

笔式用户界面 第2版

Pen-based User Interface



戴国忠 著
田 丰

中国科学技术大学出版社

当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书

中国科学技术大学
校友文库

笔式用户界面
Pen-based User Interface

第2版

戴国忠 著
田 丰

中国科学技术大学出版社

内 容 简 介

本书从理论、方法、技术和实现等方面系统地阐述了笔式用户界面的概念、模型、数字笔迹计算、开发方法和开发环境、关键应用系统。全书共分10章:用户界面发展历史、笔式用户界面概述、笔式用户界面模型、数字笔迹技术、笔式交互技术、笔式用户界面描述语言、笔式界面开发方法与开发框架、草图用户界面、笔式用户界面的关键应用、笔式用户界面可用性研究。

本书可作为信息科学技术领域高年级本科生和研究生的教材,也可以供从事人机交互方向科研和技术开发人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

笔式用户界面/戴国忠,田丰著.—2版.—合肥:中国科学技术大学出版社,2014.10

(当代科学技术基础理论与前沿问题研究丛书:中国科学技术大学校友文库)

“十二五”国家重点图书出版规划项目

ISBN 978-7-312-03587-6

I. 笔… II. ①戴… ②田… III. 人机界面—程序设计—研究 IV. TP311.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 221554 号

出版 中国科学技术大学出版社
安徽省合肥市金寨路 96 号,230026
<http://press.ustc.edu.cn>
印刷 合肥市宏基印刷有限公司
发行 中国科学技术大学出版社
经销 全国新华书店
开本 710 mm×1000 mm 1/16
印张 36
字数 740 千
版次 2009 年 3 月第 1 版 2014 年 10 月第 2 版
印次 2014 年 10 月第 2 次印刷
印数 2001—3500 册
定价 99.00 元

编 委 会

顾 问 吴文俊 王志珍 谷超豪 朱清时

主 编 侯建国

编 委 (以姓氏笔画为序)

王 水 史济怀 叶向东 朱长飞

伍小平 刘 兢 刘有成 何多慧

吴 奇 张家铝 张裕恒 李曙光

杜善义 杨培东 辛厚文 陈 颀

陈 霖 陈初升 陈国良 陈晓剑

郑永飞 周又元 林 间 范维澄

侯建国 俞书勤 俞昌旋 姚 新

施蕴渝 胡友秋 骆利群 徐克尊

徐冠水 徐善驾 翁征宇 郭光灿

钱逸泰 龚惠兴 童秉纲 舒其望

韩肇元 寞贤康 潘建伟

总 序

大学最重要的功能是向社会输送人才,培养高质量人才是高等教育发展的核心任务。大学对于一个国家、民族乃至世界的重要性和贡献度,很大程度上是通过毕业生在社会各领域所取得的成就来体现的。

中国科学技术大学建校只有短短的五十余年,之所以迅速成为享有较高国际声誉的著名大学,主要就是因为她培养出了一大批德才兼备的优秀毕业生。他们志向高远、基础扎实、综合素质高、创新能力强,在国内外科技、经济、教育等领域做出了杰出的贡献,为中国科大赢得了“科技英才的摇篮”的美誉。

2008年9月,胡锦涛总书记为中国科大建校五十周年发来贺信,对我校办学成绩赞誉有加,明确指出:半个世纪以来,中国科学技术大学依托中国科学院,按照全院办校、所系结合的方针,弘扬红专并进、理实交融的校风,努力推进教学和科研工作的改革创新,为党和国家培养了一大批科技人才,取得了一系列具有世界先进水平的原创性科技成果,为推动我国科教事业发展和社会主义现代化建设做出了重要贡献。

为反映中国科大五十年来的人才培养成果,展示我校毕业生在科技前沿的研究中所取得的最新进展,学校在建校五十周年之际,决定编辑出版《中国科学技术大学校友文库》50种。选题及书稿经过多轮严格的评审和论证,入选书稿学术水平高,被列入“十一五”国家重点图书出版规划。

入选作者中,有北京初创时期的第一代学生,也有意气风发的少年班毕业生;有“两院”院士,也有中组部“千人计划”引进人才;有海内外科研院所、大专院校的教授,也有金融、IT行业的英才;有默默奉献、矢志报国的科技将军,也有在国际前沿奋力拼搏的科研将才;有“文革”后留美学者中第一位担任美国大学系主任的青年教授,也有首批获得新中国博士学位的中年学者……在母校五十周年华诞之际,他们通过著书立说的独特方式,向母校献礼,

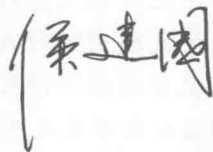
其深情厚谊,令人感佩!

