

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.05.011

欢迎按以下格式引用:潘毅,赖馨粤,林拥军,等.新工科背景下大学生专业实践能力培养的探索与实践——以全国大学生结构设计信息技术大赛为例[J].高等建筑教育,2024,33(5):85-93.

新工科背景下大学生专业实践能力培养的探索与实践

——以全国大学生结构设计信息技术大赛为例

潘毅^{a,b}, 赖馨粤^a, 林拥军^a, 郭瑞^a

(西南交通大学 a. 土木工程学院; b. 抗震工程技术四川省重点实验室, 四川 成都 610031)

摘要:新工科背景下,对土木工程大学生的专业实践能力有了更高要求,而学科竞赛是培养学生专业实践能力的重要途径之一。根据新工科对大学生专业实践能力的要求,针对目前专业实践教学存在的不足,依托学科竞赛,提出“以赛赋能,以赛促教”的教学方法。以全国大学生结构设计信息技术大赛为例,从模型建立、模型深化、模型分析3个阶段,以赛赋能,探索学科竞赛对大学生专业实践能力的培养过程。学生通过参加学科竞赛,在竞赛中对课堂上学到的内容进行应用和延伸,提升学生的基本实践能力和工程实践能力。从专业课程和实践课程两个方面,以赛促教,分析学科竞赛对教师专业实践教学的促进作用和实现途径。学科竞赛与教学融合,结合专业课程教学,基于竞赛改进教学方法、更新教学内容、组建教学团队;结合实践课程教学,将竞赛与生产实习、教学试验、毕业设计进行融合,提升教师的专业实践教学水平。依托西南交通大学教学平台,将“以赛赋能,以赛促教”的教学方法应用于大学生专业实践能力培养,取得了良好的效果,可为土木工程类专业实践教学提供参考。

关键词:实践能力;新工科;学科竞赛;实践教学;人才培养

中图分类号G642.4;TU352.1

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2024)05-0085-09

建筑业正经历信息化、数字化、智能化转型,土木工程人才培养须与时俱进,以满足新时代的需求,因此,迫切需要加强新工科建设。自2017年教育部发布《关于开展新工科研究与实践的通知》以来,新工科建设从理念倡导逐步转向推进实践、提升质量的新阶段。与传统工科相比,新工科更加重视学科新兴拓展、新型升级与新生交叉等,且在促进我国社会经济和提高国际竞争力等方面影响更加显著。新特征、新知识、新模式和新人才是新工科教育的具体内涵^[1],从培养学生的“理性认知”

修回日期:2023-09-23

基金项目:西南交通大学一流本科课程建设项目(YK20211005);西南交通大学校级本科教育教学研究与改革项目重大项目(20241301)

作者简介:潘毅(1977—),男,西南交通大学土木工程学院教授,博士生导师,主要从事工程结构抗震与加固的教学与研究,(E-mail)panyi@swjtu.edu.cn。

到强调实际的“工程实践”,从“满足需求”到“引领未来发展”,新工科对本科生的专业实践能力提出了更高要求。

土木工程专业学生应具备的专业实践能力包括基本实践能力和工程实践能力^[2]。基本实践能力涵盖了表达能力、计算机应用能力和外语能力,而工程实践能力则包括知识累积能力和主动实践能力。知识累积能力体现在课程设计和课程实习过程中,学生需掌握并积累相关知识;主动实践能力则要求学生在实习实训过程中独立思考,解决实际问题。在新工科背景下,对学生专业实践能力的要求呈现双重性质。一方面,学生需要打下坚实的基础理论,全面了解土木工程专业的原理和基本方法;另一方面,学生还应具备承担一般项目设计、施工、管理等工作的能力,具备创新思维和主动实践意识^[3-4]。这种双重要求在培养土木工程专业学生时尤为重要。

学科竞赛不仅是培养大学生专业实践能力的重要途径,也是实践教学与人才培养模式改革创新的重要组成部分^[5-6]。新工科背景下,学科竞赛在培养大学生创新意识和专业实践能力方面发挥重要作用,是推动专业实践教学改革的途径之一。西南交通大学对学生专业实践能力的培养尤为重视,为培养学生专业实践能力,积极组织学生参加国家级、省部级的学科竞赛。以全国大学生结构设计信息技术大赛为例,从模型建立、模型深化、模型分析3个阶段,结合新工科背景,分析其对培养学生专业实践能力的作用,探讨学科竞赛对学生专业实践能力的提升、对教师专业实践教学水平的促进,以期为土木工程类专业实践教学提供参考。

