

美国校外 STEM 教育成效评价： 视角、框架与指标

陈舒¹ 刘新阳²

(1. 华东师范大学 教育学部教师教育学院, 上海 200062;
2. 山东师范大学 教育学部教育技术系, 济南 250014)

[摘要] 随着美国校外 STEM 教育的蓬勃发展, 开展有效的评价成为研究者和实践者的一致诉求。本文通过对权威报告及研究成果的分析, 勾勒出美国校外 STEM 教育成效评价的系统脉络: 以“学习生态系统观”作为统领视角, 强调评价的系统性和可持续性; 从“个体-项目-区域/共同体”三个层面出发搭建参考框架, 满足不同层面工作者的评价需求; 制定项目层面和个体层面的具体指征, 使评价更具操作性; 最后, 分析比较了中美两国校外 STEM 教育的实践土壤, 针对我国在评价工作中存在的问题提出若干建议。

[关键词] 校外 STEM 教育; 评价; 学习生态系统

[中图分类号] G434

[文献标识码] A

[文章编号] 1007-2179(2017)02-0102-09

近十年来, 美国青少年开展科学、技术、工程、数学 (Science, Technology, Engineering, Mathematics, 简称 STEM) 学习的方式发生了很大变化——突破传统学校的藩篱, 日渐呈现出学校课程学习与校外活动参与相结合、分科式课程学习与综合性项目学习互为补充的发展趋势。统计资料显示, 2014 年美国平均 4 个家庭中就有一名儿童参与校外 STEM 学习项目 (After school Alliance, 2015)。2015 年底, 奥巴马签署的《让每个学生成功法案》中, 校外 STEM 教育也被置于重要位置 (U. S. Department of Education, 2015)。尽管校外 STEM 教育发展势头强劲, 但有效的评价却相对滞后。美国校外教育联盟 (Afterschool Alliance) 和尼尔森 (Nielsen) 调研公司的相

关研究结果显示: 对于校外 STEM 教育的成效, 尚缺乏充分可靠的评价依据 (Change the Equation, 2011)。发展共识性评价、鉴别卓有成效的校外 STEM 项目, 已然成为重要课题 (National Research Council, 2015)。为此, 美国国家研究理事会 (National Research Council) 等机构针对校外 STEM 教育成效评价的理论与实践开展了一系列研究, 逐渐确立了“学习生态系统观”的理论视角, 初步形成了涵盖 STEM 学习生态系统不同层次和各类要素的评价框架与指征, 为校外 STEM 教育的良性可持续发展提供了重要保障。当前, 我国校外 STEM 教育正迈入蓬勃发展的新阶段, 解析美国在这一领域的最新进展, 可为相关研究与实践提供借鉴。

[收稿日期] 2016-12-20

[修回日期] 2017-02-24

[DOI 编码] 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2017.02.011

[基金项目] 2015 年度教育部人文社会科学研究青年基金项目“发展核心素质的科技类综合实践活动设计研究” (15YJC880047)。

[作者简介] 陈舒, 在读博士研究生, 华东师范大学教育学部教师教育学院, 研究方向: 学习科学、科学教育 (cherryshucs@gmail.com); 刘新阳 (通讯作者), 博士, 讲师, 山东师范大学教育学部教育技术系, 研究方向: 学习科学、教学设计、科学教育 (liuxinyang_sdn@163.com)。

一、评价视角:学习生态系统观

2014-2016 年间,美国国家研究理事会连发三份重要的 STEM 研究报告:《STEM 学习无处不在》《甄别并支持校外场境中卓有成效的 STEM 项目》以及《促进 STEM 区域劳动力生态系统发展实践》(Teacher Advisory Council & National Research Council, 2014; National Research Council, 2015, 2016)。在这些报告中,学习生态系统观已成为校外 STEM 教育成效评价中统领性的理论视角。

(一)STEM 学习生态系统观解读

STEM 学习生态系统视角以学习者为中心,将学习赖以发生的各种要素视为一个系统,以自然生态系统为隐喻,强调学习者、多样场景、学习共同体及文化要素之间的动态互动关系。构成 STEM 学习的要素包括:设计场景(如学校、俱乐部、博物馆等)、自然场景(公园、水系、森林等)、各类 STEM 相关人员(如教师、专业人士、业余爱好者、企业家等)以及日常情境(如各类媒体、社交场合、家庭生活等)(Teacher Advisory Council & National Research

Council, 2014)。

美国国家研究理事会在校外 STEM 教育研究中所采用的学习生态系统模型(见图 1)将学习者置于圆心位置,按照与学习者互动的紧密程度,划分出三个圈次:与学习者经验关联最为紧密的是最内层,它们是学习者直接获得 STEM 教育的活动场域,包括家庭活动、学校课程、校外机构教育项目等;对学习者经验有间接影响的要素置于中间,学习者在参与 STEM 教育活动中,与工作场所相关从业者、地理环境、社会组织等交互;最外层是由政府、习俗、历史及价值观等构成的社会文化境脉,它们在宏观层面塑造着内圈要素的形成,进而影响学习者的学习。在空间轴上,学习者与各圈层要素之间存在着认知、情感、社会的多维度互动。该框架特别标注了时间维度,这表明系统中的各个要素以及各要素间的互动绝非静止不变的。学习者的 STEM 学习经验是在空间和时间维度上累积演化的。

