

# 柴油发电机噪声控制研究

李世华

(中山大学环境科学研究所, 广州 510275)

**摘要** 柴油发电机的噪声可分为排气噪声、机械振动噪声及表面辐射和结构响应噪声。通过对各类声源产生原理的分析, 提出用消声、隔振、吸声和隔声相结合的综合方法, 控制柴油发电机房的噪声, 并在实际应用中取得了较好的效果。

**关键词** 噪声控制, 柴油发电机

**分类号** TB 535

随着社会经济和城市建设的飞速发展, 在一定时期内电力供应不足的矛盾变得较为尖锐, 柴油发电机已成为该时期高层建筑和乡镇企业必不可少的备用动力系统和配套设施, 环境噪声污染问题也随之而变得突出。本文通过对发电机噪声的组成分析, 噪声治理机理方法的探讨, 拟定出综合治理工艺方案, 以消除柴油发电机噪声对周围环境的影响。

## 1 噪声治理方法

噪声通常是通过摩擦、振动及空气湍流等物理过程而产生的<sup>[1]</sup>。根据噪声产生的原理, 治理噪声的方法有吸声降噪、隔声降噪、消声降噪和隔振降噪 4 种方式<sup>[2,3]</sup>, 针对不同的噪声源可用不同的方法加以治理。

### 1.1 吸声降噪

吸声是指声功率从一个特定空间转移的过程, 即在一个特定容积内降低声压级的过程。其原理是声波在传播过程中, 遇到各类材料时, 一部分声能向材料内部传播而产生能量转移、转换或干涉叠加, 从而使声波的能量减弱, 其直观表现为声级的下降, 使噪声值下降。不同材料有不同的吸声系数, 其吸声效果也不同, 吸声量可用下列公式计算。

$$\Delta L_p = 10 \lg(\bar{\alpha} / \bar{\alpha}_0) \quad (1)$$

式中  $\bar{\alpha}_0$ 、 $\bar{\alpha}$  为经表面处理前后的平均吸声系数,  $\bar{\alpha} = (\sum \alpha_i S_i) / S$ ,  $\alpha_i$  为房间表面上的吸声系数,  $S_i$  为  $\alpha_i$  所在平面的面积,  $S$  为房间内表面面积总和。

### 1.2 隔声降噪

隔声是指通过一定的技术手段将噪音源的噪声控制在一定空间范围内, 减少其影响的范围, 主要是用隔声体使部分声波的传播方向改变 (反射、折射), 使穿透该物体的声波能

量减弱,从而降低隔声体另一面的噪声.物体的隔声量  $R$  与构件的面密度  $m$  ( $\text{kg}/\text{m}^2$ ) 和声波激发频率  $f$  有关:

$$R_0 = 20\lg m + 20\lg f - 42.5 \quad (2)$$

因此,面密度越大,惯性阻力越大,越难激发振动,声波越难透射,其隔音量也越大.

### 1.3 消声降噪

消声降噪主要是降低气流系统的空气动力性噪声,是利用不同的原理使声能降低,不同的消声器其消声原理不同.

消声器有阻性消声器、抗性消声器、扩散消声器、缓冲消声器、干涉型消声器和阻抗复合消声器6种.其中阻性消声器是利用吸声材料的吸声原理消声的.抗性消声器是利用声电滤波原理,用某些特定频率的噪声,反射回声源或使声源获大幅度吸收而达消声的目的;扩散消声器在器壁上设有许多小孔,气流经小孔喷射后减速而消声;干涉型消声器是利用声波的干涉原理,在气流通道上装旁通管,使主、旁通道中的声波在汇总处波长相同、相位相反而相互削弱,从而达到消声的目的;阻抗复合消声器则结合阻性和抗性消声器的原理,以加强消声效果.

### 1.4 隔振降噪

将振源与安装基础之间的刚性联接换成弹性联接称为隔振,它包括振源隔振和受振对象隔振两种基本类型.由于振动过程中产生一定的噪声,隔振降噪的原理在于将原刚性联接换成弹性联接后,在原来一个自由度振动的系统改变了传给基础的传递力,从而改变了振动传递系数,使振动减少;同时弹性联接的阻尼系统又进一步减少原有振动,从而使振动噪声减少.隔振降噪是通过隔振器来实现的,隔振效果可根据减少输入力或运动,通过减少传递力或运动来衡量.

