

噪声暴露所致听力损失的风险评价方法 在职业病危害评价中的应用

李敏嫣¹, 黄德寅¹, 张倩¹, 刘茂²

(1. 天津渤海化工集团有限责任公司劳动卫生研究所, 天津 300051; 2. 南开大学城市公共安全研究中心, 天津 300071)

摘要: **目的** 保护暴露于生产性噪声的劳动者健康, 预防和控制听力损失的发生, 降低职业性噪声聋发病率。**方法** 选择某电池组装企业卷曲车间男性作业工人为研究对象, 测量并计算平均噪声暴露等效声级 $L_{EX,W} = 86.9$ dB (A)。采用听力损失风险的预测模型, 选择符合国情的频率和界线, 预测该人群从 20 岁开始职业暴露于该强度噪声的听力损失情况与风险。**结果** (1) 该人群暴露 10、20、30、35、40 年由年龄和噪声引起高频标准听阈偏移的风险分别为 40.9%、62.1%、80.8%、86.8%、90.8%, 引起职业性噪声聋的风险分别为 0~5.0%、0~5.0%、0~5.0%、7.3%、13.0%。(2) 该人群暴露 10、20、30、35、40 年由噪声引发高频标准听阈偏移的风险分别为 20.4%、21.0%、13.5%、9.2%、6.1%, 引起职业性噪声聋的风险分别为 0~5.0%、0~5.0%、0~5.0%、2.2%、2.9%。(3) 由年龄和噪声引起的听力损失以及由噪声引起的听力损失均在 4 000 Hz 频率上出现听阈级的最大值, 听力图随频率的变化呈“V”字形, 在起始暴露年龄与噪声暴露水平不变的情况下, 在每个频率上, H'_{50} 与 N_{50} 都随暴露时间的增加而增大。**结论** 噪声职业病危害风险管理的关键是减小噪声引起的永久性听阈位移 (N) 值; 对于发生高频标准听阈偏移和职业性噪声聋的人群, 应采取不同的风险管理对策控制和降低风险。

关键词: 听力损失; 年龄; 噪声; 永久性听阈位移; 听阈级; 风险评价

中图分类号: TB53 文献标识码: A 文章编号: 1002-221X(2015)06-0414-05 DOI:10.13631/j.cnki.zggyy.2015.06.004

Application of risk assessment for noise-induced hearing loss in evaluation of occupational hazards

LI Min-yan*, HUANG De-yin, ZHANG Qian, LIU Mao

(* . Institute of Occupational Health, Tianjin Bohai Chemical Industry Group Co. Ltd, Tianjin 300051, China)

Abstract: **Objective** To protect the health of the industrial noise exposed workers, prevent and control the occurrence of noise-induced hearing loss, and reduce the incidence of occupational noise-induced deafness. **Methods** 104 male workers of winding workshop in a battery assembly enterprise were enrolled as study subjects. Using the method given by GBZ/T 189.8, their average $L_{EX,W}$ was measured and calculated as 86.9 dB (A). Assuming the exposure of workers to this level of noise was from the age of 20, the consequences and probabilities of noise-induced hearing loss were predicted by using ISO 1999: 2013 (E) risk model with proper frequencies and cut-off values as needed. **Results** It was found that (1) If this group was exposed to this level of noise, after 10, 20, 30, 35 or 40 years exposure, the risk of high-frequency standard threshold shift (HSTS) due to age and noise exposure were 40.9%, 62.1%, 80.8%, 86.8% and 90.8%, respectively; the risk of occupational noise deafness due to age and noise exposure were 0—5.0%, 0—5.0%, 0—5.0%, 7.3% and 13.0%, respectively. (2) The risk of HSTS due to noise exposure in this population were 20.4%, 21.0%, 13.5%, 9.2% and 6.1%, respectively, and the risk of occupational noise deafness due to noise exposure were 0—5.0%, 0—5.0%, 0—5.0%, 2.2% and 2.9%, respectively. (3) It also showed that the maximum of H'_{50} and N_{50} appeared at 4 000 Hz, the curve of audiogram showed a V shape, and both H'_{50} and N_{50} were all increased with the duration of noise exposure, if initial exposure age and exposure noise level were fixed. **Conclusion** The key measure for management of noise-related occupational risk was to reduce noise-induced permanent threshold shift (N), and for these with HSTS and those diagnosed as occupational noise deaf, should take different management strategies to reduce the risk.

