

STEM、STEAM 课程与可能的实践路线

柳栋 上海市虹口区教师进修学院(200082); 吴俊杰 北京景山学校(100006);
谢作如 浙江温州中学(325014); 沈涓 上海市宝山中学(201900)

摘要: 社会发展转型期的中国, 社会建设者的创新能力、实践能力发展是亟待全社会着力解决的问题。本文扼要概述了 STEM 教育的发展脉络与内容框架, 回顾我国已有的实践, 展望现实中宏观与微观层面可能的突破策略, 以期促进同行的进一步思考和实践。

关键词: STEM STEAM 课程

一个国家的经济发展基础并不只是金融等所谓的虚拟经济、服务经济, 制造业尤其是高端制造业是社会健康经济真正的坚实基础之一。这里的高端包括两个层面的含义, 一是产品质量上的高水平, 一是科技含量上的尖端性。要求公民的科技素养。我国正处在社会发展转型期, 社会建设者的创新能力、实践能力发展是亟待全社会着力解决的问题, 教育行业必须直面严峻的发展挑战。

人类对世界的认识从古代的朦胧一体, 逐渐分化为分科的学问, 经由分科深化了对自然的认识。然而从上个世纪 50 年代以来, 学者们发现自然的规律并不是封闭系统决定论的可逆过程, 而是开放系统于开放的环境中, 在混沌的边缘, 经由主体自组织发展的不可逆过程。分科的学问渐渐走向融合, 整体性的视野和思维, 成为我们认识世界顺应规律发展的重要思想方式。本文试图扼要概述 STEM 教育的发展脉络与内容框架, 回顾已有实践, 展望可能的突破策略, 以期促进同行的进一步思考和实践, 进而促进教育的变革, 顺应社会的发展要求。

一、STEM 的由来与内涵

(一) STEM 课程的由来

美国历来重视国家核心竞争力。上世纪 80 年代以来, 美国为继续保持经济领域全球领导地位, 深刻认识到科技教育的滑坡与缺失将会造成人才严重短缺。因此, 他们富有创见地提出了科学、技术、工程和数学(STEM)学科集成战略¹, 为保持国家可持续竞争力, 必须大力培养训练有素的数学家、科学家、工程师、技术人员和具备科学素养的美国公民。近 30 年来, 美国政府, 和美国的一些科研机构、高校、基金会通过立法、拨款、专门项目等等方式推动着 STEM 深化发展。

最近, 奥巴马发布了《总统 2012 预算要求和中小学教育改革蓝图法案》, 决定斥资 2 亿多来推进 STEM 课程的实施, 今后两年内, 要招聘 1 万名 STEM 教师; 未来 10 年中, 要培养 10 万名 STEM 教师²。

(二) STEM、STEAM 与课程框架等

STEM 是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathmatics)英语首字母缩写, 在 1986 年由美国国家科学委员会首次提出。委员会在《本科的科学、数学和工程教育》报告中明确提出了高等教育领域中 SME&T(科学、数学、工程和技术)教育的纲领性建议。

1996 年, 美国国家科学基金会的《塑造未来: 透视科学、数学、工程和本技术的本科教育》报告, 针对社会发展中的形势和问题, 对学校、地方政府、工商业界和基金会提出了明确的政策建议, 包括大力“培养 K-12 教育系统中 STEM 教育的师资问题”。

2007 年, 美国国家科学委员会发表《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》报告, 行动计划中将 STEM 教育从本科阶段延伸到中小学教育阶段, 从中小学就开始实施 STEM 教育³。

