

基于增强现实虚实交互的科普知识学习方法设计研究

张树鹏¹, 侯文军¹, 王希萌²

(1.北京邮电大学 数字媒体与设计艺术学院, 北京 100876;

2.网络系统与网络文化北京市重点实验室, 北京 100876)

摘要: **目的** 研究增强现实虚实交互方式在科普知识学习中的有效性及合理性。**方法** 以火箭科普知识学习为基础提出一种基于 AR 虚实交互的学习方法, 通过对比实验, 分别比较记忆方法、AR 内容呈现、AR 多点触控交互、AR 虚实交互 4 种学习方法对于科普知识学习的影响。**结论** AR 虚实交互学习方法更高效, 它可以满足用户更多关注学习内容与用户之间的互动, 能深入加强对细节内容的理解和记忆。AR 技术对于学习认知具有一定的帮助, 但信息呈现和交互方式比较单一; AR 技术在一定程度上能够提升学习效率, 但同时也存在一定缺陷, 相比之下, 基于 AR 虚实交互的学习方法更高效, 更具实际意义。

关键词: 增强现实; 虚实交互; 科普知识; 学习方法; 记忆

中图分类号: TB472 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001-3563(2017)20-0048-08

An AR Way for Pop-Science Knowledge Learning Based on Virtual & Real Interaction

ZHANG Shu-peng¹, HOU Wen-jun¹, WANG Xi-meng²

(1.School of Digital Media and Design Arts, Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China;

2.Network System & Network Culture Key Laboratory of Beijing, Beijing 100876, China)

ABSTRACT: It aims to study the effectiveness and rationality of augmented reality interactive approach in pop-science books. An AR learning way based on virtual & real interaction is used to learn the knowledge of rockets knowledge. We design the comparative experiment, compared with the memory method, AR content presentation, AR multi-touch interaction, AR virtual & real interaction four learning ways for the impact of science knowledge learning. The virtual & real interaction learning method is more efficient, which can satisfy users' more attention to the interaction between learning content and users, and can further enhance the understanding and memory of details. AR technology has some help in learning cognition, but the information presentation and interaction methods are relatively simple. AR technology can improve learning efficiency to some extent, but it also has some defects. In contrast, the learning method based on AR virtual interaction is more efficient and practical.

KEY WORDS: augmented reality; virtual & real interaction; pop-science knowledge; learning ways; memory

随着信息化技术的发展,互联网作为核心和基础不断地延伸和扩展,信息交换和通信方式也逐渐扩展到万物相息。在此基础上,智能感知、识别技术与普适计算等通信感知技术,广泛应用于网络的融合中,衍生出诸如增强现实感知技术、全新虚实交互方式等。

万物互联技术的发展及多媒体技术的普及,使得

科普图书的表现形式越来越丰富。Figueiredo 曾经提出了一种新的交互式图书,即游戏化图书^[1],这是一本可以按顺序或者不按顺序阅读的故事书,在游戏中穿插故事情节使得学习知识更容易。Billing Hurst 和他的同事开发了一种魔法书^[2],他们将这本魔法书变成了一个沉浸式的虚拟空间,读者可以一起飞到虚拟

收稿日期: 2017-08-21

作者简介: 张树鹏(1992—),男,山西人,北京邮电大学硕士生,主攻人机交互。

通讯作者: 侯文军(1963—),女,山西人,博士,北京邮电大学教授、博士生导师,主要从事人机交互与智能设计方面的研究。

空间，在故事构建的虚拟空间中看到彼此的虚拟化身，这使得科普图书变得更加神奇，表现形式更加多样化。此外，随着增强现实 (Augmented Reality, AR) 技术的发展，更多形式的基于 AR 技术的图书出现，AR 技术已经逐渐成为研究人员和教育工作者关注的教学和学习工具。

本文以 AR 在图书教育领域的应用为契机，分析当前图书教育中 AR 技术的使用现状，指出现阶段 AR 技术在图书教育领域中应用的缺陷，提出一种基于 AR 虚实交互的科普知识学习方法，能够让用户在学习过程中实现现实操作与虚拟场景的互动，进一步增强对所学知识的理解和记忆能力。

1 相关研究

AR 技术已经被用来开发不同种类教育、娱乐的应用，例如识字^[3]、音乐^[4]、太阳系^[5]、火山^[6]、单词^[7]、数字等^[8]。事实证明，AR 在教育领域的应用具有一定的积极意义，有许多成功的案例。

ASY Lai 等人将 AR 应用在出版图书^[9]中，通过 3D 模型、动画、视频等形式展示书中图片文字内容，有效提高了学生的学习体验。Richard^[10]等人探索 AR 技术对身体带有缺陷儿童教育的作用，结果显示多媒体的视觉和立体形式内容能够增强对内容的理解和记忆。Kun-Hung^[11]探索了学生在使用 AR 图书过程中对系统的实用性、易用性、有效性和满意度的一致性，结果证明学生对于 AR 图书的使用表现出积极的态度，于此同时 AR 技术能够在一定程度上，提高学生对空间能力的认知和语言技能。Rambl^[12]等人探索了 AR 技术在儿童字母学习中的作用，通过大量实验证明，儿童对 AR 技术反应积极，表示喜欢和享受使用 AR 图书，并且要求重复体验。根据 IRadu 的研究可知^[13]，AR 技术在图书教学中有积极的意义，可以增进内容理解，增强长期记忆，提高学生的学习动机和合作意识。然而，由于技术缺陷和操作问题，可能会导致一定程度的认知困难，因此在使用过程中需要适当的互动和指导。