一、竞赛概况

(一) 竞赛简介

全国大学生结构设计信息技术大赛由中国土木工程学会主办,推动了建筑业发展与信息技术的深度融合,促进了高等学校土木工程专业人才培养。从2018年第1届到2022年第5届,大赛密切联系行业关注点,赛题涵盖行业热点技术,坚持以“数字建筑,智慧建造”为主题,弘扬工匠精神,助力培养“新一代工匠”。主要内容包括结构计算模型、计算书、施工图、深化设计图,以及思考题解答等。大赛为土木工程专业的大学生提供了专业实践平台,培养了学生的思维能力、动手能力、团队意识和专业素养,促进了高校土木工程专业教学质量的提升。大赛的部分结构模型如图1所示。

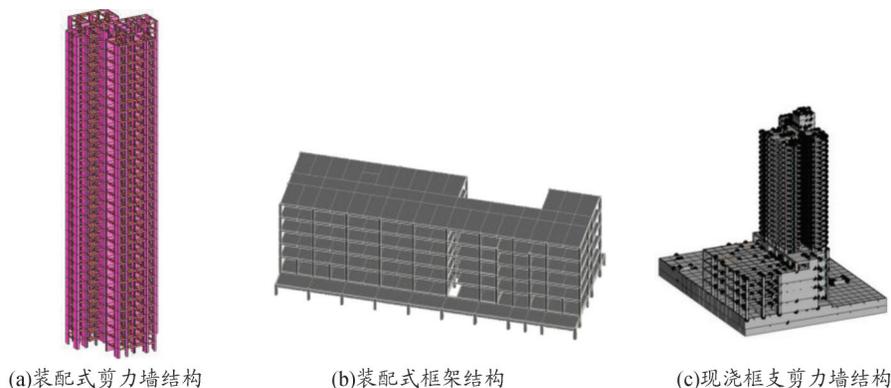


图1 大赛的结构模型

(二) 参赛情况

全国大学生结构设计信息技术大赛已成功举办5届,吸引了超过300所学校的2000多支队伍参加,参赛作品数量逐年增加。相比于首届大赛,第5届的参赛队伍和提交作品数分别增长了15.84%和42.96%,如图2所示。学生参加学科竞赛的热情高涨,获得了社会的广泛认可,还提供了

不同高校大学生同场竞技和互相交流的平台。

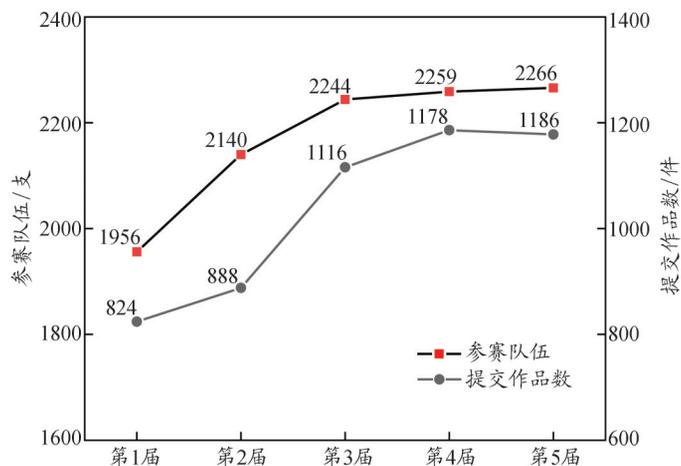


图2 大赛历年的参赛队伍和提交作品数

二、竞赛对学生专业实践能力的培养

融合新工科理念,以竞赋能,通过模型建立、模型深化、模型分析等大赛不同阶段,激发学生的主动学习能力、自我思考能力、时间规划能力,多层次、多维度培养土木工程专业学生的专业实践能力。

(一) 模型建立阶段

参赛队伍根据赛题给定的工程项目信息进行构件截面选择、结构布置、结构模型绘制等工作。该阶段大致分为3个步骤。

(1)参赛队伍应用混凝土结构设计原理、钢结构设计原理课程中的知识点,选择梁板截面,进行构件布置,再根据土木工程信息化模型及应用中的建模知识,进行结构绘制。这个过程考查学生对专业基础知识的掌握情况,培养学生的知识理解能力。

