文章编号:1006—9860(2017)04—0067—08

STEM教育：基于真实问题情景的跨学科式教育

秦瑾若，傅钢善

(陕西师范大学 教育学院，陕西 西安 710062)

摘要：STEM教育是当今知识经济时代下全新的教育范式，以培养具有善于质疑、勇于实践和敢于创新的学习品质，以及具有跨学科知识素养和解决真实问题能力的人才为根本目标，已经成为了各国教育领域的重要发展战略。该文首先从传统分科式教学的弊端、知识经济时代对创新性人才的需求和第四次工业革命带来的发展机遇三个方面理清了提倡STEM教育的理据，之后对STEM教育的基本内涵、起源发展和价值取向进行了详细的阐述，最后根据STEM教育的内涵、价值取向和教学理念，探讨了STEM教育在实际教学当中的应用模式。

关键词：STEM教育；学习品质；跨学科知识；真实问题

中图分类号：G434 **文献标识码：**A

STEM教育是对教育方式的一种质性描述，实施跨学科融合式教育，重在培养创新型和复合型人才。随着社会各行各业对人才整体质量要求的不断提高，STEM教育已经成为了全球各地教育专家和学者们关注的热点话题，《2015年地平线报告》(基础教育版)[1]指出，未来的1–2年内STEAM教育将会成为驱动学校教育技术应用的关键因素，并在全球范围兴起与推广，其中的STEAM教育即是在STEM教育中加入“A(Art)(中文名：艺术)”元素，本质与STEM教育相同。作为培养具有全面科学素养和创新探究能力人才的教育新形态，STEM教育将会是21世纪中教育事业成功的关键[2]，已经成为各国教育领域的重要发展战略。

一、提倡STEM教育的理据

(一)传统分科式教学的弊端

传统教育把课程按具体学科划分，不可否认，这种分科式的教学方式有利于知识组织的条理化、逻辑化和系统化，便于学生吸收掌握。然而，高度分化的课程体系导致了学科之间的彼此孤立，相互分离，缺乏相互协调与横向联系，不仅不利于对知识体系从部分到整体的理解和把握，更是割裂了教育和真实世界的有机联系。因为知识源于生活，学生的实际生活是一个完整的体验，不是划分为多个学科的，其认知方式具有整体性的特点。而且，真实生活中的问题具有复杂性和多样性的特点，蕴含多种类型的信息，往往不能通过一门学科知识解决。所以，这种分科式教学一方面会导致学生所学知识不能应用于实际问题当中，造成“知识无用论”的现象；另一方面，整体教学还是停留在学生被动接受学习的层次上，侧重知识的复制和积累，不能培养学生的探究能力和创新意识，体验不到学习的真正乐趣。

(二)知识经济时代对创新性人才的需求

人类已经踏入知识经济时代，这是一个以知识创造为核心特征的高度信息化时代。在新时代背景下，知识和信息化静为动，分布式地蕴含于动态的社会情境中，其表现形式不断变化，内涵不断丰富，获取与传递方式越来越广泛，总体呈现出动态性、复杂性、多样性和共享性的特点。这种转型与变革趋势一方面促进了对知识与技能的深层次理解和掌握，另一方面也加快了知识更新和淘汰的进程。知识不再只是对客观世界简单静态的表征，而是主体与客体之间互相动态作用与影响的结果。在知识经济时代下，创新性人才的培养成为核心目标和最终归宿。学习不再是教师灌输、学生被动接受的过程，而是学生主动建构和实践探索的有意义活动。传统的接受性学习已经不能满足当今时代的要求，学生要有热爱探究、敢于探究的意识和精神，能够运用所学知识解决真实生活中的复杂问题。

(三)第四次工业革命带来的发展机遇

在经历了分别以水蒸气、电气和电子信息为标志的前三次工业革命后，人类社会已经迎来了第四次工业革命。这是一个以信息物理融合系统(GPS)为基础，以智能制造为主导，以实现生产方式信息化和智能化为目标的重大革命[3]。2016年1月，在瑞士召开的世界经济论坛把主题定为了“掌握第四次

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

工业革命”，探讨了第四次工业革命的趋势与实现路径。与之前的工业革命相比，第四次工业革命的发展突破了线性的递增模式，实现了呈指数级的飞速增长。随着这次工业革命的到来，催生出了以人工智能、云计算、物联网、移动互联网、机器人、3D打印、5G通信、纳米技术、无人驾驶汽车等先进的科技，并通过将各个技术有效融合，逐渐消除虚拟世界和现实世界的屏障。第四次工业革命改变了社会结构以及人类的生产生活方式，给社会各行各业带来了空前的发展机遇，整体的信息化和智能化水平不断提高，教育行业作为其中的重要一员，应该抓住时机，利用先进科技，使教学方式、学习方式和教学理念朝着个性化、生成化、智能化和融合化的方向发展，促进信息技术与教育的深度融合。

