

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2026.01.018

欢迎按以下格式引用:尹贻林,孙肖肖,邓娇娇,等.以复杂工程问题解决能力为导向的课程建设研究[J].高等建筑教育,2026,35(1):162-171.

# 以复杂工程问题解决能力为导向的课程建设研究

尹贻林,孙肖肖,邓娇娇,严玲,柯洪

(天津理工大学 管理学院,天津 300384)

**摘要:**以复杂工程问题的内涵为抓手,基于复杂工程问题跨学科性、综合性强等特点,探讨解决复杂工程问题须具备的能力要素,从技术能力和非技术能力两个维度进行解构。技术能力意味着解决复杂工程问题必须具备相应的工程知识应用能力和拓展能力,具备复杂性动态变化下与之相适应的问题分析能力、研究能力和使用现代工具的能力;非技术能力则要求解决复杂工程问题应具备良好的沟通表达能力、组织协调能力、团队协作能力和符合时代要求的工程伦理观。基于此,从课程教学团队建设、课程规划建设、评价机制建设三个方面入手构建课程体系。课程教学团队建设要求教师必须树立“以教为本、以学生为中心”的教育理念,既要教会学生运用工程知识的技术本领,又要基于学生角度培养其非技术能力;课程规划建设强调课程设置应以复杂工程问题解决能力为导向,细化其能力指标进而设置相应的理论课程及实践课程,融合多元化教学方法有所侧重地培养学生解决复杂工程问题所需的技术能力和非技术能力;评价机制作为实现持续改进的必要手段,应综合考评学生的技术能力和非技术能力,以适应复杂工程问题解决能力评价需求。最后运用案例分析法以天津理工大学工程造价专业实践为例进行阐释,分析其以复杂工程问题解决能力为导向的课程设置情况及实践成效,旨在为地方应用型大学培养学生复杂工程问题解决能力提供借鉴。

**关键词:**工程教育;复杂工程问题;能力培养;课程建设;工程造价

中图分类号:G642

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2026)01-0162-10

近年来,我国工科在校生数量稳居世界前列,已成为名副其实的工程教育大国<sup>[1]</sup>。学生解决复杂工程问题的能力偏弱一直是中国工程教育的短板<sup>[2]</sup>,如何破解该难题,切实提升学生解决复杂工程问题的能力成为高等教育教学中的关注焦点<sup>[3]</sup>。

课程作为传道授业的主要载体,是学生能力培养的核心。然而,审视地方院校的课程体系建设现状不难发现存在的问题:(1)重视知识的掌握而非能力的习得,忽略学生从知识到能力的转化;(2)工程实践环节不足以培养学生解决复杂工程问题的能力。工程实践环节是培养学生将所学知

修回日期:2022-10-25

作者简介:尹贻林,男,教授,经济学博士,国家级教学名师,主要从事公共项目治理与工程造价管理,(E-mail)2055706540@qq.com。

识转化为能力的重要载体,主要包括课程设计、毕业实习和毕业设计<sup>[4]</sup>。然而,课程设计往往只针对某一具体课程设置,综合性难免不足,此时毕业实习、毕业设计又恰逢学生升学或就业找工作的关键时期,学生在学习上很容易浅尝辄止。

基于复杂工程问题解决能力培养过程中暴露出的问题,本研究以复杂工程问题的内涵为抓手,分析解决此类问题需具备的能力要素,从而基于教学团队建设、课程规划建设、课程评价机制建设提出“多层次”教育体系,以中国工程造价专业唯一通过RICS(Royal Institution of Chartered Surveyor)和PAQS(Pacific Association of Quantity Surveyors)双认证的天津理工大学为例进行分析,以期为地方院校相关课程建设提供借鉴和参考。

## 一、复杂工程问题的内涵

正确理解复杂工程问题的核心要义是培养学生复杂工程问题解决能力的基础和前提。复杂工程问题即指“复杂”的工程问题,解决此类问题的关键在于应对其复杂性。关于复杂性的研究早在复杂理论中涉及,充分理解并掌握专业领域中的复杂工程问题对教学课程的设置、教学计划的编制与学生能力培养有着事半功倍的效果<sup>[5]</sup>。故本研究从复杂理论视角及专业视角剖析复杂工程问题的内涵。

### (一) 复杂理论视角下的复杂工程问题

复杂理论诞生于20世纪80年代,经过多年研究与拓展,关于复杂性的定义多达30多种<sup>[6]</sup>,至今理论界与实务界对“复杂性”尚未形成统一认识,对其理解趋于多角度、多元化<sup>[7]</sup>。纵使不同学科背景下复杂问题呈现多样化特征,但化繁为简、以简驭繁等化简逻辑已成为长期以来探寻复杂问题解决路径的思维定势<sup>[8]</sup>。伴随着社会形态的演进与科学技术的革新,还原论视角下衍生出的简化逻辑难以有效应对现代社会中的所有复杂问题<sup>[9-10]</sup>,鉴于此,剖析复杂问题的内涵进而寻求新的解决路径尤为重要。

