

基于知识可视化的移动端全景虚拟博物馆交互设计研究

檀鹏, 纪毅

(广东工业大学, 广州 510000)

摘要: **目的** 探究知识可视化视角下移动端全景虚拟博物馆的交互设计方法。**方法** 首先, 概述了移动博物馆的现状, 并对知识可视化理论和应用进行梳理和提炼; 其次, 从知识可视化的视角分析移动端全景虚拟博物馆的应用特征和存在问题, 提出将知识可视化引入移动端全景虚拟博物馆交互设计的机会和意义; 最后, 通过分析移动端全景虚拟博物馆的知识可视化特性并结合前期相关研究, 构建基于知识可视化的移动端全景虚拟博物馆的交互设计方法。**结论** 知识可视化是增强用户高效交互和学习的重要方式。研究通过将知识可视化理论与移动端全景虚拟博物馆的交互设计相结合, 提出从数据、结构、交互和用户4个层面进行知识交互的架构设计, 并从知识类型的可视化、认知过程的可视化和图形性质的可视化3个方向作为设计原则, 综合形成面向移动端全景虚拟博物馆的交互设计方法, 为今后的相关学者和设计师提供了一定的研究和实践意义。

关键词: 知识可视化; 移动博物馆; 全景虚拟展示; 交互设计; 设计方法

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2022)04-0244-07

DOI: 10.19554/j.cnki.1001-3563.2022.04.030

Research on Interaction Design of Mobile Panoramic Virtual Museum Based on Knowledge Visualization

TAN Peng, JI Yi

(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510000, China)

ABSTRACT: This research aims to explore the interaction design method of mobile museum in panoramic virtual display from the perspective of knowledge visualization theory. The methods include three steps. Firstly, the research summarized the status of mobile museum, and investigated the theory and practice of knowledge visualization. Secondly, this research analyzed the problems and characteristics of mobile museum in panoramic virtual display from the perspective of knowledge visualization theory, and proposed the opportunity and importance to do so. Finally, this research constructed interaction design methods of mobile museum in panoramic virtual display based on knowledge visualization theory by combining the previous research. In addition, this research demonstrated that knowledge visualization theory is important to make users accessible to efficient mobile interaction and learning. The results of this research proposed an integrated interaction design method of mobile museum in panoramic virtual display, which include four levels structure design of knowledge interaction from data, structure, interaction and user, and three directions design principles from visualization of knowledge characteristics, visualization of cognition processes, and visualization of graphic nature. It provides reference of theory and practice with related-researchers and related-designers.

KEY WORDS: knowledge visualization; mobile museum; panoramic virtual display; interaction design; design method

收稿日期: 2021-11-22

基金项目: 教育部人文社会科学研究项目(20YJ760031)

