

基于设计的研究与教育游戏设计应用 *

曾嘉灵¹, 张鹏², 尚俊杰^{2①}

(1.哥伦比亚大学 教育学院, 纽约 10027; 2.北京大学 教育学院 学习科学实验室, 北京 100871)

摘要: 如何设计科学、有效、有趣的教育游戏现已成为教育游戏研究的关键所在, 基于设计的研究能够通过设计的方式解决真实情境中的复杂问题, 实现理论与实践的双重提升, 对于这一关键问题的突破具有重要意义。该文梳理了基于设计的研究的特征与阶段模型, 并据此开展了教育游戏《方块消消乐》的设计研究, 以解决小学数学几何学习中折叠与展开教学问题。结果表明, 经过三次迭代设计的《方块消消乐》能够显著提升学生的几何学习成绩和空间能力, 帮助学生克服几何学习困难。同时, 研究生成、丰富和完善了包含认知设计、动机设计、调节设计三个维度的教育游戏设计原则, 揭示理论与实践的相互作用, 以期教育游戏研究者和实践者提供范式与参考。

关键词: 基于设计的研究; 设计研究方法; 教育游戏; 小学数学; 几何学习; 空间能力

中图分类号: G434 **文献标识码:** A

一、引言

教育游戏自21世纪以来进入繁荣发展时期^[1], 研究者已围绕教育游戏及其价值开展了广泛研究, 证实教育游戏在一定程度上能够促进大脑发展^[2]、改善学习成绩、提升学习者学习动机等^[3]。现阶段教育游戏研究的关键问题也已转变为“如何设计科学、有效、有趣的教育游戏”^[4]。这一转变体现在教育研究者不仅仅要对教育游戏的研究结果进行检验^{[5][6]}, 还要使其真正地贴合课堂教学的实际需求, 能够应用于实际问题的解决^[7], 并明确地体现问题聚焦、意见反馈等循环设计过程^[8]。基于设计的研究恰能从明确每一步研究过程入手, 通过不断地循环迭代, 助力教育游戏研究这一关键问题的突破与解决。

基于设计的研究(Design-Based Research, 简称DBR), 也称设计研究方法, 是20世纪90年代发展起来的新研究范式, 旨在通过设计解决方案、构建人工制品等方式来解决教学和学习中复杂的真实问题, 加强理论与实践的联系^[9]。自1992年Brown提出“设计实验”^[10]、Collins提出“设计科学”^[11], 到2003年设计研究联盟(Design-Based Research Collective)正式提出“基于设计的研究”^[12]以来,

DBR不断发展, 已经被广泛应用于教育技术学习环境的设计开发^{[13][14]}。对于专门为教育目的而开发的教育游戏而言^[15], DBR能够通过多次反馈迭代使教育游戏的设计更贴合实际需求、保证教育游戏的有效性和趣味性, 并且可以在过程中优化理论框架使得教育游戏的设计开发更加科学, 实现理论与实践的双重提升。如Lyons等^[16]基于DBR通过两次循环迭代, 设计开发了一款促进协作学习的网络工具, 并生成相应的设计原则; Wang等^[17]设计了一款旨在教授高中生物学细胞结构和功能的虚拟现实游戏, 聚焦于用户专家反馈, 在游戏设计完成后收集了四轮专家意见, 对游戏进行迭代完善。

然而, 已有研究表明, 目前国内包括教育游戏设计在内的DBR研究多为一次迭代设计^{[18][19]}, 很少有研究通过多次迭代设计以真正发挥DBR的优势。因此, 本研究从实践应用的角度梳理总结了DBR的特征和研究阶段模型, 而后聚焦到教育游戏实际的设计应用, 以教育游戏《方块消消乐》(曾用名:《方块消消消》)的设计研究为例, 完整释义DBR的多次迭代设计过程, 为教育研究者和实践者更好地“设计科学、有效、有趣的教育游戏”提供参考。

* 本文系北京市教育科学“十四五”规划2021年度延续课题“基于学习科学和游戏化学习的学习能力培养研究”(课题编号: CEFA21067)研究成果。

① 尚俊杰为本文通讯作者。

二、基于设计的研究

(一)定义与特征

基于设计的研究是一种教育研究范式,该范式能够将其他的科学设计方法纳入设计过程,使研究者以递归、嵌套的方式产出有用的产品、有效的理论来解决个人和团体真实的教育问题^[20]。如表1所示,DBR具有以下五个特征^[21]。

表1 DBR的五个特征

特征	描述
1.实用主义导向的(双重的)	设计研究旨在真实解决教育问题,在过程中能够完善理论和实践,理论的价值是通过原则对实践的指导和改善程度来评估的
2.理论驱动的	设计是由理论驱动的,并以相关研究、理论和实践为基础;设计是在真实世界的环境中进行的、嵌入到设计研究过程中
3.迭代的、灵活的	设计师参与到设计过程、与参与者一起迭代工作,最初的计划通常不够详细,所以设计者可以在必要的时候进行慎重的修改
4.综合的	混合研究方法被用来最大化DBR的可信度;在不同的阶段,随着新的需求和问题的出现以及研究重点的演变,方法也有所不同
5.情境性的	研究结果、设计过程和真实的教育环境相联系

(二)阶段模型

厘清设计研究阶段流程是开展DBR实践的关键所在,为赋予DBR每一阶段以实际意义,本研究采用Easterday等^{[22][23]}总结的6阶段模型:聚焦(Focus)、理解(Understand)、定义(Define)、构思(Conceive)、构建(Build)、测试(Test)。如图1所示,DBR设计者聚焦问题、理解问题、定义目标、构思解决方案、构建解决方案,并测试解决方案。

