

# 基于 ISM-MICMAC 和 AHP 的绿色施工影响因素

徐水太,熊明裕,张超美

(江西理工大学 经济管理学院,江西 赣州 341000)

**摘要:** 通过文献分析和专家咨询的方式,从综合管理、环境管理、资源利用 3 个层面选取 14 个影响绿色施工质量的因素。运用解释结构模型 (ISM) 将影响因素进行层级划分了解其相关性;利用交叉影响矩阵相乘法 (MICMAC) 对研究结果进行论证分析;采用层次分析法 (AHP) 确定影响因素指标权重并探究其相对重要性。研究表明,ISM-MICMAC 模型能够直观地反映各因素间的结构关系;施工现场规划与管理、环境管理机制是影响绿色施工质量的根本性因素。为绿色施工的管理研究提供了理论依据。

**关键词:** 绿色施工;影响因素;ISM;MICMAC;AHP

中图分类号: TU723

文献标志码: A

文章编号: 1672-4348(2021)03-0261-07

## Research on influence factors of green construction based on ISM-MICMAC and AHP

XU Shuitai, XIONG Mingyu, ZHANG Chaomei

(School of Economics and Management, Jiangxi University of Science and Technology, Ganzhou 341000, China)

**Abstract:** Through literature analysis and expert consultation, 14 factors affecting the quality of green construction were selected from three levels: comprehensive management, environmental management and resource utilization. Firstly, interpretative structural model (ISM) was used to divide the influencing factors into different levels to understand their correlation. Secondly, MICMAC was used to demonstrate and analyze the research results. Thirdly, AHP was used to determine the index weight of the influencing factors to explore their relative importance. Research shows that the ISM-MICMAC model can directly reflect the structural relationship among various factors; the planning and management of construction sites and the environmental management mechanism are the fundamental influencing factors. This research provides theoretical basis for the study of green construction management.

**Keywords:** green construction; influencing factors; ISM; MICMAC; AHP

绿色施工作为绿色生态文明建设的重要一环,得到国内许多专家学者的重视。如基于绿色施工评价指标体系方面,利用灰色聚类法<sup>[1]</sup>、突变级数法<sup>[2]</sup>、组合法<sup>[3]</sup>等单一模型确定各个评价指标的权重系数,对绿色施工水平进行测评;或利用三角模糊数<sup>[4]</sup>、模糊综合评价法<sup>[5]</sup>、嫡权法<sup>[6]</sup>结合层次分析法等组合模型确定各因素的组合权重,克服了单一赋权的不足,提高了评价结果的可靠性。

国内有关绿色施工方面文献大多数属于定性判定,而绿色施工的难点在于探究各影响因素间的关联性,以及找出关键环节进行针对性管理。针对当前研究的不足,通过设计绿色施工影响因素评价指标体系,借用解释结构模型 (interpretative structural modeling method, ISM)、交叉影响矩阵相乘法 (matrices impacts croises-multiplication appliance classement, MICMAC) 分析论证各影响因素指标间的相互关系,结合层次

分析法 (analytic hierarchy process, AHP) 分析各指标对绿色施工的影响程度,更科学合理地对绿色施工管理提供一些有效的借鉴。

1 绿色施工影响因素评价指标体系构建

绿色施工过程复杂,涉及众多因素,并且每个因素之间相互影响、相互联系;又因为施工地区的不同,而导致资源与环境存在较大的差别。绿色施工影响因素指标的选取直接决定评价结果的准确性,因此,选取评价指标时必须考虑其是否具备科学性、客观性、全面性等原则<sup>[7]</sup>。在查阅借鉴各类绿色施工文献资料与住建部发布的《建筑工程绿色施工评价标准(征求意见稿)》的基础上,结合专家咨询法咨询行业内相关专家的意见,评价体系包含综合管理、环境管理和能源利用 3 个一级指标,14 个二级指标<sup>[1-8]</sup>,如表 1 所示。