作者简介: 檀鹏(1993—), 男, 安徽人, 广东工业大学硕士生, 主攻人机交互与交互设计、非物质文化遗产教育研究。

通信作者: 纪毅(1979—), 男, 山东人, 博士, 广东工业大学副教授, 主要研究方向为交互设计、交互艺术与体验设计研究。

博物馆作为一种大众教育情景对区域历史文化与科学艺术的传承与推广起到了重要的媒介作用。随着移动互联网的日渐发展,基于 Web 端的移动博物馆因其轻量、易传播等特质,打破了传统线下博物馆时间与空间上的参观限制,让广大人民群众足不出户便可参观与学习知名博物馆的展示内容^[1]。移动博物馆作为一种在线博物馆教育通道,近年来已日渐受到大众的关注与参与。从呈现的方式来看,当下的移动博物馆可分为 3 类:第 1 类,基于移动端应用的博物馆手机软件,如《掌上故宫》《胤禛美人图》等应用,大众通过预设的图片、文本和视频等素材供大众学习相应的展品内容;第 2 类,基于增强现实技术(Augmented Reality, AR)、虚拟现实(Virtual Reality, VR)的博物馆移动设备,如《纯净之地:敦煌莫高窟》AR 展览、佛山国家级非遗项目 AR 明信片等,大众使用 AR 应用识别线下的预设识别物进而通过手机屏幕获得展示内容;第 3 类,基于 Web 端的博物馆在线漫游平台,如故宫、敦煌莫高窟等博物馆的“云看展”形式,大众通过二维码识别进入全景虚拟的网页浏览博物馆的空间与展品内容。研究发现,目前移动全景虚拟博物馆已成为一种大众认知与学习文化遗产的重要手段,如故宫、敦煌莫高窟等上百家博物馆均已开发了移动平台。基于 Web 端的全景虚拟博物馆因其轻量化、情景化、全景式等特质,在大众传播和在线学习层面备受博物馆和大众的喜爱^[2]。新兴的数字技术在数字博物馆应用中也凸现出人-交互设备-展品-环境之间的交互问题,如何实现人与客观对象的自然交互、共协共生是目前博物馆数字化交互的重要研究趋势。此外,尽管目前多数的博物馆均开始使用不同的技术与设备在线展示与传播展品等内容,但移动博物馆仍需要加强展品内涵的深入研究和合理解释,以及整合大众的认知与体验心理,通过适用的互动与可视化方式增强大众的参与和学习效果。然而,目前移动全景虚拟博物馆的交互设计主要是对展示空间的单一还原,且缺乏对展示对象有效的可视化,导致大众在线参观对博物馆展示内容的认知仍是知之甚少^[3]。知识可视化是如何实现知识转化的方法,在移动互联网时代已被广泛应用于不同领域的在线学习平台,帮助用户有效的认知与学习^[4]。因此本研究以知识可视化理论为指导,提出面向移动端全景虚拟博物馆的交互设计方法,增强用户交互体验与学习的高效性。

1 知识可视化理论概述

移动互联网时代人们每天会在线接触到大量的信息,合理高效地获取和组织知识对大众尤为重要。知识可视化是指促进群体间知识传播和创新(如重构、图式化与管理)知识创造与传播的方法,用于辅助和增强用户在互动过程中的知识获取、内化与转

化,在实践应用中具有直观化、结构化、高效化、深度化等特点^[5]。从应用的结构而言,知识可视化包含了数据、信息、知识 3 层依次递进的关系,它代表着大众认知的转化过程。近年来,知识可视化这一理论常被应用于教育教学、知识管理和智慧图书馆领域^[4],通过有效的工具设计、交互式环境建构(在线学习)和系统的评估与决策等方式,从多维度帮助大众在移动互联网语境下提高信息理解、分析的效率,减少认知的负荷,在工作与学习中有效的获取、管理和应用知识。在移动博物馆日渐受到重视和在线学习的日益普遍化背景下,通过数字技术实现博物馆展品的知识传达和与人的深度参与交互的问题亟待解决^[6],而知识可视化的相关理论在大众参与移动端全景虚拟博物馆在线学习的知识交互语境中不失为一种有效的探索路径、方法与视角。

2 移动端全景虚拟博物馆的交互设计分析

移动端全景虚拟博物馆是基于全景图像的真实场景虚拟现实交互博物馆,它通过计算机技术实现全方位互动式观看真实场景的还原展示内容^[7]。相较于传统的移动博物馆交互体验而言,其具备较强的真实感、沉浸感和交互性,但在交互体验和视觉表征等方面仍待提升。研究基于各大博物馆的在线平台和移动端应用商店调研了近 100 个全景虚拟的移动博物馆平台,从全景虚拟、知识管理、视觉表征、交互体验等维度分析其优点与不足。研究发现除展示内容与主题各不相同外,目前移动端全景虚拟博物馆从人机交互方式出发可分为指示类(箭头)、点击类(触屏)和聚焦类(视点)3 种形式,笔者基于人机交互设计和知识可视化理论,挑选 3 个案例分别对 3 类全景虚拟博物馆进行分析,分析结果概述见表 1。

从竞品的主要类别、交互方式、视觉表征和交互设计的优劣势等方面,研究分析了指示类、点击类和聚焦类移动全景虚拟博物馆的特征。通过调查发现,目前指示类移动全景虚拟博物馆是案例最多且应用性较强的类别,多应用于空间大和展厅数量多的博物馆,具备清晰的视觉导航,对用户的界面交互具有较强的易用性;但对知识的呈现层级较浅,全景漫游时的空间定位自由度较低,且视角不易观看。聚焦类移动全景虚拟博物馆则由于技术与设备的限制已开发的案例相对较少,多针对保护价值高、情景感和在地性强的博物馆,用户基于虚拟现实眼镜进行沉浸式的交互体验;但交互体验上缺乏对用户认知的考量,界面控制与交互方式较少,全景虚拟体验时视点不易聚焦。点击类移动全景虚拟博物馆案例应用的数量居中,主题类、科普类博物馆的案例开发较多,交互界面具有丰富的预设点击图标,用户可以在该空间选择自己感兴趣和当面在看的内容,帮助其快速获得相应的学习内容,但界面触点过于密集且知识可视化程度较低。

