



中华人民共和国国家标准

GB/T 21230—2014/ISO 9612:2009
代替 GB/T 21230—2007

声学 职业噪声暴露的测定 工程法

Acoustics—Determination of occupational noise exposure—
Engineering method

(ISO 9612:2009, IDT)

2014-09-03 发布

2015-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	3
5 仪器	5
6 一般方法——按时间顺序排列的步骤	5
7 工作分析	6
8 测量方案的选择	7
9 方案 1——基于作业的测量	7
10 方案 2——基于工种的测量	10
11 方案 3——全天测量	11
12 测量	12
13 不确定度的来源	13
14 测量不确定度的计算及最终结果的表述	14
15 报告内容	14
附录 A (资料性附录) 保证工作分析期间发现重要噪声事件的一览表示例	16
附录 B (资料性附录) 测量方案选择导则	17
附录 C (规范性附录) 测量不确定度的估算	20
附录 D (资料性附录) 基于作业测量的日暴露声级计算示例	26
附录 E (资料性附录) 基于工种测量的日暴露声级计算示例	29
附录 F (资料性附录) 全天测量的日暴露声级计算示例	31
参考文献	34

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 GB/T 21230—2007《声学 工作环境中噪声暴露的测量与评价导则》。与 GB/T 21230—2007 相比,主要变化如下:

- 将导则具体化,上升为职业噪声暴露测定的工程法;
- 工程法仅针对噪声对听力损伤的影响,对听力以外的其他影响一律不予考虑;
- 仅采用 A 计权等效连续声级和暴露声级评价量,不涉及导则中提及的其他评价量。

本标准使用翻译法等同采用国际标准 ISO 9612:2009《声学 职业噪声暴露的测定 工程法》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下:

- GB/T 14366—1993 声学 职业噪声测量与噪声引起的听力损伤评价(ISO 1999:1990, IDT)

本标准由中国科学院提出。

本标准由全国声学标准化技术委员会(SAC/TC 17)归口。

本标准起草单位:中国科学院声学研究所、安徽职业技术学院、同济大学、北京市劳动保护科学研究所、长沙奥邦环保实业有限公司。

本标准主要起草人:程明昆、吕亚东、田静、李晓东、鲍俊瑶、毛东兴、俞悟周、张斌、李孝宽、莫建炎、徐欣、尹铄。

本标准代替历次版本的发布情况为:

- GB/T 21230—2007。

引 言

本标准提供了一种根据噪声级测量分步确定职业噪声暴露的方法。主要包括如下步骤：工作分析、测量方案选择、测量、误差处理和不确定度评估、计算以及结果的表述。本标准规定了3种不同的测量方案：基于作业的测量、基于工种的测量和全天的测量。本标准提供了如何针对特定工作情况和研究目的来选择合适测量方案的指南。同时，本标准还给出可以计算测量结果和不确定度的资料性数据表格。

本标准认可手持式声级计及个人声暴露计的使用。规定的方法优化了达到给定准确度的步骤。

声学 职业噪声暴露的测定 工程法

1 范围

本标准规定了测量工作人员在工作环境中的噪声暴露及计算暴露声级的工程级方法。本标准采用 A 计权声级,但也可用 C 计权声级。标准规定了三种不同的测量方法。方法适用于要求工程级的噪声暴露测定的场合,例如噪声暴露的详细研究、听力损伤及其他有害影响的流行病学研究。

测量过程要求观测和分析噪声暴露的条件,以便能够对测量的质量加以控制。本标准还提供了估计结果不确定度的方法。

本标准不对口头交谈的掩蔽效应进行评估,也不对次声、超声和噪声的非听觉影响进行评估。本标准不适用于戴有护听器时人耳的噪声暴露测量。

按本标准得到的测量结果可为优化噪声控制措施提供有用的信息。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 3785.1—2010 电声学 声级计 第 1 部分:规范 (IEC 61672-1:2002, IDT)

GB/T 15173—2010 电声学 声校准器 (IEC 60942:2003, IDT)

GB/T 15952—2010 电声学 个人声暴露计规范 (IEC 61252:2002, IDT)

ISO/IEC Guide 98-3 测量不确定度 第 3 部分:测量不确定度表示指南 [Uncertainty of measurement—Part 3: Guide to the expression of uncertainty in measurement]

ISO 1999 声学 噪声性听力损伤的评估 (Acoustics—Estimation of noise-induced hearing loss)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

A 计权时间平均声压级 A-weighted time-averaged sound pressure level

$L_{p,A,T}$

A 计权等效连续声压级 A-weighted equivalent continuous sound pressure level

$L_{p,A,eqT}$

A 计权声压 p_A 的平方在某一持续时间段 T (从 t_1 时刻开始到 t_2 时刻终止) 的时间平均值与基准声压值 p_0 的平方之比的以 10 为底的对数的 10 倍,用 dB 表示,即:

$$L_{p,A,T} = L_{p,A,eqT} = 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_{t_1}^{t_2} p_A^2(t) dt \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中:

基准声压 $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ 。

3.2

8 h 工作日归一化 A 计权暴露声级 A-weighted noise exposure level normalized to an 8 h working day

日暴露声级 daily noise exposure level

$L_{AE,8h}$

(职业噪声)级,用 dB 表示,由下式(2)给出:

$$L_{AE,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left[\frac{T_e}{T_0} \right] \dots\dots\dots (2)$$

式中:

L_{p,A,eqT_e} ——持续时间 T_e 的 A 计权等效连续声压级;

T_e ——工作日的有效持续时间,单位为 h;

T_0 ——参考持续时间, $T_0 = 8$ h。

注 1: 如果工作日的有效持续时间 T_e 等于 8 h,则 $L_{AE,8h}$ 等于 $L_{p,A,eq,8h}$ 。

注 2: 如果想得到数日的平均或归一化噪声暴露(用 dB 表示),则可以用式(3)表示。

$$\bar{L}_{AE,8h} = 10 \lg \left[\frac{1}{X} \sum_{z=1}^X 10^{0.1 \times L_{AE,8h,z}} \right] \dots\dots\dots (3)$$

X 值根据平均处理的目的来选择,例如 $X = 5$,表示归一到额定的一周 5 个 8 h 工作日的日暴露声级。

3.3

额定工作日 nominal day

确定噪声暴露所选择的工作日。

注 1: 依据工作分析来选择额定工作日,它取决于测量目的。如它可以是代表几天工作的典型工作日或具有最高噪声暴露的一日,见 7.3。

注 2: 暴露声级通常是以 1 d 为基础来计算,但也存在用一周或更长时间的噪声暴露更为合适的情况。

3.4

C 计权峰值声压级 C-weighted peak sound pressure level

$L_{p,Cpeak}$

C 计权峰值声压平方与基准值 p_0 平方之比的以 10 为底的对数的 10 倍,用 dB 表示,即:

$$L_{p,Cpeak} = 10 \lg \frac{p_{Cpeak}^2}{p_0^2} \dots\dots\dots (4)$$

式中:

基准值 $p_0 = 20 \mu Pa$ 。

3.5

作业 task

工作人员工作中职业噪声显著的部分。

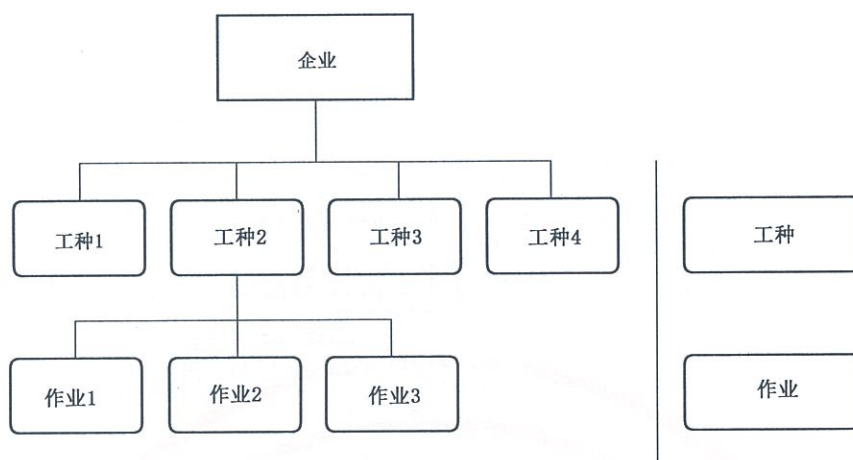
图 1 说明了工种和作业的层次关系。

3.6

工种 job

一名工作人员所完成的与职业噪声有关的全部职业活动,它由工作人员在整个工作日或一个班次期间所完成的全部作业组成。

注: 一名工作人员通常由工种名称来描述他的或她的工作,有时还要有另外的补充描述以确保清楚地识别,如焊工——打磨、焊接。



说明：

工种 1——架子工；
 工种 2——焊工；
 工种 3——油漆工；
 工种 4——库管员；

作业 1——准备；
 作业 2——打磨；
 作业 3——焊接。

图 1 说明工种和作业层次关系的示例

4 符号

符号	定义	单位
c_i	与每个输入量有关的灵敏度系数	—
c_1	与工种的噪声级采样相关的灵敏度系数	—
$c_{1a,m}$	与第 m 道作业的噪声级采样相关的灵敏度系数	—
$c_{1b,m}$	与第 m 道作业持续时间估计相关的灵敏度系数	$\text{dB} \cdot \text{h}^{-1}$
c_2	与测量仪器相关的灵敏度系数	—
c_3	与传声器位置相关的灵敏度系数	—
i	作业样本的序号	—
I	作业样本的总数	—
j	作业持续时间观测的序号	—
J	作业持续时间观测的总数	—
k	与置信区间相关的包含因子	—
K_N	C3.3 注 2 中所提供的分母	—
$L_{\text{AE},8\text{h}}$	8 h 额定工作日归一化 A 计权暴露声级	dB
$\bar{L}_{\text{AE},8\text{h}}$	多日平均的 8 h 额定工作日归一化 A 计权暴露声级	dB
$L_{\text{AE},8\text{h},m}$	第 m 道作业的 A 计权暴露声级对日暴露声级的贡献量	dB
$L_{p,A,\text{eq}T,m}^*$	第 m 道作业真实等效连续 A 计权声压级的估计值	dB
$L_{p,A,T} = L_{p,A,\text{eq}T}$	时段 T 的等效连续 A 计权声压级	dB

符号	定义	单位
$L_{p,A,eqT,m}$	第 m 道作业的等效连续 A 计权声压级	dB
$\overline{L}_{p,A,eqT,m}$	第 m 道作业的等效连续 A 计权声压级多次测量的算术平均值	dB
$L_{p,A,eqT,n}$	第 n 个工种采样的等效连续 A 计权声压级	dB
L_{p,A,eqT_e}	工作日有效持续时间的等效连续 A 计权声压级	dB
$L_{p,Cpeak}$	C 计权峰值声压级	dB
m	作业的序号	—
M	作业总数	—
n	工种的样本序号	—
N	工种的样本总数	—
n_G	同类暴露组中的工作人员数	—
p_0	基准声压, $p_0 = 2 \times 10^{-5}$ Pa	Pa
p_A	A 计权声压	Pa
p_{Cpeak}	C 计权峰值声压	Pa
Q_2	测试仪器修正	dB
Q_3	传声器位置修正	dB
t	图 2 中所示的测量持续时间	h
T	计算平均的时间段	h
T_0	参考持续时间, $T_0 = 8$ h	h
T_e	工作日的有效持续时间	h
T_m	第 m 道作业的持续时间	h
\overline{T}_m	第 m 道作业的算术平均持续时间	h
$T_{m,j}$	第 m 道作业的第 j 个样本的持续时间	h
T_n	第 n 个工种的采样持续时间	h
U	扩展不确定度	dB
u	合成标准不确定度	dB
u_i	每个输入量的标准不确定度	dB
u_1	多个等效连续 A 计权声压级测量结果能量平均的标准不确定度	dB
u_1^*	多个等效连续 A 计权声压级测量的标准不确定度估算值	dB
$u_{1a,m}$	由第 m 道作业的噪声级采样引起的标准不确定度	dB
$u_{1b,m}$	由第 m 道作业持续时间估计引起的标准不确定度	dB
u_2	由仪器引起的标准不确定度	dB
$u_{2,m}$	作业法中由仪器引起的标准不确定度	dB
u_3	由传声器位置引起的标准不确定度	dB
x	天数的序号	—
X	总天数	—

