



中华人民共和国国家标准

GB/T 5111—2011
代替 GB/T 5111—1995

声学 轨道机车车辆发射噪声测量

Acoustics—Measurement of noise emitted by railbound vehicle

(ISO 3095:2005, Railway applications—Acoustics—Measurement
of noise emitted by railbound vehicles, MOD)

2011-12-30 发布

2012-05-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言 Ⅲ

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 2

4 测量的量 5

5 仪器 6

6 试验条件 6

7 测试方法 9

8 测试报告 11

附录 A（规范性附录） 附加测试 12

附录 B（资料性附录） 轨道粗糙度测量技术要求 14

附录 C（资料性附录） 确定钢轨粗糙度谱限值的步骤 18

附录 D（资料性附录） 包括轨道动力学在内的轨道噪声主要影响参数 22

附录 E（资料性附录） 本标准章条编号与 ISO 3095:2005 章条对照 23

附录 F（资料性附录） 本标准与 ISO 3095:2005 技术性差异及其原因 24

参考文献 25

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准修改采用 ISO 3095:2005《轨道应用 声学 轨道机车车辆发射噪声测量》。

为了方便比较,在资料性附录 E 中列出了本国家标准章条编号与 ISO 3095:2005 章条编号的对照一览表。

本标准与 ISO 3095:2005 的技术差异已编入正文,并在他们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 F 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

本标准代替 GB/T 5111—1995《声学 铁路机车车辆辐射噪声测量》。

本标准与 GB/T 5111—1995 相比,主要技术变化如下:

- 本标准与 ISO 3095:2005(E)的一致性程度为修改;前一版本采用 ISO 3095:1994(E);增加了本标准的前言;
- 在“范围”中,增加了本标准的适用范围、测量结果的应用及工程级和简易级 2 种测试试验方法;
- 增加了规范性引用文件的内容;
- 增加了“列车”、“轨道机车车辆发射噪声的型式试验”、“环境评价测量”、“粗糙度级”、“AF 计权最大声压级”、“单次事件声级”、“通过暴露声级”、“测量时间段 T 和列车通过时间 T_p ”(分别见 3.1、3.2、3.4、3.6、3.10、3.13、3.14 和 3.15)8 条术语和定义;删除了原标准中“机车车辆辐射噪声”、“铁路背景噪声”2 条术语和定义;
- 删除原标准中“4 基本技术要求”及其内容;
- 增加了关于仪器的有关规定;
- 在“测量的量”中详细规定了匀速行驶列车测量的量、定置车辆的测量量、加速或制动试验的测量量;详细规定了频率分析时的技术要求;对于觉察带有有调特性的噪声的测量要求等内容;
- 增加了“试验条件”的详细规定;
- 增加了“试验步骤”的详细规定;
- 在“测试报告”中,细化了测试报告中应包含的内容;
- 增加了附录 B~附录 F;
- 在附录 A 中,增加了站台和停车点噪声的附加测试、桥上噪声的附加测试内容。

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:中国铁道科学研究院节能环保劳卫研究所、中国科学院声学研究所、上海市环境科学研究院。

本标准主要起草人:马筠、程明昆、孙成龙、辜小安、焦大化、吕亚东、周裕德、祝文英、尹铄、彭锋、徐欣。

声学 轨道机车车辆发射噪声测量

1 范围

本标准规定了铁路机车车辆或其他各种轨道机车车辆发射噪声级和频谱的测量条件,以便获得可再现和可比较的测量结果。但不包括运行中的线路养护车辆。

本标准适用于:

- 型式试验;
- 周期性监督检查;
- 常规噪声测试;
- 环境评价测量。

结果可用于:

- 表征被测列车发射噪声特性;
- 在特殊区段内比较各类型车辆发射噪声;
- 获取列车基本声源数据。

本标准规定的测试方法为工程级(2级,准确度为 ± 2 dB)。按 GB/T 19052 的规定,工程级是作为噪声公示优先采用的等级。

加速或减速测试试验规定的方法为简易级。

注 1: 尽管本标准旨在表征车辆发射噪声,但轮轨滚动噪声对轨道噪声的贡献率常占据主要成分,某些情况下占据绝对成分;

注 2: 本标准旨在规定轨道机车车辆噪声测量条件,以便获得可再现和可比较的测量结果。所规定的方法也可用于监测一般交通噪声发射,在此情况下轨道和车辆条件不必满足本标准要求。因此这些测试结果只能代表“特定”情况。

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 3222.1—2006 声学 环境噪声的描述、测量与评价 第 1 部分:基本参量与评价方法 (ISO 1996-1:2003, IDT)

GB/T 3222.2—2009 声学 环境噪声的描述、测量与评价 第 2 部分:环境噪声级测定 (ISO 1996-2:2007, IDT)

GB/T 3240 声学测量中的常用频率 (ISO 266:1995, NEQ)

GB/T 3241—2010 电声学 倍频程和分数倍频程滤波器 (IEC 61260:1995, MOD)

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

GB/T 3785.2—2010 电声学 声级计 第 2 部分:型式评价试验 (IEC 61672-2:2003, IDT)

GB/T 3947—1996 声学名词术语

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

GB/T 27025—2008 检测和校准实验室能力的通用要求 (ISO/IEC 17025:2005, IDT)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

列车 train

运行在地面导轨运输系统上的单一或连在一起的数个机车车辆/单元。

3.2

轨道机车车辆发射噪声的型式试验 type test for noise emission of railbound vehicles

用于检验生产家交付的机车车辆是否符合噪声技术指标的测量。

型式试验 type test

3.3

轨道机车车辆噪声发射的监督检验 monitoring test for noise emission of railbound vehicles

从交货的一批机车车辆中抽取一辆或几辆来检验噪声是否达到规定的限值,或者检查机车车辆由于初期运输或改装之后噪声是否已经发生变化而进行的测量。

监督检验 monitoring test

3.4

环境评价测量 environmental assessment test

为环境评价噪声预测而收集数据所进行的测量。

3.5

粗糙度 roughness

r

在行使方向(纵向台面)上一根钢轨波状表面幅值变化的均方根值,单位为 μm 。

3.6

粗糙度级 roughness level

L_r

粗糙度级的表达式见式(1):

$$L_r = 10 \lg \left(\frac{r}{r_0} \right)^2 \dots\dots\dots (1)$$

式中:

L_r ——粗糙度级,单位为分贝(dB);

r ——粗糙度的均方根值,单位为微米(μm);

r_0 ——参考粗糙度, $r_0 = 1 \mu\text{m}$ 。

本定义适用于按 m 计算的波长谱或中心波长为 λ 的特定波段的测量值。

3.7

声压 sound pressure

$p(t)$

有声波时,媒质中的压力与静压的差值,单位为 Pa。

[GB/T 3947,定义 2.21]

3.8

声压级 sound pressure level

L_p

声压与基准声压之比的以 10 为底的对数乘以 2,单位为贝[尔],B。但通常用 dB 为单位,基准声压

必须指明。

注：基准声压为：20 μPa （空气中）。

[GB/T 3947, 定义 2.47]

3.9

A 计权声压级 A-weighted sound pressure level

L_{pA}

L_A

用 A 计权网络测得的声压级。

[GB/T 3947, 定义 13.6]

3.10

AF 计权最大声压级 AF-weighted maximum sound pressure level

L_{AFmax}

在测量时间段 T 内,用时间计权 F(快档)确定的 A 计权声压级最大值(见 GB/T 3785.1—2010),单位为 dB。

3.11

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

$L_{Aeq,T}$

在规定的时间内,某一连续稳态声的 A 计权声压,具有与时变的噪声相同的均方 A 计权声压,则这一连续稳态声的声级就是此时变噪声的等效声级,单位为 dB。

注 1: 等效声级的表达式见式(2):

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$L_{Aeq,T}$ ——等效声级,单位为分贝(dB);

$t_2 - t_1$ ——规定的时间段,单位为秒(s);

