

中文引用格式:段昕昀,李林玥,马景璇,等. 基于贝叶斯网络的男职工噪声暴露与负性情绪路径分析[J]. 中国安全科学学报,2026,36(2):235-243.

英文引用格式:DUAN Xinyun, LI Linyue, MA Jingxuan, et al. Path analysis of negative emotions in high-noise-exposed male workers based on Bayesian network models [J]. China Safety Science Journal, 2026, 36(2): 235-243.

基于贝叶斯网络的男职工噪声暴露 与负性情绪路径分析*

段昕昀¹, 李林玥¹, 马景璇¹, 王永伟^{**1,2,3} 主任医师

(1 四川大学 华西公共卫生学院(华西第四医院), 四川 成都 610041;

2 四川省职业卫生应急(甲级)重点实验室, 四川 成都 610041;

3 四川大学 华西-协和陈志潜卫生健康研究院卫生应急管理研究中心, 四川 成都 610041)

中图分类号:X966

文献标志码:A

DOI: 10.16265/j.cnki.issn1003-3033.2026.02.0322

资助项目:四川省阿坝藏族羌族自治州科技重点项目(R23YYJSYJ0019)。

【摘要】 为探究职业噪声暴露人员负性情绪的影响路径,首先以5家典型制造业中493名高噪声暴露男职工作为研究对象,通过职业卫生调查、噪声测定及心理量表收集数据;然后采用最小绝对收缩和选择算子(LASSO)回归筛选出年龄、累积噪声暴露(CNE)、婚姻状况等9个关键变量,并据此构建贝叶斯网络模型。结果显示,男职工负性情绪检出率为5.7%,平均噪声暴露水平为91.5 dB(A);模型识别出多条影响路径,其概率分布存在年龄差异:<30岁组以“年龄→婚姻状况→负性情绪”为主(16.4%),30~39岁组以“年龄→负性情绪”为主(30.6%),而≥40岁组则以“年龄→CNE→负性情绪”为主(21.5%~29.4%),且高CNE组负性情绪发生概率普遍高于中暴露组。研究表明:高噪声暴露下男职工的负性情绪产生受年龄、CNE、吸烟、饮酒及婚姻状况等因素交互影响,贝叶斯网络能有效揭示其复杂路径关系。

【关键词】 贝叶斯网络; 男职工; 高噪声暴露; 负性情绪; 路径分析

Path analysis of negative emotions in high-noise-exposed male workers based on Bayesian network models

DUAN Xinyun¹, LI Linyue¹, MA Jingxuan¹, WANG Yongwei^{1,2,3}

(1 West China School of Public Health and West China Fourth Hospital, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610041, China; 2 Key Laboratory of Occupational Safety and Health, Sichuan Province, Chengdu Sichuan 610041, China; 3 Health Emergency Management Research Center, China-PUMC C. C. Chen Institute of Health, Sichuan University, Chengdu Sichuan 610041, China)

Abstract: In order to explore the influencing pathways of negative emotions among occupational noise-exposed workers, 493 male workers with high noise exposure from five typical manufacturing enterprises

* 文章编号:1003-3033(2026)02-0235-09; 收稿日期:2025-09-16; 修稿日期:2025-11-20

** 通信作者:王永伟(1980—,男,河南周口人,博士,主任医师,主要从事职业中毒和职业流行病学研究。E-mail:wangyw_1980@sina.com。

were recruited as subjects. Data were collected through occupational health surveys, noise measurements, and psychological scales. Key variables, including age, cumulative noise exposure (CNE), marital status, and nine other factors, were screened using the least absolute shrinkage and selection operator (LASSO) regression, based on which a Bayesian network model was constructed. The results showed that the detection rate of negative emotions among male workers was 5.7%, with an average noise exposure level of 91.5 dB (A). The model identified multiple influencing pathways, and their probability distributions varied across age groups: in the <30 years group, the pathway “age → marital status → negative emotions” was predominant (16.4%); in the 30–39 years group, the direct pathway “age → negative emotions” was most prominent (30.6%); while in the ≥40 years group, the pathway “age → CNE → negative emotions” was dominant (21.5%–29.4%). Moreover, the high CNE group generally exhibited a higher probability of negative emotions than the medium exposure group. The study indicates that negative emotions among male workers under high noise exposure are interactively influenced by factors such as age, CNE, smoking, drinking, and marital status. The Bayesian network model effectively reveals these complex pathway relationships.

Keywords: Bayesian network; male workers; high noise exposure; negative emotions; path analysis

0 引言

劳动者长期暴露于高噪声环境,不仅可导致听觉系统损伤,还可能引发认知功能下降等一系列身心健康问题^[1-2]。近年来,职业人群心理健康日益受到关注,特别是高噪声暴露中的职工,负性情绪发生率显著高于普通人群,已成为不可忽视的职业健康议题^[3-4]。负性情绪既是噪声暴露直接的心理健康结局,也可作为中介变量影响其他躯体健康结果,进而降低工作效率、加剧职业倦怠,最终损害劳动者的整体职业生命质量^[5]。因此,系统揭示负性情绪影响因素间的复杂作用关系,对推动职业噪声暴露人群的心理健康促进工作具有重要意义。

