

基于建构主义教育理念的 科技馆 STEM 课程刍论

倪 杰 *

(上海科技馆, 上海 200127)

[摘 要]在国内科技馆遍地开花的 STEM 课程教育, 在其“原产地”美国的主体实施机构是学校。目前国内关于 STEM 课程教育尚缺乏行动的课程理论, 而在国内科技馆开展的 STEM 项目多属于引进性的案例, 围绕自身场馆展品、展项自主开发的项目较少。这些“放之四海皆可为”的案例, 使得科技馆开展 STEM 课程教育的必要性受到质疑。事实上, 科技馆的大部分展品、展项是跨学科的成果, 具有趣味性, 蕴含着丰富的工程、艺术的内容, 通过实际体验、操作, 可以在真实的情景中实现群体协同相互帮助、相互启发, 进行群体性知识建构。文章通过对 STEM 课程教育诞生的背景、教育特质的分析, 运用建构主义教育理论对科技馆开展 STEM 课程教育进行了理论上的探究; 最后运用建构主义教学模式, 以上海科技馆展项为例探讨了科技馆开展 STEM 课程教育的环节与方法。

[关键词] 博物馆教育 STEM 课程教育 建构主义 科技馆 STEM 课程理论 馆校结合

[中图分类号] G42 **[文献标识码]** A **[DOI]** 10.19293/j.cnki.1673-8357.2017.04.005

STEM 是科学、技术、工程和数学 (Science, Technology, Engineering and Mathematics, 简称 STEM, 融入其他学科后成为 STEM+) 等学科教育的一个缩写, 20 世纪 80 年代源于美国的学校课程教育改革, 迄今已成为由美国联邦政府自上而下推动的一项国家长期教育战略规划, 并以立法的形式加以推进。官方最早出现在布什政府的《美国竞争力计划》中, 旨在鼓励学生主修科学、技术、工程和数学, 培养其科技理工素养, 提高就业率、保持美国的科学和技术的世界领先和指导地位。长期以来, 美国的 STEM 课程教育主要在学校教育体系中开展, 引入我国后则盛行于非正规教育机构。

由于理论研究相对滞后, 国内外对 STEM 课程教育的研究尚缺少行动的课程理论^[1]。

随着 STEM 课程教育在国内科普场馆如火如荼的发展, 已经开始呈现出让人担心的大跃进预兆。很多 STEM 课程案例除了主题是科技以外, 大部分缺乏在科技馆的情景体验, 无法真正体现所在科技馆的特色, 更有一些项目属于产品宣传嫁接。曾有教育界人士质疑: “这些都能在学校、少年宫等只要有场地就能开展的课程, 为什么一定要搬到科技馆来做呢?” 确实, 目前很多科技馆为 STEM 课程贡献最多的是场地和客流资源, 而围绕自身场馆的展品、展项自主开发的项目较少, 科技馆变成

收稿日期: 2017-03-23

基金项目: 上海市教委、上海市校外教育协会 2017 年校外教育科学研究项目 (Z201701)。

* 通信作者: E-mail: nij@sstm.org.cn。

各路“STEM 培训机构”的秀场，高度的同质化使得科技馆“STEM”课程已经出现了泡沫化迹象。事实上，科技馆的大部分展品、展项是跨学科的成果，除了科学性还具有趣味性，蕴含着丰富的工程、艺术的内容。通过实际体验、操作，在真实的情景中实现群体协同，相互帮助、相互启发，进行群体性知识建构，应该能孕育出不同于学校与社会培训机构、具有科技馆特色的 STEM 课程。

1 STEM 是美国实用主义教育的产物

约翰·杜威（John Dewey，1859—1952），是美国著名哲学家、教育家，实用主义哲学的创始人之一，功能心理学的先驱，美国进步主义教育运动的代表。区别于传统教育“课堂中心”“教材中心”“教师中心”的“旧三中心论”，杜威提出了“儿童中心（学生中心）”“活动中心”“经验中心”的“新三中心论”。以此为基础的实用主义教育强调的是行动与效果，教育实施重视实际生活问题的解决，顾及受教育者的需求及其兴趣与能力。“教育即生活”“教育即生长”“教育即经验的改造”，这三个命题构成了贯穿杜威整个实用主义教育思想的主旋律。20 世纪 60 年代，布鲁诺又提出了“发现教育法”、施瓦布提出了“探究教学法”，这些实用主义教育理论、方法成为美国教育改革和课程开发的指导思想，形成了独具特色的美国实用主义教育模式。

