

基于 DEMATEL-ISM 的研究生创新能力影响因素研究

——以土木水利专业(工程建造与管理方向)为例

李海波, 李岩, 赵丽, 梅倩

(河北建筑工程学院经济管理学院, 河北张家口, 075000)

[摘要] 培养创新型智能建造工程科技人才是我国建筑业高质量发展的迫切要求。结合土木水利专业研究生培养状况及智能建造新业态对高层次人才的需求,对影响创新能力的关键因素进行深入探究。首先,通过调查问卷筛选得到18个影响研究生创新能力的相关因素;其次,运用 DEMATEL-ISM 构建了创新能力培养影响因素模型,利用原因结果图和多级递阶结构模型使研究结果更加清晰地呈现;最后,从本质影响因素、间接影响因素、直接影响因素三方面提出优化建议,为提高研究生创新能力提供依据。

[关键词] 研究生创新能力;工程建造与管理方向;影响因素;DEMATEL-ISM

[中图分类号] G643 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1674-893X(2021)05-0056-09

研究生是未来国家创新体系的中流砥柱,培养面向国家经济社会发展最前沿的高层次人才至关重要。2020年7月29日,习近平总书记对研究生教育工作作出的重要指示中强调要高度重视研究生教育,瞄准科技前沿和关键领域,深入推进学科专业调整。随着新一轮科技革命和产业变革的蓬勃兴起,新业态不断涌现,智能建造作为新一代的工程建造创新模式也成为建筑业高质量发展的必然选择,存在对工程建造与管理(以下简称“建管”)方向高层次人才的需求^[1]。工程建造与管理是土木水利专业下设的一个研究方向,高校对建管方向研究生的培养的重视程度不足导致建管方向研究生难以满足建筑产业转型升级对创新型智能建造人才的需求。因此,为顺应建筑业发展趋势,明确影响建管方向研究生创新能力的关键因素,培养创新型建管方向研究生是当前高校教育教学改革的重心所在。

一、文献综述

近年来学者们对研究生创新能力培养方面的关注度不断上升,Meiju Fu^[2]在已有研究成果的基础上,通过问卷调查,对管理科学与工程专业研究生实践能力和创新能力培养现状进行了整体调查,发现由于缺乏竞争和激励机制,研究生参与科研项目的积极性不高,从而难以提高研究生的创新和实践能力。李高申^[3]通过对应用型创新人才培养影响因素进行分析从而得出创新创业评价机制不健全是根本影响因素。刘清涛^[4]等结合长安大学机械土木多学科融合现状构建了机械土木融合创新人才培养体系。上述文章对研究生创新能力影响因素提供了一定的理论依据,但都是以定性分析为主,缺乏定量分析,多数的研究是基于案例分析,说服力弱。

还有一些学者对研究生创新能力的内部影响因素进行深入研究,例如何寿奎和李倩倩^[5]分

[收稿日期] 2021-07-25; **[修回日期]** 2021-10-18

[基金项目] 2021年度河北建筑工程学院研究生教育教学改革研究项目“智能建造新业态下的工程建造与管理方向研究生创新能力培养”(2021YJSJG07)

[作者简介] 李海波,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,联系邮箱:153143879@QQ.com;李岩,山东济宁人,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;赵丽,河北邯郸人,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;梅倩,江苏宿迁人,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:工程管理信息化

析了专业学位研究生教育现存的问题, 确定其创新能力形成的因素, 最后制定了旨在提高专业型硕士研究生工程创新能力的培养方案及保障机制。马燕等^[6]构建了影响研究生科研创新能力的结构方程模型, 通过实证分析确定关键影响因素。Peng Li^[7]认为研究生的创新能力一直是高校教育的核心问题之一, 因此, 从完善课程体系、设置严格的考核机制等六个方面提出提升研究生创新能力的路径。上述文章对研究生创新能力影响因素进行了有益的探究, 但都是从宏观层面出发, 没有从根源上对研究生创新能力影响因素及其作用路径进行研究, 未充分考虑当前的行业发展现状对研究生创新能力的影

响。基于此, 本文结合建筑业发展趋势, 从根源上分析当前建管方向研究生创新能力培养的影响因素, 并且充分考虑各影响因素间的相互作用及其作用路径。首先利用调查问卷、导师访谈等方法筛选出建管方向研究生创新能力的影响因素并搭建影响因素框架体系, 利用 DEMATEL 分析各影响因素之间的相互作用关系, 运用 ISM 对 DEMATEL 分析得出的相互作用关系进行梳理, 揭示建管方向研究生创新能力影响因素的层级关系和结构关系, DEMATEL 和 ISM 相结合使得各制约因素间的相对重要程度更为直观地

呈现。通过分析影响建管方向研究生创新能力的关键因素, 找出研究生创新能力缺乏的原因, 有助于推进高校研究生创新能力培养工作的实施, 满足我国建筑业转型升级和创新发展的人才需求。

