STEAM

培养我国面向未来科技发展所需的创新应用型人才

中国STEAM教育发展报告

起点篇

STEAM

教育部教育管理信息中心
北京师范大学
北京国信世教信息技术研究院

中国 STEAM 教育
发展报告

摘 要

今日世界之复杂、变化之迅捷，已远超我们的想象，每一个明天似乎都成为了未来。因此，在科技高速发展的时代，国家的竞争力有赖于教育是否做好了培养具有高素质、创新型的科学家、工程师和具有创造力的员工的准备。无论是国家未来发展战略还是个人的职业发展需求，都将培养学生的创造力、协作交流、批判性思考、解决真实问题的能力、社会责任等，置于优先地位。为此，STEM 教育应运兴起。STEM(Science, Technology, Engineering and Mathematics)教育，指整合科学、技术、工程、数学等学科的课程学习，用以应对学科割裂所造成的无法创造性解决真实、复杂的科学技术问题、在新硬件时代难以设计出高品质产品的现状，培养学习者设计未来的能力，提升国家经济保持繁荣与竞争力的技术和能力。

在全球范围内引发广泛关注的 STEM 教育起源于美国，是美国为了应对未来社会挑战而提出的国家发展战略。早在 1986 年，美国国家科学委员会发表的《本科的科学、数学和工程教育》报告中，就提出了“科学、数学、工程和技术教育集成”的建议，这一建议通常被视为 STEM 教育的开端。自此，美国陆续出台了发展 STEM 教育的政策法令。如《总统 2012 预算要求和中小学教育改革蓝图法案》，决定斥资 2 亿 600 万来推进 STEM 有效教学，计划在未来两年内招聘 1 万名 STEM 教师，并在未来 10 年内培养 10 万名 STEM 教师。2015 年又颁布了《2015 年 STEM 教育法案》，重申了 STEM 教育的定义，明确将计算机科学纳入 STEM 教育的范畴，同时也强调了非正式的 STEM 教育。这期间还出台了多个相关的推进计划和方案等，促进了美国 STEM 教育迅速、高效地发展。

STEM 教育在发展过程中逐渐融入了艺术、人文、社会等元素，转向了 STEAM 教育（注：由于 STEAM 教育是 STEM 教育近期的拓展，因此在本报告的表达中基本同义）。研究表明，STEAM 教育能够有效培育学生的创造和参与的素养，科技与人文的贯通更有力地促进了学生创新能力的提升。

近年来，我国为培养创新人才也引入了 STEAM 教育并渐成风尚。然而，在这

一运动背后却涌现了诸多问题，如对 STEAM 教育在国家发展中的战略地位认识不足，因此在实践推进中仅局限在少量的创客教育中、非正式教育中，即便走进中小学校园，也未能进入常态的课程与教学；对 STEAM 概念的理解不清、理论研究极度欠缺，导致实践中出现盲目照搬套用现象等。

为此，北京师范大学、北京国信世教信息技术研究院、教育部教育管理信息中心联合成立专门的课题组，在调研我国 STEAM 教育引进和开展状况的基础上，结合我国课程改革的研究与实践，对 STEAM 教育的政策、理论及实践，进行深入分析与研究，为构建具有中国特色、解决中国问题的 STEAM 教育献计献策，努力培养我国面向未来科技发展所需的创新应用型人才。

该项目的一项重要工作就是提供《中国 STEAM 教育发展报告》，2017 年首期发展报告定位为“起点篇”，将全面阐释 STEAM 教育产生的背景和发展历程，了解当前国内外研究与实践的现状、分享我国目前 STEAM 教育较为成熟的案例。

本报告意图聚焦未来，立足中国，在关注 STEAM 教育面临的挑战的同时，关注现实的问题，并对如何更有效地推进 STEAM 教育，提出发展的建议和路径的选择，从而有效指导我国 STEAM 教育健康、卓越地成长。

致谢

本报告在研究和写作过程中，得到了教育部教育管理信息中心、北京国信世教信息技术研究院、北京师范大学教育学部教育技术学院的领导和同仁们的智慧启迪和支持。同时，北京市教委、北京市基础教育课程教材发展研究中心、深圳市教育科学研究院、成都市青羊区教育局、潍坊市高新开发区教育局、北京市八一学校等教育主管部门和学校，为我们的调研工作提供了热情的支持和帮助，分享了翔实的数据和丰富的教学案例以及 STEAM 教育发展的规划与展望，让我们时时感受到我国教育工作者的责任与担当。当然，还有本报告所参考的文献作者们，是他们的研究与智慧奠定了我们的认识基础。

最要感谢的还是直接参与本课题研究的各位专家、同仁，北京师范大学教育学部教授、我国著名的课程与教学论专家裴娣娜教授给我们指出了课题研究的方向，并不断点燃我们投身基础教育课程改革的激情；教育部教育管理信息中心项目主任刘曦葳、北京国信世教信息技术研究院院长左罡、北京市基础教育课程教材发展研究中心副主任王凯、深圳市教育科学研究院院长叶文梓、成都市青羊区教育局副局长徐琨、北京市海淀区教师进修学校教研员陈颖以及北京市八一学校校长沈军、副校长朱凯等，作为课题组的主要领导、顾问和参与者，都直接为本报告的完成付出了宝贵的时间与智慧；北京师范大学教育技术学院的研究生王玲、贺凯强、闫晓楠、王硕、高畅参与了本项目的研究，王玲、翁立华、黄天琦等对报告进行了校对。在此一并向各位同仁、向所有勇于探索 STEAM 教育的先行者们致敬，并表达我们由衷的感谢！

北京师范大学教育学部教育技术学院　郑葳

二〇一七年一月

目　　录

Contents

摘 要

致 谢

第一章 概述：挑战与机遇.....1

一、“奇点”临近：呼唤新世纪的创造者.....3

（一）新世界.....4

（二）新素养.....14

（三）新教育.....19

二、现实审视.....20

（一）人口负荷.....21

（二）经济转型.....21

（三）教育乏力.....22

三、开拓创新　23

（一）强国之梦.....23

（二）课改深化.....25

第二章 国际 STEAM 教育发展流脉.....27

一、STEAM 教育发展背景.....29

（一）时代呼唤.....29

（二）技术奠基.....30

（三）教育回应.....30

二、STEAM 教育发展历程.....32

（一）STEAM 教育的发端.....32

（二）STEM 教育的发展 34
（三）STEAM 教育的全球化.....37
三、STEAM 教育研究现状.....40
（一）理论探索 41
（二）师资培养 45
（三）课程教学 51
（四）实施评价 60
（五）效果研究 63

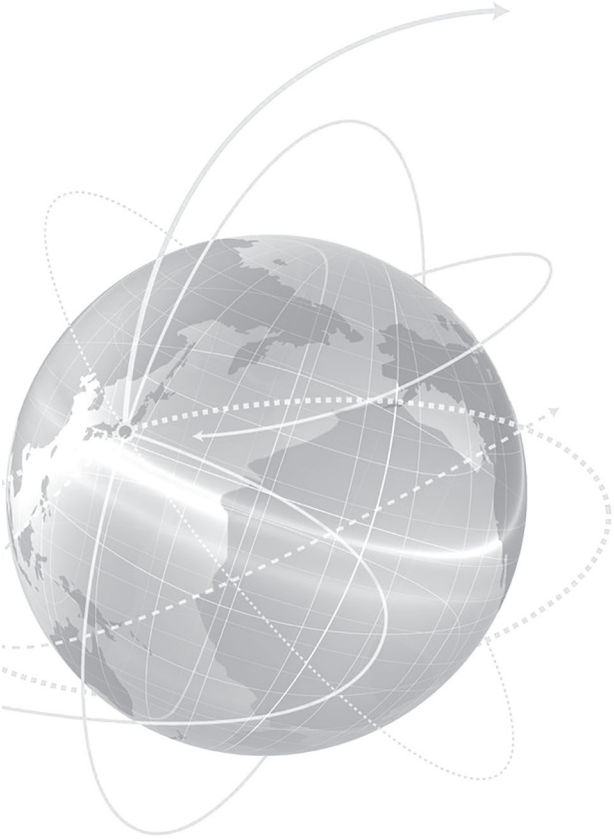
第三章 中国 STEAM 教育发展现状及分析.....65
一、我国 STEAM 教育研究现状.....68
（一）热情引介：STEAM 教育走进中国.....68
（二）本土探索：先行者的创新尝试.....72
二、STEAM 教育实践样态.....79
（一）制度与环境.....80
（二）课程与教学.....85
（三）实施保障 90

第四章 中国 STEAM 课堂教学案例分析 93
一、STEAM 课堂教学模式.....95
（一）STEAM 课堂教学研究进展.....95
（二）国外 STEAM 课堂教学模式简介.....97
（三）STEAM 课堂教学模式的共同要素.....106
二、STEAM 课堂教学案例分析.....108
（一）STEAM 课例分析框架.....109

（二）STEAM 课例分析结果.....109

第五章 中国 STEAM 教育的未来展望.....121
一、STEAM 身份认同危机与思考.....123
（一）身份认同危机.....123
（二）探索性的理解.....124
二、STEAM 课程开发的问题与应对.....128
（一）STEAM 课程开发的主要问题.....128
（二）科学的课程开发模式的构建.....130
三、STEAM 教师发展的问题与应对.....140
（一）专业的 STEAM 教师严重缺乏.....140
（二）STEAM 教师专业发展对策建议.....141
四、STEAM 学习空间与资源的问题与应对.....142
（一）STEAM 学习空间与资源问题.....142
（二）STEAM 学习空间与资源建设.....144

参考文献.....148
附录 1 我国 STEAM 教育现状调查访谈提纲.....160
附录 2 我国学校 STEAM 教育现状调查访谈提纲.....161
附录 3 我国学校 STEAM 教育教师调查问卷.....163



[第一章]
概述：挑战与机遇

今日世界之复杂、变化之迅捷，已远超我们的想象，每一个明天似乎都成为了未来。世界发展的不确定性，对人类的生存与发展提出了巨大的挑战，对走向未来的每一个人的能力素养提出了新的要求。来自我国教育的应答是，为培养具有中国学生发展核心素养的创新应用型人才而努力。其中，借鉴国际经验、解决本土问题的 STEAM 教育（著者注：尽管至今人们抛出 STEM、STEAM、STREAM 等多个词汇，但由于 STEAM 是其中最符合该类教育的创造性本质的用语，因此，本报告倾向于都作为 STEAM 加以统一表述，但在 STEAM 教育发展历史、相关法案、文献中原本使用 STEM 教育的地方，本报告将尊重原文献的用语），成为当前教育热点和亟待研究的领域。

本章聚焦未来，立足中国，全面分析 STEAM 教育蕴生之必然。

一、“奇点”临近：呼唤新世纪的创造者

随着现代科技的迅猛发展，人类所生存的世界相较此前发生了翻天覆地的变化。有硅谷精神教父之称的凯文•凯利（Kevin Kelly）认为，第一次工业革命时期，机械化的创造物侵入了人们的农田和住所。现如今，我们看到信息技术的创造物则无处不在，它们侵入的是人类的住处、学校和公司等场所。人们现在不用出门就能购买心仪商品，不用见面就能与朋友畅聊，不用去学校就能随时随地学习。计算机开始诊断疾病，创作高水平的诗歌，机器人帮助你导购和洒扫，无人驾驶的汽车畅行无阻……

人类已经跨入了第二次机器革命时代，信息爆炸、大裂变式的脑力增长正以全新的、强有力且令人惊诧的方式，挑战和重塑着我们的社会根基，甚至重组了我们的大脑，改变着我们的生活、工作和学习方式。早在 20 世纪 50 年代，著名的数学家、20 世纪最伟大的科学全才之一、被后人称为“计算机之父”和“博弈论之父”的冯•诺依曼（John von Neumann）指出，“技术正以前所未有的速度增长……我们将朝着某种类似奇点的方向发展，一旦超越了这个奇点，我们现在所熟知的人类社会将会变得大不相同”[1]。

奇点（singularity），本是天体物理学术语，是指“时空中的一个普通物理规则不适用的点”。在美国未来学家雷•库兹韦尔（Ray Kurzweil）的理论中，“奇点”是指人类与其他物种（物体）的相互融合。确切来说，是指电脑智能与人脑智能兼容的那个神妙时刻。当那个时刻来临（他预测为 2045 年）时，人工智能将完全超越人类智能。奇点之后，如果人的智能能够完全转移到计算机上，甚至死亡都将变得毫无意义。很多人可能不以为然，但库兹韦尔认为大多数人对于未来技术的预测，都低估了未来发展的力量，因为这种预测主要基于“直觉线性增长”观而非“历史指数增长”观。世界变化太快了，“奇点”正在逼近。

当唯一的不变即为变时，人类的未来将呈现出怎样的面貌呢？与科技前所未有的迅猛发展相伴而来的，我们也面临着前所未有的危机，人口激增、环境污染、信息爆炸等，各种不安定因素充斥在我们周围。然而，祸福相依。正如伯尼•特里林和查尔斯•菲德尔（Bernie Trilling and Charles Fadel，2009）所说，尽管生活在这样的时代，与危机和绝望相伴的却是变革的机遇和新兴希望。因此，如何在那个未来的新世界更好地生存？教育又该怎样应对那些未知、那些变化所

1 ［美］雷•库兹韦尔著．奇点临近［M］．李庆诚、董振华，田源译．北京：机械工业出版社，2011:2-3.

带来的巨大挑战？只有正视这些问题，站在国家和民族发展振兴的战略高度上，积极思考和应对，才能未雨绸缪，在国际竞争中，为未来学习者的学习、生活和工作，做好万全准备。

（一）新世界

众所周知，“工业革命”极大地改变了人类历史的发展曲线，为人类文明进程的推进提供了动力与手段，我们的社会发展进程开始了由技术创新驱动的历程。自十八世纪后半叶以来，人类社会已经历经了三次工业革命，走过了蒸汽化时代、电汽化时代和信息化时代。每一次工业革命的到来，都为我们打开了一扇通往新世界的大门，人类文明达到了空前发达的高度。

然而，前几次的工业革命带来的不只是空前繁荣，与此同时，也造成了巨大的能源、资源消耗，环境生态的代价惨重，急剧地扩大了人与自然之间的矛盾。进入 21 世纪，人类面临严重的全球能源与资源危机、全球生态与环境危机、全球气候变化危机的多重挑战。人类的生存环境岌岌可危。

2013 年德国政府推出《工业 4.0 战略》，启动了人类“第四次工业革命”的旅程。2015 年日本率先响应，1 月 23 日推出《机器人新战略》。我国也在 2015 年出台《中国制造 2025》十年战略规划，这是中国政府实施制造强国战略第一个十年的行动纲领。世界经济论坛创始人克劳斯·施瓦布（Klaus Schwab）在谈到第四次工业革命时指出，物理、数字、生物和化学几大领域的互动，是此次工业革命与前几次革命的本质区别。除了智能互联的机器和整个社会体系的高速发展外，从基因测序到纳米技术，从可再生能源到量子计算，各领域的技术突破风起云涌，新技术不断地催生更新、更强大的技术。科技与人类之间的共生关系得到了前所未有的体现，人类寿命得以延长，癌症治愈成为现实，宇宙未知逐渐减少，人与环境之间的矛盾得以调和，一切都预示着“奇点”的来临。可以说，第四次工业革命的到来，不仅会带来人类生活的巨变，更是会引发人类生存方式和社会行业结构的转变，从而使得未来人才的需求也随之发生改变。

1、人类生存方式的变革

（1）从网络化走向智能化

随着互联网技术和智能通讯技术日益成熟，大量的信息技术产业异军突起。例如，以电商为核心的阿里巴巴在17年间已成长为一个集电商、物流、金融、文化、教育、云计算、大数据、社交、旅游、硬件等于一体的商业巨头，渗透到人们生活的方方面面。然而，纵观当前已涵盖了硬件、工具、社交和商务等的移动互联网市场，你会发现，整个移动互联网产业链已经相当成熟，寻求突破和创新的机会大大减少，更多的是对已有服务的更新与完善，或者是用户需求驱动的领域交叉创新。例如，现在推出了各种互联网产品，很少出现能让人耳目一新的新功能，各种移动设备的硬件与 app 大多是大同小异，没有什么突破性进展。移动互联网用户也已经达到一定规模，增速明显放缓（见图 1.1）。

图 1.1　2015-2017 年中国移动互联网用户规模预测

数据来源：易观智库

与此同时，人工智能技术得到了迅速发展。我们看到，1997 年计算机“深蓝”仅仅凭借体现人类数学能力的大规模计算，就战胜了国际象棋冠军卡斯帕罗夫。

而在谷歌的围棋人工智能“阿尔法狗（AlphaGo）”，继 2016 年以 4 比 1 的大比分战胜韩国棋手李世石九段后，三星杯世界围棋大赛冠军世界排名第一的中国棋手柯洁最近表示目前还没有实力打败阿尔法狗。

另外，著名的机器人“沃森”也向人工智能极限发起挑战，在赢得《危险边缘》电视游戏节目之后，2012 年开始帮助医生提升临床诊断能力，并协助他们准确诊断病人病情。可以想见，如果未来某一天，“沃森”医生成为了全世界最出色的诊断医生，也未尝不是一件不可能的事情[1]。

而人们在科幻片中看到的无人驾驶汽车，也仅仅用六七年的时间就跃到真实的道路上开始行驶。我们看到谷歌无人驾驶汽车在美国加利福尼亚州、内华达等州已成功获批使用，用于接送公司员工上下班。在我国，红旗 HQ3 于 2011 年就完成了长沙至武汉 286 公里的高速全程无人驾驶实验……

面对这一现实，许多移动互联巨头开始吹响人工智能优先的号角。2016 年，Google 在秋季发布会提出了从移动互联网优先转向人工智能优先发展的战略。苹果、华为、三星等大公司，更是纷纷开始推出智能家居、家庭机器人、智能背包、语音识别等各种软硬件的人工智能产品。与此同时，伴随着游戏行业的巨大商机，虚拟现实也逐渐成为互联网巨头公司开拓市场的最新宠儿。2014 年，美国社交网站 Facebook 创始人马克·艾略特·扎克伯格（Mark Elliot Zuckerberg）收购了 Oculus 这家虚拟现实设备制造公司，并坚信虚拟现实是下一代计算平台。华为公司则在 2016 年 12 月 29 日证实已邀请 Oculus 前主任研究员史蒂夫•拉瓦（Steve Lavalle）加盟，希望成为 VR/AR 领域的优秀领军企业之一。

（2）从独立工作转向机器协同

近几年人工智能的发展已经逐渐由单纯的计算机器，成长为能够自动感知、判断、应答的智慧体。科学家预言，智能机器人脱胎于人类，经过重新设计后，

[2]［美］埃里克·布莱恩约弗森．第二次机器革命［M］．蒋永军译．北京：中信出版集团股份有限公司．2014:106.

将远远超过人类所拥有的能力。[1] 这些智能机器将逐渐进入到人类的工作领域，接替过去那些需人力承担的大量繁重和机械重复性的体力劳动，以及协助脑力工作者从事一些大规模计算和简单的模式识别之类的工作。

当然，很多人也非常担心，人工智能的发展将会导致大量岗位上的人员失业。但是，“就像满屋的猴子噼噼啪啪地敲击打字机，即使过去一万年，也写不出一幕莎士比亚戏剧”[2]一样，人类相较于计算机，有着无可替代的优势，那就是思维能力和创造力。科学家提出新的假设，诗人创作出优美的诗歌，厨师研发出一道新式菜肴，这些都是计算机所不能及。也就是说，计算机和机器人离开了程序几乎无法做任何事，它们在其设计框架之内擅长于模式识别，但在框架之外则表现拙劣。也就是说，在面对机器的挑战时，人类并非束手无策。在思维能力、大框架模式识别能力和复杂沟通能力等认知领域，人类仍占有优势。因此，面向未来，人类和机器如何能各自发挥自身优势，一起工作，协同创造，才是破解人类生存危机之道。正如凯文·凯利所说，“你未来的收益水平取决于你在多大程度上能与机器完美地配合工作”[3]。

2、社会行业结构的转变

当我们谈及已拉开序幕的第四次工业革命时，我们首先关注的是其与第三次工业革命的不同之处。如克劳斯·施瓦布（Klaus Schwab）在《第四次工业革命：转型的力量》中谈到的，第四次工业革命中“数字技术正变得更为精深，一体化程度更高，由此正在引起各国社会和全球经济发生变革。[4]” 社会行业结构也随之发生了转变。

第四次工业革命通过推动“智能工厂”的发展，在全球范围内实现虚拟和实体生产体系的灵活协作。在世界经济论坛 2016 年“未来工作”研究项目中，克劳斯·施瓦布的研究团队针对从现在起到 2020 年科技对就业、工作和技能的影响，对一些大企业的首席人力资源官进行了访谈。受访者认为，到 2020 年，就业市场对复杂问题解决能力和社交技能及系统性技能的需求，会远超对体力和专业技

[1]［美］雷·库兹韦尔著．奇点临近［M］．李庆诚，董振华，田源译．北京：机械工业出版社，2011:123.
[2]［美］埃里克·布莱恩约弗森．第二次机器革命［M］．蒋永军译．北京：中信出版社，.2014:218.
[3]［美］埃里克·布莱恩约弗森．第二次机器革命［M］．蒋永军译．北京：中信出版社，2014:220.
[4]［德］克劳斯·施瓦布．《第四次工业革命：转型的力量》．李菁译．北京：中信出版社，2016.4.

能的需求（见图 1.2）。

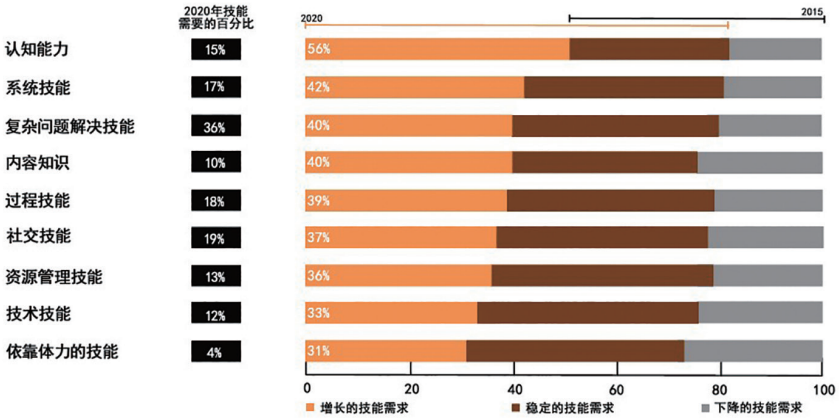


图 1.2　2020 年的技能需求

资料来源：2016 年《未来工作：第四次工业革命的就业、技能和劳动力战略（The Future of Jobs：Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution）》报告

（1）美国 STEM 劳动力需求状况

科学、技术、工程和数学（STEM）工作者通过产生新创意、新产品和新公司，来驱动美国的创新和竞争力。[1] 然而，相关数据显示 STEM 工人的数量短缺。[2]

自 2000 年至 2010 年，全美 STEM 工作的增长率是非 STEM 工作增长率的三倍，其在经济中所占的份额越来越大。2011 年，美国商务部经济与统计局首席经济学

[1]David Langdon, George McKittrick, David Beede, Beethika Khan, and Mark Doms (2011) . STEM: Good Jobs Now and for the Future.US.Department of Commerce, Economics and Statistics Administration.

[2]The National Academy of Sciences (2007, 2010), the National Association of Manufacturers (2005), the Council on Competitiveness (2005), the 2 The National Academy of Sciences (2007, 2010), the National Association of Manufacturers (2005), the Council on Competitiveness (2005), theAssociation of American Universities (2006), and many others have argued that the United States faces a shortage of elite STEM workers.

家办公室的戴维·朗顿（David Langdon）等人预测，2008 年至 2018 年的 STEM 职业的增长率将会达到 17%，而非 STEM 职业的增长率则为 9.8%。[1]

美国乔治敦大学的教育和劳动力中心的安东尼·P·卡耐瓦莱（Anthony P.Carnevale）、妮可·史密斯（Nicole Smith）和米歇尔·梅尔顿（Michelle Melton）于 2011 年发布的 STEM 报告中指出，美国经济领域的 STEM 劳动岗位逐渐攀升，增长率亦是如此（见图 1.3）。但是，美国教育培养出来的 STEM 劳动力并不能满足 STEM 岗位的需要，原因在于学生或劳动者经常会离开 STEM 岗位，在每 100 个拥有学士学位的学生中，19 个拥有 STEM 学位的毕业生，其中有 10 个会从事 STEM 行业，10 年后就只有 8 个仍在岗。实际上，STEM 工作岗位所挣的工资远高于非 STEM 工作岗位，调查显示，拥有大专文凭的 STEM 劳动者中，63%比拥有学士学位的非 STEM 劳动者赚的更多；拥有学士学位的 STEM 劳动者，65%比拥有硕士学位的非 STEM 劳动者赚得多，47%比拥有博士学位的非 STEM 劳动者工薪水平更高。[2]

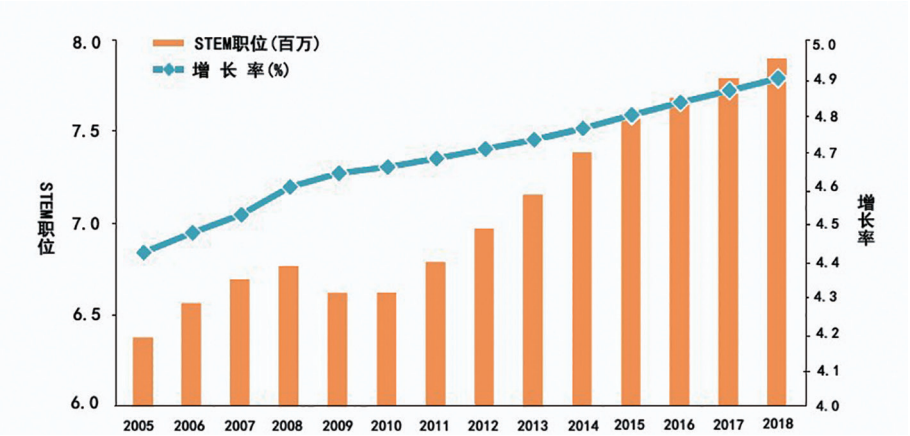


图 1.3 美国经济领域 STEM 职业在所有职业中的增长率

[1]David Langdon, George McKittrick, David Beede, Beethika Khan, and Mark Doms (2011). STEM: Good Jobs Now and for the Future. US.Department of Commerce, Economics and Statistics Administration.

[2]Anthony P.Carnevale, Nicole Smith, Michelle Melton (2011).STEM. (See the full report at:cew.georgetown.edu/stem)

（2）我国 STEM 劳动力需求状况

2015 年，我国颁布了最新的中华人民共和国职业分类大典，分为 8 个大类（见表 1.1），75 个种类，共列出了 1481 个职业。与 1999 年版《大典》的 2028 个职业相比，减少了 547 个职业，具体各个类别的职业变化请见图 1.4。根据图 1.4 所示，除了第七大类和第八大类维持不变外，第一大类、第三大类、第五大类和第六大类的职业均有所减少，第二大类的专业技术和第四大类的商业、服务业人员却有所增加。第四大类的职业的增加乃是我国经济发展的必然结果，原因在于“十二五”规划期间，我国已经实现了以由工业主导的产业体系，向由服务业主导的现代产业体系转变。[1] 而第三大类职业的增加，昭示了我国对专业技术人员需求的增大。

表 1.1 《中华人民共和国职业分类大典》(2015 年版)

类别	职业分类具体描述
第一大类	国家机关、党群组织、企业、事业单位负责人
第二大类	专业技术人员
第三大类	办事人员和有关人员
第四大类	商业、服务业人员
第五大类	农、林、牧、渔、水利业生产人员
第六大类	生产、运输设备操作人员及有关人员
第七大类	军人
第八大类	不便分类的其他从业人员

[1] 胡鞍钢、鄢一龙、周邵杰等 .“十三五”大战略规划 [M]. 杭州：浙江人民出版社，2015：15.

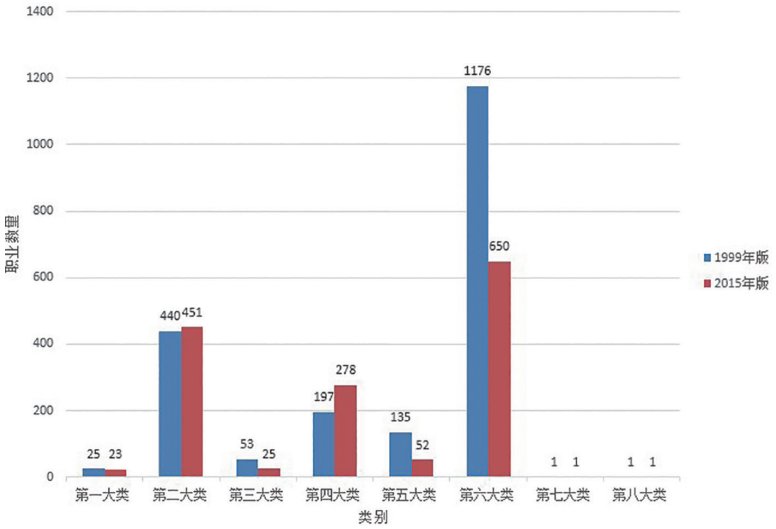


图 1.4　1999 年版与 2015 年版职业数量差异

《大典》中第二大类专业技术人员又分为科学研究人员、工程技术人员、农业技术人员、飞机和船舶技术人员、卫生专业技术人员、经济和金融专业人员、法律、社会和宗教专业人员、教学人员、文学艺术、体育专业人员、新闻出版、文化专业人员、其它专业技术人员 11 个中类，其下又细分了小类和细类（职业），具体见表 1.2。

数据显示，专业技术人员中，工程技术人员、卫生专业技术人员、经济和金融专业人员所占的职业比重最高（如图 1.5 所示）。而这个职业的胜任力都与科学、技术、工程和数学学科密不可分。

表 1.2　第二大类专业技术人员所对应的中类与职业数量

专业技术人员名称	科学研究人员	工程技术人员	农业技术人员	飞机和船舶技术人员	卫生专业技术人员	经济和金融专业人员	法律、社会和宗教专业人员	教学人员	文学艺术、体育专业人员	新闻出版、文化专业人员	其它专业技术人员	总量
中类数量	12	38	10	3	10	13	10	6	8	9	1	120
职业数量	16	195	13	7	81	51	12	6	50	20	1	452

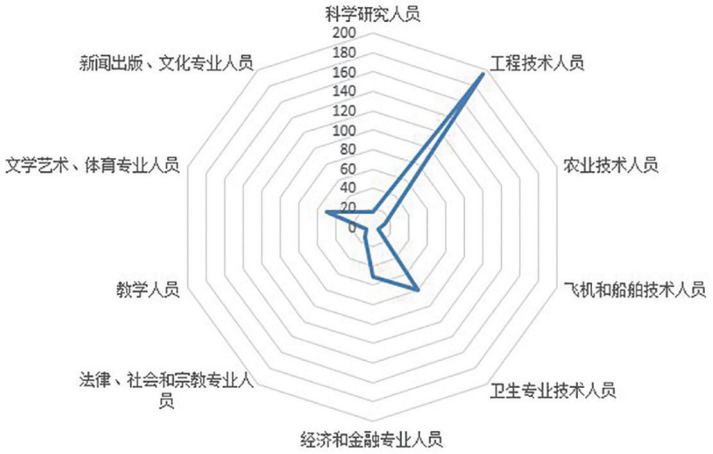


图 1.5　第二大类专业技术人员各中类所对应的职业数量蜘蛛图

由此可见，无论是国外，还是国内，面对科学技术的迅猛发展带来的经济转型，都亟需大量的科学、技术、工程和数学方面的劳动力人才参与到国家的经济建设和社会发展事业中来。

3、未来人才需求的变化

回顾有多远，展望就会有多远。当我们立足现实，关注未来社会的发展对我们提出的要求时，教育必须关注人才素养规格的变化与需求。至今，人类社会历经了四次工业革命，每一次革命都给人类带来了新的跃升。

（1）需求熟练技工的第一次工业革命

1785 年，瓦特改良蒸汽机并在工厂投入使用，率先在英国拉开了第一次工业革命的序幕，从此机械生产替代了手工劳动。人类体力依靠科技创新得到了延伸与增强，有效减轻了工人们的负担，生产效率因机械的使用得到大大提升，经济重心逐渐由农业生产转向工业生产。大量从事农业生产的劳动力逐渐转向从事工业生产，职业要求他们只需会简单的读、写、算，能够根据工作中的文字、语言指示完成重复性的工作任务即可，并能通过大量重复练习达成熟练，从而成为一名优秀的工人，赢取更多的生存资本。

（2）需求电气、自动化等科技人才的第二次工业革命

第二次工业革命起于 19 世纪 70 年代，其主要标志是电气时代的来临。当时，科学技术的突出发展表现在电力的广泛应用、内燃机和新交通工具的发明制造、新通讯手段的发明、化学工业的建立以及能源的大量开发与利用。控制论创始人诺伯特·维纳(Norbert Wiener)认为第二次工业革命典型特征就是自动化。为此，能够进行读、写、算的、对以煤炭为动力的蒸汽铁路以及工厂经济进行系统管理和操作的工匠，已无法满足社会发展的需求，以电气化为主的科技领域的专门人才，成为教育努力培养的方向。

（3）需求创新型人才的第三次工业革命

20 世纪 40 年代到 50 年代，特别是第二次世界大战后，全世界范围内又掀起了一场世界性的工业革命狂潮。以美国为首的工业大国开始的第三次工业革命，实质上是新能源、新材料、新技术与互联网的高度融合、创新与运用。如果教育仍按照第二次工业革命的批量化、标准化、固定化的培养理念，所培养的人才将不能适应第三次工业革命个性化、定制化、分散合作化等的需要。[1] 尤其是进入 21 世纪以来，以信息技术为核心的各种技术得到了革命性的创新，极大地改变了人类的思考和问题解决方式，社会更多的是需要能够解决真实世界涌现的各种新问题的创新型人才。

（4）需求科技和人文素养的创新应用型人才的第四次工业革命

进入 21 世纪至今，人类文明已进入到了第四次工业革命的开端，越来越临近标志着社会迎来大发展的拐点——“奇点”，智能化的新硬件时代已经来临。现如今，我们需要更多具有应用价值的科技创新成果去推动新兴技术的发展，如人工智能、虚拟现实等；去促进跨学科成果的进步，如人造器官、基因测序等。我们可以将这类能够创造具有应用价值科技创新成果的主体称之为创新应用型人

[1] 周洪宇，鲍成中．第三次工业革命与人才培养模式变革［J］．教育研究，2013,(10):4-9+43.

才，这类人才能够不断产生新的创意，并能将其转换成现实。这也就印证了为何现在我们如此渴望具有应用价值的创新，以至于在全世界范围内掀起了将创意转换成现实的创客教育狂潮。这场人人创造、人人欢呼的运动，将原本属于少数科学家和工程师的创新特权还原到了每一个人手中。当然，这个过程中，我们更需要有责任和担当的未来建设者，来应对前几次革命带来的气候变化、生态危机、资源短缺等的恶果。所以，人类若仍是沿用第三次工业革命的人才模式，将不再能满足以合作、社会网络和行业专家、技术创新型的劳动力为特征的新时代的需求。

可以说，我国在新一轮发展中面临巨大挑战。如何利用好第四次革命带来的契机，在新一代信息技术与制造业深度融合而引发的产业变革中寻求新的经济增长点，是民族振兴、国家富强的重要使命。为此，当挑战来临时，我们必须思考我们应培养什么样的人，才能承担这样重大的使命。

（二）新素养

科学技术作为生产工具的核心要素催生了四次工业革命，改变了人类的生存方式，变革了社会的行业结构，未来人才需求也随之发生了相应改变。人才需求的转变直接导致了各个国家人才培养规格的变化，有家国责任担当、兼具科学技术素养和人文艺术素养的创新应用型人才的培养，成为当前各国教育的追求。

为了适应这一变化，提供第四次工业革命前进的动力，世界各国纷纷展开了探索，并逐渐将关注点聚焦于未来人才的核心素养培养上。人们普遍认为核心素养就是未来学习者必须具备的关键能力、技能、品质等，而且只有具备了这些关键能力、技能和品质，他们才能更好地生存在那个充满未知的未来，成为一名符合时代需求的创新应用型人才。截止目前，国际经济合作与发展组织、欧盟等国际组织以及美国、新加坡、中国等多个国家都已经形成自己的核心素养体系。这里择代表性的结论加以简约介绍。

1、经合组织 21 世纪学生核心素养体系

“核心素养”最早出现在国际经济合作与发展组织（Organization for Economic Co-opreation and Development,OECD，以下简称“经合组织”）和欧盟理事会的研究报告中。经合组织 1997 年启动了“素养的界定与遴选：理论和概念基础”（Definition and Selection of Competencies: Theoretical and

Conceptual Foundations，即 DeSeCo）研究项目。彼时并未在项目名称中直接使用“核心素养”一词，至 2003 年出版最终研究报告《核心素养促进成功的生活和健全的社会》（Key Competencies for a Successful Life and a Well-Functioning Society）时，才使用了该词。为推进核心素养走进教育实践，2005 年经合组织又发布了《核心素养的界定与遴选：行动纲要》（The Definition and Selection of Key Competencies：Executive Summary），以增强核心素养应用于教育实践的可操作性。

DeSeCo 项目的整个研究思路是：首先，确立核心素养的功能是实现个体生活的成功和社会的健全；基于此，分析社会的愿景和个人的生活需求；进而研制核心素养的理论要素，集合多方观点，并对之进行分类，最后形成一个核心素养体系。[1] 最终，DeSeCo 项目指出，促进成功生活和健全社会的核心素养，包含互动地使用工具、自主行动和在社会异质团队中互动三大类九小类，见表 1.3：

表 1.3　DeSeCo 核心素养体系

大类	小类
互动地使用工具	互动地使用语言、符号和文本
	互动地使用知识和信息
	互动地使用（新）技术
自主行动	在复杂的大环境中行动
	形成并执行个人计划或生活规划
	保护及维护权利、利益、限制与需求
在社会异质团体中互动	与他人建立良好的关系
	团队合作
	管理与解决冲突

数据来源：张娜（2013）《DeSeCo 项目关于核心素养的研究及启示》

2、欧盟终身学习八大素养

[1] 张娜．DeSeCo 项目关于核心素养的研究及启示 [J]．教育科学研究，2013,(10):39-45.

2000 年 3 月，在里斯本举办的特别首脑会议上，欧盟 15 个同盟国领导人就欧盟未来十年经济发展的规划达成了共识，形成并推出了里斯本战略（Lisbon Strategy），不仅确立了欧盟面向 21 世纪发展的总体目标，更确定了欧盟未来教育改革以发展核心素养为中心的基调。报告指出了信息技术技能、外语能力、技术文化、创业精神和社会技能这五项“新基础技能（New Basic Skills）”（新基础技能对应传统基本能力：读、写、算），即为欧盟后来提出的终身学习八大素养的雏形。

为进一步落实里斯本战略，2001 年 2 月，隶属欧盟理事会（Council of Europen Union)的“教育青年文化总司”制定了题为《教育与培训发展的具体目标》的报告，这一报告凸显了欧盟教育政策中对终身学习的强调和对核心素养的重视，[1] 并确立了负责核心素养的工作组。2002 年 3 月，该工作组发布了第一份工作进展报告，首次使用了核心素养（Key Competencies）这一概念替代新基础技能（New Basic Skills），基于五项基础性技能提出了八大核心素养的第一版。其后，负责核心素养的工作组又发布了第二个进展报告（2003 年）和第三个进展报告（2004 年）两个过渡版本，最后形成了 2005 年提交并于 2006 年发布的未来终身学习者应该具备的八大素养的正式版本。欧盟核心素养共涉及八个方面，它们分别为使用母语交流、使用外语交流、数学素养与基本的科学技术素养、数字素养、学会学习、社会与公民素养、主动意识与创业精神、文化觉识与文化表达，并指出批判性思维、创造力等是贯穿于八大核心素养之中的共同能力。

3、美国 21 世纪核心技能

美国学者伯尼·特里林（Bernie Trilling）和查尔斯·菲德尔（Charles Fadel）经过多年的研究，指出 21 世纪有教养的劳动者和公民必备的技能应该是“3R×7C”，其中，“3R”即为读、写、算的能力；“7C”则分属三大领域的素养，包括学习与创新技能（涉及批判性思考与解决问题能力、沟通与协作能力、创造与革新能力）；信息、媒体与技术技能（涉及信息素养、媒介素养、信息与通信

[1] 裴新宁，刘新阳．为 21 世纪重建教育——欧盟“核心素养”框架的确立 [J]. 全球教育展望 ,2013,(12):89-102.

技术素养）；生活与职业技能（包括灵活性与适应能力、主动性与自我导向、社交与跨文化交流能力、工作能力与职责、领导力与责任等）。具体如下图 1.7 所示。

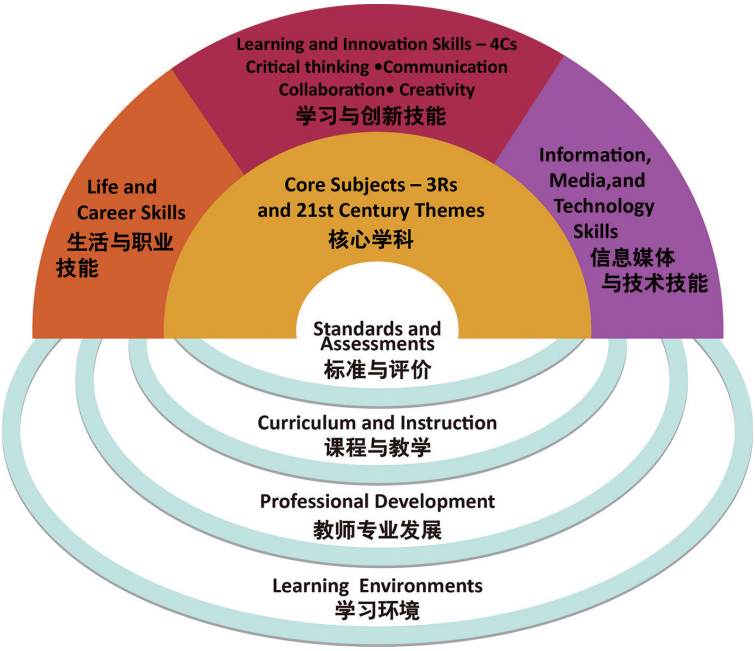


图 1.7　21 世纪学生的 P21 框架

图片来源：伯尼·特里林（ Bernie Trilling）和查尔斯·菲德尔（Charles Fadel）（2011）《21 世纪技能》

4、中国学生发展核心素养

我国在这方面的研究起步较晚。著名心理学家、北京师范大学林崇德教授依托教育部哲学社会科学研究重大委托专项，领衔 5 所高校 90 余名研究人员组成联合攻关项目组，共同研究中国学生发展的核心素养体系，提出了中国学生发展核心素养，并于 2016 年 9 月正式发布。该体系分为文化基础、自主发展、社会参与三个方面，综合表现为人文底蕴、科学精神、学会学习、健康生活、责任担当、实践创新六大素养，具体细化为国家认同等十八个基本要点（详见图 1.8）。[1]

[1] 核心素养研究课题组．中国学生发展核心素养 [J]．中国教育学刊，2016,(10):1-3.