1970—1982 年美国经济进入“滞胀”阶段，在此期间共经历了四次经济危机。然而，在生产下降和失业率猛增的同时，一反以往的经济危机时的常态，物价不但没有下跌反而普遍大幅度上涨，成为高通货膨胀率、高失业率和低经济增长并存的独特经济现象。在这样的背景下，1986 年美国国家科学委员会（NSB）发表了《本科的科学、数学和工程教育》^[2]，该报告首次明确提出“科学、数学、工程和技术”

教育的纲领性建议，被视作美国 STEM 教育的战略开端。STEM 教育逐渐成为美国以突破经济发展中的瓶颈、以科技带动经济增长和增强国际综合竞争力为目的的一次全国范围的长期战略性行动。

实用主义作为美国最具影响力的教育理念，在美国 STEM 教育政策中的影响处处彰显，美国的多项 STEM 教育政策均是根据现实需求制定的。如 2006 年美国第 109 届国会通过了国防部授权法案，其中有一项政策内容为：为增加国家安全人员中数学家、科学家、工程师和技术人员的数量，将 2005 年成立的“科学、数学和研究转化试验项目”定为永久项目；同时加强与各学校之间的合作，鼓励它们培养具有科学、技术、工程和数学素养的学生。再如，2010 年总统行政办公室（EOP）和总统科技顾问委员会（PCAST）共同发表的《准备与激励：为了美国未来的 K-12 科学、技术、工程和数学教育》提到，美国在 21 世纪所取得的成功主要得益于人力资源，这是国家最重要的资产，其价值的大小越来越取决于科学、技术、工程和数学教育（STEM）资源。美国总统奥巴马在 2013 年国情咨文中还提及，“为了让高中生能在瞬息万变的经济信息时代更好地获得科技知识和技能，我宣布将为美国高中提供一种新的发展可能性。我们将奖励与大学以及企业建立合作关系的学校，此后将全力专注于为这些学校提供所需的 STEM 课程。这一趋势既适应了当下社会对 STEM 人才的需求，也满足了未来社会对这些专业人才的潜在要求”。该声明旨在培养美国高中生的 STEM 素养，为其今后进入大学做铺垫，也为将来进入社会做好充分准备。在同一年颁布的《联邦 STEM 教育五年战略计划》政策文本中对本科生也提出了同样的要求，明确“致力提高 STEM 本科生教育，力争未来十年在 STEM 领域增加 100 万名本科毕业生”。这种对 STEM 领域本科生的大量需求，

反映了当前美国 STEM 人才的供给不足,也显示了“教育根据社会的实际要求而培养市场所需的人才”的实用主义思想。

美国的 STEM 教育已有近 30 年的历史积淀,其特点是由政府顶层设计,并集结各方力量,共同促进 STEM 教育发展。美国联邦政府、各州各地方政府、相关研究机构、非营利组织以及社会人士等投入了大量的资金和人力,为创新性人才的培养提供支持。正如 2015 年奥巴马所提到的:“我们正在为培养具有问题解决能力、批判性思维、STEM 素养的学生做出努力。挑战虽然不少,但做出的努力是有价值的,至少目前已经产生了效果。”^[3]

一个有趣的现象是当我们在朝着美国的教育目标看齐的同时,美国也在参照我们的教育经验。2013 年颁布的《联邦 STEM 教育五年战略计划》的导言部分说道:“美国的本科学位中只有 19% 授予了 STEM 领域,而在中国有超过 50% 的第一学位授予了 STEM 领域。”^[4]显然,报告的作者将我国的理工科教育与美国的 STEM 教育相提并论。这个结论虽然不太科学,但同时也告诉我们,中国的类 STEM 学位占总学位授予数近半,且国家对这一领域的政策长期倾斜,但在科学技术领域却仍然落后于西方发达国家,特别在国防技术方面与美国存在较大差距。而即使在这种情况下,中国也被美国视作潜在对手。

然而我们的理工科教育在本质上与美国的 STEM 课程教育是有区别的。西方教育是一种尝试教育,让学生尝试、体验,在体验中发现难点,鼓励批判,容忍失败,由学生自己发现问题,在解决难点中积累经验得出结论。这种教育方式下获得的正是我们所缺少的探索能力。美国第三任总统杰佛逊曾为全美学生写下这样的誓言:“我保证使用我的批评才能,我保证发展我的独立思想,我保证接受教育,从而使自己能够自作判断。”在这种思维驱动

