

doi: 10.11835/j.issn.1005-2909.2019.04.021

欢迎按以下格式引用:车伟,崔玥.土木工程 BIM 教育“四位一体”全过程融合教学体系研究[J].高等建筑教育,2019,28(4):126-133.

土木工程 BIM 教育“四位一体” 全过程融合教学体系研究

车伟,崔玥

(中国地质大学(北京)工程技术学院,北京 100083)

摘要:根据企业对 BIM 人才的层次化需求,以土木工程专业为例,在不改变现有教学体系的条件下,将 BIM 技术多阶段、梯度式融入本科人才培养的全过程,构建了“四位一体”的 BIM 教学课程体系。该体系依据课程特点,将 BIM 主要知识点融入专业课程的教学中。学生可依据自身能力、兴趣点和未来职业规划,找到适合自己的 BIM 能力需求层次培养方案,完成 BIM 工程项目的综合实践能力考核及毕业追踪调查,实现了 BIM 技术教育、实践和服务的融合创新。

关键词:土木工程;BIM 教育;四位一体;教学体系

中图分类号:TU71;G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2019)03-0126-08

建筑信息化模型(BIM)技术是继计算机辅助制图(CAD)技术后在工程建设领域的又一次革命性技术创新。该技术具有三维动态可视化、专业内及专业间的有效协同、全面数字信息化等特点,对优化设计、可持续性绿色设计、模拟施工、减少后期工程变更起到强有力的促进作用^[1-2]。必须进一步强调,BIM 不是 CAD 软件的简单升级,而是一种高效的项目管理思维模式,是实现项目精细化、信息化、高效化管理的重要手段。国家“十三五”信息化发展规划已明确要求建筑相关企业强化 BIM 技术的推广应用^[3]。近些年,BIM 技术在国内许多大型建设项目中进行了实践应用,例如,北京“中国尊”大厦是最全面应用 BIM 的典型代表。

目前,BIM 推广应用的短板是层次化 BIM 专门人才的严重不足^[1],因此,提供专业、系统的 BIM 教育与实践是建筑行业未来的持续需求。中国 BIM 应用正在蓬勃发展,大规模培养相关专业人才日益迫切。学生是未来 BIM 技术推广应用的主要储备力量,针对建筑、土木工程、暖通及工程管理等与 BIM 相关专业,系统讲授 BIM 技术理念及应用才能快速实现 BIM 专业应用人才的量级提升。

修回日期:2018-04-13

基金项目:中国地质大学(北京)教学研究与教学改革专项经费(JGYB201603)

作者简介:车伟(1979—),男,中国地质大学(北京)工程技术学院讲师,博士,主要从事建筑结构抗震与建筑信息化研究,(E-mail) chewe@ cugb.edu.cn。

BIM 教育是一个复杂的综合系统工程,也是一种高效思维管理模式的培养,不能仅通过增设一门或两门 BIM 课程来解决,需要系统地将 BIM 技术主要知识点与专业课程体系进行深度融合^[4-6]。以土木工程专业为例,在不改变现有教学课程体系的情况下,将 BIM 技术知识分阶段、梯度式融入本科人才培养的全过程,构建“四位一体”的 BIM 教学体系。

一、BIM 能力的层次需求

BIM 专业应用人才是运用 BIM 技术支持和完成建设项目的规划、设计、施工、经营管理等全生命周期中各种专业任务的专业人员。

社会对 BIM 人才的需求具有多层次、多类型的特点。不同类型、不同科技含量的单位对 BIM 人才有不同的要求与侧重。根据职位设置和能力水平的不同,主要分为初级型、标准型、中端型、高端型,如图 1 所示。

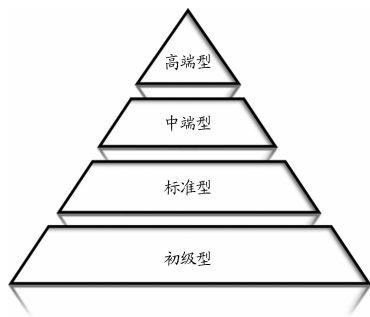


图 1 BIM 人才需求层次

(一) BIM 初级型人才的能力要求

初级型人才主要完成专业的翻模工作,是 BIM 应用的初级阶段。

工作职责:独立完成建筑、结构、暖通等各专业图纸的翻模工作,协助专业工程师完成初步方案设计 & 施工图绘图等工作。

能力要求:熟悉建筑、土木、暖通、工程管理等专业基础知识,具备基本读图、识图能力,了解 BIM 的基本建模流程框架,熟练操作 BIM 建模软件和相关二维绘图软件,能依据各专业的设计图纸进行三维翻模。

