ICS 17.160
J 04

中华人民共和国国家标准

GB/T 13441.4—2012/ISO 2631-4:2001

机械振动与冲击
人体暴露于全身振动的评价
第4部分:振动和旋转运动对固定导轨运输系统中的乘客及乘务员舒适影响的评价指南

Mechanical vibration and shock—
Evaluation of human exposure to whole-body vibration—
Part 4: Guidelines for the evaluation of the effects of vibration and rotational motion on passenger and crew comfort in fixed-guideway transport systems

(ISO 2631-4:2001,IDT)

2012-11-05 发布　　2013-03-01 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

前　言

GB/T 13441《机械振动与冲击　人体暴露于全身振动的评价》分为以下几部分：

——第1部分：一般要求；

——第2部分：建筑物内的振动(1 Hz～80 Hz)；

——第4部分：振动和旋转运动对固定导轨运输系统中的乘客及乘务员舒适影响的评价指南；

——第5部分：包含多次冲击的振动的评价方法。

本部分为GB/T 13441的第4部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009、GB/T 20000.2—2009给出的规则起草。

本部分使用翻译法等同采用ISO 2631-4:2001和ISO 2631-4:2001/Amd.1:2010《机械振动与冲击　人体暴露于全身振动的评价　第4部分：振动和旋转运动对固定导轨运输系统中的乘客及乘务员舒适影响的评价指南》。

与本部分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 3241—2010　电声学　倍频程和分数倍频程滤波器(IEC 61260:1995,MOD)

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：中国铁道科学研究院节能环保劳卫研究所、铁道部产品质量监督检验中心机车车辆检验站、北京理工大学、郑州机械研究所、西南交通大学。

本部分主要起草人：马筠、孙成龙、彭锋、步青松、高利、韩国明、范荣华、林建辉、焦大化、刘静茹、张洁、张兵。

建筑321——标准查询下载网　www.jz321.net

机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价 第4部分:振动和旋转运动对固定导轨运输系统中的乘客及乘务员舒适影响的评价指南

1 范围

GB/T 13441 的本部分是 GB/T 13441.1 的具体应用,即机械振动对固定导轨运输系统中乘客及乘务员舒适影响的评价指南。旨在供采购、订制技术条件或者应用固定导轨系统的组织使用,以有助于这些组织了解固定导轨运输系统的设计以及系统的其他特性与乘客及乘务员舒适度之间的关系。本指南建立了系统间相对舒适度的评价方法,而不是绝对舒适度级。

本部分适用暴露于沿 x、y 和 z 轴的直线振动,以及绕人体中心的三个轴的旋转振动的正常健康的人群。旨在采用一个通过沿着和绕着车辆坐标轴产生的人体运动的运动函数为舒适度评估提供指导。本部分既不适用于可能引起损伤的高幅值单次瞬时运动,如车辆事故或纵向列车冲动产生的撞击,也不适用于可能影响健康的高幅值振动。

本部分适用固定导轨客运系统包括轨道系统(重轨和轻轨)、磁悬浮轨道(MAGLEV)系统和橡胶轮胎式地铁系统以及上述依靠侧倾性能来抵消通过曲线时的横向加速度的各种运输系统。

本部分提供受垂向力产生的超低频加速度(0.1 Hz~0.5 Hz)可能导致运动病影响的指导。这些垂向力可能是在曲线缓和、超高和车体倾斜技术的共同作用下产生的。然而,本部分并不提供横向力或纵向力产生的超低频加速度(低于 0.5 Hz)对舒适影响的指导。此类超低频加速度是由导轨的几何形状(水平排列和倾斜)产生的。

本部分仅给出基于运动环境的乘坐舒适的评价指导。

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。

IEC 61260 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器(Electro acoustics—Octave-band and fractional-octave-band filters)

GB/T 13441.1—2007 机械振动与冲击 人体暴露于全身振动的评价 第1部分:一般要求(ISO 2631-1:1997,IDT)

3 固定导轨运输系统需要特殊考虑的事项

固定导轨系统能产生影响乘客舒适的显著的重复运动和/或振动。在这些运动中,关注的是沿着和围绕车辆三个相互正交坐标轴中任意一个坐标轴的直线运动和旋转运动。已经证实垂向、横向和侧滚运动对轨道车辆内乘客的舒适度也具有重要的影响。横向和纵向运动可能对立姿的乘客或乘务员影响最大。

