

ICS 13.140
Z 32

DB11

北京市地方标准

DB 11/T 838—2019
代替 DB11/T 838—2011

地铁噪声与振动控制规范

Code for metro noise and vibration control

2019 - 03 - 27 发布

2019 - 07 - 01 实施

北京市市场监督管理局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 基本要求	3
5 地上线噪声控制	4
6 地下线振动控制	4
附录 A（规范性附录） 列车运行噪声与振动参考源强测量方法	6
附录 B（规范性附录） 振动预测模型	7
附录 C（资料性附录） 振动数值仿真预测	10
附录 D（资料性附录） 北京部分地铁地下线洞壁处振动测试结果	12

前 言

本标准依据GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准代替DB11/T 838—2011《地铁噪声与振动控制规范》，DB11/T 838—2011自本标准实施之日起废止。

本标准与DB11/T 838—2011相比，除编辑性修改外主要技术变化如下：

- 修订了标准的适用范围；
- 删除了地铁噪声与振动的参考源强；
- 修订了地铁减振措施的分级标准；
- 修订了减振措施的附加长度；
- 修订了地铁振动预测模型；
- 增加了地铁振动的数值仿真预测方法。

本标准由北京市生态环境局提出并归口。

本标准由北京市生态环境局、北京市规划和自然资源委员会、北京市交通委员会组织实施。

本标准起草单位：北京市劳动保护科学研究所，北京市轨道交通设计研究院有限公司。

本标准主要起草人：宋瑞祥、张丽娟、魏志勇、邬玉斌、户文成、吴琼、何蕾、王蓓蓓、吴丹、苏立勇、钱晓翔、赵娜、赵环宇、张斌。

本标准于2011年首次发布，本次为第一次修订。

引 言

为进一步满足北京市地铁及周边建设项目噪声与振动控制工程及相应环境评价工作的需要,有效减缓地铁运营对其沿线居民产生的环境噪声与振动影响,保证居民正常生活、工作和学习的声和振动环境质量,制订本标准。

地铁噪声与振动控制规范

1 范围

本标准规定了地铁列车运行引起的环境噪声与振动的控制原则与方法。

本标准适用于设计速度不超过100 km/h的地铁新建项目噪声与振动环境影响评价工作，具体措施的设计和既有线路的减振降噪治理可参照执行。采用钢轮钢轨系统的其他城市轨道交通建设项目噪声与振动环境影响评价工作可参照执行。

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，仅所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 3096 声环境质量标准
- GB/T 8485 建筑门窗空气声隔声性能分级及检测方法
- GB 8624 建筑材料及制品燃烧性能分级
- GB 10070 城市区域环境振动标准
- GB 10071 城市区域环境振动测量方法
- 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
- GB 50009 建筑结构荷载规范
- GB 50118 民用建筑隔声设计规范
- CJJ 96 地铁限界标准
- HJ 453 环境影响评价技术导则 城市轨道交通
- JGJ/T 170 城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值及其测量方法标准
- DB11/T 1034.1 交通噪声污染缓解工程技术规范 第1部分 隔声窗措施
- DB11/T 1034.2 交通噪声污染缓解工程技术规范 第2部分 声屏障措施

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

地铁 metro, underground railway, subway

在城市中修建的快速、大运量、用电力牵引的轨道交通。列车在全封闭的线路上运行，位于中心城区的线路基础设在地下隧道内，中心城区以外的线路一般设在高架桥或地面上。

[GB 50157—2013，术语2.0.1]

3.2

背景噪声 background noise

被测噪声源以外的声源发出的环境噪声的总和。

3.3

敏感建筑物 sensitive buildings

指医院、学校、机关、科研单位、住宅等对噪声与振动环境有较高要求的建筑物。

3.4

振动加速度级 vibration acceleration level

加速度与基准加速度之比的以10为底的对数乘以20，记为VAL，单位为分贝，dB。
按定义此量为：

$$VAL = 20 \lg \frac{a}{a_0}$$

式中：

a ——振动加速度有效值，单位为米每平方秒（ m/s^2 ）；

a_0 ——基准加速度， $a_0=10^{-6}\text{m/s}^2$ 。

[GB 10071-88，名词术语2.1]

