

论著 DOI: 10.16369/j.ohcr.issn.1007-1326.2023.06.005

· 调查研究 ·

某汽车座椅制造企业噪声暴露水平调查及听力损失风险评估

廖阳, 马炜钰, 刘鑫, 陈琳, 彭志恒, 丘丛玺, 王致
广州市职业病防治院, 广东 广州 510620

摘要:目的 分析某汽车作业制造企业噪声暴露水平和劳动者听力损失情况, 评估噪声所致听力损失的风险。

方法 对某汽车座椅制造企业开展现场调查, 以 548 名工人作为研究对象, 开展纯音听阈测试和个体噪声检测($L_{EX,8\text{ h}}$), 计算累积噪声暴露量(cumulative noise exposure, CNE), 分析不同工种、工龄和 CNE 工人的听力损失差异, 并应用《噪声职业病危害风险管理指南》计算各岗位在接噪工龄 20~40 年的听阈变化及噪声致听力损失风险。

结果 2022 年 9—12 月, 548 名工人年龄中位数 39 岁, 接噪工龄中位数 15 年, 36.6% 的工作岗位噪声 8 h 等效声级超过 85 dB(A), 平均为 86.1 dB(A), 平均 CNE 为 96.6 dB(A)·年。检出高频听力损失 51 例(检出率 9.31%); 高频合并语频听力损失 15 例(检出率 2.74%); 听力损失总检出率为 12.05%。听力损失检出率随工人接噪工龄的增加呈现上升趋势($P < 0.01$), 工龄 > 15 年的工人听力损失检出率最高。随着 CNE 的增加, 听力损失的比例也逐步增加($P < 0.05$), CNE > 100 dB(A)·年组的听力损失检出率比另外三组明显增加。在接噪工龄超过 30 年后, 组装工发生听力损失的风险等级为中等风险, 焊接工发生高频听力损失和高频合并语频听力损失的风险等级分别为低风险和中等风险。**结论** 该汽车座椅制造企业的噪声危害较重, 针对低风险和中等风险的接噪岗位应采取源头控制噪声声级、建立有效的听力保护计划、优先采取组织管理措施、加强接噪工龄 > 30 年的工人听力健康监护、每年评估噪声职业病危害风险等措施, 保护劳动者听力健康。

关键词: 汽车座椅制造; 噪声暴露水平; 听力损失; 风险评估

中图分类号: R135.8 **文献标志码:** A **文章编号:** 1007-1326(2023)06-0688-05

引用: 廖阳, 马炜钰, 刘鑫, 等. 某汽车座椅制造企业噪声暴露水平调查及听力损失风险评估[J]. 职业卫生与应急救援, 2023, 41(6):688-692.

Investigation of noise exposure levels and assessment of hearing loss risk in a car seat manufacturing enterprise LIAO Yang, MA Weiyu, LIU Xin, CHEN Lin, PENG Zhiheng, QIU Congxi, WANG Zhi (Guangzhou Institute of Occupational Disease Control, Guangzhou, Guangdong 510620, China)

Abstract: Objective To investigate the noise exposure level and hearing loss situation of workers in a car seat manufacturing enterprise and to assess the risk of noise-induced hearing loss. **Methods** A field survey was conducted in a car seat manufacturing enterprise, with 548 workers as the research subjects. Pure tone audiometry and individual noise measurement ($L_{EX,8\text{ h}}$) were carried out, and the cumulative noise exposure (CNE) was calculated. The differences in hearing loss among workers with different types of job tasks, work time, and CNE were analyzed, and the potential hearing threshold changes and the risk of noise-induced hearing loss for each work position in 20–40 years of noise exposure were calculated according to the guidelines for noise occupational disease hazard risk management. **Results** From September to December 2022, the median age of the 548 workers was 39 years, with a median noise exposure time of 15 years. 36.6% of the work positions had a noise 8 h equivalent sound level exceeding 85 dB (A), with an average of 86.1 dB (A), and the average CNE was 96.6 dB (A)·year. 51 cases of high-frequency hearing loss (detection rate 9.31%) and 15 cases of high-frequency combined with speech-frequency hearing loss (detection rate 2.74%) were detected, for a total hearing loss detection rate of 12.05%. The detection rate of hearing loss increased with the increase in workers' noise exposure time ($P < 0.01$), and the workers with work time > 15 years had the highest detection rate of hearing loss. With the increase in CNE, the proportion of hearing loss also increased gradually ($P < 0.05$), and the workers in the group with CNE > 100 dB