表 1 传统手工艺类 APP 竞品分析
Tab.1 Competitive products analysis of traditional handicraft type APP

| 应用名称 | 山西省博物馆 (山鹰之子) | 敦煌莫高窟 (数字敦煌) | 广东省博物馆 (恐龙馆) |
|---|---|---|--|
| 竞品类别 | 指示类 | 聚焦类 | 点击类 |
| 交互方式 (图例) | 以箭头、地图导航位置 | 以视点聚焦导航位置 | 以空间触屏导航位置 |
|  |  |  | |
| 视觉表征 | 地图定位、不同场景的指示切换、自动漫游馆内空间 | 视点漫游与控制、视觉呈现内容清晰 | 视觉呈现密集、拥有对二维/三维/参观者 3 个模式的视觉呈现、空间尺度可视化 |
| 产品优势 | 导航清晰、让参观者知道自己的位置, 技术整合漫游的展示空间 | 界面简洁、全景还原历史遗迹、结合虚拟现实眼镜体验、沉浸感强 | 对视角切换参观、空间快速点位、知识可视化形式多元 |
| 产品劣势 | 交互界面有遮挡、对知识的细节呈现层级深且可视化程度较浅、空间定位自由度低且不易多角度观看 | 知识呈现内容单一、交互上缺乏新意、界面可控制与体验方式少、视点不易聚焦 | 界面触点过于密集且不易对应相应展示内容、知识可视化程度低 |

探索数字技术在不同竞品的应用上, 技术在增强博物馆展品的展示和人机交互体验层面具有较强的优势, 特别是在非物质的 (intangible) 知识转化 (如制作工艺) 和空间的沉浸式交互层面; 但也存在有待发展的方向和开放性问题的, 数字技术 (AR 技术、VR 技术等) 作为博物馆展品数字化的重要手段与平台, 面向不同展示内容的知识形态如何实现合理转化^[6]? 新的交互设备如何协调与不同背景用户 (如老年人、文盲等) 的包容性参与? 设计师如何研发数字技术语境下博物馆数字化的交互设备? 此外, 通过相关竞品分析发现, 目前的移动全景虚拟博物馆在交互体验的界面可视化和展示内容的知识可视化都具有一定提升空间, 以便达到更好的用户认知与体验。例如, 在交互界面上多数的案例都存在较差的视觉表征, 对用户认知心理的考量也缺乏适用的应用体现。认知学习

的专家们认为合理的知识呈现与互动方式将有助于提升人的学习能力^[8], 结合知识可视化理论发现, 当下移动全景虚拟博物馆的交互设计应该具备知识可视化视角的视觉表征和交互流程, 更好适应目前用户对移动博物馆在线学习的交互体验。

3 面向移动端全景虚拟博物馆的交互设计架构

基于上述分析, 研究认为在进行移动端全景虚拟博物馆的交互设计和体验设计时, 有必要从知识可视化与管理的视角出发, 提出新的交互设计架构, 即基于知识可视化的移动端全景虚拟博物馆交互设计架构, 从 4 个层次进行架构设计, 见图 1。

1) 数据层的知识分类。数据指的是未经加工的

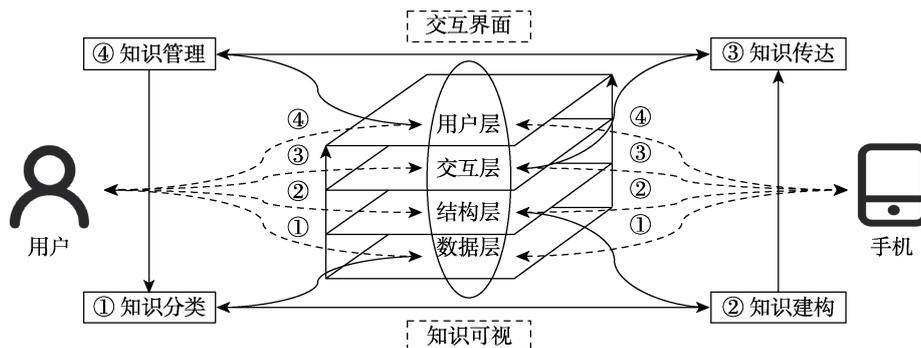


图 1 基于知识可视化的移动端全景虚拟博物馆交互设计架构

Fig.1 Interaction design structure of mobile panoramic virtual museum based on knowledge visualization