5 仪器

5.1 声级计和个人声暴露计

可以使用积分平均声级计或个人声暴露计进行测量。

声级计,包含传声器和相应的连接线,应符合 GB/T 3785.1—2010 中 1 级或 2 级仪器的要求。在温度非常低或噪声以高频为主的情况下测量时,优选使用 1 级仪器。

个人声暴露计,包含传声器和相应的连接线,应符合 GB/T 15952—2010 的要求。在温度非常低或噪声以高频为主的情况下测量时,建议使用满足 GB/T 3785.1—2010 中 1 级要求的个人声暴露计(见注 2 和注 4)。

注 1: 满足 IEC 60651:2001 和 IEC 60804:2000 要求的大多数声级计也满足 GB/T 3785.1—2010 的要求。

注 2: GB/T 3785.1—2010 中 1 级仪器规定的允差限值适用于 $-10\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的温度范围,而 2 级仪器以及 GB/T 15952—2010 中的个人声暴露计,被测信号的变化受气温影响的范围规定为 $0\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$,如在此温度范围之外进行测量时,为保证准确度,应使用厂商规定适应更宽温度范围的仪器,或者可以选择 GB/T 3785.1—2010 中 1 级的声级计。在寒冷条件下,仪器应保温,如放在衣服里,而仅将传声器暴露在低温中。

注 3: 仪器的选择会影响测量的不确定度。

注 4: 由于 GB/T 15952—2010 允许个人声暴露计频率特性在 4 000 Hz 以上有较宽的允差,因此它可能导致诸如喷嘴之类的高频噪声的测量误差。为降低以高频为主的噪声的测量不确定度,则有必要使用厂商给定的高频特性具有较窄允差范围的测量仪器,或选择符合 GB/T 3785.1—2010 规定的 1 级声级计。

个人声暴露计可能有一个 70 dB 左右的截止声级。为此应检验其是否对测试结果有影响。

5.2 声校准器

声校准器应满足 GB/T 15173—2010 规定的 1 级要求。

5.3 周期性校验

声校准器的校准以及仪器系统与 GB/T 3785.1—2010、GB/T 15952—2010 及相关标准的符合性校验应按一定时间间隔在实验室进行,以保持与相应标准的溯源。

除非国家规范另有规定,一般建议声校准器校验以及仪器系统是否符合 GB/T 3785.1—2010 要求的校验的时间间隔不超过 2 年。

测试报告中应记录最近的周期性校验日期并给出进行校验的实验室名称。

6 一般方法——按时间顺序排列的步骤

6.1 步骤 1:工作分析

工作分析应提供相关工作及工作人员的充分信息,以便选择适宜的测量方案并能够制定测量计划。工作分析应按第 7 章进行。

6.2 步骤 2:测量方案的选择

测量方案应按照第 8 章所述,根据作业测量、工种测量或全天测量来选择。如果相互有关(见 B.6),可使用多种测量方案。

6.3 步骤 3:测量

基本的测量量应为 $L_{p,A,eqT}$ 。此外,如果需要,还要测量 $L_{p,Cpeak}$ 。测量应按照第 9 章、第 10 章或第

11 章规定选定的方案进行,同时应符合第 12 章的要求。

6.4 步骤 4:误差处理及不确定性

应按照第 13 章和第 14 章对可能影响结果的误差来源及不确定度进行评估。

6.5 步骤 5:结果和不确定度的计算与表示

计算所选方案规定的 $L_{AE,8h}$ (见第 9 章、第 10 章、第 11 章)和附录 C 规定的不确定度,可根据本标准提供的数据表格来计算结果和不确定度。

结果应按照第 15 章的规定来表示,附录 D、附录 E、附录 F 分别提供了按照基于作业、工种和全天测量的实际示例。

7 工作分析

7.1 概述

对所有情形都要进行工作分析。它将为下列各项提供必要的信息:

- a) 描述所测企业及工作人员工种的活动;
- b) 确定有关的同类噪声暴露组;
- c) 对每个工作人员或每个组确定额定工作日或天数;
- d) 识别组成工种的相关作业;
- e) 确定可能的主要噪声事件;
- f) 选择测量方案;
- g) 建立测量计划。

工作分析应重点放在生产、工艺流程、组织、工作人员及活动方面。

测量可用基于作业、基于工种或全天的方案进行,无论使用哪种方案,应要识别出对噪声暴露至关重要的所有事件,并保证这些事件包含在测量计划中。附录 A 给出一个一览表的示例。

注:上述各项实施的顺序可能取决于现场的复杂程度。这些项目紧密相连,因此在复杂情况下程序可能重复,即:对某一项增加了解后可能产生新的描述或对其他项重新定义。

7.2 确定同类噪声暴露组

确定同类噪声暴露组可减少测量的工作量。他们是从事相同工种并预料在工作日期间具有相似噪声暴露的工作人员组。如果应用同类噪声暴露组,应对他们加以明确鉴别,他们可以由一名或多名工作人员组成。

同类噪声暴露组可按多种方法确定。例如,可根据工种名称、功能、工作区域或专业来确定,也可根据生产、工艺流程或工作活动准则进行工作分析来确定。

无论用哪种方法确定这些组,都要征求工作人员和主管的意见,最后通过对测量结果的评估来验证,见 10.4。

7.3 额定工作日的确定

额定工作日(包括工作时间和工间休息)的确定要征求工作人员和管理层的意见。为全面了解影响噪声暴露的所有因素,应对工作进行研究。详情见附录 A。

应说明的问题有:

- a) 作业(内容和持续时间)及作业中的变化;
- b) 主要噪声源和高噪声的工作区域;
- c) 工作方式及任何导致噪声级变化的重要噪声事件;
- d) 休息、会议等的次数及持续时间等,以及他们是否应当被视为额定工作日的一部分。

测量要制订计划,以确保包含所有的主要噪声事件。对发生的每个事件都要记录其发生的时间、特性、持续时间及每天发生的次数。附录 A 给出一个保证在工作分析时能发现主要噪声事件的一览表示例。

在某些情况,工作及与其相关的噪声暴露随日变化,以致没有一个典型的日暴露。例如对每天工作地点不同或工种不同的工作人员。在这些情况下,额定工作日可以依据几天,比如一周的工作情况来确定。见 3.2 和 3.3 的注。

对任何与噪声有关的工作指标都应加以识别、定量并给出报告。例如加工产品类型、材料、数量、工件厚度、装配、速度以及有关工作人员的数量。

如果测量的目的是评估工作人员长期的听力损害危险,则根据 ISO 1999 选择的额定工作日应代表整个观测周期的平均暴露。

8 测量方案的选择

8.1 概述

合适的测量方案选择受几个因素影响,诸如测量目的、工作情况的复杂程度、涉及到的工作人员数量、工作日的有效持续时间、测量和分析的有效时间以及所需详细信息数量。

8.2 测量方案

本标准提供了如下 3 个确定工作场所噪声暴露的测量方案:

- 基于作业的测量:对执行的工作进行分析并分解成多个代表性的作业,分别测量每个作业的声压级(见第 9 章);
- 基于工种的测量:在特定工种执行期间,进行多次声压级的随机采样(见第 10 章);
- 全天测量:进行整个工作日的声压级连续测量(见第 11 章)。

附录 B 给出了选择测量方案的详细指南。

9 方案 1——基于作业的测量

9.1 将额定工作日分解成若干作业

对评价中的工作人员或同类噪声暴露组,应把额定工作日划分成若干道作业。每道作业的确定应尽量使 $L_{p,A,eqT}$ 具有重复性。应注意保证所有相关的噪声贡献量都包括在内。对于高噪声级的噪声源而言,有关作业持续时间的详细信息特别重要。识别具有最高峰值声级的噪声源和作业,对正确测定 $L_{p,A,eqT}$ 和 $L_{p,Cpeak}$ 都很重要。

9.2 作业持续时间

应确定作业的持续时间 T_m ,可用下述方式:

- 采访工作人员和管理人员;
- 在噪声测量过程中观察并测量持续时间;
- 收集关于典型噪声源运行的信息(如工作流程、机器、在工作场所和它周围的活动)。

可选择作业的持续时间作为一个变量。为确定持续时间可能的变化,可对作业进行观察并记录作业持续时间,比如进行 3 次。或者询问多名工作人员和管理者,以得出最合理的持续时间范围。

如果对作业的持续时间 $T_{m,j}$ 做的 J 次观测有效,则作业持续时间的算术平均值 \bar{T}_m 由式(5)给出:

$$\bar{T}_m = \frac{1}{J} \sum_{j=1}^J T_{m,j} \quad \dots\dots\dots (5)$$

额定工作日的各个作业持续时间算数平均值 \bar{T}_m 的总和则为工作日的有效持续时间 T_e ,由式(6)给出:

$$T_e = \sum_{m=1}^M \bar{T}_m \dots\dots\dots (6)$$

式中：

\bar{T}_m ——作业 m 的算术平均持续时间；

m ——作业序号；

M ——作业总数。

注：基于作业的测量可以与全天测量相结合，以验证所有相关声源是否包括在内。

9.3 作业的 $L_{p,A,eqT,m}$ 测量

对每个作业，都应依据第 12 章来测量代表工作人员噪声暴露的 $L_{p,A,eqT,m}$ 。测量应涵盖每个作业在时间、空间和工作条件下噪声级的变化。

测量技术人员应保证工作情况具有代表性。应当在测量过程中尽可能地观察被测工作人员，如果操作条件或工作条件偏离了正常情况，应予以记录并写在报告中。

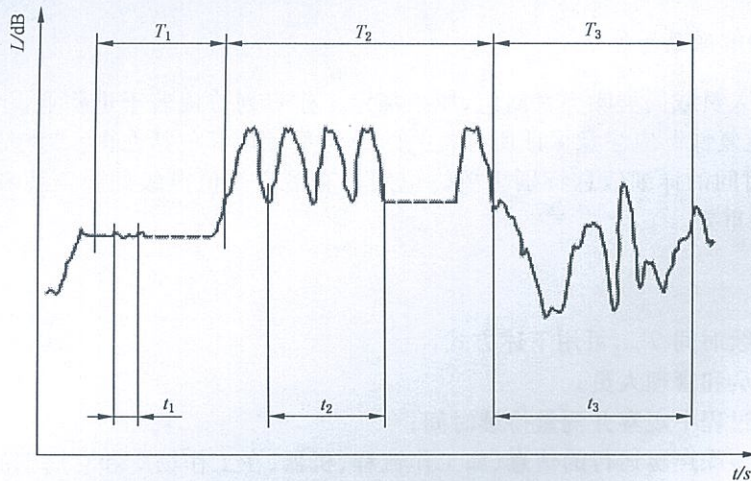
如果测量技术人员在跟随工作人员活动中难以避免对他们产生干扰，则测量过程中的这些活动应采用其他方法进行记录，如采访或复查工作记录，并写在报告中。