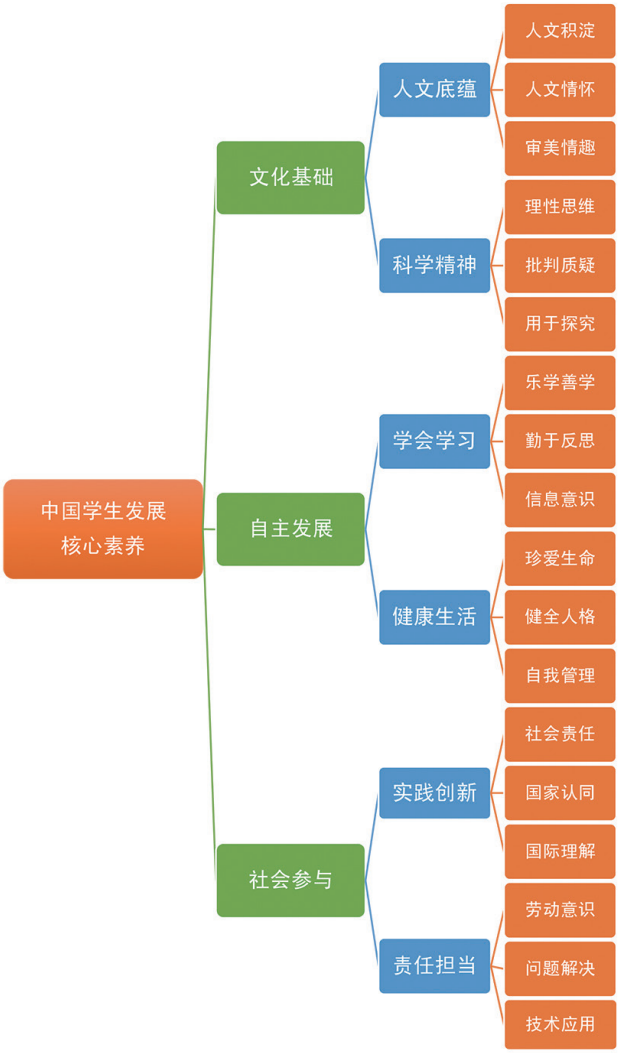


图 1.8　中国学生发展核心素养框架图

纵观国际组织和不同国家研制的核心素养内容，当面向未来的挑战而预测学生应具备的关键能力和必备品格时，基本都关注了社会责任、合作交流、创造性解决问题等方面，而我国则在文化基础领域着重强调应兼具科学精神与人文底蕴。这些即是全面发展人的基础，亦是教育培养的核心目标。为此，教育必须做出积极的应对。

（三）新教育

教育是一个面向未来的事业，当新的挑战来袭时，作为培养人才的主要战场，需要随着未来人才需求的变化而做出相应变革。正如美国教育家约翰·杜威（John Dewey）所言，如果我们仍用昨天的教育培养今天的儿童，那么我们就是在剥夺他们的明天。如何培养科技素养与人文素养兼具的科学家、工程师等大量的创新应用型人才，是当前教育亟需解决的重要问题。基于此，重视学生科学技术素养和人文艺术素养培养的STEAM教育应运而生，对于培养能解决诸如健康、能源、安全和环境等领域中复杂的、跨学科难题的科学受教育人口来说，STEAM教育至关重要。[1]

未来社会到底需要什么样的学习者呢？数字化的时代是以具备批判性思考、适应能力、协作交流能力、问题解决和创造力以及一定信息素养的科学家、工程师，尤其是电脑工程师和技术工人为主导人力资源的时代，哪个国家在这些领域占优势，哪个国家就更有竞争力 ，谁能成为这些领域的专家，谁就能处于更为优势的地位。为此，培养这些领域的领导者和劳动者，就成为各国教育改革当前重大的目标与使命。例如，美国教育部2015年12月10月发布《2016国家教育技术规划》，并做出支持个性化专业学习的新承诺，要求教育行政领导不管学生的背景如何，要对学生均等地接触科技和校内外网络连接有一个预期；推行高品质的教学材料等。此外，美国教育部教育科技办公室也提供了一系列专业学习资源来帮助学生向数字化学习转变。优质教育联盟则启动了一个名为“未来准备（Future Ready）”的网站，围绕一个个综合性课程资源主题，为教师提供持续的专业学习，促进教与学方式的变革。

我国正处在进入现代化建设的关键时期，李克强总理在2015年1月9日召开的国家科学技术奖励大会讲话中指出，国家繁荣发展的新动能，就蕴涵于万众创新的伟力之中。为此，应着力发展教育，开发相应的课程，培养大批科技创新人才。

---

[1]Stephen E.Bradforth, Emily R. Miller (2015). Improve undergraduate science education.THE 21ST CENTURY SCIENTIST, 523, 282.

二、现实审视

如前所述，未来社会既为我们提供了发展的机遇，同时也把人类推到了前所未有的危机的边缘。面对挑战，我们首先要做的是审视当下，当前我国社会存在的主要问题是人口老龄化负荷、经济转型带来的压力以及积重难返的教育问题。只有正视问题，才能做到科学谋划，积极应对。

（一）人口负荷

1、工作年龄人口减少

长期以来，我国一直处于国际分工中的低端位置，劳动密集型行业一直是中国制造业的优势行业，缺乏一定的自主科技创新能力，只能依靠数量和价格优势来赢取市场份额。而 20 世纪 90 年代的人口出生量相较于 80 年代大幅下降了将近一半，人口的“90 后陷阱”将会直接导致我国在未来一段时间里，工人数量急剧下降。2010 年以后，工作年龄劳动力总的增速已开始快速下降，2013 年工作年龄总人口出现了负增长。[1] 若要解决这一问题，关键举措之一就是提升工作人口的素质，尤其是创造性的实践能力和信息技术素养等。

2、人口走向老龄化

2016 年 10 月 5 日，国务院办公厅印发的《老年教育发展规划（2016-2020 年）》指出：当前我国已进入老龄化社会，2015 年底我国 60 岁以上老年人口已经达到 2.22 亿，占总人口的 16.1%，预计 2020 年老年人口将达到 2.43 亿。而未来 20 年我国人口老龄化形势将会更加严峻，“未富先老”的特征日益凸显。[1]

人口老龄化的问题导致我国大量廉价劳动力的优势将不复存在。急剧缩减的劳动力数量造成劳动力成本的迅速提升，中国城镇就业人员平均名义工资增速在 10%-18%，[1] 制造成本不断提升，我国逐渐开始丧失了出口竞争力。

（二）经济转型

20 世纪 80 年代中后期以来，世界经济发展进入到了高速发展时期。特别是

---

[1] 张斌．中国经济转型综合症 [J]．国际经济评论，2014,(04):21-36+4.
[2] 中国政府网．《国务院办公厅关于印发老年教育发展规划（2016-2020 年）的通知（国办发 [2016]74 号）》．2016-10-19.
[3] 张斌．中国经济转型综合症 [J]．国际经济评论，2014,(04):21-36+4.

2002 年至 2007 年，是世界经济增长少见的高度乐观的“黄金时期”。[1] 在此期间，我国抓住机遇，取得了令世界瞩目的经济增长成就。2007 年，美国次贷危机爆发，全球经济开始进入下行通道。[2] 受其影响，中国的经济增长率也明显减缓。我们看到 2001 至 2007 年，中国 GDP 平均增速为 10.8%，且增速由低到高逐年上升，而在 2008 至 2013 年，平均增速却下降到 9%。到 2013 年，GDP 增速已下降至 7.7%。[3]

在这一过程中，我国逐渐认识到了经济减缓并非由周期性因素导致，而是由结构性因素发展变化引起的，我国已经进入到了经济发展的新常态阶段。无论对国家还是对个人而言，这都是一个非常重要的转型期。如何超常规地培养经世致用的人才，实现中华民族的华丽转身，成败在此一举。

1、经济结构性衰退

当前中国经济是一种结构性衰退，而不是周期性衰退。需求不足只是表象，而供给乏力和供给失衡才是问题的症结所在。正如著名经济学家许小年在 2014 年深圳召开的“湘籍精英高端会聚”上演讲时所指出的，今天依靠低成本扩张、抢占市场的时代已经结束，低成本获取技术的时代也结束了，不会再有市场等着大家去占有，要告别旧时代，面对新时代。过去的后发优势是可以照抄，用低成本获取市场上现成的技术，买个麦克风就可以照抄照做，而如今的产品的抄不来的，买一百台苹果手机，你还是不会做，现在的技术不可能用低成本获得，劳动力成本已不再是关键因素，由麦克风转向智能手机时代是巨大的挑战。创新和研发成为企业生存和发展的关键，而不是成本。

可以说，我国当前经济发展面临的重大问题就是企业创新能力不足，缺乏大量的创新型人才，在庞大的就业人口红利的背后，却是大量产业工人科技素养、创新能力普遍偏低的事实。教育，面临重大的挑战。

2、创新经济

根据世界知名的商务和专业智能信息提供商汤森路透（Thomson Reuters）的研究报告，2012 年，以专利为主要指标的全球创新企业百强排名，中国企业无一上榜，以知名商标为主要指标的世界品牌 100 强当中，中国仅有 4 个。国家知识产权局对 25 家具有代表性的创新型企业的统计显示，其无形资产占企业总资

[1] 金碚．中国经济发展新常态研究 [J]．中国工业经济，2015,(01):5-18.
[2] 李扬，张晓晶．“新常态”：经济发展的逻辑与前景 [J]．经济研究，2015,(05):4-19.
[1] 金碚．中国经济发展新常态研究 [J]．中国工业经济，2015,(01):5-18.

产比例平均仅为0.65%，而其中知识产权资产占无形资产的比例则仅有16.98%，与发达国家的平均水平差距显著。[1] 为此，提升创新能力，推进大众创业万众创新是我国经济转型的重要内容。

3、生态经济

长期以来的粗放型经济发展策略，虽然促使我国经济得到了迅速的增长，但也带来了极为严峻的生态危机。以空气污染为例，2015年全国338个地级以上城市中，有73个城市环境空气质量达标，占21.6%；265个城市环境空气质量超标，占78.4%。[2] 然而，空气污染问题还只是中国生态环境问题的冰山一角，工厂废水排放、生活垃圾污染、资源浪费、过度开采捕猎、酸雨等等，都对我们的生存环境产生了极其严重的破坏。生态危机不仅成为了制约我国经济增长的主要原因，更是严重影响到了人的生存与发展。为此，我国政府提出了生态经济理念，力图从社会、经济、自然复合生态系统平衡中寻求经济的快速增长。这样一种复合生态系统的问题异常复杂，需要综合多种学科才能很好地加以解决。因而，培养具有综合素养的、能创造性解决问题的未来公民，至关重要。

（三）教育乏力

2015年9月30日，总部位于瑞士日内瓦的世界经济论坛发布了《2015-2016年全球竞争力报告》，中国位列第28位。虽然领跑金砖国家，但仍与世界前列存在较大距离。如前所述，在庞大的人口基数的背后，我国当前面临的主要困境却是创新人才的严重不足。习近平总书记在2017年2月6日主持召开中央全面深化改革领导小组第三十二次会议并发表重要讲话，会议审议通过了《新时期产业工人队伍建设改革方案》，方案指出，工人阶级是我国的领导阶级，产业工人是工人阶级的主体力量。要从巩固党的执政基础的高度，从促进我国经济社会持续健康发展的高度，加快产业工人队伍建设改革，坚持全心全意依靠工人阶级的方针，按照“政治上保证、制度上落实、素质上提高、权益上维护”的总体思路，针对影响产业工人队伍发展的突出问题，创新体制机制，提高产业工人素质，畅通发展通道，依法保障权益，造就一支有理想守信念、懂技术会创新、敢担当讲

[1] 李扬，张晓晶．“新常态”：经济发展的逻辑与前景[J]. 经济研究，2015,(05):4-19.
[2] 中华人民共和国环境保护局．《2015年中国环境状况公报》[EB/OL].2016.[2016-11-10]. http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201606/t20160602_353138.htm.

奉献的宏大的产业工人队伍。

如何实现这一重大的目标？教育作为专门培养人的活动，自然是责之所在。必须积极寻求变革，努力培养新时达所需的大量具备新素养的应用型创新人才。然而，当前教育却表现乏力，具体表现在以下几个方面：应试教育根深蒂固，为应试而机械地学习、记忆、训练，导致会做题却不会解决真实问题；让学生学习的是一些脱离情境的、碎片化的事实、概念和割裂的技能，难以迁移应用；分科教学让学科之间相互割裂，无法给予学生更加全面、整体性的认识；多采用讲座式教学，未能真正实现新课程改革倡导的自主、合作、探究的学习方式和个性化的学习；资源非常丰富，但有针对性的、高质高效的课程资源却极度欠缺，因而无法促进学生深度的学习，也很难培养出面对现实困境和未来挑战，能够负起责任、勇于担当的拔尖创新人才。

三、开拓创新

随着新世界的来临，时代对人的素养提出了新的要求，迫切需要新的教育与之适应。然而，我国当前教育乏力的局面与国家日益增长的创新人才需求之间，产生了巨大的矛盾。为此亟需进一步开拓创新，促进教改深化，实现强国之梦。此时出现的 STEAM 教育，犹如及时春雨，正为我们提供了解决问题的策略和工具。

（一）强国之梦

二十世纪七八十年代的日本超过了美国，成为世界顶级的制造业大国。尽管日本的总人口是美国的 40%，但日本大学中学习理工科的学生数量是美国的四倍。人们普遍认为，是日本的科学家和工程师造就了日本经济的腾飞。因此，在第四次工业革命迅速发展的当口，我国若想实现制造大国向创造大国的跨越，也必须从科技创新中寻求突破口，培养更多富有创造力的科学家和工程师。

1、从人口大国迈向人力资源强国

我国拥有丰富的人口资源，而人口资源只有转变为人力资源，才能把过多的

人口负担变成发展的动力。[1] 因为人力资源才是知识经济时代经济增长的最重要源泉，它是“活”的资源，是创造利润的主要源泉，是一种战略性资源，同时也是可以无限开发的资源。[2]“只有人力资源是可以通过教育和健康投资，加以积累改善的。[3]”随着教育的普及与高校的扩招，我国经济增长的源泉正逐渐由人口红利转向人力资源红利。“这在未来不仅可以有效地抵消人口红利不断减少的负面作用，而且还可以保持人力资本总量的持续增加，从而支撑整个中国经济的长期持续高增长，为未来 20 年中国成为世界经济强国提供巨大的丰富的人力资源基础。[4]”我国当前正逐渐从人口大国向人力资源强国迈进，并呈现出了新趋势、新特点。

根据第六次人口普查数据显示，我国国民的受教育年限不断提高，全国高中（含中专）文化程度人口与大学（大专以上）文化程度人口迅速增长。2000 年，大学以上人口占总人口比例仅 3.6%，而 10 年后就达到 8.73%，年均增长率达 10.12%，具体见下表 1.4。与此同时，高等教育的毛入学率也是逐渐提升，到 2015 年已经达到了 43%。

表 1.4　2000 年 -2010 年我国高中、大学文化程度人口

年份	2000 年	2010 年	年均增长率
大学（大专以上）文化程度人口	4563（万人）	11964（万人）	10.12%
占总人口比例	3.60%	8.73%	
高中（含中专）文化程度人口	14068（万人）	18799（万人）	2.94%
占总人口比例	11.11%	13.72%	

2、从中国制造转向中国创造

[1] 和学新．从人口资源到人力资本——人在社会发展中的作用变迁及其实现的教育机制 [J]．教育科学论坛 , 2006, (01) : 9-13.
[2] 周学馨．人力资源视角下的人口压力——兼议我国从人口压力向人力资源优势转变的模式 [J]．重庆三峡学院学报 , 2009, (05) : 44-47.
[3] 童玉芬．从人口大国走向人力资源强国——中国人力资源的现状和形势分析 [J]．现代经济探讨 , 2008, (01) : 11-15.
[4] 胡鞍钢，才利民．从“六普”看中国人力资源变化：从人口红利到人力资源红利 [J]．清华大学教育研究 , 2011, (04) : 1-8.

2010 年，我国占全球制造业产值的 19.8%，居世界首位。中国制造由一代代中国企业发展成为中国国家品牌的形象。然而，“Made in China”长期以来似乎成为了廉价产品的代名词。在“中国制造”光鲜亮丽的背后是中国制造企业的如履薄冰，存在成本优势丧失、自主技术含量低和附加值低等诸多压力。[1]面对“中国制造”给带来的众多尴尬问题与困扰，成功实现从中国制造向中国创造的转型成为我国“十二五”期间转变经济增长方式的重要内容之一，[2]中国制造企业的全面转型升级迫在眉睫，亟需大力鼓励创新，培养创新人才，为我国经济社会的持续健康发展提供出路。近年来，随着创客教育的兴起，北京、深圳、上海等地陆续兴建了大量创客空间，为大众创新提供孵化器，就是国家以此培养创新人才的重要举措之一。

（二）课改深化

自 2001 年国家基础教育课程改革启动以来，我国基础教育的发展迈上了一个新的台阶，取得了令人瞩目的成就。然而，改革到目前为止还未能全面满足人们对教育的期待。为应试而机械地学习记忆训练、学的是一些脱离情境的碎片化的事实概念和割裂的技能，难以迁移应用，学科之间相互割裂无法给予学生更加全面、整体性的认识，因而也很难培养出拔尖创新人才。

随着我国对大量科学家、工程师和高素质的产业工人的渴求，对创新教育的投入不断加大。为推进课程改革的不断深化，国家连续出台多项鼓励创新的政策，其中包括赋予学校课程自主权，进行课程结构的重组和研发，尤其培养学生创造力和实践能力的课程，以满足学生发展的需要。倡导课程的融合性和创新性，强调学生的创新能力和实践能力培养。例如，北京市全面实施初中“开放性科学实践活动”和“综合社会实践活动”，力图“充分利用中小学生社会大课堂资源单位、高校、科研院所、博物馆、企业、社会团体等社会资源开展学科实践活动，用好各学科平均不低于 10% 的实践活动课时，逐步形成学科内综合以及跨学科多主题、多层次的系列课程。综合培养学生的人文、科学素养，提高学生综合运用知识解

[1] 孟鹰，余来文，胡滢，封智勇．制造业从中国制造向中国创造转型的新路径 [J]．中国市场，2012,(42):66-71.
[2] 杨玲．“中国制造”向“中国创造”转变——基于生产者服务业对“中国制造”效用研究 [J]．中央财经大学学报，2011,(11):49-55.

决问题的能力、交流与合作的能力、创新意识与实践能力。[1]”此外，继续强调学生学习方式的改变，倡导探究性、实践性、由信息技术支持的创新性学习等。

众多举措都指向了通过开设 STEM 课程，培养能够适应第四次工业革命需求的学生，促进经济和社会的发展，确保国家安全。

[1] 北京市教育委员会文件（京教计〔2015〕35 号）北京市教育委员会关于本市中考中招与初中教学改进工作的通知.

[第二章]
国际 STEAM 教育发展流脉

时至今日，STEAM 教育已经以无可抵挡的生命力扎根于一些发达国家的教育改革之中，对这些国家尤其是发展较早的国家的 STEAM 教育进行分析，对于我国 STEAM 教育发展有深远的意义。因此，本章对国际上 STEAM 教育的发展情况进行了梳理与分析，以期指导我国的 STEAM 教育发展。

一、STEAM 教育发展背景

任何一种教育理念和实践的产生都伴随着一定的背景，有着深刻的时代烙印。STEAM 教育亦是如此，本报告将分别从时代、技术和教育几个方面，来分析其在当前背景下登上历史舞台的必然缘由。

（一）时代呼唤

从时代发展的维度来看，STEAM 教育理念的前身 STEM 教育来源于美国的一场危机。调查显示，每年中国有将近 50% 的学士学位被授予 STEM 四大领域的学生，而美国则只有 17%。[1] 这给美国带来了严重的竞争危机。此外，随着科学与工程技术领域在国家经济增长中所占比例不断攀升，社会对 STEM 人才的需求不断增大。美国教育部在 2007 年进行的调查显示，发展最快的职业中，有 75% 的职业都需要坚实的科学或数学技能。[2] 而政府统计署在当年也预测说，到 2015 年时将有三分之一的工作与 STEM 学科息息相关。[1] 然而，与此形成鲜明对比的是， 在 STEM 方面的人才仍然供应不足。一方面，美国本土劳动力缺乏 STEM 职业所要求的数学素养、计算机素养和问题解决能力等，致使外国人占据了许多中坚职位；另一方面，随着新兴经济的崛起，优质外国员工流失加速，进一步使得 STEM 劳动力缺口增大。[4] 更有调查表明，美国 STEM 人才的数量和质量无法满足行业的需求量，超过一半的美国雇主难以找到具备高等数学、高等物理、高等化学知识的员工，美国社会急需大量的年轻人加入 STEM 行列。[5] 毕业生的不足与社会的大量需求形成鲜明对比，严重影响到国家在世界范围内的竞争力，这就导致美国不得不大力发展 STEM 教育，随之又发展 STEAM 教育。

---

[1] 徐晶晶．寻找创新支点上海 STEM~+ 本土化的率先之探 [J]. 上海教育 ,2015,13:32-37.

[2] Becker K H, Park K. Integrative Approaches among Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Subjects on Students' Learning: A Meta-Analysis.[J]. Journal of STEM Education: Innovations and Research, 2011,12(5-6):23-37.

[3] Breiner J M, Harkness S S, Johnson C C, et al. What Is STEM? A Discussion about Conceptions of STEM in Education and Partnerships.[J]. School Science and Mathematics, 2012,112(1):3-11.

[4] 杨亚平．美国、德国与日本中小学 STEM 教育比较研究 [J]. 外国中小学教育 ,2015,(8):23-30.

[5] 徐晶晶．寻找创新支点上海 STEM~+ 本土化的率先之探 [J]. 上海教育 ,2015,13:32-37.

（二）技术奠基

人类为了生存与发展，必须认识自然、改造世界，而科学技术就是我们认识自然、改造自然的成果与手段。整个人类文明史就是一部人类利用科学技术认知与改造自然、从自然的束缚中解放出来并与之共同进化的历史。近代以降，人类发展的每一次重大跃升，均来自于科技发展带来的革命性变革。科技驯化了我们人类，从电子技术、太阳能、飞行器、DNA 排序技术，到现代信息技术、互联网、物联网以及人工智能、神经科学，现代科技的迅猛发展，使得技术已成为我们的“第二肌肤”，成为一个国家的核心竞争力。我国在 2016 年 5 月出台的《国家创新驱动发展战略纲要》中特别指出：“创新驱动是国家命运所系。国家力量的核心支撑是科技创新能力。创新强则国运昌，创新弱则国运殆。我国近代落后挨打的重要原因是与历次科技革命失之交臂，导致科技弱、国力弱。实现中华民族伟大复兴的中国梦，必须真正用好科学技术这个最高意义上的革命力量和有力杠杆。”

尤其是我们目前迎来的这场第四次工业革命，将我们推送到了新硬件时代。技术，尤其是在信息技术支撑下的工程设计，成为这个时代的核心要素。各国都在加大科技创新力度，推动 3D 打印、移动互联网、云计算、大数据、生物工程、新能源、新材料等领域的发展，促进智能装备、智能工厂等智能制造方式的变革，并且不断拓展可穿戴智能产品、智能家电、智能汽车等智能终端产品制造业的升级。

为打好这场战役，国务院 2016 年 3 月印发了《中国制造 2025》，部署全面推进实施制造强国的发展战略。这是我国实施制造强国战略的第一个十年行动纲领，以推进智能制造为主攻方向，以满足经济社会发展和国防建设对重大技术装备的需求为目标，强化工业基础能力，提高综合集成水平，完善多层次多类型人才培养体系，促进产业转型升级，培育有中国特色的制造文化，实现制造业由大变强的历史跨越。

我们看到，随着现代工程的系统化，其规模越来越大，结构也越来越精巧，这就使得工程与科学技术紧密联系在一起，离开了科学技术，工程很难得到发展和创新。由此可见，技术的发展带动了多学科的融合，尤其是信息技术的发展对

科学、工程技术和数学起到了联结和辐射作用。[1]以工程设计与开发为引领，科学、技术、数学、艺术等学科得到高度的融合，这是学科因应社会发展而进化出来的态势，也就使得 STEAM 教育成为一种必然。

在技术发展的这样一个背景和挑战之下，不仅仅是美国，世界各国都极为重视科技教育的高质量发展。

（三）教育回应

为了在科技迅速发展的未来生存竞争中赢得胜利，各国纷纷进行了教育的改革与创新。以美国为例，在一系列的国际学生评价项目中，美国学生的成就均表现欠佳。2011 年的国际数学和科学评测趋势 (The Trends in International Mathematics and Science Study，简称 TIMSS) 测试中，“科学”部分的学业成绩美国只有 10% 的 8 年级学生高于国际基准，而新加坡和中国分别为 32% 和 25%。[2]在由经济合作与发展组织统筹的国际学生评估项目（PISA，Program for International Student Assessment）中，美国学生在科学、数学和阅读方面也均没有进入前十。[3]美国教育进步评价测评（National Assessment of Educational Progress，简称 ,NAEP）的结果显示，学生群体学业成就欠佳，且有下降的趋势。[4]

美国自第二次世界大战以后，非常重视工程教育，进行了多次教育改革。但是，20 世纪 80 年代以来，却一直无法尽如人意，教育质量逐渐下降。不仅为一些后进的国家（如日本、西德、中国、印度等）迅速赶上并超越，而且攻读工科的学生人数也逐年下滑。美国工程教育协会 2003 年公布的统计数据显示，1988 年，全国获得工程专业学士和副学士学位的学生分别为 12000 和 14000 人，到了 2003 年，以上数据分别下降为 9000 和 11000 人。

---

[1] 吴俊杰，梁森山与李松泽，STEM 教育对中国培养适应 21 世纪的复合型创新型人才的启示．中小学信息技术教育，2013(03)：第 43-47 页．

[2] National Research Council of the National Academies. Successful K-12 STEM education: identifying effective approaches in science, technology, engineering, and mathematics[M]. Washington, D.C.: National Academies Press, 2011.

[3] 吴俊杰，梁森山与李松泽，STEM 教育对中国培养适应 21 世纪的复合型创新型人才的启示．中小学信息技术教育，2013(03)：第 43-47 页．

[4] 杨亚平．美国、德国与日本中小学 STEM 教育比较研究 [J]. 外国中小学教育 ,2015,(8):23-30.

不仅如此，美国不同群体间的学生在 STEM 学科上的学业成就相差甚大，其中又以非白种人、低收入群体、女性等弱势群体的表现尤为欠缺。[1] 正是因为中小学阶段在数学和科学方面的成绩落后，导致了其本科毕业人才的不足，从而造成了美国的竞争力危机。可以说，对科技教育的反思，成为美国大力发展 STEAM 教育的深层次动因。

我国尽管在近年的 PISA 考试中取得了令人瞩目的成绩，但并不能遮掩中小学科技教育总体水平的薄弱和存在的问题。以科学教育为例，华东师范大学教师教育学院教授、教育部化学国家课程标准研制组组长王祖浩认为，科学教育的重要目标是帮助学生学会思考和解决问题。但现实情况却是各种类型的应试几乎替代了正常的教学，中、高考更是科学课堂教学的指挥棒。“讲、记、背、练”是学生学习科学的常态，教师习惯于将知识“肢解”，学生习惯于围绕知识点解题。科学探究成为摆设，学生对科学的兴趣逐年下降，学习负担过重，这严重影响了学生的身心健康，制约了学生科学素养水平的提升。[2]

除此之外，学科课程之间长期的割裂，校内学习与校外实践的隔离，不利于学生整体认知世界和创造性解决真实问题能力的培养。即便在中小学开设了“综合实践活动课程”，在高中阶段开设了“通用技术”课程，但是由于这些学科的非考试性质，对其重视程度远远不够，加上师资的匮乏，很难有效培养和发展学生问题解决的能力、探究精神和综合实践的能力。为此，在时代发展挑战的催生下，STEM 和 STEAM 教育以及创客教育一进入我国，就瞬间点燃了我国教育界的学习热情，成为培养 21 世纪技能或者是我国学生发展核心素养的催化剂和重要载体。

二、STEAM 教育发展历程

（一）STEAM 教育的发端

[1] 杨亚平．美国、德国与日本中小学 STEM 教育比较研究［J］. 外国中小学教育，2015,(8):23-30.
[2] 华东师范大学教师教育学院教授、博士生导师教育部化学国家课程标准研制组组长王祖浩． 我们的科学教育究竟差在哪里？［N］. 文汇报，2017-01-06(006).

众所周知，在全球范围内引起关注的 STEAM 教育是由 STEM 教育衍生出来的，是当今国际探索 21 世纪人才培养的一种教育理念与举措。[1] STEM 教育起源于美国，是美国为了应对未来社会挑战而提出的国家发展战略。

1956 年 8 月，美国的全国科学基金会指出，前苏联 1955 年培养的科学家是美国的两倍。1957 年 11 月，前苏联成功发射了第一颗人造卫星，从此开启了人类星际探索的历史先河。正是由于这场空间战的惨败，美国朝野震撼，真正意识到自己的科技领先地位受到了动摇，为此全国上下掀起了集体反思的潮流，陆续展开了各种对比调查，最终将这一失败原因归结为教育的失败，其中包括忽视了艺术元素在科技创新人才培养中的重要作用。1958 年，美国国会通过了《国防教育法》，规定要迅速纠正当前教育中所存在的不能使足够数量的青年接受自然科学、数学、现代外语及科技训练的不平衡现象，并将数学、自然科学、外语归为“新三艺”，加强这些学科的学习，从而为美国社会培养科技尖端人才。1959 年，杰罗姆·布鲁纳（Jerome Seymour Bruner）主持召开伍兹霍尔会议，在全国发起一场声势浩大的课程改革运动，倡导任何学科都可以用理智上忠实的形式教给任何年龄阶段的任何儿童，由此，微积分的基本结构也可以在小学阶段学习，只要教学方式符合小学生的认知方式。[2] 布鲁纳希望以此方式让学生高效地习得数学和自然科学的高深知识，从而迅速培养高精尖人才。尽管这场改革以失败告终，但科学教育得以迅速发展。1967 年，美国著名哲学家尼尔森·古德曼（Nelson Goodman）发起了零点项目（Project Zero）。古德曼认为，艺术不仅仅是情感和直觉的领域，而且具有认知属性，艺术思维和科学思维是同等重要的认知方式。零点项目同样是对来自前苏联卫星上天事件挑战的教育回应，经过十年的经验教训总结，一些教育家总结出这样的观点：美国的科学教育是先进的，但艺术教育落后，也就是说与前苏联相比，两国科技人员不同的文化艺术素养导致了美国空间技术的落后。[3] 由此，依托零点项目，科学教育和艺术教育的融合逐渐成为美国教育研究和实践的主旋律。

美国科学促进会（AAAS）于 1985 年启动“2061 计划”项目，以期帮助所有美国人提高他们的科学、数学及技术素养。该计划被誉为“美国历史上最显著的

---

[1] 北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心科学提升部主任、教育学博士林静．STEAM 教育如何对接核心素养 [N]．中国教育报，2017-01-04(009)．
[2] 丁彦华．《零点项目》的艺术教育观及启示 [J]．外国中小学教育，2000,(06):48-49.
[3] 沈致隆．哈佛大学《零点项目》的启示 [J]．高等教育研究，1997,(02):21-24.

科学教育改革之一”。项目组于 1989 年出版《2061 计划：面向全体美国人》报告，其中指出：“科学”的内涵应包括基础和应用数学、工程和技术等交叉学科，同时该报告还要求政府加大对科学教育的拨款。[1]

1986 年，美国国家科学委员会发表《本科的科学、数学和工程教育》报告，提出“科学、数学、工程和技术教育集成”的建议，强调要“加强大学教育并追求卓越，以使美国下一代成为世界科学和技术领导者”[2]，从此真正拉开了 STEM 教育发展的序幕。但此时，“科学、数学、工程和技术教育的集成”被称为“SMET”。1996 年，美国国家科学基金会（NSF）发表了题为《塑造未来：透视科学、数学、工程和技术的本科教育》的报告，该报告回顾并总结了美国大学科学、数学、工程和技术教育的十年进展，同时也关注了 STEM 的师资问题。[3]

这一系列重大举措的实施，不仅在美国国内取得了一定的成效，更是引起了世界各国的纷纷效仿。之后，随着“零点项目”等研究成果的影响越来越大，一些研究者逐渐开始在 STEM 教育的基础之上加入“A”，代表人文、艺术和社会的元素，发展成为了今天的 STEAM 教育。

（二）STEM 教育的发展

20 世纪 90 年代，美国国家科学基金会（NSF）的一名工作人员抱怨“SMET”听起来像“smut（污垢，下流）”，于是便用“STEM”取代了“SMET”[4]。此后，人们更多地采用 STEM 教育的概念，STEM 教育进入快速发展阶段。

首先是政策方面，2005 年，美国国家科学院（NAS）、国家工程院（NAE）、医学科学院（IOM）和国家研究委员会（NRC）向美国国会提出了《驾驭风暴：有活力地工作为美国经济更加辉煌的未来（RISING ABOVETHE GATHERINGSTORM: Energizing andEmploying Americafor a BrighterEconomic Future）》，该报告是 21 世纪美国科技教育发展的战略性报告，旨在揭示美国面临的紧迫问题并研究具体对策，从而确保 21 世纪的美国继续在科学与工程方面占据领

[1] 李扬．STEM 教育视野下的科学课程构建 [D]. 浙江师范大学，2014.
[2] 赵中建．美国 STEAM 教育政策进展 [M]. 上海：上海科技教育出版社．2015.
[3] National Science Foundation. Shaping the Future: Strategies for Revitalizing Undergraduate Education. Proceedings from the National Working Conference, 1996.
[4] Sanders, Mark. STEM, STEM Education, STEMmania[J]. Technology Teacher, 2009, Vol.68(4), p.20-26.

先地位。[1] 2006 年，美国国会在上述报告基础上提出了《美国竞争力计划：在创新中领导世界》报告，将高达 1360 亿美元的经费投入到 K-12 师资培训和大学层面的研究计划、奖学金和支持计划，[2] 被认为是小布什政府科技与教育发展的宏伟蓝图。2007 年，美国国会通过《为有意义地促进一流的技术、教育与科学创造机会法》(America Creating Opportunities to Meaningfully Promote Excellence in Technology, Education, and Science Act)，该法的缩写在英语中恰好为“竞争”一词，所以又称作《美国竞争法》。该法案确定，从 2008 年到 2010 年间要为联邦层次的 STEM 研究和教育计划投资 433 亿美元，投资方向将涉及到奖学金、STEM 师资培训以及大学层面的 STEM 研究计划。[3] 同年，美国国家科学基金会（NSF）还发表了《国家行动计划：应对美国科学、技术、工程和数学教育系统的紧急需要》的报告，该报告提出了要加强国家层面对 K-12 阶段和本科阶段 STEM 教育的主导作用，同时还提出要提高 STEM 教师水平和研究投入。与此同时 STEM 教育也从本科阶段下延到了中小学阶段。[4]

一系列政策法规的出台把人们的注意力吸引到了 STEM 教育上，社会上开始出现依托各种力量创办的 STEM 教育活动，如专注于师资培养的 UTeach 项目，该项目于 1997 年首创于德克萨斯州大学，旨在培养中学阶段的科学、数学和计算机教师。口号就是“我们准备教师，他们改变世界”。2010 年美国总统奥巴马在白宫一次教育会议上强调了 UTeach 项目的积极作用，呼吁有关各方积极参与组织理科教师的教育项目。到目前为止，UTeach 项目已经在全美 39 所大学成功推广。[5]

而随着计算机技术的发展，STEM 在线平台也成为一种浪潮。成就最显著的要数“项目引路（Project Lead the Way，PLTW）”计划，该项目是随着美国 STEM 教育的推进而逐步发展起来的教育项目，致力于为 K-12 阶段的学生提供基于项目式学习的工程、计算机和生物化学等学科的 STEM 课程。“项目引路”计划为

---

[1]National Academy of Sciences, National Academy of Engineering and Institute of Medicine of the National UAcademies. Rising Above the Gathering Storm: Energizing and Employing America to a Brighter Economic Future, 2005.
[2]American Competitiveness Initiative: Leading the world in Innovation.[DB/OL]. http://www.whitehouse.gov/stateofiheunion/2006/aci/aci06-booklet, Pdf. 2016-07-04.
[3]U.S. Government Publishing Office. America Competes Act [EB/OL].(2007-08-09)[2015-04-26]. http://www.gpo.gor/fdsys/pkg/PLAW-110publ69/pdf/PLAW-110publ69.pdf.
[4]National Science Board, National action Plan for addressing the critical needs of the U.S. science, technology, engineering, and mathematics education system,2007(10):3.
[5]http://uteach-institute.org/uteach.

全美 K-12 阶段的学生和教师提供转化式的学习经验，“激励、参与、赋权”学生，使其掌握未来成功必备的知识与技能。

到了 2009 年，美国 K-12 工程教育委员会发布了《K-12 工程教育：理解其现状，提高其前景》的报告。该报告除回顾工程教育现状，还设置了工程教育的一般准则，明确了工程教育的重要概念。[1] 随着该报告的发布，美国 STEM 教育由快速发展阶段步入稳步发展阶段。

随着 STEM 教育的发展，其不仅迅速扩展到全球范围，而且其涉及到的学科也开始不断拓展，不少学者开始在其中融入艺术的成分，形成了 STEAM 教育。最早提出 STEAM 教育的是美国弗吉尼亚科大学的学者乔吉特·亚克曼（Georgette Yakman）及其团队。贾斯丁·布雷迪（Justin Brady）也是 STEAM 教育的支持者，他认为科学、技术、工程和数学是需要学习和关注的重点，但它们却无法单独完成任务。为了让我们的学生做好引领世界创新的准备，我们需要关注能让学生创新力迸发的创造性思维的培养……而艺术则是点燃创造力的火花。布雷迪同时还强调，用讲授的方法来进行 STEM 教育会使知识和技能显得狭隘，因此需要在教学中融入艺术、设计和人文等来进行平衡。[2] ＡＭ．康纳（ＡＭ．Connor）也持这种观点，认为需要在 STEM 教学中融入艺术的成分。[3] 在此基础上，形成的 STEAM 教育其具体内容如图 2.1 所示。[4] 我国也在 STEM 的基础上衍生出了 STEM+，意思在于本土化的 STEM，在接受 STEM 核心思想的基础上结合我国的国情发展 STEM+ 教育。

---

[1] 李扬．STEM 教育视野下的科学课程构建 [D]. 浙江师范大学，2014.

[2] Brady J (2014) STEM is incredibly valuable, but if we want the bestinnovators we must teach the arts. Innovation 5:1－5

[3] Connor AM, Karmokar S, Whittington C (2015) From STEM toSTEAM: strategies for enhancing engineering & technologyeducation. Int J Eng Pedag 5(2):37－47. doi:10.3991/ijep.v5i2.4458

[4] http://learning.sohu.com/20151028/n424414490.shtml.[2016-9-23].

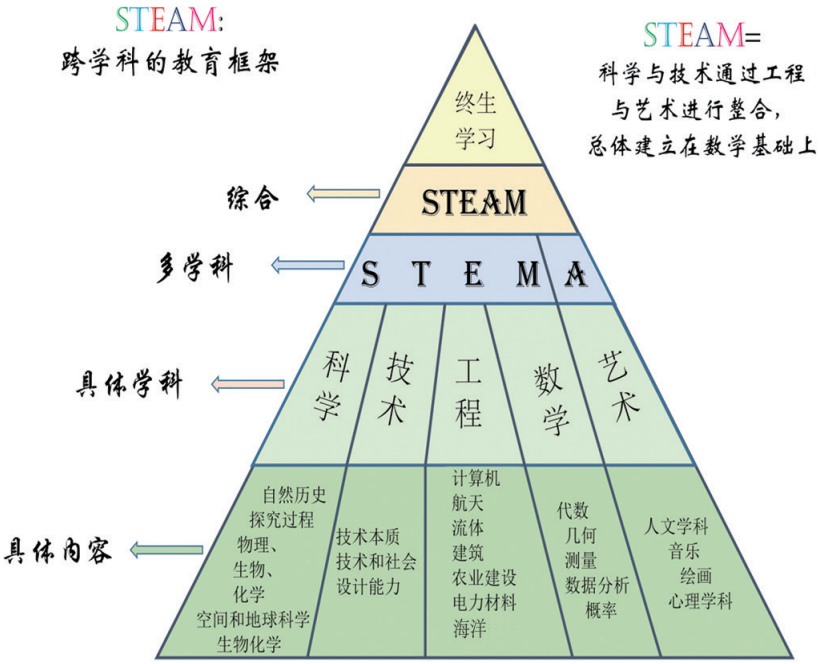


图 2.1 STEAM 教育的内容

（三）STEAM 教育的全球化

1、美国 STEM 教育发展

随着奥巴马上台，美国的 STEM 教育也进入了平稳发展阶段。经过前一阶段的快速发展，从政府到公众，对 STEM 教育的重要意义已经基本达成共识。2010 年，美国政府通过了《2010 年美国竞争再授权法》，这部法案是奥巴马执政时期的第一部相关法案，其中对 STEM 教育提出了专门规定，其中第 525 条提出要提高本科 STEM 教育就读率和毕业率，提升课程质量，加强教师队伍建设；第 526 条提

出要增加妇女及其他弱势群体中接受 STEM 教育的人数。[1]

随着各方面力量积极投入到 STEM 教育的迅速推进过程，人们也开始反思并深刻地认识到 STEM 教育发展中的问题。因此，这一阶段的 STEM 教育的发展更有针对性，其最明显的表现就是对师资的关注。2011 年，美国通过了《总统 2012 预算要求和中小学教育改革蓝图法案》，该法案决定斥资 2 亿 600 万来推进 STEM 的有效教学，计划在未来两年内招聘 1 万名 STEM 教师，并在未来 10 年内培养 10 万名 STEM 教师。[2] 同年，美国国家科学基金会（NSF）发布了《成功的 K-12 阶段 STEM 教育》的报告，该报告中扩大了 STEM 领域中女性和少数族裔的参与，体现了 STEM 教育的公平性。[3]2013 年，美国国家科学技术委员会提出了《联邦 STEM 教育五年战略计划》，该计划的重点就是促进 STEM 教育的具体实施，强调了高等教育阶段的 STEM 教育，同时关注并细化师资的培训。2015 年，美国又颁布了《2015 年 STEM 教育法案》，重申了 STEM 教育的定义，明确将计算机科学纳入 STEM 教育的范畴，同时也强调了非正式的 STEM 教育。[4]

在这一阶段，美国的 STEM 教育经历了前一阶段的狂热之后，开始逐渐转向冷静，教育学家开始真正研究这一理念，因此，这一阶段无论是在理论层面还是在应用层面都取得了丰硕的成果。在理论层面，STEM 教育的领域不断扩展，STEM 师资培养和课程开发都渐成制度，STEM 教育的评估也开始步入正轨。在应用层面，出现了一系列优秀的 STEM 课程与教学活动案例，如基于问题的 STEM 教学案例、基于工程的 STEM 教学案例。

2、德国的 STEM 教育

当美国对 STEM 教育的研究走向成熟时，其他国家也迅速卷入，开始了对这一教育理念和实践的关注。在德国，由于也出现了高质量综合型劳动力匮乏的现状，因此引进了美国的 STEM 教育。因为语言的缘故，德国通常将 STEM 教育称为 MINT(Mathematik，Informatik，Naturwissenschaft und Technik) 教育。德国

---

[1]National Science Foundation. America COMPETES Reauthorization Act of 2010[EB/OL]. (2010-07-22).[2015-04-26]. http://www.nsf.gov/statistics/about/BILLS-111hr5116enr.pdf.
[2] 李扬 . STEM 教育视野下的科学课程构建 [D]. 浙江师范大学 ,2014.
[3]White House: Remarks by the President on the “Education To Innovate”, Campaign. 2009.11.3.
[4]http://www.congress.gov/bill/114thcongress/house-bill/1-2-/text

人认为，专业技术人才的创造力是解决当前科技发展中遇到的关键问题以及迎接未来挑战的核心，因此中小学阶段的 MINT 教育更应关注学生在 MINT 职业上的兴趣和发展。德国希望将 MINT 教育与终身教育结合起来，创造一种可持续发展的 MINT 教育，因此促进 MINT 教育链的发展成为其教育目标之一。除此之外，[1] 德国在多个政府报告中都提及 MINT 教育及相关领域，意图借助政府的支持推动 MINT 的实施和普及。

3、日本的 STEM 教育

在日本，由于在中小学中推行了“宽裕教育”(Yutori Education) 政策，不但没有提高学生的生存能力，反而导致了学生学业的下滑，使得日本学生在 PISA 测试中表现不佳。日本政府将这种后果归结为基础教育的薄弱，由此开始关注美国的 STEM 教育，以寻求解决的途径。相较于其他国家，日本小学阶段的 STEM 教育就开始侧重 STEM 研究型人才的培养，增加学生对 STEM 相关学科的兴趣和热情，在高中阶段则实施 STEM 的精英教育。不过日本至今未曾在正式的政府文件中提出 STEM 教育一词，而是以一种局部的、潜在的方式实施该教育。

4、韩国的 STEAM 教育

韩国为增强国家科技竞争力而引入了整合型人才教育的概念，从中小学时期就对学生进行 STEAM 素养的教育，培养中小学生的知识整合应用能力与科技创新能力，进而为提升国家竞争力奠定青少年人才基础。可以说，韩国从开始推行 STEM 教育时，就是从 STEAM 教育着手的。2011 年韩国教育部颁布《搞活整合型人才教育（STEAM）方案》，提出要实施以数学和科学为中心、与工程技术相结合的 STEAM 课程，培养适应社会的具有 STEAM 素养的综合型人才。方案同时归纳了四类 STEAM 课程实施方案，为各中小学实施 STEAM 课程提供指导。韩国政府指

[1] W.Bertelsmann Verlag. Hauke Sturm Design, Perspektive MINT—Wegweiser fur MINT-Forderung und Karrieren in Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften und Technik. Bundesministerium fur Bildung undForschung[M].
Berlin: Bundesministerium Fur Bildung Und Forschung,2012.

