

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2025.03.013

欢迎按以下格式引用:路韡,黄洪猛,庞建利,等.多背景下土木工程结构实验多维度课程体系建设与实践[J].高等建筑教育,2025,34(3):114-120.

多背景下土木工程结构实验多维度课程体系建设与实践

路 韡,黄洪猛,庞建利,顾皓玮,吴忠铁

(西北民族大学 土木工程学院,甘肃 兰州 730030)

摘要:2016年6月,中国成为《华盛顿协议》的正式成员,标志着中国工程教育得到了国际认可。随后,国家提出了新工科建设目标,明确了立德树人教育的根本任务。高校应结合自身定位,把握不同背景的内涵,融合核心元素,落实在课程体系建设和教学实践中。分析了多背景的内涵和学生之间的关系,讨论了应用型大学培养目标聚焦的核心元素。以土木工程结构实验课程为例,提出了课程目标和多维度的课程要求;设计了达成多维度课程目标的教学内容,讨论了教学方法。教学实践表明,以成果为导向理念的工程教育认证,为落实、评价新工科建设和课程思政确立的目标提供了切实可行的方法;建立了协调统一、多维度育人的课程体系;学生在教学活动中的思政意识得到了提升,实践能力和创新意识得到了培养。

关键词:工程教育认证;新工科;课程思政;土木工程结构实验;教学改革

中图分类号:G642;TU317

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2025)03-0114-07

2016年我国加入《华盛顿协议》后,以学生为中心、以成果为导向的教育改革迅速在国内高校推广和开展,工程教育认证成为当前教育改革、课程建设的重要背景^[1]。面对世界第四次工业革命和新经济的蓬勃发展,2017年我国又率先提出了新工科建设^[2],面向未来、迎接新机遇和新挑战成为高校工科教育的另一背景。习近平总书记先后在党的十八大报告、全国教育大会、高校思想政治工作会议上多次强调,要坚持把立德树人作为教育的根本任务,将思政元素融入各类课程教学中。多重背景下应如何认识三者之间的关系,确立协调、统一的课程目标,建立可落实、可评价的课程体系,进而对教学活动进行行之有效的设计和和实践,是当前教师需要面对的问题和挑战。以西北民族大学土木工程专业土木工程结构实验课程为例,就应用型高校在多背景下进行多维度的课程建设进行实践探索。

修回日期:2024-12-25

基金项目:教育部产学合作协同育人项目(231102554100123);中央高校基本科研业务费项目(31920240118);2023年西北民族大学本科人才培养质量提升项目(2023XJYBJG-79);2024年西北民族大学本科人才培养质量提升项目(2024SYZX-01)

作者简介:路韡(1981—),男,西北民族大学土木工程学院副教授,博士,主要从事大跨度桥梁施工控制与桥梁检测评估研究,(E-mail)luw_xbmu@163.com。

一、课程目标构建路径

(一) 背景分析

工程教育认证核心理念是以成果为导向、以学生为中心,李志义等^[3-4]以此为原则提出了教育教学“金字塔”模型,即根据内外部需求,反向的、由需求端自上而下分别制定培养目标、毕业要求、课程目标,而后设计教学大纲和教学内容,其目的是使所制定的培养目标在学生身上可实现、可落实、可评价。由此可知,在课程建设前应先确立内外部需求,而国家层面提出的立德树人、新工科建设为当前的外部需求。

立德树人是我国教育事业的根本任务,课程思政是实现立德树人的根本遵循,是新时期加强高校人才培养和思想政治教育的新要求、新举措、新方向^[5]。立德树人的核心对象是学生,深刻回答了“培养什么人、怎样培养人、为谁培养人”这一根本性问题。习近平总书记指出,所有课堂都有育人功能,要把做人做事的基本道理、把社会主义核心价值观的要求、把实现民族复兴的理想和责任融入各类课程中,使各类课程与思想政治理论课同向同行,形成协同效应。可将习近平总书记的要求提炼为课程思政对学生将要达成的3个维度,即自我要求、社会责任和家国情怀。