综上，从前人的研究来看，AR 技术在图书教育领域的应用具有一定的作用，能够帮助用户在认知层面加深理解，尤其对于复杂难以理解的内容有较好的解释效果。但目前的研究，大多停留在 AR 技术最基础的显示层面，只是简单地对内容进行显示增强，涉及的交互操作比较单一，大多数是基于硬件设备的操作，与普通智能设备的交互相似，没有实现 AR 实时沉浸式的交互特点。但是就当前 AR 应用来说，需要同时关注 AR 虚拟界面信息和实体扫描内容，会分散用户的部分注意力，进而可能导致对学习内容的细节性忽略，这点作为对 AR 学习方法的疑惑，进一步在

后续内容中探索。

本文针对这一问题，提出一种基于感知 (识别) 对象和虚拟场景的 AR 虚实交互，表现在应用层面为 AR 手绘动态识别和多识别模型交互，应用在科普知识学习中，能够增强用户认知和体验，增加学习效率。为了验证 AR 虚实交互学习方法的有效性，建立对比实验，探索不同 AR 交互方式下学习科普知识的差异性，分析数据，进一步探讨。

2 增强现实和虚实交互

2.1 增强现实

增强现实^[14]，是一种将真实世界信息与虚拟信息无缝融合叠加的技术，能够把原本在现实世界的一定空间时间范围内很难体验到的实体信息 (视觉、声音、味道、触觉等)，通过电脑等科学技术，模拟仿真后将虚拟信息叠加在现实世界，被人类感官所感知，从而达到超越现实的感官体验。AR 技术实现了真实信息和虚拟信息实时叠加在同一个画面或空间同时存在。

增强现实技术有 3 个核心特点：三维注册、虚实融合和实时交互。三维注册是 AR 技术的实现方式，如基于标签的 ARToolKit 注册，基于自然特征点的 Vuforia 注册，以及基于 LBS 信息的注册。

虚实融合的是 AR 技术的重点内容，虚实融合使得 AR 技术实现了对现实环境的增强扩展，实现虚拟信息与真实环境的无缝融合，实现虚实融合的重点在于对标记物的跟踪识别，涉及到复杂坐标信息的转换，因此需要实时映射虚拟信息在三维空间的位置显示在屏幕中。

2.2 交互方式

AR 交互是实现用户与真实环境中虚拟叠加信息的交互，主要包括两种：基于硬件设备的交互，例如数字手套、传感器设备交互、智能终端设备交互^[15]等；基于计算机视觉处理的方式，例如在标志物上生成按钮、菜单等以及对于手势识别交互。交互方式的选择需要依托于使用情境以及设备载体，因此交互方式与虚实融合息息相关。

随着技术的发展，越来越多种类的交互方式应用在 AR 图书中，包括传统的 GUI 交互、I/O 输入输出交互、多点触控交互等。Iulian 在 AR 游戏中使用多点触控交互和“十字”选择交互^[16]得出结论，相比之下多点触控交互更有效。Bazzaza 使用 AR 技术进行语言学习^[17]，同时提供了多点触控和 GUI 按钮交互，实现语言学习过程中的翻译、朗读、动画展示等，最终得出结论，使用 AR 技术可以有效增强学习的过程。Chantzi 等人为 8~12 岁的儿童设计了科普

游戏书籍^[18],通过多点触控、GUI按钮和其他交互方式,实现了结合AR和游戏化的学习平台。

此外,在AR应用中还有很多类似的交互方式,大多基于对硬件系统的操作实现对虚拟物体的控制,例如HMD的触控板和HHD的多点触控、按钮等。大多数的交互方式只是传统人机交互在AR技术领域的扩展,这些交互方式与智能设备的使用没有差异,因此,为了进一步探索AR虚实融合的特点,增加沉浸感,增强认知和体验,需要更多考虑AR识别对象、环境与虚拟信息之间的互动关系。由此可见,虚实交互的概念越来越被重视。

2.3 虚实交互

IBSE的规则^[19]指出,用户在图书学习中应该学会调查和操作,构建科学知识,改变误解。Vosniadou曾经提出了3种认知模式,构建心智模型的3个步骤,初始模型、合成模型和科学模型。本文研究基于AR技术的科普知识学习方法,目标用户是10~13岁的儿童,他们已经拥有了初始的认知能力,同时可以主动学习知识,与前文提出的合成模型和科学模型行为一致,因此,学习环境中的信息呈现以及用户与学习内容之间的互动是关注的重点内容,这是虚与实的互动,需要设计虚实交互的方法实现。

