

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.03.017

欢迎按以下格式引用:王娟,赵均海,孙珊珊,等.基于OBE理念的“分段融入式”工程图学课程探索[J].高等建筑教育,2024,33(3):137-143.

# 基于OBE理念的“分段融入式” 工程图学课程探索

王娟<sup>a</sup>, 赵均海<sup>b</sup>, 孙珊珊<sup>b</sup>, 周媛<sup>a</sup>

(长安大学 a.理学院; b.建筑工程学院, 陕西 西安 710061)

**摘要:**结合现代工程图学课程体系的特点,以画法几何与工程制图课程为载体,从平面图形、基本体、立体表面交线、组合体,以及建筑工程图等方面,论述了三维建模软件Revit与工程图学课程融合的切入点,提出了基于OBE理念的“分段融入式”工程图学课程的实施方案。教学过程强调以学生为中心,通过创新设计项目引导学生协同学习,培养学生的团队协作精神和创新精神。并以长安大学为例,详细介绍了“分段融入式”工程图学课程的教学实践,包括教学内容、教学安排和实践效果。

**关键词:**工程图学;分段融入式;成果导向;Revit三维建模;创新设计

中图分类号:TB231

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2024)03-0137-07

工程教育专业认证对引导和促进专业建设与教学改革、保障和提高工程教育人才培养质量至关重要。成果导向教育(OBE)作为一种先进的教育理念,强调以学生的学习效果引导教学设计和教学方法<sup>[1]</sup>,要求学生具备解决复杂实际工程问题的能力。工程图学课程作为工程教育的先导课程,在培养学生能力方面发挥着重要的作用<sup>[2]</sup>,信息化的发展和三维软件的广泛应用使得工程图学课程的教学体系和内容正发生着深刻的变革,越来越多的高校将三维建模引入工程图学课程中,结合现代工程教育专业认证要求,进行了一系列的课程改革和实践,取得了丰富的成果。清华大学童秉枢<sup>[3]</sup>根据三维建模的引入方式将课程体系总结为3种模式:主线式、分段式和独立式。其中,主线式是将三维建模的原理、方法和技能融入教学的全过程,与课程原有教学体系中的传统工程图学和二维计算机绘图内容相互支撑。这种模式往往造成学习缺乏系统性,学生的注意力不断在三者之间跳跃,使学生抓不住重点,条理不清。分段式是将传统工程图学、二维计算机绘图和三维建模设置在不同学期不同阶段集中学习,独立式是将三者作为独立的课程开设,各部分具有独立性和系统性,便于教学组织,能够体现三维模型的引入。这种模式往往使得各部分之间的联系不够紧密,无法体现三者之间的关系。为此,教师常常在教学过程中演示提前做好的三维模型,以直观地反映三维模型与二维视图之间的对应关系,学生可产生极大的兴趣。但由于未能合理设置教学安排,这种

修回日期:2021-12-30

基金项目:长安大学实验教学改革研究项目(20211824);长安大学国际教育教学改革项目(300108211044)

作者简介:王娟(1987—),女,长安大学理学院讲师,博士,主要从事土木工程研究,(E-mail)wangjuanchd@126.com。

兴趣并没有在三维软件的学习上产生促进效果。史艳红等<sup>[4]</sup>在比较三种引入方式的基础上,提出了混合式工程图学课程的实施方案,建议将三维建模设置在平面图形后,使学生较早掌握三维建模的方法,并在后续传统教学中融合应用。然而,平面图形和三维建模缺乏联系,这种顺序设置与学生的认知习惯不相符。同时,平面图形部分是工科学生学习工程图学课程时的第一部分内容,若没有接触二维计算机绘图,直接学习三维建模软件,显然对于学生存在一定的难度。此外,高校工程图学课程的学时有限,通过压缩传统工程制图内容的部分课时,增加三维建模的课时,仅能介绍三维建模软件的基础命令,且容易给学生造成传统工程制图是次要内容的错觉。

BIM(Building Information Modeling)技术引发了全球建筑业的技术革命,在国内外建筑行业愈来愈受重视<sup>[5]</sup>,鉴于目前BIM工程技术人才缺乏,高校的BIM教学改革刻不容缓<sup>[6]</sup>。周媛等<sup>[7]</sup>提出将三维建模软件Revit引入工程制图课程的教学体系,但并未说明如何将Revit引入课程体系,也未介绍引入Revit后如何进行详细的课程设计。