在影响乘客的舒适感觉方面，包括噪声级、视觉刺激、温度和湿度在内的有关因素与振动相互作用，当采用车辆运动测试结果来评估舒适度时，应当考虑这些非运动因素的影响。比如已经发现噪声与轨道车辆内乘客的乘坐舒适度评价存在相互关系。

人体中心坐标系并不能完全表现固定导轨系统的舒适度与运动之间的关系。乘客可能站、可能坐或者可能躺在相对于车体的不同方位。实际上，通过测量座椅与人体接触面，可以更全面地认识车辆(乘车)运动产生的舒适度环境。在人体与座椅接触面处进行测量时，应当使用 GB/T 13441.1—2007 中图 1 所示的人体基本中心坐标系的指南。

虽然在座椅与人体接触面上进行测量是 GB/T 13441.1—2007 的首选方法，但该方法可能并非总适用对固定导轨系统的评价。由于受试者变换各种体态以及自主活动而产生的内在不确定性，导致这些测量(结果)也存在一些疑问。固定导轨系统的乘坐环境由导轨、车辆悬挂、车体、座椅或卧铺共同组成，而座椅和卧铺不属于车辆的永久部件，在车辆的寿命期内可多次更换。

受乘客的期望和旅行持续时间的影响，乘客的活动对舒适度影响评价更为复杂。旅行持续时间可能会在几分钟到几天内变化，乘客们希望参加包括行走、阅读、书写、打字、进食、饮水和睡眠等丰富多彩的活动。列车的某些运动不仅妨碍了部分上述活动的开展，而且对一些需要视觉集中的活动，尤其是阅读和书写，会增加引发眩晕病(运动病)的可能性。

为在车辆间或系统间进行有意义的比较，应当说明测试车辆的悬挂条件和所用的轨道或导轨区段的状态。一般来说，宜在有代表性的直线和曲线轨道区间进行测试，试验区段宜包括适用于测试车辆各种不同质量的轨道或导轨。同样，装备了新车轮的车辆和车轮已磨损到维护极限的车辆都宜进行测试。

空车和重车都宜进行测试，其他荷载情况下也可以进行测试。试验车辆在列车编组中的位置、某些情况下运行的方向都会影响测试结果。与试验车辆相邻的车辆也会影响测试。因此，宜记录和报告试验车辆在编组列车中的位置和运行方向。

4 固定导轨车辆的运动特性

固定导轨车辆的运动可由以下表征：

a) 由于轮/轨接触表面缺陷、线路中心线误差等造成的半随机直线加速度(全部位于 3 个坐标轴向)和半随机角加速度(围绕 3 个坐标轴)；

b) 由于不稳定性问题(摇摆)、悬挂运动、轨道长波不平顺、钢轨接头间的周期性距离、道岔等产生的或多或少的周期运动；

c) 因纵向和横向倾斜(超高)产生的沿横向和垂向轴线的准静态加速度幅值，以及侧滚和摇头运动，因车辆加速和制动产生的沿纵向轴的准静态加速度幅值；

d) 因轨道或道岔的重大缺陷引起的突发运动，或因有或没有缓和曲线的曲线半径变化所产生的准静态水平(跳动)的变化。

通常认为轨道车辆内明显影响乘车舒适的运动频率范围包括：缓和曲线(侧滚)处为 0.1 Hz～2 Hz、横向和纵向为 0.5 Hz～10 Hz、垂向为 0.5 Hz～20 Hz。

对于超高速车辆(250 km/h 及以上)和摆式列车，在 0.1 Hz～0.5 Hz 频率范围内产生垂直加速度。如此低频的垂直加速度会诱发运动病。GB/T 13441.1—2007 附录 D 给出了基于该频率范围加速度计算运动病剂量值的方法指南。

可能会发生两种侧滚运动：

——当进入或离开曲线轨道或导轨的超高区段时引发的相对高幅值、超低频率的侧滚运动；

——因悬挂/导轨的相互作用产生的重复横向摇摆运动。

对于导轨超高量较大和(或)摆式悬挂装置的系统，在评估运动对舒适的影响时，宜考虑侧滚(侧摆)角度和侧滚速度(滚转速率)。

建筑321——标准查询下载网 www.jz321.net

若使用缓和曲线(进入并返回过渡段的曲线)会产生大于 24°的持续倾角,此类持续倾角在航空旅行中常碰到。当这种倾角逐渐产生而且持续不变时,就不会引起乘客不舒适。然而,快速达到这种侧滚角并很快又恢复到正常位置的高侧滚速率的重复暴露会引起运动病。使用缓和曲线(进入并返回过渡段的曲线)时会发生这种高侧滚速率。因此,当列车以非常高的速度行驶时,有一定长度的缓和曲线是导致乘客不舒适和运动病的一个潜在因素。

