

# 美国 STEM 研究生合作培养的特点与启示

赵慧臣 马佳雯 马悦

(河南大学 教育科学学院 现代教育研究所, 河南开封 475004)

**[摘要]** STEM 研究生的培养不只是学校的职责, 还需要高校、研究机构、中小学等的合作。本文通过解读《美国国家科学基金会 K-12 教育中的 STEM 研究生 (GK-12) 项目指南》, 探讨 STEM 研究生合作培养的多元模式、组织结构、人员招聘、实施要素、项目评价等。文章最后提出了美国 STEM 研究生合作培养的启示, 包括: 注重研究生合作培养的可持续性和资金来源的多元化; 建立高效的组织结构; 严格选择研究生培养的合作伙伴; 形成优质的合作关系; 科学评价合作培养的效果等。

**[关键词]** STEM 教育; STEM 研究生; 合作培养

**[中图分类号]** G434 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1007-2179(2018)03-0050-09

## 一、引言

STEM 教育除了关注 K-12 阶段教育外, 还应注重 STEM 研究生的培养。STEM 研究生的培养不能局限于大学的教学场所, 而应使高校、K-12 学校、政府和学术机构等形成合作关系, 共同从事这一工作, 从而提高研究生的教学技能, 提升 K-12 学校的教育质量。

美国国家科学基金会 1999 年推动实施了 (GK-12) 项目 (Graduate STEM fellows in K-12 education Program), 促进高等教育机构与当地学校、研究机构的合作, 支持高校教师、研究员 (STEM 领域科学家)、研究生和 K-12 教师等形成合作关系, 为研究生提供丰富的 STEM 课程内容, 提升培养

质量。

### (一) 项目实施流程

GK-12 项目从设计、实施和可持续性角度讨论了 STEM 研究生合作培养问题, 为高校教师、K-12 教师和研究员提供参加 STEM 研究生合作培养的机会。STEM 研究生合作培养项目主要包括以下步骤 (见图 1): 一, 选择合适的合作培养模式, 确定培养方式及程度; 二, 建立合作关系, 明确参与合作培养的人员及其职责, 形成组织结构; 三, 招聘人员, 包括 STEM 研究生、K-12 教师、研究员和高校教师; 四, 根据预先制定的研究生培养计划, 开展研究生合作培养活动, 并评价合作培养的进展情况; 五, 将培养目标、活动和成效传播给更广泛的受众, 让利益相关者了解 STEM 研究生合作培养的积极影响。

**[收稿日期]** 2018-04-02 **[修回日期]** 2018-04-26 **[DOI 编码]** 10.13966/j.cnki.kfjyyj.2018.03.006

**[基金项目]** 2018 年度河南省软科学研究计划项目“中小学数字教材建设标准的研制与应用研究”(182400410576); 2017 年度河南省优势特色学科(教育学)建设课题“教育大数据平台中学习分析技术应用的理论探讨与实践优化”(DSJ1709); 河南省教育科学“十三五”规划 2017 年度电化教育专项课题“河南省中小学创客教育与 STEAM 教育现状研究”[(2017)-JKGH-DHXX-096]。

**[作者简介]** 赵慧臣, 博士, 硕士研究生导师, 河南大学教育科学学院现代教育研究所副教授、河南省教育信息化发展研究中心研究人员, 研究方向: 教育信息化、STEM 教育 (zhc412328@163.com); 马佳雯, 教育技术学硕士研究生, 河南大学教育科学学院 (501874034@qq.com); 马悦, 教育技术学本科生, 河南大学教育科学学院 (2429534892@qq.com)。

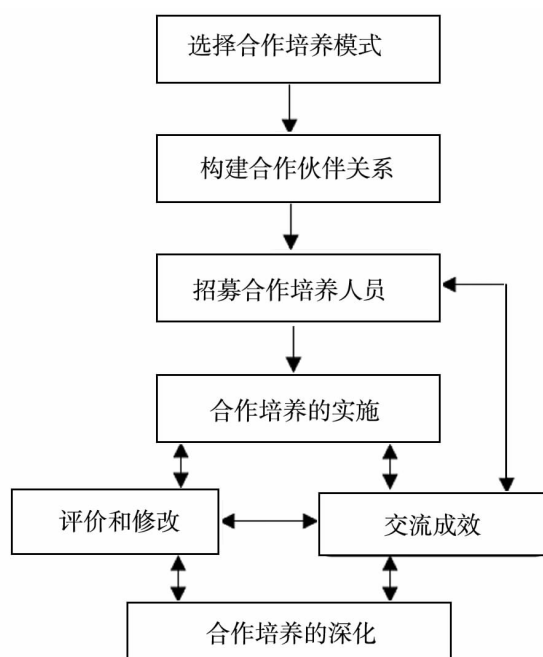


图1 STEM 研究生合作培养的主要步骤 (Ibarra,2016)

