

# 道路交通噪声预测中单车噪声模型研究

张丽娟<sup>1</sup>, 汪婕<sup>1</sup>, 杨洁<sup>2</sup>, 王蓓蓓<sup>2</sup>, 赵桂英<sup>3\*</sup>

1. 生态环境部核与辐射安全中心, 北京 100082

2. 北京市科学技术研究院城市安全与环境科学研究所, 北京 100054

3. 云南省生态环境科学研究院, 昆明 650034

**摘要** 以城市道路交通噪声预测的相关研究为基础, 围绕目前国内外在车辆排放噪声研究方面提出的单车噪声模型, 从车辆类型、单车声源的简化、单车噪声模型适用性等方面, 讨论了不同国家的单车噪声模型研究现状, 国外模型在中国的适用性及存在的不足。提出了中国单车噪声模型的研究建议: 为推动道路交通噪声预测技术的应用, 应提高预测的精度, 单车噪声模型方面的研究亟待从国家层面在细化车型分类、细化影响单车噪声值各类因素的修正量等方面开展深入研究工作。

**关键词** 道路交通噪声; 噪声预测模型; 车辆类型; 单车噪声源; 单车排放噪声

根据生态环境部 2023 年公布的《中国噪声污染防治报告(2023)》, 2022 年全国地级及以上城市声环境功能区昼间达标率为 96.0%, 夜间为 86.6%。与 2021 年相比, 昼间和夜间达标率分别升高 0.6 和 3.7 个百分点<sup>[1]</sup>。报告数据显示, 中国声环境质量总体向好, 但 4a 类声环境功能区(道路交通干线两侧区域)夜间达标率较低(约 70% 左右), 尤其是直辖市、省会城市 4a 类声环境功能区夜间达标率(约 60% 左右)明显低于全国水平。随着《中华人民共和国噪声污染防治法》(简称《噪声法》)的

实施, 以及《“十四五”噪声污染防治行动计划》(简称《行动计划》)发布, 城市道路交通噪声污染问题及其危害受到越来越多的关注和重视。目前, 道路交通噪声预测技术的不断进步和发展, 为掌握道路交通噪声污染及其影响情况, 实现对道路交通噪声污染进行精准防治和管理提供了重要支撑。汽车作为主要道路交通噪声源, 单车噪声是影响道路交通噪声的重要因素。单车噪声作为预测模型中的源强, 其模型的准确性对道路交通噪声的预测极其重要。1978 年 12 月, 美国联邦高速公路管理局

收稿日期: 2023-10-31; 修回日期: 2023-11-17

基金项目: 生态环境部噪声污染状况调查评估技术指南前期研究项目(2022-15)

作者简介: 张丽娟, 副研究员, 研究方向为噪声与振动控制, 电子信箱: 867165135@qq.com; 赵桂英(通信作者), 高级工程师, 研究方向为环境保护与污染控制, 电子信箱: 575597131@qq.com

引用格式: 张丽娟, 汪婕, 杨洁, 等. 道路交通噪声预测中单车噪声模型研究[J]. 科技导报, 2024, 42(20): 95-102;

doi:10.3981/j.issn.1000-7857.2023.10.01615

(FHWA)发布了“FHWA公路噪声预测模型”,将车辆按照大型、中型和小型3类提出了单车模型,并定期发布和不断完善更新。中国道路噪声预测受到美国FHWA公路噪声预测模式影响,其中单车噪声模型参照了美国FHWA模型<sup>[2-3]</sup>。但是,目前中国单车噪声模型方面尚缺乏统一的源强计算方法<sup>[4]</sup>,预测道路交通噪声时由于选取的单车噪声模型不同或模型参数应用错误等原因,导致得到的预测结果偏差较大。基于此,本文聚焦道路交通噪声预测的源强——单车噪声模型,对比研究国内外单车噪声模型及相关研究成果。

