

汽车人机交互界面层级设计研究*

孙博文,杨建明,孙远波

(北京理工大学 设计与艺术学院,北京 100081)

摘要:对汽车人机交互界面层级进行定义、分析和研究。以奔驰 Cover Flow 交互系统为试验对象,研究和改进其交互界面层级关系,搭建了可操作的硬件环境进行试验,基于眼动追踪的方法对改进后的设计方案进行眼动扫视路径和热点图分析,提出层级设计原则,为驾驶安全设计提供参考。

关键词:汽车人机交互;界面层级;眼动追踪;视觉设计;驾驶体验

中图分类号:U471.15;TB47 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-2354(2019)02-0121-05

Research on interface hierarchy design for human vehicle interaction

SUN Bo-wen, YANG Jian-ming, SUN Yuan-bo

(School of Design and Arts, Beijing Institute of Technology, Beijing 100081)

Abstract:Interface hierarchy of human vehicle interaction was defined, analyzed and studied. With Mercedes Benz Cover Flow interaction system as the test object, the interface hierarchy was studied and improved and an operational hardware environment was established to take experiment. Based on eye tracking method, The analysis of eye tracking scan paths and hot maps were performed on the improved design scheme based on eye-tracking method. The hierarchical design principle was proposed, which could provide references for improving driving safety design and driving experience.

Key words:human vehicle interaction; interface hierarchy; eye-tracking; visual design; driving experience

汽车人机交互(Human Vehicle Interaction, HVI)是近年来人机交互在汽车细分领域的研究热点,其特殊性表现在交互过程中用户处于时间和空间不断变化的复杂环境。目前,汽车人机交互已进入智能时代,一方面,车内功能不断集成,信息日益增多,界面关系错综复杂;另一方面,技术不断升级,交互方式丰富多变,诸如交互逻辑缺失、操作步骤繁琐等问题日益突出,由此引发驾驶注意力低下、操作不当,对安全构成极大威胁。据统计,我国道路交通事故中由驾驶员自身因素造成的重大事故占总数量的 87.5%,其中,由驾驶分心导致的交通事故占重大事故的 14%~33%^[1]。为此,国内外专家在该领域展开相关研究^[2-7]。其中,在对汽车界面信息结构的研究中,Castellano 等^[8]为提升用户认知效率,研究了有限屏幕空间内海量数据结构的可视化问题;Sharma 等^[9]通过定性和定量分析,构建了二次分配模型,为更好地进行汽车界面信息层级设计提供了依据;Schmidt 等^[10]研究了汽车界面交互式应用,提出汽车界面空间设计与驾驶员注意力分散及安全驾驶之间的相关问题;闫云豪

等^[11]针对智能驾驶情境下车内信息显示界面的布局设计,通过定性分析和定量试验,将功能对应的显示区域及相应的布局设计进行研究;谭浩等^[12]研究了汽车人机交互的相关因素对驾驶分心、驾驶负荷、情境意识等认知指标的影响,提出汽车内室人机交互界面设计要素,并针对多通道人机交互模式进行探讨与设计;张超^[13]通过对车载导航多通道问题的分析研究,提出从输入和输出两个维度将视觉、听觉、触觉等感觉通道和手、足、口、身体等效应通道有机结合;薛澄岐^[14]系统构建了面向复杂信息系统人机交互界面的设计方法及应用,研究了其信息的组织、视觉显控界面的形态与布局、视觉信息传达的元素与显示方式;景晓莉等^[15]研究了注意与记忆的各个模式,探索了用户在信息加工过程中的视觉机制;李永锋等^[16]提出,界面系统设计应符合人的认知特性,从多方面提供引导,使用户满意高效地完成任

安全是汽车人机交互设计的第一要素,面对日益复杂的汽车交互系统,如何使用户清楚理解信息层级关系,如何清晰获取信息节点、快速高效地处理信息,

* 收稿日期:2018-05-28;修订日期:2018-07-25

如何高效提升操作效率,从而准确无误地执行操作,是汽车人机交互设计研究的出发点。为此,文中以奔驰原系统 Cover Flow 为研究对象,从用户信息降维、体验提升角度重新研究和设计了汽车人机交互界面层级关系。同时搭建了可操作的硬件环境,利用眼动追踪技术对改进的界面层级进行对比和评价,对构建组成层级结构的要素、关系、逻辑及行为等进行综合分析,揭示用户对汽车人机交互界面层级的认知规律,提出界面层级设计原则。