在创新驱动发展、“一带一路”“中国制造2025”“互联网+”等一系列背景驱动下,新工科建设是我国应对新一轮科技革命和产业变革做出的积极回应,为此,工程教育必须做出相应的变革。吴爱华等^[6]提出需加快新工科建设,以培养新型工程人才为目标,建立新型工程技术人才培养体系、创新人才培养模式,以主动适应和引领新经济的发展。可见,新工科建设的核心任务是将高校学生培养为具有创新能力、高素质的复合型工程人才。

基于上述分析可知,工程教育认证、立德树人、新工科建设的核心对象是学生,立德树人为教育工作指明了根本任务,是培养目标的底色;新工科为学生的专业培养指明了发展方向,是培养目标的主色,二者是制定培养目标的前提;工程教育认证中的成果导向理念为目标的达成提供了有效的落实方法和评价手段,三者之间的关系如图1所示。不仅要以学生为中心构建协调、统一的课程体系,而且还要根据内部需求,即高校定位、学生发展、教职工期望等因素,确定培养目标的特色。

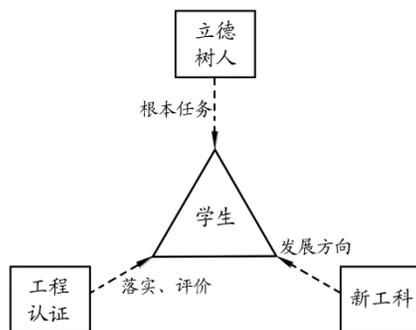


图1 学生与三重背景之间的关系

(二) 聚焦多重背景、凝练培养目标

对于不同区域、不同类型的高校应结合自身特点,聚焦、凝练符合本校专业发展特点的培养目标,进而制定专业毕业目标和课程目标。从思政视角看,培养目标是明确的,即培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人。在制定专业毕业目标时可以深化、提升工程教育认证标准中毕业要求的“职业标准”要求,也可以在12条毕业要求标准的基础上增加条目,细化指标点。

从新工科建设视角,孙峻^[7]认为对土木工程专业“新”在对人才创新能力的培养,而在创新能力

构成要素中,创新思维和创新技能是最为关键的要素。林健^[8]提出对于新工科建设,一般地方高校建设应做到好而实,即培养实干务实、服务国家战略的应用型技术人才。为准确定位培养目标,中南大学从需求端着手,结合新工科要求通过对大型土木行业单位的调研与分析,提出学生应具备的5种核心能力,并以此为目标打造多层次教育平台,建立完善的教育体系^[9]。可见,为将新工科元素融合在培养目标中,还应结合高校自身的特点和师生发展的内部需求。

西北民族大学土木工程专业成立于2005年,经过近二十年的发展,已成为土木工程一级学科硕士点,该专业已发展成为甘肃省一流专业。通过对本科毕业生的持续调研、统计,近80%的毕业生主要在一线施工单位工作,另有近9%的毕业生在当年或毕业后的2~3年内选择继续深造。结合学校应用型高校的定位、毕业生就业和深造、一流专业发展情况,在制定培养目标时,学院将培养学生解决复杂工程问题的实践能力放在首位,并兼顾继续深造的学生和一流专业发展的需求,在创新方面注重培养学生的创新意识和创新思维。

(三) 构建课程目标和课程要求

确定了“培养德智体美劳全面发展的社会主义建设者和接班人”和“培养学生解决复杂工程问题的实践能力及培养学生的创新意识和创新思维”这两个关键定位后,接下来要解决的问题是在课程建设中如何实现和落实。以土木工程结构实验课程为例,就课程目标和课程内容的构建进行讨论。

