

中文引用格式:张哲,赵开功,郑昀,等.基于重载机车乘务员的职业安全健康心理分析[J].中国安全科学学报,2024,34(增刊1):21-26.

英文引用格式:ZHANG Zhe, ZHAO Kaigong, ZHENG Yun, et al. Occupational safety and psychological health analysis of heavy-haul locomotive crew[J]. China Safety Science Journal, 2024, 34(S1):21-26.

## 基于重载机车乘务员的职业安全健康心理分析\*

张哲<sup>1</sup>高级工程师,赵开功<sup>\*\*1,2</sup>高级工程师,郑昀<sup>3</sup>正高级工程师,

孟婷<sup>4</sup>工程师,李长明<sup>2</sup>工程师,李严肃<sup>2</sup>工程师

(1 国家能源投资集团有限责任公司 安全环保监察部,北京 100011; 2 中国矿业大学(北京)

应急管理与安全工程学院,北京 100083; 3 北京市职业病防治研究院,北京 100093;

4 国能朔黄铁路发展有限公司 机辆公司,河北 沧州 061100)

中图分类号:X911

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2024.S1.0021

**【摘要】**为保障重载机车乘务员的心理健康,探究重载铁路机车乘务员的心理健康水平及影响因素,抽样调查机车乘务员的健康和绩效数据。提取安全绩效对应的心理健康特征,制定乘务员心理标准,并收集和统计抽样对象的特征值,分析各影响因素。结果表明:重载机车乘务员安全态度和安全思想显著高于其他岗位群体,其心理状态与受教育程度成正相关关系,与睡眠质量成负相关关系;开展重载机车乘务员心理状态评估有助于常态化监测心理健康;构建关键岗位人员职业全周期心理健康指标,为重载机车乘务员心理健康提供一种创新的评价方法,也可为其他工矿企业中关键岗位群体的心理健康评估提供借鉴。

**【关键词】**铁路运输; 重载机车; 乘务员; 心理健康; 抽样调查

### Occupational safety and psychological health analysis of heavy-haul locomotive crew

ZHANG Zhe<sup>1</sup>, ZHAO Kaigong<sup>1,2</sup>, ZHENG Yun<sup>3</sup>, MENG Ting<sup>4</sup>, LI Changming<sup>2</sup>, LI Yansu<sup>2</sup>

(1 Safety and Environmental Protection Supervision Department, National Energy Investment Group Co., Ltd., Beijing 100011, China; 2 School of Emergency Management and Safety Engineering, China University of Mining and Technology (Beijing), Beijing 100083, China; 3 Beijing Institute of Occupational Disease Prevention and Control, Beijing 100093, China; 4 Jiliang Company, Guoneng Shuohuang Railway Development Co., Ltd., Cangzhou Hebei 061100, China)

**Abstract:** In order to protect the psychological health of heavy-haul locomotive crew and explore the level of psychological health and influencing factors of heavy-haul locomotive crew, a sampling survey was conducted on the health and performance data of locomotive crew. First, the psychological health characteristics corresponding to safety performance were extracted, and psychological standards for the crew were developed. Then, the characteristics of the sampling objects were collected and counted, and influencing factors were analyzed. The results show that the safety attitude and safety thinking of heavy-haul locomotive crew are significantly higher than those of other job groups. At the same time, the psychological state of the heavy-haul locomotive crew is positively correlated with their level of education and negatively

\* 文章编号:1003-3033(2024)S1-0021-06; 收稿日期:2024-02-23; 修稿日期:2024-04-07

\*\* 通信作者:赵开功(1981—),男,山东济宁人,博士,高级工程师,主要从事应急救援、职业健康、安全信息化和安全生产理论与技术等方面的研究。E-mail:smilelevel@163.com.

correlated with their sleep quality. Meanwhile, conducting psychological state assessments for the heavy-haul locomotive crew is helpful for normalizing psychological health monitoring. By constructing a full-cycle psychological health indicator for key positions, a new method for evaluating the psychological health of heavy-haul locomotive crew is developed, and it can serve as a reference for other industrial and mining enterprises to evaluate the psychological health of key position groups.

