

# 国内外 STEM 教育研究主题热点及发展趋势 ——基于共词分析的可视化研究

迟佳蕙<sup>1</sup>, 李宝敏<sup>2</sup>

(1. 华东师范大学 教师教育学院, 上海 200062; 2. 华东师范大学 开放教育学院, 上海 200062)

**摘要:**在创新驱动的时代背景下, STEM 教育已成为国内外教育领域的研究热点。本研究通过高频关键词共词聚类分析, 对国内外 STEM 教育研究主题进行分类; 通过社会网络分析, 掌握国内外 STEM 教育研究热点并对其未来发展趋势做出预测。研究表明, 国内外 STEM 教育领域研究主要集中在以下几个方面: STEM 教育相关理论概念的探究; STEM 教育学习环境建设和学习技术的应用; STEM 教育教学活动实施与评价; STEM 教育相关学科的研究。国内外 STEM 教育领域研究的发展趋势为: STEM 教育活动的多方参与; STEM 教师专业能力的发展; STEM 教育评价的多元化发展; STEM 教育与人文教育的跨学科融合。

**关键词:**STEM 教育; 创客教育; 科学教育; 共词聚类分析; 社会网络分析

**中图分类号:** G42      **文献标识码:** A      doi:10.3969/j.issn.1005-2232.2018.02.013

## 一、引言

随着劳动力市场对人才的多样化要求, 教育领域也越来越重视学生多方面能力的提升, 具有跨学科、协作性、情境性、体验性、趣味性、艺术性等核心特征的 STEM 教育也受到高等教育及基础教育的广泛关注, 相关研究的数量也在逐渐提升<sup>[1]</sup>。STEM 教育起源于美国, 其中四个英文字母分别代表 Science(科学)、Technology(技术)、Engineering(工程)、Mathematics(数学)。STEM 教育提倡在教学过程中将四门学科紧密融合, 系统地帮助学生进行知识体系的构建以及相关技能的学习, 使其能够将所学知识进行迁移以解决生活中的问题<sup>[2]</sup>。

美国 STEM 教育研究层面涉及范围较广, 大体分为: STEM 理论认识、STEM 教育实践、STEM 师资培训、STEM 教育评价等方面。在理论认识方面, 由于 STEM 教育尚处于初级阶段, 各学者根据自身的理解对 STEM 概念的界定各有不同, 没有统一的说法。目前主要存在两类理解: 第一种是将 STEM 教育作为一种课程; 另一种则认为 STEM 教育是一种学习方式和教学策略。在教育实践方面, 国外学者比较关注 STEM 教育融合的学科、其融合方式以及检验标准。近几年来有学者提出将 Art(艺术)学科融入到 STEM 教学中, 形成 STEAM 教育<sup>[3]</sup>, 得到大多数学者的支持。

收稿日期: 2017-12-23

基金项目: 2016 年上海市哲学社会科学规划教育学一般项目“中小学教师学习力诊断与干预研究”(课题编号: A1601)研究成果。

作者简介: 迟佳蕙, 华东师范大学教师教育学院硕士研究生; 李宝敏, 华东师范大学开放教育学院副研究员。

通讯作者: 李宝敏, E-mail: lbmlinda@126.com

根据中国知网的数据统计显示,我国STEM教育相关研究文献数量近年呈现逐年上升的趋势,基础教育对STEM教育的关注度明显高于高等教育。目前研究内容主要涵盖对国外STEM教育研究、案例介绍,以及如何将STEM教育与传统教育相融合等。在实践层面,STEM教育理念大多运用于中小学综合实践课程、信息技术课程和通用技术课程,并结合Arduino、Scratch等编程类、媒体制作类软件开展教学<sup>[4]</sup>,但由于教材较为单一以及传统应试教育占据大量课时等原因,STEM教育的开展仍然存在很大的问题。

通过对CSSCI来源期刊检索发现,以往关于STEM教育的研究都是从不同的视角展开,缺少关于国内外STEM教育发展动态的系统综述研究。基于这一研究现状,本研究拟采用文献分析技术,聚焦于国内外STEM教育研究,分析其研究热点和未来可能的趋势,以期为后续研究提供一些借鉴。

## 二、研究设计

### (一) 研究方法

为了了解目前国内外STEM教育较为集中的研究领域,采用共词聚类分析方法,对文献中共同出现的关键词进行分析,计算关键词之间的关联性,将关联性高的关键词聚成一类,从而对STEM教育的研究主题进行分类。同时为了掌握STEM教育的研究热点及其未来发展趋势,采用社会网络分析法,为STEM教育领域研究主题构建一个社会网络图谱,以便分析其研究热点,并通过分析其中心性,预测STEM教育发展趋势。

### (二) 数据样本

#### 1. 数据来源

表1 国内文献数据来源

	期刊	影响因子	文献数量
1	远程教育杂志	4.765	16
2	开放教育研究	4.530	13
3	现代远程教育研究	2.877	9
4	中国电化教育	2.254	47
5	现代教育技术	2.058	36
6	教育研究	1.948	12
7	电化教育研究	1.868	24
8	中国远程教育	1.626	2
9	现代远距离教育	1.185	4

