

# 燃机电厂噪声模拟时 SoundPLAN 声源模型的简化

Simplification of noise source model when using SoundPLAN in noise simulation for gas turbine electric power plant

徐敏杰

(国核电力规划设计研究院,北京 100095)

**摘要:**燃机电厂一般靠近用电负荷或城镇建设,为了有效地控制噪声,在燃机电厂项目的设计、环评等阶段对其噪声影响进行合理的模拟从而提出相应的降噪方案是非常必要的。结合国家标准,对燃机电厂的敏感目标和主要噪声的声源特性进行了总结。通过对比声源类型、中心频率的设置对模拟结果产生的影响,探讨了在应用 SoundPLAN 软件对燃机电厂的噪声模拟时如何简化设置声源模型的问题,为今后的噪声模拟评估工作提供参考。

**关键词:** SoundPLAN; 燃机电厂; 噪声; 模拟

**Abstract:** Since the gas turbine electric power plant is generally established near the electrical load centers or the cities and towns, with the purpose of noise control, it is necessary to carry out a reasonable noise simulation and then propose the corresponding noise reduction plan on the design and the EIA phase. Combined with the related national standards, it summarizes the noise-sensitive objects and the main noise source characteristics. In order to study the effect on noise simulation results due to the different noise source type selections and main frequency settings, the noise contours are calculated under various situations by SoundPLAN. As for the main frequency of the noise source, little effect is produced. It could provide references for noise simulation and assessment in the future.

**Key words:** SoundPLAN; gas turbine electric power plant; noise; simulation

中图分类号: X593

文献标识码: B

文章编号: 1674-8069(2015)01-053-04

## 0 引言

当前燃气轮机发电在世界范围内快速发展,其不仅在电力结构中的承担着重要角色,而且在新增发电容量中亦占有了较重份额。与传统燃煤电厂相比,燃机电厂辅助生产系统简单、厂区面积小、供电效率高,此外在节水、环保、负荷调峰及机组启停速度等方面亦都具有诸多优点。

一般情况下,燃机电厂都建在用电负荷或人口集中城镇附近的非工业区域,而这些区域却对环境保护、污染排放等有着比较高的要求。虽然燃机电厂的生产设备少,占地面积小,但其平面布置紧凑,电厂内的部分设备和厂房紧靠厂界,导致厂界噪声值较大,这使得噪声污染成为了评估燃机电厂对环境影响的一个不可避免的问题。因此,噪声控制在燃机电厂的环保设计、环评阶段都需引起高度重视。目前世界上最有影响的噪声软件有德国开发的 Cadna/A 和 SoundPLAN 噪声控制软件。其中, SoundPLAN 软件,内置多种模拟评估的标准规范,

提供多种子模块、数据库、工具箱,可以模拟声波传播途径中的声源、声屏障、反射物、衰减作用等,使得噪声建模计算高效省时,使得噪声建模计算高效省时。SoundPLAN 对噪声模拟的目标实物和目标项目的尺寸没有限制,且其对室外噪声的模拟方法和我国标准中声波传播计算的方法一致,在国内噪声模拟领域具有领先的优越性。

为了有效的控制噪声,在燃机电厂项目的设计、环评等阶段对其噪声影响进行合理的模拟预测从而提出相应的降噪方案是非常必要的。结合工程项目的具体情况,在保证可行性和合理性的前提下,本文探讨运用 SoundPLAN 软件对燃机电厂噪声模拟时简化声源模型的方法,以期今后的噪声模拟评估工作提供一定的技术依据。

## 1 噪声标准、敏感目标及主要噪声源

### 1.1 环境噪声评价标准及敏感目标

燃机电厂噪声控制目标的主要依据为《工业企业厂界环境噪声排放标准》(GB 12348-2008),其

中列出了工业企业厂界噪声排放限值。燃机电厂一般靠近用电负荷或城镇建设,原则上执行Ⅱ类或者Ⅲ类声功能区要求,具体执行的声环境标准必须以当地环境保护行政主管部门的批文为准。

一般情况下,电厂边界向外 200 m 评价范围内的居民住宅均应被纳入敏感目标的范畴,若计算得到的项目声源贡献值到厂界外 200 m 处仍不能满足相应功能区标准值,则应将评价范围扩大到满足标准值的距离。因此,本文主要讨论 50、55、60 dB(A) 等值线的位置范围,模型中接收器及预测面高度均设置为 1.2 m。

1.2 燃机电厂内主要噪声源及其特性

燃机电厂按照噪声源的布置<sup>[1]</sup>可划分为主厂房区、余热锅炉区、冷却区(机力通风冷却塔、空冷平台等)、调压站区、变压器区及其他辅机厂房区。燃机电厂主要噪声源特性见表 1。