《文库》于2008年9月纪念建校五十周年之际陆续出版,现已出书53部,在学术界产生了很好的反响。其中,《北京谱仪II:正负电子物理》获得中国出版政府奖;中国物理学会每年面向海内外遴选10部“值得推荐的物理学新书”,2009年和2010年,《文库》先后有3部专著入选;新闻出版总署总结“‘十一五’国家重点图书出版规划”科技类出版成果时,重点表彰了《文库》的2部著作;新华书店总店《新华书目报》也以一本书一个整版的篇幅,多期访谈《文库》作者。此外,尚有十数种图书分别获得中国大学出版社协会、安徽省人民政府、华东地区大学出版社研究会等政府和行业协会的奖励。

这套发端于五十周年校庆之际的文库,能在两年的时间里形成现在的规模,并取得这样的成绩,凝聚了广大校友的智慧和母校的感情。学校决定,将《中国科学技术大学校友文库》作为广大校友集中发表创新成果的平台,长期出版。此外,国家新闻出版总署已将该选题继续列为“十二五”国家重点图书出版规划,希望出版社认真做好编辑出版工作,打造我国高水平科技著作的品牌。

成绩属于过去,辉煌仍待新创。中国科大的创办与发展,首要目标就是围绕国家战略需求,培养造就世界一流科学家和科技领军人才。五十年来,我们一直遵循这一目标定位,积极探索科教紧密结合、培养创新拔尖人才的成功之路,取得了令人瞩目的成就,也受到社会各界的肯定。在未来的发展中,我们依然要牢牢把握“育人是大学第一要务”的宗旨,在坚守优良传统的基础上,不断改革创新,进一步提高教育教学质量,努力践行严济慈老校长提出的“创寰宇学府,育天下英才”的使命。

是为序。



中国科学技术大学校长
中国科学院院士
第三世界科学院院士

2010年12月

第 2 版 序

本书已经出版了五年,得到了学术界同行的肯定,他们建议对此书进一步完善再版。我们团队从事笔式用户界面的研究开发已经有 20 多年,第 1 版主要包含了前 10 多年的工作,因而有必要将最近几年的工作整理总结,并充实到该书中。

界面范式是用户界面的核心,再版中对笔式用户界面进行了完善,介绍了笔式界面范式 PIGS,它能够应用于指控和笔控两大类触控交互;针对应用个性化和提高开发效率的需求,增加了笔式界面描述语言;遵从支持提高生产力同时能支持创造力的需求,作者认为草图将成为人机重要的媒介,故扩充了草图用户界面,全面介绍了草图用户界面的理论、方法和应用;在应用方面增加了电子表单和儿童教学的应用,以说明笔式用户界面的应用前景。

在本书再版过程中,杨海燕博士、吕菲博士和杜一博士参加了具体写作工作,在此表示感谢^①。杨海燕博士编写了第 8 章,吕菲博士对第 9 章的内容进行了扩充,杜一博士对第 6 章和第 7 章进行了完善。

近几年与本书相关的最大变化有:第一,平板电脑迅速兴起,计算机进入“后 PC 时代”,根据 IDC 的预测,平板电脑的出货量将于 2015 年超越 PC,但与此相应的问题是缺少主流的应用软件;第二,人机交互受到了学术界和产业界的高度重视,但与此相应的问题是缺少全面系统的参考书,希望本书的再版能对上述两个问题的解决有所作用。

作 者

2014 年 8 月

^① 本书受到国家自然科学基金(61232013;61422212)资助。

序

自 1982 年 ACM 成立人机交互专门兴趣小组 SIGCHI(Special Interest Group on Computer-Human Interaction)以来,人机交互(Computer-Human Interaction^①,CHI)已有 26 年历史了。2007 年学术界在庆祝人机交互诞生 25 年时,讨论了人机交互已经走了多远以及还能走多远。在计算机诞生 50 周年之际,人机交互界研究了人机交互发展历史,认为人机交互的发展促进了计算机的迅速发展。由于有了键盘和鼠标,才有字符用户界面和图形用户界面(Graphical User Interface, GUI),才有了计算机的主机时代和个人计算机时代。人机交互几乎和个人计算机同时出现,人机交互造就了 PC 时代的辉煌;由于笔式交互、触摸、语音以及基于视频等自然交互设备的出现,新的计算模式才得以被提出,我们才进入了普适计算时代。自然交互是普适计算时代研究的重要主题,笔式交互是一种主要的自然交互方式。人机交互是研究人类所使用的交互式计算系统的设计、实施、评估及相关主要现象的学科,用户界面(User Interface, UI)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,用户界面是人机交互技术的物质表现形式。

