

计算机模拟的项目式学习 单元设计框架

徐奇智 涂娟娟

中国科学技术大学人文与社会科学学院,合肥 230051

摘要 项目式学习是新兴科学教育的重要模式,近年来成为学习科学的重要研究领域,但在中国的发展却举步维艰,一方面受制于我国的教育国情,另一方面囿于传统项目式学习存在的问题。在在线教育发展的背景下,计算机模拟的项目式学习课程为弥补传统项目式学习课程的不足,达到指向素养教育的目标提供可能。文章从计算机模拟设计单元的步骤出发,明确设计者、学生、技术在每一步骤中的作用,从模型设计维度、交互设计维度以及评价设计维度三个方面分析项目式学习课程的计算机模拟单元的设计,应遵循的原则及注意的问题,为更好地实现项目式学习的目标提供指导。

关键词 计算机模拟;项目式学习;设计框架

1 研究背景

项目式学习(Project-Based Learning, PBL)是一种教学方法,学生通过积极参与现实世界和对个人有意义的项目来学习^[1]。它是一种以学生为中心的教学方法,学习过程围绕某个具体的学习项目,通过某个引发学生好奇心的感兴趣话题,组织学生探究、调查和解决问题,通常项目式学习的项目是以现实产品或项目展示为最终环节,通过项目展示,学生运用了沟通技巧、协作技巧和创新技巧^[1]。PBL教学方法已被广泛用于科学、工程、设计等领域的教学^[2],其价值毋庸置疑,但在我国中小学中却开展得举步维艰,主要原因包括评估体系、分科教学、设计难度、共享难度等。

首先,我国学校更多的是以学业成就为导向,通过事实性的知识和技能训练来帮助获取尽可能高的考试成绩,分数与教学时间之比是一个重要的考量标准。

而 PBL 更注重可迁移能力的培养,在同样的教学时间内,学生考试分数的提升并不明显,因此需要另外一套合理的评价体系。

其次,我国中小学课程形态以分科制为主,教师也以分科教学培养,专精于数学、物理、化学、生物、地理其中某一学科,限制了 PBL 这样需要跨学科学习的教学方法的应用。新型科学教师的培养需要相当的时间,师范院校科学教育专业历史较短,尚未培养出足够的合格人才。

第三,PBL 课程设计难度大,往往需要通过提出有价值的主题来整合不同学科领域的知识,让学生在一个连贯的、相联系的、有意义的情境中习得学科知识与技能。这对设计者而言是非常具有挑战性的任务,不仅需要知识的储备还需要有能力将知识放入情境中,设计一套 PBL 课程需要多次打磨、修改、实践,耗费时间精力。

第四,PBL 课程的教学资源难以共享,设计好的课程通常也只能供师生小范围的线下使用,受制于教师水平和教育资源的不均衡,难以将整套课程提供给全国各地的师生共享。

因此,为了在我国能够让更多中小學生受益于项目式学习,培养 21 世纪必备技能,我们需要这样的 PBL 课程:

- (1) 专为培养创新思维、协作能力、批判性思维等可迁移能力而设计;
- (2) 能够适应当前教育体系,可嵌入到学校课堂中;
- (3) 能够提供包括过程性评价在内的多种评价体系;
- (4) 能够以尽量低的师资要求完成教学;
- (5) 便于复制推广。

因此,本研究旨在通过实际案例分析,在原有 PBL 课程设计框架、原则与规范之上,提供一种全新的计算机模拟的 PBL 课程设计方法,为学习科学研究者、教育技术开发者和一线教师提供参考。

2 计算机模拟项目式学习的基本设计框架

计算机模拟的项目式学习(Computer Simulated Project Based Learning,简称 CSiPBL)的目标是创设一个计算机模拟的学习环境,学生可以在其中完成项目式学习课程,其核心依旧是项目式学习。因此,CSiPBL 依旧应当遵循传统的 PBL 设计框架与原则,并根据计算机模拟下的情境与学习目标进行优化和调整。

2.1 传统项目式学习的设计框架综述

项目式学习的界定多种多样,在其发展历史中也有不同机构和学者围绕其定义

提出各种设计框架。巴克教育研究所(Buck Institute of Education, BIE)曾在 2010 年提出由 7 个要素组成的 PBL 模型,随后增加了“核心知识”将其扩展为 8 个要素。资深研究员 Mergendoller^[3]在综合过往文献后提出,高质量的 PBL 应当至少具备 6 个要素:智力挑战与成就、真实性、公开的产物、协作、项目管理、表达。