定和扶持整合型人才教育示范学校，也是推动开展整合型人才教育的重要手段。

5、澳大利亚的 STEM 教育

澳大利亚从 2013 年起开始提高对 STEM 教育的重视，经历了从某些州（如昆士兰州）致力于实施 STEM 教育到在国家层面制定发展 STEM 教育战略的过程。2013 年澳大利亚首席科学家办公室发布了《国家利益中的 STEM 战略》，设定了 2013-2025 年的战略发展目标，其中《澳大利亚提升战略》对教育层次制定了以下具体政策：培养 STEM 专业教师、提高学生 STEM 素养、提高课程设计的科学性和合理性、加强与国家课程标准的联系、保证人才培养模式与市场需求相适应。2014 年澳大利亚首席科学家办公室颁布了题为《STEM：澳大利亚的未来》的文件，对 STEM 教育和培训做了详细的规划。2015 年 12 月澳大利亚联邦及各州和地区教育部长在“教育委员会”会议上签署《STEM 学校国家战略 2016-2026》，通过采取国家行动，改进澳大利亚学校的科学、数学和信息技术教学与学习。[2]

从以上 STEM 的发展历程我们可以发现，STEM 自提出之日就显示出了强大的生命力，从最初强调的科学教育逐渐延伸到技术、数学、工程和人文、艺术等多个学科的学习，从本科阶段的教育延伸至中小学教育，从政府政策出台到教育机构、基金会乃至中小学的参与，STEAM 正以不可抵挡的趋势风靡全球。

三、STEAM 教育研究现状

STEAM 教育的研究主要起步于美国，其研究也较为成熟。至今，STEAM 教育的研究已在以下四个方面进行了深入的探索，包括理论研究、师资培训、课程教学和实施评价。其中理论研究和师资培训是实施 STEAM 教育的先决条件，课程教学和实施评价是实施的载体和具体过程。而在具体的探索中，STEAM 教育又可以分为学校教育中的 STEAM 和非正式教育中的 STEAM 教育；还可以分为线下的 STEAM 教育和线上的 STEAM 教育。不同的 STEAM 教育形式互相补充，互相配合，初步形

[1] 李协京 .2015. 整合培养科技创新力 [EB/OL].[2016.7.8]. http://www.ezhijiao.net/newmodel.asp?newsid=24493&t=221,2015-06-03.
[2] 张玉娴 . 追求公平和卓越—新世纪以来澳大利亚基础教育改革研究 [D]. 上海：华东师范大学,2015.

成了美国的 STEM 教育模式。

（一）理论探索

STEAM 教育理论方面的探索主要分为两个方面，一方面是开展 STEAM 教育所需考虑的因素，另一方面是如何有效开展 STEAM 教育。正式的 STEAM 教育是与非正式场所的 STEAM 教育相对而言的，多指在正规的课堂上开展的 STEAM 教育。正式的 STEAM 教育以应用为中心又可以分为 STEAM 教学所需考虑的因素、STEAM 师资培训 STEAM 的学科整合案例、STEAM 教学的整合策略以及 STEAM 教学的评价和应用效果等多方面的研究。非正式场所的 STEAM 教育最鲜明的特点在于场所的开放性，在国外多见于夏令营形式，在我国目前也出现了依托科技场馆等校外教育机构开展的 STEAM 教育活动。近年来，尤其是美国在 2015 年出台了《2015 年 STEM 教育法案》之后，其中对非正式的 STEAM 教育的鼓励，极大地促进了非正式的 STEAM 的发展。它与正式课堂上的 STEAM 相互补充，共同发展，目前正成为 STEAM 教育的一种极为重要的形式。

1、STEAM 教育所需考虑的因素

STEAM 教育的重要性不必言说，而 STEAM 实施的效果也显而易见。然而，对于真正去实施 STEAM 教育的工作者来说，他们最关心的是在教学中实施整合的 STEAM 将需要考虑哪些因素，也就是说需要获得哪些支持才能实施 STEAM 课程。迈卡·斯德尔曼（Micah Stohlmann）等人为研究和探讨 STEM 整合教育所需要的知识、经验和背景等，在与一所中学长达一年的合作中，提出了一个 STEM 教育因素的模型，这个模型包括支持、教学、效能和材料四个要素，如表 2.1 所示。[1]

该模型从多个方面对开展 STEM 整合教育的因素进行了概括，对广大的实际工作者有很大的参考价值。当然，该模型仍是强调 STEM 教育，而对“A”元素的强调还远远不够。

表 2.1　STEM 教育整合的因素模型

支持	
与大学或者附近的学校合作；参加专业发展 教师合作时间；课程公司的培训与联系	
教学	
课程计划	课堂活动

关注联系　　陈述的转变 理解学生的错误概念　　理解学生的能力 基于问题解决　　学生为中心 建立在先前基础上 关注思想、概念和主题 整合技术　　与现实世界和文化联系	问题的提出与猜想 验证思维　　记录并反思 关注模式的理解　在教学中使用评估 合作学习　　教具的有效使用 探究
效能	
内容和教学知识要有助于自我效能感 致力于 STEM 教育是至关重要的 计划和组织非常关键	
材料	
技术资源、对技术的开阔视角、活动的材料包、 活动空间以及储存材料的空间、小组工作的桌子	

资料来源：Stohlmann, Micah; Moore, Tamara J.; Roehrig, Gillian H. Considerations for Teaching Integrated STEM Education[J]. Journal of Pre-College Engineering Education Research(J-PEER),2012,Vol.2(1).

2、STEAM 教育的有效开展

STEAM 教育正在全世界范围内如火如荼地进行着，随着其不断发展以及研究的不断深入，教育界已经从最初的毫无头绪渐渐理清了思路，STEAM 教育似乎不再无从下手，渐渐变得有章可循。目前，在整合 STEAM 课程方面使用最多的有两类，一类是基于项目的 STEAM 课程，一类是基于工程的 STEAM 课程。仔细研究可以发现，这两类课程的共同之处在于，它们都体现了以工程为中心，这就决定了以工程为中心进行 STEAM 课程开发是行之有效的方法。

事实上，以工程为中心进行 STEAM 课程开发是由 STEAM 教育本身决定的。众所周知，STEM 教育起源于一场危机，即美国在 STEM 方面人才供应不足的危机，这场危机导致美国竞争力下降。有研究表明，每年中国有近 50% 的学士学位授予 STEM 四大领域的学士，而美国只有 17%。[2] 尽管 STEM 是科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）和数学（Mathematics）这四门学科的缩写，

[1] Stohlmann, Micah; Moore, Tamara J.; Roehrig, Gillian H. Considerations for Teaching Integrated STEM Education[J]. Journal of Pre-College Engineering Education Research(J-PEER),2012,Vol.2(1).

[2] 徐晶晶．寻找创新支点上海 STEM~+ 本土化的率先之探 [J]. 上海教育 ,2015,13:32-37.

但调查结果显示，STEM 通常是科学或数学的术语，而实际上，STEM 真正应该强调的是技术和工程。[1] 更确切地说，STEM 意味着要在 K-12 阶段提升工程意识，尽管目前的学校教育中也体现了工程教育，但很显然，其重视程度与其在社会中的贡献不成比例。[2]

以工程为中心进行 STEAM 课程开发是由工程本身的特点决定的。学生所学的课程都要为 21 世纪技能服务，比如适应性、复杂沟通、社交技能、非常规问题解决、自我管理以及系统思考等技能，[3] 这些技能都能巧妙地体现在工程教育之中。工程本身就属于多学科的综合问题，通常涉及数学、科学、技术、艺术等各个学科，这正是 STEAM 教育开展所需的综合性课程应具备的特征。工程可以直接包含在问题解决和创新性当中，[4] 如果我们要提高学生的创新性，就应该有意识地强调 STEAM 教育中的 T 和 E。[5]

以工程为中心进行 STEAM 课程开发已经收到了比较好的效果，“项目引路（Project Lead The Way，PLTW）”是随着 STEAM 教育的发展建立起来的在线 STEAM 课程平台，其最初推行的就是面向高中的“工程之路（Pathway to Engineering，PTE）”，[6] 其本质就是提供以工程为中心的 STEAM 课程。经过多年的发展，PLTW 不断趋于成熟，在学校教育中产生了深远的影响。在印第安纳大学教育学院城市与多元文化教育中心的研究人员对超过 56,000 名高中毕业生进行了分析，分析结果表明：参加了 PLTW 课程的高中生与非 PLTW 学生相比，有近 3 倍的可能进入大学会选择 STEM 专业，3-4 倍的可能会学习工程；在高中参加了 3 门及以上的 PLTW 课程的学生与大学的其他没有参加过 PLTW 课程的同学相比，有超过 6 倍的可能去学习 STEM，8 倍的可能去学习工程；PLTW 参加者与学生能否坚

---

[1]Bybee, Rodger W. Advancing STEM Education A 2020 Vision[J].Technology and Engineering Teacher, 2010,Vol.70(1),p.30-35

[2]Bybee, Rodger W. Advancing STEM Education A 2020 Vision[J].Technology and Engineering Teacher, 2010,Vol.70(1),p.30-35

[3]National Research Council (NRC). (2010). Exploring theintersection of science education and 21st century skills:A workshop summary. Washington, DC: NationalAcademies Press.

[4]Lichtenberg, J., Woock, C., & Wright, M.(2008). Ready toinnovate: Are educators and executives aligned on thecreative readiness of the U.S. workforce? ConferenceBoard, Research Report 1424, New York: ConferenceBoard,Inc

[5]Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M. (Eds.). (2009).Engineering in K-12 education: Understanding the statusandimproving the prospects. Washington, DC: NationalAcademies Press.

[6] 娜菲沙·麦哈木提 . 美国“项目引路”项目研究 [D]. 华东师范大学 ,2014.

持到大学第二年的相关显著，尤其是对于参加了超过 3 门的 PLTW 课程。[1] 来自福利尼西亚大学的研究员 H. 罗伯特（H. Robert）博士以及他的团队，收集并分析了超过 30 份关于 PLTW 的研究和报告，主要发现：PLTW 为数学和科学成就的提升做出了很大的积极贡献；PLTW 与学生对企业的兴趣和继续教育的可能性，有着正相关；PLTW 有助于学生产生进入科学与工程行业的动机，并为此做好准备。[2]

基于以上现状，不少研究者提出用工程来带动课程是一种有效的方法。H. 坎摩尔（H. Kimmel）等就认为，目前的高等教育对将工程的原理和应用融入到中学的数学和科学课程中，产生了越来越大的兴趣。[3] 工程设计的思维和问题解决的特征是和科学探究的过程平行的，[4] J. 哈伍德（J.Harwood）等对工程设计和科学探究的过程进行了比较，如表 2.2 所示。[5]

表 2.2　工程设计与科学探究过程比较

工程设计	科学探究
1. 确定需求或明确问题	1. 用公式表达问题
2. 研究解决问题所需的条件	2. 收集信息
3. 形成可能的方案	3. 形成假设
4. 选择最佳方案	4. 规划方案
5. 形成初步模型	5. 测试方案（或进行实验）
6. 测试和评价方案	6. 分析数据，得出结论
7. 交流方案	7. 呈现结果
8. 重新设计	8. 形成新的假设

资料来源：Harwood, J., & Rudnitsky, A. (2005). Learning about scientific inquiry through engineering. 3″Proceedings of the 2005 ASEE Annual Conference, Portland, OR.&Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technologyeducation in the curriculum? Journal of Research in Science Teaching, 43 (3), 255-281.

[1] https://www.pltw.org/impact-project-lead-way（2016-6-20）

[2] Tai, Robert H. (2012). An Examination of Research Literature on PLTW. University of Virginia. Publication by PLTW.

[3] Kimmel, H., & Rockland, R. (2002). Incorporating pre-engineering lessons into secondary scienceclassrooms. Proceedings of the 32nd ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference, Boston, MA.

[4] Barak, M. & Zadek, Y. (2009). Robotics projects and leaming concepts in science, technology andproblem solving. International Journal of Technology & Design Education, 19, 289-307.

[5] Harwood, J., & Rudnitsky, A. (2005). Learning about scientific inquiry through engineering. 3″
Proceedings of the 2005 ASEE Annual Conference, Portland, OR.&Lewis, T. (2006). Design and inquiry: Bases for an accommodation between science and technologyeducation in the curriculum? Journal of Research in Science Teaching, 43 (3), 255-281.

正是由于这种共识，不少研究者都开始探索如何将工程融入 STEAM 教育中。Lyn D English 认为工程是开展 STEAM 教育的有效方式，但关于工程如何嵌入其中，尤其是在小学阶段的研究非常有限，因此他以一个包含五项综合的核心工程设计过程的框架为基础，对四年级学生在航空问题上的学习进行了定量研究。[1]

左娜姆·S·阿帕都（Xornam S. Apedoe）等人则认为，基于设计、将科学探究和工程设计联系起来的学习，是一种能够同时满足 K-12 阶段教育者要求和工程设计目标的学习方法。因此，他们设计一个使用了工程设计方法的高中课程单元，为期 8 周，主题是加热或冷却系统，最后的研究结果表明，这种方法对学生学习复杂的化学概念和提高学习兴趣有较大的帮助。[2]

（二）师资培养

1、STEAM 师资的现状及存在的问题

STEAM 师资的培养源于 STEAM 教育的浪潮以及 STEAM 教师的严重不足，尽管美国作为 STEAM 教育的起源地，其师资仍是很大的问题。首先是师资短缺，尽管美国很早就开始加大财政投入来培养 STEAM 教师，但目前 STEAM 教师仍然处于供不应求的状态。表 2.3 显示的是美国公立中小学 1999-2012 年的中小学各学科教师数量。从中可以发现，整体上看教师数量是有所增长的，但不排除个别年份出现的下降趋势，而且在教师的追踪调查中也有不少离职教师。单科的教师尚且如此，遑论综合的 STEAM 教师，数量更是不足。

表 2.3　美国公立中小学 1999-2012 年中小学各学科教师数量

学段	学科	1999-2000	2003-2004	2007-2008	2011-2012
小学教师	数学	23,000	19,000	28,000	32,000
	科学	11,000	19,000	15,000	18,000
中学教师	数学	207,000	213,000	252,000	250,000
	科学	169,000	189,000	195,000	209,000
	技术	161,000	169,000	164,000	147,000

数据来源：Snyder, T. D., Dillow, S.A.(2013). Digest of Education

[1]English, Lyn; King, Donna. STEM learning through engineering design:fourth-grade students' investigations inaerospace[J].International Journal of STEM Education, 2015, Vol.2(1), pp.1-18

[2]XS Apedoe, B Reynolds, MR Ellefson, CD Schunn. Bringing engineering design into high School Science Classrooms: The Heating/Cooling Unit. Journal of Science Education and Technology, 2008,17(5):454-465.

Statistics 2012. U. S. Department of Education, National Center for Education Statistics. P123-124. http://nces.ed.gov/programs/digest/d13/tables/dt13_209.10asp?current=yes

其次，尽管教师的受教育水平上升，但质量却有所下降。下表 2.4 是美国公立高中 STEAM 教师的最高学历与获得的学位情况（2007-2008 学年与 2011-2012 学年），可以从中发现，硕士的比重在上升，但事实上却是教师质量并没有提升，主要体现在教师的修读课程上，更有调查显示，教师修读课程与所教专业的吻合度在下降。[1] 另一方面，由于对教师资格认证的把关不够严格，导致很多拥有教师资格认证的人并不能胜任具体学科教学，这也是导致教师质量不高的重要原因。

表 2.4　美国公立高中 STEAM 教师的最高学历与学位获得情况

教师属性		数学教师		科学教师		技术教师	
学年		2007-2008	2011-2012	2007-2008	2011-2012	2007-2008	2011-2012
总数		144,800	152,800	125,100	132,900	138,400	125,600
最高学历	本科以下	/	2.6%	0.6%	2.9%	10.5%	14.2%
	本科	47.2 %	41.0 %	38.9 %	35.6 %	43.7 %	38.9%
	硕士	47.5%	49.8%	51.4%	51.8%	38.6%	39.7%
	教育硕士	4.2%	4.8%	6.1%	5.6%	5.9%	5.6%
	博士	0.9%	/	3.0%	4.0%	1.2%	1.7%
专业学位（部分）	小学教学教育	3.8%	4.9%	1.2%	3.2%	4.0%	3.1%
	中学教学教育	21.8%	27.1%	27.0%	29.9%	9.5%	11.2%
	数学	67.3%	64.5%	3.2%	3.0%	1.0%	1.5%
	自然科学	10.3%	8.4%	83.5%	78.3%	3.4%	4.1%
	技术教育	13.3%	11.3%	7.9%	7.1%	73.6%	70.8%

数据来源：Snyder, T. D., Dillow, S.A.(2013). Digest of Education Statistics 2012. U. S. Department of Education, National Center for Education Statistics. P126.;

http://nces.ed.gov/programs/digest/d13/tables/dt13_209.50asp?current=yes

此外，教师自信心不高、压力过大等，也是美国教师中普遍且长期存在的问题。

[1] National Science Board (2014). Science and Engineering Indicators 2014. National Science Foundation. P18

由此可见，尽管美国的 STEAM 教育起源最早，但其师资仍存在诸多问题。因此，美国在 STEAM 教师队伍建设方面采取了一系列的措施。

2、美国的 STEAM 教师培养政策与制度

关于 STEAM 教师培养最有权威性的政策，就是 2011 年通过的《总统 2012 预算要求和中小学教育改革蓝图法案》。该法案决定斥资 2 亿 600 万来推进 STEM 有效教学，计划在未来两年内招聘 1 万名 STEM 教师，并在未来 10 年内培养 10 万名 STEM 教师。[1] 此后，美国又陆续出台了多个法案以引起公众对 STEM 教师培养的重视，如表 2.5 所示。

表 2.5　美国发展 STEM 师资的法案

《S. 463：有效的 STEM 教学法案》（Effective STEM Teaching and Learning Act of 2011[2]）	州教育机构与高等院校合作对教师进行认证、招聘和培养；扩大 STEM 教师来源；资助在校学生的实习等
《S. 619：STEM 教师的教育与指导支持法案》（STEM Support for Teachers in Education and Mentoring(STEM) Act[3]）	为协调 STEM 教育的主要学科提供资金支持，联合学校教师、高等院校、商业机构等共同建设 STEM 教育
《S. 758：STEM 优秀教师队伍建设法案》（STEM Master Teacher Corps Act of 2011[4]）	奖励有突出表现的 STEM 教师，通过网络实现对优秀教师和团队的联系以及资源共享
《S. 1055：全美 STEM 教师税法激励法案》（National STEM Education Tax Incentive for Teachers Act of 2011[5]）	对立志成为 STEM 教师的本科生减免学费的 10%，全职的 STEM 教师享受减免税收待遇

除了立法，美国还尝试建立统一的教师准入标准，美国中小学工程教育委员会就曾建议，应该组织一场关于是否应当设立正式的教师执照的全国性对话，参

[1] 李扬．STEM 教育视野下的科学课程构建 [D]. 浙江师范大学，2014.
[2] The Senate of the United States(2011). S.463: To amend part B of title Ⅱ of the Elementary and Secondary Education Act of 1965 to promote effective STEM teaching and learning. 112th Congress 1st Session.
[3] The Senate of the United States(2011). S.619: To assist coordination among science, technology, engineering, and mathematics efforts in the States, to strengthen the capacity of elementary schools, middle schools, and secondary schools to prepare students in science, technology, engineering, and mathematics, and for other purpose. 112th Congress 1st Session.
[4] The Senate of the United States(2011). S.758: To establish a Science, Technology, Engineering, and Math(STEM) Master Teacher Corps program. 112th Congress 1st Session.
[5] The Senate of the United States(2011). S.1055: To amend the Internal Revenue Code of 1986 to encourage teachers to pursue teaching science, technology, engineering, and mathematics subjects at elementary and secondary schools. 112th Congress 1st Session.

与者应当包括组织开展中小学段数学、科学和技术教师教育的领导者、教育学院和工程学院、州教育部门、教师执照和认证群体以及 STEM 项目的认证机构。[1]

3、STEAM 教师培养项目

除了 STEAM 教师培训政策和建立统一认证标准这些方面的工作之外，美国在具体实践方面也取得了不小的成就，主要可以分为职前培训和职后培训两部分。

职前培训主要是加强高校与中小学的合作，开发培养 STEAM 教师的项目。例如前文提及的 UTeach 项目，该项目于 1997 年首创于德克萨斯州大学，旨在培养中学阶段的科学、数学和计算机教师。UTeach 项目在设立之初，就以最广泛地吸收数学、科学、工程、技术以及计算机专业领域的优秀学生进入中学教育职业领域，并为他们提供以实践为主的课程为目的。[2] 到目前为止，已经在全美 39 所大学成功推广。[3] UTeach 项目最核心的部分就是课程的设置，如表 2.6 所示，课程分为四大类：宣讲课程，教育类课程，专业课程，教学实习。

表 2.6　Uteach 项目课程设置

课程门类	课程名称	课程内容
宣讲课程	第一步	探究式教学方法；通过课堂范例为学生提供小学的实际教学经历
	第二步	探究式教学设计；通过基于某地区而制定的教学设计为学生提供初中的实际教学经历
教育类课程	课堂互动	为不同教学活动提供理论和实践性的分析框架，通过多样的课堂互动来促进教学内容的发展。主要内容有课堂中课程内容和技术的使用方法，以及将教学内容与教育学知识相结合的方法
	基于项目的学习	关注以问题和项目为基础的课程及教学过程，学习如何开发基于项目的教学单元；设计与实施为期 3 天的高中阶段以问题为基础的教学实践，并对此进行分析
	教学研讨	对教学实习进行反思，分析当代教育的关键问题
专业课程	数学和科学的发展	历史和哲学学科的教师通过对科学史中五个重要事件的调查分析，为学生介绍数学和科学学科所包含的历史、社会以及哲学内涵
	研究方法	由科学研究教师任教的实验课程，课程以理解科学家如何创造新知为焦点。学生设计，实施并撰写四份独立的教学调查。课程的主题包含实验室安全、实验设计、数据分析、数学建模等
教学实习	教学实习	为期 12 周。实习在骨干教师的指导和监督之下进行

[1] Katehi, L., Pearson, G., & Feder, M.(Eds.)(2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. Washington, D. C.: The National Academies Press.: 160.

[2] 李娜．美国 UTeach 教师教育项目简述 [J]. 基础教育参考 ,2014,01:74-78.

[3] http://uteach-institute.org/uteach.[[2016-7-5]]

由表 2.6 可以看出，该课程体系有两个非常突出的特点，一是实习时间长达 12 周，这也是该项目的一大特色；二是课程中融入了科学史的部分，这是其它教师课程体系所忽视的一点。由于 UTeach 项目在数学和科学教师的培养方面取得了很好的效果，德克萨斯大学奥汀斯分校又与德克萨斯大学的科克雷尔工程学院、自然科学学院以及教育学院合作，开展了 UTeach Engineering 项目，旨在鼓励主修 STEM 专业的学生从事 8-12 年级的工程教学工作[1]。

教师的职后发展主要体现在教师专业发展方面，以工程教师为例，就有包括引路项目、城市技术等在内的各种专业发展项目，如表 2.7 所示。

表 2.7　教师专业发展项目一览表

项目或课程	培训形式及范围	目标人群	训练团队	教师达成数	备注
项目引路（Project Lead the Way，PLTW）	所有教师要求完成为期两周的暑期学院	初高中教师，大多数是技术教师	160 名优秀教师，120 名副教授	全国 50 州共有 7,200 名教师和 5,000 名心理指导顾问接受培训	网上虚拟学院提供持续性支持
工程是基础（Engineering is Elementary，EiE）	自选训练，有两小时的工作坊、两周的会议、一个学期的项目	小学全科教师	波士顿科学博物馆的专业发展培训团队	28 个州和哥伦比亚特区的 5,100 名教师接受培训	
城市技术（City Technology）	自选培训：一个小时入门性工作坊加上 30 分钟的特定单元的研讨会	小学全科教师，小学科学专家、初中数学和科学教师、博物馆教师、课外项目教师	该课程的作者（纽约市立学院）	近 20 个州的几千名教师和非正式教育者接受培训	
儿童设计和工程（Children Designing and Engineering）	要求 30 个小时的毕业课程	小学教师	在弗吉尼亚州，培训由乔治梅森大学组织	从 1999 年开始，6 个州的 1,300 名教师，其中 800 名教师参与了弗吉尼亚州儿童工程项目	

[1] 翁聪尔．美国 STEM 教师的培养及其启示 [D]. 华东师范大学，2015.

项目或课程	培训形式及范围	目标人群	训练团队	教师达成数	备注
新泽西工程未来（Engineering Our Future New Jersey）	一天或两天的研讨会、工作坊	小学、初中、高中教师	史蒂文斯理工学院的教师	新泽西州的35名教师参加	该项目计划将规模扩展到2,000名教师
无限计划（The Infinity Project）	要求参与一周的暑期学院	高中教师		9-12年级的500名教师参加学习	教师培训包括在线讨论委员会
材料世界模块（Material World Modules）	自选式工作坊，时间长度不定	高中教师			
未来工程师（Engineers of the Future）	暑期学院	初高中技术教师、小学教师		已有700多名教师参加培训，大多数使用BiE的课程	纽约州教育厅拨款1,700,000美元加以支持
工程未来（Engineering the Futuer）	波士顿地区的半天、全天、多天会议形式，20-40小时的在线专业发展课程	高中教师			美国州立峡谷城大学和波士顿科学博物馆之间达成的合作，允许该项目被用于美国峡谷城大学的网上职前技术教师教育项目
数学建模（Building Math）	提供培训DVD，包含课程材料				
激励（INSPIRES）	两天的研讨会	马里兰州的技术教师			
运动中的世界（A World in Motion）	为期一天的研讨会	小学、初中及高中教师		自1990年以来，共配备了65,000套装备	教师们必须选择与一位工程师共同工作，工程师就作为课堂的志愿者

数 据 来 源：Katehi, L., Pearson, G.,& Feder, M.(Eds.)(2009). Engineering in K-12 education: understanding the status and improving the prospects. Washington, D. C.: The National Academies Press. P106-109.

除此之外，美国还开发了中学 STEM 综合性教师培训模型（The Secondary STEM Integration teacher-training module），旨在培养 STEAM 综合师资。由此可以看出，美国在分科师资大力发展的基础上已经渐渐走上了融合的道路。

（三）课程教学

STEAM 课程可以具体分为线下和线上两种形式，线下课程主要由专家、教师直接开发课程并实施，以学科整合为主，其特点是课程有较大的灵活性，但系统性不强，周期短。线上课程则主要是由专家团队开发课程并提供给学校，不直接参与课程实施，其特点是系统性强，周期长。

1、线下 STEAM 课程

（1）STEAM 的学科整合案例

关于 STEAM 的学科整合是 STEAM 教育中最受关注的部分，因为将 STEAM 与现有的学科进行联系，是当前开展 STEAM 课程的最简单的方式，同时也避免了 STEAM 师资不足的情况。阿曼达·罗伯茨（Amanda Roberts）也持这种观点，他认为现有的教师经过简单的培训是可以满足课堂教学需求的，因此他在对梅里（Maley）等人的设计教学模型进行修订的基础上，提出了将传统的学习单元转变成 STEAM 单元的八个步骤[1]，如图 2.2 所示，这八个步骤分别为：

1）从 STEAM 内容领域中选择核心标准，例如技术素养标准：Study of Technology（SLT）（ITEA/ITEEA, 2000/2002/2007）；

2）要把这个核心标准与一个相关的社会问题联系起来，例如燃料替代品、衰老、水资源净化或肥胖等问题；

[1]Amanda Roberts. STEM Is Here. Now What? Technology & Engineering Teacher, 2013, 73:22-27.

3）把核心标准与 STEAM 相关标准建立联系，并补充到教学单元的 STEM 标准中。例如，如果教师已经选择了适用于八年级的科学标准作为核心标准，再选择数学、技术和工程作为补充标准，以加强科学标准，该步骤后就形成了 STEAM 教学单元的教学目标；

4）实施教学，介绍学生的问题、主题。教师可在课堂教学过程中帮助学生理解所需学习的知识，这些知识是学生设计针对某一社会问题解决方案所需要的；

5）学生根据事先确立的社会问题来设计并形成解决方案；

6）故障排除；

7）评价；

8）展示。

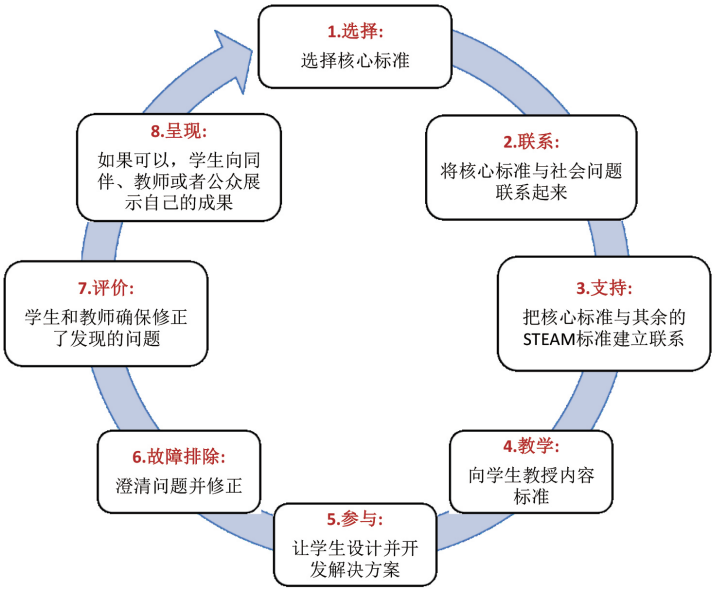


图 2.2 将传统课程单元转变成 STEAM 课程单元的流程图

为保证教师可以理解八个步骤的实施过程，阿曼达等人还给出了一个应用这个流程形成 STEAM 课程的案例，详见图 2.3。[1]

[1]Amanda Roberts. STEM Is Here. Now What? Technology & Engineering Teacher, 2013, 73:22-27.

首先，教师选定了一个核心标准，包括工程设计、应用设计过程以及对产品和系统的评估；第二步，教师选择了自然灾害作为联系这个标准的社会问题；第三步是将这个核心标准与现行的课程标准进行联系，包括地球表面结构、数据分析和概率、问题解决以及推理与证明、交流；接下来就可以进行 STEAM 教学了，用所选的主题——“自然灾害”——分别与不同的学科标准联系起来进行；教学之后要鼓励学生的参与，在这个课程中，学生要对自己所选的自然灾害主题设计并开发一个预警系统；下一步学生要展示自己的初步设想，这时候大家可以提出实施建议和完善意见；再下一步就是随设计进行评价，在学生改进了自己的系统之后形成最终产品；最后的步骤是设计的展示，学生可以把自己的设计与同学、家长或者社区成员分享。

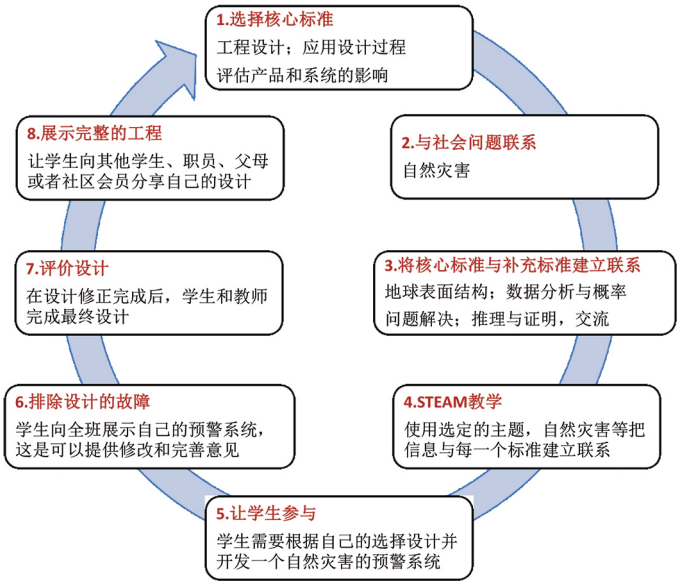


图 2.3　将传统单元转变成 STEM 单元的实例

（2）非正式场所的 STEAM 课程

尽管直到 2015 年 12 月美国才出台了鼓励非正式的 STEM 教育的政策——《2015

年 STEM 教育法案》，但非正式的 STEM 教育似乎早在此之前就有所发展。Jiang Zhe 等人针对高中生设计了一个关于“桥”的夏令营活动，[1] 该活动的目的就是希望能够鼓励学生们在大学选择工程专业，并将 STEM 作为自己将来的就业方向。这是一项为期 10 周的活动，其中包含多个学科的研究活动，参加者包括 33 所高中的学生。在参加这个活动的学生中，100% 选择继续上大学，并且有 86% 的学生选择 STEM 领域作为自己的专业。这就从实验上验证了 STEM 教育的影响。

P. 泽瓦斯（P. Zervas）等人开展了一个非正式的 STEM 教育案例研究，该研究是通过在土耳其的大都市举办机器人夏令营活动开展的。[2] 夏令营为期 12 天，首先由工程研究人员和大学职员进行讲演，学生学习了一些工程背景信息后，转向实践活动并开始制作自己的机器人，在这期间会有一些任务来指导他们。学生们在课余时间可以尽情地与工程专家就他们的日常工作进行交流，而这些工程专家也会向学生们介绍他们的求学经历。此外，作为课外活动，学生们还去参观了一家制造私人汽车和其他交通工具的公司，以便他们了解工程师的真实工作环境。在研究中，作者主要采用定性的数据收集方法来进行研究。最后的结果表明让学生参与实际工程的挑战并与工程人员保持亲密关系，有利于培养学生对工程的兴趣。

2、项目引路计划（Project Lead The Way，PLTW）

随着 STEAM 教育的发展，有越来越多的人和机构加入到 STEAM 的大军中，此时，运用教育平台提供高质量的课程学习，成为一种非常便捷高效的方式，而其中规模最大的便是美国的项目引路工程（PLTW）。“项目引路”是随着美国 STEAM 教育的推进而逐步发展起来的技术教育项目，致力于为中小学提供严谨的技术课程。自 1997 年在纽约的 12 所高中正式推行其“工程之路（Pathway to Engineering，PTE）”的高中课程，到 2000 年的“技术之门（Gateway to Technology，GTT）”的初中课程再到 2008 年推行的“生物医学科学（Biomedical

[1]Zhe, Jiang ; Doverspike, Dennis ; Zhao, Julie ; Lam, Paul ; Menzemer, Craig. High School Bridge Program: A Multidisciplinary STEM Research Program [J].Journal of STEM Education : Innovations and Research, Jan-Jun 2010, Vol.11(1/2), pp.61-68.

[2]P Zervas, E Tsourlidaki, Y Cao, S Sotiriou, DG Sampson. A study on the use of a metadata schemafor characterizing school education STEM lessons plans by STEM teachers. Journal of Computing in Higher Education, 2016:1-17.

Science，BMS）”课程，PLTW 项目已经凭借其优质的技术与工程课程和有效的教师培训及强大的合作支持，在全美引起了强烈的反响。[1]2010 年，PLTW 与 VEX 机器人公司合作，将尖端技术和设备引入 PLTW 课堂。2013 年，PLTW 经历创纪录的 20% 的增长，从 1997 年的 11 所学校，扩大到目前的遍布 50 个州的 5200 多所学校，修读其课程的学生人数超过 50 多万，有 18 多万教师参加了教师培训。[2] 目前，PLTW 也被引入中国，在我国试验推行其小学课程。[3]

PLTW 项目提供了进行 STEM 教育的综合方法，即通过基于活动、基于工程和基于问题的课程，为从幼儿园到高中整个学段的学生提供机会，使他们将学到的知识进行应用，在应用的过程中定义问题、找到方法并指导自己的学习。[4]PLTW 提供的课程按照学段可以分为三部分——K-5 阶段的“PLTW 起步（PLTW Launch）”、“初中阶段的技术之门（Gateway to Technology，GTT）”以及高中阶段的“工程之路（Pathway to Engineering，PTE）”和“生物医学科学（Biomedical Science，BMS）。课程的设置具有鲜明的特点，从设计上说，PLTW 的课程是由 PLTW 人员、教师、大学教育研究家、企业家以及学校管理人员共同制定并不断修订和改进的；从课程标准上说，从最初幼儿园到高中的课程设置，都是与现行标准同步的，同时还与国家共同核心标准、下一代科学标准或其它州的标准是一致的；从课程的灵活性和可制定性来说，课程包括与各年级标准一致的 24 个模块，以 10 小时为一组的不同模块可以组合起来形成主题单元，教师和学校可以灵活地选择他们想要的模块、什么时候需要以及需要哪个年级的。[5]PLTW 提供的课程具有系统性和严谨性，以初中的“技术之门（Gateway to Technology，GTT）”为例，这个课程体系被分为几个单元，具体如表 2.8。[6]

---

[1] 娜菲沙·麦哈木提．美国“项目引路”项目研究 [D]. 华东师范大学，2014.
[2]PLTW, who weare.[2016-7-5]
http://www.pltw.org/sites/default/files/PLTW%20One%20Page%20Overview.pdf
[3] 娜菲沙·麦哈木提．美国“项目引路”项目研究 [D]. 华东师范大学，2014.
[4]https://www.pltw.org/our-programs.[2016-7-5]
[5]https://www.pltw.org/our-programs/pltw-launch/pltw-launch-curriculum.[2016-7-5].
[6]https://www.pltw.org/our-programs/pltw-gateway/pltw-gateway-curriculum. [2016-7-5].