表2 国外文献数据来源

期刊	影响因子	文献数量	
1	Learning and Instruction	4.988	13
2	Computer & Education	3.771	30
3	Computers in Human Behavior	3.724	12
4	International Journal of Computer-Supported Collaborative Learning	2.453	3
5	Journal of Computer Assisted Learning	2.432	10
6	Instructional Science	2.080	17
7	Educational Technology Research & Development	1.643	11
8	Educational Technology & Society	1.472	10
9	Journal of Science Education & Technology	1.238	137

本研究文献数据来源于中国知网(CNKI)以及web of science,根据影响因子的大小,选取教育技术专业比较有影响力的期刊作为期刊来源,进行逐一检索。检索关键词为“STEM教育”“STEAM教育”“科学教育”“创客教育”“创新教育”以及“信息技术教育”,检索时间段为“2007年10月1

日-2017年10月1日”。删除会议通知、选题范围通知等文章,共检索出国内有效文献样本163篇,国外有效文献样本243篇,具体期刊及对应文献数量见表1、表2。并将文献题录导入Bicomb书目共现分析系统中,为后续的数据处理及数据分析打下基础。

2. 数据处理

在Bicomb中对关键词进行处理,为后续的数据分析做好准备。其中国内文献提取到关键词397个,取频次大于等于3的关键词作为高频关键词并导出,共计23个进行后续的数据分析。国外文献提取到关键词846个,取频次大于等于4的关键词共26个作为高频关键词并导出。部分高频关键词及对应频词见表3、表4。同时得到高频关键词共现矩阵,见表5、表6。

表3 国内高频关键词

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	创客教育	110	12	互联网+	6
2	STEM教育	25	13	跨学科	5
3	科学教育	23	14	创客课程	4
4	信息技术教育	18	15	教学模式	4
5	创客空间	17	16	STEM	4
6	创新教育	12	17	信息技术	4
7	STEAM教育	9	18	核心素养	3
8	创新能力	7	19	科学素养	3
9	美国	6	20	教育技术	3
10	创客运动	4	21	计算思维	2
11	创新教育	4	22	核心素养	2

表4 国外高频关键词

序号	关键词	频次	序号	关键词	频次
1	Science education	131	11	Engineering education	6
2	STEM	29	12	Computational thinking	6
3	STEM education	18	13	K-12	5
4	Informal learning	13	14	Professional development	5
5	Technology	9	15	Scaffolding	5
6	Self-efficacy	8	17	Collaborative learning	5
7	Mobile learning	8	18	Conceptual change	4
8	Engagement	7	19	Elementary education	4
9	Mentoring	6	20	Motivation	4
10	Gender	6	21	Complex systems	4

表5 国内高频关键词共现矩阵

	创客教育	STEM教育	科学教育	信息技术教育	创客空间
创客教育	110	10	0	0	23
STEM教育	10	25	1	0	2
科学教育	0	1	23	0	0
信息技术教育	0	0	0	18	0
创客空间	23	2	0	0	17

表6 国外高频关键词共现矩阵

	Science education	STEM	Informal learning	Technology	Self-efficacy
Science education	131	1	8	6	5
STEM	1	29	1	1	0
Informal learning	8	1	13	0	1
Technology	6	1	0	9	1
Self-efficacy	5	0	1	1	8