二、STEM教育概述

(一)STEM教育的基本内涵

STEM教育即科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)教育的简写，提倡跨学科教育，使用多学科的思维和知识解决实际问题。STEM教育并不是将科学、技术、工程和数学四类学科简单的叠加，而是使它们彼此之间进行有效融合，组成为一个有机的整体，并以真实问题解决为任务驱动，在实践中应用知识、获得知识，培养学生的问题解决能力、复合思维和创新思维[4]。美国学者Georgette Yakman在此基础上又提出了STEAM教育的概念，即向STEM中加入了“A(Art)”元素，这里的A不单指的是艺术，还包括美术、人文、历史、哲学、宗教等学科。总之，不论是STEM教育还是STEAM教育，它们在本质上都属于跨学科教育的典型形式，鼓励学生用多学科的知识和视角解决真实问题，提升跨学科思维能力和创造性思维能力。为了更深刻地理解跨学科式教育的思想，这里借鉴由Georgette Yakman提出的STEAM教育模型[5]，如图1所示，总共分为五层，最底层是具体课程层，是整个跨学科教育开展的基础，主要是科学、技术、工程、数学等学科所包括的具体课程；第二层是学科层，强调科学、技术、工程等学科之间的联系；第三层是学科融合层，在把科学、技术、工程和数学四门学科互相融合的基础上，渗透艺术类学科；第四层是STEAM层，开展STEAM教育，解决实际问题，培养跨学科思维和创新能力；最顶层是终身融合层，培养跨学科素养，融合各类跨学科知识，灵活应用，成为终身的技能和素养。这五层相互递进，彼此间互相影响，下层的融合是上层开展的基础，上层的开展又会影响下层融合的方式。该模型清晰地说明了跨学科教育的实质，有助于跨学科教育的开展。作为典型的跨学科式教育形式，STEM教育的核心价值在于既保留了每一门学科的特点，又可以使这些学科进行灵活地交叉融合，促进各个学科的发展[6]。从教学目标上看，STEM教育的目标是培养学生的STEM素养，即学生通过在真实项目中的实践，从多个方面对一个科学现象进行探索与思考，提升科学素养、技术素养、工程素养和数学素养，以达到培养学生跨学科多元思维的目标[7]。简言之，STEM教育实质是以培养STEM素养为目标，进行基于真实问题情景下的跨学科式教育。从学习阶段来看，STEM教育涵盖了从K–12、大学本科到研究阶生阶段的教育范围，代表了一种偏工科思维的文化素养，促进学生进行深度学习、探究学习和意义学习。

