

基于眼动追踪技术的海洋平台居住空间关键形态设计要素提取*

石林¹, 王志创¹, 严心怡¹, 王邵馨²

(1. 中国海洋大学工程学院机电工程系, 山东 青岛 266100; 2. 中国海洋大学语言与脑科学实验室, 山东 青岛 266100)

摘要: 海洋平台居住空间是平台作业人员的居住、休闲场所,其设施的形态设计对调节作业人员在海上居住时的身心舒适性具有重要的作用。目前对居住空间的标准化设计是海洋平台设计的重要趋势,然而,居住空间的视觉环境复杂,形态设计要素众多,不利于把握设计重点。研究基于海洋平台设计标准,将其内装修设计解构为形体、色彩、质感、光影、空间五个基本要素,并利用虚拟现实技术搭建出四人间、六人间的虚拟场景。采用眼动追踪技术进行眼动实验,眼动热图及方差分析结果验证了解构形态设计要素的合理性并析出关键形态设计要素,结合专家评估法对实验结果进行了补充和完善,为内装环境的标准化、人性化设计提供了基础资料。

关键词: 眼动追踪; 海洋平台; 居住空间; 形态设计; 虚拟现实

中图分类号: U667.2

文献标志码: A

文章编号: 1672-5174(2020)08-123-08

DOI: 10.16441/j.cnki.hdxh.20200018

引用格式: 石林, 王志创, 严心怡, 等. 基于眼动追踪技术的海洋平台居住空间关键形态设计要素提取[J]. 中国海洋大学学报(自然科学版), 2020, 50(8): 123-130.

SHI Lin, WANG Zhi-Chuang, YAN Xin-Yi, et al. Extraction of key morphological design elements for living space of off-shore platforms based on eye-tracking technology[J]. Periodical of Ocean University of China, 2020, 50(8): 123-130.

海洋平台居住空间是海上作业人员起居、娱乐、会议的必备场所。随着中国海洋开发事业从近海走向深远海,居住空间的设计和建造日益得到重视。美观大方的空间效果不仅代表着优秀的舾装设计水平,还直接影响着作业人员的工作状态和身心健康。相对于陆上建筑,海洋平台居住空间设计的特殊性主要表现在两个方面:一是安全性要求高,不管是国际组织还是国内相关部门都对海洋平台居住空间的安全性做出了相应要求,舾装材料的选择和设施规格都有严苛的规定;另一方面是出于经济性的考虑,在建造设计中追求标准化、模块化的建造。2015年,中海油研究总院发布了《海上固定平台生活楼总体规划指南(暂行)》,该指南已经在四大海域的多个油田进行了应用^[1]。海洋平台生活楼标准化设计的推进对人性化的要求更高,并使以往居住空间的设计方案无法顺应现有标准,更加人性化的、符合人员生理和心理需求的内装设计方案的提出已成为海洋平台生活楼建造的重要议题。然而,生活楼居住空间中的形态设计要素众多,本文尝试通过眼动分析并结合专家评估的方法析出关键设计要素,从而能够更有针对性的对平台居住空间形态设计

要素实施人性化、标准化的设计。

1 居住空间形态设计要素解构

视觉是人类最重要的感觉,人所感受的80%以上的外界信息来自视觉^[2],因此,视觉信息对人的认知与心理具有至关重要的影响。人在通过视觉感知外界的形状、颜色、空间位置等物理信息的同时,不同的视觉效果也会给人带来不同的心理感受,产生如温馨、舒适、明快等的意象认知。海洋平台居住环境是在特定的空间中对环境设施进行的合理的设计与布置,其中,既包含床、桌子、椅子、柜子等环境设施的造型、材质、色彩等要素,又包含了各个设施设计、布局而产生的尺度感。

“尺度”指的是人与物之间的比例关系,尺度是相对于人而言的,不同物体的尺度直接影响着人对物体的使用及舒适程度^[3]。一般来说,建筑或产品的设计应满足人的生理和心理两方面的尺度要求,不仅需要符合人体工程学的设计规范,同时,也要给人以视觉上的舒适体验。在海洋平台居住空间中,人的尺度把握主要包含了基础设施和空间环境中的形体、色彩、质

* 基金项目:国家自然科学基金项目(51708528)资助

Supported by the National Natural Science Foundation of China(51708528)