进行项目式学习课程的框架设计是项目式学习成功开展的必要一环。Thuan^[4]认为项目式学习应该包含以下几个步骤:确定主题、确认最终的项目产物、组织项目、收集信息、教师帮助构建支架并提供资源、学生完成作品、作品展示、项目评价。Nizwardi Jalinus 等^[5]给出项目式学习模式的 7 个步骤,包括:① 制定预期的学习成果;② 理解教材的概念;③ 技能培训;④ 设计项目主题;⑤ 提出项目建议;⑥ 执行项目任务;⑦ 提交项目报告。Nizwardi Jalinus 认为这 7 个步骤在提高学生生产能力方面具有有效性。Moshe Barak^[6]认为项目式学习通常被描述为包括 5 个主要阶段:① 发现问题或需求;② 调查;③ 设计工艺装置;④ 建设和故障排除;⑤ 进行评估。

我国关于项目式学习设计研究大多集中于大学及中小学的教育中,对于不同类型的课程,项目式学习课程的框架有细微的差异。胡磊^[7]将项目式教学应用于大学体育课中,从学习者职业需求出发进行课程设计,形成了“提出问题、选择伙伴、资料搜集、探讨问题、反复练习、动作展示和项目评价”的学习流程。中小学的项目式学习应用更为广泛,茆婷婷^[8]将项目式学习应用于语文学科,设计了“绘本故事创作”项目,从跨学科的角度设计了包含“项目启动、项目方案设计、项目实施与评价总结”等环节的教学设计。张思琦^[9]将项目式学习与小学数学结合,充分分析学习者、学习内容后,设计了“确定目标、计划制定、活动探究、制作作品、成果交流、总结评价”的教学流程。

2.2 CSiPBL 概念与特点

与 CSiPBL 相近的概念包括计算机支持(Computer Supported, CS)和计算机辅助(Computer Assisted, CA)下的项目式学习。三者的共同之处在于都大量利用计算机和网络通信技术,但在计算机如何参与学习过程上完全不同,因此学生学习过程对计算机技术的依赖程度也不一样。

在 CS 与 CA 中,计算机充当教学的辅助性角色。它可以成为教学内容的载体,比如教师利用 PowerPoint 进行教学内容的演示;或者对学习任务进行重新设计,利用互联网、软件程序等上传图片和视频,对学习主题进行知识建构;或者成为学习的工具,可以利用计算机查阅资料,阅读文献,做笔记等等;或者利用计算机和网络跨越空间的限制,让学生通过软件进行交流协作,使得异地的协同学习成为可能。

而 CSiPBL 把技术应用于学习任务的水平得到了进一步的提升。与 CSiPBL 或

CAPBL 下的学习相比,计算机模拟的目标在于创设一个包括核心知识、驱动性问题、认知策略在内的完整学习情境,而非仅仅对学习实践提供辅助性支持。计算机提供了包括教学环节组织、知识传授、学习环境建构、成果评估与分享等多方面的支持。学生主要通过和计算机的交互完成整个项目式学习过程(计算机主导学习过程),而非在教师的组织下完成学习过程(计算机在此过程中提供辅助功能),完整的学习过程发生在计算机模拟系统当中,对于计算机的依赖程度更高。这也意味着,它相较于 CSiPBL 和 CAPBL 而言,计算机技术与教学融合的程度更深,开发难度更大。因此,我们必须针对计算机模拟情境对 PBL 设计框架进行调整。

2.3 优化后的 CSiPBL 设计框架

优化后的 CSiPBL 设计框架中计算机成为每个环节中不可缺少的部分,每个环节的设计必须考虑能否合理地在计算机模拟中完成,或者采用计算机模拟促进课程学习。如图 1 所示,设计框架主要分为三个维度:教学设计维度、模型设计维度和交互设计维度、评价设计维度。教学设计维度中包含 3 个步骤:① 寻找核心知识;② 转化为驱动性问题;③ 确认项目的认知策略。要将课程目标知识转化为可在计算机中操作的,具有吸引力的问题。模型设计与交互设计维度中,包含的是确认主要的学习实践这一步骤,也是 CSiPBL 单元中学生的主要操作环节,需要采用科学的模型来表现知识,在科学模型的基础上与学生进行交互。良好的交互设计能促进人