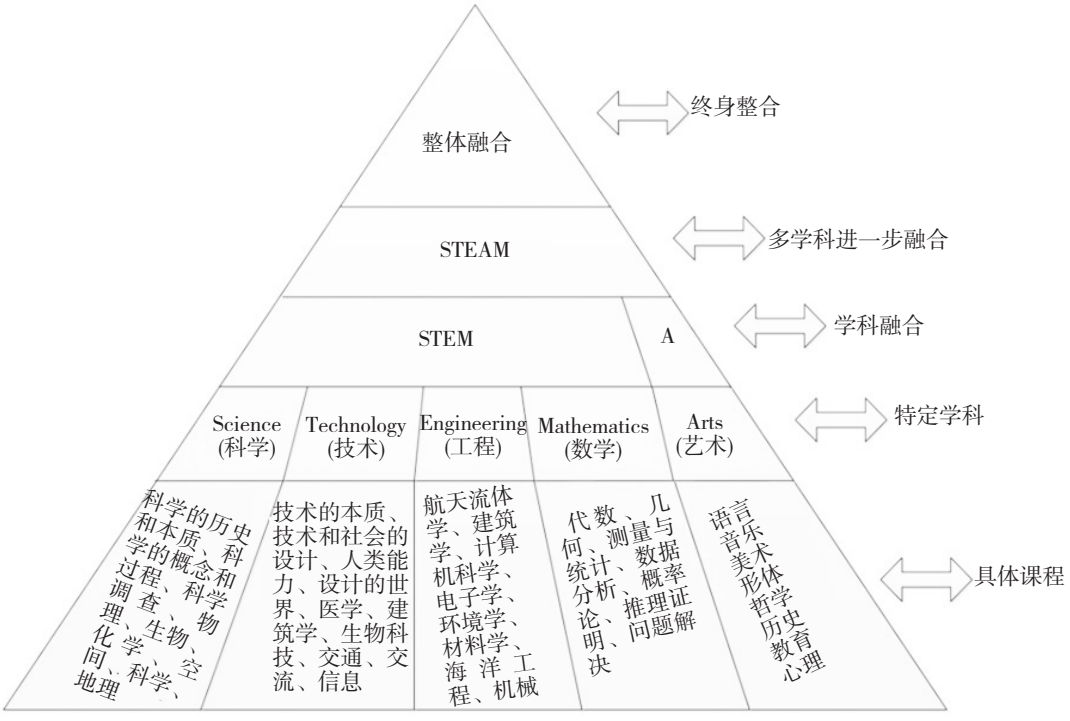

图1 STEAM教育模型

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

(二)STEM教育的起源与发展

从历史发展上看，STEM教育起源于美国。1975年，美国学者Hurd率先指出学科之间的融合贯通使得传统学科的概念除了作为学校划分具体课程的依据之外，已经没有实质的意义[8]。1986年，美国国家科学委员会发布报告《本科的科学、数学和工程教育》，提出了“科学、数学、工程和技术教育集成”的纲领性理念，旨在打破学科之间的界限，培养学生的理工素养，被视为STEM教育的里程碑。之后美国国家基金会将这四门学科简称为SMET教育。到了2001年，正式更名为STEM，成为四门学科的统称，并将其称为教育的一次全新尝试，目的是提倡问题解决驱动的跨学科式理工科教育。这标志着科学教育进入了新纪元[9]。随后，美国学者Georgette Yakman在此基础上提出了STEAM教育的概念，拓宽学科范围。2006年到2007年间，美国总统布什分别颁布了《美国竞争计划》和《给未来技术、教育和科学领域杰出成就创造机会》两项重要文件，大力投入资金，发展美国的STEM教育。随后，美国的“21世纪技能合作组织”在2007年制定了《21世纪技能框架》，提出了以核心学科为基础的教学四大原则：参与学习过程、加强学习深度、知识实践应用、跨学科学习[10]。到了2014年，美国新任总统奥巴马上任后，以创新发展为理念，继续推进STEM教育，签署了《2015年STEM教育预算》，投入更多的人力、物力和财力。2015年美国正式颁布了STEM教育法案，主要从老师培训、教学制度、社会与学校结合等方面规划了STEM教育的新方向。除此，进入21世纪后，全球多个国家也加入到STEM教育改革的队伍中，积极推进本国STEM教育的发展。2001年，我国教育部和科技协会启动了“做中学”的改革项目，旨在提高全民的创新思维和科学素养[11]。2015年，李克强总理在政府工作报告中提出“大众创业，万众创新”的全新理念，大力发展创新产业链。2016年6月7日，我国教育部颁布了《教育信息化“十三五”规划》文件，明确指出“积极探索信息技术在众创空间、跨学科学习(STEAM教育)、创客教育等新的教育模式中的应用，着力提升学生的信息素养、创新意识和创新能力”[12]。这作为纲领性的文件，标志着我国正式踏入STEM教育改革的队伍中。STEM教育作为今后发展的大趋势，对于我国教育教学方式的革新有着更加重要的价值和意义。

(三)STEM教育的价值取向

1.多学科交叉融合，实现跨学科式教育

传统教育将知识按具体学科划分，割裂了学科与学科之间、学科与真实世界之间的联系，不能有效培养学生解决现实问题的能力，使学生的学习缺乏真实性和创造性。STEM教育从真实问题出发，以多学科交叉融合的理念为指导，在解决问题的过程中灵活运用科学、技术、工程和数学等学科知识。这种把多学科相融合的教育方式使学习与实际生活密切相关，满足了学生的认知需要，而且通过提供多门学科的方法和视角，提高了学生运用多门学科知识解决真实问题的能力，有利于解决学校课程滞后与学科发展之间的矛盾，增加学生对社会和未来的适应性。在此过程中，一方面，学生根据具体问题灵活选择相应的学科知识；另一方面，学生在解决问题的过程中，进一步加深了对学科知识的理解。STEM教育从多学科的视角来培养学生解决实际问题的能力，提高STEM素养，实现跨学科教育[13]。可以说，跨学科式教学是STEM教育的核心价值取向。

2.基于真实问题情景，回归现实生活

STEM教育注重学生学习与实际生活之间的联系，教育要立足于生活，从真实生活中的问题出发。强调“做中学”“学中做”的教学理念，开展基于真实问题情景下的探索式学习。STEM教育认为知识蕴含在真实的问题情境中，教师为学生创设情景，学生利用多门学科知识积极探索，培养发现、分析和解决问题的能力。真实问题成为贯穿整个学习过程的主线，把核心问题转化为一系列的学习任务，学生通过高投入的实践探索，达到对知识的意义建构和深层次理解。在STEM教育中，上课地点不再是黑板加粉笔、课桌椅子整齐摆放的教室，而是在配有平板电脑、传感器、电路板、单片机、模板、画刷、3D打印机、电线、体感设备等先进科技工具的工作坊中。学生使用先进的学习工具，通过自主、协作和创造性地应用多门学科知识，解决实际问题，提高能力。此外，在学习过程中，教师还要为学生创设不同的问题情境，通过在多种情景下的迁移运用，培养了学生发散思维和创新思维，进一步巩固和深化所学知识，达到深度学习的层次。

