

# 人机交互

[德] Andreas Butz Antonio Krüger 著  
陈雅茜 译



科学出版社

0-8105-10 (平图)

# 人机交互

[德] Andreas Butz Antonio Krüger 著

陈雅茜 译



科学出版社

北京

图字：01-2018-7008

## 内 容 简 介

本书是德国人机交互专家 Andreas Butz 和 Antonio Krüger 的代表作。全书结构清晰、内容丰富、案例翔实，对人机交互领域的理论知识及相关实例进行了系统介绍。理论基础包括交互模型、交互式设计基础、系统开发过程中的人机交互、设计规则、实现支持以及评估技术等。本书还介绍了大量人机交互的典型实例，涉及普适计算、移动计算、增强现实、多传感器网络等热门技术。这些专业内容有助于拓展读者的人机交互知识，提高交互设计能力。

本书可作为高等院校计算机科学与技术、软件工程、网络工程、物联网工程等相关专业的教学参考书，也可供对人机交互感兴趣的其他专业的读者参考。

Copyright © 2017 by Andreas Butz, Antonio Krüger

All Rights Reserved

### 图书在版编目 (CIP) 数据

人机交互/ (德)安德烈亚斯·布茨(Andreas Butz), (德)安东尼奥·克鲁格 (Antonio Krüger) 著; 陈雅茜译. —北京: 科学出版社, 2019.6

书名原文: Mensch-Maschine-Interaktion

ISBN 978-7-03-059105-0

I. ①人… II. ①安… ②安… ③陈… III. ①人-机系统-研究  
IV. ①TB18

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 232471 号

责任编辑: 王 哲 董素芹/责任校对: 郭瑞芝

责任印制: 吴兆东/封面设计: 迷底书装

**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>

**北京中石油彩色印刷有限责任公司** 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

\*

2019 年 6 月第 一 版 开本: 720 × 1000 B5

2019 年 6 月第一次印刷 印张: 13 3/4 插页: 1

字数: 258 000

定价: 96.00 元

(如有印装质量问题, 我社负责调换)

## 中文版前言

人机交互是计算机领域的新兴发展方向之一，主要探索用户与系统之间的交互关系，有助于交互式系统的设计、实现和评估，是一门涉及计算机科学、工业设计、社会学、心理学的交叉性学科。用户和系统这两大基本要素对于人机交互领域同等重要：系统开发要求熟练掌握计算机图形学、操作系统、编程语言等技术；同时需要深刻理解用户需求，因此也会用到语言学、社会学、认知心理学等方面的知识。人机交互的交叉学科特性将来自不同学科背景的研究者紧密地结合起来，形成一个独特且富有吸引力的新兴研究方向。

本书的两位作者是德国人机交互方向的专家，拥有多年的交互研究经验。本书由关于人的基础知识、关于机器的基础知识、交互系统的开发、代表性交互形式等四部分组成。在系统介绍理论知识的同时，还提供了大量实例。

本书的翻译得到了原书作者的大力支持，他们不仅帮助我厘清了容易出现歧义的内容，还无私地分享了教学课件、教学视频和习题资料。在此我谨向 Butz 和 Krüger 教授表示最诚挚的谢意。同时感谢欧长坤在本书的图表编辑、部分文字校对方面所做的工作。另外，我还要感谢科学出版社王哲等编辑的热心帮助。本书的出版得到了“软件工程四川省卓越工程师教育培养计划项目”、“四川省科技计划”（2019YFH0055）的支持。

