

STEM教育理念下“军事需求工程”课程教学改革研究

徐成涛, 张晓雪, 陈 涛, 刘俊先
(国防科技大学 系统工程学院, 湖南 长沙 410073)

摘 要: 针对我国推进教育现代化和高校金课建设需求, 分析大学“军事需求工程”课程性质和课程教学存在的问题, 基于国际上提出的STEM教育理念, 从课程内容、教学方法以及考核方式等方面研究该课程的教学改革途径, 提出为培养新型高水平人才, 课程组织方式应该注重科技创新教育、学科融合教育、教学模式要以学生为中心、以真实问题为牵引, 总结了STEM教育理论与课程改革的融合方式, 为信息工程专业课程教学质量提供参考。

关键词: STEM; 需求工程; 教学改革

中图分类号: G642 **文献标识码:** A **文章编号:** 1672-8874(2021)01-0098-07

Teaching Reform of Military Requirement Engineering Course Under the Guidance of STEM Education

XU Cheng-tao, ZHANG Xiao-xue, CHEN Tao, LIU Jun-xian

(College of Systems Engineering, National University of Defense Technology, Changsha 410073, China)

Abstract: Under the demand of the modernization of education and the construction of golden courses, the characteristic of military requirement engineering course and the problems existing in the teaching are analyzed. Based on international science, technology, engineering and mathematics (STEM) education ideas, teaching reform of the course is conducted in the aspects of the course content, teaching method and assessment. The research concludes that to cultivate new type of high-level talents, course organization should pay attention to science and technology innovation education, subject integration education, and teaching mode should be student-centered and aim at solving real problems. The integration of STEM education theory and curriculum is summarized, providing a practical reference for the teaching reform of information systems engineering.

Key words: STEM; requirement engineering; teaching reform

一、引言

从2009年开始, 中国教育部有计划、逐步地开展基础学科拔尖学生培养试验计划, 先后联合13个部门实施了一系列卓越人才教育培养计划^[1]。2019年, 教育部启动实施“六卓越一拔尖”计划

2.0, 继续推动我国高等教育改革发展走向成型成熟, 志在培养一大批卓越工程师等基础学科拔尖人才, 为经济社会发展提供了重要的人才智力支撑。

“军事需求工程”是我校系统工程学院的一门研究生教学课程, 主要面向军事信息系统研究领域的相关学生开设, 是该类学生的必修课程之一。

该课程的开设时间不到两年,还处于课程建设和发展的初期阶段,为顺应国家推进“新工科”建设的政策部署,有必要通过持续的教学改革研究,完善本课程的育人教学机制,提高以人才培养为中心的教学质量。

本文通过对STEM教育理念的研究,探索“军事需求工程”课程的教学规律,提出具有创新性的且适合教育对象和课程特点的教学改革思路。

二、“军事需求工程”课程特点和存在的问题

(一)“军事需求工程”课程特点

“军事需求工程”是军事信息系统分析与设计工作专业的专业核心课程,目的是为政府、企业信息化建设特别是军队信息化建设的规划论证与顶层设计人才培养提供指导。本课程是以军事信息系统需求工程框架为指导,以军事信息系统需求工程过程为主线,系统讲解军事信息系统的需求获取、需求描述与建模、需求验证和需求管理的方法与技术,并介绍军事信息系统需求工程工具的组成及应具有的功能^[2]。

从需求的定义可知,不同领域对需求有不同的理解,军事信息系统需求是需求的一种特定形式,应用于军事信息系统工程实践,其主要特点包括前瞻性、局限性、主观性、中心性和关联性^[3]。“军事需求工程”主要研究的是以军事信息系统为代表的军事需求。军事信息系统随着信息技术在军事领域的广泛应用而产生、发展,它既有软件信息系统的技术理论作为支撑,又结合了军事理论、作战环境和作战使用对象纷繁复杂的特点,使得军事信息系统需求与软件需求存在较大差别,是多学科的交叉,涉及软件工程技术、指挥控制理论、侦察监视领域、武器装备理论、信息通信技术等,从而使得军事信息系统的需求分析理论、方法和技术也极具特殊性和复杂性。

