



上海教师教育丛书

知新书系

郑思晨等
著

STEM+ 课程的 系统解读

——本土化实践的探索

从STEM到STEM+教育，给全世界的基础教育发送着一浪盖过一浪的冲击波，我们应该怎么办？理清它从哪里来、向何处去，也许是打开我们深入探索的金钥匙。



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE



上海教师教育丛书

知新书系

郑思晨等
著

STEM+ 课程的 系统解读

——基于本土化实践的探索



上海教育出版社
SHANGHAI EDUCATIONAL
PUBLISHING HOUSE

图书在版编目(CIP)数据

STEM+课程的系统解读：基于本土化实践的探索 /郑思晨等著.

-- 上海：上海教育出版社，2018.8

(上海教师教育丛书·知新书系)

ISBN 978-7-5444-8622-4

I. ①S… II. ①郑… III. ①科学知识—教学研究—中小学 IV. ①G633.72

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第165832号



图书策划 张志筠

责任编辑 徐建飞 宁彦锋

书籍设计 陆 弦

上海教师教育丛书·知新书系

STEM+课程的系统解读——基于本土化实践的探索

郑思晨等 著

出版发行 上海教育出版社有限公司

官 网 www.seph.com.cn

地 址 上海市永福路123号

邮 编 200031

印 刷 苏州美柯乐制版印务有限责任公司

开 本 700×1000 1/16 印张 24.5 插页 2

字 数 384 千字

版 次 2018年8月第1版

印 次 2018年8月第1次印刷

书 号 ISBN 978-7-5444-8622-4/G·7143

定 价 58.00 元

序

2015年，中国科协开展了第九次中国公民科学素养调查。调查结果显示全国具备科学素质的公民比例为6.20%，上海为18.71%，大概处于美国和欧洲在世纪之交水平。这个调查显示上海加强公民科学素养的迫切性。

当年发布的《国家中长期科学与技术发展规划纲要（2006—2020年）》中指出：“科技人才是提高自主创新能力的关键所在。”我国教育要为实现建设“创新型国家”的重大战略部署和“两个一百年”发展目标，培育出更多具有创新意识、科学素养和实践能力的未来建设者和接班人。

2016年国务院印发了《上海系统推进全面改革创新试验加快建设具有全球影响力的科技创新中心方案》，标志着上海大力推进具有全球影响力的科技创新中心建设的历史拉开了帷幕。十年树木，百年树人，从长远来看，科技创新人才的培养将为科技创新中心建设提供持久续航能力。

近两年来，教育部明确要求：“科学教育是立德树人工作的重要组成部分，是提升全民科学素质、建设创新型国家的基础。”因此，“2017年秋季学期开始，全国小学必须从一年级开始开设科学课程”。上述所有的列举都表明了上海加强青少年科学教育的重要性和迫切性。

怎样加强青少年科学教育？上海在深化课改的过程中采取过很多改革举措，随着时代的发展还需要继续进行深入的改革探索。2012年制定的上海教育综合改革方案中，又把STEM教育纳入其中，自此一批教育机构及其专家、一些基层学校和教师开始了新的探索。在探索过程中，PISA的研究成果对我们是有借鉴作用和启发作用的。PISA是国际知名的学生评估项目（Programme for

International Student Assessment) 的简称, 由经济合作与发展组织 (Organization for Economic Co-operation and Development, 1FROECD) 于 2000 年筹划实施, 其测试对象是完成义务教育之后的学生。2009 年起上海地区参加了两届该项目的测试, 2015 年中国的其他地区也参加了该项目的测试。2013 年 OECD 发布的《PISA 2015 科学框架草案》(PISA 2015 Draft Science Framework) 对包括科学素养及其重要性、科学素养的定义及其演变、科学素养的结构等内容都给出了值得重视的建议。

