



日本科学课程教材 STEM 内容分析

○蔡婷婷 李 佳

摘 要 自美国提出 STEM 教育以来,世界各国围绕 STEM 教育进行课程与教材改革。同属亚洲儒家文化圈的日本,是 STEM 教育的后起之秀,其科学教育的发展成果与科学教材的编写能够对国内科学教材的编写带来一些启发。该文以日本初中主流科学教材《新科学 1》为研究对象,依据 STEM 教育框架对植物的世界、身边的物质、身边的现象、大地的变化四个主题内容进行编码,开展定量与定性分析。经过分析研究,得出结论与启示:科学教材的编写不仅需要充分渗透 STEM 的学习内容,而且不同学科之间的融合在突出共性的同时更要区分个性,同时对教师培训与社区型学习环境的创设提出具体建议。

关键词 科学教材 STEM 教育 科学教育

STEM 教育是由美国发起并主导的一场基础教育改革运动。美国国家科学委员会(NSB)发表《本科的科学、数学和工程教育》报告,标志着美国 STEM 教育的开端。^[1]STEM 教育是一种创新性的教育方式,强调将科学知识与技能整合于科学调查之中从而提升学生解决现实问题的能力,而 S、T、E、M 被公认为是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)各学科首字母的缩写。

国务院办公厅 2016 年印发的《全民科学素质行动计划纲要实施方案(2016—2020)》指出要推进义务教育阶段的科技教育,完善中小学科学课程体系,并增强中学数学、物理、化学、生物等学科的横向配合。^[2]在 2003 国际学生测评项目(Program for International Student Assessment)中,成绩大幅下滑激起了日本国内轩然大波,进而引发 PISA 危机。日本将其在 PISA 上的退步与国际数学和科学评测趋势(The Trends in International Mathematics and Science Study)中的糟糕表现归结为基础教育的薄弱,并开始关注美国的 STEM 教育,以寻求解决教育危机的途径。^[3]

在 2011—2012 年期间进行的国际成人能力评估调查(Program for the International Assessment of Adult Competencies)的三项调查结果显示,日本成人

的“数字领悟能力”与“阅读能力”得分排名第一,“利用信息技术解决问题能力”位居前列。^[4]同属亚洲儒家文化圈的一员,日本是如何在较短时间内取得如此巨大成就?为探究日本初中科学教材内容特点,了解日本科学教育发展状况,对日本主流科学教材《新科学 1》(东京书籍株式会社,2012 年平成 24 年版)^[5]的 STEM 内容进行编码分析,力图在定量与定性分析其内容的基础上发现其中精华,探寻对我国科学教材编写与科学教育的有益启示。

一、研究设计

本文以美国弗吉尼亚理工大学学者 G.Yakman 提出的 STΣ@M 金字塔^[6]为研究框架(见图 1)。他在广泛的调查研究基础之上对科学、技术、工程、数学、艺术五个元学科进行重新定义和分类使之可视化,因此该研究框架更加具有较高的内在信度。基于 STΣ@M 金字塔中确定的 S、T、E、M 包含的具体学科内容,对科学教材进行编码分析。为了保证本文的外在信度,两位编码者使用编码表同时对教材进行预编码,并对结果进行 Kappa 检验,得到 K 值为 0.912,具有较高的外在信度。得到 STEM 编码表及其具体样例,见表 1。

