

# 基于注意力分配的儿童教育类APP界面布局优化策略研究

石元伍, 张怡晶

(湖北工业大学 工业设计学院, 武汉 430068)

**摘要:** **目的** 为解决现有儿童教育类APP界面布局设计缺乏针对性的问题, 提出基于注意力分配的界面布局优化策略。**方法** 通过眼动实验收集了20名被试者浏览应用程序界面活动中的眼动指标, 提取了各区域的注视总持续时间、首次注视时间、首次注视持续时间共3项注视类指标, 并统计分析了被试者的注意力分配情况及影响因素。**结果** 儿童在屏幕上半部分的中间区域注意力分配最集中; 颜色和背景对儿童注意力分配存在影响但不会造成反差性结果; 注视总持续时间与首次注视时间存在负相关性。此外, 对被试者的移动终端操作水平进行了评估, 并分析得到其操作水平与注意力分配情况无相关性。**结论** 通过实际案例验证表明, 基于儿童注意力分配情况优化界面布局, 可使重要信息或内容有更高的机会被阅读, 最大限度地传递信息, 提高信息接收效率, 以此为儿童教育类应用程序界面布局优化提供参考。

**关键词:** 儿童教育类APP; 布局优化; 眼动追踪实验; 注意力分配

**中图分类号:** TB482 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2023)16-0121-11

**DOI:** 10.19554/j.cnki.1001-3563.2023.16.013

## Optimization Strategy of Children's Educational APP Interface Layout Based on Attention Allocation

SHI Yuan-wu, ZHANG Yi-jing

(School of Industrial Design, Hubei University of Technology, Wuhan 430068, China)

**ABSTRACT:** The work aims to propose an interface layout optimization strategy based on attention allocation to solve the problem that the interface layout design of existing children's education apps lacks relevance. The eye-movement indicators were collected from 20 subjects during the activity of browsing the application interface through an eye-movement experiment. A total of three eye-movement indicators, namely total gaze duration, first gaze duration and first gaze duration, were extracted for each region, and the subjects' attention allocation and the influencing factors were statistically analyzed. The results showed that children's attention was the most concentrated in the middle area of the upper half of the screen; that colour and background had an effect on children's attention but did not cause contrasting results; and that there was a negative correlation between total gaze duration and first gaze time. In addition, the subjects' level of mobile device operation was assessed and analyzed and no correlation was found between their level of operation and attention allocation. The practical case shows that the interface layout optimization based on children's attention distribution can achieve the purpose of optimizing the interface layout, so that important information or content has a higher chance of being read. It can also maximize the delivery of information and improve the efficiency of information reception, thus providing a reference for the optimization of the interface layout of children's educational applications.

**KEY WORDS:** Children's education APP; layout optimization; eye-movement tracking experiments; attention allocation

随着智能媒体技术的大规模兴起, 儿童使用智能手机、平板电脑等移动终端的人数迅速增加<sup>[1]</sup>, 尤其

是使用平板电脑的人数比例显著增长<sup>[2-3]</sup>。儿童教育类(文化科普、知识学习、益智游戏)应用程序的数

收稿日期: 2023-03-22

作者简介: 石元伍(1971—), 男, 硕士。主要研究方向为产品创新设计、设计教育。

通信作者: 张怡晶(1998—), 女, 硕士。主要研究方向为儿童教育产品设计、交互设计。

量和开发范围持续扩大。儿童脑部发育不完善、注意力持续时间有限、易受其他刺激干扰等生理及心理特征不同于成人。这些特殊性决定了儿童群体对于交互界面设计的特殊需求<sup>[4]</sup>。如何快速有效地将重要信息传递给儿童成为移动应用程序界面布局和信息排布的重要问题。因此,将注意力分配作为儿童教育类APP交互界面布局设计的重要考虑因素,可以为提高儿童信息接收效率提供新思路。

## 1 研究背景

### 1.1 儿童教育类APP界面问题分析

在移动应用开发的激烈竞争中,开发者以内容多、功能全、受众广为目标提升自身应用的竞争力,导致界面内容呈现繁杂,儿童无法接收到完整的信息,接收效率低下。界面布局反映了信息的位置方位、空间架构、空间属性,决定了认知的准确性与高效性。布局设计是人为地创造出引起思维相关活动的空间推理模式,通过引导视觉感知特性来提高认知效率<sup>[5]</sup>。然而,部分应用程序的界面设计关注的不是使用者——儿童,而是软件的消费者——家长。其界面布局缺乏有针对性的设计<sup>[6]</sup>,让儿童很难快速接收到有效信息,影响使用效率。

### 1.2 注意力分配研究现状

目前关于人与界面交互时的注意力分配研究主要集中在交通工具操作界面。许永生等<sup>[7]</sup>通过眼动追踪研究驾驶员在高铁操纵台界面的注意力分配情况,为高铁操纵台界面布局设计提供原则及参考;叶坤武等<sup>[8]</sup>提出一种基于飞行员注意力分配的布局优化模型,以减少在驾驶舱布局设计中对经验的过多依赖、定量分析和优化飞机驾驶舱人机界面布局。此外,国外学者ZHU等<sup>[9]</sup>研究人通过智能手机与应用程序界面交互时的注意力分配,为设计应用程序界面和广告提供有用信息。但目前并没有发现与儿童浏览APP界面时的注意力分配相关的文献。

### 1.3 眼动追踪技术的应用

眼动追踪技术在人机交互研究中应用广泛,常被用于界面可用性检验、用户审美偏好研究及界面评价优化等。MASOOD等<sup>[10]</sup>通过眼动实验调查可用性在专为4~5岁儿童设计的移动教育应用程序用户界面设计中的重要性;LIU等<sup>[11]</sup>提出1项关于阅读数字化学习内容的眼动行为研究,从眼动行为的角度为如何设计有吸引力的数字化学习内容提供指导;杨俞玲等<sup>[12]</sup>通过眼动追踪探究自闭症儿童在干预APP界面的视觉关注点,筛选出界面导航布局、图标形状及色彩的最优方案。目前国内外学者的相关研究均证明眼动追踪技术在人机交互领域的可用性。通过直接对儿童的

