

基于 DEMATEL-ISM-MICMAC 的大型工程总承包 企业智能建造转型的驱动因素识别研究

邹 晴, 祝连波

(苏州科技大学 土木工程学院, 江苏 苏州 215000)

摘要:随着全球化进程加快和智能建造技术不断发展,大型工程总承包企业正面临转型升级的迫切需求。为系统、高效地推进其智能建造转型,亟需深入识别与分析关键驱动因素。文章通过文献分析法与专家访谈法初步识别出 26 个驱动因素,运用 DEMATEL-ISM-MICMAC 模型,系统分析各因素间的内在影响关系、层次结构与依赖作用。研究结果表明:政府智能建造政策扶持力度、招标方智能化需求强度、金融资本支持力度、大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度、政府专项资金补助、大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性、智能建造复合型创新人才储备是影响大型工程总承包企业智能建造转型的关键驱动因素。在此基础上提出相应对策,可为企业高效推进智能建造转型提供理论依据与决策参考。

关键词:智能建造; 大型工程总承包企业; 驱动因素; DEMATEL-ISM-MICMAC 模型

中图分类号: TU741; F426.92

文献标志码: A

文章编号: 1673-8993(2026)07-0063-09

doi: 10.13402/j.gcjs.2026.07.080

Research on identifying driving factors for smart construction transformation in large-scale EPC enterprises based on DEMATEL-ISM-MICMAC

ZOU Qing, ZHU Lianbo

(School of Civil Engineering, Suzhou University of Science and Technology, Suzhou 215000, Jiangsu, China)

Abstract: With the acceleration of globalization and the continuous development of smart construction technologies, large-scale engineering, procurement, and construction (EPC) enterprises are facing an urgent need for transformation and upgrading. To systematically and efficiently advance their smart construction transformation, it is crucial to identify and analyze the key driving factors in depth. This paper identifies 26 driving factors through literature analysis and expert interviews, and employs the DEMATEL-ISM-MICMAC model to analyze the internal influence relationships, hierarchical structures, and dependency roles among these factors. The results indicate that the key driving factors for the smart construction transformation of large-scale EPC enterprises include the strength of government policy support for smart construction, the intensity of client demand for smart technologies, the availability of financial capital support, the investment intensity in smart construction transformation by large-scale EPC enterprises, government special fund subsidies, the completeness of strategic planning for smart construction transformation in large-scale EPC enterprises, and the reserve of interdisciplinary innovative talent in smart construction. Based on these findings, corresponding strategies are proposed to provide a theoretical foundation and decision-making reference for enterprises to efficiently advance their smart construction transformation.

收稿日期: 2026-02-13

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(72201188)

作者简介: 邹 晴(2002—),女,硕士研究生,从事智能建造研究。

通信作者: 祝连波(1973—),女,博士,教授,从事智能建造研究。

Key words: smart construction; large engineering general contracting enterprises; driving factors; DEMATEL-ISM-MICMAC model

建筑业是我国国民经济的支柱产业。大型工程总承包企业作为建筑业至关重要的组成部分,已经逐渐成为推动建筑业发展的最主要动力。但企业长期面临资源消耗高、生产效率低、科技创新能力不足等多重压力,严重制约了企业高质量发展^[1]。在这一背景下,智能建造作为新一代信息技术与工业化建造深度融合的人机协同建造方式^[2],成为推动行业和企业转型的重要路径。根据住建部于 2020 年 7 月发布的《关于推动智能建造与建筑工业化协同发展的指导意见》,企业智能建造转型被定义为企业为响应国家战略,加大智能建造在工程建设各环节的应用,形成涵盖科研、设计、生产加工、施工装配、运营等全产业链融合一体的智能建造产业体系,最终实现行业向高质量、高效益、低碳环保方向可持续发展的系统性、战略性转型升级过程。江苏省 2024 年发布的《关于推进全省智能建造发展的指导意见》明确提出,省内新开工房屋建筑工程总建筑面积 2 万平方米以上、市政基础设施工程造价 2 000 万元以上的政府投资项目,应积极应用智能建造技术^[3]。然而,在响应国家智能建造转型号召的过程中,许多大型工程总承包企业面临驱动力不足、关键影响因素确定困难等问题。