1 界面层级设计要素

界面层级是指汽车人机交互信息系统中显示逻辑结构与执行逻辑结构间的关系,二者构成用户对界面的整体感知和认知。在复杂驾驶环境中,层级设计应减少用户在界面上的视觉停留^[17]、增加信息获取效率、提升信息执行速度。随着汽车智能技术的发展,界面层级对于驾驶安全越来越重要。

构成汽车界面层级的基本要素包括色彩、形状、文字、布局、导航、过渡等方面,良好的层级关系能较大地提升用户对信息的获取效率,易于建立快速操作路径。

从层级构件来看,视觉作为主要通道,提供了重要的交互原则依据,如大脑对视觉信号遵循层次加工原则,人类对色彩的反应源自生物本能,形状是大脑在认知层面上的初级模式,文字则属更高级的认知。如图 1 所示,越低级别的认知成本,用户反应越快,因此,重要信息层级结构可依据该原则进行设计。

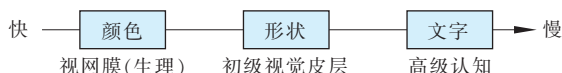


图 1 视觉加工速度层级关系

从层级元素大小看,感知度由视力、视距、视角及外界环境综合决定,是用户对层级关系最直接的感受。以文字为例,文献[18]建议,在界面中文字高度最适合的呈现计算式为:

$$H=0.002\ 2\ D+25.4(K_1+K_2) \quad (1)$$

式中: H ——目标的高度,mm;

D ——人眼与目标的距离,mm;

K_1 ——照明相关的系数;

K_2 ——内容相关的系数。

文字过大,影响整体呈现;文字过小,影响局部识别。

从层级布局来看,传统平铺式布局方式很难满足系统有限空间内复杂交互的需求。立体多维的信息层级能

有效缓解界面数据呈现的认知压力,为用户创造合理、适量的信息选择空间,如图 2 所示,其具体表现在两个方面的压缩:(1)在满足认知负荷的前提下压缩界面布局,让更多的信息呈现在一个界面中;(2)在满足认知负荷的基础上压缩界面层级,用更少的层级显示信息。



图 2 车载信息系统界面布局的层级化处理

从层级过渡来看,界面间的跳转可通过切换动效来表达,从而增强层级的因果关系和内在联系。对于重要层级提示,采用过渡动效能增强用户对系统结构的认知。如在汽车导航界面设计研究过程中,为增强第 1 层级主页面与第 2 层级子页面间的层级关系,将开合式动态形式整合到层级设计中,如图 3 所示。通过括号样式的展开与闭合实现层级的隐喻关系,在保留原有层级的基础上,使用户清晰地建立系统的层级递进认知,减少用户在不同层级间的切换成本,提升操作效率。

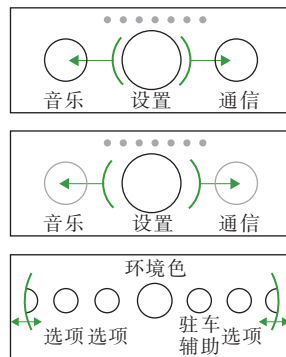


图 3 层级关系中的过渡

总之,在汽车人机交互系统中,通过优化界面层级要素中各点、线、面、色彩等关系,可体现界面视觉的空间感、层级感及次序感,表达界面操作的逻辑性、规律性和一致性。

2 界面层级设计实例

目前,市场上主要的汽车人机交互界面层级可分为方位式、叠层式、移块式、陈列式和平铺式,如图 4 所示。以奔驰汽车为例,作为典型的移块式层级关系,原车人机交互的特点在于突出层级的移与块的关系。在使用过程中,用户操控手势与数字界面的信息流动高度一致,在液晶屏最上方的主菜单中,用户通过旋钮旋转或左右拨动来选择内容,按下旋钮进入下一级菜单,返回上一级可向上拨动旋钮或按“返回”快捷键。



