文章编号：1006-1355(2014)03-0086-06

公交车辆停靠站位置对交通噪声的影响分析

朱丽颖，李贤徽

（环境噪声与振动北京市重点实验室，北京市劳动保护科学研究所，北京 100054）

摘 要：以交通仿真为手段，结合日本ASJ道路交通噪声排放模型，研究不同状态下的公交停靠站位置对交通噪声的影响。结果表明当道路处于拥堵状态时，公交停靠站位置对交通噪声影响较小；当道路处于非拥堵状态下时，公交停靠站位置对交通噪声 L_{Aeq} 值影响约为1～2 dB、对TNI指标的影响高达15～17 dB。

关键词：声学；公交停靠站；道路噪声；交通微观仿真；VISSIM

中图分类号：TB535 **文献标识码**：A DOI编码：10.3969/j.issn.1006-1335.2014.03.018

Analysis of the Influence of Bus Stop Positions on Traffic Noise

ZHU Li-ying, LI Xian-hui

(Beijing Key Laboratory of Environment Noise and Vibration,
Beijing Municipal Institute of Labor Protection, Beijing 100054, China)

Abstract: Based on the microscopic traffic simulation system and using the road traffic noise prediction model by the Acoustical Society of Japan, the influence of the positions of bus stop on traffic noise is studied. The results show that the road traffic noise in congested condition is insensitive to the positions of the bus stop; while in non-congested condition, the influence of the positions of the bus stop on the traffic noise L_{Aeq} is about 1-2 dB, and the influence on TNI can reach 15-17 dB.

Key words: acoustics ; bus stop ; traffic noise ; microscopic traffic simulation ; VISSIM

随着我国公交优先政策的不断深入，公共交通已成为我国城市交通的重要组成部分，在其取得良好成绩的同时也不可避免的带来了一些问题。其中，作为城市公交的基础设施，公交停靠站是乘客和公交运输服务最基本的联系纽带，公交车辆在公交站点的频繁停靠不仅影响其他社会车辆的正常行驶，同时也带来了较大的噪声污染问题。由于公交站点的设置一般靠近大型居民社区，站点周围分布了大量的噪声敏感建筑物，而2009年11月北京市出台的《公共汽电车站台规范》要求站台的设置应靠近客流集散点、距大型客流集散点不宜大于200 m，因而公交停靠站的噪声污染对周边居民影响十分严重。

长期以来，国内外学者在公共交通方面做了大量的研究工作，并已形成了比较系统的公交线网规划、站点布局、公交优先、智能公交等方面理论。在公交停靠站方面主要以公交站点站距优化及选址、公交运行停靠对交通流及道路和交叉口通行能力的影响、公交站点通行能力研究为主，尚缺乏针对公交停靠站交通噪声特性的深入研究。近几年，随着道路交通噪声研究的深入，国内外专家学者逐渐开始关注公交噪声问题。例如Zannin [1—3]对巴西Curitiba不同类型公交车辆的车内噪声进行了调研，从驾驶员角度研究了该城市公交车辆车内噪声特性；张必伟、张德政等人 [4, 5]从公交车辆制造、配置以及使用管理角度对公交车辆噪声问题展开研究，并提出了关于降低公交车辆噪声的建议；田良、许宇翔等人 [6, 7]从公交运营角度对现有公交系统噪声排放现状进行调研并提出相关降噪建议；李峰 [8]等人从噪声预测角度出发，根据公交车的运行特性提出了公交车在各行驶阶段的噪声计算方法并采用能量叠加的方法建立了公交停靠站附近交通噪声预测模型。顾伟伟 [9]等人通过对上海市公交站点噪声的调查、

收稿日期：2013-07-01
项目基金：北京市自然科学基金资助项目（8132027）
作者简介：朱丽颖（1972- ），女，北京人，硕士，目前从事交通噪声方面研究。
E-mail: zly19851223@163.com

监测及评价，得出公交站点对道路噪声污染严重的结论。

上述关于公共交通噪声特性的研究表明，公交停靠站对交通噪声的影响不可忽略。受公交停靠站位置影响，相同道路交通状态、公交车辆到站频率下的公交停靠站对周边环境的噪声影响情况不尽相同，而现有相关研究对象还仅限于某一特定路线或特定地区的公交停靠站，尚缺乏对这一问题的系统研究。因此，本文以交通仿真为手段，结合日本ASJ道路交通噪声排放模型，对不同状态下的公交车停靠站行为进仿真实验，研究不同状态下的公交停靠站位置对交通噪声的影响。