表 1 指标评价体系  
Tab.1 Index evaluation system

目标层	准则层	因素层
绿色 施工 影响 因素 A	B <sub>1</sub> 综合管理	施工现场规划与管理 C <sub>1</sub>
		环境管理机制 C <sub>2</sub>
		监督与评价 C <sub>3</sub>
		人员安全与健康 C <sub>4</sub>
	B <sub>2</sub> 环境管理	大气污染 C <sub>5</sub>
		噪音污染 C <sub>6</sub>
		光污染 C <sub>7</sub>
		水污染 C <sub>8</sub>
	B <sub>3</sub> 能源利用	建筑垃圾 C <sub>9</sub>
		文物古迹破坏 C <sub>10</sub>
		节能与能源利用 C <sub>11</sub>
		节材与材料利用 C <sub>12</sub>
		节水与水资源利用 C <sub>13</sub>
		节地与施工用地保护 C <sub>14</sub>

2 ISM-MICMAC 模型构建

绿色施工有着众多的影响因素,且每个因素间逻辑关系交错复杂,因此采用 ISM 方法可以有效且快速地分析出每个因素间的关联性,使得研

究结果更加真实可靠。

2.1 邻接矩阵构建

将影响绿色施工的 14 个指标因子两两相互比较确定逻辑关系,规则如下:假设  $f_i$  对  $f_j$  有直接影响记作 1,  $f_i$  对  $f_j$  无直接影响记作 0。

$$a_{ij} = \begin{cases} 1 & f_i \text{ 对 } f_j \text{ 有直接影响} \\ 0 & f_i \text{ 对 } f_j \text{ 无直接影响} \end{cases} \quad (i, j = 1, 2, \cdots, 14)$$

(1)

绿色施工影响因素的邻接矩阵  $A$ 。

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

$A =$

2.2 可达矩阵构建

将邻接矩阵  $A$  与单位矩阵  $E$  相加得到一个新矩阵  $R_i$ 。

$$R_i = (A + E)^i$$

(2)

参照布尔代数运算规则并借助 Matlab 软件计算,直到运算结果满足公式(3),将矩阵  $N$  定义为可达矩阵。

$$R_{i-1} \neq R_i = R_{i+1} = N$$

(3)

经计算可得:  $R_4 = R_5$ , 即可知  $N = R_5$ 。

2.3 可达矩阵分解

以可达矩阵  $N$  为基础,定义可达集  $S_i$  为矩阵  $N$  第  $i$  行中数值为 1 的列元素的集合;先行集  $S_j$  为矩阵  $N$  第  $j$  列中数值为 1 的行元素的集合;然后找出共同集合。若  $S_i = S_i \cap S_j$ , 即表示所有属于集合  $S_i$  的元素为最高级元素,并将  $S_i$  集合中所包含元素的行与列全部划去;最后在新的矩阵  $N_1$  中继续寻找符合条件的剩余元素,直至全部完成分解。

由表 2 可达集与先行集关系表<sup>[9]</sup>可知,第一

层次包含的影响因素有  $C_3$ , 依此类推, 进行层层分解, 将其所在行与列的元素全部划去, 确定下一层次的影响因素, 得出绿色施工影响因素, 最终可分为 7 个层次, 如表 3 所示<sup>[10]</sup>。

N =

1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	0	0	0
0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	0	0	0
0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0
0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

