

CEPIC

UDC

中华人民共和国行业标准

JGJ

P

JGJ/T 170 - 2009

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

Standard for limit and measuring method of building vibration
and secondary noise caused by urban rail transit

2009 - 03 - 15 发布

2009 - 07 - 01 实施

中华人民共和国住房和城乡建设部 发布

中华人民共和国行业标准

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

Standard for limit and measuring method of building vibration
and secondary noise caused by urban rail transit

JGJ/T 170 - 2009

J 855 - 2009

批准部门：中华人民共和国住房和城乡建设部

施行日期：2 0 0 9 年 7 月 1 日

中国建筑工业出版社

2009 北 京

**中华人民共和国住房和城乡建设部
公 告**

第 241 号

**关于发布行业标准《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》的公告**

现批准《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》为行业标准，编号为 JGJ/T 170-2009，自 2009 年 7 月 1 日起实施。

本标准由我部标准定额研究所组织中国建筑工业出版社出版发行。

中华人民共和国住房和城乡建设部

2009 年 3 月 15 日

前 言

根据原建设部《关于印发〈2006年工程建设标准规范制订、修订计划（第一批）〉的通知》（建标〔2006〕77号）要求，标准编制组经广泛调查研究，认真总结实践经验，参考和借鉴有关国际标准和国内相关标准，并在广泛征求意见的基础上，制定了本标准。

本标准的主要技术内容是：1 总则；2 术语和符号；3 基本规定；4 限值；5 振动测量方法；6 二次辐射噪声测量方法；7 测量报告编写要求。

本标准由住房和城乡建设部负责管理，由深圳市地铁有限公司负责具体技术内容的解释（地址：深圳市福田区福中一路1016号；邮政编码：518042）。

本标准主编单位：建设部科技发展促进中心
深圳市地铁有限公司

本标准参编单位：深圳地铁三号线投资有限公司
中铁二院工程集团有限责任公司
上海市隧道工程轨道交通设计研究院
上海申通轨道交通研究咨询有限公司
广州市地下铁道设计研究院

本标准主要起草人员：吴永芳 何宗华 刘加华 刘卡丁
徐志胜 周国甫 钟晓鹰 李兰清
邓秀娟 申伟强 宋 键 史海鸥
万今仪

目 次

1	总则	1
2	术语和符号	2
2.1	术语	2
2.2	符号	2
3	基本规定	3
4	限值	4
5	振动测量方法	5
5.1	一般规定	5
5.2	测量要求	5
5.3	测量数据记录及处理	6
6	二次辐射噪声测量方法	7
6.1	一般规定	7
6.2	测量要求	7
6.3	测量数据记录及处理	8
7	测量报告编写要求	10
	附录 A 测量记录	11
	本标准用词说明	13
	附：条文说明	15

1 总 则

1.0.1 为规范城市轨道交通列车运行引起沿线建筑物振动与室内二次辐射噪声的限值及其测量方法，制定本标准。

1.0.2 本标准适用于城市轨道交通列车运行引起沿线建筑物振动与室内二次辐射噪声的控制和测量；振动的频率范围为4~200Hz，二次辐射噪声的频率范围为16~200Hz。

1.0.3 城市轨道交通列车运行引起沿线建筑物振动与室内二次辐射噪声限值及其测量方法，除应执行本标准外，尚应符合国家现行有关标准的规定。

2 术语和符号

2.1 术语

2.1.1 建筑物振动 ground-borne vibration, structure vibration in buildings

运行列车引起沿线固体介质的往复运动而导致地面、建筑物基础或结构的振动，这种由轨道路基扩散的振动在岩土体中以压缩波（pressure wave）和剪切波（shear wave）或地表面瑞利波（rayleigh wave）的形式激励建筑物基础。

