基于能力需求匹配模型的老年图标设计

张宁[1]，王倩颖[2]
（1.山东科技大学，青岛 266590；2.山东财经大学东方学院，泰安 271000）

摘要：目的 现有图标语义与设计元素之间通常缺乏明确的对应关系，导致老年用户在辨识图标语义时常因心智能力不足而遇到困难，需要平衡老年用户图标辨识能力与产品施加给用户的挑战之间的关系，并搭建设计师与用户之间的沟通桥梁。**方法** 前期以心流理论和能力需求匹配梯度模型为基础，将家电图标按照认知方式进行分类收集。后期进行老年语义认知能力评估测试，具体阐述用户能力与图标认知效率的联系。**结果** 建立老年认知能力需求匹配梯度，通过洗衣机“手洗模式”图标设计，对该梯度的有效性进行验证。**结论** 在设计多样性的要求下，在图标设计时可优先选择能力余裕范围，适度选择能力适配范围，避免选择用户能力不足范围，从而为老年人提供更多元的设计选择。

关键词：心流理论；能力需求匹配模型；执行方式；语义距离；老年人
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2022)06-0103-07
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.06.014

Icon Designing Based on Ability Demand Matching Model for the Elderly

ZHANG Ning[1], WANG Qian-ying[2]
(1.Shandong University of Science and Technology, Qingdao 266590, China;
2.Dongfang College, Shandong University of Finance and Economics, Tai'an 271000, China)

ABSTRACT: There is a lack of clear correspondence between the existing icon semantics and design elements, which leads to the difficulty for elderly users in identifying icon semantics due to their lack of mental ability. To balance the “ability” of icon identification of elderly users and the “challenge” imposed by the product, and to build a bridge of icon identification and communication between designers and elderly users, and, based on the flow theory and the ability and demand matching gradient model, household appliance icons were classified and collected according to the cognitive mode. In the later stage, the semantic cognitive ability evaluation test was carried out for elderly users, and the relationship between user ability and icon cognitive efficiency was elaborated. An “ability-demand” matching gradient model is constructed for elderly users, and the effectiveness of the gradient is verified by the icon design evaluation of “hand wash mode” of a washing machine. With the requirement of design diversity, excess region of actual capacity can be selected preferentially in icon designing. A proper preference of in-capacity regions provides the elderly with more diverse designing options. Inadequate region should be avoided.

KEY WORDS: flow model; ability demand matching model; semantic distance; execution mode; elderly

图标是用户与产品之间的沟通桥梁，图标设计的首要阶段是设计师将需要操作的信息编码成用户可解码的符号[1]，通过用户的语义认知能力对图标含义进行理解与执行。现有图标语义与设计元素之间通常缺乏明确的对应关系，导致图标符号表达含义时没有特定的难易标准。尤其是 60 岁以上的老年人群，其心智空间旋转能力更弱，辨识图标含义时往往因自身能力不足[2]而感到焦虑。研究表明，优秀的图标设计

收稿日期：2021-11-14
基金项目：教育部人文社会科学研究青年基金（21YJCZH218）；山东省艺术科学重点课题（QN202008245）；山东省艺术教育专项课题（ZY20201187）；教育部产学合作协同育人项目；山东科技大学优秀教学团队建设计划资助项目（JXTD20170509）
作者简介：张宁（1987—），女，博士，讲师，主要研究方向为工业产品设计。

应使用户的解码过程更加流畅，用户应尽可能久地沉浸于心流状态[3]，因此，如何平衡老年用户能力与产品施加给用户的挑战是一项重要的课题。

1 能力需求匹配梯度模型

心流（Flow）理论是积极心理学的重要概念，由匈牙利裔美国心理学家Mihaly Csikszentmihalyi提出[3]。目前，心流理论广泛运用于体验设计、游戏、教育等领域[4]。心流是一种完全沉浸于某项活动的兴奋、愉悦的感觉，当用户心流水平越高，越会继续求得这种满足的感受，对产品或体验逐渐产生依赖，从而提升了产品、游戏的吸引力或教育的有效性。三频道心流模型和能力需求匹配梯度模型见图 1。1975 年，Csikszentmihalyi 提出三频道心流模型[5]，该模型包含个人具备的技能、遇到的挑战 2 个层面，见图 1a。当面临的挑战高于个人技能时，人会因为任务难度过高而产生焦虑感。相反，当个人技能高于面临的挑战时，人会因为任务过于简单而感到无聊。只有个人技能和面对的挑战两者相互平衡时，人既可以体验一定的挑战又可以产生战胜挑战的愉悦感。精神高度兴奋即进入心流通道，这也被认为是一种最佳体验。总之，找到个人能力与任务挑战的平衡空间是心流理论的整体目标[6]。

