

科学试验系统界面布局设计

李璠¹, 干静¹, 陈鸿益¹, 罗建军², 王剑范¹

(1.四川大学 制造科学与工程学院, 成都 610065; 2.四川大学 艺术学院, 成都 610207)

摘要: **目的** 研究科学试验系统界面布局设计方法, 提升科研技术人员交互效率和工作有效性。**方法** 通过分析科学试验系统界面的交互任务, 提取了明确的设计需求, 以某精密科学试验系统界面为案例, 根据视觉认知规律和交互操作习惯, 采用眼动记录仪试验数据进行界面布局设计。**结果** 提出了一套涵盖科学试验系统界面结构设计、界面模式设计和单一界面中各模块单元布局设计的方法流程。**结论** 使用该布局方法得到界面布局方案, 通过对设计方案用户满意度评估验证了该方法的有效性。

关键词: 科学试验系统; 界面设计; 布局设计

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)12-0169-05

Layout Design of Interface for Scientific Experimental System

LI Fan¹, GAN Jing¹, CHEN Hong-yi¹, LUO Jian-jun², WANG Jian-fan¹

(1.School of Manufacturing Science and Engineering, Sichuan University, Chengdu 610065, China;

2.Arts school, Sichuan University, Chengdu 610207, China)

ABSTRACT: It aims to study the layout design method for scientific experimental system interface to improve the interaction efficiency and ensure the effects of experiment. Through the analysis of interaction task of the interface for scientific experimental system, the design requirements are extracted. Taking the interface for the precision experimental system as an example, the interface layout design is carried out based on cognitive laws, interactive habits and data from eye tracker. The design method for scientific experimental system interface which contains interface structure design, pattern design and module layout design is proposed. The layout design scheme is built and tested, thus the design method is verified by the user satisfaction evaluation of design project.

KEY WORDS: scientific experimental system; interface design; layout design

科学试验系统界面是特定领域专用的一类界面, 往往应用于高校、研究所、设计院等科研部门, 涉及与工程技术或科学研究相关的试验工作。作为实现科研技术人员与试验系统信息双向沟通的窗口, 该类系统界面协助技术人员完成监控、试验、分析等诸多复杂任务, 并反馈试验状态和结果。然而, 科学试验的复杂性和不可预估性, 使得科研技术人员与计算机的交互信息量大幅度增加。设计不良的系统界面会严重影响交互效率, 甚至可能引发错误操作^[1], 对科学试验开展造成不良影响。科学试验系统界面布

局设计研究对提升科研领域人机交互效率, 保证试验、测试工作的效果, 构建友好、愉悦的交互氛围具有重要意义。

1 科学试验系统界面设计需求

科学试验系统较为复杂, 涵盖的信息量大, 数据多, 操作繁复。系统一般包含了一个完整的科学试验过程。其受众不同于常规 web 软件, 科研技术人员同时扮演使用者和管理者的双重身份, 不仅与系统前台

收稿日期: 2017-03-27

基金项目: 国家重大科学仪器专项 (2011YQ130047)

作者简介: 李璠 (1991—), 女, 陕西人, 四川大学制造科学与工程学院硕士生, 主攻产品设计、人机工程学应用。

通讯作者: 干静 (1968—), 女, 重庆人, 博士, 四川大学教授, 主要研究方向为产品设计理论、计算机辅助工业设计、人机工程学在产品设计中的应用。

界面进行交互完成试验,而且负责对系统后台各功能模块进行管理和维护。科学试验系统的人机界面交互任务见图1,可简化为“信息输入—系统运行—信息输出—判断决策—结果分析”。

