

分类号: G40-057

密 级: 公开

U D C:

单位代码: 11646

# 宁波大学

## 硕士专业学位论文

论文题目: 基于 Kinect 的体感教育游戏设计

——以梵高作品赏析为例

学 号: 1311041085

姓 名: 叶开开

专业学位类别: 教育硕士

专业学位领域: 现代教育技术

学 院: 教师教育学院

指 导 教 师: 赵一鸣 教授

论文提交日期: 2016 年 5 月 23 日

A Thesis Submitted to Ningbo University for the Master's Degree

## Design of Educational Game Based on Kinect

——by the Example of Van Gogh' Works Appreciation

Candidate: Ye Kaikai

Supervisors: professor Zhao Yiming

Faculty of Teacher Education  
Ningbo University  
Ningbo 315211, Zhejiang P.R.CHINA

Date: May 23, 2016

## 独 创 性 声 明

本人郑重声明：所呈交的论文是我个人在导师指导下进行的研究工作及取得研究成果。尽我所知，除了文中特别加以标注和致谢的地方外，论文中不包含其他人已经发表或撰写的研究成果，也不包含为获得宁波大学或其他教育机构的学位或证书所使用过的材料。与我一同工作的同志对本研究所做的任何贡献均已在论文中做了明确的说明并表示了谢意。

若有不实之处，本人愿意承担相关法律责任。

签名：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_

## 关于论文使用授权的声明

本人完全了解宁波大学有关保留、使用学位论文的规定，即：学校有权保留送交论文的复印件，允许论文被查阅和借阅；学校可以公布论文的全部或部分内容，可以采用影印、缩印或其他复制手段保存论文。

（保密的论文在解密后应遵循此规定）

签名：\_\_\_\_\_ 导师签名：\_\_\_\_\_ 日期：\_\_\_\_\_

# 基于 Kinect 的体感教育游戏设计

## ——以梵高作品赏析为例

### 摘 要

本研究通过对国内外教育游戏以及 Kinect 技术应用方面的相关研究资料分析,总结归纳了 Kinect 技术在教育领域中的应用现状,发现尽管 Kinect 技术在教育游戏中多有应用,但是目前还没有一个完善的体感教育游戏设计框架。

我们在教学理论与游戏设计理论的指导下,提出了一个体感教育游戏的设计框架。该框架以学习者在游戏学习过程中能够产生心流体验为目的,对体感教育游戏设计过程中的各项任务进行了具体阐述,力求每个部分的成果都能使学习者进入相应的心流通道,进而提高学习者的学习效果。接着,本研究应用所提出的体感教育游戏设计框架,尝试以梵高作品赏析为例设计了一款以提高学习者艺术修养为目的的体感教育游戏,以 Unity 3D 引擎为开发工具,完成了一个教育游戏 Demo,并对游戏开发涉及到的相关技术进行了详细阐述。

通过对新一代 Kinect 体感技术的学习与探究,本研究成功实现了 Kinect 2.0 传感器与 Unity 3D 之间的数据连接,完成了彩色图像的获取与应用、体感技术对虚拟人物的控制以及手势操控图画的浏览等操作,为教育实践者们进行体感教育游戏开发提供了一定的技术参考。

**关键词:** Kinect, 教育游戏, 体感游戏

# **Design of Educational Game Based on Kinect**

## **——by the Example of Van Gogh' Works Appreciation**

### **Abstract**

This work has reviewed the literature on educational games and Somatosensory Technology, summarized the research on Kinect applied in the field of Education. Although a number of studies have used the Kinect sensor for the development of educational games, but there is not a perfect framework for the design of somatosensory educational game so far.

According to the learning theory and game design theory, this work presents the design framework for educational game based on Somatosensory Technology. For the purpose of making learners in the circumstances of flow experience, the design tasks of the physical education game are described in detail in the framework, which is striving to make the learners into the heart flow channel and then improve the learning performance. Using the proposed framework, the research has designed a game for Van Gogh' works appreciation based on Kinect, which is aimed to improve the students' artistic accomplishment. Finally, this study has developed a game demo by using Unity 3D. Related technologies involved in the development of the game are described in detail in the paper.

Through the study and exploration of Kinect 2.0, the research has realized the data connection between Kinect 2.0 and Unity 3D successfully. The study also has achieved the technologies like color image acquisition, the control of virtual characters by Kinect and image browsing by gesture control. All of these provide a reference for educators to develop educational game based on Somatosensory Technology.

**Key Words: Kinect, Educational Games, Motion Sensing Game**

# 目 录

1 绪论.....	1
1.1 研究背景 .....	1
1.1.1 教育游戏在教学活动中彰显了独特价值.....	1
1.1.2 Kinect 的创新特性为教育游戏提供了更多的可能.....	1
1.2 研究目的与意义.....	2
1.2.1 研究目的.....	2
1.2.2 研究意义.....	2
1.3 研究方法 .....	3
1.4 论文结构 .....	3
2 基于 Kinect 的体感教育游戏的研究现状.....	5
2.1 体感教育游戏相关概念界定 .....	5
2.1.1 体感技术.....	5
2.1.2 教育游戏.....	5
2.2 国内外相关研究现状综述 .....	6
2.2.1 国内外教育游戏的研究现状.....	6
2.2.2 国内外体感技术在教育中的应用现状.....	7
2.2.3 国内外 3D 游戏引擎应用现状 .....	9
2.2.4 国内外相关研究的启示.....	10
2.3 体感教育游戏设计的理论基础.....	10
2.3.1 建构主义学习理论 .....	10
2.3.2 情境认知理论 .....	11
2.3.3 沉浸理论.....	11
3 Kinect 体感交互技术的研究.....	13
3.1 新一代 Kinect 主要改进性能.....	13
3.2 新一代 Kinect 的主要硬件组成.....	15
3.3 新一代 Kinect 和 Unity 3D 交互的环境配置.....	16
3.3.1 系统需求.....	16

3.3.2 Unity 3D 的安装与配置.....	16
3.3.3 Kinect for Windows SDK 2.0 工具包安装 .....	16
3.3.4 Unity 3D 和 Kinect 2.0 之间的数据连接 .....	17
4 体感教育游戏设计框架 .....	19
4.1 前期分析 .....	20
4.2 情境创设 .....	20
4.2.1 故事情节构思 .....	21
4.2.2 角色设计 .....	21
4.2.3 道具设计 .....	21
4.3 玩法设计 .....	21
4.3.1 规则设计 .....	21
4.3.2 难度调整设计 .....	21
4.3.3 奖励设计 .....	22
4.3.4 交互方式设计 .....	22
4.4 元素设计 .....	23
4.4.1 界面设计 .....	23
4.4.2 音效设计 .....	23
5 以梵高作品赏析为例的体感教育游戏设计与实现 .....	25
5.1 “不朽的梵高”体感教育游戏设计.....	25
5.1.1 前期分析.....	25
5.1.2 情境创设.....	27
5.1.3 玩法设计.....	29
5.1.4 元素设计.....	33
5.2 “不朽的梵高”体感教育游戏实现.....	35
5.2.1 模型制作.....	35
5.2.2 “参观模式”游戏场景创建.....	37
5.2.3 “玩乐模式”程序开发.....	47
5.2.4 游戏界面制作 .....	48

5.2.5 体感交互关键技术的实现..... 51

6 研究总结与展望..... 60

6.1 研究成果 ..... 60

6.2 研究的不足之处..... 60

6.3 研究展望 ..... 60

参考文献 ..... 61

在学研究成果..... 64

致 谢..... 65





# 1 绪论

## 1.1 研究背景

### 1.1.1 教育游戏在教学活动中彰显了独特价值

游戏的灵感来自于人类的想象，它是人类学习新技能的一种自然的方法。教育游戏作为游戏的一种方式，其特性是目标明确，并且具有交互性和挑战性，能够为学习者创造充满趣味性和挑战性的学习环境，使学习者能够全身心地体验并建构知识。

教育游戏不仅让学习者在轻松快乐的氛围中学到知识，而且使学习者潜移默化的获得能力培养以及情感态度方面的教育。与传统的教学方式相比，学习者在教育游戏这样的虚拟情境中更容易获得研究能力、社交技能、创造力和想象力等。虽然很多教育者们都看到了教育游戏在教学活动中的潜力，可是就目前而言，教育与游戏的尺度还很难掌控，两者之间容易出现断层。如何更好的加强教育与游戏之间的深度融合，是值得进一步探究的。

### 1.1.2 Kinect 的创新特性为教育游戏提供了更多的可能

Kinect 最初是 Xbox 360 游戏机的体感外接设备，它是微软公司推出的一种用于捕捉人体骨骼运动的传感器。随着它被广泛应用于游戏的同时，研究人员对 Kinect 在机器人、医学、军事以及教育等领域中的应用也作了进一步的探索。与市场上现有的 PlayStation 游戏手柄、Wii 游戏手柄等体感设备不同的是，Kinect 传感器完全摆脱了游戏手柄等输入设备，使用户能够直接使用身体来控制终端，给人们提供了一种全新的体验，为教育游戏的发展提供了前所未有的机会。

约翰·梅迪纳通过研究指出，运动可以让脑细胞得到更多的氧气和养分，从而使注意力变得更加集中<sup>[1]</sup>。将 Kinect 技术结合到教育游戏中，可以为学习者创建一个兼具趣味性与高效性的学习环境，学习者通过多感官并用进行学习，可以获得更高的学习效率，达到锻炼、娱乐以及学习的三重目的。具体而言，教育游戏中应用 Kinect 技术主要有以下三大优势：

#### 1. 交互体验优

Kinect 技术支持学习者使用简单的身体动作来控制游戏，这种创新的方式减少了学习者由于计算机操作经验不足而徒增的失败感，从而使学习者把注意力都投放到学习活动中。例如，在算数游戏中，学习者可以用手臂摆出

大于号、小于号等符号，夸张的肢体活动提高了学习者的参与感，帮助他们在轻松快乐的环境中实现高效率的学习。

### 2. 多感官刺激利于学习效果的提升

Katai 和 Toth 通过研究指出，多感官参与的学习相比于单一感官而言，更有助于学生对知识更深层次的理解与记忆<sup>[2]</sup>。通过使用 Kinect 技术，我们可以创建一个集听觉、视觉以及动觉为一体的多感官学习环境，充分激发学习者的好奇心和创造力，有效提升学习者在游戏中的沉浸感，提高学习者的理解与记忆能力。

### 3. 以学生为主体，实现了教学中心转移

在体感教育游戏中，学生的角色是学习的主体。体感交互这种新颖的形式，使学生在游戏中变得更加的积极主动，学习者不断探索、尝试，获得知识。教师突破了传统的知识传授者形象，在整个游戏活动中，不断给学生提供指导、评价与反馈，主要扮演了学习活动的设计者及推动者的角色。

基于以上背景，研究如何发挥 Kinect 的创新特质，将其应用到教育游戏中，开发出更适应学习者需求的教育游戏显得尤为重要。

## 1.2 研究目的与意义

### 1.2.1 研究目的

本研究以梵高作品赏析为例，设计了一款以提升学习者艺术修养为目的的体感教育游戏，目的在于探索体感技术在教育游戏上的应用价值，构建体感教育游戏在艺术欣赏教学中的应用模式，以期待能够为广大的教育实践者们提供一些有意义的启示。

### 1.2.2 研究意义

#### 1. 理论价值

本研究对现有的体感技术应用与教育游戏相关研究资料进行整理归纳，形成系统的理论框架，并且从教学设计、游戏设计视角出发，建构了一个可行的体感教育游戏的设计框架，为教育实践者们开发体感教育游戏提供了具体的参考方向，具有重要的理论价值。

#### 2. 实践价值

本研究详细阐述了 Kinect 体感交互技术与教育游戏结合的实现方式。通过开发一款以提高学习者艺术修养为目的的体感教育游戏，推动了体感交互技术在教育游戏中的应用发展，具有创新以及借鉴参考的意义。

### 1.3 研究方法

本研究主要采用了文献研究法、案例分析法和调查法等研究方法进行具体研究。

文献研究法：通过查阅国内外与 Kinect 体感交互技术和教育游戏相关的研究资料，提炼出体感教育游戏设计的相关理论，研究体感教育游戏的框架设计。

案例分析法：对现有的教育游戏和商业体感游戏进行分析，丰富体感教育游戏的设计策略。

调查法：通过访谈法，对游戏的实际使用效果进行调查，从而获得进一步反馈意见，对该款游戏做进一步的改进和完善。

### 1.4 论文结构

本研究共分为六章，具体论文框架如图 1.1 所示。



图 1.1 论文框架  
Fig.1.1 Thesis framework

第一章绪论部分主要交代了本研究的选题背景、研究的目的与意义、研究的方法以及论文的主要组成成分。

第二章：基于 Kinect 的体感教育游戏的研究现状。这部分内容主要介绍了体感教育游戏的相关定义，对体感技术以及教育游戏的国内外研究现状进行

了分析，并且介绍了建构主义学习理论、情境认知理论和沉浸理论这些理论基础，指出了这些理论对体感教育游戏设计的指导意义。

第三章：Kinect 体感交互技术的研究。这部分内容主要介绍了新一代 Kinect 的主要改进性能以及主要硬件组成，并且研究了新一代 Kinect 和 Unity 3D 交互的环境配置，为体感技术应用于教育游戏做准备。

第四章：体感教育游戏设计框架。这部分结合了学习理论以及游戏理论，提出了体感教育游戏的设计框架，从故事情节、角色、道具、规则、交互、界面和音效等方面出发分析了体感教育游戏设计的详细过程。

第五章：以“梵高作品赏析”为例的体感教育游戏设计。这部分主要介绍了“不朽的梵高”这款体感教育游戏的具体设计思路，并且结合游戏 Demo 详细阐述了三维模型制作、游戏场景创建、程序开发等模块的具体开发过程。另外，这部分内容还重点介绍了手势控制图画浏览等体感关键技术的实现方法。

第六章：研究总结与展望。这部分内容主要对本研究的研究内容以及成果进行了总结，分析了研究中存在的不足，提出了研究需要改进的地方。

## 2 基于 Kinect 的体感教育游戏的研究现状

### 2.1 体感教育游戏相关概念界定

#### 2.1.1 体感技术

在相关技术研究中，“体感技术”被称为“非接触技术”、“自然用户界面”和“基于 Kinect 的技术”<sup>[3]</sup>。学者马建荣、章苏静和李凤（2012）将其解释为动作感应控制技术<sup>[4]</sup>。他们指出体感技术是由机器识别、解析用户的感官动作并做出及时反馈的一种技术，整个交互过程不需要借助任何设备，直接通过身体行为、语音等便可以完成交互。由此可见，体感技术摒弃了鼠标、手柄等传统设备，改以符合人类日常习惯的行为方式与计算机进行沟通，使用户在交互过程中获得更直观具体的体验。

#### 2.1.2 教育游戏

教育游戏有很多别名，如娱教技术（Edutainment），E2 游戏化教学（E-game Teaching）和数字化游戏学习（Digital Game-Based Learning）等<sup>[5]</sup>。目前，教育游戏在领域内还没有一个明确的定义，主要有两种不同倾向的解释。一种说法偏向于电子游戏。例如，《教育游戏产业研究报告》强调了教育游戏从本质上来说，是一种具有教育性的游戏<sup>[6]</sup>。在玩游戏的过程中，学习者不仅可以增长知识，提升技能和智力，还可以培养情感、态度以及价值观。另一种说法偏向于教育软件。这种说法主张教育游戏是一种具有趣味性和挑战性的教育软件，即教育游戏是教育软件与游戏中富有趣味性及挑战性的元素之间的融合。例如，尚俊杰等（2005）把教育游戏定义为游戏中的内在动机与教育相关软件的一种结合体<sup>[7]</sup>。

教育游戏本质的不同阐释会衍生出不一样的设计理念。总的来说，教育游戏与我们通常所说的教育软件和电子游戏存在很大的区别，它是一种具有隐形教育目的的游戏，充分利用了游戏的相关特性来促进学习者的主动参与，使其轻松自然地接受学习内容、完成学习目标。教育游戏在整个游戏过程中是以学习者为中心、带有一定玩乐性质的探索式学习，是学生发现问题、解决问题的一个自主学习的过程。因此，本研究中的教育游戏主要是指“在学习理论与游戏设计理论指导下，以培养学习者特定知识和技能为目的，通过将知识与娱乐元素相融合的方式开发的具有趣味性、交互性以及挑战性的计算机游戏软件。”

