

指导性文件  
GUIDANCE NOTES  
GD29-2013



中国船级社

# 船舶及产品噪声控制与检测指南

中国船级社

2013年10月

## 前 言

国际海事组织（IMO）于 2012 年 11 月 30 日以 MSC.337(91)决议通过《船上噪声等级规则》（以下简称《规则》），并以 MSC.338(91)决议通过 SOLAS 修正案。该修正案中新增 II-1/3-12 条噪声防护，将《规则》作为强制要求，并将于 2014 年 7 月 1 日生效实施。《规则》对舱室噪声限值、舱壁和甲板隔声指数、噪声测量仪器和测量方法等进行了规定。

为更好地配合公约实施，提升我国船舶设计、建造领域的噪声控制水平，我社对船上噪声控制、实船与产品检测技术等进行了研究，并结合我国造船实际编制了 CCS《船舶及产品噪声控制与检测指南》。

本社鼓励船舶设计者、船厂、产品制造厂和船舶经营人反馈经验和信息，以不断完善本指南。

# 总目录

第1篇	通则
第2篇	船上噪声控制
第3篇	船用产品噪声检测
第4篇	船舶噪声检测
附录	I 参考标准清单
	II IMO《船上噪声等级规则》

# 第1篇 通则

## 目 录

第1章 一般规定.....	2
1.1 目的与范围.....	2
1.2 结构与应用.....	2
1.3 定义与术语.....	2
1.4 责任限定.....	5
第2章 符合性验证.....	6
2.1 一般要求.....	6
2.2 船舶图纸审查.....	6
2.3 产品检测发证.....	6
2.4 实船噪声测量.....	7
2.5 船上安全管理体系要求.....	7

# 第 1 章 一般规定

## 1.1 目的与范围

- 1.1.1 本指南旨在为满足规定的船上舱室噪声级要求，提供船舶噪声预报方法、控制措施以及船舶和相关产品的噪声检测方法。
- 1.1.2 本指南适用于 1600 总吨及以上的国际航行船舶以及申请中国船级社(CCS)签发噪声相关证书的船用产品。
- 1.1.3 本指南各篇适用的船舶种类与适用的范围，在各篇中予以明确的规定。
- 1.1.4 本指南涉及的船上噪声控制及舱室噪声检测方法也适用于所有申请 CCS 船级舒适性附加标志的船舶。
- 1.1.5 除另有说明外，本指南仅为相关公约与规范的细化与补充，并不能替代任何公约与规范。
- 1.1.6 为避免或减少船舶建造完工后采取必要的降噪补救措施对船舶舱室布置、空船重量和造船成本的影响，鼓励在船舶设计和建造阶段尽早考虑噪声控制，采用适当的减振降噪措施，以高效地建造出低噪声船舶。

## 1.2 结构与应用

- 1.2.1 本指南由通则、船上噪声控制、船用产品噪声检测、船舶噪声检测和附录五部分组成。
- 1.2.2 第 1 篇《通则》作为本指南的通用要求，主要包括指南的目的与范围、通用定义及噪声符合性验证要求等。
- 1.2.3 第 2 篇《船上噪声控制》主要依据当前船上噪声控制工程技术实践多年应用经验和科研成果制定，给出建议性的船舶噪声控制流程、噪声控制技术和噪声预报方法，为船舶设计阶段进行噪声控制提供指导。
- 1.2.4 第 3 篇《船用产品噪声检测》主要依据经 MSC.337(91)决议通过的《船上噪声等级规则》以及适用的相关工业标准制定，规定船舶噪声源产品声学指标、舱室分隔结构隔声指数的检验和测试方法，以及相关检测机构认可的基本要求，为申请 CCS 船用产品噪声检测和发证提供依据。
- 1.2.5 第 4 篇《船舶噪声检测》主要依据 SOLAS 公约 II -1/3-12、经 MSC.337(91)决议通过《船上噪声等级规则》、ISO 2923-1996 标准和工业界实践经验制定，规定了船舶噪声检测方面应遵循的程序和技术要求，为船舶建造过程中执行噪声检测提供指导。
- 1.2.6 附录部分提供了本指南相关的标准清单和 MSC.337(91)《船上噪声等级规则》文本，以方便各方使用本指南。

## 1.3 定义与术语

- 1.3.1 声音：由空气或其他物质中的压力波所传递，并是产生听觉的客观原因的能量。
- 1.3.2 噪声：导致听力损害或能对健康产生危害或具有其他危险性或破坏性的所有声音。
- 1.3.3 声压级  $L_p$  或  $SPL$ ：声音或噪声的声压级，以分贝 (dB) 计，由下式得出：

$$L_p = 20 \lg \frac{p}{p_0}$$

式中：  $p$  —— 声压，以帕斯卡计；

$p_0$  —— 参考声压或基准声压，空气中参考声压为  $20\mu Pa$ 。

1.3.4 声功率：单位时间内通过某一面积的声能.单位为瓦(W). 通常以  $W$  表示.

1.3.5 声功率级：声功率与参考声功率之比的以 10 为底的对数乘以 10。单位为分贝，dB。  
声功率级的计算公式为：

$$L_w = 10 \lg \frac{w}{w_0}$$

式中：  $L_p$  —— 声功率级，dB；

$w$  —— 声功率，W；

$w_0$  —— 参考声功率，W。空气中参考声功率为  $1 \times 10^{-12} W$ 。

1.3.6 A-计权声压级或噪声级：频率响应根据 A-计权曲线计权的声级计所测得的数值。

1.3.7 A-计权等效连续声级  $L_{Aeq,(t)}$ ：连续稳定声的 A-计权声压级，其在 1 个测量间隔时间  $T$  内，与所考虑的随时间变化的声具有相同的均方根声压。该声级以分贝 A (dB(A)) 计，由下式得出：

$$L_{Aeq,(t)} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_a(t)^2}{p_0^2} dt$$

式中：  $T$  —— 测量时间；

$p_a(t)$  —— A 计权瞬时声压；

$p_0$  —— 参考声压或基准声压，空气中参考声压为  $20\mu Pa$ 。

1.3.8 C-计权声压级或噪声级：频率响应根据 C-计权曲线计权的声级计所测得的数值(见 IEC 61672-1 (2002-05))。

1.3.9 C-计权等效连续声级  $L_{Ceq,(T)}$ ：连续稳定声的 C-计权声压级，其在 1 个测量间隔时间  $T$  内，其的与所考虑的随时间变化的声具有相同的均方根声压。该声级以分贝 C (dB(C)) 计，由下式得出：

$$L_{Ceq,(t)} = 10 \lg \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_c(t)^2}{p_0^2} dt$$

式中：  $T$  —— 测量时间；

$p_c(t)$  —— C-计权瞬时声压；

$p_0$  —— 参考声压或基准声压，空气中参考声压为  $20\mu Pa$ 。

1.3.10 C-计权峰值声级  $L_{Cpeak}(T)$ : C-计权最大瞬时声压级。该声压级以分贝 C (dB(C)) 计, 由下式得出:

$$L_{Cpeak}(T) = 10 \log \frac{p_{peak}^2}{p_0^2}$$

式中:  $p_{peak}$  —— C-计权最大瞬时声压;

$p_0$  —— 基准级, 为  $20 \mu Pa$ 。

1.3.11 吸声系数: 吸收或耗散声能与入射声能之比, 按下式计算:

$$\alpha = \frac{W_i - W_r}{W_i}$$

式中:  $W_i$  —— 总声能;

$W_r$  —— 反射声能。

1.3.12 吸声量: 等效吸声处理面积与其吸声系数的乘积, 按下式计算

$$A = S \alpha$$

式中:  $S$  —— 等效吸声面面积,  $m^2$ ;

$\alpha$  —— 吸声系数。

1.3.13 透声系数: 透射声能与入射声能之比值, 按下式计算:

$$\tau = \frac{W_t}{W_i}$$

1.3.14 隔声量: 墙或其它构件一侧的入射声功率级与另一侧的透射声功率级之差按下式计算:

$$R = 10 \lg \frac{W_i}{W_t}$$

式中:  $R$  —— 隔声量, dB;

$W_i$  —— 总声能;

$W_t$  —— 透射声能

1.3.15 计权隔声指数  $R_w$ : 表示墙、门或地板(在实验室内)整体隔声性能的一个单一数值, 以分贝(dB)计。

1.3.16 日噪声暴露级 ( $L_{ex, 24h}$ ): 表示 24 h 时间段内等效噪声暴露级。

$$L_{ex, 24h} = L_{Aeq, T} + 10 \log(T/T_0)$$

式中:  $T$  为船上的有效持续时间;

$T_0$  为基准持续时间 24 h。

总的等效连续 A-计权声压级( $L_{Aeq, T}$ ), 应采用不同的噪声级( $L_{Aeq, T_i}$ )和以下式公式相关的时间段计算:

$$L_{Aeq, T} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (T_i \times 10^{0.1 L_{Aeq, T_i}}) \right]$$

式中:  $L_{Aeq, T_i}$  为等效连续 A-计权声压级, 以分贝计, 按间隔时间  $T_i$  取平均值;

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

当船员在船上时间超过 24 h,  $L_{ex,24h} = L_{Aeq,24h}$ 。

1.3.17 振动: 质点或结构相对其平衡位置往复运动的现象。

1.3.18 加速度级: 加速度与参考加速度之比的以 10 为底的对数乘以 20。单位为分贝, dB。加速度级计算公式为:

$$L_a = 20 \lg \frac{a}{a_0}$$

式中:  $L_a$  —— 加速度级, dB;

$a$  —— 加速度有效值,  $m/s^2$ ;

$a_0$  —— 参考加速度,  $m/s^2$ 。参考加速度一般取  $1 \times 10^{-6} m/s^2$ 。

1.3.19 速度级: 速度与参考速度之比的以 10 为底的对数乘以 20。单位为分贝, dB。速度级计算公式为:

$$L_v = 20 \lg \frac{v}{v_0}$$

式中:  $L_v$  —— 速度级, dB;

$v$  —— 速度有效值,  $m/s$ ;

$v_0$  —— 参考速度,  $m/s$ 。参考速度一般取  $1 \times 10^{-9} m/s$ 。

1.3.20 舱室的空气噪声: 船舶中的声源辐射到舱室空气中的噪声。

1.3.21 设备的空气噪声: 机械动力设备运转时直接向空气中传播的噪声。包括柴油机装有规定的空气滤清器或进气消声器时的进气噪声, 不包括被测柴油机通过外接的进气管由舱外进气时的进气噪声, 也不包括排气噪声和试验中与被测设备相连的设备及任何驱动机械所辐射的噪声。

1.3.22 设备的结构噪声: 船舶固体构件(如机器基座、船体结构等)在机械设备激励下产生的振动。通常以速度级或者加速度级表示结构噪声的大小。

## 1.4 责任限定

1.4.1 CCS《钢质海船入级规范》第 1 篇第 2 章第 14 节有关各方责任的相关规定适用于 CCS 提供的船舶及产品噪声服务。

1.4.2 本指南的使用以船舶设计和制造方履行各自职责为基础, 使用本指南并不减轻或解除其设计和制造的船舶符合规定的噪声级要求的责任。

1.4.3 本指南是船舶和产品噪声检测依据, 不代表检测方检测过程的质量控制。船舶和产品噪声检测方应对其检测结果完整性和准确性负责并承担相应责任。

## 第 2 章 符合性验证

### 2.1 一般要求

2.1.1 本章包括了船舶舱室噪声等级符合性验证的要求，包括船舶图纸审查、实船测量和船用产品声学特性的检测发证的要求。

2.1.2 隔声结构与噪声源产品的声学特性检测和船上舱室噪声等级测量和评估应由 CCS 认可的检测机构进行，其中船上舱室噪声等级测量应在 CCS 验船师见证下进行。

2.1.3 从事船用产品噪声检测的机构认可应按照本指南第 3 篇第 5 章相关要求进行，从事船舶噪声检测的机构应按照本指南第 4 篇第 2 章相关要求进行。具备资质的检测机构将由 CCS 通过适当的方式定期发布。

### 2.2 船舶图纸审查

2.2.1 船舶舱室噪声控制图应在设计阶段尽可能早的提交 CCS 审批。该图纸中应注明处所的类型、噪声级限值与预报值；对于居住处所舱壁和甲板，还应在图纸上明确标出其空气隔声指数（ $R_w$ ）。如 CCS 认为必要，可要求增加送审图纸资料的范围。

2.2.2 舱室噪声等级预报计算书及相关材料应随同船舶舱室噪声控制图提交 CCS 备查。船舶舱室噪声等级预报可通过理论计算、数值评估或者其它类似方法，计算书应包含：

- (1) 预报所使用的方法及计算机软件名称等必要的说明；
- (2) 对噪声源（如主机、螺旋桨、发电机（组）、主齿轮箱、鼓风机、锅炉、压缩机及货泵等）的布置、振动和声学特性等必要的说明；
- (3) 舱室吸声/隔声/阻尼材料的物理特性（如厚度、弹性模量、密度等）及声学特性（如吸声系数、隔声量、衰减系数等）等必要的说明；

2.2.3 如噪声等级预报是基于母型船数据库方法或实践经验，应征得 CCS 同意。

2.2.4 如必要，CCS 审图中心对提交备查的船舶舱室噪声等级预报计算书进行适当的复核。

### 2.3 产品检测发证

#### 2.3.1 船舶起居处所隔声结构

(1) 船舶起居处所隔声结构如申请 CCS 进行认可，则仅适用于已经获得 CCS 型式认可证书、或虽然未获得前述型式认可证书但计划同时申请 CCS 进行耐火和隔声等性能认可的产品。

(2) 在申请 CCS 对隔声结构进行隔声性能认可时，应至少向 CCS 检验机构提交认可申请书、产品结构图、试样安装图、试验大纲、已经获得的 CCS 型式认可证书（如适用）等资料。

(3) CCS 将对检测的隔声结构签发型式认可证书，以证明证书中描述的结构按照本指南相关章节的规定进行测试所能够达到的隔声等级。

#### 2.3.2 船用噪声源产品

(1) 对自愿申请 CCS 进行噪声测试检验的船用噪声源产品，仅适用于本指南中要求的产品种类且已经获得 CCS 型式认可证书、或虽然未获得前述型式认可证书但计划同时申请 CCS

进行型式认可和噪声检测的产品。

(2) 申请方应向 CCS 检验机构提交产品申请书、试验大纲、已经获得的 CCS 型式认可证书（如适用）等资料。

(3) CCS 将对检测的产品签发产品证书，以证明该产品在本指南相关章节规定的测试条件下的声功率级与振动加速度级。

## 2.4 实船噪声测量

2.4.1 试航前，船厂或检测机构应向 CCS 提交船舶噪声测量大纲，并在试航过程中按照批准的大纲进行实船噪声测量。测量结果应满足本指南第 4 篇第 2 章的相关要求。测量完成后检测机构应向船级社提供噪声测量报告。

2.4.2 船舶交船前，船东/船舶经营人应按照本指南第 4 篇第 4 章的要求向 CCS 提供“船员噪声暴露等级计算报告”。

2.4.3 对于本指南第 4 篇 1.1.1 条定义的船舶，应按照本指南第 4 篇第 2 章的要求进行噪声测量，测量结果经 CCS 确认满足要求后，作为签发该船构造安全证书的必要条件。

2.4.4 对于本指南第 4 篇 1.1.2 条定义的船舶，应采取措施将噪声降低至主管机关规定的可接受的等级，作为签发该船构造安全证书的必要条件，噪声测量方法可参照本指南第 4 篇第 2 章执行。

2.4.5 申请 CCS《钢质海船入级规范》第 8 篇第 16 章规定的噪声舒适性附加标志的船舶，其船上噪声测量可按照本指南第 4 篇的要求进行噪声测量。

## 2.5 船上安全管理体系要求

2.5.1 当船上除居住处所外的其它处所噪声不满足本指南第 4 篇第 2 章的噪声限值，应满足本指南第 4 篇第 4 章 4.6.2、4.6.3 的要求，并纳入船上安全管理体系。

# 第 2 篇 船上噪声控制

## 目 录

第 1 章 一般规定 .....	3
1.1 一般要求 .....	3
1.2 定义与术语 .....	3
第 2 章 船舶噪声控制流程 .....	4
2.1 一般要求 .....	4
2.2 船舶噪声控制阶段 .....	4
2.3 噪声控制指标分配 .....	5
第 3 章 船上舱室噪声预报 .....	9
3.1 一般要求 .....	9
3.2 基于经验公式方法的噪声预报 .....	9
3.3 基于数值计算方法的噪声预报 .....	12
第 4 章 船上噪声源 .....	16
4.1 一般要求 .....	16
4.2 船上噪声传递途径 .....	16
4.3 螺旋桨 .....	17
4.4 柴油机 .....	19
4.5 燃气轮机 .....	21
4.6 减速齿轮箱 .....	22
4.7 锅炉 .....	22
4.8 电机 .....	23
4.9 泵 .....	24
4.10 空压机 .....	25
4.11 通风空调系统 .....	26
第 5 章 船上降噪措施 .....	28
5.1 一般要求 .....	28
5.2 结构噪声控制 .....	28
5.3 吸声 .....	29
5.4 隔声 .....	33
5.5 消声 .....	37
5.6 隔振 .....	42
5.7 阻尼敷层 .....	43
5.8 浮动地板 .....	44

5.9 机舱低噪声设计 .....	45
5.10 通风管路系统低噪声设计 .....	46

# 第 1 章 一般规定

## 1.1 一般要求

1.1.1 本篇规定了船上噪声控制的流程、噪声控制与预报方法，可用于为满足 SOLAS II-1/3-12 与船舶舒适性的船上噪声控制。

1.1.2 船用降噪材料还应符合《国际耐火试验程序应用规则》(2010) 第 2 部分关于材料烟密度及毒性和第 5 部分关于材料低播焰性的要求。根据实际使用状况，对部分耐火分隔依照《国际耐火试验程序应用规则》(2010) 第 3 部分进行标准耐火试验验证。

## 1.2 定义与术语

1.2.1 机械阻抗：力与速度的复数比值，单位为牛[顿]秒每米，Ns/m。

$$Z = F/v$$

1.2.2 机械导纳：速度与力的复数比值，单位为米每牛[顿]秒，m/Ns。

$$M = v/F$$

1.2.3 统计能量分析(SEA)：使用能量作为独立的动力学变量来解决复杂系统的固体结构和流体声场间的耦合动力学问题的一种分析方法。

1.2.4 子系统：具有相似共振形式的模态群。

1.2.5 内损耗因子：子系统在单位频率（每振动一次）内单位时间损耗能量与平均储存能量之比。

1.2.6 耦合损耗因子：耦合子系统在连接处振动能量的传输损耗百分比。

1.2.7 弱耦合：耦合损耗因子在数值上明显小于每个子系统的内损耗因子的耦合子系统的连接。

1.2.8 模态密度：描述子系统储存能量能力大小的一个物理量。

1.2.9 输入功率：从外部输入到系统的能量。

1.2.10 源舱室：作为激励源的机械设备所在的舱室。

1.2.11 相邻舱室：与源舱室有共用船体结构（舱壁或者甲板）的舱室。

1.2.12 相隔舱室：不与源舱室有共用船体结构（舱壁或者甲板）的舱室。

## 第 2 章 船舶噪声控制流程

### 2.1 一般要求

2.1.1 船舶的主要噪声控制阶段包括：

- (1) 概念设计阶段
- (2) 初步设计阶段
- (3) 详细设计阶段
- (4) 生产设计阶段

2.1.2 船舶噪声控制流程见图 2.1.2。

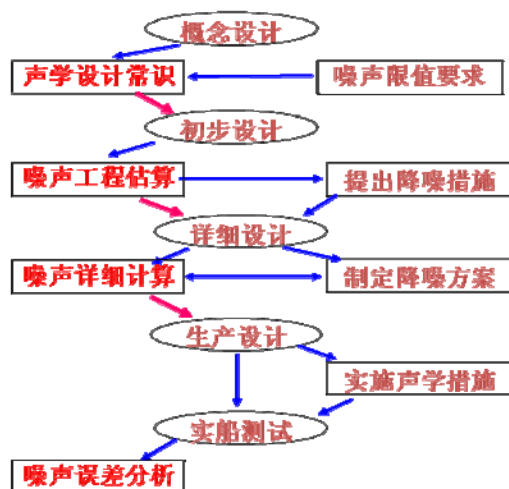


图 2.1.2 船舶噪声控制基本流程

### 2.2 船舶噪声控制阶段

2.2.1 概念设计阶段结合船舶声学设计指标要求，按下述原则制定合理的声学设计方案：

- (1) 按本篇第 4 章 5.2 采取合理的声学布置；
- (2) 确定船上主机类型、推进方式等；
- (3) 按本篇本章 2.3 进行噪声指标初次分配；
- (4) 尽可能选用弱振动、低噪声的机械设备，并在船上集中或分组集中布置；

2.2.2 初步设计阶段

(1) 对概念设计阶段确定的方案按本篇第 5 章 5.2 进行基于经验公式方法的舱室噪声估算；

(2) 若估算结果超出噪声限值要求，应对噪声指标进行再次分配，并参考本篇第 3 章、第 4 章制定相应的减振降噪方案，包括设备重新选择、舱室布置修改及其它减振降噪措施等；

2.2.3 详细设计阶段

主要技术图纸（包括设备安装方式等）完成后，按本篇第 5 章 5.3 进行详细计算，评估各舱室噪声级和噪声传递途径控制情况，进一步细化和改进降噪措施或设计，使得计算结果符合声学设计指标要求。

2.2.4 生产设计阶段

- (1) 根据本指南第 3 篇对船用产品声学特性进行检测；
- (2) 对于前述阶段确定的减振降噪措施除理论分析外，如有可能，通过模型试验进一

步验证；

(3) 按照生产设计阶段确定的最终设计方案和细节进行舱室噪声评估；如无法满足噪声控制指标，应根据评估结果进一步完善减振降噪措施，直至满足要求；

(4) 设计部门与建造部门对影响总体振动噪声水平的施工项目进行汇总和分析，确定每一项目安装或施工应达到的指标要求。

(5) 根据施工阶段和施工项目，合理制定总体低噪声建造方案和施工程序，合理编制减振降噪施工细目和工艺流程，并制定合理的质量检测体系。

(6) 建造过程中，提高建造精度。尽可能提高船体、设备和系统的安装精度，特别对于转动类机械设备。

## 2.3 噪声控制指标分配

### 2.3.1 一般要求

噪声指标分配是考虑噪声的传递与衰减确定各噪声源对目标舱室噪声级的贡献量，并针对影响目标舱室噪声级的主要噪声源及其影响幅度，提出噪声源或减振降噪措施的声学要求。

### 2.3.2 指标分配依据

#### (1) 船舶规格书要求

根据船舶设计规格书，明确船舶的舱室噪声设计指标要求。

#### (2) 总体设计方案中噪声相关要求

舱室布置、影响噪声的设备及系统（如大排量的通风系统）等。

#### (3) 噪声控制约束条件

根据设备、元器件及减振降噪措施的现有技术水平，综合考虑经济性，制定合理的减振降噪方案。

### 2.3.3 噪声源贡献量分析与噪声控制指标分解方法

#### (1) 母型船分配方法

参照母型船舶的实测数据资料进行分配。利用已建成的母型船舶的舱室噪声测试数据，依据目标船舶技术状态的变化，综合比较分析确定舱室噪声设计指标的量化分配。

#### (2) 经验公式分配方法

经验公式分配方法适用于船舶在概念设计阶段与初步设计阶段进行主要噪声源贡献量分析与噪声控制指标分解，一般流程如下：

##### ① 获取母型设备及螺旋桨噪声源测试数据

设备及螺旋桨噪声源数据采用母型设备机脚振动加速度级  $L_a$  和辐射声功率级  $L_w$  及螺旋桨脉动压力测试数据，若无母型设备可参照，按本篇第 3 章船上噪声源估算方法进行估算。

##### ② 估算噪声源对目标舱室空气噪声的贡献分量

(a) 若目标舱室为噪声源舱室，则认为该设备对所在舱室噪声的贡献主要由设备空气噪声决定，可忽略设备振动引起的结构噪声对舱室噪声的影响，空气噪声源对目标舱室空气噪声贡献分量按下式计算：

$$L_{Ai} = L_w + 10 \lg \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1-\alpha^{(1)})}{S\alpha^{(1)}} \right)$$

式中： $L_w$  —— 声源的声功率级，dB；

$Q$  —— 声源的指向性因数；当声源位于室内几何中心时， $Q=1$ ；当声源位于室内地面中心或某一墙面中， $Q=2$ ；当声源位于室内某一边线中点时， $Q=4$ ；当声源位于室内某一角落时， $Q=8$ ；

$r$  —— 舱室中心距声源的距离，m；

$\alpha^{(1)}$  —— 声源舱室的吸声系数；

$S$  —— 声源舱室的室内壁面总面积， $m^2$ 。

(b) 若目标舱室为噪声源相邻舱室，空气噪声源对目标舱室空气噪声贡献分量按下式计算：

$$L_{Ai} = L_{AP}^{(1)} - R + 10 \lg \frac{F}{A} + \Delta R$$

式中： $L_{AP}^{(1)}$  —— 源舱室围壁中心的噪声级，dB；按目标舱室为源舱室噪声计算方法确定，

其中  $r$  取舱壁至声源的距离；

$R$  —— 舱壁的隔声量，dB；

$F$  —— 舱壁的面积， $m^2$ ；

$A$  —— 房间内的总吸声量， $m^2$ ；

$\Delta R$  —— 考虑舱壁上有声学覆盖层时的修正，与声学覆盖层的结构类型有关：

$\Delta R = 10\text{dB}$ ，当刚性安装时；

$\Delta R = 5\text{dB}$ ，当安装有吸声层时；

$\Delta R = 5\text{dB}$ ，当安装有效隔振部件时；

$\Delta R = 2\text{dB}$ ，当安装隔振部件和吸声层时。

(c) 若目标舱室为噪声源相邻舱室，结构噪声源对目标舱室空气噪声贡献分量按下式计算：

$$L_{Si} = N_{\lambda 0} - 15 \lg \frac{S_1^{(2)} + S_2^{(2)}}{2} + 10 \lg \left( 1 - 0.9 \frac{F_3^{(2)}}{F_{II}^{(2)}} \right)$$

式中： $N_{\lambda 0}$  —— 设备机脚处振动速度总级，dB；按下式计算：

$$N_{\lambda 0} = 10 \lg \left( 10^{\sum (L_{pi} - \Delta_i) / 10} \right)$$

$L_{pi}$  —— 设备机脚处第  $i$  个倍频程中心频率的振动速度级，dB；

$\Delta_i$  —— 修正值，dB，按表 2.3.3 (2) ② (c) 计算；

修正值  $\Delta_i$

表 2.3.3 (2) ② (c)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	13	11	3	3	0	0	0	0

$S_1^{(2)}$ 、 $S_2^{(2)}$  —— 包围所涉舱室的板架的最大和最小厚度，mm；

$F_3^{(2)}$  —— 由覆面覆盖的包围板架的面积，m<sup>2</sup>；

$F_{\Pi}^{(2)}$  —— 包围舱室的板架的总面积，m<sup>2</sup>。

(d) 若目标舱室为噪声源相隔舱室，则结构噪声源对目标舱室空气噪声贡献分量按下式计算：

$$L_T^{(n)} = N_{\lambda 0} - 4.5n_1 - 1.5n_2 - 10 \lg \frac{t^{(n)}}{t^{(1)}} - 10 \lg \frac{\alpha^{(n)}}{\alpha^{(1)}}$$

式中： $n_1$  —— 在相隔舱室到源舱室的最短路径中，主甲板以下部分的节点数目；

$n_2$  —— 在相隔舱室到源舱室的最短路径中，主甲板以上部分的节点数目；

$t^{(1)}$  —— 源舱室隔板的平均厚度，m；

$t^{(n)}$  —— 相隔舱室隔板的平均厚度，m；

$\alpha^{(1)}$  —— 源舱室的吸声系数；

$\alpha^{(n)}$  —— 相隔舱室的吸声系数；

### ③ 对噪声控制指标进行分解

在船舶概念设计阶段与初步设计阶段，假设结构噪声和空气噪声对目标舱室噪声的贡献量相等，即结构噪声和空气噪声引起的舱室噪声限值都为  $L-3$  dB， $L$  为舱室噪声指标。

则某结构噪声源噪声控制指标按下式计算：

$$\Delta L_a' = L_{Si} - (L - 3)$$

式中： $L_{Si}$  —— 某舱室噪声估算的结构噪声贡献分量，dB；

某空气噪声源噪声控制指标按下式计算：

$$\Delta L_A' = L_{Ai} - (L - 3)$$

式中： $L_{Ai}$  —— 某舱室噪声估算的空气噪声贡献分量，dB；

按上述方法分解获得结构噪声和空气噪声控制指标为依据，对设备振动与空气噪声的控制措施进行针对性设计。当  $\Delta L \leq 0$  时，可以不考虑对该声源采取额外的控制措施。

### (3) 数值计算分配方法

数值计算分配方法适用于在详细设计阶段进行主要噪声源贡献量分析与噪声控制指标分解，其一般流程与经验公式估算方法类似。

- ① 声源数据按照设备台架试验测试数据换算到实船安装状态下的数据作为输入；
- ② 数值计算按照本篇第 3 章 3.4 进行，依据船舶详细设计图纸建立模型，输入参数通

过实际测试获取。

#### 2.3.4 噪声分配指标的表征

船舶噪声控制指标的分配首先可对舱室分隔结构、敷设各种材料涂层的甲板等直接涉及舱室空气噪声的结构或材料提出声学控制指标要求，其次按机械噪声控制分系统、空调通风管路噪声控制分系统等，对主要的噪声源设备及其控制措施提出分配指标要求。

## 第3章 船上舱室噪声预报

### 3.1 一般要求

3.1.1 为了对船舶舱室噪声进行计算，评估减振降噪措施的可行性与有效性，本章规定了船舶不同设计阶段的船上舱室噪声预报方法。

#### 3.1.2 常用舱室噪声预报方法

- (1) 基于母型船的数据库方法适用于具有大量母型船和母型设备的实测数据的情况。
- (2) 基于经验的简化估算公式，通过分析具体船舶舱室离声源的声学路径，估计出声能的损耗及舱室的声压级。
- (3) 数值预报方法，低频范围内采用有限元方法，而对于中高频采用统计能量法。

#### 3.1.3 船上舱室噪声预报应由专业的机构进行，一般应符合下述要求：

(1) 计算人员应具有一定的声学知识，熟悉船舶声学设计的流程，能够熟练使用舱室噪声计算软件，并熟悉下述文件：

- ①IMO《船上噪声等级规则》
- ②CCS《船舶及产品噪声控制与检测指南》
- ③CCS《船上振动控制指南》

(2) 审核人员除应符合本章 3.1.3 (1) 外，还应负责审核、签署《船舶舱室噪声预报报告》。

(3) 噪声预报机构应具有文件化的工作程序，至少应包括：

- ①有效的质量保证制度或质量体系；
- ②具有相应的有效标准；
- ③完善的计算分析程序；

3.1.4 舱室噪声预报应按本章要求进行，并按本篇附录 1 进行预报报告编制。

### 3.2 基于经验公式方法的噪声预报

#### 3.2.1 一般要求

- (1) 经验公式预报方法适用于概念设计阶段与初步设计阶段船上舱室噪声估算。
- (2) 经验公式方法的噪声预报中，主要噪声源的空气噪声和结构噪声特性应由设计方提供。

(3) 计算流程如图 3.2.1 (3) 所示。

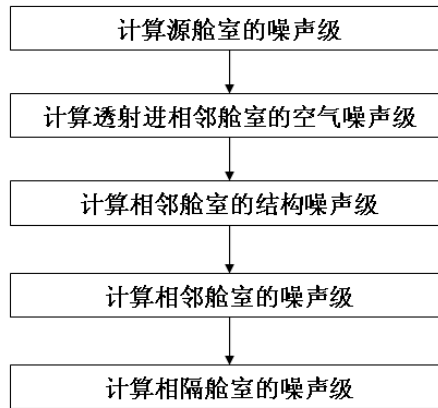


图 3.2.1 (3) 经验公式方法预报流程

### 3.2.2 经验公式方法噪声预报

经验公式方法逐个计算每个主要噪声源引起的舱室噪声，然后将所有噪声分量相加可得到该舱室的空气噪声总级。

(1) 在源舱室中的噪声级按下式计算：

$$L_A^{(1)} = L_w + 10 \lg \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4(1-\alpha^{(1)})}{S\alpha^{(1)}} \right)$$

式中：  $L_A^{(1)}$  ——源舱室的噪声级，dB；

$L_w$  ——声源的声功率级，dB；

$Q$  ——声源的指向性因数，见本篇第 2 章 2.3.3 (2) ② (a)；

$r$  ——舱室中心距声源的距离，m；

$\alpha^{(1)}$  ——源舱室的吸声系数；

$S$  ——源舱室的室内壁面总面积， $m^2$ 。

(2) 透射进相邻舱室的空气噪声级，按下式计算：

$$L_A^{(2)} = L_{AP}^{(1)} - R + 10 \lg \frac{F}{A} + \Delta R$$

式中：  $L_{AP}^{(1)}$  ——源舱室围壁中心的噪声级，dB；按 3.2.2 (1) 的方法确定，其中  $r$  取舱壁至声源的距离；

$R$  ——舱壁的隔声量，dB；

$F$  ——舱壁的面积， $m^2$ 。

$A$  ——房间内的总吸声量， $m^2$ ；

$\Delta R$  ——考虑舱壁上有声学覆盖层时的修正。

$\Delta R$  的值与声学覆盖层的结构类型有关：

①  $\Delta R = 10\text{dB}$ ，当刚性安装时；

②  $\Delta R = 5\text{dB}$ ，当安装有吸声层时；

③  $\Delta R = 5\text{dB}$ ，当安装有效隔振部件时；

④  $\Delta R = 2\text{dB}$ , 当安装隔振部件和吸声层时。

(3) 相邻舱室中的结构噪声级应按下列式确定:

$$L_S^{(2)} = N_{\lambda 0} - 15 \lg \frac{S_1^{(2)} + S_2^{(2)}}{2} + 10 \lg \left( 1 - 0.9 \frac{F_3^{(2)}}{F_{\Pi}^{(2)}} \right)$$

式中:  $N_{\lambda 0}$  —— 设备机脚处振动总级, dB; 按下式计算:

$$N_{\lambda 0} = 10 \lg \left( 10^{\sum (L_{Pi} - \Delta_i) / 10} \right)$$

$L_{Pi}$  —— 设备机脚处第  $i$  个倍频程中心频率的振动级;

$\Delta_i$  —— 修正值, dB, 按表 3.2.2 (3) 计算:

修正值  $\Delta_i$

表 3.2.2 (3)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	13	11	3	3	0	0	0	0

$S_1^{(2)}$  和  $S_2^{(2)}$  —— 包围所涉舱室的板架的最大和最小厚度, mm;

$F_3^{(2)}$  —— 由覆面覆盖的包围板架的面积,  $\text{m}^2$ ;

$F_{\Pi}^{(2)}$  —— 包围舱室的板架的总面积,  $\text{m}^2$ 。

(4) 相邻舱室中的总噪声级由下列式来确定。

$$L_T^{(2)} = 10 \lg \left( 10^{L_A^{(2)} / 10} + 10^{L_S^{(2)} / 10} \right)$$

式中:  $L_A^{(2)}$  —— 透射进相邻舱室的空气噪声级;

$L_S^{(2)}$  —— 相邻舱室的结构噪声级。

(5) 在确定相邻舱室中的噪声级之后, 相隔舱室中的噪声级由下列式确定:

$$L_T^{(n)} = N_{\lambda 0} - 4.5n_1 - 1.5n_2 - 10 \lg \frac{t^{(n)}}{t^{(1)}} - 10 \lg \frac{\alpha^{(n)}}{\alpha^{(1)}}$$

式中:  $n_1$  —— 在相隔舱室到源舱室的最短路径中, 主甲板以下部分的节点数目;

$n_2$  —— 在相隔舱室到源舱室的最短路径中, 主甲板以上部分的节点数目;

$t^{(1)}$  —— 源舱室隔板的平均厚度, m;

$t^{(n)}$  —— 相隔舱室隔板的平均厚度, m;

$\alpha^{(1)}$  ——源舱室的吸声系数;

$\alpha^{(n)}$  ——相隔舱室的吸声系数;

### 3.3 基于数值计算方法的噪声预报

#### 3.3.1 一般要求

低频舱室噪声计算一般采用有限元方法进行,中高频舱室噪声计算一般采用统计能量法进行。

#### 3.3.2 低频舱室噪声预报

(1) 基于有限元法的船舶振动噪声分析是将船舶结构、声场离散为若干单元,建立并求解整个船舶系统的动力学方程矩阵,得到节点的振动响应计算结果,进而得到声压计算结果。有限元法的动力学方程矩阵为:

$$([K] + j\omega[C] - \omega^2[M])\{u\} = \{F\}$$

式中:  $[K]$  ——结构的刚度矩阵;

$[C]$  ——结构的阻尼矩阵;

$[M]$  ——结构的质量矩阵;

$\{u\}$  ——结构的位移向量;

$\{F\}$  ——作用于结构上的作用力向量。

(2) 结构模型化应按下述要求进行:

①一般应对整船进行结构模型化。

②应根据实际结构的边界条件和材料介质特性等因素,确定相应的单元类型。

③甲板、舱壁、肋板、纵桁等结构主要以板壳单元模拟。

④船舶结构、声场的单元尺寸需要满足相应的划分要求。对于线性单元,最小波长内要有 6 个单元;对于二次单元,最小波长内要有 3 个单元。如果知道计算的最高频率  $f_{\max}$ ,

