

# 风机噪声计算中存在的若干问题

湖南大学 殷 平

**摘要** 指出了现行暖通空调专业风机噪声声功率级计算公式和相关数据表中存在的错误,解释了比声功率级和比 A 声功率级的差异。建议在目前的条件下,空调消声计算中所使用的声功率级宜采用空调风机制造厂提供的实测值,空调机组制造厂如若能够提供空调机组整机的出口、进口和机外声功率级的混响室实验值,将使得空调消声计算结果更加符合实际。

**关键词** 风机噪声 消声计算 比声功率级 比 A 声功率级

## Some issues in fan noise calculation

By Yin Ping★

**Abstract** Points out some mistakes existing in the HVAC fan noise sound power calculation formulas and related datum tables. Explains the difference between specific sound power level and the specific A-weighted sound power level. Under the present conditions, proposes to adopt the measured values of sound power level of fans given by the fan manufacturer in noise elimination calculation for air conditioning. If the manufacturers could offer the measured values of sound power level of inlet, outlet and outside of the AHU in a reverberation chamber, the noise elimination calculation results would better meet the needs of practice.

**Keywords** fan noise, noise elimination calculation, specific sound power level, specific A-weighted sound power level

★ Hunan University, Changsha, China

①

### 0 引言

噪声与振动控制是教科书和设计手册中重要的内容之一,2008 年出版的《实用供热空调设计手册》第 2 版<sup>[1]</sup>第 17 章“噪声与振动控制”对第 1 版<sup>[2]</sup>的相关章节进行了修正,成为国内暖通空调消声设计的重要参考资料。笔者最近承接的一项空调工程设计对空调系统的噪声要求严格,故笔者在原有研究<sup>[3]</sup>基础上对空调消声设计进行了再学习。由于网络的发展,通过网络可以获得过去很多鲜为人知或辗转传抄的重要文献资料的原貌。随着科学技术的进步、成果的迅速传播、产品性能质量的不断提高,原有的很多资料已脱离实际。笔者在再学习过程中发现一些噪声计算重要的公式、数据和图表存在明显的不足和错误。近十几年来,由于电视台、广播电台、音乐厅、影剧院、会议厅等一批对噪声有特殊要求的公共建筑物的兴建,空调系统的消声设计已成为各个设计单位必须掌握的重要设计计算技能之一。另一方面,由于人们对环境愈来愈高的要求,即使是一般商用建筑和居住建筑往往

也对噪声提出了限制,消声设计已不可或缺。因此,笔者认为很有必要对现行的空调系统消声计算公式重新审视。本文是笔者针对空调系统消声设计计算中存在的主要问题撰写的系列论文中的第一篇,提出了国内暖通空调专业在空调系统消声设计计算中风机噪声确定存在的主要问题。

### 1 风机噪声的确定

风机是空调系统的主要噪声源。由于在空调消声计算中需要知道风机的倍频带声功率级,文献<sup>[1]</sup>和国内绝大部分暖通空调参考文献都是利用式(1)计算风机的声功率级<sup>[1-2,4-8]</sup>。

$$L_W = L_{WC} + 10\lg(QH^2) - 20 \quad (1)$$

式中  $L_W$  为风机的声功率级, dB;  $L_{WC}$  为风机的比声功率级, dB;  $Q$  为风机的风量,  $\text{m}^3/\text{h}$ ;  $H$  为风机的全压, Pa; 20 为修正常量, dB。

①☆ 殷平,男,1944 年 3 月生,大学,教授  
410012 湖南省长沙市湖南大学  
(0) 13902250756  
E-mail: pingyin@vip.sina.com  
收稿日期:2010-11-01