下获得的才是真正属于学生自己知识的成果。而我们的教育模式更多的是什么呢?在我们的文化中“质疑”“批判”权威往往被视为不敬,下级不敢“质疑”上级、学生不敢“质疑”老师、孩子不敢“质疑”家长。在实际教学中,首先将前人、成人的经验告知学生,在教师按照“教案”“规范”的一步一步指导下学习、实践,得到的结论通常是“逻辑性很强的”书本知识,结果往往很难跳出已有的固定模式。这种特质也令人担忧地出现在我们的 STEM 课程教育中,特别是富含很多学科概念、被很多大咖誉为“STEM 课程教育切入口”的机器人教育,在以非正规教育机构为主导的课程中,依然离不开跟着老师按部就班插插件、摆模块的模式。

2 STEM 课程教育的特征与建构主义

综合国内外研究成果,我们可以清晰地看到 STEM 课程教育有如下特征:

- (1) 基于真实问题解决的探究学习;
- (2) 强调学生在看似杂乱无章(主要体现在现代社会信息的错综复杂与多样性上)的学习情境中基于项目获得实践的体验;
- (3) 在应用数学和科学学科所学知识的同时,还能够进行创造、设计、建构、发现、合作并解决问题。

让·皮亚杰(Jean Piaget, 1896—1980),是近代最有名的儿童心理学家。他创立的日内瓦学派,坚持从内因和外因相互作用的观点来研究儿童的认知发展:儿童是在与周围环境相互作用的过程中,逐步建构起关于外部世界的知识,从而使自身认知结构得到发展。儿童与环境的相互作用涉及两个基本过程:“同化”与“顺应”。在此基础上,科尔伯格在认知结构的性质与认知结构的发展条件、斯腾伯格和卡茨等人对认知过程中如何发挥个体的主动性等方面作了认真的探索;以维果斯基为首的

维列鲁学派深入研究了“活动”和“社会交往”在人的高级心理机能发展中的重要作用^[5]。所有这些研究都使建构主义理论得到了丰富和完善，为实际应用于教学过程创造了条件。

建构主义学习理论认为，学习是认知者在原有知识经验的基础上，在一定的社会文化环境中，借助于他人（包括指导者和学习伙伴）的帮助，利用必要的学习资料（在博物馆主要是展品），主动对新信息进行加工处理、建构知识表征的过程。建构一方面包含对新信息的意义建构，另一方面也包含对原有知识与经验的改造和重组。由于学习者总是以自己的方式（这一点非常符合博物馆观众的特质）建构对事物的理解，不同的人看到的是事物的不同方面，不存在唯一标准的理解。因此，不能对学习者作共同起点、共同背景通过共同过程达到共同目标的假设，即学习者是以自己原有的知识经验为背景接受学习的，不仅是层次不同，更为关键的是类型和角度不同，故不能设想所有人都一样，而应以各自背景作为产生新知识的增长点，并通过学习者的合作与交流得以使理解更加丰富和全面^[5]。

建构主义学习环境一般包含四大要素，即“情境”“协商”“对话”和“意义建构”。其中“意义建构”是学习的最终目标。所谓“意义建构”是指：事物的性质、规律以及事物之间的内在联系，即所要学得的知识^[5]。在建构主义视野下，博物馆学习行为与学习环境的关系主要涉及以下三个方面：（1）与熟悉事物间的关系：前置知识的重要性。某些情况下，有些观众可能会出现前置知识不足；而有些观众可能会受困于前置知识所形成的成见。（2）与场地的联系：观众是否能在自由移动的同时精确定位、对博物馆环境感到舒适、释放因陌生环境而产生的心理压力，并产生安全感。（3）正确的方向感：观众能否随时了解下一步如何行动才能获得希望获取的信息。目前建构主义

教学的主流模式有随机进入模式、抛锚模式、支架模式三种。

STEM课程是基于真实问题解决的探究学习、基于设计的学习，它强调学生在看似杂乱无章（主要体现在现代社会信息的错综复杂与多样性上）的学习情境中发展设计能力与问题解决能力。在STEM课堂上教师围绕一个真实问题，促进学生参与到一个小组中去开展研究，期间有可能通过面对面或网络的方式与场内外学习支持者、学习伙伴开展交流。这些特质使得STEM课程教育非常适合使用建构主义的教学模式。

教育已经成为博物馆的核心职能之一，也是博物馆最高形态的职能，因为这种职能是博物馆收藏、研究、展示和传播能力的延伸，或者说博物馆教育正是基于这些职能的基础之上建构的。在“建构型博物馆”里，博物馆教育的实施正是通过为观众提供学习的适宜场所、设施、项目、环境以及必要的服务与引导来实现的。而我们的STEM课程正是基于前述STEM课程教育的特点，将建构主义的抛锚教学模式运用到博物馆教育中。

