

# 城轨交通高架线噪声控制指标及限值探讨

谭文<sup>1</sup>, 俞泉瑜<sup>2</sup>, 曹明华<sup>1</sup>, 申琼玉<sup>2</sup>

(1. 广州地铁集团有限公司, 广州 510030; 2. 安境迹(上海)科技有限公司, 上海 200030)

**摘 要:**我国目前城市轨道交通高架线噪声的控制标准尚属空白, 噪声控制指标和限值均参照《声环境质量标准》(GB3096—2008)。详细分析现行《声环境质量标准》的昼间等效声级、夜间等效声级噪声控制指标及限值在城市轨道交通高架线噪声控制方面的不足, 在对比分析国内外其他噪声标准的基础上, 针对国内城市轨道交通高架线噪声影响的特点, 提出列车通过时段等效 A 声级噪声控制指标及限值的补充建议, 增加早晚时段以及背景噪声增量的影响, 可作为城市轨道交通高架线噪声控制的参考。

**关键词:** 地铁; 高架线; 噪声; 声环境; 声级

中图分类号: U231

文献标志码: A

文章编号: 1672-6073(2023)01-0120-05

## Controlling Target and Limit of Viaduct Noise in Urban Rail Transit

TAN Wen<sup>1</sup>, YU Quanyu<sup>2</sup>, CAO Minghua<sup>1</sup>, SHEN Qiongyu<sup>2</sup>

(1. Guangzhou Metro Corporation, Guangzhou 510030;

2. ANGEL (Shanghai) Technology Co., Ltd., Shanghai 200030)

**Abstract:** At present, a noise control standard for viaducts in China is still lacking, and control indexes and limits are based on the “Environmental quality standard for noise” (GB3096—2008). Therefore, in this study, the deficiencies in the noise control indexes and limits of daytime and nighttime equivalent sound levels in the current “Environmental quality standard for noise” (GB3096) are comprehensively analyzed. Based on a comparative analysis of other noise standards at home and abroad, suggestions on the equivalent A-level noise control index and limit value of the train passing period are provided according to the noise impact characteristics of domestic viaducts, which increases the impact of morning and evening periods and background noise increment, which can be used as a reference for noise control of viaducts.

**Keywords:** metro; viaduct; noise; sound environment; sound pressure level

相对于城市轨道交通地下线, 高架线的实施难度较小、建设速度较快、造价较低, 但国内地铁从 2003 年开始有高架线运营以来, 其噪声扰民引起投诉的问题不断增多, 越来越被全社会所关注。为解决投诉问题, 很多城市轨道交通高架线在运营期间不得不再增设声屏障, 新线建设中实施或预留的降噪措施亦越来越多, 以致于高架全线预留声屏障安装条件成为默认的

标准设计。这是出现较多噪声投诉后比较顺理成章的思路和做法, 但问题根源并不全在于降噪措施本身<sup>[1]</sup>。

根据国内一些运营线路噪声投诉的测试, 噪声水平大多能满足现行《声环境质量标准》(GB3096—2008)<sup>[2]</sup>中昼间等效声级、夜间等效声级的限值, 但这种额外的噪声对于饱受生活压力大、节奏快、环境污染等困扰的人们来说, 又的确带来了不同程度的烦恼和不适。

收稿日期: 2021-11-16 修回日期: 2022-02-21

第一作者: 谭文, 女, 硕士, 教授级高级工程师, 从事轨道交通建设设计、施工技术管理与研究, tanwen@gzmttr.com

引用格式: 谭文, 俞泉瑜, 曹明华, 等. 城轨交通高架线噪声控制指标及限值探讨[J]. 都市轨道交通, 2023, 36(1): 120–124.

TAN Wen, YU Quanyu, CAO Minghua, et al. Controlling target and limit of viaduct noise in urban rail transit[J]. Urban rapid rail transit, 2023, 36(1): 120–124.