能力需求模型由剑桥大学 Clarkson 教授于 2003 年提出[7]，属于产品设计范畴。能力体现于用户自身的感知、认知和执行水平，需求体现于产品特征，当用户能力和产品需求达到相对平衡时，交互活动就可以顺利完成。针对能力需求关系，更多学者展开了深入研究。如 Macdonald 等[8]通过评估用户生理能力，开发出“视觉交通灯”，通过红、黄、绿 3 种色彩可以直观地展示人体能力和产品需求的相关性；Muncert 等[9]设计了一款任务能力等级工具，可根据不同能力等级的用户来提供差异化服务需求策略；Tenneti 等[10]建立用户视、听、触觉能力数据库，帮助设计师做出更具包容性的决策。总之，在产品创新设计过程中，用户能力和产品需求之间的匹配度需要被考量和评估，以实现顺畅的交互过程和良好的用户体验。

结合符号学、设计心理学和用户体验等相关学科，以三频道心流模型[5]、信息加工机制[11]和现有能力需求模型[7,12]为基础，提出面向产品创新设计的能力需求匹配梯度模型。其中“能力”代表用户维度，指用户使用产品时所具备的技能。“需求”代表产品维度，指用户使用产品所面临的挑战。与心流模型三频道[5]相对应，该模型将用户能力范围划分为 3 个空间，包括能力不足范围（红色）、能力适配范围（黄色）和能力余裕范围（绿色），见图 1b。在能力不足范围内，用户操作产品时面临的挑战高于个人能力，易产生挫败感。在能力余裕范围内，用户操作产品时面临的挑战低于个人能力，操作轻松、简单，但容易产生无趣感。在能力适配范围内，用户既感到一定的挑战又可以体验操作的乐趣。该模型的理论目标为，在产品创新设计时，用户能力与产品带来的挑战应维持一定的平衡。由于受到生产成本、技术手段和使用频率等条件的制约，用户与产品的各类功能在整个交互过程中，可以在能力余裕范围（绿色）和能力适配范围（黄色）内波动。当某些功能生产成本充足或用户使用频率高时，可以采用绿色范围，此时用户操作轻松且舒适。当某些功能作为个性化卖点或成本不足时，可以采用黄色范围作为修正量，此时用户接受一定的挑战。然而，设计师应避免任何功能造成用户能力不足的红色范围。

通过构建面向老年人图标的创新设计的认知能力需求（红、黄、绿）匹配梯度，使家用电器类图标的辨识需求与老年用户能力相匹配。研究共分 3 个阶段，首先，从图标语义认知方式入手，根据执行方式和语义距离进行分类图标收集。其次，评估老年用户图标辨识认知能力范围，根据测试结果构建用户认知能力梯度，总结针对该模型的图标匹配原则与设计方法。最后，通过洗衣机“手洗模式”图标设计案例对该梯度模型的可靠性进行验证。

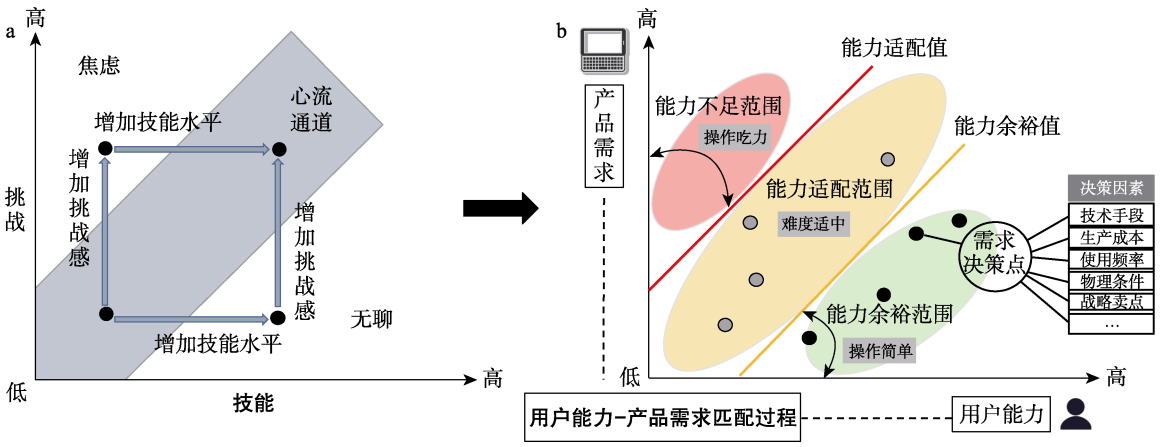


图 1 三频道心流模型和能力需求匹配梯度模型

Fig.1 Three-channel flow model and user's "ability-demand" matching gradient model