$p_A(t)$ ——噪声瞬时 A 计权声压,单位为帕(Pa);

p_0 ——基准声压, $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ 。

注 2: 当 A 计权声压用 A 声级 L_{pA} (dB) 表示时,则如式(3)所示:

$$L_{Aeq,T} = 10 \lg \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0.1 L_{pA}} dt \right) \quad \dots\dots\dots (3)$$

[GB/T 3947, 定义 13.7]

注 3: $L_{Aeq,T}$ 通常简化为 L_{eq} 。

3.12

通过时段内等效连续 A 计权声压级 equivalent continuous A-weighted sound pressure level on the pass-by time

L_{Aeq,T_p}

L_{Aeq,T_p} 用式(4)表示:

$$L_{Aeq,T_p} = 10 \lg \left[\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中:

L_{Aeq,T_p} ——通过时段内的等效连续 A 计权声压级,单位为分贝(dB);

T_p ——测量经过的时间段, $T_p = t_2 - t_1$, 表示始于 T_1 终于 T_2 , 单位为秒(s);

$p_A(t)$ ——噪声瞬时 A 计权声压,单位为帕(Pa);

p_0 ——基准声压, $p_0 = 20 \mu\text{Pa}$ 。

3.13

单次事件声级 single event sound level

SEL

在 T 时间段内测量并用 $T_0=1\text{ s}$ 归一化的单一事件的 A 声级。时间段 T 应包含与该事件有关的所有声能,即至少要考虑在 L_{pA} 较低值低 10 dB 点的声能,SEL 用式(5)表示:

$$\text{SEL} = 10 \lg \left(\frac{1}{T_0} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right) \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

SEL ——A 计权暴露声级,单位为分贝(dB);

T_0 ——基准时间, $T_0=1\text{ s}$;

T ——测量时间段,单位为秒(s);

$p_A(t)$ ——瞬时 A 声压,单位为帕(Pa);

p_0 ——基准声压, $p_0=20\text{ }\mu\text{Pa}$ 。

SEL 与 $L_{Aeq,T}$ 符合式(6)所示关系:

$$\text{SEL} = L_{Aeq,T} + 10 \lg_{10} \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad \dots\dots\dots (6)$$

3.14

通过暴露声级 transit exposure level

TEL

在时间段 T 内测试并归一化至 T_p 的单次列车通过的 A 计权声级。时间段 T 应足够长以包括所有与该事件相关的声能量,即至少要考虑在 T_p 时间段内 L_{pA} 较低值低 10 dB 点的声能。TEL 用式(7)表示:

$$\text{TEL} = 10 \lg \left[\frac{1}{T_p} \int_0^T \frac{p_A^2(t)}{p_0^2} dt \right] \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

TEL ——列车通过暴露声级,单位为分贝(dB);

T ——测量的时间段,单位为秒(s);

T_p ——列车通过的时间,即整车长除以车速,单位为秒(s);

$p_A(t)$ ——瞬时 A 计权声压,单位为帕(Pa);

p_0 ——基准声压, $p_0=20\text{ }\mu\text{Pa}$ 。

通过暴露声级 TEL 与单次事件级 SEL 和等效连续 A 计权声压级的关系用方程表示,见式(8)和式(9):

$$\text{TEL} = \text{SEL} + 10 \lg \left(\frac{T_0}{T_p} \right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\text{TEL} = L_{Aeq,T} + 10 \lg \left(\frac{T}{T_p} \right) \quad \dots\dots\dots (9)$$

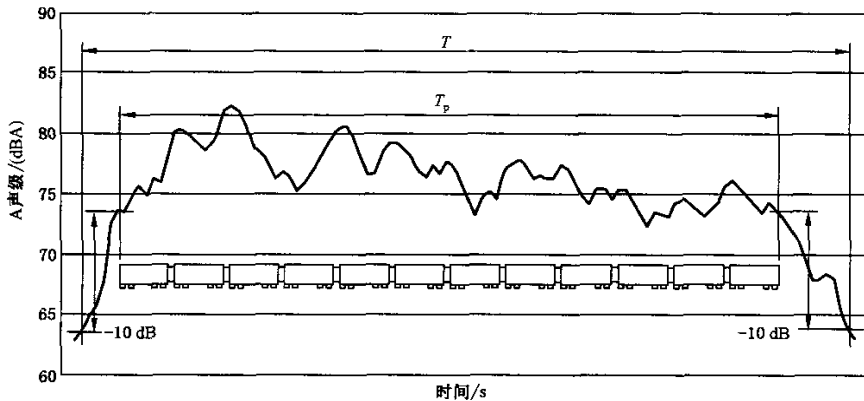
式中:

T_0 ——基准时间, $T_0=1\text{ s}$ 。

3.15

测量时间段 T 和列车通过时间 T_p measurement time interval T and train pass-by time T_p

当 A 计权声压级比列车前端正对传声器位置时的值低 10 dB 开始测量,当 A 计权声压级比列车后端通过传声器位置时的值低 10 dB 结束测量。此段时间即为测量时间段 T ,如图 1 所示。

图 1 测量某一列车测量时间 T 的选取

注：由于无法从声压级与时间的相对关系中导出 T_p ，该案例说明需用单独设备测量列车通过时间。

当测量一列车中的某一节或几节车厢时，则车辆前端正对传声器开始到车辆后端正对传声器结束的测量时间段 T 即为受试列车的某一节或几节车厢的通过时间 T_p 。

当测量无动力装置的车辆时，测量时间段 T 为被测第一节车厢中部到最后第一节被测车厢中部通过传声器的时间。图 2 给出了测量时间段 T 或单个无动力车厢的测量。同时，图 2 还给出了列车通过时，其 A 声级 L_{pA} 随时间的变化历程。

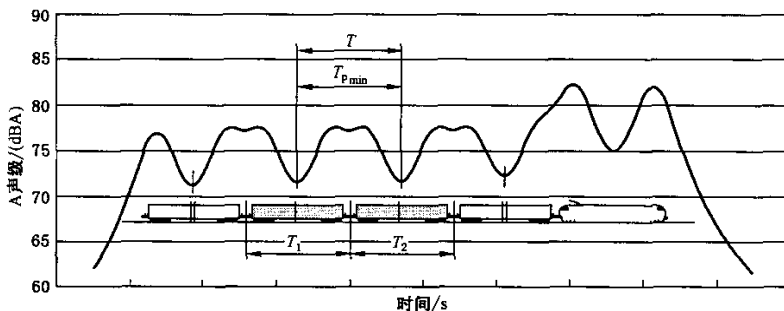


图 2 对列车部分车厢测量时，其测量时间的选取

3. 16

具有脉冲特性的噪声 noise with impulsive character

包含一个孤立事件或一系列这种事件的噪声。如果 $L_{Aeq,T}$ 和 $L_{Aeq,T}$ 之差大于 3 dB，则通常认为具有脉冲特性。

3. 17

具有调特性的噪声 noise with tonal character

含有可听到的有调声的噪声。

4 测量的量

4.1 概述：

所有传声器位置处需要测量的量详述如下。

4.2 匀速行驶列车测量的量为:

- a) 对于整列车(包含单节车厢的列车),视情况可测量通过列车的通过暴露声级 TEL 或等效连续 A 计权声级 $L_{Aeq,Tp}$;
- b) 对于列车中的部分车厢,测量通过时段内的等效连续 A 计权声级,用 $L_{Aeq,T}$ 表示。

4.3 定置车辆的测量量为等效连续 A 计权声级 $L_{Aeq,T}$ 。

4.4 对于加速或制动试验的测量量应为采用时间计权为 F 的 A 计权最大声压级 L_{AFmax} 。

4.5 如需要频谱分析,至少应使用符合 GB/T 3240 要求的 1/3 倍频带,典型的频率范围是 31.5 Hz~8 kHz,重要的是,选择较低频率限值以保证最窄带宽与信号持续时间的乘积超过 1。