文献[9]将式(1)中的修正常量 20 dB(准确值应为 19.8 dB)合并到比声功率级这一变量中,形

成另外一种形式的表示式。  
国内几种风机的比声功率级值见表 1<sup>[1-2,5-8]</sup>。

表 1 几种风机比声功率级值

| T4-72 型   |             |        | 4-79 型    |             |        | 4-72-11 型 |             |        | 4-62 型    |             |        | 4-68 型    |             |        |
|-----------|-------------|--------|-----------|-------------|--------|-----------|-------------|--------|-----------|-------------|--------|-----------|-------------|--------|
| $\bar{Q}$ | $L_{WC}/dB$ | $\eta$ | $\bar{Q}$ | $L_{WC}/dB$ | $\eta$ | $\bar{Q}$ | $L_{WC}/dB$ | $\eta$ | $\bar{Q}$ | $L_{WC}/dB$ | $\eta$ | $\bar{Q}$ | $L_{AC}/dB$ | $\eta$ |
| 0.10      | 27          | 0.68   | 0.12      | 35          | 0.78   | 0.05      | 40          | 0.60   | 0.05      | 34          | 0.50   | 0.14      | 2           | 0.65   |
| 0.14      | 23          | 0.78   | 0.16      | 34          | 0.82   | 0.10      | 32          | 0.70   | 0.10      | 24          | 0.68   | 0.17      | 1           | 0.79   |
| 0.18      | 22          | 0.84   | 0.20      | 26          | 0.85   | 0.15      | 23          | 0.81   | 0.14      | 23          | 0.73   | 0.20      | 1           | 0.88   |
| 0.20      | 22          | 0.86   | 0.25      | 21          | 0.87   | 0.20      | 19          | 0.91   | 0.18      | 25          | 0.72   | 0.23      | 2           | 0.87   |
| 0.24      | 23          | 0.86   | 0.30      | 23          | 0.85   | 0.25      | 21          | 0.87   | 0.22      | 28          | 0.65   | 0.25      | 6           | 0.81   |
| 0.28      | 28          | 0.75   | 0.35      | 28          | 0.74   | 0.30      | 27          | 0.76   | 0.26      | 35          | 0.50   | 0.27      | 9           | 0.66   |

注: $\bar{Q}$ 为流量系数; $\eta$ 为全压效率; $L_{AC}$ 为比 A 声功率级。流量系数根据下式计算: $\bar{Q} = \frac{Q}{\frac{\pi D^2}{4} \frac{n\pi D}{60} \times 3\,600}$ ,其中  $D$  为风机叶轮直径,m; $n$ 为

风机转速,r/min。

文献[1]还给出了由风机功率计算声功率级的公式:

$$L_W = 91 + 10\lg P \tag{2}$$

式中  $P$  为风机的功率,kW。

文献[1]同时给出了由风机平均声压级计算声功率级的公式:

自由声场条件  $L_W = \bar{L}_p + 20\lg r + 11 \tag{3}$

半自由声场条件  $L_W = \bar{L}_p + 20\lg r + 8 \tag{4}$

混响声场  $L_W = \bar{L}_p + 10\lg V - 10\lg T - 14 \tag{5}$

普通声场  $L_W = \bar{L}_p - 10\lg\left(\frac{q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R}\right) \tag{6}$

式(3)~(6)中  $\bar{L}_p$  为风机平均声压级,dB; $r$ 为测点与风机距离,m; $V$ 为混响室体积,m<sup>3</sup>; $T$ 为混响时间,s; $R$ 为房间常数,m<sup>2</sup>; $q^{\text{①}}$ 为声源指向性因数。

