

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2022.04.004

欢迎按以下格式引用:汤永净,管林波,吴竞,等.新工科背景下应用型高校课程改革探讨——以混凝土结构基本原理课程为例[J].高等建筑教育,2022,31(4):24-30.

# 新工科背景下应用型 高校课程改革探讨 ——以混凝土结构基本原理课程为例

汤永净<sup>1,2</sup>,管林波<sup>1</sup>,吴竞<sup>1</sup>,李燕<sup>1</sup>,童乐为<sup>1,2</sup>

(1. 同济大学浙江学院,浙江嘉兴 314051;2. 同济大学土木工程学院,上海 200092)

**摘要:**基于“新工科”背景下土木工程行业的发展变化、应用型高校本科人才培养定位,以及“00后”大学生的特质,提出应用型本科土木工程专业应聚焦学生工程应用能力、工程管理协调能力和工程技术创新能力的培养,以便毕业生能够胜任绿色建造和信息时代工程技术应用、管理工作。基于不同学科知识的交叉融合可引发新的思维方式和创新模式,以混凝土结构基本原理课程改革为例,对课程改革进行探讨。在教学内容方面,主动将土木工程行业中的预制装配式混凝土结构和 BIM 等新技术与传统知识点进行融合,形成新的混凝土结构基本原理课程框架;在教学方法方面,充分发掘并利用“互联网+”学习平台和丰富的教学手段,激发“00后”的学习热情,从而改善教学效果。

**关键词:**新工科;应用型本科;交叉融合;土木工程专业;混凝土结构基本原理

**中图分类号:**G642.3

**文献标志码:**A

**文章编号:**1005-2909(2022)04-0024-07

在全球科技产业不断优化和我国工业迅猛发展的背景下,为适用新型工业发展的需要,我国教育部于2017年发布《教育部高等教育司关于开展新工科研究与实践的通知》,正式提出“新工科”概念。相较于以前的工科,“新工科”有了新的内涵,即以应对变化、塑造未来的新理念为指导,通过继承与创新、交叉与融合、协调与共享等新途径,培养多元化和创新性的卓越工程人才<sup>[1]</sup>。当前,学界对于“新工科”的基本范畴已达成共识,既包括如人工智能、大数据、区块链等新兴产业,也包括对传统工科通过信息化、智能化的渗透转型以及改造升级<sup>[2]</sup>。

土木工程作为传统工业的重要一环,同样发生了新的变化,包括:(1)土木工程行业不可逆转地

修回日期:2020-10-16

基金项目:同济大学浙江学院2019年教学改革研究项目;浙江省本科高校2019年省级一流课程;浙江省“十三五”省级产学研合作协同育人项目

作者简介:汤永净(1965—),女,同济大学浙江学院教授,博导,主要从事土木工程研究,(E-mail)ytang@tongji.edu.cn;(通信作者)童乐为(1961—),男,同济大学土木工程学院教授,博导,主要从事土木工程研究,(E-mail)tonglw@tongji.edu.cn。

向标准化、工厂化、机械化、信息化和装配化方向转型;(2)海绵城市、地下管廊、超高层建筑、大跨度结构、3D 打印等新兴业态向传统土木工程技术提出新的挑战;(3)国内庞大的建筑产能已随着“一带一路”倡议逐步迈向国际建筑市场<sup>[3]</sup>;因此,土木工程专业同样有着“新工科”建设的需要。在土木工程专业“新工科”建设过程中,对传统课程的教学改革是必须完成的最基础工作之一。笔者以混凝土结构基本原理课程的教学改革为例,对“新工科”背景下应用型本科土木工程专业专业课程改革思路进行探讨。

## 一、应用型本科土木专业培养目标在“新工科”建设中的体现

中南大学土木工程学院结合新工科的要求,对中国中铁、中国铁建、中国建筑、中国交通和中国水利水电 5 家大型建筑企业展开走访调研,提炼出土木工程专业人才应具备工程科学应用能力、工程疑难解决能力、工程管理协调能力、工程技术创新能力和工程国际适应能力 5 项工程核心能力<sup>[3]</sup>。对于以上工程核心能力,木工程专业传统课程显然很难完成深层的培养目标,因此,改革势在必行。

