

GJB

中华人民共和国国家军用标准

FL 2000

GJB 4058-2000

舰船设备噪声、振动测量方法

Noise and vibration measurement methods for
equipment of naval ships

2000-06-15 发布

2000-10-01 实施

国防科学技术工业委员会 批准

中华人民共和国国家军用标准

舰船设备噪声、振动测量方法

Noise and vibration measurement methods for
equipment of naval ships

GJB 4058-2000
代替 GJB 763.4-89
GJB 763.5-89

1 范围

1.1 主题内容

本标准规定了舰船设备空气噪声和振动的测量方法。

1.2 适用范围

本标准适用于舰船设备台架试验时空气噪声和振动的测量,实船测量时也可参照使用。

2 引用标准

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(egvISO3744:1994)

GB/T 3785-1983 声级计的电声性能及测试方法

GB/T 4129-1995 声学 噪声源声功率级的测定 标准声源的性能要求与校准

JJG(船舶)17-98 声强仪性能(声压级、P-I 指数)校验规程

3 定义

3.1 标准声源 reference sound source

具有稳定的声功率输出、宽带频谱的声源。声功率级应大于 70dB;在 100Hz~10kHz 的范围内所有 1/3oct 声功率级的最大和最小的差值在 12dB 之内,相邻两个 1/3oct 声功率级偏差不得超过 ± 3 dB;任何 1/3oct 的指向性指数不超过 9dB,输出的声压级至少应超过背景噪声 10dB;有气动声源、电动声源和机械声源等形式。

3.2 基准体 reference rectangular parallelepiped

正好包络被测声源并且终止在反射表面上的最小矩形六面体。

3.3 测量距离 measurement distance

基准体表面和测量表面间的距离。

3.4 测量表面 measurement surface

包络声源并与声源相距一个测量距离的一个假想六面体。传声器测量位置分布在该面上。

3.5 振动烈度 vibration severity

振动烈度是表示振动强烈程度的量。本标准采用指定测点振动速度有效值的合成值来表

征振动烈度。振动烈度的数学定义见公式(1)。

$$V_s = \sqrt{\left[\frac{\sum V_x}{N_x}\right]^2 + \left[\frac{\sum V_y}{N_y}\right]^2 + \left[\frac{\sum V_z}{N_z}\right]^2} \dots\dots\dots (1)$$

式中: V_s ——振动烈度, mm/s;

V_x, V_y, V_z ——三个互相垂直方向上的振动速度有效值, mm/s;

N_x, N_y, N_z ——三个互相垂直方向上的测点数。

3.6 机组 machine set

原动机与被拖动机械、设备的组合。

4 一般要求

4.1 对大型设备或机组,测量前应根据试验大纲编制实施细则,其内容主要包括:

- a. 测量目的及内容;
- b. 测量时被测设备的安装方式、工况及执行程序;
- c. 报告要求;
- d. 测量系统;
- e. 测点分布图及相对坐标。

4.2 所有测量仪器、仪表都应经国家认可的计量检定机构检定,取得检定合格证书,并处于检定有效期内。

4.3 被测设备应能按规定工况正常工作,在有条件时应按实船安装方式安装,并在测量报告中详细阐明被测设备的安装方式以及被测设备是否包括辅助装置、动力源等其他装置。

4.4 测量人员应持证上岗。

5 详细要求

5.1 空气噪声测量

5.1.1 测量条件

5.1.1.1 测量环境

5.1.1.1.1 测量场所

a. 测量场所应尽量选用除地面外无反射条件的场所。测点到设备的距离为1倍和2倍测量距离长度时,其A声级的差值应不小于5dB;

b. 若不能满足上述条件时,应对测量结果进行环境修正。

5.1.1.1.2 背景噪声

测量表面上各测点背景噪声的A声级平均值,应比设备或标准声源工作时在测量表面上各测点的A声级平均值低4dB以上。如果测倍频带声压级,则每倍频带声压级均应符合此要求。

5.1.1.1.3 空气流速

测量时,测点处空气流速应低于5m/s。当空气流速大于1m/s时,传声器上应加防风罩。

5.1.1.2 测量仪器

5.1.1.2.1 测量仪器应使用 GB/T 3785 中规定的 2 型或 2 型以上的声级计,或准确度相当的其他测量仪器。用慢档测量(或积分时间 $t > 8s$,至少平均三次)。声级计或其他测量仪器与传声器之间最好使用延伸电缆或延伸杆,传声器与声源之间不应有障碍物。

5.1.1.2.2 每次测量前后,需用准确度优于 $\pm 0.3dB$ 的声级校准器对整个测量系统(包括电缆)进行校准。若测量后校准误差大于 $\pm 1dB$,则测量结果无效,应重新测量(若无法重测,则数据仅供参考)。

5.1.1.2.3 在环境修正时使用的标准声源,应符合 GB/T 4129 的规定。

5.1.1.2.4 声强探头应采用无指向性的相位相匹配的传声器对。

5.1.1.3 被测设备的安装与运行

5.1.1.3.1 被测设备的安装

a. 被测设备应尽可能靠近反射面安装。设备应采用弹性安装,与任何外部管道应挠性连接,挠性连接件与设备的距离不应超过 1m;

b. 在测量过程中,对被测设备工作所必需的辅助装置应尽可能安置在被测设备的测量环境之外或进行声学隔离;

c. 被测设备工作时有进排气的,应通过管道将进、排气口引到测量环境之外或接入消声器。若进、排气包括在测量表面内,应在报告中加以说明。

5.1.1.3.2 测量时被测设备的运行

测量时被测设备应按实船使用的常用方式工作,或按技术规格书规定进行。若无特别规定,也可适当选择以下的工况:

- a. 在规定的负载下;
- b. 在满载下(如果不同于 a);
- c. 在空载下;
- d. 在最大声辐射的工况下;
- e. 在模拟负载的工况下。

对泵类设备,应待泵温和转速稳定后(转速允许偏差 $\pm 5\%$)才能进行泵的噪声测量。

5.1.2 测量参数

本标准规定的测量参数为声压级或声功率级。

5.1.3 测量方法

5.1.3.1 声压法测定声功率级

5.1.3.1.1 基准体与测量表面

确定基准体尺寸时,可以不考虑对辐射噪声影响不大的凸出部分。

测量表面与基准体各对应面相平行,间距为 d 。测量距离 $d \geq 1m$,一般取 1m。

5.1.3.1.2 测点位置

5.1.3.1.2.1 测点应均匀分布在测量表面上。根据基准体的大小和噪声辐射的空间均匀性,确定测点位置和数量。见图 1~图 4。

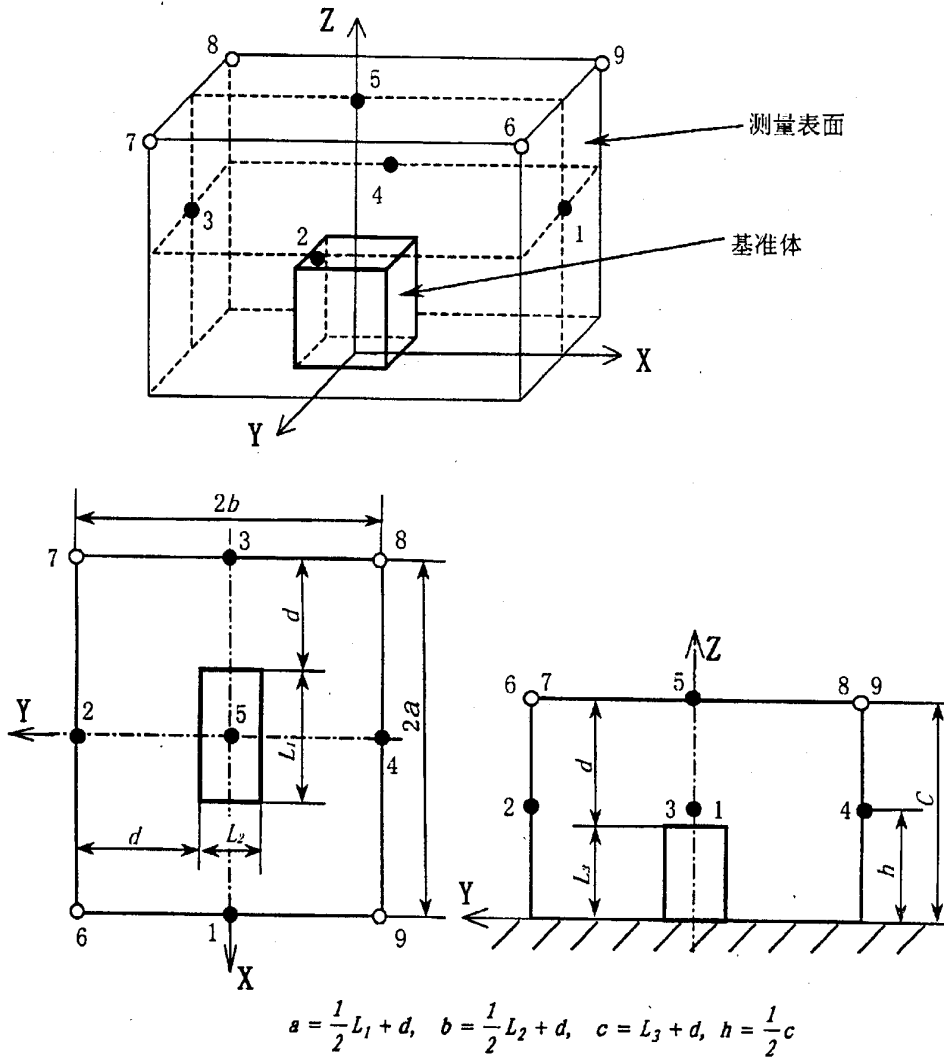


图1 基准体 $L_1 \leq 2m$ 时的测量点位置(测量点编号1~9)
 (图中 ●——基本测点, ○——附加测点)