(二) BIM 标准型人才的能力要求

标准型人才是在搭建 BIM 模型的基础上,进行 BIM 专业分析,完成 BIM 分析报告。

工作职责:系统理解各专业的施工图纸,负责专业协同的 BIM 三维模型搭建。基于 BIM 信息模型,进行专业间的碰撞检查分析,对绿色建筑设计过程提出优化建议,完成 BIM 虚拟漫游、虚拟施工模拟等三维可视化工作。

能力要求:熟悉项目全生命周期的 BIM 应用框架流程,具备扎实的专业知识和 BIM 应用实践经验,熟悉 BIM 应用技术相关规范,熟练使用 BIM 软件及各类设定信息参数的含义。

(三) BIM 中端型人才的能力要求

中端型人才主要进行专业之间的综合协调,具体负责 BIM 项目的团队组建、工作计划等全方面工作。

工作职责:作为 BIM 建设项目的第一负责人,全面负责 BIM 执行全过程,负责组建 BIM 项目团

队,确定人员组成及角色职责,负责模型创建、计算分析、图纸绘制等专业间及设计环节间的综合协调工作,负责 BIM 项目工作进度的管理与监控及相关技术指导。

能力要求:具备深厚的建筑、土木、暖通和工程管理等相关专业背景,具有建筑行业实际项目的设计与管理经验,具有独立负责大型 BIM 建筑工程项目的团队管理经验,熟悉 BIM 专业软件操作并深刻理解构件信息参数的设定与选择,具有良好的组织、协调、沟通和领导能力。

(四) BIM 高端型人才的能力要求

高端型人才要求具备更强的 BIM 应用能力,对 BIM 理论有更深层次的理解,可依据企业的不同实际需求进行 BIM 的二次开发。

工作职责:依据特定企业的业务需求,制定合理的 BIM 技术实施方案,并测试 BIM 软硬件系统应用的可行性与高效性。针对不同企业的实际业务需求,负责 BIM 软件的二次高级研发工作。

能力要求:具备计算机应用、软件开发和建筑工程类专业等专业级知识背景,能熟练掌握 ASP. Net 等高级开发环境,熟悉企业所用 BIM 软件的开发接口,具备一定的软件开发经验。

面对企业的层次化 BIM 人才需求,高校要与时俱进,深化 BIM 相关专业的教学体系改革,培养符合行业未来发展需要的高素质 BIM 人才。

二、“四位一体”BIM 教学体系

依据 BIM 人才需求的层次化与技能教育的特点,在整个专业培养过程中建立一个分阶段、层次化、梯度式的 BIM 人才培养框架是可行且必要的。学习过程中,每个学生可依据自身能力、兴趣点和未来的职业规划,精确定位自己的适合层次,实现“以学生为主”的教学体系。

BIM 能力培养不是简单的软件学习过程,而是 BIM 思维的综合建构。BIM 课程体系的设计,应以 BIM 理论为基础,BIM 软件平台为手段,强调工程建设项目全生命周期,构建包含理论知识、软件操作、教学实践和综合实践的“四位一体”BIM 人才培养教学体系,见图 2。

结合“四位一体”的理念和现有教学体系的特点,将 BIM 学习过程分为四个阶段:认知学习期、集中教学期、综合实践期和追踪反馈期。针对不同阶段的教学计划,将 BIM 相关内容嵌入到现有课程或开设独立的 BIM 新课程。