原始素材,有效的知识分类将有助于数据的价值化。博物馆拥有丰富且复杂的展示内容数据,从线下转向线上的内容展示需要合理的分类数据(Categorical Data),按照特定展示内容的某些属性对其进行分类或分组从而使原始数据得到有效整理^[9]。知识分类(Knowledge Classification)的方式一方面基于博物馆藏品分类、定名和定级,如按藏品质地、用途、年代、来源和国别等分类,保证数据采集与分类的科学性与实用性;另一方面数据的数字化特性分类,可分为文本、声音、视频、图片、三维模型等形式,不同博物馆藏品与内容同时需要考虑对应不同数据呈现方式,如陶瓷类藏品更适合三维模型的数据知识呈现,确保博物馆藏品内容最优地适应大众的在线学习^[7]。科学的知识分类将有助于全景虚拟博物馆在线数据库的评估,同时对用户知识创造的经验过程有一个整体的了解。

2) 结构层的知识建构。结构层结合了数据层的知识分类,将交互学习的藏品内容按层级、优先级和权重整理组合呈现给用户。它定义了界面交互的信息架构,对移动平台的功能和内容有了进一步的框架设计^[1]。该层次是基于设计师模型与用户模型共同创建概念模型,建构知识语义网络,让用户降低学习成本并使其能够更快理解界面交互的使用^[10]。此外,概念模型的建构是培养用户行为习惯、优化交互结构和增强用户认知的重要框架。在这一层知识建构(Knowledge Building)是奠定培养用户知识创造能力的基石,传统形式的移动端全景虚拟博物馆在结构层多关注预知识的呈现而缺乏有意义的知识建构,反之将有助于用户对自己学过的知识进行梳理和归纳总结,达成一套体系。

3) 交互层的知识传达。交互层的知识传达(Knowledge Communication)是移动界面的视觉表征与行为逻辑的综合。用户交互界面视觉表征它包含版式风格、导航的语义符号与色彩搭配,以及用户的感知方式等,它影响用户感知显性层面的知识传达;而行为逻辑则是影响用户感知隐性层面的知识传达,基于用户访问、导航、选择等行为设计交互层的页面布局与体验流程^[11]。交互层的界面本身是可触的物理模型,基于用户行为逻辑的参与丰富了人机交互的交互方式和应用情境的变化,进而增强多模态的用户感知,界面的知识传达伴随着用户体验的深入而逐步可视化,动态的用户行为也影响着交互信息的可视化^[4]。而目前移动端全景虚拟博物馆的交互界面可视化层面,对用户行为逻辑、动态体验及多模态感知均较少涉及并研究。

4) 用户层的知识管理。用户层的知识管理(Knowledge Management)是个体在交互体验过程中收集、处理、分享一个组织的全部知识信息,这是一种由自我内化向外化的学习过程。移动端全景虚拟博

物馆在用户层的设计包含了生理、心理、社会与情感 4 个层面的考虑^[12]。首先,生理层面(物理的),要考虑用户在实时移动交互的物理机能,例如运动控制、手势按压;其次是智力层面,主要考量界面呈现的内容与用户智力之间的平衡关系,例如人的记忆力、认知负荷、逻辑思维与解决问题的方法;再次是社会层面,则是强调用户作为个体对移动式在线学习的内容与社会交互的基本伦理,例如社交过程中的信任、同理心与道德;最后是情感层面,偏重用户交互体验过程中的反思与交互界面的动态响应,例如用户的直觉、自我控制与正念等。面向移动端全景虚拟博物馆用户层的知识管理需要对这 4 个层次的设计逐步理解、增强和激活,综合用户内在的反馈模型与交互界面响应式设计去增强用户对博物馆内容的知识管理。

