

国际标准译文集

人承受振动的测量与评定

吉德和

方思秀 华 丽 译
随红军 杨让泉

河南科学技术出版社

国际标准译文集

人承受振动的测量与评定

吉德和

方思秀 华 丽 译
随红军 杨让泉

河南科学技术出版社

豫新登字02号

内 容 提 要

本国际标准译文集收录了国际标准化组织机械振动与冲击技术委员会ISO/TC108现有全部人体承受振动的国际标准。它提出的技术内容与限值指标涉及到人体全身、手传振动各个方面。12个国际标准系统地介绍了有关人一机系统振动,建筑物中的振动,海洋平台上振动,职业病和运动病,以及测量仪器和使用方法等方面的描述与评定,并给出了统一术语。其中标准数据与限值都是我国在劳动保护、卫生健康、环境保护、航空航天、机械制造、交通运输等方面与国际标准接轨的重要依据。

本书可供上述行业有关专业技术人员与管理人员阅读参考,也可供大中专有关专业教学使用。

国际标准译文集 人承受振动的测量与评定

吉德和

方恩秀 华 丽 译

随红军 杨让泉

责任编辑 孟庆云

河南科学技术出版社出版发行

河南省获嘉县印刷厂印刷

787×1092毫米 32开本 8.8125印张 147千字

1994年9月第1版 1994年9月第1次印刷

印数: 1—1800册

ISBN7-5349-1671-2/T·335

定价11.00元

前 言

本书收集了国际标准化组织ISO近10多年颁布的有关人承受振动与冲击的测量与评定的国际标准共12篇。这些标准文件中对人承受振动与冲击的测量技术及评定限值作了详细说明和科学规定。这对从事该领域工作的广大专业技术人员和管理人员，具有较大实用价值。对我国劳动保护，环境保护等工作也是很有益的。

我国是ISO积极成员国和ISO有直接的对口联系，如果有什么问题和建议，可直接同全国机械振动与冲击标准化技术委员会联系。

对国际标准译稿，我们力求在技术内容和文字上忠实于原文最新版本。但由于水平所限，还可能有所失误和不确切之处，欢迎批评指正。

全国机械振动与冲击标准化技术委员会主任
机械工业部郑州机械研究所所长

刘元杰

1994年9月16日

目 录

- ISO 2631/1—1985 人承受全身振动的评定 第一部分
一般要求……………(1)
- ISO 2631/2—1989 人承受全身振动的评定 第二部分
在建筑物内,持续的及冲击引起的振
动(1~80Hz)……………(34)
- ISO 2631/3—1985 人承受全身振动的评定 第三部分
人承受Z轴方向频率为0.1~0.63Hz
全身振动的评定……………(56)
- ISO 5348—1987 机械振动与冲击——加速度计的机械
安装……………(64)
- ISO 5349—1986 机械振动——人承受手传振动的测量
和评价指南……………(76)
- ISO 5805—1981 影响人的机械振动与冲击——术语
……………(99)
- ISO 5982—1981 振动与冲击——人体的机械驱动点阻
抗……………(113)
- ISO 6897—1984 关于固定结构、特别是建筑物及海上
结构的居住者对低频(0.063~1Hz)
水平运动响应的评价指南……………(123)
- ISO 7962—1987 机械振动与冲击——人体在Z方向上
的机械传递率……………(139)
- ISO 8041—1980 人对振动的响应——测量仪器(149)

- ISO 8042—1988 振动与冲击测量——惯性式传感器性能描述的规定…………… (190)
- ISO 10326/1—1992 机械振动——评价车辆座椅振动的实验室方法 第一部分 基本要求 (199)

人承受全身振动的评定

第一部分 一般要求

0 引言

各种(天空、陆地和水中的)运载工具及(工、农业中的)机械都使人类承受着机械振动。这种机械振动影响到人们的舒适性、工作效率以及某些环境下人们的健康和安全。以往,为了专门用途,根据实验室和现场实验数据制定了各种方法来对暴露烈度分级并规定暴露界限。可是这些方法没有一种被认为可适用于所有场合,因而也没有一种被普遍采用。