基金项目: 广东省医学科学技术研究基金项目(A2022310)

作者简介: 廖阳(1982—), 女, 大学本科, 副主任医师

通信作者: 王致, 主任医师, E-mail: wangzhi@163.com

(A)·year had a higher detection rate of hearing loss than workers in the other three groups. It is estimated that the risk level of hearing loss for assembly workers was medium, and the risk levels of high-frequency hearing loss and high-frequency combined with speech frequency hearing loss for welding workers were low and medium after more than 30 years of noise exposure. **Conclusions** The noise hazard in the car seat manufacturing enterprise is serious. Measures such as source control of noise level, establishment of an effective hearing protection program, and optimization of organizational management measures should be taken to reduce the risk of noise exposure for low- and medium-risk noise positions. Annual assessment of noise-induced risk and strengthening of hearing health monitoring for workers with noise exposure years > 30 years should be emphasized to effectively protect the hearing health of workers.

Keywords: car seat manufacturing; noise exposure level; hearing loss; risk assessment

随着我国经济的不断发展，汽车工业得以快速发展。汽车制造是一个劳动密集型产业，从业人员众多，工艺复杂，其产生的职业病危害也影响着劳动者的健康，其中噪声已经成为汽车制造业中分布最广泛、接触人数最多、危害最大的职业病危害因素。本研究拟以某汽车座椅制造企业的工人为研究对象，调查分析其噪声暴露现状及听力损失情况，并应用我国的卫生标准 WS/T 754—2016《噪声职业病危害风险管理指南》^[1]对噪声所致听力损失进行风险评估，以指导该类企业在噪声控制和管理上采取合理有效的防控措施。

1 对象与方法

1.1 对象

2022年9—12月，选择某汽车座椅制造企业进行职业卫生学现场调查。调查内容包括：(1) 主要工艺流程：产生生产性噪声的生产工艺及产能情况；产生生产性噪声的设备、布局及运行情况等；(2) 生产车间岗位定员及作业情况：劳动定员、工作岗位、工作性质、作业方式等；(3) 工人噪声暴露情况：作业方式、暴露人数、暴露时间、暴露频次等；产生噪声的工作岗位防噪设施情况；(4) 护耳器的使用情况：名称、参数、发放周期、使用情况等。

选取该企业的焊装、组装和检查岗位的工人，纳入标准为无既往高噪声作业史、无兵役射击史、无家族性听力损失史、无耳部疾病既往史和耳毒性药物使用史、无糖尿病史，并在当前岗位至少工作1年，共筛选出548名工人作为研究对象。本项目已通过广州市职业病防治院伦理审查，被调查对象均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 噪声测量

在正常生产状态下，按照GBZ/T 189.8—2007《工作场所物理因素测量 第8部分：噪声》^[2]测量噪声声级，并计算8 h等效声级($L_{EX,8\text{h}}$)。

1.2.2 累积噪声暴露量(cumulative noise exposure, CNE)计算

累积噪声暴露量(CNE)是将噪声等效声级与工人接触噪声的工龄结合计算，量化每个对象的噪声暴露，是该研究对象实际接触噪声的总能量。通过对接触噪声工龄进行非线性变换，既可以用来评价噪声暴露与工人听力损失的剂量-反应关系，又避免了工龄与年龄的相互干扰^[3]。CNE的计算公式为： $CNE = L_{EX,8\text{h}} + 10 \lg T$ 。式中，CNE为累积噪声暴露量，单位dB(A)·年； $L_{EX,8\text{h}}$ 为8 h等效连续A声级，单位dB(A)；T为噪声接触时间，单位年。