虚实交互是一种新的人机交互方式,在满足用户感官认知的同时能够让用户参与其中,满足用户与真实场景和虚拟对象之间自然交互的诉求。目前,国内外对AR虚实交互的研究越来越多,使用新技术、工具和方法,从各个不同的角度实现虚实互动,大致可以分为两类:一是在内容显示和跟踪识别的基础上,主要研究感知(识别)对象和叠加内容、虚拟场景之间的交互,比如跟踪检测、位移变化、遮挡处理等;二是其他通道信息输入触发交互指令,例如语音交互、传感器交互、动态手势交互等。

本文的虚实交互是在自然特征点注册的基础上

进行扩展,将传统静态图像识别转换为动态手绘识别,实时与数据库中的内容相匹配。识别后,显示相应的模型信息,根据内容触发交互指令,实现交互功能。将该学习方法应用在火箭等科普知识学习中,表现为用户可以通过手绘目标图像,屏幕端实时显示绘出的图像对应的模型部件结构,用户可以实时查看显示的内容,当完成整个目标图像的绘制之后,对应的完整的火箭三维模型显示。通过这种方式,用户会更加关注学习内容与AR叠加信息之间的互动,同时能够加深理解形象化的空间关系。

3 实验设计

为了验证前文提出AR技术在学习过程中可能存在的缺陷,以及探索本文提出的基于手绘动态识别的虚实交互学习方法的有效性,设计了科普知识学习的实验,主要探索不同AR交互方式学习方法的差异性。在实验中,主要关注以下问题:使用AR技术的学习方法是否是完美的?对于学习记忆是否存在缺陷?当用户使用不同种类的AR交互方式时会有怎样不同的表现?本文提出的AR虚实交互学习方法是否是合理和有效的?AR技术的哪种交互方式对于科普知识理解和记忆有更大的影响?

基于以上问题,针对性地设计了4组对比实验,实验内容探索不同AR交互方式在科普知识学习中的作用以及用户在使用不同AR交互方式学习时的表现。实验控制变量包括统一的学习内容、统一的学习时间和无显著差异的被试用户,自变量为不同的学习方式,即不同的AR交互方式对应的学习方法。

4组实验对应的学习内容分别为长征2号、长征3号、长征4号、长征5号4种长征系列火箭的结构及相关知识,主要包括火箭主要部件名称、部件功能、火箭高度等。4组实验中分别学习的火箭知识内容,见图1。

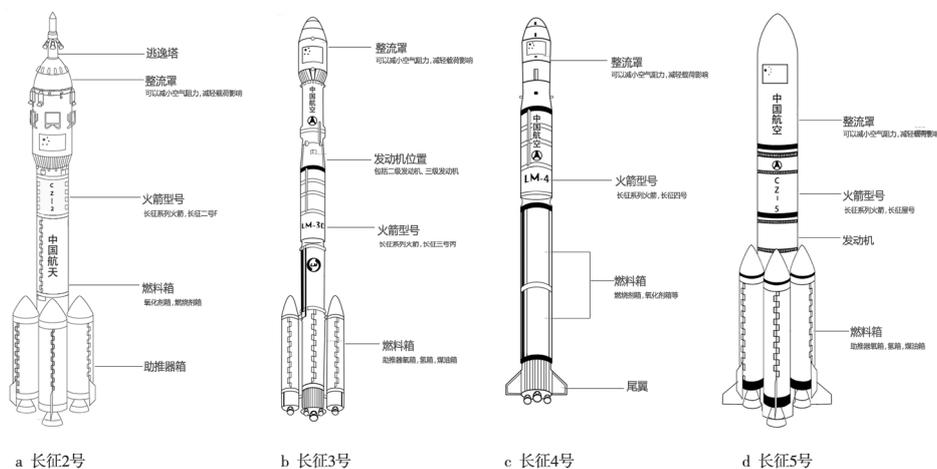


图1 4组实验分别对应的火箭知识内容

Fig.1 The rocket knowledge content in four sets of experiments

图 1 中, 长征 2 号、3 号、5 号火箭的部件结构相似, 都包括整流罩、发动机、燃料箱等, 而其中差异性主要体现在以下几个方面: 包括各个火箭的外观特征、火箭的标志特征、长征 4 号火箭没有助推箱、长征 2 号火箭拥有逃逸塔 (因为是载人火箭)。实验完成后, 被测用户需要完成实验后问卷, 共包含 4 道问题, 问题主要考查被测用户对实验中 4 种火箭知识的记忆情况, 根据回答问题的结果来检测实验中不同学习方式的差异性, 进一步判断不同 AR 交互方式在学习记忆中的有效性。

3.1 实验后问卷

1) 火箭的燃料箱位于火箭结构的哪个位置? 答案分别有: A 顶部; B 中部; C 尾部; D 头部。该问题主要考查被测用户对实验内容的细节记忆能力, 正确答案为 C, 燃料箱在火箭的尾部。该题目主要考查被测用户的基础记忆能力以及不同 AR 交互方式对学习记忆的作用, 探索不同 AR 交互方式在科普知识学习中的不同表现。

