

论著 DOI: 10.16369/j.oher.issn.1007-1326.2025.240262

· 调查研究 ·

# 基于贝叶斯法的某石油化工企业男性员工失眠影响因素及多重中介路径分析

曾钊惟<sup>1</sup>, 马景璇<sup>2</sup>, 兰亚佳<sup>2</sup>, 黄磊<sup>2</sup>, 王洪键<sup>1</sup>, 王娟<sup>3</sup>

1. 四川大学华西公共卫生学院/华西第四医院流行病与卫生统计学系, 四川 成都 610000; 2. 四川大学华西公共卫生学院/华西第四医院劳动卫生与环境卫生学系, 四川 成都 610000; 3. 四川大学华西公共卫生学院/华西第四医院体检中心, 四川 成都 610000

**摘要:**目的 探索石油化工企业男性员工失眠情况, 寻找失眠的影响因素, 促进石油化工行业工人身心健康。方法 以 2018—2021 年四川省某石油化工企业参加职业健康检查的 866 名男性职工为研究对象。采用基本信息问卷、《Weinstein 噪声敏感性量表》(WNS)、《抑郁-焦虑-压力量表 (21 项版)》(DASS-21) 中的紧张分量表、《阿森斯失眠量表》(AIS-8) 开展问卷调查, 建立贝叶斯多层次回归模型和多重中介模型, 分析工人失眠的相关影响因素及中介路径。结果 2018—2021 年该石油化工企业员工的失眠率在 39.33% ~ 49.04% 之间, 整体呈下降趋势。贝叶斯线性回归模型显示: 噪声敏感性越强、月收入 and 学历越高、有锻炼习惯、有兼职岗位、暴露情况越复杂, 失眠得分越低; 职业紧张水平高、一线岗位、夜班次数多、午睡次数少、居住状况差、自觉岗位噪声大、每天接噪时间多及有饮酒习惯, 则失眠得分也较高。各变量的后验概率分布显示: 每天接触噪声时间 (99.8%)、自我报告的工作岗位噪声暴露 (98.0%) 和职业紧张度 (100%) 是导致失眠得分增加的重要预测因子; 噪声敏感性 (100%)、教育程度 (98.0%)、规律性的体育活动 (99.2%) 和职业暴露情况 (94.3%) 通常与较低的失眠得分紧密相关。多重中介效应模型表明, 自觉岗位噪声、职业紧张在岗位和失眠之间存在多重中介效应, 中介效应占总效应的 65.45%。3 条间接路径分别是: 岗位 → 自觉岗位噪声 → 失眠; 岗位 → 职业紧张 → 失眠; 岗位 → 自觉岗位噪声 → 职业紧张 → 失眠。结论 该石油化工企业员工失眠率较高。要重视职业紧张在岗位与失眠之间的重要中介作用, 加强噪声控制管理, 缓解工作压力, 改善工作、宿舍条件, 推广健康生活方式, 保护劳动者身心健康。

**关键词:** 职业人群; 石油化工企业; 失眠; 职业紧张; 影响因素; 贝叶斯法; 噪声敏感性; 中介效应

中图分类号: R131 文献标志码: A 文章编号: 1007-1326(2025)03-0316-08

引用: 曾钊惟, 马景璇, 兰亚佳, 等. 基于贝叶斯法的某石油化工企业男性员工失眠影响因素及多重中介路径分析 [J]. 职业卫生与应急救援, 2025, 43(3): 316-323.

## Bayesian analysis of influencing factors and multiple mediation pathways of insomnia among male workers in a petrochemical enterprise

ZENG Kewei<sup>1</sup>, MA Jingxuan<sup>2</sup>, LAN Yajia<sup>2</sup>, HUANG Lei<sup>2</sup>, WANG Hongjian<sup>1</sup>, WANG Juan<sup>3</sup> (1. Department of Epidemiology and Biostatistics, West China School of Public Health/The Fourth Hospital of West China, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610000, China; 2. Department of Occupational Health and Environmental Health, West China School of Public Health/The Fourth Hospital of West China, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610000, China; 3. Physical Examination Center, West China School of Public Health/The Fourth Hospital of West China, Sichuan University, Chengdu, Sichuan 610000, China)

**Abstract: Objective** To investigate the insomnia status among male workers in a petrochemical enterprise, identify influencing factors for insomnia, and promote the physical and mental health of workers in the petrochemical industry.

**Methods** A total of 866 male workers who participated in occupational health examinations from 2018 to 2021 in a petrochemical enterprise in Sichuan Province were surveyed with the questionnaires, including a basic information questionnaire, the Weinstein Noise Sensitivity Scale (WNS), the stress subscale of the Depression Anxiety Stress Scales-21 Items (DASS-21), and the Athens Insomnia Scale (AIS-8). Bayesian multilevel regression model and multiple mediation

基金项目: 四川省自然科学基金青年基金项目 (2023NSFSC1736)

作者简介: 曾钊惟 (1999—), 女, 硕士在读

通信作者: 王娟, E-mail: 278672504@qq.com

model were established to analyze the relevant influencing factors and mediation pathways of insomnia among these workers.