眼动行为进行追踪,能够从他们自身的角度出发进行研究,以独立于成人的视角来解决问题<sup>[13]</sup>。

在此研究基础上,针对现有儿童教育类APP界面布局设计缺乏针对性的问题,以注意力分配为切入点,采用眼动追踪技术分析儿童通过平板电脑对应用程序进行无目标浏览时在界面不同区域的注意力分配情况,进而探究如何优化界面布局使儿童在界面交互过程中能够快速捕捉到重要信息,提高内容识别及接收效率。

研究表明,颜色是人类对物体视觉感知中最敏感的元素<sup>[14]</sup>,且布局和颜色是与人类注意力最相关的2个特征<sup>[15]</sup>。因此,根据这2个特征,设计了1个包含2组实验的眼动实验,以研究浏览应用程序期间的注意力分配。在实验一中,向被试者呈现的是从应用商店中下载的应用程序中提取的包含布局和颜色特征的原始界面。在实验二中,删除了颜色和背景以排除颜色功能的影响,使笔者能够观察注意力分配与布局的关联。由于人类视觉感知层次上对熟悉和不熟悉的面孔存在不同的感知神经过程<sup>[16]</sup>,因此为保证实验的客观性和有效性,本实验将探究儿童对平板电脑的熟悉程度是否对其注意力分配存在影响。

## 2 实验设计

### 2.1 实验目的

探究儿童通过平板电脑对应用程序进行无目标浏览时,在交互界面不同区域的注意力分配情况。

### 2.2 被试者

以7~12岁儿童为研究对象,实验前期共联系到23名来自武汉市洪山区广埠屯小学湖工分校的小学生,通过反复筛选,最终选定20名儿童作为被试者,均具备正常的视觉认知能力,无色盲及近视,并且通过讲解均能理解实验过程的相关要求。此次实验已向被试者的老师及家长说明实验目的,获得自愿参加研究的书面知情同意书,并保证实验在安全环境下进行,如被试者有任何不适,将立即停止实验。

### 2.3 实验样本获取

从应用商店的热门类别中选择儿童这一类别,根据排行和推荐下载了19个跟此项研究相关的应用程序。由于通常情况下,儿童在使用平板电脑时会将平板电脑横向立放在桌面上,所以样本界面选用横向方位,为尽可能减少实验误差,选择布局、颜色、图标等界面组成元素分布均匀的界面。经过逐一排查和筛选,最终选定8个代表性界面作为此次实验样本。为消除文本信息对被试者注意力分配的影响,实验样本均通过Adobe Photoshop对文字信息进行模糊处理,如图1所示。



图 1 实验样本展示  
Fig.1 Experimental samples

### 2.4 实验设备

采用 Tobii Pro Glasses 2 可穿戴式眼动仪进行数据采集; 使用 7.9 in (1 in ≈ 2.54 cm) iPad mini 5 放置在桌面固定位置播放实验样本。

### 2.5 实验流程

2 组实验属于并列关系。实验一所用样本为去除文本信息的原始界面, 包含颜色和背景图案; 实验二所用样本的颜色和背景图案也被去除, 只保留灰度布局。实验一与实验二的样本顺序一致, 保持对应, 被试者完成实验一后休息 10 min 进行实验二。每名被试者在正式实验开始前, 由实验辅助人员向其讲解实验进行过程中的相关要求, 并逐个进行测试及练习, 确保实验顺利进行。

实验开始前, 将屏幕调节到合适亮度, 被试者自然落座, 与屏幕保持约 60 cm 的位置。为确保实验的准确性, 被试者每次实验前均需进行 1 点校准法, 校准成功后方可进行实验。

实验开始后, 被试者需浏览的界面, 见图 2。界面设置为自动播放。在浏览过程中不需要做任何动作或进行对话。为避免样本界面切换时对被试者造成视觉停留影响, 在每个样本界面之间加入注视停留界面 (如图 2 所示), 留给被试者反应时间。在每次实验中, 注视停留界面持续显示 5 000 ms, 样本界面持续显示 10 000 ms, 单个实验总用时 2 min。每个被试者实验结束后暂停 3 min, 为下场实验做准备工作, 直到所有实验结束。

实验结束后, 被试者摘下 Tobii Pro Glasses 2 眼动仪, 直接离开实验室即可。

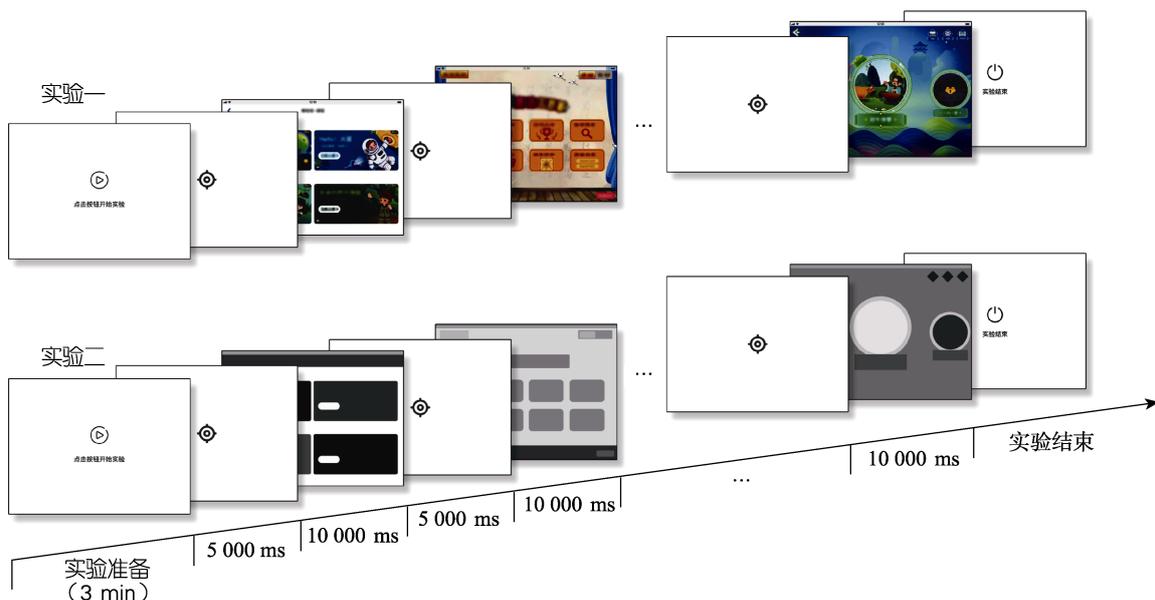


图 2 实验流程展示  
Fig.2 Experimental process

## 2.6 实验数据分析

通过 Ergo LAB 软件得到眼动追踪数据并从中提取注视总持续时间、首次注视时间、首次注视持续时间共 3 项注视类指标进行分析。本实验将平板电脑的整个屏幕平均划分为 6 个兴趣区 (如图 3 所示): 左上 AOI(AOI1)、中上 AOI(AOI2)、右上 AOI(AOI3)、左下 AOI(AOI4)、中下 AOI(AOI5) 和右下 AOI(AOI6)。

