

科学课程标准对科技博物馆科学教育的启示

叶兆宁^①

【摘要】 本文通过分析，提出近年来科学教育的两个重要进展，一是对科学学习目标与过程的重新认识；二是STEM教育的异军突起。在进一步分析2013年美国颁布的《新一代科学教育标准》和我国刚刚颁布的《小学科学课程标准》中对目前科学教育变革应对的具体表现之后，对科技博物馆教育活动的设计提出三点启示：一是科技博物馆教育活动应该成为学生开展科学与工程实践的重要场所；二是科技博物馆教育活动设计需要考虑大概念和儿童学习的进程，开发适合不同年龄层次儿童需求的有结构的探索活动；三是结合STEM教育与创客教育，需要大力发展跨学科综合类学习活动。

【关键词】 科学教育；课程标准；科技博物馆；教育活动

The Inspiration of Science Curriculum Standards to the Educational Activities in Science and Technology Museum

Ye Zhaoning

Abstract: This paper analyses and describes two important advances in science education in recent years. The first is a new understanding of objectives and process for science learning; the second is the booming of the unique STEM Education. After conducted the further analysis on the Next Generation Science Standards (NGSS) enacted by American in 2013 and Science Curriculum Standard for Chinese Primary School released by MOE of China just now about the specific performance of science education reform, we draw 3 inspirations from the design for educational activities in science and technology museums: first of all, the educational activities of science and technology museums should become an important place for students to carry out the Science and Engineering Practice; secondly, the design for the educational activities needs to think about the big idea and the process of children learning and develop the structured exploration activities for children of different ages; thirdly, we need to develop crosscutting comprehensive learning activities aiming of combining STEM education with Maker Education.

Keywords: Science Standard, Curriculum Standard, Science and Technology Museum, educational activities

^① 叶兆宁：南京东南大学生物科学与医学工程学院副教授；研究方向：学习科学，科学教育；通讯地址：江苏省南京市玄武区四牌楼2号南京东南大学李文正楼3楼；邮编：210096；Email: yezhaoning@seu.edu.cn。

一、近年来科学教育的重要进展

进入 21 世纪以来，科学技术的发展突飞猛进，创新人才成为社会前进的有力推进器。教育学、心理学、认知科学、神经教育学等也因科技进步的推动而得以迅速发展，科学教育作为创新人才培养的重要基础，在近十年内取得了显著的进展。

（一）进展之一：对学习目标与过程的重新认识

最重要的进展来自于对科学教育目标与过程的重新认识。国际科学院联盟 2010 年的《科学教育的原则与大概概念》指出科学教育的主要目的应该是为了使每个人能够参与有依据的决策和采取适当的行为，这对保证他们个人、社会以及环境的健康和协调发展是重要的。^[1]紧接着的《以大概概念的理念进行科学教育》更加明确地指出科学教育的目的是培养知情的决策者，使学生具有进行正确决策的知识基础和能力。^[2]可见，学习的目的已经很鲜明地由记忆一大堆罗列的事实和知识转向帮助学生掌握和运用学科的核心概念；对学习过程的理解由单一的书本学习改变为知识与实践结合的产物，即不再把学习和实践割裂开来，而是在学习的过程中将学、做、思有机地结合在一起；而其中所提之“实践”，并非普通意义上的做，而是一种有意义的学科活动，须作为学生学习的必要方法，实践的过程是学习者主动参与建构、完善和运用学科知识去解释世界的过程，是个人融会贯通的过程，而不是一个生搬硬套的程序和单纯的技巧和方法训练。对学习的目标与过程的重新认识，改变着教育的方向，也改变着教育的理念与方法。

