

复杂信息

任务界面的出错—认知机理

ERROR-COGNITION MECHANISM OF
TASK INTERFACE COMPLEX INFORMATION SYSTEM

由出错因子导入系统界面设计的新方式

A New Design Method of System Interface by
Introducing Error Factors

吴晓莉 著



科学出版社

复杂信息任务界面的出错-认知机理

——由出错因子导入系统界面设计的新方式

吴晓莉 著

科学出版社

北京

内 容 简 介

本书从导致任务失败的源头——对操作员产生的认知困难入手,展开令人困惑的复杂造成任务失败的根原因分析,解析出错-认知机理,提出一种由出错-认知到信息特征映射的设计优化方法。为人机交互研究学者、界面设计人员及广大读者提供一种由出错因子导入复杂信息任务界面设计的新方法。

本书既可作为从事信息系统开发、人机交互信息设计、人机交互设计等相关领域的研究者和设计者的业务参考用书,也可作为信息科学、工业设计、交互设计等相关专业的本科生和研究生的专题教材。

图书在版编目(CIP)数据

复杂信息任务界面的出错-认知机理/吴晓莉著. —北京:科学出版社, 2017.10

ISBN 978-7-03-054694-4

I. ①复… II. ①吴… III. ①信息系统-研究 IV. ①G202

中国版本图书馆CIP数据核字(2017)第243869号

责任编辑:惠 雪 曾佳佳 高慧元/责任校对:王萌萌

责任印制:张 伟/封面设计:许 瑞

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>

北京教图印刷有限公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2017年10月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2017年10月第一次印刷 印张:13 1/2

字数:270 000

定价:99.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)



序

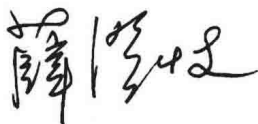
随着计算机技术和信息控制理论的快速发展，系统变得更加复杂和智能化。特别是交通枢纽监控、核电控制、环境监测、航空驾驶操纵等重大系统领域以计算机技术为依托，完全以数字化、智能化的信息系统进行运作、监管和决策。然而，不同于以信息收集、传递、存储、加工、维护和使用为主体的普通信息系统，这些人机一体化系统是复杂性的。作为大型系统的运行终端——人机交互界面，其承载的信息更具复杂性，也是人与系统交互的重要载体和媒介。

近年来，我领导的团队一直在研究复杂信息系统人机交互数字界面的科学设计问题。复杂信息系统的人机交互数字界面设计不是业界传统意义上的美化设计，而是由其独特的理论体系和科学设计方法来指导的。东南大学近十年来对复杂信息系统人机交互数字界面设计做了深入的理论研究并承担了大量实际设计项目，提出了相对应的关键设计理论和设计技术。吴晓莉博士在我的研究团队中共同探寻复杂信息任务界面设计的理论与方法。她通过博士阶段多年研究工作发现从操作失误的根源性入手，才是解决复杂信息系统人机交互数字界面设计问题的关键所在。

由于我国在该领域的专业设计起步较晚，尚缺乏提高复杂信息系统人机交互数字界面设计水平的针对性指导书籍。《复杂信息任务界面的出错-认知机理》一书的问世，将为解决上述问题提供出错因子、视觉认知和设计因素三者关联效应研究的分析思路和由出错因子到信息特征映射的系统界面设计方法指导。

该书是《复杂信息系统人机交互数字界面设计方法及应用》专著出版以来，又一本有关复杂信息系统人机交互数字界面设计方面的专业书籍。该书能够为复杂信息系统人机交互数字界面设计提供科学的理论方法和技术支撑，希望对从事人机交互设计、研究的学者有所帮助。

应作者之邀，特作此序。



东南大学工业设计系主任、博士生导师
产品设计与可靠性研究所所长

2017年7月

于东南大学

前 言

当事物令人费解时，若复杂是由糟糕的设计而造成的，操作任务就会变得混乱、困惑、令人沮丧。随着计算机技术与信息化技术的快速发展，复杂信息系统中呈现的数字化、智能化特征的监控任务界面给操作员带来了“令人困惑”的复杂。然而，对于复杂信息任务界面，特别是大型生产监控、交通枢纽、核电、航空等复杂控制系统所呈现的信息交互界面，“令人困惑”的复杂所造成的操作失误、误读/误判、反馈不及时等行为可能会产生系统故障，甚至重大事故。

