

文章编号:1671-1556(2019)02-0129-06

建筑工人不安全行为影响因素的多层递阶结构模型研究

叶 贵¹,杨丽娟¹,汪红霞²,付 媛¹,唐笑宇¹

(1. 重庆大学建设管理与房地产学院,重庆 400045;2. 西南政法大学商学院,重庆 401120)

摘 要: 借鉴事故系统四要素理论,基于文献综述从人、物、管、环四个方面系统归纳了建筑工人不安全行为的影响因素,集成决策实验室评价法(DEMATEL)和解释结构模型法(ISM)的优点,结合专家咨询法确定了影响因素间的层级关系及其对不安全行为的影响程度,构建了建筑工人不安全行为影响因素的多层递阶结构模型。结果表明:建筑工人不安全行为影响因素分为 5 个层次,领导对安全的重视是影响因素体系中的深层次因素,社会规范是根层次影响因素。该研究成果有助于推动不安全行为理论体系的完善,使企业专注于关键影响因素并进行有针对性的安全管理,进而提高安全管理的绩效。

关键词: 建筑工人;不安全行为;影响因素;多层递阶结构模型

中图分类号:X92;TU714 文献标识码:A DOI:10.13578/j.cnki.issn.1671-1556.2019.02.019

Study on Influencing Factors of Construction Workers' Unsafe Behavior Based on Multi Level Hierarchical Structure Model

YE Gui¹, YANG Lijuan¹, WANG Hongxia², FU Yuan¹, TANG Xiaoyu¹

(1. School of Construction Management and Real Estate, Chongqing University, Chongqing 400045, China;
2. School of Management, Southwest University of Political Science and Law, Chongqing 401120, China)

Abstract: By referring to the theory of four elements of the accident system, this paper systematically extracts the influencing factors of unsafe behavior from four aspects of human, material, management and environment based on the literature review. Then, combining the advantages of integrated DEMATEL-ISM with the expert consultation method, the paper determines the hierarchical relationship among influencing factors and the degree of their influence on unsafe behavior, and constructs a multi-level hierarchical structure model of influencing factors of unsafe behavior. The paper divides the influencing factors of unsafe behavior into five levels. The results show that leaders' attention to safety is the deep-seated factor in the influencing factor system, and social norm is the root influencing factor. The research results will help to improve the theoretical research of unsafe behavior, and clarify key factors for the enterprises to carry out targeted management, and thus improve safety management performance.

Key words: construction worker; unsafe behavior; influencing factor; multilevel hierarchical structure model

已有数据表明,截止到 2018 年 9 月,全国房屋和市政工程共发生安全事故 581 起、死亡 673 人,相比 2017 年同期事故数增加了 58 起,死亡人数增加了 49 人^[1]。建筑业作为支撑国民经济发展的支柱产业,事故率一直居于各行业前列,带来巨大的社会

成本。而建筑工人作为建设项目的一线工作者,不仅是安全事故的直接受害者,其不安全行为也是导致安全事故的主要原因^[2-3]。探明影响建筑工人不安全行为的因素,是有效解决其不安全行为的前提和基础,因此系统研究建筑工人不安全行为的影响

收稿日期:2018-11-11 修回日期:2019-02-17

基金项目:国家自然科学基金项目(71471023);中央高校基本科研业务费专项资金项目(2017CDJSK03PT03,2018CDJSK03PT17)

作者简介:叶 贵(1976—),男,博士,教授,主要从事建筑安全、健康城市建设方面的研究。E-mail:25338616@qq.com

因素显得尤其重要。

综述文献发现,对建筑工人不安全行为影响因素的研究成果颇丰,学者从不同角度研究了工作经验^[4]、身体素质^[5]、工友影响^[6]、安全氛围^[7]等各种因素对建筑工人不安全行为的影响。但这些研究成果大多是探究其表面影响因素,若不能系统地分析影响因素间的相互关系,就难以找到根源性因素,从而进行有效的管理。对此,部分学者做了尝试,如王翠英等^[8]采用解释结构模型法(ISM)确定了建筑工人不安全行为影响因素的层级关系;居婕等^[9]采用决策与试验评价实验室分析法(DEMATEL)分析了建筑工人不安全行为影响因素的相互作用关系。