(二)学习生态系统观作为评价视角的现实意义

第一,该视角将校外教育成效评价与校内教育

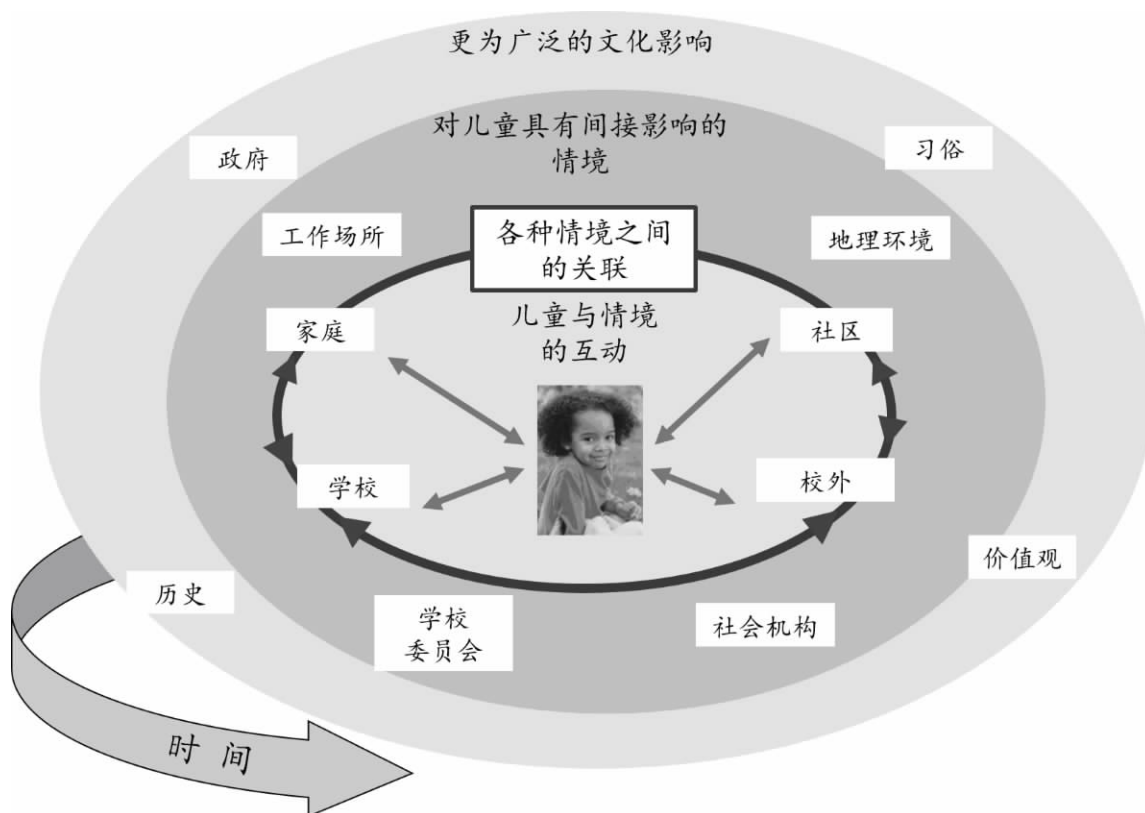


图 1 STEM 学习生态系统模型^① (National Research Council, 2015)

成效评价置于同等地位。在 STEM 学习生态系统中,“学校”只是作为教育活动发生的场境之一,与科技馆、博物馆、家庭、生活社区等并存。学校围墙并非“柏林墙”,在图 1 同一圈层中,每一场境自身的要素(包括教师、内容资源、工具条件等)彼此互联,互为给养;学习者受教育的过程就是在与不同情境交互的过程。校内与校外教育没有本质差别,但走出校门的 STEM 教育的确有独特性。因此,校外 STEM 教育评价需要一个既能呈现情境特征、又不受限于特定情境的一致性参考框架。

第二,该视角丰富了 STEM 教育成效的内涵,满足相应评价的持续性要求。一方面,评价“以学习者为中心”不代表“唯学习者对象”。在图 1 的生态圈中,任一活动的设计场景、供给资源、参与群体、发生背景及各种互动关系都在考察范围内。全面看待“成效”能够避免评价中“只见学习者不见学习”“只见树木不见森林”的现象。另一方面,教育成效的达成离不开过程性积累。从时空维度看,STEM 学习目标的达成,是学习者在不同阶段、不同场景中获得各种学习体验叠加和积累的结果。学习生态系统视角下的评价,从专注学习结果的评价转向面向学习过程的、可持续性以及发展性评价,不仅能为分析特定场景中的学习活动的效用提供支持,也能为增强特定 STEM 教育项目的可持续性发展提供优化设计依据。

