



国防科技图书出版基金

Human System Interface
Design and Evaluation

人机界面 设计与评价

颜声远 等著



国防工业出版社

National Defense Industry Press



国防科技图书出版基金

人机界面设计与评价

Human System Interface Design and Evaluation

颜声远 许或青 王敏伟 陈玉 著

国防工业出版社

内 容 简 介

本书简要回顾了人机界面设计与评价的发展历史,论述了人机界面设计与评价在人机交互中的重要性。以工效学标准为基础,讲述了基于数字化技术的人机界面设计与评价及其应用。主要内容包括显示器和操纵器设计;人机界面布局优化;人机界面评价指标;数字化人体模型开发和应用;舰船驾驶室视域和盲区评价;舰船驾驶室布置设计仿真评价。

本书适合于从事人机界面设计与评价的科研人员和大专院校学生使用。



图书在版编目(CIP)数据

人机界面设计与评价 / 颜声远等著. —北京:国防

工业出版社, 2013.7

ISBN 978-7-118-08695-9

I. ①人... II. ①颜... III. ①人机界面—系统设计 IV. ①TB11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 132130 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

国防工业出版社印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 880×1230 1/32 印张 6 $\frac{1}{4}$ 字数 147 千字

2013 年 7 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—3000 册 定价 50.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

致 读 者

本书由国防科技图书出版基金资助出版。

国防科技图书出版工作是国防科技事业的一个重要方面。优秀的国防科技图书既是国防科技成果的一部分,又是国防科技水平的重要标志。为了促进国防科技和武器装备建设事业的发展,加强社会主义物质文明和精神文明建设,培养优秀科技人才,确保国防科技优秀图书的出版,原国防科工委于1988年初决定每年拨出专款,设立国防科技图书出版基金,成立评审委员会,扶持、审定出版国防科技优秀图书。

国防科技图书出版基金资助的对象是:

1. 在国防科学技术领域中,学术水平高,内容有创见,在学科上居领先地位的基础科学理论图书;在工程技术理论方面有突破的应用科学专著。
2. 学术思想新颖,内容具体、实用,对国防科技和武器装备发展具有较大推动作用的专著;密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的高新技术内容的专著。
3. 有重要发展前景和有重大开拓使用价值,密切结合国防现代化和武器装备现代化需要的新工艺、新材料内容的专著。
4. 填补目前我国科技领域空白并具有军事应用前景的薄弱学科和边缘学科的科技图书。

国防科技图书出版基金评审委员会在总装备部的领导下开展工作,负责掌握出版基金的使用方向,评审受理的图书选题,决定资助的图书选题和资助金额,以及决定中断或取消资助等。

经评审给予资助的图书,由总装备部国防工业出版社列选出版。

国防科技事业已经取得了举世瞩目的成就。国防科技图书承担着记载和弘扬这些成就,积累和传播科技知识的使命。在改革开放的新形势下,原国防科工委率先设立出版基金,扶持出版科技图书,这是一项具有深远意义的创举。此举势必促使国防科技图书的出版随着国防科技事业的发展更加兴旺。

设立出版基金是一件新生事物,是对出版工作的一项改革。因而,评审工作需要不断地摸索、认真地总结和及时地改进,这样,才能使有限的基金发挥出巨大的效能。评审工作更需要国防科技和武器装备建设战线广大科技工作者、专家、教授,以及社会各界朋友的热情支持。

让我们携起手来,为祖国昌盛、科技腾飞、出版繁荣而共同奋斗!