土木工程结构实验是土木工程专业教学的重要课程,从内容角度上看,课程主要包括科学试验的基本方法和生产检测的基本技术;从授课角度上看,课程分为理论环节和实验环节;从能力角度上看,在工作中对工程结构的检测、分析和评估对应解决复杂工程问题的能力,在科研中对新结构、新理论、新体系的试验设计和验证对应创新意识和创新行为。通过多年的教学总结发现,学生学习仅停留在课堂甚至仅在课堂实例,课后主动学习意识不强;不能将实验或检测各环节内容贯穿于一体、形成知识体系,更不能很好的完成实验或检测项目的设计和规划。在实践环节,实验项目往往比较简单,课堂较为单调,没有延伸和拓展,学生不能设计实验项目、选择仪器设备。实验过程通常是对教师实验步骤的重复,学生远不能达到解决复杂工程问题的能力和具备创新意识的要求。思政元素在授课中也多以显性教育的方式呈现,与专业知识联系较少,缺乏体系化、层次化的设计,覆盖程度也不确定。

为此,根据培养目标和课程特点构建了6个课程目标,其中,课程目标1~3为知识目标,规定为基本要求;课程目标4和5为能力目标,分别规定为实践要求、创新要求;课程目标6为思政目标。将课程目标与标准毕业要求中的要素进行对应,如表1所示。将基本要求、实践要求和创新要求提炼为新工科背景下课程需要达成3个维度。将课程思政需达成的3个维度制定为课程目标,并对各维度内容进行细化。自我要求,就是培养学生的工匠精神、科学思维、实干务实,能够知行合一;社会责任,就是培养学生能够勇于担当、公正诚信,担负社会责任;家国情怀,就是建立学生的文化自信、制度自信,胸怀民族复兴的中国梦。

二、课程体系设计与实践

新工科和课程思政背景下,根据课程目标制定了课堂模块和实验模块在不同维度对应的教学内容,教学团队针对教学存在的问题改进了课程结构,丰富了教学方式,制定了课下学习要求,搭建了分层式的实验平台,尝试了混合式实验教学方式,通过多举措提升教学质量,详细内容如表2、表3所示。

表1 课程目标与工程教育认证中标准毕业要求要素对应关系

编号	课程目标内容	毕业要求要素
1	掌握结构实验、检测的基本原理和主要环节	4-设计实验
2	掌握结构实验、检测的基本方法和测试手段	1-应用专业知识 5-选择、使用现代工具
3	掌握科学的分析方法和手段,得到合理有效的结论	4-分析与解释数据
4	具备分析、推理和解决复杂工程问题的能力	4-综合信息 6-评价安全问题
5	具备一定的创新意识和创新思维	3-设计解决方案 3-设计单元/流程
6	具备自我要求、社会责任、家国情怀	无/单列

注:“毕业要求要素”列中数字为12点标准毕业要求对应的序号。

表2 理论环节与新工科、课程思政各维度对应的教学内容、教学方式和课程目标

课堂模块	新工科维度对应内容	课程思政维度对应内容	教学方式	学时+课外	课程目标
结构实验概论	基本:结构实验的概念、分类、作用和任务 实践:建立“复杂工程问题”的概念	自我要求、社会责任:讲解实践是检验真理的唯一标准,培养学生求真务实的作风 家国情怀:介绍我国实验、检测的发展及成果,激发学生爱国热情	讲授 案例教学	2	1、6
结构实验设计	基本:实验、检测工作的规划,试件设计 创新:具备设计、规划方案的思维和意识	自我要求:反馈学生将在施工企业逐渐承担工程管理工作,培养学生项目规划、管理意识;介绍施工企业工作艰苦、流动性强的特点,引导学生对自我成长的职业路径进行规划	探究式教学	2	1、6
结构实验的荷载与加载设备	基本:液压加载及实验台座 创新:需要跨学科、跨专业的新型智能加载设备	自我要求、社会责任:介绍在大型反力墙与反力地板实验平台上开展的拟静力试验,使学生了解“大震不倒”的抗震设防目标,树立学生守住生命底线的使命担当	问题式教学 翻转课堂	2 (+1)	1、2、6
结构实验的量测技术	基本:电阻应变片、电桥测量原理 创新:需要跨学科、跨专业的新型智能量测设备	家国情怀:介绍北斗卫星导航系统在土木领域对结构变形监测的应用,体现了自主创新、开放融合的北斗精神,激发学生爱国情感	讲授 探究式教学	3 (+1)	1、2、6
工程结构静载实验	基本:仪器率定、加载方案、实验主要流程 实践:从实验的视角分析、解决、评价工程问题	自我要求、社会责任:介绍高铁31.5 m预制箱梁静载试验过程,培养学生工匠精神,树立学生职业道德素养	问题式、案例式教学 翻转课堂	3 (+1)	1、2、6
结构动力实验	基本:结构动力特性、动力响应测试 创新:控制性作用由静转动,建造了如今超高、大跨的结构	自我要求:介绍虎门大桥涡振现象,引导学生对动力荷载深入理解,讲解调谐质量阻尼器(TMD)工作原理,激发学生解决工程问题的创新思维	讲授 探究式教学	2	1、2、6
实验数据的分析和处理	基本:数据表达、误差分析 实践:对数据进行多角度的分析	自我要求:对待测试数据要求求真务实、不造假,树立职业底线意识	讲授 案例教学	2	4、6