3 基于抛锚式教学模式的科技馆 STEM 课程教学环节与案例——以上海科技馆地震体验为例

3.1 课程的现实意义

地震精准的预报尚未实现，而地震又是“群灾之首”，科学合理地防震减灾显得尤为重要。人类对地震等自然灾害的发生无法预测或无法精准预测，在灾难来临之际，人类如何防灾减灾？我们又该如何教会儿童在突发情况下保护自己？

在311大海啸中，日本出了一个“釜石的奇迹”：一群小学生自救、互救，不仅自己活了下来，还救了自己的爸爸妈妈、爷爷奶奶。在我国，防灾减灾教育落后于发达国家，尤其

是针对儿童的教育相当薄弱。上海科技馆地壳探秘展厅中的地震、火山爆发、地动仪等展品、展项,真实再现了地震、火山爆发的场景;展示了中国古代科学家的智慧。利用这些展品、展项,通过实际体验、操作,可以在真实的情景中实现群体协同相互帮助、相互启发,进行群体性知识建构。

3.2 展品背景

在上海科技馆,有关地壳运动的展览位于地壳探秘展厅的地下一层。穿过石油、煤炭的空间,我们首先来到的是板块运动知识区,德国气象学家魏格纳在病榻上的“意外”发现,诞生了板块运动学说。展厅中央有一台张衡“候风地动仪”的复原品,模拟演示将告诉我们地震波的来源、方向。

在火山爆发的模拟体验区,我们可以体验夏威夷宁静式火山爆发的全过程。火山剧场主要播放世界上著名火山喷发时的情景,同时介绍了火山的相关知识。

穿过“海底隧道”我们来到了地震体验区,这里将感受到的是一场模拟大自然五至六级的地震,几分钟的体验,能让人亲身感受到大自然的威力。

3.3 课程标准

《上海市小学科学与技术课程标准(征求意见稿)》(2014)指出:“科学与技术课程以小学生能够亲历的家庭、学校、社区和自然等周围生活环境的事物与现象为主要学习载体,以小学生乐于参与的探究与设计活动为课程的核心构架。探究,包括提出需要解决的问题,通过观察与实验等方法收集证据,通过分析得出结论,并对结论进行交流、质疑、拓展或应用等实践活动环节;设计,包括发现需求,针对需求收集信息并进行构思与创新,加工与制作作品,并对作品与原先的构思进行评价与改进等实践活动环节。”^[6]小学阶段分为一二年级段与三至五年级段,阶段目标从情感态度

价值观、探究与设计和科技常识三个维度进行表述。情感态度价值观主要包括学生在学习过程中表现出来的对待周围事物、对待科学技术、对待科学技术与个人生活及社会发展关系的情绪反应、行为倾向和信念;探究与设计注重过程、方法和经历;科技常识则包括了解与科学技术相关的一些基本现象、事实与概念。在内容模块三:物质与材料(主题一:物质;主题二:材料;主题三:常用工具;主题四:建筑技术)中对两个阶段的认识对象;在内容模块七:地球与环保(主题一:地球)对小学生了解地壳、地幔、地核、火山、地震等都有具体的要求。根据这个标准上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会于2015年出版了九年制义务教育课本《科学与技术》^[7],其中二年级第二学期第六课是造房子、第七课是测量;四年级第二学期第七课是人类面对的自然灾害、第八课是小技工。《上海市中小学美术课程标准》对中小学生的美术能力培养在视觉性、审美性、创造性、实践性等方面做了具体要求^[8]。科技馆的STEM课程是小学防震减灾教育的延伸与拓展。上海市小学《地震》教学方案之活动设计(小本课程)见表1至表3。

建构主义抛锚模式,要求教学建立在有感染力的真实事件或真实问题的基础上。确定这类真实事件或问题被形象地比喻为“抛锚”,因为一旦这类事件或问题被确定了,整个教学内容和教学进程也就被确定了(就像轮船被锚固定了一样)。建构主义认为,学习者要想完成对所学知识的意义建构,即达到对这些知识所反映事物的性质、规律以及该事物与其他事物之间联系的深刻理解,最好的办法是让学习者到现实世界的真实环境中去感受、去体验(即通过获取直接经验来学习),而不是仅仅聆听别人(如教师)关于这种经验的介绍和讲解。由于抛锚式教学要以真实事例或问题为基础(作为“锚”),所以有时也被称为“实例式

