

中华人民共和国国家标准

GB/T 21563—2018
代替 GB/T 21563—2008

轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

Railway applications—Rolling stock equipment—Shock and vibration tests

(IEC 61373:2010, MOD)

2018-06-07 发布

2019-01-01 实施

国家市场监督管理总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	III
引言	V
1 范围	1
2 规范性引用文件	2
3 术语和定义	2
4 总则	3
5 试验顺序	4
6 试验机构需要的其他信息	4
7 初始检测和预处理	7
8 功能振动试验条件	7
9 模拟长寿命振动试验条件	8
10 冲击试验条件	9
11 运输和装卸	10
12 最终检测	10
13 验收标准	10
14 试验报告	11
15 试验证书	11
16 试品处置	11
附录 A (资料性附录) 关于运行测量、测量位置、记录运行数据方法、运行数据汇总以及从所得运行数据推导随机试验量级方法的解释	18
附录 B (资料性附录) 设备在轨道机车车辆上的安装位置示意图及其试验类别	26
附录 C (资料性附录) 通过 ASD 值或量级计算 r.m.s.值的导则	27
附录 D (资料性附录) 试验证书示例	29
参考文献	30

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 21563—2008《轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验》，与 GB/T 21563—2008 相比，主要技术变化如下：

- 修改了常用的 3 种模拟长寿命振动试验方法的释义，删除了现场信息内容，适用范围增加了多轴试验、主结构的释义等(见第 1 章，2008 年版的第 1 章)；
- 增加了引用标准 GB/T 2423.57—2008 (见第 2 章)；
- 增加了术语，如随机振动、正态分布、加速度谱密度、组件和柜体等(见第 3 章)；
- 修改了在功能振动试验前制造商和用户的协议内容(见第 4 章，2008 年版的第 4 章)；
- 修改了试验顺序的相关内容，使其更加明确(见第 5 章，2008 年版的第 5 章)；
- 增加了夹具测试要求的内容，使试验方法更为合理(见 6.2)；
- 修改了被试设备固定点的相关内容(见 6.3.1，2008 年版的 6.2.1)；
- 修改了“固定点”的定义(见 6.3.2，2008 年版的 6.2.1)；
- 修改了控制点的定义，将“控制点”改为“检测点”，以便符合通用术语(见 6.3.3、6.3.4，2008 年版 6.2.2、6.2.3)；
- 修改了“1 类 B 级车体安装功能振动试验的 r.m.s. 值”(见表 1、表 A.3，2008 年版的表 1、表 A.3)；
- 修改了被试设备的安装轴向未知时的试验处理方法，以便试验更加合理(见 8.1、9.1、10.1，2008 年版的 8.1、9.1、10.1)；
- 修改了“模拟长寿命振动试验条件”，制造商和用户可根据实际情况对本标准进行裁剪使用(见第 9 章，2008 年版的第 9 章)；
- 增加了采用冲击响应谱方法完成冲击试验的内容，以便制造商和用户可根据实际情况对本标准进行裁剪使用(见 10.1)；
- 增加了在试验台能力不足的情况下重型设备冲击试验处理方法的内容(见 10.5 中表 3，注 2)；
- 修改了 1、2、3 类模拟长寿命振动试验频谱，因标准中引入了两种不同的加速度比例系数计算方法，从而得到两种不同的振动试验频谱(见图 2~图 5，2008 年版的图 1~图 4)；
- 修正了 1 类 B 级模拟长寿命振动试验的 r.m.s. 值，因 ASD 谱的频率范围由 5 Hz~150 Hz 变更为 2 Hz~150 Hz 且 1 类 B 级功能振动试验的 r.m.s. 值发生了变化(见 9.1 中表 2、图 3、A.6 中表 A.3，2008 年版的 9.1 中表 2、图 2、A.5 中表 A.3)；
- 增加了加速度比例系数计算方法，使制造商和用户可根据实际情况对本标准进行裁剪使用(见 A.5.1)；
- 增加了典型疲劳强度曲线，以便明晰加速度比例系数计算方法 II 的推导过程(见图 A.3)。

本标准使用重新起草法修改采用 IEC 61373:2010《轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验》。

本标准与 IEC 61373:2010 相比存在技术性差异，这些差异涉及的条款已通过在其外侧页边空白位置的垂直单线(|)进行了标示，具体技术性差异及其原因如下：

- 关于规范性引用文件，本标准做了具有技术性差异的调整，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 2423.43—2008 代替了 IEC 60068-2-47:2005；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 3358.1—2009 代替了 ISO 3534-1:2006；

- 增加引用了 GB/T 2423.57—2008(IEC 60068-2-81:2003, IDT)。
- 增加了机械设备或部件的适用范围；
- 修改了第 6 章的条结构,避免悬置段,后续章条号依次修改；
- 修改了文中注为正文；
- 增加了夹具测试要求的内容,使试验方法更为合理；
- 修改了“模拟长寿命振动试验条件”,使制造商和用户可根据实际情况对本标准进行裁剪使用；
- 修改了图 2~图 5 的内容,增加了按 A.5.2 中的加速度比例系数取 7.83 计算得出的试验量级,使制造商和用户可根据实际情况对本标准进行裁剪使用；
- 增加了采用冲击响应谱方法完成冲击试验的内容,以便制造商和用户可根据实际情况对本标准进行裁剪使用。

本标准做了下列编辑性修改：

- 修改了“振动和冲击”“冲击和振动”的文字描述,将其统称为“冲击和振动”；
- 增加了所有公式的编号；
- 修改了 3.2 中正态分布概率密度函数表达式的符号,用我国常用的符号代替；
- 修改了公式中的文字描述,将公式中“参考点总方均根值”“损伤”“加速度比例系数”“时间因子”的文字描述分别用符号代替；
- 修改了图 2~图 5 中表格的格式；
- 修改了附录 C 中 RMS 的表述,将 RMS 和 r.m.s.统一为“r.m.s.”；
- 修改了式(C.6)中的符号,用我国常用的符号代替；
- 增加了参考文献。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别这些专利的责任。

本标准由国家铁路局提出。

本标准由全国牵引电气设备与系统标准化技术委员会(SAC/TC 278)归口。

本标准起草单位:中车株洲电力机车研究所有限公司、中国铁道科学研究院标准计量研究所、中车青岛四方车辆研究所有限公司、中车青岛四方机车车辆股份有限公司。

本标准起草人:王鹏、刘国涛、高福来、邓爱建、何丹炉、宋瑞、王秋华。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为：

- GB/T 21563—2008。

引 言

本标准包括了安装在轨道机车车辆上的机械、气动、电气和电子设备(以下均简称为设备)或部件的冲击和随机振动试验要求。随机振动是验证设备(或部件)的唯一方法。

本标准中的试验主要用于验证被试设备在轨道机车车辆正常运行环境条件下承受振动的能力。为了使之具有代表性,本标准采用了全世界各个机构提供的现场实测数据。

本标准不适用于特殊应用场合下因自感应产生的振动。

在执行和解释本标准时,需要有工程技术方面的判断能力和经验。

本标准用于设计和验证,但不排除采用其他方式(如正弦振动)来确保机械和工作上的置信度满足预期要求。被试设备的试验量级仅取决于其在车上的安装位置(即车轴、转向架或车体安装)。

为获取随机振动激励下与设备性能有关的设计信息,可采用样机进行试验;但为验证设备,应从正常设备中抽取样品进行试验。

轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验

1 范围

本标准规定了对安装在轨道机车车辆上的设备进行冲击和随机振动试验的要求。由于轨道运行环境的影响,车上的设备将承受冲击和振动。为确保设备的运行质量,在装车前应模拟设备使用环境条件对其进行一定时间的试验。

可采用多种方法进行模拟长寿命振动试验,这些方法各有利弊,其中最常用的有:

- a) 振幅增强法:增大振幅,减少试验时间;
- b) 时间压缩法:保留原始振幅,减少试验时间(提高试验频率);
- c) 振幅抽取法:当振幅低于特定值时,剔除其在原始数据中所占的时间段。

本标准采用上述 a)所述的“振幅增强法”,与第 2 章中的引用文件一起,规定了用于轨道机车车辆上的设备进行振动试验时的默认试验步骤。但是,制造商和用户也可根据事先达成的协议采用其他标准进行试验,在此情况下,可不按本标准进行验证。若能获取有效的现场信息,则可按附录 A 的方法进行试验。若所采用的其他标准的试验量级低于本标准要求,则该设备被部分证明适合于本标准(仅当在现场条件下获取的功能振动试验量级小于或等于试验报告中的规定值时)。

本标准主要用于轨道系统上的机车车辆,也可用于其他场合。对于采用充气轮胎或无轨电车之类的其他运输系统,因冲击振动水平明显不同于轨道系统,制造商和用户应在招标时就试验量级达成协议。宜按附录 A 中的指南来确定冲击时间/幅值和振动频谱。当试验量级低于本标准时,则无法充分证明被试设备符合本标准要求。

如无轨电车,其车体安装的设备可按本标准 1 类要求进行试验。

本标准适用于单轴试验。如在事先征得制造商和用户同意后,也可进行多轴试验。

本标准仅根据设备在车上的安装位置将试验等级分为以下 3 类(参见附录 B):

——1 类车体安装:

- A 级车体上(或下部)直接安装的柜体、组件、设备和部件;
- B 级车体上(或下部)直接安装的柜体内部的组件、设备和部件。

注 1:当设备安装位置不明时,采用 B 级。

——2 类转向架安装:

- 安装在轨道机车车辆转向架上的柜体、组件、设备和部件。

——3 类车轴安装:

- 安装在轨道机车车辆轮对装置上的组件、设备和部件或总成。

注 2:对于安装在只有一系悬挂的机车车辆(如棚车和敞车)上的设备,除招标时另有协议,车轴安装设备按 3 类严酷等级进行试验,所有其他设备按 2 类严酷等级进行试验。

试验费用取决于被试设备的重量、形状和复杂程度,故在招标时制造商可提出符合本标准要求且更为经济有效的试验方法。采用商定的替代方法后,制造商有责任向用户或其代表证明该替代方法符合本标准的要求。一旦采用替代方法,则不应按本标准要求出具证书。

本标准适用于评估安装在机车车辆主结构上的设备(和/或安装在其上的部件),不适用于对主结构

的组成设备进行试验。本标准所述的主结构是指车体、转向架和车轴。在某些情况下,用户可能会要求完成一些附加或特殊试验,如:

