

基于不同人群数据库风险预测模型的某塑料制品企业接噪工人听力损失风险评估

舒林焰¹, 郭建宇², 范志杏³, 徐国勇², 何智鹏², 晏华², 肖斌^{1,2,3}

1. 广东医科大学公共卫生学院, 广东 东莞 523808

2. 广东省职业病防治院物理因素监测所, 广东 广州 510300

3. 广东药科大学公共卫生学院, 广东 广州 510315

摘要:

[背景] 工作场所中噪声危害较严重, 对不同接噪人员进行科学的评估和风险管理, 是降低听力损失风险的重要途径之一。

[目的] 基于不同人群数据库修正的 GB/T 14366—2017《声学 噪声性听力损失的评估》/ISO 1999: 2013 噪声风险评估模型, 评估某塑料制品企业接噪人员听力损失的风险。

[方法] 选择某塑料制品企业工作场所及其 308 名噪声接触人员为研究对象。分别测量工作场所噪声声压级和个体噪声接触水平; 对每个接噪人员进行问卷调查并进行纯音听力测试, 计算未修正的双耳高频平均听阈 (UNBHFTA) 以及经年龄修正后的双耳高频平均听阈 (BHFTA); 结合个人信息并依据 WS/T 754—2016《噪声职业病危害风险管理指南》对接噪人员的听阈位移进行风险评估及风险分级。采用 ISO 1999: 2013 模型, 并基于标准内推荐的 4 个人群数据库对模型进行修正, 分别对各接噪人员双耳高频平均听阈进行预测, 并与 UNBHFTA 进行对比。

[结果] 该企业 4 个接触噪声岗位声压级的 $M(P_0 \sim P_{100})$ 为 87.9(82.1~92.9) dB(A), 45 个噪声源声压级的 $M(P_0 \sim P_{100})$ 为 87.3(70.2~117.3) dB(A), 主要包括挤出机、包装机、上料机、混料机等。308 名接噪人员年龄 $M(P_0 \sim P_{100})$ 为 34.0(25.0~57.0) 岁, 工龄 $M(P_0 \sim P_{100})$ 为 8.0(0.5~25.5) 年; 有 6 人 BHFTA > 25 dB, 有 269 人 BHFTA > 10 dB; 依据 WS/T 754—2016, 有 197 人任一耳高频平均听阈继续偏移 10 dB 的风险为极高风险, 有 33 人为高风险。此外, 4 个数据库间各岗位人群噪声风险评估结果差异有统计学意义 ($P < 0.001$)。基于数据库 A、B.1、B.2 修正的噪声风险预测评估模型对 308 名接噪人员高频平均听阈值的预测结果与实际纯音听力测试结果差异有统计学意义 ($P < 0.01$), 而基于数据库 B.3 的预测结果与 UNBHFTA 差异无统计学意义 ($P > 0.05$)。

[结论] 该企业接噪员工存在着较大的听力损失风险, 基于不同数据库的 GB/T 14366—2017/ISO 1999: 2013 噪声风险预测评估模型可能会得到不同的结果。应根据人群的特征选择不同的人群数据库进行模型修正, 基于数据库 B.3(未经筛选且未去除职业噪声暴露史) 的评估模型有较大的潜力用于同类型人群的噪声风险预测评估与管理。

关键词: 噪声; 听力损失; 风险评估; 基线值; 预测; 塑料制品

Hearing loss risk assessment for workers exposed to noise in a plastic product enterprise based on risk prediction model of multiple population databases SHU Linyan¹, GUO Jianyu², FAN Zhixing³, XU Guoyong², HE Zhipeng², YAN hua², XIAO Bin^{1,2,3} (1. School of Public Health, Guangdong Medical University, Dongguan, Guangdong 523808, China; 2. Institute of Physical Factors and Occupational Health, Guangdong Province Hospital for Occupational Disease Prevention and Treatment, Guangzhou, Guangdong 510300, China; 3. School of Public Health, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou, Guangdong 510315, China)

Abstract:

[Background] Noise is a serious issue in the workplace. Scientific assessment and risk management of noise-exposed workers is one of the important ways to reduce the risk of hearing loss.

[Objective] To evaluate hearing loss of noise-exposed workers at a plastic product enterprise based on the noise risk assessment model (Acoustics—Estimation of noise-induced hearing loss,



DOI 10.11836/JEOM24154

基金项目

广东省医学科学技术研究基金项目 (B2023408)

作者简介

舒林焰 (1998—), 女, 硕士生;
E-mail: sly7003@163.com

通信作者

肖斌, E-mail: binny811@163.com

作者中包含编委会成员 无

伦理审批 已获取

利益冲突 无申报

收稿日期 2024-04-13

录用日期 2024-11-30

文章编号 2095-9982(2025)01-0056-08

中图分类号 R13

文献标志码 A

► 本文链接、作者贡献申明

www.jeom.org/article/cn/10.11836/JEOM24154

► 引用

舒林焰, 郭建宇, 范志杏, 等. 基于不同人群数据库风险预测模型的某塑料制品企业接噪工人听力损失风险评估 [J]. 环境与职业医学, 2025, 42(1): 56-62, 68.

Funding

This study was funded.

Correspondence to

XIAO Bin, E-mail: binny811@163.com

Editorial Board Members' authorship No

Ethics approval Obtained

Competing interests None declared

Received 2024-04-13

Accepted 2024-11-30

► Link to this article, author contribution statement

www.jeom.org/article/en/10.11836/JEOM24154

► To cite

SHU Linyan, GUO Jianyu, FAN Zhixing, et al. Hearing loss risk assessment for workers exposed to noise in a plastic product enterprise based on risk prediction model of multiple population databases[J]. Journal of Environmental and Occupational Medicine, 2025, 42(1): 56-62, 68.

GB/T 14366—2017/ISO 1999: 2013) modified using multiple population databases.