表 2.8 技术之门课程体系

单元模块	课程设置	
基础单元	设计与建模	自动化和机器人技术
	学生通过应用设计过程来解决问题，从而理解创意和创新在他们生活中的影响。他们以小组的形式去设计游乐场或者家具，用他们的工程笔记本去捕捉研究和想法。用 Autodesk 设计软件，学生设计了自己作品的虚拟形象并展示自己的创新解决方案。	学生们在了解机械系统、能量转化、机械自动化以及计算机控制系统的过程中体会自动化和机器人技术的历史、发展以及影响。学生们使用 VEX Robotics 平台来进行设计、建造以及实施基于真实世界的物体，如交通灯、收费亭和机器人手臂。
专业单元	计算机科学导论 1	计算机科学导论 2
	研究表明，到 2018 年将有 140 万个职位空缺为计算机专家所用。在这个单元，学生在使用 MIT App Invertor 创造自己的基本应用过程中，关注创造力以及迭代的设计过程，从而掌握这个快速增长领域的原则。	学生们继续探索这个富有刺激性的计算机科学的基本原则。他们开始通过 Python 进入文字编程，在最终的项目中，开发出一个程序对他们自己感兴趣的话题进行数据分析。
	能源与环境	飞行与空间技术
	学生们在探索能源需求的可持续方法和调查能源对我们的生命和世界产生影响的过程中，逐渐思考未来要面临的挑战。他们设计并制作可替代能源的资源，对节约能源的设想进行评估。	令人兴奋的航空航天技术通过这个课程变得生动。学生探索航天器背后的科学知识，并应用他们的知识去设计、建设和测试螺旋桨。订制的仿真软件可以让学生们体验太空旅行。
	科学与技术	神奇的电子
	科学影响着技术的过去、现在和未来。学生们在 STEM 活动和项目中应用物理、化学和纳米技术的概念，比如制作冰激凌、清理溢油以及发现纳米材料的性质。	通过动手的项目，学生探究电力、原子的行为以及传感设备。他们学习基本的电路设计知识和技能，并检查电力对周围世界的影响。
	绿色建筑	医学侦探
	现在大学学生们已经长大可以做出“绿色”选择的年纪了。在这个单元，学生们要使用 Autodesk 公司的 3D 建筑设计软件来设计经济适用房，在这个过程中通过探索尺寸、测量和建筑的可持续性来学习如何把“绿色”这个概念应用到建筑和建设领域。	学生们扮演真实生活中医学侦探这个角色，他们要通过基因诊断结果来诊断疾病，还用通过 DNA 证据来找到“犯罪现场”。通过动手的项目和实验他们解决医学谜团，探讨如何测量和解释生命体征，学习人体系统是如何一起工作并保持健康。

除了整体的课程设置，具体到每一门课程，PLTW 还提供详细的教材，教材包括三个部分：单元计划、每节课的计划和活动。每节课的内容都包括前言、关键概念、国家课程标准、学生要达到的学习目标、评估手段和要求、学生要解决的基本问题、关键词，除此之外，还有为教师及学生准备的学习资源，如幻灯片、参考读物等。[1] 表 2.9 是高中工程原理课程中第一章第一节《机械》一课的内容安排。[2]

表 2.9　《机械》课程安排

<table>
<tr><td colspan="3">课 1.1　机械</td></tr>
<tr><td colspan="3">前言</td></tr>
<tr><td colspan="3">机械装置是大多数机器的基本组成部分，其由齿轮、链轮、滑轮系统以及简单的机器组成。人类对机械装置的使用为技术和社会进步做出了很大的贡献，时至今日，机械装置在生活中处处可见。机械装置在工程设计中的应用，可以涵盖从大规模的设备制造直至住宅的电气设备。因此，有必要了解机械装置的特性。在这节课里，学生将通过在实验室进行基于理论的计算掌握机械装置的原理。</td></tr>
<tr><td colspan="3">概念</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. 工程师和工程技术人员运用数学、科学和特定学科的技能来解决问题。
2. 工程和工程技术为各种背景和目标的人创造各种工作的机会。
3. 通信技术可以以口头、书面和视觉的形式完成，但必须有一个清晰且简明的方式。
4. 大多数装置是由齿轮、链轮、滑轮系统及简单的机器组成的。
5. 机械装置用于操作系统中的力、速度和力矩。</td></tr>
<tr><td colspan="3">课程标准</td></tr>
<tr><td>国家技术教育标准</td><td>国家科学标准</td><td>国家数学标准</td></tr>
<tr><td>标准 2：学生要了解技术的核心概念
标准 3：学生将了解技术以及技术与其它研究领域之间的联系
标准 7：学生将了解技术对历史的影响
标准 8：学生将了解设计的重要性
标准 11：学生将培养应用设计过程的能力
标准 12：学生将培养使用和维护技术产品和系统的能力
标准 16：学生将了解并能够选择和使用能源和动力技术
标准 17：学生将了解并能够选择和使用信息和通信技术</td><td>标准 B：通过九到十二年级的学习，所有的学生应该掌握运动和力以及能量转换
标准 E：通过九到十二年级的学习，所有学生应培养技术设计的能力并了解科学和技术</td><td>数字操作
数学
测量
问题解决
连接</td></tr>
</table>

[1] 娜菲沙·麦哈木提．美国“项目引路”项目研究 [D]. 华东师范大学，2014.
[2] 娜菲沙·麦哈木提．美国“项目引路”项目研究 [D]. 华东师范大学，2014.

学习目标
能够区分工程和工程技术的区别 理解不同工程学科之间的区别 能够测量有关机械装置的力和力矩 能够区分六个简单机器的属性和相应组件 计算机械装置的优势和传动比
评估
解释：学生将理解工程和工程技术之间的差异 学生将理解在机械系统的做功和动能之间的关系 学生将理解计算机械装置优势的过程 学生将理解在日常生活中简单机械的重要性和相关性 应用：学生将运用简单机械的知识，计算实验室环境内物体的机械优势 学生将应用系统效率的知识来计算机械系统的效率 学生将使用齿轮、链轮和滑轮系统的知识来计算速度、力矩、旋转方向以及机械优势 反思：学生将被要求通过记日记的方式记录他们的想法和意见 学生将围绕课程知识和内容进行定期自我评估
基本问题
1. 简单机械、齿轮、滑轮、链轮的目前应用有哪些？ 2. 提高常见的机械装置的效率的方法有哪些？ 3. 能让机械装置折中的机械优势是哪些？ 4. 在设计工程中为什么一定要了解并计算效率？
关键术语
简单机械、实际的机械优势、腰带、链、摩擦、支点、齿轮、理想的机械优势、链轮、杠杆、滑轮、阻力、螺丝钉、静态平衡
每日活动计划
第 1 天：教师分发有关工程原理这门课程的资料并展示有关工程和工程技术的职业 第 2 天：教师展示本节的概念、关键术语等，展示简单机械、杠杆、轮轴和滑轮相关内容 第 3-7 天：教师指导学生完成活动《1.1.1 简单机器调查》，最后作业为《1.1.2 简单机械练习题》

第 8 天：检查并讨论作业 1.1.2；展示齿轮、皮带轮传动和链轮 第 9 天：安排并完成活动《1.1.3 齿轮》 第 10 天：安排活动《1.1.4 皮带轮传动和链轮》和活动《1.1.5 齿轮，皮带轮传动、链轮和实践问题》 第 11 天：回收并讨论 1.1.5 的材料，同时介绍项目《1.1.6 复合机设计》并发放项目评价量表 第 12-16 天：四人一组设计并构造项目《1.1.6 复合机设计》
教学资源
幻灯片：《工程笔记本》 《工程和工程技术》 《简单机械 - 杠杆、轮轴、轮轴承》 《简单机械 - 斜面、楔形以及螺丝》 《齿轮、皮带轮传动和链轮》 Word 文件：1.1 关键术语 样品工程笔记 活动 1.1.1 简易机器调查 活动 1.1.2 简单机械练习题 活动 1.1.3 齿轮 活动 1.1.4 皮带轮传动和链轮 活动 1.1.5 齿轮、皮带轮传动、链轮和实践问题 项目 1.1.6 复合机设计 活动答案：活动 1.1.2 简单机械练习题答案 活动 1.1.3 齿轮答案要点 活动 1.1.4 皮带轮传动和链轮答案要点 活动 1.1.5 齿轮、皮带轮传动、链轮和实践问题答案要点 项目 1.1.6 复合机设计专栏 教师辅助资料：1.1 课教师注意事项 工程笔记本 PPT
其它参考读物

随着 PLTW 的不断发展和成熟，其在学校中产生了深远的影响。印第安纳大学教育学院城市与多元文化教育中心的研究人员对超过 56,000 名高中毕业生进行分析后发现，参加了 PLTW 课程的高中生比非 PLTW 学生相比，更有可能会选择 STEM 专业，尤其是选择学习工程；而在高中参加了 3 门及以上的 PLTW 课程的学生与大学的其他没有参加过 PLTW 课程的同学相比，则有更大的可能去学习 STEM 专业，尤其是选择学习工程。[1] 福利尼西亚大学的研究员罗伯特（H. Robert）博士及其团队收集并分析了多份 PLTW 的研究和报告，结果表明，PLTW 对 STEAM 学科的发展产生了极大的积极影响，为学生将来学习 STEAM 专业奠定了基础，并激发了他们对这方面的学习兴趣。[2] 此外，全国范围内的许多高等教育机构正在积极招收 PLTW 学生并提供认可的机会，如优先录取、奖学金和课程学分。几所著名的工程大学对 PLTW 学生的招收率正在上升。比如：南卡罗来纳州大学的工程与计算机系的 2013 级新生有 60% 上过 PLTW 课程；PLTW 校友在 2014 年招收的明尼苏达大学工程学院的学生中的比例超过 35%；47% 的密尔沃基工程学院 2014 级新生上过 PLTW 课程。[3]

（四）实施评价

在 STEM 教育的评价方面，目前没有统一的可供参考的标准，多直接以科学、数学、技术等单学科的课程标准为参考，但目前已经有将 STEM 学科综合起来建立统一标准的趋势。《A Common Measurement System for K-12 STEM education: Adopting an educational evaluation methodology that elevates theoretical foundations and systems thinking》一文中，作者艾米丽·萨克逊（Emily Saxton）阐述了关于建立 K-12 阶段的 STEM 教育通用评估体系的构想。作者认为 STEM 教育通用评估体系涵盖了学生学习、教师讲授、职业发展以及学校层面等各种变量，该文为阶段性成果，主要阐述了整个评估体系的结构，以及各个结构要素之间的关系。作者表示，下一阶段便是初步的数据收集、调查与内部验证。这就表明，尽管从政府层面没有统一的标准，但学术界已经开

[1] https://www.pltw.org/impact-project-lead-way[2016-6-20]
[2] Tai, Robert H. (2012). An Examination of Research Literature on PLTW. University of Virginia. Publication by PLTW.
[3] https://www.pltw.org/impact-project-lead-way[2016-6-20]

始了这种探索。[1]

在具体的 STEM 教育评价方面，有些研究者倾向于将 STEM 教育与某些能力建立联系，构建评价体系，如 Kuen-Yi Lin 等人在《Design of an assessment system for collaborative problem solving in STEM education》一文中，就为评价 STEM 教育中的问题解决能力建立了评价体系，该评价系统主要依据经合组织（OECD）提出的协作问题解决模型，如表 2.10 所示，[2] 为更好地对这些维度进行区分，该评价体系由专家设定了八个 STEM 教育评价模块，学生在完成八个 STEM 模块的任务过程中能够充分体现表中的评价维度。

表 2.10　STEM 教育中问题解决能力评价体系

技能过程	（1）建立并保持沟通理解	（2）采取适当的行动去解决问题	（3）建立并保持团队合作
（A）探索与理解	（A1）发现团队成员的观点和能力	（A2）根据目标发现解决问题需要的协同合作类型	（A3）理解解决问题的角色
（B）示范与规划	（B1）构建一个共享的陈述和协定问题的意义	（B2）识别和描述将要完成的任务	（B3）描述角色和团队组织（沟通协定草案 / 规则）
（C）规划和实施	（C1）就即将采取的行动与团队成员沟通	（C2）制定计划	（C3）遵守协定的规则（如促进其他成员完成自己的任务）
（D）监测和反思	（D1）监测和修订共享的理解	（D2）监测行动的结果并评价问题解决的结果	（D3）监测、提供反馈并适应团队角色

然而，在具体的 STEM 教育中使用这种评价方法的研究者并不是很多，更多的研究者倾向于根据课程目标建立评价体系。林恩（Lyn D English）等在为四年

[1] 李欣．《K-12STEM 教育通用评估体系》翻译报告 [D]. 河南科技大学 ,2015.

[2] Kuen-Yi Lin , Kuang-Chao Yu , Hsien-Sheng Hsiao. Design of an assessment system for collaborative[J].Journal of Computers in Education, 2015, 2(3):301-322.

级学生设计的航天项目中就使用了这种评价方法，[1] 该课程面向澳大利亚五所学校的 7-9 年级的学生，共分为三部分：一是探索航空工程和空气动力学，二是设计、建造和测试纸飞机，三是重新设计、改造及测试。在课程实施过程中搜集了综合性数据资源，包括小组在集中解决问题以及班级讨论中的音频和视频资料、对学生工作手册的扫描以及学生作品的照片。在课程结束后对收集到的资料进行编码分析，例如在设计图纸方面，事先规定用相应的符号表示相应的变量，从而对草图进行分析，如图 2.4 所示的设计图纸。[2]

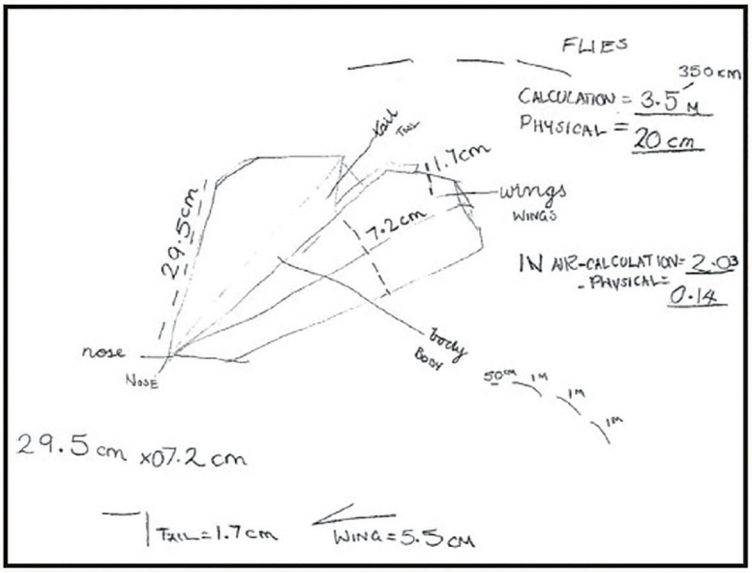


图 2.4　学生设计图纸

资　料　来　源：English, Lyn; King, Donna. STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in

[1] English, Lyn; King, Donna. STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace[J]. International Journal of STEM Education, 2015, Vol.2(1), pp.1-18

[2] English, Lyn; King, Donna. STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace[J]. International Journal of STEM Education, 2015, Vol.2(1), pp.1-18

aerospace[J]. International Journal of STEM Education, 2015, Vol.2(1), pp.1-18

首先要有一个飞机的基本模型，然后要通过标出相应长、宽、高，对草图的透视方向进行说明，相应的折叠要用虚线、箭头等表示，此外还要有相关的计算，依照这些对图纸进行分析评价。在设计层次方面，按照复杂程度分为四个层次：第一层次只要求展示飞机及其各部分的基本图形；第二层次包括基本测量或更细致的测量的注释，或者关于如何折叠的注释，或者透视方向的说明；第三层次即最高级别的设计要包括层次 2 的多种注释方式或包括关于飞机细节的说明，比如如何折叠或者在哪里折叠模板。按照这些层次对学生的设计还可以进行定量分析。[1]

（五）效果研究

尽管人人都在说着STEAM如何有效，但作为一个结论，必须要经过实践的检验。因此，也有不少的研究者专注于 STEAM 的教育效果，即对 STEAM 教育的影响进行研究。

Jiang Zhe 等就专门对此进行了研究，他们为高中生设计了一个关于桥的 STEM 项目，对来自 33 所高中的学生学习的最终结果分析表明，参加这个活动的学生 100% 选择继续上大学，其中有 86% 的学生选择 STEM 领域作为自己的专业。[1] 在 PLTW 的合作学校中，也不断有研究员对其教学影响进行研究。德克萨斯州大学的研究员收集并分析了六年的纵向联系的学生数据，对数千名的 PLTW 学生和非 PLTW 学生进行比较，主要发现：德克萨斯州的 PLTW 入学率在过去的五年里上升了 400%——西班牙 500%，女性几乎达到 600%，低收入的学生达到 650%；PLTW 学生更好地准备和以更高的速率出席德克萨斯高等教育协会；PLTW 学生在国家数学评价中得分更高。对没有升入大学的学生，PLTW 学生的平均工资高出 13.6%。[2]

---

[1] English, Lyn; King, Donna. STEM learning through engineering design: fourth-grade students' investigations in aerospace[J]. International Journal of STEM Education, 2015, Vol.2(1), pp.1-18

[2] Zhe, Jiang ; Doverspike, Dennis ; Zhao, Julie ; Lam, Paul ; Menzemer, Craig. High School Bridge Program: A Multidisciplinary STEM Research Program [J].Journal of STEM Education : Innovations and Research, Jan-Jun 2010, Vol.11(1/2), pp.61-68.
Van Overschelde, James P. (Spring 2013) Project Lead The Way Students More Prepared For Higher Education. Texas State University. American Journal of Engineering Education, 4(1).

[第三章]
中国 STEAM 教育发展现状及分析

STEM 教育自 2007 年引入我国，距今已有十年时间。十年之间， STEM 教育内涵不断扩展与演变，逐渐发展为 STEM+、STEAM 教育。我国引进 STEAM 教育的同时，也在研究与实践中努力寻找 STEAM 教育的本土化之路。虽然取得了一些成绩，奠定了一定的基础，但也要清醒地认识到我国现阶段 STEAM 教育存在的不足，明确 STEAM 教育今后的发展方向。

2007 年，一篇有关 STEM 教育的文章《全球化时代美国教育的 STEM 战略》，拉开了我国研究 STEM 教育的序幕。该文章从 STEM 的相关法案、政策入手剖析了美国实施 STEM 战略的原因，最终将其归因为美国的哲学传统—实用主义和强烈的危机意识。[1] 自此之后，我国对 STEM 教育与 STEAM 教育研究的热度逐年增加。从 CNKI 的统计数据来看，STEM 教育越来越受到一线教师与教育研究者的重视；由于 STEAM 教育是在 STEM 教育基础上的进一步拓展，因此相关文献与 STEM 教育文献相比，起步晚、数量少，但文献的数量呈逐年上升趋势。对有关文献进行梳理、分析，发现当前研究主要关注两大类：一类是对美国 STEM 政策、法律、STEM 和 STEAM 的课程与教学、评价体系的引介与分析；另一类主要包括我国中小学 STEM、STEAM 课程与教学的本土化探索（请见图 3.1）。

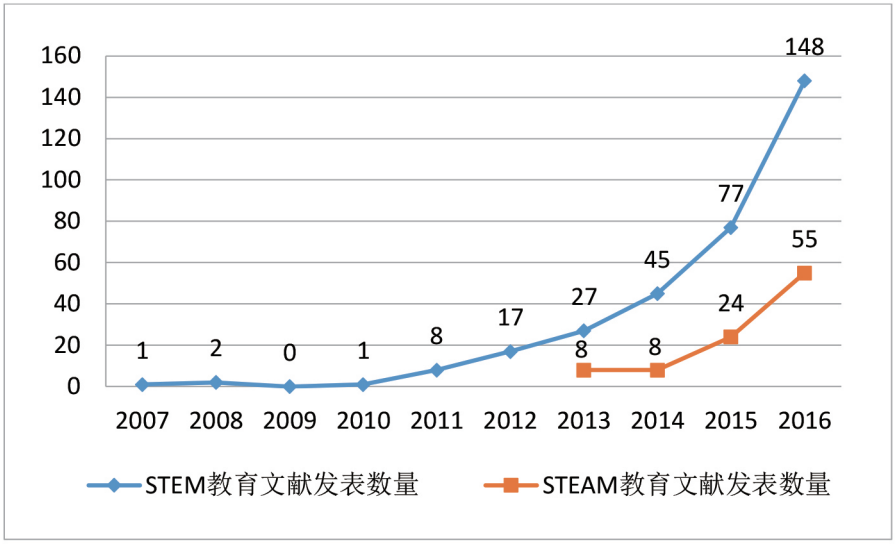


图 3.1 STEM 与 STEAM 教育文献发表数量

[1] 秦炜炜．全球化时代美国教育的 STEM 战略 [J]．教育技术咨询，2007（10）:20.

在有关 STEM 与 STEAM 教育的相关著作方面，目前仍处于引介阶段，尚无经研究得出的理论认识，甚至于还没有有效的本土认知。

根据文献梳理的结果显示，我国第一本有关 STEM 教育的译著，是由中国科协青少年科技中心翻译、科学普及出版社于 2013 年 9 月出版的《STEM 项目学生研究手册》[1]。随后，华东师范大学课程与教学研究所赵中建教授团队 2015 年策划出版了“中小学 STEM 教育丛书”。丛书包括翻译著作：由美国国家科学教师协会出版社（NSTA Press）出版的《在课堂中整合工程与科学》[2]、英国劳特里奇出版社（Routledge Press）出版的《设计·制作·游戏：培养下一代 STEM 创新者》[3]、荷兰 Sense 出版社（Sense Publishers）出版的《基于项目的 STEM 学习：一种整合科学、技术、工程和数学的学习方式》[4]，以及由赵中建教授负责选编的《美国 STEM 教育政策进展》[5]。这一系列的译著和选编翻译的文章，让我们对美国 STEM 教育的理论研究和实践推进，有了较为全面、清晰的认识。

在引进开展 STEM 教育同时，我国教育界掀起了创客教育的热潮。与 STEM 密切相关的创客教育书籍中，梁森山主编的《中国创客教育蓝皮书》全面解析了 STEM 教育与创客教育的区别与联系，分析了实施 STEM 教育的必要性，并提出了可能的实践路线。[6]

在 STEM 教育平台的建设上，上海市最早成立了史坦默国际科学教育研究中心 （STEM+ 研究中心）和上海 STEM 云中心。STEM+ 研究中心是由上海市教委核准成立的 STEM 教育专家智库，是上海长周期实证教育研究基地。面向 K-12 学校、教师和学生，提供 STEM+ 项目的课程、教师专业发展培训、学生科技创新能力培养的项目活动以及基于数据的学生能力评价体系和实证研究。2014 年 6 月 13 日，作为上海教育综合改革试点项目的第一个实验区，在徐汇区正式启动了第一批 STEM+ 教师培训，开展 STEM+ 教育本土化的研究和实践。到 2015 年上半年为止，

[1]［美］达西·哈兰德．中国科协青少年科技中心译．STEM 项目学生研究手册［M］．北京：科学普及出版社，2013.
[2] 埃里克·布伦塞尔．周雅明等译．在课堂中整合工程与科学［M］．上海：上海科技教育出版社，2015.
[3]［美］玛格丽特·赫尼，大卫·E·坎特．赵中建等译．设计·制作·游戏：培养下一代 STEM 创新者［M］．上海：上海科技教育出版社，2015.
[4] 玛丽·玛格丽特·卡普拉罗．王雪华等译．基于项目的 STEM 学习［M］．上海：上海科技．教育出版社，2016.
[5] 赵中建．美国 STEM 教育政策进展［M］．上海：上海科技教育出版社，2015.
[6] 梁森山．中国创客教育蓝皮书（基础教育版）［M］．北京：人民邮电出版社，2016.

已有包括徐汇区、闵行区、浦东新区的 10 所小学、1360 名学生实施了第一轮课堂实践，徐汇区和闵行区的 6 所幼儿园也相继着手学前阶段的探索；2015 年下半年开始，则将试验工作拓展到初中和高中阶段。

上海 STEM 云中心是借助上海市科协专业协会、学会、研究会的支持，依托华东师范大学及国内外高校、科技企业的资源，通过社会化合作和运行模式共同打造而成的 STEM 教育平台。

与此同时，北京国信世教信息技术研究院则借助教育部教育管理信息中心及北京师范大学等国内外知名高校、企业的资源，为中小学校提供 STEAM 教育云平台、STEAM 课程研发、项目学习活动、综合素质测评系统、学习空间设计和 STEAM 教师专业发展等一系列 STEAM 教育资源与服务支持。

2013 年，中国第一届中小学 STEAM 教育创新论坛在温州举办，之后 STEAM 教育论坛又陆续常州、上海、佛山成功举办。2016 年北京师范大学陆续举办 STEM+ 创新教育学术交流研讨会和第四届“科学、技术、工程、数学”教育应用国际会议。总之，STEAM 教育在中国发展至今，已迅速形成一股热潮，呈朝阳之势蓬勃发展。

一、我国 STEAM 教育研究现状

（一）热情引介：STEAM 教育走进中国

1、STEM 教育的理念、政策介绍分析

我国学者研究 STEM 教育，最早是从对美国 STEM 教育的历史起源、发展过程、STEM 教育的政策和法律着手的。研究的重点是，美国如何从政策、法律等方面，自上而下地推动 STEM 教育的有效实施。美国在推广 STEM 教育的过程中，从来就不认为这只是学校的职责，而是力图发动全社会的力量特别是企业界的力量来共同推动 STEM 教育的普及和深入发展。STEM 教育不只是学校的事业，更是保证美国国际竞争力的重要途径。

这一时期，代表性的文章是北京师范大学杨明全发表的《美国当代中小学科学教育改革：政策、理念与行动》[1]、《“后金融危机时代”美国教育发展战略规

[1] 杨明全．美国当代中小学科学教育改革：政策、理念与行动 [J]. 比较教育研究，2011 (10):86-90.

划及启示》[1]。前者从美国课程改革的历史发展出发，梳理在社会与国际背景下，美国国家教育政策、理念的变化，进而阐释 STEM 教育的重要地位以及推动 STEM 教育背后的理念。后者从国家宏观战略，解读美国教育政策，将 STEM 教育摆在培养创新人才、增强全球竞争力的重要地位。

华东师范大学赵中建教授选编的《美国 STEM 教育政策进展》，则系统地梳理了从 1983 年到 2015 年，美国国会、教育部、总统科技顾问委员会、国家科学技术委员会、美国州长协会等部门和机构，关于 STEM 教育先后出台的 26 项政策、法规和研究报告，分析了美国 STEM 教育推行的背景[2]。从中可以看出美国在新世纪对自我发展的警醒，以及通过教育改革来促进国家发展的决心。

随着对 STEM 教育研究的深入，STEM 教育在 K-12 阶段的现状与课程情况倍受关注。浙江师范大学博士张燕军在《21 世纪美国中小学生 STEM 素质低下问题及其对策》中提出，美国中小学生 STEM 教育存在的问题包括：为升入大学做准备的中小学生其 STEM 素养不足，STEM 教师素质不够高、队伍不稳、家长不重视 STEM 教育等。政府针对这些问题，对中小学不同阶段实施了 STEM 教育计划，加强了 STEM 教育的培养和培训，改善了 STEM 教育的现状。[3]

北京师范大学李函颖在《美国 STEM 教育的困境与走向》中分析指出，美国 STEM 教育现阶段状况不佳的原因，主要是受到昂贵的大学教育成本、贫乏的学术准备、人口因素、缺乏本土核心工作人员等方面的影响。为此，美国政府决定采用加大高等教育经费投入、鼓励学校与社会加强联系等方式来改善现状。[4]

2、STEM 教育的课程与教学实施

在课程与教学的研究方面，范燕瑞撰写的《美国 K-12 阶段的 STEM 课程》，对美国 K-12 阶段的课程目标、课程设置与工程教育标准，进行了介绍。[5]戴峰在《上海教育》杂志上发表的《纽约三大科技高中的 STEM 教育》，为我们展示了纽约的“史岱文森高中”、“布朗克斯科学高中”和“布鲁克林科技高中”的概况，以及这

[1] 杨明全．“后金融危机时代”美国教育发展战略规划及启示 [J]. 全球教育展望，2012 （07）:69-73+78.
[2] 赵中建．美国 STEM 教育政策进展 [M]. 上海：上海科技教育出版社，2015.
[3] 张燕军．21 世纪美国中小学生 STEM 素质低下问题及其对策 [J]. 外国中小学教育，2013（06）:59-64+26.
[4] 李函颖．美国 STEM 教育的困境与走向——《美国竞争力与创新力》报告述评 [J]. 比较教育研究，2014 （05）:53-58.
[5] 范燕瑞．美国 K-12 阶段的 STEM 课程 [J]. 上海教育，2012 （11）:20-21.

三所学校的 STEM 课程安排。[1] 华东师范大学杨亚平等在《外国中小学教育》杂志上发表了《美国中小学整合性 STEM 教学实践的研究》，基于美国中小学阶段的整合性STEM 教育实施情况，分析其内涵和目标、基本整合类型及常用的教学方法，并梳理出优质的整合性 STEM 教学设计原则，[2] 以期为我国中小学教育的改革和发展提供参考。

华东师范大学李谦、赵中建发表《美国中小学实施 STEM 教育个案研究——以北卡罗来纳州科学和数学学校为例》的文章，对美国中小学 STEM 教育进行了个案研究。文章以北卡罗来纳州科学和数学学校为例，介绍了该校 STEM 课程安排以及教学特色。该校 STEM 课程建设全面、种类繁多，工程与技术、数学和科学均有涉及，学生可以根据自己的兴趣和需要自行选课。学校强调 STEM 课程的广度与深度并重，强调学习情境的生活性和真实性、注重实践性以及培养学生的高阶思维等特征。例如学校将现实世界中的诸多问题，如生态失衡、环境污染、资源短缺等作为 STEM 教育的素材。这种学习环境有利于吸引学生的注意力，激发学生的兴趣，并提高学生对社会问题的关注度。其研究性学习也颇具特色，包括研究经验的培养、导师制项目、科学研究（含物理、生物和化学）、计算机科学研究和数学研究等。除此之外，该校还十分注重通过人文学科建设、学生发展课程、课外活动来提高学生的基本素质[3]。这为我国开展 STEM 教育提供了有益的启示与借鉴。

3、STEM 教育的评价

在 STEM 教育评价方面，华东师范大学许海莹连续发表了两篇文章——《美国 STEM 教育监测指标体系述评》[4]、《基于大数据的美国 STEM 教育监测指标体系：分析与启示》[5]，较为系统地介绍了美国 STEM 教育监测的指标体系，包括指标体系的目的、功能、确定标准、维度与特点等。同时，特别关注分析了指标体系的

[1] 戴峰．纽约三大科技高中的 STEM 教育 [J]. 上海教育，2012 （11）:29-31.
[2] 杨亚平，陈晨．美国中小学整合性 STEM 教学实践的研究 [J]. 外国中小学教育，2016 （05）:58-64.
[3] 李谦，赵中建．美国中小学实施 STEM 教育个案研究——以北卡罗来纳州科学和数学学校为例 [J]. 外国中小学教育，2014 （05）:55-60.
[4] 许海莹．美国 STEM 教育监测指标体系述评 [J]. 上海教育科研，2014 （07）:14-16.
[5] 许海莹．基于大数据的美国 STEM 教育监测指标体系：分析与启示 [J]. 教育测量与评价（理论版），2014 （09）:18-22.

技术基础——大数据分析，大数据在 STEM 教育的运用主要通过教育数据挖掘和学习分析两种路径。美国 STEM 教育监测指标体系立足于大规模数据调查和统计、构建指标的数据层次类别模型、建立健全指标的数据收集机制等方式，实现了对指标相关数据的收集、获得和分析处理。为我国构建和完善 STEM 教育监测指标体系，建立健全大数据下的技术平台和体制机制，提供了新思路。

4、STEM 教育的教材研究

在 STEM 教材研究方面，北京师范大学周鹏琴等发表题为《STEM 视角下的美国科学课程教材分析——以 FOSSK-5 年级科学教材为例》的文章，应用定量与质性相结合的研究方法，对美国 FOSS K-5 年级加利福尼亚 2007 年版的科学教材进行分析。发现教材注重学科间的相互渗透，强调 STEM 教育视野下综合性的科学素养，体现 STEM 教育对生活的价值。[1]

5、对 STEAM 教育的引介

在这一阶段我国对 STEAM 教育的引介，文献数量比较少。具有代表性的文章有《开展 STEAM 教育，提高学生创新能力——访美国 STEAM 教育知名学者格雷特·亚克门教授》，主要介绍美国弗吉尼亚理工学院暨州立大学的乔吉特·亚克曼（Georgette Yakman）教授及其团队在 STEM 教育的基础上，提出了 STEAM 教育（科学、技术、工程、艺术和数学），构建了 STEAM 教育框架，设计了 STEAM 教学过程卡，并开展 STEAM 教育的培训认证；同时阐释了科学、技术、工程、艺术、数学的内部关系，指出 STEAM 教育应以数学为基础，从工程和艺术的角度解读科学和技术，以跨学科的理念将不同类科目整合，为现代社会的发展，提供优秀的科技创新人力资源的支持[2]。

总体来看，我国学者对美国 STEM 教育、STEAM 教育的引介，表现出了极大的热情。从最初 STEM 教育政策与法律的研究，到 STEM 教育现状以及课程体系的介绍，再到 STEM 教育评价、STEM 教材的分析与 STEAM 教育的介绍，这是一个从宏观到

[1] 周鹏琴，徐唱，张韵，李芒．STEM 视角下的美国科学课程教材分析——以 FOSSK-5 年级科学教材为例［J］. 中国电化教育，2016 （05）:25-32.
[2] 赵慧臣，陆晓婷． 开展 STEAM 教育，提高学生创新能力——访美国 STEAM 教育知名学者格雷特·亚克门教授［J］. 开放教育研究，2016 （05）:4-10.

微观、全方位的、不断深化的研究过程。

从这些研究成果可以发现，美国推行 STEM、STEAM 教育事业，一开始就已将其作为国家层面的战略规划，先后出台多项法律和政府报告，逐渐形成体系化的制度，为 STEAM 教育提供了良好的政策环境，保证了 STEAM 教育事业的持续推进。在这样的环境下，学校开发出了涉及多个领域的 STEAM 课程，力图将课堂与社会热点连接，在真实情境下，为学生提供利用多学科知识解决复杂问题的机会。这样的课堂，多引用基于项目的学习、基于设计的学习等教学方式。研究表明，这样的课程与教学对提升学生高级思维能力、知识迁移、合作与共情能力、理解个人与社会关系大有裨益。而教育评价方面，美国以大数据等技术手段作为教育评价的技术支撑，建立了完善的 STEAM 教育评价体系。这些研究成果，一方面，对我国推动 STEAM 教育，提供了有益的启示；另一方面，我们也认识到了我国引进与发展 STEAM 教育的不足。首先，我国现已出台的 STEAM 教育政策非常有限，相关法律基本空白。这就导致无法建立健康、有序的制度环境，引导 STEAM 教育持续良好的发展。其次，从美国引进的 STEAM 课程与教学方式与中国实际情况存在差异，需要一线教师进行二次开发。而本土教师开发的课程，难以掌握 STEAM 教育的精髓，鲜有优秀的 STEAM 课例。另外，在评价方面，我国也处于起步阶段，对 STEAM 教育评价的研究几乎为零。最后，在教师培养方面，中国与美国一样都面临专业教师缺乏的困境。因此，在 STEAM 教育蓬勃发展的同时，也应该清醒的认识到我国当前发展的不足和面临的挑战，认清现状、明确方向、砥砺前行。STEAM 教育之路，任重而道远。

（二）本土探索：先行者的创新尝试

尽管进行了大量的引介工作，但与国外不同，我国对于 STEAM 的探索是自下而上进行的。

1、课程与教学的先行探索

在课程与教学方面，我国教育研究者与一线教师进行了积极、广泛的探索。但研究多集中于 STEM 教育，对 STEAM 教育的研究不足。研究者强调 STEAM 教育与 STEM 教育的相似性，却弱化了 STEM 与 STEAM 教育的区别。因此，本报告在分析、总结我国 STEM 课程与教学模式研究现状的同时，也探讨了 STEAM 中的“A（艺术与人文）”元素对原有 STEM 教育的补充，以及在培养学生全面发展的过程中“A”

所起到的重要作用。

（1）我国 STEM 课程与教学模式研究

STEM 教育注重科学、技术、工程与数学学科的融合。对于这样一个教育理念，需要有相应的课程与教学予以支撑，在我国 STEM 教育研究过程中，STEM 的课程与教学模式是什么？ STEM 课程在中小学实践如何展开？这两个问题成为研究者关注的重点。

齐美玲在《美国 STEM 课程的浅析》中引用莫里森（Morrison J.S. ）的观点，认为通过学习 STEM 课程，学生最终应该具备以下几种能力：1）解决问题的能力——能够清晰地定义和设计问题，有效地收集并组织数据，得出结论，理解并最终运用到实际情况或新的问题中。2）创新的能力——创造性地运用科学、数学和技术的概念及其原理，并运用到工程设计领域中。3）培养发明家的能力——了解世界的需求，学会运用设计、测试、再设计、最后实现解决问题的这一过程的能力。4）培养自力更生的能力——通过主动、自我鼓励地设定完成项目的日程，来增加信心，并能够在特定的时间有效完成工作。[1]

在学校层面，提出 STEM 教育最先可以和通用技术课程、信息技术课程和劳动技术课程结合。北京景山学校吴俊杰老师发表《STEM 教育视野下信息技术课程的变革》，文章探讨了 STEM 视野下信息技术课程变革的趋势、信息技术课程各个学段学习过程的变化；以及在实施过程中的一些具体措施。[2]

北京师范大学余胜泉教授在《STEM 教育理念与跨学科整合模式》一文中提出，STEM 教育具备如下核心特征：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。并引介了美国马里兰大学赫希巴奇（Dennis R. Herschbach）STEM 课程的跨学科整合模式，将 STEM 课程分为相关课程与广域课程。相关课程是将各科目仍保留为独立学科，但各科目教学内容的安排注重彼此间的联系。广域课程模式则取消了学科间的界限，将所有学科内容整合到新的学习领域，不再强调物理、化学甚至科学作为独立的学科存在，而是将科学、技术、工程和数学等内容整合起来，形成结构化的课程。在这种跨学科整合取向的基础上采用相应的教学模式，如学科知识整合取向，采用基于问题的学习；生活经验取向，采用基于项目的学习；学习者中心整合取向，则采用学生主导项目的方式。[3]

---

[1] 齐美玲，孙云帆．美国 STEM 课程的浅析 [J]. 科教导刊（上旬刊），2013 （10）:201-202.
[2] 吴俊杰 .STEM 教育视野下信息技术课程的变革 [J]. 中国信息技术教育，2013(09):11-14.
[3] 余胜泉，胡翔．STEM 教育理念与跨学科整合模式 [J]. 开放教育研究，2015 （04）:13-22.

上海师范大学王旭卿在《面向 STEM 教育的创客教育模式研究》一文中，将 STEM 教育与创客教育结合起来，提出将基于设计的学习（Design-based Learning）和面向真实问题的项目式学习，作为培养学生 STEM 素养的教学方式。[1]

由此可见，我们可以将 STEAM 课程分为学科拓展课程与综合实践课程。学科拓展课程是以某一学科为主，融合其它学科知识，而综合实践课程完全打破学科界限，融合多学科知识。但二者的共同之处在于，都是以解决真实情景中的问题为导向，在解决问题过程中，提高学生的综合素养。在教学方面，以基于问题的学习（Problem-based Learning）、基于项目的学习（Project-based Learning）和基于设计的学习（Design-based Learning）为主。

（2）STEAM 课程中“A”与其它学科的融合

我国对 STEAM 教育的研究始于 2013 年。一些学者对 STEAM 教育的缘起与发展，进行了综述。华东师范大学杨晓哲等在《STEM 与创客教育相关的概念溯源》一文中，提到了 STEAM 教育的提出者以及 STEAM 教育的含义，指出是美国弗吉尼亚理工学院学者乔吉特·亚克曼在研究中最早提出了 STEAM 教育。STEAM 中的 A（Art），是指精细的工艺（Fine）、语言（Language）、人文（Liberal）、形体（Physical）艺术等含义。这里的 A 不仅仅指的是艺术，而是一种更为广泛的人文范畴。[2]

对 STEAM 教育课程和教学的研究，与 STEM 相差不大，研究者多认为 STEAM 是在 STEM 基础上加入 A 元素，将更多元化的学科内容融合在一个主题的活动中。两者都强调真实情景下的学习、合作交流、培养解决问题的能力、鼓励创新等。在教学方式上，两者有高度一致性。

但研究者对 STEM 教育与 STEAM 教育的区别上缺乏深入研究。对 A 在 STEAM 教育中发挥的作用，以及 A 如何加入到课程开发与教学设计当中，缺乏深刻的认识。在教学实践上，教育者沿用 STEM 教育的教学思路，用 3D 打印机、Arduino 编程、App Inventor 等技术工具，完成诸如音乐、绘画等艺术作品。虽然有艺术的元素融入其中，但对 A 元素的应用存在片面性理解。

A 不应只是简单的绘画、学习音乐等艺术元素，还应该加入更多人文和社会元素。事实上，STEAM 教育既强调培养学生的工科思维，也注重学生的艺术素养

[1] 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(08):36-41.
[2] 杨晓哲．STEM 与创客教育相关的概念溯源 [J]. 中小学信息技术教育，2015 (11):19-20.

与人文素养的提升，力图将学生培养成一个完整的人，因为只有这样的人才能真正实现创新的目的。正如亚克门教授所说，艺术加入科学、技术、工程、数学教育中，是对这四类课程的良好补充，能帮助学生优化不同学科知识的理解与应用。例如，“声音”具有影响和传授知识的效能，学生运用沟通和语言的艺术能更好地实现知识共享；通过美术，学生能更好地了解过去和现在的文化和美学；学生了解人性、道德、自由和艺术等知识，有助于理解社会发展[1]。

华南理工大学附属实验学校在 STEAM 教育方面进行了有意义的探索。学校开设了多样的 STEAM 课程，如在“大自然的温室效应”主题课程中，通过“探究－解释－应用”的学习模式，让学生了解温室效应的原理、危害，应用知识，讨论生活中可以减少温室效应的做法。在问题解决后，教师给学生展示人与自然和谐相处的美好场景，激发学生将所学知识付诸于实践的动力。在“趣味种植”这一主题的学习中，让学生在母亲节来临之际，用树叶制作精美的贴画并写上对妈妈的祝福和感谢，将之作为礼物赠送给妈妈。与此同时，教师在教学内容中融入了植物光合作用与呼吸作用的科学知识。学生了解植物光合作用与呼吸作用原理后，为合理种植植物以及园艺美化提供经验支持。通过这样的设计[2]，我们看到人文与艺术使得作品更有内涵与魅力。

2、STEAM 教育在中小学各学科的应用

我国中小学对 STEAM 教育的探索，并不是从数学、物理、化学等“主科”开始的，而是先从“信息技术”、“通用技术”、“劳动技术”课程入手，开始尝试探索之旅的。这与这些学科在学校的特殊地位及其具备的特点息息相关。在实践过程当中，STEM 教育的科学、技术、工程与数学并不是并列存在的，而是多以工程为核心，融合科学、技术与数学等学科，这与信息技术、通用技术与劳动技术的教学内容、教学方式相契合。因此，STEM 教育在各学科中的应用多以信息技术、通用技术课为主。在国内，编程类、媒体制作类软件的应用，在中小学 STEAM 教育中得到了广泛的应用，并多在综合实践课程、信息技术课程、通用技术课程中加以实施。例如，北京景山学校信息技术教师吴俊杰研发了“人工智能”、“Scratch 编程”课程，并于 2011 年首先发表《Ledong Scratch 互动教学平台的应用与研究》

[1] 赵慧臣，陆晓婷．开展 STEAM 教育，提高学生创新能力——访美国 STEAM 教育知名学者格雷特·亚克门教授 [J]. 开放教育研究，2016 （05）:4-10.
[2] 杨玉佩．小学 STEAM 教育的实践与思考 [J]. 创新人才教育 ,2016(03):71-75.

系列文章，将 Scratch 图形化编程与理化实验相结合，探索实验当中的 STEM 教育元素。广州华南师范大学附属小学吴向东老师和武汉华中科技大学附属小学毛爱萍老师依托 Scratch 软件，研发了“儿童数字文化创作”课程。常州市天宁区教师发展中心教育信息中心主任管雪飒老师研发实施了“小学生趣味编程”课程，温州中学谢作如老师依托 Arduino、Scratch 软件开发并实施了“互动媒体技术”课程[1]。

2013 年景山学校毛澄洁老师发表《“投票计数”教学方案的设计、实践与反思——基于“数字科学家”课程理念的教学模式初探》，以“投票计数”教学方案的设计、实施及反思为例，展示了北京景山学校的“数字科学家”校本选修课程，如何从培养自由的研究者角度贯彻 STEM 教育的思想，初步形成了以问题解决为导向，以数据的获取、存储、分析、应用与交流为核心，以 Scratch 语言平台为基础的课程实施方案，并探讨了如何在课程实施过程中注重对学生的问题和数据意识、数据处理能力、数据交流能力和严谨科学研究态度培养的策略[2]。

2014 年安徽淮南第一中学陈杰等在《基于 Arduino 的高中通用技术电子控制技术的课程实践——STEM 教育视角下综合课程教学案例》一文中，介绍如何实施基于 Arduino 的高中通用技术电子课程、如何在通用技术课程的教学渗透 STEM 教育理念[3]。

辽宁电化教育馆联合辽宁师范大学，共同研发小学低年级机器人 STEM 课程，探索机器人教学活动中如何培养学生科学、技术、工程与数学素养，并提出了 STEM 理念下小学低年级机器人教学模式，即“情景创设——操作与反思——总结与抽象——验证与应用”[4]。

福建省漳州市东铺头中心小学在 STEM 理念下研究小学 Arduino 机器人教学模式。教师们在 Arduino 教学中，将科学课程的内容体现在电子电路、物理等基

---

[1] 吴俊杰，梁森山．Ledong Scratch 互动教学平台的应用与研究（七）——基于自制光敏扫描仪谈 STEM 教育
[J]. 教学仪器与实验，2011 （07）:8-12.
[2] 傅骞，王辞晓．当创客遇上 STEAM 教育 [J]. 现代教育技术，2014 （10）:37-42.
毛澄洁，王盈．“投票计数”教学方案的设计、实践与反思——基于“数字科学家”课程理念的教学模式初探 [J]. 中小学信息技术教育，2013 （Z1）:49-53.
[3] 陈杰，陈华．基于 Arduino 的高中通用技术电子控制技术的课程实践——STEM 教育视角下综合课程教学案例 [J]. 中小学信息技术教育 ,2014 （03）:24-25.
[4] 杜娟，臧晶晶．STEM 教育视野下小学低年级智能机器人教学模式研究 [J]. 中小学信息技术教育，2014 （05）:52-54.

