

文章编号: 2095-1663(2021)02-0090-08

DOI: 10.19834/j.cnki.yjsjy2011.2021.02.14

# 美国研究生 STEM 教育最新核心能力

## ——政策脉络、标准框架及培养路径

薛 栋, 武加霞

(天津职业技术师范大学 职业教育学院, 天津 300222)

**摘要:** 美国研究生 STEM 教育核心能力框架为其高科技人才培养提供了理论基础。基于对《21 世纪研究生 STEM 教育》报告中美国硕士与博士研究生 STEM 教育的最新核心能力分析, 形成 2 项一级指标、4 项二级指标和 26 项三级指标的更新核心能力标准框架。跨学科多元教育要素整合的内生路径和多元利益主体协作的外促路径, 构成了美国研究生 STEM 教育核心能力培养路径。我国研究生教育亟需构建基于类型和专业研究生核心能力框架; 强化学科能力各要素的关系研究, 完善专业能力的内容与考核机制; 明确可转移能力的具体内容, 制定多元的培养路径; 立足协同多元利益主体, 建立研究生核心能力联动培养机制。

**关键词:** 美国; 研究生; STEM 教育; 核心能力

**中图分类号:** G643

**文献标识码:** A

研究生教育是国家创新力的来源, 是国家培养高科技人才的主阵地。2018 年 10 月, 教育部、工信部、中国工程院联合发布《关于加快建设发展新工科实施卓越工程师教育培养计划 2.0 的意见》, 指出新工科建设要推进跨院系、跨学科、跨专业培养工程人才, 注重培养工科学生设计思维、工程思维、批判性思维, 提升创新精神、创业意识和创新创业能力。为了落实上述要求, 2020 年 5 月, 教育部印发《未来技术学院建设指南(试行)》, 提出为了深化新工科建设, 要建设一批未来技术学院, 探索专业学科实质性复合交叉合作规律, 探索未来科技创新领军人才培养新模式, 有效培养复合型、创新型人才。同年 3 月, 教育部、国家发改委、财政部联合印发《关于“双一流”建设高校促进学科融合 加快人工智能领域研究生培养的若干意见》, 提出在人工智能领域加快跨界融合, 培养具有多学科背景的高水平创新型人才。新工科建设、人工智能领域一流研究生培养、未来技

术学院建设等系列举措, 旨在培养具有高水平的创新型、复合型人才, 为实现高等教育强国提供智力保障, 而核心能力标准框架作为高层次人才培养的理论支撑, 其构建极为重要。本文基于对美国科学、技术、工程和教学(STEM)领域研究生教育核心能力标准制定的政策梳理, 依托美国《21 世纪研究生 STEM 教育》报告, 分析美国研究生 STEM 教育最新核心能力标准框架与培养路径, 为我国高层次人才核心能力体系构建与培养提供借鉴。

### 一、美国研究生 STEM 教育核心能力标准制定的政策梳理

美国研究生 STEM 教育核心能力标准是由美国研究生 STEM 教育核心能力培训计划与政策直接驱动生成。1995 年, 由美国科学、工程与公共政策委员会、国家科学院、国家工程院、医学研究院联

**收稿日期:** 2020-10-27

**作者简介:** 薛栋(1979—), 女, 山东青岛人, 天津职业技术师范大学职业教育学院副教授, 教育学博士。

武加霞(1988—), 女, 山东泰安人, 天津职业技术师范大学职业教育学院硕士研究生。

**基金项目:** 天津市哲学社会科学规划 2020 年一般项目“美国智能制造数字化人才分类体系及其标准研究”(TJXX20-018)

合发布的《重塑科学家与工程师的研究生教育》报告,提出研究生技能应从学术与职业能力两个层面发展。<sup>[1]</sup>1998年,美国国家科学基金会提出研究生教育与科研训练一体化项目,指出在所有领域内跨学科培养研究生,2014年该项目被新的研究训练计划取代,强调在科学、技术、工程和数学四大领域中实行跨学科人才培养,即研究生 STEM 教育跨学科人才培养。<sup>[2]</sup>2007年,美国研究生院委员会发布了名为《研究生教育:美国竞争力与创新力的支柱》的报告,指出为了适应知识经济时代的激烈竞争,研究生教育要培养一批既具有学术能力又具有解决问题能力的知识创新者。<sup>[3]</sup>2018年,美国国家科学院、国家工程院、医学研究院再次联合任命振兴 21 世纪研究生 STEM 教育委员会,调查美国研究生 STEM 教育状况,发布了《21 世纪研究生 STEM 教育》报告。这是继 1995 年对研究生 STEM 教育进行调查之后,再一次对当前研究生 STEM 教育进行的全面分析。该报告提出研究生 STEM 教育培养的人才应同时具备学科能力、专业能力、研究能力与可转移能力四种核心能力,以应对经济社会形势的不断变化与需求。由此可见,美国对于研究生教育的研究从未间断,从早期的美国国家科学院、国家工程院、医学院等机构进行研究生人才发展的研究,到近年来国家科学基金会、国家科学院等委托成立专门的研究生教育委员会作为研究主体,并在研究过程中联合政府、企业、行业协会等,共同商讨制定人才培养方案,表明对于研究生人才培养的研究更趋专业化和职业化,并且日渐由全领域的研究生教育研究缩小至 STEM 具体领域的研究,使得人才培养目标更精确,由开始的从学术与职业两个层面培养研究生能力发展到学科能力、专业能力、研究能力与可转移能力四项能力并驾齐驱。