STEM 领域建立在与其他学科的融合基础上。STEM 的教育哲学是“以设计和探索为目的的, 并对

技术问题解决进行科学的探索”。STEM 的构成框架如图 1 所示。

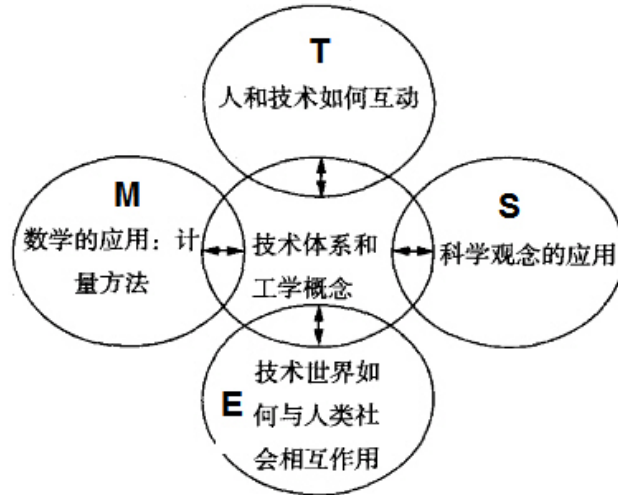


图 1.STEM 课程框架（根据李昭伊,刘君,卢泰天, 2011 年）

STEM 课程的培养目标中包含了科学素养、技术素养、工程素养和数学素养等方面⁴。

1.科学素养（Scientific literacy）是一种运用科学知识和过程（如物理、化学、生物科学和地球空间科学）理解自然界并参与影响自然界的有关决策。

2.技术素养（Technological literacy）是指使用、管理、理解与评价技术的能力。学生应当知道如何使用技术，了解技术的发展过程，具备分析新技术如何影响自己、国家乃至整个世界的的能力。

3.工程素养（Engineering literacy）是指对技术的工程设计与开发过程的理解。工程课程是基于项目，整合了多门学科的知识，使得难以理解的概念与学生生活密切相关，激发学生解决问题的兴趣。工程设计是把科学与数学原理系统地、创造性地用于实践的结果。

4.数学素养（Mathematical literacy）指学生在发现、表达、解释和解决多种情境下的数学问题时进行分析、推断和有效交流思想的能力。

STEAM 是由美国弗吉尼亚理工大学的学者 Yakman 首次提出。STEAM 中的 A(艺术)是指美术、语言、人文、形体艺术等含义。韩国学者金镇洙指出 A 狭义上是指美术、音乐等学科，广义上包括美术、音乐、社会、语言等人文语言艺术⁵。STEAM 的构成框架如图 2 所示。

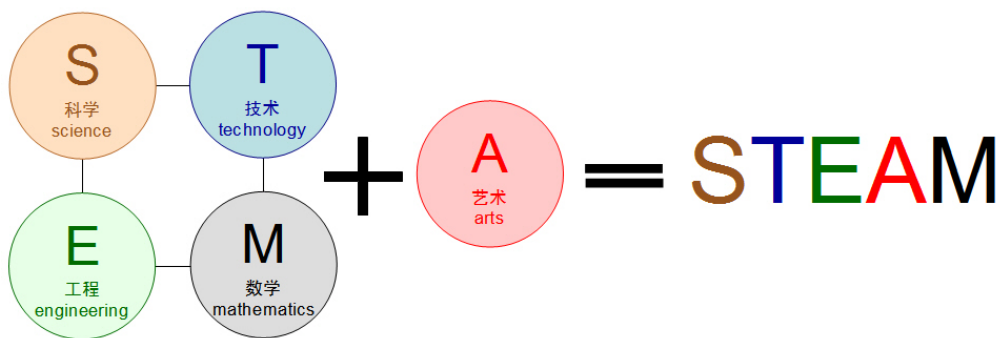


图 2.STEAM 课程框架（李昭伊,刘君,卢泰天, 2011 年）

STEAM 的课堂常常是基于真实问题解决的探究学习(PBL, Problem-Based Learning)、基于设计的学习(DBL, Design-Based Learning)，它强调学生在看似杂乱无章的学习情境中发展设计能力与问题解决能力，因为真实的问题是劣构、错构的问题。STEM 课堂上教师围绕一个真实问题，促进学生参与到一个班级范围内的小组中去开展研究，期间有可能通过面对面的方式、网络的方式与校外学习支持者、学习伙伴开展交流。在学习与研究的过程中，学生被要求使用技术搜集、分析数据，并设计、测试和改进一个解决方案，然后与其同伴交流研究成果。这类学习方式，学生需要花费更多的课外时间。图 3 是