为探讨城市轨道交通高架线噪声控制指标,根据城市轨道交通高架线噪声及其影响特点,在《声环境质量标准》作为各类声环境功能区的环境噪声限值通用标准的基础上,有必要作适当的补充和完善,提出城市轨道交通高架线噪声控制指标及限值,以便能更加适应和满足地铁噪声评价和控制的需要。

## 1 现行指标在城轨应用中的不足

### 1.1 噪声控制指标

噪声控制指标通常有等效声级、最大声级、累计百分声级等。

《声环境质量标准》(GB3096—2008)采用了昼间 16 h(6:00—22:00)和夜间 8 h(22:00—6:00)的等效声级  $L_d$  及  $L_n$  作为噪声控制限值指标。等效声级反映的是统计时段内噪声能量的平均,它对其中偶发的短时高声级反应不敏感,对突发噪声、偶发噪声和间断噪声的评价能力较弱。

GB3096—2008 作为全社会声环境质量的通用环境标准,采用昼间等效声级、夜间等效声级是合理的,很多国家和地区的铁路噪声评价也采用了等效声级。

国内地铁近年来大规模运营的经验表明,地铁运营时段长,具有高架线列车通过时段噪声声级高、噪声增量大等特点,采用昼间等效声级、夜间等效声级不足以完全评价其影响。

图 1 为某城市轨道交通高架线投诉点的噪声实测案例,分析连续 1.5 h 的等效声级  $L_{eq, 1.5h}$  时域图(共包含 6 辆列车通过),其中无列车通过时的噪声最小值  $L_{min}=44.5$  dB(A),列车通过时的噪声最大值  $L_{max}=64.5$  dB(A),全部时段等效声级  $L_{eq, 1.5h}=49.8$  dB(A),等效声级可满足 0 类区的昼间标准或 2 类区的夜间标准,但列车通过时段  $L_{max}$  比  $L_{min}$  增加了 20 dB(A)。

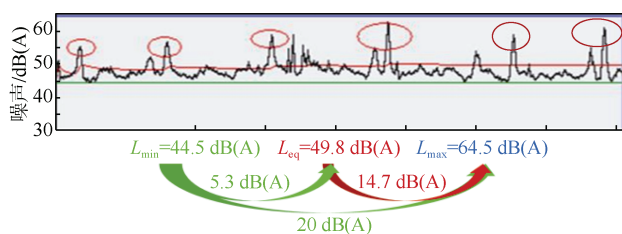


图 1 某城市轨道交通高架线投诉点噪声的实测时程  
Figure 1 Measured time history of noise at the complaint point of a viaduct

60 dB(A)噪声可使 70%的人惊醒, 60~70 dB(A)噪声可能有损神经。该处列车通过时段的噪声最大值

64.5 dB(A)尽管不太高,但无论绝对值或相对于最小值的增量,都会足够引起敏感人群不同程度的不适,尤其是在夜间休息时段。

### 1.2 环境噪声限值

《声环境质量标准》(GB3096—2008)将噪声限值划分为 5 类,如表 1 所示。该标准还规定,夜间突发噪声最大声级超过环境噪声限值不高于 15 dB(A)。

表 1 城市区域环境噪声限值  $L_{eq}$   
Table 1 Limits of environmental noise in urban areas  $L_{eq}$  dB(A)

类别	昼间	夜间	区域范围
0	50	40	康复疗养区等特别需要安静的区域
1	55	45	以住宅、医疗卫生、文教、科研设计、行政办公为主,需保持安静的区域
2	60	50	以商业金融、集市贸易为主,或居住、商业、工业混杂,需维护住宅安静的区域
3	65	55	以工业生产、仓储物流为主,需防止工业噪声对周围环境产生严重影响的区域
4	a	55	高速公路、一级及二级公路、城市快速路、城市主干路、城市次干路、城市轨道交通(地面段)、内河航道两侧的区域
	b	70	铁路干线两侧的区域

与部分国外标准相比,《声环境质量标准》中的声环境功能区划分及相应的噪声限值均适中,但在时段划分、噪声持续时长、不同噪声的发生概率及背景噪声影响等方面均不够详细。其中,夜间突发噪声的最大声级超过环境噪声限值不得高于 15 dB(A)的要求也缺乏实操性,一是未明确突发噪声的含义,二是 15 dB(A)不适用于所有情况,这正是该标准在地铁沿线敏感点的噪声预测及控制应用中出现问题的主要原因。

