

文章编号: 1000-5013(2008)01-0014-03

# 通风机房噪声模型的建立及分析

王荣杰, 陈虹微

( 龙岩学院 物理与机电工程学院, 福建 龙岩 364012)

摘要: 应用系统控制理论, 建立通风机房噪声控制模型. 在扩散声场假设条件下, 采用系统学、统计学等方法来处理室内声场, 避免了繁杂的数学推导. 经布点监测验证, 利用该模型计算通风机房噪声, 预测值和实验值比较吻合, 误差(%)在 0.10~1.92 dB, 平均误差为 1.04 dB, 模型在通风机房噪声控制是适用的.

关键词: 通风机房; 噪声; 控制模型; 室内声场; 扩散声场

中图分类号: TB 535; TD 441

文献标识码: A

通风机房在煤炭、冶金、烟草等行业得到广泛应用, 其噪声不仅是工业噪声中主要噪声源之一, 也是扰民环境噪声的主要污染源. 因此, 通风机房噪声控制是企业噪声治理的重要环节. 要对噪声进行治理, 就必须先测量噪声, 但作为研究对象的通风机房是一个噪声源多、分布面广、噪声多次辐射、叠加的十分复杂的动态系统<sup>[1-3]</sup>. 尽管目前有关噪声测量的研究在不断深入, 但方法繁杂, 误差较大. 本文以某煤矿通风机房噪声治理为背景, 建立通风机房噪声模型, 并经监测验证, 证明模型是可行的.

## 1 模型建立的基础

室内声场是由直达声和混响声构成的复合声场, 一般认为直达声仍遵循自由声场的传播规律, 而混响声则强烈依赖房间的大小和各表面的反射性质. 室内某点的噪声既要考虑直达声和混响声, 又要注意几个声源的叠加. 对室内声场的精确求解, 可以用物理声学方法, 但计算比较复杂. 为此, 在扩散声场假设条件下, 采用系统学、统计学等方法来处理室内声场, 简化室内声场行. 模型简化示意图如图 1 所示.

为了建立噪声控制模型, 提出如下 5 个假设<sup>[4]</sup>. (1) 假设 I. 通风机房停机时, 环境噪声已满足《工业企业噪声卫生标准》和《城市区域环境噪声标准》. (2) 假设 II. 通风机房噪声互不干扰. (3) 假设 III. 各发声部件为不相干的噪声源. (4) 假设 IV. 通风机房噪声源向各方向和辐射声声压级基本一致. (5) 假设 V. 传声器高度和噪声源高度基本一致, 若高度相差较大应进行修正. 由假设 I, II 说明, 通风机房声场不受外界环境噪声的影响, 可以建立相互独立、互不干扰的声场模型即噪声模型. 由假设 III, IV 分别说明, 声源不会发生干涉现象, 测点总声能即为各点声源声能在测点的叠加. 由假设 V 可知, 房内噪声的传播距离  $r_{i,j}$  为声源几何中心和传声器之间的连线在水平面上的投影长度. 以 5 个假设为前提, 把面声源、线声源和体声源视作理想化的点声源, 是建立声场模型的基础. 根据以上 5 个假设, 设通风机房有 2 个声源, 通过前面的分析, 各点的声压和声强是由这两个声源共同形成的. 这时声波叠加就是声波能量的叠加, 两噪声源叠加后的声压为

$$P^2 = P_1^2 + P_2^2, \tag{1}$$

则总声压级为

收稿日期: 2007-12-08

作者简介: 王荣杰(1967-), 男, 副教授, 主要从事噪声控制的研究. E-mail: wrj@lyun.edu.cn.

基金项目: 福建省自然科学基金资助项目(D0640001)

©1994-2010 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

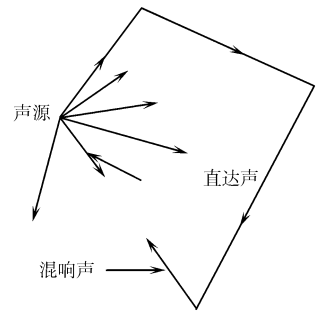


图 1 模型简化示意图

Fig. 1 Schematic diagram of simplified model

$$L_P = 10\lg(10^{0.1L_P} + 10^{0.1L_P}).$$

(2)

由式(2)可推广到  $n$  个噪声源相叠加的总声压级, 即通风机房噪声模型为

$$L_i = 10\lg \sum_{j=1}^{n_i} 10^{0.1L_{ij}}.$$

(3)

式(3)中,  $L_i$  为房间内  $i$  测点总声压级,  $i=1, 2, 3, \dots, m$ ;  $L_{i,j}$  为房间内  $j$  声源在  $i$  点形成的声压级( $j=1, 2, 3, \dots, n$ ),  $L_{i,j} = L_{w,j} + 10\lg(\frac{Q_j}{4\pi r_{i,j}^2} + \frac{4}{R})$ . 其中,  $L_{w,j}$  为通风机房内  $j$  声源声功率级,  $Q_j$  为通风机房内  $j$  声源指向性因素,  $R$  为通风机房内房间常数,  $r_{i,j}$  为通风机房内  $j$  声源与  $i$  测点的距离.