## 2.2 国内外相关研究现状综述

### 2.2.1 国内外教育游戏的研究现状

#### 1. 国外教育游戏研究现状

在过去的十多年中，许多数字游戏已经实现并应用到各种教育应用中，如软件工程课程<sup>[8]</sup>，汉语言学习<sup>[9]</sup>，英语听力<sup>[10]</sup>，数学<sup>[11]</sup>和自然科学课程<sup>[12]</sup>。到目前为止，已经有多项研究结果表明教育游戏是可以提升学习效果的<sup>[13][14][15]</sup>。其中，Barab 等学者（2011）的研究通过对比实验得出<sup>[16]</sup>，学习者通过游戏化学习可以更加有效地提升知识水平，学习者的学习出发点不再局限于所获得的成绩高低，更多的还是源于他们对学习的兴趣。Barab 的研究还强调了知识是有情境性的，通过给学习者提供一个模拟情境，可以拉近学习者与学习内容的距离，驱动其内在学习动机，使学习行为从被动变为主动，从而促进有意义的学习。

教育游戏能够有效促进学生积极地参与到学习活动中，但是如何处理教育性和游戏性之间的平衡关系却面临巨大挑战。早期的研究中，教育实践者们通常把游戏当作是知识的容器。实践证明，单纯的靠增强游戏动机来提高学习者参与学习的欲望，其教学效果是不理想的。随着研究人员对教育游戏的更深层次的探索，他们尝试着利用游戏为学习者打造一个自主探究的学习空间。在这种新的应用方式中，教育游戏被看作是支持学生进行创造性学习的工具。Echeverra 等学者（2011）给出了一个游戏与课堂教学相整合的框架<sup>[17]</sup>，该研究通过实验表明，确定清晰并准确的学习目标是突破教育性和游戏性之间难以平衡的关键。Chee 和 Daniel（2012）专门针对儿童学习化学知识开发了一款教育游戏<sup>[18]</sup>。这款游戏提供给学生一个自主探究的学习环境，帮助学生推理和归纳出累积的学习经验。在游戏中，学生的角色是一名化学家的徒弟，需要用化学知识来逃出地下实验室。在逃生过程中，游戏设计者为学生提供了多种解决方案，鼓励学生使用多种方法解决问题。完成游戏任务后，学生在教师的引导下，反思自己的游戏体验，进一步将体验转化为知识。

#### 2. 国内教育游戏研究现状

国内学者对教育游戏的探索越来越深入，关注点已经从最初的教育游戏存在价值转向为目前的全面实践研究阶段。但是，教育游戏在实践过程中还

存在着诸多困难，最主要的障碍便是教育与游戏之间的结合问题。国内很多研究人员通过积极探索已经提出了一些有价值的解决手段。邵俊莉等人(2009)从游戏选题、学习内容的编排、界面、操作方式、关卡、背景音乐这几个方面出发<sup>[19]</sup>，探讨了教育游戏平衡点的实现过程；杨丽等人(2011)从“设计多样化的任务”、“设置冲突和竞争”、“采用非线性叙事方式”以及“重视激励机制”这四个方向着手<sup>[20]</sup>，详细阐述将教育元素与游戏相融合的设计思路。王永固等学者(2014)从心流理论的角度出发<sup>[21]</sup>，有针对性的分析了教育游戏的目标、核心玩法以及界面设计等构成要素，使教育游戏的设计结果能够使学习者排除意识干扰，专注于学习活动。通过实证研究，该研究还表明了“明确的目标”、“任务和技能之间的平衡”以及“游戏中给出的及时的反馈”这三个因素是使学习者进入心流通道的前提条件。但是，这个研究中实证研究中的对象样本较少，开发的言语教育游戏缺乏统一的奖惩机制，故事情节不够连贯，其游戏中的教学设计也有待完善。

综上所述，国内外教育研究人员已经证实了教育游戏的教学应用潜力，但是教育游戏的教育性和游戏性还存在一定的分离现象，如何使这两者达到完美的融合以及平衡的发展是值得教育工作者进一步思考和探索的。另外，教育游戏的设计与开发还没有一个完善的理论框架来指导和实践，这说明教育游戏的理论与实践还有待进一步去探讨。

## 2.2.2 国内外体感技术在教育中的应用现状

计算机技术的发展日新月异，人机交互迄今为止，已经经过了“命令语言用户界面”、“图形用户界面”，到“自然用户界面”。体感设备作为一种革命性的产品，正在提供一项引领新潮流的人机交互方式，给教育的发展带来了更多的可能。笔者以“体感技术”、“Kinect”、“motion-sensing”以及“Somatosensory Technology”为关键词，在 CNKI 和 Google 学术中进行中英文检索，发现目前国内外学者对体感技术的研究已经不仅仅局限在识别精度与深度方面，很多学者已经发现了体感技术在教育领域中的价值，并且对其在教育领域中的应用作了一些前沿探索。

### 1. 特殊教育

部分特殊儿童由于自卑感对外界存在一定的排斥，从而导致学习效果不理想。体感技术提供了一种亲切自然的交互方式，在一定程度上消除了特殊儿童对周围环境的抵触情绪。国外学者 Malinvermi 等人(2014)专门针对自闭症儿童开发了一款基于 Kinect 的体感游戏<sup>[22]</sup>，该游戏涉及多种社会技能，如



接近和寻找其他人以及手势交流行为等。初步研究结果表明，自闭症儿童能够积极参与到体感教育游戏中，对自闭症儿童的社会启蒙有一定的帮助。国内学者窦娜等人(2013)使用 Kinect 滑雪游戏对脑卒患者进行训练、测评等<sup>[23]</sup>，分析了体感技术这种新颖的交互方式对患者身体平衡和运动功能的改善。研究结果表明，Kinect 滑雪游戏增加了任务的趣味性，提高了患者参与训练的主动性。另外，该研究还指出 Kinect 提供的视觉反馈功能有助于提示患者恢复的有效性，给患者训练提供了支持性的帮助，极大地增强了患者参与治疗的信心。

## 2. 学科教育

学者 Begel 在研究中指出身体动觉参与能有效地引起学习者对学习活动的关注<sup>[24]</sup>。目前，教育实践者们已经关注体感技术在数学、语文、体育等学科教育中的应用，重点突出了体感技术的自然交互特性和游戏性。

基于体感技术的数学学习活动能够帮助学生进行脑力运算，及时有效地反馈学生的学习状态，使教师可以及时调整教学策略。Keri Johnson 等人(2013)在研究中指出基于 Kinect 的数字游戏能够鼓励帮助学生掌握抽象代数函数<sup>[25]</sup>。学生在游戏过程中可以使用手势来操控抛物线等，这种方式使学生感到兴奋。

微软公布的 Avatar Kinect 程序通过使用 Kinect 面部识别功能，使玩家可以直接用脸部动作控制虚拟角色的表情。这个程序被用于语文阅读教学中<sup>[26]</sup>，学习者作为计算机中的虚拟角色配音的同时，虚拟角色会同步展示学习者的面部表情和身体动作，这种人性化的反馈极大地增强了学习者的阅读兴趣。马建荣等人(2012)基于 Kinect 设计了一款支持成语学习的体感游戏<sup>[27]</sup>，该游戏以成语故事为背景创设学习情境，以肢体动作和语言作为互动方式，激发了学习者的对成语知识的学习热情。

Kinect 传感器具有捕捉人体姿势的功能，将其应用于虚拟教学情境中可以教导学习者做出正确的姿势。Steuart W.Weller 小学在教学中就应用了 Kinect 体感技术，学生通过体感游戏能够掌握正确的打乒乓球的动作<sup>[26]</sup>。

## 3. 艺术教育

近年来，艺术教育由于能够培养学习者的创造力和想象力而被广泛强调。Hyung Sook Kim 等学者（2015）研究开发了一款教育游戏<sup>[28]</sup>。该游戏以戏剧《莫扎特的魔笛》的为场景，学生通过手势识别来学习戏剧的特点，具体比赛活动涉及表演、唱歌、跳舞、演讲等。这个游戏系统将艺术家简单的指导与教学列为游戏的一个组成部分，强调了艺术家参与帮助的重要性。该研究结果表明，体感教育游戏能够引起学生的好奇心，增加学生参与游戏的积极性。

#### 4. 其他教育

体感技术可以提供一种新颖独特的操控手段，这种技术可以扩展现有的教具、学具的功能，从而给教学开拓一个新的思路。吕开阳等人（2012）为了突破外科手术无菌术的限制<sup>[29]</sup>，将 Kinect 引入到辅助教学系统中，使教师在进行手术教学时，可以一边进行手术演示，一边用手势和语音等元素对教学系统进行操作，解决了教师在手术过程中不适合徒手控制电脑的困扰。樊景超和周国民（2014）结合 Kinect 体感技术开发了一款农业课件制作系统<sup>[30]</sup>。这个系统利用 Kinect 传感器获取的深度数据来提取人体前景，并将人体前景与农业教学需要的实际场景相结合，成功实现了虚拟演播厅的功能。此外，该系统还实现了通过人的肢体动作控制虚拟演播厅背景切换的效果。学者吴松等人（2014）<sup>[31]</sup>将 Kinect 引入虚拟维修教学中，并通过实际应用表明，结合了体感技术的虚拟维修教学系统可以给学习者提供更加优越的训练方式。

综上所述，体感技术已经催生出越来越多的教学应用成果，在教育领域中具有无穷的潜力。但是，体感技术在教育中的应用普及还存在一个很漫长的探索过程，不仅在技术上需要提高交互的灵敏度，还要考虑在教学层面上形成一个可操作的教学模式。

#### 2.2.3 国内外 3D 游戏引擎应用现状

随着科技的不断创新，传统的二维游戏已经无法满足人们的需求。相比于二维游戏，三维游戏可以给玩家提供一个更加真实广阔的游戏场景，玩家从多个角度观察这个立体空间，使得游戏更加的自由、有趣。3D 游戏引擎是进行三维游戏程序开发的基础，一款开发效率高的 3D 游戏引擎可以快速帮助游戏开发者完成游戏的制作。目前，带有场景编辑器功能的主流游戏引擎主要有 Unreal Engine 3、Unity 3D 等，国内的有 Genesis-3D 等。

Unreal Engine 3 是目前知名度最高、使用最广泛的游戏引擎<sup>[32]</sup>。该引擎给游戏开发者提供了可视化的界面，易用性高。很多大型游戏都是使用这款游戏引擎进行开发的，如《战争机器》、《剑灵》、《虚幻竞技场 3》等。

Unity 3D 是 Unity Technologies 开发的游戏引擎<sup>[33]</sup>，它集低成本、高效率、跨平台开发于一体，是一款具有很大发展前景的专业游戏开发工具。使用这款引擎开发的比较知名的游戏有《新仙剑奇侠传 OL》、《死亡禁地》、《神庙逃亡 2》等

Genesis-3D 是由国内搜狐畅游公司自主研发并发布的首款商业开源的 3D 引擎<sup>[34]</sup>。基于这款游戏引擎，开发者可以轻松进行游戏的开发。目前，这款游戏引擎开发的游戏有《金庸武侠跑酷》、《古域》等。

选择哪款游戏引擎作为游戏开发平台，主要取决于我们想实现什么以及我们需要整合什么样的硬件传感器。本研究中选择 Unity 3D 作为游戏开发的引擎，是因为它对配置要求较低，开发效率高，并且有现成的 Kinect 插件。

#### 2.2.4 国内外相关研究的启示

对国内外相关研究文献进行梳理后，笔者发现体感技术越来越受到教育实践者们的关注，在教育中的应用研究也日趋成熟。但是目前而言，体感技术在艺术欣赏教学中的应用还不多见，而且还没有一个完善的体感教育游戏设计框架。因此，本研究将致力于结合相关学习理论与游戏设计理论，提出实用的体感教育游戏设计框架。并在此框架基础上，结合 Unity 3D 游戏开发平台和 Kinect 传感器设计一款与艺术欣赏教学相关的体感教育游戏。

### 2.3 体感教育游戏设计的理论基础

体感教育游戏既要体现教育功能，又要遵循一定的游戏设计规律，在开发和设计过程中需要相关的理论进行指导。本研究课题中主要涉及的理论包括建构主义学习理论、情境认知理论和沉浸理论。

#### 2.3.1 建构主义学习理论

传统的“传递—接受”式的教学模式在培养学生的发散性和创造性思维方面存在很大的弊端。建构主义学习理论突破了这种传统的模式，它鼓励学生主动探索、发现知识并且建构所学知识的意义<sup>[35]</sup>。在建构主义的学习环境下，教师和学生在教学过程中所扮演的角色发生了很大的变化，教师不再是

一味地灌输知识，更多承担了学习内容的设计者、教学活动的组织者、学习效果的评价者等角色。学生是学习活动中的主体，在学习过程中要更加主动的加工学习信息、进行意义建构。

“情境”、“协作”、“会话”和“意义建构”是建构主义强调的四大要素。“情境”要素是指学习环境中提供的情境要能支持学习者对知识的意义建构。由此可见，在教学设计过程中，不仅要分析学习目标，还要为学习者创设一个有利于建构意义的情境；“协作”要素指出了学习者与他人之间进行协作学习的重要性。因为学习者个人观察事物的视角是有限的，通过学习者与他人的协作，可以扩展学习者的知识面，从而使知识的意义建构更加的全面；“会话”要素是协作过程中不可或缺的部分，学习者与协作者通过会话来进行交流、制定学习计划；“意义建构”要素是学习的最终目标。建构主义认为，知识的学习是学习者结合原有经验，联系相关现象，不断对知识进行思考、加工，形成假设推理并验证想法的过程<sup>[36]</sup>。由此可见，学习者根据自身经验对知识进行意义建构的能力对知识的获取有很大的影响。

体感教育游戏的设计思路与建构主义强调的“以学习者为中心”的思想相吻合。体感教育游戏为学习者提供了一个“真实的学习环境”，学习者在这个环境中可以进行自主学习，不断探索、获取知识，并对知识进行意义建构。

### 2.3.2 情境认知理论

情境认知理论把知识看作是学习者与情境之间交互的产物，强调了逼真的任务情境的重要性<sup>[37]</sup>。在这种任务情境中，教师起着指导和帮助的作用，学生必须主动参与学习，发现问题、分析问题并且解决问题。情境认知理论为体感教育游戏的设计提供了有力的依据。根据该理论可知，体感教育游戏应该将知识与具体情境相融合，借助信息技术等手段创设逼真的情境，最大限度地调动学习者的各种感官去感知知识，使学习者在潜移默化中得到进步和发展。

### 2.3.3 沉浸理论

1975 年，美国著名心理学家 M.Csikszentmihalyi 于第一次提出沉浸理论（Flow theory）<sup>[38]</sup>，国内有些学者将其翻译为心流理论。该理论认为当人们将注意力集中在活动本身，忽略掉周围一切与活动无关的因素，全身心投入到情境中时，即进入到了沉浸状态。Csikszentmihalyi（1993）将心流体验归纳为九个维度<sup>[39]</sup>：清晰且明确的目标、挑战与技能相平衡、潜在的控制感、意识

与行为合一、专注于活动、主观的时间感改变、及时并准确的反馈、自我意识丧失、自身有目的体验，具体见图 2. 1。其中，使人们进入沉浸状态的前提条件是“清晰且明确的目标”、“挑战与技能平衡”以及“及时并准确的反馈”<sup>[39]</sup>。Csikszentmihalyi 还指出进入沉浸状态的关键要素是平衡技能与挑战之间的关系。

维度	描述
挑战与技能平衡	即处于流体验时，个体技能恰好可以应付情境的需要
意识与行为合一	即个体不会意识到活动带来的挑战早已超过以往所能处理的程度
清晰的目标	目标必须详细、清晰的说明才能达到流体验
及时并准确的反馈	与目标维度相联系，能让游戏者立刻知道自己的活动是积极的或是消极的，是在规则内还是超越了规则，离目标更近或是更远了，指引着游戏者如何达到下一个目标水平，并获得最终的胜利。
潜在的控制感	当个体感觉他能够发展足够的技能去减少错误，甚至接近于零，那么他会得到愉悦的体验。
专注于活动	因为诱发流体验的活动需要将全部的注意力集中在任务上，个体对其他不相关的信息处理没有任何感知。
自我意识丧失	当处于流体验时，自我意识将消失，这是因为当个体完全关注于某种活动时，已经没有任何的意识去考虑过去或是将来。换句话说，流体验不允许精神空间去审阅自我。
主观的时间感变化	即流体验时，会感觉时间会快速飞逝或是缓慢行走。
自身有目的的体验	个体并不是因为外在的物质奖励而做，而仅仅是出于活动本身带来的愉悦和享受