表 2 可达集与先行集  
Tab.2 Reachable set and antecedent set

因素	可达集 $S_i$	先行集 $S_j$	$S_i \cap S_j$	$S_i = S_i \cap S_j$
$C_1$	$C_1、C_2、C_3、C_4、C_5、C_6、C_7、C_8、C_9、C_{10}、C_{11}、C_{12}、C_{13}、C_{14}$	$C_1$		$C_1$
$C_2$	$C_2、C_3、C_4、C_5、C_6、C_7、C_8、C_9、C_{10}、C_{11}、C_{12}、C_{13}、C_{14}$	$C_1、C_2$		$C_2$
$C_3$	$C_3$	$C_2、C_3、C_4、C_5、C_6、C_7、C_8、C_9、C_{10}、C_{11}、C_{12}、C_{13}、C_{14}$	$C_3$	$C_3$
$C_4$	$C_3、C_4$	$C_1、C_2、C_4、C_5、C_6、C_7、C_8、C_{11}、C_{12}、C_{13}$	$C_4$	
$C_5$	$C_3、C_4、C_5、C_8$	$C_1、C_2、C_5、C_{11}$	$C_5$	
$C_6$	$C_3、C_4、C_6$	$C_1、C_2、C_6、C_{11}、C_{12}$	$C_6$	

续表

因素	可达集 $S_i$	先行集 $S_j$	$S_i \cap S_j$	$S_i = S_i \cap S_j$
$C_7$	$C_3、C_4、C_7$	$C_1、C_2、C_7、C_{11}、C_{12}$		$C_7$
$C_8$	$C_3、C_4、C_8$	$C_1、C_2、C_5、C_8、C_{11}、C_{13}$		$C_8$
$C_9$	$C_3、C_9$	$C_1、C_2、C_9、C_{12}$		$C_9$
$C_{10}$	$C_3、C_{10}$	$C_1、C_2、C_{10}、C_{14}$		$C_{10}$
$C_{11}$	$C_3、C_4、C_5、C_6、C_7、C_8、C_{11}$	$C_1、C_2、C_{11}$		$C_{11}$
$C_{12}$	$C_3、C_4、C_6、C_7、C_9、C_{12}$	$C_1、C_2、C_{12}$		$C_{12}$
$C_{13}$	$C_3、C_4、C_8、C_{13}$	$C_1、C_2、C_{13}$		$C_{13}$
$C_{14}$	$C_3、C_{10}、C_{14}$	$C_1、C_2、C_{14}$		$C_{14}$

表 3 绿色施工影响因素间的层次关系  
Tab.3 Hierarchical relationship among influencing factors of green construction

层次	因素
第 1 层次	$C_3$
第 2 层次	$C_4、C_9、C_{10}$
第 3 层次	$C_6、C_7、C_8、C_{14}$
第 4 层次	$C_5、C_{12}、C_{13}$
第 5 层次	$C_{11}$
第 6 层次	$C_2$
第 7 层次	$C_1$

2.4 ISM-MICMAC 模型

(1)解释结构模型  
将可达矩阵  $N$  分解处理, 得到一个多层次的阶级结构模型, 如图 1 所示。

(2)驱动力-依赖度  
由 ISM 模型建立层次关系, 利用 MICMAC<sup>[11]</sup> 明确各影响因素的具体地位。其原理如图 2 所示。

利用已知的可达矩阵  $N$  可绘制驱动力-依赖度分布图<sup>[12]</sup> (如图 3 所示)。横轴表示依赖度根据该元素所在列为 1 的元素之和进行计算, 纵轴

