耐火陶瓷纤维作业工人早期听力损失情况及影响因素

谷一硕[1], 杨思雯[1], 陈百一[1], 张林[2], 马文军[3], 朱晓俊[1]

(1. 国家卫生健康委职业安全卫生研究中心/国家卫生健康委粉尘危害工程防护重点实验室, 北京 102308; 2. 广东药科大学公共卫生学院; 3. 北京大学公共卫生学院)

摘要: 目的 探讨接触噪声作业工人早期听力损失情况及可能的影响因素, 为早期发现听力损失和制定相关防治措施提供依据和指导。**方法** 选择某大型耐火陶瓷纤维(RCFs)企业进行现场职业卫生学调查, 对 9 个生产加工车间 31 个主要作业岗位的噪声接触水平进行测定, 239 名接触噪声的一线作业工人作为研究对象, 进行问卷调查并收集经校正的纯音听力检查结果。出现以下情况中≥1 项判定为早期噪声性听力损失: (1)单耳或双耳于 4 000 Hz 和/或 6 000 Hz 频率听阈≥40 dB; (2)单耳或双耳高频平均听阈与语频平均听阈之差≥10 dB。采用χ^2 检验和多因素 logistic 回归模型分析 RCFs 作业工人早期听力损伤的影响因素。**结果** 31 个岗位中有 23 个岗位的噪声声级≥80 dB(A), 14 个岗位的噪声声级≥85 dB(A); 239 名 RCFs 作业工人中 34 人发生早期听力损失, 检出率 14.2%; 男性、体质量指数(BMI)≥24 kg/m^2、工龄≥10 年、接触噪声声级≥80 dB(A)的工人早期听力损失检出率较高(均 $P<0.05$)。Logistic 回归分析显示, 工龄≥10 年是 RCFs 作业工人发生早期听力损失的危险因素($OR=3.12$, 95%CI: 1.36~7.16, $P=0.007$)。**结论** RCFs 作业场所存在较严重的噪声危害, 应在加强防尘措施的同时, 重视噪声危害治理和听力防护。本研究选取的早期听力损失筛查指标具有较好的应用价值, 有助于开展早期听力损失的评价。

关键词: 耐火陶瓷纤维(RCFs); 职业性噪声; 早期听力损失

中图分类号: R135.2; TB53 **文献标识码**: A **文章编号**: 1002-221X(2025)06-0588-05 **DOI**: 10.13631/j.cnki.zggyyx.2025.06.002

Early hearing loss and its influencing factors in refractory ceramic fibers workers

GU Yishuo*, YANG Siwen, CHEN Baiyi, ZHANG Lin, MA Wenjun, ZHU Xiaojun

(*National Center for Occupational Safety and Health, National Health Commission of the People's Republic of China/National Health Commission Key Laboratory for Engineering Control of Dust Hazard, Beijing 102308, China)

Abstract: Objective To explore the situation of early noise-induced hearing loss in refractory ceramic fibers (RCF)-exposed workers, and its potential influencing factors, thereby, to provide a basis and guidance for the early detection of hearing loss and the development of prevention and control measures. **Methods** A cross-sectional occupational hygiene investigation was conducted at a large RCFs enterprise, the noise exposure level was measured at 31 key workstations across 9 RCFs production and processing workshops, a total of 239 frontline workers exposed to noise were selected as study subjects, who underwent questionnaire survey and pure-tone audiometric test, early noise-induced hearing loss might be diagnosed if any of following criteria was met: (1) unilateral or bilateral hearing threshold at 4 000 Hz and/or 6 000 Hz was ≥40 dB; (2) the difference between high-frequency average hearing threshold and speech-frequency average hearing threshold was ≥10 dB in one or both ears. Then, using Chi-square test and multi-factor logistic regression models to analyze the influencing factors of early hearing loss in RCFs-exposed workers. **Results** The results showed that out of 31 job positions, 23 positions had the noise level ≥80 dB(A), and 14 positions ≥ 85 dB(A); out of 239 workers, 34 showed early hearing loss, detection rate reached 14.2%. Male workers with BMI ≥24 kg/m^2, work experience ≥10 years, noise exposure levels≥80 dB(A) all had a higher detection rate of early hearing loss ($P<0.05$); and the logistic regression analysis showed that the work experience of ≥10 years was a risk factor of early hearing loss in RCFs workers ($OR=3.12$, 95%CI: 1.36—7.16, $P=0.007$). **Conclusion** The results suggested that there was serious noise hazards in RCFs production and processing workplaces, it was necessary to strengthen noise control measures in the workplace, attention should be paid to noise hazard control and hearing protection; additionally, the early hearing loss screening indicators selected in this study showed good application value, and should be helpful for the evaluation of early hearing loss.