**Keywords:** railway transportation; heavy-haul locomotive; crew; psychological health; sampling inspection

## 0 引言

据统计,2023年我国(不含港澳台地区)一次能源消费结构中,煤炭消费占55.3%<sup>[1]</sup>。但我国煤炭资源分布不均,需要依靠铁路运输进行能源调配<sup>[2]</sup>。铁路运输乘务员的心理健康影响着铁路安全,重载机车乘务员容易出现睡眠缺失和生物节律紊乱的情况,对铁路运输产生不利影响。因此,有必要开展铁路重载机车乘务员心理健康及其影响因素研究。

重载机车乘务员面临的高心理素质要求和单调的工作环境加剧了乘务员心理健康不佳的风险。高崇阳等<sup>[3]</sup>通过问卷调查量化评估重载机车乘务员的安全心理过程。李敬强等<sup>[4]</sup>调查发现机车控制人员更重视生存和安全需求,在工资收入、休息休假和生活条件等方面满意度低,平衡性差。曹煜红等<sup>[5]</sup>测量机车乘务员的心理健康状态,发现他们的心理健康水平低于国内常模。姜一洲等<sup>[6]</sup>使用焦虑自评量表、抑郁自评量表,发现乘务员的年龄、工作年限和居住环境等外部因素成为影响其心理健康的主要因素。王建青等<sup>[7]</sup>针对141名重载机车乘务员的统计分析也印证了这一比较结果。卫晋红等<sup>[8]</sup>统计分析重载机车乘务员的心血管功能,发现这一群体的心血管功能因工作性质而受到负面影响。宁维卫等<sup>[9]</sup>总结近年的研究,发现乘务员心理健康现状不容乐观,且心理健康水平低于全国常模。伍娜等<sup>[10]</sup>研究发现,在众多影响因素中,员工的心理韧性对个人的压力源与安全行为之间的关系具有调节作用。

目前已有对铁路机车乘务员职业健康状态的研究往往从单一角度出发,忽视了职业健康的综合性,笔者从一般心理健康状态、生理状态、心理状态和安全特征4个方面,对重载铁路乘务员心理健康的影响因素进行探究,并根据评估结果对职业健康安全健康心理提出针对性的政策建议,以期保障重载机车乘务员的心理健康。

## 1 理论框架与测量工具

### 1.1 理论框架

分析重载机车乘务员职业健康安全健康心理状态的4组一级指标分别是一般心理健康状态、生理状态、心理状态和安全特征。一般心理健康状态包含生活满意度、工作满意度、工作家庭冲突和社会支持4个二级指标。生理状态包括疲劳、睡眠、躯体症状和饮酒4个二级指标。心理状态包括情感、倦怠、抑郁和焦虑4个二级指标。安全特征包括安全态度、安全氛围和安全行为3个二级指标。

### 1.2 测量工具

1) 一般心理状态测量工具。包含生活满意度、工作满意度、工作家庭冲突和社会支持4个部分,分别采用Diener量表<sup>[11]</sup>、Judge量表<sup>[12]</sup>、Netemeyer量表<sup>[13]</sup>和Zimet量表<sup>[14]</sup>。

2) 生理状态指标测量工具。包括疲劳、睡眠、躯体症状和饮酒4个部分,分别采用陈华英量表<sup>[15]</sup>、PSQI量表<sup>[16]</sup>、SCL-90量表中的躯体化子量表<sup>[17]</sup>和AUDIT-C量表<sup>[18]</sup>开展测量。

3) 心理状态指标测量工具。包含情感、倦怠、抑郁和焦虑,分别采用PANAS量表<sup>[19]</sup>、MBI-GS量表<sup>[20]</sup>、SDS量表<sup>[21]</sup>和SAS量表<sup>[22]</sup>。

4) 安全特征指标测量工具。设置为态度、氛围和行为,分别采用一般安全态度和安全妥协量表<sup>[23]</sup>、安全氛围量表和安全行为量表<sup>[24]</sup>。重载机车乘务员职业健康安全心理评估框架见表1。

## 2 研究实例

### 2.1 样本情况

抽样对象为某铁路运输公司重载机车乘务员,共769人。样本情况统计见表2。

### 2.2 测量工具信度和效度分析

借助SPSS完成对数据的信度和效度分析。总体而言,各量表的信效度良好。一般心理状态量表信度范围为0.77~0.95,与相应校标相关达0.3

表 1 重载机车乘务员职业健康安全心理评估框架

Table 1 Framework for occupational safety and psychological health assessment of heavy-haul locomotive crew

