

实时切屏数据界面设计要素对视觉搜索效率的影响

李娟 徐宁

西华大学，四川成都，610039；

摘要：研究实时切屏数据界面设计要素对信息视觉搜索效率的影响机制，以航显界面为例，提出设计优化策略。方法通过控制航显系统界面中4个重要因素——整体信息容量、时间压力、切屏方式、特殊分栏，采用眼动实验，并结合主观满意度问卷，考察不同界面要素对用户信息视觉搜索效率的影响结果。结果显示，切屏方式与特殊分栏对用户视觉搜索效率无显著影响，但信息容量和时间压力则对用户视觉搜索的完成时间有显著影响。研究结果表明，实时切屏数据界面设计应使信息容量适中，切屏时间随信息容量调整，采用整体式切屏方式，给用户更好的信息搜索体验。

关键词：切屏数据；视觉搜索；搜索绩效；界面设计

DOI：10.69979/3041-0673.25.07.003

引言

在大数据时代背景下，实时数据更新和迭代速度不断加快。人们的日常生活中经常需要收集当前的即时信息，特别是在面临大量数据需要快速展示的情况下，界面切换显示变得尤为重要。然而，问题在于很难在切换屏幕之前迅速定位到所需信息。如何在跳转的界面中最大效率地捕获我们所需要的信息是至关重要的^[1]。这其中包含的在某一背景中搜索特定目标物体的认知过程被称为视觉搜索。在人机信息交互过程中，任何搜索时间的微小缩减都意味着视觉搜索效率的提高，这将有效地提升用户体验并降低成本^[2]。

本研究聚焦于实时切换数据界面，运用视觉搜索理论探讨数字界面设计要素（如信息容量、切换时间、切屏动画和分栏机制）对视觉信息搜索效率的影响。通过眼动追踪和行为实验，在受控条件下评估用户的相关指标，并结合问卷分析不同情境下的主观满意度，揭示这些设计要素对用户视觉搜索效率的认知机制。这项研究有助于深入分析用户的视觉搜索行为，为优化实时数据切换界面的设计提供策略性指导。

1 文献回顾

1.1 视觉搜索

视觉搜索是指在特定背景中识别目标物体的认知过程，不仅是人们日常获取和处理外部信息的重要方式，也是许多专业任务的核心组成部分，如地图阅读^[3]。在人机交互中，任何减少搜索时间的措施都能提高视觉搜

索效率，从而节省成本并提升用户体验^[4]。随着数字界面信息量的增加，其结构也变得更加复杂。刘杰等人研究了信息密度的丰富与简练设计形式及中英文语言对用户视觉搜索能力的影响，结果显示，中文用户在高信息密度和视觉冲击强的界面上，搜索时间显著增加^[5]。这些研究表明信息密度是影响视觉搜索效率的关键因素。在数据信息的视觉搜索任务中，目标与背景仅存在单一属性差异。引导式搜索模型认为，在这种情况下，用户在外周视觉信息的无意识影响下，通过眼跳完成搜索过程^[6]。这些外周视觉信息包括对象的大小、密度、形状和空间排列等物理属性。

2.2 视觉搜索的影响因素

以往研究者已经在这方面做了大量的研究，Pirolli & Card 和 Rayner 在 2002 年发现视觉搜索受到诸多因素影响，其中任务难度影响视觉搜索的有效刺激广度^[7]。Pirolli 和 Card 发现用户于 2003 年从一个有字母或数字顺序的菜单中选择目标项比随机顺序的菜单显著快很多。VanLoon、Hooge 和 VandenBerg 的研究表明在搜索运动和静止目标时使用的策略不同当被试在搜索目标时较之于静态的径向线在运动的径向点的模式下有较少的扫视、较长的初始注视时间和较短的扫视幅度^[8]。由此可以看出刺激物的物理属性是影响搜索效率的重要因素。大量研究表明，用户的搜索策略显著影响其搜索绩效。这些研究将影响搜索效率的因素提升到视觉搜索策略的层面^[9]。动态性是另一种独特而有效的视觉增强方法，由此可知颜色对于目标的搜索具有强影响力，