从复杂理论的视角出发,复杂工程问题往往呈现出非线性、混沌性、整体性、动态性等有别于简单问题的特征<sup>[11]</sup>。非线性强调复杂工程问题所包含的各个子问题之间并非单一的因果关系,而是通过多种方式与其他子问题或外部环境等相互作用、相互贯通后产生某种联系,子问题的变化及作用方式的改变均会对复杂工程问题本身产生一定的影响。非线性不仅是复杂性的体现,也是其存在的前提<sup>[12]</sup>。混沌性则是由于非线性的增强,子问题之间的联系所呈现出的一种有规律性和无规律性并存的状态,混沌状态下隐藏了复杂的有序性和规律性,但受到非线性的影响,子问题之间会呈现暂时的无章可循状态<sup>[13]</sup>。整体性意味着复杂工程问题的整体状态并非子问题局部状态的简单叠加,而是一种“系统涌现”现象<sup>[14-15]</sup>,即“整体有,局部没有”,这意味着只从子问题的角度研究复杂工程问题必然会丧失整体特性,导致研究结果失去意义。只有兼顾复杂工程问题整体的研究才能真正把握其内涵,拓宽其解决路径。此外,复杂工程问题并非孤立存在,而是依存于一定的社会环境中,社会环境的不断变化必然导致复杂性的动态变化,这便是复杂工程问题的动态性<sup>[16]</sup>。基于此,复杂工程问题并非拘泥于一定的形式与模型,而是需要通过个性化的分析使其复杂性获得解释,从而在某一工程领域实现有效解决。

### (二) 专业视角下的复杂工程问题

自2016年中国正式加入工程教育专业国际互认协议《华盛顿协议》,工程教育认证在国内如火如荼地展开。《华盛顿协议》毕业要求12条通用标准中,有8条直接涉及复杂工程问题,由此可见其已成为毕业生能力认证的核心指标<sup>[17]</sup>。鉴于不同学科背景下复杂工程问题的表征各有不同,本研

究结合《华盛顿协议》中提及的复杂工程问题的特征,探究复杂工程造价问题。

### 1. 必须具备较强的工程知识应用能力及拓展能力才能解决

复杂工程问题通常与复杂工程紧密联系,工程项目的复杂性与项目的规模大小、结构复杂程度、施工技术复杂程度等息息相关,同时,外界政治文化环境、经济环境、信息沟通环境的动态变化加剧了项目的复杂性<sup>[18-19]</sup>。复杂工程问题往往涉及大范围的或有冲突的技术、工程和其他问题,或属于专业工程实践标准和规范涵盖范围之外的高水平问题,相互冲突的各种因素、问题的不常见性意味着没有明显的解决方案,传统的解决方案难以有效应对,需要创新性方案方能破解<sup>[20]</sup>。因此,复杂工程问题的解决必须具备深入的工程知识及较强的知识拓展能力,摆脱思维定势,综合考虑技术、经济、管理等方面可能存在的冲突性问题,厘清突破口,通过创新性分析后给予满意的解决方案<sup>[21]</sup>。就工程造价专业领域而言,其成本管理、投资控制伴随着项目全过程,且任何一个工程项目都要求从业者基于特定约束条件创造独特的产品或服务,这与重复生产无差别的产品或服务存在本质区别,正因如此,掌握并熟练运用工程原理分析特定项目,以不变应万变才是应对复杂问题、实现项目价值的关键。

### 2. 涉及的利益相关者群体繁多、协调困难、综合性强,需要较强的社会能力方能应对

复杂工程问题涉及多个利益相关群体,且不同利益群体之间的利益诉求可能存在冲突,并体现动态变化的特点。工程项目中涉及建设单位、设计单位、施工单位、监理单位、咨询单位、政府部门、社区公众等众多利益相关方,各相关方的目标之间可能存在冲突,相互联系又相互冲突的各种因素必须有较强的协调沟通能力,处理时应在各方利益中寻求平衡点,对动态变化的需求予以响应与协调<sup>[22]</sup>。此外,应对复杂工程问题,需具备卓越的专业能力。这意味着复杂的工程问题难以单凭个人力量解决,需要高效的团队协作与组织协调。同时,解决此类问题必须考虑其对社会、环境和经济的影响,并确保解决路径的实践性和可持续性。

## 二、复杂工程问题解决能力的指标分解

培养学生的复杂工程问题解决能力是一项系统性、全局性的工作。复杂工程问题解决能力体现为一种综合能力,并可将其看成是由多种能力构成的多维能力结构<sup>[23]</sup>。基于专业认证角度,学者对复杂工程问题解决能力的划分明显不同,如林健将复杂工程问题解决能力分解为专业能力、社会能力和综合素质三个方面<sup>[21]</sup>,王章豹和张宝<sup>[22]</sup>、邓娇娇和邹艳艳<sup>[24]</sup>均从技术能力和非技术能力两个维度进行解读,高俊枫等从差异化人才培养的角度将复杂工程问题解决能力分为需求分析能力、创新能力、团队合作能力等<sup>[25]</sup>。不同学者对复杂工程问题的理解及能力需求的分解大多针对某一学科特点,照搬套用难免不适宜专业发展及人才培养。事实上,对高校而言,成果导向教育理念早已伴随着工程教育认证而深植高校课程建设体系中,因此从专业人才培养目标、教学实践及《华盛顿协议》中给定的12条毕业要求出发,基于复杂工程问题跨学科性、综合性、动态性的特点,解决复杂工程问题必须具备扎实的专业知识和较强的社会能力,从技术能力和非技术能力两个维度将复杂工程问题解决能力进行分解。

