



中华人民共和国国家标准

GB/T 14790.1—2009/ISO 5349-1:2001
代替 GB/T 14790—1993

机械振动 人体暴露于手传振动的测量与评价 第 1 部分：一般要求

Mechanical vibration—Measurement and evaluation of
human exposure to hand-transmitted vibration—
Part 1: General requirements

(ISO 5349-1:2001, IDT)

2009-04-24 发布

2009-12-01 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	Ⅲ
引言	Ⅳ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和符号	1
4 手传振动的特性	2
5 手传振动暴露的特性	4
6 报告的信息	5
附录 A (规范性附录) 频率计权和带限滤波器	6
附录 B (资料性附录) 手传振动对健康的影响指南	9
附录 C (资料性附录) 振动暴露与健康影响的关系	13
附录 D (资料性附录) 工作条件中可能影响人体暴露于手传振动效应的因素	15
附录 E (资料性附录) 负责职业卫生与安全机构应采取的预防措施	16
附录 F (资料性附录) 报告附加信息的指南	18
参考文献	20

前 言

GB/T 14790《机械振动 人体暴露于手传振动的测量与评价》分为两个部分：

- 第1部分：一般要求；
- 第2部分：工作场所测量实用指南。

本部分为 GB/T 14790 的第1部分。

本部分等同采用 ISO 5349-1:2001《机械振动 人体暴露于手传振动的测量与评价 第1部分：一般要求》(英文版)。

为了便于使用,对于 ISO 5349-1:2001 本部分做了以下编辑性修改：

- 用“本部分”代替“国际标准 ISO 5349 的本部分”；
- 用小数点符号“.”代替小数点符号“,”；
- 删除了 ISO 5349-1:2001 的前言；
- 对国际标准的引言进行了修改,并按 GB/T 1.1 规定把国际标准前言的部分内容纳入到本部分的引言中；
- 表题与图题格式按 GB/T 1.1 规定进行了修改；
- 将脚注改为条文中的注；
- 参考文献中的部分国际标准改为与其等同的国家标准。

本部分代替 GB/T 14790—1993《人体手传振动的测量与评价方法》。

本部分与 GB/T 14790—1993 相比主要变化如下：

- 本部分与 ISO 5349-1 的一致性程度为等同,而前一版本则为等效。
- 本部分中振动暴露评价是基于振动总值,即三个轴向频率计权加速度分量均方根平方和的方根。前一版本中,评价是基于频率计权加速度均方根值最大的轴向分量。
- 本部分中日暴露量为 8 h 等能量计权振动总值,前一版本采用的是 4 h 等能量计权加速度;前一版本日暴露量的参考时间为 4 h,本部分参考时间改为 8 h。
- 本部分的附录 A 用数学方法规定了频率计权滤波器特性,所描述的包含频带限制的计权曲线及对应的计权因子与前一版的曲线略有不同。
- 本部分新增附录 A、附录 B、附录 C、附录 D、附录 E、附录 F,并取消了前一版本中附录 A 的内容。

本部分的附录 A 为规范性附录,附录 B、附录 C、附录 D、附录 E 和附录 F 为资料性附录。

本部分由全国机械振动、冲击与状态监测标准化技术委员会(SAC/TC 53)提出并归口。

本部分起草单位:吉林省安全科学技术研究院、长春工业大学、杭州爱华仪器有限公司、北京市劳动保护科学研究所。

本部分主要起草人:肖建民、郑凡颖、韩连英、张绍栋、邵斌。

本部分所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 14790—1993。

引 言

强烈的振动可通过振动的工具、振动的机械或振动的工件传向操作者的手臂。例如当人使用诸如气动、电动、液压工具或内燃机驱动的链锯、冲击式工具或砂轮机时会发生这种情况。

由于工作方式和场所不同,振动可能传向一个手臂或同时传向两个手臂,并可通过手臂传向肩部。人体局部的振动和感觉到的振动通常是不舒适的原因,并可能降低工作效率。已经发现,影响手和前臂的血管、神经、骨骼、关节、肌肉或结缔组织的多种疾病与持续地、经常性地使用各类产生振动的动力工具有关。

引起这些失调所需要的振动暴露量,无论是振动幅值和频谱,还是日暴露量和累计暴露时间都还未能精确地知道。本部分给出的指南是根据人体对手传振动响应的实践经验和实验室试验得到的有限量数据以及与当前暴露条件有关的有限信息得出的。因此很难提出评价振动暴露的综合方法。然而本部分给出的信息的应用会保护大多数工人免受与手传振动相关的严重健康损害。它也有助于开发新的手操作动力工具,以减少与振动相关的健康危害的风险。本部分未规定不发生振动病的安全暴露界限。

本部分的应用将有助于收集一致的数据,以便改进职业安全。特别是希望这些数据将用于扩充关于剂量-反应关系的现有知识。

本部分规定了人体暴露于手传振动测量与评价的一般要求。本部分由 ISO 5349-2 给出的信息进行补充,后者给出了在工作场所正确进行测量与评价技术的实用指南。根据本部分进行测量所使用的仪器在 ISO 8041 中有详细的规定。

在前一版本中,振动暴露的评价是基于频率计权加速度均方根值最大的轴向分量。在现行版本中,评价是基于振动总值,即三个轴向频率计权加速度分量均方根平方和的方根。这种改变考虑到一些类型动力工具的振动特性不是单一方向分量占支配地位的情况。

基于平方和的方根值评价振动暴露将比单一方向振动报告的振动暴露值要大。在三个轴向测量振动得到的振动总值可达最大轴向分量幅值的 1.7 倍(典型值为 1.2 至 1.5 倍之间)。在只能得到单轴向最大值的场合,振动总值应根据该值采用在 4.5 中讨论的适当倍率系数进行估算。

在本部分中,日振动暴露量是基于 8 h 等能量加速度值。前一版本采用的是 4 h 参考时间。改为常规的 8 h 参考时间可使振动暴露的评价与评价人暴露于噪声和化学物质时通常采用的“时间计权平均”方法相一致。8 h 参考时间的使用纯粹是习惯问题,而并不意味着“典型的”暴露时间为 8 h。由 4 h 等效幅值到 8 h 等效幅值的转换借助采用倍率因子 0.7 很容易实现。

附录 A 包含符合本部分频率计权加速度测量要求的频率计权因子 W_k 和带限滤波器的规定。

附录 B 包含手传振动对健康影响的信息。附录 C 给出了针对负责规定暴露限制或所要求的行动级别的主管机构的指南。附录 D 包含可能影响人体对手传振动响应的其他因素的信息,而附录 E 包含负责职业卫生与安全机构应采取的预防性措施的指南。

为促进在这一领域的进一步发展和允许对暴露数据进行定量比较,希望人体暴露于手传振动的测量和报告采用统一的方法。附录 F 包含附加的信息。

机械振动

人体暴露于手传振动的测量与评价

第1部分：一般要求

1 范围

GB/T 14790 的本部分规定了在三个正交轴向上测量和报告手传振动暴露的一般要求。本部分规定了频率计权和带限滤波器的要求以使测量能进行统一的比较。获得的测量值可用来预测在 8 Hz 至 1 000 Hz 倍频程覆盖频率范围内的手传振动有害影响。

本部分适用于周期性和随机或非周期性的振动。本部分暂时也适用于重复性冲击激励(冲击)。

注1：人体对重复性冲击响应的时间依赖性尚未充分了解。本部分在应用于这类振动时要小心。

本部分给出了以频率计权振动加速度和日暴露时间表示的手传振动暴露的评价指南。本部分没有规定安全的振动暴露限值。

注2：附录 C 关注的是被认为对健康产生影响的振动暴露各种特性的相对重要性。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 14790 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分。然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。

