

STEM +

Science Technology Engineering Mathematics

课程设计与 实践指导

李慧 著



上海社会科学院出版社
SHANGHAI ACADEMY OF SOCIAL SCIENCES PRESS

序

STEM，是一个英文缩略语，它包含着科学、工程、技术与数学四大领域。它不仅高频率地出现在各国教育改革发展文件、学校课程教学指南和教育专著论文中，而且还不时出现在各国政府、国际组织关于经济发展、科技进步、人力资源乃至国家安全和国际关系的重要文献中。可以说，STEM 已经成了 21 世纪各国教育改革发展绕不开的主题，STEM 也已经成为当今世界世人瞩目的话题。

笔者发现，各国政府、社会和教育界对 STEM 的关注可以分为三个层面。

第一，人们最为宏观的关注是，本国 STEM 人才多少、质量高低，以及是否足以应对社会经济发展和国际竞争的需要。以美国为例，2019 年美国重要智库战略与国际研究中心（CSIS）的《战略竞争时代的科技合作》报告就明确指出：对美国来说，加紧培养 STEM 人才是一个新时代的老问题。1957 年苏联人造卫星率先飞天进入太空之时，美国朝野就在万分震惊的同时，深刻反省并发现了美国在数学、科学和工程人才教育培养方面的严重问题。于是，美国国会立足“加强国防、维护安全”，专门制定了美国历史上第一部覆盖各级各类教育的联邦法律——《国防教育法》。该法规定，美国联邦和各州政府必须加强数学、科学和外语的“新三艺”教育，并通过联邦政府财政拨款在全国范围中资助数学和科学教育发展，培养数学和科技人才。此后，美国政府、国会两院和重要机构，如美国国防部、全国科学基金会等，每过七八年就反思评估一次，跟踪分析数学、科技人才培养状况，及时追加联邦政府拨款，提高学校 STEM 教育和大学 STEM 研究的水平。这些机构还多次警告：STEM 教育不力、人才匮乏将宕延美国的科技创新、阻碍美国实体经济的发展、弱化美国的国家安全、削弱美国的全球竞争能力、甚至丧失美国的全球领导地位。

美国战略与国际研究中心的这份报告就提出，在 1960—1980 年代，美国 STEM 研究比较的主要对象是苏联，1980 年代一度盯上日本与印度。21 世纪以来，美国则把比较分析的重点转向了中国。这份报告本身还“图文并茂”地推出了美国与“竞争对手”中国的统计比较。报告说，2016 年中国本科 740 万学士学位获得者中，有

35%的人即 250 万左右毕业于 STEM 专业，而美国同年本科毕业生人数远少于中国，取得 STEM 专业学士学位的毕业生仅为 18%，人数约为 70 万。2017 年，中国培养的高层次人才即 STEM 专业的博士生人数为 32700 名，首次在培养人数上超过美国，美国当年培养的 STEM 专业博士人数为 32359 名，而且其中还有三分之一的人是各国留学生。

在宏观层面上关注 STEM 教育的原因，其实十分简单。那就是发达国家的政府、社会和教育界都已经十分深刻地认识到，在当今世界和我们可以预见的未来，各国的新兴技术研发与创新创业、经济繁荣发展与社会个人生活、全球环境保护与人类公共卫生、国际合作竞争与参与全球治理、捍卫本国安全与维护世界和平，全都与 STEM 教育有着密切的联系，全都离不开培养 STEM 专门人才和具备 STEM 起码常识的公民。

然而，关键的问题在于，几十年来，世界各国，特别是发达国家，学习 STEM 专业的大学生并没有增加到各国政府与社会期望的程度，基础教育阶段学生的 STEM 科目成绩并没有稳步或者大幅提升。经济合作与发展组织的“国际学生评估项目”（PISA）显示，美国、英国、德国、法国、意大利等西方 G7 大国的 PISA 数学与科学测试平均成绩自 2000 年以来一直未见显著进步，数学成绩一直徘徊在 480—510 分的水平（表 1），科学成绩一直徘徊在 470—510 分的水平，而且远低于东亚的日、新、韩等国，加剧了西方欧美国家在 STEM 教育方面的焦虑。