准则层	指标层
一般心理健康状态	生活满意度
	工作满意度
	工作家庭冲突
	社会支持
生理状态	疲劳
	睡眠
	躯体症状
	饮酒
心理状态	情感
	倦怠
	抑郁
	焦虑
安全特征	安全态度
	安全氛围
	安全行为

表 2 样本情况统计表

Table 2 Sample statistics

变量		样本量	百分比/%
年龄	18~25	123	16.04
	26~30	198	25.81
	31~35	312	40.68
	36及以上	134	17.47
教育水平	高中/中专	255	33.16
	大专/职大	393	51.11
	本科及以上	121	15.73
婚姻状态及子女数量	未婚	227	29.91
	已婚无子女	77	10.14
	已婚1个子女	273	35.97
	已婚2个及以上子女	182	23.98
驾驶等级	学员	65	8.45
	学习司机	244	31.73
	万t司机	268	34.85
	2万t司机	192	24.97

以上。生理状态量表除睡眠外,各量表信度范围为 0.60~0.95,与相应校标相关达 0.17 以上。睡眠量表信度较低的原因可能由于火车司机睡眠不规律,在主观填写关于睡眠时间相关问题时,无法给出稳定的答案。心理状态量表信度范围为 0.84~0.96,与相应相关达 0.45 以上。

### 3 研究结果

#### 3.1 描述性统计结果与常模建立

抽样调查统计结果与总体常模见表 3。

表 3 统计结果与总体常模

Table 3 Statistical results and overall norms

指标	均值	标准差
生活满意度	18.71	6.56
工作满意度	13.86	4.02
工作家庭冲突	27.09	8.04
社会支持	54.82	15.55
睡眠	8.68	3.36
躯体症状	1.39	0.95
疲劳	58.74	14.41
酒精使用行为	2.27	2.33
情感平衡	4.20	11.43
抑郁	0.60	0.11
焦虑	57.19	13.32
倦怠	57.69	12.89
情绪稳定性	25.10	5.14
责任心	29.15	4.82
核心自我评价	31.22	6.06
心理弹性	31.70	7.72
压力心态	43.82	8.57
正念注意觉知	53.97	14.27
悖论思维	27.35	6.63
安全氛围	39.37	9.50
安全态度	34.37	6.94
安全行为	23.99	5.13
安全依从	12.36	2.68
安全参与	11.63	2.70

#### 3.2 与现有常模对比结果

心理卫生量表手册<sup>[25]</sup>中对于焦虑自评量表的 中国正常人常模分数为总分均值  $29.78 \pm 0.46$ ,重载机车乘务员的焦虑总分均值为  $57.19 \pm 13.32$ ,焦虑程度明显高于全国常模。心理卫生量表手册中正负情感量表的平均分为 6.7 分,重载机车乘务员的情感平衡均分为 4.2 分,心理满意程度低于美国常模。

基于金华等<sup>[26]</sup>对 SCL-90 的常模(1 388 人) 调查数据,躯体化均分为  $1.37 \pm 0.48$ ;基于童辉杰<sup>[27]</sup>对常模的调查结果,躯体化均分为  $1.42 \pm 0.44$ 。重载机车乘务员的该项均分为  $1.39 \pm 0.95$ ,躯体化严重程度高于 1986 年全国常模,但低于 2006 年全国常模。与铁路乘务员常模比较,铁路乘务员躯体化均分为  $1.72 \pm 0.66$ ,重载机车乘务员的躯体化严重程度低于铁路货车常模。

基于自评抑郁量<sup>[28]</sup>表评分标准,重载机车乘务员的抑郁总分均值为 0.60,处于较严重抑郁状态。基于 PSQI 量表评分<sup>[29]</sup>标准,重载机车乘务员的 PSQI 总分为 8.68,说明睡眠质量不好。

