

影响图标搜索绩效因素的研究进展

王宪宇, 李宏汀, 马舒
(浙江理工大学, 杭州 310018)

摘要: **目的** 对影响图标搜索绩效因素的研究进行梳理和总结。**方法** 从人-机-环角度, 综合分析目前研究的影响因素, 将其分为三大类(图标特征、任务特征、用户特征)。首先从现有研究的焦点——图标特征因素介绍, 将其具体分为设计元素和布局因素, 并对相关研究进行梳理、分析和总结。接着从已有研究范式的角度介绍任务特征因素。最后从图标搜索主体——人的角度, 分析总结与图标搜索绩效相关的影响因素。**结论** 随着图标类型和数量的增加, 视觉搜索面临的复杂性将变大。未来, 根据不同图标搜索绩效影响因素的作用机制, 制定出有利于视觉搜索的图标设计规范也越来越重要。图标搜索绩效领域相关影响因素研究的结果应用潜力巨大。

关键词: 图标; 搜索绩效; 图标特征因素; 任务特征因素; 用户特征因素

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2021)06-0206-06

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.06.029

Research Progress on Factors Affecting Icon Search Performance

WANG Xian-yu, LI Hong-ting, MA Shu
(Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China)

ABSTRACT: The work aims to summarize the researches on factors affecting icon search performance. From the perspective of human-machine-environment, the influencing factors of current research were analyzed and divided into three categories (icon characteristic factors, task characteristic factors, user characteristic factors). Firstly, the focus of the existing research (icon characteristic factors) was introduced, and then divided into design elements and layout factors. And related researches were combed, analyzed and summarized. Then, the task characteristics factors were introduced from the perspective of the existing research paradigm. Finally, from the perspective of the icon search subject (person), the influencing factors related to the icon search performance were analyzed and summarized. As the types and number of icons increase, the level of complexity faced by visual search will become higher. In the future, it is more and more important to develop an icon design specification that is conducive to visual search according to the mechanism of the influence factors of different icon search performance. Therefore, the results of the research on the relevant influencing factors in the field of icon search performance have great application potential.

KEY WORDS: icon; search performance; icon characteristic factors; task characteristic factors; user characteristic factors

试想一下, 当拿起手机想买火车票, 是不是先要在屏幕里找到相应的 APP 图标, 之后再点击操作。从屏幕上找目标图标的这个过程就是图标搜索。

随着互联网行业的不断发展, 人们生活中的电子产品越来越丰富。从台式电脑、笔记本电脑到手机、平板电脑、智能手表, 它们在操作上有个共同点, 就是人们在打开某个应用之前总是需要先找到对应的

图标。找到图标的速度显著影响着用户的使用体验, 用户的使用效率越高, 体验越好^[1]。然而近年来随着设备硬件的升级, 安装在本地的 APP 数量激增, 用户面临的图标搜索任务的难度和复杂性也越来越大。

这种难度和复杂性主要来自于图标的物理特征及相关因素。图标的物理特征主要受图标设计元素的影响, 例如图标的尺寸、颜色、复杂性、美学吸引力、

收稿日期: 2020-12-03

作者简介: 李宏汀(1976—), 男, 河北人, 博士, 浙江理工大学教授, 主要研究方向为工程心理学、人因工程、用户体验。

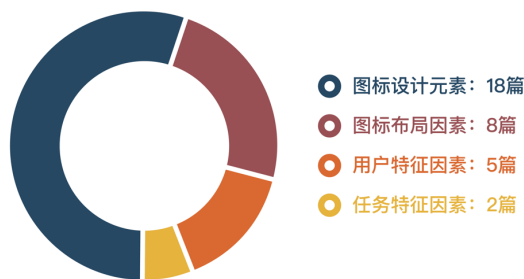


图 1 各因素的研究比例
Fig.1 Study proportion chart of each factor

背景形状等；相关因素则是指图标的布局因素、任务特征因素以及用户特征因素，例如图标密度、目标模板形式以及用户年龄等。

图标搜索是人机界面交互中的重要过程，提高图标搜索绩效对于提升操作效率和改善用户使用体验有着重要作用。2019 年 9 月，笔者以“icon search”、“图标搜索”等为关键词在 Elsevier、Google scholar、Springer link、知网等国内外知名数据库中进行相关文献检索，筛选出有代表性的文献，大量的研究探讨了不同因素对于图标搜索绩效的影响规律和机制，各因素的研究比例见图 1，本文将从图标特征因素、任务特征因素和用户特征因素三方面来对图标搜索绩效的研究现状进行梳理总结，为进一步开展提升图标搜索绩效的设计研究提供思路和借鉴。