表示驱动力根据该元素所在行为 1 的元素之和进行计算。

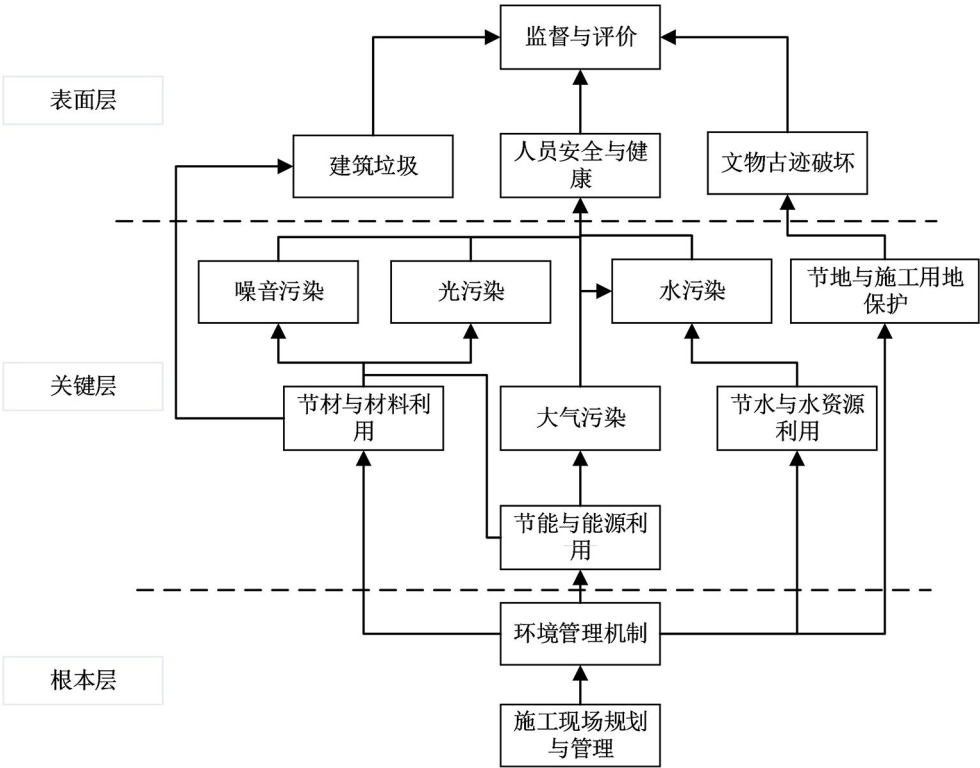


图 1 绿色施工影响因素 ISM 模型

Fig.1 ISM model of influencing factors of green construction

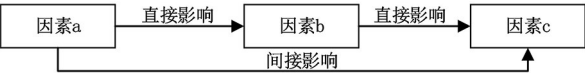


图 2 MICMAC 原理图

Fig.2 Schematic diagram of MICMAC

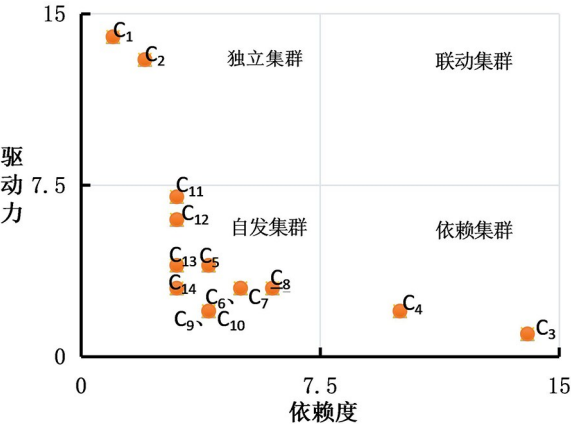


图 3 绿色施工影响因素驱动力-依赖度分布图

Fig.3 Driving force-dependence distribution of influencing factors of green construction

2.5 模型分析

通过 ISM 和 MICMAC 两个模型图对比分析绿色施工影响因素,得出以下结论:

(1)ISM 模型图将绿色施工的 14 个影响因素分成 7 层,每个因素之间相互联系,通过不同的方式对绿色施工产生相应的影响。在实际的施工过程中,通常只考虑每个因素对绿色施工直接或间接的影响,很容易忽视因素间的内在联系,因此通过 ISM 模型图不仅可以明确各影响因素在该系统中所处的位置,也可以了解各因素间的紧密联系,更好地为绿色施工管理提供引导作用。

(2)施工现场规划与管理、环境管理机制两个因素在 ISM 模型图中属于根本层的影响因素,且通过图 3 可知,这两个因素分布于独立集群,有着高驱动力、低依赖度的特点,表明这两个因素对其他因素的影响较大,且不易受其他因素的影响。其影响力通过影响其他因素最终传递到绿色施工的质量上,进一步说明施工企业管理水平的高低能够直接反映出建筑项目绿色施工的水平。因此若要提高绿色施工的质量,必须重点处理好这类因素,加