### (一) 技术能力

#### 1. 工程知识应用能力

复杂工程问题的跨学科性,要求学生能够运用自然数学、人文科学、工程科学及专业基础等知识准确地表述复杂工程问题,并能够灵活借鉴其他学科的相关知识与数学建模方法,对复杂工程问题的解决方案展开比较与综合分析。

## 2. 问题分析能力

复杂工程问题需要具备扎实的专业知识。学生应当在理解并准确表达复杂工程问题的基础上,识别并判断其中的关键环节;能够运用学科基本原理,结合文献研究,精准分析并提炼解决问题的关键要素,并认识到解决问题过程中可能受到或产生的影响,探索多种可行的解决方案。

## 3. 设计(开发)解决方案的能力

具备扎实的专业知识同样要求学生掌握解决专业问题的基本方法和技术,了解影响其中的各种因素,并针对特定的项目需求,设计出令利益相关方满意的解决方案。同时,应熟悉特定项目的安全、健康、法律、文化及环境等制约因素,在方案的策划和设计中体现创新意识。

## 4. 研究能力

基于复杂工程问题的动态特征,解决此类问题既要求学生具备扎实的知识体系,又需其掌握科学研究方法,能通过文献研究、调研实证等途径探索解决方案,设计并实施研究方案,最终分析结果、形成有效结论。

## 5. 使用现代工具的能力

“人机交互”作为解决复杂问题的关键手段,这一特性要求学生必须掌握专业常用现代工具的原理、使用方法、适用性及优缺点,并能合理选择或开发工具,以分析、模拟或设计复杂工程问题,从而获得有效结果。

## (二) 非技术能力

复杂工程问题的解决除了要具备专业知识这种“硬件”,有效的沟通表达、高效的组织管理、良好的团队协作、正确的工程伦理观等“软件”对问题的解决同样起着举足轻重的作用<sup>[26]</sup>。

### 1. 工程伦理观

首先,应具备环境保护意识,能够站在环境保护和可持续发展的角度思考专业实践活动的可持续性,评价其中可能对人类和环境造成的损害和隐患。其次,理解专业活动及个人行为与社会的关系,能够分析和评价工程造价实践活动对社会、健康、安全、法律、文化的影响。最后,应当具备职业道德和人文社会科学素养,了解中国国情,承担专业人士应尽的社会责任并自觉遵守。

### 2. 团队协作能力

具备团队协作意识与团队精神,既能独立承担分配任务,又能与跨专业成员高效沟通、协同攻关,共同解决复杂工程问题。

### 3. 组织协调能力

能够组织、协调和指挥团队开展工作,当组织或团队成员之间出现冲突或矛盾时,具有一定的管理及协调能力,确保合作效率。

### 4. 沟通表达能力

了解专业领域国内外发展趋势和研究热点,具有在尊重文化差异、理解业界同行与社会公众交流差异的基础上,以语言和书面等方式准确表达自己专业观点的能力,并回应质疑。

## 三、复杂工程问题解决能力的课程体系构建

根据复杂工程问题解决能力的指标分解结果,确定本科生的能力培养目标,并以此为依托实现人才培养目标。高校的课程体系设置是一项整体性、系统性活动,与教学主体的认知、教学内容、教学保障及评价机制等息息相关,只有将能力目标转化为课程体系建设的各个方面,才能发挥课程价值、靶向输出学生解决实际复杂问题的能力。

### (一) 课程教学团队建设

确立“以教为本”的教育理念,培养学生解决复杂工程问题所需的技术能力。作为课程教学活动的实施主体,教学团队的教育理念、教学手段与复杂工程问题解决能力的契合度,直接决定着教学成效。“以教为本”理念要求教学团队以工程知识传授为核心,将复杂工程问题引入课堂,融合启发式教学、研究性教学与探索型学习模式,在知识传授过程中引导学生分析、分解复杂工程问题,注重推动学生从知识掌握向应用能力转化,夯实解决复杂工程问题所需的知识应用与拓展能力,有力保障教学质量,实现学生复杂工程问题解决能力尤其是技术能力的培养目标。

突出“以学生为中心”的教学理念,推动教学模式从“教师单向授知”向“学生主动探究”转变,注重学生的主观感知,激发学生的自主学习兴趣。教学过程中,通过工作坊案例分析、开放式主题研讨、课程设计成果答辩等教学环节,引导学生独立思考,辩证地分析问题。同时,依托学科与专业竞赛的实践平台,系统性培养学生解决复杂工程问题所需的非技术能力。

### (二) 课程规划建设

学生解决复杂工程问题能力的培养绝非几门课程所能支撑,也不能仅靠高年级专业类课程的学习成果,而是随着技术能力和非技术能力指标点的达成而逐步形成。复杂工程问题属于实践性问题,其解决有赖于工科实践类课程的训练,更离不开学科知识课程的支撑<sup>[27]</sup>。

