基于 AR 技术的广府家具“纸上博物馆”设计应用与研究

汤晓颖，区雪兰，谢丹妮
（广东工业大学，广州 510090）

摘要：目的 研究基于 AR 技术的广府家具数字化传承的设计与应用实例。**方法** 采用 Unity3D 作为主要的开发工具，以 C#语言工具为主，结合 Vuforia AR 开发者工具包为辅，调用 Android 开发对应的 API，集成开发环境，同时运用第三方内容设计工具 PS、AI、3DsMax 和 Maya 为主要的数字化内容设计与创作工具，将广府家具纸本书籍与 APP 结合。**结果** 设计出可交互体验的全媒体出版物，即“纸上博物馆”。**结论** AR 技术支持人与物交互，不仅给非物质文化遗产的传承提供更多的可能性，更是人与历史之间对话的一种手段。利用新的传承手段对广府家具文化进行数字化保护，能够促进广府家具作为文化遗产在新时代的展示、传播和发展。

关键词：AR 技术；广府家具；“纸上博物馆”；Unity3D
中图分类号：TB472 **文献标识码：**A **文章编号：**1001-3563(2018)04-0115-08
DOI：10.19554/j.cnki.1001-3563.2018.04.022

Design Application and Research of "Museum on Paper" of Cantonese Furniture Based on AR Technology

TANG Xiao-ying, OU Xue-lan, XIE Dan-ni
(Guangdong University of Technology, Guangzhou 510090, China)

ABSTRACT: It aims to study the design and application cases of digitalized inheritance in Cantonese furniture based on AR technology. Using Unity3D as the main development tool, using C# language tools, combined with the Vuforia AR developer kit as Android, calling the corresponding API, integrated development environment, while using the third party content PS, AI, 3DsMax design tools and Maya for digital content creation and design of the main tool, the Cantonese furniture paper books are combined with APP. The whole media publication that can have the interactive experience: "Museum on Paper" is designed. AR technology supports the interaction between people and objects, which not only provides more possibilities for the inheritance of intangible cultural heritage, but also is a means of dialogue between human and history. The use of new inheritance means to digitally protect Cantonese furniture culture which can promote the display and spread of Cantonese furniture as a cultural heritage in the new era.

KEY WORDS: AR technology; Cantonese furniture; "Museum on Paper"; Unity3D

形成于明代，在清代达到顶峰的广府家具工艺精湛、装饰华贵，具有浓郁的岭南地域特色，是非物质文化遗产中的浓重一笔。非物质文化遗产不仅是各地人民寄托理想和愿望的方式，更是吸取精神力量的媒体。然而时至当代，非遗已不能倾注现代人的诉求和期许，传统工艺美术减少了更新迭代的动力致使它们在当代的遇冷。如何使非物质文化遗产在当代得到保护传承和发展，是新时代所面临的一项重要挑战。

收稿日期：2017-11-21
基金项目：广东省哲学社会科学“十二五”规划项目《技术与美——新媒体时代广府民间工艺美术的传承与新生》（GD14XYS17）；广东省研究生学术论坛项目《广府非物质文化遗产的数字化传承》（2016XSLT_13）
作者简介：汤晓颖（1977—），女，湖北人，博士，广东工业大学教授、硕士生导师，主要研究方向为数字媒体设计、虚拟交互设计、新媒体传播。

1 AR 技术的相关研究

增强现实技术（Augmented Reality，AR）[1]是在虚拟现实技术（VR）的基础上所衍生出的现代信息技术，AR 技术的目的不是把真实世界与使用者之间隔离开，而是利用附加的虚拟物或者是图文信息，动态地对人所在的真实世界在场景中增强。

AR 技术 3 个基本特点是：虚实融合、三维注册和实时交互，识别跟踪技术有 Marker-based，Marker-Less 和 SLAM 等。图像特征点检测的算法有很多，特征点的提取与匹配是实现基于图像自然特征注册的关键。1988 年最早提出的 Harris[2]算子是基于图像灰度的方法通过计算点的曲率及梯度来检测角点。最著名且鲁棒性好的关键检测算法是 David Lowe 在 1999 年提出的 SIFT[3]检测算法和 2006 年 Her-bert Bay 等人在 SIFT 算子的基础上提出的 SURF[4]算子，但受到专利保护不能用于免费商业用途，因此后来涌现 ORB，FAST，BRISK，FREAK，BRIEF 等优秀且免费的替代品[5]。鲁棒性是指控制系统在一定（结构，大小）的参数摄动下，维持其他某些性能的特性。