表 1 燃机电厂主要噪声源的噪声值及特性

项 目	噪声值/dB(A)	噪声频谱特性	所属区域
燃气轮机	87~92	低、中频	燃气机房
燃机罩壳通风机	90~95	低、中频	燃机房
汽轮机	85~90	低、中频	汽机房
发电机	90~95	低、中、高频	燃机房、汽机房
余热锅炉	75~80	低、中频	余热锅炉房
锅炉烟囱	85~90	低频	余热锅炉房
除氧器	90~100	中、高频	余热锅炉房
机力通风冷却塔	85~90	中、高频	进风口,淋水
	85~87	低、中频	排风口,风机
空冷风机	85~95	低、中频	空冷平台
增压机	95 以上	中、高频	调压站
主变压器	70~80	低频	汽机房外
泵	85~100	低、中频	水泵房/水处理中心

2 噪声模拟中声源模型的设置

2.1 声源参数的转化和录入

声源的参数设置涉及声源几何参数、声源源强参数等。其中声源几何参数包括声源的位置坐标和声源高度等,源强参数主要包括中心频率下的设备总声功率级和倍频频谱。部分研究报告讨论了源强参数采用中心频率下的声功率级或频谱数据对 SoundPLAN 软件的模拟计算结果的影响<sup>[2-3]</sup>。

为简化模型,本文所建模型的声源参数以中心频率下的声功率级为主。此外,根据经验值相应地修正中心频率下声源的声功率级数据,可以减少未考虑地面效应带来的误差。

一般设备的声压级用普通的声级计即可测到,且厂家给出的设备声源多数为设备 1 m 外或者几 m 外的声压级;而 SoundPLAN 软件使用声功率级来表示声源能量的大小,因此输入 SoundPLAN 软件时应进行声压级到声功率级的转化计算。

在声环境影响评价中,声源中心到接收点之间的距离超过声源最大几何尺寸的 2 倍时,可将该声源近似为点声源<sup>[4]</sup>。但需注意的是,对于厂区总平面布置紧凑的项目,厂界与主要声源的距离较近,定义声源的声功率及选择声源类型时应尽可能准确,不能一律简化为点声源。

2.2 声源类型的选择

燃机电厂中,根据设备或厂房的大小及布置方式、位置,可分别以点、线或面源建模。

声功率是反应单位时间内声源向外辐射能量的物理量,对应于设备总功率中的,以声波形式向外界辐射出的一小部分功率。因此我们可以认为,对于稳定运行状态下的某设备,其声功率总是一定的。

SoundPLAN 软件对声源能量的大小设置有两种选择:一是声源的总声功率级;二是声源单位面积上的平均声功率级。由于面声源可以看做由无数点声源连续分布组合而成,其总的声功率级可按内部点生源的能量叠加法求出。

以 9 台空冷风机以 3×3 模式布置的空冷平台为例,平台作为整体的声源的总声功率级应与 9 台空冷风机总声功率级之和一致,故本文选择声源的总声功率级进行噪声模拟计算。模拟的空冷平台高 20 m,单台风机总声功率级为 95 dB(A),3×3 模式布置的空冷平台总边长为 33 m。

模型 a:每台风机都作为距离地面 20 m 的点声源,每个风机点声源声功率级 95 dB(A)。

模型 b:每台风机所在的单元格作为距离地面 20 m,边长 11 m×11 m 的面声源,每个单元格声源声功率级 95 dB(A)。

模型 c:整个空冷平台作为距离地面 20 m,边长 33 m×33 m 的面声源,通过计算可知,整个空冷平台声源声功率级 104.5 dB(A)。

在表 2 列出的结果中,以模型 b 作为参照模型,

模型 *a* 和模型 *c* 与其的相对误差在 0.3% ~ 1.3% 之间,均小于工程的允许误差 5%。对于同一声源,只要其总声功率级不变,无论其被定义为点源还是面声源模型,计算结果可视为相等。此外,对比 3 个模型的各噪声等值曲线图后发现,忽略声源近场区域噪声的差异,3 个模型等值曲线图中小于 70 dB(A) 的等值线均可视为相同,这表明在 SoundPLAN 中,无论将同一声源设置成何种声源类型,只要其总声功率一定,则该声源对环境的影响程度都是相同的。

表 2 不同声源类型时计算所得各噪声等值曲线距声源中心(空冷平台中心)的距离

模型	a 单点声源		b 单格面声源 源距离/m	c 平台面声源	
	距离	相对误差		距离	相对误差
	/m	/%		/m	/%
50 dB(A)	158.3	1.1	156.6	157.4	0.5
55 dB(A)	105.9	1.1	104.7	105.6	0.9
60 dB(A)	64.3	1.3	63.5	63.7	0.3

