

## 基于几何声线法的噪声预测软件

魏浩征<sup>1</sup>, 陈鑫<sup>1</sup>, 张祖安<sup>2</sup>, 江涛<sup>3</sup>

- (1. 合肥工业大学机械工程学院, 安徽 合肥 230009;  
2. 南方电网科学研究院有限责任公司, 广东 广州 510663;  
3. 中国南方电网有限责任公司, 广东 广州 510623)

**摘要:** 在对项目工程进行噪声评价和治理时, 运用噪声预测软件进行准确的噪声计算具有重大的实际意义。文章对一款自主研发的基于几何声线法的户外噪声预测软件的主要功能模块、设计和开发策略等相关问题进行了阐述。该软件能够建立图形化的声学模型, 自动计算多点的噪声级, 并绘制噪声分布图。经比较, 该软件与国外同类软件间的计算结果计算误差很小, 其具备很好的应用价值。

**关键词:** 声学; 噪声; 噪声预测; 应用价值

中图分类号: X827

文献标志码: A

DOI: 10.16803/j.cnki.issn.1004-6216.2020.01.021

### The Software for Noise Prediction Based on Geometric Acoustics

WEI Haozheng<sup>1</sup>, CHEN Xin<sup>1</sup>, ZHANG Zu'an<sup>2</sup>, JIANG Tao<sup>3</sup>

- (1. School of Mechanical Engineering, Hefei University of Technology, Hefei 230009, China; 2. CSG Technology Research Center, Guangzhou 510663, China; 3. China South Power Grid International Co., LTD., Guangzhou 510623, China)

**Abstract:** It was of great practical significance for using a noise-predicting software when the noise was assessed and managed in a project. A self-developed software based on geometric acoustics was introduced including the main function modules, designation and the developing route in this paper. The software was capable to create a graphical acoustic model, automatically calculate the noise level of multiple points and turn the result into a picture. There was little difference in the calculation result compared with the similar software abroad. There was a great application value for this software.

**Keywords:** Acoustics; Noise; Noise Prediction; Application Value

CLC number: X827

随着城市化进程的加快, 噪声问题伴随而来, 当下已被公认为城市环境中仅次于大气污染和水体污染的第三大公害, 其造成的社会影响不容忽视。为了更好地改善城市环境, 有必要进行噪声预测工作。由于环境预测评价中的预测区域一般都具有地形复杂、面积较大的特点, 计算绘图工作量庞大, 人工计算很难胜任, 因此, 通过计算机模拟技术进行噪声预测的研究开发具有重要的现实意义<sup>[1-4]</sup>。

当前, 国内常用的噪声预测软件多为国外公司开发, 在该领域已累积了多年的认可度。早在 1986 年, 德国 SoundPlan GMHB 公司就发布了 SoundPlan 软件, 在噪声预测领域处于领先地位。此外, DataKustik 公司发布的 Cadna/A 软件以及 woelfel

公司发布的 IMMI 软件也在该领域涉足 20 年以上的时间, 在世界范围内的被广泛采用, 其中不乏一些国内的项目<sup>[5-6]</sup>。但这些国外软件价格高昂, 且多少存在本地化应用问题, 在国内使用时具有一定的局限性。而国产软件在相关方面仍存在些许空白, 尚未被广泛应用。

综上所述, 项目团队尝试基于几何声线法的原理, 参考国家相关标准, 设计一款面向户外噪声预测工作的软件。文章将对该软件的工作原理、功能结构和模块设计等进行介绍。

### 1 预测理论基础

现实中的声源种类繁多且复杂, 无法一一对

收稿日期: 2019-04-05

基金项目: 中国南方电网公司科技项目(ZBKJXM20170062)资助

作者简介: 魏浩征(1974-), 男, 博士。研究方向: 机械系统动力学及低噪声设计。

引用格式: 魏浩征, 陈鑫, 张祖安, 等. 基于几何声线法的噪声预测软件[J]. 环境保护科学, 2020, 46(1): 119-122.