4 面向移动端全景虚拟博物馆的可视化交互设计原则

作为面向大众认知与学习的工具,移动端全景虚拟博物馆相关设备在进行交互设计时,知识可视化的相关理论将有助于指导相应的设计实践。本研究基于对知识可视化理论和移动端全景虚拟博物馆交互设计的研究分析,提出移动端全景虚拟博物馆的可视化交互设计原则可分为知识类型的可视化、认知过程的可视化和图形性质的可视化。基于知识可视化的移动端全景虚拟博物馆交互设计原则见图 2。

4.1 知识类型的可视化交互设计原则

1) 显性知识。从知识的认知与管理的角度,知识的类型可分为显性知识和隐性知识^[13]。显性知识多指文字、符号、图表、图标等易于识别与掌握的约定俗成的知识。与博物馆交互的过程中,显性知识的可视化主要涉及展品与展示空间的颜色、造型、图案、工具等。相较于隐性知识,它更容易被学习者接受,

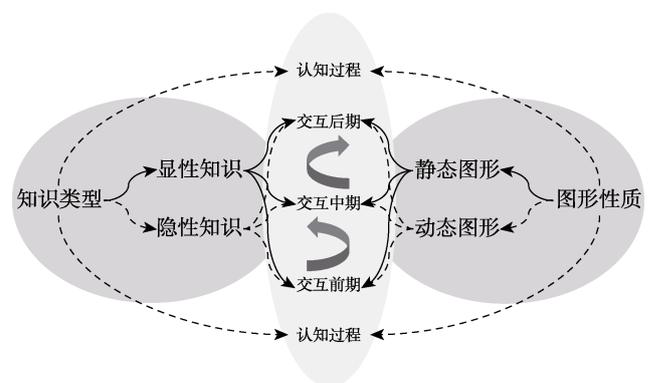


图 2 基于知识可视化的移动端全景虚拟博物馆交互设计原则

Fig.2 Interaction design principle of mobile panoramic virtual museum based on knowledge visualization

但博物馆存在着大量不同类型的信息,移动端的界面空间有限,通过图式、语义网络、图形等方式使博物馆展示对象可以以层级的知识扩展方式有效的传递给学习者^[14]。这些方式与人的认知结构模型关系紧密,用户学习过程的所得便是反映在大脑中的认知图式,交互内容的图式化与图形化既有助于交互界面的清晰易懂、降低用户的认知负荷,同时,也有助于用户有条理地、循序渐进地学习移动端不同全景虚拟博物馆的文化内容。

2) 隐性知识。隐性知识多指无法用语言表述的在行动中掌握的知识。相较于显性知识,博物馆藏品承载着丰富且复杂的文化内容,如制作的工艺、口述的历史、利益相关者的经验传递,对展示内容的在线学习需要对交互内容进行合理的隐性知识显性化^[13]。通过整理、归纳和可视复杂信息的重要方式,如用标准化图形(箭头、圆、锥、矩阵等)概要描述抽象或复杂的知识点,以便构造信息、阐明知识点之间的关系,有助于减轻学习者的认知负荷,将多余的知识点剔除更专注经验性知识的有效传递^[15]。在交互设计方面,要更加注重对隐性知识的模拟,通过交互行为的具身化(Embodiment)方式演绎与再造那些凝结于经验的隐性内涵。

4.2 认知过程的可视化交互设计原则

从信息加工的角度,用户对学习对象是一个自上而下与自下而上的认知过程,而这一过程是伴随着知识交互的过程共同螺旋式上升^[14]。一般来说,移动端全景虚拟博物馆的认知与交互过程包含交互的前期、中期与后期,不同的时期对应用户认知与学习的不同层次。学习者基于过程的知识交互加工和应用将经历知识导入、知识理解和知识巩固的阶段,也对应不同的博物馆学习内容,参与者在知识交互过程中也将逐步形成对学习内容的感官、行为和演绎的过程,用皮亚杰的理论便是由初级图式向高级图式的转变^[12]。但这并不意味着对博物馆知识内容的学习过程必然是线性发展的,研究者需要将用户的个体差异作为考量指标,其中包括了用户的知识背景、偏好与认知能力。在不同的认知过程中,用户对知识交互的内容也有不同的掌握层级和能力水平。

1) 认知交互前期。侧重学习者对传统手工艺的色彩、造型、图案、历史等内容的理解。由于知识交互前期学习者的认知主要集中其感官知觉,从视觉、触觉、听觉等感官形式认知博物馆的内容,如对不同色彩的认知、历史脉络的了解及不同图案和造型的基本常识输入。这一过程在认知结构层是将大量基础的、适合感官层认知的博物馆学习内容以图式、图形化的方式导入到学习者的认知中,让学习者有一个初步的印象。