## 二、美国研究生 STEM 教育最新核心能力框架

### (一)美国研究生 STEM 教育最新核心能力的整体框架分析

美国研究生 STEM 教育核心能力由 2 项一级指标、4 项二级指标和 26 项三级指标构成,具体见表 1。一级指标包括技术能力与非技术能力两项能力,技术能力又称硬技能,非技术能力又称软技能。

技术能力包括学科能力与专业能力 2 项二级指标。其中,学科能力细化为核心学科、多学科、跨学

科能力 3 项三级指标;专业能力细化为获得行业协会颁发的证书、项目预算能力、项目管理能力、实验室管理能力、教学能力 5 项三级指标。学科能力作为研究生 STEM 教育核心能力框架中的第一项能力,是研究生 STEM 教育核心能力的最初要求,后随着雇主对研究生能力的要求增加,研究生核心能力逐步增加了专业能力、研究能力与可转移能力。专业能力与学科能力虽同属技术能力,但专业能力可作为学科能力的扩充与发展。

非技术能力包括研究能力与可转移能力 2 项二级指标。其中,研究能力细化为 6 项三级指标,分别是运用科学方法、设计研究策略、运用统计方法和信息化工具、进行定量和定性研究、评估研究结果以及研究生要具有研究道德;可转移能力细化为 12 项三级指标,分别是口头沟通能力、书面沟通能力、解决问题的能力、将知识转化为应用的能力、创造力、批判性思维、对任务充满热情、领导能力、时间管理能力、管理压力的能力、团队合作能力、满足客户需求的能力。目前,美国研究生 STEM 教育,一方面继续推进软硬技能的并肩发展;另一方面愈发强调对高创造力、批判思维能力、团队合作能力等普适性和可迁移性的非技术能力的培养。

### (二)美国研究生 STEM 教育最新核心能力框架中技术能力的具体分析

1. 基于核心学科与多学科知识发展跨学科能力  
在培养研究生的学科能力方面,涉及到核心学科知识、多学科知识和跨学科知识三个概念。核心学科知识指能够承担该学科独特的社会使命感以及涵盖该学科独特视野的知识结构,它一般指能够将该学科有效区别于其他学科的基础核心知识部分。<sup>[4]</sup>核心学科能力要求研究生熟练掌握核心学科知识。从学习的顺序、层次与知识的范围来看,核心学科知识是多学科知识的基础。所谓多学科方法,是指将两个或多个学科并列,使用不同的学科视角从不同的角度研究出现的主题、问题、难题,学科并列并涵盖广泛的信息、知识和方法,但是学科仍然是分开的。<sup>[5]</sup>虽然这种方法的缺点是没有将各学科的理论观点进行整合,但是要求研究生熟练掌握不同学科知识的多学科能力是开展跨学科研究的基础。

跨学科知识不同于核心学科知识与多学科知识,它不是学习大家公认的知识内核,也不是将多学科知识并置学习,而是将多学科的知识体系整合在一起创造超越学科界限的新知识,用来解决复杂的

问题。<sup>[6]</sup>学生在跨学科知识的学习中超越学科边界,产生新的想法和实践,创建新的理论、概念、方法,并能够运用这些知识、方法等对复杂问题进行研究,取得系统、连贯的结果,培养学生跨学科实践能力和跨学科设计能力。<sup>[7]</sup>因此,跨学科研究使研究生所获得的跨学科素养,能更好地分析复杂问题并提出针对性的多种概念和方法论方法,从而形成跨学科能力。实质上,跨学科的知识学习是以一种创新的方式应