每次测量的持续时间都应足够长，以代表实际作业的平均等效连续声压级。如果作业的持续时间小于 5 min，每个测量的持续时间应等于作业的持续时间，对更长的作业，每次测量的持续时间至少为 5 min。但是，如果发现声压级是稳定的或是可重复的，或者认为该作业的噪声相对总噪声暴露很小，则每个测量持续时间可减少，见图 2 中的作业 1。

如果作业期间的噪声是周期性的，每次测量应至少覆盖 3 个完整周期的持续时间，如果 3 个周期的持续时间小于 5 min，每次测量至少要 5 min，每次测量的持续时间应覆盖几个完整周期，见图 2 中的作业 2。

如果作业期间噪声在随机起伏，每个测量的持续时间应足够长，以保证所测量的 $L_{p,A,eqT,m}$ 能代表整个作业，见图 2 中的作业 3。

对每项作业至少应做 3 次测量。为了覆盖噪声级的实际变化，建议在作业的不同时间或对同组不同工作人员进行测量。



说明：

L ——作为时间函数的噪声级；

t ——时间；

T_1 ——作业 1 持续时间；

t_1 ——测量持续时间 1，近似于稳态噪声；

T_2 ——作业 2 持续时间；

t_2 ——测量持续时间 2，周期变化噪声；

T_3 ——作业 3 持续时间；

t_3 ——测量持续时间 3，随机变化噪声。

图 2 具有不同噪声情况的三个时段和每次测量的实际持续时间示例

如果某一作业的 3 次测量结果相差 3 dB 或 3 dB 以上,则应采取下列三个步骤之一:

- 对该作业再进行 3 次或 3 次以上的测量,或
- 把该作业进一步分解为更多作业,重复 9.2 和 9.3,或
- 加长每次测量持续时间后,重复 9.3 的测量。

注:补充的测量不会减小测量值的范围,但可以降低部分不确定度。

用 I 次独立测量的 $L_{p,A,eqT,mi}$;按式(7)计算作业 m 的 A 计权等效连续声压级:

$$L_{p,A,eqT,m} = \left(10 \lg \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,mi}} \right) \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$L_{p,A,eqT,mi}$ ——某作业持续时间为 T_m 的 A 计权等效连续声压级;

i ——作业 m 的采样序号;

I ——作业 m 的采样总数。

根据 C.2 计算不确定度。

9.4 计算每项作业对日暴露声级的贡献量

本节提出的计算为可选项,可以在需要每项作业对日暴露声级的相对贡献量时进行,否则直接进入 9.5。

作业 m 对 A 计权日暴露声级的噪声贡献量 $L_{AE,8h,m}$ (用 dB 表示),可按式(8)计算:

$$L_{AE,8h,m} = L_{p,A,eqT,m} + 10 \lg \left(\frac{\bar{T}_m}{T_0} \right) \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$L_{p,A,eqT,m}$ ——式(7)给出的作业 m 的 A 计权等效连续声压级;

\bar{T}_m ——式(5)给出的作业 m 的算术平均持续时间;

T_0 ——参考持续时间, $T_0 = 8$ h。

9.5 日暴露声级的确定

根据式(9)或式(10)来计算 A 计权日暴露声级 $L_{AE,8h}$ 。按照式(9)可以由 $L_{p,A,eqT,m}$ 和每个作业的持续时间来计算 A 计权日暴露声级。它使用了式(7)计算的声级和 9.2 确定的持续时间。

$$L_{AE,8h} = 10 \lg \left(\sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,m}} \right) \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$L_{p,A,eqT,m}$ ——式(7)给出的作业 m 的 A 计权等效连续声压级;

\bar{T}_m ——式(5)给出的作业 m 的算术平均持续时间;

T_0 ——参考持续时间, $T_0 = 8$ h;

m ——作业序号;

M ——对日暴露声级有贡献的作业总数。

如果每项作业的相对贡献量已按式(8)计算出来,则可用式(10)得到 A 计权暴露声级:

$$L_{AE,8h} = 10 \lg \left(\sum_{m=1}^M 10^{0.1 \times L_{AE,8h,m}} \right) \dots\dots\dots (10)$$

式中:

$L_{AE,8h,m}$ ——作业 m 对日暴露声级的噪声贡献量;

m ——作业序号;

M ——对日暴露声级有贡献的作业总数。

10 方案2——基于工种的测量

10.1 概述

本测量方案的原理是在由工作分析识别出来的工种运作期间,通过测量 $L_{p,A,eqT}$ 来对噪声暴露进行随机采样。

10.2 测量计划——测量的数量、持续时间及分布

应根据识别出的工种,建立同类噪声暴露组(见 7.2)。对每个同类噪声暴露组,应按下述步骤制订测量计划:

- a) 依据表 1,根据同类暴露组的工作人员数量 n_G 确定最小测量的累计持续时间;
- b) 选择采样持续时间和样本数量(至少 5 个),以使累计持续时间达到或超过上一步确定的最小持续时间要求;
- c) 给出整个工作日期间对工作人员组内成员随机分布采样的计划。

注:工作分析、专业判断及有实用性的结果可以指导选择一些样本,以保证具体的噪声事件能够包括在内。增加采样次数可以降低不确定度。

表 1 对大小为 n_G 的同类暴露组进行测量的总的最小持续时间要求

同类暴露组中工作人员数量 n_G	分布于同类暴露组的测量最小累计持续时间
$n_G \leq 5$	5 h
$5 < n_G \leq 15$	$5 \text{ h} + (n_G - 5) \times 0.5 \text{ h}$
$15 < n_G \leq 40$	$10 \text{ h} + (n_G - 15) \times 0.25 \text{ h}$
$n_G > 40$	17 h 或再分组

例:对 6 名工作人员的同类暴露组制定的测量计划如下:

- 1) (根据表 1)确定采样最小累计测量持续时间为 5.5 h;
- 2) 选择样本数为 10,则每次采样持续时间为 33 min;
- 3) 在 6 名工作人员中随机抽取 3 名工作人员;
- 4) 第一次采样要选在工作日刚开始时刻,最后一次采样要包括工作日的结束,这是因为工作分析已表明这两个时段对噪声暴露有重大贡献;
- 5) 其他 8 个样本随机分布在工作日的其他时间。

10.3 测量

测量要按照第 12 章进行。

10.4 同类暴露组中工作人员日暴露声级的测定

根据式(11)计算工作日中有效持续时间为 T_e 的 A 计权等效连续声压级 L_{p,A,eqT_e} :

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \dots\dots\dots (11)$$

式中:

- $L_{p,A,eqT,n}$ ——第 n 个样本的 A 计权等效连续声压级,用 dB 表示;
- n ——工种的样本序号;
- N ——工种的样本总数。

根据式(12)计算一给定的同类暴露组中工作人员的日 A 计权暴露声级 $L_{AE,8h}$:

$$L_{AE,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \dots\dots\dots (12)$$

式中:

L_{p,A,eqT_e} ——工作日内有效持续时间的 A 计权等效连续声压级;

T_e ——工作日的有效持续时间;

T_0 ——参考持续时间 $T_0 = 8 \text{ h}$ 。

根据 C.3 计算不确定度。

如果采样的不确定度贡献量 $c_1 u_1$ (从表 C.4 得到) 大于 3.5 dB, 则应对同类暴露组进行修正, 或者增加测量次数, 以减小不确定度。

11 方案 3——全天测量

11.1 概述

全天测量应覆盖工作日内所有与工作有关的噪声贡献量和安静的时段。进行如此长时间的测量可以使用个人声暴露计或类似的仪器。

使用这一方案应保证所选工作日代表相关工作情况的规定。

实际上, 往往不可能在整个工作日进行测量。这时, 测量工作应尽可能达到一天的大部分, 并覆盖噪声暴露的所有重要时段。

注: 由于这一方案采集所有的贡献量, 因此它也会存在包含虚假贡献量在内的极大风险(见第 13 章)。可通过在测量期间对工作人员进行仔细观察、采取点测量和/或在工作人员转换作业或工作位置时进行询问等方法来降低这一风险。

11.2 观察工作活动和监控测量

在测量时应对工作人员进行观察。如果不可能, 则需用下列一个或更多的措施来检查测量的有效性:

- a) 采访管理者和工作人员;
- b) 采用点测法来验证用个人声暴露计所测得的声级;
- c) 用按照第 9 章的规定进行基于作业的测量来评价所选工作人员的暴露;
- d) 在测量结束时, 由工作人员和测量技术人员对个人声暴露计记录进行检查, 以识别不同的作业和事件, 为此特别推荐使用带有记录的个人声暴露计。

11.3 测量

应按照第 12 章进行测量。首先应对代表工作人员声暴露的 $L_{p,A,eqT}$ 进行 3 次全天测量。如果 3 次测量结果相差小于 3 dB, 则可以按照 3 次测量的能量平均来计算额定工作日的 A 计权等效连续声压级。计算方法见式(11)。

如果 3 次测量结果之差等于或大于 3 dB, 则至少要增加 2 次全天测量, 并对全部测量按照能量平均来计算额定工作日的 A 计权等效连续声压级。

11.4 日暴露声级的测定

按照式(13)计算 A 计权日暴露声级 $L_{AE,8h}$:

$$L_{AE,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) \dots\dots\dots (13)$$

式中:

L_{p,A,eqT_e} ——根据 11.3 得到的 A 计权等效连续声压级;

T_e ——工作日的有效持续时间;

T_0 ——参考持续时间, $T_0 = 8 \text{ h}$ 。

按照 C.4 计算不确定度。

12 测量

12.1 仪器的选择

应使用下列类型的仪器进行测量(见 5.1):

- 个人声暴露计,供需要测定噪声暴露的工作人员佩戴;
- 积分-平均声级计放在选定的离散位置,或手持声级计跟随一个流动的工作人员。

个人声暴露计可用于所有工况类型的测量。对一个从事复杂或不可预料的作业或进行大量离散作业的流动工作人员进行长时间持续测量时,最好的方法是使用个人声暴露计。

对在固定工作位置的单个或多个作业进行测量,可用手持式或固定的声级计。

12.2 现场校准

现场校准包括包含传声器在内的整个测量系统的声校准检验,是一个有别于实验室校准的测量方法。现场校准要用一个满足 GB/T 15173—2010 中 1 级要求的声校准器加到每个传声器上,并记录测试频率范围内的一个或多个频率的被测声级。现场校准应在安静的地方进行。

在每个系列测量之前和在每日系列测量开始时,应进行现场校准并做相应的调节。在每个系列测量结束和每日系列测量结束时,应进行不做调节的现场校准。

如果一个系列测量结束时在任何频率的读数与该系列开始时该频率的读数相差大于 0.5 dB,则该系列测量的结果应当废弃。

12.3 工作人员佩戴的仪器

传声器应安装在肩上,距受声暴露最大的耳朵一侧外耳道入口至少 0.1 m,肩之上约 0.04 m。传声器和连接线应固定好,以避免机械干扰和衣服覆盖导致的错误结果。

应注意不要干扰工作的正常进行,特别是不要导致安全风险,同样也要注意避免虚假的贡献量。见 13.2。

注 1: 当使用工作人员佩戴的测量仪器或者传声器放置在非常靠近工作人员身体的其他情况下,测量结果会受到遮挡和身体反射的影响。特别是在高频噪声和距耳不远的小噪声源的情况下。这时应把传声器放置在头的两侧进行测量,以确立受声暴露最大的耳朵的噪声暴露。