由于确定人对振动响应的因素复杂,由于缺少关于人对振动感觉与人对其反应相互一致的定量数据,因而制定这一国际标准。第一,是为了便于评定和比较在该领域内不断研究中取得的数据资料。第二,是为了给出关于人对全身振动所能承受的暴露量的暂行指南。这一国际标准提出的各种界限,在现有可用的数据资料之中是合理的折衷,并能满足简单且适合于一般应用的推荐的需要。这些界限明确地以数值形式做出规定,避免意义含糊并促使在实践中进行精确地测量。不过重要的是在使用这些准则和界限的同时,要把它们应用中存在的限制牢记在心。

由于人暴露在振动环境中的可能条件和作用具有很大变化性,由于目前缺少严格的致据资料,因而现时难以提出更

为详细的指南。然而希望这一国际标准，不仅在现存的或预见到的振动环境的评定中证明是有用的，而且能促进关于振动对人作用新成果方面的报告与批评性的评定。

人暴露在振动环境中基本有三种情况：

a) 振动同时传递到整个人体表面或其绝大部分。这发生在人体沉浸于某种振动媒介中，这类实际相关的环境条件是存在的，例如：空气或水中高强度声音所激起的人体振动。

b) 振动通过支撑表面传递到人体。也就是通过站立人的脚，就座人的臀部以及斜靠或后倚人的支撑表面。这种振动通常是在运载工具内，振动的建筑物里以及工作机械的附近。

c) 振动作用于人体的头部、四肢这些个别部位。例如通过振动着的手柄、踏板或头枕，或者通过多种多样的手持动力工具和器械。

另外由视域内外界物体的振动。（例如仪表面板）造成非直接的振动损害，这种状况也可能是有的。

可是这一国际标准主要用于上述b的一般情况，特别是在振动通过主要支撑面作用于站立或就座人身体的场合。振动直接作用于斜靠、后倚人的情况中，可用来做出严格建议的数据资料还不足，这对于振动直接传递到头部是千真万确的，此时人的忍受度通常减低。情况b和c共同存在时也减低人的忍耐力。不过站立或就座人的界限暂时也可用于斜靠、后倚的人。必须懂得将会出现某些情况，在这些情况下，这些界限的严格应用可能是不适当的。

这一国际标准包括以下部分：

第一部分：一般要求

第二部分：人承受建筑物中的振动和冲击(1~80Hz)

的评定

第三部分：人全身承受频率范围 $0.1\sim 0.63\text{Hz}$ 的Z轴垂直振动的评定

第四部分：海员承受的航海船舶的振动($1\sim 80\text{Hz}$)¹⁾的评定

注：1) 现时在草案阶段

1 范围和应用场合

国际标准ISO 2631的这一部分对于频率范围为 $1\sim 80\text{Hz}$ 的由固体表面传给人体的振动规定和给出了暴露的界限数值。在规定频率范围内它可应用于：周期振动，具有分布频谱的随机或非周期振动，也可暂时用于能量包括在 $1\sim 80\text{Hz}$ 频带内的连续冲击型激振。

在第4章中详细规定的这些界限，按照三项普遍公认的准则：保持舒适性、工作效率、安全或健康给出，以供使用。按这些准则确定的界限，在国际标准ISO 2631该部分中分别被称为：“舒适性降低限”、“疲劳——熟练度降低限”和“暴露界限”。例如：有些场合应主要考虑维持一名运载工具驾驶员或机器操作者在振动环境中工作时的工作效率，那么，在制定振动规范或采取控制措施时，就用“疲劳——熟练度降低限”做为指导界限。而在旅客居住舱室的设计中，则应考虑使用“舒适性降低限”。

根据上述准则，这些界限按照振动频率、加速度大小、暴露时间和相对人体躯干的振动方向规定。这种方向是按认可的人体解剖学坐标轴定义的（见第3章）。

1) 国际标准ISO 2631该部分仅适用于正常健康情况下的人。即被认为：适用于可进行日常工作包括施行在内，以及

可经受典型工作日劳动强度和换班劳动的人。

国际标准ISO 2631该部分所给的情况不允许推断至1~80Hz范围以外的频率(见以下注释)。

各个人之中出现的振动反应差别业已做出规定。这些差别影响简单和复合运动的相对效应以及曲线级和形状。国际标准ISO 2631该部分给出的指南是以在不同条件下受实验者的平均反应值为基础的。因此按照推荐的评定程序,被评定为同样强烈的两个运动会有不同的结果。单独个人和成组个人对于两个运动哪一种反应较厉害有时候不一致而且是可变的,例如姿势、受实验者的活动能有较大的影响。

