

基于路肩的道路交通噪声预测方法与声屏障设计探讨

魏如喜¹, 王胜强², 于宏兵², 马风杰¹

(1.天津市交通科学研究院, 天津 300074; 2.南开大学 环境科学与工程学院, 天津 300072)

摘要: 道路交通噪声超标会影响人们的生活和身体健康。声屏障设计时首先要确定降噪目标值, 而确定降噪目标值就需要对新建道路的噪声源强进行预测。文中通过分析影响道路交通噪声声压级的因素, 提出利用多项式复合函数预测道路交通噪声的等效连续 A 声级; 通过道路交通噪声实际监测验证, 理论计算值和实际监测值的误差在 ± 2 dB(A) 以内, 预测准确度较好, 预测公式可用于道路交通噪声水平评价和声屏障设计。

关键词: 城市交通; 交通噪声; 噪声预测; 路肩; 声屏障

中图分类号: U491.9

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2021)04-0048-03

随着城市机动车保有量的持续增加, 道路交通噪声问题日渐突出。对于人口密度高的大城市, 居民往往受到各类道路交通噪声的困扰。在城市有关噪声的投诉中, 道路交通噪声约占 4%。对于道路交通噪声投诉问题需调查、分析, 且声屏障的设立需通过可行性论证、招投标和工程建设等过程, 因而道路交通噪声问题不易得到快速解决。道路交通噪声声压级大小主要受车速、车流量和车辆类型等的影响。上下班高峰时段交通流量大, 拥堵严重, 而且时常伴随着鸣笛, 鸣笛时瞬时声压级可达到 100 dB 以上, 故高峰时段道路交通噪声超标最严重。大货车和大客车等大型车辆的声功率远大于小型车辆, 其产生的噪声也高于小型车辆, 是道路交通噪声中较大的污染源。车速越高, 车辆产生的噪声升高。另外, 随着城市道路交通网络越来越复杂, 高架快速路越来越多, 噪声声源的位置抬高, 而声屏障的声影区范围有限, 立体交通引起的噪声影响范围越来越大。

道路交通噪声预测是对噪声实测的重要补充, 是道路交通噪声监测与评价的发展方向。道路交通噪声预测模型的建立需要大量实验测试和验证, 目前中国在这方面的发展还不十分完善, 道路交通噪声预测模型的准确度也有待提高。建立道路交通噪声预测模型的基本步骤是先确定车辆类型, 再根据不同类型车辆噪声源强的影响因素确定每类车辆噪声源强与影响因素的关系, 最后进行不同类型车辆的声级叠加计算。计算步骤较多, 每一步都会产生误差, 多个计算步骤累加起来的误差较大, 这是现有很多文献的监测数据和模型计算结果差异大的原因之一。几种行业规范的预测和计算模型也是一种半

经验理论, 在实际工程应用中, 传统理论有很大作用, 也有很大局限性, 应随着实际情况的变化更新道路交通噪声预测理论。为此, 该文采用多项式复合函数计算道路交通噪声源强值, 然后通过道路噪声实测进行修正和验证, 根据源强计算公式计算不同车速、车流量下道路交通噪声级, 进而对交通噪声水平进行评价, 并就道路声屏障设计中存在的主要问题进行分析探讨。

1 道路交通噪声声源的声压级预测现状

影响道路交通噪声声压级的主要因素是车速、车流量和车辆类型, 而车速和车流量在一定条件下相互制约。对于高速公路, 这种制约关系体现不太明显, 因为多数情况下车流量不算大, 只有特殊情形下这种制约关系才会体现明显, 如道路拥堵时, 车速会下降。此外, 由于高速公路车流量较低, 对车速影响很小, 平均车速较高。对于国道、省道、外环公路、快速路甚至市内主干道路, 平均车速和车流量的相互制约关系较明显。车流量较低时平均车速较高, 车流量增加时平均车速下降, 高峰时段的平均车速更低, 甚至出现拥堵。在车流量很大、平均车速较低或车流量较低、平均车速较快两种情形下, 道路交通噪声声压级均会在一定范围内波动。车辆在道路上行驶, 车速远低于声速, 对于多车道的车辆噪声, 可以认为是半自由声场, 噪声在路肩和隔离带之间区域的声压级相对均匀, 其声压级可在路肩处测量, 这是基于路肩的道路交通噪声源强预测模型建立的基本思路。此外, 假设车辆达到一定数量时车辆在道路上随机分布但每条车道内车辆数量相对均匀。一

般道路设计为多车道,对于平直道路,可认为行车速度基本均匀。实际行驶中,如果原本行驶的车道速度较慢,而其他车道速度较快,则很多驾驶员会选择变道到车速较快或车辆较少的车道行驶,导致该车道因车辆增加或某一车辆的速度下降而达到和其他车道相近的速度,最终导致车辆在每条车道的分布数量相对均匀。