目前,国内外关于职业性噪声危害的研究多集中于听力损失等躯体健康领域,对心理健康领域的探究仍较为有限。且现有研究多采用线性回归或逻辑回归等传统统计方法,难以充分揭示多因素间的交互影响与中介路径,导致对负性情绪产生机制的系统性分析不足,也限制了对风险缓解效应的量化评估^[5-7]。而贝叶斯网络作为一种基于概率图模型的分析方法,在处理不确定性、多变量非线性关系及动态数据更新方面具有显著优势,已在工程学领域展现出对复杂路径推断的有效性^[8-11]。然而,该模型在职业心理健康领域的应用仍处于探索阶段。

鉴于此,笔者将以5家典型制造企业中的高噪声暴露男职工为研究对象,通过构建贝叶斯网络模型,研究噪声暴露影响负性情绪的多重路径及其网

络关系,揭示影响负性情绪产生的关键因素,并量化其路径效应,为提高职业噪声暴露人群适宜性心理健康水平提供科学依据。

1 男职工负性情绪路径研究设计

1.1 高噪声暴露男职工研究人群的确定

采用多阶段抽样,先随机抽取5家典型中型制造企业,将岗位噪声等效A声级≥85 dB(A)的职工整群纳入为研究对象。纳入标准:工龄≥1年,年龄在16~60岁之间,岗位噪声暴露资料准确,具有噪声职业健康检查资料者。排除标准:有头部或耳部受伤史、化脓性中耳炎、鼓膜穿孔等病史的,岗位噪声暴露资料不全者,职业健康检查资料未包括噪声危害,不配合信息调查者。由于本研究选取的制造企业中,高噪声暴露岗位因行业用工特点,实际仅有男性职工任职。因此,研究样本仅包含男性职工,最终纳入493名男职工作为研究对象。

1.2 噪声暴露评估与心理健康测定

1) 基本信息调查。采用自制调查表收集所有研究对象的基本信息,包括人口学信息(年龄、文化程度、婚姻状况等)、职业特征(工种、接噪工龄等)、生活行为方式(吸烟习惯、饮酒习惯)、听力情况、耳毒性药物使用史、先天性耳聋家族病史。

2) 噪声暴露强度测量与评估。按照《工作场所物理因素测量 第8部分:噪声》(GBZ/T 189.8—2007)的要求,对研究对象所在岗位的等效声级进

行测定,参照个体累积噪声暴露 (Cumulative Noise Exposure, CNE) 进行剂量评估,CNE 估算公式如下:

$$D = 10\lg(\sum_{i=1}^n T_i 10^{0.1(L_{EX,8h})}) \tag{1}$$

式中: D 为 CNE,dB(A)·d; $L_{EX,8h}$ 为岗位 i 的等效噪声声级,dB(A); T_i 为岗位 i 的接触时间,d; n 为总岗位数。根据计算结果,将 CNE 划分为中暴露组和高暴露组^[12]。

3) 噪声敏感性测量。采用 Weinstein 噪声敏感性量表简版^[13],对所有研究对象进行噪声主观敏感性测量,该简版量表有 6 个条目,每个条目采用 5 点 Likert 计分,其答案与计分分别为“完全同意=1 分”“有时=2 分”“经常=3 分”“持续=4 分”“完全不同意=5 分”。各条目得分相加总分即为主观噪声敏感性得分,分值越高,代表噪声主观敏感性越高。敏感程度分级:主观敏感性总分<20 分,低敏感;20~25 分,中度敏感;≥26 分,高敏感。

4) 负性情绪测定。采用焦虑自评量表^[14]和抑郁自评量表^[15]进行负性情绪测量症状测定。SAS 和 SDS 均有 20 个条目,每个条目均为 4 分类问题,其答案与计分分别为“从无=1 分”“有时=2 分”“经常=3 分”“持续=4 分”。SAS 和 SDS 的标准分=总得分×1.25 后取整数部分,标准分越高代表焦虑抑郁症状越重。负性情绪判定标准:SAS 标准分≥50 或 SDS 标准分≥53。测定由专业培训后调查员完成,并获得职工知情同意。

1.3 负性情绪产生路径模型构建

构建负性情绪影响因素的路径模型,首先在

Excel 2019 中完成数据整理、分析,并采用双人独立录入、交叉核对及逻辑校验方式进行质量控制。然后针对分类变量与定量资料,分别采用常规描述性分析与统计检验进行比较。

在变量筛选阶段,应用最小绝对收缩和选择算子(Least Absolute Shrinkage and Selection Operator, LASSO) 回归识别负性情绪的影响因素,并通过 10 折交叉验证确定最优 λ 值以控制模型过拟合。基于 LASSO 筛选出的变量,进一步构建贝叶斯网络模型。模型结构学习采用最大最小爬山算法,并依据专业认识设置黑白名单以约束不合理路径;参数学习则采用极大似然估计法,计算各节点的条件概率。

