

# 山区高速公路施工工人安全意识研究与评价

宋致科<sup>1\*</sup>, 陈晓明<sup>1</sup>, 张太平<sup>1</sup>, 陈子民<sup>2</sup>, 陈 忱<sup>3</sup>

<sup>1</sup>中信建设有限责任公司, 北京

<sup>2</sup>河南省路桥建设集团有限公司, 河南 郑州

<sup>3</sup>昆明理工大学, 云南 昆明

收稿日期: 2022年12月6日; 录用日期: 2023年2月1日; 发布日期: 2023年2月7日

## 摘 要

针对当前难以准确衡量山区高速公路建设企业施工工人安全意识的问题, 为有效减少因工人安全意识薄弱导致的安全生产事故, 将工人安全意识界定为施工安全交流、施工安全认知、施工安全态度和施工安全行为四个一级指标, 利用主成分分析和熵值法确定各级评价指标的权重, 通过灰色关联分析和模糊综合评价法对山区高速公路建设企业不同工人群体的安全意识进行评价。研究结果表明: 不同作业场所的工人群体中, 地面作业的工人群体安全意识较强( $b = 0.72$ ), 而高空作业群体的安全意识水平较低( $b = 0.33$ ); 不同年龄段的工人群体中, 41~50岁的工人群体安全意识水平较高( $b = 0.82$ ), 18~20岁( $b = 0.53$ )和51岁及以上的工人群体( $b = 0.47$ )安全意识水平较低; 不同工龄段的工人群体中, 工龄在3~5年( $b = 0.77$ ), 以及5~10年( $b = 0.75$ )的工人安全意识水平最高, 而工龄在第1年( $b = 0.38$ ), 以及1~3年( $b = 0.34$ )的工人群体安全意识水平较低。研究结果可以用于评估不同施工群体的安全意识水平, 可为企业后续针对性实施安全管理培训提供决策参考及理论依据。

## 关键词

安全管理工程, 安全意识, 熵值法, 主成分分析法, 模糊综合评价

# Research and Evaluation on Safety Consciousness of Construction Workers of Mountain Expressway

Zhike Song<sup>1\*</sup>, Xiaoming Chen<sup>1</sup>, Taiping Zhang<sup>1</sup>, Ziming Chen<sup>2</sup>, Chen Chen<sup>3</sup>

<sup>1</sup>CITIC Construction Co., Ltd., Beijing

<sup>2</sup>Henan Road and Bridge Construction Group Co., Ltd., Zhengzhou Henan

<sup>3</sup>Kunming University of Science and Technology, Kunming Yunnan

\*通讯作者。

文章引用: 宋致科, 陈晓明, 张太平, 陈子民, 陈忱(2023). 山区高速公路施工工人安全意识研究与评价. *心理学进展*, 13(2), 397-407. DOI: 10.12677/ap.2023.132049

## Abstract

In order to effectively reduce the safety accidents caused by weak worker safety awareness, workers' safety awareness is defined as four first-level indicators, namely, construction safety communication, construction safety awareness, construction safety attitude and construction safety behavior. Principal component analysis and entropy method are used to determine the weight of evaluation indexes at all levels, and the safety awareness of different workers in mountain expressway construction enterprises is evaluated by grey correlation analysis and fuzzy comprehensive evaluation method. The results show that workers working on the ground have a strong safety awareness ( $b = 0.72$ ), while workers working at the height have a low safety awareness ( $b = 0.33$ ). Among workers in different age groups, 41~50 years old workers have a higher level of safety awareness ( $b = 0.82$ ), 18~20 years old workers ( $b = 0.53$ ) and 51 years old and above workers have a lower level of safety awareness ( $b = 0.47$ ). Among the workers with different working years, the workers with 3~5 years ( $b = 0.77$ ) and 5~10 years ( $b = 0.75$ ) have the highest level of safety awareness, while the workers with the first year ( $b = 0.38$ ) and 1~3 years ( $b = 0.34$ ) have a lower level of safety awareness. The research results can be used to evaluate the level of safety awareness of different construction groups, and can provide decision reference and theoretical basis for the subsequent implementation of safety management training for enterprises.