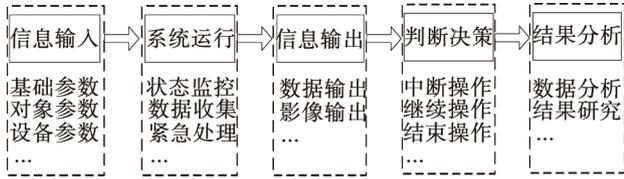


图1 科学试验系统界面交互任务

Fig.1 Interaction task of interface for scientific experimental system

根据科学试验系统所具备的特殊性,提出其界面布局设计需求如下。第一,合理的信息结构。科学试验系统集成多个学科的知识系统,界面功能模块较多,技术人员需接收来自多个模块界面的信息以综合判断、分析和操作试验过程。合理的信息结构能够有效平衡界面结构的广度和深度,减少技术人员的认知负荷。第二,清晰的视觉流程。与社交、娱乐、服务类界面相比,科学试验系统界面信息与整个科学试验过程相匹配,具备特定逻辑顺序。界面布局设计中应遵循任务逻辑和用户习惯来设计恰当的视觉流程,使信息呈现有序状态。第三,高效的交互效率。该类系统界面交互任务为多目标控制,即单个人控制监测多个模块,交互方式主要以监控、直接操纵为主,交互效率的提升主要体现在提高认知和操作效率。

2 科学试验系统界面布局设计

布局问题是指在给定布局空间内,将若干待布局物体合理摆放并满足必要的约束,达到某种最优指标^[2]。Won Chul Kim 和 James D Foley 于 1993 年提出了以队列、方位、放置的思想为指导的显示界面布局思路^[3]。Kamran D, Ma Ziar A 和 Hosse In S F 提出了通过经验的积累提取一个完整的布局流程^[4]。结合科学试验系统界面设计需求,本文提出了一套以视觉认知规律和交互操作习惯为基础的界面布局方法(见图2),使各功能模块得到合理的排布。

某精密科学试验系统,作为高精度惯性仪表校准、检测的重要试验平台,通过对惯性仪表施加不同的加速度量值,测量反映其输出信号,实现惯性器件、仪表的性能测试、校准和检定等功能,是一类极具代表性的科学试验系统。以该系统界面为案例,对科学试验系统界面布局的具体方法展开论述。

2.1 界面布局结构设计

科学试验系统界面功能模块复杂,但显示载体和尺寸有限,因而要合理地在屏幕上显示这些界面,首

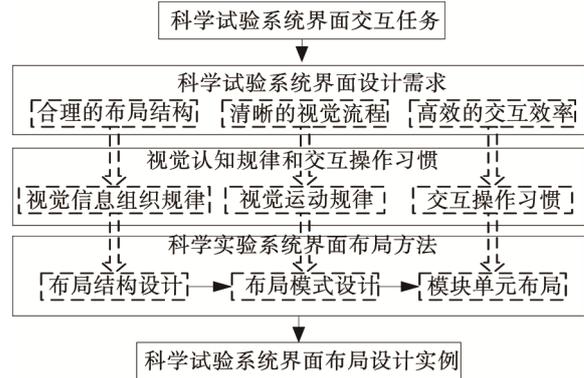


图2 科学试验系统界面布局设计研究方法

Fig.2 Research method of interface layout design for scientific experimental system

先要确定其布局结构。界面的布局结构包含广度和深度,一方面,眼睛扫描比鼠标点击运行的快,因而在广度选项间的扫描比深度选项间的选择更轻松;另一方面,若界面广度太大将所有选项全部展示出来,缺少一定的深度层级,用户的记忆负荷会增加,很难快速选择。

由 Lee 和 Mac Gregor 提出的定量方法 TST(Total Search Time)^[5]推导可知,一个界面的最优宽度约为 4~13 个模块,且任务越依赖于独立选项的运行,则界面深度越大,界面宽度越小。科学试验系统界面布局结构设计直接体现为信息层级分析和构建。作为典型的科学试验系统界面,某精密科学试验系统界面集成了加速度范围及不确定度、电机性能、最大负载能力、标校应用试验、隔振基础振动、测量信息修正与误差补偿七大测试系统界面。各系统界面显示信息之间既相互独立又相互关联。通过分析各系统界面之间的关系,结合视觉信息组织规律中邻近性、相似性原则,该精密试验系统界面信息结构布局可划分为 3 个层级,某精密科学试验系统界面层级分析和构建见图 3。层级 1 为主系统界面菜单层级,层级 2 为七大子系统界面层级,层级 3.1、3.2 分别为测量信息修正与误差补偿及标校应用试验监控及操作层级,且每个界面层级宽度均为 4~13 个功能模块,例如测量信息修正与误差补偿系统界面宽度为 4 个。

