

计算机类本科生解决复杂工程问题能力培养 途径探索

——以“两贯通六着重”创新实践项目为例

乔保军¹, 韩道军¹, 杜晓玉²

(1. 河南大学 计算机与信息工程学院;
2. 河南省空间信息处理工程研究中心, 河南 开封 475004)

摘要: 为培养计算机类本科生解决复杂工程问题的能力,以新工科专业认证毕业要求指标点为抓手,以培养计算机人才解决复杂工程问题的能力为目标,构建大学生创新创业能力培养体系,设计出适合普通本科类学生的创新实践课程体系和实验内容。根据“两贯通六着重”创新实践项目的实践结果,分析普通本科高校培养计算机类本科生解决复杂工程问题能力的方法和实施方案,探索工科类学生学习的长效运行机制和激励机制,以切实提高理工科学生的学习实效。

关键词: 复杂工程问题;创新实践;计算机类;新工科

DOI: 10.11907/rjdk.212632

中图分类号: G434

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):

文章编号: 1672-7800(2022)011-0210-06



Exploration on the Cultivation of Ability of Solving Complex Engineering Problems for Undergraduates Majoring in Computer Science

——Taking the Innovative Project of "Two Links and Six Emphases" as an Example

QIAO Bao-jun¹, HAN Dao-jun¹, DU Xiao-yu²

(1. School of Computer and Information Engineering, Henan University;
2. Henan Province Engineering Research Center of Spatial Information Processing, Kaifeng 475004, China)

Abstract: In order to cultivate the ability of computer undergraduate students to solve complex engineering problems, the system of cultivating college students' innovation and entrepreneurship ability is constructed, and the innovative practice curriculum system and experimental content suitable for ordinary undergraduate students are designed, with the new engineering professional certification requirements as the starting point, and the ability of computer talents to solve complex engineering problems as the goal. According to the practice results of the innovative practice project of "Two Connections and Six Emphasis", this paper analyzes the methods and implementation plans for ordinary undergraduate universities to cultivate the ability of computer undergraduates to solve complex engineering problems, and explores the long-term operation mechanism and incentive mechanism for engineering students to learn, so as to effectively improve the learning effectiveness of science and engineering students.

Key Words: complex engineering problem; innovative practice; computer discipline; new engineering

收稿日期: 2021-11-30

基金项目: 河南省高等教育教学改革研究与实践项目(2021SJGLX080, 2019SJGLX044); 河南省新工科研究与实践项目(2020JGLX011); 河南省高等学校青年骨干教师培养计划项目(2019GGJS040); 河南大学本科教学改革研究与实践项目(HDXJJG2019-83, HDXJJG2020-13); 河南大学专业学位研究生教学案例库项目(SYLAL2022018)

作者简介: 乔保军(1975-), 男, 博士, 河南大学计算机与信息工程学院教授、博士生导师, 研究方向为空间数据分析、软件工程、分布式计算; 韩道军(1979-), 男, 博士, 河南大学计算机与信息工程学院教授、硕士生导师, 研究方向为访问控制模型、基于形式概念分析的本体构建方法; 杜晓玉(1979-), 女, 博士, 河南大学计算机与信息工程学院副教授、硕士生导师, 研究方向为数据中心网络、无线传感器网络相关技术。本文通讯作者: 韩道军。

0 引言

工程教育认证中所提到的“复杂工程问题”必须是深入工程原理,经过分析才可能得到解决的问题,其涉及多方面技术,而且不是仅靠常用方法即可完全解决,具有较强的综合性,包含多个相互关联的子问题^[1]。工程教育认证通用标准(2017年11月修订)中有12条毕业要求,其中8条要求与培养学生解决复杂工程问题的能力相关^[2-3]。

我国处于新兴产业和新经济发展的关键阶段,相对于传统工科人才,目前更需要实践能力强、创新能力强、具备国际竞争力的高素质复合型新工科人才,这对高等院校的教育理论体系提出了新要求。因此,如何按照工程认证标准的要求,利用学校现有资源,结合教师与学生的实际情况,培养学生解决复杂工程问题的能力,已成为高校发展和专业建设的焦点问题。《国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见》指出,要形成科学先进、广泛认同、具有中国特色的创新创业教育理念,形成一批可以推广、复制的成果,建立健全融课堂教学、自主学习、结合实践、指导帮扶、文化引领为一体的高校双创教育体系^[4]。创新创业教育是为了适应社会发展和国家战略规划需要,以培养具有创业意识的开拓型人才为目标的一种新型教学理念与模式。

