

# 具身感知与洞穴故事： 混合现实空间的符号系统及叙事法则

花 晖

(上海交通大学媒体与传播学院, 上海 200240)

**摘要:** 科技创新是发展新质文化生产力的核心要素, 以“洞穴”为代表的混合现实技术迭代至今, 已深入应用至各类文化展演场景, 成为强化参与者感知、倚重机器生产内容的新型叙事媒体。引入并发展符号概念, 在这种强调可“进入”的混合现实空间结构中, 讨论其符号系统的启动与作用机制、叙事立方体的堆叠关系及内外部编码, 并进一步结合 WOz (Wizard of Oz) 原型测试, 确定跨模态交互的感官主导优势、叙事流走向以及心流视野下的游戏引擎, 从而尝试总结出一套“混合现实符号学”的表达规律与叙事语法, 加快前沿虚拟现实技术由实验室水平升级至文化生产水平。

**关键词:** 混合现实符号学; 混合现实叙事法则; WOz 原型测试

**中图分类号:** G206

**文献标识码:** A

**文章编号:** 2096-8418 (2024) 06-0023-07

虚拟现实发展至今, 业已形成一种泛化的文化展演形态, 不断重塑着大众获知与传播信息的方式与习惯。在数字敦煌、云端博物馆、VR 主题乐园等早期探索中, 艺术装置及文化行为的数字化资源构成了线上空间, 其本质处于一种物理材料朝着电子数据迁移、储存, 并倚重于网络展开传播的由实向虚阶段。在其后版本的更新迭代中, 虚拟现实被逐渐视为一种更多感体验与使用数据、更生动展现与传承人类文明的新介质。在如何去虚向实的最新讨论中, 作为现实虚拟连续体 (Reality-Virtuality Continuum) 最终智能形态的混合现实 (Mixed Reality, MR), 成为创新文化生产力的重要技术路径。

眼下, 各类以沉浸展、光影展为名的混合现实空间已是愈来愈多文化展演所探索的新载体, 而设计这些场景的根本任务在于编写一部可“进入”的空间叙事文本, 那么引入符号概念, 厘清混合现实空间中各种视觉与非视觉符号的功能与意义, 总结出一整套“混合现实符号学”的表达规律与叙事语法, 从而强化感知与认知的文化展演多元形态, 成为一个亟待解决的命题。与此同时, 这也是计算机图形学、认知学、人因学、艺术学进入“新符号学运动”后, 展开跨学科联动的一种必然方向。

## 一、洞穴的基本结构与技术演进

掌握混合现实的技术属性是推演新环境中符号学演化的前提。混合现实作为虚拟现实 (Virtual Reality, VR)、增强现实 (Augmented Reality, AR) 的延伸, 更强调构建一种物理对象与数字对象空间互嵌、相互感知的虚实连续体。在目前的混合现实展演中, 洞穴系统 (Cave) 是最为常用的空间结构, 其在 20 世纪 90 年代确立的结构雏形沿用至今: 由多立面显示屏组成的立方体将参与者包围, 整个影音环绕系统类似于穹幕电影或是飞行模拟器。<sup>[1]</sup> 这种相对封闭的信息传递结构, 被发明者卡罗莱纳·克鲁兹-内拉 (Carolina Cruz-Neira) 称为虚拟现实的第四种视觉范式, 并指向了柏拉图 (Plato) 的“洞

穴之喻”。<sup>[2]</sup>

发展阶段的洞穴技术，重点在于利用离轴透视等投影技术，营造高分辨率、高色彩还原、低闪烁的立体影像环境，同时在用户佩戴头部及三维位置跟踪器的情况下，提升位置精度与反馈速度、缩减系统延迟，力求在真实的透视关系下，为用户的各类头显设备（HMD）实时推送影像信息。<sup>[3]</sup> 当下的洞穴技术主要集中于三方面展开探索：（1）以多通道投影、3D 投影、全息投影等方式，打造裸眼可辨的三维数字资产，以及覆盖不规则投影介质兼具高沉浸感的可进入空间。（2）突出更具“对话性”的视觉环境，如在互动投影系统中引入流体模拟与刚性体碰撞的算法，使得参与者在洞穴内移动时，可以有效“搅动”虚拟影像流体，或是抛掷三维对象并产生互相间的碰撞与变形，从而对参与者的自由动作做出即时回应。<sup>[4]</sup>（3）自解析性的用户界面，指向一种低体力与低认知负荷、高容错度的人机自然交互，包括：整合裸手手势、凝视及语音的“多通道交互”，以取代头显与数据手套，并最大限度消除混合现实环境中的交互二义性，<sup>[5]</sup> 或运用神经网络对人体姿态进行自主学习<sup>[6]</sup> 等。