1　研究方法

1.1　道路交通噪声的微观交通流分析方法

首先进行仿真实验设计既根据研究目标制定仿真方案与评价指标，而后根据仿真实验特点、所需输出数据选定合适的微观交通流仿真软件，利用微观交通流仿真软件建立研究区域的微观仿真模型，然后根据仿真得到的逐车的速度、加速度、位置等信息结合相应的交通噪声排放模型计算指定接收点处的噪声评价指标，最后根据仿真结果展开公交停靠站位置对交通噪声的影响分析。

VISSIM是一种微观、时间驱动、基于驾驶行为的仿真建模工具，用以建模和分析各种交通条件下(车道设置、交通构成、交通信号、公交站点等)，城市交通和公共交通的运行状况，是评价交通工程设计和城市规划方案的有效工具。考虑到本研究需要对不同道路状态、公交停靠站设置、公交线路设置下的交通噪声进行仿真实验，因此选用VISSIM对公交停靠站进行仿真实验。

目前现有的交通噪声单车模型多为车辆行驶速度的回归模型，然而对于相同车速，处于稳定运行状态与处于频繁加减速状态的车辆所产生的噪声并不相同。为此，本文选用能够较好反映这一现象的日本ASJ-RTN 2008单车噪声排放模型。

参考日本ASJ-RTN 2008单车噪声排放模型，当不考虑路面材质、道路坡度等因素时，A计权声功率级$L_w(i,j)$可表示为

$$L_{w(i,j)} = a + b\lg v \tag{1}$$

其中v为车辆的运行速度，a、b为与车辆类型、车辆运行状态相关的回归系数，取值办法如表1所示。将车辆分为稳定与非稳定运行两种状态：当车辆位于高速公路或远离交叉口处，能够以最高档行驶时认为该车辆处于稳定运行状态，其速度变化区间为40 km/h至140 km/h；其他情况认为该车辆处于非稳定运行状态，速度变化区间为1 km/h至60 km/h。对于某一车辆类型，不同运行状态对应不同的a、b取值。此外，当接近信号灯交叉口，车辆从稳定状态进行减速停车时或者以大于60 km/h的速度进行加速时，a、b的取值参考稳定状态。非稳定状态下，当速度小于10 km/h大于1 km时，v取10 km/h计算；当速度小于1 km/h时，认为其声功率为零。

表1　系数a、b取值

	大型车		小型车	
	a	b	a	b
稳定状态	53.2	30	46.7	30
非稳定状态	88.8	10	82.3	10

将道路上行驶的单车视为半自由声场中的点声源，路网上某辆单车在接收点位置的A计权声压级$L_{i,j}$与A计权声功率级$L_{w(i,j)}$的关系可表示为

$$L_{i,j} = L_{w(i,j)} - 8 - 20\lg r_{i,j} + \Delta L_{cor(i,j)} \tag{2}$$

其中$L_{w(i,j)}$为第i s钟第j辆车在道路上的A计权声功率级，单位为dB；$r_{i,j}$为该车辆与接收点的距离，单位为m；$\Delta L_{cor(i,j)}$为与天气、地面吸收等因素相关的修正系数，单位为dB。不考虑天气影响、地面吸收因素时，(2)可简化为

$$L_{i,j} = L_{w(i,j)} - 8 - 20\lg r_{i,j} \tag{3}$$

第i秒钟路网上所有车在观测点处的噪声为

$$L_i = 10\lg\sum_{j=1}^{m_i} 10^{0.1L_{i,j}} \tag{4}$$

式中m_i为i秒钟路网上的车辆数量。

那么，一段时间在观测点上接收到的噪声等效值为

$$L_{eq} = 10\lg\frac{1}{T}\sum_{i=1}^{T} 10^{0.1L_i} \tag{5}$$

式中T为计算时间，单位为s。

1.2　方法验证

2013年7月下旬，环境噪声与振动北京市重点实验室对北京市西城区菜市口大街自新路口北公交停靠站处的交通噪声进行测量。测量时间为上午9:30—10:20。交通量的测量采用人工计数方法，分车型分时段记录交通流量数据。交通噪声的测量采用BK 2250声级计，每1 s记录一次噪声数据，每10 min进行一次统计计算。停靠站长约15 m，共有4条公交线路停靠。测点位置位于停靠站候车区距道路外侧1 m处。车流量数据如表2所示。

