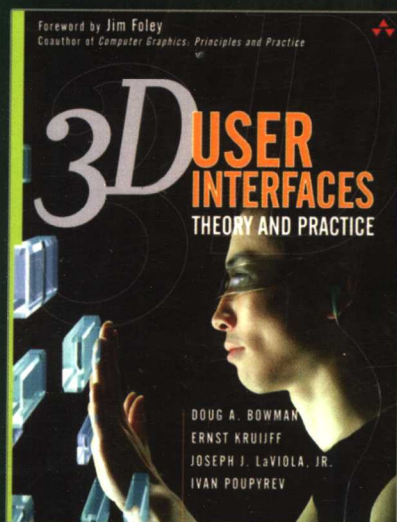


三维用户界面

——理论与实践

3D User Interfaces
Theory and Practice



[美] Doug A. Bowman Ernst Kruijff 著
Joseph J. Laviola, Jr. Ivan Poupyrev

张凤军 纪连恩 等译
戴国忠 审校



电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry
<http://www.phei.com.cn>

国外计算机科学教材系列

三维用户界面

—— 理论与实践

3D User Interfaces

Theory and Practice

[美] Doug A. Bowman Ernst Kruijff 著
Joseph J. Laviola, Jr. Ivan Poupyrev

张凤军 纪连恩 等译

戴国忠 审校

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 · BEIJING

内 容 简 介

随着虚拟环境、增强现实、混合现实以及普适计算等“脱离桌面”技术的出现,三维用户界面(3D UI)的设计和开发已经成为一个重要的研究领域。在计算机辅助设计、放射治疗、外科手术模拟、科学和信息可视化、游戏和娱乐等领域,正越来越多地用到3D技术,3D UI已经成为当今人机交互研究中最热门的方向之一,是这一领域中的创新前沿。

本书涉及3D UI技术、设计和评估的各个方面。包括用于3D UI的输出和输入设备;面向通用任务的3D交互技术,如选择、操作、导航以及系统控制等;有关3D UI设计和开发的指南和评估技术;3D UI的未来,包括增强现实和混合现实交互技术以及影响3D UI未来发展的若干重要课题。书中同时包含了大量有建设性的例子和方案,它们是对3D UI最新理论和实践的全面总结。

本书结构合理,内容丰富,适合作为计算机及相关专业高年级本科生及研究生的教材和参考书,也可作为相关领域从业人员的优秀参考资料。

Simplified Chinese edition Copyright © 2006 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and Publishing House of Electronics Industry.

3D User Interfaces: Theory and Practice, ISBN: 0201758679 by Doug A. Bowman, Ernst Kruijff, Joseph J. Laviola, Jr. & Ivan Poupyrev. Copyright © 2005. All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Addison-Wesley.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macau).

本书中文简体字翻译版由电子工业出版社和Pearson Education培生教育出版亚洲有限公司合作出版。未经出版者预先书面许可,不得以任何方式复制或抄袭本书的任何部分。

本书封面贴有Pearson Education培生教育出版集团激光防伪标签,无标签者不得销售。

版权贸易合同登记号 图字:01-2004-5212

图书在版编目(CIP)数据

三维用户界面:理论与实践/(美)鲍曼(Bowman, D. A.)等著;张凤军等译.

北京:电子工业出版社,2006.4

(国外计算机科学教材系列)

书名原文:3D User Interfaces: Theory and Practice

ISBN 7-121-02373-3

I. 三... II. ①鲍... ②张... III. 三维-用户界面-程序设计-教材 IV. TP311.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第018856号

责任编辑:许菊芳

印 刷:北京市顺义兴华印刷厂

出版发行:电子工业出版社

北京市海淀区万寿路173信箱 邮编:100036

经 销:各地新华书店

开 本:787×1092 1/16 印张:20.5 彩插:1页 字数:528千字

印 次:2006年4月第1次印刷

定 价:45.00元

凡购买电子工业出版社的图书,如有缺损问题,请向购买书店调换;若书店售缺,请与本社发行部联系。联系电话:(010)68279077。质量投诉请发邮件至zltz@phei.com.cn,盗版侵权举报请发邮件至dbqq@phei.com.cn。