### 三、数据分析与讨论

#### 1. STEM 教育研究主题的基本类别

将高频关键词矩阵导入SPSS中进行共词聚类分析,结果以树状图的形式进行输出,如图1、图2所示。

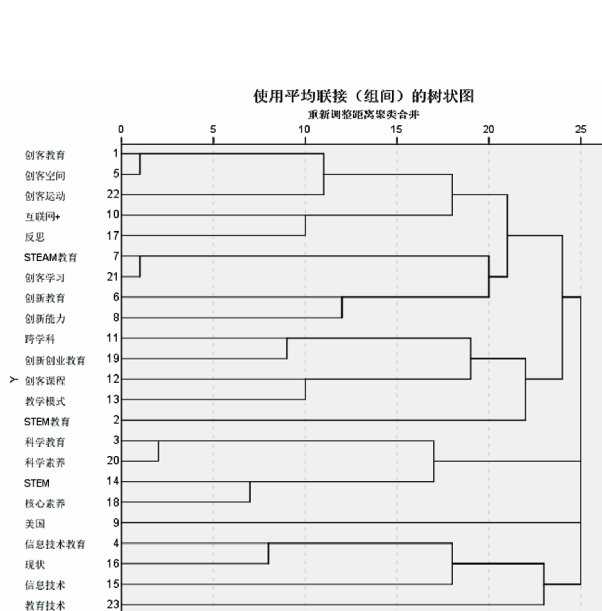


图1 国内共词聚类分析

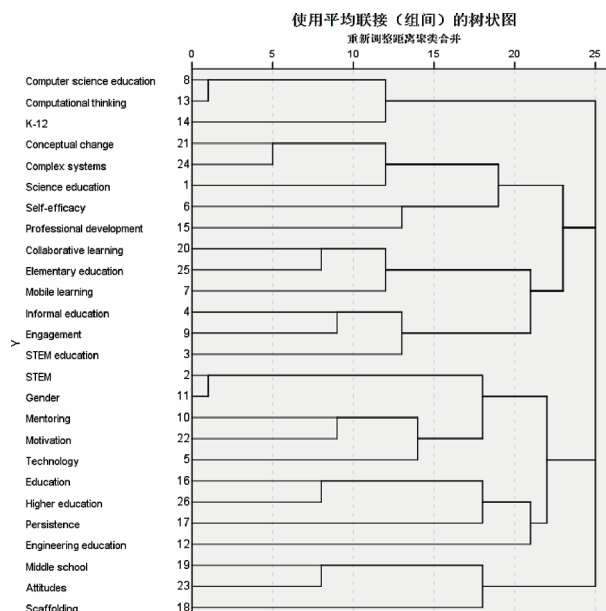


图2 国外共词聚类分析

结合聚类分析结果以及美国21世纪技能中的支持系统的5个维度:标准制定(Standards)、评价实施(Assessments)、教学设计(Curriculum and Instruction)、专业发展(Professional Development)、环境创设(Learning Environments),将STEM教育的研究主题分为四类,主题及对应部分关键词见表7。

表7 STEM教育研究主题分类

主题类别	部分高频关键词
STEM教育相关理论概念的探究	STEM教育、跨学科、互联网+、非正式学习、移动学习、合作学习
STEM教育学习环境建设及学习技术的应用	创客空间、复杂系统、互动学习环境、学习技术
STEM教育教学活动实施与评价	创客课程、教学模式、参与、性别、指导、技术、建构
STEM教育相关学科研究	科学教育、科学素养、信息技术教育、教育技术、工程教育

#### (1) STEM教育相关理论概念的探究

理论研究是研究的基础,在STEM教育的相关研究中,涉及到的理论概念数目很多。这类主题主要由“STEM教育”“跨学科”“互联网+”“非正式学习”“合作学习”等高频关键词构成。国内外研究内容包含对STEM教育自身内涵的探究以及其他应用于STEM教育中理论的内涵探究。

首先,STEM教育内涵的探究,目前国内外学者对STEM教育的概念界定仍没有达成共识,不同的学者基于自身的学术角度提出了对STEM教育的理解。我国大多数学者认为STEM教育是科学(Science)、技术(Technology)、工程(Engineering)和数学(Mathematics)四门学科的缩写,在教学过程中综合运用各学科的知识,同时强调跨学科的交叉融合。美国学者对STEM教育的理解较为多元化,Leigh将STEM教育定义为“后设学科”(meta-discipline),认为STEM包含所有的理工科<sup>[5]</sup>。Breiner通过问卷调查的方式,对辛辛那提大学教职员工STEM教育了解程度进行调研,结果显示了解STEM教育的人数占72%,同时他们的理解也有一定的差异,更多的是基于自己的学术背景来理解STEM教育<sup>[6]</sup>。

其次,STEM教育作为一种新型教育理念,不仅能够与移动学习、合作学习等相对较为成熟丰富的理论相结合,同时能够融合互联网+等新理论概念,为STEM教育提供充足的理论支撑,丰富STEM教育内涵的同时也能对STEM教育应用进行创新。其中跨学科是指在教学过程中不再过度关注特定学科和学科界限,而是关注特定的问题或项目目标,利用所学知识来解决问题或达成项目目标,从中获得解决生活问题的技能。余胜泉认为“跨学科性”是STEM教育最重要的核心特征,同时提出我国STEM教育跨学科整合的基本取向:分别以学科内容、实际经验以及学习者为中心进行整合<sup>[1]</sup>,通过真实情境的构建以及学生的自主协作,在实践中达成项目目标,提高学生的创新思维与创新技能。“互联网+”也是我国STEM教育研究中提及较多的概念,互联网+是一种基于创新2.0的互联网行业的新形式,通常是指互联网与医疗、军事等行业逐渐整合,充分体现互联网在生产要素分配中的重要作用,从而创造新的生态模式。互联网+的概念源自2015年李克强政府工作报告,把互联网作为“大众创业,万众创新”的核心工具。同时“互联网+教育”也能为教育界带来巨大的改变,如丰富教学内容、改善教学质量等等。为了将互联网与STEM教育融合,有学者结合熊彼特的创新观点提出了STEM教育应用创新路径:以STEM教育创新应用中心为平台,鼓励政府主体的社会多方参与,利用物联网、云计算、大数据等技术方法,共同建设面向教育管理者、社会参与者、教师以及学生的信息资源库。

## (2)STEM教育学习环境建设及学习技术的应用

计算机的发展给生活带来更多便利的同时,也为教育界带来了许多新兴的学习技术,国内外学者对STEM教育领域的关注,使得这些学习技术在STEM教育领域得到了广泛的应用。学习技术在支持教学过程中有着强大的优势。在教学导入环节,学习技术可以帮助教师建构生动形象的教学情境,让学生能够极大程度地投入学习;在知识讲授环节,学习技术可以提供丰富的信息资源,帮助学生进行知识建构;在小组协作环节,学习技术可以帮助教师进行合理分组,也可以为学生提供信息交流沟通的平台,有助于学生进行深入讨论;在教学评价环节,学习技术有助于智能化交互分析评价的开展,从评价时间、评价形式、评价主体等方面对教学评价进行优化;在课程结束后,学习技术同样可以支持学生进行自学、复习等操作。