复杂信息系统最终以人机交互界面为终端，实现人与系统的信息交互。复杂信息系统的人机交互界面成为人与系统交互的重要载体和媒介，从某种意义上说，信息任务界面就是系统的窗口，系统的各方面信息都汇集于此，把系统内部的运作以信息的形式呈现，与外界交互。信息交互界面担负着整个系统的交互任务，系统略微的变化都要呈现在界面上，并成为人与系统沟通的唯一渠道。因此，信息任务界面已成为系统中的人（操作者）获取信息、知识推理、判断决策的重要手段和操作依据，其合理化设计对于保证大型系统的性能全面发挥和精准实施、维系大型系统的安全性和稳定性有着举足轻重的作用。

对于巨量、复杂的信息监控任务，操作员主要以眼（视觉搜索）和脑（认知加工）的过程进行信息的搜索、选择、判断和决策，分析操作失误的眼-脑认知过程，进行失误辨识，按照视觉搜索规律和认知加工行为才能合理、有效地呈现信息。因此，研究系统界面如何更有效地呈现任务信息，是否可以追溯到任务失败的源头——出错因子，建立任务失败源头（出错因子）与设计（信息特征）的联系，可以为系统界面的优化设计提供科学依据和理论基础。

本书共7章。第1章从导致任务失败的源头分析，提出由出错因子导入的复杂信息任务界面设计新思路；第2、3章从任务复杂性和信息复杂性角度对操作员产生的认知困难（复杂性困惑）角度，展开复杂信息造成任务失败的根原因分析；从而在第4章中建立不同出错因子的认知分层模型，解析任务失败的出错-认知机理；第5章提出了视觉行为和生理反应的出错因子实验分析方法，建立了出错-认知与界面信息的相关反应链；在第6、7章中，得到了一种由出错-认知到信息特征映射的设计优化方法，并应用于典型复杂信息系统的界面设计。

本书得到了国家自然科学基金青年科学基金“数字化信息交互界面的出错-认知机理与其设计因素之关联效应研究”（项目批准号：71601068）、工效学-津发

联合基金（人类工效学学会）“数字化信息交互界面的出错-认知机理与视觉信息获取可靠性分析方法研究”（项目批准号：201705）、江苏高校哲学社会科学重点项目“信息化时代下媒体交互系统的设计策略研究”（项目批准号：2017ZDIXM023）、常州市科技计划“智能化控制系统人机交互过程中视觉信息获取的可靠性评估方法及应用”（项目批准号：CE20175032）和中央高校基本科研业务费“基于生理认知的复杂信息任务界面设计方法研究”（项目批准号：2015B22714）的资助，在此表示衷心的感谢。

本书从酝酿到出版经过了两年多的时间，这也是我在东南大学工业设计团队攻读博士学位期间学习成果的延续。在书稿付梓之际，感谢我的导师东南大学工业设计系主任薛澄岐教授对本书的关心与指导。希望本书能够填补人因工程研究领域在信息控制与工业设计交叉方面的空白，为复杂信息系统的任务界面优化领域提供帮助。

由于作者水平有限，书中难免会有不足之处，恳请广大读者批评指正。

吴晓莉

2017年6月

于河海大学

目 录

序	
前言	
第1章 绪论	1
1.1 研究背景	1
1.1.1 导致任务失败的源头——出错因子	1
1.1.2 视觉信息的认知困难问题	2
1.1.3 由出错因子导入界面设计的新方式	2
1.2 国内外研究现状	3
1.2.1 人因出错分析方法综述	3
1.2.2 复杂人机交互界面分析方法综述	6
1.2.3 视觉认知与生理指标实验方法综述	7
1.3 研究的目的是和意义	9
1.3.1 本书的研究目的	9
1.3.2 本书的研究意义	9
1.4 研究的主要内容	10
1.5 本章小结	11
第2章 复杂信息系统监控任务界面基础理论概述	12
2.1 复杂信息系统概述	12
2.1.1 系统的复杂性	12
2.1.2 复杂信息系统	13
2.2 复杂信息系统的监控任务界面	14
2.2.1 复杂信息系统的人机交互	14
2.2.2 数字化、智能化的监控任务界面	15
2.3 复杂性分析	16
2.3.1 信息复杂性	16
2.3.2 任务复杂性	17
2.4 令人困惑的复杂	18
2.5 本章小结	19

