

非稳态噪声累积暴露量与听力损失的关系

谢红卫¹, 唐仕川², 周莉芳¹, 全长健¹, 张美辨¹

摘要: [目的] 分析基于个体噪声8h等效连续A声级($L_{Aeq,8h}$)(暴露水平)的累积噪声暴露量(cumulation noise exposure, $CNE_{LAeq,8h}$)与非稳态噪声所致听力损失的关系,探讨 $CNE_{LAeq,8h}$ 能否有效评估非稳态噪声接触水平。[方法] 选择轧钢厂和钢结构厂98名接触非稳态噪声工人为研究对象。采用个人声暴露计测量工人 $L_{Aeq,8h}$,并与接触噪声工龄合并计算 $CNE_{LAeq,8h}$,同时对工人进行问卷调查和听力测试。[结果] 经噪声分层分析和趋势卡方检验,高频听力损失检出率随 $CNE_{LAeq,8h}$ 的增加而升高;经logistic回归分析, $CNE_{LAeq,8h}$ 是工人高频听力损失和语频听力损失的危险因素,OR值分别为1.261和1.109($P<0.01$)。 $CNE_{LAeq,8h}$ 、 $L_{Aeq,8h}$ 、工龄、高频、语频听力程度之间均呈明显相关($P<0.01$);经多因素回归分析, $CNE_{LAeq,8h}$ 进入高频听力损失的多因素回归模型($P<0.01$)。[结论] $CNE_{LAeq,8h}$ 与工人高频听力损失呈良好剂量-效应关系,能有效评估非稳态噪声接触水平。

关键词: 个体噪声暴露;累积噪声暴露量;听力损失;剂量-效应关系;非稳态噪声

Relationship between Cumulative Noise Exposure and Human Hearing Loss Caused by Non-stationary Noise XIE Hong-wei¹, TANG Shi-chuan², ZHOU Li-Fang¹, QUAN Chang-jian¹, ZHANG Mei-bian¹ (1.Zhejiang Provincial Center for Disease Control and Prevention, Zhejiang 310051, China; 2.Beijing Municipal Institute of Labour Protection, Beijing 100054, China). Address correspondence to ZHANG Mei-bian, E-mail: mbzhang@cdc.zj.cn • The authors declare they have no actual or potential competing financial interests.

Abstract: [Objective] To examine the relationship between cumulative noise exposure ($CNE_{LAeq,8h}$) based on individual noise level (8h equivalent continuous sound level, $L_{Aeq,8h}$) and human hearing loss caused by non-stationary noise, and to explore the effectiveness of $CNE_{LAeq,8h}$ to assess the non-stationary noise exposure levels. [Methods] Workers ($n=98$) exposed to non-stationary noise from a steel mill and a steel structure factory were selected as the study subjects. Personal $L_{Aeq,8h}$ was determined by a noise dosimeter. $CNE_{LAeq,8h}$ was calculated from $L_{Aeq,8h}$ and related working age. Meanwhile, questionnaires and hearing loss tests were performed for all subjects. [Results] The results of stratified analysis for noise level and trend Chi-square test showed that the detection rate of high-frequency hearing loss increased with $CNE_{LAeq,8h}$ levels ($P<0.01$). The results of logistic regression analysis showed that $CNE_{LAeq,8h}$ was a risk factor for high-frequency and low-frequency hearing loss in selected workers, and the OR values were 1.261 and 1.109 respectively. There were significant correlations among $CNE_{LAeq,8h}$, $L_{Aeq,8h}$, working age, high-frequency hearing loss and low-frequency hearing loss. The results of linear regression analysis showed that $CNE_{LAeq,8h}$ entered the regression model of high-frequency hearing loss ($P<0.01$). [Conclusion] There is a good dose-effect relationship between $CNE_{LAeq,8h}$ and high-frequency hearing loss. $CNE_{LAeq,8h}$ may be used to assess the level of non-stationary noise exposure.