注 2: 使用工作人员佩戴的个人声暴露计的优点在于不必紧跟正在受试的工作人员,并且可以同时对几个工作人员进行测量。

应告知被测工作人员测量的目的。要提醒工作人员在整个测量期间不要移动测量设备并正常执行其工作。

个人声暴露计应在校准完毕、仪器已安装好并将传声器固定到位之后进行清零并按厂家说明书启动,以保证在安装个人声暴露计的同时不会引入额外的噪声。应记录测量开始的时间。当完成测量后,应按厂家说明书,在拿掉仪器和传声器之前先关掉设备。要注明测量停止时间。

仪器记录到而观察认为无效的任何高峰值声级,都应加以调查并在报告中进行说明。

12.4 积分-平均声级计

测量的声级应能代表工作人员耳朵处的噪声级。如果声场是均匀的,测量位置的准确性并不十分

重要。在工种或作业的正常执行期间,应当将传声器置于工作人员头部位置进行测量。如有可能,传声器最好放在工作人员头部位置的中心平面,与眼睛在同一条线上,传声器轴应平行于工作人员的视线,并且工作人员不在现场。应考虑工作人员头部各个有关的空间位置,声级计围绕测试区域移动(通过扫描)也可得到工作位置的平均声压级。扫描可以用恒定速度沿着无穷大符号,即 ∞ 形状的路线移动传声器来实现。

如果工作人员必须在其工作的现场,则传声器应放置或手持在受暴露最大的耳朵一侧,距离外耳道入口 0.1 m~0.4 m 处。

如果工作人员的活动或工作位置空间无法使距离小于 0.4 m,则建议使用工作人员佩戴的仪器。

如果工作人员的位置距离声源很近,应仔细研究声场并在报告中准确描述所选的传声器位置和方向。

如果工作位置的头部位置很难确定,可使用下列传声器的高度(见 GB/T 17248.1—2000、GB/T 17248.2—1999、GB/T 17248.3—1999、GB/T 17248.4—1998 和 GB/T 17248.6—2007):

- a) 站姿工作人员:距工作人员站立地面的上方(1.55±0.075)m;
- b) 坐姿工作人员:距椅面正中的上方(0.80±0.05)m,座椅处在它的水平和垂直调节线的中点或尽可能接近中点。

即使工作人员在一固定的工作位置处工作,当工作人员围绕机器移动时,使用固定传声器位置的测量也可能得出与实际暴露过量或不足的估计,这种情况下,应使用个人声暴露计。

当距声源很近时,传声器位置即使有很小的变化,也会导致声压级的显著变化。如果在工作位置可以清楚听到有调声,则可能会出现驻波。为测定局部声压级的变化,应移动传声器穿过靠近声源的相应工作活动区域。在传声器移动过程中,测到的声压级的变化可按照时间变化声级进行平均处理。如果使用扫描来研究一个区域的声级变化,作为时间函数的噪声级 $L(t)$ 应当用一合适的时间分辨率来测量。可通过把整个测量拆分为 3 个最好是 6 个具有相同持续时间的时间段,并在计算中用每个时间段的声级,从而得到可进行不确定度评估的噪声数据。按照 12.3 把仪器固定在工作人员身上的补充测量,可减少与该声源的噪声暴露相关的不确定度。

对于佩戴耳机(如秘书、话务员、飞行员、空管人员)或头盔(如飞行员、摩托车头盔)的噪声暴露测量需要特殊的测量方法。对于贴近耳朵的噪声源,可根据 ISO 11904-1 或 ISO 11904-2 在耳道内进行测量。

13 不确定度的来源

13.1 概述

为了尽可能减少某些不确定度来源的影响,需要对它们具体考虑。不确定度可能来源于误差和工作情况的自然变化两方面。

测量结果的不确定度来源主要有:

- a) 一日内工作的变化、工况及采样的不确定度等;
- b) 仪器和校准;
- c) 传声器位置;
- d) 虚假的贡献量,如风、气流或对传声器的碰撞以及传声器与衣服摩擦;
- e) 缺少或不完全的工作分析;
- f) 非典型噪声源、语音,音乐(收音机),报警信号及非典型行为的贡献量。

13.1a)取决于工作情况的复杂程度。预料这些变化对于在非稳定声源中移动的工作人员是最高的。13.1b)取决于传声器固定的位置以及所用仪器和校准器的级别。只要严格按本标准操作,则 13.1c)、13.1d)、13.1e)引起的不确定度将会得以降低。至于 13.1f),应在工作分析中识别这类不确定度

的可能来源,并应确定是否包括它们。

应在工作分析和测量中识别相关的噪声贡献量。如发现重大的噪声贡献量是来自错误的声源,则测量应予以排除或予以修正。

测量结果中的暴露声级及其不确定度取决于所用的测量方法。个人声暴露计可能包含来自语音、收音机等的贡献量,这样可能会增加测量的暴露声级。使用手持声级计可保证将这些声源排除在外,如通过暂停测量。固定位置的测量可能由于较难掌握来自耳朵附近声源(诸如手持工具)的贡献量而导致低估工作人员的噪声暴露。

13.2 对传声器的机械撞击

应保证传声器或风罩不被任何东西碰到或击到,以避免因传声器受到机械性撞击引起的误差。当使用个人声暴露计时,这种影响更难以观测到。当传声器和/或连接设备被碰到、被摩擦或与其他物体接触时,测量仪器往往会记录到高声压级。

对于这类不确定度,应当通过可获得的详细测量结果(记录)与测量期间的观察(如手写的注释)的比较来对测量进行核查。如果出现了无法解释的峰值声级,应研究对结果的影响。如果结果受到明显的影响,则应重复测量。如果使用不带记录的仪器而且最终结果出现了无法解释的峰值声级,也应重复测量。

13.3 风和气流

应避免在高速气流,如风中测量。如无法避免,应注意将气流噪声降低到最小。如果可能,可在没有气流的相似工作状况下进行的测量来研究气流噪声的贡献量。如果没有可能,气流噪声也可通过在没有职业噪声但有相似气流的地方进行测量来评估。

应在传声器上用风罩来降低气流噪声。对于个人声暴露计,风罩尺寸通常受到限制。用一台带有更大风罩的手持声级计,可控制气流噪声的潜在影响。

手持声级计应配有直径至少 60 mm 的风罩以降低气流或风的影响。

注:气流噪声的贡献量取决于风速和风罩的尺寸。只要风罩直径等于或大于 60 mm,通常 10 m/s 以内的气流速度对 80 dB 左右的 A 计权声压级不会产生显著影响。

13.4 噪声贡献量的相关性

在确定与噪声暴露相关的噪声时应注意。诸如像收音机、语音和报警信号这些声源的噪声,如果工作分析表明这些是通常工作条件的一部分,则应认为它们是相关的。但是如果测量人员有很好的理由认为这些影响不相关,则可在报告中将他们从测量数据中剔除。

如果在测量期间发现工作位置有非典型的行为,则应评估它们对测量结果可能的影响。如果认为影响明显,应重新进行测量。

14 测量不确定度的计算及最终结果的表述

与测量职业噪声暴露相关的不确定度应按附录 C 确定。

最终结果应给出测量值和不确定度值。

对于 95% 的单边置信区间,扩展的测量不确定度应与相应的覆盖因子一起表述。

15 报告内容

依据本标准完成的噪声暴露测量的报告应提供如下内容:

- a) 一般信息:
- 1) 调查研究的委托人名称(公司,部门等);
 - 2) 已进行了噪声暴露测定的工作人员或工作人员组(如姓名或工作人员数量)的鉴别;
 - 3) 进行测量和计算的人员和公司或机构的名称;
 - 4) 测定目的;
 - 5) 参照本标准采用的方案。
- b) 工作分析:
- 1) 对被测工作活动的描述;
 - 2) 相关的同类噪声暴露组的大小和组成;
 - 3) 对所研究的工作日的描述,当采用作业法测量声暴露时,包括组成额定工作日的作业;
 - 4) 采用的测量方案,包括对所用统计方法的引用。
- c) 仪器:
- 1) 所用仪器的确认和级别(厂家、型号、系列号);
 - 2) 系统的组合,如风罩、延伸电缆等;
 - 3) 校准溯源(测量系统单元最近检定的日期和结果);
 - 4) 每次测量前后进行校准检验的资料。
- d) 测量:
- 1) 对做过噪声暴露测量的工作人员的确认;
 - 2) 被测的日期和时间;
 - 3) 每次测量所使用的仪器(如果使用了不同的仪器);
 - 4) 对测量过程中工作人员所从事的工作的描述,包括工作活动的持续时间,以及工作活动中包含的相关周期事件的持续时间;
 - 5) 对测量过程中任何偏离正常工作条件或正常工作行为的报告;
 - 6) 在相关的场所,与所从事的工作有关的生产标志;
 - 7) 对噪声暴露有贡献的声源的描述;
 - 8) 对测量结果中包含的或已被删除的所有不相关的声音的描述;
 - 9) 所有观察到的、任何影响测量的事件(如气流、对传声器碰撞、脉冲噪声)的描述;
 - 10) 气象条件的相关信息(如风、雨、温度);
 - 11) 传声器的位置和指向;
 - 12) 每个位置测量的次数;
 - 13) 每次测量的持续时间;
 - 14) 使用基于作业的方法时,额定工作日内每个作业的持续时间及相关的不确定度;
 - 15) 每个测量的结果,至少包括 $L_{p,A,eqT}$ 和最大的 $L_{p,Cpeak}$ (可选)。
- e) 结果和结论:
- 1) 每项作业/工种的 A 计权等效连续声压级 $L_{p,A,eqT}$ 和 C 计权峰值声压级 $L_{p,Cpeak}$ (可选);
 - 2) 当使用基于作业的测量时,应给出每项有关作业的 $L_{AE,8h,m}$;
 - 3) 额定工作日的 A 计权暴露声级以及最大 C 计权峰值声压级(如果所有作业期间对它都作了测量),修约到小数点后一位;
 - 4) 如有,应给出与额定工作日的 $L_{AE,8h}$ 和 $L_{p,Cpeak}$ 相关的不确定度,修约到小数点后一位(噪声暴露和测量的不确定度应分别报告)。

附录 A
(资料性附录)

保证工作分析期间发现重要噪声事件的一览表示例

有可能遇到这些情况的任何一个：

	是	否
● 压缩空气喷嘴的使用	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 压缩空气释放	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 锤击	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 强烈撞击	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 高噪声机器或工具的偶尔使用	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 高噪声机动车辆的通过	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

在特定阶段高噪声的操作

● 在上班开始时	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 在上班结束时	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 在调整、供料阶段	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 在活动或生产开始或停止时	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 在清理阶段	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
● 其他	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

在相邻工作位置是否有吵闹的活动

- 类型：_____
- 受暴露的工作位置：_____

另见 7.3。

附录 B
(资料性附录)
测量方案选择导则

B.1 概述

本附录提供了基本测量方案的细节和选择最佳方案的导则(见第 8 章)。

B.2 方案 1——基于作业的测量

这一方案关注的是产生重要噪声暴露的作业和对规定的不确定度所需要的最短测量持续时间。当工作可以拆分成若干个界限清楚的作业,且这些作业具有明确定义、可进行噪声测量的条件时,基于作业的测量非常有用。但也要注意保证在测量期间,全部有关的噪声贡献量都包括在内,这就需要了解工作日内任何短持续高暴露的噪声事件。