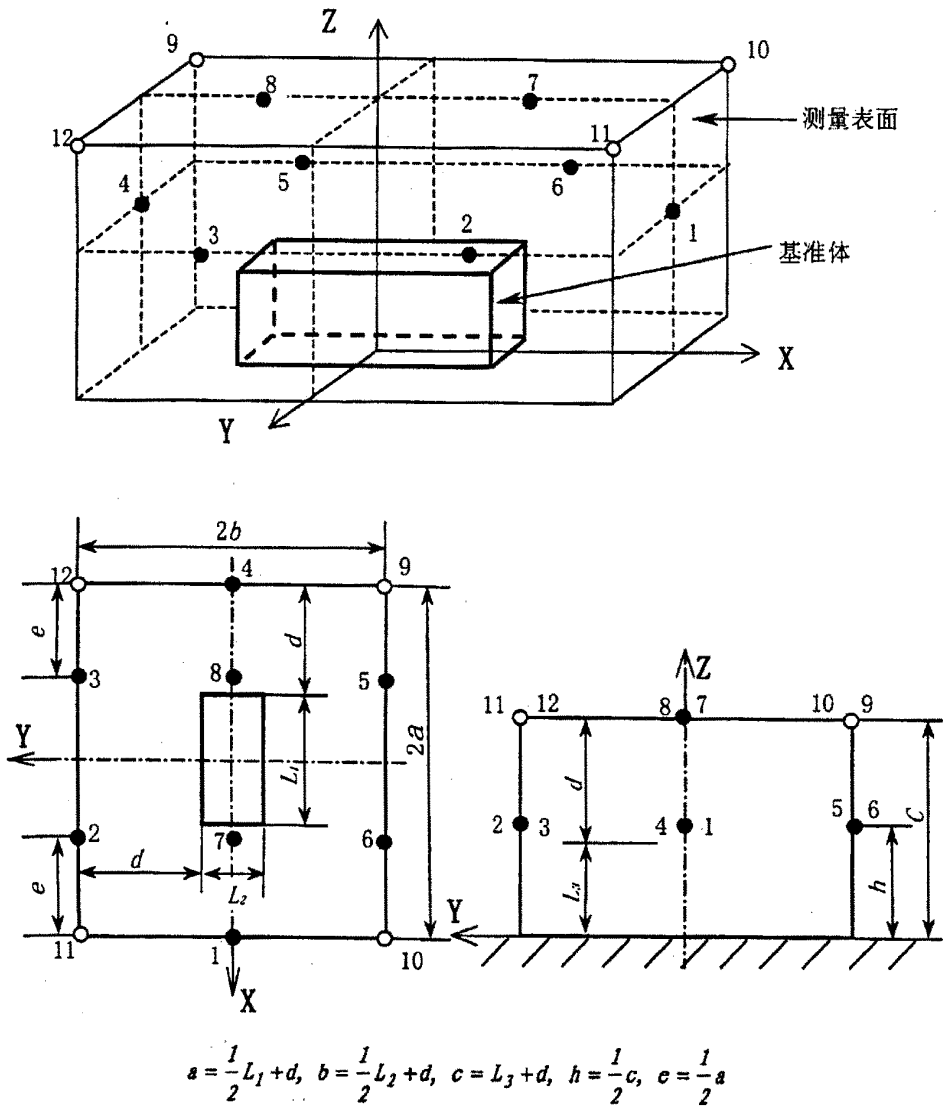
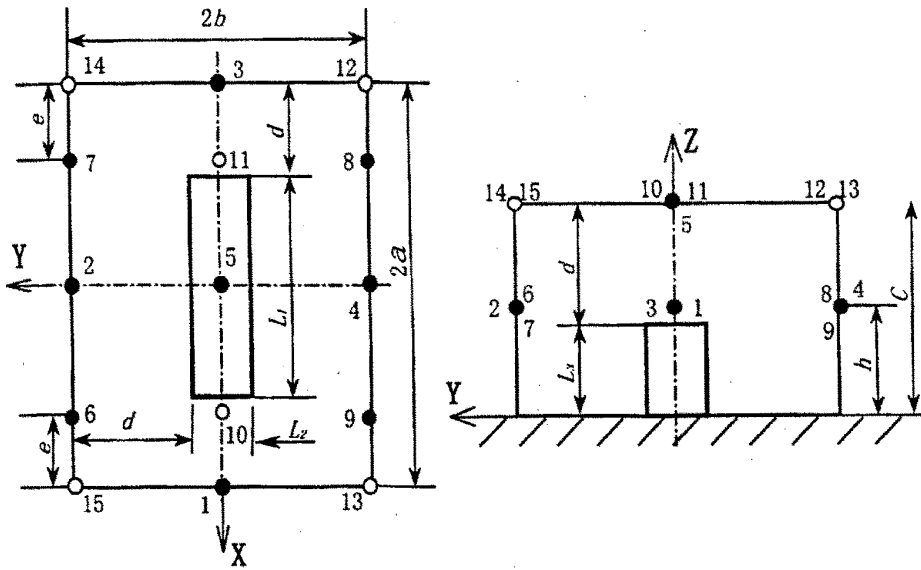
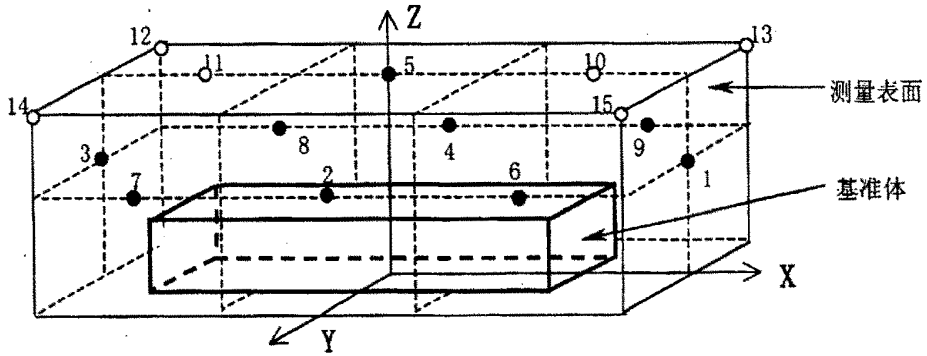


图2 基准体 $2m < L_1 \leq 4m$ 时的测量点位置(测量点编号 1~12)
 (图中 ●——基本测点, ○——附加测点)



$$a = \frac{1}{2}L_1 + d, \quad b = \frac{1}{2}L_2 + d, \quad c = L_3 + d, \quad h = \frac{1}{2}c, \quad e = \frac{1}{3}a$$

图3 基准体 $4m < L_1 \leq 15m$ 、 $L_3 \leq 2.5m$ 时的测量点位置(测量点编号 1~15)

(图中 ●——基本测点, ○——附加测点)