由于译者水平所限，中文版难免存在不足之处，敬请广大读者批评指正。

陈雅茜

2018年8月

# 作者序

## 观点与概念

本书名为《人机交互》(Human-Machine-Interaction, HMI),是从计算机科学家的角度来阐述的,基于很多原因也可以称为 HCI (Human-Computer-Interaction)。计算机相关专业领域经常使用 HCI 这个名称,这样可以和传统机械制造等其他领域区分开来。作为本书的作者,我们决定使用 HMI,这是因为我们对于计算机作为文化技术的观点深受 Mark Weiser 关于普适计算定义的影响:正如电在过去一个世纪中所做的那样,计算能力和计算机技术在人们的日常生活环境中留下了许多痕迹。如今虽然大多数的设备都是电力驱动的,但它们不再只是被称为电器而已。日常生活中的大多数设备都是通过计算机技术运行的,但是两者之间的界限已不再明显,计算机和机器已经融合了。计算机科学家被要求设计出能嵌入人们日常生活环境的计算机系统,传统的个人计算机(Personal Computer, PC)不再占据主导地位。例如,本书最后一部分介绍的移动和普适系统、交互式界面以及电子书甚至汽车、飞机,如果没有计算机技术,这些都是不可想象的。本书的目标在于对计算机科学家进行训练,补充必需的基础知识,进而可以为人类所有生活领域设计尽可能合理的(计算)设备。

当然,采用 HMI 一词一方面是因为其在德语中比 HCI 更为顺口,另一方面则是因为本书部分内容来源于慕尼黑大学 Human-Machine-Interaction 这门课程。

我们所使用的用户界面的概念其实是从 UI (User Interface) 翻译过来的,它反映了计算机技术非常专业的一面:如同打印机或大容量存储设备等所拥有的计算机界面一样,用户也有一个界面。该界面最好是特别具体的,其相关转换协议的描述也应尽可能简单。即使用户界面这一新概念也无法逃脱这个约束,因此我们在这里还是沿用已有的旧的形式。本书旨在通过对人类能力的讨论来扭转这个局面。我们关注的是在基于计算机的设备的设计中始终将人放在中心位置,并且尽可能多地利用好机器的能力和需求。我们将计算机视为解决任务、娱乐、交流或完成其他活动的工具。用户界面越好,它被感知到的概率就越小,不需要进入前台就可以执行预期活动。Weiser (1991, 1998) 将该行为和写作进行了比较,写作过程中信息的传递和转换与笔的构造或油墨的成分并没有关系。写作的用户界面是完全透明的,从我们的感知来看就是界面消失了。

这样的计算机系统的设计不仅需要传统计算机技术(正确有效的计算机系统

的设计和构建以及相关编程), 还需要心理学对人类感知和信息处理的基本理解、生理学和人体工学对运动机能的理解、交互设计对相关交互技术的理解。所有这些方面共同构成了本书所使用的人机交互的概念。

## 本书的范围与需求

本书可作为人机交互的教材, 特别针对计算机专业的学生。这是从计算机科学家的角度来看的, 也就是说书中会出现计算机相关内容, 如数据结构或软件开发模式等, 但是并未对较深入的计算机或编程知识提出要求。本书的基本结构部分来自于美国计算机协会 (Association of Computing Machinery, ACM) 对于该专业的推荐课程设置<sup>①</sup>。出于为学生考虑, 本书内容紧凑, 内容可以在一学期内讲授完。本书并未完整地收集所有需求, 而是有意识进行了选择, 在保证正确性的前提下尽量使内容紧凑。对于很多知识点虽然可以从科学角度进行深入解释, 但为了保持内容紧凑我们放弃了这种做法, 而是给出了相应的文献资料。因此我们认为本书并不是 Preim 和 Dachzelt (2010) 著作的竞争者, 而是作为其内容的补充及进一步探索。通过对重要内容的缩减, 推荐本书不仅作为教学用书, 而且可以用作课余自学用书。当了解并应用本书内容后, 至少可以在设计和使用交互系统的过程中避免出现一些严重的错误。同时本书还可以作为产品或交互设计等相关学科以及心理学子学科中关于人类因素的参考资料。