表2 仿真实验方案

时段	小型车	大型车	公交车
9:30—9:40	317	24	2
9:40—9:50	276	21	3
9:50—10:00	284	19	5
10:00—10:10	278	17	4
10:10—10:20	236	25	4

对该公交停靠站进行交通流仿真，仿真结果如表3所示。5组结果中：L_{Aeq}平均误差0.18 dB、最大误差0.49 dB、最小误差0.01 dB；L_{10}平均误差1.08 dB、最大误差1.32 dB、最小误差0.82 dB；L_{90}平均误差1.08 dB、最大误差1.58 dB、最小误差0.17 dB；TNI平均误差1.33 dB、最大误差1.70 dB、最小误差0.80 dB。其中等效声级L_{Aeq}是时间T中噪声的A声级按能量的平均，起伏变化小、预测精度较高，最大误差仅为0.49 dB。而TNI基于L_{10}与L_{90}两个统计评价量计算，起伏较大，受到两个指标误差影响，因此其误差相比较L_{Aeq}略大，在1 dB左右。

2 仿真实验与结果分析

2.1 仿真实验

应用VISSIM软件建立“卄”字形路网，路网模型如图1所示。两交叉口相距650 m，各路段均为双向2车道，车道宽度为3.5 m，道路限速60 km/h。两组信号灯均为三相位，其中东西直行相位75 s、东西左转相位20 s、南北直行相位40 s。

如表4所示，对不同交通状态、停靠站位置、公交车辆到站频率条件下公交停靠站上游、中游、下游处接收点的噪声情况进行仿真实验。其中，交通状

表3 仿真结果与实测结果对比表

时段		9:30—9:40	9:40—9:50	9:50—10:00	10:00—10:10	10:10—10:20
L_{Aeq}（dB）	实测值	74.44	73.97	73.96	73.62	72.30
	仿真值	74.34	73.48	73.97	73.38	72.26
	绝对误差	0.10	0.49	0.01	0.25	0.03
L_{10}（dB）	实测值	76.96	75.96	77.03	75.45	75.09
	仿真值	77.88	77.28	78.06	76.75	75.91
	绝对误差	0.92	1.32	1.03	1.30	0.82
L_{90}（dB）	实测值	64.41	62.32	61.50	64.48	63.44
	仿真值	64.58	63.51	62.60	65.84	65.02
	绝对误差	0.17	1.19	1.10	1.36	1.58
TNI（dB）	实测值	84.62	86.89	93.64	78.37	80.05
	仿真值	86.21	88.59	94.44	79.48	78.58
	绝对误差	1.59	1.70	0.80	1.11	1.47

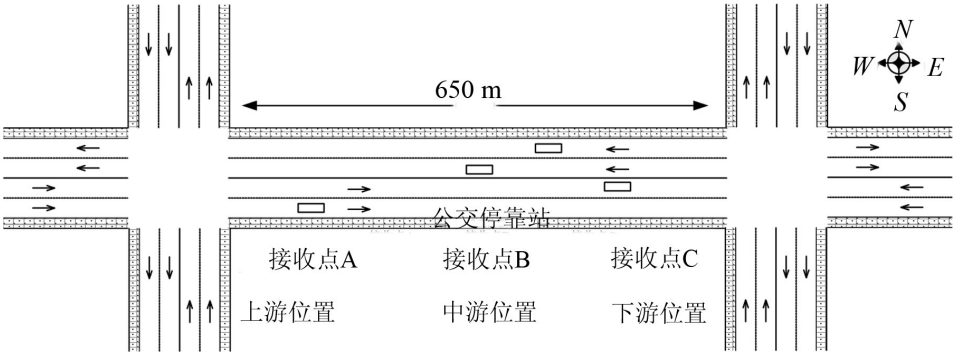


图1 仿真路网示意图

态分为非拥堵与拥堵，非拥堵状态下车辆行驶流畅、路网平均速度（包括信号灯等候时间）30 km/h、单向断面流量700 pcu/h（注：pch为按一定的折算系数换算成某种标准车型的当量交通量），拥堵状态下车辆行驶缓慢、路网平均速度（包括信号灯等候时间）14 km/h、单向断面流量1 600 pcu/h；停靠站位置分别为上游即交叉口出口位置、中游即道路中段、下游即交叉口进口位置；公交车辆到站频率由2 veh/h～150 veh/h（注：veh/h为vehicles per hour，即小时流量）不等。对上述条件组合，每组进行3 600 m时长的仿真实验，共计90组仿真实验。

