图标呈现形式和年龄差异对垃圾分类行为的影响

胡莹，刘珺
（中国计量大学，杭州 310018）

摘要：目的 以垃圾分类图标为研究对象，以图标风格、图文呈现形式和年龄为变量，探讨其对城市居民的视觉搜索效率和图标可读性、易读性的影响。**方法** 采用重复测量实验，对老年人和年轻人的垃圾分类行为进行眼动客观测量和量表主观测量，验证图标风格、图文呈现形式和年龄对居民垃圾分类行为的影响。**结论** 图标风格、图文呈现形式和年龄分别显著影响用户的视觉搜索效率。年龄和图标风格对于视觉搜索效率存在部分交互作用，老年人对于拟物图标的视觉搜索效率较高，而年轻人对于扁平图标的视觉搜索效率最高。图标风格、图文呈现形式和年龄分别显著影响用户对于图标的可读性与易读性评价。年龄和图标风格存在交互作用，老年人对于拟物图标的评价较高，而年轻用户对于扁平图标的评价较高。拟物图标更加符合老年人的认知，能提高其垃圾分类的效率；扁平图标更加符合年轻人的认知。另外，年轻人和老年人对于图和图文两种形式的图标，行为表现差异不显著。

关键词：图标风格；图文比较；年龄差异；垃圾分类行为
中图分类号：TB472　　**文献标识码：**A　　**文章编号：**1001-3563(2021)12-0215-08
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2021.12.029

Effect of Icon Presentation and Age Difference on Waste Sorting Behavior

HU Ying, LIU Jun
(China Jiliang University, Hangzhou 310018, China)

ABSTRACT: Taking waste classification icons as the research object, and taking icon style, graphic-text presentation and age as variables, this paper explores the effects of the icons on the visual search efficiency and the readability and legibility of urban residents' icons. The repeated measurement experimental design was used to objectively measure the waste sorting behavior of the older adults and the young people by eye tracker and subjective measurement, to verify the influence of icon style, graphic-text presentation and age on the waste sorting behavior of residents. The results indicated that icon style, graphic-text presentation, and age all significantly affect users' visual search efficiency, and there is a partial interaction between age and icon style on the visual search efficiency. Older adults have higher visual search efficiency for quasi-physical icons, while young people have the highest visual search efficiency for flat icons. Icon style, graphic-text presentation, and age all significantly influence users' evaluation on icon readability and legibility. Age and icon style have an interaction effect, and the elderly have a higher evaluation of quasi-physical icon, while the young have a higher evaluation on flat icon. Therefore, the quasi-physical icons are more in line with the cognition of the elderly and can improve their waste sorting efficiency, while the flat icons are more in line with the cognition of the young. There is no significant difference between young people and older adults in the behavior of graphic and graphic-text icons.

KEY WORDS: icon style; graphic-text comparison; age difference; waste sorting behavior

垃圾分类作为推进环境可循环治理的重要举措，已经逐步在我国的城市和乡村实行。在城市居民对源头垃圾分类的行为中，垃圾分类标识起着重要的行为引导作用，它出现在垃圾分类的公共设施上，当人们

收稿日期：2021-03-16
基金项目：浙江省哲学社会科学规划项目“老龄用户认知视角下的移动支付行为交互设计研究”（19NDJC293YB）
作者简介：胡莹（1982—），女，浙江人，硕士，中国计量大学讲师，主要研究方向为用户体验设计和包容性设计。

对垃圾的分类属性产生疑问时，能够指导人们正确地将垃圾分类。然而和其他公共标识不同的是，垃圾分类的图标到目前为止并没有统一的标准。在我国，每个城市都按照自己的标准制定了垃圾分类图标，因此图标的可用性和易用性缺乏合理评估。

1 垃圾分类及其图标设计现状

在整个垃圾收集过程中，居民垃圾分类是初始环节，也称为源头分类。源头分类过程的有效性，不仅决定了垃圾收集、运输和处理的难度，也影响着各个环节实现垃圾回收减量化的有效性和信任度。因此，垃圾来源分类是保证生活垃圾能被有效回收利用的基本前提。目前我国的垃圾源分类存在市场混乱、操作混乱、效率低下、二次污染等弊端，同时居民垃圾分类意识淡薄、政策引导滞后、垃圾分类产品和设施不完善都会导致垃圾源分类推广困难[1]。这从根本上导致了资源浪费和垃圾围城的频繁发生，因此探讨阻碍我国城市居民垃圾分类的因素就显得尤为迫切，对指导我国城市居民的垃圾来源分类具有重要意义。影响城市居民垃圾分类行为的因素有很多，现有的研究主要集中在心理层面和情境层面。心理层面主要包括价值观和认知因素，情境层面主要包括政策、产品和设施因素[1]。在这些因素中，产品设施因素作为终端解决方案，能够从情境层面影响人们的垃圾分类行为。Bernstad A 通过两种不同的策略来促进家庭食物垃圾分类并对其进行评估，研究结果发现，相对于书面的说明书指导，便利的基础设施能够更好地从源头对垃圾进行分类[2]。同样，Ghani W 等人的调查显示，只要政府提供足够、便利的垃圾分类设施和知识，市民便有更积极参与的意向[3]。Stoeva K 和 Alriksson S 比较了瑞典和保加利亚大学生的垃圾分类行为，结果表明，无论个体的积极态度如何，缺乏适当的垃圾分类条件都可能妨碍他们参与到这个过程中来[4]。因此垃圾分类产品和设施的满意度与可用性，对于引导居民正确地将垃圾分类尤为重要。