注:1.国际标准ISO 2631该部分规定的界限是建立在人对机械振动响应领域内的实践经验和实验室实验两方面可用的数据资料基础上的。到目前为止,有用的观测资料主要是在大约1~100Hz之间的频率范围内做出的。国际标准ISO 2631该部分规定的频率范围、分段情况及边界频率是按国际标准ISO 2631和若干国家的国家标准选定的。

2. 低于约1Hz频率范围的振动是个特殊问题,与运动性病的症状有关(指晕车、晕船、晕机)。这与较高频率振动产生的作用有不同的性质。这些症状的出现依赖于复杂的某些个别因素,并非简单的与激发运动的强度、频率及持续时间有关。对高于国际标准ISO 2631该部分所考虑的频率范围,作用于脚或臀部的机械振动是逐步增加地产生感觉和反应。这些感觉和反映极大地依赖于如:对人体作用的准确方向、部位、面积这些局部因素以及阻尼材料(例如衣物、鞋类)的存在。这些材料可以控制皮肤和人体表层的振动响应。因而,鉴于这些原因,不可能以现有数据为基础对1~80Hz频

带外的频率做出普遍正确地推荐。

在有些应用中，对频率范围0.63到1Hz暂行假定对加速度灵敏度恒定不变。

2 相关标准

ISO 266 声学—推荐的测量频率

IEC 出版物 184 冲击与振动测量机电传感器特性的规定方法

IEC 出版物 222 冲击与振动测量辅助设备特性的规定方法

IEC 出版物 225 声与振动分析用的倍频程、 $\frac{1}{3}$ 倍频程和 $\frac{1}{6}$ 倍频程滤波器

3 振动暴露的特征描述

3.1 振动的方向

3.1.1 传递给人的直线振动，应在以心脏位置为原点的直角坐标系相应方向上进行测量（见图1）。

注：生物动力学中通常使用的术语，都把正常解剖学位置内的人体骨骼与坐标系统联系起来。沿着脚（臀部）—头（纵向）轴的加速度运动，以 $\pm a_z$ 表示；沿着后—前（背—胸）轴的加速度以 $\pm a_x$ 表示；沿着横向（右—左）轴的加速度以 $\pm a_y$ 表示。这些坐标轴在图1中说明绘出。

3.1.2 围绕某一旋转中心的角振动或旋转振动，经常是振动环境中一个重要的部分。例如在高低不平的地面上行驶的拖拉机里或在湍流中飞行的飞机内，座位的俯仰或横摇运动，可能比上下直线振动的扰动更强。然而关于角振动或旋

转振动几乎没有可用的资料。在实际中，为使合成运动仅以平移振动表述，振动旋转中心常可假定处在对人体作用点的足够远处。尽管这样，只要实际情况可行，就应该测量和报告横摇、俯仰及偏转（相对于解剖学轴线）的旋转运动，以便增加我们对这类激励的人体响应知识。

3.1.3 在国际标准ISO 2631该部分中，按照振动发生于解剖学的纵向方向（ $\pm a_z$ ），或是横向平面（ $\pm a_x$ 和 $\pm a_y$ ）来分别规定出界限。

3.2 测量位置

因为国际标准ISO 2631该部分所给的界限适用于进入人体本身这一点上的振动，（即在人体表面，而不是其他，例如在把振动传递到人的弹性座位基座处。）所以应该在尽可能靠近振动传递到人体所通过的点或面上来做振动测量。例如，如果人站在地板上或坐在平台上，而在人体和支撑物之间没有什么弹性材料，那么测量传感器或拾振器应该固定在那种刚性结构上。某些地方，一些坐垫类的弹性元件确实存在于人体和振动结构之间，那么允许在受实验者和坐垫当中放入某种形式的刚性传感器支架，（例如，具有合适形状的一块薄金属片。）但必须要注意保证这种装置不会明显地影响通过坐垫传递到人的振动，或者另外产生不存在的旋转运动。如果用这种方法不能对输入人体点上的振动实施测量，那么应该确定坐垫或其他弹性元件的传递特性，并在计算实际传给人体的振动时予以考虑。在这种情况下，应该报告坐垫系统的特性。