为保证课程体系相对完整、顺应行业技术发展趋势,本文基于OBE教学理念,借鉴主线式、分段式和独立式三种模型的优点,提出将Revit三维建模和二维计算机绘图引入工程图学课程的“分段融入式”模型,该模型将工程图学的教学过程分为两个阶段:一是绘图软件学习阶段;二是融入了二维计算机绘图和三维建模的工程图学教学阶段,在该阶段通过细致整合投影定理、手工绘图、二维计算机绘图,以及三维建模等内容,建立了现代化工程制图的教学新体系。

## 一、“分段融入式”工程图学课程的实施基础

### (一) 课程内容的改革

鉴于当前课程内容较多、课时有限和工程设计的实用性,在教材中适当删减了理论内容,增加了工程图部分的内容,包括以下几方面:(1)减少画法几何点线面部分的学习课时;(2)删除直线和平面的贯穿点、换面法部分的内容,换面法知识在实际中较少应用,贯穿点知识在截交线部分提及即可;(3)减少截交线和相贯线部分的内容,目前课程此部分内容过多,应用有限;(4)加强轴测图部分中徒手绘图能力的学习课时,徒手绘图作为技术人员快速表达设计意图的手段,有助于学生记录瞬间灵感;(5)增加工程图部分的内容。例如,识读项目施工图、创新项目以及BIM成图技术等,以强化学生的应用能力,更好地完成后续专业课程的实践环节,培养学生的综合图学技能。需要注意的是,为避免工程图学课程成为几乎没有理论的“工具课”,影响整个学科的良好发展,课程的理论部分只删减了个别冗繁内容,删减后的工程图学课程的理论性仍远多于应用性<sup>[8]</sup>。

### (二) 三维建模的融入

工程制图课程是土木类专业学生的一门专业基础课,以往设计师普遍使用CAD软件绘制施工图纸,即利用二维图形表达建筑形体。由于Revit三维模型具备可视化、信息化、协同化等优点,其应用范围已经超过传统CAD。然而,Revit工程图建模需要先绘制二维平面图,直接建立的三维实体模型所生成的二维投影图不符合国标,修改仍需使用二维软件,且传统CAD绘制的二维图形更容易进行尺寸标注、满足技术要求,比三维模型表达得更清楚和准确。因此,短期内CAD技术还不能被Revit完全取代。考虑到课程改革与后续课程的衔接、现有小型设计院传统设计的需要,工程制图课程的投影理论和二维工程图部分依然需要保留<sup>[9]</sup>,应设法在教学过程中结合二维图学教育和三维模型的特点,得到较为优质的教学效果。总体而言,在融合了三维建模的教学内容中,投影理论和二维绘图仍是主要内容<sup>[10]</sup>,强调以传统教学为主,培养学生的空间想象能力和思维能力,为学生识读和绘制工程图打好基础,以三维建模为辅,将其作为工具服务于二维,激发学生学习工程制图

的积极性,建立学生对工程行业的直观认识。

## 二、基于OBE理念的“分段融入式”工程图学课程的实施方案

### (一) 成果导向设置模式

空间想象能力和思维能力是图学素质培养的核心,三维设计正是培养这种能力最直接有效的工具。将三维建模融入工程制图课程时,必须要注意三维建模的设置形式、时间和融入点,既要保证投影理论和二维工程图体系的完整,又要充分发挥其辅助功能。一是调动学生学习热情的同时,不模糊课程重点。二是提高教学效果的同时,考虑学习对象与后续课程、学科竞赛或毕业工作的相辅相成,满足基于OBE能力培养的教学理念要求。三是进行教学设计时,保证三维建模贯穿教学全过程,与传统工程图学紧密融合,使其作为工具对传统图学教学切实起到促进作用。