图 3.17



图 4.23



图 3.24



图 7.9

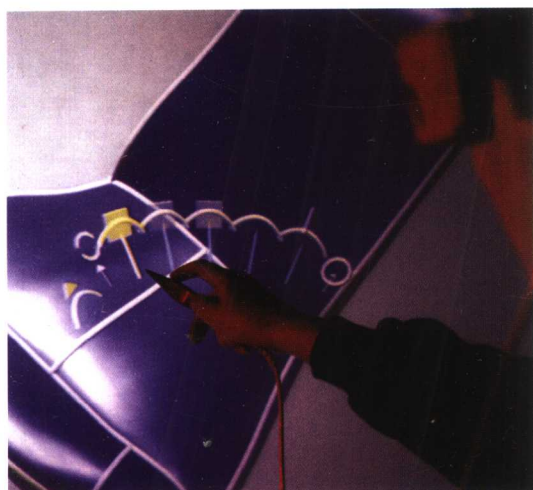


图 8.3

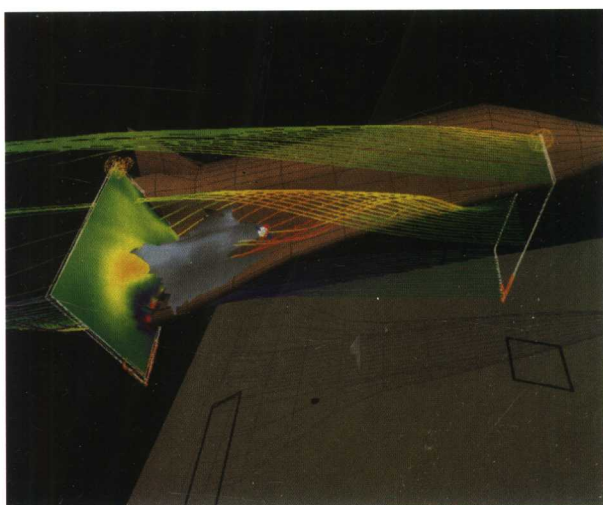


图 8.6

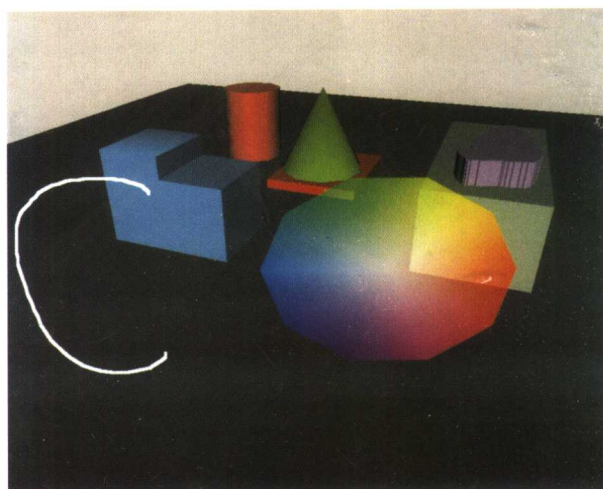


图 8.11

译者序

随着虚拟环境、增强现实、混合现实以及普适计算等“脱离桌面”技术的出现,三维用户界面(3D UI)的设计和开发已经成为一个重要的研究领域。目前,支持 3D UI 的技术正逐渐成熟,非传统的设备和界面组件正在快速增多并越来越普遍。在计算机辅助设计、放射治疗、外科手术模拟、科学和信息可视化、游戏和娱乐等领域,也越来越多地用到 3D 技术,这就需要设计良好的用户界面。3D UI 已经成为当今人机交互(HCI)研究中最热门的方向之一,是这一领域中的创新前沿。

3D 交互指的是用户任务直接在三维空间上下文中执行的人机交互方式。虽然已有的对于 2D UI 的有用经验可以为这种交互方式提供有益的参考,但它是一种全新的界面形式,面临着技术和应用的挑战。目前的 3D UI 还没有统一的范式或标准,各种交互设备和交互技术以及它们之间的组合复杂多样,这一方面使用户界面的设计空间变得更大,另一方面也使界面设计与特定应用密切相关,没有适合于所有领域的通用设备和技术。另外,自然、和谐的 3D 交互也是困难的,因为在计算机生成的虚拟仿真世界中,还无法精确地模拟和再现真实物理世界中的许多规则和约束,因此迫切需要发展新颖的基于真实交互的 3D UI 或其他交互隐喻。

来自 3D UI 领域的研究和开发前沿的几位年轻作者,敢于向 3D UI 的难题挑战,写出了这本内容丰富、观点鲜明的专著,值得敬佩。本书是作者以及他们的老师和学生的个人研究经验的结晶,其中部分内容以 1999 年到 2001 年的 IEEE VR 和 ACM SIGGRAPH 等会议中举办的相关课程为基础,这些课程都获得了非常大的成功。书中以分类学为指导,对界面组件的设计和开发进行了阐述,并特别强调了心理学和人因学在界面设计、开发和评估中的作用。