但是实验状态处于静态，目前动态切换类屏幕的研究较少，由此选择动态切屏界面中对于颜色的分栏感知作为测试的变量之一。

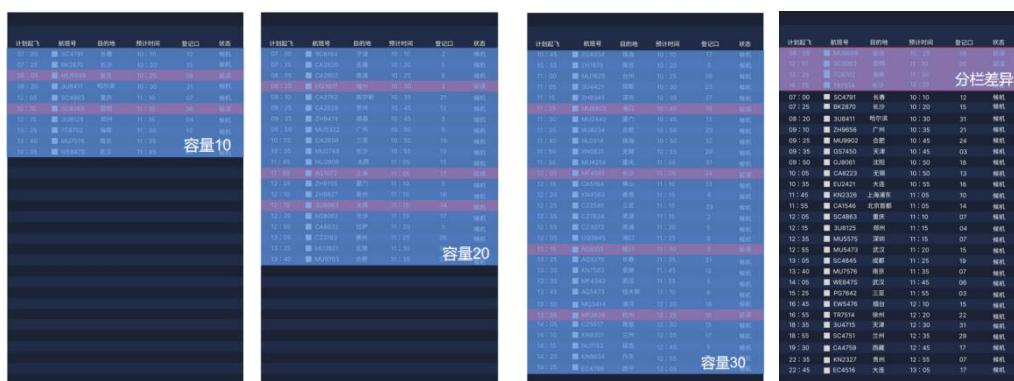
同时，考虑到实时切换界面的独特性，切屏时间会带来时间维度的限制，即时间压力。这种压力具体指由时间约束引发的紧迫感和应对有限时间的资源需求。在现实生活中，许多任务都有时间限制。在时间压力下，个体常常感到缺乏以最佳方式完成任务所需的认知资源，并可能改变其决策过程和策略^[10]。眼动测量显示，在时间压力下，凝视次数显著减少，而凝视时间对时间压力的敏感性较低。因此，在有时间压力的搜索任务中，时间维度是一个不可忽视的重要因素。

2 研究方法

2.1 正交实验原理

实际生产科研中因实验条件各种成本高昂和规模水平的限制，难于实施3个甚至更多的因素同时进行的全面试验。借助于正交试验手段可以部署许多可能相关的作用因素进行试验从而分清主次交互作用并达到寻求最优水平组合。