- a) 安装或连接在已知的可能产生固定振动频率的振源上的设备。
- b) 对牵引电动机、受电弓、受电靴及设计用于传递力和(或)力矩的悬挂部件和机械零件等设备,可能要按其特殊要求进行试验以确定其能应用于轨道机车车辆上。在此情况下,所有需要进行的试验都应在招标时一一协定。
- c) 在用户指定的特殊环境下使用的设备。

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 2423.43—2008 电工电子产品环境试验 第2部分:试验方法 振动、冲击和类似动力学试验样品的安装(IEC 60068-2-47:2005, IDT)

GB/T 2423.57—2008 电工电子产品环境试验 第2-81部分:试验方法 试验Ei:冲击 冲击响应谱合成(IEC 60068-2-81:2003, IDT)

GB/T 3358.1—2009 统计学词汇及符号 第1部分:一般统计术语与用于概率的术语(ISO 3534-1:2006, IDT)

IEC 60068-2-27:2008 环境试验 第2-27部分:试验方法 试验Ea和导则:冲击(Environmental testing—Part 2-27: Tests—Test Ea and guidance: Shock)

IEC 60068-2-64:2008 环境试验 第2-64部分:试验方法 试验Fh:振动、宽带随机振动和导则(Environmental testing—Part 2-64: Tests—Test Fh: Vibration, broadband random and guidance)

3 术语和定义

GB/T 3358.1—2009 和 IEC 60068-2-64:2008 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

随机振动 random vibration

在未来任一给定时刻,其瞬时值不能精确预知的振动。

3.2

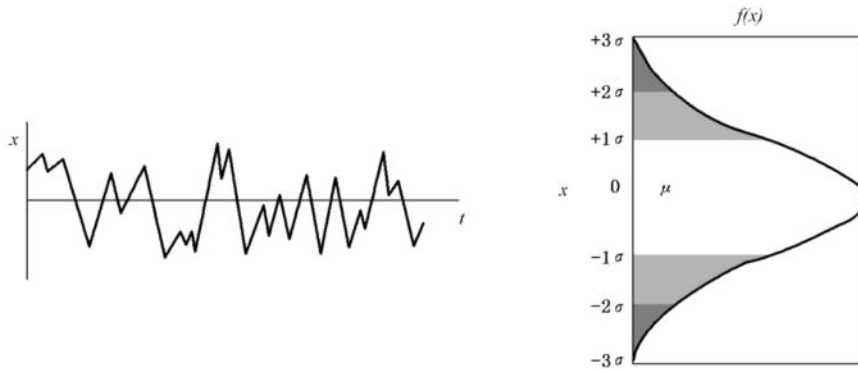
正态分布 gaussian distribution ; normal distribution

具有式(1)概率密度函数的连续分布,其中 $-\infty < x < \infty$,参数满足 $-\infty < \mu < \infty, \sigma > 0$, (见图1)。

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \dots\dots\dots(1)$$

式中:

- σ —— 标准差;
- x —— 随机变量;
- μ —— 均值。



注：根据图 1，瞬时加速度值处于 $\pm\sigma$ 之间的概率等于概率密度曲线 $f(x)$ 所围绕的面积。瞬时加速度绝对值处于：

- 1) $0\sigma\sim 1\sigma$ 之间占 68.26% 的时间；
- 2) $1\sigma\sim 2\sigma$ 之间占 27.18% 的时间；
- 3) $2\sigma\sim 3\sigma$ 之间占 4.30% 的时间。

图 1 正态分布示例

3.3

加速度谱密度 acceleration spectral density; ASD

当在带宽趋于零和平均时间趋于无穷的极限状态下，各单位带宽上通过中心频率窄带滤波器的加速度信号方均值。

3.4

组件 components

位于柜体内部的气动、电气、电子等部件。

3.5

柜体 cubicle

一个由组件装配成的完整设备，包含机械部分和特殊结构(如变流器、逆变器等)。

4 总则

本标准目的在于揭示产品的潜在缺陷(或错误)。在轨道机车车辆上已知的冲击和振动环境下工作时，这些缺陷(或错误)可能导致故障。本标准的试验不能代替全寿命试验，但在合理的置信度水平上，本试验条件可以证明设备在现场使用时具有规定的寿命。

如设备在试验后能满足第 13 章的要求，则可认为其符合本标准。

本标准中的试验量级是参照附录 A 中的方法，通过环境试验数据推导得出。该数据由负责收集运行环境振动量级的机构提供。

根据本标准，应进行以下试验：

- 功能振动试验：施加最小的试验量级，验证被试设备在轨道机车车辆上可能的环境条件下使用时能否正常工作。在试验进行前，制造商和最终用户应就功能测试的要求达成协议(见 6.4.2)。功能振动试验的要求见第 8 章。功能振动试验并非要对模拟运行条件下的全部性能进行评估。
- 模拟长寿命振动试验：证实在加速运行振动量级条件下设备机械结构的完好性。在试验时不必检查设备的功能。模拟长寿命振动试验要求见第 9 章。
- 冲击试验：模拟运行过程中的偶然事件。在试验时不必检查设备的功能，但有必要证明其工作

状态和机械结构完好性没有改变,也未出现外观变形。这些情况应在最终试验报告中明确说明。冲击试验要求见第 10 章。

5 试验顺序

可按以下顺序进行试验:

首先进行垂向、横向和纵向模拟长寿命振动试验;其次进行垂向、横向和纵向冲击试验;然后(仅当指明或协定时)进行运输和装卸试验;最后进行垂向、横向和纵向功能振动试验。

注:本标准不要求也不包括运输和装卸试验。

为提高试验效率,可调整试验顺序,以避免重复安装被试设备。调整后的试验顺序应记录在试验报告中。在模拟长寿命振动试验之前和之后,应按 6.4.3 进行性能测试。为确认被试设备在经受模拟长寿命振动试验后是否发生变化,应对其在试验过程中的传递函数进行比较。

试验大纲中应规定被试设备的取向(即参照图 A.1 的要求定义被试设备的垂向、横向和纵向)和激励方向,并记录在试验报告中。

6 试验机构需要的其他信息

6.1 概述

试验机构需要的其他一般信息见 IEC 60068-2-64:2008。

被试设备安装的一般要求见 GB/T 2423.43—2008。

6.2 被试设备的安装和取向

应按实际安装状态(包括弹性安装),直接或通过夹具将被试设备安装在试验台上。

宜在试验前对夹具进行测试,夹具测试的主要内容为:

- a) 参数设置:宜采用正弦扫频方法进行夹具测试,但也可采用随机激励或其他方法。采用正弦扫频方法和随机激励方法进行夹具测试时,其参数设置应满足以下要求:
 - 1) 正弦扫频方法参数设置:扫频速率 ≤ 1 oct/min,定加速度 $2 \text{ m/s}^2 \sim 5 \text{ m/s}^2$,扫频范围:被试设备模拟长寿命振动试验 ASD 谱的下限频率~上限频率;
 - 2) 随机激励方法参数设置:平直谱型, $\text{ASD}=0.480 9 (\text{m/s}^2)^2/\text{Hz}$,谱线数 $\geq 4 \sim 6$ 倍模拟长寿命振动试验的谱线数,统计自由度 ≥ 120 。
- b) 合格判定:在整个频率范围内,其检测点上测得的容差范围应满足以下要求:
 - 1) 对于正弦扫频方法,保持在规定振幅的 $\pm 10\%$ 以内;
 - 2) 对于随机激励方法,应用以下准则:
 - 检测点信号的 ASD 偏离规定要求不应超出:
 - 500 Hz 以下: $-1.5 \text{ dB}, +3 \text{ dB}$;
 - 500 Hz~1 000 Hz 之间: $\pm 3 \text{ dB}$ 。
 - 500 Hz~1 000 Hz 之间在最大为 100 Hz 的累计带宽上允许偏离可达到 $\pm 6 \text{ dB}$ 。

夹具在试验频率范围内应尽量避免共振,若无法避免时,应分析试验时夹具共振对被试设备性能的影响,并在试验报告中予以说明。

由于安装方式对试验结果有较大的影响,试验报告中应准确记录试验安装方式。

除非另有协议,应按被试设备的实际工作取向进行试验,试验时不应采取特殊防护措施来抵消电磁干扰、发热或其他因素对被试设备的使用和性能产生的影响。

6.3 参考点和检测点

6.3.1 概述

应在参考点和/或检测点(相对于设备的固定点而言)进行测量,以确定是否满足试验要求。

当设备的很多小零部件安装在同一夹具上时,若所安装夹具的最低共振频率高于试验的上限频率,则试验时所选用的参考点和/或检测点可能与夹具有关,而与被试设备的固定点无关。

6.3.2 固定点

固定点是被试设备以正常工作状态安装时,其与夹具或振动台面相接触的部分。

6.3.3 检测点

位于夹具、振动台或被试设备上用于信号测试的点,应尽可能靠近某个固定点并与其刚性连接。如固定点不超过 4 个,则全部作为检测点。这些点的振动量级不应低于规定的下限值。试验报告中应指明所有检测点。若设备的零部件较少、重量较轻、机械结构不太复杂,则不必采用多个检测点,但应在试验报告中明确检测点的数目和位置。

6.3.4 参考点

参考点是为证实是否满足试验要求,从采集的参考信号中选取的某个点,用以表征设备在试验中的运动情况。参考点可以是检测点或是对各检测点信号进行人工或自动处理后得出的虚拟点(即虚拟参考点)。