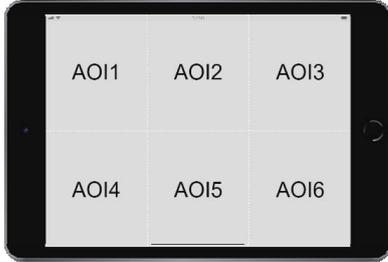


图 3 兴趣区 (AOI) 划分  
Fig.3 Division of area of interest (AOI)

1) 首先, 通过方差齐性检验 ( $F$  检验) 分析不同兴趣区样本数据的波动性是否一致: 如果满足方差

分析 (ANOVA) 的要求, 则分析各兴趣区在 3 个注视类指标中是否存在显著差异; 如果分析显示存在显著性, 则进一步进行事后多重比较 (LSD)。

2) 其次, 分析比较了屏幕上半部分和下半部分以及左、中、右 3 部分之间的注视总持续时间。

3) 此外, 对平板电脑操作水平与注视总持续时间进行了相关性分析。

## 3 实验结果

### 3.1 单因素 ANOVA 检验

利用 SPSS 软件对眼动数据进行方差齐性检验 (如表 1—2 所示), 实验一检验结果显示: 注视总持续时间的检验结果为  $L(5,114)=1.938, P=0.093>0.05$ ; 首次注视时间的检验结果为  $L(5,114)=0.324, P=0.897>0.05$ ; 首次注视持续时间的检验结果为  $L(5,114)=1.604, P=0.165>0.05$ 。实验二检验结果显示: 注视总持续时间的检验结果为  $L(5,114)=1.837, P=0.111>0.05$ ; 首次注视时间的检验结果为  $L(5,114)=1.665, P=0.149>0.05$ ; 首次注视持续时间的检验结果为  $L(5,114)=1.857, P=0.107>0.05$ 。

表 1 实验一方差齐性检验结果

Tab.1 Experiment 1 Homogeneity of variance test results

眼动指标	莱文统计	自由度 1	自由度 2	显著性
注视总持续时间	1.938	5	114	0.093
首次注视时间	0.324	5	114	0.897
首次注视持续时间	1.604	5	114	0.165

表 2 实验二方差齐性检验结果

Tab.2 Experiment 2 Homogeneity of variance test results

眼动指标	莱文统计	自由度 1	自由度 2	显著性
注视总持续时间	1.837	5	114	0.111
首次注视时间	1.665	5	114	0.149
首次注视持续时间	1.857	5	114	0.107

上述结果表明不同兴趣区样本数据的波动性均呈现出一致性, 没有显著差异。总结可知: 不同兴趣区对于注视总持续时间、首次注视持续时间、首次注视时间均具有方差齐性, 因此数据满足方差齐性假设。

利用方差分析 (ANOVA) 研究不同兴趣区之间注视总持续时间的差异性 (如表 3—4 所示)。从表 3—4 中可知: 实验一中不同兴趣区样本对于注视总持续时间呈现出的显著性为  $F=4.045, P=0.002<0.05$ ; 首次注视时间呈现出的显著性为  $F=3.853, P=0.003<0.05$ ; 首次注视持续时间呈现出的显著性为  $F=2.519, P=0.033<0.05$ 。实验二中不同兴趣区样本对于注视总持续时间呈现出的显著性为  $F=4.528, P=0.001<0.05$ ; 首次注视时间呈现出的显著性为  $F=4.796, P=0.001<0.05$ ; 首次注视持续时间呈现出的

显著性为  $F=2.607, P=0.029<0.05$ 。数据表明: 实验一和实验二中各兴趣区与注视总持续时间、首次注视时间、首次注视持续时间均存在显著性差异。

### 3.2 AOI 注视总持续时间

#### 3.2.1 各 AOI 注视总持续时间

为进一步探究不同兴趣区之间的具体对比差异, 对数据进行了事后多重比较 (LSD) 分析, 得到以下结果。

1) 实验一中有较为明显差异性组别的平均值差值对比结果为:  $AOI1>AOI6 (P=0.007<0.05)$ ;  $AOI2>AOI3 (P=0.019<0.05)$ ;  $AOI2>AOI4 (P=0.032<0.05)$ ;  $AOI2>AOI6 (P=0.000<0.05)$ ;  $AOI5>AOI6 (P=0.001<0.05)$ 。

表 3 实验一单因素 ANOVA 检验结果  
Tab.3 Experiment 1 One-way ANOVA test results

眼动指标	检验方式	平方和	自由度	均方	F	显著性
注视总持续时间	组间	539.899	5	107.980	4.045	0.002
	组内	3043.554	114	26.698		
	总计	3583.453	119			
首次注视时间	组间	66.865	5	13.373	3.853	0.003
	组内	395.651	114	3.471		
	总计	462.515	119			
首次注视持续时间	组间	6.853	5	1.371	2.519	0.033
	组内	62.035	114	0.544		
	总计	68.887	119			

表 4 实验二单因素 ANOVA 检验结果  
Tab.4 Experiment 2 One-way ANOVA test results

眼动指标	检验方式	平方和	自由度	均方	F	显著性
注视总持续时间	组间	1204.067	5	240.813	4.528	0.001
	组内	6062.671	114	53.181		
	总计	7266.738	119			
首次注视时间	组间	69.843	5	13.969	4.796	0.001
	组内	332.043	114	2.913		
	总计	401.886	119			
首次注视持续时间	组间	7.033	5	1.407	2.607	0.029
	组内	61.507	114	0.540		
	总计	68.539	119			