第三,该视角与校外 STEM 教育特征紧密契合(Barron, 2015)。与校内评价相比,校外教育评价最难之处即在于无法标准化、也不能标准化。在活动设计方面,校外活动没有统一的内容标准、没有规范的课程资源、没有确定的发生场境;参与人员方面,师资配备多样、面向的学习者多样、获得的资金数量多样。可喜的是,充分的多样性和灵活性,正是生态系统良性发展的必要条件。因此,学习生态系统观在指导校外 STEM 教育评价方面具有得天独厚的优势。

二、评价指导框架:

个体—项目—区域/共同体^②三层架构

学习生态系统观是考察校外 STEM 教育的大视野,因此需要借助适当的取景框,呈现该视野下的教育成效。“三层面校外 STEM 教育成效评价框架”

(见表一)是美国国家研究理事会推荐的顶层参照架构(Teacher Advisory Council & National Research Council, 2014)。该框架认为,校外 STEM 教育成效囊括了学习者个体、STEM 教育项目及区域/共同体三个层面,各层面的评价侧重点不同,能满足一线教学者、项目组织策划者、区域政策制定者、投资者各自关心的评价数据。

表一 三层面校外 STEM 教育成效评价框架
(National Research Council, 2015)

| 层次 | 评价的关注点 |
|----------|--|
| 个体层面 | <ul style="list-style-type: none"> - 学生在 STEM 领域获得的智力发展 - 学生对 STEM 领域所建立的积极态度 - 学生在有关 STEM 领域的终身学习、专业学习及职业生涯等方面取得个人视野的拓展 |
| 项目层面 | <ul style="list-style-type: none"> - 项目所提供的学习资源与学习机会 - 项目用以支持青少年多维度(心智、社会以及情感)参与学习活动的方式 - 项目与青少年的兴趣和生活经验的契合程度 |
| 区域/共同体层面 | <ul style="list-style-type: none"> - 区域/共同体提供的 STEM 学习机会的普及程度和多样程度 - 区域/共同体用以支持优质 STEM 教育项目发展的资源与机制 - 区域/共同体对各类场景的(校内、校外、场馆等)STEM 教育所发挥的整合与衔接作用 |

(一)三层面评价在学习生态系统的映射区

在个体学习者层面,评价反映出青少年在校外 STEM 活动中主观经验的积累与发展状况,全面涵盖知识、技能、情感、态度及价值取向等多个维度,从个体角度考察 STEM 教育目标^③的达成度。该层面聚焦明确,以位于生态图圆心的学习者作为评价对象。项目层面的评价侧重考察分布于不同场景之中、具有不同形态的 STEM 项目在开发学习资源、提供实践参与、优化教师队伍等方面为学习者提供的支持。在生态图中,主要的关注区块是最内圈与圆心的互动。区域/共同体层面的评价,重点检视资源整合机制,反映 STEM 教育生态图的完整勾勒情况。

值得注意的是,三层面的评价结果是相互依存、紧密关联的。譬如,个体层面的评价结果可以作为项目层面、区域/共同体层面的评价依据;项目层面、区域/共同体的评价结果可以作为个体层面成效归因的依据。

(二)三层面评价框架是落实“学习生态系统观”的有力保障

1. 该框架能够呈现 STEM 教育各要素及其互动关系的动态发展。在校外 STEM 教育开展过程

中,并不是只有参与学习者个体发生了改变,项目自身的材料内容形式、项目开展以来组建的共同体、置身的社会环境等都处在流动之中。项目和区域/共同体的评估,能够捕获系统中各要素的状态及效用。例如,教育实施过程中涉及 STEM 领域的新进展、一线教学者和教学管理者的人员调整。

2. 该框架能够应对校外 STEM 学习因素的多重性影响(Traphagen & Traill, 2014)。从图 1 可以看出,学习者除与项目直接交互外,还与外在区域/共同体产生间接互动;项目的各要素(如项目一线教学者、项目管理者等)与学习者互动,又与所在区域/共同体互动。如果只关注学习者和项目实施层面的情况,很容易把影响学习成果的原因归咎于教学设计这类中微观层面,外圈的影响要素自然被排除在外。这样一来,评价数据就有失偏颇,无法很好地指导项目的改进。

3. 该框架能够追踪校外 STEM 教育的长期效能。以往的评价无论是针对个体学习结果还是项目实施安排,主要关注的是项目短期的结果。三层架构框架使得生态观所要求的长期的、延续的评估成为可能。个体层面的测量结果可以作为项目层面的形成性评价数据,指导项目的设计和和实施;项目层面的测量结果可以作为区域/共同体层面的形成性评价结果,告知整个区域的领导者各项目成效,统筹配置各类 STEM 资源。

(三) 三层面评价框架的操作

首先,校外 STEM 教育的不同参与者选择自己适宜的层面框架,获得所需的评价数据。一线教学者需要具备开展个体层面评价的能力;STEM 校外教育项目管理者能够收集项目层面的信息;区域 STEM 教育政策制定者应当对区域/共同体层面的数据加以分析。