强项目的管理水平,把握好施工过程的每一环节,严格执行绿色施工专项方案的各项规定,才能从根本上解决问题,确保绿色施工顺利进行。

(3)ISM 模型图中表面层影响因素包含人员安全与健康、监督与评价,且在图 3 中这两因素属于依赖集群,有着高依赖度、低驱动力的特点,表明这两个因素极易受其他因素的影响,可以对其余因素做间接性评价,是影响绿色施工质量的直接因素。人员的安全与健康是保证绿色施工持续进行的基础性条件,而监督与评价是保障绿色施工质量的关键,影响绿色施工的实行力度。建筑垃圾、文物古迹破坏两个因素虽然同样位于 ISM 模型图中的表面层,但从图 3 中可知,这两个因素并未表现出高依赖性的特点,说明这两个因素虽然易被其他因素影响,但与人员安全与健康这一因素相比,绿色施工过程中的其他工作对这两个因素的影响较小,所以依赖度相对更小。

(4) 大气污染、水污染、噪音污染、光污染以及“四节一环保”等因素,在图 3 中分布于自发集群,这类因素受其余因素的影响和影响其余因素的力度相对而言处于平均水平,但在 ISM 模型图中位于关键层,且相互之间交叉相连,说明这类因素是影响绿色施工质量的核心因素,既影响着人员安全与健康、监督与评价两个直接因素,又受制

于两个根本性因素,同时个别因素间还相互影响。因此要提高绿色施工质量,应将这类因素看作一个整体,采取多方协同控制,做到全面管理。依据绿色施工标准规范和环境管理机制做好绿色施工专项方案,将“四节一环保”的措施安排落实到位,施工过程中严格遵从规章制度,降低因施工不规范产生的一系列污染,通过源头治理,保证绿色施工的工作质量。

3 AHP 模型构建

绿色施工影响因素 ISM 层级图和 MICMAC 分布图只能确定 14 个影响因素之间具有很强的关联性,却难以判断因素间的影响力大小。因此,采用 AHP 法对各影响因素进行量化处理,计算出各因素的权重比例并加以排序,以弥补 ISM-MICMAC 模型无法反映因素间重要程度这一不足。运用 AHP 中的九级标度法构造判断矩阵,采用和积法计算出特征值,并进行一致性检验,确保其符合要求。

3.1 因素层指标权重赋予

邀请一定数量的行业专家组成评价小组,对影响绿色施工的 14 个因素进行赋值,取其平均数作为标度分值,判断其相对重要性。以因素层的判断矩阵为例,如表 4 所示。

表 4 绿色施工影响因素判断矩阵  
Tab.4 Judgment matrix of influencing factors of green construction

因素层	C <sub>1</sub>	C <sub>2</sub>	C <sub>3</sub>	C <sub>4</sub>	C <sub>5</sub>	C <sub>6</sub>	C <sub>7</sub>	C <sub>8</sub>	C <sub>9</sub>	C <sub>10</sub>	C <sub>11</sub>	C <sub>12</sub>	C <sub>13</sub>	C <sub>14</sub>
C <sub>1</sub>	1	6	4	5	3	4	4	5	3	5	3	3	3	4
C <sub>2</sub>	1/6	1	4	3	3	2	2	3	3	4	3	3	3	4
C <sub>3</sub>	1/4	1/4	1	1/2	1/4	1/4	1/4	1/3	1/3	1/3	1/4	1/3	1/3	1/3
C <sub>4</sub>	1/5	1/3	2	1	1/4	1/4	1/4	1/4	1/2	1/2	1/4	1/3	1/4	1/3
C <sub>5</sub>	1/3	1/3	4	4	1	2	2	2	3	3	1/2	1/2	1/2	3
C <sub>6</sub>	1/4	1/2	4	4	1/2	1	2	3	4	4	1/3	1/3	1/3	3
C <sub>7</sub>	1/4	1/2	4	4	1/2	1/2	1	3	4	4	1/3	1/3	1/3	2
C <sub>8</sub>	1/5	1/3	3	4	1/2	1/3	1/3	1	3	3	1/3	1/3	1/3	3
C <sub>9</sub>	1/3	1/3	3	2	1/3	1/4	1/4	1/3	1	2	1/4	1/2	1/3	1/2
C <sub>10</sub>	1/5	1/4	3	2	1/3	1/4	1/4	1/3	1/2	1	1/4	1/2	1/3	1/3
C <sub>11</sub>	1/3	1/3	4	4	2	3	3	3	4	4	1	3	3	4
C <sub>12</sub>	1/3	1/3	3	3	2	3	3	3	2	2	1/3	1	2	3
C <sub>13</sub>	1/3	1/3	3	4	2	3	3	3	3	3	1/3	1/2	1	3
C <sub>14</sub>	1/4	1/4	3	3	1/3	1/3	1/2	1/3	2	3	1/4	1/3	1/3	1

