地图符号与情绪效价对 AR 地图用户空间记忆的影响研究

陈嫣[1,3]，张琼文[1]，王嘉琪[1]，帅美琼[1,2]，胡军[3]

(1. 江南大学设计学院，江苏 无锡 214122；
2. 重庆文理学院心理学系，重庆 402160；
3. 埃因霍芬理工大学设计学院，北布拉邦省 埃因霍芬 5612 AP)

摘　　要：针对地图符号抽象程度与情绪效价对手机 AR 地图用户空间记忆的影响，提出设计实践建议。采用“心理切割测试问卷”调查了 35 名被试，再以“中国情绪图片库”与“中国情绪音乐库材料”组合诱发情绪，采集 30 名被试的“心理状态剖面图(POMS)”“简明情绪内省量表(BMIS)”和“自我为中心的方位判断任务”数据，根据量表得分、实验结果进行分析。结果为地图符号抽象程度对空间记忆有显著影响，其中图标的学习时间最短；情绪效价对空间记忆没有显著影响；地图符号抽象程度与情绪效价对学习时间、任务错误率的影响存在交互效应。该结论将为同类系统的开发和评估提供参考。

关 键 词：地图符号；情绪效价；增强现实；空间记忆；情绪诱发

中图分类号：P 289　　**DOI：**10.11996/JG.j.2095-302X.2023020399

文献标识码：A　　**文 章 编 号：**2095-302X(2023)02-0399-09

Effects of map symbols and emotional valence on AR map users′ spatial memory

CHEN Yan[1,3], ZHANG Qiong-wen[1], WANG Jia-qi[1], SHUAI Mei-qiong[1,2], HU Jun[3]

(1. School of Design, Jiangnan University, Wuxi Jiangsu 214122, China;
2. Department of Psychology, Chongqing University of Arts and Sciences, Chongqing 402160, China;
3. Department of Industrial Design, Eindhoven University of Technology, Eindhoven Noord-Brabant 5612 AP, Netherlands)

Abstract: This paper delved into the effects of map symbols′ abstraction level and emotional valence on the spatial memory of mobile augmented reality (AR) map users, and offered suggestions for design optimization. A total of 35 subjects were assessed by the Mental Cutting Test, and then the emotions were induced by the combination of Chinese Affective Picture System and Chinese Affective Music System. The data of 30 subjects′ Profile of Mood States (POMS), Brief Mood Introspection Scale (BMIS), and Egocentric Pointing Judgments were collected and analyzed according to the scale scores and experimental results. The results indicated that the abstraction level of map symbols had a significant impact on spatial memory, with icons having the shortest learning times. However, emotional valence had no significant impact on spatial memory. Furthermore, the abstraction level of map symbols and emotional valence were found to have interactive effects on the learning time and task error rate of spatial memory. The research findings will aid in the design and assessment of comparable systems.

收稿日期：2022-06-13；**定稿日期：**2022-11-04

Received：13 June，2022；**Finalized：**4 November，2022

基金项目：教育部规划基金项目(18YJAZH134)；中国留学基金项目(202006795034)；江苏省社会科学基金项目(17YSB020)

Foundation items：Ministry of Education Planning Fund Project (18YJAZH134); China Scholarship Council Fund (202006795034); Jiangsu Social Science Fund Project (17YSB020)

第一作者：陈嫣(1979–)，女，副教授，硕士。主要研究方向为智能交互、情绪诱发设计、多通道感官交互。E-mail：1065625982@qq.com

First author：CHEN Yan (1979–), associate professor, master. Her main research interests cover intelligent interaction, emotion-inducing design, multi-channel sensory interaction. E-mail：1065625982@qq.com

Keywords: map symbol; emotional valence; augmented reality; spatial memory; emotional induction

随着信息化、智能化旅游产品行业发展加速，增强现实(augmented reality，AR)地图因其具有虚实融合、实时交互的特殊优势，被广泛运用于旅游应用的不同领域[1]。值得关注的是，空间记忆作为空间认知的一个组成部分[2]，使生物能够获得特定环境中空间布局的心理表征，并在该环境中有效地导航，在地理定位、空间导航过程中起着非常重要的作用。由于视角、移动使用等问题，人们在 AR 环境中的空间记忆过程可能与传统环境存在差异；有学者提出，AR 作为最新导航辅助工具，可能会对用户的空间学习过程产生负面影响，进而损害其空间记忆[3]；此外，AR 地图界面信息可视化不合理可能会造成用户决策失误，甚至导致安全事故，因此从空间记忆角度出发研究 AR 地图信息设计是十分必要的。然而，目前 AR 地图的相关研究主要集中于探讨地图视觉符号的线宽、不透明度[4]或大小[5]等要素的视觉搜索绩效，或是侧重于不同 AR 应用模式下的符号可用性[6]问题；仅有极少数学者从空间记忆角度出发，研究 AR 环境中设计元素对用户认知的影响[7]。与此同时，越来越多实证表明，空间认知是由生物体和环境特征之间的相互作用产生[8]。情绪作为重要的生物体特征之一，对空间记忆的众多因素都存在影响[9-10]；相比于情绪唤醒，目前针对情绪效价与空间记忆关系的研究极少；而地图符号表现形式作为环境特征信息的表象性概括方式，在传统地图、虚拟现实(virtual reality，VR)地图的空间记忆研究中受到普遍关注[11-12]，但在 AR 地图中还未有相应的研究。“感觉即信息理论”[8]也强调了人们会将自己的情绪感受和信息来源进行关联诊断，并影响后续的认知与行为，因此研究 AR 地图符号的表现形式是否会与游客的正负性情绪相互作用，对其空间认知和记忆产生影响，是一项非常有意义并值得探讨的课题。