收稿日期:2020-01-19;修订日期:2020-02-25

作者简介:石林(1982-),女,讲师,主要研究方向为工业设计、环境设施的情感化设计。E-mail: lindashilin737@163.com

感、光影及空间感的视觉感知,因此,从这五个方面进行居住空间设计要素的解构,将有助于把握人对视觉空间感知的生理及心理效果。

1.1 形体

形体,可以理解为二维造型,或者三维造型,简而言之,就是形状和体积,它是视觉认识的基础^[4]。在视觉认知中,形体具有大小、形状、体量的区别。

依据形体的大小来划分,平台居住空间中既包含门把手、柜门拉手、床头灯、开关等较小的构件,也包含床头板、柜门、桌面、门、床帘、窗帘、电视面板、标志牌等较大的构件。其中,较小的构件在视觉认知中具有强调、集中视线的作用。而占据较大视觉面积的构件,则不仅具有功能的作用,同时,也具有构建空间层次的作用。

从形状特征来看,决定形状特征的主要元素为物体的轮廓线,在平台居住空间中,轮廓线可以分为两类:一类是围壁和天花的岩棉板边线以及房间的地脚线、阴角线等直线,另一类是各类家具的轮廓线,包括侧窗的轮廓,床的护栏和床梯的轮廓等。这些家具曲线的应用打破了由第一类的直线造成的严肃刻板的气氛,让单调紧张的空间变得更加活泼和富有情调。

从形体的体量来看,影响体量感的最重要的要素便是体积,居住空间中的体量感主要是通过具有三维立体效果的形态来表现的。但是,对于三维形态的划分不是绝对的,如,椅子的骨架、靠背、扶手都可以被看作单独的三维形态,但是在进行舾装设计时,将具有行业标准或者统一规格的环境设施看作展现体量感的要素,例如,椅子、台灯、消防器材、沙发、茶几等。

1.2 色彩

色彩是极为重要的视觉要素之一,环境设施的色彩构成及心理效果是判断视觉意象的重要条件。不同的色彩环境会给人带来不同的生理感应和心理联想,如重量感、体积感、冷暖感等较为直观的色彩联觉;也能产生如干净的、清爽的、热烈的等较为强烈的心理情感。居住空间主要色块包括围壁、天花等板材色彩,床帘、窗帘等布艺色彩,桌子、柜子和床等木纹色。在色彩选择上除了空间内的布艺、家具之间的色彩要和谐统一之外,整体环境也不应过于跳跃,以保持安定、平和的氛围。

1.3 质感

质感是在材质特性和处理工艺的共同作用下给人的一种视觉感受形式,由于海洋平台的安全等级较高,在防火、减震、隔音、减重等方面有着特殊的要求,因此材质的选择空间较小。一般的肌理效果主要集中于木材及金属表面的工艺处理,如在居住空间中占据较大面积的木材的肌理表现中,采用各类仿木纹的装饰贴面,或扶手、门窗把手、挂钩等小型金属件中结合不同

的进步表面处理工艺进行质感的表达。

1.4 光影

光与影是一切视觉感知的前提,是塑造立体感的重要形式语言。光影的作用不仅是感知事物,同时也可以表达各异的情感与氛围,起到丰富视觉体验的作用。平台居住空间的光照按来源可分为自然光和灯光两个部分。由于平台结构强度的限制,居住空间的窗户多为高而窄的永闭型侧窗或天窗,灯光就成为采光的主要来源,包括顶灯、床头灯、台灯,在视觉感知中光源是较为重要的影响要素。

1.5 空间

人对于空间的感知由实体与空间共同构成,两者相辅相成,互为存在。空间可被定义为具体而真实的形态或结构,是由基面、垂直面与顶面三个要素组成,是体的存在场所^[5]。空间的感知是通过形态的构成要素间的体量、色彩、面积、比例尺度、节奏韵律等多方面影响因素,强化对于空间的感知。空间可以包含物理空间与心理空间两种,物理空间是实际的空间,而心理空间则是一种感觉的空间。例如,在小面积的空间中,使用大面积的高明度色彩可以增加空间的心理面积。根据《海上固定平台生活楼总体规划指南(暂行)》规定,居住用房依照功能将其划分为休息空间、工作空间、洗漱空间。这些单独空间经过组合就形成了双人间、四人间、六人间的居住空间(见图1),观者可以通过空间构成要素的暗示、引导等,产生不同的心理效果。