图 2. 1 心流体验的九个维度

Figure.2. 1 Nine dimensions of the flow experience described by Csikszentmihalyi

沉浸理论为体感教育游戏的设计提供了方向。根据沉浸理论，我们可以得知技巧和挑战是游戏中非常关键的元素，当技巧性过低时，学习者容易产生焦虑心理，当技巧性太强时，学习者会觉得游戏缺乏挑战性，继而产生厌倦情绪。因此，在游戏设计过程中，我们需要把握好技巧与挑战之间的关系，致力于实现这两者之间的平衡，从而使学习者能够进入沉浸状态。

### 3 Kinect 体感交互技术的研究

#### 3.1 新一代 Kinect 主要改进性能

微软关于 Kinect 体感技术的最新硬件产品有第二代 Kinect for Windows 感应器以及 Kinect for Xbox One 感应器，其中前者只用于 PC 编程，而后者只用于 Xbox one 体感游戏机。这两款从外观上看很相似，其中第二代 Windows 版的 Kinect 顶部写着 Kinect，而 Xbox One 版本的 Kinect 只有一个 X 标志，如图 3. 1 所示。

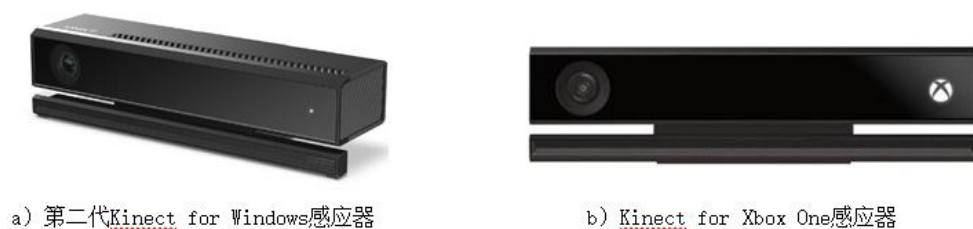


图 3.1 两款 Kinect 的外观

Fig.3.1 The appearance of the two Kinect

为了使用户既可以在 Xbox one 上玩游戏，又可以在 PC 或平板电脑上进行编程开发，微软在不久前又发布了适用于 Windows 的 Kinect 适配器，见图 3. 2。用户可以使用该适配器将 Kinect for Xbox One 感应器连接到 PC 或平板电脑上进行编程开发，这和使用第二代 Windows 版 Kinect 进行开发的体验是一样的。目前，微软已不再生产第二代 Kinect for Windows 感应器，用户可以购买 Kinect for Xbox One 感应器和用于 Windows 的 Kinect 适配器进行体感应用的开发。本研究就是使用适用于 Windows 的 Kinect 适配器，将 Kinect for Xbox One 感应器连接到 PC 上，进行体感教育游戏的开发。



图 3.2 Kinect 适配器

Fig.3.2 The Kinect adapter for Windows

新一代的 Kinect 感应器在功能有很大的提升，包括更宽广的视野、1080p 高清视频、增强的骨骼跟踪、深度感知及新增的活跃红外线功能，这些增强

的特性将会加速手势体验的发展，促进人机交互步入新的阶段。前后两代 Kinect 的对比如表 3. 1 所示。

Tab.3.1 两代 Kinect 对比  
表 3.1 The two generation of Kinect

对比	Kinect 1.0	Kinect 2.0
有效距离	0.4m - 4.0m	0.4m - 4.5m
视频图分辨率	640x480	1920x1080
深度图分辨率	320x240	512x424
红外图分辨率	无	512x424
麦克风	4 个麦克风阵列	4 个麦克风阵列
USB 接口	2.0	3.0
代码移植性	Kinect 1.0 的开发代码与 Kinect 2.0 不完全兼容	

1. 更宽广的视野：针对玩家对一代 Kinect 有关空间的反应，新一代的 Kinect 将视野提高了 60%，使其能够捕捉到更大范围空间的图像。尽管增强视野可能会导致图像清晰度有所降低，但是相对于图像分辨率大幅度提高的 Kinect 2.0 来说，视野增强对图像保真度不会产生任何影响，并且还可以同时支持 6 个人同时进行操作。

2. 1080p 高清视频：相比较于一代 Kinect 的 VGA 传感器，Kinect 2.0 的 1080p 高分辨率视频是一个巨大的改进。它呈现了高清晰度的画质以及流畅的场景效果，视觉冲击强大。除此之外，它还打造了高质量、增强现实场景等功能。

3. 增强的骨骼追踪：深度图像保真度的提升以及开发者工具包软件的改进为骨骼跟踪提供了增强功能。二代 Kinect 可以实现跟踪 6 个完整的骨骼（一代 Kinect 只能跟踪 2 个骨骼）和每个人 25 个关节（一代 Kinect 只能跟踪 20 个关节）外，跟踪的姿势也比一代 Kinect 更加精确和稳定。

4. 深度传感：二代 Kinect 提供了高质量水平的三维图像，为用户打造了非常震撼的 3D 视觉呈现效果。除了能够看到清晰微小的物体外，骨骼追踪的稳定性也得到了进一步的提升。

5. 新增活跃红外线：新增的红外感应器赋予了二代 Kinect 在黑暗中识别动作的能力，这在很大程度上降低了设备对操作环境的要求，使人们在照明条件不是很好的情况下也能使用设备。

除了以上提及的增强特性外，二代 Kinect 还增加了很多细节元素，如允许拇指追踪和肢体定位等体感应用功能。无疑，使用新一代的 Kinect 进行体感教育游戏的开发，将给学习者带来更真实的体验。

### 3.2 新一代 Kinect 的主要硬件组成

新一代 Kinect 传感器也有三只“眼睛”，从左至右依次为彩色摄像头（RGB Camera）、深度传感器（Depth Sensor）和红外发射器（IR Emitters）。另外，新一代 Kinect 也还暗藏着四只“耳朵”——麦克风阵列，其主要硬件组成如图 3. 3 所示。

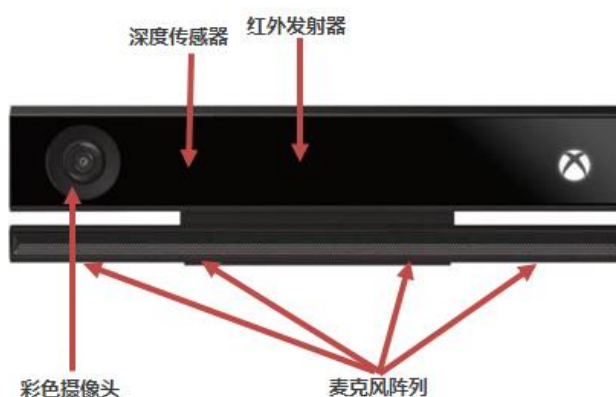


图 3. 3 Kinect for Xbox One 传感器的主要硬件组成

Fig.3. 3 Main hardware components of the Kinect for Xbox One sensor

彩色摄像头：采集视野范围内存在的彩色视频图像。

红外发射器：二代 Kinect 传感器配备了三台红外发射器，分别在不同时间以不同波长和相位发射出数据，分布到测量空间中形成散斑，然后被深度传感器读取。

深度传感器：对读取到的红外光谱进行分析，创建可视范围内的人体、物体的深度图像。

麦克风阵列：4 个麦克风负责采集声音，同时有效消除背景噪音，精确定位声源方向，可以实现顺畅的语音控制。



### 3.3 新一代 Kinect 和 Unity 3D 交互的环境配置

本研究所使用的 Unity 3D 版本为 Unity 3D 5.0.2f1 (64-bit)，所使用的 Kinect SDK 版本是 KinectSDK-v2.0\_1409，Kinect 与 Unity 3D 数据连接所使用的中间件是 Kinect v2 with MS-SDK20。

#### 3.3.1 系统需求

新一代的 Kinect 感应器的系统需求有所提高，主要要求见表 3. 2所示。

表 3. 2 系统需求  
Tab. 3. 2 System requirements

操作系统	win8 版本以上
硬件	<ul style="list-style-type: none"> <li>· 64 位处理器</li> <li>· 内置 USB 3.0 总线</li> <li>· i7 2.5-GHz 或更快的处理器</li> <li>· 官方建议内存为 4G 以上</li> <li>· DX11 图形适配器</li> </ul>

#### 3.3.2 Unity 3D 的安装与配置

本研究中所使用的 Unity 3D 版本为 Unity 3D 5.0.2f1 (64-bit)，下载地址为 [http://Unity 3D.com/cn/get-Unity 3D/download/archive](http://Unity3D.com/cn/get-Unity3D/download/archive)，按照提示进行安装并破解后即可使用。

#### 3.3.3 Kinect for Windows SDK 2.0 工具包安装

微软发布了新一代的 Kinect，除了从硬件上对第一代做了很大的改进外，Kinect for Windows SDK 开发工具包也在不断升级中。目前，微软已经在官方网站上发布了 Kinect SDK 2.0 for Windows 开发工具包，使得开发者能够深入探索 Kinect 的无限可能。

##### 1. Kinect for Windows SDK 2.0 开发工具包安装前注意事项

- (1) 为了便于 Kinect SDK 的环境变量设置，在安装 SDK 前，要关闭 Visual Studio。
- (2) 要确保电脑没有连接 Kinect 传感器。
- (3) 删除之前所有的 Kinect 设备驱动程序。

## 2. Kinect for Windows SDK 2.0 开发工具包下载与安装

Kinect for Windows SDK 2.0 开发工具包可以在微软官网（<http://www.microsoft.com/en-us/download/confirmation.aspx?id=44561>）上下载，下载完成后按照提示进行安装即可。

## 3. 加载 Kinect 驱动

插上 Kinect for Xbox One 感应器电源，再通过 Kinect 适配器连接到 PC 上，此时系统自动识别加载驱动。

## 4. 配置检验

安装完 SDK 后，在 win8 应用找到 SDK Browser(Kinect for Windows) v2.0 应用，打开它，并点击“Kinect Configuration Verifier”，该程序运行后，会立即进行系统软硬件的检测，经过一定时间后如果弹出的提示如图 3.4 所示，驱动安装成功，Kinect 可以使用。其中“USB Controller”前出现感叹号，是对于电脑的 USB 接口存在疑问，无法确认是否能满足 kinect V2 的需求，这个只有自己尝试以后才能发现是否可以运行。

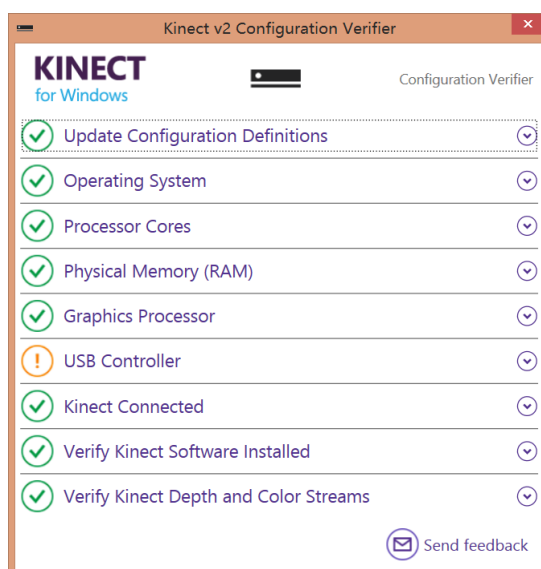


图 3.4 Kinect v2 配置检验

Fig.3.4 Kinect v2 Configuration Verifier

### 3.3.4 Unity 3D 和 Kinect 2.0 之间的数据连接

为了解决 Unity 3D 和 Kinect 2.0 之间的数据连接问题，官方有提供插件 KinectForWindows\_Unity 3D\_1409 (Pro Only).Unity 3Dpackage，该插件基本上包括了所有 Kinect 与 Unity 3D 进行数据连接的脚本，但是所包含的示例不多。本研究采用的是 Kinect v2 with MS-SDK20，该中间件包含的示例相对较丰富，适合开发者参考学习，具体见表 3.3。

表 3.3 示例  
Tab.3. 3 Examples

所包含的示例	示例内容
KinectAvatarsDemo	使用 Kinect 控制虚拟人物
GesturesDemo	检测手势
InteractionDemo	使用光标抓取和拖放场景中的物体
OverlayDemo	控制 3d 物体在所获取的 Kinect 视频流上运动

## 4 体感教育游戏设计框架

多项研究已经表明，心流理论适用于指导教育游戏的设计与实现。K. Jegers 等人指出<sup>[41]</sup>，人们在玩游戏时所获得的体验与心流体验的因素是高度吻合的。Sweelser 等人也发现心流中存在与游戏体验相关的因素<sup>[42]</sup>，该研究提出的游戏评估模型中的 8 个重要指标与心流体验中的元素相互对应。学者 Kili 提出的体验式教育游戏模型中指出<sup>[43]</sup>，“清晰的目标”、“挑战与技能平衡”和“及时并准确的反馈”这三个元素在教育游戏中有很重要的意义。游戏里包含这三个元素可以帮助我们获得心流体验，提高学习效率。

通过对现有的教育游戏相关文献进行分析，并且结合体感游戏的特性，本研究以产生心流体验的三个心流因素为目的，提出了体感教育游戏设计的指导框架，如图 4.1 所示。本框架将体感教育游戏设计过程细分成不同的小任务，并且对其进行详细分析，使任务成果尽可能的满足学习者产生沉浸状态的需求，最终达到提高学习者学习成果的目的。

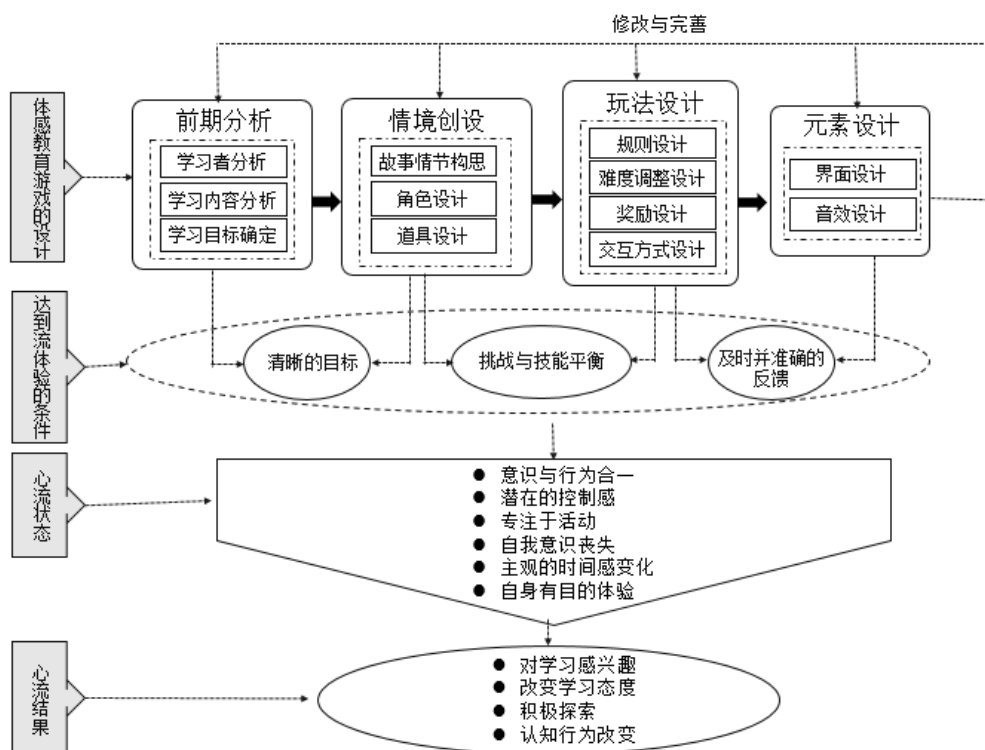


图 4.1 体感教育游戏设计框架

Fig.4. 1 The framework of the Educational Games

## 4.1 前期分析

体感教育游戏中前期分析的重点是对学习任务进行精心设计，提出清晰且明确的目标。其中了解并分析学习者的特征是不可缺少的部分。对学习者的分析可以掌握他们现有的知识储备情况以及学习风格等，方便有针对性选择和处理学习材料、呈现任务目标以及安排教学活动。

学习内容是知识、技能和行为经验的总和，对学习内容进行分析是为了能够更好地以游戏的方式展现知识。也就是说，在设计上要充分发挥游戏的特性，将学习内容有趣化，合理地融合到游戏中。为了更好地实现知识内容游戏化，在游戏设计过程中应严格把握知识内容之间的内在联系，安排好知识内容的呈现顺序。

