

基础教育、高等教育、企业以及教育管理部门 协同开展 STEM 教育

——美国《印第安纳州科学、技术、工程和数学(STEM)行动计划》的启示

赵慧臣, 陆晓婷, 马悦

(河南大学 教育科学学院, 河南 开封 475004)

[摘要] 国内关于 STEM 教育的研究偏重于理论、模式、方法和案例等,而对于如何将基础教育、高等教育、企业、教育管理部门协同来实施 STEM 教育的研究有待丰富。美国《印第安纳州科学、技术、工程和数学(STEM)行动计划》提出基础教育、高等教育、企业(工业与商业)以及教育管理部门协同开展 STEM 教育。文章针对我国 STEM 教育的现状,认为我国 STEM 教育应该:面向 STEM 职业需求,协同建构 STEM 教育目标;基础教育和高等教育合作设计课程,提升学生 STEM 知识与技能;高等教育和企业支持教师专业发展,提升 STEM 教师教学能力;组建 STEM 教育的管理部门,制定和完善 STEM 教育政策。

[关键词] STEM 教育; 行动计划; 协作关系; 印第安纳州

[中图分类号] G434

[文献标志码] A

[作者简介] 赵慧臣(1982—),男,河南永城人。副教授,博士,主要从事教育信息化与知识可视化研究。E-mail: zhc412328@163.com。

STEM 教育打破学科领域边界,以跨学科方式培养学生综合素养与创新能力。教育部发布的《教育信息化“十三五”规划》提出,要积极探索跨学科学习(STEM 教育)等新型教育模式的应用,提升学生的创新能力。“STEM 教育的推进不仅仅是教育体制内的事情,更牵涉了广大社会力量的参与。”^[1]目前,国内关于 STEM 教育的研究偏重于理论、模式、方法和案例等,对于如何将基础教育、高等教育、企业、教育管理部门协同来实施 STEM 教育的研究有待丰富。

美国 STEM 教育强调关注发挥学校与企业、教育管理部门的力量,促进 STEM 教育的发展与完善。1996 年,美国国家科学基金会发表的《塑造未来:透视科学、数学、工程和技术的大学教育》报告,对学校、

地方政府、工商业界和基金会提出了明确的合作建议。在此背景下,美国《印第安纳州科学、技术、工程和数学(STEM)行动计划》(以下统一简称为 STEM 教育行动计划)注重基础教育(K-12)、高等教育、企业(工业与商业)以及教育管理部门的合作、协同和联动,可以为我国开展 STEM 教育提供参考。

一、STEM 教育行动计划关注 STEM 教育实施问题

美国印第安纳州 STEM 教育致力于为学生实现最好的学业成绩与职业生涯准备,保持与国际上最具竞争力地区的同等水平。印第安纳州在分析 STEM 教育现状与需求的基础上,根据 STEM 教育的目标,形

基金项目:2016 年河南省哲学社会科学项目“我国中小学实施科学、技术、工程和数学(STEM)教育的路径与对策研究”(项目编号:2016CJY032);2017 年度河南省教师教育课程改革研究项目“中学教师 STEM(科学、技术、工程、数学)教学能力提升的研究与实践”(项目编号:2017-JSJYYB-004)

成 STEM 教育行动计划,以便更好地推动与引导 STEM 教育。

(一)美国印第安纳州 STEM 教育的现状与需求

在具备相同教育水平的工作中,STEM 工作者相对于非 STEM 工作者拥有更高收入。“美国在全球市场上的创新力和竞争力与美国公立学校能否保障学生的 STEM 素养直接相关。”^[1]STEM 教育倾向于为学生提供职业中所需知识与技能的学习支持。

印第安纳州的高中毕业生中完成大学数学和科学先修课的比率相对较低,辍学的高发率难以克服。究其原因,部分学生不喜欢学校、看不到工作价值、不喜欢老师以及学习无挑战性等。为此,印第安纳州在关注通过 STEM 教育来发展学生职业技能的同时,也期许提升学生的积极性、获得感、幸福感以及对学校教育的认可度。