## 1 道路交通噪声的特点

道路交通噪声与机械设备产生的稳定噪声源不同,是各个车道车辆连续或间断通过时形成的具有持续性或间断性的声源,是一种动态的不规则的声源。车辆类型、行车速度、道路车流量、路面粗糙度、坡度等都是道路交通噪声的影响因素。在相同车速下,大型车辆通过时排放的噪声远大于小型车辆,研究显示,重型载重汽车排放的噪声甚至是普通小汽车的6~10倍<sup>[5]</sup>。随着车速的增加,道路交通噪声的强度也呈上升趋势。有研究表明,对于同一车辆,其辐射的交通噪声声压值与车速间存在对数关系。道路等级越高、车流量越大,产生的道路交通噪声也越大。研究显示,道路交通噪声污染状况与车流量间表现出一定的正相关性。当车流量增大,公路交通噪声也相应增加。以北京市为例,不同等级的道路噪声排放具备一定的特征,排放水平的大小顺序依次为城市高速路>城市主干线>城市支路>城市次干线<sup>[6]</sup>。路面粗糙度越大,车辆轮胎/路面引起的噪声越明显,所产生的噪声影响也越大。在坡度越大的道路环境下,车辆发动机等内部系统运转所产生的噪声越大,车辆通过时产生的噪声也越大。此外,以城市为角度,对道路交通噪声特性进行分析时,由于城市规模、道路路网密度、车辆保有量、人口数量、经济发展水平等不同,其城市的道路交通噪声的大小和影响也不同。2021年《中国噪声污染防治报告》中显示,2019、2020年直

辖市、省会城市、计划单列市昼间道路交通噪声值分布为61.5~71.8 dB(A)<sup>[7]</sup>。道路交通噪声在进行预测时,从不同的角度或层面需要考虑的因素较多,其中与单车噪声相关的车辆类型、车流量、车速是影响城市道路交通噪声的主要因素。

## 2 单车噪声模型

道路交通噪声的主要噪声源为行驶在道路上的各种不同类型的机动车辆。机动车辆产生的噪声则主要由发动机噪声,进、排气噪声和轮胎噪声3部分组成,发动机噪声和进、排气噪声与车辆发动机的转速相关,和运转速度无关;轮胎噪声同路面情况、轮胎花纹等相关,并随着车辆速度改变<sup>[8]</sup>。其中,对于燃油车,当车辆行驶的速度高于55 km/h时,以轮胎-路面噪声为主;当车辆行驶速度不高于55 km/h时,主要以发动机噪声及进、排气噪声为主。对于纯电动汽车,由于采用电动机取代燃油发动机,轮胎-路面噪声问题相较于传统燃油汽车更为突出,当中低速行驶时轮胎-路面噪声已成为纯电动汽车的主要噪声源<sup>[9]</sup>。

### 2.1 道路交通噪声预测模型的发展

单车噪声模型的研究伴随着道路交通噪声预测技术的研究不断发展,起源于20世纪50年代,20世纪70年代开始,各国相继发布了道路交通噪声预测模型,其中包含了道路交通的声源模型,即单车噪声模型。英国交通部于1975年发布了道路交通噪声计算模型(calculation of road traffic noise, CRTN),1988年又发布了其改进版CRTN88模型<sup>[10]</sup>。CRTN88模型在英联邦国家和中国香港地区得到广泛应用,并获得了英国法院承认。1978年12月,美国联邦高速公路管理局发布了公路交通噪声预测模型FHWA<sup>[11]</sup>,该模型自发布以来经过数次改进,现已日趋完善,在美国、加拿大、日本及墨西哥等多个国家得到广泛应用,并配套FHWA模型开发了环境噪声预测软件(TNM),也定期发布、更新,截至2021年9月,已发布了TNM3.1版本。德国交通部公路建设司分别于1981、1990年发布了RLS81模型及其改进版RLS90模型<sup>[12]</sup>。法国交通

部于20世纪70年代开发交通噪声预测模型(NMPB),20世纪90年代开始,相关部门和学者开始对模型相关的参数进行修正,2009年生态、可持续发展和能源部发布了最新的2008模型。NMPB模型是目前欧盟推荐的道路交通噪声预测模型<sup>[13]</sup>。

中国交通运输部于1996年发布的《公路建设项目环境影响评价规范(试行)》中首次提出了道路交通噪声预测模型(96版预测模型),该模型是在美国FHWA公路噪声预测模型的基础上开发的。随着中国道路交通、机动车制造、道路交通噪声污染防治等技术和研究的发展,交通运输部于2006年发布了修订后的道路交通噪声预测模型(06版预测模型),该模型对96版预测模型中单车噪声模型进行了修改,将单车噪声与速度的线性关系模型修改为单车噪声与速度的对数关系模型。中国生态环境部1995年发布的《环境影响评价技术导则声环境》(HJ/T2.4—1995)(以下简称声导则)中规定道路交通噪声预测可采用美国FWHA模型。2009年版声导则中提出了中国道路交通噪声预测模型,但是未明确单车噪声模型,仅要求“利用相关模式计算各类型车的声源源强,也可通过类比测量进行修正”。2021年的声导则中对中国道路交通噪声模型进行了修订,对单车噪声模型规定:噪声源优先按照行业导则中规定的方法进行确定,对于拟建项目缺少噪声源强时,可通过类比、引用资料、研究成果等确定。目前,中国道路交通噪声预测时的声源源强-单车噪声模型确定方面具有较大的自主空间,从而导致预测评价时的预测结果精度存在争议。

