doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2021.06.024

欢迎按以下格式引用:傅旭东,司马军,刘芙蓉,等.新工科背景下土力学课程实践教学体系的构建与实践[J].高等建筑教育,2021,30(6):168-174.

新工科背景下土力学课程实践教学体系的构建与实践

傅旭东,司马军,刘芙蓉,邹　勇

(武汉大学 土木建筑工程学院,湖北 武汉　430072)

摘要:新一轮科技革命和产业变革对工程教育的改革与发展提出了新的挑战,新工科正是对这一挑战和要求的积极回应,在实践教育过程中培养大学生的工程创新能力是土木工程专业新工科建设的重点。以武汉大学为例,针对目前普遍存在的重理论和轻实践、不重视创新能力培养的现状,探索土力学课程的实践教学改革。构建第一课堂、第二课堂和课堂外实践教学的"三课堂"协同育人体系,提出"三课堂"的具体建设内容,探讨构建实践教学体系的关键问题,介绍具体保障措施和教学改革经验与效果。

关键词:新工科;土力学课程;实践创新能力;实践教学体系

中图分类号:G642.0;TU43　　**文献标志码:**A　　**文章编号:**1005-2909(2021)06-0168-07

为了应对产业转型升级与新旧动能转换,以及未来全球竞争力的提升等一系列挑战,我国开始推进"中国制造 2025""互联网+"和"一带一路"倡议,要求面向产业、面向世界、面向未来培养工程人才。新工科建设正是对这一挑战与要求的积极回应[1],新工科的建设与发展成为推动我国工程教育改革创新的迫切需要。

土木工程学科在我国经济建设中一直发挥着重要作用,但目前面对行业转型升级、新业态发展需求和激烈的国际竞争,特别是互联网和人工智能对其产生了颠覆性影响,急需面向未来发展对传统土木工程学科进行转型改造,使其成为新工科。土木工程新工科人才培养目标可概述为[2]:面向行业需求和未来发展,培养具有实践创新能力、跨界整合能力的高素质交叉复合型人才;工程创新能力是新工科人才的首要能力要求[3],也是新工科创新型人才培养的重要任务。工程创新能力是实践创新能力和工程整体观的综合体现,高校已普遍意识到实践教学对新工科建设的重要性,正在深化实践教学改革和构建科学的实践教学体系。

目前,我国高校土木工程人才培养不注重从顶层构建实践教学体系,实践教学体系建设滞后于

修回日期:2021-08-19

基金项目:武汉大学本科教育质量建设综合改革项目(武大本函[2021]57 号)

作者简介:傅旭东(1966—),男,武汉大学土木建筑工程学院教授、博士生导师,主要从事岩土工程的研究,(E-mail)xdfu@whu.edu.cn。

新工科的发展,实践创新能力的培养未能得到充分体现;学术研究型人才培养中普遍存在重理论和轻实践,以及忽视工程整体观等弊端;实践教学没有落实到具体的课程中去,实效性不高。因此,将以课堂传授知识为主转变为以培养实践创新能力为主,推进新工科背景下土木工程实践教学的改革是十分必要的。

为适应形势发展的需要,更好地发挥综合性大学的优势,武汉大学土力学课程组遵循“创造、创新、创业”的教育理念,针对目前普遍存在的重理论和轻实践、不重视创新能力培养的现状,积极探索实践创新能力培养的有效途径。在 1 项省部级教学研究项目和 5 项校级教学研究项目的资助下,经过近 5 年时间完成了土力学课程实践教学的改革与实践。教学中基于新工科理念明确课程实践教学的人才培养目标和定位,利用多种不同教学环境和教学资源在人才培养方面的各自优势,构建第一课堂(课堂内)、第二课堂和课堂外实践教学的“三维一体”实践教学体系;完善实践教学的管理制度,提出实践教学质量的保障措施。本文介绍了新工科背景下武汉大学土力学课程实践性教学体系的构建与实践效果,为相关的实践教学改革提供借鉴与参考。