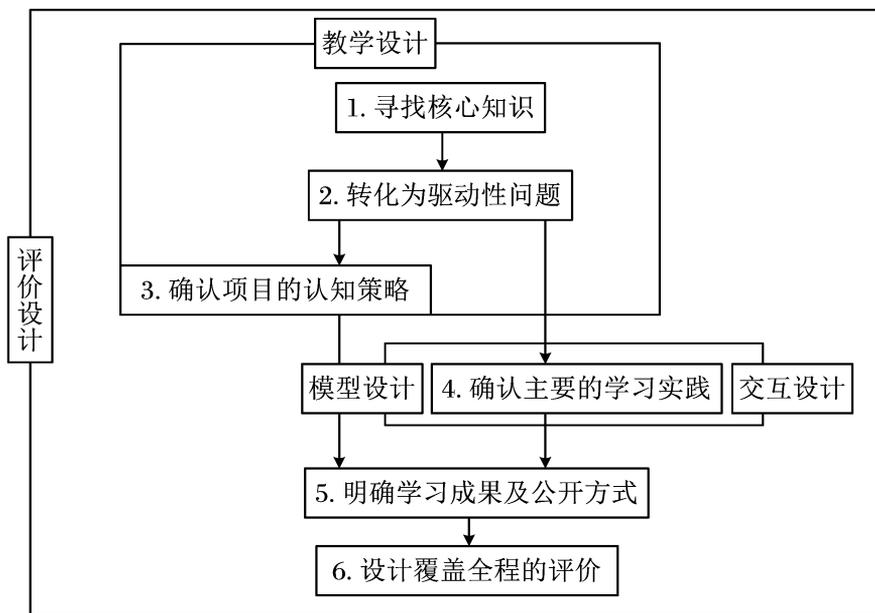


图 1 优化后的 CSiPBL 单元设计框架

机交互和人与内容交互,帮助理解课程内容,提升学习体验。评价设计维度包含成果评价与过程评价。成果评价是对课程产出物进行评价,可以是同伴互评、老师评价、自我评价;过程评价则是依靠计算机所收集的数据,通过数据反映的学习成果进行全程的客观评价。

3 项目式学习计算机模拟单元设计步骤

计算机模拟的项目式学习是一套设计好的完整的学习课程,整套课程的核心过程需要进行精细化的设计,将计算机模拟的项目式学习的脉络清晰呈现。学习单元(Unit)是CSiPBL课程组成的基本单位,每个单元可以看作传统课程中的一堂课,教学时长也与传统课堂中的课时基本对应。具体包括6个核心步骤:寻找核心知识、转换为驱动性问题、确认项目的认知策略、确认主要的学习实践、明确学习成果及公开方式、设计覆盖全程的评价。这6个步骤既是整套学习课程的设计步骤,也是学习单元的设计步骤。以往的项目式学习强调教师在其中的功能与作用,而在CSiPBL课程中,更注重设计者与计算机技术的作用,在每一步骤中,对课程设计者、学生的活动与行为都有不同的要求,在每一活动中所应用的技术支持也有所区别。如表1所示,为明确活动要求和技术支持的差异,本文将分析设计者、学生、技术三者 in 每一步骤中的不同要求,以期对项目式学习的课程设计提供一定的指导。

表1 项目式学习计算机模拟单元设计步骤

步骤	设计者	学生	技术使用
寻找核心知识	围绕课程目标梳理知识点	了解项目,明确学习目标	思维导图等
转换为驱动性问题	围绕问题创设情境	围绕情境,获取信息	多媒体技术
确认项目认知策略	将程序性、事实性的知识贯穿在概念性的知识中	交流协作,探索解决问题	信息搜索技术、实验模拟技术
确认主要的学习实践	模型设计,界面设计	交流协作、实验、信息浏览	信息搜索技术、交流协作技术、认知工具
明确学习成果的公开方式	成果公开方式设计	汇报展示	多媒体展示工具、网络平台互动评价工具
设计覆盖全程的评价	制定评价标准,项目评定	总结反思	算法

寻找核心知识。项目式学习的起点是寻找核心知识,需要设计者对课程教材的知识点进行梳理,围绕课程目标,将关键知识点连接起来层层深入,做到当知识点嵌入进课程中时,能够循序渐进地引导学生学习。在这一过程中,对学生的要求是了解项目需要解决的问题,对项目有一个整体感知,以便快速进入设计者创设的学习情境当中。此阶段在技术使用上,可以利用思维导图来明确项目整体的知识点大纲,厘清学习任务,明细阶段学习目标,为项目式学习做好准备。

