

# 基于改进 ISM-MICMAC 的土建类拔尖创新人才培养影响因素研究

李海波, 康金鹏, 赵丽, 王晨

(河北建筑工程学院经济管理学院, 河北张家口, 075000)

**[摘要]** 培养适应建筑新业态发展需要的土建类拔尖创新人才是一项复杂的系统工程, 明晰各影响因素的层次关系和关键因素对提升土建类拔尖创新人才培养效能具有重要的意义。通过文献梳理和专家访谈, 分别从高校、学生、企业和宏观环境四个维度筛选确定了 18 个土建类拔尖创新人才培养的影响因素。基于改进的解释结构模型与交叉影响矩阵相乘法, 构建了土建类拔尖创新人才培养影响因素的层级结构模型和驱动力—依赖度分布图, 进而厘清影响因素之间的作用路径。根据关键影响因素提出具有针对性的对策建议, 以期培养土建类拔尖创新人才提供一定的参考。

**[关键词]** 土建类拔尖创新人才; 人才培养; 影响因素; ISM-MICMAC

**[中图分类号]** G642 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2025)01-0154-09

## 一、引言

拔尖创新人才是新知识的创造者、新领域的开拓者、新技术的发明者, 是引领科技创新与产业发展的关键力量。他们在复杂多变的环境中保持自身的竞争力, 在提升全球竞争力、把握未来发展机遇以及加强国家发展的稳定性等方面发挥着决定性的作用。习近平总书记在党的二十大报告中强调, 要全面提高人才自主培养质量, 着重培养拔尖创新人才<sup>[1]</sup>。高校应当加速科研组织模式和范式的改革, 加强创新体系建设, 以提高在经济社会发展中的高水平自主创新能力<sup>[2]</sup>。

随着信息技术、智能化技术以及可持续发展理念的迅速发展和普及, 建筑业发展进入新业态。在此背景下, 高校土建类拔尖创新人才供给与市场需求矛盾更加突出。建筑新业态是面向建筑业高质量发展新要求, 基于数字化、智能化和可持续发展理念, 在生产方式、管理模式、服务内容等方面出现的一系列新的发展形态。近年来, 随着建筑新业态的迅速发展, 土建类拔尖创新人才培养成为学术界和产业界关注的焦点。守正创新、提高人才培养质量, 是解决建筑新业态引发的人才供给不足问题的关键。为适应经济和社会发展新形势, 顺应建筑业发展新业态, 高校应当明晰影响土建类拔尖创新人才培养的关键因素, 为国家培养具有较强创新能力和实践经验的高素质土建类拔尖创新人才。

培养适应建筑行业未来发展需要的土建类创新型科技人才, 对于支撑我国迈向建造强国具有重要意义<sup>[3]</sup>。研究发现, 土建类拔尖创新人才培养常面临重传统轻创新的挑战, 高校创新人才培养滞后于行业需求<sup>[4]</sup>。高校需结合建筑新业态背景, 注重与新兴学科和技术的交叉融合, 明确拔尖创新人才培

**[收稿日期]** 2024-06-25; **[修回日期]** 2024-09-01

**[基金项目]** 河北省高等教育教学改革研究与实践项目“建筑新业态下地方行业特色高校土建类拔尖创新人才培养模式研究”(2023GJJG332); 河北省高校创新创业教育教学改革研究与实践项目“智能建造新业态下工程管理类专业学生创新能力提升对策研究”(2023cxxy155)

**[作者简介]** 李海波, 男, 河北卢龙人, 河北建筑工程学院经济管理学院副教授, 主要研究方向: 工程项目管理、高等教育教学; 康金鹏, 男, 河南周口人, 河北建筑工程学院经济管理学院硕士研究生, 主要研究方向: 工程项目管理, 联系邮箱: 774965083@QQ.com; 赵丽, 女, 河北承德人, 河北建筑工程学院经济管理学院副教授, 主要研究方向: 工程项目管理、高等教育教学; 王晨, 女, 山东潍坊人, 河北建筑工程学院经济管理学院硕士研究生, 主要研究方向: 工程项目管理