学习技术与STEM教育、科学教育的整合能够更好地帮助学习者进行科学探究。国内目前相关软件工具较少,大部分研究者均致力于国外软件工具的研究与介绍。尹叶秀从课程设计、探究过程等几个角度总结分析了一种支持中学生创造性探究的多用户虚拟环境(MUVE),并对River City课程项目进行了具体介绍,为我国相关研究提供参考<sup>[7]</sup>。罗秀玲从论证的激发、组织、建构及评价几方面入手,说明了信息技术对科学论证教学的促进作用,并通过实际案例,分析学习技术融入科学论证教学的方法与原理<sup>[8]</sup>。蔡慧英采用自下而上的分析方法,对国外科学探究案例进行剖析,对案例中学习技术与STEM教育的融合进行反思性讨论<sup>[9]</sup>。

国外STEM教育中的学习技术的应用体系已经比较成熟,涵盖科学探究工具、科学探究平台以及基于项目学习的学习项目,能够全方面的协助教师的课堂管理及学生的科学探究,在技术上支持STEM教育的发展。

科学探究支持工具是针对特定教学环节设计的专用工具,虽然其功能单一但较为深入。目前大部分科学探究支持工具数据的收集及可视化分析过程,如支持网络信息收集并通过Middle Years数字图书馆进行信息评估的Artemis、可以提供湖水质量数据让学生进行分析的Water on the Web等等。但这些工具由于功能单一往往需要教师在使用的过程中重新设计活动并寻找配套的学习工具。

科学探究平台弥补了科学探究支持工具的不足,能够支持教学活动的多个环节,目前较为常用的科学探究支持平台为WISE(Web-based Inquiry Science Environment)基于网络的科学探究平台<sup>[10]</sup>。该平台包括建模、反思、列举证据等活动,在学习中可以显示学生当前所处的活动,便于学生掌握当前的

学习进度;同时平台中有许多学习材料,其中比较具有特色的是能够帮助学生理解抽象概念的可视化模型;平台中嵌入了教学评估功能,可以对学生学习过程中的思维过程进行评估;同时平台也可以进行个性化的设计,使得教师在教学过程中拥有更大的创新空间。

科学学习项目是针对特定学习内容的模拟仿真系统。目前比较著名的是美国学者克里斯·德迪开发的基于MUVE的中学科学项目“River City”<sup>[7]</sup>。该项目的情景设定为19世纪晚期的美国城市River City 流行病蔓延,同学们需要化身为不同的角色,通过观察-提出问题-设计实验-实施实验-总结与交流等一系列科学探究过程,共同探究流行病产生的原因并寻找解决问题的方法。该项目为学生提供了一个沉浸式的情境,在其中亲自进行科学探究操作,完成科学探究流程,同时及时评价学生的学习状态。

### (3) STEM 教育教学活动实施与评价

该主题包含“教学模式”“技术”“指导”等关键词,涉及到STEM教育教学活动的设计、实施与评价的各个环节。

STEM教育前期的教学活动设计以及后期的教学活动效果评估是教学活动不可或缺的一部分。STEM教育的跨学科性、情境性、趣味性等核心特征导致其教学活动设计不能像传统教学一样有固定的模式流程,教师要在教学活动设计中进行创意构想。美国STEM教学流程可以概括为准备-实施-改进-反馈。教学活动设计从以下几个方面进行考量:学习场所的设计要能满足学生团队合作的要求;教学活动的设计组织者要能设计符合学生能力的研究主题,并能在活动过程中进行指导;教学活动项目要符合学生现状,能够发挥学生的创造性;课程内容要及时根据新技术思想进行更新;课程主题应密切联系实际生活,让学生所学知识能够与社会对接;实验室等实践平台要能提供学生需要的技术支持。国内STEM教学设计的实证性研究主要面向创客教育理念在教学中的应用,包括机器人课程、创意点子课程等等,结合我国教育发展现状以及学生的接受水平进行教学设计模式探索。傅骞对我国STEM教育的应用模式进行总结,根据STEM教育教学目标的不同将其分为四种:探究型教学、验证型教学、制造型教学以及创造型教学,并针对不同的教学目标,提出了不同的教学步骤<sup>[11]</sup>。

STEM教育注重教学活动的实施,国外STEM教育通常由学校和校外机构两者共同进行课程开发,通过跨学科整合,向学生传递知识,同时关注STEM教师专业能力的发展问题<sup>[12]</sup>。美国普通学校往往将STEM课程融入选修课或者以课余活动的形式开展,而美国橡树园高中、罗斯福高中等STEM特色学校,会和企业、研究机构等校外组织合作,为学生提供实践探究的设备环境,在解决实际问题中学到知识与技能,为以后从事STEM相关领域的工作做铺垫。由于美国政府对STEM教育的支持,很多第三方团队和公司也开发了STEM课程,并与学校合作进行教学。如美国的课项目开发机构“项目引路”,其开发的项目如“技术之门”“生物医学科学”,在美国的初高中得到广泛推广。在STEM教师职前培训方面,Dwight Schuster介绍了美国普渡大学的奖学金制度,获得奖学金的学生通过实习对成为STEM教师有了更强的意愿<sup>[13]</sup>;美国加利福尼亚州实行的STAR( Teacher and Researcher )项目,通过建立实践共同体让参与者理解如何成为优秀的教师<sup>[14]</sup>。