### (二)多元合作培养模式

合作培养模式体现了研究员在 STEM 研究生培养中的参与方式和参与程度,主要包括研究员-高校教师合作关系模式、常驻研究员模式、研究员在不同学校工作模式、移动课程模式等(Ibarra,2016)。

其中,作为最常见模式的“研究员-高校教师合作关系”是指为每个高校教师或规模较小的高校教师团队指定一名研究员,他们共同制定和实施课程计划。“常驻研究员模式”指研究员常驻学校后向研究生提供 STEM 课程和研究指导。“研究员在不同学校工作模式”要求研究员面向偏远地区不同学校开展教学活动、提供学习指导。“移动课程模式”是一种适用于远程或分散地点的模式,研究员利用移动实验室向研究生传授 STEM 领域的实验技术。

选择 STEM 研究生合作培养模式应考虑以下问题(Ibarra,2016):1)当地 K-12 学校与高校师生合作的政策是什么? 2)是否有适合研究生培养的研究机构? 3)研究生可以步行或开车去学校,还是必须走很远的路,或者需要住宿过夜? 4)研究生参与 K-12 学校或课程相关的活动吗? 5)高校如何管理研究生合作培养? 6)高校与 K-12 学校、研究机构之间是否就研究生培养建立了合作伙伴关系?

### (三)有效的组织结构

STEM 研究生合作培养需要根据培养目标,选聘合适的工作人员,确定不同人员职责,从而形成有效的组织结构。STEM 研究生合作培养的关键成员包括负责人、评价者、咨询委员会、高校教师、研究员、K-12 教师和研究生等(见图 2)。项目负责人应与咨询委员会合作,明确研究员和高校教师的具体角色,并为他们提供培训和指导。

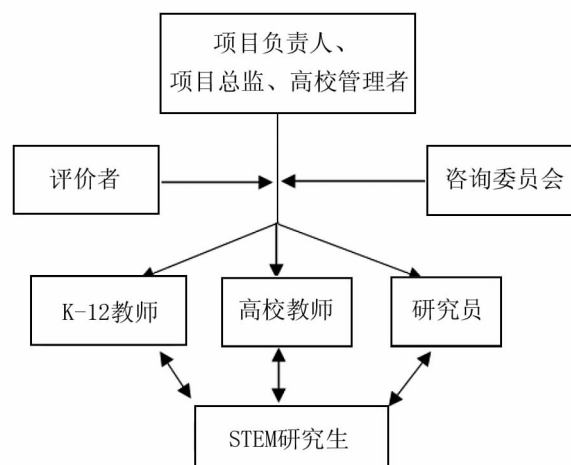


图2 STEM 研究生合作培养的组织结构

1)项目负责人包括高校教师以及教育专家,主要负责研究生合作培养的决策、指导与评价工作。高校管理者为 STEM 研究生合作培养提供支持和保障,分析研究员-高校教师合作带来的影响,与负责人讨论合作的进展和成效。

2)评价者根据目标和计划分析研究生合作培养存在的问题以及与预期成果间的差距,评价研究员和高校教师的能力、研究员-高校教师合作关系。

3)咨询委员会由 STEM 行业专家和教育专家组成。工作职责包括为研究员和高校教师提供培训建议,根据收集的数据提出研究生合作培养的改进建议。

4)高校教师的职责包括:提供教学活动的反馈,协助研究员准备教学材料;指导研究生写作技能;记录研究生的发展,引导他们保持学业之间的平衡。

5)研究员的职责包括:在实验室、工作坊等方面支持研究生研究活动;准备研究生教学的相关课程;参与一名或多名研究生的指导工作。

6) K-12 教师的职责包括:与一名或多名研究员共同设计并实施课程;参加夏季和学期培训活动相关会议;在研究员的实验室完成实验课或现场试验。

## 二、师资招聘

STEM 研究生合作培养效果一定程度上取决于研究员和高校教师等合作伙伴的素质。研究生培养合作伙伴的招聘和甄选工作一般由项目负责人牵头的甄选委员会完成。甄选委员会通常包括研究生合作培养主管、高校教师(至少包括一名 STEM 高校教师)和研究员,可能还包括高校教育管理者和评价者。

### (一) 多元方式分享资讯招聘高校教师

STEM 研究生合作培养离不开研究员的专业指导及高校教师的配合。高校领导应广泛宣传研究生合作培养的成效,吸引优秀高校教师参加。招聘高校教师的策略包括(Ibarra, 2016):1) 通过网站、校报、研究论坛和同行评议的文章向高校教师传播研究生合作培养的优势;2) 强调合作培养对研究生发展和求职等的积极影响,在研讨会上传播研究生合作培养成效;3) 邀请潜在的高校教师参与研究生合作培养会议和相关工作。

### (二) 采用考察等方式招聘 K-12 教师

K-12 教师协助和指导研究生开展 STEM 课程教学活动。优秀的 K-12 教师能够通过培训提升教学效能,适时接受新的方法和技术,愿意与研究员、高校教师合作开展 STEM 研究生教学活动。