3.2 和积法

和积法<sup>[13]</sup>计算公式如下:

$$\overline{b_{ij}} = \frac{b_{ij}}{\sum_{k=1}^n b_{kj}} \quad (i,j = 1,2,3,\cdots,n) \tag{4}$$

$$\overline{w_i} = \sum_{j=1}^n \overline{b_{ij}} \quad (i = 1,2,3,\cdots,n) \tag{5}$$

$$w_i = \frac{\overline{w_i}}{\sum_{i=1}^n \overline{w_i}} \quad (i = 1,2,3,\cdots,n) \tag{6}$$

上式中,  $b_{ij}$  表示列向量中的某一元素;  $\sum_{k=1}^n b_{kj}$  表示每列元素之和;  $w_i$  为判断矩阵的权重系数。

根据上述公式可以求得因素层指标的权重系数为 0.198, 0.128, 0.019, 0.021, 0.071, 0.069,

0.061, 0.048, 0.032, 0.026, 0.119, 0.086, 0.084, 0.038, 同理可求得准则层的权重系数, 将其填入影响因素权重系数表, 如表 5 所示。

3.3 一致性检验

定义一致性检验指标 CR, 检验公式如下:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{(bw)_i}{w_i} \tag{7}$$

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1} \tag{8}$$

$$CR = \frac{CI}{RI} \tag{9}$$

上式中, CI 为一致性检验指标;  $\lambda_{\max}$  为特征根的最大近似值;  $n$  为矩阵阶数; RI 为随机指标<sup>[14]</sup> (如表 6 所示); CR 为一致性比例, 若  $CR \leq 0.1$ , 则该判断矩阵具有一致性。

表 5 绿色施工影响因素权重系数  
Tab.5 Weight coefficients of influencing factors of green construction

目标层	准则层	权重	因素层	权重	排序
绿色施工 影响因素 A	综合管理 B <sub>1</sub>	0.525	施工现场规划与管理 C <sub>1</sub>	0.198	1
			环境管理机制 C <sub>2</sub>	0.128	2
			监督与评价 C <sub>3</sub>	0.019	14
			人员安全与健康 C <sub>4</sub>	0.021	13
	环境管理 B <sub>2</sub>	0.334	大气污染 C <sub>5</sub>	0.071	6
			噪音污染 C <sub>6</sub>	0.069	7
			光污染 C <sub>7</sub>	0.061	8
			水污染 C <sub>8</sub>	0.048	9
			建筑垃圾 C <sub>9</sub>	0.032	11
			文物古迹破坏 C <sub>10</sub>	0.026	12
	能源利用 B <sub>3</sub>	0.142	节能与能源利用 C <sub>11</sub>	0.119	3
			节材与材料利用 C <sub>12</sub>	0.086	4
			节水与水资源利用 C <sub>13</sub>	0.084	5
			节地与施工用地保护 C <sub>14</sub>	0.038	10
B: $\lambda_{\max}$ = 3.05    CI=0.025    RI=0.52    CR=0.048≤0.1					
C: $\lambda_{\max}$ = 15.85    CI=0.143    RI=1.58    CR=0.090≤0.1					

