

《现代远程教育》网络首发论文

题目: 众包知识建构下 STEM 学习动机影响机制与强化路径——面向深度学习的课堂教学结构化变革研究之六

作者: 梁芮铭, 姜强, 晋欣泉, 赵蔚

DOI: 10.13927/j.cnki.yuan.20200928.002

网络首发日期: 2020-09-28

引用格式: 梁芮铭, 姜强, 晋欣泉, 赵蔚. 众包知识建构下 STEM 学习动机影响机制与强化路径——面向深度学习的课堂教学结构化变革研究之六. 现代远程教育. <https://doi.org/10.13927/j.cnki.yuan.20200928.002>



网络首发: 在编辑部工作流程中, 稿件从录用到出版要经历录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿等阶段。录用定稿指内容已经确定, 且通过同行评议、主编终审同意刊用的稿件。排版定稿指录用定稿按照期刊特定版式(包括网络呈现版式)排版后的稿件, 可暂不确定出版年、卷、期和页码。整期汇编定稿指出版年、卷、期、页码均已确定的印刷或数字出版的整期汇编稿件。录用定稿网络首发稿件内容必须符合《出版管理条例》和《期刊出版管理规定》的有关规定; 学术研究成果具有创新性、科学性和先进性, 符合编辑部对刊文的录用要求, 不存在学术不端行为及其他侵权行为; 稿件内容应基本符合国家有关书刊编辑、出版的技术标准, 正确使用和统一规范语言文字、符号、数字、外文字母、法定计量单位及地图标注等。为确保录用定稿网络首发的严肃性, 录用定稿一经发布, 不得修改论文题目、作者、机构名称和学术内容, 只可基于编辑规范进行少量文字的修改。

出版确认: 纸质期刊编辑部通过与《中国学术期刊(光盘版)》电子杂志社有限公司签约, 在《中国学术期刊(网络版)》出版传播平台上创办与纸质期刊内容一致的网络版, 以单篇或整期出版形式, 在印刷出版之前刊发论文的录用定稿、排版定稿、整期汇编定稿。因为《中国学术期刊(网络版)》是国家新闻出版广电总局批准的网络连续型出版物(ISSN 2096-4188, CN 11-6037/Z), 所以签约期刊的网络版上网络首发论文视为正式出版。

众包知识建构下 STEM 学习动机影响机制与强化路径

——面向深度学习的课堂教学结构化变革研究之六

梁芮铭, 姜强^[通讯作者], 晋欣泉, 赵蔚

(东北师范大学, 吉林长春 130117)

【摘要】在 STEM 教学中, 如何提高学生的动机水平, 促使学生主动学习, 进而提升存留率是迫切需要研究的课题。众包知识建构环境能满足学习者的团队归属感、提高 STEM 学习动机与效果。基于此, 在 STEM 教育概念模型基础上, 结合自我决定理论、诱因理论与激励理论, 从诱因、自主、关联、激励、能力、归因六个因素维度构建 STEM 学习动机影响机制, 并开展相关实证研究。结果发现, 在动机水平上, 实验组学生的关联、能力和激励三个维度的水平都显著优于对照组, 诱因、自主、归因三个维度与对照组差距并不明显; 在学习成果方面, 实验组学生的解决方案和作品成绩均高于对照组。最后, 从基于计算机支架、多模态数据驱动、动态知识图谱和教学代理四个方面提出众包知识建构下 STEM 学习动机强化路径, 以有效提高学生 STEM 学习动机水平和学习效果, 为提升 STEM 学习存留率提供决策依据。

【关键词】众包知识建构; 学习动机; STEM; 机制; 强化路径

一、引言

STEM 教育的跨学科、设计性等特点, 不仅能解决应试教育中学科知识相割裂的现象, 还有助于培养学生创造力。我国一直重视 STEM 教育的发展, 2017 年 6 月中国教科院成立了 STEM 教育研究中心; 2020 年 5 月, 中国 STEM 教育 2029 创新行动计划启动, 以培养 STEM 创新人才。但 STEM 教育发展至今仍存在学生存留率低问题, 欧洲各国的 STEM 教育也是辍学率最高的学科之一^[1], 美国 STEM 专业的高流失率引起了人们对未来进入科学、技术、工程和数学行业的毕业生短缺的担忧^[2]。PANS 最新研究表明, 主动学习能缩小学生在 STEM 学习上的差距, 提高学生存留率^[3]。主动学习是学生通过小组协作完成任务而全情投入课堂的一种学习方式, STEM 教育通常采用的基于项目、基于问题、基于设计的教学法等都是强调学生由被动学习(持续接受教师知识灌输)向主动学习转变的教学方法。然而, 由被动学习到主动解决问题的转变很困难, 学习者往往需要额外的帮助来支持个人学习或和同伴协作学习才能在复杂学习活动中取得成功。学习动机是影响学习者主动参与学习的因素之一。已有研究证实, 众包知识建构环境具有开放性、协同共建、自主进化、以思想为中心等特点, 能通过发挥学生集体智慧, 激发学习动机和增强学习效果^[4]。同时, 在知识建构环境中开展 STEM 教学能有效提高学生学习效果^[5]、促进学生反思性学习^[6]、培养学生高阶思维。鉴于此, 本研究将在众包知识建构环境下, 融合 STEM 教育概念模型和动机理论, 设计 STEM 学习动机影响机制及强化路径, 以期提高学生 STEM 学习动机, 增强学生主动学习意识, 提高 STEM 学习存留率。