文献[4-9]指出,当风机比声功率级未给出时,其声功率级可以按下式计算,它与实测值的误差在±4 dB 以内。

$$L_W = 5 + 10\lg Q + 20\lg H \tag{7}$$

式(3)实际上是源于文献[4]:“各种类型通风机之比声功率级应通过实测,在缺乏实测数据的情况下,一般可取 24 分贝”。

风机倍频带声功率级  $L_{Wf}$ 由下式计算<sup>[1]</sup>:

$$L_{Wf} = L_W + \Delta L_W \tag{8}$$

式中  $\Delta L_W$  为风机的各个倍频带声功率级修正值,dB,见表 2。

2 讨论

上述计算方法和计算过程中采用的重要计算数据 40 多年来一直无人提出异议,但笔者认为有

表 2 风机的各个倍频带声功率级修正值 dB

|                | 倍频带中心频率/Hz |     |     |     |       |       |       |       |
|----------------|------------|-----|-----|-----|-------|-------|-------|-------|
|                | 63         | 125 | 250 | 500 | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 离心风机<br>(叶片前弯) | -2         | -7  | -12 | -17 | -22   | -27   | -32   | -37   |
| 离心风机<br>(叶片后弯) | -5         | -6  | -7  | -12 | -17   | -22   | -26   | -33   |
| 轴流风机           | -9         | -8  | -7  | -7  | -8    | -10   | -14   | -18   |

注:T4-72 型为强后倾弯叶式;4-79 型为后倾弯叶式;4-72 型为后倾机翼式;4-62 型为后倾平板式。

讨论的必要。

2.1 式(1)存在的错误

笔者早年在设计组合式空调机组选择风机时,发现当风机比声功率级、风机风量和全压相同时,风机样本上的声功率级明显低于暖通空调专业设计人员的计算值。分析发现,虽然风机企业和暖通空调专业设计人员都是采用式(1)计算风机的声功率级,但是二者采用的风机风量的单位却不同,风机企业采用的是 m<sup>3</sup>/min,暖通空调专业设计人员采用的是 m<sup>3</sup>/h,当比声功率级、风机风量和全压相同时,风机样本上的风机声功率级要比暖通空调专业设计人员计算的低 17.78 dB。笔者过去在空调产品设计和空调系统消声设计过程中采用的都是风机制造厂提供的风机倍频带声功率级。这次在进行一项空调系统消声设计过程中,由于计算结果与设计部门的计算结果相差悬殊,导致旧事重提,由于第 2 版《实用供热空调设计手册》依然保留式(1)形式,风量单位依然如旧,看来这一误差很有必要加以辨明。

查阅风机行业权威手册<sup>[10]</sup>和专著,采用式(1)计算风机声功率级时,风量单位都是 m<sup>3</sup>/min,而国

① 文献[1]中用符号  $Q$  表示,为与式(1)中风机风量区别,故本文用此符号。——编者注

内所有的暖通空调手册、教科书和专著采用式(1)计算风机声功率级时,风量单位都是  $\text{m}^3/\text{h}$ 。经向合肥通用机械研究院有关专业人士咨询(该院参加了大部分风机国家标准的制定,作为国家级风机检测中心国内风机的声功率和声压级大多是在这里测定,所以最有发言权),他们指出采用式(1)计算风机声功率级时,风量单位应该是  $\text{m}^3/\text{min}$ ,而不是  $\text{m}^3/\text{h}$ 。

表 3 是国产 4-68№10C 离心风机的测试结果和比声功率级,风量  $33\,310\,\text{m}^3/\text{h}=555\,\text{m}^3/\text{min}$ ,全压  $1\,510\,\text{Pa}$ ,功率  $22\,\text{kW}$ ,转速  $1\,000\,\text{r/min}$ ,内效率  $93\%$ ,流量系数  $0.225$ 。

表 3 国产 4-68№10C 离心风机的测试结果和比声功率级

| 倍频带声功率级 $L_{W_i}$ /dB |     |     |      |       |       |       |       | 声功率级/dB | 比声功率级/dB |
|-----------------------|-----|-----|------|-------|-------|-------|-------|---------|----------|
| 倍频带中心频率/Hz            |     |     |      |       |       |       |       |         |          |
| 63                    | 125 | 250 | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |         |          |
| 82                    | 82  | 86  | 82.5 | 85    | 78.5  | 72.5  | 65.5  | 95.6    | 24.4     |

