

引用格式:董婷,莫俊文.高海拔地区建筑工人不安全行为影响因素研究[J].安全,2020,41(8):36-42.

高海拔地区建筑工人不安全行为影响因素研究

董 婷 莫俊文教授

(兰州交通大学 土木工程学院,甘肃 兰州 730070)

【摘 要】为探究高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素的内在关系,建立了多层递阶结构模型;从建筑工人个体生理、心理、能力素质和建筑企业组织管理因素 4 个方面构建高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素指标体系,采用 Grey-DEMATEL 模型计算各影响因素的影响度、被影响度、中心度以及原因度,采用 ISM 模型构建多层递阶结构模型,分析各因素对建筑工人不安全行为认知的影响。结果表明:在高海拔地区,建筑工人的安全意识对其不安全行为认知的影响程度最大;建筑工人的记忆能力、思维能力、注意能力、安全态度、施工技能为直接影响因素;建筑企业制定的安全管理规章制度为根源影响因素。

【关键词】高海拔地区;建筑工人;不安全行为;认知;影响因素;递阶结构模型

中图分类号: X948 文献标识码: A 文章编号: 1002-3631(2020)08-0036-07
项目资助: 国家自然科学基金资助项目(51668037)

Study on Influence Factors of Construction Workers' Unsafe Behavior in High Altitude Areas

DONG Ting MO Junwen

(College of Civil Engineering, Lanzhou Jiaotong University, Lanzhou Gansu 730070, China)

Abstract: In this paper, in order to explore the internal relationship among the cognitive factors affecting the unsafe behavior of construction workers in high altitude areas, a multilevel, hierarchical and structural model was constructed. The index system of cognitive factors for construction workers' unsafe behavior was established from the four aspects of physiological, psychological, and ability quality of individual construction worker, and organization and management factors of construction enterprise. The Grey-Decision-making Trial and Evaluation Laboratory model was used to calculate every factors' influence degree, influenced degree, centrality degree and the reason degree, and the Interpretative Structural Modeling Method model was used to construct the multilevel, hierarchical and structural model, so as to analyze the cognitive factors affecting the unsafe behavior of construction workers in high altitude areas. The results show that the safety awareness of construction workers has the greatest effect on the cognition of construction workers' unsafe behavior; that memory ability, thinking ability, attention ability, safety attitude and construction skills of construction workers are the direct influence factors; that the safety management rules and regulations formulated by con-

作者简介:董婷(1996-),女,甘肃武威人,硕士研究生,主要研究方向为建筑工人不安全行为。E-mail: 1336608132@qq.com

通信作者:莫俊文(1977-),男,甘肃陇南人,博士,教授,主要研究方向为项目管理研究。E-mail: 360685714@qq.com

DOI: 10.19737/j.cnki.issn1002-3631.2020.08.007

struction enterprises are the root influence factors.

Keywords: high altitude area; construction worker; unsafe behavior; cognition; influence factor; hierarchical structure model

0 引言

根据国家统计局 2019 年度统计数据显示, 2018 年我国建筑业总产值高达 235 085.53 亿元, 建筑企业从业人数达 5 563.30 万人。在建筑业发展不断壮大的同时, 各种各样的安全事故问题也逐渐凸显出来。有学者基于大量的事故分析表明, 导致建筑安全事故发生的原因中, 88% 是由于建筑工人不安全行为造成的^[1], 而行为又是认知的产物^[2]。

随着西部大开发战略的逐渐推进, 我国对于西部地区的基础建设力度也不断加强, 但西部大部分地区属于高海拔地区, 如目前正在修建的川藏铁路的拉萨至林芝段, 最高海拔达 4 400m。高海拔地区特殊的自然环境, 如常年温度低、大气压低、含氧量低、昼夜温差大等, 会对暴露个体的生理以及心理造成不同程度的负面影响, 进而对个体的认知功能造成影响^[3-4]。因此, 基于认知视角下对高海拔地区建筑工人不安全行为进行研究^[5], 可以为高海拔地区建筑企业的安全管理提供理论指导。