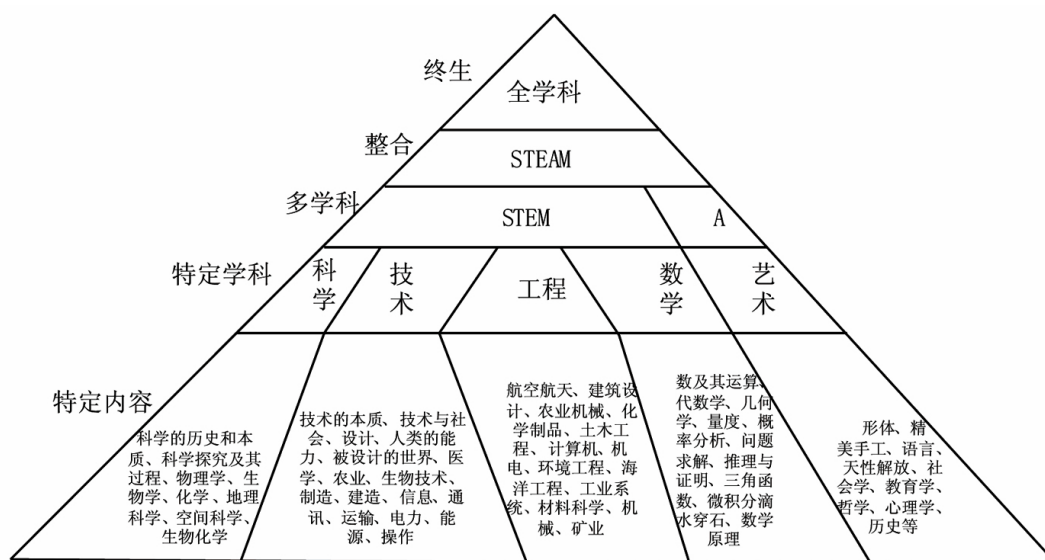


图 1 STΣ@M 金字塔结构框架

Fig.1 STΣ@M structural framework of Pyramid

表 1 STΣ@M 编码表及样例

Table 1 STΣ@M coding table and examples

元学科	具体学科	编码	科学教材具体样例
科学(S)	物理学	S-1	知道光在透明物体中的传播方式、理解凸透镜成像规律
	生物学	S-2	知道花和种子的结构及功能、知道光合作用的原理
	化学	S-3	知道金属和非金属的性质、知道氧气和二氧化碳的制备方法
	地理科学	S-4	了解岩浆和火山的形状和行为、火成岩的结构、地震波
	空间科学	S-5	了解植物园的空间分布概略图、学校周边的布局
	生物化学	S-6	理解利用溴麝香草酚蓝水溶液检验光合作用与二氧化碳的关系的原理
技术(T)	医学	T-1	了解利用 X 射线的透过性拍摄 X 光片进行医学诊断
	农业	T-2	了解日本的粮食产业——水稻的生产
	生物技术	T-3	了解深海鱼的身体构造
	制造	T-4	制作显微镜薄片切片机、制作简易的显微镜和照相机
	信息	T-5	能够从文字、声音等获得相关信息
	通讯	T-6	了解利用光信号来传递信息
	电力	T-7	了解风车利用力的作用进行风力发电、太阳能发电的原理
	能源	T-8	了解石油的分馏
	操作	T-9	分解花瓣、制作叶片切片、蒸发、重结晶、过滤、蒸馏、重结晶
工程(E)	航空航天	E-1	了解火箭的零部件、宇宙飞船的内部的构造
	建筑设计	E-2	了解利用声音的原理设计美术作品
	农业机械	E-3	了解利用声音来检查机器的受损情况
	化学制品	E-4	能够从废弃塑料、塑料瓶中提取出纤维
	环境工程	E-5	了解使用氯气净化水、垃圾的分类、地震后灾害的预防
	海洋工程	E-6	认识海洋中的各种藻类、了解潜水调查
	材料科学	E-7	了解镜子的构成、金属和非金属的区别、温度计中水银的性质
	机械	E-8	了解潜艇的内部构造、自行车制动闸的原理
	矿业	E-9	了解不同矿物的主要特征、不同地区火山岩和深层岩中主要矿物的比例
数学(M)	数及其运算	M-1	会计算物体的密度、溶液浓度
	几何学	M-2	了解简易抛物面天线的制作流程
	问题求解	M-3	通过看到打雷和听到雷声之间的时间差计算两者之间的距离、求某地发生地震和震中心的时间差

二、STEM 学习内容

1. 学科数量分布

经过编码统计,该教材 STEM 覆盖的知识点总数为 181 个,见图 2,数学、科学、技术、工程数量分别为 82、57、34、8。科学在该教材中的涵盖面最大,所占比例为 45%,接近整本教材的二分之一,技术内容略低于科学,比例为 32%,两者之和所占比例为 77%,是该教材侧重的两大部分,工程所占比例为 19%,数学涵盖面最少为 8%。由此可见,该教材紧紧围绕科学、技术、工程内容展开,数学内容相对较少。

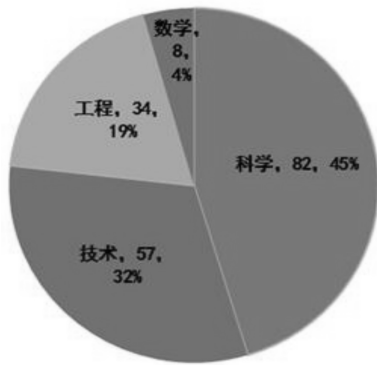


图 2 科学、技术、工程、数学内容统计分析
Fig.2 Science, Technology, Engineering, Mathematics' statistical analysis