## Keywords

Safety Management Engineering, Safety Awareness, Entropy Value Method, Principal Component Analysis, Fuzzy Comprehensive Evaluation

Copyright © 2023 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

山区高速公路建设环境复杂, 涉及施工工艺种类较多, 具有较高的施工技术要求, 各类风险因素相互作用极易导致生产安全事故的发生。以云南省为例, 在 2013~2017 年高速公路建设中(黄希頔, 张艳 2018), 隧道工程事故占比 60%, 事故致死率达 39.1%; 桥梁工程事故占比 13.3%, 事故致死率达 30.4% (苏爱科, 2020)。在造成建筑施工事故的所有致因中, 施工工人的不安全行为是最为主要的原因(Han & Lee, 2013), 且有研究表明, 施工过程中不安全行为的根本原因是工人没有形成良好的安全意识(冀成楼, 2009)。因此, 有效识别安全意识的主要影响因素, 分析评价山区高速公路施工工人的安全意识水平, 在此基础上采取针对性干预措施, 对于企业整体安全的提升具有重要实践意义。根据以往文献研究, 本文将安全意识定义为施工工人在作业过程中对现场各种风险情况具有一定判断和分析的基础上, 以保证自身安全为目的而采取的自觉性行为与想法(冯忠祥等, 2020)。

现阶段, 安全意识的研究主要分为三个部分。第一部分为安全意识的组成要素研究, 如 Ma & Kaber (2005)等将安全常识、安全理性意识和对发生伤害的预测力作为安全意识的组成因素, 刘克会(2006)从安全知识、安全态度和安全行为三个方面来研究地铁使用者的安全意识, 戎靖(2008)将安全态度、安全知识、安全行为和安全管理作为安全意识的四个构成要素。第二部分为安全意识的影响因素研究, 如年龄、教

育水平、工作经验、安全态度和安全能力等因素会在一定程度上作用于施工工人的安全意识(Conrad et al., 1996; Forcier, 2001; Olstedal et al., 2006; Chang & Liao, 2009; 张典, 李猛, 2010; 代晓辉, 2012; 殷文韬, 2014; 杨辰飞等, 2015; 郝鹏, 2016; 姜沁瑶, 李洁, 2016; 姜同贺等, 2017; Trask, 1998; 李远广, 2015; 钱宾佳, 2017)。第三部分为安全意识的评价分析研究, 如 Zhao 利用多个指标来对驾驶人的安全意识进行描述, 并研究其之间的相关性, 刘克会利用模糊评价法对工人的安全意识进行了量化分析。

现有的安全意识研究大多是针对被试的整体评价, 并未考虑到不同类别工人群体的差异性, 对其安全意识的改善缺乏一定的理论依据。根据上述问题, 研究在有效度量施工工人安全意识水平的基础上, 分析了不同工人群体间安全意识的差异性, 并针对评价得分较低的施工群体, 提出了相关的分析。研究结果可应用于不同施工群体的针对性管理、教育及培训。

## 2. 方法

### 2.1. 数据收集

#### 2.1.1. 问卷设置

施工工人安全意识问卷主要包括两部分, 第一部分为基本信息部分, 该部分主要包括性别、年龄、文化水平、工龄、事故经历、作业区域等一些基本人口统计学特征。

第二部分为施工工人安全意识测量部分, 该部分主要包含四个部分: 施工安全行为, 即工人在工作中采取的符合安全规章制度的一切操作行为; 施工安全态度, 即工人对于自身工作行为和施工安全问题的相关看法及心理倾向; 施工安全认知, 即工人对施工环境中存在的各种客观潜在风险的有效辨识能力; 施工安全知识, 即工人对作业环境中各种安全标识及设备的熟悉程度。施工工人安全意识量表共包含 29 个题项, 各题项均采用 Likert5 级计分形式, 从“1”完全不同意到“5”完全同意。

#### 2.1.2. 参与者

本文在文献研究及现场调研的基础上, 自主编制了山区高速公路施工工人安全意识量表, 并于施工现场随机选取相关作业人员进行填写。调查共发放问卷 700 份, 剔除部分无效问卷, 共回收有效问卷 656 份, 样本主要特征信息见表 1。

**Table 1.** Main feature information of samples ( $n = 656$ )

**表 1.** 样本主要特征信息( $n = 656$ )

变量	分类	样本数/re	占比
性别	男	612	93.29%
	女	44	6.71%
年龄	18~20 岁	15	2.29%
	21~30 岁	106	16.16%
	31~40 岁	173	26.37%
	41~50 岁	232	35.37%
	51 岁或以上	130	19.82%
文化水平	小学或以下	221	33.69%
	初中	335	51.07%
	高中或中专	93	14.18%
	大专	7	1.07%
	本科或以上	0	0.00%