2　语义认知方式与图标设计

用户与产品交互不同于瞬时的人际沟通，如果用户不理解设计师传递的信息则无法对产品进行直接的反馈。目前针对图标形态设计要素的研究十分常见，但是图标语义转换对用户行为认知影响的研究还不足。由于图像间语义关系的共通性受到个人经验及推理能力等因素的影响，图像意义传达容易产生误判问题。通过符号学[13]、认知心理学[14]等理论研究，将图标设计从语义认知的角度划分为执行方式认知和语义距离认知。

2.1　执行方式认知

语言学中，词汇通常可划分为名词和动词[15]。延伸到符号学领域，图标作为独立的执行语义也可划分为名词和动词图标[16]。在执行方式设计时，首先明确图标含义中是否包含动作，若不包含，可直接设计名词化图形，若包含，需要通过动作化的状态符号来转换完成，如利用线条韵律代表行为的动势或速度。执行方式和语义距离图标示例见图 2。执行方式通常包括 4 类：“名词”图标，如用“白菜”代表“绿色蔬菜”功能，见图 2a；“名词+名词”图标，如用“人像+月亮”代表“夜景肖像”功能，见图 2b；“动词”图标，如用“正在说话的嘴”代表“语音播报”功能，辅助声波动作符“))”表示说话的气流，见图 2c；“名词 + 动词”图标，如用“日历本+放大镜”代表“日历查询”功能，辅助旋转动作符“↻”表示搜索动势，见图 2d。其中，“名词+名词”图标代表并列执行的语义方式，“名词+动词”图标代表递进执行的语义方式，其中包含先后逻辑。

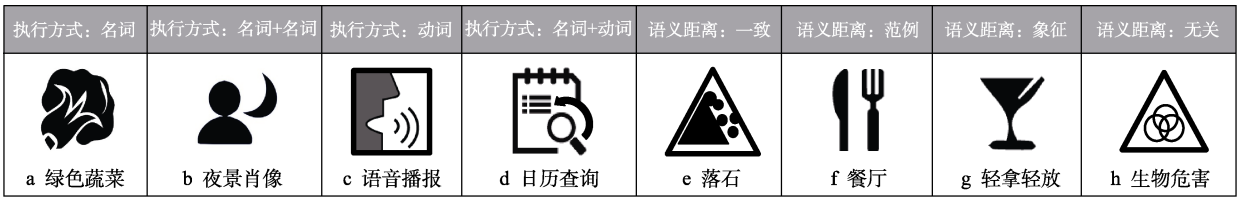


图 2　执行方式和语义距离图标示例

Fig.2 Icon examples of execution mode and semantic distance

2.2　语义距离认知

语义距离通过图像单位间的相似紧密属性进行含义表达[17]。学者 Rogers（1989 年）[18]通过图标形式和功能，确定 4 种语义距离分类：“一致”图标，图示形象与目标含义具有高度相似性，如用“滚落的石头”代表路标“落石”功能，见图 2e；“范例”图标，利用某一典型属性代表整个含义，如用“刀叉”代表“餐厅”功能，见图 2f；“象征”图标，在高层次上进行抽象表达，需要用户推理辨识，如利用“玻璃酒杯”表达“脆弱”含义，再经过逻辑推理代表“轻拿轻放”，见图 2g；“无关”图标，符号与目标含义之间无任何相似性，依照约定俗成的规定或经验来理解含义，如利用“三角形和三圆环”代表“生物危害”，见图 2h。

2.3　图标元素收集

针对老年人较为熟知的家用电器类图标，按照执行方式和语义距离架构方式进行分类交叉收集。执行方式分类包括“名词”“动词”“名词+名词”“名词 + 动词”图标；语义距离分类包括“一致”“范例”“象征”“无关”图标。每类图标交叉收集各 2 个，共 32 个，见图 3。例如，“电量”“火锅”属于执行方式“名词”且属于语义距离“一致”；图标“冬夏模式”“智能医生”属于执行方式“名词+名词”且属于语义距离“象征”；图标“轻摇轻放”“预约”属于执行方式“动词”且属于语义距离“象征”。整理好的 32 个图标将用于老年人语义认知能力的评估测试。