若随机振动试验中采用虚拟点控制,其参考信号的频谱定义为所有检测点信号的加速度功率谱密度(ASD)值在每一频率上的算术平均值。此时,参考信号的总方均根值($r.m.s._{tr}$)等于各检测点信号方均根值($r.m.s._i$)的方均根,见式(2)。

$$r.m.s._{tr} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_c} (r.m.s._i)^2}{n_c}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$r.m.s._{tr}$ ——参考点总方均根值;

n_c ——检测点的数目。

参考点的选用情况和原因应在试验报告中予以说明。对于大型、复杂设备,在试验时宜采用虚拟点进行控制。

注:确认总方均根加速度时,可采用扫描技术对检测点信号进行自动处理构成虚拟点,但未修正分析仪器的带宽、采样时间等误差时,不能用于确认 ASD 的量级。

6.3.5 测量点

测量点位于被试设备的指定位置上,用于试验时采集数据以检测被试设备的振动响应特性。测量点应在本标准规定的试验开始前选定(见第 7 章)。

6.4 试验中的机械状态和功能测试

6.4.1 机械状态

若安装在机车车辆上的被试设备长期保持的机械状态不止一种,则需选取两种机械状态进行试验,其中至少选取一种最恶劣的状态(如接触器紧固力最小的机械状态)。

当被试设备的机械状态多于一种时,其每种状态下的冲击和振动试验时间应相等,其试验量级分别

在第 8 章、第 9 章和第 10 章中予以规定。

6.4.2 功能测试

制造商应在试验开始前制定功能测试大纲并与用户达成协议。

功能测试应在功能振动试验时(见第 8 章)进行。

功能测试旨在验证设备的工作能力,仅用于表明被试设备在实际使用时能正常工作,不应与性能测试混淆。

如果功能测试有所更改,应在试验报告中详细说明。

注:除制造商和用户协商一致外,冲击试验时不进行功能测试。

6.4.3 性能测试

在试验开始前及所有试验完成后,均应进行性能测试。制造商应制定性能测试大纲,应给出允许的容差范围。

6.5 随机振动试验的可再现性

6.5.1 概述

随机振动信号在时域内不具备可重复性,在同样长的时间内,随机信号发生器无法产生两个完全相同的样本。尽管如此,仍可阐明两个随机信号的相似性,并在它们的特性曲线上给出其容差范围。应对一个随机信号进行定义,以便将来能在不同试验机构或不同被试设备上按相似的试验条件进行复现。应注意:

- a) 以下容差范围包括仪器误差,但不包括如随机(统计)误差、系统误差等其他误差;
- b) 测量数据应取自检测点或参考点。

6.5.2 加速度谱密度(ASD)

ASD 容差应小于规定 ASD 量级的 ± 3 dB(范围从 $1/2 \times \text{ASD} \sim 2 \times \text{ASD}$),见图 2~图 5 所示。起止斜率不应小于图 2~图 5 中的数值。

6.5.3 方均根值(r.m.s.)

在给定频率范围内,参考点的加速度 r.m.s.值应在图 2~图 5 中规定值的 $\pm 10\%$ 以内。

注:因试验时 ASD 谱的低频段难以控制在 ± 3 dB 范围内,此时只需将试验值记录在试验报告中。

6.5.4 概率密度函数(PDF)

除非另有说明,每个测量点处所测加速度的时间序列 PDF 应呈近似高斯分布,且波峰因数(即峰值与 r.m.s.值之比)不应小于 2.5。

注:图 6 给出了累积 PDF 的容差范围。

6.5.5 持续时间

在每个轴向上进行上述随机振动的总时间不应少于规定值(见 8.2 和 9.2)。

6.6 测量容差

振动容差应符合 IEC 60068-2-64:2008 中 4.3 的规定。

6.7 恢复

应在同等条件下(如温度)对被试设备进行初始检测和最终检测。在试验后和最终检测前应对被试

设备进行一定时间的恢复,以确保其能达到与初始检测时相同的条件。

7 初始检测和预处理

试验开始前应按 6.4.3 进行性能测试,若此类测试超出了试验机构的实际能力范围,则应由制造商完成,并提供书面证明,即证明在按本标准进行冲击和振动试验之前,被试设备符合性能测试要求。测量点的位置应由制造商确定,并清楚地注明在试验报告中。

应按制造商给出的参考点和测量点上获取的随机信号来计算传递函数。为进行检查或安装仪器而取下的盖板,在试验中应复原。

对于 1 类设备,应在第 9 章的试验条件下测得其传递函数;对于 2 类、3 类设备,应在第 8 章的试验条件下测得其传递函数。

测量的相干系数不应小于 0.9,如果无法达到,则取不少于 120 个互不重叠频谱的平均值(或 240 个统计自由度的线性平均值)。

8 功能振动试验条件

8.1 试验严酷等级和频率范围

应按表 1 中相应的 r.m.s.值和频率范围对被试设备进行试验。当被试设备 2 个或 3 个轴向的实际安装方向未知时,则均应按所未知轴向中最严酷的等级完成试验。

表 1 功能振动试验的严酷等级和频率范围

类别	取向	r.m.s.值 m/s ²	频率范围
1 类 A 级 车体安装	垂向	0.75	见图 2
	横向	0.37	
	纵向	0.50	
1 类 B 级 车体安装	垂向	1.01	见图 3
	横向	0.45	
	纵向	0.70	
2 类 转向架安装	垂向	5.40	见图 4
	横向	4.70	
	纵向	2.50	
3 类 车轴安装	垂向	38.0	见图 5
	横向	34.0	
	纵向	17.0	

注 1: 这些试验数据是附录 A 中的典型运行数据,是试验时施加在被试设备上的最小试验量级。当实测数据中包含上述功能振动试验条件时,可参照附录 A 和附录 C 中的方法和公式进行加速试验。

注 2: 实测数据通过应用附录 A 和附录 C 中的方法和公式获得的功能振动试验量级可能低于表 1 中的最小试验量级,但在事先征得制造商和用户的同意后,被试设备可按实测的较低功能振动试验量级进行试验。此时,被试设备的试验仅部分被验证符合本标准要求(仅验证其运行条件),且低于或等于标准规定的实测功能振动试验数据在试验报告中予以详细说明。

8.2 功能振动试验持续时间

功能振动试验的持续时间应足够长,以确保能完成所有的功能测试(见 6.4.2)项目。

注 1: 本试验旨在验证被试设备不受所施加的、表征实际运行情况的试验量级的影响。

注 2: 本试验持续时间不少于 10 min。

8.3 试验中的功能测试

在功能振动试验过程中,应进行与用户商定的功能测试(见 6.4.2)。

9 模拟长寿命振动试验条件

9.1 试验严酷等级和频率范围

本标准在确定模拟长寿命振动试验量级时,采用了两种加速度比例系数计算方法:

a) 参照 A.5.1 的方法求得 1 类、2 类试验的加速度比例系数为 5.66,3 类试验的加速度比例系数为 3.78;

b) 参照 A.5.2 的方法求得 1 类、2 类和 3 类试验的加速度比例系数均为 7.83。

试验前制造商和用户应协商确定采用 A.5.1 或 A.5.2 中的加速度比例系数求得的模拟长寿命振动试验量级进行试验。

当被试设备 2 个或 3 个轴向的实际安装方向未知时,则未知轴向均应按所未知轴向中最严酷的等级完成试验。

表 2 模拟长寿命振动试验严酷等级和频率范围

类别	取向	试验 5 h, r.m.s.值 m/s ²		频率范围
		加速度比例系数取 5.66 (1、2 类)或 3.78(3 类)	加速度比例系数取 7.83 (1、2、3 类)	
1 类 A 级 车体安装	垂向	4.25	5.90	见图 2
	横向	2.09	2.90	
	纵向	2.83	3.90	
1 类 B 级 车体安装	垂向	5.72	7.91	见图 3
	横向	2.55	3.51	
	纵向	3.96	5.51	
2 类 转向架安装	垂向	30.6	42.5	见图 4
	横向	26.6	37.0	
	纵向	14.2	20.0	
3 类 车轴安装	垂向	144	300	见图 5
	横向	129	270	
	纵向	64.3	135	

注: 若功能振动试验量级源于实测数据,则模拟长寿命振动试验量级也由实测功能振动试验量级参照附录 A 中的加速度比例系数计算得出。

9.2 模拟长寿命振动试验持续时间

被试设备一般应在垂向、横向、纵向 3 个轴向各自完成 5 h 的试验,其总试验时间应达到 15 h。若试验期间出现因被试设备过热(如橡胶件振动过热等)而可能对其造成影响时,则可将试验暂停一段时间,以便被试设备恢复至正常状态,但应确保该轴向的累积试验时间达到 5 h。试验暂停情况应记录在试验报告中。

注 1: 本试验过程中不必运行被试设备。

注 2: 若事先达成协议,本试验可参照附录 A 中的方法增加试验时间而减小振幅(降低试验量级),但该方法并非优先选用项,且仅限于 3 类车轴安装的设备采用。

10 冲击试验条件

10.1 脉冲波形和容差

被试设备应按 IEC 60068-2-27:2008 施加一系列持续时间为 D 、峰值为 A 的单个半正弦脉冲(D 和 A 的值见图 7)。

横向加速度不应超过 IEC 60068-2-27:2008 规定方向的标称脉冲峰值加速度的 30%,且前后冲击波形补偿系数不超过 20%。

图 7 给出了脉冲波形和容差范围。

当被试设备 2 个或 3 个轴向的实际安装方向未知时,则未知轴向均应按所未知轴向中最严酷的等级完成试验。

若制造商和用户事前达成协议,被试设备也可按现场采集的冲击信号采用 GB/T 2423.57—2008 中规定的方法所合成的冲击响应谱进行试验。试验时应明确冲击响应谱谱型、试验时域波形、单次脉冲时间及试验次数。

10.2 速度变化量

实际速度变化量不应超过图 7 所示标称脉冲相应值的 $\pm 15\%$ 。

当速度变化量取决于实际脉冲的积分时,应按图 7 的积分时间计算。

10.3 安装

被试设备应按 6.2 的要求安装到试验台上。

10.4 脉冲重复频率

为使被试设备从共振效应中恢复,两次冲击之间应相隔足够长的时间。

10.5 试验严酷等级、脉冲波形和方向

数值见表 3。

表3 试验严酷等级、脉冲波形和方向

类别	取向	峰值加速度 A m/s^2	标称持续时间 D ms
1类 A级和B级 车体安装	垂向	30	30
	横向	30	30
	纵向	50	30
2类 转向架安装	全部	300	18
3类 车轴安装	全部	1 000	6
<p>注1: 脉冲波形详见图7。</p> <p>注2: 对于重型设备,若无合适的试验台来进行冲击试验,则可在事先征得制造商和用户同意的情况下,采用降低冲击峰值加速度或采用冲击响应谱来完成试验。</p>			

10.6 冲击次数

按 IEC 60068-2-27:2008 的规定,应对被试设备施加 18 次冲击(应在垂向、横向、纵向 3 个轴向分别进行正向、反向各 3 次冲击)。应对 6.4.1 中规定的每种机械状态均重复进行试验。

10.7 试验过程中的功能测试

在试验中不必运行被试设备。但某些设备应保持其功能的完整性,除在相关产品标准中另有规定,应按制造商和用户在试验大纲中的要求进行验证。

11 运输和装卸

应符合 IEC 60068-2-27 的规定。

12 最终检测

试验完成之后,应按 6.4.3 对被试设备进行性能测试。由于测试性质的原因,此类测试可能超出了试验机构的能力范围,在此情况下,应由制造商完成,并提供书面证明,即证明在按本标准进行冲击和振动试验后,被试设备符合性能测试的要求。