在创新能力培养方面,很多高校已展开了实践研究,如尚凤军^[5]提出面向复杂工程设计的课程群建设思路;姜瑛等^[6]提出构建综合课程的多维度考核评价机制;江伟等^[7]针对地方本科高校的理工专业学生培养现状,提出“四位一体”实践教学与大学生创新创业能力培养模式。现有研究从大学生创新能力和复杂工程问题解决思路等方面进行了较多探索与实践,取得了一定成果,但是这些专家学者所在的研究机构都是国内发展较好的高校,所研究的对象是学习具有一定自觉性、学习基础扎实的一类本科生,因此研究成果不适用于普通的二类本科或专科院校,不具备可推广性。

1 相关研究

目前在工科学生中普遍存在解决复杂工程问题能力不足这一问题^[8],因此很多文献针对这一问题提出了解决方案,如文献[9]提出以竞赛为抓手,以赛促学,将竞赛成果转化形成相关实践课程的案例,构建自动化专业面向复杂工程问题解决能力培养的机制与模式;文献[10]研究了面向培养解决生物工程专业复杂工程问题能力的课程体系;文献[11]则以Python课程中的解决复杂工程问题能力培养为研究对象,提出课程设计与实施方案。

从现有研究成果可以看出,越来越多教育机构和学者开始重视解决复杂工程问题能力的培养,但大多仅针对某

一课程或者某一专业,尚未提出统一的理论和方法。新工科教育的发展与当前市场对人才的需求尚存在较大差距,主要存在以下问题:

(1)课程体系过于片面和单一。新工科教学以贯穿课程始终的开放式项目和工程问题为核心,营造工作环境,学生在学习基础知识的同时可综合运用所学知识解决实际问题。但旧的课程体系大多重理论、轻实践,考核标准也以试卷考试为主,实验考核为辅,大学的学习和考核方式仍是高中学习的延续,教师和学生在学习过程中都未建立培养解决复杂工程问题能力的理念。

从实践角度看,很多高校提高了对大学生创新创业能力培养的重视程度,并将其以选修课和必修课的形式加入到专业教学体系中,以培养学生解决复杂工程问题的能力。但由于课程内容设置得过于片面和单一,致使学生在完成学习任务后,只能在思想层面得到一定教育,而无法将所学知识与实践活动结合起来。学生处于一种“我认为我学到,但不知道怎么应用”的状态,对所学的知识点仍处于理解层面,无法将其落实在真正的工程实践中。

(2)实际接触的工程项目较少,学习成本较高。在新工科专业认证的毕业要求下,全国各大高校对教育模式和教学内容不断进行优化与创新,将大学生创新创业能力培养纳入到教育体系之中,并更加重视复杂工程问题解决能力的培养。但是由于各类高校学生的基础不同,学校的办学条件参差不齐,所处的地理环境经济发展所带来的机遇也有所不同,目前并没有一个完全通用的模式可适用于不同类别的高等院校。因此,对于处于中西部的二类本科和专科院校,在教学和体系建设过程中并不能直接套用其他高校的教学改革成果,主要原因包括以下3个方面:

第一,经济欠发达地区高校的课程实践环节较少,无法充分训练大学生的创新创业能力。主要体现在普通类本科院校的企业实习、工程训练机会较少,难以很好地培养学生的动手能力和解决问题的能力。

第二,大学生解决复杂工程问题的意识薄弱。在大学的学习生活中,学校的考核机制仍侧重于理论知识学习,学生无法直观看到所学专业知识的实际意义,不能体会相关知识在实际工作中的运用方法,就无法积极、主动地参与到创新实践活动中,也不会在学习过程中深入思考,产生创新性的灵感。

第三,组织大规模的创新实践活动成本较高。新工科创新能力和解决复杂工程问题能力的培养,需要学生和教师付出大量时间和精力,并且需要较长的周期才可以看到成效。普通类本科院校缺乏地理位置较近的实训基地,校内建设创新创业基地的经济成本又过高。因此,大部分高校针对解决复杂工程问题能力的教学仍停留在基本的课程实验和基础技能训练方面,导致对大学生创新创业能力的培养与社会实际需求脱节,不能有效将理论知识与实践应用相结合。