2) 实验二中有较为明显差异性组别的平均值差值对比结果为: AOI1>AOI4 ( $P=0.025<0.05$ ); AOI2>AOI3 ( $P=0.008<0.05$ ); AOI2>AOI4 ( $P=0.000<0.05$ ); AOI2>AOI5 ( $P=0.002<0.05$ ); AOI2>AOI6 ( $P=0.000<0.05$ )。

实验一和实验二各 AOI 的可视化对比分析展示, 见图 4。

根据上述分析可看出, 在实验一中: AOI2 的平均注视总持续时间最长; 屏幕上半部分的 AOI1、AOI2、AOI3 与屏幕下半部分的 AOI4、AOI5、AOI6

的平均注视总持续时间差异均较为显著; 屏幕左边部分的 AOI1、AOI4 与屏幕中间部分的 AOI2、AOI5 之间的平均注视总持续时间相当, 但右边的 AOI3 和 AOI6 差异较为显著。在实验二中: 仍是 AOI2 的平均注视总持续时间最长, 且明显高于其他兴趣区; 相较于实验一, 实验二屏幕上半部分的差异更为显著, 而下半部分的差异则趋于缓和。

总结可知: 被试者在浏览应用程序界面时对不同兴趣区的注意力焦点不同, 在 AOI2 的注意力分配时间更长, 在实验二中的差异更加显著。

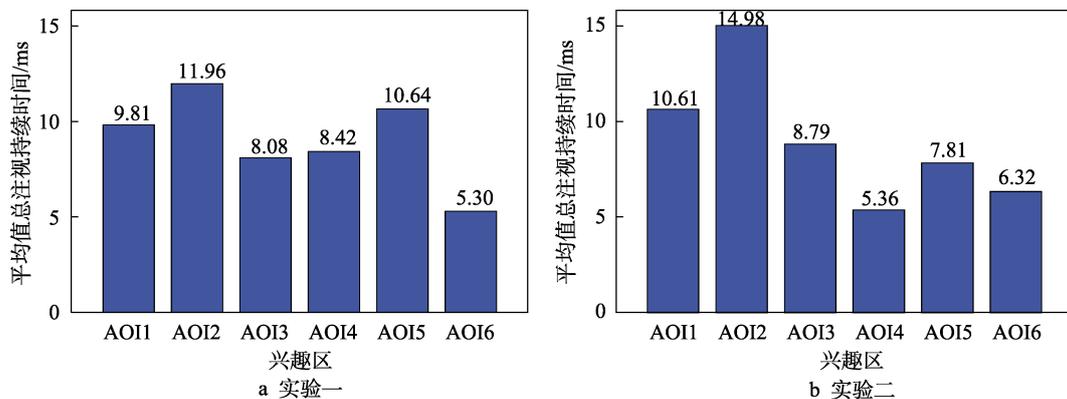


图 4 各兴趣区注视总持续时间平均值可视化展示  
Fig.4 Visualization of mean values of total gaze duration in each area of interest

### 3.2.2 各区域 AOI 注视总持续时间

屏幕上半部分和下半部分的平均注视总持续时间比值及每位被试者的注视总持续时间, 见图 5。实验一中被试者在屏幕上半部分与下半部分分配的注视总持续时间比值为 0.55 : 0.45, 表明被试者在屏幕上下 2 区域的注视总持续时间相当。实验二中的注视总持续时间比值为 0.64 : 0.36, 表明被试者在屏幕上半部分的注视总持续时间比下半部分多了 2 倍。20 位被试者在 2 个实验中分配在屏幕上下 2 区域的注视总持续时间, 如图 5 中柱状图所示。大部分被试者在 2 个实验中对屏幕上半部分注意力多于下半部分, 表明 2 个实验中的注意力分配情况存在普遍性并非因

个例影响, 数据更具有说服力。

屏幕左中右 3 个区域的平均注视总持续时间比值及每位被试者的注视总持续时间, 见图 6。实验一中被试者在 3 个区域的注视总持续时间比值为 0.34 : 0.42 : 0.25, 表明被试者在屏幕中间部分的注视总持续时间较长。实验二中的注视总持续时间比值为 0.30 : 0.42 : 0.28。与实验一相比, 实验二中间部分占比不变, 左边和右边的区域比值存在微小变化, 但趋近 1 : 1。图 6 中的柱状图均可表明 2 个实验中的注意力分配情况存在普遍性并非因个例影响。