本书的内容涉及 3D UI 技术、设计和评估的各个方面。包括用于 3D UI 的输出和输入设备,选择和开发 I/O 设备的指南;面向通用任务的 3D 交互技术,包括选择、操作、导航以及系统控制等;有关 3D UI 设计和开发的指南和评估技术;3D UI 的未来,包括增强现实和混合现实交互技术以及影响 3D UI 未来发展的若干重要问题。书中同时包含了大量建设性的例子和方案,它们是对 3D UI 最新理论和实践的全面总结。

3D UI 的核心是实现人机和谐的自然交互。我国提出了建立和谐社会、以人为本的国策,我们应该在实现人机和谐环境的主要内容——人机交互和用户界面领域中有所作为,引领未来。

参加本书翻译工作的是中国科学院软件研究所人机交互实验室的研究人员,有张凤军、纪连恩、王亮和朱继玉,并由戴国忠研究员和肖连华研究员进行了仔细的审校。我们也感谢电子工业出版社的编辑,他们给予了我们很多的帮助。

译文中若有不当之处,敬请读者批评指正。

序

三维用户界面(3D UI)的时代到来了! 3D 交互和 3D 显示的研究开始于 20 世纪 60 年代, 由 Ivan Sutherland, Bob Sproull, Fred Brooks, Andrew Ortony 和 Richard Feldman 等人开创。现在已经存在很多成功的商业 3D 应用, 例如计算机辅助设计与仿真、放射治疗、药品开发、外科手术仿真、科学与信息可视化以及娱乐等, 但到目前为止, 尽管不断有丰富的研究成果、系统原型和产品面世, 却没有人或组织专门为 3D UI 编写过全面而权威的专著。

这是为什么呢? 为什么说由 Doug Bowman, Ernst Kruijff, Joe LaViola 和 Ivan Poupyrev 撰写的这本书是首次对 3D UI 的全面阐述呢?

也许是因为在过去的 20 年里, WIMP 图形用户界面(GUI)的使用让我们脱离了轨道。毕竟有数以百万计的用户广泛地使用由窗口、图标、菜单和鼠标指示的 GUI。Mac 操作系统、Windows 系统以及许多 UNIX 系统的用户都很熟悉 GUI。事实上, 每一个 Web 用户都在使用这样的 GUI, 而每年有上亿这样的用户。2D GUI 仍将伴随我们很长时间, 毕竟大多数人的日常工作环境都是平面的, 这不仅包括网页, 还包括文档、演示文稿以及电子表格等。当然, 它们中的有些也可以扩展到三维, 但是大多数情况下二维就足够了。更进一步说, 二维条件下的指点、选取和键入的工作相当快速, 一般不会出错, 并且工作得很好。

也许是因为使用 3D GUI 的用户没有 2D WIMP GUI 的用户多, 所以 3D GUI 的重要性还没有得到大多数人的认同。但是上面列出的三维应用将会产生具有数十亿美元价值的制造业, 像航空业和汽车制造业。在保护和挽救生命的医药与健康产业中, 其价值同样巨大, 甚至更为重要。

由 Doug, Joe, Ivan 和 Ernst 引入的这些特定背景正是我们所需要的。Doug 曾在美国乔治亚理工大学的 GVI 中心工作, 他在那里和 Larry Hodges 等共同研究 3D UI, 他现在是弗吉尼亚理工大学的一个颇具影响的 HCI 小组的成员。Joe 和 Andy van Dam 一起在 Brown 工作, Andy 长期支持多信息 3D 交互的研究。Ivan 来自华盛顿大学 HIT 实验室, 在那里他和 Tom Furness, Suzanne Weghorst 一起工作, 现在他是 Jun Rekimoto 在 Sony CSL 的同事。Ernst 在德国 Fraunhofer IMK 的 VE Group 和 Martin Goebel 一起工作。

不管怎样, 我都要感谢这个小组, 能让我们得以分享他们的研究成果和经验。在我审阅这本书的手稿时, 我记下了自己对这本书的一些想法: 本书是全面的、广博的、权威的并体现分类学的, 它基于心理学、人机交互、人因学和计算机图形学等研究成果, 以著者、他们的老师和学生的个人研究经验为基础。