5 测量

导轨、车轮、悬挂、车体结构和内部配置(座椅和卧铺)均影响乘客和乘务员对振动的感觉。

当座椅或卧铺对舒适的影响成为首要关注对象时,在座椅/人体或卧铺/人体的接触面进行测量就非常重要。这些接触面是车体结构和人体间的直接接触点,具有支撑及引导人体并将身体重量传递到车体本身的作用(见表 1)。对立姿、坐姿、卧姿人体的振动总值的评价,宜在表 1 中给出的人体界面上进行测量。

注:在某些情况下,在头枕/颈部界面和扶手/前臂界面对坐姿的乘客进行测量是实用的;类似地在卧铺/腿的界面对卧姿的乘客进行测量也是实用的。

表 1 人体界面

姿势	界面
立姿	地板/脚
坐姿	座椅椅盘 座椅靠背 地板/脚
卧姿	骨盆、后背和头部的支撑面

在车辆和导轨的使用年限内,固定设备(座椅和卧铺)通常需数次更换。在车辆结构上进行的测量比在这些界面上进行测量更有意义,因此,在车辆的刚性部分进行测量可能更合适,如 GB/T 13441.1—2007 中 5.3.1 的注 1 所述。在车辆结构的点上进行的测量宜使用如下参考坐标系:

——z 轴:垂直,与地板正交,向上(正)/向下(负);

——x 轴:纵向,沿运行方向,向前(正)/向后(负);

——y 轴:横向,垂直于运行方向的横向;

——侧滚:绕 x 轴的转动。

将车辆视为刚体并不完全正确。所以,宜在车辆的两端和中间位置进行测量(沿 x 轴运动的单个测量已足够的除外)。对于双层车辆,宜在低层车辆的两端、中部和上层车辆的中部进行测量。因车辆设计变化多样,所以宜详细记录和报告测量位置。

只有安装了摆式装置或者曲线超高较大的区间给出较大侧滚(侧倾)角度的导轨的车辆,才需要进行侧滚运动特性的测量。

通过一个在地板上安装的速率陀螺仪可以测量侧滚度(侧滚速率),而后可通过侧滚速度对时间求导计算出侧滚加速度。需要低频滤波并宜报告相应滤波器的特性。

虽然使用速率陀螺仪是上述推荐的方法,但侧滚加速度的测量,可以由安装在地板上的车辆相同纵向位置、但横向间距为 d(单位为 m)的 2 个垂直加速度计进行测量。通过公式$(\ddot{z}_{left}-\ddot{z}_{right})/d$ 给出侧滚加速度(单位为 rad/s²),式中 $\ddot{z}$ 是加速度计输出值(单位为 m/s²)。

6 固定导轨车辆运动分析

关于垂向振动，在 GB/T 13441.1—2007 的表 1 中给出了适用于多种条件下计权曲线选择的通用指南。该表建议对垂直加速度使用计权曲线 W_k。尽管如此，在 GB/T 13441.1—2007 附录 C.2.2.1 的注释中指出，对于轨道车辆的舒适评价，指定的计权曲线 W_b 可作为一般曲线 W_k 可容许的近似。目前，很多欧洲国家和一些非欧洲国家的铁路公司使用特定值 W_b 来评价轨道车辆的舒适性。

尽管计权曲线 W_k 和 W_b 有时会给出相似的结果，但在某些情况下，这两种计权曲线会得出完全不同的计算结果。低于 8 Hz 时，使用 W_b 的计权值会比 W_k 小，是其 0.8 倍；大于 8 Hz 时，使用 W_b 的计权值会比 W_k 大，是其 1.2 倍。图 1 举例说明了这两种频率计权曲线的差异。在附录 A 中给出了 W_b 的计算方法。相应的因数与 ISO 2631-1 中的 W_k 给定值相同。