二、影响因素筛选

制约研究生创新能力发展的因素极其复杂, 各种因素相互作用相互影响是研究生创新能力不足的重要原因^[7]。结合建管方向研究生创新能力实际情况及相关文献, 将建管方向研究生创新能力影响因素分为 21 个: 政策方面包括教育管理制度、科研成果评价机制、创新激励机制、严格的淘汰机制、对研究生创新能力的合理评价、综合素质测评侧重对创新能力的考核; 外部环境方面包括导师队伍、创新文化氛围、硕士研究生数量较多; 培养机制方面包括培养经费、课程设置中增加创新课程、注重工程实践能力培养^[8]、参与科研的机会^[9]、明确的学科专业定位、多学科交叉融合^[10]; 个体方面包括与导师的有效沟通、自身专业基础、科研信心、创新思维能力、挑战精神、对所学专业领域的兴趣。对因素的解释如表 1 所示。最后通过调查问卷、导师访谈等方法, 本着简明科学的原则对因素进行剔除, 构建了建管方向研究生创新能力影响因素体系(如图 1)。

表 1 研究生创新能力影响因素解释

创新能力影响因素	因素解释
教育管理制度	部分高校教学管理制度、科研管理制度等不完善不利于研究生创新能力的培养
科研成果评价机制	科研成果评价机制能够反映成果创新水平, 体现研究生创新能力
创新激励机制	合理的激励机制提升创新能力突出的研究生创新积极性
政策方面	严格的淘汰机制
	对研究生毕业论文进行考核, 对存在问题较多的学生实行淘汰机制
	对研究生创新能力的合理评价
	对研究生创新能力多角度评价, 有助于研究生教育教学改革和创新能力培养
	综合素质测评侧重对创新能力的考核
	制定明确的创新考核标准, 要定期对论文发表、项目申报等进行考核
外部环境	导师队伍
方面	创新文化氛围
	硕士研究生数量较多
	部分高校导师队伍建设水平低, 对研究生管理投入精力不够
	课题组学术氛围浓厚, 具有带动作用, 有利于提高研究生的创新欲望
	研究生数量多, 学校对学生管理涣散

续表 1

培养机制方面	培养经费	科研经费少导致资源不足，不利于创新实践能力的培养
	课程设置中增加创新课程	理论基础与方法实践融合不足，缺少应用性课程
	注重工程实践能力培养	通过工程实践积累知识和提升能力，为学生科研创新能力的培养打好基础
	参与科研的机会	参与科研项目和科研训练，可以激发学生科研兴趣和热情
	明确的学科专业定位	学科定位是建管方向研究生培养的基础，明确的学科定位能够有针对性地培养学生的创新能力
个体方面	多学科交叉融合	工程建设与管理的显著特点就是多学科交叉融合，各学科之间的知识不能融合贯通，也会影响研究生的创新能力
	与导师的有效沟通	缺少与导师的沟通交流，未能定期开展学术探讨，难以形成创新性思维
	自身专业基础	专业知识储备薄弱，缺乏创新的理论基础
	科研信心	缺乏科研信心，对自己的想法不自信，很难进行创新
	创新思维能力	创新思维能力能够打破传统思维模式，有利于创新能力培养
	挑战精神	挑战精神体现在研究生能主动创新，对提升创新能力具有重要意义
	对所学专业领域的兴趣	对所学专业领域感兴趣才能进行深入研究，进而提升创新能力