垃圾分类图标一般出现在垃圾分类设施和产品上，它是垃圾分类行为中重要的行为引导因素。合理的垃圾分类图标设计，可以提高人们对于垃圾分类的认知，引导人们更加积极主动地进行垃圾分类和正确分类。在垃圾分类图标的设计中有很多共同关注的问题。比如文字或图像是否较好地传达了垃圾的类别、标志位置的一致性是否重要、标志是否应显示违禁物品等[5-6]。Wu D W L 等人[7]的研究提供了实验证据，证明垃圾处理标识的设计可以影响垃圾分类性能，并强调了图形标识和垃圾桶标准化的必要性。先前的研究只是从垃圾分类图标的细节性问题去展开，并没有从整体性的角度研究。同时先前的研究都只是对年轻人展开研究，对于垃圾分类最困难的人群——老年人展开的研究较少。本研究针对年龄差异和图标呈现形式展开量化研究，旨在提出适老化的垃圾分类图标设计建议。

2 文献回顾和研究假说

2.1 图标和行为引导

图标是表意的图形符号，具有高度概括、高效传达信息和方便记忆的特点。在公共领域，公共图标具有重要的行为引导作用。Wogalter M S 和 Laughery K R 利用一个特殊的信息处理模型解释了警告图标的行为引导作用[8]。他们的研究指出，图标信息从传播到产生特定的行为变化一共有 4 个阶段：（1）吸引注意力；（2）促进理解；（3）改变信念和态度；（4）增强动力。基于第一阶段和第二阶段，已有的研究证明，图标的基本设计特点可以影响注意力和理解力，从而影响人的行为。McDougall S 发现了决定图标吸引力的特征——熟悉度、复杂性、具象性，这些特性会影响被试信息加工的流畅度，从而影响用户的视觉搜索效率[9]。Lin H 从图标的设计元素入手，将手机图标的呈现形式分为六种，从而找到了最能吸引人注意力的图标呈现形式[10]。Huang H 等人发现图形图标可以帮助年长的新手更好地学习 ATM 机的使用，在一定程度上降低遗忘率，设计良好的图形图标可以让年长的新手从学习阶段到使用阶段受益良多[11]。本研究的侧重点是将图标呈现形式作为变量，通过比较研究探索其对于城市老年居民视觉搜索效率的影响，从而引导垃圾分类行为。

2.2 图标和文字

图标是一种有效传达信息的符号。以往对图标设计的研究证明，图标在信息理解和记忆方面优于文本。Ng A W Y 等人指出在医疗信息的传播中，象形图可以帮助老年患者更好地了解医疗信息[12]。然而在视觉搜索效率上，很多研究发现，单图比图文结合的任务时间要短，效率更高。Chi C F 和 Dewi R S 将汽车图标分为了七类，发现纯文字型图标的效率最高，同时单图的具象图标的效率比图文结合图标的效率高[13]。Wu D W L 等人比较了照片、图标和纯文字在垃圾分类指示中的效率，发现实物照片更能提高用户的垃圾分类效率和准确性，文字的效率和准确率都是最低的[7]。然而并不是所有的研究结果都指向图比文字的信息传达效果更好。Roca J 等人发现在汽车驾驶中，单字交通标识的易读性要优于象形图交通标识[14]。与文字标签相比，Katz M 等人发现，图案标志吸引了更多的注意力，并占据了更长的持续时间[15]。此外，Koc-Januchta M 等人研究了视觉化者和言语化者在学习时的观看策略，结果显示，视觉化者倾向于从图片中获取信息，能更快地进入图片区域，注视图片区域的时间更长[16]。相比之下，语言化者更喜欢处理文本信息，比视觉化者更快地进入文本区域。本研究旨

表 1　3 种类型的图标风格
Tab.1　Three types of icon styles

图标风格	照片	拟物化	扁平化
范例			

在通过对垃圾分类图标中图形部分和文字部分的变量控制，探究最佳的图文结合方式。

2.3　图标风格

图标风格是从设计的角度归纳图标的造型特点，图标的风格可以分为扁平化图标和拟物化图标。扁平化图标通常去掉了多余装饰设计效果，比如透视、纹理、渐变等三维效果的设计元素，让图标中的“信息”作为核心要素被突出，并且在设计上强调抽象、极简和符号化特点[17-18]。拟物化图标是对事物外观的真实还原，旨在让图标贴近现实世界的物品，让用户通过熟悉度快速建立与图标和客观世界的联系，提升操作效率[17,19]。同时，本研究还加入了照片进行基于图标呈现形式的深入比较。因为照片最贴近老年人对于实际物体的记忆，能够帮助研究人员了解老年人对于图形认知的不同水平。因此，本研究将照片、拟物化图标和扁平化图标作为图标风格的 3 种水平，探究对老年用户最佳的图标呈现形式。3 种类型的图标风格见表 1。