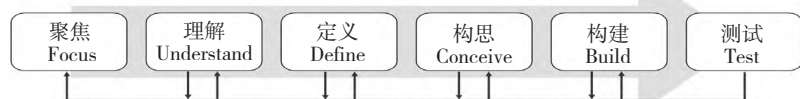


图1 DBR的研究模型

聚焦(Focus)阶段,主要有确定目标受众、设计团队、问题主题和项目范围四层任务。理解(Understand)阶段,设计者基于聚焦阶段明确的主题,通过直接的经验调查和间接的资料来调查问题,以快速确定学习者及其问题所处的领域、问题背景和现有的解决方案及设计原则。定义(Define)阶段,设计者需设定目标和评估,将一个没有解决办法的、不确定的问题转换成一个可以解决的、确定的问题^[24]。构思(Conceive)阶段,设计者通过绘图等形式制定解决方案,生成不同难度的设计原则^[25]、开发原则^[26]等理论产品^[27]。构建(Build)阶段,设计者实施设计方案,生成一个至少有部分功能、依赖于媒介的具体原型。测试(Test)阶段,设计者评估设

计方案的有效性,通过专家评审、模拟的方式来解决构思计划与用户意愿、解决问题的相关性和一致性问题,通过一对一测试、小组测试、现场试验等方式来解决实际实用性和有效性问题^[28]。一般而言,DBR研究的迭代设计阶段并不是纯粹线性的,而是可以相互嵌套、依据实际需求灵活返回任一阶段。

三、教育游戏设计研究:方块消消乐

(一)案例概述

为培养小学生数学几何学习和空间能力,本研究采用基于设计的研究,围绕着小学几何“立体图形折叠与展开”内容研发了教育游戏《方块消消乐》。在该教育游戏的设计研究过程中,通过聚焦、理解、定义、构思、构建、测试六大阶段共三个周期的迭代设计,持续时间三年,为折叠与展开教学问题提供解决方案的同时,生成了教育游戏设计的理论原则,实现了理论和设计之间的调整完善^[29]。

(二)设计背景与需求分析

20世纪初以来,我国小学数学课程目标经历了非常大的变化,对空间与几何部分知识要求的表述经历了从薄弱到丰富的过程。如今,《义务教育数学课程标准(2011)》(新课标)明确提出图形与几何学习和空间能力培养是小学数学教学的主要任务之一,在培养学习者的直观想象、数学抽象、几何推理等数学素养中起着重要作用。

然而,空间图形的折叠、展开和三视图等是“图形与几何”领域疑难问题;并且几何教学情况实际调查显示^[30],立体图形的折叠与展开是难度排名第一的知识点。学生在折叠与展开的学习中存在想象困难的问题,课堂教学中的动手操作只是流于形式,学生靠记忆和操作来完成题目,课后练习出错率高,甚至会逐渐失去对几何的学习兴趣^[31];教师们也反馈在教学过程中存在“学生空间想象力不足”“学生抽象建构慢”“脱离直观后无法正确判断展开图是否正确”“缺乏相关教具”等问题^[32]。

(三)研究设计

本研究围绕“折叠与展开”这一实际的教学问题,采用基于设计的研究,依据Easterday等^{[33][34]}提出的六阶段模型,开展了三次迭代设计。在第一次迭代设计中,本研究首先基于设计背景,聚焦设计目的;通过文献与市场调研的方式,进一步理解聚焦的问题,并生成问题解决思路与理论指导;在充分理解问题后,具体化研究目标,以指导教育产品设计;而后通过初步构思,生成教育游戏设计的概念要素;基于要素框架,构建并开发第一版

教育游戏《方块消消乐1.0》；最后通过小范围测试检验游戏的合理性和可用性，并反思游戏修改。第一轮迭代循环重在理解与明确目标，基于理论提炼出教育游戏的设计原则，并依据该原则设计开发游戏；第二次和第三次迭代设计中，研究依然通过这六个阶段步骤开展，重在测试优化教育游戏，检验其对问题解决的有效性，同步完善教育游戏产品及教育游戏的设计原则。

四、第一轮迭代设计

(一)聚焦阶段

研究聚焦于小学几何学习中的折叠与展开教学问题，“折叠与展开”涉及头脑中对信息的识别、存储、与提取等复杂的信息加工过程，是最复杂的空间问题之一。

(二)理解阶段

在理解阶段，本研究主要通过文献调研与市场调研的方式，调查已有的解决方案，以充分理解问题并初步生成设计原则。

文献调研发现，该知识点的学习重点在于如何辅助学生想象图形的变化过程^[35]，学习过程涉及的重点能力在于心理折叠能力——将二维的空间图形和对象通过心理操作转换成三维的空间图形和对象的复杂空间能力^[36]。但心理折叠能力的训练和发展需要足够的空间和时间，很难在一般课堂中进行^[37]。

已有许多研究证实了游戏对空间能力的提升效果^[38-40]，并且开发了立体图形折叠与展开的相关游戏。如表2所示，本研究开展了市场调研，结果发现已有的六款游戏均未按照一定的课程标准设计，在所涉及的教学内容上呈现单一性和差异性。其中，益智休闲类应用较多，符合国家数学课程标准的很少，还有一些与学习目标无关的因素可能对学生形成干扰，不能直接应用到立体图形折叠与展开的教育教学中。调研结果也为本研究设计开发小学数学空间教育游戏提供了三条启发：(1)促进表征：设计可旋转观察的立体图形；(2)辅助表征：呈现二维图形和三维物体动态变化的过程；(3)避免影响表征：减少与学习目标无关的因素。

