

基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式设计与实践研究

叶荔辉

(厦门大学 高等教育研究院, 福建 厦门 361021)

[摘要] STEM 教育作为全球工程教育的新理念已成为学界关注的热点。然而,如何实现 STEM 教育的本土化教学却存在诸多的现实困惑。研究提出了一种基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式设计,即聚焦工程创新素养、工程人文素养、AI 素养的人才培养目标设计;注重探究—实践—交流的科学程序设计;依据循证实践的多维多层评价设计;促进产、学、研深度融合、专业与通识融合的环境保障设计。该模式在 AI 通识课程进行三轮教学实践,研究表明,基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式能够提高学生的学习投入度,提升学生的工程创新素养、工程人文素养、AI 素养,增强学生的学习体验和教学满意度,并促进了产学研深度融合,可为高校一流本科教育教学改革和工程科技创新人才培养提供参考和借鉴。

[关键词] STEM; PBL; 人工智能; 通识课程

[中图分类号] G434 [文献标志码] A

[作者简介] 叶荔辉 (1980—), 女, 福建安溪人。教授, 博士研究生, 主要从事高等教育管理研究。E-mail: 66926401@qq.com。

一、引言

《中国工程教育质量报告》显示,我国普通高校工科人数和规模已位居世界第一^[1]。近年来,工程教育认证、新工科计划、卓越工程师计划、人工智能创新行动计划等一系列高等工程教育质量提升计划的有效实施,深刻推动了人们对工程人才培养目标、培养内涵和培养模式的再认识。STEM 教育作为一种影响全球工程教育的新理念,逐渐成为国内学者研究的热点。然而,如何实现 STEM 教育在高等教育中的本土化设计,国内研究聚焦理论探讨较多,实证研究较少,导致理论在指导实践过程中存在诸多困惑和盲点。鉴于此,本研究基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式,以高校 AI 通识课程为例进行教学实践设计,并对教学效果进行实证分析,以探索工程创新人才培养新路径。

二、STEM 教育的核心理念

起源于美国的 STEM 教育,是一种以培养学生工程创新素养为目标,以学科整合为基本特征的理念运动。STEM 教育培养学生在科学 (Science)、技术 (Technology)、工程 (Engineering) 和数学 (Mathematics) 四门“元学科”以及相关交叉领域中运用整合跨学科知识来解决现实世界问题的能力。美国国家研究委员会 (NRC) 指出,本科 STEM 教育改革核心理念在于“跨学科整合”“循证教学”“主动学习”^[2]。

第一,跨学科整合思维是 STEM 教育的重要前提。朱莉·汤普森·克莱因 (Julie Thompson Klein) 将 STEM 跨学科整合课程分为多学科、交叉学科、超学科三个层次。在实践中,多学科课程表现为将不同学科进行简单组合拼装,学科融合度不高;交叉学科课程是将多门学科根据要解决问题目标进行知识选取整

合和结构化重构,有利于培养学生的创新能力;超学科课程则强调超越学科视角,在批判反思的基础上构建超学科文化,是STEM课程整合的终极目标^[3]。可见,交叉学科和超学科课程真正打破了学科壁垒和界限,将科学、技术、工程和数学等学科整合为一个全新的学习体系。赫希巴奇(Herschbach)指出,最常用的STEM整合方式是打破学科之间的界限,通过活动或项目形成连贯的、有组织的课程结构,其中,如何在打破的学科之间取得平衡、建立新的课程结构对一线教师和政策制定者提出了新的挑战^[4]。应对这些挑战需要教师对学生解决一个项目问题所需要的跨学科知识进行梳理和结构化整合,注意每个阶段学科间知识关联的系统性连接,并保持各块知识的均衡覆盖和重叠交叉^[5],帮助学生创造性解决问题。