## 2 国内外其他噪声标准

国内外针对噪声有各种不同的标准,都是考虑了当地当时的社会、经济、人口、技术发展水平及现状而制订和实施的,在某些方面可提供参考。

### 2.1 美国的轨道交通噪声标准

美国联邦公共交通运输管理局(FTA)在 *Transit Noise and Vibration Impact Assessment* (FTA-VA-90-1003-2006)<sup>[3]</sup> 中提出,美国城轨交通环境影响评价标准采用一小时等效声级  $L_{eq}(h)$  或 24 h 等效声级  $L_{dn}$  作为噪声控制指标,噪声限值则以轨道交通实施前后其在区域环境噪声级的增加值为基础,根据影响区域的具体土地利用类别(见表 2)加以确定,如图 2 所示,噪声限值曲线由 3 段组成,背景噪声小于 45 dB(A)段的限值随背景

噪声线性递增，中间段限值随背景噪声以 3 次多项式递增，背景噪声超过 70/75 dB(A)段的限值与背景噪声无关。这种评价指标及限值体系，针对敏感人群充分考虑了背景噪声对轨道交通噪声增量的容忍度，尤其值得国内地铁参考。

表 2 美国轨道交通沿线土地类别及噪声影响的评价指标  
Table 2 Land types and noise impact assessment indicators along rail transit in the United States

土地类别	噪声评价量	土地利用类别说明
1	室外 $L_{eq}(h)$	室外活动需宁静的区域，如露天剧场、露天音乐会，以及需经常性室外讲解的国家历史文化纪念地等
2	室外 $L_{dn}$	公众夜间需睡觉的场所，如居民住宅、医院住院部、宾馆等夜间对噪声极度敏感的场所
3	室外 $L_{eq}(h)$	公益事业建筑，主要活动在白天或晚间，如学校、图书馆、教堂、医院诊室、会议室、录音棚、音乐厅、博物馆，以及供公众瞻仰和研究的纪念建筑、历史文化遗迹、休闲娱乐场所(如公园等)

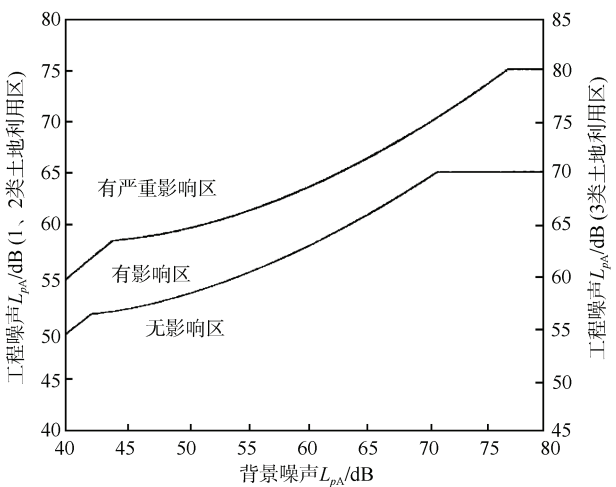


图 2 美国轨道交通工程噪声影响评价标准等级  
Figure 2 Noise impact assessment standard level of rail transit in the United States

2.2 国内的环境噪声行业标准

我国生态环境部发布的环境保护标准《环境影响评价技术导则 城市轨道交通》(HJ453—2018)<sup>[4]</sup>中的附录 B 提出，应测量列车通过时段的等效连续 A 声级，取运营高峰期不少于 5 次测量值的算术平均值作为列车运行噪声源强；在附录 C 中提出，依据列车通过时段等效连续 A 声级，对预测点进行噪声预测。这说明在该标准中，已经明确提出了列车通过时段等效连续 A 声级能够更好地对列车运行噪声进行预测分析。

地方标准《上海市区域环境噪声标准》与《声环境质量标准》相比，有两个细化值得借鉴：一是将时

段由昼/夜间分为白天、早晚及深夜，即在昼、夜之间增设了过渡时段，更符合人们的起居作息规律；二是将夜间突发噪声分为“频繁突发”和“偶然突发”，其中前者的概念与地铁列车通过时段噪声的影响特点较为接近。