以上研究一定程度上反映了因素之间的影响关系与层级关系,但单独运用 ISM 方法虽然有助于反映因素之间存在的相互影响关系,但不能反映其影响程度^[10]。同样地,仅使用 DEMATEL 方法能分析出影响因素的重要程度,但难以反映其内在的层次结构。因此,对不安全行为影响因素的研究,不仅要从小部分影响因素出发,还应该将不安全行为视作一个系统,研究和分析系统内的各元素。而 ISM 和 DEMATEL 方法目前已在安全科学领域得到了广泛的应用^[11-12]。为此,本文集成使用这两种方法,结合事故系统四要素理论,构建了建筑工人不安全行为影响因素的多层递阶结构模型,在保证数据有效性的基础上,简化了计算过程并使计算量有效降低,便于对建筑工人不安全行为的影响因素进行深入、系统的剖析,探索建筑工人不安全行为影响因素之间相互作用的结构关系,并找到根源性因素,将有助于控制建筑工人的不安全行为,提高安全生产管理水平,从而促进建筑业的健康可持续发展。

1 建筑工人不安全行为影响因素的提取

88%的事故都是由人的不安全行为导致的^[13],探明人的不安全行为的深层次影响因素有助于减少事故的发生。事故致因理论认为,导致事故发生的影响因素主要集中在人、物、管理和环境这四个主要的方面,也称“事故系统四要素理论”^[14]。如果把人的不安全行为看作“事故”,那么不安全行为的影响因素也可从这四个要素出发进行系统探究。因此,本文基于事故系统理论并结合文献综述,将人的不安全行为影响因素分为人、物、管理和环境四个方面,系统地构建不安全行为影响因素的框架。

综述文献发现^[8-9,15-20],在人的方面,导致不安全行为发生的人的因素主要指建筑工人本身的生

理、心理状况以及自身技能素质等方面的因素,故选取工作经验、身体素质和安全知识等 6 个因素;在物的方面,影响不安全行为的物的因素主要指对人的不安全行为造成影响的机械设备因素,最终选取个人防护措施、作业工具缺陷和物品放置不当 3 个因素;在管理方面,影响不安全行为的管理因素主要指组织对安全的管理方式和管理水平,在前人研究的基础上,选择安全沟通、组织公平和领导重视等 5 个因素;在环境方面,选取工作环境、安全氛围和社会规范 3 个因素。最终提取的建筑工人不安全行为的影响因素见图 1。

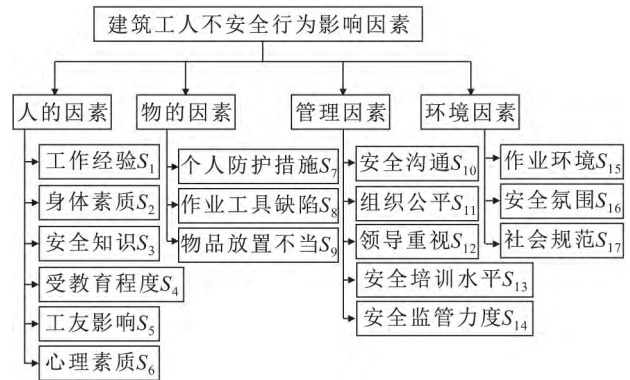


图 1 建筑工人不安全行为影响因素的框架

Fig. 1 Framework of influencing factors for construction workers' unsafe behavior

2 建筑工人不安全行为影响因素的多层递阶解释结构模型的构建

2.1 建立直接影响矩阵

将建筑工人不安全行为影响因素体系中各因素按人、物、管理、环境的顺序依次记为 $S_i (i = 1, 2, \dots, 17)$, 并选取 0、1、2、3 表示各影响因素之间的作用关系:

$$a_{ij} = \begin{cases} 0, & \text{两个因素之间没有直接影响关系} \\ 1, & \text{两个因素之间影响关系较弱} \\ 2, & \text{两个因素之间影响关系一般} \\ 3, & \text{两个因素之间影响关系强} \end{cases} \quad (1)$$