二、STEM 教育概念模型

我国 STEM 教育发展时日尚短, STEM 师资力量短缺, 当前仍存在其他学科教师兼职开

【基金项目】全国教育科学规划教育部青年课题“基于学习分析技术的中小学教师在线自我调节学习诊断与干预研究”(编号: ECA160411)。

【作者简介】梁芮铭, 东北师范大学信息科学与技术学院硕士研究生; 姜强, 东北师范大学信息科学与技术学院教授, 博士生导师; 晋欣泉, 东北师范大学信息科学与技术学院博士研究生; 赵蔚, 东北师范大学信息科学与技术学院教授, 博士生导师。

展 STEM 教育的现象，而这些教师中的大多数不了解 STEM 教育的内涵与理念^[7]，将创客教育、机器人教育、3D 打印等技术片面的理解为 STEM 教育，将 STEM 教育变为一种职业技术培训。在研究者之间，因为研究方向、角度的不同，对 STEM 教育的概念、内涵都存在不同的理解，理解什么是 STEM 教育以及如何实施 STEM 教育是一个复杂的过程。本文结合深度学习理念、动机策略等内容构建 STEM 教育概念模型，如图 1 所示。

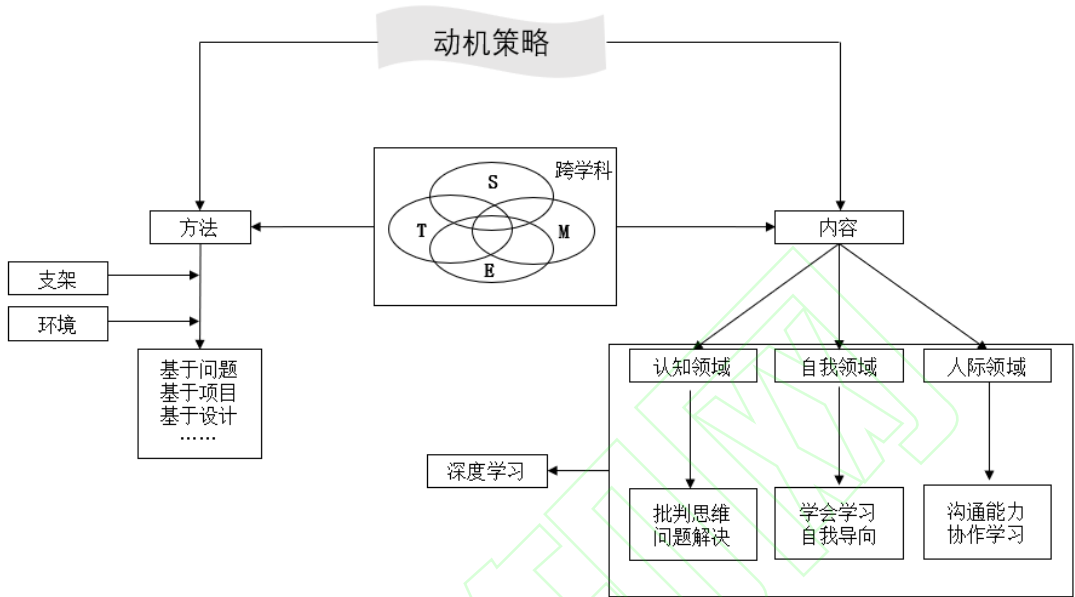


图 1 STEM 教育概念模型

STEM 教育是指将科学、技术、工程和数学跨学科融合、创建真实问题情境，以解决问题为基础，采用以学生为中心的教学方法，培养学生的协作实践能力、问题解决能以及批判性思维等素养的一种教学内容与教育方法。STEM 教育四个学科要素既可以相互融合，体现跨学科教学的特点，又可以根据实际活动内容，只融合任意 2 种或三种适合的学科知识在教学活动中完全融合这四个要素，体现了 STEM 教育应具有的灵活特性。教师开展 STEM 教学活动时可采用基于项目、基于问题或基于设计等教学方法，并为学生提供良好的学习环境和学习支架，提高学习者学习动机。教师设计 STEM 教学内容要注意培养学生认知、自我、人际三个领域技能，帮助学生实现深度学习。在认知领域，教师要注重跨学科内容的整合，并注意各知识点之间的并列、递进等相互关系，帮助学生建立知识体系，培养学生批判思维和问题解决能力；在自我领域，教师要教会学生学会学习，给予学生学习自主权；在人际领域，教师可开展协作学习活动，促进人人交互、锻炼学生沟通能力、培养学生协作能力。

三、众包知识建构环境下 STEM 学习动机影响机制

影响课程持续和成功的主要因素之一，是学生的动机。动机是学习的中心因素，是一种假定的内在力量，它刺激一种行动，决定学习方向，影响学习内容、学习方式和学习时间。自我决定理论是目前最常用的动机理论之一，把动机划分为内在动机和外在动机。内在动机是指学习者通过参与活动而获得了内在乐趣所激发的学习行为。外在动机是指学习者因为获得外部因素（如奖励）而参与活动^[8]。

根据自我决定理论，学习者的动机取决于对三个基本需求的反应程度：自主性（学习者对学习过程的控制程度）、能力（实力和效能感）和关联（社会归属感）^[9]。除此之外，诱因理论和激励理论也是激发和提高学生动机的理论^[10]。诱因理论认为人的行为不止有驱力的作用，外界的诱因、目标、奖励等表现对激发人们的行为动机也起到作用。动机是由驱力和诱因共同作用的产物，诱因由外部刺激激发，只有将诱因转化为个体内在的需要，才能提高

个人动机,推进个人行为^[11]。激励理论通过特定的方式来满足人们需要,调动人们积极性,包括过程激励理论、内容激励理论、行为后果理论和综合激励理论。内容型激励理论即针对激励的原因以及做激励起促进作用的因素进行研究,研究激发动机的诱因;行为后果理论主要是研究人们产生行为结果的原因并分析如何进行下一阶段的激励,主要包括强化理论和归因理论。基于上述相关动机理论,并结合 STEM 教育概念模型,同时将众包知识建构环境嵌入教学,本研究设计了 STEM 学习动机影响机制,包括诱因、自主、关联、激励、能力、归因等六个维度,如图 2 所示。