续表

课堂模块	新工科维度对应内容	课程思政维度对应内容	教学方式	学时+课外	课程目标
工程结构模型试验	基本:第一相似理论 创新:模型试验是验证创新成果行之有效的重要手段	自我要求、家国情怀:介绍国产首艘核潜艇采用1:1木制模型研制过程,“关键技术是要不来、讨不来、买不来的”,激发学生科学思维,强调独立自主的民族精神	讲授	2	5、6
桥梁试验、检测专题	基本:桥梁荷载试验 实践要求:根据不同工程领域的规范要求对工程问题进行分析、评估	自我要求:试验细节决定试验成败,说明需多积尺寸之功,培养学生踏实务实的作风 社会责任:介绍桥梁检测工作的意义,根据客观结果对结构进行公正的评价	案例教学	2	1、4、6
结构检测与评定	基本:混凝土强度检测、基桩检测、钢筋混凝土无损检测 实践:面对现场问题,选择适合的检测方式,进行可靠、准确地评估	自我要求:实事求是、精益求精 社会责任:公正、客观的评价	讲授 案例教学	6 (+3)	1、4、6

(一) 新工科元素的融入方式及教学方法设计

教学内容上的基本要求为各教学模块中需要学生掌握的重点内容,是解决复杂工程问题的基础。在课堂和实验教学环节,需要教师讲透知识点和仪器设备的基本技能,需要学生掌握并应用这些技能。实践方面,需要学生综合应用各模块知识、技能对工程问题进行测试、分析和评价,培养学生的综合能力。通过实验分组锻炼、培养团队合作、沟通交流的能力;通过开放性实验锻炼学生的综合能力。同时,在授课过程中结合行业、学科发展的最新动向,培养学生的创新思维意识^[10]。

从教学方式看,经过两年土木工程专业课程的学习,学生对书本中涉及的内容并不陌生,可采用问题式教学法、探究式教学法、案例式教学法、翻转课堂法进行授课。考虑到学时压缩、学生课下学习主动性不高,课程团队在课前提出问题、布置任务,要求学生搜集、阅读资料。在互动教学过程中,教师通过引导、探究、问答、演示等教学手段,驱动学生学习兴趣的正向循环。

应变测量是课程的重点,以应变测试为例,在理论环节要求学生掌握应变片、桥路的测试原理,授课时通过演示推导过程、连桥方式讲授这一知识点,如表2所示。由应变可以计算得到构件的应力和内力,与学生探讨不同桥路组合量测的优、缺点,探讨在强度测试中应变测点布置的关键位置,探讨如何获得构件内力。应变测试也有局限,如测点布置繁琐、不宜长期监测、无法获得应力场的分布等,在教学过程中可启发学生通过高精度图像识别技术分析构件变形情况,进而获取应力场的分布。