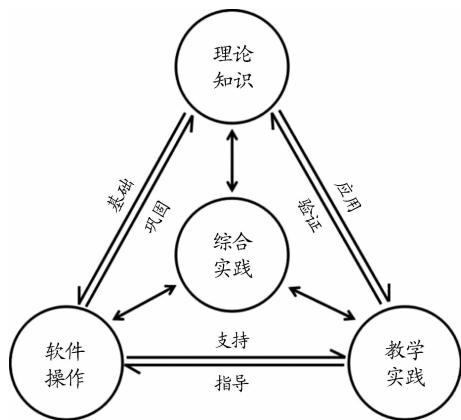


图 2 BIM“四位一体”教学培养体系

(一) 认知学习期

认知学习期是 BIM 学习的初级阶段,主要在大一、大二开设的专业导论课和专业认识实习中进

行融合。在此期间,通过多媒体、动画视频、行业专家讲座、BIM 工程案例等直观的可视化手段,使学生对 BIM 理念产生基本的感性认识。明确 BIM 是什么,为什么学 BIM,如何学 BIM,逐步激发学生的 BIM 学习兴趣,促进学习 BIM 的主观意识。围绕以上 3 个基本问题,建立了如表 1 所示的认知学习期相关课程 BIM 学习内容和教学要求。

表 1 认知学习期的 BIM 教学内容与要求

开设学期	课程名称	融入方式	教学方法	课程层次	BIM 教学内容与要求
一(下)	土木工程概论	嵌入	课堂教学、行业专家讲座	初级 3D	通过初步概念引入和经典案例介绍,了解 BIM 的概念、用途、重要性、现状及未来趋势
一(下)	建筑制图与识图	嵌入	课堂教学、试验教学	初级 3D	掌握建筑施工图的图示方法与识读方法,理解工程的 BIM 基础信息表达,熟练识读建筑、结构施工图
二(上)	建筑 CAD 与 BIM	新建	课堂教学、试验教学	初级 3D	以 Revit 为例,了解 BIM 操作软件的界面构成,了解 BIM 软件的基本操作步骤,能建立简单的 BIM 模型
二(上)	认识实习	嵌入	现场参观、演示教学	初级 3D	现场参观 BIM 代表性工程,了解 BIM 在现代建筑的设计、施工及运行管理过程中的应用和优势。通过真实的可视化 BIM 工程案例的讲解,获得 BIM 技术的基本感性认识

(二)集中教学期

集中教学期贯穿大三、大四的整个专业学习阶段,是 BIM 知识掌握的重要时期。此阶段主要学习 BIM 的理论方法和具体实践应用,每个 BIM 知识点都配套设置相应的实践操作教学环节,加强学生的 BIM 操作运用能力,达到理论与实践融合理解。现有的土木工程专业课程体系依据建设阶段主要包含三大类课程:设计类课程、施工类课程和建造管理类课程。各阶段的 BIM 运用侧重点不同,下面针对不同的侧重,设置相应的教学内容和能力培养方案。

1.设计类课程

在设计类课程的 BIM 教学中,重点帮助学生从 2D 到 3D 的设计理念转换,使学生理解建筑设计中的材料性能、构件空间关系、专业内及专业间图纸的碰撞分析等问题,能进行主体结构、管线系统的综合冲突分析,达到优化结构设计,减少施工变更的效果。

根据《高等学校土木工程本科指导性专业规范》^[7],将设计类相关课程进行 BIM 一体化融合。打通房屋建筑学、钢筋混凝土结构、钢结构等设计专业课,实现建筑建模、结构建模和模型应用的一体化教学,优化各设计课程及相应课程设计实践的关系。

2.工程施工类课程

在施工类课程的学习和课程设计阶段,学生可将时间进度数据集成到 BIM 3D 设计模型中,实现 4D 模拟。

主要学习三方面内容:

(1)施工现场布置模拟。基于 BIM 技术动态展现施工现场的场地划分、施工路线,确定塔吊、材料堆放区、材料加工区和生活区等合理位置和最优施工路线。

(2)施工过程模拟。引入时间维度,按照施工工序进行动态施工方案模拟,展示重要施工环节

动画,分析不同施工方案的优劣,并确定最佳施工方案,优化设备材料进场、劳动力配置、机械排班等各项工作,发现可能的施工隐患。

(3)重、难点关键部位精细化施工过程模拟。对施工的重点、难点和关键部位,进行动态施工及安装模拟,提供虚拟现实信息,优化关键工艺的施工安装方法。例如,预应力钢结构复杂部位的安装、设备管线的安装顺序等。