课程教学改革一定是基于培养目标和培养对象,针对应用型本科土木工程专业学生特点而展开的。应用型本科相对于重点本科,定位为培养应用型人才的地方高校。除了研究型大学以外,占据我国高等教育“半壁江山”的地方本科高校也是“新工科”建设的中坚力量<sup>[2]</sup>。

随着对学习主体性重视程度的提高,以“学”为中心的教学思想越来越受到业界认同。教师需要依据学习规律设计和组织教学活动,理解学生的学习行为,从而使得课堂教学能够完全从学生的学习需求出发,适应学生的学习特征<sup>[4-6]</sup>。“00 后”是近几年本科土木工程专业入学新生中绝对主体,相对于其他年龄层,“00 后”群体每天接触的世界是前几代无法想象的新天地<sup>[7]</sup>,由此形成其独特的审美和世界观。“00 后”身处一个信息爆炸的年代,接受的知识信息早而全,所以“00 后”是聪明的一代<sup>[8]</sup>。笔者在一次本科土木工程专业招生宣传片的准备过程中,对“00 后”的高中应届毕业生做过这样的调查:希望宣传片介绍“预制装配式建造房屋的全过程虚拟仿真”还是希望介绍“BIM 软件的功能及应用”,前者主要展示房屋建造的全过程,专业性较强;后者是 BIM 软件的功能解说,解说直观、易懂,形式上比较生动,令人舒适,但专业性相对较弱。在了解相关背景后,大部分的调查对象选择了后者。这说明学生在注重内容的同时,更加注重形式和审美。调查还发现,“00 后”注重课堂效率,不喜欢题海战术。现行的高考制度对进入大学的“00 后”进行了分流,分流的主要标准即是对基础学科知识(中学时代的数学、物理等)的掌握程度和运用能力。因此,进入应用型本科高校(相对于重点本科而言)学习的“00 后”是一个聪明、有个性、有主见思想、开放、乐于接收新鲜事物的群体,但对基础的科学知识掌握程度一般、仅具备基础分析能力,其所在的高校基于这样的生源特点和学校所处的地缘特点,通常将办学目标定位于服务周边地区的社会建设和经济发展。因此,笔者认为在“新工科”建设进程中,应用型本科的土木工程专业应该重点聚焦土木工程人才 5 项核心工程能力中的工程技术应用能力、工程管理协调能力和工程技术创新能力。这即是应用型本科土木专业培养目标在“新工科”建设中课程改革的聚焦点。

随着科技的进步和劳动力市场短缺,智能建造已成为土木工程未来发展的趋势。互联网+、5G、BIM、绿色建造、3D 打印、大数据、云计算等新兴技术已发展成为智能建造的科技支撑<sup>[9]</sup>;因此,在当前土木工程新常态下,为更好地适应互联网+、绿色建造等“新工科”环境,应用型本科高校土木工程

专业应主动与信息、电子、机械、材料科学进行交叉融合,重点培养学生的工程技术创新能力,即培养学生土木工程新材料、新工艺、新设备、新结构的创新意识、创新思维、创新实验和创新应用能力<sup>[3]</sup>,使毕业生能够胜任工程技术应用和管理相关工作。“新工科”跨界融合发展,是顺应新宏观环境的客观需要,跨越不同领域、不同行业、不同文化等范畴所拥有的共性和联系,把一些关联度不高的元素进行融合,并由此引发新的思维方式和创新模式<sup>[10]</sup>。

综上,笔者认为在土木工程专业“新工科”建设中,对专业课程的改革应基于“跨界融合”或“交叉融合”的思路进行。

## 二、聚焦后的专业课程改革——以混凝土结构基本原理课程为例

### (一) 课程性质及特点

混凝土结构基本原理是土木工程专业的专业基础课程,也是核心课程。数学、力学和建筑材料课程是它的前导课程,它也是后续混凝土结构设计、建筑结构抗震、课程设计、毕业设计,以及注册结构工程师备考课程等专业课的基础。课程集理论性、综合性、实验性和实践性于一体,内容跨度广、难度大,具有概念多、符号多、系数多、假定多、计算公式多、构造规定多和文字内容叙述多等特点。课程培养目标是通过学习促使学生掌握基本原理,提高分析解决实际问题的能力,培养结构设计观念,提升创新能力。