表 1 PISA 2000—2018 数学测试中部分国家的平均成绩

	2000*	2003	2006	2009	2012	2015	2018***
美 国		483	474	487	481	470	478
英 国			495	492	494	492	502
法 国		511	496	498	499	495	493
德 国		503	504	513	514	506	500
意大利		466	462	483	485	490	487
日 本		534	523	529	536	532	527
新加坡			—	562	573	564	569
韩 国		542	547	546	554	524	526

续表

	2000*	2003	2006	2009	2012	2015	2018***
加拿大		532	527	527	518	516	512
上海/四省**	——	——		600	613	531	591

资料来源：OECD. PISA 2018 Results, Vol. 1 [M]. Paris: OECD.

* 2000 年以阅读测试为主，各国数学成绩未作系统统计。

** 2009 年和 2012 年上海参加 PISA 测试，2015 年中国北京、上海、浙江和广东四省市参加测试，2018 年中国北京、上海、江苏和浙江四省市参加测试。

*** 2018 年 OECD 开始将纸笔测试改为计算机测试，整体平均成绩似乎有所下降。

各国关注的第二层面是 STEM 教育的对象、内涵与要求。在这个层面上，人们最关注的问题有两个，谁应该接受 STEM 教育？STEM 教育应涵盖哪些内容？在发达国家中，英国政府最先用法律形式规定，所有义务教育阶段学生都不仅要学习英语与数学，还应该接受科学教育和技术教育。1988 年英国颁布《教育改革法》，在历史上第一次设立“全国统一课程”，一改原先每个人都可以选学自己喜欢的课程，导致选学数学、科学的高中生日益减少的问题，将英语、数学和科学定为义务教育学生人人年年必学的“核心课程”；将“技术课”定为七门“基础课程”之一。英国政府曾不无自豪地表示，把技术课规定为 5—16 岁学生都要学习的全国统一课程的基础学科，显示出英国在教育理念上的巨大进步，“没有一个西方国家已经在所有义务教育年龄学生的课程中给予技术课程如此突出的地位”。1980 年代以来，美国政府的许多文件也反复强调，要让所有中小学生，特别是高中学生学习 STEM 课程。1983 年美国教育部“卓越教育委员会”向教育部、国会和总统提议：必须改变“自助餐式课程”，这样的课程“很容易错误地把开胃品和甜点心当作主菜”，而推行所有学生在高中四年中都学习四年英语、三年数学与科学、半年计算机技术等 STEM “核心课程”。

在这个层面上，人们关注的另一个问题是，STEM 教育应该包括哪些课程与内容？美国科学促进会的《普及科学——美国 2061 计划：关于普及科学、数学和技术基础知识的研究报告》对科学、数学、科学以及工程的性质做了系统严谨的阐述，对它们的社会价值与教育价值作了系统的论述，对普及科学、数学、技术基础知识的内涵作了详细的说明，对教育改革和课程内容提出了《生物与保健科学》《数学》

《自然科学、信息科学与工程学》《社会科学和行为科学》和《技术学》五份详尽的报告。

例如,《2061 计划》专门论述了“技术”这一基础教育中经常被忽视的领域和课程。报告指出,技术的性质是“自从有人类存在,就有技术。实际上,工具制造技术一直被作为人类文化起点的主要证据”,“技术是人类文明发展的强大动力,所有技术都与科学紧密相关”。技术产生于人们对事物性质的认识 and 解决问题时获得的经验,以前“技术诀窍由师傅向徒弟一代代传授下来”,但今天,流传下来的已不仅是工匠的技艺,而且已经“变成了一项复杂的社会事业,不仅包括研究、设计与制作技巧,而且还涉及财政、制造、管理、劳工、营销和维修”,成为“一部由文字、数据和图表组成的浩瀚文献”。“从最广泛的意义上讲,技术增强了我们改变世界的的能力。”人们利用技术将材料切割、塑造或者合成一体;人们利用技术将物体从一个地方移到另一个地方,技术扩展了人的触觉、听觉和感觉。人类试图“运用技术改变世界,使其更加美好”。近几十年来,随着信息交际技术和人工智能技术的迅速发展,“技术”又将“信息交互技术”(ICT,我国多用 IT 表示)作为极为重要的内容包含在“技术”之中。因此,发达国家政府与学界普遍确认:技术(包括 ICT 技术),应该成为 21 世纪教育应该包含的核心要素,所有 21 世纪学生必须学习的内容、培养的核心素养。