由上述分析可知: 被试者在屏幕上半部分的注视总持续时间长于下半部分, 实验二尤为显著, 在屏幕中间区域的注视总持续时间长于左右 2 个区域。

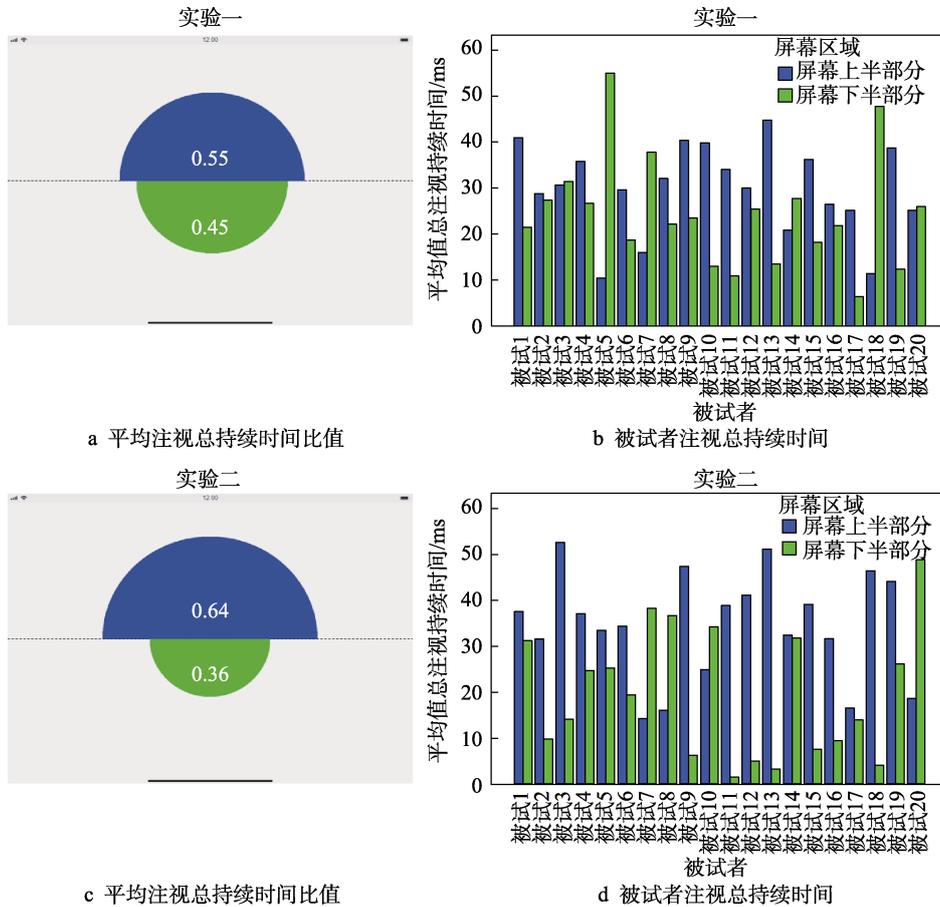


图 5 屏幕上下 2 区域的注视总持续时间  
Fig.5 Total gaze duration at the top and bottom of the screen

### 3.3 注视总持续时间与其余眼动指标相关性分析

由表 3—4 可知各 AOI 之间的注视总持续时间、首次注视时间及首次注视持续时间均存在显著差异。利用相关分析得到皮尔逊 (Pearson) 相关系数, 并对 3 项注视类眼动指标之间的关系进行分析, 见表 5—6。在实验一中: 注视总持续时间和首次注视时间之间的相关系数为 -0.358,  $P=0.000<0.05$ ; 注视总持续时间和首次注视持续时间之间的相关系数为 -0.339,

$P=0.000<0.05$ 。通过数据可知, 注视总持续时间、首次注视时间和首次注视持续时间之间均存在显著的负相关关系。在实验二中: 注视总持续时间和首次注视时间之间的相关系数为 -0.511,  $P=0.000<0.05$ ; 注视总持续时间和首次注视持续时间之间的相关系数为 0.058,  $P=0.526>0.05$ 。通过数据可知, 注视总持续时间与首次注视时间之间存在显著的负相关关系, 与首次注视持续时间之间不存在相关关系。

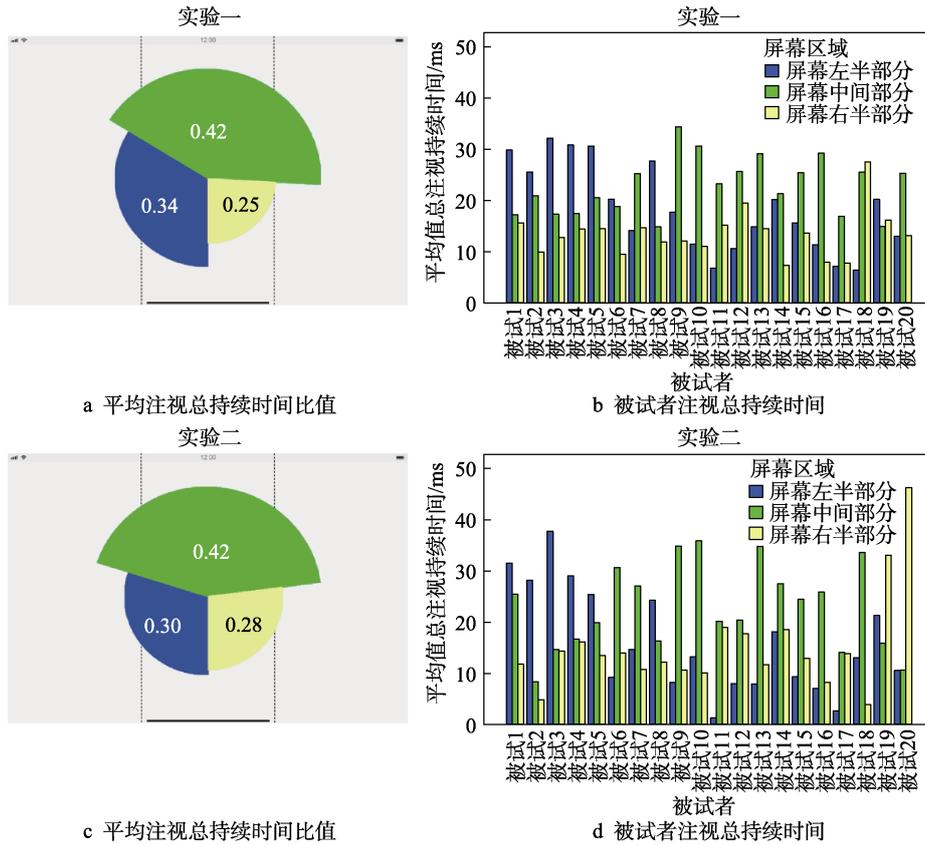


图 6 屏幕左中右 3 部分的注视总持续时间  
Fig.6 Total gaze duration in the left, middle and right parts of the screen

表 5 实验一注视总持续时间与其余眼动指标相关性分析

Tab.5 Correlation between total gaze duration and the remaining eye-movement indicators of Experiment 1

眼动指标	统计指标	注视总持续时间	首次注视时间	首次注视持续时间
注视总持续时间	皮尔逊相关性	1	-0.358**	-0.339**
	显著性 (双尾)		0.000	0.000
	个案数	120	120	120
首次注视时间	皮尔逊相关性	-0.358**	1	0.398**
	显著性 (双尾)	0.000		0.000
	个案数	120	120	120
首次注视持续时间	皮尔逊相关性	-0.339**	0.398**	1
	显著性 (双尾)	0.000	0.000	
	个案数	120	120	120

注: \*\*表示在 0.01 级别 (双尾), 相关性显著。

表 6 实验二注视总持续时间与其余眼动指标相关性分析

Tab.6 Correlation between total gaze duration and the remaining eye-movement indicators of Experiment 2

眼动指标	统计指标	注视总持续时间	首次注视时间	首次注视持续时间
注视总持续时间	皮尔逊相关性	1	-0.511**	0.058
	显著性 (双尾)		0.000	0.526
	个案数	120	120	120
首次注视时间	皮尔逊相关性	-0.511**	1	0.161
	显著性 (双尾)	0.000		0.079
	个案数	120	120	120
首次注视持续时间	皮尔逊相关性	0.058	0.161	1
	显著性 (双尾)	0.526	0.079	
	个案数	120	120	120