在实际燃机项目的总平面布置中,声源附近总是存在实体障碍物,如围墙、防火墙、建筑物等,会起到声屏障的作用。声波绕过声屏障的顶端或侧边到达接收点的过程中,由于传播的路径比无声屏障时直达的路径要长,因此声波能量的衰减量因声屏障而变大,声屏障后方接受点的声压级数值变小。

此处假设在上述空冷平台附近存在一个高度为 6 m 的空冷配电室建筑物,对上述模型 *a* 至模型 *c* 再次进行模拟,所得的噪声等值线图差异亦很小,且随着声源几何尺寸的增大,空冷配电室背侧绕射衰减区域的同一等值线范围略微增大。由于模型 *a* 和模型 *b* 均为非单一声源模型,且模型 *c* 处声源面积相对于障碍物面积较大,故应单独分析单位声源的类型设置对障碍物背侧绕射衰减区域噪声值的影响。

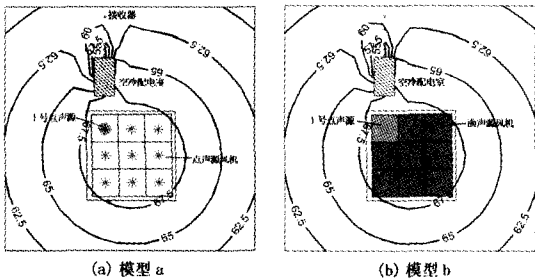


图 1 模型 a、b 空冷配电室对空冷平台噪声等值线的影响

如图 1 所示,在空冷配电室北墙中垂线(位于

背侧绕射衰减区)上,距离北墙 1、3、5、10、15 m 处分别设置接收器,计算模型 *a* 中 1 号单位点声源和模型 *b* 中 1 号单位面声源对这 5 个接收器的噪声贡献值,结果如表 3 所示。

表 3 模型 a 中 1 号单位点声源和模型 b 中 1 号单位面声源的噪声贡献值 dB(A)

项 目	接收器到北墙距离				
	1 m	3 m	5 m	10 m	15 m
模型 a 中 1 号点声源	40.92	43.63	46.66	50.08	53.68
模型 b 中 1 号面声源	41.08	43.93	47.13	51.06	53.71

从表 3 可知,随着所设声源的几何尺寸的增大,总声功率相等的点声源和面声源对障碍物外绕射衰减区域相同位置的噪声贡献值也随之变大。这是因为面声源与点声源相比表面积更大,与障碍物的相对距离更近,故声波绕射至障碍物后方的路径比点声源的更短,声波由于障碍物产生的能量衰减量也更小。因此,可以确定在燃机电厂噪声预测中,还是应当根据声源设备或声源建筑物的实际形态进行声源类型的设置,体积庞大的声源应当作为面声源(或体声源)设置。

2.3 声源中心频率的选择

声波在空气中传播时,由于大气对声波有吸收和散射的作用,使声波的能量在传播方向上逐渐减弱。声波的传播导致空气中分子转动和振动的能量变化,部分声能转化为热能。空气中不同分子的固有频率不同,因此空气分子引起的转动、振动衰减同传播中的声波频率高低有关。

此处讨论机力通风冷却塔的噪声模拟,冷却塔一般距离厂界较近,因而降噪要求高。冷却塔进风口主要为中高频的淋水噪声及透过填料层后反向传播的中低频风机噪声;排风口主要为中低频的电机噪声和风机噪声<sup>[6]</sup>。

已知建模所用 2 台通风冷却塔的地上 0 ~ 4 m 垂直面为淋水进风口部分,风机排风口为地上 8 m 处水平面。因此将单台机力通风冷却塔的进风口和排风口分别设置为两个体声源中的垂直面声源和水平面声源,以讨论不同声源频率对计算结果的影响。模型保守设置冷却塔的进风口和出风口的面声源平均声功率级均为 75 dB(A)。