ISO 2041 振动与冲击 词汇

ISO 5349-2 机械振动 人体暴露于手传振动的测量与评价 第2部分：工作场所测量实用指南

ISO 8041 人体振动响应 测量仪器

IEC 61260 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器

3 术语、定义和符号

3.1 术语和定义

ISO 2041 中确立的术语和定义适用于本部分。

注：为了本部分使用者方便,与医学状态有关的词汇在附录 B 中给出。

3.2 符号

本部分使用以下符号。

$a_{hw}(t)$ 在时刻 t 手传振动的单轴向频率计权加速度瞬时值,单位为 m/s^2 ;

a_{hw} 手传振动的单轴向频率计权加速度均方根(r. m. s)值,单位为 m/s^2 ;

a_{hwx} 、 a_{hwy} 、 a_{hwz} 分别代表 x 轴、 y 轴和 z 轴的 a_{hw} 值,单位为 m/s^2 ;

a_{hv} 频率计权均方根加速度的振动总值(有时称为矢量和或频率计权加速度和),是对应三个测量轴向测量的 a_{hw} 值平方和的方根,单位为 m/s^2 ;

$a_{hv(eq,8h)}$ 日振动暴露量(8 h 等能量振动总值),单位为 m/s^2 ;

$A(8)$ 日振动暴露量 $a_{hv(eq,8h)}$ 的简化代用术语;

D_y 人群的平均总(累计)暴露时间,年;

T 日暴露于振动 a_{hv} 的总时间;

T_0 8 h(28 800 s)参考时间;

W_h 手传振动的频率计权特性。

4 手传振动的特性

4.1 一般考虑

本部分规定的方法考虑了以下被认为影响工作条件下人体暴露于手传振动效应的因素：

- a) 振动的频谱；
- b) 振动的幅值；
- c) 每个工作日的暴露时间；
- d) 到调查时为止的累计暴露时间。

其他可能影响振动暴露效应的因素，除了尚无标准报告方法的之外，均在附录 D 中列出。

4.2 手传振动的测量仪器

4.2.1 一般要求

手传振动的测量应使用符合 ISO 8041 要求的仪器进行。在使用前及使用后，应对仪器进行校准以确保其正常工作。校准应可溯源到由通过认可的实验室所保存的授权标准。

4.2.2 振动传感器

振动传感器可以是为一般振动测量(非冲击式工具)设计的加速度计，或是为测量诸如冲击式工具产生的高峰值加速度而专门设计的加速度计。

振动传感器应能承受所测量的振动幅值范围并有稳定的特性。传感器的尺寸应使其不干扰机械的操作并使测量点的位置可以识别。

ISO 5349-2 包含传感器选择的详细指南。

4.2.3 传感器的位置和方向

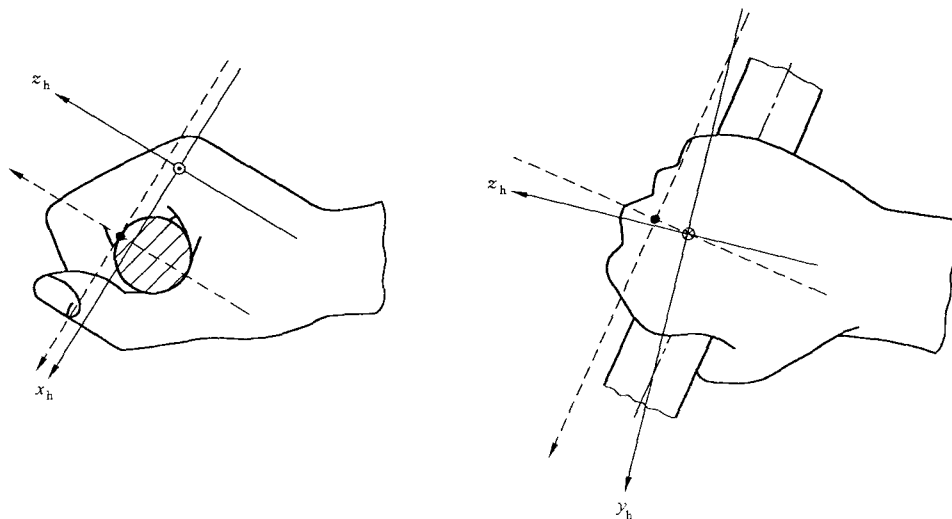
手传振动应按图 1 所示的正交坐标系在三个轴向测量和报告。

在实际振动测量时，坐标系的方向可根据适当的基本中心坐标系(见图 1)确定，例如在由手握持的振动工具、工件、手柄或控制装置上(详细资料见 ISO 8727)。

三个轴向的振动宜同步测量。如果三个轴向测量时操作状态相似，三个轴向也可以依次测量。测量应尽可能在靠近机械、工具或工件的手握区域中心的振动表面进行。传感器的位置应予以报告。

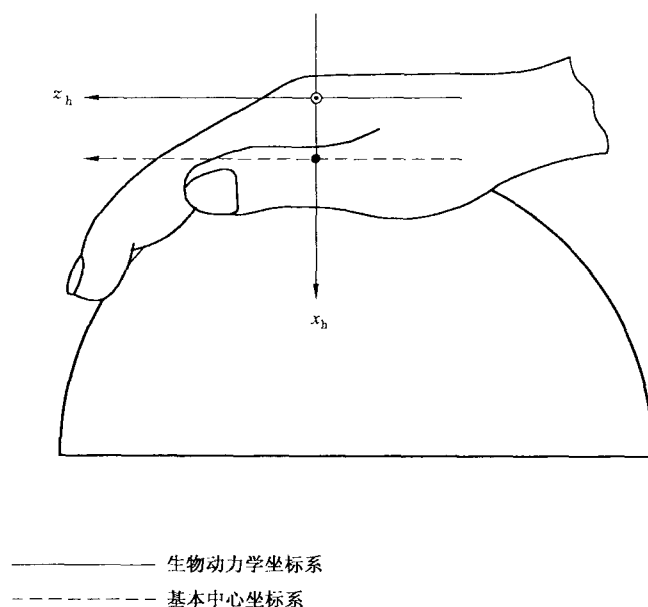
注：振动的幅值可能因振动表面的位置不同有很大差异。

关于传感器定位的详细指南在 ISO 5349-2 中给出。



a) 紧握姿势(在该姿势中，手以标准握法握住圆棒)

图 1 手的坐标系



b) 伸掌姿势(在该姿势中,手压在球面上)

注:生物动力学坐标系的坐标原点位于第三掌骨头(远端)。 z_h 轴(即手的轴向)由第三掌骨纵轴方向确定,并指向手指远端方向。 x_h 轴穿过原点,垂直于 z_h 轴,当手在正常解剖位置时(手掌朝前),指向前方。 y_h 轴垂直于其余两轴,指向第五指(拇指)方向。在实际应用时,采用基本中心坐标系:坐标系通常在 y - z 平面上旋转,以使 y_h 轴与手柄轴线平行。

图 1 (续)

4.2.4 传感器的安装

传感器宜刚性安装。有关传感器安装的详细信息在 GB/T 14412 和 ISO 5349-2 中给出。在困难条件下(例如在弹性表面或在振动为脉冲的场合)和采用手握式适配器时安装传感器的实用指南也在 ISO 5349-2 中给出。

4.3 手与振源的连接

尽管振动暴露的特性通常采用与手接触表面的加速度作为基本参量,但有理由认为其生物力学效应在很大程度上依赖手与振源的连接。还应注意,连接状态可能显著影响测得的振动幅值。