20 世纪 80 年代初,我从《计算机图形学原理及实践》(James D. Foley, Andries van Dam)一书中了解了人机交互。1982 年在美国马里兰大学计算机系进修时开始学习人机交互和用户界面,并开始相关的研究工作。回国以后建立中国科学院软件研究所人机交互技术与智能信息处理实验室,先后得到了国家自然科学基金、国家 863 计划、国家 973 计划以及中国科学院软件

^① 人类工效学领域的学者多使用“Human-Computer Interaction”。

研究所知识创新工程等项目的支持。从 2001 年负责国家自然科学基金重点项目“自然、高效的面向主流应用的人机交互技术”开始成立了笔式用户界面小组,研究笔式交互和笔式用户界面。

一个好的用户界面必须要有一个好的隐喻。进入 PC 时代后,计算机的主要社会角色是以文字信息形式为主的信息交流者,而草图便是人们交流最通用的方式。手写作为文明人的第一技能,体现了手眼协调能力,所以纸笔隐喻是主体隐喻而非第三人称隐喻,更接近汉字文化内在品质诠释的诉求。由于传感技术的发展,近年来出现一批性能良好、价格适中的手写设备,包括手写板、手写屏、平板电脑、电子白板等,笔式用户界面所需的硬件条件也趋于成熟。

笔式设备不仅具有鼠标的定位功能,还具有笔迹输入(as ink)、手势输入(as gestures)、管理各类对象草图(as sketching)、写作(as writing)以及笔迹输入的时间索引等功能。因此它可以用作设计工具、书写工具、白板应用、注解工具、表单工具、即时通信工具和智能笔记工具。它既有和文字、表格、图形相关的主流应用,也可以在办公室、会议室、教室以及移动环境中应用。从计算机的社会角色、使用的隐喻、输入工具、功能以及主流应用多方面看,纸/笔将是未来使用计算机的主要工具,笔式交互是文字信息交流中最可取的自然交互方式,笔式用户界面将成为主流的用户界面范式。

人机交互是一个相对年轻的计算机学科分支。由于历史原因,我国从事人机交互学科研究的人很少,从事笔式交互的人更少,但是影响计算机走向大众的主要阻碍便是人机交互。笔式交互是人机交互发展的方向,是占世界人口五分之一的汉语人群方便使用计算机的最佳选择。回归自然、回归大众、回归汉字文明是我国计算机发展的方向。

以人为中心的计算(简称人本计算)是新的计算模式,这种模式将改变以计算机为中心的取向,变成以用户为中心的取向,它将孕育新的计算机革命。为了推动我国人机交互的发展,推动笔式用户界面的发展,现将我和我的学生们从事笔式用户界面的研究成果加以总结,整理出版,试图从理论、方法、系统和应用方面对该领域进行总结,供同行们参考。

虽然本书主要针对笔式交互,但其中的思想、方法和算法也适用于针对语音、基于视觉等自然交互的用户界面。本书的读者可能包括以下三类人员:从事笔式用户界面的科技人员(以第 5 章和第 6 章为重点),从事笔迹计

算的科技人员(以第4章为重点)以及从事笔式应用的开发人员(以第7章和第8章为重点)。本书的第2章和第3章是基础知识部分。

本书由戴国忠、田丰主持撰写,戴国忠提出了eGOMS模型、PIBG界面范式和笔式界面开发方法。王宏安博士、张高博士和关志伟博士共同参与确定了本书的提纲和主要内容。共有3位副研究员、9位博士和2位硕士参加了具体的写作工作。王常青博士、栗阳博士主要参加第3章;李俊峰博士和敖翔博士主要参加第4章;张凤军副研究员、冯海波硕士主要参加第5章;秦严严博士、李杰博士、王晓春博士主要参加第6章;马翠霞博士、付勇刚博士主要参加第7章;王丹力副研究员和吴刚硕士主要参加第8章;戴国忠和田丰负责完成其他章节的撰写工作。还有一些笔式用户界面组工作的同事和同学也对本书的编写做出了一定的贡献,他们是李茂贞、滕东兴、王晖、张习文、梁华、程铁刚、姜映映等,在此表示感谢^①。最后感谢中国科学技术大学出版社给予我们出版本书的机会,值母校成立50周年之际,愿本书能为母校的建设添砖加瓦。