国防科技图书出版基金

评审委员会

国防科技图书出版基金

第六届评审委员会组成人员

主任委员	刘成海			
副主任委员	宋家树	蔡 锺	程洪彬	
秘书长	程洪彬			
副秘书长	邢海鹰	贺 明		
委 员	于景元	才鸿年	马伟明	王小谟
(按姓氏笔画排序)	甘茂治	甘晓华	卢秉恒	邬江兴
	刘世参	芮筱亭	李言荣	李德仁
	李德毅	杨 伟	肖志力	吴有生
	吴宏鑫	何新贵	张信威	陈良惠
	陈冀胜	周一宇	赵万生	赵凤起
	崔尔杰	韩祖南	傅惠民	魏炳波

前 言

人机界面指人机器界面(Human Machine Interface)和人计算机界面(Human Computer Interface),一般统称为人系统界面(Human System Interface)。人机界面是人与机进行信息和能量交互的媒介,对提高人机系统交互的效率和安全性具有重要影响。人机界面的设计应遵循工效学标准,然而由于工效学标准中涉及的参数种类和原则众多,工程应用中常常顾此失彼。因此,在工程应用前进行工效学评价成为不可忽视的重要环节。

随着航空航天、航海和大型能源业对控制系统功能要求的不断提高,人机界面的复杂程度也迅速提高,由人机界面设计不良而引发的事故比例也呈现快速递增的趋势。凭借设计人员的经验或简单对照人类工效学标准,难以全面、合理和准确地对上述复杂系统人机界面进行工效学设计与评价。基于数字化技术的人机界面设计与评价可以在方案设计阶段提前发现和解决工效学设计缺陷,可缩短研发周期,节省研发费用。

本书是结合作者近年科研工作著作而成的。内容包括基础研究和有代表性的工程应用案例,主要有:数字化人体模型开发及应用;人机界面布局优化及应用;舰船驾驶室视域和盲区评价;舰船驾驶室布置设计仿真评价。

全书分8章,依次为:人机界面设计与评价概述;人机界面显示器设计;人机界面操纵器设计;人机界面布局优化及应用;人机界面设计与评价指标;数字化人体模型开发及应用;舰船驾驶室视域和盲区评价;舰船驾驶室布置设计仿真评价。本书着

重于工效学标准的阐述及其在设计中的应用,强调基于数字化技术的人机系统设计与评价。

本书第1、6、7、8章由颜声远撰写,第4、5章由许彧青撰写,第3章由王敏伟撰写,第2章由陈玉撰写。

本书适合于从事人机界面设计与评价研究及应用的科研人员、大专院校学生及与之相关的工程技术人员使用。

在本书撰写过程中,作者引用和参考了国内外专家和学者的诸多精辟论述、研究成果和理论。在此,谨向这些学者致以诚挚的谢意!

受作者知识水平和所在领域的限制,本书难免存在一些缺点和不足,敬请广大读者批评指正。

作者

2012年12月

目 录

第 1 章 人机界面设计与评价概述	1
1.1 人机界面设计与评价的发展	1
1.1.1 基于经验的人机界面设计与评价	2
1.1.2 基于科学实验的人机界面设计与评价	4
1.1.3 基于计算机技术的人机界面设计与评价	6
1.2 人机界面设计与评价的方法	11
1.2.1 设计与评价方法概述	11
1.2.2 设计与评价方法演变	15
第 2 章 人机界面显示器设计	17
2.1 显示器分类及设计原则	17
2.1.1 显示器分类	17
2.1.2 显示器设计原则	20
2.2 显示设备设计	22
2.2.1 视觉显示器设计	22
2.2.2 听觉显示器设计	27
2.2.3 触觉显示器设计	28
2.3 软显示器设计	29
2.3.1 软显示器设计原则	29
2.3.2 显示页面布局与显示元素设计	32
2.3.3 软显示器显示方式设计	38

第3章 人机界面操纵器设计	49
3.1 操纵器分类及基本设计原则	49
3.1.1 操纵器分类	49
3.1.2 操纵器基本设计原则	51
3.2 硬操纵器设计	52
3.2.1 计算机输入设备	52
3.2.2 常规操纵设备	59
3.3 软操纵器设计	63
3.3.1 软操纵器基本设计原则	63
3.3.2 软操纵器设计	67
第4章 人机界面布局优化及应用	80
4.1 布局设计原则的建模及构建目标函数	80
4.1.1 建立元件布局设计原则的数学模型	81
4.1.2 布局目标函数的构建	86
4.2 基于粒子群算法的布局优化	87
4.2.1 惯性权重策略的选取	87
4.2.2 学习因子的选取	90
4.2.3 元件位置的设置	91
4.2.4 粒子速度的设置	93
4.2.5 其他主要计算参数的优化	94
4.3 布局设计实例	97
4.3.1 布局问题描述	97
4.3.2 目标函数相关参数的设置	98
4.3.3 布局优化计算结果及分析	102
第5章 人机界面设计与评价指标	106
5.1 人机界面设计与评价的要求	106