第二,循证教学的评估实践是STEM教育的重要保障。教育作为一种专业实践,应该基于证据(Evidence-based)或者至少从证据中获取信息(Evidence-informed),并将之应用于学生学习、教师教学以及教育政策制定^[6]。美国本科STEM教育质量评估指标制定委员会认为,学生STEM能力的养成必须依靠循证的STEM教育实践(即循证教育实践,EBEP)^[7]。因而,国家本科STEM教育评估包含了对学生学习体验的教学活动监测、对学习机会和环境的教学环境监测两个方面。微观层面的STEM课程设计方面,国内学者余胜泉认为,要注重STEM课堂问题或项目中所包含的学科知识的内在联系,要关注学生在解决问题和完成任务过程中的认知活动,要强调对学习过程中一切证据的收集和利用,从而促进教学的评估诊断和学生核心素养的提升^[6]。这里包含三层循证:一是教学内容设计要基于“项目问题”的证据;二是教学方法选取要有利于学生探究推理的循证;三是教学评价方式要体现学习活动全过程的发展性评价。

第三,主动学习的有利环境是STEM教育的重要驱动。基于“跨学科整合”“循证教学”特点的STEM课程,体现了“以学生为中心”和“以实践为中心”的理念,是以建构主义和认知科学为理论依据的教学实践^[8],从而创造了学生的自主学习的有利环境。斯滕伯格(R. J. Sternberg)强调,个体的主动性在建构认知结构中起到关键作用^[9],维果斯基(Vygotsky)强调了认知过程中学习者所处社会文化历史背景的作用,提出了“最新发展区”理论^[10]。STEM教育一方面为学习者提供了有利于激发认知好奇的现实情境;另一方面帮助学习者提供了为解决问题而积极建构跨学科知识的路径方法,注重科学探究、工程实践、交流强化的教学

流程为学生探究、发现、协作提供了科学程序和群体动力,强化了个体主动找到自己的“最新发展区”的学习动机,从而获得学习的意义,促进学习效果的转化提升。

总之,跨学科整合思维、循证教学的评估实践、基于建构主义和认知科学的主动学习是STEM教育理念的核心。而如何将这三项关键点通过教学活动的功能性设计,实现对学生创新素养等高阶能力的提升转化,其教学模式的选择尤为重要。

三、基于STEM教育理念的PBL教学模式

教学模式不同于教学方法和策略,是达成不同教学目标或学习结果的学习环境系统^[11]。一个完整的教学模式由教学目标、达成教学目标的程序、学习反应产生的原理、学习发生的社会支持系统等部分组成^[12]。教学模式应突出基于更多证据的教学、与课程目标结合以及应用信息技术等特征^[11]。PBL(Project based Learning)是一种以学生为主体的项目式学习的教学模式,解决的是如何学的问题,由1918年克伯屈(William Hurd Cobbler)提出的“设计教学法”演变而来,它倡导学生基于现实世界的探究活动寻找有意义的切入点,以小组方式进行较长周期的开放性探究活动,完成一系列设计、计划、问题解决、决策、作品创建、成果交流等活动,最终达到知识建构和能力提升的一种教学模式^[13]。内容、活动、情境和结果构成了PBL教学的四大要素^[14]。PBL教学模式关注真实世界问题,蕴含了斯滕伯格(R. J. Sternberg)的建构主义学习理论、杜威(John Dewey)的实用主义教育理论和布鲁纳(Jerome Seymour Bruner)的发现学习理论教育思想,从学习本质和理论基础来看,PBL承接了STEM教育的特点,成为培养学生跨学科素养最为重要的一种学习模式^[15],对提高学生STEM学科自主学习的自我效能感、创造力和适应性有显著效果^[16]。

基于STEM教育理念的PBL教学模式,即采用PBL的学习方法,充分利用STEM教育“跨学科整合”“循证教学”“主动学习”的优势,使学生整合科学、技术、工程和数学等跨学科知识技能,开展科学探究、工程实践、交流强化等学习活动,进而发展STEM素养、创新素养和人文素养等核心素养。它立足项目设计,通过跨学科知识的融合建构,引领学生探索问题求证方法,归纳答案创新认知,提升高阶思维能力。同时,基于STEM教育理念的PBL教学模式,既是一个囊括了内容与目标、过程与方法的系统教学体系,又是一个动态的、发展的、可验证的完整教学过程。跨学科探