转换为驱动性问题。驱动性问题即问题驱动学习,在这一步骤中,找到能够引起学生兴趣的问题,围绕着问题创设情境,将学生带入情境之中解决问题是关键。设计者在这一过程中的任务即是创设情境,通过对核心知识的感知,了解以往核心知识的应用情境,确定最终的情境如何搭建。学生在驱动性问题中感知问题需要的知识、背景,围绕着问题的情境,思考“我已经知道了什么?”“我还需要知道什么?”在技术使用上,利用多媒体技术手段创设问题情境,给定多种媒体的信息丰富情境,学生为获得足够的信息,也可以利用搜索引擎查找相关背景资料。

确认项目认知策略。项目式学习过程中学生能力的培养是用高阶认知策略带动低阶认知策略,从马扎诺的学习维度理论出发,学习不仅是获取知识的过程,还是运用知识、培养思维习惯的过程^[10]。设计者在此步骤中,要将程序性、事实性的知识贯穿在概念性的知识当中,以学生能力的提升为目标。学生则通过信息的整合,逐渐过渡到解决问题的能力、决策能力等的培养以及思维方法的养成。通过交流合作,解决问题。整个过程需要信息搜索工具、实验模拟工具等,既能满足低阶认知需求,又能促进高阶认知的发展。

确认主要的学习实践。学习实践是项目式学习的核心所在,设计者主要是通过设计好的实践形式,一步一步地通过界面中的设计、模型来引导学生的学习实践。学生在技术的支持下,通过交流合作、实验、信息浏览与加工等完成项目中的任务,从而解决问题。在这一步骤中需要信息获取技术、交流合作技术、认知工具等技术来支持学习实践的完成。

明确学习成果的公开方式。CSiPBL 课程学习成果的公开方式由设计者确定,在项目式学习的尾声,学生通过实践解决了问题,形成了学习成果。学习成果可能是一份报告也可能是其他形式的成果,但都需要将其进行汇报展示,进行学生之间的互相交流评价、教师评价。技术支持主要由多媒体展示工具、网络平台互动评价工具等,可以采用网络评价学生之间互相点评打分。

设计覆盖全程的评价。评价分为总结性评价和过程性评价,过程性评价是在学习过程中进行的评价^[11],关注学习、评价和教学的有机结合,将评价过程与学习者个

体学习的过程紧密融合在一起^[12]。CSiPBL 课程采用总结性评价与过程性评价相结合的方式,总结性评价的标准由设计者制定,依照标准进行项目评定与总结反思。学生通过评价完成经验总结与反思修正,复盘学习过程。全程评价的数据主要由计算机来收集,应用算法存储收集学生的学习数据,记录学习日志,通过分析数据、日志完成评价。

4 项目式学习的计算机模拟单元设计原则

在进行项目式学习的课程的学习单元设计时,课程单元的设计步骤分属于不同的设计维度,在学习单元的设计过程中,各个维度对应的要求,所遵循的原则也各不相同。CSiPBL 课程中,计算机全程模拟,主要是模型设计、交互设计、评价设计等维度的设计对于课程的影响较大,可能会改变学生的学习效果,因此对于以上三个维度的设计,课程设计者需要考虑并遵循一定的原则。

4.1 模型设计维度

CSiPBL 课程单元设计的前三个步骤是寻找核心知识、转换为驱动性问题和确认项目的认知策略,属于教学内容设计的维度,在这个维度中,主要是对内容的前期铺垫,遵循的原则与传统的 PBL 课程设计原则相似,因此针对此维度设计的原则不再赘述。在进行基本的教学内容设计之后,接下来的一步则是学习实践的确认,即如何在教学过程中将内容呈现给学生,在 CSiPBL 课程中,关键的两个维度是模型设计和交互设计。科学模型是科学探究的一种有效的研究工具,是可以产生预测和解释的具有呈现防线、规则和推理结构的系统,它是对自然界进行描述的一种科学工具。可以分为实物模型和观念模型^[13]。但无论是哪种模型,在计算机模拟单元中都将以虚拟模型的形态呈现。在 CSiPBL 课程中进行模型设计的目的是构建学生与知识之间互动的桥梁,让知识兼具科学性与形象性。