在环境噪声控制工程中有时需要知道噪声源的源强值。噪声源的源强是指其声功率级或声源近处的声压级,这两个量的物理意义不同,应用中需要说明用的是哪一个。噪声源的源强值是一定限定条件下的值,在应用时需说明数值的条件。如小型车不同车型差异较小,而同样尺寸的中型和大型车车型多样,车况多样,同一类型车空载和满载不同,同样是大型车,不同轴数、不同载重、不同功能的车型,噪声源强值差异可能很大。大型车低速区(20~40 km/h)和高速区(100~120 km/h)的噪声源强值差异更大,低速区的实际监测噪声比行业规范的数值高,因低速时很多大型车在加速,实际数值更高。不同车辆不同行驶速度的数据不易大量获得,大型车高速路上车速 100 或 110 km/h 下的数据可以测得,更高速度的数据虽然有的文献中有,但考虑到高速公路上大型车限速,文献中大型车 120 km/h 下

数据的准确性值得怀疑。同类型车的数据差异大,导致数据处理时每个步骤的函数拟合度不好,进而导致后续依据模型计算的结果与实际监测差异较大。近些年,随着汽车噪声控制技术的逐渐提高和路况的逐渐好转,汽车噪声呈现逐渐降低的趋势,这也是目前各环境影响评价规范或行业技术规范中模型计算结果和实际监测数据差异大的原因之一。因此,道路交通噪声预测模型的发展方向应是计算结果更准确并符合实际道路噪声状况。

2 基于路肩的交通噪声等效 A 声级预测

道路交通噪声声压级的主要影响因素是车速、车流量和车辆类型,故可以车速、车流量和车辆类型为参数进行数据分析和拟合,建立等效 A 声级与这 3 个参数的方程,对道路交通噪声等效 A 声级进行预测计算。经过查阅文献和数据分析,道路交通噪声等效 A 声级可通过式(1)进行计算,计算结果和实际监测结果的对比见表 1。声压级监测位置为距离机动车道边缘 20 cm、高 1.2 m,连续监测 10 min。

$$L_{Aeq}=20.5\lg v+3.4\lg N+10Y_1+8Y_2+10.3$$

(1)

式中: v 为平均车速(km/h); N 为总的单位时间车流量(辆/h); Y_1 、 Y_2 分别为大型车流量、中型车流量

表 1 天津市道路交通噪声等效 A 声级预测计算与实际监测对比

地点	平均车速/ (km·h ⁻¹)	车流量/ (辆·h ⁻¹)	大型车 比例	中型车 比例	声压级/dB(A)		计算值—实测 值/dB(A)
					计算值	实测值	
天津大道双桥河	86	960	0.00	0.05	73.7	74.0	-0.3
天津大道汉港公路	78	1 185	0.00	0.00	73.2	72.5	0.7
天津大道贻成泰和新都	88	1 540	0.00	0.05	75.6	75.6	0.0
津涞公路跨外环	64	2 340	0.10	0.11	75.6	76.4	-0.8
外环南路与友谊南路东	55	3 060	0.08	0.09	74.0	74.4	0.4
中环快速路王顶堤简阳路	78	4 605	0.04	0.08	79.4	79.1	0.3
京沪高速公路—王庆坨	113	740	0.49	0.11	80.7	81.1	-0.4
荣乌高速公路—下辛口村	108	770	0.31	0.12	78.7	77.8	0.9
外环东路—贵环花园东门	67	3 660	0.07	0.09	77.0	77.4	-0.4

与单位时间总车流量的比值。

根据城市道路交通噪声监测结果,大部分主干道路的噪声等效 A 声级为 60~80 dB(A),车流量较低的支路或辅路的噪声等效 A 声级为 60 dB(A)左右;对于车流量较大且车速较快的道路或大货车占比较高的道路,其等效 A 声级一般为 80 dB(A)左右;车流量大的主干道路,白天的等效 A 声级一般为 70~80 dB(A);大型车与小型车在同一车速下

的声压级差异平均在 10 dB(A)左右,中型车与小型车在同一车速下的平均声压级差异在 8 dB(A)左右。虽然同一车型不同车的噪声声压级会不同,但同类型车的噪声声压级仍然分布在较窄的数值范围内。因此,预测计算时不用单独分出不同车型分别计算,只要在预测模型中加入一个参数进行计算,这样计算误差不会太大。由表 1 可知:预测公式的计算结果与实际监测结果的差值在±2 dB(A)以内,

