

新工科背景下基于 OBE 理念的智能建造专业工程机械原理课程 教改探索

卫琳^{1,*}, 高华国¹, 葛晶², 费爱萍¹, 田雨泽¹, 杨斌¹, 李嘉奇¹, 王南¹, 王妍¹, 史鑫欣¹, 胡智淇¹

1. 辽宁科技大学, 土木工程学院, 辽宁 鞍山, 114051

2. 鞍钢集团工程技术有限公司, 辽宁 鞍山, 114021

摘要: 面向智能建造人才培养,《工程机械原理》短学时下内容易堆砌、教学易填鸭,案例缺乏行业特色,学生难建立“机械原理—智能建造应用”关联,且与后续课程衔接不足致知识断层。为此,本文以 OBE 成果导向为牵引,反向锚定毕业能力要求,采用核心知识瘦身与分层教学结合法,整合为四模块,构建教学链;建智能建造场景案例库驱动学习;梳理后续课程核心知识点建立衔接映射,形成前置任务铺垫,并在减速器章节嵌入微项目,实现学用迁移。

关键词: OBE 理念; 智能建造; 工程机械原理; 教学改革

Exploring Teaching Reform of the “Principles of Construction Machinery” Course for the Intelligent Construction Major Based on OBE under the New Engineering Background

Lin Wei^{1,*}, Huaguo Gao¹, Jing Ge², Aiping Fei¹, Yuze Tian¹, Bing Yang¹, Jiaqi Li¹, Nan Wang¹, Yan Wang¹,
Xinxin Shi¹, Zhiqi Hu¹

1. School of civil engineering, University of Science and Technology Liaoning, Anshan, Liaoning, China,
114051

2. ANSTEEL Engineering Technology Corporation Limited, Anshan, Liaoning, China, 114021

Abstract: Oriented toward talent cultivation in Intelligent Construction, the Principles of Construction Machinery course, constrained by limited contact hours, tends to suffer from content overload and lecture-centered “cramming” instruction. Its teaching cases lack industry specificity, making it difficult for students to establish a clear link between mechanical principles and intelligent construction applications; moreover, insufficient articulation with subsequent courses leads to knowledge gaps. To address these issues, this study adopts an outcomes-based education (OBE) approach and works backward from graduation competency requirements. By combining core-content streamlining with tiered instruction, the course is reorganized into four modules and supported by an integrated teaching chain. A scenario-based case library for intelligent construction is developed to drive learning. In addition, the core knowledge points of the follow-up course are analyzed to build an articulation map, forming a “three-module, five-task” prerequisite scaffold, and a micro-project is embedded in the reducer unit to promote learning transfer from knowledge acquisition to practical application.

Keywords: OBE; Intelligent Construction; Principles of Construction Machinery; Teaching Reform

在新工科背景下,新一代信息技术与土木工程、机械工程深度融合的智能建造专业应运而生,它以智能施工装备、建造机器人与自动化施工系统为核心载体,这就要求学生既具备扎实的土木相关知识基础,又需要有机学与工程科学基础知识作为支撑。因此,作为专业基础课程的《工程机械原理》不仅承担传授机械基础知识的任务,更肩负为后续《智能机械与机器人》等核心课程奠定机械认知与工程分析能力的重要使命。

近年来,机械原理课程改革研究不断深化,主要包括产教融合^[1]、线上线下混合式教学^[2]、校企合作^[3]、双语教学^[4]和融入课程思政元素^[5]等路径,这些探索丰富了课程改革思路。与此同时,针对《机械原理》课程一直以来的问题,聂时君等^[6]基于 OBE 理念,提出以价值引领、线上线下混合与虚拟仿真相结合的“三融合”改革路径缓解理解困难、提升育人质量;陈久朋等^[7]提出“三适应两融合”的思路,强调以数字化、智能化手段推动“教—学”同向提升学生数字素养与创新能力;莫帅等^[8]提出引入智能制造与数字化设计、科研反哺、开放式课程设计题目及分专业制定内容等改进方向;张鹏等^[9]以生产应用、科研探索、竞赛创新为导向导入新工艺新方法,提升综合应用与创新能力;敬谦等^[10]主张行业前沿技术与工程实例融入、理实一体化与项目驱动、多元评价与创新竞赛协同。