表2 “折叠与展开”教育游戏

游戏名	年龄段	游戏类型	涉及的教学内容
Outfolded	4+	聚会游戏	立方体的折叠与展开
-unfold-	4+	聚会游戏	展开图与立体图形各面的对应关系
Zasa	4+	问答游戏	正方体的折叠与展开，展开图
Shapes	4+	教育	立体图形的折叠与展开，展开图
Unfoldit	4+	益智解谜	平面图形的折叠与展开
Fold & Cut	4+	益智解谜	平面图形的折叠与展开

除上述启发之外，为了更好地促进游戏与学习内容的有机整合，本研究基于学习科学视角，对教育游戏设计相关理论进行梳理，探索“人在教育游戏中是如何学习的”，以及“如何促进教育游戏中的学习”。如图2所示，立足于建构主义学习视域，基于多媒体认知理论分析学习者在教育游戏中的信息加工模式^[41]，提出教育游戏设计开发的认知设计原则；基于情境认知理论和心流理论^[42]分析内在动机的激发方式，提出动机设计原则；基于体验学习理论^[43]分析教师的促进引导作用，提出调节设计原则。

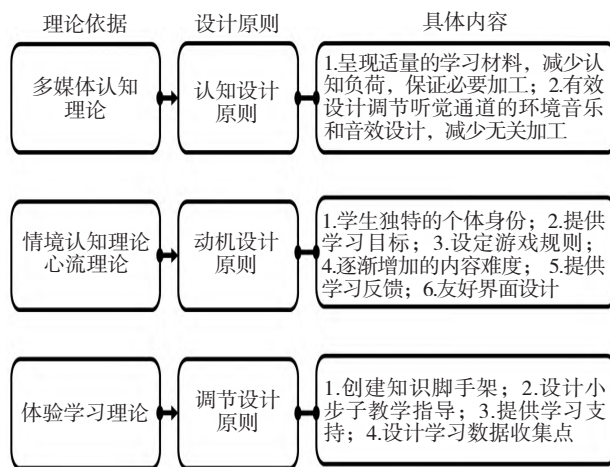


图2 教育游戏的设计原则

(三)定义阶段

理解分析之后，研究通过以下问题表述来定义目标和方法：在小学“图形与几何领域”中“立体图形折叠与展开”存在学习困难的问题，尤其是学生难以实现对平面图形和立体图形的心理表征，更难以进行动态变化关联，即二维与三维的相互转化。本研究可以通过设计开发一款立体图形折叠与展开教育游戏来尝试解决该问题。

(四)构思阶段

在构思阶段，本研究形成了教育游戏主要的概念设计要素。首先，基于国家课程标准对折叠与展开学习的内容要求，研究分析了广泛使用的北师大版和人教版教科书。通过对目标定位、教学内容、教学序列的对比分析，发现“折叠与展开”部分的主要内容是认识正方体和长方体的展开图，强调观察和操作立体图形与展开图；具体教学内容包括展开正方体、折叠正方体展开图、探索向对面、标注展开图的六个面等。

其次，本研究编码对比教科书相关的课后习题，发现两版教科书都以正方体为主要图形对象进行练习任务设计。因此，研究确定采用正方体作

为立体图形代表,涉及的变化过程包括正方体展开图的折叠过程、立体图形与平面图形相互对应的过程。将具体内容按照逐层递进、逐渐抽象的方式进行组织,形成的教学顺序为:展开图折叠后相对面的辨认、前面与上面/下面的辨认,以及立体图形与展开图的对应。

最后,围绕着三条设计启发,教育游戏设计还应发挥信息技术创设学习环境的优势,实现二维图形和三维物体动态变化过程:(1)设计可旋转观察的立体图形成为首要选项,以促进构建心理表征;(2)二维图形和三维物体动态变化的过程需要在游戏中呈现,以帮助学生克服表征和学习困难;(3)减少与学习目标无关的要素设计,避免影响学生的心理表征。

(五)构建阶段

在构思概念设计要素后,研究构建并开发了第一版教育游戏《方块消消乐》,以实现构思要素和内容功能。首先,如表3所示,依据概念设计要素构建了《方块消消乐》具体的认知活动、学习资源和脚手架构建:所有学习活动均以呈现静态平面图形或可观察的立体图形为主,将图形动态变化过程最大程度地留给学生,让其进行想象;依据教育游戏提供的丰富的三维认知环境,设计有效的认知脚手架,即展现二维图形和三维物体运动变化过程的演示动画,帮助学生构建心理表征。其次,如图3所示,基于梳理的教育游戏设计原则构建了《方块消消乐》的游戏功能。

表3 《方块消消乐》内容组织、认知活动、学习资源和脚手架

内容组织	认知活动	学习资源	脚手架
相对面的辨认	提供给学生正方体的展开图,想象折叠成正方体的过程,找出三对相对的面	各面图案相同的展开图	可旋转正方体;展开图折叠与展开过程动画
前面与上面/下面的辨认	提供给学生标注了下面/上面的展开图,想象向上/向下折叠成正方体的过程,找出正方体的前面和上面/下面	各面图案相同,标注了下面/上面的展开图	可旋转正方体;展开图折叠与展开过程动画
正方体与展开图的对应	提供给学生一个正方体和正方形行列阵,想象正方体展开的过程,在行列阵中找出展开图	相对面图案相同/各面图案不同的可旋转正方体;正方形行列阵	正方体展开与折叠过程动画

(六)测试阶段

本轮测试于2019年秋季学期开展,由6名五年级小学生共同参加,随机分为两组、每组3名,研究人员在40分钟的小组测试中观察、记录学生使用教育游戏的过程,并收集学生的反馈和建议,以检

