

文章编号:1006-1355(2021)01-0155-05+209

高速公路通城市路段声环境影响防治对策研究

刘欢^{1,2,3}

(1. 交通运输部公路科学研究所, 北京 100088;
2. 国家环境保护道路交通噪声控制工程技术中心, 北京 100088;
3. 公路交通环境保护技术交通运输行业重点实验室, 北京 100088)

摘要: 基于对高速公路通城市路段交通噪声现状、车辆源强的调查, 针对通城市路段高速公路声环境敏感目标空间分布特点, 开展噪声综合控制对策的研究, 从土地、城市和交通规划相结合的视角规划控制, 采取低噪声路面、声屏障、临街建筑噪声防护等技术控制, 结合限速、禁鸣等多种管理手段, 提出通城市路段的高架复合道路交通噪声综合治理对策, 对提升交通运输噪声污染控制效果、提高沿线居民满意度具有指导意义。

关键词: 声学; 高速公路; 通城市路段; 噪声控制; 对策研究

中图分类号: TB53

文献标志码: A

DOI 编码: 10.3969/j.issn.1006-1355.2021.01.029

Strategies of Acoustic Environmental Impact Prevention for City Fringe Expressway Segments

LIU Huan^{1,2,3}

(1. Research Institute of Highway, Ministry of Transport, Beijing 100088, China;
2. National Environmental Protection Engineering and Technology Center for Road Traffic Noise Control, Beijing 100088, China;
3. Key Laboratory of Environmental Protection Technology on Road Traffic, Ministry of Transport, Beijing 100088, China)

Abstract: The strategies of acoustic environmental impact prevention for city fringe expressway segments are studied. Based on the investigation of road traffic noise in city fringe expressway segments, the characteristics of spatial distribution of sensitive targets in acoustic environment are analyzed. Accordingly, the comprehensive strategies for acoustic environmental impact prevention are put forward from various points of view, such as planning countermeasures to optimize land use, city planning and transportation planning, technological countermeasures to implement low-noise pavement, noise barrier and street construction for noise prevention, and management countermeasures about speed limit control and tooting prohibition. All of these help provide insights into improving the effect of road traffic noise control in city fringe expressway segments as well as the satisfaction of local residence.

Key words: acoustics; expressway; city fringe segment; noise control; strategy research

随着我国国民经济持续高速发展, 城市数量和规模不断扩大, 城市发展的区域集群化趋势日益明显, 通城市区域交通网络更加密集。但同时, 交通基础设施的运营对环境的影响也逐渐显现, 其中最引

人关注的就是交通噪声导致的沿线区域声环境质量的下降。近年来人们环保意识普遍提高, 对交通噪声污染的投诉逐步占到环境诉讼事件的首位^[1], 特别是对于高速公路通城市路段噪声投诉不断增加。因此, 亟需提出有效的通城市路段的声环境保护对策, 解决好关系人民群众切身利益的实际问题, 促进交通基础设施建设运营的可持续发展。

通城市路段因其道路复合形式、车辆组成特点、周边建筑分布密集等特殊特性, 单一的噪声防治技术很难解决其噪声问题, 治理难度较大。陆珏等^[2]针对高架复合道路周边既有住宅建筑特性提出隔声改造

收稿日期: 2020-01-01

基金项目: 中央级公益性科研院所基本科研业务费专项资金项目(2019-0014); 交通运输行业重点科技资助项目(2019-MS5-087)

作者简介: 刘欢(1983-), 女, 长春市人, 硕士学历, 主要研究方向为交通运输噪声防治、都市环境学研究。
E-mail: lhkishi@sina.com