2. 分主题学科数量分布

该教材分为植物的世界、身边的物质、身边的现象、大地的变化四大主题,按照该主题分类,对每

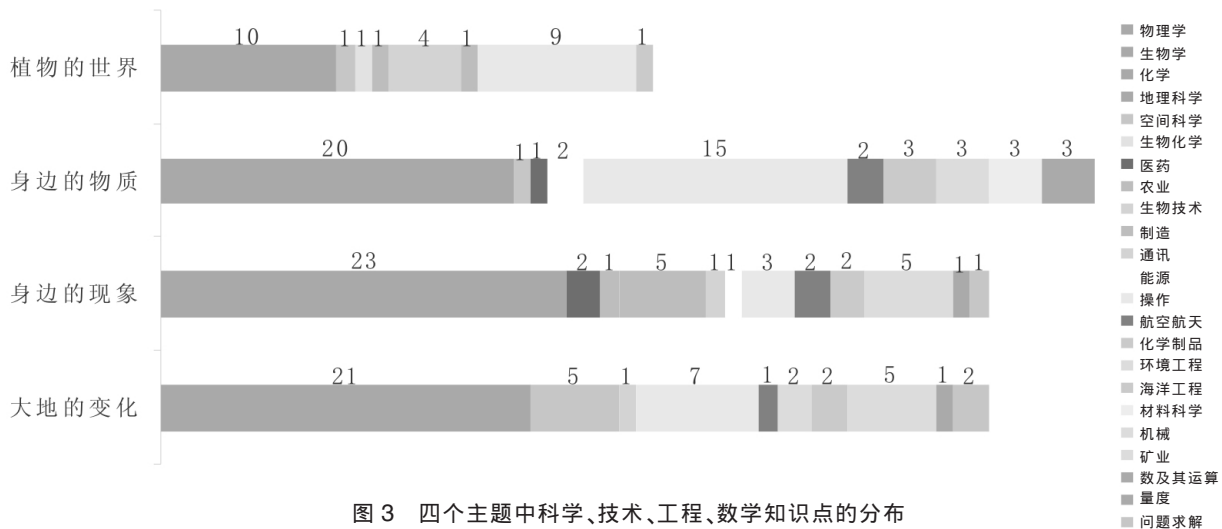


图 3 四个主题中科学、技术、工程、数学知识点的分布
Fig.3 Science, Technology, Engineering, Mathematics' distribution in four themes

一主题中的 STEM 内容分别进行编码分析,统计得到四个主题中科学、技术、工程、数学的分布情况,见图 3。

植物的世界中科学和技术分布比例接近,在科学中主要是生物学知识;技术中操作最多,生物技术比例次之;工程与数学涵盖较少。身边的物质中科学、技术、工程比例接近,涉及少量的数学内容,科学中以化学知识为主,有少量的空间科学知识;技术中依然是操作最多,有少量的医药与能源知识;工程分布相对均匀,在航空航天、化学制品、环境工程、材料工程均有涉及;数学主要是关于数及其运算。身边的现象以科学、技术居多、工程次之,数学最少,科学类主要是物理学知识;技术类以制作和操作为主,涉及少量的医药、农业、通讯与能源知识;工程以机械为主,包含航空航天与海洋工程知识;数学涉及极少数的数及其运算、问题求解知识。大地的变化以科学最多,技术与工程次之且两者比例接近,数学最少,科学类以地理科学知识为主,涵盖空间科学知识;技术中依然以操作为主,涉及通讯知识;数学类知识主要是关于量度与问题求解。

三、对中国科学教育的启示

1. 科学教材编写合理渗透 STEM 学习内容

现实问题从来不会以单一问题形式出现在学生面前,要培养能够应对社会、生活问题的复合型人才,需要将知识进行重新整合与设计。科学教材的编排,首先需要理清五者之间的逻辑关系;科学为学生理解工程与技术提供理论基础,数学、艺术



为学生应用科学、技术、工程提供思维方法和分析工具,艺术能够提高学生的审美与创新能力。因此我们可以将科学定位为一个中心学科,其他四个学科紧紧围绕中心学科进行内容的编排。