Keywords: refractory ceramic fibers(RCFs); occupational noise; early hearing loss

近年来, 职业性噪声聋已逐渐成为我国高发的职业病病种。职业性噪声接触可引起作业工人听觉疲劳, 进而听力下降, 最终导致永久性听力损失, 严重

基金项目: 北京市自然科学基金(No. 7192137)

作者简介: 谷一硕(1993—), 女, 博士, 助理研究员, 研究方向: 职业卫生学。

通信作者: 朱晓俊, 研究员, E-mail: zhuxj_bj@126.com

影响劳动者的生存质量[1]。我国缺少对劳动者早期听力损失的研究，目前的职业健康检查在劳动者听力水平达到噪声聋诊断标准后才判断为听力异常进行报告。因而导致部分工人已发生早期听力损失但由于未达到诊断标准，无法得到及时的听力健康管理和有效的听力保护措施，最终导致噪声聋。早期听力损失是职业性噪声聋发展过程中的重要环节，也是进行预防干预的关键时期[2]。现有职业健康检查多集中于噪声聋的筛查和诊断，对于劳动者听力损失的早期变化尚无评价标准。耐火陶瓷纤维(refractory ceramic fibers，RCFs)作为重要的隔热、隔声材料，已在世界各国大量生产和使用，产生的职业病危害因素以粉尘为主[3]，既往我们的研究多关注 RCFs 作业引起的粉尘危害和对呼吸系统及皮肤等的健康影响[4-6]。但由于在各生产工序中均需使用大型高噪声机器设备，部分作业工人长期暴露于噪声环境，因此噪声接触造成的健康影响不容忽视。目前尚缺少有关 RCFs 作业工人听力损失状况的报道，也缺少针对职业性听力损失的早期健康筛查指标。

本研究以国内某大型 RCFs 生产加工企业为研究对象，调查 RCFs 作业工人噪声接触水平，研究接触噪声的 RCFs 作业工人早期听力损失情况及可能的影响因素，为听力损失的早期发现和相关防治措施的制定提供依据和指导。

1 对象与方法

1.1 对象 选取某大型 RCFs 企业进行现场职业卫生学调查。该企业包括 4 个生产车间(根据生产工艺不同分为生产一~四部)，4 个加工车间(根据终产品不同分为纺织、模块、背衬板和造纸车间)，1 个轻钢构件加工车间。选取 9 个车间 239 名接触噪声的一线作业工人作为研究对象。研究对象于本岗位工作时间>1 年，入职时无听力异常，无先天性或家族性耳聋病史、耳毒性药物使用史、耳部手术史等。纳入研究的作业工人在最近一次职业健康检查中听力水平均未达到《职业性噪声聋诊断标准》(GBZ 49—2014)中噪声聋的判定要求。根据工人的岗位信息，确定其噪声接触水平。本研究已通过国家卫生健康委职业安全卫生研究中心伦理委员会审查[编号：职卫伦审批(2024)第 R-02 号]。所有研究对象均已签署知情同意书。

1.2 现场职业卫生学调查 了解各车间生产工艺流程、主要噪声来源、有关降噪措施和各主要作业岗位劳动组织情况等。依据《工作场所物理因素测量 第 8 部分：噪声》(GBZ/T 189.8—2007)对 9 个车间中 31 个主要作业岗位工人的噪声接触水平进行测定，同一作业岗位选取 3 个检测点，噪声声级取平均值，根据各岗位工人每周平均工作时间计算 40 h 等效声级。工人作业时未佩戴防护耳罩、耳塞等听力防护用品。