综合近几年高校开展创新创业能力培养工作的现状来看,虽然高校对此项工作给予了高度重视,但并未形成统一、有效的教学理论。究其原因,主要是高校对学生创新创业能力的培养尚存在认识上的误区,从而在教育理论体系的构建上不够科学,无法实现很好的培养效果。因此,本文拟构建大学生创新创业能力培养体系,立足于“创新创业意识培育”和“创新实践项目训练”两方面,重点培养计算机类本科生解决复杂工程问题的能力,并在大学生创新创业能力培养的组织协调、培训指导、实践操作、督促检查、考核评价等方面形成有效机制。这对于激发大学生创新创业激情、提升其创新创业能力、提高人才培养质量具有重要价值和长远的战略意义。

2 实践方案与方法

为了提升学生的创新实践能力,培养学生的开拓创新意识,河南大学计算机与信息工程学院开设了“两贯通六着重”学生创新能力培养项目,通过加强创新实践环节,为高素质应用型人才的培养提供支撑。“两贯通六着重”学生创新能力培养项目通过建立创新实验室、组织教师编写创新项目指导书、开设创新实践课程、组织兴趣小组活动等方法,重点培养学生的创新实践能力。

“两贯通”指软硬贯通和全流程贯通,软硬贯通中“软”指创新创业意识培育,“硬”指创新实践项目训练;全流程贯通则包括了大学4年的培养。具体包括:大一:引进企业宣讲,培育创新意识;大二:选取专业内创新实验项目1项;大三:选取专业外创新实践项目1项;大四:学生自己组队,选取创新项目中的提高部分进行自主探索。

“六着重”指项目建设的6个着重点,具体包括:①自主创新。学生自主动手多,教师集中讲授少;②动态更新。项目非固定不变,运行过程中根据需要进行动态调整;③灵活设置项目。教师指定选题+学生自主设置;④场地建设。提供大部分项目所需场地供学生自主研讨使用;⑤体系建设。不是一门独立课程,而是涉及多个年级;⑥学生间氛围传承。老生带新生,高年级带低年级。

2.1 “两贯通六着重”创新实践项目方案

2.1.1 项目立项

创新项目和兴趣小组的思想是让学生独自或与他人协作在一个学期的时间内完成一个软件项目,或者探索实践某个计算机领域的前沿知识。项目按照课程的形式组织并实施,但创新项目又有别于传统课堂教授的课程:①强调学生动手实践而非看书学习;②强调由学生独立完成,反对指导教师的过多参与,厘清指导教师的责任与义务;③强调在明确课程负责人的情况下由导师组而非单个教师进行指导,发挥多个教师的所长,给予学生多元化的经验传授;④强调学生充分利用课余时间,培养学生的时间管理能力。

为了保障创新项目的顺利实施,每个创新项目和兴趣小组均遵照上述原则,并基于学生的能力配备了详实的实践指导书。指导书列明了学生参与实践课程应完成的任务、每个时间点需完成的子任务和完成子任务的具体方案、完成任务所需的课下学习计划、指导教师的角色与责任、课程验收标准与程序,以及能够帮助学生完成课程任务的一些相关素材。并且,为了保证每个课程实践指导书的质量和可行性,指导书在实施之前都需经过学院内部的多轮评审与修改。

立项要求选题规模和难度适当,对学生而言有一定创新性和挑战性,但是通过努力可以在一个学期内完成;选题应体现专业特色,并在全院范围内进行统筹,相似的项目不重复立项;使用现有的创新实验室场地和设备,原则上不应提出额外的场地和设备要求。

教师可随时提出新项目的立项申请,申请教师应准备一个简单的文档,说明项目的内容、环境要求、学生人数上限、预期完成指导材料的时间,最好在文档中对项目的特色、必要性和可行性进行简单论述。申请教师将此文档发给所在系、室负责人,相关负责人应及时汇总后提交给学院负责人。

教学院长负责统筹安排新申请项目的立项评审,并将会议评审结论及时反馈给申请教师。参与评审会议的成员以及举行评审会议的时间由教学院长确定;评审组可由教学院长及系主任组成,也可以是扩大的教学指导委员会;评审会可以针对一个申请,也可以等待多个立项申请一起举行。每个参评项目最多有两次评审机会,如果项目第一次未通过评审,按照建议修改后可参与第二次会评,若仍未通过,以后不再讨论该项目。