对于基础教育界比较陌生和疑惑的“工程学”,《2061 计划》也作了精辟的阐述。该文献指出,“工程学是系统地运用科学知识和应用技术”“使科学探索与实用价值相结合”,“工程由与科学探索和数学模型联系最紧密的技术构成”。“从其最广泛的意义上讲,工程包括提出问题和解决问题。其基本方法是,对必须研究的物体(如汽车发动机、计算机芯、机械玩具),或者所要进行的工作(如灌溉、民意测验、产品试验),首先要提出总的设想,然后,给出技术细节”,从而使问题能够得到解决、使器物得以制造、使项目得以完成、使目标得以实现。与科学研究相比,工程技术“更能够更直接地影响社会系统和社会文化,影响人类事业的成功或失败,给每个人带来直接的利害关系。”因此,任何工程决策和工程项目,无论是设计一个飞机机门销栓,还是一个灌溉系统,“都不可避免地要涉及社会价值、个人价值以及科学判断等问题”。可以说,科学研究认为世界是可以认识的,并力图找出现象与理论

之间的关系；数学研究认为现象是可以量化计算的，并力图对想象和对抽象概念进行逻辑推理与证明；工程研究则认为现象是可以改变的，并力图通过设计和综合运用科学、数学和技术，使问题可以得到解决，使目标得以实现。该报告提醒美国公众，既然“工程”对解决问题和改变世界如此重要，为何不要求中小學生广泛学习呢？

各国关注的第三层面是，如何实施 STEM 教育。在这个层面上，一种有力的主张认为，我们仍然应该要求学生通过各基础学科学习和掌握科学（物理、化学、生物等）、数学和技术（信息技术）的基础知识和基本技能，养成正确的科学世界观、数学思维方法、工程决策设计观念和技术运用能力。这种主张也顽强地渗入各国的教育考试和国际教育成就评估之中。例如，近年来，美国 SAT 考试（相当于大学入学考试）在原有的几十年未变的“数学推理”（math reasoning）和“言语推理”（language reasoning）考试的基础上，增加了 SAT II 科目考试。而 SAT II 中的大部分测试都是单一学科式的考试，如物理、化学、生物学、生命科学、纯数学、应用数学、信息技术，等等。再如，1990 年代末出现的美国“大学先修课程”（AP 课程与测试），大部分也是分科设立的。英国大学升学用的 A - Level 考试和欧洲各国的高校升学考试也主要采取分科测试，而这些分科测试反过来又影响和强化着各国高中的分科教学。同时，国际大型教育成就测试，如 PISA（国际学生评估项目）测试，从 2000 年一开始就首先确定阅读、数学和科学三大学习领域的“基本素养”测试。从 1960 年代开始演进的 TIMSS（国际数学与科学教育趋势研究测试）也是分数学和科学对 4 年级和 8 年级学生进行跨国比较测试的。分科教学似乎仍然是中学阶段学生学习数学和科学基础知识的主要形式。

另一种观点强调，除了传统的数学、物理、化学和生物等分科教学，还应该采取“综合统整的方法”（integrated approach）进行 STEM 教育。这种主张已经日渐增强并成为 STEM 教育，特别是中小学教育中的一大潮流。这种观点认为跨学科 STEM 教育的方法至少有三大优势。

第一个优势是，在许多国家，特别是在中学阶段就长期采取“选修课”制度的国家，许多学生因为畏惧科学、技术等“硬课程”（hard course），故意避免选修数学、物理、化学、生物和技术课程，导致许多学生即便高中毕业，数学、科学和技