2.2 界面布局模式设计

常见的系统界面布局模式有以下几种:线性布局、中心布局和分散布局等。线性布局:界面功能模块以水平或垂直方向进行线性排布组成一个序列。中心布局:以其中一个功能模块为中心,在其上(北)、下(南)、左(西)、右(东)4个方位排布其余的模块。分散布局:界面功能模块随意散布,排布较为灵活。常见的系统界面布局类型分析见表 1。

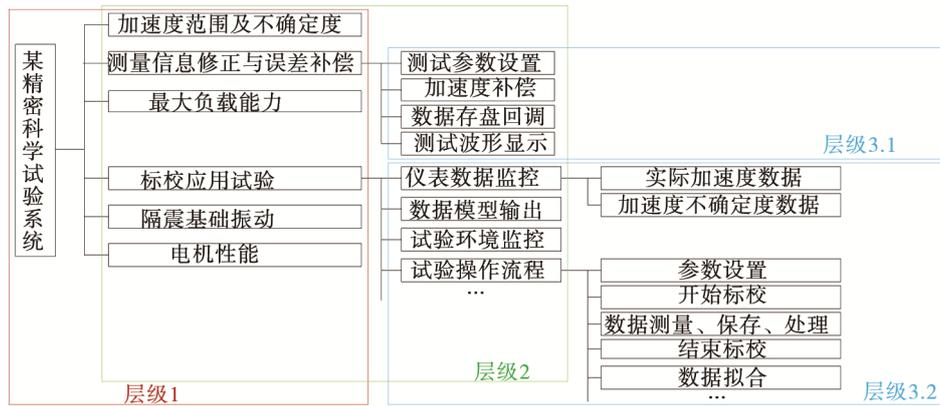


图 3 某精密科学试验系统界面层级分析和构建
Fig.3 The hierarchical structure of interface for precision experimental system

表 1 常见的系统界面布局类型分析
Tab.1 The analysis of common layout types of system interface

布局类型	表现形式	特点	典型示例
线性布局		优点：清晰，具有秩序感和方向性；符合自上而下、自左至右的认知习惯；空间利用率高。 不足：形式呆板，缺乏生动性。	
中心布局		优点：紧凑，吸引力强；用户容易聚焦在中心模块。 不足：信息排布过于拥挤。	
分散布局		优点：灵活，新颖，艺术表现力强。 不足：空间利用率较低；信息排布规律性差。	

界面布局必须符合用户认知习惯，且采用正确的逻辑路径。科学试验系统界面信息与试验过程相匹配，在布局模式上要提供清晰的视觉流程，使用线性布局，秩序感强且能够精准对应试验流程，可大大提高交互效率。例如某精密科学试验系统界面层级 3.2 中，试验操作流程部分具备特定的先后顺序：“参数设置—开始标校—数据测量、保存、处理—结束标校—数据拟合”，因此采用线性排布对模块进行布局，同时依据眼睛的水平运动比垂直运动快的视觉运动规律，对该操作流程模块应采用水平方向线性布局组成一个序列。

2.3 模块单元的布局方法

科学试验系统界面交互方式主要以监控、直接操纵为主。监控即对仪器工作状态、数据态势等进行实时关注。直接操纵即使用光标移动设备对可视对象和行为集合进行选择，用户可以快速完成任务并马上观察到结果^[6]。在科学试验系统单一界面的模块单元布局设计中，应保证用户重点监控和频繁操作的内容突出显示以提高交互效率，而直接增加模块所占面积是最为突出且常用的方法。

Johnson 等人提出了一种空间填充型层次结构信

息的可视化树图 (Tree-Map) 技术^[7], 对该树图技术进行改进以快速划分界面模块区域。整个布局从根节点开始划分, 布局模式为线性布局即水平和垂直方向, 在根节点划分基础上向下划分子节点, 同时产生下一层水平或垂直方向划分, 规定树图结构相邻层间分割方向相异, 直到最终节点个数满足页面所有待布局模块的总数, 模块单元布局结束。模块 (节点) 权值标签由眼动试验得出的交互操作数据确定。

某精密科学试验系统界面层级 3.2 中, 各功能模块分别为 A (仪表数据监视模块)、B (数学模型输出模块)、C (试验环境监控模块)、D (试验操作流程模块)。假设初始模块加权值均为 1, 树图结构最后一层子节点代表 4 个模块单元, 括号内为其加权值, 第一二层节点表示其划分方向, 括号内表示当前划分的比例。各个模块等面积分布在界面上, 始状态树图结构及对应的界面主体模块单元布局, 见图 4a。

