

中文引用格式:江新,李锋彪,彭佳雨,等. 风险感知对地下洞室群施工人员安全认知的作用机制[J]. 中国安全科学学报, 2025, 35(3):1-9.

英文引用格式:JIANG Xin, LI Fengbiao, PENG Jiayu, et al. Mechanism of risk perception on safety cognition of construction workers in underground caverns[J]. China Safety Science Journal, 2025, 35(3):1-9.

风险感知对地下洞室群施工人员 安全认知的作用机制*

江新^{1,2}教授, 李锋彪^{**2}, 彭佳雨², 简丽², 晋良海^{1,2}教授

(1 三峡大学 水电工程施工与管理湖北省重点实验室, 湖北 宜昌 443002;

2 三峡大学 水利与环境学院, 湖北 宜昌 443002)

中图分类号: X948

文献标志码: A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2025.03.1121

基金项目: 国家自然科学基金资助(52179136)。

【摘要】 为提高地下洞室群施工人员的安全认知水平, 引入安全需求和安全能力作为中介变量, 职业倦怠作为调节变量, 构建一个有调节的链式中介模型。采用风险感知、安全需求、安全能力、职业倦怠以及安全认知5种量表设计结构化问卷, 以312名地下洞室群施工人员为研究对象进行问卷调查和数据分析, 并运用SPSS 26.0和AMOS 26.0软件进行中介效应和调节效应的检验。结果表明: 风险感知直接正向影响地下洞室群施工人员的安全认知, 职业倦怠在两者之间起负向调节作用; 风险感知还会通过安全需求和安全能力的独立中介效应, 以及安全需求和安全能力的链式中介效应影响施工人员的安全认知。因此, 激励并提高施工人员的风险感知、安全需求和安全能力, 同时降低其职业倦怠, 可有效提升其安全认知水平。

【关键词】 风险感知; 地下洞室群; 施工人员; 安全认知; 安全需求; 安全能力; 职业倦怠

Mechanism of risk perception on safety cognition of construction workers in underground caverns

JIANG Xin^{1,2}, LI Fengbiao², PENG Jiayu², JIAN Li², JIN Lianghai^{1,2}

(1 Hubei Key Laboratory of Construction and Management in Hydropower Engineering,

China Three Gorges University, Yichang Hubei 443002, China; 2 College of

Hydraulic & Environmental Engineering, China Three Gorges University,

Yichang Hubei 443002, China)

Abstract: In order to improve the safety cognition level of underground caverns construction workers, safety requirement and safety capability were introduced as mediating variables, and occupational burnout was used as a moderating variable to construct a moderated chain mediation model. A structured questionnaire was designed using 5 scales: risk perception, safety requirement, safety capability,

* 文章编号: 1003-3033(2025)03-0001-09; 收稿日期: 2024-10-12; 修稿日期: 2024-12-21

** 通信作者: 李锋彪(1997—), 男, 江西抚州人, 硕士研究生, 主要研究方向为工程项目群管理、系统决策理论及安全评价。E-mail: microlfb@qq.com。

occupational burnout and safety cognition. A questionnaire survey and data analysis were conducted on 312 underground caverns construction workers, and SPSS 26.0 and AMOS 26.0 software were used to test the mediating effect and moderating effect. The results show that risk perception directly and positively affects the safety cognition of underground cavern construction workers, while occupational burnout plays a negative moderating role between the two. Risk perception also affects the safety cognition of construction workers through the independent mediating effect of safety requirement and safety capability, as well as through the chain mediating effect of safety requirement and safety capability. Therefore, motivating and improving the risk perception, safety requirement and safety capability of construction workers, while reducing their occupational burnout, can effectively improve their safety cognition level.

Keywords: risk perception; underground caverns; construction workers; safety cognition; safety requirement; safety capability; occupational burnout

0 引言

我国云、贵、川、藏等西南地区水资源丰富,典型的高山峡谷地形为水电工程的建设提供了得天独厚的条件。地下洞室群是水电工程的关键组成部分,但其施工环境恶劣、施工工序繁琐且风险众多,并且地下洞室群处于相对封闭的空间,施工人员容易产生空间压迫感,这可能导致施工人员对风险和安全的认知出现偏差,从而引发不安全行为,甚至导致施工安全事故的发生^[1]。因此,研究风险感知对安全认知的影响,提高施工人员的安全认知水平,进而降低安全事故率,对确保水电工程的安全和高效建设具有重要意义。