总体而言,目前针对机械原理的教改方案已经比较全面,但其对象多聚焦传统机械类或智能制造类专业,对智能建造专业针对性不足。该领域培养学生的核心诉求并非掌握全部传统机械知识,而是能够理解施工装备与建造机器人的运行原理、完成机构构型识别与运动分析,并为后续机器人建模与系统集成学习提供支撑。

基于此,本文以 OBE 成果导向理念为牵引,从毕业能力要求反向出发,重构课程内容体系与教学路径,通过分层教学、智能建造案例库和贯穿式微项目设计,实现“学完即可用、用时能迁移”的能力培养目标,为智能建造专业基础课程的特色化建设与课程链协同育人提供实践参考。

1 课程现存问题与教学现状

1.1 学时压缩与内容过载

本校智能建造专业的工程机械原理课程设置为 24 学时,而传统机械专业通常设置为 64 学时,面对课时短的窘境,传统教学模式往往遵循机械专业的要求,采用“知识点罗列+理论讲授”的填鸭式教学。这种追求知识点覆盖、忽视达成教学现象,会导致一些后果:①学生难以在短时间内消化大量抽象的机械原理知识;②与智能建造专业需求关联紧密的知识点得不到深入讲解;③学生缺乏将理论应用于智能建造领域实际场景的能力。

1.2 课程专业特色不突出

智能建造学生学习本课程的目标,应落脚于“理解智能建造领域相关机械系统与装备的运行原理”,并为后续课程提供机械基础。但现有工程机械原理课程内容多沿袭机械专业的教学框架和体系,案例多围绕普通机床、汽车发动机等通用机械展开,缺乏智能建造领域的行业特色。智能建造专业学生在学习过程中难以建立“机械原理与智能建造应用”的关联,导致其专业认同感不强。

1.3 课程链断点

工程机械原理在课程体系中承担“前导基础”的角色,理应输出可迁移能力:机构构型识别与简化、自由度分析、运动传递与传动方案理解、工况约束下的参数/方案比较、机械系统工程解释等。

但目前课程目标往往停留在知识点层面, 没能考虑到与后续《智能机械与机器人》课程的衔接, 导致学生在后续课程学习中难以调用机械原理的知识快速理解智能机械的核心运行机制, 违背了课程设置的初衷。

2 OBE 理念融入课程改革教学中的方法和措施

2.1 核心知识锚定与分层教学相结合

首先明确本课程在智能建造专业学生毕业能力要求中的具体支撑点, 明确两个核心能力产出: ①能够基于数学和工程科学等科学原理和数学模型方法, 准确描述复杂工程问题; ②能够进行智能建造工程系统或工艺流程设计, 在设计中体现创新性。围绕这些能力反向筛选与组织教学内容, 追求智能建造专业的学生最终能达成培养目标。把课程知识点分三层, 课堂重点讲解和练习必须掌握的内容, 在任务式教学中让学生通过讨论的方式掌握需要会用的内容, 对于一些与智能建造关联度低的内容则主要以了解为主。最终将 24 学时整合为四大模块, 具体的知识体系, 如表 1 所示。

基于这四大模块结合分层教学的方法, 具体步骤为: 课前, 将基础知识点制作成 5-7 分钟的动画微课, 让学生完成预习, 通过微课中设置的基础问题分析学生错题, 在课前了解需要重点讲解的内容。课中, 采用“10 分钟答疑+25 分钟案例拆解+10 分钟小组讨论”模式。课后, 设置基础的必做作业与拓展的选做作业, 必做作业聚焦课程基础理论知识, 保障核心目标达成。选做作业面向学有余力的学生, 拓展作业侧重于案例应用。