近年来，国外一些学术机构也不断尝试着将 AR 技术与文化遗产两者结合进行开发应用研究。2011 年，美国西北大学澳大利亚德邦大学的研究人员[6]运用 AR 技术和运动捕捉技术，将土著人的舞蹈、土著人体彩绘和土著人的居住环境等土著传统文化习俗进行数字化处理后再次进行呈现，进行探索和文化互动式体验；新西兰坎特伯雷大学人机界面实验室在 2012 年将 AR 技术应用到了传统绘画艺术领域，开发了集教育性、娱乐性于一体的互动文创产品。国内在近年来国内也有相应的研究，2015 年桂林电子科技大学把金秀瑶族传统的生活用品图解介绍作为设计对象，在 Unity3D 及高通 AR 平台制作了基于 Android 移动平台的金秀瑶族虚拟现实读物，是非物质文化遗产的一个数字化的探索[7]。

2 “纸上博物馆”概念

广府家具“纸上博物馆”是指，在纸本书籍中引入 AR 技术。以当前书籍的书页以及读者的阅读所处的环境作为现实环境，使用 APP，叠加显示制作好的广府家具三维模型与三维动画，并可进行实时互动，营造出游览博物馆的虚拟文化体验环境，增强读者对阅读内容的感知和理解，从而让民间工艺美术面对汹涌而至的新文化大潮，在新的时代也能在包容中继续保护文化的多样性发展。

2.1 APP 与纸媒结合完成博物馆使命

博物馆是展示自然研究和文化遗产研究的重要场所，博物馆的本质在于研究、典藏、展示、教育四大目标。传统的博物馆展示模式多事实体展品的静态展览，辅以有限的文字说明，传达的信息量很少，展览方式单一，而且观众很难观测到展品的细节特征，展品背后所蕴藏的文化历史信息被忽视。

“纸上博物馆”不仅完成了博物馆的重要使命，而且有其创新。AR 技术以其交互性、趣味性、多感知性等特征改变形式单一的传统传播方式。纸本书籍和 APP，记录了广府家具的发展历史、工艺、装饰纹样等详细的信息内容，承载的展示内容比其博物馆更为丰富和完整。观众可以通过翻页的方式阅读广府家具的详细解说，深入了解。

“纸上博物馆”展品的展示方式多样，不仅有静态图片，还包含了视频动画，GIF 动图和可交互的三维模型等动态内容，使得展示更全面，效果更逼真，实现更深层次的交互体验。打开 AR 体验模式，充分利用移动终端与展品进行实时互动，让观众可身临其境般与广府家具三维模型进行近距离接触，仔细端详各个角度来补充人眼直接观察时不易观察到的细节信息，弥补了传统博物馆展品不便于观众观测与触碰的不足，打破现有展品“只可远观而不可亵玩焉”的格局。

2.2 体验模式开启情感共鸣

“纸上博物馆”的体验模式，挣脱了传统展示方式对展示空间、展览内容以及观众参观活动的桎梏，全方位的感知方式拓宽了输入的渠道，会使人认知得更加真切与深刻。增强了展示效果和拓宽了传播受众，甚至展示和教育功能比传统的博物馆更胜一筹。

在 AR 环境中，使用者可以看到周围真实环境之外，还可以感受到计算机所产生的增强信息。这种增强的信息可以是在真实环境中与真实环境共存的虚拟物体，也可以是关于存在的真实物体的非几何信息[8]，可以说 AR 在虚拟现实与真实世界直接架起了一座桥梁。

2.3 从“造物活动”走向“文化构建”

无论是游览博物馆，还是体验非物质文化遗产，都属于文化的活动，而同样作为文化活动的设计已从“造物活动”走向了“文化构建”的过程，驱动着产品用户界面具有了深刻的文化内涵。

在产品中所采用的识别书籍，不同于市面上的识别卡或特定识别标记，作为 APP 的辅助产品，离开 APP 不能单独使用。“纸上博物馆”的纸本部分在装帧中也着力打造了符合博物馆精致感。书籍的线性叙事详细地介绍历史、工艺、流程等内容。美国艺术心理学家鲁道夫·阿恩海姆[9]的研究表明：人们知觉的有一种“简化”的倾向，所谓“简化”是一种将任何刺激以尽可能简单的机构组织起来的倾向。理解了用户如何处理信息，才能用以补充走马观花式的体验中所不能深度学习的内容。