式中: a_{ij} 为因素之间的作用关系。

邀请 10 名建筑安全研究人员及具有安全管理经验的项目管理人员参与调查,其中 4 名为安全管理领域的高校研究人员,另 6 名为具有项目管理经验的安全管理人员。首先由每名参与调查的人员根据各自的判断分别打分;然后汇总打分情况并邀请各专家共同分析修正,得到最终的打分结果;最后通过对数据进行处理,得到直接影响矩阵 X ,见表 1。

表 1 直接影响矩阵 X
Table 1 Direct influence matrix X

因素	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	S ₁₇
S ₁	0	0	2	0	2	3	3	0	2	2	1	0	0	2	0	0	0
S ₂	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
S ₃	0	0	0	0	2	2	2	0	2	2	0	0	0	0	1	0	0
S ₄	1	0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S ₅	2	0	2	0	0	3	2	0	2	2	3	0	2	0	0	3	0
S ₆	0	0	0	0	2	0	2	0	2	1	1	0	0	0	0	0	0
S ₇	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
S ₈	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	0	0	0	2	1	0
S ₉	1	0	0	0	2	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	0
S ₁₀	2	0	3	0	2	2	3	0	1	0	2	2	2	2	0	3	0
S ₁₁	1	0	1	0	2	3	0	0	0	2	0	0	1	0	0	2	0
S ₁₂	0	0	3	0	1	3	3	3	3	3	3	0	3	3	3	3	3
S ₁₃	0	0	3	0	2	0	3	0	3	2	0	0	0	1	0	3	0
S ₁₄	0	0	2	0	2	2	3	3	3	2	1	1	3	0	3	3	0
S ₁₅	0	2	0	0	2	3	0	0	0	0	0	3	1	0	0	2	0
S ₁₆	3	0	3	0	3	3	3	3	2	3	3	3	3	3	3	0	3
S ₁₇	3	0	2	0	2	2	2	2	2	2	3	3	3	3	3	3	0

2. 2 建立综合影响矩阵

利用下式对表 1 的直接影响矩阵 X 进行规范化处理,得到规范化矩阵 A:

$$A = \frac{1}{\max_{1 \leq i \leq 17} \sum_{j=1}^{17} S_{ij}} X \tag{2}$$

根据规范化矩阵 A,利用下式计算综合影响矩阵 T(见表 2):

$$T = A(I - A)^{-1} \tag{3}$$

式中:I 为单位矩阵,表示因素对自身的影响。

2. 3 确定影响度、中心度和原因度

在综合影响矩阵 T 中,将各元素按行相加得到相应因素的影响度(f_i),按列相加得到相应因素的被影响度(e_i),所得到的影响度和被影响度两者之差为原因度(y_i),两者之和为中心度(z_i),代表该元素对不安全行为的作用大小,其计算结果见表 3。