最后,利用 NeGle 4.1 软件实现贝叶斯网络的可视化,并计算路径概率。上述所有统计方法均取 $\alpha=0.05$ 为检验水准。

2 男职工负性情绪路径分析

2.1 研究对象基本特征与负性情绪分布

493 名男职工平均年龄 40(±11.26) 岁,平均接噪工龄 15.5(±11.94) 年,个体平均暴露噪声强度为 91.5(±3.75) dB(A),共有 28(占 5.7%) 名职工存在负性情绪。负性情绪情况在噪声暴露组间和先天性耳聋家族史间不同,且差异均有统计学意义(均有 $P<0.05$),其中负性情绪发生率最高集中在高暴露组(64.3%) 和无先天性耳聋家族史组(85.7%)。其他变量组间负性情绪发生基本一致(均有 $P>0.05$),见表 1。

表 1 高噪声暴露男职工基本信息与负性情绪发生情况

Table 1 Basic information and incidence of negative emotions in male workers with high noise exposure								
变量*		合计/人	占比/%	负性情绪				P 值
				无/人	占比/%	有/人	占比/%	
年龄/岁	<30	186	37.7	176	37.8	10	35.7	0.898
	30~39	58	11.8	54	11.6	4	14.3	
	40~49	178	36.1	167	35.9	11	39.3	
	≥50	71	14.4	68	14.6	3	10.7	
工种	铆工	379	76.9	353	75.9	26	92.9	0.286
	钳工	26	5.3	26	5.6	0	0.0	
	钣金工	62	12.6	60	12.9	2	7.1	
	其他工种	26	5.3	26	5.6	0	0.0	
CNE	中暴露组	277	56.2	267	57.4	10	35.7	0.040
	高暴露组	216	43.8	198	42.6	18	64.3	
文化程度	大专以下	164	33.3	154	33.1	10	35.7	0.054
	大专	286	58.0	274	58.9	12	42.9	
	本科	29	5.9	25	5.4	4	14.3	

续表 1

变量*		合计/人	占比/%	负性情绪				P 值
				无/人	占比/%	有/人	占比/%	
婚姻状况	单身未婚	146	29.6	136	29.2	10	35.7	0.568
	已婚(含再婚)	329	66.7	312	67.1	17	60.7	
	离异或丧偶	10	2.0	9	1.9	1	3.6	
吸烟习惯	从不吸烟	192	38.9	180	38.7	12	42.9	0.554
	已戒烟	32	6.5	31	6.7	1	3.6	
	偶尔吸烟	55	11.2	50	10.8	5	17.9	
	每天吸烟	214	43.4	204	43.9	10	35.7	
饮酒习惯	从不饮酒	107	21.7	103	22.2	4	14.3	0.239
	已戒酒	17	3.4	17	3.7	0	0.0	
	偶尔饮酒	327	66.3	308	66.2	19	67.9	
	每天饮酒	35	7.1	31	6.7	4	14.3	
听力异常	是	210	42.6	196	42.2	14	50.0	0.536
	否	283	57.4	269	57.8	14	50.0	
服用耳毒性药物	是	207	42.0	192	41.3	15	53.6	0.097
	否	32	6.5	29	6.2	3	10.7	
	不清楚	247	50.1	238	51.2	9	32.1	
先天性耳聋家族史	有	4	0.8	3	0.6	1	3.6	0.047
	无	470	95.3	446	95.9	24	85.7	
	不清楚	19	3.9	16	3.4	3	10.7	
噪声敏感性	低敏感	44	8.9	43	9.2	1	3.6	0.584
	中度敏感	177	35.9	168	36.1	9	32.1	
	高敏感	272	55.2	254	54.6	18	64.3	

注：* 仅展示可作为分类变量或已分组进行描述的基本信息。“个体噪声暴露”和“接噪工龄”为定量资料，其分布已在文中描述，未列入此表。

2.2 LASSO 回归筛选的关键变量

采用 LASSO 回归筛选负性情绪的关键影响因素，将收集到的 13 个潜在影响因素纳入 LASSO 回归进行筛选，随着正则化参数 $\ln\lambda$ 增大，各变量的回

归系数逐渐压缩至 0。根据 $\lambda_{\min}$ 准则与交叉验证结果($\lambda=0.005$ ，即 $\ln\lambda=-5.428$)，最终筛选出 9 个回归系数非 0 的变量，即年龄、工种、CNE、婚姻状况、吸烟习惯、饮酒习惯、服用耳毒性药物、先天性耳聋家族史和噪声敏感性，如图 1 和表 2 所示。

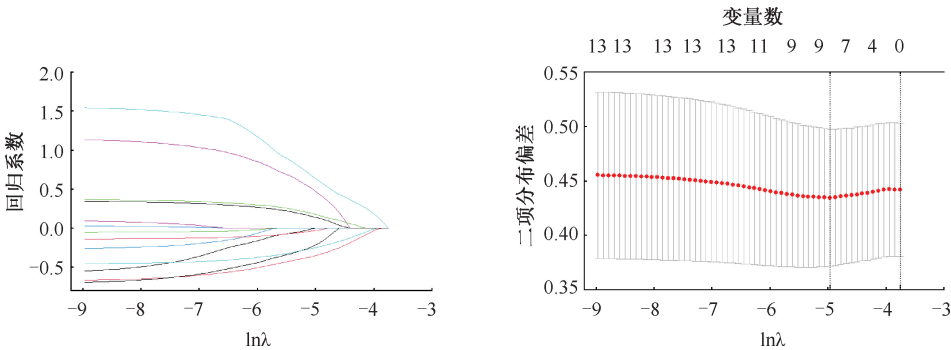


图 1 基于 LASSO 回归的负性情绪影响因素筛选过程
Fig. 1 Selection process of influencing factors for negative emotions based on LASSO regression