表 6 随机指标表  
Tab.6 Random indexes

阶数	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
RI	0	0	0.52	0.89	1.12	1.26	1.36	1.41	1.46	1.49	1.52	1.54	1.56	1.58



由二级指标可知,综合管理、环境管理是影响绿色施工质量的主要方面,其中综合管理的权重系数为 0.525,在二级指标中占据重要地位。由三级指标可知,施工现场规划与管理、环境管理机制这两个因素权重系数较大,属于关键性的影响因素;能源方面要素也很重要;影响最弱的因素是人员安全与健康、监督与评价两个因素。

### 4 结论

针对绿色施工的管理特点,从 3 个层面选取 14 个影响因素,结合 ISM、MICMAC 以及 AHP3 个

模型,分析各影响因素间的关系,结果表明,在影响关系上三者具有高度的一致性。通过 ISM 模型可以将 14 个影响因素分成表面层因素、关键层因素、根本层因素,结合 MICMAC 模型共同分析可知,施工现场规划与管理、环境管理机制是影响绿色施工质量的根本性因素且两者具有极高的驱动性;通过 AHP 法确定因素权重并排序,可知综合管理方面达到 0.525,因此,在施工之前做好现场制度的规划与有效的管理措施,能够促进综合管理大方向的把控,推进建筑业的绿色发展。

### 参考文献:

[1] 李惠玲, 李军, 钟钦. 基于灰色聚类法的绿色施工评价[J]. 工程管理学报, 2012, 26(2):18-22.

[2] 闫志刚, 杜立峰, 王雪丽. 绿色施工评价指标体系与方法研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2012, 8(7):103-107.

[3] 黄海龙, 王恩茂. 基于组合权的建筑工程绿色施工水平的灰色综合评价[J]. 工程管理学报, 2014, 28(1):103-107.

[4] 许伟, 常晓波, 王继忠, 等. 基于可变模糊集的绿色施工评价[J]. 沈阳工业大学学报, 2015, 37(6):690-694.

[5] 张晶波, 何瑞. 建筑工程绿色施工评价模型研究及应用[J]. 施工技术, 2017, 46(1):119-123, 132.

[6] 李万庆, 王虎军, 孟文清. 基于灰色关联分析法的绿色施工评价研究[J]. 工程管理学报, 2019, 33(4):54-58.

[7] 张琪, 江青文, 张瑞奇. 基于多级模糊综合评价方法的绿色施工指标体系研究[J]. 施工技术, 2017, 46(S1):1024-1026.

[8] 付莲莲, 邓群钊, 周利平, 等. 基于 ISM 的农产品价格波动的影响因素分析[J]. 软科学, 2014, 28(4):112-116.

[9] 姜沁瑶, 李洁. 基于 ISM 的建筑工人安全意识影响因素[J]. 土木工程与管理学报, 2016, 33(3):106-110, 117.

[10] 邢宝君, 唐水清, 李乃文, 等. ISM 耦合 ANP 矿工安全注意力衰减影响因素模型[J]. 中国安全生产科学技术, 2017, 13(9):163-168.

[11] 赵会茹, 蒋慧娟, 郭森. 基于 ISM 和 MICMAC 模型的电网公司运营预警指标研究[J]. 陕西电力, 2015, 43(3):11-15.

[12] 吴碾子, 徐雷. 基于改进解释结构模型和交叉影响矩阵相乘法的建设工程质量影响因素分析[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(8):3222-3230.

[13] 李梅霞. AHP 中判断矩阵一致性改进的一种新方法[J]. 系统工程理论与实践, 2000, 20(2):122-125.

[14] 焦树锋. AHP 法中平均随机一致性指标的算法及 MATLAB 实现[J]. 太原师范学院学报(自然科学版), 2006, 5(4):45-47.

(责任编辑: 陈雯)