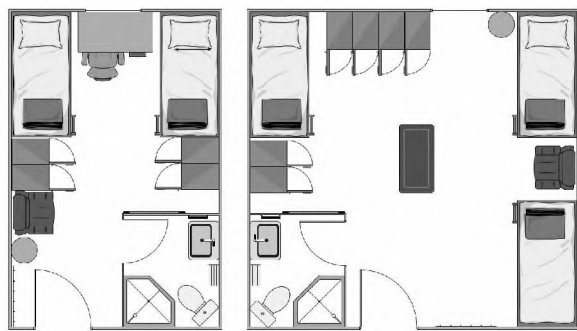


图1 定员60人生活楼四人间和六人间布局

Fig.1 Quadruple and six-person living room layout for 60 people

将居住空间的舾装环境解构成形体、色彩、质感、光影、空间感这五个基本要素,通过对比平台设计规范和技术资料,就可以明确可设计目标。利用眼动分析法和专家评估法进一步提取对空间感知影响较大的形态设计要素,提取流程如图2所示。同时,居住空间虚拟环境的搭建以及样本的选取也应该遵循要素解构结果。

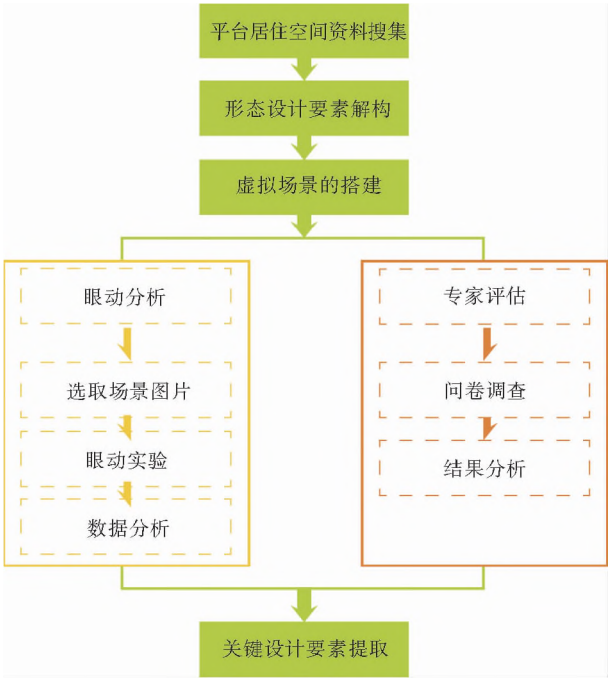


图 2 关键形态设计要素提取流程
Fig.2 Extraction process of key shape design elements

2 眼动实验与分析

2.1 场景知觉与眼动技术

居住空间作为一个真实场景(Real-world Scene),其本身是一个包含着大量刺激信息的复合体。这些刺激信息不仅包括上述的点、线、面、体、空间等形态设计要素,也包含这些设计要素之间的构成法则以及感性意象。人通过感官得到的场景世界的信息,再经过大

脑的加工,产生了对场景整体的认识。在这个过程中,人们并不是对每一个目标都予以注视,而是有选择地注视他们感兴趣的情景区域或者某些刺激物。也就是说,人的视觉认知是一个零散的过程,通过整合小区域感知来形成整体的视觉意象^[6-8]。场景认知过程中的显著特征就是眼球的运动。运用眼动追踪技术,就可以获取这些注视过程的位置、持续时间和运动信息,从而对人们的视觉和心理活动进行定量评估。

经过半个世纪的发展,眼动追踪技术在认知心理学、市场营销、人机交互等领域获得了广泛应用^[9]。在工业设计领域,利用眼动追踪技术进行形态设计要素的提取和评价已经获得普遍的认可。史浩天等^[10]对装载机等机电产品的外观和内饰分别进行眼动实验,通过获取关注度较高的构件来指导和改进设计方案;王震亚,李海旺^[11]采用眼动分析法,并以问卷调查法、访谈法作为辅助研究方法,进行汽车造型特征的提取;高小针^[12]对高压电机造型设计要素进行了提取,并结合仿生学进行高压电机的意象设计;唐观民等^[13]利用眼动追踪技术对羽绒服的设计风格特征进行提取,深入探究服装品牌的设计基因;张丙辰^[14]则通过眼动追踪技术,提取了列车内装环境的造型要素,并用于构建视觉意象与列车内装环境之间的关联模型。

2.2 实验素材选取

以定员 60 人的海洋平台为例,四人间和六人间的房间数占总房间数的比值达到 73.4%,居住人数上占总定员人数的比值达到 90%(见表 1)。因此,将四人间和六人间作为实验设计首选材料。

表 1 定员 60 人海洋平台房间分布
Table 1 Room capacity for 60 people on offshore platform

	单人间数 Single room	双人间数 Double room	四人间数 Quadruple room	六人间数 Six-person room
一楼 First floor	0	0	1	0
二楼 Second floor	0	0	4	4
三楼 Third floor	2	2	1	1
各种房间总数(所占比) Totlenumber of each type rooms (Proportion)	2(13.4%)	2(13.4%)	6(40.0%)	5(33.4%)
各种房间总人数(所占比) Totle number of people in each type rooms (Proportion)	2(3.34%)	4(6.67%)	24(40.0%)	30(50.0%)

