

基于文化—历史活动观的小学生 项目式STEM学习模式探索*

首 新¹, 胡卫平¹, 王碧梅¹, 陈明艳²

(1.陕西师范大学 现代教学技术教育部重点实验室, 陕西 西安 710062; 2.重庆渝北区天一新城小学, 重庆 401147)

摘要: 随着社会对创新型复合人才需求的不断提高, 旨在培养创新能力的项目式STEM学习活动正逐步在各个国家普及推广。该文基于文化—历史活动理论构建了项目式STEM学习活动模型, 探索从知识到能力、从个体到小组的学习过程。通过教学实践, 采用三角互证分析发现, STEM学习活动模型对学生的STEM技能有显著促进作用, 活动模型创建的良好协作分工氛围有助于发展高层级STEM能力, 有助于快速提升低水平个体的STEM技能。

关键词: 文化—历史活动理论; STEM教育; 项目式学习; STEM技能

中图分类号: G434 **文献标识码:** A

一、引言

项目式STEM学习是STEM教育的重要组成部分。在融合科学、技术、工程、数学四个领域的知识和思想后, 项目式STEM学习旨在以动手体验的方式让学生设计、发现、合作、创造并进行问题解决, 培养其批判性思维和问题解决能力, 为人力资源市场输送STEM人才奠定基础。

从已有文献来看, 目前我国学者的研究主要集中在STEM教育政策、构建本土化的STEM教育模式等方面, 形成了政策建议和模式探索两条并行发展的研究路线, 而据詹青龙等人的可视化分析显示^[1], 国外近10年STEM教育研究主题丰富, 已涵盖了理论探索、方法运用、学校变革、课程链接等多个主题。目前, 我国仍缺少STEM教学实践的探索, 赵兴龙等人认为^[2]STEM教育目标应和核心素养保持紧密联系, 跨越STEM的学科特征本身需指向培养全面发展的、终身发展的人。基于培养学生核心素养, 一些地区(如上海等地)也已实施一些STEM学习活动, 但其效果还有待进一步考证^[3]。相比而言, 国外已有大量教学实证研究。从类型来看, 基于工程设计的项目式STEM研究较多, STEM学习之所以突出工程, 源于很多工程项

目都可以被开发成为教育课程, 供学生进行创造性的工程设计^[4], 研究发现, 学生在工程设计项目中更愿意学习与工程相关的科学和数学概念, 促进对其他学科的学习^[5]; 从目标来看, 基于问题解决的项目式STEM研究较多, 问题导向的STEM学习可把知识与真实问题情境联系起来, 使学生在解决实际问题的实践活动中探索知识, 创造性地解决问题^[6]; 从形式来看, 跨学科整合的项目式STEM研究较多, 整合视角下的STEM学习的一个重要议题是跨学科概念的构建与学习, 课程开发者不仅要思考学科的核心知识, 还要探索连接四个学科领域的大概念和共通概念。研究表明, 跨学科的项目式STEM学习活动可以帮助学生更好地理解学科概念^[7], 如Merrill的“设计楼梯体系”项目^[8]、Horton研制的“地貌主题”项目等都旨在整合多个学科进行项目式STEM学习^[9]。可见, 项目式STEM学习研究已形成一个集群, 是学习跨学科概念、培养问题解决能力的重要途径。

文化—历史活动理论强调活动共同体、中介工具在系统中的作用, 可用于指导项目式STEM学习活动, 它为分析教师和学生行为提供了模型框架, 可以检验师生参与活动的投入度、工具使用效度、目标达成情况以及活动过程^[10]。本研究着眼于

* 本文系国家社科基金重大项目“中国儿童青少年思维发展数据库建设及其发展模式的分析研究”(项目编号: 14ZDB160)、中央高校基本科研业务费专项资金资助项目“基于项目的STEM学习国际比较研究”(项目编号: 2016CBY017)阶段性成果。

文化—历史活动理论开发一个项目式STEM学习活动,探索项目式STEM学习的路径与效果,以促进相关学科概念的学习,提升学生的问题解决能力。

二、文化—历史活动理论

文化—历史活动理论(Cultural-Historical Activity Theory, CHAT)的起源可以追溯到德国古典哲学(如康德、黑格尔的学说),后来马克思和恩格斯辩证地探讨了生产资料的历史形式及作用,为维果斯基、列昂捷夫关注社会与个人生活形式,提出第一代的文化—历史活动理论奠定了基础。目前,文化—历史活动理论得到了全球性的发展。Lantolf认为^[11],现在的文化—历史活动理论融合了逻辑实证主义、民族方法学、自组织系统理论,已经发展成为一个全新的理论体系。从CHAT的发展过程来看,其基本思想可概括为四个方面:

(一)活动的独立性与层次性

独立性源于维果斯基“单元切分法”的思想^[12],在他看来,传统研究采用的“因素分解法”将整个事件划分为因变量与自变量进行分析割裂了研究对象的整体性,“单元切分法”确定最小整体单元是活动,这类类似于化学研究中的“分子”,以及天文学研究中的“地月系”。活动作为最小整体分析单元必然具有相对独立性,表现为活动、行动、操作三个层次结构。操作是实现行动的方式,行动由一系列操作构成,一系列的行动又集成活动系统,实现行动目标。