第3章 复杂信息界面任务分析及出错因子表征	20
3.1 人因出错的特性分析	20
3.1.1 人因出错概念	20
3.1.2 人因可靠性分析	21
3.1.3 人因出错的分类方法	22
3.1.4 人因出错的分析模型与技术	26
3.1.5 出错因子的界定	32
3.2 典型复杂监控任务界面分析	33
3.2.1 航战显示系统的监控任务界面	33
3.2.2 监控任务的界面显示信息	36
3.2.3 监控界面的任务分析	37
3.3 监控任务界面的信息处理过程	39
3.3.1 人的信息处理过程	39
3.3.2 信息的定量化	41
3.3.3 中枢处理——信息的认知加工	43
3.4 操作员认知行为分析与 CREAM 扩展模型	45
3.4.1 操作员的认知行为模型	45
3.4.2 CREAM 扩展的操作员认知行为模型	46
3.5 HERA 的认知失误辨识分析	48
3.6 复杂监控任务界面出错因子提取	51
3.6.1 采用模拟实验法提取出错因子	51
3.6.2 监视/发觉出错因子提取	53
3.6.3 状态查询出错因子提取	55
3.6.4 响应计划出错因子提取	56
3.6.5 响应执行出错因子提取	57
3.7 复杂监控任务界面出错因子的认知表征	57
3.8 本章小结	58
第4章 出错因子的认知分层模型构建	61
4.1 视觉认知	61
4.1.1 视觉感知	61
4.1.2 选择性注意	63
4.1.3 信息存储与提取——记忆加工	65
4.1.4 信息处理——思维过程	66
4.2 基于认知表征分类的出错-认知集	68

4.2.1 出错因子的认知表征分类	68
4.2.2 出错因子到认知的映射	70
4.2.3 建立出错-认知集	71
4.3 出错-认知分层模型构建	75
4.3.1 不同出错类型的认知分层	75
4.3.2 错误感知的认知分层模型	75
4.3.3 注意失效的认知分层模型	79
4.3.4 知觉混淆的认知分层模型	81
4.3.5 记忆失误的认知分层模型	84
4.3.6 疏忽的认知分层模型	87
4.4 本章小结	90
第5章 基于视觉行为和生理反应的出错因子实验分析方法	91
5.1 视觉反应机理	91
5.1.1 视觉的行为与生理特性	91
5.1.2 凝视与扫视	94
5.2 视觉搜索模型	97
5.3 出错因子的实验分析方法	99
5.3.1 出错因子——实验变量的设定方法	99
5.3.2 视觉认知实验的总体设计	100
5.4 视觉认知实验相关技术与分析方法	102
5.4.1 E-Prime 视觉行为实验生成系统	102
5.4.2 眼动跟踪技术	103
5.4.3 实验相关的眼动参数与设备	103
5.4.4 实验设计的方法	105
5.4.5 实验的分析方法	106
5.5 监控任务界面中信息特征的视觉搜索研究	107
5.5.1 研究思路	107
5.5.2 实验材料	108
5.5.3 实验设计与程序	109
5.5.4 实验结果与分析	111
5.5.5 讨论一: 认知信息处理与任务的关系	118
5.5.6 讨论二: 信息搜索与监控区域的关系	119
5.5.7 讨论三: 信息特征的集簇关系	120
5.5.8 结论与下一步研究	121

5.6 视觉局限引起的信息疏漏、误读/误判研究 (I)	122
5.6.1 出错因子提取	122
5.6.2 选择实验范式	122
5.6.3 研究思路	123
5.6.4 实验设计与程序	124
5.6.5 实验结果与分析	126
5.6.6 讨论与结论	129
5.7 视觉局限引起的信息疏漏、误读/误判研究 (II)	130
5.7.1 出错因子提取	130
5.7.2 选择实验范式	130
5.7.3 研究思路	131
5.7.4 实验设计与程序	131
5.7.5 实验结果与分析	132
5.7.6 讨论与结论	136
5.8 视觉干扰和注意转移分散引起的信息忽略、错过研究	137
5.8.1 出错因子提取	137
5.8.2 选择实验范式	137
5.8.3 研究思路	137
5.8.4 实验设计与程序	138
5.8.5 实验结果与分析	139
5.8.6 讨论与结论	144
5.9 视觉认知实验综合讨论	146
5.10 本章小结	147
第 6 章 由出错-认知到设计信息的映射关系研究	149
6.1 监控任务界面的设计信息表征	149
6.1.1 监控任务界面的设计因素——信息特征	149
6.1.2 信息呈现的设计信息表征	152
6.1.3 界面布局的设计信息表征	158
6.2 由出错-认知机理到设计信息的映射关系	162
6.2.1 出错-认知机理与设计的相关性	162
6.2.2 由出错-认知到设计的映射	162
6.3 出错-认知域与设计信息域的相关性	164
6.3.1 出错-认知的关联属性分析	164
6.3.2 设计信息特征的关联属性分析	166

