

文章编号:1006-1355(2015)06-0145-07

## 厦深铁路广东段环境边界噪声预测浅析

崔强<sup>1,4</sup>, 未林<sup>2,4</sup>, 袁晓龙<sup>3,4</sup>, 白芝兵<sup>1,4</sup>, 马西军<sup>1,4</sup>, 张翔宇<sup>1</sup>

(1. 中国能源建设集团广东省电力设计研究院有限公司, 广州 510635;

2. 广东粤源水利水电工程咨询有限公司, 广州 510635;

3. 中国水利水电科学研究院水利研究所, 北京 100048;

4. 北京林业大学水土保持和荒漠化防治重点实验室, 北京 100083)

**摘要:**分别根据实际监测和国内修正模式计算预测厦深铁路广东段沿线环境边界噪声,探讨铁路环境边界噪声的预测方法。结果表明:根据实际监测计算预测,噪声水平昼间为47.98 dB(A)~66.81 dB(A),夜间为42.59 dB(A)~54.64 dB(A);列车时速200 km/h时,昼间和夜间噪声级分别低于限值14.82 dB(A)和13.17 dB(A);根据国内修正模式的计算预测,噪声水平昼间为56.12 dB(A)~72.60 dB(A),夜间为42.89 dB(A)~59.38 dB(A);列车时速200 km/h时,昼间和夜间噪声级分别低于限值6.09 dB(A)和9.31 dB(A);由国内修正模式计算预测沿线边界噪声等效声级时,桥梁测点因“二次噪声”所产生的4.0 dB(A)修正值有所偏大,建议为1.5 dB(A);本条铁路线边界噪声预测中根据国内修正模式计算预测的沿铁路线边界噪声等效声级较实际监测计算预测值大,昼间大6.0 dB(A)左右,夜间大3.0 dB(A)左右。

**关键词:**声学;厦深铁路;环境边界噪声;预测

中图分类号:X839.1

文献标志码:A

DOI编码:10.3969/j.issn.1006-1355.2015.06.032

## Forecast of the Ambient Noise in the Boundary of Xiamen-Shenzhen Railway Segment in Guangdong Province

CUI Qiang<sup>1,4</sup>, WEI Lin<sup>2,4</sup>, YUAN Xiao-long<sup>3,4</sup>,  
BAI Zhi-bing<sup>1,4</sup>, MA Xi-jun<sup>1,4</sup>, ZHANG Xiang-yu<sup>1</sup>

(1. China Energy Engineering Group Guangdong Electric Power Design Institute Co. Ltd., Guangzhou 510635, China; 2. Guangdong Yueyuan Conservancy and Hydro-power Engineering Consultation Co. Ltd., Guangzhou 510635, China; 3. Department of Irrigation and Drainage, China Institute of Water Resources and Hydropower Research, Beijing 100048, China;

4. Key Laboratory of Ministry of Education on Soil and Water Conservation and Desertification Combating, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China)

**Abstract :** The prediction method based on the actual monitoring and the domestic correction mode was discussed. The ambient noise in the boundary of Xiamen-Shenzhen railway segment in Guangdong province was calculated and forecasted. The results show that (1) In the calculation and the prediction of actual monitoring, the noise levels of daytime and at night are 47.98 dB(A)-66.81 dB(A) and 42.59 dB(A)-54.64 dB(A) respectively. Besides, the noise levels of daytime and at night are below the limits of 14.82 dB(A) and 13.17 dB(A) respectively when the train travels at 200 km/h speed. (2) In the calculation and prediction of the domestic correction mode, the noise levels of daytime and at night are 56.12 dB(A)-72.60 dB(A) and 42.89 dB(A)-59.38 dB(A) respectively. Besides, the noise levels of daytime and at night are below the limits of 6.09 dB(A) and 9.31 dB(A) respectively when the train travels at 200 km/h speed. (3) The corrected value of the noise level 4.0 dB(A) at the bridge measurement point generated by the secondary noise is overlarge in the calculation and prediction of the domestic correction mode, and the suggestion value is 1.5 dB(A). (4) The equivalent sound levels of the boundary noise along the railway predicted by the domestic correction mode are 6.0 dB(A) and 3.0 dB(A) in daytime and at night respectively which are larger than those by the actual monitoring.