应,但可以根据特性简化处理,将声源分为点声源、线声源和面声源三类。由于声波在传播过程中会受到各方面的影响而产生衰减,有必要针对不同类型的衰减进行计算。户外声传播衰减主要有如下几类:几何发散( $A_{div}$ )、大气吸收( $A_{atm}$ )、屏障屏蔽( $A_{bar}$ )以及其他方面造成的影响( $A_{misc}$ )。

在噪声评价工作中,通常是根据噪声源处测得的声功率级来预测距离较远的测量点的噪声级。预测点的噪声级基本公式见公式(1)。

$$L(r) = L_w - (A_{div} + A_{bar} + A_{atm} + A_{gr} + A_{misc}) \quad (\text{dB}) \quad (1)$$

式(1)中, $L(r)$ 为参考点 $r$ 处声压级,dB; $L_w$ 为声源处的声功率级,dB。

根据已获得的各噪声源的数据,计算噪声传播过程中的衰减量,可以得出各声源单独作用在一个预测点时产生的A声级( $L_{pA_i}$ ),则各声源在预测点处产生的噪声影响值 $L_{eq,a}$ 见式(2)<sup>[7-8]</sup>。

$$L_{eq,a} = 10 \lg \left[ \frac{\sum_{i=1}^n (t_i \cdot 10^{0.1L_{pA_i}})}{T} \right] \quad (\text{dB}) \quad (2)$$

式(2)中, $T$ 为预测计算的时间段,s; $t_i$ 为各声源持续发声的时间,s。

## 2 软件功能模块及特点

### 2.1 软件功能

通过软件提供的绘图工具,使用者可以基于预测范围内的噪声数据和地形信息建立相应二维模型,软件计算后便能得出各个接收点的噪声等级。通过图形显示模块,还能将噪声的分布以矩阵图和三维模型的形式表达。

### 2.2 软件模块构成

根据对软件的预期功能的设想,将软件功能通过4个模块来实现,分别是声学模型图元建立编辑模块、数据库的建立和维护模块、噪声计算模块和图形结果显示模块。

**2.2.1 声学模型图元建立编辑模块** 对于一项噪声预测工程及后续的分析工作,其能否正常进行都取决于声学模型是否正确的建立。通过该模块提供的功能,使用者可以在软件界面进行编辑,以预测区域的地形参数为基准建立相应的模型。而开展一个噪声预测工程首先应建立起相应的声学模型,综合考虑声源、障碍、地

形和预测点等元素,以尽可能地模拟真实的噪声环境。

**2.2.2 数据库的建立和维护模块** 在软件中建立的各种图元必须有与之对应的参数才能参与实际的计算。声学模型的相关参数的输入、其与计算模块之间的数据交流以及各种声源、衰减模型的存储和提取都依赖于数据库的建立和维护模块。通过对其他主流软件的支持,使用者不仅可以直接导入声学模型或图像文件等数据,还可以自行建立声源数据,以便使用。

**2.2.3 噪声计算模块** 噪声计算模块是软件的核心部分,该模块的计算效率及由其得出的计算结果的精度决定了软件的使用价值。基于内置的算法,软件可以满足在复数个声源影响下的多个测试点处的声压值的计算,并且可以独立计算出单个声源所造成的影响。

**2.2.4 图形结果显示模块** 图形结果显示模块包括对网格噪声分布图、数值截面噪声图以及3D图形的显示等功能。多形式的图形显示功能有利于丰富计算结果的显示,为使用者提供更直观的数据表达,便于对计算结果进一步分析。

## 2.3 软件功能实现相关问题

**2.3.1 等角度扫描法** 在计算一个接收点的噪声水平时,采用等角度扫描法进行计算。首先以该接收点为中心以一定的角度对整个声学模型空间进行扫描搜索,如果存在点声源,则调用点声源的噪声计算公式计算该区域各个点声源对接收点的噪声贡献值 $L_i$ 。

在扫描区域内如果存在线声源或面声源 $S$ ,则以该扫描区域的两个边继续把它们划分为小段 $S_i$ ,并检验划分后的线或面声源的最大尺寸是否满足小于声源到接收点距离的一半这一条件,不满足则以该段声源的中心位置继续对其进行划分,直到满足条件为止。将划分后的声源片段 $S_i$ 等效化为点声源。然后调用点声源的计算公式计算声源片段 $S_i$ 对接收点各倍频程的噪声贡献值 $L_i(S)$ 。扫描一周后把属于同一线或面声源 $S$ 的所有的 $L_i(S)$ 相加就得到该线或面声源对该接收点的直达噪声贡献值。