Continued

工龄	第1年	86	13.11%
	1~3年	119	18.14%
	3~5年	115	17.53%
	5~10年	146	22.26%
	10~20年	124	18.90%
	20年或以上	66	10.06%
事故经历	有	63	9.60%
	没有	457	69.66%
	看见过	136	20.73%
作业区域	高空作业	275	41.92%
	地面作业	254	38.72%
	隧道作业	127	19.36%

### 2.1.3. 问卷信度、效度分析

为检验量表可靠性,采用克朗巴哈系数(Cronbach's  $\alpha$ )对问卷数据进行信度分析。经验证,量表克朗巴哈系数为 0.674,大于 0.6 水平,说明问卷数据具有较好的可信度。

研究采用 KMO 和 Bartlett 球形检验来分析量表效度,结果显示量表 KMO 统计量为 0.764, Bartlett 球形检验结果为显著( $p < 0.01$ ),说明量表整体效度良好,可以进行后续的因子分析。

利用主成分分析和正交旋转方法,以因子载荷大于 0.4,特征值大于 1 为原则,经筛选处理后,剩余 15 个题项,得到 4 个特征根大于 1 的因子,累计方差解释率达到 51.549%。根据提取出来的因子以及所含题项,将 4 个因子分别命名为施工安全交流、施工安全认知、施工安全态度和施工安全行为。

## 2.2. 指标体系构建

根据上述分析结果,研究将施工安全交流、施工安全认知、施工安全态度和施工安全行为作为一级指标,构建施工工人安全意识水平评价指标体系,见表 2。

**Table 2.** Evaluation index system of construction safety consciousness  
**表 2.** 施工安全意识评价指标体系

一级评价指标	条目编号	二级评价指标
施工安全交流	1	我遇到不会的地方会主动去找工友帮忙
	5	我操作不规范时,会听取工友的建议
	13	看见别人操作不对时,我会主动过去告诉他
	18	工友之间会经常分享一些工作上的经验和技巧
施工安全认知	7	我会认真学习安全教育的内容
	8	我知道大部分安全标志想要表达的意思
	19	轮休时,我也愿意参加安全生产的相关活动
施工安全态度	3	及时管理人不监督,我也会安全工作
	9	我很熟悉工作时哪些事情能做,哪些事情不能做
	25	我身体不舒服时就会选择休息
	26	如果我发现了安全隐患,我会找班组长反映情况

Continued

施工安全行为	2	工作中, 我会主动使用安全防护设施, 比如佩戴安全帽等
	6	工作结束后, 我会将用完的设备放到安全的位置
	14	我在施工过程中, 会时刻去关注一些安全隐患
	28	为了赶时间, 我会做一些不符合规范的操作

## 2.3. 评价方法

### 2.3.1. 理论概述

研究结合主成分分析与熵值法来对评价指标进行赋权。主成分分析法可以在保留绝大部分信息的情况下, 通过提取主成分因素来代替原有变量; 熵值法可以根据变量提供的信息量大小来确定其客观权重。利用主成分分析法计算二级评价指标的因子得分, 可以在保留原有信息的基础上, 简化测量的指标体系; 基于因子得分运用熵值法避免了主观赋权的片面性。

研究通过模糊综合评价与灰色关联分析来量化对不同群体的安全意识。模糊综合评价基于模糊数学的模糊积分理论, 可以将不完全信息转化为不确定概念, 是一种针对多属性对象的评价方法。灰色关系分析是一种基于样本数据的多因素统计方法, 由灰色关联度来表示的各因素间关系大小, 该方法可以减少由于数据不一致而造成的信息损失(Liu et al., 2017)。在施工工人安全意识评价中, 各项指标均具有一定的模糊性, 且不同指标间也具有一定的灰色性, 因此研究采用灰色关联分析与模糊综合评价相结合的方式对工人安全意识进行分析研究。

### 2.3.2. 基于主成分分析的因子得分

应用软件 SPSS26 对 656 份样本进行主成分分析, 特征值大于 1 的主成分为 4, 分别将其命名为施工安全交流( $F_1$ )、施工安全认知( $F_2$ )、施工安全态度( $F_3$ )和施工安全行为( $F_4$ ), 其对应的特征根  $\lambda_1$ 、 $\lambda_2$ 、 $\lambda_3$ 、 $\lambda_4$  的值分别为 3.257、1.765、1.623、1.088, 各指标对应主成分的初始载荷见表 3。