表4 仿真实验方案

噪声影响因素	实验方案	方案数
交通状态	拥堵、非拥堵	2
车站位置	上游、中游、下游	3
公交车到站频率	2、4、6、8、10、20、.....、90、100、120、150	15

2.2 结果分析

（1）停靠站位置对L_{Aeq}的影响分析

图2为非拥堵与拥堵状态下公交车辆到站频率以及公交停靠站设置位置对L_{Aeq}值的影响情况。非拥堵状态下车辆行驶畅通，公交车辆到站频率的增大不会影响车辆行驶速度，因而随公交车辆到站频率的增大即公交车流量的增大，停靠站位置处L_{Aeq}值也随之增大。如图2（a）所示，对应公交车辆到站频率由2 veh/h增大到150 veh/h，位于路段上、中、下游的公交停靠站接收点L_{Aeq}值分别提高了1.05 dB、1.73 dB、1.86 dB；在拥堵状态下车辆行驶缓慢，公交车辆到站频率增大的同时也会导致周边区域车辆的行驶速度的降低。因而如图2（b）所示，拥堵状态下公交停靠站附近噪声L_{Aeq}值受公交车辆到站频率的影响相对较小。

当公交停靠站位于路段下游即信号交叉口进口道位置时，公交车辆进出站过程中将与右转交通流产生冲突，进而对停靠站附近交通流产生较大影响；当公交停靠站位于路段上游即信号交叉口出口道位置时，由于车辆在该位置不会出现排队等候信号灯、分流换道等行为，因此公交车辆的停靠站行为不会对附近交通流产生明显影响；当公交停靠站位于道路中游时，对交通流的影响介于上述两个位置之间。因此，非拥堵状态时，位于路段上游位置的公交停靠站对附近交通的影响较小，其噪声略低于中游及下游的公交停靠站，并且公交车辆到站频率越高该现象越为明显，当车辆到站频率到达150 veh/h时，路段上游位置的公交停靠站L_{Aeq}值较其他两种方案低约1 dB。拥堵状态时，由于道路已到达饱和状态，因此公交停靠站设置位置对噪声的影响不大，仅当公交车辆到站频率大于50 veh/h时，位于路段下游的公交停靠站对交叉口车流排队、换道产生严重影响，速度、流量均随之降低，导致L_{Aeq}值出现降低趋势，低于其他两种方案约0.6 dB。

（2）公交停靠站对TNI指标的影响分析

TNI即交通噪声指数，它是以噪声的起伏变化为基础并考虑到背景噪声的评价方法，它反映了噪声起伏幅度对人的干扰。该值越高表示噪声起伏幅度越大，对人们的干扰也越大。它的定义为

$$TNI=4(L_{10}-L_{90})+L_{90}-30\ dB \quad (6)$$

图3为非拥堵与拥堵状态下公交车辆到站频率以及公交停靠站设置位置对TNI指标的影响情况。与停靠站附近L_{Aeq}值呈现规律不同，除非拥堵状态下路段中下游停靠站附近TNI值随公交车辆到站频率的增大小幅提高外，其他情况下的TNI值均随公交车辆到站频率的增大而降低，且其变化幅度高达12 dB～15 dB。

而停靠站附近TNI指标受公交停靠站位置影响的情况则与L_{Aeq}指标呈现的规律相似—非拥堵状态时，位于路段上游位置的公交停靠站对附近交通的影响较小，其TNI值明显低于中游及下游位置的公交停靠站，并且公交车辆到站频率越高该现象越为明显；拥堵状态时，由于道路已到达饱和状态，当公