[Methods] The working environment of a plastic product enterprise and its 308 noise-exposed workers were selected as study subjects. Workplace noise sound pressure level and individual noise exposure level were measured respectively, a questionnaire survey and pure tone audiometry test were conducted for each noise-exposed worker, and unadjusted binaural high frequency threshold average (UNBHFTA) and age-corrected binaural high frequency threshold average (BHFTA) were calculated. Combined with personal information and in accordance with the *Guidelines for risk management of occupational noise hazard* (WS/T 754-2016) risk assessment and risk classification of the hearing threshold shift of noise-exposed workers were carried out. The ISO 1999: 2013 model was used and modified based on the four population databases recommended by the same standard. The average high frequency hearing threshold of each noise-exposed worker was predicted respectively, and compared with the UNBHFTA results.

[Results] The sound pressure level [$M(P_0, P_{100})$] of four noise-exposed workstations in this enterprise was 87.9 (82.1, 92.9) dB(A), and the sound pressure level of 45 noise sources was 87.3 (70.2, 117.3) dB(A), mainly including extruders, packaging machines, vacuum conveyor and mixing machines. The age [$M(P_0, P_{100})$] of 308 noise-exposed workers in the enterprise was 34.0 (25.0, 57.0) years, and the working experience [$M(P_0, P_{100})$] was 8.0 (0.5, 25.5) years. Six workers reported BHFTA > 25 dB, and 269 reported BHFTA > 10 dB. According to WS/T 754-2016, 197 workers were at very high-risk level due to high frequency threshold shift of either ear drifting by 10 dB, and 33 workers were at high-risk level. In addition, there were significant statistical differences in the noise risk assessment results of each workstation across the four databases ($P < 0.001$). The high frequency average hearing threshold estimates of 308 noise-exposed workers based on databases A, B.1, and B.2 were significantly different from the actual pure tone audiometry results ($P < 0.01$), while the predicted results based on database B.3 were not statistically significant different from the UNBHFTA ($P > 0.05$).

[Conclusion] The employees exposed to noise in this enterprise are at a high risk of hearing loss. The noise risk prediction and assessment model adopted by GB/T 14366-2017/ISO 1999: 2013 may report varied results by using different databases, and a population database should be selected for model modification according to the characteristics of the population. The assessment model based on database B.3 (unscreened and unremoved occupational noise exposure history) has great potential to be used for noise risk prediction, assessment, and management of the same type of workers.

Keywords: noise; hearing loss; risk assessment; baseline value; prediction; plastic product

职业性噪声性听力损失是全球最为普遍的职业病。近年来,随着我国职业病谱系不断变化,职业性噪声性听力损失的患病率 > 20%,已成为我国第二大职业病^[1]。因此,为保护噪声作业人群免受听力损失的危害,对职业人群噪声导致听力损失进行风险评估很有必要。目前常见的职业性噪声风险评估方法主要有职业危害风险指数法^[2]、国际采矿与金属委员会(International Council on Mining and Metals, ICMM)模型^[3]、GBZ/T 229.4—2012《工作场所职业病危害作业分级第4部分:噪声》和 GB/T 14366—2017《声学 噪声性听力损失的评估》/ISO 1999: 2013。相较于前三者,GB/T 14366—2017/ISO 1999: 2013 同时兼顾了岗位噪声、年龄、性别、工龄等因素对于听力损失的影响;该标准包含了多个人群数据库,主要为人群数据库 A 和 B(B.1、B.2、B.3),为噪声性听力损失的风险预测提供较好的应用价值。但现有研究使用该标准对噪声所致听力损失的风险预测评估多以数据库 A(源于 ISO 7092,指经过严格筛选、未暴露过任何噪声的正常人群,仅描述与年龄相关的听力损失)作为人群听阈级基线值^[4-6],忽视了其他数据库的应用;且同一研究对象使用不同数据库的结果比较研究也较为缺乏。综上,本研究拟通过 ISO 1999: 2013 中的不同人群数据库对某塑料制品生产企业噪声暴露人群的噪声所致听力

损失进行风险评估,探索不同数据库得到的结果差异及差异大小,为更科学地运用噪声性听力损失风险评估方法,制定有效防控措施提供科学依据。

1 对象与方法

1.1 研究对象

于 2022 年 12 月选择广东省某塑料制品生产企业所有接触职业性噪声(以下简称“接噪”)的 395 名工人为研究对象。由于 ISO 1999: 2013 附录 A 中的不同数据库仅针对 25 岁及以上人群进行修正,本研究对象纳入标准: 1) 25 周岁以上; 2) 无耳毒性药物使用史; 3) 无家族性耳聋病史; 4) 无爆震史; 5) 无其他耳科疾病史或头部外伤史。本研究经广东省职业病防治院医学伦理委员会审查批准(GDHOD MEC 2022008),研究对象均知情同意。

1.2 方法

1.2.1 现场职业卫生调查 本研究为横断面研究。通过查阅相关文献^[7-8]并编制《职业卫生调查表》,通过个人访谈和现场走访的方式收集企业的基本信息、生产工艺过程、噪声源及其性质、劳动定员与工作班制和个人防护装备情况以及研究对象的基本信息。通过翻阅该企业的定期检测报告确定该企业不同岗位耳毒性化学物质的接触水平。

1.2.2 噪声接触水平测量 本研究均采用 2 型或以上声级进行噪声测量, 依据 GBZ/T 189.8—2007《工作场所物理因素测量 第 8 部分: 噪声》, 采用个体噪声剂量计(ASV-5911, 杭州爱华)对每个工作岗位进行个体噪声测量并进行录音(采样率 48 kHz 分辨率 32 Bit)。测量时长不小于工作时间的 50%, 且覆盖所有工作内容。根据检测结果和对应岗位接触时间计算岗位归一化额定 40 h 工作周的等效连续 A 计权声压级(normalized continuous A-weighted sound pressure level equivalent to a normal 40 h working week, $L_{EX,W}$)。采用 SV971A 噪声频谱分析仪(Svantek, 波兰)对所有存在噪声的工作地点进行检测。采用同一岗位的归一化额定 8 h 工作日的等效连续 A 计权声压级(normalized continuous A-weighted sound pressure level equivalent to a 8 h working day, $L_{EX,8h}$)或 $L_{EX,W}$ 最大值作为该岗位的噪声接触水平^[9]。将岗位噪声 ≥ 80 dB(A) 的判定为噪声作业, 将岗位噪声 ≥ 85 dB(A) 的判定为噪声超标。个体录音文件采用 Matlab 2020b 进行处理, 采用式(1)计算个体峰度水平:

$$\beta = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^4}{\left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2\right)^2} \quad (1)$$