上述技术演进，使得洞穴逐步成熟为数字文旅中的重要应用场景，也为总结一套在混合现实环境中，基于综合感官、促发虚实交互的符号学，奠定了技术基础。

## 二、混合现实符号学的系统结构

既有的“虚拟现实符号学”，大都在虚拟现实与增强现实环境下展开讨论。在借道电影符号学展开的过往研究中，可以看到结构主义将文本关系置于参与者解释之上，参与者反应被电影形式定位成导演编码的特定解读，因而电影符号学在“能指所指”的二元关系中通常弱化甚至忽略了参与者，而虚拟现实符号学则突破结构主义视野、构成了包括参与者的三元框架。<sup>[7]</sup>

沿用上述研究路径进入洞穴环境，参与者的认识成为一切讨论的起点，亦是混合现实符号学的核心问题。约翰·洛克（John Locke）打破勒内·笛卡尔（René Descartes）主张的“天赋观念”，提出植根于感觉与经验的认识论：参与者在看时、听时、思时、觉时，自身接受印象后所经验到的，才能发生知觉，而知觉成为知识的一切材料的进口。<sup>[8]</sup> 洞穴的最独特之处便在于编织了一张足以浸润并刺激参与者全身感官的知觉对象网，一切物理装置或虚拟资产，本质作用在于帮助参与者实现施于知觉对象之上的知觉判断，进而形成知觉对象与知觉判断的统一体，即查尔斯·皮尔斯（Charles S. Peirce）所称的“知觉统”。

值得注意的是：洞穴有别于过往符号系统之处在于，其是真正意义上包含时间与空间的四维表意体。在类比物穹幕电影中，穹幕影像始终锁定在远离参与者的幕布之上，而虚实连续体的特征令知觉对象充盈于整个空间之中，这就使得洞穴由此打破过往的纸张、银幕、智能屏等二维界面，将解读符号的形式由阅读、点击、观看，转换为全面利用身体去感知。基于这种自下而上的知觉加工，洞穴亦可以进一步被理解为履行“进入—刺激—判断—反馈”机制的符号系统。这种“进入”的前提意义重大，确立了具身体验与认知加工的紧密联系，整套符号系统也因此仅在参与者到达并进入现场的那一瞬间开始启动。

具体而言，参与者进入封装知觉材料的立体容器后，意味着全身感官的平衡延伸，媒介即人体延伸的概念就此在洞穴环境达到前所未有的理想状态：一方面，在隔绝外部信息干扰的情况下，参与者如同迅速完成电影放映前的灭灯、就座等规范性仪式，开始实现意识退行；另一方面，参与者通过代入主动解释者及意义共创者的角色，与洞穴取得不可分割的联系。这种联系令洞穴动态的三元表意结构得以确立并发挥作用。换言之，参与者积极参与符号解释的行为，可以引发实时的机器生产内容，随

即推动新一轮的刺激与反应活动，幕墙上被不同参与者“搅动”后产生形态各异的影像流就是一个最基本的例子。

在上述刺激与反馈过程中，再现体于程序框架内的有序化、持续性生成，是混合现实符号系统的又一独特属性，亦是虚实交互技术的核心赋能。与此同时，这种机器介入的即时交互环境，对于参与者心理认同产生了根本性的影响。

较之电影这一参考物，在洞穴中我们同样可以看到两道“光束”，一道以知觉对象的负载体为终点，它可以是任何投影界面或是激发互动行为的虚拟资产；而另一道光则更为复杂，它以上述负载体为起点，投射于视觉、嗅觉、触觉等器官，附着在参与者的知觉中，形成参与者与洞穴认同的第二条路径。问题在于，就状态的逻辑化与交互的能动性而言，洞穴的二次化程度远高于电影，显然是一种超越白日梦、要求参与者在意识减退与前行间取得平衡的游乐园体系。这种游乐状态较之凝视，不仅要求在进入状态中通过观察与感知，成像于大脑，还须凭借活跃的有机体，通过情感解释项和能量解释项的运作而内化。<sup>[7]</sup> 需要指出的是：混合现实与其他类型的虚拟现实环境相比，调动个人心智、能量与过往经验的程度更高。在收集参与者的反馈数据时发现：虽然通过移除头显等辅助设备，以降低眩晕、颈痛等生理不适，同时引入手势等自然交互通道，以提升认知效率，但初次体验洞穴的参与者，半数以上无法推行先验演绎，对复杂感性材料的有效加工程度远远不及电影。这一结论在缺乏游戏经验者中更为明显。虽然多次进入的后验能够大幅提高参与者的理解，但营造对于初验者更为友好的环境一方面有待于交互技术进一步降低认知门槛，另一方面则有待于洞穴符号表达以及系统叙事功能的提升。