目前,国内外学者对认知过程开展了大量相关研究,现代经典认知模型普遍将认知过程划分为获得信息、理解信息、选择响应、采取行动4个阶段^[2]。张孟春等^[3]在经典认知模型基础上提出发现信息、理解信息、思考应对、选择应对和实施应对的认知过程模型;叶贵等^[4]发现建筑工人对风险感知经验的过度依赖容易导致其产生不安全行为;DENG Shuwen等^[5]使用多组分析研究常见个体因素下不安全行为的群体认知特征;江新等^[6]从复杂系统视角出发,采用系统动力学仿真研究发现,安全认知随时间变化趋势与现实中的遗忘曲线相似;LIU Yang等^[2]建立建筑工人安全认知的前因模型为安全认知偏差提供一个理论视角;马斯洛需求理论^[7]中安全需求包括对生命安全的保障和心理安全的维护,对潜在风险的感知(如坍塌、爆炸、透水等)会影响其工作表现;牛衍亮等^[8]发现,高海拔铁路隧道施工中安全风险管理能力对减少事故和提升安全表现具有关键作用,安全风险管理能力的强弱直接影响个体对风险的感知、反应和处理能力;仇国芳

等^[9]分析安全认知内外情境因素,建立安全认知偏差改善模型,提升建筑工人安全认知。安全认知失效是个体能力无法满足安全需求的结果,只是能力低或需求高并不会导致认知失效。可见:现有研究主要从不安全行为的角度采用计划行为理论、保护动机理论等探讨安全认知过程,忽视风险感知与安全认知之间的相互作用机制,并未考虑安全需求和安全能力2个重要因素,未能全面解释个体在安全认知过程中的复杂性。

鉴于此,笔者拟从风险感知视角出发,以地下洞室群施工人员为研究对象,引入安全需求和安全能力作为中介变量,职业倦怠作为调节变量,采用结构方程模型(Structural Equation Modeling, SEM)验证和数据分析,探讨各变量之间的相互作用,揭示从风险感知到安全认知的作用机制,以提高地下洞室群施工人员的安全认知水平。

1 风险感知研究理论基础与假设

1.1 风险感知与安全认知

风险感知是指个体在地下洞室群施工环境中识别、评估和理解潜在危险或威胁的心理过程和能力^[10]。它涉及对危险的直观感受、认知判断以及对可能后果的预测与反应。风险感知不仅受客观环境危险因素的影响,还受到个体的经验、知识、心理状态等多方面的影响^[11]。安全认知是指个体对地下洞室群施工环境中潜在安全风险从识别到做出决策的过程,包括对安全规程、风险控制措施和应急处理方法的认识,在工作中采取预防措施和遵守安全规定的意识水平^[12]。在由“人-物-环-管”所组成的动态变化的地下洞室群复杂系统中,当施工人员对风险有更清晰的理解和更强的感受时,施工人员更倾向于重视安全规程和防护措施,并积极采取预防

性行为以降低事故发生的可能性。较高的风险感知能力有助于施工人员更准确地识别和评估工作环境中的潜在危险,从而增强其安全认知水平。据此,提出假设:

H₁: 风险感知正向影响施工人员安全认知。

1.2 安全需求的中介作用

安全需求是指个体在地下洞室群施工环境中对安全和保护的基本要求,涉及保障生命安全、确保工作环境无危险因素、提供必要的安全培训和设备,以及制定和实施有效的安全管理制度^[7]等。满足安全需求不仅是实现个人和集体福祉的基础,也是提高工作效率和组织稳定性的关键。较高的风险感知能力使个体和组织能够更准确地识别和评估潜在的安全威胁,从而强化对安全需求的意识和重视程度。因此,增强风险感知能力不仅有助于预防安全事故的发生,还能够更全面和有效地满足安全需求,提升整体安全保障水平。满足安全需求同样可以提升施工人员对施工环境中安全风险的认识水平。据此,提出假设:

H₂: 安全需求在风险感知与施工人员安全认知之间起到中介作用。

1.3 安全能力的中介作用

安全能力是指个体在预防、识别、评估和应对地下洞室群施工环境中存在的安全风险所具备的综合素质和技能。包括对安全规程和标准的熟悉程度、应急处理和危机管理的能力、对潜在风险的感知与分析能力,以及实施有效防护措施的能力^[14]。当施工人员具备较强的安全技能和知识时,便能够更准确地理解安全规程和防护措施的必要性,并在实际工作中加以应用^[13]。因此,较高的安全能力使个体能够更有效地识别、评估和应对潜在的安全风险,从而提升其对安全风险的认知水平。据此,提出假设:

H₃: 安全能力在风险感知与施工人员安全认知之间起到中介作用。

1.4 安全需求与安全能力链式中介作用

施工人员更倾向于自己能处在安全环境中完成工作,有利于产生更多的工作积极性。当安全需求强烈时,个体会寻求适当的安全能力来应对潜在的安全威胁^[15],在这个过程中,安全需求推动个体去获取和提升安全能力,提升其在面对复杂和变化的工作环境中做出安全决策的能力,进而显著促进安全认知水平的提高。结合上文论述可知:风险感知

首先影响安全需求,继而通过安全需求影响安全能力,最终影响施工人员的安全认知。据此,提出假设:

H₄: 风险感知与施工人员安全认知的关系受到安全需求与安全能力的链式中介作用。

1.5 职业倦怠的调节作用

职业倦怠是一种个体在地下洞室群施工环境中精力殆尽的状态,具体表现为身体疲劳、情绪衰落和认知厌倦。在研究职业倦怠中,大部分学者认为,职业倦怠可概括为情绪耗竭、去人性化和个人成就感3个维度^[16]。基于此理论,当个体经历职业倦怠时,可能导致注意力不集中、判断力下降,甚至会使个体对工作安全问题的认识变得迟钝或缺乏足够的关注,而影响对施工环境中潜在风险感知能力。此外,倦怠状态下的个体可能会缺乏足够的动机和精力去执行和遵守安全规程,或可能会对安全风险的评估和处理策略产生偏差,从而导致其安全认知水平下降^[17]。据此,提出假设:

H₅: 职业倦怠负向调节风险感知与安全认知之间的关系,即个体职业倦怠水平高时,风险感知对安全认知的正向影响程度降低。

根据假设,构建假设路径,如图1所示,用于开展假设论证与验证性分析。

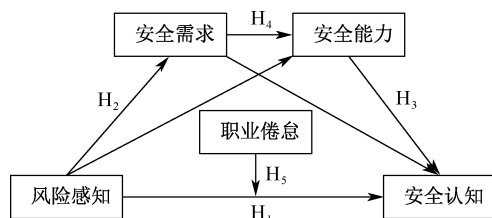


图1 假设路径

Fig. 1 Hypothetical path

2 施工人员样本统计与问卷设计

2.1 地下洞室群施工人员调查样本

样本来自云贵川藏10余个大中型水利水电工程,正处于地下洞室群洞室开挖、支护、防水排水、衬砌和设施安装等阶段的施工人员。首先,开展预调查,小范围试用问卷,收集反馈,修改不清晰或容易误解的题目;然后,开展正式调查,通过“问卷星”平台,总计发放问卷350份,建立Excel表格筛选回收问卷数据,剔除无效数据后回收331份,除去回答问题态度不端正的问卷后得到有效问卷312份,有效问卷回收率为89.1%;最后,将整理有效问卷后收

集得到的问卷数据导入 SPSS 26.0 软件,进行描述性统计分析。问卷调查样本信息统计资料见表 1。

表 1 样本信息统计资料

Table 1 Sample information statistics

特征	分类	人数	占比/%
性别	男	298	95.51
	女	14	4.49
年龄/岁	≤45	261	83.65
	>45	51	16.35
学历	高中及以下	112	35.90
	中专、技校	142	45.51
	本科及以上	58	18.59
岗位	施工班组工人	152	48.72
	施工技术人员	97	31.09
	现场安全员	39	12.50
	部门主管	24	7.69
工龄/a	[0,6)	96	30.77
	(6,10]	158	50.64
	(10,30]	58	18.59

2.2 地下洞室群施工人员问卷设计

文中包含风险感知、安全需求、安全能力、职业倦怠和安全认知 5 个变量。为满足各项变量数据信效度要求,在国内外已有的成熟量表基础上,结合地下洞室群施工特点修正研究问卷。量表均采用李克特五点计分法,对调查问题进行打分,1~5 分依次代表“完全不符合、比较不符合、不太确定、比较符合、完全符合”。

2.2.1 风险感知量表

由于地下洞室群施工环境存在诸多安全隐患,施工人员需要具备较高的风险感知能力来应对。因此,在李广利^[10]改进的量表基础上,稍作调整,制定出适用于地下洞室群施工人员的风险感知量表。包括“我时常提醒自己注意作业环境中的风险”等 8 个测量题项。该量表的 Cronbach's α 系数等于 0.921,根据验证性因子分析(Confirmatory Factor Analysis, CFA)结果显示,卡方自由度比值(χ^2/df)=2.63,比较拟合指数(Comparative Fit Index, CFI)=0.93,近似误差均方根(Root Mean Square Error Approximation, RMSEA)=0.03,规范拟合指数(Normed Fit Index, NFI)=0.92,各指数均在合理范围之内,说明量表结构效度良好。

2.2.2 安全需求量表

选用周德等^[7]编制的“安全需求量表”,安全需求是马斯洛需求理论中的第 2 个需求,修订后量表包括“我希望我们领导重视我们的安全”“我希望我们

都受过教育”等 5 个题项。该量表 Cronbach's α 系数等于 0.886,根据验证性因子分析结果显示, χ^2/df =2.26,CFI=0.95, RMSEA=0.04, NFI=0.94,各指数均在合理范围之内,说明量表结构效度良好。

2.2.3 安全能力量表

选用 HOFMANN^[14]编制的“安全能力量表”,对于个体安全能力的量表,反复推敲和优化设问题项、设问语言,最终将题项保留为 6 个,如“我注重安全技能的学习”“我会不断提升工作生活所需的安全技能”等。该量表 Cronbach's α 系数等于 0.852,根据验证性因子分析结果显示, χ^2/df =2.15,CFI=0.94, RMSEA=0.05, NFI=0.93,各指数均在合理范围之内,说明量表结构效度良好。