2) 在实验中, 哪种类型的火箭没有被提到? 答案分别有: A 长征 2 号; B 长征 3 号; C 长征 5 号; D 长征 7 号。该问题主要考查用户对实验内容的整体记忆能力, 正确答案为 D, 长征 7 号火箭没有被提及。如果被试选择了错误选项, 则可以说明在该组实验中被试对实验内容记忆不够牢固。而错误选项中的长征 2 号、长征 3 号、长征 5 号, 则分别代表使用 AR 虚实交互、使用 AR 多点触控交互和不使用 AR 技术这 3 种学习方法学习科普知识时可能存在的问题, 需要进一步对数据结果进行分析, 探索与交互方式有效性之间的关联性。

3) 以下哪种结构不是实验中 4 种火箭共有的? 答案分别有: A 逃逸塔; B 整流罩; C 发动机; D 燃料箱。该问题主要考查用户对实验差异性内容的记忆能力, 其中选项 A 对应的逃逸塔是长征 2 号火箭独有的结构, 而其他选项是 4 个类型火箭共有的结构。该问题主要探索基于 AR 虚实交互学习方法可能存在的问题, 同时与问题 2 的数据交叉分析, 进一步比较不同 AR 交互方式在科普知识学习中可能存在的负面效应。

4) 哪个火箭知识的学习过程让你印象更深刻? 答案分别有: A 长征 2 号; B 长征 3 号; C 长征 4 号; D 长征 5 号。该问题主要从定性的角度考量用户对使用 4 种不同方法学习过程的感受, 通过主观评价学习过程是否令人印象深刻以及记忆测试结果, 来探索对应的学习方法的有效性。

3.2 被试用户

在小学选择了 12 名六年级 12~13 岁的小学生, 其中男女比例为 1:1, 平均年龄为 12.5 岁, 他们的

学习成绩相近, 之前都没有火箭的科普知识学习经验, 且同时表现出充分的兴趣。所有的被试用户都不了解 AR 技术, 但都拥有触屏手机的使用经验, 都是自愿参加实验。在前人的研究中^[19], 性别不会影响儿童对 AR 空间的理解, 性别在儿童的学习表现中没有显著性差异, 因此, 关于实验的被试用户符合实验设计时提出的无显著差异特点, 这个观点也在后续实验结果中得到验证。

3.3 实验内容

根据问题关注点以及前期分析, 设计 4 组对比实验进行探索, 详细如下。

组 1: 对比实验组, 学习内容为“长征 3 号”火箭结构, 学习方式为通过阅读、查看图文去记忆相关知识点, 不使用 AR 技术辅助学习。

组 2: 学习内容为“长征 4 号”火箭结构, 被试用户在查看记忆的基础上, 可以使用 AR 技术呈现“长征 4 号”火箭对应的三维模型, 以及旋转发射效果, 用户无需操作, 只是查看 AR 呈现的效果。

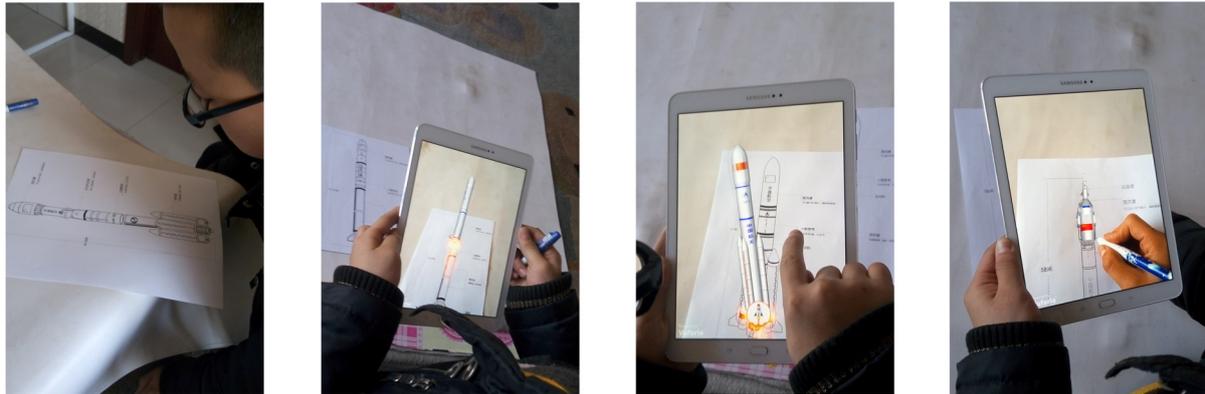
组 3: 学习内容为“长征 5 号”火箭结构, 被试用户在查看记忆的基础上, 可以使用 AR 技术呈现对应火箭的三维模型以及火箭发射的效果, 与组 2 不同的是, 用户可以点击或触碰屏幕控制火箭的旋转与缩放, 细节查看火箭部件结构, 同时可以点击发射按钮进行火箭发射, 更具操作性。