1.2.3 纯音听阈测试

根据GBZ 188—2014《职业健康监护技术规范》^[4]的要求，对脱离噪声作业环境48 h的研究对象进行双耳0.5、1、2、3、4、6 kHz这6个频率的纯音听阈测试。测试结果经过年龄、性别校正后，双耳高频(3、4、6 kHz)平均听阈 ≥ 40 dB者属于双耳高频听力损失；任一耳语频(0.5、1、2 kHz)与高频(4 kHz)听阈加权值 ≥ 26 dB者属于高频合并语频听力损失。

1.2.4 噪声风险预测

依据WS/T 754—2016^[1]对噪声暴露所致听力损失和高频合并语频听力损失进行风险预测。参考GBZ 49—2014《职业性噪声聋的诊断》^[5]，以高频(3、4、6 kHz)平均听阈40 dB为界线，预测高频听力损失的风险；以较好耳语频(0.5、1、2 kHz)与高频(4 kHz)听阈加权值26 dB为界线，预测高频合并语频听力损失的风险。

年龄相关听阈级(HTLA)从WS/T 754—2016附录C的数据库A获得，预测10%、50%、90%的各工种工人由年龄引起的听阈级，分别用 H_{10} 、 H_{50} 、 H_{90} 表示。10%、50%、90%各工种工人的噪声引起的永久性听阈位移(NIPTS)按附录C的规定计算，或者直接查阅特殊值表格获得，分别 N_{10} 、 N_{50} 、 N_{90} 表示。应用公式 $H' = H + N - \frac{(H \times N)}{120}$ 计算噪声暴露人

群与年龄和噪声有关的听阈级,10%、50%、90%各工种工人的 H' 分别用 H'_{10} 、 H'_{50} 、 H'_{90} 表示。式中, H' 为年龄和噪声相关听阈级(HTLAN),单位dB; H 为年龄相关听阈级,单位dB; N 为噪声致永久性听阈位移,单位dB。

计算出 H 和 H' 后,基于研究对象的 $L_{EX,8h}$ 最高值,将其用于WS/T 754—2016提供的模型中,预测各工种工人在接噪工龄20~40年时(假设20岁参加工作)的听阈级变化,获得工人在不同年龄和工龄时发生高频听力损失、高频合并语频听力损失的风险预测值,并根据WS/T 754—2016^[1]对噪声暴露所致高频听力损失和高频合并语频听力损失的风险进行评级。

依据WS/T 754—2016,高频听力损失的风险概率<1.0为可忽略风险,1.0~6.0之间为可接受风险,6.1~16.9之间为中等风险,17.0~33.1为较高风险,33.2~55.9之间为高风险,>55.9为极高风险。高频合并语频听力损失的风险概率<1.0为可忽略风险,1.0~1.1之间为可接受风险,1.2~4.4之间为中等风险,4.5~14.0为较高风险,14.1~36.6之间为高风险,>36.6为极高风险。

1.2.5 统计学分析

使用SPSS 16.0统计学软件进行数据分析,计量资料采用均数±标准差($\bar{x} \pm s$)表示,非正态分布的年龄、工龄采用中位数(四分位数)[$M(P_{25}, P_{75})$]表示;计数资料以率表示,组间比较采用 χ^2 检验或Fisher确切概率法。以 $P<0.05$ 为差异有统计学意义。

2 结果

2.1 工人暴露情况

本次纳入调查的噪声作业工人共548人,均为男性,工种包括焊接工、组装工、检查工。作业工人均配备护耳器(单值噪音减少率SNR=25 dB),更换频率为每2个月1副。各工种工人的年龄、接噪工龄及噪声暴露情况见表1。其中,焊接工、组装工的噪声 $L_{EX,8h}$ 均数>85 dB(A);CNE均数>95 dB(A)·年。