《PISA 2015 科学框架草案》指出, 科学素养是指作为一个有反思意识的公民能够参与讨论与科学有关的问题, 提出科学见解的能力。其体现为以下三种主要的科学能力: 一是科学地解释现象, 即认识、提供和评价对一系列自然现象和技术产品的解释; 二是评价和设计科学探究, 即科学地描述、评价科学研究, 提供问题解决的方法; 三是科学地解释数据和证据, 即分析评价数据和各种不同方式表示的参数, 并能得出恰当的科学结论。同时指出, 所有理解和参与有关科学技术问题讨论的能力都需要以下三种类型的知识: 一是内容性知识 (content knowledge), 又称为科学内容知识 (knowledge of the content of science), 指有关自然世界的事实、观点和理论等知识; 二是程序性知识 (procedural knowledge), 又称为证据概念 (concepts of evidence), 指关于科学家用于建立科学知识的知识, 这是实证研究所依据的实践和内容知识; 三是认知性知识 (epistemic knowledge), 指理解具体结构和规定性特征在知识建构过程中的必要作用, 包括理解问题、观察、假设、模型和讨论在科学研究中的功能, 认识不同的科学探究形式, 同行评审在建立可信赖知识的过程中扮演的角色等。而且《PISA 2015 科学框架草案》将科学素养的内涵进一步解读为背景、知识、能力和态度四个相互关联的方面, 并构建了能力标准和知识类型的认知需求框架, 要求学生在一一定的个人、地区与国家、全球等背景中, 根据自己对科学的兴趣、对科学探究方法价值的认识及自我环境意识等, 运用内容性、程序性和认知性知识, 解决生活中的科学问题, 从而展现科学地解释现象、评价和设计

科学探究、科学地解释数据和证据等科学素养能力。

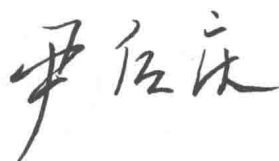
PISA 测试对科学素养内涵的要求在继承以往认识的基础上,加入时代特征,提升了对科学证据使用和科学探究活动设计的能力要求,加强了对科学知识建立过程(即科学本质)的考查,细化了评价的背景层次和知识层次,对态度的探查更加本质,从而有效解答了学校的课程学习与科技创新教育活动的关系,拓展了对学生科技创新素养的定义和内涵理解;深化了对学生科学素养培养的本质要求和切合学生年龄特点、学力水平的认识。

上海参加 PISA (“国际学生评估项目”)测试取得了均值高的成绩,但也反映了一些问题。例如,PISA 测试结果反映了学校教育在教学生如何按照科学的方式认识、理解世界,尤其是要能像科学家一样思考问题、解决问题等方面,学生的表现并不如人们的预期。上海学生的“科学”素养虽然均居于参加 PISA 测试的国家和地区的最前列,但是愿意 30 岁时在科学领域中工作的学生数很少,学生的“科学”素养与未来的职业愿景之间并没有关联性。

显然,今天学生的科技创新素养培养除了原有科学课程的学习之外还需要加强学生的行动体验与各类表达(展现),这就需要创新课程及其实施形态。在学习内容上要体现跨学科特点,学习过程中要依托学生“个人情境、地区与国家、全球背景”,使科学教育活动更好地成为学生体验、表达和创造的载体。开设 STEM 课程并且与目前中小学已普遍开展各类科技创新实践活动,主要有各种学生社团活动、兴趣活动、课题探究活动及主题教育活动,如科技节等协调起来,可以为中小学生科技创新素养培育搭建更加宽广的各类平台,提供各种支持,创设更好的环境,以不断提高青少年对科学技术的兴趣和爱好,提高对科学的本质及科学技术与社会的关系的认识,增强社会责任心,提升团队合作、创新意识、综合解决问题的能力。

上海校外科技教育具有悠久历史,资源相对充分、均衡,有着比较成熟的课程和一支专业师资队伍。多年来,通过开展多种形式的科普活动和社会实践,在增强青少年对科学技术的兴趣和爱好方面发挥了积极的作用。当然,随着时