目前,国外学者针对数字化转型和智能建造方面的研究较多,但针对企业智能建造转型方面的研究相对不足。国内学者主要从施工企业发展方向和转型路径等层面展开探讨。陈珂等^[4]从人才这一微观基础切入,认为智能建造转型变革的关键要素是高水平的智能建造专业人才,通过 FISM-MICMAC 模型识别出智能建造能力培养的诸多影响因素,为建筑企业及相关主管部门在智能建造转型人才培养方面提供了有针对性的实施路径。李晨辉^[5]结合上海建工四建集团的场景实践,指出施工企业智能建造转型的发展方向:应结合企业需求,梳理施工工艺数据链,打造 BIM 深化设计、智能施工策划等实战管用的智能建造场景,逐步打通施工全过程数据链条,构建数据资产,助力企业高质量发展。范云翠等^[6]则从企业系统

转型的宏观视角切入,将施工流程划分为前、中、后 3 个阶段,并提出了各阶段适配的技术手段与发展路径。

综上所述,国内学者已对建筑企业智能建造转型展开相关研究,并取得了丰硕的研究成果,然而,这些研究成果缺乏针对大型工程总承包企业智能建造转型关键驱动因素的研究。因此,本文选取大型工程总承包企业作为研究对象,运用文献分析法、专家访谈法,以及 DEMATEL-ISM-MICMAC 模型,系统识别大型工程总承包企业智能建造转型的驱动因素,并确定关键因素。研究旨在帮助企业厘清转型路径、优化资源配置,为制定科学的智能建造转型战略提供可靠依据。

1 大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素的识别与筛选

1.1 驱动因素识别的理论基础

TOE 框架从技术、组织和环境 3 个维度分析组织采纳创新技术的影响因素^[7],为研究大型建筑施工企业智能建造转型的驱动因素提供了适切的理论基础。然而,经典 TOE 框架在应用于特定行业情境时,其具体内涵和外延仍有待细化和拓展^[8]。首先,依据资源基础观,人力资源是企业获取持续竞争优势的核心要素^[9]。智能建造转型对复合型创新人才具有高度依赖性,而传统 TOE 框架难以凸显人员因素在转型中的关键作用。因此,本文将“人员”从组织维度中析出,作为独立维度。其次,企业智能建造转型具有高投入、长周期的特征,在这一过程中,资金投入、转型成本以及金融支持等因素,在很大程度上决定了转型的进程与效果。基于此,本文将“经济”从环境维度中析出,以突出经济因素在大型工程总承包企业转型中的驱动作用。综上,本文从技术、环境、经济、组织和人员 5 个维度,系统构建大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素框架。

1.2 基于文献分析法的驱动因素识别

为确保尽可能多地涵盖相关文献,本文以“建筑企业智能建造”、“大型工程总承包”、“建

筑总承包企业”、“智能化转型”、“数字化转型”等关键词,在中国知网、万方及 Web of Science 等数据库中检索 2010—2025 年的文献。为提高检索结果的针对性,对初步检索到的文献进行进一步筛选,重点保留以大型建筑企业或工程总承包为研究对象、或研究结论适用于大型工程总承包企业的文献,剔除与研究主题不符的样本,最终选

取 32 篇相关文献,仔细阅读并进行归纳整理。

在驱动因素识别过程中,本文遵循全面、科学和客观的原则,结合大型工程总承包企业项目规模大、管理链条长、资金密集度高及多参与方协同难度大等特征,对提取的因素进行筛选与整合,最终识别出与大型工程总承包企业智能建造转型相关的 26 个驱动因素,如表 1 所示。