3.建造管理类课程

建设项目的建造管理包括物料管理、成本管理、质量管理、安全管理等。在管理类课程的教学过程中,学生通过 BIM 技术可实现对项目全生命周期的动态观察。

(1)物料管理。通过 BIM 模型对构件及材料的信息化表达,直接生成可清晰表达空间剖面关系的构件三维加工图、加工构件和需求材料的数量表,实现物料管理的数字化,也解决了未来建造 3D 打印技术的数字建模问题。

(2)成本管理。学生运用 BIM 模型,纳入时间和成本维度,建立成本的 5D 关系数据库,对各个阶段进行快速、多维度的动态成本核算,实现造价信息的不间断追踪管理。

(3)质量管理。通过 BIM 设计模型与阶段施工产品三维激光扫描模型的对比分析,可对现场材料、构件及施工产品进行动态跟踪监控,掌握影响施工质量的不确定性因素。

(4)安全管理。通过 BIM 模型的施工仿真模拟,发现各种不安全因素,解决和消除潜在的施工隐患。

在集中教学期,各专业课程 BIM 教学内容和具体要求如表 2 所示。

(三)综合实践期

BIM 技术强调专业间的协调和建设阶段间的相互配合。根据 BIM 教育的阶段化特点,在大四本科毕业实习和毕业设计阶段,通过实际 BIM 项目的综合实践应用,提高学生的 BIM 实践能力,同时注重培养学生的组织协调能力和 BIM 二次开发能力。

1.毕业实习与题目设置

与 BIM 企业建立“校企合作基地”,安排学生到企业进行毕业实习,使学生熟悉企业 BIM 项目的实施流程和实施方案。根据实际工程项目特点及企业需求,确定毕业题目,坚持“项目相同专业方向(或兴趣点)不同,专业方向(或兴趣点)相同项目不同”的原则,有效解决了项目团队制与毕业设计“一人一题”的矛盾。

2.BIM 毕业设计过程

团队小组中设置 BIM 项目经理角色,负责协调各角色成员的分工协作问题。依据进度要求,定期通过三维模型展示每位学生的进展。最终实现项目的设计、施工、管理整个全生命周期的信息化分析,形成 BIM 分析的总报告和分报告(各自的毕业论文)。指导教师在过程中扮演指导及评审专家角色。对具有软件开发兴趣及掌握一定编程基础的学生,可引导进行 BIM 产品定制开发的毕业设计工作。

(四)追踪反馈期

建立“BIM 校友交流微信群”,定期举办 BIM 校友沙龙,邀请毕业校友为在校学生开展 BIM 主题讲座,分享 BIM 学习的乐趣和经验,及时获取 BIM 相关企业单位的需求信息和毕业生的反馈信息。持续改进 BIM 应用的教学实践内容,实现高校-毕业生-企业间的三方良性循环互动。