## 2.2 国内外单车噪声模型的对比

### 2.2.1 车辆分类对比

道路上不同类型的车辆,噪声辐射情况有所不同,应对车辆进行分类,并将每一类车型的车流作为独立的稳定线声源。在现有各国不同噪声预测模型中,对同一类型车辆采用了相同的声源简化模型,而不同类型车辆的声源模型主要区别在声源的高度和声功率的大小。国内外的单车噪声模型均根据车的重量和载重量对车辆进行分类,一般分为大型和小型车辆,也有的模型分为大型、中型和小

型3类车型。美国、法国、英国、奥地利、德国、荷兰、北欧等国家或地区都各自提出了适合本国或本地区的机动车辆源强,车辆分类也各不相同<sup>[10-17]</sup>,其中,美国FHWA模型按照车的重量将车分为大型、中型和小型3种类型;法国NMPB、英国CRTN88和德国RLS90将车辆分为轻型、重型2种类型;奥地利将车辆分为汽车、轻型货车、重型货车3类;北欧Nord2000模型将车辆分为轻型车辆、双轴车辆、多轴重型车辆3类;欧盟CNOSSOS-EU模型将车辆分为轻型车、中型车、重型汽车和两轮车4类,并预留一个类别5,以便日后增加新的车型;欧盟HARMONOISE则将车辆分为轻型、中型、重型3类。中国道路交通噪声预测模型中,将车辆分为大型、中型和小型车3类,如表1所示<sup>[18-19]</sup>。国内一些研究院所也针对车辆类型与噪声的关系进行研究,其中,原北京市劳动保护科学研究所对北京市道路的车辆类型进行了进一步细化,研究了小汽车、中型客车、公交车、2轴货车、2轴以上货车等车辆在不同车速下的噪声排放<sup>[20]</sup>。

表1 中国道路交通噪声预测模型中车辆类型分类

车型	汽车 代表车型	车型划分标准
小	小客车	座位≤19座的客车和载质量≤2 t的货车
中	中型车	座位>19座的客车和2 t<载质量≤7 t的货车
大	大型车 汽车列车	7 t<载质量≤20 t的货车 载质量>20 t的货车

### 2.2.2 单车噪声模型声源高度的对比

目前,国内外对道路交通噪声预测时,将每辆车简化成一个点声源,再将道路交通流量与道路运营线路相结合,实现预测。在对单车噪声模型进行简化时,主要涉及声源高度,以及车辆行驶状态下的声源排放,即单车噪声模型中声源的高度。

将单个车辆的噪声简化为点声源的时候,由于发动机噪声,进、排气噪声和轮胎噪声等位于车辆的不同高度,故各国模型中简化后的噪声源的排放高度也不同。奥地利、法国、德国等国家将单车噪声源简化为单一点声源位于道路中间高0.5 m处;荷兰将单车噪声源简化为单一点声源位于道路中

间高 0.75 m 处;北欧将单车噪声源简化为 3 个声源:轮胎路面噪声简化为 0.01 m 的高度,进、排气噪声简化为 0.15 m 的高度,发动机噪声简化为 0.30 m 的高度;英国将单车噪声源简化为单一点声源,位于路边 3.5 m 处,高 0.5 m;Harmnoise 模型与传统的单声源模型不同,该模型考虑到汽车行驶过程中噪声主要集中在发动机和轮胎与地面接触处,因此,将车辆简化为双声源模型,分别位于不同的高度,小型车声源高度分别为 0.1、0.3 m,中型车和大型车的声源高度分别为 0.1、0.75 m。中国《公路建设项目环境影响评价规范》(JTG B03—2006)中将车辆噪声简化为单一点声源,位于距道路中间 7.5 m,高 1.2 m 处。目前中国道路交通建设项目环境影响评价中仍然沿用该简化模型。国内相关研究所也开展了单车噪声源简化的相关工作,但是声源位置的简化也基本以该标准为依据。有研究显示,声源高度是影响声源模型准确性的重要因素,建立与声源实际情况一致的声源模型可以使预测结果更加准确<sup>[21]</sup>。目前,Harmonoise 模型中的单车声源的高度与实际情况一致性较高,但其计算量十分巨大,与法国 NMPB 模型相比,其计算时间是法国 NMPB 模型的 50 倍<sup>[22]</sup>。由于 Harmnoise 预测模型计算效率较低,且过于理论化,对输入参数非常敏感,精度要求很高,因此,目前尚没有普遍应用,但已经引起了各国研究人员的广泛关注。