2) 认知交互中期。侧重于对学习对象的工具、

材料、原料等内容的理解。学习者通过行为(肢体交互)层面的互动加深对学习内容的理解,如通过不同的交互手势(点击、触控、上下左右的移动等)、眼动、面部表情和语音交互等形式,从行为层表征对不同工具、材料、原料和技法的综合运用,以及对前期的色彩、图案和造型等内容的理解,这是一个通过交互行为方式在学习者认知结构的表征层深化学习^[8]。因为博物馆展品知识分类的特殊性,在材料、技艺等方面,单一的感官层感知形式的导入难以促进对其全面理解,学习者需要通过线下亲身与实物实践的形式或是线上通过交互设备模拟技艺的流程,促进对藏品不分类别的理解。

3) 认知交互后期。是学习者经过前期导入、中期理解系统性学习后,进一步通过学习内容的持续性反馈。学习者通过交流反馈、经验总结、学习测试和启发式创意延伸等交互形式,对前期两个认知层次阶段的学习内容进行巩固,并构建起学习者对学习内容的自我演绎^[8]。对这一层次的学习,不再是单纯的信息感知到知识理解的过程,而是上升至对知识学习的运用与管理阶段,也称之为反馈阶段。当然,反馈也不局限于认知的后期,而是贯穿学习过程的每个时期,它是学习者在学习过程中对学习对象的主观映像。在应用层面,设计者应当重点关注这一层次的交互设计,如在博物馆中如何高效增强参观者与展示空间及藏品之间的互动反馈设计和交互式的知识学习评价设计,以及在新媒体环境下学习者与不同交互设备之间交互与反馈设计等。

4.3 图形性质的可视化交互设计原则

1) 静态图形。从知识可视化角度,界面交互的信息图形是一个解释数据故事的工具^[15]。全景虚拟博物馆的图形性质的交互原则可从静态与动态的视角着手,其中静态图形的可视化主要以图片、文本和标签等,交互性较弱,呈现的形式多为预先生成的图形并不能被数据动态地驱动^[16]。因此在对相应交互内容进行设计时,应当更多地考虑直观视觉表征所带来的用户感知。在信息与界面可视化的一般性原则中,颜色、大小、形状、材质是重要的设计要素,包括了二维图形、三维图形和多维图形^[15]。在面向博物馆的交互式学习中,为了更好地让用户可以高效感知静态图形而获取知识,还应从知识管理和知识交互的视角出发。从知识管理的角度出发是指基于博物馆藏品内容对其进行知识的分类,并通过图形、图式的方式展示提升用户的认知与知识获取;而从知识交互的视角出发是指从移动交互设备的界面原则出发,考虑用户的认知结构与认知负荷,且符合视觉思维与心智模型,易于理解,通过对信息的线性与纵向层级的设计,引导用户逐步对静态图形进行感知与记忆^[16]。

2) 动态图形。广义上指伴随时间流动而发生形

态改变的图形,也可理解为介于平面与动画之间^[17]。在展开博物馆的全景虚拟博物馆的知识交互设计中,可以借助时间与空间的叙事,线性或非线性地将文字、图像、声音等多种元素整合在一起传达,用户则通过视觉表征对所传达的知识进行感知与管理,在这一过程中,动态的知识交互势必会涉及图形显示的速度和手机设备的性能造成的延时问题等^[17]。此外,动态的图形在展开设计时需要注重用户的认知特性,此时更多的是关于用户的短时记忆而非长时记忆,记忆的曲线会随着时间的增长而降低;而用户思维的逻辑性和有序性也是影响动态图形设计的重要要素之一。因此,对面向移动端全景虚拟博物馆的动态图形设计,应当从多维的视角整合用于传达博物馆藏品内涵的文字、图片和声音,将繁琐、无序和难以传达的知识转化为简易的可视化语言,这样既能帮助用户过滤掉很多无用的信息,也能助其快速有效地掌握相关的知识。