2.4　视觉搜索

视觉搜索即观察者需要在有很多个分心物的视觉呈现中扫描识别出目标刺激。它是注意加工中选择性注意任务的一种。影响视觉搜索效率的视觉注意力处理模式有两种，即自上而下处理模式和自下而上处理模式[20]。自上而下的加工依赖于经验、期望和知觉动机来指导信息的搜索；自下而上的加工指刺激物引起的被动注意选择。自上而下的加工受任务目标的影响（如与任务相关的大小或形状）；自下而上的加工则受刺激特征的影响（如刺激的视觉显著性）[20-21]。在垃圾分类图标的研究中，视觉搜索效率是进行用户行为客观评估的重要指标，本研究通过控制图标的样式和图文呈现形式，考察其对于老年人和年轻人视觉搜索效率的影响差异。

2.5　可读性和易读性

可读性和易读性是用户体验中可用性的一部分。可读性和易读性是一种使感知变得容易的显著性因素，它与正确快速识别文本有关。易读性的研究与初始读入阶段的数据捕获有关[22]。在阅读和视觉搜索中，可读性和易读性与字体大小、字体类型、行间距、图像大小、图像类型和元素间距离等因素有关[23-25]。尤其在中文阅读中，汉字的易读性显著影响可读性[26-27]。将可读性和易读性评价应用于图标和文字的主观测量，能够提高垃圾分类图标评价的准确性，全面了解图标对用户行为的影响。测试量表根据 ASQ（After-Scenario Questionnaire）量表[28]进行改编，提出了针对可读性和易读性的量表。

根据以上理论，本文以图标风格、图文呈现形式和年龄为自变量，以用户视觉搜索效率（行为评估的客观测量）、图标可读性和易读性（行为评估的主观测量）为因变量，对用户的垃圾分类行为进行评估，并提出以下假说。

假设 1：垃圾分类图标的风格对用户视觉搜索效率、图标的可读性和易读性可能影响显著。

假设 2：垃圾分类图标的图文呈现形式对用户视觉搜索效率、图标的可读性和易读性可能影响显著。

假设 3：年龄对用户视觉搜索效率、图标的可读性和易读性可能影响显著

假设 4：垃圾分类图标的风格、图文呈现形式和年龄对用户的视觉搜索效率、图标的可读性和易读性的影响可能存在交互作用。

3　研究方法

3.1　被试

本研究最终选择了 51 位被试参与实验，所有人都没有垃圾分类经验。这 51 位被试均通过了视力测试和眼动仪校准，才进入最终的测试环节。最终获得 48 名被试的有效眼动数据，3 人因为眼动仪测试中数据缺失问题而被剔除。其中 24 位被试为在校大学生（M=20.46，SD=2.45），其中男性 11 人，女性 13 人；24 位是 60 岁以上的老年人（M=64.33，SD=2.30），其中男性 12 人，女性 12 人。

3.2　实验材料

本研究从《杭州市生活垃圾分类操作指南》的 130 个图标中选取了 48 个图标作为本次实验的图标。为了控制颜色和形状因素造成的视觉吸引，实验中的图标采用统一的去色模式，图标统一添加了矩形的边框，所有图标均采用白色背景。图标的大小为 120 像素×120 像素（4.2 cm×4.2 cm）。字体采用黑体，字体大小为 36 磅。

3.3　实验设计

本研究采用三因素（图标风格、图文呈现方式、年龄）重复测量设计，其中图标风格包括照片实物图标、拟物图标和扁平图标，图文呈现方式包括图文结合和图，年龄包括年轻人和老年人，3 个因素组成了 3×2×2=12 种处理水平的结合。图标风格和图文呈现方式是被试内因素。48 名被试，分成 2 组。每一名被试需完成 6 种处理水平的测量。实验中采用眼动客观测量和主观量表测量。实验后还对每个被试的答题

准确率进行了统计分析。

其中视觉搜索效率以目标物注视潜伏时间和任务时间为指标来衡量。目标物注视潜伏时间是从任务开始到被试第一次注视到目标物的时间，一般来说注视潜伏时间越短，信息具有较强的视觉显著性特征，能够引起被试的注意[29]。任务时间为从被试任务开始到找到目标物，点击键盘按键，结束任务的时间，也就是每个任务的视觉搜索时间。在视觉搜索任务中，一般来说任务时间越短，说明视觉搜索效率越高。

主观测量采用可读性和易读性调查，根据 ASQ 量表[28]改编。ASQ 量表，即情景后问卷，是可用性测试中对于用户满意度测试的常用量表，通常在行为测试后进行。总共包括 3 个问题，分别测量用户在 3 个方面（任务难度、完成效率和帮助信息）的满意度，原问题如下。（1）总的来说，对这个场景中任务的轻松完成感到满意。（2）总的来说，对这个场景中完成这些任务所花的时间是满意的。（3）总的来说，在完成任务时，对支持信息（在线帮助、消息、文档）感到满意？