一、土力学课程实践教学体系的构建

土力学课程是土木类、水利类专业的核心课程,也是交通、环境和矿山专业的重要专业基础课程[4]。土力学课程与多门学科交叉,具有理论性、综合性、实践性均很强的特点,是培养学生实践创新能力的理想课程及平台。

武汉大学土力学课程主要服务于土木类、水利类和工程力学各专业,每年约 600 人选修土力学理论课和土力学试验课,具有较重要的地位。实践教学体系是新工科人才培养目标得以落实的主要载体,因此,选取具有代表性的土力学课程进行实践教学的改革与实践,综合多种不同的教学环境和教学资源,构建“三维一体”实践教学体系,以解决学生的实践创新能力培养和个性化培养问题。

“三维一体”多层次的实践教学体系如图 1 所示[5]。在构建土力学课程实践教学体系时,着力推进第一课堂(课堂教学)、第二课堂(讲座、竞赛等)和第三课堂(课外实习、实践)的协同育人,即以第一课堂为主体,以第二课堂和第三课堂为辅进行实践教学模式的改革,并做好三个课堂的教学衔接,为实践创新能力的培养提供更好的课堂教学支撑。

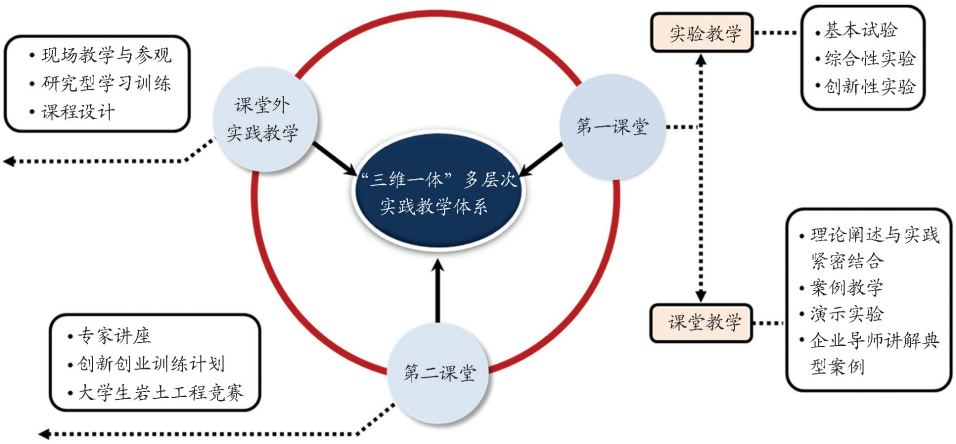

图 1　“三维一体”多层次实践教学体系

(一) 第一课堂

第一课堂即课堂内实践教学,根据土力学课程特点[6]和教学经验,总结出如下三大课程教学难点。

(1)土力学课程的理论性和实践性均很强,初学者总感到难以掌握,认为理论不够严密而予以轻视,往往重理论、轻实践[7],因此,如何做到理论联系实际,增强学生的感性认识,提高学生学习兴趣是教学的重点。

(2)在土力学课程教学中引入新工科元素,需要解决课程内容增多与课时减少之间的矛盾,教学中应按照教学大纲的要求,坚持“少而精”的原则,着重解决课程教学的重点和难点,提高学生学习效果。

(3)土力学是与工程实践紧密联系的学科,应着力思考如何培养学生的实践创新能力。首先要确立科学的课程教学理念,融入新工科元素和课程思政要素,对课程内容进行重构,明确课程教学难点;以学生为中心,坚持以问题为导向来构建实践教学体系,并对实践教学模式进行改革。

一是以观念转变来推动人才培养质量的提升,提出“精讲多练,理论与实践并重,注重创新能力培养,面向一流水准”的理念。

二是基于 CDIO 模式对教学内容进行设计,根据学生的认知、学习规律来进行教学内容的结构编排,以学生自主学习为中心来设计呈现形式和思维训练方式,如图 2 所示[5]。