6.3.3 出错-认知到设计信息的映射	167
6.3.4 界面布局的目标约束	168
6.4 本章小结	170
第7章 基于出错-认知机理的复杂信息任务界面设计方法及应用	171
7.1 由出错-认知到信息特征映射的设计方法	171
7.2 典型航战显示系统任务界面设计案例	172
7.2.1 典型航战显示系统界面的出错因子提取	172
7.2.2 典型航战显示系统界面的出错因子-信息特征链	175
7.2.3 出错-认知到设计信息的映射	177
7.2.4 典型航战显示系统界面的优化设计过程	184
7.3 本章小结	189
参考文献	190
索引	199

第1章 绪 论

1.1 研究背景

随着计算机技术与信息化技术的快速发展,航空航天战机、船舶驾驶操控、核电厂控制、战场指挥等复杂信息系统的人机交互界面已经从传统的模拟控制发展到数字化控制的视觉信息界面(visual information interface)。传统的模拟控制一般是监视和操作系统,而在数字化控制过程中,操作人员的角色从手动控制者转变成监控者和决策者,增加了操作者的视觉认知过程,这需要通过一系列认知行为来执行任务。而由于复杂系统视觉信息界面呈现出信息量大、信息关系复杂等特性,操作者进入复杂性认知,可能会由于操作失误、误读/误判、反馈不及时等认知困难导致任务失败,严重时会产生系统故障,甚至重大事故。因此,如何系统地进行复杂系统中人机交互信息界面设计是当前学术界和工程设计界研究的关键问题,亦是设计领域与工程领域交叉研究的空白点。特别是从任务失败的内在机理角度研究复杂信息界面的设计方法,还鲜有人深入,亟待加强。基于该问题的重要性以及相关研究匮乏的考虑,本书将从导致任务失败的源头——出错因子(error factor)角度,研究出错与认知之间的相互作用机理,建立一种由出错-认知机理到信息特征映射的复杂信息界面设计方法。

《适应性思维》一书中,歌德·吉戈伦尔(2002)这样阐述:“只有人类头脑出现错误时,心理学家才会被叫来解释被错误缠绕的人类头脑是如何偏离逻辑和概率规则的。切尔诺贝利核电站爆炸、美国糟糕的外交政策以及多种多样的人类灾难均被与逻辑思维上的失误联系在一起。”那么,对复杂信息系统而言,只有从逻辑思维(界面信息的视觉认知)分析出错的内在机理(解释被错误缠绕的操作行为),才能将复杂错综的大量信息精准无误地呈现在视觉信息界面中。

1.1.1 导致任务失败的源头——出错因子

复杂信息系统的运行需要先进的硬件技术与科学的系统程序。据分析,系统的正常运行 99% 在于设备的技术可靠性,那么 1% 就在于系统界面的设计(信息呈现)可靠性。然而,操作员的任务决策 100% 依靠监控任务界面的信息呈现准确性,可见,系统界面的人机交互设计尤为重要。“安全来自长期警惕,事故源于瞬

间麻痹!”这是我国核电站、交通、煤矿等复杂系统的安全标语,目的在于关爱生命,预防事故。若从认知科学角度分析,人的意识做不到长期警惕,认知过程中很容易造成瞬间麻痹。若是事故都归于操作员、管理员的瞬间麻痹,忽略事故的源头——监控任务界面,灾难性事故只会频繁发生。例如,2010年伊春8·24特大飞行事故,2011年7·23动车追尾事故,2013年韩亚航空爆炸,2013年八宝煤矿五次爆炸和中国粮仓起火重大事故的分析报告均提及事故原因与信息监控系统的人为操作和判断失误有关。据统计,在1988~1997年全球发生的民用飞机解体事故中,因飞行员在驾驶过程中误读信息所造成的事故率为70%。在我国,仅2008年全国共发生的357321起道路交通事故中,由驾驶过程中操作不当所导致的事故率为27.6%。因此,研究复杂系统的视觉信息界面,需要追溯到界面任务失败的源头——出错因子,才能解决复杂信息呈现认知困难的根本问题。