2.2.4 安全认知量表

选用李红霞等^[19]编制的“安全认知量表”,共包含 6 个题项,如“我对工作中可能存在的突发事件很了解”“我对工作中存在的安全隐患很了解”等。该量表 Cronbach's α 系数等于 0.837,根据验证性因子分析结果显示, χ^2/df =2.36,CFI=0.91, RMSEA=0.03, NFI=0.95,各指数均在合理范围之内,说明量表结构效度良好。

2.2.5 职业倦怠量表

选用李超平等^[18]修订的“马氏倦怠量表中文版”,是目前研究领域广泛使用的职业倦怠测量量表,共包括情绪衰竭、去人性化和个人成就感 3 个维度共计 15 个题项,如“工作让我感觉身心俱疲”“早起时想到要开始工作,我感到非常疲惫”“完成一天的工作后我感觉筋疲力竭”等。该量表 Cronbach's α 系数等于 0.877,根据验证性因子分析结果显示, χ^2/df =2.23,CFI=0.92, RMSEA=0.04, NFI=0.96,各指数均在合理范围之内,说明量表结构效度良好。

3 施工人员安全认知数据分析

3.1 共同方法偏差检验

哈曼单因素检验是一种用于检测问卷或调查数据中是否存在共同方法偏差的统计工具,通过因子分析,检查大部分方差是否可以由单一因子解释。如果单一因子解释了大部分的方差,则说明可能存在共同方法偏差;通过观察第一个因子的方差贡献率,如果其方差贡献率超过 40%,则可能存在共同方法偏差的问题。经检验,第一个因子方差贡献率为 34.5%,因此,可认为不存在严重的共同方法偏差。

3.2 相关性分析

利用 SPSS 26.0 相关性分析 4 个变量, 结果表明: 风险感知、安全需求和安全能力间均两两呈显著

正相关, 均与地下洞室群施工人员安全认知呈显著正相关, 相关性分析结果见表 2。

表 2 相关性分析结果

Table 2 Correlation analysis results

研究变量	变量均值	变量标准差	RP	SR	SCA	SCO
RP	3.48	0.689	1	—	—	—
SR	3.35	0.695	0.423**	1	—	—
SCA	3.31	0.693	0.521**	0.496**	1	—
SCO	2.78	0.706	0.486**	0.516**	0.523**	1

注: 风险感知 (Risk Perception, RP), 安全需求 (Safety Requirement, SR), 安全能力 (Safety Capability, SCA), 安全认知 (Safety Cognition, SCO); * 代表 $p < 0.05$; ** 代表 $p < 0.01$; *** 代表 $p < 0.001$, 下同。

3.3 模型选择和假设检验

运用 AMOS 26.0 进行模型选择与假设检验, 对比构建的假设模型、完全中介模型、部分中介模型 I、部分中介模型 II 及部分中介模型 III, 结果见表 3。由表 3 可知: 假设模型各个拟合适配指数最佳, $\chi^2/df = 2.015$, 拟合优度指数 (Goodness of Fit Index, GFI) = 0.963, RMSEA = 0.042, NFI = 0.936, 标准化残差均方根 (Standardized Root Mean Square Residual, SRMR) = 0.039。

理论模型, 检验前 4 个假设。SEM 模型整体拟合度指标基本符合要求, 模型运行结果如图 2 所示。由图 2 可知: 在链式中介效应模型中, 风险感知对安全认知有显著正向影响 (标准化路径系数 $\beta = 0.66$, 显著性概率值 $p < 0.001$), 支持假设 H_1 。风险感知对安全需求有显著正向影响 ($\beta = 0.40, p < 0.001$), 安全需求对安全能力有显著正向影响 ($\beta = 0.39, p < 0.001$), 而安全能力对安全认知有显著正向影响 ($\beta = 0.33, p < 0.001$), 即风险感知通过影响安全需求提高工人安全能力, 从而提高安全认知, 支持假设 H_2, H_3 。