(2)参赛队伍输入赛题给定的荷载信息、地震作用等,运用工程荷载与可靠度设计原理、建筑结构抗震设计等课程中的知识点进行荷载组合、内力计算,结构计算与分析,并根据结构设计软件给出的警告信息进行结构模型的调整。这一步骤主要考查学生对专业课程的理解程度,培养在实际情境中灵活应用所学知识的能力。

(3)参赛队伍绘制结构模板图,并标注主要构件的截面尺寸及定位尺寸,应用工程制图及数字化表达中的知识点,绘制工程施工图,考查学生对工程制图的规范表达能力。

通过模型建立阶段,整合不同课程中的知识和技能,使学生在实际工程项目中运用所学知识,培养专业实践能力。一层结构模型的建立如图3所示。

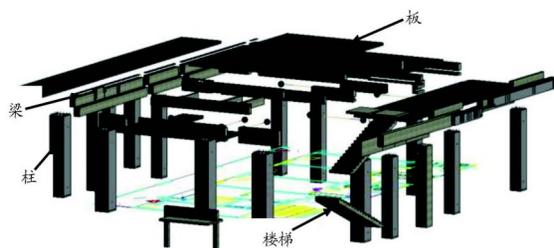


图3 模型建立示意

(二) 模型深化阶段

该阶段参赛队伍在模型建立的基础上完成深化设计图和连接节点大样图,并进行碰撞检查。该阶段大致分为两步。

(1)应用预制装配式结构与工程、建筑施工技术、工程制图及数字化表达等课程知识点,完成预制柱、预制梁、预制板、预制楼梯的深化设计图,并绘制梁柱连接节点和卫生间沉箱与预制梁连接节点大样图。这个过程培养学生的知识理解能力和工程制图能力。

(2)学生根据土木工程信息化模型及应用的知识点进行节点钢筋三维碰撞检查,对钢筋有冲突的部位进行避让,以保证工程设计与施工协同工作。这个过程培养学生的动手操作能力。

通过模型深化阶段,学生在实践中应用专业知识,进一步提升专业实践能力。模型深化的部分构件细节如图4所示。

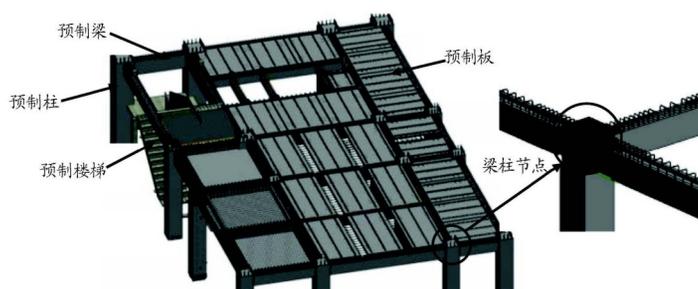


图4 模型深化示意

(三) 模型分析阶段

该阶段参赛队伍完成思考题的解答,主要任务是对工程设计、建模、深化阶段的特点进行探讨和思考,大致分为3步。

(1)思考题解答前期,学生查阅国内外抗震设计、结构构造等文献,对重难点进行思考,培养学生外文文献的阅读能力。

(2)思考题解答过程中,运用建筑结构设计、建筑结构抗震设计、高层建筑结构设计等课程知识,探索结构体系的特点,如工程抗震等级判断、超限高层建筑工程抗震设防审查、无梁楼盖设计、荷载计算、转换层形式选择等,深入思考工程设计和施工协调,对工程设计出现的具体问题提出自己的见解,培养学生积极思考的能力。

(3)以书面文本的形式提交思考题解答思路,培养学生的文字表达能力。

在模型分析阶段,教师和学生之间、学生和学生之间协作交流,互相学习成长,既有学生为主、引导创新的优教,也有主动学习、发现探索的优学。例如,学生与教师交流,分析模型中的不足,如图5所示。通过模型分析,学生不仅深化了对专业知识的理解,而且增强了积极思考、文献阅读和文字表达等专业实践能力。



图5 模型分析与讨论

对于学生,每一次竞赛都是对专业实践能力的检验,每一个竞赛作品都是专业实践能力的展示。通过大赛的3个阶段,强化学生计算机应用、专业实践能力,提升学生综合应用多门课程的能力。以竞赛赋能的学生专业实践能力培养如表1所示。