**Results** The insomnia rate in this petrochemical enterprise ranged from 39.33% to 49.04% during 2018 and 2021, showing an overall downward trend. The Bayesian linear regression model indicated that stronger noise sensitivity, higher monthly income and educational level, regular exercise, extra tasks, and more complex exposure situations were associated with lower insomnia scores. Higher levels of occupational stress, frontline positions, more night shifts, fewer naps, poor living conditions, working at the self-perceived loud noise workplace, longer daily noise exposure time, and alcohol consumption habits were associated with higher insomnia scores. The posterior probability distributions of each variable showed that daily noise exposure time (99.8%), self-reported workplace noise exposure (98.0%), and occupational stress (100%) were important predictors of increased insomnia scores. Noise sensitivity (100%), educational level (98.0%), regular physical activity (99.2%), and occupational exposure situation (94.3%) were generally strongly associated with lower insomnia scores. The multiple mediation model revealed that work at the self-perceived noisy workplace and occupational stress had multiple mediating effects between job position and insomnia, with the mediating effect accounting for 65.45% of the total effect. The three indirect paths were job position → self-perceived workplace noise → insomnia; job position → occupational stress → insomnia; and job position → self-perceived workplace noise → occupational stress → insomnia.

**Conclusions** The insomnia rate among workers in this petrochemical enterprise was relatively high. Attention should be paid to the important mediating role of occupational stress between job position and insomnia. It is necessary to strengthen noise control management, alleviate work pressure, improve working and dormitory conditions, promote healthy lifestyles, and protect the physical and mental health of workers.

**Keywords:** occupational population; petrochemical enterprise; insomnia; occupational stress; influencing factors; Bayesian method; noise sensitivity; mediating effect

石化工作作为一个噪声密集型行业,其工人在生产作业过程中长期暴露于高声级的噪声环境中<sup>[1]</sup>。虽然噪声暴露能引发一系列健康问题,且失眠与噪声暴露之间的关系已经得到了初步的证实,但是尚缺乏关于石油化工工人噪声暴露与失眠之间关系的路径研究,尤其是基于多重中介路径的分析。本研究拟通过引入贝叶斯统计思想,对石油化工工人失眠相关因素进行探索,同时探究噪声暴露与失眠之间可能存在的多重中介路径,以及噪声暴露在其中的作用机制。

## 1 对象与方法

### 1.1 对象

以 2018—2021 年四川省某石油化工企业在四川大学华西第四医院进行职业健康检查的男性职工为研究对象。研究期间该企业在岗男性职工人数为 2 142 人,参加职业健康检查的男性职工人数为 1 000 人次。纳入标准:(1) 自愿参与调查;(2) 在职人员,包括正式工、合同工、劳务派遣工和劳务外包工;(3) 无精神疾病或意识障碍。排除标准:(1) 体检期间服用精神障碍类药物、耳毒性药物、镇静安眠药物;(2) 有脑部外伤史或脑部手术史;(3) 女性员工。

2018—2021 年多次进行职业体检的职工,仅录

入首次体检和调查结果。最终有 866 人纳入本次研究。受访者对问卷内容知情同意,均自愿匿名接受问卷调查,并签署知情同意书。本研究经四川大学华西公共卫生学院/华西第四医院伦理委员会审查批准。

### 1.2 方法

#### 1.2.1 调查方式

调查对象在企业组织下分批次参加职业健康检查,在体检结束时调查人员线下发放自行设计的调查问卷的二维码。问卷填写和收集于“问卷星”网络平台进行,问卷填写完成后方可提交。

#### 1.2.2 调查内容

(1) 基本信息与职业史:包括年龄、性别、身高、体重、月收入水平、居住状况、烟酒史、锻炼习惯等。其中,每天或每周吸烟、饮酒次数达到 3~4 次及长期持续吸烟均认为存在吸烟或饮酒习惯;“自觉岗位噪声”指的是个体在其工作岗位上主观感受到的噪声水平(自觉岗位噪声不大、有点大、大、很大、难以忍受)。

(2) 噪声敏感性调查:噪声敏感性是指能够增加任何个体对一般噪声的反应程度的内部状态,这种内部状态既有生理、心理(包括态度)状况,也与生活方式和活动有关。本次研究采用《Weinstein 噪声敏感性量表》(Weinstein Noise Sensitivity Scale,

WNS)中文版<sup>[2]</sup>进行主观噪声敏感性的测量,量表采用 Likert 6 点计分法,15 个条目相加总分越高,表明对象的噪声主观敏感性越高。在本次调查中,该量表 Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.866,分半信度为 0.871,信度表现良好;探索性因子分析前的 KMO 抽样适配度检验值为 0.89,且 Bartlett's 球形检验结果具有统计学意义( $P < 0.05$ ),表明该量表具有较高的结构效度,可以作为噪声敏感性测量的工具。

(3) 职业紧张状况调查:采用《抑郁-焦虑-压力量表(21 项版)》(Depression Anxiety Stress Scales - 21 Items, DASS-21)中的紧张分量表<sup>[3]</sup>评估职业紧张状况。紧张分量表由 7 个条目组成:我发现自己难以放松;我对任何事情都容易激动;我觉得很紧张;我发现自己很容易感到烦躁;我发现很难让自己平静下来;我感到有些情绪波动,比如容易生气或者烦躁;我觉得自己难以忍受被打断或被延误。分数越高说明紧张程度越严重。本次调查中紧张分量表 Cronbach's  $\alpha$  系数为 0.920,分半信度为 0.900,KMO 抽样适配度检验值为 0.90,且 Bartlett's 球形检验结果具有统计学意义( $P < 0.05$ ),表明该量表具有良好的信度和结构效度。

(4) 失眠状况调查:采用《阿森斯失眠量表》(Athens Insomnia Scale, AIS-8)评估睡眠主观感受。量表共 8 个条目,每条从无到严重分别赋值 0 ~ 3 分,总得分越高,代表睡眠质量越差,得分  $< 4$  分为无睡眠障碍,4 ~ 6 分为可疑失眠, $> 6$  分为失眠<sup>[4]</sup>。