研究路径检验利用 AMOS 26.0 软件 SEM 分析

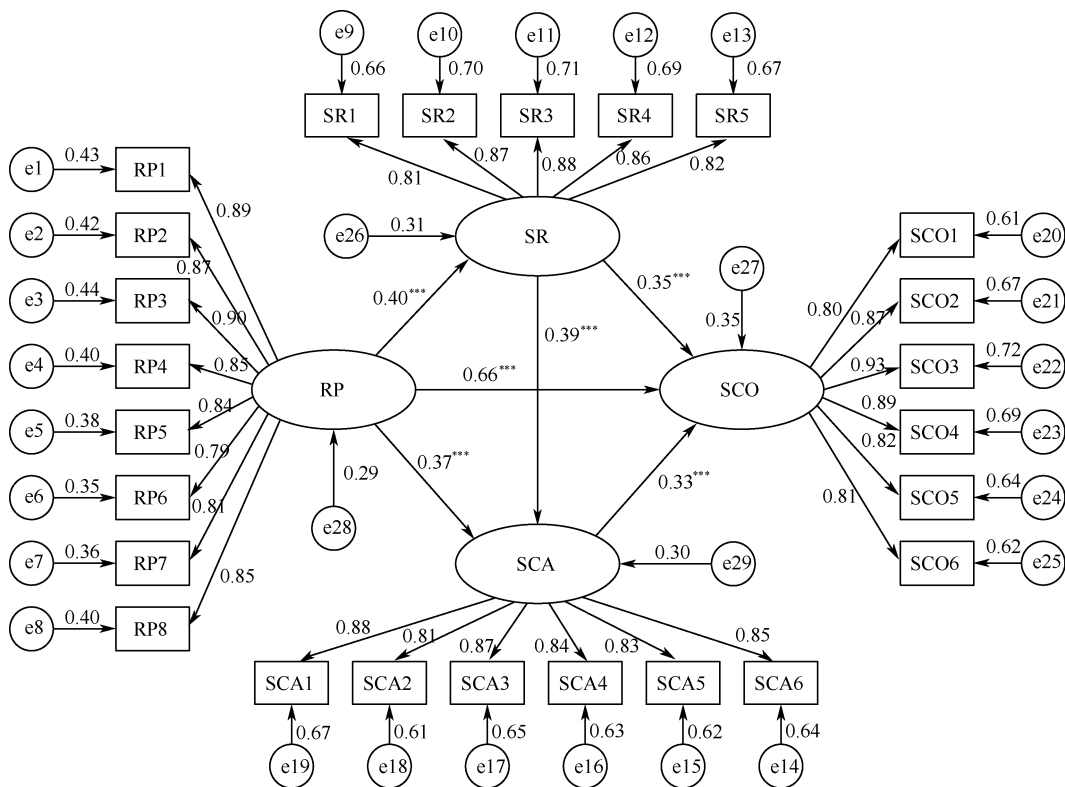
表 3 各模型拟合适配指数

Table 3 Fitting index of each model

模型	描述	χ^2/df	GFI	RMSEA	NFI	SRMR
假设模型		2.015	0.963	0.042	0.936	0.039
完全中介模型		2.563	0.955	0.058	0.915	0.062
部分中介模型 I		2.326	0.936	0.071	0.938	0.076
部分中介模型 II		2.289	0.947	0.058	0.926	0.054
部分中介模型 III		2.305	0.923	0.059	0.941	0.063

运用 SPSS 26.0 软件 Process 宏程序插件 Model 6 检验中介效应, 分析问卷调查收集到的数据, 采用偏差校正百分位 Bootstrap 法完成检验。首先, 计算各路径系数, 包括自变量对中介变量的影响

(路径 a) 和中介变量对因变量的影响 (路径 b), 同时计算直接效应和总效应。然后, 从原始样本 $N = 312$ 份中重复抽取数据 (5 000 次), 每次抽样后计算中介效应 $a \times b$ 。最后, 根据 Bootstrap 抽样结果, 计算



注: e1-e25 表示测量模型中各个观测变量的测量误差, e26-e29 表示结构模型中潜变量的结构误差; RP1-RP8 表示风险感知观测变量的 8 个题项; SCA1-SCA6 表示安全能力观测变量的 6 个题项; SCO1-SCO6 表示安全认知观测变量的 6 个题项; SR1-SR5 表示安全需求观测变量的 5 个题项。

图 2 链式中介模型

Fig. 2 Chain mediating model

中介效应的置信区间,如果置信区间不包含 0,则中介效应显著。中介效应检验结果见表 4,共包括 3 条中介路径,由表 4 可知:安全需求和安全能力 2 个变量的中介效应显著。

表 4 Bootstrap 中介效应结果

Table 4 Results of Bootstrap mediation effect

作用路径	效应值	Boot 标准误差	Boot CI 下限	Boot CI 上限	相对中介效应/%
总间接效应	0.35	0.03	0.22	0.39	39.22
间接效应 1	0.15	0.01	0.08	0.17	16.51
间接效应 2	0.13	0.02	0.09	0.18	13.56
间接效应 3	0.07	0.02	0.04	0.14	8.13

注: Boot CI 下限和 Boot CI 上限分别指 95% 置信区间的下限和上限; 所有结果保留 2 位小数。

1) 第 1 条中介路径支持假设 H₂, 即风险感知通过安全需求影响安全认知。其中介效应的置信区间为 [0.08, 0.17], 不包含 0, 表明安全需求的间接中介效应显著。