表 2 集中教学学期的 BIM 教学内容与要求

课程类型	开设学期	课程名称	融入方式	教学方法	课程层次	BIM 教学内容与要求
	二(下)	土木工程材料	嵌入	课堂教学 实践教学	中级 3D	了解建筑规范的常用材料性能及应用,初步了解材料造价控制在 BIM 系统 5D 技术中的应用
	二(下)	房屋建筑学	嵌入	课堂教学 实践教学	中级 3D	识读 BIM 生成的建筑施工图、结构详图、节点详图等相关图纸,掌握各类结构的构件布置空间关系,构思建筑的整体效果
	二(下)	房屋建筑学课程 设计	嵌入	试验教学	中级 3D	运用 BIM 软件建立特定的 3D 建筑模型,并进行效果渲染,绘制平面、立面和剖面等建筑图纸
设计类	三(上)	钢筋混凝土结构基本原理	嵌入	课堂教学 试验教学	中级 3D	理解各类构件的力学性能,了解 BIM 混凝土构件模型的主要设置参数
	三(上)	钢筋混凝土结构设计	嵌入	试验教学	中级 3D	熟练操作一个结构设计软件(如盈建科、PKPM、迈达斯等),进行简单钢筋混凝土建筑的结构设计,掌握构件的参数化信息模型基本构建
	三(上)	钢结构基本原理	嵌入	课堂教学 试验教学	中级 3D	了解钢结构工程中 BIM 的应用和趋势,分析 BIM 钢结构设计案例
	三(上)	钢结构设计	嵌入	试验教学	中级 3D	掌握钢结构设计软件基本操作,运用 BIM 技术 Tekla(钢结构)软件完成简单钢结构建筑物的参数化建模和结构设计
施工类	三(上)	土木工程 施工	嵌入	课堂教学 视频教学	初级 4D	通过 BIM 模拟实际工程场地,虚拟仿真完整的施工组织设计过程,熟悉施工组织设计流程;了解 3D 模型与时间结合形成 4D 设计和施工的实时模拟概念,掌握施工全过程模拟的操作顺序
	三(上)	工程造价 管理	嵌入	课堂教学 试验教学	初级 5D	掌握基于 BIM 模型的工程算量和工程计价流程,在 4D 模型上加入成本维度,对工程进行动态成本管理;结合实际工程案例,理解 5D 工程造价管理及成本控制,并掌握建筑工程 BIM 成本分析
管理类	三(下)	工程项目 管理	嵌入	课堂教学 专家讲座	高级 5D	熟悉 BIM 5D 软件操作,以 BIM 建筑信息模型为基础,整合成本、进度、质量、安全、资源等方面的工程管理核心内容,通过实际案例的项目管理模拟,真实再现多方协作
	三(下)	工程招投标 与合同管理	嵌入	课堂教学 试验教学	高级 5D	运用 BIM 的情景模式仿真技术,模拟项目招投标过程及项目建设合同管理的全过程,初步具备依据 BIM 模型编制招标文件及进行合同管理的能力
其他	四(上)	建筑信息 模型应用	新建	课堂教学 软件教学 专家讲座	高级 5D	深刻理解 BIM 的内涵、基本模型参数、3D 设计模型、建筑信息、4D 进度计划、工程量计算、5D 工程造价管理等概念;理解 BIM 支持协同工作的过程、整个建筑的全生命周期和 BIM 操作平台的互相转化;根据实际案例进行翻模,构建建设项目的 BIM 综合数字化系统
	三(下)	生产实习	嵌入	试验教学 现场教学	高级 3D、 4D、5D	进驻实习单位,了解 BIM 应用中各参与方的职责与任务;熟悉项目设计环节的碰撞分析过程;根据现场真实情况,进行工程施工模拟、施工性审查、工程量计算、工程计价等模块学习

三、教学体系的实施及效果评价

(一) 实施保障

为保障“四位一体”BIM教学体系的有效实施,中国地质大学(北京)土木工程学科团队在2015年制定了《中国地质大学(北京)土木工程专业建筑信息化技术应用教学体系实施方案》,方案给出了BIM教学实施保障体系(见图3)。

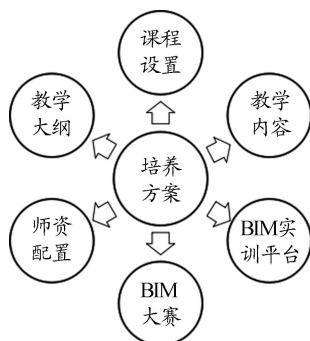


图3 BIM教学实施保障体系

实施方案主要从以下几个方面保障BIM技术的课程融合教学:1)培养目标上明确加入“具备一定的BIM应用能力”的要求;2)调整或增设了部分课程的教学大纲、教学内容及评分标准。例如,将建筑CAD调整为建筑CAD与BIM,学时由32增加到48,课程前半段讲授CAD的基本知识,后半段讲授Revit软件操作。评分标准要求根据任务书建立Revit 3D模型并生成图纸,在CAD中根据制图规范标准进行修改,以三维模型和图纸的准确度来评分;3)成立BIM教研室,强化现有教师的BIM应用技能学习,邀请BIM教育专家对相关教师定期进行系统培训和针对性训练;4)采购BIM实训平台,建设BIM实训中心;5)成立“中国地质大学(北京)BIM协会”,并举办“中国地质大学(北京)BIM技能应用大赛”。