表1 不同工种工人的年龄、接噪工龄及噪声暴露情况

工种	人数	年龄 ^① /岁	接噪工龄 ^② /年	$L_{EX,8h}^{③}/\text{dB(A)}$	超标率/%	CNE ^④ /[dB(A)·年]
焊接	196	40(37,43)	16(14,18)	85.5±1.8	38.9	97.6±2.0
组装	331	38(34,42)	14(8,18)	86.8±3.9	44.4	96.5±6.3
检查	36	38(35,39)	15(14,16)	82.1±2.3	0	93.5±2.9
合计	548	39(35,42)	15(12,18)	86.1±3.4	36.6	96.6±4.4

注:①以 $M(P_{25}, P_{75})$ 表示;②以 $(\bar{x} \pm s)$ 表示。

2.2 工种、接噪工龄、CNE与听力损失的关系

548名噪声作业工人中,检出高频听力损失51例(检出率9.31%);高频合并语频听力损失15例(检出率2.74%);听力损失总检出率为12.05%。经Fisher确切概率法检验,不同工种的工人高频听力损失和高频合并语频听力损失检出率差异无统计学意义($P=0.970$)。噪声作业工人听力损失检出率总体上随着接噪工龄的增加呈现上升趋势(趋势 $\chi^2=7.695, P<0.01$),其中接噪工龄>15年的工人听力损失检出率最高。随着CNE的增加,听力损失检出率也逐步增加,呈现上升趋势(趋势 $\chi^2=9.084, P<0.01$),其中CNE>100 dB(A)·年组工人的两种类型的听力损失检出率相比另外三组明显增加。见表2。

表2 不同特征噪声作业工人听力损失检出情况

[检出例数(检出率/%)]

特征	总人数	正常	听力损失		
			高频听力损失	高频合并语频听力损失	总计
工种					
焊接	193	171(88.60)	18(9.33)	4(2.07)	22(11.40)
组装	319	279(87.46)	30(9.40)	10(3.13)	40(12.54)
检查	36	32(88.89)	3(8.33)	1(2.78)	4(11.11)
工龄/年					
<10	117	112(95.73)	3(2.56)	2(1.71)	5(4.27)
10~15	158	139(87.97)	16(10.13)	3(1.90)	19(12.03)
>15	273	231(84.62)	32(11.72)	10(3.66)	42(15.38)
CNE/[dB(A)·年]					
<90	55	52(94.55)	2(3.64)	1(1.82)	3(5.45)
90~95	101	92(91.08)	7(6.93)	2(1.98)	9(8.91)
96~100	293	262(89.42)	24(8.19)	7(2.39)	31(10.58)
>100	99	76(76.77)	18(18.18)	5(5.05)	23(23.23)
合计	548	482(87.95)	51(9.31)	15(2.74)	66(12.04)

2.3 噪声所致听力损失的风险评估

从表3和表4可以看出,在接触的噪声等效声级相同的情况下,随着接噪工龄的增加,噪声所致的高频听力损失、高频合并语频听力损失的风险均逐步增加。相比焊接工、检查工,组装工更早出现高频听力损失和高频合并语频听力损失的风险,并且在同一年龄、接噪工龄阶段中,发生高频听力损失和高频合并语频听力损失的风险等级更高。

焊接工在接触噪声达到30年时发生高频听力损失的风险等级为低风险,发生高频合并语频听力损失的风险等级为可忽略风险,但当接噪工龄达到35年时,发生高频合并语频听力损失的风险等级即升级为中等风险。组装工在接触噪声超过30年时,