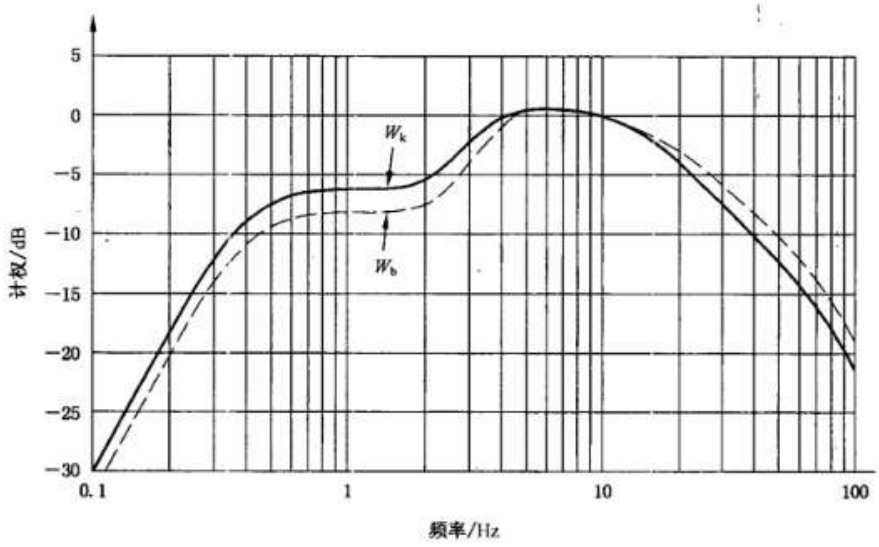


图 1 W_b 和 W_k 的频率计权曲线

在 GB/T 13441.1—2007 的第 8 章中规定了基于均方根值的乘坐舒适的评价方法。但多数铁路公司使用的是附录 B 中描述的一种可供选择的统计评价方法。该统计方法考虑了振动的波动、乘客间的差异，并避免选用过度敏感的人群。参考文献[5]中给出了一个应用这些统计方法的实例。这种方法是通过采样间隔 5 s 的测量时长 5 min 所测加速度的计权均方根值的 95%描述相应的振动数值特征。至少应考虑四个这样的周期。

对于固定导轨系统，超高和车辆摆式装置是用来补偿横向加速度的。然而，这种补偿会使人产生低频垂向加速度的感觉。长时间暴露于低频垂直加速度可导致运动病。在 GB/T 13441.1—2007 附录 D 中给出长期暴露于低频运动的评估指南，该指南给出了计算运动病剂量值(MSDVz)的剂量方法。

注 1：已有横向和侧滚加速度可引起运动病的有关报导。除应用垂向加速度以外，在 GB/T 13441.1—2007 附录 D 中定义的运动病剂量值的计算方法可用于表示横向和侧滚加速度的严酷程度。这并不意味着使用横向和侧滚加速度计算的运动病剂量值可用于预测呕吐症状的流行，而是鼓励和协助数据报告。

瞬时横向加速度是传统轨道系统运行的特性。这些运动具有间断性，一般发生在列车通过道岔尖轨或当车辆横向运动导致其到达悬挂装置限位的时候。这些瞬态运动尤其对站立的乘客造成干扰。GB/T 13441.1—2007 中的 6.3 给出了一些瞬态运动的评价指南。

注 2：当车辆以高于(或低于)轨道超高或组合超高限定的速度通过水平曲线而补偿车体倾斜时，会产生持续横向加速度。这种加速度对车厢内乘客和乘务员的行走带来特殊影响。

建筑321——标准查询下载网 www.jz321.net

7 乘客舒适度的直接测试

当需要对车辆乘坐舒适进行全面评估时，不仅需考虑运动环境，还需考虑诸如噪声、温度和湿度等因素。考虑车辆内乘客和乘务员的预期活动也同样重要。采取的一种方法是直接记录人的反应。如果具备典型的试验车辆和典型的试验导轨区段，或有合适的运动模拟器，可以使用这种方法。

这试验具有很多困难。舒适度的评估可以给出整个乘车环境的有用信息，但可能不提供清晰的识别乘坐特性的影响程度。暴露于同一乘车区段的受试者对舒适的评定会有所不同，甚至对于日复一日在同一试验区段的同一受试者而言，对舒适的评定也会有所变化。通过合理的统计设计，可以减少由于这些变化对测量可靠性和有效性带来的影响。

