

基于 ISM 模型的智能建造实践教学体系构建研究

郭凯颖, 董正清, 刘姝含

德宏师范学院, 云南 德宏 678400

DOI: 10.61369/ETR.2026200042

摘 要 : 在建筑业数字化、智能化转型与新工科建设双重背景下, 智能建造已成为土建类专业升级与产业高质量发展的核心方向。当前高职院校智能建造实践教学普遍存在目标模糊、师资薄弱、校企合作浅层化、评价体系滞后等问题, 严重制约技术技能人才培养质量。本文采用文献研究法、专家访谈法、问卷调查法与解释结构模型 (ISM) 相结合的研究方法, 筛选确定智能建造实践教学 18 项核心影响要素, 通过构建邻接矩阵、计算可达矩阵、层级划分与结构解析, 形成六级递阶结构模型, 为高职院校及应用型本科院校智能建造专业实践教学改革提供理论参考与可落地实施路径, 推动人才培养与行业岗位需求精准对接, 提升学生工程实践能力与创新素养。

关 键 词 : 智能建造; 实践教学体系; 解释结构模型 (ISM); 产教融合; 新工科

Research on the Construction of Intelligent Construction Practical Teaching System Based on the ISM Model

Guo Kaiying, Dong Zhengqing, Liu Shuhan

Dehong Normal College, Dehong, Yunnan 678400

Abstract : Against the dual background of the digital and intelligent transformation of the construction industry and the development of emerging engineering education, intelligent construction has become the core direction for the upgrading of civil engineering-related majors and the high-quality development of the industry. At present, the practical teaching of intelligent construction in higher vocational colleges generally faces problems such as vague objectives, weak teaching staff, superficial school-enterprise cooperation, and outdated evaluation systems, which seriously restrict the quality of technical and skilled talent training. This paper adopts a combination of research methods including literature research, expert interviews, questionnaire surveys, and the Interpretive Structural Model (ISM). It screens and identifies 18 core influencing factors of intelligent construction practical teaching. By constructing an adjacency matrix, calculating the reachability matrix, conducting hierarchical division and structural analysis, a six-level hierarchical structure model is formed. This study provides theoretical reference and implementable paths for the practical teaching reform of intelligent construction majors in higher vocational colleges and application-oriented undergraduate universities, promotes the precise alignment between talent training and industry post demands, and enhances students' engineering practice capabilities and innovative literacy.

Keywords : intelligent construction; practical teaching system; Interpretive Structural Model (ISM); integration of industry and education; emerging engineering education

当前, 我国经济社会发展进入数字化转型加速期, 建筑业作为国民经济支柱产业, 正从传统粗放式建造向工业化、数字化、智能化方向全面升级。国家住房和城乡建设部先后出台《智能建造与新型建筑工业化协同发展行动计划》等一系列政策文件, 明确提出推动 BIM 技术、数字孪生、物联网、人工智能、装配式建筑、智慧工地等新技术、新工艺、新装备在工程建设全生命周期的深度应用。智能建造已成为推动建筑业绿色低碳、提质增效、安全可控的关键引擎, 行业对兼具土木工程基础、信息技术能力、现场实践经验与跨专业协同素养的复合型技术技能人才需求急剧增长。在此背景下, 全国众多高职院校与应用型本科院校陆续开设智能建造专业对传统土木工程、建筑工程技术专业进行智能化升级。然而, 在实践教学环节中, 传统土建类专业的教学模式、课程内容、实训条件、师资结构与智能建造新业态严重脱节, 主要表现为: 实践教学目标定位不清, 与岗位能力需求错位; 专任教师企业一线项目经验不足, 智能建造技术应用能力薄弱; 考核评价方式单一, 重结果轻过程、重理论轻技能, 难以全面评价学生实践能力与职业素养。这些问题导致人才培养供给侧与产业需求侧存在明显差距, 学生岗位适配度、就业竞争力与可持续发展能力不足。

而解释结构模型（ISM）作为系统工程中处理复杂系统要素关系的经典工具，能够将模糊、散乱、多关联的要素转化为层次分明、逻辑清晰的多级递阶结构，实现要素关系定量化、可视化解析。将 ISM 模型应用于智能建造实践教学体系研究，可精准识别深层驱动因素、中间传导因素与表层表现因素，厘清要素间作用逻辑，为系统化、科学化构建实践教学体系提供方法论支撑。因此，开展基于 ISM 模型的智能建造实践教学体系构建研究，具有重要的理论价值与现实紧迫性。

