

## 不同类型绿化带对交通噪声的衰减效果比较

孙伟, 王玮璐, 郭小平<sup>①</sup>, 彭海燕

(北京林业大学水土保持学院 水土保持与荒漠化防治教育部重点实验室, 北京 100083)

**摘要:** 为研究绿化带对交通噪声的衰减效应, 在北京市郊国道边或市区内有代表性的绿化带设置 30 m 宽林带 23 个, 测试不同类型林带对实时交通噪声、模拟交通噪声、白噪声和不同频率噪声 (125 ~ 8 000 Hz) 的降噪值, 并分析了季节和距噪声源的距离对各林带降噪效果的影响。结果显示: 不同林带的降噪效果有明显差异。对于实时交通噪声, 降噪效果最佳的是刺槐 (*Robinia pseudoacacia*) 纯林和油松-刺柏 (*Pinus tabulaeformis*-*Juniperus formosana*) 混交林, 最弱的是旱柳 (*Salix matsudana*) 纯林; 对于模拟交通噪声, 降噪效果最佳的是刺柏-侧柏 (*Juniperus formosana*-*Platycladus orientalis*) 混交林和国槐 (*Sophora japonica*) 纯林, 最弱的是旱柳纯林和加杨 (*Populus × canadensis*) 纯林; 对于白噪声, 油松纯林的降噪效果较好, 银杏-圆柏 (*Ginkgo biloba*-*Sabina chinensis*) 混交林降噪效果较差。冬季不同林带对不同噪声的衰减效果总体上小于夏季, 其中, 针叶混交林、针阔叶混交林或针叶纯林在夏、冬季对实时交通噪声和模拟交通噪声或白噪声的降噪效果接近。10 m 宽林带的降噪值随距噪声源距离的变化而差异明显, 离噪声源越近降噪效果越好。不同林带对中低频率 (2 000 Hz 以下) 噪声的整体降噪效果优于对高频噪声的降噪效果, 其中对 500 Hz 噪声的降噪值最大, 对 5 000 和 8 000 Hz 噪声的降噪值最小。为了充分发挥绿化带的降噪功能, 根据研究结果, 建议在公路绿化带建设中应优先选用针叶混交林或分枝高度较低且分枝多、叶片小而密集的树种; 绿化带的宽度至少 10 m 且应规则种植。

**关键词:** 公路绿化带; 交通噪声; 降噪值; 针叶混交林

中图分类号: S727.2.05; X593 文献标志码: A 文章编号: 1674-7895(2014)02-0087-07

DOI: 10.3969/j.issn.1674-7895.2014.02.13

**Comparison on attenuation effect of green belts with different types on traffic noise** SUN Wei, WANG Weilu, GUO Xiaoping<sup>①</sup>, PENG Haiyan (College of Soil and Water Conservation, Key Laboratory for Soil and Water Conservation and Desertification Combating of Ministry of Education, Beijing Forestry University, Beijing 100083, China), *J. Plant Resour. & Environ.* 2014, 23(2): 87-93

**Abstract:** In order to study attenuation effect of green belt on traffic noise, 23 forest belts with 30 m width were set up in representative green belts beside national highway in suburb or inside urban area of Beijing City. Noise reduction value of forest belts with different types to real-time traffic noise, simulated traffic noise, white noise and noise with different frequencies (125-8 000 Hz) were determined, and influences of season and distance away from noise sources on noise reduction effect of different forest belts were analyzed. The results show that there is obvious difference in noise reduction effect among different forest belts. For real-time traffic noise, noise reduction effect of pure forest of *Robinia pseudoacacia* and mixed forest of *Pinus tabulaeformis*-*Juniperus formosana* is the best, while that of pure forest of *Salix matsudana* is the worst. For simulated traffic noise, noise reduction effect of mixed forest of *Juniperus formosana*-*Platycladus orientalis* and pure forest of *Sophora japonica* is the best, while that of pure forest of *Salix matsudana* and pure forest of *Populus × canadensis* is the worst. For white noise, noise reduction effect of pure forest of *Pinus tabulaeformis* is better, while that of mixed forest of *Ginkgo biloba*-*Sabina chinensis* is worse. Attenuation effect of different forest belts on different noises in winter is generally lower than that in summer. In which, noise reduction effect of coniferous mixed forest and coniferous

收稿日期: 2013-09-03

基金项目: 北京市路政局公路生态绿化研究资助项目(20070707)

作者简介: 孙伟(1987—), 男, 山东胶州人, 硕士研究生, 主要从事工程绿化技术方面的研究。

<sup>①</sup>通信作者 E-mail: guoxp@bjfu.edu.cn

broad-leaved mixed forest or coniferous pure forest on real-time traffic noise and simulated traffic noise or white noise in winter is close to that in summer. Noise reduction value of all forest belts with 10 m width has the obvious difference with changing of distance away from noise sources, and the nearer away from noise sources, the better of noise reduction effect. Noise reduction effect of different forest belts on low-middle frequency (below 2 000 Hz) noise is better than that on high frequency noise, in which, noise reduction value to 500 Hz noise is the highest and that to 5 000 and 8 000 Hz noise is the lowest. In order to play fully noise reduction function of green belts, according to these research results, it is suggested that in construction of road green belts, coniferous mixed forest or some tree species with lower branch height, more branches, and small and dense leaves should be chosen preferentially and planted regularly, and the width of green belts should be 10 m at least.