我国STEM教育实施包含对美国STEM教育案例的研究,并积极结合我国教育现状,开展本土化的探索,同时研究者已经注意到STEM教师发展问题,并尝试从多角度入手提升STEM教师的专业能力。通过对美国教学活动设计案例的分析,结合我国教育现状,赵慧臣提出我国STEM教育发展对策:创造并整合STEM课程资源,完善STEM技术服务与设备支持;提高STEM教师专业能力;保障教育公平,弥补教育差距;构建多元化的STEM评价系统<sup>[15]</sup>。马宁对英国政府对教师教育培训体系进行介绍,英国政府对职前教师基本能力进行规定,并提供相关培训帮助职前教师掌握相关技能;对在职教师则进行领导力和学习技术应用能力的相关培训,系统提升教师能力<sup>[16]</sup>。李中国对科学教师培养提出以下建

议：加强高校相关专业设置的审批力度；发挥团体机构作用，强化相关专业培养计划；明确培养目标，进行分学段教师培养；加强教学实践环节，培养科学探究能力<sup>[17]</sup>。孟涛对国内教师在线培训平台进行分析比较，发现我国教师在线平台存在以下问题：信息资源较为杂乱，缺少有效分类；以网站为主，缺少多终端服务；培训内容由专家统一制定，缺乏针对性；服务功能欠缺，不能吸引教师的学习兴趣，也无法达到教师的个性化学习要求<sup>[18]</sup>。

#### (4) STEM 教育相关学科研究

STEM由科学、技术、工程、数学四门基础学科构成，带有很强的理工科色彩。为了体现人文科学的重要性，学者在STEM中融入艺术（Art）代表人文科学，形成STEAM，使得STEM理论体系更加合理，教学内容也更加完善。随着STEM的不断发展，有学者提出跨学科整合的概念，认为STEM教育理念不仅仅是学科的单科教学，而是应该打破学科壁垒，让学生在多学科的氛围中掌握各种知识与技能，并能触类旁通。在STEM教育的初期学者通常将其中的两门或三门学科进行融合，以其中一门课程为基础，结合其他学科内容进行教学。如Mike&Dori以高中3D模型制作课程为基础融入工程和技术内容，通过实践及项目目标达成让学生了解工程和技术的关系，培养学生团队精神<sup>[19]</sup>；Elliott通过实验研究“代数的科学”对学生数学态度、问题解决技能以及批判性思维的影响，研究证明融合的教学方式对数学教育是有效的，实验组在批判性思维以及学习态度方面都有了一定提升<sup>[20]</sup>。

目前STEM教育已经不仅仅满足于两到三门学科的融合教学，而是将科学、技术、工程、数学四门课程甚至其它课程融合进行跨学科教学。目前主要的融合方式有：基于工程设计的融合教学；基于项目的融合教学以及基于问题的融合教学。David W.White设计了基于工程设计的暑期项目，面向7-12年级的学生开展教学，不同年级的学生交替学习数学课、科学课以及工程技术课程，项目知识点涵盖：智能气球的开发、机械基础设施健康监测等等<sup>[21]</sup>。中国台湾学者Tseng Kuo-Hung介绍了基于项目的STEM融合教学，让学生整合多学科知识进行电动汽车的生产。研究表明学生对STEM教育的态度产生了明显变化，基于项目的STEM学习对学生有积极影响<sup>[22]</sup>。Jennifer L. Goeke在文中介绍了基于问题融合教学的integrative STEM模型，倡导学生用不同的方式解决生活中真实存在的问题。文章中介绍了一个案例：让学生进行斜坡设计方便坐轮椅的朋友出行，学生通过：问题理解-交流讨论-设计模型-测试完善-展示交流五个环节达成目标。

科学（Science）作为STEM教育的一个重要学科，在STEM观点提出之前就已经作为一个独立的学科个体而存在。随着STEM教育的日渐普及，其跨学科性、情境性、协作性等核心特征也给科学教育带来了一定的影响。国际学生评价项目PISA将科学素养定义为个体能够掌握一定的科学知识，能够运用所学知识来解决问题并获得新知识，能够理解知识获取方式，能够理智思考并有一定的科学观念。刘克文提出以培养科学素养作为科学教育目标价值取向之一，教师在科学教学中应关注科学、技术、社会三者之间的联系，关注科学、技术在社会中的意义价值，促进学生科学素养的提升，而不是着重培养学生某一方面的技能<sup>[23]</sup>。滕梅芳介绍了国外科学素养的评估框架，将科学素养的评估分为情景、知识、能力、态度四个方面，为我国科学教育中科学素养的评估提供借鉴<sup>[24]</sup>。杨玉芹提出了辩论干预在科学素养培养中的三种应用模式：浸入式、结构式、社会学式。浸入式将辩论融入学生科学探究的全过程，作为促进学生科学素养提升的工具；结构式侧重于让学生掌握辩论结构，学会对论据进行建构；社会学式辩论的目的是让学生在学习科学知识的同时，具备相关的道德伦理意识<sup>[25]</sup>。