4.6 如果觉察带有有调特性的噪声,根据 4.5 的要求,建议在每个传声器位置上进行频谱分析测量。

对于具有有调特性的列车噪声,其测量方法可参照 GB/T 3222.2—2009 中的有关规定进行。

4.7 测量定置车辆时,如存在可疑的脉冲特性噪声,建议对每个位置的传声器做两个测量,一个用时间计权 S(慢档);另外一个采用时间计权 I(脉冲档)[见 GB/T 3785.1—2010]。

对于具有脉冲特性的列车噪声,其测量方法可参照 GB/T 3222.1—2006 中的有关规定进行。

4.8 在附录 A 中描述了定置车辆、站台、停靠点和桥上的附加测量。

5 仪器

包括传声器、电缆和录音设备在内的仪器系统,应符合 GB/T 3785.1—2010 中 1 级设备的技术要求。

在自由场中传声器应具有平直的频率响应。

1/3 倍频程滤波器应满足 GB/T 3241 中的 1 级仪器的要求。

还要使用适宜的风罩。

每次测量前后(在一系列测量前后),应使用满足 GB/T 15173—2010 标准的 1 级声校准器进行校准,以证实所有有关的频率范围内的某个或多个频率上全部测量系统的校准。如果两次校准之差大于 0.5 dB,则测量结果无效。

符合 GB/T 15173—2010 要求的校准器至少每年检定一次。符合 GB/T 3785.1—2010 和 GB/T 3785.2—2010 要求的仪器系统至少每年检定一次。

应记录最后一次按照 GB/T 15173—2010 进行检定的日期。

6 试验条件

6.1 与必要条件的偏差

每次试验规定的条件应尽可能保持一致。允许与规定的测试条件有稍许偏差,但应在试验报告中加以说明,并通常会降低再现性。

6.2 试验环境

6.2.1 声学环境

试验场地宜符合自由声传播条件,地面要尽量平坦,相对于钢轨顶面高度应在 0 m~1 m。

列车两侧的传声器测点周围,至少 3 倍于测量距离为半径的区域内不应有大的反射物体,如障碍物、山丘、岩石、桥梁或建筑物。

传声器附近不应有干扰声场的障碍物。传声器与声源中间不能有人,观测者应处于不影响声压级测量的位置。

在车辆与传声器中间不应有积水,并应尽可能没有吸声物体(如雪、高的植物,其他轨道)或反射覆盖物(如水、冰),应在试验报告中对地面覆盖物进行描述。

注:试验场地是否合适,可以通过能够产生宽带噪声的小声源进行检查。如果假设存在自由场,则距离加倍,声级衰减约 6 dB。

6.2.2 气象条件

传声器高度处的风速应小于 5 m/s,且无降雨降雪。试验报告中应描述测量时的温度、湿度、气压、风速和风向(尽可能给出测量数据)。

6.2.3 背景声压级

应注意确保其他声源的噪声(如其他车辆或工厂以及风噪声)不会对测量造成明显的影响。

对于型式试验,A 计权背景声压级至少应比有背景噪声存在情况下所测的被检车辆发出的噪声低 10 dB。频谱分析时,各频带的差值也应符合上述要求。

对于监督检验,上述之差至少应为 5 dB,如差值小于 10 dB,测量结果应按表 1 进行修正。

表 1 监督检验时背景噪声修正值 单位为分贝

被检车辆 A 计权声压级与 A 计权背景声压级差值	有背景噪声存在时测量车辆噪声所获得的 A 计权声压级的修正值
≥ 10	0
6~9	-1
5	-2

6.3 传声器位置

6.3.1 一般要求

传声器轴线应始终处于水平位且垂直指向轨道。可用的标准传声器位置见图 3。并不一定需在所有位置上都进行测量,但应按这个规定选择一个或一个以上的传声器位置。传声器应置于轨道轴线两侧 7.5 m、距轨顶面以上 1.2 m±0.2 m 和距轨道轴线两侧 25 m、距轨顶面以上 3.5 m±0.2 m。试验时,如在被测车辆上部有重要的声源(如排气管或受电弓),应在距轨道中心线两侧 7.5 m、距轨顶面以上 3.5 m±0.2 m 处附加另外的传声器。

单位为米

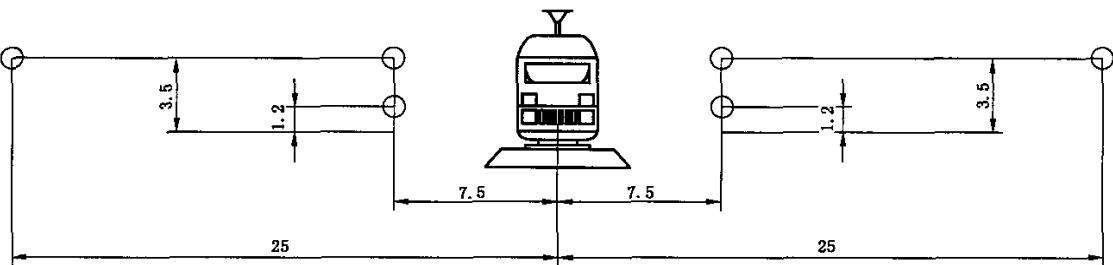


图 3 用于测量匀速列车的侧面传声器位置

6.3.2 定置车辆的测量

传声器应置于距轨道中心线 7.5 m、距轨顶面以上 $1.2\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ 处,并朝向车辆的中部。

6.3.3 匀速行驶列车的测量

除注明需要双侧进行测量的型式试验(如列车噪声声源分布不对称)以外,不需要同时在双侧测量。

6.3.4 列车从停止状态加速或减速时的测量

列车从停止到加速和减速试验,传声器侧向与垂向位置与 6.3.1 所述一致,仅需距轨道轴线两侧 7.5 m 的位置。

传声器的数量和距列车行进方向多远的位置,均与列车类型有关,即在列车开始加速或制动时,在其前方距离多远放置传声器。

如果车辆转向架中心间的距离为 L ,则传声器组应置于:

- a) 在单一动力机车单元加速情况下,在列车前方 20 m 处放置一组传声器;
- b) 对于动力分散型列车在加速情况下或其他任何类型的车辆减速时,设置 2 组传声器,一组在车的前方,另一组在车头前 $L/2$ 处。

当被测单元的尾部通过最后一组传声器 20 m 后,即应停止测量。对于加速试验,当动力单元尾部通过最后一组传声器 20 m 后,或其速度超过 30 km/h 时,均应停止测量。

6.4 机车车辆条件

6.4.1 一般要求

车辆应处于正常运行工作状态。对匀速试验,在正常运营的轨道上其车轮至少应在正常工况条件下行驶过 3 000 km(对轨道电车或地铁至少应 1 000 km);对于带有踏面制动和盘形制动的车辆,应处于磨合条件(试车状态下滑块和踏面处于充分磨合状态)。车轮踏面尽可能不出现异常,如变扁平。

在测量拖车时,应确保测量不受列车其他部分(如与被测车辆相邻的动车)噪声的影响。

6.4.2 负载或运行条件

车辆除乘务员外,不能载物或载人。动力单元(如机车)应是正常工况下的负载。

6.4.3 门、窗和辅助设备

测量期间,车辆的门、窗应始终关闭。

试验期间,正常运转的试验车辆上的辅助设备应处于工作状态。但是,如果附属设施的噪声很少出现,且时间很短(小于工作时间的 2%),并对来自其他声源的声压级的影响小于 5 dB,则测量时可不予考虑。

应在试验报告中描述辅助设备在试验过程中的状态。

6.5 线路条件

6.5.1 一般要求

应在铺有碎石道床和木枕或钢筋混凝土轨枕或列车常用的轨道上进行常规车辆的测量。轨道应干燥、无冻结。应在特定铁路区段上采用通用的钢轨断面和轨枕设计进行上述试验,如果其他轨道设计与被测运行车辆形成一体,则也宜纳入试验。

轨道应保养良好,线路坡度最大不应超过 3‰,轨道曲线半径 r 为:

