

# 金属切削机床 噪声声功率级的测定

Determination of sound power levels of  
noise emitted by metal-cutting machine tools

## 1 引言

1.1 本标准规定了在一个反射平面上方为自由场的声学测试环境下,在一假想的包络机床的测量表面上测出声压级,经过计算得出声功率级的方法。所得的数据用以评价和比较机床噪声声功率级。

1.2 本标准中的测量方法根据声学测试环境和测量要求确定,测量方法分为工程法、准工程法和简易法。工程法及准工程法适用于辐射稳态的、非稳态的宽带噪声或窄带噪声的各类机床,不适用于辐射脉冲噪声和线性尺度超过15m的机床。简易法适用于辐射宽带、窄带、离散频率等稳态噪声的机床。除重复率小于每秒5个的猝发声外,也适用于辐射非稳态噪声的机床。对被测机床的体积不加限制,对于特大尺寸的机床选取主要噪声源的那一部分进行测量。

1.3 本标准是参照国家标准 GB 3767-83《噪声源声功率级的测定——工程法及准工程法》,GB 3768-83《噪声源声功率级的测定——简易法》制订的。

本标准中使用的术语、量和单位的名称及符号均符合GB 3947-83《声学名词术语》,GB 3102.7-82《声学的量和单位》等有关声学的国家标准的规定。

## 2 测量项目及测量误差

### 2.1 工程法

2.1.1 测定项目: A 声功率级和频带声功率级。当有特殊需要时可选用其它计权声功率级。

2.1.2 测量误差: 测量A 声功率级的标准偏差不大于 2 dB; 测量1/1倍频带和1/3倍频带声功率级的标准偏差不大于表1中的要求。

表 1 测量频带声功率级的误差

1/1倍频带中心频率 Hz	1/3倍频带中心频率 Hz	标准偏差 dB
125	100—160	3.0
250—500	200—630	2.0
1000—4000	800—5000	1.5
8000	6300—10000	2.5

注: ① 测量误差此处系指由于各种因素所造成的累积标准偏差。

② 63Hz以下频带声功率级的标准偏差约为 5 dB。

### 2.2 准工程法

2.2.1 测定项目: A 声功率级。

2.2.2 测量误差：标准偏差不大于 3 dB。

2.3 简易法

2.3.1 测定项目：A 声功率级。

2.3.2 测量误差：对于辐射频谱密度均匀的噪声的机床，标准偏差不大于 4 dB；对于辐射离散频率的噪声的机床，标准偏差不大于 5 dB；在相同测试环境中对同类型同规格机床进行比较时，其标准偏差小于 3 dB。

3 声学环境

3.1 满足本标准的声学环境为：在一个反射平面上方为自由场的房间或具有硬反射面的平坦的室外广场。反射平面的尺寸应至少比测量表面在反射面上投影的尺寸每边大  $\lambda/2$ ， $\lambda$  为最低测量频率对应的波长 (m)。

3.2 一般用环境修正值  $K_2$  或  $A/S$  [A 为房间吸声量 ( $m^2$ )，S 为测量表面面积 ( $m^2$ )] 来衡量测试环境符合测试要求的程度。

- a. 当测试环境符合  $K_2 < 2.2$ ，或  $A/S > 6$  时，采用工程法；
- b. 当测试环境符合  $2.2 < K_2 < 3$ ，或  $4 < A/S < 6$  时，采用准工程法；
- c. 当测试环境符合  $K_2 < 7$  或  $A/S > 1$  时，采用简易法。

3.3 被测机床附近的反射物应尽可能移去，假想测量表面之内不允许有任何声反射、声吸收物体。

3.4 对测量值应进行环境反射影响的修正，环境修正值  $K_2$  按附录 A 求得。

3.5 背景噪声修正值  $K_1$ ：

3.5.1 工程法及准工程法：要求在整个测量过程中，各测点上的背景噪声 (A 声级及频带声压级) 均比被测机床工作时声压级低 6 dB 以上。否则测量无效。背景噪声修正值  $K_1$  见表 2。

3.5.2 简易法：要求在整个测量过程中，各测点上的背景噪声均比被测机床工作时测得的声级低 3dB 以上。背景噪声修正值见表 2。

3.6 在室外测量时，风速应小于 6 m/s (相当于 4 级风)，并应使用风罩。

3.7 当测试环境的温度、气压偏离  $t = 20^\circ C$ ， $P_0 = 100 kPa$  引起的修正值等于或大于 0.5 dB 时应进行修正，修正值  $K_3$  以 0.5 dB 为计算单位，其计算公式如下：

$$K_3 = 10 \lg \left[ \sqrt{\frac{293}{273 + t}} \cdot \frac{P_0}{100} \right] \dots\dots\dots (1)$$