表 2 综合影响矩阵 T
Table 2 Comprehensive influence matrix T

因素	S ₁	S ₂	S ₃	S ₄	S ₅	S ₆	S ₇	S ₈	S ₉	S ₁₀	S ₁₁	S ₁₂	S ₁₃	S ₁₄	S ₁₅	S ₁₆	S ₁₇
S ₁	0.01	0.00	0.06	0.00	0.06	0.08	0.09	0.01	0.06	0.06	0.03	0.05	0.01	0.05	0.01	0.02	0.00
S ₂	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
S ₃	0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	0.05	0.05	0.00	0.05	0.05	0.01	0.00	0.01	0.00	0.02	0.01	0.00
S ₄	0.02	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
S ₅	0.06	0.00	0.06	0.00	0.03	0.09	0.07	0.01	0.06	0.06	0.08	0.01	0.06	0.01	0.01	0.08	0.01
S ₆	0.01	0.00	0.01	0.00	0.05	0.01	0.05	0.00	0.05	0.03	0.03	0.00	0.01	0.00	0.00	0.01	0.00
S ₇	0.02	0.00	0.02	0.00	0.01	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.00
S ₈	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.00	0.05	0.01	0.02	0.01	0.01	0.00	0.05	0.03	0.00
S ₉	0.03	0.00	0.01	0.00	0.05	0.01	0.03	0.00	0.01	0.03	0.01	0.01	0.03	0.03	0.02	0.01	0.00
S ₁₀	0.06	0.00	0.09	0.00	0.07	0.07	0.10	0.01	0.05	0.03	0.06	0.05	0.06	0.06	0.02	0.09	0.01
S ₁₁	0.03	0.00	0.04	0.00	0.06	0.08	0.02	0.00	0.02	0.06	0.01	0.01	0.03	0.01	0.01	0.05	0.00
S ₁₂	0.02	0.00	0.10	0.00	0.06	0.10	0.11	0.08	0.10	0.10	0.09	0.02	0.09	0.08	0.09	0.10	0.07
S ₁₃	0.01	0.00	0.08	0.00	0.06	0.02	0.08	0.01	0.08	0.06	0.01	0.01	0.01	0.03	0.01	0.08	0.01
S ₁₄	0.02	0.00	0.07	0.00	0.07	0.07	0.09	0.07	0.09	0.07	0.04	0.04	0.08	0.02	0.08	0.09	0.01
S ₁₅	0.01	0.04	0.02	0.00	0.06	0.08	0.02	0.01	0.02	0.02	0.01	0.07	0.03	0.01	0.01	0.06	0.01
S ₁₆	0.08	0.00	0.10	0.00	0.11	0.11	0.11	0.08	0.09	0.10	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.05	0.07
S ₁₇	0.08	0.00	0.08	0.00	0.08	0.09	0.09	0.06	0.08	0.08	0.09	0.08	0.09	0.09	0.09	0.10	0.01

表 3 DEMATEL 法分析结果

Table 3 Analysis results of DEMATEL method

因素	f_i	e_i	y_i	z_i	因素	f_i	e_i	y_i	z_i
S_1	0.61	0.47	0.14	1.08	S_{10}	0.82	0.74	0.07	1.56
S_2	0.12	0.06	0.06	0.18	S_{11}	0.42	0.60	-0.18	1.01
S_3	0.33	0.78	-0.45	1.11	S_{12}	1.22	0.45	0.77	1.66
S_4	0.12	0.00	0.12	0.12	S_{13}	0.57	0.65	-0.08	1.21
S_5	0.68	0.84	-0.17	1.52	S_{14}	0.89	0.48	0.41	1.38
S_6	0.24	0.95	-0.71	1.19	S_{15}	0.47	0.50	-0.04	0.97
S_7	0.14	0.95	-0.81	1.09	S_{16}	1.35	0.78	0.57	2.14
S_8	0.22	0.35	-0.13	0.56	S_{17}	1.19	0.20	0.99	1.39
S_9	0.27	0.82	-0.55	1.09					

2.4 集成 DEMATEL-ISM 法确定可达矩阵

由于综合影响矩阵没有考虑因素对自身的影响,因此在综合影响矩阵的基础上,利用下式得到系统整体影响矩阵 C :

$$C = I + T \tag{4}$$

根据实际情况设置阈值 λ ,在系统整体影响矩阵 C 中,当 $S_{ij} \geq \lambda (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n)$ 时,取 $S_{ij} = 1$;当 $S_{ij} < \lambda (i = 1, \dots, n; j = 1, \dots, n)$ 时,取 $S_{ij} = 0$,经过多次取值分析,最终确定 $\lambda = 0.08$,进而得到可达矩阵 K ,见表 4。