该方案基于详细的工作分析,以了解全部作业。进而需要连续的测量确认。对噪声级几乎不变的作业允许较少的测量次数。

基于作业的测量提供不同作业对日噪声暴露贡献量的资料。如果测量的目的是为了确定噪声控制计划的重点,那么这种测量是有利的。就作业的分布和持续时间而言,基于作业的测量还为计算不同于测量日的工作日噪声暴露提供了可能性。与其他方法相比,这可以减少测量的工作量。

当一个大组工作人员在相似声学环境中从事相似的活动时,使用此方案可以明显节省测量时间。测量也更容易控制。

假如工作情况很复杂,则工作分析会很费时。

B.3 方案 2——基于工种的测量

当典型的工作方式和作业很难描述,或不希望进行详细的工作分析或进行详细工作分析不切实际时,基于工种的测量特别有用。当一个工种只是由少数非常吵闹的作业组成时,不建议采用本方案。

基于工种的测量可以降低工作分析的工作量。但在确定工种时,需要注意保证在一给定的工种内,所有工作人员的噪声暴露具有代表性。这个方案由于测量所需要的时间原因可能比较费时,但所得结果的不确定度较小。

与基于作业的测量一样,应注意保证测量期间的主要噪声贡献量包括在内。而基于工种的测量不必提供任何有关同一工种内不同作业对日噪声暴露贡献量的信息,因为这些测量不考虑在确定的工种内所进行的作业。

如果工作情况很简单,这种方案可能比基于作业的方案需要更长的测量持续时间。

B.4 基于作业和基于工种的测量之间的差别和相似之处

B.4.1 概述

这两种方案并不相互排斥,两种测量方案都是基于噪声级的采样。对于给定的工作情况,在大多数情况下用一种方案或另一种方案处理会得到相同精度的结果。

B.4.2~B.4.4 叙述了两个方案的主要差异。

B.4.2 不同的同类噪声暴露组

对基于工种测量的同类噪声暴露组内容可能与基于作业测量的不同。由于一个工种是一名工作人员执行的一组作业,因此基于工种的测量不需要把工作活动拆解为若干个作业。因而建立同类噪声暴露组则要比基于作业测量的情况花费较少的时间。同样,基于作业的测量比别的方案要求对工作情况有更好的了解,以便分清所有对噪声级有贡献的作业及它们各自的持续时间。

B.4.3 不同的测量计划

对于基于工种的测量,由于不需要在工作日中将应测量的每个作业分隔开来,因此测量计划通常比基于作业的测量更易执行。

B.4.4 不同的测量持续时间

基于工种的测量比基于作业的测量需要更长的测量时间。

B.5 方案 3——全天测量

在工作方式和作业难于描述时,像基于工种的测量一样,全天测量最有用。然而它在工作分析方面只需更少的工作量。另一方面,如果工作情况简单,这一方案可能比其他两个方案需要更长的测量持续时间。

当工作人员的噪声暴露方式不清楚、不可预测或很复杂时,建议用全天测量。此方案也能适用于任何方式的噪声暴露,特别是没必要或不希望进行详细工作分析时。

全天测量也可用于核实所有主要贡献量是否包括在内。对此检验目的,日暴露声级能够直接测定而不用任何的附加计算。

使用带记录功能的仪器可以获得工作日内噪声级起伏的信息,还可以测定不同作业的贡献量。它同样可以从测量结果中去掉无关的噪声贡献量。因此在进行全天测量时,特别推荐使用带记录的仪器。

长时间的测量最好使用接受噪声暴露测量的工作人员佩戴的个人声暴露计或类似的仪器来执行。在这些情况下,测量很有可能含有一些与工作人员典型的噪声暴露无关的虚假信息,比如对传声器的碰撞(有意或无意的),或者故意扰乱,如工作同伴的叫喊或者试图故意以吵闹的方式工作。为此,建议测量技术人员直接观察测量过程,或采取其他同样有效的措施来识别和解释这些人为因素。没有监视的测量很容易受这些人为因素影响。这时,最好的方法可能是进行多日的测量,以减小测量过程的“新奇感”。

B.6 采用一个以上的测量方案

有时需要或希望采用一个以上的测量方案。例如,若额定工作日较复杂,可以通过挑选工作人员进行全天测量来检验根据基于作业测量计算出来的噪声暴露。

也可能有些情况,虽然有些作业是额定工作日的一部分,但在全天测量或基于作业的测量期间,它们并未执行。此时就应对这些作业进行附加的测量。

作为一个进一步的示例,有些工作人员可能会在一天内以不同的方式工作。这也需要在上午对工作采用基于工种的测量,而在下午对工作采用基于作业的测量。

B.7 不同工作方式测量方案的选择

表 B.1 提供了根据工作方式选择基本测量方案的指南。

表 B.1 基本测量方案的选择

工作类型或方式	测量方案		
	方案 1 基于作业的测量	方案 2 基于工种的测量	方案 3 全天测量
固定工作位置—简单的或单一的作业	√ *	—	—
固定工作位置—复杂或多种作业	√ *	√	√
移动的工作人员—可预计方式—少量作业	√ *	√	√
移动的工作人员—可预计方式—大量作业或复杂工作方式	√	√	√ *
移动的工作人员—不可预见的工作方式	—	√	√ *
固定或移动工作人员—作业持续时间不定的多项作业	—	√ *	√
固定或移动工作人员—无固定作业	—	√ *	√

注：√ 可用的方案；* 推荐的方案。

附 录 C
(规范性附录)
测量不确定度的估算

C.1 概述

本附录规定了确定归一到 8 h 工作日的 A 计权暴露声级 $L_{AE,8h}$ 或者 A 计权等效连续声压级测量值 $L_{p,A,eqT}$ 的扩展不确定度的方法。

方法遵从 ISO/IEC Guide 98-3。不确定度可以用本标准提供的数据表格来计算。

严格履行本标准的要求,特别是有关避免所测暴露声级中虚假贡献量的要求(见第 13 章),将保证在最终结果中没有这些虚假贡献量造成的系统误差。

表 C.1 列出了本附录所考虑的不确定度来源。

表 C.1 中不包括测量天数的选择所引起的不确定度,因为多数情况下,这只能由延长测量时间来确定。但严格按照本标准的要求,特别是对工作分析的要求,则可以使这一不确定度得到控制。

表 C.1 确定 A 计权等效连续声压级或 8 h 工作日归一化暴露声级的扩展
不确定度时考虑的不确定度来源

不确定度来源	应用	下标 ^a	条款
作业噪声级采样	基于作业的测量	1a	C.2
作业持续时间估计	基于作业的测量	1b	C.2
工种噪声级采样	基于工种的测量	1	C.3
仪器	所有方案	2	C.5
传声器位置	所有方案	3	C.6
注:表 C.1 覆盖了列于 13.1a)、13.1b)、13.1c) 的不确定度。当依据本标准进行测量时,则已经假设列于 13.1d)、13.1e) 和 13.1f) 所造成的不确定度可忽略和/或已包括在噪声级采样中。			
^a 用于部分不确定度和灵敏度系数的符号中。			

如果有证据表明本附录中没有考虑到的不确定度来源起着重要作用,可以在表 C.2 或表 C.3 中加上几行,把它们的贡献量包含在合成标准不确定度内。

注:由于背景数据不足,不能给出 C 计权峰值声压级的不确定度。峰值声压级的不确定度在多数情形下预计比 A 计权等效连续声压级的不确定度大。

对与暴露声级相关的合成标准不确定度 u 的贡献量,取决于每个输入量的标准不确定度 u_i 和相关的灵敏度系数 c_i 。

灵敏度系数是用来度量暴露声级如何受各个输入量值变化的影响。在数学上,它们等于相关输入量函数关系[见式(C.2)或式(C.8)和 ISO/IEC Guide 98-3]的偏微分。各个输入量的贡献量由标准不确定度和它们相应的灵敏度系数的乘积给出。合成标准不确定度 u 可以用式(C.1)由不确定度贡献量 $c_i u_i$ 来得到:

$$u^2 = \sum c_i^2 u_i^2 \dots\dots\dots (C.1)$$

扩展不确定度 U 由 $U = k u$ 给出。其中 k 是包含因子,它是单边置信区间的函数。对本标准而言,考虑的是 95% 的单边置信区间,由此得到 $k = 1.65$ 。这意味着 95% 的数值低于上限($L_{AE,8h} + U$)。

本标准允许使用统计方法来计算不确定度而不用本附录规定的方法,例如,基于科学的评估(有关不确定度的专门知识)或蒙特卡罗模拟。如果采用这些方法,则应完全符合 ISO/IEC Guide 98-3。同样应证明它们没有低估不确定度。所使用的方法应在报告中指出。

注:本附录所给方法的统计背景解释参见参考文献[14]。

C.2 基于作业测量的扩展不确定度的确定

C.2.1 基于作业测量的函数关系

用基于作业测量来确定 A 计权暴露声级的一般表达式见式(C.2):

$$L_{AE,8h} = 10 \lg \left[\sum_{m=1}^M \frac{\bar{T}_m}{T_0} 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,m}^*} \right] \dots\dots\dots (C.2)$$

式中:

- \bar{T}_m —— 作业 m 的算术平均持续时间;
- T_0 —— 标准持续时间, $T_0 = 8$ h;
- m —— 作业序号;
- M —— 作业总数;
- $L_{p,A,eqT,m}^*$ —— 作业 m 的实际 A 计权等效连续声压级 $L_{p,A,eqT,m}$ [见式(7)] 的估计值。即

$$L_{p,A,eqT,m}^* = L_{p,A,eqT,m} + Q_2 + Q_3$$

其中:

- Q_2 —— 对用于测定 A 计权等效连续声压级测量仪器的修正;
- Q_3 —— 对用于测定 A 计权等效连续声压级传声器位置的修正。

注:由于估计值 Q_2 和 Q_3 两者近似为“0”,所以 $L_{p,A,eqT,m}^* \approx L_{p,A,eqT,m}$ 。在这些条件下,式(C.2)与式(9)是一样的。

C.2.2 合成标准不确定度 u 和扩展不确定度 U 的计算

假设所有涉及的量都不相关,那么按照 ISO/IEC Guide 98-3, A 计权暴露声级 $L_{AE,8h}$ 的合成不确定度 $u(L_{AE,8h})$ 应由不确定度贡献量 $c_i u_i$ 的数值进行计算如下:

$$u^2(L_{AE,8h}) = \left(\sum_{m=1}^M [c_{1a,m}^2 (u_{1a,m}^2 + u_{2,m}^2 + u_3^2) + (c_{1b,m} u_{1b,m})^2] \right) \dots\dots\dots (C.3)$$

式中:

- $u_{1a,m}$ —— 作业 m 噪声级采样导致的标准不确定度,见 C.2.3;
- $u_{1b,m}$ —— 作业 m 持续时间估算导致的标准不确定度,见 C.2.3;
- $u_{2,m}$ —— 用于作业 m 的仪器导致的标准不确定度;
- u_3 —— 由传声器位置导致的标准不确定度;
- $c_{1a,m}$ 和 $c_{1b,m}$ —— 作业 m 相应的灵敏度系数;
- m —— 作业序号;
- M —— 作业总数。