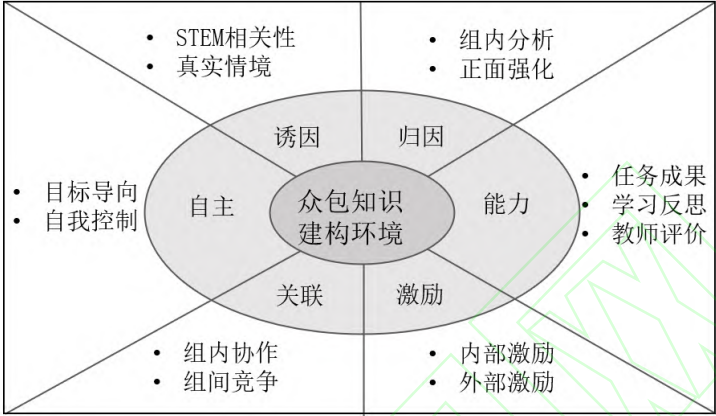


图 2 STEM 学习动机影响机制

（一）诱因

诱因理论认为,当个体受到外部刺激时会激发动机。因此教师在授课时可以为学生提供一定的外部刺激,激发起学生的学习兴趣,引起学生的认知需求。同时,兴趣是能提升学习者内部动机的因素之一,学生对学习任务感兴趣程度越高,动机越强,学习效果越好。教师在进行 STEM 教学设计时,第一,要向学生阐明 STEM 教育或本次开展的 STEM 活动对学生的帮助,与学生当前学习的联系,以及对未来发展起到的作用,以激发学生对学习活动的认知需要。有研究表明,STEM 学习活动与学生的学习、专业、未来工作越有关联,学生动机越强烈^[12]。第二,为学生创设真实的问题情境。教师针对 STEM 课程内容提供与实际生活相关、与课程内容和学习任务相关、与学生的先验知识相联系的学习情境,通过问题引起学生的认知冲突,激发学生兴趣与持续探究的积极性,促使学生将创意向现实社会迁移,将课程知识与实践向社会生产转化。

（二）自主

自主性是学习者对学习过程的选择感或控制感。具有自主性的学习者能够进行自我调节,对个人的学习负责,并确定个人学习的目标、内容和速度。学生积极主动地参与学习活动,增加学习动机,提高学习效率,从而对学习成就产生积极影响。第一,教师在设计 STEM 学习任务时,要根据学生的个人情况确定适宜任务难度,建立合理学习目标。教学目标的特点之一是具体可操作性,学生可以根据目标要求及时判断自己能否达成目标或了解当前完成进度与成效。若学生认为目标可达成,能够极大增强自我效能感,提升成就动机。第二,教师发布任务后,为帮助学生从记忆中提取解决问题所需的各类跨学科知识点,将基础前期知识点形成任务清单供学生自主学习,学生会根据教师提供的学习资料,筛选、分析、整理信息并形成解决方案。学习者可以自由地利用时间管理和目标设定等一系列学习策略来确定学习速度和学习路径。

（三）关联

关联性是对传播目标的个人、群体或文化的归属感和联系感。在课堂教学中,学生感受到老师和同伴的尊重和关心是他们愿意接受课堂价值观的必要条件。归属感和联系感在学习中也很重要,影响着学生的学习投入度^[13],可以通过构建在线讨论小组等活动来表达。研究表明,众包知识建构环境以思想为中心的特性能提高学习者参与讨论的频率与质量,能够使学生在多样性中处理复杂观点、学习综合理念,并通过整合和扩展诸如 STEM 知识等学科知识,对所解决的问题或问题有更深入的理解^[14]。学习者通过在众包知识建构环境中进行有效的小组讨论活动,提高学生的归属感和联系感。而在此过程中形成的组内协作与组间竞争,也是提升学生动机水平的重要因素。一方面,学生为了体现自己组内重要性与责任感,不断填补个人知识面,为组内交流提供灵感;另一方面,众包知识建构环境允许组间交流与互看任务进度,由此产生的组间竞争,更是促使学生不断进步的动力。

（四）激励

激励理论是一种有关如何调动人们行为积极性的理论,与自我决定理论密切相关,为合理设计激发和调动学习者学习动机的方法策略提供理论支撑。激励可以包括外部激励和内部激励两种类型。外部激励是指通过表扬、批评、认同等强化方式改变学习者行为方式;内部激励是指通过思想、兴趣、需要、价值等促进人们的动机。在 STEM 教学中教师可以通过适当予以学生外部鼓励,随时表扬学生成果、对学生问题及时给予反馈、优秀作品给予奖励等方式。众包知识建构环境可以构建交流平台为学生提供交流协作的场所,增强学习者的认同感与归属感^[15],学习者在该环境中不断提出个人思想、观点,实现个人组内价值。教师和环境共同作用,对学习者的进行综合性激励,提高学生动机。

（五）能力

能力是一个人运用相关技能实现目标的一种感觉,通过学习者处理课程任务的水平、达到的自我效能感和成就感的程度来衡量。第一,在学习环境中,学习者可以通过挑战任务来展示能力,使他们能够检验和拓展学术能力。在 STEM 产品输出时,学生根据完成的解决方案进行制作,过程中随时可能会出现解决方案中没有预想的问题,这就要求学习者根据实际情况进行产品修改,并将修改结果进行记录,体现学生个人技能掌握情况与随机应变能力。第二,分配时间进行反思以改进他们的学习过程。最后,教师的反馈和评价也可以用来衡量能力,可以通过作品评价、生生评价等传统评价方式,众包知识建构环境中的学生还可以通过在线学习行为日志结果进行评价。