其次,运用非干扰性测量工具进行个体层面的成效评价。传统课堂中,教师和学生都已习惯把纸笔测试作为测评的主要手段。但在校外活动,这类测试会打断学习者的参与进程,甚至可能造成情感参与的倒退。研究者试图将评估嵌入活动本身(如开展游戏、创设挑战)或参与者的自然交互中,尽可能确保个体层面评价数据的信度和效度。

再次,在项目层面的评价研究中,STEM 项目的“中介机制”(brokering)是颇为引人注目的(Bevan

et al., 2012; Meyer, 2010)。顾名思义,“中介者”连接着学习者与 STEM 相关的学习从业机会,能使学习者接触更广泛的专业人员。对此机制的评估主要针对“何种要素发挥了中介作用”“如何发挥中介作用”等问题展开(Ito et al., 2013)。此类研究充分体现了学习生态观的理论视角:一方面,从外部资源和环境着手检视塑造个体学习者主观经验的客观因素,另一方面,为评价者考察区域/共同体层面资源与活动的整合提供了途径。

第四,在区域/共同体层面的评价中,STEM 教育“资产地图”(assets map)正成为当前重要的评价工具。所谓“资产地图”,是对特定区域或 STEM 教育共同体拥有资源(如场馆资源、人力资源、智力资源及财政资源等)的系统整合(Beaulieu, 2002)。“资产地图”主要发挥两方面的作用:一方面,借此 STEM 项目的资助方、政策制定者和组织者可以确认所拥有的教育优势资源,并获得利用程度及教育效能的评价数据;另一方面,可以对区域或共同体之间进行比较,有助于取长补短,促进更大范围内 STEM 学习生态系统的均衡和可持续发展。

三、项目层面的评价指标

如上所述,STEM 教育各方首先培育了“学习生态系统观”的视角,根据自身需求,选择框架的某一层面(或某几个层面)开展评价活动。具体评价则要根据具体指标,收集数据进行分析。在项目层面,评价指标由参与性、適切性和整合性构成(National Research Council, 2015)。它们既体现了对学习主体性和学习体验的重视,也反映出对 STEM 项目所发挥“中介效用”的关照。

(一) 参与性

参与性指项目本身具有吸引力,能够使青少年持久地投入 STEM 教育实践。参与的意涵不仅表现在参与规模、参与时间上,更在于学习者的投入程度,即学习者有没有全身心地浸润于学习之中。例如,在面对困难时,有没有主动寻求新的解决路径;在与同伴开展协作式问题解决过程中,是否积极沟通、做力所能及的贡献;在开展 STEM 相关实践过程中,是从认识论层面感受到必要性,还是为使教师满意展开的“伪实践”。鉴于 STEM 领域主题的特殊性,这里的参与过程是一种具身认知的过程,是优质

教育成效的前提和有效保证。

对“参与性”的直接评价可以借鉴国际课堂参与方面的研究成果,运用在学术研究领域已经涌现出的自我报告、访谈、视频分析等测量办法(Azevedo, 2015)。“参与”包含了智力、情感、行为、社会交往多种成分,需要根据实际情况,选择适当的方法。衡量“参与性”也可以从项目设计开发中获取间接证据。譬如,真实性问题情景的创设、推理建模等实践行为的引发、包容轻松的团队氛围的形成,这些外部特征或多或少地塑造着项目的“吸引力”,间接地表征了项目的参与水平。

(二) 適切性

適切性指项目能对学习者迥异、变化的信念系统、社群文化和个人知能作出及时回应。在工程设计中,首要步骤就在于对用户群特点和需要进行详尽分析(Hall, et al, 2012);在生态系统的隐喻中,只有维持环境的多样性,才能保持不同生物的存活繁衍。相较课程标准统一的学校教育,校外教育的精髓之一就在于灵活和个性化。项目的適切水平有助于提升学习者参与度,维持 STEM 教育生态系统的良性发展。

因此,评价项目的“適切性”一方面要看特定项目与其参与学习者的联结。项目在设计、开发、实施的过程中,是否结合了学习者对 STEM 的文化信念(例如,擅长文科的学习者如何看待自己与 STEM 学习的关系,对 STEM 相关工作的兴趣点在何处);是否考虑了学习者与 STEM 相关的既有实践(如学习者擅长的 STEM 操作活动、熟练的 STEM 行业话语);是否囊括超越 STEM 领域的知能或态度(例如,学习者对失败的认知和处理,因为“遭遇失败”常常是 STEM 项目学习中的必经之路)。另一方面,“適切性”应考量项目与当地社群资源的適切程度。在内容选择上,每一地区都存在着与 STEM 领域相关的地域问题,如本地自然物种的生衍保护问题。在 STEM 职业机会的拓展上,有的地域以新兴网络技术为突破口,有的地域则仍主要集中在传统重工业。由此来看,项目的適切性不仅体现在对学习者自身需求的回应上,还体现在对本区域 STEM 教育优势与教育需求的响应程度上。