## 本书的结构与应用

本书由四部分组成。前三部分是关于人 (第一部分)、机器 (第二部分) 和开发过程 (第三部分) 的基础知识。第四部分将这些基础知识应用于某些代表性应用领域并展示出相应的特殊性。第四部分还可以作为进阶课程 (人机交互进阶课题) 的指南。前三部分的内容相对比较固定, 第四部分深受模式更新和后续发展的影响, 可能很快就会过时。

作为教学用书, 每章末尾都给出了练习, 目的在于对讲授的知识进行深化或者验证是否正确理解了相关知识。延伸阅读和示例是对所介绍的概念的解释和补充, 或者添加一些逸闻趣事。非计算机科学家可以跳过某些章节, 如心理学家可以跳过人类感知和认知的部分, 交互设计师可以跳过以用户为中心的设计部分。

当读者在后续学习或将来的职业生涯中再次碰到具体问题时, 即使记忆存在衰退, 也还是能够通过本书紧凑的内容再次快速刷新相关知识。本书详细的结构有助于快速定位到所需内容, 高显的关键概念也可以作为索引使用。

<sup>①</sup><http://www.sigchi.org/resources/education/cdg>。

## 谢谢，出发吧！

在本书撰写期间除了作者和出版社还有很多人也参与其中，我们在此简短地致以谢意。Michael Rohs 为本书的构思提供了积极的思路，Albrecht Schmidt、Patrick Baudisch 和 Bernhard Preim 为我们的理念提供了积极的反馈，这些鼓励促使我们完成了本书的写作。Julie Wagner 针对内容为我们提供了实质性的反馈和补充，Sylvia Krüger 在语言方面为我们提供了校对帮助。另外，我们还收到了来自慕尼黑大学与萨尔布吕肯德国人工智能研究所的工作团队的很多宝贵建议，在此一并致谢。

## 第二版的补充

在本书问世后的三年间，我们从不同层面获得了反馈和校正信息：学生在本书的学习过程中发现了拼写错误，同时纠正了错误概念和逻辑错误。同事对已有的课程资料进行了补充，课程助教准备了更多的练习。我们在此表示衷心的感谢。

第四部分正如期待的那样赶上了技术发展，我们对其进行了一些补充和扩展：增加了新的一章——**普适计算**，而此前只是在移动交互一章进行了简要介绍。随着近年来的技术发展，**虚拟现实与增强现实**正如预期那样迅速成为业界的关注点。正因如此我们单独撰写一章作为本书其他章节的补充。

# 目 录

中文版前言

作者序

## 第一部分 关于人的基础知识

第1章 人类信息处理的基本模型	3
1.1 人类的信息处理及动作控制	4
1.2 人类处理器模型	5
练习	6
第2章 感知	7
2.1 视觉与视觉感知	7
2.1.1 视觉感知的生理学	7
2.1.2 颜色感知	9
2.1.3 空间视觉	11
2.1.4 有意识感知与下意识感知	13
2.1.5 格式塔定律	13
2.2 听觉与听觉感知	15
2.2.1 听觉感知的生理学	15
2.2.2 听觉感知的特殊性	17
2.3 触觉与本体感觉	18
2.4 嗅觉与味觉感知	19
练习	19
第3章 认知	20
3.1 记忆的类型	20
3.1.1 短期记忆与认知过程	20
3.1.2 长期记忆	21
3.2 学习	22
3.3 遗忘	24
3.4 注意力	25
3.5 认知负荷	26
3.5.1 工作记忆负荷	27



3.5.2	多次任务的负荷	27
3.5.3	认知负荷的计算	28
3.6	决策与决策时间	28
	练习	29
<b>第4章</b>	<b>运动机能</b>	<b>31</b>
4.1	菲茨定律	31
4.2	转向定律	33
4.3	双手交互	34
	练习	35
<b>第5章</b>	<b>心理模型与错误</b>	<b>36</b>
5.1	各种模型类别	36
5.2	模型间的相互作用	37
5.2.1	透明度	38
5.2.2	灵活性	38
5.3	用户错误	39
5.3.1	目标导向型行为的执行	39
5.3.2	基本错误类型	40
5.3.3	墨菲定律	41
	练习	42