对科学发展对劳动力的挑战,同时,具有跨学科能力的劳动力也将推动不同领域发展和加速科学发现的进程。跨学科作为开发学术研究新途径和针对解决现实问题并能够产生知识创新的重要方法,在当今学术界和专业界得到迅速发展。基于核心学科与多学科知识发展跨学科能力,是跨学科能力培养的规律与要求。三项能力是美国 STEM 教育中硕士生和博士生都需具备的学科能力。

表 1 美国研究生 STEM 教育核心能力框架

| 一级指标       | 二级指标  | 三级指标         | 硕士 | 博士 |
|------------|-------|--------------|----|----|
| 技术能力(硬技能)  | 学科能力  | 核心学科         | √  | √  |
|            |       | 多学科          | √  | √  |
|            |       | 跨学科          | √  | √  |
|            | 专业能力  | 获得行业协会颁发的证书  | √  |    |
|            |       | 项目预算能力       |    | √  |
|            |       | 项目管理能力       |    | √  |
|            |       | 实验室管理能力      |    | √  |
|            |       | 教学能力         |    | √  |
| 非技术能力(软技能) | 研究能力  | 运用科学方法       | √  | √  |
|            |       | 设计研究策略       | √  | √  |
|            |       | 运用统计方法和信息化工具 | √  | √  |
|            |       | 进行定量和定性研究    | √  | √  |
|            |       | 评估研究结果       | √  | √  |
|            |       | 研究道德         | √  | √  |
|            |       | 口头沟通能力       | √  | √  |
|            | 可转移能力 | 书面沟通能力       |    | √  |
|            |       | 解决问题的能力      | √  | √  |
|            |       | 将知识转化为应用的能力  | √  | √  |
|            |       | 创造力          | √  | √  |
|            |       | 批判性思维        | √  | √  |
|            |       | 对任务充满热情      | √  | √  |
|            |       | 领导能力         | √  | √  |
|            |       | 时间管理能力       | √  | √  |
|            |       | 管理压力的能力      | √  | √  |
|            |       | 团队合作能力       | √  | √  |
|            |       | 满足客户需求的能力    | √  | √  |

资料来源:根据《Graduate STEM Education for the 21st Century (2018)》中研究生 STEM 教育核心能力整理而成。

## 2. 基于人才培养定位发展专业能力

美国研究生 STEM 教育中硕士生侧重于培养

应用型人才,强调其对某一专业领域知识和技能

的掌握,而博士生则侧重于培养研究型人才和本

科 STEM 教育师资,强调在研究中所需的项目预算能力、项目管理能力、实验室管理能力以及教学能力。

美国 STEM 教育中硕士生具备专业能力的重要体现是其能够凭借专业知识和技能获得资格许可证书或其他证书。相关证书由行业协会根据相应的标准颁发。行业协会组织同行业的各机构,开发技能认证工具包,公布专业资格证书及标准,向硕士研究生公布专业能力标准并考核其专业能力,对于通过考核的硕士生发放资格证书,作为其走上工作岗位的条件。例如硕士生想成为一名工程师,则需要达到工程师协会的标准,并向工程师协会申请,由工程师协会根据工程师胜任力模型进行评定,若考核合格,由协会颁发给学生证书,若考核不合格,学生则可以找出自身能力与协会标准之间的差距。

作为研究生教育的最高阶段以及研究型人才培养来源的博士研究生,参与项目研究或实验室研究是其主要学习途径。因此,博士生要求掌握的专业能力包含项目预算能力、项目管理能力和实验室管理能力。组织自己的研究团队或者参与导师的研究项目是博士阶段完成学业的要求之一,而项目预算和项目管理对于项目成功是至关重要的,因此,博士生要能够先成为优秀的项目经理,然后才能成为优秀的领导者,进而做好各项任务并衡量每个项目的成功。同时,实验室是 STEM 教育中必备的硬件实施,因此,做好实验室管理,注意实验室安全是进行研究的前提。另外,作为 STEM 最高阶段的教育,博士研究生教育最初的目的之一是培养本科 STEM 教育的师资,高质量的师资是培养高质量人才的重要因素,STEM 博士生具备好的教学能力才能有效从事本科教育,实现 STEM 生源的良性循环。因此,教学能力是博士生走上教师职业的前提条件。STEM 博士生可以通过担任教师助教,帮助教师完成课程教学的工作,或者通过课堂中向老师学习习得教学能力。在专业能力中,硕士、博士生要求掌握不同的能力,硕士生通过标准证书的考核检验专业能力水平,而博士生更强调研究过程中应具备的项目预算、项目管理、实验室管理能力以及作为本科 STEM 师资来源应具备的教学能力。