2) 第 2 条中介路径支持假设 H₃, 即风险感知通过安全能力影响安全认知。其中介效应的置信区

间为 [0.09, 0.18], 不包含 0, 表明安全能力的间接中介效应显著。

3) 第 3 条中介路径支持假设 H₄, 即风险感知通过安全需求和安全能力影响安全认知。其中介效应的置信区间为 [0.04, 0.14], 不包含 0, 表明安全需求和安全能力的间接效应显著。

3.4 调节效应检验

调节效应是指一个变量对 2 个变量之间关系的影响, 即调节变量改变自变量与因变量关系的强度或方向。调节效应的检验可通过多种方法进行, 最常用的是多重回归分析。运用 SPSS 26.0 中回归分析选项, 输入风险感知、安全认知和职业倦怠, 检查回归系数和显著性。经检验可知: 风险感知与职业倦怠的乘积项对安全认知具有显著负向影响 ($\beta = -0.156, p < 0.01$), 说明职业倦怠显著调节了风险感知对安全认知的影响, 支持假设 H₅。职业倦怠的调节效应如图 3 所示。据此分析调节效应, 直观展示不同调节水平下风险感知对安全认知的影响差异。当职业倦怠较高时, 风险感知对安全认知的正向影响降低, 即职业倦怠负向调节风险感知对安全认知

的正向影响。

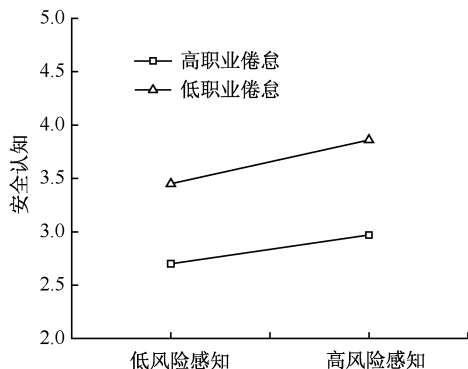


图3 职业倦怠的调节效应

Fig. 3 Moderating effect of occupational burnout

4 风险感知对安全认知的作用机制

4.1 施工人员风险感知与安全认知

地下洞室群施工人员的风险感知对其安全认知有正向影响。由于地下有限空间、封闭的施工环境、长时间的工作以及较大的负荷,施工人员中尤其是施工班组工人容易感受到较大的工作压力。研究表明:高压水平可能会导致工人注意力分散,难以集中在任务上,可能会使得个体更容易受到外部环境干扰的影响,从而影响对风险的安全认知过程^[20]。开展定期的安全培训、模拟风险场景演练能提高其对潜在风险的敏感度,确保施工人员能够识别和理解不同情境下的各类风险因素。

4.2 安全需求的独立中介作用

地下洞室群施工人员的风险感知通过安全需求的独立中介作用来影响其安全认知。在具有高安全需求的现场安全员和专业技术人员中,自我调节能力和风险感知确实可能更强。因为具有高安全需求的个体通常更能有效地管理自己的情绪和行为,特别是在面对压力和挑战时,能够维持较高的注意力水平,能够迅速识别并评估风险,并采取适当的措施来降低风险,从而确保安全。优化操作流程和标准,针对特定岗位的安全需求,提供相应的技能培训,使其具备必要的专业知识和操作能力,据此可有效提升施工人员安全认知水平。

4.3 安全能力的独立中介作用

地下洞室群施工人员的风险感知通过安全能力的独立中介作用影响其安全认知。施工人员对潜在危险和风险的感知直接影响施工人员的安全行为和决策^[15]。对于地下洞室群施工的高风险环境,当安

全能力作为一个独立的中介变量时,可以解释风险感知如何影响安全认知。具体来说,风险感知通过提升对安全的重视和实施更多的安全措施,从而间接影响安全认知。现场安全员对风险的敏感性就显得至关重要,制定和完善安全规章制度,将安全责任明确分工,形成制度化、标准化的安全管理模式。通过外部学习,培养具备前沿安全技术和管理能力的现场安全员可有效提升安全能力。

4.4 中介变量的链式中介作用

地下洞室群施工人员的风险感知能够通过安全需求和安全能力的链式中介作用影响其安全认知。施工人员对潜在风险的识别和感知是影响其安全行为和态度的起点,较高的风险感知意味着施工人员更关注可能发生的危险和安全隐患。高风险感知会增加个体对安全的需求,施工人员在面对高风险环境时,会产生更强烈的安全需求,以确保自身的安全,这种安全需求驱动施工人员更加注重安全相关规范和标准^[21]。而安全需求的增加促使施工人员提升自己的安全能力,包括获取更多的安全知识、接受相关培训、改进操作技能等,部门主管则能够制定更有效的措施预防和应对风险,安全能力的提高使得施工人员的安全认知水平得到提高。