设计技术;俞悟周^[3]根据不同的噪声分布特性和地面道路,研究预测高架道路声屏障对路面高度附近的区域降噪效果;王庭佛等^[4]从工程应用角度介绍城市高架道路上全封闭声屏障的设计及施工情况;林道锦等^[5]给出半封闭声屏障与降噪伸缩装置结合使用的降噪方案;黄惠莹^[6]建议采取建设直立式声屏障、绿化降噪、在噪声敏感建筑物安装隔声窗等隔声措施,同时对高速公路实施区间限速、增加路面沥青厚度、敷设吸声材料等降噪措施,以期取得良好的降噪效果。

综上所述,传统的高速公路或城市道路交通噪声防治对策并不能直接应用于通城市路段,现有研究仅从不同层面进行了初步的技术探讨和研发。鉴于此,本文基于通城市路段交通噪声特性的系统性分析,拟从土地、城市和交通规划相结合的规划控制,采取低噪声路面、声屏障、临街建筑噪声防护等技术控制,和限速、禁鸣等管理方法多措施并举,提出通城市路段的高架复合道路交通噪声综合治理对策。

1 通城市路段交通噪声特性

1.1 高速公路通城市路段的特点

高速公路通城市路段是城市对外交通的主要连接通道^[7],路段多位于城市的寸土寸金区域,一般而言两侧高层建筑林立,噪声敏感点众多。为实现既有城市道路与高速公路的有效连接,我国越来越多的城市在通城市路段选择建设由上层高架道路与下层地面道路共同组成的立体交通道路系统,即高架复合道路,以增加交通流量,提高通行速度,改善交通拥堵^[8]。高速公路通城市路段具有如下特点:(1)车速快、车道多、车流量大,明显高于一般道路;(2)由于接近城市,道路沿线两侧建筑物密度大,人口分布密集,周边建筑物多为高层建筑。

1.2 高速公路通城市路段交通噪声的主要特点

基于高速公路通城市路段多与地方道路构成高架复合道路的特点^[9],与高层敏感建筑物高差差异使得其噪声分布特性也有所改变,特别是对于“共用走廊带”高架桥,不同于一般的高架桥和交通干道,除了道路本身的交通噪声传播特点之外,其噪声还具有“复合性”,主要表现在:

(1) 原有道路噪声的贡献量不可忽视

对于“共用走廊带”的高架道路,由于高架桥声源高度相对较高,而原有地面道路的背景噪声的声源高度相对较低,其声场分布为二者的叠加,而地面道路和高架路交通噪声对不同楼层的影响又有很大

差别。因此高架道路交通噪声治理过程中应特别注意。

(2) 高架桥“屏障”作用。

一方面由于高架桥声源高度较高,对距离较近的楼层较低的敏感目标,存在一定的声影区范围,见图1。另一方面出于安全考虑,高速公路高架桥一般都会在两侧设有一定高度的防护栏,同时也可视为天然的声屏障,若声波从各行车道中心点传出,则高架桥的立体结构会对声波传递形成一定的影响,对高架桥两侧的敏感目标形成了保护。

(3) 地面反射

共用走廊带时,地面道路交通噪声在传播过程中遇到高架桥下桥面时,由于声波的反射作用,会发生多次发射,桥下的交通噪声是反射声与衍射声的叠加,使得桥面与路面之间的噪声形成一定的混响效果,见图2。因此,在预测分析和噪声控制时需要适当考虑高架桥两侧较低楼层的噪声受反射声的影响。