1 影响图标搜索绩效的因素

通过对近十年来有关图标搜索绩效研究的梳理和总结发现，相关影响因素可以归纳为图标特征因素（主要包括图标的尺寸、复杂度、密度等）、任务特征因素（如目标模板形式、延迟时间等）以及用户特征因素（如用户的年龄、压力等）。以下将分别对这些因素对图标搜索绩效的影响机制作具体介绍。

1.1 图标特征因素与搜索绩效

1.1.1 图标设计元素

在设计学上，图标设计元素包括图标尺寸、复杂度、颜色、美学吸引力和图标风格等^[2]。研究发现，大部分设计元素都对图标搜索绩效有着重要影响。

图标尺寸。首先，设计元素中的图标尺寸会显著影响图标搜索绩效。当观察距离一定，图标尺寸会直接影响图标在观看者视网膜上的成像大小，因此，相对于较小的图标尺寸，图标尺寸较大会使得图标搜索难度降低。Lindberg 等人^[3]在研究中就给定了不同观察距离下要达到较好视觉搜索绩效图标的尺寸参数。此外，图标尺寸对视觉搜索绩效的影响还与图标风格等相关因素有关。例如，常凯发现对于拟物化图标^[4]，要达到较高的搜索效率，图标尺寸应达到较大标准；而对于扁平化图标，尺寸中等或较小的图标

也能达到较高的搜索效率。这是由于拟物图标的细节更多，导致较小尺寸在呈现时不好分辨。

图标复杂度。图标复杂度对图标搜索绩效同样会产生显著影响。研究证实，简单图标搜索绩效显著高于复杂图标^[5]。由于图标搜索涉及到不断提取矩阵中物理特征并与目标图标作比较的过程，因此图标越复杂，提取对比的难度就越大，这个过程用时就越长。此外，图标复杂度对搜索绩效的影响还与熟悉度有关。对于简单图标而言，熟悉和不熟悉的图标之间搜索时间的差异显著比复杂图标的大^[6]，并且随着被试对图标熟悉度的提升，视觉搜索任务中图标复杂性的影响也在逐渐减小^[7]。

美学吸引力。美学吸引力并不能显著影响图标搜索绩效，然而该因素却能作用于熟悉度对搜索绩效的影响上。Reppa 等人发现，美学吸引力能提高陌生图标的搜索绩效，使其表现得像熟悉的图标。对此他们的解释是：当任务困难时，美学吸引力就会发挥作用，以提高该任务的绩效。

图标风格。目前关于图标风格的研究主要围绕四种：线条、Metro、扁平（2D）和拟物（3D）。刘曦等人探讨了不同类型的短信图标对搜索绩效的影响^[8]。由此他们发现：扁平短信图标的正确率高于拟物短信图标。他们认为扁平图标之间的相似性要低于拟物图标，这影响了两者搜索的难度，进而造成两者搜索绩效的差异。然而这仅是针对短信图标。Xi Tianyang 等人对比了范围更广的图标^[9]，发现了相似的结果，即扁平图标的搜索绩效高于拟物图标。而 Burmistrov 等人的研究结果则相反^[10]：扁平图标的搜索时间几乎是拟物图标的两倍，与此同时也伴随着更高的认知负荷。由于前人的结果存在分歧，关于扁平化和拟物风格图标的搜索绩效差异尚需进一步研究。

图标颜色。关于图标颜色，研究者的关注点集中在以下三方面：图标内图形和背景的颜色组合、图标的颜色数量 and 不同图标颜色一致性。

首先，图标内图形和背景的颜色组合，对于图标搜索而言，目标图标与干扰图标的相似性越低，搜索越快。而图标的两部分（图形和背景）之间的颜色组合则能直接调节这种相似性。研究发现，图标内图形和背景的颜色组合显著影响视觉搜索绩效。图标内图形与背景的颜色对比度越高，被试的搜索绩效越好^[11-13]。