## 2 模型的验证

### 2.1 研究对象

研究对象是福建某煤电股份公司的通风机房, 由两台型号为 4-72-6-No16B 的离心式通风机及两台型号为 Y280x-6 (功率为 45 kW) 的电机组成. 通风机房为长方形结构, 长 20 m, 宽 8 m, 高 5 m, 抹灰砖墙, 顶面为混凝土浇注, 建筑面积约 160 m<sup>2</sup>. 两台通风机布置在靠北一侧, 相距 5 m. 通风机房噪声主要来自通风机的噪声, 包括进气口和出气口辐射的空气动力性噪声、机壳管壁及电动机轴承等辐射的机械噪声, 以及基础振动辐射固体声. 在这几部分噪声中, 以由进、出气口部位辐射的空气动力性噪声为最强. 据调查实测, 一般风机的空气动力性噪声往往比风机其他部位要高出 10~20 dB

### 2.2 验证方法

该通风机房有 2 个机组, 当通风机稳定运行时, 测量机组各部件的声压级和声功率级, 并确定各测点的座标为( $x_i, y_i$ )、各声源的座标为( $x_j, y_j$ )、测点离声源的距离  $r_{i,j}$ , 以及声源指向性因素  $Q_j$  和房间常数  $R$ . 最后, 计算出各测点的总声压级, 并将实测值与计算值进行比较. 如果两者的误差在 3 dB 以内, 则认为模型是正确的<sup>[5]</sup>.

### 2.3 实际测量

噪声测量时首先要选择合适的噪声测量方法, 其次要注意对本底噪声影响的修正并减少误差. 通风机房内噪声源多, 各处声级差小于 3 dB, 则只需在通风机房内选择 1~3 个测点进行测量; 否则, 要划分网络区域分别测量<sup>[6]</sup>. (1) 噪声源的声功率级的测定. 测量在通风机房进行, 测量的反射声影响程度可用修正值  $K$  估计评价.  $K$  的值愈大, 反射声影响愈强. 当  $K \geq 7$  dB 时, 则不能进行测量, 必须通过缩短测点至声源的距离(减少测量面面积), 减少反射声影响, 直到满足要求后, 方可进行测量. 测量仪器使用普通声级计和倍频程滤波器, 测量对象包括 4-72 型离心风机的排气噪声、排气管道噪声、电机噪声和机体表面辐射的噪声. 测量方法为半球包络法, 测量点取 3~6 个, 各测点测得的声级为  $L_P$ . (2) 通风机房噪声测量. 测量仪器同前. 测量方法为生产环境噪声普查法. 根据该法, 若房间各处声级差不大于 3 dB 时, 只须布置 1~3 个测点即可; 若差别较大, 必须分区域测量. 为此, 实验在房间内测点布置 4 个. (3) 风机房外噪声和居民区噪声测量. 声测量仪器同前, 风机房外噪声测量方法为厂界噪声测量法. 根据该法, 测点选在噪声敏感处. 居民区噪声测量采用等间隔布点法, 离通风机房右侧约 16 m 处为居民楼, 布点总数为 15 个, 在背景噪声值低于风机房声 5 dB 以上的夜间进行测量.

### 2.4 验证结果

在通风机房的 8 m 墙面上开有 1.5 m×2 m 的门, 在长为 20 m 的 2 个墙面上分别有 2 扇 1.5 m×1.5 m 窗, 测得 2 台通风机机组的声功率级分别为 99.3, 98.5 dB. 查表得墙壁、房顶、地面、门、窗的吸声系数分别为 0.03, 0.31, 0.02, 0.12, 0.17, 指向性因素  $Q_1=1.0$ ,  $Q_2=1.5$ . 由此可计算出平均吸声系数  $\bar{\alpha}$  为 0.105, 房间常数  $R$  为 70.39 m<sup>2</sup>. 因第 1 测点离第 1 台机组的测点距离  $r_1=2$  m, 离第 2 台机组的测点距离  $r_2=\sqrt{29}$  m. 根据式(3)可得出,  $L_1=88.15$  dB,  $L_2=87.57$  dB, 则总声压级  $L_P=90.88$  dB. 同理, 可计算出测点 2, 3, 4 的总声压级. 通风机房声场模型的理论计算结果( $L_P$ )和现场实测值( $L'_P$ ), 如表 1 所示. 从表 1 可看出, 结果比较吻合, 误差(%)在 0.10~1.92 dB, 平均误差为 1.04 dB. 证明本模型在通风机房噪声控制的研究中是适用的.