3.5

Z振级 Z weighted vibration acceleration level

按GB 13441.1-2007中规定的Z轴 W_k 计权因数（1Hz~80Hz）修正后得到的振动加速度级，简称Z振级，记为VLz，单位为分贝，dB。

3.6

最大Z振级 $VL_{z\max}$ maximum Z weighted vibration acceleration level

在规定的测量时间T内或对某一独立振动事件，测得的Z振级最大值，记为 $VL_{z\max}$ ，单位为分贝，dB。

3.7

减振措施 Z振级相对插入损失 relatively insertion loss of Z weighted vibration acceleration level for damping measures

在其他条件相同的情况下，使用减振措施相对于普通轨道形式在隧道壁源强测点处最大Z振级之间的差值，记为 $\Delta VL_{z\max}$ ，单位为分贝，dB。

3.8

隔声窗 sound insulation window

一种用于阻隔噪声由室外向室内传播的建筑用窗，一般指交通噪声隔声指数大于25 dB的建筑用窗。

注：本标准中如无特别说明，隔声窗均指建筑外窗。

[DB11/T 1034.1-2013，术语和定义3.2]

3.9

声屏障 sound barriers

一种专门设计的立于噪声源和受声点之间的声学障板,它通常针对某一特定声源和特定保护对象设计。

[DB11/T 1034.2-2013, 术语和定义3.3]

3.10

限界 gauge

限定车辆运行及轨道区周围构筑物超越的轮廓线,分车辆限界、设备限界和建筑限界。

[GB 50157-2013, 术语2.0.6]

3.11

声屏障插入损失 insertion loss of noise barriers

在保持噪声源、地形、地貌、地面和气象条件不变的情况下,安装声屏障前后在某特定位置上的声压级之差。声屏障的插入损失,要注明频带宽度、频率计权和时间计权特性。

[DB11/T 1034.2-2013, 术语和定义3.7]

4 基本要求

4.1 地铁噪声与振动控制措施设计应贯穿地铁工程规划与设计的全过程。

4.2 新建地铁线路应考虑线路两侧土地利用规划,根据地铁环境噪声与振动预测结果,采取控制措施或预留采取控制措施的条件。

4.3 地铁噪声与振动控制措施应以保证地铁运营安全为首要前提,充分考虑其对车辆走行部件、车轮、钢轨、扣件、轨枕、道岔等地铁运营设备\设施强度的影响。以不降低地铁设备\设施安全性为前提,科学、合理、综合地采用噪声与振动控制措施。

4.4 地铁噪声与振动影响预测与评价应兼顾地铁远期的预测客流量和列车最大通过能力,噪声与振动控制措施应根据预测及评价结果结合控制措施可行性、成本、施工技术、使用寿命、维护等因素选择。

4.5 地铁噪声与振动控制应遵循“源-传播途径-敏感建筑物”的顺序选择控制措施。新建地铁线路噪声与振动控制措施应优先选用产生噪声与振动小的车辆、轨道结构、桥梁或隧道。

4.6 为降低新建地铁噪声与振动污染,新建地铁应加强线路的平顺性设计,同时应考虑地铁长期运营下的不均匀沉降对线路平顺性的影响,设置必要的沉降控制措施或预留足够的轨道调整能力。

4.7 多条地铁线路共同交通走廊或多条地铁线路交叉的区域,应考虑多条地铁线路噪声与振动的综合影响。

4.8 地铁噪声与振动控制相关的新材料、新产品、新工艺应经充分的研究论证、示范工程检验及评估鉴定后,方可在工程中应用;已应用的地铁噪声与振动控制相关材料、产品、工艺经运营线路的验证后,对满足减振降噪效果及地铁运营安全的可推广应用,对应用中出现问题的应慎重选用或进一步优化后选用。

4.9 地铁噪声与振动控制措施应与主体工程同时设计、同时施工、同时投入使用。

5 地上线噪声控制

5.1 一般要求

5.1.1 地铁引起的敏感建筑物环境噪声应符合 GB 3096 的要求；当敏感建筑物背景噪声已超过 GB 3096 要求时，宜控制地铁引起的环境噪声增量低于 0.5 dB(A)。采取声源及传播途径降噪措施后，地铁引起的敏感建筑物环境噪声仍不能满足 GB 3096 要求或控制地铁引起的环境噪声增量仍高于 0.5 dB(A) 时，应采取敏感建筑物噪声防护措施保证室内声环境符合 GB 50118 的要求。

5.1.2 受既有地铁线路影响的敏感建筑物环境噪声超标量应通过实测得到；受新建地铁线路影响的敏感建筑物环境噪声超标量应通过预测/类比测量的方法得到。实测/类比测量的测量方法应按照 GB 3096 中的规定执行；预测方法应按照 HJ 453 中的规定执行。