1 文献回顾及研究假设

1.1 地图符号与空间记忆

对地物的抽象表达(符号化)是地图的基本特征之一。地图符号是用于代表某个等级或类别地理目标的，由点、线、面组成的几何图形或非几何图形；是地图信息传达的核心内容，在提高地图信息传输效率等方面起着关键作用[6]。由于 AR 具有“与真实位置相关联”的特性，地图符号在空间定位上能发挥重要作用；尤其是在视野中缺乏明显目标地点的情况下，AR 虚拟地图符号能帮助用户快速定位，避免迷失方向。地图符号一般可被分为文字、符号、图标、草图、绘图和图像[13]，代表着视觉形式的不同抽象程度。对一个地物的抽象程度越高，其详细和具体程度就越低。有趣的是，尽管有大量实验表明，地图符号抽象程度与空间记忆有着非常密切的关系，但已有研究对两者关系的看法和态度并不一致。部分学者认为，增加地图符号的视觉细节信息，不仅能使认知过程更加顺利，还能加深记忆效果，有利于用户完成空间定位任务[11]；当 AR 应用中目标不在视野范围内时，使用图像或照片[14]作为指示更合适；此外，高度具象化符号复制了真实世界，能增加沉浸感[15]，与 AR 应用虚实融合的目标更为匹配。也有研究显示，过多视觉信息会干扰人对图像深度信息的提取，造成较大认知负荷，从而干扰认知加工过程；过于复杂、细节丰富的图标可能会影响识别符号所需的时间[16]，导致几何抽象符号比具象符号识别更快；文字符号比插图或图标具有更高的记忆得分[17]等；VR 地理可视化环境下的研究也显示，中等真实感的空间记忆效果明显优于抽象或写实[15]等。

与传统地图相比，AR 地图的可视化信息是动态呈现的，需要实时匹配观看者的当前视角，因此当使用具象地图符号时，会出现难以与真实环境保持一致的问题，包括需要预备不同季节和角度的图像替换，以及在地标物体发生结构变化时进行更新等。此外，由于手机 AR 应用的特质，能够显示可视化符号的空间相当有限。在此情况下，符号设计一方面与信息量有关[15]，过多信息在有限的屏幕空间中会影响人们执行空间任务的能力；另一方面与地图符号的显著性有关，高抽象程度的符号与真实环境存在较大差异，而这种突出性会影响其在定向和导航等空间任务中的作用，以及通过将视觉注意引向这些空间物体而被整合到空间记忆中的可能性[18]。基于此，本研究提出 H1 地图符号抽象程度显著正向影响移动 AR 中的空间记忆假设。

1.2 情绪效价与空间记忆

迄今为止的大量神经影像学研究表明，情绪会影响记忆过程，包括记忆编码、记忆巩固和记忆检索[19]。PANKSEPP[20]的大脑处理框架也指出，更高

级的认知功能通常是由情绪引导的，如学习、记忆等。此外，一些关于人类空间感知的研究表明，对空间信息的感知方式会受到自身情绪或身体状态的影响[8]。如 RIENER 等[21]证实，消极情绪时参与者判断山坡斜度比在积极情绪时要陡峭等。

情绪往往是伴随着生理唤醒和外部表现的主观体验[22]。RUSSELL[23]将情绪分为效价和唤醒 2 个维度，效价在愉悦(正性)与不愉悦(负性)之间变化，唤醒在激活(高水平)与不激活(低水平)之间变化。其中，情绪唤醒对空间感知与记忆的影响已经得到许多实验论证[24]；但情绪效价对空间记忆的影响结论仍不统一。相关研究结论表明，正性情绪与负性情绪下的大学生相比，在空间记忆任务中表现更好[25]；正性情绪标识有助于被试进行定位；空间工作记忆容易受到负性情绪的干扰[9]；负性情绪与某些认知过程(如空间保留)之间存在系统关联，与空间工作记忆之间存在注意力资源竞争关系，会导致对局部信息的关注[15]，负性情绪会降低回忆的准确率[17]等；也有研究提出，负性情绪会改善空间工作记忆，而正性情绪则相反[26]。分析其原因，可能与不同的空间记忆任务有关。任务的难度、记忆内容及表征，以及被试对任务的价值判断[27]等都会对结果产生影响。由于 AR 地图环境下的空间记忆和导航是较新的研究方向，目前仅有一项研究使用 AR 来评估情绪效价对地图空间记忆的影响[28]，结果指出负性情绪会损害 AR 空间记忆过程并对任务绩效产生负面影响，还需进一步验证和探讨，因此先提出 H2 情绪效价显著正向影响移动 AR 中的空间记忆假设。

1.3　情绪效价、地图符号与空间记忆

越来越多研究证实，空间认知是由生物体和环境特征之间的相互作用产生的[8]；其中，生物体特征包括自身情绪或身体状况等。在移动 AR 导航系统中，地图符号是环境特征信息表达的重要组成部分，不仅是构成街道布局、地形、坐标轴等空间和非空间信息的锚点，而且其抽象程度(细节数量)也影响着用户对环境特征信息全面性和真实性的感知。目前，已有研究证实了传统地图环境中情绪唤醒、地图符号与空间记忆间存在交互影响，但仍缺乏针对情绪效价、地图符号与空间记忆间关系的研究；与此同时，关于 AR 环境下的空间记忆，以及地图阅读者情绪的相关研究也非常少。且仅有几项实验将情绪效价与地标的情感属性相联合，并证实正性和负性情感地标对空间记忆存在影响[8, 25]；研究不足是这些地标主要选择国际情感图片系统(international affective picture system, IAPS)中的正、负性情感图片作为实验材料，其中包括残缺不全的尸体、暴力[8]、灾难等负面情境，不具备较高的生态有效性。此外，SCHWARZ[27]的“感觉即信息理论”(Feeling-as-information theory)也指出，人们往往会将自己的感觉作为信息的来源，同时将主观体验(包括情绪、情感、元认知经验和身体感觉)与当前情境性质的判断联系起来；而且情感状态的这种“信息功能”具有折扣和增强效应[27]，强调了人们会将自己的情绪感受和信息来源进行关联诊断或归因，其结果会干扰后续的认知任务。由于地图符号在移动 AR 导航系统中，往往占据使用者较多的注意力资源，因此在正负性情绪状态下，游客会自然而然将视觉注意对象与自身情绪进行联系，判断其信息价值并受其影响。