我本人一直在宣传将计算机研究和人的研究相结合的重要性。实际上, 这是我在乔治亚理工大学组建 GVI 中心的一个主要出发点。本书也体现了这一点, 在讲到 3D 导航和交互时, 就引用了心理学与人因学中关于人类问题的大量讨论。

本书的确既适合于应用人员, 又适合于研究人员, 它包含广泛的文献评论、实例和指南, 能帮助我们理解现在该做些什么。结合第 13 章中列出的需要研究的议题, 这些材料也能帮助我们理解哪些是我们现在还不知道的。

我特别推荐读者阅读第 11 章,它探讨了 3D UI 评估的问题。计算机图形领域的设计人员往往只研究设备和技术,然后就把它“抛向”用户。这不是成功之路! 仔细研究和评估用户的需求,并把它们作为设计环节的一部分,将更有可能产生有效的技术。本书的作者正在努力克服 3D 界面设计中的困难,他们懂得从第一手的经验中了解需求的重要性。本书的 11.4 节探讨了 3D 界面评估过程的与众不同的特点,这是一个来自第一手经验的极好的典范。

感谢 Doug, Ernst, Joe 和 Ivan!

Jim Foley
乔治亚理工大学
计算机学院 GVI 中心
2004 年 3 月

前言

一位建筑师坐在家中的办公室里,正对市内公园新大门的设计方案做最后的调整。在她面前的办公桌上呈现出公园的三维虚拟模型,她用肘向右轻推一条路来绕开洼地,然后将模型变成实物大小,这样她可以沿着这条路来观看效果。“入口处的颜色太深了,这可不好。”她想着,很快地将颜色面板改成明亮的主色调。她抬头看到客户正赶来参加最后一次的设计评审会议,他们在这个城市的不同地方办公,但是都可以看到这个三维模型,因此可以互相交流并提出修改建议。“建筑规划是什么?”一位客户问道。建筑师于是播放了一段从项目开始到结束的整个过程的动画。“第一步未必合适,”客户说道,“挖掘现场太靠近操场了,你来看看。”他向办公室的窗外看去,这里能看到公园,他把虚拟的建筑规划覆盖到公园上。“确实如此,”建筑师说,“那我们将操场稍微移一点,这会比挪动建筑物位置要省钱得多。”当看到变更后的效果时,所有的人都认为这个规划是合适的。会议就此中止。

这个场景和其他一些类似的情景说明了 3D 环境及应用所具有的巨大潜能。目前已经出现了实现这样的场景的技术,但是还不是非常完美,这个场景仍然忽略了大量的信息——使梦想变成现实的关键信息。建筑师是如何加载公园模型,又是怎样操作她的视图的呢?她用什么样的技术来改变路径?怎样能够使得多个客户同时操纵模型?虚拟空间的参与者如何互相呈现?动画的播放速度和重放如何控制?客户如何命令系统实现虚拟和现实的场景融合?

所有这些问题都与用户界面(UI)的设计和 3D 应用的交互技术相关,这个领域在未来派的电影和书籍中经常给出很粗略的介绍。通常场景都假定用户和系统的交互是“自然的”——采用直觉的手势和语言等技术,或者是“自动的”——系统有足够的智能来推断用户的意图。但是这样的交互的可行性如何?也许只是幻想罢了。

本书讨论 3D UI 设计的重要范围——一个寻求详细回答上述问题的研究领域,给出实用有效的 3D 系统与导致用户受挫、犯错误甚至不舒适的系统之间的差别。我们给开发者介绍实用知识、最新的研究进展、用户界面设计者容易遵循的指南以及相关的应用实例。尽管已有一些通用的用户界面(特别是 2D 用户界面)设计的书籍,但在 3D UI 方面却关注很少。这个领域的工作成果的传播主要通过大量的会议、期刊文献、书籍的单独章节以及网站等途径。这个领域需要一本参考和教学的课本来汇集所有最好的实践和研究成果,这就是我们写这本书的目的。

这本书是如何产生的

关于这本书可以追溯到 1998 年 4 月,当时 Ivan Poupyrev 和 Doug Bowman 分别是日本广岛大学和美国乔治亚理工大学的博士生,都从事虚拟环境(VE)下对象操纵的 3D 交互技术研究。他们通过电子邮件保持密切联系,探讨这些技术的设计和可用性以及一般的 3D UI。Ivan 当时是华盛顿大学的访问学者,他建议如果这一领域的其他研究人员也参与讨论的话,可能更加有益。这样 3D UI 的邮件用户列表就产生了。从那时起,世界各地有 100 多位研究人员加入到