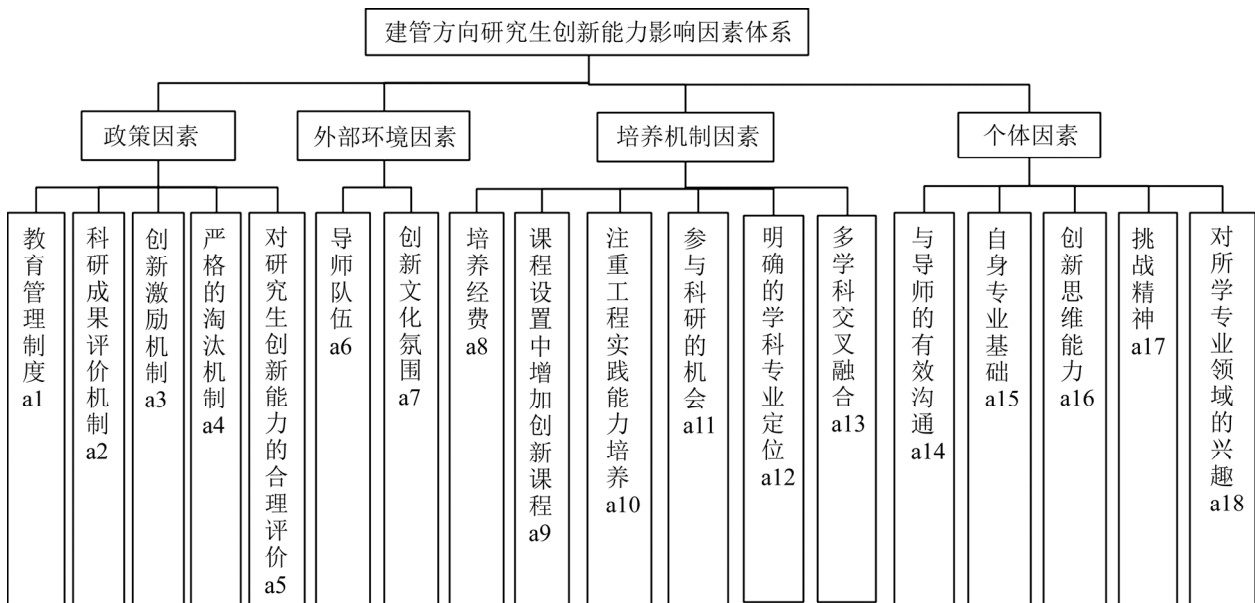


图 1 建管方向研究生创新能力影响因素体系

三、DEMATEL-ISM 组合分析方法介绍

DEMATEL 是一种基于图论，以构造图的矩阵演算为中心并利用专家经验进行因素分析与识别的多属性决策方法。ISM 是美国 N. Warfield John 提出的一种分析复杂社会经济结构的方法，运用离散数学的图形理论，通过矩阵运算，揭示系统内各要素间的联系，得出层级化的关系图^[11]。ISM 和 DEMATEL 适用于层次结构和交

互结构的复杂问题的深入分析，ISM 作为一种整体方法，提供了将因素划分为不同层级的可能性，而 DEMATEL 则用于识别直接和间接关系。建管方向研究生创新能力影响因素众多，各种因素相互作用相互影响，因此，DEMATEL 和 ISM 相结合的方法在研究生创新能力影响因素研究过程中更加具有优势，具体步骤如图 2 所示。

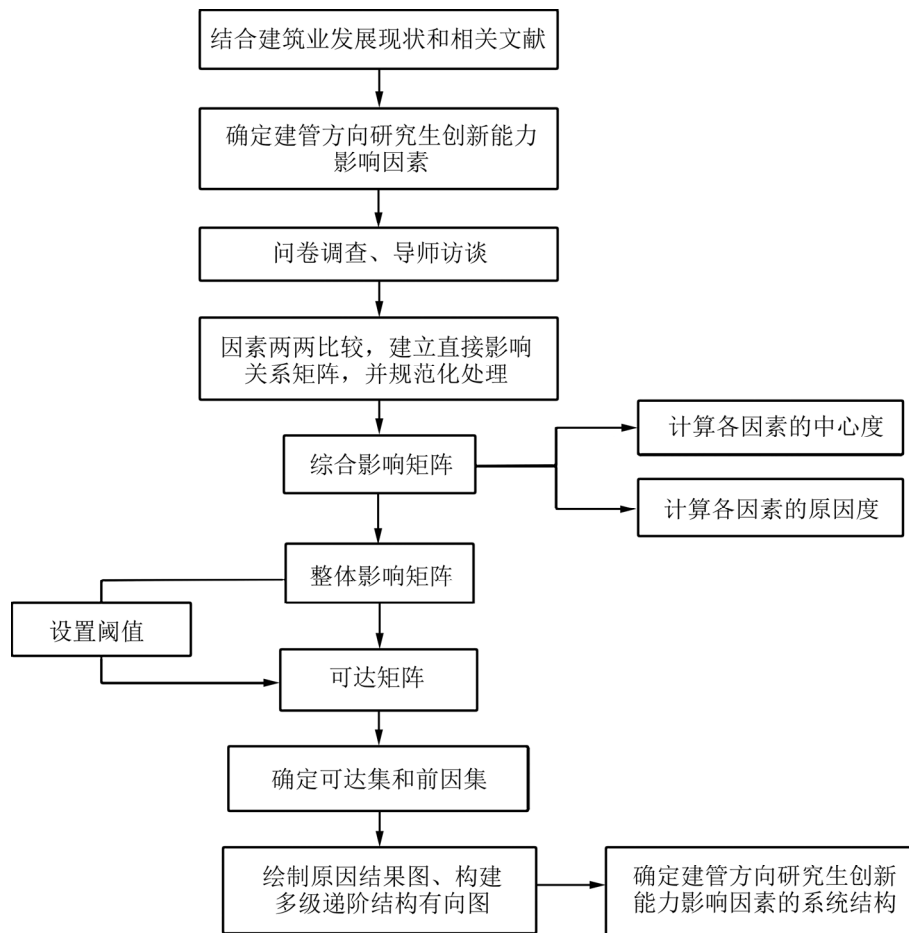


图2 建管方向研究生创新能力影响因素研究流程图

四、建管方向研究生创新能力影响因素模型构建

(一) 计算综合影响矩阵 H

结合智能建造新业态和相关文献,通过问卷调查、导师访谈等方法,采用 0~4 标度(0—无影响;1—影响较弱;2—影响一般;3—影响较强;4—影响强)对要素间的相互影响程度进行打分,建立直接影响关系矩阵 $A=[a_{ij}]_{n \times n}$, a_{ij} 表示因素 a_i 对因素 a_j 的影响程度,当 $i=j$ 时, $a_{ij}=0$ 。对矩阵 A 进行规范化处理得到矩阵

$$B=[b_{ij}]_{n \times n} = A / \max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n a_{ij} \quad (1)$$