3.重视学习过程，加强学习体验

学习的实质在于对过程的体验、思考和感悟，而非体现在试卷上的学习结果。STEM教育重视学习过程，强调学生主动、积极参与到学习过程中，使学生通过观察与实际操作来获得真实的学习体验，在学习体验中探究、反思与提高，实现理论知识与实践技能的有效衔接，促进知识的深层次建构。STEM教育通过为学生提供多种真实情景和先

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

进工具，加强学生的学习体验。学生应用科学、技术、工程和数学等多门学科知识，协作和探究式地解决现实问题[14]。在参与和体验学习的过程中，学生不仅获得了结果性知识，更重要的是，提高了他们的学习能力，学会从多学科、多视角、多维度来分析和解决问题，收获了蕴含在真实问题情境中的过程性知识，实现了从“学会”到“会学”的质的突破。例如，美国科罗拉多大学的博尔德分校在“整合学与教”的项目中开设了一个有关空气污染的STEM课程，通过学习，学生不仅掌握了气象的概念，以及空气污染的来源、途径和预防方面的知识，更重要的是，在探索发现的过程中，提高了他们应用工程、技术等学科知识发现和解决真实生活中关于空气污染问题的能力[15]。

4.技术作为支持工具，有效开展学习活动

技术不仅是STEM教育的重要组成要素，也是整个教学得以开展的核心支持工具，无缝融合于学习活动的各个环节中。这里的技术工具不单是指前面提到的3D打印机、电路板、传感器等硬件设备，还包括Scratch可视化编程软件、思维导图等认知工具。认知工具是指帮助学生进行认知处理的计算机技术，即用来发展学生批判性思维和创造性思维的各种软件系统。现对Scratch可视化编程工具做一简单介绍，该工具由麻省理工学院(MIT)开发，旨在提高青少年的编程能力，是目前风靡全球的可视化编程软件。Scratch不仅操作简便，界面大方，学生可以在游戏、活动和创造中提高能力，而且该工具可以连接多种硬件系统，实现“软硬互通”，比如Picoboard传感器、Arduino单片机等硬件平台，把虚拟世界和真实世界联系起来。美国学者Yakman于2011年6月在MIT网站上开设Scratch课程，一经上线就受到学生们的喜爱，据统计，目前该网站上已经有17204968个项目被分享[16]。在STEM教育中，学生在教师的引导下使用技术工具来分析与解决问题，在这个过程中，锻炼了学生的动手实践和探索发现能力，提高技术素养[17]。

总之，STEM教育是一种以真实问题解决为任务驱动、立足学习过程、多技术交叉融合的跨学科式教育，以培养具有全面科学素养和创新实践能力的人才为根本目标。学生在获取知识、探索意识、学科融合、技能培养和问题解决等方面的能力都发生了质的飞跃，这是达到STEM教育目标的具体体现。

三、STEM教育的应用模式设计

本部分根据STEM教育的内涵特质和价值取向，尝试构建一个STEM教育的应用模式，以期为今后STEM教育的设计与实施提供理论借鉴和实践参考。

(一)STEM教育应用模式设计遵循的理念

为了保证STEM教育的应用能够真正体现出它的实质和价值，在培养复合型和创新型人才中发挥实质作用，在具体应用的过程中要遵循趣味性、多维性、协作性和项目性四大设计理念，如图2所示。这四大理念并不是简单的叠加，而是相互融合，彼此贯通，共同指导STEM教育应用的开展。

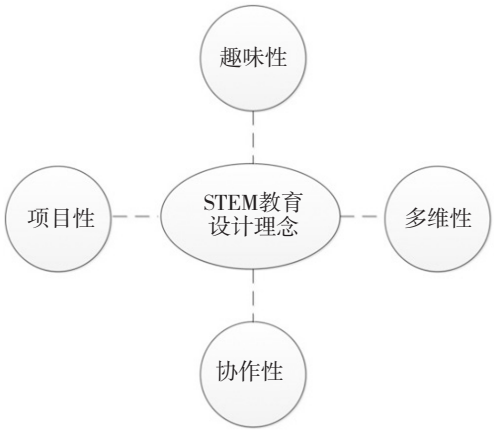

图2 STEM教育应用模式的设计理念

1.趣味性理念

爱玩是孩子们的天性，STEM教育的使命就是让教学回归真实生活，在做中学，在玩耍中体验，解放学生的天性。通过把学生身边的实际问题转化成一个个充满趣味的学习项目，使学生在完成趣味项目的同时掌握知识。趣味性理念主要体现在以下两方面：