2.1.2 二次辐射噪声 secondary noise, secondary air-borne noise in buildings

被激励产生振动的建筑构件，其固体表面振动向周围空气介质辐射的声压波，亦称固体噪声，二次辐射噪声的评价指标为等效 A 声压级。

2.1.3 室内背景噪声 background noise in door

门窗密闭的室内空间，当无列车经过或不受被测振源（轨道交通）影响，以及没有其他明显振动源或噪声源的室内噪声。

2.1.4 敏感点 sensitive point

某区域内对环境振动噪声控制要求较高的单体建筑物以及对振动或噪声控制要求特别高的特殊建筑物。

2.1.5 敏感区 sensitive area

对环境振动噪声控制要求较高的区域。

2.2 符号

2.2.1 L_{Aeq} ——等效 A 声压级。

2.2.2 VL_{max} ——分频最大振级。

3 基本规定

3.0.1 城市轨道交通沿线建筑物，根据其功能应按表 3.0.1 进行区域分类。

表 3.0.1 振动噪声影响区域分类

区域分类	适用范围
0类	特殊住宅区
1类	居住、文教区
2类	居住、商业混合区，商业中心区
3类	工业集中区
4类	交通干线两侧

3.0.2 地下轨道线路下穿建筑物的地段，应按振动噪声敏感点或敏感区对待，并应采取必要的工程预防或治理措施。

3.0.3 按本标准要求测量的数据应与本标准规定的限值进行比较，评判城市轨道交通沿线建筑物振动和二次辐射噪声的达标情况。

3.0.4 城市轨道交通引起沿线建筑物室内二次辐射噪声超标的地段，必须采取特殊的减振降噪措施，确保沿线建筑物在其使用年限内始终满足本标准的限值要求。

4 限值

4.0.1 城市轨道交通沿线建筑物室内振动限值应符合表 4.0.1 的规定。

表 4.0.1 建筑物室内振动限值 (dB)

区域	昼间	夜间
0类	65	62
1类	65	62
2类	70	67
3类	75	72
4类	75	72

注：昼夜时间划分：昼间：06：00~22：00；夜间：22：00~06：00；昼夜时间适用范围在当地另有规定时，可按当地人民政府的规定来划分。

4.0.2 与建筑物室内振动限值对应的测点宜布置在建筑物一楼的室内，也可布置在建筑物的基础距外墙 0.5m 范围内。

4.0.3 城市轨道交通沿线建筑物室内二次辐射噪声限值应符合表 4.0.3 的规定。

表 4.0.3 建筑物室内二次辐射噪声限值 [dB (A)]

区域	昼间	夜间
0类	38	35
1类	38	35
2类	41	38
3类	45	42
4类	45	42

注：昼夜时间划分：昼间：06：00~22：00；夜间：22：00~06：00；昼夜时间适用范围在当地另有规定时，可按当地人民政府的规定来划分。

4.0.4 与建筑物室内二次辐射噪声限值对应的测点应布置在室内，并应密闭门窗。

5 振动测量方法

5.1 一般规定

5.1.1 振动测量仪器和数据处理方法应满足 4~200Hz 频率范围的振动测量，并应符合现行国家标准《城市区域环境振动测量方法》GB/T 10071 和《倍频程和分数倍频程滤波器》GB/T 3241 有关条款的规定。

5.1.2 测量仪器应经国家认可的计量部门检定合格，并应在检定有效期内使用。

5.1.3 测量的铅垂向振动加速度应按表 5.1.3 规定的 1/3 倍频程中心频率的 Z 计权因子进行数据处理，按计权因子修正后得到各中心频率的振动加速度级（振级），而采用的评价量应为 1/3 倍频程中心频率上的最大振动加速度级（简称分频最大振级，记为 $V_{L_{max}}$ ）。

表 5.1.3 加速度在 1/3 倍频程中心频率的 Z 计权因子

1/3 倍频程中心频率 (Hz)	4	5	6.3	8	10	12.5	16	20	25
计权因子 (dB)	0	0	0	0	0	-1	-2	-4	-6
1/3 倍频程中心频率 (Hz)	31.5	40	50	63	80	100	125	160	200
计权因子 (dB)	-8	-10	-12	-14	-17	-21	-25	-30	-36