在对可导致运动病的运动影响进行评估时，顺序效应显得尤为复杂。已知甚低频(0.1 Hz～0.5 Hz)加速度的效应具有很强的累积作用。应采用足够数量的受试者样本以补偿受试者的不确定性影响，并使受试者暴露于足够次数的重复性试验条件中。当预测到有潜在的运动诱发运动病时，完全抵消暴露于不同乘车区段的次序影响成为关键。这对于固定导轨系统而言显然很困难，因为通常仅有两种实际的展示顺序。使用模拟器也难以产生这些平衡测试条件，因为只有很少的模拟器可以提供与运动病有关的能产生低频加速度的垂直行程。

如果使用“受试者参与”的试验方案(受试者自身控制试验)，受试者必须以不同的顺序在不同的位置参加大量试验。因为运动病的累积效应，试验宜隔 1 天或更多天进行。

宜使用受试者容易理解的相对简单量表收集受试者的反应。由于研究的重点通常是确定新的或已改造的设备是否提供与原配设备一样好的乘坐舒适性，因此需要使用两极量表。此外，通过设计有满意度水平的系统可降低系统成本。例如，为确定边际成本是否合理，系统分类人员也许需要划定非常舒适的系统和介于舒适和不舒适之间的系统。下列两极量表使用了本质上由“对振动环境的舒适反应”的单极表而来的术语，这与 GB/T 13441.1—2007 的 C.2.3 是一致的。

——非常舒适；

——舒适；

——介于舒适和不舒适之间；

——不舒适；

——非常不舒适。

试验开始之前，通过给受试者提供设定点的乘坐典型样例会提高受试者反应的一致性。通过对受试者进行严密地简要讲解正在评价的服务类型会减少一致性预期值的影响。如果期望正在评价系统内的乘客进行诸如进食、阅读或书写等活动，则在试验中宜让受试者从事这些活动。

对每一独立个体的研究，需额外考虑的一些与目的和手段有密切关系的情况，包括受试者和试验状态的数量，为提供足够的满意率所必要的对每一状态重复暴露的次数，以及暴露于每一状态的顺序和持续时间。这些问题的指南宜在试验设计的逐条详述中找到。

附 录 A
（规范性附录）
频率计权 W_b 的定义

A.1 传递函数的参数

传递函数的参数如表 A.1 所示。

表 A.1 频率计权 W_b 的传递函数参数

频带界限			频率计权							
f_1/Hz	f_2/Hz	Q_1	f_3/Hz	f_4/Hz	f_5/Hz	f_6/Hz	Q_4	Q_5	Q_6	K
0.4	100	0.71	16	16	2.5	4	0.55	0.90	0.95	0.4

A.2 传递函数

频带界限（带通滤波器）给定如下：

$$H_b(p)=\frac{p^2\cdot 4\pi^2 f_2^2}{\left(p^2+\frac{2\pi f_1}{Q_1}\cdot p+4\pi^2 f_1^2\right)\left(p^2+\frac{2\pi f_2}{Q_1}\cdot p+4\pi^2 f_2^2\right)} \quad \cdots\cdots\cdots(A.1)$$

W_b 的纯频率计权如下所示：

$$H_w(p)=\frac{(p+2\pi f_3)\left(p^2+\frac{2\pi f_5}{Q_5}\cdot p+4\pi^2 f_5^2\right)}{\left(p^2+\frac{2\pi f_4}{Q_4}\cdot p+4\pi^2 f_4^2\right)\left(p^2+\frac{2\pi f_6}{Q_6}\cdot p+4\pi^2 f_6^2\right)}\cdot\frac{2\pi K f_4^2\cdot f_6^2}{f_3\cdot f_5^2} \quad \cdots(A.2)$$

式中：

f_n ——共振频率，$n=1\sim6$；

Q_n ——选择度（共振品质因数），$n=1、4、5、6$；

K ——增益常数；

$H(p)$——滤波器的传递函数，$p=j2\pi f$。

表 A.2 给出了包括频带界限在内的 1/3 倍频程下频率计权 W_b 的值。

表 A.2 包括频带界限在内的 1/3 倍频程下的频率计权值 W_b

频带数* x	频率 f/Hz	W_b	
		因数×1 000	dB
−10	0.1	25.0	−32.04
−9	0.125	38.9	−28.20
−8	0.16	63.2	−23.90
−7	0.2	97.3	−20.23
−6	0.25	146	−16.71
−5	0.315	211	−13.51