1.3 问卷调查 采用统一编制的问卷收集研究对象相关信息：(1)人口学基本信息，包括性别、年龄、身高、体质量和体质量指数(BMI)等；(2)工作相关情况，包括作业岗位、作业班制和工龄等；(3)生活方式，包括吸烟和饮酒情况；(4)耳部疾病史。

1.4 早期听力损失的判断 收集该 RCFs 企业接噪工人的职业健康检查资料，根据经性别和年龄修正后的纯音气导听力检查结果，结合噪声所致听力损失发生特点，出现以下情况≥1 项被认为发生早期噪声性听力损失：(1)单耳或双耳听阈曲线在 4 000 Hz 和/或 6 000 Hz 出现凹陷，即听阈≥40 dB；(2)单耳或双耳高频(3 000、4 000、6 000 Hz)的平均听阈与语频(500、1 000、2 000 Hz)听阈之差≥10 dB。

1.5 统计分析 采用 EpiData 3.1 建立数据库，使用 SPSS 27.0 进行统计分析。定性资料使用频数及百分率表示，组间比较采用 χ^2 检验。采用二项 logistic 回归模型分析 RCFs 作业工人早期听力损失的影响因素，以早期听力损失为因变量，纳入的自变量包括性别、BMI、工龄、接触噪声声级以及吸烟、饮酒情况。所有统计均为双侧概率检验，以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结 果

2.1 RCFs 作业场所噪声水平 对 9 个车间共 31 个岗位的噪声声级进行测量。9 个车间均存在声级≥80 dB(A)的接噪岗位，23 个岗位的噪声声级≥80 dB(A)，14 个岗位噪声声级≥85 dB(A)。生产车间以操作工岗位接噪水平最高，最高可达 100.45 dB(A)。加工车间中纺织、模块和背衬板车间所有岗位的噪声声级均>80 dB(A)，作业工人接噪水平较高。见表 1。

2.2 RCFs 作业工人早期听力损失情况 239 名 RCFs 作业工人中 21 人出现单耳 4 000 Hz 或 6 000 Hz 听阈曲线凹陷，12 人出现双耳 4 000 Hz 或 6 000 Hz 听阈曲线凹陷，检出率 13.8%；16 人单耳高频语频差≥10 dB，11 人双耳高频语频差≥10 dB，检出率 11.3%。其中 1 人出现单侧 4 000 Hz 或 6 000 Hz 听阈曲线凹陷和对侧高频语频差≥10 dB。综合考虑两种听力异常情况，发生单耳早期听力损失的有 20 人，发生双耳早期听力损失的有 14 人，共计 34 人，检出率合计 14.2%。见表 2。

表 1　RCFs 作业场所不同岗位作业工人噪声接触水平

车间	工作班制	周平均工作时间(h)	岗位	每周 40 h 等效声级[dB(A)]
生产一部	三班三运转	48	下料	68.96
			操作	90.36
			调整	81.70
			分级	85.33
生产二部	三班三运转	48	下料	76.86
			调整	78.71
			分级	81.27
生产三部	三班三运转	48	下料	81.63
			操作	87.94
			调整	73.33
			分级	78.37
生产四部	三班三运转	48	下料	74.33
			操作	100.45
			调整	84.31
			分级	86.09
纺织车间	常白班	48	梳毛	89.83
			细纱	88.93
			合股	89.93
			织造	94.94
模块车间	常白班	48	挤压	86.88
			折叠	82.06
			切割	88.96
			包装	83.29
			辅助	85.46
背衬板车间	三班三运转	48	下料	83.13
			成型	80.24
			包装	83.83
造纸车间	三班三运转	48	下料	87.79
			成型	77.38
			包装	75.43
轻钢构件车间	常白班	48	操作	97.84

表 2　RCFs 作业工人早期噪声性听力损失情况［人(%)］

单/双耳	4 000 Hz 或 6 000 Hz 凹陷(听阈≥40 dB)	高频与语频平均听阈差值≥10 dB	早期听力损失
单耳	21 (8.8)	16 (6.7)	20 (8.4)
双耳	12 (5.0)	11 (4.6)	14 (5.8)
合计	33 (13.8)	27 (11.3)	34 (14.2)

