

doi:10.11835/j.issn.1005-2909.2024.02.010

欢迎按以下格式引用:李庆涛,袁广林,张营营.智能建造背景下混凝土结构设计课程改革探索[J].高等建筑教育,2024,33(2):73-78.

智能建造背景下混凝土结构设计 课程改革探索

李庆涛,袁广林,张营营

(中国矿业大学力学与土木工程学院,江苏徐州 221116)

摘要:智能建造是以传统土木工程专业为基础,面向国家建设需求的新工科发展方向。混凝土结构设计课程作为传统土木工程专业的核心课程之一,仍是智能建造专业的重要教学环节。为了满足人才培养的新要求,结合目前国内高校智能建造专业的核心课程分析,探讨了现有混凝土结构设计课程知识的改革措施,构建了适应智能建造背景下程混凝土结构设计课程的知识体系,明确了混凝土结构设计在智能建造专业中的作用,相关成果可为智能建造专业结构设计教学提供参考。

关键词:智能建造;课程知识;钢筋混凝土结构设计;改革探索

中图分类号:G642.0

文献标志码:A

文章编号:1005-2909(2024)02-0073-06

随着我国信息化和智能化技术的不断发展,智能建造企业在土木行业不断涌现。2020年,住房和城乡建设部等十三部门联合印发了《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》^[1],明确提出了要加大智能建造在工程建设各环节的应用。但我国智能建造专业发展还处于探索发展阶段,智能建造专业的人才缺乏。丁烈云院士指出:“当前懂土木建筑工程的,信息技术、智能化方面的知识掌握不够;懂信息技术的又缺乏土木工程专业知识。”^[2]使得人才培养难以适应未来建筑结构设计智能化发展方向^[3]。

当下,智能建造已成为高校较为热门的专业方向,但目前人才培养的相关课程体系仍待改革^[4-6],急需智能建造专业的相关教师进行探索和实践^[7-10]。传统专业所采用的授课学时、授课内容和授课方法均应按照智能建造专业的人才培养方案做出相应调整。

一、国内智能建造专业开设现状

为了满足未来土木行业发展的需求,2017年同济大学率先开设智能建造专业。截至2021

修回日期:2022-10-14

基金项目:中国矿业大学力学与土木工程学院本科教学一流专业建设项目;江苏省高等教育教改立项研究课题(2019JSJG224)

作者简介:李庆涛(1980—),男,中国矿业大学力学与土木工程学院副教授,博士,主要从事混凝土结构研究,(E-mail)li.qingtiao@cumt.edu.cn。

年,全国已经有69所高校开设智能建造专业,既有综合性、研究型和国际化的高校,又有特色型大学、应用型高校,如表1所示。

由于智能建造不仅涉及智能化生产、设计、施工和维护管理等,还涉及多个子体系,如建筑体系、结构体系、施工装备体系、运维管理体系等,使得各个高校对于智能建造专业人才培养方案都各有特色,且各有侧重点。例如,同济大学对智能建造专业人才培养定位为在“共性基础+个性发展”的基础上,致力于为社会培养智能建造产业急需的复合型人才;重庆大学城市科技学院作为西南地区首家开设智能建造专业的高校,其毕业生的就业方向主要是从事智能化、数字化技术应用和管理工作;福州大学制定的智能建造学科建设则以“勘察—设计—建造—运维”为主线,以智慧工程建设、智慧工程运维和智能工程装备为特色学科方向。

总体而言,智能建造专业的培养目标是培养面向未来国家建设需要,适应未来社会发展需求的复合型建筑人才,需要掌握智能建造的相关原理和基本方法,获得工程师基本训练,能胜任一般土木工程项目传统和智能规划与设计、智能装备与施工、智能设施与防灾,以及智能运维与管理等工作。