表1 以竞赛赋能的学生专业实践能力培养

	模型建立阶段	模型深化阶段	模型分析阶段
课程	专业课程:混凝土结构设计原理、钢结构设计原理、房屋钢结构、工程制图及数字化表达、土木工程信息化模型与应用、工程荷载与可靠度设计原理 实践课程:计算机绘图实训、课程设计	专业课程:预制装配式结构与工程、建筑施工技术、工程制图及数字化表达、土木工程信息化模型与应用 实践课程:计算机绘图实训、毕业设计	专业课程:建筑结构设计、高层建筑结构设计、建筑结构抗震设计 实践课程:毕业设计
能力	知识累积能力:在课程中掌握专业知识,知识理解能力、计算机应用能力、工程制图能力	计算机应用能力:工程绘图能力 主动实践能力:将课程知识用于具体的工程实践—动手操作能力	主动实践能力:对课程知识的延伸和扩展—积极思考能力 外语能力:外文文献的阅读能力、文字的表达能力

三、竞赛提升教师专业实践教学水平

竞赛不仅培养学生的专业实践能力,而且也提升了教师专业实践教学水平。以西南交通大学为例,在教学方面,已有基于SC(Student-Centered)的教学模式^[7]、线上线下融合的混合式教学^[8]的探索。此次结合新工科要求,以赛促教,将竞赛融入专业课程和实践课程教学,针对当前教学过程中存在的问题,找出提升教学质量的方法,从而提升土木工程学生的专业实践能力。以赛促教的专业实践教学体系如图6所示。

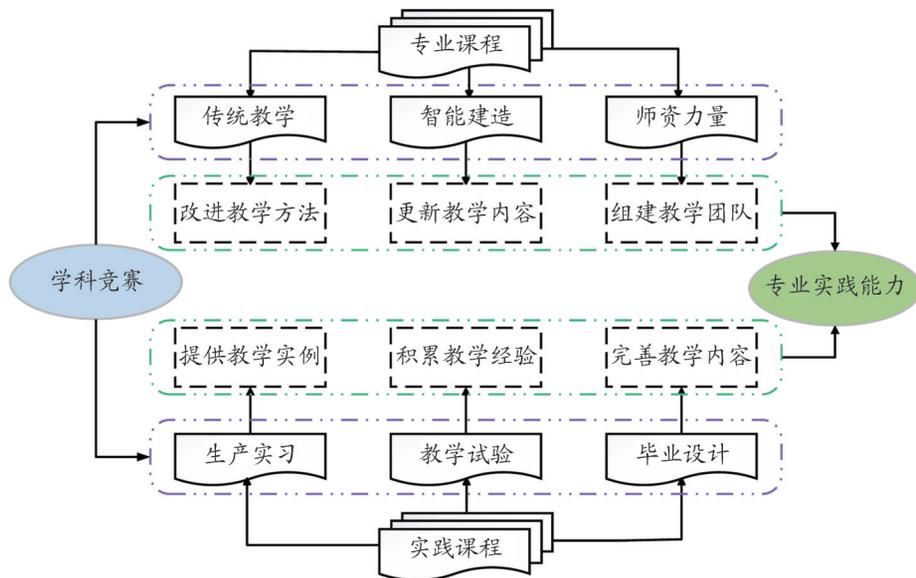


图6 以赛促教的专业实践教学

（一）竞赛与专业课程教学融合

专业课程是人才培养的基本要素,专业课程质量是人才培养的核心要素,将竞赛融入专业课程教学,是人才培养的有益元素。以赛促教,对教师、学生双方都有利。竞赛与专业课程教学融合可以从基于竞赛改进教学方法、基于竞赛更新教学内容、基于竞赛组建教学团队三方面开展。