4.5 职业倦怠的调节作用

研究证实,职业倦怠在风险感知与安全认知之间起负向调节作用。已有研究表明:当施工人员经历职业倦怠时,可能降低工作环境中的风险感知能力,这种倦怠状态容易导致施工人员产生不安全行为^[16]。在高职业倦怠的情况下,即使施工人员对风险感知能力较高,也可能会降低施工人员将风险感知转化为有效安全认知的能力。职业倦怠对施工班组工人的影响是尤其显著的,在高压、高风险的工作环境中,职业倦怠会对工人的身心健康、安全行为、工作效率以及团队协作产生显著负面影响。这使得其在处理安全相关信息时效率降低,对安全认知的形成产生负面影响。

综上所述,地下洞室群施工人员的风险感知、安全需求、安全能力和职业倦怠共同作用于安全认知的各个过程。高风险感知促进安全需求,增强安全能力;职业倦怠则可能削弱风险感知对安全认知的正向影响,进而影响安全应对的选择和执行过程,如图4所示。

针对地下洞室群施工人员的安全认知水平的差异,制定不同类型人员的安全认知水平提升措施有

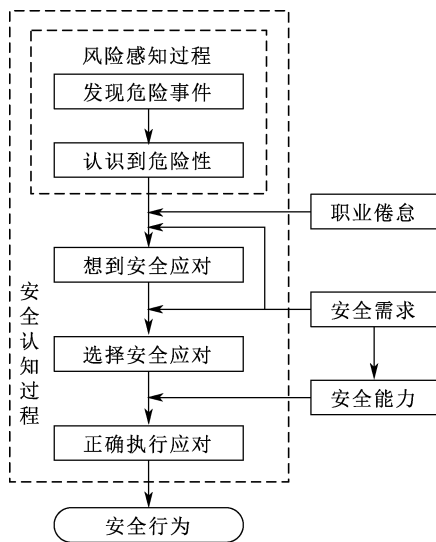


图4 风险感知对安全认知的影响

Fig.4 Impact of risk perception on safety cognition

助于保障地下洞室群施工安全:①地下洞室群施工班组工人和专业技术人员应积极参与安全培训教育活动,提升其在复杂环境中识别各类风险的能力,同时避免长时间高强度工作,合理安排工作时间,从而提高安全认知水平。②现场安全员和部门主管应合

理安排工人安全需求与安全能力的任务,使能力大于需求,避免安全认知出现偏差,同时根据人员类别采取不同方式教授心理疏导、情绪调节方法,能够降低职业倦怠带来的工作消极、情绪低落等负面影响。

5 结论

1) 风险感知与安全认知显著正相关,风险感知与安全需求显著正相关,风险感知与安全能力显著正相关,安全需求与安全认知显著正相关,安全能力与安全认知显著正相关,安全需求与安全能力显著正相关。同时,职业倦怠在风险感知与安全认知关系中起负向调节作用。地下洞室群施工人员的风险感知能够通过安全需求和安全能力的链式中介作用影响其安全认知。

2) 制定差异化培训教育提升风险感知、提升安全需求和提高安全能力等措施,有助于提高地下洞室群不同类型施工人员的安全认知水平。未来可进一步研究风险感知机制探索与智能化技术结合相应应用,推动安全认知水平管理的精准化和高效化。

参考文献

- [1] CHOI B, LEE S H. An empirically based agent-based model of the sociocognitive process of construction workers' safety behavior[J]. Journal of Construction Engineering and Management, 2018, 144 (2): DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001421.
- [2] LIU Yang, YE Gui, XIANG Qingting, et al. Antecedents of construction workers' safety cognition: a systematic review[J]. Safety Science, 2023, 157: DOI: 10.1016/j.ssci.2022.105923.
- [3] 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(增2): 297-305. ZHANG Mengchun, FANG Dongping. Cognitive causes and management measures of unsafe behavior of construction workers [J]. China Civil Engineering Journal, 2012, 45 (S2): 297-305.
- [4] 叶贵,越宏哲,冯新怡,等. 建筑工人不安全行为的认知失效成因仿真研究[J]. 中国安全科学学报, 2020, 30(11): 6-12. YE Gui, YUE Hongzhe, FENG Xinyi, et al. Simulation study on causes of cognitive failure of construction worker's unsafe behavior[J]. China Safety Science Journal, 2020, 30(11): 6-12.
- [5] DENG Shuwen, ZHU Honglei, CAI Yili, et al. Group cognitive characteristics of construction Workers' unsafe behaviors from personalized management[J]. Safety Science, 2024, 175: DOI: 10.1016/j.ssci.2024.106492.
- [6] 江新,张腾飞,陈婧,等. 复杂系统视角下洞室施工人员安全认知仿真研究[J]. 中国安全科学学报, 2024, 34(2): 22-30. JIANG Xin, ZHANG Tengfei, CHEN Jing, et al. Numerical study on safety cognition of cavern constructors from perspective of complex system [J]. China Safety Science Journal, 2024, 34 (2): 22-30.
- [7] 周德,郑星,钟文钰,等. “以人为本”视域下城市地下空间居民满意度评价:以杭州为例[J]. 中国土地科学, 2022, 36(4): 69-78. ZHOU De, ZHENG Xing, ZHONG Wenyu, et al. Evaluation of resident satisfaction in urban underground space from the perspective of "Putting People First": a case study of Hangzhou [J]. China Land Science, 2022, 36 (4): 69-78.
- [8] 牛衍亮,苏丽娟,纪文雅,等. 高海拔铁路隧道施工安全风险策略研究[J]. 中国安全生产科学技术, 2024,

20(6):168-175.