目前关于建筑工人不安全行为影响因素的研究有很多, 大部分学者从人、物、管、环 4 个方面分析建筑工人不安全行为的影响因素^[6]。其中, 人的因素包括建筑工人的工作经验、身体素质、安全意识^[7]等; 物的因素包括建筑工人个人防护措施、施工作业机具、施工现场物品摆放位置等; 管理因素包括企业安全培训^[8]、规章制度、领导对安全的重视程度^[9]等; 环境因素包括建筑工人所处的作业环境以及社会环境等等。但少有学者从建筑工人对不安全行为认知的角度出发, 未将建筑工人这一主体做具体区分, 对于建筑工人不安全行为的研究过于笼统, 缺乏针对性。因此, 笔者从认知视角出发, 分析高海拔地区建筑工人不安全行为影响因素, 通过 DEMATEL 与 ISM 结合的方法, 找到直接影响因

素与根源影响因素, 为提出减少建筑工人不安全行为、降低建筑安全生产事故的控制措施提供理论依据。

1 影响因素指标体系构建

通过文献分析以及专家访谈, 本文主要从高海拔地区建筑工人个体因素及组织因素 2 个方面对高海拔地区建筑工人不安全行为认知的影响因素进行研究, 考虑到高海拔地区特殊的物理环境, 又将个体因素具体划分为生理因素、心理因素以及能力素质因素, 从 4 个方面构建了高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素指标体系。

由于高海拔地区建筑工人的很多生理指标会表现出与平原地区不一样的特征, 如肺通气量、心率、血氧饱和度等, 这些变化会导致高海拔地区建筑工人更容易产生疲劳、职业紧张, 以及引起建筑工人的认知功能降低, 故本文选取疲劳程度、视觉功能和职业紧张 3 个因素进行研究; 同时, 由于高海拔地区恶劣自然环境的刺激, 会对建筑工人个体认知的加工过程^[10]造成影响, 进而影响建筑工人对待安全的情绪^[11]、态度以及意识等, 故本文选取记忆能力、思维能力、安全态度、情绪等 6 个指标进行研究; 在个体能力素质方面^[12], 建筑工人受教育程度的高低、安全知识掌握程度以及在高海拔地区的工作年限与经验等, 均会对其不安全行为的认知产生影响, 故本文选取安全知识^[13]、安全动机、工作经验以及施工技能 4 个指标进行研究; 建筑企业或建筑行业对安全管理和安全文化建设的重视, 能够有效提高建筑工人不安全行为的认知, 进而减少建筑安全生产事故的发生, 故本文选取规章制度、安全标识、安全教育培训、安全管理 4 个指标进行研究。本文最终构建的高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素指标体系, 如图 1。

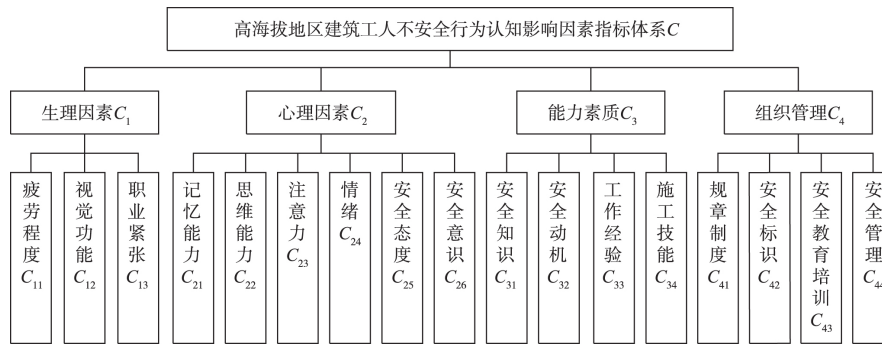


图 1 高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素指标体系

Fig. 1 Index system of cognitive factors for construction workers' unsafe behavior in high - altitude areas