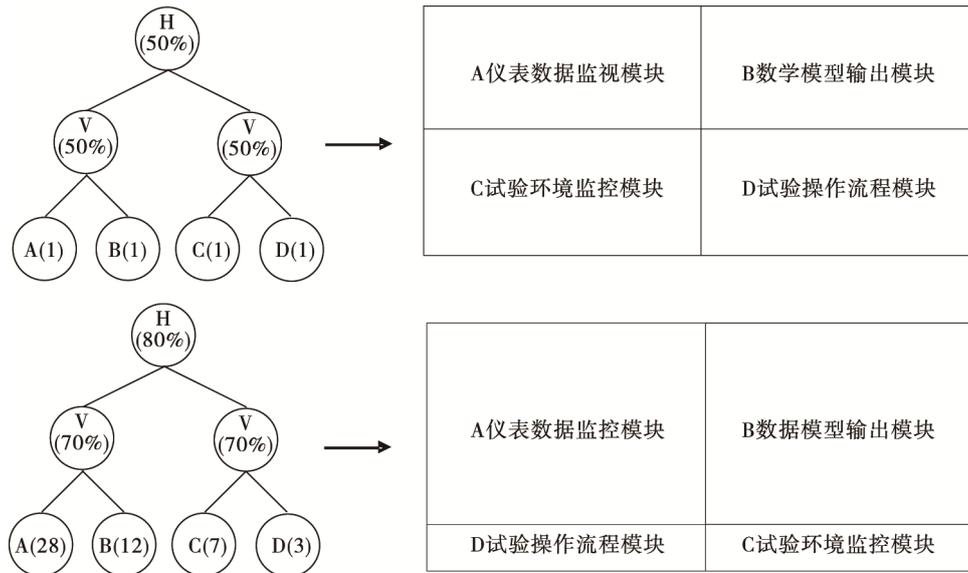


图 4 初始状态树图结构及对应的界面主体模块单元布局

Fig.4 The initial and updated tree-map and the corresponding module layout of main interface

邀请 5 名使用该系统的科研技术人员, 对该界面功能模块布局进行实际交互以研究用户交互操作习惯。采用给定时间内完成典型任务操作的方式, 收集到的用户交互数据中眼动记录仪热点, 见图 5, 红色表示注视时间最长的区域, 绿色较短^[8], 可知被试人员对 A 模块的关注度远胜过其他 3 个模块。综合被试人员对 4 个功能模块区域的平均注视时间的比值和鼠标平均点击次数的比值 (见表 2), 各功能模块 A, B, C, D 的加权值 (四舍五入近似得到) 分别更新为 28, 12, 3, 7, 则第二层和第一层划分比例, 根据不同模块的加权值比例随之更新, 例如 A 占第二层划分的 7/10, A, B 占第一层划分的 4/5, 从而生成新的模块面积划分 (见图 4b)。由于视觉运动与位置显著相关, 左上侧位置的辨识效率优于右下侧位置^[9], 因此, 对各模块单元参照加权值排序时, 从整个界面的左上角开始, 依照从左至右, 从上到下的顺序排列。

实际设计中, 模块单元往往多于 4 个, 对于各模块单元中的子模块可继续细分子节点进而得到其权值, 利用树图结构划分对应的模块分区面积, 直至各子模块的布局完成, 最终设计结果见图 6。通过典型任务的操作来评价该试验系统界面交互设计 (信息