发生高频听力损失和高频频合并语频听力损失的风险等级均为中等风险。检查工在接触噪声超过 40

年时发生高频频合并语频听力损失的风险为低风险，其余均为可忽略风险。

表3 不同工种工人高频听力损失风险评估

工种	$L_{EX,8h}/dB(A)$	预测年龄/岁	接噪工龄/年	HTLAN/dB			HTLA/dB			NIPTS/dB			高频听力损失风险	风险分级
				H'_{10}	H'_{50}	H'_{90}	H_{10}	H_{50}	H_{90}	N_{10}	N_{50}	N_{90}		
焊接	88.8	40	20	33.2	15.6	1.1	22.5	7.3	-4.8	10.7	8.2	5.8	0~5.0	—
		50	30	45.5	23.9	6.3	35.3	15.5	-0.3	10.2	8.3	6.6	11.4	低风险
		55	35	53.0	28.9	9.4	43.5	20.8	2.5	9.5	8.2	6.8	14.3	低风险
		60	40	61.5	34.6	12.7	52.9	26.8	5.8	8.5	7.9	6.9	14.4	低风险
组装	92.5	40	20	40.5	21.2	5.0	22.5	7.3	-4.8	18.0	13.8	9.7	10.6	低风险
		50	30	52.4	29.5	10.8	35.3	15.5	-0.3	17.1	14.0	11.1	22.7	中等风险
		55	35	59.5	34.4	14.0	43.5	20.8	2.5	15.9	13.7	11.4	25.4	中等风险
		60	40	67.3	40.0	17.4	52.9	26.8	5.8	14.4	13.2	11.6	24.1	中等风险
检查	84.3	40	20	26.9	10.7	-2.3	22.5	7.3	-4.8	4.4	3.4	2.4	0~5.0	—
		50	30	39.5	19.0	2.4	35.3	15.5	-0.3	4.2	3.4	2.7	3.7	可忽略风险
		55	35	47.4	24.1	5.4	43.5	20.8	2.5	3.9	3.4	2.8	5.3	可忽略风险
		60	40	56.4	30.0	8.7	52.9	26.8	5.8	3.5	3.2	2.9	5.8	可忽略风险

注：“—”表示噪声引起的听力损失风险为 0~5.0%，因统计分布的尾部不可信，此范围无法精确评估，不宜进行风险分级。

表4 不同工种高频频合并语频听力损失风险评估

工种	$L_{EX,8h}/dB(A)$	预测年龄/岁	接噪工龄/年	HTLAN/dB			HTLA/dB			NIPTS/dB			高频频合并语频听力风险	风险分级
				H'_{10}	H'_{50}	H'_{90}	H_{10}	H_{50}	H_{90}	N_{10}	N_{50}	N_{90}		
焊接	88.8	40	20	15.9	4.8	-4.0	13.1	2.9	-5.3	2.8	1.9	1.3	0~5.0	—
		50	30	21.0	8.3	-1.9	18.1	6.1	-3.5	2.8	2.2	1.6	0~5.0	—
		55	35	24.1	10.4	-0.7	21.3	8.1	-2.4	2.8	2.2	1.7	7.2	中等风险
		60	40	27.7	12.7	0.7	25.0	10.5	-1.1	2.6	2.2	1.8	4.2	低风险
组装	92.5	40	20	18.6	6.6	-2.8	13.1	2.9	-5.3	5.6	3.8	2.5	0~5.0	—
		50	30	23.8	10.3	-0.4	18.1	6.1	-3.5	5.7	4.2	3.1	6.8	中等风险
		55	35	27.0	12.5	1.0	21.3	8.1	-2.4	5.6	4.4	3.4	11.6	中等风险
		60	40	30.4	14.9	2.4	25.0	10.5	-1.1	5.4	4.4	3.6	9.6	中等风险
检查	84.3	40	20	14.0	3.6	-4.8	13.1	2.9	-5.3	0.9	0.7	0.5	0~5.0	—
		50	30	19.0	6.8	-3.0	18.1	6.1	-3.5	0.9	0.7	0.6	0~5.0	—
		55	35	22.2	8.9	-1.8	21.3	8.1	-2.4	0.9	0.7	0.6	0~5.0	—
		60	40	25.9	11.2	-0.5	25.0	10.5	-1.1	0.8	0.7	0.6	1.2	低风险