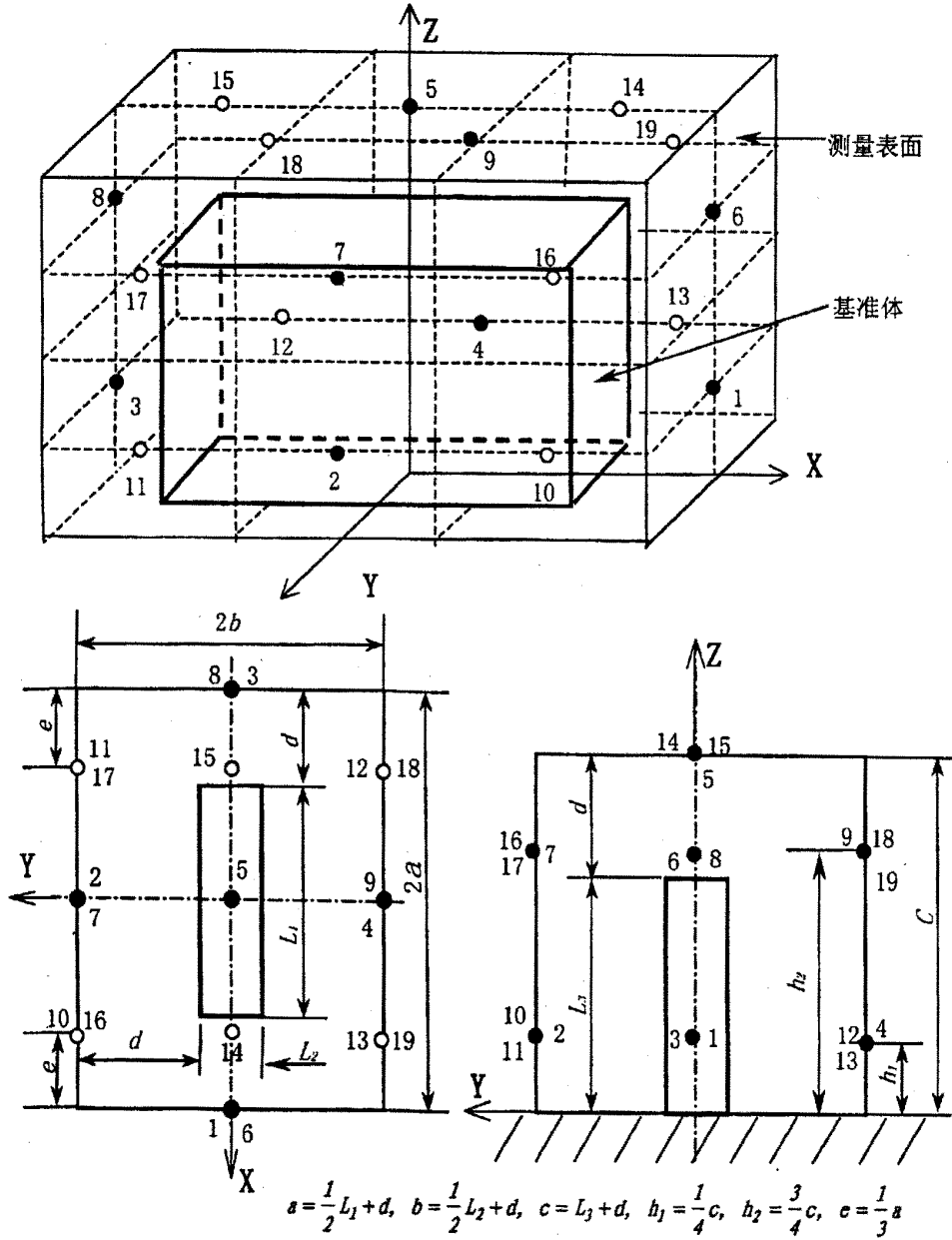


图4 基准体 $4m < L_1 \leq 15m, L_3 > 2.5m$ 时的测量点位置(测量点编号1~19)
 (图中 ●——基本测点, ○——附加测点)

5.1.3.1.2.2 当设备噪声辐射指向性较强,因而造成相邻测点位置上声压级相差 5dB 以上,或因设备基准体尺寸较大使测量表面上测点间距超过 $2d$ 时,则应增加测点数量。

5.1.3.1.2.3 当设备噪声辐射指向性较均匀,只要通过初步测定说明减少测点数对计算声功率级的影响不大于 1dB 时,则可适当减少测点数。

5.1.3.1.2.4 所有增加测点和附加测点以及减少测点和代替测点等情况均应在试验记录中说明。增加或附加测点后测点分布不均匀时应按不相等面积计算方法求取测量表面平均声压级。

5.1.3.2 声强法测定声功率级

5.1.3.2.1 测量表面

测量表面可采用矩形或半球形表面,并按测点相对应位置分成相同的面积元。

5.1.3.2.2 测点位置

a. 当采用离散点方法测量时,测点位置参照 5.1.3.1.2 条。

b. 当采用连续点方法测量时,传声器沿测量表面扫描。典型的扫描图形如下图。

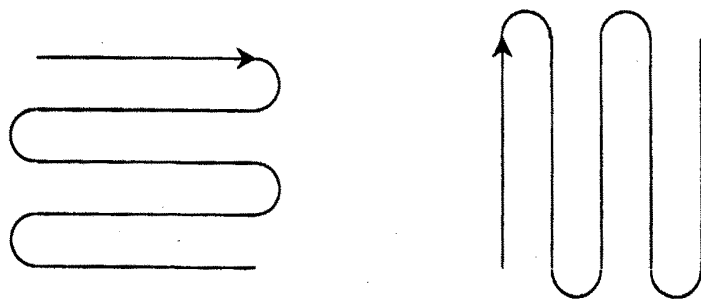


图5 典型扫描图形

5.1.3.2.3 测量要求

5.1.3.2.3.1 声强探头应按 JJG(船舶)17 的要求进行声强-声压残余指数的校准,满足该标准规定的 II 级精度以上要求者方可测量。

5.1.3.2.3.2 测量前应先完成下列工作:

- 被测设备运行状态下应进行测量表面上声压-声强指数 L_{PI} 的测量;
- 采用标称数据或通过理想的混响室(或空腔校准器)测得的声压-声强指数,确定残余声压-声强指数 L_{RPI} ;
- 在所有测量频率范围 L_{PI} 与 L_{RPI} 的差值应大于 7dB。

5.1.3.2.3.3 连续点测量时,根据测量面扫描时间决定声强探头在测量表面的扫描速度。扫描速度可在 0.1m/s~3.0m/s 范围内选取,一般可取 0.5m/s。

5.1.3.3 声压法测定声压级

本条内容规定了不适合进行声功率测量的设备(如风机等)所进行的噪声测量。

5.1.3.3.1 测量环境

- a. 测量场所应满足 5.1.1.1.1 中 a 条的要求;
- b. 测量风机类设备机壳噪声时,管道进、出口噪声视为背景噪声,必要时应作消声处理;
- c. 测量风机进、出口噪声时,风管远端的噪声视为背景噪声,必要时应作消声处理。

5.1.3.3.2 测点位置

- a. 测量设备进气口辐射的噪声时,测点位置 s 在进气口轴线上,距进气口距离为测量距离 d ,见图 6;
- b. 测量设备排气口辐射的噪声时,测点位置 s 在排气口轴线的水平面内,与排气口轴线成 45° 的方向,与排气口的距离为 d 。测点位置应选在无气流涡区和电动机噪声影响较少的地方,见图 7;
- c. 当设备有进、排气管道,测量机壳辐射的噪声时,测点位置 C_i (M_i 为参考测点)在设备主轴水平面内,经过叶轮中心的直线上,距离壳体 1m 处,见图 8;
- d. 测点位置的高度距反射面(地面)的距离应不小于 1m。