式中： $K_3$ ——温度、气压修正值，dB；

$t$ ——测试环境的温度， $^\circ C$ ；

$P_0$ ——测试环境的气压，kPa。

注：当环境条件  $t = 20^\circ C$ ， $P_0 = 100 kPa$  时，空气的特性阻抗  $Z_c = \rho c = 400 Pa \cdot s/m$ ，此时  $L_t = L_p$ 。

表 2 背景噪声修正值

dB

被测机床工作时测得的声压级与背景噪声声压级之差	背景噪声修正值 $K_1$	
	工程法或准工程法	简易法
< 3	测量无效	测量无效
3	测量无效	3
4	测量无效	2
5	测量无效	2
6	1.0	1
7	1.0	1
8	1.0	1
9	0.5	0.5
10	0.5	0.5
> 10	0	0

## 4 测量仪器

4.1 测试用声级计应符合GB 3785—83《声级计的电、声性能及测试方法》中的有关规定。工程法和准工程法测试时应使用I型声级计。简易法测试时应使用II型声级计。亦可使用与该型声级计准确度相当的其它测量仪器。

4.2 1/1和1/3倍频程滤波器应符合GB 3241—82《声和振动分析用1/1和1/3倍频程滤波器》中的要求。

4.3 传声器与声级计之间最好使用延伸电缆或延伸杆。

4.4 测量仪器应定期检定，包括传声器、电缆在内的整个测量系统应在每次测量前后均按有关规定进行校准，以保证测试仪器的准确度。

## 5 机床的安装和工作条件

5.1 被测机床应按产品说明书规定的正常使用条件安装在反射平面上。有一种以上安装方式或不符合安装要求时应在报告中注明。

5.2 与机床正常操作有关的辅助设备都应处于工作状态。

5.3 机床的工作条件：

5.3.1 测试应在机床空转产生最大声压级的转速下进行。当需要在负载情况下测试时，应规定负载条件。

5.3.2 测试前机床至少应中速运转15分钟，以达到稳定状态。

## 6 测量方法

### 6.1 基准体

6.1.1 为了确定测量表面与测点位置，需要确定一基准体，对于机床可用一个刚巧能包络机床并以反射平面为底面的最小矩形六面体作为基准体。支架、导轨、手轮等不发声或发声很小的凸出部分可排除在基准体之外。

6.1.2 长度小于2.5m的机床，可以把整个机床选为基准体，也可以把声源部分选为基准体，长度大于2.5m的机床选声源部分为基准体。

### 6.2 测量表面

测量时可选用两种测量表面：半球测量表面和矩形六面体测量表面。基准体最大尺寸小于1m，或者虽然有某一尺寸超过1m，但最大与最小尺寸之比小于2时，只要现场条件许可，应优先选用半球测量表面。测量长机床、高机床或只能在离机床较近位置上测量时应选用矩形六面体测量表面。

### 6.3 测量距离

6.3.1 对于半球测量表面，测量距离是指基准体在反射面上投影的中心（坐标系统的原点）到半球测量表面的距离，即为半球的半径 $r_0$ ，此距离应满足以下条件：

$$r \geq 2 D_0 \dots\dots\dots (2)$$

式中 $D_0$ 为特性距离，是基准体的投影中心到基准体四顶角中任一顶角的距离，即

$$D_0 = \left[ \left( \frac{l_1}{2} \right)^2 + \left( \frac{l_2}{2} \right)^2 + l_3^2 \right]^{\frac{1}{2}} \dots\dots\dots (3)$$

其中 $l_1$ ， $l_2$ ， $l_3$ 分别为基准体的长、宽、高。

6.3.2 对于矩形六面体测量表面，测量距离是指基准体到矩形六角体测量表面各对应面间的距离。此测量距离 $d$ 最好取 $d = 1 \text{ m}$ ；最小应不小于 $d = 0.5 \text{ m}$ 。

### 6.4 测点数与测点布置

#### 6.4.1 工程法及准工程法

6.4.1.1 采用半球测量表面时测点数与测点布置如图1所示。图1中1—10点为基本测点。其坐标

见表3, 11—20为附加测点。附加测点是由原来的10个基本测点绕Z轴旋转180°获得 这样, 测点总数由10个 增加到20个(顶点测两次, 因第10点与第20点重合)。