以工程逻辑设置与技术能力、非技术能力相匹配的课程。工程范式下实践教育是工程教育的本质,课程安排遵循工程教育思想,以项目管理思维为导向设计专业课程培养体系,构建基础理论平台课程群、专业理论平台课程群与实践平台课程群“三位一体”的教学体系。基础理论平台课程群及专业理论平台课程群以工程知识的传授与应用为核心,旨在培养学生解决复杂工程问题所需的技术能力,按照知识学习的逻辑设置并优化课程开设时间及衔接顺序,实现基础教学内容与专业教学内容、理论教学内容与实践教学内容、思政教学内容与创新创业教学内容的紧密衔接、层级递进、相互融合。实践平台课程群在培养技术能力的基础上,融合提升学生的非技术能力,构建了从基础实践模块—专业实践模块—综合实践模块渐进式的教育体系,以此实现理论课程与实践课程的深度融合、技术能力与非技术能力的均衡培养,最终培养学生解决复杂工程问题的能力。

课程内容设计支撑复杂工程问题解决能力的指标达成。课程内容充实丰富,主干理论课程与实践课程设计紧密结合,技术能力与非技术能力的培养并重,最终达成理论知识与实践应用深度融合的教学目标。在授课内容上融入学科前沿及社会新需求,将行业最新进展、新政策、规范标准和最新研究成果引入教学内容。此外,复杂工程问题解决能力的培养并非一蹴而就,而是可以根据复杂性降解原理将其分为一般性工程问题、系统性工程问题和复杂系统性工程问题,再根据不同类型的复杂问题及各能力指标之间的逻辑关系设置学年递增式、渐进式的课程<sup>[27]</sup>。

### (三) 课程评价机制建设

为保证课程体系顺应时代要求和社会需求,应对课程教学的输出成果,即复杂工程问题解决能力的达成情况进行定量与定性考评,既要“考”学生的技术能力水平,又要“评”学生的非技术能力水平。不仅要注重学生对工程知识的掌握与应用,而且要在此基础上通过设置专业能力评价(Assessment of Professional Competence, APC)、工作坊答辩考核、团队考核等多元考核方式,关注学生非技术能力的达成。一方面根据课程考核结果、课程对复杂问题解决能力的贡献度综合确定课程的评价结果;另一方面根据毕业生对自身复杂工程问题解决能力的自评反馈、专业教师授课反馈、用人单位及企业调研的反馈,确定整体课程配置与复杂工程问题解决能力的适配性,持续完善并科学修订专业课程体系,确保课程内容与授课方式有效支撑学生复杂工程问题解决能力的达成。

## 四、天津理工大学工程造价专业课程建设案例分析

纵使诸多学者基于不同视角对复杂工程问题的内涵和解决复杂工程问题的能力要求进行了研究与剖析,但是由于学科的差异,不同的高校、不同的学科培养学生复杂工程问题解决能力的课程体系与教学手段不尽相同,各高校的学科教育也独具特色。基于此,以天津理工大学工程造价专业(以下简称天理造价专业)为例,探索以培养学生复杂工程问题解决能力为导向的课程一体化建设路径,旨在为相关学科建设提供经验与借鉴。

### (一) 案例介绍

天理造价专业在2022年软科专业排名A+,其优秀成果具有一定的借鉴意义。为培养学生复杂工程问题解决能力,天理造价专业的课程体系按照成果导向教育的反向设计原则进行设计,根据技术能力和非技术能力的指标要求确定技能、知识和培养方式,然后进行课程配置。理论课程注重对学生知识应用能力和技术能力的培养,让学生在课堂学习及课后复习消化的过程中掌握解决复杂造价问题所具备的专业技能,并且能够针对一般性工程问题进行分析思考,提出创新性解决方案。此外,引导学生形成对系统性及复杂系统性工程问题的初步认知框架,掌握解决此类问题的理论和方法。工作坊、毕业设计(论文)等实践性教学环节,往往以系统性工程问题及复杂系统性工程问题为核心任务载体。此类问题难以依靠个人力量独立完成,需以团队协作、组织沟通等非技术能力为重要支撑。实践环节的价值不仅在于检验学生专业技能的掌握水平,更在于通过真实问题的分析与解决过程,系统锻炼学生的非技术能力,最终在理论课程与实践课程的高度融合中实现学生复杂工程问题解决能力的进阶式培养。经过多年的教学实践,天理造价专业的教育体系如图1所示。