此外，大量研究表明，正性情绪会导致被试对整体空间结构的关注，而负性情绪(如悲伤)会导致被试对局部信息的关注[15]，不易于整体理解和记忆信息。考虑到准确的局部和全局空间表征对现实世界导航的重要性，同时规避过渡关注局部信息对全局空间记忆的影响，简化呈现局部环境信息不失为一种解决途径，更有利于平衡两者关系。同时，在旅游情境下诱发积极情绪更具生态有效性，因此通过设计干预，将正性情绪氛围与抽象程度高的地图符号(即简化的环境局部信息)相结合，可能会对空间记忆产生更为积极的影响。鉴于此，提出 H3 情绪效价、地图符号抽象程度间具有交互作用，能显著正向影响移动 AR 中的空间记忆假设。

2　研究对象与方法

2.1　实验设计

本研究探讨情绪效价与地图符号抽象程度是否对移动 AR 用户的空间记忆产生影响。采用双因素混合实验 2 (情绪效价：正性、负性)×3 (地图符号类别：图像、草图、图标)，情绪效价为组间变量，地图符号类别为组内变量；选取记忆编码时间，方位判断任务的反应时和错误率 3 个指标作为因变量。

鉴于记忆和检索有关周围环境空间布局的信息对人类至关重要[29]，目前检验空间关系的 2 种常见任务是相对方向的判断和以自我为中心的指向[29]。由于 AR 的特点是以自我为中心的视角，观

察到的可视化虚拟信息受限于用户视角；同时参考 AR 环境下空间记忆的已有研究[30]，本课题最终采用自我为中心的方位判断任务(egocentric pointing judgments，EPT)来探讨空间记忆。EPT 任务通常以反应时和错误率为评估指标，并采用最简单的方位判断任务，即人们被要求想象自己面向 B 地指向 A 地，被试初始方位与测试方位视角相同，避免任务过难而削弱情绪对任务的影响[9]；同时，以学习时间衡量空间记忆的编码效果，有助于探索地图符号对记忆编码过程的影响[31]。各项指标见表 1。

表 1　空间记忆测量指标

Table 1　Spatial memory measurement index

任务	指标	具体解释
自我为中心的方位判断任务	学习时间	从记忆指令结束到被试报告完成记忆所用时长
	方位判断任务反应时	从方位判断指令结束到被试按下按钮所用时长
	方位判断任务错误率	出错次数与任务总数之比，被试所指方向偏离正确方向超过 22.5°被视为错误

2.2　被试

考虑到性别对空间记忆[32]、情绪反应[33]均有影响，因此控制性别因素有助提高实验内部效度。已有研究证实，男性擅长使用全局信息(如距离、东南西北和心理地图)导航[34]，而女性依赖视觉信息完成空间记忆任务[35]，因此本研究中女性更具备代表性。招募某高校 35 名女性被试，进行心理切割测试问卷(Mental cutting test)调查[36]，去除极端得分，对被试做匹配分组，避免其空间认知能力差异对空间认知手段的影响[37]，单因素方差分析表明 2 组被试空间认知能力无显著差异(t=0.457，p=0.651>0.05，df=28)，分组有效。最终筛选出正负情绪组各 15 名，年龄范围为 18~25 岁，听力、视力或矫正视力正常，无神经或精神疾病，未参加过类似实验，均知情同意。

2.3　实验材料

2.3.1　地图符号材料

点状符号是旅游地图中不可缺少的元素，因此以点状符号为例，探讨其对地图学习和使用的影响。本研究以目前 AR 软件应用中常见的图像、草图和图标为主要研究对象，代表 3 类不同抽象程度的地图符号视觉形式[13](图 1)。最终确定 46 个点状地图符号，所有材料经统一处理，避免细节缺失，保证实验材料同质性，规避选择著名建筑物；并预先进行符号认知辨认测试后，删除认知度低于 50% 的材料，正式实验包括 24 个符号(表 2)。卡方检验显示 3 种符号认知度差异不显著(χ^2=3.566，p=0.168>0.05)。

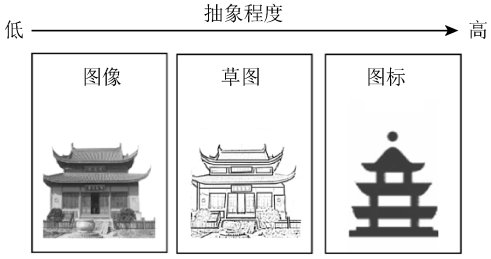

图 1　地图符号的抽象程度

Fig. 1　Abstract level of map symbols

表 2　3 种类型的符号与正确认识率

Table 2　Three types of symbols and correct recognition rate

类型	符号名称(正确认识率 %)			
图像	冷饮店 (94)	动物园 (90)	游乐场 (94)	教堂 (92)
	碑林 (53)	湿地景区 (71)	树屋 (67)	纪念品店 (94)
草图	园林 (63)	帆船基地 (71)	观鸟平台 (67)	商贸中心 (90)
	咖啡厅 (86)	山峰 (92)	海洋馆 (78)	遗址 (67)
图标	公园 (59)	酒吧 (84)	唱吧 (84)	桥 (90)
	寺庙 (63)	码头 (75)	餐厅 (94)	超市 (71)

2.3.2　情绪诱发材料

情绪诱发法是情绪研究最广泛使用的方法之一。由于组合诱发法能更有效地诱发情绪，单一的图片、视频或自主回忆诱发方法在强度和持续时间上难以满足本实验要求，因此本实验运用图片与音乐材料相组合的诱发方式[38]，帮助诱发并维持特定情绪状态。选定中国情绪图片库[39]图片 40 张，正