教学”或“基于问题的教学”或“情境性教学”^[9]。

表1 活动一：了解地震引起的后果

学生活动	指导要点
观察：地震造成地面破坏图片	可以在课前让学生搜集各方面地震的资料，并通过交流加深对地震危害的认识
交流：自己所知道的关于地震引起的后果的信息	

表2 活动二：模拟地震的成因

学生活动	指导要点
讨论：模拟地震的成因，用什么来替代岩层、炙热的岩浆	在进行模拟地震成因的活动前，先让学生谈谈自己对地震成因的想法
交流：打算进行模拟活动的步骤	在模拟活动中应先让学生清楚岩层、岩浆的替代物是什么
模拟岩层在炙热的岩浆上会产生运动的操作	为什么要用酒精灯加热？这样，通过模拟活动学生容易理解岩层在炙热的岩浆中会运动，这是形成地震的一个重要因素
观察教师演示：手握长海绵两端，从两端向内挤压发生的现象	这个模拟活动应使学生理解岩层的挤压也是地震的原因之一
操作：手对桌上两块并靠的海绵（替代岩层），前后移动或上下运动	模拟活动后，让学生将模拟活动中见到的现象，联系到地球内部的运动情况去联想，通过交流，自己获得地震发生的原因是什么
交流：通过模拟活动，你知道地震的发生跟什么有关	

表3 活动三：讨论地震发生时的自我保护

学生活动	指导要点
讨论：科学家是怎样研究地震的	教师应使学生知道我国古代科学家张衡发明的地动仪是世界上第一台监测地震的仪器。随着科学的发展，现在的地震仪能自动记录各种地震时的信息资料
观察：张衡发明的地动仪与现在科学家使用的地震仪	地震监测预报很重要，但难度也很大。使学生了解一些震前预兆的异常现象，引起大家共同关注，如果预报准确，可减少重大伤亡和财产损失
阅读资料：了解震前地球表面出现的异常现象	讨论中教育学生：地震发生时，要沉着应付，采用恰当方法，紧急行动，达到自我保护的目的。例如：靠近门口的可立即冲室外空旷的地方；在室内的，应靠在墙角或躲在坚实的家具下面。但主震后应迅速撤离到室外，撤离时要保护好头部（练习册练习部分）
讨论：震时的自我保护	

3.4 教学环节

3.4.1 安全提示

STEM 学习环境必须让团队中所有学生都感到安全，这样学生才有可能敢于探索、承担风险并且参与到学习中去。

安全措施是设计和创建任何一个学习环境的首要因素，在整个学习过程中安全性都需

要时刻铭记在心。在开始进入STEM学习之前：

①协商并建立安全规则；②将安全规则和安全警示张贴于视觉最明显处；③大声朗读，签订安全协议；④组织综合安全教育和安全测试是非常必要的。

由于地壳运动的展览位于地壳探秘展厅的地下一层，为接近模拟地下空间和影片放映需要，展区灯光相对较暗；地面部分通道模拟地下洞穴石材，通过、停留必须注意安全；火山、地震模拟体验区栏杆外的区域暗藏机械设备装置，具有一定的危险性，禁止超越；设计制作中需要使用剪刀、热胶枪、美工刀等工具，作为课程的一部分老师必须强调安全注意事项。

3.4.2 前置评量与课前准备

博物馆的教育是基于观众已有经验的基础上开展的。我们假设的博物馆教育方式，即把博物馆与观众的关系定位于“知道的人”与“不知道的人”在博物馆这个场所发生的对话。那么博物馆要先对观众做了解：观众对他们生活周围环境的了解是什么？他们对物质与生命的信仰与态度是什么？在参与了博物馆所开发的展览、活动后，观众的态度会发生什么变化？也就是说这两者在博物馆会合时我们的前置假定是什么？为要了解这一层，我们就要做前置评量。这是一项在课程实施，甚至在课程制作之前就要做的评量，是为了检验教学的理念、目标，也为了建议课程设计方式而做的评量。评量是在课程进行之前就要先收集相关的信息，其目的是希望在进入时就尽可能避免出现错误。

学生课前对板块运动、地震、火山爆发、地动仪知识的了解程度，决定了老师的课程内容安排。学生三人一组，课前用五个与上述内容有关的关键词，描述他（她）们所知道的有关知识。并在家长协助下查阅有关资料。上课时每组选派一位代表，发表五分钟演讲。

3.4.3 创设情境（2 课时）

创设情境是使学习能在和现实情况基本一致或相类似的情境中发生。在老师带领下参观上海科技馆地壳探秘展厅地壳运动展览、聆听讲解，包括板块运动图文、地动仪模拟验震、火山爆发体验及短片观影、地震体验。这一环节能充分体现学校及其他教育培训机构所无法比拟的科技馆特色。