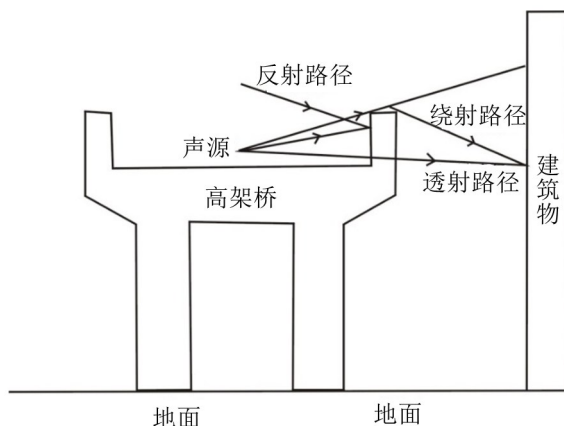


图1 高架桥的“屏障”作用

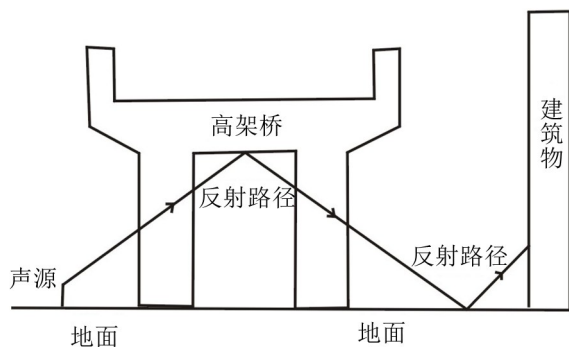


图2 高架桥下的地面反射

(4) 高架道路噪声垂直声场分布特征

声场上移,且影响增大。由于声源为立体声源,因此在垂直方向上的影响增大。高架桥建设后道路两侧高层建筑交通噪声垂直声场一般会上移,高层建筑较建桥前声级升高。同时,由于高架桥本身对

上、下层交通噪声的遮挡会使其高度以下楼层或以上楼层出现一噪声低值。就高架桥上的车流引起的噪声影响而言,随着临路建筑物高度的增加,噪声级逐渐增大,在某一高度上达到最大值后,噪声值随高度增加而减小。

1.3 交通噪声监测实例

选取某城市高速公路通城市路段沿线小区作为声环境调查对象,上部高架桥梁是为通城市高速路,桥下是城市道路,见图3。高速公路和地面道路均为双向六车道,地面中间两车道为BRT快速公交专用车道,另外4条为社会机动车道,机动车道与非机动车道之间设置3 m绿化带,自行车、行人考虑慢行一体化,宽10 m。测试期间车流量6 908辆/小时~8 018辆/小时,其中上部高架桥4 734辆/小时~5 162辆/小时,约占全部车流量的2/3,各时段车流量基本稳定。高架桥车流以小车为主,有部分中型车,地面车流有大量摩托车、电动三轮车,以及部分公交车、大客车。



图3 高速公路通城市路段

对距离路中心线不同距离的高层住宅楼噪声昼间不同时段进行多次监测取均值。监测结果见表1和图4。

表1 距路中心不同距离不同楼层测试结果

监测时段	楼层	监测值 dB(A)	
		距路中心 71 m	距路中心 37 m
昼间	1层	65.7	68.1
	3层	65.0	66.9
	5层	66.2	71.6
	7层	69.5	72.9
	9层	71.7	74.2
	11层	72.1	74.1
	13层	72.4	73.2
	15层	70.8	70.9
	17层	69.5	68.9

1.4 交通噪声特征小结

由测试实例可见,高架复合道路由于双层路面交通噪声的叠加影响,不同区域噪声空间传播存在差异,距离路中心不同位置的噪声纵向分布不尽相

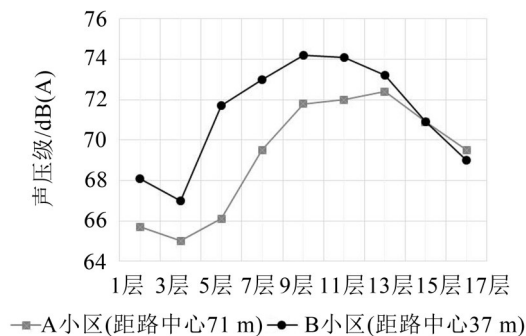


图4 距路中心不同距离不同楼层测试结果

同,总体趋势在低层由于高架声影区会在某个楼层有一个低点,楼层达到一定高度后(距离地面道路约30 m左右,相当于9~13层楼),噪声出现峰值,距离路线越远峰值出现的楼层越高;楼层继续升高时,噪声值再次降低。距离路线较远时高楼层的噪声随距离衰减较慢,基本和距离较近的噪声一致。由此可见,高速公路通城市路段声场较为复杂,对策治理必须综合考虑各种影响因素。