### (二) 课程框架梳理及改革

#### 1. 改革目标

BIM 技术是土木工程的一场数字化改革,装配式建筑牵系建筑业转型升级,以混凝土结构基本原理课程改革为契机,将 BIM 技术和预制装配式混凝土结构施工技术引入混凝土结构基本原理课程教学中,强化新技术和传统知识点的融合,让教学充满新意,让学生因“学得进、用得上”而饶有兴致,提高学生的工程技术创新能力和适应能力。

#### 2. 改革思路

为了让学生循序渐进地了解 and 掌握混凝土基本原理的知识点,融合 BIM 技术与装配式结构元素,笔者绘制了混凝土结构基本原理鱼骨图(图 1),对该课程的性质、特点及必须掌握的知识点进行剖析。从钢筋和混凝土两种材料协同工作原理出发,以材料性能、正截面、斜截面、预应力和使用性能为主线,构筑混凝土结构基本原理课程的主要知识框架(图 1a),并将主要知识框架纵向延伸到次生知识框架(图 1b);将材料性能归结为钢筋和混凝土的本构关系;将混凝土结构构件的正截面受力机理归结到纵向钢筋的配置;将斜截面受力机理归结到横向钢筋的配置;在正截面、斜截面、预应力部分,增加 BIM 族建模、构件计算内容,让学生多角度切实感受理解混凝土结构基本原理。同时,把基本概念、符号、系数、基本假定、实验室试验方法及结果、半理论半经验公式等系统组合,与总体知识框架和次生知识框架共同构成整体课程框架(图 1c),通过对课程难点和重点的调整,提高教学效果。预应力混凝土结构构件是课程的难点,属于课程的进阶内容,知识点多,涉及高强钢筋、高强混凝土、钢筋张拉控制应力、施加预应力方法、各种预应力损失等,教学中对施工阶段受力性能分析内容进行重点讲述;结构使用性能内容也是课程的难点,考虑到学生刚进入专业基础课程学习阶段,且该部分内容零散,作者在教学中从介绍挠度和裂缝宽度计算入手,由浅入深,逐步让学生对结构使用性能内容有所了解、有所掌握,但不作为本课程重点。

为了帮助学生理解“基本原理”相关内容,在教学中,以钢筋和混凝土两种材料的性能为根本,以两种极限状态-承载力极限状态和正常使用极限状态为主干,以构件类型-受弯构件、受压构件、受拉构件、受扭构件、预应力构件为树冠,绘制知识树(图2),简明形象阐述课程的主要内容,便于学生对知识点的理解和接受。按照教材的顺序,第1章、第2章属于基础部分,第3章至7章属于承载力计算分析部分,第8章是使用性能的分析,第9章是预应力混凝土构件,作为本课程的最后章节,集承载力计算和使用性能计算于一体<sup>[11]</sup>。

在对各类构件简化为计算简图的教学中,引导学生从现浇混凝土结构和装配式混凝土结构两个角度着手分析,让学生掌握不同结构形式对结构受力的影响,了解结构受力不同的情况下截面受力变化带来的配筋变化,达到促进学生灵活掌握知识的目的。