可能的 STEAM 的学习循环示意图。

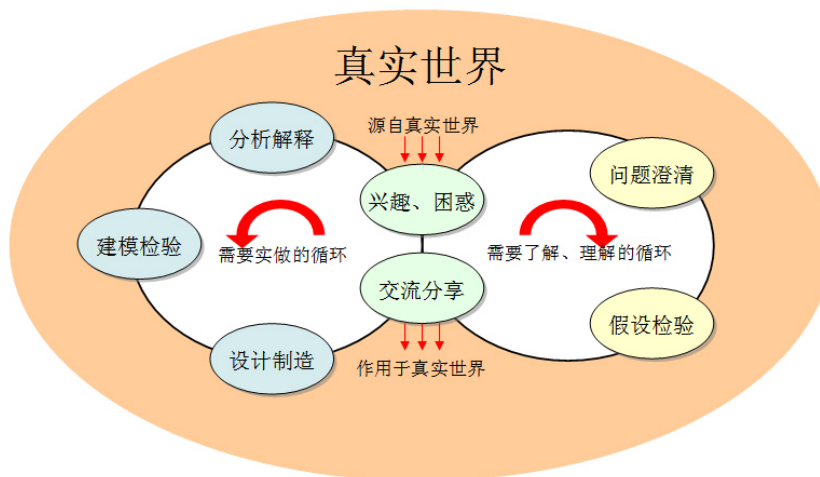


图 3.可能的 STEAM 学习循环示意图

此循环包括了两个基本循环：探究学习循环和设计制作循环，每个循环都涉及各种写作、反思与公开展示，以帮助学生阐释经验，澄清所学的知识，并将行动与目标联结起来。在两个循环并行或串行展开的过程中，学生迭代工作，逐步完善设计方案，进而提高对科学概念的理解、充分发展实践与创新能力。

从 K12 学段学校实施层面来看，STEAM 的践行离不开课程这个概念，STEAM 在基础类课程板块涉及到数学、科学（理化生等）、技术（通用技术、信息技术）、艺术（语言、音乐、美术）等四大领域的核心课程，而且还包含了各类丰富的相关选修课程。

美国学者桑德斯指出 STEM 中的技术、工程、科学及数学这四个知识体系一定会有一方面是突出强调的内容。因此在实施 STEM 和 STEAM 教育时，技术和工程两方面要必选其一，然后再综合科学、数学及艺术方面的内容，构建相关选修科目来达到 STEAM 教育的目的⁵。需要指出的是这里的“技术”是一个狭义的界定，主要是指人与技术手段的相互关系，而在我们前续的研究中⁶“技术”一词的界定已经包括了此处狭义的“技术”概念与“工程”的概念。

二、STEM、STEAM 思想在大陆上实践反映

尽管 STEAM 这个名词是舶来品，但是它所包含的思想和实践一样在大陆有所反映。

（一）政府决策与国家层面关于青少年创新能力的项目

我们政府一直重视青少年科技创新能力的发展，在 2001 年颁布的《基础教育课程改革纲要（试行）》中明确指出课程改革“面向现代化，面向世界，面向未来”，全面推进素质教育。在具体目标上谈到五个方面的“改变”，课程结构走向综合、均衡、选择，课程内容关注学习者的经验与终身发展，课程实施倡导探究学习，课程评价更注重发展性功能，课程管理变国家统一为国家、地方、学校三级管理⁷。

2010 年颁布的《国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）》，继续贯彻三个面向，强调：1.基础教育要着力提高学生勇于探索的创新精神和善于解决问题的实践能力。探索发现和培养创新人才的途径。到 2020 年，进入人力资源强国行列。2.职业教育要形成适应经济发展方式转变和产业结构调整要求，满足经济社会对高素质劳动者和技能型人才的需要。3.高等教育着力培养高素质专门人才和拔尖创新人才。建立以科学与工程技术研究为主导的导师责任制和导师项目资助制，推行产学研联合培养研究生的“双导师制”⁸。

在普通高校国家层面开展的科技竞赛至少有 22 项⁹，包括“挑战杯”全国大学生系列科技学术竞赛，平均每年举办 17 项左右赛事。“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛是由共青团中央、中国科协、教育部、全国学联和地方政府共同主办全国竞赛活动。自 1989 年首届竞赛举办以来，从最初的

19 所高校发起，发展到 1000 多所高校参与；从 300 多人发展到 200 多万大学生参与的竞技；竞赛获奖者中已经产生了两位长江学者，6 位国家重点实验室负责人，20 多位教授和博士生导师，70% 的学生获奖后继续攻读更高层次的学历；已经形成了国家、省、高校三级赛制，高校以“挑战杯”竞赛为龙头，不断丰富内容，拓展工作载体，竞赛成为大学生参与科技创新活动的重要平台¹⁰。

全国职业院校技能大赛是教育部发起，联合国务院有关部门、行业和地方共同举办的一项全国性职业教育学生竞赛活动，已经发展成为全国各个省、自治区、直辖市和计划单列市参与，专业覆盖面最广、参赛选手最多、社会影响最大、联合主办部门最全的国家级职业院校技能赛事¹¹。高职组有 32 项赛事、中职组有 28 项赛事。每次比赛参赛选手超过 5000 人¹²。