2 基于 Grey - DEMATEL 确定关键影响因素

决策实验室分析法(Decision-making Trial and Evaluation Laboratory ,DEMATEL) [14] 是分析因素之间的关系 ,并确定关键影响因素的方法。该方法考虑了各因素的间接关系 ,通过计算影响度、被影响度、中心度以及原因度 ,最后绘制因果关系图 ,更直观的反映出各因素之间的关系。但该方法是通过专家打分确定影响关系的初始矩阵 ,导致结果过于主观 ,与实际情况不太符合。故本文通过 DEMATEL 与灰数决策模型结合来优化模型 ,对专家的评价分值进行灰数处理 ,使研究结果更符合实际。

本文确定高海拔地区建筑工人不安全行为认知关键影响因素的具体步骤如下:

步骤 1: 确定因素间的相互影响关系。

邀请相关领域内专家进行访谈调查 ,对关系矩阵中的影响因素进行两两比较 ,并进行打分 ,建立初始矩阵 X 。

步骤 2: 构建直接影响矩阵。

(1) 基于灰色理论 ,对专家的评价分值进行处理 ,具体的专家评价语义变量(见表 1) 将已建立的初始矩阵转化为灰数矩阵。

表 1 专家评价语义变量

Tab. 1 The semantic variables of expert evaluation

语义变量	灰数	评价分值
无直接影响(N)	[0.00 0.00]	0
影响较弱(VL)	(0.00 0.25]	1
影响弱(L)	(0.25 0.50]	2
影响较强(H)	(0.50 0.75]	3
影响强(VH)	(0.75 ,1.00]	4

(2) 对灰数矩阵进行标准化、清晰化处理。

$$\text{标准化: } \begin{cases} \underline{\otimes}x_{ij}^k = (\underline{\otimes}x_{ij}^k - \min \underline{\otimes}x_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max} \\ \overline{\otimes}x_{ij}^k = (\overline{\otimes}x_{ij}^k - \min \overline{\otimes}x_{ij}^k) / \Delta_{\min}^{\max} \\ \Delta_{\min}^{\max} = \max \overline{\otimes}x_{ij}^k - \min \underline{\otimes}x_{ij}^k \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{清晰化: } y_{ij}^k = \frac{\underline{\otimes}x_{ij}^k (1 - \underline{\otimes}x_{ij}^k) + (\overline{\otimes}x_{ij}^k \times \overline{\otimes}x_{ij}^k)}{1 - \underline{\otimes}x_{ij}^k + \overline{\otimes}x_{ij}^k} \quad (2)$$

其中 $\underline{\otimes}x_{ij}^k$ 为第 k 个专家对因素 i 与因素 j 之间的直接影响关系的评价分值 , $\underline{\otimes}x_{ij}^k = [\underline{\otimes}x_{ij}^k, \overline{\otimes}x_{ij}^k]$ 。

(3) 构建专家评价的直接影响矩阵 Z 。

$$z_{ij}^k = \min \underline{\otimes}x_{ij}^k + \frac{\sum_{k=1}^m y_{ij}^k}{m} \Delta_{\min}^{\max} \quad (3)$$

步骤 3: 对直接影响矩阵进行标准化处理 ,得到标准化矩阵 N 。

$$s = \frac{1}{n} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (4)$$

$$\max_{1 \leq i \leq n} \sum_{j=1}^n z_{ij} \quad (5)$$

$$N = s \times z \quad (5)$$

步骤 4: 构建综合影响矩阵 T 。

$$T = N (I - N) - 1 \quad (6)$$

步骤 5: 影响因素的度量。即计算各影响因素之间影响度 D_i 、被影响度 C_i 、中心度 M_i 和原因度 R_i 。

$$D_i = \sum_{j=1}^n t_{ij} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (7)$$

$$C_i = \sum_{j=1}^n t_{ji} \quad (i = 1, 2, 3, \dots, n) \quad (8)$$

$$M_i = D_i + C_i \quad \sqrt{a^2 + b^2} \quad (9)$$

$$R_i = D_i - C_i \quad (10)$$

其中 ,中心度代表该因素对所研究系统的作用

大小。若 $R_i < 0$,表明该因素受其他因素的影响较大,为结果因素;若 $R_i > 0$,表明该因素对其他因素的影响较大,为原因因素。

步骤 6: 绘制因果关系图。

根据计算得到的中心度及原因度,绘制因果关系图,将各影响因素绘制在笛卡尔坐标系上,其中 X 轴对应为中心度, Y 轴对应为原因度。位于 X 轴上方的为原因因素,位于 X 轴下方的为结果因素。