究和课堂内外联动实践展示出教学动态发展的无限可能;师生教学的紧密互动和不断深入的问题探究演绎出教学协同创新的和谐发展;全过程学习成果的可视化和学生创新能力的可测性又揭示了循证教学的有效性。

从教学模式特征看,基于STEM教育理念的PBL教学模式具有探究性、实践性、协同性、综合性和循证性五大特征。探究性体现在问题解决过程中应用科学原理与方法进行探究;实践性体现在教学与学习过程是一种跨学科的解决真实问题的实践活动;协同性体现在教学过程是师生之间的协同、学习过程是生生之间的协作;综合性体现在教学与学习过程是科学、工程、技术和数学等跨学科知识的综合应用;循证性体现在整个过程以及评价方式是基于证据导向的科学设计。穆斯塔法(Mustafa)等对STEM整合课程研究的元分析表明,PBL是当前STEM整合课程开展数量最多的学习模式^[17]。

四、基于STEM教育理念的PBL教学模式设计

(一)设计理念

基于STEM教育理念的PBL教学设计是一种以促进学生学习能力和能力提升为宗旨,强调学生“创新学”和教师“创新教”的教学模式。“创新学”是通过情境学习、问题学习与探究学习,促进学生在“增加课程投入”后实现高阶思维能力的提升;“创新教”则是通过跨学科课程重构、产教融合、多维循证评价,鼓励教师为“激发学习参与”而进行的教学行为改革,最终达成培养具备更高的创新创业能力和跨界整合能力的工程科技人才的目标。而“创新学”与“创新教”的有效实施依赖教与学课程生态的有效整合。

(二)设计路径

本研究以AI通识课程“人工智能创新项目设计”为例,进一步阐述基于STEM教育理念的PBL教学模式的设计路径。教学模式是一个环境系统,它包括教学原理、教学目标、教学内容、教学过程乃至教学组织共同构成的系统操作样式^[18]。如图1所示,基于STEM的AI通识课程PBL教学模式是以跨学科整合、循证教学和主动学习为教学设计主线;以培养具有工程创新素养、工程人文素养和AI素养的工程创新人才为教学目标;以学生设计开发一个AI创新项目所开展的工程研究实践为教学内容;以课程铺垫、科学探究、工程实践、交流强化四环节为教学过程;以多主体参与、多形式共存、教学相长的多维循证体系为教学评

价;以促进产教融合、专业与通识融合的环境为教学保障的模式。

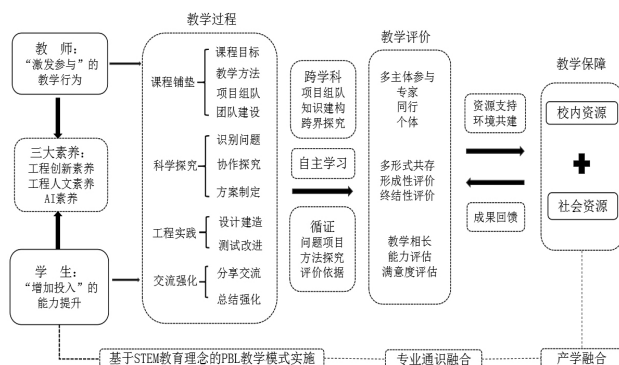


图1 基于STEM教育理念的PBL教学模式设计路径

1. 聚焦三大素养的人才培养目标设计

基于STEM教育理念的PBL教学着重培养学生的工程创新素养、工程人文素养和AI素养,通过清晰界定课程目标避免课程的形聚神散。其中,工程创新素养聚焦分析、评估、创造等高阶思维能力的培养,突出工程通用素养向工程创新素养转化;工程人文素养注重培育“领悟善、体验自由、超越和批判性思维”的心智,提高学生学业适应性;AI素养包括“正确理解AI科学伦理观、提升AI技术理解力、增强AI落地场景观察力”三方面能力,帮助学生探索未来职业的可能性。