如果根据式(1)计算,风量单位取  $\text{m}^3/\text{h}$ ,依据实测的声功率级来计算比声功率级,那么这台风机的比声功率级就只有  $6.6\,\text{dB}$ ,而风量单位取  $\text{m}^3/\text{min}$ ,则这台风机的比声功率级就为  $24.4\,\text{dB}$ 。

这么多年采用的风机噪声计算方法进行空调系统消声计算会有什么问题,在暖通空调界从未有过报道。事实上风机噪声的过高计算值导致消声器尺寸加长。按照目前国内空调用消声器每  $\text{m}$  消声量  $17\,\text{dB}$  的最高水平,消声器足足长了  $1\,\text{m}$ ,由于消声器一般是成对(送风侧和回风侧)设置的,所以造成的浪费可想而知。这一错误的“意外”收获是:室内噪声更低,同时掩盖了消声器产品消声量不足的缺陷,可谓是皆大欢喜。

2.2 表 1 存在的问题

表 1 所列参数是国内空调消声设计中十分重要的设计参数,除了 4-62 型离心风机之外,在很长一段时间其他几种离心风机都是国内组合式空调机组最常用的送、回风机。表 1 中前 4 种风机的比声功率级值由来已久,笔者最早见到是 1970 年出版的《空气调节与制冷设计手册》,不同的是当时的 T4-72 型风机的型号是 QDG 型,4-79 型风机的型号是 HDG 型,其他数值 40 年没变<sup>[4]</sup>。在十年动乱中诞生的这组实测数据难能可贵,但由于此书无参考文献,所以数据来源不清。1981—1982 年,当时的机械工业部组织天津、沈阳、石家庄、上海、长沙、武汉、北京等风机厂,在同一测试环境和

条件下,对国产 9-19,6-48,5-48,4-68,9-26 系列 90 余台风机样机进行了实测,得到了这些风机的比 A 声级噪声值<sup>[10]</sup>。尔后出版的国内各种手册和专著陆续增加了这些系列风机的比 A 声级噪声值。1993 年出版的《实用供热空调设计手册》<sup>[2]</sup>考虑到国内空调机组的实际应用情况,除了保留表 1 中的前 4 种风机的比声功率级值之外,增加了 4-68 系列风机的比声功率级,该手册第 2 版仍然保留了第 1 版表 1 形式。但是如表 1 所示,在表 1 注中标明 4-68 系列风机的比声功率级值为比 A 声功率级值。

笔者在审查一个空调工程消声设计项目时,发现利用表 1 数值计算时,出现了十分奇怪的结果。该工程采用的组合式空调机组原配套风机为 4-2×72№8E 双进风离心风机,风量  $39\,000\,\text{m}^3/\text{h}$ ,全压  $1\,510\,\text{Pa}$ ,转速  $1\,280\,\text{r/min}$ ,功率  $22\,\text{kW}$ 。鉴于表 1 中 4-68 型离心风机的比声功率级远低于 4-72 型离心风机,所以设计师要求空调厂改用 4-68 型风机,4-2×68№10E 双进风离心风机,风量  $39\,794\,\text{m}^3/\text{h}$ ,全压  $1\,500\,\text{Pa}$ ,转速  $1\,250\,\text{r/min}$ ,功率  $22\,\text{kW}$ 。由于该工程允许室内噪声标准为 NR35,而文献[1]并未指出比声功率级和比 A 声功率级的区别,设计师仍然按式(1)和表 1 给出的参数进行计算,得出采用两种不同型号风机的声功率级计算结果,如下。

4-2×68№10E(流量系数为 0.215):

$$L_w = L_{wc} + 10\lg(QH^2) - 20 = 90.5\,\text{dB}$$

4-2×72№8E(流量系数为 0.206):

$$L_w = L_{wc} + 10\lg(QH^2) - 20 = 108.5\,\text{dB}$$

实际上这两种风机的性能相近,那么为何计算所得噪声会出现如此明显的差异呢?有人解释为表 1 注中特别标明了 4-68 型风机参数为比 A 声功率级,那么比声功率级和比 A 声功率级究竟有何不同?下面加以说明。