2.1.2 指导材料验收

已立项的创新项目需要提供足够的指导材料以保证学生选择该项目后能够顺利推进。指导材料包括两方面:一是示例系统,用于证明项目可行,并在实施过程中可为学生提供参考;二是书面的指导书,给学生的开发过程提供具体指导,内容至少包括项目需求描述、建议进度计划、考核要求、所需技术资料等,指导书的具体内容和格式要求参考学院提供的相关模板。

项目指导书内容主要包括集中讲座、现场指导解惑、布置验收、分组学习讨论、自由实验和验收考核等环节,并根据学生选修某个项目后的实施情况对项目指导组给予奖励或惩罚措施。项目评审以会评方式进行,教学院长负责安排评审会;评审组应是扩大的教学指导委员会;指导材料评审会原则上一个学期举行一次。对于评审同意验收的项目,学院提供经费支持。

2.1.3 教师激励方法

教师对选修学生的指导工作记入教学工作量,具体方法由学院党政联席会议另行确定。对项目实施过程的奖惩是基于学生选修该项目后的实施效果,若首次实施效果

较好、顺利达成项目设计目标,对项目指导组给予经费奖励,经费的数额和提供方式根据具体情况确定;若实施效果明显达不到预期、锻炼学生能力的目标未能有效完成,则责成项目指导组对项目进行整改,改进项目目标和指导材料,整改过程中不再追加经费;若经过多次整改仍不能达到预期目标,可启动项目退出机制,对项目指导组实施退回经费等惩罚措施。

2.1.4 项目升级与退出

项目实施过程中一般会暴露出一些问题,建议项目指导组对于项目目标、要求、指导材料等进行经常性地改进,这些小规模的改进应有利于减轻指导工作量,学院不再给予经费支持。对于较大规模的项目改动,分为以下 3 种情况:

(1)升级。前提是当前项目经过两届以上学生选修,能够正常进行,项目设计目标基本能够达成;升级要求一般由项目指导组主动提出,升级的原因一般是希望纳入新技术、新进展,达成更高的学生创新目标;升级需要对项目要求和指导材料作出较大改动,原则上改动量应在 50% 以上。

(2)整改。针对在实施过程中不能达成设计目标的项目,一般由院考核组强制要求整改。整改需要对项目要求和指导材料作出较大改动,学院不再提供经费支持。

(3)退出。退出的项目不再提供给学生进行选修。项目的退出分为两种情况:①正常退出:由于项目指导组成员的工作变化导致项目无法继续进行,而这种工作变化是学院认可的;正常退出的项目,其负责人应向学院教务办公室备案,以便及时应从候选项目表中删除,避免学生选修后发现无法实施的情况;②非正常退出:如果项目经过两次以上整改仍达不到设计目标,或者被要求整改的项目,指导组成员认为自己无法达到整改目标时,启动非正常退出。

2.1.5 创新项目实施

经过指导材料验收的项目已具备实施条件,学院将所有可实施项目的信息公示给学生,在特定时间内由学生自主选择参加的项目,并在下一学期开始实际的创新实验项目实践。实施的场地在各系室的创新实验室,以学生自主管理为主,不同项目的指导教师与选修学生商定集中指导时间。在项目实施过程中,主要包括以下类型的活动:①集中讲座。指导教师主导,讲授知识、计划方案等;②现场指导解惑。指导教师主导,指导学生完成任务方案、回答学生问题;③布置、验收任务。指导教师主导,验收学生任务完成结果、布置下一阶段任务;④分组学习讨论。学生主导,以小组为单位进行讨论;⑤自由实验。学生主导,调试、测试、验证学生设计的程序等;⑥验收考核。学院考核组主导,对学生项目成果进行考核、验收。

项目实施效果从选修情况、完成情况和验收考核结果几方面进行评估。创新项目的实施强调课堂集中时间与

课外自由时间的结合,安排学生每周在固定时间和固定的教室集中到一起以完成项目任务。

学生可在本学期,从大二下学期提供的 20 个备选题目中任选一个来做,但不能选择与上学期相同的课题。本院专业课教师及实验教师均可申请立项,原则上每名教师最多参加 3 个“创新项目指导书”的编写和指导,作为项目负责人只能申请一项,但可参与两个其他项目的指导。每个项目可由 2~3 名教师组成,包括 1 名项目负责人与 1~2 名项目指导成员。