Key words: hearing loss; age; noise; permanent threshold shift (PTS); hearing threshold level; risk assessment

国际标准化组织 (ISO) 发布了 ISO 1999: 2013 (E) 《声学 噪声引起的听力损失评价》^[1] 用于评价噪声引

起的听力损失风险, 我国在报批中的 AQ 标准《噪声职业病危害风险管理指南》(以下简称《指南》) 基于 ISO 1999: 2013 (E) 的方法进行噪声暴露所致听力损失的风险评价与管理。本文利用该《指南》的风险评价方法预测某电池组装企业卷曲车间作业工人

收稿日期: 2015-08-03; 修回日期: 2015-08-31

基金项目: 天津市科技支撑计划重点项目 (13ZCZDSY02300)

作者简介: 李敏嫣 (1986—), 女, 实习研究员, 硕士, 研究方向: 职业健康风险评价。

职业噪声暴露所致听力损失的风险。

1 对象与方法

1.1 研究对象

某电池组装企业 Cell 2 部聚合物 2 科卷曲车间有卷曲机 36 台, 车间总定员 104 人。作业工人在车间内巡检、操作时存在噪声暴露。选择该车间噪声暴露的男性作业工人作为风险评价的对象, 年龄 20 ~ 30 岁。

职业噪声暴露所致听力损失的风险评价实例中选择的对象应符合以下条件^[2]: (1) 在该车间区域内工作前未从事其他噪声作业; (2) 无耳疾或耳疾史; (3) 无听力损伤的家族史; (4) 无糖尿病史; (5) 无耳毒性药物用药史; (6) 无非职业噪声暴露史; (7) 无影响听力损失的其他危险因素等。

1.2 方法

1.2.1 职业噪声暴露情况调查 调查车间分为操作工、班长和精度岗, 实行周一至周四三班三运转、周五至周日三班两运转以及四班三运转两种生产班制, 在卷曲机操作和巡视过程中受噪声的影响, 声源类型为稳态。车间工人均佩戴声衰减量足够的护听器。

1.2.2 职业噪声暴露评估 按照《工作场所物理因素测量 第 8 部分噪声》(GBZ/T 189.8—2007) 规定的要求测量并计算声级。根据噪声测量结果, 该车间作业工人噪声暴露等效声级为 85.2~88.0 dB (A), 平均噪声暴露等效声级为 86.9 dB (A)。

1.2.3 噪声暴露所致听力损失的风险评价 职业噪声引起的潜在性听力损失, 可直接用噪声引起的永久性听阈位移 (NIPTS) 及人群中与年龄有关的听阈级 (HTLA)、与年龄和噪声有关的听阈级 (HTLAN) 超过选定界线的百分数定量表征风险。

1.2.3.1 选择合适的频率和界线 使用规定频率听阈级的综合值来评价噪声暴露所致听力损失。结合噪声职业病危害风险评价的目的, 选择需要考虑的频率及合适的界线。可供选择的频率和界线有: (a) 评价任一耳高频 (3 000 Hz、4 000 Hz 和 6 000 Hz) 平均听阈级, 界线为 10 dB。该频率及界线是根据《工业企业职工听力保护规范》(以下简称《规范》) 中规定的“高频标准听阈偏移”选择的, 作为噪声职业病危害风险的管理值。《规范》中规定“对于发生高频标准听阈偏移的职工, 企业必须采取听力保护措施, 防止听力进一步下降”。(b) 评价双耳高频平均听阈级, 界线为 40 dB。(c) 评价较好耳语频 (500 Hz、1 000 Hz 和 2 000 Hz) 和 4 000 Hz 的听阈加