学习目标是学习者使用体感教育游戏进行学习的出发点和归宿，也是衡量学习结果的重要依据。因此，在游戏设计前期，需要明确学习的三维目标，即知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观。根据 Flow 理论的研究，清晰的游戏目标是学习者可以快速进入流体验的重要前提条件之一。因此，我们在设计教育游戏的游戏说明和游戏帮助时，必须用言简意赅的语言或者用简单明了的动画，清楚地告诉学习者游戏的目的、完成游戏任务的方法以及完成任务所获得的奖励等。游戏说明或游戏帮助过于复杂和繁琐会在一定程度上降低学习者玩游戏的流畅感。

## 4.2 情境创设

根据建构主义学习理论以及情境认知理论的观点，学习者在“真实情境”中更容易产生联想，从而达到对知识进行意义建构的目的。因此，体感教育游戏在创设情境前要紧密结合前期的学习者、学习内容以及学习目标的分析，以便为学习者创建一个熟悉、生活化的学习情境。情境创设阶段主要有构思故事剧情、设计角色以及设计学习道具三个环节，目的是为了能够达到实现心流的两个重要前提条件。

### 4.2.1 故事情节构思

游戏的剧情张力在一定程度上决定了游戏的耐玩性，其故事情节的精彩程度直接影响了玩家对游戏的满意程度<sup>[44]</sup>。通过将学习内容巧妙地嵌入到一个有趣的故事情节中，可以使学习者产生学习的欲望。

### 4.2.2 角色设计

游戏中的虚拟人物是学习者在场景中的替身，通过控制虚拟人物，学习者在游戏中逐步完成各项学习目标。出色的角色设计应与故事情节吻合，并且具有鲜明个性，这样可以使学习者在学习环境中流连忘返。在游戏设计中，角色形象要符合学习者的认知特点，另外还应该考虑设计不同性格的角色来满足不同学习风格的学习者的需求。

### 4.2.3 道具设计

游戏道具是学习者完成相应任务的辅助工具，道具的应用使得游戏情节更加地饱满，进一步增加了学习者的体验感。针对游戏中的不同关卡及任务，我们可以设置不同功能的道具，以提供给学习者不同程度的帮助。

## 4.3 玩法设计

教育游戏是一个追求学习结果的过程，在这个过程中，将会受到很多不同因素的影响，出色的玩法设计会综合考虑这些因素，给学习者提供源源不断的动力。

### 4.3.1 规则设计

合理的规则设计是体感教育游戏中的精髓。当游戏规则难度过大时，学习者需要付出很多努力才能学会如何玩游戏，这将导致学习目标无法实现。反之，如果游戏规则过于简单，学习者会对游戏失去兴趣，同样会导致学习任务失败。

### 4.3.2 难度调整设计

难度调整在教育游戏中有着举足轻重的地位。通过设计合理的难度调整机制，可以为不同知识层次及不同学习风格的学习者提供合适难度的任务。当学习者的知识水平以及游戏技能增加时，系统能对应地调高难度。反之，当学习者知识和技能没有达到足以完成任务的水平时，系统会自动降低难度。这种动态的调整机制能够确保学习者持续处于沉浸状态，使其全身心投入到学习活动中。

4.3.3 奖励设计

为了充分激发学习者的学习动机，使其愿意投入更多的时间和精力到认知过程中，游戏中可以设置一定的物质奖励和精神奖励。其中物质奖励包括奖励的金币、游戏道具、武器装备等，而精神奖励包括技能升级、经验增加等。

4.3.4 交互方式设计

研究指出手势等身体动作可以建立学习者与学习内容之间的联系，帮助学习者更好地理解知识<sup>[45]</sup>。因此，本研究中的体感教育游戏将手势作为体验的核心部分。复杂的动作会让学习者产生困惑，因此在设计交互手势时要充分利用学习者原有的操作技能，减少用户与界面交互时的认知负担。例如当学习者举起手后，将手移动到游戏图标上，向前推、再往后收一下，就可以触发按钮，整个交互过程与我们实际生活中按按钮动作类似。

《Kinect 体育竞技》演示了二代 Kinect 的高精度识别效果，画面精致细腻，操作简单有趣，体感体验让人惊喜。研究总结了该游戏中的部分交互手势，如表 4. 1所示。

表 4. 1 《Kinect 体育竞技》中的部分交互手势  
Tab.4. 1 Partial interactive gestures of “Kinect Sports Rivals”

游戏类型	实现操作	交互手势
水上摩托车 竞速	加速	伸出两只手，像骑水上摩托车一样就可以了。握住右手即可加速，再次张开右手可减速并停止。
	控制	想象自己握的是把手，一只手往后拉，同时另一只手往前推即可。转弯时，往旁边侧身就能实现急转弯。
	跳跃	当骑上斜坡时，身体往前或向后就能使水上摩托车前空翻和后空翻。
保龄球	准备	伸出左手或右手，握紧手来拿球，接着不要张开手，往左右跨步来决定掷球位置。
	掷球	朝球前进的方向往前甩手臂，接着张开手来掷球。如果想让球旋转，只要在放开手时扭转手腕即可。
足球	踢球	朝着球前进的方向踢腿即可，踢球时抬高腿可以

		传高传球。
	守门	运用双手与双脚保护球门，抵挡对手的射门攻击。

可见，体感教育游戏的手势设计应接近人们的潜意识行为方式，力求自然直观，从而减少人与机器间的隔阂，使人机交互更加贴近生活。

## 4.4 元素设计

这部分主要分为界面设计以及音效设计两个任务。界面和音效的出色设计可以给学习者提供及时并准确的反馈。

### 4.4.1 界面设计

作为以视觉化为主的学习资源，体感教育游戏呈现给学习者的是一种视觉化的冲击，其界面设计得当可以使学习者快速完成对界面的认知。学习者在选择界面元素时经常会基于情感做出决定。因此，成功的体感教育游戏操作界面必定在某一方面具有吸引力，也就是说界面的预期行为要使学习者趋向而不是回避。

Metro 风格原是应用于 Windows 8 系统界面的一种风格，其特点是板式简洁、图标与字体较大，并且 Metro 风格的图标之间都有一个合适的间距，可以降低用户的操作失败率，避免用户产生烦躁情绪。因此，本研究主要借鉴 Metro 风格的设计特点来进行体感教育游戏操作界面的设计，其设计原则主要可以归纳为以下两点。

（1）用户导向原则：在设计前，需要研究学习者的需求、偏好等，站在学习者的立场考虑界面设计。如根据学习者心理与认知行为来进行界面颜色的选择。

（2）简洁原则：心理学家乔治·米勒通过研究指出<sup>[46]</sup>，人一次性能够接受的信息量是有限的，大约为七个比特。本研究将这一理论运用到体感教育游戏的界面设计中，即在一个显示界面中，我们不能堆集大量信息，以免对学习者的思维产生干扰。

### 4.4.2 音效设计

体感教育游戏中的音效设计主要包括三个任务：设计不同操作行为的提示音效、设计游戏提供给学习者的反馈声音以及设计不同情境中的背景音乐。音效与画面结合时要充分考虑故事情节、学习内容以及玩家的感情等。



在游戏中，合理运用人声、音效、音乐等形式的声音能够有效渲染气氛，增加游戏的感染力。

## 5 以梵高作品赏析为例的体感教育游戏设计与实现

艺术欣赏，是人们积极主动地对艺术作品展开的一种审美再创造活动<sup>[47]</sup>。在艺术欣赏过程中，人们自发地结合自身的生活经验以及想象去丰富艺术形象，而不是消极的被艺术作品所感染。艺术欣赏教学在拓宽学习者的艺术视野、培养学习者审美鉴赏能力、塑造学习者的人格和个性，启迪学习者智慧等方面起着积极的促进作用。然而，当前艺术欣赏教学还存在很多问题，如教学资源的不足、教学模式的过于单一等。艺术欣赏教学处于困境之中，学习者对艺术作品的欣赏能力就不能得到有效提高。综合以上考虑，本研究力图将体感技术引入到艺术欣赏教学中，通过设计一款体感教育游戏来增加学习者对艺术欣赏的主动性，从而提高学习者的审美能力。

### 5.1 “不朽的梵高”体感教育游戏设计

#### 5.1.1 前期分析

##### 1. 学习者分析

本研究中的这款游戏主要是面向青少年进行设计的。这个阶段的学习者的感知觉已经得到全面发展，其知觉的精确性不断提高，对颜色有了更加细节的判断能力。同时，也具备了感知物体形状特征的能力。另外，这个时期的学习者已经发展了在情境的基础上进行抽象思维的能力，具有可塑性大的特点。随着学习任务的增加，这个阶段的学生对艺术可能会逐渐丧失兴趣。让学生在玩中学符合该阶段学习者的心理特征，能够有效激发学生参与学习的热情。

##### 2. 学习内容分析

梵高的一生曲折而短暂，带有浓重的悲剧性色彩，然而他却给我们留下了 800 多件油画作品。这种惊人的创作速度足以证明梵高对绘画的狂热程度。本研究中游戏的学习内容主要是梵高几个重要时期的代表作及其艺术特点，见图 5. 1。梵高的一生反映在他的画中，而画本是一种视觉的艺术，它是以可视的形象来反映生活，依靠形象的感染力来打动观看者的感情的。因此，让学习者深入了解梵高艺术作品特点的前提是要让学习者愿意去欣赏他的画。因此，本研究着手给学习者创造一个梵高的虚拟艺术博物馆，使学生拥有一个能够充分展开想象、创造的空间。在逼真的情境中能够帮助学习者从对梵高作品朦胧的认识，深化为对梵高创作风格的欣赏，以及对梵高一生的了解和评价。

艺术生涯	主要代表作	简介
早期创作 (1881-1883)	《播种者》(1881)、《弯腰使锄的男子》(1882)、《在泥煤地里的两个农妇》(1883)等	处于自我绘画意识和寻求独特艺术风格的草创期,具有鲜明的模仿特点,以劳动者题材为主,在绘画中大量采用明暗法。
纽南时期 (1883-1885 年底)	《织布工左侧和纺车》(1884)、《三扇小窗里的织布工》(1884)、《静物:打开的圣经》(1885)、《吃土豆的人》(1885)等	受荷兰现实主义画风的影响,在题材的选择上仍以劳动者为主,具有较强的乡土气息。从色彩感等绘画艺术特点来看,体现出经典的现实主义的美学原则,呈现为深沉厚实的画风特点。
安特卫普时期 (1885. 11. 28—1886. 2. 28)	《散着头发的女子头像》(1885)、《头戴红丝带的女子》(1885)等	延续了纽南时期的现实主义风格和深沉的笔触,但他画板色调开始明亮起来,色彩也变得越来越丰富。
巴黎时期 (1886. 3—1888. 2. 20)	《唐吉老爹》(1886)、《水果静物》(1887)、《摇篮旁的妇女》(1887)、《像个和尚的自画像》(1888)等	受到印象派的影响,画风发生了变化,开始采用新的点彩技法,逐渐形成自己鲜明的绘画风格。
阿尔勒时期 (1888. 2. 21—1889. 5. 3)	《割掉耳朵后的自画像》(1888)、《向日葵》(1888)、《叼着烟斗的自画像》(1889)等	创作进入高峰,尝试用一种原色来表达主题,用近似的补色作画面的呼应与映衬,或用鲜明的对比色作深入的延伸。发生了割耳事件
圣雷米时期 (1889. 5. 3—1890. 5. 16)	《鸢尾花》(1890)、《星夜》(1889)、《一幅没有胡子的自画像》(1889)等	进入圣雷米精神病院后,心境出现了明显的变化,创作的风景有时激荡有时平静;在这里我们可以看到悸动与控制的强烈对撞。
奥维尔时期 (1890. 5. 21—1890. 7. 29)	《夕阳下的奥维尔城堡》(1890)、《奥维尔平原》《麦田群鸦》(1890)等	7月27日病发自杀,于29日清晨一时许,在提奥和加歇医生的守护下停止了呼吸

图 5.1 梵高的艺术生涯  
Fig.5.1 Van Gogh's art career

### 3. 学习目标分析

本研究中将学习目标分为知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观,具体见表 5. 1。

表 5.1 三维学习目标  
Tab.5.1 Three-dimensional goal

三维学习目标	
知识与技能	了解梵高的艺术生涯,掌握梵高绘画的主要特点
过程与方法	通过游戏中的自主探究学习,能简单地对油画作品做出评价

### 5.1.2 情境创设

本研究中的游戏为学习者创建了一个梵高的画展，学习者通过参观画展，可以感受艺术家梵高一生中的几个重要时期，不断获得基本的艺术知识技能以及艺术的感知与欣赏方面的能力。在游戏最开始，首先呈现一个问题情境，通过问题引起学习者的兴趣，如图 5. 2所示。梵高的画展一共设置为七个展厅，分别展示了梵高七个重要时期的代表作。学习者参观完一个展厅后，需要到游戏模式和赚币模式中赚取足够的金币后，才能兑换下一个展厅的门票。

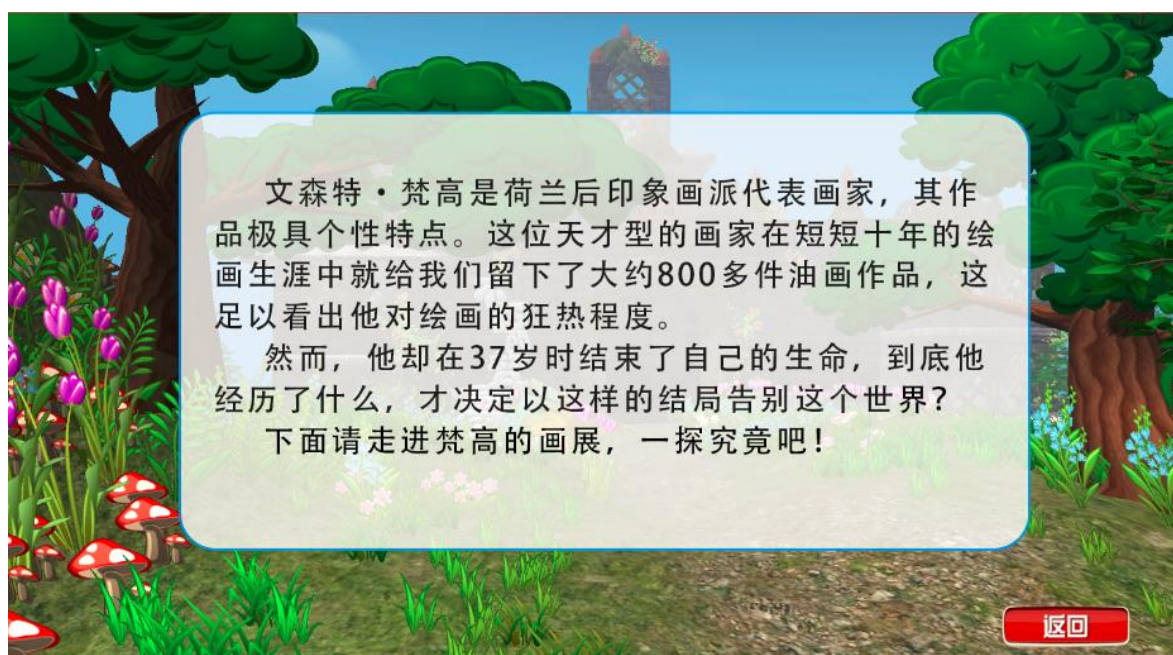


图 5.2 问题引导

Fig.5.2 Problem Guiding

青少年在游戏过程中通常会把自己同角色视为一体，好的角色形象可以激发他们对游戏的喜爱，本研究中的角色形象如图 5. 3所示。在玩乐模式中，这个虚拟角色作为学习者的替身与游戏进行交互，完成推箱子拼图游戏，增强了游戏的沉浸性。



图 5.3 角色形象

Fig.5.3 Role of image

游戏中的道具在设计风格上要与游戏整体一致，在功能上要能促进学习者进一步学习。本游戏中的关键道具为金币和画展门票。游戏一开始，学习者可以免费获取一张梵高早期创作时期的画展入场券。参观完这个时期的画展后，可以通过玩乐模式以及赚币模式赚取相应的金币。之后几个时期的入场券都必须以金币进行兑换。图 5.4 为游戏中的部分画展门票。随着游戏难度的增加，购买入场券所需的金币数量逐渐增大。





图 5.4 画展门票

Fig.5.4 Exhibition tickets

### 5.1.3 玩法设计

#### 1. 游戏规则设计

本研究中的游戏由三个部分组成，分别为参观模式（见图 5. 5）、赚币模式(图 5. 6)、玩乐模式（见图 5. 7），三个模式之间的关系如图 5. 8所示。参观模式提供的是一个梵高的虚拟画展，共分为 7 个展厅，分别为梵高艺术生涯的七个时期。学习者在这个模式中可以体验知识。在游戏初期，学习者免费领取到第一个展厅的入场券，其他几个展厅的入场券需要通过一定的金币进行兑换。在参观画展的过程中，学习者可以通过手势来操控作品的浏览，这种体感交互的方式能够激发学习者参观的兴趣，进而加深学习者对梵高艺术作品的了解。赚币模式为学习者提供了检验学习成果的题库，学习者通过扮演小小艺术鉴赏家的角色，以答题的形式来赚取金币，这些金币可以用来购买展厅的入场券，也可以用于玩乐模式中换取提示等。玩乐模式中呈现的是一款推箱子与拼图相结合的 3D 游戏，将艺术与游戏紧密结合起来，让学生在轻松愉快的氛围中进一步体验艺术的魅力以及检验学习的成果。同

