

中文引用格式:田方圆,李雯琪,解学才,等. 基于IMB模型的年长矿工不安全行为致因机制[J]. 中国安全科学学报, 2026, 36(1): 42-49.

英文引用格式:TIAN Fangyuan, LI Wenqi, XIE Xuecai, et al. Mechanisms underlying unsafe behaviors among older miners based on IMB model [J]. China Safety Science Journal, 2026, 36(1): 42-49.

基于IMB模型的年长矿工不安全行为致因机制^{*}

田方圆^{1,2,3}副教授, 李雯琪^{**1,2,3}, 解学才^{4,5}讲师,
邱伟帅^{1,2,3}, 李红霞^{1,2,3}教授

(1 西安科技大学 管理学院, 陕西 西安 710054; 2 西安市应急安全人因智能重点实验室,
陕西 西安 710054; 3 西安科技大学 能源经济与管理研究中心, 陕西 西安 710054;

4 清华大学 安全科学学院, 北京 100084; 5 中国地质大学(北京) 工程技术学院, 北京 100083)

中图分类号:X910

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2026.01.1116

基金项目:国家自然科学基金资助(C类)(52504244); 教育部人文社会科学青年基金资助(23XJC630011); 教育部产学研合作协同育人实践条件和实践基地建设项目(2507032817); 陕西省自然科学基金基础研究计划项目(2024JC-YBQN-0499)。

【摘要】 为应对由采矿业年长矿工人数占比增加带来的劳动力结构性安全风险, 探究年长矿工不安全行为致因机制特征。基于信息-动机-行为技巧(IMB)模型构建矿工不安全行为致因机制结构方程模型(SEM), 并运用多群组分析对比年长与年轻矿工不安全行为影响路径的系数差异。研究表明: 学历、安全知识等知识经验因素, 安全态度、事故经历、心理健康、工作倦怠、风险态度等心理特征因素均对矿工的不安全行为具有显著影响, 其中, 工作能力在“知识经验—不安全行为”与“心理特征—不安全行为”路径中均发挥中介作用。此外, 风险态度、心理健康、工作倦怠、学历、安全知识对年长矿工不安全行为的影响均大于年轻矿工。

【关键词】 信息-动机-行为技巧(IMB)模型; 年长矿工; 工作能力; 不安全行为; 致因机制; 结构方程模型(SEM)

Mechanisms underlying unsafe behaviors among older miners based on IMB model

TIAN Fangyuan^{1,2,3}, LI Wenqi^{**1,2,3}, XIE Xuecai^{4,5}, QIU Weishuai^{1,2,3}, LI Hongxia^{1,2,3}

(1 School of Management, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China;
2 Xi'an Key Laboratory of Human Factors & Intelligence for Emergency, Xi'an Shaanxi 710054, China;
3 Research Center for Energy Economics and Management, Xi'an University of Science and Technology, Xi'an Shaanxi 710054, China; 4 Institute of Public Safety Research, Tsinghua University, Beijing 100084, China; 5 Faculty of GeoEngineering, China University of Geosciences, Beijing 100083, China)

Abstract: To address the structural safety risks in the workforce arising from the increasing proportion of older miners in the mining industry, this study investigated the causal mechanisms underlying unsafe

* 文章编号:1003-3033(2026)01-0042-08; 收稿日期:2025-09-08; 修稿日期:2025-11-10

** 通信作者:李雯琪(2001—),女,甘肃酒泉人,硕士研究生,研究方向为安全与应急管理。E-mail: 23202098064@stu.xust.edu.cn。

behaviors among older miners. Drawing on the IMB model, a SEM was developed to examine the causal pathways of miners' unsafe behaviors, and multi-group analysis was employed to compare the path coefficient differences between older and younger miners. The results indicate that knowledge and experience factors such as educational attainment and safety knowledge, as well as psychological characteristic factors including safety attitudes, accident experience, mental health, job burnout, and risk attitudes, have significant effects on miners' unsafe behaviors. Notably, work ability mediates both the pathway from knowledge and experience to unsafe behaviors and the pathway from psychological characteristics to unsafe behaviors. In addition, risk attitudes, mental health, job burnout, educational attainment, and safety knowledge exert stronger influences on unsafe behaviors among older miners compared to their younger counterparts.