**Key words:** road green belt; traffic noise; noise reduction value; coniferous mixed forest

交通噪声是噪声污染的主要来源,给人们的工作和日常生活带来了负面影响。交通噪声治理主要从噪声源防治、切断传播途径和受声点防护三个方面入手<sup>[1]</sup>,其中,切断传播途径的方法主要有设置隔声板、防噪堤和绿化带等。利用绿化带消减交通噪声,不仅具有良好的降噪效果,而且能改善公路沿线的生态环境,是一种有效、经济及生态的降噪方法。

绿化带高度、长度、宽度、密度及排列形式等结构参数是比植物形态特征更重要的降噪因子,前者对声波的扩散作用优于后者对声波的吸收作用<sup>[2]</sup>;但也有研究者认为植物群落的降噪效果与叶面积、冠幅以及分枝点等植物形态特征密切相关<sup>[3]</sup>。因此,绿化带的降噪效果主要受树种及其不同搭配形式、栽植宽度、密度、高度和排列形式等多种因素的共同影响。目前,有关绿化带消减交通噪声的研究主要针对绿化带结构、季节变化对噪声衰减效果的影响等方面<sup>[1,4-5]</sup>,缺乏对离噪声源不同距离的等宽林带降噪效果的研究,也缺乏绿化带对不同噪声源衰减效果的横向比较以及对不同频率噪声衰减效果的比较研究。

作者在北京的国道 G101 顺义区段的公路两侧以及顺义区、海淀区、朝阳区和东城区选取具有代表性的林带 23 个,于 2008 年至 2011 年研究了不同林带对实时或模拟交通噪声以及白噪声的衰减效果以及不同林带对不同频率噪声的衰减效果,以期为公路绿化设计和交通噪声治理提供理论依据。

## 1 研究方法

### 1.1 样地选取

根据资料并结合实地踏查结果,选择国道 G101 的北京市顺义区段为实时交通噪声测试样带,该区段是北京城区通往顺义区的主要道路之一,车流量大。

在公路两侧选取具有代表性的林带样地 5 处,测试这 5 处林带对实时交通噪声的衰减效果。林带 1 为刺槐 (*Robinia pseudoacacia* Linn.) 纯林,林带 2 为油松 (*Pinus tabulaeformis* Carr.)-刺柏 (*Juniperus formosana* Hayata) 混交林;林带 3 为构树 [*Broussonetia papyrifera* (Linn.) L'Hert. ex Vent.] -刺槐混交林,林带 4 为毛白杨 (*Populus tomentosa* Carr.) 纯林,林带 5 为旱柳 (*Salix matsudana* Koidz.) 纯林,各林带的树木种植间距、平均高度、最低分枝高度、平均胸径和地面覆盖物等基本特征参见文献[6]16。

在北京市顺义区顺鑫绿色度假村和海淀区八家郊野公园内的远离交通噪声处选择具有代表性的林带样地 10 处,测试这 10 处林带对模拟交通噪声的降噪效果。在顺鑫绿色度假村设置林带 5 处:林带 6 为国槐 (*Sophora japonica* Linn.) 纯林,林带 7 为国槐-丁香 (*Syringa vulgaris* Linn.) 等乔灌混交林,林带 8 为圆柏 [*Sabina chinensis* (Linn.) Ant.] 针叶混交林,林带 9 为加杨 (*Populus × canadensis* Moench) -刺柏混交林,林带 10 为加杨纯林;在八家郊野公园设置林带 5 处:林带 11 为刺槐纯林,林带 12 为刺槐-加杨混交林,林带 13 为刺柏-侧柏 [*Platycladus orientalis* (Linn.) Franco] 混交林,林带 14 为旱柳纯林,林带 15 为旱柳-刺柏-侧柏混交林。各林带的树木种植间距、平均高度、最低分枝高度、平均胸径和地面覆盖物等基本特征参见文献[6]17。