### 三、堆叠系统的基本叙事法则

为准确把握混合现实符号系统的叙事语法，本研究设计、建造了一套不包含顶面投影的四折洞穴，开展为期一年的WOz原型测试。本次实验中，单体洞穴空间控制在5\*5\*3米（长\*宽\*高）的中小规模，并以复合投影技术配合实体布景，部署了改编、扩写自诗词《相思》的《红豆》故事场景。打造原型体进行测试的目的是在更可控的实验环境中，快捷、系统地收集人机数据，深入观察及获知参与者的沉浸状态、认知状态及交互状态，从而解决感官主导优势、叙事要素组合、叙事数据走向等一系列关键问题。

首要解决的一个特性问题是核定洞穴系统中知觉符号所能构成的最小叙事单位，即帮助参与者产生故事意念的最基本模块，这是理解混合现实空间叙事机制、展开语法分析的必要条件。考察电影中的“镜头”、语言中的“词”，这些通常被视为产生意义的最小单位，至少由一个画面、音素构成独立表述，并通过前后紧密关联实现更复杂的叙事线，但这样一套二维的缝合系统进入洞穴后，将转换为三维的堆叠系统。

不妨将洞穴想象成由一个个色块立方砌成的魔方结构，每个可拆解细分的叙事立方都是归于同一场景下的知觉符号的总和，对于其中单个符号而言，表现形态、时间位置与空间坐标均构成其义素，而符号之间的聚合关系，构成了单个立方的叙事能力，同时也决定了人机交互的丰裕程度。以叙事立方块定义最小意义单位，根本原因在于洞悉异质空间的整体性：一方面，不同类别的知觉符号通过相互堆叠，才能完整表达创作者的意图，单个符号只能类比为特定“镜头”中的某一区块。以《红豆》为例，全息成像的红豆枝位于前景，必须与背景幕墙上的过场动画重合观看，才能理解告别、思念等

叙事点；另一方面，部分符号如串联整个洞穴的虚拟形象、标记最佳观测位的地面红点，主要承担着索引与指示功能，基本不参与叙事。这种电影本体中所没有的辅助系统，却是洞穴中帮助参与者理解叙事、参与交互不可或缺的组成部分。

在确认洞穴为叙事立方的堆叠体后，叙事法则的讨论便可以集中于立方体的内外部编码机制。这种机制的根本任务在于归纳总结混合现实空间中各种视觉与非视觉符号的解释功能，从而在身体可进入的空间中，基于“解释项”的统一，剔除冗余要素，组织起清晰高效的立体叙事界面。

此类创作者对界面的控制首先需要遵从一定的技术原则，其核心问题指向跨模态交互中感官主导的优势与方向。参考节奏敲击（Rhythmic Tapping）等神经学与心理学的基本实验，<sup>[9][10]</sup> 本研究采用跨模态“噪音”测试，以触觉、气味等各类信号的触发，类比声音敲击，得出较为统一的跨模态刺激结果：视觉于认知加工的反应前阶段（Pre-response Level）占据主导，当非视觉刺激与视觉刺激匹配时，对非视觉刺激的感知敏感性显著降低，但反应模态没有改变；而进入认知成型的后期反应阶段（Response Level），当非视觉刺激背离视觉刺激的情况发生时，实验者对非视觉刺激较之早期敏感性上升，更易达成“干扰”效果。因而视觉与非视觉符号的空间对应关系，结合刺激的强弱对比及变化，成为调度、编排各类要素的基本方法。在混合现实叙事的时空维度先于时间维度的重要转化中，高效的界面控制可以起到认知加工与注意力引导的作用，包括：空间语境的塑造、叙事视角的变化、数字与物理资产的转移、场景的切换过渡等。