表 1 大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素指标体系

一级驱动因素	二级驱动因素	驱动因素来源	因素含义解释
技术因素 A	智能设计应用水平 A_1	[10][17]	企业应用智能设计技术的广度和深度
	智能工地建设成熟度 A_2	[6][17]	企业智能工地建设的完成度与可持续优化能力
	建筑机器人部署效率 A_3	[12][13]	建筑机器人在工程项目中的部署数量、作业效率及替代人工的比例
	智能工程物流效能 A_4	[10]	企业运用智能工程物流对运输、存储、调配等环节智能化管理的效率
	建筑产业互联网平台建设程度 A_5	[6][11]	企业建筑产业互联网硬件或软件操作系统的建设程度
	IT 基础设施建设程度 A_6	[14][19]	企业信息技术基础设施的完备程度
	智能建造技术创新能力 A_7	[14][22][23]	企业面向大型总承包项目全链条需求,自主研发与集成智能建造技术的能力
环境因素 B	政府智能建造政策扶持力度 B_1	[4][14][19][23]	政府政策为企业智能建造转型提供的激励和支持措施的力度
	政府智能建造监管力度 B_2	[4][23]	政府对企业在智能建造技术应用安全合规等方面实施的强制性或引导性干预程度
	招标方智能化需求强度 B_3	[24]	招标方将智能建造技术应用写入招标加分项
	建筑产业链协同水平 B_4	[18][22]	产业链上下游企业之间在信息共享、资源调配及协同作业方面的整合程度与效率
	社会绿色低碳合规性压力 B_5	[13][17]	社会各方对企业遵守绿色低碳法规与环保规范的监督性约束力
经济因素 C	金融资本支持力度 C_1	[11][14][23]	企业获得第三方金融资金支持的融资能力
	大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度 C_2	[11][16][15]	企业在一定时期内用于智能建造转型的资金投入占其总资产或营业收入的比例
	政府专项资金补助 C_3	[14][17]	政府对企业智能建造转型给予的财政无偿资助或奖励
	智能建造转型投入成本 C_4	[14][16][23]	智能化系统、设备的购买、研发以及后期维护所投入的成本
	人力成本持续上涨率 C_5	[23]	企业在一定时期内用工成本的持续增长幅度,反映传统施工模式面临的人力成本压力
组织因素 D	大型工程总承包企业智能建造政策制度完善度 D_1	[4][22]	企业颁布的智能建造转型的专门政策、管理规范、技术标准、操作规程的完善度
	大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性 D_2	[4][14][16][22]	企业从全产业链视角出发,覆盖项目策划、设计、采购、施工、运维全生命周期的战略顶层设计能力
	大型工程总承包企业组织架构变革 D_3	[14][16][19][23]	企业为适应全过程、多项目集成管控需求,对组织架构进行的系统性调整与优化
	跨部门协同管理能力 D_4	[14][16]	企业处理跨法人、跨项目群的设计-采购-施工全过程耦合的协同管理能力

表 1(续)

一级驱动因素	二级驱动因素	驱动因素来源	因素含义解释
人员因素 E	智能建造复合型创新人才储备 E_1	[11][16][23]	企业同时具备建筑专业知识和智能化技能的员工储备
	人机协同效能 E_2	[17][23]	在智能建造过程中,人员与智能装备、系统之间协同作业的效率、准确性与资源利用的综合表现
	对智能建造转型的认知水平 E_3	[14][23]	员工对智能建造的核心概念、转型必要性、个人角色影响的理解程度和认同水平
	数据驱动决策能力 E_4	[6][11][20]	员工基于智能建造数据源,实时发现问题、预测风险并优化施工方案的能力
	智能建造技能培训成效 E_5	[21]	员工通过系统化培训掌握智能建造关键技术并有效转化为施工效能的综合成果

2 基于 DEMATEL-ISM-MICMAC 的大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素模型构建

大型工程总承包企业智能建造转型是一个涉及诸多驱动因素的系统工程。DEMATEL 方法能够有效厘清驱动因素之间的影响程度,识别出系统的原因因素与结果因素。ISM 方法能进一步建立多级递阶结构,揭示系统内部的层次秩序^[25]。MICMAC 模型可以实现对上述 DEMATEL 模型和 ISM 模型的补充和延伸^[26],辨识出系统中的关键依赖因素、自治因素、依赖因素和关联因素。因此,本文构建了 DEMATEL-ISM-MICMAC 模型,用以综合分析关键因素的层次结构及其内在影响机制。

2.1 构建直接影响矩阵

邀请 6 位该行业领域的工程师和总承包企业中高层管理者,通过李克特五点量表法对驱动因素间的相互关系进行打分。具体分值为 0、1、2、3 和 4,分别代表无影响、弱影响、一般影响、较强影响和强影响。为了降低专家主观意见可能带来的误差,对数据进行平均处理,根据公式(1)得到各数值的均值 $\bar{a}$ 并取整,建立直接影响矩阵 $A = [a_{ij}]_{n \times n}$ 。

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & 0 \leq \bar{a} < 0.5 \\ 1, & 0.50 \leq \bar{a} < 1.5 \\ 2, & 1.5 \leq \bar{a} < 2.5 \\ 3, & 2.5 \leq \bar{a} < 3.5 \\ 4, & 3.5 \leq \bar{a} \leq 4 \end{cases} \quad (1)$$

式中: a_{ij} 表示因素 i 对因素 j 的影响程度。

2.2 构建标准化矩阵

根据公式(2)、(3)对矩阵 A 进行规范化处理

得到标准化矩阵 N :

$$N = A/x \quad (2)$$

$$x = \max \left[\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij}, \max_{1 \leq j \leq n} \sum_{i=1}^n a_{ij} \right] \quad (3)$$