5.1.3 地铁线路的噪声源强应优先通过实测/类比测量得到，当无法通过实测/类比测量得到时，可依据资料调查并分析合理性后确定。源强的实测/类比测量方法详见附录 A.1。

5.1.4 当地上线高架段敏感建筑物环境噪声超标采取声屏障措施时，应考虑振动引起的桥梁二次辐射噪声的影响。

5.2 声屏障

5.2.1 声屏障应满足以下基本要求：

- 声屏障的设置位置应符合 CJJ 96 要求；
- 声屏障应与周围环境相协调，并易于清洁维护；
- 声屏障声学构件金属部件的防腐蚀年限应与其设计使用年限相一致；
- 声屏障声学构件所用材料的防火等级应满足 GB 8624 中规定的 B1 级及以上；
- 声屏障的主体结构、荷载安全等性能的设计应符合 GB 50009 相关要求。

5.2.2 声屏障型式应满足以下要求：

- 声屏障应根据噪声实测/预测结果选择合适型式；
- 声屏障的型式应兼顾使用的材料、形式美观及景观要求。

5.2.3 声屏障的应用设计应满足 DB11/T 1034.2 中的规定。

5.3 隔声窗

5.3.1 隔声窗应结合声源降噪和传播途径降噪后的声环境质量和室内允许噪声级进行选择。

5.3.2 隔声窗的隔声性能分级和检测方法按照 GB/T 8485 的规定执行。

5.3.3 隔声窗的应用设计应满足 DB11/T 1034.1 中的规定。

6 地下线振动控制

6.1 一般要求

6.1.1 地铁引起敏感建筑物环境振动和二次辐射噪声应分别符合 GB 10070 和 JGJ/T 170 的要求。

6.1.2 受既有地铁线路影响的敏感建筑物环境振动超标量应通过实测得到；受新建地铁线路影响的敏感建筑物环境振动超标量应采取类比测量/公式预测/数值仿真预测的方法得到。实测/类比测量的测量方法应按照 GB 10071 的规定执行；公式预测方法应按照附录 B 中推荐的预测模型执行；数值仿真预测可参照附录 C 中推荐的方法执行。

6.1.3 地铁线路的振动源强应优先通过实测/类比测量得到，源强的实测/类比测量方法详见附录 A.2。当无法通过实测/类比测量得到时，可依据资料调查或参考附录 D 并分析合理性后确定。

6.1.4 地铁振动控制应优先通过合理设置线路走向及埋深使线路尽量远离敏感建筑物。

6.1.5 地铁振动控制措施除轨道、车辆减振等源强减振措施外，还可通过设置隔振沟/隔振墙/隔振桩及建筑物防护等综合措施进行减振。采用隔振沟/隔振墙/隔振桩等传播途径减振、建筑物防护减振措施时，宜采用数值仿真/类比测量的预测方法对措施的减振效果进行预测分析。

6.1.6 精密仪器实验室、古建筑等特殊振动敏感建筑物地铁减振措施的设计应根据其使用需求进行专项设计及技术论证。

6.2 轨道减振措施分级与选择

6.2.1 根据减振措施 Z 振级相对插入损失将减振措施分为四个等级，见表 1。

表1 减振措施的分级

减振措施 Z 振级相对插入损失 (dB)	[3, 7]	(7, 11]	(11, 16]	>16
减振措施的分级	初级减振措施	中级减振措施	高级减振措施	特殊减振措施

6.2.2 地铁的减振措施设计时，应在敏感建筑物环境振动超标量的基础上考虑适当的设计裕量。

6.2.3 减振措施的选择应考虑以下因素：

- 在两种不同减振措施交替布置的区域，应使轨道系统整体刚度平顺过渡；
- 减振措施长度应大于受保护的敏感建筑物沿线路方向的长度，地铁地下段的减振措施在受保护敏感建筑物两侧的附加长度应不小于 1/2 列车长，并结合敏感建筑物型式和布局、车辆条件、线路形式、轨道结构、隧道断面形状、埋深、地质条件等因素进一步延长。

6.2.4 当轨道减振措施等级初步确定后，可按照 HJ 453 中的公式预测、类比测量的方法，对敏感建筑物进行二次辐射噪声预测。当预测的二次辐射噪声超标时，应根据超标情况重新确定轨道减振等级。

6.2.5 对于地铁线路两侧被确认可能产生共振的敏感建筑物，宜通过实测/类比测量/数值仿真预测的方式获取敏感建筑物的共振频率，并采取相应减振措施避免共振产生的超标。