(二)工具的中介性和变化性

认识到人类活动中使用中介工具,推翻了笛卡尔哲学把个体心理与文化和社会分离的论调,工具调节着主客体以及共同体之间的关系,参与对象的转换过程并形成结果,表现出中介性。文化、社会等要素从活动外部控制行为,决定着工具的创造和使用过程,表现出变化性。

(三)活动交互性与发展性

一方面,活动系统内部主客体间的相互作用形成主体内化的知识和技能;另一方面,活动系统与外部交流时,主体间达成一致的知识和技能外化为共同的行为。这样,活动就是一个由内化到外化、由外化再影响内化的过程,这种内外化交互性促成了活动的发展。恩格斯托姆提出的第三代活动理论正是考虑活动之间的相互作用,表明活动系统之间可以相互影响,最终促成调整和发展。

(四)主客间的矛盾性与统一性

活动理论认为,主客体是不可割裂的,主客体间的作用和发展由矛盾启动,外部实践活动的客体和内部思维的主体相互融合。Roth举了一个

例子^[13],一个学生制作一个特殊工艺品的过程:制作工艺品即是实践活动的客体,思考工艺品所应呈现的形状即是思维主体。首先,学生观看前人是如何制作的,随后他试了20次,直到他觉得自己作品与头脑中所想到的作品形式一致了,这即是说20次以后的作品解决了主客体两种形式的矛盾。可以发现,文化—历史活动理论的哲学方法基础是辩证唯物主义,认为矛盾驱动了改变的发生。

三、文化—历史活动理论下的项目式STEM学习活动模型建构

本研究试图依据上述CHAT理论指导项目式STEM学习过程,以活动的独立性与层次性、交互性与发展性为主体,以工具为中介,以主客间的矛盾为内驱力构建STEM学习系统,让学生在概念学习、支架式自主学习中形成合作问题解决意识,发展其批判性分析、创新等高阶思维能力。

在概念学习阶段,学生将数学知识、科学概念转化为其内部经验,制作出一个结构完整的理想模型,接受教师的评价。此时学生是有意义的接受学习过程^[14],需要不断修正、内化知识结构,完成知识有意义的建构,学习以个体自组织活动为主。

在支架式自主学习阶段,技术、工程导向的生生、师生合作学习占主导地位,学生个体的自组织活动向学生间、师生间扩展,形成以项目为纽带的合作学习活动系统,项目成员围绕规则、分工进行有目的的合作学习,形成了系统层面的自组织活动。活动系统的形成过程是变化、发展、适应、调节的过程,学生在活动系统内获得概念,进行问题解决,表现出学习的自组织性质^[15]。依据CHAT理论,项目式STEM学习活动模型^[16],如图1所示。

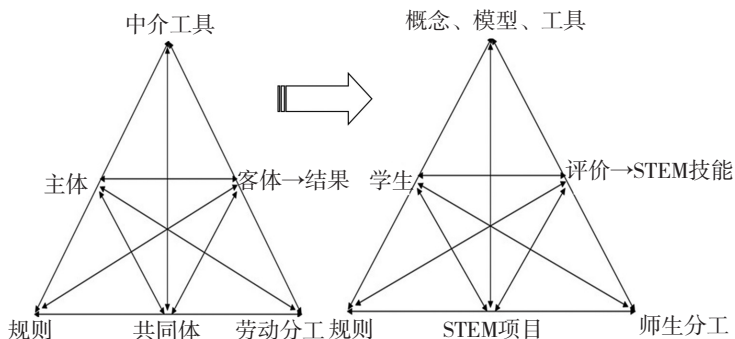


图1 项目式STEM学习活动模型

(一)主体:参与项目式STEM学习的学生

学生首先学习与活动内容相关的数学、科学概念,然后进行工具的组装和改进,其次以小组为单位进行合作练习,最后将接受STEM技能评价。主

体可以是学生个体,也可以是小组、学生群体、甚至整个集体。随着活动进程不断发展,STEM活动的主体由学生个体聚合成团队或群体,逐渐形成稳定的聚类,通过心理活动与实践活动的同步发展,实现低级心理机能转向高级心理机能,最终使整个群体的高阶思维水平产生质变,整体显著提升。

(二)客体

建立指标对学生的学学习结果进行评价,评价指标既应包括整合的,也应包括分科的项目式STEM学习内容,体现STEM学习的特点及其现实教育意义。由于不同活动时期的分工、规则、形式不一样,评价指标应该随着活动发展而不断变化,在活动发展初期,评价指标相对来说应是独立于内容的、孤立的,只有经过一段时间,随着活动系统变得越来越复杂,评价才会与活动内容聚合在一起,形成基于内容而导于能力的过程性评价体系。

(三)中介工具

学生STEM学习的操作对象,如概念、模型、工具等。工具可以是心理方面的(如语言能力、概念模型、经典科学实验等),也可以是实实在在的实物(如放大镜、教科书、机器人等)。工具参与主客体的转换过程并形成结果,这种结果可以与预期相符也可以违背预期,但这都可以构建或驱使构建一系列活动。与主客体一样,随着STEM活动的深入,个体间的交互越来越复杂,中介工具也从原型开始进化,一方面发展成普遍适用的模型、框架、理论等,另一方面发展成满足特殊要求的、具有创新功能的产品。