Keywords: information-motivation-behavioral skills (IMB) model; older miners; work ability; unsafe behavior; causal mechanisms; structural equation model (SEM)

0 引言

近年来,我国采矿业劳动力老龄化趋势愈发严峻,据《第五次全国经济普查公报(第三号)——第二产业基本情况》^[1]披露,截至 2023 年底,我国(不含港澳台地区)共有 469.7 万采矿业从业人员;2012—2023 年,年长矿工人数占比持续上升,并于 2019 年首次超过 45%。年长矿工在生理机能、心理状态及认知能力等方面的不同程度退化,使其不安全行为风险显著增高^[2]。不安全行为不仅是事故发生的直接诱因,还在事故与其他间接致因因素之间发挥关键纽带作用^[3]。我国过去 10 年煤矿重大事故统计数据显示,由于人的不安全行为所导致的事故占比高达 74%^[4],因此,在劳动力持续老龄化的背景下,对年长矿工不安全行为进行事前识别与有效干预,对降低劳动力老龄化引发的安全风险具有重要意义。

根据联合国国际劳工组织的定义,45 岁及以上的劳动力被视为年长劳动力^[5],研究表明:这类群体随着年龄增长,其运动能力、肌肉力量和平衡能力会逐渐退化,认知和记忆能力也呈下降趋势^[2]。与此同时,他们对安全感和效能感的需求则显著增强^[6],这些生理与心理层面的变化,不仅可能导致工作效率降低,还会影响安全表现^[7],从而使年长矿工在遭遇安全事故时面临比年轻矿工更为严重的后果^[8]。年长矿工所面临的身体与心理双重挑战,使其成为煤矿安全生产中亟需关注与干预的高风险群体。然而,当前关于年长矿工不安全行为的致因机制及特征尚不明晰。

鉴于此,笔者拟从行为改变视角出发,基于信息-动机-行为技巧模型 (Information-Motivation-

Behavioral Skills Model,IMB),以工作能力作为中介变量,深入探究多种知识经验与心理特征的构成要素如何影响矿工不安全行为,并揭示年长矿工不安全行为致因机制的特点,为煤矿企业有效干预年长矿工的不安全行为、减少煤矿安全事故、提高煤矿整体安全管理水平提供数据支撑与理论参考,并进一步拓展 IMB 模型在高危行业安全行为研究中的应用。

1 基于 IMB 模型的理论假设

随着年龄增长,年长矿工在信息加工、动机维持与行为执行等环节更易受到生理衰退的影响,尤其在将安全相关信息与动机转化为规范化操作行为时可能面临一定阻碍。为了系统揭示该转化过程中各因素之间的作用结构,引入 IMB 模型作为理论基础。IMB 模型强调信息与动机需通过行为技巧才能转化为实际行为表现,三者相互依赖、缺一不可,模型结构如图 1 所示^[9],该模型具有跨情境的普适性,已被应用于安全行为、驾驶安全、慢性病康复等多个领域^[9-12],基于此,将知识经验与心理特征作为前置因素,以工作能力表征行为技巧,构建年长矿工不安全行为的致因机制研究结构方程模型 (Structural Equation Model,SEM)。

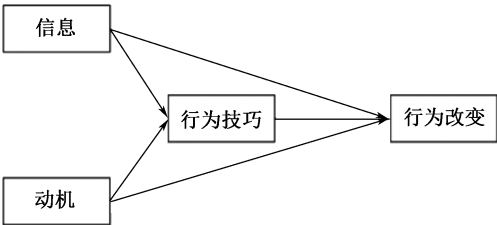


图 1 IMB 理论框架

Fig. 1 IMB theoretical framework

1.1 知识经验与心理特征对不安全行为的影响

充足的知识经验能够提高决策正确率与危险识别准确率^[13],从而降低不安全行为风险,文中从学历、工龄和安全知识 3 个矿工知识经验的关键构成要素出发,探讨其对不安全行为的影响。寇猛^[14]发现,不同学历的矿工安全行为能力存在显著差异。工龄在一定程度上反映员工的工作经验积累情况,作为工作经验的操作化指标,用以衡量矿工在生产一线的实践经验积累程度。李凌超等^[15]发现,工龄为 2 年和 10 年的员工更容易发生安全事故。在生产作业中具备一定的安全知识是安全合规作业的基础。梁振东等^[16]发现,安全知识与不安全行为意图及实际不安全行为显著相关。综上,提出如下假设:

- H_{1a} : 知识经验对不安全行为有显著影响。
 - H_{1b} : 学历对不安全行为有显著影响。
 - H_{1c} : 工龄对不安全行为有显著影响。
 - H_{1d} : 安全知识对不安全行为有显著影响。
- 心理特征是个体在心理活动中表现出的稳定特质。文中从安全态度、心理健康、工作倦怠、风险态度及过往事故经历 5 个维度探讨心理特征对不安全行为的影响。安全态度是工人接受外界刺激后对如何避免安全事故所持的反应倾向。叶贵等^[17]指出,安全能力不足与安全态度松弛会削弱安全意识,进而转化为不安全行为的动机。心理健康指个体在工作与生活中的心理健康状态,通过抑郁、焦虑程度等来定义^[18],郭焘等^[19]发现,失眠、焦虑、抑郁的矿工