得到标准化矩阵 B 后,为表示各创新能力影响因素对其他因素的影响程度,根据式(2)计算综合影响矩阵 H :

$$H = B(I - B)^{-1} \quad (2)$$

I 为单位矩阵。

由此求出建管方向研究生创新能力影响因

素综合影响矩阵 H , 如表 2 所示。

(二) 计算中心度 d_i 、原因度 s_i 、影响度 y_i 和被影响度 f_j

计算出创新能力影响因素综合影响矩阵 H 后,再在此基础上求解中心度 d_i 、原因度 s_i 、影响度 y_i 和被影响度 f_j 。其中,中心度 d_i 反映了影响因素在整个体系中的重要性,中心度越高的因素越重要;原因度 s_i 反映因素之间的影响,原因度为正表示该因素是原因因素,而原因度为负表示该因素是结果因素。计算公式如下:

$$y_i = \sum_{j=1}^n h_{ij}, i=1, 2, \dots, 18 \quad (3)$$

$$f_j = \sum_{i=1}^n h_{ij}, j=1, 2, \dots, 18 \quad (4)$$

$$d_i = y_i + f_j, i=j \quad (5)$$

$$s_i = y_i - f_j, i=j \quad (6)$$

依据式(3)~(6)计算建管方向研究生创新能力影响因素的各项指标(见表 3)。

表2 建管方向研究生创新能力影响因素综合影响矩阵 H

因素	a_1	a_2	a_3	a_4	a_5	a_6	a_7	a_8	a_9	a_{10}	a_{11}	a_{12}	a_{13}	a_{14}	a_{15}	a_{16}	a_{17}	a_{18}
a_1	0.38	0.45	0.45	0.41	0.48	0.36	0.56	0.53	0.63	0.59	0.54	0.51	0.59	0.48	0.56	0.57	0.52	0.57
a_2	0.36	0.29	0.36	0.30	0.41	0.28	0.43	0.36	0.43	0.42	0.42	0.37	0.42	0.38	0.43	0.44	0.41	0.43
a_3	0.40	0.36	0.33	0.34	0.39	0.32	0.52	0.44	0.53	0.52	0.48	0.45	0.52	0.43	0.49	0.50	0.47	0.50
a_4	0.32	0.32	0.32	0.26	0.38	0.28	0.46	0.35	0.43	0.42	0.42	0.36	0.42	0.41	0.46	0.44	0.41	0.44
a_5	0.35	0.41	0.35	0.32	0.34	0.30	0.46	0.39	0.47	0.49	0.48	0.43	0.49	0.40	0.47	0.47	0.44	0.47
a_6	0.37	0.37	0.37	0.34	0.40	0.29	0.57	0.45	0.53	0.49	0.56	0.43	0.49	0.51	0.50	0.51	0.47	0.51
a_7	0.40	0.40	0.43	0.37	0.46	0.35	0.50	0.45	0.57	0.56	0.56	0.49	0.56	0.50	0.54	0.58	0.51	0.58
a_8	0.35	0.35	0.35	0.32	0.38	0.31	0.50	0.35	0.51	0.50	0.52	0.40	0.50	0.41	0.47	0.48	0.45	0.48
a_9	0.44	0.40	0.41	0.37	0.43	0.36	0.57	0.45	0.51	0.60	0.53	0.50	0.60	0.48	0.58	0.59	0.52	0.59
a_{10}	0.40	0.40	0.40	0.36	0.43	0.35	0.57	0.44	0.57	0.49	0.52	0.49	0.56	0.47	0.58	0.62	0.55	0.62
a_{11}	0.36	0.35	0.36	0.33	0.38	0.31	0.51	0.43	0.47	0.47	0.43	0.40	0.47	0.45	0.51	0.52	0.49	0.52
a_{12}	0.39	0.39	0.39	0.36	0.42	0.34	0.52	0.47	0.60	0.58	0.51	0.41	0.58	0.46	0.56	0.54	0.50	0.57
a_{13}	0.35	0.35	0.35	0.32	0.37	0.31	0.46	0.39	0.53	0.49	0.45	0.40	0.42	0.41	0.51	0.48	0.48	0.51
a_{14}	0.31	0.31	0.31	0.28	0.33	0.27	0.48	0.35	0.42	0.41	0.44	0.35	0.41	0.33	0.42	0.42	0.39	0.42
a_{15}	0.36	0.36	0.36	0.33	0.39	0.32	0.49	0.40	0.48	0.47	0.51	0.41	0.47	0.46	0.46	0.57	0.54	0.56
a_{16}	0.37	0.36	0.37	0.34	0.39	0.32	0.53	0.41	0.49	0.48	0.55	0.42	0.48	0.47	0.53	0.47	0.54	0.53
a_{17}	0.30	0.29	0.30	0.27	0.32	0.26	0.39	0.33	0.39	0.38	0.39	0.33	0.38	0.35	0.43	0.44	0.34	0.40
a_{18}	0.33	0.33	0.33	0.30	0.35	0.29	0.44	0.37	0.44	0.43	0.44	0.38	0.43	0.39	0.52	0.53	0.46	0.42