式中: x 为直接影响矩阵 A 的最大行和与最大列和中的较大值。

2.3 计算综合影响矩阵

根据公式(4)算综合影响矩阵 T 。

$$T = N(E - N)^{-1} \quad (4)$$

式中: E 为单位矩阵。

2.4 计算影响度、被影响度、中心度和原因度

计算综合影响矩阵 T 的各行之和得到影响度 r_i 、计算综合影响矩阵 T 各列之和得到被影响度 c_i 。

$$r_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (5)$$

$$c_i = \sum_{j=1}^n t_{ji} \quad (6)$$

式中: t_{ij} 为综合影响矩阵 T 中的元素。

某一因素的中心度 Z_i 为其影响度与被影响度之和,中心度越大,表示该因素对大型工程总承包企业智能建造转型的驱动作用越大。某一因素的原因度 D_i 为其影响度减去被影响度。当原因度为正,表示该因素对其他因素的影响程度更强;当原因度为负时,表示该因素易受其他因素影响。

$$Z_i = r_i + c_i \quad (7)$$

$$D_i = r_i - c_i \quad (8)$$

大型工程总承包企业智能建造转型各驱动因素的影响度、被影响度、中心度和原因度计算结果见表 2。

表 2 影响度、被影响度、中心度、原因度及因素类型

因素	影响度	被影响度	中心度	原因度	因素类型
A_1	3.548	4.140	7.688	-0.592	结果因素
A_2	3.459	4.560	8.019	-1.101	结果因素
A_3	3.115	4.074	7.189	-0.959	结果因素
A_4	2.838	3.803	6.641	-0.965	结果因素
A_5	4.525	4.615	9.14	-0.090	结果因素
A_6	3.729	4.324	8.053	-0.595	结果因素
A_7	4.480	4.585	9.065	-0.105	结果因素
B_1	4.065	3.149	7.214	0.916	原因因素
B_2	3.693	2.861	6.554	0.832	原因因素
B_3	4.337	3.754	8.091	0.583	原因因素
B_4	3.888	3.765	7.653	0.123	原因因素
B_5	3.875	3.372	7.247	0.503	原因因素
C_1	4.197	3.551	7.748	0.646	原因因素
C_2	4.796	4.631	9.427	0.165	原因因素
C_3	3.899	3.657	7.556	0.242	原因因素
C_4	1.965	3.402	5.367	-1.437	结果因素
C_5	3.228	2.419	5.647	0.809	原因因素
D_1	4.590	4.206	8.796	0.384	原因因素
D_2	4.909	4.176	9.085	0.733	原因因素
D_3	4.411	3.968	8.379	0.443	原因因素
D_4	4.561	4.042	8.603	0.519	原因因素
E_1	4.762	4.200	8.962	0.562	原因因素
E_2	4.165	3.928	8.093	0.237	原因因素
E_3	3.620	4.432	8.052	-0.812	结果因素
E_4	3.964	4.639	8.603	-0.675	结果因素
E_5	3.534	3.900	7.434	-0.366	结果因素

基于表 2 的计算结果, 绘制因果散点图, 如图 1 所示。图中以中心度为横轴, 原因度为纵轴。

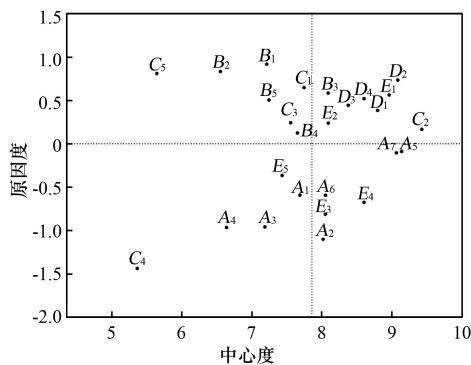


图 1 中心度 - 原因度散点图

2.5 构建邻接矩阵

基于综合影响矩阵 T 得到截距 λ , 其中 $\lambda = \bar{x} +$

σ , $\bar{x}$ 为矩阵 T 的平均值, σ 为总体标准差, 计算基于综合影响矩阵的邻接矩阵 B 。

$$\begin{cases} b_{ij} = 1, & t_{ij} \geq \lambda (i, j = 1, 2, \dots, n) \\ b_{ij} = 0, & t_{ij} < \lambda (i, j = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (9)$$

式中: b_{ij} 为邻接矩阵 B 中的元素。

2.6 构建可达矩阵

以布尔运算法则为基础, 对邻接矩阵 B 进行迭代处理, 满足公式(10)时, 得到可达矩阵 M 。

$$M = (B + E)^{n+2} = (B + E)^{n+1} \neq (B + E)^n \neq B + E \quad (10)$$

2.7 划分层级结构

将可达矩阵进行层次化处理得到可达集 $R(f_i)$ 、先行集 $H(f_i)$ 以及两者的交集 $C(f_i)$, 依次

将已分层因素删除后重复上述操作，直至所有影响因素层次划分完毕。根据以下公式将可达矩阵进行层次化处理。

$$R(f_i) = \{f_j | f_j \in F, m_{ij} = 1\}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