(二)美国印第安纳州 STEM 教育行动计划的目标

STEM 教育行动计划明确了任务:在科学、技术、工程和数学课程中发现并提高学生劳动力技能;为确保计划任务的成功实施,阐述必要的措施方法。为此,印第安纳州教育管理部门制定了 STEM 教育行动计划的教育目标:为学生提供 STEM 教育,培养具备 STEM 素养的学生,使之成为具有创新能力的国民;明确提出需要提高公众对 P-16 STEM 教育体系的认识和支持,见表 1。

表 1 STEM 教育行动计划的教育目标^[2]

1.通过提升教学文化品质,树立高水平的门槛:(1)增加教学时间,减少测试时间;(2)给予当地学区更多支配权;(3)确保学生的安全,尊重学生;(4)使教师许可证与评价标准提升至全国最高;(5)为高质量职业教育清除障碍
2.为学生提供 STEM 教育,培养具备 STEM 素养的学生,使之成为具有创新能力的国民
3.在 STEM 四个相关领域内或跨四个相关领域中提高学生的 STEM 文化素养,培养学生对现实世界的理解和实践能力
4.开发项目,发展合作关系,为所有学生提供 STEM 教育
5.提高公众对 P-16 STEM 教育体系的认识和支持,使之成为提高高中毕业率和提升国家创新能力的重要组成部分
6.减少高等教育入学考试时需要补习的学生人数
7.与高等院校、教育培训机构以及商业和工业建立合作关系,为即将成为劳动力的学生提供 STEM 教育支持
8.根据印第安纳州共同核心标准储备学生、教师和学校,要求在教学绩效和学生表现方面达到根本性的转变

(三)STEM 教育行动计划分析如何实施 STEM 教育

关注学生的发展,为学生成长营造良好环境,是

STEM 教育的根本目标。“良好的 STEM 学习生态系统,既整合了自主、亲手操作的 STEM 校内外学习,又不断向学生强调所参与的活动与他们的生活、周围世界以及未来职业的联系。”^[3]为实现教育目标,STEM 教育行动计划强调协同基础教育、高等教育、企业和教育管理部门等相关要素,并发挥它们各自在课程制定、教育研究、资源支持、项目实践、政策制定等方面的优势,为 STEM 教育提供科学有效的系统支持。

二、STEM 教育的实施要素分析

“系统的协同是分支系统的要素相互交叉,因此协同具有互补性功能。通过要素交换、互通信息、互通有无、取长补短,达到互补共赢。”^[4]通过系统科学来阐释 STEM 教育系统的要素及其关系,有助于构建 STEM 教育的实施框架。STEM 教育的实施要素包括基础教育、高等教育、企业和教育管理部门。STEM 教育行动计划根据实施要素的特征和价值,针对性地制定了明确的职责范围。

(一)基础教育联系学生、教师、课程,为学生学习提供可持续支持

首先,针对 STEM 专业学生与高级学生分别制定明确标准,以针对性地引导学生发展。高中毕业的 STEM 学生可以划分为 STEM 专业学生和 STEM 高级学生。相对于 STEM 专业学生,STEM 高级学生指既能够立刻进入劳动力市场,又可以成功进入高校 STEM 专业的学生。对 STEM 高级学生的进一步的要求主要体现在对学生的批判性思维、语言表达能力、创新能力、复杂问题的解决能力、团队合作能力等提出了更高要求,见表 2。具体体现在:在分析技术的局限和弊端、改进和创造新技术以及创建和运用模型来表征真实世界情况的基础上,整合和应用 STEM 学科的知识,构建创造性观点、解决方案以及产品。

其次,根据学生 STEM 能力提升的需要,设计与开发 STEM 课程。STEM 课程不仅应当通过真实世界的实践应用和项目合作为学生提供独立学习和团队合作的机会,而且需要支持学生积累实践参与、逻辑演绎和定量推理的相关经验。印第安纳州鼓励学生从小学开始累积 STEM 学科的学习经验,要求高中生每年参加一门数学或定量推理课程。为此,STEM 学校兼顾学生的文化体验和民族语言,采用数学、科学、技术等课程作为核心课程,以满足学生的创新需求以及对于 STEM 的职业需要。STEM 学生学习课程后拥有渊博的跨学科知识,并能联系现实世界的问题进行知识创新。STEM 教师应评估 STEM 教学实践和课程材

表2

高中毕业 STEM 专业学生与高级学生核心知识和课程标准对比^[2]