2.3 负性情绪产生的贝叶斯网络模型构建

基于筛选出的影响因素构建贝叶斯网络模型。如图 2 显示，该网络模型由 10 个节点及 18 条有向边构成，依据模型各节点的先验概率和因素间的相

互作用关系，发现年龄、婚姻状况、吸烟习惯、饮酒习惯、噪声敏感性、CNE 是负性情绪产生的父节点，工种、先天性耳聋家族史和服用耳毒性药物与负性情绪产生存在间接相连。

表 2 负性情绪产生影响因素 LASSO 回归筛选结果

Table 2 LASSO regression for screening factors of negative emotions

变量	回归系数
年龄	-0.067
工种	-0.418
个体噪声暴露	0.000
接噪工龄	0.000
CNE	0.845
文化程度	0.000
婚姻状况	-0.284
吸烟习惯	-0.082
饮酒习惯	0.289
听力异常	0.000
服用耳毒性药物	-0.324
先天性耳聋家族史	0.688
噪声敏感性	0.209

2.4 负性情绪产生的路径分析

负性情绪产生的贝叶斯网络模型包含 20 条路径,这些路径分别以年龄、吸烟习惯、饮酒习惯、CNE 等为根节点,详见表 3—表 6。将路径上的中介变量设为最大频率类别,比较根节点不同类别下负性情绪产生的概率,路径概率分析结果显示,不同特征人群的主导影响路径存在明显差异,以年龄为根节点的路径数量最多,且各年龄组的主要路径不同:<30 岁组以“年龄→婚姻状况→负性情绪”为主,发生概率为 16.4%;30~39 岁组以直接路径“年龄→负性情绪”为主,概率为 30.6%;40~49 岁与≥50 岁组则均以“年龄→CNE→负性情绪”为主,概率分别为 21.5%与 29.4%。

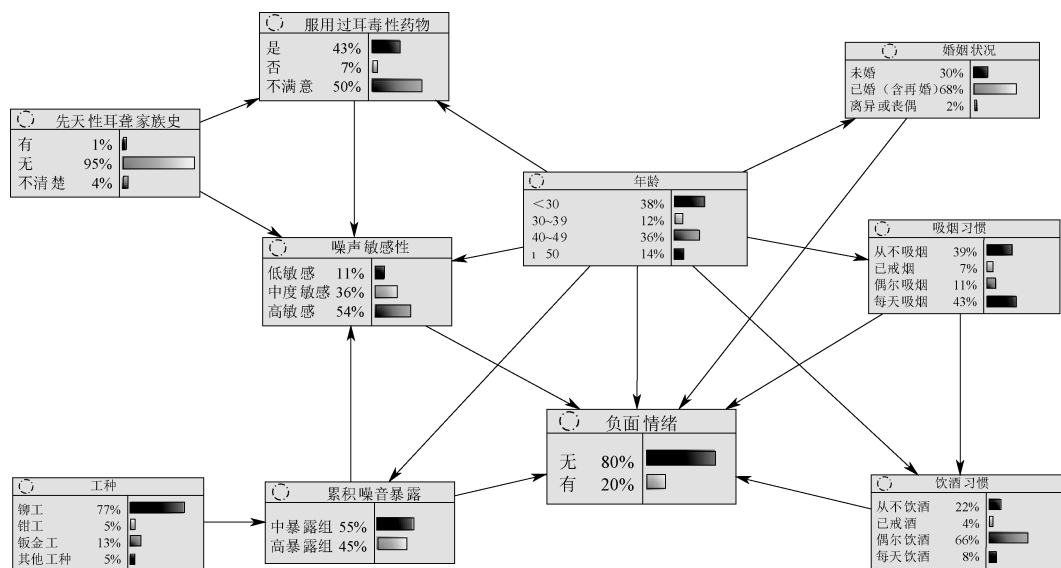


图 2 负性情绪产生的有向无环图和先验概率

Fig. 2 Directed acyclic graph and prior probabilities of negative emotions

在生活行为方式相关路径中,已戒烟组通过“吸烟习惯→负性情绪”路径的发生概率最高,为 35.0%,而已戒酒组通过“饮酒习惯→负性情绪”路径的发生概率最为显著,达 39.9%。

其他关键路径分析表明:“婚姻状况→负性情绪”路径中,离异或丧偶状态的发生概率最高(45.6%);“噪声敏感性→负性情绪”路径中,低敏

感人群的发生概率为 29.0%;以 CNE 为根节点的路径中,高暴露组负性情绪发生概率均高于中暴露组(直接路径:21.8% vs. 18.0%;经噪声敏感性中介路径:19.0% vs. 16.9%)。此外,在服用耳毒性药物与先天性耳聋家族史为根节点的所有路径中,非暴露组(无药物史/无家族史)的负性情绪发生概率最高,分别为 18.4%与 17.9%。