这个列表中参加讨论(访问 <http://www.3D UI.org> 可以获得所有的邮件列表档案或者加入这个列表)。Joe LaViola 和 Ernst Kruijff 就是第一批加入的。

同年 8 月, Doug 向列表中的成员转述了一个电话, 电话内容是邀请我们在即将召开的 IEEE 虚拟现实会议上做一个演讲。在经过讨论之后, Joe, Ivan, Ernst 同意和 Doug 一起组织一个主题为“3D 交互的艺术与科学”的演讲。演讲在休斯顿的会议上获得巨大成功。接下来, 我们四人相继在 1999 年的 ACM 虚拟现实软件和技术会议、2000 年的 IEEE 虚拟现实会议和 2000 年及 2001 年的 ACM SIGGRAPH 会议上就这一主题做过演讲。

根据这些演讲的底稿并增加了大量的内容后, 我们认为如果不将所有信息完善并扩充成书的形式, 这将是没有意义的。更进一步说, 在一天的演讲中想包含全部的 3D UI 信息也是不可能的。这就是今天呈现在你面前的这本书——一本无法在其他任何单个资源上找到的包含了 3D UI 信息的书。

书里讲些什么

书的副标题强调了这本书不仅针对专业研究人员, 也针对使用和开发人员, 同时还适合对基础研究感兴趣的人和对应用感兴趣的人。本书的大部分章节都包含理论指导和实践知识。我们希望它成为一本教科书, 同时也是一本参考书。

本书的理论部分包括:

- 关于多种 3D 交互任务的心理学和人因学的章节
- 3D UI 评估的各种不同方法(第 11 章)
- 3D 交互技术的实验性研究成果
- 3D 交互技术的研究议题(第 13 章)
- 大部分章节的末尾都会提供推荐读物列表
- 重要研究成果的全部参考文献

本书的实践部分包括:

- 为 3D 系统选择合适的输入输出设备的原则(第 3 章和第 4 章)
- 实现一些通用的 3D 交互技术的细节和有用的技巧
- 实现常见 3D 任务的交互技术的选择指南
- 真实世界中 3D UI 的案例研究

本书分为五个部分。第一部分介绍 3D UI 的基础; 第二部分讨论在 3D UI 开发中用到的输入输出设备及技术, 重点是这些设备对可用性和性能的影响; 第三部分介绍用于实现通用任务的大量 3D 交互技术, 例如导航、选取、操纵、系统控制和符号输入等; 第四部分讨论完整的 3D UI 隐喻和应用的设计、开发及评估; 第五部分展望未来, 包括介绍在增强现实中的应用技术和 3D UI 的研究成果。附录包括相关的数学背景知识, 最后是有 3D UI 的参考文献。

纵观全书, 有几个特点。首先, 大多数章节包含许多指南, 它们是已经实践过或被证实的对于设计和开发的建议。指南按如下的正文形式表示。

跟随本书的指南来帮助你设计有用的 3D UI。

本书也包含许多通用有效的交互技术的实现细节。我们使用正文和数学描述相结合的形式来描述这些算法(以避免对特定的开发工具和编程模式的依赖)。

怎样使用本书和相关材料

如果您是 3D UI 开发人员

专业开发人员在设计、实现和评估具有 3D UI 的应用时,通过本书可以获得灵感和指导。在设计过程中,开发者可以考虑第四部分中所有的 UI 隐喻,从第三部分中选择特定的交互技术,并且从第二部分中找到合适的输入和显示设备。所有这些章节中的设计指南可以帮助开发人员制定合理而全面的决策。3D UI 的实现可以从第三部分中提供的交互技术的内容和数学描述中获得帮助。最后,开发者可以基于第 11 章的知识选择评估方法,评估他们的应用系统的可用性。

如果您是教师

本书可以在不同类型、不同层次的大学课程中讲授,而对于学习 3D UI 设计的研究生,可以用它作为主要的教科书。对于普通的虚拟环境课程,可以讲授本书的第一部分至第三部分,介绍 VE 交互中所使用的基本技术和方法。对于本科层次的 HCI 课程,可以从第一部分和第四部分中抽取部分内容组成一个模块,介绍 3D 界面和它与传统界面的不同点。来自第三部分的通用技术实现可以作为交互式 3D 图形的提高课程。

如果您是研究人员

本书可以作为一个全面的参考指南,供从事 3D UI 的设计评估、3D 应用研究、使用虚拟环境以及增强现实的研究人员参考。第 13 章的研究议题可以给研究人员和研究生提供在这个领域所涉及的重要问题的列表,它甚至可以作为博士研究生寻找 3D UI 相关课题的切入点。