2.1.6 创新实践项目结项评审

项目经过团队教师现场考核,并通过打分给出验收考核结果。课程目标主要包括以下几点:

目标 1:能够通过查阅文献获取相关信息,掌握撰写分析与设计等技术文档、研究报告的方法和技巧。

目标 2:能够根据项目需求,运用所学专业理论和技术手段完成项目,以培养学生的工程意识和实践创新能力。

目标 3:能够根据项目需求组织团队,通过分工合作协调团队成员之间的关系,提高交流合作能力。

根据以上目标的完成度,团队教师对每位同学打分,给出最终成绩,成绩依据如表 1 所示。

2.2 创新实践项目需解决的问题

(1)创新项目与兴趣小组建设。创新项目的建设以课程为基础,基于学生培养要求以及学生自身的能力水平。项目中的创新课题由一线任课教师设计,使学生能够从简单的项目开始,逐步在教师的指导下,独立或与他人共同合作完成一个完整的项目,体验所学知识在实际中的应用效果,获得应用所学知识解决实际问题的成就感。

为了吸引学生兴趣,形成传帮带的学习氛围,进一步提升学生的创新与动手能力,学院规划建设多个兴趣小组。学生可选择感兴趣的小组进行学习,并建立专用的课余科技活动室。在兴趣小组的项目设计方面,强调项目具有吸引力,且“起点低”,能够让刚入学尚未接触专业知识学习的学生也能参与其中。一般以一个学年为一个阶段,学生通过渐进式、阶段性的学习过程,不断提高自己的能力。

(2)“两贯通”的建设与实现。软硬贯通中的“软”指创新创业意识培育,“硬”指创新实践项目训练。全流程贯通则包括了大学 4 年的培养。项目选题规模和难度应当适当,对学生而言有一定创新性和挑战性,但是通过努力可在一个学期完成;选题应体现专业特色,并在全院范围内进行统筹。

(3)“六着重”的建设与实现。“六着重”指项目建设的 6 个着重点。学生创新能力提升项目以学院为实施主体,充分利用学科基础资源,激励科研经验丰富的教师参与指导,注重项目实施过程管理,强调学生需要自主设计、管理与完成实验项目。第一,创新实践课程由学生自主选择项目题目,创新实验室以学生自主管理为主;第二,为了给学

Table 1 Evaluation table for innovative practice project

表1 创新实践项目评审表

课程目标	考核类别	考核内容	考核方式	考核指标点及特征			备注
文档规范程度							
				内容组织完整【结构】	文档编排规范【语句组织、字体、段落、图文混排等】	文档描述与代码实现相符程度	
目标1:能够通过查阅文献获取相关信息,掌握撰写分析与设计等技术文档、研究报告的方法和技巧	A 文档类	A1 个人总结报告和项目开发文档(20分)	文档评阅	完整(8分)	规范(8分)	相符(4分)	
				基本完整(6分)	基本规范(6分)	基本相符(3分)	
				不完整(0~4分)	不太规范(0~4分)	不相符(0分)	
提交源代码文件【完整、及时、规范、文件容量】							
				A2 项目源程序(20分)	源代码评阅	符合要求(20分) 基本符合要求(16分) 不太符合要求(0~3分)	
功能设计							
目标2:能够根据项目需求,运用所学专业理论和技术手段完成项目,以培养学生的工程意识和实践创新能力	B 编程实践类——项目功能抽查	B1 现场代码编写能力测试(30分)	程序现场编写	合理、全面(10分)	全部实现(8~10分)	熟练(9~10分)	
				较为合理、全面(8分)	部分实现(5~7分)	较为熟练(6~8分)	
				不太全面(0~6分)	极少实现(1~4分) 无实现(0分)	不太熟练(0~5分)	
项目目录规划【分层设计、命名规范】							
				B2 项目整体搭建情况(20分)	查看	符合(10分) 较为符合(8分) 不太符合(0~6分)	
程序正常运行【功能齐全、运行正常】							
				符合(10分) 较为符合(8分) 不太符合(0~6分)		符合(10分) 较为符合(8分) 不太符合(0~6分)	
考勤【迟到、早退、旷课情况】							
目标3:能够根据项目需求组织团队,通过分工合作协调团队成员之间的关系,提高交流合作能力	C 平时成绩	C1 考勤及讨论(10分)	考勤【迟到、早退、旷课情况】			讨论【问题研讨次数与质量】	
			优秀【1次及以下】(5分) 良好【1~3次】(3分) 一般【3次以上】(0~1分)			优秀【2次以上且专业性强】(5分) 良好【有讨论】(3分) 一般【基本无讨论】(0分)	