图 4 主要的汽车人机交互界面的层级关系

通过对实车进行调研和分析,依据设计要求,进行设计研究。汽车中控操作面板采用一块 100 mm×100 mm 的触控屏替代原有旋钮,通过电容传感,触控屏支持用户通过手指进行移动、捏合、点击、滑动。由于采用新的中控输入方式,用户与中控交互方式由物理接触的旋转式操控变为在平面上进行的手指交互。交互方式的转变带来交互内容信息架构改变,如图 5 所示。

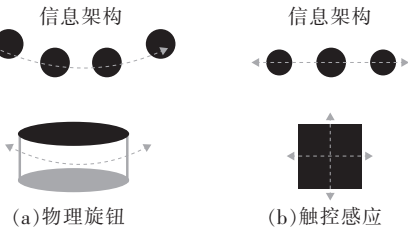


图 5 交互方式的转变带来的交互内容呈现关系转变

在触控交互设计方面,需遵循以下原则:

- (1)逻辑性。用户在操作时,视线不是直线平稳的运行状态,而是伴随跳动、注视等状态,因此,设计需要遵守各元素间的逻辑关系,使功能模块间保持一致性,进而形成良好的视觉可读性,避免过多的页面切换、视力跳转和按键切换。
- (2)降维性。由于视线的跳动性,减少纵向维度操作可让用户以平视进行快速浏览,如图 6 和图 7 所示,通过信息降维减少用户对单个布局界面浏览的时间,提升选择效率。降维的另外一方面体现在固定焦点。认知功能存在视觉识别和判断的过程,设计将视觉焦点锁定即明确视觉感知的位置,通过手指快速操控,可避免过多的视觉扫视和搜索过程,提升操作效率。

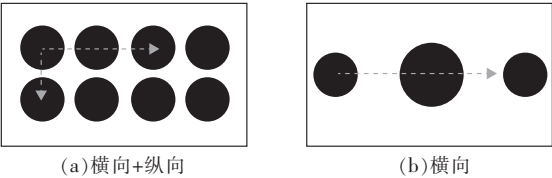


图 6 横、纵维度信息呈现方式

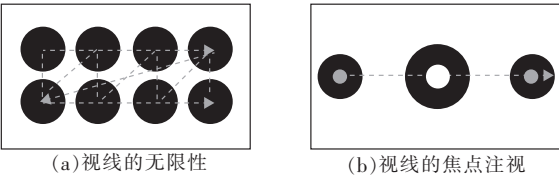


图 7 视觉焦点的无序模式与注视模式

(3)提示性。汽车人机交互界面层级研究的难点在于平衡信息的宽度和深度。多层级交互界面设计中,需建立合理的提示性,增强跳转链接,减少因跳转带来的视觉断层。如在跳转页面过程中,通过弱化处理上一层级的部分信息为用户在跳转后保留前界面中的信息(如图 8 中的绿色部分),增强用户的层级认知。

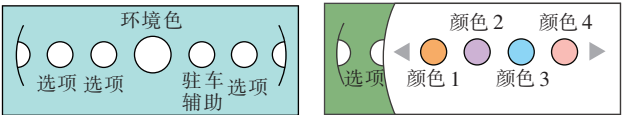


图 8 辅助性导航界面层级的设计研究

文中重点截取音乐界面、电话界面、导航界面、社交界面、登录界面进行视觉呈现。设计风格上,图标采用扁平化+拟物的设计风格,拟物设计旨在增加视觉空间层次感与细节,减轻视觉压力、快速传递功能语义;色彩上,基于用户人群定位,选取科技感较强的靛青色;层级上,采用分层和分组的方式对辅助任务进行设计调整和重新分类,使所有功能都能在 3 次跳转内实现,用户清晰了解目前所处的层级关系。最终界面设计方案如图 9 所示。



图 9 最终界面设计风格

3 试验设计

3.1 模拟驾驶环境搭建目的

搭建模拟驾驶环境有利于用户完整体验汽车人机交互系统的界面层级的设计方案,通过真实的操作流程、层级跳转、功能体验能流畅评价系统,得出较为准确的评价数据。选取音乐播放界面层级设计为例,用户将执行一系列任务,证明改进后的界面层级设计优于原系统,从而提升驾驶的安全性。