3D UI 设计是一个快速变化和发展的领域,因此,我们会致力于更新书中的内容,一种方式是通过这本书的官方网址 <http://www.3dui.org> 更新。这个网站将包含最新的 3D UI 研究和应用的信息和链接,并且采用和本书相同的组织方式,以方便读者快捷地获取某个特定部分或章节主题的最新知识。网站允许大家加入 3D UI 邮件列表,我们也希望能够获得您的帮助,以便保持本书的更新。访问上面的网址,并通过在线反馈表格告诉我们您的见解、问题或者另外的相关信息链接,您也可以直接发邮件到 3dui@3dui.org。您的建议将帮助我们更新网站以及本书的再版内容。

致谢

没有一个大团队成员的辛苦工作、支持和智慧,这本书就不会得以出版。

首先,我们向那些为提高本书的质量而付出了时间和精力的审阅者们表示感谢。他们的见解和建议使得本书更加完整、更有可读性、更实用。感谢 Ben Shneiderman, Harry Hersh, D. Jay Newman, Jeff Pierce, Dieter Schmalstieg 和 Bob Zeleznik, 他们提供了非常宝贵的援助。特别感谢 Jim Foley 的鼓励和支持。

其次要感谢 Addison-Wesley 出版社的编辑 Peter Gordon, 他给我们提出了宝贵的建议和鼓

励。包括 Bernie Gaffney, Amy Fleischer, Julie Nahil, Heather Mullane 以及 Curt Johnson 在内的其他成员也给我们提供了极大的帮助。同样感谢 Simone Payment 和 Carol Lallier 在本书出版过程中出色而专业的工作。

还要对 3D UI 社区中的同事们所提供的富有成效的讨论与合作表示我们的感谢, 包括 Mark Mine, Rober Lindeman, Matthew Conway, Ken Hinckley, Shumin Zhai, Kiyoshi Kiyokawa, Chris Shaw, Mark Billingham, Rudy Darken, Pablo Figueroa 和 Bernd Fröhlich。

本书的部分工作获得了美国国家科学基金(NSF)的支持(编号 DUE-0127326 和 IIS-0237412)。书中的任何观点、发现、结论或建议均来自作者, 而不代表 NSF。

Doug Bowman: 我想感谢我的妻子 Dawn, 因为她永不停息的爱与支持。同样要感谢我的亲朋好友们, 特别是那些在 Grace Covenant Presbyterian 教堂的人们。非常感谢 Joe, Ivan 和 Ernst 在这个项目上自始至终多年的友谊与合作, 也同样感谢我在弗吉尼亚理工大学的同事和学生, 包括 Chris North, Ron Kriz, Mehdi Setareh, Walid Thabet, Thomas Ollendick, David Cox, Debby Hix, John Kelso, Joe Gabbard, Chad Wingrave, Jian Chen, Nicholas Polys, Wendy Schafer 和 Marcio Pinho, 还要感谢以前的大学同事, 包括 Larry Hodges, Drew Kessler, David Koller, Donald Johnson, Donald Allison, Brian Wills, Jean Wineman, Jay Bolter, Elizabeth Davis, Albert Badre 和 Ben Watson。

Ernst Kruijff: 首先要感谢 Doug, Ivan 和 Joe 的良好合作、帮助以及广泛讨论, 其次要感谢我的父母、哥哥和嫂子, 他们用自己的方式给我以支持。此外, 我要感谢 IMK VE 小组的同事们, 特别是 Martin Goebel 的卓越领导, 以及 Gerold Wesche, Andreas Simon, Gernot Goebbels, Stefan Conrad, Aeldrik Pander 和 Steffi Beckhaus, 在本书的出版、推广过程中以及我们的宣讲课程期间, 他们自始至终一直都在给予合作与帮助。还要感谢我在 Bahuhaus 大学工作时的同事们, 尤其是 igroup 的成员们, 特别是 Holger Regenbrecht。另外, 还要感谢所有的学生, 他们在很多项目上给予了帮助, 特别是 Stefan Hansen, Arnold Mueller, Jakob Beetz 和 Hartmut Seichter。最后要感谢导师 Dieter Schmalstieg 的耐心指导和帮助, 使我得以取得博士学位。