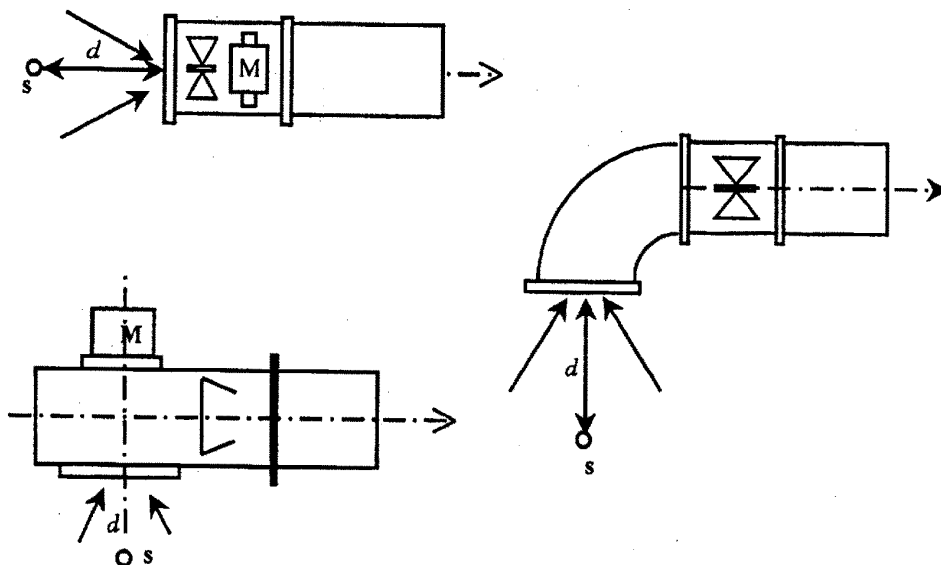


图 6 设备进气口测点布置图

5.1.4 数据处理

声强法测定声功率级的数据由声强分析系统直接得到设备声功率级。其他方法测量声压级或声功率级的数据处理按本条进行。

5.1.4.1 背景噪声的修正

背景噪声的修正按公式(2)计算:

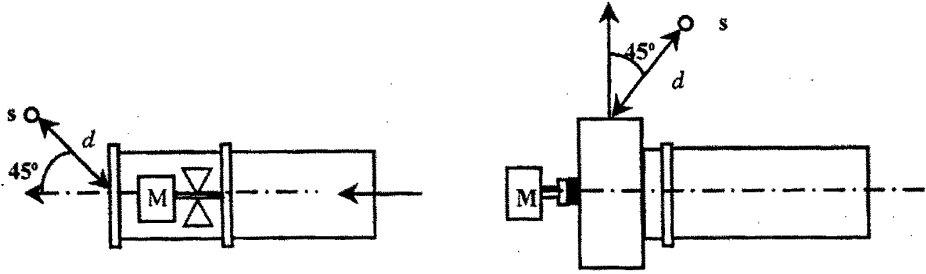


图7 设备排气口测点布置图

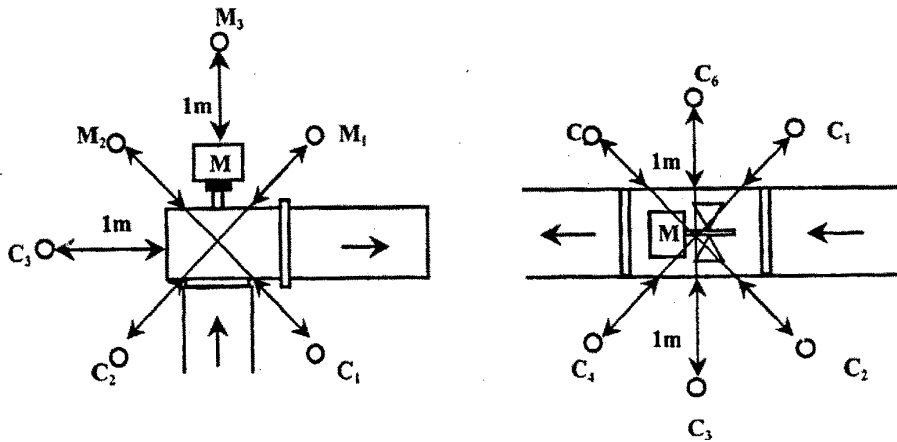


图8 设备有进、排气口时机壳测量测点布置图

$$K_{li} = L_{pi} - 10\lg(10^{0.1L_{pi}} - 10^{0.1L_{ki}}) \dots\dots\dots (2)$$

式中： K_{li} ——第 i 测点背景噪声修正量，dB，(基准值 $20\mu\text{Pa}$)；

L_{pi} ——第 i 测点测得的声压级或频带声压级，dB；

L_{ki} ——第 i 测点测得的背景噪声，dB。

5.1.4.2 测量环境修正

环境修正系数 K_2 可由 GB/T 3767 附录 A 得到。

5.1.4.3 测量表面平均声压级或频带声压级 \bar{L}_p 的计算

a. 当测点均匀分布时， \bar{L}_p 用公式(3)计算；

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

式中： \bar{L}_p ——测量表面平均声压级或频带声压级，dB(基准值为：20 μ Pa)；

N ——测点总数；

L_{pi} ——第 i 点测得的声压级或频带声压级，dB；

K_{1i} ——第 i 点的背景噪声修正量，dB。

b. 当测点为不均匀分布时，测量表面平均声压级 \bar{L}_p 按公式(4)计算：

$$\bar{L}_p = 10\lg\left[\frac{1}{S}\sum_{i=1}^N\frac{1}{S_i}10^{0.1(L_{pi}-K_{1i})}\right] \dots\dots\dots (4)$$