(三) 整合性

项目的“整合性”包含两个层面:一是项目在设

计、实施、开发过程中对各类人力物力资源的整合;二是对学习者已有学习经验的整合。“整合性”是学习生态系统观在项目评价中的体现。

整合性体现在项目各利益方伙伴关系的建立。已有研究与实践表明,建立有效的伙伴关系可以为 STEM 教育带来“令人惊奇的力量”,解决实践面临的挑战(Maltese & Tai, 2010)。校外 STEM 教育的合作者涉及校外活动机构教学人员、正规学校教师、学术研究者、机构管理人员、政策制定者、青少年所在家庭社区、投资方。需要注意的是,有哪些利益方参与、参与人数并不是整合性的决定指标。关键在于,合作者之间是否尊重和珍视彼此的专长,培植了共同的目标,将彼此的人力、物力、场地资源进行集中和统配。譬如,STEM 教育科研工作者在校外 STEM 教育项目的开发中,是对既成项目进行后续调整,还是从伊始就持续跟踪;是以外部指导者的身份点评建议,还是以内部开发者的身份开展磋商;是只为项目本身给予贡献,还是对相关资源的持续发展提供帮助(譬如,为教学者开设具有拓展力的 STEM 教学专业发展项目)。

整合性意味着项目能够连接学习者在不同场景中累积的经验。任何场景都是 STEM 学习旅程的某一加油站(Falk & Dierking, 2000),校外 STEM 教育培育的是终身学习者。以图 1 为例,在空间横轴上,校外 STEM 项目支持青少年将学校、校外学生活动中心、博物馆、家庭的学习所得融通在一起;在时间纵轴上,项目能够依据 STEM 素养的螺旋式培育目标给自身定位。这是“学习生态系统观”视角下学习者 STEM 学习的深化与发展。

“参与性”“適切性”“整合性”三大指标并非彼此独立,对整个项目的效用是相互联系、协同共进的。项目的“学习者需求適切”和“学习经验整合”能够更好地提升“参与性”水平;项目的“学生参与度”和“地域適切性”又能够增强项目的“整合性”程度。根据上述评价标准进行评价,有助于探明“中介机制”的运作,即项目分析了特定学习者需要怎样的 STEM 学习或工作机会(適切性评价),引入了学习生态中何种新资源(整合性评价),使学习者在多大程度上投入到拓展性 STEM 活动中(参与度评价)。

四、个体层面的评价指标

学习者的学习成效是校外 STEM 教育成效的重要指标之一。各方对学习者的期待也不相同。要清晰地鉴别学习者的学习成效,亟需利益各方达成一致。为此,美国校外教育联盟利用德尔非法分别选择了 55 位项目提供专家(致力于教育项目的设计与组

织、促进相关教师专业发展以及推广项目成果的工作者)和 25 位项目支持方专家(投资方、州教育部门代表、各级政策制定者)开展“背对背”调查,以发展性评价的眼光审视学习成果,建立了用于评价学习者校外 STEM 学习成效的二级指标框架(见表二)(Afterschool Alliance, 2013)。

首先,表二并非是校外 STEM 学习结果的强制

表二 个体层面校外 STEM 学习发展性结果与评价指标(Afterschool Alliance, 2013)