### 1.2.3 统计学分析

#### 1.2.3.1 数据录入与统计描述

使用 Excel 2021 软件进行数据的录入、整理与核对。使用 R 4.2.1 软件进行统计分析。计量资料进行正态性检验,若满足正态分布则以均数  $\pm$  标准差( $\bar{x} \pm s$ )描述;计数资料以频数、百分比描述。

#### 1.2.3.2 基于贝叶斯估计的多水平回归模型

采用基于贝叶斯框架的多层次(如组别和个体)线性回归模型分析失眠的影响因素。贝叶斯法具备处理缺失或未观测数据的能力,能够在不同层次上构建并检验理论假设,具有较强的灵活性和解释力。模型的构建使用 R 语言中的 rstan 软件包<sup>[5]</sup>实现。本研究选择弱信息性先验分布作为模型的先验设定,因其在不限参数范围的同时,使数据在后验推断中起主导作用,增强模型对数据变化的适应能力,并避免先验过强导致的结果偏差。该模型中置信区间设置为 90%。

#### 1.2.3.3 贝叶斯链式多重中介模型的路径假设

根据文献资料<sup>[6]</sup>以及专家意见,假设个体首先

在高噪声声级岗位接触噪声之后才会形成对岗位噪声大小的主观感知。结合变量间相关关系,确定了链式多重中介模型的拓扑结构,如图 1 所示,即  $X$ (预测变量,岗位) $\rightarrow M1$ (中介变量 1,自觉岗位噪声) $\rightarrow M2$ (中介变量 2,职业紧张) $\rightarrow Y$ (响应变量,失眠)路径。采用 rstan 软件包<sup>[5]</sup>构建贝叶斯链式多重中介模型。利用马尔可夫链蒙特卡洛(Markov chain Monte Carlo, MCMC)法进行后验分布的近似推断。多重中介模型中置信区间为 95%,检验水准为 0.05。

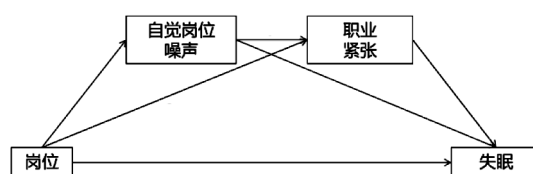


图 1 石油化工企业工人失眠链式多重中介路径

## 2 结果

### 2.1 一般情况

#### 2.1.1 基本信息情况

866 名男性调查对象中,2018—2021 年分别调查 157、139、359、211 人。调查对象在调查年的平均年龄为( $37.0 \pm 8.34$ )岁,平均体重指数(body mass index, BMI)为( $27.3 \pm 8.63$ ) $\text{kg}/\text{m}^2$ ;未婚 151 人(占 17.4%),已婚 663 人(占 76.6%),丧偶或离异 52 人(占 6%);与家人同住的 506 人(占 58.4%),在单位居住的 251 人(占 29.0%),独居 109 人(占 12.6%);大学专科及以上 505 人(占 58.3%),高中或中专 295 人(占 34.1%),初中及以下 66 人(占 7.6%);月收入  $\leq 2\,500$  元的有 50 人(占 5.8%),在 2 500 ~ 5 000 元的 607 人(占 70.1%),5 001 ~ 8 000 元的 186 人(占 21.5%), $> 8\,000$  元的 23 人(占 2.7%);调查对象中有 515 人已戒烟(占 59.5%),不吸烟的有 234 人(占 27.0%),吸烟的有 117 人(占 13.5%);有 608 人(占 70.2%)已戒酒,不饮酒的有 170 人(占 19.6%),饮酒的为 88 人(占 10.2%);每周锻炼 1 ~ 2 d 的有 544 人(占 62.8%),无锻炼习惯的有 200 人(占 23.1%),每周锻炼 3 ~ 5 d 的有 67 人(占 7.7%),每天都锻炼的有 55 人(占 6.4%);调查对象中有 338 人(占 39.0%)几乎每天午睡,每周午睡 3 ~ 5 d 者有 310 人(占 35.8%),偶尔午睡(每周 1 ~ 2 d)者有 96 人(占 11.1%),几乎不午睡者有 122 人(占 14.1%)。

#### 2.1.2 职业特征情况

机关管理岗有 47 人(占 5.4%),一线管理岗位有 96 人(占 11.1%),一线操作岗位有 723 人(占



83.5%); 暴露情况中单纯噪声暴露有 582 人(占 67.2%), 噪声、毒物联合暴露有 94 人(占 10.9%), 噪声、粉尘、高温联合暴露有 91 人(占 10.5%), 噪声、高温联合暴露有 51 人(占 5.9%), 无噪声暴露有 48 人(占 5.5%); 总体平均接害工龄为(10.3 ± 8.4)年, 有 143 名工人有兼职岗位(占 16.5%), 其余无兼职岗位; 调查对象平均每日接噪时间为(8.20 ± 4.53)h; 工人中自觉岗位噪声不大的有 88 人(占 10.1%), 自觉噪声有点大的有 313 人(占 36.1%), 自觉噪声大的有 290 人(占 33.4%), 自觉岗位噪声很大的有 126 人(占 14.5%), 自觉难以忍受的有 49 人(占 5.6%); 噪声损害效应方面, 没有或仅有轻度听阈位移者有 538 人(占 62.1%), 有中度听阈位移者 66 人(占 7.6%), 有重度听阈位移者 262 人(占 30.3%); 平均噪声敏感性得分为(12.8 ± 4.72)分; 职业紧张情况平均得分为(16.4 ± 7.31)分; 夜班工作每周 5 d 及以上的有 252 人(占 29.1%), 每周 3 ~ 4 d 有 354 人(占 40.9%), 每周 1 ~ 2 d 有 168 人(占 19.4%), 夜班很少的有 66 人(占 7.6%), 从未有夜班的有 26 人(占 3.1%)。每年调查的人口学、职业特征均较为类似。