(二) 课程思政的融入方式及教学方法设计

在专业课程教学过程中思政元素多以隐性教育的方式与专业知识进行融合,从广度上要做到思政元素在教学模块中的全覆盖;从深度上要做到润物无声、沁入心灵的效果。在教学过程中可以通过与专业知识结合、案例讲解、概念类比融入式、体验式等教学方法,将正确的世界观、人生观、价值观传递给学生,从国家、社会、个人3个维度塑造学生健全的人格。例如,在理论环节讲解模型实验时,介绍国产首艘核潜艇采用1:1木制模型研制过程,说明关键核心技术是要不来、买不来、讨不来的,从而激发学生家国情怀和创新精神,如表2所示;在实践环节讲解反射波检测基桩完整性时,由结构的基础引申至表示自我发展和学识的“基础”,勉励学生提高自我要求,在学校苦练内功将考核看作对自己“检测”的小锤,通过成绩的反馈不断完善和提升自我,如表3所示。

表3 实践环节与新工科、课程思政各维度对应的教学内容

实验模块	基本要求内容	实践要求内容	创新要求内容	课程思政内容	学时 +开放
结构位移的测试	掌握2种变形测试仪器的使用方法;掌握加载制度,制定加载方案	仪器的率定;通过残余变形评价结构性能	对超高、大跨、边坡等结构选择适合的方法监测变形	自我要求:由结构变形体现结构的刚与柔引申至工程师要敢于担当更要具备不屈的韧性	2(+2)
电桥原理及静态电阻应变仪的使用	掌握不同桥路的接桥方式;掌握静态电阻应变仪的使用	应变片的粘贴,消除温度对应变测试结果的影响;通过残余应变评价结构性能	制作压力传感器;如何测试应力场	自我要求、社会责任:强度是设计的重要控制指标,经济性是投资的重要指标,两者对立统一,要二者兼顾	2(+2)
结构动力特性和动力响应的测试	掌握结构动力特性和动力响应的测试;掌握动态测试仪和传感器的使用	冲击系数测试与计算;索力测试与计算 结构振型的测试与分析	结构的损伤识别;结构减隔震方案探索	社会责任、家国情怀:介绍高铁对桥梁动力响应高标准的设计要求,保证了列车高速行驶,展示了中国速度	2(+3)
混凝土强度检测、混凝土裂缝检测	掌握回弹仪的使用和强度推定方法;掌握裂缝描述、测试方法	选择适合的方法测试混凝土构件强度;分析裂缝成因及评价结构性能;修补裂缝	结构外观缺陷的自动识别、监测	自我要求、社会责任:2016年江西丰城电厂冷却塔第50节筒壁混凝土强度不达标,导致结构整体倒塌	1(+2)
反射波法检测桩基完整性	掌握反射波法进行桩基完整性测试	采用应力波法或超声波法对混凝土内部缺陷进行测试	结构缺陷的评估与加固	自我要求:由结构的基础引申至学识的基础,说明基础虽然隐蔽但至关重要,引导学生刻苦学习专业基础课程	2(+3)
模型实验	对模型、原型的挠度和应变进行测试;根据测试数据验证第一相似定理	根据原型构件设计、制作简单的模型构件,并进行测试	根据原型结构设计、制作相对复杂的模型结构,并进行测试、分析	自我要求:启发学生抓住相似现象背后的本质,掌握科学的分析方法预测事物发展的趋势	1(+6)

(三) 分层式的实验平台建设及实验项目设计

针对重点培养目标——学生解决复杂工程问题的实践能力,学院构建了校内实践平台^[11],在实践环节,课程依托该实践平台,提出建设适用于本课程的分层式实验平台。建设思路为遵循前文提出的新工科背景需达成的3个维度,以学院现有的固定试件和仪器设计课内必修实验,达成基本要求;依托工程实例或教师横向项目制定课外开放性实验,达成实践要求;依托教师科研项目或设计跨学科实验项目制定开放性实验,达成创新要求。