表1 2017—2021年国内获得教育部批准开设智能建造专业的高校

批准时间	学校名称
2017年	同济大学
2018年	北方工业大学、北京建筑大学、沈阳城市建设学院、青岛理工大学、青岛理工大学琴岛学院、西安欧亚学院
2019年	东南大学、华中科技大学、北京工业大学、天津城建大学、内蒙古科技大学、沈阳工程学院、长春工程学院、吉林建筑科技学院、安徽理工大学、福州大学、福建工程学院、福州外语外贸学院、青岛黄海学院、郑州工程技术学院、重庆城市科技学院、银川能源学院
2020年	重庆大学、西南交通大学、哈尔滨工业大学、河北大学、辽宁科技大学、辽宁科技大学、沈阳建筑大学、长春工业大学人文信息学院、哈尔滨学院、南京工程学院、皖西学院、福建农林大学、闽南理工学院、南昌工学院、齐鲁理工学院、长江大学、湖北工业大学、湖北理工学院、武昌首义学院、武昌理工学院、武昌工学院、长沙理工大学、华南理工大学广州学院
2021年	中国矿业大学(北京)、大连理工大学、合肥工业大学、武汉大学、华南理工大学、石家庄铁道大学、沈阳工业大学、吉林建筑大学、长春大学旅游学院、南京工业大学、徐州工程学院、南京理工大学紫金学院、福建江夏学院、新余学院、山东建筑大学、河南工业大学、河南城建学院、湖南工业大学、桂林理工大学、四川轻化工大学、攀枝花学院、西京学院、宁夏理工学院

二、智能建造专业中混凝土结构设计课程设置现状

目前,在国内首先获得教育部批准开设智能建造专业的前69所高校中,共有63所高校公开了智能建造专业必修课程的设置情况,其中与结构设计相关的课程统计情况如表2所示。开设比例最高的课程是装配式结构设计,设置该课程的学校比例多达83%,体现出各高校对该课程的重视。而

混凝土结构设计原理是土木工程专业的核心专业课程之一,且该课又是装配式结构设计的重要前置课程,是一门理论与实践紧密结合的课程。因此,设置该课程的学校比例达到了79%,体现了该课程在高校智能建造专业人才培养过程中的重要作用。在智能建造专业中,设置结构智能化设计或者数字化设计课程的学校占了71%。因此,智能化结构设计是未来的重点发展趋势,有助于降低人工成本,提升设计效率,为未来智能化结构方案设计提供实践基础。需指出的是,传统土木工程作为智能建造专业的核心支撑学科,混凝土结构设计仍应是重要教学环节,需作为专业必修课程,进而为培养复合型、创新型的人才奠定基础。

表2 智能建造专业必修课中结构设计相关课程统计

课程名称	开设学校数量/个	比例/%
混凝土结构-上册(混凝土结构设计原理)	50	79
建筑(混凝土)结构设计	20	32
装配式结构设计	52	83
结构智能化(数字化)设计	45	71

三、混凝土结构设计课程知识点设置情况分析

(一) 混凝土结构设计教材知识点

混凝土结构设计的相关教材,如《混凝土结构》《混凝土结构设计原理》《钢筋混凝土结构设计原理》等,其主要知识点内容相差较小。文章选取了2017年以后出版的16本混凝土结构设计相关教材,对其课程知识点进行了对比分析,具体情况如表3所示。

表3 混凝土结构设计教材主要内容统计

作者	教材名称	时间	出版社
李爱群,等	混凝土结构<中册>(第7版)	2021.06	中国建筑工业出版社
沈蒲生,等	混凝土结构设计(第5版)	2020.09	高等教育出版社
李哲,等	混凝土结构设计	2019.10	化学工业出版社
蔡丽朋,等	混凝土结构	2019.09	化学工业出版社
张玉敏,等	混凝土结构设计(第2版)	2019.09	大连理工大学出版社
李庆涛,等	钢筋混凝土结构设计	2019.09	中国矿业大学出版社
梁兴文,等	混凝土结构设计(第4版)	2019.08	中国建筑工业出版社
李章政,等	混凝土结构设计(第2版)	2019.03	武汉大学出版社
隋莉莉,等	混凝土结构设计	2018.12	人民交通出版社
张季超,等	混凝土结构设计	2017.09	高等教育出版社
刘晓红,等	混凝土结构设计	2017.10	吉林大学出版社
郭靳时,等	混凝土结构设计(第2版)	2017.06	武汉大学出版社
薛建阳,等	混凝土结构设计(第2版)	2017.02	中国电力出版社
范涛,等	混凝土结构设计	2017.02	重庆大学出版社
秦力,等	混凝土结构(下)混凝土结构设计	2017.01	武汉大学出版社
邹昀,等	混凝土结构与砌体结构设计	2017.10	中国建筑工业出版社