扩展不确定度为 $U = 1.65 \times u$ 。

注 1: 由于测量的噪声级与估计的噪声级呈线性关系,仪器的灵敏度系数 $c_{2,m}$,传声器位置的 $c_{3,m}$ 和噪声级采样的 $c_{1a,m}$ 具有相同值,即 $c_{2,m} = c_{3,m} = c_{1a,m}$ 。因此式(C.3)的变量 $c_{2,m}$ 和 $c_{3,m}$ 可以由 $c_{1a,m}$ 替代。

注 2: 对每次测量用不同仪器测定的 M 个 A 计权等效连续声压级,式(C.3)严格有效。尽管如此,因为仪器的主要不确定度贡献量,诸如声级线性度、传声器频率响应、声音入射角度和频率计权的影响,对于同台仪器在声场的不同位置是不同的,因此假设式(C.3)是合理的。

表 C.2 给出了对应的不确定度汇总。

表 C.2 确定基于作业测量的暴露声级不确定度汇总

参数	估计值	标准不确定度 u_i /dB	概率分布	灵敏度系数 c_i	不确定度贡献量 $c_i u_i$ /dB
$L_{p,A,eqT,m}$	对作业 m 测得的 $L_{p,A,eqT,m}$ 的能量平均	对每项作业用式 (C.6) 确定的 $u_{1a,m}$	正态	对每项作业用式 (C.4) 确定的 $c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{1a,m}$ 每项作业 1 个值
T_m	作业 m 持续时间 T_m 估计值	用式 (C.7) 确定的每项作业的 $u_{1b,m}$	正态	用式 (C.5) 确定的每项作业的 $c_{1b,m}$	$c_{1b,m} u_{1b,m}$ 每项作业 1 个值
Q_2	0	表 C.5 给出的 $u_{2,m}$	正态	$c_{2,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_{2,m}$
Q_3^a	0	C.6 给出的 u_3	正态	$c_{3,m} = c_{1a,m}$	$c_{1a,m} u_3$

^a 预计 Q_3 应在 -1.0 dB~0.5 dB 范围内。为简化, Q_3 的算术平均估计值取为零。假定与传声器位置相关的标准不确定度 u_3 覆盖了这个额外的不确定度。

C.2.3 测量不确定度的贡献量和不确定度汇总

对基于作业的测量, 灵敏度系数见式 (C.4)、式 (C.5):

$$c_{1a,m} = \frac{\partial L_{AE,8h}}{\partial L_{p,A,eqT,m}^*} = \frac{T_m}{T_0} 10^{0.1(L_{p,A,eqT,m}^* - L_{AE,8h})} \dots\dots\dots (C.4)$$

$$c_{1b,m} = \frac{\partial L_{AE,8h}}{\partial T_m} = 4.34 \times \frac{c_{1a,m}}{T_m} \dots\dots\dots (C.5)$$

作业 m 采样的噪声级的标准不确定度 $u_{1a,m}$ 由式 (C.6) 给出:

$$u_{1a,m} = \sqrt{\frac{1}{I(I-1)} \left[\sum_{i=1}^I (L_{p,A,eqT,mi} - \bar{L}_{p,A,eqT,m})^2 \right]} \dots\dots\dots (C.6)$$

式中:

$\bar{L}_{p,A,eqT,m}$ ——作业 m 的 A 计权等效连续声压级 I 次测量的算术平均值, 即

$$\bar{L}_{p,A,eqT,m} = \frac{1}{I} \sum_{i=1}^I L_{p,A,eqT,mi}$$

i ——作业采样序号;

I ——作业采样总数。

由作业 m 持续时间造成的标准不确定度 $u_{1b,m}$ 可以由单独测量的测量持续时间来计算, 见式 (C.7):

$$u_{1b,m} = \sqrt{\frac{1}{J(J-1)} \left[\sum_{j=1}^J (T_{m,j} - \bar{T}_m)^2 \right]} \dots\dots\dots (C.7)$$

式中:

J ——作业持续时间观察总数。

注: 如果时间范围出自工作分析, 则估计值为 $u_{1b,m} = 0.5 \times (T_{max} - T_{min})$ 。

C.3 基于工种测量的扩展不确定度的确定

C.3.1 基于工种测量的函数关系

用基于工种测量测定的 A 计权日暴露声级 $L_{AE,8h}$ 的一般表达见式 (C.8):

$$L_{AE,8h} = 10 \lg \frac{T_e}{T_0} \left[\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}^*} \right] \dots\dots\dots (C.8)$$

式中:

- T_e —— 工作日的有效持续时间;
- T_0 —— 参考持续时间, $T_0 = 8 \text{ h}$;
- n —— 某工种采样序号;
- N —— 工种采样总数;

$L_{p,A,eqT,n}^*$ —— 对工种采样 n 的实际 A 计权等效连续声压级 $L_{p,A,eqT,n}$ 的估计值。即

$$L_{p,A,eqT,n}^* = L_{p,A,eqT,n} + Q_2 + Q_3$$

其中:

- Q_2 —— 对测定 A 计权等效连续声压级所用测量仪器的修正;
- Q_3 —— 对测定 A 计权等效连续声压级所用传声器位置的修正。

注: 由于 Q_2 和 Q_3 两者的估计值近似为 0, 因此 $L_{p,A,eqT,n}^* \approx L_{p,A,eqT,n}$, 这时式(C.8)给出的结果与式(11)和式(12)的相同。

C.3.2 合成标准不确定度 u 和扩展不确定度 U 的计算

A 计权暴露声级 $L_{AE,8h}$ 的合成标准不确定度 $u(L_{AE,8h})$ 应按照 ISO/IEC Guide 98-3, 由表 C.3 中取得的所有不确定度贡献量 $c_i u_i$ 的数值来计算, 见式(C.9):

$$u^2(L_{AE,8h}) = c_1^2 u_1^2 + c_2^2 (u_2^2 + u_3^2) \dots\dots\dots (C.9)$$

扩展不确定度 $U = 1.65 \times u$ 。

注: 对每次测量使用不同仪器测得的 N 个 A 计权等效连续声压级来说, 式(C.9)严格有效。尽管如此, 由于仪器的主要不确定度贡献量, 诸如声级线性度、传声器频率响应, 声音入射角和频谱计权的影响, 对同一仪器在声场的不同位置是不同的, 所以假设式(C.9)是合理的。

C.3.3 对测量不确定度的贡献量和不确定度汇总

对基于工种的测量:

- a) 由表 C.4 中给出了工种的噪声级采样的不确定度贡献量 $c_1 u_1$ 。它是工种的噪声级采样的数量 N 和测量值 $L_{p,A,eqT,n}$ 的标准不确定度 u_1 的函数。
- b) 由仪器引起的不确定度的灵敏度系数 c_2 , 和测量位置选择不理想引起的不确定度的灵敏度系数 c_3 分别如下:
 - $c_2 = 1$;
 - $c_3 = 1$ 。

表 C.3 基于工种测量来确定暴露声级的不确定度汇总

参数	估计值	标准不确定度 u_i/dB	概率分布	灵敏度系数 c_i	不确定度贡献量 $c_i u_i/\text{dB}$
$L_{p,A,eqT}$	$L_{p,A,eqT}$ 测得的 $L_{p,A,eqT,n}$ 的能量平均	u_1 用式(C.12)确定	正态	c_1	$c_1 u_1$ 由表 C.4 给出
Q_2	0	u_2 由表 C.5 给出	正态	$c_2 = 1$	u_2
Q_3	0	u_3 由 C.6 给出	正态	$c_3 = 1$	u_3

* 预计 Q_3 在 $-1.0 \text{ dB} \sim 0.5 \text{ dB}$ 范围内。为简化, 取 Q_3 的算术平均估计值为 0。假定与传声器位置相关的标准不确定度 u_3 覆盖了这个额外的不确定度。

工种的噪声级采样的不确定度贡献量 $c_1 u_1$ 可以直接从工种噪声级采样测量值 $L_{p,A,eqT,n}$ 的能量平均和表 C.4 中使用的这些值的标准不确定度 u_1 得到。

式(C.10)给出了标准不确定度 u_1 ：

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{(N-1)} \sum_{n=1}^N (L_{p,A,eqT,n} - \bar{L}_{p,A,eqT})^2} \dots\dots\dots (C.10)$$

式中：

$L_{p,A,eqT,n}$ ——工种噪声级采样 n 的 A 计权等效连续声压级；

$\bar{L}_{p,A,eqT}$ —— N 个工种采样的 A 计权等效连续声压级的算术平均值，即 $\bar{L}_{p,A,eqT} = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N L_{p,A,eqT,n}$ ；

N ——工种的采样总数。

注：式(C.12)用于计算表 C.4 的输入值 u_1 。这里最终的 u_1 用标准不确定度来表示，以维持所有的 u_1 项有相同的含义，但是通常它指的是标准偏差。

当由表 C.4 中得到的 $c_1 u_1$ 大于 3.5 dB(表 C.4 中用黑体标出的)时，建议修订或改变测量计划，以降低 u_1 (见 10.4)。

注 1：对 $N=3$ 和 $N=4$ ，只给出用于全天测量的值(见 C.4)。

注 2：在现场要求估算是否需要更多次的测量的情况下，可用更简单的方法估计 u_1 值。被估计的标准不确定度 u_1^* 可用下式计算：

$$u_1^* = \frac{L_{p,A,eqT,n(\max)} - L_{p,A,eqT,n(\min)}}{K_N}$$

式中：

若 $N < 6, K_N = 2.2$ ；

若 $N \in [6, 15], K_N = 2.5$ ；

若 $N \in [16, 30], K_N = 3.0$ 。

表 C.4 由一组标准不确定度为 u_1 的 N 个测量值 $L_{p,A,eqT,n}$ 所确定的不确定度贡献量 $c_1 u_1$

(用于工种法和全天噪声级采样)

单位为分贝

测量值 $L_{p,A,eqT,n}$ 的不确定度贡献量 $c_1 u_1$												
$N \backslash u_1$	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
3	0.6	1.6	3.1	5.2	8.0	11.5	15.7	20.6	26.1	32.2	39.0	46.5
4	0.4	0.9	1.6	2.5	3.6	5.0	6.7	8.6	10.9	13.4	16.1	19.2
5	0.3	0.7	1.2	1.7	2.4	3.3	4.4	5.6	6.9	8.5	10.2	12.1
6	0.3	0.6	0.9	1.4	1.9	2.6	3.3	4.2	5.2	6.3	7.6	8.9
7	0.2	0.5	0.8	1.2	1.6	2.2	2.8	3.5	4.3	5.1	6.1	7.2
8	0.2	0.5	0.7	1.1	1.4	1.9	2.4	3.0	3.6	4.4	5.2	6.1
9	0.2	0.4	0.7	1.0	1.3	1.7	2.1	2.6	3.2	3.9	4.6	5.4
10	0.2	0.4	0.6	0.9	1.2	1.5	1.9	2.4	2.9	3.5	4.1	4.8
12	0.2	0.3	0.5	0.8	1.0	1.3	1.7	2.0	2.5	2.9	3.5	4.0
14	0.1	0.3	0.5	0.7	0.9	1.2	1.5	1.8	2.2	2.6	3.0	3.5
16	0.1	0.3	0.5	0.6	0.8	1.1	1.3	1.6	2.0	2.3	2.7	3.2
18	0.1	0.3	0.4	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	1.8	2.1	2.5	2.9

表 C.4 (续)