性高唤醒 20 张(效价 M=6.353，SD=1.56，唤醒 M=6.10，SD=1.88)，负性高唤醒 20 张(效价 M=3.69，SD=1.60，唤醒 M=6.07，SD=2.47)。中国情绪音乐材料库选定情绪状态相配的音乐，每种情绪 40 首歌曲，正性高唤醒诱发快乐(效价 M=7.26，SD=1.35，唤醒 M=6.87，SD=1.47)，负性高唤醒诱发恐惧(效价 M=2.65，SD=1.42，唤醒 M=7.07，SD=1.53)，任务过程中作为背景音乐连续播放。使用心理状态剖面图(profile of mood states，POMS)量表与简明情绪内省量表(brief mood introspection scale，BMIS)衡量情绪诱发效果。

2.3.3　情绪评估材料

采用BMIS与POMS分别对情绪诱发整体和持续性效果进行评估。POMS 由 GROVE 和 PRAPAVESSIS 编制[40]、祝蓓里修订[41]，包括 7 个分量表，共40个形容词，为5点量表，α 系数为0.746。BMIS 是由心理学家 MAYER 和 GASCHKE 开发[42]，共有 4 个子量表维度，包括 16 个题目，其中正、负性题项各 8 个，量表较为简短、易读，便于快速表达情绪，采用 5 点评分(1 为完全不符合，5 为完全符合)，内部一致性信度 α=0.92。

2.4　实验过程

被试使用练习场景完成 2 次空间记忆任务，以确保达到稳定水平，避免练习效应。情绪诱发阶段中，被试填写前测 POMS 量表，闭眼进入房间后，观看电脑连续呈现的 20 张情绪图片，同时对应播放音乐，然后立即填写 BMIS 量表。学习阶段中，被试面向 0°初始方向开始实验，原地转动身体按任意顺序记忆手机 AR 环境中的地图符号方位，期间掐表计时，主试通过 7 次方位测试再确认结果，以判断被试是否需要重新学习。干扰阶段被试完成从 1 000 倒减 3 的运算。测试阶段，被试闭眼面向 0°，根据指令指向目标方位并按下蓝牙手柄按钮，软件自动记录反应时间，每组任务完成后填写 1 次 BMIS 情绪量表。3 轮任务结束后，音乐停止，被试填写后测 POMS 量表。实验后辅以访谈，了解被试情绪感受、记忆过程和策略。并统一说明实验目的，对有明显情绪波动的被试进行简单干预。

2.5　实验仪器与环境

使用小米 8 安卓手机 MIU10 系统、蓝牙手柄和蓝牙九轴传感器收集数据，AR 软件使用 unity3D 开发。E-prime 呈现情绪图片，蓝牙音箱呈现音乐和提示。使用 SPSS21 和 R 语言分析统计结果。

AR 虚拟环境包含图像、草图、图标以及练习环境，均由 8 个方位符号组成(图 2)。符号在除 0°方位外的 7 个方位随机分布，所有符号均属于旅游景区语义类别，以控制语义关联[43]，避免组间景点名称之间语义相似性有差异。

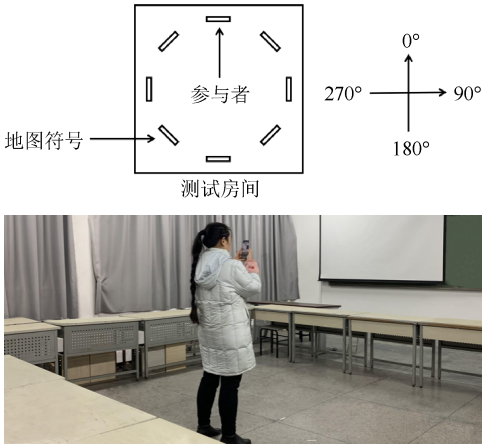

图 2　实验环境示意图

Fig. 2　Experimental environment

3　结果与分析

3.1　情绪诱发效果

3.1.1　心理状态剖面图

采用精力分量表衡量唤醒，抑郁分量表衡量效价[38]，根据标准评分方式评分[40]。实验前，测量被试情绪效价、唤醒前测值；结束时，测量效价、唤醒后测值；以后测值减去前测值的方式计算效价差值和唤醒差值(表 3)。分别以效价差值、唤醒差值为因变量，做配对样本 t 检验，发现正负情绪组的效价差值存在显著差异(t=−2.918，p=0.011<0.05，df=14)。唤醒差值差异不显著。

表 3　POMS 量表和 BMIS 量表的效价平均得分

Table 3　The average score of pleasure degree of POMS and BMIS scale

POMS 量表	情绪组	前测值		后测值		差值		BMIS 量表	情绪组	所有时间点的平均值	
		均值	标准差	均值	标准差	均值	标准差			均值	标准差
抑郁	正性	1.400	2.823	1.733	2.658	0.333	1.799	效价	正性	56.550	11.257
	负性	0.733	1.033	4.067	3.693	3.333	3.498		负性	42.800	7.404
精力	正性	9.933	3.918	10.000	6.268	0.067	6.318	唤醒	正性	32.200	3.298
	负性	9.400	5.193	5.193	5.467	−3.933	−3.933		负性	29.583	3.041

3.1.2 简明情绪内省量表

根据 BMIS 评分手册[42]采用愉快-不愉快分量表衡量效价，唤醒-平静分量表衡量唤醒，使用反向计分法评分，采用 4 个时间点均值反映被试情绪体验[38]以确保测试中情绪诱发的持久性，见表 3。对效价、唤醒分别做配对样本 t 检验，发现正负情绪组在效价上存在显著差异(t=3.937，p=0.001<0.01，df=14)，唤醒上不存在显著差异。