术知识却极为贫乏。与其不学科学技术，还不如从综合性的问题出发，促进学生学习科学、数学、技术，以与日常生活密切联系的问题，激励学生尽可能有兴趣地、尽可能多地学习这些学科的基础知识，掌握最起码的基本技能。美国教育部就曾根据布什总统《不让一个孩子掉队法》的规定，通过跨学科的综合学习方式，让美国50%的中学生达到最起码的“科学”教育标准，其中27%的非洲裔学生也达到学习“科学教育”相关课程的标准。有英美专家甚至提出，如果“要维护女生和少数族裔学生”学习数学、科学和技术的积极性，为他们表明“他们能同别人一样，学习相同的课程、达到同样的水平”，学校就应该选择与生活密切相关、容易理解并激动人心，免去死记硬背术语公式的课题，让学生通过小组学习等方式来学习。如能这样，“几乎所有学生都会努力学习”。

第二种优势在于，整合学习、跨学科学习不仅更能吸引学生学习 STEM 课程，而且有助于学生学会在掌握知识和技术的基础上，运用知识和技术去解决真实的社会、科技和生活中的问题。而解决问题、创新事物和改善人类生活正是人类学习的重要目的。为此，一些专家认为，“与传统的分科教学科目相比，每门学科的界限应该软化，强调相互衔接。例如，在物理、生物和技术系统中都讲能量转换；在恒星、有机体和社会中都出现演变问题”。更有许多教育专家提出，应该倡导克伯屈依照其师杜威的思想开展“项目学习”（project learning，旧译“设计教学法”），让学生在不断学习数学、科学和技术领域基础知识与技术的同时，大量运用“项目学习”的方式，综合使用不同学科的知识技术去独立和协作解决问题，而问题的解决又能成为学生反思各学科知识技术的社会意义、科学实质与运用价值的过程。

跨学科 STEM 教育或者说 STEM 统整性学习的第三个优势还在于，这种学习过程，不仅仅有利于学生学习学科性知识（disciplinary knowledge）与跨学科知识（interdisciplinary knowledge），而且有利于学生学习“认知性知识”（epistemic knowledge）和“过程性知识”（procedure knowledge）。所谓“认知性知识”是“认识专家是如何发现学科知识并应用学科知识的知识”，这种知识有助于学生认识学习的价值、运用知识的可能和增进学科学习的积极性。

而“过程性知识”更需要通过整合学习、项目学习和在解决问题的实践中来体验并实现。所谓“过程性知识”就是关于事物是如何制成、实现一个目标需要在什

么样的约束条件下、采取哪些步骤才能够实现的知识。有些过程性知识主要出现在某一两个领域中，而更多的过程性知识是可迁移的，可以运用到各个生活、社会和科技领域与情境中，用以解决各种社会、生活和科学难题。经济合作与发展组织（经合组织）、联合国教科文组织和美国科学促进会将这些称之为“可迁移过程性知识”（transferable procedure knowledge）。


具体地说，可迁移过程性知识又包含着“认识和发现问题”“理性陈述问题”“形成和建立认识问题和解决问题的框架”“认识解决问题的约束条件”“设计解决问题的过程方案”“配置解决问题的资源工具”“使用知识、资源、技术等解决问题（制作产品）”“监测过程、调整行动”“呈现问题解决的结果（制作成的产品）”“评价结果与产品”“形成新的知识、技术与经验”，等等。如果面对的是一两个人无法解决，而需要合作协力才能解决的问题或者才能够生产的产品，那么可迁移知识中还应该包括“如何达成共识”“认同问题实质”“共同规划设计”“发现个人擅长”“维护团队合作”“共同为了一个目标而奋斗”的知识和技能。

在联合国教科文组织、经合组织关于 2030 年教育发展目标和学生核心素养中，都将这些“可迁移过程性知识”列为与“学科知识”同样重要的知识，列为学生核心素养的重要组成部分。因此，经合组织在 2015 年的 PISA 测试中，专门设计了“协作性问题决绝”测试，测试通过问题解决的“过程性知识”（四步骤八环节）和协作所需的形成共识、共同行动和维护团队三要素构成了双向 12 格的测评标准矩阵，近 40 个国家的学生参与了此项测试。为“可迁移过程性知识”概念的确立，为“项目学习”和“整合性方法”在 STEM 教育中的价值肯定作出了贡献。