(四)共同体

STEM学习中与主体共同完成设计、制作和操作任务的其他活动成员,即生生之间、师生之间为达成活动目标而形成的教与学共同体。以STEM项目为纽带形成的学习共同体共同影响整个活动的效果及目标达成情况,其作用机理之一便是共同体的协商作用。通过协商,个体可以逐步得到共同体其他成员的身份认同,促使个体建立归属感,实现个体间为达成共同目标而互惠互利、相互信任、分享信息;同时,共同体还会形成积极健康的学习氛围和舆论气息,促进和谐人际关系、民主管理制度的形成,从而更好地激发个体积极主动的参与到活动之中。

(五)规则

STEM学习成员共同遵守的活动原则、标准、规范等。规则是维持共同体持续健康发展的保障,它所指定的标准可以是明确的,也可以是含蓄的,但必须起到规范共同体行为,影响主客体相互作用

的目的。规则有一般和特殊之分,一般规则是某一系列活动普遍使用的准则,如在活动中保持客观性、公正性、规范性等,特殊规则是由于活动内容不同而形成的达到某种特殊目标的准则,如技术规范、操作细则等。整体而言,随着时间的推移,规则经历从临时要求向正式规范转变的过程。

(六)劳动分工

师生或学生之间为达成STEM学习目标而产生的分工协作。在学习的不同阶段师生扮演的角色不同,为了达成活动目标,每位成员都应该适应角色转化,主动寻求分工协作。如在概念学习阶段,以教师教学生内化概念为主;在工具制作阶段,以教师指导学生创造性设计为主;在合作学习阶段,以学生间相互学习协商、教师个别指导为主。劳动分工推进活动不断向前发展,反过来,随着活动逐渐深入,劳动分工呈现出从被动接受分工任务到主动寻求分工责任的转变,劳动分工也从无序化向有序化发展。

四、文化—历史活动理论下的项目式STEM学习模式

(一)文化—历史活动理论下项目式STEM学习过程

在STEM学习活动中,期望建立这样一种教与学氛围:围绕STEM学习内容建立师生活动共同体,以模型、技术、概念等为中介工具,在不同学习阶段动态分配师生劳动,建立并发展知识到能力、个体到小组的学习规则,师生之间、生生之间相互协作,最终达到发展STEM技能的目的。依据这一理念,同时结合项目式STEM学习的特点,CHAT理论下的学习过程可分为如下几个阶段:

1.相关概念学习阶段。此阶段以有意义接受学习为主,教师需旁征博引日常生活实例激发概念的同化、顺应。STEM教育是“以数学为基础,通过工程理解科学和技术”的跨学科、整合的教育体系,相关数学、科学概念对后续技术、工程活动起着关键作用。概念学习阶段着眼于一系列积极的思维活动,确保新旧知识共通互融,形成明确而稳定的意义。

2.模型或工具的组装和设计阶段。此阶段以设计、创造中介工具为主,教师需激发创新设计思维,引领工具的发展方向。以工程设计的形式学习科学和技术首先需要组装和设计符合活动主题的工具或模型。作为活动显性的中介工具,模型(工具)并非一成不变,而是随着活动的深入不断改变、修订、更新,最终满足客观评价结果。模

型或工具一般有原型，教师的任务是进行范例指导，基于原型启发学生改装和创造性设计，并评估学生的想法，如果认为可行，可协助学生进行设计与改进。

3.合作学习阶段。此阶段以学生间的相互商讨、练习为主，教师根据学生技术操作水平、技巧熟练程度进行异步辅导。学生在学习诸如基本操作、调试技巧、行为规则等之后，以小组为单位进行练习。小组练习是合作学习过程，同伴影响着重要作用，通过模仿榜样的规范行为，与榜样交流操作技巧，小组群体的STEM技能水平会显著提高。此阶段除了考验上一阶段模型(工具)的改装效果外，更注重培养学生灵活掌握、融会贯通各项知识、技巧的能力。教师的后期分工转化成个性化指导。

4.评价阶段。此阶段已是项目式STEM学习末期，教师可采用多种形式评价学生的STEM技能，如以小组为单位进行比赛，客观影射产品的创新性、学生的技术操作水平、知识迁移水平等。值得注意的是，项目式STEM教学有别于传统教学过程，其评价不应该是知识本身，而是知识、技术、工程的迁移应用能力，或者说应该跨越学科知识和技能，而评价指向全面发展的人的STEM技能^[17]。

项目式STEM活动以“概念学习”开始，直至“STEM技能评价”结束活动流程。不同阶段，CHAT系统各要素发挥着不同的作用，在一、二阶段，主要以中介工具为主；在三、四阶段，劳动分工与协作、活动规则占据主导；在活动末期，STEM评价指标成为体现活动结果的客体。总体而言，各要素共同作用于STEM活动的每个阶段，只是其表现出的重点略有不同。具体操作流程如图2所示。