本研究中主观测量采用可读性和易读性的调查，用李克特 5 点量表（1 非常不同意，5 非常同意）来进行测试，改编后的量表分别从任务难度、完成效率和清晰度的角度来衡量可读性和易读性。关于可读性和易读性的 3 个问题。（1）总的来说，对这个场景的易于阅读性感到满意。（2）总的来说，对理解这个场景中的信息所花费的时间感到满意。（3）总的来说，这个场景中提供的信息很清晰。

3.4 实验任务

实验中每个被试需要完成 6 个不同处理水平的视觉搜索任务，分成 2 组（年轻人组合老年人组）。整个测试一共 6 个测试页面，每个页面代表一种处理水平，每个页面中有 4 个图标。被试完成整个测试大概需要 10~15 min。每一个图标搜索任务前，被试都会看到一段文字描述，告知被试需要寻找的目标物。被试点击鼠标即可进入任务页面，在 4 个图标中搜索目标物，找到目标物后，选择目标物对应的数字按键，结束搜索任务。眼动测试结束后，被试需进行图标可读性和易读性的主观量表的填写。眼动测试的设备采用 Tobii Spectrum 眼动仪，采样率设置为 300 Hz，呈现实验材料的屏幕分辨率为 1920 像素×1080 像素。

4 实验结果

对所有 48 名被试的眼动指标进行描述性统计分析，同时对所有被试的答题准确率也进行统计分析。眼动指标的描述性统计结果见表 2。

4.1 任务时间分析

对任务时间进行重复测量方差分析，见表 3。由表 3 可知，图标风格主效应显著（F=3.371，p=0.040），说明图标风格对任务时间的影响显著。图文呈现形式的主效应显著（F=6.260，p=0.016），说明图文呈现形式对任务时间的影响显著，并且通过表 2 可以看出，图文结合的任务时间低于单图形式，搜索效率提高。年龄的主效应显著（F=91.300，p<0.001），说明年龄对于任务时间的影响显著。通过表 2 可知，当图标是扁平、单图时，年轻人的任务时间最短，但是老年人对于扁平、图文结合的图标的任务时间却最长。而当图标是拟物、图文结合时，老年人的任务时间最短。图标风格和图文呈现形式的交互作用不显著。图标风格和年龄的交互作用显著（F=21.060，p<0.001），通过简单效应成对比较发现，即使是相同图标风格在老年人和年轻人的视觉搜索效率上也存在显著差异。年龄和图文呈现形式的交互作用不显著。图标风格、图文呈现形式和年龄的三重交互作用不显著。

表 2 眼动指标的描述性统计结果

Tab.2 Descriptive statistics results of eye movement indicators

组别	测量值	水平 1	水平 2	水平 3	水平 4	水平 5	水平 6
		照片×图	照片×图文	拟物×图	拟物×图文	扁平×图	扁平×图文
年轻人	任务时间均值	2.67 s	2.74 s	2.56 s	2.65 s	2.36 s	2.48 s
	（标准差）	0.40 s	0.37 s	0.41 s	0.37 s	0.30 s	0.31 s
老年人	任务时间均值	2.87 s	2.96 s	2.76 s	2.83 s	3.07 s	3.19 s
	（标准差）	0.32 s	0.32 s	0.38 s	0.27 s	0.23 s	0.21 s
年轻人	注视潜伏期均值	1.10 s	0.95 s	1.15 s	1.10 s	1.38 s	1.23 s
	（标准差）	0.65 s	0.57 s	0.25 s	0.65 s	0.68 s	0.47 s
老年人	注视潜伏期均值	1.46 s	1.26 s	1.37 s	1.40 s	1.68 s	1.60 s
	（标准差）	0.34 s	0.42 s	0.32 s	0.40 s	0.47 s	0.46 s
年轻人	任务准确率/%	100.00	91.67	100.00	100.00	100.00	100.00
老年人	任务准确率/%	100.00	100.00	87.50	95.83	83.33	91.67

表 3　任务时间的重复测量方差分析
Tab.3　Repeated measure ANOVA results of task time

源	F	p 值	偏 η^2
图标风格	3.371	0.041*	0.068
图文呈现形式	6.260	0.016*	0.120
年龄	91.300	<0.001***	0.665
图标风格×图文呈现形式	0.120	0.877	0.003
图标风格×年龄	21.060	<0.001***	0.314
年龄×图文呈现形式	0.001	0.982	0.000
图标风格×图文呈现形式×年龄	0.017	0.978	0.000

注：*代表 p<0.050；**代表 p<0.010；***代表 p<0.001

表 4　注视潜伏时间的重复测量方差分析
Tab.4　Repeated measure ANOVA results of time to first fixation

源	F	p 值	偏 η^2
图标风格	14.147	<0.001***	0.235
图文呈现形式	4.855	0.033*	0.095
年龄	16.298	<0.001***	0.262
图标风格×图文呈现形式	0.547	0.580	0.012
图标风格×年龄	0.225	0.772	0.005
年龄×图文呈现形式	0.118	0.733	0.003
图标风格×图文呈现形式×年龄	0.111	0.895	0.002