Key Words: personal noise exposure; cumulative noise exposure; hearing loss; dose-response relationship; non-Gaussian noise

国家职业卫生标准GBZ/T 189.8—2007《工作场所物理因素测量 噪声》把8h等效声级作为反映噪声

暴露水平的指标,其指导思想是评价工作场所噪声是否符合职业接触限值要求,但若评价噪声导致工人健康危害时,则需要考虑工人接触噪声时间的长短。现有文献报道采用累积噪声暴露量(cumulation noise exposure, CNE),是结合等效声级和接噪工龄的一个综合指标,有望用来反映噪声暴露水平及评估听力损失风险^[1-4]。目前,一些文献大多采用1min等效连续A声级($L_{Aeq,1min}$)计算CNE,导致不能真实反映工人实际噪声接触水平^[5-8]。本项研究采用个人声暴露计测量获得的8h等效连续A声级($L_{Aeq,8h}$)与工人接噪工龄

DOI: 10.13213/j.cnki.jeom.2015.14134

[基金项目] 美国国立职业卫生与安全研究所(编号: 5R01OH008967-03);北京市科学技术研究院市级财政项目(编号: PXM2014-178304-000002-00130228)

[作者简介] 谢红卫(1969—),男,学士,主管医师;研究方向:职业卫生评价;E-mail: hwxie@cdc.zj.cn

[通信作者] 张美辨, E-mail: mbzhang@cdc.zj.cn

[作者单位] 1.浙江省疾病预防控制中心,浙江 310051; 2.北京市劳动保护科学研究所,北京 100054

计算出基于 $L_{Aeq,8h}$ 的累积噪声暴露量($CNE_{LAeq,8h}$), 并从 $CNE_{LAeq,8h}$ 与听力损失之间的剂量-反应关系和相关性两个方面探讨 $CNE_{LAeq,8h}$ 能否有效评估非稳态噪声接触水平。

1 对象与方法

1.1 调查对象

选择某轧钢厂和某钢结构厂噪声作业工人(工龄 ≥ 1 年)共 98 人(男 83 名, 女 15 名)为研究对象。每名工人均签定知情同意书, 完成工人调查表、个体噪声暴露测量和工人听力测试(测听力阈级)。调查对象应符合以下要求: ①在本单位工作, 工种相对稳定(工作期间没有轮换过岗位), 连续噪声作业 1 年以上; ②没有其他高水平噪声暴露的工作史; ③没有服过兵役; ④没有听力损失史; ⑤没有听力损失家族史; ⑥没有耳病史; ⑦没有糖尿病; ⑧没有其他非研究因素引起的听力异常。

1.1.1 某轧钢厂 主要生产工艺为原料—加热炉—轧钢—精整—成品。选择接触高噪声轧钢、精整岗位的 62 名作业工人为研究对象, 年龄(38.6 ± 5.6)(24~50)岁, 接噪工龄(13.0 ± 7.3)(1~30)年。其中, 轧钢岗位作业工人 45 名, 精整岗位作业工人 17 名。上述车间实行三班工作制, 每班日工作时间为 8h。

1.1.2 某钢结构厂 主要生产工艺为钢材—切割—成形—钻孔—拼装—成品。选择接触高噪声钻孔、拼装岗位的 36 名作业工人为研究对象, 年龄(35.4 ± 7.4)(21~49)岁, 接噪工龄(4.8 ± 3.6)(1~14)年。其中, 钻孔岗位作业工人 7 名, 拼装岗位作业工人 29 名。上述车间实行二班工作制, 每班日工作时间为 8h。

1.2 调查方法

1.2.1 8h 等效连续 A 声级($L_{Aeq,8h}$) 采用国产 AWA5610B 个人声暴露计(杭州爱华仪器有限公司), 该仪器采用数字检波技术, 频率范围为 20 Hz~8 kHz, 采样间隔设置为 2s。对两个工厂同一个班次接触高噪声工人分批进行个体噪声测量, 一名工人测量一次, 共使用 25 台个人声暴露计, 轧钢厂测量 3d, 钢结构厂测量 2d, 98 名工人分 5d 完成测试。测量前用 AWA6221B 型声级校准器(2 级)进行校准。上班前给工人佩戴仪器, 仪器随工人移动, 每隔 2s 从固定在耳附近的话筒中采集 1 次噪声数据, 并记录入内存。采样时间覆盖整个工作日, 并记录工作日志, 采样完成后把数据传输至电脑进行统计分析。为保证测试质量, 制订了相关的

