的发展历史及前景；第2章介绍认知心理学及人机工程学在交互设计中的基本原理，认知心理学方面重点介绍认知过程与交互设计原则，人机工程学方面着重介绍显示与控制界面设计的基本原则；第3章从计算机的角度，按主要用途分类介绍人机交互设备的工作原理、应用范围以及评价指标等内容，以便于深入理解建立在这些交互设备基础上的各类交互技术；第4章主要介绍命令行和文本菜单、图形用户界面、多通道用户界面和汉字信息处理等人机交互技术；第5章介绍可用性的概念、可用性评估方法和以用户为中心的界面设计方法；第6章介绍人机交互界面的行为模型、结构模型和事件-对象模型等界面表示模型及这些模型之间的对应关系；第7章介绍实现交互系统所需要的软件构架和实现支持，重点介绍如何将详细设计的结果即界面的表示模型转换成能在硬件上运行的交互系统。第8章介绍Web站点和Web界面设计中的人机交互技术，主要包括Web站点的信息交互模型和结构、Web界面设计的基本思想和原则、界面设计的工具和技术、界面可用性评估等；第9章介绍移动界面的基本概念、设计方法和实现技术。

为了便于对全书内容的理解、复习和提高应用能力，本书系统地设计了各章的习题和课程设计题目。本书所倡导的教学体系和方法已经在本科生和研究生教学中实践多年，并得到不断的改进，获得了较好的效果。

本书是山东大学计算机科学与技术学院人机交互与虚拟现实研究室全体师生共同努力

的成果。其中，第1章由杨承磊执笔，第2章由屠长河执笔，第3章由徐延宁执笔，第4章由潘荣江执笔，第5章由刘世军执笔，第6章和第7章由李学庆执笔，第8章由蒋志芳执笔，最后一章由向辉执笔。佟业鑫、宋鹏和张瑞等同学承担了大部分的绘图、排版等编辑工作和部分文字整理工作。

本书的编写得到了中国科学院软件所戴国忠研究员的悉心指导，在这里向他表示感谢。

本书由孟祥旭教授和李学庆教授统稿、修改和审定。由于时间仓促，编者水平有限，书中欠妥和纰漏之处在所难免，恳请读者和同行不吝指正。

编者

孟祥旭 李学庆

2004年7月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是人机交互	1
1.2 人机交互与其他学科的关系	2
1.2.1 认知心理学	2
1.2.2 人机工程学	2
1.2.3 多媒体技术	3
1.2.4 虚拟现实技术	3
1.3 人机交互的研究内容	4
1.4 人机交互的发展历史及趋势	5
1.4.1 发展历史	5
1.4.2 发展趋势	7
1.5 习题	8
第 2 章 认知心理学与人机工程学	9
2.1 认知心理学	9
2.1.1 人的感知	9
2.1.2 认知过程与交互原则	15
2.1.3 情感	20
2.1.4 人的个性差异	20
2.1.5 概念模型及对概念模型的认知	20
2.2 人机工程学	26
2.2.1 人机系统	26
2.2.2 界面设计中的人机工程学	29
2.2.3 数字化人机工程	31
第 3 章 交互设备	33
3.1 文本输入设备	33
3.1.1 键盘	33
3.1.2 手写设备	35
3.1.3 语音输入设备	36
3.2 图像输入设备	36
3.2.1 扫描仪	36
3.2.2 数码摄像头	38

3.3	指点输入设备	39
3.3.1	鼠标	39
3.3.2	触摸板	40
3.3.3	控制杆	41
3.3.4	光笔	42
3.3.5	触摸屏	43
3.3.6	手写液晶屏	43
3.3.7	眼动跟踪系统	44
3.3.8	光标键——非连续定位装置	44
3.4	显示设备	45
3.4.1	位图显示	45
3.4.2	显示技术	46
3.4.3	数字纸	47
3.5	语音交互设备	47
3.5.1	耳麦	47
3.5.2	声音合成设备	48
3.6	虚拟现实系统中的交互设备	49
3.6.1	三维空间定位设备	50
3.6.2	沉浸感显示设备	52
3.6.3	虚拟现实系统	55
3.7	习题	56
第4章	人机交互技术	57
4.1	人机交互技术概述	57
4.2	命令行和文本菜单技术	58
4.2.1	命令行	58
4.2.2	文本菜单	60
4.3	图形用户界面	61
4.3.1	图形用户界面的主要思想	61
4.3.2	设计图形用户界面的原则	63
4.3.3	基本的图形输入原语	69
4.4	多通道用户界面	70
4.4.1	多通道用户界面的基本特点	71
4.4.2	多媒体技术	72
4.4.3	虚拟现实技术	73
4.4.4	眼动跟踪(eye-gaze tracking)	75
4.4.5	手势识别(gesture recognition)	77
4.4.6	三维输入	78
4.4.7	语音识别(speech recognition)	79