全国青少年科技创新大赛是由中国科学技术协会、教育部、科学技术部、国家自然科学基金委等中央政府机构和承办地人民政府共同主办的一项全国性的青少年科技竞赛活动。全国青少年科技创新大赛的由来要追溯到 25 年前我国改革开放之初的 1979 年。中国科协、教育部等在北京举办了“首届全国青少年科技作品展览”。中国科协牵头先后举办了“全国青少年发明创造比赛和科学讨论会”（开始于 1982 年）和“全国青少年生物与环境科学实践活动”（开始于 1991 年）。主办单位从 2000 年开始着手对这两项活动进行改革，将两项活动进行了整合，定名为“全国青少年科技创新大赛”，每年举办一届。活动内容包括上述两项活动的全部内容。

大赛的竞赛系列活动包括青少年科技创新成果竞赛和优秀科技教师评选。青少年科技创新成果是指青少年在科技实践活动和研究性学习过程中产生的发明创造作品和科学研究论文等。优秀科技教师评选是通过科技教师交流开展科技教育活动经验，推出具有时代特色和创新方法的青少年科技教育活动方案，进而评出优秀科技教师。大赛的展示系列活动包括优秀科技实践活动展览、少年儿童科学幻想绘画获奖作品展览等。

普通高校的科技竞赛的组织一般是“国家—院校”两级机构，职业院校的技能大赛的组织一般是“国家—省市—院校”三级机构，K12 学段的青少年科技创新大赛的组织一般是“国家—省市（教育行政+省市青少年科技中心等校外教育业务机构）—区域青少年科技中心—学校”四级机构。我国关于 STEM 一般以“科技创新”、“创新能力”、“实践技能”等为关键词。国家在该领域的决策过于原则，系统思考不明显、行动细节不够清晰；工作策略上以赛促教，就基层实践的角度来看拔尖的功能更强于普及的功能，没有从课程建设的关键点聚焦着力。K12 领域中的青少年科技竞赛中有功利主义、锦标主义的苗头，普及性远远不够；业务管理归属区域校外教育机构，没有深度渗透到课程建设与实施的核心业务流程中。

（二）高校、地区、学校的行动

华东师大、华南师大、广西师大等高校从课程建设的角度关注这一领域，南京大学、浙江大学等高校也有相关的研究，研究成果比较丰富。但是大陆就 STEM 为主题的研究总量远远不够，论文大部分发表于 2010 年以后，篇名、关键词中含有“STEM 课程”、“STEM 教育”的相关文献仅有 20 余篇。以“创新能力”、“实践能力”等为关键词的文献不少，但是能够系统性思考课程建设、实施，能够提出系统行动方案的不多。

在各省市自治区政府中，北京市金鹏科技团项目、上海市创新实验室项目是较为突出的两项。北京金鹏团项目始于 1998 年，金鹏科技团是北京市教委领导下的中小学科技教育组织。为适应中小学科技教育工作的新形势，发挥金鹏科技团在中小学科技教育中的引领和龙头作用。北京市教委于 2005 年、2010 年两次深化金鹏团项目的推进工作，目前在北京市中小学形成了近 50 个金鹏科技团^{13 14 15}。

上海市教委于 2010 年、2012 年两次征集创新实验室案例，征集范围从高中延伸到了初中、小学，而且所属学科也更多。早在 2007 年上海市颁发的《关于深化教育综合改革进一步加强创新人才培养的若干意见》中，就明确提出经过 3 到 5 年的努力，上海教育加强创新人才培养要基本实现“一个体系框架、两个显著提高”。基本建成以素质教育为核心，以培养创新意识和实践能力为重点，“学校教育各环节互为联动、大中小幼各学段纵向衔接、政府学校社会家庭横向沟通”的创新人才培养体系框架。显著

提高广大学生的创新素质，显著提高创新潜质突出学生的创新能力。2010年上海市教委决定在部分高中开展“学生创新素养培育实验项目”，并同期推出了创新实验室建设项目。学生实践和创新基地建设工程列入《上海市中长期教育改革和发展规划纲要》2012年之前启动实施的十项重点发展项目，而“建设学生创新实验室”项目又是学生实践和创新基地建设工程的重要内容之一。政府希望通过这些项目的实施，到2020年，上海基础教育阶段学生的培养模式和目标都有所改善，特别是在创新精神方面要有显著提高¹⁶¹⁷。