虽然各教材的章节内容侧重点有所区别,但是混凝土结构设计的主要教学内容高度一致。在这16本教材中,都包含单层厂房结构和框架结构这两部分内容;包含梁板结构(楼盖结构)设计的有14本,占87.5%;包含高层建筑结构设计的有6本,占37.5%。由此可见,对于混凝土结构设计课程而言,梁板结构、单层厂房结构、框架结构是最基本和最核心的教学内容,这三部分内容在智能建造专业的课程设置中还应继续保留,以便学生掌握混凝土整体结构设计的教学内容知识,为智能建造专业人才培养奠定理论基础。

(二) 装配式混凝土结构知识点

目前,在已开设智能建造专业的高校中,装配式结构设计是设置比例最高的课程。文章选取了具有代表性的装配式结构设计教材,各教材的主要内容如表4所示。装配式结构设计教材中内容较多的章节,主要对混凝土结构设计的原理和基本内容进行了延伸和拓展,分别是预制混凝土构件设计、装配式混凝土框架结构设计和装配式混凝土剪力墙结构设计。按施工方法分类,装配式混凝土结构是混凝土结构的类型之一。因此,学习装配式结构设计之前,需要先掌握混凝土结构设计原理和混凝土结构设计等前置课程的教学内容。

表4 装配式混凝土结构教材的内容统计

单位或作者	教材名称	时间	出版社
江苏省住房和城乡建设厅	装配整体式混凝土结构设计指南	2021.06	东南大学出版社
黄靓,等	装配式混凝土结构	2020.05	中国建筑工业出版社
汪杰	装配式混凝土建筑设计与应用	2018.05	东南大学出版社
张海东	装配式混凝土结构设计	2018.01	黄河水利出版社
徐其功	装配式混凝土结构设计	2017.12	中国建筑工业出版社
上海市城市建设工程学校	装配式混凝土建筑结构设计	2016.12	同济大学出版社
崔瑶,等	装配式混凝土结构	2017.01	中国建筑工业出版社

四、混凝土结构设计课程教学内容改革思路

智能建造作为新兴专业,虽然融入了智能化和信息化等技术手段,但是其建造对象仍是建筑物本身,服务对象仍是建筑工程行业。因此,智能建造专业的人才培养仍需着眼于土木工程的专业知识储备。智能建造专业能力培养要求指出,学生应掌握混凝土结构的基本设计原则,熟悉混凝土整体结构的选型、布置、计算、分析、设计方法,使学生具备整体建筑结构问题的分析能力、结构设计方案的解决能力和与实际工程相结合的实践应用能力。因此,在知识点的设置上,智能建造专业还应包括梁板结构、单层厂房结构、框架结构等混凝土整体结构设计的基本内容和方法,以及相关设计成果的应用,才能发挥出智能化和信息化技术在建筑行业的作用,进而安全可靠地促进建筑行业发展。

智能建造专业新增了计算机应用技术、信息化技术和机械自动化等相关知识内容,导致课时量增加。因此,需结合智能建造专业本科生培养方案的人才目标要求,合理调整课时和设置专业知识内容。混凝土结构设计的三门主要课程——混凝土结构设计原理、混凝土结构设计和装配式混凝土结构,需以交叉融合方式合理控制学时,同时也不缺少关键的课程知识点。具体融合建议主要有以下几方面。

(一) 强化课程的连贯性设置

在开课时间设置上,将混凝土结构设计原理、混凝土结构设计和装配式混凝土结构三门课程连续开设,不宜间隔较久,使学生在不同课程的学习过程中能够衔接贯通相关知识点。此外,混凝土结构与装配式混凝土结构都是以整体结构为主的课程,应在同一个学期内先后开设。

在课程知识点设置上,为方便学生整合混凝土结构设计相关课程的基础知识点,利于学生理解知识点背后的过程和机理,宜将混凝土结构设计原理课程中梁、板、柱等构件设计的知识点与装配式混凝土结构课程中预制装配式构件深化设计的知识点进行穿插讲解。具体而言,在混凝土结构设计原理课程中,弱化高度重叠的知识点,如结构上的作用与作用效应的组合。同时,混凝土结构设计课程的教师应与混凝土结构设计原理课程的教师提前做好知识点的融合衔接工作。另外,在装配式混凝土结构中重点区分装配式混凝土结构与现浇混凝土结构节点的设计、构造要求和装配结构的拆分原则等。并将混凝土构件的设计、结构上的作用、构件的内力分析,以及作用效应的组合等内容则放在混凝土结构设计原理和混凝土结构设计课程中讲述。