注：为了研究目的，要求精确地确定人体实验者承受的振动输入。因为任意不同地安置座位使测量条件不同会明显

地影响实验结果。所以生物动力学和生理反应的实验研究习惯于用刚性组件或平台代替坐垫。在这一领域里，公布的研究结果有些不同，这就是因为在不同实验室里采用不同实验条件造成的。

3.3 振动强度

不论实际测量中所用传感器或拾振器的形式如何，描述一种振动环境强度使用的基本量是加速度。加速度通常以 m/s^2 表示。

注：在生理学著作中，经常习惯于用 g 为单位无量纲地表示加速度， $1g$ 为地球表面重力作用的标准加速度值。假若参考引用国际标准 ISO 2631 该部分所给的界限，把 g_a 的国际标准值用以换算为 m/s^2 表述的加速度值，这种用法在手头实验著作文本中是允许的。

振动的大小，即加速度（或引用的速度、位移）应以均方根值表示。当测量到峰值时，在引用国际标准 ISO 2631 该部分给出的界限之前，应将这些峰值换算为相应均方根值。为了对明显非正弦的、随机的或宽频带的振动进行充分描述，必须确定或估出时间函数的峰值因数（最大峰值与均方根值之比）。在具有高峰值因数（即大于 3，见下文。）的振动情况下，国际标准 ISO 2631 该部分给出的界限应认为是初步尝试性的。

近期研究表明，峰值因数大于 3 的运动常能令人满意地与国际标准 ISO 2631 该部分给出的界限相比。不过，很清楚，对一些偶而含极高峰值运动的重要性，推荐的评定方法就为低估了，确定这类运动怎样会充分与这些界限相比的工作正在进行中。在这一资料未可使用以前，暂时推荐以下程

序。

加速度信号应用4.2.4描述的适当滤波网络及表3规定的加权因数进行加权。这种加权信号的最大峰值是距离均值的最大偏差。于是峰值因数是这个最大峰值与加权信号均方根值的比。峰值因数大到6的加速度能用国际标准ISO 2631该部分评定。当峰值因数比6大时，所推荐的该振动评定法会低估运动的作用。

事实上，峰值因数依赖于确定峰值和均方根值所经历的时间，评定峰值因数的最短时间是1 min。除偶然性峰值外，还有在时间长于1 min振级可能发生大的变化能使峰值因数增大。然而这些运动常可使用4.4中描述的当量暴露时间计算法进行评定。

有时不便于象以上描述那样来确定加权信号峰值。依据未加权信号(仅具有1~80Hz之间带通滤波)确定的峰值通常大于加权信号峰值。因而可首先由未加权信号确定峰值因数的较高估价值。如果该值超过6，那么将必须对信号加权确定是否真正超出了该准则。均方根值则总是应该由加权信号来确定。

注：对旋转振动测量，无论什么时候都应该使用角加速度均方根值单位 rad/s^2 进行描述。

3.4 测量设备

振动测量设备一般由以下部分组成：传感器或拾振器，放大器（电的、机械的或光学的）和振幅或振级指示器或记录仪。在适当、可行（如电子仪器）之处，可包含网络来限制设备的频率范围，并对输入信号采用推荐的频率加权。对于许多应用，在并非必定只依赖于现场测定的场合，可用适

当的磁带记录系统获得样本记录,供随后进行分析,这是一种可选择的方法。为了方便,还可包含有均方根值检波装置,这样可直接读出和记录均方根值。

所有振动测量设备应该正确进行校准。这可按照指导此类设备校准的现行标准或推荐方法来做。所用任何测量设备的基本操作和特性应该与使用它所得的结果一起做出说明。重要的是:要说明设备的频率灵敏度,动态特性(例如时间常数),动态范围和分辨率这些特性。如果合适,还要说明均方根值检波精度、频率加权、磁带记录、频率分析以及其他可实施于该信号的这类操作处理。