表3 建管方向研究生创新能力影响因素的各项指标

影响因素	影响度 y_i	被影响度 f_j	中心度 d_i	中心度排序	原因度 s_i	因素属性
a_1	9.18	6.54	15.72	10	2.64	原因因素
a_2	6.94	6.49	13.43	17	0.45	原因因素
a_3	7.99	6.54	14.53	14	1.45	原因因素
a_4	6.9	5.92	12.82	18	0.98	原因因素
a_5	7.53	7.05	14.58	13	0.48	原因因素
a_6	8.16	5.62	13.78	16	2.54	原因因素
a_7	8.81	8.96	17.77	2	-0.15	结果因素
a_8	7.63	7.36	14.99	11	0.27	原因因素
a_9	8.93	9	17.93	1	-0.07	结果因素
a_{10}	8.82	8.79	17.61	3	0.03	原因因素
a_{11}	7.76	8.75	16.51	6	-0.99	结果因素
a_{12}	8.59	7.53	16.12	9	1.06	原因因素
a_{13}	7.58	8.79	16.37	7	-1.21	结果因素
a_{14}	6.65	7.79	14.44	15	-1.14	结果因素
a_{15}	7.94	9.02	16.96	5	-1.08	结果因素
a_{16}	8.05	9.17	17.22	4	-1.12	结果因素
a_{17}	6.29	8.49	14.78	12	-2.20	结果因素
a_{18}	7.18	9.12	16.3	8	-1.94	结果因素

(三) 计算整体影响矩阵 T 和可达矩阵 M

在综合影响矩阵 H 的基础上充分考虑因素自身的影响, 计算得到整体影响矩阵 T :

$$T = H + I \quad (7)$$

建管方向研究生创新能力影响因素较多, 为探究本质因素, 简化层次结构, 设定阈值 λ 来化简整体影响矩阵 T , 从而判断可达矩阵 M 中的元素取值。 λ 的取值多数情况下是根据专家经验, 客观性不足, 因而用基于统计分布的均值与标准差之和作为阈值可降低主观性影响^[12]。计算如下:

$$\lambda = \alpha + \beta \quad (8)$$

其中, α 和 β 分别表示综合影响矩阵全部元素的均值和标准差, 根据式(8)求出的 λ 值如下:

$$\alpha = 0.13, \beta = 0.03, \lambda = \alpha + \beta = 0.16 \quad (9)$$

根据阈值 λ 对整体影响矩阵 T 进行化简得到可达矩阵 M :

$$M = [m_{ij}]_{n \times n}, m_{ij} = \begin{cases} 1, & t_{ij} \geq \lambda \\ 0, & t_{ij} < \lambda \end{cases} \quad (10)$$

其中, $m_{ij}=1$ 表示 m_i 对 m_j 存在直接影响关系, $m_{ij}=0$ 表示 m_i 对 m_j 无直接影响关系。

(四) 划分各要素级别

根据可达矩阵 M 确定可达集 $R(a_i)$ 和先行集

$Q(a_i)$, 如式(11)所示。

$$\begin{cases} R(a_i) = \{a_j \mid a_j \in A, m_{ij} = 1\} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \\ Q(a_i) = \{a_j \mid a_j \in A, m_{ji} = 1\} \quad (i, j = 1, 2, \dots, n) \end{cases} \quad (11)$$

由式(11)确定递阶层次结构模型中的最高层因素 $R(a_i)$, 逐级剔除高级要素直至确定所有的层级, 根据确定的不同层级元素构建建管方向研究生创新能力影响因素模型, 最高层因素的确定方法如式(12)所示:

$$R(a_i) = R(a_i) \cap Q(a_i) \quad (i=1, 2, \dots, n) \quad (12)$$

(五) 绘制原因结果图, 建立创新能力影响因素解释结构模型

根据表 3 求得的中心度和原因度值, 以中心度 d_i 为横坐标, 以原因度 s_i 为纵坐标绘制建管方向研究生创新能力影响因素的原因结果图(如图 3), 使所得结果更为清晰直观地展现。结合图 3 和前文中划分出来的各层级元素, 构建建管方向研究生创新能力影响因素多级递阶结构模型图(如图 4), 以清楚地揭示各影响因素的作用途径。