“宁心梦屋戏笔屏,忘路福村思创新。先觉未萌自有情,唤回自然续文明。”这是我在工作多年的红平房期间写的一首草诗《笔梦》,表达了我对笔式交互的努力和梦想,如今努力已付出了,梦想还未完全成真,但愿此书能帮助具有同样梦想的年轻人圆梦。

感谢北京大学董士海教授、微软亚洲研究院王坚副院长、科技日报胡永生主任记者,他们是我在人机交互漫漫长路上前进中的师长和知音。感谢北京师范大学舒华教授、中国科学院心理研究所傅小兰教授,他们给予了我认知心理学方面的帮助。

尽管我们对本书有着很大的期望并作了最大努力,但由于研究工作和写作水平的局限,书中错误在所难免,欢迎读者批评指正。

戴国忠

中国科学院软件研究所

2008年1月

^① 本书受到国家“973”重点基础研究发展规划项目(2009CB320804)、国家自然科学基金(U0735004)和国家“863”高技术研究发展计划项目基金(2007AA1Z158)资助。

目 次

总序	(i)
第 2 版序	(iii)
序	(v)
第 1 章 用户界面发展历史	(1)
1.1 人机交互	(1)
1.1.1 人机交互的定义	(2)
1.1.2 人机交互的发展历史	(2)
1.1.3 人机交互造就了 PC 机辉煌时代	(4)
1.1.4 人机交互的发展趋势	(5)
1.2 界面隐喻和界面范式	(8)
1.2.1 界面隐喻	(8)
1.2.2 界面范式	(9)
1.3 用户界面	(11)
1.3.1 用户界面与人机交互系统	(12)
1.3.2 用户界面的发展	(13)
1.3.3 自然用户界面	(13)
1.3.4 笔式用户界面	(16)
1.4 本书的动机和主题	(17)
参考文献	(19)
第 2 章 笔式用户界面概述	(22)
2.1 背景	(22)
2.2 笔式界面隐喻	(25)
2.3 笔式界面范式	(25)
2.3.1 PBIG 界面范式	(25)
2.3.2 PGIS 界面范式	(33)

2.4 笔式交互设备	(37)
2.4.1 笔式交互设备硬件基础	(37)
2.4.2 手持计算设备和电子白板	(39)
2.4.3 平板电脑	(40)
2.4.4 智能笔 Anoto	(41)
2.5 笔式交互的功能	(41)
2.6 笔式界面的应用	(42)
2.6.1 创造性工作	(43)
2.6.2 信息交流和共享	(46)
2.6.3 思想捕捉	(47)
2.6.4 基于 GUI 的笔式交互增强	(49)
2.7 笔式用户界面展望	(49)
参考文献	(50)
第 3 章 笔式用户界面模型	(53)
3.1 eGOMS 模型	(53)
3.1.1 人机交互和认知加工过程	(54)
3.1.2 人机交互的 eGOMS 模型	(55)
3.1.3 基于 eGOMS 模型的笔式用户界面范式评估	(57)
3.2 基于分布式认知的扩展资源模型	(58)
3.2.1 人机交互中的分布式认知的研究	(58)
3.2.2 资源模型	(61)
3.2.3 扩展资源模型结构	(64)
3.2.4 扩展资源模型交互策略	(67)
3.2.5 设计方法与设计准则	(69)
3.2.6 设计实例	(70)
3.3 基于混合自动机的交互模型	(72)
3.3.1 笔式交互的抽象特性分析	(73)
3.3.2 笔式用户界面和混合系统	(74)
3.3.3 笔式交互的时序模型	(77)
3.3.4 描述语言 LEAFF	(77)
3.3.5 描述实例：笔式用户界面中的手势交互	(79)
3.3.6 讨论	(81)
3.4 笔式交互原语模型	(82)
3.5 以用户为中心的交互信息模型	(85)
3.5.1 研究背景	(86)