在进行模型设计的时候要秉持以下几条原则:

(1) 直观形象性原则,基于模型和建模的教学首要原则是直观形象性,为了让学生理解抽象的科学概念,应该尽量以可视化的形式呈现给学生,提供直观、简洁的模型,帮助学生理解和记忆。

(2) 简约性原则,模型是对原型的模拟,模型剔除了原型中一些无关紧要的细节,保留其主要特征,把现象从纷繁复杂的世界中抽取出来,简约呈现给学生,进而提高学习效率。

(3) 互动性原则,计算机模拟的项目式学习不单单是学习的过程,还是一个探究

的过程,通过模型中的互动设计,让学生在互动中探究科学知识,认知会更加的深刻。

4.2 交互设计维度

学习实践的设计中需要考虑的第二个重要维度是交互设计维度,学生在计算机模拟课程中的交互程度、交互效果直接影响到学习效果。杨九民等将在线开放课程中的交互形式归为三类:① 人-人交互;② 学习者-内容交互;③ 学习者-界面交互^[14],传统的 PBL 课程中涉及的交互主要是人-人的交互,即教师与学生、学生与学生之间的交流互动,而在 CSiPBL 课程中,计算机扮演了重要的角色,教师与同伴的作用相对弱化,所以在 CSiPBL 课程模拟单元的设计时,学习者-内容的交互设计和学习者-界面的交互设计的重要性凸显。

友好的媒体交互界面,能引起学生的学习兴趣,引导学生一步步接近学习目标。友好的媒体交互界面的设计应该是形式与内容相统一,版式布局匀称协调,在色彩配置上鲜明新颖。CSiPBL 课程针对的主要对象是中小學生,所以在设计时需要遵循一定的美学原则,界面中的色彩整体要赏心悦目,但又不过于花哨分散学生的注意力。栏目设计遵循简易性原则,清晰的栏目设计一方面使学习内容的框架简洁明了,紧紧围绕中心主题展开,另一方面能够使学习者快速进入学习状态,不必花费大量时间熟悉学习方式。

媒体交互界面是课程的形式,学习资源的交互式课程的内容,学生的学习围绕着单元内容,因此单元内容的取舍、表现形式和方法决定着学生的交互程度^[15]。在 CSiPBL 课程学习过程中,学生从庞大的网络学习资源中获得信息,如何进行信息的筛选整理,作为课程设计者需要进行辅助,利用导航设计或者知识网络等,避免学习者离学习目标过远,让知识点与知识点、概念与概念之间相互串联,越是复杂的情境背后的知识越具有整合性与模块化特征。在表现形式方面,对于复杂的内容,可以借助图像、视频、动画等方式呈现,结合视觉与听觉双通道来增强学生与学习资源之间的交互程度。

4.3 评价设计维度

CSiPBL 单元设计的第六步与第七步是明确学习成果及公开方式和设计覆盖全程的评价,在此过程中,主要涉及的维度是评价设计维度。评价设计遵循客观、全面、真实的原则,将学生的学习数据真实记录,对数据进行客观分析,尽可能全面地评价学生学习效果。CSiPBL 课程单元通过对全程学习的记录,对项目学习中每一个关键节点进行评估,即对每个关键阶段都能进行总结性评价;还可以通过学习数

据的采集,在线全程记录每一位学生的操作数据、交流数据,通过存储学生在每一阶段的语音、文字等方面交流数据,评估学生的协同能力、交流能力等,通过记录学生在课程中点击按钮的速度、间隔时长等,判断学生的学习进度,通过以上学习数据的采集不仅能分析学习者的学习特点,依据学习者的参与度、贡献度、表现度构建 PBL 学习评价的结构模型,为改进课程提供数据支撑,还能由此来客观评价每一位学生的学习效果,真正做到评价的覆盖全程。

5 总 结

项目式学习自兴起以来,就一直处于不断的实践与发展之中,我国近些年来引入项目式学习的概念,学习的效果却收效甚微,说明在引入新的教学模式时,要从实际出发,进行本土化的设计。计算机模拟的项目式学习课程改变了学生的学习方式,弥补传统 PBL 课程教学模式的不足,使 PBL 课程学习更加适合我国国情,更加适合在线教育的发展,进一步与学生学习认知习惯相匹配,进而更好地提升学生的各方面能力,达到指向素养教育的目的。但目前对于计算机模拟的项目式课程的设计探索还处于起步阶段,深层次的教学资源的设计原则还需要在实践中不断总结。未来技术在科学教育中的应用会越来越广泛,技术处于不断地更迭中,教育的目标也在随着时代发展,如何在动态变化中应用技术到教育中,从不同的层次提供教学资源,发展学生适应数字化未来的素质,也将成为教育者们需要不断思考的问题。