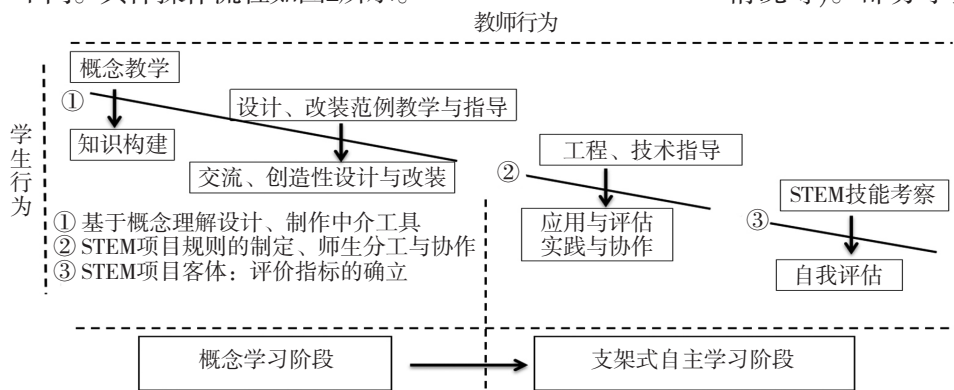


图2 CHAT理论下项目式STEM学习过程

(二)文化—历史活动理论下项目式STEM活动师生行为

随着活动的进行，教师行为经历了从概念教学到支架式教学的转变，学生行为经历了从知识学习到能力发展的变化，学习形式也从个体拓展至集体

(如同伴、小组、群体)。在活动初期，教师主要从概念、操作上帮助学生形成并领会工程技术要领。根据我们的教学实践来看，开始实践练习之后，学生会立马想验证技术要领和改进后的产品，但由于对技术要领的了解不甚清晰，会造成初次的练习结果质量不高。我们认为，此时学生可能正在经历所谓的观念转变的过程，他们试图把教师直接教授的操作方法纳入自我的“错觉”网中，并且尝试依据“错觉”引导的操作动作得到与教师期望一致的结果。其他一些研究也有相似的解释，认为此时学生正在经历依据自我的最初观念到形成一个更具有概括性概念的过程^[18]。

在活动中期，学生对规则和技术要领基本都已熟悉，教师更加注重规范学生的工程技术行为，如交流技术经验、模仿操作动作、期待教师关注产品效果、同伴合作与竞争等。此时，教师给予学生更多的动手操作时间，让同伴之间协同互助，交流实践技巧，并对其不规范行为进行纠正和重塑。从同伴关系来看，生生之间的合作更可能使个体积极融入工程技术行为之中，降低其懈怠程度。从小组氛围来看，在遇到技术困难时，个体可以寻求其他共同体成员的帮助，合作治理问题和不标准的行为。从学习责任感来看，团队的成功依靠成员共同努力，学习责任是不可缺少的协调因素，可以有效抑制投机取巧、机会主义的产生，为小组STEM技能的提高提供保障。

在活动后期，教师已经很少关注知识以及与学生交流工程技术行为，而更倾向于发现STEM技能产生的直接后果(如产品创意水平、目标达成情况等)。部分学生在此阶段可能会出现“瓶颈效应”，主要表现为积极性降低、探索欲下降、练习次数较少等。寻其缘由，主要是娴熟的技术、良好的工具并没有促使STEM能力快速发展，行为与能力之间的矛盾引起了挫败感和倦怠感。因此，以STEM能力为导向的后期活动可采取诸如组长带队、重点跟踪、奖励、末尾淘汰等策略，激发学习动机，提高参与活动的积极性。

五、文化—历史活动理论下项目式STEM教学实践

依据项目式STEM学习活动模型和学习模式，我们实施了“手掷飞机模型制作与飞行训

练”STEM活动来验证其教学效果。

(一)对象与研究设计

对重庆市某小学五、六年级自愿参与“手掷飞机模型制作与飞行训练”STEM活动的13名学生(其中男生10人,女生3人)进行了两个多月的教学。在项目开始之前,研究者与两位老师(一位是区级骨干科学教师,另一位是具有研究生学历的新手科学教师)一起探讨CHAT理论、活动模型及活动阶段,以使教师全面理解CHAT理论下的项目式STEM教学过程。

依据技术素养三个维度(技术知识、技术思考与行为的方式、技术能力)的内容设计评价指标^[9],考虑指标与活动内容发生联系,选取8个指标(如表1所示)研发“STEM技能评估”问卷,初测发现其内部一致性信度为0.724。另外采用唐勇编制的小组合作学习量表测量合作水平,该量表包含个体责任、合作技能、合作氛围、互赖互信四个维度,信效度较好^[20]。

表1 STEM技能评估指标

一级指标	二级指标	转化后的评价指标
技术知识	术语	对称轴、翼身比
	工程设计过程	升力与重力、升力与阻力
	技术的社会价值	/
	科技史	/
技术思考与行为的方式	技术开发与技术风险	模型改装策略
	技术交流	同伴分工与协作
	捕捉新技术	灵活运用调试技术
技术能力	技术决策	/
	技术动手操作	模型飞机的调试
	技术处理与运用	模型飞机的手掷动作
	判断技术风险与利益	飞行时间

运用问卷、访谈、观察等方式进行三角互证,提高研究的信度。第一,依据“STEM技能评估”问卷进行三次追踪测量,三个时间点分别是:阶段一末期、活动中期、阶段四;使用“小组合作学习量表”在阶段四进行合作水平测量;第二,采取田野调查(Fieldwork)研究范式,研究者跟进整个学习过程,通过参与性观察、记录、录像等方式获取师生行为表现数据;第三,对测量1表现较差的学生进行追踪访谈,了解其真实的变化路径,访谈提纲主要依据“技术能力”“技术思考与行为的方式”两个维度的内容修订而来。

(二)结果与分析

1.STEM技能整体变化

从右表2所示,随着活动的进行,均值(M)有所提高,学生间的差异水平(SD)减小,初步说明我们构建CHAT理论下的STEM学习模型效果较好。进一步用单因素重复测量方差分析法进行趋势分析,方差分析结果显示 $F(2,24)=80.09$, $p<0.001$,说明从整个过程来看,三次测量时间点之间学生的STEM技