3　老年认知能力需求匹配梯度

3.1　语义认知能力评估测试

针对前期收集的图标采取 4×4×2 两因素被试内设计实验，具体为“4 执行方式（名词、动词、名词+名词、名词+动词）×4 语义距离（一致、范例、象征、无关）×2（每组 2 个图标）”共 32 个图标进行随机辨识测试。

招募试验老年被试者 30 名，年龄均在 60~80 岁（平均年龄 Mean=71.3，标准差 SD=3.57），矫正视力均正常，均为初中以上学历。测试通过图标意义来辨识任务，由心理学实验软件 E-prime 进行编写，见图 4。首先，呈现试验指导语，随后屏幕中心每次显示一个 7 cm× 7 cm 的正方形图标，显示时间为 3 000 ms。其次，被试者大声说出理解到的图示含义，测试员通过视频对用户作答进行记录，一组图标测试结束后按回车键跳至下一页并显示新的刺激物。为降低干扰效应的影响，题目次序以随机的方式排列，练习 3 次后进入正式的循环测试，直至 32 个图标均出现一轮后测试结束。

3.2　认知能力梯度结果与分析

测试员记录并统计老年被试者的图标辨识正确

率(ACC, Accuracy)和反应时间(RT, Reaction Time), 通过 ACC、RT 数据结果来评定最终表现，并利用社会科学统计软件包 SPSS 对试验结果进行统计分析。老年语义认知能力需求匹配梯度见图 5。

图标示例	执行方式	语义距离	图标示例	执行方式	语义距离
电量 火锅	名词	一致	夜景肖像 出行模式	名词+名词	一致
绿色时蔬 羊毛制品	名词	范例	餐厅模式 内衣模式	名词+名词	范例
儿童模式 强力模式	名词	象征	冬夏模式 智能医生	名词+名词	象征
功能 安全节能	名词	无关	节能模式 一级效能	名词+名词	无关
请勿触摸 断电防护	动词	一致	温度切换 语音播报	名词+动词	一致
删除 维修	动词	范例	日历查询 全国定位	名词+动词	范例
轻摇轻放 预约	动词	象征	夜间睡眠 安全防护	名词+动词	象征
播放 开关	动词	无关	污水净化 影音播放	名词+动词	无关

图 3 语义认知分类下的图标元素收集

Fig.3 Collection of icon elements under semantic cognition classification

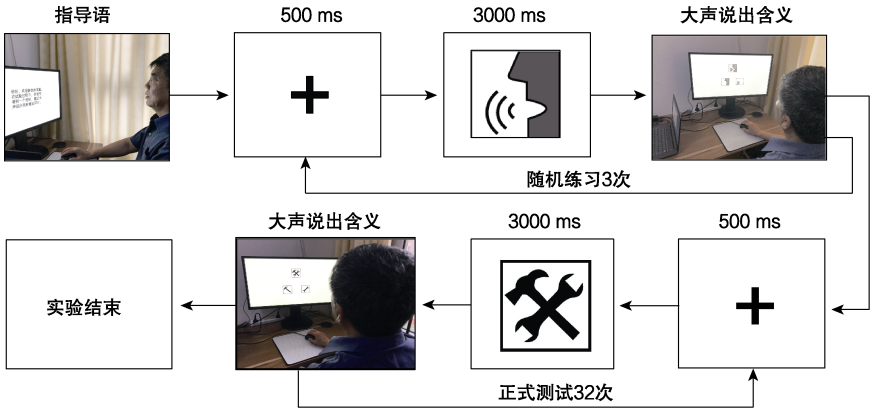
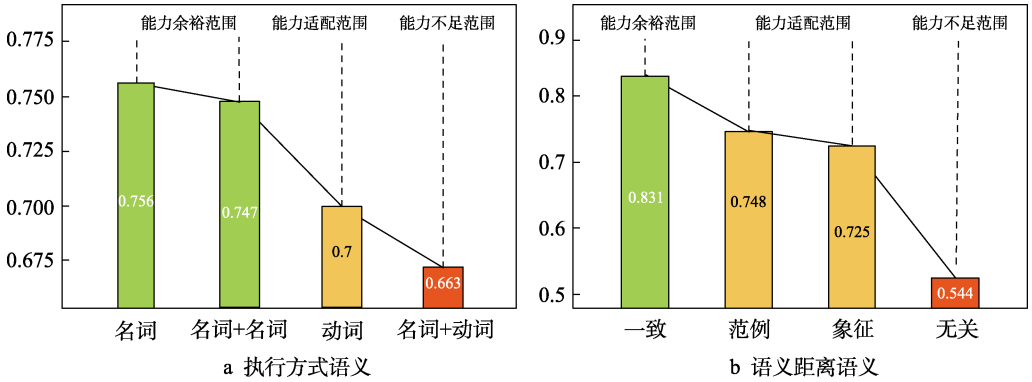