| 结果(Outcome) 通过校外 STEM 项目,青少年…… | 指标(Indicator) 你知道或者观察到青少年表现了…… | 二级指标(Sub-Indicators) 如果有适当的工具,你能够记录以下证据…… |
|--|-----------------------------------|--|
| A. 发展对 STEM 领域及其学习活动的兴趣 “我喜欢做这个” | 积极投入 STEM 学习活动 | 积极并持之以恒地参与 STEM 学习活动(示例:坚持完成某项任务或参与某个项目;积极分享知识与观点;表达参与活动的热情与乐趣) 寻求其它校外 STEM 学习机会(示例:注册其它项目;定期参与项目;能够报告在家中从事的与 STEM 相关的活动) 寻求校内 STEM 学习机会(示例:积极参加学校 STEM 活动;注册课程;选择专门的项目或者学校;学业成绩提升) |
| | 对 STEM 相关主题、概念或实践表现出好奇心 | 积极探索 STEM 相关的主题、概念或实践(示例:通过语言或行动探索概念;发现问题、提出假设并进行检验) 积极搜寻有关机械现象、自然现象或物件的信息资料(示例:通过网络搜索更多信息;获取 STEM 相关的书刊;观看科学电视节目) |
| B. 发展有效参与 STEM 学习活动的的能力 “我能够做这个” | 能够富有成效地参与 STEM 探究活动 | 表现出 STEM 知识(示例:表现出特定内容领域知识的增长;与日常生活建立联系;运用科学术语) 表现出 STEM 技能(示例:提出问题;测试、探索、预测、观察、收集和分析数据) 表现出对 STEM 探究方法的理解(示例:展示对科学本质的理解;基于证据进行推理和论证;开展工程设计实践) |
| | 能够通过实践学习 STEM 相关的生活与职业技能 | 表现出对开展 STEM 探究所需技术和工具的掌握(示例:具备运用测量工具和其它科学工具的能力;会运用计算机进行数据分析;形成交流研究的有效方法) 表现出参与团队 STEM 探究活动的的能力(示例:与团队成员保持有效沟通;与团队成员开展有效协作;在团队中展现出领导力) 表现出现实问题的解决能力来实施 STEM 调查(示例:进行批判性思考;提问、排序并进行推理) |
| C. 发展对 STEM 领域及其学习活动的价值认同 “这对我来说是重要的” | 理解 STEM 的社会价值 | 表现出对于 STEM 与日常生活(包括个人生活)关系的理解(示例:能够指出日常生活中的 STEM 事例) 表现出对 STEM 在应对重要的社会、地区及全球问题方面发挥作用的认知(示例:为解决社区需求的项目作出贡献;认识到 STEM 对于重大社会议题的潜在作用) 表现出通过 STEM 对社会作出贡献的意识(示例:参与社会服务与 STEM 学习相结合的项目) |
| | 认识 STEM 相关专业领域 | 认识到 STEM 职业的多样性及其与不同学科领域关联性(示例:具备关于各类职业的知识,了解各种职业与职位的工作场景) 具备有关 STEM 职业生涯的知识(示例:了解申请及获得 STEM 相关学位所需修习的课程;预备修习或正在修习 STEM 学位;明确表达对 STEM 职业或特定专业的兴趣) 认识到所有人都可以接触或从事 STEM 工作(示例:表达想要接触 STEM 榜样人物的愿望;明确表达关于 STEM 或相关专业的兴趣;想要成为供他人效仿的榜样) |

性目标,而是帮助评价者拥有同一套评价话语,在此基础上,为特定项目择选需要达成以及可能达成的目标。这样,不同项目间有了比较和借鉴的依据;所有项目成效也能累计,反映校外 STEM 活动对学习个体整体效能。

其次,由表二可知,校外 STEM 教育活动可以促使个体获得兴趣、能力、价值观的提升。价值观是认识论层面的指标,在更高层次上发挥作用,影响情感态度层面的获得。与校内评价对知能的重视相比,校外教育将儿童认识论、情感发展置于很重要的位置(National Research Council, 2009);在能力层面的发展性测量目标上,与 21 世纪技能、核心素养紧密相关的探究能力、现实问题解决能力被明确列为评价维度。

五、思考与启示

(一) 中美校外 STEM 教育的实践土壤

美国的“STEM”一词直指理工科人才培养,以满足国家创新人才需求和填充制造业的劳动力缺口。中国的 STEM 教育是从教育的中微观层次发起的。它通过借鉴发达国家成功教育经验推动国内“科学、技术、工程、数学”领域的教育变革,培育学生融通的视野和跨领域知能,为国家科技创新人才和高技能人才队伍储备力量。总体来说,我国的 STEM 教育目标与美国没有本质区别,但在国家产业经济结构迫切转型的背景下,STEM 教育更加突出“整合”活动在学生综合知能、创新能力培育方面的优势。

近年来,受国际非正式科学学习研究、创客空间建立的影响,以青少年宫、博物馆、科技馆、专门性 STEM 教育机构为载体的校外 STEM 教育实践纷纷涌现。情境性、多样、灵活的校外机构/场所被视为实现 STEM 教育的潜在载体,以往的校外科技实践活动在这一热潮中焕发了新的光彩。由此看来,校外教育活动和 STEM 教育活动是彼此依赖、互相促进的。在美国,无论是 STEM 教育的理论实践,还是校外教育活动都有数十年的发展历史,两者的结合有“一拍即合”之感,起到相互给养的作用:校外教育完整了 STEM 学习生态,STEM 教育丰富了校外教育活动的价值。美国强调评价,其目的在于验证校外活动的作用,从而赢得更多的资金支持。我国

的情势有所不同,STEM 教育概念是舶来之品,校外教育机构的效用还远未得到充分挖掘(目前在经济教育水平发达地区提升较快)。一些个人、团体引进国外 STEM 的完整课程后,即建立起盈利性教育机构,其成熟度可见一斑。STEM 教育和校外活动是如何结合的,学习者是如何开展学习的,项目活动的教育成效究竟如何,这些都迫切需要获取评价数据加以了解。

(二) 启示

在校外 STEM 教育成效的预期方面,我国与美国大致相同。美国所采取的评价视角、参考框架和测量指标有助于我国校外 STEM 教育评价系统的建立。就当前评价工作来看,相较于美国丰富的研究成果和实践经验,我们任重而道远。具体来说,我国 STEM 教育在实践层面上缺乏系统性的管理与评价机制,特别是在校外领域,缺少类似美国校外教育联盟这样的机构间协调组织,资源利用的效率和效益较低。理论研究层面尚未建立起一致性的 STEM 教育理论框架,评价方式和评价工具的研发尤为滞后,难以满足实践发展的需求。