(1)教学内容的趣味性

教学内容是整个教学体系的核心要素，STEM教育的内容设计既要包含学生需要掌握的知识点，还要基于真实的问题情境，吸引学生注意，激发学生的学习动机，给学生带来学习的趣味性。为此，一方面，教师可以把知识内容转化为真实生活中一个个有趣的问题，把学科知识和实际生活联系起来，组织学生思考和实践；另一方面，可以把具体内容游戏化，教师为学生设计一些小游戏，比如闯关类、角色扮演类、猜谜类等，进一步激发学生的学习兴趣。

(2)教学活动的趣味性

传统的教学方式重视静态知识的传授，学习大多处于固定的教室中，学习内容基本以课本知识为主，学生处于被动的接受状态，教学活动枯燥单一。在STEM教育模式下，教学活动被注入全新的

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

血液，可以采用包括趣味程序设计、实地调研、外出郊游、组装拼接、闯关游戏、小组竞赛等丰富且有趣味性的教学活动。学生参与到趣味的教学活动中，在快乐中学习，能够体验到问题解决的成就感和愉悦感。在这里需要说明，STEM教育并不绝对排斥传统的教学方式，而是采用以参与真实活动为主，知识点讲解为辅的教学方式。

2.多维性理念

STEM教育基于真实问题情境，融合多种学科知识和多种科学技术，以培养学生的STEM素养为目标。STEM教育在实际应用中要遵循多维性的理念，这主要体现在以下几方面：

(1)教学目标的多维性

STEM教育首先要制定总体目标，之后从新课改三维目标(知识与技能、过程与方法、情感态度与价值观)再进行详细阐述，最后在每个目标下再根据实际划分为更多培养学生创造思维与复合思维的子目标，形成STEM教育的多层次目标体系。

(2)教学内容的多维性

STEM教育强调教学内容要和学生的真实生活紧密结合，从实际问题出发，进行探索式的学习。通过信息技术的使用，教学内容超越了单一的纸质课本范畴，在线平台、虚拟社区、真实场景等都可以提供丰富多彩的教学内容。具体可采用以真实场景为主，其他方式为辅的教学手段。

(3)教学资源的多维性

要开展STEM教育，除了教材之外，更要为学生提供丰富多样的学习资源，除了前面提到的电路板、3D打印机、Scratch编程工具等，还可以提供微视频、导学案、优秀作品等资源。另外，要根据具体不同的问题内容额外增添工具，比如某一个问题包含生物和数学方面的知识，还需要有温度计、显微镜、气压计、计算器等工具。而且有能力的学校可以联合校内教师和校外专家资源，给学生提供更加全面和专业的指导。

(4)教学评价的多维性

不同于传统教学只重视结果单一化的评价方式，STEM教育要进行多维性的评价方式。立足于过程性评价，强调评价主体的多元化、评价对象的个性化和评价结果的全面化。可以为每位学生建立电子档案袋，详细记录有关他们学习过程和学习结果的数据，以便开展基于大数据分析的综合评价和个性化评价。

3.协作性理念

STEM教育的本质是要解决真实问题，这些问题往往瞬息万变、复杂多样，难度较大，所以只有通过学生与教师以及其他同学的交流讨论、协同探索，才能顺利解决，有效完成对知识的意义建构。通过归纳，STEM教育中的协作性主要体现在以下几方面：

(1)学生和教师的协作

这里主要指的是教师作为学习活动的组织者、学习过程的引导者和学习疑问的解答者。学生在教师的帮助下，积极参与实践活动，循序渐进地完成学习任务，提高能力。

(2)学生和学生的协作

学生之间组成小组，根据问题，以小组为单位进行资料的搜集、分析和处理，提出假设并进行验证，彼此之间分工合作，互相之间进行思维上的碰撞，共同商讨，解决问题。

(3)教师和教师的协作

STEM教育面对的是一个个真实的问题，而这些问题在本质上是跨学科的，往往不能通过一门学科的知识解决，所以就需要不同学科教师之间的互助协作，彼此分工，共同指导学生完成项目。