- a) $r \geq 1\,000\text{ m}$, 车速 $v \leq 70\text{ km/h}$;
- b) $r \geq 3\,000\text{ m}$, 车速 $70\text{ km/h} < v \leq 120\text{ km/h}$;
- c) $r \geq 5\,000\text{ m}$, 车速 $v > 120\text{ km/h}$ 。

测量区段的钢轨应为连续焊接钢轨,钢轨表面无明显缺陷,诸如由钢轨和车轮间外来物挤压引起的烧损、凹凸等,不宜有焊缝或松动的枕木造成的可听撞击噪声的影响。

注:车辆产生的噪声受轨头表面粗糙度及轨道动力学特性的影响,按照本标准测量章节内容可以进行轨道粗糙度的测量,但轨道动力学特性仍处于研究阶段(见附录 C)。

6.5.2 钢轨粗糙度

当整个测试区段的 1/3 倍频带粗糙度级满足附录 B 的要求时,应认为此轨道条件满足型式试验要求。

6.5.3 特殊情况

对于非常规的机车车辆测试,与 6.5.1 一般要求有区别的线路条件,应在报告中对轨道结构加以说明。

7 测试方法

7.1 一般要求

7.1.1 在每个传声器位置测量第 4 章规定的应测量的量和相关的时间间隔 T 。列车通过时间 T_p 需用单独的装置测量,如光栅板或车轮探测器。

7.1.2 型式试验:在每一个测量条件下对于每一个传声器位置,都应至少进行 3 次测试,取这组测量数据的算术平均值作试验结果,按修约规则取整数分贝值。如果相同测量条件下该组读数之最大差值超过 3 dB,则应重新进行测量。

对于监督检验,一次测量即可。

对于常规噪声测试和环境评价测量,在每一个测量条件下对于每一个传声器位置,都应至少进行 2 次测试,取这组测量数据的算术平均值作试验结果,按修约规则取整数分贝值。如果相同测量条件下该组读数之最大差值超过 3 dB,有条件时则重新进行测量。

7.1.3 若在车辆两侧所测声压级不同,则将较高声级值作为测量结果。

7.1.4 测量单一拖车时,至少应在动车后面有一节声学性能相近的车辆,其后至少跟随 2 节被拖车,并至少有 1 节声学性能相近的车辆。

7.1.5 试验期间,所有车辆的辅助设备都应处于正常负荷状态。

7.2 匀速车辆的测量

7.2.1 推荐的试验车速为 20 km/h, 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h, 100 km/h, 120 km/h, 140 km/h, 160 km/h, 200 km/h, 250 km/h, 300 km/h, 320 km/h 和 350 km/h。

下列三种情况的应用:

- a) 列车最高速度 $v_{\max} \geq 200\text{ km/h}$ 的型式试验:应在 $v=160\text{ km/h}$ 和 v_{\max} , 或者对应的推荐测试速度中最高速度条件下进行测试;有条件时,宜在 $v=80\text{ km/h}$ 情况下测试;
- b) $80\text{ km/h} < v_{\max} < 200\text{ km/h}$ 列车的型式试验:应在 $v=80\text{ km/h}$ 和 v_{\max} , 或者对应的推荐测试速度中最高速度条件下进行测试;
- c) 列车最高速度 $v_{\max} \leq 80\text{ km/h}$ 的型式试验:应在 $v=40\text{ km/h}$ 和 v_{\max} 条件下进行测试。

宜在推荐的一个或一个以上的速度中进行附加试验。

周期性监督检验应在推荐测试速度下进行,除非得到车辆所有者及规定测量方案的职能部门的授权。

对常规噪声测试和环境评价测量的试验车速,可采用推荐的测试速度。

在测量区段,受试车辆选定的车速误差不超过 $\pm 5\%$,用测量精度优于 3% 的测速仪测量车速,也可使用列车速度表,用测量精度优于 3% 的校准器进行校准。

7.2.2 测量列车的一部分拖车时,应使用单独的装置测量被测拖车的通过时间,如可使用光栅板或车轮探测器。

测量时间间隔 T 的定义为第一节被测车辆的中部通过传声器位置开始到最后一节被测车辆中部通过传声器位置为止。

7.2.3 整车的测量参数为 $L_{Aeq,Tp}$ 和 TEL ,对单节车辆为 $L_{Aeq,Tp}$ 。

7.3 从定置状态到加速过程的列车测量

应在最大牵引力且车轮不打滑情况下进行测试;如果被测列车不是固定编组,则应详细给出荷载。这应是典型的正常工作状况。

适用于两种情形:

- a) 动力集中的列车:应从停止加速到 30 km/h ,测量时间间隔 T 应起始于动力机车车头距传声器 20 m 处,终止于列车车尾通过传声器后 20 m 。牵引机组应在列车头部。在测试报告中应记录运行条件,测量的量为 AF 计权最大声压级 L_{AFmax} ;
- b) 动力分散的列车:列车应从定置加速到 30 km/h ,然后保持匀速。测量时间段 T 应始于列车车头距前方第一组传声器 20 m 处,终于列车尾部动力单元通过第二组传声器 20 m 之后。测量的量 AF 计权最大声压级 L_{AFmax} 。

7.4 减速车辆的测量

列车应以 30 km/h 的速度匀速行驶;当被测车辆头部通过第一个传声器位置时开始按标准停车情况制动。

测量时间间隔 T 起始于被测车辆距离第一个传声器位置 20 m 处,终止于列车停止。测量的量为 AF 计权最大声压级 L_{AFmax} 。

制动过程宜按照车辆生产厂家规定的方式进行,包括可预见到的制动系统的排气。

7.5 定置车辆的测量

对于定置车辆,每个测点不需要进行 3 次连续的测量。

定置车辆的测量时间间隔 T 不应小于 20 s 。除非噪声源的最大值不能保持 20 s ,此时测量时间间隔 T 可以减少到 5 s 。这种情况应在测试报告中详细说明并证明有充足的理由。

适用于以下情况:

- a) 客车、货车和电力机车:包括相关的主牵引设施在内的所有在停止状态下能启动的所有装置都应处于工作状态,辅助设备应在在最大负载下工作。
- b) 带有内燃机的动力单元:
 - 1) 发动机带动辅助设备空转;冷却风扇在最小转速,辅助设备最小负载,可能情况下压缩机不工作;
 - 2) 由发动机带动辅助设备空转,冷却风扇转速足以维持稳定的发动机温度,辅助设备按正常负荷工作,压缩机工作;
 - 3) 如果要求发动机以可能的最大速度(由调速器给定)无负载运行,则风扇以最大转速运转,并尽可能让辅助设备按正常负荷工作,压缩机运行。

- c) 涡轮或其他发动机的动力单元:可按相当于上述情况下进行测量。应在报告中说明工作条件。

8 测试报告

测试报告要包含对本标准的引用和涉及的所有相关细节:

- a) 测试类别、日期、地点、进行测试的单位名称及地址(参见 GB/T 27025—2008);
- b) 测试场所、几何图形(沿轨道的剖面 and 位置)、植被、轨道类型(包括轨枕、轨垫、扣件和钢轨几何形状、类型及性能);对型式试验,必要的话,包括钢轨粗糙度;
- c) 具有最近送检日期的测量设备和传声器型号;
- d) 背景声压级;
- e) 车辆和序号,牵引系统和测试期间的车速;对代表某一批特定车辆的被测车辆的描述;
- f) 测试期间的运行状况;
- g) 辅助设备及其工况;
- h) 传声器位置;
- i) 第 4 章中描述的测量参数,对应的 T 和 T_p ;
- j) 是否有脉冲噪声或有调噪声;
- k) 车辆的荷载;
- l) 气象条件:环境温度、湿度、气压、风速及风向;
- m) 任何其他有用的信息。

附 录 A
(规范性附录)
附加测试

A.1 定置机车车辆的附加测试

传声器应置于距轨道中心线 7.5 m、钢轨顶面 $1.2\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ 处并朝向车辆中部。

如果被测车辆较高部位有重要声源(如动力单元),则可在距轨顶面 $3.5\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ 处放置第二个传声器。