则所有线性单元的长度需满足  $L \leq \frac{c}{6f_{\max}}$ , 其中  $c$  为声音在声场中传播速度。

⑤船舶结构和声场的交界面需要保持两者的单元尺寸相近,并定义结构单元和声场单元的耦合关系。

⑥以水线为基准将舷侧结构分为两个部分,水下部分的单元需要与无限大流场相连。

(3) 材料属性

①材料主要指船舶结构的材料特性和声场的介质特性,单元属性应选择相应材料特性参数。

②船舶结构的材料特性主要包括弹性模量、泊松比、密度、损耗因子等。

③单元属性主要包括船舶结构和声场的材料特性、介质特性、厚度、附加质量、吸声系数等，具体由单元类型决定。

④材料特性由厂家提供或者查找相关的材料手册；结构参数主要根据设计图纸获得。

(4) 噪声源激励

①噪声源参数为低频连续谱形式。

②通常应以设备振动噪声实测数据作为输入数据。

(4) 舱室噪声计算

①计算频率间隔一般不大于 1Hz。

②提取舱室中间位置的声压作为该舱室的噪声计算结果（连续谱形式）。

③ 将连续谱声压级  $L_{pi}$  转换为倍频程中心频率对应的声压级  $L_p = 10 \lg \left( 10^{\sum L_{pi}/10} \right)$ 。

### 3.3.3 中高频舱室噪声预报

(1) 基于统计能量法的船舶声振动分析是将船舶划分成若干子系统，通过建立并求解各子系统的能量平衡方程得到整个船舶系统的舱室噪声。一般按下述要求进行：

①船舶系统的能量平衡方程为：

$$\omega \{ [D][Y][D]^T [N]^{-1} + [Z] \} [E] = \{ W \}$$

式中：[D] ——  $n \times \lambda$  阶连接矩阵；

[Y] ——  $\lambda \times \lambda$  阶耦合损耗矩阵；

[Z] ——  $n \times n$  阶内部损耗矩阵；

[N] ——  $n \times n$  阶模态矩阵；

[E] ——  $n \times 1$  阶子系统能量矩阵；

$\omega$  —— 计算频率；

{W} ——  $n \times 1$  阶外部输入能量矩阵；

$\lambda$  —— 子系统间的连接数。

②通过求解能量平衡方程得到各子系统的能量  $E_i$ ，进而求得各子系统的振动参数。各子系统振动速度均方值为：

$$\langle V_i^2 \rangle = \frac{E_i}{M_i}$$

式中：  $E_i$  —— 第 i 个子系统的能量；

$M_i$  —— 第 i 个子系统的质量。

③空间声场子系统的声压均方值为：

$$\langle P_i^2 \rangle = \frac{E_i Z_c^2}{M_i}$$

式中： $Z_c$  —— 空间声场的声阻抗；

$M_i$  —— 第  $i$  个子系统的质量，即空间声场的空气质量。

(2) 结构模型化应按下述要求进行：

①一般应对整船进行结构模型化，计算模型应能表征闭合舱室子系统及其与其它子系统的联系。一般将船上所有封闭空间建立成独立的声腔子系统并与船体结构相连接。

②应根据实际结构的边界条件和材料介质特性等因素，确定相应的子系统类型。主要采用平板子系统、曲板子系统和声腔子系统建立船舶结构的 SEA 模型。

③甲板、舱壁、肋板、纵桁等结构主要以平板子系统模拟；外板可以采用曲板子系统模拟，也可采用平板子系统近似模拟。

④根据实船结构图纸，平板、曲板子系统一般为加筋结构形式，至少要考虑主方向的加筋情况。

⑤结构子系统划分时，子系统的尺寸应尽可能大，确保子系统分析带宽  $\Delta\omega$  内的模态数目大于 5。

⑥以水线为基准将舷侧部分分为两个子系统；水下部分的子系统需要与无限大流场相连。液舱采用声腔（液体介质）模拟。

⑦窗、门以及其它各种开口采用与其连接的金属板代替。座椅、行李架等设备无须模拟。

(3) 材料属性

①材料主要指船舶结构的材料特性，子系统属性应选择相应材料特性参数。

②船舶结构的材料特性主要包括弹性模量、泊松比、密度、损耗因子（倍频程形式）等。

③结构子系统的属性主要包括船舶结构的材料特性、厚度、加强筋情况（面积，惯性矩，间距等）、内饰结构情况（材料特性、厚度等）。

④声腔子系统的属性主要包括介质特性（声速和密度）、吸声系数（倍频程形式）等。

⑤材料特性由厂家提供或者查找相关的材料手册；结构参数主要根据设计图纸获得。

⑥结合内装布置图考虑内装材料对舱室噪声的影响，并设置相应的材料属性（厚度、损耗因子、吸声系数等）。

⑦钢结构的内损耗因子建议值见表 3.3.3 (3) ⑦。

钢结构的内损耗因子

表 3.3.3 (3) ⑦

频率(Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
内损耗因子	0.30%	0.26%	0.24%	0.21%	0.19%	0.18%	0.17%	0.16%

⑧舱室的内装结构可用舱室的折合吸声系数来表示，其建议值见表 3.3.3 (3) ⑧。

舱室的折合吸声系数

表 3.3.3 (3) ⑧

舱室	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
主机舱，辅机舱，艙舱	0.04	0.08	0.11	0.14	0.17	0.20	0.24	0.27
舵机舱，冷藏室舱	0.04	0.06	0.08	0.10	0.13	0.15	0.18	0.20
船员舱，客舱	0.12	0.21	0.25	0.27	0.28	0.29	0.29	0.29
公用舱，办公室	0.12	0.17	0.19	0.20	0.21	0.21	0.22	0.22

#### (4) 噪声源激励

噪声源激励输入应符合下述要求：

- ①激励源的标准输入参数为输入功率（倍频程形式）。设备对船体结构的输入功率主要包括设备的振动通过机脚传递到基座及船体结构、设备直接向空气介质辐射空气噪声。
- ②通常应以设备振动噪声实测数据作为输入数据。
- ③在主机附近的设备的声压级如果小于主机的声压级 10dB(A)以上，或者辐射声功率级小于 20dB(A)以上，可以不作为激励源。
- ④应将设备的振动（结构噪声）、空气噪声施加于 SEA 模型相应的子系统。
- ⑤设备振动对船体结构的输入功率  $P$  应根据台架试验所测得的基座振动  $v$  和基座阻抗

$Z$  计算。

$$P = Z \cdot v^2$$

式中： $v^2$  —— 基座振动速度均方值， $m^2/s^2$ ；

$Z$  —— 基座有效输入机械阻抗。

⑥如台架的基座结构、设备的安装方式（包括隔振器型号等）和实船相近，可以直接采用台架上的基座振动数据直接作用于 SEA 模型的基座结构上。

⑦设备噪声的输入功率直接体现为设备的辐射声功率，按本指南第 3 篇通过试验直接获取。

#### 3.3.4 舱室噪声计算与结果评估

- (1) 选择倍频程作为分析类型，计算频率范围设置为 63-8000Hz。
- (2) 考虑低频噪声在倍频程中心频率时的声压级，计算 31.5-8000Hz 范围内的 A 计权声压级。
- (3) 船上各舱室或处所的噪声计算结果应不超过相应的舱室噪声控制指标；否则应按照第 4 章、第 5 章的相关要求修改或调整声学设计。

## 第4章 船上噪声源

### 4.1 一般要求

4.1.1 船舶噪声振动源繁多，噪声强度大，频谱成分复杂，包括：

(1) 机械设备声源，包括：主机以及发电机组、空调、风机、液压设备和带泵的设备等辅机；

(2) 流体动力声源，包括：螺旋桨脉动压力、空泡，兴波，涡流等；

(3) 空气动力声源，发动机进、排气，通风系统进排气和涡流等；

(4) 外部声源，主要是靠码头、货物装卸等噪声；

(5) 其它声源，如广播、鸣笛、船员和旅客脚步声及开关门声等。

4.1.2 本章仅涉及与船舶相关的噪声源，如机械设备、推进系统、通风管路系统噪声，但并不包含风、波、冰噪声、警报和公共广播系统等，如图 4.1.2 所示。

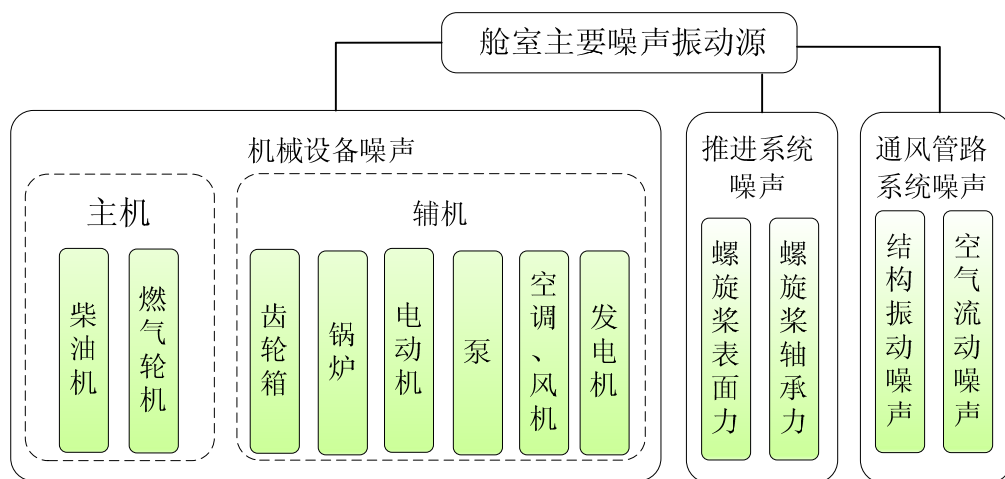


图 4.1.2 船舶舱室主要噪声振动源

4.1.3 噪声源的声学特性一般应按本指南第 3 篇通过实测得到；当无实测数据时，可按照本章的相关估算方法进行。

4.1.4 船上噪声源的噪声控制应按本章 4.3~4.11 进行。

### 4.2 船上噪声传递途径

4.2.1 船上噪声主要通过空气介质和船体结构两种途径传递，以空气噪声和结构噪声两种方式传播；船上噪声传递途径如图 4.2.1 所示。

4.2.2 空气噪声主要在距噪声源较近或者含有噪声源的舱室（如机舱、空调机室、泵舱等）中传播，一般通过如下两种方式：

(1) 透过壁板向外辐射，其传播机理是：舱室中的空气噪声源辐射的空气噪声声压对该舱室围壁产生力的作用，并在围壁上激起声振动，而此围壁的声振动又向相邻舱室辐射出声能，从而导致中高频段空气噪声可以通过层层舱壁辐射到其他舱室。但是，对于密闭较好的舱室，由于在进行每一次声能与振动机械能的转化过程中，能量损耗较大，限制了中高频噪声能量辐射距离，因此，上层建筑居住舱室的空气辐射噪声较小。

(2) 透过其他一切可能通道（如板缝、楼梯道、烟囱、门窗等）向其他舱室传播。

4.2.3 结构噪声主要是由主机等声源通过机座的振动传到船体结构。由于此类噪声主要

是中低频噪声，很容易传遍全船而达到各个舱室，再由甲板、舱壁和其他结构表面振动引起它们周围空气的弹性振动，从而产生人耳能够听到的空气噪声。结构噪声虽较空气噪声容易传播，但是由于船体结构的阻尼作用，结构噪声随着传播距离的增加也会逐渐衰减，但当船体结构固有频率和声波频率一致时，会发生吻合效应，导致该处出现较强的结构噪声。另外，结构噪声不仅易传播，而且由于其传播特性极其复杂，一旦超标，将很难对其进行有效处理。

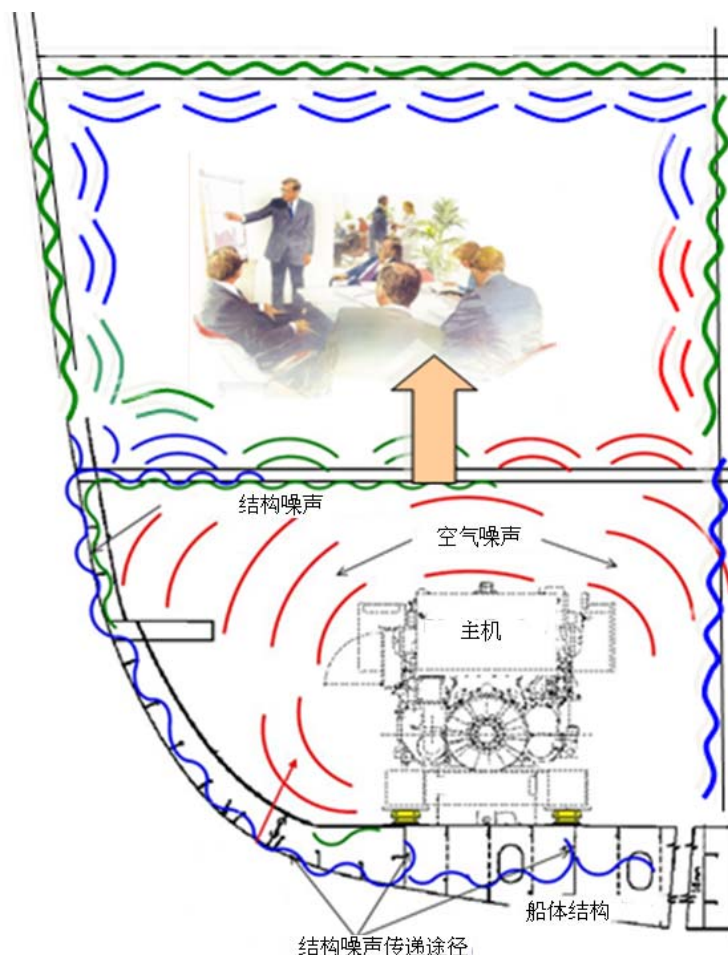


图 4.2.1 船上噪声传递途径

### 4.3 螺旋桨

4.3.1 螺旋桨作为船舶舱室噪声的主要来源；螺旋桨噪声包括螺旋桨工作时引起船体振动所产生的结构噪声和螺旋桨本身产生的噪声。

#### 4.3.2 螺旋桨引起的结构噪声

(1) 螺旋桨引起的结构噪声是由作用于螺旋桨附近船体上的表面力以及作用于轴系上的轴承力所产生。

①螺旋桨运转时引起螺旋桨附近水线以下船体表面上的水压力产生脉动，即为脉动压力或表面压力，其沿着船体表面的积分为表面力。螺旋桨脉动压力一般会激起船体尾部、上层建筑和局部振动。

②螺旋桨在船体附近运转时由于伴流不均匀，各桨叶在一周内工作状态随伴流的变化而变化，从而导致各叶片上承受的力不相等而呈周期性变化，由此形成的合力和力矩也呈周期性变化，并通过轴和轴承传递给船体，即轴承力，包括交变扭矩  $M_x$ 、交变推力  $F_x$  和交变弯

矩  $M_z$ ，如图 4.3.2 (1) 所示。

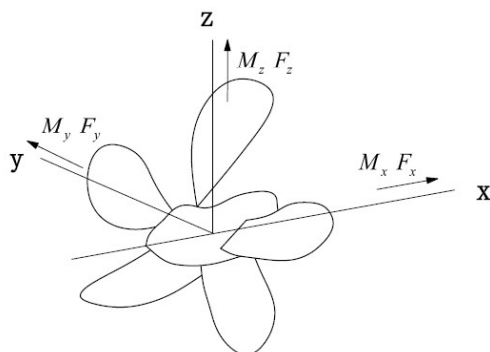


图 4.3.2 (1) 螺旋桨产生的轴承力

### ③伴流分布

螺旋桨盘面上不同部位的来流速度是不同的，一般通过模型试验得到，如图 4.3.2 (2) 所示。表面力与轴承力均与螺旋桨部位的不均匀来流有关。

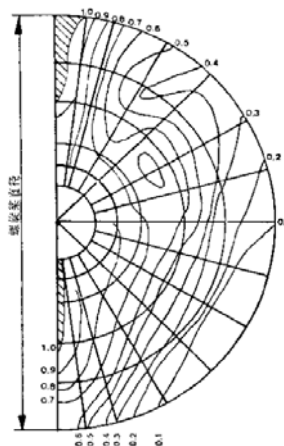


图 4.3.2 (2) 伴流分布

### 4.3.3 螺旋桨上方船底板激励估算

螺旋桨激励引起的螺旋桨上方船底板加速度级应按式估算：

$$L_a = 10 \lg(MN) + 40 \lg D + 30 \lg n_e + 10 \quad \text{dB}$$

式中： $M$  —— 螺旋桨数量；

$N$  —— 螺旋桨叶片数量；

$D$  —— 螺旋桨直径，m；

$n_e$  —— 螺旋桨额定转速，r/min。

### 4.3.4 螺旋桨降噪措施

螺旋桨降噪措施参见 CCS《船上振动控制指南》第 3 章 3.7。

## 4.4 柴油机

### 4.4.1 噪声来源

柴油机噪声主要来源于空气动力性噪声和结构振动辐射噪声，如图 4.4.1 所示。前者包括进排气系统噪声和增压系统的噪声，后者包括燃烧噪声和机械噪声。

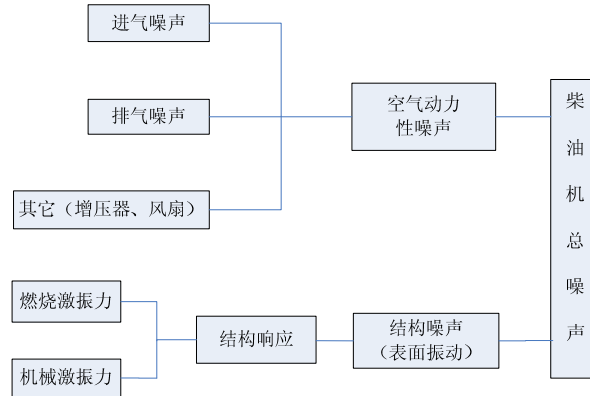


图 4.4.1 柴油机噪声源分类

### 4.4.2 柴油机噪声估算

(1) 低速柴油机机脚加速度级  $L_a$  (参考加速度  $1\mu\text{m}/\text{s}^2$ ), dB, 按下式估算:

$$L_a = 10 \lg \frac{n_e P_e^{0.55} (1 + P_e / m)}{1 + (f / 1500)^3 m / P_e} + 30 \lg \frac{n}{n_e} + 20 \lg f + 34$$

式中:  $m$  —— 柴油机的质量, kg;

$P_e$  —— 柴油机的额定功率, kW;

$n_e$  —— 柴油机的额定转速, r/min;

$n$  —— 柴油机的工作转速, r/min;

$f$  —— 倍频程的中心频率, Hz。

(2) 中高速柴油机机脚加速度级  $L_a$  (参考加速度  $1\mu\text{m}/\text{s}^2$ ), dB, 按下式估算:

$$L_a = -20 \lg m + 20 \lg P_e + 30 \lg \frac{n}{n_e} + 120 + C_a$$

式中:  $m$  —— 柴油机的质量, kg;

$P_e$  —— 柴油机的额定功率, kW;

$n_e$  —— 柴油机的额定转速, r/min;

$n$  —— 柴油机的工作转速, r/min;

$C_a$  —— 柴油机振动的倍频程修正值, dB; 见表 4.4.2 (2)。

柴油机振动的倍频程修正值 表 4.4.2 (2)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	5	11	16	21	27	29	27	22

(3) 柴油机的辐射声功率级  $L_w$  (参考声功率  $w_0 = 10^{-12}$  W), dB, 应按下式估算:

$$L_w = 10 \lg P_e + 57 + C_w$$

式中:  $P_e$  —— 柴油机的额定功率, kW;

$C_w$  —— 柴油机空气噪声的倍频程修正值, dB; 见表 4.4.2 (3)。

柴油机空气噪声的倍频程修正值 表 4.4.2 (3)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
600r/min 以上的修正值 (dB)	21	27	28	26	24	20	13	4
600r/min 以下的修正值 (dB)	18	24	25	23	21	17	10	1

(4) 柴油机排气噪声声功率级  $L_w$  (参考声功率  $w_0 = 10^{-12}$  W), dB, 应按下式估算:

$$L_w = 77 + 10 \log(P_e \times n_e) + 30 \log\left(\frac{n}{n_e}\right) + 10 \log \left\{ \frac{1}{\left[ \left(\frac{f_r}{f}\right)^3 + \left(\frac{f}{f_r}\right) \right]} \right\}$$

式中:  $f_r$  —— 发火率, 可按下式计算:

$$f_r = \frac{N_c \times n \times 2}{60 \times S}$$

$N_c$  —— 气缸数;

$S$  —— 冲程数。

#### 4.4.3 降噪措施

##### 4.4.3.1 降低柴油机的空气噪声

(1) 增压器及其进气系统噪声控制

- ① 进气口滤器装设有效的消声器;
- ② 进气口滤器装设声屏障;
- ③ 对鼓风机机壳和增压空气管道采取敷设阻尼层等降噪措施;
- ④ 在空气冷却器前安装消声器。

(2) 排气系统噪声控制

- ① 安装排气管消声器;
- ② 排气管、废热锅炉和消声器与机舱棚结构弹性安装;
- ③ 机舱棚结构敷设阻尼或采取吸声措施。

- ④排气阀和阀的操纵机构采用便于拆装的隔声罩将机械装置部分罩住,如图 4.4.3 所示。
- (3) 采用隔声罩或声屏障以降低柴油机空气噪声。

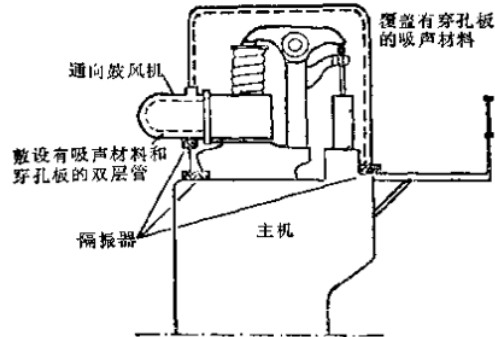


图 4.4.3 阀机构的隔声罩

#### 4.4.3.2 降低柴油机的结构噪声

- (1) 增加基座的尺寸和输入机械阻抗;
- (2) 中高速柴油机可采用弹性支承;
- (3) 采用动力吸振器降低强线谱处的振动;
- (4) 采用软管接头。

## 4.5 燃气轮机

### 4.5.1 噪声来源

- (1) 气动噪声是燃气轮机的主要空气噪声源;
- (2) 减速齿轮箱是燃气轮机机组的主要结构噪声源;
- (3) 进排气系统。

### 4.5.2 燃气轮机噪声估算

燃气轮机机脚加速度级  $L_a$  (参考加速度  $1\mu\text{m}/\text{s}^2$ ), dB, 按下式估算:

$$L_a = 5.5 \lg P_e + 10 \lg \frac{P}{P_e} + 46 + C_a$$

式中:  $P_e$  —— 燃气轮的额定功率, kW;

$P$  —— 传输到减速齿轮箱的功率, kW;

$C_a$  —— 燃气轮机振动的倍频程修正值, dB; 见表 4.5.2。

燃气轮机振动的倍频程修正值

表 4.5.2

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	2	4	6	8	11	13	15	17

### 4.5.3 降噪措施

#### 4.5.3.1 降低燃气轮机的空气噪声

- (1) 采用隔声罩以降低燃气轮机机组的空气噪声;

- (2) 进排气口安装消声器。
- (3) 采用低噪声阀降低管路系统的气动噪声；

#### 4.5.3.2 降低燃气轮机的结构噪声

- (1) 燃气轮机机组采用弹性安装以降低结构噪声；
- (2) 齿轮箱与燃气轮机机组之间采用弹性联轴器；
- (3) 主管路采用低噪声流道设计和弹性支承；

## 4.6 减速齿轮箱

### 4.6.1 噪声来源

(1) 减速齿轮箱噪声通常集中在中频和较高频频段范围内；其主要来源于齿轮的制造误差和负载作用下齿的变形。

(2) 齿轮箱噪声影响因素

- ①高转速、高功率
- ②齿轮的冲击
- ③几何误差与表面光洁度
- ④变形与对中误差

### 4.6.2 减速齿轮箱噪声估算

减速齿轮箱的辐射声功率级  $L_w$  (参考声功率  $w_0 = 10^{-12} \text{ W}$ )，dB，应按下式估算：

$$L_w = 68 + 10 \log(P_e) - 10 \log \left[ \frac{fg}{f} + \left( \frac{f}{fg} \right)^2 \right] + \Delta$$

式中：fg —— 齿轮啮合频率，即齿轮转速频率与齿数之积；

$\Delta$  —— 齿轮箱制造误差影响系数，见表 4.6.2。

齿轮箱制造误差影响系数

表 4.6.2

等级	B3	C1	C2	C3	D1	D2	D3
$\Delta$	0	2.5	5	7.5	10	12.5	15

### 4.6.3 降噪措施

(1) 空气噪声

采用隔声罩降低减速齿轮箱的空气噪声，隔声罩和齿轮箱不应刚性连接。

(2) 结构噪声

对于中小型船舶和特种船舶，可将齿轮箱弹性安装。齿轮箱的轴与其它设备的轴间一般采用弹性联轴器，该联轴器应具有足够的弹性以适应运转时可能产生的变形。如果需要，滑油管道、冷却管道也应采用挠性连接。

当齿轮箱刚性安装时，可增大支承结构的刚度。

## 4.7 锅炉

### 4.7.1 噪声来源

锅炉噪声主要来自烧嘴和燃烧的炉膛。

- (1) 当燃料被蒸汽雾化后，通过烧嘴高速喷射至炉膛内，形成剧烈的气体扰动，并向

外辐射高频噪声；

(2) 燃料在燃烧过程中，气体局部地膨胀和收缩，向外辐射低频噪声；

(3) 锅炉的噪声频率特性，由烧嘴形式决定。油气混合烧嘴产生的噪声以低频成分为主；辐射烧嘴的辐射噪声以高频特性为主；气体烧嘴噪声以中低频为主。

#### 4.7.2 燃烧噪声声功率计算

(1) 锅炉噪声一般通过实测获得。

(2) 锅炉的辐射声功率级参见表 4.7.2，参考声功率  $w_0 = 10^{-12} \text{ W}$ 。

锅炉的辐射声功率级

表 4.7.2

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
辐射声功率级 (dB)	96	97	94	92	92	85	83	85

#### 4.7.3 降噪措施

(1) 采用低噪声烧嘴

改进烧嘴本身的结构或改变燃烧方式。

(2) 加装隔声罩

在烧嘴辐射噪声的最强部位加装隔声罩。

## 4.8 电机

#### 4.8.1 噪声来源

电机噪声包括磁噪声、机械噪声和空气动力噪声。电机中的空气动力噪声主要取决于风扇的类型。

#### 4.8.2 电机的振动噪声估算

(1) 电机的加速度级估算

$$L_a = 10 \lg P_e + 7 \lg n_e + 42 + C_a$$

式中： $L_a$  —— 电机的加速度级，dB；参考加速度  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ；

$P_e$  —— 电机的额定功率，kW；

$n_e$  —— 电机的额定转速，r/min；

$C_a$  —— 电机振动的倍频程修正值，dB；见表 4.8.2 (1)。

电机振动的倍频程修正值

表 4.8.2 (1)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	11	14	15	16	17	18	18	18

(3) 电机的辐射声功率级估算

$$L_w = 10 \lg P_e + 57 + C_w$$

式中： $L_w$  —— 电机的辐射声功率级，dB；参考声功率  $w_0 = 10^{-12} \text{ W}$ ；

$P_e$  —— 电机的额定功率, kW;

$C_w$  —— 电机空气噪声的倍频程修正值, dB; 见表 4.8.2 (2)。

电机空气噪声的倍频程修正值 表 4.8.2 (2)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
600r/min 以上的修正值 (dB)	7	5	11	23	24	20	15	3
600r/min 以下的修正值 (dB)	11	14	13	16	18	18	14	7

### 4.8.3 降噪措施

电机噪声控制, 根据不同的发声部位, 可采取下列措施:

- (1) 电机弹性安装。
- (2) 设置隔声间、隔声罩。

## 4.9 泵

### 4.9.1 噪声来源

泵的噪声来自于泵及其驱动机械和传动件 (减速器、液压变速器、联轴器等)。泵的振动噪声源分为液体流动噪声源和机械噪声源。

### 4.9.2 泵的振动噪声估算

- (1) 非往复泵式的加速度级估算

$$L_a = 10 \lg P_e + 60 + C_a$$

式中:  $L_a$  —— 泵的加速度级, dB; 参考加速度  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ;

$P_e$  —— 驱动泵的机械设备的额定功率, kW;

$C_a$  —— 非往复泵振动的倍频程修正值, dB; 见表 4.9.2 (1)。

非往复泵振动的倍频程修正值 表 4.9.2 (1)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
离心泵的修正值 (dB)	8	21	19	23	24	20	24	23
齿轮泵的修正值 (dB)	21	34	32	37	38	34	44	45

- (2) 往复式活塞泵的加速度级估算

$$L_a = 10 \lg P_e + 30 \lg \frac{P_p}{3000} + 60 + C_a$$

式中:  $L_a$  —— 泵的加速度级, dB; 参考加速度  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ;

$P_e$  —— 驱动泵的机械设备的额定功率, kW;

$P_p$  —— 泵组的额定压力, Pa;

$C_a$  —— 往复式活塞泵振动的倍频程修正值, dB; 见表 4.9.2 (2)。

往复式活塞泵振动的倍频程修正值 表 4.9.2 (2)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	7	10	9	7	10	7	4	7

(3) 非往复式泵的辐射声功率级估算

$$L_w = 10 \lg P_e + 10 \lg n_e + 15 + C_w$$

式中:  $L_w$  —— 泵的辐射声功率级, dB; 参考声功率  $w_0 = 10^{-12}$  W;

$P_e$  —— 驱动泵的机械设备的额定功率, kW;

$n_e$  —— 泵的额定转速, r/min;

$C_w$  —— 非往复式泵空气噪声的倍频程修正值, dB; 见表 4.9.2 (3)。

非往复式泵空气噪声的倍频程修正值 表 4.9.2 (3)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
离心泵的修正值 (dB)	25	26	26	27	29	26	23	18
齿轮泵的修正值 (dB)	35	36	36	37	39	36	33	28

(4) 往复式活塞泵的辐射声功率级估算

$$L_w = 30 \lg \frac{P_p}{3000} + 20 + C_w$$

式中:  $L_w$  —— 泵的辐射声功率级, dB; 参考声功率  $w_0 = 10^{-12}$  W;

$P_p$  —— 泵组的额定压力, Pa;

$C_w$  —— 往复式活塞泵空气噪声的倍频程修正值, dB; 见表 4.9.2 (4)。

往复式活塞泵空气噪声的倍频程修正值 表 4.9.2 (4)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	11	15	21	29	25	22	15	9

### 4.9.3 降噪措施

- (1) 泵的机脚采取弹性安装。
- (2) 泵的出口采用挠性接管。

## 4.10 空压机

### 4.10.1 噪声来源

- (1) 进气口空气速度不均匀和涡流产生的空气动力性噪声;
- (2) 压缩机零部件表面振动辐射噪声。

#### 4.10.2 空压机的振动噪声估算

##### (1) 空压机的加速度级估算

$$L_a = 10 \lg P_e + 81 + C_a$$

式中： $L_a$  ——空压机的加速度级，dB；参考加速度  $a_0 = 10^{-6} \text{ m/s}^2$ ；

$P_e$  ——空压机的额定功率，kW；

$C_a$  ——空压机振动的倍频程修正值，dB；见表 4.10.2 (1)。

空压机振动的倍频程修正值 表 4.10.2 (1)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	7	10	9	7	10	7	4	7

(2) 空压机的辐射声功率级见表 4.10.2 (2) 和表 4.10.2 (3)，参考声功率  $w_0 = 10^{-12} \text{ W}$ 。

往复式空压机的辐射声功率级 表 4.10.2 (2)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
辐射声功率级 (dB)	108	108	112	110	101	100	95	95

离心式空压机的辐射声功率级 表 4.10.2 (3)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
75kW 以下的辐射声功率级 (dB)	100	102	107	107	98	97	90	87
75kW 以上的辐射声功率级 (dB)	105	108	112	112	108	102	95	92

#### 4.10.3 降噪措施

- (1) 采取弹性安装。
- (2) 提高基座的刚度。

## 4.11 通风空调系统

4.11.1 通风空调系统噪声主要来源于通风机、进出风口和管路。

##### (1) 通风机

通风机主要包括旋转噪声和涡流噪声，与其尺寸、转速、功率、型式和制造情况有关。还应考虑通风机装置的运转噪声，即直接由电动机、齿轮和轴承发出的噪声以及通风机机壳机械振动产生的噪声。

##### (2) 进出风口

通风管道的进出风口通常装有由穿孔的板或导叶构成的格栅，产生宽频带噪声。

##### (3) 通风管路

通风管路的再生噪声与其布置与结构有关。

4.11.2 通风空调系统噪声估算

##### (1) 通风机的辐射声功率级估算

$$L_w = 10 \lg Q + 20 \lg T_p + 10 + C_w$$

式中： $L_w$  ——通风机的辐射声功率级，dB；参考声功率  $w_0 = 10^{-12}$  W；

$Q$  ——通风机的流速， $m^3/min$ ；

$T_p$  ——通风机的压力， $N/m^2$ ；

$C_w$  ——通风机空气噪声的倍频程修正值，dB；见表 4.11.2 (1)。

通风机空气噪声的倍频程修正值 表 4.11.2 (1)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
离心式通风机的修正值 (dB)	6	7	11	16	18	22	26	33
轴流式通风机的修正值 (dB)	10	9	8	8	8	10	14	15

(2) 空调设备的加速度级见表 4.11.2 (2)，参考加速度  $a_0 = 10^{-6}$   $m/s^2$ 。

空调设备的加速度级 表 4.11.2 (2)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
加速度级 (dB)	100	110	105	105	110	115	115	120

(3) 空调设备的辐射声功率级见表 4.11.2 (3)，参考声功率  $w_0 = 10^{-12}$  W。

空调设备的辐射声功率级 表 4.11.2 (3)

倍频程中心频率 (Hz)	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
辐射声功率级 (dB)	108	108	112	110	101	100	95	95

#### 4.11.3 降噪措施

- (1) 选用低噪声的通风机、空调装置。
- (2) 通风机、空调布置在专用的舱室内，并进行声学处理以降低辐射噪声。
- (3) 进风口应布置在远离桥楼和起居处所的地方。
- (4) 通风机和空调装置弹性安装和挠性连接。
- (5) 在通风机进出口安装消声器。
- (6) 通风管道的布置避免急转弯和直角分支。
- (7) 通风格栅的尺寸设计应使其具有较低的空气流速。

## 第5章 船上降噪措施

### 5.1 一般要求

5.1.1 常用船上噪声控制措施主要包括：

- (1) 结构噪声控制
- (2) 吸声
- (3) 隔声
- (4) 消声
- (5) 隔振
- (6) 阻尼敷层
- (7) 浮动地板
- (8) 机舱噪声
- (9) 通风管路系统低噪声设计

### 5.2 结构噪声控制

5.2.1 结构声学设计基本原则

- (1) 舱室布置的基本原则是居住舱室和工作场所等应尽可能远离噪声源。
- (2) 应按声学特性布置声源和舱室，在条件许可的条件下尽可能把高噪声源集中布置便于采取隔离措施。
- (3) 通常将船员的居住舱室与工作舱室尽可能不布置于主甲板区域；应尽可能设置独立的机舱集控室使得船员免受高噪声伤害。
- (4) 居住舱室和工作舱室应远离机舱、船尾和烟囱等高噪区域，在机舱棚和居住舱室之间应设置走道、盥洗室、储藏室等作为噪声缓冲区。
- (5) 烟囱、通风系统的排气口应尽可能远离和背向居住舱室和桥楼。
- (6) 机舱门应和居住舱室错开，面向烟囱的上层建筑道口应设置隔声门。
- (7) 天花板、舱壁、甲板、门窗等结构设计应保证足够的刚度，以免引起共振，门窗还应避免二次噪声。
- (8) 船尾线型在满足性能的前提下，还应尽可能降低螺旋桨引起的噪声；船首结构型式还应注意减小波浪引起的拍击噪声。

5.2.2 避免船体结构共振

- (1) 改变激励频率或者船体结构的固有频率，满足相应的频率储备要求，参见 CCS《船上振动控制指南》。
- (2) 通常调整结构刚度是改变结构固有频率最有效的措施。例如，对管路可增设支撑；对板可沿长边方向设置加强筋；对加筋板应增强加强筋刚度；对板架可增设舱壁或强框架。
- (3) 当结构频率储备要求无法完全满足时，可通过降低设备对结构的激励来抑制结构振动响应，如采用隔振措施，见本章 5.6。

5.2.3 基座结构

- (1) 尽量使基座的腹板、肘板与基座安装结构的强力构件（如纵桁、肋板、加强筋等）重合；基座主要构件上的开孔和切口尺寸及数量应尽量减小；置放基座的结构（如加强筋）的静态弯曲刚度至少比基座面板的静态弯曲刚度高出 2~3 倍。
- (2) 基座静态刚度应不小于隔振器的静态刚度的 6 倍。
- (3) 增加基座面板的厚度是提高基座输入阻抗的最有效措施。腹板、肘板的厚度应不