（六）归因

海德提出的归因理论将人的行为结果产生的原因分为内部原因和外部原因^[16]。内部原因是指行为者自身因素,如个人需要和信念、兴趣和态度、情感情绪、个体努力程度等;外部原因是指行为者周围环境中的因素,如,他人的看法、表扬与奖励、批评与惩罚、上级指示与命令,环境因素、工作难易程度等。通常,内部动机高的人会将成功与失败的原因归结在内部原因上,如,个人能力、努力程度;而外部动机高的人会认为是任务难度、机遇等外部原因导致成功或失败。在 STEM 教学中,为了促进学习者的正确归因,首先可以让学习者组内分析取得该结果的原因,并由教师对归因结果进行分析与反馈,指出其中存在的认知或行为偏差;其次,由教师对学生进行的积极归因进行及时强化,鼓励学生保持积极的归因风格。

四、实证研究

（一）研究设计

1. 研究目的及问题

研究目的为探究众包知识建构环境中 STEM 学习动机影响机制是否能够促进学生动机发展，提高 STEM 学习效果。研究问题有：

- （1）实验组学生与对照组学生 STEM 学习成绩是否有区别？
- （2）STEM 动机影响机制是否能提高学生动机？
- （3）众包知识建构环境对 STEM 动机影响机制有何影响？

2. 研究对象

研究对象是某高校教育技术学 32 名本科生，采用准实验研究法，随机分配实验组（众包知识建构环境）和对照组（非众包知识建构环境）各 4 组，每组 4 人，进行 STEM 项目纸桥搭建实验。

3. 研究环境

实验组使用众包知识建构环境 WiseMapping 来访问、集成、交换信息并构建动态知识图谱。学习者通过自主和协同构建可视化知识图谱（见图 3），解决学习问题，帮助个人实现自我认同，获得群体归属感，提高个人学习动机。

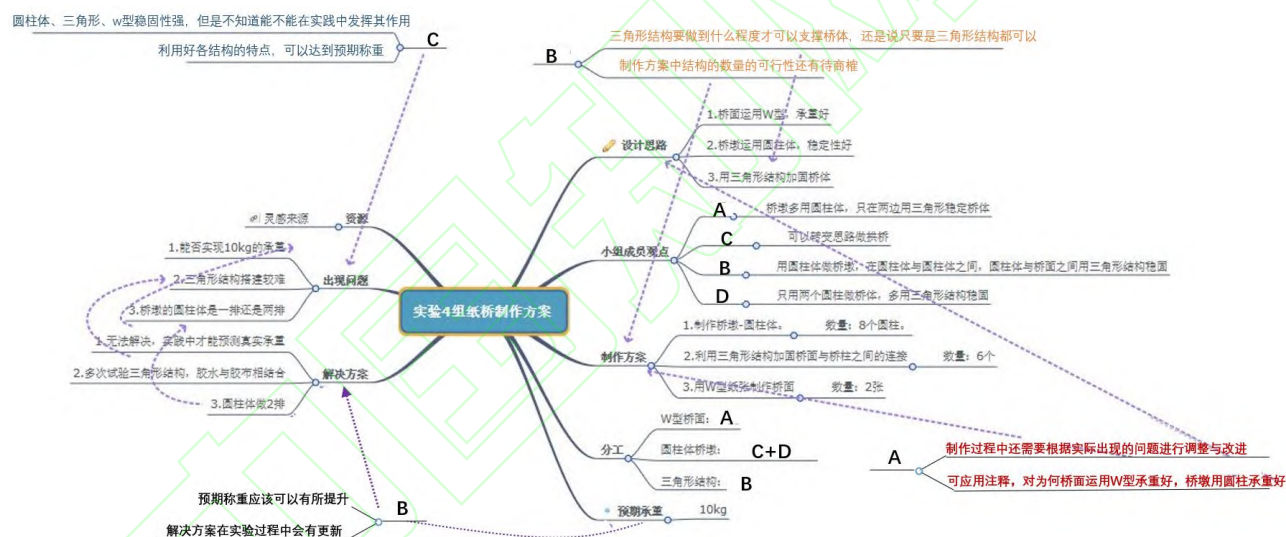


图 3 STEM 动态知识图谱示例图

（二）实验过程

实验过程主要分为学习准备（诱因）、自主学习（自主）、协作学习（关联）、纸桥搭建与评价（能力）、结果分析（归因）五个阶段（如图 4 所示）。在学习准备阶段，首先，教师创建纸桥搭建问题情境，向学生说明该活动在本课程的作用，告知学生开展此活动的原因及其与学生自身的关系；其次，说明本活动的课程安排，说明总体活动规划；最后，阐明本节课学习目标，即学生要达到的学习成果。在自主学习阶段，教师为学生提供活动所需教学材料，发放任务清单，并提供给学生可支配时间，学生自主调整学习时间，完成资料的学习以及任务单的学习任务并在规定时间内提交。在协作学习阶段，小组成员进行讨论，实验组利用众包知识建构环境构建知识图谱、对照组在非众包知识建构环境中进行讨论形成小组方案。在自主学习和协作学习阶段中间，教师回收学生任务单，并书写评语，提供反馈，再返回学生。学生根据教师反馈，修改个人想法，并进行小组观点的一致性讨论，最终提交解决方案。在纸桥搭建与评价阶段，小组学生开始实际进行搭建活动，完成后由教师进行评价。最后，在结果分析阶段，组内进行结果归因，分析取得此结果的原因。