**Key words :** acoustics ; Xiamen-Shenzhen railway ; ambient noise in the boundary ; forecast

收稿日期:2015-07-28

资助项目:国际科技合作项目(2009DFA32490)

作者简介:崔强(1984-),男,山西人,博士研究生,研究方向:  
水土保持与流域管理。

E-mail: 277081435@qq.com

高速铁路的快速发展给人们的生活带来了很大的便利,但与此同时也引发了一系列的环境噪声问题,铁路列车运营时带来的噪声污染不但会影响沿线居民正常的工作学习,更严重地还会影响他们的

起居休息,因此对高铁环境噪声监测和评价的要求将会越来越高<sup>[1]</sup>。高速铁路环境噪声的监测及其预测研究是国际学术界及各国政府关心的一项重要课题,与减少噪声对环境的污染和改善铁路沿线居民生活质量工作密切相关,具有重大的理论研究和实践应用价值。

厦深(厦门—深圳)铁路为我国“四纵四横”快速铁路通道中杭深铁路的重要组成部分,自厦门北站引出,经漳州、潮州、揭阳、汕头、汕尾、惠州引入深圳,全长 502.4 km,其中广东段全长约 357 km,福建段长约 145 km,共设车站 20 个。厦深铁路于 2007 年 11 月开工建设,2013 年 5 月全线铺轨贯通,2013 年 9 月开始联调联试,2013 年 12 月底全线正式运营,全线为双线,I 级铁路标准,设计速度目标值为 250 km/h,列车运营速度为 200 km/h。本文根据实际监测数据暴露声级 SEL 和经修正的美国噪声预测模式分别计算预测并分析边界噪声声级值,一方面为高速铁路沿线环境噪声积累原始数据,另一方面期望为上级环保主管部门采取相关控制措施提供理论依据。

1 研究方法

依据 GB12525—1990《铁路边界噪声限值及其测量方法》、TBT3050—2002《铁路沿线环境噪声测量技术规定》和 GB3096—2008《声环境质量标准》等,在厦深铁路广东段线路环保动态验收时监测不同时速列车经过不同类型测点时的边界噪声(距铁

路外侧轨道中心线 30 m 处的噪声),通过实测的暴露声级 SEL 计算预测该铁路线的环境噪声等效声级  $L_{eq}$ ,另外通过由国内修正的美国高速铁路噪声预测方法模式计算预测该铁路线的环境噪声等效声级  $L_{eq}$ ,并分别对铁路边界噪声进行评价,且对二者进行对比分析。

2 监测暴露声级 SEL 计算预测边界噪声等效声级  $L_{eq}$

为准确监测列车运行过程中的噪声,监测点选取要求具有代表性,且不能受到外界噪声干扰,根据铁路线的特点,选取监测点共 4 个,分别为路基对照监测点(简称路基)、桥梁对照监测点(简称桥梁)、路基声屏障监测点和桥梁声屏障监测点,且各监测点布置位置避开闹市区、交通道路旁等嘈杂地段,保证在监测时段不会受到外界噪声的干扰。边界噪声监测点设置在铁路边界即距铁路外侧轨道中心线 30 m 处,监测点距铁路边沿无障碍物,所有仪器的传感器高度高于地面 1.2 m,且距离任何反射物(地面除外)至少 3.5 m<sup>[4-6]</sup>,边界噪声各测点的测试条件如表 1 所示。

表 2 数据采集参数设置表

项目	参数选择
数采类型	MC3242(NT 9234)

表 1 边界噪声各测点测试条件表

位置	轨面高度/m	声屏障顶高/m	测点距外轨中心距离/m	测点高度/m	小区域地形	周围环境
路基	4.1	—	30	1.2	平地	测点距铁路边无障碍物、无外界噪声干扰
桥梁	9.1	—	30	1.2	平地	测点距铁路边有林带及片状水域、无外界噪声干扰
路基声屏障	4.5	7.3	30	1.2	平地	测点距铁路边无障碍物、周围有住宅
桥梁声屏障	9.8	12.6	30	1.2	平地	同路基

测量模式	噪声测试
采样率	51 200
采样个数	10 240
声级计功能	倍频程(1/3 倍频程)

按照 TBT3050—2002《铁路沿线环境噪声测量技术规定》,背景噪声应比实测铁路列车经过时的噪声低 10 dB 以上,若两者声级差值小于 10 dB,应对实测铁路噪声进行修正。

2.1 噪声暴露声级 SEL 和等效声级  $L_{eq}$  的计算

在噪声事件持续时间  $t(s)$  内,等效声级  $L_{eq}$  和暴露声级 SEL 之间存在如下关系

表 3 列车车头车尾截取时间表

列车测试速度/ km/h	列车通过时 间/s	列车测试速度/ km/h	列车通过时 间/s
160	4.52	180	4.02
200	3.62	220	3.29
230	3.15	240	3.02
250	2.89	260	2.78
270	2.68	275	2.63

$$L_{eq} = 10 \lg \frac{1}{T} \left( \sum_{i=1}^n 10^{0.1SEL_i} + 10^{0.1L_{eqn}} \cdot T \right)$$