依据定员 60 人的海洋平台四人间和六人间的设计图纸,经过网络搜索、实地调研的方式收集了居住空间图片,利用 3DMax 和 UE4 软件对四人间、六人间进

行舾装设计和虚拟空间的搭建,包括两种设计风格四人间 A、四人间 B,将四人间 A 的某些形态设计要素更改后的四人间 C 以及六人间 D,如图 3 所示。借用虚

虚拟现实技术还原居住空间软装设计进行眼动实验具有如下优势:

- (1)现在市场已经由生产导向转变为以消费者为主导的行销导向,产品更新迭代加快。凭借虚拟现实技术强大的渲染能力,可以在虚拟空内将产品真实地展现出来,用户对居住空间进行的感官体验全面自然,并且不受环境地点和经济成本的限制,缩短产品研发周期。
- (2)以往的感性工学案例大多是对已经成熟丰富的系列产品进行研究,利用虚拟现实技术可以在产品设计初期或者大型项目的筹备阶段依靠技术资料丰富样本空间,从而进行感性工学研究。
- (3)借助虚拟引擎的编程系统,可以直接对形态设计要素进行更换,严格的控制实验变量。
- (4)构建的虚拟空间不仅可以进行视觉形态设计要素的解构和提取,也可以进行其他方面的人体工学研究。



图3 不同风格及规格居住用房虚拟空间

Fig.3 Virtual space of residential houses of different styles and different specifications

利用空间中的某几个视角来代表整个立体空间,视角的选择对于实验结果有很大的影响。因此在图片的选取上,不仅要遵循人的尺度和活动规律,也要保证样本图片的全面性和简洁性,尽量用较少的图片去反映空间的整体面貌。当空间中元素较多时,优先选择符合人的生活习惯的视角。因为居住空间的逼仄狭窄,并不能在某一视角获取空间的整体效果,在空间内固定四台摄像机(视角1、视角2、视角3、视角4)来截取居住空间软装效果图。根据 GB-10000-88 立姿人体尺寸(男),取 26~35 岁男性眼高的 50 百分位数 $P_{50} = 1\,572\text{ mm}$ 作为摄像机的高度。摄像机的位置和方向依据要素全面和重点优点的原则进行调整。

2.3 眼动实验设计

假设:海洋平台居住空间内,某些视觉形态设计要素是影响居住空间整体设计意象的关键要素,并且这些设计要素在不同的房间规格和不同设计风格内具有一定的一致性。

实验设备: Eyelink 1000Plus 眼动仪(采样频率 1 000 Hz),主试机,被试机(分辨率 1 920×1 080、刷新率 60 Hz),SR Research 头托(距离显示器 770 mm)。

实验人员:由于海洋平台特殊的工作环境和性质,海上工作人员均为男性,选择 32 名男性在校本科生和研究生作为被试,年龄分布在 17~29 岁。所有被试者裸眼或矫正视力正常,且先前均未参加过类似实验。将 A、B、C、D 四个房间作为自变量。32 名学生随机分为 4 组(对应 A、B、C、D 四个房间),每组 8 人,各组之间为组间实验,各小组内进行组内实验。在进行组内实验时,为降低顺序效应的影响,采用拉丁方排序。

实验程序:

- (1)被试通过居住空间的全景图片对各自小组的房间进行浏览,熟悉房间基本环境,排除因为对某个元素产生困惑导致长时间注视停留。
- (2)进入实验室,介绍实验项目和注意事项,消除实验前的紧张感。调整座椅高度和前额支架。
- (3)采用九点校准法对眼动仪进行校准,提示实验即将开始。练习实验:向被试者呈现实验指导语,观看在计算机上呈现的图片。每张图片呈现 5 000 ms 之后黑屏 3 000 ms,进入 DriftCorrection 纠正随着时间的推移可能累积的注视位置计算中的小漂移,播放下一张图片。练习实验结束,提示正式实验开始,正式试验流程与练习实验相同。
- (4)实验结束。