#### 3.3 不同年龄群体的分析结果

1) 一般心理状态。一般心理状态各量表得分

如图 1 所示,一般心理状态各量表在年龄间均无显著差异。

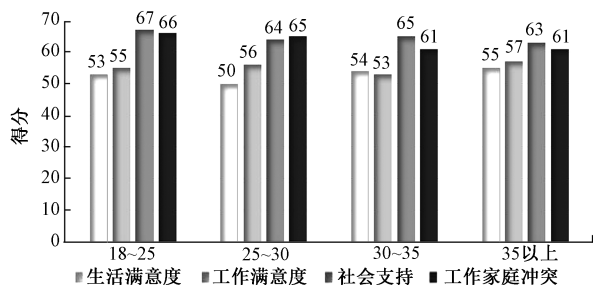


图 1 一般心理状态在不同年龄群体间的差异

Fig.1 Differences in general psychological states across different age groups

2) 生理状态。生理状态各量表得分如图 2 所示,生理状态各量表在年龄间均无显著差异。

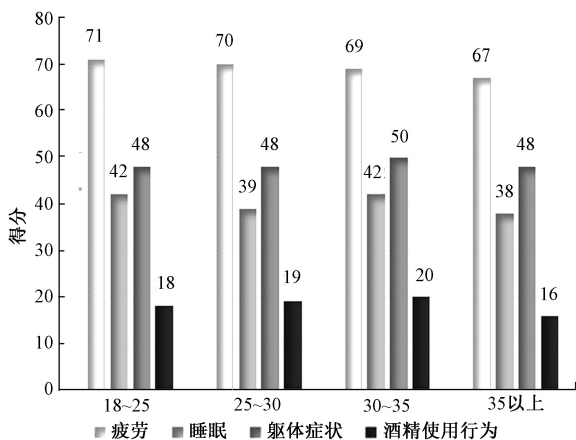


图 2 生理状态在不同年龄群体间的差异

Fig.2 Differences in physiological states across different age groups

3) 心理状态。心理状态各量表得分如图 3 所示,可见心理状态各量表在年龄间均无显著差异。

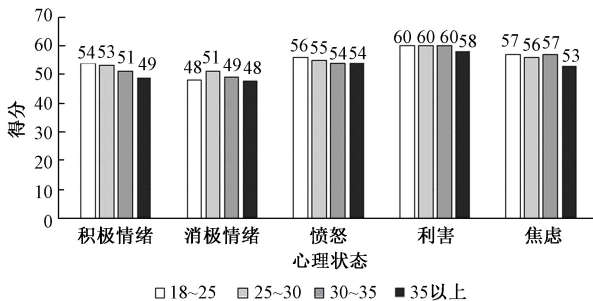


图 3 心理状态在不同年龄群体间的差异

Fig.3 Differences in psychological states across different age groups

4) 安全特征。安全特征各量表得分如图 4 所示,安全特征各量表在年龄间均无显著差异。

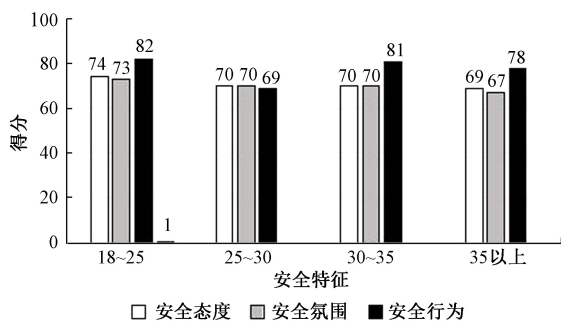


图 4 安全特征在不同年龄群体间的差异

Fig.4 Differences in safety characteristics across different age groups

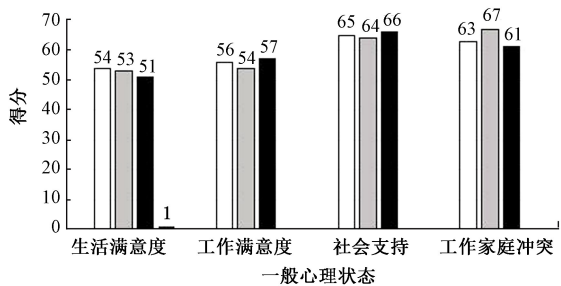


图 5 一般心理状态在不同受教育群体间的差异

Fig.5 Differences in general psychological states among people with different levels of education

### 3.4 不同受教育水平群体的分析结果

1) 一般心理状态。一般心理状态各量表得分如图 5 所示,一般心理状态各量表在受教育水平间均无显著差异。

2) 生理状态。生理状态各量表得分如图 6 所示,生理状态各量表在受教育水平间除疲劳外均无显著差异。但不同受教育水平群体在疲劳间存在显著差异。联合假设检验  $F(2, 766) = 3.40$ ,  $p$  值为 0.034, 偏  $\eta^2$  为 0.009。