式中  $SEL_i$  是第  $i$  个噪声事件的暴露声级, dB(A), 对于铁路噪声而言, 如果测得了时间  $T(s)$  内铁路线上通过的各次列车的暴露声级  $SEL$  值以及背景噪声等效声级, 就可以很方便的得到等效声级值<sup>[7]</sup>。该线路实际监测中, 路基、桥梁、路基声屏障和桥梁声屏障 4 个测点边界噪声的背景等效声级  $L_{eq}$  分别为 48.17 dB(A)、46.80 dB(A)、43.22 dB(A)、41.80 dB(A)。

根据铁道部公布信息, 现阶段线路昼间(6:00至22:00)有42趟列车运营, 夜间(22:00至次日6:00)有2趟列车运营, 不同时速列车经过各监测点时的噪声暴露声级  $SEL$  和经  $SEL$  计算得到的昼间和夜间的噪声等效声级  $L_{eq}$  如表4所示。

### 3 由国内修正模式计算预测沿线边界噪声等效声级 $L_{eq}$

#### 3.1 理论基础<sup>[2]</sup>

美国铁路噪声预测方法是一种具有很强科学性和操作性的环境噪声预测方法, 该方法不但适用于城市轨道交通工程(如地铁、轻轨、自动导轨等), 还适用于固定设施(如车辆段、停车场和车站等)的噪声预测与评价, 尤其在高速铁路噪声预测方面与其它预测方法<sup>[3]</sup>相比更具有优势。

(1) 高速铁路的噪声源包括列车的牵引噪声、轮轨噪声和空气动力学噪声三部分, 经过在大量实测数据基础上进行的理论分析和数据拟合, 各国中、高速列车离开铁路轨道中心 15 m 处的参考暴露声级参见文献[8]。在实际中, 如果列车的长度和速度与参考表中不同, 可按式(1)公式进行修正。

$$SEL_n = (SEL_{ref})_n + 10 \lg \left( \frac{len}{len_{ref}} \right) + K \lg \left( \frac{S}{S_{ref}} \right) \quad (1)$$

式中  $SEL_{ref}$  为噪声源在 15 m 处的参考暴露声级, dB(A);  $len$  为列车长度, m;  $len_{ref}$  为参考列车长度, m;  $S$  为列车运行速度, km/h;  $S_{ref}$  为参考列车运行速度, km/h;  $K$  为速度修正系数。

(2) 根据监测点与线路之间的距离、所处地形及周围房屋建筑物的具体情况, 计算噪声的地面衰减、声屏障衰减和附加衰减:

① 地面对噪声的衰减用衰减系数  $G$  表示, 不同情况下衰减系数  $G$  的计算公式如式(2)所示

$$G = \begin{cases} 0.66 & H_{eff} < 1.5 \\ 0.75 \left( 1 - \frac{H_{eff}}{12.6} \right) & 1.5 < H_{eff} < 12.6 \\ 0 & H_{eff} > 12.6 \end{cases} \quad (2)$$

式中  $H_{eff}$  为噪声的有效传播高度, 单位 m。

$H_{eff}$  值根据测点所处的具体地形情况选用与其相对应的公式计算, 参见文献[8]。

② 进行声屏障对噪声的衰减计算。不同情况下声屏障的衰减值按式(3)计算

$$A_b = \begin{cases} \min \left\{ 15, 20 \lg \frac{4.55 \sqrt{P}}{\tanh(8.08 \sqrt{P})} \right\} + 5 \text{ 牵引噪声} \\ \min \left\{ 20, 20 \lg \frac{6.41 \sqrt{P}}{\tanh(11.35 \sqrt{P})} \right\} + 5 \text{ 轮轨噪声} \\ \min \left\{ 15, 20 \lg \frac{1.25 \sqrt{P}}{\tanh(20.55 \sqrt{P})} \right\} + 5 \text{ 空气动力学噪声} \end{cases} \quad (3)$$

式中  $P$  为声程差,  $P=A+B-C$ ,  $A$ 、 $B$  和  $C$  分别表示声源与声屏障、声屏障和监测点以及监测点与声源之间的距离, 如图1所示。

表4 不同时速列车经过各监测点的实测噪声暴露声级及计算得到的噪声等效声级 单位: dB(A)