能有显著性差异,进一步进行多重比较,结果表明三次测量两两之间有显著差异($p<0.05$)。

表2 三次问卷调查均数

时间点	M	SD	N
测量1	22.38	3.17	13
测量2	25.92 ^a	3.40	13
测量3	32.38 ^b	1.61	13
Mauchly球形P值	0.361		
测量间p值	<0.001		

注: a指线性增长趋势, $p<0.001$; b指二次增长趋势, $p=0.077$ 。

不同测量时间的趋势分析显示,STEM技能有显著的线性增长($p<0.01$),但是二次增长不显著($p=0.077>0.05$),这与我们的预期一致,因为活动中后期教师侧重于关注STEM能力,与知识比起来,能力的增长是缓慢的,相较于中期阶段,其提高的幅度较小。

2.STEM技能各个维度的变化

采用3(时间:测量1、测量2、测量3)×3(维度1、维度2、维度3)两因素重复测量方差分析法了解STEM技能不同维度在不同测量阶段的变化,发现不同测量点之间有显著差异, $F(2,24)=114.218$, $p<0.001$;而维度之间无显著差异, $F(2,24)=1.143$, $p=0.354$;二者交互作用也不显著, $F(2,24)=0.562$, $p=0.696$,这说明STEM技能主要表现为随着时间而变化,如表3所示。

表3 各维度STEM技能均值

测量	1		2		3	
	M	SD	M	SD	M	SD
维度1	2.46	0.42	2.95 ^a	0.40	3.56 ^b	0.34
维度2	2.61	0.41	2.92 ^c	0.56	3.62 ^d	0.23
维度3	2.38	0.65	2.77 ^e	0.55	3.61 ^f	0.27

注: a、b是指在维度1水平下测量1与测量2、测量2与测量3均值差异, $p_a=0.003$, $p_b<0.001$; c、d、e、f的意义以此类推, $p_c=0.387$, $p_d=0.001$; $p_e=0.071$, $p_f<0.001$ 。

进一步在分维度水平下考察三个测量点间的差异,发现在维度1水平下,测量2显著好于测量1($p_a=0.003$),测量3显著好于测量2($p_b<0.001$);在维度2水平下,测量2好于测量1,但不显著($p_c=0.387$),测量3显著好于测量2($p_d=0.001$);在维度3水平下,测量2好于测量1,但不显著($p_e=0.071$),测量3显著好于测量2($p_f<0.001$)。可见,除了 p_c 和 p_e ,其余p值都达到显著水平,这说明各分维度的STEM技能都有显著增长。

具体变化趋势如下页图3所示。技术知识的两次增长率分别是16.52%和17.27%,增长斜率几乎相同,说明在学习活动中,学生从之前缺少与本活动内容相关的知识、概念,逐渐变得善于联系概念和事实进行活动实践,更加善于用知识组块的方式

对概念进行加工和利用。L同学谈到：“我以前玩过飞机模型，开始觉得挺简单的，但是试飞总不满意，就试着调节重心，对称机翼，我还和XX探索了一种新飞法，就是把机头微微放低，飞机就沿着直线飞出去了，只要力度合适，就能飞到那儿(指目标区域)。”可见，在经历“概念转变”之后，认知冲突所带来的改变不仅让学生领悟了概念本身，还对后续的行为有重要影响。

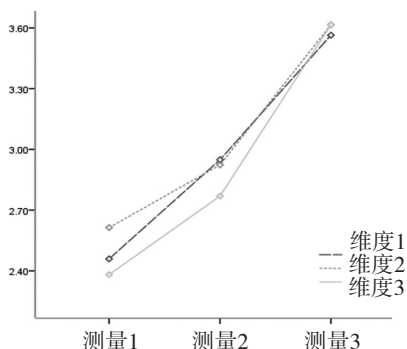


图3 STEM技能各维度变化趋势

技术行为在后期的增长率高于前期(19.15%>10.53%)，这主要源于此阶段教师由概念教学为主转向了实践训练和小组指导，学生则在实训过程中更加注重对“程序性”知识技能的解释和自省，摒弃了活动初期按部就班地操作程序。随着学习活动的推进，学生经历从模仿到建立自我经验的过程。一位开朗的女同学Q谈到：“最开始我以为女生力气小，在掷飞方面不如男生。但是，我发现只要掌握掷飞技巧，多加练习，力气小也没什么。我现在的留空飞行(技能)比XX还要好(指一位男生)。”可以看到，操作技巧直接影响结果，并间接影响技术能力的形成与提高，还会影响学生参与活动的积极性。技术行为属于实践性知识技能，具有情境性、灵活性、多样性等特性，学生需要在活动实践中模仿、体会、纠正，以构建自我经验系统。

技术能力的二次增长率为23.40%，促使其由开始的最低水平上升到最高水平，表明小组协作的形式、规则处理的过程等都更加趋于合理，学生对概念、行为有更加深入的思考和反思。技术能力依赖于技术知识和技术行为，表现出滞后性，当技术知识和技术行为有显著提升时(测量2)，技术能力不久便会有所变化(测量3)。某小组的C同学谈到：“最初我只知道使劲的用力把飞机甩出去，让它飞得更久。同学的帮助让我快速掌握了技术要领，我们还进行了比赛呢(TAC-10)。”可以看出，学生对生生之间形成的协作网络呈支持态度。同伴之间的商讨、争辩、合作、甚至竞争都是促进技术能力提高的重要因素。