应按制造商给出的参考点和测量点上获取的随机信号来计算传递函数。为进行检查或安装仪器而取下的盖板,在试验中应复原。

对于 1 类设备,应在第 9 章的试验条件下测得其传递函数;对于 2 类、3 类设备,应在第 8 章的试验条件下测得其传递函数。

测量的相干系数不应小于 0.9,若无法达到,则取不少于 120 个互不重叠频谱的平均值(或 240 个统计自由度的线性平均值)。

当传递函数或其他测量数据发生变化时,应进行分析并在试验报告中说明。

13 验收标准

所有试验完成之后,如果达到了以下要求,可为被试设备出具试验合格证书:

- a) 6.4.2 的功能在规定范围以内；
 - b) 6.4.3 的性能在规定范围以内；
 - c) 外观和机械结构没有发生变化。
- 应对试验结果进行工程判别。

14 试验报告

在试验、最终检测和功能测试全部或部分完成后, 试验机构应向用户出具完整的试验报告。报告中应说明试验过程、被试设备所受的影响, 以及下列内容:

- a) 试验过程中发生的变化, 并标明序列号或识别号。
- b) 应提供试验仪器和试验过程的详细记录。这些内容可列入试验报告中。
- c) 应按 6.2 的规定将被试设备的安装方式记录在试验报告中。
- d) 采用的试验方法和试验顺序, 试验报告中应图示说明所有的检测点和测量点的位置。
- e) 所进行的功能测试以及试验前、后测得的数据。
- f) 检测点、参考点的试验数据和按预期要求、验收标准得出的观察结果。试验报告中应包括按图 2~图 7 格式的所有检测点的图示。试验报告中还应包含容差范围, 以证明该试验在本标准容差范围之内。
- g) 应提供振动试验的功能测试数据和/或冲击试验的功能验证结果。

注: 可将已实施但超出本标准要求特殊试验列入试验报告中。

15 试验证书

试验证书应包含以下全部信息:

- 关于被试设备的说明;
- 制造商名称;
- 设备型号和出厂/更改情况;
- 设备的序列号;
- 试验报告编号;
- 报告日期;
- 产品试验大纲。

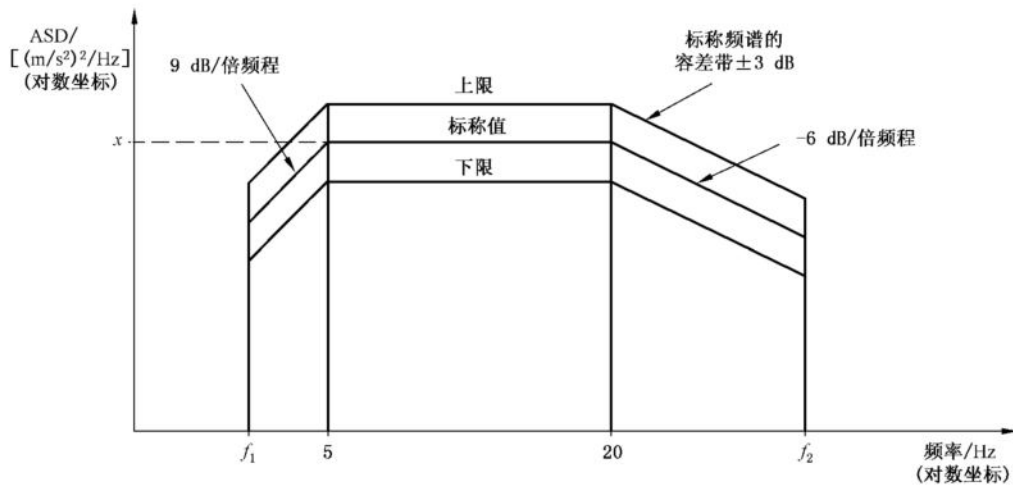
试验证书应由试验机构和制造商授权的代表签署。

注: 附录 D 列出了一个典型的试验证书。

16 试品处置

按本标准通过试验的所有设备, 制造商应给出明确的标识。

满足试验要求和验收标准的设备, 可按制造商和最终用户之间的协议确定是否投入使用。



说明：

M ——质量,单位为千克(kg);

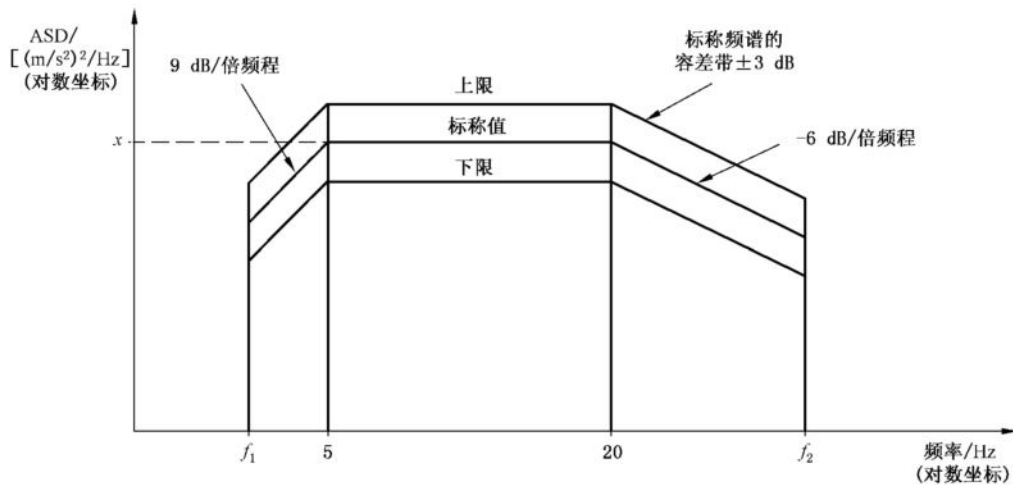
当 $M \leq 500$ kg 时, $f_1 = 5$ Hz, $f_2 = 150$ Hz;

当 500 kg $< M \leq 1\ 250$ kg 时, $f_1 = (1\ 250/M) \times 2$ Hz, $f_2 = (1\ 250/M) \times 60$ Hz;

当 $M > 1\ 250$ kg 时, $f_1 = 2$ Hz, $f_2 = 60$ Hz。

功能振动试验	垂向		横向		纵向	
ASD量级 (m/s ²) ² /Hz	0.016 6		0.004 1		0.007 3	
r.m.s.值 ^a m/s ² 2 Hz~150 Hz	0.75		0.37		0.50	
模拟长寿命 振动试验	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83
ASD量级 (m/s ²) ² /Hz	0.532	1.034	0.131	0.250	0.234	0.452
r.m.s.值 ^a m/s ² 2 Hz~150 Hz	4.25	5.90	2.09	2.90	2.83	3.90
<p>注 1: 对于试验频率高于 2 Hz 的设备,其 r.m.s.值需低于上述值。</p> <p>注 2: 对于试验频率低于 150 Hz 的设备,其 r.m.s.值需低于上述值。</p> <p>注 3: 如果 f_2 以上的频率存在,则需包括在内,通过延长-6 dB/倍频程衰减线与要求的最大频率相交可得到其幅值。此时,其 r.m.s.值将增加。</p> <p>注 4: 行李架、水箱等在轨道机车车辆运行过程中具有附加载荷的产品,在试验时需考虑产品与附加载荷的总质量(按总质量计算 f_1、f_2)。试验时附加载荷的质量宜参照产品规范或实际使用情况的统计数据给出。</p>						
^a 表示参考值。						

图 2 1类 A 级车体安装 ASD 频谱



说明：

M ——质量，单位为千克(kg)；

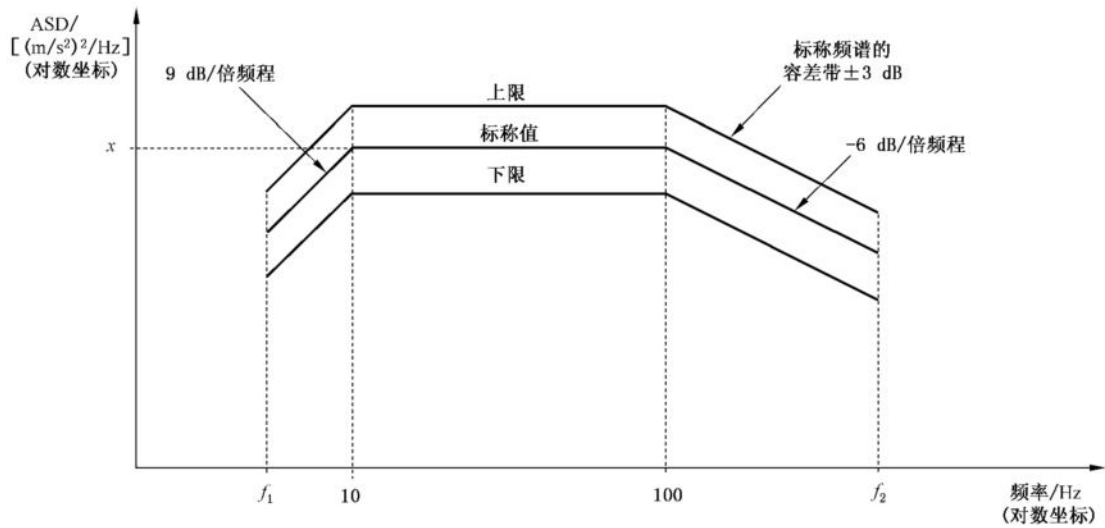
当 $M \leq 500$ kg 时， $f_1 = 5$ Hz， $f_2 = 150$ Hz；

当 500 kg $< M \leq 1\ 250$ kg 时， $f_1 = (1\ 250/M) \times 2$ Hz， $f_2 = (1\ 250/M) \times 60$ Hz；

当 $M > 1\ 250$ kg 时， $f_1 = 2$ Hz， $f_2 = 60$ Hz。

功能振动试验	垂向		横向		纵向	
ASD量级 (m/s ²) ² /Hz	0.030 1		0.006 0		0.014 4	
r.m.s.值 ^a m/s ² 2 Hz~150 Hz	1.01		0.45		0.70	
模拟长寿命 振动试验	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83
ASD量级 (m/s ²) ² /Hz	0.964	1.857	0.192	0.366	0.461	0.901
r.m.s.值 ^a m/s ² 2 Hz~150 Hz	5.72	7.91	2.55	3.51	3.96	5.51
<p>注 1：对于试验频率高于 2 Hz 的设备，其 r.m.s.值需低于上述值。</p> <p>注 2：对于试验频率低于 150 Hz 的设备，其 r.m.s.值需低于上述值。</p> <p>注 3：如果 f_2 以上的频率存在，则需包括在内，通过延长 -6 dB/倍频程衰减线与要求的最大频率相交可得到其幅值。此时，其 r.m.s.值将增加。</p> <p>注 4：行李架、水箱等在轨道机车车辆运行过程中具有附加载荷的产品，在试验时需考虑产品与附加载荷的总质量(按总质量计算 f_1、f_2)。试验时附加载荷的质量宜参照产品规范或实际使用情况的统计数据给出。</p>						
^a 表示参考值。						