**Table 3.** Initial loads of principal components corresponding to each index

**表 3.** 各指标对应主成分的初始载荷

条目 编号	成分			
	$F_1$	$F_2$	$F_3$	$F_4$
H1	0.543	-0.146	0.351	0.327
H2	0.238	0.569	-0.088	0.057
H3	0.547	-0.126	0.089	-0.118
H5	0.523	-0.199	0.128	0.412
H6	0.076	0.645	0.439	0.000
H7	0.489	0.081	-0.588	-0.259
H8	0.388	0.113	0.686	0.042
H9	0.531	-0.102	0.164	0.571
H13	0.478	-0.088	0.223	0.252
H14	0.316	0.579	0.028	0.088
H18	0.612	-0.120	0.055	0.257
H19	0.493	0.083	0.522	0.251
H25	0.542	-0.223	0.134	0.369
H26	0.630	-0.077	0.261	-0.225
H28	0.141	0.706	0.142	-0.110

令 4 个主成分分别对应的特征向量为  $Z = (Z_1, Z_2, Z_3)$ ,  $Z_i = (z_{i1}, z_{i2}, \dots, z_{ij})$ , 则主成分综合得分为

$$F_i = z_{i1}x_1 + z_{i2}x_2 + \dots + z_{ij}x_j \quad (1)$$

$$z_{ij} = \frac{\theta_{ij}}{\sqrt{\lambda_i}} \quad (2)$$

式中:  $z_{ij}$  表示主成分中各个变量的权重,  $\theta_{ij}$  为主成分矩阵中每个变量对应的系数。

由上述两个公式计算出各因子的综合得分如下。

$$F_1 = 0.301x_1 + 0.132x_2 + 0.303x_3 + 0.290x_5 + 0.042x_6 + 0.271x_7 + 0.215x_8 + 0.294x_9 + 0.265x_{13} + 0.175x_{14} + 0.339 + 0.273x_{19} + 0.300x_{25} + 0.349x_{26} + 0.078x_{28} \quad (3)$$

$$F_2 = -0.083x_1 + 0.428x_2 - 0.095x_3 - 0.15x_5 + 0.486x_6 + 0.061x_7 + 0.085x_8 - 0.077x_9 - 0.066x_{13} + 0.436x_{14} - 0.090x_{18} + 0.062x_{19} - 0.168x_{25} - 0.058x_{26} + 0.531x_{28} \quad (4)$$

$$F_3 = 0.216x_1 - 0.069x_2 + 0.069x_3 + 0.1x_5 + 0.344x_6 - 0.461x_7 + 0.538x_8 + 0.128x_9 + 0.175x_{13} + 0.022x_{14} + 0.043x_{18} + 0.410x_{19} + 0.105x_{25} + 0.205x_{26} + 0.111x_{28} \quad (5)$$

$$F_4 = 0.300x_1 + 0.054x_2 - 0.113x_3 + 0.395x_5 + 0.000x_6 - 0.248x_7 + 0.041x_8 + 0.547x_9 + 0.242x_{13} + 0.084x_{14} + 0.246x_{18} + 0.240x_{19} + 0.354x_{25} - 0.215x_{26} - 0.105x_{28} \quad (6)$$

### 2.3.3. 基于熵值法的因子权重赋值

$$\text{令主成分得分矩阵为 } Z = \begin{bmatrix} x_{11} & \cdots & x_{1m} \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ x_{p1} & \cdots & x_{pm} \end{bmatrix}$$

式中:  $m$  (因子数) = 4,  $p$  (样本数) = 656;  $P_{ij} = \frac{x_{ij}}{\sum_{i=1}^p x_{ij}}$  表示  $j$  个因子下, 第  $i$  个指标的贡献度。