3 基于 ISM 构建多层递阶结构模型

解释结构模型(Interpretative Structural Modeling Method,ISM)^[15],是把复杂系统结构通过分解以及层级划分,使系统结构简单化的方法。该方法通过定性与定量分析相结合,将专家的知识用于影响因素间关系的识别,最终构建多层次递阶结构模型。本文将采用 ISM 法,构建高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素的多层递阶结构模型,明确各影响因素在高海拔地区建筑工人不安全行为认知结构中的位置。

根据 ISM 原理,本文构建高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素的多层递阶结构模型的具体步骤如下:

步骤 1: 根据已构建的综合影响矩阵,建立可达矩阵 M 。

$$H = I + T \tag{11}$$

$$\begin{cases} m_{ij} = 1 & h_{ij} \geq \lambda \\ m_{ij} = 0 & h_{ij} \leq \lambda \end{cases} \tag{12}$$

$$Z = \begin{pmatrix} 0.00 & 0.30 & 0.75 & 0.35 & 0.60 & 0.65 & 0.85 & 0.65 & 0.70 & 0.00 & 0.60 & 0.00 & 0.18 & 0.18 & 0.06 & 0.00 & 0.34 \\ 0.34 & 0.00 & 0.40 & 0.55 & 0.65 & 0.90 & 0.09 & 0.33 & 0.70 & 0.13 & 0.23 & 0.23 & 0.29 & 0.00 & 0.33 & 0.00 & 0.07 \\ 0.85 & 0.18 & 0.00 & 0.35 & 0.80 & 0.70 & 0.95 & 0.85 & 0.60 & 0.00 & 0.80 & 0.01 & 0.17 & 0.19 & 0.01 & 0.00 & 0.55 \\ 0.02 & 0.06 & 0.18 & 0.00 & 0.50 & 0.44 & 0.00 & 0.07 & 0.60 & 0.39 & 0.18 & 0.35 & 0.35 & 0.07 & 0.01 & 0.08 & 0.00 \\ 0.13 & 0.07 & 0.20 & 0.40 & 0.00 & 0.45 & 0.00 & 0.23 & 0.50 & 0.29 & 0.29 & 0.19 & 0.20 & 0.00 & 0.00 & 0.07 & 0.01 \\ 0.24 & 0.34 & 0.45 & 0.55 & 0.55 & 0.00 & 0.06 & 0.33 & 0.75 & 0.13 & 0.44 & 0.18 & 0.08 & 0.07 & 0.33 & 0.06 & 0.13 \\ 0.30 & 0.00 & 0.85 & 0.06 & 0.75 & 0.60 & 0.00 & 0.85 & 0.70 & 0.06 & 0.90 & 0.00 & 0.06 & 0.18 & 0.00 & 0.06 & 0.75 \\ 0.06 & 0.00 & 0.30 & 0.00 & 0.24 & 0.49 & 0.18 & 0.00 & 0.70 & 0.07 & 0.75 & 0.00 & 0.00 & 0.23 & 0.28 & 0.33 & 0.49 \\ 0.00 & 0.06 & 0.50 & 0.07 & 0.34 & 0.75 & 0.08 & 0.50 & 0.00 & 0.17 & 0.65 & 0.00 & 0.01 & 0.28 & 0.28 & 0.29 & 0.29 \\ 0.12 & 0.13 & 0.34 & 0.23 & 0.70 & 0.70 & 0.07 & 0.60 & 0.85 & 0.00 & 0.65 & 0.50 & 0.60 & 0.12 & 0.29 & 0.23 & 0.45 \\ 0.02 & 0.01 & 0.14 & 0.06 & 0.28 & 0.29 & 0.29 & 0.75 & 0.60 & 0.01 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.13 & 0.02 & 0.18 & 0.50 \\ 0.30 & 0.18 & 0.30 & 0.49 & 0.70 & 0.65 & 0.12 & 0.65 & 0.80 & 0.70 & 0.65 & 0.00 & 0.90 & 0.12 & 0.12 & 0.13 & 0.35 \\ 0.55 & 0.07 & 0.30 & 0.19 & 0.44 & 0.39 & 0.07 & 0.55 & 0.60 & 0.60 & 0.35 & 0.50 & 0.00 & 0.00 & 0.00 & 0.01 & 0.18 \\ 0.90 & 0.00 & 0.80 & 0.07 & 0.02 & 0.55 & 0.65 & 0.75 & 0.70 & 0.08 & 0.80 & 0.00 & 0.01 & 0.00 & 0.75 & 0.90 & 0.85 \\ 0.00 & 0.54 & 0.02 & 0.45 & 0.29 & 0.75 & 0.01 & 0.25 & 0.75 & 0.20 & 0.35 & 0.03 & 0.00 & 0.01 & 0.00 & 0.00 & 0.03 \\ 0.09 & 0.12 & 0.33 & 0.54 & 0.70 & 0.70 & 0.03 & 0.80 & 0.85 & 0.85 & 0.80 & 0.55 & 0.35 & 0.06 & 0.33 & 0.00 & 0.55 \\ 0.90 & 0.00 & 0.95 & 0.08 & 0.35 & 0.60 & 0.95 & 0.90 & 0.70 & 0.29 & 0.85 & 0.08 & 0.28 & 0.45 & 0.75 & 0.80 & 0.00 \end{pmatrix}$$