图 3 1类 B级车体安装 ASD 频谱



说明：

M ——质量，单位为千克(kg)；

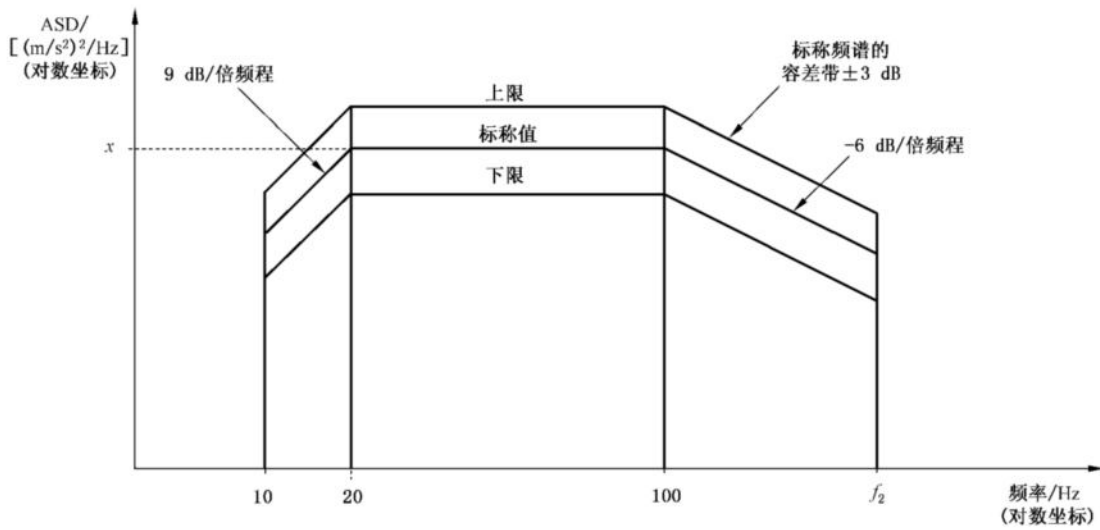
当 $M \leq 100$ kg 时， $f_1 = 5$ Hz， $f_2 = 250$ Hz；

当 100 kg $< M \leq 250$ kg 时， $f_1 = (250/M) \times 2$ Hz， $f_2 = (250/M) \times 100$ Hz；

当 $M > 250$ kg 时， $f_1 = 2$ Hz， $f_2 = 100$ Hz。

功能振动试验	垂向		横向		纵向	
ASD 量级 (m/s ²) ² /Hz	0.190		0.144		0.041 4	
r.m.s.值 ^a m/s ² 2 Hz~250 Hz	5.4		4.7		2.5	
模拟长寿命 振动试验	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83
ASD 量级 (m/s ²) ² /Hz	6.12	11.83	4.62	8.96	1.32	2.62
r.m.s.值 ^a m/s ² 2 Hz~250 Hz	30.6	42.5	26.6	37.0	14.2	20.0
<p>注 1：对于试验频率高于 2 Hz 的设备，其 r.m.s.值需低于上述值。</p> <p>注 2：对于试验频率低于 150 Hz 的设备，其 r.m.s.值需低于上述值。</p> <p>注 3：如果 f_2 以上的频率存在，则需包括在内，通过延长 -6 dB/倍频程衰减线与要求的最大频率相交可得到其幅值。此时，其 r.m.s.值将增加。</p>						
^a 表示参考值。						

图 4 2 类转向架安装 ASD 频谱



说明：

M ——质量,单位为千克(kg);

当 $M \leq 50$ kg 时, $f_2 = 500$ Hz;

当 50 kg $< M \leq 125$ kg 时, $f_2 = (125/M) \times 200$ Hz;

当 $M > 125$ kg 时, $f_2 = 200$ Hz。

功能振动试验	垂向	横向	纵向
ASD 量级 (m/s ²) ² /Hz	8.74	7.0	1.751
r.m.s.值 ^a m/s ² 10 Hz~500 Hz	38.0	34.0	17.0
模拟长寿命 振动试验	加速度比例 系数取 3.78	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 3.78
ASD 量级 (m/s ²) ² /Hz	124.9	545.2	100.2
r.m.s.值 ^a m/s ² 10 Hz~500 Hz	144.0	300.0	129.0
注 1: 对于试验频率低于 500 Hz 的设备,其 r.m.s.值需低于上述值。			
注 2: 如果 f_2 以上的频率存在,则需包括在内,通过延长-6 dB/倍频程衰减线与要求的最大频率相交可得到其幅值。此时,其 r.m.s.值将增加。			
^a 表示参考值。			

图 5 3 类车轴安装 ASD 频谱

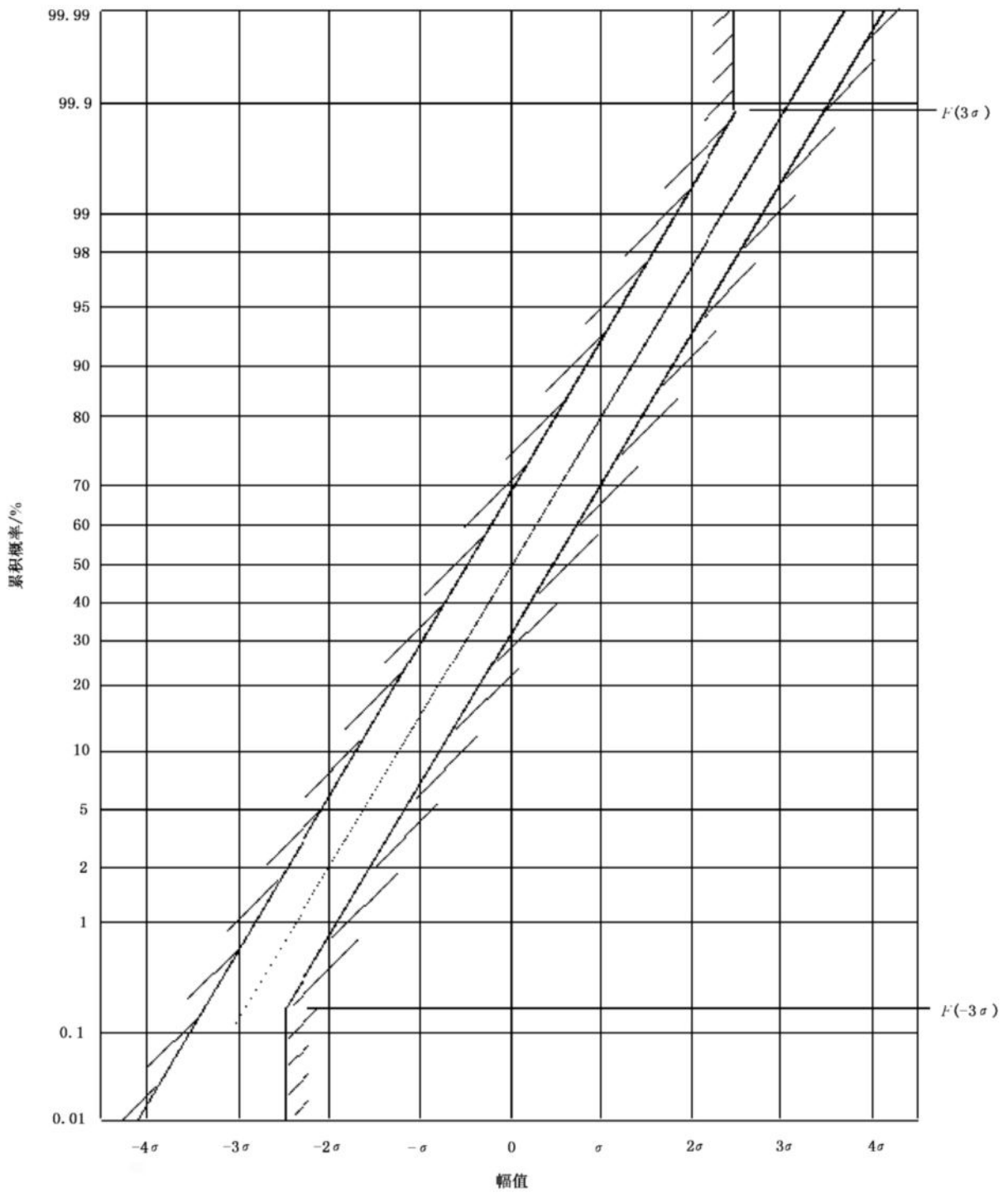
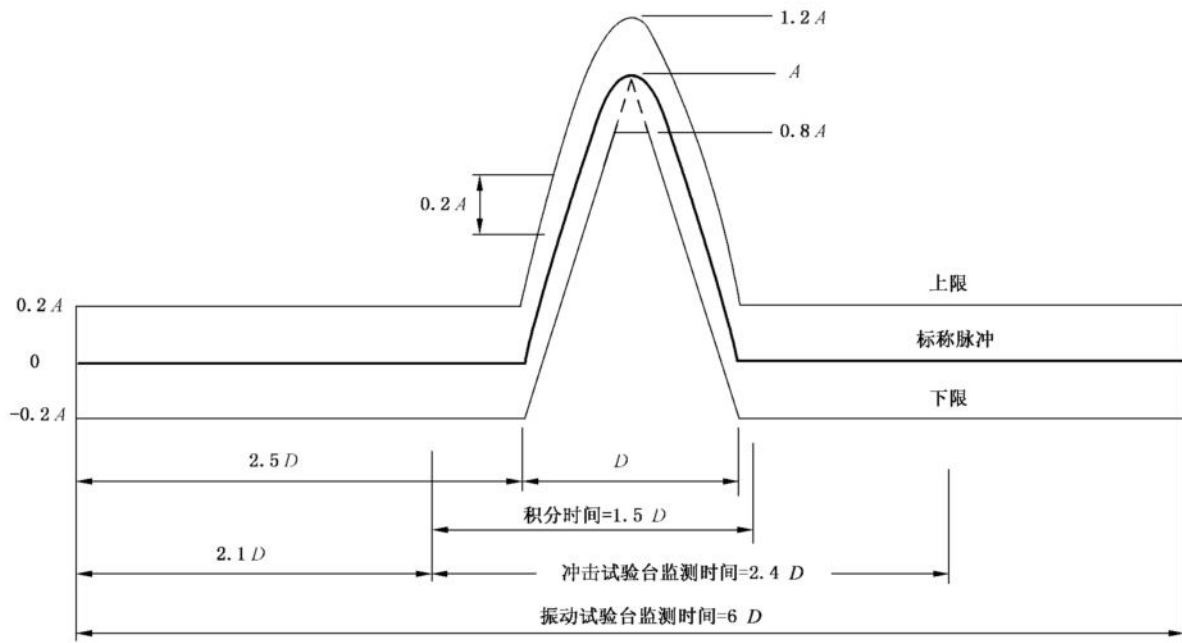