STEM 专业学生核心知识和课程要求标准		STEM 高级学生核心知识和课程要求标准	
核心知识	1.利用学科之间的联系解决问题	1.利用学科之间的联系解决问题	
	2.应用学科之间的跨学科联系来研究和回答复杂的问题	2.应用学科之间的跨学科联系来研究和回答复杂的问题	
	3.评估适当的数据资源来解决问题	3.评估适当的数据资源来解决问题	
	4.以不同的形式展示数据资料	4.以不同的形式展示数据资料	
	5.运用特定学科术语来表达交流	5.运用特定学科术语来表达交流	
	6.对技术资料进行批判性阅读与写作	6.对技术资料进行批判性阅读与写作	
	7.基于需求寻求证据	7.基于需求寻求证据	
	8.提出问题,以制定复杂问题和现实中的问题	8.提出问题,以制定复杂问题和现实中的问题	
	9.开展研究以改善假设或主张	9.开展研究以改善假设或主张	
	10.批判性思考	10.批判性思考	
	11.在科学、工程实践、工程设计以及数学实践中,运用适当的系统方法开展调查	11.在科学、工程实践、工程设计以及数学实践中,应用适当的系统方法开展调查	
	12.以团队形式与学生和教师进行合作	12.以团队形式与学生和教师进行合作	
	13.参与讨论与建设性的论证	13.参与讨论与建设性的论证	
	14.分析相关领域的 STEM 职业与技能	14.分析相关领域的 STEM 职业与技能	
必修课程	代数 I 和 II、几何、生物学、化学、物理学;最低标准为数学 6 学分、科学 6 学分以及计算机科学与工程附加学分	15.应用 STEM 学科以及学科之间的整合,构建富有创造性的和革新的观点、解决方案以及产品	代数 I 和 II、几何、生物学、化学、物理学、统计学、三角学、计算机科学、工程学、环境科学以及地质学;最低标准为数学 8 学分(初级微积分)、科学 6~8 学分以及计算机科学与工程的附加学分
		16.分析问题和全球性议题的规模	
		17.分析特定技术的局限和弊端	
		18.改进和创造新技术以扩展人类的能力	
		19.创建和运用模型来表征真实世界的情况	
推荐课程	统计学、三角学、物理学、计算机科学、工程学、环境科学以及地质学		

料,努力寻求个别化和针对性的教学策略,以确保 STEM 学生的培养质量。

最后,为教师提供持续有效的专业发展机会。专业发展应着眼于培养教师的能力,使教师能够整合与教授 STEM 教育相关的内容和主题,解决教学上遇到的问题。为教师提供高质量的专业发展机会,可以引导教师关注科学、技术、工程、数学等相关课程的整合,支持教师善于利用有效的教学策略和课程材料,提高他们满足 STEM 学生学习需求的能力。

(二)高等教育注重以学生为中心的教学,并与基础教育存在课程上的联系

一方面,改革课堂教学实践内容,提高学生心理投入。为此,高等教育的教学实践环节应该作出调整。本科 STEM 教育的课程实践强调关注真实任务和实践教学,让学生应用跨学科知识探索世界,运用形成性评价技术获得连贯、深入的学习体验,不断提升解决复杂问题的能力,见表3。作为学生项目实践的引导者,教师可采用基于问题的学习、自主学习以及混

合式学习等多样化的教学形式。

表3 美国国家教育委员会本科 STEM 创新教育课程实践内容^[2]

1.具备明确、连贯的教学认识论
2.应用形成性评价技术与循环反馈改变实践
3.在教学法方面提供专业发展支持,尤其是研究生阶段
4.让学生进行科学实践,如在实验室进行学习和解决问题
5.提供结构化的小组学习经验
6.确保高等教育专注于学习成果
7.制定课程序列,为学生营造连贯的学习体验
8.促进学生积极进行参与式学习
9.设计学习目标,并据此进行评价
10.鼓励元认知
11.为本科生提供探究式体验机会

另一方面,拓展高中 STEM 课程有助于实现基础教育与高等教育之间的无缝连接,可以支持高等教育招收 STEM 专业的学生,为部分高中学生提供在高中获得大学学分的机会。这些课程能激发学生参与

