

从传播途径优化控制市区铁路噪声

翟国庆¹, 李争光¹, 陈钰², 张邦俊¹

(1. 浙江大学环境污染控制技术研究所, 杭州 310028; 2. 浙江大学建筑物理研究所, 杭州 310028)

摘要:为控制市区铁路噪声污染,在对铁路噪声影响初步调查基础上,以杭州市区浙赣铁路沿线某拟建小区为例,结合小区规划、环境景观和配套工程设计,从传播途径上提出设置人工土坡、声屏障、绿化等多种降噪措施,合理组合形成若干典型降噪方案,应用 Cadna/A 软件对各方案的降噪效果做了模拟预测和比选.结果表明,不同方案对预测点的降噪效果最大相差 19.4 dB,方案二降噪效果最佳,但若只考虑铁路噪声影响,则以方案一为佳.研究成果可为今后市区铁路沿线住宅等建筑的规划及其噪声控制提供参考.

关键词:市区;铁路噪声;住宅小区;降噪措施;噪声预测

中图分类号: X593 文献标识码: A 文章编号: 0250-3301(2008)08-2372-05

Optimally Control Urban Railway Noise by Sound Propagation Path

DI Guo-qing¹, LI Zheng-guang¹, CHEN Yu², ZHANG Bang-jun¹

(1. Institute of Environmental Pollution & Controlling Technology, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China; 2. Institute of Architecture Physics, Zhejiang University, Hangzhou 310028, China)

Abstract: In order to control railway noise pollution in urban areas, the residential district located near the Zhegan railway in Hangzhou urban was taken for example, and some controlling measures were proposed based on the investigation in railway noise impact as well as the planning of the district, the environmental scene and the project devises. The measures included setting man-made soil slopes, noise barriers and virecence. Combining some of them could be a typical noise reduction scheme. The professional software Cadna/A was used to predict the noise reduction results of every scheme. Results show that the maximal difference of noise reduction is 19.4 dB and the noise reduction effect of the second scheme is best. However, if only railway noise influence is considered, the first scheme is best. The research results can provide reference for residential districts planning and noise control near the railway in urban areas.

Key words: urban; railway noise; residential area; noise reduction measures; noise predict

随着我国城市化的推进,城市范围不断扩张,铁路部门的许多基层作业单位如站、段、调车场很多被城市所包围,穿越市区的铁路干线长度不断增加,同时铁路车流量和列车运行速度都在增加,市区铁路噪声污染呈加剧趋势,严重影响沿线居民正常生活和学习,铁路噪声控制备受市民关注^[1-5].

本研究在对城市市区铁路噪声影响进行初步调查基础上,结合某住宅小区规划、环境景观和配套工程设计,从传播途径上提出多种降噪方案,通过模拟预测对各方案降噪效果进行了比选.

1 城市铁路沿线声环境现状

对国内多个大中城市铁路沿线第 1 排敏感建筑分布及其噪声影响进行调查,结果表明,城市市区现有铁路边界噪声一般为 66~69 dB,小于 70 dB 限值,铁路沿线建筑处环境振动普遍达到《城市区域环境振动标准》中居民和文教区限值,但随着铁路的提速和车流量的增加,市区铁路边界小时等效声级有增加趋势.在铁路沿线 1995 年之前建成的住宅等敏感建筑中,约有 45%~55% 的建筑与铁路外轨中心线距离小

于 30 m,其声环境(小时等效声级)普遍达不到《城市区域环境噪声标准》中 2 类标准,噪声(特别是夜间噪声)超标较为严重;1995 年及其以后建成的建筑,间距普遍大于 30 m,一般为 30~50 m,且采取了声屏障等降噪措施,但仍难以达到 2 类声环境功能区夜间噪声标准,特别是高层建筑 5 楼以上楼层.

2 从传播途径优化控制铁路噪声污染

列车及轮轨等声源噪声的降低受现有技术条件制约,从传播途径上通过科学合理规划降低铁路噪声污染不失为一种经济有效的好方法^[6-10].下面以杭州市区浙赣铁路沿线拟建的某住宅小区为例,通过优化设计,从传播途径上降低铁路噪声对住宅的影响.