表 4 可达矩阵 K

Table 4 Reachability matrix K

因素	S_1	S_2	S_3	S_4	S_5	S_6	S_7	S_8	S_9	S_{10}	S_{11}	S_{12}	S_{13}	S_{14}	S_{15}	S_{16}	S_{17}
S_1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_2	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_3	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_4	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_5	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0
S_6	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_7	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_8	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S_9	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
S_{10}	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0
S_{11}	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
S_{12}	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
S_{13}	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0
S_{14}	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	0
S_{15}	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
S_{16}	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
S_{17}	1	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1

2.5 建立多层递阶解释结构模型

在可达矩阵 K 的基础上,求出可达集合 $R(S_i)$ 和前因集合 $A(S_i)$ 。其中,可达集合 $R(S_i)$ 为可达矩阵 K 中每行因素含元素 1 的列集合,前因集合 $A(S_i)$ 为可达矩阵 K 中每列因素含元素 1 的行集合。由下式得出系统各层级的因素:

$$R(S_i) = R(S_i) \cap A(S_i) \tag{5}$$

公式(5)若成立,说明其对应的因素 S_i 为底层因素,并在可达矩阵 K 中删除该因素的 i 行和 i 列;重复上述步骤,直到所有的因素都被删去。通过计算分析,建筑工人不安全行为的影响因素具有多级递阶结构的特点,具体分为以下 5 个层次:

- 第 1 层次 = $\{S_2, S_3, S_4, S_6, S_7, S_8, S_9\}$;
- 第 2 层次 = $\{S_1, S_{10}, S_{11}, S_{13}, S_{15}\}$;
- 第 3 层次 = $\{S_5, S_{14}, S_{16}\}$;
- 第 4 层次 = $\{S_{12}\}$;
- 第 5 层次 = $\{S_{17}\}$ 。

根据 DEMATEL-ISM 法计算结果,构建的建筑工人不安全行为影响因素多层递阶结构模型,见图 2。

3 结果分析

在表 3 中,根据各因素的原因度(y_i)可将因素分为原因因素和结果因素。其中,大于 0 的因素为原因因素,该类因素共有 8 个,按从大到小的排序可知,社会规范、领导重视、安全氛围、安全监管力度、工作经验、受教育程度、安全沟通、身体素质,这些因素通过影响其他因素进而导致建筑工人的不安全行为;小于 0 的因素为结果因素,该类因素共有 9 个,按绝对值从大到小的排序可知,个人防护措施、心理素质、物品放置不当、安全知识、组织公平、工友影响、作业工具缺陷、安全培训水平、作业环境,这些因