其次，图标的颜色数量也影响着图标的搜索绩效。颜色数量的增加会增大图标间的差异，也会带来搜索中的干扰。宫勇等人发现单色图标的搜索绩效显著高于双色图标与三色图标^[14]。后来的研究者在老年被试的实验中也印证了这点^[15]。由于尚未找到既能增加图标差异又能减少干扰的颜色数量增加方法，因此，对于时间关键性的人机界面，提高图标的颜色数量要谨慎，要避免带来颜色干扰等负面影响。而对于注重美观性的界面，则可以适当增加颜色数量。

最后,不同图标颜色一致性同样影响着图标的搜索绩效。颜色一致表示目标图标的色彩构成和干扰图标的一致,颜色不一致则表示各图标之间的色彩构成均不一致。从机制上看,如果目标图标与干扰图标的颜色构成一致,图标之间的相似性就会增高,搜索难度也就随之加大;反之,搜索会更容易。这一点也在研究中得到了证实^[16]。

图标背景形状。图标背景形状也会显著影响搜索绩效。在众多形状中,用户对圆形、方形或它们之间的过渡——圆角矩形有着较高的满意度,这一点直接影响了它们的搜索绩效。Huang Kuochen 等人就发现,圆形图标的正确响应时间明显短于三角形图标。针对该因素,后来的研究者将更多的形状放在一起比较。例如,在等腰三角形、等腰梯形、正五边形、正六边形、圆角矩形、方形和圆形中,圆角矩形的搜索绩效最好^[17]。前面提到的都是在单一的形状中搜索,例如矩阵中都为圆形或方形,这里面会掺杂图标间轮廓(形状相似性)的干扰。相比之下,由随机形状图标组成的矩阵能为搜索提供更多的形状线索。牟帮欢对比了圆角矩形和随机形状的图标后发现^[18],后者的搜索绩效更好。

1.1.2 布局因素

布局因素的研究主要围绕图标与周围环境(其他图标、显示背景)的关系特征展开。具体集中在图标的密度、总体数目、组织方式以及背景杂波上。

首先,图标密度显著影响视觉搜索绩效。该因素与显示界面图标的拥挤程度正相关,适当的密度会降低搜索的难度,密度过大或者过小均不利于搜索^[19]。Lindberg 等人提出了图标间距的最优值为一个图标的宽度^[20]。

在图标的总体数目方面,这里引入了“视觉感知跨度”的概念,具体指注视点周围,能收集到有用信息的区域。由于该区域范围有限,且搜索的速度与图标矩阵中图标的数目关系紧密,因此,图标的尺寸密度一定,过多的图标就意味着更大的矩阵,这势必会增大搜索难度。研究发现,由于人的视觉感知跨度范围有限,一个区域内的图标个数不宜超过 25 个^[21]。

图标组织方式同样会显著影响搜索绩效。相比无序随机排列,将图标按照其功能、使用频率等规则排列会提高用户满意度和可用性。相应地,视觉搜索的难度也会降低。这方面的研究主要围绕软件内部的图标展开^[22],结果均证实相比无组织的排列方式,有组织排列下,图标搜索绩效更优。

在背景杂波方面,当图标的物理特征一定时,其所在显示界面背景的颜色、纹理、图案将会影响图标的识别和搜索。人们将这种来自背景的影响称为背景杂波。界面背景的特征越贴近图标的物理特征,识别图标就越困难。这一点,前人在模拟雷达界面和电脑桌面界面的研究中均已验证^[23-24]。

1.2 任务特征因素与搜索绩效

任务特征因素指的是和图标搜索的现实搜索任务或情境相关的因素。近年来研究者主要对目标模板形式和延迟时间因素进行了探究。

首先,目标模板形式显著影响图标搜索绩效。在实际图标搜索任务中,根据是否见过目标图标,用户的搜索可以分为两种情况:第一,之前见过目标图标,用户根据记忆中的图标来搜索;第二,没见过目标图标,用户只能根据含义进行搜索。Blinnikova 等人比较了图标本身提示、文字提示两种目标模板形式对图标搜索绩效的影响^[25],结果发现用户在文字提示方式下搜索更慢,原因可能是文字提示指向的图标形式不如图标本身明确,用户看到目标词后需要生成额外的心理预期,并结合搜索界面的图标对这种预期反复校验。