身上存在更多的不安全生产行为。工作倦怠是个体由于长时间从事不合理的工作安排而对自身和外部环境产生消极感知的一种状态^[20]。周建亮等^[21]发现,职业倦怠显著促进工人的不安全行为。风险态度是指员工对潜在风险的接受程度,刘晋等^[22]发现风险态度对建筑工人的不安全行为有影响。事故体验是指员工在以往工作过程中参与或处理事故的体验。MOHAJERI 等^[23]发现,事故经历与工人的不安全行为存在因果关联。综上,提出如下假设:

- H_{2a} : 心理特征对不安全行为有显著影响。
- H_{2b} : 安全态度对不安全行为有显著影响。
- H_{2c} : 心理健康水平对不安全行为有显著影响。
- H_{2d} : 工作倦怠对不安全行为有显著影响。
- H_{2e} : 风险态度对不安全行为有显著影响。
- H_{2f} : 过往事故经历对不安全行为有显著影响。

1.2 矿工不安全行为致因机制模型中介变量

工作能力是指个体当前能力与工作要求之间的匹配程度,其内涵既包括所掌握的技能水平,也包括健康状况以及体力、脑力在多大程度上能够满足职业需求^[24]。笔者在 IMB 框架下将“行为技巧”拓展,使用工作能力这一更贴合煤矿高强度工作情景的变量作为中介变量。研究表明:工作能力是影响不安全行为认知过程实施响应阶段的关键因素^[25],知识经验是年长员工保持工作能力和绩效的重要资源^[26],心理特征是影响工作能力培养的重要因素之一^[27]。综上,提出如下假设:

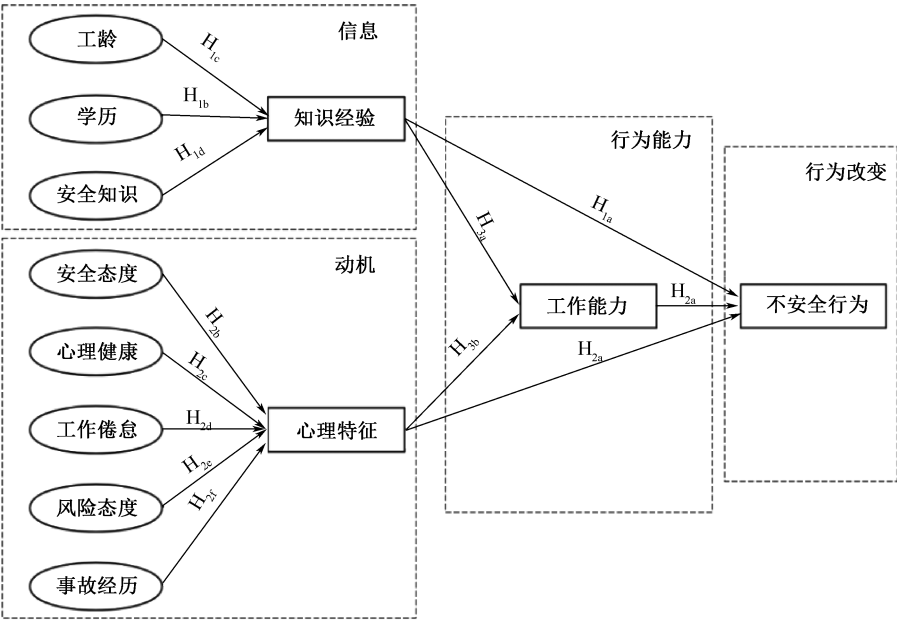


图 2 基于 IMB 模型的矿工不安全行为致因机制研究假设模型

Fig. 2 Proposed hypothetical model for causal mechanism of miners' unsafe behaviors based on IMB model

H_{3a} :知识经验对工作能力有显著影响。
 H_{3b} :心理特征对工作能力有显著影响。
 H_{3c} :工作能力对不安全行为有显著影响。
综合上述假设,构建的概念模型如图 2 所示。

2 不安全行为致因机制问卷设计及检验

2.1 样本构成与描述性统计结果

调研对象为榆林、鄂尔多斯等地多个国有煤矿企业的一线煤矿工人,通过“问卷星”平台在线采集数据,共发放问卷 568 份,回收有效问卷 525 份,剔除无效问卷后有效回收率为 95.4%。样本具有较好的代表性,具体信息统计见表 1。