三是采用研究性、启发式和引导式教学方法,以及微助教和多媒体教学手段,强化形象化教学,力求理论与实践并重,解决学时不足的难题。

四是采用微格教学法,融入导言、学习目标、前测、参与式学习、后测、总结等六要素,强化学生的自主性和互动性学习。

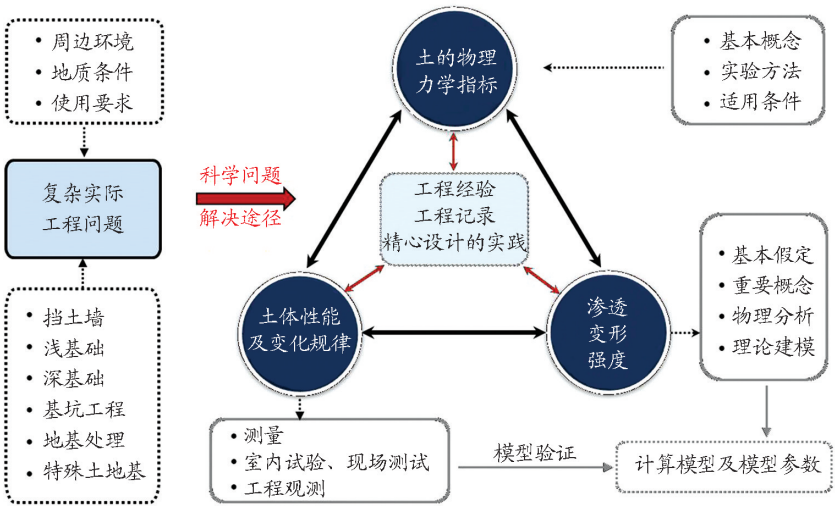

图 2 土力学课程教学内容重构

第一课堂是专业教学的主阵地和实践创新能力培养的主要途径,第一课堂由理论教学和实验教学组成。土力学是一门理论性和实践性均很强的学科,土力学理论离开了土工试验和测试就无法发展,土工试验如果离开了土力学理论的指导也就失去了意义,因此理论教学和实验教学这两者是相辅相成的。理论教学为 2.5 学分 40 学时,实验教学为 0.5 学分 12 学时。

实践教育的重要性体现在人才培养的各方面和全过程,它不仅是指具体的实践,而且还包括理论阐述与实践的紧密结合,要尽可能地缩短理论教学与实际应用的距离。因此,在理论教学时应采用案例教学、演示实验和企业导师讲解典型案例等多种形式的互动教学模式。

实验课由基本试验、综合性实验和创新性实验组成。基本试验包括三个基本物理性质指标的测定、界限含水率试验、直接剪切试验、击实试验和渗透试验。这些试验属于单项试验,综合程度不够。综合性实验为“挡土墙土压力的测试与研究”,该实验综合程度高,针对部分基础较扎实、求知

欲较强的大三学生开设,旨在强化其实验动手能力,加强工程实践方面的训练。学生通过自行设计试验和试验过程,对试验成果进行整理和分析,促使学生将理论与实践相结合,培养其实践创新能力。创新性实验是结合实际科研项目来进行,通过把科研和学科带头人等优质师资引入实践教学,引导学生主动参与这些教师的科研项目,旨在把最新科研成果转化为实践教学内容,形成实践教学与科研平台“共享式”的开放模式。

(二)第二课堂

第二课堂是课堂教学的延伸,它作为大学生创新能力培养和素质拓展的重要载体,在培养创新意识、科学精神、团队合作等方面有着重要的作用。第二课堂具有灵活、广泛、新颖的特质,其育人作用是第一课堂无法替代的,因而第二课堂越来越受到广泛重视,是实践创新人才培养的重要教育教学环节。武汉大学土力学课程第二课堂主要由专家讲座、全国大学生岩土工程竞赛和大学生创新创业计划项目等组成,具体内容及要求如下。

1. 定期聘请企业导师开展专题讲座

新工科工程教育模式与传统教学模式的区别在于:前者更加注重对学生工程创新能力的培养,要求建立和完善校内外实训基地。目前,武汉大学已形成国家工程实践教育中心(武汉大学—中铁十一局集团有限公司国家工程实践教育中心)、省级示范实习实训基地(武汉大学—中铁大桥局集团有限公司湖北高校省级示范实习实训基地、武汉大学—中国建筑第三工程局有限公司湖北高校省级实习实训基地)和院级创新训练中心的三层次实践教学平台,聘请校外企业实训基地的工程师作为企业导师,定期给大学生举办专题讲座,拓宽学生的知识面。