表 3 年龄为根节点的负性情绪产生路径概率

路径	年龄组/岁				%
	<30	30~39	40~49	≥50	
年龄→负性情绪	15.8	30.6	18.3	23.8	
年龄→婚姻状况→负性情绪	16.4	28.2	16.5	22.6	
年龄→饮酒习惯→负性情绪	13.2	26.5	14.1	19.7	
年龄→吸烟习惯→负性情绪	13.3	24.7	13.1	20.2	

续表 3

路径	年龄组/岁			
	<30	30~39	40~49	≥50
年龄→吸烟习惯→饮酒习惯→负性情绪	12. 2	21. 7	8. 6	17. 7
年龄→服用耳毒性药物→噪声敏感性→负性情绪	15. 5	25. 2	16. 0	22. 0
年龄→噪声敏感性→负性情绪	15. 5	25. 2	16. 0	22. 0
年龄→CNE→负性情绪	14. 3	25. 0	21. 5	29. 4
年龄→CNE→噪声敏感性→负性情绪	14. 4	18. 5	19. 8	27. 6

表 4 吸烟、饮酒和工种根节点的负性情绪产生路径概率

Table 4 Path probabilities for negative emotion development with smoking, drinking, and job type as root nodes %

路径	组别*			
	类别 1	类别 2	类别 3	类别 4
吸烟习惯→负性情绪	18. 6	35. 0	26. 6	16. 3
吸烟习惯→饮酒习惯→负性情绪	14. 8	30. 1	21. 2	13. 5
饮酒习惯→负性情绪	22. 8	39. 9	15. 9	31. 5
工种→CNE→负性情绪	17. 5	19. 8	19. 3	19. 4

注：*表示吸烟习惯为根节点的路径中 4 类别依次是从不吸烟、已戒烟、偶尔吸烟和每天吸烟；饮酒习惯为根节点的路径中 4 类别依次是从不饮酒、已戒酒、偶尔饮酒和每天饮酒；工种为根节点的路径中 4 类别依次铆工、钳工、钣金工和其他工种。

表 5 婚姻、耳毒性药物、耳聋家族史和噪声敏感性根节点的负性情绪产生路径概率

Table 5 Path probabilities for negative emotion development with marital status, ototoxic medication, family history of hearing loss, and noise sensitivity as root nodes %

路径	组别*		
	类别 1	类别 2	类别 3
婚姻状况→负性情绪	18. 0	19. 4	45. 6
服用耳毒性药物→噪声敏感性→负性情绪	18. 0	18. 4	17. 6
噪声敏感性→负性情绪	29. 0	19. 5	17. 9
先天性耳聋家族史→服用耳聋性药物→噪声敏感性→负性情绪	16. 4	17. 6	17. 4
先天性耳聋家族史→噪声敏感性→负性情绪	16. 9	17. 9	17. 8

注：*表示婚姻状况为根节点的路径中 3 类别依次是单身未婚、已婚（含再婚）、离异或丧偶；服用耳毒性药物为根节点的路径中 3 类别依次为是、否和不清楚；噪声敏感性为根节点的路径中 3 类别依次是低度敏感性、中度敏感性和高度敏感性；先天性耳聋家族史为根节点的路径中 3 类别依次是有、无和不清楚。

表 6 CNE 为根节点的负性情绪产生路径概率

Table 6 Path probabilities for negative emotion development with cumulative noise exposure as the root node %

路径	暴露组别	
	中暴露组	高暴露组
CNE→负性情绪	18. 0	21. 8
CNE→噪声敏感性→负性情绪	16. 9	19. 0

3 高噪声暴露与负性情绪产生机制

长期暴露于高强度噪声的职工产生负性情绪是多因素交互作用的结果。既往调查显示,我国 4 省 18~60 岁职业人群抑郁情绪检出率为 4.6%^[16]。本文中 493 名高噪声暴露男职工的负性情绪检出率为 5.7%,略高于一般职业人群水平。考虑到研究对象均为男性,这一结果提示负性情绪在职业人群中具有

不可忽视的发生率,且不同群体之间存在差异性。作为制造业大国,我国约有 1 000 万劳动者长期暴露于高强度噪声环境中。随着工作节奏加快与社会压力累积,这一人群的负性情绪风险可能进一步加剧^[17]。

与传统变量筛选方法(如单因素分析或逐步回归)相比,LASSO 回归通过引入 L_1 正则化惩罚项,在统一框架内同步完成变量筛选与参数估计。该方法能够自动将冗余变量的系数压缩至 0,有效克服多重共线性问题,并通过交叉验证动态优化模型复杂度,从而在控制过拟合的同时提升泛化能力^[18-19]。文中负性情绪检出率较低(5.7%),传统回归方法容易出现模型不收敛或参数估计偏倚。LASSO 回归在此类数据稀疏场景中表现出良好适应性,稳定筛选关键变量^[20]。