**2.3.2 屏障衰减计算** 当扫描线与屏障交点不为零时,需要计算屏障衰减。屏障衰减计算见图1。

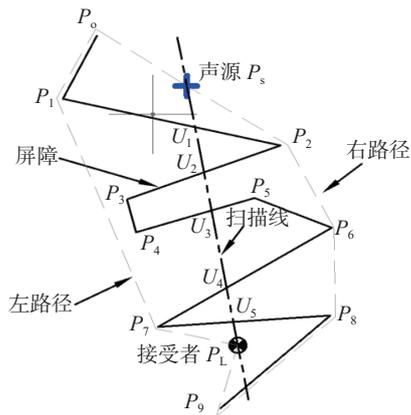


图 1 屏障衰减计算示意图

声音在传播过程中遭遇屏障时,通常要计算其绕过屏障的路径长度与到接收点直线距离的声程差,前者相对于后者有左右之分,判断方法如下:将所有屏障的点以折线形式头尾连接,首先可判断出第一个点  $P_0$  在扫描线的左侧,由于线段  $P_0P_1$  不与扫描线相交,判断出点  $P_1$  与点  $P_0$  同侧, $P_1P_2$  与扫描线相交,判断出点  $P_2$  在点  $P_1$  的另一侧。

在确定各个屏障点的左右分布后,将同一侧的点分为一组,假设以  $P_i$  为起点,判断下一点  $P_{i+1}$  到扫描线的距离是否大于  $P_i$  到扫描线的距离,是则声路径经过该点,否则忽略这一点,由此可以确定声音传播的具体路径。当某一屏障与扫描线的延长线相交时,可以认为该侧屏障为无限长,只需计算另一侧的声传播路径。按此方法计算 3 个方向的路径长度  $d_1$ 、 $d_2$  和  $d_3$ ,再减去声源到接收点的直线距离,即可得到各方向的声程差。

**2.3.3 植被噪声衰减计算** 由于大气温度在垂直方向上存在变化梯度,导致空气在各个高度的密度不相等,声音在不同高度上传播速度也不同。因此,在远距离传播情况下,可以将噪声的传播路径视为一个半径相当大的圆弧。由于这种特性,在噪声穿越一片植被时,因为植被高度有限,可以将实际产生阻碍的路径认定为路径曲线与植被区域相交的两部分,分别为靠近声源的一侧和靠近接收点的一侧。

**2.4 软件特色**

软件流程设计合理,功能齐全,用户界面友好,操作方便,易于掌握使用。从声源定义、参数设定、模拟计算到结果表述构成一个完整的系统。软件的主要界面及功能区,见图 2。

其特色主要有以下 3 点。

1) 软件的计算方法考虑地面吸收、空气吸收、温度影响和风速以及地形的影响。

2) 专业化的声源数据库和图库样本方便噪声传播模型的建立。

3) 多形式的图形显示功能有利于为使用者提供更直观的数据表达,便于对计算结果进一步分析。



图 2 软件主界面

**3 精度水平分析**

为演示本软件计算结果的精度,将其与 DataKustik 公司发行的 Cadna/A 软件进行简单对比。Cadna/A 软件是一套基于 ISO 9613-2: 1996《声学 户外声传播的衰减 第 2 部分:一般计算方法》的噪声预测软件<sup>[1]</sup>,故选其作为对比软件具有很高的参考意义。

**3.1 模型建立**

为测试软件的计算精度,建立简单的声学模型,见图 3。

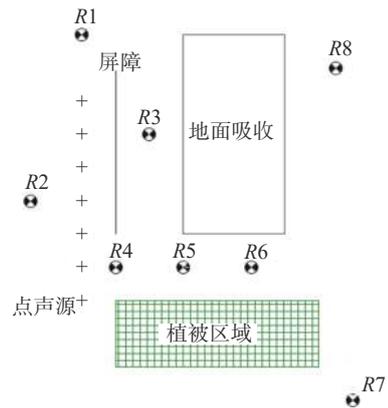


图 3 声学模型示意图

左侧为间距 10 m 并列排布的点声源(+),声音经过或不经过屏障、植被及地面吸收的影响传递到不同的接收点处。屏障高度为 4 m,植被高度为 3 m,地面吸收效应模拟水泥地,而声源和接收点的高度都为 1.5 m,以模拟人耳的高度。