3.4.4 中期评量

中期评量的目的是对正在实施中的课程做多角度的技术测验。要测验出来课程设计的理念、内容是否正确，如果有不对时要如何改善。中期评量是伴随着课程的进展开展的。

3.4.5 确定问题（2 课时）

这一环节是选择出与当前学习主题密切相关的真实性事件或问题作为学习的中心内容。选出的事件或问题就是“锚”，这一环节的作用就是“抛锚”。

①板块模拟运动实验：使用材料为泡沫板；

两人一组面对面用手推压泡沫板，另一人记录（泡沫板变形、断裂）。

②观看影片《蟾童》，讨论展览以及影片中的问题。

3.4.6 自主学习（回家作业）

本环节不是由教师直接告诉学生应当如何去解决面临的问题，而是由教师向学生提供解决该问题的有关线索，并特别注意发展学生的“自主学习”能力。

寻求由老师提供的 20 个相关问题的答案（有些问题没有标准答案），我们推荐图书馆、互联网。

3.4.7 协作学习（8 课时）

协作学习是 STEM 课程教育中非常重要的一环，在这个环节中我们根据科学与技术课程标准设计了动手制作环节，包含设计、制作、测试评比、讨论、交流等，通过不同观点的交

锋，补充、修正、加深每个学生对当前问题的理解。也是本课程学生亲身体验 STEM 课程魅力的环节。

通过参观，学生了解了在砖混、带圈梁的砖混和框架三种不同结构的建筑中最抗震的是框架结构的建筑，我们现在所居住的房屋通常就是这种钢筋混凝土框架结构。我们的目标是每一组学生建造一座能够抵抗模拟地震的建筑模型^[10]。我们希望学生能够充分利用互联网，并通过尝试创新来完成自己的任务。

学生小组首先必须完成方案设计，其中最重要的部分是材料清单：数量与成本。对于建筑的基本要求是：①高度不低于 30cm；②底座面积不能大于 400cm²；③建筑内有足够的使用空间；④美观。

为以示公平，建筑主体结构需使用冰棍棒和胶黏剂。每组配置 500 根冰棍棒和 20 支胶棒（供热熔胶枪使用）来构建建筑结构。

建筑模型必须能够内部负载 1 公斤重量，并维持 30 秒不倒塌。同时模型必须能够通过地震模拟台的模拟地震测试。模拟地震测试由空载测试与承载测试两项组成。

小组的最终成绩由美感、设计、承重支撑、空载抗震、承载抗震的评分组成。测试结束后，各组进行总结，对设计、构建过程中遇到的问题及所得经验进行互相交流。

3.4.8 总结评量（效果评价）

由于抛锚式教学的学习过程就是解决问题的过程，由该过程可以直接反映出学生的学习效果。因此对这种教学效果的评价不需要针对学生进行独立于教学过程的专门测验，只需在学习过程中随时观察并记录学生的表现即可。但作为评量的最后仪式，我们让各组学生对于本主题以及活动中最关注的内容设问，由老师选出其中的一部分让学生回答，以辅助了解本课程实施的学习成果。

表 4 科技馆小学 STEM+ 防震减灾课程学习过程表

学习内容	教师行为	家长行为	学生行为	学习说明	备注
查阅板块运动、地震、火山爆发、地动仪及防震减灾的资料	通过学校老师向学生布置作业	指导孩子上网、协助查阅	分组查阅、整理资料，并找出五个与地震及防震减灾有关的关键词；由老师组织互相交流	参观科技馆前完成（前置评量）	馆外完成
参观地壳探秘展区	参观前进行安全教育。讲解内容根据学生前期对相应知识的了解程度进行调整，并回答学生提问		仔细听讲、认真思考，积极提问	参观中注意安全	进入中期评量馆内完成
板块运动模拟实验、观看《蟾童》	向学生提出关于地震的问题	每人准备一块不小于 20cm×10cm、厚度在 5cm 以下的泡沫板	两人一组面对面用手推压泡沫板，另一人记录现象		可在学校完成
建筑物与地震	在学生讨论后，总结三种不同结构的建筑		讨论建筑物结构的抗震性		可在学校完成
查阅资料，制作建筑材料清单，网购建材“冰棍棒”、胶棒，设计房屋图纸	提示：在工程开始前有预算、结束后有结算。材料是需要制定计划准备的	可利用生活中的例子，向孩说明做事先做计划的重要性。指导孩子上网、协助网购	分工协作，查阅资料，制作建筑材料清单，网购建材“冰棍棒”，设计、绘制房屋图纸	通过比价确定“供货商”，并记录货物到达时间。为日后进行“价格优先”还是“速度优先”选择做准备	可在学校完成
搭建“抗震屋”	① 高度不低于 30cm；② 底座面积不能大于 400cm ² ；③ 建筑内有足够的使用空间；④ 美观		分工协作，搭建并记录过程。修改完善。完成预算、决算表		可在学校完成（老师应特别注意热胶枪使用中的防烫伤安全提示）
抗震测试、评比	每两组平行在抗震测试平台进行比赛，按照上行所列四点为每组打分	家长代表参与打分	学生代表参与打分。评选优秀团队、优秀组员		馆内完成
总结颁奖	总结以上每个步骤中的经验、注意点，对学生的创意进行点评。为优秀团队、组员颁奖	家长代表参与过程的体会	学生代表谈体会	对本案的知识点再次总结，学生展示自己的成果。如时间允许可观看纪录片《釜石的奇迹》	馆内完成总结评量