根据规划有关要求,某小区第 1 排建筑与铁路外轨最近距离为 42.0 m,之间要求规划 1 条宽 6 m

收稿日期: 2007-08-09; 修订日期: 2007-11-15

基金项目: 国家自然科学基金项目(10604048); 浙江省自然科学基金项目(Y505070); 杭州市科技发展计划项目(20061123B11)

作者简介: 翟国庆(1973~),男,博士,副教授,主要研究方向为噪声、噪声效应及其控制, E-mail: dqg@zju.edu.cn

的小区道路和 1 条宽 9 m 的城市支路,同时铁路外轨 10 m 范围不得设置任何其他永久或临时设施,小区处于 2 类声环境功能区。

为有效降低铁路噪声污染,结合小区规划、环境

景观(绿化、小品、水景等)和配套工程(如车库)等的设计,从传播途径上采取设置人工土坡、声屏障、绿化等措施,合理组合形成以下 6 种降噪方案,详见表 1 和图 1。

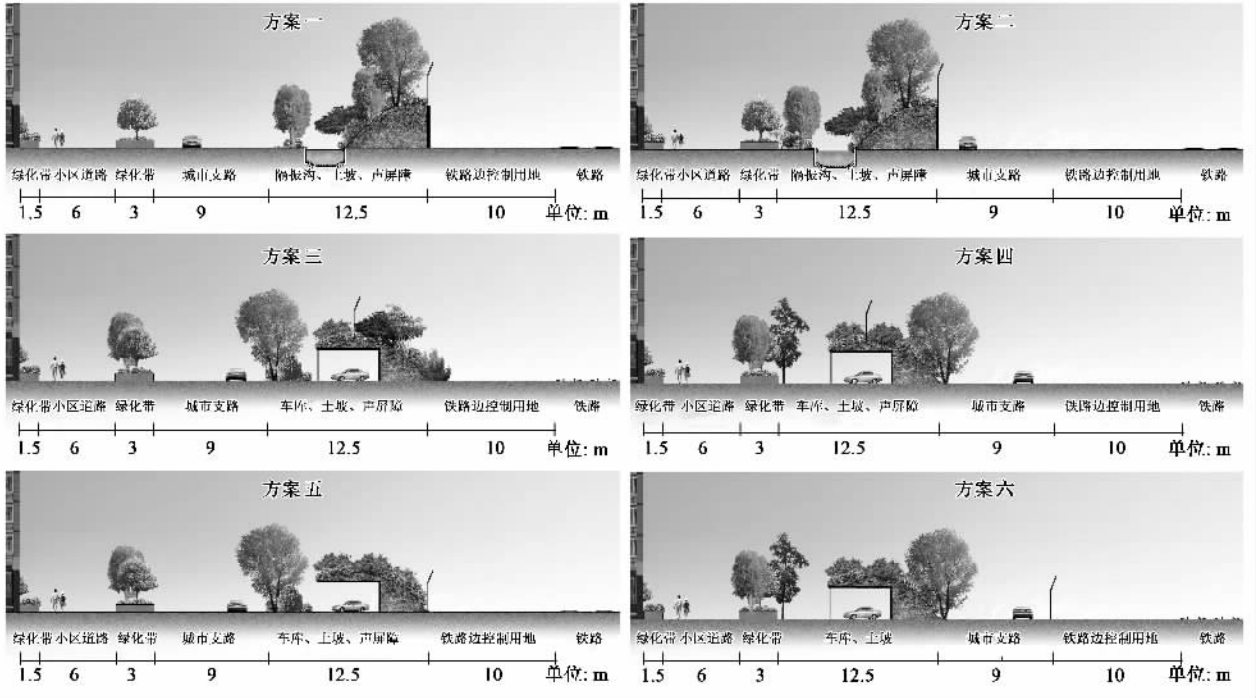


图 1 降噪方案示意

Fig.1 Schematic diagrams of noise reduction schemes

表 1 降噪方案

Table 1 Schemes of noise reduction

方案	方案主体设计	土坡高度/m	屏障高度/m	备注
一	靠铁路侧设渐高形土坡,土坡一侧设挡土墙,声屏障建于挡土墙上	3	3	可结合土坡进行绿化、游步道、休息亭等小品作景观设计,土坡下可设计地下或半地下车库,土坡边可结合水景设计隔振沟
二	靠小区道路侧设渐高形土坡,土坡一侧设挡土墙,声屏障建于挡土墙上	3	3	
三	靠铁路侧设馒头形土坡,土坡上设声屏障	3	3	
四	靠小区道路侧设馒头形土坡,土坡上设声屏障	3	3	
五	靠铁路侧分别设声屏障和馒头形土坡	3	3	
六	靠铁路侧设声屏障,靠小区道路侧设馒头形土坡	3	3	

3 各方案降噪效果模拟预测及比较

3.1 预测模式

为比较不同方案的降噪效果,采用德国 Data 公司出品的 Cadna/A 噪声模拟软件对噪声做了模拟预