参 考 文 献

- [1] Warren A. 跨学科项目式教学 通过“+1”教学法进行计划、管理和评估[M]. 孙明玉,刘白玉,译.北京:中国青年出版社,2016.
- [2] Chen J, Kolmosa A, Du X. Forms of implementation and challenges of PBL in engineering education: a review of literature[J]. European Journal of Engineering Education, 2020, 46(1): 90-115.
- [3] Mergendoller J R. Defining high quality PBL: a look at the research[J]. Buck Institute for Education, 2018:1-10.
- [4] Thuan P D. Project-based learning: from theory to EFL classroom practice[C]// Hochiminh city. proceedings of the Proceedings of the 6th International Open TESOL Conference, 2018:331-332.
- [5] Jalinus N, Nabawi R A, Mardin A. The seven steps of project based learning model to enhance productive competences of vocational students[J]. Advances in

- Social Science, Education and Humanities Research, 2017, 102:251-256.
- [6] Barak M. Problem-, project- and design-based learning: their relationship to teaching science, technology and engineering in school[J]. Journal of Problem-Based Learning, 2020, 7(2): 94-97.
- [7] 胡磊. 基于项目式学习模式的大学体育教学实证研究[J]. 山东体育学院学报, 2018, 34(3): 131-136.
- [8] 茆婷婷. 基于项目式学习的语文教学设计与实施: 以“绘本故事创作”项目式教学为例[J]. 陕西教育(高教), 2020(4): 30, 34.
- [9] 张思琦. 基于网络环境的小学数学项目式学习设计与实践成效研究[D]. 西安: 陕西师范大学, 2016.
- [10] 盛群力. 旨在培养解决问题的高层次能力: 马扎诺认知目标分类学详解[J]. 开放教育研究, 2008(2): 10-21.
- [11] 韩叶秀, 杨成. 认识论视野下学习过程性评价探析[J]. 教育探索, 2012(2): 5-7.
- [12] 上超望, 韩梦, 刘清堂. 大数据背景下在线学习过程性评价系统设计研究[J]. 中国电化教育, 2018(5): 90-95.
- [13] 周红, 马云鹏, 张二庆. 模型与建模在科学教育概念转变中的作用及启示[J]. 现代教育管理, 2013(4): 52-55.
- [14] 杨九民, 李丽, 刘晓莉, 等. 在线开放课程中的交互设计及其应用现状分析[J]. 电化教育研究, 2018, 39(11): 61-68.
- [15] 戴心来, 陈齐荣. 网络课程的教学交互及其设计探究[J]. 电化教育研究, 2005(9): 69-72.

Design Framework Analysis of Computer Simulation Unit of Project-based Learning Course

XU Qizhi, TU Juanjuan

School of Humanities and Social Sciences,

University of Science and Technology of China, Hefei 230051

Abstract Project-based learning is an important model of emerging science education, which has become an important research field in the field of learning science in recent years. However, its development in China is facing difficulties. On the one hand, it is restricted by China's educational conditions, on the other hand, it is restricted by the problems existing in traditional project-based learning. In the context of the development of online education, project-based learning

course based on computer simulation can make up for the deficiency of traditional project-based learning course and achieve the goal of oriented literacy education. Starting from the steps of computer simulation design unit, this paper clarifies the roles of designers, students and technology in each step. This paper analyzed the principles and problems that should be paid attention to in the design of computer simulation unit of project-based learning course from the dimensions of model design, interaction design and evaluation design, and provided guidance for improving and better realizing the goal of project-based learning.

Key words computer simulation; project-based learning; design framework

作者简介

徐奇智,1978年出生,男,四川成都人,中国科学技术大学人文与社会科学学院科技传播系讲师,研究方向为科学教育与科学可视化,E-mail:fred@ustc.edu.cn。

涂娟娟,1998年出生,女,安徽安庆人,中国科学技术大学人文与社会科学学院科技传播系研究生,研究方向为科学教育与科学可视化,E-mail:tuj@mail.ustc.edu.cn。