（二）进展之二：STEM 教育的异军突起

根据新的经济和技术发展的需要，社会对创新人才的需求越来越显著。这推动了科学教育领域另一个重要的进展，即越来越强调在科技教育中整合科学、技术、工程和数学，在 K-12 年级的学习中更广泛地推进以创新人才培养为目标的跨学科 STEM 课程。这与前一个进展中的教育目标不谋而合。STEM 教育的本质是在众多孤立的学科中建立一座新的桥梁，从而为学生提供整体认识世界的机会，通过把这四个领域学科知识和技能的整合到一种教学范式中，使学生学习的零碎知识变成一个相互联系、相互统一的整体，从而消除传统教学中各学科知识割裂、不利于学生综合解决问题的障碍，形成一种跨学科的学习方法。^[3]这一进展不仅带来了科学教育与其他学科教育的整合，尤其是工程与技术教育的整合，也带来了教学方法与学习过程的整合，促进了学生学习环境的变革，甚至将导致学校重新考虑运行的机制。以上两点进展被鲜明地体现在 2013 年美国颁布的《新一代科学教育标准》（简称 NGSS）和今年初我国教育部颁布的《义务教育小学科学课程标准》（以下简称《小学科学课标》）中。足以说明它们正在逐步影响教育的理念、本质和实施。

二、NGSS 和我国《小学科学课标》对科学教育变革应对的具体表现

课程标准是规定某一学科的课程性质、理念、目标、学习内容和实施建议的教学指导性文件，是课程编写、教学和评价的依据。

与美国第一个国家科学教育标准类似，NGSS 的诞生也是建立在十多年期间对科学教

育开展的众多实证研究的基础之上，是对第一个科学教育标准的继承与发展。NGSS 和其指导性文件《K-12 科学教育框架》给出 K-12 年级科学教育的两个主要目标：（1）为所有学生提供科学与工程教育；（2）为那些会成为未来科学家、工程师和技术专家的学生提供基础知识。即到 12 年级结束时，学生应获得足够的关于科学与工程实践、跨学科概念和学科核心概念的知识。通过学习和参与科学与工程实践而获得的洞察力和激发出的兴趣，有助于他们参与有关问题的公共讨论，批判地吸收与他们日常生活相关的科学信息，并能终生学习科学。^[4]标准强调科学工程的实践（Science and Engineering Practices）、跨学科概念（Crosscutting Concepts）、学科核心概念（Disciplinary Core Ideas）是 NGSS 的三个维度，也是教学围绕的三个维度，它们之间相互促进、互为补充且更具连贯性。NGSS 是国际上首次将技术与工程全方位整合进科学教育的国家标准文件，包括三个维度的每一个方面。它的颁布意味着在科学教育中开展跨学科整合的 STEM 教育成为必然。同时，通过核心概念的提出，给学生提供一个获取新知识的组织结构，使得 NGSS 不仅关注学生对学习内容的深入理解，也关注对内容运用的深入了解。而理解这些核心概念并进行科学与工程实践将有助于学生后续学习中培养其更广泛的认识和能力。

与美国不同，我国的科学课程标准在不同年段呈现也有所不同，幼儿园阶段与小学阶段的综合、初高中阶段的分科设置使我国的科学课程标准都需要相互连接。2017 年初发布的《小学科学课标》是近年来唯一发布的新标准，它与 NGSS 具有相近的教育理念

与观点：（1）以培养学生的科学素养，并为他们继续学习、成为合格公民和终身发展奠定良好的基础为宗旨；（2）以“科学知识”“科学探究”“科学态度”“科学、技术、社会与环境”为目标；（3）在课程内容中增设技术与工程的具体内容。^[5]

三、对科技博物馆教育活动设计的启示

科技博物馆承载着“教育、研究、收藏”三大功能，其中“教育”功能居于核心位置，且其作为非正规教育的作用越来越显著。^[6]科技博物馆从诞生至今始终在研究与学校教育的对接问题，包括如何与 K-12 的正规课程衔接紧密；如何开展校外教学、到校服务、资源出借、课程开发和教师培训等。自上世纪基于科学教育标准的课程教育改革以来，科技博物馆界就开始发生了令人关注的动向，例如展示教育的关注点由展品及其所承载的科技知识转为更为深刻的科学文化内涵、更多样化的教育形式等。很多博物馆在针对学校开展教育时明确提出：可以为学校学生提供一个积极的学习环境，同时满足国家课程标准教育和社会科学框架的需要。^[7]