延迟时间指的是当以图标本身方式呈现目标图标时,涉及到多久之后呈现搜索矩阵的问题。这对应着现实情境中用户首次和第二次接触图标的时间间隔。Huang Kuochen 等人对延迟时间设置了三个水平^[26]: 1s、3s、5s,发现延迟时间越长搜索绩效越低。对此他们根据记忆的衰变理论作出了解释,即用户看到图标后,需要在短时记忆中保持住图标的物理特征。在之后的延迟时间里,这些保持住的物理特征会逐渐消失。

1.3 用户特征因素与搜索绩效

本研究中的用户特征因素是指与图标搜索主体——用户自身特征相关的因素。比如用户对图标的熟悉程度、搜索过程中的压力水平以及用户的年龄水平等。

图标熟悉度会对搜索绩效产生影响。当被试对图标更熟悉时,其搜索绩效显著优于陌生的图标。此外,熟悉度对搜索绩效的影响还与其他因素有关,例如复杂度,随着被试对图标越来越熟悉,视觉搜索任务中图标复杂性的影响逐渐减小;再例如美学吸引力,随着图标美学吸引力的提高,陌生图标的绩效表现也能接近熟悉图标。

压力对图标搜索绩效的影响是倒 U 型的,过小的压力和过大的压力均不利于搜索,而适中的压力最有利于提高绩效。这一点也符合耶克斯-多德森法则。Moacdieh 等人通过调节用户搜索时的压力水平,发现适中的压力能显著提高被试的搜索绩效。

年龄同样会影响图标的搜索绩效。随着年龄的增长,人的认知加工速度(物体的识别速度、注意力的转移速度等)会逐渐减慢,这就会影响到视觉搜索任务的完成效率。Lindberg 等人的研究证明,20~69 岁的用户年龄越大,图标搜索绩效越差。

2 研究总结

各国的研究者在图标搜索绩效的领域中开展

了大量的研究。这些研究主要集中在图标特征因素、任务特征因素以及用户特征因素方面。其中图标特征因素的研究以图标设计元素和布局因素为主。研究者主要通过研究图标物理特征和图标与周围环境的关系特征来探究影响图标搜索绩效的机制。而任务特征因素的研究点主要是通过实验程序来模拟操作情境上。例如根据一个给定的含义在一堆陌生的图标中进行检索，这就类似于人们在第一次操作某个系统时，找到某功能图标的过程。用户特征因素的相关研究则主要集中在使用者在执行搜索任务过程中的个体相关因素上，例如年龄、压力等。具体目标特征因素如下。

图标设计元素。图标设计元素会影响到图标的视觉搜索，因此，设计师在设计图标时应充分考虑到这一点。此外，这方面的研究也存在一些问题：首先，交互作用方面的研究偏少。近年来研究者们不再只研究单个因素，而是倾向于同时研究两个甚至多个因素，以探索它们的交互作用。这样做的好处是外部效度更高，但是这方面的研究偏少，因此在图标设计元素众多的现状下，探讨其关联性的研究还有较大的潜力。其次，现有图标设计元素的研究结果有矛盾。例如，两篇扁平化拟物化图标风格研究的结果相反，这方面尚需进一步探究。最后，目前还有一些图标设计元素未被研究。例如，图标颜色的明度及饱和度。都知道色调特征会影响到目标的注意和识别，至于是否会由此影响到图标搜索，暂无研究者对此开展研究。

图标布局因素。目前关于布局因素的研究数量较少，很多方面尚未涉足。例如，随着人工智能技术的发展，结合背景杂波的现有研究成果，是否可以利用AI来开发自动切换壁纸以适应桌面图标特征（颜色、纹理、图案）的壁纸管理软件。例如，当图标颜色大多偏红时，可以自动避开同色系的壁纸，以减少相似性带来的干扰，提升用户体验。