注: “\*\*” 表示在 0.01 级别 (双尾), 相关性显著。

### 3.4 注视总持续时间与操作水平相关性分析

#### 3.4.1 被试者操作水平评估

每名被试者需通过操作一（设置平板电脑亮度）和操作二（使用应用程序完善个人年级信息）2项测试，以此对平板电脑的设置能力和应用程序的使用能力进行操作水平评估。用于完善个人年级信息的应用程序选取了中小学用户下载使用量较多的作业帮。大多数被试者都操作过这2项任务，但并不经常执行，在一定程度上避免了被试者因无知和过于熟悉而对操作水平评估造成的误差。将被试者完成每项任务的时长记录下来并取平均值。20名被试者平均用时在40 s~60 s的人数居多，共13人，占据总被试人数的65%，具体见表7。因此，以40 s和60 s为界，平均时长<40 s，取最高分6分，超过60 s取最低分1分。40 s~60 s被平均分为4个时间段，分别对应5到2

的分数。具体操作程序参考 ZHU 等<sup>[9]</sup>在研究中对被试者手机操作水平评估的流程，见图7。该分数称为被试者的平板电脑操作水平。经过测试后的被试者操作水平，见表7。

#### 3.4.2 注视总持续时间与操作水平相关性分析

由于实验一和实验二中被试者均在 AOI2 中分配了最多时间，因此，以 AOI2 为代表利用相关分析研究注视总持续时间与平板电脑操作水平的相关性。根据表7中每名被试者的平板电脑操作水平，使用 Pearson 相关系数表示相关关系的强弱情况。实验结果（如表8所示）显示：实验一的 AOI2 注视总持续时间和操作水平的相关系数值为 0.380， $P=0.099>0.05$ ；实验二的 AOI2 注视总持续时间和操作水平的相关系数值为 0.177， $P=0.455>0.05$ 。结果表明实验一和实验二的 AOI2 注视总持续时间均与操作水平之间不存在相关关系。

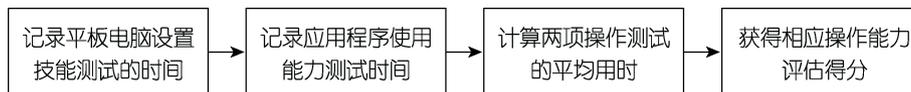


图7 操作水平评估流程

Fig.7 Flow chart of operational level assessment

表7 被试者平板电脑操作水平  
Tab.7 Subjects' level of tablet operation

被试者	操作一 用时/s	操作二 用时/s	平均 用时/s	操作 水平/分	被试者	操作一 用时/s	操作二 用时/s	平均 用时/s	操作 水平/分
1	42.07	57.17	49.62	4	11	23.61	27.18	25.40	6
2	38.54	51.76	45.15	4	12	45.73	62.47	54.10	3
3	45.23	67.43	56.33	2	13	35.62	41.10	38.36	6
4	32.01	52.21	42.11	5	14	42.43	53.84	48.14	4
5	25.76	43.47	34.62	6	15	19.68	26.73	23.21	6
6	67.68		67.68	1	16	26.07	44.12	35.10	6
7	33.30	58.69	46.00	4	17	43.29	58.51	50.90	3
8	52.23	60.30	56.27	2	18	59.25	62.93	61.09	1
9	47.86	45.99	46.93	4	19	37.10	66.17	51.64	3
10	39.27	46.02	42.65	5	20	43.15	71.22	57.19	2

表8 注视总持续时间与操作水平相关性分析结果  
Tab.8 Correlation analysis results of total gaze duration and level of operation

分析指标	统计指标	操作水平	实验一 AOI2 注视 总持续时间	实验二 AOI2 注视 总持续时间
操作水平	皮尔逊相关性	1	0.380	0.177
	显著性（双尾）		0.099	0.455
	个案数	20	20	20
实验一 AOI2 注视总持续时间	皮尔逊相关性	0.380	1	0.291
	显著性（双尾）	0.099		0.213
	个案数	20	20	20
实验二 AOI2 注视总持续时间	皮尔逊相关性	0.177	0.291	1
	显著性（双尾）	0.455	0.213	
	个案数	20	20	20

## 4 讨论

### 4.1 注意力分配与颜色和背景的关系

正如结果所示,应用程序界面的颜色和背景图案会影响被试者的注意力分配。实验一中,被试者在浏览带有颜色和背景的应用程序界面时,对 AOI2 区域和 AOI5 区域给予了相当的关注。当颜色和背景从应用程序界面中删除时,被试者明显更多地倾向于关注 AOI2 区域。这 1 发现意味着注意力分配可能与颜色和背景感知的神经处理部分相关,这与先前神经科学研究中颜色处理的注意力调节的结论一致<sup>[17]</sup>。虽然颜色和背景影响了对屏幕上下 2 部分的注意力分配,但它们并不影响对左中右 3 部分的注意力分配。在这 2 个实验中,我们观察到与下半部分相比,上半部分的注视时间明显更长。

试分析影响被试者注意力分配的原因,在浏览有颜色和背景的应用界面时,被试者会首先被分布在界面各处的颜色和背景吸引,注意力散布较为分散均匀。而在浏览不会因颜色和背景对儿童造成第 1 时间吸引力的灰度界面时,根据由上至下的阅读习惯,在有限时间内被试者分配在界面上方的注意力通常会更多。这 1 结果表明虽然颜色和背景对被试者注意力分配产生影响但并无造成反差性的结果,且在界面去除颜色和背景的有效信息后,被试者的注意力分配情况可能跟阅读习惯有关。

### 4.2 注视总持续时间与其余眼动指标之间的关系

相关性分析结果显示,无论界面是否包含颜色和背景,注视总持续时间与首次注视时间均呈现出显著的负相关。这表明被试者注意到屏幕某个区域的时间越短,则在该区域的注视时间最长,说明被试者倾向于对他们最先关注到的区域分配更多的注意力。

被试者在浏览有颜色和背景的应用程序界面时,注视总持续时间与首次注视持续时间呈负相关,去除颜色和背景后没有相关关系。表明被试者第 1 次注视屏幕某个区域的时长与总注视时长之间没有必然联系,容易受到颜色和背景的影响。