基于竞赛改进教学方法,将学科竞赛融入专业课程教学,在竞赛中发现学生专业知识体系中的不足,从专业课溯源,找到教学中存在的薄弱环节,及时改进教学方法,弥补学生专业知识的不足,从而提升专业理论知识与综合实践能力。在传统专业课程教学中,各门专业课程独立讲授,且多倾向于理论知识传授,缺乏不同专业课程之间的串联。而竞赛则要求学生综合运用专业知识,且不能照搬课本内容,需要具体情况具体分析。这就需要教师在授课中及时改进教学方法,不仅要讲授本门课程的专业知识,而且要引导学生联系赛题思考其他课程的专业知识,加深学生对理论知识的理解。同时,邀请工程设计单位的工程师联合授课,从工程实践的角度进行讲解,帮助学生将专业知识与工程实践融会贯通。例如,在模型分析阶段,教师在讲授建筑结构抗震设计课程时结合大赛思考题引导学生思考和讨论,培养学生主动探索的意识,帮助学生加深对抗震理论知识的理解。通过竞赛与教学课程的有机结合,学生能够运用所学知识解决实际问题,提高专业综合素养。

基于竞赛更新教学内容,实现新工科背景下专业结构调整,满足建筑业对信息化人才的需求。智能建造背景下,借助学科竞赛平台及时更新教学内容,引导学生接触前沿研究领域,提升专业实践能力。落实新工科建设理念,必需设置具体课程指导工科教育教学,这是理念实践化的关键步骤^[9]。西南交通大学获批开设智能建造专业,在土木工程学科中引入建筑信息化技术和先进的教学辅助设备。而竞赛紧扣行业热点,考查学生应用信息化技术的能力。这就需要教师在其专业课程授课中,一方面教授理论知识,另一方面根据赛题更新课程实践,形成专业课程教学与竞赛互动机制,提升学生的专业实践能力。例如,在模型建立阶段,教师在讲授土木工程信息化模型与应用课程时可结合赛题让学生学习如何建模,从而加深学生对信息化技术的理解,锻炼其完成实际项目的操作能力。

基于竞赛组建教学团队,以竞赛为抓手,帮助青年教师重视实际工程需求,提高解决实际问题的能力。大多数青年教师在博士毕业后,直接进入高校从事教学工作,工程实践经验不够,理论与实践联系不紧密。而竞赛赛题来源于实际工程,学科竞赛中学生展现出来的能力,侧面体现指导教师的理论水平和专业技能。这就需要组建竞赛指导教师团队,教师团队以竞赛为纽带,并邀请工程设计单位参与交流探讨,提升教师的实践教学水平。同时,大赛也为指导教师提供了培训机会,帮助增强指导教师的竞赛指导能力。教师通过指导学生参加学科竞赛,结合自己授课的课程,增加理论和实践的互动环节,实现工程实践与教学内容的有机融合。例如,在模型深化阶段,预制装配式结构与工程、土木工程信息化模型与应用等课程的授课教师结合赛题交流和探讨,丰富理论和实践教学内容。组建指导教师团队不仅能提高教师的实践教学水平,而且能帮助教师加深对工程问题的认识,进而反哺课堂教学。

（二）竞赛与实践课程教学融合

实践课程是学生以实际工作者的身份,直接或间接参与现场施工、科研实验和结构设计的实践教学模式。实践课程有利于加深学生对课堂专业知识的理解,并培养其解决复杂工程问题的能力^[10]。在实践课程教学中引入竞赛,基于竞赛创新教学模式,总结教学经验、完善教学知识体系,让学生对实践课程教学内容进行练习和再认识,增强学生的专业实践能力。以西南交通大学为例,实践课程有计算机绘图实训、土木工程概论与认识实习、土木工程生产实习、课程设计和毕业设计等,

大致分为工地实践、科研实验和毕业设计3个大类。通过这些课程,学生有机会在真实的工作环境中学习和实践,为未来工程实践奠定坚实的基础。

生产实习与学科竞赛衔接,基于竞赛创新教学模式,将竞赛融入生产实习教学,培养学生的工程师意识,锻炼动手操作能力,提高本科生实践课程的教学质量。生产实习中,学生需要顶岗实习,更好地理解结构设计、图纸识读、工程施工技术,在融入企业的过程中,体会行业对工程师素质的全面要求。而在大赛中,教师指导学生完成具体项目的设计、出图工作。这就需要教师结合大赛的流程,指导学生完成生产实习,提前进行演练,为学生工地实习积累经验。例如,在土木工程生产实习授课期间,教师结合大赛的模型建立和模型深化阶段帮助学生图纸识读、理解结构设计,全面提高学生运用课程知识解决实际问题的能力,有助于学生缩短社会适应期,提升就业竞争力。