画法几何与工程制图课程第一章的主要内容为平面图形的绘制。此部分内容与后续内容相对独立,是手工绘图和计算机绘图的基础,而二维计算机绘图又是三维计算机建模的基础。因此,课程内容设置可更加紧密,将传统CAD二维计算机绘图设置在手工绘制平面图形作业之后,使得学生充分掌握三部分知识。考虑有限的课时量和融入目标,可将Revit三维建模设置为选修课,仍由本系制图教师负责讲授,开课时间安排在CAD二维计算机绘图完成之后(第4周第2次课),主要介绍软件的基本操作和建模的方法。三维建模选修课结束时,传统工程图学课程的点线面部分已经基本结束(第7周),进一步开始基本体的投影学习时,便可以自然而然融入三维建模。同时,整个教学过程可清晰地分为两个阶段,即绘图软件学习阶段和工程图学教学阶段,使学生清楚地认识到手工绘图、二维计算机绘图和三维建模分别是工程图学的三种方法和手段。后续的学习任务和教学重点则是充分利用这三种方法掌握和运用相应的图学知识,包括投影理论和二维工程图,形成明晰的主次关系。此外,全国大学生生成图大赛通常在7月份举行,有意向的学生修完选修课后,可以参加课题组教师组织的选拔和集训。学生既能提升软件技能,又能增强制图的学习愿望,更好地学习图学课程,为就业增加了技能优势,符合成果导向的教育理念。总体而言,该课程设置模式符合学生的认知规律,也体现了以学生的全面发展为中心的教学理念。

### (二) 成果导向教学设计

#### 1. 三维建模在基本体中的应用

在基本体部分,学生需要掌握空间立体的投影特点,既能用二维投影的方式将空间立体在平面上表达出来,又能根据二维投影想象出空间立体的形状。三维建模作为工具在此部分主要发挥引入作用,教师可以先利用Revit中拉伸命令建立柱状体、利用旋转命令建立回转体。由于学生已经在Revit选修课中掌握了三维建模的基本方法,便可自然而然地将再现的建模过程理解为旧知识的运用。课上,教师通过多视口设置引入建立体的二维正投影的三视图,使学生直观理解三维立体和三视图之间的对应关系,加深对投影理论的掌握。课后,学生通过尺规绘图和CAD两种方式完成绘制立体三面正投影的习题,如有问题还可通过自建三维模型反复观察对比进行思考。

#### 2. 三维建模在截交线和相贯线中的应用

工程制图课程旨在培养学生的空间想象能力和绘图识图能力。因此,课程融入三维建模时必须注意切入点,既要展现三维建模的优势,又不能使学生在学习投影理论知识时过于依赖三维建模,影响空间想象能力的培养。三维建模作为工具在截交线和相贯线部分主要起解惑的作用。例如,两圆柱正交时,在圆柱表面产生的相贯线是两个空间曲线,随着小圆柱直径的不断增大,相贯线曲线越来越趋向于大圆柱轴线,当两圆柱直径等大时,相贯线则变成了两条相同的平面曲线,即椭

圆。学生在学习这部分内容时,应先通过传统教学掌握投影的相关理论和作图方法,在脑海中想象空间立体和投影之间的对应关系。若在此过程中,学生能够根据所学投影知识大致完成三视图,却仍无法准确理解该相贯线发生的形状质变,便可通过三维建模中的基本命令,动态展示小圆柱直径不断增大时相贯线的变化,特别是展示相贯线由空间曲线变为平面椭圆时的瞬间变化,可最为直观地加深学生的印象,增强学生对投影知识的掌握。

### 3. 三维建模在组合体中的应用

制图中组合体部分的读图既是重点又是难点,三维建模作为工具在组合体部分主要发挥分析和验证的作用。例如,读图的形体分析法是将投影线框作为基本体的投影,以此分解复杂的组合体。课上,教师可分别利用Revit对分析的基本体进行三维建模,进而得到组合体三面正投影对应的立体图,完成读图过程的示范,使学生掌握建模的技能,激发学生制图的学习兴趣。在掌握了组合体投影理论、画图方法,以及逐步建立起分析复杂立体的能力基础上,先要求学生利用尺规绘图,作答知二求三和补漏线等典型例题,接着为了验证结果的正确性,利用Revit建立起构思好的三维立体模型,对照软件自动生成的二维投影图和尺规结果。同理,在构型练习部分,学生可以大胆假设,再通过三维建模予以验证,充分鼓励和培养学生的创新能力。此外,因为进行组合体三维建模时,势必需要各种定形尺寸及定位尺寸,所以在学习组合体尺寸标注时,学生更能理解完整性原则。课后,学生仍然通过尺规绘图和CAD两种方式完成组合体二维投影的习题。新的教学设计既使学生在学习过程中可以随时积极地应用建模软件,又体现了三维模型成为读图辅助手段的性质。还将三维建模与工程图学进行了紧密融合,对培养学生的空间想象能力和读图能力发挥了重要作用。