3.2 学习时间

记忆编码时间均值依次为图标<图像<草图，草图形式的符号编码时间存在极慢情况，见表 4。负性情绪下的学习时间均值较长(M=130.6494)，尤其是草图、图标形式的记忆编码时间较长；正性情绪下的总体学习时间较短(M=122.9211)，其中图标的编码时间最短。

表 4 学习时间的描述统计

Table 4 Descriptive statistics of learning time

变量	均值	中位数	标准差	最大值	最小值	人数
图像	128.53	115.39	48.62	214.94	45.09	30
草图	134.29	124.06	59.38	290.01	47.13	30
图标	117.52	109.92	50.98	216.26	46.32	30

为排除唤醒因素的影响，将唤醒作为协变量，采用重复测量协方差分析，以符号为组内变量，效价为组间变量，对数转换后的学习时间作为因变量进行处理以情绪唤醒、效价和符号为自变量，对数转换的学习时间为因变量的多因素方差分析显示情绪唤醒、效价和符号不存在交互效应($F_{(2,52.464)}$=0.018，p=0.999>0.05，df=2，partial η^2=0.008)。

为排除唤醒因素的影响，将唤醒作为协变量，采用重复测量协方差分析，以符号为组内变量，效价为组间变量，对数转换后的学习时间作为因变量进行处理，发现符号主效应显著($F_{(2,52.464)}$=4.305，p=0.018<0.05，df=2，partial η^2=0.138)，符号和情绪效价交互作用显著($F_{(2,52.464)}$=6.347，p=0.003<0.01，df=2，partial η^2=0.116)，符号和情绪唤醒交互作用显著($F_{(2,52.464)}$=3.528，p=0.036<0.05，df=2，partial η^2=0.190)，情绪唤醒、效价主效应均不显著。进一步成对比较发现，图像和图标差异显著(t=0.109，p=0.047<0.05，df=27)，草图和图标差异显著(t=0.143，p=0.012<0.05，df=27)，图像和草图差异不显著。简单效应分析发现正性情绪时，图像学习时间显著大于图标(t=0.300，p=0.002<0.05，df=27)，草图也显著大于图标(t=0.276，p=0.004<0.05，df=27)，为图像(M=4.79)>草图(M=4.76)>图标(M=4.54)；但负性情绪时，3 种符号差异不显著(图 3~图 4)。

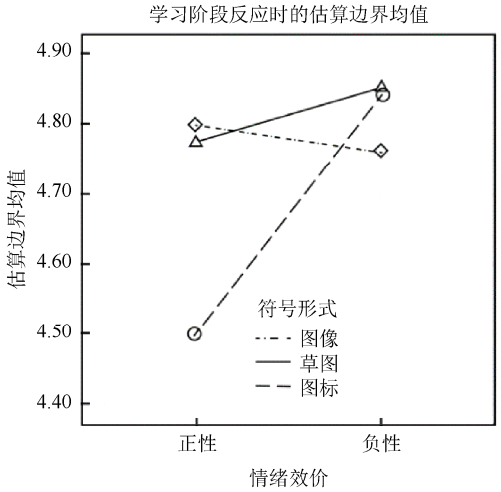

图 3 情绪效价*符号在学习时间上的交互效应

Fig. 3 Interactive effect of emotional valence * symbol on learning time

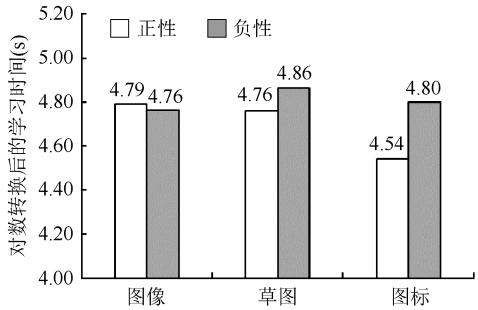

图 4 情绪效价对学习时间的影响

Fig. 4 Influence of emotional valence on learning time

3.3 自我为中心的方位判断任务反应时、错误率

不同符号方位判断任务反应时依次为草图<图标<图像。无论是在正性或负性情绪下，草图反应时均值均最快，见表 5。正性情绪下的方位判断任务总体时间短；负性情绪下反应时波动大，图像的反应时存在极慢情况，如图 5 所示。

以情绪效价、符号为自变量，情绪唤醒为协变量，对对数转换后的反应时做重复测量协方差分析，发现符号的主效应不显著，情绪唤醒、情绪效价主效应均不显著，效价和符号、唤醒和符号交互作用均不显著。

符号和效价为自变量，唤醒为协变量，错误率为因变量，进行重复测量协方差分析(表 6)。结果显示符号、效价主效应不显著，但符号与效价的交互作用显著(表 6)；鉴于交互作用显著，因此需要进行简单斜率检验，进一步观察在不同情绪效价时每一种符号的变化趋势。

采用 R 语言建立线性混合模型，以任务错误率为因变量，符号形式、情绪效价为自变量，并将唤醒纳入到模型中进行控制，分别对 3 种不同的符号形式建立：①情绪效价与随机个体差异；②情绪唤醒与随机个体差异；③情绪效价、情绪唤醒与随机个体差异，3 种线性混合模型。通过赤池信息准则(Akaike information criterion，AIC)与贝叶斯信息准则(Bayesian information criterion，BIC)筛选模型，AIC 和 BIC 值越小则模型拟合度高，发现在 3 种符号状态下皆为情绪效价与随机个体差异模型结果最优(表 7)。线性模型结果显示仅在使用图标时，情绪由正性转变为负性会显著增加方位判断任务错误率。

表 5　方位判断任务反应时的描述统计

Table 5　Response time description statistics of EPT task

变量		均值	中位数	标准差	最大值	最小值	人数
正性	图像	14.262	12.140	4.363	23.00	8.92	15
	草图	13.163	12.270	4.443	22.39	6.04	15
	图标	13.372	12.520	3.101	19.68	8.62	15
负性	图像	14.494	13.180	4.965	26.47	9.23	15
	草图	13.518	13.340	3.129	19.92	8.52	15
	图标	13.883	12.360	3.689	23.09	9.84	15