“军事需求工程”的课程内容与软件工程专业课程“软件需求工程”存在相似之处,二者均介绍需求工程知识,试图让学生理解需求工程工作可能给后继项目工作带来的影响,并在此基础上全面地介绍需求领域的各项方法、技术与工具^[4]。二者的区别在于,“军事需求工程”不局限于软件工程领域,更加强调军事信息系统的应用背景,具有军事特点和系统工程特点。可以说,“军事需

求工程”是对“软件需求工程”内容的裁剪、拓展和应用。

在理论方面,“军事需求工程”课程要求学生能够熟悉需求工程各个阶段的划分、概念和相关知识,掌握一定的需求建模理论和方法;还能够运用系统工程的方法论,认识需求研究在工程项目开发与管理工作中重要性。在互动环节,课程安排每个学生进行两次课堂汇报,对教师提供的需求工程领域学术论文进行研读和陈述。在考核环节,课程采用考查的方式,要求学生按照组队的方式分析某军事系统需求,形成需求分析报告,作为学习效果的评价依据。该课程的目标是提高军事信息系统工程方向学生对信息系统研制项目中需求工作必要性和可行性的认识,培养学生问题分析、逻辑抽象与可视化建模技能,提高其团队协作、表达沟通、文档组织等工程能力,能够胜任未来参与大型复杂系统需求分析论证工作的要求^[5]。

(二)“军事需求工程”课程教学问题

在完成整个教学过程之后,发现该课程的理论教学和实践教学开展难度都比较大。通过教师与学生的沟通,制作并收集调查意见表24份,得到学生对课程问题的反馈。50%的学生认为,课堂内容概念多且乏味枯燥;33%的学生认为,课堂报告准备时间长;63%的学生认为,大作业缺少支持,不知道怎么开展;83%的学生认为,内容抽象,与实际工作关系不大;29%的学生认为,缺少教材。学生采用开放回答的方式,提出对课程教学的改进建议,根据学生对课程提出的意见以及教师的反思,总结有以下几个方面的问题。

1. 课程定位不够明确

由于2017年的军队院校调整改革,对军队院校结构布局进行了调整,形成了新时期下的军队院校新格局。国防科技大学也在调整之列,学院内部进行了调整,设计了新的本科和研究生专业课程体系。因此,“军事需求工程”课程的建设时间不长,在专业培养方面沉淀不够,课程的培养目标和内容不是特别明确。

2. 教学内容比较抽象

“军事需求工程”课程的理论内容较多,包括军事需求工程的概念、过程,需求获取、需求描述、需求分析、需求验证等方面的相关理论和方法。相比于传统的工科课程,课程更加偏向于管理学和军事学的特点,内容存在抽象性,缺少定

量分析和逻辑推导部分,学生感觉到比较空泛。此外,由于学生的研究领域和工作去向往往不是与需求分析相关,如果他们感觉课程内容用不上,就会缺乏一定的学习兴趣。

3. 教学模式比较传统

“军事需求工程”课程目前的教学方法仍然采取传统的教学模式,即知识传递式的教学模式,以教师课堂授课为主,教学中侧重基础理论和方法,兼以少量的案例演示。该模式利用了条件反射训练,通过反复地强化教学内容来达到教学目的^[6],比较适用于学生较多的大课堂和中低层次的知识掌握要求。由于“军事需求工程”课程中包括大量的概念和方法,因此惯性地采用传统的方法进行教学。

然而,这种教学方式对帮助学生正确认识需求概念的效果并不理想,主要原因是该方式对于学生记忆简单明确的定义和知识较为有效,但难以帮助理解知识点深层下的原理,而需求工程理论中却存在较多具有复杂性、不确定性的内容。传统教学中,教师会为课堂讲学准备非常详细,甚至刻板的教案,在教案中标明这堂课的教学内容、重点、难点、流程设计、作业等。当教师开始讲课时,学生的工作就是认真地记下教师所讲的内容。在期末考核时,笔记也往往会成为考试的主要内容,测试后学生将死记硬背的知识再返还给教师^[7]。实际上,“军事需求工程”课程并没有采用考试环节,因此学生可能对知识点都没有认真地进行理解。