2. 注重探究—实践—交流的科程序序设计

基于STEM教育理念的PBL教学以项目作为课程教学的载体,以设计作为课程教学的过程,以跨学科知识、技能的创造性应用作为课程教学的宗旨。以AI通识课程“人工智能创新项目设计”为例,教学内容涵盖人工智能、产品原型设计、工业设计、创新创业等统一的知识版块及不同项目涉及的交叉学科知识领域。教学程序设计包含课程铺垫、科学探究、工程实践和交流强化四个步骤:课程铺垫主要做好课程目标、教学方法、项目组队和团队建设,营造良好的学习氛围;科学探究是通过产业调研和实地走访完成识别问题、协作探究和方案制定三个学习环节;工程实践包含设计建造和测试改进两个实践流程;交流强化以学生创业项目路演、跨专业跨界师资团队教学指导的方式,帮助学生结构化反思学习。以上四个步骤根植于真实世界,创设了探究学习、问题学习、合作学习的有利环境,有效激发学生自主学习心理动能。

3. 依据循证实践的多维多层评价设计

基于STEM教育理念的PBL教学模式,其循证实践的特性决定了实施多主体参与、多形式共存、教学相长的多维评价体系。学生的学习成果有设计方案、

实物装置、视频展示、软件系统和研制报告以及路演汇报和回答问题情况,这些证据反映了项目实践全过程,能够有效监测教与学的实际效果。多主体参与指专家评价、同行评价和个体评价并行(专家包括行业专家、教务部门人员与教师团队组成,同行指同班和同组同学,个体评价指学生自我评价);多方式共存指形成性评价与终结性评价并举(项目研究推进阶段性汇报是形成性评价的依据,项目成果的质量、推广成效都是终结性评价的内容);教学相长指向师生共同发展的评价体系构建,通过建立对学生能力和课程满意度的评估体系,为教师了解课程成效、改进目标提供资料,促进师生共同成长。

4. 促进产学研融合、专业与通识融合的环境保障设计

基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式立足人才培养、科学研究和教育管理的实际需求,建立起教育与产业的对话机制:一方面,通过与行业协会企业等共同构建 STEM 教学实训基地、学生创新项目设计平台、开发课程项目池等形式使前沿的产业成果成为宝贵的教学资源,增加学生的工程实践与技术体验机会,提高学生创新项目设计能力;另一方面,结合“挑战杯”“互联网+”等竞赛,通过校园内部资源与社会资源的创新整合,邀请行业投融资专家对课程成果进行创业落地、投资孵化,实现学校与社会协同育人,帮助学生建立学习世界与工作世界的同频共振,构建产学研融合、专业与通识融合的教学生态,为 STEM 教育的本土化实践提供环境保障。

根据已有文献及上述论证,本研究提出假设,基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式:(1)能够显著激发学生的课程投入;(2)能够有效提升学生三大素养;(3)可以显著改善课程满意度。

五、基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式改革实践

为验证基于 STEM 教育理念的 PBL 教学模式的有效性,本研究以华侨大学通识选修课程“人工智能创新项目设计”为例,于 2018 年 7—8 月,2019 年 9—12 月,2020 年 9—12 月开展三轮教学实践工作。共有 15 个专业的 298 名本校学生和 10971 名校外人士通过慕课选修了该课程。课程第一期采用线下方式授课,第二、三期改为“线上(慕课)+线下”混合教学模式,课程共 32 学时,将跨学科知识整合到 MOOC 教学中,线下教学则引导、辅助学生团队进行真实工程项目设计实践。任课教师团队共 4 人,涉及多个学科专业领域,具有丰富的 PBL 模式教学经验和创新创

业工作经验,课程还邀请多名行业企业专家和研究生助教参与教学工作。

(一)课程实施过程

“人工智能创新项目设计”课程以指导学生完成一个 AI 创新项目所需要的科学、技术、工程和数学跨学科知识的结构化重组为基础,教学内容涵盖人工智能、产品原型设计、工业设计、创新创业等统一的知识版块及不同项目涉及的交叉学科知识领域。教学程序包含课程铺垫、科学探究、工程实践和交流强化四个步骤,通识课程的实施时间通常延续至第三学期,保证学生有充足的时间参与课程项目设计的全过程。