一、解释结构模型原理与步骤（ISM）

解释结构模型法 ISM（Interpretive Structure Modeling）（也称结构模型解释法），是美国沃菲尔德（J.Warfield）教授于 1973 年作为分析复杂社会经济系统问题而开发出的一种系统分析方法。其基本思想是：通过各种创造性技术，提取问题的构成要素，利用有向图、矩阵等工具和计算机技术，对要素及其相互关系等信息进行处理，最后用文字加以解释说明，明确问题的层次和整体结构，提高对问题的认识和理解程度。简而言之，就是确定组成复杂系统的大量元素之间存在着怎样的关系，使它分解成条理分明多级递阶的结构形式。

ISM 建模标准步骤：

- （1）确定系统边界与核心要素；
- （2）判定要素间直接影响关系，构建邻接矩阵；
- （3）计算可达矩阵，识别直接与间接影响关系；
- （4）计算可达集、前项集与共同集，进行层级划分；
- （5）构建多级递阶结构模型，解析系统逻辑。

二、智能建造实践教学现状及问题分析

（一）智能建造实践教学开展现状

近年来，在政策推动与产业需求牵引下，高职院校普遍重视智能建造专业建设与实践教学改革。多数院校已将 BIM 技术、装配式建筑、智慧工地等内容纳入实践教学，建设了 BIM 实训室、虚拟仿真实训室等校内基地，与建筑企业建立了校外实践基地，部分院校引入企业导师参与实践授课。但从整体看，实践教学仍处于“局部改进、整体滞后”的状态，传统实践教学模式尚未根本改变，系统化、智能化、协同化水平不高。

（二）智能建造实践教学存在的主要问题

1. 实践教学目标模糊，人才培养定位不准

部分院校未开展充分的岗位调研，实践教学目标沿用传统建筑工程专业，缺乏对智能建造岗位典型工作任务与能力要求的分析，导致实践内容偏传统、智能化不足，学生就业后难以快速适应岗位。

2. 实践课程零散，模块衔接不畅

实践课程多为原有课程简单叠加，BIM 技术、装配式施工、智慧工地、数字孪生等内容分散、独立，缺乏从基础到综合、从单项到集成的递进式设计，多专业交叉融合不够，难以形成完整的技术技能体系。

3. 师资队伍智能建造实践能力薄弱

专任教师多毕业于传统土建专业，深入到企业一线经验不

足，对智能建造新技术、新工艺、新软件掌握不深入，双师型教师比例偏低，能够承担综合实训、项目化教学的高水平教师不足。

4. 实训软硬件条件不足，智能化水平偏低

校内实训基地设备陈旧，BIM 系列软件、虚拟仿真平台、智能监测设备、建筑机器人等投入不足，虚实融合、理实一体的教学环境建设滞后，难以满足沉浸式、高仿真实践教学需求。

5. 校企合作深度不够，实践平台支撑不足

校企合作多为协议式、松散型合作，企业参与人才培养的积极性不高，实习岗位与智能建造核心技术关联度低，跟岗、顶岗实习流于形式，难以提供真实项目场景与全过程实践机会。

三、基于 ISM 的智能建造实践教学要素筛选

（一）要素选取原则

系统性原则：覆盖实践教学目标、课程、师资、平台、管理、经费、评价、学生、企业、政策等全维度。

代表性原则：突出智能建造跨学科、强技术、重实践的核心特征。

独立性原则：要素内涵清晰，不重复、不交叉。

可操作性原则：要素可观测、可优化、可量化、可落地。

（二）核心要素确定

通过文献计量分析、三轮专家访谈（高校教师 8 人、企业工程师 6 人、行业专家 4 人）、问卷统计分析，最终确定 18 项智能建造实践教学核心要素并统一编号：

S₁：人才培养定位与实践教学目标

S₂：智能建造课程体系设置

S₃：双师型教师队伍建设水平

S₄：智能建造专项师资培训

S₅：校内数字化实训基地建设

S₆：校外校企协同实践基地

S₇：BIM、装配式等实训硬件设备

S₈：智慧工地、数字孪生教学软件资源

S₉：校企协同育人合作深度

S₁₀：行业企业一线导师参与度

S₁₁：实践教学管理制度完善度

S₁₂：实践教学经费投入保障

S₁₃：实践过程考核与评价机制

S₁₄：学生实践自主学习与创新能力

S₁₅：智能建造学科竞赛与创新创业活动

S₁₆：行业政策与建筑数字化发展导向

S_{17} : 实践教学内容与行业岗位适配度

S_{18} : 多专业交叉融合实践教学模式

(三) 要素关系判定

组织专家对要素两两之间直接影响关系进行判定: 若要素 S_i 直接影响 S_j , 则记为 1; 无直接影响记为 0; 不考虑自身影响, 对角线为 0。据此构建邻接矩阵。