2.3 比声功率级和比 A 声功率级

将式(1)改写为

$$L_{wc} = L_w - 10\lg(QH^2) + 19.8 \tag{9}$$

式中  $Q$  为风机的风量,  $\text{m}^3/\text{min}$ 。

由式(9)可以看出,比声功率级就是某种型号的通风机,在单位流量、单位全压下噪声的声功率级。不同系列不同规格的通风机声功率级是不同的,式(9)中通风机的噪声声功率级是通过实测和

计算而得出的。

在说明比 A 声功率级定义之前,需要说明 A 声功率级定义。A 声功率级这一术语在国内并不统一,参考国际标准和国外标准,A 声功率级全称应为:A 计权声功率级<sup>[12]</sup>,可用下式表示:

$$L_{WA} = 10\lg \sum_{j=1}^{j_{\max}} 10^{0.1(L_{Wj}+c_j)} \quad (10)$$

式中  $L_{WA}$  为风机的 A 声功率级,dB; $j_{\max}$  为测量频带的序号的最大值; $j$  为测量频带的序号; $L_{Wj}$  为第  $j$  个倍频带或 1/3 倍频带 A 声功率级,dB; $c_j$  为修正值。

表 4 A 计权倍频带不同频率计权修正值  $c_j$

|              | <i>j</i> |       |      |      |       |       |       |       |
|--------------|----------|-------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|              | 1        | 2     | 3    | 4    | 5     | 6     | 7     | 8     |
| 频率/Hz        | 63       | 125   | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 不同频率计权衰减值/dB | -26.3    | -16.1 | -8.6 | -3.2 | 0     | 1.2   | 1     | -1.1  |

表 5 是 4-68№10C 离心风机的倍频带声压级实测值和倍频带 A 声级计算值,风机风量 23 650

m<sup>3</sup>/h,全压 941 Pa,转速 1 000 r/min。

比 A 声功率级  $L_{AC}$  可用下式表示<sup>[10]</sup>:

表 5 4-68№10C 离心风机倍频带声压级实测值和倍频带 A 声级

|                        | 频率/Hz |      |      |      |       |       |       |       |
|------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|
|                        | 63    | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |
| 倍频带声压级 $L_{pj}$ /dB    | 82    | 82   | 86   | 82.5 | 85    | 78.5  | 72.5  | 65.5  |
| 倍频带 A 声级 $L_{Apj}$ /dB | 55.7  | 65.9 | 77.4 | 79.3 | 85    | 79.7  | 73.5  | 64.4  |

$$L_{AC} = L_{WA} - 10\lg(QH^2) + 19.8 \quad (11)$$

由式(11)可以看出,比 A 声功率级就是某种型号的通风机在单位流量、单位全压下噪声的 A 声功率级,显然,比声功率级和比 A 声功率级的定义是不同的。

由式(10)可以看出,A 声功率级取决于倍频带或 1/3 倍频带声功率级的大小,而倍频带或 1/3 倍频带声功率级又取决于实测的平均频带声压级(经背景噪声修正后)的高低。目前国内外通风空调设备的噪声源声功率测定都是以声压级为测量的基本量,在以下标准中有通风机声压级确定声功率的方法:1) GB/T 3767—1996《声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方近似自由场的工程法》<sup>[13]</sup>;2) GB/T 3768—1996《声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方采用包络测量表面的简易法》<sup>[14]</sup>;3) GB/T 6881—1986《声学 噪声源声功率级的测定 混响室精密法和工程法》<sup>[15]</sup>;4) GB/T 6882—2008《声学 声压法测定噪声源的声功率级 消声室和半消声室精密法》<sup>[12]</sup>;5) GB/T 16538—2008《声学 声压法测定噪声源的声功率级 现场比