**第二部分 关于机器人的基础知识**

<b>第6章</b>	<b>技术限制</b>	<b>47</b>
6.1	视觉呈现	47
6.1.1	空间分辨率	47
6.1.2	时间分辨率	48
6.1.3	颜色及亮度呈现	49
6.2	听觉呈现	50
6.3	摩尔定律	51
	练习	51
<b>第7章</b>	<b>用户界面设计的基本规则</b>	<b>53</b>
7.1	功能可见性	53
7.2	约束	54
7.3	映射	54
7.4	一致性和可预见性	56
7.5	反馈	58

7.6	容错和错误避免	59
7.7	界面动画	60
7.8	物理类比	61
7.9	作为用户界面基础的隐喻	63
7.10	对象动作界面模型	65
	练习	66
<b>第8章</b>	<b>建立交互风格</b>	<b>67</b>
8.1	命令	67
8.2	对话	69
8.3	搜索与浏览	69
8.4	直接操纵	71
8.5	交互可视化	71
	练习	73
<b>第9章</b>	<b>图形用户界面的基本模式</b>	<b>74</b>
9.1	设计模式: 模式-视图-控制器	74
9.2	可缩放用户界面	75
9.3	焦点与语境	77
	练习	79

### 第三部分 交互系统的开发

<b>第10章</b>	<b>以用户为中心的基本设计理念</b>	<b>83</b>
10.1	理解	84
10.2	设计	84
10.3	再现	85
10.4	评估	85
10.5	迭代式设计	86
10.6	实现	86
	练习	86
<b>第11章</b>	<b>用户需求的收集与理解</b>	<b>87</b>
11.1	利益相关者	87
11.2	面试方法	88
11.3	调查问卷	89
11.3.1	结构	89
11.3.2	答案类型	90
11.3.3	在线调查问卷	91

11.4	焦点小组	92
11.5	观察	93
11.6	人物角色与场景	94
	练习	96
<b>第 12 章</b>	<b>草图与原型系统</b>	<b>97</b>
12.1	草图的属性	97
12.2	原型系统的属性	98
12.2.1	分辨率与保真度	98
12.2.2	水平和垂直原型系统	99
12.2.3	绿野仙踪原型系统	99
12.3	纸质原型系统	99
12.4	视频原型系统	101
	练习	102
<b>第 13 章</b>	<b>评估</b>	<b>104</b>
13.1	评估的类型	104
13.1.1	构成式与总结式	104
13.1.2	定量与定性	104
13.1.3	分析式与经验式	105
13.2	分析式方法	105
13.2.1	认知过程走查法	105
13.2.2	启发式评估	106
13.2.3	GOMS 与 KLM	108
13.3	经验式方法	109
13.3.1	变量和值	109
13.3.2	被试者	110
13.3.3	观察研究	110
13.3.4	受控实验	111
13.3.5	结果呈现	113
13.3.6	统计评估	115
13.3.7	实地研究与实验室研究	116
13.3.8	长期研究与日志研究	117
	练习	118
<b>第 14 章</b>	<b>体验设计</b>	<b>119</b>
14.1	目标与需求	120
14.2	用户体验的描述	121