其中 $i, j = 1, 2, \dots, m; \lambda$ 为给定阈值。阈值 λ 通过专家意见以及实际情况进行确定,其目的是舍去系统中影响程度较小的关系,简化系统结构。

步骤 2: 确定各个影响因素 k_j 的可达集 U_i 和前项集 V_i ,划分可达矩阵 M 的层次。

$$\begin{cases} U_i = \{k_j | k_j \in K, m_{ij} \neq 0\} \\ V_i = \{k_j | k_j \in K, m_{ji} \neq 0\} \end{cases} \tag{13}$$

若可达集 U_i 和前项集 V_i 满足(14)式,则删除该元素对应的行和列。

$$U_i = U_i \cap V_i \tag{14}$$

步骤 3: 对步骤 2 进行循环计算,直到矩阵中的行和列全部删除。

步骤 4: 根据可达矩阵中影响因素两两之间的关系,构建影响因素的多层递阶结构模型。

4 实证分析

4.1 基于 Grey-DEMATEL 确定关键影响因素

4.1.1 建立直接影响矩阵

首先,邀请 6 名专家参与访谈,其中包括在高海拔地区具有管理经验的安全管理人员 2 名、现场施工人员 2 名,以及高校相关领域的研究人员 2 名,对各影响因素两两比较之后进行打分,构建初始矩阵。其次,通过专家评价语义变量将初始矩阵转化为灰数矩阵,并根据(1)式、(2)式对其进行标准化、清晰化处理,最后根据(3)式构建直接影响矩阵 Z 。

4.1.2 影响因素的度量

根据(4)、(5)式对直接影响矩阵 Z 进行标准化处理,得到标准化矩阵 N ,然后根据(6)式计算综合影响矩阵 T 。再根据(7)式至(10)式对各影响因素进行度量。DEMATEL 分析结果,见表 2。