为了实现与中小学校教育的对接，挖掘两者合作的潜力，美国博物馆的教育人员通过深入研究从幼儿园到高中学生的教科书，详细了解课程目标，明确教学内容、教学要求及教学目的，全面地把握学校课程教学进度和各个年级教学要求以及学生年龄特点，根据博物馆拥有的资源与课程目标相结合之处，精心制定有针对性的、广泛的、详细的学校计划，包括网站和教科书，以有效地补充和说明各个层次学校的课程，促使绝大多数的教育者对于组织和安排连续的、系

统的合作感兴趣。^[7]

欧亚戈在对美国科技博物馆近年的发展态势的分析中提出：在近十年里，K-12科学教育的变革更是深刻地影响着科技博物馆教育的发展，呈现出五个值得关注的发展态势，其中首要的态势即为科技博物馆教育与美国正规教育的紧密结合。具体表现在一方面各个场馆开展的学习单、参观访问、动手课程、科技竞赛、野外考察等教育活动与各州的课程标准对应；另一方面表现在美国的科技博物馆与各类STEM项目结合起来，在其中承担重要角色。^[6]这使得科技博物馆教育作为非正规教育的重要形式和内容，已成为美国推广与实施国家教育标准不可或缺的环节。

由此，在新的科学教育标准为课内教育带来新变革的大背景下，如何开展科技博物馆的教育活动是一个值得科技博物馆行业进行深入研究的课题。在此，笔者抛砖引玉，提出以下粗浅观点：

（一）科技博物馆教育活动应该成为学生开展科学与工程实践的重要场所

无论是NGSS还是我国最新的小学科学课程标准都将技术与工程引入了科学教育的领域，尤其是引入了基础教育的研究视野。然而科学与工程有联系也有区别，通过科学与工程教育实现的教育价值和意义也截然不同。但它们都需要实践，都需要通过经历实践的过程来建构理解。而工程实践具有一定的复杂性，需要有设备、场地、专业人员的支持，这对学校是一个巨大的挑战。尤其是基础教育的学校，很难在学校内拥有一批既懂理论又会技术的专业教师，也很难在学校中还原工程实践的真实场景。这一挑战给科技博物馆的教育带来了发展机遇，即通过科

技博物馆给学生营造出能真实开展科学与工程实践的环境、提供真实情境下的技术与资源支持。

同时促使在不久的将来会形成学校、社区、科技博物馆共同服务于科学教育的有利局面。科技博物馆的教育活动不仅将成为课内与课外科学教育结合的首选，也将成为所有人终身学习科学的必然场所。

（二）科技博物馆教育活动设计需要考虑大概念和儿童学习的进程，开发适合不同年龄层次儿童需求的有结构的探索活动

科技博物馆本身就是为了促进公众理解科学、了解物质世界和自然世界而设计的，是科学学习发生的重要场所。但相对于学校而言，发生在博物馆环境中的学习和经历是一种非正式的学习方式，其学习是通过个体与环境、个体与展品、个体与个体之间的交互进行的。^[8]

由新的课程标准不难看出，科学教育对学生思维能力的发展，对学生运用、分析、综合、评价能力的要求越来越高。这使得科技博物馆的活动不能仅仅停留在看一看、读一读、按一按、转一转的简单交互层面上，而是需要能切实引起儿童的思考和探索，依据儿童科学概念和能力建构的轨迹（即学习进程，Learning Progression）来设计展品与教育活动，帮助其建构正确的概念或纠正错误的概念。科学课程标准提供的是大概念，这指儿童需要学习哪些内容、掌握哪些技能；而学习进程提供的是儿童学习的路径，它告诉我们在什么阶段学习什么内容，以及怎样学习，建立怎样的模型将直接影响其决策判断能力、创新能力。