五、模型优化结果分析及建议

(一) DEMATEL 结果分析

影响度排名较高的因素为 a_1 教育管理制度、 a_9 课程设置中增加创新课程、 a_{10} 注重工程实践能

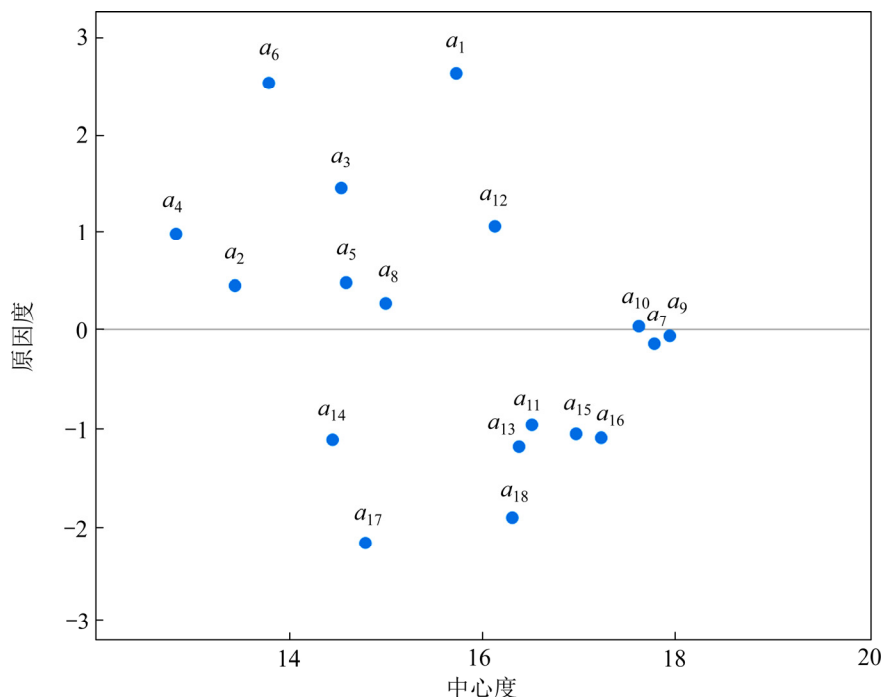


图 3 建管方向研究生创新能力影响因素的原因结果图

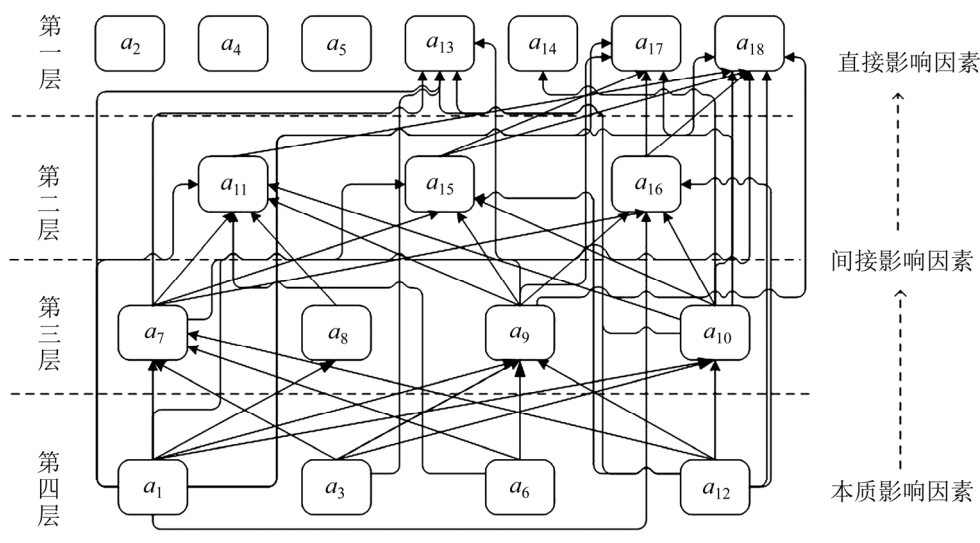


图4 建管方向研究生创新能力影响因素多级递阶结构模型

力培养、 a_7 创新文化氛围，这四项目因素对其他因素的影响比较大；被影响度排在前4位的因素依次为 a_{16} 创新思维能力、 a_{18} 对所学专业领域的兴趣、 a_{15} 自身专业基础、 a_9 课程设置中增加创新课程，说明这四个因素受其他因素影响的程度较高；中心度排名前4位的因素分别是 a_9 课程设置中增加创新课程、 a_7 创新文化氛围、 a_{10} 注重工程实践能力培养、 a_{11} 参与科研的机会，表明此四项因素对建管方向研究生创新能力存在重要影响；原因度排名靠前的因素为 a_1 教育管理制度、 a_6 导师队伍、 a_3 创新激励机制、 a_{12} 明确的学科专业定位，该结果说明这四项目因素容易对其他因素产生影响。综合上述分析，利用DEMATEL对18个因素进行分析得出 a_1 、 a_6 、 a_3 、 a_7 、 a_9 、 a_{10} 、 a_{11} 、 a_{12} 、 a_{15} 、 a_{16} 、 a_{18} 等11个关键因素。