其中，空间语境塑造是叙事立方编码的核心内容，这里沿袭了虚拟叙事中“语境提供”的既有概念，明确语境的搭建本身具有生产性，在体验与交互的过程中，语境与内容存在难分彼此、相互转化的密切关系。<sup>[11]</sup> 具体到混合现实语境的分类营建，可以大致分为导入、单体、集合三种语境。

最初的导入阶段，对于参与者尤其是初验者尤为重要。对于包括指示、索引、警示等符号在内的辅助系统，创作者应该落实符号解读的示范性工作。这种示范通常由音频广播或短视频完成，以求迅速将界面控制的掌握权授予参与者。

导入阶段后的单个语境，指向同一场景下的符号堆叠，其中视觉与非视觉符号的叙事组合，依据空间对应关系是否成立，可以划分为统一时序、平行并序、移位插入三种组合段。

在认知加工的早期阶段，应由多感统一的顺时序性符号表达，完成背景交代等基础语境的营造。此时在视觉及各类非视觉符号的传播过程中，跨模态信息不应出现互相矛盾，使得同一时序下的叙事立方熵值最低，参与者可在自由视角下获取最主要的视觉信息。次要信息可以通过统一表达的非视觉符号补齐，从而实现对空间的整体认识。参与者的心理波动与行动意图也将被控制在创作者的预期范围内。

认知加工得到强化的中后期阶段，在叙事空间，尤其是大体量空间中推进平行并序的叙事组合成为必需。一方面，并序结构能够有效减少信息空白的物理空间冗余，拓展空间叙事能力；另一方面，参与者对于多叙事线的自主选择权在并序结构中真正得以落实，成为生理与心理两个层面顺利进入游乐园状态的必要前提。

游乐园状态的深入与推进，依赖于有效的叙事策略。立方体可与不同方位、由不同人物视角铺开时间线，这是在平行时序中完成的、基于空间堆叠的语境分列式展陈。再以《红豆》为例，整体故事线为主人公与数位发小，少时各自离乡、在外漂泊，中年异乡重逢。若选择空间堆叠的分列展陈，则可在立方体的四个成像面上，展现别离后不同人物在不同地点的故事状态，但众人所处的时间点保持一致。



另一种方法便是围绕核心人物，于不同成像面上，展陈故事线中的不同时间切片，并在各个切片中显现核心人物的状态及与他人的关联。如《红豆》中将稚童嬉戏、年少别离、多年思念、中年重聚等不同时间点的场景分置于立方体四面，同一成像面上以平行蒙太奇形式，包含这一时间段内所有人物的情节线索。

这里有两个秩序值得注意，即创作者的初设秩序与参与者的游乐秩序。参与者的注意力转移与焦点停留、行进规划与随机路径、交互激活与终止等一系列时间、空间维度上的行动规律，与初设秩序重合度越高，对创作者设定传达的信息接收将越完整。如《红豆》中对时间切片的选择，能否依从年少至年长的正向时间顺序完成，对于理解人物成长的一生至关重要。因而在实际操作中，不同立面的影像及附带的非视觉要素，常以循环播放的形式展现，而立面间的路径转移，除了设置视觉引导要素外，便回到“噪音”实验所证实的认知后期注意力引导，以听、触、嗅觉为主。如《红豆》中安排了飞鸟、落叶等影像符号作为穿越立面的视觉引导，同时风铃声、集市中的叫卖声与食物气味，都对参与者的注意力转移起到了积极的干预及重新导向作用。

上述做法适用于单体语境的立面间引导，同样适用于集合语境间的大空间转移。集合语境相当于多个单立方体的组接，以实现单个洞穴无法完成的复杂叙事。集合语境叙事的核心事项，在于整体叙事框架下设定叙事数据的输入与输出序列，即不同单体间的叙事流串联与空间堆叠关系。

这里有影响参与者感知的两个重要因素：一是串联起单体语境的故事线不可断裂，以保证人物关联、线索关联、逻辑关联；二是空间转移要求参与者重建对语境的认知，因此对于空间切换需要给出足够的理由，并清晰指出不同单体语境间的区别与联系。如《红豆》中，试验了一个三洞穴组接的整体框架，并以插叙的形式将中间洞穴设置为童年语境，将前置的别离及后置的重逢联结起来。为确立中间洞穴叙事流中转站的地位，洞穴中央特别安置了红豆树的实体模型，并以3D投影形式投射几位主要人物的嬉戏场景，与四周立面的视听呈现形成呼应。因而在整体游历中，参与者可将带有地标物的中间洞穴视为一次“闪回”，这种承上启下的结构，有助于参与者定下理解场景与故事的锚点，并为洞穴间多次往返提供地理位置与故事线上的定位依据。