四、智能建造实践教学 ISM 模型构建与分析

(一) 邻接矩阵构建

根据专家判定结果, 构建 18×18 邻接矩阵 A , 行表示影响要素, 列表示被影响要素。

(二) 可达矩阵计算

引入单位矩阵 I , 按照布尔运算规则计算:

$$M = (A + I)^k$$

当 $(A+I)^k = (A+I)^{k+1}$ 时, M 为最终可达矩阵, 反映要素间全部直接与间接影响关系。

(三) 层级划分

对每个要素计算:

可达集 $R(S_i)$: 要素 S_i 可达到的全部要素集合

前项集 $A(S_i)$: 可到达 S_i 的全部要素集合

共同集 $R(S_i) \cap A(S_i)$

满足 $R(S_i) \cap A(S_i) = R(S_i)$ 的要素归为同一层级, 逐层剥离, 得到六级递阶结构:

L_1 (表层产出层): S_{15} 、 S_{17} 、 S_{18}

L_2 (传导层): S_8 、 S_{14}

L_3 (执行层): S_7 、 S_{10} 、 S_{13}

L_4 (核心支撑层): S_3 、 S_4 、 S_5 、 S_6 、 S_9

L_5 (关键约束层): S_2 、 S_{11} 、 S_{12}

L_6 (深层根源层): S_1 、 S_{16}

(四) 模型结果分析

1. 深层根源层 (L_6)

行业政策导向 (S_{16})、人才培养定位与实践教学目标 (S_1) 是整个系统最底层驱动因素, 决定实践教学的方向、定位、标准与顶层设计, 是所有要素的逻辑起点与根本动力。

2. 关键约束层 (L_5)

课程体系 (S_2)、管理制度 (S_{11})、经费投入 (S_{12}) 是连接顶层设计与落地实施的关键约束条件, 决定实践教学能否规范化、可持续运行。

3. 核心支撑层 (L_4)

双师资队伍、师资培训、校内外基地、校企协同深度是实践教学的核心载体, 直接决定教学条件、教学能力与实施质量。

4. 执行层与传导层 (L_3 、 L_2)

硬件设备、企业导师、考核机制、软件资源、学生自主创新能力承担中间传导功能, 将支撑条件转化为教学效果。

5. 表层产出层 (L_1)

学科竞赛、岗位适配度、多专业融合是实践教学的最终产

出, 直接体现人才培养质量与行业满意度。

模型表明: 智能建造实践教学体系是从根源到产出逐级传导的复杂系统, 必须从顶层目标与政策导向入手, 强化课程、制度、经费保障, 夯实师资、平台、校企合作支撑, 才能持续提升实践教学效果。

五、基于 ISM 模型的智能建造实践教学体系构建

结合 ISM 六级递阶结构, 构建“顶层目标—核心课程—支撑平台—保障机制”四位一体的智能建造实践教学体系。

(一) 顶层: 明确实践育人目标

以行业政策与岗位需求为导向, 确立“德技并修、工学结合、智能赋能、创新引领”的实践教学总目标。聚焦智能建造设计、生产、施工、运维岗位, 培养学生具备: BIM 建模与应用能力、装配式施工实操能力、智慧工地运维能力、数字孪生应用能力、跨专业协同能力、工程问题解决能力与创新创业素养, 实现实践教学与岗位能力精准对接。

(二) 核心层: 重构模块化实践课程体系

按照“基础实训—综合实训—创新实践”三阶递进, 构建模块化实践课程群:

基础实训模块: 工程测量、BIM 基础建模、建筑构造认知、智能装备操作、虚拟仿真基础训练。

综合实训模块: 装配式构件安装、BIM 综合应用、智慧工地监测、施工组织设计、数字孪生场景应用、工程项目管理综合实训。

创新实践模块: 企业真实项目实践、跟岗顶岗实习、学科竞赛、创新创业项目、毕业设计。

推动土木工程、工程造价、软件技术、设备工程等多专业交叉融合, 强化技术集成应用能力。

(三) 支撑层: 打造虚实融合实践平台

校内数字化实训基地: 建设 BIM 技术中心、虚拟仿真实训中心、智能建造工场, 配备 BIM 软件、VR/AR 设备、建筑机器人、智能监测设备、装配式样板, 实现理虚实一体化教学。

校外校企协同实践基地: 与智能建造龙头企业共建产业学院、订单班、现代学徒制基地, 企业提供真实项目、现场导师、施工场景, 实现实训即实战。

数字化教学资源库: 建设在线课程、虚拟仿真资源、企业案例库、标准库、题库, 支持线上线下混合式实践教学。

(四) 保障层: 完善多元化运行保障机制

双师资队伍保障: 实施“教师进企业、工程师进课堂”双导师制, 定期开展智能建造专项培训, 提升教师技术应用与项目教学能力。

考核评价保障: 构建“过程考核+结果考核+能力考核+企业评价”四维评价体系, 将实操、项目成果、创新表现、职业素养纳入评价。

制度与经费保障: 完善实践教学管理、实习管理、基地管理、校企合作管理制度, 加大经费投入, 保障设备更新、资源建

设与实践运行。

六、优化实施保障措施

（一）政策与制度保障

对接国家智能建造产业政策与职业教育政策，修订人才培养方案与实践教学标准，建立教学质量监控、督导评价、持续改进机制，推动实践教学规范化、制度化运行。

（二）校企深度融合保障

建立校企协同育人长效机制，明确校企权责，推行“共同制定方案、共同建设课程、共同实施教学、共同评价质量、共同促进就业”五共模式，激发企业参与动力。

（三）师资长效发展保障

实施双师型教师队伍建设计划，支持教师进企业参与项目、考取职业技能等级证书、开展技术研发，建立教师能力提升激励机制，打造高水平教学创新团队。

（四）信息化软硬件投入保障

持续加大智能建造实训设备、虚拟仿真平台、数字化软件、网络教学环境投入，推动实训条件与行业技术同步升级，满足新技术、新工艺、新规范教学需求。

（五）动态评价与持续改进保障

建立实践教学质量年度评价、毕业生跟踪调查、企业满意度调查机制，根据行业技术迭代、岗位变化与反馈意见，动态优化实践教学体系，实现持续改进。

七、结束语

智能建造实践教学是由多要素构成的复杂系统，本文筛选确定18项核心要素，通过ISM模型解析形成六级递阶结构，清晰揭示了“根源—约束—支撑—传导—产出”的完整逻辑链条。基于ISM模型构建的“顶层目标—核心课程—支撑平台—保障机制”四位一体实践教学体系，层次清晰、逻辑严密、贴合产业需求，具有较强的科学性与可操作性。从政策制度、产教融合、师资发展、资源投入、动态改进五个方面提出保障措施，能够为实践教学体系落地实施提供全面支撑。本文侧重于要素结构解析与体系框架构建，未来可进一步开展实证研究，对体系实施效果进行检验与优化；可结合人工智能、大数据技术，探索智慧实践教学模式与智能评价系统；可进一步完善跨专业协同实践教学机制，推动智能建造人才培养质量持续提升。

参考文献

- [1] 住房和城乡建设部等部门. 关于推动智能建造与新型建筑工业化协同发展的行动计划 [Z]. 2020.
- [2] 汪应洛. 系统工程 [M]. 5 版. 北京: 科学出版社, 2017.
- [3] 丁士昭, 王要武. 智能建造专业内涵与人才培养体系构建 [J]. 高等工程教育研究, 2020 (01): 10-16.
- [4] 李慧峰, 张燕, 刘亮. 高职院校智能建造实践教学现状与改革路径 [J]. 职业技术教育, 2022, 43 (11): 45-49.
- [5] 曾赛星, 王丹. 解释结构模型 (ISM) 在工程管理领域应用综述 [J]. 管理工程学报, 2021, 35 (02): 1-9.
- [6] 王雪松, 程玉贤. 基于 ISM 和 AHP 的实践教学体系影响因素研究 [J]. 实验技术与管理, 2020, 37 (08): 213-217.