表 3 半球测量表面基本测点的坐标 (工程法、准工程法)

测 点	$\frac{x}{r}$	$\frac{y}{r}$	$\frac{z}{r}$
1	-0.99	0	0.15
2	0.50	-0.86	0.15
3	0.50	0.86	0.15
4	-0.45	0.77	0.45
5	-0.45	-0.77	0.45
6	0.89	0	0.45
7	0.33	0.57	0.75
8	-0.66	0	0.75
9	0.33	-0.57	0.75
10	0	0	1.0

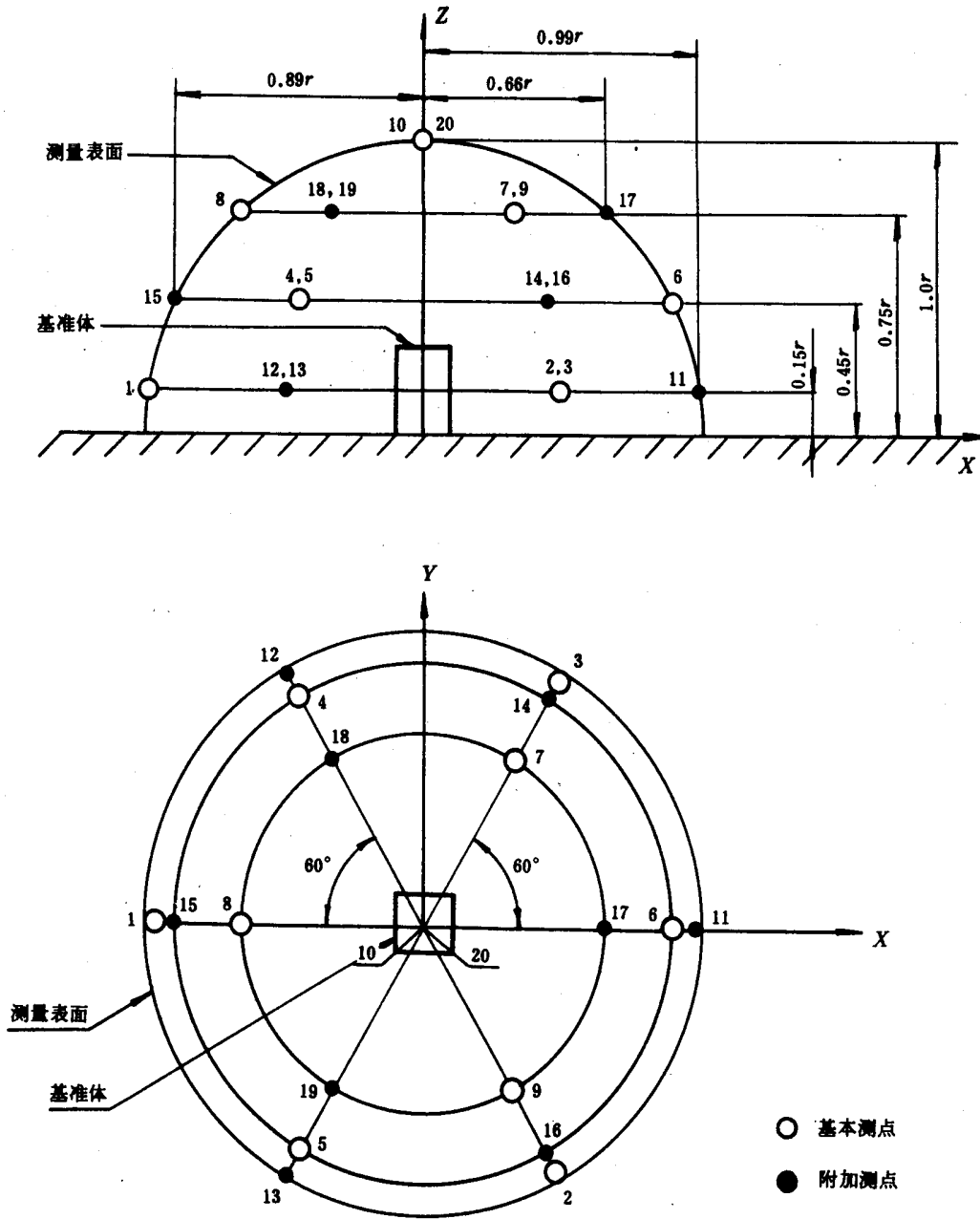


图 1 半球测量表面上的测点位置 (工程法、准工程法)