式中： S ——等效测量表面积， m^2 ；

N ——测点总数；

L_{pi} ——第 i 点测得的声压级或频带声压级，dB；

K_{1i} ——第 i 点的背景噪声修正量，dB；

S_i ——第 i 点所占有的测量表面积， m^2 。

5.1.4.4 声功率级的计算

声功率级可按公式(5)进行计算：

$$L_w = (\bar{L}_p - K_2) + 10\lg(S/S_0) \dots\dots\dots (5)$$

式中： L_w ——声功率级或频带声功率级，dB(基准值为：1pW)；

\bar{L}_p ——测量表面平均声压级或频带声压级，dB；

K_2 ——环境修正系数；

S ——等效测量表面积， m^2 ；

S_0 ——面积基准值， $S_0 = 1m^2$ 。

等效测量表面积按公式(6)计算：

$$S = 4(ab + bc + ca) \dots\dots\dots (6)$$

式中： a ——1/2 的基准体长与测量距离之和，m；

b ——1/2 的基准体宽与测量距离之和，m；

c ——基准体高与测量距离之和，m。

5.1.5 测量报告

5.1.5.1 在测量报告正文中应注明声压级或声功率级参考基准值，每个数据表格或图谱上均应注明。

5.1.5.2 测量倍频带声压级或声功率级应与 A 计权声压级或 A 计权声功率级一起列入报告。

5.1.5.3 报告主要内容如下：

- a. 设备型号、出厂编号、名称、转速及其他主要参数；
- b. 测量条件、设备的运行状态及安装方式；
- c. 测量环境，包括测量区域的物理边界和测量表面的声学特性；
- d. 测量分析仪器系统图(声强法测量中传声器对的尺寸和间隔距离)等；
- e. 测点位置简图(声强法测量时还包括声场校准、扫描速度、扫描图、测量表面尺寸、形状

和位置);

- f. 数据汇总表和谱线图(声强法测量时提供声功率级和 A 计权声功率级);
- g. 结果及分析;
- h. 测量单位及人员、地点、日期。

5.2 振动测量

5.2.1 测量条件

5.2.1.1 测量环境

- a. 被测设备处于正常运转时(如额定电压、电流、转速、压力、功率和负荷等)才能进行测量;
- b. 设备运转时所有测点振动加速度级和振动速度级高于背景振动 10dB(包括 10dB)以上时,测量结果可不予修正;低于 10dB 时应记录背景振动以便修正;
- c. 背景振动的修正按公式(7)进行。

$$L = 10\lg(10^{0.1L_a} - 10^{0.1L_k}) \dots\dots\dots (7)$$

式中: L ——经背景振动修正后的振级, dB;

L_a ——实际测量振级, dB;

L_k ——背景振动, dB。

5.2.1.2 测量系统

测量系统一般由传感器、放大器、记录仪或实时处理计算机组成。传感器选用加速度计或速度计,用加速度计测速度时选用带积分电路的放大器。

5.2.1.2.1 测量系统的特性

- a. 振动加速度测量系统的频率范围应覆盖 10Hz~8kHz。振动烈度测量系统频率范围应覆盖 10Hz~1kHz,当设备转速低于 600r/min,条件许可时,测量系统下限频率可取 2Hz;
- b. 测量系统的总不确定度应不大于测量值的 10%;在所测频率范围内,传感器的横向灵敏度应小于主测方向灵敏度的 5%;
- c. 传感器和连接电缆应在其说明书或规格书允许的工作环境(如温度、湿度、磁场、防腐、盐雾等)下工作;
- d. 为尽量减少测量系统各通道间的相位差,宜分别采用一致性较好的传感器、放大器,记录设备采用数字式磁带机或现场实时多通道数据采集分析系统。

5.2.1.2.2 校准

- a. 测量系统的每个通道都应进行系统标定;
- b. 信号处理分析系统在采集数据前应进行幅值和相位内部校准。

5.2.1.3 设备的安装与运行

5.2.1.3.1 设备的安装

- a. 安装基础或平台的总质量(包括地基基础、导轨、平台等,它们之间紧固联结)应大于设备质量的 10 倍;
- b. 设备与基础之间应采用弹性安装方式,隔振器宜选用实际安装隔振器;若无条件实现实际隔振器安装,可选用其他隔振器,但隔振器的数量、安装位置和动刚度间的匹配应接近实

际使用情况；

c. 对于无条件实现弹性安装的设备 and 实际使用为刚性安装的设备可刚性安装在试验基础和平台上。

5.2.1.3.2 设备的运行

a. 潜艇主柴油机选择水上全功率和通气管状态全充电两种工况功率,推进电机和经航电机取水下全功率工况,水面舰船柴油机、燃气轮机、蒸汽轮机都取水面全功率航行工况进行测量;必要时亦可在其他工况进行测量,并在报告中注明;

b. 舰船辅机设备如柴油发电机、汽轮发电机、空压机、通风机、制冷机、泵、变流机、空调装置等都应在额定工况下连续稳定运行,若有两种额定工况则取常用的一种。

5.2.2 测量参数

5.2.2.1 振动测量参数为振动加速度和振动速度,必要时可测量振动位移。

5.2.2.2 舰船上以机组方式工作的设备应对机组进行振动加速度和振动速度测量。

5.2.2.3 测量数据与图表应包括下列内容:

a. 振动加速度 10Hz~8kHz 的 1/3oct 频谱图、每个频带内的加速度级和 10Hz~8kHz 频带内加速度总值;对潜艇推进电机、核潜艇主汽轮发电机组等转速低于 600r/min 的机组,分析带宽可取 2Hz~4kHz;

b. 振动加速度 10Hz~1kHz 频带内离散线谱图及频带的加速度总值;

c. 振动烈度 10Hz~1kHz 频带内速度有效值;

d. 设备的振动烈度值。

5.2.3 测量方法

5.2.3.1 加速度测点的布置

5.2.3.1.1 基本测点

a. 对于弹性安装的小型设备,振动加速度测点分别位于设备四个安装脚处、紧靠安装螺栓的减振器上;对于弹性安装的中大型设备,除四个安装脚处外,可在中间适当增加 2~4 个测点,测量应在三个相互垂直的方向上进行,其中之一为铅垂方向;

b. 对于刚性安装的设备,加速度测点位于设备安装机脚处,根据设备的大小布置 4~8 个测点,测量方向为安装平面的垂直方向;

c. 对于有多个安装面的设备,应按本条 a 及 b 的要求,在每个安装面上布置测点;

d. 对于阀,测点应选在出口法兰上或管口上以及除入口外的任何其他结构接头上,测量方向为垂直于和平行于流体流动方向;

e. 没有明确固定点的设备,测量位置应经委托方认可。

5.2.3.1.2 附加测点

所有旋转设备,应在图 9~图 11 所示的测点位置进行测量。对于风机和透平式泵,加速度计灵敏轴应垂直指向机器的旋转轴,机器两端各一个,此外,发电机组和压缩机还应有一加速度计与设备旋转轴平行。