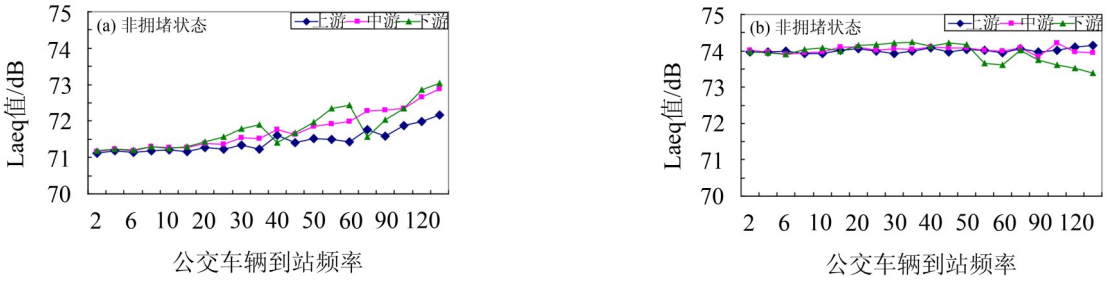


图2 公交停靠站位置对L_{Aeq}值的影响

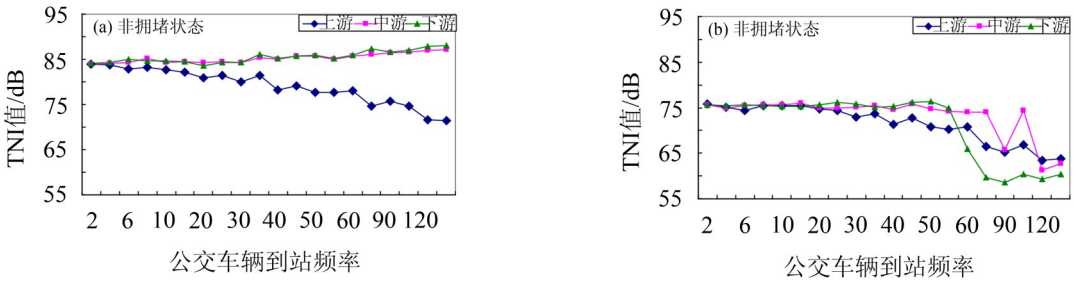


图 3 公交停靠站位置对TNI指标的影响

交车辆到站频率低于50 veh/h时公交停靠站设置位置对噪声的影响不大，而随着公交车辆到站频率进一步的增大，公交车辆停靠站行为对路段下游位置交叉口车流排队、换道产生严重影响，速度、流量均随之降低，导致下游位置停靠站的TNI指标值明显低于其他两位置的公交停靠站。与此同时，车站位置对TNI指标影响的幅度则远远大于对L_{Aeq}指标的影响，由图3可以看出，非拥堵状态下当公交车辆到站频率到达150 veh/h时，位于路段上游的公交停靠站附近TNI值分别较路段中游、下游两个位置上停靠站附近的TNI值低15.78 dB与16.75 dB。

根据上述分析可知，公交停靠站位置对TNI指标的影响随公交到站频率的增大而增大，当公交到站频率到达最大值150 veh/h时影响最大。由于TNI指标主要反映背景噪声L_{90}以及噪声起伏L_{10}、L_{90}的差值情况，因此为进一步分析公交停靠站位置对噪声的影响情况，本文对非拥堵与拥堵两种状态下公交车到站频率为150 veh/h的仿真结果声压级分布情况展开研究，同时将到站频率为2 veh/h的声压级分布情况作为对比。

首先，作为对比组当公交车辆到站频率为2 veh/h时，无论是非拥堵还是拥堵道路状态下，公交停靠站位置对交通噪声几乎没有影响，L_{10}、L_{50}、L_{90}的差别均在0.2 dB以下，TNI值最大仅相差约0.7 dB。由此可知，当公交车辆到站频率较低时，公交停靠站所在位置对交通噪声无明显影响。当公交车辆到站频率为150 veh/h时，位于路段不同位置的公交停靠站处的声压级分布曲线呈现不同规律，特别是非拥堵状态下位于路段上游的公交停靠站。对比图4(b)中三图，可以看出上游位置公交停靠站声压级的分布情况相对集中，分布于70 dB～75 dB区段的声压级的百分率均大于15 %，虽然其背景噪声及L_{50}由于该种方案车辆运行速度略高均高于其他两种位置，但L_{10}与L_{90}的差值明显低于其他两种位置。因此，当道路处于非拥堵状态时，将停靠站设置于路段上游，不仅能够减小公交车辆对社会交通的影响，同时也能降低噪声起伏幅度，从而降低噪声对人的影响。