表 1 样本信息统计资料

特征	分类	人数	占比/%
性别	男	525	72.76
年龄/岁	≤45	382	27.24
	≥45	143	30.29
工龄/a	≤10	159	25.33
	10~20	133	35.43
	20~30	186	8.95
	>30	47	16.38
教育程度	小学、初中	86	44.95
	高中、中专	236	27.24
	大专	143	11.43
	本科	60	72.76

2.2 量表设置与信效度检验

为确保调查问卷的信效度,测量工具均选用已被现有研究验证过的成熟测试量表。安全态度与安全知识选用杨振宏等^[28]编制的安全意识测量量表评估。工作能力选用经中国学者翻译的中文版工作能力指数调查表^[29]测量。心理健康选用广泛性焦虑量表和健康问卷抑郁症状群量表测量^[30]。工作倦怠选用工作倦怠量表测量^[31]。风险态度选用刘晋翻译修订的中文版风险态度量表^[32]测量。过往事故经历通过自编填空题收集,由受访者根据实际情况填写工作期间参与或处理事故的数量来评估。

为验证所采用成熟量表在矿工群体中的适用性,对各量表的信度与效度进行检验,结果见表 2。各成熟量表的 Cronbach's α 系数、组合信度 (Composite Reliability, CR) 均大于 0.7,平均方差提取量 (Average Variance Extracted, AVE) 均大于 0.5,表明量表在矿工样本中具有较好的内部一致性和收敛效度。

敛效度。

变量名称	Cronbach's α	CR	AVE
安全态度	0.848	0.908	0.768
安全知识	0.856	0.933	0.874
工作倦怠	0.937	0.96	0.889
工作能力	0.812	0.869	0.532
心理健康	0.879	0.943	0.892
风险态度	0.861	0.906	0.708

3 假设模型验证及致因机制分析

3.1 矿工不安全行为致因机制二阶模型检验

采用 SmartPLS 3.0 软件分析问卷调查收集的数据,以检验年长矿工不安全行为致因机制研究 SEM,结果如图 3 所示。全局拟合优度 (Goodness of Fit, GoF) 用于衡量 SEM 整体的拟合水平,其计算公式为:

$$GoF = \sqrt{AVE \times R^2}$$

(1)

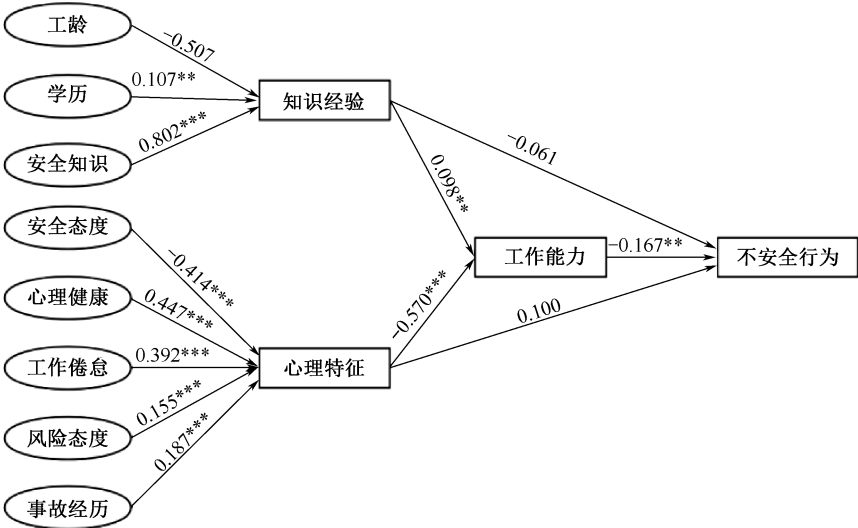
式中 R^2 为内生潜变量的平均决定系数。

模型的平均 AVE 值为 0.64,平均 R^2 值为 0.61,将其代入 GoF 计算公式,得到 GoF 值为 0.623,通常,GoF 值大于 0.36 的模型被认为拟合度较好。

1) 主效应检验。据图 3 模型标准化分析结果可知:煤矿工人知识经验对不安全行为不具有显著影响 (路径系数 $\beta = -0.061$,显著性水平 $P = 0.180$);煤矿工人心理特征对不安全行为不具有显著影响 ($\beta = 0.1, P = 0.114$),假设 H_{1a} 、 H_{2a} 均不成立。

2) 中介效应检验。据图 3 模型标准化分析结果可知:知识经验 ($\beta = 0.098, P < 0.05$) 和心理特征 ($\beta = -0.570, P < 0.01$) 均对工作能力有显著影响,且工作能力对不安全行为有显著影响 ($\beta = -0.167, P < 0.05$)。综上,假设 H_{3a} 、 H_{3b} 、 H_{3c} 均成立,同时,初步证明工作能力在知识经验、心理特征与不安全行为之间具有显著的中介效应。