养的战略地位,完善教学体系与资源保障,不断创新土建专业特色的培养模式<sup>[5-6]</sup>,提升培养质量<sup>[7]</sup>。也有学者从智能建造人才需求角度分析培养工程管理专业创新型人才的影响因素,探索在智能建造背景下的创新人才培养模式<sup>[8]</sup>。Shan<sup>[9]</sup>通过考察某高校课程结构、课程内容、培养目标等方面的变化,以及对人才培养有效性的分析,认为教师在关注科研前沿的同时,应关注社会经济发展方向,及时调整教学内容,不断完善自我,培养符合建筑新业态发展需求的创新型人才。范惠明<sup>[10]</sup>通过构建本科工程人才培养质量影响因素框架,利用多元回归模型为开展面向新工科标准的教学创新提供实证依据。

整体来看,已有研究成果对土建类拔尖创新人才培养的过程要素进行了诸多探索,为本研究提供了重要的理论基础,但仍存在进一步研究的空间。如:建筑新业态背景下土建类拔尖创新人才培养尚未达到成熟阶段,不同群体对影响创新人才培养的关键因素还未达成共识。又如:影响因素间也会存在不同结构层次或因果关系,然而现有研究对因素间的内在逻辑关系及其对人才培养影响程度等方面的认识还不够深入。

因此,本文基于建筑新业态背景,结合土建类拔尖创新人才培养的理论研究和实践经验梳理其影响因素,利用改进的解释结构模型对影响因素进行关联性分析,将各因素进行层级划分,得到由表象层、中间层和根源层因素所构成的多级递阶结构图,并对不同层级的影响因素在系统中的作用进行分析,得到关键影响因素。通过交叉影响矩阵相乘法计算分析各影响因素的驱动力和依赖度分布,验证解释结构模型对影响因素的分类及作用路径的准确性,进而为培养土建类拔尖创新人才提供具有针对性的对策建议。

## 二、改进的 ISM-MICMAC 方法阐释

Warfield 教授<sup>[11]</sup>为解决复杂经济系统问题提出解释结构模型(ISM)。其计算原理是把一个复杂的系统或问题分解为多个部分,用矩阵形式表示各部分之间的相互作用关系,构建一个层次分明、逻辑清晰的多级递阶结构模型,最终解决复杂系统要素之间的关联关系问题。交叉影响矩阵相乘法(MICMAC)是一种用于分析和理解系统中各个元素之间相互影响关系的分析工具,可应用于创新人才培养影响因素体系,探索影响因素作用路径、分析因素间的关联性和重要程度,并验证解释结构模型对影响因素的分类及因素之间作用路径的准确性。传统解释结构模型虽能有效揭示复杂系统的结构关系,但其主观性强并对数据要求高,容易出现研究结果不稳定的情况。然而将解释结构模型与模糊数学有机结合,能够有效处理复杂系统中的模糊性和不确定性,同时解释系统内部因素的层级结构与作用关系。

在本研究中,土建类拔尖创新人才培养影响因素类别繁多,因素间存在相互作用关系。改进的 ISM-MICMAC 方法能够准确描述土建类拔尖创新人才培养影响因素之间的复杂关系,并利用模糊数学处理主观性较强的问题,对影响因素进行层级结构划分和分析评价,进而针对关键影响因素提出对策建议。因此,在土建类拔尖创新人才培养影响因素研究中,选用改进的 ISM-MICMAC 方法较为合适,具体研究步骤如图 1 所示。