图 6 累积 PDF 容差范围



类别	取向	峰值加速度 A m/s^2	标称持续时间 D ms
1类 A级和B级 车体安装	垂向	30	30
	横向	30	30
	纵向	50	30
2类 转向架安装	全部	300	18
3类 车轴安装	全部	1 000	6

注 1: 某些特殊用途的 1 类设备可能需要额外增加峰值加速度为 $30 m/s^2$ 和标称持续时间为 $100 ms$ 的冲击试验。在此情况下, 制造商和用户需在试验前就试验量级达成一致意见。
注 2: 行李架、水箱等在轨道机车车辆运行过程中具有附加载荷的产品, 在试验时需考虑产品和附加载荷的总质量。试验时附加载荷的质量宜参照产品规范或实际使用情况的统计数据给出。

图 7 冲击试验容差范围-半正弦脉冲

附录 A

(资料性附录)

关于运行测量、测量位置、记录运行数据方法、运行数据汇总
以及从所得运行数据推导随机试验量级方法的解释

A.1 总则

轨道机车车辆的冲击和振动与车辆速度、轨道条件及其他环境因素有关。为评估轨道机车车辆上安装的设备能否正常地无故障工作一定的年限,需要有设计/试验规范。

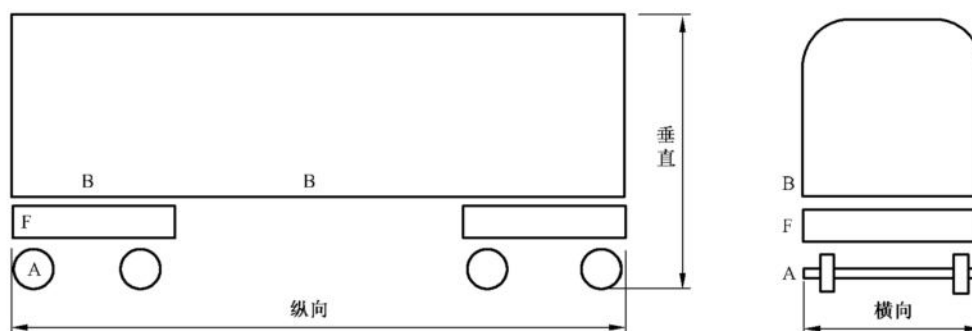
为建立符合实际的试验规范,有必要获得实测的运行数据,并根据这些数据,得到试验量级。可使用以下数据和方法:

- 对 3 种安装类别:车轴、转向架及车体,采用的标准测量位置(见 A.2);
- 通过问卷调查方法向轨道交通运营商及设备制造商获得的运行数据(见 A.3);
- 所得运行数据的汇总(见 A.4);
- 从所得运行数据推导随机试验量级的方法(见 A.5);
- 采用 A.5 的方法从运行数据计算得出的试验量级(见 A.6)。

注:当运行数据是从实际轨道机车车辆/线路上获得时,其试验量级可采用 A.5 的方法计算得出。

A.2 对 3 种安装类别:车轴、转向架及车体采用的标准测量位置

车轴、转向架及车体 3 种安装类别所采用的标准测量位置见图 A.1。



说明:

- A —— 车轴的垂向、横向和纵向测量位置;
- F —— 转向架(构架)的垂向、横向和纵向测量位置;
- B —— 车体的垂向、横向和纵向测量位置。

图 A.1 车轴、转向架(构架)及车体采用的标准测量位置

A.3 通过问卷调查从轨道交通运营商和设备制造商处获得运行数据

参照表 A.1 对每个测量位置的运行数据进行问卷调查。

表 A.1 试验参数/条件的环境数据采集问卷表

测量位置 测量方向	结果(回答)
试验参数/条件(问题)	
总则 1 测量振动级别的理由 2 轨道交通系统所处的地点 3 被测车辆的类型 4 特定试验或正常运行 5 车辆速度	
主要条件 6 天气状况[温度(°C)、相对湿度(%)、雨、雪] 7 被测车辆的轴重 8 钢轨型号(UIC 分级) 9 铁道基础(轨枕、道碴) 10 钢轨接口类型(焊接、铰接)	
附加条件 11 车轮条件、断面、圆锥度 12 轨道条件(垂向 r.m.s. 振幅) 13 用于测量的轨道长度 14 弯曲半径和数量 15 过道叉数和位置 16 其他独有事件(桥梁、隧道) 17 列车配置和总质量 18 牵引力(仅动车)	
记录 19 记录仪类型(FM、DR、PCM、DAT) 20 频率范围(下限及上限) 21 振幅范围(最大和最小)	
时域分析 22 时域分析的带宽 23 采样频率 24 样本总数或所有记录的总时间 25 最大加速度(m/s^2 , 正) 26 最小加速度(m/s^2 , 负) 27 方均根值 28 振幅分辨率 29 基于谱密度函数的 r.m.s. 值(m/s^2)	
频谱分析(车体、转向架和车轴宜采用的分析带宽分别为 150 Hz、250 Hz、500 Hz) 30 频谱分析带宽/抗混滤波器的截止频率 31 相应时间记录的采样频率 32 频率分辨率(Δf)或频率线数 33 数据采集时的样本数量(块长度) 34 低频极限 35 采集/分析时的时间窗类型及记录长度	

表 A.1 (续)

测量位置 测量方向	结果(回答)
试验参数/条件(问题)	
36 平均次数(时间记录)	
37 样本总数和重叠($0 \leq O_i < 1$)	
38 ADC 分辨率(动态范围)	
39 仪器固有的噪声级别	
40 基于 ASD 的总 r.m.s.值 (m/s^2)	
需要的图形	
41 基于频域分析的功率谱密度	
42 基于时域分析的概率密度分布	

A.4 运行数据汇总

经问卷调查得到的 r.m.s.加速度量级汇总见表 A.2。

表 A.2 经问卷调查得到的 r.m.s.加速度量级汇总

类别	最大量级 m/s^2 r.m.s.	平均量级 m/s^2 r.m.s.	标准偏差 STD	该值的次数
1 类				
车体垂向	1.24	0.49	0.26	19
车体横向	0.43	0.29	0.08	15
车体纵向	0.82	0.30	0.20	8
2 类				
转向架垂向	7.0	3.1	2.3	14
转向架横向	7.0	3.0	1.7	10
转向架纵向	4.1	1.2	1.3	9
3 类				
车轴垂向	43	24	14	19
车轴横向	39	20	14	17
车轴纵向	20	11	6	9

A.5 根据所得运行数据推导随机试验量级的方法

A.5.1 加速度比例系数计算方法 I

本标准采用增加振幅而缩短试验时间的方法(即“振幅增强法”),为进行模拟长寿命振动试验,加速度比例系数计算方法 I 中采用图 A.2 所示典型疲劳强度曲线 I,并进行以下假设:

- a) 作用于设备上的加速度与所产生的应力幅度(最大应力与最小应力之差)成正比,见式(A.1)。

$$\sigma = M \cdot A/S \dots\dots\dots(A.1)$$

式中：

- σ ——应力,单位为帕(Pa);
- M ——质量,单位为千克(kg);
- A ——加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);
- S ——截面积,单位为平方米(m^2)。

b) 损伤与应力的 m 次幂和循环次数的乘积成正比。

由假设 a)可知:基于损伤与应力幅度的正比关系可求得模拟长寿命振动试验量级,即模拟长寿命振动试验量级等于功能振动试验量级乘以加速度比例系数。

由假设 b)可知式(A.2)。

$$D = a \cdot \Delta\sigma^m \cdot N \quad \dots\dots\dots (A.2)$$

式中：

- D ——损伤;
- N ——循环次数;
- $\Delta\sigma$ ——应力幅度;
- m ——指数(典型值为 3~9);
- a ——常数。

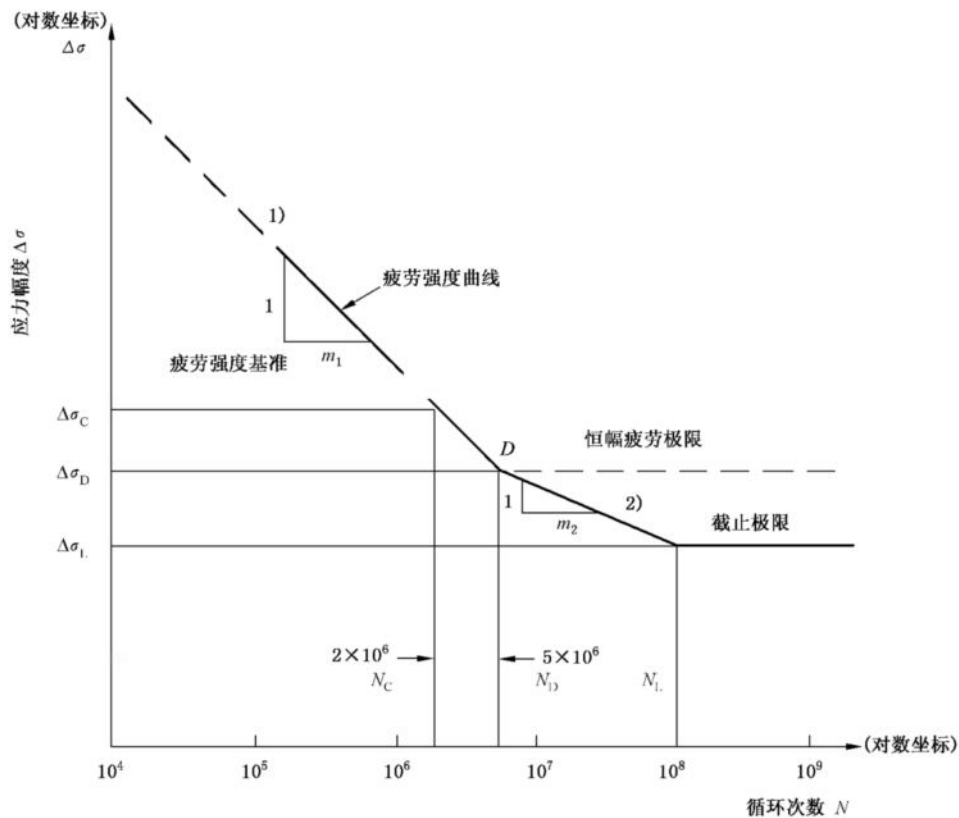


图 A.2 典型疲劳强度曲线 I

基于疲劳强度理论,由图 A.2 可知式(A.3)、式(A.4)。

当 $N \leq 5 \times 10^6$ 时:

$$\lg(N) = \lg(a) - m_1 \lg(\Delta\sigma) \quad \dots\dots\dots (A.3)$$

当 $5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6$ 时:

$$\lg(N) = \lg(b) - m_2 \lg(\Delta\sigma) \quad \dots\dots\dots (A.4)$$

式中:

$$m_2 = m_1 + 2。$$

由式(A.3)、式(A.4)可知式(A.5)、式(A.6)、式(A.7)、式(A.8)。

当 $N \leq 5 \times 10^6$ 时:

$$N = \frac{10^{\lg(a)}}{\Delta\sigma^{m_1}} \quad \dots\dots\dots (A.5)$$

当 $5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6$ 时:

$$N = \frac{10^{\lg(b)}}{\Delta\sigma^{m_2}} \quad \dots\dots\dots (A.6)$$

当 $N \leq 5 \times 10^6$ 时:

$$a_1 N \Delta\sigma^{m_1} = 1 \quad \dots\dots\dots (A.7)$$

当 $5 \times 10^6 \leq N \leq 100 \times 10^6$ 时:

$$a_2 N \Delta\sigma^{m_2} = 1 \quad \dots\dots\dots (A.8)$$

图 A.2 中,当应力幅度低于截止极限 $\Delta\sigma_L$ (循环次数 100×10^6)时,所对应的循环次数 N 趋于无穷大。即作用于设备上的应力幅度低于截止极限时将不会对其造成任何疲劳损伤。

为使设备在 5 h 的模拟长寿命振动试验时间内达到与其使用寿命周期同等的疲劳损伤等级,应增强其功能振动试验的 ASD 值。

若轨道机车车辆的使用寿命为 25 年,按 300 d/a、10 h/d 计算,则其使用寿命为 75×10^3 h 或 270×10^6 s。因功能振动试验 ASD 谱中规定的最小频率为 2 Hz(1、2 类)或 10 Hz(3 类),则在其使用寿命周期内的最少循环次数 N_s (1 类、2 类为 540×10^6 次,3 类为 $2\,700 \times 10^6$ 次)已超过循环截止极限 100×10^6 次。

因此可令:

- a) 使用寿命周期内的应力幅度($\Delta\sigma_s$): $\Delta\sigma_s = \Delta\sigma_L$;
- b) 使用寿命周期内的循环次数(N_s): $N_s = 100 \times 10^6$ 。

因每个轴向的模拟长寿命振动试验时间为 18 000 s,且功能振动试验 ASD 谱规定的最小频率为 2 Hz(1 类、2 类)或 10 Hz(3 类),则在 5 h 的模拟长寿命振动试验内的最少循环次数 N_t 为 0.036×10^6 次(1 类、2 类)或 0.18×10^6 次(3 类)。模拟长寿命振动试验时的应力幅度 $\Delta\sigma_t$ 位于图 A.2 所示疲劳强度曲线的第 1) 部分。

根据式(A.7)、式(A.8),通过功能振动试验 ASD 量级可求得模拟长寿命振动试验 ASD 量级,见式(A.9)。

$$\beta = \frac{\Delta\sigma_t}{\Delta\sigma_s} = \frac{(a_2 N_s)^{(1/m_2)}}{(a_1 N_t)^{(1/m_1)}} \quad \dots\dots\dots (A.9)$$

式中:

β ——加速度比例系数。

因恒幅疲劳极限 $\Delta\sigma_D$ 对应的循环次数为 5×10^6 次,则 a_1 和 a_2 可用式(A.10)表示。

$$a_1 = \frac{1}{N_D \Delta\sigma_D^{m_1}} = \frac{1}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_1}} \quad \dots\dots\dots (A.10)$$

$$a_2 = \frac{1}{N_D \Delta\sigma_D^{m_2}} = \frac{1}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_2}}$$

将式(A.10)代入式(A.9)可得式(A.11)。

$$\beta = \frac{\left(\frac{N_s}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_2}}\right)^{(1/m_2)}}{\left(\frac{N_t}{5 \times 10^6 \Delta\sigma_D^{m_1}}\right)^{(1/m_1)}} = \frac{(5 \times 10^6)^{(1/m_1)} N_s^{(1/m_2)}}{(5 \times 10^6)^{(1/m_2)} N_t^{(1/m_1)}} \dots\dots\dots (A.11)$$

式中：

$m_1 = 4$ (典型金属材料)。

由式(A.11)可知：

- a) 1类、2类试验的加速度比例系数为：5.66；
- b) 3类试验的加速度比例系数为：3.78。

A.5.2 加速度比例系数计算方法 II

本标准采用增加振幅而缩短试验时间的方法(即“振幅增强法”),为进行模拟长寿命振动试验,IEC 61373:1999 中给出的加速度比例系数计算方法 II 中采用图 A.3 所示典型疲劳强度曲线 II,并进行以下假设：

假设损伤正比于应力幅度的 m 次幂乘以循环次数,可得出式(A.12)。

$$D \propto \Delta\sigma^m N \dots\dots\dots (A.12)$$

式中：

D —— 损伤；

N —— 循环次数；

$\Delta\sigma$ —— 应力幅度；

m —— 指数(典型值为 3~9)。

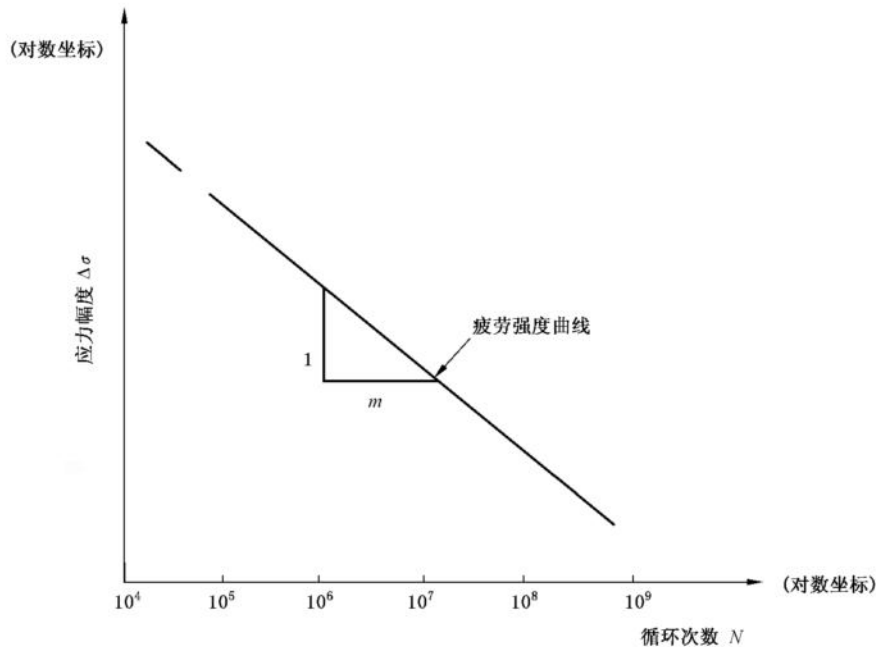


图 A.3 典型疲劳强度曲线 II

这个关系与加速度量级有关、且与运行寿命和试验时间有相同常数的假设有关,见式(A.13)。

$$T_s A_s^m = T_t A_t^m \dots\dots\dots (A.13)$$

式中：

T_s —— 运行寿命,单位为时(h)；

T_t —— 试验时间,单位为时(h);
 A_s —— 运行加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2);
 A_t —— 试验加速度,单位为米每二次方秒(m/s^2)。
 将式(A.13)转换成加速度的比例关系,得到式(A.14)。

$$\frac{A_t}{A_s} = \left(\frac{T_s}{T_t}\right)^{1/m} \dots\dots\dots (A.14)$$

设加速度比例系数(β)等于时间因子(η),得到式(A.15)。

$$\eta = \left(\frac{T_s}{T_t}\right)^{1/m} \dots\dots\dots (A.15)$$

式中:

T_s —— 25%正常寿命(正常寿命按 25 年,每年工作 300 d,每天工作 10 h 计算,从而求得运行寿命 $T_s=18\ 750$ h);

T_t —— 5 h 试验时间;

m —— 4(典型金属材料)。

则可求得 1 类、2 类和 3 类模拟长寿命振动试验的加速度比例系数 β 见式(A.16)。

$$\beta = \left(\frac{18\ 750}{5}\right)^{1/4} = 7.83 \dots\dots\dots (A.16)$$

A.5.3 采用 A.5.1 或 A.5.2 中的加速度比例系数和运行数据计算试验量级的方法

本标准依据轨道机车车辆运行环境调查数据制定,所得数据按照 r.m.s.量级和不同类别标准偏差等级编辑汇总,见表 A.2。

功能振动试验量级可由式(A.17)、式(A.18)计算。

1 类 B 级见式(A.17)。 $FRTL = AS + 2STD \dots\dots\dots (A.17)$

式中:

AS —— 平均运行量级;

STD —— 标准偏差。

所有其他类别见式(A.18)。

$$FRTL = AS + STD \dots\dots\dots (A.18)$$

模拟长寿命振动试验量级可由式(A.19)计算。

$$SLLRTL = FRTL \times \beta \dots\dots\dots (A.19)$$

式中:

FRTL —— 功能振动试验量级;

SLLRTL —— 模拟长寿命振动试验量级;