注：“—”表示噪声引起的听力损失风险为 0~5.0%，因统计分布的尾部不可信，此范围无法精确评估，不宜进行风险分级。

3 讨论

根据历年国家卫生健康委发布的数据，噪声聋已成为我国第二大职业病^[6]。汽车制造业是我国重要的支柱产业，噪声作为普遍存在于汽车制造企业中的职业病危害因素，严重影响了作业人员的听力健康。随着汽车制造技术自动化、信息化和智能化的不断发展，虽然手工作业内容有所减少，但由于自动化设备数量的增加，设备密度的提高，可能导致工作场所的噪声声级更大，噪声危害反而增加^[7]。

本次研究中，该汽车座椅制造企业的接噪岗位噪声超标率达到 36.6%，其中焊接工、组装工接触的噪声 $L_{EX,8h}$ 均数 $> 85 \text{ dB(A)}$, CNE 均数 $> 95 \text{ dB(A)·年}$ 。

对噪声作业人员的纯音听阈测试结果显示，听力损失总检出率为 12.05%，以高频听力损失为主，占 77.27% (51/66)。与其他汽车制造企业噪声危害调查数据^[8~10]相比，本研究中作业工人接触的噪声 $L_{EX,8h}$ 以及噪声超标率更高，但听力损失检出率则较低，考虑与该企业为传统国有企业，内部管理比较规范，且长期注重对员工的健康保护有关。本研究中，作业工人高频听力损失检出率(9.31%)高于高频频合并语频听力损失检出率(2.74%)，与既往研究结论^[11~13]基本一致；提示该企业有近 10% 的工人已经发生早期的听力损失，应采取听力保护措施，防止高频听力损失进一步发展为噪声聋。随着接噪

工龄和CNE的增加，工人听力损失检出率逐步增加，其中接噪工龄>15年和CNE>100dB(A)·年组作业工人的听力损失检出率明显增加，这与以往大部分研究结果^[10,14]基本一致，提示听力损失与噪声暴露时间、暴露声级有关。

本研究采用WS/T 754—2016提供的模型对该企业工人的噪声所致听力损失风险进行预测，采用工人接触的最高噪声、接噪工龄按照20~40年计算，各岗位的工人噪声所致的高频听力损失风险最高可达到25.4%，高频合并语频听力损失的风险最高可达到11.6%；组装工接触的噪声等效声级最大，在接噪工龄相同时比焊接工、检查工发生听力损失的风险更高；焊接工高频听力损失的风险等级为低风险，但在工龄为35年时高频合并语频听力损失的风险等级则达到中等风险。从总体趋势分析，在接噪工龄超过30年时，无论是高频听力损失还是高频合并语频听力损失的风险等级都明显升高，说明工人在接触噪声超过30年之后，发生噪声所致听力损失的概率会急剧增大。但是，噪声暴露40年时风险反而小于噪声暴露35年时风险，考虑是随着年龄的增加，年龄对于听力损失的影响超过了噪声单独对听力损失的影响^[15-16]。

针对该汽车座椅制造企业的焊接、组装岗位的听力保护提出以下建议：(1)建立有效的听力保护计划，定期监测作业场所噪声，建立噪声职业暴露评估系统；(2)采取组织管理措施，加强对工人的培训，做好噪声的职业健康监护；(3)对接噪工龄>30年的工人应列为重点人群，尽量调离噪声作业岗位，在职业健康管理过程中，加强听力检查的频率，早期发现听力损失，及时调整岗位，保护工人听力健康。