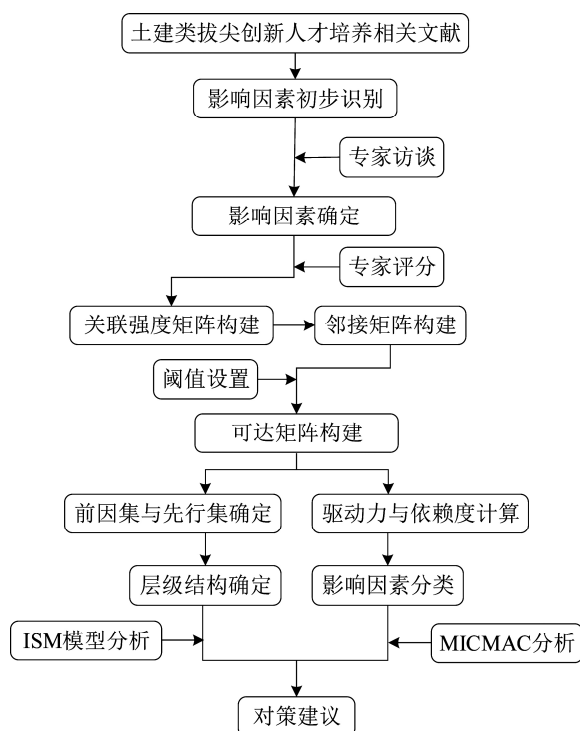


图 1 土建类拔尖创新人才培养影响因素研究流程图

三、影响因素识别

为全面获取国内外土建类拔尖创新人才培养影响因素相关文献，基于文献研究法，在中国知网、谷歌学术和 Web of Science 核心数据库进行检索，梳理分析检索到的文献，结合土建类拔尖创新人才培养实际情况，分别从高校、学生、企业和宏观环境四个层面识别出 21 个影响因素。高校层面包括课程教学体系<sup>[12]</sup>、师资队伍建设、学校创新氛围、教学资源支持、人才评价机制、学校管理制度、创新激励机制。学生层面包括自身学习态度、学科跨界能力、创新思维能力、自身综合素质。企业层面包括工程实习训练、校企合作交流、技术创新支持。宏观环境层面包括政府政策支持、教育制度建设、成果保护机制、行业人才需求、科研项目支持、实践技术转化、学术交流合作。

为保证影响因素选取的科学性、准确性和全面性，特邀请 8 位来自建筑行业、高等院校和科研机构的土建领域专家对上述影响因素进行补充、剔除修正，最终确定 18 个影响因素及其释义(见表 1)。这些因素共同构成了土建类拔尖创新人才培养的影响因素体系。

表 1 土建类拔尖创新人才培养影响因素及释义

准则层	编号	指标层	指标释义
高校层面	a1	课程教学体系	课程引入前沿技术和理念并结合建筑新业态的发展需求,引导创新思维和实践能力的培养
	a2	师资队伍建设	教师团队具备丰富的行业经验和科研成果,设置专门的培训计划,提高教师的创新指导水平
	a3	学校创新氛围	学校倡导创新、开放的学术氛围,建立科研交流平台,促进师生之间的学术交流与合作
	a4	教学资源支持	学校投入足够的资源支持土建类拔尖创新人才培养,例如创新实践基地、实验室设备、科研经费等
	a5	人才评价机制	针对学生的创新能力和实践水平建立科学合理的评价体系,提供有效反馈,进行改进,提高学生创新能力
	a6	学校管理制度	学校重视土建类拔尖创新人才培养,建立专业部门,负责人才培养工作的组织和管理
	a7	创新激励机制	建立创新成果激励机制,对取得创新成果和技术突破的个人或团队给予奖励
学生层面	a8	自身学习态度	学生对创新领域持有积极态度,主动参与创新项目、科研活动
	a9	创新思维能力	学生具备开放、灵活、批判性的思维能力,深入创新性思考
	a10	自身综合素质	学生具备良好的团队协作交流能力,具有较强的抗压能力和挑战精神
企业层面	a11	工程实习训练	提供专业的实习机会,制定有针对性的实习计划,使学生了解行业最新技术和发展趋势
	a12	校企合作交流	将企业的实际需求融入学校的教学和科研中,为学生提供企业导师、创新实验平台
	a13	企业创新文化	企业内部的创新文化激发实习学生的创新思维并提高学生的创新能力
宏观环境层面	a14	教育制度建设	加强政策支持,完善教育体制,提高创新人才培养的可持续性,并评估创新人才培养的效果和质量
	a15	成果保护机制	健全知识产权保护制度,保护创新人才的合法权益
	a16	行业人才需求	协助高校调整教学和研究方向,培养顺应行业发展的创新型人才
	a17	科研项目支持	为高校提供创新科研项目,培养学生的科研意识和创新能力
	a18	学术交流合作	组织创新型学术交流与合作活动,拓宽学生学术视野,增强创新合作能力