时，这款 3D 推箱子游戏还能帮助学习者锻炼观察能力与空间能力。此外，这款游戏中还配有相应的语音解说，详细介绍每幅画背后的创作故事。在多种感官的刺激下，学习者可以进一步加深对艺术作品的记忆和理解。

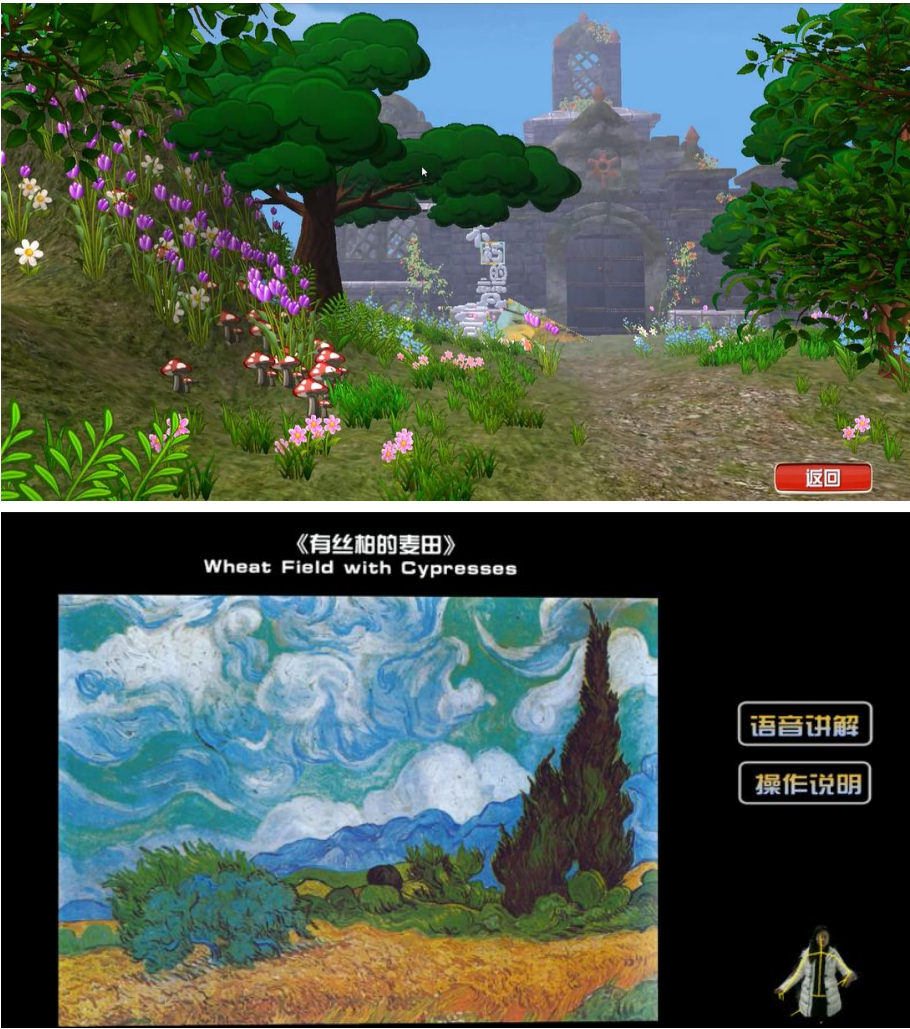


图 5. 5 参观模式截图  
Fig.5. 5 Visiting mode



图 5.6 赚币模式截图  
Fig.5. 6 Earn money mode





图 5. 7 玩乐模式截图  
Fig.5. 7 Playing mode

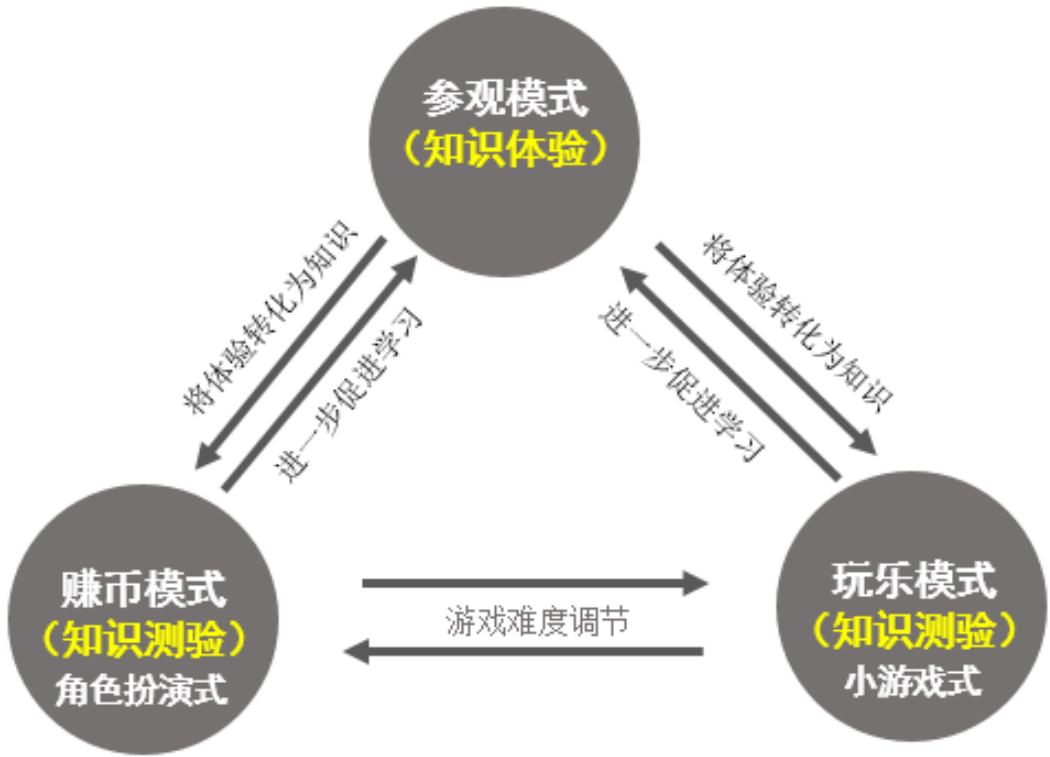


图 5. 8 三个模式之间的关系示意图  
Fig.5. 8 Schematic diagram of the relationship between the three models

## 2. 难度调整设计

本游戏通过设置赚币模式来调节玩乐模式的难度。玩家可以在赚币模式中获得一定的金币，该金币可以在玩乐模式中取消游戏时间限制，购买直接通关权限等，从而降低游戏难度。

## 3. 玩家奖惩设计

本研究中设置的物质奖励主要为金币和画展门票，赚币模式答题和玩乐模式中闯关都可以获得相应的金币，赚足金币后便可以购买下一个展厅的门票。本游戏通过逐个闯关的形式来增加学习者的成就感。通过的关卡越多，经验值和游戏得分就会越高，在好友排行榜上的排名就越高。

## 4. 交互方式设计

体感技术给学习者提供了一种方便、舒适、令人愉悦的人机交互方式。本研究在设计游戏时充分考虑了体感控制的特点，通过模仿学习者的日常操控体验，设计了符合学习者预期的操作手势，如表 5. 2。

表 5.2 手势设计  
Tab.5. 2 Gesture design

手势设计	
按钮点击	抬起手掌，将光标移动到按钮上，向前推动手掌
翻阅图片	左手向右挥动或右手向左挥动
控制虚拟人物走动	抬起双脚走动控制人物往前走，抬起手臂 45 度角以上控制角色向右转，抬起手臂 45 度角以上控制角色往左转

### 5.1.4 元素设计

本游戏界面设计以简洁大方为主，色彩选择上偏饱和度较高的颜色，充分调动学习者的兴奋感，唤醒学生的注意力，易于“心流”状态的产生。具体如图 5. 9所示。



图 5.9 游戏界面效果图

Fig.5. 9 Game interface renderings

虽然界面是无生命的，但是学习者与界面进行会话时会引入个人情感。本研究中的体感教育游戏案例在游戏一开始就呈现了梵高的名言（见图 5.10），并且以梵高的向日葵简笔画作为点缀，以梵高的人格魅力打动学习者，激起学习者学习的欲望。



图 5.10 游戏界面效果图

Fig.5.10 Game interface renderings

美术是一种凝固的空间艺术，而音乐是流淌的时间艺术，两者都是创作者情感的表达，在许多方面，两者只是表达方式不同而已。音乐会给我们带来场景式的想象，能够激发我们的艺术想象力。本研究借助音乐来营造一种美学意境，让学生在音乐的熏陶下，去感受美，欣赏美。另外，本研究还在游戏过程中加入了语音讲解，进一步加深了学习者对梵高作品的认识。

## 5.2 “不朽的梵高”体感教育游戏实现

笔者以梵高的圣雷米时期为例，进行游戏 Demo 开发展示。开发过程中主要应用了 Autodesk 3ds Max 2013 和 Unity 5.0 软件，以及 Kinect 技术。

### 5.2.1 模型制作

支持 Unity 3D 的三维建模软件有 Maya、3ds Max、Cheetah 3D 等。其中，Autodesk 3ds Max 2013 为我们制作模型与纹理提供了更高的效率以及更逼真的效果。本研究主要应用了该软件创建了游戏场景中的梵高画展建筑以及推箱子游戏的场景等，具体模型制作流程如图 5.11 所示。



图 5.11 模型制作流程

Fig.5.11 The process of model making

本研究在模型制作过程中，分析了模型制作的主要方法与规范等，包括模型单位设置、模型规范、材质贴图规范、模型烘焙与模型导出。

#### 1. 模型单位设置

在模型制作前，我们要注意设置好模型的尺寸、单位。由于 Unity 3D 中默认的单位为 1 米，缩放因子为 0.01，即 Unity 中的 1 单位是导入的 fbx 文件中的 100 倍，所以我们在 3ds Max 中制作的时候，单位得设置为厘米，这样 3ds Max 中的 1 米才相当于 Unity 3D 中的 1 米。因此，在正式创建模型前，我们要在菜单栏中执行自定义—单位设置，在系统单位设置窗口中设置 1 单位为 1 厘米，如图 5.12 所示。

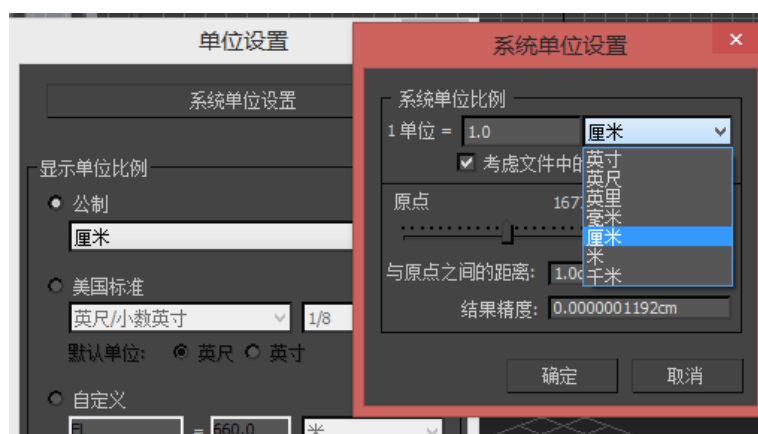


图 5.12 单位设置

Fig.5.12 Units settings

## 2. 模型规范

(1) 所有的角色模型尽可能站立在原点。

(2) 严格控制面的数量，提高游戏的运行速度。在模型建好后，我们需要对模型文件进行优化，删除看不到的面，合并断开的顶点，并将孤立的顶点移除。

(3) 注意模型命名规范。模型命名中不能出现中文字符，物体模型的命名与相对应的贴图材质命名应保持一致。

(4) 可以复制的物体尽可能采用复制的方式。因为一个 1000 个面的物体所消耗的系统资源与它所复制出的 100 个物体所消耗的一样多。

## 3. 材质贴图规范

Unity 3D 对材质有一定的要求，它对 3ds Max 中的有些材质是不支持的，只支持标准材质 (standard) 和多维/子物体材质，其中多维/子物体材质中的

子物体材质也必须为标准材质。另外，Unity 3D 只支持 3ds Max 中的位图贴图，暂不支持其他贴图类型。为了方便后期在 Unity 中进一步进行游戏的制作，3ds Max 中的材质贴图格式应采用不带通道的 jpg 格式或者带通道的 tga、png 格式，贴图尺寸一般为 2 的 N 次方，最大贴图尺寸不得超过  $1024 \times 1024$ 。

#### 4. 模型烘焙

为了在 Unity 3D 中得到理想的效果，我们需要对添加了材质贴图以及灯光的模型进行烘焙。模型的烘焙有 LightMap 和 CompleteMap 两种方式。前者渲染出来的贴图没有基本纹理和高光信息，只包含了阴影信息，主要应用于地形等纹理相对比较清晰的模型。后者渲染出来的贴图包含了基本纹理和光影信息，缺点是缺少了具体的纹理信息，在近处看时会显得比较模糊。本研究中采用了 CompleteMap 进行烘焙，在烘焙前，首先对模型进行分类塌陷处理，烘焙设置时要注意贴图通道与物体的 UV 坐标通道为 1 通道，最后烘焙的贴图格式为 tga，背景颜色要与贴图相近。

#### 5. 模型导出

最后，我们需要将模型导出为能被 Unity 3D 引擎识别的 FBX 格式，以方便后期导入到 Unity 3D 中进行进一步的制作。本研究中创建的部分模型最终效果图如图 5.13 所示。



图 5.13 部分模型最终效果图

Fig.5.13 Model screenshot

### 5.2.2 “参观模式”游戏场景创建

Unity 3D 是全球顶级的游戏开发引擎之一，它可以使开发者轻松地创建出精美的场景。尤其是全新版本的 Unity 5.0，它在图形功能上有了很大的改进，能够创建出更加逼真震撼的游戏场景。本研究实现的体感教育游戏共有三个



场景：参观模式、赚币模式以及玩乐模式，本文主要以参观模式中的室外场景为例来详细介绍游戏场景创建的主要过程。

### 1. Unity 5.0 编辑器视图简介

Unity 5.0 编辑器中默认布局包含了“Hierarchy”层级视图、“Scene”场景视图、“Game”游戏运行视图、“Inspector”检视视图、“Project”工程视图与“Console”控制台视图这六个视图，如图 5. 14所示。

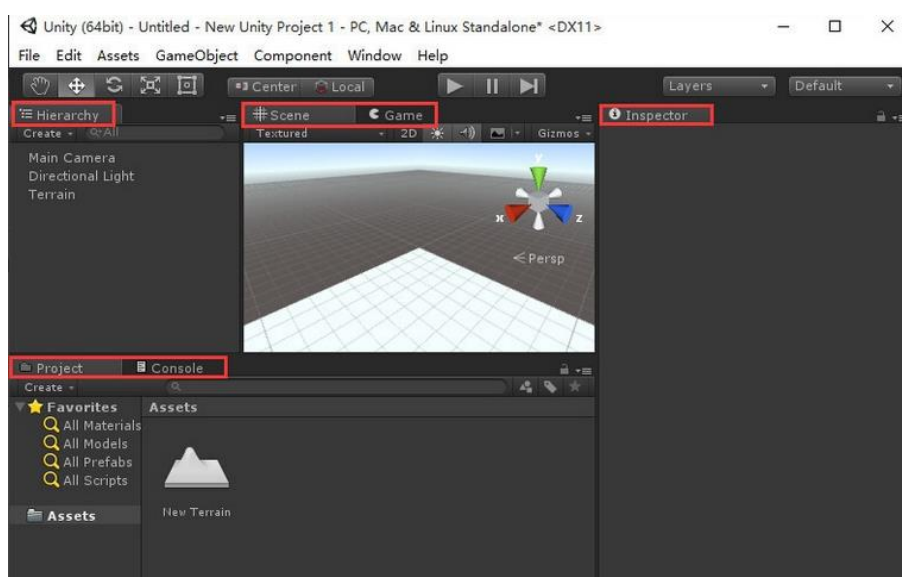


图 5. 14 Unity 基本操作界面

Fig.5. 14 Unity3d basic user interface

“Hierarchy”层级视图呈现的是当前场景中所有物体的一个列表，我们可以通过该视图建立游戏物体的父子关系，对资源进行相关整理。我们点击该视图下的“Create”按钮，就会出现一个下拉框，我们可以选择需要的对象进行创建，如图 5. 15所示。