建筑321——标准查询下载网 www.jz321.net

表 A.2（续）

频带数[a] x	频率 f/Hz	W_b	
		因数×1 000	dB
−4	0.4	282	−10.98
−3	0.5	334	−9.53
−2	0.63	367	−8.71
−1	0.8	381	−8.38
0	1	385	−8.29
1	1.25	386	−8.27
2	1.6	392	−8.07
3	2	417	−7.60
4	2.5	494	−6.13
5	3.15	662	−3.58
6	4	889	−1.02
7	5	1 025	0.21
8	6.3	1 055	0.46
9	8	1 025	0.21
10	10	974	−0.23
11	12.5	907	−0.85
12	16	810	−1.83
13	20	708	−3.00
14	25	600	−4.44
15	31.5	492	−6.16
16	40	393	−8.11
17	50	313	−10.09
18	63	239	−12.43
19	80	171	−15.34
20	100	116	−18.72
21	125	70.8	−23.00
22	160	37.3	−28.56
23	200	19.9	−34.03
24	250	10.4	−39.69
25	315	5.22	−45.65
26	400	2.56	−51.84

[a] x 为 IEC 61260 中的频带数。

附 录 B
（规范性附录）
统计分析方法

B.1 符号和缩略语

a_w： 计权加速度均方根值（r. m. s.），单位为米每二次方秒（m/s^2）；

b： 级的宽度，单位为米每二次方秒（m/s^2）；

h： 计权加速度均方根的概率；

h_c： 加速度均方根的累计概率；

i： 下脚标，代表基本数据块的数量；

m： 表征观察级的变量；

$n(m)$： m 级观察序列的数量；

n_{tot}： 观察序列总数。

B.2 统计分析方法

根据特定统计参数确定舒适度指数的数据：r. m. s. 值的平均值和较高 r. m. s. 值的特征参数（如第 95 和第 99 个百分点）。采用计权加速度信号均方根值（a_w）的直方图进行评估。