个人声暴露计采样设置操作程序、个人声暴露计数据传输操作程序、噪声测量仪佩戴守则等。

1.2.2 累积噪声暴露量(CNE) 将 $L_{Aeq,8h}$ 与工人的噪声作业工龄结合计算累积噪声暴露量, 用来量化每个研究对象的噪声暴露, 评价噪声暴露与听力损失的剂量-反应关系^[9]。公式:

$$CNE_{LAeq,8h} = 10 \log \left[\frac{1}{T_{ref}} \sum_{i=1}^n (T_i \times 10^{L_{Aeq,8h_i}/10}) \right] \quad (1)$$

其中, $L_{Aeq,8h}$ 是 8h 等效连续 A 加权声级, 以 dB 为单位, 在时间间隔 T_i (年数)里发生; n 是研究对象历年工作中暴露的不同水平噪声的总个数(即不同工作任务或环境); $T_{ref}=1$ 年。既然本研究的所有研究对象只在一个工作环境中工作过, 那么 n 等于 1, T_i 简化为 T 。公式(1)可以写成:

$$CNE_{LAeq,8h} = L_{Aeq,8h} + 10 \log T \quad (2)$$

1.2.3 工人问卷调查 对每个研究对象进行问卷调查。包括一般情况、听力损失和医疗史、职业史、非职业噪声接触史。

1.2.4 体检和听力测试 体检包括一般耳科检查和纯音气导听阈测量。参加听力测试工人首先要进行耳科检查, 以排除耳朵的传导性听力障碍; 没有使用耳塞等防护设施; 脱离噪声环境 14~16h 以后; 每只耳朵测试频率包括 0.5、1.0、2.0、3.0、4.0、6.0 和 8.0 kHz。按照 GBZ 49—2007《职业性噪声聋诊断标准》附表 A1 中的数据对每名工人的听阈进行年龄、性别校正。并按照公式: 双耳高频平均听阈 = [左耳($HL_{3000Hz} + HL_{4000Hz} + HL_{6000Hz}$) + 右耳($HL_{3000Hz} + HL_{4000Hz} + HL_{6000Hz}$)]/6, 计算结果 ≥ 40 dB(HL)者判断为高频听力损失。单耳语频平均听阈(dB) = ($HL_{500Hz} + HL_{1000Hz} + HL_{2000Hz}$)/3, 连续噪声作业工龄 3 年以上, 纯音测听为感音神经性聋, 听力损失呈高频下降型, 根据较好耳语频平均听阈 ≥ 26 dB(HL)判断为语频听力损失。

1.3 统计学分析

按照不同的噪声水平和工龄水平进行分层, 做趋势卡方检验和 logistic 回归分析。听力损失组与非听力损失组之间的影响因素比较时, 年龄、工龄、 $L_{Aeq,8h}$ 和 $CNE_{LAeq,8h}$ 采用独立样本 t 检验, 性别、岗位等计数数据采用卡方分析; $L_{Aeq,8h}$ 、 $CNE_{LAeq,8h}$ 和工龄与高频、语频听力程度之间相关性采用 pearson 相关分析方法; 工人听力损失的影响因素分析采用多因素 logistic 回归分析。

2 结果

2.1 非稳态噪声个体噪声动态变化

轧钢、精整岗位连续24h开机,操作工自7:45时进入车间后,噪声暴露水平迅速达到95 dB(A)左右,轧钢工负责轧钢区的料形设定、监护与调整,精整工负责矫直、平整金属材料,直至交班;钻孔、拼装工人先进入厂区进行准备工作,然后开始钻孔和拼装工作,中午离开厂房去食堂进餐,下午再进入正常工作状态,直至下班。