振动测量应在工具或工艺的典型作业条件下,手与振动的工具、手柄或工件有代表性的连接所施加的力下进行。

手与抓握区域间的力应测量并报告。还建议与操作者姿势有关的个体状态和/或操作方法的描述(见附录 D 和附录 F)也要报告。

注:关于握力和推进力测量的国际标准正在起草中。

4.4 测量的量

用来描述振动幅值的基本参量是频率计权加速度的均方根(r. m. s),单位为 m/s^2 。

频率计权加速度的测量要求使用频率计权和带限滤波器。频率计权 W_h 反映了不同频率在引起手的伤害时假定的不同重要性。 W_h 频率计权特性和带限滤波的方法在附录 A 中给出。

均方根值应采用线性积分方法测量。积分时间的选择应使振动信号的有代表性样本得到利用(见 ISO 5349-2)。

为了其他目的(研究、预防、减振技术),强烈建议得到频谱(详细信息见附录 F)。

4.5 多轴向振动

已经知道,对于大多数动力工具,传向手的振动包含来自全部三个测量轴向的作用。在理论上,三个轴向的振动是同等有害的。因此,应对全部三个轴向都进行测量。相对于 x 轴、 y 轴和 z 轴的频率计

权加速度均方根值 a_{hwx} 、 a_{hwy} 和 a_{hwz} 应分别报告(见附录 F)。

然而,振动暴露的评价(见第 5 章)是基于全部三个轴向综合的量。该量称为振动总值, a_{hv} , 并定义为三个分量值平方和的方根:

$$a_{\text{hv}} = \sqrt{a_{\text{hwx}}^2 + a_{\text{hwy}}^2 + a_{\text{hwz}}^2} \quad \dots\dots\dots (1)$$

在有些情况下,不可能在三个轴向都进行振动测量。如果只能在一个或两个轴向进行振动测量,最大振动轴向(在能够识别的场合)应包含在其中。振动总值应利用可得到的测量值进行估算,并仔细考虑倍率因子。在最大振动轴向的振动幅值需要乘以取值范围由 1.0 至 1.7 的倍率因子以给出振动总值(详细建议见 ISO 5349-2)。在使用倍率因子估算振动总值的场合,倍率因子及该值的选择理由应与测量的分量值一起报告。

5 手传振动暴露的特性

5.1 一般要求

振动暴露取决于振动的幅值和暴露时间。为了应用附录 C 给出的健康影响指南,振动的幅值用振动总值 a_{hv} 表示。

5.2 日暴露时间

日暴露时间是在一个工作日内手暴露于振动的总时间。振动暴露时间可能少于人手握持动力工具或工件的工作时间。重要的是根据相对于不同操作条件和持续时间及其间歇的适当的有代表性样本的总日暴露时间进行评价(详细信息见 ISO 5349-2)。

5.3 日振动暴露量

日振动暴露量由振动幅值(振动总值)和日暴露时间得出。为了便于对不同时间的日暴露量间进行比较,日振动暴露量应采用 8 h 等能量频率计权振动总值 $a_{\text{hv(eq,8h)}}$ 表示,如式(2)所示。为方便起见, $a_{\text{hv(eq,8h)}}$ 记为 $A(8)$:

$$A(8) = a_{\text{hv}} \sqrt{\frac{T}{T_0}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

T ——相对于振动 a_{hv} 的日暴露总时间;

T_0 ——8 h (28 800 s) 的参考时间。

如果工作日由一些不同振动幅值的作业组成的总日振动暴露,则日振动暴露量 $A(8)$ 由式(3)得出:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{T_0} \sum_{i=1}^n a_{\text{hvi}}^2 T_i} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

a_{hvi} ——第 i 个作业的振动总值;

n ——独立的振动暴露数量;

T_i ——第 i 个作业的时间。

每个作业对 $A(8)$ 的作用应分别报告。

示例:若相对于暴露时间 1 h、3 h 和 0.5 h(在同一个工作日内)的振动总值分别为 2 m/s²、3.5 m/s² 和 10 m/s²,则:

$$A(8) = \sqrt{\frac{1}{8} [(2)^2 \times 1 + (3.5)^2 \times 3 + (10)^2 \times 0.5]} = 3.4 \text{ m/s}^2$$

注:以上示例中的计算结果给出两位有效数字。该结果不表示测量的等效精度,而是来自计算的精度。在正常测量情况下,要特别注意使获得的 $A(8)$ 值相对误差小于 10%。

建议在允许振动暴露标准限值的场合,将该值作为规定的 $A(8)$ 值。

6 报告的信息

根据本部分进行手传振动暴露评价时,应报告以下信息:

- 暴露评价的对象;
- 产生振动暴露的作业;
- 动力工具,安装的作业工具和/或涉及的工件;
- 传感器的位置和方向;
- 独立的均方根值,测量的单轴向频率计权加速度;
- 每个作业的振动总值;
- 每个作业的日暴露总时间;
- 日振动暴露量。

如果没有在全部三个轴向都进行测量,估算振动总值使用的倍率因子及其选择的理由也应报告。

注: ISO 5349-2 给出了建议报告的更详细信息清单(也可参见附录 D 和附录 F)。

附录 A
(规范性附录)
频率计权和带限滤波器

A.1 频率计权和带限滤波器

a_{hw} 的测量要求应用频率计权和带限滤波器。频率计权 W_h 反映了不同频率产生对手伤害时假定的重要性。测量值对于振动伤害预测(见附录 C)的适用范围限于倍频程频率由 8 Hz 至 1 000 Hz 所覆盖的工作频率(即,从 5.6 Hz 至 1 400 Hz 的标准频率范围)。带限高通和低通滤波器用于排除在该频率范围之外,其频率依赖性尚未被认可的振动测量值的影响。

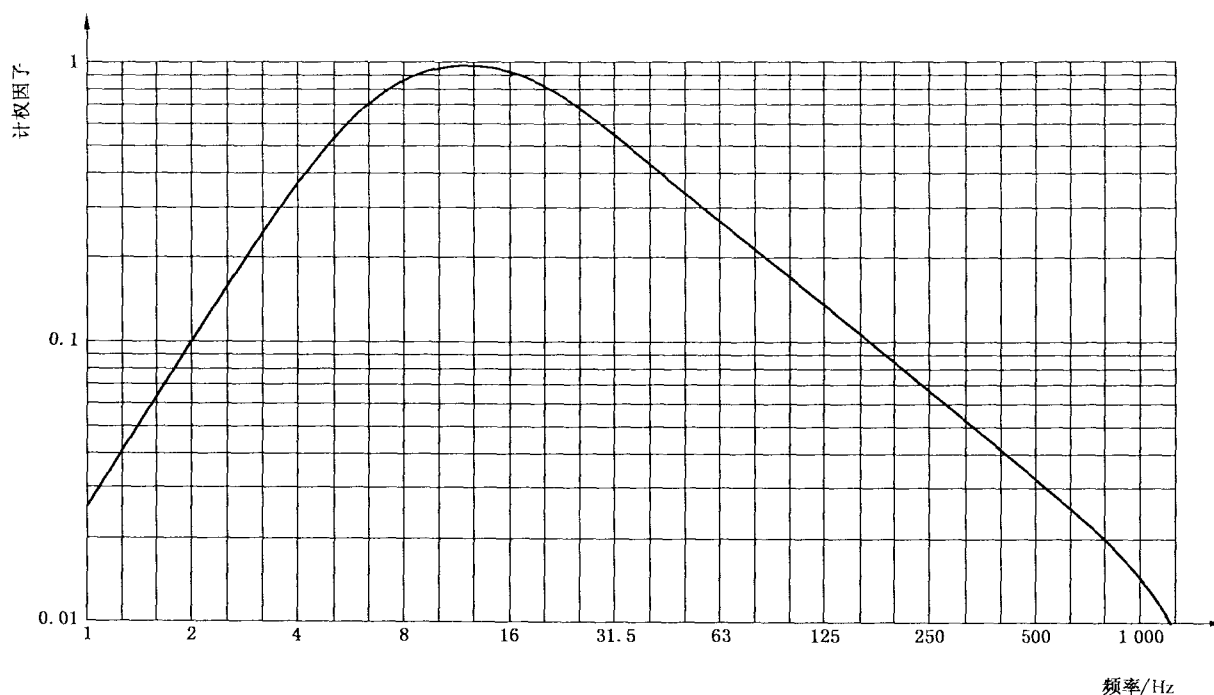
注: 振动响应的频率依赖性在所有轴向不大可能完全相同。然而,对于不同轴向推荐不同的频率计权尚没有合适的建议。