图 4 语义认知能力评估测试

Fig.4 Semantic cognitive ability assessment test



a 执行方式语义 b 语义距离语义

图 5 老年语义认知能力需求匹配梯度

Fig.5 User's ability demand matching gradient of elderly's semantic cognition

3.2.1　执行方式能力需求匹配梯度

执行方式的 4 类图标的主效应显著，见图 5a。“名词”图标辨识正确率 ACC 均值为 0.756，反应时间 RT 均值为 3 324 ms，“名词+名词”图标辨识正确率均值 ACC 为 0.747，反应时间 RT 均值为 4 567 ms。其中，“名词”与“名词+名词”操作绩效差异不显著（P>0.05），但“名词”与“名词 + 动词”差异显著（P<0.05），其中“名词 + 动词”图标的操作 RT 最长为 6 689 ms，ACC 最低为 0.663，“动词”图标 ACC 和 RT 绩效处于中间层面。通过用户访谈得知，“名词”与“名词+名词”图标辨识较为直接、简单，“动词”图标需要人们通过静止的图标来想象动作发生的步骤[19]。用户认为在“动词”图标辨识时可以感到挑战的乐趣，在“名词 + 动词”这类多元素组合图标辨识时，则感到难度过大而无法接受。从认知心理学角度进一步证实该结论，由于“名词”图标所表征的客体是静态的，所以通过图片进行语义特征的提取比较容易。相比之下，“动词”图标认知比较抽象，动作关系本身相似性极高且转瞬即逝，认知过程相对复杂，因而人天性存在名词认知偏向[20]。同时，“名词 + 动词”这类多元素组合经常在多样化的场景下出现，需要用户忽略无效的情境并抽离出动作方式，整个过程更加困难、多变。

根据测试结果，执行方式“能力需求”匹配梯度可归纳如下：“名词”和“名词+名词”图标为能力余裕范围（绿色）；“动词”图标为能力适配范围（黄色）；“名词 + 动词”图标为能力不足范围（红色），见图 5a。由此可见，为老年人群设计的图标建议使用“名词”与“名词+名词”的架构方式。同时，根据用户多样化需求可适度选择“动词”的架构方式，尽量避免选择“名词 + 动词”的架构方式。

3.2.2　语义距离能力需求匹配梯度

语义距离 4 类图标的主效应显著，见图 5b。“一致”图标辨识正确率 ACC 均值为 0.831，“范例”图标辨识正确率 ACC 均值为 0.748，“象征”图标辨识正确率 ACC 均值为 0.725，“无关”图标辨识 ACC 正确率均值为 0.544，“一致”图标反应时间 RT 为 3 853 ms，“范例图标”反应时间 RT 为 3 965 ms，“象征图标”反应时间 RT 为 4 294 ms，“无关图标”反应时间 RT 为 8 587 ms。其中，“范例”与“象征”图标操作绩效差异不显著（P>0.05），但“无关”与“一致”图标差异显著（P<0.05），“无关”图标的操作 RT 最长，ACC 最低。通过用户访谈得知，“一致”图标与语义具有明确、直接的对应关系，使人们容易对含义进行猜想。“范例”图标和“象征”图标可使人们通过语义关联进行发散联想，例如由“奶瓶”联想到“儿童模式”功能。“无关”图标的辨识则对用户的背景知识、记忆等要求极高，例如由“侧三角⏵”联想到家电的“暂停”功能，用户感到难度过大而无法接受。从符号学[21]角度进一步证实该结论，“一致”图像单元间关系紧密，相似度高易于辨识。“范例/象征”图像单元间的关系相对疏离，需要结合使用情境、功能进行共通概念联想。而“无关”图像单元间毫无关系线索，会使用户推理偏移，并产生困惑。

根据测试结果，语义距离“能力需求”匹配梯度可归纳如下：“一致”图标为能力余裕范围（绿色）；“范例”与“象征”图标为能力适配范围（黄色）；“无关”图标为能力不足范围（红色），见图 5b。因此，为老年人群设计的图标建议使用“一致”的架构方式，同时，根据用户多样化需求可适度选择“范例”与“象征”的架构方式，尽量避免“无关”的架构方式。