### 4. 三维建模在建筑工程图中的应用

此部分实践性和专业性较强,学生由于缺乏工程实践经验,理解存在困难。教师可以在课前先用Revit建立与教材例题一致的工程三维模型,从而辅助读图。例如,在建筑平面图教学中,可利用“剖面框”命令展示房屋水平面剖视图(平面图),以介绍建筑平面图的形成。通过三维模型和二维平面图的对照分析、动画漫游,使学生直观了解房屋的总体布局、平面布置和建筑构造等专业知识,掌握阅读施工图的基本方法。利用“创建剖面视图”命令创建剖面图,讲解剖面图的形成,内外墙、各楼层、楼梯间、休息平台,以及屋面的构造和位置关系等。通过三维模型反作用于二维图纸的方式,引导学生建立实物与图形的对应关系,有助于提高学生对于图纸的理解能力,拓展学生的空间想象能力。主要的课程任务则是手工绘制建筑施工图,继而进行二维计算机绘图(CAD绘制建筑施工图)。

### 5. 创新项目的牵引

随着传统工程图学逐步向现代工程图学转变,教学模式上强调培养学生形象思维 and 创新能力。为贯彻工程图学课程改革实践并响应教育部“强化工程实践能力、工程设计能力与工程创新能力”的卓越工程师教育培养目标,长安大学工程图学系在建筑工程图部分增加了部分课时用于创新项目的学习,教师给定设计题目,学生借助三维设计软件分组完成,学生在此过程中体会团队合作和创新精神。

具体而言,学生自由分组(每组3~5人),利用课外时间查阅相关资料进行建模设计,完成项目后,每组选1名代表以PPT的形式进行项目答辩。三维建模实例,如图1所示。接着,部分学生进一步强化学习建模设计,并逐步引入“全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛”和“全国三维数字化创新设计大赛”等相关模型进行练习,提升学生自身学习和建模设计能力。既可使优秀学生脱颖而出,带动和激发周围学生的学习热情,又可发现教学不足、检验教学成果,实现以赛促学、以赛促教、持续改进的目标。通过课堂学习和课外实践相结合,探索有利于创新型人才培养的图学

教学改革,培养更多符合当今企业需求的图学人才。



图1 三维建模实例

近年来,长安大学工程图学课程实践取得了较好的效果。2018—2021年参加“陕西省工程制图和3D建模大赛”和“全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛”,佳绩连连。其中,在“第十四届‘高教杯’全国大学生先进成图技术与产品信息建模创新大赛”中分别获得了团体一等奖、制图基础知识一等奖等荣誉,在“‘天正杯’bim创新应用大赛”中取得了创新应用二等奖和诸多单项奖的好成绩,学生的学习热情更加高涨,真正体现了成果导向教育理念。

由此可见,无论是从课程内容的教学组织,还是三维建模在课程各部分的融入方式来看,新的“分段融入式”模型一直以学生的学习需求为重点。三维建模贯穿于教学全过程,教学安排既有融合又考虑不同阶段的内容设置,教学环节环环相扣,教学内容重点突出,教学方法清晰独立。并且,着眼于培养学生的图学素养,大大拓宽了制图课程教学的知识面。

### 三、基于OBE理念的“分段融入式”工程图学课程的教学实践

#### (一)“分段融入式”工程图学课程的教学安排

长安大学融入了Revit三维建模的画法几何与工程制图课程仍为110课时。其中,第一学期62课时,需完成绪论到轴测投影的讲授,第二学期48课时,从建筑形体的表达方法开始讲授,具体的教学安排及时间节点,如图2所示。