3.合作学习水平与STEM技能的相关

在活动末期，考察合作水平与STEM技能之间的关系。以合作水平作为控制变量(自变量)，STEM技能(测量3所得结果)作为校标变量(因变量)，典型相关分析结果显示，共获得三组典型变量，但只有第一组变量达到显著性水平(Wilk's $\lambda=0.351$, $\rho=0.725$, $p<0.05$)。进一步分析组建第一组典型变量的各个系数，在“合作水平”维度下，“合作氛围”的系数绝对值最大($b=1.188$)，反映“合作水平”的典型变量主要由“合作氛围”决定；在“STEM技能”维度下，“技术能力”的系数绝对值最大($b=3.779$)，反映“STEM技能”的典型变量主要由“技术能力”决定。由于这两个系数同号，反映“合作氛围”和“技术能力”正相关，即“合作氛围”越好则“技术能力”提高越多。

典型冗余分析显示(如表4所示)，第一组典型变量(W1,V1)的典型相关为0.725代表了其52.6%的重叠方差。典型变量W1在“合作氛围”上因素负荷最高(0.565)，其次是“互赖互信(0.370)”，而在“个体责任”和“合作技能”上因素负荷较低，分别为0.222和-0.107。对于技术素养，典型变量V1在“技术能力”上因素负荷最高(0.997)，而在“技术知识”和“技术思考与行为方式”上较低(分别为0.228和0.162)。这表明“合作氛围”与“技术能力”有很强的相关，这与上述构建典型变量系数分析的结果一致，也就是说良好的合作氛围能够有效地提高个体的技术能力。此外，第一典型相关变量组解释了“合作水平”典型变量W1的12.9%，解释了“STEM技能”典型变量V1的36.8%。“合作水平”典型变量W1通过典型变量组可以解释“STEM技能”方差的19.4%，而“STEM技能”典型变量V1通过典型变量组可以解释“合作水平”方差的6.8%，上述分析可用如下路径图表示(如下页图4所示)。

表4 合作水平与STEM技能的典型相关分析

控制变量组典型因素(W)	W1	W2	校标变量组典型因素(V)	V1	V2
个体责任	0.222	0.582	技术知识	0.288	0.082
合作技能	-0.107	0.078	技术思考与行为的方式	0.162	0.446
合作氛围	0.565	0.323	技术能力	0.997	0.017
互赖互信	0.370	0.634			
抽出变异数(%)	12.9	21.3	抽出变异数(%)	36.8	27.9
重叠(%)	19.4	6.9	重叠(%)	6.8	5.2
典型相关(ρ)	0.725	0.497			
决定系数(ρ^2)	0.526	0.247			
Wilk's s检验	0.351*	0.741			

注：* $p<0.05$ ，第二典型相关系数的检验p值不显著，因此第二对典型变量(W2,V2)不纳入分析。

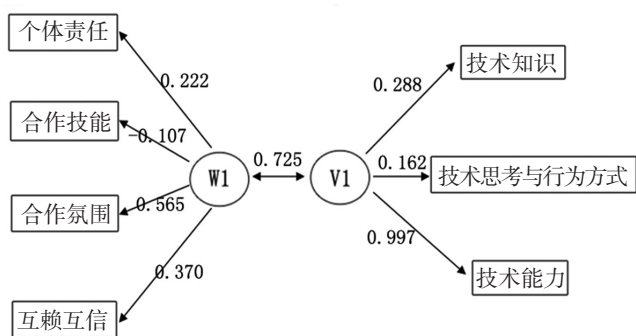
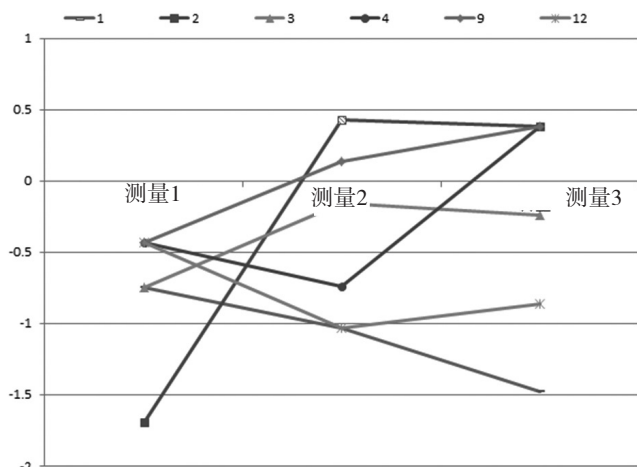


图4 合作水平与STEM技能的典型相关分析路径图

4. 学生个体的STEM技能变化趋势

以学生个体为研究单位，更能显示STEM技能三个维度整合在一起而表现出来的变化趋势。从分维度视角进行分析的一个明显不足之处在于，仅考虑了局部而欠回归个体本身，因此我们有必要从学生个体层面进行研究，以弥补割裂整体所带来的不足。

分别对三次测量中个体均分进行标准分转化，以明确个体在团体中的相对位置。笔者和教师普遍关心的是活动初期低水平的学生在经历STEM活动之后有何变化，因此，我们选择测量1样本中 $Z < -0.4$ 的个体进行跟踪，结果如图5所示。可以发现，有些学生呈现出波动，有较少幅度的增长；个别学生在经历下降之后又有显著提升；大部分学生一直处于提升状态，只是增长率不同，说明大部分学生STEM技能水平有所提升。T同学总结道：“我最开始完全不懂L老师讲的那些概念到底指的是什么，还好有XX同学给我讲了规则，我再自己琢磨，现在可以了。”可见，该同学将进步归属于活动共同体的协作，规则的深入了解以及自我经验建构。