5.2 测量要求

5.2.1 测量环境的气候条件应符合现行国家标准《城市区域环境振动测量方法》GB/T 10071 对环境温度、湿度和风速的要求。

5.2.2 测点位置及拾振器安装应符合下列规定：

- 1 在敏感点或敏感区布设测点时，应设在建筑物一楼室内；

当室内布设条件不允许时，可设在建筑物的基础距外墙 0.5m 范围内的振动敏感处；

2 在室内测量时，至少应布置 3 个测点；当需要在建筑物室外测量时，在建筑物靠近轨道一侧的基础上至少应布设 1 个测点；

3 测量铅垂向振动的拾振器应牢固安装在平坦、坚实的地面上，不应置于地毯、草地、沙地或雪地等松软的地面上，拾振器的灵敏度主轴方向应为铅垂向。

5.2.3 每个测点在同时进行测量的持续时间内应有不少于上下行各 5 列车按该区段设计的最高速度或实际的运营速度通过，测量应分昼间和夜间进行。

5.2.4 在测量期间，当轨道交通之外的其他振源对振动测量结果产生干扰时，本次测量应视为无效。

5.3 测量数据记录及处理

5.3.1 应记录每次列车在正常运营条件下振动测点的 VL_{\max} 值，评价量应取测点各次 VL_{\max} 的算术平均值。

5.3.2 当布设多个测点时，应取各个测点评价量的平均值作为评价依据。

5.3.3 测量数据应按本标准附录 A 的规定记录测点的 VL_{\max} 值，同时应记录时间、列车编组和测点与列车行驶轨道之间的几何距离关系图。

6 二次辐射噪声测量方法

6.1 一般规定

- 6.1.1** 噪声测量应采用精密等级不低于 1 级的积分式声级计或其他相当的声学仪器，并应满足 16~200Hz 噪声测量的要求，其性能应符合国家现行相关标准的规定。
- 6.1.2** 测量仪器应经国家认可的计量部门检定合格，并应在检定有效期限内使用。
- 6.1.3** 应采用等效连续 A 声压级，作为轨道交通沿线建筑物室内二次辐射噪声测量的量。

6.2 测量要求

- 6.2.1** 针对昼间和夜间应分别在各测点测量等效 A 声压级及室内背景噪声。
- 6.2.2** 测点布设应符合下列规定：
- 1 每个敏感点所设的测点不应少于 1 个；
 - 2 多个测点的布设，应根据建筑物的楼层、房间平面分布以及受城市轨道交通的影响程度确定；
 - 3 敏感区的测点布设应选择邻近线路的建筑物或受轨道交通影响较大的建筑物。
- 6.2.3** 同一建筑物内的各个测点应在规定时间内同步测量。
- 6.2.4** 在背景噪声和二次辐射噪声的测量过程中，测点所在房间的门窗应密闭。
- 6.2.5** 在测点受到外界其他噪声源的偶然干扰时，应在测量记录中说明干扰的声级、类型和持续时间。
- 6.2.6** 传声器布设应符合下列规定：
- 1 各测点的传声器应安装在距地面 1.2m 的高度，距墙壁

的水平距离应在 1.0m 以上；

2 测点周围 1.0m 之内不应有声反射物；

3 测量时，传声器应朝向房间中央。

6.2.7 测量时间应符合下列规定：

1 在昼间和夜间，应各选一段时间进行测量，测量时段不应小于 1h；

2 昼间测量时，应选择行车高峰时段；夜间测量时间内通过的列车不应少于 5 列；

3 在行车密度较低的线路，可分段测量列车通过时的声级。

6.2.8 仪器动态时间响应特性应采用快挡（Fast），采样间隔不应大于 1s，测量时间应符合本标准第 6.2.7 条的规定。

6.2.9 仪器的动态范围应满足测点噪声波动的要求，测量时应选择与二次辐射噪声幅值相应的动态范围。

6.2.10 测量前后应校准仪器，灵敏度相差不应大于 0.5dB（A），否则测量结果应视为无效。

6.2.11 测量应有记录，并应符合本标准附录 A 的规定。

6.3 测量数据记录及处理

6.3.1 测量轨道交通沿线建筑物室内的二次辐射噪声，应分别计算昼间和夜间的等效 A 声压级。在测量时段内，昼间和夜间的等效 A 声压级应按下列公式计算：

$$L_{Aeq} = 10 \lg \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{0.1 L_{AE,i}} \quad (6.3.1)$$

式中 L_{Aeq} ——昼间或夜间的等效 A 声压级，单位为 dB（A）；

n ——昼间或夜间通过的列车数量；

$L_{AE,i}$ ——昼间或夜间第 i 列列车通过时测点的二次辐射噪声 A 声压级。

6.3.2 二次辐射噪声测量值应大于室内背景噪声 3dB（A）以上，并按表 6.3.2 对二次辐射噪声测量值进行修正。

表 6.3.2 二次辐射噪声修正值 [dB (A)]