3.5.2 用户信息处理模型	(86)
3.5.3 OICM 模型结构	(88)
3.5.4 模型表示	(94)
3.5.5 模型分析	(96)
参考文献	(99)
第 4 章 数字笔迹技术	(104)
4.1 数字笔迹	(104)
4.1.1 数字笔迹的定义和存储格式	(105)
4.1.2 数字笔迹的意义	(106)
4.1.3 数字笔迹技术的研究和应用	(107)
4.2 笔迹计算	(107)
4.2.1 笔迹计算技术	(107)
4.2.2 笔迹计算技术的分类	(107)
4.2.3 笔迹计算技术之间的关系	(109)
4.3 笔迹绘制	(110)
4.3.1 笔迹绘制综述	(110)
4.3.2 基于同步 B 样条的笔锋效果模拟	(117)
4.3.3 公切线增强模型	(118)
4.3.4 关键点查找算法	(118)
4.3.5 同步 B 样条拟合算法	(119)
4.3.6 实现和实验评估	(121)
4.4 笔迹压缩	(123)
4.4.1 笔迹压缩综述	(123)
4.4.2 基于整数小波变换的笔迹层次式压缩	(124)
4.5 笔迹的结构分析与识别	(133)
4.5.1 笔迹的结构	(133)
4.5.2 笔迹的结构分析与识别综述	(135)
4.5.3 笔迹的图元识别	(141)
4.5.4 文本行结构提取	(151)
4.5.5 图文分离	(166)
4.5.6 流程图结构分析	(173)
4.5.7 列表结构分析	(191)
4.5.8 表格结构分析	(192)
4.5.9 数学表达式结构分析	(193)
4.5.10 化学方程式结构分析	(194)

参考文献	(195)
第 5 章 笔式交互技术	(205)
5.1 笔手势交互	(205)
5.1.1 手势概述	(205)
5.1.2 意义性笔手势分类	(206)
5.1.3 笔手势识别	(217)
5.1.4 笔手势设计原则	(222)
5.2 Tilt Cursor 和 Tilt Menu	(225)
5.2.1 Tilt Cursor	(225)
5.2.2 Tilt Menu	(227)
5.3 多通道错误纠正	(230)
5.3.1 错误纠正综述	(230)
5.3.2 连续手写文字识别的跨通道纠错	(232)
5.4 笔式用户界面中 Icon/Button 设计	(244)
5.4.1 Icon 设计概述	(244)
5.4.2 Icon 总体设计原则	(245)
5.4.3 Icon 具体设计指南	(245)
5.4.4 Button 设计概述	(249)
5.4.5 Button 设计原则	(249)
5.5 基于笔的三维交互	(252)
5.5.1 概述	(252)
5.5.2 交互设备的组合	(253)
5.5.3 交互技术	(253)
5.5.4 笔式交互与语音输入的 3D 融合	(255)
参考文献	(256)
第 6 章 笔式用户界面描述语言	(263)
6.1 模型驱动的开发方法	(263)
6.1.1 MDA 基本架构	(263)
6.1.2 MDA 软件生命周期	(265)
6.1.3 MDA 工具及在用户界面系统开发中的应用	(266)
6.1.4 笔式交互系统模型	(268)
6.2 用户界面描述语言	(273)
6.2.1 用户界面描述语言概述	(273)
6.2.2 用户界面描述语言的分类	(275)
6.2.3 典型的基于 XML 的用户界面描述语言	(277)

6.2.4 笔式用户界面任务描述语言	(283)
6.3 移动环境下的用户模型	(287)
6.3.1 用户模型相关工作研究	(287)
6.3.2 移动环境下的用户模型	(288)
6.3.3 UM2 模型预测算法	(290)
6.4 E-UIDL:一种新的用户界面描述语言	(292)
6.4.1 E-UIDL 的设计目标	(293)
6.4.2 功能组模型	(294)
6.4.3 E-UIDL 的组成模块	(295)
6.4.4 E-UIDL 的形式化描述	(300)
6.4.5 应用场景及实例	(301)
参考文献	(307)
第 7 章 笔式用户界面开发方法与开发框架	(317)
7.1 笔式交互系统开发方法分析	(317)
7.1.1 交互系统开发方法分析	(317)
7.1.2 面向最终用户的笔式交互系统开发方法	(323)
7.1.3 基于 E-UIDL 的用户界面开发方法	(338)
7.1.4 自适应笔式用户界面开发方法	(342)
7.2 笔式用户界面开发工具	(346)
7.2.1 现有开发工具介绍	(346)
7.2.2 笔式交互系统开发工具体系结构	(348)
7.2.3 笔式用户界面开发工具箱	(350)
7.3 笔式用户界面生成框架	(352)
7.3.1 基于 E-UIDL 的移动用户界面生成框架	(352)
7.3.2 自适应笔手势界面框架	(358)
7.4 笔式交互系统开发工具	(363)
7.4.1 现有任务建模工具	(363)
7.4.2 基于笔式交互的任务建模工具	(365)
7.4.3 笔式交互系统运行状态	(367)
7.4.4 笔式电子表单开发工具	(368)
参考文献	(388)
第 8 章 草图用户界面	(392)
8.1 草图用户界面概述	(392)
8.1.1 草图用户界面的定义	(393)
8.1.2 草图用户界面的基本特点	(393)