频率计权和带限滤波器可以通过模拟或数字方法实现。频率计权和带限滤波在表 A.1 中以滤波器设计者熟悉的数学公式确定,其曲线在图 A.1 中以示意图方式表示。

关于滤波器特性的更详细信息及允差在 ISO 8041 中给出。

表 A.1 带限及频率计权 W_h 的计权滤波器特性

带限 ^a			频率计权 ^a			
f_1	f_2	Q_1	f_3	f_4	Q_2	K
6.310	1 258.9	0.71	15.915	15.915	0.64	1
<p>带限滤波器由滤波器的传递函数 $H_b(s)$ 确定:</p> $H_b(s) = \frac{s^2 4\pi^2 f_2^2}{(s^2 + 2\pi f_1 s / Q_1 + 4\pi^2 f_1^2)(s^2 + 2\pi f_2 s / Q_1 + 4\pi^2 f_2^2)}$ <p>式中: $s = j2\pi f$ 为拉普拉斯(Laplace)变换的变量。</p> <p>带限滤波器可由一个双顶滤波器实现。</p> <p>频率计权滤波器由滤波器传递函数 $H_w(s)$ 确定:</p> $H_w(s) = \frac{(s + 2\pi f_3) 2\pi k f_4}{(s^2 + 2\pi f_4 s / Q_2 + 4\pi^2 f_4^2) f_3}$ <p>式中: $s = j2\pi f$ 为拉普拉斯(Laplace)变换的变量。</p> <p>频率计权滤波器可由一个双顶滤波器实现。</p> <p>总频率计权函数为 $H(s) = H_b(s) \cdot H_w(s)$。</p>						
^a f_n 值为共振频率($n=1$ 至 4); Q_n 称为选择性($n=1$ 或 2); K 为常数增益。						

图 A.1 包括带限滤波的手传振动频率计权曲线 W_h (示意图)

A.2 1/3 倍频程数据到频率计权加速度的换算

作为一种可代替使用 W_h 滤波器的方法,由 1/3 倍频程分析的均方根加速度值可用来得到相应的频率计权加速度。

均方根频率计权加速度 a_{hw} 可按以下公式计算:

$$a_{hw} = \sqrt{\sum_i (W_{hi} a_{hi})^2} \quad \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

W_{hi} ——如表 A.2 中所示的第 i 个 1/3 倍频程的计权因子;

a_{hi} ——在第 i 个 1/3 倍频带测得的均方根加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2)。

由 6.3 Hz 至 1 250 Hz 的 1/3 倍频带频率构成基本频率范围,使用公式(A.1)进行 a_{hw} 的计算应包括在该范围内的所有 1/3 倍频带。在基本频率之外的频率(即在表 A.2 中用灰色区域表示的频率)通常不对 a_{hw} 值有重要作用,因此如果已知道在频率范围的高端和低端没有显著的振动能量,这些频率可不在计算范围内。

如果频率计权加速度值受到频率范围高端和低端的显著分量的影响,则附录 C 中关于由振动暴露数据引起的手指变白的预测指南应谨慎处理。

注:如果频谱中包含占支配地位单一频率分量,上面描述的方法可能会在直接测量得到的频率计权加速度和计算值之间产生误差。如果这些分量所在的频率不是 1/3 倍频程的中心频率时,会产生误差。由于这个原因,应优先考虑采用频率计权滤波 W_h 或基于窄带测量的计算。在后一种情况时,当某一频率 f 或中心频率为 f 的窄带未计权振动加速度 $a(f)$ 给出时,对应的频率计权加速度计算公式为: $a_h(f) = a(f) |H(j2\pi f)|$ 。

表 A.2 用于 1/3 倍频程幅值转换成频率计权值的带限^a 手传振动频率计权因子 W_{hi}

频带号 ^b i	标称中心频率/ Hz	计权因子 W_{hi}
6	4	0.375
7	5	0.545
8	6.3	0.727
9	8	0.873
10	10	0.951
11	12.5	0.958
12	16	0.896
13	20	0.782
14	25	0.647
15	31.5	0.519
16	40	0.411
17	50	0.324
18	63	0.256
19	80	0.202
20	100	0.160
21	125	0.127
22	160	0.101
23	200	0.079 9
24	250	0.063 4
25	315	0.050 3
26	400	0.039 8
27	500	0.031 4
28	630	0.024 5
29	800	0.018 6
30	1 000	0.013 5
31	1 250	0.008 94
32	1 600	0.005 36
33	2 000	0.002 95

^a 滤波器的响应和允差见 ISO 8041。

^b 符号 i 为与 IEC 61260 一致的频带号。

附录 B

(资料性附录)

手传振动对健康的影响指南

B.1 通则

使操作者的手暴露于振动的动力作业和工具广泛存在于一些工业活动中。职业性暴露于手传振动可能源于在制造业、采石业、矿业和建筑业、林业和农业、公用事业和其他工作活动中使用的回转式和/或冲击式手持式动力工具。暴露于手传振动也可能发生于操作者手握振动的工件,和手握持振动的控制装置,例如摩托车把手或车辆的方向盘。

过度地暴露于手传振动可能引起手指血流失调及手和臂的神经及运动功能的失调。据估计在欧洲国家和美国约有 1.7%至 3.6%的工人暴露于可能有害的手传振动。术语“手传振动综合症”(HAVS)通常用来表示与暴露于手传振动有关的末梢血管、神经和肌骨失调的组合。暴露于手传振动的工人可能分别或同时受到神经和/或血管失调的损害。由于手传振动引起的血管失调和骨与关节异常在一些国家是得到赔偿的职业病。这些失调也包括在欧洲认定的职业病清单中。

B.2 血管失调

暴露于手传振动的工人可能抱怨,经常由于受冷激发的手指阵发性颜色变浅或变白。这种由于手指血液循环暂时闭锁引起的失调称为雷诺氏现象(以 1862 年首次描述该现象的法国医生 Maurice Raynaud 的名字命名)。据信,振动能干扰手指血液循环,使遇冷时血管收缩活动更为敏感。为了解释振动暴露工人中冷诱发的雷诺氏现象,一些研究者求助于由长期暴露于有害振动引起的过度中枢血管收缩神经反射,而其他学者则趋向强调振动诱发的手指血管局部改变的作用。各种同义词用来描述振动引起的血管失调:死手或白指,职业性雷诺氏现象,损伤性血管痉挛症,以及最近称为振动性白指(VWF)。VWF 在许多国家列为法定的职业病。

早期的白指发作涉及单个或多个手指的指尖,随着连续暴露于振动,白指可发展到手指的根部。有时,白指发作伴随着发绀,即由于缓慢的手指血液循环增加氧的耗取导致受影响的手指变蓝。在恢复阶段,通常由于温暖或局部按摩而加速,由于皮肤血管血流反应性增加使受影响的手指出现发红并伴随着麻刺感和/或疼痛。白指发作在冬季比夏季更常见,持续时间从几分钟到一小时以上。持续时间随着诱发刺激的强度和血管收缩的严重程度而不同,发作通常在全身变暖时结束。如果继续暴露于振动,白指发作变为更频繁,并可能在全年都发生。在极少数晚期病历中,反复和严重的白指发作可能导致指尖皮肤的营养改变(溃疡或坏疽)。白指发作期间,受影响的工人可感到触觉和操作熟练性完全丧失,这些能妨碍工作活动,并因此增大由于事故引起急性损伤的风险。