注：*代表 p<0.050；**代表 p<0.010；***代表 p<0.001

表 5　可读性和易读性的重复测量方差分析
Tab.5　Repeated measure analysis of variance for readability and legibility

源	F	p 值	偏 η^2
图标风格	15.669	<0.001***	0.254
图文呈现形式	44.318	<0.001***	0.491
年龄	16.298	<0.001***	0.262
图标风格×图文呈现形式	0.398	0.672	0.009
图标风格×年龄	50.814	<0.001***	0.525
年龄×图文呈现形式	0.074	0.786	0.002
图标风格×图文呈现形式×年龄	0.616	0.542	0.013

注：*代表 p<0.050；**代表 p<0.010；***代表 p<0.001

4.2　注视潜伏时间分析

对注视潜伏时间进行重复测量方差分析，见表 4。发现图标风格主效应显著（F=14.147，p<0.001），说明图标风格对于注视潜伏时间的影响显著。年轻人和老年人在注视潜伏时间上都是照片组的反应时最短，扁平组的反应时最长，这说明写实的照片在视觉搜索的初级阶段比较能吸引人的注意。图文呈现形式主效应显著（F=4.855，p=0.033），年龄的主效应显著（F=16.298，p<0.001）。并且这 3 个因素的两两交互作用和三重交互作用均不显著，说明图标风格、图文呈现形式和年龄分别单独作用于注视潜伏时间。

4.3　可读性和易读性分析

对可读性和易读性进行重复测量方差分析，见表 5。首先将可读性和易读性 3 个问题的得分取平均值，然后进行三因素重复测量方差分析，发现图标风格对于图标可读性和易读性的主效应显著（F=15.669，p<0.001），图文呈现形式对于图标可读性和易读性的主效应显著（F=44.318，p<0.001），年龄对于图标可读性和易读性的主效应显著（F=16.298，p<0.001）。图标风格和年龄的交互效应显著（F=16.298，p<0.001），通过简单效应成对比较发现，针对不同图标风格的可读性和易读性，老年人和年轻人有显著差异，老年人对于拟物图标的评价最高，而年轻人对于扁平图标的评价最高。图文呈现形式和年龄的交互效应不显著（F=16.298，p=0.786），图标风格和图文呈现形式的交互效应不显著（F=0.398，p=0.672）。图标风格、图文呈现形式和年龄三因素的交互效应不显著（F=0.616，p=0.542）。从可读性和易读性的评价均值来看，其中年轻人对于扁平图文组合的图标评价最高（M=4.75），对于照片单图的图标评价最低（M=3.11）。老年人对于拟物图文组合的图标的评价最高（M=4.58），对于扁平单图的图标评价最低（M=3.17）。

4.4　任务正确率分析

对任务正确率进行卡方检验，发现年轻人的正确率显著高于老年人。老年人与年轻人的正确率差异比较在照片图标中均不显著。老年人与年轻人在拟物图标的单图形式下正确率差异接近显著（χ^2=3.200[a]，p=0.074），在拟物图标的图文结合形式下正确率差异不显著（χ^2=1.021[a]，p=0.312）。老年人与年轻人在扁平图标的单图形式下正确率差异显著（χ^2=4.364[a]，p<0.050），在扁平图标的图文结合形式下正确率差异不显著（χ^2=2.087[a]，p<0.149）。结果说明老年人与年轻人对于扁平单图形式的图标的正确率差异较大，说明在没有文字帮助下，老年人和年轻人对于扁平图标的认知具有很大差异。

5　讨论

在垃圾分类图标的视觉搜索实验中，眼动行为数据和主观量表评价能有效地分析用户行为。根据数据分析的结果，图标风格、图文呈现形式和年龄 3 个因素分别对于视觉搜索效率有显著影响，但是 3 个自变量的交互作用不显著。图标风格、图文呈现形式和年龄 3 个因素分别对于用户可读性和易读性有显著影响。

5.1 三因素对用户视觉搜索效率的影响

本文中用户的视觉搜索效率主要通过眼动数据来测量，任务时间和注视潜伏时间充分反映了被试的视觉搜索效率。注视潜伏时间越短，说明图标具有的视觉吸引力越大，被试能较快开展搜索任务，任务时间越短，说明视觉搜索效率越高。

图标风格对于任务时间和注视潜伏时间的主效应均显著，说明图标风格能显著影响用户的视觉搜索效率。孟一民的研究表明扁平图标的搜索效率要显著高于拟物图标[19]，本研究结果和上述研究的结果部分一致。同时这也和特征整合理论的观点相一致，即扁平图标的简洁性提高了视觉搜索效率。本研究在先前研究基础上增加了老年人和年轻人的对比，发现年轻人对于扁平图标的搜索效率最高，而老年人对于拟物图标搜索效率最高，照片图标次之，对于扁平图标搜索效率最低。根据熟悉度理论[9]，这可以解释为老年人对于拟物图标和照片图标较为熟悉，从而在一定程度上提高了拟物和照片图标的搜索效率。对于不熟悉的扁平图标，即使它的视觉特征较少，任务时间却最长。而 Wu D W L 等人的研究因为只是选择了一种图标形式来进行，并且没有对照片的色彩吸引力进行控制，所以其结论具有一定的偏向性[7]。在本研究中，加入了拟物图标和扁平图标，进一步完善了图标的类型，从而对之前的研究进行了补充和完善。