该公式能较准确地预测道路交通噪声等效 A 声级。

3 声屏障设计中几个问题探讨

有一些声屏障建成后人们感觉仍然很吵,主要原因:一是对噪声源强的预测值偏低,设计降噪目标也偏低,导致声屏障设计高度和长度不够;二是声屏障设计时对辅路车辆产生的噪声对敏感区域的影响考虑不够充分;三是对声屏障的维护和保养不够,影响其降噪效果。声屏障插入损失的计算依据是非涅耳理论,声屏障的理论插入损失和声源、受保护目标和声屏障三者位置关系密切,其次和噪声的等效频率有关。而声屏障实际插入损失除与上述三者位置关系有关外,还与道路交通噪声声压级、预测点位置、预测点至声屏障的地面植被、地面坡度及背景噪声等诸多因素有关。声屏障必须具有足够的高度和长度才能达到一定的插入损失,才能满足设计降噪目标要求。声屏障要达到一定的插入损失,需要有足够的高度、延伸长度和满足技术规范的材料,而高度和长度增加会增加建造成本。因此,声屏障设计中要兼顾降噪量和经济成本之间的平衡。

目前主要采用声屏障生产厂家的 15° 方法或根据美国联邦公路署的声屏障设计规范进行声屏障长度计算,要求延伸长度为屏障距离受保护目标距离的 4 倍。按照 JTGB04—2010《公路环境保护设计规范》,声屏障外延长度不小于受保护对象到声屏障距离的 2 倍。可见,声屏障长度计算的区别或争议点在于延伸长度不一。计算声屏障插入损失时分成两种假设情况,即声屏障是有限长或是无限长。而实际情况是声屏障都是有限长度的,除需具有与受保护目标一样的长度外,还需要一定的延伸长度以提高声屏障插入损失。实际声屏障实施中,多数生产厂家采用 15° 方法和原理,也就是声屏障端头和受保护目标端头之间连线与声屏障之间的夹角为 15° ,受保护目标到声屏障直线距离是确定的,则声屏障安装长度 $L = \text{受保护目标长度 } L_1 + 2 \times \text{受保护目标到声屏障距离 } L_2 / \tan 15^\circ$ 。如果声屏障不够长,在来车方向,车辆噪声会直线传播到敏感点或受保护点,必须有足够的衰减距离才能减少噪声对受保护目标的影响。道路交通噪声等效连续 A 声级多数情况下为 $70 \sim 80 \text{ dB(A)}$,需根据具体情况计算噪声衰减多少距离才能使噪声声压级符合声质量国家标准要求。因此,建议在来车端适当延长声屏障长度,减少声屏障端头效应的负面影响,改善声屏障降

噪效果较差的现象。

噪声控制工程设计的难点之一是很多快速路都设置有进出快速路的辅路,声屏障一般设置在快速路或主干道路的路肩上,即使进出辅路车辆的速度较低,车流量也不高($300 \sim 500 \text{ 辆/h}$),但和环境背景噪声叠加,总的道路交通噪声声压级一般也在 60 dB(A) 以上,噪声只能靠现有自然条件予以衰减,夜晚的声环境质量达标较困难。因此,声屏障设计时应考虑辅路车辆噪声。而目前很多地区的声屏障设计并没有考虑辅路车辆噪声对敏感区域的影响。

不少声屏障存在明显缝隙,如灯柱与声屏障结合处、声屏障与桥栏板顶面之间、预留通道门(逃生出口)缝隙等,声屏障的缝隙或破损会导致声屏障实际插入损失降低。声屏障下部与钢筋砼基础缝隙一般较大,可采用沥青麻丝等材料密封。但有的道路对该处没有加以密封,由于风吹日晒或交通事故,声屏障遭到人为破坏等多种因素导致破损,长时间无人修补会影响声屏障降噪效果。因此,对道路声屏障需进行必要的保养和维护,减少缝隙和破损对降噪效果的影响。

4 结语

经过对道路交通噪声的影响因素分析,提出道路交通噪声源强的预测理论基础和计算公式。通过对基于路肩的道路交通噪声连续 A 声级的实测和计算,对模型可靠性进行分析,结果显示理论计算值和监测值的误差较小,在 2 dB(A) 以内,噪声预测计算方法可行。道路交通噪声源强的预测有助于完善声屏障设计理论,有利于推动声屏障设计。

参考文献:

- [1] 孙海涛,刘培杰,王红卫.基于 Cadna/A 软件的城市高架道路噪声预测[J].华南师范大学学报(自然科学版),2010(1):58—61.
- [2] 陈子明,王恕铨.高架复合道路交通噪声的声屏障 A 计权声插入损失的计算[J].环境科学,1996,17(6):16—19.
- [3] 汪贇,李宪同,魏峻山,等.英国 CRTN 道路交通噪声预测模型在中国的适用性研究[J].环境监控与预警,2013,5(6):35—37.
- [4] 宫本贤.声屏障隔声量的计算方法与设计[J].噪声与振动控制,1997(5):41—44.
- [5] 王素萍.高速公路声屏障插入损失计算[J].噪声与振动控制,1999(6):23—26.