2.4 结果分析

使用 Data Viewer 软件,将实验结果按照热图形式呈现(见图 4~7)。

从 A 组的热图来看,注视点基本按照形态要素进行分布,验证了形态设计要素解构的合理性。其中床头灯、床梯、门把手、电视、消防器材获取了较大的关注(见图 4)。

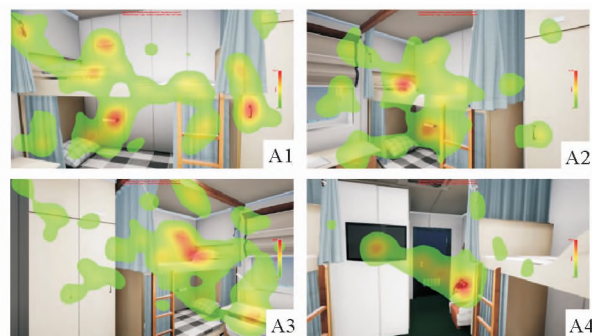


图4 A组热图

Fig.4 Group A heat map

A、B 两组在设计风格上大不相同。由于部分物品

摆设位置的不同在关注点的分布上也稍有区别。除了床头灯、护栏、电视等要素之外,视角中可见的衣物挂钩也吸引了极大的关注(见图 5)。

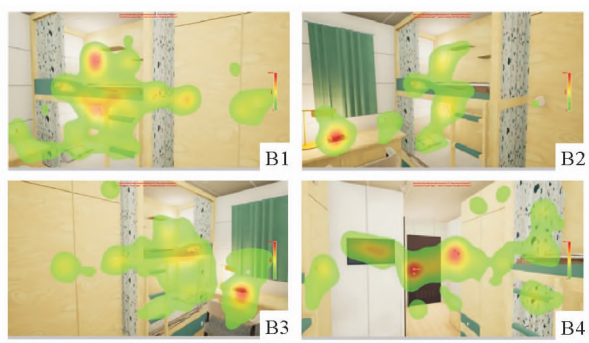


图 5 B 组热图
Fig.5 Group B heat map

C 组相对于 A 组将护栏改为钢管型的护栏,并更换了椅子和床头灯的造型以及床帘的颜色。此三组图片在关注点上并没有明显的区别,点元素中床头灯、柜门拉手获得的关注最多,床铺的护栏和床梯作为线元素也获得较多的关注,说明这些设计要素更能够引起被试者的兴趣(见图 6)。

D 组作为六人间,视野面积更加开阔,注视点也变得相对分散。但是在兴趣点上依旧是床头灯、柜门拉手、护栏、床梯等形态设计要素,与四人间没有显著区别(见图 7)。

所有样本按照形态设计要素划分兴趣区,导出数据。眼动实验包含第一注视点时间、注视时间、注视次数等多种指标。选择注视时间作为评价指标,某一兴

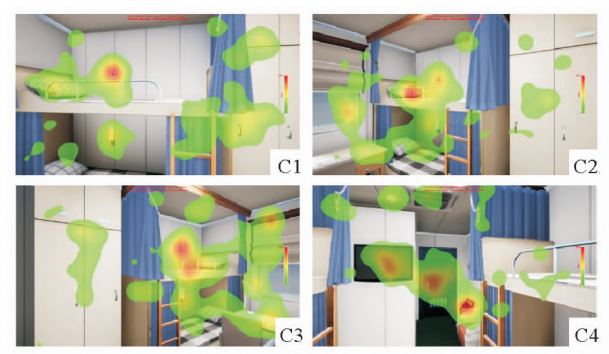


图 6 C 组热图
Fig.6 Group C heat map

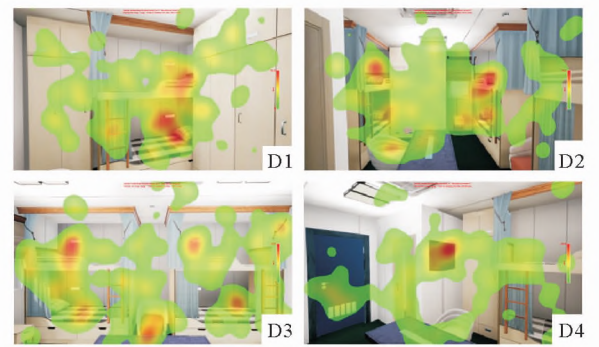


图 7 D 组热图
Fig.7 Group D heat map

趣区的注视时间越长,则表明对这一区域越感兴趣,即更能够影响房间的整体意象。对于同一被试的同一设计要素注视时间取和,计算各要素注视时间占总时间比值并进行单因素方差分析,结果如表 2 所示。由上表可知,床头灯、柜子拉手、护栏、床梯、窗帘、电视是对视觉意象影响较大的要素。