将教学实验与学科竞赛适度结合,基于竞赛中的工程难点,将工程中的科学问题反映到实验教学中,有助于培养学生的科学探索意识和团队合作精神,培养实际操作能力。在指导实验中,教师不仅讲解理论知识,也结合竞赛题目,分析实验反映的工程问题,引导学生思考如何改进实验设计。在分组中,针对学生个体化分工,学生各自负责部分实验工作,合力完成实验任务。例如,在建筑结构抗震设计中,部分学生参加SRTP(Student Research Training Program)项目,教师组织学生完成木结构的抗震试验,分析试验现象和数据,提高学生对木结构抗震性能的认识。不仅锻炼了学生的动手能力,而且培养了学生的团队协作意识。

在本科生的毕业设计中,加入竞赛元素,基于竞赛进行毕业设计题目的构思。本科生毕业设计虽然涵盖众多任务,如收集和分析设计资料、制定方案、计算绘图、编写设计文件等^[11],但大多雷同,难以培养学生的独立思考 and 创新能力。而每届大赛都密切联系行业热点技术,相当于一次接近工程的实践。教师可将竞赛作为辅助手段,在毕业设计中引入大赛涉及的行业关注点,在巩固课程知识的基础上,更新完善毕业设计的内容。例如,在学生进行毕业设计过程中,教师可以结合大赛的赛题,在毕业设计中引入最新的行业需求,在毕业设计中注入新鲜血液,根据大赛的具体流程,帮助学生理解毕业设计的任务。学生通过完成实际的工程项目设计,全面提升学生独立思考能力、外文文献阅读能力和文字表达能力。

综上所述,专业实践教学与竞赛衔接,不仅可以增强学生的专业实践能力,而且还可以提升教师专业实践教学水平。竞赛为专业实践教学提供较好的平台,使教学由传统的灌输式转为驱动式,实现了理论与实践的有机结合。专业课程教学主要帮助学生累积知识,实践课程教学主要培养学生的主动实践能力、计算机应用能力、外语能力和表达能力。

四、专业实践能力培养的成效

在新工科背景下,竞赛与专业课程、实践课程融合,达到了对土木工程学生专业实践能力培养的目的,对教师的专业实践教学水平有积极促进作用。在学科竞赛中,学生成绩也体现了其专业实践能力。以西南交通大学为例,5届大赛共获特等奖2个、一等奖5个、二等奖11个、三等奖15个,如图7所示。从第1届到第5届大赛,学生的获奖总数逐年增多,获奖等级更多元。在新工科背景下,“以赛赋能,以赛促教”的教学模式取得了明显成效。虽然取得了一些成绩,但在学生的专业实践能力培养方面,还值得关注。例如,明确学科竞赛在人才培养过程中的辅助地位,作为一种课程教学的有益补充,避免其喧宾夺主;注重在竞赛中培养学生的专业实践能力,而不完全以大赛成绩论“成败”,避免大学生功利化的“为赛而学”;优化指导教师团队,促进多门专业课程的交叉融合,帮助学生对专业知识融会贯通,避免“为赛而教”。

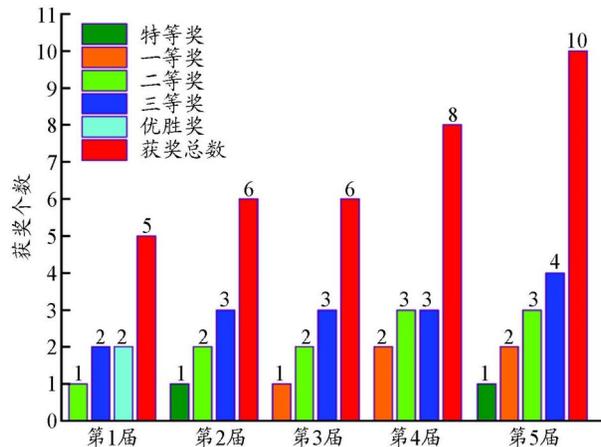


图7 西南交通大学1—5届学生获奖情况

五、结语

在新工科背景下,根据新时代对大学生专业实践能力的要求,以全国大学生结构设计信息技术大赛为例,探讨了学科竞赛对土木工程学生专业实践能力的培养和对教师专业实践教学的促进作用,并依托西南交通大学,进行了大学生专业实践能力培养的教学实践。

(1)从大赛的3个阶段,探索了学科竞赛对学生专业实践能力的培养过程。通过参与学科竞赛,以竞赋能,帮助学生认识“学然后知不足”,强化学生的专业实践能力,让其综合专业实践能力得到锻炼和提升。