通过贝叶斯网络模型,可详细揭示不同因素对

负性情绪的影响路径概率及其年龄分层特征。研究发现,不同年龄段高噪声暴露男职工,负性情绪产生的主要路径存不同。在<30岁组中,模型显示“年龄→婚姻状况→负性情绪”是产生概率最高的路径(16.4%),显著高于该组其他路径,提示该年龄段职工的负性情绪更易受婚姻状况影响。这与该年龄段职工正处于职业发展与家庭角色建立的双重适应期,婚姻稳定性相对较低有关。而在≥50岁组中,“年龄→CNE→负性情绪”路径概率最高(29.4%);同时离异或丧偶状态通过“婚姻状况→负性情绪”路径产生负性情绪的概率高达45.6%,远高于其他婚姻状态。表明老年职工不仅受长期噪声累积效应影响显著,而且婚姻状态的改变导致其社会支持网络断裂更是负性情绪产生的关键风险。婚姻状态改变导致的社会支持系统脆弱性,可通过加剧个体情绪资源耗竭,进而增大噪声暴露的应激效应^[21]。同时,处于人际情感需求未满足状态的群体更易诱发适应不良行为(如现实逃避、情绪调节失控)^[22],这一现象亦可视为婚姻状况影响情绪调节功能的潜在作用路径。而40岁以上职工负性情绪产生风险主要源于噪声暴露的长期累积效应,这与长期噪声暴露持续激活下丘脑-垂体-肾上腺轴和交感神经系统,导致皮质醇、肾上腺素等压力激素水平升高,进一步导致抑郁、焦虑等负性情绪有关^[23]。可见:干预高噪声职业人群的心理健康时,应结合年龄分层下的关键路径特征实施针对性策略,以提升干预效能。

进一步分析显示,CNE与负性情绪呈正向关联。高暴露组通过“CNE→负性情绪”直接路径产生负性情绪的概率(21.8%)显著高于中暴露组(18.0%),与杨某等^[24-25]研究结论一致。此外,噪声敏感性在“累积性噪声暴露→负性情绪”路径中表现出显著中介效应,这为解释相似噪声暴露水平的职工人群内负性情绪风险存在个体差异提供了关键依据。进一步研究发现,低敏感人群产生负性情绪的概率最高(29.0%),而高敏感人群的概率相对较低(17.9%),这与张某等^[26]研究结果相悖。推测其原因,可能在于高敏感性职工更倾向于主动采取护听器使用、工作节奏调整等防护行为,加之企业职业健康措施客观上降低了其持续暴露风险,从而缓解了情绪负向发展的潜在路径。

在探究生理因素对负性情绪的作用路径时,“听力异常”未被识别为独立影响因素,主要因其效应被“噪声敏感性”完全中介此外,在LASSO回归筛选中,受样本分布、听力防护措施使用以及其与年

龄、噪声暴露程度之间的共线性干扰,听力异常的独立作用被进一步削弱。然而,贝叶斯网络揭示了生理与遗传因素通过“噪声敏感性”这一核心中介变量影响负性情绪的间接路径。以服用耳毒性药物作为根节点的路径表明,该类药物的使用可能通过改变听觉系统生理反应与主观噪声耐受性,间接提升负性情绪风险^[27]。以先天性耳聋家族史为根节点的路径亦证实,遗传背景相关的听觉生理脆弱性可通过增强噪声敏感性,进而影响负性情绪发生^[28]。值得关注的是,未暴露组(无耳毒性药物使用史、无家族史)的负性情绪发生概率反而较高,结合此前低噪声敏感性人群负性情绪风险较高的发现,提示低敏感职工可能因防护行为依从性较低,而企业职业健康干预措施又在客观上削弱了高敏感人群的实际暴露,从而部分抵消了其生理基础带来的表观风险。这表明,药物使用与家族遗传史通过调节噪声敏感性间接介导情绪效应,而个体行为与企业防护共同构成该路径的关键调节因素^[29]。

在行为因素方面,吸烟与饮酒习惯可通过双重路径影响负性情绪:一方面,尼古丁和酒精的短期镇静作用可暂时缓解压力和负性情绪^[30];另一方面,长期滥用会加剧多巴胺通路交叉敏化, γ -氨基丁酸/谷氨酸双重紊乱,形成代偿性兴奋性增强,戒断时谷氨酸能系统被过度激活,导致产生戒断综合征^[31-32],致使已戒断职工(特别是已戒酒者)的负性情绪风险显著升高。此外,婚姻状态亦显著影响负性情绪产生,“婚姻状况→负性情绪”路径中,离异或丧偶状态产生负性情绪的概率(45.6%)远高于单身未婚(18.0%)和已婚(19.4%)状态,反映出婚姻关系解体伴随的社会孤立及经济压力等因素可显著加剧情绪负担^[33]。综上,职业心理健康作为职业健康的主要组成部分,其风险的职业特征明显,未来工作场所心理健康干预更聚焦于主要可改变风险因素,实现差异化、多层级防控策略。