科技博物馆的教育活动不同于课堂里的

教学活动，其形式多样，时间灵活，对象基础复杂。正是如此，则更需要在活动设计时考虑学习者的已有经验和学习基础，考虑课程标准所提供的大概念和学习进程，开展有针对性的教育活动，开发适合不同年龄层次儿童需求的有结构的探索活动，以真正达成激发学习者兴趣、促进其高阶思维发展的教育目标。

（三）结合 STEM 教育与创客教育，需要大力发展跨学科综合类学习活动

STEM 教育与创客教育的兴起，是社会对创新人才需求的体现，也是一种以培养学生核心素养和综合能力为导向的跨学科综合类学习活动。近五年来，随着学校教育对 STEM 需求的发展，越来越多的科技博物馆正在设法把创客教育和 STEM 教育整合到自己的教育内容和体系中。其实，科技博物馆引入创客教育带来的不止是物理空间上的变化，也是对科技博物馆学习的再一次思考。它与原有的场馆学习或课堂学习有很大的不同，它不是看上去漫无目的的参观和敲敲打打，而是切实地经历一次产生成果的尝试、探索和创新过程。鲍贤清提出要促进科技博物馆中创客式学习的发生，需要对学习活动进行精心的设计和安排，并建议在科技博物馆的创客教育中注意：^[9]

- （1）把科学概念、技能作为手段而不是目的；
- （2）把设计和制作作为一种学习方式；
- （3）提供具有启发性的工具与资源；
- （4）提供多种途径，给予充分的体验时间；
- （5）注重合作与分享。

STEM 教育具有跨学科、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特点。^[10] 仔细思考上述关注点，不难发现其中每一项都体现出科技博物馆的教育活动要结合 STEM 教育与创客教育，就需要适应和体现 STEM 教育的特点。而开展以工程设计、问题解决为主线的实践活动，让学生亲历调研、设计、制作、测试、改进、交流的工程设计和问题解决过程，自然而然地形成跨学科综合类的学习过程，这才是对学生跨学科综合能力培养的有效途径。

四、实例分析

美国旧金山探索馆是美国乃至全世界知名的科技博物馆，该馆设有一个科学探究研究所，参与了美国 1996 年第一个《国家科学教育标准》的起草制订工作，并在此后主持编写了《探究——小学科学教学的思想、观点与策略》一书^①，由美国国家科学基金会（NSF）中小学及校外教育处（ESIE）与研究、评价及交流处（REC）联合出版推广，用以指导美国小学科学老师学习掌握探究式教学的理念和方法。在探索馆官网（www.exploratorium.edu）的主页上写道：“基于探究的学习是探索馆的核心。我们邀请人们为了理解世界是如何运作的而提出问题、质疑答案、探索发现。”动手实践成为探索馆教育活动不可或缺的特征，如今探索馆中不仅有针对基础科学领域的各类探索活动，还为合作教师和学校提供丰富的专业发展项目。

“Science Snacks”是探索馆中一项可以使

^① 该书由广西师范大学罗星凯教授等人翻译，2003年由人民教育出版社出版。

用日常、廉价且易得材料开展的动手做微型互动活动，不仅适用于场馆，也适用于学校和家庭。探索馆为搭建“Science Snacks”的教师提供了丰富的资源，包括活动流程、教学资源、材料清单等，活动内容涉及天文、生物、化学、地球、物理、数学、环境、工程与技术等十多个学科领域、百余项学习内容。其内容、形式和要求都体现出设计者的独特匠心，同时展示出开展基于课程标准的探究式学习的教育理念。

“Hand Battery”（手蓄电池）是这百余项内容中的一个，也是科技博物馆的常见展品。该活动涉及生物、化学和物理科学，“Science Snacks”将传统展品不可见的内部用互动活