8.1.3 草图用户界面的发展历程	(394)
8.2 草图界面国内外研究现状	(395)
8.2.1 草图用户界面的操作、识别与建模	(397)
8.2.2 草图用户界面领域应用研究现状	(398)
8.2.3 草图用户界面领域应用分析	(398)
8.3 草图输入与草图理解	(399)
8.3.1 自由勾画的设计方式	(399)
8.3.2 草图识别与重建	(400)
8.3.3 草图理解	(401)
8.4 草图用户界面与信息表征	(402)
8.4.1 草图信息的认知特性	(402)
8.4.2 基于草图的信息表征	(403)
8.4.3 草图信息描述方法	(405)
8.5 草图用户界面领域关键应用	(407)
8.5.1 面向产品概念设计领域的草图用户界面	(407)
8.5.2 面向视频高层语义的草图用户界面	(412)
8.5.3 草图用户界面在其他领域中的应用	(427)
参考文献	(432)
第9章 笔式用户界面的关键应用	(439)
9.1 自由办公领域关键应用	(439)
9.1.1 笔式电子教学	(439)
9.1.2 笔式电子表单	(446)
9.1.3 笔式供应链电子表单 PSOCF	(450)
9.1.4 SketchPoint	(459)
9.2 儿童益智领域关键应用	(480)
9.2.1 儿童娱乐城的设计目标	(481)
9.2.2 儿童娱乐城的系统结构和功能	(482)
9.2.3 儿童娱乐城的交互场景和交互技术	(484)
9.2.4 儿童娱乐城的推广应用和用户反馈	(486)
9.3 儿童汉字学习领域关键应用	(488)
9.3.1 用户调研	(488)
9.3.2 系统的设计和实现	(491)
9.3.3 系统评估	(494)
9.4 儿童素质教育领域关键应用	(498)
9.4.1 用户调研	(498)

9.4.2 ShadowStory 系统的设计和实现	(502)
9.4.3 系统评估	(505)
9.5 体育训练领域关键应用	(510)
9.5.1 系统核心功能描述	(510)
9.5.2 系统技术特色	(513)
9.5.3 系统的应用和推广	(515)
参考文献	(515)
第 10 章 笔式用户界面可用性研究	(520)
10.1 用户界面可用性研究的心理学基础	(520)
10.1.1 用户界面可用性的定义	(520)
10.1.2 用户模型和心理模型	(521)
10.1.3 信息处理模型	(521)
10.1.4 理论模型评估方法	(522)
10.2 用户界面可用性设计	(526)
10.2.1 以用户为中心的设计	(527)
10.2.2 特定的可用性标准	(527)
10.2.3 迭代设计	(529)
10.3 用户界面可用性的评估及其方法	(529)
10.4 界面评估数据获取方式	(531)
10.4.1 交互活动的历史记录	(531)
10.4.2 交互影像记录	(532)
10.4.3 直接观测记录	(532)
10.4.4 调查表	(532)
10.4.5 特征分析表	(532)
10.5 笔式用户界面与键盘鼠标界面的区别	(533)
10.5.1 键盘鼠标界面的优势	(533)
10.5.2 笔式用户界面的优势	(533)
10.6 笔式用户界面可用性设计	(535)
10.6.1 用户需求分析	(535)
10.6.2 主界面的设计	(537)
10.6.3 界面元素的设计	(538)
10.7 评估方法选择和实验设计	(540)
10.7.1 评估的目标	(541)
10.7.2 评估方法的选择	(541)
10.7.3 评估任务的设计	(542)