表 1 工程机械原理课程知识模块

Table 1 Course Knowledge Modules for Principles of Construction Machinery

知识点	核心知识点	学时	对应能力
机构结构分析	1. 本课程的研究对象及内容	4	①
	2. 平面机构的组成原理及结构分类		
	3. 机构运动简图的绘制		
	4. 平面机构自由度及机构具有确定运动的条件		
机构的运动分析	1. 应用速度瞬心法对机构进行速度分析	4	①
	2. 应用矢量方程图解法对机构进行速度及加速度分析		
机器动力学	1. 平面机构的力分析	4	②
	2. 机械的效率与自锁		
	3. 机械的平衡		
常用机构的分析与设计	1. 平面连杆机构及其设计	10	①、②
	2. 凸轮机构及其设计		
	3. 齿轮机构及其设计		
	4. 齿轮系		

2.2 智能建造场景全贯穿

以 OBE “成果导向”为牵引, 为凸显专业特色, 课程建立“智能建造机械案例库”, 实现知识与行业应用的深度融合, 让学生直观感受机械原理在智能建造中的应用价值。具体每一个知识模块对应的案例, 如表 2 所示。

针对智能建造专业的学生，对于机械的运用的能力不仅是要分清机械的工作原理，更是希望将抽象的机械知识应用在复杂的智能建造领域。所以还需要在授课过程中用“工程语言”替代“纯机械语言”：每个知识点都落到“运行原理解释”。在具体案例讨论的时候，可以针对某种大型智能建造领域的机械设备进行知识点贯穿式的案例讨论，体现专业特色，提升学生将抽象机械知识应用于本行业的能力。

表2 知识模块对应的案例

Table 2 Cases Associated with Each Knowledge Module

知识点	案例	课堂任务
机构结构分析	钢筋绑扎机器人	绘制运动简图，并计算机械臂的自由度。
机构的运动分析	喷涂/抹灰机器人	利用图解法求解抹灰机器人刮板摆动连杆时端点速度。
机器动力学	塔机起升制动	讨论在“高空吊载/升降”场景下为何要考虑自锁与制动冗余。
常用机构的分析与设计	泵车臂架等效连杆	定“工作空间要求（覆盖高度/半径）”，让学生调参（连杆长度比）来满足“运动范围+避开死点”。

2.3 衔接式课程设计

为解决《工程机械原理》与后续课程《智能机械与机器人》衔接不足的问题，本研究首先梳理《智能机械与机器人》的核心知识点（机械基础、机构构型与组成、运动学/动力学建模所需参数等），并据此在《工程机械原理》中反向设置“前置铺垫内容”，形成清晰的衔接映射关系，如表3所示。确保学生在学习路径上实现知识连贯与能力递进。还可以追加小型案例，通过开放性的设计使学生更好的衔接课程。例如在减速器工作原理这一章节中，设置一个小型减速器设计的OBE任务，在进行相关课程的学习时穿插减速器的设计。

表3 《工程机械原理》与《智能机械与机器人》衔接映射关系

Table 3 Articulation Map Between Principles of Construction Machinery and Intelligent Machinery and Robotics

《智能机械与机器人》课程知识点	本课程相关知识	前置铺垫内容
机械润滑方法	机械的摩擦	通过讲解机械的摩擦引出机械的润滑。
减速器工作原理	齿轮传动、齿轮系	1. 拆解减速器的齿轮结构。
机器人机械基础	机构的组成要素（构件、运动副）、典型机构分类	1. 以施工机械臂为例； 2. 分析建筑机器人的机构组成与施工场景。
机械连接与传动方式	键连接、螺栓连接结构； 齿轮传动、链传动	1. 讲解智能起重机吊臂的螺栓连接强度计算； 2. 对比不同传动在建筑机器人中的应用。
机器人运动学及动力学基础	机器人运动学方程	学习凸轮机构的s-t方程，关联机械臂末端运动。
机器人组成结构	机器人主要运动学参数	机构的运动分析
自由度	平面机构自由度计算	掌握机构运动分析的基本原理与方法。
速度特性	机构运动速度分析	详细讲解平面机构自由度，了解空间自由度。 能够应用瞬心法对机构进行速度分析，应用矢量方程图解法对机构进行速度及加速度分析。