(2)从专业课程和实践课程两方面,分析了学科竞赛对教师专业实践教学的促进作用和实现途径。以赛促教,基于竞赛改进教学方法、更新教学内容、组建教学团队,在生产实习、科研实验、毕业设计中融入学科竞赛,提升教师的专业实践教学水平。

(3)依托西南交通大学教学平台,实践了“以竞赋能,以赛促教”的教学改革,并在学科竞赛中取得了较好的成绩。学生专业实践能力培养取得了明显成效,可供土木工程类专业实践教学参考。

参考文献:

- [1] 顾佩华. 新工科与新范式:概念、框架和实施路径[J]. 高等工程教育研究,2017,33(6):1-13.
- [2] 张爱民,王旭. 谈高等学校土木工程专业学生实践能力的培养[J]. 教育探索,2008,28(11):47-48.
- [3] 张艳,于水波.“十四五”时期高校培养应用型人才的路径探索[J]. 中国高等教育,2022,58(5):51-53.
- [4] 刘献君. 应用型人才培养的观念与路径[J]. 中国高教研究,2018,34(10):6-10.
- [5] 王步,武贤慧,黄小乐. 基于学科竞赛的土木工程大学生力学课程知识应用能力评价[J]. 高等理科教育,2017,19(4):110-114,125.
- [6] 杨杰,牛海英,于林平,等. 依托学科竞赛,促进大学生“四种能力”培养[J]. 高等建筑教育,2016,25(5):156-159.
- [7] 潘毅,刘豪,林拥军,等. 基于SC教学理念的土木工程专业课程教学改革——以建筑结构抗震设计课程为例[J]. 高等建筑教育,2020,29(2):101-108.
- [8] 林拥军,李彤梅,潘毅,等. 线上与线下融合的土木工程专业课混合式教学研究[J]. 高等建筑教育,2020,29(1):91-101.
- [9] 吴巧云,肖如峰.“新工科”时代背景下德才兼备型土木工程人才培养改革与实践[J]. 高等建筑教育,2020,29(2):8-15.
- [10] 车伟,孙俊利,杨震铂. 新工科背景下土木工程专业实习实践教学体系创新与实践——以中国地质大学(北京)为例[J]. 高等建筑教育,2022,31(4):17-23.

- [11] 齐东春,刘章军,雷进生,等. 基于工程素养和创新能力培养的土木工程毕业设计模式探讨[J]. 高等建筑教育,2015, 24(1):115-118.

Exploration and practice of cultivating college students' professional practical ability under the background of emerging engineering education: Taking national college students' structural design information technology competition as an example

PAN Yi^{a,b}, LAI Xinyue^a, LIN Yongjun^a, GUO Rui^a

(*a. School of Civil Engineering; b. Key Laboratory of Seismic Engineering of Sichuan Province, Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, P. R. China*)

Abstract: Under the background of emerging engineering education, there is a higher requirement for civil engineering students' professional practical ability, and subject competition is one of the important ways to cultivate students' professional practical ability. According to the requirements of emerging engineering education for college students' professional practice ability, aiming at the shortcomings of the current professional practice teaching, relying on subject competition, the teaching method of empowering by competition and promoting teaching by competition is put forward. Taking the national college students' structural design information technology competition as an example, this paper explores the process of cultivating college students' professional practice ability by competitive empowerment from three stages as model establishment, model deepening, and model analysis. By participating in subject competition, students can apply and extend what they have learned in class so as to improve their basic practical ability and engineering practical ability. From the two aspects of professional courses and practical courses, this paper analyzes the promotion effect and realization way of subject competition on teachers' professional practice teaching. In the integration of subject competition and teaching, combined with professional course teaching, it is to improve teaching methods, update teaching content, and form teaching team based on competition. Combined with practical course teaching, competition is integrated with production practice, teaching experiment, and graduation design to improve teachers' professional practical teaching level. Relying on the teaching platform of Southwest Jiaotong University, the teaching method of empowering by competition and promoting teaching by competition has been practiced in the cultivation of college students' professional practical ability and achieved good results which can provide reference for the professional practical teaching of civil engineering.

Key words: practice ability; emerging engineering education; subject competition; practice teaching; talent training

(责任编辑 邓云)