差值	3	4~5	6~9
修正值	-3	-2	-1

7 测量报告编写要求

7.0.1 城市轨道交通引起的沿线建筑物振动和二次辐射噪声测量应编写测量报告。

7.0.2 测量报告应包括下列内容：

1 城市轨道交通工程概况，应包括沿线建筑物特征与现状，轨道交通环境影响评估文件的结论和要求，设计与建造时采取的减振降噪措施，以及其他需要说明的情况。

2 轨道沿线敏感点或敏感区建筑物进行振动和噪声测量的方案和结果：

- 1) 采用的测量仪器（名称、型号、精度等级、检定日期）和测点位置、环境的描述；
 - 2) 建筑物与轨道线路之间的位置关系、测点布置；
 - 3) 测量数据或图表；
 - 4) 振动和二次辐射噪声限值；
 - 5) 测量数据分析与结论。
- 3** 测量单位、人员和日期。

附录 A 测量记录

A.0.1 城市轨道交通沿线建筑物振动测量应按表 A.0.1 进行记录。

表 A.0.1 城市轨道交通沿线建筑物振动测量记录表

编号：

测量地点		测量日期			
测量仪器		测量人员			
线路条件		地质情况			
建筑物类型		车辆类型及编组			
列车运行速度		备注			
测点与线路的位置关系图示或描述					
数据记录					
序号	时间	编组	近/远轨	$V_{L_{max}}$ (dB)	备注
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
处理结果					

测量记录员：

本标准用词说明

1 为便于在执行本标准条文时区别对待，对要求严格程度不同的用词说明如下：

1) 表示很严格，非这样做不可的：

正面词采用“必须”，反面词采用“严禁”。

2) 表示严格，在正常情况下均应这样做的：

正面词采用“应”，反面词采用“不应”或“不得”。

3) 表示允许稍有选择，在条件许可时首先这样做的：

正面词采用“宜”，反面词采用“不宜”；

表示有选择，在一定条件下可以这样做的，采用“可”。

2 条文中指定应按其他有关标准、规范执行时，写法为“应符合……的规定”或“应按……执行”。

中华人民共和国行业标准

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

JGJ/T 170 - 2009

条文说明

前 言

《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》JGJ/T 170-2009，经住房和城乡建设部 2009 年 3 月 15 日以第 241 号公告批准发布。

为便于广大设计、施工、科研、学校等单位的有关人员在使用本标准时能正确理解和执行条文规定，《城市轨道交通引起建筑物振动与二次辐射噪声限值和测量方法标准》编制组按章、节、条顺序编制了本标准的条文说明，供使用者参考。在使用中如发现本条文说明有不妥之处，请将意见函寄深圳市地铁有限公司（地址：深圳市福田区福中一路 1016 号；邮政编码：518042）。

目 次

1	总则	18
2	术语和符号	20
2.1	术语	20
2.2	符号	20
3	基本规定	21
4	限值	22
5	振动测量方法	24
5.1	一般规定	24
5.2	测量要求	24
5.3	测量数据记录及处理	25
6	二次辐射噪声测量方法	26
6.2	测量要求	26
6.3	测量数据记录及处理	26
7	测量报告编写要求	27

1 总 则

1.0.1 大运量、快捷、舒适的城市轨道交通是解决城市公共交通问题的根本出路。本标准制订的目的是为了规范城市轨道交通项目建设或运营过程对沿线建筑物振动和室内二次辐射噪声评价和测量的要求。

1.0.2 现行国家标准《城市区域环境振动标准》GB 10070 - 88 与《声环境质量标准》GB 3096 - 2008 规定了各种振源或噪声源的城市区域环境振动或噪声限值标准及其测量方法，适用范围广泛。就上述标准中城市交通干线或铁路主次干线而言，城市轨道交通线路是一种既不同于城市交通干线又不同于国铁铁路干线的交通网，城市交通干线一般是指公共道路，而国铁的干线铁路由于线路分布的区域（绝大部分不在城市区域），其列车、轨道和运营条件与城市轨道交通也有很大区别，因此轨道沿线环境振动噪声评估条件和标准应有所不同。例如，评价铁路干线两侧的环境振动或噪声水平时界定区域是外侧轨道中心线 30m（即所谓的铁路边界）以外，这对于城市轨道交通线路而言，全线达到铁路边界的地域要求是不现实的。《铁路边界噪声限值及其测量方法》GB 12525 - 90 规定了城市铁路边界噪声限值为 70dB (A)，但对于铁路边界以内区域的环境噪声没有规定。