图文呈现形式对于任务时间和注视潜伏时间的主效应均显著，说明图文呈现形式能显著影响用户的视觉搜索效率，单图的效率要高于图文结合的效率，但是图文结合的正确率更高。这与之前的研究结果一致[13]。这是因为在图文组合的视觉搜索中，增加的文字部分需要更多的时间来进行视觉搜索，但是图文结合的正确率却比单图要高，说明增加文字能提高用户对于垃圾分类图标的理解。对于垃圾分类，设计师的诉求并不是提高用户的垃圾分类效率，其最终目的是垃圾的正确分类。因此即使图文组合的任务时间较长，但是正确率却是最重要的。

年龄对于任务时间和注视潜伏时间的主效应均显著。在 6 种水平中，老年人的视觉搜索效率均显著低于年轻人，这与之前的研究结果一致[30]，说明老年人确实和年轻人在认知能力上具有显著差异。因此，要根据老年人认知的特点，选择老年人更为熟悉的图标呈现形式，加入相应的文字，提高其对于图标的理解能力，最终对垃圾正确分类。

5.2 三因素对图标可读性和易读性的影响

图标风格和年龄对于图标可读性和易读性的影响均显著。年轻人对于扁平图标的评价较高，对于照片图标的评价较低，这和先前的研究结果部分一致[19]。然而本研究发现，图标风格和年龄存在交互作用，这也是先前的研究中没有涉及到的方面。老年人对于拟物图标的评价最高，对于扁平图标的评价最低。本研究结果在先前的研究上有了更加深入的拓展，说明老年人和年轻人对于图标的可读性和易读性是不同的，这和两者之间的先前经验有很大的关系[11]。年轻人熟悉智能产品的操作，已经对扁平图标习以为常，但是老年人对于客观世界的事物较为熟悉，拟物图标由于具有较好的设计感，更贴近客观事物，所以能被老年人更好地理解和接受。正确率分析也显示，老年人与年轻人在扁平图标的单图形式下正确率差异显著（$\chi^2=4.364^a$，$p<0.05$），说明老年人和年轻人在不同风格图标下，垃圾分类行为存在差异。加入年龄因素之后，能明显看到老年人和年轻人对于不同图标风格的可读性和易读性评价是不一样的，显然拟物图标更加适合老年人的认知水平。

图文呈现形式对于图标可读性和易读性的影响显著。图文结合的形式比单图形式的可读性、易读性的评价要高，正确率也更高，说明文字对于图有较好的辅助作用，这和先前的研究结果存在争议[13]。因为先前的研究对象只是年轻人，在本研究中，加入了老年人群体。由于老年人对一些设计图形不够熟悉，导致他们在进行视觉搜索任务的时候更加依赖文字。然而针对不同图文呈现形式，老年人和年轻人的可读性和易读性评价差异不显著。

5.3 综合分析和讨论

图标风格、图文呈现形式和年龄分别显著影响用户的视觉搜索效率，年龄和图标风格对于视觉搜索效率存在部分交互作用，老年人对于拟物图标的视觉搜索效率较高，而年轻人对于扁平图标的视觉搜索效率最高。图标风格、图文呈现形式和年龄分别显著影响用户对于图标的可读性和易读性评价，年龄和图标风格存在交互作用，老年人对于拟物图标的评价较高，而年轻用户对于扁平图标的评价较高。因此，拟物图标更加符合老年人的认知，能提高其垃圾分类的效率，而扁平图标更加符合年轻人的认知。虽然年轻人和老年人对于图和图文两种形式的图标，行为表现差异不显著，但是老年人对于图文结合图标的行为表现更好。这给设计师进行垃圾分类图标设计，提供了适老化的参考。本文只研究了图和图文两种情况，对于单独文字的图标没有研究，可能会使研究结果存在不足，在后续研究中会继续深入研究。

6 结语

本文对垃圾分类图标，在图标风格、图文呈现形式和年龄这 3 个因素的影响下完成视觉搜索任务的情况进行了实验研究。实验发现图标风格、图文呈现形式和年龄对于用户的视觉搜索效率和图标的可读性、易读性都有不同程度的影响，实验结果能够为垃圾分类的适老化设计提供理论支持。

垃圾分类是一个持续的过程，本研究主要以垃圾分类新手为研究对象，对于垃圾分类在老年人群体中的推广，提出了积极的设计建议。对于城市居民的性别、学历和社会环境等因素对垃圾分类行为的影响，将在后续研究中展开。此外，对于老年人通过学习，熟悉图标后的行为表现，将在后续研究中展开，进一步比较新手被试和有经验被试的行为差异。

参考文献：

[1] CHEN F, CHEN H, WU M, et al. Research on the Driving Mechanism of Waste Separation Behavior: Based on Qualitative Analysis of Chinese Urban Residents[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2019, 16(10): 1859.