小于其面板厚度的一半。

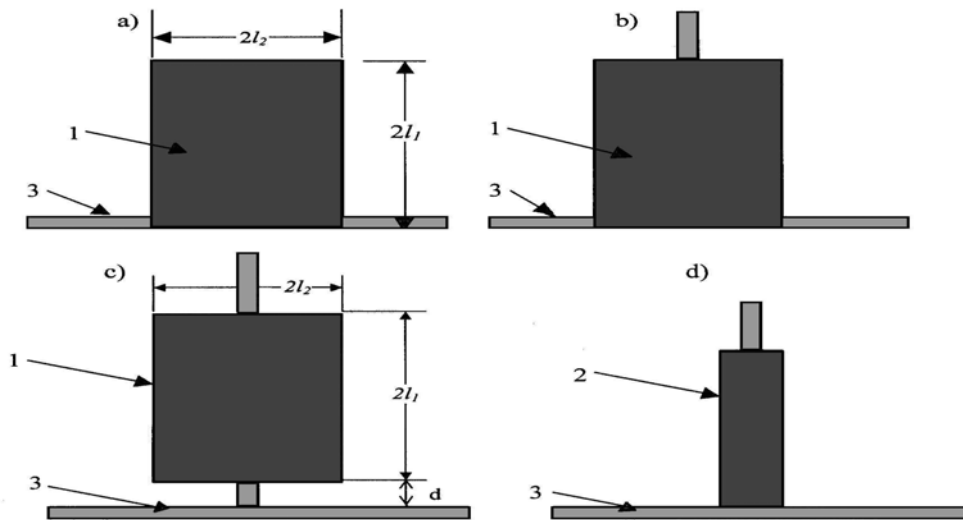
(4) 肘板间距应尽可能小,当无法布置肘板时,应通过增加小肘板或者刚性边条加强。基座面板的自由边也应采用刚性边条加强,刚性边条的厚度应不大于面板的厚度。

(5) 隔振器(或机脚)固定在基座面板应尽量靠近肘板和腹板交接处的位置上。基座的面板宽度不应超过安置在它上面的隔振装置尺寸的 0.05m。

#### 5.2.4 阻振质量

##### (1) 一般要求

阻振质量一般为金属块,其剖面有正方形、矩形或圆形,可以焊在基座腹板或振动传播途径的船舶结构,见图 5.2.4 (1)。



a. 平板中的阻振质量; b. 板 T 形接头中的阻振质量; c. 增大截面惯性半径的阻振质量;  
d. 增厚的围板; 1. 阻振质量; 2. 围板; 3. 支撑结构

图 5.2.4 (1) 阻振质量示意图

(2) 阻振质量应布置在安装有机设备的船舶结构上,并尽量使阻振质量连续布置并包围激励设备,沿基座腹板、舱壁或甲板周界布置是最好的方法。

(3) 沿船舶结构周界布置的阻振质量离基座至少一个肋骨间距。

(4) 阻振质量横剖面方向的尺寸应超过船舶结构平均厚度 8-10 倍。

(5) 船舶结构与阻振质量布置相交线上的加强筋数量应减至最少。

(6) 阻振质量应与同一结构上的阻尼措施配合使用,以取得吸、隔振最佳效果。

(7) 阻振质量与船舶结构之间不允许采用点焊或间断焊,应采用连续焊。(为防止在连续焊时船舶结构发生过大的焊接变形,可采用分段焊接方法或其它工艺措施。)

## 5.3 吸声

### 5.3.1 一般要求

(1) 吸声是将吸声材料(或吸声结构)衬贴或悬挂在舱室内部,当声波入射到吸声材料表面时,依靠材料的吸声作用,减少声反射,降低舱室噪声。

(2) 吸声设计适用于平均吸声系数较低、混响声较强的舱室,如机舱、应急发电机室、空调机室等;吸声量一般在 3~10dB(A)。

### 5.3.2 吸声材料

吸声材料一般为多孔材料,影响多孔材料的吸声性能主要有流阻、孔隙率、结构因子、

厚度、容重、护面层等因素。常用吸声材料的吸声系数一般通过实验室获得，表 5.3.2 供参考。

常用吸声材料的吸声系数 表 5.3.2

序号	材料名称	厚度 (cm)	容重 (Kg/m <sup>3</sup> )	各频率下的吸声系数 (Hz)					
				125	250	500	1000	2000	4000
1	纤维质材料 超细玻璃棉	5	12	0.06	0.16	0.68	0.98	0.93	0.90
		5	15	0.05	0.24	0.72	0.92	0.90	0.98
		5	24	0.10	0.30	0.85	0.85	0.85	0.85
		5	20	0.10	0.35	0.85	0.85	0.86	0.86
		10	20	0.25	0.60	0.85	0.87	0.87	0.85
		15	20	0.50	0.80	0.85	0.85	0.86	0.80
		6	23	0.08	0.87	0.80	0.87	0.82	0.86
		8	21	0.12	0.94	0.67	0.79	0.88	0.95
2	矿渣棉	6	240	0.25	0.55	0.78	0.75	0.87	0.91
		8	150	0.30	0.64	0.93	0.78	0.93	0.94
		8	240	0.35	0.65	0.65	0.75	0.88	0.92
		8	300	0.35	0.43	0.55	0.67	0.78	0.92
3	防水玻璃棉	10	20	0.25	0.94	0.93	0.90	0.96	
4	熟玻璃丝	5	80	0.06	0.08	0.18	0.44	0.72	0.82
		5	130	0.10	0.12	0.31	0.76	0.85	0.99
		9	100	0.18	0.44	0.89	0.98	0.98	0.99
		4	200	0.13	0.20	0.53	0.98	0.84	0.80
		6	200	0.25	0.35	0.82	0.99	0.89	0.82
9	200	0.30	0.54	0.94	0.89	0.86	0.84		
5	高硅氧玻璃棉	5	45~65	0.66	0.15	0.30	0.50	0.62	0.80
6	硅酸铝耐火纤维毡	3	150	0.17	0.24	0.30	0.40	0.46	0.60
7	岩棉板	2.5	150	0.04	0.10	0.32	0.65	0.95	0.95
		5	80	0.08	0.22	0.60	0.93	0.98	0.99
		5	150	0.11	0.33	0.73	0.90	0.89	0.96
		10	80	0.35	0.64	0.89	0.90	0.96	0.98

### 5.3.3 吸声结构

多孔材料高频吸声性能好，但低频性能较差，吸声结构可弥补多孔材料在低频吸声方面的不足。常用的吸声结构有薄板吸声结构、薄膜吸声结构、穿孔板吸声结构、微穿孔板吸声结构、空间吸声体等。

#### (1) 薄板共振吸声结构

将板材（胶合板、硬质纤维板或金属板等）周边固定在框架上，板后留有一定厚度的空气层就构成了薄板共振吸声结构。

薄板结构的固有频率随板的面密度或空气层厚度增加而降低。常用薄板共振吸声结构的板厚取 3~6mm，空气厚度取 30~100mm，共振吸收频率约在 100~300Hz 之间，其吸声系数一般为 0.2~0.5。

在薄板结构的边缘（即板与龙骨架交接处）放置一些柔软材料（如橡皮条、海绵条、毛毡等），以及在空气层中沿龙骨架四周衬贴一些多孔性材料（如玻璃棉、泡沫塑料等），可提

高吸声性能。

#### (2) 薄膜吸声结构

在刚度很小的弹性材料（如聚乙烯薄膜、漆布、不透气的帆布等）后面设置空气层，构成薄膜共振吸声结构。

薄膜结构与薄板结构在吸声机理上基本相同，由于膜的面密度比较小，所以其共振吸声频率向高频移动，通常薄膜结构的共振频率为 200~1000Hz，最大吸声系数为 0.3~0.4。

#### (3) 穿孔板吸声结构

在金属板、薄木板上穿以一定的孔，板后留有一定厚度的空气层，可对入射的声波产生共振吸收，如图 5.3.3 (3)。设计穿孔板吸声结构时，应根据吸声频率范围进行共振频率的计算。

在空腔内多填多孔吸声材料，并将其紧贴穿孔板填充，可提高吸声性能。

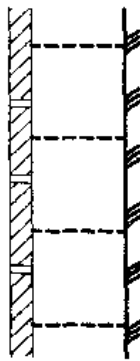


图 5.3.3 (3) 穿孔板共振吸声结构

#### (4) 微穿孔板吸声结构

微穿孔板是在板厚小于 1mm 的薄金属板上钻以孔径小于 1mm 的微孔，穿孔率在 1~5% 之间，后部留有一定厚度的空气层；微穿孔板吸声结构构造简单、易于清洗、耐高温，适用于高速气流、高温或潮湿等特殊环境。

微穿孔板穿孔直径很小，具有相当大的声阻，在空腔内不必再填放吸声材料，同样能取得较高的吸声系数和较宽的有效吸声频带。穿孔板可用单层或双层。

#### (5) 空间吸声体以及其他吸声结构

空间吸声体由框架、吸声材料和护面结构制成，可以悬吊在声场的空间。吸声体的形状可制成多种样式，通常有平板形，圆柱形、球形、圆锥形等，其中以平板矩形最为常用。吸声体吸声效率较高。

在吸声处理上还可采用其他的吸声结构，如帘幕吸声结构等。帘幕吸声结构用通气材料制作，由于帘幕离开墙面有一定距离，相当于多孔材料背后设置空气层，因而具有一定的吸声能力。

### 5.3.4 吸声设计程序

吸声降噪措施的设计应按下述步骤进行：

(1) 确定吸声处理前舱室内声压级及其允许声压级，计算所需吸声降噪量；

①舱室吸声处理前的室内声压级可以通过实测得到，也可按下式计算：

$$L_p = L_w + 10 \lg \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R_r} \right)$$

式中： $L_p$  —— 受声点各倍频带声压级，dB；

$L_w$  —— 声源各倍频带声压级，dB；

$Q$  —— 声源指向性因数，当声源位于室内几何中心时， $Q=1$ ；当声源位于室内地面中心或某一墙面中， $Q=2$ ；当声源位于室内某一边线中点时， $Q=4$ ；当声源位于室内某一角落时， $Q=8$ ；

$r$  —— 声源至受声点的距离，m；

$R_r$  —— 声学环境的房间常数， $m^2$ ，按下式计算：

$$R_r = \frac{S\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}} = \frac{A}{1-\bar{\alpha}}$$

$S$  —— 室内壁面的总面积， $m^2$ ；

$\bar{\alpha}$  —— 壁面的平均吸声系数；

$A$  —— 房间内个倍频带的总吸声量， $m^2$ 。

在计算室内声压级时，室内吸声处理前的平均吸声系数 $\bar{\alpha}_1$ （或总吸声量 $A_1$ ）可由计算得到，也可通过测量房间混响时间求得。

②根据吸声处理前的声压级减去允许声压级得到吸声措施需要的降噪量 $\Delta L_p$ （dB）。

（2）吸声处理后的舱室平均系数 $\bar{\alpha}_2$ 应根据所需吸声降噪量 $\Delta L_p$ 值和原舱室内平均吸声系数 $\bar{\alpha}_1$ ，按下式计算：

$$\Delta L_p = 10 \lg \frac{\bar{\alpha}_2}{\bar{\alpha}_1}$$

（3）由平均吸声系数 $\bar{\alpha}_2$ 和舱室内可供装设吸声材料的面积，确定吸声面上的吸声系数；

（4）由确定的吸声系数，参考有关的吸声材料表，选择合适的吸声材料或结构。

### 5.3.5 吸声构件的设计

（1）吸声构件的设计与选择，一般应符合下述要求：

①中高频噪声的吸声降噪设计，一般可采用20mm~50mm厚的常规成型吸声板；当吸声要求较高时，可采用50~100mm厚的超细玻璃棉等多孔吸声材料，并加适当的护面层；

②中低频噪声的吸声降噪设计，可采用穿孔板共振吸声结构，其板厚通常取2~5mm，孔径可取3~6mm，穿孔率宜小于5%，也可采用薄板共振吸声结构；

③宽频带噪声的吸声降噪设计，可在多孔材料后面留50~100mm的空气层，或采用80~150mm厚吸声层；

④舱室温度较高，或有清洁要求的吸声降噪设计，可采用薄膜覆面的多孔材料或单、双层微穿孔板吸声结构，微穿孔板的板厚及孔径应不大于1mm，穿孔率可取0.5~3%，总腔深可取50~200mm；

⑤可将吸声无纺布（一种超薄的吸声材料）贴于各种穿孔板后组成复合吸声体。

(2) 吸声处理方式的选择应符合下述要求：

①舱室吸声降噪设计一般宜对天花板及围壁同时进行吸声处理；

②机舱的吸声设计可设置空间吸声体，也可在声源周围设置隔声屏；

③吸声降噪设计，当采用空间吸声体时，吸声体面积宜取舱室平顶面积的 40%左右，或舱室总表面积的 15%左右。

## 5.4 隔声

### 5.4.1 一般要求

(1) 隔声是将声源与接收者进行隔离的噪声控制措施，主要包括：

①声源隔声设计：采用隔声罩结构，用隔声结构把噪声源封闭起来，使噪声局限在一个小的空间里；

②对接受者的隔声设计：采用隔声间，如控制室，把需要安静的场所用隔声结构围闭起来，使外面的噪声传不进去；

③噪声传递途径的隔声设计：采用隔声屏结构，在噪声源与受噪声干扰的位置之间设立隔声屏障，隔挡噪声向接受位置传播。

(2) 机舱内的人员工作空间应进行适当的声学隔离，如集控室。

(3) 对机舱采取适当的吸隔声措施有利于提高舱室噪声控制的整体效果。

(4) 组合隔声结构的设计，应注意孔洞、缝隙构件的拼装接点，电缆、管道的通过部位以及一切施工上容易忽略的隐蔽通道的漏声，并作密封或消声处理。

### 5.4.2 隔声结构

(1) 单层隔声结构

对于单层均质的隔声结构，其隔声性能随着声波频率的不同而变化；当无实测数据时，单层隔声结构的隔声量  $TL$  可按下式估算：

$$TL = 18 \lg m + 18 \lg f - 44$$

式中： $m$  —— 构件的面密度， $\text{kg}/\text{m}^2$ ；

$f$  —— 各倍频带中心频率， $\text{Hz}$ 。

在选用单层隔声构件时，应避免吻合效应影响，单层均质构件的吻合频率  $f_c$  可按下式计算：

$$f_c = \frac{c^2}{1.8t} \sqrt{\frac{\rho_m}{E}}$$

式中： $c$  —— 空气中的声速， $\text{m}/\text{s}$ ；

$t$  —— 构件厚度， $\text{m}$ ；

$\rho_m$  —— 构件的材料密度， $\text{kg}/\text{m}^3$ ；

$E$  —— 构件的材料弹性模量， $\text{N}/\text{m}^2$ 。

(2) 双层隔声结构

留有空气层的双层隔声结构比重量相等的单层隔声结构隔声量更大。双层结构的隔声量

应通过实测得到，当无实测数据时，可按下式估算：

$$\text{当 } m_1 + m_2 \leq 100 \text{ kg/m}^2 \text{ 时, } TL = 13.5 \lg(m_1 + m_2) + 13 + \Delta TL$$

$$\text{当 } m_1 + m_2 > 100 \text{ kg/m}^2 \text{ 时, } TL = 18 \lg(m_1 + m_2) + 8 + \Delta TL$$

式中： $m_1$ 、 $m_2$  ——分别为双层结构的单位面积上的重量， $\text{kg/m}^2$ ；

$\Delta TL$  ——附加隔声量，由图 5.4.2 (2) 查询得到。

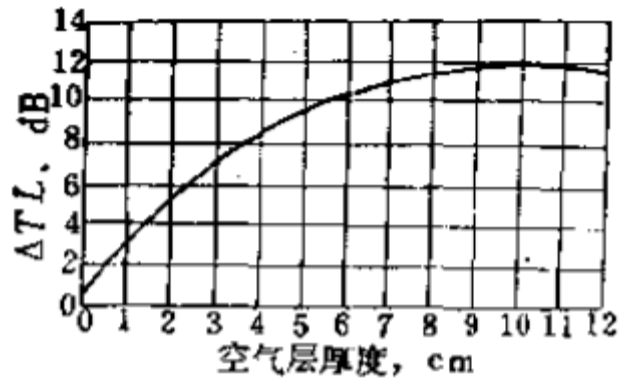


图 5.4.2 (2)  $\Delta TL$  与空气层厚度的关系

### (3) 部分结构的实测隔声量

部分结构隔声性能如表 5.4.2 (3) 所示：

部分结构的参考隔声量

表 5.4.2 (3)

种类	平均隔声量 (dB)	倍频程中心频率 (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
0.7mm 贴塑钢板+50mm 岩棉+0.7mm 贴塑钢板	27	16	23	24	29	39	37
2mm 铝板+70mm 超细玻璃棉+2mm 铝板	37	19	27	40	42	48	53
1mm 钢板+80mm 超细玻璃棉+1mm 钢板	48	28	42	50	57	58	60
1.5mm 钢板+80mm 超细玻璃棉+1.5mm 钢板	51	31	43	52	59	62	63

### 5.4.3 隔声罩

(1) 隔声罩通常由金属框架、隔声件（包括隔声门、观察窗、隔声板）、弹性元件（包括弹性支承和弹性接管）和冷却系统等部分组成，如图 5.4.3 (1) 所示。



图 5.4.3 (1) 隔声罩

(2) 隔声罩的实际隔声量应按下式计算:

$$R = TL + 10 \lg \bar{\alpha}$$

式中:  $R$  —— 隔声罩的实际隔声量, dB;

$TL$  —— 罩壁材料的隔声量, dB;

$\bar{\alpha}$  —— 罩内表面的平均吸声系数。

(3) 隔声罩设计应按下述方法进行:

① 测量设备噪声。

② 根据降低噪声的要求, 确定总隔声量及各倍频程的隔声量。

③ 选择合适的材料及结构, 并测量其隔声量, 选择吸声材料, 查出材料的吸声系数  $\alpha_i$ 。

④ 隔声罩的插入损失可按下式估算:

$$IL = R_0 + 10 \lg \bar{\alpha}$$

式中:  $IL$  —— 各倍频带的插入损失, dB;

$R_0$  —— 隔声构件各频带的固有隔声量, dB;

$\bar{\alpha}$  —— 隔声罩内各倍频带的平均吸声系数。

⑤ 查出 A 计权曲线各倍频程的修正值。由各倍频程的测量值噪声减去相应频程的隔声罩插入损失, 并加上 A 计权曲线的修正值, 得到隔声后的 A 计权声级。

(4) 隔声罩的设计细节

① 隔声罩的设计应与生产工艺要求相配合, 不应影响生产和妨碍操作; 对于须经常维护的设备, 其隔声罩通常应使用可拆卸式。

② 隔声罩应使用具有足够隔声能力的材料制作。

③ 隔声罩内表面应敷设吸声材料, 应有较好的护面层, 护面层与设备表面之间应留有足够距离。

④ 隔声罩应选择适当的形状, 一般来说, 曲面形体的刚度比较大, 利于隔声; 尽量少用方形平行壁隔声罩, 以防止罩内空气声的驻波效应, 使隔声量出现低谷。同时, 要尽量去掉不必要的金属面, 以减少噪声的辐射面积。

⑤ 用钢板之类的轻型结构作罩壁时, 需考虑共振和吻合效应, 为此可在金属板面上加筋

或涂贴阻尼层，以抑制板面振动，减少声波的辐射。阻尼层的厚度一般不小于罩壁厚度的2~4倍，并且一定要粘结紧密牢固；

⑥隔声罩与声源设备及公共机座之间应弹性安装，否则会形成“声桥”，使机械设备的振动直接传递给罩体，使罩体成为新的噪声辐射面，从而使隔声效果下降。

⑦隔声罩各连接部位要密封，不留孔隙；若有管道或电缆等其他部件在隔声罩上穿过时，应采取必要的密封及减振措施。

⑧对于有动力和热源的设备，应注意隔声罩通风散热。

⑨隔声罩内设备的控制开关应引至罩外，并设置观察罩窗。

#### 5.4.4 隔声间

(1) 隔声间是指使用隔声结构组成的具有良好隔声性能的房间，如机舱集控室。

(2) 隔声间的隔声量

隔声间的实际隔声量与各个构件的隔声量、整个围护结构暴露在声场中的面积大小、隔声间内吸声情况有关。隔声间实际隔声量  $R$  可按式计算：

$$R = \bar{TL} + 10 \lg \frac{A}{S_{\text{端}}}$$

式中： $\bar{TL}$  —— 各构件的平均隔声量，dB；

$A$  —— 隔声间内的总吸声量， $\text{m}^2$ ；

$S_{\text{端}}$  —— 隔声间的透射面积， $\text{m}^2$ 。

(3) 隔声间的门窗设计

①门

门的隔声性能与门的重量、组成材料和门缝的密封程度有关，通常采用多层复合结构。常见的门隔声性能如表 5.4.4 (3) ①所示：

常见门的隔声量 表 5.4.4 (3) ①

门的种类	平均隔声量 (dB)	倍频程中心频率 (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
一般单层门	17.67~25.67	12~18	14~19	16~23	22~30	22~32	20~32
一般双层门	31.67	27	27	32	35	34	35
特殊的双层门	55.83	34	46	60	65	65	65

门的隔声效果还与门缝密封程度有关。通常将门扇与门框之间的门缝做成企口或阶梯状，并在接缝处嵌上软橡皮、工业毛毡或泡沫乳胶等弹性材料，以减少缝隙漏声。

②窗

窗的隔声性能与玻璃厚度、层数、层间的空气层大小及窗扇与窗框的密封程度有关。

窗玻璃越厚，其隔声效果越好。对于要求较高的隔声窗，首先应选择有足够厚度的玻璃（一般在 6~10mm），并且层数应在两层以上。双层结构中的空气层，对隔声效果也有显著的影响。试验表明，玻璃之间的距离在 8~12cm，其作用最显著。玻璃与窗框、窗框与墙壁之间均应密封。

普通单层玻璃窗隔声性能如表 5.4.4 (3) ②所示：

普通单层玻璃窗的隔声量 表 5.4.4 (3) ②

玻璃厚度 (mm)	平均隔声量 (dB)	倍频程中心频率 (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
4	27.5	22	24	28	30	32	29

6	29.0	25	27	29	34	29	30
8	30.5	31	28	31	32	30	37
10	32.8	32	31	32	32	32	38

#### 5.4.5 隔声设计程序和方法

##### (1) 隔声设计步骤

- ①由噪声源特性和舱室声学环境估算受声室部位倍频带声压级；
- ②确定舱室内受声部位允许的倍频带声压级；
- ③计算各倍频带所需隔声量；
- ④设计适当的隔声构件，组成隔声结构。

##### (2) 隔声设计方法

- ①舱室受声部位各倍频带容许声压级，可按照规格书规定或有关标准确定；
- ②各倍频带所需隔声量可按下式估算。

$$TL_0 = L_p - L_{p\alpha} + 5$$

式中： $TL_0$  —— 舱室受声部位各倍频带所需的隔声量，dB；

$L_p$  —— 舱室受声部位各倍频带的声压级，dB；

$L_{p\alpha}$  —— 舱室受声部位各倍频带的允许声压级，dB。

- ③隔声构件的隔声量应能满足各倍频带隔声量的要求，按实测得到。

④隔声室的实际隔声量不仅与隔声构件有关，而且还与隔声室内表面的吸声系数  $\alpha$  和内表面面积有关。

隔声室的实际隔声量可按下式计算。

$$TL_p = TL_i + 10 \lg \frac{A}{S_n}$$

式中： $TL_p$  —— 隔声室的实际隔声量，dB；

$TL_i$  —— 构件隔声量，dB；

$A$  —— 隔声室总吸声量， $m^2$ 。

$$A = \sum \alpha_n \cdot S_n$$

$S_n$  —— 隔声室内各表面面积， $m^2$ ；

$\alpha_n$  —— 隔声室内各表面的吸声系数。

⑤隔声结构的孔洞、缝隙对隔声量影响很大，其面积虽小，因透声系数为 1，是隔声结构的薄弱环节。

## 5.5 消声

### 5.5.1 一般要求

消声一般通过加装消声器进行。消声器是一种能阻止声音传播而又允许气流通过的装置，是控制空气噪声通过管道向外传播的有效措施。

### 5.5.2 消声器种类

船舶常用的消声器有：阻性消声器、抗性消声器、阻抗复合式消声器、微穿孔板吸声结构消声器、小孔喷注消声器和多孔扩散消声器等。

#### (1) 阻性消声器

将吸声材料固定在气流通过的管道周围或按一定方式排列在通道中，当声波进入消声器中，引起多孔材料中的空气和纤维振动，由于摩擦和粘滞阻力，使一部分声能转化为热能而耗散，起到消声的作用。

阻性消声器应用范围很广，对中、高频有较好的消声效果；可分为圆形与矩形直通式、片式、折板式等。其结构示意见图 5.5.2 (1) 所示。

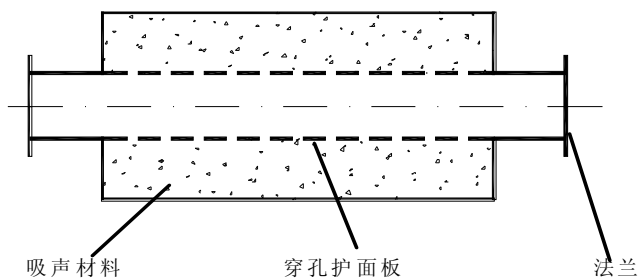


图 5.5.2 (1) 圆直通式阻性消声器

#### (2) 抗性消声器

在管道中插入截面突变的管段或旁接共振腔，利用声阻抗失配，使某些频率的声波在声阻抗突变的界面处发生反射、干涉等现象，达到消声的目的。抗性消声器低频消声效果较好，一般有扩张室式（也称膨胀室式）和共振式等。其结构见图 5.5.2 (2)。

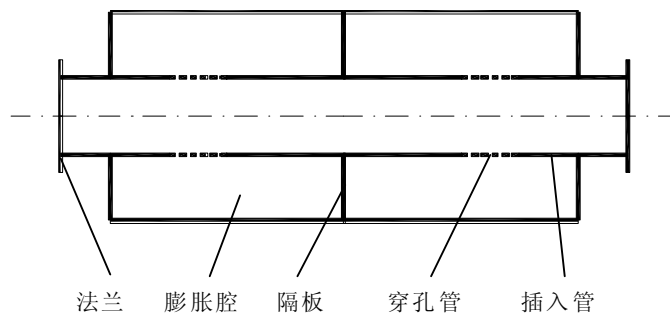


图 5.5.2 (2) 双腔膨胀式消声器

#### (3) 阻抗复合式消声器

由低、中频消声效果较好的抗性消声器和中、高频消声效果较好的阻性消声器组合而成，可以实现宽频带、高吸声的效果。

#### (4) 微穿孔板吸声结构消声器

由微穿孔板组合设计而成的消声器既有阻性又有抗性消声性能，其特点是：高速气流通时，仍然有较好的消声效果。金属微穿孔板的厚度一般都在 0.5~1mm 之间，孔径应控制在 0.5~1mm 之间，穿孔率则在 1%~3% 较好。

### (5) 小孔喷注消声器

中、高压空气排空时的喷注噪声峰值频率与喷口直径成反比，如果将喷口的直径减小到1~2mm，且孔心距为5~10倍孔径时，喷注噪声的频率会移到人耳不敏感的超声范围，即将一个大喷口改成许多小喷口，在保持相同排气量的条件下，实现降噪目的。见图5.5.2(5)。

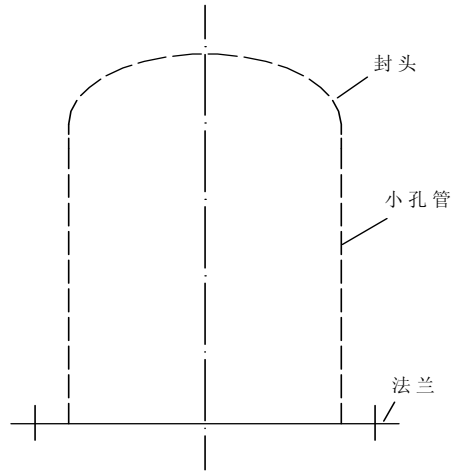


图 5.5.2 (5) 小孔喷注消声器

### (6) 多孔扩散消声器

利用多层金属丝网（其有效出流面积大于排气管口的横截面积）的细小孔隙，将中、高压气流过滤成无数个小气流，降低排空压力和流速，因而降低声辐射。其结构见图5.5.2(6)。

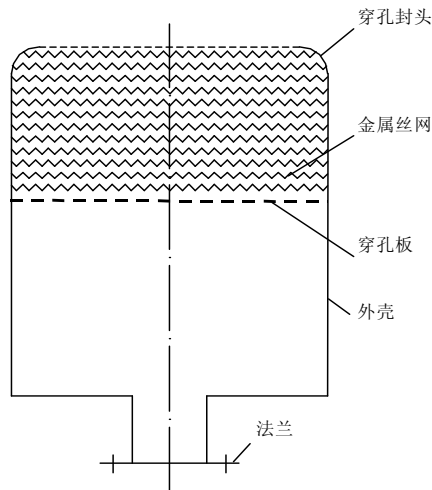


图 5.5.2 (6) 多孔扩散消声器

## 5.5.3 消声器消声量计算

(1) 阻性消声器的消声量可按下式计算：

$$\Delta L = \phi(\alpha_0) \frac{P}{S} L$$

式中： $\Delta L$  —— 消声量，dB；

$P$  — 吸声衬里的通道截面周长, m;

$S$  — 吸声衬里的通道截面面积,  $m^2$ ;

$L$  — 吸声衬里的通道长度, m;

$\phi(\alpha_0)$  — 消声系数, 由垂直入射吸声系数  $\alpha_0$  决定, 见表 5.5.3 (1)。

消声系数  $\phi(\alpha_0)$  与垂直入射吸声系数 ( $\alpha_0$ ) 的关系 表 5.5.3 (1)

$\alpha_0$	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45	0.50
$\phi(\alpha_0)$	0.05	0.11	0.17	0.24	0.31	0.39	0.47	0.55	0.64	0.75
$\alpha_0$	0.55	0.60	0.65	0.70	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	1.00
$\phi(\alpha_0)$	0.82	0.90	1.0	1.05	1.12	1.2	1.3	1.35	1.42	1.5

(2) 阻性消声器的气流再生噪声倍频程声压谱级应按下列式计算:

$$L_p = 72 + 60 \lg V - 20 \lg f$$

式中:  $L_p$  — 气流再生噪声声压级, dB;

$V$  — 气流速度, m/s;

$f$  — 倍频程中心频率, Hz。

(3) 抗性消声器的消声量计算

单节扩张室消声量的计算公式:

$$\Delta L = 10 \lg \left[ 1 + \frac{1}{4} \left( m - \frac{1}{m} \right)^2 \sin^2 kl \right]$$

式中:  $\Delta L$  — 消声量, dB;

$m$  — 扩张比, 即扩张部分截面积比主管道截面积;

$k$  — 波数,  $k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{C}$ ;

$\lambda$  — 波长;

$C$  — 声速;

$f$  — 频率;

$l$  — 扩张室长度, m。

#### 5.5.4 船用消声器设计要求

- (1) 规定频率范围内有足够的消声量;
- (2) 流动阻力损失要小;
- (3) 结构坚固、抗腐蚀、使用寿命长、体积小, 所用吸声材料满足船舶环境条件 (防潮、阻燃、耐油污、无粉尘、无有害气体释放), 且易于安装与维修。

### 5.5.5 消声器设计参数

- (1) 规定频段范围内的插入损失, dB;
- (2) 通过消声器的气体流速, m/s;
- (3) 阻力损失, Pa;
- (4) 允许的空间尺寸, m<sup>3</sup>;
- (5) 质量, kg。

### 5.5.6 消声器设计程序

#### (1) 阻性消声器设计步骤

##### ①确定消声器的结构形式

依据通过消声器的流量和拟控制的平均流速, 计算所需的通流截面尺寸, 再选定消声器的结构形式(直通、片式等)。

##### ②选用合适的吸声材料

吸声材料应满足船舶的环境条件; 在考虑吸声系数的同时, 需结合工程应用, 以确定其厚度和允重。

##### ③确定消声器长度

根据噪声源的声压级和噪声控制要求, 并结合船舶允许的空间尺度, 确定消声器长度(含消声弯头)。

##### ④根据气流速度, 选择吸声材料的护面层。

##### ⑤根据消声器的长度和结构, 估算阻力损失。

##### ⑥根据“高频失效”和气流再生噪声等修正消声量。

#### (2) 抗性消声器设计步骤

①根据需要的消声频段, 合理设计各节扩张室及其插入管长度, 以确定最大消声量的频率。

##### ②根据需要的消声量确定扩张比, 设计扩张室各部分截面尺寸。

##### ③校核扩张室消声器的上、下截止频率是否在所需要的消声频率范围之内。

##### ④估算阻力损失。

### 5.5.7 消声器的设计技术要点

#### (1) 阻性消声器

①合理选择阻性消声器的结构形式。如对大风量大尺寸空调风管宜选用片式消声器; 对消声量要求较高, 而风压余量较大的风管可选用折板式、声流式及多室式等消声器; 对缺少安装空间位置的管路系统可选用弯头消声器、百叶式消声器等。

②正确选择阻性吸声材料。通常采用离心玻璃棉作为吸声材料; 如有净化及防纤维吹出要求, 则可采用阻燃聚氨酯声学泡沫塑料。

③合理确定阻性消声器内吸声层的厚度及密度。对于一般阻性管式及片式消声器的吸声片厚度宜为 5-10cm, 对于低频噪声成分较多的管道消声, 则消声片厚可取 15-20cm, 而靠消声器外壳的吸声层厚度一般可取消声片厚度的一半; 为减小阻塞比, 增加气流通道面积, 也可以将片式消声器的消声片设计成一半为厚片, 一半为薄片。消声片内的离心玻璃棉板的厚度通常应选 14-48kg/m<sup>3</sup>, 密度大一些对低频消声有利, 而阻燃聚氨酯声学泡沫塑料的密度宜为 30-40kg/m<sup>3</sup>。

#### (2) 抗性消声器

①合理确定抗性消声器的膨胀比  $m$  值，以决定消声量的大小。对于较大风量的管道， $m$  值可取 3-5；中等大小风管， $m$  值可取 6-8；较小的管道，则可取  $m$  值为 8-15，最大不宜大于 20。

②当  $m$  值较大而使膨胀室截面积较大时，上限失效频率降低，有效消声频率范围变小，因此设计中应采取分割膨胀室的措施，将一个大截面的抗性消声器变为  $m$  值相同的多个较小截面的抗性消声器并联的形式。

③将抗性消声器内管不连续段用穿孔率大于 25%（孔径可取  $\phi 4-\phi 10\text{mm}$ ）的穿孔管连接，即可保持原有抗性消声性能，又可大大减小管道截面不连续处的局部气流阻力。

## 5.6 隔振

### 5.6.1 一般要求

(1) 隔振是在振源与安装结构之间插入弹性元件或隔振装置，降低或减小振源输入结构的振动能量，从而减小结构噪声的产生与传递。

(2) 隔振适用于船体、机械设备的振动控制及振动引起的结构噪声控制。

(3) 隔振通常分为：单层隔振、双层隔振、浮筏隔振。

### 5.6.2 单层隔振、双层隔振系统

单层隔振、双层隔振系统的设计程序和方法参见 CCS《船上振动控制指南》第 10 章。

### 5.6.3 浮筏隔振系统

#### (1) 一般要求

浮筏就是将多台机械设备分别弹性或刚性地安装在中间基座，即筏架上。筏架再通过下层隔振器弹性地安装在船体基座上，因此浮筏隔振装置实际上就是多机组的双层隔振装置，如图 5.6.3 (1) 所示。

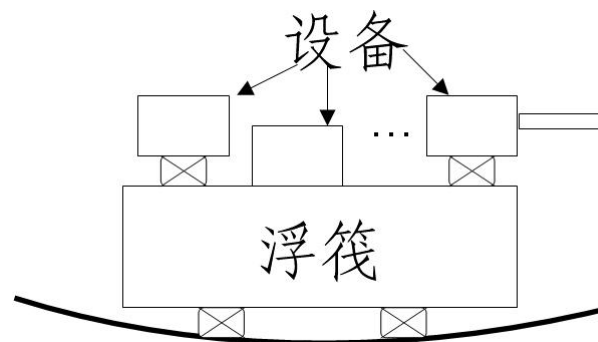


图 5.6.3 (1) 浮筏隔振装置

#### (2) 浮筏系统的组成

一个完整的浮筏系统通常包括：被隔离的设备(组)、隔振器组(第一层隔振器组、第二层隔振器组)、筏架、支撑基座、管路挠性接管、限位装置等。

#### (3) 浮筏系统设计要素

装置的总体空间尺寸与结构形式、装置的重量、设备(组)的空间布置、设备(组)与筏架的连接形式、筏架的结构形式、筏架的重量、隔振器组的选型设计、隔振器组的布置、筏架与基座的连接形式、管路挠性接管的选型与连接设计、限位装置的设计等。

#### (4) 浮筏隔振系统的设计原则

浮筏隔振系统的设计在满足总体因素要求的条件下，应遵循以下几方面的设计原则：

##### ①筏架设计应符合下述原则：

(a) 筏架质量一般取安装在其上设备总质量的 20%~25%左右；

(b) 在结构许可的情况下，筏架设计应以大刚度为第一目标，使筏架的最低阶弹性振动模态大于扰动频率的 1.5 倍以上；

(c) 当筏架因空间尺度等原因而难以实现大刚度设计，而扰动频率又落入筏架弹性模态区域时，应设法调整筏架结构，使扰动频率避开筏架模态频率；没有足够的裕度时，可在筏架合适部位敷设阻尼材料；

(d) 在筏架设备安装处尽可能增大输入机械阻抗，减少设备输入筏架的能量。

##### ②隔振器选用应符合下述原则：

(a) 合理选择隔振器刚度特性，使隔振系统的各阶固有频率尽可能地聚集在一个狭窄的频带内，避开机械设备的主要干扰力频率(尤其是与设备主干扰力同方向的系统频率)。如果隔振系统的固有频率均低于设备的最低干扰力频率，隔振效果将是理想的。