正交试验设计的基本步骤：



计划起飞	航班号	目的地	预计时间	登记口	状态
07:00	SC4701	北京	10:10	12	候机
07:20	DR2070	长沙	10:20	15	候机
08:00	MU9099	海口	10:20	08	候机
08:20	SC0841	广州	10:30	10	候机
08:30	SC0842	成都	10:30	23	候机
08:40	SC0843	深圳	10:30	05	候机
08:50	SC0844	上海	10:30	21	候机
09:00	SC0845	杭州	10:30	14	候机
09:10	SC0846	南京	10:30	03	候机
09:20	SC0847	南昌	10:30	09	候机
09:30	SC0848	武汉	10:30	16	候机
09:40	SC0849	海航	10:30	18	候机
10:00	SC0850	浦东	10:30	17	候机
10:10	SC0851	厦门	10:30	01	候机
10:20	SC0852	长沙	10:30	14	候机
10:30	SC0853	北京	10:30	19	候机
10:40	SC0854	成都	10:30	12	候机
10:50	SC0855	深圳	10:30	20	候机
11:00	SC0856	上海	10:30	24	候机
11:10	SC0857	杭州	10:30	08	候机
11:20	SC0858	南京	10:30	23	候机
11:30	SC0859	南昌	10:30	05	候机
11:40	SC0860	武汉	10:30	15	候机
11:50	SC0861	海航	10:30	19	候机
12:00	SC0862	浦东	10:30	16	候机
12:10	SC0863	厦门	10:30	03	候机
12:20	SC0864	长沙	10:30	14	候机
12:30	SC0865	北京	10:30	19	候机
12:40	SC0866	成都	10:30	12	候机
12:50	SC0867	深圳	10:30	20	候机
13:00	SC0868	上海	10:30	24	候机
13:10	SC0869	杭州	10:30	08	候机
13:20	SC0870	南京	10:30	23	候机
13:30	SC0871	南昌	10:30	05	候机
13:40	SC0872	武汉	10:30	15	候机
13:50	SC0873	海航	10:30	19	候机
14:00	SC0874	浦东	10:30	16	候机
14:10	SC0875	厦门	10:30	03	候机
14:20	SC0876	长沙	10:30	14	候机
14:30	SC0877	北京	10:30	19	候机
14:40	SC0878	成都	10:30	12	候机
14:50	SC0879	深圳	10:30	20	候机
15:00	SC0880	上海	10:30	24	候机
15:10	SC0881	杭州	10:30	08	候机
15:20	SC0882	南京	10:30	23	候机
15:30	SC0883	南昌	10:30	05	候机
15:40	SC0884	武汉	10:30	15	候机
15:50	SC0885	海航	10:30	19	候机
16:00	SC0886	浦东	10:30	16	候机
16:10	SC0887	厦门	10:30	03	候机
16:20	SC0888	长沙	10:30	14	候机
16:30	SC0889	北京	10:30	19	候机
16:40	SC0890	成都	10:30	12	候机
16:50	SC0891	深圳	10:30	20	候机
17:00	SC0892	上海	10:30	24	候机
17:10	SC0893	杭州	10:30	08	候机
17:20	SC0894	南京	10:30	23	候机
17:30	SC0895	南昌	10:30	05	候机
17:40	SC0896	武汉	10:30	15	候机
17:50	SC0897	海航	10:30	19	候机
18:00	SC0898	浦东	10:30	16	候机
18:10	SC0899	厦门	10:30	03	候机
18:20	SC0900	长沙	10:30	14	候机
18:30	SC0901	北京	10:30	19	候机
18:40	SC0902	成都	10:30	12	候机
18:50	SC0903	深圳	10:30	20	候机
19:00	SC0904	上海	10:30	24	候机
19:10	SC0905	杭州	10:30	08	候机
19:20	SC0906	南京	10:30	23	候机
19:30	SC0907	南昌	10:30	05	候机
19:40	SC0908	武汉	10:30	15	候机
19:50	SC0909	海航	10:30	19	候机
20:00	SC0910	浦东	10:30	16	候机
20:10	SC0911	厦门	10:30	03	候机
20:20	SC0912	长沙	10:30	14	候机
20:30	SC0913	北京	10:30	19	候机
20:40	SC0914	成都	10:30	12	候机
20:50	SC0915	深圳	10:30	20	候机
21:00	SC0916	上海	10:30	24	候机
21:10	SC0917	杭州	10:30	08	候机
21:20	SC0918	南京	10:30	23	候机