传声器与车辆外侧之间的距离为 x ,传声器应按照图 A.1 所示围绕着车辆周线保持 x 的距离。如果可能,平行于车辆外侧的传声器间距 a 应在 $3\text{ m} \sim 5\text{ m}$ 间,以保证车辆两侧都能有 3 处传声器位置。当车身长度超过 20 m 时,除车辆前、后 6 处传声器位置外,平行于车辆两侧的传声器位置将超过 6 处。

传声器位置应包括司机室和动力单元横向轴线位置。

传声器轴向应垂直指向车辆的周线(见图 A.1)。

单位为米

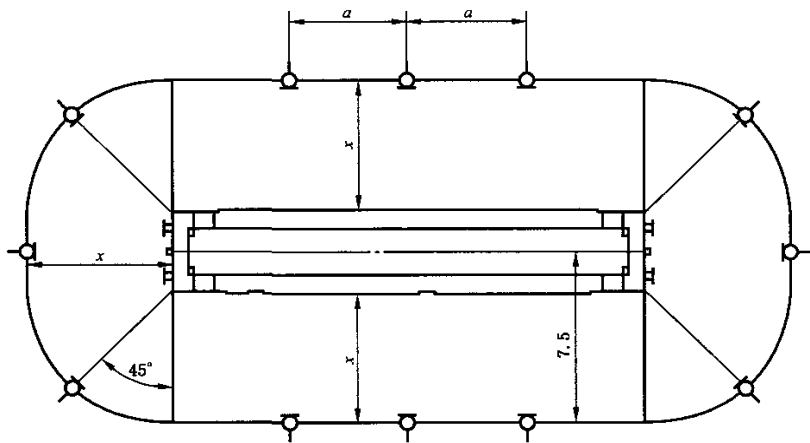
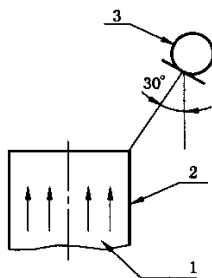


图 A.1 定置车辆周围传声器的布置

如要测量发动机或空调、冷却系统的进气口和排气口的声级,建议将传声器置于气流之外距进气口或排气口边缘 1 m 处,并与气流方向呈 30° 夹角(见图 A.2),并尽可能远离反射面。如完全开启发动机的控制阀,在发动机正常运转之前产生短暂强噪声,则应分别记录并给以说明。应在最小和最大风扇转速时评价风扇噪声;如有可能也可选择中间转速。



- 1——气流;
2——进、排气管;
3——测量用传声器。

图 A.2 进排气口处的传声器位置

A.2 站台和停车点噪声的附加测试

A.2.1 概述

这些测试用于评估列车通过、到达及离站所产生的车站站台和停车点噪声。

A.2.2 传声器位置

传声器应置于站台,距离最近铁道中心线 3 m、距站台面高度为 $1.5\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ 的那些关注声级的地方。

传声器轴向处于水平位且垂直指向轨道。在相邻站台的相应位置可以进行其他测试。

应测量 AF 计权最大声压级 L_{AFmax} 。

测量地下车站时,应在测试报告中画出断面图。

A.2.3 车辆条件

测试过程中,车辆按正常情况加速或减速,行车条件应尽可能保持不变,并在测试报告中应予以描述。如注明节流阀或控制挡位(如 1~8 挡中的第 4 挡)。

A.3 桥上噪声的附加测试

在桥及高架铁路情况下,如有可能传声器应对着桥中央,距钢轨顶面高度为 $1.2\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ 、距线路中心线 7.5 m 处。

对于桥梁,建议在距离线路中心线 25 m(如果可能则在 50 m 处和 100 m 处)、距地面高度为 $3.5\text{ m} \pm 0.2\text{ m}$ 处再放一个传声器。

测试报告中应给出传声器距钢轨顶面的高度及车辆条件。还宜说清桥梁长度及不同距离传声器的位置。

附录 B
(资料性附录)
轨道粗糙度测量技术要求

B.1 测量位置和规程

B.1.1 轨头上的横向位置

车轮在直线轨道上运行会留下一条清晰可见的带状轨迹,它通常接近轨头的中心。带状轨迹可能宽至 60 mm(旧轨),亦可能窄至 10 mm(新轨)。

钢轨粗糙度的测量应在这条带状轨迹的中心线上进行。

如果带状轨迹足够宽,则还要在带状轨迹中心线两侧等距的两条平行附加线上进行测量。带状轨迹中心线与附加测量线的距离取决于带状运行轨迹的宽度:

- a) 带状轨迹宽度=10 mm:1 条测量线;
- b) $10\text{ mm}<\text{带状轨迹宽度}\leq 20\text{ mm}$:3 条测量线,5 mm 等间距;
- c) 带状轨迹宽度 $>20\text{ mm}$:3 条测量线,10 mm 等间距。

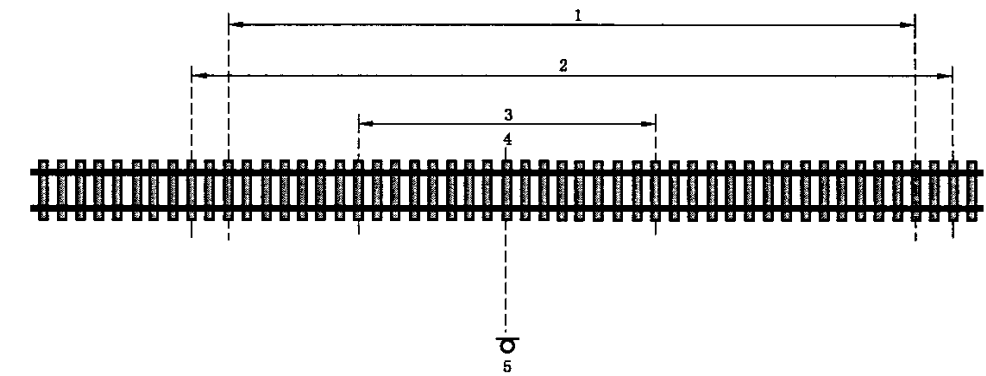
应在不同的测试点断面上对带状轨迹的宽度和位置进行核对,以符合测试轨道的沿线变化。

B.1.2 沿轨道的位置

B.1.2.1 背景信息

测量车外和车内噪声,都应确定车内噪声测量时所在临近测量区域的轨道粗糙度以及进行车内噪声测量时的轨道区段。

轨道测量规程的目的是去表述轨道某个路段的钢轨粗糙度特性,而不用详细测量全部轨道的粗糙度。所以相对于车外噪声测量区段,被测轨道就按照一定间隔分成多个部分,如图 B.1 所示。



- 1——轨道试验段;
- 2——粗糙度间接测量路段;
- 3——粗糙度直接测量路段;
- 4——参考路段;
- 5——车外传声器。

图 B.1 粗糙度轨道路段测量示意图

对粗糙度的测量有两种选择：

- a) 粗糙度直接测量(针对车外噪声测量)；
- b) 结合粗糙度直接测量的粗糙度间接测量(针对车内噪声测量)。

第二种选择给出了一种车外噪声测点的直接粗糙度测量与整个测试轨道的间接粗糙度测量相结合,从而得到沿整条测试轨道获取直接测量样本的替代方法。在这个方法中,进行粗糙度直接测量的路段作为参考路段。粗糙度间接测量也可以通过轨头的振动来测量。

B. 1. 2. 2 粗糙度直接测量

到目前为止,尚无粗糙度测试仪的标准,因此应在报告中给出所用仪器的规格,特别是仪器类型、传感器类型、波长范围、幅值范围、数据处理技术(软件名称和版本号)以及最近的校准日期。

在参考路段进行粗糙度直接测量,其长度与传声器距轨道的距离 r 成正比,以传声器轴线延长线与参考路段交点为原点,其变化范围为 $-2r \sim 2r$ 。

应对全部参考路段的钢轨粗糙度进行测量,根据带状轨迹宽度确定每条钢轨采用 1 或 3 条线的测量,所用的仪器能够覆盖所关注车速下与所需频率范围相对应的波长。推荐的测量范围是：