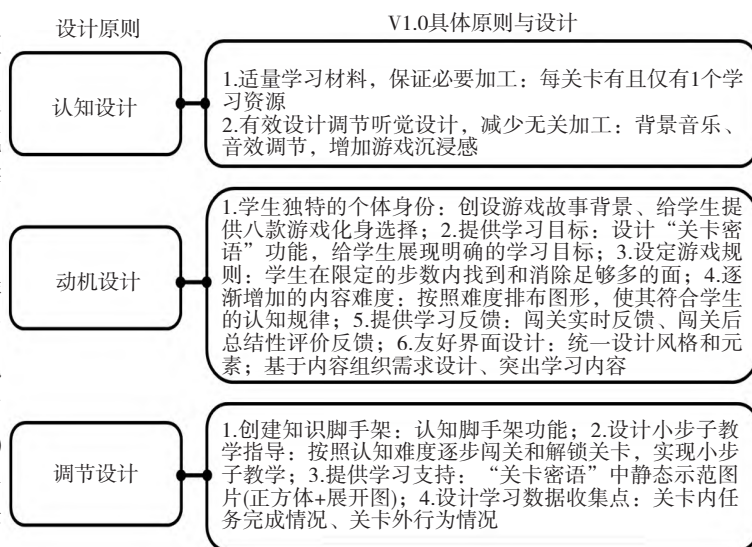


图3 《方块消消乐》教育游戏设计v1.0

验教育游戏的合理性和可用性。六名小学生涵盖了能力超过平均水平的、处于平均水平的、低于平均水平的不同层次,以及对所学内容态度积极、态度一般和态度消极的不同情况。

测试结果发现,学生们对基于游戏的折叠与展开学习持有积极的态度。如学生提到在之前的课堂学习中没有接触过基于教育游戏的学习,因此在使用《方块消消乐》时感到新奇和开心,表示“希望回家也可以玩这个游戏”。另外,学生们提到消除游戏中的方块时能够带来成就感,在测试结束时还希望能多玩一会儿来消除更多的正方形,说明消除游戏的形式能够有效激发学生学习的动机。本轮测试也发现了一些游戏设计上需要修正和提升的地方,具体如表4所示。

表4 测试反馈结果

设计类别	原则内容	学生反馈
动机设计	提供学习目标	学生没有关注到步数限制,不了解游戏进度;另外有学生以为有时间限制
	设定游戏规则	学生不了解关卡的解锁方式以及地图的解锁方式
	友好的界面设计	游戏成功后,只能跳回关卡选择界面,学生们反映希望直接进入下一关
调节设计	提供学习支持	学生看不懂“关卡密码”处对游戏玩法的解释,存在无法进行想象的情况
系统设计	有效运行	水晶岩洞Level 6一个图形存在答案不唯一的情况,但游戏中只录入了一个答案
		水晶岩洞Level 9和Level 10存在提示和图案不对应的情况
		水晶岩洞Level 10通关后,系统无法记录关卡成绩、无法开启下一个关卡

五、第二轮迭代设计

(一)聚焦与理解阶段

依据第一周期测试阶段的结果与反馈,第二周

期迭代设计将问题聚焦于《方块消消乐》对应内容功能与构思要素的设计修改上,基于教育游戏设计原则进行逐条修正与完善,以使教育游戏能够更好地促进小学生折叠与展开学习和心理折叠能力的提升。

(二)定义阶段

理解研究问题后,本研究通过以下问题表述来定义目标和方法:《方块消消乐》在动机设计、调节设计和系统建构方面存在问题。解决这个问题的方法是依据第一周期测试反馈与反思,对问题进行逐一修改与完善,使得学生在教育游戏的引导和反馈下,能够顺利使用游戏,并在此过程中构建图形表征,提升数学学习和空间能力。

(三)构思阶段

在第二周期的构思阶段,研究对存在问题的设计元素进行了修正和丰富。在动机设计方面,对于学生忽视和不理解的学习目标与游戏规则进行强调和清晰,包括突出强调步数限制,以及明确关卡和地图的解锁方式;对界面设计进行强化,修改闯关后的界面跳转方式,添加学生建议的功能。在调节设计方面,重新设计学习支持以促进学生对空间概念的理解。在系统运行方面,修正目前存在的系统漏洞以保证系统的稳定运行。

(四)构建阶段

在构建阶段,研究实现了教育游戏的设计提升和开发迭代。首先,完善和强调了游戏引言中对关卡和地图解锁方式的描述,以文字配合图片的形式对相关规则进行了详细讲解。第二,在关卡结束界面设计了三个按钮,使其分别能够链接到本关界面、下一关界面和关卡选择界面。第三,在每一关卡的“关卡密码”处强调游戏规则和步数限制,并且使用图片展示图形变化过程,将静态示范转换为动态示范,辅助学生进行空间想象、理解游戏玩法。最后,修正游戏目前存在的系统漏洞。

(五)测试阶段

第二周期测试于2019年秋季学期开展,本研究将《方块消消乐》应用于小学五年级的数学课堂教学,于北京市顺义区一所公立小学开展现场试验以检验其实用性和有效性,并通过焦点小组访谈与专家评审以评估其与目标问题的相关性与其一致性。

现场试验共有32名学生完成整个教学与测试过程,包括前测、基于游戏的教学、后测和时隔一周后的延后测四个环节。基于游戏的教学环节一共持续3天(新知识学习1天、练习2天),每天40分钟。在三轮测试环节中,采用学习成效测试(总分为11分)和纸张折叠测试(总分为20分)^[44]来收集学生的知识