### (三)美国研究生 STEM 教育最新核心能力框架中非技术能力的具体分析

#### 1. 基于研究全过程的研究能力

研究能力包括运用科学方法、设计研究策略、运用统计方法和信息化工具、进行定量和定性研究、评

估研究成果、具备研究道德等一系列研究过程需要具备的研究素养。总体而言,研究生要能够快速学习、保留信息,基于文献研究提出知识性问题并定义问题,将之转化为研究问题并证明问题的成熟度,能够识别相关资源、根据研究问题设计研究策略,定义参数、探索问题组成部分来解决问题。具体到研究过程,要能够熟练运用研究策略,确定定量、定性分析方法以及构建理论框架,采用严格的调查标准,运用恰当的定量、定性研究方法和工艺技能,分析得出研究结果以及进行科学的评估。<sup>[5]</sup>同时,研究过程中要能够综合和引用他人工作,确定任务优先级、合理分配任务以及与其他研究人员进行有效协作。此外,美国很多雇主反映 STEM 教育研究生在处理信息、数据以及使用信息化工具时表现较差,对统计方法和计算机工具、软件的应用存在一定的问题。<sup>[8]</sup>因此,运用统计方法和信息化工具的能力也是美国研究生 STEM 教育研究能力的主要组成部分。另外,在研究过程中还要强调研究道德,要求学生了解研究责任和诚信的重要性,了解行业规范和企业文化,明确该行业的科学家和工程师的道德责任以及应该承担的人际关系,学习行业研究的道德标准,规范职业精神的培养。<sup>[5]</sup>研究能力所包含的 6 个三级指标的能力,硕士生和博士生均需具备。

#### 2. 灵活迁移于多种职业之间的可转移能力

研究生 STEM 教育的可转移能力共十二种,具体包括口头沟通能力、书面沟通能力、解决问题的能力、将知识转化为应用的能力、创造力、批判性思维、对任务充满热情、领导能力、时间管理能力、管理压力的能力、团队合作能力、满足客户需求的能力。良好沟通能力要求研究生能够具备语言能力,可以在各种情境下自由切换交流的语言。在走上工作岗位时能进行有效沟通,在各种情况下都能够清晰、动态地讲话,或在各种困难的情况下都能进行交流、谈判。研究生需要掌握跨学科、跨领域的语言和表达方式,既能与本领域的专家交流,又能与其他领域的专家、媒体等外行交流。<sup>[9]</sup>沟通能力要求博士生不仅能够与专家或非专家人士进行口头交流,还要能够与他们进行书面交流,即研究内容或提案的撰写,以文字形式展示自己的研究成果或者研究方案,因为论文的写作是博士生展示学习成果的重要形式之一。<sup>[9]</sup>解决问题的能力是指研究生要能够发现并定义问题,找出问题的原因,获取相关信息,制定解决方案,过程中让所有人参与解决方案的制定,并且要制定替代解决方案,然后对解决方案进行评估,实施

并跟进解决方案,在实施过程中接收各方的反馈,进行持续的监控,最后根据方案评估结果。<sup>[10]</sup>将知识转化为应用的能力要求研究生要有对话意识,将所掌握知识与要解决的问题进行对话,建立二者之间的联系,搭建桥梁,将知识迁移到问题上。同时,解决问题要具有创造力,研究生要能够以新的方式感知世界,跳出传统的思维束缚,发现隐藏的解决问题的模式,既能找到新的解决问题的范式又能在原有的范式上有所创新,最终将想象力变为现实。<sup>[11]</sup>创造力是可以发展的,创造力始于知识基础,学科知识的学习和思维方式的掌握都对创造力的发展有影响,因此,可以通过实验、探索、质疑假设、运用想象力和综合信息来锻炼创造力。具有批判性思维是指研究生在学习与研究中要有反思性和独立性思维,通过对论点推论反思后进行判断、评估,一分为二地看待论点或研究内容,在独立思考和反思的基础上解决问题。<sup>[12]</sup>另外,研究过程常常会出现遗憾的努力和有限的行为,因此,如何保持对研究任务的激情也是可转移能力的培养要求。