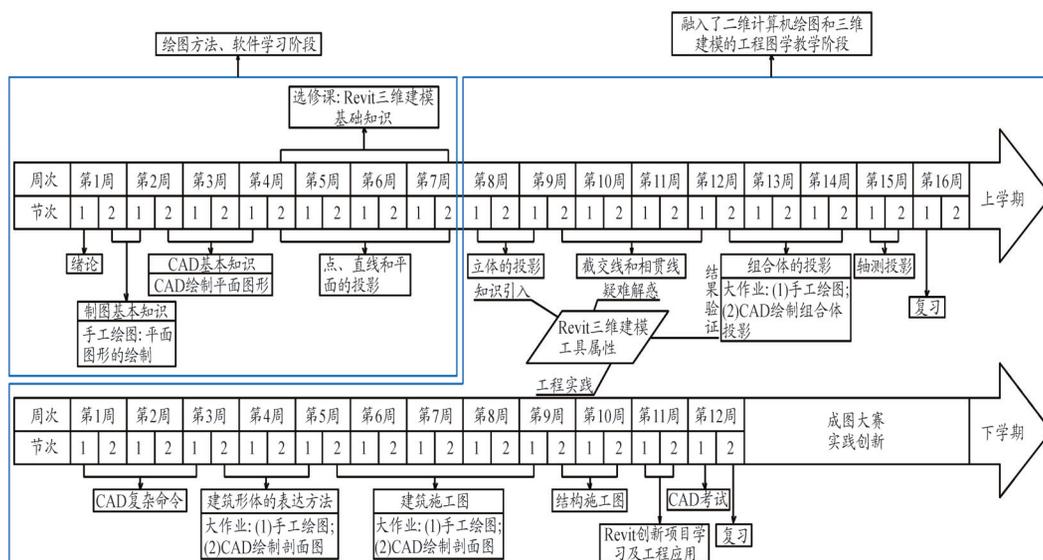


图2 “分段融入式”工程图学课程安排

## (二)“分段融入式”工程图学课程的实践效果

经过多年的摸索和实践,长安大学“分段融入式”工程图学教学模式已逐步完善,每年有近600名土木类学生参与其中。由于同一教师同时授课的班级之间存在整体分数差异的情况,本教学体系未针对学生成绩简单对比,更关注学生反馈的学习效果和作业质量,针对发现的问题,持续改进。为了了解学生对“分段融入式”工程图学课程的主观评价,进而为教学设计和方法提供参考,本研究采用匿名方式进行了问卷调查,题目设置如表1所示。问卷共发放102份,收回99份,有效问卷97份,有效率97.98%。

表1 “分段融入式”工程图学教学模式的问卷调查

问题	答案
您是否支持工程图学课程“分段融入式”的教学模式	A.支持 B.不支持 C.无所谓
您如何看待融入了三维建模的“分段融入式”工程制图教学效果	A.提高了学习兴趣 B.改善了教学效果 C.加深了学习深度 D.注重知识的应用 E.都没有

调查结果如图3所示,87.70%的学生支持“分段融入式”教学模式,绝大多数学生认为融入了三维建模的“分段融入式”制图教学提高了学习兴趣、改善了教学效果,同时加深了学习深度、注重知识的应用。可见,学生对“分段融入式”工程图学教学模式的满意度较高。