(b) 隔振器刚度特性的选择不仅要考虑隔振装置的隔振效果，还要考虑隔振系统的稳定性和设备运行的可靠性，它们之间往往是有矛盾的。

(c) 选用的隔振器应具有耐油、耐海水、阻燃、无毒等特性。

##### ③隔振器布置原则

根据系统布置要求、安装部位的周边环境确定布置形式。隔振器尽量做到对称布置以减少耦合振动，同时要使每个隔振器受力尽可能均匀，对于各支承点的载荷相差甚大的情况，可考虑采用不同刚度隔振器的布置。

##### ④限位器选用和布置原则

为确保设备的可靠运行，在隔振装置的三个方向上需要安装刚度较大的限位缓冲器。限位器一般布置在隔振装置的四周，其结构没有固定形式。限位器可以设计成单向限位结构，也可设计成二个或三个方向限位的结构。

## 5.7 阻尼敷层

### 5.7.1 一般要求

(1) 阻尼敷层通常是使用内损耗、内摩擦大的材料，如沥青、软橡胶以及其他高分子涂料，用于减弱结构振动与增大结构噪声的传递损耗。

#### (2) 阻尼敷层一般分为：

①自由阻尼层：将阻尼层敷设在结构的一面；

②约束阻尼层：将阻尼层敷设在结构内部，其减振降噪效果一般优于自由阻尼层。

(3) 阻尼敷层对抑制高频振动效果更好；通常，在厚度较小的结构上敷设阻尼层效果明显。

(4) 应考虑阻尼材料与结构的粘结性，避免因结构振动而发生碎裂或与结构表面脱离。根据使用现场的条件，还应考虑防火、防油、防腐蚀、隔热保温等方面的性能。

### 5.7.2 阻尼敷层声学性能

(1) 阻尼敷层性能通常用损耗因子  $\eta$  表征， $\eta$  值越大表明材料的阻尼性能越好。

(2) 损耗因子 $\eta$ 一般通过实验测量获得, 常用材料的损耗因子如表 5.7.2 (2) 所示。

室温下声频范围内几种材料的损耗因子 表 5.7.2 (2)

材 料	损耗因子	材 料	损耗因子
铝	$10^{-5}$	玻璃	$(0.6\sim 2) \times 10^{-3}$
钢 (铁)	$(1\sim 6) \times 10^{-4}$	石块	$(5\sim 7) \times 10^{-3}$
铜	$2 \times 10^{-3}$	水	$(0.8\sim 1) \times 10^{-2}$
锡	$2 \times 10^{-3}$	胶合板	$(1\sim 1.3) \times 10^{-2}$
锌	$3 \times 10^{-4}$	石膏板	$(0.6\sim 3) \times 10^{-2}$
镁	$10^{-4}$	木纤维板	$(1\sim 3) \times 10^{-2}$
铅	$(0.5\sim 2) \times 10^{-3}$	软木	0.13~0.17

### 5.7.3 阻尼敷层的声学特性

自由阻尼层损耗因子 $\eta$ 可按式估算:

$$\eta = 14 \left( \frac{\eta_2 E_2}{E_1} \right) \cdot \left( \frac{d_2}{d_1} \right)^2$$

式中:  $\eta_2$  —— 结构的损耗因数;

$E_1$ 、 $E_2$  —— 分别为结构与阻尼材料的杨氏模量;

$d_1$  —— 结构的板厚度, mm;

$d_2$  —— 阻尼材料的厚度, mm。

## 5.8 浮动地板

### 5.8.1 一般要求

在钢质甲板上固定有由抗压矿渣棉及覆盖于其上的抗膨胀材料构成的弹性垫, 浮筑地板位于这一弹性垫之上, 如图 5.8.1 所示。

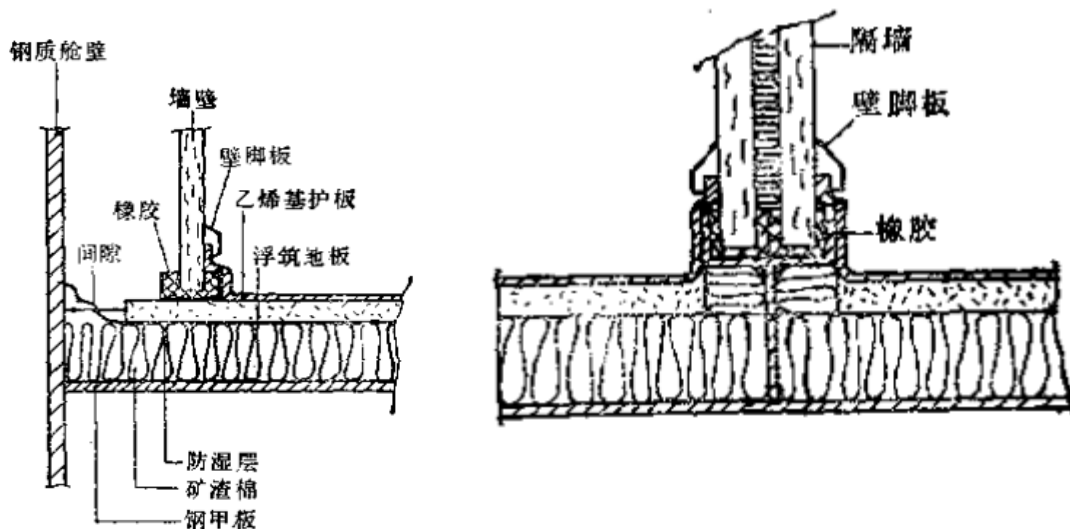


图 5.8.1 浮动地板

### 5.8.2 矿渣棉的选择

(1) 浮动地板系统的最小固有频率为：

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{k(m_1 + m_2)}{m_1 \cdot m_2}}$$

式中： $m_1$ 、 $m_2$  —— 浮动地板本身和钢质甲板的质量，kg；

$k$  —— 矿渣棉和空气组成的弹簧刚度，N/m；

(2) 浮动地板弹簧刚度应尽可能低一些，质量则应尽可能大一些。

(3) 弹簧刚度与矿渣棉的密度和厚度有关，轻质矿渣棉的弹簧刚度小于重质矿渣棉。

对于矿渣棉和封闭空气结构，增加厚度也会降低弹簧刚度。

### 5.8.3 管道的贯穿

管道贯穿浮动地板通常采用如下两种方式：

(1) 管道不与浮动地板相接触，如图 5.8.3 (a)；

(2) 管道与钢质甲板相接触，如图 5.8.3 (b)，结构噪声可以通过管道传递。

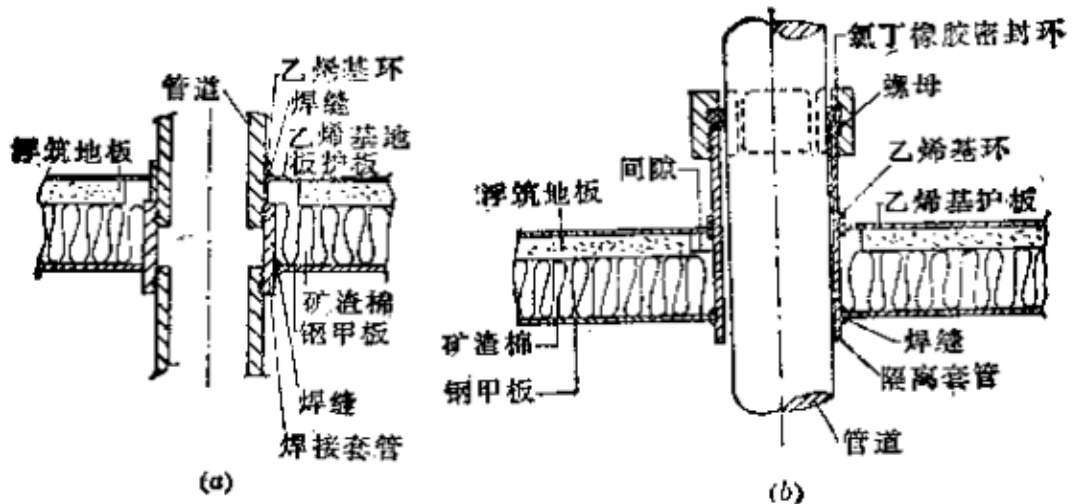


图 5.8.3 管道贯穿方案

## 5.9 机舱低噪声设计

5.9.1 机舱噪声主要来自各种机器发出的空气噪声，还包括由第二噪声源以结构噪声的形式辐射出低频噪声，及螺旋桨尾部引起的结构噪声。

### 5.9.2 机舱噪声设计程序

(1) 计算无降噪措施时的噪声级

在方案设计阶段，机舱表面的饰面等都尚未确定，此时可按经验数据估算机舱噪声级：

$$L_w = L'_w - \Delta L_w$$

式中： $L'_w$  —— 机舱里声源的总声功率级，dB；

$\Delta L_w$  —— 舱室里的声级衰减值，见表 5.9.2。

舱室声级衰减值

表 5.9.2

舱室的表面积 (m <sup>2</sup> )	倍频带中心频率 (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
≤50	0	0	1	2	3	4	4	5

100	3	3	4	5	6	7	7	8
150	6	6	7	8	9	10	10	11
200	8	8	9	10	11	12	12	13
≥400	10	10	11	12	13	14	14	15

注：舱室表面积在上述数字中间时，用线性内插法确定。

计算出声功率级  $L_w$  后，以机舱底部中心为原点，计算出该点离操纵台的距离，由声功率级与声压级的关系，计算操纵台处的声压级  $L_p$ ，由  $L_p$  与允许声级  $[L]$  之差，即可估算出机舱噪声超出噪声标准的数值，即：

$$\Delta L_p = L_p - [L]$$

(2) 根据  $L_p$  确定保证满足噪声标准的降噪措施

估计采用隔声罩或隔声屏及吸声措施的效果，使  $\Delta L_p$  值小于采用降噪措施的声学效果，即：

$$\Delta L_p \leq \Delta L_{p1} + \Delta L_{p2} \quad \text{dB}$$

式中： $\Delta L_{p1}$  —— 隔声屏或隔声罩的隔声值，dB；

$\Delta L_{p2}$  —— 采用吸声措施后的声级衰减量，dB。

(3) 降噪设计

按上式中的  $\Delta L_{p1}$  和  $\Delta L_{p2}$  值对隔声罩、隔声屏及吸声结构进行方案设计，例如选用双层壁或单层壁的隔声罩，平板型或容积型隔声屏及各种类型的吸声结构，计算其隔声值及吸声衰减量，在满足上式的基础上，对各种方案质量和造价进行比较，取其最优者作为方案，待施工设计或技术设计时再重新校核。

若计算结果不能满足上式，则应对机舱布置作进一步调整，确定柴油发电机组或其它经常操作的低噪声机组布置在单独舱室的可能性，并考虑作隔声的集控室方案，并估算集控室中的噪声级大小。

在考虑安装吸声结构时，安装面积不应少于舱室围壁面积的 50%，若采用容积式吸声结构，安装面积可减少到围壁面积的 30~40%。

## 5.10 通风管路系统低噪声设计

5.10.1 通风管路系统低噪声设计一般按下述步骤进行：

- (1) 根据使用用途及噪声标准明确室内噪声控制目标；
- (2) 选择低噪声风机及低噪声管路系统设备（如静压箱、阀门、进出口格栅、室内布风器等）；
- (3) 完成通风系统的初始设计与布置，包括管路声学内衬及位置，提供消声器的安装空间，按照表 5.10.1 (1)、表 5.10.1 (2) 的限值标准设计管内与管口流速；

管内最大允许气流速度 表 5.10.1 (1)

主管位置	RC 曲线	管内最大气流速度 (m/s)
------	-------	----------------

		方管	圆管
安装在干式墙吊顶上	45	17.8	25.4
	35	12.7	17.8
	25	8.6	12.7
在悬挂的吸声吊顶上	45	12.7	22.9
	35	8.9	15.2
	25	6.1	10.2
管路直接安装在房间内	45	10.2	19.8
	35	7.4	13.2
	25	4.8	8.6

管口最大允许气流速度 表 5.10.1 (2)

开口类型	设计的 RC 值	管口最大气流速度 (m/s)
送风口	45	3.2
	40	2.8
	35	2.5
	30	2.2
	25	1.8
回风口	45	3.8
	40	3.4
	35	3.0
	30	2.5
	25	2.2

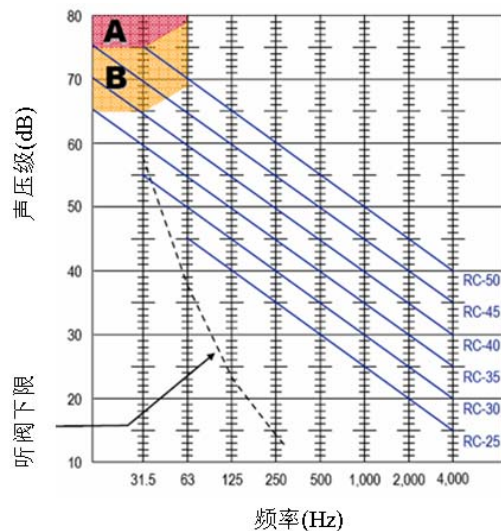


图 5.10.1 (3) RC (Room Criterion) 曲线

(4) 获取风机、空调声源的声功率级，一般应按本指南第 3 篇由试验获得；

(5) 计算管路元件气流噪声声功率级

管路元件主要包括：直管、弯头、阀门、变径管、三通、空气分配器、风口等。管路元件气流噪声一般通过实验室测试获得；当无实测数据时，也可按下述方法估算。

①直管

直管的气流噪声  $L_w$  与流速、管道截面积有关，按下式计算：

$$L_w = L_{wc} + 50 \lg v + 10 \lg S$$

式中： $L_{wc}$  ——直管的比声功率级，dB，一般取 10dB；

$v$  ——流速；

$S$  ——管道截面积。

各倍频程气流噪声声功率级修正值见表 5.10.1 (5) ①。

直管气流再生噪声声功率级倍频带修正值 表 5.10.1 (5) ①

直管道	倍频带中心频率 (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
修正值 (dB)	-5	-6	-7	-8	-9	-10	-13	-20

②变径管

变径管的气流噪声  $L_w$  主要由流速、圆锥角度决定，按下式计算：

$$L_w = A + B \lg v - 3K$$

式中： $v$  ——流速；

$A$ 、 $B$  ——系数，由表 5.10.1 (5) ② (a) 可得；

$K$  ——与变径角度有关的修正值，由表 5.10.1 (5) ② (b) 查得。

系数  $A$ 、 $B$  表 5.10.1 (5) ② (a)

系数	倍频带中心频率 (Hz)					
	63	125	250	500	1000	2000
A (dB)	47.2	48.6	52.8	52.8	54.2	57.2
B (dB)	27.3	22.9	15.2	13.0	9.8	5.3

修正值  $K$  表 5.10.1 (5) ② (b)

修正值	变径管圆锥角 (°)								
	0~20	21~40	41~50	51~58	59~63	64~68	69~73	74~80	81~90
$K$ (dB)	9	8	7	6	5	4	3	2	1

③弯头

弯头气流噪声按下式计算：

$$L_w = L_{wc} + 10 \lg f_{\text{下}} + 30 \lg d_e + 50 \lg v$$

式中： $L_{wc}$  ——弯头的比声功率级 (dB)，是  $N_{str}$  的函数， $N_{str} = fd_e / v$ 。对于方形及矩形

直角弯头，可由图 5.10.1(5)③(a)查得，对于圆形弯头则可由图 5.10.1(5)③(b)中  $v/v_a = 1$

曲线查得。

$10\lg f_{\text{下}}$  -- 由表 5.10.1 (5) ③查得；

$d_e$  -- 弯头直径，矩形弯头  $d_e = \frac{2ab}{a+b}$ 。

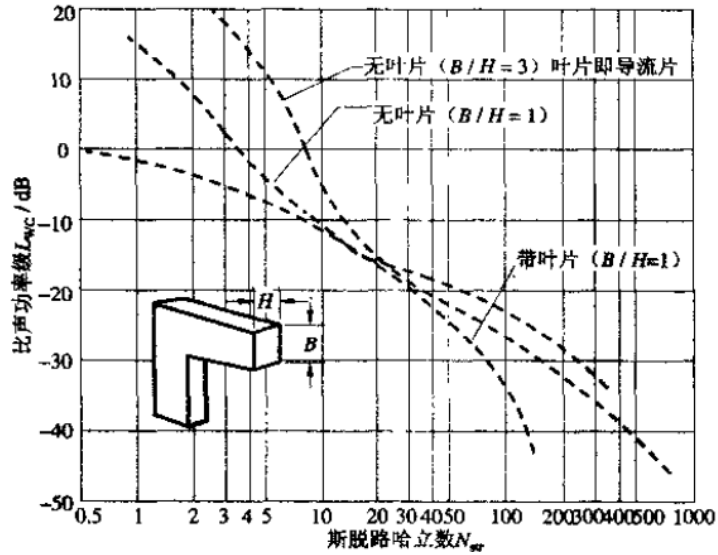


图 5.10.1 (5) ③ (a) 方形及矩形直角弯头比声功率级与  $N_{str}$  的函数关系图

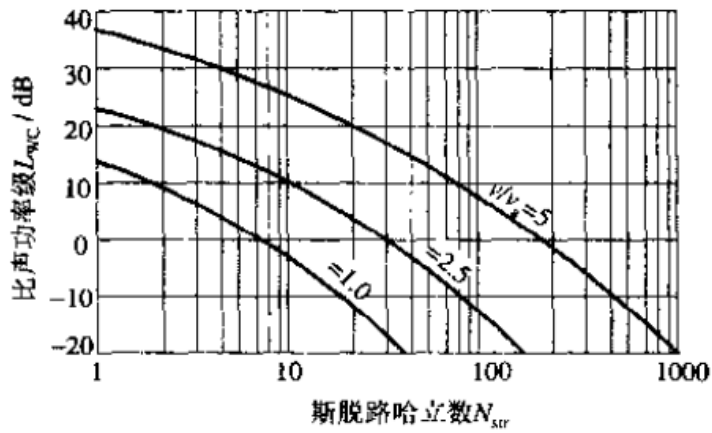


图 5.10.1 (5) ③ (b) 圆形弯头(三通)的比声功率级与  $N_{str}$  及三通进出口流速比值的函数关系图

$10\lg f_{\text{下}}$  修正值

表 5.10.1 (5) ③

弯头	倍频带中心频率 (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$10\lg f_{\text{下}}$ 修正值	16	19	22	25	28	32	35	38

④ 阀门

阀门气流噪声的声功率级按下式计算： $L_w = L_\theta + 10\lg S + 55\lg v$

式中： $L_\theta$ ——由阀门叶片角度决定的常数， $\theta = 0^\circ$  时， $L_\theta = 30\text{ dB}$ ； $\theta = 45^\circ$  时， $L_\theta = 45\text{ dB}$ ；

$\theta = 65^\circ$  时， $L_\theta = 51\text{ dB}$ ；

$S$ ——管道截面积；

$v$ ——管内流速。

频带声功率级修正值见表 5.10.1 (5) ④：

阀门气流再生噪声频带声功率级修正值

表 5.10.1 (5) ④

阀门叶片角度 $\theta$	倍频带中心频率 (Hz)							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$0^\circ$	-4	-5	-5	-9	(-14)	(-19)	(-24)	(-29)
$45^\circ$	-7	-5	-6	-9	-13	-12	-7	-13
$65^\circ$	-10	-7	-4	-5	-9	0	-3	-10

⑤三通

三通的气流噪声计算方法与弯头类似，按下式计算：

$$L_w = L_{wc} + 10\lg f_{\text{下}} + 30\lg d_e + 50\lg v_a$$

式中： $L_{wc}$ ——三通的比声功率级，可根据  $v/v_a$ （分别为三通入口和出口的流速）和  $N_{sr}$  值

由图 5.10.1 (5) ③ (b) 查得，图 5.10.1 (5) ③ (b) 仅适用于  $r/d_e = 0.15$ （ $r$  为弯头的

曲率半径，m）的条件，对于不同的  $r/d_e$  值，可由图 5.10.1 (5) ⑤查得修正值。

三通气流再生噪声因涡流影响的修正值可由表 5.10.1 (5) ⑤查得。

三通气流再生噪声因涡流影响的修正值

表 5.10.1 (5) ⑤

三通涡流 5%	$v/v_a$ （三通进出口流速之比）								
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0
修正值	0	0.7	1.2	1.8	2.4	2.9	3.3	3.6	4.0

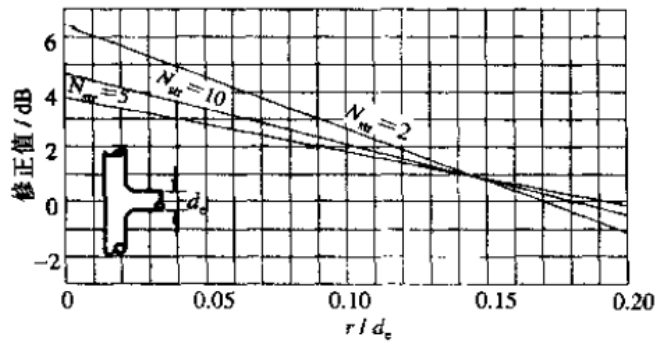


图 5.10.1 (5) ⑤ 三通（圆形弯头）的比声功率级按不同  $r/d_e$  的修正值

⑥ 风口

各类送风口/回风口的全频带气流噪声声功率级可由下式计算，各频带修正量见表 5.10.1 (5) ⑥ (b)、表 5.10.1 (5) ⑥ (c)。

$$L_w = 10 \lg S + a \lg V + b$$

式中， $L_w$  —— 气流噪声的全频带声功率级，分贝；

$S$  —— 送风口截面积或喉部面积；

$V$  —— 送风口断面或喉部的流速；

$a$ 、 $b$  —— 按风口种类确定的经验常数，见表 5.10.1 (5) ⑥ (a)。

$a$ 、 $b$  值 表 5.10.1 (5) ⑥ (a)

风口类型	$a$	$b$	备注
喷口	83	-38	
百叶送风口	48	15	
格栅送风口	50	30	
条缝送风口	40	54	
散流器	50	35	
盘形送风口	50	42	
轮式送风口	50	32	
格栅回风口	50	38	
盘形回风口	67	21	
散流式回风口	63	31	

各类型送风口及回风口的气流噪声频率修正值 表 5.10.1 (5) ⑥ (b)

送风口类型	倍频带中心频率 (Hz)							备注
	63	125	250	500	1000	2000	4000	
喷口	-2	-7	-7	-11	-16	-18	-19	
百叶送风口	-3	-7	-9	-14	-14	-17	-22	
格栅送风口	-6	-5	-6	-9	-11	-18	-26	

条缝送风口	-8	-7	-6	-6	-9	-14	-24	
圆形散流器	-2	-5	-8	-12	-16	-23	-29	
方向散流器	-3	-6	-7	-8	-8	-11	-18	
盘形送风口	-6	-5	-6	-9	-11	-16	-24	
轮式送风口	-	-5	-4	-7	-9	-14	-24	

各类回风口气流噪声频带声功率级修正值 表 5.10.1 (5) ⑥ (c)

回风口类型	倍频带中心频率 (Hz)							备注
	63	125	250	500	1000	2000	4000	
格栅回风口	-8	-12	-10	-6	-6	-14	-23	
盘形回风口	-9	-7	-10	-10	-12	-16	-29	
散流式回风口	-3	-9	-11	-14	-11	-10	-18	

若风口带阀门，则以阀门全开时的声功率级为基准，关小阀门时噪声变化如表表 5.10.1 (5) ⑥ (d) 所示。

气流噪声声功率级与总压力损失的关系 表 5.10.1 (5) ⑥ (d)

$\Delta p / \Delta p_0$	1.0	1.5	2.0	4.0
$L_w - L_{w0}$	0	4~5	8~9	15~18

注： $\Delta p$ ：阀门关小时的总压力损失；

$\Delta p_0$ ：阀门全开时的总压力损失；

$L_w$ ：阀门关小时的总声功率级；

$L_{w0}$ ：阀门全开时的总声功率级。

(6) 计算管路端口的辐射噪声

风机噪声传至某个风口（序号  $k$ ）外的声功率级为：

$$L_{wk} = L_w - \Delta L_{wk} - \Delta L_w^0$$

式中： $L_w$ ——风机传入管道的噪声声功率级；

$\Delta L_{wk}$ ——风机与风口  $k$  之间管系的总声衰减；

$\Delta L_w^0$ ——风口  $k$  的末端反射衰减。

(7) 计算舱室声压级。

$$L_p = L_{wk} + 10 \lg \left( \frac{Q}{4\pi r^2} + \frac{4}{R_r} \right)$$

式中：  $L_p$  —— 受声点各倍频带声压级，dB；

$L_{wk}$  —— 声源各倍频带声压级，dB；

$Q$  —— 声源指向性因数，当声源位于室内几何中心时， $Q=1$ ；当声源位于室内地面中心或某一墙面中， $Q=2$ ；当声源位于室内某一边线中点时， $Q=4$ ；当声源位于室内某一角落时， $Q=8$ ；

$r$  —— 声源至受声点的距离，m；

$R_r$  —— 声学环境的房间常熟， $m^2$ ，应按下式计算：

$$R_r = \frac{S\bar{\alpha}}{1-\bar{\alpha}} = \frac{A}{1-\bar{\alpha}}$$

$S$  —— 室内壁面的总面积， $m^2$ ；

$\bar{\alpha}$  —— 壁面的平均吸声系数；

$A$  —— 房间内个倍频带的总吸声量， $m^2$ 。

(8) 如果风机、空调器室比较靠近需要安静的房间，则需要考虑两房间之间壁面的隔声量，同时应注意设备振动的隔离；

(9) 对所有路径传至房间的声压级进行叠加与比较，找出能量占比较重的路径，对该路径进行重点消声；

(10) 如果计算所得的室内声压级满足(1)中所要求的噪声标准，则设计完成；如果室内声压级超出噪声标准，则要检查超出标准的倍频带，进而有针对性地对超标的频段进行消声。

## 附录1 舱室噪声预报报告格式

### 1 概述

#### 1.1 计算目的

#### 1.2 计算方法

#### 1.3 计算资料

### 2 船舶基本信息

#### 2.1 主要参数

船型	
船舶建造厂	
总长	
垂线间长	
型宽	
型深	
设计吃水	
总吨位	
净吨位	
载重吨	

#### 2.2 主要振动噪声源设备参数

##### 2.2.1 主机

型号	
制造厂	
数量	
功率 (MCR)	
功率 (CSR)	
转速	
安装方式	
减振降噪措施	
安装方式	
声学特性	

##### 2.2.2 螺旋桨

型号	
制造厂	
数量	
直径	
叶数	
转速	

##### 2.2.3 其它振动噪声源

型号	
----	--

制造厂	
数量	
功率	
减振降噪措施	
安装方式	
声学特性	

### 3 噪声预报方法

3.1 所采用计算方法的基本原理、假设条件等；

3.2 舱室预报中采用的激励源信息及其数值；

3.3 计算模型基本信息描述；

3.4 船用材料的声学特性

3.5 计算工况。

### 4 计算结果列表或图示

4.1 各类舱室噪声限值要求；

4.2 各个舱室的位置、名称、预报结果、限值要求、是否合格等信息，参见表 4.2；

舱室噪声预报结果列表

表 4.2

名称	位置	预报值 (dB(A))	限值 (dB(A))	是否合格

### 5 噪声预报结果分析及建议

(1) 每个舱室噪声超标的原因分析；

(2) 降低舱室噪声的控制措施建议；

(3) 采取控制措施后的舱室噪声预报结果；如无噪声超标的舱室，本部分内容可省略。

# 第3篇 船用产品噪声检测

## 目 录

第1章 一般规定	2
1.1 一般要求	2
1.2 定义与术语	2
第2章 船用产品空气辐射噪声检测	3
第1节 低速二冲程柴油机	3
第2节 中高速柴油机	11
第3节 齿轮箱	19
第4节 发电机组	26
第5节 空压机	34
第6节 分油机	39
第7节 风机	46
第8节 泵	52
第3章 船用产品结构噪声检测	60
3.1 适用范围	60
3.2 测量条件	60
3.3 测量环境	60
3.4 测量系统	60
3.5 测量参数	61
3.6 测量方法	61
3.7 测量报告	61
第4章 船用隔声结构空气声隔声指数检测	62
4.1 适用范围	62
4.2 检测依据	62
4.3 分类	62
4.4 技术要求	62
4.5 图纸资料	62
4.6 检测要求	63
4.7 替代原则	65
第5章 检测机构认可要求	67
第1节 船用隔声结构空气声隔声指数检测试验机构认可规定	67
第2节 船用产品空气辐射噪声及结构噪声检测机构认可规定	70

# 第1章 一般规定

## 1.1 一般要求

1.1.1 本篇适用于中国船级社 (CCS)《钢质海船入级规范》第1篇第3章附录1、2中规定的需要认可和检验的柴油机、发电机组、齿轮箱、空压机、分油机、风机、泵、用于起居处所舱壁及甲板分隔结构。

1.1.2 本篇规定了上述船舶噪声源产品声学指标、舱室分隔结构隔声指数的检验和测试方法；规定了拟申请 CCS 认可的舱室分隔结构空气声隔声指数检测机构、船用噪声源产品噪声振动检测机构的基本要求。

1.1.3 按照本篇要求获得 CCS 认可证书的检测机构应每半年将该期间内所有测试数据汇总并提交 CCS 备查。

## 1.2 定义与术语

1.2.1 背景噪声：来源于除被测声源以外的所有噪声。

注：背景噪声的来源包括空气声、结构振动声以及设备电噪声。

1.2.2 背景噪声级：被测声源未运行时测得的声压级，单位为分贝 (dB)。

1.2.3 背景噪声修正  $K_1$ ：背景噪声对测量表面声压级影响的修正量，单位为分贝 (dB)。

注1： $K_1$ 与频率有关。

注：A 计权的修正系数表示为  $K_{1A}$

1.2.4 环境修正  $K_2$ ：测量环境的声反射和吸收对测量表面声压级影响的修正量，单位为分贝 (dB)。

注1： $K_2$ 与频率有关。

注2：A 计权的修正系数表示为  $K_{2A}$

1.2.5 基准体：包络被测设备并终止在反射平面上的假想最小矩形六面体。

1.2.6 测量表面：包络被测设备并在其上布置测点的假想矩形六面体或半球体表面。

1.2.7 测量距离：测量表面与基准体对应表面间的距离。

1.2.8 接触区：与周围构件，特别是机座支承相接触的设备支承区。

1.2.9 振动测量量：为达到本篇设备结构噪声测试的目的，可选择使用以下的测试结果：振动加速度， $m/s^2$ 。

1.2.10 自由场：均匀的各向同性的媒质中，边界影响可忽略不计的声场。实际上的自由场是在测试的频率范围内，边界反射可忽略不计的声场。

1.2.11 计权隔声指数  $R_w$  (计权隔声量)：表示墙、门或地板 (在实验室内) 整体隔声性能的一个单一数值，以分贝 (dB) 计 (见经 1: 2006 修正的 ISO 717-1:1997)。

1.2.12 传声器：将声信号转换为相应电信号的电声换能器。

1.2.13 声级计：预加校准的，包括传声器、放大器、衰减器、适当计权网络和具有规定动态特性的指示仪表的仪器，用以测量声级。

# 第2章 船用产品空气辐射噪声检测

## 第1节 低速二冲程柴油机

### 2.1.1 适用范围

本节适用于船用低速二冲程柴油机(以下简称柴油机)台架试验时空气辐射噪声的测量。

### 2.1.2 声学测试环境

#### 2.1.2.1 对测试环境的要求

(1) 适用的测试环境为满足本节 2.1.2.1(2)和 2.1.2.2 要求的试验车间。当实际测试环境偏离理想情况时, 需要按照本节附录 A 规定的方法确定环境修正值 $K_2$ , 并对测量所得的结果进行修正。

#### (2) 测试环境合适性评判标准

应按照本节附录 A 规定的方法确定环境修正值 $K_2$ , 环境修正值 $K_{2A}$ 小于或等于 2dB, 频谱测量时, 在测试的频率范围内每个频带上 $K_2$ 值均应小于或等于 2dB, 无论如何, 相关环境修正值 $K_{2A}$ 或 $K_2$ 值不得大于 7 dB。

#### 2.1.2.2 对背景噪声的要求

背景噪声至少比柴油机运行时各测点测得的声压级低 6dB, 无论如何不得低于 3 dB, 最好低 10dB 以上。

### 2.1.3 测试仪器

#### 2.1.3.1 测量噪声时, 相关的测量仪器应满足如下要求:

- (1) 自由场式传声器, 应符合 IEC 61094 的要求;
- (2) 声级计, 应符合 IEC 61672-1: 2002 1 级要求;
- (3) 声校准器, 应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求;
- (4) 滤波器应符合 IEC 61260: 1995 中 1 级的要求。

#### 2.1.3.2 测量仪器和校准仪的校验

所有测量仪器及校准仪应由国家认可的计量检定机构进行检定, 并在有效期内。

### 2.1.4 柴油机的安装条件

被测柴油机应尽可能采取实船安装的条件安装测试, 与被测柴油机相连的水力测功器等设备应作为外加辐射噪声源看待, 必要时采取适当降噪措施, 以尽量保证这些噪声对被测声压级没有明显影响, 并在测试报告中加以说明。

### 2.1.5 被测柴油机的运行条件

测试过程中, 被测柴油机应在如下工况下稳定连续运转:

- (1) 100%最大持续功率 (MCR);
- (2) 常用服务功率或 80%最大持续功率 (MCR) (取较大者)。

### 2.1.6 柴油机空气辐射噪声测量

#### 2.1.6.1 测定的量

按本方法需测定的量是 A 计权声压级和 1/3 倍频带中心频率(25Hz~10000Hz)声压级。

2.1.6.2 声压级的测量

(1) 基准体

在确定基准体大小时，柴油机上的突出部件，只要不是明显的声能辐射体可不予考虑，为安全起见，基准体需要足够大，以便将危险区域包含在内。

(2) 测量表面

各测量表面分别与基准体表面平行，对应面之间的垂直距离即测量距离  $d$ ，测量表面与墙面及其他大型机器边界的距离至少为  $2d$ 。

(3) 测量距离

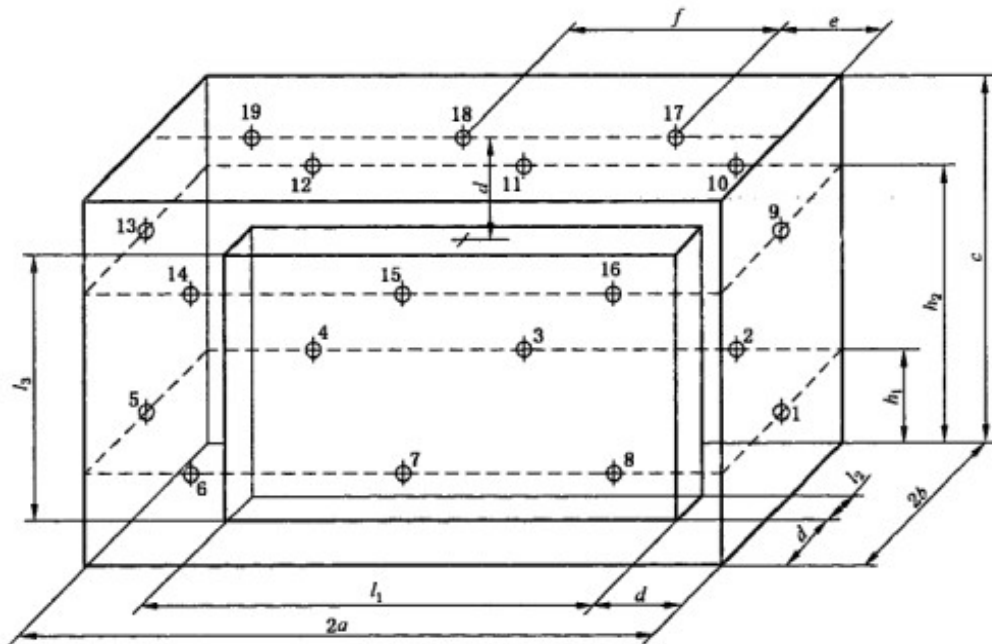
测量表面与基准体之间的距离  $d$  应为  $1.0\text{m}$ ，如受到环境条件的限制，测量距离可以适当缩短，但不得小于  $0.5\text{m}$ 。当测试环境条件满足本节 2.1.2.1(2) 和 2.1.2.2 中规定的环境条件时，大于  $1.0\text{m}$  的测量距离也可以采用。

(4) 测点位置及数量

测点的数目及其在测量表面上的位置取决于基准体的尺寸（即柴油机尺寸）和辐射噪声的空间均匀性。测点数目的规定见表 2.1.1，测点位置见图 2.1.1 及图 2.1.2。