动的方式呈现出来（如图1给出的实验材料）。同时指导参与者进行线路链接和探索，表1中给出这两部分的指导语。



图1 “Hand Battery”的工具与材料

表1 “Hand Battery”的指导语

| 内容 | 指导语 |
|------|--|
| 链接操作 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 把金属盘片放在木质或非金属的桌面上。 2. 用鳄鱼嘴夹把金属盘片和万用表连接起来。（不必在意接法） 3. 将万用表设置在测量毫安电流的档位上。 |
| 探索 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 在盘片上放上双手，观察万用表的示数。如果电流显示负值，就把盘片对调。如果显示没有电流，请检查连接；如果连接正常，仍然没有电流，试试用钢丝球把表面的氧化物去掉。 2. 试一试压得重一些。试一试用湿的手来按。 3. 把万用表的开关打到电压档位，再试一试各种情况。 4. 试一试用一个人的手放在一个盘片上，另一个人的手放在另一个盘片上，会有什么现象？让这两个人同时手拉手，会有什么现象？ |

表1中的指导语是写给教师看的，以帮助教师引导学生思考和开展更多的科学探索。活动的选取紧紧围绕 NGSS 中有关电路、导体与绝缘体、导体材料的特征、如何改变导电性等学习内容开展。

为了更好地指导教师开展“Science

Snacks”的活动，开发者为教师提供了一个有力的工具，名为“NGSS Planning Tool”。该工具将帮助教师在 NGSS 的基础上修改和整合“Science Snacks”的活动，以符合各类的需求。该工具要求教师仔细考虑表2中的所有问题。

表2 NGSS Planning Tool 中的问题列表

| 序号 | 问题内容 | | | | | |
|---------------------|---|-----------------------------|---------------------------|-----------------------------|--|--|
| 1 | 你所使用的“Science Snacks”活动是怎样的? 请简要描述学生在活动中将做些什么? | | | | | |
| 2 | 解释活动中出现的现象。你有(或需要)什么样的证据来支持这个解释?(参考国家标准和框架中的学科核心概念的进展将有助于形成这个解释,这一点很重要) | | | | | |
| 3 | 以你的经验,活动在过程中,学生会有哪些观点或想法? 使用下面的表格来确定学生需要哪些证据来确认或修订他们的想法,他们需要怎样收集证据?(这里可以参考标准中的科学与工程实践来思考学生将用这样的方法和过程来研究他们的想法) | | | | | |
| | <table border="1"> <tr> <td>当学生观察到活动现象时他们会怎样解释?</td> <td>他们需要观察什么或做些什么来确认或修订他们的解释?</td> <td>学生为了探究他们的想法需要做哪些科学实践或需要哪些资源</td> </tr> <tr> <td> </td> <td> </td> <td> </td> </tr> </table> | 当学生观察到活动现象时他们会怎样解释? | 他们需要观察什么或做些什么来确认或修订他们的解释? | 学生为了探究他们的想法需要做哪些科学实践或需要哪些资源 | | |
| 当学生观察到活动现象时他们会怎样解释? | 他们需要观察什么或做些什么来确认或修订他们的解释? | 学生为了探究他们的想法需要做哪些科学实践或需要哪些资源 | | | | |
| | | | | | | |
| 4 | <p>在活动结束时需要学生能学到些什么?(包括学科核心概念、跨学科概念和实践)</p> <p>a) 想一想,学生在活动中需要经历的所有概念和实践有哪些?</p> <p>b) 学生首先需要获得的有利的知识和经验是什么?</p> <p>c) 他们还需要知道哪些?</p> <p>d) 用这些想法创建一个概念地图,显示所有想法之间的联系。这将帮助你有效地组织活动来支持学生通过一段时间的学习构建他们的科学概念和学习经验。</p> | | | | | |

这些问题非常有效地起到了将教学和课程标准联系起来的作用,让使用“Science Snacks”的教师能仔细地思考学生学习的过程、教学的策略以及标准中对现阶段学生学习的要求。表2中的问题是有一定层次的,在教师了解了活动要求学生做什么之后,首先需要教师能使用课程标准中的学科核心概念和进程来解释活动现象,明白现象背后的科学原理和知识;再让教师能站在学生的角度,结合课程标准中的“科学与工程实践”来琢磨学生的思维方法和实际做法,以明白如何引导和帮助学生;最后教师还需要结合课程标准的所有维度对学生的学习成果进行分析,并以学生的视角模拟学生认知建构的