总体来说，无论是图标设计元素还是布局因素都体现了图标搜索过程的交互性。凡是处于交互过程中的因素都可能影响到图标的搜索绩效，前人的众多发现也正是基于这一点。此外，人们也需要重视因素之间的影响。近年来，研究者在这一思路下发现了越来越多的成果。要知道，这类研究有着接近现实中图标搜索情境的优势，其结果的外部效度往往更高。由于图标影响因素众多且关联度高，因素之间影响的研究仍有巨大潜力。

任务特征因素。任务特征因素的研究与实际搜索关系紧密。它通过挖掘用户的实际搜索情境（包括当时的时机、环境等），并用实验程序来模拟，得出的结果是外部效度较高，但目前此类研究较少。

用户特征因素。当前关于用户特征因素的研究并不多。其实用户特征因素也是一个需要考虑的重要因

素，因为研究用户特征因素得出结果就相当于从源头（搜索主体）上为图标设计提供参考。例如，面对即将到来的老龄化社会，图标设计师需要针对老年人的视觉以及认知加工特点进行图标设计优化，这就需要大量这方面的研究来提供支持。同样地，这一思路也可以扩展到不同的用户特征因素上。

3 图标搜索绩效研究的热点和趋势

随着科技的不断发展，例如虚拟现实和增强现实技术越来越成熟，或者折叠屏时代的到来，用户的图标搜索场景也将发生巨大的变化。总体来说，图标搜索绩效研究领域的热点和趋势包括以下几个方面。

3.1 围绕影响因素的交互作用研究

在实际的图标搜索中，用户的搜索绩效往往不只受某一种因素的影响，还会受到某两种或多种因素交互作用的影响。早期的图标搜索实验大多为单因素研究，除了要研究的因素外，其他因素都被严格控制。这种方法的内部效度较高，但是却排除了可能存在相互影响因素之间的效应，这就导致其结果的外部效度有限。相比之下，围绕多个潜在影响因素的研究则更加契合用户的实际使用场景，得到的结果可以更好地解释和分析图标搜索机制，也可以为图标设计提供更具普适性的依据。近年来，已有一些研究者从这方面着手，并发现了不同因素之间的相互影响关系。例如前面提到的熟悉度、美学吸引力、复杂度和熟悉度等。由于图标影响因素数量庞大且关联度高，因此，该类研究潜力巨大，未来还可以更多地开展。

3.2 借助于新的研究工具探讨机制问题

在以往的研究中，衡量图标搜索绩效的指标大多为反应时和正确率。这类指标只能反映用户搜索效率的高低，不能深入探讨用户搜索行为的机制。对此，眼动技术的引入为研究者提供了新的思路，该技术具有精度高、采样频率高、对用户干扰小和可探测认知负荷等特点，可以为图标视觉搜索的深入考察提供新的角度。近年就有研究者采用了这一技术。例如，Blinnikova等人就通过分析眼动数据发现了代表更深层次语义信息处理的眼动模式，即更长的注视、较慢的眼跳和较短的振幅，并由此找到了文字提示搜索慢的原因。类似地，相信在其他图标搜索绩效的影响因素上，该技术也有潜力帮助其发现更多新的成果。

3.3 文化差异问题

文化差异具有普遍性。随着全球互联网行业的不断发展，相应的软硬件产品也越来越国际化。例如，微软操作系统、苹果手机风靡全球。来自不同国家、不同文化背景用户也体验着其界面中的图标。那么有着不同文化背景的用户面对同一种图标时，他们的搜索绩效、使用体验如何呢。有理论认为：西方社会的

人更习惯观察长方形物体,而农业社会和原始部落的人更习惯观察圆形和其他形状不规则的物体^[27]。也有研究者发现中西方的典型社交网络产品的界面设计存在很大不同,这主要体现在网络界面布局、色彩、交互元素运用等方面^[28]。由此可见,界面设计中确实存在文化差异。那么,图标方面是否也存在这种差异呢?针对不同文化背景的用户,为了提升用户的搜索效率及使用体验,是否应该开发出不同版本的图标,或者根据用户的文化背景开启自适应模式呢?这些问题尚无相关的研究支持,期待之后的研究者开展此类研究。