速度/(km/h)		160	180	200	220	230	240	250	260	270	275
实测 $SEL$ 值	路基	88.89	91.74	92.34	93.82	93.89	94.11	94.39	95.27	95.98	96.87
	桥梁	85.34	86.87	87.78	88.52	88.83	89.16	89.59	90.80	91.35	91.90
	路基声屏障	76.33	77.52	78.48	79.77	80.63	81.39	82.98	83.99	84.17	85.24
	桥梁声屏障	78.15	79.19	80.35	81.46	81.82	82.51	82.96	84.51	85.19	85.82
计算的昼间 $L_{eq}$ 值	路基	59.13	61.81	62.39	63.82	63.89	64.10	64.37	65.23	65.93	66.81
	桥梁	55.80	57.17	58.00	58.69	58.98	59.29	59.70	60.85	61.38	61.91
	路基声屏障	47.98	48.80	49.52	50.54	51.25	51.90	53.31	54.23	54.39	55.39
	桥梁声屏障	48.96	49.81	50.81	51.80	52.12	52.75	53.17	54.62	55.27	55.87
计算的夜间 $L_{eq}$ 值	路基	50.07	51.30	51.62	52.49	52.53	52.67	52.86	53.46	53.97	54.64
	桥梁	48.04	48.48	48.79	49.08	49.21	49.35	49.55	50.16	50.46	50.78
	路基声屏障	43.61	43.73	43.85	44.05	44.21	44.37	44.80	45.13	45.20	45.62
	桥梁声屏障	42.59	42.78	43.05	43.35	43.46	43.69	43.86	44.51	44.84	45.17

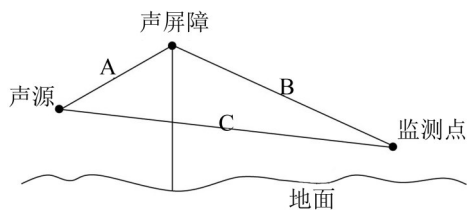


图1 声程差计算示意图

③ 房屋建筑和树木也影响声音的传播,由这些因素所引起的噪声衰减称为附加衰减,本文监测点没有涉及附加衰减,故不考虑。

(3) 由距轨道 15 m 处噪声源参考暴露声级计算距轨道 30 m 处噪声(边界噪声)源参考暴露声级,计算公式如式(4)所示

$$\text{SEL}_i = \begin{cases} \text{SEL}_n - 10 \lg\left(\frac{D}{15.2}\right) - 10G \lg\left(\frac{D}{8.8}\right) - A_s & \text{牵引噪声} \\ \text{SEL}_n - 10 \lg\left(\frac{D}{15.2}\right) - 10G \lg\left(\frac{D}{12.6}\right) - A_s & \text{轮轨噪声} \\ \text{ELS}_n - 10 \lg\left(\frac{D}{15.2}\right) - A_s & \text{空气动力噪声} \end{cases} \quad (4)$$

式中  $\text{SEL}_n$  为各子噪声源参考暴露声级,  $\text{dB(A)}$ ;  $D$  为声源与接受点之间的距离 30 m;  $G$  为地面衰减系数;  $A_s$  为考虑地面吸收衰减和声屏障作用后的修正值,  $A_s$  按式(5)计算

$$A_s = A_b - 10(G_{NB} - G_B) \lg\left(\frac{D}{15.2}\right) \quad (5)$$

式中  $A_b$  为声屏障衰减,  $\text{dB(A)}$ ;  $G_B$  和  $G_{NB}$  分别为考虑和未考虑声屏障作用的地面衰减系数。

(4) 按式(6)计算测点总的暴露声级

$$\text{SEL} = 10 \lg\left(\sum_{i=1}^n 10^{0.1\text{SEL}_i}\right) \quad (6)$$

式中  $\text{SEL}_i$  为各子噪声源的暴露声级,  $\text{dB(A)}$ 。

(5) 根据式(7)和式(8),分别计算测点昼间和夜间的边界噪声等效声级  $L_{\text{eq}}$ 。

$$L_{\text{eq}(\text{day})} = \text{SEL} + 10 \lg(V_{\text{d}}) - 35.6 \quad (7)$$

$$L_{\text{eq}(\text{night})} = \text{SEL} + 10 \lg(V_{\text{n}}) - 35.6 \quad (8)$$

式中  $L_{\text{eq}(\text{day})}$  和  $L_{\text{eq}(\text{night})}$  分别为昼间和夜间的噪声等效声级,  $\text{dB(A)}$ ;  $V_{\text{d}}$  和  $V_{\text{n}}$  分别为昼间和夜间每小时通过的列车趟数。