测^[11~13]。

3.2 主要预测参数

根据现场调查,与拟建小区临近的浙赣铁路及规划中城市支路车流量等主要参数如下:铁路车型为 B 型车,运行时速平均为 65 km/h,车身长度平均为 80 m,机头平均长度为 10 m,列车声功率级取 96 dB,道床为短枕式整体道床,车流量情况详见表 2。规划中的城市支路车流量详见表 3。预测点位于距铁路外轨 42.0 m 处面向铁路侧住宅不同楼层窗外 1 m 处。

表 2 拟建小区边铁路车流量情况/辆·h⁻¹

Table 2 Vehicle flow around the residential district/vehicles·h ⁻¹			
时间	客车	货车	机头
昼间	7	3	7
夜间	5	2	5

表 3 城市次干道预计车流量/辆·h⁻¹

Table 3 Predicting vehicle flow of secondary main road in urban/vehicles·h⁻¹

车型	大型车	中型车	小型车
昼间	2	55	210
夜间	0	23	80

3.3 预测结果及分析

3.3.1 各方案降噪效果比较

图2和图3给出了各方案对预测点昼、夜间噪声影响的预测结果.由图可知,在声屏障和土坡净高均为3m情况下,降噪效果由好到差依次为方案二、

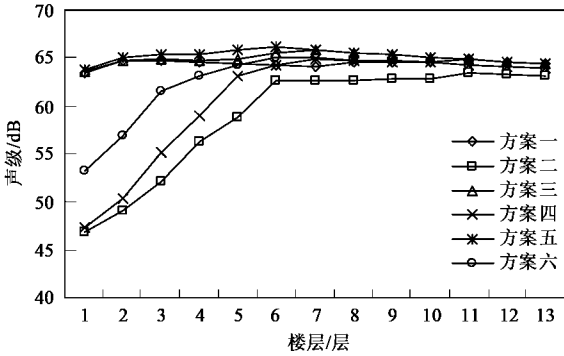


图2 不同方案昼间噪声影响预测结果

Fig.2 Noise predicting results in daytime of different schemes

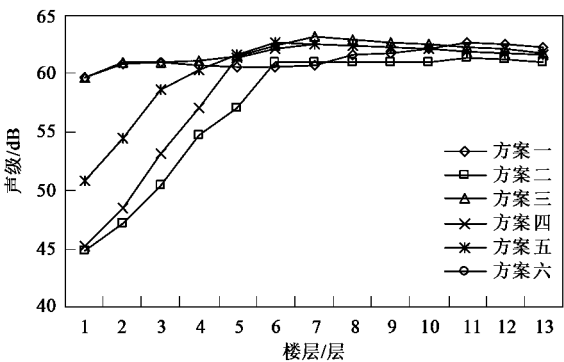


图3 不同方案夜间噪声影响预测结果

Fig.3 Noise predicting results at night of different schemes

四、六、一、三和五,其中方案一、二最高噪声出现在11层,方案三、四最高噪声出现在7层,方案五、六最高噪声出现在6层.