4. 实践环节效果不佳

“军事需求工程”课程的考核方式包括平时成绩(占50%)和大作业(占50%)。其中,平时成绩包括上课出席、课堂表现和两次的课堂报告。采用这样的方式,是期望通过增加学生的实践和互动工作,避免传统考核方式偏重于期末考试成绩,而忽略了课程中综合应用的能力培养。但从实践效果来看,还不够理想,主要体现在:大作业完成的质量不高;课堂报告效果一般;实践时间不够。

(1)在大作业方面,教师对大作业需求分析报告的要求不明确,导致学生写的内容不统一,内容往往来自于资料搜集,而不是主动调研分析,也缺乏需求建模、原型设计内容,体现不出学生对课程内容的掌握情况。由于课程组织管理方式存在问题,对学生团队协作培养不够,学生到了

学期结束才开始撰写大作业,短时间内写出来的内容,必然导致完成质量不高,也缺乏团队合作。

(2)在课堂报告方面,教师对课堂报告的评价标准不明确,学生往往简单地将外文论文里的内容复制到展示报告,既不利于交流,又体现不出思考。没有建立课堂汇报的评价标准,教师的打分存在一定的随意性。课堂报告的题材由教师指定,导致非该方向的学生对论文的阅读兴趣不大,不愿意花费时间准备。实际上由于研究生已经具有一定的学术研究能力,课堂报告可以将需求工程与其研究方向进行结合。

除此之外,课程没有设计关于理论教学内容的配合实验环节,一方面是由于课时较少,一方面也是由于缺少实验教材,共同限制了学生实践能力的发展。

5. 军事特色不突出

由于军事信息系统需求的复杂性、多样性、领域多变性以及涉及人员众多等特点,军事信息系统需求工程也有其自身的特点,主要表现在覆盖领域广泛、涉及人员众多、分析内容复杂、建模手段多样、工程过程系统等。军事需求工程与一般的需求工程相比更具特殊性,其内涵更加复杂,其过程更加具体,所要求的技术也就更加全面。

“军事需求工程”课程与“软件需求工程”的区别就在于其面向的研究对象不同。但是,由于军事信息系统相关材料难以获取、项目转化不够等方面的原因,因此在课程教学方面,理论方面与软件需求工程的区别不大,案例方面又缺少有军事特色的案例,因此课程的军味不浓。

6. 课程教材欠缺

需求工程这一研究领域正在发展中,目前仍缺乏国际公认的知识体系^[8]。在理论上,本课程的教材比较少,不同教材可能只关注某几个需求工程的有关方面,无法涵盖所有的教学内容。另外,由于军事信息系统领域的研究较窄,该领域主要是软件需求工程的教材,欠缺关于军事需求工程的教材。

三、STEM 教育理念的影响

(一) STEM 教育理念

STEM 是科学(Science),技术(Technology),工程(Engineering),数学(Mathematics)四门学

科英文首字母的缩写^[9]。其中,科学代表了对自然世界客观规律认识;技术代表了科学在解决实际问题上的具体应用;工程代表了人类改造世界的劳动和工作经验;数学作为科学中的一门学科被单独强调出来,作为技术和工程的理论基础。STEM教育目标是指向理工科复合人才的培养,强调学科之间的相互渗透与整合,而不是科学、技术、工程和数学知识的简单叠加。

STEM教育是一个理念、一个模式,它与中国一般的理工科教育非常相似,但是内涵更广阔、理念更深刻。STEM教育理念借鉴了融合式学习、交叉学科等理念,侧重于理工科教育,将教育模式贯穿于学生从小学、中学到大学、研究生的整个学习生涯过程,使学生能够摆脱单一学科界限的桎梏,把孤立的知识联系起来,从整体上认识世界,并紧跟未来高新科技的发展方向。因此,STEM的这四门学科并不指单纯的课程,而是代表了四种素养,分别是:科学素养、技术素养、工程素养和数学素养^[10]。

STEM教育代表了学科融合的理念,随着产业投入和理论发展,其教育手段也逐渐丰富。目前,主要采用基于项目和问题解决的学习作为其教学方法,注重过程、实践、动手与合作,引导学生主动发现问题和创造性地解决问题,从而培养学生的跨学科整合思维和独立解决现实问题的能力。除此之外,通常还会采用各种先进的信息技术作为教学辅助工具,如智能机器人、计算机编程、3D打印、电路板、芯片等^[11]。