4　语义认知能力需求匹配梯度验证

以老年用户需求为出发点，利用语义架构方法对洗衣机“手洗模式”功能进行图标设计，通过进一步考察不同架构方式对老年用户交互效率的影响，对前期得出的能力需求匹配梯度的有效性进行验证。过程分为 2 个步骤：“手洗模式”图标语义架构设计；用户认知能力需求匹配梯度验证。

4.1　图标语义架构与视觉设计

4.1.1　图标语义架构法

传统图标设计包含 4 个典型步骤。①图标分析调研。围绕图标含义进行特征提炼，对图形元素进行搜集。②图标架构设计。根据图形元素进行排比架构。③图标视觉设计。根据搭配好的图标架构，结合产品应用场景、用户使用需求、屏幕清晰度等因素，生成一个图标方案与多个图标参考方案。④图标方案确定与评价。图标设计完成后需要进行用户参与性测试，以挑选出适合用户群体的图标。然而，传统的图标架构过程往往取决于设计师的经验，缺乏固定的标准。图标语义架构法见图 6，其强调在原有传统架构过程中特别加入图标语义距离和执行方式因素，将搜集到的不同图形素材元素，利用语义执行方式和语义距离梯度进行差异化搭配，以此确定图标方案的基本架构，②—1 与②—2 属于图标设计过程的关键步骤。

步骤②—1，根据不同用户群体、核心/非核心功能需求进行具体执行方式的配置，包括“名词”“名词+名词”“动词”“名词+动词”。除少数例外，在图标执行方式设计时应首先将动词元素通过名词符号进行转换表达。例如，需要表达“瘦”时，可以画一个瘦的人或很薄的图形。需要表达动词短语时，则可采用“名+名”的方式，即通过 2 个名词化图形来表达。

步骤②—2，确定好图标执行方式后，将图标元素进行合理地选择和搭配，并根据不同的功能需求和用户科技熟悉程度对语义距离进行配置，包括“一致”“范例”“象征”“无关”。其中，不同方式之间可以选择主体元素或辅助元素来搭配。

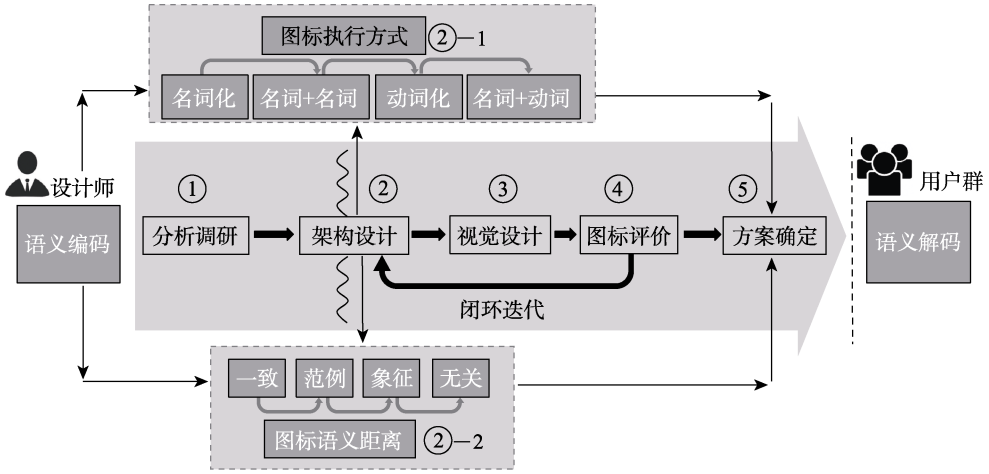


图 6 图标语义架构法

Fig.6 Icon semantic architecture method

4.1.2 “手洗模式”图标设计

按照图标语义架构法，对洗衣机“手洗模式”进行设计，见图 7。将搜集到的不同图形素材，利用语义执行和语义距离因素进行差异化搭配。首先，进行执行方式的架构，将动词“洗”进行名词化转换，优先利用“手、肥皂、水”等名词来表达含义，分别架构①“手”—“名词”和②“肥皂水滴”—“名词+名词”图标。利用动词“拧挤”这一动作符来表达“洗”的行为状态，分别架构③“拧挤”—“动词”图标和④“拧挤 T 恤”—“名词+动词”图标。其次，进行语义距离的架构，得出⑤“手入水盆”—“一致”图标、⑥“禁止机洗”—“范例”图标、⑦“轻柔内衣”—“象征”图标、⑧“星光树叶”—“无关”图标。最后，对得到的 8 个风格统一的设计方案进行统一处理。