4 结 论

1) 年龄、CNE、婚姻状况、噪声敏感性、吸烟与饮酒习惯是男职工负性情绪产生的关键影响因素,其作用路径存在显著年龄分层特征。

2) 离异或丧偶、已戒酒、高CNE等特定状态的男职工负性情绪风险显著升高,应开展针对性心理疏导。

3) 建议未来研究采用纵向设计进一步验证路径稳定性,并纳入更多行为心理与社会支持变量,以完善噪声暴露人群心理健康干预体系。

参考文献

- [1] ZHOU Jiena, SHI Zhihao, ZHOU Lifang, et al. Occupational noise-induced hearing loss in China: a systematic review and meta-analysis[J]. *BMJ Open*, 2020, 10(9): DOI: 10.1136/bmjopen-2020-039576.
- [2] 丘春琴, 黄展荣, 唐臻臻, 等. 噪声暴露对认知功能影响的研究[J]. *广西医科大学学报*, 2024, 41(10): 1 413-1 417.
QIU Chunqin, HUANG Zhanrong, TANG Zhenzhen, et al. Study on the impact of noise exposure on cognitive function[J]. *Journal of Guangxi Medical University*, 2024, 41(10): 1 413-1 417.
- [3] 刘秀梅, 向定涛, 张阳, 等. 我国职业噪声暴露与心理健康关系的 meta 分析[J]. *职业与健康*, 2024, 40(4): 528-531.
LIU Xiumei, XIANG Dingtao, ZHANG Yang, et al. Meta-analysis of the relationship between occupational noise exposure and mental health in China[J]. *Occupation and Health*, 2024, 40(4): 528-531.
- [4] 梁灿坤, 郝建楸, 陈雅媚. 职业性噪声所致生理和心理无形负担的归因研究[J]. *广东医学*, 2019, 40(13): 1 952-1 956.
LIANG Cankun, HAO Jianqiu, CHEN Yamei. Attributable research on physical and mental intangible burden caused by occupational noise[J]. *Guangdong Medical Journal*, 2019, 40(13): 1 952-1 956.
- [5] 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.
WANG Li, HUANG Lei, MA Jingxuan, et al. Relationship between self-perceived noise intensity and sleep quality in noise-exposed workers: a mediating role of negative emotions[J]. *Environmental and Occupational Medicine*, 2024, 41(5): 519-525.
- [6] 杨杰, 刘诚, 兰亚佳, 等. 职业接触噪声工人的听力自我保护行为及影响因素分析[J]. *中华劳动卫生职业病杂志*, 2019, 9(10): 773-777.
YANG Jie, LIU Cheng, LAN Yajia, et al. The hearing self-protection behavior and internal factors of workers exposed to occupational noise[J]. *Chinese Journal of Industrial Hygiene and Occupational Diseases*, 2019, 9(10): 773-777.
- [7] 陈小方, 黄磊, 王娟, 等. 接噪工人听力阈值、自觉听力与负性情绪关系的路径分析[J]. *环境与职业医学*, 2023, 40(6): 667-672.
CHEN Xiaofang, HUANG Lei, WANG Juan, et al. Path analysis on relationship among tested hearing thresholds, conscious hearing, and negative emotions in noise-exposed workers[J]. *Environmental and Occupational Medicine*, 2023, 40(6): 667-672.
- [8] ABBASI M, YAZDANIRAD S, ZOKAEI M, et al. A Bayesian network model to predict the role of hospital noise, annoyance, and sensitivity in quality of patient care[J]. *BMC Nursing*, 2022, 21(1): DOI: 10.1186/S12912-022-00948-5.
- [9] 孟光磊, 丛泽林, 宋彬, 等. 贝叶斯网络结构学习综述[J]. *北京航空航天大学学报*, 2025, 51(9): 2 829-2 849.
MENG Guanglei, CONG Zelin, SONG Bin, et al. A review of Bayesian network structure learning [J]. *Beijing University of Aeronautics and Astronautics*, 2025, 51(9): 2 829-2 849.
- [10] 耿增显, 陈俊宇. 基于模糊贝叶斯网络的低空无人机运行风险评估[J]. *中国安全科学学报*, 2024, 34(8): 53-60.
GENG Zengxian, CHEN Junyu. Risk assessment of low-altitude unmanned aerial vehicle operation based on fuzzy Bayesian network[J]. *China Safety Science Journal*, 2024, 34(8): 53-60.
- [11] 姜子建, 周荣义, 石云霄, 等. 基于贝叶斯网络的危化品爆炸事故隐患关联与溯源分析[J]. *中国安全科学学报*, 2024, 34(6): 173-180.
JIANG Zijian, ZHOU Rongyi, SHI Yunxiao, et al. Correlation and traceability analysis of hazardous chemical explosion accidents based on Bayesian network[J]. *China Safety Science Journal*, 2024, 34(6): 173-180.
- [12] 张静, 马景璇, 王永伟, 等. 职业相关的累积噪声暴露评估方法初步探讨及应用[J]. *现代预防医学*, 2023, 50(15): 2 721-2 725.
ZHANG Jing, MA Jingxuan, WANG Yongwei, et al. Preliminary discussion and application of occupation-related cumulative noise exposure assessment method[J]. *Modern Preventive Medicine*, 2023, 50(15): 2 721-2 725.
- [13] AASVANG G M, MOUM T, ENGDAHL B. Self-reported sleep disturbances due to railway noise: exposure-response relationships for nighttime equivalent and maximum noise levels[J]. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 2008, 124(1): 257-268.
- [14] 王征宇, 迟玉芬. 焦虑自评量表(SAS)[J]. *上海精神医学*, 1984(2): 73-74.
- [15] 王征宇, 迟玉芬. 抑郁自评量表(SDS)[J]. *上海精神医学*, 1984(2): 71-72.
- [16] 吕燕宇, 姜红如, 张兵, 等. 中国四省 18~60 岁职业人群抑郁情绪现状及其影响因素[J]. *环境与职业医学*, 2020, 37(5): 427-432.