式(10)中倍频带或 1/3 倍频带声功率级是根据相关标准规定的方法测得的平均频带 A 声压级(经背景噪声修正后)计算所得。

由于人耳对声音强弱的感觉不仅与声压有关,而且与频率有关。例如,人耳听声压级为 67 dB、频率为 100 Hz 的声音,同听 60 dB、1 000 Hz 的声音主观感觉是一样。因此,在噪声的主观评价中,有必要确定声音的客观量度同人的主观感觉之间的关系<sup>[10]</sup>。A 计权的意思就是模拟人耳对低强度噪声的频率特性,将某个数值按一定规则权衡轻重地进行修正,倍频带 A 计权修正值如表 4 所示。

较法》<sup>[16]</sup>。风机的测量位置有:进风口、出风口和机壳,进出风口又分为带风管和不带风管两种情况。声压级测试方法不同,测量位置不同,其结果不同,根据这一结果计算所得到的声功率也不同。

表 5 是根据表 4 测试结果计算得到的声功率级和 A 声功率级,由于风机测试是在半消声室内进行,因此声功率级按半自由场公式计算:

$$L_W = \bar{L}_p + 10\lg(2\pi r) + C_1 + C_2 \quad (12)$$

$$C_1 = 10\lg\left(\frac{B}{B_0}\right)\sqrt{\frac{313.15}{273.15+\theta}} \quad (13)$$

$$C_2 = 10\lg\left(\frac{B}{B_0}\right)\sqrt{\frac{296.15}{273.15+\theta}} \quad (14)$$

式(12)~(14)中  $B$  为测量时大气压,100 450 Pa; $B_0$  为参考大气压,101 325 Pa; $\theta$  为测量时大气温度,25 ℃。

测点距进风口距离 1 m,将上述各值代入式(12)~(14)得:

$$L_W = \bar{L}_p + 7.998$$

利用式(10)计算倍频带频率范围内的声功率级。

表 6 是表 5 实测风机的倍频带声功率级和 A

表 6 4—68№10C 离心风机倍频带声功率级和 A 计权倍频带声功率级

|                            | 频率/Hz |      |      |      |       |       |       |       | 比声功率级 |
|----------------------------|-------|------|------|------|-------|-------|-------|-------|-------|
|                            | 63    | 125  | 250  | 500  | 1 000 | 2 000 | 4 000 | 8 000 |       |
| 倍频带声压级 $L_{pj}$ /dB        | 82    | 82   | 86   | 82.5 | 85    | 78.5  | 72.5  | 65.5  |       |
| 倍频带声功率级 $L_{Wj}$ /dB       | 90    | 90   | 94   | 90.5 | 93    | 86.5  | 80.5  | 73.5  | 33.5  |
| A 计权倍频带声功率级 $L_{AWpj}$ /dB | 63.7  | 73.9 | 85.4 | 87.3 | 93    | 87.7  | 81.5  | 72.4  | 30.0  |

计权倍频带声功率级、比声功率级和比 A 声功率级。

由表 6 可以看出,同一台风机的比声功率级和比 A 声功率级不但定义不同,数值也不相同。

实测该风机 A 声功率级为 87.63 dB,比 A 声功率级为 22 dB,与计算结果相同,也与国内后向机翼型离心风机比 A 声功率级经验值相符。该风机流量系数为 0.16,如果查表 1,比 A 声功率级仅为 1.33 dB,显然是极不合理的。由于国内一些专著、手册在引用他人成果时,在参考文献的标注上极不严格,表 1 中 4—68 型风机的比 A 声功率级源于何处已无从考证。与此十分相近的 4—68 型风机的一组数值见于文献[7]表 2—3,表中标明的却是“比声压级”,事实上,从上述计算结果来看,与正确的比声压级相比较其值相差甚远。因此可以说 4—68 型风机的这组数据在工程设计中不能采用。