2. 以学科竞赛促进实践创新能力的培养

全国大学生岩土工程竞赛由高等学校土木工程学科教学指导委员会和中国土木工程学会土力学及岩土工程分会共同举办,每两年一届,旨在强化青年学生的创新意识,提高对岩土工程及相关学科的学习兴趣,锻炼学生的动手实践能力,培养学生的协作精神,促进不同高校学生间的沟通交流。该竞赛在土木工程领域有较广泛的影响力,被武汉大学列入大学生学科竞赛立项项目,组织大学生参加了第 2-4 届竞赛。在参加历届竞赛的过程中,形成“以课程教学为基础、竞赛项目为载体和技术训练为手段”的竞赛培养模式,以夯实实践创新能力培养的基础。具体举措如下。

(1)全国大学生岩土工程竞赛是以土力学理论为基础的学科竞赛,通过该项竞赛整合课内外的实践教学环节,增强竞赛内容与课堂教学深层次的融合,提高学生的自主学习能力。

(2)深化学科竞赛机制的改革,充分利用学校和学院的综合实践实训平台,培养学生的创新精神、团队意识和实践能力,强化个性化培养。

3. 开展创新创业训练项目

创新创业项目由国家级、省级和校级三个层次组成,旨在加强对大学生实践创新能力的训练,增强其创新能力,以及在创新基础上的创业能力,培养适应创新型国家建设需要的高水平创新人才。武汉大学最早提出“创造、创新、创业”教育理念,十分重视大学生实践创新能力的培养,并形成国家、学校和学院三级大学生实践创新能力培养体系,具体举措如下。

(1)在土力学课程教学中,通过布置综合性题目,以及从工程问题或试验现象引出问题,引导学生查阅资料和文献并形成科研课题,申报国家级、省级和校级的大学生创新创业训练项目。

(2)通过开展创新创业训练项目,促使学生较早掌握基本科研技能,具备一定的科研动手能力和善于分析问题、解决问题的能力,培养学生的实践创新能力。

(三)课堂外实践教学

课堂外实践教学是理论联系实际的重要环节,它对学生的科研能力、创新意识和综合能力的培养十分重要,课堂外实践教学由现场教学与参观、研究型学习训练和课程设计组成。

1. 现场教学与参观

实践教学改革后的突出变化是:减少学生观看教师操作的演示性实验,增加学生亲自参与现场试验的内容。土力学课程教学中对土的工程性质的认识,最直观的方法就是进行原位测试。近年来课程组申请购买了扁铲式侧胀仪、原位土体孔内剪切仪、T-bar 与 ball-bar 贯入仪等原位测试设备进行现场教学,为学生开展创新型实验和研究型学习提供了条件,取得了学以致用、融会贯通的良好效果,有利于为“一带一路”倡议和海洋强国战略培养更多优秀的新工科人才。

2. 研究型学习

将指导学生开展研究型学习作为课程教学任务,指导教师可将教师科研项目中的前沿性内容转化为大学生的科研项目,也可以精心选择与课程密切相关的典型工程实例和工程现象,经过简化及抽象后引出相关课题,如按应力比与沉降比确定的地基沉降计算深度课题、负超孔隙水压力引起的固结课题、非极限土压力课题等,然后设定所要学习掌握的目标并提出问题,要求学生课后完成。

3. 课程设计

传统的课程设计由房屋建筑学设计、钢筋混凝土结构设计、钢结构设计、基础工程设计、施工组织设计等组成,这一安排不利于学生建立全局的工程视角和系统的知识体系。基于“大工程观”[8]将上述课程设计融合为一门课程设计,针对大三第二学期的本科生开设,学生分组开展课程设计,其中包含地基土体力学参数取值、承载力和沉降计算等与土力学课程密切相关的课程设计内容,由土力学课群组教师负责指导,这样更有利于培养学生建立全局的工程视角和系统的知识体系。