本科学概念的应用；将技术学科的要素体现在用 Arduino 实现人与机器的互动；工程学科的思想体现在技术世界如何与社会相互作用；而数学学科的内容则体现在逻辑判断等数学基础概念的应用上。并在此基础上提出了相应的教学模式，即“情景引入——观察反思——引导与操作——总结与应用”[1]。

STEM 教育理念在其它学科中也有所体现。西南大学任伟等在《基于 STEM 教育下的中学化学教学模式初探》中，向我们介绍了以化学学科为主的 STEM 教学的模式。如果说以信息技术、通用技术学科为主的 STEM 教学探索强调的是以技术为主导、以工程为核心进行教学活动的话，那么以化学学科为主的 STEM 教学，则更加注重在工程设计中建立化学知识的迁移和知识的体系。因此，在教学活动的设计上与上述有所不同。教学的模式应做如下设计：“教师依据教学内容建立一定的教学情境，易于学生接受——教师基于教学内容提出问题，问题难度适中——学生以小组为单位，运用 STEM 四方面知识进行问题研究并收集相关问题的解决技术和数据等——教师引导学生建立起四大领域的知识网络，建构相应的知识体系——学生利用相应的技术和分析的数据，设计出解决问题的方案——小组共同交流和沟通，分享研究结果，最好运用图形图表等来可视化说明”[2]。

目前，随着我国新课程改革的不断深化，随着社会发展对学生创新素养和实践素养要求的日趋迫切，如何将 STEM 课程与教学向 STEAM 教育推进，促进科学技术类课程与人文艺术类课程的整合，从而有效培养学生的创造性解决问题、形成新思维、设计开发新产品的能力，已成为亟待解决的问题，成为创新性课程发展的主要方向和路径。

3、STEAM 教育的师资与评价

STEAM 教育本身的复杂性，使得对一线教师的要求很高。分科教学一直是我国中小学课程与教学的主流，因此，当我们主张多学科融合的教育理念并需求教师加以设计实施时，教师们发现自己难以迅速转变观念，并完成相应的课程研发与实施。可以说，现阶段 STEAM 教师严重缺乏，有计划、有组织、有成效的教师培训活动少之又少，这是摆在所有国家面前的共同困境。至于 STEAM 教育评价，我国几乎没有相关研究，需要在以后的发展过程中，进一步探索。

---

[1] 吴秀凤，陈奕贤．STEM 理念下中小学 Arduino 机器人教学模式研究 [J]. 福建电脑，2015 （05）:138-139+109.

[2] 任伟，李远蓉，马坤鹤，王相宜，宗国庆．基于 STEM 教育下的中学化学教学模式初探 [J]. 化学教与学，2015(07):10-12.

4、STEAM 教育与创客教育发展

创客教育是指为解决中小学教育体制中创新能力培养的不足等问题而将创客理念引入中小学教育体系中，实施一系列关于创新动手技能训练的综合课程（吴俊杰，2014）[1]。自 STEAM 教育走进中国以来，几乎是与创客教育同时发展成长的，可以说它们是当前我国基础教育最时尚的两个领域。由于它们互有交叉，相互支撑，并且我们认为 STEAM 课程是创客教育的主要载体，因此，本报告将创客教育也纳入到讨论中来。关于两者的联系与区别，学者有诸多讨论。

中央电教馆赵兴龙将 STEAM 教育与创客教育关系总结为以下四个观点：第一种观点是“不用辩解”。这种观点代表了很多学者的看法，认为对于一个实践概念而言，不用过多地去辩解和争论，而是放在实践应用中，关注教师和学生的使用以及对传统课堂教学的突破和创新上；第二种观点是包含关系论，认为创客教育活动一定是包含在 STEM 教育活动中，而 STEM 教育活动不一定都是创客教育活动；第三种观点是载体论，认为创客教育是 STEM 教育的载体，STEM 教育不等于创客教育；第四种观点是整合论，将创客教育过程作为一种方式方法，引导学生应用 STEM 教育中的跨学科知识解决问题，培养素养和能力[2]。

北京师范大学傅骞在《当创客遇上 STEAM 教育》一文中，阐述了 STEAM 教育与创客教育的关系，认为创客教育是对 STEAM 教育的优化。STEAM 教育在推进过程中，创客对 STEAM 教育起到优化的作用，为 STEAM 教育的实施提供工程案例和创新思想。而这些案例的引进，使得创客不再是针对少数精英的教育。在 STEAM 理念下自己动手实现一个个新奇的想法，制作成作品，这便是区别于传统应试教育的创客教育[3]。

华东师范大学杨晓哲、任友群在《数字化时代的 STEM 教育与创客教育》中，从两者的主要来源、着重点、作品产出、培养能力、师生角色定位、评价等，分析两者的异同。并将它们的关系总结为广义的创客教育和狭义的创客教育，广义的创客教育重点在于培养创新精神，而狭义（ 数字 ） 的创客教育重点是通过数字化工具，使得学生将创意作品化。STEM 教育强调跨学科融合，鼓励学生跨学

[1] 吴俊杰 . 创客教育 : 杰客与未来消费者——2014 地平线报告刍议 [J]. 中国信息技术教育，2014(9):7-12.
[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] 傅骞，王辞晓 . 当创客遇上 STEAM 教育 [J]. 现代教育技术，2014 （10）:37-42.

科解决真实情境中的问题。广义的创客教育中有一部分含有跨学科的 STEM 教育内容，狭义（ 数字 ）的创客教育也有与 STEM 教育交叉的部分，不同学者的分歧在于狭义（ 数字 ）创客教育中创造不一样想法的作品是否必须跨学科[1]。

STEM 教育和创客教育在我国都属于新兴起的领域，在信息技术越来越多地融入教育教学的背景下，这两方面的探索成为课程改革、改变学生学习方式与教师教学方式、提升学生创造性的契机。但在变革中，也遇到了很多问题与挑战。我们认为，这两个领域的探索者都是创新教育的先行者，但不必纠缠于二者之间的关系。在我们看来，宏观层面的创客教育是一种全民的、终身的、开放的社会性教育，完成的是“大众创业，万众创新”的任务。“创客”一词来源于英文单词“Maker”，指利用开源硬件和互联网，把创意转变为产品的人。《连线》杂志主编克里斯·安德森（Chris Anderson）的新书《创客：新工业革命》，让“创客”一词闻名于世。安德森预测，在这个定制制造、“自己动手”设计产品、创新的时代，数以百万计发明家和爱好者的集体潜力将喷薄而出，“创客”将成为下一次全球经济大潮的弄潮儿。

2015 年 1 月 28 日，李克强总理在国务院常务会议上提出：“顺应网络时代推动大众创业、万众创新的形势，构建面向人人的‘众创空间’等创业服务平台，对于激发亿万群众创造活力，培育包括大学生在内的各类青年创新人才和创新团队，带动扩大就业，打造经济发展新的‘发动机’，具有重要意义。

从“创客”的定义中，我们可以看出，STEAM 应是创客教育得以有效实施的载体。如前所述，STEAM 本身的追求就是要通过拓展、整合型的课程，来培养信息时代的应用型科技创新人才。比之创客教育，它具有更广泛、更基础的育人使命，因而成为基础教育和高等教育领域的重要创新追求。

二、STEAM 教育实践样态

为了了解 STEAM 教育在中国的发展状况，研究团队对实施 STEAM 教育的典型区域、学校和一线教师分别进行调研。本研究采用问卷调查、访谈和实地调研相

[1] 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 （05）:35-40.

结合的方法，试图尽量全面了解各个层面的实践样态。课题组制定了《我国学校STEAM教育现状调查访谈提纲(地方主管部门版)》(以下简称“地方主管领导版”)、《我国学校 STEAM 教育现状调查访谈提纲（学校主管领导版）》（以下简称“学校主管领导版”）、《我国学校 STEAM 教育教师调查问卷》（以下简称“教师调查问卷”），并进行了典型课例分析。调查范围涉及北京、天津、深圳、成都、南京、山东等多个省市。

其中，地方主管领导版是针对我国实施 STEAM 教育的典型区域进行调研，内容涉及区域政策与制度的制定、推广的范围与水平、支持的内容、课程开发与设置、课堂教学与评价、课程资源与学习平台建设、师资与培训情况、实施的不足与需求等多个方面；学校主管领导版通过访谈学校主管 STEAM 教育的负责人，了解学校开展 STEAM 教育的真实情况。内容涉及学校对 STEAM 教育理念的理解情况、实施的基础、政策制定情况、课程设置与研发（包括教材情况）、课程实施与教学方式和评价情况、师资和培训、课程资源与平台建设、不足与需求等方面；教师调查问卷收集一线教师反馈的信息，从教师层面了解 STEAM 教育的开展情况。内容涉及对 STEAM 教育理念的认知水平、课程开发与开展情况、教学与评价情况、教师培训、资源与平台建设、不足与需求等多个方面。

经过对调查结果的处理、分析与深入讨论，研究团队初步认为我国目前 STEAM 教育发展的基本状况表现在如下几个方面。

（一）制度与环境

与美国相比，我国在 STEAM 教育的政策制定方面比较欠缺。仅在教育部 2016 年 6 月制定印发的《教育信息化“十三五”规划》中提出，有条件的地区要积极探索信息技术在跨学科学习（STEAM 教育）、创客教育等新的教育模式中的应用[1]。但国家层面上并没有进一步出台 STEAM 教育的相关政策和具体要求。

从全国看来，STEAM 教育并没有很高的知名度。经过对北京、深圳、成都、江苏等地的调研访谈，分析结果显示，即使是在教育相对发达、STEAM 教育发

[1] 中国教育信息化网 .《教育部关于印发“教育信息化“十三五”规划”的通知（教技 [2016]2 号）》[DB/OL]. 2016.[2016-06-17] http://www.ict.edu.cn/laws/new/n20160617_34574.shtml

展火热的北京、上海、广州、深圳、成都等区域的教育部门主管、教师等，对 STEAM 教育的了解也是少之又少，甚至很多人没有听说过 STEM 或 STEAM 教育，更不要说去开展了。即便知道了 STEAM 教育这一名词，但对其内涵、特征、课程与教学等的理解深度、广度还远远不够。例如，在对北京市教委主管部门相关领导的访谈中，我们了解到北京市还没有出台 STEM 或 STEAM 教育相关政策，在课程设置、教材开发、资源建设、师资培训以及学习空间建设等方面，并没有统一的规划与安排。由此看来，STEAM 教育在我国的发展仍处于初级阶段，亟需进一步研究与发展。

1、区域层面 STEAM 教育制度建设

无论是国家层面，还是区域层面，关于 STEAM 教育的政策几乎为零。然而，由于近些年我国开展的课程改革在一些理念和实践做法上与 STEAM 教育倡导的观念有相一致的地方，所以也存在一些相关的间接政策予以支持。例如，北京市教委 2015 年 7 月发布的《北京市实施教育部＜义务教育课程设置实验方案＞的课程计划（修订）》文件中，要求在初中阶段开设科学（物理、化学、生物）课程，将多学科加以整合，并在第二条中特别指出“要关注课程的整体育人功能以及学科内、学科间的联系与整合，加强综合实践活动课程的开发与实施，大力培育和践行社会主义核心价值观”。这些都与 STEAM 教育的理念和特征相契合。

在培养创新型人才的追求中，深圳市积极推进创客教育，而成都青羊区则着力建设未来学校项目。这些政策没有与 STEAM 教育直接相关，但在实施过程中，都能看到 STEAM 教育的影子。

调研过程中我们发现，北京市初中生开放实践活动开展科学实验与工程类课程，鼓励学生运用多学科知识解决实际问题；深圳创客教育的开展过程中自然地发生着 STEAM 学习；成都市青羊区未来学校开展的创新课程与 STEAM 课程理念不谋而合。而且各区域领导对 STEAM 教育都持有积极的态度。因此可以说，这些区域通过相关政策间接支持了 STEAM 教育的发展。

（1）经费支持

在 STEAM 教育先行发展的几个城，在区域层面并没有直接为 STEAM 教育开展提供经费支持。但因在实践过程中都支持开展 STEAM 教育，区域负责部门每年提供教育经费，鼓励学校购买硬件与服务，为 STEAM 教育的开展提供基本的条件。

因北京在推进实施学校课程创新、开设具有综合性的“科学”以及学科实践活动和综合实践活动等方面的政策相互关联，投入的经费无法剥离开来说明，所以这里以深圳市与成都青羊区为例，以期了解区域层面的 STEAM 教育经费投入情况。

表 3.1 深圳与成都青羊区的经费投入情况

深圳市	义务教育阶段市里拨款每年每生350元的经费用于德育类、体育类、艺术类、科技类的教育，并面向社会招聘各类人才担任辅导老师。深圳市教育局鼓励学校开展第二课堂项目，并为每生每年提供 640 元的经费，请校外教学人员进校提供课程教学。鼓励老师申报科技类创新工作室。由深圳政府出资，与企业合作推动创建 100 所创客实验室。
成都青羊区	教育局提供经费上的支持，2015 年专项投入约 200 万为试点学校提供必备的硬件设施，2016 年增加到 460 万。

（2）平台与机制建设

为了给 STEAM 教育提供良好的发展环境，除了经费支持，还需要为学校、校外机构等提供各种发展机会与构建良好的发展机制。成都市青羊区在 STEAM 教育方面，从政府层面将其纳入到“未来学校”的项目建设中。2012 年，青羊区把“未来学校”研究和实践作为未来教育生态体系建设的重要抓手。2015 年 5 月，教育局启动了“创新课程实验试点项目”，面向全区中小学开展了试点项目申报工作。正式确定了 12 所“创新课程试点学校”，要求各试点校形成详细的工作方案；积极参加相关的培训和交流研讨活动；以过程评价与年终评价相结合的方式进行考核，对优秀试点校给予奖补，对不合格试点校取消试点资格。目前全区总共有 15 所试点学校，这些学校大多将 STEAM 课程作为项目实施的重点工作。教育局一方面提供经费上的支持，另一方面是给予机会、考核等其他方面的引领与支持，例如 2016 年策划组织了首届“创享未来”新技术探究与实践活动，它既是项目试点学校交流、展示、同台竞技的平台，也是为试点学校、师生创造的获取荣誉的机会。借助创新项目，从政策、制度上保障“创新课程试点学校”对 STEAM 课程的有效推进。

（3）需求与不足

在 STEAM 教育推行过程中也遇到了问题。虽然区域每年有专项经费支持，但深圳与成都青羊区的中小学普遍反映缺乏相应的资金。而且 STEAM 教育与传统教学方式完全不同，它更大程度上是基于某一项目或者某一课题的研究学习，教师需要引导学生进行科学实践和科学探究，这和我们传统教育方式有所不同。不仅需要老师不断加强学习，角色意识也要产生变化。我们需要培养更多有这样意识的全科教师。而目前专业人才匮乏，区域不可能组织体系化的教师培训，难以弥补中小学在师资上的需求。

国内的 STEAM 教育起步晚、发展慢，尽管有的区域已经开始行动，但是单纯依靠摸着石头过河的局限性已经凸显。尤其是在政策制度支持保障、课程与教学研究、评价方式变革、装备建设标准、对家庭以及社会的教育引导等方面，亟待有更强有力的措施加以推进。

2、学校层面 STEAM 教育制度建设

（1）STEAM 课程纳入学校课程体系

调查数据分析发现，35% 的学校每周开设 1 课时 STEAM 课、57% 的学校每周开设 2 课时、4% 的学校每周开设 3 课时、4% 的学校每周开设 4 课时（包括 4 课时）以上。由此可见，学校已经将 STEAM 课程纳入到学校的课程体系和课程设置中了，但因 STEAM 类的课程在学校层面是以创新类校本课程的形态出现的，并未与国家必修课程紧密结合起来，所以开课时间比较少，课时集中在 1 课时到 2 课时，具体见图 3.2 所示。

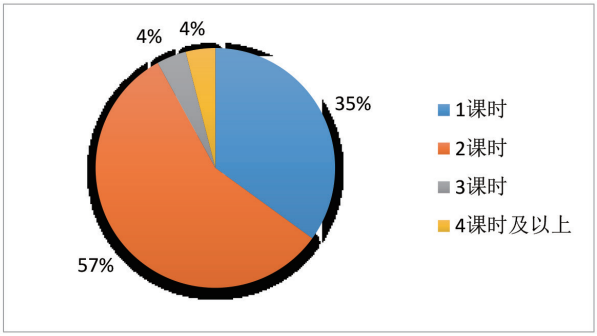


图 3.2 学校每周开设 STEAM 课程的课时

调研结果表明，STEAM 课程在学校的存在形态表现为必修课、选修课、社团活动课程。其中必修课加以实施的学校占 12%、以选修课形态实施的学校占 22%、以社团活动类实施的学校占 50%。课程形式多集中于社团课程与选修课，具体见图 3.3 所示。例如，成都市树德协进中学以选修课的形式开展 STEAM 课程，每周为 1 个课时。北京十九中学也开展了 STEAM 教育，由专门人员负责，采用课后 1 小时的方式进行尝试。由此可见，STEAM 教育虽然已经入校，但仍处于比较边缘的地位，其定位在满足学生的兴趣的校本选修课程和社会活动上。

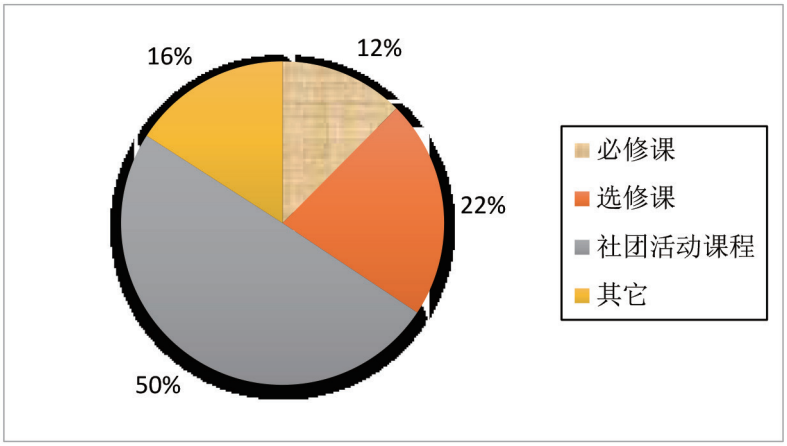


图 3.3 学校开设 STEAM 课程的类型

（2）开发课程与建设空间相结合

学校层面上，一些学校与科研院所或教育企业合作，积极建设 STEAM 学习空间、引进 STEAM 课程和教师培训项目。以北京八一学校、朝阳外国语学校、北京第十九中学、成都市树德协进中学等学校为例，这些学校与北京国信世教信息技术研究院合作，引入并开展了 STEAM 教育，由教师发展中心或教师发展室和教务处统筹推进。目前学校建有专门的 STEAM 学习场地和学习空间，并以选修课的形式开展 STEAM 教育。

私立学校因灵活性相对较强，对 STEAM 教育开展的积极性和主动性比较高。天津英华国际学校全面开展了 STEAM 选修课程，每学期共开设 10 课时，并且有专门的学习空间。潍坊（上海）新纪元学校则从研讨制定 STEAM 教育课程实施方

案入手，不仅建设了专门的特色主题教室，其 STEAM 课程已开始了体系化的探索，涵盖了批判性思维、素质英语、数学奥秘、大英百科科学 100 讲、3D 打印、无人机制作、文学工作室、领导力培养等多门课程。

（3）需求与不足

在访谈过程中发现，学校对于 STEAM 教育的探索，基本处于起步阶段。很多受访学校尚未听说过 STEAM 教育，部分开始探索的学校对 STEAM 教育的理解也多局限于对信息技术与通用技术等学科的探索实践上，因此多是与这些课程相结合的方式加以开展。而 STEAM 教育是一个以多学科融合促进学生创新能力、问题解决能力和实践能力发展的大概念，需要各个学科不同程度地参与其中。在调研过程中，很难看到学校制定相应的政策，打破学科壁垒，在各学科进行积极推进。另外，各学校现在仍急需 STEAM 教育方面的课程资源，并且急需组织系统的 STEAM 教育师资培训。

由于 STEAM 教育在国内尚属新的理念，与现有的教育体系结合较难，学校在开展过程中会遇到一定的挑战。同时升学导向和压力又很现实，因此在争取到家长和社会支持方面，也存在一定困难。而且 STEAM 教育本土化的理论和实践研究都尚待进一步探索，加上系统的评价标准、资金投入与专门的师资的匮乏，都阻碍了 STEAM 在我国发展的进程。

然而，尽管我国学校层面的 STEAM 教育制度建设仍存在一定的问题，但上述学校的创造性探索，还是为我们进一步推进 STEAM 教育提供了有益的借鉴。

（二）课程与教学

STEAM 教育的有效推进，必须依托课程建设和教学改进。然而，现阶段的中小学在将 STEAM 教育的理念应用于课程与教学中时，普遍遇到了一些困难和挑战。首先，教师对 STEAM 教育理念没有一个清晰、深刻的认识，其次如何将理念转化成课堂里的教学，缺乏有效的经验可供借鉴。由于中小学教师在自主开发 STEAM 课程方面存在困难，所以政府应鼓励学校和相关研究机构和企业合作，共同完成课程开发、教学设计等任务。

在课程开发、设置和教学实施过程中，还存在不少问题。譬如，STEAM 教育与创客教育并驾齐驱是我国的特色，但在实践当中，STEAM 教育与创客教育之间的关系，以及如何让两者相互促进，共同培养学生的创新能力、综合素养是值得

探讨的话题。现有的 STEAM 课程多存在于中小学信息技术、通用技术、劳动技术、科学等学科中，但 STEAM 教育作为一个提倡多学科融合的课程类型，有必要将之在全学科进行推广与发展，而不仅仅局限在这几个学科。同时，如何打破学科壁垒，开发以问题、主题或项目为核心的整合性课程，以及这类课程不同以往的教学方式的实施，也是目前面临的重要挑战。

1、专业人员匮乏，多元主体参与课程开发

如图 3.4 显示，现阶段中小学开设的 STEAM 课程，58.3% 由教育研究机构和教育公司提供，自己单独开发占 27.1%，教师团队开发占 33.3%，学校与高校合作开发占 12.5%。由此可见，STEAM 课程研发一部分由学校自主研发，一部分由公司提供，而从教育研究机构和教育公司购买服务占多数。

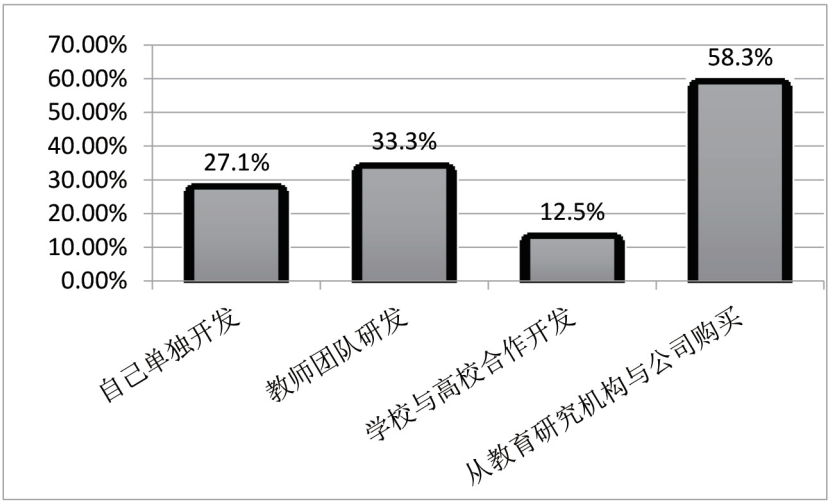


图 3.4 STEAM 课程来源

开展 STEAM 教育首先遇到的困难就是缺乏专业的人员开发和实施 STEAM 教育，而专业人员的培养是需要时间的，需要从高校的职前培训到教师的在职培训的系统化设计。为此，当前应急的解决之道就是集合各方力量，共同攻坚。由政府牵头，教育企业紧抓学校需求，校企合作，研发或引进优质的 STEAM 课程，创建 STEAM 专门的学习空间，为学校提供课程配套的资源、教具和设施，尤其是专业的 STEAM 教师等。

当前的 STEAM 课程类型多为与信息技术课程相关的拓展性课程、科技创造类

课程。比如 Scratch 图形化编程、开源硬件、3D 打印、App Inventor、木艺、纸电路等。这些课程虽然重要，但是却在一定程度上窄化了对 STEAM 教育的理解，不利于广泛提升学生的科技创新和应用素养。

经调研了解到，深圳从事 STEAM 教育、创客教育的公司不低于 300 家。大体有三类：信息技术、电子技术等具有行业背景的公司从事教育行业；从事教育行业的人与技术人员结合推进 STEAM 教育；大集团公司单独设立部门融资进入创客、STEAM 教育。深圳市由市政府牵头，将企业提供的产品与学校需求相结合，推行科技创新产品进校园，推动创客教育和 STEAM 教育的发展。在多元主体的积极推动下，STEAM 教育开始孵化成型，部分学校开始了积极的探索。深圳市教育科学研究院正拟建立市级 STEAM 学习空间，部分区域和学校也开始了先行尝试。然而，就目前而言，大多数的学校仍然处于被动状态。

在实践过程中，学校与公司的合作仍需要进一步磨合。校外购买的课程多注重技术，以出售硬件为主，附带硬件配套的课程。但是，很少提供师资，而且企业开发的课程与学校需求有较大出入，学校教师需要进行二次开发，对原有课程做较大的调整和改动。例如乐高机器人、柴火空间都有配套的教材、课程资料，但是课时安排、组织形式和学校实际的操作有区别，学校需要根据自身情况，重新编辑后使用。这就对学校自身的课程开发能力有较高的要求。近年来，北京国信世教信息技术研究院组织专门的项目团队，引进大英百科的课程资源，结合我国学校课程标准，与一线教师合作，共同研发 STEAM 的课程，并逐渐形成体系，在 STEAM 课程研发方面，做出了有益的探索。

调研中我们了解到，成都市青羊区有几所学校正在承担课程的开发任务，并申报了四川省教科所课题。区内一些学校被批准成为四川省普教科研重点课题《基于创新课程实验室的中小学创新教育研究》课题学校，借助专家先进教育理念和专业技术人员的力量，研究形成校本教材，探索在更大范围推广的模式和经验。

综上所述，企业在 STEAM 课程与创客课程开发方面步伐很快，企业与学校合作可以解决学校的燃眉之急，但企业提供的课程资源目前难以满足学校的教育需求，两者的结合仍需要磨合。政府、学校、公司三者如何形成合力，整合推进 STEAM 教育，本报告调研的上述区域已经有一定的探索，但仍需进一步深入探究。

2、教学方式多样，教学效果差强人意

在教学方式上，教师进行了多种多样的探索，具体包括探究式学习、合作学

习、讲授式学习、自主学习、合作探究式学习、项目式学习、基于问题的学习与基于设计的学习等。从调研数据中可以发现（见图 3.5），探究式学习与和合作学习是教师常采用的教学方式，有 68.7% 的教师在 STEAM 课堂上采用探究式学习，60.4% 的教师采用了合作学习。而针对国际 STEAM 教育惯常采用的项目式学习、基于问题的学习和基于设计的学习，从数据统计中可以发现，教师使用这几种教学方式的比例偏低，尤其是运用基于设计的学习教师只占 25%。可见，教师对这几种教学方式的了解明显不足。从这一方面，也能反映出人们对 STEAM 教育本身的理解也不够深入，不能够采用适合 STEAM 教育的教学方式来加以实施。

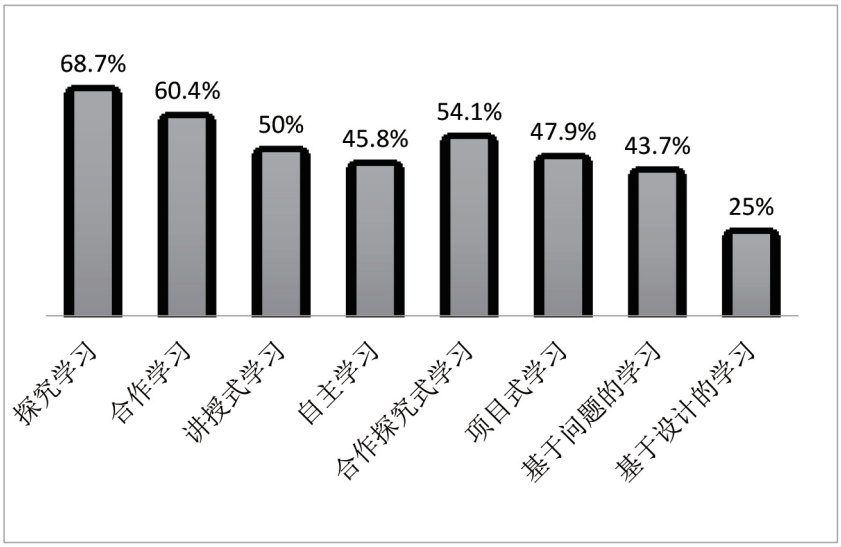


图 3.5 教师采用的 STEAM 教学方式

在 STEAM 教学评价方面，通过调研发现，大多数教师是通过学生作品和课堂观察的方法来评价教学效果的。教师问卷调查结果显示，15% 的教师认为自己实施 STEAM 教学的效果非常好，36% 的教师认为效果好，47% 的教师认为效果一般，还有 2% 的教师认为效果不好。非常好与不好的比例很低，STEAM 教学效果处于中等偏下水平。当然，评价的方式方法的合理性、科学性，评价主体的多元性、评价过程的持续性等问题，仍需进一步探索和回答，才能真正实现以评价促发展的目的。

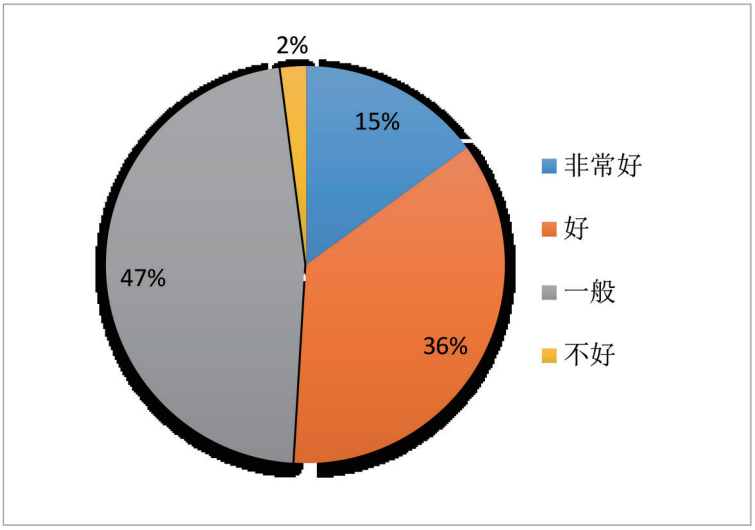


图 3.6 教师对实施 STEAM 教学效果的自我评价

3、STEAM 教育理解狭窄，难以形成体系

目前的 STEAM 教育的课程，大致分为以下两种类型。一种是翻译国外 STEAM 教育的课程资源和设置体系，再进行二次开发；另外一种是国内机构、教师根据自己的理解、经验，自主开发；从实施上看，国外购买课程费用昂贵，很多知识体系和国内还尚未有很好地衔接，教师使用起来需要有专门的培训；国内的课程普遍依托技术工具进行设计与实现，多以技术学习课为主。没有真正理解 STEAM 教育在学生发展核心素养培养以及学业成就提升方面的重要影响和促进作用，因而既无法与国家必修课程融合拓展，促进学生科学类课程的学习，更无法通过对课程进行跨学科整合，尤其是科技类课程与人文艺术类课程的整合，从而真正提升学生创新应用能力。

其次，现有课程种类虽然繁多，但缺乏连续性，缺少上层理念的指导。课程多以碎片化形式出现，没有形成体系。例如，深圳市福田区黄冈中学老师在访谈中表示，学校开设了机器人、软陶、体育类、艺术类等多种校本课程，并且探索开发课程、编写教材，但是目前并没有统一的课程标准予以指导。

（三）实施保障

1、教师的专业发展

STEAM 教育要求教师将多学科知识融合到课程与教学当中，因此对教师提出了更高的要求。调研结果显示，由于我国 STEAM 教育刚处于起步阶段，各学校 STEAM 教育的专职教师几乎没有。中小学从事 STEAM 教育的教师多为兼职教师，由科学、信息技术等学科教师兼职从事 STEAM 教育，或是从校外教育机构聘用 STEAM 教师。教师培养方面，学校主要采取组织相关的理论讲座、技术培训与课例观摩等活动方式，提升教师对 STEAM 教育的理解水平和应用技能。例如，成都市青羊区成立创新课程试点联盟学校，试点学校定期组织培训、交流活动。2016 年该区少年宫作为基地，外聘教师开展了多期培训活动，内容包括创新发明与专利申请知识、教学机器人创意实训、创客基础、3D 打印实训、各级竞赛活动介绍等。深圳市鼓励教师申报工作室，开展 STEAM、创客教育活动；鼓励有经验的教师，成立教师培训工作坊，对其他教师进行专业培训。STEAM 教师是学校开展 STEAM 教育活动的保障。

设计与实施 STEAM 教育活动对教师提出了很高的要求。一名 STEAM 教师需要掌握科学、技术、工程、艺术、数学等多学科知识，需要深入了解 STEAM 教学法（基于项目的学习、基于问题的学习、基于设计的学习），并将之与实际教学相结合。而现有的 STEAM 教师培训多为技术培训或者对 STEAM 教育的介绍，这只是培养 STEAM 教师的第一步。STEAM 课程如何开发、真实的 STEAM 教学如何在课堂中发生等等，还需要研究者进行深入的研究，需要通过研究为一线教师提供科学有效的教学设计模型以及更多的优秀课例，供教师学习和实际操作。

2、学习空间的创设

由于 STEAM 教育对技术设备、课程资源等依赖度较高，因而在 STEAM 课程兴起的同时，学校与区域开始建设 STEAM 教育专属的学习空间，比如学科实验室、创客空间等。这类学习空间由原来的科学教室、通用技术教室等改造而成，或者公司按照学校需求建造全新的学习空间。空间内主要设置 3D 打印设备、ARDUINO 套件、激光切割机等教学设施，为学生创建便捷、安全的学习环境。例如，成都

市青羊区为 15 所试点学校提供经费，2015 年与 2016 年相继投入约 200 与 460 万元购买必备的硬件设施，建设实验室。

然而，调研结果显示，很多学校还是因为专项经费不足，无法购买到先进的硬件设施和操作软件。这也成为阻碍学校实施 STEAM 教育的原因之一。当然，学习空间的建设并非是学校开展 STEAM 教育的必要条件。当 STEAM 以学科拓展类的课程样态，相应的教学设计才是更为重要的影响因素，教师的课程开发和实施能力才是 STEAM 教育质量的重要保障。

3、课程资源建设

在课程资源建设方面，学校多以从教育研究机构和公司购买为主。成都市树德协进中学通过购买 STEAM 教育服务，搭建了学校的课程资源平台，提供线上线下资源；北京十九中学引进了 STEAM 课程体系；潍坊（上海）新纪元学校和天津英华国际学校等也与校外机构合作，进行资源建设。经过调研发现，除上述区域和学校外，整体的 STEAM 课程资源建设都比较薄弱。

STEAM 教育在美国倍受重视，而我国同样对其抱有极大的期望。STEAM 教育可以弥补分科教学的弊病，培养学生创新思维与解决问题的能力，这是课程改革力图达到的目标之一，也符合新时代下我国对创新人才的培养要求。因此，STEAM 教育在我国具有很大的潜力。但不得不承认，我国 STEAM 教育仍处于起步阶段，制度与环境建设、课程开发与教学实施、师资队伍建设、学习空间和课程资源建设等方面仍有很多不足。因此，在热情推进 STEAM 教育的同时，需要清醒的认识到 STEAM 教育的现状与不足，坚持 STEAM 教育的正确方向，真正将 STEAM 教育的理念与价值惠及到每一位学生身上。

[第四章]
中国 STEAM 课堂教学案例分析

正如前文所述，未来社会是数字化时代，这个时代是以具备批判性思考、适应能力、协作交流能力、问题解决和创造力以及一定信息素养的科学家、工程师，尤其是电脑工程师和技术工人为主导人力资源的时代。人们在分析职场需求时发现，进入 21 世纪后各个经济高度发达的国家都出现了明显的行业结构转型，从资源依赖型经济开始转向以制造业为主，继而强调服务型和信息型的经济。要想有效参与其中，所需要的从业者就不仅仅掌握基础知识和基本技能了。人口统计学信息显示，需要特定技能和薪金相对较低的蓝领阶层的职业，存在着被削弱的倾向。而要求有效的交流能力、合作能力、问题解决能力的职业，则在数量上日趋攀升，谁能成为这些职业领域的专家，谁就能处于更为优势的地位，哪个国家在这些领域占优势，哪个国家就更有竞争力[1]。因此，无论为了社会还是个人的发展，教育都必须要超越仅仅是基本知识和基本技能的训练，培养这些领域的领导者和劳动者成为各国教育改革当前重大的目标与使命。

为完成上述使命，我国教育部于 2016 年 6 月 7 日印发的《教育信息化“十三五”规划》通知中明确提出，“有条件的地区要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，养成数字化学习习惯，促进学生的全面发展，发挥信息化面向未来培养高素质人才的支撑引领作用”。其中，由于课程和教学作为学校育人系统的核心构成要素，因此，为有效培养具备上述素养的学生，作为一种课程形态的 STEAM 在实践中受到更多人的瞩目。甚至可以这样讲，STEAM 教育能否取得更佳的效果，关键在于 STEAM 课程的科学研发与实施。北京、上海、深圳、成都等作为“有条件的地区”，开始了先行的探索。

然而，我国当前的 STEAM 教育的课堂教学究竟是何种样态？取得了哪些经验？又存在哪些亟需改进之处呢？为了更好地回答这些问题，本章将视角移至 STEAM 教育的课堂现场，力图从 STEAM 课堂教学案例入手，真实展现我国 STEAM 教育当前的课堂教学实态。本报告研究和撰写是从两个方面入手的：一是着力于总结国内外应用比较广泛和成熟的 STEAM 课堂教学模式，从而梳理出这些教学模式的共同要素，为分析我国 STEAM 课堂教学案例，提供视角和框架。二是基于 STEAM 课堂教学案例的分析框架，并结合学科优秀教研员的精彩点评，进一步深入剖析几个当前比较有代表性的 STEAM 课堂教学案例。

[1] 吴俊杰，梁森山，李松泽．STEM 教育对中国培养适应 21 世纪的复合型创新型人才的启示 [J]．中小学信息技术教育，2013，(03)：43-47.

一、STEAM 课堂教学模式

STEAM 课堂，作为 STEAM 教育理念实施、培养科技素养和人文素养兼备的应用型创新人才的主阵地，一直是国内外 STEAM 教育研究者们的研究重点。而一个有效的课堂教学模式，不仅能够支持学校形成教师实践的共同话语、支持教师的反思性学习，并且能够促进教师思考其教学如何才能支持学生学习达成最佳效果。因此，对于当前比较常用和成熟的 STEAM 课堂教学模式的介绍与总结工作显得十分必要。

（一）STEAM 课堂教学研究进展

我国 STEAM 教育的研究起步较晚，最早关于 STEAM 教育的文章还是 2007 年——秦炜炜发表在《教育技术咨询》上的题为《全球化时代美国教育的 STEM 战略》[1] 的文章。截至目前，STEAM 教育方面的研究仍主要集中在对 STEM 教育的引进介绍和实践的初步探索，甚至 STEAM 的介绍还不是很多。例如，吴俊杰等在《STEM 教育对中国培养适应 21 世纪的复合型创新型人才的启示》一文中，对 STEM 教育产生的背景作了详细阐述，在此基础上提出了 STEM 教育对我国培养复合型创新型人才的一些启示。又如余胜泉等在《STEM 教育理念与跨学科整合模式》一文中对 STEM 的特点进行了梳理，并在此基础上提出 STEM 课程的整合模式，用以指导教育实践。

随着国内学者对 STEAM 教育的重视，人们开始关注好的理念如何真正落实、实施。因此，STEAM 课堂教学的研究成为人们关注的热点。然而，此时的探索还只是出现在一些文章、硕士论文研究或一线教师的行动研究中，更多的是对国外的课堂教学模式的介绍与解读。如，刘胜男在《高校招考制度改革》杂志发表的《建设中小学工程技术课程质量保障机制——来自美国“项目引路”机构的启示》（2014）一文中，提到了美国项目引路（Project Lead the Way, 简称 PLTW）整合交叉了“亲自体验（hands-on）、基于活动、项目和问题（Activities, Project- and Problem-Based ）等教学模式，形成了以工程技术教育为目标 APB

[1] 秦炜炜．全球化时代美国教育的 STEM 战略 [J]. 教育技术咨询 ,2007（10）:20.