## 3.2 修正计算

### 3.2.1 模式修正<sup>[2]</sup>

(1) 在引进美国高速铁路噪声评价方法时,需要根据我国线路以及车型等实际情况进行修正。经过实地监测和参考相关资料,在对由铁路客车引起的环境噪声预测中,离开铁路轨道中心 15 m 处的参考

暴露声级参数如表 5 所示。

(2) 在原噪声源暴露声级的计算中,  $D$  取值为噪声源与预测点间的水平距离,但实际的噪声衰减距离为噪声源与预测点之间的点间距离,其值应大于噪声源与预测点的水平距离,故修正模式在实际噪声预测工作中需将噪声衰减距离改用为噪声源与监测点间的实际距离。

(3) 修正模式认为当列车运行在桥梁上时,会引发“二次噪声”,即会激发轨道结构振动并通过桥梁各个构件,如承重梁、墩台等从地面向临近的建筑物传递,而引起建筑物的墙壁和地板等的振动,因此在环境噪声实际预测工作中,根据我国实际情况当预测点位于桥梁旁时对最终的环境噪声预测值进行修正,混凝土桥梁的修正值为 4.0  $\text{dB(A)}$ 。

### 3.2.2 计算

厦深铁路广东段试验列车为 CRH2 型列车,动车组技术引自日本川崎重工业的新干线列车车型,以日本川崎重工业的 E2 系 1000 型为基础,动力配置从 E2-1000 的 6M2T 变为 4M4T,车长为 8 节编组共 201 m。经查表 5 可知,离开铁路轨道中心 15 m 处列车牵引噪声、轮轨噪声、列车噪声和车轮区噪声参考暴露声级分别为 83.0  $\text{dB(A)}$ 、92.0  $\text{dB(A)}$ 、89.0  $\text{dB(A)}$ 、89.0  $\text{dB(A)}$ 。按式(1)计算该铁路线列车不同时速离开铁路轨道中心 15 m 处噪声源参考暴露声级,如表 6 所示。并结合各测点的地形情况,按式(2)计算噪声有效传播高度和地面衰减系数,如表 7 所示。

根据式(3)一式(8)进行计算,各监测点不同时速边界噪声(30 m 处)的总暴露声级 SEL 值和各监测点不同时速边界噪声的等效声级  $L_{\text{eq}}$  值,如表 8 所示。

## 4 结果与分析

(1) 经监测暴露声级 SEL 计算预测,现阶段列车以 160 km/h~275 km/h 运行时,铁路沿线昼间的环境边界噪声水平为 47.98  $\text{dB(A)}$ ~66.81  $\text{dB(A)}$ ,夜间的环境边界噪声水平为 42.59  $\text{dB(A)}$ ~54.64  $\text{dB(A)}$ ,且随着速度的增加环境边界噪声水平也不断增大,但昼间的环境边界噪声水平平均低于 70  $\text{dB(A)}$ ,夜间的环境边界噪声水平平均低于 60  $\text{dB(A)}$ ,符合 GB12525—1990《铁路边界噪声限值及其测量方法》及关于发布《铁路边界噪声限值及其测量方法》(GB12525—1990)修改方案的公告(2008)标准的要求。列车以设计运营速度 200 km/h 运行时,昼间各测点环境边界噪声级平均为 55.18  $\text{dB(A)}$ ,低于限值 14.82  $\text{dB(A)}$ ,夜间各测点环境边界噪声级平均为 46.83  $\text{dB(A)}$ ,低于限值 13.17  $\text{dB(A)}$ ,列车在噪声控

制方面有很大的预留空间。

经国内修正模式计算预测,现阶段列车以 160 km/h~275 km/h 运行时,铁路沿线昼间的环境边界噪声水平为 56.12 dB(A)~72.60 dB(A),夜间的环境边界噪声水平为 42.89 dB(A)~59.38 dB(A),且随着速度的增加环境边界噪声水平也不断增大。其中,昼间列车时速不大于 200 km/h 时的环境边界噪声水平平均低于 70 dB(A),夜间各时速列车的环境边界噪声水平平均低于 60 dB(A),符合 GB12525—1990《铁路边界噪声限值及其测量方法》和关于发布《铁路边界噪声限值及其测量方法》(GB12525—1990)修改方案的公告(2008)标准的要求。昼间列车时速不小于 220 km/h 时,路基和桥梁的边界噪声级超出了限值,当列车时速为 275 km/h 时,分别超出限值 2.19 dB(A)和 2.60 dB(A)。列车以设计运营速度