单位为分贝

测量值 $L_{p,A,eqT,n}$ 的不确定度贡献量 $c_1 u_1$												
$N \backslash u_1$	0.5	1	1.5	2	2.5	3	3.5	4	4.5	5	5.5	6
20	0.1	0.3	0.4	0.5	0.7	0.9	1.1	1.4	1.7	2.0	2.3	2.6
25	0.1	0.2	0.3	0.5	0.6	0.8	1.0	1.2	1.4	1.7	2.0	2.3
30	0.1	0.2	0.3	0.4	0.6	0.7	0.9	1.1	1.3	1.5	1.7	2.0

C.4 全天测量的不确定度计算

全天测量的不确定度计算方法与基于工种的方法相同。因此,全天测量的不确定度可以根据表C.3的不确定度汇总,用表 C.4 中的 $c_1 u_1$ 和表 C.5 及 C.6 的 u_2 和 u_3 ,然后用式(C.9)计算得到。

C.5 所用仪器的标准不确定度 u_2

表 C.5 给出了仪器带来的标准不确定度 u_2 (或,对于作业 m 为 $u_{2,m}$)

表 C.5 仪器的标准不确定度 u_2

仪器类型	标准不确定度 u_2 (或 $u_{2,m}$)/dB
GB/T 3785.1—2010 规定的 1 级声级计	0.7
GB/T 15952—2010 规定的个人声暴露计	1.5
GB/T 3785.1—2010 规定的 2 级声级计	1.5

注 1: 表 C.5 所列标准不确定度只适用于 $L_{p,A,eqT}$,而 $L_{p,Cpeak}$ 的不确定度可能会相当高。

注 2: 表 C.5 中给出的标准不确定度值 u_2 (或 $u_{2,m}$)是基于经验数据。经验表明,这些仪器的标准不确定度值代表了大多数有关的情况。

使用中的仪器不确定度取决于噪声暴露的特性和环境条件。这些值不能直接从仪器标准 GB/T 3785.1—2010 和 GB/T 15952—2010 给的允许限值导出,它们包括了测试实验室的扩展不确定度。如果使用中的仪器不确定度是基于仪器标准给出的允许限值,则计算出的合成不确定度会相当大。

C.6 测量位置引起的标准不确定度 u_3

测量位置所引起的标准不确定度是 1.0 dB。

注: 所给的标准不确定度值是基于经验数据。对于传声器由工作人员佩戴和紧靠工作人员放置的情况,不确定度来源于身体的遮挡或反射影响。对于测量时工作人员不在现场的情况,则不确定度来源于不能完全代表工作人员头部实际位置的传声器位置。关于传声器位置另见 12.3 和 12.4。

附 录 D
(资料性附录)

基于作业测量的日暴露声级计算示例

D.1 步骤 1:工作分析

在本示例中,利用基于作业测量的方法来确定机械车间中焊工的暴露声级。工作日由以下一系列作业组成:

- a) 准备工作(安静);
- b) 钢板切割和打磨、焊接两个时段;
- c) 午餐(本示例中,把午餐看做工作日一部分);
- d) 准备工作(安静);
- e) 钢板切割打磨、焊接两个时段。

所有焊工都做相同的工作,因此可以视其为同类噪声暴露组。

从管理者获知,该项工作可以分成三个单独部分:焊接、切割和打磨,以及安静操作(工间休息和准备工作)。

焊工述说他们每天用于切割和打磨的时间是 1 h~2 h,用于焊接的时间是 4 h~6 h,其他时间用于准备和工间休息。估算切割和打磨的不确定度为 0.5 h,焊接的不确定度为 1 h。

基于这些信息,表 D.1 给出了额定工作日的定义。

表 D.1 焊工的额定工作日

作业	持续时间/h
准备工作,工间休息(安静)	1.5
切割和打磨	1.5
焊接	5
合计	8

注: 每项作业所用时间是按焊工及其管理者所述范围值的平均来计算。

D.2 步骤 2:方案选择

由于作业数量有限,且定义清晰,这种情况适宜采用基于作业的测量方案。

D.3 步骤 3:测量

准备工作和工间休息的噪声贡献量对整个暴露声级不重要,因此,只要在这些工作时段(作业)声压级的影响可以忽略,用声级计做一些简单的噪声测量就足够了。在本示例中,作为保守的估计,设定这期间的 $L_{p,A,eqT} = 70$ dB,只要检查表明声级等于或低于这一声级即可。

由于打磨和焊接两者的噪声贡献量与工作人员耳朵相对于工具的位置密切相关,因此决定在这些作业期间使用个人声暴露计来测量。

测量时段应至少包含 3 个工作周期。观察表明,对打磨噪声的测量持续时间至少为 7 min,与此相似焊接噪声测量的持续时间至少为 4 min。但根据 9.3,测量持续时间至少为 5 min。因此焊接的测量持续时间定为 5 min。

由于所测值的范围超过 3 dB,对每项作业另加 3 次测量。然而由于安静活动的噪声可以忽略,因此在这些作业期间仅做了一些简单的噪声级采样。

第一次测量结果如下:

- a) 准备工作和休息期间的噪声级: $L_{p,A,eqT,11} < 70$ dB;
- b) 焊接的噪声级: $L_{p,A,eqT,21} = 80.1$ dB、 $L_{p,A,eqT,22} = 82.2$ dB、 $L_{p,A,eqT,23} = 79.6$ dB;
- c) 切割和打磨的噪声级: $L_{p,A,eqT,31} = 86.5$ dB、 $L_{p,A,eqT,32} = 92.4$ dB、 $L_{p,A,eqT,33} = 89.3$ dB。

由于切割和打磨的测量声级之差大于 3 dB,因此另外增加 3 次测量,得到增加的切割和打磨的噪声级为 $L_{p,A,eqT,34} = 93.2$ dB、 $L_{p,A,eqT,35} = 87.8$ dB、 $L_{p,A,eqT,36} = 86.2$ dB。

D.4 步骤 4: 误差处理

本示例中,测量观察表明,没有明显造成测量误差的风险。

D.5 步骤 5: 包括不确定度在内的结果的计算和表达

D.5.1 A 计权日暴露声级的计算

用式(7)计算每项作业的噪声级。因此焊接的噪声级如下:

$$L_{p,A,eqT,2} = 10 \lg \left[\frac{1}{3} \times (10^{0.1 \times 80.1} + 10^{0.1 \times 82.2} + 10^{0.1 \times 79.6}) \right] \text{ dB} = 80.8 \text{ dB}$$

同样,切割和打磨的噪声级为 90.1 dB。

工作计划和休息期间的噪声级初步定为 70 dB。

根据式(8)计算每项活动对全天 A 计权暴露声级的贡献量。因此各作业对日噪声暴露的贡献量是:

- a) 准备工作和休息:

$$L_{AE,8h,1} = 70 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{1.5}{8} \right) \text{ dB} = 62.7 \text{ dB}$$

- b) 焊接:

$$L_{AE,8h,2} = 80.8 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{5}{8} \right) \text{ dB} = 78.8 \text{ dB}$$

- c) 切割和打磨:

$$L_{AE,8h,3} = 90.1 \text{ dB} + 10 \lg \left(\frac{1.5}{8} \right) \text{ dB} = 82.8 \text{ dB}$$

A 计权日暴露声级可由式(10)计算为:

$$L_{AE,8h} = 10 \lg (10^{0.1 \times 62.7} + 10^{0.1 \times 78.8} + 10^{0.1 \times 82.8}) \text{ dB} = 84.3 \text{ dB}$$

D.5.2 不确定度计算

焊接噪声级采样带来的不确定度 $u_{1a,2}$ 用式(C.6)计算:

$$u_{1a,2} = \sqrt{\frac{1}{2 \times 3} [(-0.5)^2 + (1.6)^2 + (-1.0)^2]} \text{ dB} = 0.8 \text{ dB}$$

同样,切割和打磨噪声级采样带来的标准不确定度为 $u_{1a,3} = 1.2$ dB。由于计划和休息对合成标准

不确定度 u 没有贡献,因此由它们产生的标准不确定度可设为 0。

由于使用了 GB/T 15952—2010 规定的个人声暴露计,因此根据表 C.5,仪器的标准不确定度为 $u_{2,m}=1.5$ dB。

根据 C.6,由传声器位置带来的标准不确定度 $u_3=1.0$ dB。

对噪声级采样、仪器和测量位置带来的不确定度的灵敏度系数可用式(C.4)计算。

对 $L_{p,A,eqT,11} \leq 70$ dB 的准备工作和休息,灵敏度系数是:

$$c_{1a,1} \leq \frac{1.5}{8} \times 10^{(70.0-84.3)/10} = 0.007 \approx 0.0$$

对焊接,灵敏度系数是:

$$c_{1a,2} = \frac{5}{8} \times 10^{(80.8-84.3)/10} = 0.28$$

对切割和打磨,灵敏度系数是:

$$c_{1a,3} = 0.71$$

- a) 当不包含持续时间的不确定度时,根据式(C.3),忽略括号最后一部分,即可得合成标准不确定度:

$$u^2(L_{AE,8h}) = 0.28^2 \times (0.8^2 + 1.5^2 + 1.0^2) + 0.71^2 \times (1.2^2 + 1.5^2 + 1.0^2) = 2.67$$

根据 C.2.2,扩展不确定度 $U(L_{AE,8h})$ 为:

$$U(L_{AE,8h}) = 1.65 \times u = 1.65 \times \sqrt{2.67} = 2.7 \text{ dB}$$

- b) 当包含持续时间的不确定度时,由作业持续时间带来的标准不确定度 $u_{1b,2}$ 用式(C.7)计算。对焊接,由以小时计算的持续时间带来的标准不确定度为:

$$u_{1b,2} = \sqrt{\frac{1}{2} [1^2 + 1^2]} = 1.0$$

与持续时间的不确定度相关的灵敏度系数用式(C.5)计算。对焊接,以分贝值乘以小时倒数的灵敏度系数为:

$$u_{1b,2} = 4.34 \times \frac{0.28}{5} = 0.24$$

由切割和打磨持续时间导致的标准不确定度 $u_{1b,3}=0.5$ h

对切割和打磨,以分贝值乘以小时倒数的灵敏度系数为:

$$c_{1b,3} = 2.1$$

现在可以根据式(C.3)计算合成标准不确定度 $u(L_{AE,8h})$:

$$u^2(L_{AE,8h}) = 0.28^2 \times (0.8^2 + 1.5^2 + 1.0^2) + 0.71^2 \times (1.2^2 + 1.5^2 + 1.0^2) + (0.24 \times 1.0)^2 + (2.1 \times 0.5)^2 = 3.83$$

根据 C.2.2,扩展不确定度 $U(L_{AE,8h})$ 是:

$$U(L_{AE,8h}) = 1.65 \times u = 1.65 \times \sqrt{3.83} \text{ dB} = 3.2 \text{ dB}$$

D.5.3 结论

焊工受到的 A 计权日暴露声级为 84.3 dB。如果忽略持续时间的不确定度,相应的单边置信区间为 95% ($k=1.65$) 的扩展不确定度为 2.7 dB,如果包括这个不确定度,则扩展不确定度为 3.2 dB。

附录 E

(资料性附录)

基于工种测量的日暴露声级计算示例

E.1 概述

本示例用基于工种的测量来确定生产线工作人员的暴露声级。工厂中几个自动运行生产线无太大技术差异。

E.2 步骤 1: 工作分析

生产线工作人员从事同样的工作:操作和控制生产线,当出现生产事故时进行干预。他们的工作包括很多作业(如送料、生产控制、产品搬移、调整)。但在工作分析中发现作业之间无法区分,原因如下:工作人员由一个作业到另一个作业的噪声暴露条件相似,每项作业的日持续时间不能由工作描述确定。构成同类噪声暴露组的工作人员达到 18 名,该组工作日的有效持续时间是 7.5h。