3　“纸上博物馆”系统架构设计

3.1　系统技术创新与突破

3.1.1　使用 Android Studio 与 Unity3D 结合开发

APP 的技术开发使用了 Android Studio 与 Unity3D 结合，Android Studio 调用 Unity 技术。Android Studio 是一个 Android 集成开发工具，提供了集成的 Android 开发工具用于开发和调试。Unity3D 是由 Unity Technologies 公司开发的一个让玩家创建如三维视频游戏、建筑可视化、实时三维动画等类型的多平台的综合游戏开发工具，是一个全面整合的专业游戏引擎[10]。

单独使用 Unity3D 开发能够支持跨平台发布，但是在 Unity3D 中不支持播放 GIF 格式的图片，Unity3D 5.6 版本以前不支持在移动设备播放视频。而对于文化体验类的 APP，如不支持视频播放，不支持较小的 GIF 文件置入，较影响交互体验。

Android Studio 开发采用按需求渲染的算法，控件自带动画效果，减少开发的实践和工作量。降低对手机性能的要求：耗电少，减少发热，减少对硬件设备的损耗。

3.1.2　解决摄像头自动对焦问题

Vuforia SDK 作为“纸上博物馆”AR 模式的开发工具，默认不自动对焦。如果标志物在相机视图中没有快速对焦，相机图像可能导致模糊，并且目标细节可能难以检测，跟踪性能会受到不利影响，因此，自动对焦可以解决相机因为焦点距离等原因导致的模糊问题。当启动 AR 识别模块时，通过代码 API 接口调用设备摄像机的启动自动对焦模式，但由于启动时，设备的摄像机可能尚未获得权限或者尚未启动，会导致通过 API 接口调用设备摄像机启动自动对焦模式出现失败的情况。

对此，本系统的解决方案是：通过编写代码，进行多次通过 API 接口调用设备摄像机启动自动对焦模式的尝试。启动 AR 识别模块时，便尝试第一次启动自动对焦模式，如果启动失败，则 2 s 后再次尝试，确保摄像机启动对焦可以启动成功，以确保最佳的相机对焦条件，使允许设备在视图更改时自动调整焦点。

3.1.3　解决 AR 模式三维模型抖动问题

长久以来抖动在 AR 实现中都是一个值得深入探讨的问题，与识别算法和 Image Target 质量相关。跟底层算法的识别定位有关，由于使用的 Vuforia SDK 没法改变其识别算法，但是可以改变 Image Target 的质量，就是特征点的数量。然而在某些情况下也很难规避识别到的模型存在抖动问题，比如现场实时识别，由于实时的光线和角度的差别，模型会不间断地抖动。当算法和标志物都难以改变的情况下，就要通过使模型适应人的视觉，让人从视觉上达到可以接受的效果。

对此，本系统的解决方案是：让其缓动吻合而不是抖动，主要用 world center mode 参数和捕捉 Image Target 实时位置，出于增强物吻合 Image Target 的原因，所以不把需要识别出来的对象作为 Image Target 的子物体，而是通过获取 Image Target 的实时位置，把它赋值给对应的虚拟物体。

首先设定两个阈值（位置和旋转的 threshold）当 Image Target 的位置及旋转超出阈值时，才运行模型进行移动与旋转。通过设置阈值的大小，过滤掉细小的抖动，但 Image Target 的位置及旋转超出阈值时，此时如果让模型的位置直接跟踪到 Image Target 的位置，则可能出现闪现的情况（移动量过大），运用 Lerp 函数采用插值运算的方法，使当前模型的位置移动到 Image Target 的位置的过程更加平缓，也消除了抖动的影响。

3.2　系统总体架构设计

3.2.1　AR 体验模式的系统开发架构设计

APP 原形应用的 AR 模块，采用 Unity 作为主要的开发工具，以 C#语言工具为主，结合 Vuforia AR 开发者工具包为辅，调用 Android 开发对应的 API，集成开发环境，应用基于计算机视觉的三维注册跟踪方法，同时运用第三方内容设计工具 Photoshop，Illustrator，3DsMax 和 Maya 进行文化内容数字化设计。

APP 系统运行于 Android 平台，依靠平台 CPU 计算处理与 GPU 渲染功能，通过图形算法计算与处理，将模型渲染到虚拟的三维空间。将标志物数据和模型数据都加载到移动平台的内存中，在程序运行时，通过内存加载得到对应的数据。在 Vuforia 的高层实现中，通过 Camera 来获取识别图像，通过 Image Target 来匹配标志物与模型以及动画。

Vuforia SDK 是一个基于计算机视觉跟踪技术的增强现实开发工具包，除了提供一系列核心开发组件以外，还支持 Windows/Mac 操作系统和 Linux 平台下开发增强现实应用，提供了基于 IOS，Android 和 Unity Extension 的集成应用开发环境，见图 1。