进一步利用偏差校正和百分位法检验中介效应,设 Bootstrap 为 5 000 次抽样和在 95% 中介置信区间下的检验值见表 3,知识经验、心理特征在工作能力与不安全行为之间的中介效应共包含 2 条中介链,第 1 条为知识经验→工作能力→不安全行为,第 2 条为心理特征→工作能力→不安全行为。这 2 条中介链中的中介效应置信区间均不含 0,表明工作能力在知识经验、心理特征与不安全行为之间的中介效应显著。



注：*** 在 0.01 级别(双尾),相关性显著；** 在 0.05 级别(双尾),相关性显著。

图 3 全年龄段矿工不安全行为致因机制 SEM

Fig.3 SEM of causal mechanism of in all-age miners

学历、工龄和安全知识与不安全行为之间存在 2 条多重中介链：第 1 条为学历→经验知识→工作能力→不安全行为，第 2 条为安全知识→知识经验→工作能力→不安全行为，2 条中介链中的中介效应置信区间均不含 0，表明学历和安全知识通过知识经验与工作能力到不安全行为的中介效应显著，学历、安全知识均显著间接影响不安全行为。假设 H_{1b} 、 H_{1d} 成立。第 3 条中介链工龄→知识经验→工作能力→不安全行为，此中介链的效应置信区间含 0，中介效应不显著，假设 H_{1c} 被拒绝。

安全态度、事故经历、心理健康、工作倦怠、风险态度与不安全行为之间存在多条多重中介链。第 1

条为事故经历→心理特征→工作能力→不安全行为，第 2 条为安全态度→心理特征→工作能力→不安全行为，第 3 条为工作倦怠→心理特征→工作能力→不安全行为，第 4 条为心理健康→心理特征→工作能力→不安全行为，第 5 条为风险态度→心理特征→工作能力→不安全行为。这 5 条中介链中的中介效应置信区间均不含 0，即事故经历、安全态度、工作倦怠、心理健康状况、风险态度通过心理特征、工作能力到不安全行为之间的中介效应均显著，事故经历、安全态度、工作倦怠、心理健康状况、风险态度均显著影响不安全行为。假设 H_{2b} 、 H_{2c} 、 H_{2d} 、 H_{2e} 、 H_{2f} 均成立。

表 3 中介效应检验

Table 3 Mediation effect analysis

改善路径	效应值	Bootstrap 标准误	95%置信区间	
			下限	上限
知识经验→工作能力→不安全行为	-0.016 **	0.01	-0.043	-0.002
心理特征→工作能力→不安全行为	0.095 **	0.037	0.026	0.168
事故经历→心理特征→工作能力→不安全行为	0.018 **	0.008	0.005	0.035
安全态度→心理特征→工作能力→不安全行为	-0.039 **	0.018	-0.074	-0.007
工作倦怠→心理特征→工作能力→不安全行为	0.037 **	0.014	0.012	0.068
心理健康→心理特征→工作能力→不安全行为	0.043 **	0.017	0.014	0.079
风险态度→心理特征→工作能力→不安全行为	0.015 **	0.006	0.005	0.029
学历→知识经验→工作能力→不安全行为	-0.002 **	0.001	-0.006	0
安全知识→知识经验→工作能力→不安全行为	-0.013 **	0.008	-0.032	-0.002
工龄→知识经验→工作能力→不安全行为	0.008	0.007	-0.011	0.02

注：*** 在 0.01 级别(双尾),相关性显著；** 在 0.05 级别(双尾),相关性显著。

3.2 年长矿工与年轻矿工样本模型通径分析

为揭示年长矿工不安全行为致因机制特征,以 45 岁为年龄分界线,将样本分为年长矿工与一般矿工 2 组,采用偏最小二乘多群组分析比较不同年龄组的路径关系。

调查的矿工中,年长矿工有 143 人,占比 27.2%,年轻矿工有 382 人,占比为 72.7%。不安全行为致因机制多群组分析结果见表 4,由表 4 可知:年长矿工与年轻矿工在“风险态度→心理特征→工

作能力”、“心理健康→心理特征→工作能力”以及“工作倦怠→心理特征→工作能力”3 条路径的效应值存在显著差异 ($P<0.05$),相较于年轻矿工,风险态度、心理健康、工作倦怠对年长矿工工作能力的影响更为显著。“学历→知识经验→不安全行为”($P<0.05$)、“安全知识→知识经验→不安全行为”($P<0.1$)2 条路径的效应值存在显著差异,相较于年轻矿工,学历、安全知识对年长矿工的不安全行为影响更为显著。

