

教育游戏与数学学科核心素养的耦合机制研究

洪春燕 崔馨月 邓 鹏*
云南师范大学 云南昆明 650500

摘 要：在数学核心素养培养需求与教育游戏发展的双重背景下，本研究通过文献分析与案例解构，系统探讨二者耦合机制。核心发现：（1）目标对齐的游戏任务设计（如解谜关卡对应逻辑推理）有效促进知识迁移；（2）即时反馈需兼顾认知引导，过度娱乐化反馈易致目标偏移；（3）情境化叙事增强动机，但与知识深度的平衡仍是难点。基于《DragonBox Algebra》等案例，提出“目标精准性”与“认知引导性”设计原则，指出现有游戏在评价体系与长效影响的不足。研究为教育游戏开发与教学改革提供理论参考，强调未来需设计轻量化、反思性游戏化工具。

关键词：教育游戏；耦合机制；数学核心素养

一、绪论

（一）研究背景与意义

1. 数学核心素养的时代要求

近年来，随着教育理念的不断革新和社会对人才需求的转变，教育界越来越注重培养学生的综合素质与核心能力。在这一背景下，2022版《义务教育课程方案和课程标准》明确提出数学核心素养培养要求^[1]，传统教学“刷题训练”易导致学生思维僵化，探索新教学手段迫在眉睫。

2. 教育游戏的发展潜力与现实争议

教育游戏融合教育性与娱乐性，“双减”政策为其应用提供契机^[2]，具减负增效潜力，但面临“游戏沉迷”“知识浅薄化”争议，Squire（2011）曾批判教育游戏可能重娱乐轻教育，影响真正的知识技能获取^[3]。这一观点引发了学术界的广泛讨论与争议。尽管如此，教育游戏对数学核心素养的培养潜力显著，需深入探索耦合机制以弥补传统教学不足。

（二）研究问题与目标

揭示教育游戏设计与数学核心素养的适应逻辑，梳理耦合机制，提出优化策略与应用路径。

（三）方法

1. 文献分析法与典型案例解构

本研究采用文献分析法和典型案例对比法，从理论和实践层面探讨耦合机制。

二、理论基础与概念界定

（一）数学核心素养的内涵与维度

1. 新课标下的数学核心素养框架

2022版数学新课标将核心素养概括为“三会”，对应六大素养：抽象、推理、建模、想象、运算、分析^[4]。强调学科思维系统性。国际层面，PISA 2022将数学素养定义为“在真实情境中运用数学推理解决问题、做出判断的能力”，侧重真实问题解决。二者构成国际参照。

2. 从知识掌握到能力迁移的挑战

Jonassen（2000）的任务驱动学习理论指出知识迁移存在情境依赖性、任务缺乏真实性、缺乏深度反思三大障碍，成为素养培养瓶颈^[4]。

（二）教育游戏的核心特征

教育游戏起源于20世纪中叶，根据Gee理论，教育游戏的核心特征包括：①挑战机制：动态难度维持“心流”；②反馈设计：即时且具认知引导；③叙事情境：增强动机并保障知识连贯^[5]。