NIU Yanliang, SU Lijuan, JI Wenya, et al. Study on safety risk management strategy of railway tunnel construction in high-altitude area [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2024, 20 (6): 168-175.

- [9] 仇国芳, 鱼馨水. 基于粗糙集的建筑工人安全认知提升策略研究[J]. *工业工程与管理*, 2019, 24(4): 120-127.
QIU Guofang, YU Xinshui. Safety cognition enhancement strategy of construction workers based on rough sets [J]. *Industrial Engineering and Management*, 2019, 24 (4): 120-127.
- [10] 李广利. 煤矿员工风险感知量表开发与应用[J]. *中国安全生产科学技术*, 2022, 18(7): 128-134.
LI Guangli. Development and application of risk perception scale for coal mine employees [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2022, 18 (7): 128-134.
- [11] DANSO F O, ADINYIRA E, MANU P, et al. The mediating influence of local cultures on the relationship between factors of safety risk perception and risk-taking behavioural intention of construction site workers[J]. *Safety Science*, 2022, 145: DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105490.
- [12] 苟雅丽, 张友志. 安全认知偏差对不同代际建筑工人不安全行为的影响效应[J]. *中国安全生产科学技术*, 2024, 20(5): 216-222.
GOU Yali, ZHANG Youzhi. Influence effect of safety cognitive bias on unsafe behavior of construction workers in different generations [J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2024, 20 (5): 216-222.
- [13] HAN Yu, LI Jie, CAO Xiulan, et al. Structural equation modeling approach to studying the relationships among safety investment, construction employees' safety cognition, and behavioral performance[J]. *Journal of Construction Engineering and Management*, 2020, 146(7): DOI: 10.1061/(ASCE)CO.1943-7862.0001858.
- [14] HOFMANN D A, MORGESON F P, GERRAS S J. Climate as a moderator of the relationship between leader-member exchange and content specific citizenship: safety climate as an exemplar[J]. *Journal of Applied Psychology*, 2003, 88(1): DOI: 10.1037/0021-9010.88.1.170.
- [15] 黄浪, 吴超, 王秉. 基于信息认知的个人行为安全机理及其影响因素[J]. *情报杂志*, 2018, 37 (8): 121-127.
HUANG Lang, WU Chao, WANG Bing. Individual behavioral safety mechanism and its influence factors based on information cognition [J]. *Journal of Intelligence*, 2018, 37 (8): 121-127.
- [16] 周建亮, 胡飞翔, 邢艳冬, 等. 工作压力、职业倦怠对建筑工人不安全行为的影响[J]. *中国安全科学学报*, 2022, 32(11): 14-22.
ZHOU Jianliang, HU Feixiang, XING Yandong, et al. Influence of job stress and burnout on unsafe behaviors of construction workers [J]. *China Safety Science Journal*, 2022, 32 (11): 14-22.
- [17] PESSOA L. On the relationship between emotion and cognition [J]. *Nature Reviews Neuroscience*, 2008, 9(2): 148-158.
- [18] 李超平, 时勘. 分配公平与程序公平对工作倦怠的影响[J]. *心理学报*, 2003, 35(5): 677-684.
LI Chaoping, SHI Kan. The influence of distributive justice and procedural justice on job burnout [J]. *Acta Psychologica Sinica*, 2003, 35(5): 677-684.
- [19] 李红霞, 李思琦. 煤矿工人安全认知与不安全行为关系研究[J]. *煤矿安全*, 2017, 48(11): 233-236.
LI Hongxia, LI Siqi. Research on relationship between safety cognition and unsafe behavior of coal miners [J]. *Safety in Coal Mines*, 2017, 48 (11): 233-236.
- [20] JIANG Tanghan, FANG Yihai, ZHENG Nan, et al. Understanding construction workers' cognitive processes under risky scenarios through electroencephalography [J]. *Automation in Construction*, 2024, 166: DOI: 10.1016/j.autcon.2024.105674.
- [21] ALY S, TYRYCHTR J, KVASNICKA R, et al. Novel methodology for developing a safety standard based on clustering of experts' assessments of safety requirements [J]. *Safety Science*, 2021, 140: DOI: 10.1016/j.ssci.2021.105292.

作者简介: 江新 (1966—), 男, 安徽寿县人, 硕士, 教授, 主要从事工程项目群管理、系统决策理论及安全评价等方面研究。E-mail: zgsxdxjx@qq.com。