式(1)中, β 为峰度; x_i 是第 i 个值, $\bar{x}$ 是样本均值; 按照峰度值可以分为, 高斯噪声(均数 $\beta \leq 10$), 低峰度($10 < \beta \leq 30$), 中峰度($30 < \beta \leq 75$)和高峰度($\beta > 75$)^[10]。

1.2.3 纯音听力测试 根据 GBZ 188—2014《职业健康监护技术规范》和 GB/T 16296.1—2018《声学测听方法 第 1 部分: 纯音气导和骨导测听方法》, 采用 Piano Plus 型听力计(意大利 Inventis 公司)对脱离噪声环境 48 h 后的研究对象进行双耳 500、1000、2000、3000、4000、6000 Hz 共 6 个频率的纯音听力阈值测试, 根据测试结果计算双耳高频平均听阈, 即未经修正的双耳高频平均听阈(unadjusted binaural high frequency threshold average, UNBHFTA)。同时, 根据 GBZ 49—2014《职业性噪声聋的诊断》计算经年龄修正后的双耳高频平均听阈(binaural high frequency threshold average, BHFTA)。

1.2.4 噪声所致听力损失风险评价 依据 GB/T 14366—2017/ISO 1999: 2013、WS/T 754—2016《噪声职业病危害风险管理指南》将高频听力损失风险评估的频率和风险界线设定为任一耳高频(3000、4000、6000 Hz)平均听阈损失 ≥ 10 dB, 根据该评价标准, 设定和计算

噪声危害风险的预警值。结合接噪人员的年龄、接噪工龄和岗位 $L_{EX,W}$, 并根据 ISO 1999: 2013 的模型计算因年龄和噪声导致的永久性听阈的中位数 P_{50} 、 P_{10} 、 P_{90} 的预测值 H'_{50} 、 H'_{10} 和 H'_{90} , H' 计算公式如(2)所示:

$$H' = H + N - \frac{H \times N}{120} \quad (2)$$

示(2)中, H' 为因年龄和实际或潜在噪声导致的听阈级; H 为与年龄有关的听阈级(dB); N 为实际或潜在的噪声性永久阈移(dB)。其中, $(H \times N)/120$ 一项仅当 $H+N$ 大于 40 dB 左右时才开始对结果起重要的修正作用。

根据 ISO 1999: 2013 附录 A 中的《表 A.3 数据库》、附录 B 的《表 B.1 瑞典数据库》《表 B.2 挪威数据库》和《表 B.3 美国数据库》, 分别对预测的 H'_{50} 、 H'_{10} 、 H'_{90} 进行修正, 比较修正后预测的因噪声和年龄导致的听阈值(H'_{50} 修正、 H'_{10} 修正、 H'_{90} 修正)与 UNBHFTA 的差异。将对比结果分为 3 类, 即 $UNBHFTA < H'_{10}$ 修正定义为低于预测范围, H'_{10} 修正 $< UNBHFTA < H'_{90}$ 修正定义为符合预测范围, $UNBHFTA > H'_{90}$ 修正定义为高于预测范围。

1.2.5 噪声所致听力损失风险管理 根据设定的听阈位移界线和频率, 以及算得的 NIPTS 值进一步计算, 得出单纯由噪声引起听力损失的风险概率(P), 按照 WS/T 754—2016 指南中风险概率结果对噪声所致听力损失进行风险分级^[11]: 可接受风险($1.4 \leq P < 6.4$), 中等风险($6.4 \leq P < 12.8$), 较高风险($12.8 \leq P < 17.4$), 高风险($17.4 \leq P < 22.4$), 极高风险($P \geq 22.4$)。

1.2.6 质量控制 检测与调查人员共 6 名, 均为具有丰富的职业卫生现场检测/采样经验的职业卫生技术人员, 在正式测量前, 所有检测人员均进行了培训与考核, 并对所有研究对象进行培训并告知相关注意事项, 保证检测的质量; 检测期间, 工况稳定。所有的检测仪器均经计量检测机构检定合格。在测量前后, 所有传声器均经过标准声源校准, 检测过程严格按照 GBZ/T 189.8—2007 进行检测。

1.3 统计学分析

采用 Excel 2016 对数据进行检查及整理, 用 SPSS 22.0 进行统计分析。计量资料经正态性检验, 符合正态分布用 $\bar{x} \pm s$, 偏态分布用中位数(M)以及第 0~100 百分位数(P_0 , P_{100})进行描述统计。采用卡方检验比较 4 个数据库所预测的各个风险等级比率之间的差异。采用配对 t 检验比较基于数据库修正后的年龄和噪声导致的听阈与 UNBHFTA 的差异。检验水准 $\alpha=0.05$ (双侧)。

2 结果

2.1 基本情况

该企业为中型企业,投产 24 年,主要生产塑料粒、塑料薄膜和板材,年产量约 15 万 t。企业主要生产设备有原料输送系统、混料器、投料器、挤出机、压延辊架、包装机和公共辅助系统,噪声性质为机械性噪声。该企业主要分为挤出操作工、薄膜操作工、混料操作工、公用工程检修 4 个噪声作业岗位,人员稳定;该企业设置有专门的职业卫生管理部门并配备了专业的卫生专职人员。企业内有完善的职业卫生管理制度,

并且定期开展职业病危害因素现场检测评价、职业健康检查和培训等工作。308 名接噪工人年龄 $M(P_0\sim P_{100})$ 为 34.0(25.0~57.0) 岁,接噪工龄 $M(P_0\sim P_{100})$ 为 8.0(0.5~25.5) 年。上述岗位工人均为流动作业,平均每周工作 42.5 h(四班三倒工作制),企业均为接噪人员配备了 3M 1110 泡沫型耳塞(单值降噪=31.0 dB),但接噪人员佩戴意识普遍不高,现场调查时均为短暂佩戴或不佩戴。除挤出岗位接触甲苯外,其他岗位均无接触耳毒性化学物质,见表 1。4 个岗位的噪声峰度值为 12.77~22.88,均为低峰度岗位。

表 1 某塑料制品生产企业噪声作业岗位工人数量、噪声来源、工作内容与耳毒性化学毒物接触情况 (n=308)
Table 1 Number of noise-exposed workers, noise sources, job description, and ototoxic chemical exposure in a plastic product enterprise (n=308)