14.3	用户体验的评估	121
14.4	用户体验：示例	122
	练习	123
<b>第四部分 代表性交互形式</b>		
<b>第 15 章</b>	<b>个人计算机上的图形用户界面</b>	<b>127</b>
15.1	个人计算机与桌面隐喻	127
15.2	WIMP 概念	128
15.2.1	窗口与列表	128
15.2.2	菜单技术	129
15.3	所见即所得	131
	练习	132
<b>第 16 章</b>	<b>万维网的用户界面</b>	<b>133</b>
16.1	Web 基本技术概念	133
16.2	布局：流式、静态、自适应、响应式	135
16.3	内容：静态或动态	137
16.4	使用类型：Web x.0 ( $x = 1, 2, 3, \dots$ )	137
16.5	网站是如何被读取的	138
16.6	定向与导航	139
16.7	社交网络规则：万维网的网络礼仪	139
	练习	140
<b>第 17 章</b>	<b>交互式界面</b>	<b>142</b>
17.1	触摸与多点触摸	142
17.1.1	触摸的传感器技术	142
17.1.2	Buxton 的三状态模型	144
17.1.3	Midas 触摸问题	145
17.1.4	胖手指问题	146
17.1.5	触摸的交互理念	146
17.2	大型交互式界面	147
17.2.1	双手交互	147
17.2.2	多用户	148
17.2.3	空间分配	149
	练习	149
<b>第 18 章</b>	<b>移动交互</b>	<b>150</b>
18.1	可中断性	150

18.2	显式与隐式交互	152
18.3	小屏幕上的可视化	152
18.4	移动交互理念	154
18.5	移动传感器技术	156
	练习	158
<b>第 19 章</b>	<b>普适计算</b>	<b>159</b>
19.1	普适计算的技术基础	161
19.2	信息设备	161
19.3	实物用户界面	162
19.4	交互语境	163
19.4.1	物理语境	164
19.4.2	社交语境	164
19.4.3	面向服务的语境	165
19.4.4	语境敏感性：以行人导航为例	165
19.5	可穿戴式计算	168
	练习	169
<b>第 20 章</b>	<b>虚拟现实与增强现实</b>	<b>170</b>
20.1	虚拟现实	170
20.1.1	输入：跟踪	172
20.1.2	输出：显示屏	174
20.1.3	虚拟世界中的交互	175
20.1.4	沉浸在虚拟世界中	177
20.2	增强现实	178
20.2.1	输入：跟踪	179
20.2.2	输出：显示屏	179
20.2.3	AR 中的交互与 UI 理念	181
	练习	182
	图片来源	183
	参考文献	186
	索引	195
	彩图	





## 第 1 章 人类信息处理的基本模型

人类可以通过不同的方式对信息进行处理。认知心理学将人类看作一个信息处理系统。刺激是感知的基础及信息的来源，而刺激是通过人类的感知器官获取并整合成为一个总体印象的。认知对信息进行处理。感知和认知的机制因此成为人机交互的核心。计算机为人类完成某些特定任务提供支持和服务。它是一个多功能的工具，可以帮助人类进行认知、交流、思维等。为了使这一角色更加充实，有必要介绍交互系统基本知识中关于人类信息处理的基本模型以及相应的能力与局限。认知法将人类视为信息处理的有机体，可以进行感知、思考和动作。大多数交互系统设计的目标在于开发出简单高效的系统，因此对用户的任务和需求进行优化调整是非常重要的。

图 1.1 显示的人机系统模型由语境、用户、任务和工具组成。这些元素之间相互关联。用户需要工具（在本例中特指计算机系统）的帮助来完成某个任务，而任务决定了用户的目标。作为工具的计算机系统为任务的完成提供了特定的资源，而这些资源和任务需求、用户优缺点之间的拟合精度决定了任务完成的难度。工具属性的改变将导致任务的改变，从而导致完成任务的步骤也随之改变。最后，工作环境等语境信息对于任务的完成质量也是一个重要的影响因素。