3.3.2 屏障和土坡高度对降噪效果的影响

以昼间噪声为例,分别预测了在保持土坡(或屏障)高度为3m情况下,不同屏障(或土坡)高度对各楼层声级的影响,预测结果详见表4~表6.

从预测结果看,除方案五、六外,出现最大声级的楼层均随屏障或土坡高度的增加而增加.改变屏障或土坡高度对方案一至方案四降噪效果的影响相同,这与方案一至方案四中屏障均设于土坡上,不论改变土坡或屏障高度,两者实质上都是增加屏障有效高度相一致.

在方案五、六中,由于土坡与屏障相分离,相当于2道声屏障,这时改变土坡或屏障高度,降噪效果差别比较悬殊.方案五、六在屏障高为3m情况下,在1~5m范围内改变土坡高度,出现最高声级的楼层高度保持不变,均出现在6楼,其中方案五土坡高度从1m增加到5m,由土坡高度增加而增加的降噪量最大不超过0.5dB;在土坡高为3m情况下,在1~5m范围内改变屏障高度,最高声级由4层增加到9层,对10层以上楼层无降噪效果,其中方案五通过改变屏障高度增加的降噪量最大不超过0.7dB.

3.3.3 铁路与道路车流量变化对各方案降噪效果的影响

图4预测了方案六中昼间铁路与城市支路噪声对各预测点的贡献值.从预测结果可知,在屏障与土坡高度均为3m情况下,对3~5层,城市支

表4 土坡(或屏障)高为3m时改变屏障(或土坡)高度对方案一至方案四降噪效果的影响

Table 4 Effect to scheme 1 to 4 when changing the height of barrier or soil slope (the height of the soil slope or the barrier is 3 m)

楼层高度/层	1 m				2 m				3 m				4 m				5 m			
	一	二	三	四	一	二	三	四	一	二	三	四	一	二	三	四	一	二	三	四
1	63.6	50.9	63.7	51.5	63.6	48.7	63.6	49.2	63.5	46.9	63.6	47.4	63.5	45.4	63.5	45.9	63.5	44.1	63.5	44.6
2	64.9	54.4	65.0	56.4	64.8	51.4	64.9	53.1	64.8	49.1	64.8	50.4	64.8	47.2	64.8	48.4	64.8	45.7	64.8	46.7
3	65.0	58.2	65.4	60.2	64.9	55.3	65.0	58.3	64.8	52.2	64.9	55.1	64.8	49.7	64.8	52.0	64.8	47.7	64.8	49.6
4	65.1	61.4	65.5	64.1	64.8	58.3	65.2	62.8	64.6	56.3	64.8	59.0	64.6	53.2	64.7	57.3	64.5	50.4	64.6	54.0
5	65.0	62.9	66.4	65.0	64.7	62.5	65.4	64.3	64.4	58.8	64.9	63.2	64.2	57.2	64.6	61.6	64.2	54.2	64.3	58.4
6	65.4	63.1	66.2	65.0	64.5	62.8	66.2	65.0	64.2	62.6	65.5	64.3	63.9	60.6	64.6	63.3	63.8	57.6	64.3	62.9
7	65.5	64.0	65.9	64.9	65.1	62.9	65.9	64.9	64.1	62.7	65.9	64.9	63.8	62.6	65.2	64.2	63.5	60.9	64.3	63.2
8	65.6	63.9	65.6	64.8	64.9	63.0	65.6	64.8	64.5	62.7	65.6	64.8	63.6	62.5	65.6	64.8	63.3	62.5	64.9	64.1
9	65.4	63.9	65.4	64.6	65.4	63.7	65.4	64.6	64.5	62.8	65.4	64.6	63.8	62.5	65.4	64.6	63.2	62.4	65.4	64.6
10	65.1	63.8	65.1	64.5	65.1	63.6	65.1	64.5	64.5	62.8	65.1	64.5	64.2	62.5	65.1	64.5	63.2	62.4	65.1	64.5
11	64.9	63.7	64.9	64.3	64.9	63.5	64.9	64.3	64.9	63.4	64.9	64.3	64.0	62.5	64.9	64.3	63.9	62.3	64.9	64.3
12	64.6	64.2	64.6	64.1	64.6	63.4	64.6	64.1	64.6	63.3	64.6	64.1	64.6	63.2	64.6	64.1	63.7	62.3	64.6	64.1
13	64.4	64.0	64.4	63.9	64.4	63.3	64.4	63.9	64.4	63.1	64.4	63.9	64.4	63.1	64.4	63.9	63.6	62.3	64.4	63.9