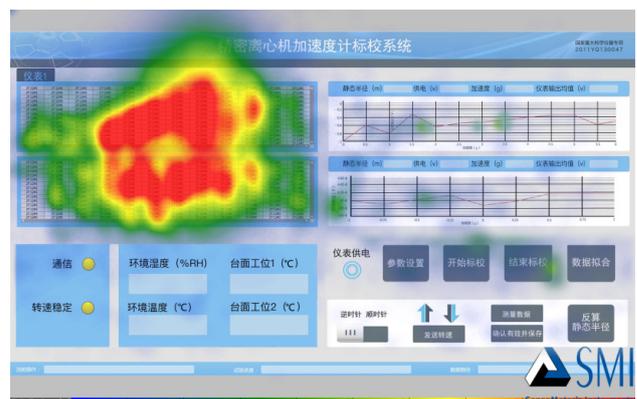


图 5 眼动仪热点

Fig.5 Heat map from eye tracker

表 2 眼动记录仪数据及鼠标点击数据

Tab.1 Key Performance indicators from eye tracker and mouse clicks

关键指标	AOI-A	AOI-B	AOI-C	AOI-D
兴趣区域关注顺序	1	2	4	3
平均注视时间/ms	349.7	160.3	23.6	59.1
平均点击次数	11.5	3.8	0	7.6

结构合理性、视觉流程清晰性、交互方式效率等), 被试人员完成相关操作任务后对系统界面进行主观满意度评分, 评分采用等距 10 点量表(1~10 分), 1 分代表最差, 10 分代表最好^[10]。测评结果(8.25 分)显示用户满意度较高, 目前该系统界面已正式投入使用。



图 6 某精密科学试验系统加速度计标校系统界面布局设计结果

Fig.6 The layout design scheme of accelerometer calibration system

3 结语

科学试验系统界面布局设计的目标是为了提高科研技术人员的交互效率和工作有效性。本文提出的界面布局设计方法以视觉认知规律和交互操作习惯为基础, 针对科学试验系统界面的特殊性, 解决了界面功能模块布局层级, 布局顺序和单一界面模块单元的布局等实际问题; 给出了一套满足设计需求的界面布局方案, 对界面模块功能和交互设计进行了细化和完善; 为科学试验领域界面布局设计提供了设计参考。

参考文献:

- [1] 汪海波, 薛澄岐, 史铭豪. 自动化影响下的复杂系统数字界面设计研究[J]. 包装工程, 2014, 35(4): 36—39.
WANG Hai-bo, XUE Cheng-qi, SHI Ming-hao. Digital Interface Design of Complex System under the Influence of Automation[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(4): 36—39.
- [2] 王海燕, 卞婷, 薛澄岐. 新一代战斗机显控界面布局设计研究[J]. 电子机械工程, 2011, 27(4): 57—61.
WANG Hai-yan, BIAN Ting, XUE Cheng-qi. Layout Design of Display Interface for a New Generation Fighter[J]. Electro-Mechanical Engineering, 2011, 27(4): 57—61.
- [3] KIM W C, FOLEY J D. Providing High-level Control and Expert Assistance in the User Interface Presentation Design[C]// Conference on Human Factors in Computing Systems, 1993: 430—436.
- [4] KAMRAN D, MAZIAR A, HOSSEIN S F. Faragam Algorithm in Satellite Layout[C]// Proceedings of the Sixth Asia-Pacific Conference on Multilateral Cooperation in Space Technology and Applications, 2001: 120—127.
- [5] LEE E, MACGREGOR J. Minimizing User Search Time in Menu Retrieval Systems[J]. Human Factors, 1985, 27(2): 157—162.
- [6] SHNEIDERMAN B. Designing the User Interface-Strategies for Effective Human-Computer Interaction [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2004.
- [7] JOHNSON B, SHNEIDERMAN B. Tree-Maps: a Space-Filling Approach to the Visualization of Hierarchical Information Structures[C]. Visualization' 91: Proceedings of the 2nd Conference, 1991: 284—291.
- [8] 李永锋, 李慧芬, 朱丽萍. 基于眼动追踪技术的车载信息系统界面设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(6): 65—68.
LI Yong-feng, LI Hui-fen, ZHU Li-ping. The Interface Design of In-Vehicle Information Systems Based on Eye-tracking Technology[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(6): 65—68.
- [9] 张萍. 人性化软件界面设计的历史和原则[J]. 包装工程, 2011, 32(20): 81—83.
ZHANG Ping. The History and Principles of the User-friendly Software UI Design[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(20): 81—83.
- [10] 谢伟, 辛向阳, 丁静雯. 基于眼动测试的产品人机界面交互设计研究[J]. 机械设计, 2015, 12(32): 110—115.
XIE Wei, XIN Xiang-yang, DING Jing-wen. Interaction Design of Product HMI Based on Eye Tracking Testing[J]. Journal of Machine Design, 2015, 12(32): 110—115.