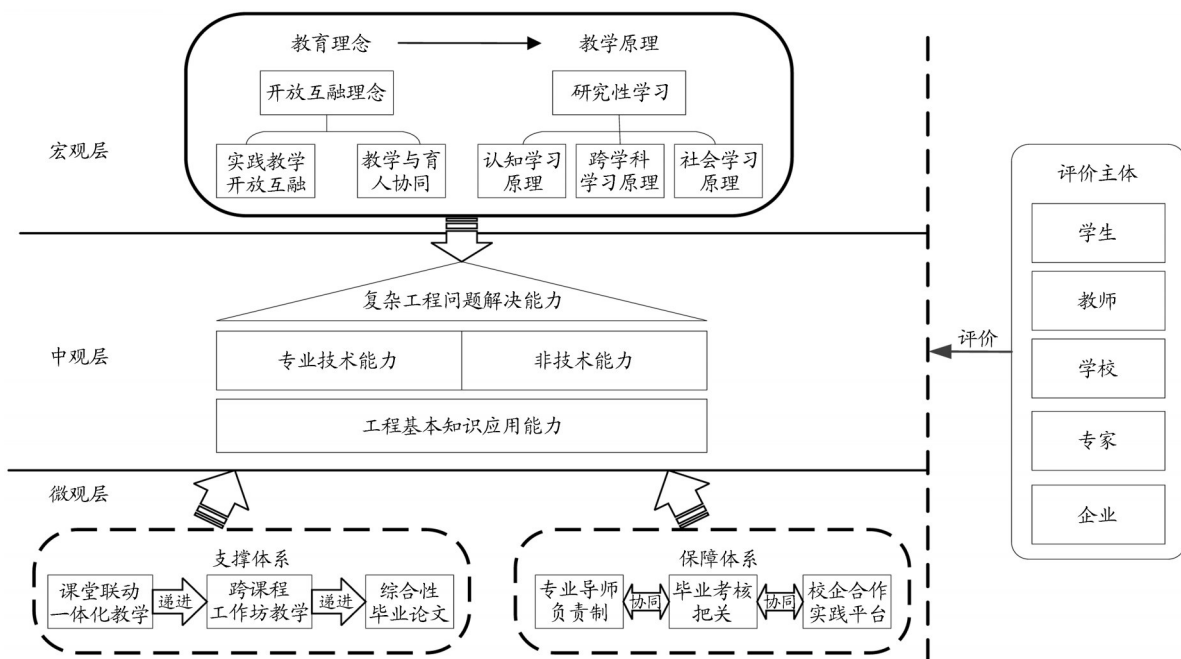


图1 基于培养复杂工程问题解决能力的工程造价专业教育体系

天理造价专业教育体系从宏观、中观层、微观层三个层面具体实施。在宏观层面,始终秉持“育人为本”的教育理念与“开放互融”的教学理念,严格遵循专业人才培养目标与定位,实现教学与育人的协同统一;同时基于研究性学习教学原理,以问题为导向,教师循循善诱,让学生在刨根问底地问题探究中达成教学目标。在中观层面,能力指标层将技术能力划分为工程基础知识应用能力和

专业技术能力,实现教学原理与能力培养的协同整合。通过认识学习原理、跨学科学习原理和社会学习原理,分别对应工程基础知识应用能力、专业技术能力和非技术能力的培养,旨在精准提升学生解决复杂工程问题的综合能力。在微观层面,构建课程一体化教学、工作坊实践、毕业论文考核支撑体系,分别对应课堂知识夯实、模块式实践能力转化、综合能力提升三大目标,契合复杂工程问题解决能力的渐进式培养要求。同时,依托专业导师负责制、毕业考核质量把关、校企合作实践平台的协同联动,保障实践教学有序开展,助力学生复杂工程问题解决能力的全面达成。

以学生复杂工程问题解决能力的达成度为核心考核指标,将能力达成结果同步反馈至教育评价体系,组建由企业行业专家、用人单位、毕业生、在校生及专业教师构成的五方评价主体,系统开展能力培养成效评估,并就课程设置、课程体系与课程内容的迭代完善提供专业建议,最终实现教育体系的动态优化和持续改进。

## (二) 课程设置

依据工程造价专业解决复杂工程问题所需的知识应用能力类型、逻辑关系与递进层次,专业主干课程体系涵盖了6大类核心课程,精准支撑各项能力指标与毕业要求达成,最终实现学生复杂工程问题解决能力的系统化培养,专业课程设置如图2所示。