在北京市东城区的天坛公园和朝阳区的东坝郊野公园内选择林带样地 8 处,测试这 8 处林带对白噪声和不同频率单频噪声的降噪效果。其中,在天坛公园设置林带 4 处:林带 16 为油松纯林,林带 17 为圆柏纯林,林带 18 为侧柏纯林,林带 19 为银杏 (*Ginkgo biloba* Linn.) -圆柏混交林;在东坝郊野公园设置林带 4 处:林带 20 为旱柳纯林,林带 21 为银杏纯林,林带

22 为国槐纯林,林带 23 为加杨-毛白杨混交林。各林带的树木种植间距、平均高度、最低分枝高度、平均胸径和地面覆盖物等基本特征参见文献[7]17。

## 1.2 方法

以 50 W 扬声器为发声源、爱华 AWA6218B<sup>+</sup>型噪声统计分析仪(杭州爱华仪器有限公司)为接收器,采用 A 计权声压级,仪器量程 35 ~ 130 dB,可测试频率范围 31.5 ~ 8 000.0 Hz。测试过程中设定仪器采样间隔 0.1 s,由仪器统计输出等效连续声级(Leq)数据。每一处林带重复测试 3 次并计算平均值。由于风力及空气相对湿度等因子会对噪声衰减效果产生影响,分别在 2008 年、2009 年和 2011 年的夏季和冬季选择风速小于 5 m·s<sup>-1</sup>且无雨雪的晴朗白天进行多次测试。

1.2.1 实时交通噪声和模拟交通噪声测试 在 2008 至 2009 年夏季和冬季测试林带对实时交通噪声和模拟交通噪声的降噪效应。因宽度 30 m 以上的绿化带才有较好的降噪效果<sup>[1,5]</sup>,因此本研究各测试林带的宽度均划定为 30 m。各林带的路侧边沟外缘(路缘)即为 0 m 测点,在林带内沿公路垂直方向在同一直线上分别设置 10、20 和 30 m 测点,在各测点距离地面 1.2 m 高处放置接收器,用噪声统计分析仪分别测试噪声值。为使每个初始噪声都能够被对应的各个测点捕获,每个测点的测试人员均依口令同时测试并持续 60 s。路侧测试结果即为绿化带对实时交通噪声(线声源噪声)的衰减效果。

同时,从录制的实时交通噪声中找出声压级波动较小且长度约为 5 s 的音频段落,经反复录制后制成长度 10 min 的音频,即为模拟交通噪声源。模拟实验中发声源、接收器、测点位置、测试时间、测试方法均与路侧实验相同,其中,模拟噪声源置于林带 0 m 测点外侧离地面 1.2 m 处,其噪声值与路侧实验相同。模拟测试结果即为绿化带对点声源噪声的衰减效果。

计算 0 m 测点与 10、20 和 30 m 测点的噪声值差值,分别记为 10、20 和 30 m 宽度林带的降噪值;20 m 宽林带降噪值与 10 m 宽林带降噪值的差值即为距离噪声源 10 m 处的 10 m 宽林带的降噪值,30 m 宽林带降噪值与 20 m 宽林带降噪值的差值即为距离噪声源 20 m 处的 10 m 宽林带的降噪值;同样,10 m 宽林带的降噪值即为距离噪声源 0 m 处的 10 m 宽林带的降噪值。

1.2.2 白噪声和不同频率模拟噪声测试 在 2011 年的夏季和冬季进行白噪声和单频噪声实验。利用 Audition 2.0 软件制作时长为 100 s 的白噪声以及 125、250、500、1 000、2 000、4 000、5 000、6 300 和 8 000 Hz 频段的单频噪声;测试过程中使用的发声源、接收器、测点位置、测试时间、测试方法以及各测点降噪值的计算方法均与前述一致。测试结果即为不同林带对白噪声和不同频率噪声的衰减效果。

## 2 结果和分析

### 2.1 不同类型林带降噪效果的比较

不同类型林带对实时交通噪声、模拟交通噪声和白噪声的降噪值分别见表 1、表 2 和表 3。

由表 1 可知:30 m 宽刺槐纯林(林带 1)和油松-刺柏混交林(林带 2)的平均降噪效果较好,降噪值分别为 9.9 和 9.8 dB;构树-刺槐混交林(林带 3)、毛白杨纯林(林带 4)和旱柳纯林(林带 5)对实时交通噪声的平均衰减效果接近,其中,旱柳纯林的降噪效果最弱,降噪值仅为 6.4 dB。降噪效果最佳的林带与降噪效果最弱的林带的平均降噪值差值约为 3.5 dB。

由表 2 可知:对模拟交通噪声衰减效果较好的是刺柏-侧柏混交林(林带 13)、国槐纯林(林带 6)和旱柳-刺柏-侧柏混交林(林带 15),降噪值分别为 14.3、13.7 和 13.3 dB;降噪效果较弱的是旱柳纯林(林带