2.1.3 石油化工企业工人失眠情况

2018 年工人平均失眠得分为(7.34 ± 4.85)分, 可疑失眠率为 33.12%(52/157), 失眠率为 49.04%(77/157); 2019 年平均失眠得分为(6.18 ± 3.79)分, 可疑失眠率为 35.25%(49/139), 失眠率为 41.00%(57/139); 2020 年平均失眠得分为(6.49 ± 4.28)分, 可疑失眠率为 31.75%(114/359), 失眠率为 44.01%(158/359); 2021 年平均失眠得分为(5.94 ± 4.15)分, 可疑失眠率为 30.33%(64/211), 失眠率为 39.33%(83/211)。可疑失眠率和失眠率均呈下降趋势。

2.2 影响石油化工企业人员失眠状况的相关分析

以工人个体水平为 1、年份水平为 2, 将年龄、BMI、岗位、月收入、兼职岗位、学历、居住状况、午睡习惯、吸烟习惯、饮酒习惯、锻炼习惯、噪声敏感性、自觉岗位噪声、每天接噪时间、噪声损害效应、暴露情况(其中联合暴露包括噪声、毒物、粉尘、高温等的共同暴露)、职业紧张得分、夜班情况作为预测变量, 将失眠得分作为响应变量, 建立贝叶斯多水平回归模型, 分析石油化工企业人员失眠的影响因素。以上变量具体赋值如下: (1) 年龄、BMI、噪声敏感性、每天接噪时间、职业紧张得分、失眠得分均为连续型变量; (2) 无兼职岗位为对照组, 赋值为 0, 有兼职岗位赋值为 1; (3) 其余变量均为等级变量。具体见表 1。

表 1 各变量赋值

变量	选项	赋值	变量	选项	赋值
岗位	机关管理岗	1	锻炼习惯	无锻炼习惯	1
	一线管理岗位	2		每周锻炼 1 ~ 2d	2
	一线操作岗位	3		每周锻炼 3 ~ 5d	3
月收入/元	< 2 500	1		每天都锻炼	4
	2 500 ~ 5 000	2	自觉岗位噪声	自觉岗位噪声不大	0
	5 001 ~ 8 000	3		自觉噪声有点大	1
	> 8 000 元	4		自觉噪声大	2
学历	初中及以下	1		自觉岗位噪声很大	3
	高中或中专	2		自觉难以忍受	4
	大学专科及以上	3	噪声损害效应	无或轻度听阈位移	0
居住状况	家人同住	1		中度听阈位移	1
	单位居住	2		重度听阈位移	2
	独居	3	暴露情况	联合暴露	2
午睡习惯	几乎每天午睡	1		单纯噪声暴露	1
	每周 3 ~ 5 d 午睡	2		无噪声暴露	0
	偶尔午睡(每周 1 ~ 2 d)	3	夜班情况	从未有夜班	0
	几乎不午睡	4		夜班很少	1
吸烟习惯	不吸烟	0		每周 1 ~ 2 d	2
	已戒烟	1		每周 3 ~ 4 d	3
	吸烟	2		每周 5 d 及以上	4
饮酒习惯	不饮酒	0			
	已戒酒	1			
	饮酒	2			

回归分析表明: 工人失眠得分在各年份间差异无统计学意义(90%后验概率区间覆盖 0,  $P > 0.05$ ), 而月收入、职业紧张、噪声敏感性、自觉岗位噪声、居住状况、锻炼习惯、每天接噪时间及暴露情况对失眠得分的影响有统计学意义(90%后验概率区间不包括 0,  $P < 0.05$ )。具体而言, 噪声敏感性、月收入、学历、锻炼习惯、兼职岗位、抽烟习惯及暴露情况对失眠得分呈负向影响, 即其得分越高失眠得分越低, 且均值绝对值越大, 对失眠得分的影响越大。相反, 职业紧张、岗位、夜班情况、午睡习惯、居住状况、自觉岗位噪声、每天接噪时间及饮酒习惯对失眠得分呈正向影响, 即其得分越高失眠得分越高, 且均值绝对值越大对失眠得分影响越大。

基于各变量的后验概率分布, 本研究确认每天接触噪声时间(99.8%)、自我报告的工作岗位噪声暴露(98.0%)和职业紧张(100%)是导致失眠得分增加的重要预测因子; 相比之下, 噪声敏感性(100%)、学历(98.0%)、锻炼习惯(99.2%)和职业暴露情况(94.3%)通常与较低的失眠得分紧密相关。括号内百分数表示该变量成为影响因子的后验概率。

回归模型的解释方差  $R^2$  为 0.47, 90%CI 值为 (0.42, 0.52), 意味着约 47% 的失眠得分的变异可以通过模型中的预测变量来解释。模型平均后验预测分布 (Mean PPD) 为 6.5, 90%CI 值为 (6.3, 6.7), 表示模型预测的失眠得分的平均值为 6.5, 显示模型预测结果稳定且离散程度较小。所有模型参数的潜在尺度缩减因子 (Rhat) 均为 1, 表明模型收敛良好, 拟合度较高。