与其他课程交叉融合,搭建智能实训平台,与企业合作制作典型工程案例库,供学生课后学习。实训内容包括工程技术方案演示和施工管理方法操作,前者以动画演示的方式帮助学生了解工艺过程,如地基处理中的排水固结法、基坑支护技术等;后者以场景模拟的方式,提升学生的工程实践能力,引导学生建立工程整体观。

二、实践教学体系的保障措施

(一)实践教学改革与实践的关键举措

为了凸显实践教学的地位与作用,采取了如下举措。

(1)重视教师的主导作用,切实抓好课堂教学、实验教学、现场参观、课程设计、学生课外研究训练等实践教学“五环节”[9],让学生亲历完整的实践过程。

(2)融入课程思政,重视职业素养的培育,坚持立德树人。努力做到实践教学与国家需求和生产实践相结合,与思想品德教育相结合,与大学文化建设相结合,与教师队伍建设相结合,切实培养学生的职业道德和爱国情怀,坚持传承实践教学的良好传统。

(3)重视第二课堂建设,采取以课程教学为基础、竞赛项目为载体、技术训练为手段的“三位一体”培养模式,将相关的多学科理论知识进行融合并创新应用,以解决竞赛难题。

(4)依托国家级工程实践教育中心、省级示范实习实训基地和院级创新训练中心,搭建三层次实践教学平台;把科研骨干和学科带头人等优质师资引入实践教学中,把最新科研成果转化为实践教学内容,形成实践教学与科研平台“共享式”的开放模式;自行研发数台创新性土工仪器,用于学生研究训练项目。

(5)实践教学与育人过程紧密结合。自始至终、一点一滴向学生灌输勇于担当、追求卓越的专业思想,培养学生严谨的科学态度、无私的奉献精神和高度的责任感。

(二)高水平的师资队伍是实践教育质量的根本保障

新工科建设需要一支工程经验丰富、教学水平高、综合素质高的教师队伍,实践教育的成效依赖于教师队伍的实践教育能力,因此,除了聘请经验丰富的企业导师外,始终把提高教师队伍自身的通识教育和实践教育能力,作为培养学生实践创新能力的关键抓手做实做好。

1. 提高教师队伍的课程思政能力和实践教育能力

加强教师队伍建设是培养土木工程新工科人才的关键所在,采取的措施:一是提高教师队伍的"课程思政"能力,抓好"课程思政"教学设计,做到课程门门有思政,教师人人讲育人。同时培养教师的敬业精神和职业道德,让教师成为学生道德品质修养的榜样、精神文明的典范和言行举止的楷模。二是提高教师的实践教育能力,继承和发扬课程实践教育中长期形成的"传帮带、走出去"等传统,尤其要重视青年教师实践教育能力的培养,这是一项具有长期性和艰巨性的工作,要为他们创造条件、制定措施,形成相应的考核和评价制度,要收到切实的综合效果。

"传帮带"具体做法:第一步,帮助青年教师进入教学角色,担任辅导教师,协助指导学生的试验;第二步,统一安排教学研讨,青年教师随班听课,协助为学生答疑、批改作业等;第三步,要求青年教师进行教学试讲,参加讲课竞赛,经过 2~3 年训练后才能完整承担一门课程的教学。

"走出去"具体做法:建立激励制度,鼓励青年教师到生产单位和相关施工现场参与工程实践至少 6~12 个月;组织青年教师参加全国性教学研讨会,积累国内先进教学经验。

2. 提高教师队伍的双语教学能力

武汉大学的办学目标是世界一流大学,国际化是必由之路。开设土力学课程双语教学,可以开阔学生视野,提高学生的国际交流能力。具体措施是:选派部分青年教师到国外一流大学做访问学者,对有较高英语水平和较好成绩的学生开设土力学课程双语教学,形成"基本概念和方法用中文讲授,部分内容用英语讲授,提供课外英文参考资料"的教学模式。