STEM 学习的热情,降低大学学费的经济负担。印第安纳州的国际学士学位(IB)课程、双学分课程和大学先修(AP)课程等计划已经实现,致力于提高接受过和擅长大学先修课程与双学分课程学生的数量。

(三)企业(工业与商业)与 STEM 学校建立互惠关系

一方面,学校制定满足企业所需的 STEM 职业技能标准,为企业培养匹配职业需求的人才。STEM 领域的核心知识与 STEM 职业技能应当根据企业对人才的知识素养与技能需求来制定。STEM 教育行动计划根据企业需要,为 STEM 教育中的学生列举出了 24 项所要获得的职业技能,每项职业技能又有明确的解释,见表 4。为满足社会变革和企业发展的需求,STEM 职业技能不仅仅要求学生掌握跨学科知识,而是强调学生不同情境中应用知识以及面向复杂问题时形成创新性解决方案。

另一方面,企业为 STEM 学校提供学习资源、实

践平台的支持。相对于传统学校,STEM 学校需要更多资源,尤其是学生需要参与真实世界的问题解决时。作为 STEM 教育的合作伙伴,企业可以为学生研究、学徒式训练和项目学习提供平台,引导学生获得真实工作的实践体验,以更好地辅助学生的职业选择。此时,企业中 STEM 相关领域的专家进入课堂,与教师和学生一起开展 STEM 项目探究,可以有效支持 STEM 教学活动。

(四)教育管理部门为发展 STEM 教育作出政策引领

作为跨学科的新型教育形式,传统学校教育的政策难以有效支持 STEM 教育。教育管理部门应与企业、高等教育以及基础教育合作制定政策,消解可能阻止 STEM 教育发展的限制。STEM 教育行动计划列举并阐释了八项政策:创建 STEM 教育管理部门、教师许可、毕业要求、学术课程、课程途径、办学经费、学校认证和问责制度^[2]。

表 4

STEM 教育行动计划中 STEM 职业技能种类与解释^[2]

STEM 职业技能种类	STEM 职业技能的具体操作
1.数学	运用数学知识解决问题
2.科学	运用科学的规则和方法解决问题
3.批判性思维	运用逻辑和推理思维制定备选方案、推论以及问题解决方法的优势和劣势
4.自主学习	知道新信息对当前和未来问题解决与进行决策的意义
5.复杂问题解决	制定复杂问题,并检验相关信息,以开发和评估选项与实施解决方案
6.运营分析	分析需求和产品要求,以进行创造性设计
7.工艺设计	生成或调整设备和技术,以满足用户需求
8.设备选择	确定工作所需的工具和设备
9.编程	根据多样的目标编写不同类型的计算机程序
10.质量控制分析	进行产品、服务或流程的测试和检查,以评估其质量或者性能
11.操作监控	查看仪表、刻度盘或者其他指标,确保机器能够正常运作
12.操作与控制	控制设备或系统的操作
13.设备维护	对设备进行日常的维护,并确定需要维护的时间和类型
14.故障检修	确定操作错误的原因,并清楚如何处理
15.维修	用所需工具修理机器或系统
16.系统分析	确定系统如何运作,一定条件和环境下的变化如何影响结果
17.系统评估	根据系统目标,具有系统性能的措施或指标,开展提高或纠正性能所需的行动
18.问题敏感度	感知出现的错误或可能的错误。不涉及问题解决,仅是认识到存在的问题
19.演绎推理	运用一般规则解决具体问题的能力
20.归纳推理	整合信息形成一般规则或结论的能力,包括发现看似无关事件之间的联系
21.数学推理	选择正确数学方法或公式解决问题的能力
22.计算技巧	快速和正确地进行加、减、乘、除的能力
23.感知速度	快速准确地比较出不同字母、数字、物体、图片、图形的相似性与差异性。被比较的事物可以同一时间或一个接一个地呈现。包含将所展示的对象与记忆中的对象作比较
24.控制精度	快速、反复地调整机器或车辆的控制以到达具体位置的能力

1. 创建教育管理部门,协调 STEM 教育的方方面面,包括但不限于正式和非正式的 STEM 教育组织、企业、教师专业发展、资源协调以及学校认证等。

2. 教师许可政策,关注 STEM 学校对拥有各种技能教师的需求。部分教师来自 STEM 行业,而非学校教育。许可这部分教师转型,有助于缓解 STEM 师资不足的现状。