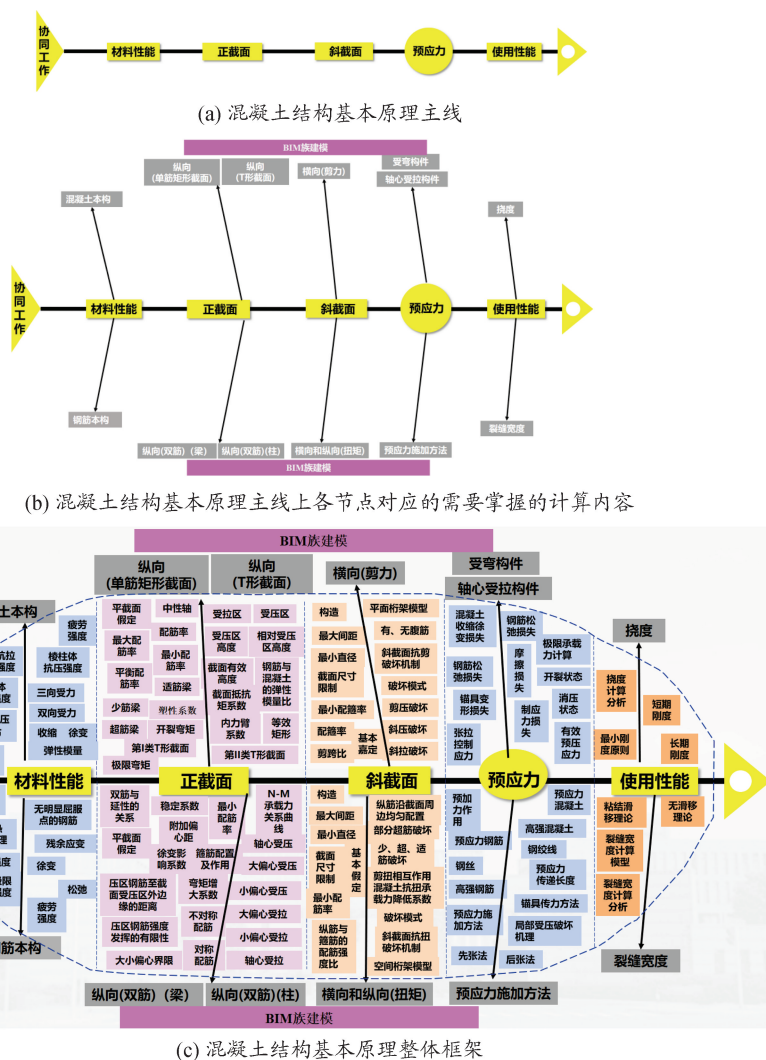


图1 混凝土结构基本原理框架图

### (三) 教学方法的改革

#### 1. 学习行为力学解剖

学习如爬坡,教学也如爬坡(图3)。学习中,由于内容自身具有难度(如概念、假定、符号、定义、构造…),难点犹如向下的摩擦力,阻碍学生前行,常会偶感倦怠,通过教学改革,授课教师顺势

而为,给学生一个推力,及时帮助学生克服难点。更为重要的是,帮助学生提高向上的内驱力,只有内驱力足够的强大,才能“会当凌绝顶,一览众山小”。



图2 混凝土结构基本原理知识树

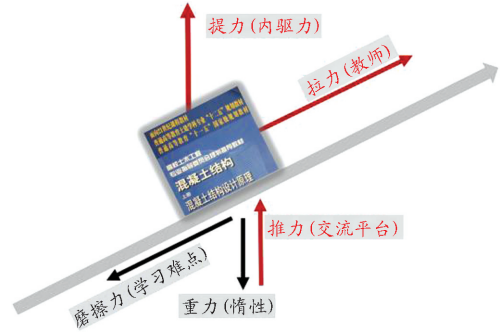


图3 学习行为力学解构

### 2. “新工科”背景下的教学方法

线上线下相结合是当前疫情下的教学特色。“00后”成长于网络时代,他们的学习方式因此产生革新,也为教育革新源源不断注入活力。很多在线教育平台推出的手机APP提供了便利、高效的学习模式,借助互联网,通过配置动图、表情包,帮助学生更好地理解课程中的重难点知识,为学生提供一个能够随时随地使用的学习平台,以提高课堂学习效率。