接噪岗位	人数	年龄/岁, $M(P_0\sim P_{100})$	接噪工龄/年, $M(P_0\sim P_{100})$	工作内容	接触耳毒性化学物质	峰度(β)
挤出操作工	203	34.0(25.0~57.0)	8.4(0.5~25.5)	生产操作、包装操作	甲苯 ^a	12.77
薄膜操作工	72	32.5(25.0~49.0)	7.0(0.5~19.4)	生产、上料、挤出操作	—	19.25
混料操作工	6	29.0(25.0~35.0)	3.4(0.5~9.0)	生产操作、粉料称量、混料和投料	—	19.98
公用工程检修操作工	27	35.0(28.0~55.0)	8.5(2.9~24.5)	巡查、检修厂区公共设备	—	22.88

[注] a: 短时间接触浓度为 2.5 mg·m⁻³, 低于我国职业接触限值^[12]。

2.2 工作场所噪声强度和接噪工人噪声接触水平

针对该企业工作场所各岗位代表性的噪声源进行噪声测量,本研究中 45 个噪声源声压级 $M(P_0\sim P_{100})$ 为 87.3(70.2~117.3) dB(A),噪声超过 85 dB(A) 率为 75.6%(34/45)。噪声超标的检测点主要分布在 6 种噪声源,包括:挤出车间的挤出机、包装机,薄膜车间的上料机,混料车间的混料机及采用气枪清洗混料机的声音,公用工程检修区的打磨机、敲打声。见表 2。挤出操作工、薄膜操作工、混料操作工、公用工程检修操作工 4 个岗位的岗位噪声最大值 $L_{EX,W}$ 分别为 92.9、88.3、87.5、83.1 dB(A)。见表 3。

表 2 某塑料制品生产企业工作场所噪声强度检测结果 (n=45)
Table 2 Workplace noise levels of a plastic product enterprise (n=45)

工作场所	检测点/个	噪声源	噪声强度/dB(A) $M(P_0\sim P_{100})$	噪声超85 dB(A) 的检测点, n(%)
挤出车间	20	挤出机	87.4(85.8~90.4)	20(100.0)
	8	包装机	86.8(80.4~92.2)	4(50.0)
薄膜车间	3	挤出机	78.6(74.9~81.5)	0(0.0)
	1	包装机	77.2	0(0.0)
	3	上料机	93.1(90.4~94.4)	3(100.0)
混料车间	3	挤出机	76.2(70.2~76.6)	0(0.0)
	3	混料机	89.3(88.1~99.6)	3(100.0)
	1	吹气声	117.3	1(100.0)
公用工程检修区	3	打磨机、敲打声	92.5(89.8~98.8)	3(100.0)
合计	45		87.3(70.2~117.3)	34(75.6)

表 3 某塑料制品生产企业工作岗位噪声强度检测结果 (n=15)
Table 3 Workstation noise levels of a plastic product enterprise (n=15)

接噪岗位	检测点/个	噪声强度/dB(A) $M(P_0\sim P_{100})$	噪声超85 dB(A) 的检测点, n(%)
挤出操作工	4	90.4(88.6~92.9)	4(100.0)
薄膜操作工	4	82.7(80.0~88.3)	2(50.0)
混料操作工	3	87.3(86.1~87.5)	4(100.0)
公用工程检修操作工	4	82.2(78.0~83.1)	0(0.0)
合计	15	85.0(80.0~92.9)	10(66.7)

2.3 接触噪声人员听力损失情况

如表 4 所示,该企业 308 名员工中,有 6 人(1.9%) BHFTA>25 dB,有 269 人(87.3%) BHFTA>10 dB; 高频平均听阈位移的中位数最高的岗位为挤出操作工 15.8(0.8~28.5) dB。各岗位双耳高频平均听阈位移的中位数统计学未见差异($P>0.05$)。

表 4 接触噪声岗位员工纯音听力测试结果 (n=308)
Table 4 Pure tone audiometry results of employees exposed to noise (n=308)

接噪岗位	人数	双耳高频平均听阈 位移/dB, $M(P_0\sim P_{100})$	人数(%)	
			BHFTA>10 dB	BHFTA>25 dB
挤出操作工	203	15.8(0.8~28.5)	178(87.7)	3(1.5)
薄膜操作工	72	15.0(7.5~26.7)	64(88.9)	2(2.8)
混料操作工	6	15.0(11.7~30.0)	6(100.0)	1(16.7)
公用工程检修操作工	27	15.0(5.0~25.0)	21(77.8)	0(0.0)
合计	308	15.8(0.8~30.0)	269(87.3)	6(1.9)

2.4 噪声危害风险等级分析

根据 ISO 1999: 2013 模型, 针对 308 名员工的年龄、工龄、岗位噪声强度、性别等因素进行计算: 挤出操作工和薄膜操作工任一耳高频平均听阈位移超过 10 dB 的风险范围为可接受风险至极高风险, 其中挤出操作工极高风险占 83.7%(170/203), 薄膜操作工高

风险和极高风险各占 37.5%(27/72); 混料操作工任一耳高频平均听阈位移超过 10 dB 的风险范围为可接受风险至高风险; 公用工程检修操作工任一耳高频平均听阈位移超过 10 dB 的风险范围为可接受风险至中等风险, 其中可接受风险占 25.9%(7/27)。见表 5。

表 5 某塑料制品生产企业不同接噪岗位工人任一耳高频平均听阈位移风险评估结果 (n=308)

Table 5 Risk assessment results of high frequency threshold shift of either ear of workers by noise-exposed workstations in a plastic products manufacturing enterprise (n=308)