6.2.6 既有线路的减振措施选择时，可根据敏感建筑物环境振动超标量及线路施工条件合理选择源、传播途径、敏感建筑物防护或多种措施组合的减振措施。当采取多种减振措施组合时应进行专项技术论证。

附 录 A
(规范性附录)
列车运行噪声与振动参考源强测量方法

A.1 噪声参考源强测量方法

A.1.1 噪声源强应由具有环境噪声测量中国计量认证证书(CMA)的机构采取实测或类比测量的方式得到。

A.1.2 噪声源强类比测量时, 类比源强条件应与评价对象实际条件具有可类比性:

- 车辆型式, 如车辆类型、车辆轴重、车辆编组;
- 运行工况, 如车速、加/减速等;
- 线路条件, 如有缝/无缝线路、桥梁结构、路基类型、曲线半径、线路坡度;
- 轨道结构, 如有砟/无砟道床、扣件类型、铺设标准、钢轨类型等;
- 噪声源强的测点位置。

A.1.3 噪声源强的实测/类比测量的测量方法应满足HJ 453中噪声源强测量规定的要求。

A.2 地铁地下线列车运行的振动参考源强测量方法

A.2.1 振动源强应由具有环境振动测量中国计量认证证书(CMA)的机构采取实测或类比测量的方式得到。

A.2.2 振动源强类比测量时, 类比源强条件应与评价对象的实际条件具有可类比性:

- 车辆型式, 如车辆类型、车辆轴重、车辆编组;
- 运行工况, 如车速、加/减速等;
- 线路条件, 如有缝/无缝线路、道岔、曲线半径、线路坡度;
- 轨道结构, 如有砟/无砟道床、扣件类型、铺设标准、钢轨类型等;
- 隧道断面形状, 如圆形、马蹄形、矩形等;
- 隧道埋深;
- 地质条件;
- 振动源强的测点位置。

A.2.3 振动源强的测量方法应满足以下要求:

- 测量点应位于高于轨面 $1.9\text{ m}\pm 0.3\text{ m}$ 的隧道壁处;
- 测量列车通过时段内的最大Z振级(V_{Lzmax}), 测量车次不少于100列, 取100列车的能量平均值作为源强; 当全天运营车次不足100列时, 取全天运营车次的能量均值作为源强;
- 振动类比源强类比监测时间应包括地铁列车早/晚高峰时间段。

附 录 B
(规范性附录)
振动预测模型

B.1 环境振动应按下述方法进行预测，预测点处的 $VL_{z\max}$ 按公式（式B.1）计算：

$$VL_{z\max} = VL_{z\max,0} + C \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

$VL_{z\max,0}$ ——列车振动源强，列车通过时段隧道壁的源强测点处最大Z振级，单位为分贝（dB）；

C ——振动修正项，单位为分贝（dB）。

B.2 振动修正项 C 按公式（式B.2）计算：

$$C = C_{\text{车速}} + C_{\text{轴重和簧下质量}} + C_{\text{曲线}} + C_{\text{钢轨条件}} + C_{\text{距离}} + C_{\text{建筑物}} \dots\dots\dots (B.2)$$

式中：

$C_{\text{车速}}$ ——车速修正，单位为分贝（dB）；

$C_{\text{轴重和簧下质量}}$ ——轴重和簧下质量修正，单位为分贝（dB）；

$C_{\text{曲线}}$ ——曲线修正，单位为分贝（dB）；

$C_{\text{钢轨条件}}$ ——钢轨条件修正，单位为分贝（dB）；

$C_{\text{距离}}$ ——距离衰减修正，单位为分贝（dB）；

$C_{\text{建筑物}}$ ——建筑物修正，单位为分贝（dB）。

B.3 车速修正量 $C_{\text{车速}}$ ，可参考选用表B.1。

表B.1 车速修正

运行状态	匀速状态	加速状态	减速状态
修正量（dB）	$20\lg(V/V_0)^a$	+1	-1
<small>^a V——列车通过预测断面的运行速度，km/h；V_0——源强的列车参考速度，km/h。</small>			