2 通城市路段交通噪声防治对策

2.1 基本原则

由于交通噪声源与工业企业、建筑施工等噪声源不同,道路作为交通运输基础设施,以其快捷灵活覆盖面广的特点成为区域内或区域和区域之间实现全方位联系的纽带,在区域经济发展中发挥着重要的作用。为了满足居民出行和区域经济发展需要,道路的建设和交通流量的增加使得交通噪声的影响不可避免。交通噪声的治理需结合现阶段经济技术发展条件,以满足人民对美好生活向往的需要为出发点,尽最大可能降低噪声影响。因此一般很难通过噪声管制手段(如限期达标、停产停业)解决其污染问题,须在合理规划的前提下,根据噪声这种物理性污染的特点,从“源”、“途径”、“受体”三方面入手,分层次控制。结合通城市路段交通噪声特点,本文从规划、管理、技术三个层面提出防治对策。

2.2 防治对策

2.2.1 规划对策

为解决道路建成后,周边噪声敏感建筑物受交通噪声影响,被动治理且治理效果不甚理想的局面,应从规划角度控制源头:

(1) 交通规划与土地利用规划相结合。由于城市的规模、布局、道路网形式、人口分布和密度、功能区划、土地利用等因素对通城市高速公路(包括交通强度、流向、流量分布等)有重大影响,相应地也对其交通噪声产生影响,应在土地利用规划中,合理确定

城市各区域的功能区划、布局结构,解决通城市道路交通噪声问题。

(2) 交通规划与城市发展规划相结合。将通城市道路纳入城市规划中,合理布局通城市道路与城区道路的连接,在方便城市交通出行的同时,有效避开集中噪声敏感区域,适时分流,减缓大型运输车辆进入城市核心区域,同时减缓通城市道路对城市区域的交通噪声的影响。

(3) 交通规划与敏感建筑区域规划相结合。坚持以预防为主的原则,从长远的可持续发展的角度,合理规划道路交通与邻近建筑物布局;对噪声防治目标进行规划,对特定区域建立噪声治理目标制度,在现有规划无法解决的情况下,尝试利用科学的声景观设计,改善居民的声环境体验。建立噪声污染防治规划,城市建设规划设计上与城市声环境保护规划同步进行。

2.2.2 控制技术对策

1) 低噪声路面

低噪声路面主要是通过采用不同路面材料的路面结构来控制轮胎路面噪声,通常降噪效果在3 dB~6 dB。不同路面材料具有不同的阻尼系数、吸声系数以及不同的孔隙率,从而影响路面的声学性能^[9]。目前我国普遍采用的低噪声路面形式是单层多孔沥青路面,同时部分地区也开始采用薄层路面。通过监测表明,一般情况下高速公路通城市路段交通噪声存在三个主要峰值,分别在63 Hz~80 Hz、250 Hz~315 Hz、800 Hz~1 250 Hz。同时,由于低频会被衰减掉的特征,多重点针对250 Hz~315 Hz和800 Hz~1 250 Hz范围内的噪声峰值进行噪声防治设计。当单层多孔降噪路面无法满足同时对两个频带噪声进行吸收以达到降噪设计的要求时,一般需要考虑设置双层多孔降噪路面。

在高速公路通城市道路改扩建路段,低噪声路面的结构设计及改造方式需要根据旧路面进行综合评价,结合纵、横断面调坡设计,路面磨损程度及路面结构承载能力等因素,满足路面标高和厚度控制要求,并充分考虑桥涵衔接和路线顺接进行设计,选用直接加铺或铣刨的方案。