表 4 不安全行为致因机制多群组分析结果

Table 4 Results of multi-group analysis of causal mechanism of unsafe behaviors				
路径关系	路径系数差值	路径系数(年轻)	路径系数(年长)	P 值
风险态度→心理特征→工作能力	0.086	-0.081	-0.167	0.021
心理健康→心理特征→工作能力	0.076	-0.249	-0.325	0.036
工作倦怠→心理特征→工作能力	0.072	-0.22	-0.291	0.041
学历→知识经验→不安全行为	0.049	-0.001	-0.05	0.049
安全知识→知识经验→不安全行为	0.145	0.027	-0.118	0.052

4 不安全行为致因机制讨论

基于 IMB 模型构建的矿工不安全行为致因机制 SEM 表明:学历、安全知识、安全态度、事故经历、工作倦怠、心理健康、风险态度均对不安全行为有显著影响,与过往研究结果一致^[33-35]。研究进一步表明:工作能力在“知识经验—不安全行为”路径与“心理特征—不安全行为”路径中均发挥了显著中介作用,煤矿企业应重视工作能力在行为转化过程中的核心地位。

多群组分析结果表明:年长矿工的工作能力水平受到风险感知、心理健康、工作倦怠等内在心理因素的影响更大。这可能与年龄增长所带来的外在动机减弱、内在动机增加以及由于身体机能下降,需要更多心理动力来弥补体能或认知能力的自然衰退有关^[6]。安全知识对年长矿工的不安全行为影响更大,这可能与其在长期作业过程中逐渐形成的结构化经验体系有关。在这一体系下,安全知识更容易被激活和运用,并进一步整合进实际操作流程,从而在面对风险或异常任务时,更有效地干预其决策与行为。此外,随着我国近年来教育普及水平迅速提升,样本数据中,学历水平是高中及以上的矿工在年轻群体中占比超过 90%,而年长矿工的学历水平则分散于小学、初中、高中/中专及大专等多个层次,年轻矿工群体呈现出的学历同质化特征削弱了学历因素对不安全行为的影响。因此,在管理实践中,应结合不同代际群体的特征,制定有针对性的差异化干

预策略。

煤矿企业在差异化管理中应重视年长矿工的能力维护与提升。从健康维度看,应强化职业健康监测和体能评估,将慢性病和体能指标纳入岗位配置依据;从动机维度看,应建立心理状态评估与干预机制,开展压力管理和“传帮带”考核激励,以缓解倦怠、提升安全动机;从岗位适配维度看,应定期开展能力适配评估,溯源能力短期下降矿工的原因,并结合其健康状况、心理状态和知识经验水平实施针对性干预,例如:适度调整岗位任务、提供心理咨询与支持,安排关键技能巩固训练等,以促进能力恢复并保障安全行为的落实。

5 结 论

- 1) 学历、安全知识、安全态度、事故经历、工作倦怠、心理健康、风险态度均显著影响不安全行为。相较于年轻矿工,风险态度、心理健康、工作倦怠对年长矿工工作能力的影响更大,学历、安全知识对年长矿工不安全行为的影响更大。
- 2) 企业可从上述维度入手,构建年长矿工动态能力与不安全行为风险评价体系,并采取差异化、个性化的管理措施,以降低年长矿工人数占比增加所带来的劳动力结构性安全风险。
- 3) 所采集的数据主要来源于国有煤矿企业,其代表性可能受到企业管理风格及矿井作业条件等因素的限制。未来研究可进一步扩大数据采集范围,纳入不同所有制类型下的煤矿工人样本。