在职业医学方面,已经建立了关于 VWF 分类的各种分级系统。斯德哥尔摩研究组分级(1986)是国际公认的关于手传振动综合症中冷激发雷诺氏现象分类的分级系统。该系统根据白指发作的范围、频次和严重程度分为四期,具体描述见表 B.1。基于对不同指节变白评分的分级也已经提出(见参考文献[13])。

一些实验室试验被用来客观地诊断白指。这些试验大多数都是基于冷激发及在手和手指受冷前、受冷时及受冷后测量手指皮肤温度或手指血流及血压。

流行病学研究表明,VWF 的患病率有很大差异,在振动暴露工人组中的人员,从 0%至 100%。可以认为白指症状的概率和严重程度受到一些因素的影响,例如振动暴露特性(频率、幅值、方向、冲击、持续时间),工具和工作过程的形式,环境条件(温度、气流、湿度、噪声),一些生物动力学和人类工效学因素(握力、推进力、手臂姿势)和各种个体特性(敏感性、疾病和化学剂,例如尼古丁和一些影响末梢循环

的药物)。因此在振动暴露和白指症状发展之间存在着复杂的关系。流行病学研究认为,VWF 的发生率随着振动暴露时间的增加而增加。一些证据表明,白指发生前的累计暴露时间与振动暴露幅值成近似反比,(即如果振动幅值加倍,产生同样影响所要求的暴露年数减半)。

自 1970 年代后期以来,已有报告表明在欧洲和日本现有的林业工人中,在引入防振链锯和采取缩短链锯使用时间及同时尽量减少其他有害工作环境因素(例如寒冷和体力强度)的管理措施后,VWF 发病率下降。在退休的林业工人中也有从 VWF 中恢复的报告。类似的发现在其他类型工具中尚未见到。

表 B.1 斯德哥尔摩研究组分级(1986)

血管症状		
分期	分级	描 述
0	—	无发作
1 _v	轻度	仅影响单个或多个手指指尖的偶尔发作
2 _v	中度	影响单个或多个手指末节和中节(很少也有近端)的偶尔发作
3 _v	严重	影响多数手指所有指节的经常性发作
4 _v	很严重	同第 3 期并有指尖营养改变
感觉神经症状		
分期	描 述	
0 _{SN}	暴露于振动但无症状	
1 _{SN}	间歇性麻木并有或没有麻刺感	
2 _{SN}	间歇性或持续性麻木,感觉性知觉降低	
3 _{SN}	间歇性或持续性麻木,触觉辨别力和/或操作熟练性降低	

B.3 神经失调

暴露于手传振动的工人可以感到手和手指麻刺和麻木。如果振动暴露继续,这些症状趋于恶化,并能妨碍工作能力和日常活动。振动暴露工人在临床检查时表现手的熟练性受损害同时,正常的触觉和温度感觉降低。手传振动的另一个影响,是还可以发现指尖皮肤的振动感觉下降。对振动暴露工人的流行病学调查表明,在振动暴露的工人组中周围神经失调的患病率有很大差异,由百分率很低至 80% 以上,而感觉丧失影响到各种类型工具的使用者。

感觉神经障碍似乎可以不依赖振动引起的其他失调而单独发展,这可能反映了不同病理机理。HAVS 的神经症状分级由斯德哥尔摩研究组 1986 年提出,根据主诉症状和临床神经检查及精神物理试验方法如触觉辨别力、振动觉和精确操作的试验结果分为三期(见表 B.1)。

暴露于振动的工人有时会出现嵌压性神经病的表现和症状,例如腕管综合症(CTS),当正中神经通过腕部解剖管道时,由于正中神经受到卡压引起的失调。CTS 似乎发生在一些使用振动工具的职业人群中,诸如凿岩工、钢板工和林业工人。据信,作用在手和腕部的人类功效学应力(往复运动、用力握紧、笨拙的姿势),在与振动结合时能在操作振动工具作业的工人中可能引起 CTS。

B.4 肌骨失调

B.4.1 骨骼

早期的放射学调查揭示,振动暴露工人的手和腕部骨空泡和骨囊肿患病率高,但最近的研究已表明,与未暴露于振动的手工操作工人相比,没有显著增加。在暴露于来自气动冲击工具的高幅值冲击和低频振动(低于 50 Hz)的矿工、道路建设工、金属加工操作工中,已经发现在腱附着处,多数在肘部的骨化以及腕和肘部骨关节病的患病率过高。

金伯克氏病(Kienböck's disease)(腕半月骨软化)和腕部舟状骨的假关节的过高患病率也有少数

调查者报告。在暴露于由链锯或砂轮机作业产生的中频或高频振动的工人的上肢骨退化及关节失调患病率增加尚没有多少证据。繁重的体力工作,用力握持和各种生物力学因素,可能是在使用冲击工具工人中发现骨骼伤害发生率较高的原因。局部疼痛、肿胀和关节僵硬及畸形可能伴随骨和关节退化的放射线发现。一些国家(例如法国、德国、意大利)在使用手持式振动工具的工人中发现的骨和关节失调被认为是职业病,而受到损害的工人会得到赔偿。

B.4.2 肌肉

长期暴露于振动的工人可能陈诉手和臂部肌肉无力、疼痛及肌力减弱。还发现振动暴露伴随着手的握力下降。在一些个体中,肌肉疲劳可导致劳动能力丧失。直接的力学伤害或周围神经损伤已被建议作为这类肌肉症状可能的病因学因素。

在振动暴露工人中,已报告其他与工作相关的失调,例如上肢的腱炎和腱鞘炎(即腱及其鞘的炎症),以及杜普伊特伦氏挛缩(Dupuytren's contracture),一种手掌筋膜组织病。这些失调似乎与繁重体力工作导致的人类工效学应力因素有关,而与手传振动的联系尚不能确定。

B.5 其他失调

一些研究表明,在受 VWF 影响的工人中听力损失比以衰老和暴露于振动工具的噪声为基础预测的值要大。有人提出,VWF 的对象存在由于振动引起的内耳供血血管收缩导致的听力损害的风险。除了周围神经失调外,振动暴露工人中涉及内分泌和中枢神经系统的有害健康影响也由俄罗斯和日本研究者报告。临床描述称为“振动病”,包括与脑中枢机能障碍有关的表现和症状(例如持续疲劳、头痛、易怒、睡眠障碍、阳痿、脑电图异常)。这些发现应借助谨慎和非常精心设计的流行病学研究来解释,并需要临床研究工作来证明中枢神经系统失调和手传振动暴露之间联系的假设。

B.6 词汇

骨囊肿 Bone cyst:在骨结构中的异常空洞。

腕管综合症 Carpal tunnel syndrome, CTS:在拇指、食指、中指和无名指的掌面,由于穿过腕骨形成的腕管的正中神经受卡压或受刺激引起的,多在夜间出现的麻木、麻刺或烧灼痛症状。手功能受损害和伤残的征状有可能发展。