表 2 单因素方差分析
Table 2 ANOVA

设计要素 Design elements	平均值 Mean	F 检验 F test	P 检验 P test	LSP 检验 LSP test
床头灯 Bedside lamp	11.55±6.64	2.561	0.075	
门把手 Door handle	2.46±3.36	1.114	0.360	
柜子拉手 Cabinet handle	6.20±5.50	2.785	0.059	
衣物挂钩 Clothing hook	1.04±2.85	6.606	0.002	Room A, Room C, Room D<Room B
地脚线 Ground line	0			
阴角线 Inside corner line	0			
护栏 Guardrail	14.54±9.30	1.359	0.276	
床梯 Bed ladder	8.67±5.32	2.627	0.070	
窗帘轨道 Curtain track	0.30±1.67	1.000	0.407	
床帘轨道 Bed curtain track	0.27±1.02	1.074	0.376	

续表 2

设计要素 Design elements	平均值 Mean	F	P	LSP
门 Door	4.28±4.01	0.312	0.817	
柜子 Cabinet	11.29±7.78	6.368	0.002	Room A, Room B, Room C < Room D
床单 Sheets	1.59±3.05	8.941	0.000	Room A, Room B, Room C < Room D
床头板 Headboard	0.67±1.06	0.728	0.544	
床帘 Bed curtain	12.46±7.42	1.139	0.350	
桌面 Desktop	4.46±4.71	0.978	0.417	
电视 TV	5.90±4.00	0.586	0.629	
窗帘 Curtain	4.70±3.90	7.626	0.001	Room B, Room D < Room A, Room C
浴室门 Bathroom door	0.91±2.02	15.868	0.000	Room A, Room B, Room C < Room D
椅子 Chair	1.53±2.18	1.419	0.258	
沙发 Sofa	1.05±1.86	2.833	0.056	
台灯 Table lamp	0.61±1.09	3.722	0.023	Room A, Room C, Room D < Room B
灭火器 Fire extinguisher	0.77±2.03	1.814	0.168	
茶几 Coffee table	0.96±1.70	7.566	0.001	Room A, Room B, Room C < Room D
枕头 Pillow	3.42±3.01	0.186	0.905	
顶灯 Dome light	0.39±1.45	2.616	0.071	

床头灯、门把手、柜子拉手、地脚线、阴角线、护栏、床梯、窗帘轨道、床帘轨道、门、床头板、床帘、桌面、电视、椅子、沙发、灭火器、枕头、顶灯在房间类型上并没有显著差异($P>0.05$),即并没有因为房间风格或规格的改变而产生兴趣区的改变。衣物挂钩、柜子、床单、窗帘、浴室门、台灯、茶几存在显著差异($P<0.05$),通过 LSD 事后比较以及热图可知是因为视角选择不同使得某些要素更多的暴露在视野中造成的。相比之下,六人间的布局使得柜子、床占据了更大的视野面积,这也相应增加了受关注程度。

综上所述,能够引起被试较大的兴趣,引发感性意象的要素可以大致分为三类:一是床头灯、门把手、柜子拉手、护栏、床梯等点线元素,其本身特性就可以吸引目光,激发联想。这类要素材质基本固定,可以进行造型相关的设计;二是床帘、窗帘、柜子、门等占据较大视野面积的元素,可以在表面装饰和色彩上进行选择;最后是灭火器、电视机等特殊设备也引起较大关注。

3 专家评估

专家评估法是在定性分析的基础上,以打分的形

式作出定量评价。在海洋平台居住空间缺乏足够的设计经验和设计样本的情况下,专家评估法尤其适合。并且眼动分析只能够分析用户对房间内某一要素兴趣程度,并不能直接判定某一构件对人的视觉关注起主要作用的是造型因素还是色彩因素,专家评估法将对眼动分析结果进行补充。评估表中将空间内多个色彩要素归结为布艺色彩(窗帘、床帘、床单)、家具色彩(椅子、沙发、茶几、柜子)、门色彩(房门、浴室门)进行评估。本次评估采用打分形式进行,每项最高分为 7 分,共邀请到高校专家两名,企业专家三名,均有五年以上的从事工业设计或船舶舾装设计经验。综合专家评估打分普遍较高的要素(每项满分 35 分),主要集中于床头板(35 分)、沙发(34 分)、床梯(33 分)、柜子(33 分)、床头灯(32 分)、护栏(31 分)、椅子(31 分)、家具色彩(30 分)、布艺(28 分)、门(27 分),详见要素打分情况统计表(见图 8),评分结果与眼动分析结果基本一致。除此之外,还可以看出企业专家对门、柜子、沙发、椅子、台灯等实用型家具更为看重,而高校专家则更加在意布艺和家具的色彩因素对整体视觉环境的影响。