3.2.2　APP 的功能模块设计框架

纸上广作 APP 主要介绍了广府家具的名作，结构，装饰，用料，及其发展脉络，以不同页面模块对广府家具进行细致解说，界面设计与界面图标，提炼了广府家具的装饰花纹和元素进行设计，突出广府家具的文化美感。

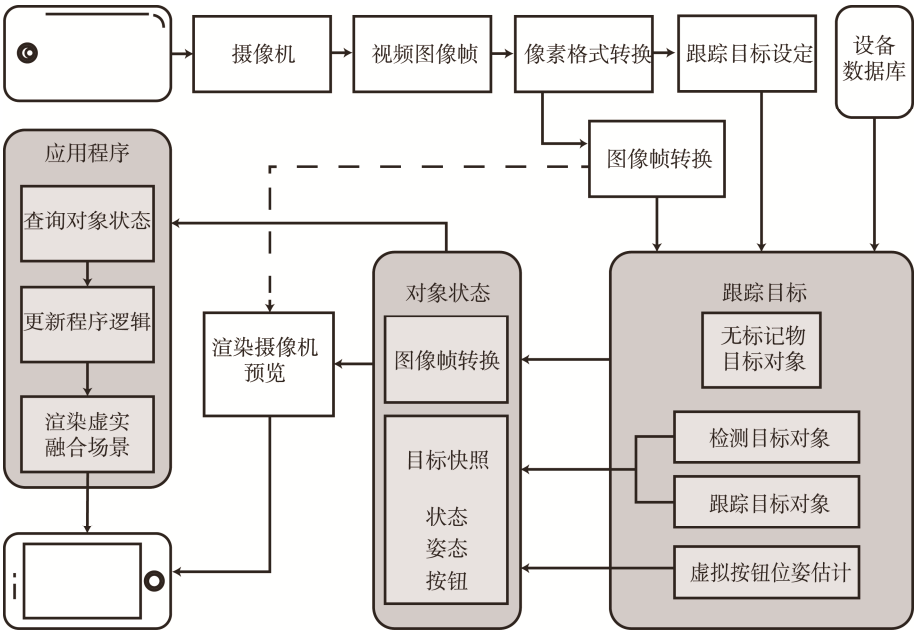

图 1 Vuforia SDK 具体的开发环境与开发平台

Fig.1 Development environment and development platform of Vuforia SDK

交互设计的对象是行为的设计，20 世纪 90 年代初，Richard Buchanan 就把交互设计的对象定义为行为：通过产品的媒介作用来创造和支持人类的活动。采用简化一级界面的手法，使用户获得更快速更深度的体验。

在进入 AR 模式的时加入了一个 AR 体验模式浮动虚拟按钮，用户在使用 APP 时，可随时开启 AR 摄像头进行实时互动，整个 APP 是情景沉浸式体验，而不是强迫灌输式的感官刺激。APP 的 AR 体验模式是将现实环境与虚拟环境融合，AR 模式的进入路径采用浮动按钮的设定，简化体验的流程，见图 2。