接噪岗位	人数	$L_{EXW}/dB(A)$	$H'_{50}/(dB), M(P_0 \sim P_{100})$	任一耳高频平均听阈偏移超过 10 dB 的风险值, $M(P_0 \sim P_{100})$	风险评级, n(%)				
					可接受风险	中等风险	较高风险	高风险	极高风险
挤出操作工	203	92.9	15.1(4.4~35.1)	36.8(2.0~47.6)	6(3.0)	4(2.0)	18(8.9)	5(2.5)	170(83.7)
薄膜操作工	72	88.3	8.5(1.0~21.6)	21.3(2.6~26.0)	2(2.9)	8(11.1)	8(11.1)	27(37.5)	27(37.5)
混料操作工	6	87.5	4.89(9.3~14.3)	19.2(1.5~21.0)	1(16.7)	2(33.3)	2(33.3)	1(16.7)	0(0.0)
公用工程检修操作工	27	83.1	6.0(3.0~22.9)	5.5(2.7~8.4)	7(25.9)	10(41.7)	0(0.0)	0(0.0)	0(0.0)
合计	308	—	13.3(1.0~35.1)	28.9(1.5~47.6)	26(8.4)	24(7.8)	28(9.1)	33(10.7)	197(64.0)

2.5 基于不同人群数据库的风险评估效果比较

308 名员工的实际体检结果与基于数据库 A 预测的高频平均听阈值对比(表 6), 有 278 个(90.3%)结果位于 H'_{10} 与 H'_{90} 之间, 有 30 个(9.7%)结果高于 H'_{90} ; 与基于数据库 B.1 预测的高频平均听阈值, 有 10 个(3.2%)结果低于 H'_{10} , 有 290 个(94.2%)结果位于 H'_{10} 与 H'_{90} 之间, 有 8 个(2.6%)结果高于 H'_{90} ; 与基于数据

库 B.2 预测的高频平均听阈值, 有 281 个(91.2%)结果位于 H'_{10} 与 H'_{90} 之间, 有 27 个(8.8%)结果高于 H'_{90} ; 与基于数据库 B.3 预测的高频平均听阈值, 有 270 个(87.7%)结果位于 H'_{10} 与 H'_{90} 之间, 有 38 个(12.3%)结果低于 H'_{10} 。上述 4 个数据库所预测的各个风险等级比率经卡方检验显示, 差异存在统计学意义($\chi^2=120.58, P<0.001$)。

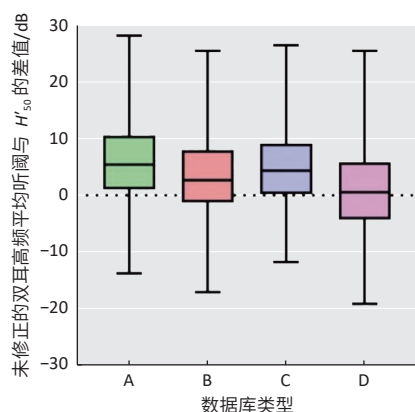
表 6 不同人群数据库为基线值的噪声风险评估比较 (n=308)

Table 6 Comparison of noise risk assessment based on baseline values in four population databases (n=308)

接噪岗位	人数	数据库A			数据库B.1			数据库B.2			数据库B.3		
		低于预测范围 n(%)	符合预测范围 n(%)	高于预测范围 n(%)	低于预测范围 n(%)	符合预测范围 n(%)	高于预测范围 n(%)	低于预测范围 n(%)	符合预测范围 n(%)	高于预测范围 n(%)	低于预测范围 n(%)	符合预测范围 n(%)	高于预测范围 n(%)
挤出操作工	203	0(0.0)	194(95.6)	9(4.4)	10(4.9)	192(94.6)	1(4.9)	0(0.0)	195(96.1)	8(3.9)	26(12.8)	177(87.2)	0(0.0)
薄膜操作工	72	0(0.0)	62(86.1)	10(13.9)	0(0.0)	68(94.4)	4(5.6)	0(0.0)	62(86.1)	10(13.9)	7(9.7)	65(90.3)	0(0.0)
混料操作工	6	0(0.0)	3(50.0)	3(50.0)	0(0.0)	5(83.3)	1(16.7)	0(0.0)	4(66.7)	2(33.3)	1(16.7)	5(83.3)	0(0.0)
公用工程检修操作工	27	0(0.0)	19(70.4)	8(29.6)	0(0.0)	25(92.6)	2(7.4)	0(0.0)	20(74.1)	7(25.9)	4(14.8)	23(85.2)	0(0.0)
合计	308	0(0.0)	278(90.3)	30(9.7)	10(3.2)	290(94.2)	8(2.6)	0(0.0)	281(91.2)	27(8.8)	38(12.3)	270(87.7)	0(0.0)

308 名员工的纯音测试结果与基于不同数据库所预测的 H'_{50} 对比, 如补充材料图 1A~D 所示。A 数据库所预测的 H'_{50} 修正相对于 UNBHFTA 明显偏低, B.1 数据库与 B.2 数据库在岗位声压级较大的情况下体现出比 A 数据库更好的拟合性, UNBHFTA 与基于 A、B.1、B.2 数据库所预测的 H'_{50} 修正之间差异具有统计学意义 ($P<0.01$), B.3 数据库所预测的 H'_{50} 修正整体与 UNBHFTA 对比

TA 对比较为接近, 在岗位声压级较大的情况下, 部分 UNBHFTA 比预测 H'_{50} 修正略低, UNBHFTA 与基于 B.3 数据库预测的 H'_{50} 修正差异无统计学意义 ($P>0.05$)。同时, 对不同数据库间 UNBHFTA 与预测值 H'_{50} 修正的差值中位数进行比较(图 1), 经数据库 B.3 修正后的预测值 H'_{50} 修正与 UNBHFTA 的差值中位数更趋近于 0 dB。



[注] A~D 分别表示数据库 A、B.1、B.2、B.3。

图 1 不同数据库修正后听阈预测值 H'_{50} 与未修正的双耳高频平均听阈的差异比较

Figure 1 Comparison of the difference between corrected hearing threshold prediction value H'_{50} and UNBHFTA using different databases