5.1.1	人机界面设计要求	106
5.1.2	人机界面评价要求	114
5.2	人机界面设计与评价指标的确定	115
5.2.1	设计与评价指标的分类	115
5.2.2	设计与评价指标的确定	116
5.3	人机界面评价的算法	118
5.3.1	几何参数类指标评价算法	118
5.3.2	指导原则类指标评价算法	123
第6章	数字化人体模型开发及应用	125
6.1	人体模型开发技术方案	125
6.1.1	开发平台	125
6.1.2	开发方法	127
6.2	人体模型构造	128
6.2.1	人体模型的构造方法	128
6.2.2	人体模型尺寸数据库选择	131
6.2.3	人体模型肢体尺寸	132
6.2.4	任意百分位数人体模型尺寸计算	132
6.3	人体模型调用与姿态调节	133
6.3.1	人体模型调用与参数设置	133
6.3.2	人体模型姿态调节	135
6.3.3	人体模型舒适性评价	137
第7章	舰船驾驶室视域和盲区评价	144
7.1	驾驶室视域和盲区的评价方法	144
7.1.1	驾驶室视域和盲区评价指标	144
7.1.2	驾驶室视域和盲区评价流程	144
7.2	驾驶室视域和盲区评价软件开发	145

7.2.1	开发环境和流程	146
7.2.2	软件模块结构和对话框	146
7.3	驾驶室视域和盲区评价案例	149
7.3.1	人体模型的尺寸和位置的选择	149
7.3.2	驾驶室视域和盲区评价	150
第8章	舰船驾驶室布置设计仿真评价	162
8.1	仿真评价技术方法	162
8.1.1	仿真评价软件环境	162
8.1.2	仿真评价技术方案	162
8.2	船员人体模型建模	164
8.2.1	人体模型参数计算	164
8.2.2	创建船员人体模型	168
8.3	船员运动仿真与作业空间评价	168
8.3.1	船员运动仿真流程	168
8.3.2	船员作业空间评价	170
8.3.3	船员触及域和视域评价	171
8.4	船员运动参数计算与驾驶室布置评价	172
8.4.1	船员运动轨迹追踪	172
8.4.2	船员运动参数计算	172
8.4.3	驾驶室布置评价	174
参考文献		177

Contents

Chapter 1	Overview of HSI Design and Evaluation	1
1.1	Development of HSI Design and Evaluation	1
1.1.1	Experience Based HSI Design and Evaluation	2
1.1.2	Scientific Experiment Based HSI Design and Evaluation	4
1.1.3	Computer Technology Based HSI Design and Evaluation	6
1.2	Methods of HSI Design and Evaluation	11
1.2.1	Overview of Design and Evaluation Method	11
1.2.2	Evolution of Design and Evaluation Method	15
Chapter 2	Display Design of HSI	17
2.1	Display Types and Design Principle	17
2.1.1	Types of Display	17
2.1.2	Design Principle	20
2.2	Design of Display Device	22
2.2.1	Design of Visual Display	22
2.2.2	Design of Hearing Display	27
2.2.3	Design of Touch Display	28
2.3	Design of Soft Display	29