(二) STEM教育发展

20世纪80年代,随着经济全球化和科技竞争的加剧,美国对科技人才的需求不断增加。为了确保美国科技人才的持续供给,美国国家科学委员会于1986年发布报告《本科的科学、数学和工程教育》,首次提出“整合科学、数学、工程和技术教育”,这标志着STEM教育的正式产生^[12]。从1996年至今,美国小布什、奥巴马和特朗普政府分别出台了一系列政策和发布了相关的研究报告,以促进STEM教育产业的发展,鼓励全球人才加入STEM类专业和课程的学习。例如,2014年,奥巴马启动STEM国家人才培育计划,包括“STEM创新网络计划”“STEM焦点学校计划”;2019年,白宫财政预算提案支持了特朗普总统关于STEM教育备忘录中的资助计划,该备忘录每年为STEM教育拨款约2亿美元^[13]。

为了应对未来的人才竞争,欧洲、亚洲各国也把逐渐STEM教育作为创新人才培养和提高国际竞争力的关键举措。例如,德国从2009年起开始实施MST(Mathematics, Technology, Science and Technology)教育,加强理工科教育^[14]。近年来,我国也逐渐意识到STEM教育的重要性。2016年,中共中央国务院发布了《国家创新驱动发展战略纲要》。2017年2月,教育部将STEM教育纳入小学课程。2018年,中国教育科学研究院发布了《中国STEM教育2029创新行动计划》,推行教育创新改革和培养21世纪有核心竞争力的科学家和工程师^[15]。

因此,STEM概念虽然提出于30年前,但是STEM教育的发展正发生于当下,对于我国当前启动的高等教育“新工科”建设,有着良好的促进作用。

(三) STEM教育对课程教学改革的启示

虽然STEM教育中有一部分内容是强调中国教育传统强项——理工科人才培养,但是STEM教育理念还具有科技创新教育、学科融合教育、以学生为中心、以兴趣为牵引等理念,代表了未来科技领域、人才培养领域的新的观念。所强调的跨学科及解决现实问题的创新思维也弥补了中国此前教育中的短板。

1. 科技创新教育

STEM教育鼓励在教学过程中结合最新的科技成果进行展示或动手实践,以加强学生与现实世界的联系和对未来工作的理解。设计编程、人工智能、机器人、火箭喷射器、区块链等科学技术都已经应用于STEM的教育实践当中。2017年,国务院印发《新一代人工智能发展规划》指出,人工智能是未来国际竞争的焦点,提出通过开展广泛的人工智能领域教育,培养具有人工智能素养的高水平复合型人才。因此,STEM的教育理念顺应了我国创新教育的发展趋势,通过在教学过程中快速引入新的科技成果,使学生接触到前沿的创新理念,从而培养创新能力和创新精神。

2. 学科融合教育

STEM教育的命名方式,天然地提醒教育者要注意跨学科融合的教学内容。随着时代的迈进,交叉学科的不断发大大地推动了科学进步,体现了科学向综合性发展的趋势。目前,我国的高等教育以专业划分设计课程体系的特征非常明显。在我校,学生的大部分课程基本都是必修课,其

选修课数量和种类偏低,本质上不利于培养学生的综合素养。在此限制下,在课程内部的学习中注意培养学生的多学科素养,是一种良好的教学思路。培养学生的科学素养,运用科学知识理解自然界,通过假设-实验-反馈的方式检验分析科学原理;培养技术素养,理解、掌握将一般理论应用于解决实际问题的过程和手段;培养工程素养,促进他们对目标牵引下复杂团队工作的理解和参与;培养数学素养,锻炼学生发现、表达、解释和解决多种情境下数学问题的逻辑抽象和计算能力。