4 回顾与反思

融合的 STEM 教育应具备包括跨学科、趣味性、体验性、情境性、协作性、设计性、艺术性、实证性和技术增强性等核心特征。本文介绍的案例利用科技馆的展品，融入了地球物理、地质、材料、工程、数学、语言表达、材料、建筑美学、金融贸易等学科知识与技能；在科技馆实物展品真实的情境下体验场景；构建问题，设计解决问题的方案；运用技术技能搭建

美观牢固的模型，验证解决方案的可行性。实践证明，建构主义抛锚式教学模式适用于以科技馆体验类展品为背景开发的 STEM+ 课程。在实际应用中可在标准抛锚式教学模式的基础上增减符合展品与学生实际的步骤。

纵观国内科技馆的 STEM 课程，大部分开展的一些项目是属于一次性的、以提高兴趣为主的探究互动或实质依然是教师主导下的学科 A + 学科 B 的探究式学习；还有些是“新

瓶装老酒”；更有小部分是跟着老师“动手做”。这其中既有对于 STEM 教育的理解不同的问题，也有课程实施中最大的问题——参与主体学生的不稳定，参与者的不稳定，导致协作小组的不确定。一次性课程在教育上称不上真正的课程。博物馆教育可以是引发观众的兴趣，但博物馆课程教育不能单纯仅达到引发兴趣的目的。实践证明，短课程（时间周期短、聚焦一个现实问题的解决）比较适合科技馆的 STEM 课程。地壳运动的内容切合小学科技教育目标，与小学科技教育课程内容完全吻合，在目前的环境下，利用与上海市教委联合开展的“馆校合作”——“博老师”研习会项目与学校直接对接；或利用科技馆会员俱乐部招募学生，将会大大提高课程的可操作性与有效实施率。

4.1 纯粹的实用主义教育思想的片面性

任何一种教育理论都不可能解决社会发展给教育提出的全部问题，实用主义教育也如此。我们在引入诞生在实用主义教育背景下的 STEM 课程教育时，要同时看到纯粹的实用主义教育思想的片面性。

首先，杜威认为，教育不仅是一般的生活，而且是儿童当前的生活。他所说的“生活”，是指儿童的生长要素，即游戏、讲故事、观察、手工。但除了这些生长要素之外，还有许多日常生活之外的东西。历史的经验，对未来的展望都应该是教育的一部分。我们的教育不能只重当下，不回顾历史，也不看未来。活在当下固然有其合理性，但不能极端化、片面化。教育是源于生活，又高于生活的社会活动。

其次，杜威认为，学校是社会的雏形，儿童在学校不是准备进入社会参加社会生活，而是在学校过的生活就应该是儿童当前的社会生活。这种认识抹杀了社会与学校的区别。固然，人的本质是一切社会关系的总和，每个生命个体都不可避免地要与他人以及社会产生

各种关系，幼儿也不例外，学校当然不可能与社会完全脱钩的“象牙塔”。但幼儿不是一个完整的社会人，幼儿阶段是其从自然人转变为社会人的学习阶段，故学校不能完全等同于社会。如果学校教育也像社会教育一般零散、重经验，那么培养出来的学生就缺乏系统的理论功底，而且会有急功近利的心态。

最后，杜威认为，教学过程应该是“做”的过程，教学应该从儿童的现实生活经验出发，儿童应该从自身的活动中进行学习。这种思想片面强调了直接经验，否定了间接经验；片面强调了感性知识，忽视了理性知识；降低了理论的作用（这些特征在我们的 STEM 教育，特别是“机器人教育”中已经有所表现）。结果是破坏了系统、普遍知识的学习；把系统科学知识的教学同实践绝对对立起来。