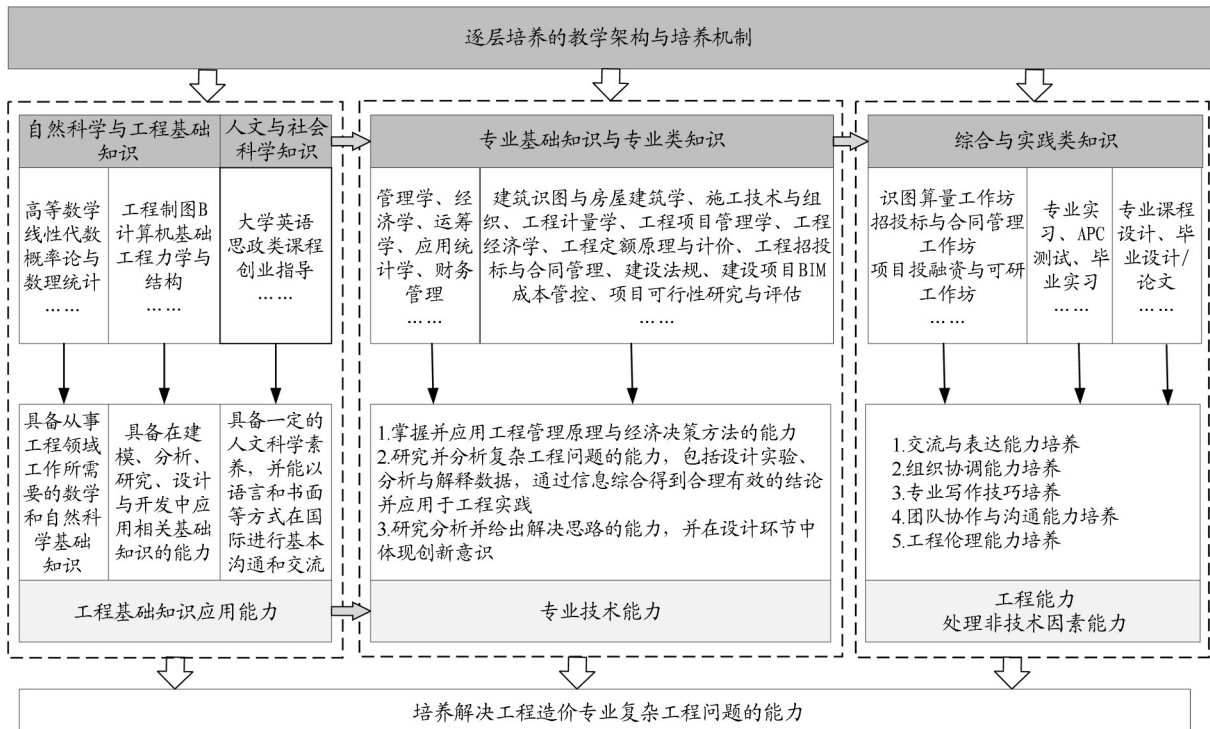


图2 基于培养复杂工程问题解决能力的工程造价专业的课程设置

天理造价专业将复杂工程问题解决能力分解为若干可考核的指标点,通过建立课程与能力要求指标点之间的支撑关系,细化每门课程的主要教学内容、教学环节与能力指标点的对应关系,确保每一项复杂工程问题解决能力的指标点均有课程支持、每一门课程均能覆盖若干复杂工程问题解决能力指标,最终达成能力培养目标。以招投标与合同管理课程为例,构建“能力标准—能力要素—项目—任务分解—过关问题—小组成果”的团队工作坊教学体系,培养学生复杂工程问题解决能力框架下的问题分析能力、方案设计与开发能力、团队协作能力。课程成果验收环节,推行师生协同评审机制,通过教师评价与学生互评的双向反馈模式,为学生复杂工程问题解决能力的达成提