3 结 语

本文通过交通仿真手段，结合日本ASJ道路交通噪声排放模型，对不同拥堵状态、公交车辆到站频率下的公交车停靠站及其附近的交通行为进仿真实验，研究分析了公交停靠站位置对交通噪声的影响。结果表明，不同道路状态下公交停靠站对交通噪声的影响不同，等效连续A声级L_{Aeq}以及交通噪声指数TNI两评价指标对不同状态下的公交停靠站附近交通噪声所反映出的变化规律基本一致，具体结论如下：

（1）非拥堵状态下L_{Aeq}值随公交车辆到站频率的增大而增大，变化幅度为1～2 dB，拥堵状态下L_{Aeq}值较非拥堵状态下略高1 dB～3 dB、受公交车辆到站频率影响较小；

（2）非拥堵状态时路段上游位置的公交停靠站L_{Aeq}值较其他两种方案低约1 dB，而拥堵状态时公交停靠站位置对噪声影响不大；

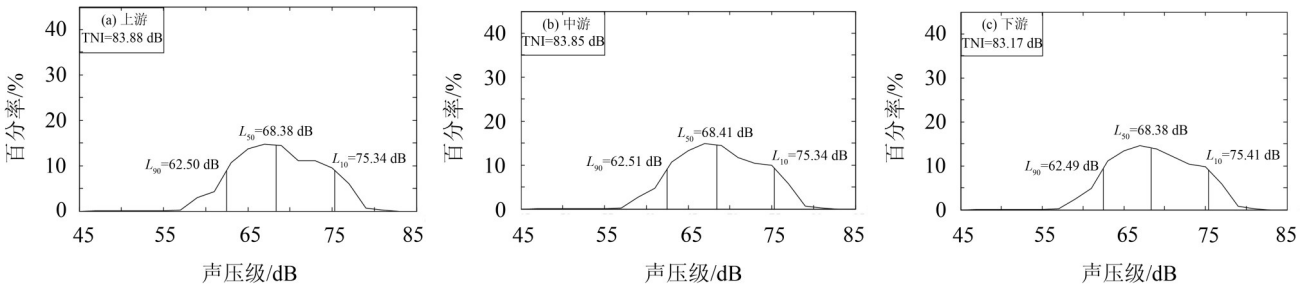
（3）非拥堵状态下不同位置的公交停靠站附近TNI值随公交车辆到站频率变化规律不同，拥堵状态下TNI指标随公交车辆到站频率的增大而降低；

（4）非拥堵状态时位于路段上游的公交停靠站对应的TNI值较其他两个位置低约16 dB，拥堵状态时公交停靠站位置对TNI指标的影响较小。

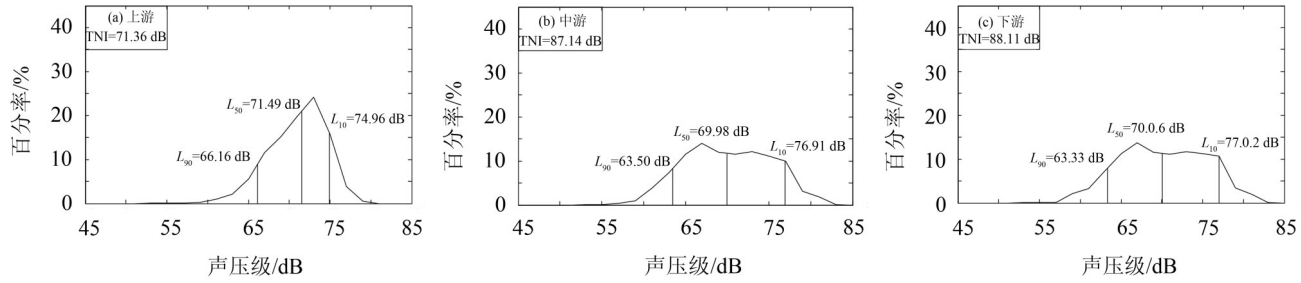
由于在不同交通状态、公交车辆到站频率下公交停靠站对交通噪声的影响不同，因此从降低噪声角度考虑公交停靠站设置的问题时应考虑具体情况。然而对于公交停靠站的设置位置这一问题，除在道路拥堵且公交车辆到站频率高的情况下外，位于路段上游的公交停靠站的等效连续A声级与交通噪声指数均明显低于其他位置，因此将公交停靠站设置于路段上游能够最大程度的降低其对交通噪声的影响。