招聘优秀且合适的 K-12 教师,可采取以下策略(Ibarra, 2016):1) 为 K-12 教师提供非正式讲座;2) 邀请 K-12 教师参加研究生合作培养会议;3) 与 K-12 教师分享研究生合作培养对学校 and 自身专业发展的益处;4) 让 K-12 教师与研究生一起工作,以便熟悉 STEM 研究生的学习和研究情况。

### (三) 根据教学需要招聘研究员

研究员能够教学或有兴趣提高教学技能,愿意将 STEM 知识呈现给研究生;参加专业培训,不断提升教学能力;填写和分享教学计划、会议活动等安排;与多方交流,分享合作培养的经验和问题。

为招聘优秀的研究员,学校可采取的策略包括(Ibarra, 2016):1) 将研究生合作培养的益处通过网站、报纸等传播给潜在的研究员;2) 向学术组织和

研究团体介绍研究生合作培养的成效,并强调合作培养对研究员职业发展的积极影响;3) 邀请潜在的研究员参与研究生合作培养的研讨会和具体工作;4) 让申请者清楚地了解研究员的工作、教学及生活状态等。

### (四) 明确合作培养对相关人员的要求

为建立有序、高效的团队,除了对不同岗位的人员有明确的职责要求外,还应针对不同人员的特点提出具体指导(Ibarra, 2016)。

1) STEM 研究生应了解参加合作培养对于自身学业和事业目标的价值;合作培养的研究生、高校教师应在专业会议上分享经验,并在培训、招聘和部门研讨会上陈述或分发信息材料,交流参加研究生合作培养的优势。

2) 高校教师需要知道合作培养对研究生成长的好处,明白合作培养可以使研究生成为更好的科学传播者、高校教师和 STEM 研究员;可以在院系研讨会上强调研究生合作培养如何与院系目标、参加者的学术利益及专业整体发展利益相符合;为研究员与研究生合著的论文提出建议。

3) 高校管理者应知道研究生合作培养的使命和目标,了解研究员、教职工和部门如何从合作培养中获益。项目负责人应该向高校管理者提供研究生合作培养的简要介绍及其对合作培养参与者的影响,邀请高校管理者描述和归纳研究员、高校教师和 K-12 教师的教学活动。

4) K-12 教师需要了解合作培养所带来的价值,并参加教学活动、实地考察,了解培养目标、教学进度以及提供服务的信息,建立合作培养的兴趣。

5) 并非所有科学家都能参加研究生合作培养活动,但如果他们认识到研究生合作培养的价值,会以各种方式支持教学活动。

## 三、实施

研究员 - 高校教师合作关系建立需要众多要素的支持,包括良好的研究生合作培养实施计划、合作伙伴明确的期望、支持团队开展合作培养的基础设施、合作培养团队成功沟通的策略、确保研究员-高校教师团队有效工作的管理等。

### (一) 实施要素

研究生合作培养实施前需要对培养活动和人员

分配制定计划。团队人员将相关要素与预期的培养成果联系起来,共同规划如何组织培养活动。其中,研究生合作培养活动主要包括师资招聘、高校教师指导、教学活动和研讨会等。

研讨会对研究员-高校教师合作关系的建立十分重要,是分享研究生合作培养目标和伙伴关系的理想时机,明确所有合作伙伴的期望,解释相关政策和研究生合作培养的要求,为即将到来的学年计划活动提供参考。

研讨会的成功举办需要众多支持,包括知识渊博、热情友好的领导者,明确的目标、优秀的案例和详细的议程,可以立即付诸实践的具体想法,大量互动和多样的活动,与会者有时间和机会分享相关经验并有制定实施计划的时间。

## (二) 实施准备

### 1. 采用创新的方法聘请合作伙伴

聘请研究员有很多创新的方法:可以到研究机构、实验室等实地考察,了解研究员等的研究情况;邀请当地 K-12 教师与高校教师共同开展教学活动;根据研究生的反馈,判断合作培养需要哪些合作伙伴,并采用有效方法开展招聘。

研究员和高校教师有着不同的学习和社会背景以及个性特点,因此高校管理者在招聘中应充分考虑研究生合作培养的文化多样性和包容性,为招聘来的研究员和高校教师提供分享各自文化背景以及探讨彼此异同的机会。在如何聘用研究员和高校教师的问题上,高校管理者可以向德高望重且了解 STEM 教育的人士征求意见。

### 2. 构建交流环境探讨合作方式

招聘机构首先要将主要人员聚集起来,为形成合作愿景提供讨论机会;然后通过基于探究的教学和相关的研讨学习,促进研究员和高校教师之间的互动;最后开发优秀的课程资源,形成一系列开放示范课程,使更多研究生获得优秀课程资源。

### 3. 采用科学的教学方法

高校教师和研究员的课堂教学效果直接影响 STEM 研究生培养质量,所以提升其教学水平十分关键。应用科学的教学方法,关键要明确教学目标,并收集证据了解研究生学习目标达到的程度,将相关数据与高校教师和研究员分享,使他们知道教学进展情况、教学活动效果。

判断教学活动质量高低的依据是研究员与高校教师的合作关系能否拓展研究生的 STEM 知识。为确保所采用教学方法的科学性,高校教师和研究员必须思考以下问题(Ibarra, 2016): 1) 研究生应知道什么、学会做什么? 2) 哪些 STEM 知识和技能与研究生教学相关? 3) 课程教学的熟练程度和精通程度怎样? 4) 如何评估研究生对所学内容和技能的精通和熟练程度? 5) 哪些评估方法使家长和其他感兴趣的人员信服?