3. STEM 学生毕业要求尽可能符合印第安纳州技术荣誉毕业文凭 (Indiana's Technical Honors Diploma) 的要求。STEM 荣誉毕业文凭需要 8 个学分的数学与科学以及工程/技术课程,涉及工程与技术课程、职业专业课程以及在职培训/实习等。

4. STEM 课程的设置既要依据 STEM 学科的课程要求,又要符合 STEM 领域的职业需要。STEM 课程可以针对某个地区的工作状况和职业需求,并考虑学生未来的职业发展。

5. 职业途径应被扩展至 STEM 的其他学科,学生需要在 STEM 教育中借助“职业实践”的机会确定职业路径。

6. 办学经费的保障。STEM 学校需要附加资金,或者在预算和资金方面需要更大的自由度。

7. STEM 学校认证用来审核某个学校能否实施 STEM 教育。教育管理部门需要确定审核 STEM 学校的标准,并根据当地经济、文化和教育等情况制定审核标准。

8. 根据需要引入学校问责制。问责制度有助于保证 STEM 教育政策、项目、任务等的有效实施,促使 STEM 教育的持续良性发展。

三、STEM 教育的协作方式探讨

“系统的协作是由子系统的要素相互交换,通过自组织而形成合作、协同、同步和互补的功能结构。”^[5] STEM 教育行动计划根据基础教育、高等教育、企业、教育管理部门等要素的属性,设计了相应的协作方式,以实现相互支持。STEM 教育行动计划制定了 STEM 教育的协作关系,如图 1 所示。

“某一系统那些独有的要素或信息进入另一系统与另一系统的要素相互联系与作用,产生协同效应。”^[6] 在协同开展 STEM 教育过程中,基础教育和高等教育获得教育管理部门对 STEM 教育的政策支持,企业给予 STEM 学生职业实践的机会,高等教育提升 STEM 学生研究能力,企业获得符合岗位需求的 STEM 毕业生,教育管理部门则根据高等教育、基础教育和企业提供 STEM 教育政策应用的情况,不断完善 STEM 教

育的支持政策。

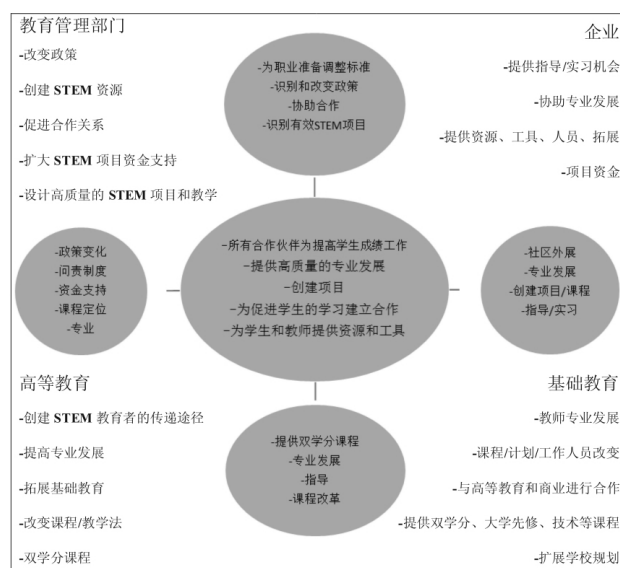


图 1 STEM 教育的协作方式^[2]

(一) 基础教育与高等教育之间形成互补的教学衔接

“对于不同地区和不同类型学校系统之间的协同,可以达到资源共享、取长补短,实现教育公平。”^[6] 基础教育与高等教育存在显著的合作关系,主要体现在为学生提供双学分课程、提高教师专业发展、共同完善现有课程。

基础教育与高等教育合作制定 STEM 教育的人才培养方案。基础教育是培养学生学习兴趣的关键阶段,高等教育为提升学生职业能力的重要途径。两者应构建交流合作平台,定期进行交流讨论,分享在项目评估、课程改革、专业发展和教师协作等方面的优秀经验,共同形成相得益彰的教学方案。