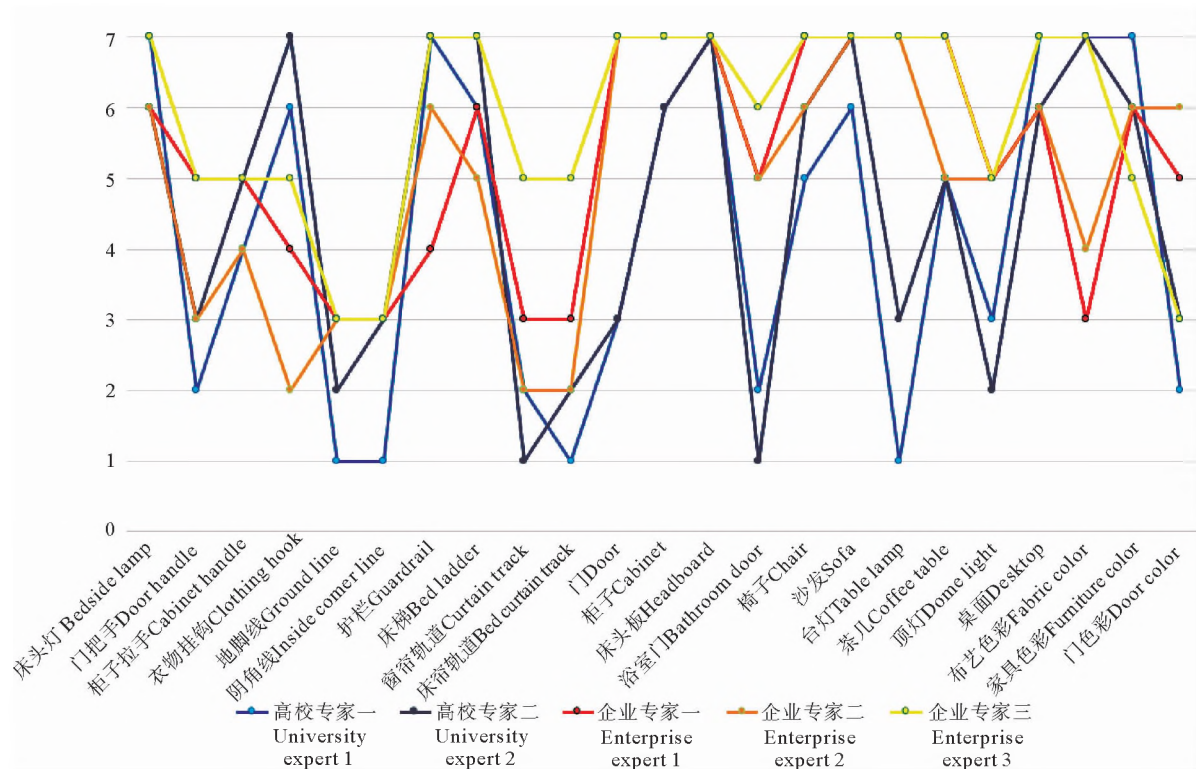


图 8 专家评估

Fig.8 Expert evaluation

4 结语

本文利用虚拟现实技术对海洋平台居住空间进行了搭建,摆脱了时间地点的限制,也为眼动分析提供了实验样本。采用组间实验和组内实验结合的方式对四组不同风格及规格的房间进行眼动实验。经过热图和分析数据并结合专家评估,验证了形态设计要素划分的合理性,得出床头灯、门把手、护栏、床梯、窗帘、门、电视等要素是关注度较大的要素,并且在不同的房间内这些重点要素具有一定的一致性。

对居住空间形态设计要素的提取是量化居住空间感性设计的前提,为后续探究形态设计要素与感性意象之间的关系提供了基础。此类设计方法对于汽车、轮船等外观和内饰设计优化以及火车站、机场等前期规划同样适用。随着虚拟眼动分析技术的日益成熟以及整合更多眼动指标,这种设计要素提取的方法将会更加完善。

参考文献:

- [1] 李捷. 标准化设计在海上固定平台生活楼设计中的应用[J]. 海洋工程装备与技术, 2017, 4(2): 109-113.
Li Jie. Application of standardized design in the design of offshore fixed platform living quarter[J]. Ocean Engineering Equipment and Technology, 2017, 4(2): 109-113.
- [2] 吴相凯, 黎鹏展. 基于环境心理学的现代室内艺术设计研究[M].

成都: 四川大学出版社, 2018: 133.