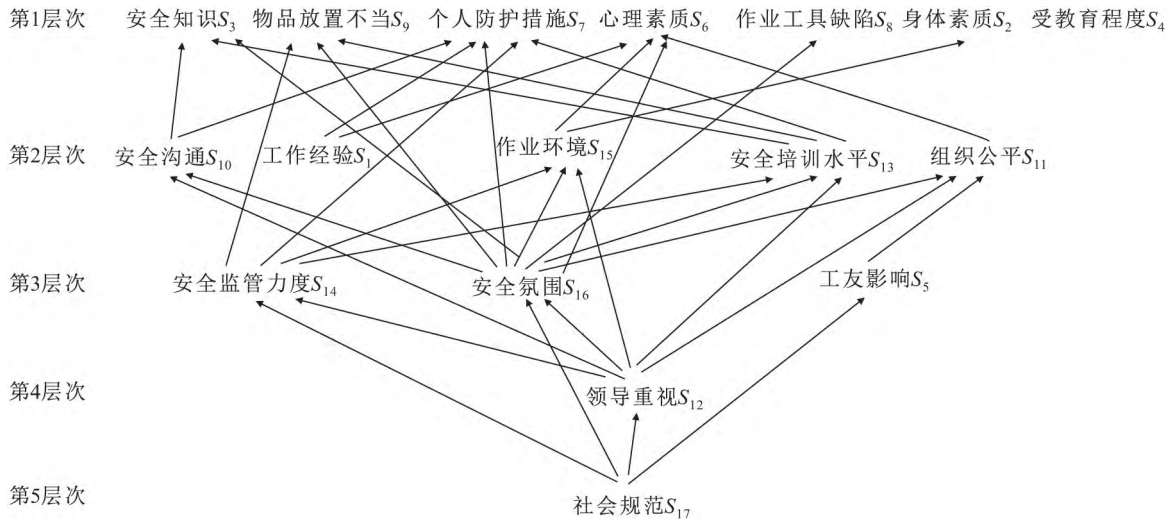


图 2 建筑工人不安全行为影响因素的多级递阶结构模型

Fig. 2 Multilevel hierarchical structural model for influencing factors of the unsafe behavior of construction workers

素会受到其他因素的影响,比如建筑工人安全培训水平与企业的安全氛围和领导是否重视安全等因素有关。由各因素的中心度(z_i)排序可知,安全氛围、领导重视、安全沟通和工友影响的排序靠前,对整个影响因素体系十分重要,控制这些因素对减少建筑工人不安全行为的发生至关重要,管理者在制定安全行为控制措施时,首先应当通过各种措施形成良好的安全氛围。

由图 2 可见:建筑工人不安全行为的直接影响因素(第 1 层次)是工人的安全知识、施工现场物品放置不当、个人防护措施等,此类因素大都是与工人有关或是物的因素对工人行为的影响,其他因素通过影响这些因素对工人行为造成影响,其中工人受教育程度作为建筑工人个体属性不受其他因素影响;中层因素(第 2 层次)有安全沟通、工作经验、作业环境等,此类因素通过第 1 层次的因素影响工人行为;第 3 层次因素是工友影响、安全氛围、安全监管力度,只有管理者严格执行各项监督管理规定,才能有助于企业形成良好的安全氛围,使工人自觉参与安全行为,减少不安全行为;深层次影响因素(第 4 层次)是领导对安全的重视,企业的领导对安全生产有足够的重视,才会加强对安全的监管力度,提升工人的安全培训水平,改善建筑工人的作业环境,有助于营造一个良好的安全施工氛围,最终使工人的不安全行为减少;根层次影响因素(第 5 层次)是社会规范,在不安全行为的影响因素中,社会规范作为调整人们相互关系的行为规范,是解释员工行为的有力机制^[20-21],由图 2 的结构模型也可以看出,社会规范会影响企业的安全氛围、安全监管力度等。

由上述分析结果可知,为了控制建筑工人的不安全行为,企业应促进形成积极的社会规范,提高领导对安全的重视程度,增加安全监管力度,逐步形成良好的安全氛围。

4 结 语

为了控制和减少建筑工人的不安全行为,促进建筑业的健康可持续发展,本文首先通过文献分析和工地调研,并结合事故系统四要素理论对建筑工人不安全行为的影响因素进行了梳理,从人、物、管理、环境四个方面系统地提取了 17 个建筑工人不安全行为的影响因素,运用集成的 DEMATEL-ISM 方法对影响因素的作用关系进行了分析,构建了建筑工人不安全行为影响因素的多级递阶结构模型。结果表明:不同的不安全行为影响因素之间相互影响的相对重要程度不同,且对建筑工人不安全行为的影响程度不同,领导对安全的重视是影响因素体系中的深层次影响因素,社会规范是根层次影响因素,因此在实际的安全管理过程中,要抓住根本因素和重要因素进行有针对性的管理。此外,该集成方法弥补了单独使用其中任意一种方法所存在的局限性,对深入挖掘建筑工人不安全行为发生的关键影响因素以及影响因素之间的相互作用关系和层级关系具有一定的借鉴作用。

参考文献:

[1] 中华人民共和国住房和城乡建设部. 2018 年 9 月房屋市政工程施工安全事故情况通报[EB/OL]. (2018-10-10). http://www.mohurd.gov.cn/wjfb/201810/t20181015_237898.html.