领导能力是多个技能的综合,要求研究生既有主动性,又可以激励员工、有效委派任务、在需要帮助时主动寻求帮助,具有超凡魅力的性格,能够创造融洽的环境让团队成员互相合作,不过多干涉团队成员的研究,领导团队成员共同合作发挥最大力量。好的领导者也是好的管理者,在执行领导力的时候要求研究生首先要有成功意识,能够做好时间管理,按时交出产品或者研究结果,同时具有工作的主动性,对任务充满热情,还要做好人事管理,能够处理好不同文化背景和不同学科背景学生的关系,能够进行小组成员的招聘和解聘。管理压力的能力指研究生要能够承受研究或工作中的风险和压力,提高心理承受力。面对压力与风险能够保持理智与清醒,不怀疑自己。学校一般设有心理辅导中心或开设一些社交活动帮助研究生管理压力,解决心理问题。<sup>[5]</sup>团队合作能力是指学生在小组或团队中能够有效工作以实现目标。事实证明跨学科研究中具有国际背景的经验对于研究是非常有利的,很多团队会吸收国际化专家和研究生共同工作,所以团队合作能力要求研究生可以跨学科、跨文化合作。同时进入岗位工作中,研究生要能够做到转换自己的角色,适应团队工作,承担团队中的工作并让其他团队成员放心。跨学科研究多是团队的努力,对 STEM 教育的研究生来说,无论是参与不同导师的研究项目还是组建自己的研究团队,理解、领导成员,关注

成员间的动态,具备倾听、给予和接受反馈的能力以及制定适当目标和合理分工,制定科学决策的能力都是对博士研究生团队合作能力的发展要求。<sup>[13]</sup>满足客户需求能力是指研究生在走上工作岗位时,能够及时了解行业动态,积极与客户沟通,倾听、了解客户的物理、情感需求,能够根据客户需求制定项目方案,发展以客户为中心的文化,为客户提供优秀的产品和服务,定期收集客户反馈,灵活应对行业发展趋势,做到真正地与客户融为一体。满足客户需求的能力是目前研究生 STEM 教育中比较缺乏的能力之一。因此,该项能力在最新的核心能力框架中也被提及。可转移能力的培养对于包括研究型和非研究型职业在内的多数职业的成功具有重要作用,是 21 世纪研究生 STEM 教育中不可或缺的一部分。可转移能力中除了书面沟通能力是博士生单独具备,剩余其它能力要求硕士生和博士生共同具备。

### 三、美国研究生 STEM 教育最新核心能力的培养路径

#### (一)跨学科多元教育要素整合的内生路径

美国高校内部通过开发跨学科课程、设立跨学科机构、实行跨学科导师制以及建立跨学科团队作为内生路径培养研究生的核心能力。首先,能力定义课程,课程反映能力。课程作为学生在校学习的主要媒介,研究生 STEM 教育的首要任务是构建跨学科课程。跨学科课程的构建主要通过联合、整合多学科知识,开发跨学科课程领域,构建跨学科课程项目,创建解决新领域问题的范式而实现。<sup>[5]</sup>可由不同学科的教师或专家组建团队,基于团队协作开发跨学科课程,课程以项目、问题的形式呈现。如弗兰克林·欧林工学院从解决实际问题出发,以工程项目和创业项目为载体,进行“综合设计”课程,创建了将工程教育、人文社科教育、创业教育三大课程模块相互融合和补充的跨学科课程体系。<sup>[14]</sup>除构建跨学科课程之外,学生还可跨专业、跨学院,甚至是跨学校选择核心课程或选修课程,学生还可参加不同学院或不同学校的学术研讨会,让学生享受多学科交叉的资源,并在学生培养方案上明确对跨专业、跨学院或跨学校所修课程学分的规定。<sup>[15]</sup>

其次,美国部分大学还设置独立的跨学科研究中心,在研究中心设置跨学科人才培养项目,跨学科研究中心独立于各学院之外,独立建制,如田纳西大学诺维尔斯分校的布莱德跨学科研究与研究生教育

中心和麻省理工学院的运筹学中心,都是采用这种方式提供跨学科培养项目,让研究中心单独培养跨学科研究生。<sup>[16]</sup>另外,部分高校还成立跨专业管理委员会,统筹协调跨学科学生、教师在跨学科研究与发展中的相关事宜,为跨学科研讨、交流、学习提供支持、引导,如普林斯顿大学围绕他们的“证书项目”建立了跨专业管理委员会,由来自不同专业的教师组成,统筹协调该项目的相关工作。<sup>[17]</sup>

再次,学生可选择多个来自不同学科的导师,通过向导师们学习多学科知识,构建跨学科知识结构,通过向不同导师学习各学科解决问题的能力,整合培养解决复杂问题的能力,并且学生可跟随导师们在各学科实验室进行轮转,便于跨学科研究。学生在跟着不同学科导师学习时,可参与不同导师的研究项目,与不同学科团队合作跨学科研究。同时,美国高校招聘有跨学科背景的教师从事跨学科课程教学,通过具有较高跨学科素养的教师实现对研究生的跨学科培养。