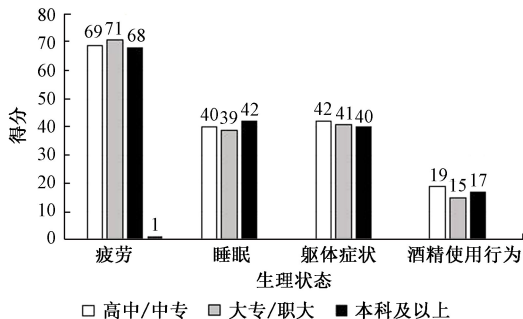


图 6 生理状态在不同受教育群体间的差异

Fig.6 Differences in physiological states among people with different levels of education

3) 心理状态。心理状态各量表得分如图 7 所示,心理状态各量表在受教育水平间均无显著差异。

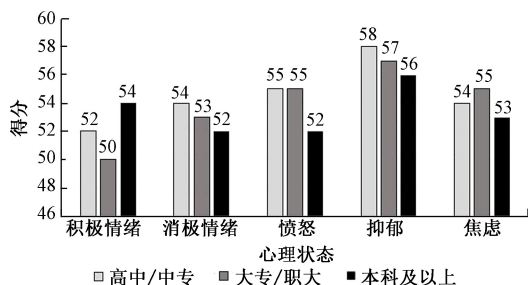


图 7 心理状态在不同受教育群体间的差异

Fig.7 Differences in psychological states among people with different levels of education

3.77,  $p=0.024$ , 偏  $\eta^2=0.010$ 。安全行为在受教育水平间差异显著,  $F(2, 766) = 7.83$ ,  $p < 0.001$ , 偏  $\eta^2=0.020$ 。

## 4 结 论

1) 通过对重载机车乘务员职业安全健康心理的统计分析, 发现受教育程度影响安全意识和安全心理状态。与高等教育本科以上学历的群体相比, 本科以下群体疲劳水平更高, 责任心更差, 安全态度与安全行为程度更低。

2) 重载机车乘务员安全态度和安全思想显著高于其他岗位群体。2 万 t 机车乘务员岗位与其他岗位相比, 其心理状态和疲劳程度较好, 安全责任心、心理弹性和核心自我评价较高。

3) 重载机车乘务员睡眠质量改善有助于心理健康。与全国常模相比, 其躯体化症状严重程度低于全国常模, 睡眠质量不高。未婚群体睡眠状态最差, 已婚群体子女数量越多, 睡眠质量越差。心理满意程度低于美国常模, 抑郁程度较高, 焦虑状态高于全国常模。

4) 安全特征。安全特征各量表得分如图 8 所示, 安全态度在受教育水平间差异显著,  $F(2, 766) =$

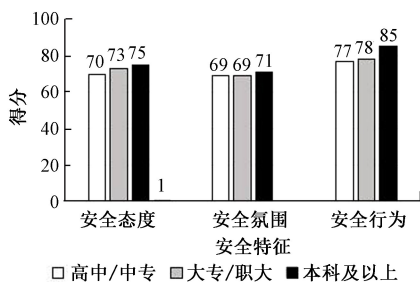


图 8 安全特征在不同受教育群体间的差异

Fig.8 Differences in safety characteristics among people with different levels of education