200 km/h 运行时,昼间各测点环境边界噪声级平均为 63.91dB(A),低于限值 6.09 dB(A),夜间各测点环境边界噪声级平均为 50.69 dB(A),低于限值 9.31 dB(A),列车在噪声控制方面具有较大预留空间。

(2) 经监测暴露声级 SEL 计算预测,列车以 160 km/h~275 km/h 运行时,昼间路基、桥梁、路基声屏障、桥梁声屏障测点的平均噪声等效声级分别为 63.75 dB(A)、59.18 dB(A)、51.73 dB(A)、52.52 dB(A),夜间路基、桥梁、路基声屏障、桥梁声屏障测点的平均噪声等效声级分别为 52.56 dB(A)、49.39 dB(A)、44.46 dB(A)、43.73 dB(A)。

经国内修正模式计算预测,列车以 160 km/h~275 km/h 运行时,昼间路基、桥梁、路基声屏障、桥梁声屏障测点的平均噪声等效声级分别为 70.44 dB

表 5 客车离开铁路轨道中心 15 m 处的参考暴露声级修正参数

项目		噪声源高度/m	15 m 处参考暴露声级/dB(A)	参考列车长度/m	参考列车速度 km/h	速度修正系数 K
修正前	牵引噪声	3.6	86	22	32	0
	轮轨噪声	0.3	91	190	144	20
	空气动力噪声	列车噪声	3.0	22	288	60
		车轮区噪声	1.5	190	288	60
修正后	牵引噪声	3.0	83	22	32	15
	轮轨噪声	0.3	92	190	144	20
	空气动力噪声	列车噪声	3.0	22	288	60
		车轮区噪声	1.5	190	288	60

表 6 该铁路线列车不同时速离开铁路轨道中心 15 m 处噪声源参考暴露声级 单位: dB(A)

速度	160	180	200	220	230	240	250	260	270	275
SELn 牵	103.09	103.86	104.55	105.17	105.46	105.73	106.00	106.26	106.50	106.62
SELn 轮	93.16	94.18	95.10	95.93	96.31	96.68	97.04	97.38	97.70	97.86
SELn 列	83.29	86.36	89.11	91.59	92.75	93.86	94.92	95.94	96.93	97.40
SELn 车	73.93	77.00	79.74	82.23	83.38	84.49	85.56	86.58	87.56	88.04

表 7 测点噪声有效传播高度和地面衰减系数

噪声类型		测点位置							
		路基		桥梁		路基声屏障		桥梁声屏障	
		$H_{\text{eff}}(\text{m})$	$G$	$H_{\text{eff}}(\text{m})$	$G$	$H_{\text{eff}}(\text{m})$	$G$	$H_{\text{eff}}(\text{m})$	$G$
牵引噪声		4.15	0.50	6.65	0.35	11.65	0	19.60	0
轮轨噪声		2.80	0.58	5.30	0.43	10.30	0	18.25	0
空气动力噪声	列车噪声	4.15	0.50	6.65	0.35	11.65	0	19.60	0
	车轮区噪声	3.40	0.55	5.90	0.40	10.90	0	18.85	0

注:  $H_{\text{eff}}$  为噪声有效传播高度,  $G$  为噪声衰减系数

表8 各测点不同时速时边界噪声总暴露声级和等效声级 单位: dB(A)

速度(km/h)		160	180	200	220	230	240	250	260	270	275
总暴露声级 SEL	路基	97.91	98.76	99.56	100.32	100.69	101.06	101.42	101.79	102.16	102.35
	桥梁	98.44	99.28	100.06	100.80	101.16	101.52	101.88	102.23	102.58	102.76
	路基声屏障	86.90	87.80	88.67	89.53	89.97	90.41	90.86	91.32	91.78	92.02
	桥梁声屏障	86.28	87.15	87.99	88.82	89.24	89.65	90.08	90.51	90.94	91.16
昼间等效声级 $L_{eq}$	路基	67.75	68.60	69.40	70.16	70.53	70.90	71.26	71.63	72.00	72.19
	桥梁	68.28	69.12	69.90	70.64	71.01	71.36	71.72	72.07	72.42	72.60
	路基声屏障	56.74	57.64	58.51	59.37	59.81	60.25	60.70	61.16	61.62	61.86
	桥梁声屏障	56.12	56.99	57.84	58.66	59.08	59.49	59.92	60.35	60.78	61.00
夜间等效声级 $L_{eq}$	路基	54.53	55.38	56.18	56.93	57.31	57.67	58.04	58.41	58.78	58.96
	桥梁	55.06	55.90	56.68	57.42	57.78	58.14	58.49	58.85	59.20	59.38
	路基声屏障	43.52	44.42	45.29	46.15	46.59	47.03	47.48	47.94	48.40	48.64
	桥梁声屏障	42.89	43.77	44.61	45.44	45.85	46.27	46.70	47.12	47.56	47.78