## (三) 研究员-高校教师的合作

建立成功合作关系的关键是要了解每位合作伙伴的优势及其需求,并制定满足相应需求的策略。在伙伴关系中,高校教师提供课堂管理、沟通和教学技能的经验,研究员则提供尖端的研究专长和 STEM 知识。两者在 STEM 课堂协作,共同引导 STEM 研究生学习和应用 STEM 课程。

### 1. 分析研究员与高校教师在课堂中的角色

明确高校教师和研究员的角色有助于创建充满活力和富有成效的伙伴关系。研究生合作培养项目负责人应对合作伙伴有明确的期望,并尽早说明角色要求。

首先,研究员扮演着专业科学家的角色,和高校教师共同制定创新性的课程计划,将当前的研究热点与课程标准结合起来;为研究生提供的支持包括担任榜样、高校教师和 K-12 教师,并与研究生分享他们的科研经验。其次,高校教师应知道如何向 K-12 教师和公众传达合作培养的想法,以及如何创建良好的课堂秩序,使课堂成为包容性的合作学习场所。最后,研究员在 STEM 课堂中应扮演积极合作伙伴的角色,通过社交媒体和学术研讨活动将研究领域的专业知识融入课堂教学。

### 2. 发挥研究员的指导作用,提升与高校教师合作的品质

在高校教师-研究生合作关系中,高校教师常常搭建研究员和研究生之间的桥梁。高校教师-研究生角色模型对研究生的学业成绩和早期职业选择的影响十分显著。作为研究领域的科学家,研究员成为研究生的榜样,影响研究生对 STEM 课程的看法,并激起他们涉足 STEM 领域的兴趣。

研究员可以通过与研究生分享他们的职业经验、教育经历、研究过程等树立榜样形象,诠释高校

教师角色;通过一对一辅导或课下面对面交流的方式建立指导关系,鼓励研究生长期从事研究工作;担任导游,向研究生展示实验室,或者让他们参与学校研究活动。

研究员在指导研究生完成 STEM 学习活动中,应注意以下几点(Ibarra,2016):1)与研究生分享职业愿景及产生愿景的经历;2)鼓励研究生尊重和传播高校教师的创新观点;3)向研究生提出问题并积极倾听;4)坦诚地传达并及时反馈研究生的学习绩效;5)帮助研究生联系与兴趣相关的其他科学家或学术组织;6)营造信任和开放的研讨氛围;7)与高校教师一起解决跨性别、跨种族和跨文化问题,建立研究生对高校教师角色的期望;8)对所有研究生均抱有很高期望,但要设法抑制完美主义。

### 3. 形成研究员-高校教师合作伙伴关系,提升研究生培养质量

创建良好的“研究员-高校教师”合作关系需要研究生合作培养管理团队、高校教师、研究员及K-12教师的共同努力。管理团队应阐明高校教师和研究员在课堂中的角色;组织研究员和高校教师定期召开会议,并协调会议的主题与形式,如以电子邮件方式分享即将实施的课程信息。研究员和高校教师应定期见面并讨论如何处理合作培养中可能出现的问题。此外,研究员-高校教师合作伙伴还可以通过设定目标和预期标准,促进学生的自我评价;围绕学习问题进行交流,缩小现状和期望绩效之间的差距。

研究员和高校教师需要交流对各自角色的看法和彼此的期望。研究员要尊重高校教师在课堂中的权威地位,高校教师应尊重研究员的STEM研究。作为教育学专家,高校教师的角色定位是引导研究员掌握有效的教学方法和课堂管理方式。研究员应在课程开发中向高校教师提供最新的STEM知识内容,并搜寻学术研究和课程教学之间的联系。高校教师可以参观研究员的实验室,了解他们的研究,研究员则应了解高校教师和研究生的课程需求。

## 四、探究学习案例

研究员和高校教师通过让研究生参与探究,将真实的科学知识带到课堂。实现目标的主要途径是将研究员的研究活动纳入课堂,通过与高校教师合

作、与研究生互动,满足研究生培养的要求。

### (一)STEM 研究生探究学习的基本步骤

真实的科学探究表现为高校教师、研究生和研究员一起探索研究问题。探究教学法是研究员将研究成果转化为课堂活动的有效工具。高校教师在引导研究员将学术知识转化为研究生的STEM内容和研究技能方面起着关键作用。STEM研究生探究学习设计遵循5E教学模式,即参与(Engagement)、探究(Exploration)、解释(Explanation)、阐述(Elaboration)和评价(Evaluation)(见图3)。该模式采用以研究生为学习中心的教学方式,符合STEM教育活动的综合性、实践性和灵活性的特点。研究生在探究学习过程中,首先提出问题和细化问题,在此基础上设计和开展研究,然后收集和分析数据,最后得出结论和评价结果。