1. 以系统化思维统整各类场景中的 STEM 教育评价

美国的研究证明,校外 STEM 教育活动对于教育目标的达成发挥着重要作用(Krishnamurthi et al., 2014; Afterschool STEM HUB, 2015)。这提醒我们必须转变“校内为主、校外为辅”的思维定势,以学习者素养的毕生发展为重点,将校外 STEM 教育的成效纳入重要的评价范畴。在这方面,学习生态系统观引领了评价方式的变革:统筹学校和各类校外机构(如少年宫、科技中心、博物馆、商业性质的创客空间等)的功能,打破不同组织机构“各自为政”的评价现状;加强学习者 STEM 学习经验的累积,转变结果导向、静态孤立的评价取向;重视各类场景在青少年 STEM 素养培育方面的突出特征,建立适应场景的弹性评价目标。

2. 尽快建立校外 STEM 教育的资质审查与评价机制

在我国校外 STEM 教育实践中,发挥作用的机构众多^④,但尚无针对上述机构及其相关工作人员资质的准入、认证机制,也无对其开发的 STEM 教育资源与活动的审查评价机制。现有评价工作对不同

场境的关注力度也不均衡,主要集中在与科技、教育部门关系较为密切的科技馆、区县科技站等机构,很少涉及近年来发展迅速的商业性 STEM 教育培训机构、家庭社区活动等。这种状况不仅造成了大量教育资源未被充分利用,也无法保障校外 STEM 教育活动的质量与实效。

因此,当前亟需建立面向各类校外 STEM 教育机构、从业者及教育资源的审查与评价机制。这是统合各类 STEM 教育的基础和前提,也是促进各类机构健康发展、提升 STEM 学习生态系统活力的必要保障。

3. 加强区域/共同体层面的评价,保障校外 STEM 教育机会与质量的均衡

当前我国不同地域间校外 STEM 教育机会与质量差异较大。从宏观层面看,区域经济发展水平的不同是造成上述差异的外部原因,主要表现为东部沿海经济发达地区与西部欠发达地区的差异。从微观层面看,宏观经济文化发展水平接近、STEM 教育软硬件资源水平相当的区县乃至市级行政区间也存在差异,这要归咎于辖区内资源统筹利用方面的差距。

“区域/共同体层面”评价提供了区域和共同体两种“视图”,并将两者有机结合起来。如果说“区域视图”呈现的是地理辖区的“家底”或“概貌”,“共同体视图”则是具体主题或领域范围内资源的“剖面”或“细目”。我们应当借鉴“资产地图”等工具,大力加强上述层面的成效评价。利用评价的导向作用,激励不同规模共同体的构建:在一致性目标的统领下,聚合 STEM 教育研究机构、场馆、学校、民间组织、企事业单位、政府组织等多方力量,激励组织机构间的优势互补、“盘活”地理辖区内已有 STEM 资源、挖掘地方教育特色。在提升区域内(这里的“区域”可以对应到我国的区县乃至市级行政区域)资源利用效率与效益的同时,促进区域间乃至更大范围内 STEM 教育的协同发展。

[注释]

① “STEM 学习生态系统模型”的理论原型是布朗芬布伦纳(Bronfenbrenner)1977年提出的人类发展生态模型,在2014年由美国国家研究理事会主办的“成功的校外 STEM 学习高峰论坛”(National Summit on Successful Out-of-School STEM Learning)上,利本(Liben)正式发表题为“STEM 学习生态框架”(An Ecological Frame-

work for STEM Learning) 学术报告。

② 本文的“区域/共同体”对应于原文三层次框架中使用的“community”一词。该词通常有两种含义:一是侧重于人或组织的“共同体”或“社群”,二是地理或行政管辖意义上的“社区”。鉴于相关文献中“community”一词兼有以上两种含义,且出于强调两个含义所对应的不同视角及其相互联系的目的,本文采取了“区域/共同体”的表述形式。另外,之所以采用“区域”而非“社区”,是考虑到“社区”一词在中文语境中主要指城市居民片区,而美国文献中 community 一词的含义更为宽泛。

③ 关于美国 STEM 教育的目标,被广泛引用的是国家研究理事会 2011 年提出的三项目标:1) 增加获得 STEM 领域高等教育学位并从事相关专业工作的人数,提升女性和少数族裔所占比例;2) 扩充具有 STEM 相关技能的劳动力数量,提升女性和少数族裔所占比例;3) 提升全体学生的 STEM 素养,包括那些不准备进入 STEM 领域学习和工作的学生。

④ 主要包括:科协系统所属的科技馆(科学中心)、青少年科学工作室、农村校外青少年科技中心等;地方政府及其教育部门、文化部门或群团组织(如妇联、共青团)主管的少年宫、区县科技站、博物馆以及具有科普功能的旅游景区等;被列入科技教育基地的高校实验室及高新技术企业;商业性质的各类校外科技教育机构。