代的快速发展，校外科技教育资源面临提升与优化的迫切需要。进一步完善校外青少年活动中心实施科学教育的目标、要求、途径和技术，进一步推动其开展多种形式的科技创新教育活动和社会实践，为提高青少年的科学素养有着巨大的空间和机会。我欣喜地看到本书作者郑思晨老师及其中福会少年宫的团队，已经用行动来回应时代和现实的呼唤。他们深入探索 STEM+ 教育和课程，并且收集了大量实践的案例。尽管这些案例还不一定十分完美，但从一个侧面反映了上海的学校、校外教育机构和社会方方面面为落实教育综合改革的任务，在科学教育革新的道路上扎扎实实地在行动。为此，作为一位有幸在上海教育转型时期改革的参与者和奋斗者，我很高兴将此文表达对这种探索的见证。



（国家督学、中国教育学会副会长、
上海市教育学会会长）

2018 年夏天

目录

CONTENTS

第一章 放眼世界的 STEM 课程 \ 1

第一节 STEM 滥觞美国的探因 \ 3

第二节 海外 STEM+ “嘉年华” \ 16

第三节 STEM 课程的中国版探索 \ 28

第四节 上海课程改革与 STEM+ 实践 \ 42

智慧阅读与实践 \ 56

第二章 核心素养与 STEM+ 课程的目标指向 \ 57

第一节 新时代聚焦学生的核心素养 \ 59

第二节 STEM+ 视角下对核心素养的理解 \ 74

第三节 “创客”与 STEM+ 课程目标的异同 \ 84

第四节 建构 STEM+ 目标体系的探索 \ 94

智慧阅读与实践 \ 110

第三章 跨学科与 STEM+ 课程的内容主题 \ 111

第一节 从 STEM 到 STEM+ 内容的拓展 \ 114

第二节 从“工匠”到“创客”教育的借鉴 \ 124

第三节 STEM+ 课程内容主题的“靶向设计” \ 142

智慧阅读与实践 \ 158

第四章 社会化与 STEM+ 的资源保障 \ 159

- 第一节 传统装备的功能开发 \ 161
- 第二节 教师专业的适应性发展 \ 179
- 第三节 STEM+ 资源智能化 \ 197
- 智慧阅读与实践 \ 204

第五章 “奶酪法则”与 STEM+ 课程的实施途径 \ 205

- 第一节 STEM+ 课程实施的要求与途径 \ 208
- 第二节 源于实践的“奶酪法则” \ 212
- 第三节 运用“奶酪法则”的基本要领 \ 250
- 智慧阅读与实践 \ 252

第六章 STEM+ 课程实施的关键要素 \ 253

- 第一节 注重经验共享和问题导向 \ 255
- 第二节 针对课程实施主体的实践指南 \ 264
- 第三节 不同教育主体的课程开发与实践方略 \ 278
- 第四节 建立 STEM+ 课程的保障与评价机制 \ 291
- 智慧阅读与实践 \ 302

第七章 STEM+ 课程上海实践的案例 \ 303

- 第一节 重在启迪的 STEM+ 第一进阶(小学) \ 306
- 第二节 重在实验的 STEM+ 第二进阶(初中) \ 326
- 第三节 重在创新的 STEM+ 第三进阶(高中) \ 350
- 智慧阅读与实践 \ 378

参考文献 \ 379

后记 \ 382



第一章

放眼世界的 STEM 课程

循黄道而运行的人类家园地球，一转眼，按照公历计算，进入 21 世纪已快近 20 年了。当进入 21 世纪之初时，世界教育的舞台上，就吹起了一股“STEM”教育风。它像一只报春的燕子，告诉在教育和课程改革高原上徘徊的人们：我们已经到了一个转型的时代，课程除了单科教育以外，在世界各国的教育界一场跨学科、跨领域的课程革命将会慢慢掀起，并会呈现“箪食壶浆”之势。