(二) 高等教育与企业建立互惠互利的合作方式

高等教育与企业之间的合作主要体现在拓展学生学习空间、提高教师专业发展、创建实践项目、提供专家指导/实习机会。在支持高等教育方面,企业既可以为 STEM 学生提供项目实践、实习的场地,又能够为 STEM 学校提供资金与专家支持。高等教育与企业之间的合作可以满足学生对于未知职业的“尝试”,习得未来所从事职业的技能,使高等教育培养的 STEM 人才符合社会经济发展的需求。为提升合作效果,高等教育应当分析企业的人才需求,指导教师教学改革的方向,设置面向学生职业能力的课程。

(三) 教育管理部门与高等教育共同推动 STEM 教育

教育管理部门与高等教育的合作体现在政策的完善、问责制度的制定、资金的支持、课程的定位、专

业的设置等方面。教育管理部门指导高等教育设置 STEM 课程时,需要针对学生 STEM 知识学习和技能提升的需求,明确 STEM 教育中课程的定位与设置。

高等教育根据 STEM 教育实施中遇到的难题,向教育管理部门反映 STEM 教育政策实施的问题。教育管理部门根据 STEM 教育的需求与现状,反思 STEM 教育政策的应用状况,不断完善 STEM 教育政策,从而提升 STEM 教育政策制定的科学性和有效性。

(四)教育管理部门与企业合作提高 STEM 教育质量

教育管理部门与企业共同制定 STEM 项目,不断优化 STEM 项目与教学,形成高质量的 STEM 项目实践和教学效果。教育管理部门与企业的合作体现在为调整职业准备标准、制定和改变政策、制定 STEM 项目等方面。教育管理部门不断协调和优化 STEM 教育政策,鼓励企业加入 STEM 教育,并为学校与企业搭建沟通的桥梁,使 STEM 人才培养更加契合企业的职业需求。

教育管理部门与企业的合作方式、合作密度以及合作效果关系到 STEM 教育的发展。教育管理部门不断扩大宣传,使 STEM 教育政策更好地为学校和企业带来益处。教育管理部门与企业共同商讨如何为 STEM 教育提供政策指导、教育资源和实践项目。

四、我国 STEM 教育的实施建议

从系统角度看,人们不仅需要关注 STEM 教育开展的内部因素,更应该关注 STEM 教育发展的外部支持。STEM 教育行动计划明确提出基础教育、高等教育、企业以及教育管理部门协同开展 STEM 教育,为我国开展 STEM 教育提供了启示。

(一)面向 STEM 职业需求,协同建构 STEM 教育目标

STEM 教育以跨学科与创新理念为指导,培养学生进入企业从事 STEM 职位的知识和技能,更好地促进社会经济与人的协调发展。企业和学校合作制定与企业岗位相匹配的职业技能标准,并提供项目资金、资源、工具、人员支持,为提高学生 STEM 职业技能提供机会和指导。

我国 STEM 教育应当根据经济发展和社区需求,综合多方需求制定教育目标。“有关部门应该动员工业界、商业界、基金会、科研机构、学术组织以及其他利益相关者组建一个 STEM 教育联盟,共同关注 STEM 教育需求。”^[1]例如,企业、学校和教育管理机构等多方调查 STEM 职业需求,共同制定 STEM 教育目

标针对不同类型的企业拥有不同的职业需求,企业与学校在教育管理部门的政策支持下,通过沟通与合作确定 STEM 职业技能的种类和内涵。

(二)基础教育和高等教育合作设计课程:提升学生 STEM 知识与技能

STEM 教育着眼于从系统角度分阶段培养 STEM 职业人才。教育管理部门和高等教育需要关注与研究如何根据学生的学习需求设计 STEM 课程,激发学生的学习兴趣,并结合评价技术,不断优化课程设置。

STEM 教育在小学教育阶段侧重于数学和科学等综合课程,培养学生 STEM 素养;在高中阶段应根据学生的兴趣与能力,个性化定制课程,为大学和职业生生涯选择做准备;在大学阶段应和企业合作,形成 STEM 教育的核心知识与课程标准。

(三)高等教育和企业支持教师专业发展,提升 STEM 教师教学能力

“胜任 STEM 教学任务的教师不仅需要具备良好的 STEM 学科知识,更要掌握 STEM 整合教学的知识与技能,并且对 STEM 教育抱积极态度。”^[7]从协同教育的角度看,STEM 教师在设计与实施 STEM 教学时,必须考虑企业与社会的支持与配合。例如,“美国鼓励大学和中小学校、校区合作,为 STEM 入职教师提供良好的教育实习基地”^[8]。

