

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.06.004

欢迎按以下格式引用:蒲武川,谷倩,冯仲仁.以创新思维训练提升土木工程专业学生创新能力[J].高等建筑教育,2019,28(6):20-34.

以创新思维训练提升土木工程专业学生创新能力

蒲武川,谷倩,冯仲仁

(武汉理工大学 土木工程与建筑学院,湖北 武汉 430070)

摘要:传统的面向应用的土木工程专业人才培养,注重培养毕业生的专业技术能力和理性、严谨、精确的思维。为了适应土木工程行业的变革与转型,创新能力正成为土木工程专业毕业生越来越重要的能力目标。思考是创新的前提,高质量思考是高价值创新成果的基础。土木工程专业学生存在较强的思维定式,难以突破工程思维惯性的约束,单一的思维模式对创新能力的提升形成了制约。文章在分析土木工程专业毕业生创新能力需求的基础上,探讨土木工程专业学生的思维特征,阐述开设培养创新思维能力的理论课程的必要性,以武汉理工大学为例介绍了土木工程专业相关课程的教学实践,并对课程教学内容构成和意义进行了探讨。

关键词:土木工程专业;人才培养;创新思维;创新能力;毕业生能力需求

中图分类号:G642;TU4

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2019)06-0020-06

高等学校土木工程专业依据自身发展历史和发展规划,对专业人才培养均提出了明确的培养目标,并形成了相应的培养特色。从毕业生预期工作形式看,毕业生可能从事学术研究、工程技术应用或技术创新等不同工作。应用型人才在经济规模化发展阶段为国家土木建筑行业的发展做出了巨大贡献。随着创新驱动发展战略的推进及社会经济转型升级的需求,国家对专业技术人员创新能力的要求越来越高,这种需求也对我国高校大学生创新教育工作提出了全新的挑战。在专业人才培养过程中,合理的课程体系是达成毕业生能力目标的直接支撑,创新能力作为专门的能力目标也需要建立专门的支撑课程体系。创新本身也是一门科学,有其自身规律可循。土木工程专业的教育工作者应从根本上思考“什么是创新”“如何引导学生创新”,如何通过相关课程的教学实践培养具备创新思维和创新能力的人才,这是当前创新能力教育中的重要课题。

修回日期:2018-12-19

基金项目:湖北省高校省级教学改革研究项目“构建土木类型‘四位一体’工程人才核心能力体系与实践教学体系的研究与实践”(鄂教高函[2015]36号-2015107);武汉理工大学教学改革研究项目(W2019013)

作者简介:蒲武川(1980—),男,武汉理工大学土木工程与建筑学院副教授,博士,主要从事结构抗震减震控制研究,(E-mail)puwuchuan@whut.edu.cn。

一、创新能力培养的多层次需求

土木工程专业毕业生的创新能力需求从多方面形成,主要包括国家创新驱动战略的需求、土木工程行业转型升级的需求、土木工程专业国际化发展的需求和学生自我能力提升的需求等。2016年国务院发布并实施《国家创新驱动发展战略纲要》(简称“纲要”),对我国今后一个时期的创新驱动战略进行了顶层设计和总体部署。培养高水平创新人才队伍是《纲要》提出的重要战略任务之一。《纲要》要求推动教育创新,改革人才培养模式,把科学精神、创造思维、创造能力和社会责任感的培养贯穿教育全过程。“中国制造2025”“一带一路”提出了以新技术、新产业、新模式为基础的新经济发展模式。对土木工程专业而言,推动专业改革、培养适应新经济模式的创新型人才是土木工程专业建设的新任务。

国家整体经济发展模式的变革同样反映在土木工程行业中。从土木建筑行业的发展历程看,我国在近30年间城镇化进程得到快速发展,国家经济发展对土木建筑需求量大,使得土木建筑行业迅速发展。在这一过程中,高等学校土木工程专业培养的大量应用型专业人才为行业发展提供了有力的支撑。但多年来,土木建筑行业存在严重的资源能耗高、科技含量低、生产效率不高等问题^[1]。在国家生态文明建设的总体思路下,传统建筑行业的发展模式已不能适应新经济发展模式的要求,发展绿色建筑、生态建筑、高性能建筑、智能建筑等成为行业的新动力。土木建筑行业面临着基于理念提升、技术创新和产品升级的行业转型升级需求,而创新型人才在推动行业转型发展的过程中将发挥主体作用。