LYU Yanyu, JIANG Hongru, ZHANG Bing, et al. Depressive mood and its influencing factors among occupational populations aged 18–60 years in four provinces of China[J]. *Environmental and Occupational Medicine*, 2020, 37(5): 427–432.

- [17] 国家安全生产监督管理局, 国家煤矿安全监察局. 国家安全生产科技发展规划(2004—2010)[R], 2003.
- [18] DADA E G, BIRMA A I, GORA A A. Ensemble machine learning algorithm for diabetes prediction in maiduguri, borno state[J]. *Mikailalsys Journal of Mathematics and Statistics*, 2024, 2(2): 46–73.
- [19] 奚丽婧, 郭昭艳, 杨雪珂, 等. LASSO 及其拓展方法在回归分析变量筛选中的应用[J]. *中华预防医学杂志*, 2023, 57(1): 107–111.
- XI Lijing, GUO Zhaoyan, YANG Xueke, et al. Application of LASSO and its extended method in variable selection of regression analysis[J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2023, 57(1): 107–111.
- [20] 王琦琦, 于石成, 亓晓, 等. logistic 族回归及其应用[J]. *中华预防医学杂志*, 2019, 53(9): 955–960.
- WANG Qiqi, YU Shicheng, QI Xiao, et al. Overview of logistic regression model analysis and application[J]. *Chinese Journal of Preventive Medicine*, 2019, 53(9): 955–960.
- [21] ZHANG Donghang, ZHENG Wenhao, LI Keyang. The relationship between marital status and cognitive impairment in Chinese older adults: the multiple mediating effects of social support and depression[J]. *BMC Geriatr*, 2024, 24(1): DOI: 10.1186/s12877-024-04975-6.
- [22] 古冰, 邓勇. 高校教师心理健康问题研究[J]. *高教学刊*, 2023, 9(4): 134–137.
- GU Bing, DENG Yong. Research on the mental health problems of university teachers [J]. *Journal of Higher Education*, 2023, 9(4): 134–137.
- [23] HAHAD O, KUNTIC M, AL-KINDI S, et al. Noise and mental health: evidence, mechanisms, and consequences[J]. *Journal of Exposure Science & Environmental Epidemiology*, 2025, 35(1): 16–23.
- [24] 杨慧琴, 贺家勇, 段新光, 等. 噪声岗位员工心理健康状况分析与 EAP 应对效果评价[J]. *新疆医科大学学报*, 2016, 39(12): 1583–1585.
- YANG Huiqin, HE Jiayong, DUAN Xinguang, et al. The analysis of mental health status of staffs on noise positions and the evaluation of the effect of EAP[J]. *Journal of Xinjiang Medical University*, 2016, 39(12): 1583–1585.
- [25] 曾丹, 陈醒觉, 李济超. 噪声和锰接触对职业人群神经行为功能影响的研究[J]. *中国职业医学*, 2008, 35(4): 336–337.
- [26] 张磊力, 龙云芳, 杨鲁静, 等. 噪声敏感性与精神卫生状况关系的研究[J]. *中国公共卫生*, 2004, 20(12): 1489–1490.
- [27] HOLMAN J A, ALI Y H K, NAYLOR G. A qualitative investigation of the hearing and hearing-aid related emotional states experienced by adults with hearing loss[J]. *International Journal of Audiology*, 2023, 62(10): 973–982.
- [28] CASPI A, SUGDEN K, MOFFITT T E, et al. Influence of life stress on depression: moderation by a polymorphism in the 5-HTT gene[J]. *Science*, 2003, 301(5631): 386–389.
- [29] LOUGHRAN M T, PLACK C J, ARMITAGE C J. Identifying targets for interventions to increase uptake and use of hearing protection in noisy recreational settings[J]. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2021, 18(15): DOI:10.3390/ijerph18158025.
- [30] HOLLIDAY E, GOULD T J. Nicotine, adolescence, and stress: a review of how stress can modulate the negative consequences of adolescent nicotine abuse[J]. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 2016, 65: 173–184.
- [31] BLUM K, FEBO M, BADGAIYAN R D, et al. Common neurogenetic diagnosis and meso-limbic manipulation of hypodopaminergic function in reward deficiency syndrome (RDS): changing the recovery landscape [J]. *Curr Neuroparmacol*, 2017, 15(1): 184–194.
- [32] DURAZZO T C, MEYERHOFF D J. Neurobiological and neurocognitive effects of chronic cigarette smoking and alcoholism[J]. *Front Biosci*, 2007, 12(11): 79–100.
- [33] HOLT-LUNSTAD J, SMITH T B, LAYTON J B. Social relationships and mortality risk: a meta-analytic review[J]. *PLOS Medicine*, 2010, 7(7): DOI:10.1371/journal.pmed.1000316.

作者简介: 段昕昀 (1999—), 男, 四川广安人, 硕士研究生, 研究方向为职业中毒与职业流行病学。E-mail: duanxy0609@163.com。