何谓“STEM”教育？即科学（Science）、技术（Technology）、工程（Engineering）、数学（Mathematics）几方面的综合或融合教育。在推进过程中又增加了艺术（Arts），涉及的学科和领域越来越宽泛，并且在这个基础上，又有人借鉴“互联网+”的启发，提出了“STEM+”的概念，使这项综合教育的边界变得模糊起来。正是这个不断扩容的变化过程本身也有力地证明了“STEM”教育的独特魅力，它将从着力培养学生以“解决问题、逻辑思维、批判性思考和创造力”为核心的科技理工素养开始，正在向培养面向未来的更为全面发展的创新人才核心素养发展。从严谨的学术角度讲，它倡导一种跨学科、跨学习领域的学习方法，通过真实情境的课程教学，将拥有科学、技术、工程、艺术和数学等知识背景的学生与学校、社区、工作和全球企业联系在一起，与人类未来社会的需求联系在一起。

从 STEM 到 STEM+ 教育，给全世界的基础教育发送着一浪高过一浪的冲击波，我们应该怎么办？理清它从哪里来及将向何处去，也许是打开我们深入探索的金钥匙。

第一节 STEM 滥觞美国的探因

在世界现代教育发展的道路上，美国往往都是许多创新点的“始作俑者”。有



许多证据可说明这个现象：

20 世纪 90 年代，霍华德·加德纳（Howard Gardner）引领哈佛大学“零计划”，警告说分科教学具有局限性，提倡正视学生的多元智能，提倡跨学科艺术的适才教育。

美国教育家东尼·魏格纳（Tony Wagner）认为，真正的学校教育应以七个“教育求生基本能力”为起点（如图 1-1 所示）。

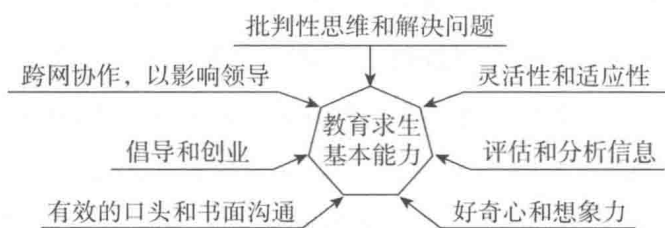


图 1-1 教育求生基本能力

这七个教育求生基本能力，讲究的是综合性、整体性的人格发展。它们蕴含在所有学科中，不是非得通过特定的学科才能完善。跨学科统整的联结才有激发学生深度学习的可能。魏格纳的提醒，无疑是对跨学科教学的肯定。统整教育已然成为扭转教育瓶颈的最佳方式。

链接 1-1

时代需要文理兼备的大机器人

孟晓犁是出生在上海市浦东新区的一位美国华裔数学家，毕业于复旦大学，后在美国任哈佛大学文理学院研究生院院长。2017 年 7 月 7 日晚在出席上海发展基金会主办的“上海发展沙龙”讲座上，讲述了他本人的一个小故事。10 天前他在上海打车从浦东前往浦西时，却被自己谙熟的大数据应用愚弄了：因司机坚持要孟晓犁自己提供行车路线，而他又不熟只能依靠在美国经常使用的通勤 APP “Waze”，被告知走的是一条最堵的路。他以此揶揄，并引出他的主讲话题：“大数据时代的发展需求：机器人还是大机器人。”他认为大数据只有在数据有质量的前提下才具备有效功能。由此来看，机器人有致命弱点，这个时代需要培养的

教育上的建议

- 制造机器人，需要电脑工程师
- 制造大机器人，需要人脑工程师——教师
- 培养越早越有效——盖新房比改造老房容易又便宜
- 通识教育与专业培养互补共进
- 培养T形甚至 π 形的人才