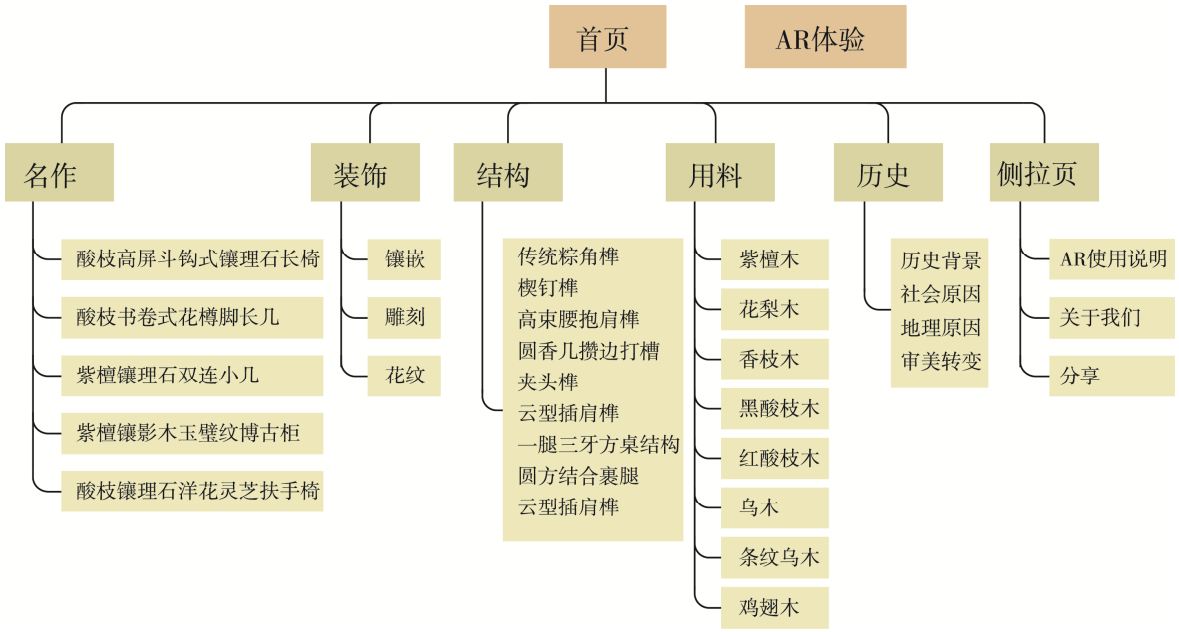

图 2 APP 功能模块设计框架

Fig.2 Functional module design framework of the APP

3.2.3 纸本书籍的设计框架

广府家具的纸本书籍通过介绍广作家具的历史，突出展示其在当时的社会价值，不仅展现其精巧的的工艺与装饰纹样，更要从中提炼出广作的精神，以及值得留存的内核。从古典家具中的材质装饰中提取纹样纹理以及色彩，对家具原有的形态进行归纳以精装书的形式进行最终的呈现。书中部分图片作为 AR 识别图，以线描的方式对家具的结构和精妙之处进行呈现。

4　系统开发实现与应用

4.1　系统功能模块实现 Unity 增强交互模块开发

“AR 体验模块”是采用 Unity3D 作为主要的开发工具，结合 Vuforia AR 开发者工具包作为辅助，采用 Unity 中的 Mecanim 动画系统控制模型的动画，通过检测触摸屏幕的 Touch 事件来触发互动效果。

增强现实交互模块开发主要分 4 步进行:标识物信息采集、特征检测匹配、三维跟踪注册以及虚实融合。

4.1.1　识别图信息采集

Vuforia AR 是采用基于无标记的增强现实识别方法，通过内部对图像进行一系列的处理（包括灰度化，色阶计算，锚点记录等）并使用特性描述在捕获的视频中找到一个任意的图像[11]。使用前需要先在 Vofuria 的开发者网站上传识别图，并通过 Vofuria 内部的算法生成一个包含着识别图和其特定标识号的数据集，每一张识别图都在这个特定的数据集中有且只有一个标识号。在开发时，将该识别图的数据集导入到 AR 模块中，将识别图的标识号与三维模型或视频动画相联系起来，APP 通过调用 AR 模式，启动摄像头扫描到任意的一张图像，通过与识别图数据集中的数据进行对比，识别并得到识别图的标识号来获取三维模型与视频动画。

首先，在 Vuforia 官网中，通过 License Key 给工程权限来调用 Vuforia SDK 包中的资源，通过 Vuforia 的服务器来保存 Image Target 的识别图片。将该数据库下载并导入到 project，并且绑定 target。图像目标基于目标图像中分析的自然特征进行检测，存储在数据库中，然后在运行时与实时相机图像中的特征进行比较，标志物角点检测见图 3。

图 3　标志物角点检测

Fig.3 The corner point of image target test

4.1.2　特征检测匹配

当系统进入 AR 模式采集到标志物的图像信息后，通过算法提取其信息特征点[12]，再进行特征匹配，当匹配成功后调取数据库中三维模型或视频动画。

4.1.3　三维跟踪注册技术

三维跟踪注册是增强现实系统的核心，基于人工标记的增强现实系统能够把广府家具的三维模型或视频动画准确定位到现实环境中，实现虚拟与现实的融合。具有快速、稳定、准确的特点，可以快速从复杂的真实环境中检测出人工标记的标记物。

“纸上博物馆”APP 原型的应用开发采用基于计算机视觉的三维跟踪注册技术，主要通过识别现实环境中图像的信息特征来确定摄像机的位姿，系统通过实时识别现实环境中标记物的各类特征（平行线、垂直线、平面物体、角点、纹理特征）的方法，获取摄像机各部分参数，进而对虚实融合的场景进行实时地更新，完成三维注册的任务。

4.1.4　虚实叠加处理

在通过三维跟踪注册模块确定虚拟物体融合的精确位置后，获得摄像机的位置与姿态，将数据库中的广府家具三维模型和视频动画调取实时融合，形成 AR 信息图像，最终渲染在移动终端的屏幕上完成虚实融合[13]。