表 1 路侧不同类型林带对实时交通噪声的降噪值

Table 1 Noise reduction value of forest belts with different types in roadside to real-time traffic noise

林带编号 No. of forest belt	林带类型 Type of forest belt	降噪值/dB Noise reduction value
1	刺槐纯林 Pure forest of <i>Robinia pseudoacacia</i>	9.9
2	油松-刺柏混交林 Mixed forest of <i>Pinus tabulaeformis</i> - <i>Juniperus formosana</i>	9.8
3	构树-刺槐混交林 Mixed forest of <i>Broussonetia papyrifera</i> - <i>Robinia pseudoacacia</i>	6.7
4	毛白杨纯林 Pure forest of <i>Populus tomentosa</i>	6.6
5	旱柳纯林 Pure forest of <i>Salix matsudana</i>	6.4

表 2 不同类型林带对模拟交通噪声的降噪值

Table 2 Noise reduction value of forest belts with different types to simulated traffic noise

林带编号 No. of forest belt	林带类型 Type of forest belt	降噪值/dB Noise reduction value
6	国槐纯林 Pure forest of <i>Sophora japonica</i>	13.7
7	国槐-丁香乔灌混交林 Mixed forest of arbor and shrub of <i>Sophora japonica-Syringa vulgaris</i>	11.8
8	圆柏针叶混交林 Coniferous mixed forest of <i>Sabina chinensis</i>	12.6
9	加杨-刺柏混交林 Mixed forest of <i>Populus × canadensis-Juniperus formosana</i>	11.5
10	加杨纯林 Pure forest of <i>Populus × canadensis</i>	9.7
11	刺槐纯林 Pure forest of <i>Robinia pseudoacacia</i>	11.8
12	刺槐-加杨混交林 Mixed forest of <i>Robinia pseudoacacia-Populus × canadensis</i>	11.7
13	刺柏-侧柏混交林 Mixed forest of <i>Juniperus formosana-Platycladus orientalis</i>	14.3
14	旱柳纯林 Pure forest of <i>Salix matsudana</i>	9.9
15	旱柳-刺柏-侧柏混交林 Mixed forest of <i>Salix matsudana-Juniperus formosana-Platycladus orientalis</i>	13.3

表 3 不同类型林带对白噪声的降噪值

Table 3 Noise reduction value of forest belts with different types to white noise

林带编号 No. of forest belt	林带类型 Type of forest belt	降噪值/dB Noise reduction value
16	油松纯林 Pure forest of <i>Pinus tabulaeformis</i>	12.6
17	圆柏纯林 Pure forest of <i>Sabina chinensis</i>	10.8
18	侧柏纯林 Pure forest of <i>Platycladus orientalis</i>	10.7
19	银杏-圆柏混交林 Mixed forest of <i>Ginkgo biloba-Sabina chinensis</i>	9.1
20	旱柳纯林 Pure forest of <i>Salix matsudana</i>	10.6
21	银杏纯林 Pure forest of <i>Ginkgo biloba</i>	11.3
22	国槐纯林 Pure forest of <i>Sophora japonica</i>	10.3
23	加杨-毛白杨混交林 Mixed forest of <i>Populus × canadensis-Populus tomentosa</i>	10.0

14)和加杨纯林(林带 10),降噪值分别为 9.9 和 9.7 dB;其他林带的降噪效果接近,降噪值约为 12 dB。降噪效果最佳的林带与降噪效果最弱的林带的平均降噪值差值约为 4.6 dB。

由表 3 可知:油松纯林(林带 16)对白噪声的衰减效果较好,降噪值达到 12.6 dB;降噪效果较弱的是银杏-圆柏混交林(林带 19),降噪值仅为 9.1 dB;其他林带的降噪值在 10.6 dB 左右。

综合分析结果显示:不同类型林带对点声源(模拟交通噪声和白噪声)的降噪效果优于对线声源(实时交通噪声)的降噪效果。

## 2.2 不同季节不同类型林带降噪效果的比较

夏、冬季节树木的外部形态差异明显,同一绿化带在夏、冬季节对交通噪声的衰减效果也存在差别。在冬季和夏季不同类型林带对实时交通噪声、模拟交通噪声和白噪声的降噪值分别见表 4、表 5 和表 6。

由表 4 可知:冬季路侧林带对实时交通噪声的衰减效果均小于夏季。其中,油松-刺柏混交林(林带 2)在夏、冬季的降噪效果接近,其他阔叶树纯林和阔叶混交林的冬季降噪效果约为夏季的 75%~78%。

由表 5 可知:冬季各林带对模拟交通噪声的降噪效果也均小于夏季。夏、冬季降噪效果比较接近的是针叶混交林及针阔叶混交林(林带 8、9、13 和 15),冬季降噪值约为夏季降噪值的 92%~96%;落叶的乔灌混交林、阔叶纯林及阔叶混交林在夏、冬季的降噪效