最后,跨学科团队建设一方面指研究生可以跟着不同导师与不同学科团队合作进行跨学科研究,另一方面指研究生尤其是博士研究生可以自己组建跨学科研究团队,召集具有不同学科、文化背景的学生组成研究团队。这一过程既需要协调各学科学生之间的关系,维护团队成员之间的协作,又要有效的领导团队完成研究任务,并能公平合理地分工。整个过程能够锻炼学生的沟通、团队协作、领导能力等多项可转移能力,并且还需要学生处理好团队中的资金预算和项目管理,锻炼博士研究生项目预算和项目管理的专业能力。

#### (二)多元利益主体协作的外促路径

美国研究生 STEM 教育不只是高等院校的责任,还需集合联邦和州政府、行业协会、私人基金会和其他非政府组织、专业社团、社区等多个利益主体的参与。多元利益主体相互协作,在履行相应职能的过程中,发挥研究生 STEM 教育培养的外促作用。第一,收集研究生各方面的数据,保证数据透明性。高等院校负责收集研究生学术成果数据、学习期间所需费用数据和个人发展计划数据,其中,学术成果数据包括论文、研究成果、学位完成率,修读学位的时间等。美国联邦和州政府、私人基金会负责收集研究生在校期间资助金数据。企业、行业协会等雇主收集研究生职业成果数据、工资数据。联邦和州政府、高等院校负责收集选择攻读研究生学位的人口统计数据。各机构收集数据遵循统一的模

式,并且机构间的数据可以共享。<sup>[5]</sup>第二,多机构提供研究资助金。研究生研究资金的提供者包括高等院校、联邦和州政府、私人基金会和其他非政府组织。联邦和州政府、私人基金会和其他非政府组织提供研究资助金保证研究项目顺利进行,并通过提供研究资助金影响高等院校研究生培养的相关决策。第三,各机构提供多种实践活动。高等院校为研究生提供实验室研究、研讨会或教育会议,社区为研究生提供田野调查,企业为研究生提供实习机会。第四,各利益主体参与研究生的评价。高等院校、联邦和州政府、行业协会、私人基金会和其他非政府组织、专业团体、社区通过研究生的职前、职后对比对研究生能力培养提出评价、反馈。<sup>[5]</sup>

## 四、美国研究生 STEM 教育最新核心能力标准对我国研究生培养的启示

### (一)构建基于类型和专业的研究生核心能力框架

美国从《重塑科学家与工程师的研究生教育》到《21 世纪研究生 STEM 教育》,中间历经多个国家政策文件,使得美国 STEM 教育的研究生核心能力的内容在发展中不断地明确、完善。我国从《学位与研究生教育发展“十三五”规划》的制定,到《硕士、博士专业学位研究生教育发展总体方案》和《关于制订工程类硕士专业学位研究生培养方案的指导意见》的出台,在学位研究生教育、专业学位研究生教育以及工程类研究生教育方面从宏观层面进行了指导和改革。但是,随着我国研究生教育改革逐步走入深水区,亟需制定不同学位类型、不同专业的研究生培养标准,构建核心能力框架。一是明确区分专业学位和学术型学位研究生的核心能力培养目标,二是明确不同专业的研究生要求具备的与所学专业有关的核心能力内容。制定有关不同学位、不同专业的研究生核心能力体系的相关标准,既为研究生自身发展指明方向,同时也为学校 and 用人单位评价、考核研究生提供依据,从而更好地发挥政策文件在研究生教育改革基层实践领域的指导引领作用。

### (二)强化学科能力各要素的关系研究,完善专业能力的内容与考核机制

美国研究生 STEM 教育核心能力框架中将核心学科、多学科、跨学科能力明确列为学科能力的内容,且作为研究生能力发展目标之一,同时明确了三者之间的递进关系。国内学者对核心学科、多学科、

跨学科能力的研究较多,但是关于核心学科、多学科对跨学科的基础性作用的研究以及三者之间关系的研究较少。在研究生学科能力培养过程中,理解核心学科、多学科、跨学科三者之间关系是获得跨学科能力的前提与基础。因此,我国研究生核心能力框架既要明确三种学科能力又要引导学生掌握所在领域三种学科间知识与能力的递进关系,学生在理解其逻辑关系的基础上,将原有的知识结构进行重新整合,由“物理拼凑”变为“化学融合”,使得知识结构经历由简单到复杂的变化,进而逐渐形成跨学科知识结构,并最终形成跨学科能力。