表 3 上海市区域环境噪声标准限值  $L_{eq}$   
Table 3 Regional environmental noise standard limits  $L_{eq}$  in Shanghai of the viaduct dB(A)

适用区域	白天 7:00—21:00	早 5:00—7:00 晚 21:00—23:00	深夜 23:00—5:00
特殊住宅区	50	45	40
居民、文教区	55	50	45
1 类混合区	60	55	50
2 类混合区	65	60	55
交通干道两侧	75	65	55

北京地方标准《地铁噪声与振动控制规范》(DB11/T 838—2019)<sup>[5]</sup>提出，地铁噪声控制措施应首先满足《声环境质量标准》，当背景噪声已超过标准时，要求控制环境噪声增量小于 0.5 dB(A)。城市轨道交通高架线的沿线背景噪声超标的情况较为常见，该规定弥补了这一空缺，便于工程实际操作。

3 噪声控制标准的补充建议

3.1 不同状况下的噪声控制指标

如前所述，昼间等效声级、夜间等效声级对突发噪声、偶发噪声和间断噪声的评价能力较弱，虽有较多国家从此作为铁路噪声评价指标，但从国内地铁运营实践来看，还有一定的不足。比如，凌晨或深夜一般为人们休息时段，尽管地铁运行对整个夜间噪声能量平均  $L_{Aeq}$  影响不大，但在列车通过的短时内声级较高，对沿线居民造成较大干扰，故在昼间等效声级、夜间等效声级之外，有必要补充更合理的噪声控制指标<sup>[6-8]</sup>。

3.1.1 最大声级

最大声级( $L_{max}$ )是在规定时段内或针对某一独立噪声事件测得的噪声级最大值，日本新干线就采用了该值作为噪声控制指标，但这不能体现噪声持续时间的影响。另外，因轨道不平顺具有偶发性，所以其产生的噪声最大值具有偶发性，重现性较差，测试也较易受背景噪声影响，如不同车辆行驶于同一位置时可能会测到不同的最大值，故不宜采用最大声级作为评价指标。



### 3.1.2 累积百分声级

累积百分声级( $L_{10}$ )用于评价测量时间段内噪声强度的时间统计分布特征。 $L_{10}$ 指占测量时间段内 10% 的时间噪声级超过的值,在很多国家用作道路交通噪声评价指标,其优势在于能将列车通过次数、持续时间及噪声最大值都联系起来,综合判断噪声的影响。在列车运行密度较高的情况下, $L_{10}$ 比昼夜间运营时段  $L_{eq}$  更能体现列车噪声对环境噪声的贡献;但当列车运行密度较小(如小于 20 列/h)时,昼夜间运营时段  $L_{10}$  不能很好地体现列车噪声的贡献量,因此有一定局限性。

### 3.1.3 列车通过时段的等效声级

地铁运行对敏感人群的影响主要是在列车通过时段,列车通过一个位置的耗时较为固定,一般为 10~20 s,通过时段的噪声水平亦较稳定,故可采用列车通过时段等效声级( $L_{Aeq, T_p}$ )作为评价指标,具体限值可参考《环境影响评价技术导则 城市轨道交通》(HJ453—2018)加以确定。

从以上几种噪声控制指标的分析及可行性来看,建议在昼间夜间等效连续声级的基础上,补充列车通过时段的等效声级,用其作为城市轨道交通高架线噪声的评价指标。

## 3.2 列车通过时段的噪声控制标准

参考美国城轨交通环境影响评价标准及《上海市区域环境噪声标准》,将列车通过时段噪声限值与背景噪声挂钩,并根据其相对于背景噪声的增量划分为两级:一般情况下 $\leq 10$  dB(A),困难条件下 $\leq 15$  dB(A)。

上述限值与部分具体工点敏感人群的接受度较为接近。以北京地铁 13 号线某高架段噪声测试为例,测试现场如图 3 所示;各测点位置一致,测试方法相同,测试结果如表 4 所示。该地段背景噪声较小,约 50 dB(A),原设计为半封闭声屏障,但开通运营后列车通过时段的噪声达到 73 dB(A),远超背景噪声,