图5 学生个体($Z < -0.4$)STEM技能变化趋势

但同时也发现，小部分学生在整个学习活动中始终处于相对靠后的位置，通过观察和访谈，发现原因主要有：首先，对概念本身了解不甚清晰，

造成飞机调试不到位，不能较好地维系后续技术行为活动；其次，与同伴或教师缺乏交流，造成技术动作僵硬，技术要领不能融会贯通；最后，缺乏学习动机，由于技术行为总不能达到预期，缺乏积极性，最后造成不能形成系统的技术能力。值得指出的是，一直处于相对靠后位置的是两位女同学，因此我们猜测性别、活动内容可能会影响结果，后续将进行进一步研究。

六、教学反思与启示

应用CHAT理论设计项目式STEM学习活动模型并进行教学实践，我们发现：

(一)STEM学习活动模型有助于STEM技能的提高

不管是从整体上还是从分维度来看，依据STEM学习活动模型进行的教学实践对STEM技能的形成和提高都有促进作用。随着活动的进行，概念向行为转变，行为向能力转变，个体活动向小组互动转变，STEM技能建构过程变得越来越复杂，产生了基于规则而又超越规则的思维体系，形成了高级和复杂认知加工过程。因此，在项目式STEM学习过程中，教师要基于内容设计从概念到行为的活动路径，探索从个体到小组的协作机制，逐步转变自我的教学角色，增加能力导向的创造性活动，使学生形成能进行问题解决的STEM技能。

(二)STEM学习活动模型创建的协作分工学习氛围有助于发展高层级的STEM能力

在项目式STEM学习中，使学生获得较高级别的STEM技能是教师一直关注的教学目标。我们认为，初级水平的STEM技能包括事实、概念、术语等概念性知识和事实性知识，中级水平的STEM技能是以程序性知识和元认知知识为基础表现出的工程技术行为，包括与同伴的交流协作、问题解决、技术决策等，高级水平的STEM技能是指依靠工程技术行为进行问题解决而所形成的能力。技术能力与技术行为之间有相互促进作用，如具备某种技术能力之后，新情境下的技术行为将会更加规范。

典型相关分析发现，良好的合作氛围有助于技术能力的提高。随着活动的进行，学生在小组协作过程中对问题的思考逐渐深入，探讨也更具有针对性，逐渐由初级的知识概念水平向高级的能力水平过渡，形成了稳定的个体素质。因此，在STEM学习过程中，教师应根据STEM学习内容将能力划分为由低到高的进阶水平，逐步进行培养和训练。最终，活动过程中的概念和技术要领相互作用共同促

进能力的形成,形成的能力又反过来促进概念和技术要领的发展。

(三)STEM学习活动模型有助于低水平个体STEM技能的提升

教育一直关注表现不佳的学生的发展,本研究亦是如此。研究数据显示:大部分低水平的学生在同伴协作中经历自我经验建构之后其STEM技能有较大提升,但两名女生的STEM技能没有提高,猜测可能是项目内容并没有激发其学习积极性,性别可能是重要的影响因素。因此,在学习活动中,教师要充分评估学生的学习兴趣和积极性,在不同阶段对于学习态度散漫、产生情绪倦怠的学生应及时给予针对性的建议与引导。

七、结束语

本研究是初次将CHAT理论运用于项目式STEM学习活动之中,在教学实践过程中还存在一些问题和需要完善之处:一是教师方面,虽然两位教师都具有良好的专业素质,但是还没有全面的理解依据CHAT理论所设计的STEM学习活动模型的内涵,在教学过程中不能灵活地转变角色,适应师生分工的变化;二是学生方面,由于认知水平仍处于快速发展阶段,不能很好地理解和内化某些对于学习内容来说非常重要的知识和概念,这给后续的技术行为带来了一些阻碍;三是STEM学习活动模型本身,虽然我们的研究显示STEM学习活动模型能全面促进STEM技能的提高,但是运用该模型,并非意味着就能如此。由于项目内容、研究样本等原因,研究结论在其他情境中可能不具有适用性,该模型的效果仍有待进一步教学研究的考证。

参考文献:

- [1] 詹青龙,许瑞.国外STEM教育研究的热题表征与进路预判——基于ERIC(2005-2015)的量化考察[J].中国电化教育,2016,(10):66-73.
- [2] 赵兴龙,许林.STEM教育的五大争议及回应[J].中国电化教育,2016,(10):62-65.
- [3] 官芹芳.STEM+国际科学教育研究项目启动[J].上海教育,2014,(31):9.
- [4] Zhe J, Doverspike D, Zhao J, et al. High School Bridge Program: A Multidisciplinary STEM Research Program[J].Journal of Stem Education Innovations & Research, 2010,11(1):61-68.
- [5] Fantz T D, Grant M R. An Engineering Design STEM Project: T-Shirt Launcher[J]. Technology & Engineering Teacher, 2013, 72(8):14-20.
- [6] Parker J, Lazaros E J. Teaching 21st Century Skills and STEM Concepts in the Elementary Classroom[J]. Childrens Technology & Engineering, 2014,18(4):24-30.
- [7] Fulton K, Britton T. STEM Teachers in Professional Learning Communities: From Good Teachers to Great Teaching[M]. Washington, DC: National Commission on Teaching & Americas Future,2011.32.