### 2.2.3 单车噪声预测模型对比

国内科研院所及高校针对中国单车噪声模型开展了研究工作,但是均停留在研究阶段。西安公路交通大学 1997 年对在柔性、刚性 2 种路面上行驶的小型、中型、大型车进行了试验测试,得到在离行车线 7.5 m 处 3 种车型的行驶噪声级与车速、路面材料的关系<sup>[23]</sup>。长安大学在西安市 2 条高速公路上对单车交通噪声源强进行了测试,得到了小型车、中型客车、大型客车、中型货车、大型货车的单车排放噪声与车速的关系式<sup>[24]</sup>。国家环境保护城市噪声与振动控制工程技术中心选取不同路段上行驶的各种类型车辆进行现场实测,分别得到不同类型车辆排放噪声与速度的关系,同时针对目前城市道路中公交车噪声排放特点,得到北京市公交车声

源模型<sup>[25-27]</sup>。中山大学对上千辆机动车进行了测量,对大型、中型和小型单辆车在怠速、匀速、加速、减速等各种行驶状态下的噪声值进行测定,通过回归分析得到不同行驶状态下的机动车噪声排放模型,同时对交叉口噪声进行了预测研究<sup>[28-29]</sup>。福建省环境科学研究院对公路项目环评中低时速单车噪声源强进行研究,通过实测各车型车辆在低速条件下速度和单车辐射声级( $L_{\max}$ )数据,得到低车速单车噪声源强<sup>[30]</sup>。北京市高速公路交通工程有限公司开展了基于实时车辆源强的交通噪声预测模型研究,从移动声源在预测点产生的声能推导出交通噪声计算数学模型<sup>[31]</sup>。

大多数单辆车噪声模型给出的是与速度直接相关的一个模型,例如,美国的 FWHA 模型、英国 CRTN 模型及中国的单车噪声模型。法国的 NMPB 模型、欧盟 CNOSSOS-EU 模型,将车辆噪声模型分为轮胎与地面相互作用产生的滚动噪声与车辆动力系统噪声(包括发动机、排气管、进气管等)2 类噪声的模型,但是欧盟 CNOSSOS-EU 模型在考虑车辆行驶相关情况时,没有 NMPB 模型详细。中国目前在道路交通预测中常用的单车模型为《公路建设项目环境影响评价规范》(JTG B03—2006)中给出的大型、中型和小型 3 种类型车辆与速度相关的单一模型。

1) 法国 NMPB 单车噪声模型。法国 NMPB 模型中,对于每一种车辆类型,单位长度线声源通过单位车流量时,根据单位车速,其声压级被分解为 2 个相对独立的部分——滚动噪声(rolling noise)和动力噪声(power unit noise)进行计算。滚动噪声与轮胎和道路本身直接相关;而动力噪声则与车辆本身发动机、进排气等机械声源直接相关。NMPB 模型中单车噪声模型如式 1 所示。

$$L_{A_{\max}} = L_p + L_r = 10 \log [10^{0.1 \times L_p} + 10^{0.1 \times L_r}] \quad (1)$$

式中, $L_{A_{\max}}$ 为单车噪声级; $L_p$ 为单车动力噪声; $L_r$ 为单车滚动噪声。

法国的单车噪声模型比较复杂,不仅考虑了速度、路面、坡度,还考虑了匀速、加速、减速 3 种情况下的车辆排放的噪声情况。其中,3 种不同路面情况分别为: $R_1$ (低噪声类别)即路面为特薄沥青混凝

土、多孔沥青路面时,  $R_2$  (中间类别) 即路面为冷拌沥青混凝土、密实沥青混凝土时,  $R_3$  (高噪声类别) 即路面为水泥混凝土、沥青混合料时。在3种不同路面上, 滚动噪声的计算模型不同, 同时根据3种路面的投入使用年限, 给出了单车声源模型在投入使用不同年限下的路面上行驶时排放噪声的修正量。对于轻型车辆的动力噪声, NMPB模型中对于匀速行驶的轻型车在20~30 km/h、30~110 km/h、110~130 km/h分别给出了动力噪声源与速度相关的模型; 对于加速行驶的轻型车在5~20 km/h、20~100 km/h、100~130 km/h分别给出了动力噪声源与速度相关的模型; 对于减速行驶的轻型车在5~10 km/h、10~25 km/h、25~80 km/h、80~110 km/h、110~130 km/h分别给出了动力噪声源与速度相关模型。