## 参 考 文 献

- [1] 赵开功, 李彦平. 我国煤炭资源安全现状分析及发展研究[J]. 煤炭工程, 2018, 50(10): 185-189.  
ZHAO Kaigong, LI Yanping. Analysis and development suggestion for coal resources safety in China[J]. Coal Engineering, 2018, 50(10): 185-189.
- [2] 王晖, 赵开功, 张晓蕾, 等. 基于能源保供的黄河流域煤炭资源开发与产量预测分析[J]. 中国煤炭, 2024, 50(4): 13-19.  
WANG Hui, ZHAO Kaigong, ZHANG Xiaolei, et al. Analysis of coal resource development and production prediction in the Yellow River Basin based on energy supply guarantee[J]. China Coal, 2024, 50(4): 13-19.
- [3] 高崇阳, 邵辉, 张志鹏. 基于可拓优度的电力建设工人安全心理过程风险评价[J]. 安全与环境工程, 2018, 25(1): 70-75.  
GAO Chongyang, SHAO Hui, ZHANG Zhipeng. Risk assessment of safety psychological process for electric power construction workers based on extension superiority[J]. Safety and Environmental Engineering, 2018, 25(1): 70-75.
- [4] 李敬强, 王勇, 张毕勇, 等. 管制员心理平衡状态和职业适应性调查与分析[J]. 安全与环境工程, 2017, 24(4): 94-99.  
LI Jingqiang, WANG Yong, ZHANG Biyong, et al. Investigation and analysis of psychological balance state and professional adaptability of air traffic controllers[J]. Safety and Environmental Engineering, 2017, 24(4): 94-99.
- [5] 曹煜红, 任领华, 仇丽霞, 等. 某铁路局火车司机心理健康状况的调查[J]. 工业卫生与职业病, 2011, 37(3): 167-169.
- [6] 姜一洲, 李志强, 章卫俊, 等. 基于 SAS/SDS 的桥隧施工人员心理因素对作业安全的影响分析[J]. 安全与环境工程, 2016, 23(3): 96-101.  
JIANG Yizhou, LI Zhiqiang, ZHANG Weijun, et al. Influence analysis of psychological factors of bridge & tunnel builders on operation safety based on SAS/SDS[J]. Safety and Environmental Engineering, 2016, 23(3): 96-101.
- [7] 王建青, 孙学礼, 赵毓仙, 等. 141 名重载机车乘务员疲劳状况调查[J]. 工业卫生与职业病, 2015, 41(3): 166-169.  
WANG Jianqing, SUN Xueli, ZHAO Yuxian, et al. 141 Investigation of fatigue condition in heavy haul locomotive crew[J]. Industrial Health and Occupational Diseases, 2016, 23(3): 96-101.
- [8] 卫晋红, 刘春艳, 王建青. 重载机车乘务员心血管功能调查与分析[J]. 铁路节能环保与安全卫生, 2016, 6(1): 44-46.
- [9] 宁维卫, 罗维惟, 刘媛媛. 列车驾驶员心理健康状况初步调查与建议[J]. 西南交通大学学报: 社会科学版, 2019, 20(6): 93-103.  
NING Weiwei, LUO Weiwei, LIU Yuanyuan, et al. Analysis of the mental health status of train drivers[J]. Journal of