4.2 用户认知能力需求匹配梯度验证

针对 8 个图标设计方案，招募 20 名 65 岁以上的老年人（平均年龄 mean=74.6，标准差 SD=3.02）进行可用性测试。SPSS 数据分析结果表明，如图 7“交叉评价”栏所示，操作绩效位列前 2 位的图标为②和⑤，正确率均>0.85，反应时<3 500 ms；分别为图标②“肥皂+水滴”对应“范例/名+名”、⑤“手+水盆”对应“一致/名+名”。结合用户访谈可知，当图标属于认知“能力需求”匹配梯度中绿色/黄色架构范围时，老年人辨识正确率较高（通常高于 0.6）且用户相对轻松。

操作绩效位列后 2 位的图标为④和⑧，正确率均<0.4，反应时>7 000 ms。分别为图标④“拧挤 T 恤”对应“名+动/范例”、图标⑧“星光+树叶”对应“无关/名+名”。结果显示，图标④和⑧为执行方式“名词+动词”或语义距离“无关”，这表明一旦图标属于认知“能力需求”匹配梯度中红色架构范围时，老年人辨识正确率很低（通常低于 0.5），且难度过高让用户无法接受。由此可见，通过“手洗模式”图标设计测试，验证了“能力需求”匹配梯度的应用性，其结果也适用于其他类似的图标设计。

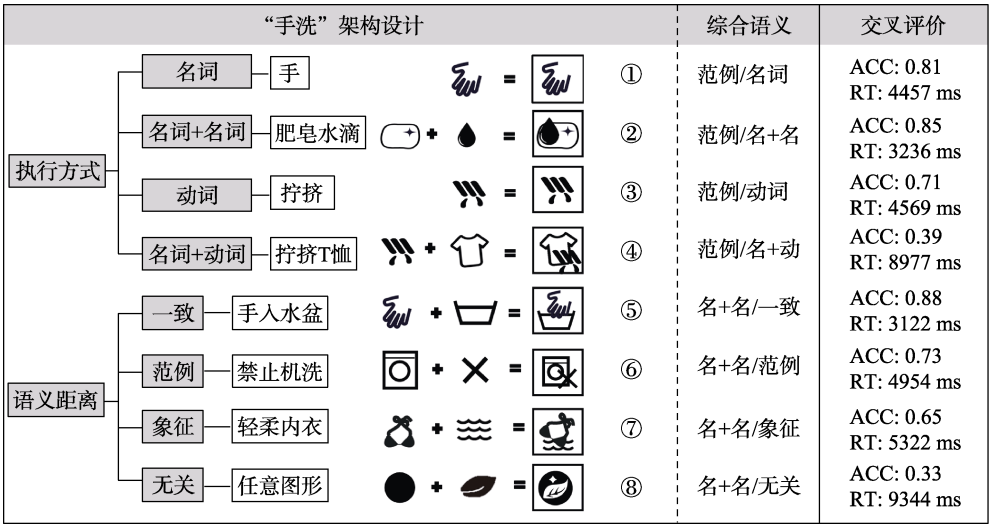


图 7 “手洗模式”语义架构与可用性测试结果

Fig.7 Semantic architecture and usability test results of hand wash mode

5　结语

在现有的图标设计领域，多数学者只是直接给出理想的设计标准，结论常常具有单一性。以上研究基于符号学与心流理论，得出老年语义认知能力需求匹配梯度。该研究成果具有普适性，适用于更多场景下的智能界面老年图标设计，包括家居、出行、通讯、医疗产品等。

在同等难度的组合模式里，“名词”“名词+名词”与“一致”图标属于老年人能力余裕范围，面对用户使用最频繁的主要功能时，优先选择此种架构方式，可以最大限度地满足用户的舒适性需求。如“通话”“通讯录”属于老年手机的主功能，“通话”功能可选择“电话话筒”图形，属于“名词”“一致”图标。“通讯录”功能可选择“人像+笔记本”图形，属于“名词+名词”“一致”图标。再如“煮米饭”属于电饭煲的主功能，可选择“米饭+筷子”图形，属于“名词+名词”“一致”图标。