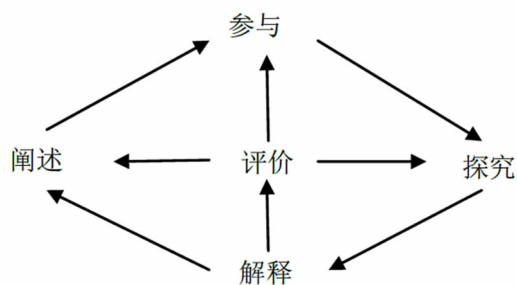


图3 5E探究学习循环模型(Ibarra,2016)

表一在5E模型的基础上,详细阐述了高校教师在不同探究阶段采取的教学措施,为研究员及高校教师将STEM研究与实践融合到课堂提供了参考和借鉴。研究员可以通过多种途径将科学研究带到课堂,包括:在课堂教学中拓展STEM课程知识;支持以研究生为主导的合作培养;将研究生带到现场,参观STEM领域的研究;为研究生提供参与科学展览或研究成果分享的机会。

### (二)STEM 研究生探究学习的水平划分

在STEM研究中,研究生针对问题开展探究学习,并基于证据形成问题解决方案。STEM研究生探究水平分四个等级:确定性探究、结构化探究、有指导的探究和开放式探究(见表二)。

其中,“确定性探究”指研究生按照预定程序验证某个科学原理,探究结果已经确定并为其知晓。“结构化探究”指在没有预先确定答案的情况下,研

究生按照既定程序解决高校教师提出的问题,最终结论由探究过程决定。“有指导的探究”指研究生在没有预先确定方法的情况下,根据高校教师所提问题设计探究过程,探究结果依据探究情况而定。“开放式探究”指研究生在没有预先确定问题的情况下,提出探究问题,通过所设计的探究计划解决问题。

表一 STEM 研究生探究学习循环阶段(Ibarra,2016)

| 5E 模型    | 探究阶段        | 描述  |
|----------|-------------|---|
| 评价       | 考虑研究生的背景和兴趣 | 使用形成性评价工具评价:研究生的想法是什么?兴趣是什么?知识结构如何完善?       |
| 吸引       | 创建和描述变量系统   | 变量可以由研究员或高校教师指定,也可以由研究生选择。                  |
| 吸引       | 设计浸入式体验     | 体验可以包括课堂演示、录像或物理模型,以激发研究生的好奇心,使他们继续研究行动。    |
| 探索/评价    | 形成可研究的问题    | 问题可以由研究生小组或全班制定。                            |
| 探索/评价    | 开展研究        | 研究生以小组或个人的形式分析研究问题,并根据需要开展形式多样的研究活动。        |
| 解释/阐述/评价 | 设计重要任务      | 为研究生提供展示所学知识的机会,比如课堂小组演示、制作海报、创建模型系统或者撰写报告。 |
| 阐述/评价    | 对理解进行评价     | 形成性和总结性评价允许研究员和高校教师了解研究生在活动中学到了什么,并确定后续活动。  |

表二 STEM 研究生探究学习的水平(Ibarra,2016)

| 探究水平 | 具体描述   |
|------|--|
| 确定性  | 犹如在传统的“食谱”型实验室里,研究生照方抓药,按照规定程序确认科学原则,事先知道预期结果。 |
| 结构化  | 没有预先确定的答案。研究生通过规定的程序调查高校教师提出的问题,结论基于自己的调查。     |
| 有指导的 | 没有预先确定的方法。研究生用自己设计的研究方法调查高校教师提出的问题。            |
| 开放式  | 没有预先确定的问题。研究生通过自己设计的研究方法调查所构想和考察的问题。           |

(三)研究员把 STEM 内容和研究融合到研究生探究学习中

高校教师和研究员共同努力,将 STEM 研究融合到课堂,采用探究教学或其它研究经验满足研究生特定的利益、背景和需要。

#### 1. 将 STEM 内容和研究融入课堂的方法

研究员把 STEM 研究融入课堂的方法很多,例如,通过分享个人经历向研究生展示 STEM 职业生

涯,引导他们进入相关的研究领域;或者通过 STEM 软件、图书馆数据库和网络课程材料等,将探究学习融入课堂。

研究员和高校教师应在学年开始前,研讨课程标准,确定研究员的研究可否适应课程,并获得教学设计和课堂管理的建议。有时探究教学并不是首选的教学方法,其它方法更有效(见表三)。探究教学的缺点是研究员和高校教师需要大量课堂时间开展教学活动。当然,任课高校教师最终决定采用何种教学方法。