5.2.3.2 振动烈度测点的布置

5.2.3.2.1 振动烈度测点布置原则为:测点应选择能代表机器整体运动的刚性较强的部位,

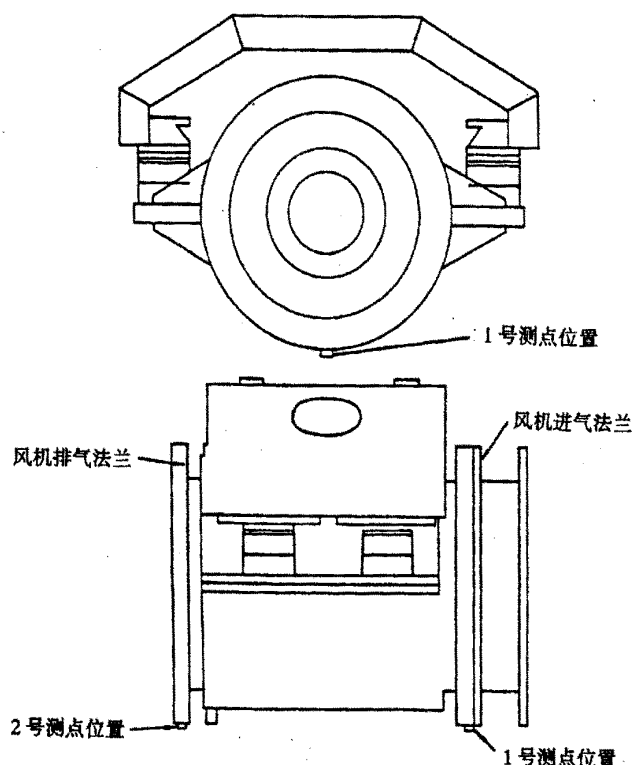


图9 翼式轴流风机测点位置

如机器表面、前后端顶部、轴承盖和机座等,不得选择在刚性较差、局部振动大的部位;小型设备一般选择3~5个测点,中大型设备6~8个测点。典型设备及机组振动烈度测点布置参见附录A(参考件)。

5.2.3.2.2 每一个测点测量三个互相垂直的方向。与机器安装面垂直的方向称“垂向”,用 z 标记,沿机器轴线方向称“纵向”,用 x 标记;垂直 xz 平面方向称“横向”,用 y 标记。每个测点用阿拉伯数字加英文字母表示,如 $1x$ 、 $1y$ 、 $1z$ 表示1号测点 x 、 y 、 z 的方向。

5.2.3.3 传感器的固定

5.2.3.3.1 振动加速度传感器的固定方式可用粘结剂或螺栓等方式安装在被测物上,振动烈度传感器的安装除上述方法外,还可用磁铁固定。

5.2.3.3.2 传感器安装部位应清除油迹、油漆、污垢和其他影响测量的杂质,安装面与被测面的法线夹角小于 3° 。

5.2.3.3.3 传感器及其固定块的质量不应影响被测部位的振动特性,质量应尽可能小。当固定块质量增加一倍,测量值无明显变化时,可认为固定块质量不影响被测部位振动特性。传感器与放大器间的连接电缆应沿途固定在不振动或低振动的物体上,避免电缆抖动产生电噪声。

5.2.4 测量报告

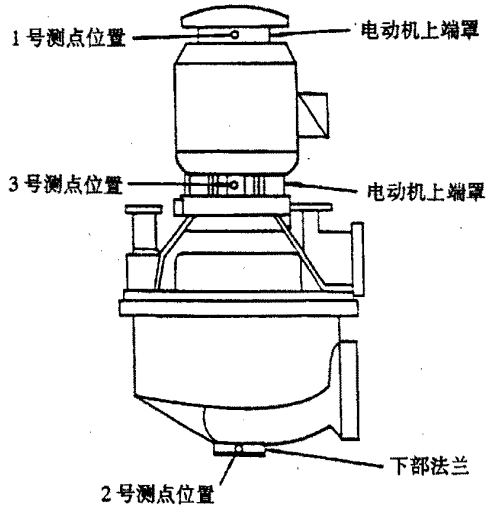


图 10 透平式泵测点位置

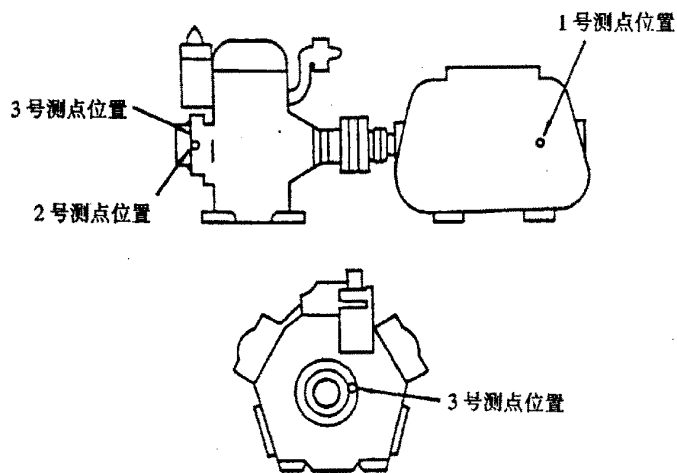


图 11 压缩机测点位置

- 5.2.4.1 测量报告中使用的基准值应在每个图、表和谱线图上注明,并且应在正文中注明。振动加速度级基准值为 10^{-6} m/s^2 。加速度量纲为 m/s^2 ,速度量纲为 mm/s 。
- 5.2.4.2 测量带宽和带中心频率应与测得的振级应一起列入报告。
- 5.2.4.3 线谱分析的主要频率及数值与 $10\text{Hz} \sim 1\text{kHz}$ 频带内数值一起列入报告。
- 5.2.4.4 报告主要包括下列内容:

- a. 设备型号、名称、转速及其他主要参数等；
- b. 测量条件、设备的运行状态及安装方式；
- c. 测量系统、分析系统框图和仪器仪表明细表；
- d. 测点分布简图；
- e. 数据汇总表及谱线图；
- f. 结果及分析；
- g. 测量单位及人员、地点、日期。

附录 A
振动烈度测点布置图
(参考件)