2016年6月,我国正式成为《华盛顿协议》成员国,标志着我国工程教育达到了国际实质等效的高等教育质量新标准,为我国工科毕业生走向世界提供了制度保证。土木工程专业评估正逐步并入工程教育专业认证体系。工程教育专业认证在“以学生为中心、基于产出的教育和持续改进”的核心理念框架下,通过制定与高校自身相适应的培养目标、毕业要求和课程体系,使学生获得工程设计、科研、团队合作等基础训练,培养学生解决复杂工程问题的能力。在工程教育专业认证的通用标准中,明确提出学生要具备进行专业技术研究和开发的能力。而复杂工程问题与常规工程问题的主要区别之一在于,前者需要学生能考虑多重因素、运用多重技术手段创造性地解决问题。在以工程教育专业认证为目标开展的专业建设中,必须设置相应的教学环节来支撑学生创新能力的培养需求。

在国家政策的鼓励和就业竞争压力下,土木工程专业学生对自身能力的发展提出了更高要求。在大众创业、万众创新的新环境下,学生参与创新和创业的自由度越来越高,试错成本降低,使得整体上越来越多的学生参与到创新活动中来。文献[2]对2016年应届高校毕业生就业状况进行了调查,在12万个毕业生样本中,超过半数的毕业生表示有创业意愿。社会行业和企业对高素质创新型人才的需求日益增加,对毕业生的创新成果期望越来越高,客观上促成了大学生参加创新活动的内在动力。

二、工程思维与创新思维的比较分析

素质培养应该是教育的主要目的,而素质是专业知识与科学思维相互作用的结果^[3]。发明创造不能仅仅依靠灵感,而应是科学思维在工程中的应用^[4]。要成为一位优秀的创新者,除了要有主观上积极的创造意愿和深厚的专业知识外,还应该掌握正确的创新研究方法和思维能力。传统工程专业教育以培养满足工业化、规模化社会生产需求的应用型人才为目标,工业化生产模式下技术人员通常面临的都是常规问题,而工业化生产过程中工人被要求能快速、准确地执行命令,因此通常表现出严谨、

准确和服从的人格特征。随着后工业化时代的到来,新的智力技术在决策过程中变得越来越重要,技术创新会成为经济发展的主要支撑,创新思维能力将成为人才质量的决定性因素之一。而创新思维要求创新主体具备思想活跃、性格开放和包容的个人特质。两类人才所具有的思维方式具有显著不同的特点。文章将常规技术生产中的严谨、精准型思维方式定义为工程思维;将技术创新中的开放、创造型思维方式定义为创新思维。

土木工程技术在勘察、设计、施工和维护等各个环节均要求规范化和标准化,以保证工程结构能满足各种安全性和使用性要求。土木工程专业课程体系中,比如混凝土结构设计、钢结构设计等课程,均是建立在现行规范的基础之上。在专业应用类课程的教学过程中,学生被告知应遵循相关的规范或标准来实施工程建造和维护。这种强有力的制度性约束容易形成学生从书本上找答案的思维定式。尤其是土木工程结构安全直接影响人类生命安全,土木工程师为了保证结构具有足够的冗余度,更倾向于选择既有的、保守的技术方法和手段。土木工程对人类生活的重要影响决定了其生产过程中新技术的试错成本较高,也形成了工程技术人员理性、严谨、精确和较为保守的工程思维特征。

创新是指在面临非典型问题时能突破常规、以新颖独到的方法去解决问题的过程。在面临问题时,人们通常都有一定的思维惯性,即采用简单直接或者惯用的方式去思考问题。思维过程还经常受到各种思维定式的影响。创新活动要求思考者能跨越思维定式,针对问题从多角度、多层次、多方向进行思考,能保持思维活跃、敢于突破常规,能在各种约束之外寻找解决方案。每个土木工程结构都具有自身的独特性,在复杂自然环境等因素的影响下,其建造过程通常面临着前所未有的复杂工程问题,这些问题难以从既有工程经验中寻找答案。此时,需要工程技术人员能主动跳出当前固有思维框架,有效运用现代科学知识,对现代技术手段进行选择 and 组合,获得解决问题的新方法和新手段。

可以看出,工程技术生产和工程技术创新对从业者的思维方式有着完全不同的要求,因此有人认为工程思维本质上是求同思维,而创新思维是求异思维^[5]。两种思维并无优劣之分,如何运用两种思维也取决于所面临的工程问题。实际上,工程思维中所反映出的严谨、精确是工程应用技术人员最重要的品质。长期实践形成的土木工程技术标准、规范和经验是土木工程行业得以持续稳定发展的基础。在面临常规工程问题时,技术人员无须刻意“创新”,严格、严谨是工程质量的重要保证。哲学家杜兰特说,根须深厚也许比枝繁叶茂更加重要^[6]。当然,在面临非常规问题时,创新思维则表现出更强大的力量。创新过程中,创新者的思考应能发散也能收敛,能正向也能逆向,能纵向也能横向,能求同也能求异。高水平创新成果有时往往来源于专业外的知识,创新还需要突破专业知识界限^[7-8],突破思维定式。