参考文献：

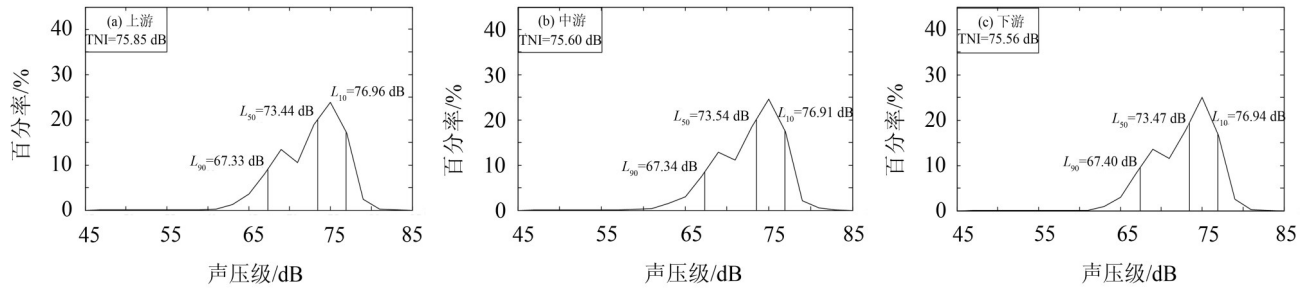
[1] Zannin P H T. Occupational noise in urban buses[J]. **International Journal of Industrial Ergonomics,** 36 (2006) 901-905.



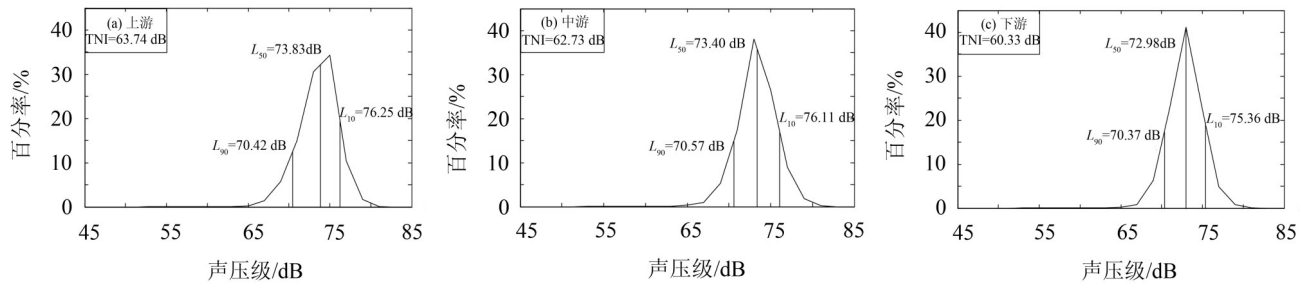
（a）非拥堵道路—公交到站频率2 veh/h



（b）非拥堵道路—公交到站频率150 veh/h



（c）拥堵道路—公交到站频率2 veh/h



（d）拥堵道路—公交到站频率150 veh/h

图4 各道路状态下噪声分布图

[2] Zannin P H T. Occupational noise in urban buses-2008[J]. **International Journal of Industrial Ergonomics,** 38 (2008) 232-237.

[3] Zannin P H T, F. B. Diniz, C. Giovanini, J. A. C. Ferreira. Interior noise profiles of buses in Curitiba [J]. **Transportation Research Part D 8,** (2003) 243-247.

[4] 张必伟，张民影. 城市公交车辆噪声防治研究[J]. **城市交通**，2004，4(18)：10-12.

[5] 张德政. 浅谈城市公交车辆噪声与控制[J]. **城市公共交通**，2008，8：16-17.

[6] 田　良，王　翔，刘铁军，王　莉，鲁然英，王　伟. 兰州市区公共交通运营状况与噪声影响分析[J]. **兰州大学学报**（自然科学版），2005，8：25-29.

[7] 许宇翔. 厦门快速公交系统噪声环境影响分析[J]. **中国资源综合利用**，2010，3：47-49.

[8] 李　峰，蔡　铭，刘济科. 公交车站对交通噪声的影响分析[J]. **中国环境监测**，2009，2：105-108.

[9] 顾伟伟，王　悦，唐松林，周　岚，张建春. 上海市公交车站点对道路交通噪声评价的影响[J]. **环境科技**，2012，4：44-47.