表 2 展示了贝叶斯回归中获得的变量系数分布。为了避免极端值的过度影响, 提供一个更为稳健的后验估计范围, 以便更集中地反映数据的核心趋势, 选择了 10%-50%-90% 分位数区间作为主要展示范围。均值代表了后验分布的中心趋势, 反映了预测变量对响应变量影响的整体估计, 结合了先验信息和数据证据。例如, 职业紧张的均值为 0.3, 表示该变量对失眠得分有正面但适度的影响。均值的正负号反映了影响的方向, 数值反映了影响的程

度。对结果的影响非常小或可忽略的变量之后验概率在表中没有被展示。

其马尔可夫链轨迹见图 2, 横坐标为马尔科夫链采样的次数, 纵坐标为后验概率预测分布的具体值, 展示了采样过程中后验分布的动态变化, 图中每个变量对应的轨迹图包含 4 条独立马尔可夫链, 其轨迹呈现对称且均匀分布的特征, 进一步验证了模型的稳定性。但值得注意的是, sigma 值的波动性提示 MCMC 采样过程对于年份间截距方差 (即不同年份之间截距的变异性) 的估计不稳定, 这可能是因为年份效应较为复杂或不稳定, 缺乏明确的趋势。

### 2.3 石油化工企业人员失眠状况的链式多重中介分析

将岗位作为预测变量, 自觉岗位噪声与职业紧张作为岗位与失眠之间的中介变量, 调整了混杂因素后, 构建了基于贝叶斯法的链式多重中介模型。该模型的路径系数见表 3, 路径见图 3。多重中介效应分析结果显示, 所有路径系数均具有统计学意

表 2 石油化工企业人员失眠影响因素的贝叶斯多水平线性回归分析

预测变量	均数	标准差	10%	50%	90%	Rhat 值	有效样本量	后验概率
截距	0.1	1.5	-1.8	0.1	2.1	1	9 723	
噪声敏感性	-0.1	0	-0.2	-0.1	-0.1	1	10 210	1.00
BMI	0	0	0	0	0	1	11 146	
职业紧张	0.3	0	0.2	0.3	0.3	1	10 079	1.00
岗位	0.3	0.2	0	0.3	0.6	1	11 038	0.83
月收入	-0.4	0.2	-0.7	-0.4	-0.1	1	9 946	0.95
夜班情况	0.2	0.1	0	0.2	0.3	1	11 370	0.87
午睡习惯	0.2	0.1	0.1	0.2	0.4	1	10 332	0.97
学历	-0.4	0.2	-0.7	-0.4	-0.2	1	8 834	0.98
居住状况	0.5	0.2	0.3	0.5	0.8	1	9 377	0.99
锻炼习惯	-0.4	0.2	-0.6	-0.4	-0.2	1	10 735	0.99
兼职岗位	-0.3	0.3	-0.7	-0.3	0.1	1	9 696	0.85
自觉岗位噪声	0.3	0.1	0.1	0.3	0.4	1	10 392	0.98
年龄	0	0	0	0	0	1	10 635	
每天接噪时间	0.1	0	0.1	0.1	0.1	1	10 442	1.00
抽烟习惯	-0.2	0.1	-0.4	-0.2	0	1	11 172	0.94
饮酒习惯	0.1	0.1	-0.1	0.1	0.3	1	10 390	0.87
噪声损害效应	0	0.2	-0.2	0	0.2	1	8 727	
暴露情况	-0.2	0.1	-0.3	-0.2	0	1	11 304	0.94
截距(年份:2018)	0.2	0.3	-0.1	0.1	0.6	1	2 764	
截距(年份:2019)	-0.1	0.3	-0.4	0	0.2	1	2 988	
截距(年份:2020)	0	0.3	-0.3	0	0.3	1	2 776	
截距(年份:2021)	-0.1	0.3	-0.4	0	0.2	1	3 121	
sigma 值	3.4	0.1	3.3	3.4	3.5	1	10 294	
sigma 值[年份:(截距),(截距)]	0.2	0.5	0	0.1	0.5	1	2 641	
平均后验预测分布	6.5	0.2	6.3	6.5	6.7	1	8 598	

注: Rhat 值用于诊断 MCMC 抽样的质量, 通过检查 Rhat 值, 可以确保模型结果的可靠性和稳定性; 有效样本量指在考虑自相关性的情况下, MCMC 抽样所能提供的“等效”独立样本数量; sigma 值反映了模型的整体拟合度, 较小的值意味着较好的拟合; sigma[年份:(截距),(截距)] = 0.2: 表示不同年份之间截距方差的估计值为 0.2, 意味着年份效应对失眠得分的影响相对较小。