3 讨论

目前职业性噪声性听力损失发病率在我国职业病中位居第二位,在广东省位居第一位^[13-14]。大量研究表明,长期接触噪声可导致高频听力损失的发生^[15];职业性噪声导致的听力损失多见于制造业^[16-17]。本研究结果提示,某塑料制品生产企业工作场所中具有代表性的噪声源声压级范围为 70.2~117.3 dB(A), M 为 87.3 dB(A),超 85 dB(A) 的比例为 75.6%。生产工艺过程中产生噪声主要由工艺环节中的挤出机、包装机、切料机、混料机等设备运转所产生。该企业接噪工人岗位噪声声压级 $L_{EX,W}$ 的 $M(P_0, P_{100})$ 为 87.9(82.1, 92.9) dB(A),高于广州市某塑料薄膜制造企业接噪工人 [$L_{EX,W}$ 为 76.2~81.2 dB(A)]^[18]。本研究对 308 名接噪员工进行纯音听力测试结果显示,有 6 人(1.9%)BHFTA>25 dB,比例较低;但有 269 人(87.3%)的 BHFTA>10 dB。如果不加以管理及干预,处于 10~25 dB 的人群可能会发展成轻微的听力损失。所以本研究进一步结合 WS/T 754—2016,对 308 名接噪人员听阈值进一步位移 10 dB HL 的风险进行评估,其中有 197 人处于极高风险,33 人处于高风险,说明该企业可能存在较大的噪声危害风险,需要实施相应的措施进一步降低噪声导致听力损失风险。

针对岗位噪声声压级的大小对不同接噪人员进行科学的评估和风险管理,是了解噪声危害并加以改善的重要方法,也是降低听力损失的重要途径之一。目前常见的职业性噪声风险评估方法中,职业危害风险指数法^[2]、ICMM 模型^[3]、GBZ/T 229.4—2012《工作

场所职业病危害作业分级 第 4 部分:噪声》3 种方法主要依据岗位噪声的强度大小及护听器佩戴情况等因素进行评估,未能细化到个人的噪声累积暴露情况,结果可能与实际存在较大的偏移^[3]。而 ISO 1999: 2013 模型由于兼顾了岗位噪声、年龄、性别、工龄等因素对于听力损失的影响,所以相比于另外 3 个模型具有更大的潜力和优势;但由于默认数据库 A 过于理想,仅考虑到了年龄导致的听力损失,最终得出来的结果仅仅为年龄和职业接触噪声所导致的听力损失。然而,最终的听阈值往往受到多种因素的影响,如甲苯、二甲苯等耳毒性物质^[19-20];听音乐、观阅视频、地铁通勤等生活方式^[21],这些因素通常会导致听阈基线值的提高,从而使得噪声风险评估出现低估的情况。除此之外,遗传因素^[22]和疾病因素^[23]同样可能造成一定的听力损失。所以,采用适宜的数据库对模型进行修正是保证预测评估结果准确的关键。

多年以来,不乏有针对不同年龄的听力筛查研究,其中部分具有代表性的人群数据库也已被纳入 ISO 1999: 2013 中。如人群数据库 A 为 ISO 7029 中耳科正常人群库,由于其能较好地反映单纯由于年龄因素而发生的听阈位移的情况,目前也常用于纯音听力测试的年龄校正中;人群数据库 B.1 来源于 Johansson 等^[24]对 603 名未经筛选的且未接触过职业噪声的瑞典人群进行的纯音测听调查;人群数据库 B.2 来源于 Engdahl 等^[4]对 51975 名未经筛查且未接触过职业噪声的瑞典成年人进行的纯音测听调查;人群数据库 B.3 来源于美国 NHANES 数据库,由 Hoffman 等^[25]进一步统计分析而来。

本研究根据 ISO 1999: 2013 模型,通过 308 名接触噪声人员的年龄、性别、工龄以及岗位噪声声压级大小,并结合不同的人群数据库对该 308 名接噪人员进行高频平均听阈值的预测。结果发现,实际体检获得的 UNBHFTA 中符合基于数据库 A、B.1、B.2 和 B.3 预测的高频平均听阈值 $H'_{10 \text{ 修正}} \sim H'_{90 \text{ 修正}}$ 范围的结果分别有 278(90.3%)、290(94.2%)、281(91.2%)、270(87.7%) 个。其中数据库 B.3 所预测的听阈值中,有 38 个预测结果显著低于 UNBHFTA。不同数据库所修正的预测范围与实际结果具有统计学差异,且由于 $H'_{10 \text{ 修正}} \sim H'_{90 \text{ 修正}}$ 的范围相对较大,难以体现预测精度,所以本研究进一步通过各数据库所预测的高频平均听阈值 $H'_{50 \text{ 修正}}$ 与 UNBHFTA 对比,数据库 A 所预测的 $H'_{50 \text{ 修正}}$ 整体均低于实际体检结果;数据库 B.1 和数据库 B.2 在岗位声压级较大的情况,会有部分人的实际结果与预测的

$H'_{50\text{修正}}$ 相近;而基于数据库 B.3 所预测的 $H'_{50\text{修正}}$ 与实际体检的 UNBHFTA 则较为相符,且仅有数据库 B.3 所预测的 $H'_{50\text{修正}}$ 与实际结果未见统计学上的差异。

本研究由于样本有限,结果仅适用于该企业及情况相近的企业。在下一步研究中应考虑扩大样本量,结合不同的噪声暴露等级和不同的复杂噪声进一步进行分析研究,从而总结得出适用于大多数企业的噪声风险评估模型。其次,由于不同国家的人群可能存在着遗传特征、生活方式等方面的区别,来源于美国 NHANES 的 B.3 数据库不一定适用于我国人群,所以针对广东省乃至我国的人群听阈数据库的建立是实现更为科学的噪声风险评估的重要前提。

综上所述,塑料制品企业噪声接触强度较大,相当大的一部分人群处于听力损失的风险中,所以应采用必要的个体防护及降噪等职业卫生管理手段降低接噪人员的听阈位移风险。基于不同数据库修正的噪声风险评估模型可能会得出不同的结果,相较于使用其他人群数据库,基于数据库 B.3(未经筛选且未去除职业噪声暴露史)的评估模型更适用于该塑料制品企业接噪工人的噪声风险预测评估与管理。因此,针对不同类型的接噪工人应科学地运用噪声性听力损失风险评估方法以达到更佳的评价效果。