(11)

$$H(f_i) = \{f_j | f_j \in F, m_{ji} = 1\}, i = 1, 2, 3, \dots, n$$

(12)

$$C(f_i) = R(f_i) \cap H(f_i)$$

(13)

式中： f_i 和 f_j 为第 i 个和第 j 个影响因素； m_{ij} 和 m_{ji} 为可达矩阵 M 中的矩阵元素，其中 m_{ij} 表示从 f_i 指向 f_j 的关系， m_{ji} 表示从 f_j 指向 f_i 的关系，值为 1 表示存在驱动关系，值为 0 表示无关系。

基于上文分析结果，构建大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素的多级递阶解释结构模型，如图 2 所示。

2.8 计算驱动力和依赖度

计算可达矩阵 M 各行和各列之和，记为驱动力 Q 和依赖度 Y ，前者表示该因素对其他因素的影响

程度，后者表示该因素受其他因素的影响程度。由此，得出大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素的驱动力与依赖度测算结果，如表 3 所示。

2.9 绘制驱动力 - 依赖度散点图

根据以上计算结果，构建驱动力 - 依赖度散点图。图中 4 个象限分别为依赖因素、关联因素、自治因素和独立因素，结果如图 3 所示。依赖因素较易受其他因素影响，但其驱动力不强；关联因素具有高驱动性且依赖度较大；自治因素相对独立，影响力不强；独立因素的驱动性较强，并且对其他因素依赖度较低，不易受其他因素控制。

3 大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素分析

3.1 基于 DEMATEL 的大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素分析

根据表 2、图 1 可以得出，原因度排名前 5 位的驱动因素为政府智能建造政策扶持力度 (B_1)、

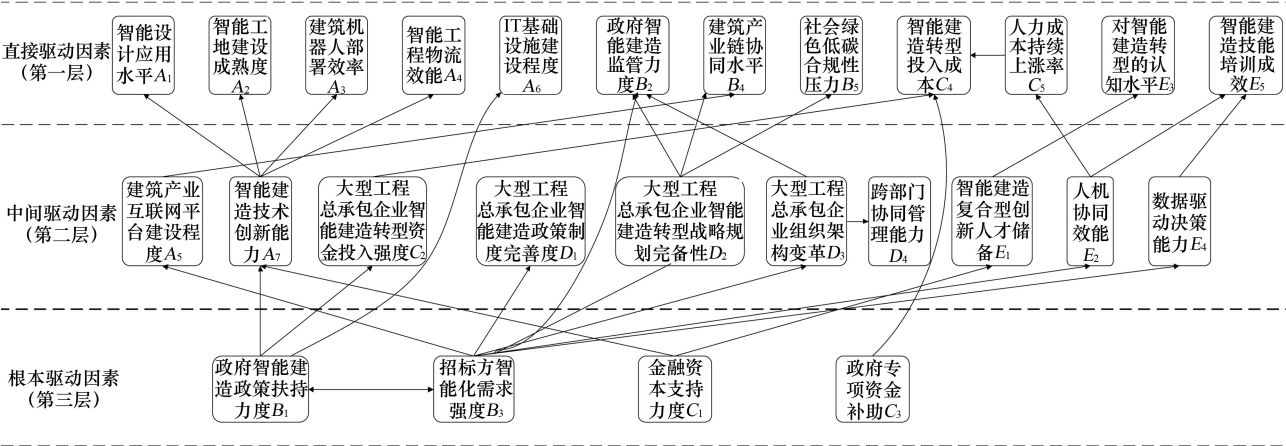


图 2 多级递阶结构模型

表 3 驱动力 - 依赖度数值

因素	驱动力	依赖度	因素	驱动力	依赖度	因素	驱动力	依赖度
A_1	1	15	B_3	18	1	D_2	17	14
A_2	1	15	B_4	1	1	D_3	17	14
A_3	1	15	B_5	1	1	D_4	17	14
A_4	1	15	C_1	18	1	E_1	17	14
A_5	17	14	C_2	17	14	E_2	17	14
A_6	1	15	C_3	18	1	E_3	1	15
A_7	17	14	C_4	1	1	E_4	17	14
B_1	18	1	C_5	1	1	E_5	1	15
B_2	1	1	D_1	17	14	—	—	—