在课程铺垫环节中,慕课线上授课 2 学时,讲解人才培养目标、教学方法要求及相关教学资源;线下时间完成团队组建、素质拓展,共计 4 学时,采用性格测试、产品经理自荐等方法快速组建团队,开展户外素质拓展以增强团队凝聚力,使学生主动适应和配合教学模式改革。

在科学探究环节中,慕课 3 学时,线下调研实践 5 学时,课后实践包括学生进行行业走访、产品调研、小组讨论完成作业,约 20 学时。本环节分为三部分:一是识别问题,教师采用案例法慕课讲授世界 AI 技术发展简史、产业研究学习,线下组织学生体验 AI 产品,抛出问题以引发学生思考;二是协作探究,教师线下组织学生走访 AI 企业,了解 AI 项目及工程研发过程,让学生在真实情景中探究自身学科与 AI 技术结合应用的未来方案,撰写《人工智能产品体验报告》,同时结合行业协会企业提供的项目池资源情况确定感兴趣的选题;三是方案制定,教师讲解工程项目开发流程,设定评测表指导团队在协作探究的基础上完成产品的概念化研发设计,并进行团队调研分享汇报。此环节教师要保证对每个团队进行至少 1~2 次的沟通辅导。

在工程实践环节中,慕课 4 学时,线下设计实践课 8 学时,课后产品视频制作辅导 2 学时,教师项目辅导 8 学时,学生需要投入 30 学时以上课前课后学习。这一环节包括:(1)设计建造,首先由负责软件开发的教师讲解 AI 算法,指导小组讨论开发、汇报算法流程图,并做技术路线汇报;其次由负责产品原型设计的教师讲解嵌入式系统设计流程,指导小组集成 AI 产品,并编制评测表对产品进行系统性对标评价,以完善方案。这部分包括了数学模型的分析建构以及 AI 产品嵌入集成的工程实践过程。(2)测试改进,由负责工业设计的教师讲授 AI 产品功能和工业设计规范,助教团队课后辅导产品展示的视频制作技术,小

组开展系统设计和测试优化,并以产品原型交互设计汇报来完成阶段性总结。

在交流强化环节中,慕课2学时,线下汇报2学时,课后AI产品创新创业孵化调研及实践约10学时。这一环节,学生慕课学习教师讲授的项目路演、产品创新创业孵化的相关知识,了解本项目进一步可持续发展的政策、资金、竞赛等资源并开展产品创新创业孵化实践,最后进行项目路演,接受由AI行业协会、AI投融资的专家或企业高管、教师组成的专家评审团的点评指导。根据建议改进项目,在团队内分享学习收获与反思。课程结束后,优秀项目选入“侨侨人工智能学生创新工作室”继续培育孵化,结合学校资金扶持、竞赛参与、科创保研、科创荣誉等激励保障机制,促进教学成果的转化提升。

团队汇报分享共4次,分别是项目选题汇报、产品算法和技术路线汇报、产品原型和交互设计汇报(三项皆为过程性评价,占比40%,日常出勤占比10%)以及AI产品创新孵化项目路演(终结性评价占比50%)。评价主体包括了专家、同行和个体三类。课程结束后,选课学生参与了课程满意度与能力发展自评以及学习小结深度访谈。

(二)教学验证设计

1. 研究设计

为了更好地了解基于STEM教育理念的PBL教学模式的实施成效,本研究设计了应用效果评估问卷。问卷分为三个部分:除了基本信息外,第一部分是学习投入(课后投入时间与深度学习)评估;第二部分是能力发展(三大素养)评估;第三部分是满意度(学习体验和教学实施满意度)评估。除了第一部分的学习投入评估中的“项目参与”选题外,问卷其他部分题目采用Likert心理反应量表,根据问题情况进行5~7级赋分。