4.2　Android Studio 的 Android 集成开发

采用 Android Studio 来作为 APP 的界面开发工具。

第 1 步，新建出工程文件，新建 drawable-hdpi 文件夹存放资源文件，将素材文件复制进该文件夹中并以匈牙利命名法按素材英文_编号的方式重新命名。

第 2 步，依据视觉设计图对 XML 文件编写各个页面的 UI 框架，调整好位置后，在对应的 Image View，Image Button，Card View 等组件中利用 android:src=”@drable/****”的方式导入相应的素材文件。“关于”页面与之类似，多了长图滑动显示的功能，故嵌入了一层。在“装饰”、“名作”、“结构”、“用料”、“历史”页面中，由于都需要页面上方的导航栏，故添加对应的控件。

第 3 步，对各个页面的 Java 代码进行编写，让其加载上一步中编写好的 xml 布局，并且对各个按钮逻辑，页面跳转进行编写，适当添加对应的动画过渡效果，增强用户体验。

第 4 步，考虑到 Android Studio 自带的图片控件不能很好地加载 GIF，通过 Gradle 引入了 android-gif-drawable 库，然后用类似图片加载的编写方法加载对应的 GIF，并在 Java 文件中编写相应的逻辑通过点击控制 GIF 的播放和暂停。从开发效率的角度出发，使用优秀的开源库能很大程度地缩减开发周期和提高开发效率。

第 5 步，在各个尺寸的真机上测试完成的用户界面，对超出或缺少的部分进行适当的细微调整，尽可能的还原视觉设计图的效果。

4.3 Android Studio 嵌入 Unity3D

为实现从 Unity3D 中导出工程文件至 Android Studio 中进行二次开发，步骤如下。

第 1 步：在 Unity 中制作一个 Unity 场景，设置好 Bundle Identifier 与 Minimum API Level，并勾选上 Google Android Project 导出作为二次开发的准备，导出 android 工程。

第 2 步：在 Android Studio 下新建一个 project。

第 3 步：复制 Unity3D 项目目录下的 libs 的 jar 文件到 Android Studio 项目的 libs，并右击其中一个 jar，选择 add as library.

第 4 步：复制 Unity3D 项目下的 assets 文件，多线粘贴到 Android Studio 项目下的 main 文件下。

第 5 步：在 main 文件下新建文件 jniLibs，将 Unity3D 项目 libs 文件里的 armeabi-v7a 复制到 jniLibs 文件下。

第 6 步：src 下面包含 3 个 java 类。其中有个 UnityPlayerActivity.java，打开 UnityPlayerActivity 之后，有一个对象时 UnityPlayer 的实例，将这个实例当成一个 view 添加到 Android 的布局中。

4.4 交互设计体验

纸上广作 APP 的数字内容制作主要是由三维模型和视频动画两部分构成，因此在界面设计中没有过多的界面虚拟按键[14]。APP 界面通过编写 Java 实现手势交互，用户通过手势交互切换不同数字资源。AR 体验模式是通过编写 C#实现手势交互，采集识别图后切换动画视频和三维模型资源，手势交互如下：单指的点击、旋转与拖拽以及双指移动与缩放，见图 4。

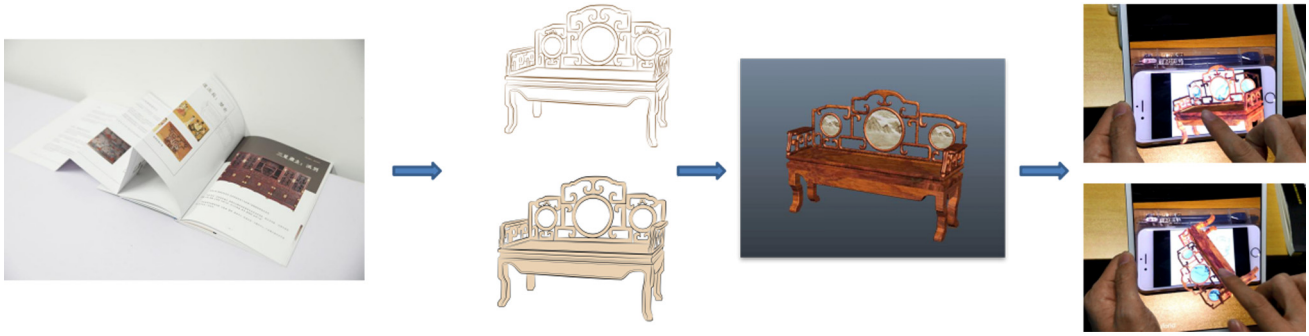

图 4 “纸上博物馆”交互体验过程

Fig.4 Interactive experience process of "Museum on Paper"