4.项目性理念

STEM教育是真实问题情景下的教育，学生面临的是一个个劣构、复杂的学习问题，为了方便学生理解和掌握，需要把问题转化为可操作的项目，学习的实质就是解决问题和完成项目的过程。所以，项目的设计是STEM教育的核心工作和着力点。教师要组织学生开展基于项目的学习(Project-Based Learning)，这本质上是一种基于建构主义的情景化学习模式，强调知识蕴含在真实项目和问题当中，让学生参与到实际操作当中，通过完成一个个项目达到对知识的理解和掌握[18]。这些项目成为联系各个学科的纽带，学生在教师的引导下进行基于真实项目的探索式学习，在完成项目的过程中进行知识的建构和深化。目前美国在这方面开展的比较成熟，设立了“项目引路”(PLTW)机构，核心理念是让学生参与到项目中，分析与解决问题，最终完成学习任务。目前，PLTW已经与多所高校以及其他教育机构一起开展STEM教育，效果显著。在参与项目的过程中，学生从被动的接受者转变为主动的探究者，教师从灌输者转变为学生学习的引导者和帮助者。

(二)STEM教育应用模式设计的具体过程

根据STEM教育的特点和设计理念，本研究设计出了一个STEM教育的应用模式，如下页图3所示，具体包括教学目标、教学内容、教学项目、教

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

育工具与资源、教学活动和教学评价六个循环往复的过程。

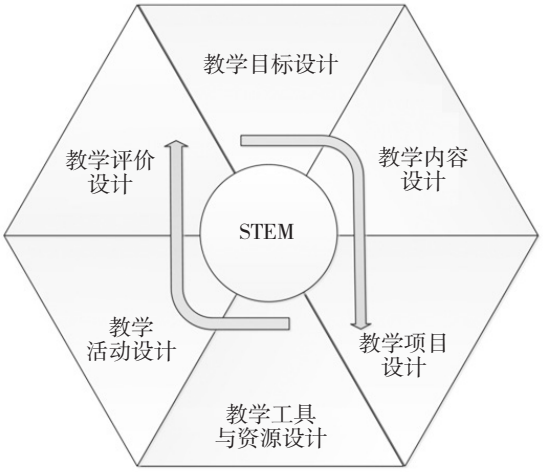

图3 STEM教育的应用模式

1.教学目标

STEM教育的总体教学目标是以3D打印设备、体感设备、Scratch编程工具等前沿科技为手段，综合运用多门学科知识，立足学习过程，在真实问题情境中进行探究式的学习，从而培养学生的创新能力、实践能力、探索精神、协作意识和科学素养。在遵循总目标的前提下，从三维目标来进一步划分：第一是知识与技能方面，要求学生掌握电子器件识别、电路连通、硬件组装、程序编写与调试、3D打印制作等；第二是过程与方法，学生在教师的引导下，以小组为单位，利用多学科知识和多种工具资源进行探索式的学习，通过观察、思考、实践和感悟，掌握分析问题和解决问题的方法；第三是情感态度与价值观，通过真实体验和探索实践，提高学生动手解决问题的兴趣，培养学生勇于探究、主动参与、互帮互助的学习精神。

2.教学内容

教学内容是整个体系的中心，承接教学目标，并直接决定教学工具的选择、教学活动的组织以及教学评价的设计等环节。与传统分学科的书本知识不同，STEM教育的教学内容源于真实生活中的问题，用多学科知识解决问题，在问题解决的过程中应用和学习跨学科知识。教学内容体现出劣构性、复合性与创新性的特征，设计难度较传统教育方式有所加大。

在教学目标的指导下，要以学生的学习兴趣和认知水平为基础，通过精心挑选真实生活中的问题和现象，灵活组织跨学科的教学内容。在这里，可以根据具体问题以某门学科的内容为主，其余学科内容为辅。比如编程类的课程，要以计算机科学、数学为主，工程类、艺术类作为辅助学科。与传统的学科内容相比，STEM教育使学生的学习回归真实生活，教学内容更具有综合性、灵活性与真实性，注重培养学生的科学素养。

3.教学项目

确定教学内容后，就要把这些设计好的内容转化为可操作的教学项目，即要进行具体任务的设计。教师把教学内容转化为一个个真实的STEM实践项目，这些项目以问题为出发点，每个项目要根据知识点设计多个教学活动，让学生带着问题参与其中，通过参与实践和完成一系列的任务，掌握知识技能，培养探索精神。在项目具体设计时，注意有以下要求：第一，项目要源于学生的真实生活，与真实生活密切相关；第二，项目要有一定的新颖性和趣味性，能够激发学生学习的动力；第三，项目要包含学生所要掌握的知识点；第四，项目要有一定复杂性和劣构性，让学生进行协作、探究式的学习；第五，多个项目和活动之间要有一定的梯度性，分为不同层次，彼此间由浅入深，一方面可以让学生循序渐进地掌握所学知识，培养知识迁移能力，另一方面可以满足不同水平学生的需要，促进个性化学习。另外，教学项目的设计除了满足学生需要之外，还要考虑实施的其他实际条件，比如教师水平、硬件设备、软件工具、活动地点、其他社会资源等。