各地的示范性实验性高中的特色科技实验室和特色校本课程建设，内容非常丰富，领域相当广泛。而小学学段的校本科技课程据笔者相当有限的了解，深圳南山实验学校麒麟部的游戏化小学低段科技课程、北京九条小学各类科技实验校本科目、上海虹口区曲阳第四小学虚实融合的小学科学校本课程等是较为成型的具体案例。

此外以科学技术为主题的学校也有具体的案例，如始创于1993年，1997年更名的上海市徐汇区康宁科技实验小学，学校办学以科技教育为特色，多年来致力于小学生科技教育的研究与实践。学校以著名的康宁少儿科学院为依托，邀请了多位中科院院士担任名誉院长，将科技教育与人文教育相结合，全面培养学生的创新精神和实践能力¹⁸。深圳科学高中创办于2012年3月1日，是中国第一所科学高中，旨在培养以科学、技术、工程和数学见长的创新型高中学生。实验课程体系是深圳科学高中三大体系之一，该体系重视基础知识的教学与基本能力的练习，将在科学特色与人文素养融合发展的基础上，强化研究性教与学、自主性理科实验以及选择性深度学习等教学方式¹⁹。

（三）教师个人自主的探索与民间的创客运动

每个时代能进取的教师总是会顺应社会发展，主动变革教学。围绕STEM教育理念，依托综合实践课程板块，北京的吴俊杰老师研发、执教了《人工智能》、《Scratch编程》，广州吴向东老师和武汉毛爱平老师依托Scratch软件，研发推进了《儿童数字文化创作课程》的实践。常州管雪枫老师研发实施了《小学生趣味编程》课程，温州谢作如老师依托Arduino、Scratch软件开发并实施了《互动媒体技术》课程。在传统科技创新领域的老师，如上海复旦大学附中吴强老师，在各自的学科领域作出了自己独立思考与主动探索。

“创客”一词来源于英文单词“hacker”，它并非指电脑领域的黑客，而是指不以赢利为目标，努力把各种创意转变为现实的人。克里斯·安德森新近提出的概念是“创客(Makers)”他指出：每一次工业革命，下面都是一群人。而驱动第三次工业革命的是一群叫创客的人，他们引领科技行业走进了一个新的方向，即个体制造时代的到来。运用互联网和最新的工业技术进行创造²⁰。李大维正是这本书中提到的中国创客。他创立的新车间，位于上海，是中国第一个创客空间，成立于2010年9月。李大维曾经从事Facebook社交应用开发工作，现在正推动着中国的民间创客文化的发展。创客空间(hackerspace, hackspace, hacklab, makerspace, creative space)是一个人们能分享兴趣——多数是电脑，技术，科学，数字或者电子艺术（也包括其他更多方面）——合作，动手，创造的地方。创客空间可以被看作开源社区创客能聚集在一起分享知识，创造新事物的实验室，厂房，工作坊，工作室等等。很多创客空间参与自由软件，开源硬件，新媒体的活动。他们经常在大学，社区活动室，成人教育中心，但是有些需要更多空间的可以直接在厂房里。目前在大陆在上海、北京、成都、南京、深圳等地已经成立了自己的创客空间。

三、STEM、STEAM 大陆可能的实践路线

（一）宏观层面——国家、高校、科研机构

在国家层面，建议重新开展对技术类课程的深度研究，以期推出符合社会发展要求的中小学技术类课程标准、技术类课程教师职前培养方案、技术类课程教室装备标准、技术类课程师资配备的人事编制方案等方面的工作，并建议国家通过立法制定规则，以激发社会各界参与到课程建设的活动中去的内在

动力。同时，建议对数学、科学类、艺术类等核心课程的课程标准相关修订开展预研究。

建议各类科研机构、社会机构与企业组织，通过各种方式支持相关领域的分项研究，通过各个侧面的努力丰富完善整个 STEM、STEAM 教育实施系统所需要的认识与探索。

囿于 K12 师资成长周期的限制，除了高等教育需要为培养 STEM 教育合格师资的努力以外，建议各类高校开设周末与暑期 STEM 科目，一是缓解师资匮乏的困难，二能够更好的推进 STEM 教育可持续性发展。与此同时，基础教育需要调整选修课认定方式，以容纳相应的课程实施方式新形态。