4.4.8	表情识别	81
4.4.9	手写识别(handwriting recognition)	81
4.4.10	数字墨水(digital ink)	83
4.5	汉字信息处理技术	88
4.5.1	文字信息的计算机处理过程	89
4.5.2	汉字编码标准	89
4.5.3	汉字输入方法	90
4.5.4	非键盘输入法	93
4.6	习题	94
第5章	可用性分析与评估	95
5.1	可用性与可用性工程	95
5.1.1	可用性的定义	95
5.1.2	成功与失败的可用性案例	96
5.1.3	可用性工程	97
5.2	支持可用性的设计原则	99
5.2.1	可学习性	99
5.2.2	灵活性	101
5.2.3	鲁棒性	104
5.3	可用性评估	105
5.3.1	用户模型法(user model)	106
5.3.2	启发式评估(heuristic evaluation)	106
5.3.3	认知性遍历(cognitive walkthrough)	108
5.3.4	用户测试(usability testing)	109
5.3.5	问卷调查(questionnaire)	111
5.4	以用户为中心的界面设计	114
5.4.1	对象建模分析	115
5.4.2	视图抽象设计	116
5.4.3	概要设计	116
5.4.4	视图的关联设计	117
5.4.5	视图的全面设计	118
5.5	习题	118
第6章	人机交互界面表示模型	119
6.1	行为模型	119
6.1.1	GOMS	119
6.1.2	LOTOS	122
6.1.3	UAN	125
6.2	结构模型	127

6.2.1	产生式规则	128
6.2.2	状态转换网络	131
6.3	事件-对象模型	136
6.3.1	对话的独立性和语义反馈	136
6.3.2	E-O 模型	137
6.4	行为模型和结构模型的转换	140
6.4.1	整体框架	140
6.4.2	转换算法	141
6.5	习题	145
第 7 章	软件结构和实现	146
7.1	窗口系统	146
7.1.1	窗口系统结构	146
7.1.2	设计交互应用程序	147
7.2	交互系统开发软件包	150
7.3	用户界面管理系统 UIMS	152
7.3.1	作为一个概念结构的 UIMS	152
7.3.2	UIMS 的表示方法	153
7.4	交互系统的软件结构	155
7.4.1	Seeheim 模型	155
7.4.2	MVC 模型及 Struts 结构	157
7.4.3	E-O 模型	163
7.4.4	智能体模型	164
7.5	习题	170
第 8 章	Web 界面设计	171
8.1	Web 基础	171
8.1.1	Web 的出现与发展	171
8.1.2	超文本与超媒体	172
8.1.3	Web 界面设计问题的提出	172
8.2	Web 信息交互模型	173
8.3	Web 信息设计模型	173
8.4	Web 网站的概念设计	174
8.4.1	网站架构和导航设计	174
8.4.2	兼顾不同浏览器的设计	175
8.5	Web 界面设计所涉及的问题	175
8.5.1	Web 界面设计基本原则	176
8.5.2	Web 界面规划	178
8.6	Web 界面设计概要设计	179

8.6.1	Web 界面框架设计	179
8.6.2	Web 界面的内容与风格	179
8.6.3	Web 界面设计的语言与文化	180
8.7	Web 界面设计要素	181
8.7.1	Web 界面布局	181
8.7.2	Web 界面的色彩	182
8.7.3	Web 界面的字体	183
8.7.4	Web 界面的动画与多媒体	185
8.7.5	Web 界面的导航	186
8.8	Web 界面设计技术与工具	186
8.8.1	Web 界面设计技术基础	186
8.8.2	常用 Web 界面设计工具	192
8.8.3	Web 界面设计新技术	193
8.9	Web 界面设计的评估	196
8.9.1	Web 网站的可用性	196
8.9.2	常见 Web 设计错误	196
8.10	Web 界面实例分析	198
8.11	习题	202
第 9 章	移动界面设计	203
9.1	移动界面基本概念	203
9.1.1	移动互联简介	203
9.1.2	移动设备与连接方式	204
9.1.3	移动界面的输入方式	206
9.1.4	移动界面的输出方式	209
9.1.5	移动界面设计的新问题	210
9.2	移动界面的设计方法	211
9.2.1	可用性设计原则	211
9.2.2	移动界面导航	215
9.2.3	移动界面设计要素	217
9.3	移动界面实现	221
9.3.1	移动应用开发技术架构	221
9.3.2	移动设备操作系统	223
9.3.3	移动浏览标准	224
9.3.4	开发工具	225
9.3.5	应用实例分析	226
9.4	习题	228

附录 A 第 4 章的一个例子.....	229
附录 B 长类型 QUSI 的完整实例.....	237
附录 C 简单的 Struts 实现源码实例	246
参考文献.....	250

第 1 章 绪 论

信息技术的高速发展给人类生产、生活带来了广泛而深刻的影响。作为信息技术的一个重要组成部分，人机交互技术已经引起许多国家的高度重视，成为 21 世纪信息领域亟需解决的重大课题。