参考文献

- [1] 张美辨, 高向景. 紧跟前沿, 关注工作场所复杂噪声测量与评估技术研究[J]. 环境与职业医学, 2022, 39(4): 353-356.
ZHANG MB, GAO XJ. Keeping abreast with cutting-edge measurement and assessment techniques for complex noise in the workplace[J]. J Environ Occup Med, 2022, 39(4): 353-356.
- [2] 林嗣豪, 王治明, 唐文娟, 等. 职业危害风险指数评估方法的初步研究[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2006, 24(12): 769-771.
LIN SH, WANG ZM, TANG WJ, et al. A methodological study on occupational hazard risk index[J]. Chin J Ind Hyg Occup Dis, 2006, 24(12): 769-771.
- [3] 梁志明, 曾庆民, 邓永愈, 等. 三种职业健康风险评估法在某大型设备制造企业噪声风险评估中的应用[J]. 环境与职业医学, 2020, 37(2): 144-149.
LIANG ZM, ZENG QM, DENG YY, et al. Application of three occupational health risk assessment methods to noise risk assessment in a large equipment manufacturing enterprise[J]. J Environ Occup Med, 2020, 37(2): 144-149.
- [4] ENGDAHL B, TAMBS K, BORCHGREVINK H M, et al. Screened and un-screened hearing threshold levels for the adult population: results from the Nord-Trøndelag Hearing Loss Study[J]. Int J Audiol, 44(4): 213-230.
- [5] 肖明慧, 陈琳. 城市轨道交通行业噪声致听力损失的风险评估[J]. 职业与健康, 2022, 38(3): 294-297,302.
XIAO MH, CHEN L. Risk assessment of hearing loss caused by noise in urban rail transit industry[J]. Occup Health, 2022, 38(3): 294-297,302.
- [6] 苏世标, 石寒雪, 钟喜, 等. 某石化厂488名工人噪声所致听力损失风险评估[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 2022, 40(12): 893-897.
SU SB, SHI HX, ZHONG X, et al. Risk assessment on noise-induced hearing loss of 488 workers in a petrochemical plant[J]. Chin J Ind Hyg Occup Dis, 2022, 40(12): 893-897.
- [7] 何学飞, 陈开初, 朱国平, 等. 某市2家机械制造企业噪声接触人员听力防护调查[J]. 职业与健康, 2012, 28(21): 2591-2593.
HE XF, CHEN KC, ZHU GP, et al. Survey on hearing protection of noise exposure population from 2 machine manufacturing enterprises in a city[J]. Occup Health, 2012, 28(21): 2591-2593.
- [8] 詹利春, 肖斌, 杨爱初, 等. 某塑料制品企业噪声职业健康风险评估[J]. 中国职业医学, 2022, 49(5): 553-557.
ZHAN LC, XIAO B, YANG AC, et al. Assessment of occupational health risk of noise in a plastic products enterprise[J]. China Occup Med, 2022, 49(5): 553-557.
- [9] 职业卫生技术服务工作规范: GBZ 331—2024[S]. 北京: 中国标准出版社, 2024.
Specification for occupational health technical service: GBZ 331—2024[S]. Beijing: Standards Press of China, 2024.
- [10] ZHANG M, XIE H, ZHOU J, et al. New metrics needed in the evaluation of hearing hazard associated with industrial noise exposure[J]. Ear Hear, 2021, 42(2): 290-300.
- [11] 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, 2016.
Guidelines for risk management of occupational noise hazard: WS/T 754—2016[S]. Beijing: China Coal Industry Publishing House, 2016.
- [12] 工作场所所有害因素职业接触限值 第2部: 物理因素: GBZ 2.2—2019[S]. 北京: 中国标准出版社, 2019.
Occupational exposure limits for hazardous agents in the workplace-Part 2: Physical agents: GBZ 2.2—2019[S]. Beijing: National Occupational Health Standards of the Ministry of Health, 2019.
- [13] ZHOU L, RUAN X, WANG T, et al. Epidemiological characteristics of hearing loss associated with noise temporal structure among manufacturing workers[J]. Front Integr Neurosci, 2022, 16: 978213.
- [14] 周珊宇, 温贤忠, 陈嘉斌, 等. 广东省重点职业病监测情况与职业健康风险评估[J]. 中国公共卫生, 2019, 35(5): 549-553.
ZHOU SY, WEN XZ, CHEN JB, et al. Surveillance and occupational health risk assessment for major occupational diseases in Guangdong province, 2017[J]. Chin J Public Health, 2019, 35(5): 549-553.
- [15] KERR MJ, NEITZEL RL, HONG O, et al. Historical review of efforts to reduce noise-induced hearing loss in the United States[J]. Am J Ind Med, 2017, 60(6): 569-577.
- [16] 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): e039576.
- [17] THEMANN CL, MASTERSON EA. Occupational noise exposure: a review of its effects, epidemiology, and impact with recommendations for reducing its burden[J]. J Acoust Soc Am, 2019, 146(5): 3879-3905.
- [18] 黎丽春, 耿继武, 张灶钦, 等. 广州市某聚碳酸酯薄膜项目职业病危害调查[J]. 职业与健康, 2022, 38(5): 586-589.
LI LC, GENG JW, ZHANG ZQ, et al. Investigation of occupational hazards of a polycarbonate film project in Guangzhou[J]. Occup Health, 2022, 38(5): 586-589.
- [19] 刘丹, 孙新, 胡伟江. 低水平苯系物与噪声联合接触对工人听力损失影响[J]. 中国职业医学, 2021, 48(1): 59-64.
LIU D, SUN X, HU WJ. Effect of co-exposure of low-level benzene derivatives and noise on hearing loss of workers[J]. China Occup Med, 2021, 48(1): 59-64.

(下转第 68 页)