- [8] Merrill, C., Comerford, M. Technology and mathematics standards: an integrated approach[J].Technology Teacher,2004,(64):8-12.
- [9] Horton R M, Hedetniemi T, Wiegert E, et al. Integrating Curriculum through Themes[J]. Mathematics Teaching in the Middle School, 2006,(11):408-414.
- [10] Hung D, Tan S C, Koh T S. From Traditional to Constructivist Epistemologies: A Proposed Theoretical Framework Based on Activity Theory for Learning Communities[J]. Journal of Interactive Learning Research, 2006,(17):37-55.
- [11] Lantolf J P. Sociocultural Theory and L2: State of the Art[J]. Studies in Second Language Acquisition,2006, 28(1):67-109.
- [12] 吴刚,洪建中,李茂荣.拓展性学习中的概念形成——基于“文化—历史”活动理论的视角[J].现代远程教育研究,2014,(5):34-45.
- [13] Roth, M.W. Activity theory and education: an Introduction[J]. Mind, Culture and Activity,2004,11(1):1-18.
- [14] 傅骞,刘鹏飞.从验证到创造——中小学STEM教育应用模式研究[J].中国电化教育,2016,(4):71-78.
- [15] 卢强.课程学习活动设计重审:活动理论视域[J].电化教育研究,2012,(7):95-101.
- [16] Engeström. Learning by expanding: An activity-theoretical approach to developmental research[M]. UK: Cambridge University Press (Second edition),1987.
- [17] 王旭卿.面向STEM教育的创客教育模式研究[J].中国电化教育,2015,(8):92-93.
- [18] 丁邦平.国际科学教育导论[M].太原:山西教育出版社,2002.227.
- [19] Pearson G, Young A T. Technically Speaking: Why All Americans Need to Know More About Technology[M]. Washington, D.C.: National Academy Press,2002.
- [20] 唐勇.高中生合作学习问卷的编制及信效度检验[D].成都:四川师范大学,2012.

作者简介:

首新:在读博士,研究方向为科学教学心理、科学课程与教学(shouxing2461@163.com)。

胡卫平:教授、博士生导师,研究方向为科学教育、心理发展与教育(weipinghu@163.com)。

STEM Project-based Learning from the Perspective of Cultural-Historical Activity Theory in Primary School: an Exploratory Study

Shou Xin¹, Hu Weiping¹, Wang Bimei¹, Chen Mingyan²

(1.Key Laboratory of Modern Teaching Technology, Shaanxi Normal University, Xi'an Shaanxi 710062; 2.Chongqing Yubei District Tianyi Primary School, Chongqing 401147)

Abstract: With the social requirement of creative inter-disciplinary talents is on the rise, STEM Project-based Learning aiming at cultivating innovation capability has popularized in most countries. In this study, STEM Projected-based Learning Activity Model is constructed from the perspective of Cultural-Historical Activity Theory to explore the learning activity process from concept learning to ability cultivation, and from individual to group. Based on analyzing the develop trend of STEM ability through triangulation, we found that STEM Projected-based Learning Activity Model can enhance STEM ability, especially high level STEM ability, and low level students' STEM ability.

Keywords: Cultural-Historical Activity Theory; STEM Education; Projected-based Learning; STEM Literacy

收稿日期: 2016年12月2日

责任编辑: 宋灵青

(上接第32页)

[33] 傅骞,刘鹏飞.从验证到创造——中小学STEM教育应用模式研究[J].中国电化教育,2016,(4):72-73.

作者简介:

蒋志辉: 副教授, 研究方向为教育信息化、信息技术与课程融合(68001110@qq.com)。

赵呈领: 教授、博士生导师, 研究方向为教育技术学

理论、方法与应用、教育信息处理、教育信息资源设计与开发。

周凤伶: 在读硕士, 研究方向为教育信息处理、教育信息资源开发。

梁云真: 在读博士, 研究方向为教育技术理论及应用、教育信息化。

黄琰: 在读博士, 研究方向为教育技术理论及应用、教育信息化。

A Study on the Strategies of Cultivating Primary and Middle School Students' Learning Power in the Context of STEM Education

Jiang Zhihui^{1,2}, Zhao Chengling¹, Zhou Fengling¹, Liang Yunzhen¹, Huang Yan¹

(1.School of Educational Information Technology, Central China Normal University, Wuhan Hubei 430079; 2.Department of Electronic and Information Engineering, Changsha Normal University, Changsha Hunan 410100)

Abstract: Learning power is one of the most important abilities of primary and middle school students in information age, and it plays a significant role in the students' growth and development. STEM education is committed to interdisciplinary knowledge to develop students' scientific inquiry and problem solving ability. The goal of STEM education is consistent with the students' learning ability, which is characterized by its core characteristics, curriculum design, learning process, design principles, educational applications to enhance students' learning motivation, learning ability, learning reciprocity, learning creativity and so on. The research builds up the learning power training strategy model based on STEM education. The model takes STEM curriculum as the core, the extracurricular activities as the extension, and the teacher quality as the guarantee. Finally, the paper discusses the design principles and process of courses based on STEM education to enhance learning power, and gives the concrete examples.

Keywords: STEM Education; Learning Power; Training Strategy

收稿日期: 2016年11月5日

责任编辑: 宋灵青