某轧钢厂8h工作期间轧钢组工人噪声瞬时水平为60.8~127.5 dB(A);精整组工人55.4~120.5 dB(A)。某钢结构厂钻孔组工人噪声瞬时水平为51.5~134.5 dB(A);拼装组工人52.2~114.4 dB(A)。某轧钢厂轧钢、精整工人和某钢结构厂钻孔、拼装工人一个工作日内个体噪声暴露水平瞬间波动很大,均为典型的非稳态噪声暴露。

2.2 CNE与听力损失的剂量-反应关系

体检发现高频听力损失60人,检出率为61.2%;语频听力损失17人,检出率为17.3%。由表1可见,CNE_{L_{Aeq,8h}}分层后,其相应的高频听力损失检出率变化趋势比较,差异有统计学意义($P<0.01$);L_{Aeq,8h}分层后,其相应的高频听力损失检出率变化趋势比较,差异无统计学意义($P>0.05$)。经logistic回归分析,CNE_{L_{Aeq,8h}}和L_{Aeq,8h}是工人高频听力损失的危险因素,OR值分别为1.261和1.186($P<0.01$ 或 $P<0.05$)。随着CNE_{L_{Aeq,8h}}值的上升,高频听力程度也逐步增高。

表1 CNE_{L_{Aeq,8h}}和L_{Aeq,8h}与高频听力损失检出率的剂量-反应关系

噪声 dB(A)	L _{Aeq,8h}				CNE _{L_{Aeq,8h}}			
	例 数	检出 例数	检出率 (%)	高频听力程度 dB(HL)	例 数	检出 例数	检出率 (%)	高频听力程度 dB(HL)
85~	2	1	50.0	38.3 ± 7.1	—	—	—	—
90~	53	26	49.1	34.2 ± 13.2	7	1	14.3	26.7 ± 11.8
95~	33	25	75.8	39.1 ± 13.8	24	8	33.3	31.5 ± 15.2
100~	7	6	85.7	52.6 ± 19.2	26	16	61.5	34.1 ± 11.5
105~	3	2	66.7	40.8 ± 15.0	27	22	81.5	42.3 ± 11.8
110~	—	—	—	—	14	13	92.9	50.1 ± 12.7
统计量	$\chi^2_{趋势}=8.2$ $P>0.05$ $OR=1.186$ $P<0.05$				$\chi^2_{趋势}=24.9$ $P<0.01$ $OR=1.261$ $P<0.01$			

由表2可见,CNE_{L_{Aeq,8h}}和L_{Aeq,8h}分层后,相应的语频听力损失检出率变化趋势比较,差异均无统计学意义($P>0.05$);经logistic回归分析,CNE_{L_{Aeq,8h}}与工人语频听力损失检出率之间OR值为1.109($P<0.05$)。

L_{Aeq,8h}与工人语频听力损失检出率之间OR值为1.072($P>0.05$)。随着CNE_{L_{Aeq,8h}}指标的上升,语频听力程度也逐渐增高。

由表3可见,工龄分层后,其相应的高频和语频听力损失检出率的变化趋势比较,差异均无统计学意义($P>0.05$)。经logistic回归分析,工龄与工人高频听力损失检出率之间OR值为1.224($P<0.01$)。工龄与工人语频听力损失检出率之间OR值为1.085($P<0.05$)。

表2 CNE_{L_{Aeq,8h}}和L_{Aeq,8h}与语频听力损失检出率的剂量-反应关系

噪声 dB(A)	L _{Aeq,8h}				CNE _{L_{Aeq,8h}}			
	例 数	检出 例数	检出率 (%)	语频听力程度 dB(HL)	例 数	检出 例数	检出率 (%)	语频听力程度 dB(HL)
85~	2	0	0.0	22.5 ± 4.0	—	—	—	—
90~	53	8	15.1	20.5 ± 6.3	7	0	0.0	19.2 ± 6.6
95~	33	6	18.2	22.7 ± 9.5	24	2	8.3	19.5 ± 6.9
100~	7	3	42.9	34.8 ± 19.0	26	4	15.3	21.6 ± 10.4
105~	3	0	0.0	21.1 ± 2.6	27	7	25.9	22.5 ± 5.5
110~	—	—	—	—	14	4	28.6	29.6 ± 14.1
统计量	$\chi^2_{趋势}=4.4$ $P>0.05$ $OR=1.072$ $P>0.05$				$\chi^2_{趋势}=5.5$ $P>0.05$ $OR=1.109$ $P<0.05$			