表 4 路侧不同类型林带在不同季节对实时交通噪声的降噪值

Table 4 Noise reduction value of forest belts with different types in roadside to real-time traffic noise in different seasons

林带编号 <sup>1)</sup> No. of forest belt <sup>1)</sup>	不同季节降噪值/dB Noise reduction value in different seasons		百分率/% <sup>2)</sup> Percentage <sup>2)</sup>
	冬季 Winter	夏季 Summer	
	1	8.5	
2	9.4	10.3	91
3	5.9	7.6	78
4	5.7	7.5	76
5	5.5	7.3	75

<sup>1)</sup> 1. 刺槐纯林 Pure forest of *Robinia pseudoacacia*; 2. 油松-刺柏混交林 Mixed forest of *Pinus tabulaeformis-Juniperus formosana*; 3. 构树-刺槐混交林 Mixed forest of *Broussonetia papyrifera - Robinia pseudoacacia*; 4. 毛白杨纯林 Pure forest of *Populus tomentosa*; 5. 旱柳纯林 Pure forest of *Salix matsudana*.

<sup>2)</sup> 冬季降噪值与夏季降噪值的百分率 Percentage of noise reduction value in winter to that in summer.

表5 不同类型林带在不同季节对模拟交通噪声的降噪值  
Table 5 Noise reduction value of forest belts with different types to simulated traffic noise in different seasons

林带编号 <sup>1)</sup> No. of forest belt <sup>1)</sup>	不同季节降噪值/dB Noise reduction value in different seasons		百分率/% <sup>2)</sup> Percentage <sup>2)</sup>
	冬季 Winter	夏季 Summer	
	6	12.0	
7	10.4	13.2	79
8	12.2	13.0	94
9	11.0	11.9	92
10	8.4	11.0	76
11	10.2	13.3	77
12	10.5	13.0	81
13	14.0	14.6	96
14	8.7	11.2	78
15	12.8	13.9	92

<sup>1)</sup> 6. 国槐纯林 Pure forest of *Sophora japonica*; 7. 国槐-丁香乔灌混交林 Mixed forest of arbor and shrub of *Sophora japonica* - *Syringa vulgaris*; 8. 圆柏针叶混交林 Coniferous mixed forest of *Sabina chinensis*; 9. 加杨-刺柏混交林 Mixed forest of *Populus×canadensis*-*Juniperus formosana*; 10. 加杨纯林 Pure forest of *Populus × canadensis*; 11. 刺槐纯林 Pure forest of *Robinia pseudoacacia*; 12. 刺槐-加杨混交林 Mixed forest of *Robinia pseudoacacia* - *Populus × canadensis*; 13. 刺柏-侧柏混交林 Mixed forest of *Juniperus formosana*-*Platycladus orientalis*; 14. 旱柳纯林 Pure forest of *Salix matsudana*; 15. 旱柳-刺柏-侧柏混交林 Mixed forest of *Salix matsudana*-*Juniperus formosana*-*Platycladus orientalis*.

<sup>2)</sup> 冬季降噪值与夏季降噪值的百分率 Percentage of noise reduction value in winter to that in summer.

果则存在一定差异,冬季降噪值约为夏季降噪值的76%~80%。

由表6可知:冬季多数林带对白噪声的降噪效果总体上也均小于夏季。针叶纯林(林带16、17和18)在夏、冬季对白噪声的降噪效果接近,其中,油松纯林(林带16)和圆柏纯林(林带17)在冬季对白噪声的降噪值略大于夏季;针阔叶混交林、阔叶纯林和阔叶混交林在夏、冬季对白噪声的降噪效果差异明显,冬季降噪值仅为夏季降噪值的39%~58%。

### 2.3 距噪声源不同距离的等宽林带降噪效果的比较

分别在距离噪声源0、10、20及30 m处布置测点,测试距噪声源0、10和20 m的10 m宽林带的降噪效果,结果见表7、表8和表9。结果显示:随距噪声源距离的不同,10 m宽林带的降噪效果有明显差异。在0~10 m处林带的降噪效果大多优于10~20及20~30 m处林带的降噪效果,0~10 m处林带的降噪值占30 m宽林带总降噪值的37%~86%。此外,除4处林带(林带3、16、17和19)外,其他19处林带(约占林带总数的82.6%)在10~20 m处的降噪效果均优于在20~30 m处的降噪效果。

表6 不同类型林带在不同季节对白噪声的降噪值  
Table 6 Noise reduction value of forest belts with different types to white noise in different seasons