供全方位保障。其逻辑如图3所示。

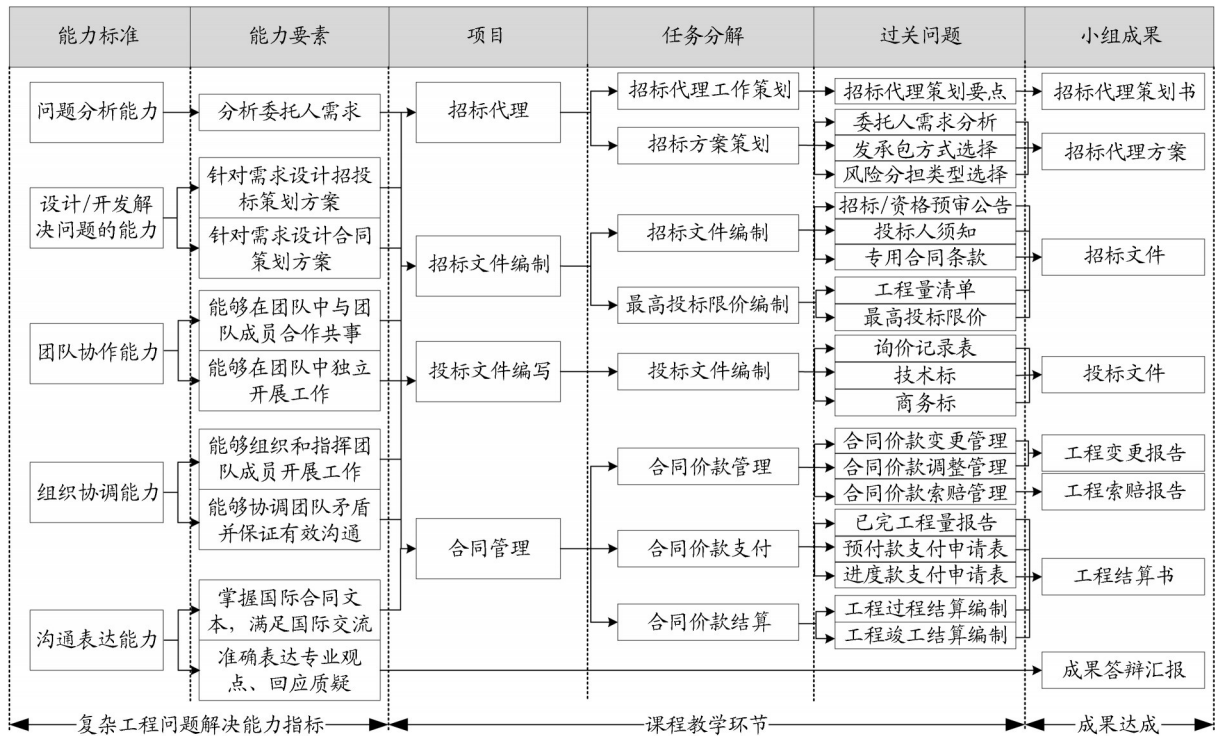


图3 招投标与合同管理课程支撑复杂工程问题解决能力达成的逻辑示意图

### (三) 实践成效

学生参与课程及工作坊实践教学的积极性高涨,解决实际复杂工程问题的能力显著提升,复合应用型人才特色凸显。近五年,天理工的工程造价专业毕业生就业率一直维持在98%以上,通过调研、电话访谈等方式获得毕业生所在用人单位的反馈,人才培养质量得到企业单位的高度认可与赞扬,校企合作效果极佳,进入良性循环。此外,运用likert五级评价模型制作问卷,并发放给毕业生,由毕业生结合切身工作体会评价各能力目标的达成等级,并按如下过程计算各能力目标的达成度。

调查问卷各题项的各等级评价分值计算,

$$S_j = (\text{各等级人数} / \text{总人数}) \times \text{等级分值}。 \quad (1)$$

各题项对应的能力目标达成情况计算,

$$GPA_i = \sum_{j=1}^5 (S_j / \text{最高等级分值}(5))。 \quad (2)$$

能力目标达成情况可采用式3计算,其中k为毕业要求对应的题项数,

$$GPA = (\sum_{i=1}^k GPA_i) / k。 \quad (3)$$

本研究面向2017—2021届毕业生开展问卷调查,回收有效问卷391份。数据分析结果显示,所有能力指标的平均分均高于3.7,这一量化结论与定性分析结果高度吻合,证实复杂工程问题解决能力的培养目标已全面达成。

学生参与专业竞赛的热情高涨,创新能力与抽象思维能力显著提升,竞赛成绩斐然。专业教师坚持“理论顶天、实操落地”,将各项赛事比赛内容与日常教学有机结合,带领学生参加专业竞赛,在“龙图杯”“科创杯”“斯维尔杯”及教指委全国大学生智能建造与管理创新竞赛等赛事中累计获奖50余项。

天理工造价专业教学实践成果丰硕,得到同行高度认可。该专业在“十三五”期间斩获多项教学成果奖,2022年软科学科评估为A+等级;其学科建设经验吸引贵州理工学院、河南城建学院等多所兄弟院校前来交流学习,示范推广价值突出。

## 五、结语

基于以上研究,复杂工程问题解决能力培养的重要性与必要性不言而喻。高校在开展相关教育时,除设置相应课程外,还应从宏观层面抓好教学团队建设,做好课程的“总舵手”,同时建立完善课程评价体系,以实现教学内容、课程设置等的合理评估,进而持续调整与优化课程体系,深入贯彻工程教育认证中的持续改进理念。此外,高校应针对技术能力与非技术能力要素,分别设置针对性课程与教学环节,实现精准化培养,从而切实提升学生解决复杂工程问题的能力。