生更多选择,充分反映学科发展热点和本院专业特色,创新项目还需要持续进行补充、修正和完善;第三,选题分为两种,可以由教师指定选题,也可以由学生自主设置题目并提出申请,审核通过后可进入实验室完成实验;第四,学院需解决创新项目实施过程中所需的场地和经费问题;第五,创新项目应涉及学科中的大多数课程,是对学科知识的综合应用,因此需保持创新项目的多样性和时效性。最后,培养学生独立自主的研发能力和团队协作精神,强调学生之间的传帮带。

3 实践效果

“两贯通六着重”学生创新能力培养项目包括项目目标制定和项目评审与管理。学院目前的本科专业全部是工科,特别强调解决实际问题的能力,具有很高的实践性要求。指导教师设定创新项目的题目和要求,并提供建议项目进度计划及关键参考资料,学生需要在两个学期中,每学期分别从备选项目中选定一个项目进行实现。

通过教师能力的提高,提升学生的学习效果,激发其学习意愿,提高学习主动性,形成一个学生带学生、高年级

带低年级、好学生带差学生的良好学习环境,在全院范围内建立积极学习的良好氛围。创新实践项目已实现以下目标:①制定创新项目管理办法;②组织教师最终达成编写30部创新项目指导书的目标;③建设7个全开放的学生创新实验室;④开设两个学期的创新实践课程。

创新项目旨在提高学生的创新意识和动手能力、激发其自主学习兴趣,并培养团队合作精神。长期目标如下:

(1)实现课程功能的转变。创新能力培养课程改变了旧的教学方法和教学手段,强调形成积极、主动的学习态度,从单纯注重传授知识转变为引导学生主动学习,学会合作,以激发学生兴趣为目标。

(2)建立创新实践项目课程教学计划,优化课程体系。均衡性、综合性和选择性是本次实践改革的3条基本原则。在整个实践课程建设过程中,创新项目和兴趣小组的设置需兼顾学院4个专业的特点,包容各种专业类型和多个实现方法,可实现多学科交叉融合,满足学生对知识的多维需求。正是由于项目的多样性和复杂性,学生可自主选择学习项目,以课程形式进行学习。

(3)改变学生的学习方式。在传统的教育模式中,教育的目标是知识的传授。“两贯通六着重”学生创新能力培

养项目重点培养学生的自主学习能力,旨在培养学生综合运用计算机知识进行实践训练,此外还包括了能够开拓学生视野和知识领域的一系列前沿应用知识,既满足了学生提升动手能力的需求,又满足了其进一步学习课堂之外前沿知识的需求。

(4)建立分级考核制度,对不同学生采取不同管理方法。经过一段时间的大学学习,学生之间已存在一定程度的差别,教师在创新项目的教学过程中,注重培养学生的独立性和自主性,引导学生调查、探究与主动参与。尊重学生的个体差异,满足不同学生的学习需求。对于达到不同考核等级的学生给予不同的成绩认定,鼓励优秀的学生实现更高难度的任务,申请大学生创新项目。

4 结语

以新工科专业认证毕业要求指标点为抓手,培养计算机人才解决复杂工程问题的能力,设计出适合学生的创新实践课程体系和实验内容是目前教学亟需解决的问题。本文的研究与教学实践联系紧密,研究模式为:从教学实践中提出问题——分析并上升到理论研究问题,提出解决问题的方案——回到教学实践中检验方案——根据检验结果再进行分析、研究——最后将研究成果用于指导教学实践。

“两贯通六着重”创新实践项目实现了实践项目课程化,并且探索工科类学生学习的长效运行机制和激励机制。创新实践课程要想切实提高学生的学习效果,就要提供尽可能真实的实践教学环境,提高学生的学习兴趣,加深学生对课程的理解,打破长期以来理论与实践分离的局面,实现理论与实践一体化的面向工作过程的教学改革。