表 5 土坡高为 3 m 时不同屏障高度对方案五、六降噪效果的影响

Table 5 Noise reduction effects to scheme 5 and 6 of different barrier heights when the height of the soil slope is 3 m

楼层高度 /层	1 m		2 m		3 m		4 m		5 m	
	五	六	五	六	五	六	五	六	五	六
1	63.8	54.4	63.8	54.3	63.7	53.2	63.6	52.1	63.6	51.3
2	65.3	59.5	65.3	59.1	65.1	56.9	64.9	55.5	64.8	54.8
3	65.6	63.6	65.6	62.2	65.4	61.5	65.0	60.5	64.9	60.1
4	66.6	65.0	66.6	64.8	65.4	63.2	65.1	62.7	64.7	62.1
5	66.4	65.1	66.4	65.1	65.8	64.2	65.0	63.0	64.6	62.5
6	66.2	65.1	66.2	65.1	66.2	65.1	65.5	64.1	64.5	62.8
7	65.9	65.0	65.9	65.0	65.9	65.0	65.5	64.4	65.1	63.9
8	65.6	64.8	65.6	64.8	65.6	64.8	65.6	64.8	64.9	63.9
9	65.4	64.7	65.4	64.7	65.4	64.7	65.4	64.7	65.3	64.6
10	65.1	64.5	65.1	64.5	65.1	64.5	65.1	64.5	65.1	64.5
11	64.9	64.3	64.9	64.3	64.9	64.3	64.9	64.3	64.9	64.3
12	64.6	64.1	64.6	64.1	64.6	64.1	64.6	64.1	64.6	64.1
13	64.4	63.9	64.4	63.9	64.4	63.9	64.4	63.9	64.4	63.9

表 6 声屏障高为 3 m 时不同土坡高度时对方案五、六降噪效果的影响

Table 6 Noise reduction effects to scheme 5 and 6 of different soil slope heights when the height of the noise barrier is 3 m

楼层高度 /层	1 m		2 m		3 m		4 m		5 m	
	五	六	五	六	五	六	五	六	五	六
1	63.8	58.3	63.8	55.5	63.7	53.2	63.7	51.1	63.6	49.1
2	65.1	61.5	65.1	59.0	65.1	56.9	65.0	55.2	64.9	52.8
3	65.4	62.7	65.4	62.7	65.4	61.5	65.4	58.7	65.1	57.7
4	65.4	63.2	65.4	63.2	65.4	63.2	65.4	62.1	65.2	59.9
5	65.8	64.2	65.8	64.2	65.8	64.2	65.8	64.2	65.4	63.3
6	66.2	65.1	66.2	65.1	66.2	65.1	66.2	65.1	66.2	65.1
7	65.9	65.0	65.9	65.0	65.9	65.0	65.9	65.0	65.9	65.0
8	65.6	64.8	65.6	64.8	65.6	64.8	65.6	64.8	65.6	64.8
9	65.4	64.7	65.4	64.7	65.4	64.7	65.4	64.7	65.4	64.7
10	65.1	64.5	65.1	64.5	65.1	64.5	65.1	64.5	65.1	64.5
11	64.9	64.3	64.9	64.3	64.9	64.3	64.9	64.3	64.9	64.3
12	64.6	64.1	64.6	64.1	64.6	64.1	64.6	64.1	64.6	64.1
13	64.4	63.9	64.4	63.9	64.4	63.9	64.4	63.9	64.4	63.9