2) 声屏障降噪

声屏障作为一种通过控制交通噪声传播途径来降低交通噪声的措施,由于其简单、实用、可行、有效,成为交通环境保护中的一项重要手段。特别是在高速公路,或城市道路规划已无法更改的住宅区建筑已形成,用声屏障降低交通噪声就成为首选方案。

对于通城市道路两侧的高层建筑物,由于其大部分楼层主要受到直达声的影响,从噪声治理的技术角度分析,全幅封闭式声屏障是解决交通噪声影响的最有效方式,在日本、加拿大都已采用,2003年我国南京市惠民三期跨线桥上首次安装了全封闭声屏障^[11],得到了居民的认可。近年来,全国范围内全封闭声屏障的建设安装已逐渐趋于成熟,越来越多的工程实例得以实施。

下例选择北京榆树馆桥全封闭声屏障进行降噪效果验证。榆树馆桥为双向四车道,设计车速80 km/h,小时交通量约为2 300辆,测试结果见表2。

表2 声屏障降噪效果测试结果(单位: dB)

序号	无声屏障 (距路肩40 m)	全封闭声屏障 (距路肩40 m)
1	68.6	48.2
2	68.3	47.6
3	68.5	48.7
4	68.4	47.8
均值	68.5	48.1
平均降噪量	20.5	20.4

由测试结果可见,全封闭声屏障降噪效果较好,全封闭声屏障中断在距路肩40 m处降噪效果可达到20 dB。不同的屏体材料,全封闭式声屏障的降噪效果会有差异,但总体而已,全封闭声屏障可大大减少直达声对高层敏感目标的影响。

全封闭声屏障设计中需要重点考虑的问题:

(1) 结构设计

结合当地气候(特别是风)特点,在确保交通安全基础上,选择合理的声屏障结构型式和材料,在满足声学要求的同时,确保主体工程、附属工程和声屏障工程的安全可靠。考虑风载、地震荷载、自重弯矩等荷载对结构的要求,应选取与荷载相适应并具一定保守系数的基础结构和连接强度。主要设计依据为:基本设计风速、地震基本烈度、整体跨度。声屏障工程若处于大桥的主桥和辅桥位置,应考虑主桥和辅桥交接处的构造过渡处理,不可留有缝隙存在漏声。

声屏障结构设计中应确保全封闭声屏障内合理的净空高度,确保声屏障内的行车安全,同时为了防止超高车辆撞击声屏障,在声屏障的两端外侧10 m外应设置防撞装置,并在声屏障前50 m处设置显著的限高警示牌。一般声屏障净空高度为桥梁护栏底座以上5.0 m,根据上部结构抗风载能力整体稳定性要求,同时也充分考虑抗车撞击偶然荷载的影响,确保屏体自身结构安全和主体结构的安全。

(2) 声学设计

根据周围敏感目标降噪要求,全封闭声屏障声学设计要重点考虑全封闭声屏障屏体的隔声量,同时注重端口绕射和喇叭口效应。一般声屏障屏体自身的隔声量比其设计降噪量至少大10 dB,全封闭声屏障端口延伸长度满足绕射声和喇叭口效应不影响周边敏感点。

考虑到内部混响声场和光线对司乘人员的影响,全封闭声屏障还应考虑全封闭声屏障在材料布置上,要求其吸声面积、透光面积达到合适的比例,采用吸声板和采光板,同时为满足吸声板和采光板的隔声性能都应满足:平均隔声量 ≥ 30 dB(1/3倍频程,125 Hz~4 000 Hz)。吸声板应满足平均吸声系数 ≥ 0.70 (1/3倍频程,125 Hz~4 000 Hz)。在声屏障顶部两侧横向一定区域内采用透光材料,透光率 ≥ 0.85 ,能够达到一定的采光效果。