教学模式[1]。华东师范大学杨亚平等在《外国中小学教育》杂志上发表了《美国中小学整合性 STEM 教学实践的研究》（2016），文中介绍了美国中小学阶段的整合性 STEM 教育实施过程中常用的教学方法，即基于项目的学习和基于问题的学习两种，并梳理出优质的整合性 STEM 教学设计原则，共 11 条，分别为（1）整合性 STEM 教学的主要目标必须包含数学和（或）科学内容，并关注各学科间的练习；（2）以工程实践或工程设计作为整合性 STEM 教学的现实问题情境；（3）学生需要对工程设计进行论证；（4）强调 21 世纪新技能的培养；（5）以一个需要通过团队合作与交流才能解决的现实问题或项目作为教学情境；（6）展示清晰的整合;（7）保证学生达到单个学科的学习目标;（8）整合的复杂程度需要始终;（9）教学需要与学生已有知识相联系；（10）教学需要展示深刻的、灵活的、与 STEM 课程相关的主题和内容；（11）教学应该与文化或社会相关，并能结合到现实情境中[2]。

当然，此时也不乏本土的探索，如李扬在其硕士论文《STEM 教育视野下的科学课程构建》（2014）中，在理论研究的基础上对 STEM 教育视野下科学课程的建构过程进行了探索，包含课程目标、课程内容选择和课程资源开发与利用及课程的设计与教学策略等，其中课程设计的具体方法主要是指利用工程设计方法把科学课程中需要学生掌握的科学知识和方法集合成具体的项目，通过解决核心问题的活动使学生经历科学探究以及工程设计过程；课程设计的具有原则主要有综合性、真实性和循环性[3]。袁洋在《一个有趣的 STEM 活动实例：做弹球》一文（2014）中，以自己的课堂教学为例，将“做弹球”作为学生的学习主题，从实践层面将数学、工程和技术元素如何融入科学课堂做了探索，为体现 STEM 课程设计的 4 个维度，在制定教学目标时并未使用小学科学课程标准的三维目标，而是围绕课程主题，站在学生的角度，分别制定了 STEM 各个领域具体且有针对性的教学目标[4]。

总之，当前我国对于 STEAM 教育的课堂教学模式的探索，处于刚刚开启阶段，多停留于国外相关理论的引进和成果介绍层面，缺少课堂教学的应用方面的实证研究以及基于研究的理论建构，尤其缺乏可供推广的 STEAM 有效课堂教学模式。由于 STEAM 作为整合型课程，所需的课堂教学方式与传统教学方式有较大的差异，

---

[1] 刘胜男．建设中小学工程技术课程质量保障机制——来自美国“项目引路”机构的启示 [J]．教育发展研究 , 2014, (10):5-11.
[2] 杨亚平 , 陈晨．美国中小学整合性 STEM 教学实践的研究 [J]．外国中小学教育 , 2016, 05:58-64.
[3] 李扬 . STEM 教育视野下的科学课程构建 [D]．浙江师范大学 , 2014.
[3] 袁洋 . 一个有趣的 STEM 活动实例 : 做弹球 [J]. 中国科技教育 ,2014 （09）:20-23. 袁洋 . 一个有趣的 STEM 活动实例 : 做弹球 [J]. 中国科技教育 , 2014 （09）:20-23.

因此，无论对教师还是学生而言，STEAM 课堂教学的实施都是极大的挑战。可以说，正因于此，我们在推行、实施 STEAM 教育时，应着力研究 STEAM 的课堂教学模式、教学设计原则及过程方法，为教师有效实施 STEAM 的课堂教学，提供支架和支持，从而有力地培养学生问题解决能力、批判性和创造性思维、协作和交流能力等。

基于上述国内外典型研究的对比，我们发现目前我国 STEAM 教育的课堂教学研究与国外的相关研究，水平相距甚远。形成差距的原因可能源于以下方面：一是我国的 STEAM 教育起步的时间相较于国外晚了几十年，处于引介学习阶段；二是我国的 STEAM 教育理论研究和实践有一定的脱节。一方面，理论研究者更多着力于引介、探讨 STEAM 相关的政策、特点等。这些工作当然有着非常重要的价值，但如果未能聚焦实践中产生的问题进行实证性研究，并在此基础上进行理论思考与建构，将永远无法完成理论为实践服务的任务。另一方面，正如我们的调研结果所显示的那样，很多实践工作者热情于应用，但由于缺乏先进的理念引导和实践指导，甚至在对理念不甚了解、只是知道 STEAM 名称的情况下，就急于求成地“应用”，结果就是课堂似乎很热闹，但学生的获得感和真实的发展却未见增长。反观国外的 STEAM 教育研究，大多是采用理论研究者与实践工作者相互合作的方式进行，使得研究与实践不断相互促进、发展。

综上可知，我国到目前为止仍未能形成经实证检验的本土化 STEAM 课堂教学模式。本报告将在介绍国外 STEAM 课堂教学模式的基础上，分析当前我国 STEAM 课堂教学的实践，以便发现问题，寻找出路。

（二）国外 STEAM 课堂教学模式简介

20 世纪 90 年代美国国家科学基金会提出，最能够直接影响国家经济发展的关键学科领域就是 STEM，随后发展成 STEAM。这是一门指向真实世界问题解决的多学科融合的综合性课程，因此，其课堂教学不同于以往事先由教师设计好的、高度结构化的讲授式，而是强调以学习者为中心的、重视科学探究与工程设计的、以实际问题为导向的开放式。由于真实世界的问题都是综合的，其解决需要多学科的参与，在开放的课堂文化引领下中，学生有机会在一个真实问题情境中应用多种学科，尤其是科学、技术、工程、艺术和数学学科的概念、原理、思想方法，从而合作来解决一个复杂的实践任务。基于此，当前国外已经形成了一些比较成熟的 STEAM 课程教学模式，本报告选取了比较常用的“基于项目的学习（Project-based Learning）”、“基于设计的学习（Design-based

Learning）”、以科学探究为导向的“5E 学习环”，以及多种教学模式交叉整合形成的“混合式学习”。

1、基于项目的学习

（1）“基于项目的学习”的内涵

认识基于项目的学习之前，有必要先了解一下“项目”。生活中我们常说的“项目”，就是一种任务，人们在资源的支持下，去创造特定的产品或者服务。基于项目的学习中的“项目”是其在教育领域的延伸、发展及具体运用。

基于项目的学习（Project-Based Learning，简称 PBL），也称专题学习，是让学生通过安排围绕项目的真实学习任务，综合各学科知识，在合作学习的环境下，设计并实施一系列的探究活动，并把探究成果进行表达和交流的教学模式。

这种学习主要由基本问题、项目设计、工作计划、项目管理、最终产品和评价反馈六个因素构成。其中，“基本问题”来自于现实生活；本身蕴含的知识是多学科的；有一定深度，值得学习者进行深度探究；难度适宜，学习者有兴趣、有能力进行探究。

而“项目设计”、“工作计划”和“项目管理”这些活动，都是为了促进探究活动的展开。活动的方式丰富多样，个别化学习、小组学习等各种学习方式能够适应各种学习风格，为不同智能特点的学生们提供展示的舞台。另外，活动应具有挑战性，在活动中，学习者们需要应用知识，能够对知识进行记忆和迁移。但需要注意的是，所有活动都是在真实情境中展开，支持学习者进行合作、拓展能力。

基于项目的学习的最终产品，可以是学习结束时学习者学会的知识或技能，也可以是为解决某问题设计出的方案或成果。在获得最终产品后，举办产品报告会等交流会，能够帮助激发学习动力，分享学习经验和体会。

但对于完整的 PBL 来说，最终产品的获得并不是学习的结束。对最终产品和活动过程进行评价并提供反馈，会为学习者的学习带来更多支持。评价的对象可以是 PBL 中的任何一部分，例如项目计划、项目管理、学习者对知识的深层理解能力等；评价者可以是教师、专家、研究人员，也可以是学习者本人；评价的方式可以是互评、自评等。

总体来说，PBL 让学生主动参与到了项目中来解决有价值的问题，自主完成学习，得到成果并进行展示交流，实现了课堂的重构，能够取得比传统课堂更好

的成绩，并提升了创造性解决问题的能力。

因而，迄今为止，基于项目的学习已经产生了一些比较有代表性的教学模式，例如巴克实验室提出的“以课程标准为核心的项目学习（standards-focused PBL）”，他们将其定义为一套系统的教学方法，认为项目学习既是对复杂、真实问题的探究过程，也是精心设计项目作品、规划和实施项目任务的过程。在这个过程中，学生能掌握所需的知识和技能。与此同时，一个成功项目的设计与计划除了完成项目开始前的准备工作——寻找项目选题、确定项目范围、选择课程标准、统合项目学习目标、确立项目的设计标准、创设理想的学习氛围，还包括设计驱动问题、规划项目评价、规划项目过程、管理项目过程几个部分[1]。后来，巴克实验室又在原有的研究基础上，做了一些调整，提出设计成功项目的四大步骤为：明确挑战、精心设置驱动问题、从结果入手、构建评估体系，当然还不能忽视项目开始前的准备工作和过程管理[2]。

（2）“基于项目的学习”的共同特征

基于项目的学习具备如下六个共同特点：

1）驱动性问题

这是 PBL 的标志性特征。所谓“驱动性”，体现在这个来自现实、需要解决的问题既是学习的起点，又能用来组织和激发学习活动。一个好的驱动性问题具有五个特点：

- 可行性：问题难度不能太大，不要超越学生的发展水平，学生能够自己设计方案、执行调查和解决问题。
- 价值性：问题蕴含丰富的科学内容，符合国家及地方课程标准的要求，符合真正的科学家的研究方式。
- 真实性：问题来自于真实又有重要价值的情境，能够在真实的情境中进行研究。
- 意义性：对于学习者来说，问题是有趣的，而且对他们的学习是有用的，

[1] 美国巴克教育研究所．任伟译．项目学习教师指南——21 世纪的中学教学法 [M]．北京：教育科学出版社．2008:3.

[2] [美] 汤姆·马卡姆． PBL 项目学习：项目设计及辅导指南 [M]．董艳译．北京：光明日报出版社．2015.

对于他们以后的职业发展也是有帮助的。

- 道德性：这是选择问题的基本准则，要保证问题与人、社会和环境的关系都是和谐的。

例如，“如何处理伤口”就是一个不错的驱动性问题。

2）真实情境

PBL 的本质就是一套设计学习情境的完整方法，强调在真实情境中开展探究活动。研究者们的共识是真实的研究过程对于学习大有裨益。在 PBL 的课堂上，会尽力为学习者提供与真正的研究环境相同或相似的情境。这也导致了与传统课堂相比，PBL 的时间比较长，学习者会开展一系列的活动来研究问题。例如，“空气污染”的学习。

3）多学科知识

复杂但真实的驱动性问题来源于现实，就意味着问题是多学科交叉的。现实中的问题很少有知识背景单一的，单一学科的知识也很难解决这些问题。此时，学习者想要解决问题、创造出最终产品，就要综合运用自己已有的多个学科的知识。

4）强调协作

真正的专家解决问题时，会寻求多方面的合作。基于项目的学习希望在最大程度上，为学习者提供和真正的专家相似的经历。基于项目的学习中，教师、学生及所有参与该项活动的所有人员相互合作，同属一个学习共同体，学习者在项目学习的过程中，要积极寻求和学习共同体中其他人的合作，建构对知识共享的理解，一起解决问题。

5）最终产品交流展示

这些最终产品是是课堂学习的成果，是可行的、能解决问题的，其本质是学生构建出对知识的理解。在公开共享后，这些产品能够为社会服务，还可以产生一定的社会效益。学生之间就最终产品进行交流和讨论，项目的其他参与者也将积极参与。在交流和讨论中，可能会产生新的问题或灵感，不断学习进步。

6）学习技术支持

来自学习技术对 PBL 的支持，贯穿在整个学习过程中。对于教师来说，要为学生提供技术支持，例如计算机实验室、远程通讯技术等，可以提高教学水平；对于学生来说，巧妙使用各种认知工具和信息资源，例如信息检索、思维导图、Model-It 软件等，能够更加清晰地表述观点，帮助学习。

（3）基于工程项目的学习

基于项目的学习中的项目，可以是各个领域内的项目，这需要根据课堂教学的目标和学生的实际需求、教师的个人专长等等而定。但是，STEM 教育领域采用的基于项目的学习，一般是以工程项目为主，称之为 STEM Project-Based Learning（简称 STEM PBL）。德克萨斯农工大学的罗伯特·卡普拉罗（Robert M. Capraro）等人（2013）认为，在 STEM PBL 学习中有两个重要的构成部分：明确的结果和不明确的任务。“明确的结果”一方面受工程设计过程影响，另一方面则受到高风险的应试环境的影响。比如说，一位工程师总是在头脑中先有一个结果，如“使燃料消耗降至最低”等，同时还要考虑真实测试环境下的责任。所以，教学设计者亦应如是。STEM PBL 的设计过程总是起始于一个可测量的结果，通常还会包括一个终结性的评价，确保学生能够达成目标。

“不明确的任务”需要学生在丰富的信息环境中解决一系列的问题，从而整体地展现学生对于 STEM 各个科目中概念的掌握情况。而这种明确的结果包括与国家各标准相关的学习目标，以及实施任务时的限制条件。其中，不明确的任务允许学生通过运用他们的学科知识，来制定符合结果要求的不同解决方案，从而自由地解决问题，这就要求学生有高度的逻辑思维、问题解决能力和丰富的知识。另外，需要注意的是，“不明确”不代表“无计划”[1]。

基于上述两个重要的构成部分，许多学者根据课堂教学过程中的实际问题与需求，提出了能够整合多种学科的工程项目学习模型。例如，国际技术和工程教育协会 STEM 教学中心为 K-12 年级开发的一个在 STEM 内容中传达技术素养的标准化国际模型——工程设计项目模型，这个模型主要通过真实的、基于项目的学习环境来提高所有学生在 STEM 和英语上的成绩。此外，还有不同学者开展了基

[1]Capraro, Robert M., Mary Margaret Capraro& James R. Morgan, 2013.STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach[M]. Springer Science & Business Media.

[2]李扬.STEM 教育视野下的科学课程构建 [D]. 浙江师范大学,2014.

Aaron Gero, Enhancing aviation school students' interest in physics and engineering: An interdisciplinary program on aviation weapon systems[J]. STEM Education,2012:28-32.

于不同项目的 STEAM 学科整合案例。亚伦·吉罗（Aaron Gero）介绍并分析了在以色列高中开展的整合物理和工程学内容的研究项目“介绍航空武器系统”[1]，中央密西根大学的库马·叶拉玛锡（Kumar Yelamarthi）和 P·拉比·马瓦沙（P. Ruby Mawasha）研究了一个为期 20 年的针对提高弱势群体学生追求 STEM 领域职业的工程项目 STEPP[2]，他们曾经开发出一款新的“智”拐杖，透过无线射频辨识系统（RFID）来侦测障碍物并提醒使用者往哪里走以及该怎么走，期望帮助视障者更轻松地行走。帕梅拉·S·劳来特－柏杜（Pamela S. Lottero-Perdue）等在一个三年级的全纳班级设计了一个制作风车叶片的课程，进行以工程知识为核心的教学应用，提出并验证了工程设计流程教学，具体的流程见表 4.1[3]。

表 4.1　工程设计流程及其步骤阐述对照表

工程设计流程（EiE）	步骤阐述
提出问题	● 确定问题 ● 确认设计约束（如可用材料的限制） ● 考虑所学相关知识
猜想	● 集体讨论设计理念 ● 画出设计理念并进行标注
计划	● 选出一个设计理念 ● 画出这个设计理念并做标注 ● 确定所需材料或条件
制作	● 执行计划，构建设计产品 ● 测试产品
改进	● 思考测试结果 ● 计划、构建，并测试（经改进的）新设计

2、基于设计的学习模式

[1] Aaron Gero, Enhancing aviation school students’ interest in physics and engineering: An interdisciplinary program on aviation weapon systems[J]. STEM Education,2012:28-32.
[2] Kumar Yelamarthi, P. Ruby Mawasha. A pre-engineering program for the under-represented[J]. STEM Education,2008,9:5-15.
[3] 埃里克·布伦塞尔编，周雅明、王慧慧译.《在课堂中整合工程与科学》[M]，上海科技教育出版社，2015.11：135。

（1）“基于设计的学习”的内涵

基于设计的学习也叫通过设计学习，英文分别是 Design-based Learning（DBL）、Learning by Design（LBD）。这两种关于设计的学习分别由加州理工大学多林·尼尔森（Doreen Nelson）和乔治亚大学克罗德纳（Janet L.Kolodner）提出。两者有很多类似之处，因后者已经形成了完整的理论体系与实践方案，因此，本报告介绍克罗德纳的通过设计学习（LBD）。

克罗德纳指出，通过设计学习（Learning by design，简称 LBD）是针对初中学生的科学学习开发的基于项目的探究式的教学方法。通过设计具有挑战性的情景，让学生在设计中学习科学知识，发展能够解决复杂问题的能力。在这个过程中，学生需要合作交流，设计调查、实施调查、分析数据、得出结论，学习科学方法和科学性的推理，应用他们正在学习的概念和技能。

（2）“基于设计的学习”的主要特征

基于设计的学习具有学科知识的融合性、学习目标的多重性、学生学习的自主性、学习过程的迭代性等特征。

学科知识的融合性是指，在 LBD 中，学习者在解决设计型问题时，需要学习相关的所有知识，包括物理、地理、生物、数学等多学科知识。学习者在解决问题时，会一步步的发现所需要了解的知识；学习目标的多重性是指 LBD 锻炼学生多种能力，包括学习能力、创造能力、批判能力、合作与反思能力、动手操作能力、信息搜集能力等；学生学习的自主性是指学生在任务、问题的驱动下，会不断反思，不断澄清、更新自己的认识。最终成为积极地、自主性很强的问题解决者。例如学生在搜集资料，筛选可用信息进行学习与研究的同时，也在不断澄清自己的认识：关于这个主题我知道什么，我还需要学习什么，该去哪儿寻找信息，怎样筛选有用信息等。学习过程的迭代性是指设计与探究过程的迭代循环。从问题到解决方法并不是一个线性的过程，而是几个环节之间的不断循环，以此建构知识、获得有用技能。

（3）“基于设计的学习”的实施流程

基于设计的学习包括两个最基本的循环（见图 4.1）：设计 / 再设计循环和调查与探索循环。两个循环之间建立起了逻辑联系。比如说设计制作一件作品，

首先需要“理解挑战”，包括理解作品的功能、需要解决的问题、限制条件和要求等。在理解挑战，明确问题之后，学生就需要进行“调查与探索”。调查与探索循环包括“澄清问题”、“提出假设”、“设计调查”、“实施调查”、“分析结果”，最后进入“展示与分享”在展示与分享环节，全班学生和老师以小组为单位，分享交流探索的结果，总结一般原则。一般性的原则会成为“设计／再设计”循环应用的内容，之后再进入“计划设计”、“展示分享”、“建模与检验”、“分析与解释”、“展示与分享”，进入再循环中。

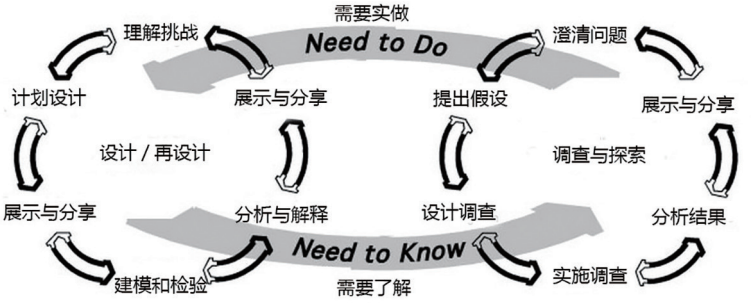


图 4.1 基于设计的学习的流程

从以上过程可以发现，“设计／再设计循环”注重应用知识设计与制作，而“调查与探索”注重经过探索获得知识。前者在设计中发现问题，后者用科学方法探索解决问题的途径与一般性的原则。

3、以科学探究为导向的“5E 学习环”

5E 教学模式是美国生物学课程研究所（BSCS）开发出的科学教育领域的教学模式。它是由 BSCS 根据卡普拉斯（Atkin-Karplus）学习环而提出的，其宗旨是帮助学生构建科学概念。在教学中，5E 教学模式可以用来探查学生的前科学概念，培养学生的科学探究能力，以及帮助学生实现概念转变和构建科学概念。该模式在科学教育领域受到高度的关注。BSCS 开展的一项实证研究表明，5E 教学模式比传统的教学模式更有利于学生学业成就的提高，也更能提高学生的学习兴趣[1]。该教学模式共包括 5 个教学环节，即引入（engage）、探究（explore）、解释

[1] Bybee, R. W., Taylor, J. A. etal . The BSCS 5E InstructionalModel: Origins, Effectiveness, and Applications. www.bscs.org,2010-6-10.

（explain）、精致（elaborate）和评价（evaluate），简称 5E 教学模式。

引入：教师首先提供有意义的学习活动，以吸引学生的学习兴趣，激发学生的积极参与。学生要针对教师提供的实物、问题、情境或现象进行思考，联系已有的知识和经验，并暴露出错误概念，这是学习科学概念的重要基础和前提。

探究：在探究环节，学生要针对特定的内容进行探究活动，他们要观察现象、建立事物之间的联系、概括规律、识别变量，这是引入新概念或术语的重要前提。

解释：探究完成后，学生要用自己的语言解释探究结果，形成初步解释。然后，教师直接给出科学的解释、术语或概念。这是使新概念、过程或方法明确化和可理解化的过程。需要注意的是，教师要使学生在前两个环节的经历与新的解释或概念之间建立联系，而且给出的新概念应简洁、清晰和直接，这就为下一环节是实施做好铺垫。

精致：学生在获得新的概念后，需要利用这些概念尝试解决问题或解释新现象。因此，教师应该为学生提供时间和空间，让他们参与讨论和获取信息，以加强对新概念的理解，这个过程就是新概念不断精致化的过程。

评价：在这一环节中，教师需要观察学生如何应用新的概念和方法来解决问题，并提出开放性的问题来评价学生对新概念或方法的理解和应用情况。同时，教师还应鼓励学生进行自评和互评。

由于建构在学习科学研究的基础上，越来越多的实证研究都证实了 5E 教学模式的有效性。

4、混合式课堂教学模式

混合式的课堂教学模式，顾名思义，就是多种教学模式综合在一起所形成的教学模式。左娜姆·S·阿帕都（Xornam S. Apedoe）等人认为，基于设计、将科学探究和工程设计联系起来的学习，是一种能够同时满足 K-12 阶段教育者要求和工程设计目标的学习方法[1]。因而，在实际的课堂教学过程中，往往都是对多种教学模式的综合应用，而不仅仅是一种教学模式包打天下。以下介绍一种具体的混合式课堂教学模式，即 APB 课堂教学模式。

PLTW 机构提出了 APB 的课堂教学模式是混合式课堂教学模式的主要代表。

[1] XS Apedoe, B Reynolds, MR Ellefson, CD Schunn. Bringing engineering design into high School Science Classrooms: The Heating/Cooling Unit. Journal of Science Education and Technology, 2008,17(5):454-465.

APB 教学模式围绕着各种活动、项目和研究问题而进行，旨在提高学生的实践能力和问题解决能力，强调学习以小组为单位，在真实的情境中，围绕着某一项目主题，应用先前所学过的跨学科知识解决问题，教师只是作为项目的指导者和顾问，不直接干预和管理[1]。具体的 APB 教学模式的课堂教学环节如图 4.2 所示：

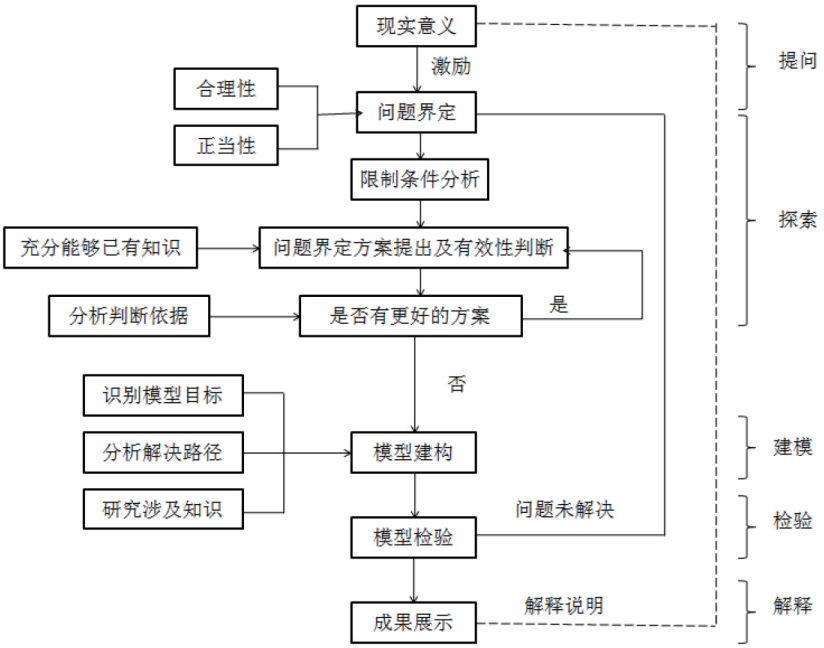


图 4.2　基于 APB 教学模式的课堂教学环节

资料来源：引自娜菲沙·麦哈木提（2014）《美国“项目引路”项目研究》

（三）STEAM 课堂教学模式的共同要素

从对基于项目的学习、基于设计的学习、以科学探究为导向的 5E 学习环以及多种教学模式交叉整合的混合式的教学模式的梳理总结中，进一步凝练整理了这些教学模式所具备的共同要素，主要包括真实情境、实际问题、设计方案、实

[1] 娜菲沙·麦哈木提．美国“项目引路”项目研究 [D]. 华东师范大学 ,2014.

施方案、改进方案和形成最终成果后交流展示。

图 4.3　STEAM 课堂教学模式的共同要素

1、真实情境

无论是基于项目的学习、基于设计的学习、以科学探究为导向的 5E 学习环，还是多种教学模式交叉整合的混合式教学模式，都强调了要为学习者营造一个真实的问题情境，以加强所学的知识与技能与真实世界的联系。另外，只有真实情境才具备不确定性和复杂性，才能给予学习者综合应用多学科知识的环境，这与 STEAM 教育所强调的面向真实世界的问题的解决相契合。

2、关键问题

对于 STEAM 课堂而言，关键问题是一个必不可少的元素，它源自于真实世界，主要起到两个方面的作用，一是激发学生的学习兴趣；二是为学生提供探究的方向。对于以培养学生真实问题解决能力和设计创造能力为宗旨的 STEAM 教育而言，富有挑战性的真实的关键性问题的生成，起着十分关键性的作用。

问题，在基于项目的学习过程中称之为驱动问题，在基于设计的学习中会在理解挑战环节形成并明确，而在以科学探究为导向的 5E 学习环中并没有直接指出要形成问题，但是在探究环节开始前的引入环节，教师就必须帮助学生形成一个需解决的问题以供后续的探究、解释和精致等。

3、设计、实施和改进方案

科学探究和工程设计的项目式学习，是学生学习 STEAM 课程的主要学习方式，其中大多数学者都认为工程是 STEAM 教育的核心。但是，无论是对于科学探究而言，还是对于工程设计的项目而言，方案的制定都是一个必不可少的环节，它是一个比较具体、详细和可操作的计划，界定了最终的成果是否能够解决真实世界的实际问题。另外，一个可操作、易推广的方案的形成，都需要经历一个设计、实施

和改进的过程。

4、产品交流展示

STEAM 教育强调的是面向真实世界的实际问题的解决，因而其课堂教学始终是围绕真实世界的问题解决而展开的，可能是一个需要工程设计的难题，也可能是一个需要科学探究的疑问，而这二者在问题解决的同时，都会形成一个最终的成果，这个成果或产品可以是一个可操作、能推广的方案，也可以是一个根据方案制作形成的产品。在展示交流产品后，吸取他人意见建议，不断对产品进行反思、改进。

二、STEAM 课堂教学案例分析

为了解我国当前 STEAM 教学的真实样态，展示和分享经验、发现和分析问题，我们对典型区域的 STEAM 教学课例进行了收集，这些课例来自北京、深圳、成都、江苏等地区已开设了 STEAM 课程并已经取得了一定成效的学校。具体的研究流程分为四个步骤：首先，课题组根据学校教师自行申报的情况对 STEAM 课例进行了广泛的搜集；然后，课题组从这些 STEAM 课例筛选出比较有代表性的几个课例；接下来是分析，按照 STEAM 课例的分析框架加以分析；最后，寻求教学专家意见，点评课例，以便为我们提供更全面、更具实践性的意见建议。具体的流程如下图 4.4 所示：

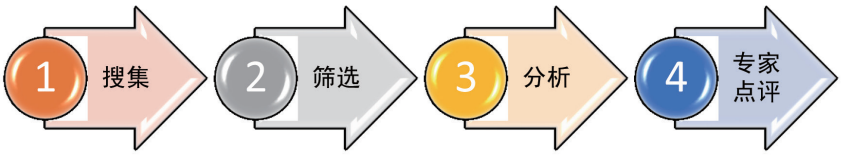


图 4.4 研究流程图

报告从 STEAM 课堂教学课例入手，利用 STEAM 课堂教学模式的共同要素作为分析框架，来分析 STEAM 课例，力图为大家客观地呈现我国 STEAM 课堂的教学实态，以利于进一步的研究和改进。

（一）STEAM 课例分析框架

从对 STEAM 课堂教学模式的梳理分析中我们发现，STEAM 课堂教学的共同要素为真实情境、实际问题、设计方案、改进方案、实施方案以及产品交流分享，基于此进一步形成了 STEAM 课堂教学案例分析框架，具体如下表 4.2 所示。

表 4.2　STEAM 课堂教学案例分析框架

STEAM 课堂教学模式的共同要素	学习活动中的具体体现
真实情境	
关键问题	
设计方案	
改进方案	
实施方案	
产品交流展示	

（二）STEAM 课例分析结果

课题组对收集来的 STEAM 课例进行筛选，最终选择了两个比较有代表性的课例进行分析，课例的基本情况如下，见表 4.3 所示。

表 4.3　STEAM 课例基本情况汇总

学习主题	学习年级	涉及学科	学习时间
《制作太阳灶》	八年级上学期	科学（物理、化学）、数学、技术、工程、艺术	7 课时
《设计和制作一个简单的涡轮扇叶》	高中一年级或二年级	科学（物理、化学）、数学、工程	2 课时

1、STEAM 课例——《制作太阳灶》

（1）课例展示

【学习主题】

《制作太阳灶》

【涉及学科】

科学：测量长度面积、光的反射知识、凹面镜对光线的会聚作用、确定凹面镜的焦点、水吸热温度升高。

数学：计算物体的表面积，根据测量结果，得出所需材料的多少及其费用。

技术：切割打磨拼接粘贴平面镜、根据需要截取一定长度的支架，并打孔拼接、组装各个组件。

工程：太阳灶各个环节之间衔接的规范合理恰当、根据教学进程设计出从整体到局部的流程，利用鱼骨刺图等工具对任务流程进行合理规划。

艺术：整个教学过程都在贯穿着设计，使得太阳灶更加美观协调。

在教学过程注重科学、技术、数学、工程等几方面的融合与集成。

【学生年级】

八年级上学期

【学习时间】

7 课时

【设计背景】

北京市八一学校在日常的教育教学中，能够以“倡导低碳生活，节约环境资源”为主题，按照对环境友好的方式进行学校的各项建设，并于 2011 年获得环境保护部宣教中心颁发的国际生态学校绿旗。八一校园内绿树成荫，楼顶上布满了太阳能接受装置，是一所名副其实的绿色学校。

关于太阳能的利用在学生中已经深入人心，但是学生们一方面对此充满好奇一方面又缺乏实际操作经验，这节课的设计就是为了培养学生的动手能力、激发学生探究科学的兴趣、学习协调各个环节事务完成设计的思维能力。为此，安排这个自己动手制作太阳灶的课题。

【学情分析】

八年级的学生在生活中对能量有了一定的了解，但是对于太阳能的利用还仅限于热水器等，对于自己能否制作太阳灶充满了好奇与热情。对于光的反射以及凹面镜对光线的会聚作用，这些知识虽然学生掌握不多，但是也属于易学易会的内容，基本的测量计算能力已经具备。八年级学生动手能力还较弱，一些打孔切割等工具使用起来还很生疏，对大量事务的整合能力还较差。

【学习目标】

1、通过讲授光的知识，使学生掌握反射会聚等科学知识。

2、通过查资料，锻炼学生搜集信息的能力。

3、小组间合作设计制作方案，培养学生的合作沟通交流能力。

4、通过使用工具，锻炼学生的动手能力。

5、通过对任务的整体安排设计，培养学生对科学技术数学工程等几方面的整合能力。

【活动设计】

学习活动阶段	学习活动设计	学习活动评估标准	学习活动设计意图
学习知识	光的传播→光的反射→反射光线汇聚到一点（温度最高）→利用太阳能	在给定曲面上能画出反射光线，找到凹面镜的大致焦点位置	让学生知道凹面镜的汇聚作用；知道焦点的含义，为设计曲面的弧度做准备
小组设计	根据已有的认识，初步设计简易太阳灶	能简单设计出灶面即可	没有模板的情况下，学生的想象空间最大，珍惜学生的原始想象
查找资料	通过网络查找资源，完善自己的设计，包括材料选取，工具的的使用	要有太阳灶的整体结构图；要有后期制作的工程流程图	这是学生第一个难点，也是课程实施的第一个关键节点，对整个课程的成功起到决定性的作用
交流再造	小组交流→发现问题→进一步完善设计方案	检验设计方案是否合理；工程流程是否合理	培养学生的检验意识，确保后期制作时省时省力
组合安装	按照小组设计的工程流程，分环节分步骤切割拼装粘贴组装太阳灶	根据各个小组设计的工程流程方案，对照进度表分项目进行评估	这是课程最重要的一环，考验学生的解决问题的能力，组员之间的协调配合能力，同时也是对前期设计方案的检验
交流展示	组内组间展示最后的作品；用 ppt 展示课程进行中的每个环节、及收货；用灯泡模拟太阳，检验太阳灶的性能。	交流中要有反思、有收获、有提高。经过灯泡照过的太阳灶要能使被加热物体温度明显升高。	课程旨在锻炼学生的交流协作能力，整合协调多课程的能力，重过程轻结果，让学生收获成功的体验

（2）课例分析

基于 STEAM 课例分析框架，对以《制作太阳灶》为主题的 STEAM 课程进行初步分析，结果请见表 4-4。

表 4.4《制作太阳灶》的 STEAM 课例分析结果

STEAM 课堂教学模式的共同要素	学习活动中的具体体现
真实情境	从校园内遍布的太阳能接收装置导入，这一情境对于学生而言真实而熟识。
关键问题	整个单元的教学都是围绕“如何制作简易太阳灶？”这个关键性的问题展开的。
设计方案	课例中这个要素体现在学习知识，然后小组根据已知，初步设计简易太阳灶。
改进方案	让学生通过网络查找资源，完善自己的设计，包括材料选取，工具的使用；然后进行小组交流，发现问题加以改进，进一步完善设计方案。
实施方案	按照小组设计的工程流程，分环节、分步骤切割、拼装、粘贴、组装太阳灶。
产品交流展示	组内组间展示最后的作品；用 ppt 展示课程进行中的每个环节、及收货；用灯泡模拟太阳，检验太阳灶的性能。

基于 STEAM 课例分析框架，课题组对该课例进行了进一步的评析。

➢ 真实情境：这一要素在该课例中表现在教师对教学设计背景的分析，说明教师关注了体现项目学习真实情境的这一特征。从校园内遍布的太阳能接收装置导入，情境对于学生而言真实而熟识，能够唤起学生的研究和设计兴趣。但如果仅在课堂导入环节一带而过，而没有给学生一个真实的太阳能接受装置，让学生“亲密接触”，也很难产生真正的问题和创意设计。关键问题：该课例要求学生能够完成简易太阳灶的制作任务，整个单元的教学都是围绕“如何制作简易太阳灶？”这个关键性的问题展开的。然而，由于这个问题的指向性过于明确，并不是一个真实情境的工程难题，尽管可能在一定程度上能够激发学生的学习兴趣，但由于这一问题更像一个模仿复制型的任务，所以无法引发学生的持续性思考与探究，只是停留于完成最终的成果即可。如前所述，关键性的问题应具有驱动的功能，富有挑战性，能够激发学生进行创造性地设计与制作，例如，“能否为你

的手机制作一个太阳能接收器，解决手机持续充电的问题？”

➢ 设计方案：课例中拥有这个环节非常重要，因为能否设计一个科学合理且富有新意、具有可行性的方案，是解决问题的关键。本课例的设计是先为学生提供了解决问题所需的知识，然后再请学生小组设计方案。但是，理想的情况是让学生小组先行头脑风暴地讨论设计思路，提出问题，设计初步的方案。例如，要想解决这个设计制作的问题，学生首先要问的就是“太阳灶”的制作原理是什么？如何制造一个更加简易、操作便捷的太阳能接收装置？用什么材料做？如何分工？进度安排等等。这个环节是导出学生原有知识、形成创新想法并确保想法得以实施的过程。所以，以告知的方式教授学生光的传播、反射等原理，似乎不太合适。

➢ 改进方案：初步设计的方案需要不断地审议、反复论证改进，课例中该环节的操作方法是请学生通过网络查找资源，完善自己的设计，体现了项目学习中信息技术应用的特征。除通过网络查找资源来帮助完善设计方案之外，同伴交流、发现问题和更佳的创意，反复修改论证，从而进一步完善设计方案。

➢ 实施方案：学生根据改进后的方案实施，对设计的太阳灶进行组合安装。但是由于设计的方案没有对如材料选取、工具使用、人员分工，进度安排等，加以设计，可能会造成有些学生无法真正参与到实施中来，或者时间拖沓，需要过多教师的督促。

➢ 产品交流与展示：形成的最终成果即为各个小组制作完成的简易太阳灶，体现了项目学习的形成产品的特征。当然，在该环节中，教师限定了学生要以 PPT 的形式展示交流，在一定程度上限制了学生的创造性的自我表现。

综上可知，《制作太阳灶》主题的 STEAM 课程采用的是基于工程项目的学习的教学模式，不仅具备了项目学习的五大特征，而且具备了工程设计的部分特征。但是，在各个环节的设计过程中还存在一定的不足之处，尤其是真实情境和关键问题这两个要素的设计。

（3）专家点评

本案例中，教师利用学校的特色资源，结合七八年级学生的物理学知识基础，设计“制作太阳灶”的学生任务，融合了科学、工程、技术以及艺术的相关知识技能及思路方法，在体现出 STEM 课程的设计理念。

本案例中的学生活动设计得比较完善，且每一个环节都有明确的目标。设计

的环节包括“学习知识、小组设计、查找资料、交流再造、组合安装、交流展示”等，学生通过上述环节能够一次经历“亲身体会动手体验－自主设计－改进完善”的过程，看似简单的应用太阳光反射原理的太阳能灶设计，为了达成灶具的实用功能，其中还包含了结构设计、部件组装、材料选择、外观美化等一系列实际问题，这样就能使学生在完成任务的过程中意识到真实问题的复杂性，并且能够通过活动初步体会工程、设计的思想在解决实际问题中的重要价值。此外，活动环节中教师比较关注合作交流环节，有助于培养学生的自主规范表达、认真倾听的能力、以及小组合作、相互理解相互学习的意识。

本案例在课时分配上比较适当，7 课时的学习能够保证学生活动的深入和持续，建议教师对每一课时的具体内容、活动及学习支持素材进一步细化，同时，应补充学生活动的评价方案，包括评价内容和评价方式，以便教师能够在实施课程进行即时反馈和指导，及时把握学生的学习状况。

——陈颖（海淀教师进修学校化学教研员、资源中心主任）

2、STEAM 课例——《设计和制作一个简单的涡轮扇叶》

（1）课例展示

【学习主题】

《设计和制作一个简单的涡轮扇叶》

【涉及学科】

科学：包含物理（离心力、流体力学、压力和压强）、化学【高分子化学（聚乳酸 PLA）、材料特性（热熔温度）】

数学：包含直线、圆、曲面投影、矢量、弧、尺寸

工程建模：包含草图、旋转、拉伸、投影、偏置、修剪

【学生年级】

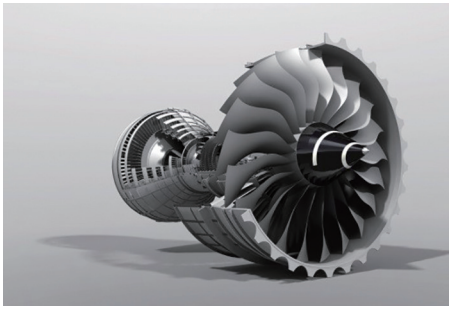
本主题包含多个年的知识点，具有很强的跨学科性和实际应用性。学生需要具有一定的物理、数学、化学、工程的基础知识积累，固此课程适用于高中一年级或二年级的学生。

【学生时间】

本主题参考课时为 2 课时。

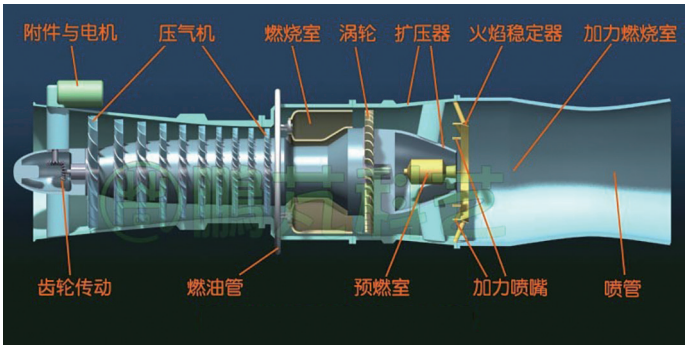
【设计背景】

涡轮（Turbo）是一种将流体工质[1]的热能转换为机械能的旋转式机械结构。它的应用领域广泛，陆上交通、航空、航海、发电等诸多领域都有它应用的方面。对汽车有兴趣的同学可能会发现两辆外表完全一样的汽车，一辆后面写着 2.0，另一辆写着 2.0T，可不要小看这个 T，它代表着 Turbo，说明发动机有涡轮增压装置，这能够给发动机带来更大的燃油经济性（Fuel Economy）。下图展示了飞机涡轮扇叶和汽车涡轮扇叶。



（左）飞机引擎里的涡轮；　　（右）汽车涡轮增压器

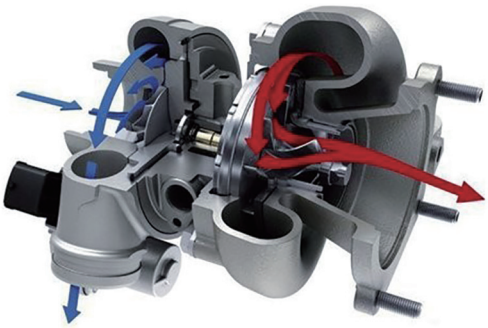
飞机引擎从前方吸入空气，从后方排除废气。空气进入，与燃油汽混合后燃烧，空气燃烧受热瞬间膨胀，膨胀的气体从后方排除。这个过程有一个关键性问题，为什么燃烧的气体不倒流？答案就是由于涡轮的增压效果，使得引擎前方的压力大于气体膨胀时所产生的压力，而后方的压力较小，所以燃烧膨胀的气体才会从后方排出。利用气体膨胀对引擎产生反作用力从而让飞机前行。



飞机引擎涡轮增压结构图

我们再来看看下图中汽车涡轮增压器的结构和工作过程。汽车涡轮的结构较

为复杂，而且进气和出气的方向相互垂直。图中红色线是引擎燃烧后所排出的废气，用来带动涡轮增压气，另一面的涡轮则将空气压缩，推入引擎。经过这种转换，汽车废气中的能量被转入空气中，从而增加引擎的燃烧效率。为了最大程度上节约空间，气体可以从径切方向进入或排除，由轴向排除或进入。



汽车涡轮增压器工作过程展示图

从这些例子中我们不难看出，涡轮的结构是根据其工作方式而定的，这就是工程理念中“形式服从功能”。飞机引擎涡轮扇叶跟家里所用的风扇类似，而汽车引擎涡轮扇叶的结构就相对的复杂。此主题就根据上图来设计一个简单的涡轮扇叶，当然在这里不需要考虑各种空气力学、结构力学。