虽然我国研究生培养中多次提到了学科能力的培养,但学科能力培养后如何进行考核,尤其是考核专业学位研究生的专业能力,并未有明确规定。我国专业硕士以培养应用型人才为目标,为了更好地体现其应用型的特点,在当前 1+X 证书制度下,可将 X 证书引入研究生教育中,设置专业证书考试,允许学生考取证书,借此建立研究生专业能力考核机制。目前,我国包括专业博士与学术博士在内的博士研究生多数是通过参与项目研究或实验室实验进行学习,但项目预算能力、项目管理能力以及实验室管理能力的培养却被忽略。因此,应将项目预算能力、项目管理能力以及实验室管理能力纳入到研究生核心能力框架中,同时制定相应的培养流程或考核标准。在教学能力培养方面,我国博士研究生,尤其是专业博士多数进入企业工作,从事教学工作对于他们只是未来就业的一个选项,所以,教学能力的相关课程可以设置为选修课,让研究生根据自身意愿进行选择。但对于作为职业技术师范学院校师资后备力量的部分博士来说,教学能力可能会逐渐地由可选项变为必选项。据不同专业师资需求现状,有选择地设置教学能力的相关课程。

### (三)明确可转移能力的具体内容,制定多元的培养路径

美国研究生 STEM 教育高度重视沟通能力、领导能力、对任务充满热情、管理压力的能力、团队合作能力等可转移能力的培养,但是,我国高校研究生能力培养目标中并未明确这些能力,也没有针对这些能力的教育。为了更好地培养研究生的可转移能力,可采取如下措施。第一,高校在研究生培养方案中补充、明确可转移能力的具体内容。第二,在科研项目研究中,鼓励团队内学术交流,创造自由的学术氛围,培养学生沟通能力。第三,科研项目或学术研讨会的组织等实行学生负责制,培养研究生的领导

能力。第四,具有乐于学术、敬畏学术的学术情怀的学生才能保持对学术的热情,研究生教育要教会学生用心做人、潜心治学,<sup>[18]</sup>不管是学术研究还是工作实践,都可通过情怀的培养使学生做到对学习任务、工作任务充满热情。第五,目前我国高校研究生尤其是博士研究生管理压力的能力有待提高,学校可设置心理健康课程、设置心理辅导室或组织一些社交活动,帮助研究生疏导学业压力、经济压力或其他方面的压力等。导师在对研究生的培养中不仅肩负培养学生学术能力的重任,还肩负引导学生管理压力以及如何让学生在最小外在压力的情况下完成学业的重任。第六,学校可引进企业的团队建设方式,学生之间或者学生与导师之间组织团建活动,既有利于培养学生的团队合作能力,又能作为课外社交活动缓解学生压力,同时还能增强学生之间或学生与导师之间的学术交流。

### (四)立足协同多元利益主体,建立研究生核心能力联动培养机制

美国研究生 STEM 教育核心能力的培养在联邦和州政府、高等院校、行业协会、私人基金会和其他非政府组织、专业社团、社区等多个利益主体参与下运行。我国研究生多项能力的培养不能仅依靠政府、学校的力量,还要转变观念整合现有社会各项资源,建立联动机制。由政府、学校在学生培养中唱主角转向政府、企业、高校、社会团体、行业协会等多主体、多雇主共同参与、联合培养,共同形成有效合力。第一,保障高校研究资金来源多元化。行业、企业、社会团体、政府等共同资助高校的研究经费和投入资源,为教师、学生进行研究提供坚实的经济基础,并且可通过设置奖、助学金的形式提高研究生的研究积极性,同时,还要保障研究生在研究资金使用上享受更多的独立性、自主性、灵活性。第二,开发政行校企联合示范培养项目。充分开发政行校企联合项目示范引领作用,使学生有更多的机会将理念、知识应用于实践,使研究生教育也能实现校企深度融合。第三,学校与雇主保持紧密联系。学校时刻关注雇主的需求变化,实行动态的研究生能力培养机制,使研究生能力与职业能力能够达到同步更新。第四,高校研究生培养实行多导师制和导师负责制。校内实行跨学科导师制,研究生可选择来自不同学科的多个导师,校外充分利用行业、企业资源实行校外导师制,校外导师由对应的行业、企业选派有经验的专家担任,校内导师与校外导师联合培养并切实落到实处。将研究生所有能力的评价纳入到导师的

考核中,改变导师的考核方式,不再以发表文章数量作为导师考核的主要标准。高校、教师、研究生作为研究生能力培养的内部合作伙伴,只有打开大门与政府、企业、行业协会、社会团体等外部合作伙伴通力合作,才能使各方资源体现最大价值,实现研究生能力最优化发展。