三、教育游戏与数学核心素养的耦合机制解析

教育游戏的三大核心特征（挑战机制、反馈设计、叙事情境）与数学核心素养的培养需求存在内在契合。通过分析二者的互动逻辑，可揭示其耦合机制的具体路径。

（一）目标对齐机制：任务与素养的映射关系

核心逻辑：教育游戏需将抽象的数学核心素养目标（如抽象、推理）拆解为可交互的游戏任务，使玩家在完成游戏目标时，同步训练目标素养。

1. 案例1：《DragonBox Algebra》中的代数思维培养

项目基金：云南师范大学2025年度研究生科研创新基金（项目编号：JSJJ25-B108）。

游戏将代数方程求解转化为“卡片喂养”任务：玩家通过移动、合并卡片（代表未知数与常数项），最终将未知数隔离在等式一侧（解方程）。

①数学抽象：卡片操作剥离符号陌生感，聚焦“等式平衡”核心概念（如“两边同加减”原理）。

②符号意识：卡片逐步演变为标准代数符号，引导玩家自然理解符号表征与运算规则，实现从具象到形式化表达的迁移。

效果：成功降低代数入门门槛，使5岁以上玩家可理解方程原理，但对高阶代数思维（如函数关系推导）支撑有限，仅停留在基础运算规则的启蒙阶段。

2. 案例2：《Prodigy Math Game》的逻辑推理强化

游戏将数学题目嵌入回合制战斗：玩家需正确答题以发动攻击。

①逻辑推理链条：题目设计强调多步骤解决（如“找规律填空”“条件判断”），训练玩家分析信息、验证结论的能力；

②自适应挑战：动态难度系统根据表现调整题目复杂度，确保玩家处于“最近发展区”，维持推理训练的有效性。

（二）反馈机制：认知引导与学习修正

反馈的核心价值不仅是结果评判，更在于引导认知过程、修正错误。

1. 正向反馈的动机激励作用

设计原则：即时、具体且与学习目标关联。例《Prodigy》将解题正确与“战斗胜利+经验值增长+宠物奖励”绑定，强化参与动机。

耦合价值：正向反馈维持“心流”，降低数学焦虑，尤其对低成就学生效果显著。

2. 负向反馈的反思促进作用

设计原则：解释性、引导性、非惩罚性。OpenAI的“过程监督”（PRM）模型为典型案例：

机制：对解题过程的每一步推理进行正误评估（非仅最终答案），如标记“步骤7简化错误，应为...”，并奖励正确步骤链。

效果：在MATH数据集测试中正确率达78.2%，显著优于结果监督模型，因其能精准定位逻辑漏洞，强制反思错误根源^[6]。

（三）情境化叙事：知识迁移的桥梁与陷阱

叙事创设沉浸式学习情境，促进知识在真实场景中的应用（迁移）。

1. 成功案例：《Minecraft教育版》的几何建模实践

生存模式中合作建造建筑，驱动几何知识应用：2D转3D结构（空间想象）、坐标指令（坐标系概念）、模拟工程问题（知识迁移）。叙事服务于几何建模目标，任务设计强制运用目标知识，“生存压力”增强问题解决的真实性。

2. 失败案例：叙事过度导致的知识碎片化

①翻牌游戏：课堂中过度强调“扑克牌魔术”叙事，学生沉迷翻牌技巧，忽视“奇偶性与乘法符号律”的数学本质，活动沦为娱乐^[7]。

②规律加法：研究显示，若加法游戏仅用“收集宝石”包装算式而不引导抽象，将强化计算熟练度，弱化代数思维基础^[8]。

四、耦合机制的实践挑战与优化路径

（一）挑战分析

1. 目标偏移：娱乐性掩盖知识深度（以《Kahoot!》为例）

《Kahoot!》的“限时抢答+积分榜”提升参与度，但导致学生放弃深度思考，积分无法评估高阶素养。Sung（2017）调研显示，62%教师认为其适用于复习，但仅9%认可其对批判性思维的培养价值^[9]。

2. 评价脱节：缺乏高阶思维测评工具

现有评价指标（正确率、通关速度）与素养维度不匹配，缺乏嵌入式认知诊断工具，无法追踪素养发展。

（二）优化路径

1. 设计策略：反思性任务与多元评价结合

①任务设计创新

反思性关卡：在游戏节点插入“元认知提示”，在游戏节点插入“元认知提示”，如《几何沙盒》要求玩家用数学语言解释“三角形桁架分散受力”的原理；

多路径解题：开放任务允许多种解决逻辑（如代数法/几何法解同一问题），记录不同路径并分析思维差异。

②评价系统升级

传统指标	素养导向升级	案例参考
正确率	推理链完整度评分	PRM模型（OpenAI）
通关速度	策略优化指数（步骤数）	《Zoombinis》决策树分析
成就徽章	跨情境迁移证据	《Minecraft》建造复现