为使学生能够主动了解实验过程和要求,任课团队将录制的实验视频发布在校级课程平台上方便学生提前学习和准备,在实验过程中教师可以将更多的精力放在指导学生实践和检查学生实验成果上。为方便学生开展开放性实验,任课团队将仪器设备的使用说明书、实验指导书、检测规范等资料汇集、整理,并在校级课程平台上建立课程资料库。考核环节,学生需要在期末完成6+2个实验项目,即6个必修实验,2个开放性实验;教师评阅时以实验小组为单位,对其成果从实验准备、实验操作、数据分析和整理进行综合评价。

三、结语

在新工科、立德树人、工程教育认证多背景下,国家对高等教育提出了全新的要求,为了培养适应时代发展的创新型人才,为培养社会主义建设者和接班人,工程教育认证的成果导向理念为多背景下落实、评价人才培养目标提供了切实可行的方法。各级教师应深度参与培养目标、专业毕业标准的制定,在目标明确的前提下设计课程大纲和课程内容,使专业知识、实践能力、创新意识、思政思维能够协调地统一在教学活动中,达到以学生为中心的多维度育人目的。

参考文献:

- [1] 白艳红. 工程教育专业认证背景下课程目标的形成性评价研究与实践[J]. 中国高教研究, 2019(12): 60-64.
- [2] 钟登华. 新工科建设的内涵与行动[J]. 高等工程教育研究, 2017(3): 1-6.
- [3] 李志义. 对毕业要求及其制定的再认识——工程教育专业认证视角[J]. 高等工程教育研究, 2020(5): 1-10.
- [4] 李志义, 赵卫兵. 我国工程教育认证的最新进展[J]. 高等工程教育研究, 2021(5): 39-43.
- [5] 张大良. 课程思政: 新时期立德树人的根本遵循[J]. 中国高教研究, 2021(1): 5-9.
- [6] 吴爱华, 侯永峰, 杨秋波, 等. 加快发展和建设新工科 主动适应和引领新经济[J]. 高等工程教育研究, 2017(1): 1-9.
- [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] 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.
- [9] 赵晓霞, 王卫东, 蒋琦玮, 等. 新工科视角下土木工程核心能力实践教学体系建设[J]. 高等工程教育研究, 2020(1): 31-36.
- [10] 勾红叶, 蒲黔辉, 洪彘, 等. 新工科背景下土木工程专业研究生交叉创新能力培养及导师团队建设探索[J]. 高等建筑教育, 2021, 30(5): 54-60.
- [11] 黄洪猛, 王春芬, 魏相君, 等. 新工科视角下的土木工程校内实践平台构建与应用[J]. 西北民族大学学报(自然科学版), 2021, 42(1): 90-94.

Construction and practice of multi-dimensional curriculum system of civil engineering structure experiment under multi-background

LU Wei, HUANG Hongmeng, PANG Jianli, GU Haowei, WU Zhongtie

(School of Civil Engineering, Northwest Minzu University, Lanzhou Gansu 730030, P. R. China)

Abstract: In the new era, China has joined the Washington Agreement, put forward the construction of Emerging Engineering Education (3E), and defined the fundamental task of Ideological and Political Education. Under these backgrounds, colleges and universities should combine their own positioning, grasp the connotation of different backgrounds, integrate and implement the core elements into the construction of curriculum system and teaching practice. This paper analyzed the connotation of multi-background and the relationship between students, and discussed the focus core elements of the educational objectives in application-oriented universities. Taking the civil engineering structure experiment course as an example, the course objectives and multi-dimensional course requirements were put forward, the teaching contents to achieve the multi-dimensional curriculum objectives were designed, and the teaching methods were discussed. The teaching practice shows that Outcome-Based Education (OBE) of engineering education certification provides a practical method for implementing and evaluating the construction goals of 3E and curriculum ideological and political education. A coordinated, unified and multi-dimensional curriculum system has been established. In teaching activities students' ideological and political consciousness has been improved and their practical ability and innovative consciousness have been cultivated.

Key words: engineering education accreditation; Emerging Engineering Education (3E); curriculum ideological and political education; civil engineering structure experiment; teaching reformation

(责任编辑 邓云)