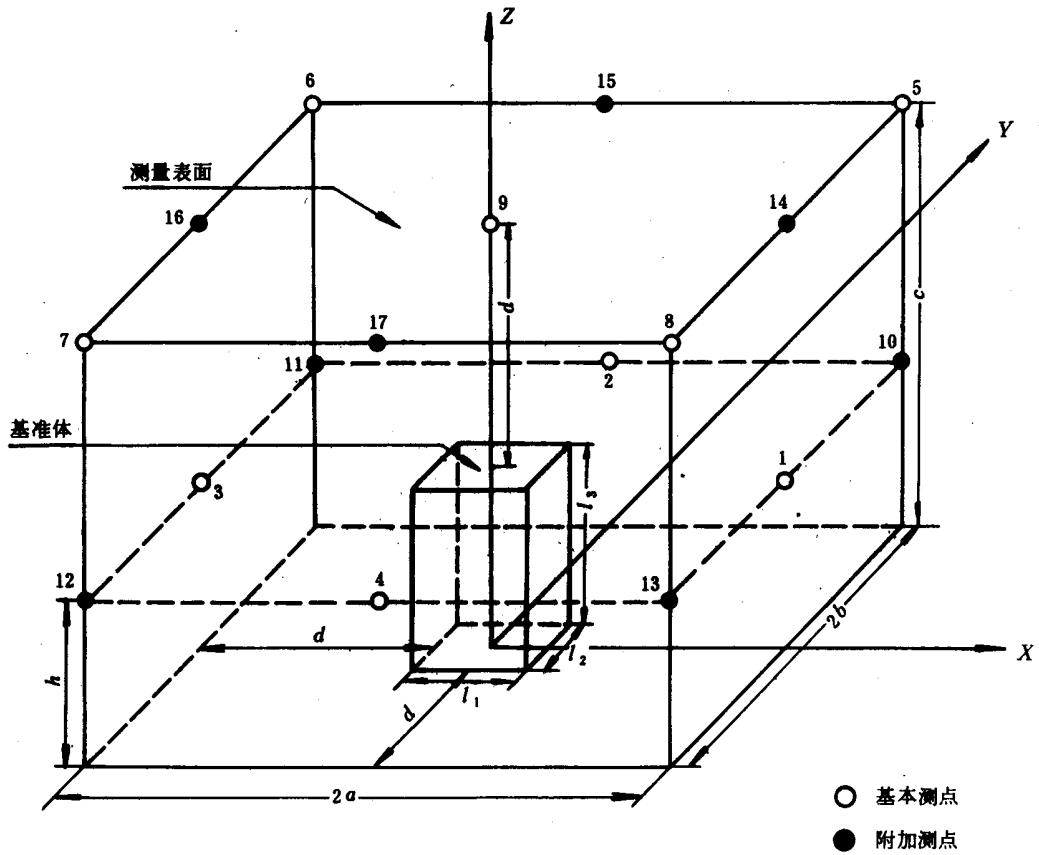


图 2 矩形六面体测量表面上的测点位置 (工程法、准工程法)

6.4.1.2 采用矩形六面体测量表面时, 测点数与测点布置, 如图 2 所示, 1—9 点为基本测点, 10—17 点为附加测点, 其测点坐标见表 4。

表 4 矩形六面体测量表面上基本测点和附加测点的坐标 (工程法、准工程法)

测 点	$x$	$y$	$z$
1	$a$	0	$h$
2	0	$b$	$h$
3	$-a$	0	$h$
4	0	$-b$	$h$
5	$a$	$b$	$c$
6	$-a$	$b$	$c$
7	$-a$	$-b$	$c$
8	$a$	$-b$	$c$
9	0	0	$c$
10	$a$	$b$	$h$
11	$-a$	$b$	$h$
12	$-a$	$-b$	$h$
13	$a$	$-b$	$h$
14	$a$	0	$c$
15	0	$b$	$c$
16	$-a$	0	$c$
17	0	$-b$	$c$

表4中:  $a = l_1 / 2 + d$

$b = l_2 / 2 + d$

$c = l_3 + d$

$h = M \times c$

式中:  $l_1, l_2, l_3$  分别为基准体的长、宽、高。

$d$  ——测量距离, m;

$h$  ——测量高度, m;