[参考文献]

- [1] Afterschool Alliance (2013). Defining youth outcomes for STEM learning in afterschool [EB/OL] [2016-11-16]. http://www.afterschoolalliance.org/STEM_Outcomes_2013.pdf.
- [2] Afterschool Alliance (2015). Full STEM ahead: afterschool programs step up as key partners in STEM education. [EB/OL] [2016-11-16]. <http://www.afterschoolalliance.org/AA3PM/STEM.pdf>.
- [3] Afterschool STEM Hub (2015). STEM afterschool; it's time to activate [EB/OL] [2016-11-16]. http://www.afterschoolstemhub.org/assets/files/ItsTimetoActivate_Full.pdf.
- [4] Azevedo, R. (2015). Defining and measuring engagement and learning in science: Conceptual, theoretical, methodological, and analytical issues [J]. *Educational Psychologist*, 50(1): 84-94.
- [5] Barron, B. (2015). Formative assessment for STEM learning ecosystems; Biographical approaches as a resource for research and practice [EB/OL] [2016-11-16]. http://youthlab.stanford.edu/documents/Barron_NRC_PAPER.pdf.
- [6] Beaulieu, L. J. (2002). Mapping the Assets of Your Community: A key component for building local capacity [EB/OL] [2016-12-6]. <http://files.eric.ed.gov/fulltext/ED467309.pdf>.
- [7] Bevan, B., Bell, P., Stevens, R., & Razfar, A. (2012). Lost opportunities: Learning in out-of-school time [M]. Springer Science & Business Media.
- [8] Change the Equation (2011). Lost opportunity: Few U. S. students participate in STEM out-of-school programs [EB/OL] [2016-11-16]. <http://changetheequation.org/sites/default/files/CTEq%20Vital%20Signs%20Lost%20Opportunity.pdf>.
- [9] Falk, J. H., & Dierking, L. D. (2000). Learning from mu-

seums; Visitor experiences and the making of meaning [M]. Maryland: Altamira Press.

[10] Hall, T. E., Meyer, A., & Rose, D. H. (2012). Universal design for learning in the classroom: Practical applications [M]. York: Guilford Press.

[11] Ito, M., Gutiérrez, K., Livingstone, S., Penuel, B., Rhodes, J., Salen, K., Schor, J., Sefton-Green, J. & Watkins, S. C. (2013). Connected learning: An agenda for research and design [M]. BookBaby.

[12] Krishnamurthi, A., Ballard, M., & Noam, G. G. (2014). Examining the impact of afterschool STEM programs [EB/OL] [2016-12-01]. <http://www.afterschoolalliance.org/ExaminingtheImpactofAfterschoolSTEMPrograms.pdf>.

[13] Maltese, A. V., & Tai, R. H. (2010). Eyeballs in the fridge: Sources of early interest in science [J]. *International Journal of Science Education*, 32(5): 669-685.

[14] Meyer, M. (2010). The rise of the knowledge broker [J]. *Science communication*, 32(1): 118-127.

[15] National Research Council (2009). Learning Science in informal environments; people, places, and pursuits [M]. Washington, DC:

The National Academies Press.

[16] National Research Council (2015). Identifying and supporting productive STEM programs in out-of-school settings [M]. Washington, DC: The National Academies Press.

[17] National Research Council (2016). Promising practices for strengthening the regional STEM workforce development ecosystem [M]. Washington, DC: The National Academies Press.

[18] Teacher Advisory Council, & National Research Council (2014). STEM learning is everywhere: Summary of a convocation on building learning systems [M]. Washington, DC: The National Academies Press.

[19] Traphagen, K., & Traill S. (2014) How cross-sector collaborations are advancing STEM learning [EB/OL] [2016-11-16]. http://www.noycefdn.org/documents/STEM_ECOSYSTEMS_REPORT_140128.pdf.

[20] U. S. Department of Education (2015). Every Student Succeeds Act [EB/OL] [2015-12-10]. <https://www.gpo.gov/fdsys/pkg/BILLS-114s1177enr/pdf/BILLS-114s1177enr.pdf>.

(编辑:李学书)

Evaluating Out-of-School STEM Education Outcomes in the United States: Perspective, Framework and Indicators

CHEN Shu¹ & LIU Xinyang²

- (1. School of Teacher Education, Faculty of Education, East China Normal University, Shanghai 200062, China;
2. Department of Educational Technology, Faculty of Education, Shandong Normal University, Jinan 250014, China)

Abstract: *With the development of out-of-school STEM education in the United States, effectively evaluating their outcomes has become common pursuit of researchers and practitioners. Systematic evaluation approaches were found in official reports and research articles. "Individual-Program-Community" framework was constructed with systematic and consistent learning ecology perspectives. Indicators for successful individual learning and STEM programs were clarified in order to make evaluation works more practical. Compared with the U. S. practices, suggestions addressing China's local problems were made concerning out-of-school STEM education outcome evaluations.*

Key words: *out-of-school STEM education; evaluation; learning ecosystem system*