#### 2.STEM 教育研究主题的热点

将共现矩阵导入UCINET中进行社会网络分析，得到高频关键词社会网络图谱，如图3、图4所示。其中方形节点表示关键词，节点越大，说明该关键词出现频次越多，在社会网络图谱中的作用越强，即控制其它关键词出现在同一文献的能力越强；节点与节点间的连线代表节点之间的关系，连线越粗，

代表关键词之间的关系越密切,二者共同出现的频率越大。

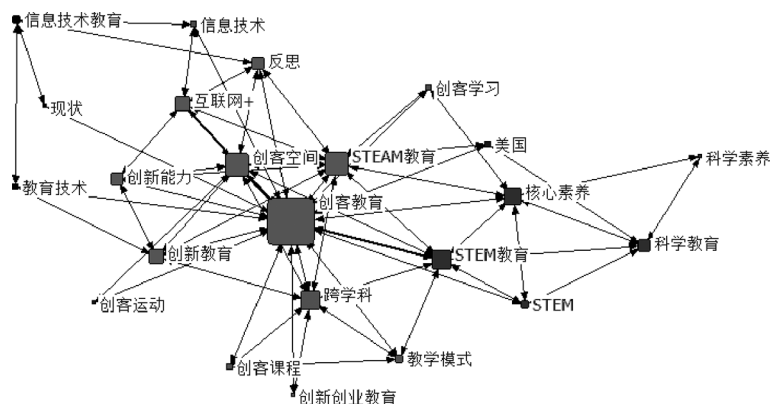


图3 国内社会网络图谱

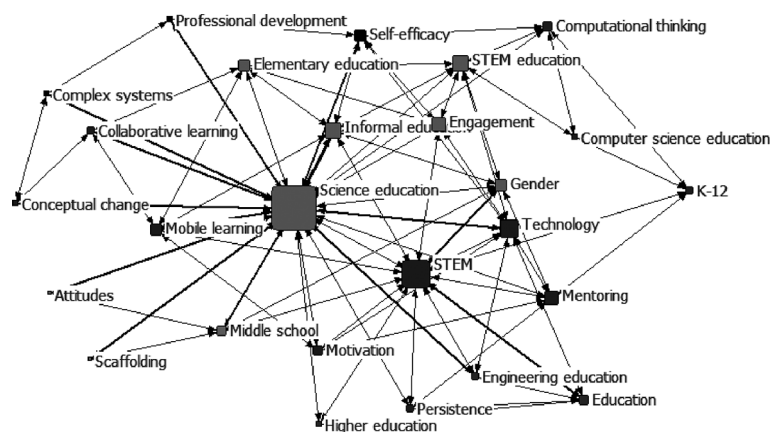


图4 国外社会网络图谱

社会网络图谱可以从以下几个方面进行分析:

(1)分析关键词节点大小。排除研究主题“STEM”外,创客教育、科学教育、创客空间、非正式学习、技术、互联网+等关键词构成STEM教育领域研究的核心关键词。通过文献查阅发现,研究主要集中在STEM教育中教学环境的创建、学习技术的应用以及学生能力的培养几方面。以上关键词代表了STEM教育领域的热点研究主题。

(2)分析关键词节点之间连线的粗细程度。以STEM、创客教育、科学教育关键词节点为起点,与创客空间以及非正式学习之间的距离最近且连线最粗,说明创客空间的建设和非正式学习方式的运用以及相关教学活动的开展是STEM教育研究领域的核心要素,其次是互联网+、创新能力、跨学科、技术、参与、指导等关键词。可以看出STEM教育理念与不同学习技术、学习方式的结合,促进了教育领域的变革。同时也关注教育中的不足,从多角度入手发展STEM教育。

(3)分析社会网络图谱整体。首先社会网络图谱中出现了一些处于边缘的关键词,如专业发展、科学素养等等,这些关键词也代表了目前STEM教育研究领域的薄弱之处。其次,从社会网络分析的整体结构可以看出,整体结构密度比较适中没有明显的区别,说明STEM教育研究内容相对比较均衡,涉猎范围广,没有明显偏向。最后,观察社会网络图谱整体可以看出,关键词与关键词之间没有呈现出很紧密的现象,说明STEM教育研究范围虽广,但是每个具体领域的研究还不够深入。

### 3.STEM教育研究主题的发展趋势

在社会网络图谱中,我们可以利用关键词节点的点中心度、接近中心度及中间中心度来衡量该关



关键词节点在社会网络整体中的地位和与其它关键词节点之间的关系。通常当关键词节点中间中心度较高,点中心度、接近中心度低时,该节点可以用来反映研究领域的发展趋势<sup>[26]</sup>。利用这一原理我们可以通过对高频关键词的中心度分析来预测STEM教育领域的发展趋势。将共现矩阵导入UCINET中进行关键词中心度分析,选择“网络-中心度-多重方式”,采用多重测量的方式(Multiple Measures)进行计算。同时对点中心度、接近中心度及中间中心度的平均值和标准差进行计算,部分结果见表8、表9。