3. 以学生为中心

在传统讲授式课堂上,优秀教师善于鞭策学生,使其思维一直和教师思维在同一个节奏跳跃。STEM教育强调以学生为中心,首先要激发学生的兴趣,点燃其热情和灵感。有了兴趣,接着给予学生充分的自主探索时间,在教师的引导下,按照设计的路径探索到目标知识。对于高等教育而言,激发学生的自主学习兴趣尤为重要,这主要是由于随着学生心智的成熟,教师对学生的掌控能力下降,学生的学习热情更多地来自内部产生而不是外部压力。另外,由于教学内容与实际工作的关联更加紧密,培养学生的自主探索研究能力,对其未来工作中的表现显得尤为重要。

4. 以真实问题为牵引

STEM教育以解决生活实际问题为出发点,教师在指导过程中,需要结合真实世界的问题来设计教学内容。STEM教育的项目式学习与实验项目还有所不同,实验项目是以知识点为核心来设计,而STEM教育的项目式则是基于真实问题,来牵引出实践项目。以真实问题为牵引的优势是,可以让学生理解科学、技术、工程研究的价值,提高学生的兴趣,使科学知识的学习过程应需而发,学生的理解更深,掌握更牢固。

四、课程教学改革的方向

(一) 课程改革优势

根据对“军事需求工程”课程现有的问题分析和对STEM教育理念的理解,本文认为“军事需求工程”课程的教学改革可以结合课程自身的特点,融合STEM教育理念来开展。“军事需求工程”课程自身有助于进行教学改革的优势体现在以下几点。

首先,“军事需求工程”属于研究生课程,面向指挥信息系统专业的研究生开设,学习者具有一定的知识储备和科学素养,对于项目式的学习方式和团队协作具有较好的认识和实践基础。其次,“军事需求工程”的内容结合了工学、管理学和军事学,既有软件工程的理论,也有项目的知识,还有军事应用的背景,天然地具有学科交叉属性,有助于培养综合性高阶思维。最后,“军事需求工程”课程的学生数量不多,属于小班教学,便于教学实验,以及采用一些较为灵活的非传统教学模式。如果学生数量较多,在学生分组上会导致小组个数较多,教师难以全部顾及。

(二) 教学方法的改革

1. 项目式学习

针对第二章中“教学内容比较抽象、教学模式比较传统”的问题,结合STEM理念,“军事需求工程”课程可以部分采用项目式学习的教学方式。基于项目的学习模式是让学生通过完成项目的方式进行合作学习,根据项目目标,通过开展项目工作,设计并实施一系列的探究活动,完成教师设计的学习任务,并把项目成果进行表达和交流。“军事需求工程”原来布置的大作业已经具有了项目式学习的雏形,但是完成效果还不太理想。

从教学改革的角度,“军事需求工程”的项目式学习可以将学生分为若干组,每一组三到四名同学,围绕一个信息系统的需求研究项目开展学习。项目的目标系统可以由教师提供选择范围,也可以有学生自拟,目的是从真实问题出发,让学生选择自己感兴趣觉得有价值的项目进行研究。

教师对学生项目式学习的全程应具有一定的把控能力,引导学生遵循基本问题、项目设计、工作计划、项目实践、最终产品和评价反馈六个主要步骤完成项目内容,帮助学生在真实问题驱动下,最终能够生成满足制约条件并满足标准的解决方案,体会课程知识的使用和工程化的项目研究流程。

2. 翻转课堂等教学模式

以班级授课制为基础的讲座是大学教学的主要形式,但是学生对“军事需求工程”讲座模式效果反映一般。针对第二章中“教学模式比较传统”的问题,“军事需求工程”课程考虑引入新的教学模式。随着教育研究的深入和科学技术的发展,出现了很多新的教学模式。例如,网上教学、

翻转课堂、混合式教学等。通过这些新的教学模式,教师利用信息技术及其他辅助教学方法综合,可以转变原先冰冷且呆板无趣的课程教学。课前,教师布置该次课有关的思考题,查看作业,学生查阅资料完成作业;课中,教师讲解作业,讨论相关的概念问题,学生作答并就问题互相讨论;课后,教师统计课堂活动的数据,对学生提问进行答疑,学生复习课堂内容。