本标准规定的建筑物室内二次辐射噪声不是由建筑物内的振源或噪声源直接产生，而是从建筑物的外部通过建筑基础传入振动激励的结果。建筑结构表面固体的振动以空气为介质传播而产生二次辐射噪声，亦称固体噪声。由于振动在岩土介质传递的衰减和建筑物基础的作用，较高频率的振动成分被过滤，因此，二次辐射噪声是一种低频噪声。

根据轨道运输轮轨系统的特点，轮轨间移动荷载由静轴重和

动荷载组成，车轮移动荷载对轨道的作用大小与车辆、轨道和运营条件（车况、路况和运行速度等）有关。从轨道路基（碎石道床）或整体道床向周围扩散的振动，除了振幅较大的低频之外，在 50~100Hz 的频率范围还会出现重要的峰值。考虑轨道沿线岩土介质的振动传递特性，本标准规定的振动频率范围为 4~200Hz，考虑人耳听到声音的最低频率和建筑结构固有频率，而将二次辐射噪声频率界定在 16~200Hz。

1.0.3 本标准与现行国家标准协调一致，并互为补充。《住宅建筑室内振动限值及其测量方法标准》GB/T 50355 - 2005 针对住宅建筑（含商住楼）规定的振动源在建筑物内部，换算为单一指标的铅垂向 Z 振级为 80dB（夜间，住宅建筑室内 1 级振动限值），但如果考虑住宅建筑内部振源单一窄带型的频谱特征，其分频振动限值为 67dB。《住宅设计规范》GB 50096 - 1999 规定住宅卧室、起居室（厅）内的噪声限值昼间为 50dB（A），夜间为 40dB（A）。

2 术语和符号

2.1 术 语

2.1.1 测点铅垂向的振动加速度，其分频振级在 4~200Hz 范围内以 1/3 倍频程中心频率的振动加速度级表示，在各中心频率上采用 ISO 2631/1 - 1997 (E) 规定的全身振动不同频率计权因子修正后得到振动加速度级（振级），记为 V_L ，单位 dB。

2.1.3 门窗紧闭的室内空间，当远离被测振源（轨道交通）影响以及没有其他明显振动源或噪声源使室内声压增高的环境噪声称背景噪声。

2.2 符 号

2.2.2 $V_{L_{max}}$ ——分频最大振级，即为 1/3 倍频程中心频率上的最大振动加速度级。

3 基本规定

3.0.1 与城市区域环境噪声标准或振动标准适用的区域分类相同，本条遵循以人为本以及城市轨道交通线与区域环境协调匹配的原则将建筑区域分为五类。

——0类和1类：指疗养区、高级宾馆区、文教区及机关、事业单位集中的区域，即对环境振动噪声要求较高的公共区域，以及住宅为主的私家区域；

——2类：是居住、商业与工业混合区，规划商业区；

——3类和4类：是工业区或交通干线两侧区域。

对振动噪声要求很高的特殊建筑：音乐厅、电影电视演播厅、录音室或歌剧院等文化场所，包括古建筑等历史文物，以及建筑物内有振动敏感的仪器或设备，如光学或电子高倍显微镜、纳米技术研发或芯片生产中心、地震台站等对振动要求严格的区域应执行本标准中最高等级的限值标准。针对环境振动噪声要求更高的情况，需要在建筑物基础、结构或房间地板和墙面采取减振隔声措施，但这种情况不应属于城市轨道交通沿线建筑物影响评价和测量的内容。

3.0.2 如果建筑物位置临近轨道线路，应采取减振降噪措施以满足建筑物振动和室内二次辐射噪声限值标准。当地下线路下穿建筑物时，建筑物与轨道中心线之间的水平距离为零，振动在土质中传递的直线距离为隧道埋深。地下线隧道结构与建筑基础的间距、土质、隧道埋深以及运营条件等因素直接影响其地面建筑物振动及其室内二次辐射噪声水平。例如，隧道地质条件的影响，土质越软，列车振动由轨道道床经隧道向周边能够传递的距离越近；相反，当隧道周边为硬质岩石时列车运行引发振动的影响距离加大。

4 限 值

4.0.1 本标准的振动源是从建筑物下穿（地下）、中穿（高架站与建筑物一体）或侧边（地下、地面或高架）经过的城市轨道交通线路引起，评价的对象是轨道沿线的建筑物，测量点位于建筑物一楼室内或结构基础，测量值为铅垂向的振动加速度。