中国虽然是一个学习 STEM 课程人口最多的国家，也是每年培养 STEM 专业本科生和研究生人数最多、比例很高的国家，但是中国在 STEM 跨学科教育，在通过“项目学习”的方式开展 STEM 教育的方面，显然还刚刚开始。不管是对 STEM 教育和项目学习的价值理解，还是对 STEM 促进学生“认知性知识”和“可迁移过程性知识”增长的认识，亦或是如何在不同年级、不同领域开展 STEM 教育的方法等方面，我们还需要向世界学习、需要研究与探索。令人欣慰的是，上有国家教育部充分肯定 STEM 教育的价值和跨学科 STEM 教育的价值，编制颁发了一系列重要文献；下有像李慧博士这样一大批青年教师投身于 STEM 跨学科教育的研究，努

力探索 STEM 教育的秘密、设计跨学科 STEM 教育课程、开发 STEM 课程教学和评价工具。我相信，中国的 STEM 教育也一定会得到蓬勃发展并与发达国家并驾齐驱！中国的学生也一定会通过 STEM 教育，成长为善于掌握和运用 STEM 学科知识和过程性知识、善于认识问题和协作解决问题、勇于和善于创新创造的 21 世纪新人！

是为序。

联合国教科文组织教师教育中心负责人 

2020 年 8 月 10 日

前言

致读者

本书读者对象为教育工作者，其用途广泛。教师可用本书指导和丰富他们开展跨学科教学设计和教学活动，亦可用于创新常规课堂的教学设计和教学活动，以应对多样化需求的课堂。教育研究工作者可以本书提供的有关跨学科教学的设计理念、框架思路和 STEM+ 课程案例作为素材开展研究。本书适合职前教师和在职教师的专业发展培训使用，也可以作为培养本科生或研究生跨学科教学能力的课程学习教材。

我们应培养什么样的人？我们需要什么样的教育来实现人才培养的目标？这些问题已经逸出教育界，成为各个领域共同关注的议题，事实上，称之为世界性难题也不为过。面对世界多极化、经济全球化、文化多元化的时代状况，科技创新已成为驱动经济发展的关键动力，具有批判精神、创新意识和创造力的公民则是国家可持续发展的重要资本和国家竞争力的重要体现。时代发展和国家需求反作用于教育，推动了教育变革。培养学习者的关键能力与核心素养，为他们做好应对未来世界的准备，这便成了世界各国教育改革的重要目标和内容。

近年来，以跨学科和真实问题及情景为显著特征的 STEM 教育（STEM Education）进入公众视野，得到多国政府、教育界、企业界和其他利益相关群体的广泛关注，并被视为是提升学生学习兴趣、培养跨学科能力和创新能力的有效途径。STEM 是科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）和数学（Mathematics）四门学科的简称。现如今，STEM 教育除了 STEM（整合科学、技术、工程和数学四门学科）外，还衍化出了 STEAM（在 STEM 基础上融合艺术 Arts）、STREAM（在 STEAM 基础上融入阅读 Read）、STEMx（在 STEM 基础上再融合任意一门课程）、STEM+（在 STEM 基础上整合更多的学科、更广泛的领域）等跨学科课程类型。虽然形式愈加丰富，但这些跨学科课程都基于共同的教育理念，即一种融贯

不同学科知识，联系真实世界，以现实问题为导向，形成严谨且系统化学习经验的课程，通过课程的实施，训练学习者解决复杂问题的能力，培养职业兴趣，进而提升个体的竞争力。

STEM 教育对个人、家庭和国家的现实意义不言而喻。STEM 教育起源于美国，已经在美国、加拿大、芬兰、德国、英国、澳大利亚等许多国家的基础教育（K-12）中取得了良好的教学效果，但在我国受到普遍关注还只有数年。如何设计和实施 STEM 教育使之既能实现我国人才培养的目标，同时又富有时代气息？这是笔者一直在思索的问题，也是笔者决定编著此书的缘由，迫切希望就此与同仁探讨。

关于本书

每一次教学设计都是经历一番创新的过程，每一个教学活动都是一件创造的作品。希望这本书能够给读者带来崭新的想法，以及在教育教学方面创新创造的灵感。

本书的写作目的之一是启发教育者（比如教师、有兴趣从事教育工作的人士，家长等），让身处分科教育环境中的教育者能够对以跨学科为属性的 STEM 教学充满信心，能够轻松地设计出 STEM 主题项目，并高效地开展 SETM 教学工作。