[2] BERNSTAD A. Household Food Waste Separation Behavior and the Importance of Convenience[J]. Waste Management, 2014, 34(7): 1317-1323.

[3] GHANI W, RUSLI I F, BIAK D R A, et al. An Application of the Theory of Planned Behaviour to Study the Influencing Factors of Participation in Source Separation of Food Waste[J]. Waste Management, 2013, 33(5): 1276-1281.

[4] STOEVA K, ALRIKSSON S. Influence of Recycling Programmes on Waste Separation Behaviour[J]. Waste Management, 2017, 732-741.

[5] ECHEGARAY F, HANSSTEIN F V. Assessing the Intention-Behavior Gap in Electronic Waste Recycling: The Case of Brazil[J]. J Clean Prod, 2017, 142: 180-190.

[6] ZHANG H, LIU J, WEN Z G, et al. College Students' Municipal Solid Waste Source Separation Behavior and Its Influential Factors: a Case Study in Beijing, China[J]. J Clean Prod, 2017, 164: 444-454.

[7] WU D W L, LENKIC P J, DIGIACOMO A, et al. How Does the Design of Waste Disposal Signage Influence Waste Disposal Behavior?[J]. J Environ Psychol, 2018, 58: 77-85.

[8] WOGALTER M S, LAUGHERY K R. WARNING! Sign and Label Effectiveness[J]. Current Directions in Psychological Science, 1996, 5(2): 33-37.

[9] MCDOUGALL S, REPPA I, KULIK J, et al. What Makes Icons Appealing? The Role of Processing Fluency in Predicting Icon Appeal in Different Task Contexts[J]. Appl Ergon, 2016, 55: 156-172.

[10] LIN H, HSIEH Y-C, WU F-G. A Study On the Relationships between Different Presentation Modes of Graphical Icons and Users' Attention[J]. Computers in Human Behavior, 2016, 63: 218-228.

[11] HUANG H, YANG M, YANG C, et al. User Performance Effects with Graphical Icons and Training for Elderly Novice Users: a Case Study on Automatic Teller Machines[J]. Appl Ergon, 2019, 78: 62-69.

[12] NG A W Y, CHAN A H S, HO V W S. Comprehension by Older People of Medication Information with or without Supplementary Pharmaceutical Pictograms[J]. Appl Ergon, 2017, 58: 167-175.

[13] CHI C F, DEWI R S. Matching Performance of Vehicle Icons in Graphical and Textual Formats[J]. Appl Ergon, 2016, 45(4): 904-916.

[14] ROCA J, INSA B, TEJERO P. Legibility of Text and Pictograms in Variable Message Signs: Can Single-Word Messages Outperform Pictograms?[J]. Human Factors, 2018, 60(3): 384-396.

[15] KATZ M, CAMPBELL B, LIU Y Z. Local and Organic Preference: Logo versus Text[J]. J Agric Appl Econ, 2019, 51(2): 328-347.

[16] KOC-JANUCHTA M, HOFFLER T, THOMA G B, et al. Visualizers Versus Verbalizers: Effects of Cognitive Style on Learning with Texts and Pictures: an Eye-Tracking Study[J]. Computers in Human Behavior, 2017, 68: 170-179.

[17] 任宏, 邹媛媛, 王丹丹, 等. 基于 ERP 的扁平化与拟物化图标认知效率研究[J]. 包装工程, 2018, 39(18): 186-190.
REN Hong, ZOU Yuan-yuan, WANG Dan-dan, et al. Cognitive Efficiency of Flat and Skeuomorphic Icons Based on ERP[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(18): 186-190.

[18] 袁浩, 常凯, 陈典良. 图形用户界面中扁平化图标可用性研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 99-102.
YUAN Hao, CHANG Kai, CHEN Dian-liang. Usability of Flat Icons in Graphical User Interface[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 99-102.

[19] 孟一民. 不同风格图标的认知工效及影响因素[D]. 杭州: 浙江大学, 2019.
MENG Yi-ming. Cognitive Ergonomics and Influence Factors of Different Icons[D]. Hangzhou: Zhejiang University, 2019.

[20] WOLFE J M, HOROWITZ T S. Five Factors That Guide Attention in Visual Search[J]. Nat Hum Behav, 2017, 1(3): 8.

[21] WOLFE J M. Visual Search[J]. i-Perception, 2018, 7(3): 244.

[22] SHEEDY J E, SUBBARAM M V, ZIMMERMAN A B, et al. Text Legibility and the Letter Superiority Effect[J]. Human Factors, 2016, 47(4): 797-815.

[23] CORNISH L, HILL A, HORSWILL M S, et al. Eye-Tracking Reveals How Observation Chart Design Features Affect the Detection of Patient Deterioration: An Experimental Study[J]. Appl Ergon, 2019, 75: 230-242.

[24] DOBRES J, CHAHINE N, REIMER B, et al. Utilising Psychophysical Techniques to Investigate the Effects of Age, Typeface Design, Size and Display Polarity on Glance Legibility[J]. Ergonomics, 2016, 59(10): 1377-1391.