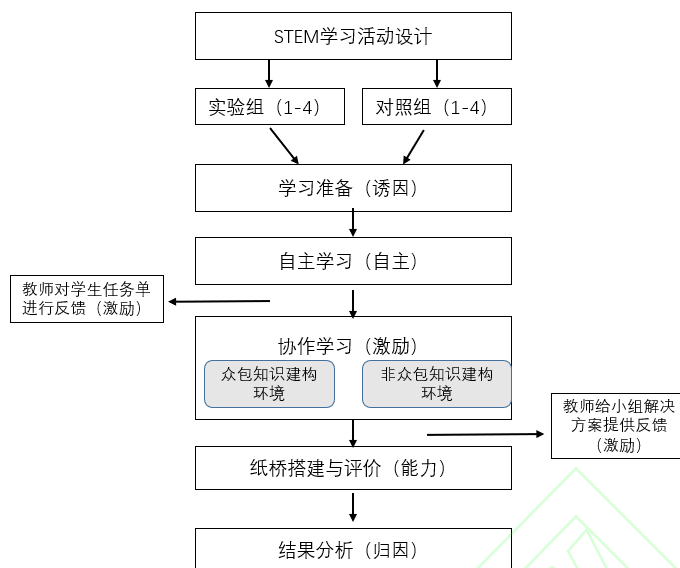


图 4 实验过程

(三) 研究结果分析

1. 学习成绩分析

从任务清单（个人）、解决方案（小组）、作品成绩（小组）三个维度（百分制）对学生 STEM 学习成绩进行分析。其中，任务清单代表学习者自主学习的成果；解决方案是协作学习过程中为实际搭建纸桥提供的方案设计；作品成绩是最终小组的纸桥成品成绩。首先由两名研究者任选 5 个作品进行打分，一致性为 0.8，对不一致的评分进行讨论，消除差异，达成共识。对小组学习成绩进行分析发现两组作品得分在任务清单($p=0.229>0.05$)和解决方案($p=0.358>0.05$)方面没有显著差异，而在作品成绩上差异显著 ($p=0.02<0.05$)，且实验组学生成绩要高于对照组学生，出现这样的结果主要是实验组学生能在众包知识建构环境中通过构建动态知识图谱将纸桥搭建的前期准备完成的更加充分，小组讨论更加完善，说明众包知识建构环境能有效支持 STEM 动机影响机制模式中关联和能力因素的发展。

表 1 小组 STEM 学习成绩

评价维度	实验组		对照组	
	平均值	标准差	平均值	标准差
任务清单（个人）	84.49	4.562	81.90	7.022
解决方案（小组）	86.54	2.432	83.15	4.120
作品成绩（小组）	90.22	1.947	81.97	2.459

2. STEM 动机模式各因素作用分析

教学活动结束后，设计动机问卷（ $\alpha=0.898$ ），调查学习者课后动机水平，采用李克特 5 分制量表，从 1 代表极不同意到 5 非常同意，统计结果如表 2 所示。

表 2 STEM 动机水平调查分析表

维度	问题	实验组		对照组	
		均值(M)	标准差(SD)	均值(M)	标准差(SD)
诱因	1. 研究问题与实际生活相关时, 我会更积极参加活动	4.56	0.629	4.44	0.629
	2. 当知道 STEM 学习活动与我自身发展相关时, 我会更积极参加活动	4.59	0.479	4.39	0.750
	均值(标准差)	4.58(0.554)		4.41(0.690)	
自主	3. 可以自我支配时间, 我的学习效率会更高	4.19	0.750	3.94	0.998
	4. 可以达成的教学目标让我有努力的方向	4.25	0.557	4.13	0.719
	5. 我能自己做好学习规划	3.94	0.854	3.94	0.998
	均值(标准差)	4.13(0.720)		4.00(0.905)	
关联	6. 我认为当前学习环境让我觉得更有责任提出自己的想法	4.24	0.929	3.88	0.806
	7. 我可以自由的表达我的想法和观点	4.19	0.834	4.13	0.619
	8. 我觉得我和同伴相处的非常愉快	4.38	0.619	3.94	0.929
	均值(标准差)	4.27(0.794)		3.98(0.785)	
激励	9. 我认为每个环节都有教师阶段性的评语让我更愿意进行下一步学习	4.56	0.629	4.19	0.981
	10. 我认为学习环境让我有归属感	4.06	0.772	3.81	0.750
	11. 教师支持我的创意让我觉得很开心	4.63	0.500	4.44	0.629
	均值(标准差)	4.42(0.634)		4.15(0.787)	
能力	12. 本次学习中我获得了新的技能	4.50	0.730	4.19	0.750
	13. 我在本次学习过程中获得了成就感	4.63	0.500	4.38	0.719
	14. 我认为下次开展 STEM 活动我会比这次做的更好	4.44	0.629	4.19	0.655
	均值(标准差)	4.52(0.620)		4.25(0.708)	
归因	15. 得到这个结果是我能力不足, 我下次还会继续努力	4.31	0.793	4.19	0.981
	16. 成绩不理想是时间不足等原因, 充足时间我肯定会做的更好	3.06	0.680	3.19	0.750
	均值(标准差)	3.69(0.715)		3.69(0.839)	

根据动机水平测量问卷统计结果, 实验组学生各维度得分均值基本均高于对照组学生。在诱因维度中, 两组学生结果都达到 4 分以上, 二者都认同当学习活动与自身实际生活有联系时, 个人会表现出更高的积极性。自主维度中, 两组学生均认为当个人能自主支配学习时间时, 会表现出更高的学习效率, 但第 5 题学习者得分没有同维度其他题项高, 学习者在进行学习规划时可能出现问题, 因此, 教师要提出精确的学习目标, 使学生在自主学习中明确的方向, 减少出现盲目学习的可能性。关联维度中, 实验组学生的成绩均高于对照组, 传统环境中小组讨论时可能有些学生因为不善表达而被边缘化, 但实验组学生认为在众包知识建构环境中更能自由地发表自己的想法, 和同组伙伴相处更加愉快; 同时众包知识建构环境中每个人都是知识的主动贡献者, 能积极地承担认知责任。激励维度第 10 题中学生每一阶段都能收到来自教师反馈、支持并鼓励, 得到了学生的好评; 畅所欲言的众包知识建构环境提高了学生对学习环境的归属感。实验组作品整体都比对照组优秀, 因而在能力维度中实验组学生获得了更高的学习成就感, 两组学生都认为在学习获得了新的技能知识, 且认为下次的 STEM 活动自己会做的更好。在归因维度的成绩分析中, 15 题成绩越高、16 题成绩越低, 代表学生越将结果归因于自身内部原因上。活动结束后, 实验组学生因为前期准备和讨论十分充分, 因而能将取得当前成绩的原因归结在自身能力上; 对照组因为结果不如预期方