初稿问卷首先随机邀请了52名选课学生进行问卷前期测试,并选择10名学生进行测试访谈,对问卷的表述进行修正优化。其次进行Alpha信度系数法检验,60个条目克隆巴赫系数为0.987,各个分维度的Alpha信度系数也均超过0.93,说明问卷可靠性高,内部一致性高。同时,因子分析法检验显示,各个分维度KMO值均>0.7,Bartlett球体检验均在0.01水平。分维度因子载荷均>0.6,方差累积贡献率均>70%,问卷具有良好的效度,能够较好地反映课程效果的全貌。

2. 数据采集与分析

2021年12月,教学团队通过问卷星对近三轮参与选课的298名本校学生进行问卷调查,共有来自9

个学院和12个专业的260名学生提交了问卷,占选课人数的87%。其中,男生192人(占74%),女生68人(占26%)。除了调查问卷外,课程还通过授课学生的课程小结及深度访谈15名学生,以此全面了解本课程实施的效果。研究假设验证如下:

(1)学生学习投入度显著增加。本研究从课后学习投入时间和深度学习两个方面验证学生课程参与的效率。全体学生都在课后参与了小组探究学习,有81.5%的学生参与了4~6次以上课后小组讨论,其中,17%参与了高达9次以上的课后自发小组讨论学习,如图2所示。算法设计阶段和产品成型设计阶段,也就是科学探究和工程实践两个环节,是讨论用时最多的阶段,如图3所示。68%的学生表示,课程结束后继续完善孵化项目以及参加科创竞赛、科研课题或社会实践等活动,如图4所示。

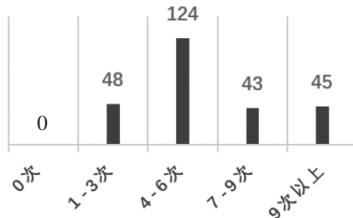


图2 小组课后讨论次数统计

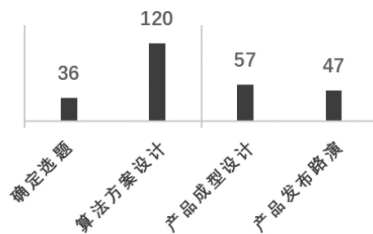


图3 课后小组讨论用时最多的阶段分布

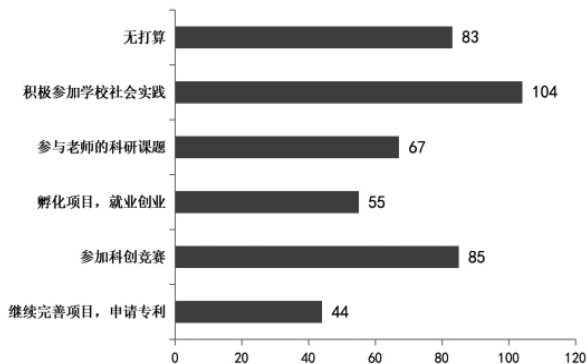


图4 课程结束后项目的后续想法(多选题)

“跨学科学习”“自主学习”是基于STEM教育理念的PBL教学模式的主要特征,反映学生学习的深入程度。研究结果显示,90.7%的学生认为,课程中自己“进行跨学科学习,将AI与自身专业相结合来解决”的频数以及88%的学生认为,课程中“比较判

断、分析评估方案解决问题”“不拘泥现成做法,独立思考创新解决问题”“反思吸取经验”的频数达“稍多”“经常”甚至“十分经常”;90.7%的学生认为,课程中自己较多、经常“带着问题目标自主探究学习”;90%的学生经常“积极参与小组讨论”“分享学习技能”“主动向老师请教”。“这种教学法很棒,老师为我们提供一个平台和方向,所有的都让我们自己去探索,毫无疑问,这样的一种学习方式让人记忆深刻,同时也让人成长很快”(ZK,男)。可见,该教学模式有效增加了学生的学习投入,促进深度学习和探究学习。