B.4 轴重和簧下质量修正量 $C_{\text{轴重和簧下质量}}$

当车辆轴重和簧下质量与源强车辆给出的轴重和簧下质量不同时，其轴重和簧下质量修正 $C_{\text{轴重和簧下质量}}$ 按式（B.3）计算。

$$C_{\text{轴重和簧下质量}} = 20\lg(W/W_0) + 20\lg(W_U/W_{U0}) \dots\dots\dots (B.3)$$

式中：

W_0 ——源强车辆的参考轴重，t；

W ——预测车辆的轴重，t；

W_{U0} ——源强车辆的参考簧下质量，t；

W_U ——预测车辆的簧下质量，t。

B.5 曲线修正 $C_{曲线}$ ，可参考选用表B.2。

表B.2 曲线修正

曲线半径	R>2000m	500<R≤2000m	R≤500m
修正量 (dB)	0	+1	+2

B.6 钢轨条件修正 $C_{钢轨条件}$ ，可参考选用表B.3。

表B.3 钢轨条件修正

钢轨条件	无缝	有缝	道岔
修正量 (dB)	0	+5	0 dB~+10 dB (对于固定式辙叉的道岔、交叉渡线等钢轨接头区段，振动会明显增大，振动修正值可根据敏感建筑物所在的道岔区段类比测试，选取适当的修正量)

B.7 距离修正量 $C_{距离}$

B.7.1 距离近轨线路中心线50 m范围内， $C_{距离}$ 可按公式(式B.4)计算得到。式B.4适用于预测点至轨顶的垂直距离H为8 m至34 m时的距离修正。当预测点至轨顶的垂直距离大于34 m时，距离修正参考标准HJ 453。

$$C_{距离} = -10.9[\lg(l)]^2 + 16.4\lg(l) - 7.5 \dots\dots\dots (B.4)$$

式中：

l ——预测点至邻近线路源强监测点处的直线距离， $l = \sqrt{R^2 + (H - 1.9)^2}$ ，单位为米 (m)；

H ——预测点至轨顶的垂直距离，单位为米 (m)；

R ——预测点至邻近线路中心线的水平距离，单位为米 (m)。

B.8 建筑物修正量 $C_{建筑物}$ ，可参考表B.4 选用。

表B.4 建筑物修正

建筑物类型	建筑结构及特征	修正量 (dB) ^d
III 类建筑物	低层建筑 ^a	+1
II 类建筑物	多层建筑 ^b	-1
I 类建筑物	中高层及高层建筑 ^c	-3
^a 低层建筑：一层至三层的建筑。 ^b 多层建筑：四层至六层的建筑。 ^c 中高层建筑：七层至九层的建筑；高层建筑：十层及十层以上的建筑。 ^d 建筑物修正量为敏感建筑物室外环境振动修正项。		

B.9 当需要对敏感建筑物各楼层的室内环境振动进行预测时，应采用类比测量或数值仿真（参考附录 C）的方法进行精细化预测分析。

B.10 当对受地面线振动影响的敏感建筑物进行环境振动预测时，应参照 HJ 453 中的规定执行。当对受地铁车辆段振动影响的敏感建筑物进行环境振动预测时，可采用类比测量或数值仿真预测的方法进行。