图3 北京地铁 13 号线某高架不同降噪措施段  
Figure 3 Different noise reduction measures for a viaduct section of Beijing line 13

表 4 北京地铁 13 号线某高架段噪声测试结果

Table 4 Noise test results of a viaduct section of Beijing Line 13 dB(A)

降噪措施	背景噪声①	列车通过时段噪声②	②-①
半封闭声屏障	50	73.8	23.8
落地式声屏障		59.3	9.3

引起居民投诉,后增设落地式声屏障,列车通过时段噪声降至 59 dB(A)左右,超过背景噪声 9.3 dB(A),影响大大降低,居民投诉也得以消除。

## 3.3 昼夜过渡时段的噪声控制标准

地铁的运营时段一般为 5:30—23:30。《声环境质量标准》规定:昼间及夜间时段分别为 6:00—22:00 和 22:00—6:00,昼间时段噪声限值比夜间时段限值大 10 dB(A)(昼间/夜间等效声级)。对于多数人而言,6:00—7:00 及 21:00—22:00 虽未进入睡眠状态,但也处在对安静度要求较高的休息状态。因此,有必要结合地铁运营时段及人们的起居作息规律,增设昼/夜之间过渡时段的噪声限值。

建议过渡时段为早 6:00—7:00 及晚 21:00—22:00,此段限值取相应环境类别的昼间与夜间噪声限值的中值。比如,0 类区的昼间及夜间噪声限值分别为 50、40 dB(A),则过渡时段等效 A 声级限值取为 45 dB(A)。

## 3.4 背景噪声超标时的噪声控制标准

地铁一般沿城市主干道敷设,沿线背景噪声已超标的情况较为普遍。当背景噪声超标时,地铁运行还会产生一个增量,但《声环境质量标准》对此种情形没有规定。

这方面可借鉴北京地方标准《地铁噪声与振动控制规范》(DB11/T 838)中的相关规定:当背景噪声超过《声环境质量标准》的规定时,一般情况下要求控制环境噪声增量 $\leq 0.5$  dB(A),困难条件下要求控制环境噪声增量 $\leq 1.5$  dB(A)。困难条件下的控制标准是在《地铁噪声与振动控制规范》基础上增加的选项,主要是根据统计分析。在某些情况下,若将列车通过时段的噪声控制在不超过 10/15 dB(A),就已可满足敏感人群的噪声控制诉求。此时,虽然环境噪声增量可能接近或达到 1.5 dB(A),也是可以接受的。

## 4 噪声控制标准及限值建议

综合分析,建议城市轨道交通高架线噪声控制标准及限值如表 5 所示。这稍严于《声环境质量标准》,且具有较强的可行性和实操性,可望大大降低线路开通运营后的噪声投诉风险。

表5 推荐的城市轨道交通高架线噪声标准限值  $L_{eq}$ Table 5 Recommended noise standard limit  $L_{eq}$  of viaduct dB(A)

区域类别	昼间 7:00—21:00	早 6:00—7:00 晚 21:00—22:00	夜间 22:00—6:00
0	50	45(*)	40
1	55	50(*)	45
2	60	55(*)	50
3	65	60(*)	55
4	70	65(*)	55

#### 4.1 补充条款

1) 背景噪声不超标时,敏感点处列车通过时段等效连续 A 声级噪声(不少于 5 列车的平均值),优先控制不超过同时段背景噪声 10 dB(A),特殊困难条件或背景噪声很低或受众敏感性相对较低时,不超过同时段背景噪声 15 dB(A)。

2) 背景噪声超标时,控制环境噪声增量不大于 0.5 dB(A);特殊困难条件或背景噪声很低或受众敏感性相对较低时,不超过背景噪声 1.5 dB(A)。

#### 4.2 注意要点

将上述推荐标准用于具体敏感点的噪声监测及预测计算时,尚需注意以下 3 点:

1) 针对不同敏感点,宜查明可能受噪声影响的时段。比如,幼儿园、中小学及普通办公场所可能仅昼间受到影响,其他时段基本不受影响,或可放宽限值等。

2) 噪声控制要求相对较高、投诉风险相对较大的敏感点,如住宅区或民房等,宜取较严值,其余敏感点可取较宽值。

3) 在背景噪声调查及地铁运行噪声传递计算时,应将早 6:00—7:00 及晚 21:00—22:00 两个时段的相关数据单独给出。

#### 参考文献

- [1] 孙家麒. 城市轨道交通振动和噪声简明手册[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 2002.
- [2] 声环境质量标准: GB3096—2008[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2008.
- [3] Federal Transit Administration. Transit noise and vibration impact assessment: FTA-VA-90-1003-06[S]. 2006.
- [4] 环境影响评价技术导则: 城市轨道交通: HJ 453—2018[S]. 北京: 中国环境科学出版社, 2018.
- [5] 地铁噪声与振动控制规范: DB11/T 838—2019[S]. 北京: 北京市质量技术监督局, 2019.
- [6] 刘全民, 徐培培, 宋立忠, 等. 轨道交通噪声评价与控制标准探讨[J]. 噪声与振动控制, 2021, 41(6): 229-236. LIU Quanmin, XU Peipei, SONG Lizhong, et al. Investigation of noise assessment and control standards for rail transit[J]. Noise and vibration control, 2021, 41(6): 229-236.
- [7] 城市轨道交通列车噪声限值和测量方法: GB 14892—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006.
- [8] 侯博文, 曾钦娥, 费琳琳, 等. 城市轨道交通地下车站站台噪声评价方法[J]. 清华大学学报(自然科学版), 2021, 61(1): 57-63. HOU Bowen, ZENG Qine, FEI Linlin, et al. Noise evaluation method for urban rail transit underground station platforms[J]. Journal of tsinghua university (science and technology), 2021, 61(1): 57-63.
- [9] 王另的, 张斌, 户文成, 等. 美国联邦公共交通管理局的地铁环境振动预测方法及其应用[J]. 城市轨道交通研究, 2013, 16(1): 91-96. WANG Lingdi, ZHANG Bin, HU Wencheng, et al. Application of FTA prediction method on metro-induced environment vibration[J]. Urban mass transit, 2013, 16(1): 91-96.

(编辑: 傅依萱)

#### 昆明轨道交通 4 号线 PPP 工程获评鲁班奖

近日, 中国建筑业协会官网显示, 昆明市轨道交通一次性开工建设、通车运营里程最长的线路——昆明市轨道交通 4 号线 PPP 工程入选 2022—2023 年度第一批中国建设工程鲁班奖名单。据中铁一局昆明市轨道交通 4 号线 PPP 装修项目负责人介绍, 昆明市轨道交通 4 号线起于昆明主城区西北部的金川路站, 横穿五华、高新、盘龙、官渡、经开、呈贡 6 区, 终到呈贡新区的昆明南火车站, 线路全长 43.42 km, 共设车站 29 座, 可与已开通的 1、2、3、6 号线实现换乘, 远期规划还将有 10 座车站可换乘, 项目于 2015 年 12 月开工建设, 2020 年 9 月通车试运营。

中铁一局建安公司负责全线 8 座车站的装饰装修以及全线 29 座车站及区间、2 座车辆段、1 座综合基地的消防工程施工, 是全线重要建设部分。该公司在机电设备安装和装饰装修施工领域积累了深厚的技术力量, 在施工管理中不断实现新的突破, 从安全质量管理过程的流程化控制到施工现场标准化建设, 施工管理能力不断提升, 并在 2020 年以来连续两年的国优工程奖项评选中, 先后有宁波市轨道交通 4 号线、上海市轨道交通 15 号线、武汉轨道交通 6 号线一期工程、武汉市轨道交通七号线一期风水电机电装修和武汉市轨道交通 7 号线野芷湖风水电机电装修等 4 项参建工程获评国家优质工程奖, 成都地铁 7 号线以及昆明地铁 4 号线工程获评中国建设工程鲁班奖。

摘编自 <https://www.chinametro.net/2022-12-29>