### (三) 可达矩阵计算

基于邻接矩阵  $A$  的元素, 通过式(3)、式(4)计算得到可达矩阵  $M$ 。矩阵  $M$  能够表示影响因素之间是否存在可到达的路径, 反应影响因素之间的间接关系。

$$A_1 = A + I, A_2 = (A + I)^2, \dots, A_i = (A + I)^i \quad (3)$$

$$A_1 \neq A_2 \neq A_3 \neq A_4 \neq \dots \neq A_i = A_{i+1} = M \quad (4)$$

其中,  $I$  表示单位矩阵,  $i$  取正整数。

$$M = \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{bmatrix}$$

### (四) 系统层级划分

系统层级划分是将复杂系统结构简化为一个清晰的层次结构图, 显现系统内部各要素间的逻辑关系。基于可达矩阵  $M$  中元素  $m_{ij}$ , 通过式(5)、式(6)计算得到各影响因素  $a_i$  的可达集  $R(a_i)$ 、先行集  $Q(a_i)$ 。可达集包含影响因素自身及其影响的因素, 先行集包含影响因素自身和对其产生影响的因素。当式(7)成立时, 则  $a_i$  为第一层级。

$$R(a_i) = \{a_j \mid m_{ij} = 1\} \quad (5)$$

$$Q(a_i) = \{a_j \mid m_{ji} = 1\} \quad (6)$$

$$R(a_i) = R(a_i) \cap Q(a_i) \quad (7)$$

将可达矩阵中第一层级因素  $a_i$  剔除再次计算剩余因素的可达集和先行集, 通过式(7)确定第二层级的因素。

重复以上步骤直至确定底层因素合集, 得到可达矩阵各元素关系集合, 并绘制影响因素多层递阶结构图, 如图2所示。

### (五) 驱动力与依赖度计算

某影响因素的驱动力表示受到该因素影响的其他因素的个数。通过计算可达矩阵中该因素所在行  $m_{ij}=1$  的元素个数之和得到驱动力大小, 驱动力越强, 表示对其他因素的影响程度越大。而依赖度表

示对该因素有影响的其他因素的个数。通过计算可达矩阵中该因素所在列  $m_{ij}=1$  的元素个数之和得到依赖度大小。依赖度越强, 表示受其他因素的影响程度越大。驱动力、依赖度计算结果如表 3 所示。

基于各影响因素的驱动力和依赖度数值, 以二维坐标的形式将影响因素分为四个集群。自治簇影响因素具有较低的驱动力和依赖度, 依赖簇影响因素具有低的驱动力和高的依赖度, 联动簇影响因素具有较高的驱动力和依赖度, 独立簇影响因素具有高的驱动力和低的依赖度。土建类拔尖创新人才培养影响因素“驱动力—依赖度”分类图如图 2 所示。

(六) 模型结果分析

1. ISM 层级结构分析

通过土建类拔尖创新人才培养影响因素的多层递阶结构图, 对层级结构关系进行梳理分析可知, 系统中 18 个影响因素共分为 6 个层级, 进一步可划分为表象层因素、中间层因素和根源层因素(见图 3)。