3 结语

本文针对智能建造专业《工程机械原理》课程在学时压缩背景下面临的填鸭式教学风险、专业特色不突出及与后续课程衔接不足等问题,提出并构建了以 OBE 成果导向为牵引的教学改革方案。改革以毕业能力要求为目标锚点,反向筛选并分层组织教学内容,将课程重构为四大模块,配套“课前微课精准预习—课中案例拆解与讨论—课后分层作业”的教学实施链条,实现高效教学。同时建立智能建造场景贯穿的案例库,以土木行业装备与建造机器人任务驱动知识学习,强化学生以工程语言解释装备运行原理的能力。在课程衔接方面,梳理《智能机械与机器人》核心知识点并建立衔接映射,通过小型减速器设计等微项目将知识贯通,促进知识迁移与能力输出。总体而言,该改革路径能够在有限学时内兼顾知识掌握与能力达成,增强课程行业特色与学习价值感,并能有效提升对后续专业课程学习的支撑度。

参考文献

- [1] 王慧明,赵晶,王世杰. “产教双向赋能,德能交互涵养”视域下机械原理课程改革探索[J]. 高教学刊, 2026, 12(1): 37-40.
- [2] 王敏,段国燕,杨星星,等. “互联网+”背景下基于 OBE 理念的机械原理课程改革实践[J]. 家电维修, 2025, 2: 30-32.
- [3] 于蒙杰,王晓暄,马卫彬,等. 校企协作模式下的机械原理课程教学改革探索[J]. 农业技术与装备, 2025, 9: 128-130.
- [4] 华剑,冯进,周传喜. 机械类特色专业建设中机械原理双语课程的教改实践[J]. 大学教育, 2013, 10: 77-79.
- [5] 姜澎湃,杨茂楠. 机械原理教学中融入思政元素以培育工匠精神的路径探究[J]. 塑料包装, 2025, 35(6): 173-176.
- [6] 聂时君,刘波,胡东,等. 基于 OBE 理念的机械原理课程“三融合”教学改革探讨——以湖南人文科技学院为例[J]. 湖南人文科技学院学报, 2023, 40(1): 117-121.
- [7] 陈久朋,伞红军,张帆. 机械原理课程与智能技术深度融合的教改探索[J]. 实验室研究与探索, 2025, 44(5): 196-201.
- [8] 莫帅,陈科任,唐旭,等. 面向新工科背景的机械原理教学改革探索[J]. 机械设计, 2025: 1-7.
- [9] 张鹏,王子昱,涂德裕,等. 智能制造背景下机械原理课程教学改革[J]. 安徽工业大学学报(社会科学版), 2025, 42(3): 58-59.
- [10] 敬谦,耿宝龙. 新工科背景下“机械原理”课程“多元化”教学模式探索[J]. 南方农机, 2025, 56(12): 188-191.

基金项目: 2024 年度辽宁科技大学本科教学改革研究项目: 新基建背景下“PBL+5E”教学模式助力智能建造专业应用型人才培养-以《流体力学》为例(XJGKC202410); 2024 年度辽宁省研究生教育教学改革研究项目: 新基建背景下“十”字型智能建造人才的培养与实践-以《岩土工程测试技术》课程为例(LNYJG2024094); 2025 年度辽宁科技大学本科教学改革研究项目: 新工科背景下的多学科交叉融合智能建造专业人才培养模式探索与实践—以《土木工程材料》课程为例(XJJG202544); 2025 年辽宁科技大学产学研合作协同育人项目: 绿色节能及碳排放师资培训班(250904699290548); 2025 年度辽宁科技大学本科教学改革研究项目: 知识图谱赋能的智能建造专业理论力学课程知识体系构建与教学改革实践(XJJG202530); 辽宁科技大学 2025 年度实验教学改革项目: 基于虚实融合的智能建造机器人实验教学模式探索与实践(项目编号: PX-2125435)。

1.*作者简介: 卫琳(1995-),女,博士,讲师,辽宁科技大学大学,研究方向:新型建筑材料。E-mail: 312484@ustl.edu.cn。