过程,这帮助教师理解学生学习的完整过程和课程标准是如何相呼应,以及教学该给予学生怎样的支持和帮助。因此,当教师对表2中的问题都做到胸有成竹的时候,探究式科学教学的过程也就能水到渠成、游刃有余了。

参考文献

- [1] Wynne, Harlen. Principles and Big Ideas of Science Education[M]. Hatfield: Ashford Colour Press Ltd, 2010: 7-8.
- [2] Wynne Harlen 等著.以大概念理念开展科学教育[M].韦钰译.北京:科学普及出版社,2015:8.
- [3] 叶兆宁,周建中等.课内外融合的STEM教育资源开发的探索与实践[C].第十六届中国科学

技术协会年会.2014.5:1-5.

[4] NGSS Lead States. Next generation science standards: For States, By States[M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2013: 15-17.

[5] 中华人民共和国教育部. 义务教育科学课程标准[M]. 北京: 北京师范大学出版社, 2017: 6.

[6] 欧亚戈. 浅谈美国科技博物馆的发展态势[J]. 自然科学博物馆研究, 2016, 1(2): 72-77.

[7] 吴镛. 美国博物馆教育与学校教育的对接融合[J]. 比较教育研究, 2011(5): 125-127.

[8] 鲍贤清. 场馆中的学习环境设计[J]. 远程教育杂志, 2011(2): 84-88.

[9] 鲍贤清. 科技博物馆中的创客式学习[J]. 自然科学博物馆研究, 2016, 1(4): 61-66.

[10] 余胜泉. STEM 教育理念与跨学科整合模式[J]. 开放教育研究, 2015(8): 13-22.

全国科普服务标准化技术委员会正式成立

2017年9月5日,全国科普服务标准化技术委员会(以下简称“科普标委会”)成立大会在北京中国科技会堂召开。会议由中国科协党组副书记、副主席、书记处书记、科普标委会主任徐延豪主持,国家标准委副主任殷明汉、服务业部副主任孙维,中国科协科普部副部长周世文出席会议。参加会议的还有科普标委会全体委员,以及来自国家标准委服务业部、中国科协科普部、秘书处承担单位中国科技馆等单位的相关人员。

科普标委会成立大会上,孙维代表国家标准委宣读《国家标准委关于成立全国科普服务标准化技术委员会的复函》(国标委综合函〔2017〕11号),宣布科普标委会正式成立。徐延豪向科普标委会秘书长、副秘书长及委员颁发证书,殷明汉向科普标委会主任委员及副主任委员颁发证书。

徐延豪对国家标准委在科普标委会筹建过程中给予的大力支持和指导表示感谢,简要介绍了科普标委会成立的背景与筹建过程,并对第一届科普标委会的工作提出要求:一

是要确定标准体系框架,做好顶层设计;二是要严抓标准质量水平,引领行业发展;三是建立联合协作、资源共享的长效机制;四是加强组织管理,增强服务意识。

殷明汉对科普标委会的成立表示祝贺,向中国科协长期以来给予标准化工作的关心和支持表示感谢,向热心参与科普服务标准化工作的委员和专家表示敬意。殷明汉表示,标准化是做好科普服务工作的基础,科普标委会是推进科普服务标准化的重要组织保障以及开展科研、实践和交流的平台。

科普标委会全体委员共同审议《全国科普服务标准化技术委员会章程(草案)》《全国科普服务标准化技术委员会工作计划(草案)》《全国科普服务标准化技术委员会负责领域的国家标准体系表(草案)》和《2017年拟立项的标准项目计划(草案)》等重要文件,提出了进一步修改完善的原则、意见和建议。

(供稿:中国科技馆 陈闯)