本书的写作目的之二是启迪学习者（比如中小学学生、大学生），让学习者爱上思考，乐于探索人类、自然和社会，勇于解决问题。在思考、探索和解决问题的过程中，学习者能够在知识的积累、能力的养成和社会责任意识等方面有所提升，体验创新创造的乐趣，并从中源源不断地获取学习的热情。

本书围绕着三个问题展开，其一是 STEM 教育如何与现有的学校课程体系保持连贯性？其二是 STEM 教育如何融入常规的课堂教学？其三是我国的 STEM 教育如何走出一条本土化特色道路？笔者试图从 STEM+ 课程的设计与实施过程对这三个问题做出解答。

本书由前言、理论篇、实践篇、附录和参考文献五部分组成。前言中介绍了成书的有关信息，为读者提供阅读指南；理论篇由第 1 章和第 2 章组成，介绍了 STEM 教育的相关概念、国际发展态势以及 STEM+ 课程的设计思路和框架；实践篇包含第 3 章和第 4 章，展示了 STEM+ 课程的案例内容及其教学过程；附录提供

了 STEM+ 课程主题项目实施所需的安全说明；参考文献中罗列了书中主要参考的文件、书籍、论文和网站等资源，方便读者查阅相关资料。

由于 STEM 教育发展出了形式多样的课程，如前文所述的 STEM、STEAM、STREAM、STEM_x、STEM+ 等，在本书中，当谈及概念和理念的内容时，采用“STEM”“STEM 教育”作为统称，即指上述各类型课程所属的范畴，在课程设计和教学形式等具体层面的介绍时，则使用不同的名称对这些课程类型进行区别。下面，着重介绍理论篇和实践篇的编写情况。

第 1 章谈及两个问题。

- 第一个问题是有关“STEM 概念化”的问题。STEM 教育与时俱进，随着学科的发展和学科间的交叉融合，STEM 教育的课程形式也发生了明显变化，涌现出形式多样的跨学科课程。不仅如此，STEM 教育的内涵也更加丰富，由于 STEM 教育牵连着不同利益相关群体，各类利益相关者因立场不同而对 STEM 教育产生了迥异的理解，并影响着 STEM 教育的发展方向 and 进程。书中着重介绍了教育领域对“STEM”的不同理解，从课程维度和学习方式维度提出了一个整合的概念，凸显其跨学科的属性以及问题和情景的真实性这些核心特征，这也是本书的理论基础之一。

- 第二个问题是关于国际 STEM 教育发展的问題。世界各国所处的国际地位不同，又具有独特的国家历史、社会文化、政治体制和教育体制等，造成诸国发展 STEM 教育的动机、需求和成效也不尽相同。本书选取了美国、加拿大、英国、德国、芬兰、澳大利亚、日本、韩国和中国九个国家，简要概述了其各自 STEM 教育的发展状况，向读者展示了 STEM 教育在教育改革、经济发展、社会公平和人才资源配置等方面产生的影响。

第 2 章概述了 STEM+ 课程设计的方法论，分为三个部分，向读者呈现了 STEM+ 课程设计的框架和主要环节设计的脉络。

- 第一部分是 STEM+ 课程目标和教学目标的设计。本书以中国学生发展核心素养和美国 21 世纪学习框架中所描绘的核心素养与关键能力作为 STEM+ 课程人才培养的蓝图，结合了我国的国家需求、教育政策等文件，同时借鉴美国的教育文件等资料，提出了 STEM+ 课程的定位，设计了 STEM+ 课程的目标，此部分还介绍了教学目标的设计思路与方法。

● 第二部分是 STEM+ 课程的主题设计和内容设计。笔者以核心课程、跨学科主题以及真实性为抓手实施 STEM+ 课程的主题设计和教学内容设计，分别借用美国的 STEM 课程案例和本书中的 STEM+ 课程案例阐述了设计的缘由和设计的流程。这一部分试图回答笔者提出的“STEM 教育如何与现有的学校课程体系保持连贯性”问题。