权值, 即 $1/3 \times [HL_{500\text{ Hz}} + HL_{1000\text{ Hz}} + HL_{2000\text{ Hz}}] \times 0.9 + HL_{4000\text{ Hz}} \times 0.1$, 界线为 25 dB。(b) 与 (c) 的频率及界线均根据《职业性噪声聋的诊断》(GBZ 49—2014) 中职业性噪声聋诊断分级选择的, 作为噪声职业病危害风险的警告值。

本文以高频标准听阈偏移和职业性噪声聋为例选择频率和界线。

1.2.3.2 与年龄和噪声有关的听阈级 噪声暴露人群与年龄和噪声有关的听阈级 (dB) 的计算见公式 (1):

$$H' = H + N - \frac{H \times N}{120} \quad (1)$$

式中: H' ——与年龄和噪声有关的听阈级 (HTLAN), dB;

H ——与年龄有关的听阈级 (HTLA), dB;

N ——实际或潜在的噪声引起的永久性听阈位移 (NIPTS), dB。

此公式仅适用于 H' 、 H 和 N 的相应百分位数。公式 (1) 中所示的关系式是一种生物现象的近似, 其精度是足够的。 $(H \times N) / 120$ 这一项仅在 $H + N > 40$ dB 时, 才对结果有显著影响。

1.2.3.3 利用 Excel 预测风险 基于《指南》中给出的公式编制 Excel 电子数据表格, 以方便风险计算, 见图 1。

假设这些男性工人从 20 岁开始暴露于生产性噪声, 平均噪声暴露水平为 $L_{\text{EX,W}} = 86.9$ dB (A), 在编制好的 Excel 电子数据表格中输入上述信息, 预测这群男性作业工人不佩戴任何个体防护用品的情况下, 于 30、40、50、55、60 岁时发生高频标准听阈偏移的风险和职业性噪声聋的风险。

2 结果

2.1 高频标准听阈偏移的风险预测

发生高频标准听阈偏移的风险预测结果见表 1, 风险评价结果见图 2。

由表 1、图 2 可见, 在起始暴露年龄与噪声暴露水平不变的情况下, 选用任一耳高频 (3 000 Hz、4 000 Hz 和 6 000 Hz) 平均听阈级, 与年龄有关的听阈级 H 、由年龄和噪声引起的听阈级 H' 均随暴露时间增长。而噪声引起的永久性听阈位移 N 则随暴露时间的增加呈增长的趋势。同样, 噪声接触引起高频标准听阈偏移的风险随暴露时间的增加而变小。这是概念的内在不足产生的, 不能说明噪声危害不再存在。这种现象可能是由于随着年龄增加, 年龄对听力损失的影响逐渐超过了噪声单独对听力损失的影响。