1.1.2 视觉信息的认知困难问题

数字化、智能化的监控任务界面需要将系统抽象信息转化为操作者易识别、易理解的信息界面元素。当呈现信息复杂时,需要合理的导航设计以及信息层次的结构设计,才能实现信息交互的合理性。对于信息交互过程,相当于输入、变换、简化、加工、存储、恢复和使用信息的全过程,这正是认知加工过程。复杂监控任务界面中信息和任务的复杂性,有可能直接导致认知加工过程出现中断,甚至错误加工,从而产生信息的搜索、认读、辨识、判断选择等过程的失误,最终导致操作困难、系统故障、任务失败。而令操作困惑的根本原因是视觉信息呈现给操作者带来了认知困难。

因此,欲解决操作过程中的人因失误,需要从视觉信息的认知困难问题入手。导致任务失败的根本原因需要由认知加工过程的知觉、注意、记忆、思维等解释,研究出错与认知的关联性成为了本书研究的关键。本书将从任务复杂性和信息复杂性对操作员产生的认知困难(复杂性困惑)角度,展开监控任务界面造成任务失败的根原因分析,研究复杂信息系统监控任务界面出错因子的认知机理。

1.1.3 由出错因子导入界面设计的新方式

在工程技术领域,国内学者以“人因失误”“人为差错”等表述国际通用词汇 human error,该表述包含人、组织行为、管理等多方面系统中的失误类别,本书更倾向于操作者视觉认知过程产生的失误,将研究对象界定为出错因子。目前,在视觉信息界面领域还鲜有从出错因子角度展开的研究。特别是应用于复杂的航空、军事等多层级子系统复合显示的复杂系统,其出错因子多集中在执行监控、

搜索等任务的视觉信息呈现中,研究其出错的内在机理是改善复杂系统视觉信息界面设计的重要切入点和降低认知困难的关键之匙。因此,信息界面中出错因子的认知机理已成为迫切需要解决的问题,也成为了本书的重要研究内容。由此产生了以下由出错因子导入的界面设计新方式。

(1) 由于复杂系统所呈现的视觉信息界面不同于传统的模拟系统,以往成熟的人因失误模型已经不能完全适用于多层级复合显示的视觉信息界面出错因子分析,需要基于复杂系统所执行的监控任务提取出错因子,在前人提出的模型的基础上建立新的出错-认知模型。

(2) 信息呈现的复杂性给操作员执行任务带来了新的困扰。这种困惑的复杂所产生的出错因子,需要从视觉认知角度分析视觉行为和生理反应机理,视觉搜索实验方法与眼动跟踪技术能够解析认知失误的行为和生理反应机理。

(3) 出错-认知机理并不能直接应用于复杂信息界面的设计,需要将任务失败的源头(出错因子)与设计信息建立联系。解决这个问题需要寻找一种可以将出错-认知机理映射到信息界面设计因素上的方法,从而能够对复杂信息界面进行优化设计。这将建立一套由出错-认知到信息特征映射的复杂信息界面设计方法,为信息量大、信息结构关系错综复杂的任务界面进行信息呈现和界面布局优化,以达到系统性能的全面发挥和精准实施。

1.2 国内外研究现状

1.2.1 人因出错分析方法综述

在人因可靠性研究领域,工程科学中对人因出错的研究起源于第二次世界大战期间的武器系统领域。由于人的出错(human error)造成的重大事故相继发生,例如,1979年美国发生的三哩岛事故,1986年发生的“挑战者号”航天飞机爆炸事故以及苏联的切尔诺贝利事故,1988年英国发生的派珀·阿尔法事故等。特别是三哩岛事故后,把灾难性事故的发生归因于人的出错,开始对出错展开广泛研究,发展了各种人因失误模型。Embrey、Swain、Kirwan、Hollnagel等以传统人因观点为基础,试图用操作员基本行为成分来描述具有“失误”事件特征的操作员行为,PHEA、THERP、HRMS、HERA、CREAM、HEP等成为典型的人因失误分析方法和模型。Embrey(1986)提出了预测性人误分析技术(PHEA),从计划失误、操作失误、检查失误、修补失误、交流失误、选择失误六个角度分析失误形成的过程,成为处理事故后操作员的人因可靠性的诊断模型。Swain和Guttmann(1983)提出了人因出错率预测技术(technique of human error rate prediction, THERP),应用于事故下的规则性失误分析,建造HRC事件树,进行定量评价,该方法广泛用于核