采取主讲教师负责制,组成一个双语教学小组。主讲教师有十几年的教学经验,在美国密西根大学做访问学者一年,用英文发表了教学论文[10],能熟练用英语进行教学。

3. 提高青年教师的高等教育教学技巧

鼓励青年教师努力学习和掌握国内外先进高等教育教学技巧,如参加 ISW 教学技巧工作坊学习并获得资格认证等,在教学团队内不断进行教学演练,以达到最佳的教学效果,在竞赛及生产实践中既要保证学生的高参与度,又要注重培养学生的创新性、批判性思维等。

三、改革成效

武汉大学土力学课群组在 1 项省级和 5 项校级教学改革项目的资助下,经过近 5 年实践取得较好的成效:土力学课程获批国家级一流本科线下课程(2020 年);入选土木工程专业核心课程湖北省高等学校教学团队(2019 年);获第二届湖北省高等学校自制实验教学仪器设备成果一等奖(2018 年),校级教学成果二等奖 2 项(2019 年、2016 年);指导大学生获第三届全国大学生岩土工程竞赛一等奖(2019 年)、第二届全国大学生岩土工程竞赛二等奖(2017 年);指导大学生获批 7 项国家大学生创新创业训练项目(2020 年 1 项,2019 年 2 项,2017 年 1 项,2015 年 3 项)。所培养的学生知识面宽、综合素质好、实践创新能力强。

四、结语

新一轮的科技革命和产业变革对工程教育的改革与发展提出了新的挑战,工程教育“回归工程”“工程教育范式转移”是工程教育创新发展的趋势,结合新工科大背景下土力学课程的实践教学改革与实践,本文介绍了土力学课程实践教学体系的构建、保障措施和具体成效,今后应更加重视学生实践能力的培养,持续开展大学生创新创业实践与竞赛,着力提高学生的整体专业实践能力。

参考文献:

[1]教育部. “新工科”建设复旦共识[J]. 高等工程教育研究, 2017(1):10-11.

[2]林健. 面向未来的中国新工科建设[J]. 清华大学教育研究, 2017, 38(2):26-35.

[3]陆国栋. “新工科”建设的五个突破与初步探索[J]. 中国大学教学, 2017(5):38-41.

[4]李广信, 吕禾, 张建红. 土力学课程中的实践教学[J]. 实验技术与管理, 2006, 23(12):13-14,23.

[5]基于实践创新能力培养的土力学及基础工程课程建设[R]. 2019 年武汉大学教学成果二等奖, 2019.

[6]龚晓南. 土力学学科特点及对教学的影响[C]. 第一届全国土力学教学研讨会论文集. 北京:人民交通出版社, 2006.

[7]钱家欢. 土力学[M]. 2 版. 南京:河海大学出版社, 1995.

[8]许镇, 郝新田, 靳伟. 基于大工程观的土木工程专业 BIM 课程设计[J]. 高等工程教育研究, 2021(3):83-86.

[9]张建民. 提高教师队伍实践教育能力的理念与实践[C]. 第一届全国土力学教学研讨会论文集. 北京:人民交通出版社, 2006:95-100.

[10] Furong Liu, Raj V. Siddharthan. The Differences between Undergraduate Education in Civil Engineering in China and America[J]. American Journal of Educational Research. 2016, 4(10):711-719.

Construction of practical teaching system of soil mechanics course under the background of emerging engineering education

FU Xudong, SIMA Jun, LIU Furong, ZOU Yong

(*School of Civil Engineering*, *Wuhan University*, *Wuhan 430072*, *P. R. China*)

Abstract: The new round of scientific and industrial revolution challenges the reform and development of engineering education. Emerging engineering education is just a positive response to the challenges and requirements. The key point of emerging engineering education in civil engineering is to cultivate the engineering innovation ability of college students in practical education. In view of the prevailing practice of emphasizing theory and neglecting practice, and the current situation of not paying attention to cultivating innovation ability, the practical teaching reform of soil mechanics course is carried out. The “Three Classrooms” cooperative education system and the specific construction content of the first class, the second class and extracurricular practice are constructed. The key problems of practical teaching system are summarized, the safeguard measures, experience and effects of teaching reform are introduced.

Key words: emerging engineering education; soil mechanics course; practical and creative abilities; practical teaching system

(责任编辑 王 宣)