● 第三部分是 STEM+ 课程的教学与学习方式设计和评价设计。书中首先介绍了国际上 STEM 教育常用的教学设计，然后展示了 STEM+ 课程教学与学习方式设计的思路，列举了一些主题项目的教学与学习设计，最后介绍了对 STEM+ 课程的评价设计。这一部分试图回答“STEM 教育如何融入常规的课堂教学”的问题。

第 3 章和第 4 章具体展示了两个 STEM+ 系列课程，即“生态文明建设：守卫家园”（第 3 章）、“流行病与大数据：与时间赛跑”（第 4 章）。每个系列均由三个主题项目构成，内容丰富、有趣，不乏挑战性。这些主题项目的设计和教学实施都是以第 1 章的内容作为理论基础，以第 2 章的内容作为方法论指导。实践篇的两个章节采用了相同的编排体例，均由两个部分构成，第一部分包括“项目内容介绍”“项目实施过程”“项目设计解析”和“项目拓展方向”四个节段，方便读者更加全面、清晰地了解是这些主题的设计思路、实施过程等内容。第二部分是与主题项目配套的学习资料 and 评价工具，包括“学习单”“评价量表”和“先行组织者材料”等。

● “项目内容介绍”一节概述了主题设计的依据、主题项目的教学目标、教学过程或者活动流程，描述了跨学科的概念、技能，以及课时、适用学段与整合的学科。

● “项目实施过程”中，按照教学设计或者活动设计的框架展示了 STEM+ 课程实施的详尽过程，描写了教师讲述的部分内容、关键问题的设计、师生和生生互动的情景、学生的作品等，读者可以从中清楚地了解到主题项目的实施细节，从而理解核心课程、跨学科以及问题和情景真实性这三个要素在主题设计中的体现和在教学中的落实。这一节中还编排了“教学提示”栏目，一方面，就一些教学问题与读者探讨，比如教学策略的使用、学习环境的设计等，另一方面，提供了与项目学习相关的材料与资源。通过编排“教学提示”栏目，希望增加与读者的互动，同时又能够使读者享受连贯的阅读体验。

● “项目设计解析”中，分析了主题项目的教学目标对其所属系列的 STEM+ 课

程目标的支撑情况、教学目标与学习者低阶思维能力和高阶思维能力的对应情况、不同学科的知识在主题项目中的整合方式。在部分项目中讨论了采用教学设计或者活动设计的原因，并分析了选用引导发现式教学模式、知识呈现教学模式和探究性学习模式等教学与学习方式的理由。这一节的内容旨在帮助读者从实践层面理解第2章讲到的STEM+课程教学与学习方式设计的理论和框架。

- “项目拓展方向”一节呈现了STEM+课程拓展的角度。考虑到本书篇幅的限制，笔者根据书中所列举的主题项目和实施过程，从主题设计、教学或者活动形式、学习材料、作品产出等方面提供了STEM+课程的创新思路，抛砖引玉，希望读者能够设计出更多、更好的跨学科主题项目。

本书突出实用性。在每个主题项目的实践描述之后，还提供了与之配套的学习单、评价工具和安全承诺书，方便读者“即看即用”。

- 学习单包含三部分内容，发挥三项功能。

其一是“概念词典”，该版块梳理了主题项目涉及的重要的学科概念，按照名词的首字母顺序排序，便于学习者快速查找，在历时几周的学习中能够随时复习。

其二是主题项目中包含的活动及其记录表单，作为导学资料和任务单，这些表单为学习者提供了“做项目”的指引。通过活动的实施和表单的记录，学习者将在相关学科知识的理解和跨学科应用、关键能力、核心素养等方面得到提升。读者也可以将这些活动内容和记录表单的样式与前文的“项目实施过程”相联系，进一步掌握每个主题项目的具体教学与学习过程，从中了解主题项目对教学目标和STEM+课程目标的支撑情况。譬如，本书中所列学习单上涵盖了不同类型的写作任务，包括试验报告、设计报告、研究报告、讨论记录、反思记录、评论、创意写作等，这些写作任务融于科学探究、工程设计、团队合作、反思学习、写作等学习活动中，旨在促进课程目标“(2)能够理解人类、自然和社会的相互作用及其产生的多维度效应和综合影响，(3)能够掌握科学探究和工程设计的流程，(4)能够运用跨学科思维、逻辑推理以及多学科知识和技能分析解决现实问题，(5)发展批判质疑、反思、创新创造以及沟通合作、自我管理的能力，(6)能够有效使用与评价技术和媒体信息、创造信息与媒体产品，(7)能够尊重差异、适应变化、愿意承担促进可持续发展的社会责任感”的达成。