参考文献

- [1] GBD 2021 Causes of Death Collaborators. Global burden of 288 causes of death and life expectancy decomposition in 204 countries and territories and 811 subnational locations, 1990-2021: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2021[J]. *Lancet*, 2024, 403(10440): 2100-2132.
- [2] SUN H, SAEEDI P, KARURANGA S, et al. IDF diabetes atlas: global, regional and country-level diabetes prevalence estimates for 2021 and projections for 2045[J]. *Diabetes Res Clin Pract*, 2022, 183: 109119.
- [3] YANG X, SUN J, ZHANG W. Global trends in burden of type 2 diabetes attributable to physical inactivity across 204 countries and territories, 1990-2019[J]. *Front Endocrinol (Lausanne)*, 2024, 15: 1343002.
- [4] HARIHARAN R, ODJIDJA E N, SCOTT D, et al. The dietary inflammatory index, obesity, type 2 diabetes, and cardiovascular risk factors and diseases[J]. *Obes Rev*, 2022, 23(1): e13349.
- [5] PICHÉ M E, TCHERNOF A, DESPRÉS J P. Obesity phenotypes, diabetes, and cardiovascular diseases[J]. *Circ Res*, 2020, 126(11): 1477-1500.
- [6] OHLWEIN S, HENNIG F, LUCHT S, et al. Indoor and outdoor road traffic noise and incident diabetes mellitus: results from a longitudinal German cohort study[J]. *Environ Epidemiol*, 2019, 3(1): e037.
- [7] KOLB H, MARTIN S. Environmental/lifestyle factors in the pathogenesis and prevention of type 2 diabetes[J]. *BMC Med*, 2017, 15(1): 131.
- [8] 侯宇辰, 王博深, 尹立红, 等. 职业性噪声和粉尘暴露对作业工人空腹血糖的影响[J]. *环境与职业医学*, 2023, 40(12): 1411-1418.
HOU Y C, WANG B S, YIN L H, et al. Effects of occupational noise and dust exposure on fasting plasma glucose in workers[J]. *J Environ Occup Med*, 2023, 40(12): 1411-1418.
- [9] KIM S, YUN B, LEE S, et al. Occupational noise exposure and incidence of high fasting blood glucose: a 3-year, multicenter, retrospective study[J]. *Int J Environ Res Public Health*, 2021, 18(17): 9388.
- [10] CHANG T Y, YU T Y, LIU C S, et al. Occupational noise exposure and its association with incident hyperglycaemia: a retrospective cohort study[J]. *Sci Rep*, 2020, 10(1): 8584.
- [11] OH H Y, YOO J E. The association between duration of noise exposure in the workplace and glucose metabolism status: evidence from the Korea National Health and Nutrition Examination Survey[J]. *Korean J Fam Med*, 2022, 43(6): 396-402.
- [12] 中华医学会糖尿病学分会. 中国2型糖尿病防治指南(2020年版)[J]. *中华内分泌代谢杂志*, 2021, 37(4): 311-398.
Chinese Diabetes Society. Guideline for the prevention and treatment of type 2 diabetes mellitus in China (2020 edition)[J]. *Chin J Endocrinol Metab*, 2021, 37(4): 311-398.
- [13] SAREMI M, ROHMER O, BURGMEIER A, et al. Combined effects of noise and shift work on fatigue as a function of age[J]. *Int J Occup Saf Ergon*, 2008, 14(4): 387-394.
- [14] BURKE K, SCREVEN L A, KOBRINA A, et al. Effects of noise exposure and aging on behavioral tone detection in quiet and noise by mice[J]. *eNeuro*, 2022, 9(3): ENEURO.0391-21.2022.
- [15] ULRICH-LAI Y M, FULTON S, WILSON M, et al. Stress exposure, food intake and emotional state[J]. *Stress*, 2015, 18(4): 381-399.
- [16] KELLY S J, ISMAIL M. Stress and type 2 diabetes: a review of how stress contributes to the development of type 2 diabetes[J]. *Annu Rev Public Health*, 2015, 36: 441-462.
- [17] LEE S W H, NG K Y, CHIN W K. The impact of sleep amount and sleep quality on glycemic control in type 2 diabetes: a systematic review and meta-analysis[J]. *Sleep Med Rev*, 2017, 31: 91-101.
- [18] RECIO A, LINARES C, BANEGAS J R, et al. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: an integrative model of biological mechanisms[J]. *Environ Res*, 2016, 146: 359-370.
- [19] BJÖRNTORP P, ROSMOND R. Obesity and cortisol[J]. *Nutrition*, 2000, 16(10): 924-936.
- [20] KYROU I, CHROUSOS G P, TSIGOS C. Stress, visceral obesity, and metabolic complications[J]. *Ann N Y Acad Sci*, 2006, 1083: 77-110.
- [21] LIU L, HUANG Y, FANG C, et al. Chronic noise-exposure exacerbates insulin resistance and promotes the manifestations of the type 2 diabetes in a high-fat diet mouse model[J]. *PLoS One*, 2018, 13(3): e0195411.
- [22] AASVANG G M, STOCKFELT L, SØRENSEN M, et al. Burden of disease due to transportation noise in the Nordic countries[J]. *Environ Res*, 2023, 231: 116077.
- [23] 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.
- [24] TAHERI S, LIN L, AUSTIN D, et al. Short sleep duration is associated with reduced leptin, elevated ghrelin, and increased body mass index[J]. *PLoS Med*, 2004, 1(3): e62.
(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 张晨晨)
- (上接第 62 页)
- [20] CABELLO-LÓPEZ A, CHÁVEZ-GÓMEZ N L, TORRES-VALENZUELA A, et al. Audiometric findings of printing press workers exposed to noise and organic solvents[J]. *Int J Audiol*, 2021, 60(1): 8-15.
- [21] 苏艺伟, 李艳华, 张晋蔚, 等. 戴耳机听音乐对噪声作业工人高频听力损失影响[J]. *中国职业医学*, 2019, 46(4): 412-416.
SU Y W, LI Y H, ZHANG J W, et al. Effect of wearing earphone to listen to music on high-frequency hearing loss in noise exposure workers[J]. *China Occup Med*, 2019, 46(4): 412-416.
- [22] LI J, CHOI B Y, ELTAWIL Y, et al. *TMTC4* is a hair cell-specific human deafness gene[J]. *JCI Insight*, 2023, 8(24): e127665.
- [23] GUPTA S, EAVEY R D, WANG M, et al. Type 2 diabetes and the risk of incident hearing loss[J]. *Diabetologia*, 2019, 62(2): 281-285.
- [24] JOHANSSON M S K, ARLINGER S D. Hearing threshold levels for an otologically unscreened, non-occupationally noise-exposed population in Sweden[J]. *Int J Audiol*, 2002, 41(3): 180-194.
- [25] HOFFMAN H J, DOBIE R A, KO C W, et al. Hearing threshold levels at age 70 years (65-74 years) in the unscreened older adult population of the United States, 1959-1962 and 1999-2006[J]. *Ear Hear*, 2012, 33(3): 437-440.
(英文编辑: 汪源; 责任编辑: 顾心怡)