教师将一些需求工程中重要的概念形成概念测试题,利用雨课堂 App 等手段提前发送给学生,学生将作业上传后,教师对作业正确率进行统计。在课堂上,正确率较高的题目说明学生已经掌握了这个概念,教师进行一些简单解释后就直接进入下一个概念题。针对正确率不高的题目,教师可以让学生与相邻的同学组成一个小组就问题进行讨论,讨论结束后需对原题再做一次选择,教师再拓展讲解相关的概念。教师和学生调整其时间的使用方式,学生更多地在课前进行自主地、深度地学习,课中属于教师与学生、学生之间的互动思考时间。

(三) 课程内容的改革

1. 编写教材

针对“军事特色不突出、课程教材欠缺”问题,选择和编写合适的教材是提高教学效果的基础。“军事需求工程”课程要求教材内容结合需求工程理论与指挥信息系统需求理论,既有案例习题,也有配套的实验实践。目前,没有能够完全适用的教材。从提高教学效果的角度出发,有必要编写一套适用课程教学的高水平配套教材。具体内容包括军事信息系统概念、军事信息系统需求工程概念,需求工程框架,需求获取技术与方法、需求分析技术与方法、需求建模技术与方法、需求验证技术与方法、需求管理技术与方法、需求建模实验、原型设计实验等。

2. 学科融合

在教学内容上,针对“军事特色不突出、教学内容比较抽象”问题,“军事需求工程”课程需要调整目前软件工程理论内容偏多的情况,结合 STEM 的综合性特点,将技术和工程结合,科学和数学结合,科学和工程结合,提升课程中思维训练的高阶性,同时增加与军事领域需求工程有关内容。例如,在需求分析方法课程中,引入基于本体的目标分析理论,采用形式化的数学描述语言辅助系统的需求分析,体现数学与技术的结合

运用。在需求获取方法课程中,引入心理学、社会学、军事学的科学理论,分析需求访谈、会议中具体技巧的使用,体现科学与工程相结合。

3. 实验设计

“军事需求工程”是一个工程性的课程,具有较强的实践性,因此实验动手部分对提高学生内容理解能力帮助较大。目前,课程尚未开设实验课时。针对“实践环节效果不佳”问题,从教学改革的角度,有必要将一些内容更改为使用实验或案例方法教学,以达到较好的教学效果。例如,讲解 UML 建模、IDEF 建模内容时,由教师指导,将一些小型信息系统的独立项目交给学生处理,学生采取分组方式,完成需求建模的工作。

(四) 考核标准的改革

1. 课程标准

“军事需求工程”采用平时成绩+大作业成绩+课堂汇报成绩的方式对学生进行评价,这种方式的缺点在于对平时成绩只能通过出勤的方式进行考核,课堂表现只能根据老师的印象进行打分,存在随意性。未来,“军事需求工程”可以利用教学辅助软件,通过有效采集数据,将课堂测试+课后作业的情况统计作为平时成绩,提高教师对学生的管理和评价能力。

2. 实践项目作业标准

针对“实践环节效果不佳”问题,“军事需求工程”应明确大作业打分标准。目前,一个小组交一个报告,组员之间难以从评分上体现差距。首先,应明确对于每个项目作业,每个学生的分组都应获得教师最终的评价结果,该结果可以采用量化的分值形式,也可采用等级评定形式。每个分组内的学生根据本组的评价结果,在教师的监督下经过组内的协调,确定每一位学生的评价结果。对于量化的分值形式,每一位学习者的分值之和应等于本组的打分值。这样由学生之间的互评,保证打分能够反映每个学生工作投入,由教师给出总分,控制项目的完成质量。

3. 课堂汇报标准

“军事需求工程”对于学生的课堂汇报成绩也应给出明确的评价标准,引导学生主动提升报告质量。对课堂展示效果的评价可以从表达的流畅性和感染力、表现载体的观赏性、对论文的理解程度等多个方面考虑。主题报告阐述后,由教师和其他学生根据标准进行打分,并由教师统计后将分数告知班级。

五、结语

在“双万计划”和新工科建设的背景下，“军事需求工程”的课程需要持续提升教学质量和提高学生的学习效果。本文从教学方法、教学模式和考核标准三个方面对课程改革进行了思考。“军事需求工程”的教学模式改革是个系统工程，其教学改革的具体应用需要在实际教学工作进一步摸索、完善和改进。

参考文献：

[1] 宋春林,郭爱煌,刘富强. 信息与通信类卓越拔尖人才培养方法改革和探索[C]//陈平. 中国电子教育学会高教分会 2013 年学术年会论文集. 西安:中国电子教育学会高教分会,2013:1-5.