电站、石化工业、大型武器系统等领域的风险评价之中。Kirwan (1997) 在认知失误分析方法的技术上, 着重关注人因失误发生的概率以及对系统或环境带来的严重后果, 提出了新的认知行为模型。Hollnagel (1996, 1998) 从认知心理学角度提出了人因可靠性与失误分析方法 (cognitive reliability and error analysis method, CREAM), 该方法是第二代人因可靠性方法的典型代表。该方法采用分类方案, 对人因事件的前因和后果之间的关系进行了系统化的归类, 定义了后果和可能前因之间的联系, 具有追溯和预测的双向分析功能, 既可以对人因失误事件的根原因进行追溯, 也可以对人因失误概率进行预测分析, 是一种十分有效的人因出错分析方法。Hidekazu 和 Wei (1999) 研究人为差错概率 (HEP), 建立了用户评估模型。

同时, 在认知科学与工程应用研究领域, 也不断涌现出了人因出错的分类方法。Norman (1981) 从认知心理学角度最早提出了出错的类别, 包括疏忽和错误两种出错类型。Rasmussen (1986) 以优化系统设计为目的, 提出了三种认知控制层次, 分别为技能层、规则层和知识层, 按照这三个层次对出错进行系统分类。Reason (1987) 认为 Norman 提出的两种出错类型是不全面的, 他把出错分为三种类型: 错误 (mistake)、失手 (slip) 和失误 (lapse)。Reason (1990) 在这三种类型的基础上, 进一步完善了出错分类, 提出了错误感知、注意失效、记忆失误等八种基本出错类型。Swain 等在 THERP 技术里把出错分为了疏漏失误 (error of omission)、执行失误 (error of commission) 和无关失误 (extraneous error) 三种模式。以上学者研究的几种分类方法成为了人因出错研究领域的主要出错类型, 并结合人因可靠性方法应用于工程领域。

进入 20 世纪, 在航空航天、核电等重大工程领域, 人因出错的研究逐渐升温。Shappell 等 (2001, 2007) 提出了人因分析与分类系统 (the human factors analysis and classification system, HFACS), 并应用该系统对 13 年的飞机事故数据进行分析, 发现 error action 是事故的主要分析对象。在国内, 孙志强等 (2008) 提出了一种新的人为差错成因分析框架。在该框架中, 将差错成因分为操作者、系统、任务、环境、组织因素五个方面进行分析, 并提出了从大类到小类的层次化分析原则, 以此作为人为差错原则, 结合认知模型, 分析了不同认知阶段可能出现的人为差错模式。蒋英杰和孙志强 (2011) 介绍了人为差错概率的量化方法, 并将人为差错分为时间决定论、任务决定论和场景决定论三种类型。孙瑞山和赵青 (2012) 研究了航空人为差错事故/事件的影响因素, 借鉴欧盟联合航空事故和事故征集报告系统 ECCAIRS 分析框架, 构建航空人为差错事故/事件分析 (ECAR) 模型, 并从事件层、描述层、原因层和组织因素与改进建议层, 分析航空事故和不安全事件的人为差错。沈祖培等 (2009) 建立了人的失误认知模型的理论和方法; 周勇和张力 (2011) 研究了核电厂人因失误的认知控制过程, 提出了应激影响模型和情景控制模型; 吴晓莉 (2015) 对视觉信息界面进行用户出错分类, 得

到了出错层到认知层的映射模型,提出了出错因子导入界面设计的新方式。

随着计算机图形和用户界面的快速发展,人因出错的分类研究也应用到了界面的可用性改善研究。Nielsen 等(1994)、Shryane 等(1998)等提出减少出错率的方法,改善可用性界面。李乐山(2004)在 Norman、Reason 对出错分类的基础上,提出了人机界面中的出错分类。他认为疏忽(inattention)和过分注意(overattention)应作为人因出错的主要研究内容。Hassnert 和 Allwood(2002)认为不可能有统一标准的出错分类,应该采用实验方法获得相应的人因出错类型,他们通过软件的用户界面测试,对用户出错进行归纳分类。Krokos 和 Baker(2007)提出了界面认知的出错分类方法。Maxion 和 Reeder(2005)研究了通过减少出错来提高用户界面可靠性的方法(external subgoal support)。