B.11 多条地铁线路共同交通走廊或多条地铁线路交叉的区域的振动影响预测时，应考虑多条地铁线路最大 Z 振级的叠加影响。

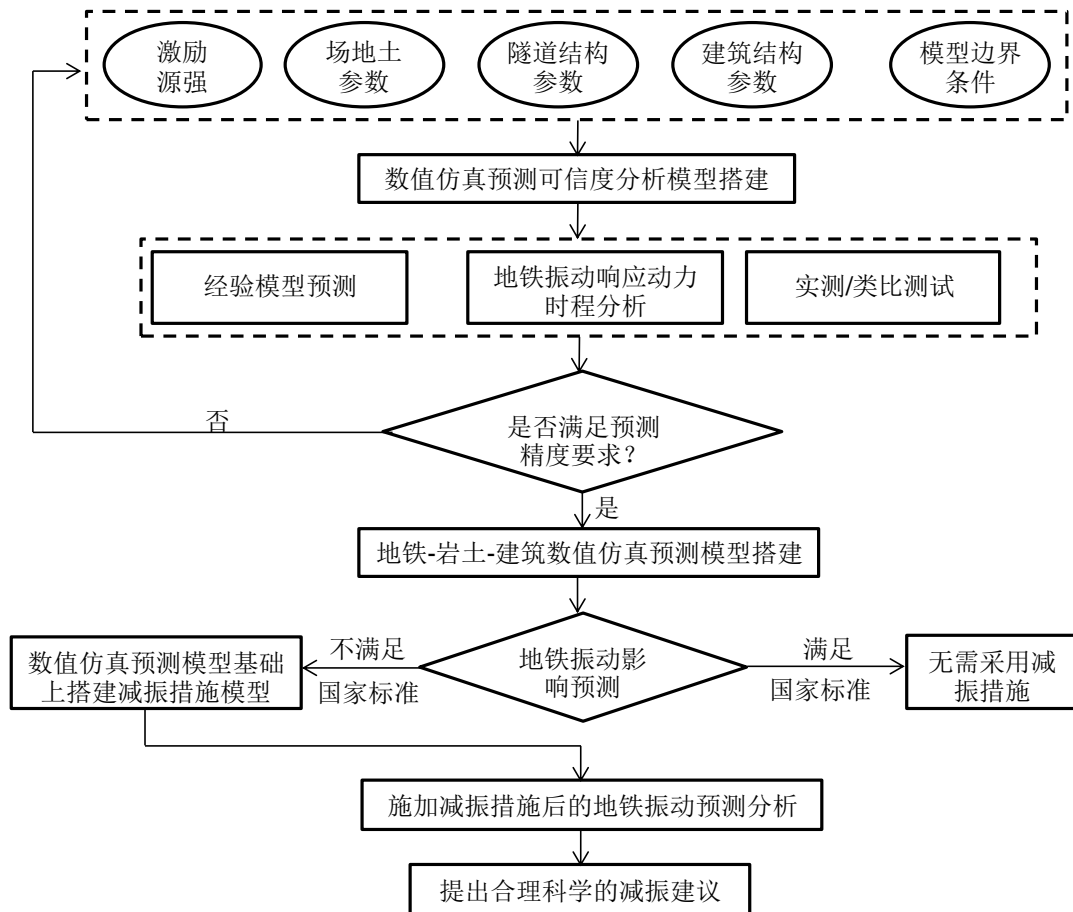
B.12 预测模型中预测点的波动范围为 -2 dB~+2 dB。

附录 C
(资料性附录)
振动数值仿真预测

C.1 数值仿真预测可适用于以下情况：

- 地铁线路影响的敏感建筑物环境振动及室内振动预测；
- 地铁车辆段振动影响的敏感建筑物环境振动及室内振动预测；
- 对振动传播途径、建筑物防护等减振措施效果的预测分析；
- 地铁影响的敏感建筑物共振分析。

C.2 数值仿真预测流程如图C.1所示。



图C.1 数值仿真预测流程图

C.3 对既有地铁线路，应进行地铁振动源强实测，为数值仿真预测提供激励源强基础数据；对新建地铁线路，可采用类比条件相同的地铁振动源强数据作为数值仿真预测的激励源强。

- C.4 数值仿真预测的激励源强应能够反映地铁列车通过时产生的最不利振动影响。
- C.5 数值仿真模型应涵盖整个分析对象并沿轨道方向两侧适当外延，数值仿真模型四周边界应设置粘性边界、粘弹性边界等人工边界条件，消除模型边界应力波反射产生的计算误差。
- C.6 数值仿真模型岩土物理力学参数应依据地勘资料或土工试验获得。
- C.7 数值仿真模型中除特殊复杂网格外，实体单元应尽量采用六面体映射网格。
- C.8 数值仿真模型积分时间步长、单元网格尺寸等应能满足国家标准规范规定的振动频率评价范围的要求。
- C.9 为保证数值仿真预测结果的可靠性，应首先进行数值仿真模型可信度分析，再进行敏感建筑物振动影响预测或控制措施设计及减振效果分析。

附 录 D
(资料性附录)
北京部分地铁地下线洞壁处振动测试结果

D.1 北京部分地铁地下线洞壁处振动测试结果如表D.1 所示。

表D.1 北京部分地铁地下线洞壁处振动测试结果表

序号	线路名称	道床类型	扣件类型	线路平面条件	实际车速 km/h	Z 振级/dB (W_k 计权 曲线)	开通时间 (年/月)	测试时间 (年/月)
1	5 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	36	81.2	2007/10	2010/5
2	5 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	40	84.9	2007/10	2016/5
3	6 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	69	85.9	2012/12	2016/7
4	6 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	76	82.0	2012/12	2015/12
5	6 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	78	81.6	2012/12	2015/12
6	7 号线	普通整体道床	ZX-3 扣件	直线	69	85.8	2014/12	2016/8
7	9 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	69	78.8	2011/12	2012/8
8	10 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	72	79.7	2012/12	2016/8
9	14 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	68	84.5	2013/5	2016/1
10	14 号线	普通整体道床	DTVI2 扣件	直线	68	87.5	2014/12	2016/2