上述过程中，参与者都在掌握自由视角与自选路径的前提下，体验语境堆叠中的故事脉络，因而洞穴叙事的完整概念，进一步指向了对参与者与洞穴系统交互关系的讨论。

#### 四、心流视野下的游戏互动法则

与电影一样，洞穴是创作者对叙事展开编码的中间物，而洞穴充分将参与者容纳至叙事体系，并赋予积极的解释权与创作权，这种交互叙事机制，无论是生理上抑或心理上，都向一种限定空间与预设条件下的游戏靠拢。本研究尝试在心流视野下展开洞穴游戏机制的讨论。

心流自提出以来，在测量和分析方法上不断完善，已成为理解导航体验（Navigation Experience）的重要规律之一，<sup>[12]</sup>其核心概念在于创造一种沉浸式体验，令参与者的自我意识收缩到活动本身，感受到对好奇心、内在兴趣以及控制环境的满足。<sup>[13]</sup>在洞穴环境中，叙事理解、时空转换、语境重构，都会对参与者的控制感带来极大挑战。因而在互动中稳定心流的首要原则便是设立一组明确的目标，当参与者的认知与技能，完全融入这个具有挑战但可控的目标中，便会进入心流的最佳状态即自主体验（Autotelic Experience）的阶段。<sup>[14]</sup>

在这套行为心理学指导下，洞穴的游戏互动常以分层任务（Hierarchical Task）进行规划，一套标

准的规划路径为：总任务下达—单体立方任务拆解—立方间任务传递交叠—总任务完成—洞穴经验积累。上述设置很容易与关卡制的角色扮演游戏（Role-playing Game, RPG）联系在一起，但洞穴、实景剧本杀等依赖线下空间的具身游戏系统，最大难点在于调动参与者感知与身体的高适配性交互，其中具体指向两个层面。

一是技术层面，以身体为信息接受载体的交互界面，如何实现低负荷、高感知的交互控制。在目前实践中，互动投影在物理资产上叠加可操控的数字资产，已是技术相当成熟的可触控虚实融合界面，其设计的关键在于平衡技能与挑战间的关系，从而深化人机协作性。如《红豆》中的大树模型，立体投射了儿童嬉戏场景，并设置了一个虚拟的光球作为开启互动的开关。当参与者用手拨动圆球时，将带动所有虚拟资产运动，引发整个球赛场景的情节推进。“暗卡”的设立，令洞穴的游乐园路线开始“分叉”，提升了交互的多元性与趣味性，但能否顺利激活各类开关，对于参与者的游戏能力提出了一定要求。除了在导入场景中完成示范指引外，开关的空间形态与开启机制，必须贴合人们的日常习惯与认知常态。从按钮、把手类物理开关，到依靠动静、明暗等视觉反差形成知觉对象的虚拟开关，交互线索的可辨性与可控性，在帮助参与者完成目标、维持心流中起到关键作用。

语音与手势交互则是下一阶段多通道界面升级的重点。自然语言、日常动作显然是体力与智力上负荷程度最低的交互手段，但其困难在于不同文化、习惯背景下个体语义及手势的不确定性。目前较为成熟的解决办法是：通过语音识别与分析技术，将非结构化信息转换为结构化索引；通过颜色与深度数据，实现手势分割，从而获得较为精准的手势空间特征。

另一层面指向游戏引擎与叙事引擎的紧密咬合、一体传动，从而确保心流与叙事流的同步前行。因而游戏引擎被进一步细分为人物引擎、对话引擎及旁述引擎，<sup>[15]</sup>当然在高交互性的洞穴环境中，还应补充一个动作引擎。四大引擎的运行方式，与前述讨论的叙事法则与技术实现紧紧呼应。交互泛滥或低质量的游戏环节，是扰乱参与者心流的重要原因。所以必须明确游戏引擎的任意一次启动都在于帮助参与者集中注意力、唤醒好奇心，并在挑战中实现对环境的控制。如《红豆》设计了整体的气味地图，并在不同场景中，通过参与者对树干的抚摸、对集市小食的抓取等行动释放对应的气味模块，经由嗅觉这一最原始的感知通道快速引发参与者的记忆与情绪反应。