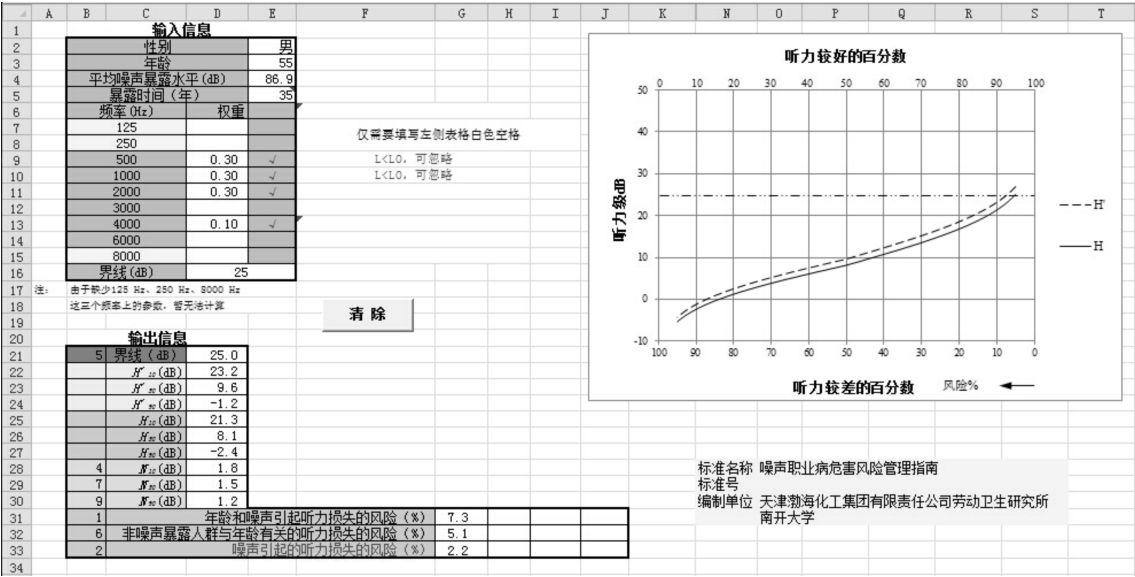


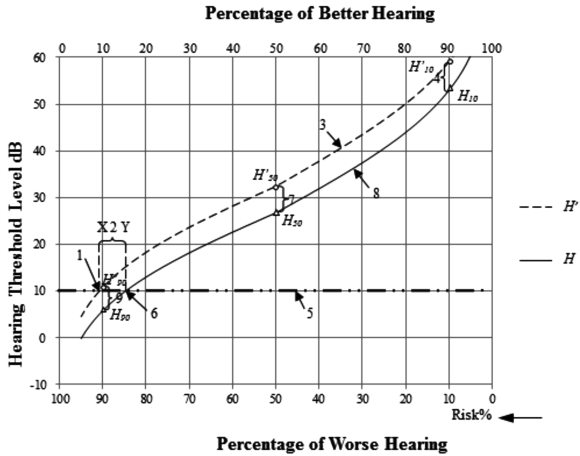
图 1 编制的 Excel 电子数据表格

表 1 某车间男性作业工人发生高频标准听阈偏移的风险预测结果

预测年龄	暴露年数	H'_{10} (dB)	H'_{50} (dB)	H'_{90} (dB)	H_{10} (dB)	H_{50} (dB)	H_{90} (dB)	N_{10} (dB)	N_{50} (dB)	N_{90} (dB)	年龄和噪声引起听力损失的风险 (%)	非噪声暴露人群与年龄有关的听力损失的风险 (%)	噪声接触引起听力损失的风险 (%)
30	10	21.5	7.5	-4.5	14.4	2.2	-7.6	7.1	5.3	3.0	40.9	20.5	20.4
40	20	30.2	13.3	-0.5	22.5	7.3	-4.8	7.7	5.9	4.2	62.1	41.1	21.0
50	30	42.6	21.5	4.5	35.3	15.5	-0.3	7.3	6.0	4.8	80.8	67.3	13.5
55	35	50.3	26.6	7.5	43.5	20.8	2.5	6.8	5.9	4.9	86.8	77.6	9.2
60	40	59.1	32.4	10.8	52.9	26.8	5.8	6.1	5.7	5.0	90.8	84.7	6.1