21:30	SC0919	南昌	10:30	05	候机
21:40	SC0920	武汉	10:30	15	候机
21:50	SC0921	海航	10:30	19	候机
22:00	SC0922	浦东	10:30	16	候机
22:10	SC0923	厦门	10:30	03	候机
22:20	SC0924	长沙	10:30	14	候机
22:30	SC0925	北京	10:30	19	候机
22:40	SC0926	成都	10:30	12	候机
22:50	SC0927	深圳	10:30	20	候机
23:00	SC0928	上海	10:30	24	候机
23:10	SC0929	杭州	10:30	08	候机
23:20	SC0930	南京	10:30	23	候机
23:30	SC0931	南昌	10:30	05	候机
23:40	SC0932	武汉	10:30	15	候机
23:50	SC0933	海航	10:30	19	候机
24:00	SC0934	浦东	10:30	16	候机
24:10	SC0935	厦门	10:30	03	候机
24:20	SC0936	长沙	10:30	14	候机
24:30	SC0937	北京	10:30	19	候机
24:40	SC0938	成都	10:30	12	候机
24:50	SC0939	深圳	10:30	20	候机
25:00	SC0940	上海	10:30	24	候机
25:10	SC0941	杭州	10:30	08	候机
25:20	SC0942	南京	10:30	23	候机
25:30	SC0943	南昌	10:30	05	候机
25:40	SC0944	武汉	10:30	15	候机
25:50	SC0945	海航	10:30	19	候机
26:00	SC0946	浦东	10:30	16	候机
26:10	SC0947	厦门	10:30	03	候机
26:20	SC0948	长沙	10:30	14	候机
26:30	SC0949	北京	10:30	19	候机
26:40	SC0950	成都	10:30	12	候机
26:50	SC0951	深圳	10:30	20	候机
27:00	SC0952	上海	10:30	24	候机
27:10	SC0953	杭州	10:30	08	候机
27:20	SC0954	南京	10:30	23	候机
27:30	SC0955	南昌	10:30	05	候机
27:40	SC0956	武汉	10:30	15	候机
27:50	SC0957	海航	10:30	19	候机
28:00	SC0958	浦东	10:30	16	候机
28:10	SC0959	厦门	10:30	03	候机
28:20	SC0960	长沙	10:30	14	候机
28:30	SC0961	北京	10:30	19	候机
28:40	SC0962	成都	10:30	12	候机
28:50	SC0963	深圳	10:30	20	候机
29:00	SC0964	上海	10:30	24	候机
29:10	SC0965	杭州	10:30	08	候机
29:20	SC0966	南京	10:30	23	候机
29:30	SC0967	南昌	10:30	05	候机
29:40	SC0968	武汉	10:30	15	候机
29:50	SC0969	海航	10:30	19	候机
30:00	SC0970	浦东	10:30	16	候机
30:10	SC0971	厦门	10:30	03	候机
30:20	SC0972	长沙	10:30	14	候机
30:30	SC0973	北京	10:30	19	候机
30:40	SC0974	成都	10:30	12	候机
30:50	SC0975	深圳	10:30	20	候机
31:00	SC0976	上海	10:30	24	候机
31:10	SC0977	杭州	10:30	08	候机
31:20	SC0978	南京	10:30	23	候机
31:30	SC0979	南昌	10:30	05	候机
31:40	SC0980	武汉	10:30	15	候机
31:50	SC0981	海航	10:30	19	候机
32:00	SC0982	浦东	10:30	16	候机
32:10	SC0983	厦门	10:30	03	候机
32:20	SC0984	长沙	10:30	14	候机
32:30	SC0985	北京	10:30	19	候机
32:40	SC0986	成都	10:30	12	候机
32:50	SC0987	深圳	10:30	20	候机
33:00	SC0988	上海	10:30	24	候机
33:10	SC0989	杭州	10:30	08	候机
33:20	SC0990	南京	10:30	23	候机
33:30	SC0991	南昌	10:30	05	候机
33:40	SC0992	武汉	10:30	15	候机
33:50	SC0993	海航	10:30	19	候机
34:00	SC0994	浦东	10:30	16	候机
34:10	SC0995	厦门	10:30	03	候机
34:20	SC0996	长沙	10:30	14	候机
34:30	SC0997	北京	10:30	19	候机
34:40	SC0998	成都	10:30	12	候机
34:50	SC0999	深圳	10:30	20	候机
35:00	SC1000	上海	10:30	24	候机