令第  $j$  个因子的熵值为  $E_j$ , 则

$$E_j = -k \sum_{i=1}^p P_{ij} \ln(P_{ij}) \quad (7)$$

式中: 常数  $k = \frac{1}{\ln p} = \frac{1}{\ln 656} = 0.15$ 。

计算可得:  $E_1 = 0.9721$ ,  $E_2 = 0.9625$ ,  $E_3 = 0.9712$ ,  $E_4 = 0.9714$

定义  $f_i$  为第  $j$  个因子下指标的贡献度一致性程度, 且

$$f_i = 1 - E_j \quad (8)$$

则因子权重系数  $w_j$  为

$$w_j = \frac{f_i}{\sum_{j=1}^m f_i} \quad (9)$$

计算可得施工安全交流( $F_1$ )、施工安全认知( $F_2$ )、施工安全态度( $F_3$ )和施工安全行为( $F_4$ )的权重值分别为:  $w_1 = 0.2272$ ,  $w_2 = 0.3054$ ,  $w_3 = 0.2313$ ,  $w_4 = 0.2329$ 。

### 2.3.4. 基于灰色关联分析的灰色关联度计算

以不同工作区域的施工工人安全意识评价为例, 将评价对象按工作区域分为高空作业、地面作业和隧道作业 3 个群体。以不同工作区域将工人群体分为三个集合, 分别为  $s_1$ ,  $s_2$ ,  $s_3$ , 将一级评价指标分为

四个集合，分别为  $y_1, y_2, y_3, y_4$ ，其中  $s_i (i=1,2,3)$  为第  $i$  个工作区域群体， $y_i (i=1,2,3,4)$  表示为第  $i$  个一级评价指标的指标值。利用主成分分析法求得各工作区域的施工工人安全意识指标值，其结果见表 4。

**Table 4.** Safety awareness index values of construction workers in different workplaces  
**表 4.** 不同工作场所的施工工人安全意识指标值

工作场所	施工安全交流	施工安全认知	施工安全态度	施工安全行为
高空作业	15.15	5.05	7.82	7.55
地面作业	15.19	5.19	7.95	7.57
隧道作业	15.38	5.07	7.90	7.62

1) 最优指标集  $y^*$  的确定

$$y^* = (y_1^*, y_2^*, y_3^*, y_4^*) = (15.38, 5.19, 7.95, 7.62) \tag{10}$$

式中： $y^* (i=1,2,3,4)$  表示某个工作场所中，第  $i$  个一级评价指标的最优值，其中指标值越大表示施工工人安全意识水平越高，所以最优值取最大值。由此可以构造初始矩阵。

$$E = \begin{bmatrix} y_1^* & y_2^* & y_3^* & y_4^* \\ y_{11} & y_{12} & y_{13} & y_{14} \\ y_{21} & y_{22} & y_{23} & y_{24} \\ y_{31} & y_{32} & y_{33} & y_{34} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 15.38 & 5.19 & 7.95 & 7.62 \\ 15.15 & 5.05 & 7.82 & 7.55 \\ 15.19 & 5.19 & 7.95 & 7.57 \\ 15.38 & 5.07 & 7.90 & 7.62 \end{bmatrix} \tag{11}$$

式中： $y_{ji}$  为第  $j$  个工作场所工人群体的第  $i$  个一级评价指标值 ( $i=1,2,3,4; j=1,2,3$ )。

2) 指标值的量纲一化

$$C_{ij} = \frac{y_{ji} - y_i^{\min}}{y_i^{\max} - y_i^{\min}} \tag{12}$$

式中： $y_i^{\max}, y_i^{\min}$  分别表示第  $i$  个一级评价指标值中的最大值和最小值 ( $i=1,2,3,4; j=1,2,3$ )。

则初始矩阵转为量纲一化矩阵如下所示

$$C = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0.17 & 1 & 1 & 0.29 \\ 1 & 0.14 & 0.62 & 1 \end{bmatrix} \tag{13}$$

3) 灰色关联度的计算

第  $j$  个工作场所工人群体的第  $i$  个一级评价指标值  $y_{ji}$  的作用下与其最优指标  $y_i^*$  之间的灰色关联度为  $\eta_j(i) (i=1,2,3,4; j=1,2,3)$

$$\eta_j(i) = \frac{\min_j \min_i |C_i^* - C_{ji}| + \rho \max_j \max_i |C_i^* - C_{ji}|}{|C_i^* - C_{ji}| + \rho \max_j \max_i |C_i^* - C_{ji}|} \tag{14}$$

式中： $\rho \in [0,1]$ ，通常  $\rho$  取 0.5； $C_i^*$  表示第  $i$  个一级评价指标在不同工作场所工作群体中最优值的量纲一值； $C_{ji}$  表示第  $j$  个工作场所群体中第  $i$  个一级评价指标值的量纲一值。