与国家现行的有关标准进行比较，《城市区域环境振动标准》GB 10070 规定“铁路干线两侧”30m 以外区域的振动限值 80dB（昼夜相同），交通干线道路两侧的振动限值 75dB（昼间）和 72dB（夜间）。由此可见，本标准的振动限值与国家现行的有关标准是相互协调一致的。

由于人对振动容忍极限的变化范围较大，与人的姿势、方向、健康状况和感觉密切相关。据统计，振动强度小于 65dB 对居民睡眠的影响可以忽略；但如果振动强度超过 70dB，对居民睡眠产生的影响就会较大。《城市区域环境振动标准》GB 10070 通过大量振动测量结果的统计和居民主观反映相结合方法确定的振动限值是比较符合我国实际情况的。

4.0.2 与本标准振动限值对应的测点一般布置在建筑物一楼的室内，但由于室内环境或房主限制，测点不能布置在建筑物室内，此时可将测量传感器安装在建筑物结构的基础上。一般而言，距离轨道线路越远的地方，因列车运行引起的环境振动或噪声的影响越小，但由于振动波（压缩波、剪切波及地表面瑞利波）在岩土体中波峰波谷的作用，在地面测量时有可能出现不一致的现象，但不妨碍限值标准的应用，应采取多次测量值的平均值。

4.0.3 建筑物室内二次辐射噪声是一种低频噪声。如果测量的等效声级达到 50dB(A)，按现行的噪声限值标准则完全符合环

境噪声要求，但在此环境下生活或工作的人是无法承受的。原因在于声级的 A 计权处理方法，在频率几十至几千赫兹的范围内加权处理可以得到一个与人听觉适应较好的综合声级，但对于噪声组成以低频（几百赫兹以下）为主的情况，经 A 计权处理的声级偏低，国内现行的噪声标准就不再适用。例如，1000Hz 的声压级 10dB 经 A 线加权处理后仍为 10dB(A)，而 100Hz 的声压级 10dB 经 A 线加权处理后仅为 1dB(A)，为此本标准提出建筑物室内二次辐射噪声（低频噪声）的限值。与英国、美国、德国和日本等国家以及台湾地区的标准中有关低频噪声的大量试验和调查结果比较，表 4.0.3 的低频噪声限值是适中的，与现行国家标准《住宅设计规范》GB 50096 - 1999 规定的夜间室内噪声限值 40dB(A)也是相协调的。35dB(A)以下的室内二次辐射噪声对居民的睡眠没有影响，但如果室内二次辐射噪声水平达到 45dB(A)以上，则对居民的睡眠影响或主观反应都会很大。

5 振动测量方法

5.1 一般规定

5.1.1 振动测量仪器系统应具备在 4~200Hz 频率范围测量 1/3 倍频程振动加速度级的功能。其 1/3 倍频程带通滤波器性能应符合《倍频程和分数倍频程滤波器》GB/T 3241-1998 的规定；测量仪器系统应符合《城市区域环境振动测量方法》GB/T 10071 及《Human response to vibration; measuring instrumentation》ISO 8041-1990 有关测量仪器的规定。

5.1.3 人体敏感的振动是铅垂向的振动分量，《城市区域环境振动测量方法》GB/T 10071 以铅垂向 Z 振级 VL_z 来评价环境振动对人体的影响，借鉴 GB/T 10071 关于铁路测量评价量的规定，读取每次列车通过过程中的最大示数（最大 Z 振级 VL_{zmax} ），本标准在 4~200Hz 频率范围内采用 1/3 倍频程中心频率上按不同频率计权因子修正后的最大振动加速度级作为评价量，简称分频最大振级，记为 VL_{max} 。表 5.1.3 加速度 Z 计权因子是铅垂向振动加速度在 1/3 倍频程中心频率上的修正系数，数值参照《Mechanical vibration and shock-evaluation of human exposure to whole-body vibration-Part 1: General requirements》ISO 2631/1-1997 的规定。实际上，该修正系数还在进一步研究完善，国际标准组织也希望各国继续提供相关资料研究修正上述频率计权因子。

5.2 测量要求

5.2.1 振动测量环境的气候条件应满足室外测量对环境温度、湿度和风速的要求。

5.2.3 在建筑物振动测量时列车按测量所在区段设计的最高速

度或该区段实际的运营速度运行。如果预测列车运行速度对沿线建筑物振动的影响较大，则应延长测量时间，其测量结果应反映列车运行速度的影响，以同一运行速度($\pm 3\text{km/h}$)通过的列车数量不应少于5列。