4.2 实用主义教育思想给我们的启示

虽然有以上缺陷，但毋庸置疑，杜威的实用主义教育思想给美国带来了教育振兴，促进了经济的发展。因此，我们要借鉴杜威“面向生活”的理念，尊重儿童的个性和兴趣，利用科技馆的展品资源，让学生在“真实的世界”中学习。通过适当的活动课程，使学生有效地参加活动课程，培养能力，在实践中提高学生的素质。“做中学”强调了训练独立思维的能力，这对于改革我们传统的教条主义和形式主义，忽视培养学生独立思维创新能力，戴着“探究”“STEM 课程”的帽子却依然让学生“跟我做”的科普教育，有积极的现实意义。科普创新，应该创造一个适合少儿天性的环境，激发他们认识周围事物的兴趣，促进其求真思维和创造性格的养成，培养他们的探索精神和创造能力。中国的应试教育使很多少年儿童丧失了应有的好奇心和创新意识。我们的科普教育应注重儿童良好的行为习惯与性格的养成，引导学生积极参与社会实践，亲自在“做”中潜移默化地接受教育，养成习惯。长期以来，

在我国的教育中,教育者是教育中的当然主体,教师怎么教,学生就怎么学,教师与学生是统治与被统治、主动与被动的关系。作为非正规教育的科普教育更应从活动中学、从经验中学,让学生成为“做的主体”,而不再是知识的被动接受者,他们都应该成为学习的主人,是知识的探求者,更是智慧的探索者。同时,教育者应该成为“助学者”,与学生建立起平等的关系,成为“共生死”的战友,师生之间不再是中心与边缘、教授与接受、主动与被动的关系,而应是主体间的平等交往、协商的关系。

在STEM教育方面我们比欧美起步晚了近30年,而在非正规教育机构方面,除了美国探索中心(由美国国家科学基金会资助向北美40多个科学中心、儿童博物馆等推广STEM项目)、康涅狄格科学中心(该馆曾向中国青少年科技辅导员协会提供了其开发和编写的三本STEM

案例集——《航空器》《升降机》和《桥世界》)等为数不多的机构以外,一直以来美国STEM课程教育的“主战场”都在学校教育。但是最近美国政府已经注意到,多年来STEM教育局限于单一的学校教育成效不甚显著,构建融正规教育、非正规教育与课外教育于一体,跨部门合作的STEM学习生态系统已经被提上政府的议事日程^[11]。作为国内非正式教育的主要机构,科技馆决不能满足已有的成绩,须得奋蹄直追,质的突破迫在眉睫。但是无论是从最初的STEM,还是后来成为STEAM(加上艺术art的“A”),再到最近的STREAM(加上写作writing的“R”),未来的科技馆教育都不是说要将过去全部推倒重来。最危险的是做科普教育的人跟其他行业的人一样,一有风吹草动,就全部快速地变化,然后就出现钟摆现象,这就是瞎折腾。教育经不起瞎折腾,教育需要细水长流。

参考文献

- [1] 李杨. STEM教育视野下的科学课程构建[D]. 杭州: 浙江师范大学教师教育学院, 2014.
- [2] National Science Board. Undergraduate Science, Mathematics and Engineering Education (1986) [EB/OL]. [2017-02-28]. <http://www.nsf.gov/nsb/publications/1986/nsb0386.pdf>.
- [3] The White House. Preparing Americans with 21st Century Skills Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education the 2015 Budget [EB/OL]. [2017-02-28]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/fy_2015_stem_ed.pdf.
- [4] The White House. Federal Science, Technology, Engineering and Mathematics (STEM) Education: 5-year Strategic Plan [EB/OL]. [2017-02-28]. https://www.whitehouse.gov/sites/default/files/microsites/ostp/stem_stratplan_2013.pdf.
- [5] 莱斯利·P·斯特弗, 奇里·盖尔. 教育中的建构主义[M]. 高文, 徐斌艳, 程可拉, 等, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2002: 3-31.
- [6] 上海市教育委员会. 《上海市小学科学与技术课程标准(征求意见稿)》(2014) [M]. 上海: 上海教育出版社, 2014.
- [7] 上海市中小学(幼儿园)课程改革委员会. 《科学与技术》(试用本) [M]. 上海: 上海教育出版社, 2015.
- [8] 上海市教育委员会. 上海市中小学美术课程标准 [M]. 上海: 上海教育出版社, 2010.
- [9] 戴维·H·乔纳森. 学习环境的理论基础 [M]. 郑太年, 任友群, 译. 上海: 华东师范大学出版社, 2002: 2-16, 54-78.
- [10] 埃里克·布伦塞尔. 在课堂中整合工程与科学 [M]. 周雅明, 译. 上海: 上海科技教育出版社, 2015: 118-123.
- [11] 赵中建, 龙玫. 美国STEM学习生态系统的构建 [EB/OL]. [2017-02-28]. <http://www.aisixiang.com/data/94832.html>.

(编辑 张南茜)