组 4: 学习内容为“长征 2 号”火箭结构, 被试用户可以使用 AR 虚实交互学习方法。与前面两组不同的是, 该学习方法允许用户自定义学习过程。被试用户可以使用手绘动态识别的 AR 技术来呈现对应部件的火箭结构, 用 pad 扫描手绘的内容后, 动态展示火箭三维模型的部件结构, 当所有内容完成后, 用户可以用自定义的“火焰”卡来模拟火箭点火发射, 移动“火焰卡”到火箭燃料箱, 完成火箭点火发射过程。该方法通过 AR 动态识别技术和多卡互动的虚实交互技术实现, 能够让用户的学习互动性更强。

关于实验内容的设计思考, 让被试用户在单次测试中随机完成 4 组实验, 可以避免因为不同用户记忆能力不同而带来的结果差异。这样的实验过程能够保证, 单个被试用户与实验内容之间的关联性, 即使被试用户之间存在差异, 也可以单独分析每个被试用户的实验数据, 保证整体数据结果能够做归一化处理, 保证数据的合理性。

3.4 实验过程

不同被试用户按随机顺序完成 4 组实验, 见图 2。每组实验时间控制在 3 min, 不同被试用户之间的实验互不干扰。完成实验后, 被试用户需要填写实验后问卷, 回答 4 道题目以及完成对每组实验过程的主观评价, 即对实验方法的满意度评价。



组1: 图文记忆学习方法

组2: AR三维显示学习方法

组3: AR多点触控交互学习方法

组4: AR虚实交互学习方法

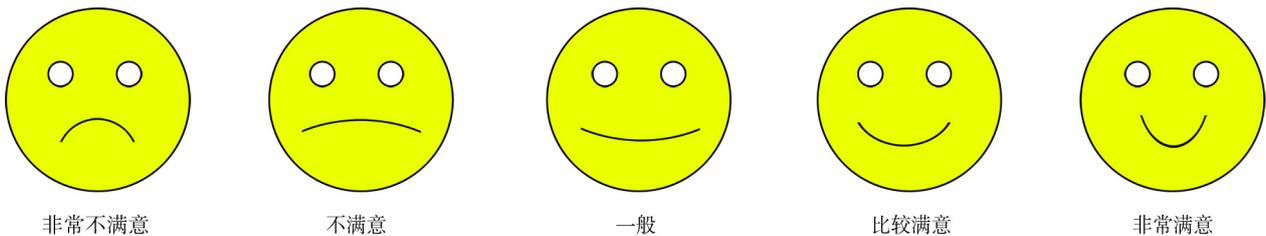
图2 使用不同学习方法的实验过程

Fig.2 The different ways of learning in the experiment

3.5 实验数据

实验数据包括两部分,第一部分是被试用户完成实验后问卷的结果统计,另一部分被试用户是对每组

实验中学习方法的主观满意度评分,这部分数据在所有实验完成后采集。评分标准按照图2的标准进行打分,从左至右依次表示得分为-2, -1, 0, 1, 2, 见图3。



非常不满意

不满意

一般

比较满意

非常满意

图3 “你如何评价实验的学习方法?”

Fig.3 "What do you think of the learning way in the experiment process?"

3.6 实验访谈

在被试用户完成实验过程以及完成实验问卷后,对被试用户进行访谈,主要访谈内容为被试用户在实验过程中的感受,以及针对被试用户回答问卷题目的情况,询问被试用户选择对应选项的原因,主要关注使用AR技术与知识记忆的关系。

4 讨论分析

4.1 定量分析

实验后,用SPSS软件对数据做分析处理。首先对实验后问卷数据做“正误”分类处理,将回答正确的数据记为1,回答错误的数据记为0,更清晰地展现数据结果,其中问题4中“长征2号”选项记为正确,其他选项记为错误,见图4。