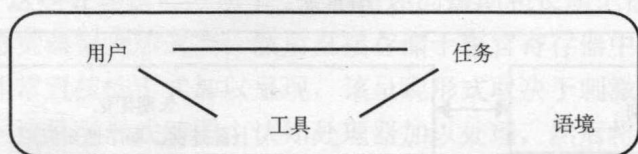


图 1.1 人机系统模型：语境、用户、任务和工具（Wandmacher, 1993）

人机交互的初衷是改善人机系统。整体系统的优化意味着任务要尽可能有效率（较少的努力）和有效果（好的结果）地完成，同时能达到最大程度的客观满意度。当我们将计算机系统作为智能工具时，对感知功能进行调整和支持的核心意义在于对人类认知功能的支持、记忆内容的可视化、计算机生成对象的感知、允许和别人的交流等。当今的计算机系统不仅仅是认知工具，很多计算机系统的目标在于生成艺术化的感官对象，这些对象能传递如视觉、听觉或触觉等多类别的信息。在这点上，不只有认知才是相关的，感官的其他方面也应考虑在内。模拟飞行或虚拟现实 CAVE 系统等应用就是一类很明显的例子。除了认知和感官，



人类的**运动机能**属性也很重要，因此必须有活跃的机械输入。人类感官、信息处理和运动学之间有着明显的直接相关性。只有认识到人类基础的属性和局限性，并且系统能对这些属性进行最佳适配，才有可能实现一个优化的、可运行的人机系统。

人类和计算机各自都有优势和劣势。作为一个整体系统，人类和计算机的属性通常是互补的。目前人类不仅可以察觉到模糊信号，还能可靠地检测到复杂信号（如语言）或复杂配置（如空间场景）。人类可以适应意料之外或不熟悉的场景，并且记住与之相关的大部分信息，还能在接收到的大量信息中专注于本质活动。相对于人类，计算机可以快速处理算法化、条文化的问题，对明显信号进行快速可靠的检测，对大量非连续性数据进行存储以及对操作进行任意多次的重复。

### 1.1 人类的信息处理及动作控制

图 1.2 展示了人类信息处理与动作控制的各组成部分 (Wandmacher, 1993): 感官系统通过感觉器官对刺激进行处理并将其短暂地存储于感官寄存器中。最后通过模式识别生成感官对象符号化、概念化的表现。短期记忆 (Short Term Memory, STM) 用于做决定或记忆搜索等受控认知过程。长期记忆 (Long Term Memory, LTM) 呈现的是陈述性、程序性的知识。运动机能系统包括如手臂-手掌-手指系统的运动、眼球和大脑的运动、语言等。

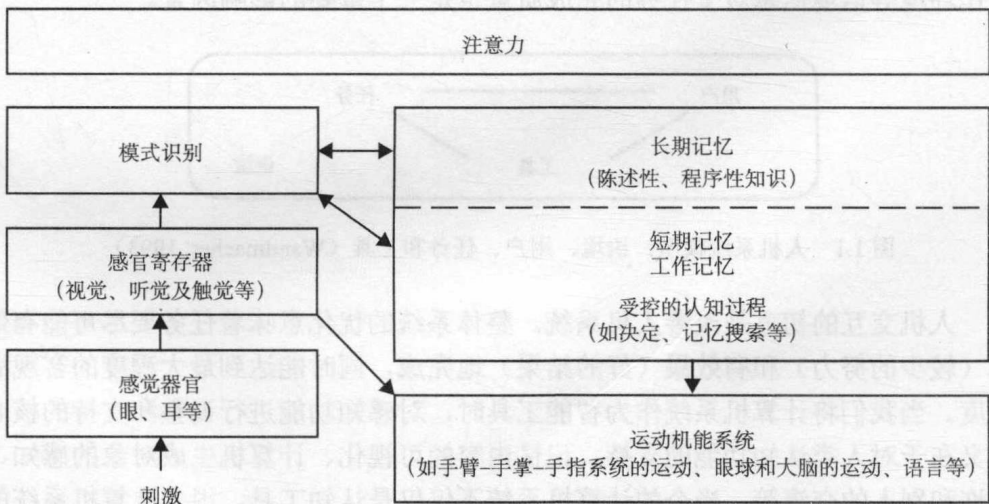


图 1.2 人类信息处理与动作控制的各组成部分

注意力构成了人类信息处理与动作控制系统的一个总体组件。它服务于受控处理范围内特定感官与运动机能的认知资源的分配。受控处理的容量是有限的。