- a) 1/3 倍频带波长范围为 0.008 m~0.500 m；
- b) 1/3 倍频带波段粗糙度幅值范围为 $-20\text{ dB} \sim +30\text{ dB}$ (粗糙度参考值为 $1\text{ }\mu\text{m}$)。

可以用只能测量有限长度 l (最小 $l=1\text{ m}$) 的仪器设备按图 B. 2 给出的规程进行测量。可测波长下限仅取决于设备特性,而上限还取决于被测长度 l ;例如 $l=1\text{ m}$ 时,波长的测量结果只能达到 0.100 m 左右。粗糙度是在每个剖面、长为 l 的每段钢轨上的 3 条平行线上(如果带状运行轨迹宽度=10 mm,则为 1 条线)进行采样,总共给出 36 个测量结果(如果带状运行轨迹宽度为 10 mm,则为 12 个测量结果)。

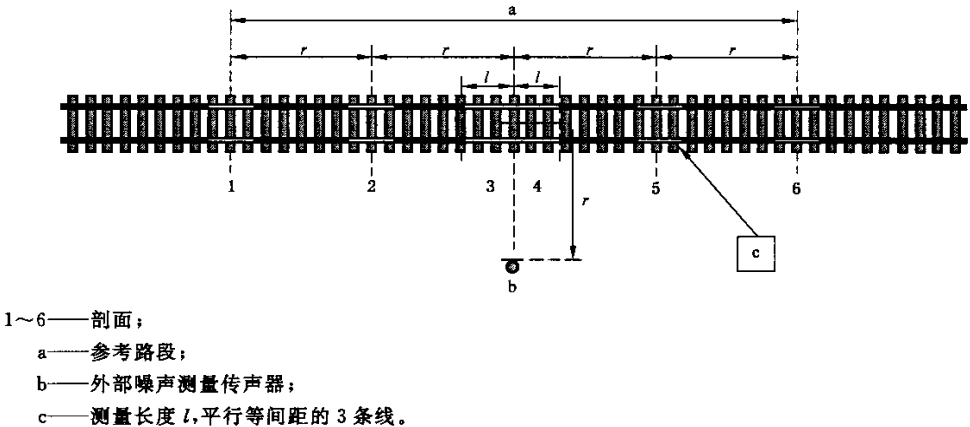


图 B. 2 用长度有限的设备进行轨道粗糙度采样的图示

B. 1. 2. 3 粗糙度间接测量

在与参考路段不同的轨道路段上进行外部噪声测量或者同时进行内部噪声测量时,也必须在相应的轨道区段进行粗糙度直接测量。

另一种方法是对所选的测试轨道全都进行粗糙度的间接测量,而只对其中包含的参考路段进行粗糙度直接测量。

可以通过采用轴箱拾振器或在列车下部放置传声器或在客车内放置传声器测量噪声或振动的方法进行间接粗糙度的测量。为了将车轮粗糙度的影响降到最小,宜采用盘式或烧结闸瓦式制动器,使车轮

始终保持光滑。如有可能宜直接测量车轮的粗糙度。

应沿着噪声测量的整条试验线路记录间接粗糙度的信号,包括已做了粗糙度直接测量的参考路段。

B.2 粗糙度数据的处理

B.2.1 粗糙度直接测量数据

计算每条被测粗糙度线的 1/3 倍频程粗糙度波长谱。基准轨道路段的有效平均直接粗糙度谱是所有算得的粗糙度谱的能量平均。

注 1:由于数据处理方法不同可导致粗糙度水平存在很大差异。除非达到一定的深度和宽度,否则轨头缺陷引起的麻点或尖突都不会造成车轮随之振动。数据处理时忽略对这些凹痕或尖突的修正,则会人为造成高的粗糙度级,从而导致无效的分析数值,甚至可能会因为超出极限粗糙度值而拒用所测试的轨道。用于去除这些凹凸的方法尚未标准化(见参考文献[1]~[3],[5])。

注 2:考虑距测试区段不同距离处钢轨粗糙度影响的方法尚在研究之中(见参考文献[3])。

B.2.2 粗糙度间接测量数据

对每条所选的测试路段的间接测量信号分别进行分析并进行能量平均。

应从所选的测试路段测得的间接数据中减掉参考路段测得的间接测量数据,其差值与参考路段直接测量的粗糙度谱的平均值相加并与粗糙度谱限值相比较。

用式 $\lambda=v/f$ 将频谱转换成波长谱,其中 λ 的单位为 m, v 是记录的列车平均速度,单位为 m/s, f 的单位为 Hz。

注:为了测量频带高到 10 kHz 时能够覆盖约 0.01 m~0.1 m 的波长范围,则间接测量时列车最大允许速度为 350 km/h。对于波长低于 0.01 m(低到 0.002 5 m)的评估,列车最大限速为 90 km/h。

B.3 测试路段的核定

将平均直接粗糙度谱与图 B.3 给出的粗糙度谱限值相比较。获取钢轨粗糙度谱限值的方法见附录 C。

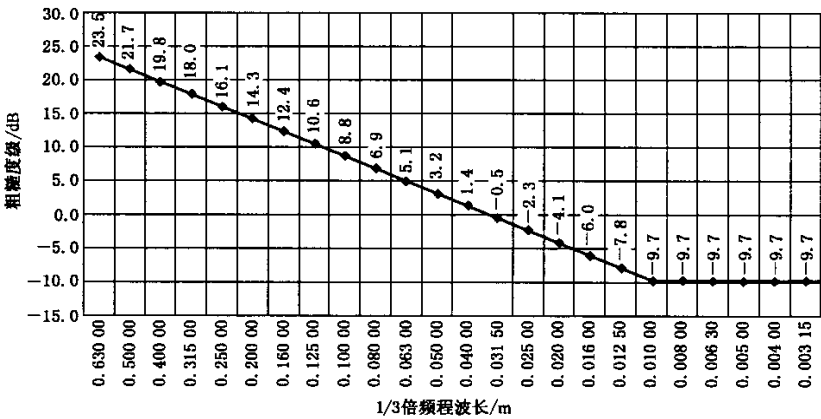


图 B.3 轨道粗糙度谱限值

对被测轨道均匀性的要求意味着沿铁路不同区段测得的粗糙度级都不宜超过粗糙度谱限值,但是

不可避免会出现一些小的变化,因此出现部分超出粗糙度谱限值时,可使用如下判据。

如果满足下述判据,则测试路段被认可。

对每一路段及 1/3 倍频程波段,中心波长在 1 cm~8 cm 的 1/3 倍频程波段的平均粗糙度谱级在单个波段情况下,峰值不应超过粗糙度谱限值 6 dB;或者在该波长范围内有 3 个相邻波段的情况下,峰值最大不能超过 3 dB;或者二者兼有。

只允许一个波段或 3 个相邻波段或二者兼有的一种情况超过限值。

图 B.4 举例给出判据的应用。

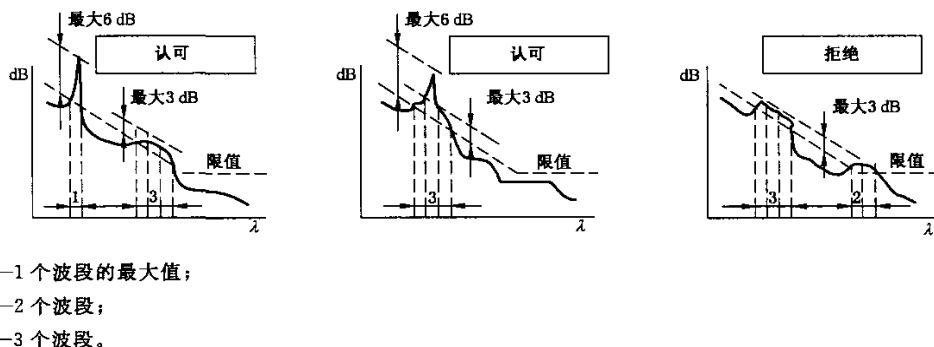


图 B.4 钢轨粗糙度谱符合判据的应用实例

B.4 数据表达

粗糙度谱要用钢轨粗糙度级作为 1/3 倍频程波段的波长函数,按降序来表示,同时给出谱的限值。

波长范围应至少包含中心波长在 0.1 m 和 0.008 m 之间的 1/3 倍频程波段。

横轴与纵轴之比应为 3 : 4 (1 个倍频程: 10 dB)。波长标示数值应符合 GB/T 3240 标准推荐的频率。

附录 C

(资料性附录)