2.3　RCFs 作业工人早期噪声性听力损失的影响因素　RCFs 作业工人中<35 岁和≥35 岁年龄组早期噪声性听力损失的检出率分别为 12.4%和 17.4%，差异无统计学意义；男性早期听力损失的检出率(16.9%)显著高于女性(5.4%)(P<0.05)；BMI≥24 kg/m^2 的工人早期听力损失的检出率(18.5%)显著高于 BMI<24 kg/m^2 的工人(9.6%)(P<0.05)；工龄≥10 年的工人早期听力损失的检出率(20.2%)显著高于工龄<10 年的工人(7.8%)(P<0.05)；接触噪声声级≥80 dB(A)的作业工人早期听力损失检出率(16.6%)显著高于<80 dB(A)者(4.3%)(P<0.05)。见表 3。

表 3　RCFs 作业工人早期噪声性听力损失影响因素

特征因素	RCFs 作业工人(239 人)	早期听力损失(34 人)	听力损失率(%)	χ^2 值	P 值
年龄(岁)				1.139	0.286
<35	153	19	12.4		
≥35	86	15	17.4		
性别				4.714	0.029
男	183	31	16.9		
女	56	3	5.4		
BMI(kg/m^2)				3.946	0.047
<24	115	11	9.6		
≥24	124	23	18.5		
工龄(年)				7.440	0.006
<10	115	9	7.8		
≥10	124	25	20.2		
接触噪声声级[dB(A)]				4.555	0.033
<80	46	2	4.3		
≥80	193	32	16.6		
吸烟				0.939	0.333
是	81	14	17.3		
否	158	20	12.7		
饮酒				0.571	0.450
是	58	10	17.2		
否	181	24	13.3		

2.4　RCFs 作业工人早期听力损失的多因素分析　采用二项分类多因素 logistic 回归模型分析 RCFs 作业工人早期听力损失的影响因素。结果显示，工龄≥10 年者发生早期噪声性听力损失的风险高于<10 年的作业工人(OR=3.12，95%CI：1.36~7.16，P=0.007)。见表 4。

表 4　RCFs 作业工人早期听力损失影响因素 logistic 回归分析

变量	β 值	OR(95%CI)值	P 值
性别	1.06	2.87 (0.78~10.70)	0.116
BMI	0.73	2.06 (0.92~4.64)	0.079
工龄	1.14	3.12 (1.36~7.16)	0.007
接触噪声声级	1.35	3.84 (0.86~17.12)	0.078
吸烟	0.30	1.34 (0.57~3.16)	0.500
饮酒	−0.01	0.99 (0.40~2.45)	0.988

注：自变量赋值，性别，女=0，男=1；BMI，<24 kg/m^2=0，≥24 kg/m^2=1；工龄，<10 年=0，≥10 年=1；接触噪声声级，<80 dB(A)=0，≥80 dB(A)=1；吸烟、饮酒情况，否=0，是=1。

3　讨　论

RCFs 作为石棉的主要代用品之一被大量生产和

广泛使用，生产加工过程中需经过甩丝、喷吹、针刺、固化、切割等多道工序[7-8]，车间内多台机器设备在运行过程中可持续产生高强度的噪声。本次调查显示，RCFs 作业车间中 74.2%的岗位接触噪声声级≥80 dB(A)，多数属于噪声作业岗位；45.2%的岗位接触噪声声级高于职业接触限值[85 dB(A)]，与其他高噪声作业场所如采气厂和电焊作业的噪声超标率相近[9-10]。80%以上的 RCFs 作业工人噪声接触水平≥80 dB(A)，提示 RCFs 作业场所存在较为严重的高噪声接触，其危害不可忽视。既往研究多关注 RCFs 作业引起的粉尘危害和对呼吸系统及皮肤的健康影响[4-6]，对于存在的噪声危害少见报道，企业对于作业场所噪声控制和工人听力防护的意识较为薄弱，由此导致较高的噪声暴露水平。