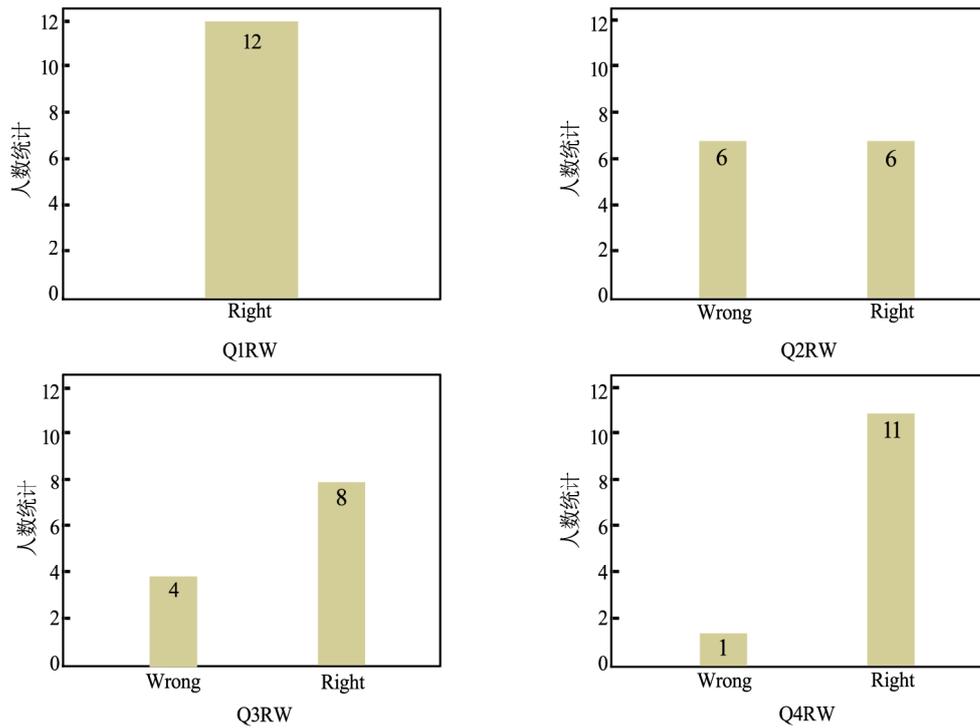
为了保证实验数据的可靠性,进行单样本T检验,结果见表1。

问题1的结果全部正确,该问题的结果标准差为0。其他3个问题的显著性水平 $\text{sig}<0.05$,可以看出

实验数据无显著性差异,数据可靠,继续进一步分析,然后,对单个案问题进行描述分析。从实验后问卷结果可知,问题1正确率100%,该问题是实验内容中最基础的记忆测试,只要被试用户认真完成实验内容,即可正确回答。同时根据结果可以看出,参与实验的12名被试用户在短期记忆中没有太大的差别,符合实验无关变量的水平控制。

问题2是错误率最高的题目,正确选项是“长征7号”,正确率为50%,其中错误选项中“长征3号”为60%，“长征5号”为40%，“长征2号”为0%，见图5。

分析可知,“长征3号”选项对应的基于记忆的学习方法,错误率最高,则该方式效率最差;而相比之下,使用AR技术的学习方法要相对更加高效一些。“长征5号”选项对应基于AR触控交互的学习方法,也存在一定的错误率,分析可能因为在学习记忆过程中,被试用户过多关注屏幕端呈现的模型信息而分散了部分注意力,因此该学习方式效率也较低。“长征2号”选项对应基于AR虚实交互的学习方法,被试用户没有选择这个选项,说明用户使用这种方式学习时



注：Q1RW, Q2RW, Q3RW, Q4RW 表示该问题回答正确或错误，其中横坐标为问题结果，即正确和错误，纵坐标表示该问题回答正确或错误的人数统计

图 4 实验后问卷数据结果正误统计

Fig.4 Data statistics of the results from the experiment

表 1 单样本 T 检验结果
Tab.1 One-sample test

	t	df	Sig. (2-tailed)	Mean Difference	Test Value = 0	
					95% Confidence Interval of the Difference	
					Lower	Upper
Q1RW	3.317	11	0.007	0.500	0.17	0.83
Q3RW	5.745	11	0.000	0.750	0.46	1.04
Q4RW	11.000	11	0.000	0.917	0.73	1.10

注：Q1RW, Q2RW, Q3RW, Q4RW 表示该问题回答正确或错误

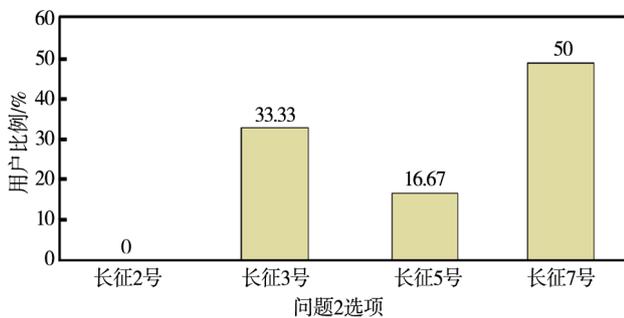


图 5 问题 2 数据结果统计分析

Fig.5 Results data analysis of the second question

记忆更深刻，牢牢记住了学习内容，因此没有错选这个选项。可以看出，基于 AR 虚实交互的学习方式更能促进被试用户与学习内容之间的互动，对于学习记忆有更好的效果。

问题 3 主要考查差异性内容的记忆，正确答案是“逃逸塔”选项，该题目错误率为 25%，有 1/4 的被试用户对该知识点的记忆不够牢固，而选择了其他的错误选项，见图 6。

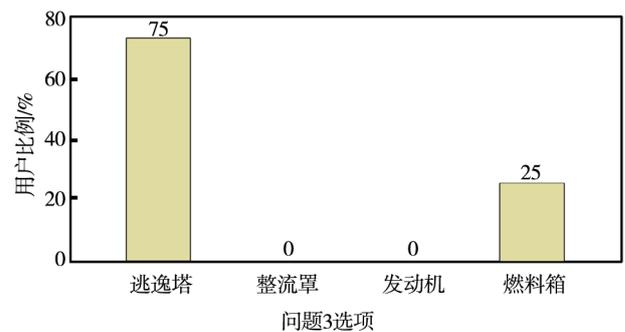


图 6 问题 3 数据结果统计分析

Fig.6 Results data analysis of the third question

其中选择的错误选项全部为“燃料箱”，燃料箱是火箭发射提供燃料的部件。在火箭的结构中，燃料箱是助推箱的一部分，其中“长征4号”火箭没有助推箱，只有燃料箱，是4组学习内容中差异性的部分。在实验结束后对被试用户的访谈中，回答错误的3名被试都表示是因为没有注意这点细节性知识，只是因为“长征4号”火箭没有助推箱，而直接选择了这个选项，混淆了助推箱和燃料箱的概念，因此使用AR技术进行记忆学习时，存在一定的缺陷，会分担用户注意力，对于细节差异性内容记忆不能保证起到好的效果。