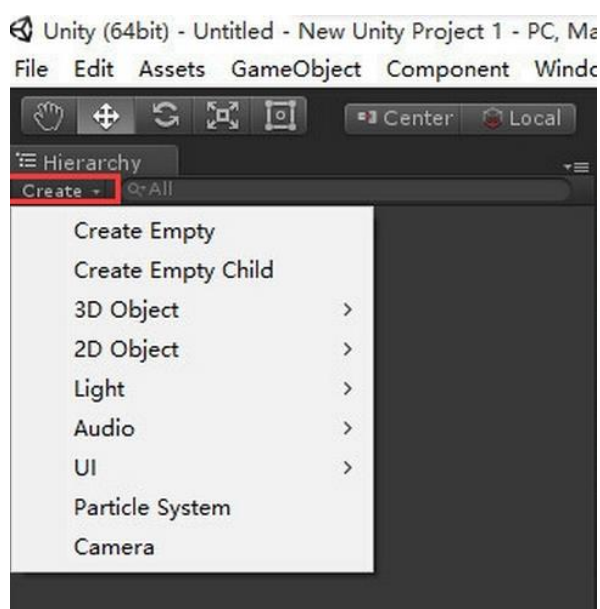


图 5. 15 Hierarchy 视图截图

Fig.5. 15 Hierarchy view screenshots

“Scene” 场景视图主要用于放置游戏相关物体，如图 5. 16所示。在该视图中，我们可以对物体进行移动、放置等操作。通过点击该视图下的“Textured”按钮，可以选择显示的绘图模式。



图 5. 16 Scene 视图截图

Fig.5. 16 Scene view screenshots

“Game” 游戏视图主要用来查看游戏运行效果，我们可以通过“Free Aspect”按钮对应的下拉框来设置游戏视图窗口的比例，如图 5. 17所示。



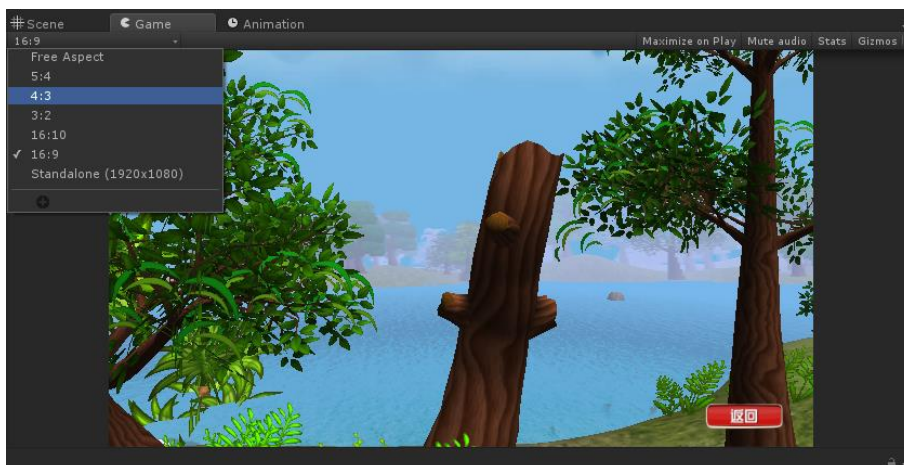


图 5.17 Game 视图截图

Fig.5.17 Game view screenshots

“Inspector” 检视视图主要用于查看当前选中物体的属性和组件等具体信息。左键单击 “Hierarchy” 层级视图中的对象，在 “Inspector” 检视视图中就可以看到该对象的详细内容。如图 5.18 所示就是地形 Terrain 的属性列表，通过这个列表可以修改该对象的相关属性。

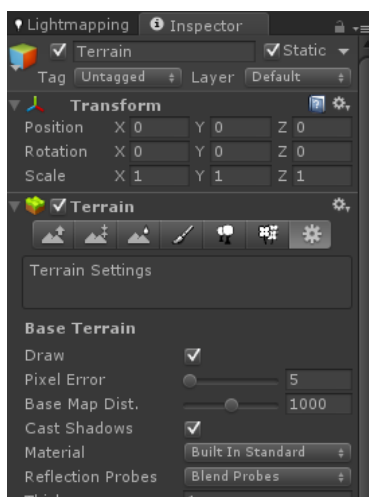


图 5.18 Inspector 视图截图

Fig.5.18 Inspector view screenshots

“Project” 工程视图与 “Hierarchy” 层次视图不同，主要用于显示当前打开工程中所有的资源文件，当点击左侧面板中的某一个文件夹时，该文件夹中

的内容会在面板右侧显示。在 project 视图范围内右击鼠标，可以选择导入各种资源包，如图 5. 19所示。

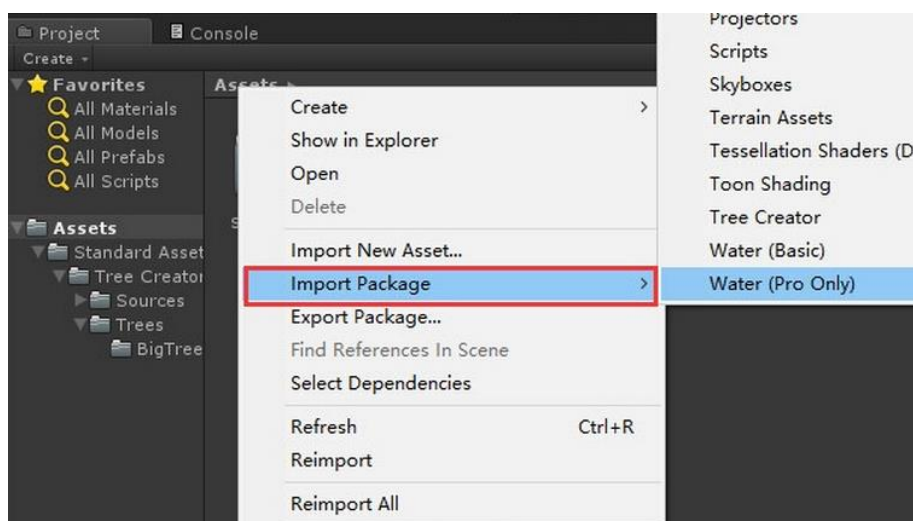


图 5. 19 Project 视图截图

Fig.5. 19 Project view screenshots

“Console”视图用于显示脚本运行时的错误提示，如图 5. 20所示。在该视图中可以选择相应按钮进行 Clear（错误清除）等操作。

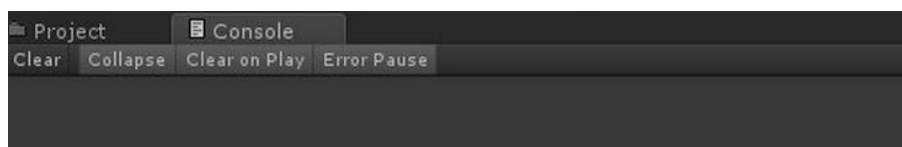


图 5. 20 Console 视图截图

Fig.5. 20 Console view screenshots

## 2. 工程文件夹的创建。

点击菜单栏 File 选项下拉列表中的“New Project”创建一个新的工程文件，需要注意的是“New Project”与“New Scene”之间是有区别的，Project 是整个项目文件，它包含了很多个不同的场景。

## 3. 地形绘制

Unity 绘制地形的功能是非常强大的，它可以轻松地打造出面数少但精度高的复杂地形。执行 Hierarchy 视图中的 Create—3D Object—Terrain，创建一个地形。Inspector 视图中的地形工具（Terrain 组件）由七个功能模块组成，包括地形设置、提升工具、绘制高度、平滑高度、绘制纹理、植树、绘制细节，如图 5. 21所示。

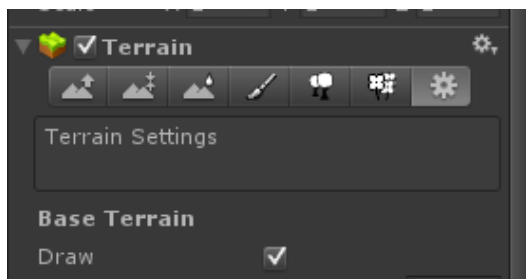


图 5.21 Terrain 组件截图

Fig.5.21 The Terrain component screenshots

### （1）设置地形基本形状

在第七个按钮地形设置中，我们可以看到默认地形尺寸宽和高均为 500，本研究不需要这么大的场景，所以只要将其设置为  $200 \times 300$  即可。

为了更加高效地创建一个场景外形，本研究中采取的做法是先使用绘制高度工具把地形抬高，再采用提升工具+Shift 键的反效果展平地形的边缘及内部，效果如图 5.22所示。



Fig.5.22 地形基本形状截图

图 5.22 Basic terrain shape

### （2）添加地面纹理、树木、花草等细节

Standard Assets 标准资源包包含了很多有用的资源，如天空盒、水预设、地形资源等。自 Unity 5.0 开始，Standard Assets 标准资源包需要自行去官网下载，下载完成后双击进行安装即可。安装完成后，我们就可以在工程中导入地形资源包（Terrain Assets）。此时，我们在绘制纹理工具中点击 Edit Texture 按钮，在弹出的 Select Textur2D 窗口中，输入 Grass，就可以搜索到相关地面纹理，如图 5.23所示。调整画笔的大小和力度，我们就可以在地形上绘制合适的纹理了。



图 5.23 选择地面纹理

Fig.5.23 Select Texture

铺好纹理后，本研究导入 Unity 应用商店中的资源包（Cartoon Nature Pack.unitypackage）到项目工程中，如图 5.24所示。在植树工具中，点击 Edit Trees 按钮就可以添加合适的树木，方法与选择纹理是一样的。当树木位置不正确时，按住 Shift 键的同时点击多余的树木就可以将其移除。

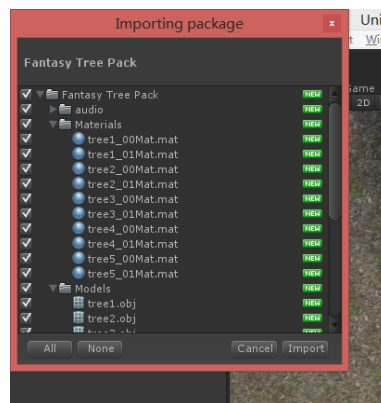


图 5.24 导入资源包截图

Fig.5.24 Import Package screenshots

为了进一步装饰场景，本研究通过点击绘制细节工具中的 Edit Details 按钮选择适合的花草、蘑菇等纹理，为场景添加细节。为了使花草纹理更加逼真，本研究使用了 Billboard 技术，即将二维花草纹理始终旋转面向摄像机，如图 5.25所示。在粉刷细节时，我们可以按住 Alt 键的同时点击右键来放大地形。

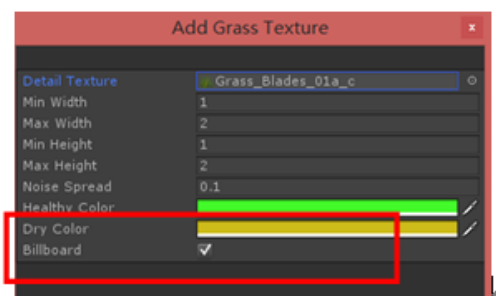


图 5.25 纹理设置截图

Fig.5.25 Texture Settings screenshots

#### 4. 创建光源与天空盒

Unity 3D 中有三种类型的光源：平行光源、点光源和投射光源。其中平行光是从一个方向照向另一个方向，它一般被用来作为太阳光；点光源是从一个点出发，常被用于室内照明、发光物体等；投射光源是从一个点开始投射，比如说手电筒发出的光。本研究中是为了照亮整个室外场景，因此选择了平行光，并对该光源使用镜头光晕特效，使其充当太阳光。

Unity 5.0 将天空盒移放到 Lighting 下，执行菜单栏 Window—Lighting，在跳出的 Lighting 面板中设置天空盒为 Cartoon Day Skybox，并设置雾效，如图 5.26所示。

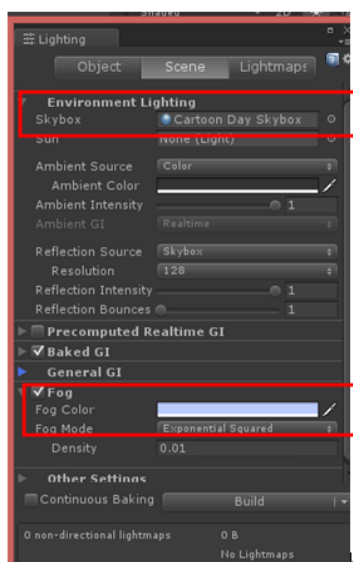


图 5.26 天空盒设置截图

Fig.5.26 Set Skybox screenshots

## 5. 制作水

Standard Assets 标准资源包中提供了非常动态真实的 Pro Water 资源包。本研究中使用的是 Daylight Water，打开 Standard Assets 文件夹，找到 Daylight Water 对象，将其拖放到场景中的合适位置，并到 “Inspector” 检视视图中设置它的大小即可。效果如图 5.27 所示



图 5.27 水效果图

Fig.5.27 The water effect

## 6. 导入模型

将 3ds Max 中创建的梵高的城堡导入到项目中，将其拖放到场景中的合适位置。在 “Inspector” 检视视图中调整 Scale Factor 的中数值，使其适合场景的大小，最终效果如图 5.28 所示。





图 5.28 导入模型后的效果图

Fig.5.28 The picture after models imported

### 7. 添加背景音乐

合理运用音效可以使我们更快地融入到游戏场景中。3D 声音意味着当学习者远离声音源时，声音也会随之减弱，所以为了模拟更真实的环境，通常会使用 3D 声音。Unity 5.0 中默认设置的音频文件都是 2D 声音，要想实现 3D 效果，就得在“Inspector”检视视图中修改 Spatial Blend 的值，如

图 5.29 所示。不过，对于背景音乐来说，2D 声音是更好地选择，因为无论学习者走到哪，背景音乐的声音都是恒定的，所以本研究中的背景音乐使用的是 2D 声音。Terrain 对象中自带 Audio Source 组件，点击 Audio Clip 最右边的按钮选择音乐文件，然后在唤醒时循环播放选项前打勾就可以成功添加背景音乐，如图 5.30 所示。

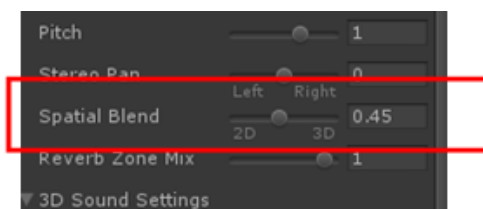


图 5.29 声音效果设置

Fig.5.29 Sound effect setting

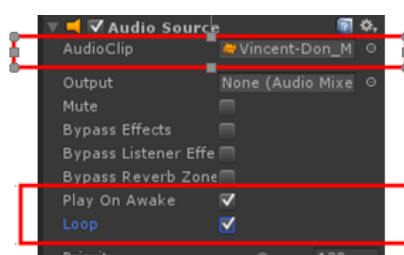


图 5.30 背景音乐设置截图

Fig.5.30 Background music settings screenshot

## 8. 建立第一视角

执行 **Import Package—Characters**，可以导入第一人称控制器和第三人称控制器这两个预制文件。本研究的参观模式采用的是第一视角，所以选择的是第一人称控制器。将第一人称控制器放置到场景中合适的位置，要确保在地面上，否则该控制器会穿过地形掉下去。第一人称控制器设置完成后，运行游戏，我们就可以按下键盘上的上/W、下/S、左/A、右/D 键控制视角向前后左右行走了。

### 5.2.3 “玩乐模式” 程序开发

本研究中的“玩乐模式”场景主要是由 3ds Max 中创建的模型导入到 Unity 3D 中搭建而成，如图 5.31所示。在游戏场景创建好后，通过编写脚本添加到游戏对象上来实现游戏的交互操作。