5 结语

移动端全景虚拟博物馆作为大众参与和学习博物馆文化内容的重要平台,多注重内容数字化技术的介入,博物馆的传承与发展仍停留在展示本身而剥离了展品的文化语境和人的认知与行为系统,整合数字技术与数字博物馆在知识可视和交互设计层面及增强在线教育意义方面仍有很大的提升空间。知识可视化理论对博物馆知识传达、人-交互设备的共协和在线教育都具有积极的指导作用,在移动学习日渐普及的语境下,本研究从知识可视化的视角提出了面向移动端全景虚拟博物馆的交互设计方法,使移动端全景虚拟博物馆更具可用性和教育性的,通过科学的可视化方式增强大众的认知学习体验。

参考文献:

- [1] 师丹青. 手机的新应用——基于移动终端的博物馆数字化升级[J]. 装饰, 2013(1): 33-36.
SHI Dan-qing. The New Application of Mobile Phone: Upgrading Museum Digital System Based on Mobile Terminal[J]. Art & Design, 2013(1): 33-36.
- [2] 柏茂源, 代福平. 网络动态可视化的交互设计原则构建[J]. 包装工程, 2018, 39(4): 193-198.
BAI Mao-yuan, DAI Fu-ping. Building the Interaction Design Principles for Network Dynamic Visualization[J]. Packaging Engineering, 2018, 39 (4): 193-198.
- [3] 周琼, 李雪梅. 媒介化社会新传播技术对在线博物馆的影响[J]. 文博, 2018(3): 102-105.
ZHOU Qiong, LI Xue-mei. The Impacts of Online Museums from New Communication Technologies in Mediatized Society[J]. Wenbo, 2018(3): 102-105.
- [4] 孙雨生, 张梦珍, 李沁芸, 朱礼军. 国内知识可视化研究进展: 实践应用[J]. 情报理论与实践, 2017, 40(5): 139-144.
SUN Yu-sheng, ZHANG Meng-zhen, LI Qin-yun, ZHU Li-jun. Research Progress of Knowledge Visualization in China: Practical Application[J]. Information Studies: Theory & Application, 2017, 40 (5): 139-144.
- [5] 孙雨生, 张梦珍, 朱礼军. 国内知识可视化研究进展: 理论分析[J]. 情报理论与实践, 2015, 38(11): 126-131.
SUN Yu-sheng, ZHANG Meng-zhen, ZHU Li-jun. Research Progress of Knowledge Visualization in China: Theoretical Analysis[J]. Information Studies: Theory & Application, 2015, 38(11): 126-131.
- [6] 马晓娜, 图拉, 徐迎庆. 非物质文化遗产数字化发展现状[J]. 中国科学: 信息科学, 2019, 49(2): 121-142.
Ma Xiao-na, Tu La, Xu Ying-qing. Development Status of the Digitization of Intangible Cultural Heritages(in Chinese)[J]. Scientia Sinica Informationis, 2019, 49(2): 121-142.
- [7] 黄秋儒, 殷俊, 吴垠. 经济型数字化博物馆展示建设研究——以无锡博物院 360 度全景虚拟展示为例[J]. 装饰, 2015(5): 102-104.
HUANG Qiu-ru, YIN Jun, WU Yin. Research of Economical Digital Construction for Exhibition of Museum: Wuxi Museum 360 -Degree Panoramic Virtual Show as an Example[J]. Art & Design, 2015(5): 102-104.
- [8] 陈国盈, 纪毅, 檀鹏. 基于认知图式的传统手工艺类 APP 交互设计[J]. 包装工程, 2019, 40(12): 249-253.
CHEN Guo-ying, JI Yi, TAN Peng. Interaction Design of Traditional Handicraft Type APP Based on Cognitive Schema[J]. Packaging Engineering, 2019, 40(12): 249-253.
- [9] 张树鹏, 侯文军, 王希萌. 基于增强现实虚实交互的科普知识学习方法设计研究[J]. 包装工程, 2017, 38(20): 48-55.
ZHANG Shu-peng, HOU Wen-jun, WANG Xi-meng. Study on the Design of Popular Knowledge Learning Methods Based on Augmented Reality[J]. Packaging Engineering, 2017, 38(20): 48-55.
- [10] 郑杨硕, 朱奕雯, 王昊宸. 用户体验研究的发展现状、研究模型与评价方法[J]. 包装工程, 2020, 41(6): 43-49.
ZHENG Yang-shuo, ZHU Yi-wen, WANG Hao-chen. Development Status, Research Model and Evaluation Method of User Experience Research[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(6): 43-49.
- [11] 黄悦, 周凯. 基于行为逻辑的博物馆网站交互设计——以荷兰国家博物馆为例[J]. 装饰, 2018(9): 136-137.
HUANG Yue, ZHOU Kai. Web Interaction Design Based on Logic of Behaviors: Case Study of Rijksmuseum[J]. Art & Design, 2018(9): 136-137.
- [12] REN Xiang-shi, SILPASUWAN CHAI C, CAHILL J. Human-Engaged Computing: the Future of Human: Computer Interaction[J]. CCF Transactions on Pervasive Computing and Interaction, 2019(1): 47-68.
- [13] 张朵朵. 隐性知识: 传统手工艺设计创新研究的微观