- [2] Kurien M, Kim M K, Kopsida M, et al. Real-time simulation of construction workers using combined human body and hand tracking for robotic construction worker system[J]. *Automation in Construction*, 2018, 86: 125-137.
- [3] Yu Y, Guo H, Ding Q H, et al. An experimental study of real-time identification of construction workers' unsafe behaviors[J]. *Automation in Construction*, 2017, 82: 193-206.
- [4] Alizadeh S S, Mortazavi S B, Sepehri M M. Assessment of accident severity in the construction industry using the Bayesian theorem[J]. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2015, 21(4): 551-557.
- [5] Namian M, Zuluaga C M, Albert A. Critical factors that impact construction workers' hazard recognition performance[C]//*Construction Research Congress 2016: Old and New Construction Technologies Converge in Historic San Juan*, CRC 2016. San Juan; American Society of Civil Engineers (ASCE), 2016.
- [6] 韩豫, 梅强, 周丹, 刘素霞. 群体封闭性视角下的建筑工人不安全行为传播特性[J]. *中国安全生产科学技术*, 2016, 12(3): 187-192.
- [7] Ajslev J, Dastjerdi E L, Dyreborg J, et al. Safety climate and accidents at work: Cross-sectional study among 15,000 workers of the general working population[J]. *Safety Science*, 2017, 91: 320-325.
- [8] 王翠英, 王强. 建筑工人不安全行为影响因素的 ISM 建模与分析[J]. *湖北工业大学学报*, 2017, 32(1): 37-40, 108.
- [9] 居婕, 杨高升, 杨鹏. 建筑工人不安全行为影响因子分析及控制措施研究[J]. *中国安全生产科学技术*, 2013, 9(11): 179-184.
- [10] 周德群, 章玲. 集成 DEMATEL/ISM 的复杂系统层次划分研究[J]. *管理科学学报*, 2008, 11(2): 20-26.
- [11] 黄萍, 徐晶晶, 朱伟方. 基于 ISM 和 TIFNs 的企业安全投入研究[J]. *安全与环境工程*, 2017, 24(5): 110-114.
- [12] 张仕廉, 聂李琴. 基于 DEMATEL 方法的建筑施工安全管理行为影响因素分析[J]. *安全与环境工程*, 2017, 24(1): 121-125.
- [13] Heinrich H W. *Industrial Accident Prevention*[M]. New York: McGraw-Hill, 1931.
- [14] 翁勇南, 宋守信, 王静. 物流安全支撑体系模型研究[J]. *物流技术*, 2010, 29(5): 16-19.
- [15] 叶贵, 段帅亮, 汪红霞. 建筑工人不安全行为致因研究[J]. *中国安全生产科学技术*, 2015, 11(2): 170-177.
- [16] 宋晓芳, 李东阳. 建筑工人不安全行为形成机制及原因分析[J]. *工程经济*, 2016, 26(7): 63-66.
- [17] Choudhry R M, Fang D P. Why operatives engage in unsafe work behavior: Investigating factors on construction sites[J]. *Safety Science*, 2008, 46(4): 566-584.
- [18] Jiang Z M, Fang D P, Zhang M C. Understanding the causation of construction workers' unsafe behaviors based on system dynamics modeling[J]. *Journal of Management in Engineering*, 2015, 31(6): 04014099.
- [19] Chi S, Han S, Kim D Y. Relationship between unsafe working conditions and workers' behavior and impact of working conditions on Injury severity in US construction industry[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2013, 139(7): 826-838.
- [20] Choi B, Ahn S, Lee S. Role of social norms and social identifications in safety behavior of construction workers. I: Theoretical model of safety behavior under social influence[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2017, 143(5): 04016124.
- [21] Choi B, Lee S. Role of social norms and social identifications in safety behavior of construction workers. II: Group analyses for the effects of cultural backgrounds and organizational structures on social influence process[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2017, 143(5): 04016125.

通讯作者: 杨丽娟(1994—), 女, 硕士研究生, 主要研究方向为建筑安全。E-mail: 1136175108@qq.com