注:1.推荐使用IEC出版物184来规定振动传感器。使用IEC出版物222规定辅助设备,包括放大器、频率选择设备和数字记录系统。

2.关于对振动强度的主观判断,表现为:超过2~90Hz频率范围,人们感觉振动的累积时间就从2S降低为0.8S。

3.5 随机或宽带振动分析

在随机或分布振动测量中,采用不超过1/3倍频程的窄带分析是适当的描述方法。在任何记录或分析网络中所用的1/3倍频程滤波器应该符合IEC出版物225。IEC出版物225给出的频率范围必须相应地外推到所需的较低频率。

对于某些应用,适宜装设带有频率加权网络的电子振动测量仪器,此网络是由第4章描述的,表1、2及图2a、3a相应给出的垂向振动(a_z)、水平振动(a_x 、 a_y)的界限值来进行定义的(见4.2.4的注2)。这样规定的网络在两个固定频率上,测量 a_z 为6.3Hz和31.5Hz、测量 a_x 、 a_y 为1.25Hz和31.5Hz,应与推荐值相差不大于 ± 1 dB。

3.6 暴露时间

国际标准ISO 2631的这一部分还包括一种计算方法,用来评定每天承受振动的有效暴露时间。这个方法是尽可能地考虑到,在研究该问题期间可能发生的振动强度变化以及振动间歇中断。无论何时,只要对人暴露于强度发生变化或不连续的振动进行测量,就应详细报告这种暴露的时间历程。

4 振动评定指南

4.1 一般考虑

在决定人对振动的响应时,有四个最重要的物理因素。即该振动的强度、频率、方向和持续时间(暴露时间)。实际上评定能以这些因素给出物理描述的任何振动时,可区分为三项主要的人体响应准则。这些准则是:

- a) 保持工作效率(“疲劳—熟练度降低限”);
- b) 保持健康或安全(“暴露界限”);
- c) 保持舒适性(“舒适性降低限”)。

按照这三项准则设定而推荐的暴露界限规定在4.1.1, 4.1.2和4.1.3中。每一界限对纵向(a_z)方向(图2a和2b)及横向(a_x 、 a_y)方向(图3a和3b)以图形规定。图2和图3中对图形的数值表示列在表1和表2内。在大多数交通运输状态中, a_z (纵向)振动一般用于站立或就座的人(通常称为“垂向振动”状态)。

注:可以看到,如果其他因素相同,当以健康或安全为准则时,与适合于工作效率的界限相比,可以接受略高的振级。反之,当以保持舒适性为准则时要设定较低的界限。这是普遍与实验观察和经验相一致的,但是,这并不意味着

所有环境中，在可能损害健康、工作效率及舒适性的振动强度之间，存在着简单的分级关系。

4.1.1 疲劳—熟练度降低限

对于每天暴露时间从1 min到24h，疲劳—熟练度降低限作为频率和暴露时间的函数表示在图2a和2b（纵向振动）以及图3a和3b（横向振动）中。界限规定的数值分别列在表1和表2里。此界限规定了限度，超过承受振动的这种限度，在多种工作中就被认为明显地具有损害工作效率的危险。特别那些众所周知受时间影响的作用（疲劳）会使操作能力恶化。例如：对运载工具的驾驶。

在任何情况下，干扰工作的实际程度依赖于多种因素，包括个人特性、工作性质和工作难度。尽管这样，此处推荐的界限表示出：这种干扰开始发生的普遍级，以及通常观察到的相关频率和相关时间。这些界限依据的数据主要来自对飞行员和司机们的研究。

应该注意到：对人最灵敏的频率范围：（在此范围内，界线相应地定到最低处）对于纵向（ a_z ）振动是4~8Hz，对于横向（ a_x 、 a_y ）振动是2Hz以下。并且人对振动的可忍性随着暴露时间增加（见图2b和3b），以特有方式而降低（要求增加严格的界限）。从图2a和3a的比较看到：在频率很低时，横向振动可忍性比纵向振动较低，而在频率较高时（约2.8Hz以上），情况则相反。

注：预期随着对国际标准ISO2631该部分实际使用经验的增加，人们将制定出修正表，按照不同工作要求的环境条件来改变疲劳—熟练度降低限等级。例如：当工作属于有特殊感觉性要求或需使用精良手工技艺时，必须采用更严格的界