表三 研究员将探究学习融入课堂的方法(Ibarra,2016)

| 方法       | 描述                                |
|----------|-----------------------------------|
| 讲授/演讲    | 研究员使用讲座方法讲授 STEM 概念。              |
| 探究性学习    | 研究员为研究生提供通过探究实践和相应步骤进行真实性研究的机会。   |
| 动手实践活动   | 研究员为研究生提供实践经验、实验室使用的材料、模型、设备等。    |
| 演示/视频/媒体 | 研究员提供课堂演示或其它有吸引力的形式,为特定主题提供背景和说明。 |
| 技术支持的学习  | 研究员提供计算机、软件或设备等技术支持学习。            |
| 游戏和比赛    | 研究员设计游戏中的竞争,为研究生学习或复习某个主题创造机会。    |
| 班级、团体辅导  | 研究员为研究生和小组提供家庭作业或课堂辅导。            |

2. STEM 内容和研究融入课堂的关键:研究员的引导

为了保证更好地将 STEM 内容与研究融入课堂,研究员课前应准备好所需教学材料,提前操练课堂实践活动;为高校教师和研究生准备学术文章或其它材料,引导他们初步了解即将学习的知识;分享自己的职业道路、所遇的阻碍和解决的问题,让研究生认识学术研究活动;向研究生展示 STEM 课程或活动与实际的联系,并用动手实践活动吸引研究生。

课堂上,研究员的提问要公平,确保每个研究生积极参与;应关注研究生课外生活,并表现出进一步了解个人的兴趣倾向;帮助研究生参加科学俱乐部等课外活动;积极与研究生沟通,激发他们对 STEM 课程的热情。制定课程计划的有效方法是反向课程计划设计模型(见表四)。通过该模型,高校教师和研究员从确定某个单元的学习目标开始,将 STEM 研究和专业知识纳入研究生课程。

表四 研究员和高校教师反向课程计划过程的步骤  
(Ibarra,2016)

| 步骤        | 问题                                       |
|-----------|--|
| 明确学习目标    | 想让研究生知道什么?<br>想让研究生学会做什么?                |
| 确定可接受的证据  | 怎么知道研究生明白了课程的意义?<br>如何评价研究生明白了什么?        |
| 学习活动和教学计划 | 用什么活动确保研究生理解了课程要点?<br>课程活动与研究生能否理解有什么关系? |

## 五、环境建构

STEM 教育活动的开展不应仅靠学校力量,要充分动员各种机构和专业人士等社会资源与学校建立合作关系,使学生拥有更多的自主选择权和更大的发展空间(赵中建等,2015)。因此,STEM 研究员与 K-12 教师的合作不应局限于学校环境,还应在非正式学习环境中开展研究生培养工作。STEM 教育的研究生培养不应停留在本国,应具备国际的眼光。

### (一) 借助社区与非正式学习超越课堂局限

#### 1. 非正式 STEM 学习环境的搭建

STEM 研究生在非正式学习环境开展学习,对研究员和高校教师提出很大挑战。他们需要留出研究生选择及设计学习活动的机会,并保证学习活动的有效性;利用现有资源和组织支持活动,设计动手实践活动;了解研究生的年龄和先前经验。鉴于多个机构可能在制度文化上的不同,高校教师应定期召集利益相关者开会,计划安排协作所需的时间、资金、人员等。

#### 2. 非正式课余科学活动的开展

研究员和高校教师在非正式学习环境开展教学工作,鼓励研究生参加一系列课外实践活动,如科学节、实地考察、科学夏令营和科学博览会(Maryland State Department of Education,2011)。K-12 教师和高校教师要与 STEM 研究生互动,引导他们参与科学实践。

首先,举办科技节活动弘扬科学精神,培养研究生的创新意识、实践能力和科学素养。高校教师需要了解研究生的需求,指导他们针对性地参与相关活动。其次,实地考察接触当地 STEM 环境。高校教师和研究员利用实地考察等开展非正式教育活动,让研究生在探索学习中创新。再次,作为社会实践活动的重要形式,夏令营是实施 STEM 教育的有效途径,鼓励符合条件的研究生积极参加夏令营。

最后,科学博览会开始前应预先准备材料以涵盖科学实验的特征、问题或假设等;提前与研究生协调,了解他们的意见和要求,使相关活动与其兴趣相符。

### (二) 开展国际合作,提升研究生培养效果

随着全球化进程的加快,国际间的合作将为所有 STEM 研究生带来新的学习机遇。STEM 研究生通过访问、吸收他国 STEM 教育的精华,反思本国 STEM 教育存在的问题,以国际眼光开展学习活动。