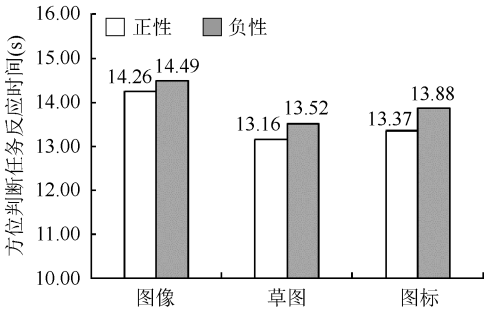

图 5　情绪效价对方位判断任务反应时的影响

Fig. 5　Influence of emotional valence on the response time of EPT task

表 6　方位判断任务错误率的重复测量方差分析结果

Table 6　Repeated measures ANOVA results of the error rate of EPT task

变量	自由度	*F* 值	*p* 值	偏 Eta 方
符号	2	2.642	0.085	0.092
符号×效价	2	5.089	0.011	0.164
符号×唤醒	2	2.525	0.094	0.089
误差	52	-	-	-

表 7　情绪效价与随机个体差异模型结果

Table 7　Result of emotional validity and randomized individual differences model

变量	*β*	标准误	*t* 值	*p* 值
图像	–0.009	0.042	–0.221	0.826
草图	0.009	0.042	0.221	0.826
图标	0.075	0.024	3.109	0.004

4　讨论

地图符号对空间记忆具有重要作用。分析不同情绪状态下，地图符号对空间记忆编码与提取的影响，有助于深入了解 AR 中的人类空间认知行为。本文分别从符号抽象程度和情绪效价 2 个维度，对空间记忆任务展开研究，并依据实验结果依次对照假设展开讨论。

4.1　地图符号对学习时间、反应时和错误率的影响

对学习时间数据分析结果说明，抽象图标有利于学习，草图形式的学习时间比其他形式更久，部分支持了假设 H1(地图符号抽象程度显著正向影响移动 AR 中的空间记忆假设)。研究表明，过度确定性比不确定性更容易导致学习时间延长[44]。相比于图标，图像与草图更为具象，包含目标地点的大量过度确定信息，会导致用户耗费更久时间分辨和理解符号的外形细节，而忽视图标本质含义。该结果与 RYAN 和 SCHWARTZ[45]的研究结论相似，通过研究照片、阴影图、线描图和卡通的认知速度差异，发现卡通需要的认知时间最短。与本文研究结果不同，有学者认为抽象标识不利于地图空间认知[7]，出现差异的原因可能是之前研究采用几何符号，较本文研究的图标符号更抽象，因此导致地图过于简洁，让用户难以理解。已有研究中，人们对中等真实信息的记忆效果明显优于抽象或过于真实的信息[3]。这一结果意味着可以通过调整符号真实程度来影响或提升记忆准确性，减轻 AR 辅助工具对空间记忆的负面影响。

对方位判断任务反应时、错误率数据分析结果表明，不同符号形式对方位判断任务影响不大。这表明一旦形成对空间方位的认知，不同呈现形式能以同样的方式支持最终记忆任务，和已有研究结论相似[17]，这可能与不同学习材料呈现形式对空间记忆等效性的假设[46]有关。该假设表明，虽然某些符号更难构造空间表征，且一旦使用者在学习阶段掌握了空间知识，改变符号形式就对其回忆任务绩效影响不大。

4.2　情绪体验对学习时间、反应时和错误率的影响

数据分析结果表明，情绪主效应不显著，仅情绪与符号共同作用后，对学习时间、任务出错率的影响存在交互作用，假设 H3(情绪效价、地图符号抽象程度间具有交互作用，能显著正向影响移动

AR 中的空间记忆)成立。具体来说，情绪效价在符号的空间方位学习和回忆过程中存在调节作用，该结果意味着正性情绪下，符号对记忆编码时间的影响被放大，导致被试对图标的学习时间远低于图像或草图；但负性情绪下符号类别对记忆编码影响较小。分析原因，可能是因为正性情绪状态下视觉吸引力高的符号更容易获得关注[47]，由于图标是目前导航符号的主流形式，对用户来说熟悉度更高、视觉复杂度更低[48]，因此视觉吸引力突出，对正性情绪组而言，更具审美吸引力，进而能获得优先关注；负性情绪下并未表现出不同符号间视觉吸引力的差异，可能是因为视觉吸引力低的符号并不等同于负性刺激[47]，因此不同符号之间没有明确优势，这一结论与情绪一致性效应相似。

效价对任务反应时、出错率的影响无显著差异，仅在学习时间上有影响，说明在长时间学习完成后，情绪对任务的影响不大，即使情绪状态不利于回忆，负性情绪组也仍然能快速反应。对反应时和错误率影响不显著的原因，可能是正负情绪组在 2 个指标上数值都较低，因此虽然有一定差别，但很难在统计上获得显著差异。这也提示，任务难度可能不高，容易出现天花板效应。假设 H2(情绪效价显著正向影响移动 AR 中的空间记忆)不成立。

5 结束语

本研究探讨在正负性情绪状态下，被试使用图像、草图和图标 3 种不同符号呈现形式完成空间记忆任务的情况。结果发现：符号形式对空间记忆任务学习时间的影响存在显著差异，图标更有利于快速学习空间知识；情绪效价对空间记忆没有显著影响；情绪效价与符号形式具有交互作用，2 种条件共同作用时，会对被试的学习时间和任务错误率施加显著影响。根据以上结论，提出相关建议：①在用户的记忆编码阶段，AR 导航地图界面中应多采用高抽象程度的地标符号进行显示；②应有效提升界面的正性情绪服务氛围。

本研究局限性在于，研究仅针对学生被试展开研究，但使用 AR 产品的用户有多元性与广泛性，进一步研究中可以探讨不同年龄、专业、文化背景下用户群体的 AR 空间记忆差异；此外，本研究仅考察 7 个方位空间记忆，后续可以通过提升任务难度，对该问题展开进阶探索。

参考文献 (References)

[1] 陶岚, 何华贵. 基于 AR 互动等新技术的《广州城市地图集》设计特点[J]. 测绘地理信息, 2021, 46(1): 118-122.
TAO L, HE H G. The design characteristics of Guangzhou city atlas based on AR interaction and other new technologies[J]. Journal of Geomatics, 2021, 46(1): 118-122 (in Chinese).