五、讨论与未来展望

（一）实践启示：教师与开发者的协同策略

教师需从“使用者”转为“课程游戏化设计师”：课前筛选游戏契合目标，课中组织“游戏-讨论”循环；

开发者应提供教师控制面板（关闭娱乐元素、自定义问题）及“素养分析插件”，自动生成学生思维弱项报告（如“代数抽象薄弱频次：37%”）。

（二）研究局限与未来方向

1. 长效影响评估的缺失

现有研究多关注短期效果，需建立纵向数据库，长期跟踪学生建模能力发展，采用量化与质性结合评估。

2. 跨文化适应性与本土化设计

西方游戏叙事与中国课堂文化存在冲突（如《Prodigy》的魔法元素被认为“脱离数学严肃性”）。为了实现本土化设计，可以采用以下原则：在文化叙事方面，使用“九章算术”“绳结计数”等中国传统文化元素替代西方魔幻元素；在课堂适配方面，支持碎片化使用，如设计5分钟微关卡，以契合中国课堂的节奏；在评价兼容方面，对接中国的考试题型，如进行证明题步骤拆解训练，以适应本土教育评价体系。

六、结论

（一）研究总结：耦合机制的核心原则

教育游戏与数学核心素养的耦合本质是“游戏化思维重构学习进程”，需实现三重统一：“游戏目标=素养目标，游戏规则=数学规则，游戏反馈=认知支架”。

（二）对数学教育改革的启示

1. 重构教学设计：从“知识传输”到“游戏化素养生态”

重构教学设计，实现从传统的“知识传输”到“游戏化素养生态”的转变，教师在任务设计上应采用游戏化问题链替代传统的碎片化习题，例如将“解方程训练”转化为类似《DragonBox》的闯关任务，并设计跨学科情境任务，如利用《Minecraft》建造水利工程，将几何建模与物理计算相融合。在课堂上，教师的角色转变为游戏化导师，主导“玩前目标导入-玩中思维追问-玩后迁移总结”的反思循环，以促进学生的深度学习和核心素养的发展。

2. 回应“双减”诉求的核心价值

教育游戏的耦合机制与“双减”政策高度契合，其核心价值体现在减负与增效上。一方面，通过心流状态下的高效学习（如《Zoombinis》的逻辑训练），有效压缩

无效练习时间，实现减负；另一方面，借助情境迁移能力（如《Minecraft》中的几何应用），解决学生在课堂上理解知识但在实际生活中难以应用的问题，提升学习效果。同时，教育游戏不应仅仅是“趣味练习”，而应通过精心的机制设计，直击素养发展的关键问题，如代数思维的启蒙和建模能力的迁移等，从而真正发挥其在教育中的独特价值。

参考文献

- [1]义务教育数学课程标准（2022年版）[EB/OL].[2024-12-05]. <https://www.pep.com.cn/ebook/2022yjkcbz/sx/mobile/index.html>.
- [2]涂涓.“双减”视角下小学体育课后体验式作业的设计与实施[J/OL].冰雪体育创新研究, 2025(5): 98-100. DOI: 10.20155/j.cnki.issn2096-8485.2025.05.032.
- [3]SQUIRE K. Video games and learning: Teaching and participatory culture in the digital age[J]. Alberta Journal of Educational Research, 2013, 59(1): 129-132.
- [4]LAND S, JONASSEN D. Theoretical foundations of learning environments[M]. Routledge, 2012.
- [5]GEE J P. What video games have to teach us about learning and literacy[J]. Computers in entertainment (CIE), 2003, 1(1): 20-20.
- [6]GPT-4数学能力大蹦极！OpenAI爆火研究「过程监督」突破78.2%难题，干掉幻觉-科技前沿-科技动向-美国华裔教授专家网ScholarsUpdate.com[EB/OL].[2025-06-10]. <http://scholarsupdate.hi2net.com/news.asp?NewsID=34003>.
- [7]喻悦.初中数学“悦动”课堂教学模式的构建与实施[J].安徽教育科研, 2023(8): 34-36.
- [8]贾春波.有规律加法算式问题的解决与早期代数思维培养的研究（上）[J].教学月刊小学版（数学），2024（11）：48-51.
- [9]SUNG Y T, YANG J M, LEE H Y. The effects of mobile-computer-supported collaborative learning: Meta-analysis and critical synthesis[J]. Review of educational research, 2017, 87(4): 768-805.