鉴于 STEM 教育的特性,STEM 教师培训不仅注重 STEM 知识与技能和教学方法,更关注跨学科理念与新技术的渗入。高等教育和企业支持教师专业发展,提升 STEM 教师教学能力。高等教育提供 STEM 教师专业发展的课程资源和培训方案,企业为提升 STEM 教师教学能力提供跨学科的教学资源和针对性的行业指导,共同引导 STEM 教师利用所获得的经验探索新型的教学方式,实现 STEM 理论知识学习与教学能力提升的有效融合。

(四)组建 STEM 教育的管理部门,制定、完善 STEM 教育政策

作为 STEM 教育政策的制定者,教育管理部门需要考虑多方因素。首先,确保制定的 STEM 教育政策符合国家相关法律的规定。其次,扩大学校实施 STEM 教育的权利和自由度,为 STEM 学校扫清障碍。再次,寻求支持政策推动的合作者,与企业共同为 STEM 教育提供资金和人员支持。最后,与企业、基础教育、高等教育合作交流,不断优化 STEM 教育政策。例如,“美国由国会、国家科学基金会、教育部、学校、协会及联盟等社会多方通力合作,共同推动 STEM 教

育政策的具体实施和有效落实。”^[8]STEM 教育政策涉及课程职业途径、STEM 学校认证、学校问责制等方面,及教师许可、STEM 学生毕业要求、STEM 课程设置、需要组建专门的 STEM 教育管理部门来制定。

[参考文献]

- [1] 钟柏昌,张丽芳.美国 STEM 教育变革中“变革方程”的作用及其启示[J].中国电化教育,2014(4):18-24.
- [2] The Arizona STEM Network. Indiana's science, technology, engineering, and mathematics(STEM) initiative plan[DB/OL].[2016-05-15].<http://www.doe.in.gov/sites/default/files/ccr/indiana-framework-stem-educationv2.pdf>.
- [3] 赵中建,龙玫.美国 STEM 学习生态系统的构建[J].教育发展研究,2015(5):61-66.
- [4] 李运林,张瑜,黄慕雄.论协同功能与促进教育信息化[J].电化教育研究,2014(10):17-22.
- [5] 李运林,李克东,南国农,徐福荫,胡钦太,许骏,黄慕雄.协同创新 30 年——纪念华南师范大学创办新中国第一个电化教育专业 30 周年[J].电化教育研究,2013(11):5-16.
- [6] 李运林,张瑜,黄慕雄.论协同功能与促进教育信息化[J].电化教育研究,2014(10):17-22.
- [7] 丁杰,蔡苏,江丰光,余胜泉.科学、技术、工程与数学教育创新与跨学科研究——第二届 STEM 国际教育大会述评[J].开放教育研究,2013(2):41-48.
- [8] 上官剑,李天露.美国 STEM 教育政策文本述评[J].高等教育研究学报,2015(2):64-72.

Basic Education, Higher Education, Enterprise and Education Management Departments Carrying Out STEM Education Collaboratively: An Enlightenment from *Indiana's Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Initiative Plan*

ZHAO Huichen, LU Xiaoting, MA Yue

(College of Education Science, Henan University, Kaifeng Henan 475004)

[Abstract] Researches on STEM education in China focus on its theories, models, methods and cases etc. However, the research on how to implement STEM education through the collaboration of basic education, higher education, enterprise and education management department is insufficient. *Indiana's Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Initiative Plan* in America proposes that basic education, higher education, enterprise (business and industry) and education management department should conduct STEM education collaboratively. According to the status of STEM education in China, this study suggests that in China, faced with STEM career needs, STEM education needs to construct instructional objectives collaboratively and to design courses through collaboration of basic education and higher education for the purpose of improving students' STEM knowledge and skills. Teachers' professional development should be supported by higher education and enterprise in order to enhance STEM teachers' teaching competence. The management department of STEM education should be established and the policy of STEM education needs to be developed and improved.

[Keywords] STEM Education; Action Plan; Collaborative Relationship; Indiana