[2] AMINOFF M J, DAROFF R B. Encyclopedia of the neurological sciences[M]. 2nd ed. Waltham: Academic Press, 2014: 86-90.

[3] DONG W H, WU Y L, QIN T, et al. What is the difference between augmented reality and 2D navigation electronic maps in pedestrian wayfinding?[J]. Cartography and Geographic Information Science, 2021, 48(3): 225-240.

[4] 邵将, 颜克彤, 姚君, 等. 头戴式 AR 界面目标符号的视觉搜索实验研究[J]. 东南大学学报: 自然科学版, 2020, 50(1): 20-25.
SHAO J, YAN K T, YAO J, et al. Experimental study on visual search for aiming symbols in head-mounted AR system interface[J]. Journal of Southeast University: Natural Science Edition, 2020, 50(1): 20-25 (in Chinese).

[5] HALIK Ł, MEDYŃSKA-GULIJ B. The differentiation of point symbols using selected visual variables in the mobile augmented reality system[J]. The Cartographic Journal, 2017, 54(2): 147-156.

[6] 郭健, 陈辉, 徐旺, 等. 应用模式的增强现实地图内容表达研究[J]. 测绘科学技术学报, 2020, 37(5): 516-524, 530.
GUO J, CHEN H, XU W, et al. Research on content expression of augmented reality maps application model[J]. Journal of Geomatics Science and Technology, 2020, 37(5): 516-524, 530 (in Chinese).

[7] KEIL J, KORTE A, RATMER A, et al. Augmented reality (AR) and spatial cognition: effects of holographic grids on distance estimation and location memory in a 3D indoor scenario[J]. Journal of Photogrammetry, Remote Sensing and Geoinformation Science, 2020, 88(2): 165-172.

[8] RUOTOLO F, CLAESSEN M H G, VAN DER HAM I J M. Putting emotions in routes: the influence of emotionally laden landmarks on spatial memory[J]. Psychological Research, 2019, 83(5): 1083-1095.

[9] 欧阳峥峥, 孙世月, 李雪冰, 等. 音乐诱发负性情绪对语音工作记忆和空间工作记忆不同影响的事件相关电位研究[J]. 中华行为医学与脑科学杂志, 2010, 19(9): 813-816.
OUYANG Z Z, SUN S Y, LI X B, et al. The different effect of negative emotion induced by background music on verbal and spatial working memory: evidence from ERP study[J]. Chinese Journal of Behavioral Medicine and Brain Science, 2010, 19(9): 813-816 (in Chinese).

[10] BEDNARCZUK N F, BRADSHAW J M, MIAN S Y, et al. Pathophysiological dissociation of the interaction between time pressure and trait anxiety during spatial orientation judgments[J]. The European Journal of Neuroscience, 2020, 52(4): 3215-3222.

[11] 王君怡, 林岚, 高华, 等. 大学生旅游地图空间符号认知的群体差异研究: 基于眼动实验数据分析[J]. 旅游学刊, 2016, 31(3): 97-105.
WANG J Y, LIN L, GAO H, et al. Differences in college students' spatial symbol cognition of tourism map: based on experimental data from an eye-movement tracking system[J]. Tourism Tribune, 2016, 31(3): 97-105 (in Chinese).

[12] MAIDENBAUM S, PATEL A, GARLIN I C, et al. Studying spatial memory in augmented and virtual reality[EB/OL]. (2019-09-23) [2022-04-24]. https://www.biorxiv.org/content/10.1101/777946v1.full.