3.4 新的显示技术

此外,随着 VR、AR 显示技术的不断发展,并且在这些新技术上同样存在搜索图标、点击图标的交互方式,因此相应的图标搜索研究必将越来越受到重视。目前已知这两种显示技术与传统的 LCD 成像效果会有所不同^[29-30],并且存在着纱窗效应和颗粒感效应。这两种效应都会降低视野的清晰度,这就会影响到图标的注意和识别,进而有可能影响到一些例如图标尺寸、美学吸引力、背景杂波等对显示清晰度要求较高的因素的搜索绩效。那么,前人在传统 LCD 显示屏下得出的成果是否也适用于这些新的显示技术呢?这方面的研究也亟待开展。

4 结语

在人机界面交互的过程中,操作效率至关重要。而作为该交互过程的重要环节,图标搜索绩效的研究必不可少。本文通过对图标搜索绩效影响因素研究的梳理、影响机制的分析及总结,讨论了图标搜索绩效研究的热点和趋势,希望能帮助到该领域之后的研究者,为图标设计提供更多参考依据,以提升人机界面的交互效率。

参考文献:

- [1] JOKELA T. Methods for Quantitative Usability Requirements: a Case Study on the Development of the User Interface of a Mobile Phone[J]. *Personal & Ubiquitous Computing*, 2006, 10(6): 345-355.
- [2] 舒云菲. 基于设计因素下的智能手机图标识别效率研究[D]. 成都: 西南交通大学, 2018.
SHU Yun-fei. Research on Smartphone Icon Recognition Efficiency Based on Design Factors[D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2018.
- [3] LINDBERG T, NAESAENEN R. The Effect of Icon Spacing and Size on The Speed of Icon Processing in the Human Visual System[J]. *Displays*, 2003, 24(3): 111-120.
- [4] 常凯. 智能手机界面中扁平化图标可用性研究[D]. 镇江: 江苏大学, 2016.
- CHANG Kai. The Usability of Flat Icons in the Interface of Smart Phone[D]. Zhenjiang: Jiangsu University, 2016.
- [5] REPPA I. When the Going Gets Tough the Beautiful Get Going: Aesthetic Appeal Facilitates Task Performance[J]. *Psychonomic Bulletin & Review*, 2015, 22(5): 1243-1254.
- [6] MCDOUGALL S. What Makes Icons Appealing the Role of Processing Fluency in Predicting Icon Appeal in Different Task Contexts[J]. *Applied Ergonomics*, 2016(55): 156-172.
- [7] SHEN Z. Effects of Users' Familiarity with the Objects Depicted in Icons on the Cognitive Performance of Icon Identification[J]. *I-Perception*, 2018, 9(3): 1-17.
- [8] 刘曦, 林靖雨, 孙盈昊. 图标维度与辅助元件对短信图标搜索绩效的工效学研究[J]. *人类工效学*, 2010, 16(3): 56-58.
LIU Xi, LIN Jing-yu, SUN Ying-hao. Ergonomic Study on the Search Performance of Icon Dimensions and Auxiliary Components for SMS Icons[J]. *Chinese Journal of Ergonomics*, 2010, 16(3): 56-58.
- [9] XI T, WU X. The Influence of Different Style of Icons on Users' Visual Search in Touch Screen Interface[J]. *Advances in Ergonomics in Design*, 2018(588): 222-232.
- [10] BURMISTROV I, ZLOKAZOVA T, IZMALKOVA A, ET AL. Flat Design vs Traditional Design: Comparative Experimental Study[J]. *IFIP Conference on Human-Computer Interaction Bamberg Germany*, 2015(9): 106-114.
- [11] HUANG K, CHIU T. Visual Search Performance on An LCD Monitor: Effects of Color Combination of Figure and Icon Background, Shape of Icon, and Line Width of Icon Border[J]. *Perceptual and Motor Skills*, 2007, 104(2): 562-574.
- [12] HUANG K C. Effects of Computer Icons and Figure/Background Area Ratios and Color Combinations on Visual Search Performance on An LCD Monitor[J]. *Displays*, 2008, 29(3): 237-242.
- [13] HUANG K, CHIANG S, CHEN C. Icon Flickering, Flicker Rate, and Color Combinations of An Icon's Symbol/Background in Visual Search Performance[J]. *Perceptual and Motor Skills*, 2008, 106(1): 117-127.
- [14] 宫勇, 张三元, 刘志方. 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.
GONG Yong, ZHANG San-yuan, LIU Zhi-fang. Eye Movement Study on Color Effects to Icon Visual Search Efficiency[J]. *Journal of Zhejiang University (Engineering Science)*, 2016, 50(10): 1987-1994.
- [15] SHA C. Color Affects the Usability of Smart Phone Icon for the Elderly[J]. *International Conference on Digital Human Modeling and Applications in Health, Safety, Ergonomics and Risk Management*, 2017(8): 173-182.
- [16] TRAPP A. App Icon Similarity and Its Impact on Visual