(2)学生能力显著提升。表1反映了学生课程前后对自身三大素养部分指标的评估状况。工程创新素养方面,学生认为,“进步不错”和“进步很大”的能力有:“创新意识、创新思维和创新实践能力”“问题分析与解决能力”(均为87%以上)、“跨学科应用能力”“技术与使用工具能力”(均为83%以上)、“产品设计与开发能力”(78.8%以上)。工程人文素养方面,学生认为,“进步不错”和“进步很大”的能力有:“社会责任感”“自我反思能力”(87%以上)、“调查与研究能力”“项目管理与沟通合作能力”“自主学习与终身学习能力”(83%以上)。来自土木学院的学生XMH描述自己在跨学科能力和项目沟通管理能力方面的进步:“AI工程创新项目管理是我之前从未涉足的领域,我发现这门课程的价值比想象中的更高,在实践中学习比单纯的书本学习效率更高。”AI素养方面,96%的学生认为,课程“增加了自己对专业和AI现实应用领域的了解”,93.8%的学生“对AI项目感到有趣”。超过94%的学生认为,“更了解科技创新的实践意义”,超过95%的学生认为,“课程使自己今后在面对学业困难时不会轻易放弃”。

表1 学生创新能力发展指标

学生创新能力发展指标	频数				
	没有进步	进步较少	进步一般	进步不错	进步很大
跨学科知识应用能力	0	10	34	158	58
问题分析与解决能力	0	10	22	158	70
自我反思能力	0	4	27	153	76
创新意识、创新思维和创新实践能力	0	5	32	154	69

(3)学生学习体验、教学满意度高。如图5所示,学生对基于STEM教育理念的PBL教学模式的实施情况(教学情况、教师支持、小组合作、企业参访、团建拓展、学习环境)满意度高达95%以上。“课程提供给我们一个迅速成长的过程。我们学习AI项目以及其开发制作,最为难得的是这门课确实实地让我们在极短的时间内亲自见证产品在自己手上的成长。虽然它并不是一个十分成熟的项目,但是它成长的每一步都由我们成员一起亲手打造和打磨。所以说,尽管它不是一个优秀的作品,但是它是一个满分的体验”(LLY,男)。“通过这次课程,我收获了一批志同道合的朋友。行走在校园里我们都是同样的平凡,但是遇见彼此却让我们发现自己也可以有所创新、有所创造。对于课程的体验,整体来说回忆十分美好,但过程又是十分匆忙,终日处在讨论—修改—讨论的循环里”(XQM,女)。

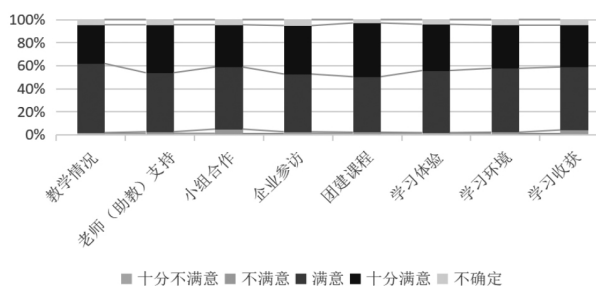


图5 教学实施满意度指标

六、结语

本研究提出了一种基于STEM教育理念的PBL教学模式设计,即聚焦工程创新素养、工程人文素养、AI素养的人才培养目标设计;注重探究—实践—交流的科学习程设计;依据循证实践的多维多层评价设计;促进产学研融合、专业与通识融合的环境保障设计。课程教学实践表明,基于STEM教育理念的PBL教学模式在AI通识课程中的应用具有可行性和有效性,且该教学模式有助于提高学生的学习投入度,有助于提升学生的工程创新能力、工程人文素养和AI素养以及增强学生的学习体验和教学满意度,并促进了产学研深度融合,可为高校一流本科教育教学改革和工程科技创新人才培养提供参考和借鉴。

[参考文献]