图一 样本分类 (图片来源: 作者自绘 尺寸 720×1280)

动画方向↓



计划起飞	航班号	目的地	预计时间	登记口	状态
12:10	SC8063	昆明	11:10	06	延误
12:15	3U8125	郑州	11:15	04	候机
13:25	7C8702	海南	11:30	10	候机
13:40	MU7576	南京	11:35	07	候机
14:05	WE847S	武汉	11:45	06	候机
15:20	SC8064	成都	11:50	03	候机
15:45	3U8126	上海浦东	11:55	10	候机
16:55	3U8114	深圳	12:20	22	候机
18:35	MU8075	深圳	12:30	31	候机
18:55	SC0475	兰州	12:35	29	候机
19:15	3U8127	成都	12:40	19	候机
21:35	AN5237	成都	12:55	07	候机
22:45	EC4516	大连	13:05	17	候机

图二 整页切屏与单页切屏 (图片来源: 作者自绘)

明确试验目的，确定评价指标；

甄别相关影响因素(包括交互)

2.4 实验仪器

设备采用 Tobii X2 -glass 3 眼动仪,采样率为 60Hz, 准确度为 0.4, 精确度为 0.2。根据实验程序设计, 通过眼动仪配套程序, 记录被试进行视觉搜索的反应时间 及眼动指标, 眼动数据使用 Tobii Studio pro 软件导出并进行统计分析。

2.5 实验设计

本文中采用正交实验法研究航显界面搜索绩效的影响因素, 采用不等水平四因素(整体信息容量、时间压力、切屏方式、分栏情况)的正交实验设计, 对被试进行航班信息搜索过程中的视觉搜索效率、眼动追踪情况。因变量:总注视时间以及注视点数量为指标来衡量视觉搜索效率。

实验模拟实际使用场景, 采用固定距离固定眼高, 根据机场大屏的尺寸比例于实验室显示屏的比例设置视距为 175mm。在整个验过程中, 每个被试需要根据最初呈现的目标航班提示在搜索该航班登机口, 完成 9 个正交实验水平组合的航班界面视觉搜索任务, 实验共持续 10 分钟, 为防止视觉搜索任务疲劳, 每进行 3 次测试请被试休息 10 秒, 休息时间依被试的视觉疲劳情况而定, 每次测试的步骤如下:①在页面中央显示本次测试的搜索目标, 呈现时长 3 秒;②搜索编号消失;③被试进行视觉搜索, 找到目标登机口;④说出具体登机口, 登记员暂停界面登记时间;⑤被试填写主观满意度问卷;⑥重复上述各步骤。

表 1 正交实验因素水平

设计元素 (编号)	设计水平(编号)	释义
整体信息容量 A	10 条查找信息 (A1)	单个界面上显示的横向信息数量
	20 条查找信息 (A2)	
	30 条查找信息 (A3)	
时间压力 B	5s 显示时间 (B1)	指单个界面可供实验对象观察时间
	8s 显示时间 (B2)	
	10s 显示时间 (B3)	
切屏切换方式 C	上下整页切换 (C1)	整页信息整体移动进行界面切换
	单栏切换 (C2)	单栏信息分别同步进行界面切换
特殊分栏 D	特殊信息置顶布局 (D1)	特殊信息分散布局 (D2)
	特殊信息分散布局 (D2)	特殊信息分散式分布

因搜索效率最只管显示数据为搜索所耗时间, 故选择特性指标为实验人员平均在该界面搜索时长(s)。选

用 L9(34)型正交表进行正交试验设计, 其试验方案如表 2 所示。

按照实验方案, 所有实验人员进行九轮次界面信息搜索任务, 实验前不能提前观察实验界面。

表 2 正交实验设计的影响因素及位级

编号	实验因素				实验方案
	A	B	C	D	
1	A3	B2	C1	D1	A3B2C1D1
2	A3	B3	C2	D2	A3B3C2D2
3	A2	B1	C1	D2	A2B1C1D2
4	A2	B3	C2	D1	A2B3C2D1
5	A2	B2	C1	D1	A2B2C1D1
6	A1	B3	C1	D1	A1B3C1D1
7	A1	B1	C1	D1	A1B1C1D1
8	A3	B1	C2	D1	A3B1C2D1
9	A1	B2	C2	D2	A1B2C2D2