发绀 Cyanosis:由于表面毛细血管存在脱氧血导致的皮肤或其他组织的偏蓝色的变色。

杜普伊特伦氏挛缩 Dupuytren's contracture:阻止手指,主要是无名指和小指伸直的手掌纤维层变厚引起的症状。

流行病学 Epidemiology:对人群中的疾病或失调的发生、流行及发病率进行研究的学科。

职业流行病学 Occupational epidemiology:研究暴露于工作危险因素及其可能的有害健康影响之间关系的学科。

手传振动综合症 Hand-arm vibration syndrome:与手传振动引起的失调相关的综合症状和表现(神经的、血管的和肌骨的)。

金伯克氏病 Kienböck's disease:腕半月骨的矿化(软化)失调。

发病率,发生率 Incidence:在规定的时期内,人群中的疾病或失调的新病例数。

骨关节病 Osteoarthritis:骨骼和关节的退化。

患病率,流行率 Prevalence:在规定时间内,规定人群中的疾病或失调的现存病例数。

雷诺氏现象 Raynaud's phenomenon:通常由寒冷或情绪激动引起手指血管收缩导致血液循环不足引起手指变白发生。

原发性雷诺氏病 Primary Raynaud's disease:手指变白的症状不能归于任何特定的病因。

继发性雷诺氏现象 Secondary Raynaud's phenomenon:可以确定一些病因的雷诺氏现象。

振动性白指 Vibration-induced white finger, VWF:由于暴露于手传振动引起的继发性雷诺氏

现象。

感觉神经失调 Sensorineural disorders:轻触、疼痛、温度、振动和深压感觉异常;辨别感觉功能(两点辨别、结构、尺寸及形状的判断)的损害。

腱炎 Tendinitis:腱的炎症。

腱鞘炎 Tenosynovitis:腱及其鞘的炎症。

血管收缩 Vasoconstriction:主要由于血管的肌肉壁增大收缩引起的血管腔变窄。

附录 C

(资料性附录)

振动暴露与健康影响的关系

C.1 评价方法的背景

本附录是关于被认为产生健康影响的振动暴露的各种特性的近似相对重要性的内容。本附录未规定安全的振动暴露限值。

本部分规定的频率计权是基于前一版本(ISO 5349:1986)的内容,并被认为是关于不同频率对引起手臂系统与振动相关的健康影响的相对重要性的最好的可用指南。

这种频率计权是否分别体现了产生血管、神经或肌骨症状的危险性,尚不清楚。在当前频率计权被用来评价手传振动的全部生物学效应。

假定在图 1 中的三个正交轴向中每个轴向的振动都是同等有害的,则相同的频率计权可用于每个轴向。因此,手传振动的伤害可能性根据在本部分规定的与手接触表面三个频率计权加速度分量(单轴向)得出的振动总值 a_{hv} 进行评价。

假定本部分给出的关于获得 8 h 等能量振动总值的方法恰当地反映了不同振动幅值和日暴露时间的关系。

注 1: 这种方法假定产生手传振动综合症要求的日暴露时间与频率计权加速度的平方成反比。例如,如果振动幅值减半,则产生相同效应的日暴露时间可增大到 4 倍。

注 2: 目前还缺乏关于日暴露时间对健康影响的数据。选择的时间依赖性与恒定的日振动能量等效。

注 3: 日振动暴露的时间依赖性不宜外推到很短时间和大的加速度。这类暴露可能与其他的急性手臂系统伤害有关。

C.2 一般健康影响

个体发生手传振动综合症(见附录 B)的症状的概率取决于他/她的敏感性、任何以前的疾病和状态及在 4.1 和附录 D 中列出的工作相关的环境和个人因素。涉及到振动传向手的类似工具、机械或工业过程中每个从事等效工作的人群中振动综合症患病率还取决于人群中个体的范围和暴露因素。对于不是连续从事同样工作的人群,振动综合症的患病率还受到离开人群的人员比率的影响。

注: 研究认为,手传振动综合症的症状在暴露于与手接触表面的 8 h 等能量振动总值 $A(8)$ 小于 2 m/s^2 的人员中很少发现,而在 $A(8)$ 值小于 1 m/s^2 的人员中尚未见到报告。

C.3 手指阵发性变白(振动性白指)患病率

已有一些尝试来评价在涉及类似工具或机械或工业过程中从事等效工作的人群中手指变白的不同患病率要求的振动暴露量。图 1 所示为用来评价暴露人员中的 10% 发生手指变白的日振动暴露量 $A(8)$ 。这些值表示的是由 1 年到 10 年的人群平均总的(累计)暴露时间。对应的数值在表 C.1 中列出。

根据暴露状态,允许在表 C.1 所示的数值之间进行插值。以下的关系式可用来进行插值:

$$D_y = 31.8[A(8)]^{-1.06} \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

$A(8)$ ——为日振动暴露量(在与手接触表面的 8 h 等能量振动总值);

D_y ——为人群平均总的(累计)暴露时间,年。

注 1: 这种振动暴露量和手指变白间的假定关系与前一版本(ISO 5349:1986)附录 A 中给出的关系是一致的,且都是基于参考文献[10]。然而已经采用了修正系数来考虑本部分中使用 8 h 等能量振动总值的变化。

注 2: 本部分给出的血管影响的指南是基于涉及到占支配地位的振动频率范围在 30 Hz 至 50 Hz 以上(例如链锯、砂轮机、凿岩机)的动力工具的流行病学调查。因此,进行在较低频率特别是约 20 Hz 以下的频率计权加速度分量占支配地位的测量时,要特别注意。在这些类型动力工具的操作者中,对上肢骨和关节的影响已有报告。

注 3: 公式(C.1)的关系不能预测人群中任何特定的个体发生手指变白(振动性白指)的风险。

注 4: 图 C.1 和表 C.1 可用来规定为减少职业暴露人群中手传振动的健康危险的暴露标准。表 C.1 和图 C.1 中的值是根据对暴露于工具振动幅值高达 30 m/s^2 , 工作时间长达 25 年的工人组的研究导出的。几乎所有的研究涉及的人群都是从事将近一天涉及同一类型的振动传向手的动力工具或工业过程的工作。加速度值根据所报告的占支配地位单轴向频率计权加速度分量的研究导出。

注 5: 与表 C.1 和图 C.1 中的值的偏差可能发生在振动总值与最大单轴向分量的比率与本部分引言中给出的典型值有显著差别的工具或过程中。与表 C.1 和图 C.1 的值的偏差也可能发生在工作相关的和/或环境因素与在类似工作中通常出现的那些因素显著不同的工作人群中。