案个别同学将原因归结为时间、材料等外在原因,但最终在与教师沟通后,发现出现该学习结果的原因是自身准备不够,体现出归因分析的积极作用。

此外,在与学生进行访谈时,发现大多数同学认为了解 STEM 课程与个人关联性是非常有用的(即诱因阶段)。他们认为 STEM 课程要培养的综合技能素养是一个长期且内化的过程,不易感知,经常学习过程过半就产生懈怠想法。而当自己知道每一个 STEM 教学活动对个人的帮助、为什么要开展、要达到什么样的效果、结束之后学生能做什么,当目标可达到、效果可预想时,就会更有动力学习,因为这是为了个人而学,不是为了任务而学。当问及学生在学习过程中的自主性时,学生认为在可支配时间内完成任务效率更高,更有动力及时完成任务做其他事情,但也有同学反映教师提供时间不够,没达到自我支配效果。而教师在每一阶段性任务完成后给予同学们的评语激励,也让学生们感觉每一步努力都有反馈、有关注。在谈及学生对众包知识建构环境看法时,实验组学生表示这种学习环境给人安全感,能畅所欲言,构建的知识图谱也帮助自己梳理思路,当自己的想法被引用时,感觉很有成就感,想继续为组里做贡献。当然,由于学生学习行为具有差异性,相同的教学策略可能会产生不同的结果,有个别学生表示没有意愿再进行 STEM 学习。

五、众包知识建构环境中 STEM 学习动机强化路径

众包知识建构环境中的 STEM 学习动机强化路径应借助大数据、学习分析等技术将学生学习行为进行多模态数据表征,及时实现对问题学生的预警与干预,随时为学生提供相应计算机支架,让学生在众包知识建构环境中,通过教学代理的帮助不断进行动态知识建构,实现有意义协作共建与知识输出,以保持长效的学习动机,进行主动学习,实现深度学习。

(一) 路径一: 基于计算机支架的复杂问题解决

在教育过程中嵌入支架能有效提高学习者完成任务目标的动机^[17]。同时,有研究表明在 STEM 教育与基于问题的学习背景下,根据学生当前的学习状态和能力,计算机支架的认知效果最高^[18]。基于计算机的支架是指通过计算机工具为个人提供支持,使学习者能够参与并获得解决复杂问题的技能^[19],可分为概念型支架(提出解决问题时需要考虑的问题)、元认知支架(帮助学生质疑他们的理解以及评估他们的进步)、策略型支架(引导目标策略,如论证、解决问题或评估)和动机型支架(支持动机变量,如学生的自我效能感、自主性、连通性、掌握目标以及对目标任务价值的感知)四种类型。教师可利用以下方法为学习者提供计算机支架:(1) 提供动机型支架:教师在学习正式开始前,为学生创设与活动相关的真实情景,让学生了解学习活动的价值及对个人作用,增强学习者对目标活动的感知,激发学习者内部动机。(2) 提供概念型支架:教师通过发布学习视频、学习任务单、学习流程、知识图谱范例等学习资料为学习者提供概念型支架;(3) 提供元认知支架:教师在学习每一阶段为学生提供书面或口头反馈,众包知识建构环境中教师在课下也可以随时查看学生图谱构建进度进行即时反馈,学生根据反馈意见进行反思并优化作品方案,提高学生的元认知能力。(4) 提供策略型支架:教师在学习者遇到学习困难时及时为学习者提供相关案例或方法提示,同时可以开放各小组知识图谱共享功能,学生互相学习,帮助学习者解决学习重难点,为学习者提供成功的机会,激发学习者成就动机。

(二) 路径二: 基于多模态数据驱动的智能评价

当前,在 STEM 教学中仍然没有一种客观评价 STEM 教学效果的权威方法,多数情况都是通过作品评价、同伴互评等方式进行主观评价,但由于评价过程中的主观意愿可能导致评价失衡等现象产生。伴随大数据、人工智能、5G、学习分析等高新技术的发展及其与教育环境的相互融合,教育评价已经呈现智能化趋势。智能化评价能收集大量的多模态信息并进行智能化的加工、分析与评估,深入收集学生的日常行为、学习数据,其隐形性和伴随性特点同时增加了评价的真实性。通过挖掘学生的深层次隐藏行为信息,来判断学生的素养培养是否达到成效。当然,开展智能化评价并非放弃传统评价方式,而是将二者相结合进行主客

观评价,最大限度实现评价的公平与公正。具体评价方式如下:(1)实施智能化评价。众包知识建构环境中,学生从 STEM 学习活动的开始到结束,期间的行为表现、行为路径、讨论次数、在线时间、学生交互过程等数据日志都会由众包知识建构平台自动保存到后台,由教师进行读取分析。教师可以查看学生实时数据,对学生学习表现进行在线评价;学生可以在平台中查看个人学习报告,了解个人目标达成情况、知识掌握情况、能力达标水平等信息,从而对个人的能力水平有确切的了解。(2)开展传统评价。教师对学生 STEM 作品、过程性解决方案、知识图谱进行评分,在教师有助手的情况可以二人对评分标准进行讨论共同打分;同伴之间互相评价作品以及学生自评进行学习反思。