表3 工龄与高频、语频听力损失反应关系

工龄(年) 例数		高频听力损失			语频听力损失		
		检出 例数	检出率 (%)	听力程度 [dB(HL)]	检出 例数	检出率 (%)	听力程度 [dB(HL)]
~5	38	12	31.6	28.8±13.4	1	2.6	19.5±4.9
~10	18	12	66.7	38.4±11.8	3	16.7	21.9±8.9
~15	21	17	81.0	43.5±12.9	6	28.6	24.4±7.5
~20	13	11	84.6	47.0±11.5	5	38.5	24.1±9.9
>20	8	8	100.0	45.5±10.6	2	25.0	27.3±15.5
统计量	$\chi^2_{趋势}=6.5$ $P>0.05$				$\chi^2_{趋势}=8.4$ $P>0.05$		
	$OR=1.224$ $P<0.01$				$OR=1.085$ $P<0.05$		

2.3 听力损失影响因素分析

由表4单因素分析可见,高频听力损失组与非损失组比较,年龄、工龄、岗位、L_{Aeq,8h}、CNE_{L_{Aeq,8h}}差异有统计学意义($P<0.01$ 或 $P<0.05$),两组性别差异无统计学意义($P>0.05$)。语频听力损失组与非损失组比较,CNE_{L_{Aeq,8h}}和工龄差异有统计学意义($P<0.05$),年龄、L_{Aeq,8h}、岗位和性别差异无统计学意义($P>0.05$)。

由表5可见,CNE_{L_{Aeq,8h}}、L_{Aeq,8h}、工龄、高频听力损失、语频听力损失程度的相关性分析结果显示,该5个指标之间均呈明显相关($P<0.01$)。

由表6多因素回归分析可见,把与听力损失因素相关的年龄、工龄、L_{Aeq,8h}、CNE_{L_{Aeq,8h}}和岗位纳入多因

素回归分析结果显示, $CNE_{LAeq,8h}$ 进入高频听力损失多因素回归模型 ($P<0.01$)。

表4 听力损失与非听力损失之间的影响因素比较

影响因素	高频听力		语频听力	
	非损失组	损失组	非损失组	损失组
年龄 ($\bar{x} \pm s$, 岁)	35.1 $\pm$ 6.6	38.9 $\pm$ 6.0**	36.9 $\pm$ 6.7	40.1 $\pm$ 4.7
工龄 ($\bar{x} \pm s$, 年)	5.4 $\pm$ 6.6	12.9 $\pm$ 7.1**	9.2 $\pm$ 7.4	13.8 $\pm$ 5.8*
$L_{Aeq,8h}$ [$\bar{x} \pm s$, dB(A)]	93.6 $\pm$ 3.7	95.8 $\pm$ 4.0**	94.7 $\pm$ 4.1	95.9 $\pm$ 3.5
$CNE_{LAeq,8h}$ [$\bar{x} \pm s$, dB(A)]	99.4 $\pm$ 5.0	106.0 $\pm$ 5.7**	102.8 $\pm$ 6.4	106.8 $\pm$ 4.8*
性别 (男/女)	32/6	51/9	68/13	15/2
岗位 (1, 2, 3, 4)	16/2/17/3	(29/15/12/4)*	35/15/26/5	10/2/3/2

[注] 岗位1、2、3、4分别为轧钢组、精整组、拼装组和钻孔组。与非损失组比较, *: $P<0.05$; **: $P<0.01$ 。

表5 $L_{Aeq,8h}$ 、 $CNE_{LAeq,8h}$ 和工龄与高频、语频听力损失程度的相关性分析 ($n=98$)