如果对特定的总的(累计)暴露时间,日暴露量 $A(8)$ 超过引起白指患病率 10% 所要求的值,则可以预期会发生更高的白指患病率。

表 C.1 相对于给定的暴露年数 D_y 预期引起人群中发生 10% 阵发性白指的日振动暴露量 $A(8)$

$D_y/\text{年}$	1	2	4	8
$A(8)/(\text{m/s}^2)$	26	14	7	3.7

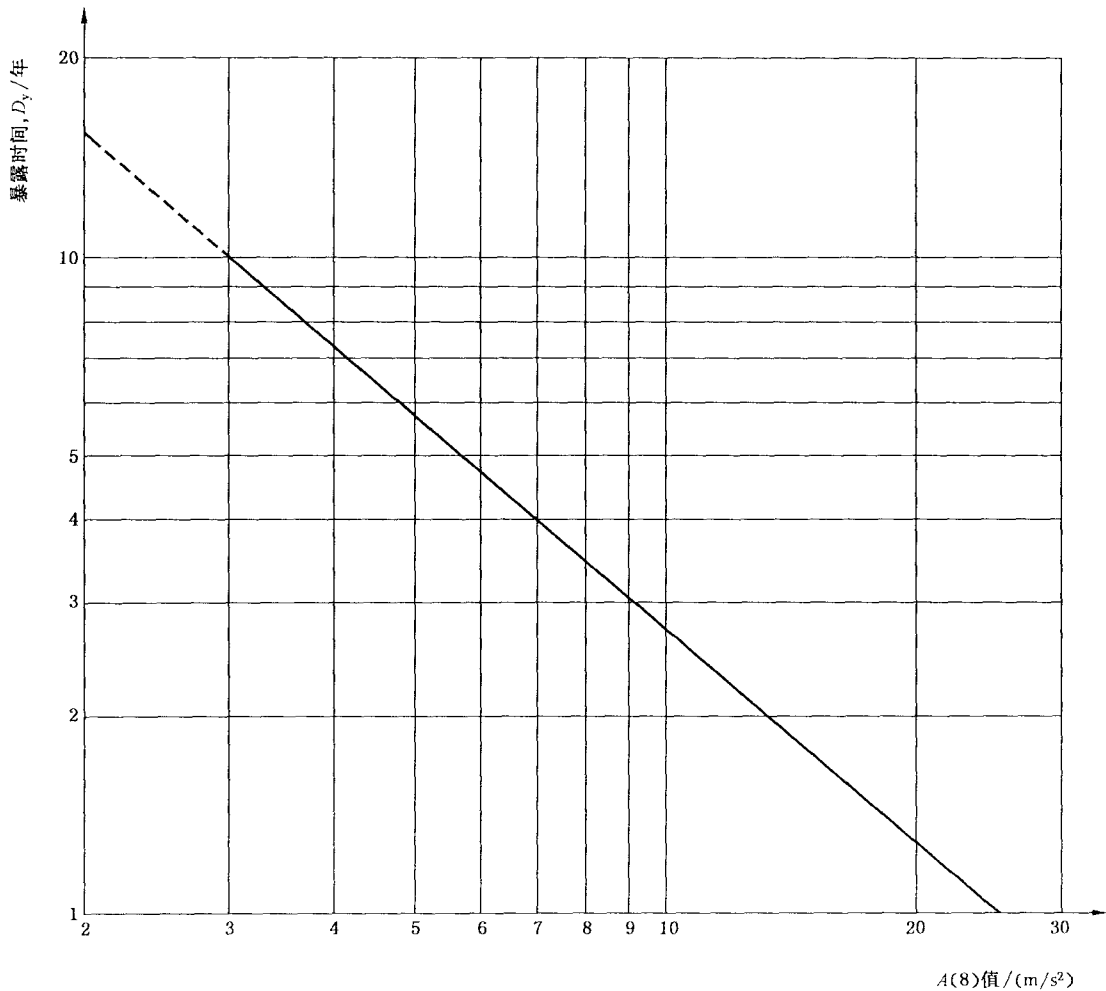


图 C.1 在暴露人群中预期振动性白指患病率 10% 的振动暴露量

附录 D

(资料性附录)

工作条件中可能影响人体暴露于手传振动效应的因素

本部分描述的振动暴露评价方法考虑了振动幅值、频率特性、工作日的暴露时间和到调查时的累计暴露时间。在工作条件下人体暴露于手传振动的效应还可能受以下因素的影响：

- a) 传向手的振动方向；
- b) 工作方法和操作者的技巧；
- c) 个体的年龄或在他/她体质或健康方面的任何易感因素；
- d) 暂时的暴露方式和工作方法，即工作和休息轮换的时间长度及频率；在休息时工具是放在一边或是拿在手中空转；
- e) 连接力，诸如操作者通过手施加到工具或工件上的握力和推进力及施加到皮肤的压力；
注：关于握力和推进力测量的国际标准正在起草中。
- f) 在暴露期间手和臂的姿势及身体的姿势（腕、肘和肩关节的角度）；
- g) 产生振动的机械、手持式工具和安装的附件或工件类型和状态；
- h) 暴露于振动的手的部位面积和位置；

以下因素可能特别影响由手传振动引起的血液循环改变：

- i) 气候条件和其他影响手或身体温度的因素；
- j) 影响循环的疾病；
- k) 影响末梢循环的物质，例如尼古丁、某些药物或在工作环境中的化学剂；
- l) 噪声。

尽管列出的有关振动性失调产生的全部因素的重要性尚未足够详尽地了解，同时本部分也未规定报告某些因素的标准化方法，但是为能够收集有意义的暴露史，希望能报告全部的因素（见附录 F）。

附录 E
(资料性附录)

负责职业卫生与安全机构应采取的预防措施

E.1 与规律性暴露于手传振动有关的医学预防措施

应采取的措施如下：

- a) 在雇用之前,任何可能暴露于手传振动的工人应:
 - 进行身体检查,及
 - 记录任何以前的振动暴露史。
- b) 所有使用振动设备的人员均应被告知暴露于手传振动的风险。
- c) 有以下医学状况的人可能处于更大的风险,因此在他们使用振动设备前应仔细评估:
 - 原发性雷诺氏症;
 - 由对手的血液循环损害引起的疾病;
 - 引起循环障碍或骨与关节缺陷的既往手损伤;
 - 继发性雷诺氏现象的其他病因;
 - 周围神经系统的失调;
 - 肌骨系统的失调。
- d) 针对症状的报告和在固定时间间隔内,处于风险中的人员进行医学检查的方案进行规定。
在一些国家,建议年青人(18岁以下)不得使用某些振动工具。

注:医学术语汇总见 B.6。

E.2 旨在减少手的振动暴露影响的技术预防措施

应采取的措施如下：

- a) 在不同的工作过程间进行选择时,应采用引起振动暴露最低的过程。
- b) 在不同的工具间进行选择时,应选用引起振动暴露最低的工具(和附件)。
- c) 设备应按制造者的说明书精心维护。
- d) 应防止工具向操作者的手上排放冷的气体或液体。
- e) 在寒冷环境下工作时,如有可能,振动设备的手柄应加热。
- f) 应避免使用那些手柄的形状能导致在接触区域的皮肤上形成高压力的工具。
- g) 选择工具时,应选择要求接触力(握力和推进力)最小的工具。
- h) 在其他参数,诸如振动幅值或接触力不增大的前提下,应使手持式工具的质量最小。

如在 GB/T 18703 中定义,防振手套在其表明能减少本部分所规定的振动暴露时,可能是有益的。
(然而,不能期望防振手套对手传振动提供充分的防护)。

E.3 旨在减少手传振动暴露的管理性预防措施

应采取的措施如下：

- a) 应进行足够的培训来指导工人正确使用设备。
- b) 可以认为,当避免长时间连续振动暴露时,可以降低振动危险,因此工作日程安排应包含非振动工作时间。
- c) 对工人的保暖应有规定。

E.4 对使用手持式振动工具人员的建议

给出的建议如下：

- a) 在符合安全工作方法和工具控制要求的前提下,应让工具本身工作,并尽可能轻握工具。工具应尽可能多地放在工件上或支撑上。

注：在有些情况下,增加推进力和握力可能减小测得的加速度,尽管这可能没有益处。

- b) 若出现异常的振动,通知相应的工作主管人员。
- c) 穿足够的衣服和适当的手套,以保持干燥和温暖,特别是在工作时、行走时或使用振动设备时。
- d) 在工作前和工作中避免或尽可能少吸入尼古丁或使用鼻烟,因为尼古丁能减少手和手指的供血。
- e) 如果发生白指或蓝指或感到长时间的手疼和/或手麻,征求医学方面的建议。

E.5 其他信息

其他信息见参考文献 CR 1030-1 和 CR 1030-2。

附 录 F
(资料性附录)
报告附加信息的指南

F.1 引言

通常用来代表手传振动暴露强度的基本参量是在本部分中规定的 a_{hv} 和 $A(8)$ 。然而,那些引起健康失调的振动特性尚未充分了解,因此有可能随着了解的增多,需要修改评价方法的一些方面,例如,频率计权、频率范围、时间依赖性和多轴向振动处理。也有可能需要对人体暴露于手传振动的不同影响规定不同的分析方法。

为使采用本部分进行振动测量的未来价值达到最大,并增进对手传振动影响的了解,建议进行手传振动测量和振动暴露评价时报告附加信息。本附录为报告有用的附加信息提供了指南。