模型 *a*: 冷却塔进风口垂直面噪声频率 500 Hz; 排风口风机水平面噪声频率 500 Hz。

模型  $b$ : 冷却塔进风口垂直面噪声频率 500 Hz, 排风口风机水平面噪声频率 250 Hz。

模型  $c$ : 冷却塔进风口垂直面噪声频率 1000 Hz, 排风口风机水平面噪声频率 500 Hz。

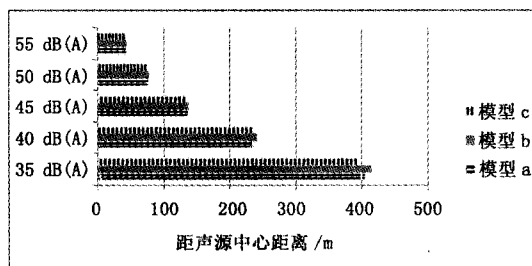


图 2 冷却塔模型设置不同频率所得噪声等值线距声源中心的距离变化

3 个模型的噪声等值线到声源中心的距离如图 2 所示。噪声等值线代表声压级的数值越小, 其距声源中心距离的差异就越趋于明显; 且对于 3 个模型中大于 50 dB(A) 的噪声等值线, 其到声源中心的距离差别很小。相对于统一设置中心频率 500 Hz 的模型  $a$ , 设置中低频噪声的模型  $b$  等值线的范围扩大, 设置中高频的模型  $c$  的等值线的范围缩小, 这是因为对于不同频率的声波, 由大气引起的衰减量不同。在传播过程中, 大气对中高频噪声的衰减量大, 但对中低频噪声的衰减量较小。

由于不同频率设置所得的大于等于 50 dB(A) 的噪声等值线距离差别较小, 因此在使用 SoundPLAN 软件对燃机电厂进行噪声模拟时, 可以统一采用中心频率 500 Hz 的声功率级以简化模型进行噪声模拟。

## 2.4 厂房噪声的模拟

对于燃机电厂的燃机房、汽机房、锅炉房、空压机房及各类水泵房, 由于其室内设备声源种类多, 布置位置各异, 因此应用 SoundPLAN 软件进行噪声模拟时, 应将其简化为体声源的厂房考虑。由于体声源的任一面都被视为一个面声源, 因此在模拟之前应对厂房室内室外的声功率级进行简化计算处理。对于室内平均噪声, 根据《工业企业噪声控制设计规范》(GB J87-1985), 工业企业噪声控制设计标准限值为 90 dB(A)<sup>[7]</sup>。根据《环境影响评价技术导则-声环境》(HJ 2.4-2009), 将声源所在的室内声场近似为扩散声场, 则室外的倍频带声压级可按公式近似求出:

$$L_{p2} = L_{p1} - TL - 6$$

式中:  $TL$  为隔墙 (或窗户) 倍频带的隔声量, dB(A);  $L_{p1}$  和  $L_{p2}$  分别为靠近开口处 (或窗户) 室内、室外某倍频带的声压级, dB(A)。

一般燃机电厂的墙体或隔声门窗的理论隔声量均大于等于 35 dB, 主厂房的屋面隔声性能可满足隔声要求, 但门、窗的隔声性能为薄弱点, 噪声会透过墙体、门、窗及孔洞缝隙传至室外, 造成噪声超标。因此在利用 SoundPLAN 软件建模中, 定位门窗位置、确认隔声量等成为准确模拟的必要条件。

## 3 结语

根据国家现行环境噪声标准, 燃机电厂边界向外 200 m 评价范围内的居民住宅均应被纳入敏感目标的范畴, 且 50、55、60 dB(A) 噪声等值线确定的范围也应重点关注。噪声预测高度设置在 1.2 m 处, 厂界外 1 m 为测定厂界噪声的标准位置。

运用 SoundPLAN 软件对燃机电厂进行噪声模拟时, 应合理选取源强参数, 可类比采用相似工程的相关参数, 但必要时应对源强参数根据模型进行折算或修正。在建立声学模型的过程中, 应充分考虑到建筑物、围墙、屏障等障碍物的屏蔽作用, 及大气、地面、绿化带等对声波的衰减作用, 合理确定声源的模型参数并尽量符合实际情况。

## 参考文献:

- [1] 张晓杰. 大型燃气电厂噪声综合治理技术探讨[J]. 电力科技与环保, 2013, 29(4): 52-53.
- [2] 张新宁, 杜祥庭, 陈新龙. SoundPLAN 软件在特高压交流变电站噪声预测中的应用探讨[C]. 四川省首届环境影响评价学术研讨会论文集. 2009.
- [3] Bureau V. Research contract - noise mapping industrial sources final report [R]. 2003.
- [4] 闫辉. SoundPLAN 在石油化工项目环评中的应用[J]. 石油化工安全环保技术, 2012, 28(5): 14-15.
- [5] HJ 2.4-2009, 环境影响评价技术导则-声环境[S].
- [6] 康立刚. 城市电厂大型机力通风冷却塔的噪声控制[J]. 中国环保产业, 2011, (7): 51-55.
- [7] 胡永飘, 简弃非. 火电厂噪声治理技术及实例研究[J]. 江苏环境科技, 2005, 18(3): 27-28.

收稿日期: 2014-09-23; 修回日期: 2014-11-17

作者简介: 徐敏杰 (1987-), 女, 浙江杭州人, 硕士, 助理工程师, 从事电力行业环保设计及环境影响评价工作。E-mail: xuminjie@snpdri.com