(三) 路径三: 基于动态知识图谱的知识生成

众包知识建构环境能将学习者从知识的被动接受者转变为知识生产者,支持学生构建动态知识图谱。研究表明,构建动态知识图谱能有效促进深度学习,提高学习者学习动机^[20]。在构建动态知识图谱过程中,教师可以通过以下方法提高学生动机:(1)支持自主建构。学生通过构建个人知识图谱可以有效理清知识脉络,梳理逻辑思路,增强学习的自主性,了解个人实现目标的可能性,从而促进成就动机的达成。(2)鼓励协同建构。教师鼓励小组成员协同构建动态知识图谱,一方面构建动态知识图谱过程中每位成员都是知识的主动贡献者,学生可以畅所欲言尽情发表自己的观点,学生的存在价值感和小组责任感会因此提高,进而促进学生的内部动机;另一方面众包知识建构环境记录的小组成员学习行为、讨论数据,皆对最终成绩有一定影响,能促进外部动机的提高。(3)进行适时激励。构建动态知识图谱过程中,教师或同伴看到新颖的观点时,通过“点赞”或“对号”表情对学生进行正面表扬,给予学生外部激励,激发学生动机。(4)开展互动评价。鼓励学生进行组内和组间的作品评价。众包知识建构环境的安全性可以使学生发表更真实的评语,而其共享性能支持学生跨组查看和评价其他小组成果,通过这种组内协作与组间竞争的关系,达到激发学生学习动机的目的。

(四) 路径四: 基于教学代理的学习支持

教学代理是一种在在线学习环境中为学生提供教学服务的虚拟角色,它可以作为教师角色出现,也可以作为同伴支持出现。教学代理可以执行多种功能,如引导、激励或集中注意力。因此,它可以提供不同种类的教学支持,例如反馈、反思或提示^[21]。教学代理能激发学生动机、提高学生参与度和责任感^[22]。研究表明,在计算机支持的协作学习环境中,教学代理能提高学生的群体意识,提高协作学习的效果,提高小组成员的元认知水平^[23]。众包知识建构环境作为计算机支持的协作学习环境的一种,可以参照以下方法设计和教学代理,以起到提高学生动机、促进学习迁移等作用。(1)教学代理设计时可采用动态的人物角色代理,如,支持文字、语音、手势操作、面部表情、语调变化等,有助于集中学习者注意力^[24],帮助学习者记忆。(2)教学代理要同时为学生提供信息和激励。有研究表明,同时为学生提供信息和激励会比单独提供其中一种的教学代理更能激发学生的自我效能感,促进学生有更好的迁移效果^[25]。(3)将教学代理作为学生同伴存在,与学生一起协作学习,更多给予学生正面反馈,对学生出现的问题及时给予正面引导。(4)将教学代理作为学生存在,学生作为教师将所学内容传授于教学代理,学习金字塔理论认为当学生将学习内容教授给他人时,学习内容留存率达到 90%^[26],此时学生是主动学习的状态,主动学习与被动学习相比学生有更高的自主动机。

六、结论

学习动机是影响学生学习成就的重要因素之一,对激发、维持和强化学生的学习行为有重要作用。一般来说,高动机水平的学生,其成就也高;而学生成就越高也能导致动机水平越高。本研究综合自我决定理论、诱因理论、激励理论等理论,并结合 STEM 教育概念模型,设计了众包知识建构环境中的 STEM 学习动机影响机制,包括诱因、自主、关联、激

励、能力、归因等六个维度。采用准实验研究法,从学习者各项学习成绩、动机水平测量和学生对 STEM 动机模式的看法中验证 STEM 动机影响机制的有效性,结果表明,众包知识建构环境以思想为中心的特点使学生的讨论十分充分,最终实验组学生在解决方案和作品成绩上取得比对照组学生更优异的表现。同时,通过问卷和访谈的结果发现,学生认为告知 STEM 学习活动的感知相关性对激发个人学习动机是有效的,也是整个学习活动积极进行的前期准备;构建知识图谱时的认知思维可视化、众包知识建构环境中学生个人承担认知责任及其激励机制,使得实验组学生在 STEM 动机影响机制的六个维度的表现均优于对照组,尤其是在关联、能力和激励三方面。并且学习者最后都能在教师的帮助下进行积极的结果归因,将提高自己的能力达到更好的结果作为努力目标。最后,本研究从计算机支架、多模态数据驱动、动态知识图谱和教学代理等方面提出了众包知识建构环境下的 STEM 动机强化路径,为教师设计高动机的 STEM 教学活动提供建议,提高 STEM 学习存留率。总之,全球经济和技术格局正在不断变化,对高学历和高技能的综合性人才的需求越来越大,尤其是对科学、技术、工程和数学(STEM)工作者的需求会日益增长。将 STEM 动机强化路径融入到课程设计中,通过提高学生学习动机,使学生持续坚持 STEM 学习,提升个人创造力和计算思维,成为掌握跨学科知识的创新型人才。

参考文献:

- [1] Harrison, M. Jobs and Growth: The Importance of Engineering Skills to the UK Economy (Royal Academy of Engineering Econometrics of Engineering Skills Project)[M]. London: Royal Academy of Engineering, 2012.
- [2] Dyrberg N R , Holmegaard H T . Motivational patterns in STEM education: a self-determination perspective on first year courses[J]. Research in Science & Technological Education, 2019, 37(1): 90-109.
- [3] Theobald E J, Hill M J, Tran E, et al. Active learning narrows achievement gaps for underrepresented students in undergraduate science, technology, engineering, and math[J]. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2020, 117(12): 6476-6483.
- [4] 姜强,药文静,晋欣泉,等.变革与新生:基于众包的自组织协同知识建构研究——面向深度学习的课堂教学结构化变革研究之一[J].现代远距离教育,2019(6):3-10.
- [5] 梁芮铭,姜强,晋欣泉,等.众包知识建构环境下 STEM 学习发生的内在机制及作用效应分析——面向深度学习的课堂教学结构化变革研究之四[J].现代远距离教育,2020(2):43-50.
- [6] 晋欣泉,姜强,赵蔚.基于众包的反思性学习模式设计与实践——面向深度学习的课堂教学结构化变革研究之三[J].现代远距离教育,2020(2):32-42.
- [7] 王伟.STEM 教育的本土化理解与创意实施[J].江苏教育,2020(1):7-10.
- [8] Deci E L , Ryan R M. The "What" and "Why" of Goal Pursuits: Human Needs and the Self-Determination of Behavior [J]. Psychological Inquiry, 2000, 11(4): 227-268.
- [9] Deci E L , Vallerand R J , Luc G. Motivation and Education: The Self-Determination Perspective[J]. Educational Psychologist, 1991, 26(3): 325-346.
- [10] 蒋怀滨,林良章,朱国栋.学习动机整合模式及其应用[J].教育理论与实践,2008,28(11):34-35.
- [11] 章志光.社会心理学(第 2 版)[M].北京:人民教育出版社, 2008.
- [12] Dyrberg N R , Holmegaard H T. Motivational patterns in STEM education: a self-determination perspective on first year courses[J]. Research in Science & Technological Education,2019,37(1):90-109.
- [13] 高洁,赵波,海静.指向学习者归属感的在线学习社区构建[J].成人教育,2019,39(5):26-31.
- [14] Chalmers C , Carter M , Cooper T, et al. Implementing "Big Ideas" to Advance the Teaching and Learning of Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM)[J]. International Journal of Science and Mathematics Education, 2017, 15(1): 25-43.
- [15] 冯小亮,黄敏学.众包模式中问题解决者参与动机机制研究[J].商业经济与管理,2013(4):25-35.
- [16] Heider F. The Psychology of Interpersonal Relations[M]. New York: Wiley Press, 1958.
- [17] 潘星竹,姜强,黄丽,等.“支架+”STEM 教学模式设计及实践研究——面向高阶思维能力培养[J].现代远距离教育,2019(3):56-64.
- [18] Kim N J , Belland B R , Walker A E. Effectiveness of Computer-Based Scaffolding in the Context of Problem-Based Learning for Stem Education: Bayesian Meta-analysis[J]. Educational Psychology Review, 2018, 30(2): 397-429.
- [19] Belland B R , Walker A E , Olsen M W, et al. A Pilot Meta-Analysis of Computer-Based Scaffolding in STEM Education[J]. Journal of Educational Technology & Society, 2015, 18(1): 183-197.
- [20] 姜强,药文静,赵蔚,等.面向深度学习的动态知识图谱建构模型及评测[J].电化教育研究,2020,41(3):85-92.
- [21] Heidig S , Clarebout G. Do pedagogical agents make a difference to student motivation and learning?[J].

Educational Research Review, 2011, 6(1): 27-54.

[22] 何克抗.教学代理与自适应学习技术的新发展——对美国《教育传播与技术研究手册》(第四版)的学习与思考之六[J].开放教育研究,2017,23(5):11-20.

[23] Yilmaz R , Karaoglan Yilmaz F G. Examination of the effectiveness of the task and group awareness support system used for computer-supported collaborative learning[J]. Educational Technology Research & Development. 2020, 68(3): 1355-1380.

[24] Atkinson R K. Optimizing learning from examples using animated pedagogical agents[J]. Journal of Educational Psychology. 2002, 94(2): 416-427.

[25] Baylor A L , Kim Y . Simulating Instructional Roles through Pedagogical Agents[J]. International Journal of Artificial Intelligence in Education, 2005, 15(2): 95-115.

[26] 成小娟,张文兰,李宝.电子书包在小学语文阅读教学中的应用模式及成效研究——基于学习成效金字塔理论的视角[J].中国远程教育,2017(4):57-64+78.

Influence Mechanism and Strengthening Path of STEM Learning Motivation under Crowdsourced Knowledge Construction Environment -- Research on the Structural Change of Classroom Teaching for Deep Learning(VI)

LIANG Ruiming, JIANG Qiang^[Corresponding Author], JIN Xinquan, ZHAO Wei

(School of Information Science and Technology, Northeast Normal University, Changchun, Jilin, 130117)

Abstract: In STEM teaching, how to improve students' motivation level, promote students' active learning, and then improve the retention rate is an urgent research topic. Crowdsourced knowledge construction environment can satisfy learners' sense of belonging. It can also improve STEM learning effect and motivation. Therefore, based on the conceptual model of STEM education and combined with self-determination theory, incentive theory and encouragement theory, this paper constructs the STEM learning motivation influence mechanism from six factors dimensions: inducement, autonomy, relevance, motivation, competence and attribution, and carries out relevant empirical research. The results showed that in the level of motivation, the level of the three dimensions of relevance, ability and motivation of the experimental group(Crowdsourced knowledge construction environment) was significantly better than that of the control group(Non-crowdsourcing knowledge construction environment). But the difference in the three dimensions of inducement, autonomy and attribution between the experimental group and the control group was not obvious. In terms of learning achievements, the students in the experimental group had higher scores of solutions and works than the control group. Finally, from the aspects of computer support, multi-modal data-driven, dynamic knowledge map and teaching agent, the path of strengthening stem learning motivation in knowledge crowdsourced construction environment has been proposed to effectively improve students' stem learning motivation level and learning effect. And it may also provide decision-making basis for improving stem learning retention rate.

Key words: Crowdsourced knowledge construction; Learning Motivation; STEM; Mechanism; Strengthening Path