(二) ISM 结果分析

如图4所示，多级递阶结构模型清晰地揭示了建管方向研究生创新能力影响因素之间的层次结构及其相互作用关系，通过构建解释结构模型将建管方向研究生创新能力影响因素划分为四层，其中 a_1 、 a_3 、 a_6 、 a_{12} 为本质影响因素， a_7 、 a_8 、 a_9 、 a_{10} 、 a_{11} 、 a_{15} 、 a_{16} 为间接影响因素， a_2 、 a_4 、 a_5 、 a_{13} 、 a_{14} 、 a_{17} 、 a_{18} 为直接影响因素。该结果表明教育管理制度、导师队伍、创新激励机制、明确的学科专业定位作为本质影响因素，对建管方向研究生创新能力培养起着关键作用；间接影响因素通过 a_{13} 、 a_{17} 、 a_{18} 这3个因素的作用关系

对建管方向研究生创新能力发挥重要作用；直接影响因素中多学科交叉融合、研究生自身的挑战精神及其对所学专业领域的兴趣也对创新能力有较强影响。

(三) DEMATEL-ISM 的组合分析

结合上述分析发现，ISM确定的本质影响因素 a_1 、 a_3 、 a_6 、 a_{12} 与DEMATEL分析得到的关键因素相吻合，因此教育管理制度、创新激励机制、导师队伍、明确的学科专业定位是最重要的影响因素。间接影响因素中课程设置中增设创新课程的中心度较高，直接影响因素中多学科交叉融合中心度最高，因此课程设置中增设创新课程和多学科交叉融合也是建管方向研究生创新能力的重要影响因素。

(四) 优化建议

通过DEMATEL-ISM的组合分析得出影响建管方向研究生创新能力的关键因素，针对关键因素可从以下三个方面入手提高建管方向研究生创新能力。

1. 落实“学分制”，促进多学科交叉融合发展

在教育管理制度方面，落实“学分制”，充分发挥弹性教学计划的优势，允许研究生根据兴趣跨学科选课。智能建造背景下要求高层次人才具有广泛的知识面，智能建造的一个显著特点就是多学科交叉融合。因此对于建管方向研究生来说，在培养过程中注重信息技术、土木学科等相

关学科的融合教学,使学生能够运用新技术实现创新性成果,有利于学生形成多样化的知识结构,促进交叉学科间知识的融合发展。

2. 健全科研团队奖励机制,鼓励导师、研究生科研创新

导师作为研究生培养的主要力量,在研究生教育管理中起着重要的作用,导师的研究思路会影响学生的思考方式,随着研究生招生规模扩大,在如今新发展格局下培养智能建造领域的人才,应当严格遴选研究生导师,加强导师队伍建设,定期评估导师所带领的科研团队的创新成果,制定科学的、量化的奖励机制并且严格落实,设立导师、研究生科研创新专项基金,鼓励导师进行科研创新,鼓励导师发现新领域,同时调动学生的积极性,有利于创新成果的转化。

3. 优化学科布局,形成科学的课程体系

学科定位是建管方向研究生培养的基础,工程建造与管理是土木水利专业下设的一个研究方向,兼具管理与工程技术交叉复合的特点,在智能建造这一新型工程建造模式下,工程建造与管理方向长期隶属于土木水利专业,对研究生创新能力培养的重视程度会减弱,应当优化学科布局,有针对性地设置培养目标,建立科学的课程体系,调整理论课程和实践课程比例,设置创新原理类课程,定期举办科技前沿和智能建造领域的创新性讲座。

六、结语

结合建管方向研究生创新能力培养实际情况,从政策、外部环境、培养机制、个体四个方面筛选出 18 个因素,构建了创新能力影响因素体系,充分考虑各影响因素间的相互作用关系,运用 DEMATEL-ISM 对制约建管方向研究生创新能力的因素进行分析,得出关键影响因素。结果表明教育管理制度、创新激励机制、导师队伍、明确的学科专业定位是最根本的影响因素,多学科交叉融合、课程设置中增设创新课程分别是直接影响因素和间接影响因素中中心度最高的因素,是主要影响因素。针对上述影响因素分别提出优化建议,为高校培养创新型研究生提供参考。

参考文献:

- [1] 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.
DING Lieyun. Thinking on the cultivation of intelligent construction innovative engineering and technology talents[J]. Research in Higher Engineering Education, 2019(5): 1-4, 29.
- [2] FU Meiju. Research on the training of graduate students' practice and innovation ability in management science and engineering[J]. Proceedings of the 2018 8th International Conference on Social science and Education Research (SSER 2018). 2018.
- [3] 李高申. 应用型创新人才培养影响因素分析及对策[J]. 中国成人教育, 2017(5): 69-71.
LI Gaoshen. Analysis on the influencing factors of application-oriented innovative talents training and countermeasures[J]. Adult Education in China, 2017(5): 69-71.
- [4] 刘清涛, 叶敏, 顾海荣, 等. 智能制造与智能建造融合创新人才培养体系研究[J]. 教育教学论坛, 2020(44): 326-328.
LIU Qingtao, YE Min, GU Hairong, et al. Research on talent training system of intelligent manufacturing and Intelligent construction[J]. Education and Teaching Forum, 2020(44): 326-328.
- [5] 何寿奎, 李倩倩. 专业学位研究生创新能力影响因素与培养路径探讨[J]. 高等建筑教育, 2018, 27(5): 58-65.
HE Shoukui, LI Qianqian. Discussion on the influencing factors and training path of innovation ability of professional degree postgraduates[J]. Higher Architecture Education, 2018, 27(5): 58-65.
- [6] 马燕, 胡慧丽, 韩淑珍, 等. 研究生科研创新能力的因素分析——基于 SEM 的实证研究[J]. 现代教育管理, 2019(9): 108-112.
MA Yan, HU Huili, HAN Shuzhen, et al. An analysis of the influencing factors of graduate students' scientific research innovation ability: An empirical study based on SEM[J]. Modern Educational Management, 2019(9): 108-112.
- [7] LI Peng. An analysis of innovative abilities cultivation for graduates and the countermeasure research[C]// Proceedings of the 2014 International Conference on

- Management Science and Management Innovation, 2014.
- [8] 罗雄文, 李雯. 智能建造背景下工程管理专业课堂教学改革[J]. 山西建筑, 2021, 47(5): 183-184.
- LUO Xiongwen, LI Wen. Classroom teaching reform of engineering management specialty under the background of intelligent construction[J]. Shanxi Building, 2021, 47(5): 183-184.
- [9] 苏俊宏, 徐均琪, 吴慎将, 等. 科研赋能教学模式下研究生创新能力培养的探索与实践[J]. 学位与研究生教育, 2021(2): 36-39.
- SU Junhong, XU Junqi, WU Shenjiang, et al. Exploration and practice of graduate students' innovation ability cultivation under the teaching mode of scientific research empowerment[J]. Degrees and Graduate Education, 2021(2): 36-39.
- [10] 李君, 陈万明, 董莉. “新工科”建设背景下人工智能领域研究生培养路径研究[J]. 学位与研究生教育, 2021(2): 29-35.
- LI Jun, CHEN Wanming, DONG Li. Research on postgraduate training path in artificial intelligence under the background of “New engineering” construction[J]. Degrees and Graduate Education, 2021(2): 29-35.
- [11] 宋倩雯, 谢俊, 常锁成. 基于 ISM 法的新旧人教版必修化学教材内容比较[J]. 化学教学, 2021(4): 38-44.
- SONG Qianwen, XIE Jun, CHANG Suocheng. Comparison of the content of compulsory chemistry textbook between new and old people's Edition based on ISM method[J]. Chemistry Teaching, 2021(4): 38-44.
- [12] 薛伟, 耿志伟, 王海滨, 等. 集成 DEMATEL/ISM 的木材产业园消防风险影响因素研究[J]. 南开大学学报(自然科学版), 2019, 52(6): 99-104.
- XUE Wei, GENG Zhiwei, WANG Haibin, et al. Integrated DEMATEL/ISM study on fire risk factors in wood industrial park[J]. Journal of Nankai University (Natural Science Edition), 2019, 52(6): 99-104.

Study on the influencing factors of graduate students' innovation ability based on DEMATEL-ISM: Taking civil engineering and water conservancy specialty (engineering construction and management direction) as an example

LI Haibo, LI Yan, ZHAO Li, MEI Qian

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

Abstract: It is an urgent requirement for the high-quality development of China's construction industry to cultivate innovative intelligent construction engineering talents. Combined with the training status of graduate students of civil engineering and water conservancy specialty and the demand of new intelligent construction industry for high-level talents, the key factors influencing innovation ability are deeply explored. Firstly, 18 factors influencing graduate students' innovation ability were selected through questionnaire; Secondly, we use DEMATEL-ISM to build the influencing factors model of innovation ability training, and use the cause result diagram and multi-level hierarchical structure model to make the research results present more clearly. Finally, from the essential factors, indirect factors and direct factors, this paper puts forward the optimization suggestions to provide the basis for improving the innovation ability of graduate students.

Key Words: the innovation ability of graduates; engineering construction and management direction; influencing factors; DEMATEL-ISM

[编辑: 何彩章]