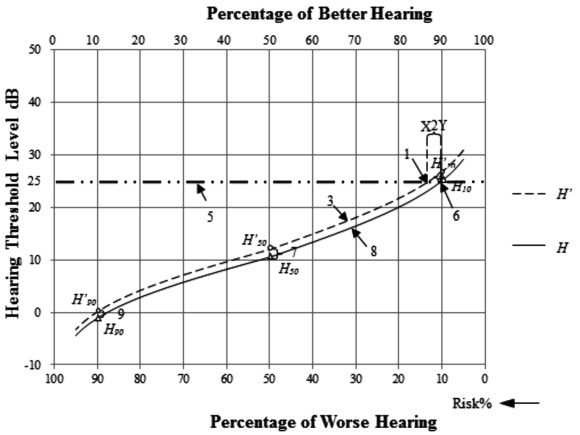
2.2 职业性噪声聋的风险预测

发生职业性噪声聋的风险预测结果见表 2，风险评价结果见图 3。



注：1——年龄和噪声引起的听力损失的风险，90.8%（点 X）；2——噪声引起的听力损失的风险，6.1%（点 X 和点 Y 之间的差值）；3——噪声暴露人群与年龄和噪声有关的听阈级 H' ；4——噪声引起的永久性听阈位移 N ，10%；5——界线，10 dB；6——非噪声暴露人群与年龄有关的听力损失的风险，84.7%（点 Y）；7——噪声引起的永久性听阈位移 N ，50%；8——非噪声暴露人群与年龄有关的听阈级 H ；9——噪声引起的永久性听阈位移 N ，90%。

图 2 作业工人 60 岁时噪声暴露所致高频标准听阈偏移的风险评价结果



注：1——年龄和噪声引起的听力损失的风险，13.0%（点 X）；2——噪声引起的听力损失的风险，2.9%（点 X 和点 Y 之间的差值）；3——噪声暴露人群与年龄和噪声有关的听阈级 H' ；4——噪声引起的永久性听阈位移 N ，10%；5——界线，25 dB；6——非噪声暴露人群与年龄有关的听力损失的风险，10.1%（点 Y）；7——噪声引起的永久性听阈位移 N ，50%；8——非噪声暴露人群与年龄有关的听阈级 H ；9——噪声引起的永久性听阈位移 N ，90%。

图 3 作业工人 60 岁时噪声暴露所致职业性噪声聋的风险评价结果

表 2 某车间男性作业工人发生职业性噪声聋的风险预测结果

预测 年龄	暴露 年数	H'_{10} (dB)	H'_{50} (dB)	H'_{90} (dB)	H_{10} (dB)	H_{50} (dB)	H_{90} (dB)	N_{10} (dB)	N_{50} (dB)	N_{90} (dB)	年龄和噪声引起 听力损失的风险 (%)	非噪声暴露人群与 年龄有关的听力损 失的风险 (%)	噪声接触引 起听力损失 的风险 (%)
30	10	11.5	1.8	-5.9	9.9	0.9	-6.4	1.6	1.0	0.5	0~5.0	0~5.0	0~5.0
40	20	15.0	4.2	-4.4	13.1	2.9	-5.3	1.9	1.3	0.9	0~5.0	0~5.0	0~5.0
50	30	20.0	7.6	-2.4	18.1	6.1	-3.5	1.9	1.5	1.1	0~5.0	0~5.0	0~5.0
55	35	23.2	9.6	-1.2	21.3	8.1	-2.4	1.8	1.5	1.2	7.3	5.1	2.2
60	40	26.8	12.0	0.1	25.0	10.5	-1.1	1.7	1.5	1.2	13.0	10.1	2.9

由表 2、图 3 可见，在起始暴露年龄与噪声暴露水平均不变的情况下，选用较好耳语频（500 Hz、1 000 Hz 和 2 000 Hz）和 高频 4 000 Hz 听阈加权值，与年龄有关的平均听阈级 H 、由年龄和噪声引起的听阈级 H' 均随暴露时间增长。而噪声引起的永久性听阈位移 N 则随暴露时间的增加呈增长的趋势。

在 $0 < Q < 5\%$ 和 $95\% < Q < 100\%$ 的情况下，统计分布的尾部不可靠，不予以评价，因为在这些范围内没有实验数据。表 2 中风险在 0~5% 之间表示该风险在此范围内而无法较精确地预测。

2.3 不同频率的听力损失情况

由年龄和噪声引起的听力损失以及由噪声引起的听力损失均在 4 000 Hz 频率上出现听阈级的最大值，听力图随频率的变化呈“V”字形。在起始暴露年龄与噪声暴露水平均不变的情况下，在每个频率上， H'_{50} 与 N_{50} 都随暴露时间的增加而增大。见表 3，表 4，图 4，图 5。