确定钢轨粗糙度谱限值的步骤

C.1 概述

运行轨道机车车辆的噪声测量标准的制定,需精确确定试验区段钢轨粗糙度状态。过去对于容许的钢轨粗糙度的定性描述(认为与钢轨的波纹无关)一直被认为是充分的。现在对于滚动噪声激励机理的进一步理解则认为需要定量描述所需要的轨道粗糙程度,本附录的目的就是:获得 B.3 中给出的钢轨粗糙度谱,以确定轨道粗糙度容许值,以便用于噪声的测量。

C.2 背景数据

这些数据源于欧洲不同的铁路网,因此本附录中对这些数据的分析结果可以认为代表了欧洲铁路运营情况的现状。

每一波长的平均值和标准偏差示于图 C.1。

C.3 粗糙度对发射噪声级影响的数值模拟

为了确定这些钢轨粗糙度所引起的噪声级范围,使用“轮轨作用噪声软件(TWINS)”,输入一个平均 ± 1 标准偏差钢轨粗糙度进行预测。由于光滑车轮的噪声对轨道的粗糙度变化最为敏感,因此当列车运行速度为 40 m/s(144 km/h),采用盘式制动车轮来预测噪声。预测中所使用的车轮粗糙度也示于图 C.1。

这些分析的结论用于确定在不同水平上钢轨粗糙度对滚动噪声的影响,在测量标准中提出包括粗糙度范围的建议。

图 C.2 给出了计算得出的 1/3 倍频程声功率级和 A 计权总声功率级。结果显示,车轮、钢轨和轨枕综合作用对 A 计权声功率级的贡献在 4 dB 的范围内。

C.4 钢轨粗糙度限值的导出过程

上述的 4 dBA 计权声功率范围与 TWINS 软件假设的指定组合和(轮+轨)的表面粗糙度范围有关(见图 C.3)。

图 C.4 给出了 TWINS 预测所用的车轮和另一个低粗糙等级车轮(使用盘式制动器)的粗糙度谱。该图 4 显示此车轮比 TWINS 预测所用的车轮更光滑,在波长范围为 1 cm~6.3 cm(当车速为 144 km/h,对应的频率范围是 630 Hz~4 000 Hz)对滚动噪声的影响非常大。

这一光滑车轮与钢轨(见图 C.1)的组的粗糙度示于图 C.5。

当组合的粗糙度之差大于 4 dBA 时,则 TWINS 预测中使用的轨道粗糙度并不确保使用光滑车轮后其噪声测量(在 4 dBA 内)具有足够的可重复性。

这就要按照这种光滑车轮的粗糙度谱调整钢轨粗糙度谱,以使其产生的噪声之差小于 4 dBA

用光滑车轮粗糙度以及与其最匹配的 4 dBA 声功率变化的轨道粗糙度的组合粗糙度进行调整。较低波长时,考虑到实际测量设备问题的分辨率,轨道粗糙度宜限制在 -10 dB。钢轨谱结果示于图 C.6。

最后,采用线性逼近法,得出的结果示于图 C. 7。建议在标准中将此钢轨粗糙度最大级定义为“良好性能”轨道,见附录 B。它保证实际噪声产生的不确定性范围在 0 dB~ 4dB,而不管车轮的粗糙度如何,见参考文献[1]~[4]。

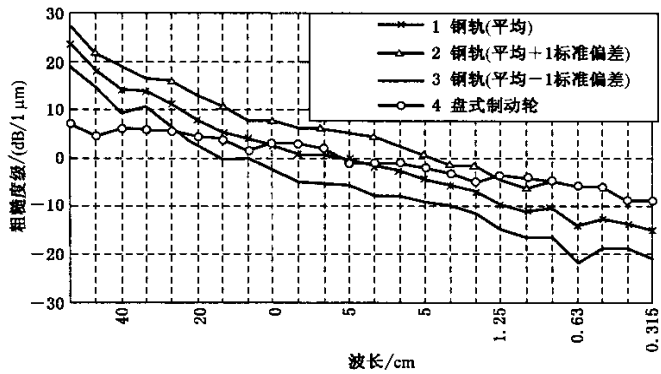


图 C. 1 具有“代表性良好”的钢轨和参考车轮的粗糙度

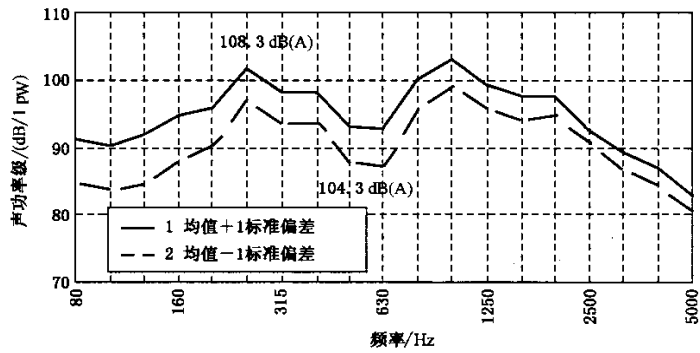


图 C. 2 TWINS 预测不同钢轨粗糙度(BR 研究报告
RR-SPS-97-012,第 1 期,1997 年 3 月 27 日)

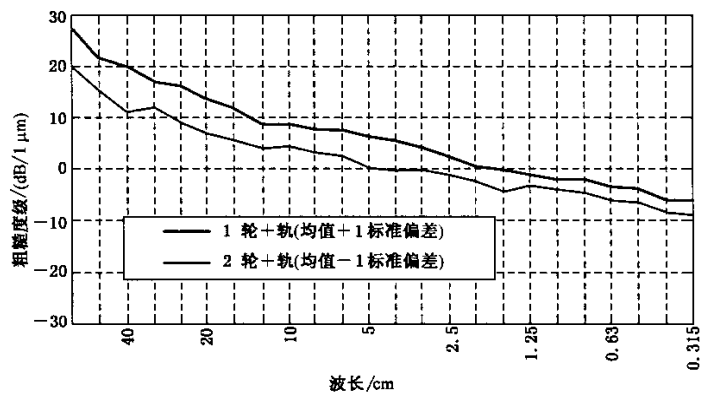


图 C.3 TWINS 预测粗糙度中使用的组合粗糙度(BR 研究报告 RR-SPS-97-012, 第 1 期, 1997 年 3 月 27 日)