**3.2 计算结果分析**

两款软件计算所得的结果,见表 1。

表 1 软件计算结果对比

所用软件	预测点声压级/dB(A)							
	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8
Cadna/A	54.6	59.7	45.3	61.8	52.6	47.9	40.2	42.3
项目软件	54.1	59.3	46.4	61.5	52.1	47.3	39.7	42.0
差值	0.5	0.4	-1.1	0.3	0.5	0.6	0.5	0.3

表 1 可知,项目软件计算结果与 Cadna/A 软件计算结果之间的差值较小,具备一定的精度,能够满足一定程度的使用需求。

### 3.3 绘制图形对比

噪声分布图可以直观地体现预测区域内的噪声分布情况。通过建立相同的地形和衰减参数,得到两款软件的最终图形结果,见图 4。

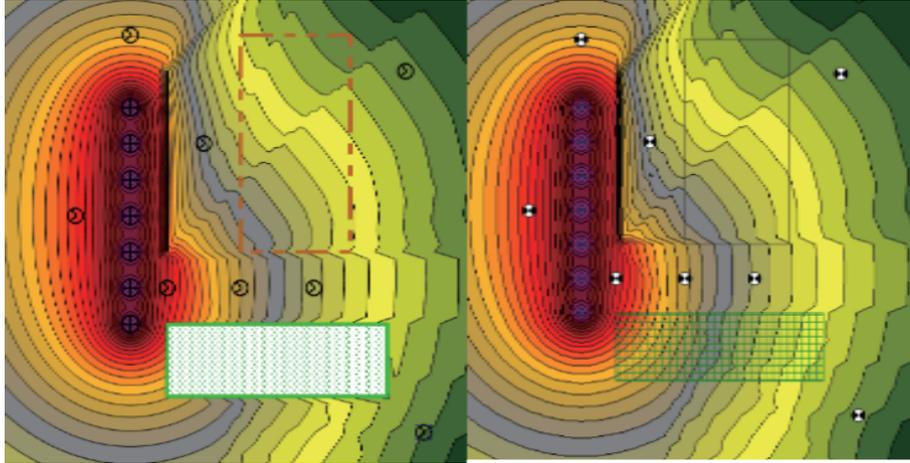


图 4 项目软件(左)和 Cadna/A(右)绘制图形

与 Cadna/A 软件对比可知,项目软件的图形色块差别较小,分布合理,直观性良好,具备一定的参考价值。

## 4 结论

通过对户外噪声预测软件的研究开发,大大提高了国产自主软件在该专业领域取代国外软件的可能。本软件具有良好的实际应用价值,可以预想,其广泛应用能够带来可观的社会贡献和经济价值。

### 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,2010(1):58-61.

[2] 刘明生,叶建能.城市道路声环境影响评价[D].石家庄:石家庄铁道大学,2014.

[3] 娄金秀,马建华.基于 Cadna/A 的高层建筑环境噪声垂直分布仿真[J].噪声与振动控制,2014(3):136-181.

[4] 熊鸿斌,臧春新.城市综合体典型噪声源噪声影响预测与控制技术研究[J].科学技术与工程,2016,16(16):155-161.

[5] PROBST W. Noise prediction in special cases[C]// Internoise2008. Shanghai, China, 2008.

[6] 刘培杰,孙海涛,王红卫.噪声模拟软件 Cadna/A 在交通噪声预测评价中的应用[J].电声技术,2008,32(7):64-67.

[7] 毛东兴,洪宗辉.环境噪声控制工程[M].北京:高等教育出版社,2010.

[8] 谢明,刘湘京,窦燕生.工业噪声环境影响预测方法研究[J].中国卫生工程学,2005,4(3):134-136.