注:没有对桥梁等效声级值进行4dB(A)的修正。

(A)、70.91 dB(A)、59.77 dB(A)、59.02 dB(A);夜间路基、桥梁、路基声屏障、桥梁声屏障的平均噪声等效声级分别为57.22 dB(A)、57.69 dB(A)、46.55 dB(A)、45.80 dB(A)。

二者对比之下,昼间经国内修正模式计算预测值在路基、桥梁、路基声屏障、桥梁声屏障四个测点分别较经监测暴露声级 SEL 计算预测值大 6.69 dB(A)、11.74 dB(A)、8.04 dB(A)、6.51 dB(A);夜间经国内修正模式计算预测值在路基、桥梁、路基声屏障、桥梁声屏障四个测点分别较经监测暴露声级 SEL 计算预测值大 4.66 dB(A)、8.30 dB(A)、2.09 dB(A)、2.07 dB(A)。其中桥梁测点差值最大,误差主要来自其测点周围环境的影响,在列车噪声传播过程中,铁路边的林带及片状水域使声波能量部分损耗,导致实际监测过程中采集的噪声暴露声级 SEL 值偏小,使预测计算的等效声级昼间减小约 5.0 dB(A),夜间减小约 4.0 dB(A)。除此之外,路基声屏障测点周围有住宅分布,夜间周围环境背景安静,因此实际监测过程中受到人为噪声干扰较其他测点和时段明显,使预测计算的等效声级增大约 1.50 dB(A)。这可为今后铁路噪声监测相关工作提供经验参考。

经误差调整后,列车以 160 km/h~275 km/h 运行时,昼间四个测点实际监测的平均噪声水平分别约为 63.75 dB(A)、64.18 dB(A)、51.73 dB(A)、52.52 dB(A),夜间四个测点的平均噪声水平分别约为 52.56 dB(A)、53.39 dB(A)、42.96 dB(A)、43.73 dB(A)。对比可以看出,国内修正模式计算预测沿线

边界噪声等效声级中对桥梁 4.0 dB(A)的修正值有所偏大,建议为 1.5 dB(A)。同时可以看出,在该条铁路线边界噪声预测中,经国内修正模式计算预测沿铁路线边界噪声等效声级较实际监测计算预测值大,昼间大 6.0 dB(A)左右,夜间大 3.0 dB(A)左右,原因可能为国内修正参数的选择有待于进一步大范围的验证,以及地面和声屏障对噪声衰减的计算偏理想化,可能实际衰减值会较理论计算值大。

## 5 结语

(1) 经监测暴露声级 SEL 计算预测,现阶段列车以 160 km/h~275 km/h 运行时,铁路沿线昼间的环境边界噪声水平为 47.98 dB(A)~66.81 dB(A),夜间的环境边界噪声水平为 42.59 dB(A)~54.64 dB(A),符合标准要求。列车以设计运营速度 200 km/h 运行时,昼间和夜间各测点环境边界噪声级分别平均为 55.18 dB(A)、46.83 dB(A),分别低于限值 14.82 dB(A)、13.17 dB(A)。

(2) 经国内修正模式的计算预测,现阶段列车以 160 km/h~275 km/h 运行时,铁路沿线昼间的环境边界噪声水平为 56.12 dB(A)~72.60 dB(A),夜间的环境边界噪声水平为 42.89 dB(A)~59.38 dB(A),其中昼间列车时速不大于 200 km/h 时和夜间各时速列车的环境边界噪声水平符合标准要求,昼间列车时速不小于 220 km/h 时,路基和桥梁的边界噪声级超出了限值,时速为 275 km/h 时,分别超出限值 2.19 dB(A)、2.60 dB(A)。列车以设计运营速度 200 km/h 运行时,昼间和夜间各测点环境边界噪声

级分别平均为63.91 dB(A)、50.69 dB(A),分别低于限值6.09 dB(A)、9.31 dB(A),列车在噪声控制方面具有很大预留空间。

(3) 在实际监测暴露声级SEL过程中,因桥梁测点受铁路边林带及片状水域的影响,预测计算的等效声级值偏小,昼间偏小约5.0 dB(A),夜间偏小约4.0 dB(A)。另外,因路基声屏障测点周围住宅区人为噪声的干扰,预测计算的夜间等效声级值偏大,偏大约1.50 dB(A)。这可为今后铁路噪声监测相关工作提供经验参考。