【学情分析】

本主题为高中一年级或二年级学生设计。此阶段的学生有能力理解较为复杂的物理和化学知识，并且能够将多个学科知识点进行简单的融合。

对于物理知识来说，此阶段学生已经学习了压力和压强，知道当物体受到离心力的影响时，它是在做加速运动。而当流体的流速增加时，液体压强同时也会增加。

数学的尺寸、直线、矢量等知识点对于高中生来说不存在理解难点，他们能够灵活的将这些知识运用到实际应用中。

高分子化学里的材料学对于高中学生来说是新知识，所以需要进行简单讲解。

虽然本主题涉及到的知识点较多、较杂，但却有着很强的实际应用性。并且学生还需要将这些知识应用在本主题的实践活动中。

【学习目标】

1、了解涡轮的历史和它在工业发展中所起的重要性

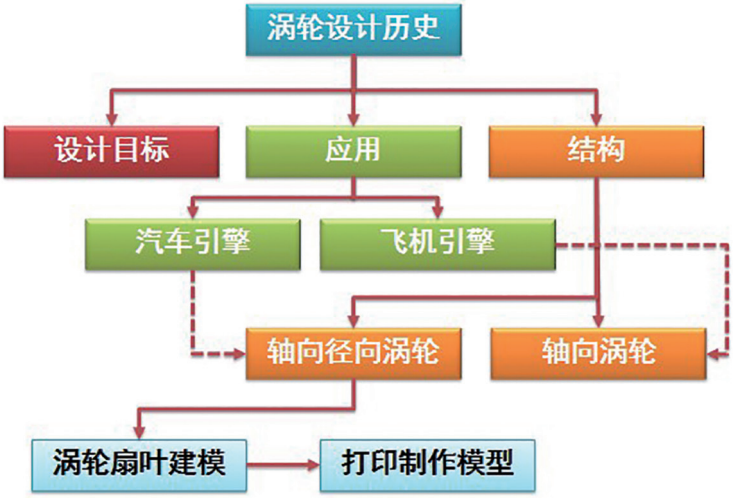
2、学习创建复杂结构，利用多种建模工具进行结构设计和参数设置

3、学习将设计好的模型导出并运用 3D 打印软件和打印机进行制作制造

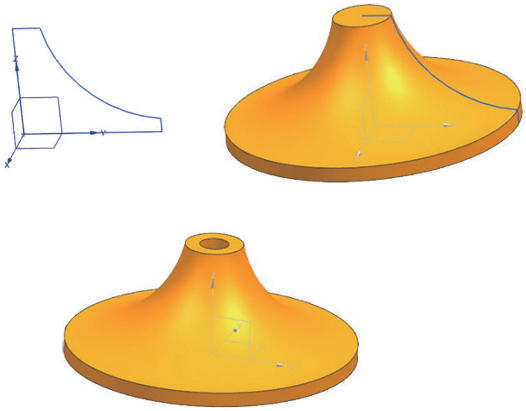
【活动设计】

学习活动阶段	教师活动	学生活动	教学活动评估标准
课时 1			
背景知识介绍（10 分钟）	背景知识介绍，让学生充分了解涡轮和涡轮扇叶的结构、功能	听讲并回答老师提出的问题	能够理解涡轮结构
设计涡轮扇叶（30 分钟）	了解结构和设计过程，老师主导设计过程	学生跟学完成涡轮设计	完成涡轮设计
涡轮扇叶的制作（30 分钟）	指导学生进行涡轮打印，设置打印参数、指导打印机设置和实际打印	学生操作打印机并且打印设计成品	理解 3D 打印机的操作过程和参数含义
知识回顾（10 分钟）	老师对知识进行总结	学生进行知识回顾	清晰地梳理课上所学知识

附图

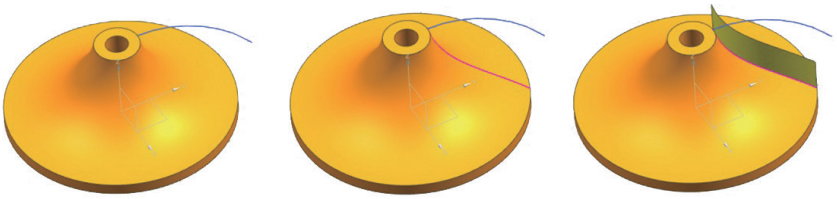


教学流程图



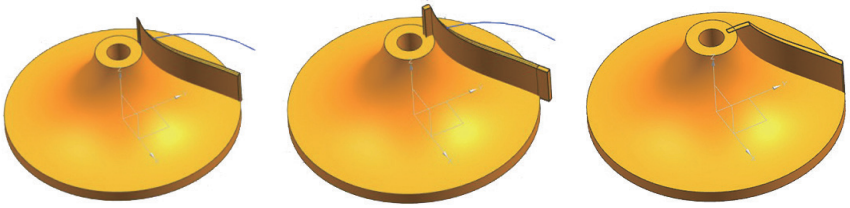
叶轮建模

设计叶片：绘制叶片外形草图、投影于弧面、拉伸草图成片体



叶片建模图组 1

设计叶片 2：加厚、拉伸、修剪



叶片建模图组 2

设计叶片 3：阵列、求和

叶片阵列和布尔求和

3D 打印

（2）课例分析

基于 STEAM 教学案例的分析框架，进一步分析题为《设计和制作一个简单涡轮扇叶》的教学案例，结果如下表 4.5 所示：

表 4.5《设计和制作一个简单的涡轮扇叶》的 STEAM 课例分析结果

STEAM 课堂教学模式的共同要素	学习活动中的具体体现
真实情境	在活动设计环节无具体体现
关键问题	“如何设计制作涡轮扇叶？”
设计方案	了解结构和设计过程，老师主导设计过程。
实施方案	指导学生进行涡轮打印，设置打印参数、指导打印机设置、和实际打印。
改进方案	在活动设计环节无具体体现
产品交流展示	在活动设计环节无具体体现

从总体教学设计与实施中，我们看到该课例强调了产品的设计，尤其是建模的思想，倾向于采用基于设计的学习的教学模式，教学活动也非常丰富。但在有

效的 STEAM 课堂教学模式共同要素中，却只体现了其中的三个，显然并不充分。另外，在整个教学的过程中，教师的主导作用可能存在过度发挥的嫌疑，如教师介绍背景知识，而不是学生主动查找资料；如教师主导设计过程，而不是学生合作完成设计；教师指导学生进行涡轮打印等，而不是学生自主根据设计打印。当然，为学生解决问题搭建支架、提供帮助，无疑是必需的。但重要的是，何时提供、提供什么支架，都应遵循学生探究解决问题、设计新颖作品的过程和规律。

（3）专家点评

本案例以涡轮发动机的工作原理为背景，聚焦“设计和制作一个简单的涡轮扇叶”的学生任务，以物理、数学学科的相关知识为主，兼顾工程、设计的思路方法，在主题及内容的选择上体现出 STEM 课程的特色——跨学科整合及凸显工程设计特色。

学生在完成核心任务的过程中，需要动手动脑相结合，独立学习与合作探究相结合。利用所学的物理知识和数学知识设计扇叶的构造和形状，同时设计实验测试扇叶的使用效果并进行改进，另一方面在设计时还需要从美学的角度思考产品的外观，在保证技术指标的前提下，使扇叶更加美观。最后，学生还需要掌握一定的 3D 打印技术，才能顺利完成任务。

本案例在目标－内容－活动－评价的一致性方面还有待改进。具体建议包括：

1. 进一步细化教学目标，在目标中要体现学科知识的应用、体现与学习活动的关联。

2. 进一步改进学习活动，目前的学习活动受课时所限，没有让学生深刻体会学科知识的实际应用，如扇叶的指标与性能的关系，应该让学生在课前查阅资料、课上汇报交流；还应让学生利用控制变量思想设计实验，验证和完善小组设计的方案。

3. 补充对学生活动的评价方案。

——陈颖（海淀教师进修学校化学教研员、资源中心主任）

[第五章]
中国 STEAM 教育的未来展望

今日世界之复杂性要求所有人都应具备一套新的核心知识与技能，由此来解决困难的问题、收集和评价证据、理解来自各种文本的信息，尤其是数字媒体的信息等。现如今，科技创新和应用，已成为经济持续发展、国家竞争力提升的重要影响因素。当世界各国在面临时代挑战，纷纷发展以培养科技创新人才为主要目的的 STEAM 教育时，我国在已有课程改革的基础上，也开始引入 STEAM 教育这一创新教育形式。不仅着力于积极介绍国外的相关研究，也在部分区域和学校进行了初步的实践探索。

但是如前文所述，我们在调研中发现，不论是对其教育理念、课程结构和设置、教学方式与评价等的理论研究，还是通过实践使其真正落地到我国现有的教育大环境中，都还存在着一些亟待解决的重要问题。而问题正是我们前进的方向和动力。因此，梳理问题、面对挑战，是我们能够成功走向未来的基础和前提。

就像对待所有新鲜事物一样，作为刚刚引入 STEAM 教育的我国，对它充满了好奇与兴奋，理论工作者积极引进，实践工作中着手践行。然而，当我们兴奋了一段时日回首再关注美国 STEAM 教育的发展时，我们发现在其走入相对理性的阶段之后，美国社会也逐渐涌现出一些质疑的声音。当然，正是因为出现了这些在理论研究与实际应用中的问题与挑战之后，才更有可能使这一创新性教育的发展能够不断走向成熟。

随着调研的推进，我们发现我国 STEAM 教育在理论研究、实践应用方面也出现了一些问题，比如缺乏师资和难以进行评价这样一些与美国 STEAM 教育发展一样出现的共性问题，以及一些我国特有的问题，比如国家对 STEAM 教育的顶层设计和相关政策的严重缺位、本土化研究不到位造成的对 STEAM 课程的定位、课程结构等认识的模糊，以及相关课程资源、学习空间和师资培养的极度匮乏等问题。这些问题是我国下一阶段推进 STEAM 教育面临的重要挑战，当然，也是 STEAM 教育未来发展的主要方向。通过研究分析，我们认为当前我国实施 STEAM 教育主要面临的问题包括以下几个方面，同时我们也就此做出了初步的研究与思考。

一、STEAM 身份认同危机与思考

（一）身份认同危机

自 STEM 教育产生之日起，就一直面临着身份危机。譬如说，从最初的 STEM，又拓展为 STEMC，这里的“C”特指“computer science（计算机科学）”and “coding（编码）”，因为它们对于未来技术的发展而言的确非常重要。再接下来又增加了“A”，将艺术元素纳入进来，原因在于任何伟大的创造无不是源自于艺术的感知力。近期又出现了“STREAM”，有人说这个增加的“R”代表的是“robot（机器人）”，因为我们开始迈入了“人工智能”时代，也有人说“R”代表“reading（阅读）”，因为除非知道如何阅读，否则没有人能够成功。这样的话，似乎课程中的所有内容都是重要的、缺一不可的了。然而，问题来了，那就是当什么都重要时，其实就什么都不重要了。

对于“STEAM 到底是什么”这一问题的纠结，也就是说，“STEAM”教育的身份危机，还体现在很多人错误地认为，STEAM 教育对某些学科极为重视，但同时就会排斥其它学科。然而事实上，STEAM 教育的目的，就是通过模拟这些重要学科在工厂中应用的方式，来充分发挥它们整合起来解决现实世界问题的效用。

这种身份认同危机已经发展到危害这一运动的程度了。有人说的好，如果号角发出的是不确定的声音，那么谁会自己准备战斗呢？也就是说，如果 STEAM 教育是什么未能达成共识、STEAM 教育的目的不为人所理解，其实施必然无可避免地深受其害。造成危机的原因显而易见，即人们不清楚工程和技术学科应该是什么样的。我们知道科学，知道数学，但是却不懂工程与技术，这是因为它们的应用对于长期受到学术训练、没有工厂背景的人们而言太难理解和掌握了。这也就造成了在实施 STEAM 教育项目时，很多专业教师不知道工程技术在工业中是如何应用的，因此无法将其与学生的学习联系起来，也无法将其作为 STEAM 有效教学策略的一部分适当地加以运用。

例如，很多人相信，如果他们在科学或数学课上给学生 iPad 用，就是体现了 STEAM 中的技术元素。技术是工程师的产品，科学家的工作就是质疑“为什么”并进行探究。工程师的工作是“如何”实现这些科学探究的结果，并把它们设计成产品从而获得经济和社会价值。可以说，技术与工程不只是添加在这个作为学

科融合体的 STEAM 上的附加学科，它们必须整合成其中的必要成员，技术不仅是学科，它更重要的还是工程设计活动的产品。所以，如果 STEAM 学习过程中没有要求学生设计、迭代改进并创造技术，那么不言而喻，学生就是没有在上 STEAM 的课程。正如约翰·莫拉维克（John Moravec）所说，“如果我们没能提升科学、工程、数学专业学生的数量和质量以及工人的技术素养，我们的国家将失去高品质的生活和国际领导地位。[1]”而对于处于从制造大国迈向创造大国的我国来说，这一任务的紧迫性和艰巨性则更加突出。

（二）探索性的理解

目前，关于 STEAM 教育的概念众说纷纭：有些学者倾向于理论层面来对 STEAM 教育进行定义，也就是 STEAM 教育的理论定义法，这种定义法通常将 STEAM 教育定义为一种方法或理念；还有些学者倾向于从特征方面来解读 STEAM 教育，也就是 STEAM 教育的特征定义法，通常从一些实际案例中提取 STEAM 教育的具体特征，然后找到共性进行定义；还有一些学者倾向于从内容层面来把握 STEAM 教育，也就是 STEAM 教育的内容定义法，这种定义法可以分为两类，一类是从具体学科说明，另一类是从其体现的素养来说。这里需要再次说明的是，无论哪种理解，本报告倾向于将 STEM 教育都作为 STEAM 教育加以统一表述。

1、STEAM 的理论定义法

众所周知，“STEAM”即科学、技术、工程、艺术和数学几门学科的综合，但这些学科是如何联系起来的尚无定论，但是可以肯定的是，理解这些学科是如何整合起来并相互促进的，无疑有利于理解 STEAM 教育的涵义。因此，构建将这些学科综合起来的理论依据和框架，无疑是我们理解 STEAM 教育最好的视角[2]。从这个意义上讲，不少学者倾向于从方法和理念层面对 STEAM 教育进行定义。

P. 菲奥列洛 (P.Fioriello) 就认为 STEAM 教育是一种通过使用设计基础、问题解决、发现和探究学习等策略将多个学科进行整合的方法[3]， 直接将 STEAM

---

[1] Moravec, John (2010).Obama: Education is a National Security Issue. Educational Futures.

[2] 李雁冰．“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 ,2014,11:3-8.

[3] Fioriello, P. (2010). Understanding the basics of STEM education. http://drpfconsults.com/understandingthe-basics-of-stem-education/

教育归结成一种整合课程的方法。阿曼达·罗伯茨也认为 STEAM 教育的一个显著特征就是，它可以被看做一种学习方式或是教学策略[1]。 还有一些学者倾向于从理念上把握 STEAM 教育的概念，认为最时尚的 STEAM 教育概念应该是整合的思想——用于解决真实世界问题的、对多门学科的有目的的整合[2 3]，这种观点强调把 STEAM 在教学中作为一个整体，以单元教学的方式来进行。

2、STEAM 的特征定义法

从理论上来定义 STEAM 教育虽然言简意赅，但操作性较差，对于真正从事 STEAM 教育的工作者来说有一定的难度。因此，学界又衍生了从特征和内容的角度来理解 STEAM 的方法。加拿大英属哥伦比亚大学纳什恩（Nashon）教授认为 STEAM 教育关注不同学科知识间的相互影响，关注一门学科的发展如何影响其它学科以及一门学科如何建立在其它学科的基础上发展[4]。 STEAM 不是一系列科学、技术、工程、艺术、数学等学科内容或活动的简单叠加，它要以探索和解决真实问题为原动力，以提升学科知识创新性实践应用能力为目标，从而弥补分科教学中的不足。[5] 其中强调了 STEAM 教育与真实世界问题的联系这一特征，也强调了它与分科教学的区别。

我国也有学者提出，STEAM 教育最鲜明的特质是由科学、技术、工程、艺术和数学学科的素养所组成，但又不是它们的简单组合；STEAM 教育常常采用基于项目的学习方式，它在实施过程中体现了跨学科性、合作和团队性，同时兼具科学的探究过程和工程设计过程；此外，STEAM 教育通常指向关于实际问题解决的、连接抽象知识与学生生活的教育[6]。

---

[1] Amanda Roberts（ 2013）. STEM Is Here. Now What? Technology & Engineering Teacher.73:22-27.

[2] Labov, J. B., Reid, A. H.et al. (2010). Integrated biology and undergraduate science education: a new biology education for the twentyfirst century? CBE Life Science Education：9, 10－16.

[3] Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. Technology Teacher, 68(4): 20－26.

[5] 李雁冰．“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 ,2014,11:3-8.

[6] 徐晶晶．寻找创新支点 上海 STEM~+ 本土化的率先之探 [J]. 上海教育，2015 (13):32-37.

3、STEAM 的内容定义法

关于 STEAM 的学习内容一直是研究者非常关注的话题，毋庸置疑，STEAM 教育的核心一定是科学、技术、工程和数学这几门学科的学习，艺术元素更多是体现在教学过程中，让学生在形成问题和解决方案、设计产品时渗入人文艺术感知力和表现力。但是，研究者们似乎已经并不满足于这几门学科，而开始向其它学科蔓延。北伊利诺伊大学的艾伦·佐尔曼（Alan Zollman）教授认为 STEAM 教育不仅应该包括这几门学科，还应该包括农业、医学、环境和教育等，并把这些内容最终归结为 STEAM 素养。其中，科学素养是参与学习的手段，技术素养是分析数据的手段，工程素养是在现实世界中应用的手段，数学素养是问题解决的手段[1]。

4、我们的理解

STEM 教育或 STEAM 教育到底是什么？涉及哪些学科？以上认识大都是研究者凭自己的经验提出的，对于整个社会的适用性不能确定。直到 2014 年，蒂莫西·柯蒂斯（Timothy Curtis）在其著作中对 STEM 教育的内容进行了较为全面的把握，将 STEM 教育分为三部分——核心 STEM、医疗 STEM 和其它 STEM，这三部分又分别包含不同的内容，如下图 5.1 所示[2]。

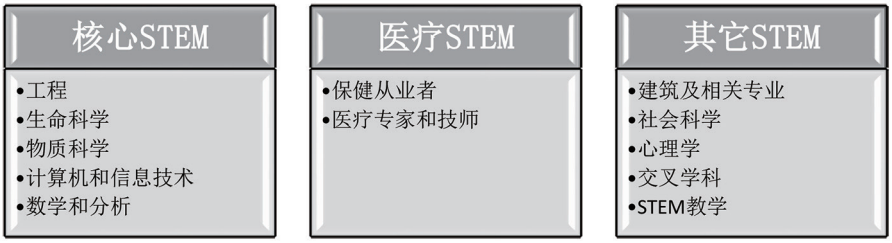


图 5.1 科学、技术、工程、数学领域

2015 年，美国又颁布了《2015 年 STEM 教育法案》，明确将计算机纳入 STEM 教育的范畴，从政策的角度扩展了 STEM 教育。至此，人们关于 STEM 教育内容的共识基本上达成，认为 STEM 教育 包括科学、计算机科学与数学、医疗与健康、工程与技术。我国也有学者对 STEM 课程进行过阐释，譬如，余胜泉认为 STEM 课

[1] Alan Zollman.(2011).Is STEM misspelled?.School Science and Mathematics,111(5).
[2]Curtis，Timothy(2014). Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Trends and Alignment with Workforce Needs. Nova Science Publishers, Inc. New York:53.

程是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)、数学(Mathematics)四门学科跨学科有机融合所形成的课程[1]。李雁冰认为，STEM 课程是要让学生综合运用各领域知识，通过解决现实世界中的真实问题，从而达到实践能力的提升，同时弥补了传统分科课程导致的学科知识割裂化，学生问题解决能力不足等问题[2]。

然而，关于 STEAM 教育，似乎还没有一个明确的定义，研究者多是结合自己的研究内容从某一方面对其进行界定。

如前所述，美国弗吉尼亚理工大学的学者乔吉特·亚克曼提出在 STEM 教育中应加入“A”这一元素，“A”代表“艺术 + 设计”，从而形成 STEAM 教育，突出强调在建构学生的数学和科学基础的同时，培养学生的批判性思考，以及运用工程或设计的原理和方法解决真实世界的问题。J. 布雷迪 (J.Brady) 也是 STEAM 教育的支持者，他认为用讲授的方法来进行 STEAM 教育会使知识和技能显得狭隘，因此需要在教学中融入艺术、设计和人文等来加以平衡[3]，只有这样才能培养具有创造力的人才。因为，STEM 教育可以使我们更有效率，但它却并不擅长增强我们的好奇心和想象力，无法点燃和激发我们的创造力，更无法培养我们共情和移情的能力。尤其是在面对技术进步和直接的人际交流缺失所带来的严重的生态危机和社会问题时，更需要我们关注人文与艺术。新加坡和日本是两个非常典型的例子，它们都是推行 STEM 教育的国家，尽管都曾取得了令人瞩目的经济成就，但仍然不被认为是具有创新力的国家。

那么 STEAM 教育的效果如何？是不是增加了“A”就真的会提升学生的成绩和创新解决问题的能力呢？美国密西根州例举了大量研究，结果都表明，参与高质量的音乐项目学习的学生，不仅表现为低辍学率和更高的参与度，且在标准化测试中也获得了更高的分数。英语成绩提升了 22%，数学成绩提升了 20%，并表现出了更佳的问题解决技能。

综上，我们看到，STEAM 教育大致具备如下特征：从课程内容上讲，它以 S、T、E、A、M 等学科为核心，同时涉及环境、经济和医学等多个学科，形成综合性的课程，并指向真实世界的问题解决和设计制造。从课程结构上看，它以整合为主，

---

[1] 余胜泉，胡翔．STEM 教育理念与跨学科整合模式 [J]．开放教育研究，2015,21(04):13-22.

[2] 李雁冰．“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，2014,11:3-8.

[3] Brady,J. (2014). STEM is incredibly valuable, but if we want the best innovators we must teach the arts. Innovation. 5:1 – 5.

其中又以工程为核心。从课程组织形式上讲，它强调团队合作，并常常借助基于项目的学习或基于问题的学习等方式展开。从学习目的上讲，它指向与 STEAM 相关的素养，包括个人利用概念理解和程序技能去解决与 STEAM 相关的个人、社会或者全球问题，具体来说就是获取科学、技术、工程和数学等学科的知识，并运用这些知识去澄清问题、获取新知识，同时将这些知识运用到与 STEAM 相关的问题上，理解 STEAM 学科在包括调查、设计和分析在内的人类活动上表现出来的特点，意识到 STEAM 学科如何塑造我们的物质、智力和文化世界，作为有责任心的市民用科学、技术、工程和数学等学科思想，从事 STEAM 相关的领域的工作[1]。

二、STEAM 课程开发的问题与应对

课程是教育的“心脏”，是培养人的重要载体。因此，STEAM 教育的践行离不开课程，STEAM 教育需要依托高质量的课程来推广、发展。然而，我国当前学校课程建设以及 STEAM 课程研发和实施的水平还相对较低，需要花大力气进行科学地开发并积极地引入优质 STEAM 课程。

（一）STEAM 课程开发的主要问题

总体而言，当前我国课程建设和开发的水平不高，并存在一些非科学化倾向，如学校课程设置求量，不断做加法，因师而设课。当然，为学生提供多元化的学习机会和多样化的课程资源是正确的，但盲目开设、越多越好就不是科学、合理的做法了。另外，求异现象普遍，即课程开发追求特色化，尽量开设其他学校没有开设的课程，却不问为何开设这些课程，如何通过这些课程满足学生发展、民族创新的需求。由此开发的很多课程不仅低能、低效，又增加学生负担，根本无法担负起创新人才培养的重大使命。因此，如何让学校开设的课程能为学生提供更有意义的学习和更有价值的发展，实现核心素养培养的要求，实现科技强国的大战略，成为迫切需要关注的问题。

事实上，我国在引入 STEM 教育的最初几年并没有真正的应用研究，仅限于对概念的引入、政策的解读以及国外案例的介绍。然而，尽管我国的 STEM 教育

[1] RW Bybee（2010）.Advancing STEM Education A 2020 Vision.Teachnology & Engineering Teacher,70（1）：30-35.

起步较晚，但因其与创客教育的天然血脉关系，越来越受到一些区域和学校的重视，并展开了实践探索。其中，以上海史坦默国际科学教育研究中心即 STEM+ 研究中心为中心的应用研究，以及以上海 STEM 云平台为中心的课程开发机构，比较有代表性。之所以称为STEM+，是因为希望在STEM教育的基础上融入本土的特色，这也体现了要将起源于美国的STEM教育打造成具有中国特色的创新教育的意图。

近些年来，在上海 STEM+ 研究中心的引领下，我国已有部分学校开始了对 STEM 课程的开发，但情况不容乐观。以《一个有趣的 STEM 活动实例：做弹球》为例，研究者从科学、技术、工程和数学四个学科的角度对这节课进行了分析，也非常详细地说明了课程的设计思路与实施过程，但通篇没有说明课程主题的来源，给人的感觉是随便拿了一个主题，分析了一下觉得还可以，所以就设计了一节 STEM 课程。这样的课程并非毫无意义，关键在于它过于散乱，不能让学生形成系统的知识结构，而且学校也不可能提供足够的课时来支持这样的课程。这主要是因为在课业压力与升学压力繁重的国家必修课程的学习之外，增加具有综合性质、非统考科目的 STEAM 课程并使之常态化，的确比较困难。因此，我国目前开设的STEAM课程还是主要以校本课程、社团类课程、综合实践活动等形态为主（调研具体数据见第三章），每学期 10 课时左右。可以看出上海 STEM+ 研究中心开发的 steam 课程，并没有成为学校的常态化课程。

在对部分案例进行了分析之后我们发现，出现问题的主要原因在于，没有一个较为成熟的课程开发模式可供参考。因为无论是引进购买的课程，还是学校自主研发的课程，都需要一个科学合理的课程开发的策略、流程，才能使开发出来的 STEAM 课程实现系统、高效地培养人的目的。

目前较为成熟的课程开发模式有三种，即需求主导模式、条件主导模式、目标主导模式。需求主导模式的校本课程以学生的实际需求为主要依据，把学生的需求放在第一位。这种模式的最大优点在于贯彻“以学生为中心”的教育理念，满足学生个性化的需求。条件主导模式的校本课程以学校自身条件为主要依据，重点考虑现有条件下可以做什么。这种模式的优点在于操作性强，开发出来的课程都是可以实施的。目标主导模式的校本课程以学校的办学目标为主要依据，强调学校的特色。这种模式的优点是充分彰显学校的特色化。

看起来，STEAM 课程开发也可以借鉴上述三种模式，但实则不然。需求主导模式强调满足学生的需求，然而，STEAM 教育在我国处于起步阶段，如前面调研结果显示的那样，教师对这一概念都还知之甚少，何况学生。所以，根本无法判

断学生是否有学习 STEAM 课程的需要，是否对它感兴趣。条件主导模式强调基于现有条件开发课程，但对于一种处于发展初期阶段的课程来说，限于学校软硬件条件、教师本身的 STEAM 素养以及课程开发的能力，也很难开发出高质量的 STEAM 课程。目标主导模式强调学校的特色，有学校将开发和实施 STEAM 课程确定为学校办学特色之一，但这就需要说清楚 STEAM 课程的开设与学校的文化、办学理念、育人目标之间的联系，一类课程的开发实施不能为特色而特色，否则就会走上求新求异的道路，忽视了课程的主体，即师生的需求。

综上所述，STEAM 课程开发不可能完全依照现有的校本课程开发模式，而必须在已有模式的基础上采取必要的策略，体现 STEAM 课程自身的特色。因此，研究 STEAM 课程开发模式就显得尤为重要。

（二）科学的课程开发模式的构建

无论是引入的 STEAM 课程，还是学校自主研发的 STEAM 课程，在具体研发和实施过程中，若要达成最佳效果，就必须构建起科学的课程开发模式。

1、STEAM 课程育人目标的确立

我们面前是一个充满不确定因素的数字化时代，教育应当面向未来，帮助学习者获得能够在未来生存的核心素养。然而，什么才是 21 世纪的核心素养呢？怎样才能让学生在接受相应学段的教育过程中，逐渐形成适合个人终身发展和社会发展需要的必备品格和关键能力[1]呢？在这样的时代背景下，STEAM 教育的产生与崛起，绝对不是人为的偶然事件，而是社会发展到一定阶段的必然产物，是我们在面向未来时的重要选择。美国国家自然科学基金会教育与人类资源理事会副理事长朱迪丝·拉玛雷表示，STEAM 课程的目的主要是通过让学生解决实际问题，将各领域知识整合起来，从而促使未来人才适应当今知识经济全球化水平、复杂性和合作性不断增强的大趋势[2]，因而它强调了对学生科学素养、技术素养、工程素养和数学素养等的融合培养，各个素养之间相互渗透、相互补充，才能充分发挥培养创新应用型人才的作用。但是，这并不代表我们不注重学生文化的、艺术的素养的培养，例如想象力、审美能力、人文底蕴等，这些恰恰相反应该包含其中，正如美国评论家 E.D. 赫希（E.D.Hirsch）曾在自己的论作中指出的那样，科学

[1] 林崇德．对未来基础教育的几点思考 [J]. 课程．教材．教法，2016,(03):3-10.
[2] Ramaley，J. Facilitating Change：Experiences with the Reform of STEM Education [EB/OL]. http：//www.wmich.edu/science/facilitating-change/Products/RamaleyPresentation.doc.

素养本身就是人的文化素养。

那么作为一种不同学科交融整合而成的 STEAM 课程，它本身独有的素养又是什么呢？明晰其核心素养，就为 STEAM 课程育人目标的确立，奠定了基础。

因而，本报告基于 STEAM 教育的大量文献并结合时代背景提出了新时代学习者应该具备的核心素养，即设计思维、创造性的问题解决能力以及复杂的合作共情能力（请见图 5.2），这几方面的核心素养也是当前 STEAM 课程的重要育人目标。

（1）设计思维

数字化时代社会环境日趋复杂，各种新问题和新挑战层出不穷。工业革命时期通过大量重复练习培养的常规型人才终将被社会淘汰，新时代的人才应该是能够解决不断涌现的新疑问与难题的适应型人才，而他们通往疑问答案和难题解决方案道路的必经之路，则是科学与工程领域的核心素养。无论是运用科学方法还是工程方法解决当今时代出现的新问题、设计研发新产品，都需要人们有事先设计的方案，或通过实验验证，或通过操作检验，最终得出完美的解决方案及创新产品，这也是人类文明进步的重要做法。因而，这种设计思维的培养在 21 世纪的教育中显得尤为重要，它是当今复杂社会环境下解决问题的必备核心素养。

STEAM 课程是以工程教育为核心的。琳达·凯特希（Linda Katehi）等人总结了 K-12 阶段开展工程教育的三个原则：首先，强调工程设计，这是工程师确定并解决问题的方法；第二，工程教育中要融合数学、科学和技术领域的核心知识；最后，工程教育要培养学生工程的思维习惯，包括系统性思维、创造力、合作交流能力等。

由此可见，工程教育对培养学生的创造力、问题解决能力与合作交流能力有重要作用，在工程教育中，又要以培养学生的设计思维为核心，且在工程设计的过程中，学生往往需要综合运用多学科知识去解决实际问题，为科学知识的学习提供了真实情景。

（2）创造性的问题解决能力

纵观人类文明历程，无不是由问题的驱动而前进。教育要面向未来，就应该重视对学生创造性问题解决能力的培养。学习者具备这种问题解决能力之后，不仅能够应对考试，更能够在未来所面对的真实世界之中，运用批判性思维、逻辑思维、创造性的想象等技能，帮助自己解决面临的任何复杂问题。创新素养形成

之后，将以不变应万变。

在 STEAM 课程的学习过程中，学生置于真实世界的实际问题情境，需要综合运用多种学科知识与技能，合作探究加以解决，教师作为学生问题解决的引导者、协作者，做到尊重学生的每一个问题和每一个创意。因而，STEAM 课程为学生创造性解决问题能力的培养，提供了机会与路径。

（3）合作共情能力

在这样一个相互连接的社会，人人都是网络中的人，无论是虚拟空间还是现实的群体，人生活在扁平的世界中。与此同时，现实世界的问题也日益复杂，往往需要多领域专业知识的共同参与，才能得以有效解决。而一个人是很难同时具备多种专业知识的，这就要求我们相互理解、学会沟通、互相合作。因而，未来的学习者应该具备很强的共情和合作能力。STEAM 课程作为一类整合型的课程，其学习与实践必须通过团队合作，交流协作，共同解决问题。

2、STEAM 课程的结构设计

为实现上述 STEAM 课程目标，需要回答学什么才最有价值的问题。STEAM 涉及多个学科，又要聚焦真实世界中的问题解决，因此，厘清 STEAM 各学科之间的关系，对于确定什么才是最有价值的学习任务，至关重要。

(1)STEAM 课程类型

我国基础教育阶段的学校在进行课程改革的过程中，希望通过学校课程体系的构建，为学生搭建高品质的课程平台，促其全面而有个性的发展。例如，2015 年 7 月北京市制定的《北京市实施教育部＜义务教育课程设置实验方案＞的课程计划（修订）》第二条明确指出，“要关注课程的整体育人功能以及学科内、学科间的联系与整合，加强综合实践活动课程的开发与实施，大力培育和践行社会主义核心价值观。”目前，学校大多从基础类课程、拓展类课程和研究性课程（有学校也称创新课程、特长类课程等）这三个层次，将国家课程、地方课程和校本课程加以整合，来整体构建学校的课程。从这个结构出发，当 STEAM 课程进入学校课程体系时，也将以两种样态出现：STEAM 创新实践课程和 STEAM 学科实践课程（请见图 5.2）。

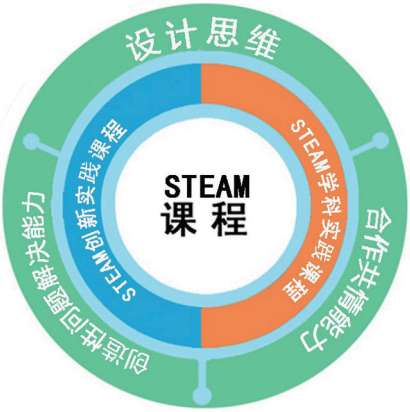


图 5.2 STEAM 素养与课程类型

1)STEAM 创新实践课程

STEAM 创新实践课程在学校课程体系中属于研究类、创新类或特色类课程。作为学校的一种独立的课程形态，它完全打破了学科间的边界，将 STEAM 各学科内容整合到新的学习领域，在课程开发与实施中不再强调物理、化学、数学、工程等学科的独立地位，而是围绕不同的主题，将多个学科组织、整合起来，形成一个个独立的课程学习单元，并以工程设计项目作为其学习的核心，学习的成果则是以学生设计的创意产品等为基础进行评价。

2)STEAM 学科实践课程

STEAM 学科实践活动课程在学校课程体系中属于学科拓展类课程，是在国家课程基础上拓展而成的。与 STEAM 创新实践课程不同之处在于，其主体是物理、化学、数学、生物等学科课程，立足于一门学科，通过单元主题将其与其它学科内容、方法、工具等联系起来，从而达到提升学生 STEAM 素养的目的。

（2）STEAM 课程结构

课程结构回答的是“课程内容应该如何有效组织”的问题，也就是说，STEAM 各学科各起着什么样的作用？它们之间又是一种什么样的联系？在调研中发现，人们对此仍存很大的困惑。

STEAM 教育的奠基人弗吉尼亚理工大学的乔吉特·亚克曼（Georgette Yakman）教授认为，在 STEAM 教育中，科学、技术、工程、数学、艺术之间存在顺序关系，在人们分析、理解和改造世界中各自发挥着作用。其中，科学支持人们认识世界的规律；工程与技术支持人们根据社会需求改造世界；艺术帮助人们以美好的形式丰富世界；数学则为人们发展与应用科学、工程、艺术和技术，提供思维方法和分析工具。各学科之间相互联系，人们只有在拥有了技术的前提下才可以理解科学，只有理解了艺术和数学后才能从事工程的研究与开发。在这种相互联系中，探讨其在现实世界中的应用，引导学生采用学科融合的方式学习，运用跨学科思维解决现实问题。

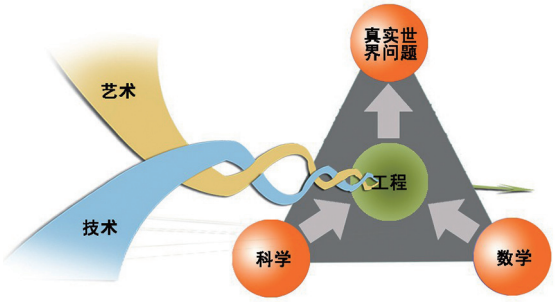
其中，艺术加入科学、技术、工程、数学教育中，是对这四类课程的良好补充，能帮助学生优化不同学科知识的理解与应用。人文艺术中的“谁来做”和“为什么这样做”（Who and Why），加入到 STEM 教育领域的“做什么”和“怎么做”（What and How）中，让人和伦理道德在创新过程中发挥重要的功效。因此，STEAM 教育不仅可以提升学生的演绎与归纳等逻辑思维能力，还能培养学生养成解决现实问题所需的灵活性和适应性，使他们具备跨文化交流能力。STEAM 教育让学生远离碎片化的知识和死记硬背的过程，引导学生联系不同学科之间的知识，不断提升学生的逻辑思维能力、问题解决的创新能力、同伴之间的合作能力，以及自我实现的激励能力。因此，STEAM 教育有利于培养具有创造和革新精神的全面发展的人，支持他们成为未来发明家和创造者[1]。

本课题组研究认为，STEAM 教育各学科之间应存在如下关系（见图 5.3）：为解决真实世界呈现的问题与挑战，以工程为核心，以科学和数学两个基石，艺术和技术则游于整个 STEAM 教育系统中，作为一种驱动的力量（艺术），将创意和设计的方案加以实现（技术）。

图 5.3　STEAM 教育各学科关系

（3）STEAM 课程的组织形式

[1] 赵慧臣，陆晓婷．开展 STEAM 教育，提高学生创新能力——访美国 STEAM 教育知名学者格雷特·亚克门教授 [J]. 开放教育研究，2016,(05):4-10.



STEAM 课程强调以主题或项目的形式来组织学习内容，但是在主题的选取上，STEAM 创新实践课程和 STEAM 学科实践课程之间，还是有所差异，分别如下：

1）STEAM 创新实践课程主题的选择

①主题的来源

由于 STEAM 创新实践课程并不依托特定的学科，其主题的来源十分广泛，可从以下几个来源进行选题[1]：

a. 报刊文章、新闻报道、座谈会、讲座等；

b. 国内外 STEAM 教育资源网站；

c. 从学生所在的社区中寻找，通过对社区进行调查，发现问题，确定主题；

d. 以学生日常生活及学习中遇到的问题为切入点；

e. 关注国际与国家的重大事件与民众对事件的讨论；

f. 基于现有的 STEAM 课程资源：如大英百科；

g. 科技的最新发展、进步等。

②主题选择的原则[2]

a. 来源于真实世界：STEAM 课程要培养学生形成的一个重要素养就是解决真实世界问题的能力。通过学习，学生甚至可以为公共决策提供参考，这就在一定程度上提高学生对 STEAM 课程的学习兴趣。

b. 基于学生的兴趣：有意义的学习一定来自于学习者的学习兴趣，教师在选

[1] 美国巴克教育研究所．任伟译．项目学习教师指南——21 世纪的中学教学法 [M]. 北京：教育科学出版社．2008：15-16.

[2] 美国巴克教育研究所．任伟译．项目学习教师指南——21 世纪的中学教学法 [M]. 北京：教育科学出版社．2008：15-16.

择主题的过程中必须尊重学生的想法，符合他们的兴趣要求，最直接的做法就是允许学生提出自己的想法，为他们提供多样的主题选择。

c. 要具有挑战性：STEAM 创新实践课程的主题活动，与传统的基于活动的教学的重要不同点就在于，前者更加复杂、更加综合，更加真实，也因而更具挑战性。因为只有具备一定挑战性的主题才能引发学生兴趣，才能令学生持久探究。

③主题的范例：表 5.1 所例举的主题来自大英百科全书。

表 5.1 主题范例（以大英百科课程资源为例）

主题			
生命系统	人体系统的相互作用	细胞模型	细胞和生长
	生物细胞	细胞呼吸	光合作用
	光合作用和养料生产	植物的茎	植物质量的来源
地球系统	大气压	气候的成因	地球的结构
	岩石循环过程	化石	地下水
	洋流与天气	板块构造	软流圈的属性
	岩石与矿物	土壤成分	岩石循环的时间周期
	水循环	火山	风化过程
	风化和侵蚀	风	
生殖与进化	种群的适应性	动物的多样性	无性生殖
	生物技术和基因工程	性状的遗传	基因、DNA 和染色体
	自然选择与进化	突变	植物的多样性
	有性生殖		
科学的本质	科学中的定律和理论	地图和地球仪	科学模型
	理论在科学中的地位	科学理论和科学假设	
物质	质量守恒	密度	压力对物质的影响
	温度对物质的影响	物质的属性	固体、液体与气体
	溶液	空气的性质	物质的性质
	水分子		

能量	能量守恒	电荷	库仑力
	热量传递	热量和温度	磁和电
	牛顿第三定律	势能和动能	串联电路
运动与力	加速度与自由落体	浮力	作用力与反作用力
	物体所受的平衡力	圆周运动	重力的影响
	太空中的引力	速率与加速度	
环境	生态演替	生态系统	生态系统中的能量
	生态系统内的能量流动	能源	食物链和食物网
	全球变暖和温室效应	物质与分解	营养级
	捕食者种群与猎物种群		
宇宙	日间和夜间的恒星	地球上的季节	行星及其卫星的光
	宇宙中物体的相对大小	星球量级	星球的表观运动
	星球到地球的距离		

当然，这些主题的学习需要一定的顺序，根据学生的年龄、认知发展阶段，最终指向 STEAM 核心素养的培养，基于此确定学习的先后。

2）STEAM 学科实践活动课程

①主题的来源

STEAM 学科实践活动课程在确定主题时至少需要考虑以下几个方面：

a. 课程标准。STEAM 学科实践活动课程是以其中的某一学科为基础的，是作为现有学科的一种拓展来展开的，因此，此类课程主题的确定必然是以学科的课程标准为依据。

b. 学科本质。STEAM 学科实践活动课程是以一门学科为主体，将其它学科的内容、思想、方法、工具等融入其中，因此必须考虑具体学科的本质，包括其核心的概念、原理、思想方法，围绕这些核心观念组织的框架、学科前沿进展等。

c. 学生特点。学生是课程建设的指向，因此，学生的兴趣、需求、问题、认知阶段、已有知识经验等，都决定了学科实践活动课程的主题定位。

d. STEAM 课程本身的特点。学科实践活动课程强调综合，关注实践，因此来自真实世界中的问题、任务、项目，便成了某一学科与其它学科融合后拓展性学习的主题。

②主题的范例

以《一个有趣的 STEM 活动实例：做弹球》为例[1]。

主题：做弹球

主题：做弹球 本课程是 STEAM 化学实践活动课程，以硼砂溶液加入含聚乙烯醇的透明胶水中发生的反应为知识基础，在弹球的制作过程中涉及了“物质的改变导致其特性也改变”的科学原理，高度测量和数据处理等数学方法，以及如何改善弹球性能、优化制作工艺等工程技术问题。此外，本课程也符合 STEAM 课程的特征——学习情景的真实性，学生从现实生活中寻找素材，用常见的胶水制作弹球玩具，探究弹球配方的可行性，解决工业生产情景中如何改善产品的实际问题。

3、STEAM 课程的实施策略

STEAM 课程是一门以学习者为中心、指向设计和问题解决的综合课程，其教学设计不再是事先由教师设计好的、高度结构化的讲授式课堂，而是以学生中心的、强调科学探究、工程设计和基于问题学习的开放的课堂。在这样的课堂中，学生有机会应用 STEAM 的概念、原理、思想方法，积极参与到真实情境中的 STEAM 工作实践。因而，这类课程的学习可以采取科学探究、工程设计和基于问题、基于项目的学习等方式进行。

乔吉特·亚克曼提出，STEAM 教育的教学不以传授知识为主要任务，而是以培养学生的问题解决能力和创新能力为目标。相对于传统的教学活动设计，STEAM 教学坚持以学生为中心。教师鼓励学生去质疑和反思，而不是死记硬背；引导学生面向问题去创新，而不是强调简单应用。为此，STEAM 教育的教师需要科学安排教学过程，应系统思考“要做什么（活动的目的）、用什么做（设备、要素和材料等）以及达到什么效果（学生发现了什么、收获了什么）”等。

本课题组在充分梳理文献、分析典型案例后，提出 STEAM 教育的具体教学实施过程，如下图（图 5.4）所示：

[1] 袁洋．一个有趣的 STEM 活动实例：做弹球．中国科技教育 [J],2014,0(9):20-23.