(下转第 153 页)

细找补,确保接口平顺,并及时压入预拌碎石。

(8) 成品养护。施工完成后立即全幅封闭,48 h 内严禁任何车辆通行;在上面层高弹 SMA-13 未施工前严禁交叉作业,以免造成浇筑式沥青路面破坏、工作面污染而影响界面连接。施工完成的浇筑式沥青路面见图 6。



图 6 施工完成的浇筑式沥青路面

3.5 施工质量检测

按设计文件要求严格控制检测程序和检测频率,原材料在有合格证的前提下送检测中心进行检测,实体检测由五方联合进行。检测结果见表 4,各项指标均达到设计要求。

表 4 钢桥面浇筑式沥青施工质量检测结果

项目	检测指标	规范要求	检测结果
喷砂除锈	清洁度级	>Sa2.5	目测对照,满足要求
	粗糙度/ μm	50~100	87.82
防水黏结层	湿膜厚度/mm	≥ 1.2	1.4~1.6
	黏结强度/MPa	≥ 5.0	5.5
	贯入度(60℃)/mm	1.0~4.0	2.89
浇筑式沥青混合料	贯入度增量(60℃)/mm	≤ 0.4	0.3
	刘埃尔流动度(240℃)/s	3~20	13.5
	动稳定度(60℃)/(次·min ⁻¹)	≥ 300	735

4 结语

以深圳南坪快速路中山园钢桥面浇筑式沥青路面为研究对象,根据设计要求确定浇筑式沥青混合料级配,初定 3 组油石比,测试相应贯入度、贯入度增量及流动性等指标,确定混合料最佳油石比为 7.2%。制定钢桥面浇筑式沥青混合料铺装施工工艺,通过对各施工环节的检查与控制,确保路面铺装顺利完成,填补了深圳市在钢桥面浇筑式沥青铺装施工方面的空白,为类似条件下桥面铺装施工积累了经验。

参考文献:

- [1] 聂文,张肖宁,吴志勇.不同工艺对浇筑式沥青混合料疲劳性能的影响[J].交通科学与工程,2013,29(4):8-12.
- [2] 胡忠密,马小艳.浇筑式沥青混凝土在钢桥面铺装中的施工技术[J].价值工程,2020(13):191-192.
- [3] 王芳,董武斌,李青芸,等.南溪长江大桥浇筑式沥青砼施工技术[J].公路与汽运,2014(2):191-193.
- [4] 王振江,曹晓东,范晓睿.钢桥面浇筑式沥青混凝土配合比设计实例与施工应用[J].施工技术,2015,44(增刊):344-348.
- [5] 欧阳男.高弹改性沥青应用于浇筑式沥青混合料的性能研究[J].公路工程,2018,43(3):215-219.
- [6] 交通部公路科学研究所.公路沥青路面施工技术规范:JTG F40—2004[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [7] 交通部公路科学研究所.公路工程集料试验规程:JTG E42—2005[S].北京:人民交通出版社,2005.
- [8] 交通运输部公路科学研究院.公路工程沥青及沥青混合料试验规程:JTG E20—2011[S].北京:人民交通出版社,2011.

收稿日期:2021-01-29

(上接第 50 页)

- [6] 环境保护部科技标准司.声环境质量标准:GB 3096—2008[S].北京:中国环境科学出版社,2008.
- [7] 中交第一公路勘察设计研究院有限公司.公路环境保护设计规范:JTG B04—2010[S].北京:人民交通出版社,2010.
- [8] 交通部公路科学研究院.公路建设项目环境影响评价规范:JTG B03—2006[S].北京:人民交通出版社,2006.
- [9] 环境保护部科技标准司.环境影响评价技术导则 声环境:HJ 2.4—2009[S].北京:中国环境科学出版社,2009.

- [10] 国家环境保护总局科技标准司.声屏障声学设计和测量规范:HJ/T 90—2004[S].北京:中国环境科学出版社,2004.
- [11] 全国声学标准化技术委员会.声学 各种户外声屏障插入损失的现场测定:GB/T 19884—2005[S].北京:中国科学院,2005.
- [12] 环境保护部科技标准司.环境噪声监测技术规范 噪声测量值修正:HJ 706—2014[S].北京:中国环境科学出版社,2014.

收稿日期:2020-10-17