表 8 国内中心度分析

关键词	点中心度	接近中心度	中间中心度
创客教育	86.364	88.000	54.045
STEM 教育	36.364	59.459	5.340
科学教育	22.727	43.137	1.869
创客空间	45.455	62.857	5.437
创新教育	22.727	52.381	1.084
创新能力	6.667	51.136	0.108
互联网 +	27.273	55.000	0.998
平均值	24.506	53.891	4.310
标准差	17.099	9.494	10.869

表 9 国外中心度分析

关键词	点中心度	接近中心度	中间中心度
Science education	88.000	89.286	52.189
STEM	56.000	69.444	13.006
Informal learning	32.000	59.524	1.386
Technology	36.000	60.976	3.847
Self-efficacy	24.000	56.818	1.358
Mobile learning	24.000	55.556	1.019
Gender	24.000	56.818	0.761
Professional development	12.000	50.000	0.167
Collaborative learning	16.000	51.020	0.333
平均值	23.692	55.164	3.538
标准差	16.377	8.728	10.070

由表8可以看出,没有中心度数值完全符合条件的关键词,可以代表STEM教育领域的发展趋势,可能的原因是STEM教育的研究方向较多,不能明确判断其发展趋势。但是其中跨学科、专业发展、参与、评价等关键词相对而言较为符合点中心度与接近中心度低,但中间中心度高的条件,说明这些关键词能在一定程度上反应STEM教育未来几年的发展趋势。根据这些关键词,笔者进行归类、分析,预测STEM教育的发展趋势。

#### (1) STEM教育活动的多方参与

STEM教育强调学生对所学知识技能的社会价值认知,所以在STEM教育中需要联通校内校外,帮助学生建构课堂知识,并与真实社会连接起来。目前国内外STEM教育已经引起政府、社会机构及学校的多方关注,但是笔者认为协作参与STEM教育活动项目的对象仍然有更多的可能性。例如大学与k-12学校之间的合作,大学教师学生可以与k-12学校教师合作开发STEM教育资源,丰富k-12学校STEM教学内容,也可以为k-12学校教师提供知识技能、思想观念等方面的职业培训,加强k-12学校教师的STEM自信、态度和能力;k-12学校可以为大学师范专业学生提供STEM实习机会,提高职前教师的能力和意愿,达到双赢的效果。

#### (2) STEM教师专业能力的发展

由于STEM教育具备跨学科性、情境性, 使得其对教学组织者的要求也很高, 教师需要掌握丰富的技能来指导学生, 同时需要创设符合当下时代特征学生发展现状的问题情境等, 这也导致目前的STEM师资力量一直处于短缺的状态。因此国内外的高校及政府机构组织了对职前教师以及在职教师的培训, 双管齐下解决师资力量短缺问题, 但是无论从培训力度, 还是培训方法都存在一定的不足, 师资力量短缺的问题仍然存在。所以笔者认为STEM教育教师的教育培训仍然会是STEM教育的未来发展趋势之一, 在职前教师培训环节, 高校可以和政府及社会团体合作, 为相关专业的学生提供STEM教育实习的机会, 通过成功案例吸引学生进行STEM教师职业的尝试等等; 在职教师可以通过参观活动、学术交流以及线上学习等方式进行教育培训。此外由于教师队伍中女性占比较多, 应该强化对女性的STEM教育, 帮助女性培养STEM兴趣, 建立STEM自信, 吸引女性从事STEM教育工作。

### (3) STEM教育评价的多元化发展

学生在STEM学习的过程中, 可以通过实践来获得相关知识技能, 同时也需要听取教学组织者的评价反馈, 从而及时反思不足, 继续进行科学探究, 达成项目目标。由于STEM教育与传统教学的教学模式、教学环境有一定的区别, 所以在教学评价环节也不能采用固有的传统教学评价模式, 需要有与其相契合的评价体系。但是目前的STEM评价大多针对独立的STEM课程与项目, 或者通过特定的科学探究平台对学生进行评估, 缺乏统一标准, 而且多数学者通过对教学效果的总结性评价作为STEM教育成果的评价, 缺乏对科学探究过程的评价。所以笔者认为STEM教育的未来发展趋势之一是STEM教育评价的多元化、标准化。通过过程性评价与总结性评价、学生自评与同伴互评等评价方式的结合, 综合评价STEM教育的成果, 并形成标准化的评价体系, 方便STEM教学组织者进行参考。

### (4) STEM教育与人文教育的跨学科融合

跨学科性是STEM教育最重要的核心特征, 强调在教学中将学科内容进行整合, 让学生运用所学的知识技能解决实际问题或达成项目目标。STEM的跨学科融合可以分为两个方向, 一个是STEM各学科的内部整合, 即科学、技术、工程、数学的融合教学, 目前STEM各学科的融合主要包括在基于工程设计、基于项目以及基于问题的融合教学, 基本可以综合运用四门学科所学知识进行教学; 另一个是STEM学科的外部拓展, 即与其它学科的融合教学, 比如有学者将艺术“Art”作为人文教育的代表纳入STEM教育中, 形成STEAM教育。但是目前STEM教育较为忽视人文教育的作用, STEM教育的教学内容以及成功的案例中都很少提到艺术等人文教育学科。所以笔者认为, STEM教育的未来发展趋势之一是STEM教育与人文教育的跨学科融合, 让学生的STEM素养得以提升的同时人文艺术素养也得以提升, 满足社会多样化的人才标准。