3.2 试验设备

试验设备有头戴式 Tobii 眼动仪 1 组,Tobii Studio 软件 1 套;奔驰实车 1 台;模拟驾驶环境 1 套。通过上述设备测试用户对改进设计方案的反馈。

3.3 试验对象

我国汽车消费市场中,25~35 岁是奔驰汽车主要的目标人群。选择该年龄段作为测试对象,限定其驾龄大于 2 年,行驶里程大于 500 km,男女人数尽可能一致,所有测试对象裸眼视力或矫正视力正常,且都未使用过该实车系统功能,测试人数为 10 人。研究人员 3 名,1 人负责计时,1 人负责记录,1 人负责与用户交流,如表 1 所示。

表 1 试验人员构成

人员编号	性别	年龄/岁	学历	职业	驾龄/年
1	男	26	硕士	职员	3
2	男	27	硕士	职员	2
3	女	30	博士	教师	5
4	男	25	本科	职员	3
5	女	26	硕士	职员	2
6	女	27	本科	职员	2
7	男	34	博士	教师	10
8	女	28	本科	职员	3
9	女	32	本科	设计师	6
10	男	33	本科	司机	10

3.4 试验流程

试验分为两个环节。试验 1 为实车原系统,在车内完成。试验设置了 5 个任务,即找到音乐播放功能、播放一首歌曲、调节音量、快进退、返回主菜单。将眼动仪交由被测者佩戴,使其处于驾驶环境内,完成操作功能(音量调节、接受信息等)。试验记录有用户完成任务中的出错次数、完成任务所需时间、显著错误次数及成功完成任务测试者人数,如图 10 所示。

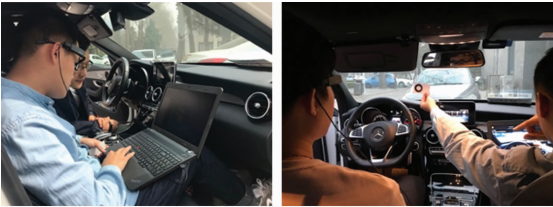


图 10 实车环境车载信息系统测试

试验 2 在改进后的模拟环境中进行,如图 11 所示。首先搭建了 1:1 模拟驾驶环境,植入改进设计系统,测试人员被邀至模拟系统中执行与试验 1 相同的任务。



图 11 改进后的模拟环境测试

3.5 试验结果

两次试验得出用户对比数据。对数据进行分析得到 3 点反馈:

(1)从界面热点图对比来看,用户在原系统中的信息热点分布、视觉注意力、扫描路径较为散乱,而在改进系统中信息热区分布较为集中,用户视觉焦点集中,且路径平均分散,如图 12 所示。



图 12 界面热点图对比

(2)从界面扫描路径对比来看,用户在原系统中眼动轨迹重复路径较多,层级散乱,用户找不到主要功能;在改进系统中,用户视觉路径清晰,呈现具有一定逻辑的视觉聚集区域,如图 13 所示。



图 13 界面扫描路径对比

(3)从界面响应时间对比来看,对于任务 1,试验 1 中,10 人平均用时 50 s,试验 2 平均用时 35 s;对于任务 2,试验 1 中,8 人(2 人存在数据异常)平均用时 20 s,试验 2 平均用时 13 s。综合所有任务,试验 1 平均用时 29.2 s,试验 2 则为 19.2 s,综合任务完成时间减少 10 s,如表 2 所示。

表 2 界面响应时间对比

任务	试验 1 平均用时/s	试验 2 平均用时/s
1	50	35
2	20	13
3	45	32
4	8	4
5	23	12
综合	29.2	19.2

4 结论

文中研究了汽车人机交互界面层级的设计问题。通过试验表明：界面层级研究是用户在汽车人机交互中建立与正确、准确、高效交互的有效通道,对驾驶安全具有重要意义。围绕层次关系,提出在汽车人机交互界面层级设计应遵循的原则：

(1)减少切换成本。人机交互中通过界面层级设计减少眼睛、手与系统交互的次数。设计中,在合理范围内呈现适当的视觉数量,强调重要元素和界面布局,减少层级跳转,结合用户操作习惯改进用户信息流程。