- Southwest Jiaotong University: Social Sciences, 2019,20(6):93-103.
- [10] 伍娜,聂磊.工作压力对现场施工人员安全行为的影响:心理韧性调节的作用[J].安全与环境工程,2020,27(6):119-125.  
WU Na, NIE Lei. Influence of job stress on construction personnel' safety behaviors: the moderating role of psychological resilience[J]. Safety and Environmental Engineering, 2020,27(6):119-125.
- [11] 李慧. 铁路机车乘务员人格特质及其对工作绩效的影响研究[D].北京:北京交通大学,2014.  
LI Hui. Research on personality trait of railway locomotive crew and the influence on job performance[D]. Beijing Jiaotong University, 2014.
- [12] 卢嘉,时劫,杨继锋.工作满意度的评价结构和方法[J].中国人力资源开发,2001(1):15-17.
- [13] 贾改妮,蒋方,杨明,等.煤矿井下不同作业场所的职业健康损害研究[J].中国安全科学学报,2023,33(4):221-229.  
JIA Gaini, JIANG Fang, YANG Ming, et al. Research on occupational health damage in different working places in underground coal mine[J]. China Safety Science Journal, 2023,33(4):221-229.
- [14] 刘继文,李富业,连玉龙.社会支持评定量表的信度效度研究[J].新疆医科大学学报,2008(1):1-3.  
LIU Jiwen, LI Fuye, LIAN Yulong. Investigation of reliability and validity of the social support scale[J]. Journal of Xinjiang Medical University, 2008(1):1-3.
- [15] 陈华英,王卫红.中文版同情疲劳量表的信度、效度研究[J].中国护理管理,2013,13(4):39-41.  
CHEN Huaying, WANG Weihong. Reliability and validity of the Chinese version of the compassion fatigue scale[J]. Chinese Nursing Management, 2013,13(4):39-41.
- [16] 李建明.睡眠状况自评量表(SRSS)简介[J].中国健康心理学杂志,2012,20(12):1851.
- [17] 陈蕾. 癌症患者心身状态量表的编制及相关研究[D].广东药学院,2014.  
CHEN Lei. Establishment of psychosomatic status scale for cancer patients and related research [D]. Guangdong Pharmaceutical University, 2014.
- [18] 杨会芹,姚树桥,朱熊兆,等.Barratt 冲动量表中文版用于中学生的信度、效度分析[J].中国临床心理学杂志,2007(1):4-6, 12.  
YANG Huiqin, YAO Shuqiao, ZHU Xiongzhao, et al. The Chinese version of the Barratt impulsiveness scale, 11th version (BIS-11) in adolescents: its reliability and validity[J]. Chinese Journal of Clinical Psychology, 2007(1):4-6, 12.
- [19] 邱林,郑雪,王雁飞.积极情感消极情感量表(PANAS)的修订[J].应用心理学,2008,14(3):249-254,268.  
QIU Lin, ZHENG Xue, WANG Yanfei. Revision of the positive affect and negative affect scale[J]. Chinese Journal of Applied Psychology, 2008,14(3):249-254,268.
- [20] 吴松,孙鹏依,柴文浩,等.阿舍勒铜业职业安全健康管理模式构建与应用[J].中国安全科学学报,2023,33(9):18-24.  
WU Song, SUN Pengyi, CHAI Wenhao, et al. Construction and application of occupational safety and health management model in Ashele copper industry[J]. China Safety Science Journal, 2023,33(9):18-24.
- [21] 王春芳,蔡则环,徐清.抑郁自评量表—SDS 对 1340 例正常人评定分析[J].中国神经精神疾病杂志,1986(5):267-268.
- [22] 孙振晓,刘化学,焦林瑛,等.医院焦虑抑郁量表的信度及效度研究[J].中华临床医师杂志:电子版,2017,11(2):198-201.  
SUN Zhenxiao, LIU Huaxue, JIAO Linying, et al. Reliability and validity of hospital anxiety and depression scale[J]. Chinese Journal of Clinicians: Electronic Edition, 2017,11(2):198-201.
- [23] 黄国贤,刘锦华,刘新霞,等.中文版职业安全态度量表编制及信效度评价[J].中国公共卫生,2015,31(10):1317-1320.  
HUANG Guoxian, LIU Jinhua, LIU Xinxia, et al. Development and validity and reliability assessment of a scale of work safety attitude-chinese version[J]. Chinese Journal of Public Health, 2015,31(10):1317-1320.
- [24] 张吉广,张伶.安全氛围对企业安全行为的影响研究[J].中国安全生产科学技术,2007(1):106-110.  
ZHANG Jiguang, ZHANG Ling. Study on the influence of enterprise safety climate on enterprise safety behavior[J]. Journal of Safety Science and Technology, 2007(1):106-110.
- [25] 周刚. 人的安全行为模式分析与评价研究[D].青岛:山东科技大学,2006.  
ZHOU Gang. Analysis and assessment research for human safety behaviour model[D]. Qingdao: Shandong University of Science and Technology, 2006.
- [26] 金华,吴文源,张明园.中国正常人 SCL-90 评定结果的初步分析[J].中国神经精神疾病杂志,1986(5):260-263.
- [27] 童辉杰.心理健康的测量与评估:大学生与成人及住院病人的纵向横向研究[J].心理科学,2006(2):419-422.  
TONG Huijie. The Measurement and assessment of mental health: a longitudinal and cross-sectional research on undergraduates, adults and patients[J]. Journal of Psychological Science, 2006(2):419-422.
- [28] 段泉泉,胜利.焦虑及抑郁自评量表的临床效度[J].中国心理卫生杂志,2012,26(9):676-679.  
DUAN Quanquan, SHENG Li. Differential validity of SAS and SDS among psychiatric non-psychotic outpatients and their partners[J]. Chinese Mental Health Journal, 2012,26(9):676-679.
- [29] 路桃影,李艳,夏萍,等.匹兹堡睡眠质量指数的信度及效度分析[J].重庆医学,2014,43(3):260-263.  
LU Taoying, LI Yan, XIA Ping, et al. Analysis on reliability and validity of the Pittsburgh sleep quality index[J]. Chongqing Medical Journal, 2014,43(3):260-263.

作者简介: 张哲 (1975-),男,陕西西安人,本科,高级工程师,主要从事安全生产和职业安全健康管理方面的研究。E-mail: 10514714@ceic.com。