[13] ELIAS B, PAELKE V. User-centered design of landmark visualizations[M]//Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Heidelberg: Springer, 2008: 33-56.
[14] YOVCHEVA Z, BUHALIS D, GATZIDIS C, et al. Empirical evaluation of smartphone augmented reality browsers in an urban tourism destination context[J]. International Journal of Mobile Human Computer Interaction, 2014, 6(2): 10-31.
[15] LOKKA I E, ÇÖLTEKIN A. Toward optimizing the design of virtual environments for route learning: empirically assessing the effects of changing levels of realism on memory[J]. International Journal of Digital Earth, 2019, 12(2): 137-155.
[16] STEVENS J, ROBINSON A, MACEACHREN A. Designing map symbols for mobile devices: challenges, best practices, and the utilization of skeuomorphism[J]. International Cartograhic Conference, ICC2013, 2013: 1-9.
[17] FRANKE C, SCHWEIKART J. Mental representation of landmarks on maps: investigating cartographic visualization methods with eye tracking technology[J]. Spatial Cognition & Computation, 2017, 17(1-2): 20-38.
[18] KEIL J. The salience of landmark representations in maps and its effects on spatial memory[D]. Bochum: Ruhr University Bochum, 2021.
[19] TYNG C M, AMIN H U, SAAD M N M, et al. The influences of emotion on learning and memory[J]. Frontiers in Psychology, 2017, 8: 1454.
[20] PANKSEPP J. Affective neuroscience: the foundations of human and animal emotions[M]. Oxford: Oxford University Press, 2004.
[21] RIENER C R, STEFANUCCI J K, PROFFITT D R, et al. An effect of mood on the perception of geographical slant[J]. Cognition & Emotion, 2011, 25(1): 174-182.
[22] 傅小兰. 情绪心理学[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2016: 2-6.
FU X L. Psychology of emotion[M]. Shanghai: East China Normal University Press, 2016: 2-6 (in Chinese).
[23] RUSSELL J A. A circumplex model of affect[J]. Journal of personality and social psychology, 1980, 39(6): 1161-1178.
[24] SCHMIDT K, PATNAIK P, KENSINGER E A. Emotion's influence on memory for spatial and temporal context[J]. Cognition & Emotion, 2011, 25(2): 229-243.
[25] PALMIERO M, NORI R, ROGOLINO C, et al. Situated navigational working memory: the role of positive mood[J]. Cognitive Processing, 2015, 16(1): 327-330.
[26] BALABAN C Z, KARIMPUR H, RÖSER F, et al. Turn left where you felt unhappy: how affect influences landmark-based wayfinding[J]. Cognitive Processing, 2017, 18(2): 135-144.
[27] SCHWARZ N. Feelings-as-information theory[M]//Handbook of Theories of Social Psychology: Volume 1.1. London: SAGE Publications Ltd, 2012: 289-308.
[28] MUNOZ-MONTOYA F, FIDALGO C, JUAN M C, et al. Memory for object location in augmented reality: the role of gender and the relationship among spatial and anxiety outcomes[J]. Frontiers in Human Neuroscience, 2019, 13: 113.
[29] SCHULTHEIS H. Spatial memory of immediate environments[C]//The 41st Annual Conference of the Cognitive Science Society. Montreal: Cognitive Science Society Press, 2019: 1022-1028.
[30] MOU W M, BIOCCA F, OWEN C B, et al. Frames of reference in mobile augmented reality displays[J]. Journal of Experimental Psychology Applied, 2004, 10(4): 238-244.
[31] AVRAAM S, HATZIPANAYIOTI A, AVRAAMIDES M N. Orientation-dependent spatial memories for scenes viewed on mobile devices[J]. Psychological Research, 2020, 84(3): 643-649.
[32] LEÓN I, TASCÓN L, CIMADEVILLA J M. Age and gender-related differences in a spatial memory task in humans[J]. Behavioural Brain Research, 2016, 306: 8-12.
[33] 袁加锦, 汪宇, 鞠恩霞, 等. 情绪加工的性别差异及神经机制[J]. 心理科学进展, 2010, 18(12): 1899-1908.
YUAN J J, WANG Y, JU E X, et al. Gender differences in emotional processing and its neural mechanisms[J]. Advances in Psychological Science, 2010, 18(12): 1899-1908 (in Chinese).
[34] LAURA T, IRENE L, RUBÉN F, et al. Reversal training discloses gender differences in a spatial memory task in humans[J]. International Journal of Cognition and Behaviour, 2021, 4(1): 11.
[35] JONES C M, HEALY S D. Differences in cue use and spatial memory in men and women[J]. Proceedings Biological Sciences, 2006, 273(1598): 2241-2247.
[36] TSUTSUMI E. Evaluation of students′ spatial abilities using mental cutting test[J]. International Journal of Technology and Engineering Education, 2005, 2(2): 77-82.
[37] 方浩, 宋章通, 杨流, 等. VR 移动城市导航地图设计中的空间认知要素[J]. 武汉大学学报·信息科学版, 2019, 44(8): 1124-1130.
FANG H, SONG Z T, YANG L, et al. Spatial cognitive elements of VR mobile city navigation map[J]. Geomatics and Information Science of Wuhan University, 2019, 44(8): 1124-1130 (in Chinese).
[38] GARDONY A, TAYLOR H A. Affective states influence spatial cue utilization during navigation[J]. Presence, 2011, 20(3): 223-240.
[39] 白露, 马慧, 黄宇霞, 等. 中国情绪图片系统的编制: 在 46 名中国大学生中的试用[J]. 中国心理卫生杂志, 2005, 19(11): 719-722.
BAI L, MA H, HUANG Y X, et al. The development of native Chinese affective picture system-a pretest in 46 college students[J]. Chinese Mental Health Journal, 2005, 19(11): 719-722 (in Chinese).
[40] GROVE R, PRAPAVESSIS H. Preliminary evidence for the reliability and validity of an abbreviated Profile of Mood States[J]. International Journal of Sport Psychology, 1992, 23(2): 93-109.
[41] 祝蓓里. POMS 量表及简式中国常模简介[J]. 天津体育学院学报, 1995, 10(1): 35-37.
ZHU B L. Brief introduction of poms scale and its model for China[J]. Journal of Tianjin Institute of Physical Education, 1995, 10(1): 35-37 (in Chinese).
[42] MAYER J D, GASCHKE Y N. The experience and meta-experience of mood[J]. Journal of Personality and Social Psychology, 1988, 55(1): 102-111.
[43] HUFFMAN D J, EKSTROM A D. Which way is the bookstore? A closer look at the judgments of relative directions task[J]. Spatial Cognition and Computation, 2019, 19(2): 93-129.
[44] SCHNEIDER L F, TAYLOR H A. How do you get there from here? Mental representations of route descriptions[J]. Applied Cognitive Psychology, 1999, 13(5): 415-441.
[45] RYAN T A, SCHWARTZ C B. Speed of perception as a function of 3mode of representation[J]. The American Journal of Psychology, 1956, 69(1): 60.
[46] LOOMIS J M, LIPPA Y, GOLLEDGE R G, et al. Spatial updating of locations specified by 3-d sound and spatial language[J]. Journal of Experimental Psychology Learning, Memory, and Cognition, 2002, 28(2): 335-345.
[47] REPPA I, MCDOUGALL S, SONDEREGGER A, et al. Mood moderates the effect of aesthetic appeal on performance[J]. Cognition and Emotion, 2021, 35(1): 15-29.
[48] MCDOUGALL S J P, REPPA I. Why do I like It? The relationships between icon characteristics, user performance and aesthetic appeal[J]. Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting, 2008, 52(18): 1257-1261.