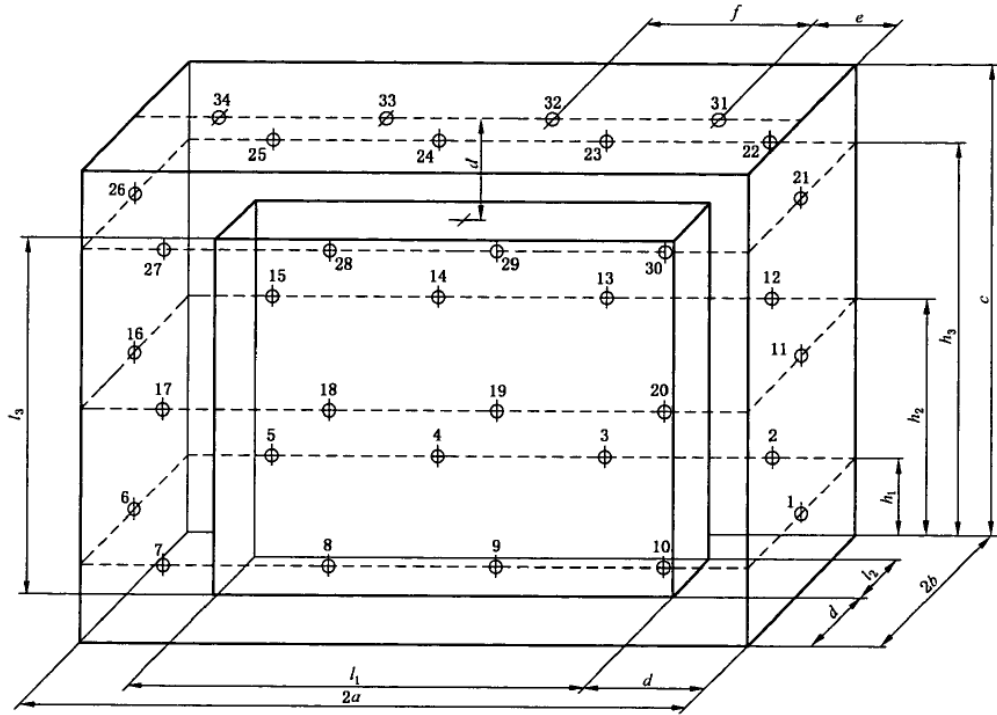
表 2.1.1 被测柴油机基准体尺寸和测点规定

长 $l_1/\text{m}$	宽 $l_2/\text{m}$	高 $l_3/\text{m}$	测点数目	测点布置图
$4 < l_1 \leq 15$	$l_2 \leq 15$	$l_3 > 2.5$	19	图 2.1.1
$> 15$	无限制	无限制	34	图 2.1.2



$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d; \quad h_1 = \frac{c}{4}; \quad h_2 = \frac{3c}{4}; \quad e = \frac{a}{3}; \quad f = 2e$$

图 2.1.1 基准体尺寸  $4\text{m} < l_1 \leq 15\text{m}$ ,  $l_2 \leq 15\text{m}$ ,  $l_3 > 2.5\text{m}$  时 19 个测点的布置和测量表面



$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d; \quad h_1 = \frac{c}{6}; \quad h_2 = \frac{c}{2}; \quad h_3 = \frac{5c}{6}; \quad e = \frac{a}{4}; \quad f = 2e$$

图 2.1.2  $l_1 > 15\text{m}$  时 34 个测点的布置和测量表面

① 附加测点

若被测柴油机辐射的噪声具有较强的指向性（相邻测点间的声压级相差 5dB 以上），例如只从柴油机的一小部分大量辐射噪声，则还需对测量表面有限部位的声压级进行详细检查。以便测量有意义频带上的最高和最低声压级进而选择附加传声器的位置。这些附加的传声器位置一般在测量表面上不与等面积相关联，这时平均声压级  $\bar{L}_p$  按公式 2.1.1（不等面积计算方法）计算：

$$\bar{L}_p = 10 \lg \frac{1}{S} \left[ \sum_{i=1}^N S_i 10^{0.1 L_{pi}} \right] - K_2 \dots \dots \dots 2.1.1$$

式中：

$\bar{L}_p$ —测量表面平均声压级，单位为分贝（dB），（基准值：20μPa）；

$L_{pi}$ —背景噪声修正后第*i*个测点处的A计权和1/3倍频带表面声压级，单位为分贝（dB），（基准值：20μPa）；

其中  $L_{pi} = L'_{pi} - K_{1i}$  单位为分贝（dB），（基准值：20μPa）；

$L'_{pi}$ —在第*i*个传声器位置上测得的声压级；

$K_{1i}$ —在第*i*个传声器位置上的背景噪声修正值；

$S$ —测量表面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）， $S = 4(ab + bc + ca)$ ；

$S_i$ —与第*i*点对应的面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）；

$K_2$ —测量表面的平均环境修正值，单位为分贝（dB）；

$N$ —测点总数。

- ② 如某个位置因设备布置障碍（如：走台、管系等）、安全原因而不允许测量，则应另选一个可行的接近位置，并将传声器位置的变动记录在报告中。

(5) 测量

① 一般要求

- a) 应正确选择或布置传声器以避免环境条件可能对测量用传声器产生不利影响，并且还遵循测量仪器制造厂对不利环境的提示。
- b) 为了尽量减少观测者对测量的影响，传声器宜安装在刚性支架或支座上（该刚性支架或支座不能与振动表面相连），并用至少长 2m 的电缆接到数据采集系统上。
- c) 每次测量前后应当用准确度符合要求的声校准器在测试的频率范围内的一个或多个频率点上对整个测量系统（包括电缆）进行校准，若测量后校准误差大于 1dB，则测量结果无效。

② 柴油机运转时的测量

- a) 被测柴油机应在标定工况下稳定连续运转。测量用的传声器需正对柴油机的噪声源方向。若测试的读数波动小于  $\pm 3\text{dB}$ ，则认为被测噪声是稳态的。读数取观察周期内的平均值。对于非稳态噪声应采用具有较长时间常数的积分声级计进行测量。
- b) 各测点的观测周期至少为 30s。

③ 柴油机不运转时的测量

测点位置、测量要求及观测时间与柴油机运转时相同，测量结果作为柴油机运转时的背景噪声测量数据。

2.1.7 测量表面声压级和声功率级计算

2.1.7.1 背景噪声的修正

柴油机运转时测得的各测点的声压级应按照表 2.1.2 对背景噪声的影响进行修正。

表 2.1.2 背景噪声修正值 单位为分贝(dB)

柴油机运转时测得的声压级与背景噪声声压级之差	应减去的修正值 $K_1$
3	3
4	2.2
5	1.7
6	1.3
7	1
8	0.7
9	0.6
10	0.5
>10	0

2.1.7.2 测量表面平均声压级  $\bar{L}_p$  的计算

测量表面平均声压级  $\bar{L}_p$  用公式 2.1.2 计算：

$$\bar{L}_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{pi}} \right] - K_2 \dots \dots \dots 2.1.2$$

式中：

$\bar{L}_p$ —A 计权和 1/3 倍频带表面平均声压级，单位为分贝（dB），（基准值：20 $\mu$ Pa）；

$L_{pi}$ —背景噪声修正后第 i 个测点处的 A 计权和 1/3 倍频带表面声压级，单位为分贝（dB），（基准值：20 $\mu$ Pa）；

其中  $L_{pi} = L'_{pi} - K_{1i}$

$L'_{pi}$ —在第 i 个传声器位置上测得的声压级；

$K_{1i}$ —在第 i 个传声器位置上的背景噪声修正值；

N—测点总数；

$K_2$ —测量表面的平均环境修正值，单位为分贝（dB）。

对具体试验环境和试验用测量表面的  $K_2$  值已在确定试验环境的适用性时测得，见 2.1.2.1(1)。

### 2.1.7.3 声功率级的计算

被测柴油机的声功率级  $L_w$  按公式 2.1.3 计算：

$$L_w = \bar{L}_p + 10 \lg \left( \frac{S}{S_0} \right) \dots \dots \dots 2.1.3$$

式中：

$L_w$ —A 计权和 1/3 倍频带声功率级，单位为分贝（dB）（基准值：1pW）；

$\bar{L}_p$ —A 计权和 1/3 倍频带表面平均声压级，单位为分贝（dB），（基准值：20 $\mu$ Pa）；

$S_0$ —基准面积，1 m<sup>2</sup>；

S—测量表面积，单位为平方米（m<sup>2</sup>）， $S = 4(ab + bc + ca) \dots \dots \dots 2.1.4$ ；

式中：

$$a = \frac{l_1}{2} + d;$$

$$b = \frac{l_2}{2} + d;$$

$$c = \frac{l_3}{2} + d;$$

其中， $l_1, l_2, l_3$  为矩形六面体基准体尺寸，见 2.1.6.2(4)。

### 2.1.8 测量不确定度

声功率级测量结果的不确定度以标准偏差表示，其最大值如表 2.1.3 所列。

表 2.1.3 声功率级测量结果标准偏差最大值 单位为分贝（dB）

环境条件	1/3 倍频带中心频率 /Hz					A 计权
	25~80	100~160	200~315	400~5000	6300~10000	
$K_2(K_{2A}) \leq 2\text{dB}$ ，且背景噪声至少比运转时各测点的声压级低 6dB	5	3	2	1.5	2.5	2
$2\text{dB} < K_2(K_{2A}) \leq 7\text{dB}$ ，或背景噪声至少比运转时各测点的声压级低 3dB	声源产生的声音具有明显的离散声					5
	声源产生的声音在有意义的频率范围内均匀分布					4

(1)用本节所规定的方法来比较同类机器全向辐射宽带噪声的声功率级,只要在相同环境下,用相同形状的测量表面测量,则用标准偏差表示这种比较所得结果的不确定度小于本表所列的值。

(2)本表所列的标准偏差反映了测量不确定度的产生因素的累积效应,但不包括逐次测试中可能有诸如声源的安装条件或运转工况所改变引起的声功率级变化。测试结果的再现性和重复性可比本表所列的不确定度表明要好得多(即标准偏差较小)。

### 2.1.9 报告内容

以下内容应记载在测试报告中。

#### 2.1.9.1 被测柴油机

- (1)被测柴油机的型号、出厂编号、制造厂、尺寸、安装的从属设备(如水力测功器等);
- (2)进气滤清器和排气消声器的型号及安装位置;
- (3)柴油机运转时的环境条件,包括大气压、空气温度、相对湿度和增压空气冷却介质的温度;
- (4)噪声测试时的柴油机功率、转速;
- (5)柴油机喷油定时(静态和动态);
- (6)安装条件,包括曲轴距离反射平面的高度;
- (7)所用燃油类型及其辛烷值或十六烷值。

#### 2.1.9.2 声学环境

- (1)应说明墙壁、天花板和地面的物理处理情况,包括表示声源和室内陈列物的位置的草图;
- (2)按本节附录的规定对测试环境的声学鉴定过程。

#### 2.1.9.3 测量仪器

- (1)测量用设备,包括名称、型号、出厂编号和制造厂;
- (2)频率分析仪的频带宽度;
- (3)仪器系统的频率响应;
- (4)传声器及其他系统部件校准的方法、日期和地点。

#### 2.1.9.4 声学数据

- (1)传声器位置数和布置(必要时绘出草图)及测量距离;
- (2)修改后的传声器位置;
- (3)测量表面面积 $S$ ;
- (4)各测点位置上A计权声压级和1/3倍频带声压级 $L_{pi}$ ,单位为分贝(dB);
- (5)各测点位置上背景噪声A计权声压级和1/3倍频带声压级及相应修正值(如有);
- (6)按本节附录计算的环境修正值 $K_2$ ;
- (7)A计权声压级和1/3倍频带声压级 $\overline{L_p}$ ,单位为分贝(dB);
- (8)A计权声功率级和1/3倍频带声功率级 $L_w$ ,单位为分贝(dB);
- (9)测量报告正文中应注明声压级或声功率级参考基准值,且每个数据表格或图谱上均应注明。

#### 2.1.9.5 其它

测量单位、测量人员、测量地点和测量日期。

## 附录 A 测试环境的鉴定

### A.1 概述

为了使柴油机噪声测量结果符合要求,应提供一个反射平面上方为自由场的测试环境,这个环境可以是半消声室、户外宽阔场地或满足本附录要求的试验车间。测试场地要足够大,使测量表面位于被测柴油机声源的近场以外,并且处于一个没有来自试验车间边界及其他物体反射的声场中。

当试验车间不满足上述要求时,应按照本附录规定的方法测定环境修正值 $K_2$ ,并对环境影响加以修正。 $K_2$ 可用绝对比较测试法(见 A.3.1)、混响时间测试法(见 A.3.2)或吸声量估算法(见 A.3.3)求得。

### A.2 环境条件

#### A.2.1 反射平面特性

反射平面在所研究的频率范围内应当近似为完全的声反射面。一般平坦的混凝土、沥青地面均能满足上述要求。

#### A.2.2 反射平面尺寸

反射平面边界至测量表面在反射平面上投影的距离应当大于 $\lambda/2$ ,其中 $\lambda$ 为所测试频率范围内最低频率对应的波长。

### A.3 试验车间环境修正值 $K_2$ 的求法

#### A.3.1 绝对比较测试法

##### A.3.1.1 方法

将符合 ISO 6926 要求的标准声源放在与被测柴油机基本相同的位置上,测量表面与柴油机运转时的测量表面相同,按照本节第 2.1.6 和 2.1.7 条的方法在无环境修正(即假定 $K_2=0$ )的条件下确定标准声源的声功率级 $L_w$ 。试验车间的环境修正值 $K_2$ 按公式(A.1)确定:

$$K_2 = L_w - L_{wr} \dots\dots\dots (A.1)$$

式中:

$L_w$ —测得的标准声源的声功率级,单位为分贝(dB)(基准值:1pW);

$L_{wr}$ —标准声源在半自由场条件下标定的声功率级,单位为分贝(dB)(基准值:1pW)。

##### A.3.1.2 标准声源在测试环境中的位置

标准声源的位置分为替代法和并列法两种,当被测柴油机能从现场移开时,应使用替代法。只要被测柴油机的长度与其宽度之比小于2,就可将标准声源放置在与被测柴油机相同的位置上,即放在柴油机基准体的反射面上矩形投影的几何中心位置上,当被测柴油机长度与宽度之比大于2时,标准声源要放置4个位置,即在被测柴油机的基准体反射面上投影的四条矩形边的中点上,每个测点上的声压级都要按公式(2.1.2)对四个声源位置求得平均值。当被测设备不能从现场移开时,应使用并列法,即把声源放置在被测柴油机上表面上或靠近被测柴油机四个侧面的多个位置上进行测量。本方法不适用于具有高吸声表面的柴油机。

#### A.3.2 混响时间测试法

本方法用于比较有规则的房间,环境修正值 $K_2$ 按公式(A.2)求得:

$$K_2(\text{dB})=10\lg\left[1+4\left(\frac{S}{A}\right)\right]\dots\dots\dots (A.2)$$

式中:

A—试验车间的吸声量,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

S—被测柴油机的测量表面面积,单位为平方米( $\text{m}^2$ );

其中吸声量A值根据测试车间 A 计权或频带混响时间的测量结果,按公式(A.3)

确定：

$$A = 0.16(V/T) \dots\dots\dots (A.3)$$

V—试验车间体积，单位为立方米 (m<sup>3</sup>)；

T—A 计权或频带混响时间，单位为秒 (s)。

对于直接从 A 计权测量值确定 K<sub>2A</sub>，建议使用中心频率为 1kHz 的频带混响时间。

本方法不适用于实验室性质的半消声室，经强吸声处理的房间或室外测量。

### A.3.3 吸声量A的估算法

环境修正值 K<sub>2</sub> 按公式 (A.2) 求得。

其中吸声量 A 根据表 A.1 查得的试验车间表面平均吸声系数 α，按公式 (A.4) 确定：

$$A = \alpha \cdot S_V \dots\dots\dots (A.4)$$

式中：

α—表 A.1 给出的试验车间的 A 计权平均吸声系数；

S<sub>V</sub>—试验车间边界表面的总面积（包括墙壁、天花板和地面），单位为平方米 (m<sup>2</sup>)。

表 A.1 平均吸声系数 α 的近似值

平均吸声系数	房间特征
0.05	房间几乎全空，墙壁平滑坚硬，材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空，墙壁光滑
0.15	带家具的房间；矩形机器间；矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间，不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间，天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房（例如局部吸声的天花板）
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸收材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量吸声材料

### A.4 合格要求

试验车间测试环境应符合第 2 章第 1 节第 2.1.2.1(2) 和 2.1.2.2 条的要求，在上述要求得不到满足时可缩小测量距离，但不应小于 0.5m。此外，可通过增加试验车间的吸声系数来加大吸声量 A，使  $\frac{A}{S}$  值增大，以满足要求。

## 第 2 节 中高速柴油机

### 2.2.1 适用范围

本节适用于船用中高速柴油机（以下简称柴油机）台架试验时在稳态运转工况下空气辐射噪声的测量。

### 2.2.2 声学测试环境

#### 2.2.2.1 对测试环境的要求

理想测试环境应是除地面一个反射面外没有其它反射物，实际测试时要满足下列条件：

(1) 提供一个反射平面上方自由场的测试环境，可以是半消声室、户外宽阔场地或满足要求的试验车间。测试场地要求足够大，使测量表面位于被测柴油机声源的近场以外，并且处于一个没有来自试验车间及其它物体反射的声场中。

(2) 当背景噪声比被测柴油机运行时各测点测得的声压级低不少于 10dB 时，测试结果不进行背景噪声修正，低于 3~10dB 时，应按照表 2.2.2 进行背景噪声修正 ( $K_1$ )，低于 3 dB，测试结果无效。

(3) 环境修正值  $K_{2A}$  不大于 2dB，频谱测量时，在测试的频率范围内每个频带上  $K_2$  均不大于 2dB，若测试环境条件限制时，环境修正值  $K_{2A}$  可小于或等于 7 dB。

#### 2.2.2.2 当实际测试环境偏离最佳测试环境时，需要对某些参数进行修正。

(1) 环境修正值  $K_2$  的修正公式 2.2.1：

$$K_2(\text{dB})=10\lg\left[1+4\left(\frac{S}{A}\right)\right] \dots\dots\dots 2.2.1$$

式中：

A—试验车间的吸声量， $\text{m}^2$ ；

S—被测柴油机的辐射表面面积， $\text{m}^2$ ；

吸声量 A 根据公式  $A = \alpha \cdot S_V$  求得；

$\alpha$ —试验车间 A 计权平均吸声系数，其值由表 2.2.1 求得；

$S_V$ —试验车间边界表面总面积（包括墙壁、天花板和地面）， $\text{m}^2$ ；

表 2.2.1 平均吸声系数  $\alpha$  的近似值

平均吸声系数	房 间 特 性
0.05	房间几乎全空，墙壁平滑坚硬，材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空，墙壁平滑
0.15	带家具的房间；矩形机器间；矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间，不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间，天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房（例如局部吸声的天花板）
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸声材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量的吸声材料

#### (2) 背景噪声的修正

测得柴油机运转时各测点上的声压级应按照下表 2.2.2 对背景噪声的影响予以修正。

表 2.2.2 背景噪声修正值

柴油机运转时测得的声压级与背景噪声声压级之差	应减去的修正值 $K_1$
3	3
4	2.2
5	1.7
6	1.3
7	1
8	0.7
9	0.6
10	0.5
>10	0

### 2.2.3 测试仪器

2.2.3.1 采用本节测量噪声时，相关的测量仪器应满足如下要求：

- (1) 自由场式传声器，应符合 IEC 61094 的要求；
- (2) 声级计，应符合 IEC 61672-2002: 1 级要求；
- (3) 声校准器，应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求；
- (4) 滤波器应符合 IEC 61260: 1995 中 1 级的要求。

2.2.3.2 校准

所有测量仪器及校准仪应由国家认可的计量检定机构进行检定，并在有效期内。

### 2.2.4 柴油机安装及其运转条件

2.2.4.1 安装条件

被测柴油机宜安装在弹性支承上；对于非弹性安装场合，应把由于结构振动引起的基础辐射噪声作为外加噪声看待，制造商应尽可能使其影响最小。被测柴油机应在进气口处安装规定的空气滤清器或消声器。如进气噪声不包括在被测噪声内（例如，当柴油机通过外接的进气管由舱外吸气时），则应在测试报告中说明。对于小型柴油机，如果排气噪声包括在被测噪声之内，也应在报告中予以说明。总之，柴油机安装和布置应尽可能与实船一致。

被测柴油机相连的齿轮箱和任何被驱动机械的辐射噪声应作为外加噪声看待，必要时需采取适当降噪措施，以保证这些噪声对被测声压级没有明显影响，并在测试报告中加以说明。

2.2.4.2 运转条件

被测柴油机应在 100%MCR、常用服务功率或 80%MCR（以较大者为准）和合同规定的负荷（如有时）下运行，测试过程中，被测柴油机应在相应工况下稳定连续运转。

### 2.2.5 声压级测量

2.2.5.1 基准体

在确定基准体大小时，柴油机上的凸出部件，只要不是明显的声能辐射体可不予考虑。为了安全起见，基准体需要足够大，以便将危险区域（如运动部件）包含在内。

2.2.5.2 测量表面

各测量表面分别与基准体表面平行，对应面之间的距离即测量距离  $d$ 。测量表面与墙面及其他大型机器边界的距离至少为  $2d$ 。

2.2.5.3 测量距离

测量表面与基准体之间的测量距离  $d$  应为 1.0m，如果受到环境条件的限制，测量距离



测量用的传声器应正对柴油机噪声源方向，声级计读数时应采用时间计权特性“慢”档。若声级计读数波动小于 3dB，则认为被测噪声是稳态的，读数取波动周期内平均值；对非稳态噪声应采用具有较长时间常数的积分声级计进行测量；观测周期至少 30s。

(3) 柴油机不运转时的测量

测点位置、数量要求及观测的时间应与柴油机运转测量时一致，但不包括被驱动机械和基础振动产生的外加噪声，测量结果作为柴油机运转时的背景噪声数据。

2.2.6 测量表面平均声压级和声功率的计算

2.2.6.1 本方法需要测 A 计权声压级和 1/3 倍频带声压级（其中心频率 25Hz~10000Hz）。

2.2.6.2 背景噪声修正

测得柴油机运转时各测点上的声压级应按表 2.2.2 修正背景噪声的影响。

2.2.6.3 测量表面平均声压级  $\bar{L}_p$  计算

测量表面平均声压级  $\bar{L}_p$  用公式 2.2.3 计算：

$$\bar{L}_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{pi}} \right] - K_2 \dots \dots \dots 2.2.3$$

式中：

其中： $L_{pi} = L'_{pi} - K_{1i}$

$L'_{pi}$ —在第 i 个传声器位置上测得的声压级；

$K_{1i}$ —柴油机运转时测得的声压级与背景噪声声压级之差应减去的修正值；

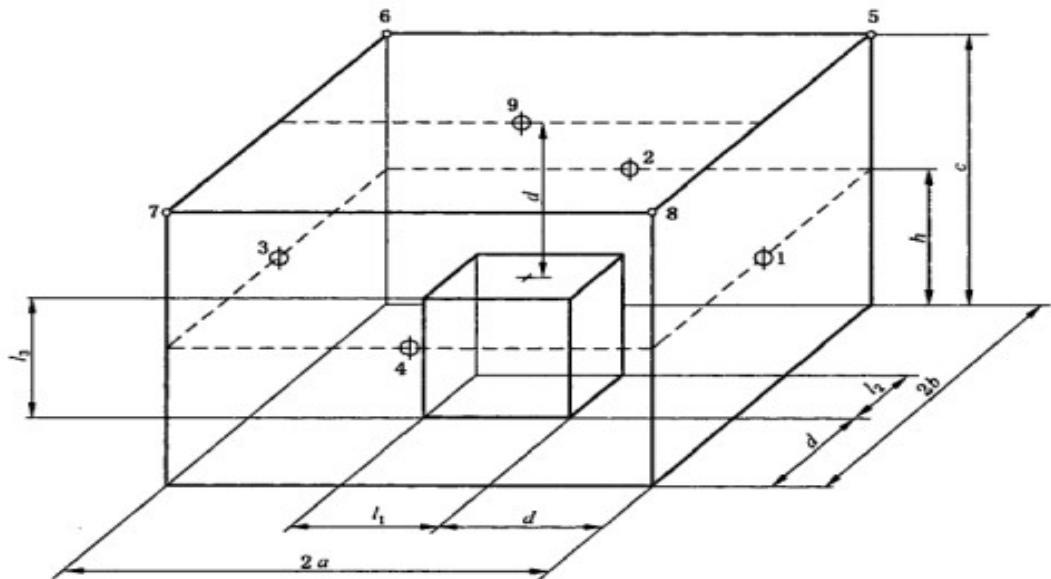
$\bar{L}_p$ —A 计权和 1/3 倍频带测量表面声压级，单位为分贝（dB）（基准值：20  $\mu$  Pa）；

$L_{pi}$ —背景噪声修正后第 i 测点处的 A 计权和 1/3 倍频带测量表面声压级，单位为分贝（dB）（基准值：20  $\mu$  Pa）；

N—测点总数；

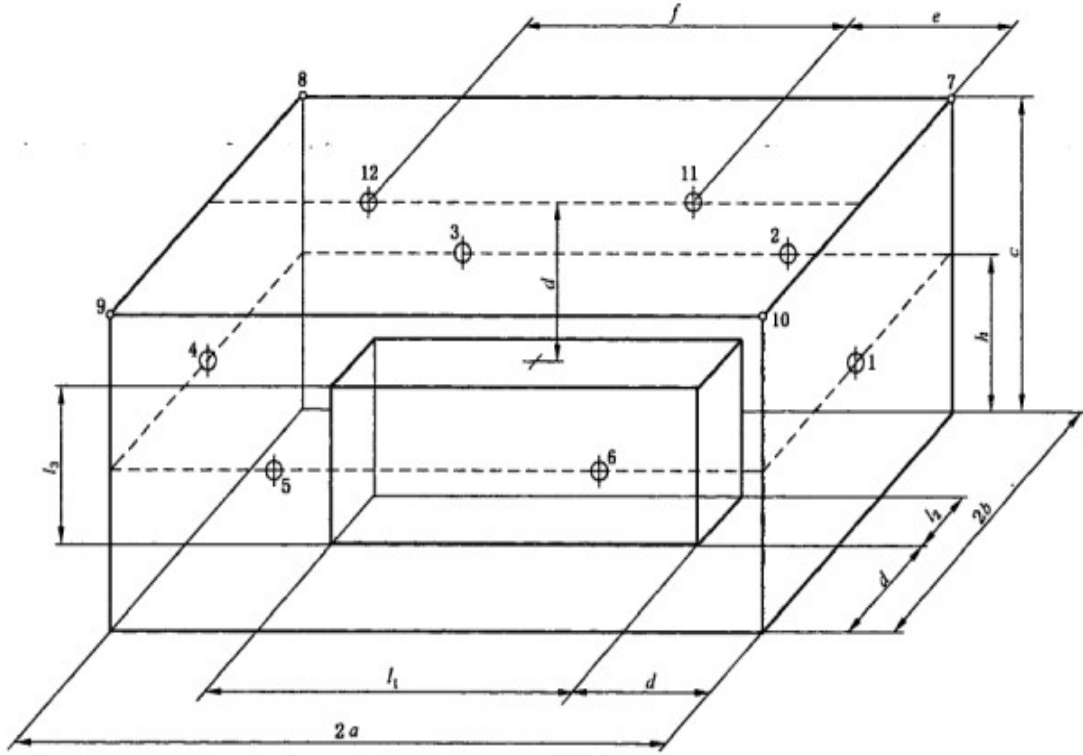
$K_2$ —测量表面的平均环境修正值，单位为分贝（dB）。

对具体试验环境和试验用测量表面的  $K_2$  值已在确定试验环境适用性测得。



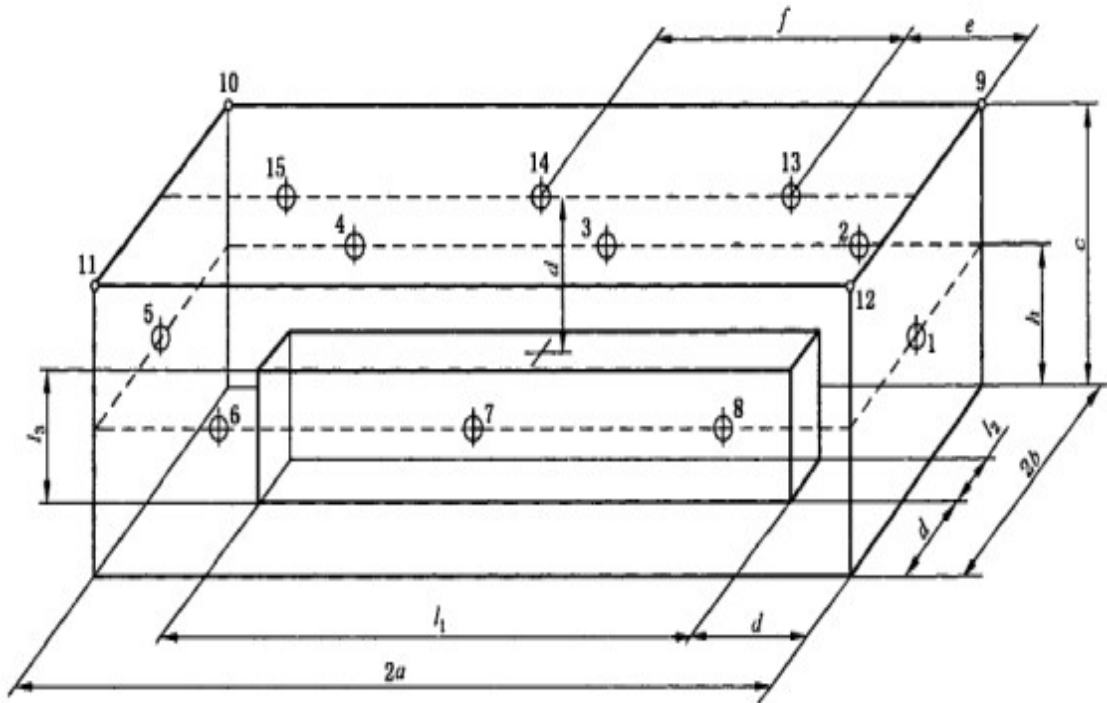
$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d; \quad h = \frac{c}{2}$$

图 2.2.1 基准体尺寸  $l_1 \leq 2m$ ,  $l_2 \leq 2m$ ,  $l_3 \leq 2.5m$  时 9 个测点的布置及测量表面



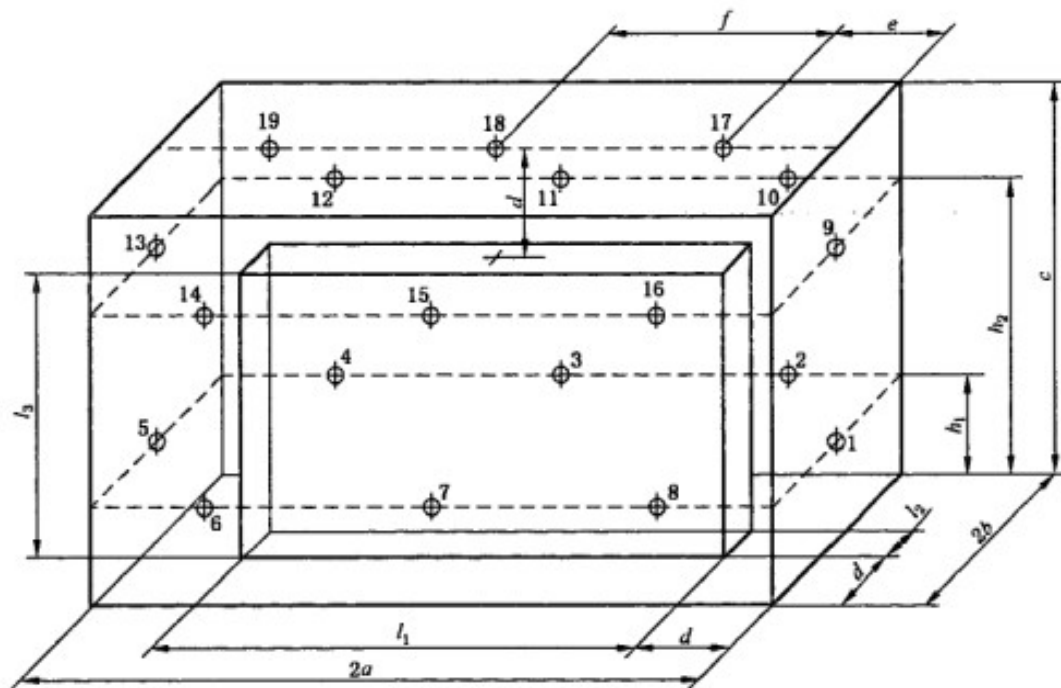
$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d; \quad h = \frac{c}{2}; \quad f = a = 2e$$

图 2.2.2 基准体尺寸  $2m < l_1 \leq 4m$ ,  $l_2 \leq 15m$ ,  $l_3 \leq 2.5m$  时 12 个测点的布置及测量表面



$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d; \quad h = \frac{c}{2}; \quad e = \frac{a}{3}; \quad f = 2e$$

图 2.2.3 基准体尺寸  $4m < l_1 \leq 15m$ ,  $l_2 \leq 15m$ ,  $l_3 \leq 2.5m$  时 15 个测点的布置及测量表面



$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d; \quad h_1 = \frac{c}{4}; \quad h_2 = \frac{3c}{4}; \quad e = \frac{a}{3}; \quad f = 2e$$

图 2.2.4 基准体尺寸  $4\text{m} < l_1 \leq 15\text{m}$ ,  $l_2 \leq 15\text{m}$ ,  $l_3 > 2.5\text{m}$  时 19 个测点的布置及测量表面

#### 2.2.6.4 声功率级 $L_w$ 计算

被测柴油机的声功率级按公式 2.2.4 计算:

$$L_w = \overline{L_p} + 10 \lg \left( \frac{S}{S_0} \right) \dots\dots\dots 2.2.4$$

式中:

$L_w$ —A 计权和 1/3 倍频带声功率级, 单位为分贝 (dB) (基准值:  $1\text{pW}$ );

$\overline{L_p}$ —A 计权和 1/3 倍频带表面声压级, 单位为分贝 (dB), (基准值:  $20 \mu\text{Pa}$ );

$S_0$ —基准面积,  $1 \text{ m}^2$ ;

$S$ —测量表面面积, 按照公式 2.2.5 计算, 单位为平方米 ( $\text{m}^2$ ):

$$S = 4(ab + bc + ca) \dots\dots\dots 2.2.5$$

式中:

$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d;$$

其中  $l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$  为矩形六面基准体尺寸, 见图 2.2.1~图 2.2.4。

#### 2.2.7 测量不确定度

测量不确定度表示, 其最大值如表 2.2.4 所示。

表 2.2.4 声功率级测量结果标准偏差最大值

环境条件	1/3 倍频带中心频率 /Hz					A 计权
	25~80	100~160	200~315	400~5000	6300~10000	
$K_2(K_{2A}) \leq 2\text{dB}$ , 且背景噪声至少比运转时各测点的声压级低 6dB	5	3	2	1.5	2.5	2
$2\text{dB} < K_2(K_{2A}) \leq 7\text{dB}$ , 或背景噪声至少比运转时各测点的声压级低 3dB	声源产生的声音具有明显的离散声					5
	声源产生的声音在有意义的频率范围内均匀分布					4
<p>注 1) 用本节所规定的方法来比较同类机器全向辐射宽带噪声的声功率级, 只要在相同环境下, 用相同形状的测量表面测量, 则用标准偏差表示这种比较所得结果的不确定度小于本表所列的值。</p> <p>2) 本表所列的标准偏差反映了测量不确定度的产生因素的累积效应, 但不包括逐次测试中可能有诸如声源的安装条件或运转工况所改变引起的声功率级变化。测试结果的再现性和重复性可比本表所列的不确定度表明要好得多 (即标准偏差较小)。</p>						

### 2.2.8 测试报告内容

依据本节测试的柴油机, 已按照本节的程序测定 A 计权和 1/3 倍频带声功率。报告中还应说明声功率级均以分贝为单位。以下内容如适用, 应按照本节要求测量, 根据需要收集并记录。

2.2.8.1 被测柴油机应尽可能以实际交付客户时的状况为准, 以下信息 (至少) 应包括:

- (1) 制造商名称及地址;
- (2) 柴油机型号、出厂编号及其安装的附属设备;
- (3) 被测柴油机的减振降噪设备型号及安装位置: 进气滤清器、排气消声器、隔声罩 (如适用)、隔振器等;
- (4) 柴油机运转时的环境条件, 包括大气压力、空气温度、相对湿度和增压空气冷却介质温度;
- (5) 噪声测试时柴油机的功率、转速;
- (6) 柴油机喷油定时;
- (7) 安装条件, 包括曲轴距离反射面的高度, 柴油机地脚安装情况;
- (8) 所用燃油类型及其辛烷值或十六烷值。

2.2.8.2 测试报告应包含的以下声学环境内容:

- (1) 如在室内测量, 应说明墙壁、天花板和地面的物理处理情况, 包括表示声源和室内陈列物的位置草图; 如在室外, 应有声源与周围地形的具体描述, 包括测试环境的具体描述;
- (2) 应包括对测试声学鉴定过程;
- (3) 测试地点风速及地点。

2.2.8.3 测试仪器记录要求:

- (1) 测量用设备的有关信息, 包括名称、型号、出厂编号和制造厂;
- (2) 传声器及其它系统部件校准的方法、日期和地点;
- (3) 频率分析仪的频带宽度;

- (4) 仪器系统的频率响应;
- (5) 防风罩特性 (如使用时)。

#### 2.2.8.4 测试报告所包含声学数据的内容:

- (1) 传声器数量、位置 (必要时可绘出草图) 及测量距离;
- (2) 修改后的传声器位置 (见修改传声器的位置);
- (3) 测量表面面积  $S$ ;
- (4) 各测量点 A 计权声压级和或 1/3 倍频带声压级  $L_{pi}$ , dB(A), 基准值:  $20 \mu Pa$ ;
- (5) 各测点背景噪声 A 计权声压级和 1/3 倍频带声压级及相应修正值 (如有);
- (6) 按声学测试环境计算的环境修正值  $K_2$ ;
- (7) A 计权声压级和 1/3 倍频带声压级  $\overline{L_p}$ , dB (A), 基准值  $20 \mu Pa$ ;
- (8) A 计权声功率级和 1/3 倍频带声功率级  $L_w$ , dB, 基准值:  $1pW=10^{-12}W$ ;

#### 2.2.8.5 报告其他内容

测试单位、测量人员、测量地点及测量日期。

## 第3节 齿轮箱

### 2.3.1 使用范围

本节适用于船用齿轮箱（包括带电动机的齿轮箱），试验是在稳态运转工况下测量空气辐射噪声。齿轮箱主要包括以下3种齿轮传动装置：

- (1) 齿轮装置——独立的驱动或被驱动装置；
- (2) 带电动机的齿轮装置——电动机与齿轮装置连为一体的装置；
- (3) 齿轮传动系统——电动机或驱动装置安装在同一个底座上，且该底座上还装有其它需要的辅助装置。