林带编号 <sup>1)</sup> No. of forest belt <sup>1)</sup>	不同季节降噪值/dB Noise reduction value in different seasons		百分率/% <sup>2)</sup> Percentage <sup>2)</sup>
	冬季 Winter	夏季 Summer	
	16	12.9	
17	11.5	10.1	114
18	10.5	10.9	96
19	5.1	13.1	39
20	7.0	14.1	50
21	8.0	14.5	55
22	7.5	13.0	58
23	6.6	13.3	50

<sup>1)</sup> 16. 油松纯林 Pure forest of *Pinus tabulaeformis*; 17. 圆柏纯林 Pure forest of *Sabina chinensis*; 18. 侧柏纯林 Pure forest of *Platycladus orientalis*; 19. 银杏-圆柏混交林 Mixed forest of *Ginkgo biloba* - *Sabina chinensis*; 20. 旱柳纯林 Pure forest of *Salix matsudana*; 21. 银杏纯林 Pure forest of *Ginkgo biloba*; 22. 国槐纯林 Pure forest of *Sophora japonica*; 23. 加杨-毛白杨混交林 Mixed forest of *Populus × canadensis*-*Populus tomentosa*.

<sup>2)</sup> 冬季降噪值与夏季降噪值的百分率 Percentage of noise reduction value in winter to that in summer.

表7 距路侧噪声源不同距离的等宽林带对实时交通噪声的降噪值  
Table 7 Noise reduction value of forest belts with the same width in different distances away from noise source in roadside to real-time traffic noise

林带编号 <sup>1)</sup> No. of forest belt <sup>1)</sup>	不同距离林带的降噪值/dB Noise reduction value of forest belt in different distances		
	0-10 m	10-20 m	20-30 m
	1	4.3	2.9
2	4.7	3.5	1.7
3	4.2	0.7	1.8
4	2.5	2.3	1.9
5	4.1	1.4	0.8

<sup>1)</sup> 1. 刺槐纯林 Pure forest of *Robinia pseudoacacia*; 2. 油松-刺柏混交林 Mixed forest of *Pinus tabulaeformis*-*Juniperus formosana*; 3. 构树-刺槐混交林 Mixed forest of *Broussonetia papyrifera* - *Robinia pseudoacacia*; 4. 毛白杨纯林 Pure forest of *Populus tomentosa*; 5. 旱柳纯林 Pure forest of *Salix matsudana*.

### 2.4 不同类型林带对不同频率单频噪声降噪效果的比较

不同频率的声波具有不同的声学特征,因此,不同绿化带对不同频率噪声也会有不同的降噪效果。不同类型林带对125~8 000 Hz频段单频噪声的降噪值见表10。由表10可以看出:不同类型林带对2 000 Hz以下中低频率噪声的降噪值大多在9 dB以上,整体降噪效果优于对高频噪声的降噪效果。多数林带对500 Hz噪声的降噪值最大,平均降噪值达到12.4 dB。在高频噪声中,各林带对5 000和8 000 Hz噪声

表8 距噪声源不同距离的等宽林带对模拟交通噪声的降噪值  
Table 8 Noise reduction value of forest belts with the same width in different distances away from noise source to simulated traffic noise

林带编号 <sup>1)</sup> No. of forest belt <sup>1)</sup>	不同距离林带的降噪值/dB Noise reduction value of forest belt in different distances		
	0-10 m	10-20 m	20-30 m
6	5.0	4.8	3.9
7	3.6	5.0	3.2
8	4.9	4.8	2.9
9	4.6	3.5	3.4
10	1.1	6.6	2.0
11	5.2	4.0	2.5
12	5.6	3.4	2.8
13	6.9	4.0	3.4
14	5.3	2.5	2.1
15	7.2	3.3	2.8

<sup>1)</sup>6. 国槐纯林 Pure forest of *Sophora japonica*; 7. 国槐-丁香乔灌混交林 Mixed forest with arbor and shrub of *Sophora japonica*-*Syringa vulgaris*; 8. 圆柏针叶混交林 Coniferous mixed forest of *Sabina chinensis*; 9. 加杨-刺柏混交林 Mixed forest of *Populus×canadensis*-*Juniperus formosana*; 10. 加杨纯林 Pure forest of *Populus×canadensis*; 11. 刺槐纯林 Pure forest of *Robinia pseudoacacia*; 12. 刺槐-加杨混交林 Mixed forest of *Robinia pseudoacacia*-*Populus×canadensis*; 13. 刺柏-侧柏混交林 Mixed forest of *Juniperus formosana*-*Platycladus orientalis*; 14. 旱柳纯林 Pure forest of *Salix matsudana*; 15. 旱柳-刺柏-侧柏混交林 Mixed forest of *Salix matsudana*-*Juniperus formosana*-*Platycladus orientalis*.