三、现有专业教学体系中创新思维训练的不足

文献[9]对某工科大学本科生的创新思维发展进行了调查分析,指出大学生创造性思维发展的个体差异性很大,受专业类别、学生性别、年级、成长环境等因素影响。其中在专业类别的比较上,调查结果显示工科专业学生的创造性思维能力低于人文社会科学专业学生,其客观原因被认为是工科专业学习难度高于人文社会科学专业。自然科学和工程技术科学在近现代经历了快速的发展,专业学科分类越来越细,知识信息量越来越大,难度越来越高。工科专业学生在学习上更加注重专业知识的积累,因此,工科专业学生在校期间创新思维能力的表现空间相对较小。

武汉理工大学土木工程专业始终将学生创新能力作为毕业生的重要能力目标贯穿在教学培养过

程中,依托具体的工程问题,比如实习实训、工程结构设计、结构设计竞赛等实践活动,通过“问题式”教学激发学生的创新潜能,使学生在解决问题的过程中培养和提升创新能力。引入形式多样的实践类课程对改善专业的课程结构体系、培养学生全面的专业能力有着重要作用。但仅通过增加实践类课程学时学分还不足以从根本上解决创新能力培养的问题。李培根等^[10]指出,我国工程教育实践教学的教学目的多以验证理论和掌握实验实训技能为主,并没有体现对学生创新能力培养的相关要求。即学生在实习实践或科技竞赛类课程的训练中,大多专注于专业知识的应用,因此,最大的收获首先是专业知识的提升,其次在创新技巧上获得一定程度的经验,而这种经验通常是非常有限的。

从以上分析可以看出,在专业课程以外开展的结构设计竞赛、科研课题等创新活动仅仅是实施创新过程的载体,这些活动本身仅向学生提出了具体的工程问题。学生若没有受过专门的思维过程引导和训练,在面对类似工程问题(不管是典型问题还是非典型问题)时通常无法认识到自己的思维过程,也无法跳出自己的思维定式,其创新也只会是一种较低层次的创新,创新成果的质量无法得到保证,因此,加强学生创新思维训练是学生创新能力培养的重要组成部分,在培养学生创新能力的过程中,有必要从学生的思维方式上进行根本性调整。

四、创新思维训练的理论教学实践

(一) 创新思维课程的设置

结合上述需求,武汉理工大学土木工程专业在 2014 级培养方案中开设土木工程科技创新和实践课程,共 24 学时,主要面向土木工程专业二、三年级本科生,同时作为个性课程其他年级或其他专业学生也可选修。

该课程以培养学生创新意识、提升创新思维能力、训练创新技术方法的应用能力为目的。授课内容分为理论教学和实践两大模块。理论授课部分主要向学生讲授创新思维方式和方法、发明问题解决理论及其在土木工程中的应用案例、土木工程创新案例和土木工程前沿发展方向等四大内容。课程内容构成如图 1 所示。



图 1 课程教学内容构成

在创新思维方式和方法模块中,系统讲述创造性思维方式包括发散思维和收敛思维、横向思维和纵向思维、正向思维和逆向思维、求同思维和求异思维等,并讲授代表性的创新思维技巧,比如整体思考法、多屏幕法等。该模块的教学目的是让学生对自己的思维过程有认识和反思,从而在解决工程问题的过程中,不仅仅专注于专业知识的运用,同时能主动地对自己的思维方式进行变通,避免专业实践

中的思维定式和思维惰性,从而达到迅速提升解决问题能力的目的。

在发明问题解决理论及其在土木工程中的应用模块中,主要讲述 TRIZ 发明问题基本原理、基本概念和相应发明原理在土木工程中的应用。

在理论授课第三个模块中对典型的土木工程技术发明的构成原理进行分析,使学生掌握解决发明问题的基本技巧,从而提升学生应对工程技术难题的能力。

在理论授课第四个模块土木工程专业发展现状和发展方向中,分别对土木工程行业的发展现状和各细分领域(结构工程、桥梁工程、防灾减灾工程等)的主要工程技术问题进行介绍,激发学生对土木工程专业的学习兴趣,提高学生进行科研创新的积极性,并在学生职业发展方向等方面加以引导。

实践部分则要求学生用学习到的创新思维方法去解决技术问题,对土木工程的技术创新进行原理分析,或从现有的土木工程技术问题中找出技术矛盾并进行技术改进。通过训练,使学生能将创新理论与实践结合,做到知行合一。