噪声引起的听力损失在听阈曲线上具有高频“V”型凹陷的特点，尤其高发于 4 000 Hz 和 6 000 Hz[11-12]。发生于 4 000 Hz 的“V”型凹陷被称为 c5-dip，视为噪声性听力损伤的特异性表现[11]。目前的职业健康检查通常以 GBZ 49—2014 为依据，当双耳高频平均听阈≥40 dB 时方判断为听力异常进行报告。这可能导致部分工人听力曲线已发生明显的高频凹陷，但因平均听阈未≥40 dB 而被认为无听力异常，从而无法得到及时的听力健康管理和有效的听力保护，可能进一步引起听力下降，最终导致噪声聋。

本研究针对这一问题，结合噪声性听力损失早期即可发生高频损害的特点，以单耳或双耳出现 4 000 Hz 和/或 6 000 Hz 的听阈≥40 dB 以及高频与语频平均听阈之差≥10 dB 作为听力损失的早期筛查指标，对 RCFs 作业工人早期听力损失情况进行调查。结果显示，14.2%的作业工人发生了早期听力损失，其中早期听力损失检出率单耳 8.4%、双耳 5.8%。单耳早期听力损失检出率略高于双耳，该情况在既往研究中也曾出现，单侧耳听力损失的发生可能与作业时劳动者与噪声源的位置距离及作业姿势有关[13]。

本研究发现接触噪声声级≥80 dB(A)、工龄≥10 年的作业工人早期听力损失的检出率较高，提示 RCFs 作业场所的高声级噪声接触可引起听力损害，且噪声声级和接噪时间可能是影响人体听力水平的主要因素，这与既往其他高噪声作业人群听力损失研究结果一致[14-15]。男性工人早期听力损失的检出率高于女性工人，可能与男性工人普遍作业强度较大，接噪声级较高有关[16]；也可能与雌激素对听力系统有一定的调节和保护作用有关[17]。本研究还发现体质量超重的作业工人早期听力损失的检出率较高，BMI 升高与机体多种代谢功能障碍密切相关，进而可能对听力系统产生影响[18]。但既往研究对超重和听力损伤关联的结论不尽相同，可能与不同研究对超重的判定标准不一致有关[18-19]。本研究未发现吸烟和饮酒对于早期听力损失的影响，尚无法确定吸烟和饮酒在 RCFs 作业工人早期听力损失发生过程中的作用，考虑可在下一步研究中扩大样本量并进行定量分析。多因素分析结果显示，工龄是 RCFs 作业工人发生早期听力损失的危险因素，工龄≥10 年的作业工人早期听力损失检出率高达 20.2%，听力损失情况较为严重。

RCFs 作业场所存在较为严重的噪声危害，为降低听力损失的发生风险，RCFs 生产企业应对作业场所的噪声危害有正确的认识，加强作业场所噪声危害的工程治理，降低生产性噪声水平。现场调查发现，RCFs 工人作业时未佩戴防护耳罩、耳塞。个体防护作为预防职业危害的重要一环，企业应为接噪工人配备符合要求的听力防护用品，并加强听力防护的宣传、培训和监管，提高职工的听力保护意识。企业应加强接噪工人职业健康检查结果的过程性管理，重点关注工龄长、体质量超重的接噪工人，将出现早期听力损失的作业工人作为重点管理对象，进行听力曲线变化的动态观察并及时采取干预措施。本研究选取的早期噪声性听力损失筛查指标能够较好地反映作业工人听力变化，具有较高的应用价值，有助于开展早期听力损失的评价。根据 2025 年 8 月国家卫生健康委员会等四部门联合印发的《关于推进耳与听力健康工作的指导意见》，应强化重点人群，尤其是职业人群听力损失的预防和筛查。因此，及时发现早期噪声性听力损失的劳动者并采取相关听力保护措施，可有效降低噪声聋的发生风险，保障劳动者的健康和工作能力。

（**声明**　所有作者均不存在利益冲突）

参考文献

[1] 许运强，游春年，黄佳鹏，等. 职业接噪人群健康现状调查及听力损失影响因素分析[J]. 慢性病学杂志，2025，26(7)：980-985.