图 1-2 孟晓犁讲稿之一

大机器人应是文理兼备的 T 形甚至 π 形人才，即复合型人才。

为什么在美国很多学者都提到跨学科教育和复合型人才？从这个话题导入，有助于我们分析 STEM 教育和课程为何会在美国滥觞。

一、美国关于课程的若干主流观念

影响中小学乃至大学的课程，主要有三个流派：学科中心、经验中心、社会中心。

1. 学科中心论

学科中心论的基本主张是：学校的课程应传承前人的文化遗产，以学科分类为基础，与不同学科对应设置课程，通过分科教学，使学生掌握各学科的基本知识、技能、思想等，从而形成学生的知识结构。

学科中心论的主张最早可追溯到古代。中国古代的“六艺”、西方古代的“七艺”，应该是最早形态的博雅学科课程。近代以来，如夸美纽斯所倡导的“泛智课程”，赫尔巴特按人的“六种兴趣”设置的课程，斯宾塞根据功利主义原则设置的课程，都属于学科课程。学科课程的特点是：依据知识门类分科设置；将人类活



动的经验加以抽象、概括、分类整理；各学科相对独立而自成体系；按特定知识领域内在逻辑体系进行组织，即学科中心论所强调的主要是逻辑性、系统性和简约性。正是这种观念和因素，使学科课程这一流派在世界基础教育领域中长期占据主导地位。

20 世纪 60 年代以来关于学科课程的理论主要有：美国教育心理学家布鲁纳（Bruner J.S.）的结构主义课程论、德国教育学家瓦根舍因（Wagenschein M.）的范例方式课程论、苏联教育家赞科夫（Bahkob J.B.）的发展主义课程论（如表 1-1 所示）。

表 1-1 现代学科中心论代表观点简介

课程流派	代表学者	主要观点
结构主义课程论	布鲁纳（美国）	第一，主张课程内容以各门学科的基本结构为中心，学科的基本结构是由科学知识的基本概念、基本原理所构成的。第二，在课程设计上，主张根据儿童智力发展阶段的特点安排学科基本结构。第三，提倡发现法学习
范例方式课程论	瓦根舍因（德国）	强调课程基本性、基础性、范例性，主张应教给学生基础知识、概念和基本科学规律，教学内容应适应学生的智力发展水平和已有生活经验，教材应精选具有典型性和范例性的内容
发展主义课程论	赞科夫（苏联）	第一，课程内容应有必要的难度。第二，要重视理论知识，把规律性知识教给学生。第三，课程教材的进行要有必要的速度。第四，教材的组织要能使学生理解学习过程，即让学生掌握知识之间的相互联系，成为自觉学习者。第五，课程教材要面向全体学生，特别要促进差生的发展

上述各家虽有不同的观点，但都主张传承前人的文化。学科中心课程无论是主张系统性，还是注重范例性，或一般发展性，其优点均在于能在单位时间内，让学生通过“学”而掌握尽可能多的知识，教学的效率比较高。但是，其也有弊端，主要表现在以下三点：

第一，科目繁多，划分过细，导致总体课程体系臃肿，内容偏深偏难，容易加重学生的过重课业负担。

第二,分门别类组织和编排知识内容,彼此孤立,与学生完整的现实生活脱节,易造成学生认知结构的支离破碎,不利于综合能力培养和发展。

第三,注重学科自身的通识需要,与学生的个性需要和兴趣往往有冲突,教学中面临这种冲突,往往照顾学科而牺牲学生利益,不利于学生个性化发展。

这一流派,源于欧洲大陆学者,故又称为欧洲大陆派课程思想。

2. 经验中心论

经验中心论又称经验中心课程或儿童中心课程,美国教育家杜威是这一主张的主要代表(杜威不是儿童中心论的首创者)。杜威的儿童中心论思想源于19世纪的卢梭。而历史源头,最早可追溯到西方14世纪的文艺复兴运动。