F.2 振源和工具操作

应当给出对振动工具的清晰描述,其类型、使用年限、质量、尺寸和状态。振动工具的振动特性有很大差别。因此重要的是报告与不同工件和材料、工作状态、工具使用方法和暴露时间方式(包括间歇)相关的振动状态范围。

操作者的手在振动工具或工件表面的位置和方向应当报告。操作者的姿势,尤其是手和臂的姿势应予说明。

手与握持区域间的接触力很可能影响传向手的振动能量,尽管这种影响尚未充分了解。有可能将来的振动标准将会要求确定这些力。如果可能,应测量或评估接触力。

注:测量握力和推进力的国际标准正在起草中。

环境因素,例如工作场所的噪声、温度、化学剂等应尽可能报告。

F.3 仪器

本部分要求测量或记录系统应符合 ISO 8041 的规定。在高于本部分要求的场合(例如若频率范围更大),应对仪器详细描述。

传感器在工具或工件上的位置和方向及安装方法应详细描述。传感器的总质量和固定装置应予以说明。

传感器的安装方法对仪器的频率响应起主要作用。重要的是确保任何共振频率显著高于测量频率范围的上限。

F.4 振动轴向

本部分要求分别测量和报告 x 轴、 y 轴和 z 轴三个轴向的振动。希望全部三个轴向测量的数据(包括频率计权均方根幅值、可测量的频谱和时间历程)都予以报告。

注:建议报告所有轴向的数据是出于以下原因:

- a) 一些现行推荐的评价方法是基于振动总值,而其他方法使用的是测量的最大单轴向值;
- b) 振动方向对健康的影响尚未充分了解。

F.5 振动的时间历程

如果可能,应记录和报告加速度的时间历程。除非报告振动测量的频带限制和带限滤波器的特性,记录的振动时间历程只能得到有限的利用。

注：希望保存振动的时间历程是出于以下原因：

- a) 能识别测量失真(例如直流漂移、过载)；
- b) 对同样的数据可采用不同的频率分析方法；
- c) 由本部分所要求的均方根平均可能不是最合适的评价方法，而代替方法(例如峰值加速度，四次方根平均)，可通过保存的振动时间历程来确定；
- d) 不同形式的分析可能适于脉冲振动(例如冲击式工具)，例如峰值或峰值因数分析可能是有用的，但是这些代替的分析方法尚未得到认可。

F.6 频率分析

除了频率计权幅值，希望报告在测量系统频率范围内的 1/3 倍频程均方根加速度幅值(未计权的)。

此外，恒定带宽谱(例如功率谱密度)能为检查频域数据和发现测量失真提供有用的直观方法(重要的是报告功率谱时要注明频率分辨率)。

注：希望频率分析是出于以下原因：

- a) 使用 1/3 倍频程数据的后续再分析和代替的频率计权简单易行(如果振动时间历程没有保存时，频率分析特别有用)；
- b) 谱信息(特别是来自恒定带宽分析的数据)能用于发现失真、过载或直流漂移(在低频明显)和传感器安装问题(在高频明显)；
- c) 窄带频率分析可能有助于识别产生振动的机理并由此能为工程师提供在有问题的频率减少振动的方法。

F.7 频率范围

尽管频率计权 W_k 仅在规定的范围内确定，但是建议，如果报告时间历程和/或频率分析数据，测量频率范围应尽可能大。然而在约 1 000 Hz 以上传感器安装响应可能产生困难，因此任何高频数据的有效性应予以证明。

注：希望报告更大频率范围的数据是因为有些研究人员认为 1 250 Hz 以上频率可能比本部分建议的频率更为重要，特别是对于脉冲振动。

F.8 流行病信息

关于振动对健康影响(包括血管、神经和肌骨系统)的理解将被连续的研究报告所改进，这些研究不仅报告振动暴露(根据本部分得出，并考虑本附录的内容)而且记录引起的健康影响。

有关报告流行病数据的指南不在本附录的范围内。

参 考 文 献

- [1] GB/T 14412—2005 机械振动与冲击 加速度计的机械安装(ISO 5348:1998,IDT).
- [2] GB/T 15619—2005 机械振动与冲击 人体暴露 词汇(ISO 5805:1997,IDT).
- [3] ISO 8662,(all parts),Hand-held portable power tools—Measurement of vibrations at handle.
- [4] ISO 8727,Mechanical vibration and shock—Human exposure—Biodynamic coordinate systems.
- [5] ISO 10819,Mechanical vibration and shock—Hand-arm vibration—Method for the measurement and evaluation of the vibration transmissibility of gloves at the palm of the hand.
- [6] CR 1030-1,Hand-arm vibration—Guidelines for hazards reduction—Part 1: Engineering methods by design of machinery.
- [7] CR 1030-2,Hand-arm vibration—Guidelines for vibration hazards reduction—Part 2: Management measures at the workplace.
- [8] CR 12349,Mechanical vibration—Guide to the health effects of vibration on the human body.
- [9] Bovenzi,M. Medical aspects of the hand-arm vibration syndrome. International Journal of Industrial Ergonomics,6,1990,pp. 61-73.
- [10] Brammer,A. J. Dose response relationships for hand-transmitted vibration. Scandinavian Journal of Work Environment and Health,12,1986,284-288.
- [11] Christ,E. et al. Vibration at work (ISSA brochure). International Section Research of ISSA,Institut national de recherche et de sécurité (INRS),Paris,1989.
- [12] Dupuis,H. ,Christ,E. ,Sandover,J. ,Taylor,W. and Okada,A. (eds.). Proceedings of the 6th International Conference on Hand-Arm Vibration, Bonn, 1992. HVBG, Sankt Augustin, Germany,1993.
- [13] Griffin,M. J. Handbook of human vibration. Academic Press,London,1990.
- [14] Griffin,M. J. Measurement,evaluation and assessment of occupational exposures to hand-transmitted vibration. *Occupational and Environmental Medicine* ,54(2),1997,73-89.
- [15] Health and Safety Executive HS(G)88: Hand-Arm Vibration. HSE Books,Sudbury,Suffolk,United Kingdom,1994.
- [16] Nelson,C. M. Hand-transmitted vibration assessment—A comparison of results using single-axis and triaxial methods. Presented at the United Kingdom Group Meeting on Human Response to Vibration held at the ISVR,University of Southampton,Southampton,United Kingdom,1997.
- [17] Okada,A. Taylor,W. and Dupuis,H. (eds.). Proceedings of the 5th International Conference on Hand-Arm Vibration,Kanazawa,Japan,1989. Published 1990.
- [18] Pelmeur,P. L. ,Taylor,W. and Wasserman,D. E. (eds.). Hand-arm vibration—A comprehensive guide for occupational health professionals. Van Nostrand Reinhold,New York,1992.
- [19] Stockholm Workshop 86: Symptomatology and diagnostic methods in the hand-arm vibration syndrome. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health, 4 (special issue), 1987, 271-388.
- [20] Stockholm Workshop 94: Hand-arm vibration syndrome— Diagnostic and quantitative relationships to exposure,1994. Arbete och Hälsa,5,1995.

[21] 7th International Conference on Hand-Arm Vibration, Prague, 1995. Central European Journal of Public Health, 3, Supplement, 1995, and 4, 1996.

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
机械振动
人体暴露于手传振动的测量与评价
第 1 部分：一般要求
GB/T 14790.1—2009/ISO 5349-1:2001

*
中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街 16 号
邮政编码：100045
网址 www.spc.net.cn
电话：68523946 68517548
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 1.75 字数 43 千字
2009 年 7 月第一版 2009 年 7 月第一次印刷

*
书号：155066·1-38192 定价 27.00 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)68533533