参考文献

- [1] 国家统计局. 第五次全国经济普查公报(第三号):第二产业基本情况[EB/OL]. (2024-12-26). https://www.stats.gov.cn/sj/zxfb/202412/t20241226_1957895.html.
- [2] BRAVO G, VIVIANI C, LAVALIERE M, et al. Do older workers suffer more workplace injuries? a systematic review[J]. *International Journal of Occupational Safety and Ergonomics*, 2022, 28(1): 398-427.
- [3] 田方圆, 陈祖杰, 李红霞. 基于 SOR 理论的快递员不安全行为影响因素分析及管理对策[J]. *中国安全科学学报*, 2025, 35(9): 1-9.
TIAN Fangyuan, CHEN Zujie, LI Hongxia. Analysis of influencing factors and management countermeasures of unsafe behaviors of couriers based on SOR theory[J]. *China Safety Science Journal*, 2025, 35(9): 1-9.
- [4] 王海军, 齐庆杰, 梁运涛, 等. 我国煤矿重特大事故统计分析及对策建议[J]. *中国安全科学学报*, 2024, 34(9): 9-18.
WANG Haijun, QI Qingjie, LIANG Yuntao, et al. Statistical analysis and countermeasures of major accidents in coal mines in China[J]. *China Safety Science Journal*, 2024, 34(9): 9-18.
- [5] LU Peng, CHAN A H S. A meta-analysis of the relationship between ageing and occupational safety and health[J]. *Safety Science*, 2019, 112: 162-172.
- [6] KOOIJ D T A M, DE LANGE A H, JANSEN P G W, et al. Age and work-related motives: results of a meta-analysis[J]. *Journal of Organizational Behavior*, 2011, 32(2): 197-225.
- [7] 赫宸, 刘浏, 金洋, 等. 建筑工人老龄化现状与应对措施[J]. *城市建筑空间*, 2022, 29(1): 33-35.
- [8] FONTANEDA I, LÓPEZ M A C, ALCÁNTARA O J G, et al. Construction accidents in Spain: implications for an aging workforce[J]. *BioMed Research International*, 2022, 2022: DOI:10.1155/2022/9952118.
- [9] FISHER J D, FISHER W A, AMICO K R, et al. An information-motivation-behavioral skills model of adherence to antiretroviral therapy[J]. *Health Psychology*, 2006, 25(4): 462-473.
- [10] MEHRI A, HOSSEINI Z S, DAVARZANI A, et al. The role of education in promoting safe motorcycle riding behaviors among Iranian students: an application of the protection motivation theory and the information-motivation-behavioral skills model[J]. *Journal of Education and Community Health*, 2022, 9(3): 176-183.
- [11] 纪孝康, 王洁, 李慧玲, 等. 基于 IMB 模型的公务机乘客不安全行为干预策略研究[J]. *安全*, 2021, 42(11): 45-50.
JI Xiaokang, WANG Jie, LI Huiling, et al. Research on intervention strategies for unsafe behavior of business aircraft passenger based on IMB model[J]. *Safety & Security*, 2021, 42(11): 45-50.
- [12] LIANG Yiqing, CAO Songmei, XU Huiling, et al. Apply the information-motivation-behavioral model to explore the relationship between oral health literacy and oral health behaviors among community-dwelling older adults[J]. *BMC Public Health*, 2024, 24: DOI:10.1186/s12889-024-20697-1.
- [13] ZHENG Xiazhong, WANG Yu, CHEN Yun, et al. Influence of safety experience and environmental conditions on site hazard identification performance[J]. *Buildings*, 2023, 13: DOI:10.3390/buildings13010251.
- [14] 寇猛. 矿工安全行为能力差异的实验测量研究[J]. *矿业安全与环保*, 2018, 45(1): 74-76, 80.
KOU Meng. Experimental research on the difference of miners' safety behavior[J]. *Mining Safety & Environmental Protection*, 2018, 45(1): 74-76, 80.
- [15] 李凌超, 寇钰卓. 煤矿安全事故分析及预防对策[J]. *中国安全科学学报*, 2022, 32(增 2): 206-210.
LI Lingchao, KOU Yuzhuo. Analysis and preventive measures of coal mine safety accidents[J]. *China Safety Science Journal*, 2022, 32(S2): 206-210.
- [16] 梁振东, 刘海滨. 个体特征因素对不安全行为影响的 SEM 研究[J]. *中国安全科学学报*, 2013, 23(2): 27-33.
LIANG Zhendong, LIU Haibin. A SEM study on the influence of individual characteristics on unsafe behavior[J]. *China Safety Science Journal*, 2013, 23(2): 27-33.
- [17] 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.
YE Gui, DUAN Shuailiang, WANG Hongxia. Study on occurrence mechanism of unsafe behaviors for construction workers[J]. *Journal of Safety Science and Technology*, 2015, 11(2): 170-177.
- [18] 王艳双, 陈莉莉, ZHANG Ophelie, 等. 新能源风电一线人员心理状态与安全感知状况[J]. *中国安全科学学报*, 2024, 34(增 1): 27-32.
WANG Yanshuang, CHEN Lili, ZHANG Ophelie, et al. Psychological state and safety perception of frontline workers in new energy wind power industry[J]. *China Safety Science Journal*, 2024, 34(S1): 27-32.
- [19] 郭焘, 王祥尧, 邱思然. 矿工心理健康风险及不安全行为: 基于文化圈层理论的量化研究[J]. *中国安全科学学报*, 2021, 31(增 1): 129-135.
GUO Tao, WANG Xiangyao, QIU Siran. Psychological health risks and unsafe behavior among miners: a quantitative study based on cultural circle theory[J]. *China Safety Science Journal*, 2021, 31(S1): 129-135.
- [20] TIAN Fangyuan, QIU Weishuai, LI Hongxia, et al. A multimodal physiological-psychological data-driven study on differentiation in miners' job burnout and risk preferences[J]. *Frontiers in Psychology*, 2024, 15: DOI:10.3389/fpsyg.2024.1438772.