表 3 作业工人暴露在 86.9 dB 声级下不同频率 H'_{50} 的预测结果

预测 年龄	暴露 年数	H'_{50} (Hz)					
		500	1 000	2 000	3 000	4 000	6 000
30	10	0.5	0.6	2.0	6.4	9.2	6.7
40	20	1.7	1.9	5.3	11.2	15.4	13.3
50	30	3.6	4.1	9.5	17.7	24.0	22.9
55	35	4.8	5.5	12.1	21.6	29.3	29.0
60	40	6.2	7.1	14.9	26.1	35.3	35.9

表 4 作业工人暴露在 86.9 dB 声级下不同频率 N_{50} 的预测结果

预测 年龄	暴露 年数	N_{50} (未修正)					
		500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	3 000 Hz	4 000 Hz	6 000 Hz
30	10	0	0	1.0	4.8	7.1	4.2
40	20	0	0	1.9	5.9	8.1	4.9
50	30	0	0	2.5	6.5	8.8	5.3
55	35	0	0	2.7	6.8	9.0	5.5
60	40	0	0	2.9	7.0	9.2	5.6

3 讨论

噪声暴露所致听力损失的风险评价结果可为噪声职业病危害风险管理提供定量依据，噪声职业病危害风险管理的关键是减小 N 值。对于发生高频标准听阈偏移的职工，企业必须采取听力保护措施，防止听

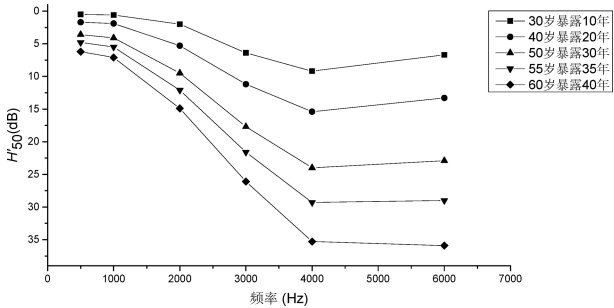


图 4 作业工人暴露在 86.9 dB 声级下不同频率 H'_{50} 的预测结果

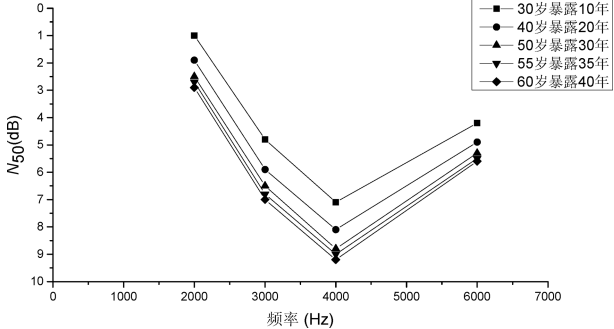


图 5 作业工人暴露在 86.9 dB 声级下不同频率 N_{50} 的预测结果

力进一步下降；对于达到职业性噪声聋诊断前提条件的，应考虑进行诊断和诊断分级；对发生职业性噪声聋者，应调离噪声工作场所，按相关规定进行处理。

值得注意的是，本实例中提到的用于评价噪声风险的声压级并没有考虑护听器对听力的保护作用，正确佩戴护听器能够有效降低声压级，从而对噪声作业工人的听力起保护作用。此外，预测噪声暴露人群听阈值的精确性，在很大程度上取决于所选的 HTLA 数据的精度，因此本方法中预测的听阈级和风险值仅仅是统计学上的估算值。必须强调的是，ISO 1999: 2013 (E) 标准中的该方法建立在统计数据之上，因此不能用于个人听力损失风险的预测或评价。

在数据库的选择方面，本实例选用了数据库 A 的数据。如果采用数据库 B，目前 ISO 1999: 2013 (E) 仅给出了瑞典、挪威及美国的数据库 B，而要基于其数值评价中国人群的听力损失风险可能缺乏说服力。在今后的研究中，可对照数据库 B 中三个国家的水平，选择恰当的准则来编制符合中国人群特点的听阈级数据库。（下转第 443 页）