β —— 加速度比例系数,见表 A.3 所计算的试验量级。

A.6 采用 A.5 的方法从运行数据得到试验量级

采用 A.5 的方法从运行数据得到的试验量级见表 A.3。

表 A.3 采用 A.5 的方法从运行数据得到的试验量级

r.m.s.加速度量级 m/s ²						
类别	功能振动试验量级 FRTL		模拟长寿命振动试验量级 SLLRTL			
	A 级	B 级	A 级		B 级	
1 类	A 级	B 级	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83	加速度比例 系数取 5.66	加速度比例 系数取 7.83
车体垂向	0.75	1.01	4.25	5.90	5.72	7.91
车体横向	0.37	0.45	2.09	2.90	2.55	3.51
车体纵向	0.50	0.70	2.83	3.90	3.96	5.51
2 类	—		加速度比例系数取 5.66		加速度比例系数取 7.83	
转向架垂向	5.4		30.6		42.5	
转向架横向	4.7		26.6		37.0	
转向架纵向	2.5		14.2		20.0	
3 类	—		加速度比例系数取 3.78		加速度比例系数取 7.83	
车轴垂向	38		144		300	
车轴横向	34		129		270	
车轴纵向	17		64.3		135	

示例：采用 A.5 的方法计算试验量级如下：

a) 应用 A.5.1 中加速度比例系数计算方法 I 求得的试验量级。

车体安装垂向：

——AS=0.49(见表 A.2)；STD=0.26；

——FRTL=AS+STD=0.75(A 级)；

——SLLRTL=FRTL×加速度比例系数(5.66)=4.25(A 级)。

b) 应用 A.5.2 中加速度比例系数计算方法 II 求得的试验量级。

车体安装垂向：

——AS=0.49(见表 A.2)；STD=0.26；

——FRTL=AS+STD=0.75(A 级)；

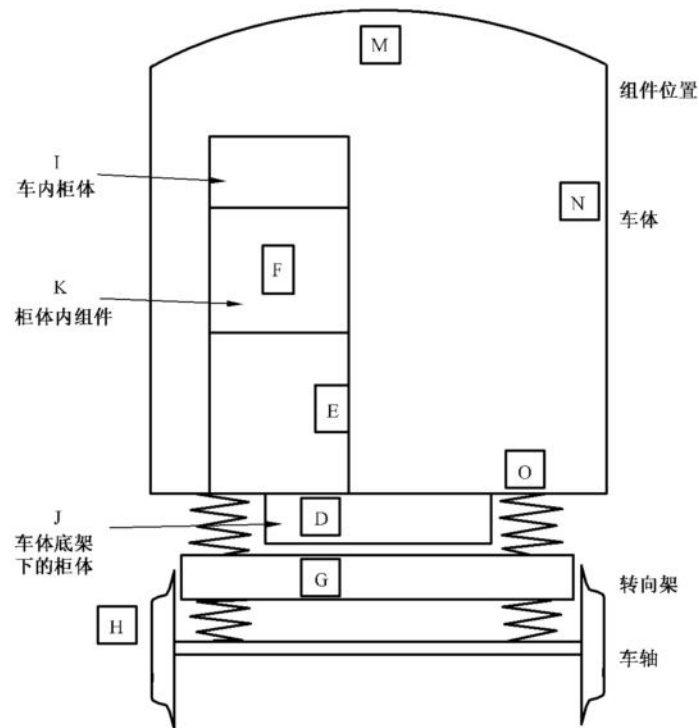
——SLLRTL=FRTL×加速度比例系数(7.83)=5.90(A 级)。

附录 B
(资料性附录)

设备在轨道机车车辆上的安装位置示意图及其试验类别

设备在轨道机车车辆上的安装位置示意图见图 B.1。

注：本分类方法不适用于一系悬挂的车辆。



类别	位置	设备安装位置说明
1类 A级	M N O I 和 J	直接安装在车体上方或车体下方的部件
1类 B级	D	安装在固定于车体底架下柜体内的部件
1类 B级	K 和 E	安装在固定于车体上的柜体内的部件
1类 B级	F	安装在固定于车体上的柜体内组件中的部件
2类	G	安装于轨道机车车辆转向架上的柜体、组件、设备及部件
3类	H	安装于轨道机车车辆轮对装置上的组件、设备及部件或总成

图 B.1 机车车辆上设备的安装位置示意图

附录 C (资料性附录)

通过 ASD 值或量级计算 r.m.s.值的导则

C.1 总则

本附录给出了通过运行数据计算功能振动试验 r.m.s.值和通过图 2~图 5 中的 ASD 量级计算功能振动试验或模拟长寿命振动试验 r.m.s.值的计算公式。

运行数据的 ASD 值 $[(m/s^2)^2/Hz]$ 在 $(f_1 - f_2)$ 频率范围内测得。

C.2 符号

符号如下所示：

ASD_i ——测量数据编号为“ i ”的 ASD 值 $[(m/s^2)^2/Hz]$

f_i ——测量数据编号为“ i ”的频率值(Hz)

C.3 通过运行数据计算功能振动试验的 r.m.s.值

假设在 A.1 中规定的标准测量位置所测得的运行数据包含“ n_1 ”个测量值： $(f_i; ASD_i)$ 。

其相应 r.m.s.测量值可通过式(C.1)计算。

$$r.m.s. = \sqrt{\sum_{i=2}^{n_1} \left[\frac{(ASD_i + ASD_{i-1}) \times (f_i - f_{i-1})}{2} \right]} \quad \dots\dots\dots (C.1)$$

通过“ n_2 ”个 r.m.s.测量值,应用式(C.2)、式(C.3)、式(C.4)和式(C.5)可计算出附录 A 中功能振动试验的 r.m.s.值。

$$AS = \frac{\sum_{i=1}^{n_2} r.m.s._i}{n_2} \quad \dots\dots\dots (C.2)$$

$$STD = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n_2} (r.m.s._i - AS)^2}{n_2}} \quad \dots\dots\dots (C.3)$$

1 类 A 级、2 类、3 类功能振动试验：

$$r.m.s. = AS + STD \quad \dots\dots\dots (C.4)$$

1 类 B 级功能振动试验：

$$r.m.s. = AS + (2 \times STD) \quad \dots\dots\dots (C.5)$$

C.4 通过图 2~图 5 中的 ASD 量级计算 r.m.s.值

功能振动试验或模拟长寿命振动试验的 r.m.s.值等于相应 ASD 谱面积的平方根(见图 C.1)。

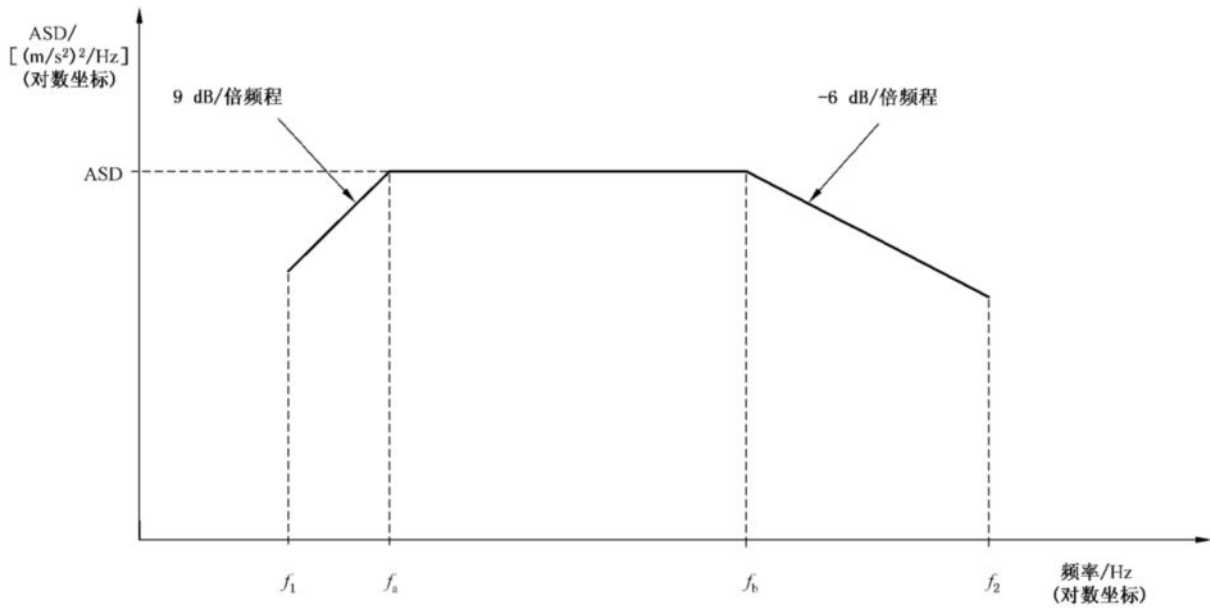


图 C.1 ASD 频谱

则 r.m.s. 值可由式 (C.6) 进行计算。

$$\text{r.m.s.} = \sqrt{\frac{\text{ASD} \times f_a^{\left(\frac{-0,9}{\lg(2)}\right)} \times \left[f_a^{\left(\frac{0,9}{\lg(2)+1}\right)} - f_1^{\left(\frac{0,9}{\lg(2)+1}\right)} \right]}{\frac{0,9}{\lg(2)} + 1} + \text{ASD}(f_b - f_a) + \frac{\text{ASD} \times f_b^{\left(\frac{0,6}{\lg(2)}\right)} \times \left[f_2^{\left(\frac{-0,6}{\lg(2)+1}\right)} - f_b^{\left(\frac{-0,6}{\lg(2)+1}\right)} \right]}{\frac{-0,6}{\lg(2)} + 1}} \dots\dots\dots (C.6)$$

附 录 D
(资料性附录)
试验证书示例

试验证书示例见表 D.1。

表 D.1 试验证书示例

下列设备已通过 GB/T 21563—2018《轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验》所要求的试验 设备说明		
设备型号	制造商名称	
.....
出厂/调整状态	生产序号	
.....
试验机构报告编号	报告日期	
.....
产品试验大纲编号：		
备注：		
1) 试验机构	职务	日期
2) 制造商	职务	日期

参 考 文 献

- [1] IEC 61373:1999 轨道交通 机车车辆设备 冲击和振动试验(Railway applications—Rolling stock equipment—Shock and vibration tests)
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
轨 道 交 通 机 车 车 辆 设 备
冲 击 和 振 动 试 验
GB/T 21563—2018

*

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.org.cn

服务热线: 400-168-0010

2018年6月第一版

*

书号: 155066 · 1-60488

版权专有 侵权必究



GB/T 21563-2018

中国标准出版社授权北京万方数据股份有限公司在中国境内(不含港澳台地区)推广使用