在面对用户多样性、娱乐性的功能要求时，设计师希望用户既可以顺利完成产品交互，又可以体验到技巧运用的满足感，此时可以考虑能力适配范围这一修正量。“动词”与“范例/象征”图标属于老年人能力适配范围，可为老年人提供更多元的设计选择。如通用功能“语音提示”，可选择“话筒声波”图形，为“动词”“范例”图标。再如功能“交友娱乐”可选择“爱心律动”图形，为“动词”“象征”图标，让老年用户在功能识别的同时，可以体验到更多具有一定挑战的心流状态。值得注意的是，“无关”与“名词+动词”属于老年人能力不足范围，架构图标时应尽量避免。

参考文献：

[1] 王雪皎. 图标特征识别强弱的原型匹配模型研究[J]. 装饰, 2018, 305(9): 100-102.
WANG Xue-jiao. Research on Prototype Matching Model of Icon Feature Recognition Strength[J]. Zhuangshi, 2018, 305(9): 100-102.

[2] 尹丽仙，吴凤林. 针对老年用户的包容性设计研究[J]. 包装工程, 2015, 36(14): 128-131.
YIN Li-xian, WU Feng-lin. Inclusive Design for Old Users[J]. Packaging Engineering, 2015, 36(14): 128-131.

[3] 冉俐雯，刘翔平. 流畅体验理论模型探索[J]. 求索, 2013(6): 112-114.
RAN Li-wen, LIU Xiang-ping. Fluid Experience Theory Model Exploration[J]. Qiusuo, 2013(6): 112-114.

[4] 米哈里·契克森米哈赖. 心流：最优体验心理学[M]. 北京：中信出版社, 2017.
CSIKSZENTMIHALYI M. Flow: The Psychology of Optimal Experience[M]. Beijing: Zhongxin Press, 2017.

[5] CSIKSZENTMIHALYI M. Flow and the Foundations of Positive Psychology Motivation and Creativity: Towards a Synthesis of Structural and Energistic Approaches to Cognition[M]. Springer Netherlands, 2014: 209-226.

[6] 贺蔷锟，何人可. 基于心流理论的移动学习应用交互设计研究[J]. 包装工程, 2018, 39(4): 188-192.
HE Qiang-kun, HE Ren-ke. Interaction Design of Mobile Learning Application Based on the Flow Theory[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(4): 188-192.

[7] GONZALEZ I, MORER P. Ergonomics for the Inclusion of Older Workers in the Knowledge Workforce and a Guidance Tool for Designers[J]. Applied Ergonomics, 2016(53): 131-142.

[8] MACDONALD A S, LOUDON D, ROWE P J, et al. Towards a Design Tool for Visualizing the Functional Demand Pladce on Older Adults by Everyday Living Tasks[J]. Universal Access in the Information Society, 2007, 6(2): 137-144.

[9] MUNCERT E S, BICKFORD S A, GUZIC B L, et al. Enhancing the Quality of Life and Preserving Independence for Target Needs Populations through Integration of Assistive Technology Devices[J]. Telemed J E Health, 2011, 17(6): 478-483.

[10] TENNETI R, JOHNSON D, GOLDENBERG L, et al. Towards a Capabilities Database to Inform Inclusive Design: Experimental Investigation of Effective Survey-based Predictors of Human-Product Interaction[J]. Applied Ergonomics, 2012, 43(4): 713-26.

[11] 吴晓莉. 复杂信息任务界面的出错—认知机理研究[D]. 南京：东南大学, 2015.
WU Xiao-li. Error-Cognition Mechanisms of Task Interface Complex Information System[D]. Nanjing: Southeast University, 2015.

[12] 张宁. 面向产品创新设计的老年人能力匹配模型研究与构建[D]. 南京：南京理工大学, 2018.
ZHANG Ning. Research and Construction of Elderly Capacity Equilibrium Model for Product Innovative Designing[D]. Nanjing: Nanjing University of Science and Technology, 2018.

[13] 赵毅衡. 符号学原理与推演[M]. 南京：南京大学出版社, 2016.
ZHAO Yi-heng. Semiotics Principles & Problems[M]. Nanjing: Nanjing University Press, 2016.

[14] 邵志芳. 认知心理学[M]. 上海：上海教育出版社, 2013.
SHAO Zhi-fang. Cognitive Psychology[M]. Shanghai: Shanghai Educational Publishing House, 2013.

[15] 李丛，张清芳，兰天一. 影响动作图画命名的因素及其神经机制[J]. 心理学进展, 2018, 8(4): 662-669.
LI Cong, ZHANG Qing-fang, LAN Tianyi. The Predictors of Action Picture Naming and Its Neural Mechanisms[J]. Advances in Psychology, 2018, 8(4): 662-669.

（下转第 133 页）