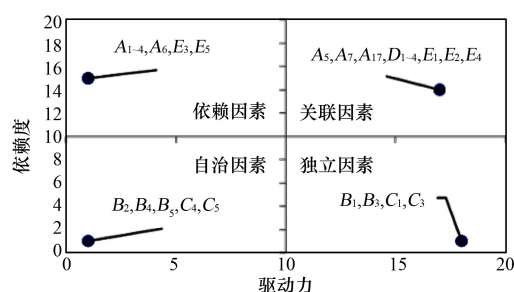


图3 驱动力-依赖度图

政府智能建造监管力度(B_2)、人力成本持续上涨率(C_5)、大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性(D_2)、金融资本支持力度(C_1)，均为原因因素，不易受到其他因素的影响。在中心度排名前5位的驱动因素中，大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度(C_2)、大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性(D_2)、智能建造复合型创新人才储备(E_1)属于原因因素，对其他因素影响较大，处于系统的核心地位。

中心度及原因度均较高的是大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性(D_2)，对其他因素具有较强的约束和引导作用。

3.2 基于 ISM 的大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素分析

由图2可知，第1层级为表层因素，包括智能设计应用水平(A_1)、智能工地建设成熟度(A_2)、建筑机器人部署效率(A_3)、智能工程物流效能(A_4)、IT基础设施建设程度(A_6)、政府智能建造监管力度(B_2)等12项驱动因素，对大型工程总承包企业起最直接的驱动作用。

第2层为过渡因素，是连接表层因素和根本因素的中间层，包括建筑产业互联网平台建设程度(A_5)、智能建造技术创新能力(A_7)、大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度(C_2)、大型工程总承包企业智能建造政策制度完善度(D_1)等10项驱动因素，受其他因素影响的同时也影响着其他因素。

第3层是位于层级图最底层的根本因素，对系统起着根本性驱动作用，包括政府智能建造政策扶持力度(B_1)、招标方智能化需求强度(B_3)、金融资本支持力度(C_1)、政府专项资金补助(C_3)。

3.3 基于 MICMAC 的大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素分析

MICMAC 分析结果如图3所示。政府智能建造

政策扶持力度(B_1)、招标方智能化需求强度(B_3)、金融资本支持力度(C_1)、政府专项资金补助(C_3)是独立因素。这些因素对其他因素影响较大，且受其他因素影响较小，是驱动大型工程总承包企业智能建造转型的关键因素。政府智能建造监管力度(B_2)、建筑产业链协同水平(B_4)、社会绿色低碳合规性压力(B_5)、智能建造转型投入成本(C_4)和人力成本持续上涨率(C_5)是自治因素，其依赖度及驱动力都较低，不易受其他因素的影响，且对其他因素产生的影响较弱。智能设计应用水平(A_1)、智能工地建设成熟度(A_2)、建筑机器人部署效率(A_3)、智能工程物流效能(A_4)、IT基础设施建设程度(A_6)、对智能建造转型的认知水平(E_3)、智能建造技能培训成效(E_5)是依赖因素，这些因素驱动力低，依赖度高，其作用的发挥更多地依赖于其他因素的变动。智能建造技术创新能力(A_7)、建筑产业互联网平台建设程度(A_5)、大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度(C_2)等其余因素是关联因素，这些因素对大型工程总承包企业智能建造转型的驱动力较强，且作为过渡因素，受根本因素和顶层因素的影响较大。

3.4 基于 DEMATEL-ISM-MICMAC 的大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素综合分析

通过综合运用 DEMATEL、ISM 及 MICMAC 模型，本文识别出大型工程总承包企业智能建造转型的关键驱动因素，分析了3种方法所得结果的关联性和一致性。ISM 识别的根本影响因素与 DEMATEL 原因度分析结果一致，均为原因因素，且为 MICMAC 中的独立因素。同时，MICMAC 中的依赖因素是 ISM 中的表层因素，且与 DEMATEL 中识别的结果因素相吻合。

关键驱动因素是在大型工程总承包企业智能建造转型过程中，能够显著影响转型成效并推动系统变化的核心因素。首先选取在中心度排序中处于前五位的因素，并剔除原因度小于0，属于结果因素的驱动因素。其次，选择在多级递阶解释结构模型中位于底层的因素，这些因素属于根本因素。最后，选择驱动力-依赖度矩阵中的独立因素，这些因素的驱动性最强、依赖度低。通过上述对关键驱动因素的综合考虑，得到7个重要

程度最高的因素,即政府智能建造政策扶持力度(B_1)、招标方智能化需求强度(B_3)、金融资本支持力度(C_1)、大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度(C_2)、政府专项资金补助(C_3)、大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性(D_2)、智能建造复合型创新人才储备(E_1)。