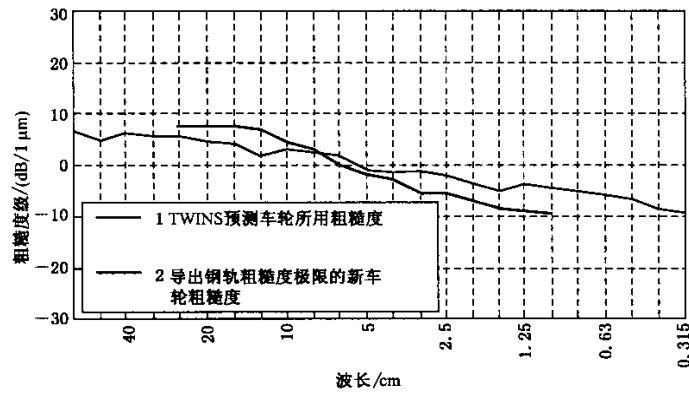


图 C.4 导出钢轨粗糙度极限的光滑车轮

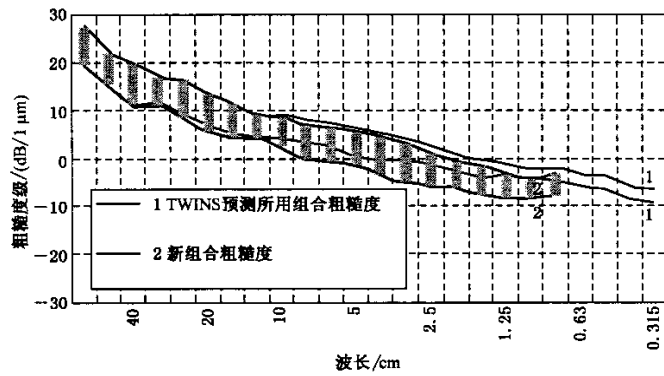


图 C.5 新组合粗糙度

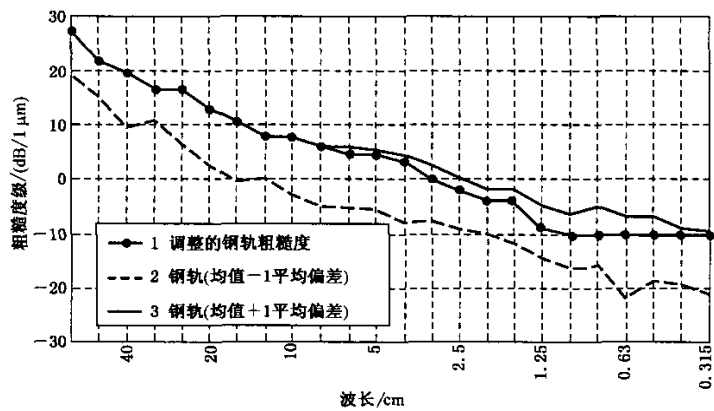


图 C.6 新钢轨粗糙度限值(A 计权声功率级在 4 dB 范围内)

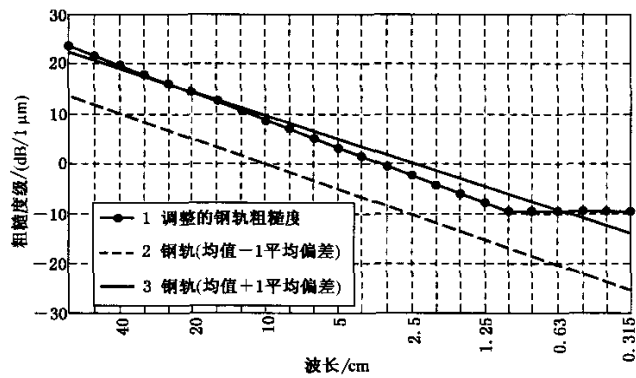


图 C.7 最终钢轨粗糙度限值

附 录 D
(资料性附录)

包括轨道动力学在内的轨道噪声主要影响参数

虽然车轮和钢轨的粗糙度是影响滚动噪声的主要因素,但噪声也与轨道动力学有关的其他参数相关。表 D.1 列出了一系列影响参数及其对轨道辐射噪声的潜在影响。轨道噪声变化会影响总声级变化。表 D.1 中所列数据源自特定研究成果,具有指导性,适用于常规轨道系统。

在某一具体位置,其扣件弹性垫板及扣件性能指标会不同于标称值,其变化取决于因安装调整而引起的局部变化、使用年限以及养护。同样钢轨温度(由于热发射作用,它不同于气温)也会影响扣件弹性垫板的温度,继而影响其刚度和阻尼。

正如表 D.1 中所示,在轨道噪声对总噪声贡献方面,扣件弹性垫板和钢轨扣件系统性能具有重要影响,可能导致轨道辐射噪声变化量高达 6 dB。

因此在任一型式试验中就需清楚描述扣件弹性衬垫和扣件系统。在第 8 章中详述的轨道参数信息是最基本的信息,宜包括任何有关轨道动力学参数的有用附加信息。

在测量的噪声级与其他轨道的测量数据相比较时特别需要这个数据。

表 D.1 轨道噪声的主要影响参数

参 数	最小声级的 参数值	最大声级的 参数值	最小与最大参数差值 (声级差)/dB
轨道类型	UIC 54E1	UIC 60E1	0.7
扣件弹性垫板刚度	5 000 MN/m	100 MN/m	5.9
轨垫损耗因素	0.5	0.1	2.6
轨枕类型	Bi-bloc 轨枕	木枕	3.1
轨枕间距	0.4 m	0.8 m	1.2
道碴刚度	100 MN/m	30 MN/m	0.2
道碴损耗因子	2.0	0.5	0.2
车轮偏移	0 m	0.01 m	0.2
钢轨偏移	0 m	0.01 m	1.3
车轮粗糙度	最光滑	最粗糙	8.5
无波纹状钢轨粗糙度	最光滑	最粗糙	0.7~3.9
列车速度	80 km/h	160 km/h	9.4
轴重	25 t	10 t	1.1
气温	10 ℃	30 ℃	0.2

附 录 E
(资料性附录)

本标准章条编号与 ISO 3095:2005 章条对照

表 E.1 给出了本标准章条编号与 ISO 3095:2005 章条对照一览表。

表 E.1 本标准章条编号与 ISO 3095:2005 章条对照表

本标准章条编号	对应的国际标准章条编号
附录 A	附录 B
附录 B	附录 A
附录 E	—
附录 F	—

附 录 F
(资料性附录)

本标准与 ISO 3095:2005 技术性差异及其原因

本标准与 ISO 3095:2005 技术性差异及其原因见表 F.1。

表 F.1 本标准与 ISO 3095:2005 技术性差异及其原因

本标准的章条编号	技术性差异	原 因
1	增加了“——常规噪声测试；——环境评价测量。”	结合我国国情,扩大了本标准的适用范围
2	如果国际标准已经转化为国家标准的,则引用采用国际标准的我国标准,而非国际标准	以适应我国国情
3	3.7~3.9、3.11 引用了 GB/T 3947—1996 中的定义	我国有 GB/T 3947—1996《声学名词术语》标准
6.5.3	增加“与 6.5.1 一般要求有区别的线路条件”	以适应我国国情
7.1.2	增加“对于常规噪声测试和环境评价测量,在每一个测量条件下对于每一个传声器位置,都应至少进行 2 次测试,取这组测量数据的算术平均值作试验结果,按修约规则取整数分贝值。如果相同测量条件下该组读数之最大差值超过 3 dB,有条件时则重新进行测量。”	以适应我国国情
7.2.1	增加“对常规噪声测试和环境评价测量的试验车速,可采用推荐的测试速度。”	以适应我国国情

参 考 文 献

- [1] RR-SPS-97-012 (Issue 1, 27 March 1997)
 - [2] ERRI Report C163/RP21 Railway rolling noise modelling. Description of the TWINS model and validation of the model vs. experimental data
 - [3] D. J. Thompson. Wheel-rail noise generation, part 1. Journal of sound and vibration, 1993, 161:387-400
 - [4] D. J. Thompson, B. Hemsworth, N. Vincent. Experimental Validation of the TWINS prediction program for rolling noise, part 1: description of the model and method. Journal of sound and vibration, 1996, 193:123-135
 - [5] D. J. Thompson, P. Fodiman, H. Mahé. Experimental Validation of the TWINS prediction program for rolling noise, part 2: results. Journal of sound and vibration, 1996, 193:137-147
 - [6] EN 13452-1:2003 Railway applications—Braking—Mass transit brake system—Part 1: Performance requirements
 - [7] GB/T 3769—1983 绘制频率特性图和极坐标图的标度和尺寸
 - [8] GB/T 3449—2011 声学 轨道车辆内部噪声测量
 - [9] GB/T 19052—2003 声学 机器和设备发射的噪声 噪声测试规范起草和表述的准则
 - [10] GB/T 27025—2008 检测和校准实验室能力的通用要求
 - [11] GB/T 3222.1—2006 声学 环境噪声的描述、测量与评价 第1部分:基本参量与评价方法
-