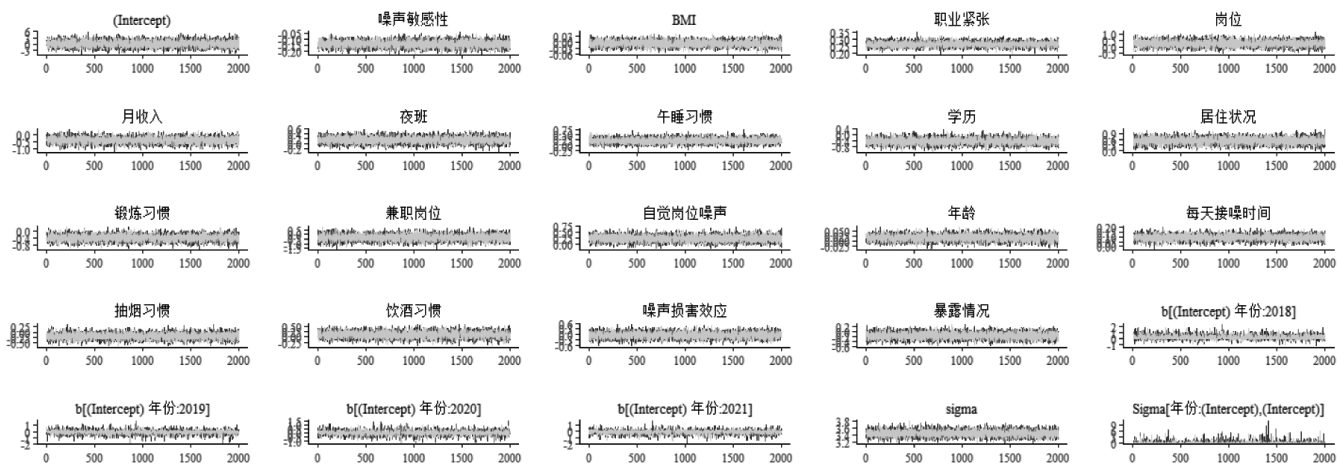


图 2 石油化工企业人员失眠贝叶斯多水平线性回归模型马尔可夫链轨迹

义。模型拟合良好,所有参数的 Rhat 值均为 1,表明马尔可夫链已充分收敛,模型估计结果稳定可靠。表 3 中,“2.5%”和“97.5%”表示后验分布的 95%置信区间的上下限;“标准差”表示后验分布的离散程度,“标准误”则为样本均值的标准差,反映估计值的稳定性;sigma\_m1 表示该中介变量 M1 未被模型解释部分的变异性,余下类同。“均数”表示后验分布中路径回归系数的平均值(即偏回归系数),反映在控制其他变量的条件下,某一预测变量对中介变量或响应变量的平均效应值(原始单位的影响强度)。例如,根据噪声暴露情况,将岗位分为机关管

理岗、一线管理岗和一线操作岗(赋值见表 1),岗位到职业紧张的均数(路径系数)为 7.3,表示在控制其他变量后,岗位每提升 1 个等级(如从机关岗到一线管理岗),职业紧张评分平均增加 7.3 分,其余路径系数解释同理。

根据贝叶斯多重中介模型所得路径系数,岗位对失眠的总效应为 3.145,其中直接效应为 1.000,间接效应为 2.145。直接效应占总效应的 31.80%(1.000/3.145),自觉岗位噪声、职业紧张在岗位和失眠之间的总间接效应为 2.145,占总效应的 68.20%(2.145/3.145),表明中介机制在岗位与失眠之间的关系中发挥了重要作用。3 条间接路径分别是:(1)间接效应 1(岗位→自觉岗位噪声→失眠):路径系数乘积为  $0.600 \times 0.280 = 0.168$ ,占总效应的 5.34%,占总间接效应的 7.83%;(2)间接效应 2(岗位→职业紧张→失眠):路径系数乘积为  $7.300 \times 0.240 = 1.752$ ,占总效应的 55.71%,占总间接效应的 81.68%;(3)间接效应 3(岗位→自觉岗位噪声→职业紧张→失眠):路径系数乘积为  $0.600 \times 1.560 \times 0.240 = 0.225$ ,占总效应的 7.15%,占总间接效应的 10.49%。见表 4。所有路径系数的后验分布均不包含 0,因此可认为直接效应、间接效应及总效应均具有统计学意义。

表 3 石油化工企业调查工人失眠影响因素的多重中介路径								
响应变量	预测变量	路径名称	均数	标准差	标准误	2.50%	97.50%	有效样本量
岗位	自觉岗位噪声	岗位→自觉岗位噪声	0.60	< 0.01	0.01	0.57	0.62	7 619
岗位	职业紧张	岗位→职业紧张	7.30	0.01	0.38	6.58	8.05	4 744
自觉岗位噪声	职业紧张	自觉岗位噪声→职业紧张	1.56	0.01	0.40	0.78	2.35	4 808
自觉岗位噪声	失眠	自觉岗位噪声→失眠	0.28	< 0.01	0.09	0.10	0.46	6 743
职业紧张	失眠	职业紧张→失眠	0.24	< 0.01	0.01	0.22	0.26	5 233
岗位	失眠	岗位→失眠	1.00	< 0.01	0.11	0.79	1.21	5 386
		sigma_m1	1.04	< 0.01	0.03	0.99	1.09	8 284
		sigma_m2	7.34	< 0.01	0.18	7.00	7.71	7 546
		sigma_y	2.68	< 0.01	0.06	2.56	2.81	7 422

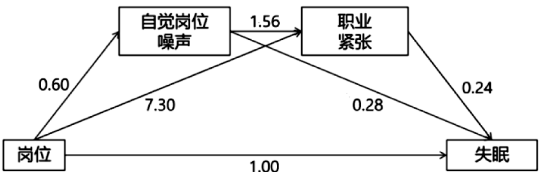


图 3 石油化工企业调查工人失眠链式多重中介路径结果

表 4 自觉岗位噪声和职业紧张在岗位与失眠间的链式中介效应分析				
效应分解	效应路径	效应值	间接效应占比/%	总效应占比/%
直接效应	岗位→失眠	1.000		31.80
总间接效应		2.145	100	68.20
间接效应 1	岗位→自觉岗位噪声→失眠	0.168	7.83	5.34
间接效应 2	岗位→职业紧张→失眠	1.752	81.68	55.71
间接效应 3	岗位→自觉岗位噪声→职业紧张→失眠	0.225	10.49	7.15