$M$  ——常数。

一般情况下, 选用  $M = 0.5$ , 对特殊机床也可选取以下数据中的一种:

a.  $M = l_3 / 2c$ ;

b.  $h =$  卧式机床的主轴中心高;

c.  $h = 1.2\text{m}$ 。

测点离反射平面的最小高度不得小于0.15m, 同类机床, 高度  $h$  应选择一致。

当被测机床很大, 其特性距离超过5.0m时, 应继续增加测点数目, 使测量表面上的测点间隔不超过  $2d$ , 并均匀分布。

6.4.1.3 以下情况之一需要附加测点:

a. 当基本测点测得的最大最小声压级之差超过测点数目时。

b. 当基准体长宽高中任一尺寸大于两倍测量距离时。

c. 当声源辐射噪声的指向性很强时。指向性指数的计算方法见附录B。

6.4.1.4 当被测机床对称性地辐射噪声时, 只要通过测定说明减少测点数目对计算声源声功率级的影响不大于1.0dB, 则测点数目可适当减少。

6.4.2 简易法

6.4.2.1 采用半球测量表面时测点数与测点布置如图3所示, 图中基本测点为1—4点, 基本测点坐标见表5。测点位置相对于被测声源的方位(坐标轴  $X$ 、 $Y$  的方位), 需要通过测试加以确定。用声级计在高度为  $0.6r$  处沿着距  $Z$  轴为  $0.8r$  的圆形路径找出A声级最高一点, 使该点与4个测点位置之一重合。

当被测机床辐射可听的离散频率时, 测点位置应选用离地面的高度不大于0.05m处, 其测点坐标见表5, 且要求地面是坚硬的(如混凝土或沥青地面)。

表5 半球测量表面上测点的坐标(简易法)

测点	高度为 $z = 0.6r$ 的测点			反射面上的测点		
	$x/r$	$y/r$	$z/r$	$x/r$	$y/r$	$z$
1	0.8	0.0	0.6	1.0	0.0	<0.05m
2	0.0	0.8	0.6	0.0	1.0	<0.05m
3	-0.8	0.0	0.6	-1.0	0.0	<0.05m
4	0.0	-0.8	0.6	0.0	-1.0	<0.05m

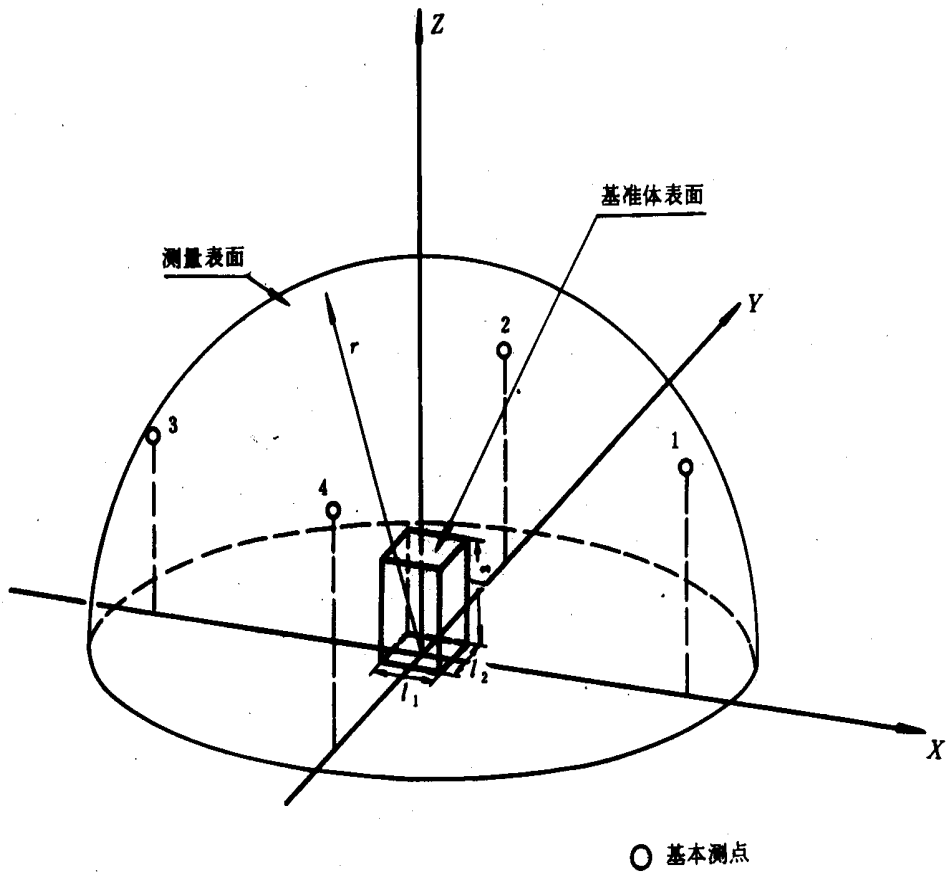


图3 半球测量表面上测点位置(简易法)