（二）微观层面——基层学校、教师个人自主的探索

在学校层面，STEM、STEAM 课程的实施，可以围绕着学校办学特色建设、特色综合实践板块（国家课程方案）校本课程建设、特色拓展探究板块（上海课程方案）校本课程建设来开展。尝试将它们与数学、科学类和艺术类核心课程对接融合。

在教师层面，可以根据自己原有任教学科与 STEM、STEAM 可能的交集，寻求可能的突破方向，依托特色综合实践板块校本课程、特色拓展探究板块校本课程建设，实施相关的自我研发科目，更建议老师们根据兴趣相投的原则，组合成团队，共同研发实施相应的 STEM、STEAM 校本课程科目。我们建议老师们借助 STEM、STEAM 校本课程科目的研发实施，更新自己的相关知识、发展相应的教育教学能力，在实践中发展，在发展中推动实践。

参考文献

- [1]朱学彦,孔寒冰.科技人力资源开发探究——美国 STEM 学科集成战略解读[J].高等工程教育研究, 2008 年(2)
- [2]赵中建.STEM: 美国教育战略的重中之重[J].上海教育, 2012 年(11)
- [3]范燕瑞.STEM 教育研究——美国 K-12 段课程改革新关注[D].华东师范大学硕士学位论文, 2011 年.
- [4]秦炜炜.全球化时代美国教育的 STEM 战略[J].教育技术资讯, 2007 年(10)
- [5]李昭伊,刘君,卢泰天.韩国技术教育发展的最新动向——以 STEAM 模型为中心的技术教育课程设计[J].教育研究与评论·技术教育, 2011 年(5)
- [6]沈涓,柳栋.上海市虹口区教师进修学院突出思维、建构与整体性——高中技术课程建设与实施中几个基本问题的思考[J].中小学信息技术教育,2007 年(3)
- [7]中华人民共和国教育部.基础教育课程改革纲要（试行）[J].人民教育 2001 年(9)
- [8]国家中长期教育改革和发展规划纲要（2010—2020 年）[DB/OL].
http://www.gov.cn/jrzq/2010-07/29/content_1667143.htm 2010-07-09/2013-05-01
- [9]中国大学生科技竞赛项目列表[DB/OL].<http://news.qau.edu.cn/n16009c8.aspx> 2012-08-31/2013-05-01
- [10]“挑战杯”全国大学生课外学术科技作品竞赛和中国大学生创业计划竞赛[DB/OL].
<http://www.tiaozhanbei.net/focus> 2012-08-31/2013-05-01
- [11]全国职业院校技能大赛简介[DB/OL].
<http://www.nvsc.com.cn/home/2010-06-24/1277373611d3572.shtml> 2012-06-24/2013-05-01
- [12]全国职业院校技能大赛比赛项目[DB/OL].<http://www.nvsc.com.cn/ssxm/index.shtml> 2012/2013-05-01
- [13]北京校外教育. [DB/OL].<http://www.bjxwjy.org.cn/xwpt/zwxx/2011-07-21/114.html>2006-06-19/2013-05-01
- [14]北京市教育委员会关于开展北京金鹏科技团 北京市中小学科技教育示范学校评审和认定工作的通知[DB/OL].
<http://www.bjedu.gov.cn/publish/portal0/tab67/info10316.htm> 2010-12-19/2013-05-01
- [15]北京金鹏科技团章程[DB/OL].
<http://wenku.baidu.com/view/d086cc4533687e21af45a9ce.html> 2011-04-14/2013-05-01
- [16]罗阳佳.颜慧芬专访：在创新实验室里传递育人正能量[J].上海教育,2013 年(Z1)
- [17]上海市教委基础教育处,上海市教育技术装备部.上海市启动 2012 年度中小学创新实验室建设项目工作[DB/OL].
<http://www.ceiea.com/html/201210/201210091537022558.shtml> 2012-10-09/2013-05-01
- [18]康宁科技小学.学校介绍[DB/OL].<http://knkj.xhedu.sh.cn/cms/app/info/doc/index.php/25685> 2012-04-16/2013-05-01
- [19]深圳科学高中.实验课程体系[DB/OL].<http://www.szkegao.net/system/testone.aspx> 2012-03/2013-05-01
- [20]克里斯·安德森.创客：新工业革命（Makers: the New Industrial Revolution）[M].中信出版社，2012 年 12 月第一版