表 3 土建类拔尖创新人才培养影响因素驱动力、依赖度计算结果

指标	驱动力	依赖度	指标	驱动力	依赖度
a1	3	5	a10	1	13
a2	2	2	a11	2	4
a3	3	10	a12	8	3
a4	7	1	a13	2	3
a5	4	4	a14	11	1
a6	7	1	a15	3	1
a7	4	5	a16	10	1
a8	2	11	a17	6	2
a9	1	12	a18	4	1

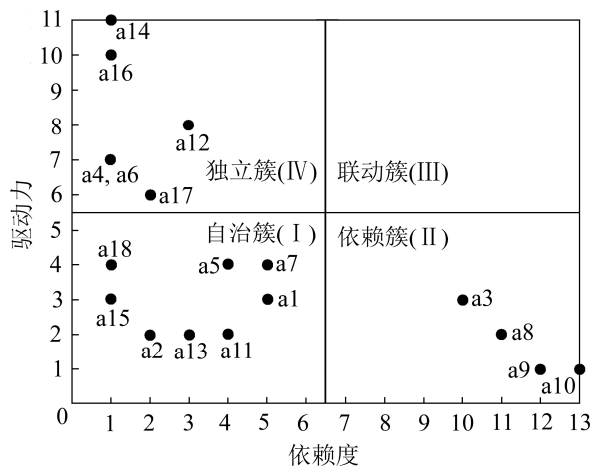


图 2 影响因素“驱动力—依赖度”分类图

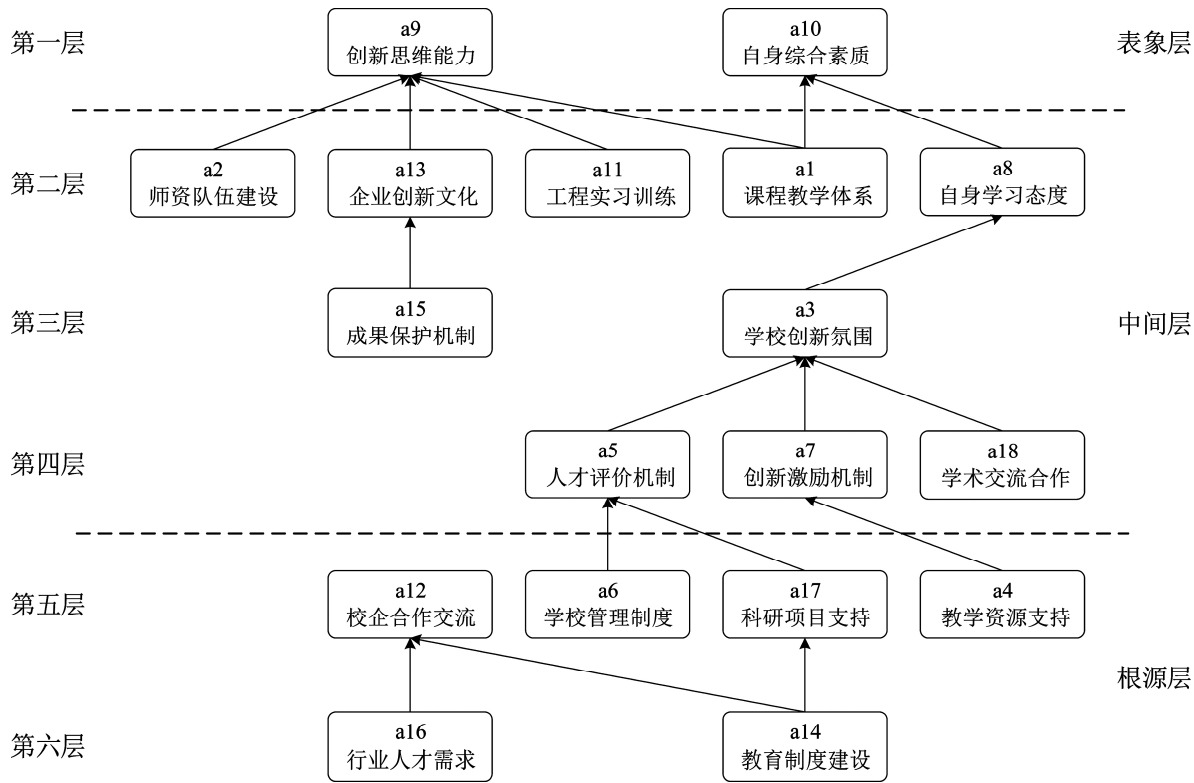


图 3 影响因素多层递阶结构图

(1) 根源层因素。根源层包括 6 个影响因素,属于深层根本因素。其中第五层影响因素包括教学资源支持 a4、学校管理制度 a6、校企合作交流 a12 和科研项目支持 a17;第六层影响因素包括教育制度建设 a14 和行业人才需求 a16。通过根源层影响因素制定有效对策,可利用层级结构中的传递路径间接消除中间层因素和表象层因素的影响,进而对培养土建类拔尖创新人才产生积极作用。

(2) 中间层因素。中间层包括 10 个影响因素,属于中层间接因素。其中第二层影响因素包括课程教学体系 a1、师资队伍建设 a2、自身学习态度 a8、工程实习训练 a11 和企业创新文化 a13;第三层影响因素包括学校创新氛围 a3 和成果保护机制 a15;第四层影响因素包括人才评价机制 a5、创新激励机制 a7 和学术交流合作 a18。此类因素将根源层因素的影响作用传递给表象层因素,同时自身也可对表象层因素产生影响。

(3) 表象层因素。表象层包括 2 个影响因素,属于表层直接因素。其中影响因素包括创新思维能力 a9 和自身综合素质 a10。表象层因素直接影响土建类拔尖创新人才的培养,若要排除此类因素造成的影响,需先消除根源层因素和中间层因素的作用。