表 2 DEMATEL 分析结果
Tab.2 DEMATEL model analysis results

因素	D_i	C_i	M_i	R_i	因素	D_i	C_i	M_i	R_i
C_{11}	0.64	0.50	1.14	0.14	C_{31}	0.68	0.41	1.10	0.27
C_{12}	0.55	0.21	0.76	0.34	C_{32}	0.34	0.96	1.30	-0.62
C_{13}	0.73	0.71	1.43	0.02	C_{33}	0.74	0.27	1.02	0.47
C_{21}	0.34	0.46	0.80	-0.12	C_{34}	0.50	0.36	0.86	0.13
C_{22}	0.31	0.82	1.13	-0.51	C_{41}	0.80	0.21	1.02	0.59
C_{23}	0.49	1.00	1.49	-0.51	C_{42}	0.38	0.37	0.75	0.01
C_{24}	0.63	0.45	1.09	0.18	C_{43}	0.79	0.32	1.12	0.47
C_{25}	0.43	0.94	1.36	-0.51	C_{44}	0.92	0.57	1.49	0.35
C_{26}	0.44	1.15	1.59	-0.71					

4.1.3 绘制因果关系图

根据表 2 的计算结果绘制因果关系图,以中心度为 X 轴、原因度为 Y 轴 构建笛卡尔坐标系,将各影响因素在坐标系中标出,如图 2。

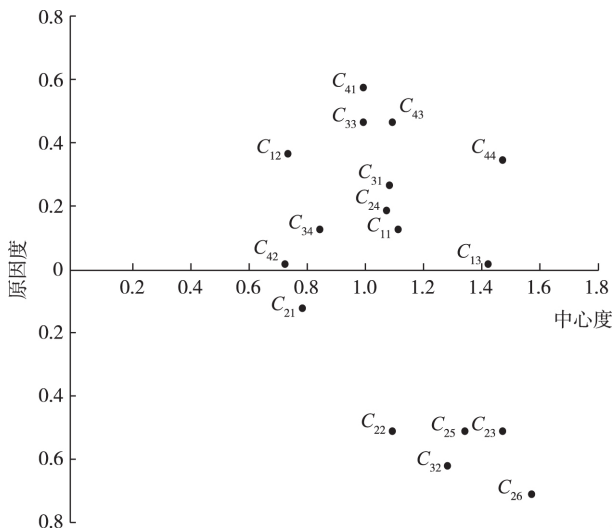


图 2 因果关系图
Fig.2 Causal graph

4.2 基于 ISM 构建多层递阶结构模型

4.2.1 建立可达矩阵

建立可达矩阵 M ,通过多次计算取值,本研究阈值 λ 取值为 0.08,通过计算得到可达矩阵 M 。

4.2.2 建立多层递阶结构模型

以可达矩阵为基础,根据(13)式、(14)式,构建高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素的多层递阶结构模型,如图 3。

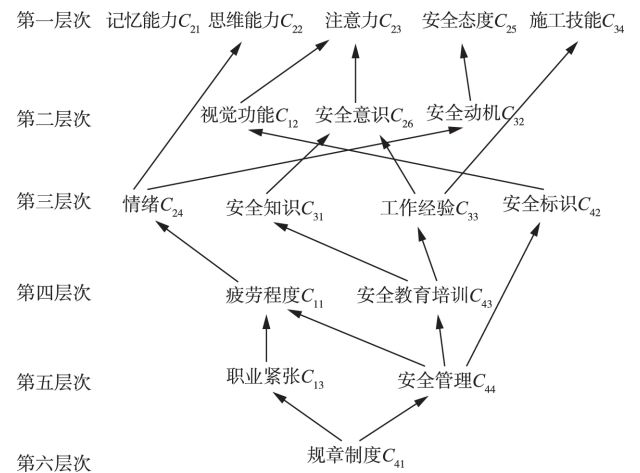


图 3 多层递阶结构模型

Fig.3 Hierarchical multilayer structure model

$M =$

$$\begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{pmatrix}$$

4.3 结果分析

(1) 原因度分析。由表 2 可得,本文研究的高海拔地区建筑工人不安全行为认知的影响因素中, R_i 大于 0 的因素有 11 个,即有 11 个原因因素,从大到小依次排序为 C_{41} 、 C_{33} 、 C_{43} 、 C_{44} 、 C_{12} 、 C_{31} 、 C_{24} 、 C_{11} 、 C_{34} 、 C_{13} 、 C_{42} 。这些因素通过影响其他因素,导致高海拔地区建筑工人产生不安全行为。 R_i 小于 0 的因素有 6 个,即有 6 个结果因素,按绝对值从大到小依