就目前而言，人机交互的最大难点在于由始至终准确探查、预判参与者的心理变化与行动路径，以控制交互节奏与效果，保证心流维持高位。洞穴研究今后的突破方向，将聚焦于借助 AI 工具，对参与者的语音语气、肢体姿态展开实时监控分析，以大幅提升交互的准确性。AI 驱动的数字人等虚拟资产，无论在模型建立、纹理质感还是即时反馈方面，都越来越逼近虚实边界线，而 AI 幻觉、数据偏差、黑箱效应等负面风险，都在显著收窄，AI 有望成为洞穴中人机交互的主要动力，从而输出更符合参与者期待的实时演算与内容生成。

## 五、结 语

总的来说，本研究展开了理论与实践双轨并进的探索。一方面，以跨学科视角，总结了现实虚拟连续体中异质要素的表达规律与叙事方法，建立起混合现实符号学雏形，以期形成与媒体技术、信息技术同步更新的数字艺术理论脉流。另一方面，为洞穴在文博场馆、演艺剧场等典型应用场景中的加速落地，提供了一些有益的思路，尤其对于中小型场馆中，如何设计更具叙事性、逻辑性、交互性的混合现实空间，提供了一套可借鉴的方案。

参考文献：

[1] Schachter, B. J. (1983) . *Computer image generation*. New York: Wiley.

[2] Cruz-Neira, C. , Sandin, D. J. , DeFanti, T. A. , Kenyon, R. V. & Hart, J. C. (1992) . The cave: Audio visual experience automatic virtual environment. *Communications of the ACM*, 35 (6) : 64-72.

[3] Cruz-Neira, C. , Sandin, D. J. & DeFanti, T. A. (1993) . Surround-screen projection-based virtual reality: The design and implementation of the cave. In Whitton, M. C. (eds. ) . *Proceedings of the 20th annual conference on Computer graphics and interactive techniques*. New York: Association for Computing Machinery, 135-142.

[4] 安德鲁·布拉夫, 安德鲁·约翰逊, 刘海平. 《造物：交互》：一个混合现实的社交玩耍空间 [J] . 世界美术, 2020 (1): 23-27.

[5] Irawati, S. , Green, S. , Billinghurst, M. , Duenser, A. & Ko, H. (2006) . Move the couch where?: Developing an augmented reality multimodal interface. In Rutledge, C. & Schoenfeld, R. (eds. ) . *Proceedings of the 5th IEEE and ACM International Symposium on Mixed and Augmented Reality*. Washington: IEEE Computer Society, 183-186.

[6] Nguyen, T. N. , Huynh, H. H. & Meunier, J. (2013) . Static hand gesture recognition using artificial neural network. *Journal of Image and Graphics*, 1 (1) : 34-38.

[7] 柯岩·托玛瑟利, 达米安·托玛瑟利, 尹倩. 电影符号学、时空理论和虚拟现实符号学 [J] . 上海交通大学学报 (哲学社会科学版), 2022 (4) : 146-159.

[8] [英] 洛克. 人类理解论 [M] . 关文运, 译. 北京: 商务印书馆, 2017: 109+115.

[9] Kato, M. & Konishi, Y. (2006) . Auditory dominance in the error correction process: A synchronized tapping study. *Brain Res*, 1084: 115-122.

[10] Chen, Q. & Zhou, X. L. (2013) . Vision dominates at the preresponse level and audition dominates at the response level in cross-modal interaction: Behavioral and neural evidence. *Journal of Neuroscience*, 33 (17) : 7109-7121.

[11] 谭彬. 混合现实下的空间叙事 [J] . 艺术当代, 2020 (6) : 58-61.

[12] Hoffman, D. L. & Novak, T. P. (1996) . Marketing in hypermedia computer-mediated environments: Conceptual foundations. *Journal of Marketing*, 60 (3) : 50-68.

[13] Hsu, C. L. & Lu, H. P. (2004) . Why do people play on-line games? An extended TAM with social influences and flow experience. *Information & Management*, 41 (7) : 853-868.

[14] Csikszentmihalyi, M. (2000) . The costs and benefits of consuming. *Journal of Consumer Research*, 27 (2) : 267-272.

[15] Ketchell, S. , Chinthammit, W. & Engelke, U. (2019) . Situated storytelling with SLAM enabled augmented reality. In Spencer, S. N. (eds. ) . *Proceedings of the 17th International Conference on Virtual-Reality Continuum and Its Applications in Industry*. New York: Association for Computing Machinery, 1-9.

[责任编辑：华晓红]