- 视角[J]. 装饰, 2015(6): 117-119.
- Zhang Duo-duo. Tacit Knowledge: The Microscopic Perspective of Design Innovation Research on Traditional Crafts[J]. Art & Design, 2015(6): 117-119.
- [14] 员巧云, Peter A. Gloor. Web2.0 环境下网络知识创新螺旋转化模型 SE-IE-CI 研究[J]. 中国图书馆学报, 2013, 39(2): 63-70.
- YUN Qiao-yun, Peter A. Gloor. Spiral Transformation Model of Knowledge Innovation under Web 2.0: SE-IE-CI Mode[J]. Journal of Library Science in China, 2013, 39(2): 63-70.
- [15] 郝凝辉. 探析信息设计中的信息图表设计[J]. 包装工程, 2016, 37(18): 76-81.
- HAO Ning-hui. Infographics Design in the Context of Information Design[J]. Packaging Engineering, 2016, 37(18): 76-81.
- [16] 覃京燕, 马晓驰. 认知科学与信息认识论指导下的单词记忆软件信息设计方法[J]. 包装工程, 2018, 39(10): 86-90.
- QIN Jing-yan, MA Xiao-chi. Word Memory Software Information Design Based on the Theory of Cognitive Science & Information Epistemology[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(10): 86-90.
- [17] 龚毅. 艺术设计中动态图形信息的传达研究[J]. 包装工程, 2016, 37(18): 211-214.
- GONG Yi. Research on Dynamic Graphical Information Communicated in Art Design [J]. Packaging Engineering, 2016, 37(18): 211-214.

(上接第 181 页)

- [7] FARIS J A. Quantification Theory[M]. London: Taylor & Francis, 1964.
- [8] 李明珠, 何灿群, 卢章平, 等. 基于数量化理论 I 类的汽车意象造型设计研究[J]. 机械设计, 2016, 33(4): 105-108.
- LI Ming-zhu, HE Can-qun, LU Zhang-ping, et al. Research on Car Image Modeling Design Based on Quantification Theory Type I [J]. Journal of Machine Design, 2016, 33(4): 105-108.
- [9] 周俊, 李永锋, 朱丽萍. 基于数量化理论 I 的老年人 APP 用户体验设计[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 251-257.
- ZHOU Jun, LI Yong-feng, ZHU Li-ping. APP User Experience Design for the Elderly Based on Quantification Theory I [J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 251-257.
- [10] 白暖. 基于感性工学的卡牌游戏设计研究[D]. 济南: 山东大学, 2019.
- BAI Nuan. Research on Card Game Design Based on Kaisei Engineer[D]. Jinan: Shandong University, 2019.
- [11] 于娜, 张聪, 杜游, 等. 基于数量化理论的家具造型意象设计[J]. 包装工程, 2018, 39(22): 183-188.
- YU Na, ZHANG Cong, DU You, et al. Furniture Modeling Image Design Based on Quantitative Theory[J]. Packaging Engineering, 2018, 39(22): 183-188.

(上接第 196 页)

- [10] 王琳. 品牌传播新媒介—品牌 APP 界面视觉设计与探索[D]. 上海: 东华大学, 2014.
- WANG Lin. The New Media of Brand Communication: Research on Brand APP Visual Interface Design. Shanghai: Donghua University, 2014.
- [11] 刘旭. 基于文化转译理念的传统文化 APP 设计[J]. 包装工程, 2020, 41(2): 237-242.
- LIU Xu. Traditional Culture APP Design Based on Cultural Translation Theory[J]. Packaging Engineering, 2020, 41(2): 237-242.