表10 不同类型林带对不同频率模拟噪声的降噪值  
Table 10 Noise reduction value of forest belts with different types to simulated noise with different frequencies

林带编号 <sup>1)</sup> No. of forest belt <sup>1)</sup>	对不同频率噪声的降噪值/dB Noise reduction value to noise with different frequencies								
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 000 Hz	2 000 Hz	4 000 Hz	5 000 Hz	6 300 Hz	8 000 Hz
16	11.2	9.7	13.7	13.8	8.7	7.8	6.7	9.3	6.3
17	5.9	8.6	11.2	11.9	9.0	9.2	4.8	8.3	2.2
18	12.8	8.8	8.9	9.4	10.2	5.9	3.6	15.0	7.9
19	7.5	8.2	11.9	9.2	8.1	4.7	8.0	11.3	5.1
20	9.2	6.0	11.4	9.5	5.3	5.0	6.7	12.9	9.5
21	8.4	11.8	14.1	12.9	11.2	7.5	5.0	11.9	4.5
22	8.5	10.2	14.5	11.2	11.8	5.1	6.0	11.2	6.4
23	13.5	9.9	14.0	10.8	5.9	6.3	2.4	10.4	2.1
平均 Average	9.6	9.1	12.4	11.1	8.8	6.4	5.4	11.3	5.5

<sup>1)</sup>16. 油松纯林 Pure forest of *Pinus tabulaeformis*; 17. 圆柏纯林 Pure forest of *Sabina chinensis*; 18. 侧柏纯林 Pure forest of *Platycladus orientalis*; 19. 银杏-圆柏混交林 Mixed forest of *Ginkgo biloba*-*Sabina chinensis*; 20. 旱柳纯林 Pure forest of *Salix matsudana*; 21. 银杏纯林 Pure forest of *Ginkgo biloba*; 22. 国槐纯林 Pure forest of *Sophora japonica*; 23. 加杨-毛白杨混交林 Mixed forest of *Populus×canadensis*-*Populus tomentosa*.

### 3 讨论和结论

当交通噪声传播到绿化带时,高度较低的分枝能更多地反射水平方向的噪声并减少噪声的透过程。当噪声在绿化带内部传播时,多分枝及小而密集的叶片可更多地吸收和反射噪声,增加噪声传播的附加声

的衰减效果最弱,平均降噪值分别仅为 5.4 和 5.5 dB,但对 6 300 Hz 噪声的衰减效果较好,平均降噪值达到 11.3 dB。

表9 距噪声源不同距离的等宽林带对白噪声的降噪值  
Table 9 Noise reduction value of forest belts with the same width in different distances away from noise source to white noise

林带编号 <sup>1)</sup> No. of forest belt <sup>1)</sup>	不同距离林带的降噪值/dB Noise reduction value of forest belt in different distances		
	0-10 m	10-20 m	20-30 m
16	8.8	1.3	2.3
17	9.3	0.5	1.1
18	8.4	1.6	0.4
19	5.3	1.2	1.7
20	7.6	1.7	1.3
21	8.7	1.4	0.5
22	7.4	1.9	1.2
23	6.3	2.2	0.5

<sup>1)</sup>16. 油松纯林 Pure forest of *Pinus tabulaeformis*; 17. 圆柏纯林 Pure forest of *Sabina chinensis*; 18. 侧柏纯林 Pure forest of *Platycladus orientalis*; 19. 银杏-圆柏混交林 Mixed forest of *Ginkgo biloba*-*Sabina chinensis*; 20. 旱柳纯林 Pure forest of *Salix matsudana*; 21. 银杏纯林 Pure forest of *Ginkgo biloba*; 22. 国槐纯林 Pure forest of *Sophora japonica*; 23. 加杨-毛白杨混交林 Mixed forest of *Populus×canadensis*-*Populus tomentosa*.

程,从而加速噪声在绿化带内的衰减。油松、刺柏及侧柏的最低分枝高度一般较低、分枝多、叶片小而密集,且均为常绿树种,故这些树种的降噪效果较好;刺槐纯林和国槐纯林的最低分枝高度也较低,分别为 2.6 和 2.2 m,其分枝多且叶片小而密集,降噪效果也较好,此结果与王慧等<sup>[8]</sup>的研究结果相符。另外,刺柏-侧柏混交林(林带 13)、国槐纯林(林带 6)、旱柳-刺柏-侧柏混交林(林带 15)的种植密度较大,也是重