### 参考文献:

- [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(04):13-22.
- [2] 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.
- [3] Yakman, G, Lee, H.. Exploring the Exemplary STEAM Education in the U.S. as a Practical Educational Framework for Korea[J]. *Geology-geochemistry*, 2012, 32(6).
- [4] 傅骞, 王辞晓. 当创客遇上STEAM教育[J]. 现代教育技术, 2014(10):37-42.
- [5] Morrison, J., Raymond, V.. STEM as curriculum[J]. *Education Week*, 2009, 23:28-31.
- [6] C.Johnson, T.Moore and E.Petersburton. *STEM Road Map: A Framework for Integrated STEM Education*[M]. Routledge, 2015.
- [7] 尹叶秀, 梁林梅. 基于MUVE的中学科学课程: River City分析[J]. 现代教育技术, 2010(05):23-26.
- [8] 罗秀玲, 黄甫全. 应用信息技术促进科学论证教学[J]. 电化教育研究, 2014(07):17-23.
- [9] 蔡慧英, 顾小清. 设计学习技术支持STEM课堂教学的案例分析研究[J]. 电化教育研究, 2016(03):93-100.
- [10] 况姗芸. WISE科学探究平台对我国研究性学习平台建设的启示[J]. 中国电化教育, 2010(01):78-81.

- [11] 傅骞,刘鹏飞.从验证到创造—中小学STEM教育应用模式研究[J].中国电化教育,2016(04):71-78+105.
- [12] 赵中建.STEM:美国教育战略的重中之重[J].上海教育,2012(11):16-19.
- [13] Dwight Schuster. In Pursuit of Sustainable STEM Certification Programs[J]. *Journal of College Science Teaching*, 2013.
- [14] Warren Baker, John Keller. Science Teacher and Researcher(STAR)Program: Strengthening STEM Education through Authentic Research Experiences for Preservice and Early Career Teachers[J].*Association of American Colleges & Universities*.2010:22-26.
- [15] 赵慧臣,周昱希,李彦奇,刘亚同,文洁.跨学科视野下“工匠型”创新人才的培养策略——基于美国STEAM教育活动设计的启示[J].远程教育杂志,2017(01):94-101.
- [16] 马宁,周鹏琴,谢敏漪.英国基础教育信息化现状与启示[J].中国电化教育,2016(09):30-37.
- [17] 李中国.科学课教师培养的问题与对策建议[J].教育研究,2010(03):63-67.
- [18] 孟涛,汪颖.教师在线培训平台探析及优化策略[J].中国远程教育,2016(02):65-70+78.
- [19] Mike Berkehiser and Dori Raying. Bring STEM to life[J]. *Technology and Engineering Teacher*, 2013(2):21-24.
- [20] Everett, L. J., Imbrie, P. K., Morgan, J.. integrated curricula: Purpose and design[J].*Journal of Engineering Education*, 2000, 89(2): 167-175.
- [21] David, W. White. Urban STEM education: a unique summer program[J]. *Technology and Engineering Teacher*, 2013(2): 8-13.
- [22] Kuo-Hung Tseng · Chi-Cheng Chang · Shi-Jer Lou · Wen-Ping Chen.Attitudes towards science,technology,engineering and mathematics(STEM)in a project-based learning(PJBL) envirnoment[J]. *International Journal of Technology and Design Education*, 2013, 23(1): 87- 102.
- [23] 刘克文.我国中小学科学教育的价值取向[J].教育研究,2007(06):43-47.
- [24] 滕梅芳,盛群力.评估科学素养 培育关键能力——OECD/PISA科学素养之构想、设计与评估[J].远程教育杂志,2009(03):28-36.
- [25] 杨玉芹,阮全友.辩论干预应用于科学素养培养的综述研究[J].远程教育杂志,2012(01):52-61.
- [26] 李海峰,王伟.国际MOOC领域热点主题及发展趋势研究——基于共词分析法的知识可视化图谱分析[J].远程教育杂志,2015(05):38-45.

## Research on Topics and Trends of STEM Education: Visualization Study Based on Co-word Analysis

CHI Jia-hui<sup>1</sup>, LI Bao-min<sup>2</sup>

(1. College of Teacher Education, East China Normal University, Shanghai, 200062;

2. School of Open Learning and Education, East China Normal University, Shanghai, 200062 )

**Abstract:** In the context of innovation-driven era, STEM education has become a hotspot in the education field of at home and abroad. This study classifies the research theme of STEM education through high-frequency keyword and co-word cluster analysis. Through social network analysis, we can grasp the research hotspots and future development trend of STEM education. The research results show that the study on STEM education mainly focuses on the following aspects: the exploration of STEM education related theoretical concepts, the construction of STEM education learning environment and the application of learning technology, the implementation and evaluation of STEM education and teaching activities, the study on STEM education-related disciplines. The development trend of STEM education is as follows: multiple participation of STEM education activities, development of STEM teachers' professional abilities, diversified development of STEM education evaluation and interdisciplinary integration of STEM education and humanities education.

**Key words:** STEM education; maker education; Science education; co-word cluster analysis; social network analysis

(责任编辑:金忠明,彭莎莎)

(责任校对:彭莎莎,张峻源)