水平和心理折叠能力数据;学习成效测试工具由研究者在小学数学教育专家指导下设计开发。除此之外,研究人员在后测环节中开展焦点小组访谈与专家访谈:焦点小组访谈中共计2组共10名参与者,每一组的访谈过程持续20至25分钟;专家访谈则分别访谈了参与听课的1名数学教学专家和1名教育游戏专家。具体而言,本周期测试的目的是:(1)检验《方块消消乐》对学生知识学习和心理折叠能力的提升效果和保持效果;(2)收集学生对《方块消消乐》的体验反馈和修改建议;(3)收集专家对《方块消消乐》的设计建议。

1.应用效果

为了检验《方块消消乐》对学生知识学习和心理折叠能力的提升和保持效果,采用统计分析处理测试数据。结果显示,学生的知识测试后测结果(9.63)相比前测(6.00)提升了60.5%,并且学生的后测分数基本分布在9—11之间的较高分数段,说明《方块消消乐》能够有效提升整体学生的知识学习。在知识保持方面,一周后的延后测结果(8.84)相比后测(9.63)下降了8.2%,虽然表现出较小幅度的下降,但是基本上保持在相同水平。

不同测试阶段学生的心理折叠能力结果如下:学生的后测结果(10.85)相比前测(8.38)提升了29.5%,表现出小幅度提升;延后测结果(10.78)与后测结果(10.85)几乎一致,说明《方块消消乐》能够对学生的心理折叠能力起到提升作用,同时由于心理能力的相对稳定性,表现出较好的保持效果。

2.学生焦点小组访谈结果

焦点小组访谈主要从学生的直观感受出发,请学生回顾学习过程中的经验、趣事和疑惑,以及对教育游戏的设计提出建议等。访谈结果显示,《方块消消乐》中教育性与游戏性的融合为学生提供了优质的学习体验,纷纷表示“我喜欢用游戏来学习”(学生9),并形容基于游戏的学习体验非常“好玩”和“有趣”(学生5、学生7),能够带给他们一种“玩中学”的感受。学生们还普遍表示了对游戏设计的认可,如符合学生认知的渐进式挑战任务能够有效激发学习动机,促进反思,“题越难,我就会越思考,越思考就越吸引我”(学生2、学生8);认知脚手架能够辅助学生进行空间想象,克服认知困难,“不会的时候就会看提示过关”(学生3、学生10)。

学生们也为《方块消消乐》的调节设计提供了修改建议。虽然学生们提到认知脚手架能够有效帮助他们克服认知困难,不过纷纷表示“因为看提示(脚手架)会扣分,所以尽量不去用它”“实在是没

办法了才看提示”(学生5、学生8),说明脚手架使用机制设计亟待改进。

3. 专家访谈结果

专家访谈中主要收集数学教育和教育游戏专家对《方块消消乐》的教学评估和设计建议。结果显示,专家们肯定了教育游戏的设计效果以及与课堂教学整合的必要性,如数学教育专家提到“学生的学具和老师的教具不能代替电子的,电子产品的优势在于可以动起来。儿童的空间观念就是这样产生的,就是在脑子里面产生”。

同时,专家们也为教育游戏的设计迭代提出了建议,包括:(1)游戏中所设计的元素,应保证清晰明了,例如学生所选择的人物、钻石和护身符等,需要说明其是否有特定作用;(2)考虑为提示限定次数,或规定使用积分购买等,而不是让学生随意使用提示;(3)可以考虑如何设计游戏以进一步激发合作学习;(4)将来可以进行教学研究,探究到底课堂上如何使用《方块消消乐》,将教育游戏与课堂教学整合的效用发挥到最大。

六、第三轮迭代设计

(一) 聚焦与理解阶段

依据第二周期测试阶段的结果与反馈,第三周期迭代设计仍将问题聚焦于《方块消消乐》的设计修改以及教育游戏设计原则的迭代改进上,以提升教育游戏的实用性和有效性。

(二) 定义阶段

本研究通过以下问题表述来定义第三周期迭代的目标和方法:依据第二周期测试结果与反馈,对《方块消消乐》的认知设计、动机设计和调节设计进行逐一修改,使得教育游戏能够更有效地促进学生数学学习和空间能力的提升;并基于实践反馈,完善教育游戏的设计原则。

(三) 构思阶段

在构思阶段,研究基于学生和专家反馈的设计建议,对相关的设计元素进行了修改。在动机设计方面,游戏化身的设计本是为了给予学生在游戏世界中的独特个体身份,不过由于游戏化身与故事背景联系不够紧密、在游戏的其他功能中也并未涉及到,化身的含义和作用对于学生来说存在不清晰的情况。考虑教育游戏应最大程度减少无关加工的认知设计原则,应对游戏化身进行修改或重新设计^[45]。在调节设计方面,修改脚手架的使用机制,促进学生在一定规则条件下有效地利用脚手架克服认知困难。

此外在认知设计方面,学生对动画脚手架的

使用比较被动,只能观看动画播放的过程。具身认知理论提出有意义的身体互动可以让学生用更多的通道和方式参与到课堂的学习中,有利于学生理解立体几何等抽象知识^[46]。因此,应修改脚手架的设计,增强学生对动画的控制感,让学生能够与游戏进行更多有意义的互动,从而促进学生与空间概念的交互、增强心理表征的建构。同时,基于以上实践迭代,在认知设计原则方面,增加两条原则:避免无任何意义或作用的元素设计;运用具身学习活动促进认知加工。

(四) 构建阶段

在构建阶段,实现了教育游戏的设计开发迭代。首先,由于游戏化身只出现在游戏的化身选择界面,并未在其他界面有涉及,因此对游戏中的化身选择界面做删除处理,避免对学生的认知产生干扰因素。其次,如图4所示,将脚手架的使用机制修改为“使用不扣分,但使用次数有限”;并且为动画脚手架添加控制功能,包括播放、暂停、倍速和进度条,以增强学生的控制感。