#### 1. 国际合作对 STEM 研究生的影响

国际合作为 STEM 研究生提供了独特的学习机会。STEM 研究生可以了解 STEM 如何在全球社会中发挥作用以及如何为未来的合作开发网络:通过访问其他国家的高校或机构,STEM 研究生有机会学习如何在世界其他地区开展研究,以不同的方式分析和解决问题;在合作中学习国外先进的科学技术,以及获得国内机构没有的资源;通过与国外研究员、高校教师和研究生建立合作,见证不同国家 STEM 教育的成功与挑战,体验国外 STEM 教室,学习新的教学方法。

#### 2. 开展国际合作培养的流程

国际合作需要制订详实的访问计划清单,以确定访问的目的、国家、潜在的合作伙伴和外国同行等。表五提供了与会者在国际体验前后需准备的材料和相应要求。

表五 STEM 研究生国际体验清单(Ibarra,2016)

| 事项<br>时间 | 清单目录                      |
|----------|---------------------------|
| 访问前      | 协助参加者旅行和体检。               |
|          | 建立与国外同行的联系。               |
|          | 为研究生提供语言和文化培训,必要时安排翻译人员。  |
|          | 提供访问学校位置和联系人方式。           |
|          | 收集采集样本需要的许可证。             |
|          | 传达需求、责任、期望和预期结果。          |
|          | 了解医疗和旅行保险的细节。             |
|          | 提供紧急联系信息以及最近医院的位置。        |
|          | 概述财务因素。                   |
|          | 鼓励参加者展示他们的研究成果。           |
|          | 定期召开研究生小组会议。              |
| 访问后      | 通过博客、网络电话、电子邮件等与国外机构保持联系。 |
|          | 广泛传播和分享经验。                |
|          | 跟随并保持与国外同行的联系,保持合作的顺利进行。  |

为了使 STEM 研究生在国际访学中有较大收获,高校教师要引导他们与东道国高校的研究员、研究生和高校教师形成合作关系。当然,出访的研究员和高校教师也要学习和研究东道国的 STEM 教育系统,与当地研究员、高校教师建立合作,共同开展 STEM 研究生合作培养。

## 六、总结与反思

当前,我国研究生教育正处在由大国向强国迈进的战略转型期,提高研究生培养质量成为研究生教育改革发展的核心任务(周文辉等,2013)。STEM 教育研究生合作培养注重多机构参与、多人员合作和多层面保障,可以为相关专业研究生合作培养提供参考。

### (一) 注重合作培养的可持续性

STEM 研究生合作培养注重可持续性发展,即关注合作培养给研究生、高校教师、学校等带来的益处。要促进 STEM 研究生合作培养的持续发展,可以采取下列措施:1) 高校领导和 K-12 学校制定 STEM 研究生联合培养制度;2) 建立研究员和高校教师之间的常规交流方式和交流时间表;3) 创造时间和空间,让高校教师和研究员分享不同的专业文化;4) 建立与 K-12 教师和高校管理者定期讨论研究生合作培养的问题和解决方案。

STEM 研究生合作培养的可持续发展需要保证资金来源,这可以采取以下措施(Ibarra, 2016):1) 积极寻求利益相关者的投资;2) 面向研究生合作培养的课程资源得到广泛应用;3) 清楚地展示研究生合作培养所取得的成就,并为未来活动提供示范;4) 将当前和未来的研究生合作培养活动纳入新的赠款提案。

### (二) 建立高效的组织结构

领导者、评价者在研究生合作培养中扮演着特定角色。研究生合作培养的开展需要不同领域、不同等级人员的共同努力,因此建立高效的组织机构十分必要。

研究生合作培养开始前,项目负责人要明确设定人员的组成结构,并对岗位人员提出具体的职责要求。岗位职责不仅可以作为招聘、考察和评价研究生培养合作伙伴的重要参考,而且有助于合作伙伴明晰自身在研究生合作培养中的地位和作用。

### (三) 严格选择合作伙伴

研究生合作培养的成功很大程度上依靠高水平合作伙伴,研究生培养合作伙伴可以通过组建甄选委员会选拔,主要包括合作培养负责人、STEM 研究领域的代表、高校教育管理者等利益相关者。明确的岗位要求既可作为招聘合作伙伴的依据,又可作为评价合作伙伴的参考标准。为了吸引更多的优秀人士参与研究生合作培养,管理团队可以广泛宣传合作培养的优势,以及对合作伙伴的积极影响。以下问题可以作为选择合作伙伴的参考(Ibarra, 2016)。

1) 对高校教师的咨询包括高校教师有什么样的知识结构、教什么课程、教了多少年以及对 STEM 知识的掌握程度如何? 2) 对研究员的咨询包括以前是否有 STEM 教育经验吗? 他们处在职业生涯的什么阶段? 一般的研究议程是什么? 与研究生的合作关系怎样? 3) 对 K-12 教师的咨询包括参与了哪些课程教学、学术研究课题和行业专业组织? 在研究生合作培养上的绩效如何?