**2.3.5. 基于模糊综合评价的公共交通安全意识评价模型**

在一级评价指标  $y_i$  上建立模糊决策函数如下

$$f_i : y_i \rightarrow [0,1], i=1,2,3,4 \tag{15}$$

对不同工作区域的工人安全意识评价群体集合  $S = \{s_1, s_2, s_3\}$ ，有  $f_i(s_j) \triangleq f_i(y_{ij}) \in [0,1]$ ，函数值  $f_i(s_j)$  表示对于一级评价指标  $y_i$  来说，不同工作场所群体  $s_j$  为优越的程度。

令  $\eta_j(i) \triangleq f_i(y_{ij}) \triangleq f_i(s_j)$ ，其中  $i=1,2,3,4$ ； $j=1,2,3$ 。此时，灰色关联度  $\eta_j(i)$  即转化为隶属度  $f_i(s_j)$ 。

某一个工作场所工人群体的隶属度越大，表示该工作场所群体的一级评价指标表现的会更加优秀。因此，可以得出不同工作群体的施工工人安全意识模糊关系矩阵如下所示。

$$R = \begin{bmatrix} \eta_1(1) & \cdots & \eta_n(1) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ \eta_1(m) & \cdots & \eta_n(m) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0.33 & 0.38 & 1 \\ 0.33 & 1 & 0.37 \\ 0.33 & 1 & 0.57 \\ 0.33 & 0.41 & 1 \end{bmatrix} \tag{16}$$

考虑到因子集  $Y$  中各指标的重要性程度不同，用权重  $w$  的大小来表示。 $w = (w_1, w_2, w_3, w_4)$ ，其中  $w_i \in [0,1]$ ，且  $\sum_{i=1}^4 w_i = 1$ 。

则不同工作区域的施工工人安全意识的评价模型为  $B = wR = (b_1, b_2, b_3, b_4) = (0.23, 0.31, 0.23, 0.23)$ 。

式中： $b_j$  为不同工作区域的施工工人安全意识在所有一级评价指标  $y_i (i=1,2,3,4)$  条件下优越的程度， $b_j \in [0,1]$ ， $j=1,2,3$ 。 $b_j$  值越大，表示施工工人安全意识水平越高。

### 3. 评价结果

#### 3.1. 不同工作场所的施工工人安全意识评价

采用上述内容所涉及的评价方法，对不同工作场所的施工工人安全意识进行评价，结果见表 5。综合 4 个指标评价结果可知，地面作业工人群体的安全意识综合评价值较高，高空作业工人群体的安全意识综合评价值较低。隧道作业工人群体在施工安全交流和施工安全行为指标上的表现较好，地面作业工人群体在施工安全认知和施工安全态度指标上的表现较好，高空作业工人群体的安全意识较为薄弱。

**Table 5.** Evaluation results of construction workers' safety awareness in different workplaces

**表 5.** 不同工作场所的施工工人安全意识评价结果

工作场所		高空作业	地面作业	隧道作业
隶属度	施工安全交流	0.33	0.38	1
	施工安全认知	0.33	1	0.37
	施工安全态度	0.33	1	0.57
	施工安全行为	0.33	0.41	1
综合评价值		0.33	0.72	0.70

#### 3.2. 不同年龄段的施工工人安全意识评价

对不同年龄段的施工工人安全意识进行评价，结果见表 6。综合四个评价指标结果可知：41~50 岁的工人群体安全意识水平最高，其中施工安全交流、施工安全态度以及施工安全行为等指标在所有年龄段中均表现较好；51 岁及以上工人群体的安全意识水平较低，尤其在安全认知方面，明显低于其他几个年龄段的工人；18~20 岁的工人群体在安全认知上表现较好，但在其他三个指标上，明显低于其余四个年龄段的工人。



**Table 6.** Evaluation results of safety awareness of construction workers of different ages  
**表 6.** 不同年龄段的施工工人安全意识评价结果

年龄		18~20 岁	21~30 岁	31~40 岁	41~50 岁	51 岁及以上
隶属度	施工安全交流	0.33	0.94	0.76	1	0.52
	施工安全认知	1	0.43	0.45	0.41	0.33
	施工安全态度	0.33	0.91	0.82	1	0.36
	施工安全行为	0.33	0.86	0.76	1	0.74
综合评价		0.53	0.76	0.68	0.82	0.47