2) 中国单车噪声模型。中国06版道路交通噪声预测模型中提出的小型、中型、大型车的单车噪声模型如式(2)~式(4)所示。该模型中各类车型的模型适用于小型车(63~140 km/h)、中型车(53~100 km/h)、大型车(48~90 km/h), 不适用于低速道路行车时的车辆噪声。此外, 该模型在车辆噪声源排放时, 在坡度方面, 考虑了路面纵向坡度的修正量, 将坡度分为4级给出了固定值的修正量; 在路面方面, 考虑了沥青混凝土路面、水泥混凝土路面的修正量, 修正值为固定值。该模型目前在中国道路交通噪声预测和环境影响评价工作中被广泛采用。

$$\text{小型车: } L_{OS} = 12.6 + 34.73 \lg V_s + \Delta L_{\text{路面}} \quad (2)$$

$$\text{中型车: } L_{OM} = 8.8 + 40.48 \lg V_M + \Delta L_{\text{纵坡}} \quad (3)$$

$$\text{大型车: } L_{OL} = 2.2 + 36.32 \lg V_L + \Delta L_{\text{纵坡}} \quad (4)$$

式中:  $L_{OS}$ 、 $L_{OM}$ 、 $L_{OL}$  为小型、中型、大型车单车辐射噪声级;  $V_s$ 、 $V_M$ 、 $V_L$  为小型、中型、大型车的平均行驶速度;  $\Delta L_{\text{路面}}$  为路面修正量;  $\Delta L_{\text{纵坡}}$  为坡度修正量。

将中国06版预测模型与法国NMPB模型对比可以发现, 中国噪声模型相对较为单一, 主要表现在以下几个方面: (1) 06版预测模型中的单车模型为匀速运行时的噪声源, 对于城市区域内的各种路口、人行道等较多的情况, 车辆加速、减速频发时, 该模型的适用性相对较差。(2) 06版预测模型中的

单车模型的车速覆盖范围也较窄, 设计时速低于60 km/h的城市道路, 适用性相对较差。(3) 对于路面和道路坡度的修正, 尚不全面, 路面类型修正仅小型车考虑了修正量。从法国NMPB模型的研究中发现, 匀速行驶超过40 km/h时, 大型车对于不同路面行驶时的噪声排放差值大于2 dB(A)。(4) 对于路面坡度的修正, 06版预测模型的单车模型小型车未考虑坡度修正, 这与法国NMPB模型的相关研究较为一致, 当道路纵坡小于6%时, 小型车排放的噪声源受道路纵坡的影响不大。

### 3 单车噪声模型及其适用性研究

国内学者多年来对各国道路交通噪声预测模型在中国的适用性进行了研究。蒋从双等<sup>[32]</sup>从各国单车噪声模型的结构与特点、7.5 m处噪声排放大小、不同类型车辆噪声排放的差别, 以及车辆加速状况与匀速状况排放噪声的差别等方面对比分析了各单车噪声排放模型的差异。但是该研究仅对比了各个国家单车噪声模型在预测统一点位时的噪声值的大小差异, 并未从中国的适用性上进行分析。周鑫等<sup>[33]</sup>将欧盟CNOSSOS-EU模型与中国的车辆噪声模型进行了对比, CNOSSOS-EU模型车辆车型、声源简化以及路面材料与结构、车速变化、温度、坡度等因素, 并对每个修正量提供了详细的计算方法; 在实际工作中, 环评单位通常自行选择单车噪声模型进行预测, 导致同一项目应用不同单车噪声模型的预测结果差异较大。石焱等<sup>[34]</sup>、毛志刚等<sup>[35]</sup>研究显示, 美国FHWA模型主要是用于高速公路匀速车流的交通噪声预测, 模型建立时所依据的车型、路况与中国的实际情况有很大差异, 应用在城市道路交通噪声预测中也难以保证其预期的精确度。丁莹等<sup>[36]</sup>应用美国FHWA、德国RLS90、法国NMPB模型对沈阳市7条典型道路进行道路交通噪声预测, 根据实测噪声值对3种预测模式进行比较验证, 结果表明, 这3种预测模型中FHWA模型对各类型道路的交通噪声预测值均较实测值偏低较多, 误差在为7.4~11.5 dB(A)之间;