3 消声计算用风机噪声声功率级的确定

最近十几年,由于我国风机行业技术的进步,新产品的不断涌现,加上国外诸多性能先进的风机生产企业落户中国,目前在我国已经形成适合各种空调产品使用的风机系列产品。虽然空调设备和空调风机噪声的国家标准和行业标准相继出台,如:1) JB/T 10504—2005《空调风机噪声声功率级测定混响室法》<sup>[17]</sup>;2) GB/T 9068—1988《采暖通风与空气调节设备噪声声功率级的测定工程法》<sup>[18]</sup>;3) JB/T 4330—1999《制冷和空调设备噪声的测定》<sup>[19]</sup>等,但是从标准颁布实施的时间来看,这些标准大都是十几年前制订的,即使是 2005 年颁布的 JB/T 10504,也是等效采用美国空气输送和控制协会标准 AMCA 300-1996《风机噪声测试法——混响室法》<sup>[17]</sup>标准,而该标准已经多次颁布新版,最近的版本为 2008 年版,同时这些标准,尤其是国家标准的覆盖面是十分有限的。

在空调风机和空调设备的噪声标准方面,美国应该是最完善的,迄今为止 ASHRAE, AHRI (ARI), AMCA 颁布的相关标准就多达十几种。如何正确地测量空调风机和空调机组的噪声,美国

ASHRAE 手册<sup>[20]</sup>有一段十分精辟的论述,现综述如下:

空调机组制造厂通常会基于两种方法之一,提供他们生产的空调机组出口、入口和机壳辐射的声功率级。方法一是单风机测量法,一般依据 AMCA Standard 300<sup>[21]</sup>测量风机的声压级,然后通过计算来预测空调机组的风机通过出口、入口和机壳辐射传递的声功率级。方法二是依据 ARI 260 标准<sup>[22]</sup>,根据该标准来测试空调机组的整机声功率级,在这个标准中,整机是指风机、空气过滤器、盘管、箱体、外壳等配件的集合,进口、出口及机壳辐射的声功率级在标准混响室中完成。只要有可能应该采用 ARI 260 标准测试的数据,因为这种方法消除了第一种方法的诸多不确定性。

因此,现阶段对于空调机组的噪声测量比较可靠的方法应是参照 ARI 260 标准<sup>[22]</sup>进行,由空调制造厂给出依据相关标准测量的空调机组的倍频带声功率级。即使是条件不具备,空调机组制造厂也应该提供单风机的出口、入口和机壳辐射传递的倍频带声功率级,目前国内已有部分空调风机制造厂可以提供各种空调风机的倍频带声功率级。

4 结论

风机噪声的声功率级是空调系统消声设计计算中最重要的原始数据,目前国内暖通空调专业采用的风机噪声的声功率级计算公式和有关参数表存在明显的错误和不足,这些错误和不足已长达 40 余年,应该纠正了。

国内空调系统消声设计计算中风机噪声的声功率级的确定一直沿用以风机比声功率级作为基准的计算方法,有关文献给出了某些风机产品的比声功率级。由于这些风机比声功率级仅仅包括了 几种工业风机,且试验的时间已十分久远,而目前空调机组主要使用的空调风机系列产品的比声功率级又未能依据正确的标准进行试验,并给出可供设计使用的数据,所以现阶段空调消声计算用的风机声功率级应采用空调风机厂的实测数据,更加合理的方法则是参照有关标准,由空调制造厂给出依