参数	$L_{Aeq,8h}$	$CNE_{LAeq,8h}$	工龄	高频听力程度	语频听力程度
$L_{Aeq,8h}$ [dB(A)]	1.000	—	—	—	—
$CNE_{LAeq,8h}$ [dB(A)]	0.789#	1.000	—	—	—
工龄 (年)	0.331#	0.812#	1.000	—	—
高频听力程度 [dB(HL)]	0.337#	0.572#	0.554#	1.000	—
语频听力程度 [dB(HL)]	0.226#	0.366#	0.372#	0.473#	1.000

[注] #: $P<0.01$ 。

表6 听力损失影响因素与工人听力检测结果的多因素回归分析

影响因素	高频听力损失检测结果		语频听力损失检测结果	
	t	P	t	P
年龄	0.121	$P>0.05$	0.632	$P>0.05$
工龄	-0.150	$P>0.05$	-0.448	$P>0.05$
$L_{Aeq,8h}$	-1.806	$P>0.05$	-1.086	$P>0.05$
$CNE_{LAeq,8h}$	2.616	$P<0.01$	1.379	$P>0.05$
岗位	1.277	$P>0.05$	0.587	$P>0.05$

3 讨论

本研究结果表明, 经噪声分层分析和趋势卡方检验, 高频听力损失检出率随 $CNE_{LAeq,8h}$ 的增加而升高; 经 logistic 回归分析, $CNE_{LAeq,8h}$ 是工人高频听力损失和语频听力损失检出率的危险因素, 单一指标工龄和 $L_{Aeq,8h}$ 与其相应的高频和语频听力损失检出率的变化趋势比较, 差异均无统计学意义。这些结果显示, 累积噪声暴露量与高频、语频听力损失检出率呈显著相关, 可导致接噪工人听力损失。CNE 评估非稳态噪声接触水平, 更为准确和有效。已知噪声导致的听觉系统损害具有累积效应, CNE 是根据噪声作用于人耳的声音叠加与能量平均原则, 用来反映噪声接触量。本调查结果与有关文献^[10-11]报道相似。江春苗等^[10]选取某空调制造企业 1011 名噪声作业工人为调查对象,

结果发现, 听力检测结果与 CNE 呈线性关系, 且听力损伤检出率随 CNE 的增加而增加。刘新霞等^[11]对接触稳态噪声和非稳态噪声工人进行调查, 结果发现两组高频和语频听力损伤的检出率随累积噪声暴露量的增大而增大, 呈现明显剂量-反应关系。

从单因素分析结果看, $CNE_{LAeq,8h}$ 和工龄在高频、语频听力损失组与非听力损失组之间存在差异, 但均与性别无关。显示噪声强度、接噪工龄是影响工人听力的主要因素。 $CNE_{LAeq,8h}$ 、 $L_{Aeq,8h}$ 、工龄、高频及语频听力损失程度的相关性分析结果显示, 该 5 个指标之间均呈明显相关。多因素回归模型分析显示, 只有 $CNE_{LAeq,8h}$ 进入与高频听力损失的多因素回归模型。表明 $CNE_{LAeq,8h}$ 与单个危险因素(噪声水平和接触工龄)比较, 对导致工人高频听力损失的效应贡献最大。目前, 一些文献大多采用 $L_{Aeq,1min}$ 计算 CNE, 可能导致不能真实反映工人实际噪声接触水平, 原因在于 $L_{Aeq,8h}$ 是收集工人整个工作日的噪声暴露情况, 而 $L_{Aeq,1min}$ 由于测量时间短, 在非稳态噪声条件下会较大偏离工人实际接触噪声水平^[2]。因此, $CNE_{LAeq,8h}$ 指标能有效评估非稳态噪声环境中工人噪声接触水平以及预测听力损失程度。