4.教学工具与教学资源

教学工具与教学资源是进行项目和问题研究的重要支持，是STEM教育得以开展的必要保障。教育工具分为硬件工具和软件工具，硬件工具包括电路板、传感器、3D打印机等设备；软件工具包括可视化编程、概念图、可视化图谱、3D建模工具等。教学资源不仅包括网络平台、微视频、导学手册、练习册等，还包括校内教师、校外专家等资源。在设计工具和资源时，需要注意以下几点：一是要尽量简化工具的操作难度，让学生能够掌握；二是要紧贴项目的内容，教师要了解完成项目所需的必备知识，确保工具和资源能够支持学生完成项目任务；三是教师要考虑到学生在学习过程中可能遇到的问题，利用技术提供支架式服务；四是可以设计一些拓展类资源，深化对所学知识的理解。

5.教学活动

为了保证STEM教育能够顺利实施，需要教学活动作为枢纽将前面几个环节连接起来，这需要教师根据教学目标、内容、项目等进行精心设计，让学生在活动中掌握知识，在探索中进行意义建构。STEM教育中教学活动的设计应该遵循梅瑞尔的首

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

要教学原理，又称为五星教学原理，该原理以问题解决为中心，主要思想如下：(1)只有当学生进行真实问题的解决时，才能促进学习；(2)当激活原有知识并作为新知识学习的基础时，才能够促进学习；(3)当把新知识展示给学生时，才能促进学习；(4)当学生应用知识时，才能够促进学习；(5)当新知识与学生生活融为一体时，才能促进学习[19]。具体的五星教学结构如图4所示，概括为“一个中心+四个基本点”，即要求整个教学活动应该以问题为中心，进行从“激活旧知”“展示新知”“应用新知”到“整合贯通”四个阶段循环往复的学习阶段。

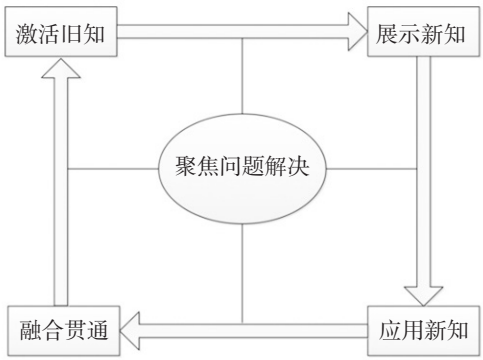

图4 五星教学原理

激活旧知：首先要激活学生的原有知识，以便在新旧知识之间建立联系，并激发学习动机。具体可以使用设置问题引导、情景创设、游戏导入等方式。

展示新知：在此阶段，教师要引导学生将新旧知识联系起来，通过对旧知识的回顾和对新知识的体验，达到对新知识的初步理解。要注意根据知识内容的不同选择不同的展示方式。对于概念类的知识，可以举出正例和反例，促进比较和思考；对于操作类知识，可以用简单示范、虚拟实验、学习视频等方式进行。

应用新知：初步学习新的知识后，要进一步加深新旧知识的联系，强化对知识的理解和掌握。教师要引导学生探索真实的项目，动手实践，利用跨学科知识解决真实问题，学生在解决问题的过程中领会、感悟、构建知识，把知识转化为技能，实现对新知识的内化。

整合贯通：该阶段的任务是进一步强化所学知识，融会贯通。STEM教育的核心特点是多学科的交叉融合，学生需要对学到的多门学科知识进行梳理整合，反复思考。教师可以为学生提供多种问题情境，供学生练习，举一反三，综合运用多学科知识解决现实生活中的劣构性问题。实现知识的迁移和进一步内化，加深理解。

6.教学评价

STEM教育的评价应以过程性评价为主，总结性评价为辅，并采用多元化的评价方式，即教师、社会专家学者和学生均参与评价，主要是对学生的创造意识、问题解决能力和创造能力进行评估。过程性评价方面，教师和社会专家主要评估学生在学习过程中表现出的STEM素养、实践能力和探究意识。具体可以采用视频行为采集、记录过程表、在线学习行为记录、随堂测试等方式。学生互评主要是对同伴在学习过程中的表现进行评估，比如参与度、积极性等，同学之间可以互相鼓励。学生自评主要是对自己的表现情况进行反思。总结性评价方面，在教学活动结束之后，教师和学生对学习效果进行检验，看是否达到预期效果。在这里需要强调，评价不是目的，只是一种手段，STEM教育的真正目的是让学生体验真实情境中探究学习的过程，达到热爱学习、热爱生活的实质目标。