- Search Efficiency on Mobile Touch Devices[J]. Cognitive Research: Principles and Implications, 2018, 3(1): 39.
- [17] LUO S. Effects of Smartphone Icon Background Shapes and Figure/Background Area Ratios on Visual Search Performance and User Preferences[J]. Frontiers of Computer Science, 2015, 9(5): 751-764.
- [18] 牟帮欢. 移动设备交互界面图标设计风格的工效学研究[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2017.
- MOU Bang-huan. Ergonomics Study on Icon Design Style of Mobile Device Interface[D]. Hangzhou: Zhejiang Sci-Tech University, 2017.
- [19] MOACDIEH N. The Effects of Data Density Display Organization and Stress on Search Performance: An Eye Tracking Study of Clutter[J]. IEEE Transactions on Human-Machine Systems, 2017(6): 1-10.
- [20] LINDBERG T, NÄSÄNEN R, MÜLLER K. How Age Affects the Speed of Perception of Computer Icons[J]. Displays, 2006, 27(4): 170-177.
- [21] SHEN Z. Effect of Icon Density and Color Contrast on Users' Visual Perception in Human Computer Interaction[J]. International Conference on Engineering Psychology and Cognitive Ergonomics, 2015(5): 66-76.
- [22] 刘玉丽, 王天娇, 葛列众. 不同表情图标组织方式的工效学研究[J]. 人类工效学, 2013, 19(2): 52-55.
- LIU Yu-li, WANG Tian-jiao, GE Li-zhong. Ergonomic Study on the Organization of Different Expression Icons[J]. Chinese Journal of Ergonomics, 2013, 19(2): 52-55.
- [23] TSENG F. Effects of Display Modality on Critical Battlefield E-Map Search Performance[J]. Behaviour & Information Technology, 2013, 32(9): 888-901.
- [24] LIAO M. Effects of Perceptual Complexity on Older and Younger Adults' Target Acquisition Performance[J]. Behaviour & Information Technology, 2014, 33(6): 591-605.
- [25] BLINNIKOVA I, IZMALKOVA A. Modeling Search in Web Environment: The Analysis of Eye Movement Measures and Patterns[J]. International Conference on Intelligent Decision Technologies, 2017(3): 297-307.
- [26] HUANG K, CHANG W, WEI W. Effects of Visual Field, Exposure Time, and Set Size on Icon Search with Varied Delays Using an LCD Monitor[J]. Journal of the Society for Information Display, 2010, 18(6): 427-433.
- [27] 杨红升. 文化差异的认知影响[J]. 心理科学, 2007, 30(4): 1002-1005.
- YANG Hong-sheng. Cognitive Influence of Cultural Differences[J]. Psychological Science, 2007, 30(4): 1002-1005.
- [28] 袁可. 文化体验视阈下中西方社交网络界面设计对比研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2014.
- YUAN Ke. Comparative Research on the Web Interface Design of Social Network Between China and Western Based on Cultural Experience[D]. Harbin: Harbin Institute of Technology, 2014.
- [29] MCMAHAN R. Evaluating Display Fidelity and Interaction Fidelity in A Virtual Reality Game[J]. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics, 2012, 18(4): 626-633.
- [30] BEHZADAN A. General-purpose Modular Hardware and Software Framework for Mobile Outdoor Augmented Reality Applications in Engineering[J]. Advanced Engineering Informatics, 2008, 22(1): 90-105.