## 2. MICMAC 方法分析

根据驱动力和依赖度数值大小,可将影响因素分为自治簇影响因素、依赖簇影响因素、联动簇影响因素和独立簇影响因素。

(1) 自治簇影响因素。自治簇影响因素包括课程教学体系 a1、师资队伍建设 a2、人才评价机制 a5、创新激励机制 a7、工程实习训练 a11、企业创新文化 a13、成果保护机制 a15、学术交流合作 a18。此类影响因素主要为中间层因素,对其他因素的影响或被影响的程度相对较小。

(2) 依赖簇影响因素。依赖簇影响因素包括学校创新氛围 a3、自身学习态度 a8、创新思维能力 a9、自身综合素质 a10。此类影响因素在表象层和中间层各有 2 个,易受到高驱动力影响因素的影响。例如创新思维能力 a9 和自身综合素质 a10 依赖度较高,受师资队伍建设 a2、工程实习训练 a11、创新企业文化 a13 和课程教学体系 a1、自身学习态度 a8 等因素的影响较大。

(3) 联动簇影响因素。联动簇影响因素具有高驱动力、高依赖度的特征,易对高依赖性因素产生影响或受高驱动力因素的影响,因此其稳定性较低。本系统没有属于联动簇的影响因素,说明具有较好的稳定性。

(4) 独立簇影响因素。独立簇影响因素包括教学资源支持 a4、学校管理制度 a6、校企合作交流 a12、教育制度建设 a14、行业人才需求 a16、科研项目支持 a17。此类影响因素主要为根源层因素,易对高依赖度的影响因素产生影响,进而通过传递路径影响土建类拔尖创新人才的培养效能,因此,要率先对此类关键因素制定针对性措施。

## 五、结论与建议

### (一) 研究结论

为了解土建类拔尖创新人才培养影响因素之间的层次关系和作用路径,提高土建类拔尖创新人才自主培养效能,本研究利用改进的解释结构模型与交叉影响矩阵相乘法梳理分析影响土建类拔尖创新人才培养的表象层、中间层和根源层因素,厘清土建类拔尖创新人才的培养影响因素的层次结构和各因素间的相互作用路径,得出如下结论。