[2] 段采宇,陈超,余博超,等. 军事需求工程学科方向规划与建设研究[J]. 高等教育研究学报,2010(3):54-56.

[3] 赵弘,蒋晓原. 军事电子信息系统需求工程方法研究[J]. 军事运筹与系统工程,2006(4):44-47.

[4] REGEV G, GAUSE D C, WEGMANN A. Experiential learning approach for requirements engineering education [J]. Requirements Engineering,2009(4):269-287.

[5] 刘寒冰,靳宗信,赵文安.《软件需求工程》课程教学改革研究[J]. 现代计算机,2010(8):44-46.

[6] 陈鹏,田阳,黄荣怀. 基于设计思维的 STEM 教育创新课程研究及启示——以斯坦福大学 d. loft STEM 课程为例[J]. 中国电化教育,2019(8):82-90.

[7] 杨满福,郑丹. 重构深度学习的课堂——哈佛大学马

祖尔团队 STEM 课程教学改革综述[J]. 教育科学, 2017(6):30-37.

[8] 彭珍连,曹步清,刘建勋. 新工科背景下的软件需求工程课程教学模式[J]. 计算机教育,2019(8):55-58.

[9] 时慧,李锋. 新工程教育:STEM 课程的视角[J]. 开放教育研究,2019(3):36-43.

[10] 高雪梅. 创新 STEM 教育对我国推进卓越工程师计划的启示[J]. 社会科学家,2016(8):123-126.

[11] BYBEE R W. Advancing STEM Education: A 2020 Vision [J]. Technology & Engineering Teacher, 2010 (1):30-35.

[12] SANDERS M E. STEM, STEM Education, STEMmania [J]. Technology Teacher,2008(4):20-26.

[13] Office of Science and Technology Policy. President Donald J. Trump is Working to Ensure All Americans Have Access to STEM Education[EB/OL]. (2018-12-04)[2020-04-30]. <https://www.whitehouse.gov/briefings-statements/president-donald-j-trump-is-working-to-ensure-all-americans-have-access-to-stem-education/#:~:text=In%20June%202017%2C%20President%20Trump%20signed%20a%20presidential,STEM%20and%20computer%20science%20education%20a%20top%20priority.>

[14] 孙维,马永红,朱秀丽. 欧洲 STEM 教育推进政策研究及启示[J]. 中国电化教育,2018(3):131-139.

[15] 李欢欢,黄瑾. 我国 STEM 教育十年发展规律探析 (2009-2018 年)[J]. 基础教育,2018(5):63-71.

（责任编辑：邢云燕）

（上接第 24 页）

Science Quarterly,1972(3):313-327.

[3] SULL D. Competing through organizational agility [J]. Mckinsey Quarterly,2010(1):48-56.

[4] 周密,盛玉雪. 互联网时代供给侧结构性改革的主导性动力:工业化传统思路的局限[J]. 中国工业经济, 2018(4):39-58.

[5] 叶飞帆. 敏捷高等教育初探——基于学科与专业的视角[J]. 高等教育研究,2011(12):28-33.

[6] KU H M, THONGLEK S, BHUMIRATANA S. A graduate - level chemical engineering practice model in Thai -

land[C]. Bangkok Thailand:4th Asia - Pacific Forum on Engineering and Technology Education,2005:26-29.

[7] 国家统计局. 2017 年全国科技经费投入统计公报 [EB/OL]. (2018-10-09)[2020-11-10]. <http://www.stats.gov.cn/tjsj/tjgb/rdpcgb/qgkjfrtjgb/>.

[8] 谭福有. 标准化的形式(四):模块化[J]. 信息技术与标准化,2005(10):57-60.

[9] 胡文龙. 论产业学院组织制度创新的逻辑:三链融合的视角[J]. 高等工程教育研究,2018(3):13-17.

（责任编辑：邢云燕）