RLS90模型预测值在实测值上下波动,误差为0.1~4.4 dB(A);NMPB模型预测值在实测值上下波动,预测误差为1.7~2.7 dB(A),预测精度高于前2个模型。汪赞等<sup>[37]</sup>对英国CRTN道路交通噪声预测模型在中国的适用性进行了研究,对于4车道城市道路,应用CRTN模型计算道路交通噪声源强值,理论计算结果与实测结果之间平均相差0.57 dB(A),但在车流量极大时,计算值比理论值高3.24 dB(A)。乐晓妍等<sup>[38]</sup>对比分析法国NMPB道路交通噪声预测模型与中国道路交通噪声预测模型,在应用范围、车辆分类以及传播模型基础架构方面具有一定的相似性,但2个模型的单车噪声模型区别很大,根据长时间监测观察,对2个模型的预测结果进行分析,结果表明,NMPB模型预测结果与实测值吻合相对较好;在夜间或者重型车较多的道路上,如使用NMPB模型进行预测,还需要进行适当的修正。刘磊等<sup>[39]</sup>对法国NMPB噪声预测模型本地化修正方法与应用进行了研究,通过对研究区典型声源特点的研究分析,对法国NMPB模型中的单车噪声源强采用车流量修正的方式进行修正,使模型更符合本地道路交通状况,提高了NMPB模型本地化应用中的计算精度。卓春晖<sup>[30]</sup>、谢志儒等<sup>[40]</sup>对低速时,06版预测模型规定的噪声源强计算模式与实际测试结果进行对比研究,结果显示预测结果与实际监测结果差距较大,故不建议在低速(低于40 km/h)城市道路噪声预测中使用,特别是大型车和中型车偏低尤为明显。对06版预测模型的单车噪声源强与北京道路上行驶车辆的单车噪声的模型进行了对比发现,小型车单车排放噪声值比规范中小型车的单车噪声源偏大,在车速低于50 km/h时,单车排放噪声值相差超过1 dB(A);2轴以上的大货车对比规范中的大型车单车噪声值,车辆实际行驶速度大于50 km/h时噪声级普遍小于规范中给出的量值,在车速小于50 km/h时噪声级普遍大于规范中给出的量值<sup>[9]</sup>。研究显示,北京市内行驶公交车在20~60 km/h车速范围内的单车噪声明显低于规范中给出的大型车辆噪声值,当根据调查结果对规范中的大车单车噪声模型进行修正后,预测结果与实测结果更接近<sup>[27]</sup>。

## 4 中国单车噪声模型研究建议

与其他国家的道路的单车噪声模型相比,中国现行标准中规定的单车噪声模型相对简单,不能满足中国现行城市道路交通噪声预测以及通过预测手段对道路交通噪声开展精细化管理的要求。通过对国外道路交通噪声预测模型中的单车噪声模型的分析研究,结合国内外相关学者的研究成果,对中国道路交通噪声预测单车的噪声源模型提出以下研究建议。

1) 从国家层面对单车噪声模型开展相关研究,明确道路交通噪声预测的源强——单车噪声。从国家层面统一源强,能提高城市道路交通噪声的预测精度;增加道路交通噪声预测结果的可比性;更好地指导地方对新、改、扩建道路交通噪声建设项目的声环境影响评价,从项目规划、建设时采取合理有效措施,降低新增道路交通噪声对周边声环境的影响;提高道路交通噪声预测的可信度,促进地方采用预测手段对城市既有道路交通噪声污染进行精细化管理,明确道路交通噪声严重污染路段并进行治理。

2) 增强单车噪声模型适用性。通过国内外相关单车噪声模型研究成果可以看出,中国现有单车噪声模型考虑因素较为单一,与实际情况适用性较差。一方面是由于中国道路类型多样,城市道路分为了快速路、主干路、次干路、支路等,公路分为了高速公路、一级公路、二级公路、三级公路、四级公路等类型,不同的道路类型承担的主要功能、建设标准、设计时速等均不同;另一方面是由于中国地域辽阔,平原、山川、盆地、高原等地形多样,在确定国家单车噪声模型时,应考虑到对不同道路类型、不同地域形式的适用性,从源强上提高道路交通噪声预测模型的精度。