#### 参考文献:

- [1] 焦磊,谢安邦,赵军. 美国大学 STEM 领域博士生跨学科“规训”研究——基于 IGERT 项目[J]. 清华大学教育研究,2017(02):50-56.
- [2] 徐岚,陶涛,周笑南. 跨学科研究生核心能力及其培养路径——基于美国 IGERT 项目的分析[J]. 学位与研究生教育,2018(5):61-68.
- [3] 廖晓玲,陈十一.《研究生教育:美国竞争力与创新力的支柱》解读[J]. 学位与研究生教育,2013(4):61-66.
- [4] Sally Thorne. What constitutes core disciplinary knowledge? [EB/OL]. (2014-02-16) [2020-04-15]. <https://doi.org/10.1111/nin.12062>.
- [5] The National Academies of Sciences, Engineering, Medicine. Graduate STEM Education for the 21<sup>st</sup> Century [EB/OL]. (2018-09-21) [2020-03-12]. <https://www.nap.edu/catalog/25038/graduate-stem-education-for-the-21st-century>.
- [6] 郝莉,冯晓云,宋爱玲. 新工科背景下跨学科课程建设的思考与实践[J]. 高等工程教育研究,2020(02):31-40.
- [7] 彭林,林健,Brent Jesiek. 普渡大学跨学科工程教育案例及对新工科建设的启示[J]. 高等工程教育研究,2019(06):186-193.
- [8] Council of Graduate Schools. Professional development shaping effective programs for STEM graduate students [EB/OL]. (2016-11-18) [2020-04-17]. [https://cgsnet.org/ckfinder/userfiles/files/CGS\\_ProfDev\\_STEMGrads16\\_web.pdf](https://cgsnet.org/ckfinder/userfiles/files/CGS_ProfDev_STEMGrads16_web.pdf).
- [9] PhD Transferable Skills [EB/OL]. (2017-06-06) [2020-04-28]. <https://grad.msu.edu/phdcareers/career-support/skills>.
- [10] What is problem solving? [EB/OL]. (2019-05-10) [2020-05-05]. <https://asq.org/quality-resources/problem-solving>.
- [11] Creativity Skills: Definition, Tips and Examples [EB/OL]. (2020-01-29)[2020-04-20]. <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/creativity-skills>.
- [12] Critical Thinking: A Literature Review Research Report[EB/OL]. (2011-06-05)[2020-05-11]. <https://images.pearsonassessments.com/images/tmrs/CriticalThinkingReviewFINAL.pdf>.
- [13] Maura Borrego and Lynita K. Newswander. Definitions of Interdisciplinary Research: Toward Graduate-Level Interdisciplinary Learning Outcomes[EB/OL]. (2010-06-05)[2020-05-18]. <https://doi.org/10.1353/rhe.2010.0006>.
- [14] 张壁,吴凤霞. 基于“综合设计课程”的新工科教育探索[J]. 高等工程教育研究,2020(02):41-60.
- [15] 魏玉梅. 美国教育学博士研究生培养的“跨学科”特色及其启示——以哈佛大学教育哲学博士(Ph. D)培养项目为例[J]. 外国教育研究,2016(3):43-57.
- [16] 焦磊. 美国研究型大学培养跨学科研究生的动因、路径及模式研究[J]. 外国教育研究,2017(3):16-26.
- [17] 包水梅,谢心怡. 美国研究型大学博士生跨学科培养的基本路径与支撑机制研究——以普林斯顿大学为例[J]. 江苏高教,2018(3):95-100.
- [18] 薛栋. 学术情怀:博士研究生教育的精神灵魂[J]. 研究生教育研究,2015(04):44-48.

## The Latest Core Competencies of American Graduate STEM Education: Policy Context, Standard Framework and Training Path

XUE Dong, WU Jiaxia

(School of Vocational Education, Tianjin University of Technology and Education, Tianjin 300222)

**Abstract:** The core competencies of American postgraduate STEM education provide a theoretical basis for the cultivation of high-level talent in the United States. Based on the analysis of the latest core competencies of STEM education for US postgraduates and doctoral students in the report "Graduate STEM Education for the 21st Century", the authors have formed a new core competency standard framework featuring two first-level indicators, four second-level indicators and 26 third-level indicators. The endogenous path that is integrated with interdisciplinary multi-education elements and the external promotion path featuring multi-stakeholder collaboration constitute a cultivating path for the core competencies of American postgraduate STEM education. This paper proposes that it is urgent for China to build a core competency framework for postgraduates based on the academic types and majors, strengthen the research on the relationship between subject competency elements and improve the content and assessment mechanism of professional competencies; clarify the specific content of transferable competencies and formulate multiple training paths; and establish a linkage training mechanism for the core competencies of postgraduates based on coordination among different stakeholders.

**Keywords:** the United States; postgraduate; STEM education; core competency