A1 柴油机、柴油发电机、变流机、空气压缩机、风机、立式泵、卧式泵振动烈度测点布置如图 A1、图 A2、图 A3、图 A4、图 A5、图 A6、图 A7。

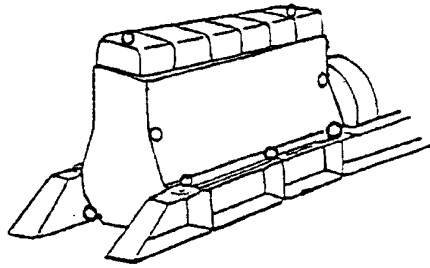


图 A1 柴油机振动烈度测点布置图

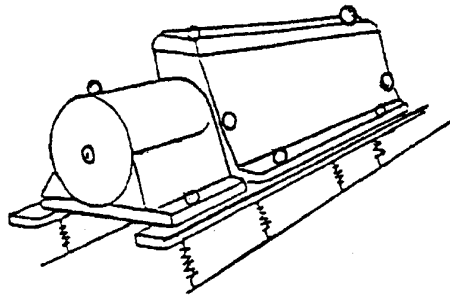


图 A2 柴油发电机组振动烈度测点布置图

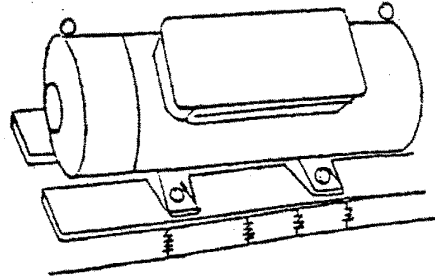


图 A3 变流机振动烈度测点布置图

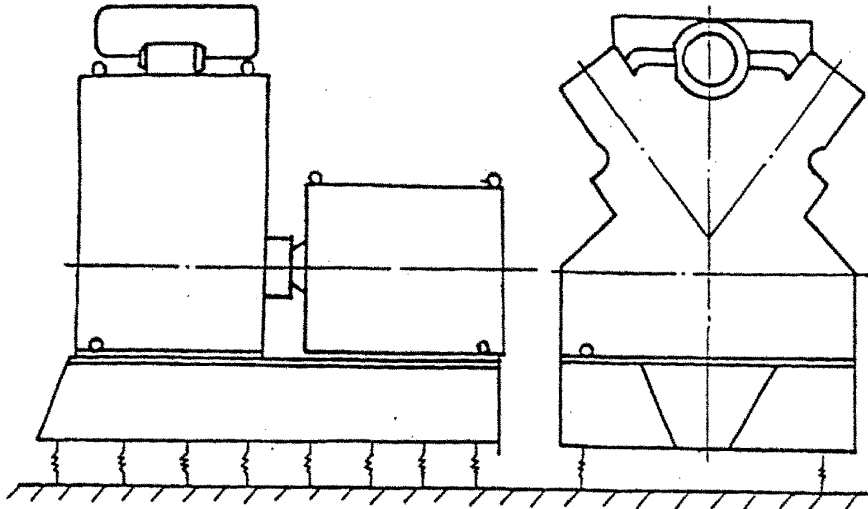


图 A4 空压机振动烈度测点布置图

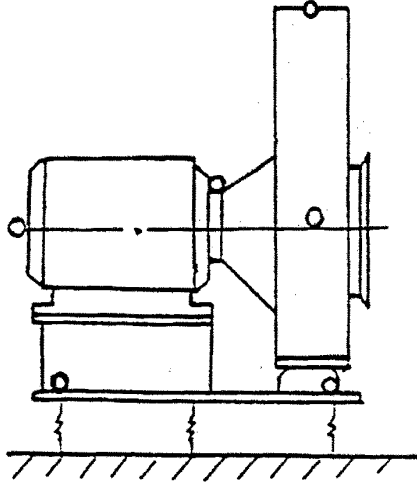


图 A5 风机振动烈度测点布置图

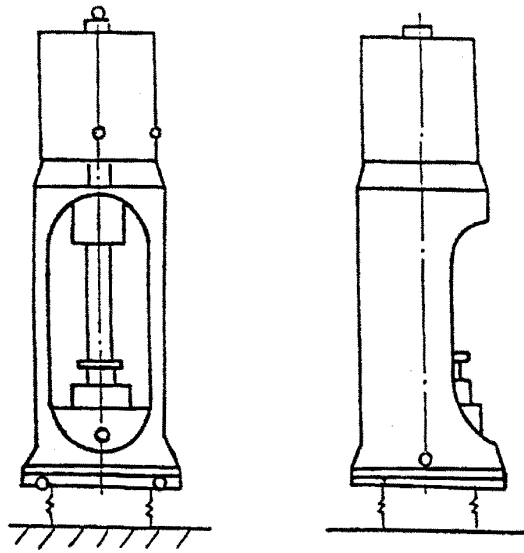


图 A6 立式泵振动烈度测点布置图

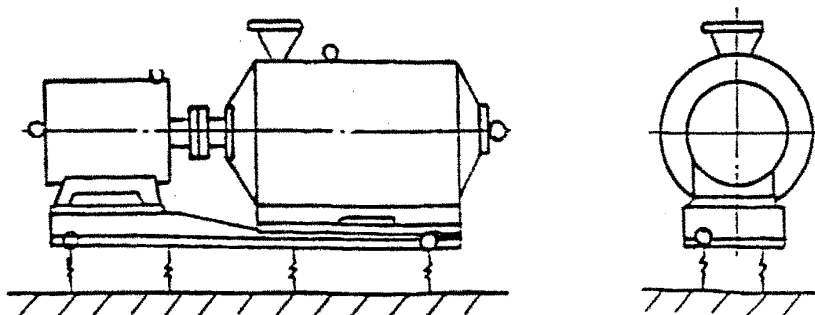


图 A7 卧式泵振动烈度测点布置图

附加说明:

本标准由中国船舶重工集团公司提出。

本标准由中国船舶工业综合技术经济研究院归口。

本标准由中国船舶重工集团公司七院第七〇一研究所负责起草。

本标准主要起草人:马建忠、朱显明、蒋宜、吕宗强、胥绪湘、秦洪发。

计划项目代号:8CZ09。