- [1] 施雨岑,刘奕湛.教育部发布首份《中国工程教育质量报告》[EB/OL].(2014-11-13)[2021-12-15].http://www.gov.cn/xinwen/2014-11/13/content_2778139.htm.
- [2] SINGER S R, NIELSEN N R, SCHWEINGRUBER H A. Discipline-based education research: understanding and improving learning (C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. <http://www.cnki.net>

- in undergraduate science and engineering[M]. Washington D. C.: The National Academies Press, 2012.
- [3] KLEIN J T. A taxonomy of interdisciplinarity [M]//FRODEMAN R, KLEIN J T, MITCHAM C. The Oxford handbook of interdisciplinarity. New York: Oxford University press, 2010: 15-30.
- [4] HERSCHBACH D R. The stem initiative: constraints and challenges[J]. Journal of stem teacher education, 2011, 48(1): 96-122.
- [5] 张屹, 赵亚萍, 何玲, 白清玉. 基于 STEM 的跨学科教学设计与实践[J]. 现代远程教育研究, 2017(6): 75-84.
- [6] 余胜泉, 吴澜. 证据导向的 STEM 教学模式研究[J]. 现代远程教育研究, 2019, 31(5): 20-31, 84.
- [7] ROSENBERG M B, HILTON M L. Indicators for monitoring undergraduate STEM education [M]. Washington, DC: The National Academic Press, 2018.
- [8] SANDERS M. STEM, STEM education, stemmania [J]. The technology teacher, 2009, 68(4): 20-26.
- [9] 斯滕伯格. 认知心理学[M]. 杨炳钧, 译. 北京: 中国轻工业出版社, 2006.
- [10] VYGOTSKY L S. Mind in society: the development of higher psychological processes [M]. Cambridge: Harvard University Press, 1978: 84-91.
- [11] 胡定荣. 论教学模式的校本学习指导转向[J]. 教育研究, 2020, 41(7): 75-83.
- [12] FEIMAN S. Book review: models of teaching Bruce Joyce, Marsha Weil[J]. The school review, 1973, 82(1): 147-154.
- [13] 柯清超. 超越与变革: 翻转课堂与项目学习[M]. 北京: 高等教育出版社, 2018: 129.
- [14] 刘景福. 基于项目的学习模式(PBL)研究[D]. 南昌: 江西师范大学, 2002.
- [15] 夏雪梅. 2019 基础教育风向标: 项目化学习[N]. 中国教育报, 2019-01-02(05).
- [16] SPRINGER L, STANNE M E, DONOVAN S S. Effects of small-group learning on undergraduates in science, mathematics, engineering, and technology: a meta-analysis[J]. Jevview of educational research, 1999, (1): 21-51.
- [17] MUSTAFA N, ISMAIL Z, TASIR Z, et al. A meta-analysis on effective strategies for integrated STEM education [J]. Advanced science letters, 2016(12): 4225-4229.
- [18] 叶澜. 新编教育学教程[M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2006: 315.

Research on Design and Practice of PBL Teaching Model Based on STEM Education Concept

YE Lihui

(Institute of Higher Education, Xiamen University, Xiamen Fujian 361021)

[Abstract] As a new concept of engineering education around the world, STEM education has become the focus in academic circles. However, there are many realistic puzzles on how to realize the localized teaching of STEM education. This study proposes a design of PBL teaching model based on the concept of STEM education, that is, the design of talent training objectives focusing on engineering innovation literacy, engineering humanities literacy and AI literacy; the design of scientific programming focusing on inquiry-practice-communication; the design of multi-dimensional evaluation based on evidence-based practice; and the design of environmental protection promoting the integration of industry and academia, as well as professional and general education. After three rounds of teaching practice in the AI general course, it is proved that this model can improve students' learning engagement, enhance students' engineering innovation literacy, engineering humanities literacy, AI literacy, enhance students' learning experience and teaching satisfaction, and promote the deep integration of industry and academic research, which can provide reference for the teaching reform of first-class undergraduate education and the cultivation of innovative talents of engineering science and technology in colleges and universities.

[Keywords] STEM; PBL; Artificial Intelligence; General Courses