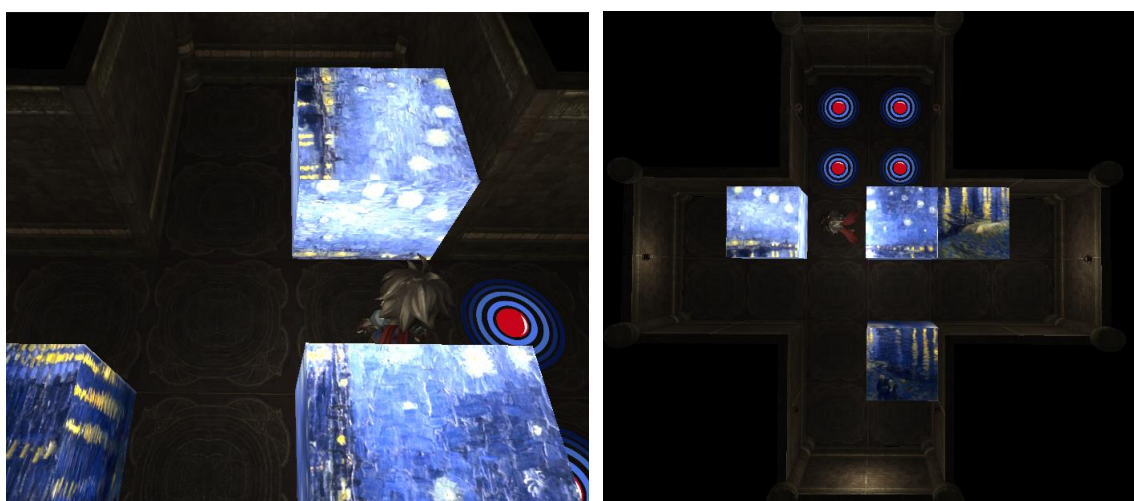


图 5.31 场景效果图

Fig.5.31 Scene renderings

Unity 3D 支持的脚本语言有 JavaScript、C#和 Boo，其中 Boo 语言由于被极少人使用，已在 Unity 5.0 中被移除。执行菜单栏上的 **Assets—Create—**



JavaScript/C# Script 即可创建脚本。本研究“玩乐模式”游戏中角色推动箱子的主要程序代码如图 5. 32所示。

```
public MOVETYPE ValidateWalk()
{
    LastBox = null;
    Vector3 DestPos = ThisTransform.position + ThisTransform.forward * MoveDistance;
    Vector3 DblDestPos = ThisTransform.position + ThisTransform.forward * MoveDistance * 2.0f;
    SPACESTATE NextStatus = PointState(DestPos);
    Transform NextBox = LastBox;
    SPACESTATE DoubleSpaceStatus = PointState(DblDestPos);
    LastBox = NextBox;
    //如果下一格是空的话就走动
    if (NextStatus == SPACESTATE.EMPTY) return MOVETYPE.WALK;
    //如果下一格有箱子并且下下格是空着的话，角色就推
    if (NextStatus == SPACESTATE.CRATE && DoubleSpaceStatus == SPACESTATE.EMPTY) return MOVETYPE.BOXPUSH;
    //否则保持静止
    return MOVETYPE.IDLE;
}
```

图 5. 32 推箱子关键代码

Fig.5. 32 Main code to push the box

只有当学习者把所有的箱子都推到正确的位置上拼成一副完整的图时，这一关游戏才通过，其主要代码如图 5. 33所示。

```
//检查是否符合关卡游戏胜利的条件并更新
public bool CheckForWin()
{
    if (bLevelCompleted) return true;

    //检查游戏胜利的条件是否符合 - 如果符合就返回True值
    foreach (Crate C in Crates)
    {
        if (!C.bIsOnDestination)
            return false; //如果有一个以上箱子没有到达目的地，那么返回False值，即游戏没有胜利
    }

    LevelCompleted = true;

    //这一关游戏完成
    return true;
}

//-----
//进入下一关
public IEnumerator MoveToNextLevel()
{
    //等待胜利后的时间
    yield return new WaitForSeconds (WinWaitInterval);

    //加载下一关
    Application.LoadLevel (NextLevel);
}
```

图 5. 33 游戏过关关键代码

Fig.5. 33 Key code of game clearance

## 5.2.4 游戏界面制作

随着 Unity 4.6 版本的更新，Unity 推出了新的 UGUI 界面系统来代替老版本的 NGUI 系统。在这个系统中，官方给出了一个全新的界面，例如在左上角中多了一个可以在 2D 项目中非常方便去调整的一个编辑栏，如

图 5. 34所示。这个系统还新增了一个事件系统（见图 5. 35），通过该系统我们可以更加方面地控制游戏界面。



图 5.34 编辑栏

Fig.5. 34 Edit bar

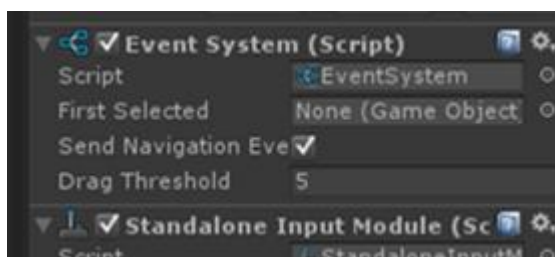


图 5.35 事件系统

Fig.5. 35 Event System

### 1. 界面背景制作

执行 Hierarchy—点击右键—UI—Image，创建一个图片对象，在 Hierarchy 面板中，我们可以看到系统会自动创建一个负责整个 UI 组件布局和渲染的 Canvas 画布。选择创建的 Image 对象，在检视视图中点击 Source Image 后面的圆形按钮，就可以选择我们制作好的图片作为界面背景。默认的图片锚点是处于中心位置，如图 5. 36所示。为了使图片能够适应屏幕的改变，我们需要将锚点调到图片自身的四个角的位置上，如图 5. 37所示。



图 5.36 默认锚点位置

Fig.5. 36 The default anchor position



图 5.37 设置锚点位置

Fig.5.37 Set the anchor position

2. Sprite 资源导入与切割

Sprite（精灵）是用来绘制图集的控件。首先导入 Photoshop 中制作好的 UI 资源“sprite--start.psd”，然后选中该对象，在检视面板中设置 Texture Type 为 Sprite（2D and UI），Sprite Mode 改为 Multiple，然后点击 Apply 应用。打开 Sprite Editor 编辑窗口，将 Sprite 进行分割，如图 5.38 所示。



图 5.38 编辑精灵

Fig.5.38 Sprite Editor

3. 按钮制作

执行 Hierarchy—点击右键—UI—Button，创建按钮对象，然后在该对象的检视视图中选择之前切割好的 Sprite 作为按钮的背景图片。放置按钮到合适的

位置，并且将每个按钮的锚点都放置到对应按钮的四个角上，效果如图 5. 39 所示。



图 5. 39 按钮制作

Fig. 5. 39 Button making

为了实现点击进入游戏按钮后能够切换到游戏模式选择界面，我们需要在进入游戏按钮中添加一个点击按钮事件，如图 5. 40所示。然后在事件函数上写上切换到游戏模式选择界面的代码即可，具体代码如图 5. 41所示。

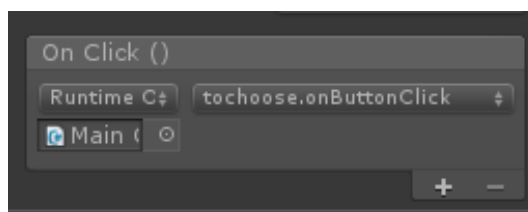


图 5. 40 添加点击按钮事件

Fig.5. 40 Add click button event

```
using UnityEngine;
using System.Collections;
using UnityEngine.UI;
public class tochoose : MonoBehaviour {
    public void onButtonClick() {
        Application.LoadLevel (2);
    }
}
```

图 5. 41 切换游戏模式代码

Fig.5. 41 The code to switch game mode

## 5.2.5 体感交互关键技术的实现

Kinect v2 with MS-SDK20 包含了 Unity 3D+Kinect 2.0 体感开发所需要的脚本。本研究主要通过 Kinect v2 with MS-SDK20 进行 Unity 3D 与 Kinect 之间的数据连接，实现游戏的体感交互。

### 1. 彩色图像显示

在游戏开始界面，学习者将通过彩色图像来确定 Kinect 是否连接成功。以下是彩色图像显示的具体操作。

首先，将 Kinect v2 with MS-SDK20 资源包导入到 Unity 3D 中。导入时，会跳出一个窗口提示，如图 5. 42所示，点击第一个按钮继续即可。此时当我们运行示例文件时，会提示打开传感器失败，如图 5. 43所示。本研究通过进一步导入 KinectUnityAddin.dll 文件成功解决了这个问题，该文件来源于官方提供的资源包 KinectForWindows\_UnityPro\_2.0.1410。至此，所需要的资源都会出现在 project 面板中，见图 5. 44。

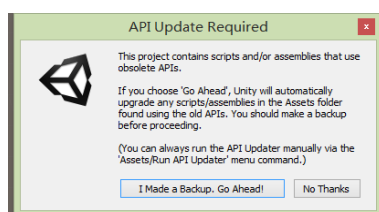


图 5.42 窗口提示

Fig.5.42 Window hints

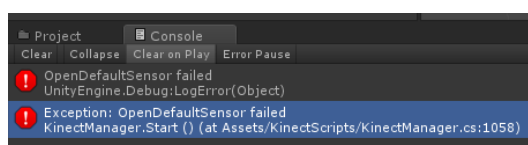


图 5.43 错误提示

Fig.5.43 Error prompt

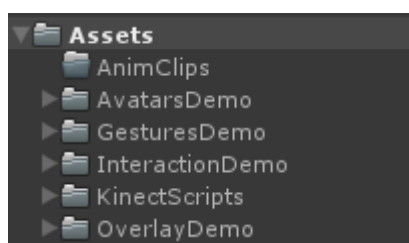


图 5.44 资源列表

Fig.5.44 Resource list

接下来，打开本研究中的开始界面场景，将 KinectManager 脚本拖放到 Main Camera 上，在 Inspector 窗口中找到该组件，在 Compute Color Map 和 Display Color Map 两个选项前打勾，见图 5. 45。

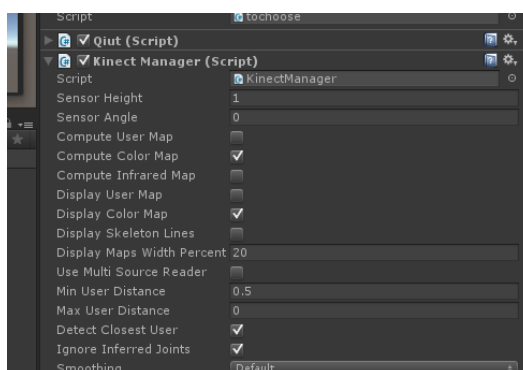


图 5.45 Kinect Manager 组件设置

Fig.5.45 Set the Kinect Manager Component

最后，打开 KinectManager 脚本，修改彩色图像的在界面中的位置。代码修改部分如图 5.46 所示。至此，彩色图像就成功显示在开始界面的合适位置中（见图 5.47），学习者可以根据是否得到彩色图像来确定 Kinect 是否连接正确。

```
float displayMapsHeightPercent = displayMapsWidthPercent * sensorData.colorImageHeight / sensorData.colorImageWidth;

float displayWidth = cameraRect.width * displayMapsWidthPercent;
float displayHeight = cameraRect.height * displayMapsHeightPercent;

// Initialize color map related stuff
usersClrTex = new Texture2D(sensorData.colorImageWidth, sensorData.colorImageHeight, TextureFormat.RGBA32, false);
usersClrRect = new Rect(cameraRect.width - displayWidth, cameraRect.height, displayWidth, -displayHeight);
```

图 5.46 彩色图像位置代码

Fig.5.46 The code to set the colorImage position



图 5.47 彩色图像显示

Fig.5.47 Display of Color Image

## 2. 人物角色的体感操作方法

通过 Kinect 控制虚拟人物是本研究中非常重要的一部分研究内容。对于角色的体感控制主要有以下两种方法。



第一种方法：直接控制。直接控制是指学习者可以直接使用身体姿势与游戏场景进行互动，即学习者的肢体动作与虚拟角色的肢体动作同步。这种方式适用于动作游戏，如拳击和舞蹈游戏等。

具体实现方法是：1) 模型配置。导入角色，并将其拖放到场景中，调整模型比例，如图 5. 48所示。2) 骨骼绑定配置。在人物骨骼绑定模式下，选择 Humanoid 类型，如图 5. 49所示。3) 将 Avatar Controller 脚本赋予给角色，kinectmanager 脚本赋予给 maincamera。最后的实现效果如图 5. 50所示。

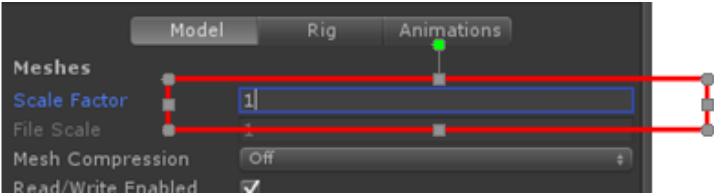


图 5. 48 调整模型比例

Fig.5. 48 Adjust model scale

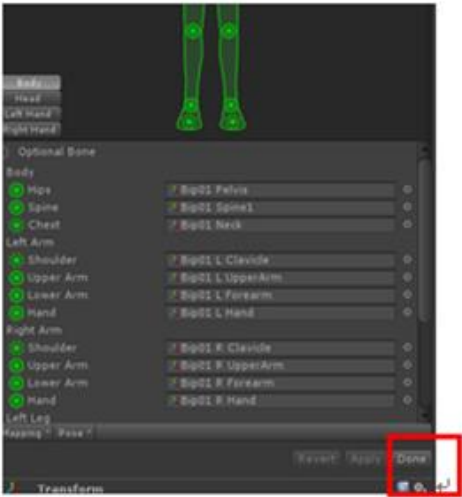
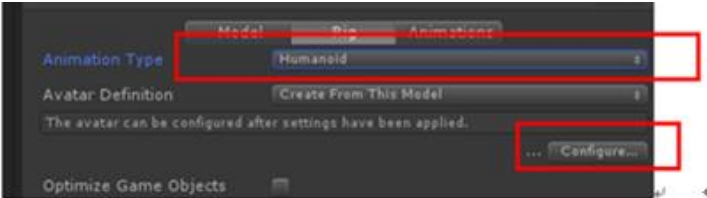


图 5. 49 骨骼绑定配置

Fig.5. 49 Bone binding configuration



图 5.50 直接控制虚拟角色

Fig.5.50 Direct control of virtual characters

第二种方法：间接控制。

间接控制是在触发控制的基础上来操控虚拟人物，如学习者抬起右手与身体呈 45 度角以上时，则虚拟人物往右转。由于，Kinect 的检测范围有限，所以很多体感游戏都采用了这种方法来控制虚拟人物。

在 Unity 3D 项目中实现手势检测与识别可以通过 OverlayDemo 示例场景中的 MainCamera 上的 KinectManager 组件来实现。组件列表中的 Player1 和 Player2 的手势在整个游戏中都会被检测到。另外，也可以用编程的方式来自定义用户特定的手势。添加或处理任何指定的手势都需要使用脚本 KinectGestures 以及 GestureListenerInterface（如 Kinect v2 with MS-SDK20 中间件中的 SimpleGestureListener.cs）。上述脚本中主要方法的简短描述如图 5.51 所示。

<b>User Detected()</b>	用于启动手势检测程序
<b>User Lost()</b>	用于清除变量或释放已分配的资源。
<b>Gesture In Progress()</b>	当手势被使用时，该方法被调用
<b>Gesture Completed()</b>	当手势完成时，该方法被调用，可以在此处添加代码来处理已完成的手势
<b>Gesture Cancelled()</b>	当手势被取消时，该方法被调用

图 5.51 脚本中的主要方法描述

Fig.5.51 Description of The main methods in the script

### 3. 手势控制图画浏览

在参观模式中，学习者通过用手势来控制图画的浏览，很大程度上增加了学习者的学习兴趣与参与感。具体实现方法如下：

在 Hierarchy 面板中创建一个 Empty 对象，并将其重命名为 PresentationCube。然后新建一个 Plane 对象，重命名为 Side1，并将其拖放到



PresentationCube 对象下作为它的子对象。复制出另外五个平面对象，如图 5. 52所示。依次修改这六个平面对象的位置和旋转数值，最终使这六个面组成一个正方体，如图 5. 53所示