### (四) 形成优质的合作伙伴关系

STEM 研究生合作培养团队要将建立伙伴关系作为最优先的事项,制定具体合作计划;通过多种方式与合作伙伴持续交流,广泛宣传合作培养的积极影响,寻找积极的合作伙伴。

选择合适的 K-12 教师的主要条件包括(Ibarra, 2016):1) 至少有五年的教学经验;2) 讲授同样的课程内容至少三年;3) 有学习或深入探究教学的愿望;4) 有兴趣参与研究生指导工作;5) 掌握教学方法和技巧,不只讲授教学内容;6) 把让研究生喜欢学习视为优先考虑的事情;7) 有时间支持研究员和高校教师的工作。

### (五) 科学评价合作培养效果

为评价 STEM 研究生合作培养的效果,设计评价环节的最好方法是从最终目标开始,即根据研究生合作培养目标制定评价策略,明确列出短期目标和长期目标,然后以短期目标作为过程性评价的依据,以长期目标作为衡量研究生合作培养是否成功的标准。

评价者应认真考虑下面的评价问题:1) 研究生合作培养的目标是什么? 2) 如何对目标的实施进行评价? 3) 目标实现程度如何? 4) 结果能够通过



定性证据或(和)定量证据支持吗?

美国在 STEM 研究合作培养的多元模式、组织结构、人员招聘、实施要素、项目评价等开展了探索,但对合作培养有效性方面的研究相对薄弱。从理论上讲,STEM 研究生合作培养应该实现“1 + 1 > 2”的效果。然而,随着合作培养的不断开展,不同类型的资源投入逐渐增多,影响因素及其关系愈加复杂。如何根据系统科学整合不同资源形成有效的合力,如何在不同阶段确保合作方式、合作频度等的科学性,成为 STEM 研究生合作培养需要关注的课题。

尽管美国 STEM 研究合作培养中对教师、研究生、管理者均提出了更高要求,但相关要求更多属于合作培养中应该扮演的角色。随着合作培养的不断开展,教师、研究生、管理者的能力在不同阶段应该有所不同,具有不断发展、螺旋上升的特点。因此,为促进 STEM 研究合作培养的持续开展,应该为教师、研究生、管理者分别制定面向合作培养过程的能力标准,这样既便于他们前后比较发现自身能力的不足,寻找改进方向,又有利于高校等机构对他们开展过程性评价,有针对性地提供培训服务。

我国 STEM 研究生培养虽然与美国有一定差异,但合作培养的本质是相同的,均面临一些共性问题。美国 STEM 研究生合作培养的理论与实践,可

以为我国研究生合作培养提供借鉴。这不仅有助于我们整合人力、物力、财力等合作培养所需的资源,而且在教师选聘、教学设计和评价改进等方面提供了具体方案。当然,借鉴美国 STEM 研究生合作培养的经验不意味着将其直接移植到我国就能产生积极效应。为了确保我国相关专业研究合作培养的开展,就必须结合我国国情,以社会需求为基础,围绕创新人才的培养目标,整合高校、中小学、学术机构等的丰富教育资源,形成研究生合作培养的支持环境,构建具有中国特色的研究生合作培养模式。

#### [参考文献]

- [1] Ibarra, A. S. (2016) The power of partnerships: A guide from the NSF graduate STEM fellows in k-12 education (GK-12) program [EB/OL]. [2016-12-20]. [http://www.gk-12.org/files/2013/07/GK-12\\_updated.pdf](http://www.gk-12.org/files/2013/07/GK-12_updated.pdf).
- [2] Maryland State Department of Education (2011). 5E model for integrated STEM education [EB/OL]. [2017-06-12]. [http://mdk12.org/instruction/curriculum/stem/pdf/6-8/Middle\\_School\\_Integrated\\_5EModel\\_for\\_STEM\\_Education.pdf](http://mdk12.org/instruction/curriculum/stem/pdf/6-8/Middle_School_Integrated_5EModel_for_STEM_Education.pdf).
- [3] 赵中建,龙玫(2015). 美国 STEM 学习生态系统的构建[J]. 教育发展研究, (5):61-66.
- [4] 周文辉,李明磊(2013). 基于高校调查的研究生培养质量保障机制研究[J]. 教育研究, (3):59-65.

(编辑:李学书)

## The Characteristics and Enlightenments of Cooperative Education of Graduate Student in STEM Education in USA

ZHAO Huichen, MA Jiawen & MA Yue

(Modern Educational Institution, Education College, Henan University, Kaifeng 475004, China)

**Abstract:** As a composite talent, the cultivation of STEM graduate students is not only the responsibility of the school, but also the cooperation of universities, research institutes, and primary and secondary schools. The paper interpreted “The guide from the NSF graduate STEM fellows in K-12 education (GK-12) program”, discussed the mode of cooperative education, the organization structure, personnel recruitment, effective elements of implementation. The enlightenments of cooperative education of graduate students in USA include: pay attention to the sustainability and diversification of funding sources; establish effective organization; strictly select participants in cooperative projects; form high-quality partnership; evaluate the effect of the cooperative training scientifically.

**Key words:** STEM Education; STEM graduates; cooperative education