四、结束语

STEM教育作为一种全新的教育范式，颠覆了传统的教与学方式，将会推动整个教育体系的发展与变革，具有广阔的应用前景，应该作为政府、社会和学校重点关注的对象。目前，相比于MOOCs、微课、翻转课堂等，STEM教育在我国的起步较晚，属于新事物，还存在很多挑战：一是如何具体设计STEM课程、STEM教学大纲以及STEM教材；二是如何把STEM教育与信息技术深度融合；三是如何设计有效的评价体系，进行科学而全面的评估；四是如何促进不同学科教师之间进行跨学科式的协作教学；五是如何把STEM教育与学校、地方和国家的课程体系有机融合，真正落到课程教学当中；六是如何进一步激活学生的创造意识和深入探索的能力。这些问题都需要学者们进行更深入的研究、实践与探索，做好充足准备，积极迎接崭新教育时代的到来。

参考文献：

[1] Johnson, L., Adams Becker, S., Estrada, V., Freeman, A..NMC Horizon Report: 2015 K-12 Edition[R]. Austin, Texas: The New Media Consortium,2015.

[2] Bybee, R. W. What is STEM education? [J].Science, 2010, (329): 995-996.

[3] 安宏宇. 第四次工业革命[J].宏观经济管理,2016,(7):83-84.

[4] 蔡慧英,顾小清. 设计学习技术支持STEM课堂教学的案例分析研究[J].电化教育研究,2016,(3):93-99.

[5] Yakman, G. STEAM Graphics[DB/OL]. http://www.steamedu.com/wp-

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

content/uploads/2014/12/STEAMpyramid.pdf, 2016-10-19.
[6] 李雁冰.“睡眠监测仪科学、技术、工程与数学”教育运动的本质反思与实践问题——对话加拿大英属哥伦比亚大学Nashon教授[J].全球教育展望,2014,(43):3-8.
[7] 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.
[8] Hurd, P.D. Science, Technology and Society: New Goals for Interdisciplinary Science Teaching[J].The Science Teacher, 1975,(42):27-30.
[9] 唐小为,王唯真. 整合STEM发展我国基础科学教育的有效路径分析[J].教育研究,2014,(9): 61-67.
[10] 褚宏启. 核心素养的概念与本质[J].华东师范大学学报(教育科学版),2016,(1):1-3.
[11] 周美华. “做中学”科学教育探究[M].杭州: 杭州师范大学出版社,2006.
[12] 教育部. 教育信息化“十三五”规划[EB/OL]. http://www.moe.gov.cn/srcsite/A16/s3342/201606/t20160622_269367.html,2016-10-19.
[13] 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):62-66.
[14] 杨晓哲,任友群. 数字化时代的STEM教育与创客教育[J].开放教育研究,2015,(5):35-39.
[15] University of Colorado at Boulder. Curricular Unit: Air Pollution[DB/OL].https://www.teachengineering.org/curricularunits/view/cub_air_curricularunit,2016-10-19.
[16] Yakman, G. Scratch: Create stories, games, and animations, share with others around the world[DB/OL].https://scratch.mit.edu/,2016-10-19.
[17] 吴俊杰.创客运动与STEM教育——专访“创客教父”Mitch Altman[J].中小学信息技术教育,2013,(12):39-42.
[18] 高志军,陶玉凤. 基于项目的学习(PBL)模式在教学中的应用[J].电化教育研究,2009,(12):92-95.
[19] Merrill, M.D. First Principles of Instruction[J].Educational Technology Research and Development, 2002,(3):43-59.

作者简介：

秦瑾若：在读博士，研究方向为新技术与教育、网络与远程教育(bruceqin362@163.com)。

傅钢善：教授、博士生导师，研究方向为教育信息化理论与实践、网络与远程教育(fugsh@snnu.edu.cn)。

STEM Education: a Interdisciplinary Education Based on the Real Problem Situation

Qin Jinruo, Fu Gangshan

(Institute of Education, Shaanxi Normal University, Xi'an Shaanxi 710062)

Abstract: STEM education is the new education paradigm under the knowledge economy era, taking the fundamental goal that cultivate talents with the learning quality that are good at asking good questions, are bold to practice, dare to innovation, interdisciplinary knowledge accomplishment, and the ability to solve real problems. STEM education has become an important development strategy in the national education field. This article firstly clarifies the reason of promoting STEM education from the disadvantages of traditional branch type teaching, the demand for innovative talents under the knowledge economy era and the development opportunity brought by the fourth time industrial revolution three aspects. Then this article elaborates the basic connotation, origin, development and value orientation of STEM education in detail. Finally, this paper discusses an application mode of STEM education in practical teaching based on its basic connotation, value orientation and teaching concept .

Keywords: STEM Education; Learning Quality; Interdisciplinary Knowledge; Real Problems

收稿日期：2016年12月11日

责任编辑：赵兴龙

(C)1994-2019 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net