测量整个系统的噪声还是测量单个齿轮箱的噪声，最终以制造厂交付客户实际情况为准。

### 2.3.2 测试声学环境

2.3.2.1 测量场所应尽量选用除地面外无反射条件的场所。

2.3.2.2 如果不能满足上述条件，应按照2.3.2.4对测量结果进行环境条件修正。测量时优选环境修正 $K_2$ 不大于2dB的场所，无论如何环境修正 $K_2$ 不应大于7dB。

2.3.2.3 背景噪声的声压级应优选比被测齿轮箱运行时至少低6dB的情况，低10dB以上更好。无论如何当两者差值小于3dB时，不能进行噪声测量。最终计算结果应按照2.3.2.5对测量结果进行背景噪声（ $K_1$ ）修正。

2.3.2.4 环境条件修正

环境修正值 $K_2$ 的修正公式：

$$K_2(\text{dB})=10\lg\left[1+4\left(\frac{S}{A}\right)\right]$$

式中：

A—试验车间的吸声量， $\text{m}^2$ ；

S—被测齿轮箱的测量表面面积， $\text{m}^2$ ；

吸声量A根据公式 $A = \alpha \cdot S_V$ 求得；

式中：

$\alpha$ —试验车间A的计权平均吸声系数，其值由表2.3.1求得；

$S_V$ —试验车间边界表面总面积（包括墙壁、天花板和地面）， $\text{m}^2$ ；

表 2.3.1 平均吸声系数  $\alpha$  的近似值

平均吸声系数	房间特性
0.05	房间几乎全空，墙壁平滑坚硬，材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空，墙壁平滑
0.15	带家具的房间；矩形机器间；矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间，不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间，天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房（例如局部吸声的天花板）
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸声材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量的吸声材料

2.3.2.5 背景噪声 $K_1$ 修正

若 $\Delta L > 10\text{dB}$ ，不需要修正；若 $3\text{dB} \leq \Delta L \leq 10\text{dB}$ 时，应根据表2.3.2进行修正。

### 2.3.3 测试仪器

### 2.3.3.1 精度要求

表 2.3.2 背景噪声修正值

齿轮箱运转时测得的声压级与背景噪声声压级之差	应减去的修正值 $K_1$
3	3
4	2.2
5	1.7
6	1.3
7	1
8	0.7
9	0.6
10	0.5
>10	0

采用本节测量噪声时，相关的测量仪器应满足如下要求：

- (1) 自由场式传声器，应符合 IEC 61094 的要求；
- (2) 声级计，应符合 IEC 61672-2002 :1 级要求；
- (3) 声校准器，声校准器应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求；
- (4) 滤波器应符合 IEC 61260: 1995 中 1 级的要求。

### 2.3.3.2 测量仪器和校准仪的校验

所有测量仪器及校准仪应由国家认可的计量检定机构进行检定，并在有效期内。

### 2.3.4 安装与支撑条件

2.3.4.1 齿轮箱的安装和连接条件决定于声学测试条件，建议制造厂提供符合要求的试验场地，若采用其它方法，如指定声学环境的特定场合、现场等，必须在测试报告予以说明。来自齿轮装置的加载、输入和输出法兰以外的制动元件以及连接的辅助系统的声反馈不应影响齿轮箱或带电动机的齿轮箱发出噪声的测量，应优先采用低噪声制动元件。以下因素必须考虑：

- (1) 连接系统的隔声罩；
- (2) 在其它声源很小的情况下运行；
- (3) 对于齿轮箱，驱动元件（或电动机）、转动元件或制动装置的临时声隔离；
- (4) 反射面上使用临时吸声材料。

2.3.4.2 被测齿轮箱与其底座表面之间可加入弹性支撑，使其向底座的振动 传输及声源的反作用力减至最小。此种情况安装基座应当具有足够高的机械阻抗，防止因振动而产生额外声辐射 。

2.3.4.3 被测齿轮箱工作需要但又不是被测齿轮箱组成部分的所有辅助设备应位于测试环境以外。否则辅助设备应当包括在基准体内，其工作条件在测试报告中加以说明。与被测声源相连的任何电缆管道、空气管路接头等对测试环境应无明显的声辐射。

2.3.4.4 在测量时，制造商应尽可能做到与实船安装和支撑条件一致，在测试记录中应对齿轮箱的安装具体情况详细说明。

### 2.3.5 噪声测量期间的运行条件

2.3.5.1 测量时，首先确保验船师、测试人员等安全。

2.3.5.2 在试验期间由于功率的限制或其它原因，使正常工作条件无法实现而要降低条件时，应在测试报告中说明。

### 2.3.5.3 噪声测量期间的运行试验条件

——齿轮装置应在预定的旋转方向下进行试验；若要求齿轮装置反转，则分别在正反转两个方向试验；

——测量时应使用工作时使用的润滑系统和及其同等黏度的润滑油，运转期间测量装置在设计温度范围内运行。

### 2.3.5.4 噪声测量期间规定的试验条件

- a. 在恒定运转速度下使用的齿轮装置应按额定转速进行试验。
- b. 非恒定运转速度下使用的齿轮装置，以设计速度范围的算术平均值作为试验速度。
- c. 齿轮装置可由制造厂根据试验条件或制造厂和用户之间的协议确定进行空载或加载运行。

### 2.3.5.5 运行载荷

齿轮装置的测量应在额定载荷或协议载荷下进行。下列载荷的测量点可选其一进行测量：

- 齿轮装置规定的额定载荷；
- 合同载荷（若有时）；

## 2.3.6 声压级的测量

### 2.3.6.1 测量表面与基准体距离的确定

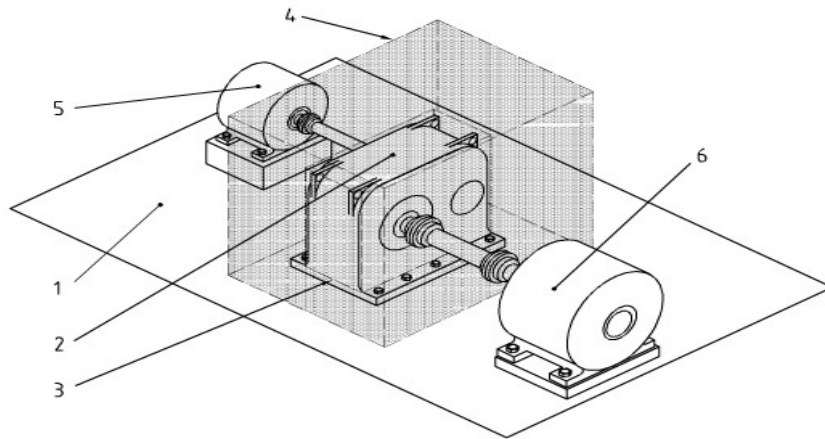
测量表面一般指定选择平行六面体测量表面，测量表面和基准体之间的距离称为测量距离（d），在满足测量条件下，测量距离 d 为 1m，但不得小于 0.5 m。测量表面与墙面及其他大型机器边界的距离至少为 2d。典型的测量表面见图 2.3.1~图 2.3.3。当反射面位于测量距离上或位于测量距离之内时，测量表面到反射面终止。

测量表面的表面积 S 按下式计算：

$$S = 4(ab + bc + ac)$$

式中：

- a、b——分别为测量面长、宽的 $\frac{1}{2}$ ，单位为米（m）；c——测量面的高，单位为米（m）。

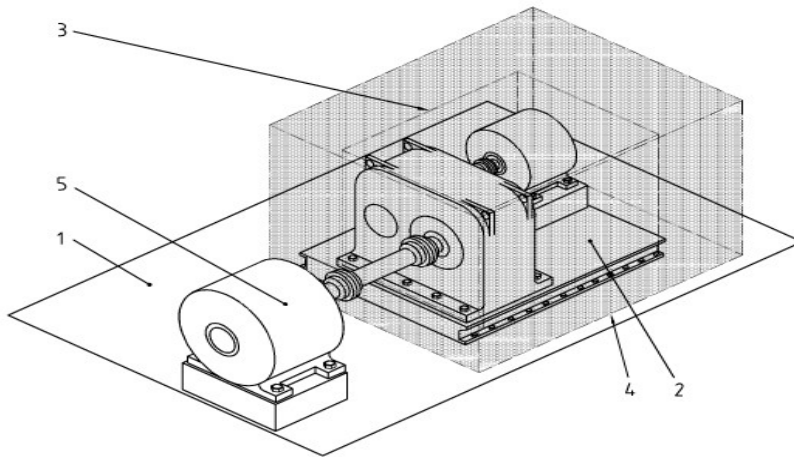


1——试验台平面；2——齿轮装置；3——基准体；4——测量表面；5——电动机；6——载荷。

图 2.3.1 齿轮装置的基准体和测量表面

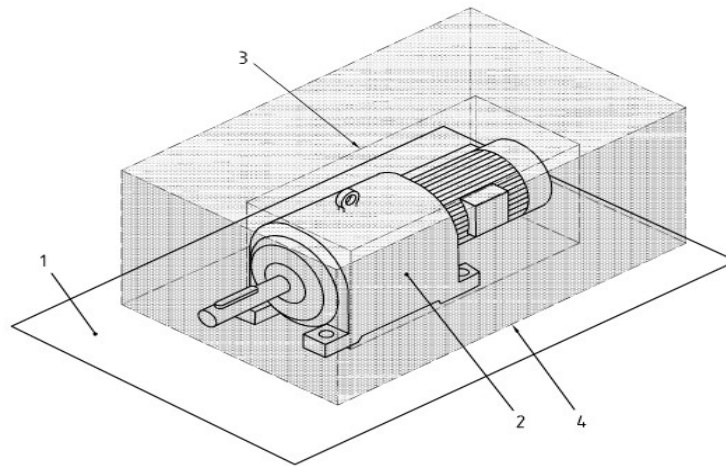
### 2.3.6.2 传声器布置

传声器的合适位置，应小心选择，使之与机械的布置、墙壁的位置或声反射面相适应，声压的测量，典型的测量表面上传声器放置示例见图 2.3.4、图 2.3.5。



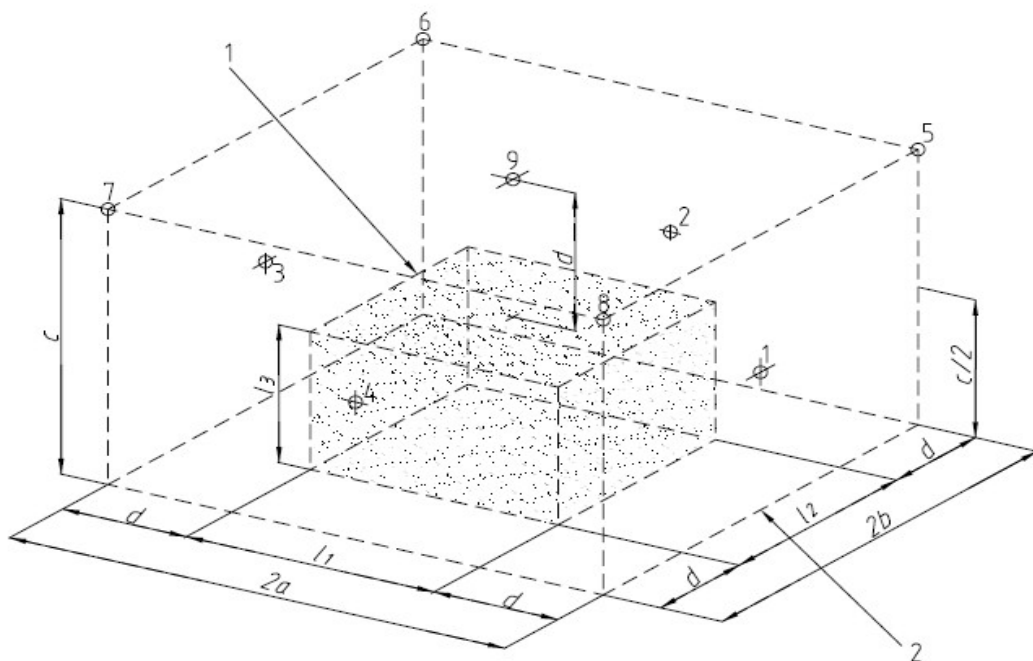
1——试验台平面； 2——齿轮传动系统； 3——基准体； 4——测量表面； 5——载荷。

图 2.3.2 齿轮传动系统的基准体和测量表面



1——试验台平面； 2——带电动机的齿轮装置； 3——基准体； 4——测量表面。

图 2.3.3 带电动机的齿轮装置的基准体和测量表面



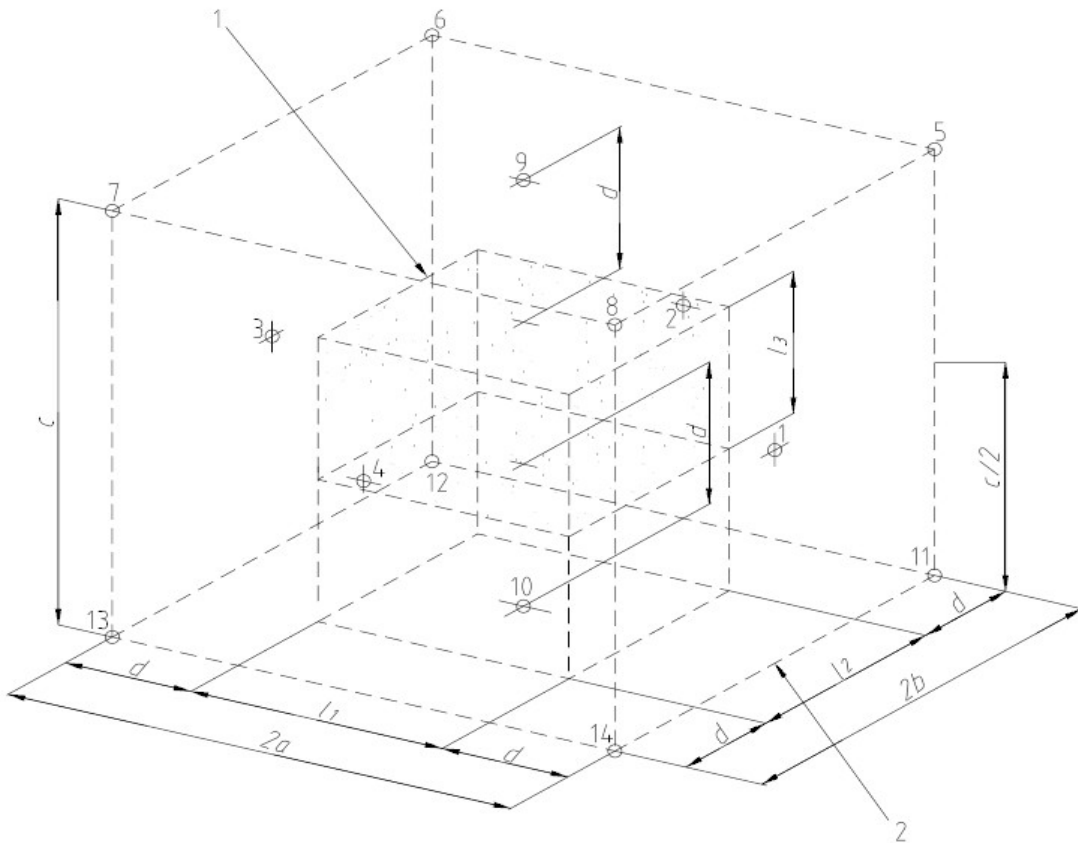
$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + d$$

1—基准体；2—测量表面；○—测点布置

图 2.3.4 安装在地板上示例

### 2.3.6.3 测定的量

- 被测量声源工作期间，A计权声功率和1/3倍频带声压级  $L'_p$ ；
- 背景噪声的A计权声功率和1/3倍频带声压级  $L''_p$ ；
- 测量期间，其观察周期应至少30s。



$$a = \frac{l_1}{2} + d; \quad b = \frac{l_2}{2} + d; \quad c = l_3 + 2d$$

1—基准体；2—测量表面；○—测点布置

图 2.3.5 距声反射面有较远距离的安装示例

### 2.3.7 表面声压级和声功率的计算

2.3.7.1 本节如未有说明，采用本方法测得噪声是采用A计权声功率级和1/3倍频带声功率级以及A计权声压级和1/3倍频带声压级，且在制造厂按照本节要求试验车间测得。

#### 2.3.7.2 测量表面平均声压级的计算

测量表面上传声器位置均匀分布，对于A计权声压级或测试频率范围内的每个频带声压级，测量表面平均声压级和测量表面平均背景噪声声压级分别用下式计算：

$$\text{平均声压级: } \bar{L}'_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pi}} \right]$$

$$\text{背景噪声声压级: } \bar{L}'_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pi}} \right]$$

式中:

$\bar{L}'_p$ : 被测齿轮箱工作期间的测量表面平均声压级, dB;

$\bar{L}'_p'$ : 测量表面平均背景噪声声压级, dB;

$L'_{pi}$ : 在第*i*个传声器位置上测得的声压级, dB;

$L'_{pi}'$ : 在第*i*个传声器位置上测得的背景噪声声压级, dB;

N: 传声器位置数目。

2.3.7.3 从频带数据计算 A 计权声压级, 按照下公式计算:

$$L_{pA}(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \sum_j 10^{0.1(L_{pj}+A_j)} \right]$$

式中:

$L_{pj}$ : 频带 *j* 上的频带声压级;

$A_j$ : 频带 *j* 上中心频率上的 A 计权值, 由表 2.3.3 给出。

表 2.3.3 A 计权值  $A_j$

1/3 倍频带中心频率	A 计权值 $A_j$	1/3 倍频带中心频率	A 计权值 $A_j$
Hz	dB	Hz	dB
50	-30.2	800	-0.8
63	-26.2	1000	0
80	-22.5	1250	0.6
100	-19.1	1600	1.0
125	-16.1	2000	1.2
160	-13.4	2500	1.3
200	-10.9	3150	1.2
250	-8.6	4000	1.0
315	-6.6	5000	0.5
400	-4.8	6300	0.1
500	-3.2	8000	-1.1
630	-1.9	10000	-2.5

2.3.7.4 表面声压级的计算按下公式计算:

$$\bar{L}_p = \bar{L}'_p - K_1 - K_2$$

2.3.7.5 声功率级的计算按以下计算:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \lg \left[ \frac{S}{S_0} \right] \text{dB}$$

式中:

$\bar{L}_p$ —A 计权或频带表面声压级;

S—测量表面的面积,  $\text{m}^2$ ;

$S_0$ — $1 \text{ m}^2$ 。

### 2.3.8 测量不确定度

利用本节测量不确定度, 其最大值如表 2.3.4 所示。

表 2.3.4 声功率级测量结果标准偏差最大值

1/3 倍频带中心频率 (Hz)	再现性标准偏差 $\sigma_R$ (dB)
25~80	5 <sup>1)</sup>
100~160	3
200~315	2
400~5000	1.5
6300~10000	2.5
A 计权	1.5 <sup>2)</sup>

1) 一般适用于室外测量, 很多房间对这个频带不能满足。  
 2) 适用于 100~10000Hz 范围内辐射噪声谱相对“平”的声源

### 2.3.9 试验报告的内容

#### 2.3.9.1 齿轮箱型(号)式技术特点:

(1) 主要包括名称、制造厂;

(2) 有关参数: 中心距 (mm)、传递功率 (kW)、输入、输出的转速 (r/min) 和扭矩 (N·m)、齿轮节圆线速度 (m/s);

#### 2.3.9.2 声学环境及运行条件:

(1) 测试房间的体积、内部总面积及墙壁、天花板和地板表面的处理;

(2) 描述齿轮箱的布置、测量点的位置、测量点距齿轮装置表面的距离及测量点的数量以及周围环境的草图;

(3) 环境修正 $K_2$ 和背景噪声声压级频谱和背景噪声修正 $K_1$ 的频谱;

#### 2.3.9.3 测试仪器:

主要是包括测量用设备的名称、型号、出厂编号和制造厂及传声器及其它系统部件校准的方法、日期和地点;

2.3.9.4 噪声辐射值的获得 A 计权声功率级和 1/3 倍频带声功率级以及 A 计权声压级和 1/3 倍频带声压级。

## 第 4 节 发电机组

### 2.4.1 适用范围

本节适用于往复式内燃机驱动的、固定式或移动式、刚性或弹性安装的船用直流或交流发电机组。

### 2.4.2 声学环境

2.4.2.1 适用于本节的测试环境为：

- (1) 尽量选用一个反射面上方自由场的场所；
- (2) 满足 2.4.2.2 要求的车间或实验室。

2.4.2.2 测试环境合适性评判标准

测试环境除反射面外应没有其他反射体，使声源能够向反射面上方的自由空间辐射。

本节要求环境修正  $K_{2A} \leq 2\text{dB}$ ，频谱测量时，在测试的频率范围内每个频带上  $K_2 \leq 2\text{dB}$ 。

环境修正用下式计算：

$$K_2(\text{dB}) = 10 \lg \left[ 1 + 4 \left( \frac{S}{A} \right) \right]$$

式中：

A：房间的吸声量， $A = \alpha \cdot S_V$ ， $\text{m}^2$ ；

S：测量表面的面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：表 2.4.1 给出的 A 计权平均吸声系数；

$S_V$ ：测试房间边界表面的总面积（墙壁、天花板和地板）， $\text{m}^2$ 。

表 2.4.1 平均吸声系数  $\alpha$  的近似值

平均吸声系数	房间特性
0.05	房间几乎全空，墙壁平滑坚硬，材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空，墙壁平滑
0.15	带家具的房间；矩形机器间；矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间，不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间，天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房（例如局部吸声的天花板）
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸声材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量的吸声材料

2.4.2.3 背景噪声标准

在传声器位置上平均后的背景噪声级应当至少比被测声压级低 6dB，低 10dB 以上更好。

2.4.2.4 如果测试环境不能满足上述 2.4.2.2 及 2.4.2.3 条其中之一，则应至少能保证  $K_{2A}(K_2) \leq 7\text{dB}$ ，且在传声器位置上平均后的背景噪声级应当至少比被测声压级低 3dB。

### 2.4.3 测试仪器

2.4.3.1 采用本节测量噪声时，相关的测量仪器应满足如下要求：

- (1) 自由场式传声器，应符合 IEC 61094 的要求；
- (2) 声级计，应符合 IEC 61672-1:2002 中 1 级的要求；
- (3) 声校准器，应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求；
- (4) 1/3 倍频带滤波器，滤波器应符合 IEC 61260:1995 中 1 级的要求。

2.4.3.2 校准

每次测量前后应当用符合要求的声校准器在测试的频率范围内的一个或多个频率点上对整个测量系统（包括电缆）进行校准，若测量后校准误差大于 1dB，则测量结果无效。

#### 2.4.3.3 测量仪器和校准仪的校验

所有测量仪器及校准仪应由国家认可的计量检定机构进行检定，并在有效期内。

2.4.3.4 在室外测量时或风速大于 1m/s 时，建议使用风罩以保证仪器的准确度不受风的影响。室外测试时，最大风速应不超过 6m/s。

### 2.4.4 安装与支撑条件

发电机组应安装在典型的反射噪声的混凝土或无孔沥青地面上。从声源到与之相邻的试验室墙壁的距离应至少为声源到传声器距离的两倍。

设备与基础之间的安装应根据设备实际安装情况，选择弹性安装或者刚性安装。

### 2.4.5 运行条件

在进行测量时，环境温度和进气温度应不高于 320K（47℃）。试验期间发电机组转速、平均输出功率、环境温度、燃油型号及燃油十六烷值等在试验报告中应作详细记录，因为这些因素将会影响发电机组的噪声。

发电机组应分别在额定工况及 75% 的额定功率（kW）下稳定运行。

应记录用于计算输出有功功率的输出容量（kVA）及其相应的功率因数（ $\cos\phi$ ）。

### 2.4.6 表面声压级的测量

#### 2.4.6.1 测量面、测量距离和测量点

##### （1）基准体和测量面

围绕发电机组应建立一个尽可能小的、假想的基准体参考框架，对于从发动机上凸出的某些部件，如果对声能没有显著影响，则可以忽略。

为了安全，参考框架可以适当放大，以便把测量点从危险区域（例如高温表面和运动部件）移开，测量面与基准体矩形面之间的距离为“d”，在安装机组噪声反射面处终止。

##### （2）测量距离

基准体与测量面之间的距离 d 为 1m。当不能保持规定的距离时，测量距离至少应为 0.5m。只有当  $K_{2A} (K_2) \leq 2\text{dB}$  且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 6 dB 时，才允许适当放大测量距离。

##### （3）测量点的数目与布置

测量点应沿测量表面等距离布置，并应完全包容噪声区域。测量点的数目取决于发电机组的尺寸和噪声场的均匀性。测量面上测点数目的布置取决于基准体的参量  $l_1$ 、 $l_2$  和  $l_3$ ，见图 2.4.1~图 2.4.4。

在这些图中，测量面上的测点之一，如果因缺少空间或其他原因不能使用，则可以沿其测量面移动，并使其离原测点位置的距离尽可能小。测量报告中应标明已变化了的测点位置。

在布置进气口和排气口附近的测点时，不应使其正对气流。

##### （4）测量面的面积

测量面取决于基准体的表面。

测量面的面积 S 为：

$$S = 2 \times 2ac + 2 \times 2bc + 2a \times 2b$$

式中：

2a: 测量面的长度（基准体的长度  $l_1$ +2 倍的测量距离）

2b: 测量面的宽度（基准体的长度  $l_2$ +2 倍的测量距离）

c: 测量面的高度（基准体的长度  $l_3$ +测量距离）  
 测量面的面积只需近似求出。测量面的面积偏差 5%，噪声结果误差 0.2dB。

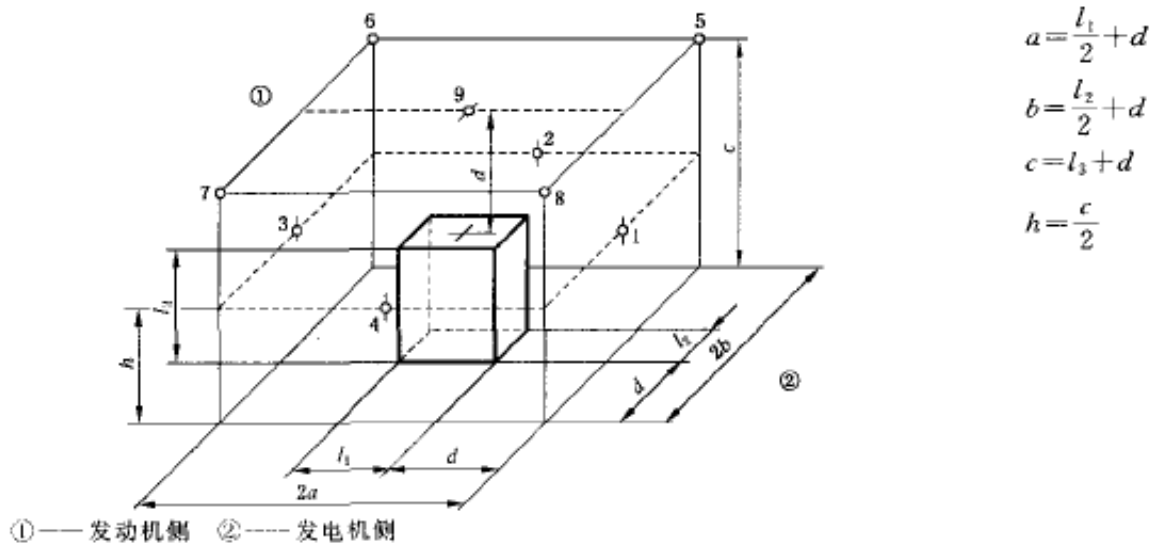


图 2.4.1 用参考矩形测量发电机组噪声时的测量面及测点布置（9 个测点）： $l_1 < 2m$ ,  $l_2 < 2m$ ,  $l_3 < 2.5m$ 。

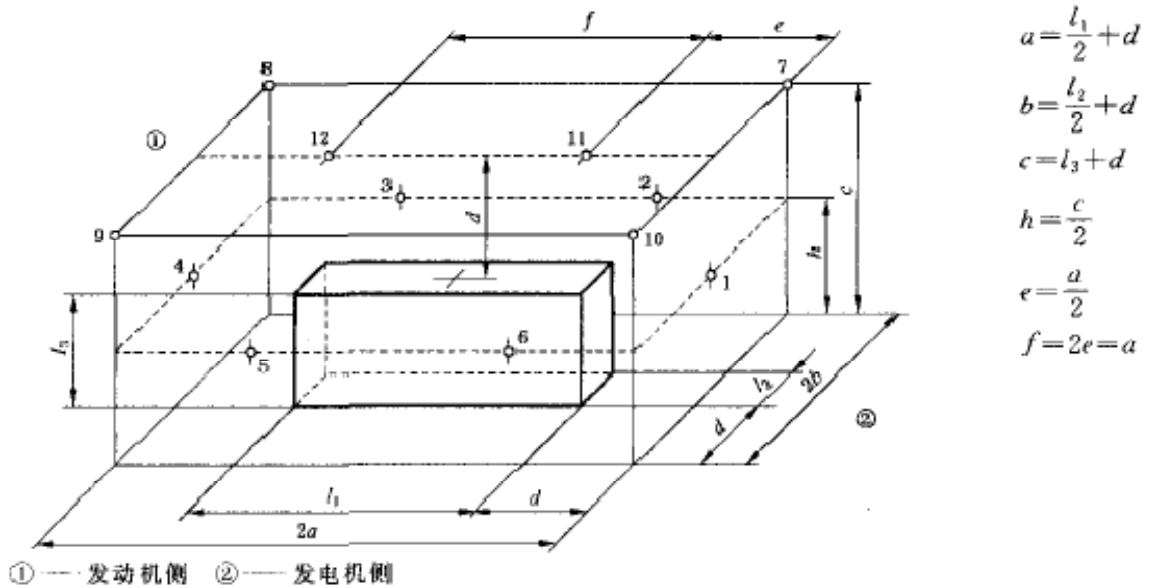
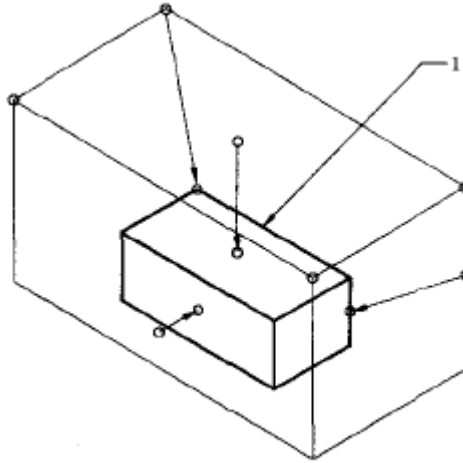


图 2.4.2 用参考矩形测量发电机组噪声时的测量面及测点布置（12 个测点）： $2m < l_2 < 4m$ ,  $l_3 < 2.5m$ 。





1—参考框架。

图 2.4.5 测点的方向

在测量过程中，由于人员的存在会对测量结果产生影响，为减少这种影响，传声器最好固定安装。测量人员与传声器的距离应保持不小于 1.5m。

### (2) 发电机组运行期间的测量

确定测量平面，选择正确的传声器位置。当发电机组按第 2.4.5 条所给定的工况运行时，测量其总体噪声的 A 计权声压级，且在要求的频率范围内在每个测点处测量发电机组 1/3 倍频带（中心频率 25Hz~10000Hz）声压级。不必同时在各个测点进行测量。在所有测点处的测量时间应不少于 30s。

### (3) 用声压级仪表测量时应注意的事项

如果 A 计权声压数值的偏差小于±1dB，则认为噪声值是稳定的。应把观察期间的最大值和最小值的平均值作为测量结果。在观察期间，如果噪声值的偏差大于±1dB，则认为噪声是不稳定的。如果噪声是不稳定的，则测量结果不能被接受，此时应用积分式声压级仪表重新测量。

## 2.4.7 表面声压级和声功率级的计算

2.4.7.1 对于 A 计权声压级或测试的频率范围内的每个频带声压级，测量表面平均声压级和测量表面平均背景噪声声压级用下式计算：

平均声压级：

$$\bar{L}'_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pi}} \right]$$

背景噪声声压级：

$$\bar{L}''_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L''_{pi}} \right]$$

式中：

$\bar{L}'_p$ ：被测声源工作期间的测量表面平均声压级；

$\bar{L}''_p$ ：测量表面平均背景噪声声压级；

$L'_{pi}$ ：在第 i 个传声器位置上测得的声压级；

$L''_{pi}$ ：在第 i 个传声器位置上测得的背景噪声声压级；

N：传声器位置数目。

2.4.7.2 从频带数据计算频带 A 计权声压级:

$$L_{pA}(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \sum_j 10^{0.1(L_{pj} + A_j)} \right]$$

式中:

$L_{pj}$ : 频带 j 上的频带声压级;

$A_j$ : 频带 j 上中心频率上的 A 计权值, 由表 2.4.2 给出。

表 2.4.2 A 计权值  $A_j$

1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB	1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB
25	-44.7	630	-1.9
31.5	-39.4	800	-0.8
40	-34.6	1000	0
50	-30.2	1250	0.6
63	-26.2	1600	1.0
80	-22.5	2000	1.2
100	-19.1	2500	1.3
125	-16.1	3150	1.2
160	-13.4	4000	1.0
200	-10.9	5000	0.5
250	-8.6	6300	0.1
315	-6.6	8000	-1.1
400	-4.8	10000	-2.5
500	-3.2	/	/

2.4.7.3 背景噪声修正

背景噪声按表 2.4.3 进行修正。

表 2.4.3 修正系数 $K_1$

被测设备运转时测得的声压级与背景噪声声压级之差 dB	3	4	5	6	7	8	9	10	>10
修正系数 $K_1$	3.0	2.2	1.7	1.3	1.0	0.7	0.6	0.5	0

2.4.7.4 表面声压级按下式计算:

$$\bar{L}_p = \bar{L}'_p - K_1 - K_2$$

2.4.7.5 声功率级按下式计算:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \lg \left[ \frac{S}{S_0} \right] \text{dB}$$

式中:

S: 测量表面的面积,  $\text{m}^2$ ;

$S_0=1\text{m}^2$ 。

## 2.4.8 测量不确定度

按本节测量所得的结果, 当  $K_{2A}$  ( $K_2$ )  $\leq 2\text{dB}$  且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 6 dB 时, 除个别情况外, 其 A 计权声功率级的再现性标准偏差, 等于或小于 1.5dB

(见表 2.4.4)。

表 2.4.4 按本标准测定的声功率级再现性标准偏差的估计值

倍频带中心频率 Hz	1/3 倍频带中心频率 Hz	再现性标准偏差 $\sigma_R$ dB
63	50~80	5 <sup>1)</sup>
125	100~160	3
250	200~315	2
500~4000	400~5000	1.5
8000	6300~10000	2.5
A 计权		1.5 <sup>2)</sup>
1) 一般适用于室外测量, 很多房间对这个频带不能满足。		
2) 适用于 100~10000 Hz 范围内辐射噪声谱相对“平”的声源。		

按本节测量所得的结果, 当  $K_{2A} (K_2) \leq 7\text{dB}$  且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 3 dB 时, 对于辐射稳态窄带噪声的声源, 除个别情况外, 其 A 计权声功率级的再现性标准偏差, 等于或小于 3dB ( $K_{2A} < 5\text{dB}$ ) 或 4dB ( $5\text{dB} \leq K_{2A} \leq 7\text{dB}$ )。对于辐射离散纯音的声源, 再现性标准偏差一般增大 1dB (见表 2.4.5)。

表 2.4.5 A 计权声功率级再现性标准偏差的最高值

适用	再现性标准偏差的最高值 $\sigma_R$ dB
在测试的频率范围内噪声谱相对“平”的声源	3
离散纯音占主要成分的声源	4

## 2.4.9 报告内容

### 2.4.9.1 被试发电机组的有关数据

- ① 制造商
- ② 型号 (式)
- ③ 系列编号
- ④ 外形尺寸
- ⑤ 外壳详图 (适用时)
- ⑥ 额定输出功率 (kW)
- ⑦ 发电机组转速
- ⑧ 安装 (排列) 方式
- ⑨ 内燃机的制造商
- ⑩ 内燃机的型号 (式)
- ☐ 发动机系列编号
- ☐ 进气系统的型式和排列
- ☐ 排气系统的型式和排列
- ☐ 发电机冷却方式
- ☐ 发动机的冷却方式和排列
- ☐ 燃油类型
- ☐ 发电机的制造商
- ☐ 发电机的型号 (式), 包括发电机组布置详图
- ☐ 发电机的系列编号

### 2.4.9.2 测量条件细则

- ① 平均电力输出 (kW)
- ② 发电机组转速
- ③ 环境温度
- ④ 湿度
- ⑤ 地面、天花板和墙壁的声学测量条件
- ⑥ 发电机组在测量区域的安置
- ⑦ 当在室外测量时天气的详细情况, 包括风速

#### 2.4.9.3 所用的测量设备

- ① 制造商
- ② 型号
- ③ 系列编号
- ④ 校准地点和日期

#### 2.4.9.4 测量值和测量结果

- ① 所有测点的 A 计权声压级及 1/3 倍频带声压级
- ② 背景噪声修正系数  $K_1$
- ③ 环境修正系数  $K_{2A}$  ( $K_2$ )
- ④ 测量表面平均 A 计权声压级
- ⑤ 测量面的面积 S
- ⑥ A 计权声功率级和 1/3 倍频带声功率级
- ⑦ 测量单位及人员、地点、日期、时间等有关测量情况