表 3 正交实验结果

编号	实验因素				平均时间/s
	A	B	C	D	
1	A3	B2	C1	D1	9.21
2	A3	B3	C2	D2	10.87
3	A2	B1	C1	D2	8.09
4	A2	B3	C2	D1	8.79
5	A2	B2	C1	D1	12.39
6	A1	B3	C1	D1	11.40
7	A1	B1	C1	D1	13.45
8	A3	B1	C2	D1	9.97
9	A1	B2	C2	D2	8.56
K1	278	251	464	447	
K2	272	369	336	353	
K3	250	180			
k1	92	83	232	223	
k2	90	123	168	176	
k3	83	60			
R(极差)	9	63	64	47	
因素水平	C>B>D>A				
最优水平	A1	B2	C2	D2	
最优方案	A1B2C2D2				

1 总注视时间: 也称为总停留时间, 是指在兴趣区

内所有注视点的时间总和。它对较慢和较长的认知加工过程较为敏感。较长的注视时间通常表明信息提取较为困难或页面具有较高的吸引力，导致目标搜索时间延长。

2 注视点数量：指被试在特定兴趣区内的注视点数量。高注视率可能表明被试对该区域感兴趣，或该区域包含复杂信息，编码较为困难。注视点越多，说明眼跳次数增加，目标不确定性提高，搜索过程更为漫长。

3 实验结果分析

3.1 搜索时间

搜索时间是指从搜索界面出现到被汇报出目标航班登机口的时间间隔，能够直观地反映搜索者完成任务的速度。根据搜索任务是否有目标以及搜索者是否判断正确，将结果分为正确找寻、搜索不到、搜索错误以及误报3种情况。在总计216次目标的搜索中，出现6次误报，误差率在2%。平均搜索时间总体随信息容量呈现正相关。

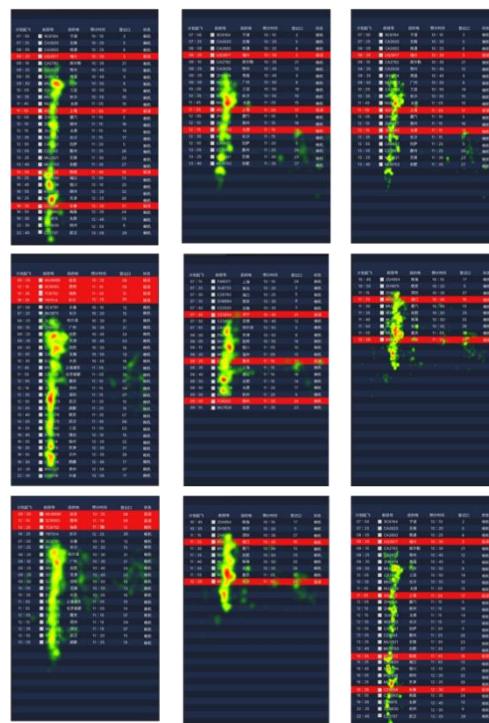
3.2 热点图分析

颜色的深浅代表了被试在某一区域的停留时间长短。颜色越深，表示停留时间越长；颜色越浅，表示停留时间较短。具体来看，图四显示了被试在界面上的视觉关注模式。被试的视觉热点主要集中在航班号列，这表明航班号是他们进行信息搜索时的主要关注对象。尽管界面中设置了特殊分栏，但结果显示这些分栏并未引起被试的特别关注，表明这些分栏在信息检索过程中并不显著影响搜索效率。

此外，信息容量的大小对被试的视觉搜索行为有明显影响。在信息容量较大的界面中，被试的观察时间普遍较长，热点区域的颜色也更深。这表明在信息量较大的情况下，被试需要更多时间来处理和理解信息。而在信息容量较少的界面中，热点更为集中，说明被试能够更快速地定位和获取所需信息。