在教学过程中融入“互联网+”元素(图4)具有积极的教学效果。通过在混凝土结构基本原理课程教学中融入弹幕互动、考勤,以及在习题册中插入二维码等“互联网+”元素<sup>[12-13]</sup>,提供线上交流平台;在不影响正常教学的情况下,将雨课堂插入教学课件;在关键知识点处设置陷阱,插入选择题,让学生在不断犯错的过程中掌握知识;利用超星、智慧树等教学平台,建设混凝土结构基本原理网上习题库和答疑平台,为解答学生疑惑提供了新的途径,同时也有利于学生课后复习并拓宽专业知识面。此外,利用其他高校已建成的网络实验室平台,让学生在在学习混凝土结构基本原理相关知识的过程中,能够通过网络仿真试验了解构件的受力全过程,包括截面的应力应变变化、构件的整体变形、裂缝开展过程等,让学生深层次地了解受力状态下构件的全过程受力特征,加深对知识点的掌握。

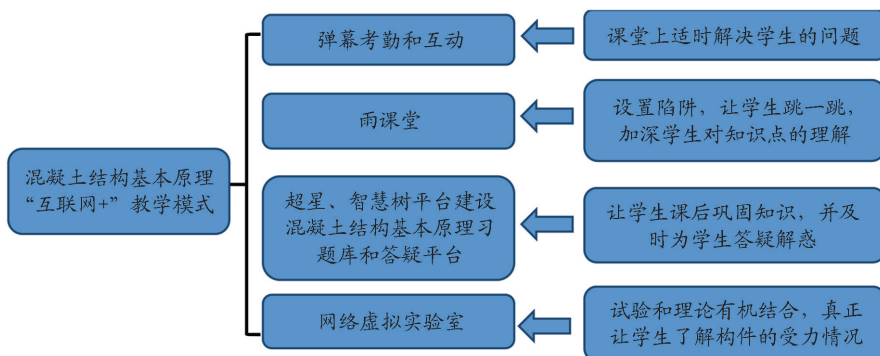


图4 “互联网+”教学方法

在教学中,应遵从学生知识内化的规律,要求学生做到课前预习、课上认真做笔记(图5)、课后复习、练习,利用项目管理中的PDCA原理(Plan 计划、Do 执行、Check 检查和 Action 查漏补缺四个