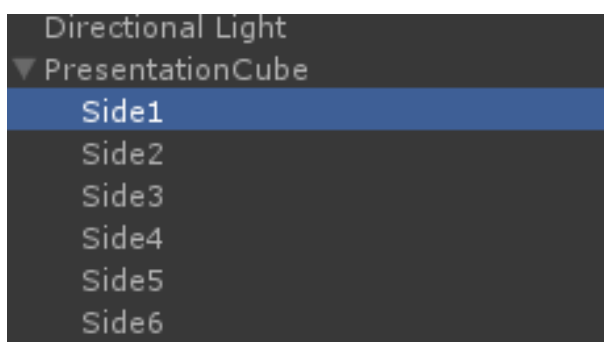


图 5.52 复制对象

Fig.5. 52 Copy object

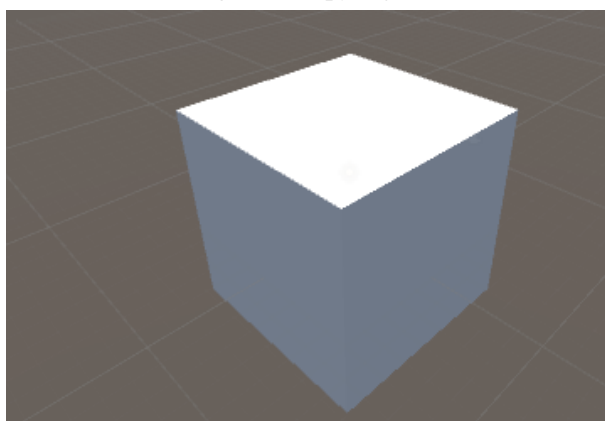


图 5.53 正方体截图

Fig.5. 53 Cube screenshot

为了实现手势控制图片翻转，我们给 Main Camera 添加 Gesture Listener 和 Kinect Manager 脚本，关键代码如图 5. 54所示。Main Camera 中 Kinect Manager 组件的相关选项设置见图 5. 55。然后为 PresentationCube 对象添加 Presentation 脚本，实现翻转的主要代码如图 5. 56所示。最后，我们在 Hierarchy 视图选中 PresentationCube 对象，设置 Slide Textues 下的 Size 数值，依次选择贴图，如图 5. 57所示。

判断手势是否完成。

```
if(gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeLeft)
    swipeLeft = true;
else if(gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeRight)
    swipeRight = true;
else if(gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeUp)
    swipeUp = true;
else if(gesture == KinectGestures.Gestures.SwipeDown)
    swipeDown = true;

return true;
}
```

手势完成后执行翻转。

```
}

if(slideChangeWithGestures && gestureListener)
{
    if(gestureListener.IsSwipeLeft())
        RotateToNext();
    else if(gestureListener.IsSwipeRight())
        RotateToPrevious();
}
```

图 5.54 手势控制关键代码

Fig.5.54 Key code for gesture control

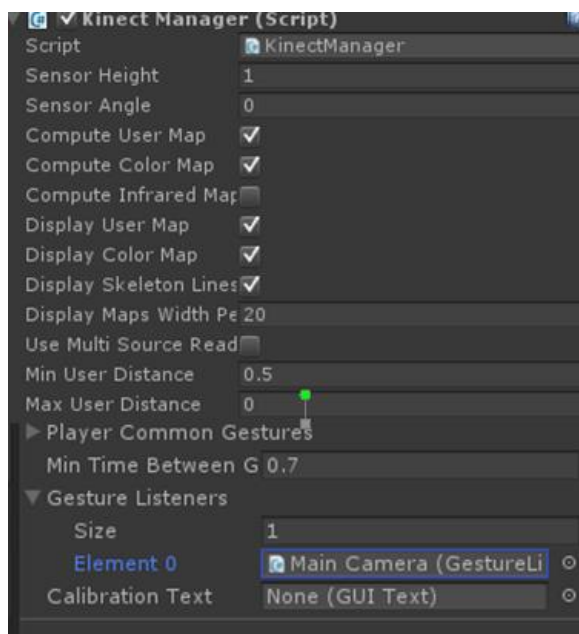


图 5.55 Kinect Manager 组件设置

Fig.5.55 Kinect Manager component settings

```
private void RotateToNext()
{
    // 设置下一面的纹理
    tex = (tex + 1) % maxTextures;

    if(!isBehindUser)
    {
        side = (side + 1) % maxSides;
    }
    else
    {
        if(side <= 0)
            side = maxSides - 1;
        else
            side -= 1;
    }

    if(horizontalSides[side] && horizontalSides[side].GetComponent<Renderer>())
    {
        horizontalSides[side].GetComponent<Renderer>().material.mainTexture = slideTextures[tex];
    }
    |
    // 旋转文稿
    float yawRotation = !isBehindUser ? 360f / maxSides : -360f / maxSides;
    Vector3 rotateDegrees = new Vector3(0f, yawRotation, 0f);
    targetRotation *= Quaternion.Euler(rotateDegrees);
    isSpinning = true;
}
```

图 5.56 图片翻转关键代码

Fig.5. 56 key code to achieve picture flip

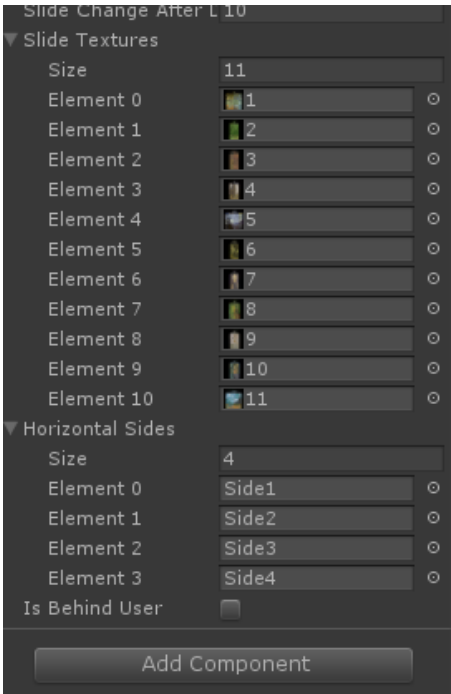


图 5.57 贴图设置

Fig.5. 57 Map settings

图 5. 58是游戏运行时手势控制图画浏览的效果。学习者通过左手向右挥动或者右手向左挥动就可以控制图画翻转切换。



图 5. 58 图画浏览

Fig.5. 58 Picture view

## 6 研究总结与展望

### 6.1 研究成果

本研究中，笔者在前人研究的基础上，提出了体感教育游戏设计框架，该框架具体阐述了体感教育游戏的设计过程，使得体感教育游戏能够满足产生心流体验的条件，为后续“不朽的梵高”体感教育游戏的设计提供了方向。

基于所提出的体感教育游戏设计框架，本研究设计了一款集趣味性、知识性以及艺术性于一体的体感教育游戏——“不朽的梵高”，并且对游戏的实现技术进行了详细分析，具体阐述了 Kinect 2.0 彩色图像获取、人物角色的体感控制以及手势控制图像的翻阅等技术，为体感教育游戏在艺术欣赏中的应用提供了一定的参考。

### 6.2 研究的不足之处

由于本人时间与能力有限，对程序开发语言掌握的不够深入，本研究中“不朽的梵高”体感教育游戏在游戏交互实现上还存在一定的不足，有些细节功能还没能实现。另外，本研究还没有对所设计的体感教育游戏进行试用与评价，还未能有效说明这款体感教育游戏的真正价值。

### 6.3 研究展望

体感技术在教育中的应用潜能是巨大的，在今后，我希望能够通过自身的努力，突破本研究中所存在的不足，进一步完善本研究中设计的这款体感教育游戏。另外，我将更深入地研究体感技术，争取能够将其灵活地应用到教育领域。

## 参考文献

- [1] Andrew Miller.Kinect in the Classroom[EB/OL].[2014-06-02].<http://www.edutopia.org/blog/kinect-classroom-andrew-miller>.
- [2] Katai Z, Toth L. Technologically and artistically enhanced multi-sensory computer-programming education[J]. Teaching & Teacher Education, 2010, 26(2):244-251.
- [3] Teh P L,Ahmed P K,Goonetilleke R S, et al. Viewing versus Experiencing in Adopting Somatosensory Technology for Smart Applications[J].Pacific Asia Journal of the Association for Information Systems, 2014.
- [4] 马建荣,章苏静,李凤.基于体感技术的亲子互动游戏设计与实现[J].中国电化教育,2012,09:85-88.
- [5] 高岚岚. 全新开启学生自主创新的大门[M]. 厦门大学出版社, 2013:4..
- [6] 吕森林.教育游戏产业研究报告[J].中国远程教育,2004(22):44-47.
- [7] 尚俊杰,李芳乐,李浩文. “轻游戏” :教育游戏的希望和未来[J].电化教育研究,2005(1) :24-26.
- [8] Connolly T M,Stansfield M,Hainey T.An application of games-based learning within software engineering[J].British Journal of Educational Technology,2007,volume 38(3):416-428(13).
- [9] Hao Y,Hong J,Jong J,et al.Non-native Chinese language learners'attitudes towards online vision-based motion games[J]. British Journal of Educational Technology,2010,41(6):1043-1053.
- [10]Liu,T.Y,Chu,Y.L.Using ubiquitous games in an English listening and speaking course:impact on learning outcomes and motivation[J].Computers & Education,2010, 55(2),630-643.
- [11]Hwang,G.J.,Wu,P.H.,& Chen,C.C.An online game approach for improving students' learning performance in web-based problem-solving activities[J].Computers & Education, 2012, 59(4):1246-1256.
- [12] Sung, H. Y., & Hwang, G. J.A collaborative game-based learning approach to improving students' learning performance in science courses[J]. Computers & Education, 2013:43-51.
- [13] Ebner M,Holzinger A. Successful Implementation of User-Centered Game Based Learning in Higher Education: An Example from Civil Engineering[J].Computers & Education, 2007, 49(3):873-890.
- [14] Papastergiou M.Digital Game-Based Learning in high school Computer Science education:Impact on educational effectiveness and student motivation[J].Computers & Education,2009, 52(1):1-12.
- [15] Huang,W.H.,Huang,W.Y.,& Tschopp,J.Sustaining iterative game playing processes in DGBL:The relationship between motivational processing and outcome processing[J].Computers & Education, 2010, 55(2):789-797.
- [16] Barab S.etal.Game-Based Curriculum and Transformational Play:Designing to Meaningfully Positioning Person,Content,and Context. Computers & Education, 2011,58(1):518.
- [17] Echeverra,A.et al.A Framework for the Design and Integration of Collaborative Classroom Games[J].Computers & Education, 2011,57(1):1127-1136.
- [18] Chee Y S, Tan K C D. Becoming Chemists through Game-based Inquiry Learning: The Case of Legends of Alkhimia[J]. Electronic Journal of e-Learning, 2012, 10(2):185-198.

- [19] 邵俊莉,孙朋,王蔚.探寻教育性与游戏性的平衡点——以小学语文识字教育游戏的开发研究为例[J].中国教育信息化,2009, 12(3): 12-14
- [20] 杨丽,姚晓兰.教育游戏中“教游相融”的设计策略研究[J].中国电化教育,2011(6):81-84.
- [21] 王永固,张婷,李玮,黄碧玉.基于心流理论的教育游戏设计框架要素研究——以特殊儿童言语学习游戏为案例[J]. 远程教育杂志,2014,03:97-104
- [22] Malinverni L, Guiard J M, Pares N, et al. Pico's Adventure: A Kinect Game to Promote Social Initiation in Children with Autism Spectrum Disorder[C].ITASD 2nd International Conference on Innovative Technologies for Autism. 2014.
- [23] 窦娜, 李丹, 马素慧,等. 体感交互技术对脑卒中平衡功能和步行功能训练的效果[J]. 中国康复理论与实践, 2014(1):66-69.
- [24] BEGEL A,GARCIA D D,WOLFMAN S A.Kinesthetic learning in the classroom[J].ACM SIGCSE Bulletin,2004.183-184.
- [25] Johnson K, Pavleas J, Chang J. Kinecting to Mathematics through Embodied Interactions[J]. Computer, 2013, 46(10):101-104.
- [26] Mellon E.Video game technology is in motion in Loudoun County schools.[EB/OL].(2012.9)[2015.4.10].<http://www.districtadministration.com/article/gesturing-learn>.
- [27] 马建荣,章苏静,李凤.基于体感技术的亲子互动游戏设计与实现[J]. 中国电化教育,2012,09:85-88.
- [28] Kim H S, Su H O, Yong H P. Developing an Educational Game for Art Education - Gesture Recognition-Based Performance Guidance for Mozart's Opera Magic Flute[M].Learning and Collaboration Technologies. Springer International Publishing, 2015:573-582.
- [29] 吕开阳,叶华茂,李晓光,白玉树,徐正梅,沈洪兴,赵志青,景在平. Kinect 体感技术在动物外科实验教学中的应用及展望[J].中国医学教育技术,2012,02:171-173.
- [30] 樊景超,周国民.基于 Kinect 的农业虚拟教学研究[J]. 安徽农业科学,2014,12:3706-3708.
- [31] 吴松,韩国柱,陈永才.基于 Kinect 的装备体感维修教学系统研究[J]. 中国现代教育装备,2013,11:10-12.
- [32] 葛莹莹, 高华, 黄剑锋. UDK 虚幻 3 游戏引擎火星课堂[M]. 人民邮电出版社, 2012.
- [33] Unity 3D Technologies.Unity 3D - Game engine,tools,multiplatform [EB/OL].2014.<http://Unity3D3d.com/Unity3D>.
- [34] Genesis-3D.. Genesis-3D 功能介绍[EB/OL].<http://www.genesis-3d.com.cn/about.html>.
- [35] 李芒. 学与教的理论[M].高等教育出版社, 2007.
- [36] 赵海兰, 祝智庭.教育游戏的国际研究动向及其启示[J].中国电化教育, 2006(7):73-76
- [37] 刘亚龙. 基于情境认知理论的大学英语多媒体网络教学研究[J]. 电化教育研究, 2009(7):113-116.

- [38] 锐俊. 沉浸体验与网络环境下的英语学习[J]. 现代远程教育研究, 2005, 第 6 期:58-61.
- [39] Csikszentmihalyi M. Activity and happiness: Toward a science of occupation[J]. Journal of Occupational Science, 1993, 1(1):38-42.
- [40] Levinson M H. Creativity: Flow and the Psychology of Discovery and Invention.[J]. Adult Education Quarterly, 1997, 43(12):823-824.
- [41] Weibel D, Wissmath B, Habegger S, et al. Playing online games against computer- vs. human-controlled opponents: Effects on presence, flow, and enjoyment[J]. Computers in Human Behavior, 2008, 24(5):2274-2291.
- [42] Sweetser P, Wyeth P. GameFlow: A model for evaluating player enjoyment in games[C]. ACM Computers in Entertainment, 2005:1--24.
- [43] Kiili K. Evaluations of an experiential gaming model [J]. Human Technology An Interdisciplinary Journal on Humans in Ict Environments, 2006.
- [44] 胡昭民 吴灿铭. 游戏设计概论(第 4 版)[M]. 清华大学出版社, 2013.
- [45] Hostetter A B, Alibali M W. Visible embodiment: gestures as simulated action.[J]. Psychonomic Bulletin & Review, 2008, 15(3):495-514.
- [46] Eysenck, Michael W, Keane, Mark T, 高, 定国,,等. 认知心理学[M]. 华东师范大学出版社, 2004.
- [47] 陈茜.高校艺术鉴赏课的定位及教学模式研究[J].中国教育学刊,2014,S3:116-117.



## 在学研究成果

### 一、 在学期间所获的奖励

宁波大学研究生优秀推免生奖学金 宁波大学 2013 年 12 月

## 致 谢

三年的研究生生活即将结束，回首我在宁波大学已度过七年快乐时光，想到离别，有很多不舍。在这里，我要借此机会向所有陪伴我一起成长与进步的人致以最崇高的感谢。

首先，我要感谢我的导师赵一鸣教授，他学术视野开阔，学术造诣广博，洞察力敏锐，从而为我的论文主题确定了一个崭新的视角。在我毕业论文的选题至定稿期间，赵老师给了我很多的指导与启发，并且为我提供了很好的学习环境 with 资源，为我顺利完成学业打下了良好的基础。当我觉得迷茫时，赵老师会理解我、鼓励我，并且为我指点迷津，真的很庆幸能成为赵老师的学生。

同时，我要感谢王海燕老师、刘世清老师、徐晓雄老师、张世波老师和马宪春老师，感谢他（她）们在我的研究生学习过程中对我的辛勤培养与教育。

感谢同班同学韩林洁、杨小勤、陈哲、刘胜男、童霞、陈明、邵文佳、宋萍、刘露丹、王濛濛、黄莉霞，感谢宁波大学科技学院陈老师，感谢师兄王照亮、王鑫，感谢师姐陈莉、吕向南、刘慧磊以及其他师兄师姐师弟师妹们，感谢他（她）们在学习与生活中给我支持与鼓励，感谢他（她）们让我有了这么一段难忘的时光。

最后，我要感谢深爱我的父母和姐姐，是他们让我有了不断努力前进的动力。我将带着他们的期望再接再厉！