要的降噪因素之一;毛白杨纯林(林带4)由于分枝较高且密度小,故其降噪效果不明显;在路侧和模拟实验中,旱柳纯林的降噪效果均较差,很可能与其叶片细长和叶量较少有关;银杏-圆柏混交林(林带19)对白噪声的衰减效果较弱,可能也是种植密度较小所致。综上可知,针叶混交林、国槐纯林和刺槐纯林可更有效地衰减交通噪声,因而,在绿化带建植中应选择针叶树、国槐和刺槐等低分枝、叶片小而密集的树种,可具有良好的减噪效果。另外,由于属于线声源的实时交通噪声源不断运动,其噪声入射绿化带的角度也在不断变化且又具有间隔性,故绿化带对模拟交通噪声和白噪声等点声源的衰减效果优于对线声源的衰减效果。

绿化带的降噪效果随季节变化而改变。冬季时,在落叶阔叶林内由于叶片枯落使得声波被反射和吸收的程度降低,导致冬季的降噪效果弱于夏季,贾鹏等<sup>[9]</sup>也得出了类似的研究结果。在夏、冬季针叶纯林和针叶混交林的降噪值接近,说明有些绿化带冬季的降噪量并不一定小于夏季;而落叶的乔灌混交林、阔叶纯林及阔叶混交林的冬季降噪值约为夏季降噪值的50%~80%。因此,为了能够在全年均有稳定的降噪效果,在公路绿化带设计中应尽量选择针叶混交林。

公路绿化带与公路的距离对降噪效果也有一定影响。由于噪声源的初始噪声值较大,声波具有较大的可衰减空间<sup>[6]</sup>,并且靠近噪声源的等宽林带对绕射声波的阻隔作用较大,故其降噪效果较好。因此,在绿化用地空间狭窄的地段,将靠近公路的绿化带宽度设置为10 m也可获得可观的降噪量。如果再选择分枝较低的针叶树种并采用合理的排列模式和密度栽植,则可产生相当于更宽绿化带的降噪效果。

绿化带对不同频率噪声的衰减效果已有较多的研究。Martínez-Sala等<sup>[10]</sup>的研究结果表明:规则排列的绿化带对低频(500 Hz以下)噪声的衰减效应比非规则排列的绿化带更大,并且降噪量的大小取决于林木的栽植密度和噪声入射绿化带的角度。本研究中,各绿化带均为规则栽植并具有确定的排列方式,满足

Martínez-Sala等研究结论中提出的条件。因而,在公路绿化带设计中,在规则排列和保证林木正常生长的基础上,适当密植能更有效地降低来自公路噪声中的低频噪声。另外,绿化带对中频噪声的衰减峰值高于对低频噪声和高频噪声的衰减峰值,这也与以往的研究结论<sup>[11]</sup>相似。

研究结果表明:规则栽植的绿化带对2 000 Hz以下中低频率噪声的衰减效果优于对高频噪声的衰减效果,其中对500 Hz噪声的衰减效果最好。在设计公路绿化带时可优先考虑选用针叶混交林,如刺柏-侧柏混交林,而且应尽量将绿化带靠近公路并规则栽植且有序排列,以使其降噪效果更显著。另外,在绿化空间不足时设置10 m宽的林带也可获得明显的降噪效果。

#### 参考文献:

- [1] 丁亚超,周敬宣,李恒,等.绿化带对公路交通噪声衰减的效果研究[J].公路,2004(12):204-208.
- [2] COOL D L, Van HAVERBEKE D F. Trees and Shrubs for Noise Abatement[M]. Lincoln: University of Nebraska, 1971: 35-162.
- [3] 张庆费,郑思俊,夏榴,等.上海城市绿地植物群落降噪功能及其影响因子[J].应用生态学报,2007,18(10):2295-2300.
- [4] 袁玲,王选仓,武彦林,等.夏冬季公路林带降噪效果研究[J].公路,2009(7):355-358.
- [5] 袁秀湘.公路绿化林带对交通噪声的衰减效应分析[J].公路与汽运,2009(2):114-116.
- [6] 彭海燕.北京平原公路绿化带降噪效果及配置模式研究[D].北京:北京林业大学水土保持学院,2010.
- [7] 王玮璐.北京城市绿化林带降噪效果的四季变化研究[D].北京:北京林业大学水土保持学院,2012.
- [8] 王慧,郭晋平,张芸香,等.公路绿化带降噪效应及其影响因素研究[J].生态环境学报,2010,26(6):1403-1408.
- [9] 贾鹏,郑洲.高速公路绿化林带降噪效果调查与分析[J].现代交通技术,2010,7(3):92-96.
- [10] MARTÍNEZ-SALA R, CONSTANZA R, GARCIA-RAFFI L M, et al. Control of noise by trees arranged like sonic crystals[J]. Journal of Sound and Vibration, 2006, 291(1/2): 100-106.
- [11] CARLSON DE, MCDANIEL O H, REETHOF G. Noise Control by Forest[C]. Zurich: Internoise International Conference on Noise Control Engineering, 1977: 567-586.

(责任编辑:惠红,张明霞)