- [21] 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.
- [22] 刘晋, 何漠然, 沈浩, 等. 建筑工人外显-内隐风险态度关系及其对不安全行为的影响[J]. 安全与环境工程, 2024, 31(5): 1-7.
LIU Jin, HE Moran, SHEN Hao, et al. The relationship between explicit-implicit risk attitudes and their impact on unsafe behavior among construction workers[J]. Safety and Environmental Engineering, 2024, 31(5): 1-7.
- [23] MOHAJERI M, ARDESHIR A, BANKI M T, et al. Discovering causality patterns of unsafe behavior leading to fall hazards on construction sites[J]. International Journal of Construction Management, 2022, 22(15): 3 034-3 044.
- [24] ILMARINEN J. Work ability-a comprehensive concept for occupational health research and prevention[J]. Scandinavian Journal of Work, Environment & Health, 2009, 35(1): 1-5.
- [25] DENG Shuwen, ZHU Honglei, PENG Rui, et al. Development and validation of a cognitive model-based novel questionnaire for measuring potential unsafe behaviors of construction workers[J]. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics, 2022, 28(4): 2 566-2 573.
- [26] 叶龙, 刘怡彤, 郭名, 等. 年长员工相对剥夺感对知识隐藏行为的影响:组织心理所有权和年龄刻板印象威胁的作用[J]. 中国人力资源开发, 2023, 8(8): 6-22.
YE Long, LIU Yitong, GUO Ming, et al. The effect of relative deprivation on knowledge hiding behavior of older employees: the role of organizational psychological ownership and age stereotype threat [J]. Human Resources Development of China, 2023, 8(8): 6-22.
- [27] 李明. 以工作能力为核心 注重专业课教学设计[J]. 机械职业教育, 2007(10): 5-7.
- [28] 杨振宏, 赵双静, 张梦洁, 等. 建筑工人安全意识影响因素的主成分分析[J]. 安全与环境学报, 2020, 20(1): 163-168.
YANG Zhenhong, ZHAO Shuangjing, ZHANG Mengjie, et al. Principal component analysis of the influencing factors of safety awareness of construction workers[J]. Journal of Safety and Environment, 2020, 20(1): 163-168.
- [29] 马来记. 工作能力指数(WAI)调查表[J]. 劳动医学, 2000(2): 128-129.
- [30] STOCHL J, FRIED E I, FRITZ J, et al. On dimensionality, measurement invariance, and suitability of sum scores for the PHQ-9 and the GAD-7[J]. Assessment, 2022, 29(3): 355-366.
- [31] SCHUTTE N, TOPPINEN S, KALIMO R, et al. The factorial validity of the maslach burnout inventory-general survey (MBI-GS) across occupational groups and nations[J]. Journal of Occupational and Organizational Psychology, 2000, 73(1): 53-66.
- [32] 刘晋, 沈浩, 刘卓慧, 等. 风险态度量表的中文版修订及应用[J]. 中国安全科学学报, 2022, 32(10): 25-30.
LIU Jin, SHEN Hao, LIU Zhuohui, et al. Revision and application of the Chinese version of the risk attitude scale[J]. China Safety Science Journal, 2022, 32(10): 25-30.
- [33] BASAHEL A M. Safety leadership, safety attitudes, safety knowledge and motivation toward safety-related behaviors in electrical substation construction projects[J]. International Journal of Environmental Research and Public Health, 2021, 18(8): DOI:10.3390/ijerph18084196.
- [34] AZIMI R, AL SULAIMAN S, YAZDANIRAD S, et al. The role of resilience as a key player in mitigating job burnout's impact on workplace safety[J]. Scientific Reports, 2024, 14: DOI:10.1038/s41598-024-68042-1.
- [35] DERDOWSKI L A, MATHISEN G E. Psychosocial factors and safety in high-risk industries: a systematic literature review[J]. Safety Science, 2023, 157: DOI:105948. 10.1016/j.ssci.2022.105948.

作者简介: 田方圆 (1990—),女,陕西西安人,博士,副教授,主要从事安全、管理、认知神经和工效学视域下的安全人因工程、应急管理和职业安全与健康等方面的研究。E-mail: tfy@xust.edu.cn。