[2] 边寰锋，梁思哲，廖春华，等. 噪声作业工人双耳高频平均听阈和血压的影响因素分析[J]. 工业卫生与职业病，2022，48(4)：267-270.

[3] 朱晓俊，李涛，王鸿飞，等. 耐火陶瓷纤维作业工人纤维粉尘职业接触水平分析[J]. 中国工业医学杂志，2015，28(2)：98-101.

[4] 朱晓俊，李涛，王鸿飞. 耐火陶瓷纤维对作业工人肺通气功能的影响[J]. 环境与职业医学，2015，32(5)：399-403.

[5] 谷一硕，马文军，朱晓俊，等. 耐火陶瓷纤维对作业工人肺小气道功能的影响[J]. 中国工业医学杂志，2017，30(6)：410-414.

（下转第 624 页）

System (NPDS): 36th Annual Report [J]. Clinical Toxicology (Philadelphia, Pa.), 2019, 57(12): 1220-1413.
[2] Gummin DD, Mowry JB, Beuhler MC, *et al*. 2019 annual report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 37th Annual Report [J]. Clinical Toxicology (Philadelphia, Pa.), 2020, 58(12): 1360-1541.
[3] Gummin DD, Mowry JB, Beuhler MC, *et al*. 2020 annual report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 38th Annual Report [J]. Clinical Toxicology (Philadelphia, Pa.), 2021, 59(12): 1282-1501.
[4] 急性敌草快中毒诊断与治疗专家共识组. 急性敌草快中毒诊断与治疗专家共识 [J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(10): 1282-1289.
[5] Powell D, Pond SM, Allen TB, *et al*. Hemoperfusion in a child who ingested diquat and died from pontine infarction and hemorrhage [J]. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 20(5): 405-420.
[6] Vanholder R, Colardyn F, De Reuck J, *et al*. Diquat intoxication: Report of two cases and review of the literature [J]. The American Journal of Medicine, 1981, 70(6): 1267-1271.
[7] Mahieu P, Bonduelle Y, Bernard A, *et al*. Acute diquat intoxication: Interest of its repeated determination in urine and the evaluation of renal proximal tubule integrity [J]. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 1984, 22(4): 363-369.
[8] 南措吉, 张斌, 张玉红, 等. 急性敌草快中毒致肾功能衰竭合并非闭塞性肠系膜缺血 1 例报道 [J]. 中国工业医学杂志, 2023, 36(4): 321-323.
[9] Lam HF, Takezawa J, Gupta BN, *et al*. A comparison of the effects of paraquat and diquat on lung compliance, lung volumes and single breath diffusing capacity in the rat [J]. Toxicology, 1980, 18(2): 111-123.
[10] 孟娜, 孙艺青, 刘亮, 等. 急性敌草快中毒 86 例临床分析 [J]. 中华危重病急救医学, 2022, 34(3): 301-305.
[11] 崔瑾, 吴晓玲, 张博泉. 敌草快中毒神经系统损伤机制及影像学表现——附 2 例中毒病例 [J]. 中国工业医学杂志, 2024, 37(5): 487-491.
[12] 钟丽嫦, 张婷婷, 范远玉, 等. 敌草快致中毒性脑病的护理体会 [J]. 中国工业医学杂志, 2022, 35(1): 90-91.
[13] Rudez J, Sepcić K, Sepcić J. Vaginally applied diquat intoxication [J]. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 1999, 37(7): 877-879.
[14] Manoguerra AS. Full thickness skin burns secondary to an unusual exposure to diquat dibromide [J]. Journal of Toxicology: Clinical Toxicology, 1990, 28(1): 107-110.
[15] 郑拓康, 孙艺青, 高恒波, 等. 敌草快在大鼠体内毒代动力学与组织分布研究 [J]. 中华急诊医学杂志, 2020, 29(11): 1396-1402.
[16] Valiante F, Farinati F, Dal SP, *et al*. Upper gastrointestinal injury caused by diquat [J]. Gastrointestinal Endoscopy, 1992, 38(2): 204.
[17] 冷俊岭, 邹晓东, 李扬, 等. 大剂量敌草快中毒患者 1 例报告 [J]. 中华卫生应急电子杂志, 2017, 3(5): 317-318.
[18] 彭亮, 陆元兰, 潘万福, 等. 急性敌草快中毒 12 例诊治分析 [J]. 中华危重症医学杂志(电子版), 2018, 11(1): 49-51.
[19] Wen C, Guo Q, Wang W, *et al*. Taurine alleviates intestinal injury by mediating tight junction barriers in diquat-challenged piglet models [J]. Frontiers In Physiology, 2020(11): 449.
[20] Zhang H, Liu Y, Fang X, *et al*. Vitamin D_3 protects mice from diquat-induced oxidative stress through the NF-κB/Nrf2/HO-1 signaling pathway [J]. Oxidative Medicine and Cellular Longevity, 2021(2021): 6776956.
[21] Magalhães N, Carvalho F, Dinis-Oliveira RJ. Human and experimental toxicology of diquat poisoning: Toxicokinetics, mechanisms of toxicity, clinical features, and treatment [J]. Human & Experimental Toxicology, 2018, 37(11): 1131-1160.