本研究使用的风险评估模型计算所得的听力损失风险概率主要用于确定风险等级，已有研究^[17-18]显示，该模型对工人的噪声所致听力损失风险存在低估的情况。由于该风险评估模型是建立在稳态噪声的基础上，而复杂噪声对听力系统的损害高于稳态噪声，所以下一步的研究，会将峰度^[19]作为噪声的结构指标，运用在该风险评估模型中，通过比较纳入峰度指标前后，噪声所致永久性听阈损失位移值的预测值与实测值的差异，从而检验峰度的适用性和有效性，优化该风险评估模型。

作者声明 本文无实际或潜在的利益冲突

参考文献

- [1] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 噪声职业病危害风险管理指南:WS/T 754—2016[S]. 北京:煤炭工业出版社,2017.
- [2] 中华人民共和国卫生部. 工作场所物理因素测量 第8部分:噪声:GBZ/T 189.8—2007[S]. 北京:中国标准出版社,2007.
- [3] 赵一鸣,张书珍,ROBERT C SPEAR,等. 累积噪声暴露量与高血压患病率的剂量-反应关系[J]. 中华劳动卫生职业病杂志,1993,11(6):325-327.
- [4] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 职业健康监护技术规范:GBZ 188—2014[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [5] 中华人民共和国国家卫生和计划生育委员会. 职业性噪声聋的诊断:GBZ 49—2015[S]. 北京:中国标准出版社,2014.
- [6] 中华人民共和国国家卫生健康委员会. 国家卫生健康委发布2021年全国职业病报告[J]. 职业卫生与应急救援,2022,40(4):416.
- [7] 苏世标,邹剑明,李旭东. 先进制造业职业危害识别与控制[M]. 广州:中山大学出版社,2021.
- [8] 马炜钰,谭夏优,何易楠,等. 某汽车制造企业噪声致听力损失的职业卫生调查及风险评估[J]. 中国卫生工程学,2022,21(1):14-18.
- [9] 谢春姣,李燕茹,鲍二宝,等. 某汽车制造企业噪声作业工人不同频率听力损失影响因素分析[J]. 华南预防医学,2021,47(1):15-19.
- [10] 刘浩中,冯简青,潘文娜,等. 某市汽车零件制造企业噪声危害分级及听力损失现状调查[J]. 职业卫生与应急救援,2020,38(3):228-232.
- [11] XIE H, QIU W, HEYER N J, et al. The use of the kurtosis-adjusted cumulative noise exposure metric in evaluating the hearing loss risk fo complex noise [J]. Ear Hear, 2016, 37(3): 312-323.
- [12] ZHAO Y M, QIU W, ZENG L, et al. Application of the kurtosis statistic to the evaluation of the risk of hearing loss in workers exposed to high-level complex noise [J]. Ear Hear, 2010, 31(4): 527-532.
- [13] 邱伟,ROGER,HAMERNIK,等. 峰度在噪声所致生物效应评价方面的研究进展[J]. 中华医学杂志,2006,86(11):785-789.
- [14] 李嘉辉,陶志民,阮燕梅,等. 某汽车整车制造企业男性工人噪声性高频听力损失的影响因素分析[J]. 中华劳动卫生职业病杂志,2019,37(10):760-764.
- [15] 余涛,谢贝贝,梅勇,等. 某客车制造企业个体噪声暴露水平的职业危害风险评估[J]. 现代预防医学,2022,49(3):417-420.
- [16] 陈雅丽. 汽车制造企业噪声致听力损失的流行病学调查及风险评估[D]. 北京:中国疾病预防控制中心,2019.
- [17] 邓亚玲,柳安琪,王丹,等. 3家石化企业噪声作业人员听力损失风险评估[J]. 卫生研究,2022,51(6):918-925.
- [18] 刘周,谢贝贝,陈丹,等. 某乘用车制造企业噪声职业暴露风险评估与风险管理[J]. 环境与职业医学,2021,38(10):1134-1139.
- [19] ERDREICH J. A distribution based definition of impulse noise [J]. J Acoust Soc Am, 1986, 79(4): 990-998.

收稿日期:2023-08-04