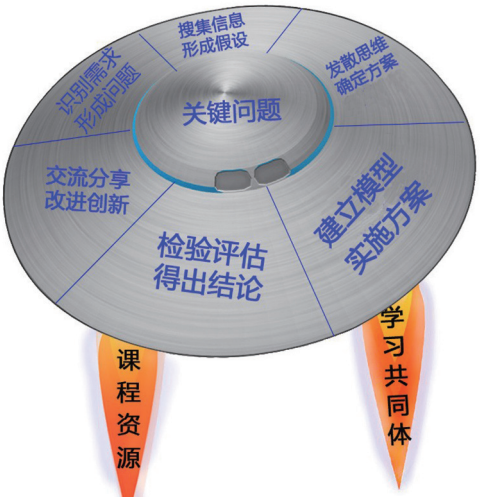


图 5.4 STEAM 教学流程

首先，创设真实任务情境，如制作空气净化器。这既可以由相关学科的教师共同制定出可供选择的多个研究问题，由学生从中选择自己最感兴趣的研究问题；也可以让学生分析情境，明确研究的关键性问题；其次，搜集各种相关研究和信息，提出自己的研究假设；接下来，请学生发散思维，提出多个解决方案，研讨论证，确定最佳方案；然后根据设计，建立模型并实施方案，形成制品；对制品和设计制作的过程加以检验评估，反思总结，得出结论；小组之间交流分享，相互吸纳建议，不断改进完善。

需要注意的是：

其一，整个过程都需要课程资源的支持。

其二，有效的学习需要整个学习共同体的参与，包括学生共同体、师生共同体、教师共同体以及实践共同体等。

第三，真实情境的创设非常重要，整个学习过程都是由真实世界中的复杂问题来驱动的。富有挑战性的、能吸引师生兴趣、从学生多元化的角度切入的学习问题或任务，会吸引学生全面、深度参与学习活动，建立学生经验与知识之间的联系，激发学生的学习潜能，促进探究的持续与深入。

第四，整个学习过程是个不断迭代的过程，各个要素和环节并没有绝对的起

点和终点，在“问题—设计—制作—调整”的循环中，实现和完善了学生的创意。

4、STEAM 课程的评价策略

STEAM 课程的评价采用持续性评估，以形成性评价为主，总结性评价为辅。形成性评价是指，在课程的实施过程中注重观察学生的学习过程，及时给予学生反馈与改进意见，包括学生设计方案的过程、优化方案的过程、动手操作的过程。总结性评价是指学生最终的项目作品。

三、STEAM 教师发展的问题与应对

（一）专业的 STEAM 教师严重缺乏

调研结果显示，学校目前在开展 STEAM 教学的教师，要么是信息技术教师，要么是科学教师。然而，我们不禁疑惑：这些学科的教师在实际教学过程中能有效融入工程学科吗？

STEAM 教育的实施要求教师具备学科综合能力，兼具科学与人文艺术素养以及较强的工程设计、实践操作能力和创造力，这对教师素养的要求是非常高的。在 STEAM 教育先行发展的美国，即便从最初推行就极其重视师资队伍建设，但目前来看还是存在较大缺口。下图 5.5[1] 反映了 2005 年至 2015 年美国数学和科学教师的短缺情况：

图 5.5 2005-2015 年美国数学和科学教师的短缺情况

作为 STEAM 教育后发国家的我们，STEAM 教师的短缺情况则更为严重。因

[1]http://www.zwzyzx.com/show-280-242817-1.html[2017.2.1]

为目前为止，我们还没有专职的STEAM教师。学校中进行授课的教师多为兼职教师，这些教师主要来自教育机构，大多只接受了 STEAM 教育的初级培训，他们可能具备足够的技术专业知识，但是教育教学的专业水平还比较欠缺。除了兼职教师外，有些学校会由信息技术、通用技术或物理等科学课的任课教师兼任。总体来说，具备 STEAM 素养的教师严重缺乏，又何谈培养学生的 STEAM 素养呢？

（二）STEAM 教师专业发展对策建议

百年大计，教育为本。教育大计，教师为本。若想实现 STEAM 教育的目标，培养高素质的科技创新人才，我们就必须重视教师队伍建设，系统地培养 STEAM 教育的合格师资。一位伟大的教师，能够激励学生全身心投入到一个学科的学习之中，克服学习过程中遇到的所有困难，也能激励学生一生孜孜不倦地进行探索与发明创造，而一个糟糕的教师有可能让学生偏离原有的轨道[1]。

1、制定相关政策

首先，应该在政策和法律法规等方面有效推进 STEAM 教师队伍的建设，为其专业发展提供保障。以美国为例，政府颁布了多个法案，如《美国创新法案》（Innovate America Act）、《2011 有效的 STEM 教学法案》（Effective STEM Teaching and Learning Act of 2011）、《STEM教师的教育与指导支持法案》（STEM Support for Teachers in Education and Mentoring Act）等来推进 STEM 教师的发展。[2]

我国一直以来非常重视教师队伍建设，但是由于 STEAM 教育刚刚引进，更多还是自下而上进行的探索。目前 STEAM 教育的师资培训更多是学校的自发行为，有条件的学校引进国外 STEAM 教育的教师培训，或是请教育培训机构来培训教师，无条件的学校自己探索。无论哪一种情况，都显得零散，甚至有些盲目。因此，亟需从国家或区域层面制订专门的政策，详细规定 STEAM 师资培训的标准、方式、经费、被培训的人员、培训的讲师等，确保 STEAM 教师专业发展的规范性。

---

[1]Executive Office of the President. President’s Council of Advisors on Science and Technology(2010). Report to the President Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Math(STEM) for America‘s Future:63.
[2]翁聪尔．美国 STEM 教师的培养及其启示 [D]. 华东师范大学，2015.

2、在实践中锻炼教师技能

加拿大英属哥伦比亚大学的萨姆森·马德拉·纳什恩（Samson Madera Nashon）教授认为，“有些 STEAM 教育的研究者，当考虑到该学科的教师专业素养时提出了‘TPCK’这一概念，即‘技术学科教学知识（technology pedagogical content knowledge）’。这意味着从事任何一门学科的教师都应通过持续发展本学科的‘PCK’而使自己不断发展专业素养。而这不能只是依靠某一时期的教师培训实现，而应学会在工作过程中从事教师研究。”[1] 因此，我国在培训 STEAM 教师时，也需特别关注校本教研，鼓励教师在常态教学中不断尝试探索 STEAM 教学，反思改进教学。此外，学校还应为 STEAM 教师提供走出去学习的机会，让教师在真实的 STEAM 工作场景中，如工厂、企业，学习锻炼，努力提升自身的 STEAM 素养。

3、在高等教育中开设相关专业

美国 STEAM 教师专业发展的一个重要举措，就是在高等教育领域进行专门的师资培养，开设相关专业培养 STEAM 教育的人才。我国教师的职前培养，普遍都是分科培养的，基本与中小学的学科教学相对应。由于中小学课程的分科教学特征，导致教师的职前学习也是以分科的专业性学习为主，几乎没有综合性课程来培养能担当综合类课程教学的师资。随着我国 STEAM 教育的迅速发展，对优秀师资的需求量会进一步增加，未来高等学校是否会设置相关专业，或者在现有专业中加以拓展，致力于 STEAM 教育的专业方向高等人才的培养，努力提升 STEAM 教育师资队伍的水平与素养。

四、STEAM 学习空间与资源的问题与应对

（一）STEAM 学习空间与资源问题

1、STEAM 学习空间

[1] 李雁冰，“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．全球教育展望，2014(11)：第 3-8 页。

STEAM 教育在实际的教学过程中对软硬件设备有较高的依赖，包括科学实验器材、工程设计生产设备以及计算机等信息技术设施，如在线的交互工具、在线或混合式的学习环境、浸入式的媒体、模拟设备、虚拟现实、智能指导系统好

此外，在实施 STEAM 教育时学生的学习方式将不同于传统“讲、记、练”为主的学习方式，强调基于项目的学习、基于设计的学习、或是翻转式的学习，其主要特征都是合作探究、动手做等，而这些都对 STEAM 学习的时空条件提出了较高的要求。

因此，需要有专门的 STEAM 学习空间予以支持。根据调研数据分析发现，关于当前我国 STEAM 学习空间的建设，主要有两个问题：一是许多学校缺乏 STEAM 专项资金，未能建成 STEAM 实验室或专门的学习空间。二是在学习空间设计初期，未能将 STEAM 教育理念融入到整个空间建设当中，或者只是简单地添置了几台创客教育设备，如 3D 打印机、Arduino 套件、激光切割机、计算机等等，这就造成了即使有空间，也无法有效利用的局面。究其缘由，还是对 STEAM 教育的理解偏狭所导致的。

2、STEAM 课程资源

作为一种多学科整合、以真实问题解决为目标的课程形态，STEAM 课程有着很强的开放性、实践性等特征。要想更好地促进这样一种课程的有效实施，丰富的课程资源的研发、建设和供给，就显得极为必要了。调研结果表明，区域和学校在推进 STEAM 教育时，遇到的关键障碍之一就是区域、学校对优质的 STEAM 课程资源的渴求。有条件的区域、学校会引进国外 STEAM 课程资源，或进行自主开发，但课程资源总量不足、本土化、本校化等，仍是摆在我们面前的重要难题。其次，从国外引进的课程资源水土不服，本土教师或者课程开发人员对 STEAM 教育的理解参差不齐，致使很难看到优秀的 STEAM 课程资源。除此之外，STEAM 教育理论研究在我国尚未形成成熟的本土化成果，尚未形成统一课程标准，无法在理论层面上对资源建设进行有效指导。

（二）STEAM 学习空间与资源建设

1、STEAM 学习空间建设

STEAM 学习空间建设，不仅是良好外部环境的创设与相关技术工具的购买与添置，更重要的是要将 STEAM 教育理念融入到设计当中，并与学生特点与需求相结合，促进学生的创新性与实践性的学习。通过研究学习国外优秀的建设学习空间的经验，现总结以下两条准则予以借鉴。

（1）考虑学生特定的学习需求

STEAM 课程有别于学校现有的物理、化学、生物等单科课程，虽然根据其实际学习主题有所侧重，但是基于其指向真实问题解决的特性需要融合多种学科、运用软硬件设备等原因，STEAM 教育工作者们精心设计出能够满足特定学习需求的 STEAM 教育学习空间显得尤为重要。国外比较有代表性的学习空间有：纽约科学馆的设计实验室、旧金山探索博物馆的修补实验室、匹兹堡儿童博物馆的“创作工坊”等等。有研究表明，基于特定学习需求建设的学习空间能够提升学生的学习效果。例如，美国女性科学促进项目（Girls in Science）为了帮助六、七年级的女生提供体验数学与科学成就感的机会，为其以后的高中学习提早规划，

并且教育家长们给自己女儿提供相应的 STEAM 学习支持，特别建设了仅有教授女性日常科学知识的项目环境。最后的研究成果表明，在仅有女性参加的项目学习环境更能吸引女生参与。[1] 另外，类似的项目还有“发明工厂”、“未来工程”、INEEL 科学工程展会等。

（2）考虑学习空间的层级设计

STEAM 教育虽然适合基础教育阶段的所有学习者，但是对于不同年龄段的学生，其课程目标、内容、实施和评价等必然有所不同和侧重，需考虑学习空间的层级设计。

我国学者冯华在《STEM 教育视野下的综合课程建设》（2016）一文中指出，在低龄阶段，STEM 教育追求简单、有趣，注重提高学生的学习兴趣和对语言、文字的理解能力；在高中阶段，STEM 教育追求应用、整合教学内容以及作品（产品）的高品质。[2]

近年来，新加坡在国内中学开设了许多 STEAM 课程，如电子、计算、智能电子技术、移动机器人等设计和技术课程，并针对这些科技融合类课程设计了三个有层级的学习空间。第一层学习空间由教师指令驱动，教师手把手指导和帮助学生学习，在这个学习过程中学生拥有较低的学习自主权。在这一学习空间中学生主要学习组装电路之类的课程；第二层学习空间是由教师的指令和学生学习的兴趣混合驱动的学习空间，在这一学习过程中，学生拥有中度的学习自主权、有限的自由；而在第三层学习空间中，教师的角色完全退化为辅助或者无角色，在这一空间中全是学生自主、自导的学习，完全有学生的学习兴趣进行驱动的。这三类学习空间是从较常规的学习一步步走向较非常规的学习，主要是锻炼学生的创造力、自主权和动手能力。

不同层级学习空间的创设，不仅满足了学生的个性化学习的需求，重要的是为其学习搭建了适应性的学习平台与支架。学生的创意因而能在这样的学习空间的支持下，开花结果。

---

[1] 埃里克·布伦赛尔等．在课堂中整合工程与科学 [M]．周雅明、王慧慧译．上海：上海科技教育出版社，2015:177.

[2] 冯华．STEM 教育视野下的综合课程建设 [J]．中小学管理，2016,(05):14-16.

2、STEAM 课程资源建设与应用

（1）借助信息技术优势，建设 STEAM 课程资源

在信息技术尚未普及时，人们一致认为唯一的课程资源就是指书本教材。为了更好地实现“应试教育”，人们也补充了大量的课程资源，那些充斥市场的教学辅导用书、教学参考书、强化练习册等都属于这种课程资源的范畴[1]。进入 21 世纪后，随着信息技术的迅速普及，课程资源的外延得到进一步扩大，出现了许多多媒体的课程资源，如视频、音频、动画、PPT、图像、文字等等多种形式混合形成的课程资源。例如，总部设立于加州圣何塞的 RAFT （教学资源中心，Resource Area For Teaching)， 是一个非营利性、教育性、会员制的组织，主要服务于通过线上访问对 STEAM 教学耗材有需求的教育工作者，通过让学生亲自动手做的教学方式（hands-on teaching），来激发儿童与生俱来的好奇心，培养终身学习的能力。自 1995 年成立以来，就为数以万计的学生提供了学习 STEAM 课程的服务。

此外，北京国信世教研究院引进的线上和线下大英百科资源，是当今世界上最知名、最具权威的百科全书，仅仅科学领域就涵盖了 100 余个集视频、图片、文本等多种表现形式的主题。这些借助信息技术优势而产生的课程资源，能够为学校的 STEAM 课程设计、开发和实施等，提供丰富的资源保障。

（2）建设课程资源平台，鼓励开发、分享优质 STEAM 课程

现阶段 STEAM 课程资源建设的主要问题是课程总量不足、优质课程资源稀少。区域层面上，应积极建设 STEAM 课程资源平台，鼓励从事 STEAM 教育的教师、机构开发、分享优质的 STEAM 课例；举办 STEAM 教学大赛，综合利用政府、大学、公司等各方资源，为 STEAM 课程资源建设营造良好的政策环境。

学校层面上，学校应大胆探索 STEAM 课程的研发与实施，结合学校实际，建设具备学校特色的课程资源。一方面，学校应统筹规划 STEAM 课程资源建设，彰显学校自身的文化底蕴、育人目标、硬件设施等特色。另一方面，将现有的课程

[1] 唐建国．转变教师的课程资源观 [J]. 广西教育学院学报，2005,05:6-8.

资源购买引进学校后，学校必须鼓励教师充分利用校本课程设计和实施的自主权，基于学生的学习兴趣与需求及教师个人教学的实际需要等实际情况，进行深入且有效的二度开发。

总之，在我们面对当今时代的挑战时，STEAM 教育给了我们走向未来的希望。让今天的学生、未来的公民通过大量的学习与实践，运用他们掌握的 STEAM 素养，充满热情、勇于担当、富有创造性地解决人类发展面临的所有困难时，一大批更加优秀的问题解决者和创客、一个更加美好的世界指日可待！

参考文献

[1][美]雷·库兹韦尔．李庆诚等译．奇点临近[M]．北京：机械工业出版社，2011.

[2][美]埃里克·布莱恩约弗森．蒋永军译．第二次机器革命[M]北京：中信出版社，2014.

[3][德]克劳斯·施瓦布．李菁译．第四次工业革命：转型的力量[M]．北京：中信出版社，2016.

[4][美]特里林，菲德尔． 洪友译． 21世纪技能[M]．天津：天津社会科学院出版社，2011.

[5][美]格兰特·威金斯，杰·麦克泰． 賴麗珍譯．重理解的課程設計[M]．臺北：心理出版社股份有限公司，2008.

[6]美国巴克教育研究所．任伟译．项目学习教师指南——21世纪的中学教学法[M]．北京：教育科学出版社．2008.

[7][美]汤姆·马卡姆．董艳译． PBL项目学习：项目设计及辅导指南[M]．北京：光明日报出版社．2015.

[8]埃里克·布伦塞尔等，周雅明、王慧慧译．《在课堂中整合工程与科学》[M]，上海科技教育出版社，2015.

[9]美国科学促进协会．中国科学技术协会译．面向全体美国人的科学[M]．北京：科学普及出版社，2000.

[1]赵中建．美国STEM教育政策进展[M]．上海：上海科技教育出版社，2015.

[2][美]达西·哈兰德．中国科协青少年科技中心译．STEM项目学生研究手册[M]．北京：科学普及出版社，2013.

[3] [美]玛格丽特·赫尼，大卫·E·坎特．赵中建等译．设计·制作·游戏：培养下一代STEM创新者[M]．上海：上海科技教育出版社，2015.

[4][美]玛丽·玛格丽特·卡普拉罗．王雪华等译．基于项目的STEM学习[M]．上海：上海科技．教育出版社，2016.

[5] 埃里克·布伦塞尔（美）. 周雅明译. 在课堂中整合工程与科学 [M]. 上海：上海科技教育出版社，2015.

[6] 梁森山. 中国创客教育蓝皮书（基础教育版）[M]. 北京：人民邮电出版社，2016.

[7] 胡鞍钢，鄢一龙，周邵杰等. “十三五”大战略规划 [M]. 杭州：浙江人民出版社，2015.

[8] 周洪宇，鲍成中. 第三次工业革命与人才培养模式变革 [J]. 教育研究，2013(10):4-9+43.

[9] 张娜. DeSeCo 项目关于核心素养的研究及启示 [J]. 教育科学研究，2013 (10):39-45.

[10] 裴新宁，刘新阳. 为 21 世纪重建教育——欧盟“核心素养”框架的确立 [J]. 全球教育展望，2013 (12):89-102.

[11] 核心素养研究课题组. 中国学生发展核心素养 [J]. 中国教育学刊，2016 (10):1-3.

[12] 丁彦华. 《零点项目》的艺术教育观及启示 [J]. 外国中小学教育，2000 (06):48-49.

[13] 沈致隆. 哈佛大学《零点项目》的启示 [J]. 高等教育研究，1997 (02):21-24.

[14] 汪应洛，刘子晗中国从制造大国迈向制造强国的战略思考 [J]. 西安交通大学学报（社会科学版），2013 (06):1-6.

[15] 张斌. 中国经济转型综合症 [J]. 国际经济评论，2014 (04):21-36+4.

[16] 金碚. 中国经济发展新常态研究 [J]. 中国工业经济，2015 (01):5-18.

[17] 李扬，张晓晶. “新常态”：经济发展的逻辑与前景 [J]. 经济研究，2015 (05):4-19.

[18] 庞瑞芝，范玉，李扬. 中国科技创新支撑经济发展了吗？[J]. 数量经济技术经济研究，2014 (12):37-52.

[19] 陈诗一. 中国各地区低碳经济转型进程评估 [J]. 经济研究，2012 (08):32-44.

[20] 陈漓高、齐俊妍、韦军亮. 第五轮世界经济长波进人衰退期的趋势、

原因和特点分析 [J]. 世界经济研究，2009 (5):3-11.

[21] 钱洁，张勤 . 低碳经济转型与我国低碳政策规划的系统分析 [J]. 中国软科学，2011 (04):22-28+21.

[22] 和学新 . 从人口资源到人力资本——人在社会发展中的作用变迁及其实现的教育机制 [J]. 教育科学论坛，2006 (01):9-13.

[23] 周学馨 . 人力资源视角下的人口压力——兼议我国从人口压力向人力资源优势转变的模式 [J]. 重庆三峡学院学报，2009 (05):44-47.

[24] 童玉芬 . 从人口大国走向人力资源强国——中国人力资源的现状和形势分析 [J]. 现代经济探讨，2008 (01):11-15.

[25] 胡鞍钢，才利民 . 从“六普”看中国人力资源变化 : 从人口红利到人力资源红利 [J]. 清华大学教育研究，2011 (04):1-8.

[26] 孟鹰，余来文，胡滢，封智勇 . 制造业从中国制造向中国创造转型的新路径 [J]. 中国市场，2012 (42):66-71.

[27] 杨玲 . “中国制造”向“中国创造”转变——基于生产者服务业对“中国制造”效用研究 [J]. 中央财经大学学报，2011 (11):49-55.

[28] 钟秉林 . 加强综合改革平稳涉过教育改革“深水区”[J]. 教育研究，2013 (07):4-9+17.

[29] 杨银付 . 深化教育领域综合改革的若干思考 [J]. 教育研究，2014 (01):4-19.

[30] 邱学青，李正，吴应良 . 面向“新工业革命”的工程教育改革 [J]. 高等工程教育研究，2014 (05):5-14+45.

[31] 夏军 . 我国基础教育现状及趋势研究 [J]. 黑河学刊，2007 （02）:112-114.

[32] 吴俊杰， 梁森山， 李松泽 . STEM 教育对中国培养适应 21 世纪的复合型创新型人才的启示 [J]. 中小学信息技术教育，2013(03): 43-47.

[33] 秦炜炜 . 全球化时代美国教育的 STEM 战略 [J]. 教育技术咨询，2007（10）:20.

[34] 刘胜男 . 建设中小学工程技术课程质量保障机制——来自美国“项目引路”机构的启示 [J]. 教育发展研究，2014(10):5-11.

[35] 徐晶晶 . 寻找创新支点 上海 STEM~+ 本土化的率先之探 [J]. 上海教育，2015 (13):32-37.

[36] 杨明全．美国当代中小学科学教育改革：政策、理念与行动 [J]. 比较教育研究，2011 (10):86-90.

[37] 杨明全．“后金融危机时代”美国教育发展战略规划及启示 [J]. 全球教育展望，2012 （07）:69-73+78.

[38] 张燕军． 21 世纪美国中小学生 STEM 素质低下问题及其对策 [J]. 外国中小学教育，2013（06）:59-64+26.

[39] 李函颖． 美国 STEM 教育的困境与走向——《美国竞争力与创新力》报告述评 [J]. 比较教育研究，2014 （05）:53-58.

[40] 范燕瑞． 美国 K-12 阶段的 STEM 课程 [J]. 上海教育，2012 （11）:20-21.

[41] 戴峰． 纽约三大科技高中的 STEM 教育 [J]. 上海教育，2012 （11）:29-31.

[42] 李谦，赵中建． 美国中小学实施 STEM 教育个案研究——以北卡罗来纳州科学和数学学校为例 [J]. 外国中小学教育，2014 （05）:55-60.

[43] 许海莹． 美国 STEM 教育监测指标体系述评 [J]. 上海教育科研，2014（07）:14-16.

[44] 许海莹．基于大数据的美国 STEM 教育监测指标体系：分析与启示 [J]. 教育测量与评价（理论版），2014 （09）:18-22.

[45] 周鹏琴，徐唱，张韵，李芒． STEM 视角下的美国科学课程教材分析——以 FOSSK-5 年级科学教材为例 [J]. 中国电化教育，2016 （05）:25-32.

[46] 赵慧臣，陆晓婷． 开展 STEAM 教育，提高学生创新能力——访美国 STEAM 教育知名学者格雷特·亚克门教授 [J]. 开放教育研究，2016 （05）:4-10.

[47] 杨晓哲． STEM 与创客教育相关的概念溯源 [J]. 中小学信息技术教育，2015 (11):19-20.

[48] 齐美玲，孙云帆． 美国 STEM 课程的浅析 [J]. 科教导刊（上旬刊），2013 （10）:201-202.

[49] 吴俊杰.STEM 教育视野下信息技术课程的变革 [J]. 中国信息技术教育，2013(09):11-14.

[50] 余胜泉，胡翔． STEM 教育理念与跨学科整合模式 [J]. 开放教育研究，2015 （04）:13-22.

[51] 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(08):36-41.

[52] 任伟，李远蓉，马坤鹤，王相宜，宗国庆．基于STEM教育下的中学化学教学模式初探[J]. 化学教与学，2015(07):10-12.

[53] 傅骞，王辞晓．当创客遇上STEAM教育[J]. 现代教育技术，2014 （10）:37-42.

[54] 吴俊杰，梁森山． Ledong Scratch互动教学平台的应用与研究（七）——基于自制光敏扫描仪谈STEM教育[J]. 教学仪器与实验，2011 （07）:8-12.

[55] 毛澄洁，王盈． “投票计数”教学方案的设计、实践与反思——基于“数字科学家”课程理念的教学模式初探[J]. 中小学信息技术教育，2013 （Z1）:49-53.

[56] 陈杰，陈华． 基于Arduino的高中通用技术电子控制技术的课程实践——STEM教育视角下综合课程教学案例[J]. 中小学信息技术教育，2014 （03）:24-25.

[57] 杜娟，臧晶晶． STEM教育视野下小学低年级智能机器人教学模式研究[J]. 中小学信息技术教育，2014 （05）:52-54.

[58] 吴秀凤，陈奕贤． STEM理念下中小学Arduino机器人教学模式研究[J]. 福建电脑，2015 （05）:138-139+109.

[59] 吴俊杰． 创客教育：杰客与未来消费者——2014地平线报告刍议[J]. 中国信息技术教育，2014(9):7-12.

[60] 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.

[61] 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 （05）:35-40.

[62] 袁洋．一个有趣的STEM活动实例：做弹球[J]. 中国科技教育，2014 （09）:20-23.

[63] 李扬．STEM教育视野下的科学课程构建[D]. 浙江师范大学，2014.

[64] 娜菲沙·麦哈木提． 美国“项目引路”项目研究[D]. 华东师范大学，2014.

[65] 白霞． 就业人口受教育程度与经济增长关系的统计分析[D]. 西南财经

大学，2013.

[66] 新华网．国务院印发《中国制造2025》[EB/OL].2012.[2016-11-9]. http://news.xinhuanet.com/politics/2015-05/19/c_1115331338.htm，2015-05-19/2017-01-16.

[67] 百度文库．中国制造大国到制造强国的思考[EB/OL].[2016-11-10]. http://wenku.baidu.com/link?url=yO9y5kVPWyqH9RDCkZgWJAegJizF1ZipsNy84_ciCDNi3GffZTpicWXwn_rsV1ray wOfKUQRDMISqYNppXne9QiC7v6Jz8GvR_2CyYLkHW7.

[68] 中国政府网.《国务院办公厅关于印发老年教育发展规划（2016-2020年）的通知（国办发[2016]74号）》[DB/OL]. 2016.[2016-11-10] http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-10/19/content_5121344.htm.

[69] 中华人民共和国教育部.2015年全国教育事业发展统计公报[DB/OL].2016.[2016.11.10].http://www.moe.edu.cn/srcsite/A03/s180/moe_633/201607/t20160706_270976.html.

[70] 人力资源和社会保障部． 2015年度人力资源和社会保障事业发展统计公报[EB/OL].2016.[2016-11-10]. http://www.gov.cn/xinwen/2016-05/30/content_5078119.htm.

[71] 新华社．国务院印发《关于促进创业投资持续健康发展的若干意见》[EB/OL].2016. [2016-11-10].http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-09/20/content_5109936.htm.

[72] 中华人民共和国环境保护局．《2015年中国环境状况公报》[EB/OL].2016.[2016-11-10].http://www.zhb.gov.cn/gkml/hbb/qt/201606/t20160602_353138.htm.

[73] 中国教育信息化网．《教育部关于印发“教育信息化“十三五”规划”的通知（教技[2016]2号）》[DB/OL]. 2016.[2016-06-17]. http://www.ict.edu.cn/laws/new/n20160617_34574.shtml.

[74] 秦炜炜．全球化时代美国教育的STEM战略[J]. 教育技术资讯，2007,07.

[75] 达西•哈兰德（美）.STEM项目学生研究手册[M]. 北京：科学普及出版社，2013.

[76] 梁森山．中国创客教育蓝皮书（基础教育版）[M]. 北京：人民邮电出版社，2016.

[77] 杨明全． 美国当代中小学科学教育改革：政策、理念与行动 [J]. 比较教育研究，2011(10):86-90.

[78] 杨明全．“后金融危机时代”美国教育发展战略规划及启示 [J]. 全球教育展望，2012（07）:69-73+78.

[79] 张燕军．21 世纪美国中小学生 STEM 素质低下问题及其对策 [J]. 外国中小学教育，2013（06）:59-64+26.

[80] 李函颖．美国 STEM 教育的困境与走向——《美国竞争力与创新力》报告评述 [J]. 比较教育研究，2014（05）:53-58.

[81] 范燕蕊．美国 K-12 阶段的 STEM 课程 [J]. 上海教育，2012（11）:20-21.

[82] 戴峰．纽约三大科技高中的 STEM 教育 [J]. 上海教育，2012（11）:29-31.

[83] 杨亚平，陈晨．美国中小学整合性 STEM 教学实践的研究 [J]. 外国中小学教育，2016（05）：58-64.

[84] 齐美玲，孙云帆．美国STEM课程的浅析 [J]. 科教导刊(上旬刊)，2013(10):201-202.

[85] 吴俊杰．STEM 教育视野下信息技术课程的变革 [J]. 中国信息技术教育，2013（09）：11-14.

[86] 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（08）：36-41.

[87] 任伟，李远蓉，马坤鹤，王相宜，宗国庆．基于 STEM 教育下的中学化学教学模式初探 [J]. 化学教与学，2015（07）：10-12.

[88] 吴俊杰，梁森山．Ledong Scratch 互动教学平台的应用与研究（七）——基于自制光敏扫描仪谈 STEM 教育 [J]. 教学仪器与实验，2011（07）:8-12.

[89] 毛澄洁，王盈．“投票计数”教学方案的设计、实践与反思——基于“数字科学家”课程理念的教学模式初探 [J]. 中小学信息技术教育，2013（Z1）:49-53.

[90] 陈杰，陈华．基于 Arduino 的高中通用技术电子控制技术的课程实践——STEM 教育视角下综合课程教学案例 [J]. 中小学信息技术教育，2014（03）:24-25.

[91] 杜娟，臧晶晶 .STEM 教育视野下小学低年级智能机器人教学模式研究 [J]. 中小学信息技术教育，2014（05）:52-54.

[92] 吴秀凤，陈奕贤 .STEM 理念下中小学 Arduino 机器人教学模式研究 [J]. 福建电脑，2015（05）:138-139+109.

[93] 吴俊杰 . 创客教育：杰客与未来消费者——2014 地平线报告刍议 [J]. 中国信息技术教育，2014（9）：7-12.

[94] 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.

[95] 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（05）:35-40.

[96] 北京师范大学中国基础教育质量监测协同创新中心科学提升部主任、教育学博士 林静 . STEAM 教育如何对接核心素养 [N]. 中国教育报 ,2017-01-04(009).

[97] 李雁冰 . “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 ,2014,11:3-8.

[98] 林崇德 . 对未来基础教育的几点思考 [J]. 课程 . 教材 . 教法 ,2016,(03):3-10.

[99] 美国巴克教育研究所 . 任伟译 . 项目学习教师指南——21 世纪的中学教学法 [M]. 北京：教育科学出版社 .2008：15-16.

[100] 翁聪尔 . 美国 STEM 教师的培养及其启示 [D]. 华东师范大学 ,2015.

[101] 埃里克 • 布伦赛尔等 . 在课堂中整合工程与科学 [M]. 周雅明、王慧慧译 . 上海 : 上海科技教育出版社 ,2015:177.

[102] 冯华 . STEM 教育视野下的综合课程建设 [J]. 中小学管理 ,2016,(05):14-16.

[103] 唐建国 . 转变教师的课程资源观 [J]. 广西教育学院学报 ,2005,05:6-8.

[104]World Economic Forum(2016).The Future of Jobs:Employment, Skills and Workforce Strategy for the Fourth Industrial Revolution. Global Challenge Insight Report.

[105]David , L.& George , M.K. &David, B.& Beethika, K.& Mark , D. (2011) . STEM: Good Jobs Now and for the Future.

[106]The National Academy of Sciences (2007, 2010), the National Association of Manufacturers (2005), the Council on Competitiveness (2005), the 2 The National Academy of Sciences (2007, 2010), the National Association of Manufacturers (2005), the Council on Competitiveness (2005), theAssociation of American Universities (2006), and many others have argued that the United States faces a shortage of elite STEM workers.

[107]Anthony P.C.& Nicole S.& Michelle M. (2011) .STEM. (See the full report at:cew.georgetown.edu/stem) .

[108]Stephen E.B.&Emily R. M. (2015). Improve undergraduate science education.THE 21ST CENTURY SCIENTIST, 523, 282.

[109]Capraro, Robert M., Mary Margaret Capraro& James R. Morgan(2013).STEM Project-Based Learning: An Integrated Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Approach. Springer Science & Business Media.

[110]Aaron Gero(2012), Enhancing aviation school students' interest in physics and engineering: An interdisciplinary program on aviation weapon systems. STEM Education:28-32.

[111]Kumar Yelamarthi, P. Ruby Mawasha(2008). A pre-engineering program for the under-represented. STEM Education:5-15.

[112]Bybee, R. W., Taylor, J. A. et al(2010) . The BSCS 5E InstructionalModel: Origins, Effectiveness, and Applications. www.bscs.org.

[113]XS Apedoe, B Reynolds, MR Ellefson, CD Schunn(2008). Bringing engineering design into high School Science Classrooms: The Heating/Cooling Unit. Journal of Science Education and Technology.17(5):454-465.

[114]Amanda Roberts(2013). STEM Is Here. Now What? Technology &

Engineering. 73:22-27.

[115]Moravec, John (2010).Obama: Education is a National Security Issue.”Educational Futures.

[116]Fioriello, P. (2010). Understanding the basics of STEM education. http://drpfconsults.com/understandingthe-basics-of-stem-education/

[117]Labov, J. B., Reid, A. H., & Yamamoto, K. R. (2010). Integrated biology andundergraduate science education: a new biology education for the twentyfirstcentury? CBE Life Science Education,9:10－16.

[118]Sanders, M. (2009). STEM, STEM education, STEM mania. TechnologyTeacher, 68(4):20－26.

[119]Alan Zollman. (2011).Is STEM misspelled?[J].School Science and Mathematics,111(5).

[120]Curtis，Timothy. (2014). Science, Technology, Engineering, and Mathematics Education: Trends and Alignment with Workforce Needs[M]. Nova Science Publishers, Inc. New York:53.

[121]Brady,J. (2014). STEM is incredibly valuable, but if we want the bestinnovators we must teach the arts. Innovation:1－5.

[122]RW Bybee.（2010）.Advancing STEM Education A 2020 Vision[J]. Teachnology & Engineering Teacher,70（1）：30-35.

[123]Ramaley，J. Facilitating Change：Experiences with the Reform of STEM Education［EB/OL］. http：//www.wmich.edu/science/facilitating-change/Products/

RamaleyPresentation.doc.

[124]Executive Office of the President. President’s Council of Advisors on Science and Technology(2010). Report to the President Prepare and Inspire: K-12 Education in Science, Technology, Engineering and Math(STEM) for America ‘s Future:63.

附录 1　我国 STEAM 教育现状调查访谈提纲

（地方主管部门版）

尊敬的领导：

您好！首先感谢您百忙之中参与本次调查。调查旨在了解您所在区域当前开展 STEAM 教育（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新类课程、跨学科整合性课程）的现状。所有数据均为研究所用，绝不做其他用途。谢谢填写，祝您工作愉快！

中国 STEAM 发展报告课题组

填写时间：

所在地区：

所在部门：

被访谈者姓名、职务：

1、请问贵单位是否制订过有关 STEAM（如果没有开展 STEAM 教育，可以谈 STEM 教育、创客教育、科技创新类课程或跨学科整合课程，以下同）的相关政策？如果有，请介绍一下由哪个机构或部门负责？政策制订的背景是什么（即为什么要开展 STEAM 教育）？政策的主要内容是什么？目前区域层面是如何推进这些政策的？（是先试点？与公司合作？与高校合作？或者其他）

2、请问贵单位是否有 STEAM 教育的试点学校或机构？如果有，有多少？为这些学校和机构提供了哪些支持（如资金、设备、资源、平台、人员、项目等方面）？

3、请问贵单位在 STEAM 教育方面是否拥有专门的师资？这些师资一般是什么学科的老师？是否组织过 STEAM 教育的师资培训？如果有，截至目前组织过多少次相关培训？请问参与培训的人员有哪些？培训的内容和形式是什么？

4、请问贵单位是否为学生开发、提供了 STEAM 教育专门的课程、教材、资源和学习平台？具体都有哪些？

5、区域层面实施和推进 STEAM 教育的困难和问题是什么？有哪些方面的需求？

附录 2　我国学校 STEAM 教育现状调查访谈提纲

（学校主管领导版）

尊敬的学校领导：

您好！首先感谢您百忙之中参与本次调查。调查旨在了解您所在学校当前开展 STEAM 教育（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新类课程、跨学科整合性课程）的现状。所有数据均为研究所用，绝不做其他用途。谢谢填写，祝您工作愉快！

中国 STEAM 发展报告课题组

填写时间：

所在地区：

所在学校：

被访谈者（姓名、职务）：

1、请问您对 STEAM 教育（如果没有开展 STEAM 教育，可以谈 STEM 教育、创客教育、科技创新类课程、跨学科整合课程，以下同）的理解是什么？

2、贵校是否开展了 STEAM 教育？如果开展了，请谈谈为什么开展？开展的基础条件如何（包括学校是否制订了相关的规定、设施、资源、专项经费、学生和教师的需求等）？是否有专人和专门部门负责？开展多久了？是如何开展的（即课程是选修、必修、还是社团活动类课程？课时多少？是否有学分要求？是否有专门的学习空间等）？

3、请问贵校是否有专门的STEAM课程和教材？是采购还是自主研发的？如何开发的（如何处理各学科之间的关系等）？

4、STEAM课程采用什么样的教学方式？如何评价教学效果？

5、请问贵校是否有从事STEAM教育的专门师资？是否参加或组织过STEAM教育的师资培训？如果有，请问参与培训的老师是哪些学科的教师？培训内容和形式是什么？

6、关于学校开展STEAM教育，上级教育主管部门是否提供了一定的支持？如果有，具体是哪些方面的支持？

7、请问贵校开展STEAM教育的过程中是否引进或建设了相关的课程资源和学习平台？如果有，能具体介绍下吗？

8、请问贵校当前的STEAM教育存在哪些问题？有哪些需求？

附录 3　我国学校 STEAM 教育教师调查问卷

尊敬的老师：

您好！首先感谢您百忙之中参与本次调查。本问卷旨在调查您对当前学校开展的 STEAM 教育（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新类课程、跨学科整合性课程）现状的认识，所有数据均为研究所用，绝不做其他用途。谢谢填写，祝您生活愉快！

中国 STEAM 发展报告课题组

基本信息（请在相应位置打钩）

性别：男 / 女

年龄段：　20-30　　30-40　　40-50　　50 以上

学历：

您最高学历修读的专业：

您所在学校：

您所在的年级：

您任教的课程：

1、您所在学校是否开展了 STEAM 教育（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）？

A. 否　　B. 是

2、您认为学校是否有必要开展 STEAM 教育（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）？

A. 否　　B. 是

3、您是否教授 STEAM 课程（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）？

A. 否　　B. 是：请填写具体课程名称

4、您开设 STEAM 课程（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科

整合性课程）多久了？

A.1 个学期　　B.1-2 学期　　C.2-3 学期　　D. 3 学期以上

5、您开设的 STEAM 课程（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）是如何开发的？

A. 自己单独开发　　B. 我们教师团队研发　　C. 学校教师和高校研究者合作开发　　D. 从公司直接购买　E. 上级主管部门研发设置　F. 其它

6、您开设的 STEAM 课程（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）属于什么类型的课程？

A. 必修课　　B. 选修课　　C. 社团课程　　D. 其它

7、您开设的 STEAM 课程（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程），每周有多少课时？

A.1 课时　B.2 课时 C.3 课时 D.4 课时及以上

8、您在开设的 STEAM 课程（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）中是否引进了课程资源和学习平台？

A. 否　　B. 是：请填写课程资源或学习平台名称及来源

9、您在开设 STEAM 课程的过程中，遇到的主要问题是什么？

A.　资源方面的支持不够

B.　政策方面的支持不够

C.　学校的重视程度不够

D.　个人的知识与能力水平有效

E.　学生的配合度不够

F.　其它

10、您是否参加过关于 STEAM 课程（或者 STEM 教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）开发和实施方面的培训？

A. 否　　B. 是

11、在STEAM课（或者STEM教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）上，您采用了什么样的教学方式？如何开展教学的？

12、您认为学生学习STEAM课程（或者STEM教育、创客教育、科技创新课程、跨学科整合性课程）效果如何？如何评价其效果？（请从学生的兴趣、态度、能力等方面来谈一谈）

13、您认为STEAM教育是什么？为什么要开展STEAM教育？

14、关于STEAM教育，您还有哪些需求？