Joe La Viola: 首先要感谢我的博士论文导师 Andries van Dam 的宽容与耐心, 只有他才能忍耐像我这样固执的人。同样要感谢我的父母以及 Jamie, Nick, Heidi, 还有我的朋友 Don Carney 和 Dave Gondek, 他们的关爱和支持帮助我完成了这本书。感谢我的同事 Robert Zeleznik, Daniel Keefe, Daniel Acevedo Feliz, David Karelit, Tim Rowley, Christine Waggoner, 以及所有 Brown 大学计算机图形学小组的过去和现在的成员们。最后, 感谢我的合著者们的辛勤工作和奉献。

Ivan Poupyrev: 我很庆幸能遇到许多给予我支持和帮助的人们, 没有他们, 我可能无法完成这本书。诚挚地感谢 Tadao Ichikawa 教授, 他指导了我在广岛大学的博士论文。感谢 Masahito Hirakawa 教授的帮助和支持, 同样感谢曾经共事的同学和研究人员 Bryn Holmes, Olivier Liechti 和 Numada Tomokazu。感谢日本政府在我指导日本研究生的工作中给我颁发 Monbusho 奖学金。

我在撰写博士论文的时候, 有机会在华盛顿大学的人类界面技术实验室(HITL)工作了近三年。在 HITL 的经历给了我重大的影响, 并使我成为了一名研究人员。因此, 我非常感谢 HITL 的教研室主任 Suzanne Weghorst, 他在 1995 年夏季邀请我加入 HITL, 首先是作为夏季实习人员, 尔后作为一个访问研究人员, 还有 HITL 的主任 Tom Furness III 教授, 他信任我并对我提供了宝贵的精神和物质上的资助。我非常幸运能和 Mark Billingham 一起工作, 在 HITL 的那段时间我们通力合作, 友谊也与日俱增。同时我也非常感谢 Edward Miller, 他帮助我们开发了很多 HITL 的 3D UI 项目, 特别是 V3D 界面工具包。同样感谢 Jerry Prothero 和 Hunter Hoffman, 我

们经常一起在深夜切磋国际象棋,探讨心理学和人生的意义。Tony Emerson 总是能帮我找到我需要的任何东西。我在 HITL 的时候,Ann Elias 给了我慷慨的帮助。Mark Philips, Jennifer Feyma 和 Chris Airola 是我的好朋友,他们在日常生活中也给了我很多帮助。

本书关于增强现实的章节中有大量的工作是我在日本京都的 ATR 媒体集成与通信研究实验室完成的,我感谢所有在那里遇到并一起工作的那些了不起的人们: Ryohei Nakatsu, Jun Ohya, Nobuji Tetsutani, Jun Kurumisawa, Tatsumi Sakaguchi, Keiko Nakao, Lew Baldwin, Desney Tan, Sidney Fels, Michael Lyons, Tal Shalif, Parham Zolfaghari, Christa Sommerrer 和许多其他人。

最后,我要感谢我在俄罗斯的家人和朋友们,特别是我的父母以及兄弟 Pavel Poupyrev, 我最早的研究指导老师 Vladimir Lischouk, Dinara Gazizova 和 Vladimir Lukin, 以及 Sergei Tsimbalist, Vadim Malishev, Vitaly Lazorin, Constantin Guzovski 和 Elena Krupstkaya。

还有很多在日本、美国和俄罗斯帮助、支持和鼓励过我的人们,在此无法一一提及。没有他们的帮助、支持和鼓励,对未来交互技术的设计和探索,我目前取得的有限的进展都是无法实现的。我向他们致以最深的谢意。

目 录

第一部分 3D UI 基础

第 1 章 3D UI 介绍	2
1.1 什么是 3D UI	2
1.2 为什么需要 3D UI	2
1.3 术语	3
1.4 应用领域	4
1.5 小结	5
第 2 章 历史及发展历程	6
2.1 3D UI 的历史	6
2.2 3D UI 的发展历程	7
2.2.1 影响 3D UI 设计的领域	7
2.2.2 3D UI 子领域	10
2.2.3 受 3D UI 影响的领域	12
2.3 本书范围	14
2.4 小结	15

第二部分 3D UI 硬件技术

第 3 章 3D UI 输出设备	18
3.1 引言	18
3.1.1 本章导读	18
3.2 视觉显示设备	19
3.2.1 视觉显示设备的特点	19
3.2.2 深度线索	20
3.2.3 视觉显示设备类型	24
3.3 听觉显示器	36
3.3.1 3D 声音定位线索	36
3.3.2 3D 声音的生成	38
3.3.3 声音系统的配置	39
3.3.4 3D 界面中的听觉	40
3.4 触觉显示器	41
3.4.1 触觉线索	41
3.4.2 触觉显示特征	42
3.4.3 触觉显示类型	43