由此可见，当界面信息量较大时，被试倾向于快速扫视以获取关键信息，而在信息量较少的界面中，他们则会进行更为仔细的搜索。这种行为模式可能是由于信息复杂度和信息量对视觉注意力分配的不同要求所导致的。

结合这些观察结果，可以推测在设计航显界面时，适当控制信息容量和优化信息布局，能够有效提升用户的视觉搜索效率。



图四 热点图（图片来源：Tobii 眼动仪 尺寸 720×1280）

3.3 用户满意度访谈

在受试者完成全部搜索任务后，对其进行满意度访谈，内容包括：实验对象的搜索顺序习惯；发现实验对象搜索过程中遇到的问题；评估搜索过程中对于界面切换时间、切换模式的喜好。绝大部分受试者倾向于整体下落形式的界面布局，更喜欢在布局中加入显眼信息帮助查找。但搜索信息过于密集，会使得搜索体验不佳。受试者相对于等待界面跳转，更不喜欢由于时间过短打断搜索进程。

4 结语

本研究对四种实时切屏数据界面设计要素（整体信息容量、时间压力、切屏方式、特殊分栏）视觉搜索效率的影响进行实验研究，探求高效的实时切屏数据界面设计。结果发现，整体与部分的切屏方式对用户视觉搜索行为无显著影响，有无特殊分栏设计对用户的搜索效率也无显著影响。就完成时间而言，界面信息容量对被试视觉搜索有显著影响。对比较短的单页搜索时间打破原有的搜索节奏，实验反馈显示被试更倾向于更宽松的切屏时间等待界面跳转。打破整体界面的切屏模式会降低用户搜索体验，整体切屏的模式更能让用户进入到下一界面的搜索，从而提高搜索效率，由于条件所限，实验只选取了大学生群体作为被试，没有对其他的用户群

体进行研究,因此实验结果的外部效应有待提高。进一步的研究可以针对具体信息容量与切屏时间压力的比例关系,比较整体与部分切屏的搜索绩效,探究怎样的设计可以更加快速高效地被识别捕捉信息。

参考文献

- [1]威肯斯. 工程心理学与人的作业 [M]. 上海:华东师范大学出版社, 2003.
- [2]刘杰. 针对网页设计的用户视觉搜索能力研究 [D]. 北京: 清华大学, 2005: 1—3.
- [3]汤洪涛, 苏丹丹, 兰秀菊, 柴文超. 基于眼动的多目标视觉搜索绩效研究[J]. 浙江工业大学学报, 2017, 45(01): 108-113.
- [4]官勇, 张三元, 刘志方, 等. 颜色对图标视觉搜索效率影响的眼动研究 [J]. 浙江大学学报(工学版), 2016, 50(10): 1987-1994.
- [5]刘杰, 饶培伦. 针对网页视觉设计的视觉搜索能力研究 [J]. 人类工效学, 2006, 12(2): 1—3.
- [6]Wolfe J M. Guided search 2.0 a revised model of visual search[J]. Psychonomic bulletin & review, 1994, 1: 202-238.
- [7]Sun J Y, Perona P. Preattentive perception of elementary three-dimensional shapes[J]. Vision Research, 1996, 36(16): 2515-2529.
- [8]Byrne M D, Anderson J R, Douglass S, et al. Eye tracking the visual search of click-down menus[C]//Proceedings of the SIGCHI conference on Human Factors in Computing Systems. 1999: 402-409.
- [9]Wolber M, Wascher E. Visual search strategies are indexed by event-related lateralization of the EEG[J]. Biological psychology, 2003, 63(1): 79-100.
- [10]Näsänen R, Ojanpää H. Effect of image contrast and sharpness on visual search for computer icons[J]. Displays, 2003, 24(3): 137-144.

作者简介: 徐宁 (2000.8-) 男, 汉族, 江苏无锡人, 研究生在读, 研究方向: 智能交互与用户体验, 西华大学