4 大型工程总承包企业智能建造转型对策

基于上述关键驱动因素的分析,为有效推动大型工程总承包企业实现智能建造成功转型升级,本文从政府、市场、经济、企业 4 个层面,提出以下系统性、针对性的对策建议。

(1) 强化政府政策支持与市场需求塑造。针对政府智能建造政策扶持力度(B_1)、政府专项资金补助(C_3)和招标方智能化需求强度(B_3)这 3 个关键因素,政府应出台更具体的智能建造全过程、全要素技术导则和激励机制,并通过财政补贴、税收优惠等多元化方式,为企业提供资金支持。企业应主动协同政府与招标方,共建示范项目,将经过实践验证的关键技术路径,转化为招标评价的具体标准,实现从被动适应到主动塑造市场需求的战略转变。

(2) 构建内外协同的资金保障体系。针对金融资本支持力度(C_1)和大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度(C_2)这两个关键因素,企业可积极采用绿色信贷、可持续挂钩债券等金融工具,获取外部金融资本支持。同时,企业应确立智能建造专项预算制度,明确阶段性的资金投入计划,并建立科学的投资回报评价模型,确保资源优先投放于技术成熟度高、经济效益显著的关键环节。

(3) 完善战略规划与人才储备。针对大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性(D_2)和智能建造复合型创新人才储备(E_1)这两个关键因素,企业应制定清晰的发展战略和实施路径,设立由高层主导、多部门协同参与的专项工作组,并将转型目标纳入绩效考核体系,增强组织协同与执行力。同时,应加强专业技术管理人才和技能型产业工人的培养,积极引进和培养交叉学科复合型创新人才^[27],为转型提供持续、坚实的人才支撑。

5 结 论

在建筑业智能建造转型的背景下,本文以大型工程总承包企业智能建造转型驱动因素识别为核心,运用文献分析法和 DEMATEL-ISM-MICMAC 模型进行分析,得到了含有 5 个维度、26 个驱动因素的指标体系,并识别出了 7 个关键驱动因素,包括政府智能建造政策扶持力度(B_1)、招标方智能化需求强度(B_3)、金融资本支持力度(C_1)、大型工程总承包企业智能建造转型资金投入强度(C_2)、政府专项资金补助(C_3)、大型工程总承包企业智能建造转型战略规划完备性(D_2)、智能建造复合型创新人才储备(E_1)。其中,政府智能建造政策扶持力度(B_1)、招标方智能化需求强度(B_3)、金融资本支持力度(C_1)、政府专项资金补助(C_3)是具有强驱动力的根本驱动因素。本文不仅为构建系统化智能建造转型框架提供了理论依据,也为同类企业的转型路径选择提供了实践指导。

参考文献:

- [1] 王广明,刘美霞,王洁凝.我国智能建造发展现状与趋势研究[J].建筑结构,2024,54(20):84-88.
- [2] 住房和城乡建设部办公厅.住房和城乡建设部办公厅关于印发智能建造技术导则(试行)的通知[EB/OL].(2025-03-17)[2025-09-28].https://www.mohurd.gov.cn/gongkai/zc/wjk/art/2025/art_3c4d2bfc5a394e739ed92d48fbae5c40.html.
- [3] 江苏省住房和城乡建设厅.江苏省住房和城乡建设厅等八部门关于推进全省智能建造发展的指导意见[EB/OL].(2024-12-20)[2025-10-05].https://jsszfhexjst.jiangsu.gov.cn/art/2024/12/20/art_8639_11451630.html.
- [4] 陈珂,方帅.建筑企业员工智能建造能力培养的影响因素与应对策略[J].建筑经济,2025,46(4):5-12.
- [5] 李晨辉.施工企业的智能建造场景实践与发展方向[J].建筑施工,2024,46(7):1150-1153;1162.
- [6] 范云翠,李昕浩.智能建造背景下建筑施工企业转型发展研究[J].建筑经济,2022,43(增刊2):368-371.
- [7] 牛楠,石皓喆.企业新质生产力的影响因素探究:基于 TOE 框架的动态 QCA 分析[J].财会月刊,2025,46(2):116-122.
- [8] 徐延辉,李武呈.从 TOE 到 TOEI:数字社会基层治理