(二) 强化混凝土结构的整体设计

在混凝土结构设计课程中,可穿插融合装配式混凝土结构课程的部分知识点,而在装配式混凝土结构课程中则重点讲解装配式混凝土结构的施工方法。装配整体式结构与现浇混凝土结构可采用相同的方法进行结构分析。因此,两门课的知识点可以放在混凝土结构设计课程中一并讲授,例如,单层结构、框架结构、剪力墙结构,以及框架-剪力墙结构等设计原则和内力分析方法等。

混凝土结构整体分析知识点的讲解可在混凝土结构设计课程中进行,也可将两门课融合成建筑结构综合设计一门课程,做到既能讲授两门课中的主要知识点,又能够避免重复讲述。合并融合后课程课时会更加充足,更有利于知识的串讲和融合,进而实现提高教学效果的目的。

(三) 强化结构施工图的设计能力

混凝土结构设计的主要成果包含结构计算说明书和施工图。结构计算说明书中包含混凝土结构受力和构件截面设计等内容。其中,建议适当减少实现过程的教学课时,增加结构施工图的教学课时,培养学生的施工图设计能力,便于与智能设计、智能建造衔接,使学生能够掌握工程结构智能设计原理、完成现代土木工程智能设计和从事土木工程智能建造等。目前,设计院大多采用结构软件进行结构设计。因此,建议大幅增加结构设计软件课程的实践课时,使学生熟练掌握其基本操作,以便更好地推动智能化结构设计软件在工程中的应用。

五、结语

结合国内智能建造专业混凝土结构设计相关课程设置情况,搜集并分析了国内近五年与混凝土结构设计相关教材的知识点,依据智能建造专业的培养目标,提出了智能建造专业混凝土结构设计课程知识点的设置建议。对混凝土结构设计相关课程开课学期的设置、基础知识点的合并、整体结构设计的强化,以及结构施工图的设计能力等提出了相应的改革建议,为智能建造专业中混凝土结构设计课程的教学提供参考。

参考文献:

- [1] 中国政府网. 住房和城乡建设部等部门关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见[N/OL]. [2020-07-30]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-07/28/content_5530762.htm.
- [2] 丁烈云. 加快智能建造人才培养[J]. 施工企业管理, 2022(4):53.

- [3] 李彬瑜,史健勇. 建筑结构设计知识管理与智能化方法研究[J]. 工程管理学报,2020,34(2):123-128.
- [4] 卢昱杰,高慧,霍天昭. 智能建造专业建设体系与教学方案设计[J]. 高等建筑教育,2022,31(1):8-14.
- [5] 毛超,严薇,刘贵文,等. 智能建造专业教育创新与实践[J]. 高等建筑教育,2022,31(1):1-7.
- [6] 丁烈云. 智能建造创新型工程科技人才培养的思考[J]. 高等工程教育研究,2019(5):1-4,29.
- [7] 吴杰,李怀健. 面向智能建造专业的工程制图课程建设[J]. 城市建设,2021,18(378):161-167,176.
- [8] 木林隆,钱建固,吕玺琳,等. 智能建造背景下《基坑工程》课程知识要求[J]. 教育现代化,2020,7(9):126-127,143.
- [9] 张美亮,张军侠,何忠茂. 面向智能建造的多专业实训教学体系重构路径[J]. 高等建筑教育,2022,31(2):152-159.
- [10] 刘世平,骆汉宾,孙峻,等. 关于智能建造本科专业实践教学方案设计的思考[J]. 高等工程教育研究,2020(1):20-24.

Exploration of design of concrete structure course reform under the background of intelligent construction

LI Qingtao, YUAN Guanglin, ZHANG Yingying

(School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, Xuzhou 221116, P. R. China)

Abstract: Intelligent construction is based on traditional civil engineering majors, and it is a new direction of engineering development meeting the needs of national construction. As a core course of traditional civil engineering, the course of concrete structure design is still an important teaching link of intelligent construction. In order to meet the new requirements of talent cultivation, combined with the analysis of core courses of intelligent construction in domestic universities, this paper explores the reform measures of existing concrete structure design course knowledge, constructs a knowledge system suitable for concrete structure design courses under the background of intelligent construction, clarifies the role of concrete structure design in intelligent construction, and related achievements can provide reference for the teaching of structure design in intelligent construction.

Key words: intelligent construction; curriculum knowledge; structure design of reinforced concrete; reform exploration

(责任编辑 代小进)