(3) 通风设计

全封闭声屏障长度较长时,形同“隧道”,应考虑CO污染及烟雾的影响进行通风设计,达到《公路隧道通风照明设计规范》(JTJ026.1-1999)的相关要求。该声屏障的标准断面可按类似“交通流隧道”形式进行通风设计与计算。合理布置通风系统,确定通风形式。并考虑通风设施的漏声问题。

(4) 景观要素

通城市路段高速公路声屏障设计中要特别重视景观要素,防止廊道效应、防止眩光、减少对司机的视线和线形判断的影响。声屏障对近道路建筑物低层处有视野阻挡,使人产生压抑感。通过在声屏障与建筑物之间种植林木和灌木,或结合透明型(或半透明)声屏障,可以起到缓和作用。通过外观造型设计、选用合适颜色、材料质感和采取绿化等措施来弥补对原有环境造成的不协调。如:墙体在高度过渡处,避免突变,声屏障的表面颜色,建议采用由下往上颜色变浅或有流畅图案,且墙的色彩应不引人注目,城区路段多使用轻盈并透明的屏体材料等。

(5) 声屏障实际降噪效果的影响因素分析

在声屏障设计与施工过程中有很多工况条件达不到理想状态,影响声屏障的实际降噪效果。为了取得最佳的降噪效果,应注意在以下几个方面做好降噪措施的处理:通风设施的漏声;桥梁振动引起箱梁共振及钢结构振动的辐射噪声;声屏障端口噪声绕射;声屏障材料性能及施工质量。

(6) 屏体紧急疏散出口

由于全封闭声屏障整体上处于封闭状态,屏障内车辆及人员一旦出现危急情况,由于屏障体整体连续长度较长,后果将不堪设想。因此在满足主体

工程养护和声屏障养护的要求的同时,从风险角度论证是否考虑设置屏体紧急疏散出口,并设计明显标志引导。

3) 临街建筑噪声防护

采用隔声量大于30 dB以上的高效隔声门窗,是临街建筑噪声防护的重要措施。根据不同的使用环境选用固定式隔声窗、平开式隔声窗、推拉式隔声窗、消声通风窗等。

2.2.3 管理对策

利用交通管理手段,合理控制交通参数,可以降低敏感路段的交通噪声。

(1) 通过对通城市路段高速公路接近城市区域的物流枢纽至路段进行适当分流,减小集中进入城市的大型车比例,同时进行限速管理,可以达到减少单车辐射声级,进而减少交通噪声对沿线敏感目标影响的目的。

(2) 在通城市高速路段,经过噪声敏感区域,设禁鸣标志,严格限制机动车鸣笛。统计显示,鸣笛噪声能量占交通噪声能量的20%~40%,在采取禁鸣措施后,平均噪声可降低1 dB~3 dB,交通噪声污染可得到明显改善。

(3) 全面实施机动车辆噪声限制标准。根据我国的机动车辆噪声限制标准体系,对于新上路车辆和在用车辆,分别采取加速行驶噪声限制标准和定制噪声限制标准进行严格检测,逐步采取年检和准入机制,从源头降低交通噪声的影响。

3 声环境影响防治实例

诸永高速公路温州段延伸工程(温州瓯江过江通道)属于典型的通城市高速公路高架复合道路,为保护沿线声环境,项目采取了综合控制对策:

(1) 从管理角度,根据公路运行后实际情况,采取了对交通量进行限流与分流等措施。同时,采用禁鸣、快慢车道隔离、设置限速、禁鸣标志等,限制车辆速度及鸣笛,以减小噪声影响。

(2) 从控制技术方面,结合区域气候特点采取了路面噪声较低的低噪声路面,敏感路段设置全封闭声屏障以解决噪声污染问题,并在采光、通风、吸声等角度进行综合设计。项目综合控制措施的实施取得良好的环境效益。

4 结论与展望

本文通过对高速公路通城市路段交通噪声特性的研究,分析了高速公路通城市路段交通噪声的特性、交通噪声的影响特点。针对其噪声空间分布和

(下转第209页)