- 的动员机制研究[J]. 吉林大学社会科学学报, 2024, 64 (4): 219 - 234; 240.
- [9] BARNEY J. Firm resources and sustained competitive advantage [J]. *Journal of Management*, 1991, 17 (1): 99 - 120.
- [10] 张春巍, 鲍德仁, 孙丽. 智能建造技术的研究与应用展望[J]. 沈阳工业大学学报, 2024, 46 (5): 722 - 734.
- [11] 王旺军. 从财务角度看大型建筑施工企业高质量发展[J]. 财会月刊, 2022, (增刊 1): 89 - 92.
- [12] 朱菲菲, 严小丽, 李桃. 基于演化博弈的建筑智能机器人激励政策研究[J]. 数学的实践与认识, 2023, 53 (4): 24 - 34.
- [13] 王波, 陈家任, 廖方伟, 等. 智能建造背景下建筑业绿色低碳转型的路径与政策[J]. 科技导报, 2023, 41 (5): 60 - 68.
- [14] 朱菲菲, 严小丽. 基于 ISM - AHP 的建筑企业数字化转型影响因素研究[J]. 建筑经济, 2022, 43 (10): 66 - 73.
- [15] 尤志嘉, 郑莲琼, 冯凌俊. 智能建造系统基础理论与体系结构[J]. 土木工程与管理学报, 2021, 38 (2): 105 - 111.
- [16] BIAN Y J, XIE L, LI J Q. Researchon influencing factors of artificial intelligence multi-cloud scheduling applied talent training based on DEMATEL-TAISM [J]. *Journal of Cloud Computing*, 2022, 11 (1): 35.
- [17] 尤志嘉, 刘紫薇. 工业 4.0 驱动下建筑业智能化转型升级战略研究[J]. 建筑经济, 2022, 43 (3): 21 - 27.
- [18] 刘亮, 谢根. 大数据智能制造在建造业应用及发展对策研究[J]. 科技管理研究, 2019, 39 (8): 103 - 109.
- [19] ZHANG L P, ZHANG X Y. Impact of digital government construction on the intelligent transformation of enterprises: Evidence from China [J]. *Technological Forecasting and Social Change*, 2025, 210: 123787.
- [20] 钮新强, 谢明霞, 徐利福. 水利工程智能建造的理论思考和发展展望[J/OL]. 中国工程科学, 1 - 18 [2026 - 04 - 27]. <https://link.cnki.net/urlid/11.4421.G3.20250928.1332.002>
- [21] 黄海滨, 刘锋, 王石留, 等. 智能建造在工程高质量发展实践中的探索与应用[J]. 建筑结构, 2024, 54 (24): 83 - 86.
- [22] 孙喜亮, 孙志勇, 薛小龙, 等. 智能建造技术协同创新主体互动关系研究[J]. 土木工程学报, 2022, 55 (11): 108 - 117.
- [23] 许龙, 周嘉怡, 刘兵. 企业数字化转型影响因素与实施路径[J]. 财会月刊, 2023, 44 (10): 146 - 152.
- [24] 住房和城乡建设部. “十四五”建筑业发展规划 [EB/OL]. (2022 - 01 - 25) [2024 - 03 - 15]. https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-01/27/content_5670687.htm.
- [25] 张烨, 邓小鹏. 基于 DEMATEL-ISM 的国际工程供应链韧性影响因素研究[J]. 工程管理学报, 2024, 38 (3): 47 - 52.
- [26] 张贵华, 岳庆慧. 基于 DEMATEL-ISM-MICMAC 的装配式建筑成本影响因素研究[J]. 哈尔滨商业大学学报(自然科学版), 2025, 41 (2): 242 - 248.
- [27] WANG Y H, ZHAO X F, YU X Y, et al. Analysis of development trends and associations in intelligent construction of chinese corporations[J]. *Buildings*, 2025, 15 (5): 716.

(上接第 62 页)

- [7] RACKWITZ R. Optimization: The basis of code-making and reliability verification [J]. *Structural Safety*, 2000, 22 (1): 27 - 60.
- [8] FISCHER K, VIRGUEZ E, SÁNCHEZ - SILVA M, et al. On the assessment of marginal life saving costs for risk acceptance criteria[J]. *Structural Safety*, 2013, 44: 37 - 46.
- [9] SYKORA M, HOLICKY M, PRIETO M, et al. Uncertainties in resistance models for sound and corrosion-damaged RC structures according to EN 1992 - 1 - 1 [J]. *Materials and Structures*, 2015, 48 (10): 3415 - 3430.
- [10] HOLICKY M. Reliability analysis for structural design [M]. SUN MeDIA Stellenbosch, 2009.
- [11] FISCHER K, VILJOEN C, KÖHLER J, et al. Optimal and acceptable reliabilities for structural design [J]. *Structural Safety*, 2019, 76: 149 - 161.
- [12] 建筑结构可靠度设计统一标准: GB 50068—2001 [S]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.
- [13] Economists C. A manual for cost-benefit analysis in South Africa with specific reference to water resource development[J]. WRC Report TT, 2014, 598: 14.
- [14] General principles on reliability for structures: ISO 2394: 2015 [S]. Switzerland: International Organization for Standardization, 2015.