环节)进行阶段性学习。

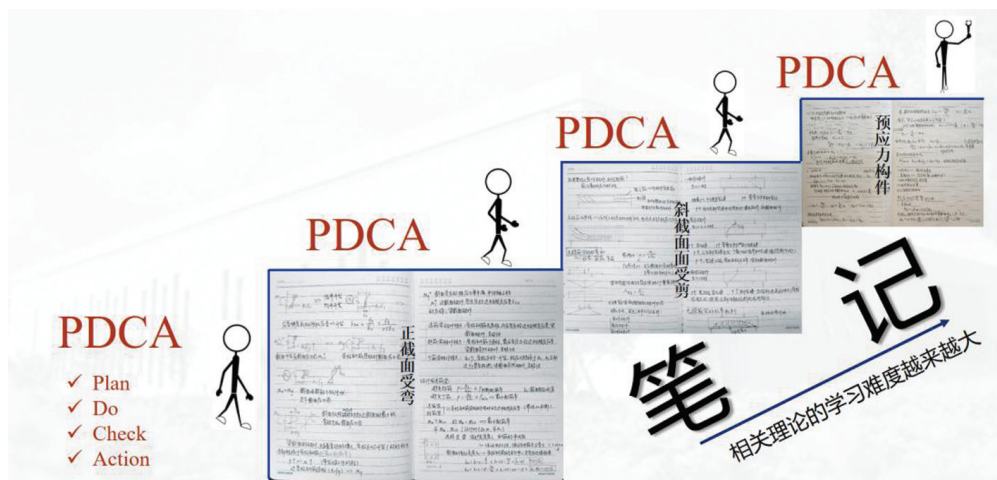


图5 PDCA原理用于课程学习示意图

### 三、结语

应用型本科土木工程专业应紧密结合国家发展规划和行业发展形势,及时调整课程的教学内容和方法,在信息技术不断向土木工程行业渗透的“新工科”时代凸显。基于应用型本科办学定位,课程教学要适应新的行业变化、满足新的生源特点,培养学生具备工程技术创新能力是对专业课程改革的主要聚焦目标。而改革的基本思路即是在教学中主动将传统的教学内容与信息、电子、机械、材料科学等学科新的基础理论和应用进行跨界融合。混凝土结构基本原理作为土木工程专业基础课程,将BIM和预制装配式建造等土木工程新技术主动纳入课程教学中;通过多样化的教学手段,线上线下相结合,利用弹幕互动、雨课堂、网络答疑平台和虚拟实验室等互联网元素,加深学生对混凝土结构基本原理知识的理解,提高其创新能力和分析解决问题的能力。

#### 参考文献:

- [1]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.
- [2]冀胜意,应卫平,冯军.“新工科”专业建设的发展理路与未来走向[J].黑龙江高教研究,2020,38(4):24-28.
- [3]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育体系建设[J].高等工程教育研究,2020(1):31-36.
- [4]刘坤新,罗忠青.“学的专家”理念下的教师案例研究实践[J].教育理论与实践,2020,40(11):27-30.
- [5]汤永净,赵勇.混凝土结构基本原理课程教改中新模式和新平台的应用[J].高等建筑教育,2017,26(1):99-102.
- [6]汤永净,柳献.混凝土结构基本原理教学研究[J].高等建筑教育,2015,24(4):59-63.
- [7]高佳琪.90后与00后心理状态和学习动机的调查研究[J].长春教育学院学报,2010,26(2):48-50.
- [8]李卫琴.浅谈00后的性格特点与小学基础教育对策[J].商情,2014(7):186.
- [9]《“十三五”装配式建筑行动方案》[Z].2017.
- [10]刘剑平,尹向东.“新工科”跨界融合研究:必要性、困境及发展路径[J].黑龙江高教研究,2020,38(2):88-93.
- [11]东南大学,天津大学,同济大学.混凝土结构(上册)—混凝土结构设计原理[M].7版.北京:中国建筑工业出版社,2020.

[12] 吴竞, 李燕, 李红. 在土木工程专业本科教学中增添互联网元素效果初探[J]. 中国建设教育, 2017(5): 120-122.

[13] 吴竞, 陈鲁. 弹幕在混凝土结构课程设计教学中的应用[J]. 中国教育技术装备, 2017(24): 134-136.

## Curriculum reform of application-oriented universities under the background of emerging engineering education: Taking the course of concrete structure principle as an example

TANG Yongjing<sup>1,2</sup>, GUAN Linbo<sup>1</sup>, WU Jing<sup>1</sup>, LI Yan<sup>1</sup>, TONG Lewei<sup>1,2</sup>

(1. Tongji Zhejiang College, Jiaxing 314051, Zhejiang, P. R. China;

2. College of Civil Engineering, Tongji University, Shanghai 200092, P. R. China)

**Abstract:** Based on the development and change of the civil engineering industry under the background of emerging engineering education, combining the directions of educating undergraduate talents and the characteristics of college students who were born after 2000, this paper puts forward the fact that the application-oriented undergraduate students majoring in civil engineering should focus on cultivating their abilities of applying engineering science, project management coordination, and the engineering technology innovation to ensure the normal graduate in civil engineering of intelligent construction to engineering application and management work. Based on the multi-disciplinary development, new ways of thinking and innovation can be initiated. Taking the curriculum reform of basic principles of concrete structure as an example, considering the technology updates of civil engineering industry, we employed the modern teaching and learning approaches to discuss curriculum reform. In terms of teaching content, precast prefabricated concrete structure and BIM technologies in civil engineering industry are actively combined with traditional knowledge to form a new framework of “basic principles of concrete structure” courses. From the view of pedagogy, we should fully explore and use the Internet+ learning platform and various teaching methods to better stimulate the willingness to learn of the students born after 2000, so as to improve the effectiveness of teaching.

**Key words:** emerging engineering education; application-oriented undergraduate; cross fusion; civil engineering specialty; basic principles of concrete structure

(责任编辑 梁远华)