由于噪声产生的方式较为复杂多样,使噪声控制成为一门不易掌握的学科.上述的4种降噪方式是针对不同的噪声发生源而定的降噪方法.隔振降噪主要针对机械设备系统与其基础座或联接系统间的振动传播的一种降噪方式;消声降噪的对象是消除流动中的介质发出的噪声;这两种降噪方式是主动消除或降低噪声源所发生的噪声强度而降噪的.吸声降噪和隔声降噪则是在噪声源强不变的情况下,利用不同的材料,改变噪声的传播方式、方向,从而达到降噪的目的.在实际应用中,根据具体的声源采用多种方式相结合的方法,以达到综合治理的目的,减少噪声对周围环境的影响.

## 2 噪声源的组成和源强估算

### 2.1 声源组成

柴油发电机的噪声源组成较为复杂,按其产生原理可分为空气动力性噪声、机械振动噪声和燃烧噪声3大类.包括排气噪声、风扇噪声、活塞运动噪声、燃烧噪声、机械传动系统噪声、结构响应和表面辐射噪声等不同部位所产生的噪声.

### 2.2 源强估算

柴油发电机运转时的废气是以脉冲形式从排气口冲出,由此而产生的排气噪声是柴油发电机的最主要噪声来源.排气噪声能量最大、频带宽、噪声值高.此外由于气缸的曲轴连杆及活塞运动时所产生的机械碰撞噪声和燃烧噪声对柴油机整体发出的噪声总值也有一定的贡献,但这两部分声源的噪声值相对较小,与排气噪声叠加成为柴油机的整体噪声.

柴油机排气噪声的基频可用下列公式计算:

$$f_{\text{基}} = Zn / (60f) \quad (3)$$

式中,  $Z$  为柴油发电机气缸数;  $n$  为转速 ( $r/\text{min}$ );  $f$  为行程数, 二冲程气缸  $f = 1$ , 四冲程气缸  $f = 2$ 。根据排气噪声的基频可确定尾气消声器的类型, 以消除排气噪声。

柴油发电机的整体噪声强度主要决定于发电机的转速  $N$  ( $r/s$ ) 及其气缸直径  $D$  ( $\text{mm}$ ), 在距发电机外壳  $1 \text{ m}$  处的平均声级可按下列公式计算:

$$\text{直喷式柴油发电机 } L_A = 39 \lg N + 50 \lg D - 48.5 - \Delta L \quad (4)$$

$$\text{间喷式柴油发电机 } L_A = 43 \lg N + 60 \lg D - 98 \quad (5)$$

式中  $\Delta L$  ( $\text{dB}$ ) 为修正值, 气缸数大于 4 时,  $\Delta L$  为 0; 气缸数为 3, 2 时  $\Delta L$  分别为 1, 2, 3。

## 3 噪声治理工艺分析

### 3.1 工艺分析

从噪声影响的范围分, 柴油发电机噪声可分为发电机房内噪声, 排气管产生的噪声及穿透到房外的噪声 3 种; 从产生噪声的原理也可分为前述 3 类; 在治理工艺上, 应针对不同的方式分别进行治理。

对于排气管的空气动力性噪声, 用消声降噪的方式进行治理, 加装排气消声器。排气噪声包括基频噪声、管道气柱共振噪声、废气喷注与冲击噪声、气门杆背部的卡门涡流噪声及排气管壁面紊流噪声等。由于柴油机尾气温度较高 ( $> 450^\circ\text{C}$ ), 装上消声器后要确保废气排出不受阻碍, 否则将会引起内燃机升温而停止工作。因此, 尾气消声器忌用阻性消声器, 宜用多级扩张型的扩散消声器或干涉型消声器。安装消声器后, 应保证柴油发电机功率损失比  $\Delta N < 1\%$ 。通常用两级消声器, 可使排气噪声下降  $30 \text{ dB}$  以上。

对于柴油发电机的振动噪声, 则用隔振降噪的方式减少声源的强度。通常在柴油发电机的基础上作隔振处理, 如修筑隔振沟、加装阻尼隔振器等方法。橡胶隔振器具有内耗大、固有频率低、阻尼大、高频隔振效果好的优点, 能有效地抑制共振时的振幅。除基础要隔振外, 排气管接口亦应装上隔振垫圈, 以减少管道振动的噪声。