参考文献:

- [1] JIANG Z L. Undergraduate engineering education: focusing on the cultivation of students' ability to solve complex engineering problems[J]. China University Teaching, 2016(11):27-30,84.
蒋宗礼. 本科工程教育:聚焦学生解决复杂工程问题能力的培养[J]. 中国大学教学,2016(11):27-30,84.
- [2] China Engineering Education Accreditation Association. Engineering education accreditation standards [EB/OL]. <http://www.ceeaa.org.cn/gcjyzyrzh/rzcxjzb/gcjyrbz/tybz/index.html>.
工程教育认证协会. 工程教育认证标准[EB/OL]. <http://www.ceeaa.org.cn/gcjyzyrzh/rzcxjzb/gcjyrbz/tybz/index.html>.
- [3] ZHAO Y, HU C H, LIN H X. Focus on the exploration and practice of the ability to solve complex engineering problems [J]. Education and Teaching Forum, 2021(20):85-88.
赵宇,胡春红,简海晓. 聚焦解决复杂工程问题能力培养的探索与实践[J]. 教育教学论坛,2021(20):85-88.
- [4] Chinese Government Website. Opinions of the General Office of the State Council on deepening the reform of innovation and entrepreneurship education in colleges and universities [EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/13/content_9740.htm.
中国政府网. 国务院办公厅关于深化高等学校创新创业教育改革的实施意见[EB/OL]. http://www.gov.cn/zhengce/content/2015-05/13/content_9740.htm.
- [5] SHANG F J. Research on the cultivation system of computer talents' innovative ability facing complex engineering problems [J]. Computer Education, 2016(9):70-73.
高凤军. 面向复杂工程问题的计算机人才创新能力培养体系研究[J]. 计算机教育,2016(9):70-73.
- [6] JIANG Y, DING J M, JIA L Y, et al. The design of comprehensive course teaching mode for cultivating complicated engineering ability [J]. Software Guide, 2020,19(2):244-248.
姜瑛,丁家满,贾连印,等. 培养复杂工程能力的综合课程教学模式设计[J]. 软件导刊,2020,19(2):244-248.
- [7] JIANG W, JIN Z C, JIANG J S. "Four in one" practical teaching and the cultivation of college students' innovation and entrepreneurship ability [J]. Journal of Anqing Teachers College (Natural Science), 2016, 22(1):134-137.
江伟,金中朝,江健生. "四位一体"实践教学与大学生创新创业能力培养[J]. 安庆师范学院学报(自然科学版),2016,22(1):134-137.
- [8] ZHAO X X, MU N B, FU Y. Research on the teaching mode of engineering courses oriented to solve complex engineering problems [J]. Journal of Anqing Normal University (Natural Science Edition), 2021, 27(4):101-106.
赵秀翔,木尼布,付钰. 以解决复杂工程问题为导向的工科课程教学模式研究[J]. 安庆师范大学学报(自然科学版),2021,27(4):101-106.
- [9] HAN Z Q, ZHANG L N. Cultivation and exploration of undergraduates' ability to solve complex engineering problems based on disciplinary competition [J]. Industry and Information Technology Education, 2021(10):75-78.
韩竺秦,张丽娜. 基于学科竞赛的本科生解决复杂工程问题能力的培养与探索[J]. 工业和信息化教育,2021(10):75-78.
- [10] ZHU Y B, WU L T, WU J N, et al. Thinking and construction of the curriculum system of applied undergraduate colleges centering on the cultivation of the ability to solve the complex engineering problems of bioengineering majors [J]. Chinese Journal of Biotechnology, 2021, 37(9):3383-3388.
朱益波,吴凌天,吴金男,等. 应用型本科高校围绕解决生物工程专业复杂工程问题能力培养的课程体系思考与构建[J]. 生物工程学报,2021,37(9):3383-3388.
- [11] LYU Y B, QIN X L, SU X D, et al. Python curriculum design for the cultivation of the ability to solve complex engineering problems [J]. Computer Education, 2021(11):172-175.
吕友波,秦相林,苏晓东,等. 面向解决复杂工程问题能力培养的Python课程设计[J]. 计算机教育,2021(11):172-175.

(责任编辑:黄健)