据相关标准测量的空调机组的出口、入口和机壳辐射传递的倍频带声功率级。

### 参考文献:

- [1] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 2 版. 北京: 中国建筑工业出版社, 2008
- [2] 陆耀庆. 实用供热空调设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993
- [3] 殷平. 通风空调系统的消声计算方法[J]. 通风除尘, 1987, 6(4)
- [4] 第四机械工业部第十设计院. 空气调节与制冷设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1970
- [5] 电子工业部第十设计研究院. 空气调节设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1983
- [6] 建设部工程质量安全监督与行业发展司, 中国建筑标准设计研究所. 全国民用建筑工程设计技术措施 暖通空调·动力[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2003
- [7] 项端祈. 空调系统消声与隔振设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 2005
- [8] 赵荣义. 简明空调设计手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1998
- [9] 清华大学, 西安冶金建筑学院, 同济大学, 等. 空气调节[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1985
- [10] 智乃刚, 萧滨诗. 风机噪声控制技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 1985
- [11] 商景泰. 通风机手册[M]. 北京: 机械工业出版社, 1994
- [12] 中国科学院. GB/T 6882—2008 声学 声压法测定噪声源的声功率级 消声室和半消声室精密法[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009

- [13] 中国科学院. GB/T 3767—1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方近似自由场的工程法[S]. 北京: 中国计划出版社, 1997
- [14] 中国科学院. GB/T 3768—1996 声学 声压法测定噪声源声功率级 反射面上方采用包络测量表面的简易法[S]. 北京: 中国计划出版社, 1997
- [15] 中国科学院. GB/T 6881—1986 声学 噪声源声功率级的测定 混响室精密法和工程法[S]. 北京: 中国计划出版社, 1987
- [16] 中国科学院. GB/T 16538—2008 声学 声压法测定噪声源的声功率级 现场比较法[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009
- [17] 合肥通用机械研究所. JB/T 10504—2005 空调风机噪声声功率级测定混响室法[S]. 北京: 中国计划出版社, 2006
- [18] 合肥通用机械研究所. GB/T 9068—1988 采暖通风与空气调节设备噪声声功率级的测定工程法[S]. 北京: 中国计划出版社, 2000
- [19] 合肥通用机械研究所. JB T 4330—1999 制冷和空调设备噪声的测定[S]. 北京: 中国计划出版社, 2000
- [20] ASHRAE. ASHRAE handbook applications [M]. Atlanta: ASHRAE Inc, 2007
- [21] AMCA. AMCA Standard 300-2005 Reverberant room method for sound testing of fans[S]. Arlington Heights: Air Movement and Control Association International, 2008
- [22] ARI. ARI Standard 260-2001 Sound rating of ducted air moving and conditioning equipment[S]. Arlington: Air Conditioning and Refrigeration Institute, 2001

—————  
(上接第 40 页)

## 6 两线系统分期实施

原则上, 两线通风空调系统同步设计, 分期实施。但是, 由于 9 号线车站的建设时间比 11 号线车站要早两年, 当 9 号线车站通车运营时, 11 号线车站仍有部分未开通使用。为了保证这种情况下 9 号线车站能够正常运营, 设置在 11 号线车站内的与 9 号线车站运营相关的设备管理用房必须要同步实施。根据这一原则划分了一次装修和二次装修的设计界面, 二次装修范围内的设备及管线应留有接口及安装条件。二次装修范围内的管线届时实施有困难的, 则在一次装修中予以同步实施。

## 7 火灾工况联动控制模式

徐家汇枢纽 9 号线、11 号线公共区为同一个防火分区, 地下 2 层换乘大厅划分为 3 个防火分

区, 1 号线夹层大厅及其通道纳入 1 号线公共区防火分区。每个防火分区又划分若干个防烟分区, 排烟系统管路复杂, 主要通过设支管和电动防火阀的方式进行切换控制。任何一个大系统或小系统发生火灾时, 其他系统如何操作都进行了联动设计, 9 号线、11 号线共用一个车控室, 与 1 号线的车控室之间互设通信接口, 由防灾报警系统报告火灾情况, 整个换乘站进入联动控制模式。

### 参考文献:

- [1] 徐正良, 陈烨, 何斌. 上海市轨道交通徐家汇枢纽与地下空间一体化开发利用[J]. 时代建筑, 2009(5): 50-53
- [2] 王卓瑛, 张中杰. 地铁暖通空调系统设计中关键问题的探索[J]. 中国市政工程, 2007(8): 54-56