- Wu Xiangkai, LI Z P. Research on Modern Interior Art Design Based on Environmental Psychology[M]. Chengdu: Sichuan University Press, 2018: 133.
- [3] 杜士英. 视觉传达设计原理[M]. 上海: 上海人民美术出版社, 2018: 175.
Du Shiling. Principles of Visual Communication Design [M]. Shanghai: Shanghai People's Art Publishing, 2018: 175.
- [4] 宋扬. 立体/空间构成基础[M]. 北京: 中国青年出版社, 2015: 44.
Song Yang. The Basis of Solid/Spatial Composition[M]. Beijing: China Youth Press, 2015: 44.
- [5] 赵牧一. 基于感性工学的整体橱柜视觉形态评价研究[D]. 长沙: 中南林业科技大学, 2016.
Zhao Mui. The Study on Integral Ambry Visual Forms Evaluation Based on Kansei Engineering[D]. Changsha: Central South University of Forestry and Technology, 2016.
- [6] 闫国利, 白学军. 眼动分析技术的基础与应用[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2018: 189-203.
Yang Guoli, Bai Xuejun. Basics and Applications of Eye Tracking Technology [M]. Beijing: Beijing Normal University Publishing House, 2018: 189-203.
- [7] 闫国利, 白学军. 眼动研究心理学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2012: 248-257.
Yang Guoli, Bai Xuejun. General Introduction to the Eye Movement Research[M]. Beijing: Science Press 2012: 248-257.
- [8] Duchowski, Andrew T. Eye Tracking Methodology: Theory and Practice[M]. Canada: Biswas Hope Press, 2007: 206-207.
- [9] Jennifer Romano Bergstrom. Eye Tracking in UserExperience Design[M]. San Francisco: Morgan Kaufmann, 2014: 3-8.

- [10] 史浩天, 张益明, 刘和山, 等. 眼动试验在机电产品设计上的应用分析[J]. 机电工程, 2014, 31(7): 875-879.
Shi Haotian, Zhang Yiming, Liu Heshan, et al. Application of eye-tracking experiment on electromechanical product design[J]. Journal of Mechanical & Electrical Engineering, 2014, 31(7): 875-879.
- [11] 王震亚, 李海旺. 基于眼动追踪技术的汽车造型特征提取与认知研究[J]. 包装工程, 2016, 37(20): 54-58.
Wang Zhenya, Li Haiwang. Automotive styling feature extraction and cognition based on the eye tracking technology[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(20): 54-58.
- [12] 高小针, 张阿维. 基于眼动实验的高压电机意象仿生设计[J]. 西安工程大学学报, 2018, 32(3): 330-336.
Gao Xiaozhen, Zhang A'ya. Image bionic design of high-voltage motor based on eye-tracking experiment[J]. Journal of Xi'an Polytechnic University, 2018, 32(3): 330-336.
- [13] 唐观民, 李涛, 邹奉元. 基于眼动实验的女装羽绒服设计风格特征提取[J]. 现代纺织技术, 2019, 27(5): 62-66.
Tang Guanmin, Li Tao, Zou Fengyuan. Extraction of design style features of female down jackets based on eye tracking experiment[J]. Advanced Textile Technology, 2019, 27(5): 62-66.
- [14] 张丙辰. 基于视觉意象的列车内装造型设计方法研究[D]. 无锡: 江南大学, 2015.
Zhang Bingchen. Methodological Study of Passenger Train Interior Form Design based on Visual Image[D]. Wuxi: Jiangnan University, 2015.

Extraction of Key Morphological Design Elements for Living Space of Offshore Platforms Based on Eye-Tracking Technology

SHI Lin¹, WANG Zhi-Chuang¹, YAN Xin-Yi¹, WANG Shao-Xin²

(1. Department of Mechanical Engineering, College of Engineering, Ocean University of China, Qingdao 266100, China; 2. Event-Related Potential Linguistics Lab, Ocean University of China, Qingdao 266100, China)

Abstract: The living space of the offshore platform is the living and leisure place for the operators of the platform. The morphological design of its facilities is of great significance for regulating the physical and mental comfort of the staff. At present, the standardized design of living space is an important trend in the interior design. However, the visual environment of living space is complex and there are many morphological design elements, which is not conducive to the designer's grasp of the design focus. Based on the offshore platform design standards, the interior design was deconstructed into eight basic elements: shape, color, texture, light and shadow, space, and virtual reality technology was used to build virtual scenes for quadruple and six-person living room. Eye-tracking experiments were performed using eye-tracking technology. The results of eye-tracking heat maps and ANOVA were used to verify the rationality of the morphological design elements and extract key morphological design elements. Combined with expert evaluation method to supplement and improve the experimental results, it provides basic data for the standardization and humanization design of the interior environment.

Key words: eye-tracking; offshore platform; living space; morphological design; virtual reality

责任编辑 高 蓓