(二)课程实施状况

该课程已于 2017 年上半年首次开课,选课人数为 86 人。2018 年上半年选课人数升至 125 人。选课人数的增长反映出学生对该课程的兴趣以及该课程在学生中初步获得认可。课堂上对选课学生从选课动机、课程内容、教学方式等进行了问卷调研。调查结果显示,大多数学生表示有创新意愿,但不知道该如何创新。这反映出当前学生强烈的创新需求和在课程体系中增设专门的创新方法类课程的迫切要求。在授课方式上,学生提出希望采用讨论式、学生成果展示、技术参观等多样化教学方式,也反映出学生在创新活动中强烈的自我表达意愿。

相较于其他传统的专业课程,该课程能给予学生充分自我展示的空间,即面对创新问题时学生能提出充满个人特色的解决方案,能让学生个性得到充分发挥,这也是吸引学生选课的主要原因。

(三)课程建设展望

加强专业内经典创新案例的积累和建设。创新技法内容丰富,但较为抽象,教学过程中注重结合土木工程中的经典创新案例进行讲解,剖析工程问题中技术矛盾的发现和解决过程,分析创新过程中的创新技法。

将创新理论与学生实践活动有机结合。有效的创新成果是能应用于实践、对社会发展有益的切实可行的新思想,实践是创新思想的载体,将创新理论与其他创新实践活动(比如课外科技竞赛、自主创新项目、技术参观等)有机结合,才能切实让学生获得创新能力的提升。

注重学生创新过程中的个性发展。创新本身作为一种新思想、新技术的实现过程,具有较强的创新主体特色。教学过程中应充分尊重学生的个性,在创新训练中充分考虑学生个人的基本素质、性格特征等,以最大程度激发学生的创造力。

五、结语

土木工程专业正面临新的机遇和变革,学生创新能力的培养正变得越来越重要。创新过程本身有章可循,在学生创新能力培养过程中,应将创新理论、创新技法与创新实践充分融合。在土木工程专业学生培养过程中引入创新思维训练,是从根本上解决学生创新能力培养问题的有益尝试,是创新能力培养目标的有力支撑。

参考文献:

- [1] 陈宁. 全面推进装配式建筑,促进建筑行业转型升级[J]. 建设科技, 2016(Z1): 56-57.
- [2] 2016年中国大学生就业状况调查课题组. 2016年中国大学生就业状况调查报告[J]. 中国大学生就业. 2017(14): 34-41.
- [3] 刘叶, 邹晓东. 我国理工科人才培养模式改革的现代转向与重构——非线性思维培养模式初探[J]. 高等工程教育研究. 2015(6): 132-137.
- [4] 周世宁. 创新思维在工程中的应用[C]. 中国工程院第五次院士大会学术报告汇编. 北京:中国矿业大学, 2000: 107-117.
- [5] 孙章. 工程思维与创新思维[J]. 城市轨道交通研究. 2013,16(9): 152.
- [6] [美] 威尔·杜兰特, 阿里尔·杜兰特. 历史的教训[M]. 倪玉平, 张阅读译. 中国方正出版社, 四川人民出版社, 2015.
- [7] 孙峻. “新工科”土木工程人才创新能力培养[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(2): 5-9.
- [8] 姚池, 邵玉龙, 武立功, 等. 水利专业创新型人才培养探索[J]. 高等建筑教育, 2019, 28(1): 60-64.
- [9] 李庆丰, 胡万山. 工院校大学生创造性思维发展研究——基于对J工科大学的调查分析[J]. 复旦教育论坛, 2016, 14(3): 77-86.
- [10] 李培根, 许晓东, 陈国松. 我国本科工程教育实践教学问题与原因探析[J]. 高等工程教育研究, 2012(3): 1-6.

Improving the innovative ability of students in civil engineering specialty by innovative thinking training

PU Wuchuan, GU Qian, FENG Zhongren

(School of Civil Engineering, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, P. R. China)

Abstract: In the traditional application-oriented training of civil engineering professionals, the graduates are required to have solid professional skills and rigorous, conservative and accurate thinking habits. In the new era, the transformation needs of civil engineering industry put forward higher and higher requirements for graduates' innovative thinking ability. Thinking is the premise of innovation, and high-quality thinking is the basis of innovation achievements. Civil engineering students generally have strong thinking patterns and are difficult to recognize their own weaknesses. Improving their thinking habits is very important to improve their innovative ability. Based on the teaching practice of civil engineering innovation course offered by our university, this paper analyses the needs of innovative ability, explores the thinking characteristics of civil engineering students, and expounds the necessity of offering innovative thinking and innovative ability training courses. Combining with the teaching practice, the composition and significance of the teaching content of the course are explained and discussed.

Key words: civil engineering; talent training; innovative thinking; innovative ability; graduates' ability requirement

(责任编辑 梁远华)