(2)减少选择时长。人机交互中通过界面层级设计减少眼睛、手与系统交互的注意力。对于驾驶安全而言,用户所有时间成本均围绕行车过程中车内外综合环境而确定，过多时间停留在界面中会影响用户动作与判断。在设计中,界面布局与导航需清晰、准确,层级表达意义准确,减少用户在单个信息操作中的时间等待。

(3)提高操作效率。人机交互中通过界面层级设计提升眼睛、手与系统交互的绩效。效率提升意味着缩短用户在单个交互任务中的时间,从而提升整体效率。在设计中,界面层级相关元素的位置、大小要适合,各视觉元素反馈机制的通道表达要丰富,避免发生误操作,提升正确操作的判断速度。

(4)提高界面辨识性。人机交互中通过界面层级设计提升眼睛、手与系统交互的准确性。辨识度是用户认知层级的重要元素。在设计中,界面层级相关元素在辨识度上应进行相应的加工,突出重点、强调衔接,提升识别性。

参考文献

[1] 秦佳佳,刘振奎,刘嘉宝. 基于事故树的道路交通安全风险研究[J]. 价值工程,2015(16): 192-195.

[2] Ng A,Brewster S. An evaluation of touch and pressure-based scrolling and haptic feedback for in-car touchscreens [C]//

The 9th International Conference on Automotive UI'17,Oldenburg,2017:11-20.

[3] 殷莉,吴玲,路巧珍,等. 基于扫视特征的车载信息系统与驾驶安全关系研究[J]. 中国安全科学学报,2015,25(6): 124-128.

[4] 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,2015,32(12):110-115.

[5] 王颖,刘瑞雪,姜祝伟,等. 车载智能终端使用行为及人机交互安全研究[J]. 工业工程与管理,2014(3):141-146.

[6] 李慧芬,李永锋. 汽车车内信息系统界面设计[J]. 人类工效学,2014(5):43-46.

[7] 陈炎,胡江碧,荣建,等. 脑电技术在驾驶行为分析中的应用[J]. 道路与安全,2006(9): 15-17.

[8] Castellano G,Cimino M G C A,Fanelli A M,et al. A multi-agent system for enabling collaborative situation awareness via position-based stigmergy and neuro-fuzzy learning[J]. Neurocomputing,2014,135(13):86-97.

[9] Sharma S K,Dinesh K. Human-computer interaction design with multi-goal facilities layout model[J]. Computers & Mathematics with Applications,2008,56(9):2164-2174.

[10] Schmidt A,Spiessl W,Kern D. Driving automotive user interface research[J]. IEEE Pervasive Computing,2009,9(1): 85-88.

[11] 闫云豪,周荣刚,于孟利. 智能驾驶汽车界面的布局设计研究[J]. 工业工程,2018(1):96-102.

[12] 谭浩,赵江洪,王巍. 汽车人机交互界面设计研究[J]. 汽车工程学报,2012(5):315-321.

[13] 张超. 汽车导航交互设计中的任务分析与应用[D]. 长沙:湖南大学,2016.

[14] 薛澄岐. 复杂信息系统人机交互数字界面设计方法及应用[M]. 南京:东南大学出版社,2015.

[15] 景晓莉,余隋怀,王小亚,等. 注意与记忆在视觉显示界面设计中的应用[J]. 西北工业大学学报:社会科学版,2007,27(4):97-99.

[16] 李永锋,朱丽萍. 基于模糊层次分析法的产品可用性评价方法[J]. 机械工程学报,2012,48(14):183-191

[17] Wickens C D, Lee J D, Liu Y L. An introduction to human factors engineering[M]. 2nd edition. New Jersey:Prentice Hall, 2007.

[18] 庄达民,王睿. 基于认知特性的目标辨认研究[J]. 北京航空航天大学学报,2003,29(11):1051-1054.

作者简介:孙博文(1982—),男,博士研究生,研究方向:工业设计、产品交互设计。E-mail:doersun@gmail.com

孙远波(通信作者)(1965—)男,教授,硕士,研究方向:人因工程、交互设计。E-mail:yuanbo@bit.edu.cn