文艺复兴运动时期,代表人物伊拉斯莫斯和拉伯雷等一批人文主义教育家都提出以“人”为中心。从“人的发现”到“儿童的发现”,这是儿童中心观确立的前提。该时期教育家都主张以儿童自然天性为基础,革新教育内容与教育方法,不能用成人的标准判断儿童。到19世纪,卢梭将其发扬。认为真正的教育就在于使儿童的自然本性得到发展,这是教育史的一大转折,确立近代教育的原则。到20世纪的杜威,将卢梭教育思想概括为“教育及自然发展”,再进一步发展,把儿童放在世界的中心,并逐步走向科学化。杜威的儿童中心观被认为是现代教育的一面旗帜。在中国现代教育家中,胡适和陶行知都是杜威的学生。

经验中心课程注重的是学生要“习”,即注重本人的实践,犹如航海中发现新大陆,故又称为欧洲海洋派课程思想。有关经验中心课程的主要观点包括以下几方面:

第一,学生是课程的核心。

第二,学校课程应以学生的兴趣或生活为基础。

第三,学校教学应以活动和问题反思为核心。

第四,学生在课程开发中起重要作用。

而杜威的观点更鲜明地表现为以下几点:

首先,强调教育和课程没有过程以外的目的,只有过程以内的目的,即促进儿童本能的生长,培养儿童适应现时社会生活的能力;

其次,主张以儿童参与其中的活动及其经验作为课程设计的中心,并以“从



做中学”作为课程组织的原则；

第三，打破学科固有界限，采取作业的形式，分单元进行活动，反对预先规定教材范围和进度；

第四，崇尚师生合作，反对教师权威，充分发挥儿童的自主性。

经验中心或儿童中心的课程理论在实施中也有不足，如过分注重经验，强调心理逻辑，重视实用性，以至于对知识的系统性，学科自身的逻辑性、学术性照顾不够，具有浓重的实用主义和自然主义色彩。为了弥补其不足，皮亚杰发展了经验中心论，提出建构主义。

3. 社会中心论

社会中心论又称社会中心课程论或社会改造主义课程论，是从进步主义教育运动中分化出来的，主张围绕重大社会问题来组织课程内容。早期代表人物有康茨和拉格等人，20世纪50年代后的主要代表人物是布拉梅尔德。

社会改造主义课程论认为，教育应该从其目标着眼，在课程方面迫切需要注意的是，要让学生认识到在社会中发生作用的各种政治、经济和社会力量，看到不受控制的资本主义经济带来的混乱和社会不安定现象。因此，学校的课程应该包括各种社会问题，要以理想社会的形象为基础。要使课程结构具有意义的统一性，就要以人文学科为主体，以问题为单元来设计课程。布拉梅尔德明确指出，学校课程应该是能够实现未来社会变化的运载工具。其基本要义可用图1-3表示。

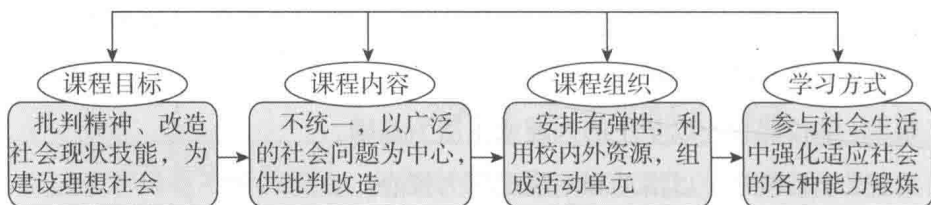


图 1-3 社会（改造）中心课程论简要示意图

社会中心课程论强调课程建设要关注社会焦点问题，反映社会政治经济变革的客观需求，课程学习应深入社会生活，强调课程结构有意义的统一性，深刻认识到社会因素对教育的制约作用。因此，它具有一定的特色和优势。但是，社会中心课程论同样可能走向另一个极端，即夸大学校变革社会的功能，把课程设置