3.4.4	3D 界面中的触觉显示设备	46
3.5	设计指南:为 3D UI 选择输出设备	47
3.6	小结	50
第 4 章	3D UI 的输入硬件	53
4.1	引言	53
4.1.1	输入设备特性	53
4.1.2	本章导读	54
4.2	桌面输入设备	54
4.2.1	键盘	55
4.2.2	2D 鼠标和轨迹球	55
4.2.3	基于笔的手写板	56
4.2.4	操纵杆	56
4.2.5	6 DOF 桌面输入设备	57
4.3	跟踪设备	58
4.3.1	运动跟踪器	58
4.3.2	眼动跟踪	63
4.3.3	数据手套	64
4.4	3D 鼠标	67
4.4.1	手持 3D 鼠标	67
4.4.2	穿戴式 3D 鼠标	68
4.5	特殊用途的输入设备	69
4.6	直接人体输入	72
4.6.1	语音输入	72
4.6.2	生物电输入	73
4.6.3	脑电波输入	73
4.7	自制的输入设备	74
4.7.1	制作输入设备的策略	75
4.7.2	自制输入设备和计算机的连接	76
4.8	为 3D UI 选择合适的输入设备	77
4.8.1	考虑的因素	77
4.8.2	输入设备分类学	78
4.8.3	实验评估	80

第三部分 3D 交互技术

第 5 章	选择和操作	85
5.1	引言	85
5.1.1	本章导读	85
5.2	3D 操作任务	85
5.2.1	规范的操作任务	86

5.2.2	应用特定的操作任务	87
5.3	操作技术和输入设备	87
5.3.1	3D 操作中的控制维度和集成控制	87
5.3.2	力控制与位置控制	88
5.3.3	3D 操作中设备的放置和形状因素	88
5.4	用于 3D 操作的交互技术	89
5.4.1	操作技术的分类	89
5.4.2	指点交互	91
5.4.3	直接操作:虚拟手技术	96
5.4.4	缩微世界	98
5.4.5	组合技术	99
5.4.6	非同构 3D 旋转	102
5.4.7	桌面 3D 操作	104
5.5	设计指南	108
第 6 章	漫游	111
6.1	引言	111
6.1.1	本章导读	111
6.2	3D 漫游任务	112
6.2.1	探索	112
6.2.2	搜寻	112
6.2.3	机动浏览	113
6.2.4	漫游任务的其他特点	113
6.3	漫游技术	114
6.3.1	技术分类	114
6.3.2	身体运动技术	116
6.3.3	驾驶技术	120
6.3.4	路径规划技术	125
6.3.5	基于目标的技术	127
6.3.6	手动操作技术	129
6.3.7	基于比例的漫游技术	131
6.3.8	视点方向技术	132
6.3.9	速率指定技术	133
6.3.10	集成在桌面式 3D 环境的相机控制	133
6.4	设计指南	134
第 7 章	路径查找	138
7.1	引言	138
7.1.1	本章导读	139
7.2	理论基础	139

7.2.1	路径查找任务	140
7.2.2	空间知识的类型	140
7.2.3	自我中心和外向参考框架	141
7.3	以用户为中心的路径查找支持	142
7.3.1	视野	142
7.3.2	运动线索	142
7.3.3	多感觉输出	143
7.3.4	临场	143
7.3.5	搜索策略	143
7.4	以环境为中心的路径查找支持	144
7.4.1	环境设计	144
7.4.2	人工线索	146
7.5	评估路径查找辅助手段	152
7.6	设计指南	153
7.7	小结	154
第8章	系统控制	156
8.1	引言	156
8.1.1	系统控制的人类因素	157
8.1.2	输入设备	157
8.1.3	系统和应用级因素	157
8.1.4	本章导读	158
8.2	分类	158
8.3	图形菜单	159
8.3.1	技术	162
8.3.2	设计和实现问题	163
8.3.3	实际应用	164
8.4	语音命令	164
8.4.1	技术	164
8.4.2	设计和实现问题	165
8.4.3	实际应用	165
8.5	手势命令	165
8.5.1	技术	166
8.5.2	设计和实现问题	167
8.5.3	实际应用	167
8.6	工具	168
8.6.1	技术	169
8.6.2	设计和实现问题	170
8.6.3	实际应用	170
8.7	多通道系统控制技术	170