E.3 步骤 2: 方案选择

通过对 18 名工作人员的同类噪声暴露组的工作分析发现,既不实际也没有必要进行详细的作业分析。因此选用了基于工种的测量。

E.4 步骤 3: 测量

通过下列说明来指导测量计划的选择:

——表 1 给出了总的最少测量持续时间:对于 18 人的组,应达到 10.75 h;

——同一持续时间内最少需要 5 次噪声级采样。

因此,决定进行 6 组测量,测量持续时间为 2 h。

基于下列信息后,将这个同类噪声暴露组中的工作人员在工作持续时间上进行 6 组测量的分配:

- a) 有两个个人声暴露计可用。
- b) 该组的工作时间是 5:00~13:00 和 13:00~21:00。从同类噪声暴露组的 18 人中随机选取 6 名工作人员,选定的测量分配如下:
 - 第 1 天 上午队:2 名工作人员;测量时段 10:00~12:00 和 10:30~12:30;
 - 第 2 天 上午队:另外 2 名工作人员;测量时段:8:00~10:00 和 8:30~10:30;
 - 第 3 天 下午队:另外 2 名工作人员;测量时段:14:00~16:00 和 18:00~20:00。

6 组测量得到以下 $L_{p,A,eqT,n}$ 值:88.1 dB、86.1 dB、89.7 dB、86.5 dB、91.1 dB、86.7 dB。

测得的 C 计权峰值声压级为 137 dB。

E.5 步骤 4: 误差处理

没有发现潜在的误差来源。

E.6 步骤 5: 结果和不确定度的计算和表达

E.6.1 A 计权日暴露声级和不确定度的计算

根据式(11), 测量值 $L_{p,A,eqT,n}$ 的能量平均计算如下:

$$L_{p,A,eqT_e} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{n=1}^N 10^{0.1 \times L_{p,A,eqT,n}} \right) \text{ dB} = 88.4 \text{ dB}$$

测量值的标准不确定度为:

$$u_1 = 2.0 \text{ dB}$$

见式(C.12)。

由工种噪声级采样导致的不确定度贡献量(由表 C.4 中选取的 $N=6$ 及 $u_1=2.0 \text{ dB}$ 的值)为:

$$c_1 u_1 = 1.4 \text{ dB}$$

灵敏度系数为:

$$c_2 = c_3 = 1$$

由表 C.5 得到的仪器的标准不确定度(使用个人声暴露计)为:

$$u_2 = 1.5 \text{ dB}$$

传声器位置的标准不确定度(由 C.6 得出)为:

$$u_3 = 1.0 \text{ dB}$$

结果的合成标准不确定度 u 由式(C.9)导出:

$$u^2(L_{AE,8h}) = 1.4^2 + 1.5^2 + 1.0^2 = 5.21$$

$$u(L_{AE,8h}) = 2.3 \text{ dB}$$

扩展不确定度则为(见 C.3.2):

$$U(L_{AE,8h}) = 1.65 \times u = 3.8 \text{ dB}$$

E.6.2 最终结果

对工作日有效持续时间 $T_e=7.5 \text{ h}$ 、平均噪声级 $L_{p,A,eqT}=88.4 \text{ dB}$ 的情况, 由式(13)计算得出这个同类噪声暴露组的 A 计权日暴露声级为:

$$L_{AE,8h} = L_{p,A,eqT_e} + 10 \lg \left(\frac{T_e}{T_0} \right) = 88.1 \text{ dB}$$

扩展不确定度为:

$$U(L_{AE,8h}) = 3.8 \text{ dB}$$

E.6.3 结论

这个同类噪声暴露组的 18 名成员受到 A 计权日暴露声级为 88.1 dB 的噪声暴露, 相应的单边置信区间为 95% ($k=1.65$) 的扩展不确定度为 3.8 dB。

附录 F

(资料性附录)

全天测量的日暴露声级计算示例

F.1 概述

本附录给出一个利用第 11 章规定的全天测量方案来确定日暴露声级的示例。

本示例展示了全天测量方案在测定钢缆制造和仓储公司里工作的叉车司机噪声暴露中的应用。

F.2 步骤 1: 工作分析

叉车司机的工作涉及到生产、储存和发货等工作区域之间的原料和生产成品的运输。司机的工作根据管理者的安排变化。叉车可能是空载、半载、满载,行驶在不同地面。司机在一天的大部分时间都呆在驾驶室内,但为了帮助装卸或与同伴、管理者讨论工作等,也需要间歇地离开驾驶室。叉车装有可听的倒车警报,属强制使用。

共有 3 名叉车司机。他们的工作 10 h 一班,包括 20 min、45 min 和 20 min 三个休息时段。两个较短的休息选在工区内方便的位置和司机合适的时间,较长的休息选在职工食堂的固定时间。因此有效工作时间为 9.25 h。

通过观察编制工作活动说明,并同司机及其管理者进行讨论加以确认。这 3 名叉车司机可以看做是一个同类暴露组(见 7.2)。

F.3 步骤 2: 方案选择

由于工作形式相对复杂且不可预见,因此采用全天测量方案最为合适。

F.4 步骤 3: 测量

F.4.1 测量计划

首先对每名司机进行全天测量。

在上班开始,就给每名司机佩戴好经过校准的个人声暴露计,告知司机测量仪器如何操作,并要求他们正常工作,不要接触或干扰传声器或测量仪器,避免无意触及传声器,并要避免上班期间不必要的交谈或喧哗。

在两次暂短休息期间,个人声暴露计仍由司机佩戴保持运行,但要避免干扰。午餐休息期间的噪声暴露被认为与声暴露无关,则由测量技术人员将仪器置于“暂停”模式。

上班结束时,卸掉个人声暴露计,并进行相应的校准。

由于在上班开始和结束需要装卸仪器并对工作人员进行说明,所以实际测量持续时间比一个满班时间略短,但测量足以覆盖全部声暴露的重要时段。

跟踪前 3 天的全天测量之后,发现 3 个测量结果之差大于 3 dB。因此使用上述相同的方法又补充进行了 3 个附加全天测量。这样就得到总共 6 个全天的测量。

F.4.2 观察工作活动和监控测量

为评估可能影响结果的任何不确定度来源,测量人员在测量期间定期观察每名司机,并对他们的活动做适当记录。

在该班结束时,卸下个人声暴露计,测量技术人员与每名司机交流,以确认这个工作日是否有代表性,并调查是否进行了非典型的作业或是否发生影响测量的意外事件。

F.5 步骤 4: 误差处理

没有发现潜在误差来源。

F.6 步骤 5: 结果和不确定度的计算和表达

F.6.1 测量结果

表 F.1 给出了 6 个测量的结果。

表 F.1 测量结果

司机/天	等效连续声压级 $L_{p,A,eqT,n}$ /dB	测量持续时间 t
1/1	88.0	8 h 15 min
2/1	91.9	8 h 10 min
3/1	87.6	8 h 15 min
1/2	90.4	8 h 00 min
2/2	89.0	8 h 05 min
3/2	88.4	8 h 10 min

F.6.2 A 加权日暴露声级的计算

叉车司机同类暴露组的 A 加权日暴露声级按式(11),由 6 个 $L_{p,A,eqT,n}$ 测量值的能量平均计算得到。

用表 F.1 的值,结果是 $L_{p,A,eqT_e} = 89.5$ dB。

A 加权日暴露声级 $L_{AE,8h}$ 由式(13)导出。工作日的有效持续时间 $T_e = 9.25$ h,参考时间为 8 h。因此:

$$L_{AE,8h} = 89.5 \text{ dB} + 10\lg\left(\frac{9.25}{8}\right) \text{ dB} = 90.1 \text{ dB}$$

F.6.3 不确定度计算

对全天测量方案,扩展不确定度 U 由 C.3 规定的方法确定。

由式(C.10),可以得出能量平均值 $L_{p,A,eqT}$ 的标准不确定度 u_1 ,即

$$u_1 = \sqrt{\frac{1}{5} [(-1.2)^2 + 2.7^2 + (-1.6)^2 + 1.2^2 + (-0.2)^2 + (-0.8)^2]} \text{ dB} = 1.65 \text{ dB}$$

根据表 C.4,对 $N=6$ 和 $u_1=1.65$ dB,不确定度贡献量 $c_1 u_1 = 1.0$ dB。

仪器的标准不确定度 $u_{2,m}$ 从表 C.5 中得到。由于测量中使用的是个人声暴露计,则:

$$u_2 = 1.5 \text{ dB}$$

传声器位置的标准不确定度 u_3 从 C.6 中得到:

$$u_3 = 1.0 \text{ dB}$$

灵敏度系数 c_2 和 c_3 从表 C.3 中得到:

$$c_2 = c_3 = 1$$

结果的合成标准不确定度 $u(L_{AE,8h})$ 由式(C.9)导出:

$$u^2(L_{AE,8h}) = (1.0^2 + 1.5^2 + 1.0^2) = 4.25$$

因此,合成标准不确定度 $u(L_{AE,8h}) = 2.06 \text{ dB}$ 。

扩展不确定度为:

$$U(L_{AE,8h}) = 1.65 \times u = 3.4 \text{ dB}$$

F.6.4 结论

三名叉车司机受到的 A 计权日暴露声级为 90.1 dB。其单边置信区间为 95% ($k=1.65$) 的扩展不确定度为 3.4 dB。

参 考 文 献

- [1] GB/T 3785.1—2010 电声学 声级计 第1部分:规范
- [2] GB/T 3785.2—2010 电声学 声级计 第2部分:型式评价试验
- [3] GB/T 7584.2—1999 声学 护听器 第2部分:戴护听器时有效的 A 计权声压级估算
- [4] GB/T 17248.1—2000 声学 机器和设备发射的噪声 测定工作位置和其他指定位置发射声压级的基础标准使用导则
- [5] GB/T 17248.2—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 一个反射面上方近似自由场的工程法
- [6] GB/T 17248.3—1999 声学 机器和设备发射的噪声 工作位置和其他指定位置发射声压级的测量 现场简易法
- [7] GB/T 17248.4—1998 声学 机器和设备发射的噪声 由声功率级确定工作位置和其他指定位置的发射声压级
- [8] GB/T 17248.6—2007 声学 机器和设备发射的噪声 声强法现场测定工作位置和其他指定位置发射声压级的工程法
- [9] ISO 11904-1 Acoustics—Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear—Part 1: Technique using a microphone in a real ear (MIRE technique)
- [10] ISO 11904-2 Acoustics—Determination of sound immission from sound sources placed close to the ear—Part 2: Technique using a manikin
- [11] ISO/TR 25417:2007 Acoustics—Definitions of basic quantities and terms
- [12] EN 458:2004 Hearing protectors—Recommendations for selection, use, care and maintenance—Guidance document
- [13] GRZEBYK, M., THIÉRY, L. Confidence intervals for the mean of sound exposure levels. Am. Indust. Hyg. Assoc. J. 2003, 64, pp 640-645
- [14] THIÉRY, L., OGNEDAL, T. Note about the statistical background of the methods used in ISO/DIS 9612 to estimate the uncertainty of occupational noise exposure measurements. Acta Acust. Acust. 2008, 94, pp 331-334
-

中华人民共和国
国家标准
声学 职业噪声暴露的测定 工程法
GB/T 21230—2014/ISO 9612:2009

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.5 字数 72 千字
2014年9月第一版 2014年9月第一次印刷

*

书号: 155066·1-49394 定价 36.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 21230-2014