## 第5节 空压机

### 2.5.1 适用范围

本节适用于包括驱动机的空压机组的噪声测量。

### 2.5.2 声学环境

#### 2.5.2.1 测量场所

(1) 测量场所应尽量选用除地面外无反射条件的场所。

(2) 如果不能满足上述条件，应对测量结果进行环境条件修正。测量时优选环境修正 $K_2$ 不大于 2dB 的场所，无论如何环境修正 $K_2$ 不应大于 7dB。

(3) 背景噪声的声压级应优选比被测机器至少低 6dB 的情况，低 10dB 以上更好。无论如何当两者差值小于 3dB 时，不能进行噪声测量。

#### 2.5.2.2 环境修正

环境修正用下式计算：

$$K_2(\text{dB})=10\lg\left[1+4\left(\frac{S}{A}\right)\right]$$

式中：

A：房间的吸声量， $A = \alpha \cdot S_V$ ，单位为  $\text{m}^2$ ；

S：测量表面的面积，单位为  $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：表 2.5.1 给出的 A 计权平均吸声系数；

$S_V$ ：测试房间边界表面的总面积（墙壁、天花板和地板），单位为  $\text{m}^2$ 。

表 2.5.1 平均吸声系数 $\alpha$ 的近似值

平均吸声系数	房间特性
0.05	房间几乎全空，墙壁平滑坚硬，材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空，墙壁平滑
0.15	带家具的房间；矩形机器间；矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间，不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间，天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房（例如局部吸声的天花板）
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸声材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量的吸声材料

#### 2.5.2.3 背景噪声

测量空压机组噪声时，被测空压机组以外的设备（如最终排气阀门、管道等），应采取适当措施，使之辐射的噪声不影响声功率级的测定。采取的措施可以为隔声、贴附吸声材料、通过管道将排气口引到测量环境之外或通入消声装置等。

### 2.5.3 测试仪器

#### 2.5.3.1 负责测试的单位必须具备如下测试设备：

(1) 自由场式传声器应符合 IEC61094 要求；

(2) 积分声级计，应当满足 IEC 61672-1: 2002 中 1 级的要求；

(3) 声校准器，声校准器应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求；

(4) 1/3 倍频程滤波器，滤波器应符合 IEC 61260: 1995 中 1 级的要求。

#### 2.5.3.2 所有测量仪器及校准仪应由国家认可的计量检定机构进行检定，并在有效期内。

## 2.5.4 安装与支撑条件

设备与基础之间的安装应根据设备实际安装情况，选择弹性安装或者刚性安装。

## 2.5.5 运行条件

被测设备应处于额定工况下稳定运行状态，才能进行测量。

## 2.5.6 声压级的测量

2.5.6.1 首先进行环境修正和测量背景噪声，并按照 2.5.2.2 和表 2.5.7.3 的要求选择  $K_2$  和  $K_1$  值；

2.5.6.2 测量的 1/3 倍频带中心频率范围为 25Hz~10kHz。观察周期至少应 30s。

2.5.6.3 每次测量前后应用符合要求的声校准器对整个测量系统进行校准。若测量前后的两次校准值相差大于 1dB，则测量结果无效，应重新测量。

### 2.5.6.4 基准体和测量表面

(1) 为了确定测量表面和传声器的位置，应取一个恰好包络被测空压机组并位于反射平面上的最小矩形六面体作为基准体。确定基准体时，对空压机组凸出的小部件，如手柄、拉杆和连接管等这类声功率的非主要辐射体不予考虑，而直接安装在吸气口上的进气滤清消声器应予以考虑。

(2) 测量表面为一个位于反射平面上的与基准体几何相似的矩形六面体表面（不包括反射平面）。各面与基准体对应面平行且相距 1m。它的表面积  $S$  按下式计算）

$$S = 4(ab + bc + ac)$$

式中：

$a$ 、 $b$ ——分别为测量面长、宽的  $\frac{1}{2}$ ，单位为米（m）

$c$ ——测量面的高，单位为米（m）

(3) 所有的测量点（即传声器布置点）都应位于上述第(2)条确定的测量表面上。测点分基本测点和附加测点，见下图。

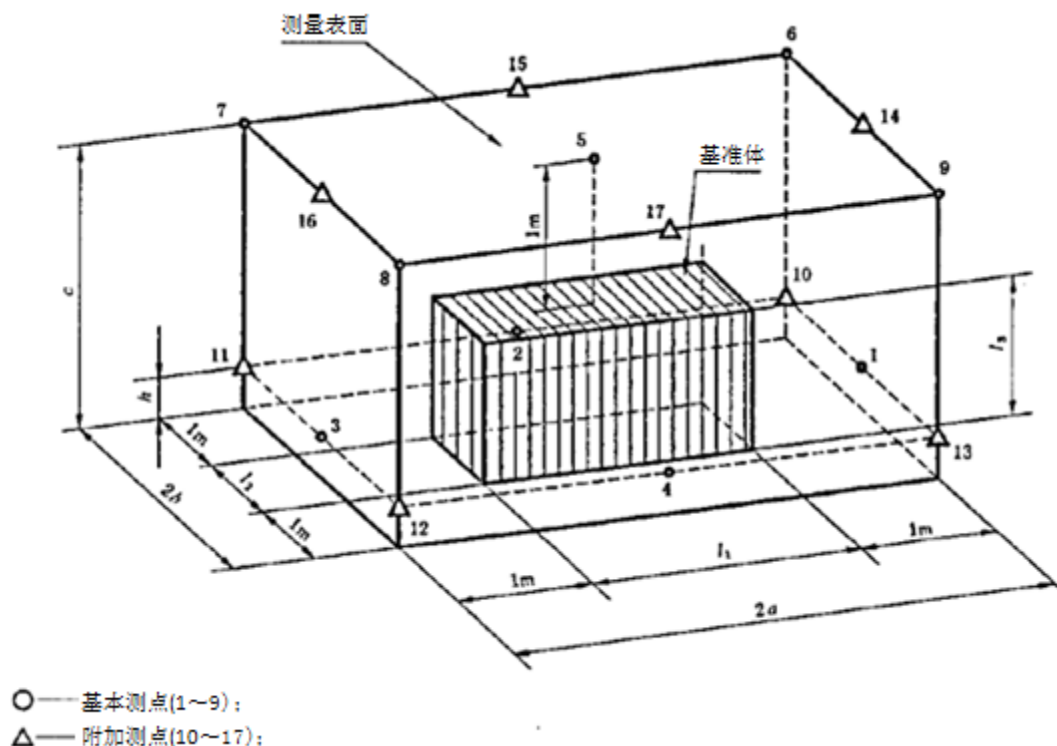


图 2.5.1 基准体、测量表面和传声器的位置

基本测点为 9 个，1~4 点位于图中点 10~13 所确定的平面与测量面交线的中点上，距反射面的高度  $h$  为基准体高度的一半，且不小于 0.15m。第 5 点在顶面的中心，6~9 点在测量表面的四个顶角上。如果某一点距排气管小于 0.5m，应取消该测点。

以下情况应附加测点：

- a) 在基本测点上测得的 A 计权声压级的最大和最小值之差大于 9dB；
- b) 基准体任一尺寸（长、宽、高）大于 2m。

测量表面上附加测点后，测点总数由 9 个增加到 17 个。其中 10~13 点位于测量表面的四条垂直于反射面的棱边上，距反射面的高度为  $h$ 。14~17 点位于测量表面的顶面四条边的中点。

注：测量风速大于 1m/s 时应使用风罩，且风速应小于 6m/s（相当于四级风）

## 2.5.7 表面声压级和声功率级的计算

2.5.7.1 对于 A 计权声压级或测试的频率范围内的每个频带声压级，测量表面平均声压级和测量表面平均背景噪声声压级用下式计算

平均声压级：

$$\bar{L}_p' = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{pi}'} \right]$$

背景噪声声压级：

$$\bar{L}_p'' = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{pi}''} \right]$$

式中：

$\bar{L}_p'$ ：被测声源工作期间的测量表面平均声压级；

$\bar{L}_p''$ ：测量表面平均背景噪声声压级；

$L_{pi}'$ ：在第  $i$  个传声器位置上测得的声压级；

$L_{pi}''$ ：在第  $i$  个传声器位置上测得的背景噪声声压级；

$N$ ：传声器位置数目。

2.5.7.2 从频带数据计算频带 A 计权声压级

$$L_{pA}(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \sum_j 10^{0.1(L_{pj} + A_j)} \right]$$

式中：

$L_{pj}$ ：频带  $j$  上的频带声压级；

$A_j$ ：频带  $j$  上中心频率上的 A 计权值，由表 2.5.2 给出。

表 2.5.2 A 计权值  $A_j$

1/3 倍频带中心频率	A 计权值 $A_j$	1/3 倍频带中心频率	A 计权值 $A_j$
Hz	dB	Hz	dB
25	-44.7	630	-1.9
31.5	-39.4	800	-0.8
40	-34.6	1000	0
50	-30.2	1250	0.6
63	-26.2	1600	1.0

80	-22.5	2000	1.2
100	-19.1	2500	1.3
125	-16.1	3150	1.2
160	-13.4	4000	1.0
200	-10.9	5000	0.5
250	-8.6	6300	0.1
315	-6.6	8000	-1.1
400	-4.8	10000	-2.5
500	-3.2	/	/

### 2.5.7.3 背景噪声修正

背景噪声修正值 $K_1$ 按表 2.5.3 选择

表 2.5.3 背景噪声修正值 $K_1$  (dB)

被测设备运转时测得的声压级与背景噪声声压级之差	应减去的修正值 $K_1$
3	3
4	2.2
5	1.7
6	1.3
7	1
8	0.7
9	0.6
10	0.5
>10	0

### 2.5.7.4 表面声压级按下式计算

$$\bar{L}_p = \bar{L}'_p - K_1 - K_2$$

### 2.5.7.5 声功率级按下式计算

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \lg \left[ \frac{S}{S_0} \right] \text{dB}$$

式中

S:测量表面的面积,  $\text{m}^2$ ;

$S_0=1\text{m}^2$

### 2.5.8 测量不确定度

按本节测量所得的结果, 当 $K_2$ 小于或等于 2dB 且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 6 dB 时, 声功率级再现性标准偏差的估计值见表 2.5.4。除个别情况外, 其 A 计权声功率级的再现性标准偏差, 等于或小于 1.5dB。

表 2.5.4 按本标准测定的声功率级再现性标准偏差的估计值

1/3 倍频带中心频率 Hz	再现性标准偏差 $\sigma_R$ dB
50~80	5 <sup>1)</sup>
100~160	3
200~315	2
400~5000	1.5

6300~10000	2.5
A 计权	1.5 <sup>2)</sup>
(1) 一般适用于室外测量，很多房间对这个频带不能满足。	
(2) 适用于 100~10000Hz 范围内辐射噪声谱相对“平”的声源	

按本节测量所得的结果，当 $K_2$ 小于或等于 7dB 且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 3 dB 时，声功率级再现性标准偏差的估计值见表 2.5.5。除个别情况外，其 A 计权声功率级的再现性标准偏差，等于或小于 3dB ( $K_2 < 5\text{dB}$ ) 或 4dB ( $5\text{dB} \leq K_2 \leq 7\text{dB}$ )。对于辐射离散纯音的声源，再现性标准偏差一般增大 1dB。

表 2.5.5 按本标准测定的声功率级再现性标准偏差的估计值

适用	再现性标准偏差 $\sigma_R$ dB
在测试的频率范围内噪声谱相对“平”的声源	3
离散纯音占主要成分的声源	4

### 2.5.9 报告内容

测试记录应包括如下内容。

#### 2.5.9.1 被测空压机组

- (1) 空压机组的型号、技术参数、制造厂、出厂编号等有关参数；
- (2) 设备的基本特性如主要的外形尺寸（长、宽、高）；
- (3) 被测空压机组的安装条件；
- (4) 空压机组的测试工况。

#### 2.5.9.2 测试环境

- (1) 背景噪声声压级和背景噪声修正 $K_1$ ；
- (2) 测试场所墙壁、天花板和地板物理处理的表述，表示声源位置和房间内容的简图；
- (3) 按 2.5.2.2 确定的环境修正 $K_2$ 。

#### 2.5.9.3 测试仪器

- (1) 仪器的型号、名称、出厂编号和生产厂；
- (2) 仪器校准的日期和部门。

#### 2.5.9.4 测试数据

- (1) 基准体的尺寸、测量表面的尺寸和表面积；
- (2) 测点位置图；
- (3) 所有测点的 A 计权声压级及 1/3 倍频带声压级；
- (4) 测量表面平均声压级，A 计权声功率级和 1/3 倍频带声功率级；

#### 2.5.9.5 其它

测量单位及人员、地点、日期等。

## 第6节 分油机

### 2.6.1 适用范围

本节适用于各类型船用分油机空气辐射噪声的测定。

### 2.6.2 声学环境

2.6.2.1 适用于本节的测试环境为：

- (1) 尽量选用一个反射面上方自由场的场所；
- (2) 满足 2.6.2.2 要求的车间或实验室。

2.6.2.2 测试环境合适性评判标准

测试环境除反射面外应没有其他反射体，使声源能够向反射面上方的自由空间辐射。

本节要求环境修正  $K_{2A} \leq 2\text{dB}$ ，频谱测量时，在测试的频率范围内每个频带上  $K_2 \leq 2\text{dB}$ 。

环境修正用下式计算：

$$K_2(\text{dB}) = 10 \lg \left[ 1 + 4 \left( \frac{S}{A} \right) \right]$$

式中

A：房间的吸声量， $A = \alpha \cdot S_V$ ， $\text{m}^2$ ；

S：测量表面的面积， $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：表 2.6.1 给出的 A 计权平均吸声系数；

$S_V$ ：测试房间边界表面的总面积（墙壁、天花板和地板）， $\text{m}^2$ 。

表 2.6.1 平均吸声系数 $\alpha$ 的近似值

平均吸声系数	房间特性
0.05	房间几乎全空，墙壁平滑坚硬，材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空，墙壁平滑
0.15	带家具的房间；矩形机器间；矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间，不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间，天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房（例如局部吸声的天花板）
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸声材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量的吸声材料

2.6.2.3 背景噪声标准

在传声器位置上平均后的背景噪声级应当至少比被测声压级低 6dB，低 10dB 以上更好。

2.6.2.4 如果测试环境不能满足上述 2.6.2.2 及 2.6.2.3 条其中之一，应至少能保证  $K_{2A}$  ( $K_2$ )  $\leq 7\text{dB}$ ，且在传声器位置上平均后的背景噪声级应当至少比被测声压级低 3dB。

2.6.2.5 风速

测量时测点附近的风速应小于 6m/s（相当于四级风），当风速大于 1m/s 时，传声器应使用风罩。

### 2.6.3 测试仪器

2.6.3.1 采用本节测量噪声时，相关的测量仪器应满足如下要求：

- (1) 自由场式传声器，应符合 IEC 61094 的要求；
- (2) 声级计，应符合 IEC 61672-1:2002 中 1 级的要求；

- (3) 声校准器，应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求；
- (4) 1/3 倍频带滤波器，滤波器应符合 IEC 61260:1995 中 1 级的要求。

### 2.6.3.2 校准

每次测量前后应当用符合要求的声校准器在测试的频率范围内的一个或多个频率点上对整个测量系统（包括电缆）进行校准，若测量后校准误差大于 1dB，则测量结果无效。

### 2.6.3.3 测量仪器和校准仪的校验

所有测量仪器及校准仪应由国家认可的计量检定机构进行检定，并在有效期内。

## 2.6.4 安装与支撑条件

分油机应按有关技术条件的规定安装，所有的附件都应安装完整，但不应额外增加隔声和吸声部件。

一般分油机应直接放在地面上或实验平台上进行噪声测量，也可根据实际安装位置进行测量，在测试报告中应说明。

设备与基础之间的安装应根据设备实际安装情况，选择弹性安装或者刚性安装。

## 2.6.5 运行条件

分油机应在额定运转工况下运行。

## 2.6.6 声压级的测量

应测定 A 计权声压级和其中心频率在 25Hz~10000Hz 之间的 1/3 倍频带声压级。

### 2.6.6.1 基准体

为确定测量表面和传声器的位置，应取一个恰好包络被测分油机并位于反射平面上的最小矩形六面体作为基准体。确定基准体时，对分油机上凸出的小部件如手柄、连接管等声功率的非主要辐射体不予考虑。

### 2.6.6.2 测量表面

测量表面分为半球测量表面和矩形六面体测量表面，优先选用半球测量表面。

半球测量面上测点位置及坐标如图 2.6.1 和表 2.6.2 所示。

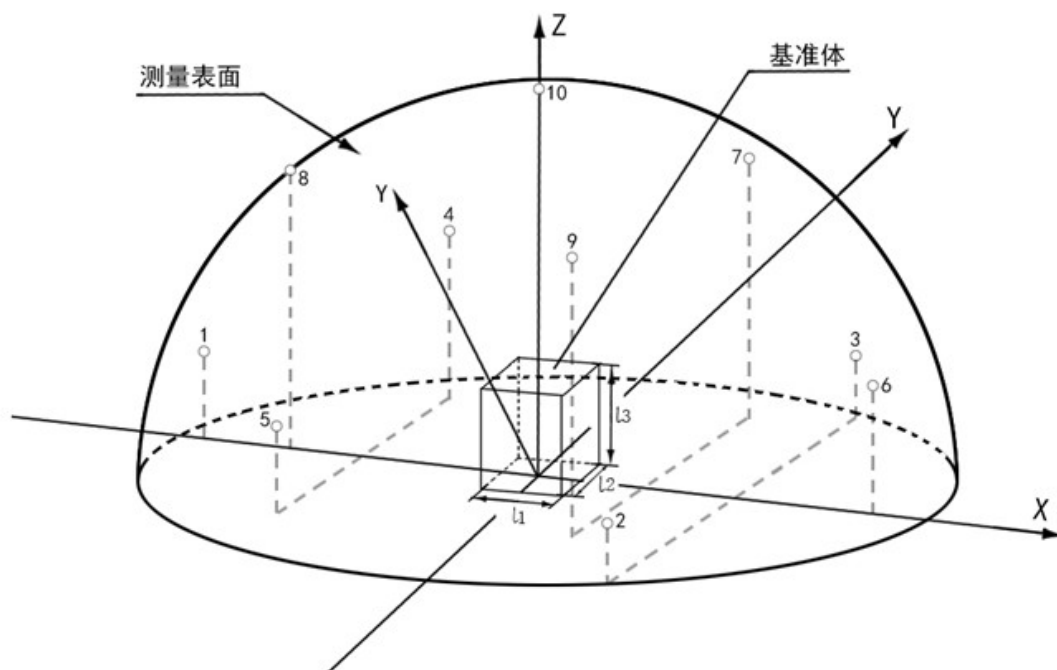


图 2.6.1 基准体，半球面测量面和测量位置

表 2.6.2 半球测量面上测点位置及坐标

测点位置	$\frac{x}{r}$	$\frac{y}{r}$	$\frac{z}{r}$
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

矩形六面体测量面上测点位置及坐标如图 2.6.2 和表 2.6.3 所示。

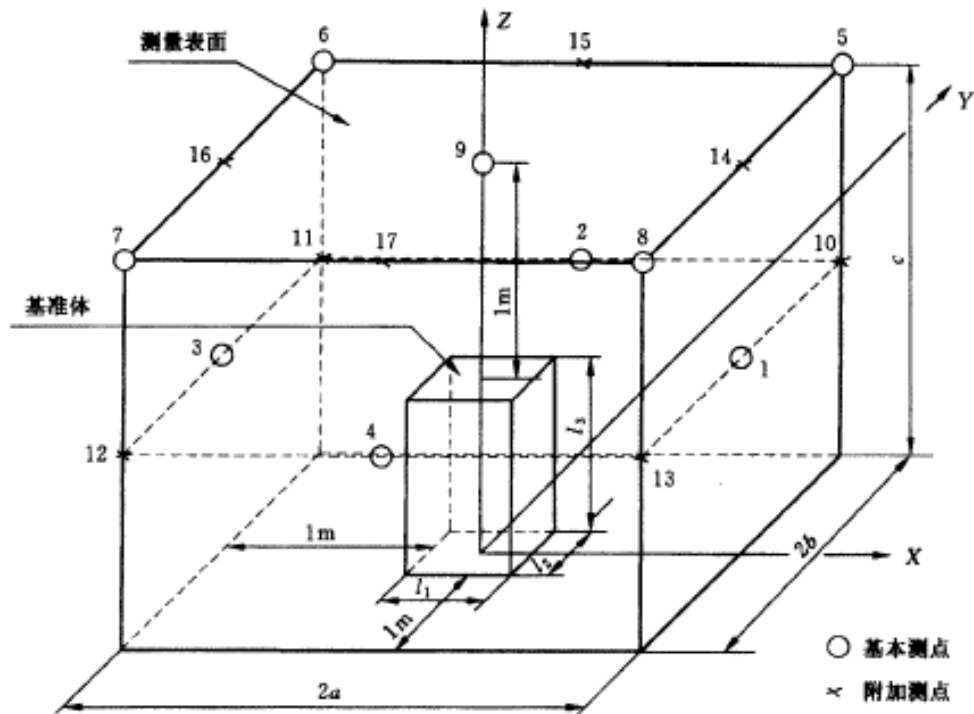


图 2.6.2 基准体，矩形六面体测量面和测点位置

表 2.6.3 矩形六面体测量面上测点位置及坐标

测点号	X	Y	Z	测点号	X	Y	Z	
1	a	0	0.5c	10	a	b	0.5c	
2	0	b		11	-a			
3	-a	0		12		a		
4	0	-b		13				
5	a	b	c	14	0	0	c	
6	-a	b		15	0			b
7		-b		16	-a			0
8	a	0		17	0			-b
9	0			0				

注：Z不得小于0.15m。

### (1) 半球测量表面

半球测量表面的中心是基准体几何中心在反射平面上的投影，半球测量表面的半径  $r$  应不小于特性距离的两倍。

特性距离  $d_0$  由式 2.6.1 计算：

$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2} \quad 2.6.1$$

式中：

$d_0$ ：特性距离，m；

$l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$ ：基准体的长、宽、高，m。

半球面半径  $r$  优先选取 1m 或 2m。

特性距离  $d_0$  大于 1 m 时，则应选用矩形六面体测量表面。

半球测量表面的面积由式 2.6.2 计算：

$$S_1 = 2\pi r^2 \quad 2.6.2$$

式中：

$S_1$ ：半球测量表面面积， $m^2$ ；

$r$ ：半球测量表面半径，m。

### (2) 矩形六面体测量表面

矩形六面体测量表面应位于反射平面上，各面与基准体对应面平行，各对应面间的距离为 1m。矩形六面体测量表面面积由式 2.6.3 计算：

$$S_2 = 4(ab + bc + ac) \quad 2.6.3$$

式中：

$S_2$ ：矩形六面体测量表面面积， $m^2$ ；

$a$ 、 $b$ ：矩形六面体测量表面长、宽的一半，m；

$c$ ：矩形六面体测量表面高，m。

#### 2.6.6.3 测点位置

在半球测量表面上布置 10 个测点，测点位置与坐标见图 2.6.1 和表 2.6.2。

矩形六面体测量表面上的测点分基本测点和附加测点，基本测点为 9 个，附加测点为 8 个，测点位置与坐标见图 2.6.2 和表 2.6.3。

以下情况应加附加测点：

- a) 基本测点上测得的声压级最大和最小两者分贝差超过 9dB；
- b) 基准体任一边尺寸大于 2m。

#### 2.6.6.4 测量

测量时传声器应正对被测分油机方向，观测时间至少为 30s。

若测试的读数波动小于  $\pm 3\text{dB}$ ，则认为被测噪声是稳态的。读数取观察周期内的平均值。对于非稳态噪声应采用具有较长时间常数的积分声级计进行测量。

#### 2.6.6.5 背景噪声的修正

下列情况之一仅在一个测点位置上测量背景噪声：

- (1) 背景噪声声压级比分油机噪声声压级低 10dB 以上；
- (2) 基准体最大尺寸小于 1m。

否则，应在每一个测点上测量背景噪声。

背景噪声按表 2.6.4 进行修正。

表 2.6.4 背景噪声修正系数 $K_1$

测得的分油机噪声与背景噪声声压级之差 dB	修正系数 $K_1$ dB
3	3.0
4	2.2
5	1.7
6~8	1.0
9~10	0.5
>10	0

### 2.6.7 表面声压级和声功率级的计算

2.6.7.1 对于 A 计权声压级或测试的频率范围内的每个频带声压级，测量表面平均声压级和测量表面平均背景噪声声压级用下式计算：

平均声压级：

$$\bar{L}'_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pi}} \right]$$

背景噪声声压级：

$$\bar{L}''_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L''_{pi}} \right]$$

式中：

$\bar{L}'_p$ ：被测声源工作期间的测量表面平均声压级；

$\bar{L}''_p$ ：测量表面平均背景噪声声压级；

$L'_{pi}$ ：在第 i 个传声器位置上测得的声压级；

$L''_{pi}$ ：在第 i 个传声器位置上测得的背景噪声声压级；

N：传声器位置数目。

2.6.7.2 从频带数据计算频带 A 计权声压级：

$$L_{pA}(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \sum_j 10^{0.1(L_{pj} + A_j)} \right]$$

式中：

$L_{pj}$ ：频带 j 上的频带声压级；

$A_j$ ：频带 j 上中心频率上的 A 计权值，由表 2.6.5 给出。

表 2.6.5 A 计权值  $A_j$

1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB	1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB
25	-44.7	630	-1.9
31.5	-39.4	800	-0.8
40	-34.6	1000	0
50	-30.2	1250	0.6
63	-26.2	1600	1.0
80	-22.5	2000	1.2
100	-19.1	2500	1.3

125	-16.1	3150	1.2
160	-13.4	4000	1.0
200	-10.9	5000	0.5
250	-8.6	6300	0.1
315	-6.6	8000	-1.1
400	-4.8	10000	-2.5
500	-3.2	/	/

2.6.7.3 表面声压级按下式计算:

$$\bar{L}_p = \bar{L}'_p - K_1 - K_2$$

2.6.7.4 声功率级按下式计算:

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \lg \left[ \frac{S}{S_0} \right] \text{dB}$$

式中:

S: 测量表面的面积, m<sup>2</sup>;

S<sub>0</sub>=1m<sup>2</sup>。

### 2.6.8 测量不确定度

按本节测量所得的结果, 当 K<sub>2A</sub> (K<sub>2</sub>) ≤ 2dB 且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 6 dB 时, 除个别情况外, 其 A 计权声功率级的再现性标准偏差, 等于或小于 1.5dB (见表 2.6.6)。

表 2.6.6 按本标准测定的声功率级再现性标准偏差的估计值

倍频带中心频率 Hz	1/3 倍频带中心频率 Hz	再现性标准偏差 σ <sub>R</sub> dB
63	50~80	5 <sup>1)</sup>
125	100~160	3
250	200~315	2
500~4000	400~5000	1.5
8000	6300~10000	2.5
A 计权		1.5 <sup>2)</sup>

1) 一般适用于室外测量, 很多房间对这个频带不能满足。  
2) 适用于 100~10000 Hz 范围内辐射噪声谱相对“平”的声源。

按本节测量所得的结果, 当 K<sub>2A</sub> (K<sub>2</sub>) ≤ 7dB 且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 3 dB 时, 对于辐射稳态窄带噪声的声源, 除个别情况外, 其 A 计权声功率级的再现性标准偏差, 等于或小于 3dB (K<sub>2A</sub> < 5dB) 或 4dB (5dB ≤ K<sub>2A</sub> ≤ 7dB)。对于辐射离散纯音的声源, 再现性标准偏差一般增大 1dB (见表 2.6.7)。

表 2.6.7 A 计权声功率级再现性标准偏差的最高值

适用	再现性标准偏差的最高值 σ <sub>R</sub> dB
在测试的频率范围内噪声谱相对“平”的声源	3
离散纯音占主要成分的声源	4

### 2.6.9 报告内容

测试记录应包括如下内容。

#### 2.6.9.1 被测分油机

- (1) 分油机的型号、名称、制造厂、出厂编号等有关参数;
- (2) 分油机的测试工况;
- (4) 分油机的安装条件。

#### 2.6.9.2 测试环境

- (1) 反射平面的情况并绘制声源位置草图;
- (2) 测试室的尺寸及吸声处理情况;
- (3) 测试环境的描述;

#### 2.6.9.3 测试仪器

- (1) 仪器的型号、名称、出厂编号和生产厂;
- (2) 仪器校准的日期和部门。

#### 2.6.9.4 测试数据

- (1) 基准体的尺寸、测量表面的尺寸和表面积;
- (2) 测点位置并绘制草图;
- (3) 所有测点的 A 计权声压级及 1/3 倍频带声压级;
- (4) 背景噪声修正系数  $K_1$
- (5) 环境修正系数  $K_{2A}$  ( $K_2$ )
- (6) 测量表面平均声压级, 计算 A 计权声功率级和 1/3 倍频带声功率级。

#### 2.6.9.5 其他

测量单位及人员、时间、地点及其他需说明的情况。

## 第7节 风机

### 2.7.1 适用范围

本节适用于轴流式和离心式通风机的噪声测量。

### 2.7.2 声学环境

#### 2.7.2.1 测量场所

- (1) 测量场所应尽量选用除地面外无反射条件的场所；
- (2) 如果不能满足上述条件，应对测量结果进行环境条件修正。测量时优选环境修正 $K_2$ 不大于 2dB 的场所，无论如何环境修正 $K_2$ 不应大于 7dB。
- (3) 背景噪声的声压级应优选比被测机器至少低 6dB 的情况，低 10dB 以上更好。无论如何当背景噪声的声压级与被测机器的声压级差值小于 3dB 时，不能进行噪声测量。

#### 2.7.2.2 环境修正

环境修正用下式计算：

$$K_2(\text{dB})=10\lg\left[1+4\left(\frac{S}{A}\right)\right]$$

式中：

A：房间的吸声量， $A = \alpha \cdot S_V$ ，单位为  $\text{m}^2$ ；

S：测量表面的面积，单位为  $\text{m}^2$ ；

$\alpha$ ：表 2.7.1 给出的 A 计权平均吸声系数；

$S_V$ ：测试房间边界表面的总面积（墙壁、天花板和地板），单位为  $\text{m}^2$ 。

表 2.7.1 平均吸声系数 $\alpha$ 的近似值

平均吸声系数	房间特性
0.05	房间几乎全空，墙壁平滑坚硬，材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空，墙壁平滑
0.15	带家具的房间；矩形机器间；矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间，不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间，天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房（例如局部吸声的天花板）
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸声材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量的吸声材料

#### 2.7.2.3 背景噪声

- (1) 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，必要时应做消声处理。
  - (2) 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。
- 注：测量时尽量减少风的影响，测点处空气流速应低于 6m/s，当空气流速大于 1m/s 时，传声器上应加防风罩。

### 2.7.3 测试仪器

2.7.3.1 负责测试的单位必须具备如下测试设备：

- (1) 自由场式传声器应符合 IEC61094 的要求；
- (2) 积分声级计，应当满足 IEC 61672-1: 2002 中 1 级的要求；
- (3) 声校准器，声校准器应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求；
- (4) 1/3 倍频程滤波器，滤波器应符合 IEC 61260: 1995 中 1 级的要求。

2.7.3.2 所有测量仪器及校准仪应由国家认可的计量检定机构进行检定，并在有效期内。

#### 2.7.4 安装与支撑条件

设备与基础之间的安装应根据设备实际安装情况，选择弹性安装或者刚性安装。

#### 2.7.5 运行条件

被测设备应处于额定转速及流量条件下，才能进行测量。额定转速及流量的设定允许在额定值的 $\pm 5\%$ 范围内。

#### 2.7.6 声压级的测量

2.7.6.1 首先进行环境修正和测量背景噪声，并按照 2.7.2.2, 和表 2.7.7.3 的要求选择 $K_2$ 和 $K_1$ 值；

2.7.6.2 测量的 $1/3$ 倍频带中心频率范围为 $25\text{Hz}\sim 10\text{kHz}$ ，观察周期至少应 $30\text{s}$ 。

2.7.6.3 每次测量前后应用符合要求的声校准器对整个测量系统进行校准。若测量前后的两次校准值相差大于 $1\text{dB}$ ，测测量结果无效，应重新测量。

2.7.6.4 测点位置：

(1) 通风机具有自由进口、管道出口时，测量进气口辐射的噪声，测点位置 $S$ 在进气口轴线上。测点与进气口中心的距离为 $1\text{m}$ （当风机叶轮直径大于 $1\text{m}$ 时，距离为叶轮直径）。

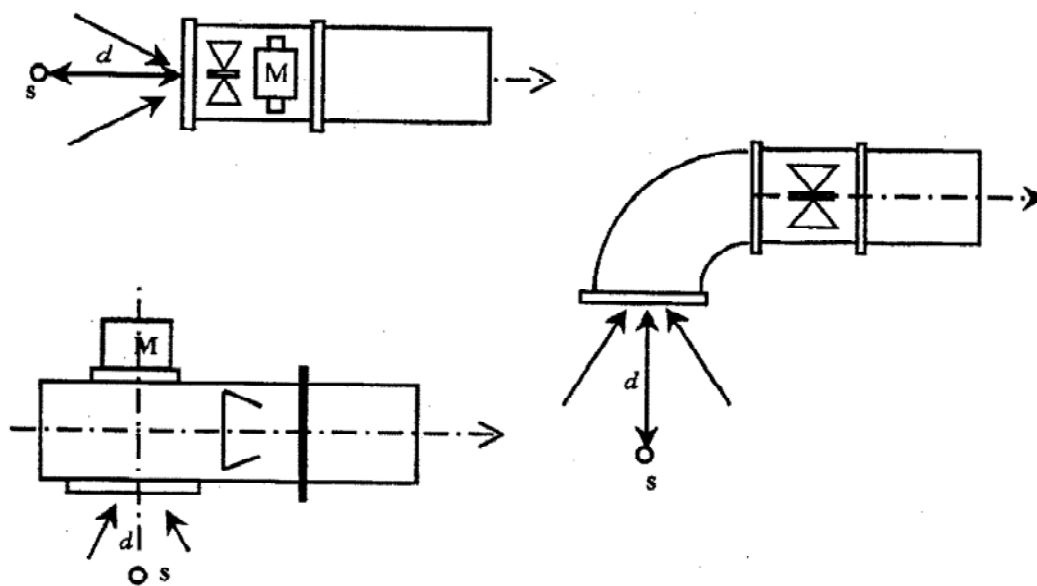


图 2.7.1 设备有进气口测点布置

(2) 通风机具有管道进口自由出口时，测量出气口辐射的噪声，测点位置 $S$ 是在与出气口轴线 $45^\circ$ 方向。测点与进气口中心的距离为 $1\text{m}$ （当风机叶轮直径大于 $1\text{m}$ 时，距离为叶轮直径）。

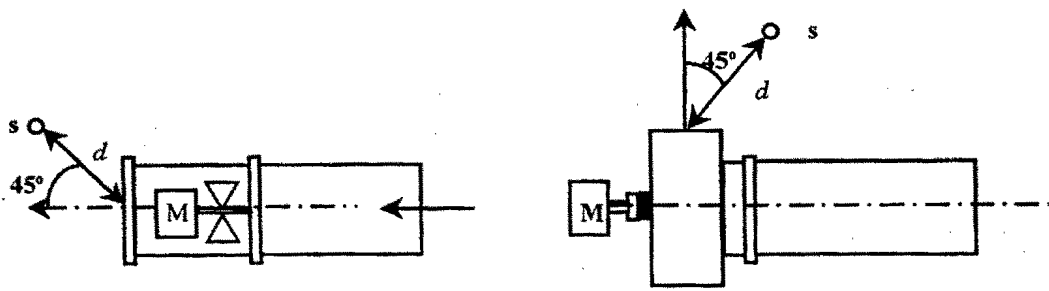


图 2.7.2 设备有排气口测点布置

(3) 设备有进、排气管道，测量机壳辐射的噪声时，测点位置  $C_i$ 、 $M_i$  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。

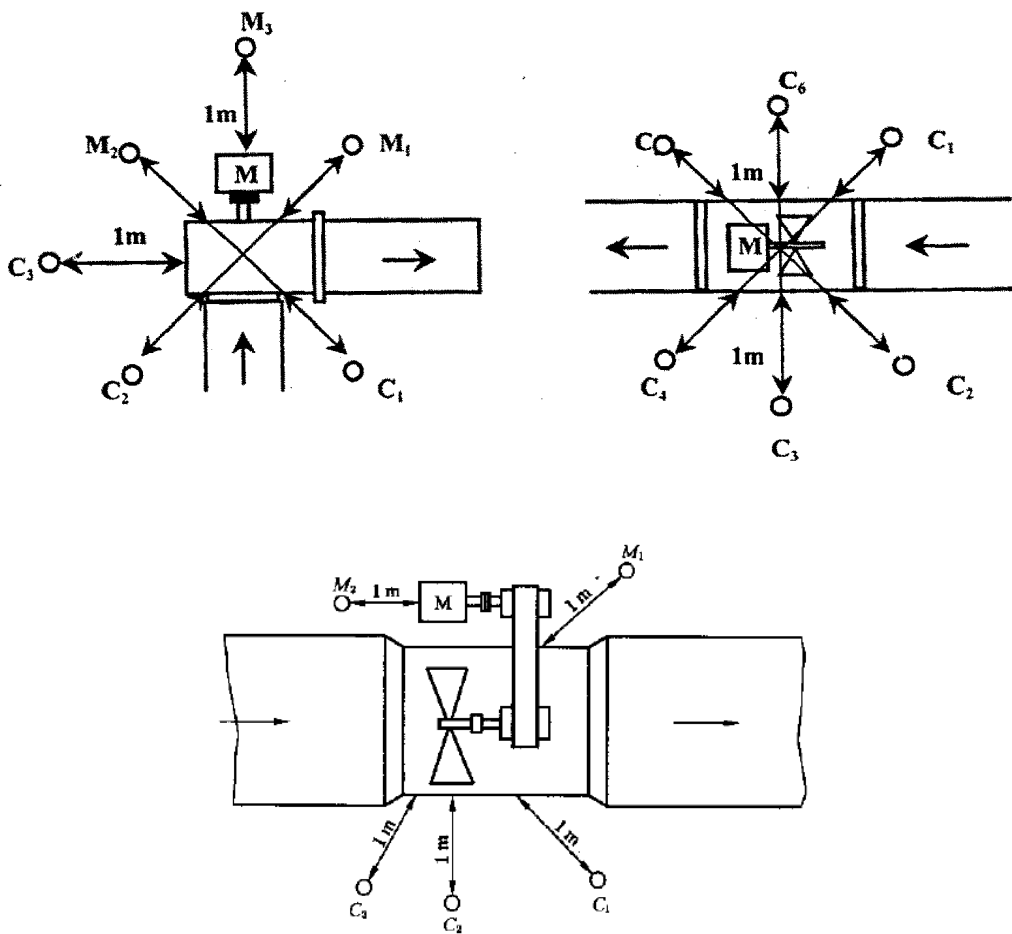


图 2.7.3 设备有进、排气口时机壳测点布置

(4) 噪声测量时，进气口、出气口或机壳的中心高度从地面计算不足 1m 时，应提高到 1m。被测设备与最近反射面的距离至少为两倍的测量距离。

### 2.7.7 表面声压级和声功率级的计算

2.7.7.1 对于 A 计权声压级或测试的频率范围内的每个频带声压级，测量表面平均声压级和测量表面平均背景噪声声压级用下式计算

平均声压级：

$$\bar{L}'_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pi}} \right]$$

背景噪声声压级:

$$\bar{L}''_p = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L''_{pi}} \right]$$