绘制某一概率 $h(m)$ 的直方图和累积概率 $h_c(m)$ 的直方图（见图 B.1 和图 B.2）：

$$h(m)=\frac{n(m)}{n_{tot}} \qquad \text{(B.1)}$$

$$h_c(m)=\sum_{i=0}^{m}h(i) \qquad \text{(B.2)}$$

式中：

m ——$a_w(m)/b$ 四舍五入后取最接近的整数值。

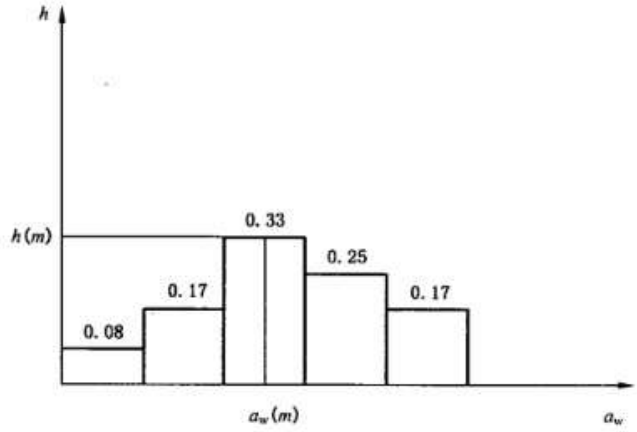
图 B.1 和图 B.2 给出了某一概率直方图和相应累积概率直方图。

$$h_c(m)=P[a_w \leqslant a_w(m)] \qquad \text{(B.3)}$$

式中：

P——概率。

建筑321——标准查询下载网 www.jz321.net



说明：

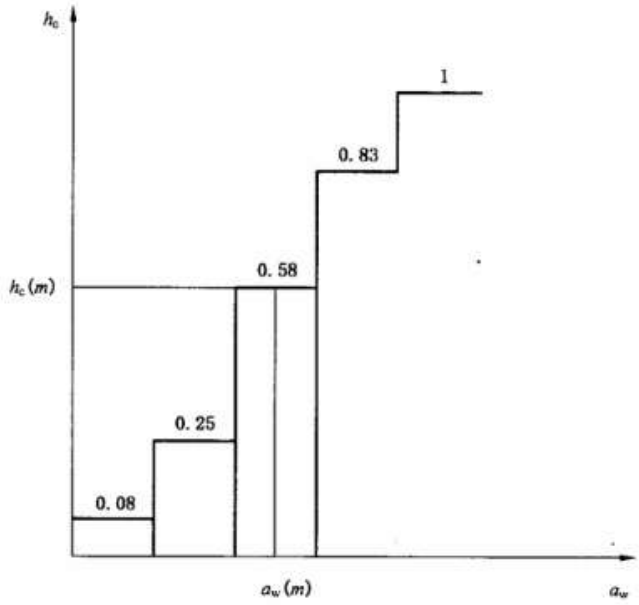
a_w ——计权均方根加速度值；

$a_w(m)$ ——m 级计权均方根加速度值；

h ——概率；

$h(m)$ ——m 级的概率。

图 B.1 概率直方图



说明：

a_w ——计权均方根加速度值；

$a_w(m)$ ——m 级计权均方根加速度值；

h_c ——累积概率；

$h_c(m)$ ——m 级累积概率。

图 B.2 累积概率直方图

参 考 文 献

[1] ISO 2631-5, *Mechanical vibration and shock—Evaluation of human exposure to whole-body vibration—Part 5: Method for evaluation of vibration containing multiple shocks*

[2] ISO 8727. Mechanical vibration and shock—Human exposure—Biodynamic coordinate systems

[3] ISO 10326-2. Mechanical vibration—Laboratory method for evaluating vehicle seat vibration—Part 2: Application to railway vehicles

[4] ENV 12299. Railway applications—Ride comfort for passengers—Measurement and evaluation

[5] CLEON, L. M. and Lauriks, G.. Evaluation of passengers Comfort in Railway Vehicles. J. Low Frequency Vibration. 15, No. 2, 1996, PP. 53-69

[6] European Rail Research Institute. Application of ISO 2631 to railway vehicles. Comfort index NMV Comparison with the ISO/SNCF comfort note and with the wz. Report No. ERRI B 153/RP 21, 1993

[7] FORSTBERG, J. Motion related comfort levels in trains: A study of human responses to different tilt control strategies for a high speed train. VTI sartryck, No. 274. 1997

[8] FORSTBERG, J. ANDERSSON, E. and LEOW, T. Influence of different conditions for till compensation on symptoms of motion sickness in tilting trains. Brain Research Bulletin, 47. No. 5, 1998. PP. 525-535

[9] FORSTBERG. J and LEDIN. T. Discomfort caused by low frequency motion: A literature survey of hypotheses and possible causes of motion sickness. VTI meddelande, No. 802A, 1996

[10] GRIFFIN, M. J. Handbook of human vibration. Academic Press. London, 1996

[11] HIGGINBOTHAM, R. Ride-quality evaluation and technology in intercity rail passenger car specifications. Transportation Research Record, 894, 1982, PP 26-29

[12] PEPLER, R. D., VALLERIE, L. L. JACOBSON. I. D, BARBER. R W. and RICHARDS. L. G. Development of Techniques and data for evaluating ride quality. Vol. Ⅱ: Ride-quality research. U. S. Department of Transportation Report No. DOT-TSC-RSPD-77-1. 1978

[13] RICHARDS, G. L. On the psychology of passenger comfort. In: Human factors in transport research. Vol. 2 Oborne&Lewis(eds.), Academic Press, London, 1980

[14] SUSSMAN, E. D., POLLARD, J. K, MENGERT, P. and DISARIO. R. Study to Establish Ride Comfort Criteria for High Speed Magnetic Levitation Transportation System. U. S. Department of Transportation Report No. DOT-VNTSC-FRA-93-14, 1993

[15] SUSSMAN. E. D and WORMLEY. D. N. Measurement and evaluation of ride quality in advanced ground transportation systems. Transportation Research Record, 894, 1982, PP 9-17

[16] WICHANSKY, A. M. The effects of the ride environment on intercity train passenger activities. Transportation Research Board Meeting, Washington. DC, 1979

建筑321—标准查询下载网 www.jz321.net

GB/T 13441.4—2012/ISO 2631-4:2001

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
机械振动与冲击
人体暴露于全身振动的评价
第4部分:振动和旋转运动对固定导轨
运输系统中的乘客及乘务员舒适影响的
评价指南
GB/T 13441.4—2012/ISO 2631-4:2001
*
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(100013)
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 1 字数 21 千字
2012年12月第一版 2012年12月第一次印刷
*
书号:155066·1-45925 定价 18.00 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 13441.4-2012

打印日期:2013年1月4日 F009A