6.4.2.2 采用矩形六面体测量表面时,测点数与测点布置如图4所示。

a. 对于小机床,测点数至少为6点,1—4点加上顶上的第5点和高度为  $h$  的水平面上沿测量表面读得最大A声级的那点。其中  $h = \frac{1}{2}(H + d)$ , 式中:  $H = l_3$ 。



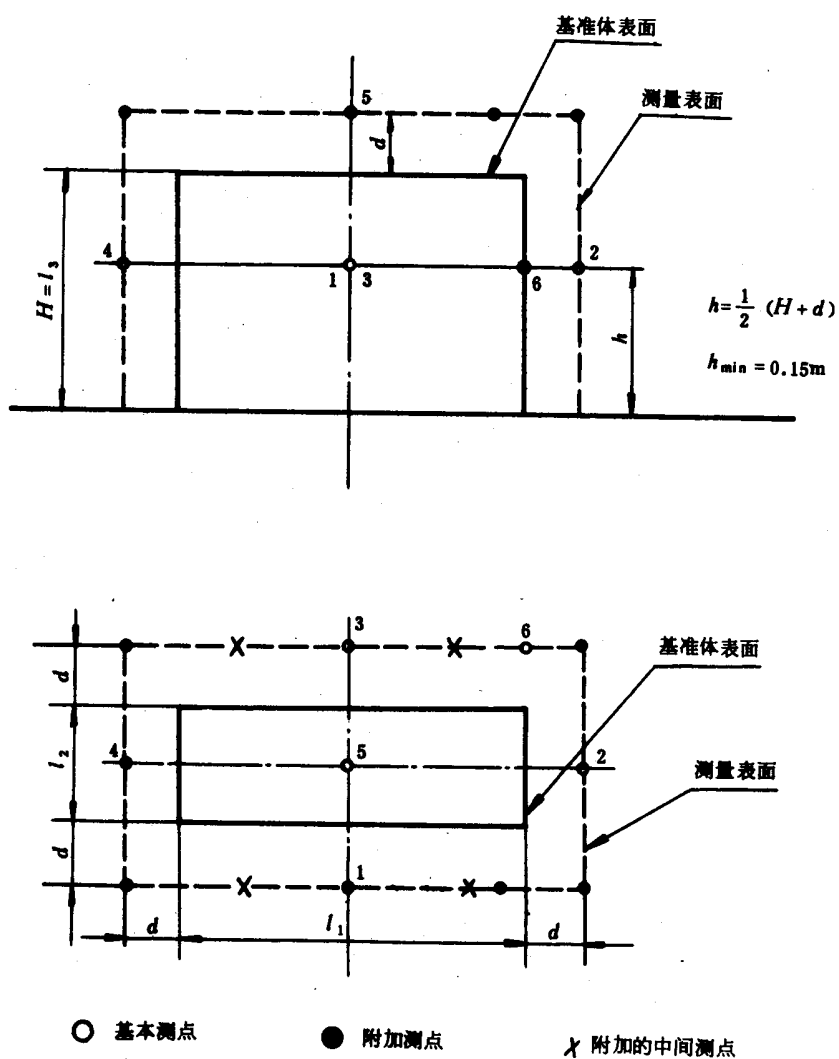


图 4 矩形六面体测量表面上的测点位置 (简易法)

b. 对于水平尺寸超过2.5m的长机床。当1—5点中最大最小声级之差超过5 dB时，需附加四个测点，即在1—4点的平面内的四个角上各加一点。当需要时，可再附加中间测点，使测点间距小于2 m。

c. 对于 $h > 2.5m$ 的高机床，需在两个高度上布置测点：

$$h_1 = \frac{H + d}{2} \quad (\text{四个测点位置同小声源})$$

$$h_2 = H + d \quad (\text{四个测点位置在四个角上})$$

每一层除四个主要测点外，都应加上A声级最大的点再加上顶点一点。因此，测点数至少为11点。

## 7 测量表面平均声压级和声功率级的计算

### 7.1 测量表面平均声压级 $\bar{L}_p$ 的计算

测量表面平均声压级 $\bar{L}_p$ 用下式计算:

$$\bar{L}_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1(L_i - K_{1i})} \right] \dots\dots\dots (3)$$

式中:  $\bar{L}_p$ ——测量表面平均声压级, dB (基准值为20 $\mu$ Pa);

$L_i$ ——第*i*点测得的声压级, dB (基准值为20 $\mu$ Pa);