(1) 土建类拔尖创新人才培养影响因素之间具有多层级递阶逻辑关系。创新思维能力、自身综合素质是影响土建类拔尖创新人才培养的表层直接因素;师资队伍建设、企业创新文化、工程实习训练、课程教学体系、自身学习态度、成果保护机制、学校创新氛围、人才评价机制、创新激励机制和学术交流合作是影响土建类拔尖创新人才培养的中层间接因素;教学资源支持、学校管理制度、校企合作交流、教育制度建设、行业人才需求和科研项目支持是影响土建类拔尖创新人才培养的深层根本因素。

(2) 土建类拔尖创新人才培养影响因素可划分为自治簇、依赖簇和独立簇影响因素。课程教学体系、师资队伍建设、人才评价机制、创新激励机制、工程实习训练、企业创新文化、成果保护机制和

学术交流合作属于自治簇影响因素, 具有较低的驱动力和依赖度, 对其他因素的影响或被影响的程度相对较小。学校创新氛围、自身学习态度、创新思维能力和自身综合素质属于依赖簇影响因素, 具有低驱动力、高依赖度的特征, 这些因素的影响需要依赖其他相关因素的改善或消除。教学资源支持、学校管理制度、校企合作交流、教育制度建设、行业人才需求和科研项目支持属于独立簇影响因素, 具有高驱动力和低依赖度的特征, 能够在土建类拔尖创新人才培养过程中发挥积极的推动作用, 针对此类因素应进行重点管控, 确保其在拔尖创新人才培养中发挥最大效能, 进而推动整个培养体系的优化和升级。

## (二) 对策建议

根据研究结论对培养系统、育人机制、教学方式和评价体系提出如下对策建议, 为土建类院校或其他行业特色高校在拔尖创新人才培养方面提供一定的理论借鉴和实践参考。

### 1. 建立“全方位”的人才培养系统

为了使学生更好地融入行业, 应深化校企合作, 为学生提供更多实习机会来提高他们的创新实践能力。政府应加强政策支持, 为校企合作提供更多的激励, 使得合作更加紧密、深入。同时科研院所应提高对科研项目的支持力度, 鼓励教师和学生积极参与, 培养学生的科研意识和创新能力。

### 2. 建立“多元共治”的协同育人机制

建立“政府—高校—行业—企业—社会”的协同育人机制, 形成多元共治格局, 实现政府宏观管理、高校自主培养、行业引领前沿、企业动态反馈、市场力量调节的目标。积极推动同类院校之间的合作, 构建“教师发展共同体”, 通过跨学校、跨层次、跨区域的深度合作, 促进校际资源共享、优势互补, 建立教师互聘机制, 为人才培养注入新活力。

### 3. 构建以“学科为中心”的教学方式

采取重构课程内容和打造专业课程群的策略。通过重构课程内容, 将先进的建筑数字技术、最新的科研成果和学科前沿知识融入教学, 实现“科教融合”, 确保课堂教学内容的前沿性和高阶性。以特色学科为引领, 建立高水平专业课程群, 包括专业基础课、核心课和拓展模块, 充分考虑课程间的关联性, 塑造健康科学的“学科生态”, 为学生提供更广阔的学术视野和专业发展空间。

### 4. 构建“系统动态”的评价体系

建立评价主体多元系统化和评价角度多样动态化的评价体系。构建包含学生、教师、学校、政府、行业、企业、社会等多个主体的立体化、多层次人才培养成效评价体系, 实现上下结合、内外融通、供需对接。强化过程评价, 通过多模态诊断学生动态发展状态; 探索增值评价, 实时反馈学生进步速度; 改进结果评价, 重视教学目标达成度, 以及时总结、持续改进、闭环控制的方式, 确保评价角度多样动态化, 从而促进人才培养质量的提升。