次排序为 C_{26} 、 C_{32} 、 C_{22} 、 C_{23} 、 C_{25} 、 C_{21} ，这些因素受其他影响因素的影响较大。

(2) 中心度分析。中心度代表该影响因素在整个系统中作用的大小，中心度越大，该因素对系统的影响越大。由表2分析结果可得，中心度从大到小依次排序为 C_{26} 、 C_{23} 、 C_{44} 、 C_{13} 、 C_{25} 、 C_{32} 、 C_{11} 、 C_{22} 、 C_{43} 、 C_{31} 、 C_{24} 、 C_{33} 、 C_{41} 、 C_{34} 、 C_{21} 、 C_{12} 、 C_{42} 。其中安全意识是最关键的影响因素，提高建筑工人的安全意识，可以有效减少建筑工人不安全行为的发生。其次，注意力的集中程度对建筑工人不安全行为也非常重要，对于高海拔地区的建筑工人来说，在施工过程中只能注意到眼前的事物，而无法同时关注到两侧的事物。因此，高海拔地区建筑企业或安全管理人员需采取有效的方案与措施，以提升建筑工人的注意力，减少建筑工人不安全行为的发生。

(3) 多层递阶结构模型分析。由图3可见，高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素的第一层次，即直接影响因素包括：记忆能力、思维能力、注意力、安全态度及施工技能，这些因素大部分是与建筑工人个体心理有关的因素；第二层次包括：视觉功能、安全意识以及安全动机，这几个因素通过直接影响因素影响高海拔地区建筑工人的不安全行为认知；第六层次即根源影响因素是建筑企业或建筑行业制定的安全管理规章制度。通过已构建的影响因素递阶结构模型，可以明确影响高海拔地区建筑工人不安全行为认知的直接因素、间接因素、根源因素等。由以上分析可知，建筑企业或行业通过制定有效的安全管理规章制度，并监督管理人员严格按照规章制度执行，重视建筑工人上岗前的安全教育培训、工作时的生理与心理状态等，可以有效提高高海拔地区建筑工人不安全行为的认知能力，进而减少不安全行为的发生。

5 控制措施

(1) 事前控制措施。施工单位在招聘建筑工人时，应考虑其身体素质能否适应高海拔地区低压低氧的环境特点，并对已选定的建筑工人进行安全教育培训与施工技能培训，选择适应能力强

或者有高海拔地区长期工作和生活经验的建筑工人进入高海拔地区进行施工。建筑企业应建立健全各项安全规章制度，管理人员要严格按照安全规章制度监督执行，以减少建筑工人的不安全行为。

(2) 事中控制措施。施工过程中，管理人员要督促建筑工人时刻做好自检与互检，建筑工人在保证自己行为安全时，同时观察与督促队友行为。在施工现场设置安全标识，树立建筑工人风险意识，强化建筑工人安全意识，对现场风险较高的作业点进行重点检查，不安全行为发生时，管理人员要严令停止整改，并按照安全规章制度中的奖惩措施对建筑工人进行处罚。

(3) 事后控制措施。每周或者每月对本旬或者本月已发生的不安全行为材料进行整理、分类以及分析，定期组织建筑工人进行教育学习。对已发生不安全行为的建筑工人进行处罚并在施工单位进行公示，以提高其他建筑工人的安全意识。定期对建筑工人进行安全教育培训，提高建筑工人不安全行为认知水平，减少安全事故发生的概率。