$K_{1i}$ ——第*i*点的背景噪声修正值, dB;

$N$ ——测点总数。

注: 当 $L_i$ 的值变动范围不超过5 dB时, 可使用算术平均, 其计算误差不大于0.7 dB。

### 7.2 声功率级 $L_w$ 的计算

声功率级 $L_w$ 用下式计算:

$$L_w = (\bar{L}_p - K_2 - K_3) + 10 \lg (S/S_0)$$

式中:  $L_w$ ——声功率级, dB (基准值为1 pW);

$\bar{L}_p$ ——测量表面平均声压级, dB (基准值为20 $\mu$ Pa);

$K_2$ ——环境修正值 (见附录A), dB;

$K_3$ ——温度气压修正值, dB;

$S$ ——测量表面面积, m<sup>2</sup>。对于半球测量表面 $S=2\pi r^2$ 。对于矩形测量表面 $S=4(ab+bc+ca)$ ,  $S_0=1\text{ m}^2$ 。

## 8 测试报告的内容

### 8.1 测试报告中应写明:

- a. 被测机床的种类、型号、规格、序号、出厂年月和制造厂。
- b. 机床的安装情况。
- c. 机床的工作情况。

### 8.2 测试环境的描述:

按比例绘制测量环境的大小和机床安装位置、机床周围反射物体的大小和形状。对地面、墙壁、天花板等材料的性质加以说明。

### 8.3 绘制测量表面及测点布置图。

8.4 如在室外测量, 绘制机床位置示意图时, 应标出与其它物体之间的距离, 说明测量环境、反射面情况、风速、气象等。

### 8.5 测量系统中仪器的名称、型号、生产厂和校准的方法、声学校准器校准的时间和部门。

### 8.6 测量数据的记录内容:

- a. 测量距离及测量表面面积 $S$ 。
- b. 各测点上测得的背景噪声声压级及其修正值和温度、气压及其修正值。
- c. 环境修正值的测量数据及计算结果。
- d. 各测点的声压级。
- e. 计算得到的测量表面平均声压级。
- f. 计算得到的A声功率级及频带声功率级。
- g. 需要时绘制频带声功率级的频谱图。
- h. 需要时计算指向性指数。

### 8.7 对被测机床噪声的主观印象: 纯音、脉冲声、杂音等的描述。

### 8.8 测试单位: 时间、地点、参加测试人员。

**附录 A**  
**测试环境鉴定方法、环境修正值  $K_2$  的确定**  
(补充件)

测量环境修正值  $K_2$  是确定声学环境是否符合测量要求的判据, 并用以修正测量环境对表面平均声压级的影响。

确定环境修正值  $K_2$  的方法有三种。工程法与准工程法测量用比较法和混响时间法; 简易法测量除这两种方法外, 还可用估算法。

### A.1 比较法

**A.1.1** 比较法是用标准噪声源确定环境修正值的方法。将标准噪声源放在被测机床的测量环境中, 使用与被测机床相同的测量表面。测量距离和测点数, 按第6,7章测定该环境中的标准噪声源的声功率级。则环境修正值  $K_2$  为:

$$K_2 = L_w - L_{w_r} \dots\dots\dots (A1)$$

式中:  $L_w$ ——在该测量环境中测定的标准噪声源的声功率级, dB;

$L_{w_r}$ ——标准噪声源标定的声功率级, dB。

**A.1.2** 声源的放置, 可以使用替代法和并列法两种方法。

**a.** 替代法: 移开机床, 把标准声源放在机床所在的反射平面上。对于长宽比小于2的机床, 标准噪声源放在基准体的反射平面投影的中心; 对于长宽比大于2的机床, 标准噪声源应放在基准体在反射面上投影的四条矩形边的中点位置; 对于大型长床身机床, 标准噪声源在基准体投影的长边上的位置还需增加, 使标准噪声源间距小于  $2d$ 。环境修正值  $K_2$  取几个位置上测定的  $K_2$  数值的平均值。

当搬开机床有困难时, 可把标准噪声源放在与机床位置有相似环境条件的地方测定  $K_2$  值。

**b.** 并列法: 没有a中所述条件时, 将标准噪声源放在机床床头箱、导轨、刀架或工作台上, 其高度应与机床声源的中心位置大体相同。

### A.2 混响时间法

混响时间法是由测量混响时间  $T$  计算环境修正值的方法。本方法适用于比较有规则的房间。环境修正值  $K_2$  按下式计算。

$$K_2 = 10 \lg \left( 1 + \frac{4}{A/S} \right) \dots\dots\dots (A2)$$

式中:  $S$ ——测量表面面积,  $m^2$ ;