在理清上述逻辑关系的基础之上,再来选择STEM的学习内容。《基础教育课程改革纲要试行》中明确规定国家课程标准是教材编写、教学、评估和考试命题的依据,是国家管理和评价课程的基础,教材内容的选择应符合课程标准的要求。^[7]因此,要明确义务教育课程标准中各个阶段的学习目标,依据目标进行内容选择和组织,合理进行学科之间的融合。通过对日本教材STEM学习内容的分析,可以得到一些启示,在教材中增加如生物技术、航空航天、环境工程、医疗、海洋工程等社会热点问题,引发学生对社会生活的关注,树立起对社会的责任感。学生对知识的学习其实是源于对生活、自然、社会的好奇心,而学习STEM内容恰恰能够在满足学生好奇心的基础上让其更深刻的体会到STEM内容对于社会生活所产生的影响,从而实现良性循环。

科学教材的编写既要兼顾各个学科本身的特点又要尽可能做到学科融合,“突出共性,区分个性”不失为一种良策。首先,对于学科的具体内容来说,生物侧重于生物技术;化学侧重于材料科学;物理侧重于机械;地理侧重于矿业。但是它们都会涉及到与人类相关的医药工程、环境工程、海洋工程与航天工程。其次,对于科学知识学习的方法来说,生物与地理侧重于科学观察;化学与物理侧重于科学实验,但是四者从来不会缺少的是动手与实践,所谓其共性。

2.为STEM学习的开展提供有力保障

越来越多的证据表明:校外学习对校内学习的影响与校内学习对校外学习的影响是同等程度的。^[8]教材在编写过程中应有针对性的引导社区型学习环境的创设与利用。例如在结束阶段性的学习内容之后,根据本阶段所学内容的特点,组织学生到社区、机构、学校、企业、科技馆、植物园等进行拓展学习。社区型环境中的学习资源如果能够被精巧设计和有效利用将能够极大地增强学生的学习体验,加深对学习内容的理解。除此之外,要实现STEM的学习,还需要为学生提供技术类的学习支持工具,比如学生平板、校园网络等。但是开放的网络学习环境不可避免的会带来学生的思维游离,所以开放型环境创设对网络的监管比任何时候都要更加严格。

STEM教育能否产生积极的效果在很大程度上

要受到教育过程的主导者即教师的影响。^[7]教师在掌握自身专业学科知识外需要更加深入的了解其他学科知识,才能够在教学过程中为学生提供及时且综合的学习指导。在教师个人备课过程中需要慎重摸索和斟酌如何整合学科内容,学生学习成果的评估怎样才能更加过程化,而在教师集体备课中要始终关注各阶段各学科的教学目标能否得到有效达成。相关教育部门需要为社区型学习环境的创设、STEM教师的教育培训提供政策与经济支持,STEM学习的开展需要来自多方力量的支持与配合。

注释:

[1] Neal, H.A. Undergraduate science, mathematics and engineering education: Role for the National Science Foundation and recommendations for action by other sectors to strengthen collegiate education and pursue excellence in the next generation of U.S. leadership in science and technology [R]. Washington, DC: National Science Board. National Science Foundation, 1986:86-100.

[2] 《全民科学素质行动计划纲要实施方案(2016—2020年)》[EB/OL].<http://www.gov.cn/zhengce/content/2016-03/14/content>.

[3] 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(05).

[4] Joe Alper, Rapporteur. Developing a National STEM Workforce Strategy: A Workshop Summary [M]. National Academy of Sciences, 2015:20-23.

[5] 岡村定矩,藤嶋昭.日本《新科学1》[M].日本东京:东京书籍出版株式会社,平成24年.

[6] Yakman.G.STΣ@M Education:An overview of creating a model of integrative education [EB/OL].<http://steamedu.com/2008-PATT-Publication-STEAM/>

[7] Honey M, Pearson G, Schweingruber H. STEM Integration in K-12 Education: Status, Prospects, and an Agenda for Research [M]. Washington, DC: The National Academies Press, 2014

[8] Committee on Successful Out-of-School STEM Learning. Identifying and Supporting Productive STEM Programs in Out-of-School Settings [M]. National Academy of Sciences, 2015:1.

(蔡婷婷 华中师范大学化学教育研究所 武汉 430079 李佳 华中师范大学化学学院 武汉 430079)