[25] KOVAČEVIĆ D, BROZOVIĆ M, MOŽINA K. Impro-

ving Visual Search in Instruction Manuals Using Pictograms[J]. Ergonomics, 2016, 59(11): 1405-1419.

[26] ZUNJIC A, LEDUC S. Readability as a Component of the Usability of a Web Presentation: a Case Study from the Banking Sector[M]. Florence: Springer International Publishing Ag, 2019.

[27] HOU G H, DONG H, NING W N, et al. Larger Chinese Text Spacing and Size: Effects on Older Users' Experience[J]. Ageing Soc, 2020, 40(2): 389-411.

[28] LEWIS J R. Psychometric Evaluation of an After-Scenario Questionnaire for Computer Usability Studies: the ASQ[J]. SIGCHI Bull, 1991, 23(1): 78-81.

[29] 方浩, 陈印超, 赵莹, 等. 移动端新闻平台信息设计要素对视觉搜索效率的影响机制[J]. 图书情报工作, 2019(22): 58-67.
FANG Hao, CHEN Yin-chao, ZHAO Ying, et al. The Influencing Mechanism of Information Design Elements of Mobile News Platform on Visual Search Efficiency[J]. Library and Information Service, 2019(22): 58-67.

[30] 马捷, 徐晓晨, 张光媛, 等. 基于年龄分组的数字阅读使用意愿影响因素研究[J]. 图书情报工作, 2018(18): 64-76.
MA Jie, XU Xiao-chen, ZHANG Guang-yuan, et al. Influencing Factors of Digital Reading Intention Based on Age Grouping[J]. Library and Information Service, 2018(18): 64-76.

（上接第 196 页）

[4] 常方圆. 基于眼动仪的智能手机APP图形用户界面设计可用性评估[J]. 包装工程, 2015, 36(8): 55-59.
CHANG Fang-yuan. Evaluation of the Usability Design of Smartphone App Graphic User Interface Based on Eye Tracker[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(8): 55-59.

[5] 王艺璇, 王小平, 吴通, 等. 基于眼动实验的音乐类手机 APP 界面设计评价[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(9): 266-271.
WANG Yi-xuan, WANG Xiao-ping, WU Tong, et al. Evaluation of the Interface Design of Music Mobile Phone APP Based on Eye Movement Experiment[J]. Science Technology and Engineering, 2018, 18(9): 266-271.

[6] 袁浩, 常凯, 陈典良. 图形用户界面中扁平化图标可用性研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 99-102.
YUAN Hao, CHANG Kai, CHEN Dian-liang. Usability of Flat Icons in Graphical User Interface[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 99-102.

[7] 李永锋, 姜晨, 朱丽萍. 基于老年人偏好的手机图标尺寸可用性设计研究[J]. 包装工程, 2016, 37(16): 103-106.
LI Yong-feng, JIANG Chen, ZHU Li-ping. Usability Design of Mobile Phone Icon Based on Old People's Preference[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(16): 103-106.

[8] 王雪. 多媒体学习研究中眼动跟踪实验法的应用[J]. 实验室研究与探索, 2015, 34(3): 190-193.
WANG Xue. Application of Eye Tracking Experiment Method in Multimedia Learning Research[J]. Laboratory Research and Exploration, 2015, 34(3): 190-193.

[9] 康丽娟. 眼动实验在设计研究中的应用误区与前景——基于国内研究现状的评述[J]. 装饰, 2017(8): 122-123.
KANG Li-juan. Misunderstanding and Prospect of Eye Movement Experiment in Design Research: Based on the Review of Domestic Research Status[J]. Zhuangshi, 2017(8): 122-123.

[10] PENDEL I. K, BOWMAN M S. Usability Study of a Library's Mobile Website: an Example from Portland State University[J]. Information Technology and Libraries, 2012, 31(2): 45-62.

[11] 李婷, 王秋平. 基于熵权和改进的层次分析法的总图设计方案评价[J]. 兰州理工大学学报, 2012, 38(2): 120-123.
LI Ting, WANG Qiu-ping. Evaluation of General Plan Design Scheme Based on Entropy Weight and Improved Analytic Hierarchy Process[J]. Journal of Lanzhou University of Technology, 2012, 38(2): 120-123.

[12] 周薇, 李筱菁. 基于信息熵理论的综合评价方法[J]. 科学技术与工程, 2010, 10(23): 5839-5843.
ZHOU Wei, LI Xiao-jing. A Comprehensive Evaluation Method Based on Information Entropy Theory[J]. Science Technology and Engineering, 2010, 10(23): 5839-5843.

[13] 郭亚周, 孙鹏举, 刘学录, 等. 基于熵权法的兰州市土地城镇化时空发展水平分析[J]. 甘肃农业大学学报, 2016, 51(1): 126-131.
GUO Ya-zhou, SUN Peng-ju, LIU Xue-lu, et al. Analysis of the Spatial and Temporal Development Level of Land Urbanization in Lanzhou Based on Entropy Weight Method[J]. Journal of Gansu Agricultural University, 2016, 51(1): 126-131.