对于其他声源, 如结构响应噪声、表面辐射噪声、风冷式柴油发电机的风扇噪声以及机体经隔振后的整体噪声, 只能通过吸声、隔声的综合技术措施, 在发电机房内壁上装吸、隔声体, 使射透出机房的噪声声级降低至低于国家有关噪声声级控制的标准值。这也是柴油发电机房噪声治理的关键措施。

对于功率、型号不同的柴油发电机, 机房内噪声声级不同 (通常都  $> 95 \text{ dB (A)}$ ), 因此, 必须改装机房的结构, 在机房墙壁及天花上加装吸声、隔声体, 将机房的门窗改装成隔声门窗。并装上通风系统, 以确保机房内的空气清新, 降低发电机和机房温度<sup>[4]</sup>; 对于风冷式柴油机发电机, 还需有足够的送风量来保证冷却用风, 送排风风机还应装上消声器, 以防止噪声外溢。通过经上一系列的措施, 使发电机房形成一个完整的隔音房, 减少发电机的噪声透射能量。吸隔声体可用多种材料制作, 通常用穿孔板夹超细玻璃棉可得较好的吸隔音效果。

### 3.2 实例分析

曾对某厂发电机房的噪声进行治理, 该发电机房面积为  $35 \text{ m}^2$ , 房高  $4.5 \text{ m}$ , 内有两台 WILSON P-25 型  $200 \text{ kW}$  柴油发电机, 柴油机为 PERKINS 2006TG2A 型, 转速  $1500 \text{ r/}$

min, 缸, 缸径 130 mm. 据公式 (3), (4) 估算, 其 1 m 处噪声平均声级为: 111.7 dB (A), 基频为: 150 Hz, 在安装发电机时每台已于机座上加装橡胶减振器, 未进行综合治理前实测发电机 1 m 处噪声 107.5 dB (A), 机房内噪声为 101.2 dB (A), 机房外噪声为 89.8 dB (A). 根据发电机的基频, 每台发电机选用二个扩散消声器串联对发电机尾气进行二级消声, 将发电机房的门改成重质隔声门, 将窗改成双层玻璃隔声窗, 在发电机房四周内壁加装吸隔声墙体、天花, 吸声体用 0.8 mm $\Phi$  穿孔铝板作外壳, 内夹 70mm 厚 18 kg/m<sup>3</sup> 容重超细玻璃棉, 用原发电机房砖墙为隔声体, 使发电机房成为一间大型的隔声房. 同时为使机房内空气保持清新, 避免机房内气温升高, 用 2# 轴流风机送风, 2# 轴流风机排风, 并于进排风口装上阻性消声器防止噪声外溢. 经上述工艺治理后, 该发电机房内噪声降至 89.4 dB (A), 机房外噪声降至 60.8 dB (A) (白天), 完全符合我国对环境噪声的有关规定. 由此可见该噪声综合治理工艺是可行的.

## 4 小 结

对于声源复杂的柴油发电机噪声治理, 根据噪声的发生原理, 用消声、隔振的降噪方式降低主要声源的噪声后, 再以吸音、隔音相结合的综合降噪方式进行综合治理的工艺, 在实际应用中, 可将发电机噪声的影响控制在较小的范围内, 并可使机房外的噪声值低于我国有关环保的标准规定值. 实践证明工艺可行的, 并收到了良好的效果, 有一定的社会与环境效益.

## 参 考 文 献

- 1 Beranek L L. Noise and Vibration Control. New York: McGraw-Hill Book Co, 1971
- 2 Faulker L L. Handbook of Industrial Noise Control. Industrial Press Inc, 1976
- 3 工业噪声控制手册编写组编, 工业噪声控制手册. 北京: 科学出版社, 1987
- 4 魏先勋. 环境工程设计手册. 长沙: 湖南科技出版社, 1990

## Study on the Diesel Generator Noise Control

*Li Shihua*<sup>\*</sup>

**Abstract** According to the reason of noise production, the diesel generator noise can be classified into reflex and echo noise, mechanical vibration noise and airflow noise. To control these kinds of noises must use a comprehensive method that included noise elimination, sound insulation, sound absorption and vibration reduction. The method mention in this article has been used and achieved good results.

**Keywords** diesel generator, noise control

<sup>\*</sup> Institute of Environmental Science, Zhongshan University, Guangzhou 510275