### 3 讨论

石油化工企业的业务范围包括原油的提炼和加工、化学品和石油产品的生产、销售及分销等,其工作特征或内容通常包括高强度的工作负荷、复杂的设备操作以及潜在的职业病危害因素暴露。石油化工企业的噪声主要来源于以下几个方面:机械设备的运行、管道内的流体流动、化学反应过程中的气体释放等,还有物料输送过程中的撞击、设备的振动、烟囱排气口等气体的排放。噪声、长时间的轮班制和夜班工作均会影响员工的生理和心理健康,增加员工的职业紧张感。2018—2021 年该石油化工企业工人的可疑失眠率和失眠率整体上均呈下降趋势,表明企业在职业健康管理方面取得了一定的成效。

一项基于噪声与睡眠研究的 meta 分析<sup>[7]</sup>表明,处于环境高声级噪声暴露的人群,夜间噪声每增加 10 dB(A),就有高度睡眠干扰的可能。国内外研究<sup>[8-9]</sup>表明长时间噪声暴露会影响睡眠,本次研究也发现每天接噪时间越长,越容易出现失眠。本研究还发现噪声敏感性与失眠得分的关系呈负相关( $P < 0.05$ ),这可能与持续暴露于高声级噪声导致噪声敏感度下降有关<sup>[10]</sup>,同时,对噪声敏感的劳动者更有可能积极佩戴防护用具,这也会减轻噪声对健康的损害<sup>[11]</sup>。故在本研究中采取自觉岗位噪声来表达工人实际感知噪声量的大小,发现自觉岗位噪声与失眠情况存在正相关关系,与既往研究<sup>[12]</sup>结果类似。研究<sup>[13-15]</sup>表明积极的锻炼行为是睡眠的保护因素,这与本研究得出的结果一致;在居住情况方面,我们发现与家庭共居较单位宿舍以及独居来说在对抗失眠方面更具优势,这可能与家庭居住环境较后两者更佳有关,研究<sup>[16-18]</sup>表明,居住环境的确实对睡眠质量产生相关影响。

教育程度高、收入高和暴露因素多通常与较低的失眠得分紧密相关。学历、收入与失眠得分呈负向关系,可能与这些群体通常拥有更科学的健康素养、灵活的工作安排和更强的资源调动能力(如购买安静居住环境、使用助眠工具)有关<sup>[19-20]</sup>。而总体暴露情况与失眠得分呈现负向关系可能与健康工人效应有关,如对噪声敏感或已有睡眠问题的人群可能主动避免应聘噪声暴露岗位(如主动调离一线操作岗),导致留在暴露组的工人本身睡眠适应力较强<sup>[21]</sup>。夜班多和午睡时间少与失眠得分呈正向关系(即更容易失眠),可能是由于生物钟紊乱、睡眠压力失调、行为心理因素共同作用。夜班会抑制褪黑素分泌、打乱体温节律,导致入睡困难;而午睡不

足则影响睡眠压力释放,使夜间睡眠变浅或碎片化。因此,长期夜班且缺乏适度午睡的人,更易陷入昼夜节律失调→睡眠质量下降→疲劳累积的恶性循环,最终表现为更高的失眠得分<sup>[22-24]</sup>。另外,本次研究发现有兼职岗位者更不容易失眠,可能是因为适度兼职的人员通过改善经济条件、规律作息、心理满足和体力消耗等机制,降低了失眠风险。

已有国外研究<sup>[25]</sup>表明,心理困扰与家庭环境( $OR = 1.30$ )及工作环境噪声( $OR = 1.18$ )之间存在显著关联,这为本研究关于职业紧张在噪声暴露与失眠之间起中介作用的假设提供了重要依据。多项研究<sup>[26-27]</sup>亦证实两者均与睡眠质量下降密切相关,这与本研究的结果一致。本研究发现,职业紧张是石油化工企业工人失眠的重要影响因素之一,并在不同岗位与失眠之间的关系中起着重要的中介作用。噪声暴露不仅可能通过生理途径影响健康,还可能通过对情绪状态的作用,间接加剧睡眠障碍的发生。将职业紧张纳入多重中介模型,是基于其作为噪声暴露下游心理反应的节点所具有的理论意义和实证基础。

本研究构建的链式多重中介模型结果显示,涉及岗位、自觉岗位噪声、职业紧张与失眠的 3 条中介路径共同解释了总效应的 65.45%,表明该中介机制在岗位与失眠之间的关系中具有重要的解释力。另外,还发现不同岗位对职业紧张得分有显著的影响,岗位到职业紧张的路径系数达到了 7.3,远高于其他路径系数。这可能与越是一线岗位,劳动者的工作环境越复杂、不安全,从而增加了职业紧张感有关。

综合本次研究结果,建议从以下方面加强职业健康管理:加强噪声控制管理,提升一线劳动者个体防护用品使用依从性;提供心理健康支持,评估职业紧张水平,合理安排岗位与轮班,缓解工作压力;优化居住环境,改善宿舍条件,同时鼓励家庭共居,提供更良好的睡眠环境;鼓励锻炼、规律作息,推广健康生活方式;实施分类健康监护,针对高风险岗位与人群实施差异化管理,动态随访,提前干预。

本研究也存在相应缺陷,首先,样本量仍需扩大,今后应持续收集并关注高噪声暴露人群的失眠问题;其次,在生活中,影响睡眠的因素较多,本次研究无法全面收集;最后,该研究为连续横断面调查,在今后应考虑连续随访,以期获得更有说服力的因果证据。