### 3.3. 不同工龄的施工工人安全意识评价

对不同工龄段的施工工人安全意识进行评价,结果见表 7。综合四个评价指标结果可知:工龄在 3~5 年的工人群众安全意识较强;工龄在 1~3 年的工人群众安全意识较弱,在四个评价指标上的表现都明显低于工龄在 3~5 年的工人群众;工龄在 5~10 年的工人群众在施工安全认知方面的表现相较于其余工龄段群体的较低。

**Table 7.** Evaluation results of safety awareness of construction workers with different working years  
**表 7.** 不同工龄的施工工人安全意识评价结果

工龄		第 1 年	1~3 年	3~5 年	5~10 年	10~20 年	20 年以上
隶属度	施工安全交流	0.36	0.33	0.59	1	0.44	0.66
	施工安全认知	0.45	0.36	1	0.33	0.37	0.39
	施工安全态度	0.35	0.33	1	0.82	0.36	0.94
	施工安全行为	0.33	0.34	0.42	1	0.47	0.52
综合评价		0.38	0.34	0.77	0.75	0.41	0.61

## 4. 讨论

本文通过施工安全交流、施工安全认知、施工安全态度和施工安全行为 4 个测量维度,构建了山区高速公路施工工人安全意识量表,随后采用主成分分析法和熵值法来确定四个指标的指标权重,再通过灰色关系分析和模糊综合评价法计算出不同种类的施工工人的施工安全意识。

研究表明,年龄在 51 岁及以上的工人群众安全意识水平较低,这可能与高龄工人群众的受教育程度较低有关。高龄工人教育的水平普遍为小学及以下,在接受安全培训时,学习难度较大,从而可能导致安全意识薄弱,因此更容易在作业过程中出现不安全行为,从而增加安全生产事故的发生概率。

施工工人的工龄对安全意识有显著影响,1~5 年工龄段工人群众的安全意识会随工龄增长而逐渐提高,而 5~20 年工龄段群体的安全意识则随工龄增长出现降低现象。Breslin 等人 2019 年的研究中进一步解释了不同工龄的工人之间安全意识的差异,由于工龄偏小的工人群众不熟悉工作环境,在面对潜在威胁和涉及到人身安全的问题上会更倾向于保持谨慎。随工作年限增加,工人逐渐熟悉施工工艺及操作,重复的作业流程会致使工人降低对安全的重视程度,从而导致了该群体的安全意识水平偏于薄弱。

由表 5 可知,相较于高空作业的工人群众,地面作业和隧道作业的工人群众安全意识水平要较高一些。这可能是因为地面和隧道作业的施工环境较为复杂,潜在隐患较多,在施工过程中需更加注意周围环境中的风险变化,因此表现出了较强的安全意识。另外,隧道作业的工人群众在安全交流上的评价

明显高于其他两个工作场所的工人群体,这可能是由于隧道作业工人在轮班制中交替施工时,不同工序的工人之间会相互传递安全信息,以此避免安全事故的发生。

论文通过评估不同工人类别的安全意识,分析比较了各个施工群体的安全意识水平,研究成果可为施工企业的安全管理提供相应参考意见。施工单位可根据不同工龄工人安全意识的分布特征,探究其安全意识的薄弱点,以便于企业在后续的安全管理中采用针对性的干预策略方案。另一方面,企业可根据不同人群的安全意识特点,单独设计安全培训内容及方案,如对于年龄较小的施工工人可侧重培训其在作业过程中的安全交流等行为,中间年龄段的施工工人可考虑对其安全认知等方面进行教育指导,年龄较大的工人群体则应考虑进一步改善其施工过程中的安全态度。

## 5. 结语

1) 通过文献研究,自主编制了山区高速公路施工工人安全意识调查问卷,经相关检验后,结果显示问卷信效度良好,可以作为施工工人安全意识水平的度量工具。

2) 基于灰色关联分析与模糊综合评价方法,分析了不同年龄、工龄、作业区域等群体的安全意识水平,评价结果可为不同施工群体的安全干预方案制定提供理论依据。

3) 研究方法能有效实现不同工人群体安全意识水平的评价及对比,但仍存在一些不足。第一,由于条件有限,研究并未将评价结果与事故数据相结合分析;第二,研究方法仅适用于评价不同群体的安全意识水平,针对调研样本个人的安全意识评估还存在不足。