6 结论

(1) 本文通过文献分析及专家访谈，结合高海拔地区的特殊性，从建筑工人生理、心理、能力素质以及建筑企业或建筑行业的组织管理4个方面，识别出影响高海拔地区建筑工人不安全行为认知的17个影响因素，构建了高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素指标体系。

(2) 本文通过 Grey-DEMATEL 法与 ISM 法结合，对影响高海拔地区建筑工人不安全行为认知因素的相关关系进行分析，并且构建了高海拔地区建筑工人不安全行为认知影响因素的多层递阶结构模型，对影响因素进行层级划分，最终确定了建筑企业或建筑行业制定的安全管理规章制度为根源影响因素。

(3) 通过本文的研究，为提升高海拔地区建筑工人不安全行为认知能力、减少高海拔地区建筑工人不安全行为，以及提高高海拔地区安全管理水平提供了理论依据。但对具体的管理措施方面只做了初步探讨，未来还需进行深入研究。

参考文献

- [1]叶贵 杨丽娟,王玉合 等. 建筑工人不安全行为影响路径研究综述[J]. 重庆大学学报 2020 43(3):111-120.
- [2]Neisser U. Cognitive psychology [M]. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1967:3-10.
- [3]张尧 林建华,王艳 等. 高原对工人生理指标的影响分析[J]. 预防医学情报杂志 2017 33(6):560-563.
- [4]彭丽 徐津 张水森 等. 高原环境对暴露个体认知功能和作业能力的影响[J]. 解放军预防医学杂志 2017 35(7):857-860.
- [5]张孟春 方东平. 建筑工人不安全行为产生的认知原因和管理措施[J]. 土木工程学报 2012 45(S2):297-305.
- [6]叶贵 杨丽娟 汪红霞 等. 建筑工人不安全行为影响因素的多层递阶结构模型研究[J]. 安全与环境工程, 2019 26(2):129-134.
- [7]唐贵香. 社会网络对建筑工人安全意识的影响研究[D]. 武汉: 华中科技大学 2016.
- [8]朱钰. 基于建筑工人认知的安全行为培训研究[D]. 北京: 清华大学 2016.
- [9]赵磐龙. 建筑业监督者不安全行为产生的认知机理及应用研究[D]. 重庆: 重庆大学 2017.
- [10]叶贵 李静 段帅亮. 建筑工人不安全行为发生机理研究[J]. 中国安全生产科学技术 2016 12(3):181-186.
- [11]冯涛. 基于情绪与建筑工人不安全行为影响关系的安全管理策略研究[D]. 西安: 西安建筑科技大学 2017.
- [12]王泽华. 施工人员安全认知能力对其行为结果影响研究[D]. 武汉: 湖北工业大学 2018.
- [13]李红霞 李妍雯. 安全信息认知视角下矿工个体安全信息力影响因素研究[J]. 西安科技大学学报 2019 39(5):867-874.
- [14]马力 左小磊. 基于 Grey-DEMATEL 方法的养老地产发展的影响因素研究[J]. 工程管理学报 2019 33(5):135-140.
- [15]补利军 于振江 邵泽开. 集成 DEMATEL/ISM 的高校消防安全管理影响因素研究[J]. 中国安全科学学报, 2018 28(11):129-134.

欢迎订阅《安全》杂志

《安全》杂志(国内统一刊号:CN11-2411/X 国际标准连续出版物号:ISSN1002-3631)是由北京市劳动保护科学研究所和中国职业安全健康协会主办,以城市公共安全为报导方向的科技期刊。杂志读者为政府、企业、高等院校、科研院所等企事业单位中从事安全科学工作的科研和管理人员。

本刊为中国期刊全文数据库全文收录期刊、中国学术期刊综合评价数据库统计源期刊、“万方数据-数字化期刊群”全文上网期刊、《中国核心期刊(遴选)数据库》收录期刊。

邮发代号:82-976 全年12期:每期15元 共180元

联系人:侯栓燕 电话/传真:010-63524191

电子邮箱:safety_lao@163.net