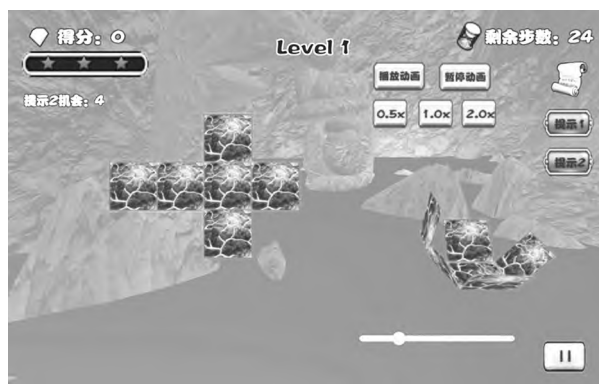


图4 动画脚手架使用次数限制与控制功能

(五) 测试阶段

第三周期测试于2021年春季学期开展,本研究将《方块消消乐》应用于数学课堂教学,在四川省达州市一所公立小学开展了更大规模的测试,以更深入检验该游戏的实用性与有效性。由于在测试开展的时段,该校五年级学生已经完成了“立体图形的折叠与展开”内容学习,而四年级学生正处于即将升入五年级的阶段,因此随机选取了四年级的两个班级参加,共131名学生,平均年龄为10.15。整个测试过程包括干预一周前的前测、基于游戏的教学和后测,教学安排与第二周期测试阶段一致。

本轮测试中,研究不仅希望评估《方块消消乐》对学生目标知识和心理折叠能力的应用效果,还希望检验《方块消消乐》对学生迁移知识和迁移能力的提升效果。因此,在测试工具方面,分别采

用研究者在小学数学教育专家指导下设计开发的目标知识测试(总分为10分)、迁移知识测试(总分为10分)、纸张折叠测试(总分为20分)^[47]和心理旋转测试(总分为24分)^[48],收集学生的目标知识、迁移知识、心理折叠能力和心理旋转能力测试数据。在数据分析方面,采用配对样本t检验对学生前后测数据进行分析,结果如表5所示。

表5 配对样本t检验结果

项目	前测			后测			差值	t	df	p	d
	N	均值	标准差	N	均值	标准差					
目标知识	131	3.57	2.04	131	6.85	2.24	-3.28	-16.25	130	0.000***	1.42
迁移知识	131	4.60	1.99	131	5.66	2.18	-1.06	-5.34	130	0.000***	0.467
心理折叠	131	4.80	4.13	131	7.18	4.51	-2.37	-6.92	130	0.000***	0.605
心理旋转	131	6.73	3.03	131	8.18	3.56	-1.46	-4.76	130	0.000***	0.416

注: d为效应量, * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$ 。

对于目标知识学习和目标能力提升效果,学生目标知识学习的后测总分均值($M=6.85$, $SD=2.24$)显著高于前测($M=3.57$, $SD=2.04$), $t(130)=-16.25$, $p=0.000$, $d=1.42$;心理折叠能力的后测总分均值($M=7.18$, $SD=4.51$)显著高于前测($M=4.80$, $SD=4.13$), $t(130)=-6.92$, $p=0.000$, $d=0.605$ 。研究结果进一步证明了教育游戏的有效性,即《方块消消乐》的设计和应用能够显著提升学生的目标知识学习和心理折叠能力。

对于迁移知识学习和迁移能力提升效果,学生迁移知识学习的后测总分均值($M=5.66$, $SD=2.18$)显著高于前测($M=4.60$, $SD=1.99$), $t(130)=-5.34$, $p=0.000$, $d=0.467$;心理旋转能力的后测总分均值($M=8.18$, $SD=3.56$)显著高于前测($M=6.73$, $SD=3.03$), $t(130)=-4.76$, $p=0.000$, $d=0.416$,不过效应量偏小,说明差异幅度较小。研究结果证明了教育游戏对学生迁移知识和迁移能力的促进作用,不过相比目标知识和目标能力来说,《方块消消乐》的应用效果比较有限。

七、结论与讨论

游戏化学习与教育游戏发展至今,业已因其在创设情境、激发动机和寓教于乐等方面的优势,掀起了研究的热潮。随着新兴技术的不断发展,也将为游戏化学习与教育游戏研究带来无限的机遇。教育游戏的设计开发研究是游戏化学习的主要研究领

域之一^[49],而设计过程中教育性与游戏性的平衡一直是研究者的困扰与探寻的方向^[50],现阶段教育游戏设计开发研究的关键问题也已不再是成效的验证,而是如何设计科学、有效、有趣的教育游戏,使其更好地服务于学生的学习,能够真正满足课堂教学的实际需求。已有研究者从设计理论和结合学习科学视角等进行了相关探讨^[51],而本研究则提出研究范式上的参考。

本研究系统梳理了DBR的特征及阶段模型,基于DBR模型的聚焦、理解、定义、构思、构建、测试六个阶段框架,详细阐释了教育游戏《方块消消乐》中应用DBR开展研究的三次迭代循环过程。在三次迭代设计过程中,教育游戏的设计原则指导了教育游戏的设计开发,教育游戏的应用实践又指导了理论原则的完善,两者相互提升。随着第三次迭代设计的完成,本研究实现并完善了教育游戏《方块消消乐3.0》,通过测试证实了其提升学生几何知识学习和心理折叠能力的有效性,也依据实践反馈补充和修改了教育游戏设计开发原则,迭代后获得的原则框架如图5所示,着重体现了“理论与实践相互提升”这一DBR的优势所在。