## 基金项目

云南省交通运输厅科技创新及示范项目(编号:HZ2021X0302A)。

## 参考文献

- 代晓辉(2012). *煤矿从业人员的安全意识研究*. 硕士学位论文, 阜新: 辽宁工程技术大学.
- 冯忠祥, 季诺亚, 罗毅, 等(2020). 基于问卷调查的公众交通安全意识评价方法. *中国公路学报*, 33(6), 212-223.
- 郝鹏(2016). 解析安全意识在建筑施工管理中的应用. *民营科技*, (3), 117.
- 黄希頓, 张艳(2018). 云南省高速公路建设施工安全事故特点及预防对策解析. *公路交通科技(应用技术版)*, 14(3), 312-313.
- 冀成楼(2009). 培养安全意识,改变不安全行为. *中国安全生产科学技术*, (S1), 84-87.
- 姜沁瑶, 李洁(2016). 基于ISM的建筑工人安全意识影响因素. *土木工程与管理学报*, 33(3), 106-10+17.
- 姜同贺, 陈雪波, 孙秋柏(2017). 交互关系对员工安全意识影响的研究. *武汉理工大学学报(信息与管理工程版)*, 39(1), 528-532.
- 李远广(2015). 浅谈建筑企业施工管理人员安全意识影响因素研究. *建设科技*, (13), 95-96.
- 刘克会, 丁辉(2006). 基于模糊理论的安全意识评价方法研究. *露天采矿技术*, (5), 42-44.
- 钱宾佳(2017). *安全投入与意识的关系研究*. 硕士学位论文, 上海: 华东理工大学.
- 戎靖(2008). *交通安全意识与安全行为之间的关系研究*. 硕士学位论文, 北京: 北京交通大学.
- 苏爱科(2020). *河百高速公路建设风险管理后评价*. 硕士学位论文, 西安: 长安大学.
- 杨辰飞, 陈雪波, 孙秋柏(2015). 企业员工安全意识影响因素的探索和分析. *中国安全科学学报*, 25(1), 34-39.
- 殷文韬(2014). *煤矿瓦斯爆炸事故的不安全动作原因研究*. 硕士学位论文, 北京: 中国矿业大学(北京).
- 张典, 李猛(2010). 试析民航飞行员职业安全意识的影响因素. *赤峰学院学报(自然科学版)*, 26(1), 156-158.
- Chang, Y. H., & Liao, M. Y. (2009). The Effect of Aviation Safety Education on Passenger Cabin Safety Awareness. *Safety Science*, 47, 1337-1345. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2009.02.001>
- Conrad, P., Bradshaw, Y. S., Lamsudin, R. et al. (1996). Helmets, Injuries and Cultural Definitions: Motorcycle Injury in Urban Indonesia. *Accident: Analysis and Prevention*, 28, 193-200. [https://doi.org/10.1016/0001-4575\(95\)00056-9](https://doi.org/10.1016/0001-4575(95)00056-9)

- 
- Forcier, B. (2001). Creating a Safer Working Environment Through Psychological Assessment. *Journal of Prevention & Intervention Community*, 22, 53-65. [https://doi.org/10.1300/J005v22n01\\_06](https://doi.org/10.1300/J005v22n01_06)
- Han, S., & Lee, S. (2013). A Vision-Based Motion Capture and Recognition Framework for Behavior-Based Safety Management. *Automation in Construction*, 35, 131-141. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2013.05.001>
- Liu, Y. L., Huang, X. L., Duan, J. et al. (2017). The Assessment of Traffic Accident Risk Based on Grey Relational Analysis and Fuzzy Comprehensive Evaluation Method. *Natural Hazards*, 88, 1409-1422. <https://doi.org/10.1007/s11069-017-2923-2>
- Ma, R., & Kaber, D. (2005). Situation Awareness and Workload in Driving While Using Adaptive Cruise Control and a Cell Phone. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 35, 939-953. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2005.04.002>
- Oltedal, S., & Rundmo, T. (2006). The Effects of Personality and Gender on Risky Driving Behaviour and Accident Involvement. *Safety Science*, 44, 621-628. <https://doi.org/10.1016/j.ssci.2005.12.003>
- Trask, S. J. (1998). Measuring Perceptions of Workplace Safety: Development and Validation of the Work Safety Scale. *Journal of Safety Research*, 29, 145-161. [https://doi.org/10.1016/S0022-4375\(98\)00011-5](https://doi.org/10.1016/S0022-4375(98)00011-5)