5 实验和测试效果

实验基于 Unity3D 平台，集成 Vuforia SDK 进行开发，实验中所用的移动设备为三星 SM-T710 平板电脑、联想 TB3-X70N 平板电脑和 OPPO R11 手机，设备性能见表 1。

启动 APP 系统后，点击“AR 模式”浮动图标时，进入 AR 系统，即可通过设备摄像头对识别图进行跟踪注册。

表 1 各设备性能

Tab.1 Performance indexes of each equipment

设备型号	操作系统	摄像头像素（后置）/dpi	屏幕分辨率/dpi	处理器型号	处理器核心
三星 SM-T710	Android5.0	800 万	2048×1536	三星 Exynos 5433	四核
OPPO R11	Android7.1	2000 万	1920×1080	高通骁龙 660	八核
联想 TB3-X70N	Android6.0	500 万	1920×1080	联发科 MT8735	四核

为了验证系统性能，这里定义跟踪角度为识别图与摄像头的夹角，分别选取跟踪角度为 10°，20°，30°，45°，60°，90°，120°，150°，160°，170°。对逐帧图像进行注册性能验证，识别图大小为 420 mm×594 mm，识别区域大小为 250 mm×250 mm，跟踪距离为 0.5 m。当拍摄角初始小于 10°时，系统无法采集识别图特征信息；当跟踪角度为 20°时，设备联想 TB3-X70N 平板电脑采集不到识别图中所包含的特征信息，OPPO R11 手机能精确采集到人工标志图像中的特征信息，三星 SM-T710 平板电脑的跟踪性能不稳定，根据调整摄像头距离，不定时采集人工标志图像中的特征信息。当拍摄角为 30°～150°时，3 台设备均可精确采集到人工标志图像中的特征信息，实现了实时跟踪；当跟踪角度为 160°时，则与跟踪角度为 20°的实验结果相同。当跟踪角度大于 170°时，3 台设备均不可实现系统跟踪功能，见表

2—3。

此实验结果表明，系统的注册精度和跟踪注册功能与移动设备的性能和摄像头像素有很高的相关性。设备性能越好，开启 AR 体验模式耗时越少，运转速度更快；设备的摄像头像素越高，跟踪角度的要求会降低，系统跟踪注册功能更好。

实际应用中，标志物的遮挡对系统的影响显著。当标志物被遮挡后，特征信息受到了破坏，系统的注册精度和跟踪性能会受到很大影响。标志物的特征信息被破坏的面积以百分比计算，实验通过不同的遮挡面积测试系统性能，随着遮挡面积的减少，实验系统测试结果见图 5。遮挡面积为 95%时，通过调整摄像头的角度，系统根据标志物的残留信息获得准确的跟踪注册数据的概率为 50%。当遮挡面积小于 95%时，获得准确的跟踪注册数据为 100%。经过多次测试表明，纸上广作 APP 的 AR 识别系统具有较强的稳定性，可以很好的适应遮挡环境。

通过上述的所有实验结果得出，广府家具“纸上博物馆”APP 具有很好的三维展示效果和交互功能，当对某一个产品产生兴趣即可随意通过 AR 模式的浮动图标切换到 AR 模式。

表 2　识别图与摄像头的夹角

Tab.2 The angle between target image and camera

设备型号	10°	20°	30°	45°	60°	90°	120°	150°	160°	170°
三星 SM-T710	否	否/是	是	是	是	是	是	是	否/是	否
OPPO R11	否	是	是	是	是	是	是	是	是	否
联想 TB3-X70N	否	否	是	是	是	是	是	是	否	否

表 3　开启 AR 体验模式耗时

Tab.3 Time consuming of opening AR mode

/s

设备型号	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩	均值
三星 SM-T710	3	2	3	3	4	4	4	2	3	3	3.1
OPPO R11	2	1	3	2	4	2	2	3	1	2	2.2
联想 TB3-X70N	3	5	3	6	3	5	4	4	2	5	4.0