### 4.3 注视总持续时间与操作水平相关性分析

人们通常认为操作水平低的人会花费更多的时间获得与操作水平高的人同等的信息。但在本实验中,被试者的注视总持续时间与平板电脑操作水平之间并无相关性。这可能是由于本实验将浏览每个界面的时间设置为固定的 10 000 ms,从而使得平板电脑操作水平较高的被试者即使在较短的时间内获得了界面上的所有信息,也必须花费所有的时间浏览界面。同样,即使实验二中的灰度界面没有有效信息可供接收,被试者也需要将全部的时间用来随机浏览。结果表明,被试者平板电脑的操作水平在本实验中并不会影响注意力分配,确保了实验过程更具严谨性和

科学性,实验结果更准确。

### 4.4 局限性和思考

儿童的行为可能会受到界面其他干扰因素的影响<sup>[18]</sup>。而本实验包含的 2 组实验样本之间的区别在于界面是否包含颜色和背景图案,因此在选择实验样本时,为避免界面布局和元素分布对实验造成影响,统一选择了布局 and 分布近似均匀的界面来控制实验变量,使得实验更加严谨有效。本实验将平板电脑的屏幕划分成 6 个等分的区域,但不同型号平板电脑的屏幕尺寸大小存在差异,可以根据需要重新分区。分区时应注意面积适当和个数适量,过少的区域不利于实验目的的探究,过多则会由于眼动仪的精度有限导致数据精度降低。

本实验中的被试者操作水平评估方法是参考国外学者对手机操作水平的评估方法,用于评估的任务不是唯一的,也可以使用其他类似任务。在本实验中被试者注视总持续时间与操作水平的相关性研究结果虽然呈无相关性,但脱离本实验后它们之间是否具有相关性仍待研究。本实验目的是探究儿童浏览应用程序界面时的注意力分配情况,被试人数相较于全国儿童用户来说存在局限,但不影响其以儿童注意力分配为切入点探索教育类 APP 界面布局优化策略的可参考性。

## 5 实际案例

界面布局决定了信息呈现的位置、复杂性和一致性,并影响用户对信息强度的感受<sup>[5]</sup>,其设计的目的是将信息在有限的空间中进行排列,让用户能够迅速找到所需要的内容。设计者应将重要信息排布在用户更易察觉、更易关注的地方。根据上述注意力分配实验结果提出相应策略,即基于平板电脑对交互界面进行布局设计或优化时,可将重要的文字信息、操作提示、传播内容等排布在界面上半部分的中间区域(AOI2)。若重要信息较多,则根据注意力分配情况(如图 8 所示)采取优先原则合理排布。

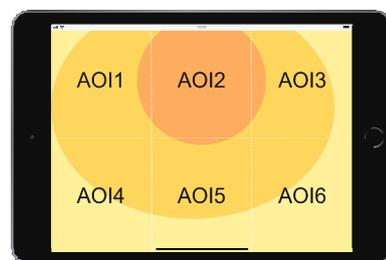


图 8 注意力分配情况可视化  
Fig.8 Visualization of attention allocation

科普故宫建筑文化的儿童教育类应用程序界面设计的部分样图,见图 9。AOI 标记区域为各界面中包含重要信息或操作提示的区域。以上述界面布局优化策略为依据,将一级界面 AOI 中包含应用程序涵

盖内容的主要信息、二级界面 AOI 中包含该应用所普及的重要知识及三级界面 AOI 中包含学习建筑知识的操作指示重新布局。通过眼动实验及 Ergo LAB 获取热点图,对比分析重新布局前后的界面 AOI 标记区域对于被试者的吸引程度。

图 10 所示为原界面(如图 10a—10c 所示)与重新布局后界面(如图 10d—10f 所示)的热点图,见

图 10。通过对比可知:原界面的注视热点较分散,重新布局后的界面热点明显集中;原界面的 AOI 标记区域并非被试者最关注区域,而重新布局后热点基本排在重要区域。通过结果可知,以儿童注意力分配情况为参考优化界面布局,可使重要信息或内容更容易受到被试者注意,有更高的机会被阅读。说明此研究结果可供设计开发者参考。



图 9 故宫建筑文化应用程序部分界面展示

Fig.9 Part of the interface of the Forbidden City Architecture and Culture app

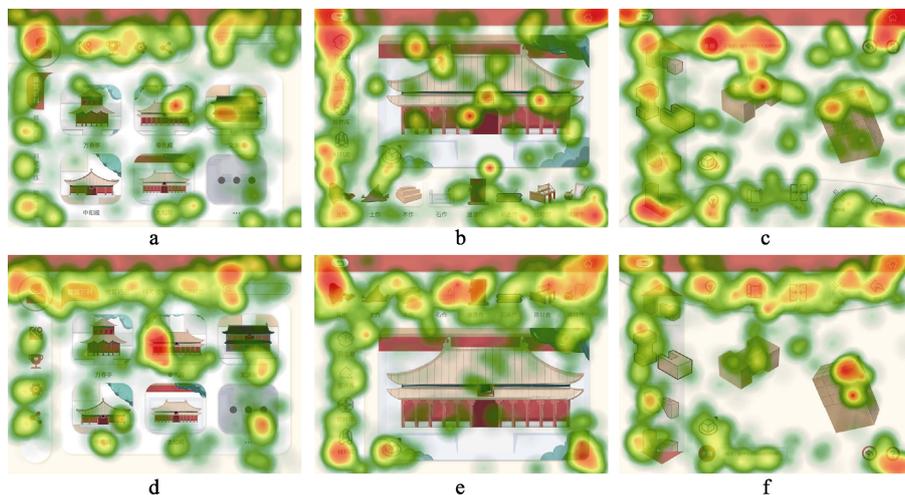


图 10 原界面(上)与布局后界面(下)热点图

Fig.10 Heat map of the original interface (top) and the post-layout interface (bottom)

## 6 结语

设计良好的数字信息界面能够极大提升儿童用户的操作效率和使用满意度,而组织清晰且合理的界面布局对界面信息的传递和识别非常关键。对各方面能力均处于动态发展阶段的儿童进行用户体验研究,为界面布局设计提供具有针对性的优化思路与方案,对儿童教育类 APP 的良性发展具有重要意义。