3) 细化单车噪声模型应考虑的因素,如车型、速度、红绿灯十字路口等因素对单车排放噪声影响。车型方面,一是在城市道路中主要以公交车、小型箱货车、中型车、小型车等车辆为主;二是随着新能源车的推广应用,家用小客车等小型新能源车在全国已得到认可,其销量在不断攀升,且随着大

气污染防治需要,一些城市在城区内推广采用新能源的大型运输车辆、公交车等。因此,结合中国城市道路交通实际运行的车辆类型,亟待开展相关研究,细化车型分类,制定单车噪声模型。车速方面,目前中国规范中的单车噪声模型缺少低速情况下单车噪声排放,当应用该模型对城市低速道路交通噪声预测时,其精度较差,应及时开展低速单车模型的研究工作,完善现行单车模型。路口方面,城市道路车辆运行时受交叉路口、行人等影响较大,其加速、减速情况较多,在单车噪声模型中应增加对加速、减速等因素的修正。

### 参考文献(References)

- [1] 中国噪声污染防治报告(2023)[R]. 北京: 生态环境部, 2023.
- [2] 魏显威. 《中华人民共和国噪声污染防治法》框架下公路和城市道路交通噪声污染防治策略的再思考[J]. 中国环保产业, 2023, 4: 34-36.
- [3] 涂瑞和, 刘光辉, 柳至和. 关于应用美国公路噪声预测模式的几个问题[J]. 环境工程, 1992, 10(2): 41-44.
- [4] 户文成, 王蓓蓓, 吴瑞, 等. 道路交通噪声预测模型实践探析[J]. 环境影响评价, 2016, 38(4): 14-17.
- [5] 郑长聚. 环境工程手册-环境噪声控制卷[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [6] 张健, 刘嘉林, 鹿海峰, 等. 北京市典型道路交通噪声排放特征[J]. 中国环境监测, 2019, 35(1): 83-88.
- [7] 中国环境噪声污染防治报告(2021)[R]. 北京: 生态环境部, 2021.
- [8] 庞剑, 谌刚, 何华. 汽车噪声与振动: 理论与应用[M]. 北京: 北京理工大学出版社, 2006.
- [9] 周政道. 纯电动汽车路噪主动控制方法及其性能优化研究[D]. 长春: 吉林大学, 2023.
- [10] Calculation of road traffic noise[R]. London: Department of Transport and Welsh Office UK, 1988.
- [11] FHWA highway traffic noise prediction model[R]. Washington D.C.: US Federal Highway Administration, 1978.
- [12] Directives for anti-noise Protection along Roads[R]. Berlin: Road Construction Section of the Federal Ministry for Transport, 1990.
- [13] Methodologic guide Road noise prediction 1(NMPB 2008)-Calculating sound emissions from road traffic[R]. Bagnex: Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2009.
- [14] Methodologic guide Road Noise prediction 2(NMPB 2008)-Noise propagation computation method including meteorological effects[R]. Bagnex: Ministère de l'Ecologie, de l'Energie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire, 2009.
- [15] Jonasson H G, Storeheier S A. Nord 2000: New nordic prediction method for road traffic noise[R]. Boras: Swedish National Testing and Research Institute, 2001.
- [16] Stylianos K, Marco P, Fabienne A. Common noise assessment methods in Europe (CNOSSOS-EU) [R]. Ispra: Joint Research Centre of Institute for Health and Consumer Protection of European Commission, 2012: 31-44.
- [17] Salomons E, van Maercke D, Defrance J, et al. The harmonoise sound propagation model[J]. Acta Acustica United with Acustica, 2011, 97(1): 62-74.
- [18] 中华人民共和国生态环境部. 环境影响评价技术导则声环境: HJ 2.4—2021[S]. 北京: 生态环境部, 2020: 28-29.
- [19] 中华人民共和国交通部. 公路建设项目环境影响评价规范: JTG B03—2006[S]. 北京: 中国标准出版社, 2006: 39-43.
- [20] 北京市环境保护局噪声污染防治战略研究与规划[R]. 北京: 北京市劳动保护科学研究所, 2009.
- [21] 马心坦, 常国朋. 车辆声源高度对公路交通噪声预测的影响[J]. 科学技术与工程, 2018, 18(36): 175-179.
- [22] Probst F, Probst W N, Huber B, et al. Comparison of noise calculation methods[C]. 40th International Congress and Exposition on Noise Control Engineering 2011. Osaka, Japan: 2011: 4233-4238.
- [23] 张玉芬. 公路路线设计与交通噪声防治[J]. 中国公路学报, 1997, 10(4): 39-43.
- [24] 赵剑强, 马春燕. 公路交通噪声源强测试[J]. 公路交通科技, 2005, 22(4): 156-158.
- [25] 户文成, 徐少辉. 城市区域噪声地图技术的研究[J]. 噪声与振动控制, 2009(增刊2): 30-34.
- [26] 张丽娟, 肖伟民, 宋瑞祥. 北京市公交车噪声现状及发展趋势分析[J]. 噪声与振动控制, 2011(增刊1): 168-170.
- [27] 张丽娟, 户文成, 王世强, 等. 北京市公交车噪声测试与分析[J]. 中国环境监测, 2012, 28(2): 65-69.
- [28] 李锋, 刘济科, 蔡铭, 等. 信号控制对交通噪声的影响分析[J]. 噪声与振动控制, 2010, 30(6): 109-113.
- [29] 林郁山, 蔡铭, 李锋. 道路交叉口不同控制方式交通噪声预测[J]. 噪声与振动控制, 2013, 33(3): 194-197.
- [30] 卓春晖. 公路项目环评中低时速单车噪声源强研究[J].