## 参考文献:

- [1] 中华人民共和国教育部. 全面推进“一〇一计划”筑基拔尖创新人才培养[EB/OL]. (2024-04-26) [2024-04-30]. [https://hudong.moe.gov.cn/jyb\\_xwfb/s5148/202404/t20240426\\_1127653.html](https://hudong.moe.gov.cn/jyb_xwfb/s5148/202404/t20240426_1127653.html).
- [2] 中华人民共和国中央人民政府. 深入实施科教兴国战略[EB/OL]. (2024-03-07) [2024-04-05]. [https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202403/content\\_6937404.htm](https://www.gov.cn/yaowen/liebiao/202403/content_6937404.htm).
- [3] 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.
- [4] 李飞燕, 盖东民. BIM+产教融合下应用型高校土建人才培养研究[J]. 教育与职业, 2021(1): 107-111.
- [5] CHENG L X, WAN Y Y. Analysis on the training mode of civil engineering specialty applied talents in applied local colleges under the background of “new engineering”: Taking Gannan University of Science and Technology as an example[J]. Journal of Human Resource Development, 2023, 5(6): 125-130.
- [6] 范大波, 金波, 雷彩虹, 等. 新版专业目录下土建类专业人才培养模式构建与实施策略: 杭州科技职业技术学院的探索

- 与实践[J]. 中国职业技术教育, 2023(5): 74–80, 91.
- [7] YAN Y Y. Model construction and path optimization of cultivating top innovative talents in universities[J]. *Frontiers in Educational Research*, 2023, 6(19): 90–95.
- [8] 钱应苗, 余梦媛, 袁瑞佳, 等. 面向智能建造的工程管理专业创新型人才培养模式研究: 基于定性比较分析法(QCA)的实证分析[J]. 江西理工大学学报, 2022, 43(5): 72–80.
- [9] SHAN C, GAO W C, ZHOU Q. The evolution of compound talents training in ordinary colleges and universities under the background of digital economy: Take the engineering management major of Putian University as an example[J]. *Adult and Higher Education*, 2023, 5(16): 110–117.
- [10] 范惠明. 基于新工科标准的本科工程人才培养质量影响因素调查[J]. 化工高等教育, 2021, 38(1): 14–19.
- [11] WARFIELD J N. Binary matrices in system modeling[J]. *IEEE Transaction on Systems, Man and Cybernetics*, 1973, 3(5): 441–449.
- [12] 王铮. 土木工程专业创新创业人才培养路径探究[J]. 工程抗震与加固改造, 2023, 45(4): 189.

## Research on the influencing factors of top-notch innovative talent cultivation in civil engineering based on improved ISM-MICMAC

LI Haibo, KANG Jinpeng, ZHAO Li, WANG Chen

(School of Economics and Management, Hebei Institute of Architecture and Civil Engineering,  
Zhangjiakou 075000, China)

**Abstract:** Cultivating top-notch innovative talents in civil engineering to meet the needs of the development of the new construction industry is a complex systematic project, and it is of great significance to clarify the hierarchical relationship and key factors of the influencing factors to enhance the effectiveness of the cultivation of top-notch innovative talents in civil engineering. Through literature combing and expert interviews, 18 influencing factors for the cultivation of top-notch innovative talents in civil engineering are obtained by screening from four dimensions: universities, students, enterprises, and macro environment. Based on the improved explanatory structure model and the cross-influence matrix multiplication method, we construct the hierarchical structure model and the driving force-dependence distribution diagram of the influencing factors for the cultivation of top innovative talents in civil engineering. Then we clarify the role paths between the influencing factors. Targeted countermeasures are proposed according to the key influencing factors, so as to provide a certain reference for cultivating top innovative talents in civil engineering.

**Key words:** civil engineering top-notch innovative talents; talent cultivation; influencing factors; ISM-MICMAC

[编辑: 何彩章]