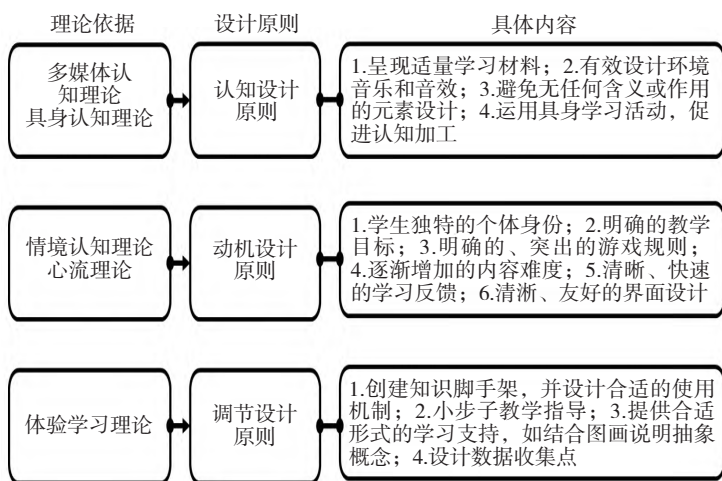


图5 教育游戏的设计原则

基于设计的研究过程中,在教育游戏的有效性方面,从一开始的问题聚焦到每个迭代循环的测试评估,都强调了教育游戏进行实际问题解决的需求,整个产品的开发始终围绕这一诉求,保证了后续在课堂中开展实际应用的可能性。此外,在游戏设计的科学性方面,设计研究过程有助于实现理论与实践的有效交互,设计研究阶段模型体现了教育游戏设计过程由实际问题出发,到理论框架、再到设计构思与产品开发的不断进阶,其中游戏的具体设计都是基于对问题的理解和相关理论原则的指导

完成的,体现了基于理论的实践搭建,同时又借鉴实践经验帮助提升理论,在实现双重进步的同时,架起理论与实践应用的桥梁。最后,在游戏的趣味性方面,设计研究的迭代循环过程有助于教育游戏趣味性和教育性的平衡把握,研究者通过循环过程不断吸收目标用户反馈和专家反馈等,在实践中获得深切体会,有助于逐步调整游戏设计,在一次次修改中接近完善。

但不得不说,这一不断发展的教育研究范式,在教育游戏设计开发中的应用仍面临着诸多挑战^[52]。比如,不清晰的标准会在实施时给研究者造成困扰,可能让研究者不能很好地确定当下的迭代过程应该继续还是放弃。另外,DBR采用综合性的方法进行不断的迭代,每个阶段所需要的方法不尽相同,对于研究者和参与者有着一定的要求等。这些都是在教育游戏研究中应用DBR需要面对和考虑的问题。不过基于设计的研究对教育游戏设计开发研究的巨大价值和潜能是不可忽视的,相信其能够从研究范式的角度,在解决教育游戏研究关键问题上起到重要作用,助力游戏化学习与教育游戏研究的长足发展。

参考文献:

- [1] 裴蕾丝,尚俊杰.电子游戏与教育研究的脉络和热点分析——基于科学引文数据库(WOS)百年文献的计量结果[J].远程教育杂志,2015,33(2):104-112.
- [2] Fissler P,Kolassa I T,et al.Educational games for brain health: revealing their unexplored potential through a neurocognitive approach [J].Frontiers In Psychology,2015,6:1056.
- [3][49] 尚俊杰,裴蕾丝.重塑学习方式:游戏的核心教育价值及应用前景[J].中国电化教育,2015,(5):41-49.
- [4] 张露,胡若楠等.如何设计科学、有效、有趣的教育游戏——学习科学跨学科视角下的数学游戏设计研究[J].电化教育研究,2021,42(10):70-76.
- [5] Yu Z,Gao M,et al.The Effect of Educational Games on Learning Outcomes,Student Motivation,Engagement and Satisfaction [J].Journal of Educational Computing Research,2021,59(3):522-546.
- [6] Laine T H,Lindberg R S N.Designing Engaging Games for Education:A Systematic Literature Review on Game Motivators and Design Principles [J].IEEE Transactions On Learning Technologies,2020,13(4):804-821.
- [7][51] 裴蕾丝,尚俊杰.学习科学视野下的数学教育游戏设计、开发与应用研究——以小学一年级数学“20以内数的认识和加减法”为例[J].中国电化教育,2019,(1):94-105.
- [8][17] Wang A,Thompson M,et al.Iterative user and expert feedback in the design of an educational virtual reality biology game [J].Interactive Learning Environments,2019(7):1-18.
- [9] Reimann P.Design-based research [A].Methodological choice and design.Dordrecht [M].Berlin:Springer,2011.37-50.
- [10] Brown A L.Design experiments:Theoretical and methodological challenges in creating complex interventions in classroom settings [J].The journal of the learning sciences,1992,2(2):141-178.
- [11] Collins A.Toward a design science of education [A].New directions in educational technology [M].Berlin:Springer,1992.15-22.
- [12] Design-Based Research Collective.Design-based research:An emerging paradigm for educational inquiry [J].Educational researcher,2003,32(1):5-8.
- [13] De Villiers M,Harpur P.Design-based research—the educational technology variant of design research:illustrated by the design of an m-learning environment [A].Proceedings of the proceedings of the South African institute for computer scientists and information technologists conference [C].New York:Association for Computing Machinery,2013.252-261.
- [14][16][22][33] Lyons K M,Lobczowski N G,et al.Using a design-based research approach to develop and study a web-based tool to support collaborative learning [EB/OL].https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131520302621?via%3Dihub,2020-10-25.
- [15] 张露,胡若楠等.学习科学视角的分数游戏设计与应用研究[J].中国远程教育,2022,(3):68-75.
- [18] 单迎杰,傅钢善.国内外基于设计的研究应用案例述评[J].电化教育研究,2017,38(5):13-19+27.
- [19] 郑欣,刘笛月等.基于设计的研究之架构与实施——对2015~2020年SSCI发表的与数学教育相关DBR论文的内容分析[J].现代教育技术,2021,31(2):33-39.
- [20][23][34] Easterday M W,Lewis D R,et al.Design-based research process:Problems,phases,and applications [M].Boulder,CO:International Society of the Learning Sciences,2014.
- [21] 王文静.基于设计的研究:教育研究范式的创新[J].教育理论与实践,2010,30(22):3-6.
- [24] Buchanan R.Wicked problems in design thinking [J].Design issues,1992,8(2):5-21.
- [25] Buchanan R.Design research and the new learning [J].Design issues,2001,17(4):3-23.
- [26] Akker J V D.Principles and methods of development research [A].Design approaches and tools in education and training [M].Dordrecht:Springer,1999.1-14.
- [27] Disessa A A,Cobb P.Ontological innovation and the role of theory in design experiments [J].The journal of the learning sciences,2004,13(1):77-103.
- [28] Tessmer M.Planning and conducting formative evaluations [M].New York:Routledge,2013.
- [29] Abrahamson D.Building educational activities for understanding:An elaboration on the embodied-design framework and its epistemic grounds [J].International Journal of Child-Computer Interaction,2014,2(1):1-16.
- [30][32] 曾嘉灵.基于学习科学视角的数学空间能力教育游戏设计与应用研究——以小学五年级“立体图形的折叠与展开”为例[D].北京:北京大学,2020.
- [31][35] 高晓旭.小学生几何图形折叠与展开困难的原因分析与对策研究[D].济南:山东师范大学,2018.
- [36] Ma'rifatin S,Amin S,et al.Students' mathematical ability and spatial reasoning in solving geometric problem [A].proceedings of the Journal of Physics:Conference Series [C].Bristol:IOP Publishing,2019.
- [37] Lin C H,Chen C M.Developing spatial visualization and mental rotation with a digital puzzle game at primary school level [J].