在 Web of Science 数据库中对近 13 年的文献进行检索,以 user error、human error 为检索词在标题中进行检索,分别为 190 篇、673 篇,说明在国外将 human error 作为专业词汇的研究较多,则以 human error 作为检索词。在 SpringerLink 数据库进行文献检索,选择工程、计算机、心理等相关学科精炼后得到 304 篇,其中 Engineering 177 篇, Computer science 96 篇, Psychology 63 篇, Operations research management science 61 篇……从表 1-1 中可以看出,国外在用户出错的研究上具有一定的基础,通过学科精炼检索,特别是在工业工程(engineering industrial)、人类工效学(ergonomics)、运筹学、心理学应用这几个学科较为集中,能够为人机交互界面研究提供大量的文献参考。在此基础上,按照国家、地区分析,报告显示美国、中国以及英国排名前三,其中中国有 26 篇,这说明中国对人因出错的研究也颇为深入,这对本书的研究具有很大的参考价值。

表 1-1 Web of Science 数据库中 human error 研究所涉及的领域及文章篇数统计

字段: 学科类别	记录计数	概率
Engineering	177	58.224%
Computer science	96	31.579%
Psychology	63	20.724%
Operations research management science	61	20.066%
Automation control systems	19	6.250%
Business economics	15	4.934%
Science technology other topics	15	4.934%
Mathematics	14	4.605%
Behavioral sciences	12	3.947%
Neurosciences neurology	11	3.618%

从与本书研究最为接近的 Ergonomics 学科分类来看,被引频次高的文献出处主要集中在 *Ergonomics*, *Human Factors*, *International Journal of Industrial*

Ergonomics 等重要刊物上，如表 1-2 所示。

表 1-2 Web of Science 数据库中 human error 研究主要出版物及文章篇数统计

字段：来源出版物	记录计数	概率
Ergonomics	8	19.048%
Human Factors	7	16.667%
International Journal of Industrial Ergonomics	4	9.524%
Accident Analysis and Prevention	3	7.143%
Applied Ergonomics	3	7.143%
Proceedings of the 9th Conference on Man Machine Environment System Engineering	3	7.143%
Contemporary Ergonomics 2004	2	4.762%

在工业工程、工效学领域，把事故原因分为人、机器、环境及管理四个方面。而人为因素与认知心理学有着密不可分的关系，若从认知角度分析人因出错，在 Web of Science 数据库中输入关键词 error cognition，只得到 11 条记录。若将关键词细化，输入 memory and error、perception and error、visual sense and error 等关键词，可以看到在认知的各自分支领域有一定的研究基础。但是大部分文献来自医学、神经科学，没有涉及工程、计算机等领域。

综上所述，人因出错在人因可靠性领域已经建立了较为成熟的认知失误模型和测评分析方法，在认知科学与工程应用领域有可参考的出错类型及出错分类方法，并在航空航天、核电等重大工程中进行了深入研究，也随着计算机用户界面的出现，人因出错在界面可用性方面积累了一定的成果。然而，这些模型和分析方法还不能应用到复杂信息系统的监控任务界面，对于复杂人机交互界面呈现的数字化、智能化特征，需要在前人的基础上，建立科学的人因出错分析方法。

1.2.2 复杂人机交互界面分析方法综述

在人机交互界面设计方面，国内外学者侧重于界面可用性测试与评价的研究上。Jaydeep 等（2003）提出了新的启发式方法用于用户友好的设备布局及优化问题。Friedhelm 等（2006）根据工效学准则，进行了相关的人机界面测试及实验，对过程控制系统中人的因素进行分析、评价及设计。Anokhin 等（2009）对核电站主控室控制面板设计进行了工效学评价，指出了布局不规则和设备之间的不相容是最典型的设计错误，并通过两个设计实例进行了论证。Bauerly 等、Lee、Annie 等（2006，2009，2012）针对汽车导航分别进行界面的对比方法、可视化呈现方法、界面元素的实验模型和仿真环境方面的深入研究；Paul（2010）研究界面中