问题4关注被试对使用不同学习方式的感受，通

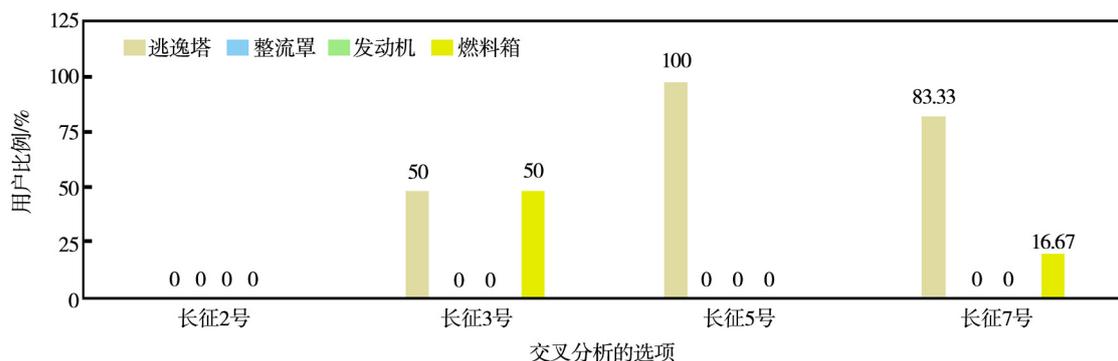


图7 问题2和问题3数据交叉分析

Fig.7 Cross analysis of the results data between the second and third question

从用户访谈结果看，用户主要反馈使用AR技术显示的三维模型确实能加强对结构、名称的理解，看着实际的模型就会去联想实验内容中对应的知识点，能够加深记忆，但是会分散一定的注意力。因为在短期记忆中，关注AR呈现的信息就会忽略知识内容的细节，容易造成名称混淆与知识点忘记等。然而使用AR虚实交互的学习方法要比AR触控交互的学习方法更有效，因为通过AR虚实交互的方法，可以实时地对应内容与AR信息的关系，更好地记忆细节的点以及不同实验内容之间差异性的地方。

4.2 定性分析

被试用户对4种学习方式的主观满意度评价，见表2，数据为量化处理的平均数据结果。

表2 被试用户对学习方法的主观满意度评分均值
Tab.2 The average of subjective satisfaction of four ways of learning

学习方法	图文记忆	AR信息显示	AR触控交互	AR虚实交互
平均分	-1.42	0.08	1.58	1.83

从表2可以看出，单纯依靠图文记忆的学习方式是最不受欢迎的，而且对于被试用户来说，他们目前就通过这样的方式学习他们的课程。单一内容呈现而没有交互的AR技术只是增加了视觉上的效果，把平

过主观评价学习过程是否令人印象深刻以及记忆测试结果来验证对应的学习方式是否有效。结果可以得知，“长征2号”选项对应的AR虚实交互学习方式是用户最喜欢的方式，相比单一AR内容呈现和AR多点触控，手绘动态识别和多卡互动的方式更多实现用户和学习内容之间的互动，从认知层面讲更具吸引力。

对问题2和问题3的实验数据进行交叉分析，见图7，可以看出，两道题目都回答错误的是被试用户使用图文记忆的学习方法。相比而言，不使用AR技术的学习方法效率最低，用户对火箭知识记忆的程度最低。

面的内容转变为立体的形式，对于被试用户来说有一定新意，但对于学习记忆影响不大，甚至会分担注意力而存在负面作用。使用AR多点触控和GUI交互的学习方式相比之下互动性更强，但交互方式较为常见，并不能真正满足用户对AR技术的交互体验。而基于AR虚实交互的学习方式满意度最高的，被试用户使用该方式学习记忆时能够沉浸其中，实时与学习内容之间互动，进一步加强对学习内容的感知和记忆。以上结果与客观数据分析结果一致，验证了最初的猜想。

5 结语

从实验结果可以看出，被试用户在实验中的表现以及最终实验结果是不一样的。对于从未接触过的AR技术，他们表现出一定的兴奋，使用基于AR多点触控的学习方法可以快速上手，没有学习成本；使用基于AR虚实交互的学习过程相对更加投入，实验结果也验证，使用AR技术要比不使用AR技术效果更好。

对于学习过程来说，单纯的记忆方式存在许多不足，被试用户只能通过图片文字描述进行想象和记忆，而利用AR技术后，他们可以直观感受叠加在真实图文上的虚拟模型，增强了视觉体验和记忆效果。但是从知识记忆的角度来讲，AR技术并不完美，