本章主要介绍以下几个方面的内容：

- 人机交互的概念
- 人机交互与其他相关学科的关系
- 人机交互的研究内容
- 人机交互的发展历史及趋势

1.1 什么是人机交互

信息技术的高速发展给人类生产、生活带来了广泛而深刻的影响。“上网冲浪”、“数码相机”、“PDA”、“优盘”、“彩屏手机”、“蓝牙技术”等新产品、新概念层出不穷，不断冲击着人们的视听。这些高科技成果为人们带来便捷和快乐，同时也促进着人机交互技术的发展。但是作为信息技术的重要内容，人机交互技术比计算机硬件和软件技术的发展要滞后许多，已成为人类运用信息技术深入探索和认识客观世界的瓶颈。因此，人机交互技术已成为 21 世纪信息领域亟需解决的重大课题，引起了许多国家的高度重视。例如，在美国 21 世纪信息技术计划中，将软件、人机交互、网络、高性能计算列为基础研究内容。美国国防关键技术计划也把人机交互列为软件技术发展的重点方向之一。我国“973”计划“虚拟现实的基础理论、算法及其实现”项目中，同样将虚拟环境的真实感知与自然交互理论与方法作为信息技术中需要解决的关键科学问题。

人机交互(Human-Computer Interaction, HCI)是关于设计、评价和实现供人们使用的交互式计算机系统，且围绕这些方面的主要现象进行研究的科学^①。狭义地讲，人机交互技术主要是研究人与计算机之间的信息交换，主要包括人到计算机和计算机到人的信息交换两部分。对于前者，人们可以借助键盘、鼠标、操纵杆、数据服装、眼动跟踪器、位置跟踪器、数据手套、压力笔等设备，用手、脚、声音、姿势或身体的动作、视线甚至脑电波等向计算机传递信息；对于后者，计算机通过打印机、绘图仪、显示器、头盔式显示器(HMD)、音箱等输出或显示设备给人提供信息。它涉及计算机科学、心理学、认知科学和社会学以及人类学等诸多学科，是信息技术的一个重要组成部分，并将继续对信息技术的发展产生巨大的影响。

人机界面(Human-Machine Interface, HMI)作为计算机系统的重要组成部分，主要是

① 译自 ACM SIGCHI, 1992, 第 6 页。

指人类与计算机系统之间的通信方式，包括人-机双向信息交换的支持软件和硬件。

交互设计(interaction design)指的是“设计支持人们日常工作与生活的交互产品”，具体地讲就是关于创建新的用户体验的问题，其目的是增强和扩充人们工作、通信及交互的方式。

交互设计主要研究如何确定人机通信的方式——人机界面，侧重于人机交互通信方式的设计过程和设计方法，而人机交互技术则侧重于研究这种通信方式如何用软硬件实现。

1.2 人机交互与其他学科的关系

人机交互技术与认知心理学、人机工程学、多媒体技术和虚拟现实技术密切相关。其中，认知心理学与人机工程学是人机交互技术的理论基础，而多媒体技术和虚拟现实技术与人机交互技术相互交叉和渗透，其关系如图 1-1 所示。

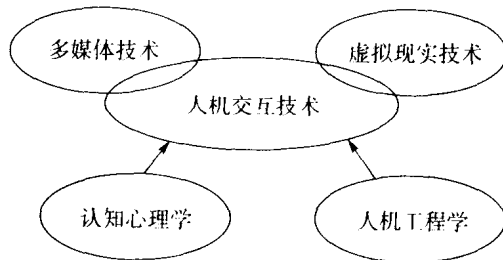


图 1-1 人机交互与其他相关学科的关系

1.2.1 认知心理学

认知心理学(Cognitive Psychology)是 20 世纪 50 年代中期在西方兴起的一种心理学思潮，在 20 世纪 70 年代成为西方心理学的一个主要研究方向。它研究人的高级心理过程，主要是认识过程，如注意、知觉、表象、记忆、思维和语言等，从心理学的观点研究人机交互的原理。该领域研究通过视觉、听觉等接受和理解来自周围环境的信息的感知过程，以及通过人脑进行记忆、思维、推理、学习和解决问题等人的心理活动的认识过程。特别是人脑的认知模型——神经网络及其模型，已经成为新一代计算机、人工智能等领域中最热门的研究课题之一。认知心理学在人机界面设计方面具有非常重要的作用，是人机交互技术的重要理论基础。

1.2.2 人机工程学

人机工程学是运用生理学、心理学和医学等有关知识，研究人、机器、环境之间的合理关系，以保证人们安全、健康、舒适地工作，从而提高整个系统功效的新兴的边缘科学。在人机界面学处于初创和奠基阶段的时候，人机工程学是最活跃、最主要的分支，曾经对人机界面学的发展做出过很大的贡献。经典的人机工程学称为硬件人机工程学，主要