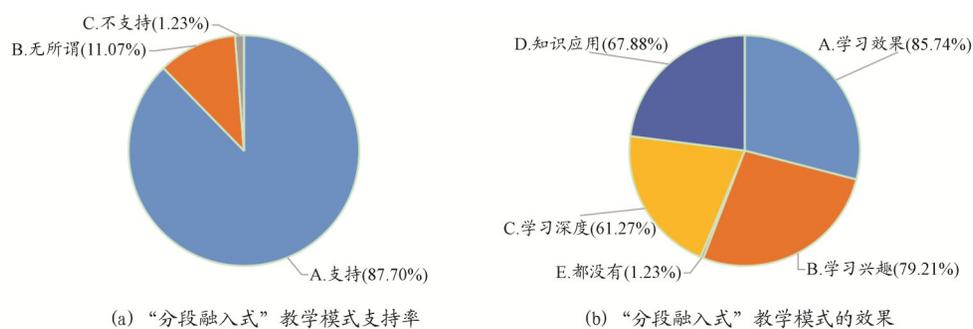


图3 “分段融入式”工程图学教学模式的满意度调查

## 四、结语

基于OBE理念的“分段融入式”工程图学课程主要通过手工绘图、二维计算机绘图、三维建模三种方法掌握相应的投影理论和运用工程图知识。其中,手工绘图和二维计算机绘图为主、三维建模为辅,三维建模以选修课的形式被设置在二维计算机绘图之后,继而融入并贯穿于画图和读图的全过程。“分段融入式”工程图学课程的教学设计和安排仍然围绕传统图学投影理论,课堂重点在于培养学生手工绘图能力。例如,课程将二维计算机绘图大作业安排在相应手绘大作业之后。“分段融入式”工程图学教学模式从学生接受知识的角度出发,合理进行教学安排,使三维建模服务于二维,发挥知识引入、疑难解惑、结果验证,以及工程实践的作用。既保证了图学课程的完整性,又体现了三维建模和工程图学的有效融合。整个教学过程全面运用工程教育专业认证的理念,贯彻了成果导向、以学生为中心、持续改进的要求,加强了实践绘图环节,培养了学生独立思考、空间想象、三维模型设计、团队合作,以及创新设计的能力。为保证工程图学课程改革的顺利进行,高校需从教材和计算机硬件设施两方面进行改革,使其与教学内容相匹配,满足三维建模的需要。长安大学针对新教学体系的第三版教材已于2022年投入使用。

## 参考文献:

- [1] 陈林,贾颖颖,赵斌,等. OBE理念下大学三年级建筑设计课程教学改革探究——以空间再生课程作业为例[J]. 高等建筑教育,2021,30(2):127-133.
- [2] 张京英,佟献英,杨薇. “互联网+”时代图学教育现状调查与研究[J]. 图学学报,2017,38(6):919-924.
- [3] 童秉枢,易素君,徐晓慧. 工程图学中引入三维几何建模的情况综述与思考[J]. 工程图学学报,2005,26(4):130-135.
- [4] 史艳红,刘华洲. “混合式”工程图学课程研究[J]. 图学学报,2017,38(5):785-788.
- [5] 覃亚伟,余群舟,孙峻,等. BIM技术在工程估价教学中的全过程应用探讨[J]. 高等建筑教育,2020,29(1):162-168.
- [6] Wong J K W, Zhou J. Enhancing environmental sustainability over building life cycles through green BIM: A review[J]. Automation in Construction,2015(57):156-165.
- [7] 周媛,王娟,张建华,等. 基于BIM的土木工程制图课程改革实践[J]. 当代教育实践与教学研究,2019(11):162-164.
- [8] 叶军,孙根正. 三维建模引入制图课程的改革研究[J]. 工程图学学报,2008,29(2):168-172.
- [9] 齐岳,张俊华,赵文军. 结合BIM技术的房屋建筑学课程改革探讨[J]. 高等建筑教育,2014,23(6):147-149.
- [10] 孙明,胡妮妮. BIM技术融入CAD课程的教学改革研究与实践[J]. 图学学报,2017,38(1):109-113.

## Research on segmental integration engineering drawing curriculum based on OBE

WANG Juan<sup>a</sup>, ZHAO Junhai<sup>b</sup>, SUN Shanshan<sup>b</sup>, ZHOU Yuan<sup>a</sup>

(a. College of Science; b. School of Civil Engineering, Chang' an University, Xi' an 710061, P. R. China)

**Abstract:** Based on the characteristics of modern engineering drawing curriculum system, taking descriptive geometry and engineering drawing curriculum in civil engineering as the carrier, this paper discusses the entry points for the integration of Revit 3D modeling software and engineering drawing courses in terms of plane figures, elementary units, intersection of solid surfaces, assemblies and architectural drawings. Guided by OBE, the paper also puts forward implementation scheme of segmental integration engineering drawing curriculum. The teaching process emphasizes student-centered in order to develop students' ability of teamwork and innovation via collaborative learning within the innovative design projects. Taking Chang' an University as an example, the paper introduces in detail the teaching practice of segmented integration engineering drawing course, including teaching content, teaching arrangements, and practical effects.

**Key words:** engineering drawing; segmental integration; outcome-based; Revit 3D modeling; innovative design

(责任编辑 代小进)