图 5　标志物遮挡测试

Fig.5 Occlusion test of image target

6　结语

“纸上博物馆”将广府家具的纸本书籍与 APP 结

合，基于 AR 技术的支撑，打造了一个全方位的体验模式。本系统最大的创新点在于使用了 Android Studio 与 Unity3D 结合开发，解决了摄像头自动对焦不稳定和 AR 模式的三维模型抖动的问题。实验结果表明该方法能够在手机移动端连续移动过程中，自适应显示虚实叠加的效果，对遮挡的标志物识别效果较好。APP 的 AR 体验模式是在现实环境中叠加显示广府家具三维模型与三维动画，创造出一种游览博物馆的文化体验。通过使用 APP 产品和阅读纸本书籍，运用不断丰富的交互方式、行为模式、以及知识获取的途径中多一些了解广府家具的渠道，以及让传统民间美术在未来有更多的发展可能，让数字化传承的手段成为人与历史之间对话的一种媒介。目前该 APP 可运行在 Android 移动操作系统中，并可在各大移动应用商店平台下载。

参考文献：

[1] BAJURA M, NEUMANN U. Dynamic Registration Correction in Augmented-reality Systems[C]. Virtual Reality International Symposium, 1995.

[2] KATO H, BILLINGHURST M. Marker Tracking and HMD Calibration for a Video-Based Augmented Reality Conferencing System[C]. IEEE and ACM International Workshop on Augmented Reality, 2002.

[3] CHIMIENTI V, ILIANO S, DASSISTI M, et al. Guidelines for Implementing Augmented Reality Procedures in Assisting Assembly Operations[C]. Precision Assembly Technologies and Systems, 2010.

[4] BAY H, ESS A, TUYTELAARS T, et al. Speeded-Up Robust Features[J]. Computer Vision & Image Understanding, 2008, 110(3): 404—417.

[5] DANIEL L B. 深入理解 OpenCV: 实用计算机视觉项目解析[M]. 北京: 机械工业出版社, 2014.
DANIEL L B. Deep Understanding of OpenCV: Practical Computer Vision Project Analysis[M]. Beijing: Machinery Industry Press, 2014.

[6] 余日季. 基于 AR 技术的非物质文化遗产数字化开发研究[D]. 武汉: 武汉大学, 2014.
YU Ri-ji. Development of Intangible Cultural Heritage Based on AR Technology[D]. Wuhan: Wuhan University, 2014.

[7] 赵俊宇, 彭玉元. 基于移动平台的虚拟现实读物开发——图解金秀瑶族传统生活用品[J]. 企业科技与发展, 2015(Z1): 27—32.
ZHAO Jun-yu, PENG Yu-yuan. Development of Virtual Reality Book Based on Mobile Platform: Illustrating Jinxiu Yao Traditional Living Articles[J]. Journal of Enterprise Science and Development, 2015(Z1): 27—32.

[8] 程委, 廖学军, 李智. 增强现实及其军事应用研究[J]. 计算机技术与发展, 2007(12): 165—168.
CHENG Wei, LIAO Xue-jun, LI Zhi. Augmented Reality and Its Military Applications[J]. Computer Technology and Development, 2007(12): 165—168.

[9] 王汝军, 杨凯凌. 格式塔心理学在城市家具设计中的应用探析[J]. 包装工程, 2011, 32(16): 151—154.
WANG Ru-jun, YANG Kai-ling. Gestalt Psychology in the Design of Urban Furniture Applications[J]. Packaging Engineering, 2011, 32(16): 151—154.

[10] 王涛, 高贤强. 基于 U3D 和 Kinect1.0 月光下舞蹈互动游戏的设计与实现[J]. 西安航空学院学报, 2017, 35(1): 68—72.
WANG Tao, GAO Xian-qiang. Designing and Predetermining of Carnival Based on U3D and Kinect1.0[J]. Journal of Xi'an Aeronautical Institute, 2017, 35(1): 68—72.

[11] 孙晨曦. 基于增强现实的儿童教育系统的设计与实现[D]. 济南: 山东大学, 2017.
SUN Chen-xi. Augmented Reality-based Children's Education System Design and Implementation[D]. Jinan: Shandong University, 2017.

[12] 余日季, 蔡敏, 蒋帅. 基于移动终端和 AR 技术的博物馆文化教育体验系统的设计与应用研究[J]. 中国电化教育, 2017(3): 31—35.
YU Ri-ji, CAI Min, JIANG Shuai. Design and Application of Museum Cultural Education Experience System Based on Mobile Terminal and AR Technology[J]. China Electrochemical Education, 2017(3): 31—35.

[13] 李婷婷, 王相海. 基于 AR-VR 混合技术的博物馆展览互动应用研究[J]. 计算机工程与应用, 2016(11): 1—6.
LI Ting-ting, WANG Xiang-hai. Research on the Interactive Application of Museum Exhibits Based on AR-VR Hybrid Technology[J]. Computer Engineering and Applications, 2016(11): 1—6.

[14] 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.