### 参考文献:

- [1] 王彦丹. 提高工科学生解决复杂工程问题能力的研究[D]. 绵阳: 西南科技大学, 2018.
- [2] 朱正伟, 储开斌, 焦竹青, 等. 以解决复杂工程问题能力为导向的电子信息技术类实践育人模式[J]. 实验技术与管理, 2019, 36(7): 1-4.
- [3] 王宏宇, 朱长顺, 吕翔. 面向复杂工程问题的专业综合实践课程建设探索[J]. 高等理科教育, 2021(5): 99-104.
- [4] 胡蔓, 曹利华, 刘健, 等. 新工科背景下高校工程训练中心建设探索与实践[J]. 实验室研究与探索, 2021, 40(5): 154-157, 196.
- [5] 杨毅刚, 孟斌, 王伟楠. 如何破解工程教育中有关“复杂工程问题”的难点——基于企业技术创新视角[J]. 高等工程教育研究, 2017(2): 72-78.
- [6] Hu M Y, Ji J P, Duan J D, et al. Distributed Wind Power Virtual Simulation Experiment System for Cultivating the Ability to Solve Complex Engineering Problems[J]. Computer Applications in Engineering Education, 2021, 29(6): 1441-1452.
- [7] 麦强, 盛昭瀚, 安实, 等. 重大工程管理决策复杂性及复杂性降解原理[J]. 管理科学学报, 2019, 22(8): 17-32.
- [8] Dao B, Kermanshachi S, Shane J, et al. Exploring and Assessing Project Complexity[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2017, 143(5): 04016126.
- [9] 柳亦博. 由“化繁为简”到“与繁共生”: 复杂性社会治理的逻辑转向[J]. 北京行政学院学报, 2016(6): 76-83.
- [10] 张国宁, 沈寿林. 试论复杂性科学方法论对还原论的超越[J]. 系统科学学报, 2013, 21(4): 14-17.
- [11] Sheng Z H. Fundamental Theories of Mega Infrastructure Construction Management: Theoretical Considerations from Chinese Practices[M]. Cham: Springer International Publishing, 2018.
- [12] 赵光武. 用还原论与整体论相结合的方法探索复杂性[J]. 系统辩证学学报, 2003(1): 1-6.
- [13] 张广骏, 戴汝为. 复杂问题知识转换的综合集成[J]. 模式识别与人工智能, 2010, 23(5): 624-629.
- [14] Zhu Yibo, Wu Lingtian, Wu Jinnan, et al. Construction of the curriculum for developing the ability to solving complex engineering problems in the field of biotechnology industry. [J]. Sheng wu gong cheng xue bao = Chinese journal of biotechnology, 2021, 37(9): 3383-3396.
- [15] 王彦丹, 尤园, 谢鸿全. 关于如何解决复杂工程问题的研究[J]. 教育现代化, 2017, 4(49): 285-287, 290.
- [16] 盛昭瀚. 管理: 从系统性到复杂性[J]. 管理科学学报, 2019, 22(3): 2-14.
- [17] 王章豹, 张宝. 培养新工科人才解决复杂工程问题能力的探讨[J]. 高教发展与评估, 2019, 35(6): 74-85, 111.
- [18] 陈星光, 朱振涛. 复杂系统视角下的大型工程项目管理复杂性研究[J]. 建筑经济, 2017, 38(1): 42-47.
- [19] 王峥. 工程项目复杂性影响因素的路径研究[D]. 重庆: 重庆大学, 2017.
- [20] 董为万, 冯天明. 大型工程项目管理复杂性问题的探讨[J]. 中华建设, 2017(10): 74-75.
- [21] 林健. 如何理解和解决复杂工程问题——基于《华盛顿协议》的界定和要求[J]. 高等工程教育研究, 2016(5): 17-26, 38.
- [22] 王章豹, 张宝. 培养新工科人才解决复杂工程问题能力的探讨[J]. 高教发展与评估, 2019, 35(6): 74-85, 111.

- [23] 温和, 郭斯羽, 滕召胜, 等. 培养复杂工程问题解决能力的电测特色课程建设——以测控技术与仪器专业为例[J]. 高等工程教育研究, 2021(5): 82-87.
- [24] 邓娇娇, 邹艳艳. 复杂工程问题解决能力达成教学实践: 基于复杂性降解的研究[J]. 高等工程教育研究, 2022(1): 62-67.
- [25] 高俊枫, 黄乐天, 张雷, 等. 嵌入式人才差异化培养和矩阵化实践教学探索[J]. 高等工程教育研究, 2021(6): 44-48.
- [26] 林健. 新工科人才培养质量通用标准研制[J]. 高等工程教育研究, 2020(3): 5-16.
- [27] 韩婷, 李红斌, 文劲宇, 等. 培养复杂工程问题解决能力的一体化课程体系——华中科技大学电气工程及其自动化专业改革[J]. 高等工程教育研究, 2018(2): 52-59.

## Research on curriculum construction oriented to solving complex engineering problems

YIN Yilin, SUN Xiaoxiao, DENG Jiaojiao, YAN Ling, KE Hong

(School of Management, Tianjin University of Technology, Tianjin 300384, P. R. China)

**Abstract:** This study takes the connotation of complex engineering problems as the starting point, discusses the ability elements needed to solve complex engineering problems based on the characteristics of complex engineering problems such as interdisciplinarity and comprehensiveness, and deconstructs the ability to solve complex engineering problems from the two dimensions of technical ability and non-technical ability. Technical ability means that to solve complex engineering problems must have the corresponding engineering knowledge application ability and expansion ability, as well as the ability to analyze problems, research and use modern tools under the dynamic change of complexity. Non-technical ability requires good communication and expression ability, organization and coordination ability, teamwork ability and engineering ethics in line with the requirements of the times to solve complex engineering problems. In view of this, a curriculum system is constructed from three aspects: the curriculum teaching team, the curriculum planning and the evaluation mechanism. The construction of the curriculum teaching team requires teachers to establish the teacher-centered education concept and the student-centered teaching principle. We should not only teach students the ability to use engineering knowledge, but also cultivate their non-technical ability from the perspective of students. Curriculum planning construction emphasizes that the curriculum should be oriented to the ability to solve complex engineering problems, refine its ability index and set up corresponding theoretical and practical courses, and integrate diversified teaching methods to focus on cultivating students' technical ability and non-technical ability to solve complex engineering problems. As a necessary means to achieve continuous improvement, the evaluation mechanism should comprehensively evaluate students' technical ability and non-technical ability, and adapt to the evaluation demand of complex engineering problem solving ability. Finally, this study uses case analysis method to explain the practical case of the engineering cost major at Tianjin University of Technology, and analyzes its complex engineering problem solving ability-oriented curriculum and practical results, aiming to provide reference for local application-oriented universities to cultivate complex engineering problem solving ability.

**Key words:** engineering education; complex engineering problems; ability training; curriculum construction; project cost

(责任编辑 梁远华)