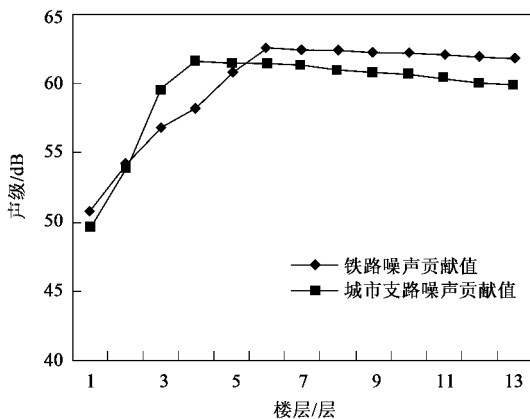


图 4 方案六中昼间铁路与道路噪声对各预测点的贡献值

Fig.4 Contribution values of the railway noise and road noise of scheme 6 in daytime to predicting points

层及 5 层以上楼层,城市支路交通噪声声贡献值小于铁路噪声贡献值.由此可以推知,改变铁路或道路车流量,对方案相对降噪效果会产生影响,甚至对降噪效果排序产生影响.例如极端情况下,城市支路交通量为零,只有铁路噪声时,方案一的降噪效果必定优于方案二.因此从传播途径上采取土坡、屏障等组合降噪措施时,为获得最佳降噪效果,也应视声源分布情况进行针对性设计,决不能照搬照套.

4 结论

(1) 对市区铁路沿线环境噪声与振动的调查表明,铁路边界噪声普遍为 66~69 dB,小于 70 dB 限值,但铁路沿线现有住宅等敏感建筑声环境普遍超《城市区域环境噪声标准》中的 2 类标准.随着铁路的提速和车流量的增加,市区铁路噪声污染有增加趋势.

(2) 为有效降低铁路噪声对沿线住宅区的影响,设计给出了结合小区规划、环境景观和配套工程,在传播途径上设置人工土坡、声屏障、绿化等多种组合降噪方案.为获得最佳降噪效果,应视铁路和周边其他声源分布情况,在对降噪效果进行模拟预测基础上,选取最佳降噪方案.研究成果可为今后市区铁路沿线住宅等建筑的规划及其噪声污染控制提供依据.

参考文献:

- [1] 张邦俊,卢向明,翟国庆.铁路噪声对沿线住宅小区的影响[J].环境科学, 2003, **24**(5):157-160.
- [2] Aasvang G M, Engdahl B, Rothschild K. Annoyance and self-reported sleep disturbances due to structurally radiated noise from railway tunnels[J]. Applied Acoustics, 2007, **68**(09):970-981.
- [3] Thompson D J, Jones C J C. Sound radiation from a vibrating railway wheel[J]. Journal of Sound and Vibration, 2002, **253**(2):401-419.
- [4] 彭小云. 铁路噪声对居住区干扰的调查研究[J]. 工业建筑, 2004, **34**(9):36-39.
- [5] Lambert J, Champelovier P, Vernet I. Annoyance from High Speed Train Noise: a Social Survey [J]. Journal of Sound and Vibration, 1996, **193**(1):21-28.
- [6] 刘林芽. 铁路线路噪声特点分析[J]. 噪声与振动控制, 2006, **6**(3):77-80.
- [7] Gu X A. Railway environmental noise control in China[J]. Journal of Sound and Vibration, 2006, **293**(35):1078-1085.
- [8] 朱学军, 杨贤智. 高速铁路噪声污染及其防治[J]. 上海环境科学, 1997, **16**(12):43-45.
- [9] 王伯福, 王慧萍. 铁路噪声的污染与防治[J]. 铁道标准设计, 1998, **12**:44-45.
- [10] 高军. 高速铁路的噪声控制方法研究[J]. 铁路运输与经济, 2006, **28**(10):83-85.
- [11] 秦毅, 邓金珂. 铁路沿线居住小区噪声综合治理研究[J]. 建筑技术开发, 2006, **33**(3):107-109.
- [12] 焦大化. 铁路噪声预测计算方法[J]. 铁道劳动安全卫生与环保, 2005, **32**(3):101-107.
- [13] Busch T A, Nugent R E. A reduced-scale railway noise barrier's insertion loss and absorption coefficients: comparison of field measurements and predictions[J]. Journal of Sound and Vibration, 2003, **267**(3):749-759.