作者声明 本文无实际或潜在利益冲突

## 参考文献

- [1] 王树青. 某石化企业职业危害情况调查及分析[J]. 安全、健康和环境, 2008(6): 35-38.
- [2] 韩涛, 吴建平. 噪声敏感性量表的修订及信效度[J]. 中国健康心理学杂志, 2015, 23(2): 196-200.
- [3] EDIMANSYAH A, DUSLI N, LIN N. Translation and validation of the Malay version of the short-form DASS-21 for the epidemiology survey of working population [J]. 海南医学院学报, 2010, 16(3): 300-303.
- [4] 王雅丽, 黄俊山, 曾雪爱, 等. 门诊失眠患者焦虑、抑郁情况及影响因素分析[J]. 检验医学与临床, 2011, 8(20): 2435-2437.
- [5] Team Stan-Development. RStan: the R interface to Stan. R package version 2.32.6. [DB/OL]. (2023-09-08) [2024-04-05]. <https://mc-stan.org/rstan/articles/rstan.html>.
- [6] 王莉, 黄磊, 马景璇, 等. 接噪工人自感噪声强度与睡眠质量的关系——负性情绪的中介作用 [J]. 环境与职业医学, 2024, 41(5): 519-525.
- [7] SMITH M G, CORDOZA M, BASNER M. Environmental noise and effects on sleep: an update to the WHO systematic review and meta-analysis. [J]. Environ Health Perspect, 2022, 130(7): 76001.
- [8] LEE Y, LEE S, LEE W. Occupational and environmental noise exposure and extra-auditory effects on humans: a systematic literature review [J]. GeoHealth, 2023, 7(6): e2023GH000805.
- [9] 丁明峰, 李改云, 骆萌, 等. 钢铁企业职工睡眠障碍的影响因素[J]. 环境与职业医学, 2023, 40(5): 559-564.
- [10] 何磊磊, 任东, 姜晓梅, 等. 职业人群噪声性听力损失影响因素研究进展[J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(4): 519-524.
- [11] 谈卓章, 余婷婷, 周元陵, 等. 噪声作业工人对噪声危害和防护知识认知情况分析[J]. 中国职业医学, 2020, 47(5): 614-617.
- [12] YLI-TUOMI T, TURUNEN A W, TIITTANEN P, et al. Exposure-response functions for the effects of traffic noise on self-reported annoyance and sleep disturbance in Finland: effect of exposure estimation method [J]. Int J Environ Res Public Health, 2022, 19(3): 1314.
- [13] 潘敬菊, 谭晓东, 谢朝军. 大学生睡眠质量和相关影响因素调查[J]. 中国热带医学, 2007, 7(5): 845-847.
- [14] 夏祥伟. 研究生体育锻炼与健康问题的研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [15] 李樑. 身体锻炼对大学生睡眠质量的影响及其心理机制的研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2005.
- [16] 吴炜炜, 姜小鹰, 张旋, 等. 福州市养老机构老年人睡眠质量及影响因素分析[J]. 中华护理杂志, 2016, 51(3): 352-355.
- [17] 胡蕊, 王华丽, 于鲁璐, 等. 河北省城市社区老年人睡眠障碍的现况调查[J]. 中国心理卫生杂志, 2013, 27(5): 369-373.
- [18] 张强. 居家养老模式下老年人居住环境及生活行为的调查研究[D]. 上海: 同济大学, 2007.
- [19] 巨珂珂, 卢耀勤, 刘昕, 等. 职业紧张与睡眠质量对新疆生物安全实验室工作人员生存质量的影响[J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(6): 663-668.
- [20] CHOWDHURY R, SHAH D, PAYAL A R. Healthy worker effect phenomenon: revisited with emphasis on statistical methods - a review [J]. Indian J Occup Environ Med, 2017, 21(1): 2-8.
- [21] MONAZZAM M R, SHAMSIPOUR M, ZAREGAR N, et al. Evaluation of the relationship between psychological distress and sleep problems with annoyance caused by exposure to environmental noise in the adult population of Tehran Metropolitan City, Iran [J]. J Environ Health Sci Eng, 2022, 20(1): 1-10.
- [22] SUN S Y, CHEN G H. Treatment of circadian rhythm sleep-wake disorders [J]. Curr Neuropsychol, 2022, 20(6): 1022-1034.
- [23] DEPNER C M, STOTHARD E R, WRIGHT K P JR. Metabolic consequences of sleep and circadian disorders [J]. Curr Diab Rep, 2014, 14(7): 507.
- [24] MOGRASS M, ABI-JAOUDE J, FRIMPONG E, et al. The effects of napping on night-time sleep in healthy young adults [J]. J Sleep Res, 2022, 31(5): e13578.
- [25] MONAZZAM M R, SHAMSIPOUR M, ZAREGAR N, et al. Evaluation of the relationship between psychological distress and sleep problems with annoyance caused by exposure to environmental noise in the adult population of Tehran Metropolitan City, Iran [J]. J Environ Health Sci Eng, 2022, 20(1): 1-10.
- [26] 陈学刚, 杨永坚, 覃德芹, 等. 某钢铁企业技术工人职业紧张影响因素分析[J]. 中华疾病控制杂志, 2010, 14(4): 338-341.
- [27] OK E, AYDIN SAYILAN A, SAYILAN S, et al. Noise levels in the dialysis unit and its relationship with sleep quality and anxiety in patients receiving HD: a pilot study. [J]. Ther Apher Dial, 2022, 26(2): 425-433.

收稿日期: 2024-11-12