5.2.4 测点的安排应尽量避免轨道交通之外的其他振源对振动测量结果的干扰。

5.3 测量数据记录及处理

5.3.1 城市轨道交通列车通过测点的时间一般为5~10s，实践证明，针对地面线或高架线的测量，采样时间0.2~1.0s获得的测量结果是可以接受的。每次列车通过时记录分频最大振级 VL_{\max} 作为该次列车通过时的测量值，以每次列车通过时该测点 VL_{\max} 的算术平均值为该测点的振动评价量。

5.3.2 布设多个测点时，由于振动波和测点位置的影响，不同测点的测量值会有差别，在排除非轨道交通影响因素之后，各振动测点的算术平均值为振动评价量，并与振动限值进行比较。

6 二次辐射噪声测量方法

6.2 测量要求

6.2.7 在建筑物室内进行二次辐射噪声测量时，列车按测量所在区段设计的最高速度或该区段实际的运营速度运行，测量时间不应小于1h且至少通过5列车。如果预测列车运行速度对沿线建筑物室内二次辐射噪声水平影响较大，则应延长测量时间，其测量结果应反映列车运行速度的影响，以同一运行速度($\pm 3\text{km/h}$)通过的列车数量不应少于5列。

6.2.9 测量时间内记录列车途经建筑物附近引起室内二次辐射噪声变化的整个过程。

6.3 测量数据记录及处理

6.3.2 在排除其他噪声源的情况下，测量值与室内背景噪声的声级差小于3dB(A)，测量无效。此时，如果室内背景噪声小于限值，则可以认为途经的列车对沿线建筑物室内噪声没有影响；否则应分析室内背景噪声超标的原因。

7 测量报告编写要求

7.0.1 城市轨道交通项目从立项开始就已经着手沿线环境影响评估，并要求超标地段采取减振降噪的工程措施。特别应针对城市轨道交通引起沿线建筑物振动与二次辐射噪声进行测量评价。

城市轨道交通引起沿线建筑物振动和噪声的源头是运行的列车，由其引发的振动和噪声通过周围介质传递，特别是轮轨作用力经过路基向沿线环境扩散引起建筑物的振动和室内二次辐射噪声问题。沿线砖混、框架或框剪结构的建筑物，其振动响应特性各不相同，且振动传递受岩土介质性能的影响，例如在软土基础上修建的多层建筑物容易被振动激发而发生晃动。通过测量轨道沿线建筑物的振动和二次辐射噪声，并据此编写测量报告，从而使城市轨道交通对沿线建筑物振动和噪声的影响评估更专业、更规范、更科学。

无论是城市轨道交通项目竣工的环境验收，还是工程减振降噪措施效果的检验，都应按本标准的要求测量建筑物振动及其室内二次辐射噪声，并按本节要求编写测量报告。

声学中按频率划分为中高频噪声和低频噪声（500Hz以下），本标准涉及的固体噪声呈现低频特征，其治理的难度较大，而且线路一旦投入运营，其改造的难度更大。轨旁环境噪声与本标准中室内二次辐射噪声的频率组成不同，前者直接由车轮在钢轨上滚动时金属构件的高频振动辐射和轮轨摩擦等产生；后者是振动经固体介质衰减或放大后由建筑构件表面向空中辐射产生的低频噪声。

轨道振动传播引起沿线建筑物振动和室内二次辐射噪声，其振动强度与噪声水平之间密切相关，轨道减振降噪措施的主要作用在于减少振动从轨道结构向沿线环境扩散。为了减少轨道沿线

复杂的环境因素对减振降噪效果评价的影响，应在邻近减振降噪措施的地点进行振动测量，据此可以直观地评价轨道减振降噪的效果。例如，在圆形的盾构隧道内，其埋深、周围地质条件和线路情况相似，列车匀速经过两个在隧道壁上高度相同而里程不同的测点，其中一个测点对应的地段采用普通轨道结构，另一个测点的轨道采用减振降噪措施（减振器扣件、弹性轨枕或浮置板道床）。两个测点铅垂向振动加速度级的差值就是轨道减振降噪在该地段取得的效果。在轨道沿线敏感点或敏感区布设的测点，根据测量结果评价城市轨道交通投入运营前后沿线建筑物振动或噪声的变化。