- Computers In Human Behavior,2016,(57):23-30.
- [38] Boot W R,Kramer A F,et al.The effects of video game playing on attention,memory,and executive control [J].ACTA PSYCHOLOGICA,2008,129(3):387-398.
- [39] Feng J,Spence I,et al.Playing an action video game reduces gender differences in spatial cognition [J].Psychological Science,2007,18(10):850-855.
- [40] Gagnon D.VIDEOGAMES AND SPATIAL SKILLS - AN EXPLORATORY-STUDY [J].ECTJ-EDUCATIONAL COMMUNICATION AND TECHNOLOGY JOURNAL,1985,33(4):263-275.
- [41] Mayer R E.Applying the science of learning [M].Boston:Allyn & Bacon,2011.
- [42] Finneran C M,Zhang P.Flow in computer-mediated environments:Promises and challenges [J].Communications of the association for information systems,2005,15(1):4.
- [43] Kolb D A.Experiential learning:Experience as the source of learning and development [M].New Jersey:FT press,2014.
- [44] Ekstrom R B,Harman H H.Manual for kit of factor-referenced cognitive tests [M].New Jersey:Educational Testing Service,1976.
- [45] Mayer R E.Computer games for learning:An evidence-based approach [M].Cambridge:MIT press,2014.
- [46] Kim M,Roth W-M,et al.Children's gestures and the embodied knowledge of geometry [J].International Journal of Science and Mathematics Education,2011,9(1):207-238.
- [47] Eckstrom R B,French J W,et al.Kit of Factor-Referenced Cognitive Tests [M].New Jersey:Educational Testing Service,1976.
- [48] Vandenberg S G,Kuse A R.Mental rotations,a group test of three-dimensional spatial visualization [J].Perceptual and motor skills,1978,47(2):599-604.
- [50] 雷有光,冯美婷.学习品质视域下的学龄前儿童教育游戏设计与开发研究[J].中国电化教育,2020,(2):126-133.

作者简介:

曾嘉灵:在读博士,研究方向为游戏化学习、学习科学、教学技术设计。

张鹏:在读硕士,研究方向为游戏化学习、学习科学、增强现实的教育应用。

尚俊杰:副教授,博士,博士生导师,研究方向为学习科学与技术设计、游戏化学习、教育技术领导政策。

Design-based Research and Applications in Educational Game Design

Zeng Jialing¹, Zhang Peng², Shang Junjie²

(1.Teachers College, Columbia University, New York 10027; 2.Lab of Learning Sciences, Graduate School of Education, Peking University, Beijing 100871)

Abstract: How to design and develop scientific, effective, and interesting educational games has become the critical question of educational game research. Design-based research can solve complex problems in real situations and achieve both practical and theoretical improvement, which is of great significance for educational design research, including educational games. Therefore, this paper systematically reviewed the design-based research method's characteristics and iterative process model. Based on this, the design-based research of an educational game, Cube Elimination, was conducted to solve the problem of folding and unfolding learning in elementary school math learning. The results showed that, after three iterative design circles, Cube Elimination significantly improved students' knowledge learning performance and mental folding ability. Moreover, the research generated and improved the educational game design principles, indicating the interactive improvement of theory and practice.

Keywords: design-based research; DBR; educational games; elementary school mathematics; geometry learning; spatial ability

收稿日期: 2022年5月5日

责任编辑: 李雅瑄