(**收稿日期**: 2025-04-15; **修回日期**: 2025-11-17)

(上接第 591 页)

[6] 朱晓俊, 李涛, 王鸿飞. 耐火陶瓷纤维对作业工人皮肤的刺激作用 [J]. 环境与职业医学, 2015, 32(5): 404-408.
[7] NIOSH. Criteria for a Recommended Standard Occupational Exposure to Refractory Ceramic Fibers [M]. Atlanta, GA, USA: Department of Health and Human Services, Centers for Disease Control Prevention, National Institute for Occupational Safety and Health, 2006: 123.
[8] NIOSH. Asbestos Fibers and Others Elongate Mineral Particles: State of the Science and Roadmap for Research [M]. Cincinnati, USA, 2011: 159.
[9] 彭瑞双, 徐露露, 王凤, 等. 某采气厂工人听力损失现状调查及影响因素分析 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2025, 43(4): 305-308.
[10] 苏艺伟, 李艳华, 王建宇, 等. 电焊作业对听力损失和呼吸系统损伤的影响 [J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2023, 41(10): 832-837.
[11] Lee H, Kim S, Jung J, *et al*. Clinical and audiological characteristics of 1000 Hz audiometric notch patients [J]. Am J Otolaryngol, 2017, 38(5): 521-525.
[12] Khoza-Shangase K. Hearing function of gold miners with and without a history of tuberculosis treatment: A retrospective data review [J]. Braz J Otorhinolaryngol, 2020, 86(3): 294-299.
[13] 周彩玲, 李勇, 胡祖应, 等. 噪声暴露从业人员听力损失危险因素 logistic 回归模型分析 [J]. 中国耳鼻咽喉头颈外科, 2025, 32(5): 294-298.
[14] 张家祥, 许述海, 叶向光, 等. 轮胎制造行业噪声作业工人听力损失及相关因素分析 [J]. 中国职业医学, 2018, 45(6): 801-804.
[15] Zhou J, Shi Z, Zhou L, *et al*. Occupational noise-induced hearing loss in China: A systematic review and meta-analysis [J]. BMJ Open, 2020, 10(9): e39576.
[16] 李爱华, 叶研, 刘秀峰, 等. 北京市 73 家印刷业企业噪声暴露工人听力损失的调查分析 [J]. 工业卫生与职业病, 2024, 50(4): 332-335.
[17] 刁嚣, 赵立东, 白文佩. 雌激素对听力损失影响的研究进展 [J]. 中国妇产科临床杂志, 2019, 20(4): 382-384.
[18] 闫芳旭, 黄海波, 单广良, 等. 心血管危险因素与听力损失的相关性分析 [J]. 中华耳科学杂志, 2025, 23(2): 248-255.
[19] 樊惠玲, 焦洁, 张磊, 等. 苯系物与噪声联合暴露对男工职业性噪声性听力损失的影响 [J]. 现代预防医学, 2024, 51(2): 233-237.

(**收稿日期**: 2025-10-15)