8h 等效声级是我国职业卫生标准中指定的指标, 而在我国大陆普遍采用, 它能反映工人接触噪声水平, 却不能反映工人噪声暴露时间。噪声导致工人的听力损失除与接触噪声强度有关外, 噪声作业工龄也是影响听力损失的一个重要因素。大量文献资料^[12-13]已表明, 噪声导致噪声性听力损失与噪声强度和接噪工龄二者有关, 在职业噪声危害评价中缺一不可。 $CNE_{LAeq,8h}$ 结合了噪声强度和接噪工龄两个因素, 评价听力损失有效性更加突出。

CNE 计算方法简单, 测量 $L_{Aeq,8h}$ 的国产个人声暴露计价格不高, 易操作。该噪声计所测指标 $L_{Aeq,8h}$ 不仅可综合反映噪声强度和接噪工龄对听力损失的影响, 还可用于不同作业环境和人群之间的比较分析, 评估非稳态噪声接触水平及预测工人听力损失程度, 并可为我国听力损失诊断标准的进一步修订提供依据, 具有一定的推广前景。CNE 的分析尚存在一定的局限性, 例如工作流动、间断工作、工种轮换、其他高水平噪声暴露史等因素会影响工人噪声接触史的收集; 企业工艺流程、机械设备改变、工人配合程度等因素会影响接触噪声水平的评估。因此, 要做好工作场所的劳动卫生学调查、工人接触噪声的职业史调查、实

施个体噪声测量之前的工人培训等工作,保证工人接触噪声水平和噪声职业史数据的真实可靠,从而确保CNE的准确性。

·作者声明本文无实际或潜在的利益冲突。

参考文献

- [1] Zhao YM, 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 Hearing, 2010, 31(4): 527-532.
- [2] 谢红卫, 张美辨, 张磊, 等. 非稳态噪声工作场所噪声暴露测量与评价[J]. 环境与职业医学, 2013, 30(10): 748-752.
- [3] 柴栋良, 吕旌乔, 曾琳, 等. 冷轧厂工人个体噪声暴露测量的初步分析[J]. 中华预防医学杂志, 2006, 40(2): 93-96.
- [4] 毛辉青, 李楠, 杨惠莲, 等. 青海某水泥厂生产工人个体噪声暴露水平的测量与分析[J]. 工业卫生与职业病, 2010, 36(4): 197-200.
- [5] 王军义, 肖全华, 夏源, 等. 累积噪声暴露量与噪声性听力损失关系的探讨[J]. 职业卫生与应急救援, 2009, 27(3): 131-133.
- [6] 尤小东, 胡松群, 张毅建. 南通市纺织工人噪声性耳聋流行病调查[J]. 交通医学, 2013, 27(3): 247-249.
- [7] 戴英健, 付家胜, 何舰, 等. 水力发电工人职业性噪声聋与累积噪声暴露剂量的关系[J]. 工业卫生与职业病, 2011, 37(4): 214-217.
- [8] 郭瑜, 韩素青, 徐映红, 等. 某纺织厂噪声作业工人听力损失与工龄、累积噪声暴露量关系的调查[J]. 中国当代医药, 2012, 19(11): 150-154.
- [9] 丁茂平, 赵一鸣, 穆玉梅, 等. 脉冲与稳态噪声引起工人听力损失差异的研究[J]. 中华劳动卫生职业病杂志, 1995, 13(2): 72-74.
- [10] 江春苗, 郭仲琪, 肖吕武, 等. 噪声作业工人1011例听力损伤及相关因素分析[J]. 工业卫生与职业病, 2013, 39(5): 293-294.
- [11] 刘新霞, 郭智屏, 黄国贤, 等. 稳态噪声与非稳态噪声所致工人听力损害的对比研究[J]. 职业卫生与应急救援, 2010, 28(2): 87-90.
- [12] 许建明, 陈娟, 向正华, 等. 某卷烟厂职业噪声危害及其对工人听力损害的研究[J]. 职业与健康, 2013, 29(5): 513-515.
- [13] 许建明, 陈娟, 向正华, 等. 惠州市直属企业职业噪声暴露与听力损失的关系[J]. 职业与健康, 2011, 27(16): 1834-1835.

(收稿日期: 2014-01-14)

(英文编辑: 汪源; 编辑: 张晶; 校对: 洪琪)