2. 3. 1	Design Principle of Soft Display	29
2. 3. 2	Layout of Display Page and Design of Display Elements	32
2. 3. 3	Design of Display Format of Soft Display	38
Chapter 3	Control Design of HSI	49
3. 1	Control Types and Design Principle	49
3. 1. 1	Types of Control	49
3. 1. 2	General Design Principle of Control	51
3. 2	Design of Hard Control	52
3. 2. 1	Input Device of Computer	52
3. 2. 2	Traditional Control Device	59
3. 3	Design of Soft Control	63
3. 2. 1	General Design Principle of Soft Control	63
3. 2. 2	Design of Soft Control	67
Chapter 4	HSI Layout Optimization and application	80
4. 1	Layout Disciplines Based Modeling and Construction Target function	80
4. 1. 1	Construction of Mathematical Model Based on Component Layout Disciplines	81
4. 1. 2	Construction of Layout Target Functions	86
4. 2	Particle Swarm Algorithm Based Layout Optimization	87
4. 2. 1	Selection of Inertia Weight Strategy	87
4. 2. 2	Selection of Learning Factors	90
4. 2. 3	Settings of Component Position	91

4.2.4	Settings of Particle Speed	93
4.2.5	Optimization of Other Primary Calculation Parameters	94
4.3	Example of Layout design	97
4.3.1	Description of Layout Problem	97
4.3.2	Settings of Relative Target Functions Parameters	98
4.3.3	Calculation Result and Analysis of Layout Optimization	102
Chapter 5	Design and Evaluation Indexe of HSI	106
5.1	Design and Evaluation Requirements of HSI ...	106
5.1.1	Design Requirements of HSI	106
5.1.2	Evaluation Requirements of HSI	114
5.2	Establishment of Design and Evaluation Index of HSI	115
5.2.1	Types of Design and Evaluation Indexe ...	115
5.2.2	Establishment of Design and Evaluation Indexe	116
5.3	Evaluation Algorithm of HIS	118
5.3.1	Evaluation Index Algorithm of Geometric Parameters	118
5.3.2	Evaluation Index Algorithm of Guiding Principles	123
Chapter 6	Development and Application of Digital Human Model	125
6.1	Technical Scheme of Human Model Development	125
6.1.1	Development Platform	125
6.1.2	Development Method	127

6.2	Construction of Human Model	128
6.2.1	Construction Method of Human Model	128
6.2.2	Selection of Human Model Size Database	131
6.2.3	Segment Size of Human Model	132
6.2.4	Calculation of Human Model for Discretionary Percentile	132
6.3	Loading and Postural Adjustment of Human Model	133
6.3.1	Loading and Setting of Parameters for Human Model	133
6.3.2	Postural Adjustment of Human Model	135
6.3.3	Comfort Evaluation of Human Model	137

Chapter 7 Evaluation of Visual Field and Blind

	Area in Wheelhouse	144
7.1	Evaluation Method of Visual Field and Blind Area in Wheelhouse	144
7.1.1	Evaluation Index of Visual Field and Blind Area in Wheelhouse	144
7.1.2	Evaluation Process of Visual Field and Blind Area in Wheelhouse	144
7.2	Evaluation Software Development for Visual Field and Blind Area in Wheelhouse	145
7.2.1	Development Platform and Process	146
7.2.2	Software Modular Structure and Dialog box	146
7.3	Examples of Evaluation of Visual Field and Blind Area in Wheelhouse	149

7.3.1	Selection of Human Model Size and Position	149
7.3.2	Evaluation of Visual Field and Blind Area in Wheelhouse	150
Chapter 8	Simulation Evaluation of Wheelhouse Layout ...	162
8.1	Technical Method of Simulation Evaluation	162
8.1.1	Software Platform of Simulation Evaluation	162
8.1.2	Technical Scheme of Simulation Evaluation	162
8.2	Modeling of Sailor Body Model	164
8.2.1	Defining Human Model Parameters	164
8.2.2	Creating Model of Sailor Body	168
8.3	Sailor Movement Simulation and Evaluation of Working Space	168
8.3.1	Process of Sailor Movement Simulation ...	168
8.3.2	Evaluation of Sailor Working Space ...	170
8.3.3	Evaluation of Sailor Visual Field and Reach Field	171
8.4	Parameter Calculation of Sailor Movement and Layout Evaluation in Wheelhouse	172
8.4.1	Movement Path Tracking of Sailor	172
8.4.2	Movement Parameter Calculation of Sailor	172
8.4.3	Layout Scheme Evaluation of Wheelhouse	174
References		177