1) 首先,对儿童用户眼动行为进行客观的量化处理和分析,得到其使用平板电脑对应用程序进行无目标浏览时在界面不同区域的注意力分配情况。

2) 其次,以此为依据提出了儿童教育类 APP 界面布局优化策略。

3) 最后,通过应用实际案例的热点对比图验证了优化策略的可行性,为提高儿童用户的信息接收效率提供新方法,为移动应用程序界面布局设计提供新

思路。

由于实验样本量有限,在接下来的研究中希望能寻求更多的被试者来验证此实验结果。

总体来说,如何了解儿童用户真实需求,设计出好用、易用、适用的人机界面,需要在前沿技术和方法设计创新上做更加深入的探索。

### 参考文献:

- [1] 李晓静,郑琳.中小学生的智能媒体使用及其对课外阅读影响的实证研究[J].中国电化教育,2018(12):104-112.  
LI Xiao-jing, ZHENG Lin. Smart Media Use and Its Impact on After-school Reading among Primary and Middle School Students[J]. China Educational Technology, 2018(12): 104-112.
- [2] 佚名.《2019年全国未成年人互联网使用情况研究报告》.

- 告》发布[J]. 今日教育, 2020, (5): 6-7.
- Anonymous. "2019 National Research Report on Internet Usage of Minors" Released[J]. Education Today, 2020, (5): 6-7.
- [3] 佚名. 《2020 年全国未成年人互联网使用情况研究报告》发布[J]. 国家图书馆学刊, 2021, 30(4): 13.
- Anonymous. "2020 National Research Report on Internet Usage of Minors" Released[J]. Journal of the National Library of China, 2021, 30(4): 13.
- [4] 张辉, 郑佳. 适应儿童用户特征的图形化交互界面设计[J]. 包装工程, 2014, 35(18): 17-20.
- ZHANG Hui, ZHENG Jia. Graphical Interface Design for Children Characteristics[J]. Packaging Engineering, 2014, 35(18): 17-20.
- [5] 吕健, 孙玮伯, 潘伟杰, 等. 基于认知特性的信息界面布局美度评价[J]. 包装工程, 2019, 40(18): 220-226.
- LYU Jian, SUN Wei-bo, PAN Wei-jie, et al. Evaluation of Information Interface Layout Beauty Based on Cognitive Characteristics[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(18): 220-226.
- [6] 司国东, 赵玉. 移动娱教软件的界面评价标准研究[J]. 电化教育研究, 2017, 38(5): 88-94.
- SI Guo-dong, ZHAO Yu. Research on Interface Evaluation Standards of Mobile Edutainment Software [J]. e-Education Research, 2017, 38(5): 88-94.
- [7] 许永生, 李丽丽, 吴尤荻, 等. 基于注意力分配的高铁操纵台界面布局优化设计[J]. 西南交通大学学报, 2022, 57(2): 401-409.
- XU Yong-sheng, LI Li-li, WU You-di, et al. Optimization Design of Interface Layout of High-speed Railway Control Console Based on Attention Distribution[J]. Journal of Southwest Jiaotong University, 2022, 57(2): 401-409.
- [8] 叶坤武, 包涵, 魏思东. 基于视觉注意力分配的飞机驾驶舱人机界面布局优化[J]. 南京航空航天大学学报, 2018, 50(3): 416-21.
- YE Kun-wu, BAO Han, WEI Si-dong. Layout Optimization for Aircraft Cockpit Man-Machine Interface Based on Visual Attention Distribution[J]. Journal of Nanjing University of Aeronautics & Astronautics, 2018, 50(3): 416-21.
- [9] ZHU L, CUI G, LI Y, et al. Attention Allocation on Mobile App Interfaces when Human Interacts with Them[J]. Cogn Neurodyn, 2022, 16(4): 859-870.
- [10] MASOOD M, THIGAMBARAM M. The Usability of Mobile Applications for Pre-schoolers[J]. Procedia- Social and Behavioral Sciences. 2015, 197: 1818-1826.
- [11] LIU X, ZHANG X, CHEN W W, et al. Eye Movement Analysis of Digital Learning Content for Educational Innovation[J]. Sustainability, 2020, 12(6): 2518.
- [12] 杨俞玲, 张丙辰, 李寻, 等. 基于 AHP-熵权法的 ASD 儿童干预 APP 导航界面设计评价研究[J]. 包装工程 2022, 43(12): 165-73.
- YANG Yu-ling, ZHANG Bing-chen, LI Xun, et al. Evaluation of Navigation Interface Design of ASD Children Intervention APP Based on AHP-Entropy Weight Method[J]. Packaging Engineering 2022, 43(12): 165-73.
- [13] 薛巧巧. 透过儿童的视角去探究——英国儿童参与式研究提供的借鉴[J]. 四川师范大学学报(社会科学版), 2020, 47(4): 109-117.
- XUE Qiao-qiao. Research Through Children's Perspective: Inspiration from Children's Participatory Research in the UK[J]. Journal of Sichuan Normal University (Social Sciences Edition), 2020, 47(4): 109-117.
- [14] 胡飞. 艺术设计符号基础[M]. 北京: 清华大学出版社, 2008.
- HU Fei. Symbol Basis of Art Design[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 2008.
- [15] OLIVERS C N L, MEIJER F, THEEUWES J. Feature-based Memory-driven Attentional Capture: Visual Working Memory Content Affects Visual Attention[J]. Journal of Experimental Psychology Human Perception and Performance, 2006, 32(5): 1243-1265.
- [16] COLLINS E, ROBINSON A K, BEHRMANN M. Distinct Neural Processes for the Perception of Familiar Versus Unfamiliar Faces Along the Visual Hierarchy Revealed by EEG[J]. NeuroImage, 2018, 181: 120-131.
- [17] ANLLO-VENTO L, LUCK S J, HILLYARD S A. Spatio-temporal Dynamics of Attention to Color: Evidence from Human Electrophysiology[J]. Human Brain Mapping, 1998, 6(4): 216-238.
- [18] WOODWARD J, SHAW A, LUC A, et al. Characterizing How Interface Complexity Affects Children's Touchscreen Interactions[P]. Human Factors in Computing Systems, 2016.

责任编辑: 蓝英侨