(4) 由国内修正模式计算预测沿线边界噪声等效声级时,桥梁测点因“二次噪声”所产生的4.0 dB(A)修正值有所偏大,建议为1.5 dB(A)。另外,在该条铁路线边界噪声预测中,根据国内修正模式计算预测的沿铁路线边界噪声等效声级较实际监测计算预测值大,昼间大6.0 dB(A)左右,夜间大3.0 dB(A)左右。

#### 参考文献:

- [1] 李宪同,刘砚华,齐书芳,等.暴露声级监测方法探讨[J]. **中国环境监测**, 2013,29(3):137-139.
- [2] 雷晓燕,罗锟.高速铁路噪声预测方法研究[J]. **噪声与振动控制**, 2008,28(5):132-137.
- [3] 刘岩,张艳.高速铁路沿线噪声的预测方法[J]. **中国铁道科学**, 2002,23(5):131-136.
- [4] GB12525—1990铁路边界噪声限值及其测量方法[S]. 中华人民共和国环境保护部, 1991.
- [5] 曹雪玲,谈荣全.某城际铁路沿线环境噪声监测分析[J]. **铁路节能环保与安全卫生**, 2013,3(5):222-224.
- [6] TBT3050—2002铁路沿线环境噪声测量技术规定[S]. 中华人民共和国铁道部, 2002.
- [7] 齐峰.噪声暴露级在铁路环境噪声等效声级计算和预测中的应用[J]. **环境监测**, 1990,8:21-22.
- [8] 雷晓燕.高速铁路噪声计算方法[J]. **中国铁道科学**, 2005,26(4):1-6.

(上接第130页)

公式预测结果吻合较好,验证了本文数值模型的计算精度;而四孔隧道数值模型计算衰减规律不同于两孔隧道模型和标准中给定的经验公式预测结果说明地铁周边其他隧道孔洞的存在影响了地铁振动传播途径;

(2) 计算结果表明,地铁正上方新增隧道孔洞后,地表近场振动影响变小,说明近场隧道孔洞具有一定的遮挡作用,而远场地表振动则略微增大;地铁正下方新增隧道孔洞后,受孔洞反射波的影响,地表振动计算结果略有增加但影响不大;

(3) 四孔交叠隧道空间位置一定程度影响地表振动传播规律,计算结果表明上下隧道间的水平距离影响大于垂向间距的影响,上下隧道水平间距越大,地表近场区域的振级相对越大,而远场的振级相对越小;上下隧道垂向间距对地表近场振动影响较小,对地表远场振动影响较大;

(4) 多孔地铁隧道交叠运行,列车汇车概率增大且汇车组合方式多样,计算结果表明,同时运行列车数量越多,地表振动影响越大。因此多孔地铁隧道近距离交叠运行时,需考虑多振源同时作用对环境振动影响的情况。

#### 参考文献:

- [1] 刘夏冰.四孔交叠隧道下地铁运行对周边建筑物的振动响应分析[D]. 南昌:南昌航空大学, 2014.
- [2] 陈先国,王显军.近距离重叠隧道的二维和三维有限元分析[J]. **西南交通大学学报**, 2003,38(6):643-646.
- [3] 陈先国,高波.地铁近距离平行隧道有限元数值模拟[J]. **岩石力学与工程学报**, 21(9):1130-1134.
- [4] 章慧健,仇文革,冯冀蒙,等.近距离重叠隧道盾构施工的纵向效应及对策研究[J]. **岩土力学**, 2010,31(11):3569-3753.
- [5] 毕继红,江志峰,常斌.近距离地铁施工的有限元数值模拟[J]. **岩土力学**, 2005,26(2):277-281.
- [6] 储益萍.地铁引起的结构振动与噪声及其相关性分析[J]. **噪声与振动控制**, 2011,31(4):86-87.
- [7] 候晋,李双,袁国清,等.苏州轨交一号线隧道内振动传递测试与分析[J]. **噪声与振动控制**, 2014,34(5):83-84.
- [8] 练松良.轨道动力学[M]. 上海:同济大学出版社, 2003:3-7.
- [9] 雷晓燕,圣小珍.现代轨道理论研究[M]. 北京:中国铁道出版社, 2006:17-32.
- [10] 刘晶波,王振宇,杜修力.波动问题中的三维时域粘弹性人工边界[J]. **工程力学**, 2005,22(6):46-49.