### 2.5 误差分析

误差原因可概要分为系统计算方法和测量方法两方面。(1) 系统计算误差。(a) 波动方程必须在4个假设条件下才能成立。即假设空气为无粘滞性, 均匀连续的流体, 各向同性的理想弹性媒质, 声传播为绝热过程。实际上, 上述条件多数情况不能精确满足, 使得从控制系统到预测系统出现计算误差。(b) 治理前后测试数据的现场气象条件存在差异。(c) 研究时, 通风机房可视为一个封闭的空间, 但实际的声源不是理想点源, 且并不唯一, 而是若干个声源同时辐射声能。若干个声源的声波同时在一个空间传播, 还涉及到多列声波的叠加, 所以实际的传播规律要复杂的多。通风机房为一砖混结构。一方面, 由于房内混响声场, 机器旁边的噪声级升高; 另一方面房又起隔声作用, 传到室外的噪声有所减少。总体效果由构成通风机房的墙顶、门、窗等吸声和隔声性能所决定。(2) 测量误差。(a) 通风机房的生 产 虽 然 是 连 续 的, 但 工 况 却 在 变 化, 声 场 不 稳 定 性。因 此, 在 一 种 工 况 下 测 定 的 数 据 进 行 计 算, 不 可 能 完 全 符 合 另 一 种 工 况 下 的 测 定 结 果。(b) 通 风 机 房 机 组 运 行 时, 各 种 噪 声 源 相 互 影 响, 尤 其 是 高 频 率 噪 声 源 对 低 频 率 噪 声 源 的 掩 蔽 作 用, 对 控 制 系 统 分 析 和 预 测 计 算 的 基 础 数 据 产 生 误 差。

### 3 结 束 语

对福建某煤电股份公司煤矿通风机房车间噪声布点监测结果表明, 利用本文提出的模型计算通风机房噪声, 预测值和实验值比较吻合, 误差较小。该模型大大简化了由于声源几何形状不同而引起的复杂、冗长的数学推导计算, 也避免繁琐的测量。

#### 参考文献:

[ 1 ] 顾 强. 噪声控制工程[ M ]. 北京: 煤炭工业出版社, 2002: 6-60.  
[ 2 ] 郑长聚. 环境噪声控制工程[ M ]. 北京: 高等教育出版社, 1996: 30-56  
[ 3 ] CZARNECKI S. Noise Control[ M ]. [ s. l. ]: Asnects Innects Inside Industrial Hall, 1990.  
[ 4 ] 王荣杰. 通风机房噪声控制研究[ D ]. 山东: 山东科技大学, 2006.  
[ 5 ] REDL W A. Nuise and vibration measurement[ M ]. [ s. l. ]: American Society of Civil Engineers, 1995.  
[ 6 ] MELLING A. Tracer particles and seeding for particle image velocimetry[ J ]. Measurement Science & Technology, 1997, 8( 12 ): 1406-1416.

## Establishing and Analysis of the Noise Model in the Ventilation Room

WANG Rong-jie, CHEN Hong-wei

(School of Physics and Mechanical and Electrical Engineering, Longyan University, Longyan 364012 China)

**Abstract:** The noise-controlling model in the ventilation room is established using control theroey of system. Supposing that the condition of diffusive sound field is known, a method to handle room sound field is given to avoid the complicated mathematical derivation, using system theory and statistics. Moreover, after the validation of monitoring sites, the noise -controlling model is used to calculate the noise in the ventilation room, the result of which shows that the preditive value nearly agrees with the experimental one, with the error between 0, 10 and 1.92 dB and the average error 1.04 dB. The result of which shows that the preditive value nearly agrees with the experimental one, with the error between 0, 10 and 1.92 dB and the average error 1.04 dB. It is proven that the model is suitable for the noise-controlling in the ventilation room.

**Keywords:** ventilation room; noise; control model; room sound field; diffuse sound field

(责任编辑: 黄仲一)