其三是“发现与反思”和“教师评语”两个版块，是对学习者学习表现进行的过程性评价。

根据主题内容的特点，在第3章的“餐桌上的奇遇”项目中，还提供了“先行组织材料”，为学生架构知识体系，从而辅助项目学习的顺利实施。

- 评价工具是一套评价主体多元化，涵盖课前、课中和课后的闭环式量化评价体系。评价贯穿于主题项目的始终，例如，在主题项目开始前进行项目评价，在专门的评价环节，实施自我评价、作品评价等，评价也渗透到了项目学习的过程当中，比如，学习单的“发现与反思”版块是伴随着学习的推进而开展的，这也是重要的“他评材料”。

- 安全承诺书是由教师制定、学习者签订的一份保障安全的契约。这份“契约”并不是告诉学习者应该做什么，不应该做什么，而是尊重学习者的主体地位，相信他们能够有效地自我管理，通过“契约”增强学习者的安全防范意识和责任感，做到防患于未然。

这本书呈现了笔者从理论层面到实践层面在我国走出一条STEM教育本土化特色道路的探索过程。此书并非简单地罗列STEM教育案例，而是富有逻辑性地向读者展示了STEM+课程设计的依据、步骤和由此诞生的产品，以便让读者了解每个主题和教学过程的来龙去脉。确切地说，这本书是一个关于STEM教育的课程设计和实施的指南，而不是一份“产品说明书”，所以，读者无须全盘照搬，可以根据自己的兴趣与特长，结合教学的实际情况，灵活改编项目的内容和任何环节。很快，读者会发现，自己的创意灵感如此丰富，创新创造并不是一件难事！

李慧

2020年5月

目 录

序	1
前言	1
<hr/>	
理论篇	
第 1 章 STEM 教育概览	3
1.1 “STEM” 的概念	3
1.2 国际 STEM 教育的发展	6
1.2.1 STEM 教育发展的动机	6
1.2.2 STEM 教育的实践与成效	10
第 2 章 STEM+ 课程设计	12
2.1 STEM+ 课程目标设计	12
2.1.1 美国 21 世纪学习框架	12
2.1.2 中国学生发展核心素养	14
2.1.3 STEM+ 课程目标设计	16
2.1.4 STEM+ 课程教学目标设计	19
2.2 STEM+ 课程主题与内容设计	21
2.2.1 核心课程与跨学科主题	21
2.2.2 STEM+ 课程主题设计的依据	26
2.2.3 STEM+ 课程教学内容设计	30
2.3 STEM+ 课程教学与学习方式设计	33
2.3.1 STEM 教育常用的教学与学习方式	33
2.3.2 STEM+ 课程教学设计与活动设计	36
2.3.3 STEM+ 课程的评价设计	39
2.3.4 STEM+ 课程的教学与学习干预策略	41

实践篇

第3章 生态文明建设：守卫家园	45
3.1 项目梗概	45
3.2 水土流失	47
3.2.1 项目内容介绍	47
3.2.2 项目实施过程	49
3.2.3 项目设计解析	62
3.2.4 项目拓展方向	65
3.2.5 “水土流失”项目学习单	66
3.2.6 “水土流失”项目小组评价量表	72
3.2.7 “水土流失”项目自我评价量表	73
3.2.8 “水土流失”项目评价量表	74
3.3 植物的威力	76
3.3.1 项目内容介绍	76
3.3.2 项目实施过程	78
3.3.3 项目设计解析	88
3.3.4 项目拓展方向	91
3.3.5 “植物的威力”项目学习单	92
3.3.6 “植物的威力”项目小组评价量表	99
3.3.7 “植物的威力”项目自我评价量表	100
3.3.8 “植物的威力”项目评价量表	101
3.4 餐桌上的奇遇	103
3.4.1 项目内容介绍	103
3.4.2 项目实施过程	106
3.4.3 项目设计解析	126
3.4.4 项目拓展方向	128