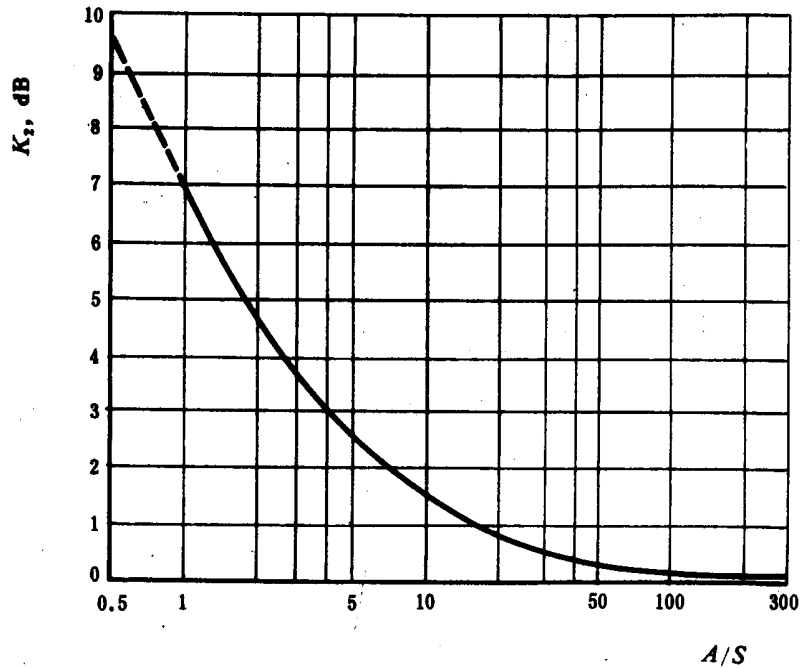
$A$ ——房间吸声量,  $m^2$ 。

$$A = 0.16 \frac{V}{T} \dots\dots\dots (A3)$$

式中:  $V$ ——房间体积,  $m^3$ ;

$T$ ——混响时间, s。

$K_2$  值也可以从下图中查出。



环境修正值  $K_2$  与  $A/S$  的关系

**A.3 估算法**

应用下表估算测量环境的平均吸声系数  $\bar{\alpha}$ ，然后用公式(A.4)计算房间吸声量  $A$ 。

平均吸声系数 $\bar{\alpha}$	房间状况
0.05	基本上空的房间，墙面为混凝土、砖、石膏板或贴面砖构成的光滑墙面
0.10	墙面光滑而部分空的房间
0.15	有家具的房间，矩形机器房和工业车间
0.20	有家具的不规则房间，不规则的机器间或工业车间
0.25	有装饰的房间或有少量吸声材料的机器间或车间
0.35	顶棚和墙面有吸声材料的房间
0.50	顶棚和墙面有大量吸声材料的房间

$$A = \bar{\alpha} S_v \dots\dots\dots (A4)$$

式中：  $\bar{\alpha}$  ——房间平均吸声系数；

$S_v$  ——包括墙壁、天花板、地面在内的房间总表面积， $m^2$ 。

最后，用公式 (A.2) 计算出环境修正值  $K_2$ ，也可从本附录图中查出。

附录 B  
指向性指数的计算  
(补充件)

机床的指向性指数可以在一个反射平面上方为自由场的半消声室中进行测量，并使用下式计算：

$$D_i = L_{pi} - L_p + 3 \text{ dB}$$

式中： $D_i$ ——指向性指数，dB；

$L_{pi}$ ——在所需 $D_i$ 的方向上的声压级，dB；

$L_p$ ——半径为 $r$ 的半球测量表面上的平均声压级，dB。

---

附加说明：

本标准由全国声学标准化技术委员会审查通过。

全国声学标准化技术委员会

主任委员：马大猷，副主任委员：于渤、吴大胜、徐唯义。

本标准由全国声学标准化技术委员会噪声分委员会提出。

噪声分委员会

主任委员：于渤，副主任委员：梁一中、李炳光。

委员：陈绎勤、赵松龄、冯瑀正、孙广荣、金绍元、任文堂、汪明清、陈业绍、闻振纲、盛伯浩、刘仕民、董丽筠、谭惠卉、许庆方。

本标准由机械工业部机床研究所、清华大学、上海机床研究所、云南省机械研究设计院负责编制。

本标准主要起草人顾宝康、张玉峰。