- 环境科学与管理, 2014, 39(6): 144-147.
- [31] 王奇, 秦延朋, 马保龙, 等. 基于实时车辆源强的交通噪声预测模型研究[J]. 声学技术, 2023, 42(3): 358-362.
- [32] 蒋从双, 王文江, 李贤徽, 等. 单车噪声排放模型对比[J]. 噪声与振动控制, 2014, 34(2): 70-74.
- [33] 周鑫, 卢力, 胡笑浒. 欧盟环境噪声预测模型 CNOS-SOS-EU 之道路交通噪声源强预测模型简介[J]. 环境影响评价, 2014, 36(6): 54-58.
- [34] 石垚, 巨天珍, 温飞, 等. 基于 FHWA 的兰州市道路交通噪声预测模型的建立[J]. 环境科学学报, 2006, 26(9): 1568-1575.
- [35] 毛志刚, 黄芬. 广西高速公路噪声源强预测模式修正研究[J]. 西部交通科技, 2010(11): 83-86.
- [36] 丁莹, 冯晓宇, 姜春红, 等. 道路交通噪声预测模型的实证比较分析[J]. 科技信息, 2013(11): 440-441.
- [37] 汪赞, 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.
- [38] 乐晓妍, 毕煜龙, 来庆云, 等. 法国 NMPB 交通噪声预测模型及适用性研究[J]. 环保科技, 2015, 21(4): 45-50.
- [39] 刘磊, 张丽娟, 刘强, 等. 法国 NMPB 噪声预测模型本地化修正方法与应用研究[J]. 噪声与振动控制, 2015, 35(增刊1): 181-183.
- [40] 谢志儒, 赵琨. 低速城市道路交通噪声预测中噪声源强计算模式的适用性分析研究[J]. 环境科学与管理, 2015, 40(10): 119-123.

## Research on the single-vehicle noise model in road traffic noise prediction

ZHANG Lijuan<sup>1</sup>, WANG Jie<sup>1</sup>, YANG Jie<sup>2</sup>, WANG Beibei<sup>2</sup>, ZHAO Guiying<sup>3\*</sup>

1. Nuclear and Radiation Safety Center, Ministry of Ecology and Environment of People's Republic of China, Beijing 100082, China
2. Institute of Urban Safety and Environmental Science, Beijing Academy of Science and Technology, Beijing 100054, China
3. Yunnan Research Academy of Eco-Environmental Sciences, Kunming 650034, China

**Abstract** Based on the research on urban road traffic noise prediction, focusing on the single-vehicle noise models proposed in the current research on vehicle noise emission at home and abroad, in this paper the current status of single-vehicle noise model research in different countries, the applicability and shortcomings of foreign models in China are discussed from the perspectives such as vehicle types, simplification of single-vehicle sound sources, and applicability of single-vehicle noise models. Suggestions on the research of single-vehicle noise models in China are made to promote the application and accuracy of road traffic noise prediction technology. It is urgent for China to carry out in-depth research on the single-vehicle noise models at the national level, including refining the classification of vehicle types and the correction of various factors that affect the single-vehicle noise value.

**Keywords** road traffic noise; noise prediction model; vehicle type; noise source of a single vehicle; noise emission of a single vehicle ●



(责任编辑 王微)