存在一定的缺陷, 它可以一定程度上增加记忆效果, 但同时因为会分散用户注意力导致用户对细节知识的疏漏, 因此, 对于现有 AR 应用来说, 展示在屏幕端的内容应该注意对细节知识的呈现。相比之下, 本文提出的基于手绘识别和多卡互动的 AR 虚实交互学习方法更高效, 它可以满足用户更多关注学习内容与用户之间的互动, 能深入加强对细节内容的理解和记忆。

本文通过实验验证了 AR 技术进行学习记忆存在一定问题, 同时证实相比单一内容呈现的 AR 技术和多点触控交互 AR 技术来说, 基于 AR 虚实交互学习方式具有更加积极的效果。在实验过程中被试用户对 AR 技术表现出极大热情, 尤其是对于虚实交互技术, 结果也证明了这一点。当然, 虚实交互是 AR 技术的一种新的交互方式, 涵盖的表现形式丰富多样, 本文只是探索了在科普知识学习的情境中, 使用手绘动态识别和多卡互动的虚实交互方式, 还有很多其他的比如空间点交互、虚拟手势交互等, 将在未来的研究中进一步探索。

参考文献:

- [1] FIGUEIREDO M, BIDARRA J. The Development of a Gamebook for Education[J]. *Procedia Computer Science*, 2015(67): 322—331.
- [2] BILLINGHURST M, KATO H, POUPYREV I. The Magic Book: Moving Seamlessly between Reality and Virtuality[J]. *IEEE Computer Graphics & Applications*, 2001, 21(3): 6—8.
- [3] DUNSER A, HORNECKER E. An Observational Study of Children Interacting with an Augmented Story Book[C]. *International Conference of E: Learning and Games*, 2007.
- [4] MARTINS V F, GOMES L, GUIMARÃES M D P. Challenges and Possibilities of Use of Augmented Reality in Education[J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 2015(3): 223—233.
- [5] SIN A K, ZAMAN H B. Live Solar System(LSS): Evaluation of an Augmented Reality Book Based Educational Tool[C]. *Information Technology IEEE*, 2010.
- [6] SEO J, KIM N, KIM G J. Designing Interactions for Augmented Reality Based Educational Contents[J]. *Lecture Notes in Computer Science*, 2006(7): 1188—1197.
- [7] BARREIRA J, BESSA M, PEREIRA L C, et al. MOW: Augmented Reality Game to Learn Words in Different Languages: Case Study: Learning English Names of Animals in Elementary School[J]. 2012, 52(11): 1—6.
- [8] JAWAD S, HABIB A, ALI B. Enhanced Interactive Learning Using Augmented Reality[C]. *Multi Topic Conference IEEE*, 2014.
- [9] LAI A S Y, WONG C Y K, LO O C H. Applying Augmented Reality Technology to Book Publication Business[C]. *International Conference on E-Business Engineering IEEE*, 2015.
- [10] RICHARD E, BILLAUDEAU V, RICHARD P, et al. Augmented Reality for Rehabilitation of Cognitive Disabled Children: a Preliminary Study[C]. *Virtual Rehabilitation 2007 IEEE*, 2007.
- [11] CHENG K H, TSAI C. Children and Parents' Reading of an Augmented Reality Picture Book: Analyses of Behavioral Patterns and Cognitive Attainment[J]. *Computers & Education*, 2014(72): 302—312.
- [12] RAMBLI D R A, MATCHA W, SULAIMAN S. Fun Learning with AR Alphabet Book for Preschool Children[J]. *Procedia Computer Science*, 2013, 25(25): 211—219.
- [13] RADU I. Why Should My Students Use AR? A Comparative Review of the Educational Impacts of Augmented Reality[C]. *International Symposium on Mixed and Augmented Reality IEEE*, 2012.
- [14] GRAHAM M, ZOOK M B. Augmented Reality in Urban Places: Contested Content and the Duplicity of Code[J]. *Transactions of the Institute of British Geographers*, 2012(10): 1475.
- [15] KANETO Y, KOMURO T. Space Sharing AR Interaction on Multiple Mobile Devices with a Depth Camera [J]. 2009.
- [16] RADU I, MACINTYRE B, LOURENCO S. Comparing Children's Crosshair and Finger Interactions in Handheld Augmented Reality: Relationships between Usability and Child Development[C]. *The International Conference*, 2016.
- [17] BAZZAZA M W, ALZUBAIDI M, ZEMERLY M J, et al. Impact of Smart Immersive Mobile Learning in Language Literacy Education[C]. *IEEE Global Engineering Education Conference*, 2016.
- [18] ELEFThERIA C A, CHARIKLEIA P, IASON C G, et al. An Innovative Augmented Reality Educational Platform Using Gamification to Enhance Lifelong Learning and Cultural Education[C]. *International Conference on Information*, 2013.
- [19] FLECK S, SIMON G. An Augmented Reality Environment for Astronomy Learning in Elementary Grades: an Exploratory Study[C]. *Ieme Conference Francophone on L'interaction Homme Machine ACM*, 2013.