(二) 效果评价

“四位一体”BIM全过程融合教学已在土木工程专业2014级和2015级两届学生中进行了初步的教学实践。通过对这两届学生的问卷调查发现(见表3),大部分学生对BIM技术都充满了浓厚的兴趣,并且能按照BIM教学计划分阶段掌握BIM的主要知识点,具备了基本的BIM应用能力。

表3 BIM学习调查反馈表

调查内容	满意度	学生意见及建议
是否对BIM技术感兴趣	98%	课堂上希望教师提供更多的BIM工程动画和视频
是否接受BIM技术融入现有课程体系的教学改革	95%	再开设一些BIM在其他专业应用的选修课,多方面多领域学习BIM技术,了解BIM协同作用
是否满意改革后的BIM课程教学内容安排方式和教学方法	90%	提高部分课程课时,适当增加实训课时
通过学习,是否掌握了BIM的基本知识和基本框架	80%	增加实训学时,进一步巩固BIM知识的掌握
通过学习,是否能熟练操作BIM软件建立基本的三维信息模型	85%	根据学生学习能力设立相应的教学指导或选修课,学习更多软件操作方面的知识
是否满意自己对于BIM技术实际工程案例的解决能力	60%	因教学学时的限制,接触的实际工程案例较少,教师带领学生参与实际工程案例,解决面对真实案例无法上手的问题

四、结语

针对企业对 BIM 技术的层次化需求,建立了多阶段、层次化的“四位一体”土木工程专业 BIM 课程教学体系,课程体系的设置具有以下几个特点:

(1)依据专业课程特点,科学、合理地将 BIM 技术要求的主要知识点嵌入各专业课程的教学内容。

(2)强化不同教育阶段、不同建设环节的 BIM 教学内容整体融合。针对 BIM 知识点配套设置相应的实践操作环节,提升 BIM 教学的阶段化实践应用能力。

(3)充分调动学生兴趣,每个学生可依据自身能力、兴趣点和未来职业规划,找到适合自己的 BIM 能力需求层次培养方案。

(4)加强实践环节和校企合作,强化实际工程 BIM 项目的综合实践能力考核,提升学生的就业竞争力。

(5)对毕业生持续追踪调查,既为毕业生的 BIM 职业发展提供支持,又为在校生起到示范作用。推进 BIM 技术在教育、实践和服务三方的深度融合创新。

参考文献:

- [1]何关培.“中国工程建设 BIM 应用研究报告 2011”解析[J].土木建筑工程信息技术,2012,4(1):15-21.
- [2]Tsung-Shi Liu, Ting-Ya Hsieh. BIM-based government procurement system-the likely development in Taiwan[C]. Proceedings of the 28th ISARC, 2011:758-763.
- [3]中华人民共和国住房和城乡建设部.2016—2020 年建筑业信息化发展纲要[Z]. 2016.
- [4]张尚,任宏.BIM 的工程管理教学改革问题研究(一)——基于美国高校的 BIM 教育分析[J].建筑经济,2015,36(1):113-116.
- [5]张尚,任宏.BIM 的工程管理教学改革问题研究(二)——BIM 教学改革的作用、规划与建议[J].建筑经济,2015,36(2):92-96.
- [6]张泳,付君.多阶段、多层次工程管理专业 BIM 培养体系构建[J].高等建筑教育,2017,26(6):18-23.
- [7]高等学校土木工程学科专业指导委员会.高等学校土木工程本科指导性专业规范[S].北京:中国建筑工业出版社,2011.

Four-in-one teaching system of BIM education in civil engineering specialty

CHE Wei, CUI Yue

(School of Engineering and Technology, China University of Geosciences(Beijing), Beijing 100083, P. R. China)

Abstract: According to the hierarchical demand of BIM talents for the enterprises, the paper completes multistage and gradient integration of BIM technology into the whole process of undergraduate cultivation in civil engineering under the condition that the existing teaching course system is not changed. Four-in-one teaching curriculum system of BIM education is established. Based on the characteristics of each course, the main knowledge points of BIM technology are integrated into the teaching of each specialized course. The students can find the appropriate training plan of BIM ability according to their own abilities, interests and future career plans. The integrating innovation of education, practice and service of BIM technology is realized through strengthening the comprehensive practice ability assessment of BIM project and graduation tracking.

Key words: civil engineering; BIM education; four-in-one; teaching system (责任编辑 周沫)