式中:

$\bar{L}'_p$ : 被测声源工作期间的测量表面平均声压级;

$\bar{L}''_p$ : 测量表面平均背景噪声声压级;

$L'_{pi}$ : 在第 i 个传声器位置上测得的声压级;

$L''_{pi}$ : 在第 i 个传声器位置上测得的背景噪声声压级;

N: 传声器位置数目。

#### 2.7.7.2 从频带数据计算频带 A 计权声压级

$$L_{pA}(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \sum_j 10^{0.1(L_{pj}+A_j)} \right]$$

式中:

$L_{pj}$ : 频带 j 上的频带声压级;

$A_j$ : 频带 j 上中心频率上的 A 计权值, 由表 2.7.2 给出。

表 2.7.2 A 计权值  $A_j$

1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB	1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB
25	-44.7	630	-1.9
31.5	-39.4	800	-0.8
40	-34.6	1000	0
50	-30.2	1250	0.6
63	-26.2	1600	1.0
80	-22.5	2000	1.2
100	-19.1	2500	1.3
125	-16.1	3150	1.2
160	-13.4	4000	1.0
200	-10.9	5000	0.5
250	-8.6	6300	0.1
315	-6.6	8000	-1.1
400	-4.8	10000	-2.5
500	-3.2	/	/

#### 2.7.7.3 背景噪声修正

背景噪声修正值  $K_1$  按表 2.7.3 选择

表 2.7.3 背景噪声修正值  $K_1$  (dB)

被测设备运转时测得的声压级与背景噪声声压级之差	应减去的修正值 $K_1$
3	3
4	2.2

5	1.7
6	1.3
7	1
8	0.7
9	0.6
10	0.5
>10	0

2.7.7.4 表面声压级按下式计算

$$\bar{L}_p = \bar{L}'_p - K_1 - K_2$$

2.7.7.5 声功率级按下式计算

$$L_W = \bar{L}_p + 10 \lg \left[ \frac{S}{S_0} \right] \text{dB}$$

式中：

S：测量表面的面积，m<sup>2</sup>。

测量表面的确定应符合以下原则要求：

在对风机壳体测量时，测量表面为以叶轮中心为原点，原点与最远测量点之间的距离为半径的球面；在对风机进排风口测量时，测量表面为以进排风口为平面，进排风口的中心为原点，原点与测量点距离为半径的半球面。

S<sub>0</sub>：1m<sup>2</sup>

### 2.7.8 测量不确定度

按本节测量所得的结果，当K<sub>2</sub>小于或等于 2dB 且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 6 dB 时，声功率级再现性标准偏差的估计值见表 2.7.4。除个别情况外，其 A 计权声功率级的再现性标准偏差，等于或小于 1.5dB。

表 2.7.4 按本标准测定的声功率级再现性标准偏差的估计值

1/3 倍频带中心频率 Hz	再现性标准偏差σ <sub>R</sub> dB
50~80	5 <sup>1)</sup>
100~160	3
200~315	2
400~5000	1.5
6300~10000	2.5
A 计权	1.5 <sup>2)</sup>

(1) 一般适用于室外测量，很多房间对这个频带不能满足。

(2) 适用于 100~10000Hz 范围内辐射噪声谱相对“平”的声源

按本节测量所得的结果，当K<sub>2</sub>小于或等于 7dB 且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 3 dB 时，声功率级再现性标准偏差的估计值见表 2.7.5。除个别情况外，其 A 计权声功率级的再现性标准偏差，等于或小于 3dB (K<sub>2</sub><5dB) 或 4dB (5dB≤K<sub>2</sub>≤7dB)。对于辐射离散纯音的声源，再现性标准偏差一般增大 1dB。

表 2.7.5 按本标准测定的声功率级再现性标准偏差的估计值

适用	再现性标准偏差σ <sub>R</sub> dB
在测试的频率范围内噪声谱相对“平”的声源	3
离散纯音占主要成分的声源	4

## 2.7.9 报告内容

测试记录应包括如下内容。

### 2.7.9.1 被测风机

- (1) 风机的型号、技术参数(风量、电制、风压、转速等)、制造厂、出厂编号等有关参数;
- (2) 设备的基本特性如主要的外形尺寸(长、宽、高);
- (3) 被测风机的安装条件;
- (4) 风机的测试工况。

### 2.7.9.2 测试环境

- (1) 背景噪声声压级和背景噪声修正 $K_1$ ;
- (2) 测试场所墙壁、天花板和地板物理处理的表述,表示声源位置和房间内容的简图;
- (3) 按 2.7.2.2 确定的环境修正 $K_2$ ;
- (4) 空气温度、大气压力、相对湿度。

### 2.7.9.3 测试仪器

- (1) 仪器的型号、名称、出厂编号和生产厂;
- (2) 仪器校准的日期和部门;

### 2.7.9.4 测试数据

- (1) 基准体的尺寸、测量表面的尺寸和表面积;
- (2) 测点位置图;
- (3) 所有测点的 A 计权声压级及 1/3 倍频带声压级;
- (4) 测量表面平均声压级, A 计权声功率级和 1/3 倍频带声功率级;

### 2.7.9.5 其它

测量单位及人员、地点、日期等。

## 第 8 节 泵

### 2.8.1 适用范围

- 2.8.1.1 本节适用于除潜液泵、往复泵以外的各种型式泵与原动机机组。
- 2.8.1.2 泵机组在船上安装时应考虑噪声测试时的安装条件。

### 2.8.2 声学环境

- 2.8.2.1 测量场所应尽量选择具有一个反射面的室内或室外测试环境。
- 2.8.2.2 如果不能满足上述条件，应对测量结果进行环境条件修正。测量时优选环境修正 $K_2$ 不大于 2dB 的场所，无论如何环境修正 $K_2$ 不应大于 7dB。
- 2.8.2.3 背景噪声的声压级应优选比被测机器至少低 6dB 的情况，低 10dB 以上更好。无论如何当背景噪声的声压级与被测机器的声压级差值小于 3dB 时，不能进行噪声测量。
- 2.8.2.4 环境条件对测量传声器有影响时（例如强电、磁场、风、被测设备空气放电的冲击、高温或低温），应适当选择或定位传声器加以避免。测量仪器使用说明书中注明的不利环境条件亦应注意。

### 2.8.3 测试仪器

- 2.8.3.1 采用本节测量噪声时，相关的测量仪器应满足如下要求：

- (1) 自由场式传声器，应符合 IEC 61094 的要求；
- (2) 声级计：应符合 IEC61672-1:2002 的要求；
- (3) 声校准器，应符合 IEC 60942:2003 中 1 级的要求；
- (4) 1/3 倍频带滤波器，应符合 IEC 61260: 1995 中 1 级的要求。

#### 2.8.3.2 校准

每次测量前后应使用符合 IEC60942:2003 中 1 级要求的声校准器在测试频率范围内的一个或多个频率点上对整个测量系统（包括电缆）进行校准，如测量前后的两次校准值相差大于 1dB，测量量结果无效，应重新测量。

所有测量仪器以及声校准器应由国家认可的计量检定机构进行检定，并在有效期内。

#### 2.8.3.3 传声器风罩

室外测量或室内测量风速大于 1m/s 时应使用传声器风罩，且风速应小于 6m/s（相当于四级风）。

### 2.8.4 安装和支撑条件

在安装泵和试验设备时应注意以下几点：

- (1) 在试验室测量时，出口节流阀应装在离泵较远处；
- (2) 吸入和排出管路噪声过大时，应采取降低噪声影响的措施；
- (3) 设备与机座之间的安装应根据设备实际安装情况，选择弹性安装或者刚性安装。

### 2.8.5 运行条件

在测量离心泵、混流泵、轴流泵、旋涡泵等叶片泵的噪声时，应在额定转速（允许偏差 $\pm 5\%$ ）、额定流量下进行。在测量齿轮泵、滑片泵、螺杆泵等容积泵（往复泵除外）噪声时，应在额定转速（允许偏差 $\pm 5\%$ ）、额定工作压力下进行。

### 2.8.6 声压级的测量

### 2.8.6.1 测量方法

首先测量背景噪声的声压级，在被测声源工作的典型周期上观察声压级，并读取每个传声器位置上的声压级。

各测点的观测周期至少为 30s。

测量的 1/3 倍频带中心频率范围为：25Hz~10kHz。

传声器取向应与其校准时声波入射角相同。

### 2.8.6.2 测量表面的选择

为了便于在测量表面上定位传声器位置，应设定一个基准体。设定基准体时，从声源凸出但不辐射重要声能量的单元可不予考虑。不同类型的泵，其凸出单元在具体的噪声测试报告中应当加以注明。

被测声源的位置、测量表面和传声器位置由坐标系统设定。坐标系统的X轴和Y轴位于地面上，并与基准体的长和宽平行，特性声源尺寸 $d_0$ 如图2.8.1所示。

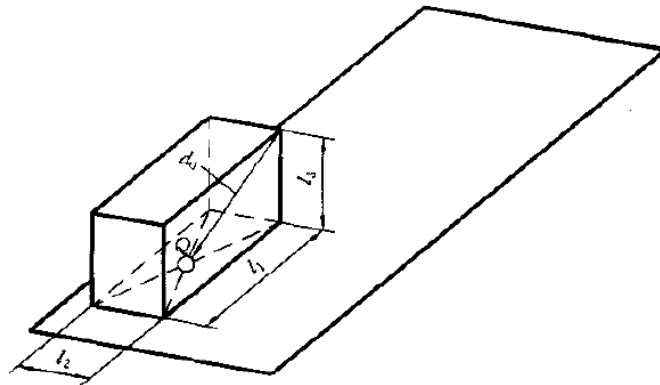


图3.8.1 基准体和特性声源尺寸 $d_0$ 与坐标系统原点Q关系示例

$$d_0 = \sqrt{(l_1/2)^2 + (l_2/2)^2 + l_3^2} \quad 2.8.1$$

式中：

$d_0$ ——由基准体和由其在邻接反射面内的虚像形成的箱体对角线长度的一半。

测量表面可使用下面两种形状：

- (1) 半径为 $r$ 的半球形或局部半球形表面；
- (2) 各边与基准体对应平行的矩形平行六面体形表面。

位于声学条件不利的房间或空间中的声源（例如有许多反射体、背景噪声高），可以选择较小的测量距离，一般指定选择平行六面体测量表面。经常在声学条件满足的室外大空间安装或测试声源，一般选择较大的测量距离，可选择半球形测量表面。指向性测量要求用半球或局部半球形的测量表面。

一系列类似声源的测量（例如同型号的机器或同类机器），要求使用相同形状的测量表面。

基准体的构造、测量表面的形状、尺寸以及测量距离 $d$ 或半球半径 $r$ 在噪声测试报告中描述。

### 2.8.6.3 半球测量表面

半球中心位于基准体及其在邻接反射面内的虚像所构成的箱体的中心（图2.8.1 中的原点Q），半球测量表面的半径 $r$ 应大于或等于特性声源尺寸 $d_0$  的两倍且不小于1m。

半球半径应采用下列数值之一（m）：1，2，4，6，8，10。当半径太大时，环境条件难以满足，这些半径不宜采用。

### 2.8.6.4 半球测量表面的面积和基本传声器位置

只有一个反射面时，传声器位置所在的假想半球表面面积 $S = 2\pi r^2$ ，如被测声源位于一面墙前时， $S = \pi r^2$ ；如果位于一个墙角上， $S = 0.5\pi r^2$ ， $r$ 为半径。半球表面上的传声器位置如图2.8.2和表2.8.1所示。

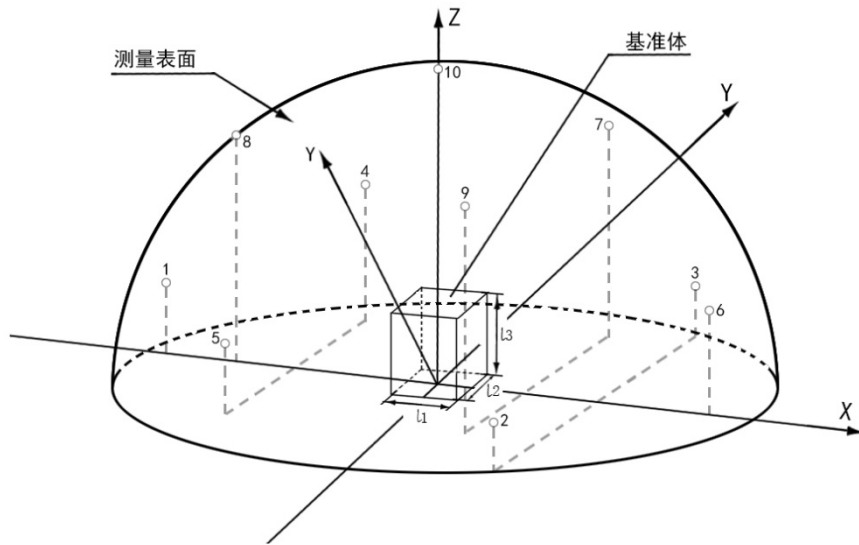


图2.8.2 半球表面上传声器阵列

表2.8.1 半球表面传声器位置

传声器位置	x/r	y/r	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	1.00

#### 2.8.6.5 平行六面体测量表面

测量距离 $d$ 优先选择1m，至少0.25m。

$d$ 应选用下列数值之一（m）：0.25，0.5，1，2，4，8。

#### 2.8.6.6 平行六面体测量表面的面积和传声器位置

传声器位置所在的测量表面，是一个面积为 $S$ 、包络声源、各边平行于基准体的边、与基准体的距离为 $d$ （测量距离）的一个假想表面。平行六面体测量表面上传声器位置如图2.8.3~图2.8.6所示。根据图2.8.3~图2.8.6，测量表面的面积 $S$ 由式2.8.2给出：

$$\begin{aligned}
 S &= 4(ab + ac + bc) & 2.8.2 \\
 a &= 0.5l_1 + d \\
 b &= 0.5l_2 + d \\
 c &= l_3 + d
 \end{aligned}$$

式中：

$l_1$ 、 $l_2$ 、 $l_3$ ——分别是基准体的长、宽、高；  
 $a$ 、 $b$ ——分别为测量面长、宽的 1/2，单位为米 (m)  
 $c$ ——测量面的高，单位为米 (m)

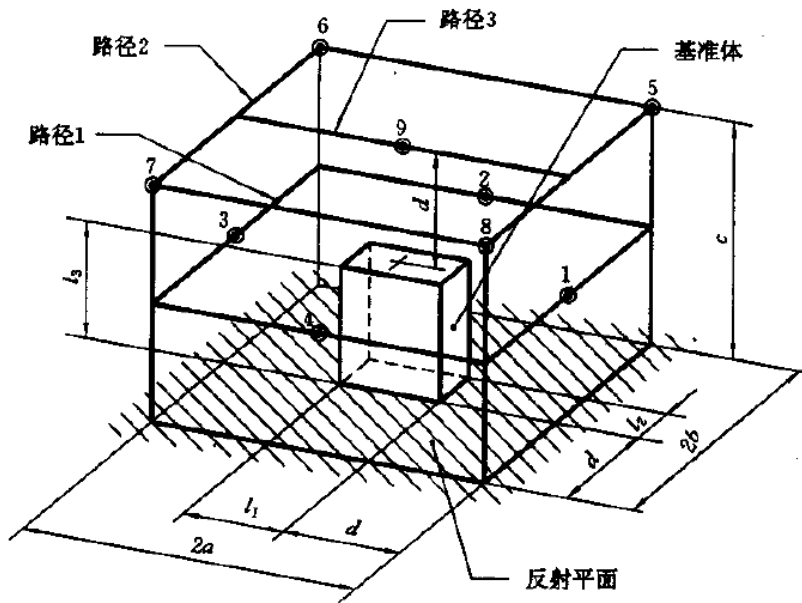


图2.8.3 小型泵测量表面和传声器位置 (路径) 示例  
 ( $l_1 \leq d$ ,  $l_2 \leq d$ ,  $l_3 \leq 2d$ ,  $d$ 为测量距离, 一般为1m)

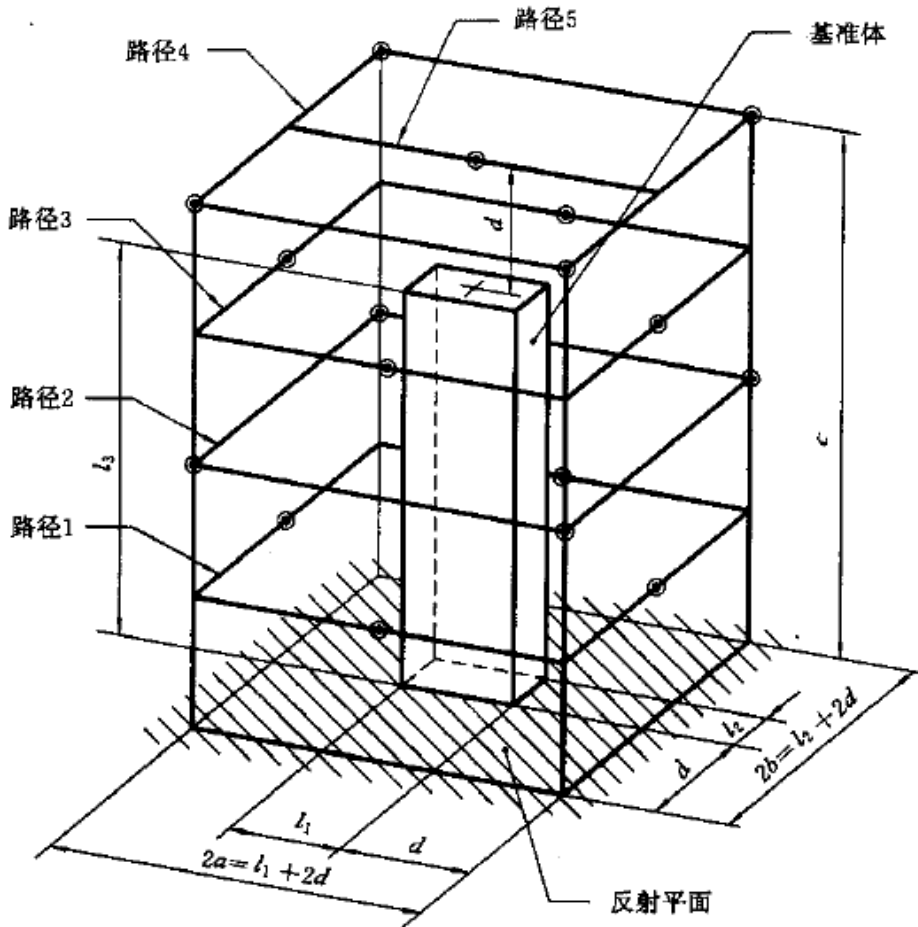


图2.8.4 小底座高泵测量表面和传声器位置 (路径) 示例

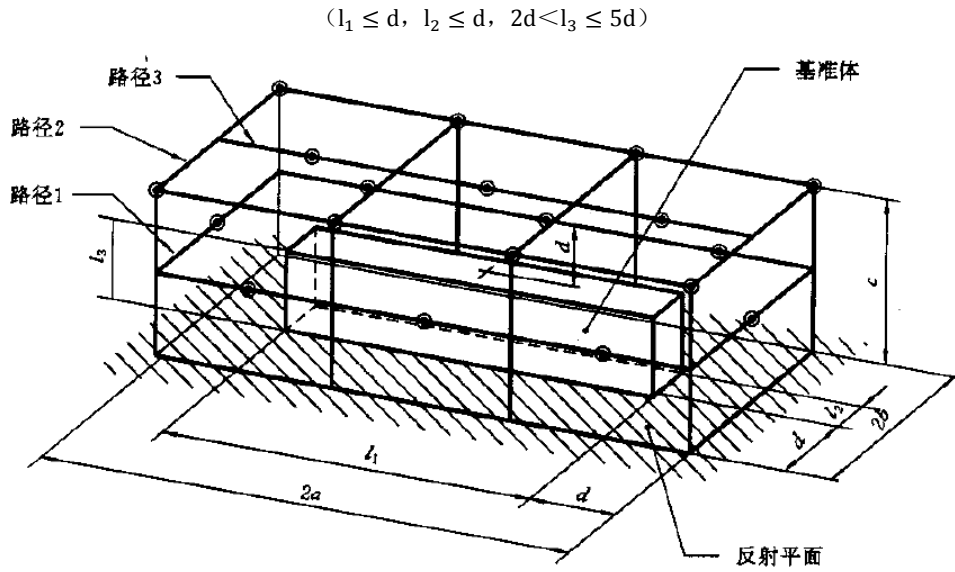


图2.8.5 长型泵测量表面和传声器位置(路径)示例

( $4d < l_1 \leq 7d, l_2 \leq d, l_3 \leq 2d$ )

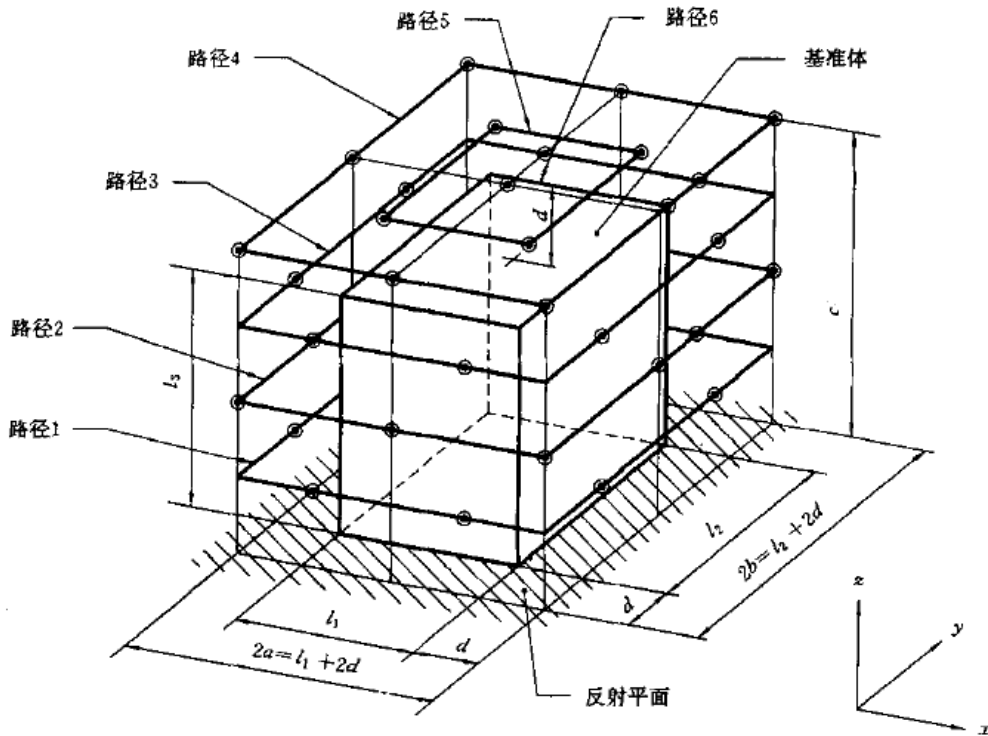


图2.8.6 中型泵测量表面和传声器位置(路径)示例

( $d < l_1 \leq 4d, d < l_2 \leq 4d, 2d < l_3 \leq 5d$ )

## 2.8.7 表面声压级和声功率级的计算

### 2.8.7.1 测量表面平均声压级的计算

测量表面平均声压级和测量表面平均背景噪声声压级用式2.8.3和式2.8.4计算:

$$\bar{L}'_p(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L'_{pi}} \right] \quad 2.8.3$$

$$\bar{L}_p''(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{pi}''} \right] \quad 2.8.4$$

式中:

$\bar{L}_p$ ——被测声源工作期间的测量表面平均声压级, dB;

$\bar{L}_p''$ ——测量表面平均背景噪声声压级, dB;

$L_{pi}$ ——在第 i 个传声器位置上测得的声压级, dB;

$L_{pi}''$ ——在第 i 个传声器位置上测得的背景噪声声压级, dB;

N——传声器位置数目。

2.8.7.2 从频带数据计算 A 计权声压级, 用公式 2.8.5 计算

$$L_{pA}(\text{dB}) = 10 \lg \left[ \sum_j 10^{0.1(L_{pj}+A_j)} \right] \quad 2.8.5$$

式中:

$L_{pj}$ ——频带 j 上的频带声压级;

$A_j$ ——频带 j 中心频率上的 A 计权值, 由表 2.8.2 给出。

表 2.8.2 A 计权值  $A_j$

1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB	1/3 倍频带中心频率 Hz	A 计权值 $A_j$ dB
25	-44.7	630	-1.9
31.5	-39.4	800	-0.8
40	-34.6	1000	0
50	-30.2	1250	0.6
63	-26.2	1600	1.0
80	-22.5	2000	1.2
100	-19.1	2500	1.3
125	-16.1	3150	1.2
160	-13.4	4000	1.0
200	-10.9	5000	0.5
250	-8.6	6300	0.1
315	-6.6	8000	-1.1
400	-4.8	10000	-2.5
500	-3.2	/	/

2.8.7.3 背景噪声修正

修正值  $K_1$  用式 3.8.6 计算:

$$K_1(\text{dB}) = -10 \lg(1 - 10^{-0.1\Delta L}) \quad 2.8.6$$

式中:

$$\Delta L = \bar{L}_p - \bar{L}_p''$$

2.8.7.4 测试环境修正

环境修正用公式 2.8.7 计算:

$$K_2(\text{dB}) = 10 \lg \left[ 1 + 4 \left( \frac{s}{A} \right) \right] \quad 2.8.7$$

式中:

$$A = \alpha \cdot S_V;$$

A——房间的吸声量, m<sup>2</sup>;

S——测量表面的面积, m<sup>2</sup>;

$\alpha$ ——表 2.8.3 给出的 A 计权平均吸声系数;

$S_V$ ——测试房间边界表面的总面积(墙壁、天花板和地板), m<sup>2</sup>。

表 2.8.3 平均吸声系数 $\alpha$ 的近似值

平均吸声系数	房间特性
0.05	房间几乎全空, 墙壁平滑坚硬, 材料为混凝土、砖、灰泥面或瓷砖贴面
0.1	房间部分空, 墙壁平滑
0.15	带家具的房间; 矩形机器间; 矩形工业厂房
0.2	带家具的不规则形状的房间, 不规则形状的机器间或工业厂房
0.25	带装饰性家具的房间, 天花板或墙面装有少量吸声材料的机器间或工业厂房(例如局部吸声的天花板)
0.35	房间的天花板和墙壁均装有吸声材料
0.5	房间的天花板和墙壁装有大量的吸声材料

#### 2.8.7.5 表面声压级计算

$$\bar{L}_P = \bar{L}'_P - K_1 - K_2 \quad 2.8.8$$

#### 2.8.7.6 声功率级计算

$$L_W(\text{dB}) = \bar{L}_P + 10 \lg \left[ \frac{S}{S_0} \right] \quad 2.8.9$$

式中:

$\bar{L}_P$ ——表面声压级;

S——测量表面的面积, m<sup>2</sup>;

$S_0$ ——1m<sup>2</sup>。

### 2.8.8 测量不确定度

按本节测定的噪声源功率级的单个值与其真值之间很可能存在一个位于不确定度范围内的差值。声功率级测定的不确定度来源于测量用实验室的环境条件和试验技术的综合影响。

再现性标准偏差 $\sigma_R$ 考虑了测量过程中不确定度的累积效应,但不包括工作条件(转速、电源、电压)或安装条件变化所引起的声功率输出的变化。

按本节测量所得的结果,当 $K_{2A}$ ( $K_2$ )小于或等于2dB且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于6dB时,声功率级再现性标准偏差的估计值见表2.8.4。除个别情况外,其A计权声功率级的再现性标准偏差等于或小于1.5dB。

表2.8.4 声功率级再现性标准偏差的估计值

倍频带中心频率 (Hz)	1/3倍频带中心频率 (Hz)	再现性标准偏差 $\sigma_R$ (dB)
63	50~80	5 <sup>1)</sup>
125	100~160	3
250	200~315	2
500~4000	400~5000	1.5
8000	6300~10000	2.5
A计权		1.5 <sup>2)</sup>

1) 一般适用于室外测量,很多房间对此频带不能满足;

2) 适用于100~10000Hz范围内辐射噪声谱相对“平”的声源。

按本节测量所得的结果，当  $K_{2A}$  ( $K_2$ ) 小于或等于 7dB 且各测点测得的声压级与背景噪声声压级之差不小于 3dB 时，声功率级再现性标准偏差的估计值见表 2.8.5。对于辐射稳态窄带噪声的声源，除个别情况外，其 A 计权声功率级的再现性标准偏差，等于或小于 3dB ( $K_{2A} < 5\text{dB}$ ) 或 4dB ( $5\text{dB} \leq K_{2A} \leq 7\text{dB}$ )。对于辐射离散纯音的声源，再现性标准偏差一般增大 1dB。

表2.8.5 A计权声功率级再现行标准偏差的最高值

适用	再现性标准偏差的最高值 $\sigma_R$ (dB)
在测试的频率范围内噪声谱相对“平”的声源	3
离散纯音占主要成分的声源	4

## 2.8.9 报告内容

### 2.8.9.1 泵相关数据

- (1) 产品型号
- (2) 产品编号
- (3) 产品尺寸 (长、宽、高)
- (4) 产品制造厂
- (5) 安装条件
- (6) 额定流量
- (7) 额定压力 (扬程)
- (8) 额定转速
- (9) 介质
- (10) 介质温度

### 2.8.9.2 原动机相关数据

- (1) 产品型号
- (2) 产品编号
- (3) 额定输出功率
- (4) 原动机声压级 (如有时)

### 2.8.9.3 测量设备及人员相关数据

- (1) 测量者
- (2) 测量场所
- (3) 测量日期
- (4) 测量仪器名称
- (5) 测量仪器型号
- (6) 测量仪器编号
- (7) 测量仪器生产厂
- (8) 测量仪器检定单位
- (9) 测量仪器有效期

### 2.8.9.4 测量数据

- (1) 基准体的尺寸、测量表面积的尺寸、测量面积和测量距离  $d$  (半球半径  $r$ )
- (2) 测点位置布置图
- (3) 所有测点的A计权声压级和1/3倍频带声压级，测量表面的平均声压级
- (4) 所有测点的A计权声功率计和1/3倍频带声功率级
- (5) 背景噪声修正系数  $K_1$
- (6) 环境修正系数  $K_2$

## 第3章 船用产品结构噪声检测

### 3.1 适用范围

本章适用柴油机、发电机组、齿轮箱、空压机、分油机、风机、泵等船用产品结构噪声检测。

### 3.2 测量条件

本章所涉及相关产品的振动检测应与空气辐射噪声测试同时进行。

### 3.3 测量环境

被测设备运转时所有测点振动加速度级不小于背景振动 10dB 时,测量结果可不予修正;低于 10dB 且大于 3dB 时,应记录背景振动以便按公式 3.1 修正,低于 3dB 时测量结果无效;

$$L = 10 \lg (10^{0.1L_a} - 10^{0.1L_k}) \dots\dots\dots 3.1$$

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。

### 3.4 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。

#### 3.4.1 测量系统的特性

(1) 振动加速度测量系统的频率范围应覆盖 10Hz~8kHz。当设备转速低于 600r/min,条件许可时,测量系统下限频率可取 1Hz;

(2) 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%;

(3) 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;

(4) 为尽量减少测量系统各通道间相位差,宜分别采用一致性较好的传感器、放大器,记录设备采用现场实时多通道数据采集分析系统。

#### 3.4.2 校准

测量系统的每个通道都应进行系统标定和校准。

#### 3.4.3 设备的安装

(1) 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;

(2) 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,可选用其它隔振器,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;

(3) 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。

### 3.5 测量参数

3.5.1 设备振动测量参数为振动加速度。

3.5.2 测量数据与图表应包括下列内容：

(1) 振动加速度 10Hz~8kHz 的 1/3 倍频频谱图、每个频带内的加速度级和 10Hz~8KHz 频带内加速度总级；

(2) 振动加速度 10Hz~1kHz 频带内离散线谱图及频带的加速度总值；其频率分辨率不大于 1Hz；

### 3.6 测量方法

3.6.1 加速度测点的布置

(1) 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、紧靠安装在减震器上的设备底脚位置，尽量靠近安装螺栓；对于弹性安装的大型设备，除上述外，还要在中间均匀适当增加 2~4 个测点，测量应在三个相互垂直的方向进行，对于方形设备沿宽度方向为 x 轴、沿机体长度方形为 y 轴、垂直安装面的方向为 z 轴，对于圆柱体设备沿圆心方向为 x 轴、沿圆切线方向为 y 轴、垂直安装面的方向为 z 轴；

(2) 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，测量应在三个相互垂直的方向进行，测量方向同 3.6.1 (1) 条规定；

(3) 对于有多个安装面的设备，应按 3.6.1 (1)、和 3.6.1(2) 要求，在每个安装面上布置测点。

(4) 刚性连接的管路应增加附加测点，测量应在三个相互垂直的方向进行，沿管路表面切线方向为 x 轴、沿管路方向为 y 轴、垂直管路截面方向为 z 轴；

3.6.2 传感器的固定

(1) 振动加速度传感器的固定方式可用粘合剂或螺栓等方式安装在被测物上。

(2) 传感器安装部位应清除油迹、油漆、污垢和其它影响测量的杂质，安装面与被测面的法线夹角小于 3 度。

(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。

### 3.7 测量报告

3.7.1 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  $10^{-6} \text{m/s}^2$ 。加速度量纲为  $\text{m/s}^2$ ；

3.7.2 测量和分析设备在测试工况稳定运行时，每一测点在每一坐标轴方向上的 1/3 倍频程每一中心频率下的振动加速度级；

3.7.3 作出每一测点的每一方向上频谱图。应该清晰显示在各个测量方向上、在所测频率范围内的 1/3 倍频程频谱图，在图中应该标注频率下限和频率上限。

3.7.4 标出在 1/3 倍频程上所有测点的平均加速度级。

3.7.5 管路附加测点的测试数据（如有时）

3.7.6 报告还应包括下列内容：

(1) 设备型号及其规格、转速及其它主要参数；

(2) 测量条件、设备的运行状态及其安装方式；

(3) 测量系统、分析系统框图和仪器仪表明细仪器及其仪器仪表计量单位和有效期；

(4) 测点分布简图及测量方向；

(5) 测量单位及人员、地点、日期。

## 第 4 章 船用隔声结构空气声隔声指数检测

### 4.1 适用范围

本章适用于船舶起居处所隔声结构：舱壁（舱壁包括与之相连的门和窗）和甲板结构的隔声指数检测。

### 4.2 检测依据

隔声舱壁和甲板结构的检测应按下列文件及其随后的修正案进行：

(1) IMO MSC.337(91) “Adoption of the Code on Noise Levels on Board Ships”《船上噪声级规则》

(2) ISO 10140-2: 2010 “Acoustics Laboratory measurement of sound insulation of building elements Part 2: Measurement of airborne sound insulation”（声学 建筑构件隔声的实验室测量 第2部分：空气声隔声的测量）

### 4.3 分类

隔声舱壁和甲板结构按照计权隔声指数  $R_w$  共分为以下三个等级：

(1) R30：系指按照本章要求，经 CCS 认可检测机构测得的舱壁和甲板结构计权隔声指数  $30\text{dB} \leq R_w < 35\text{dB}$ ；

(2) R35：系指按照本章要求，经 CCS 认可检测机构测得的舱壁和甲板结构计权隔声指数  $35\text{dB} \leq R_w < 45\text{dB}$ ；

(3) R45：系指按照本章要求，经 CCS 认可检测机构测得的舱壁和甲板结构计权隔声指数  $R_w \geq 45\text{dB}$ 。

隔声指数越高隔声性能越好，高隔声等级的结构可以替代低隔声等级的结构，例如：R45 可以替代 R35、R30 使用，R35 可以替代 R30 使用。

### 4.4 技术要求

4.4.1 用于走廊到居住舱室以及居住舱室到带有交通门的居住舱室区域的舱壁和甲板结构应至少满足 R30 要求；

4.4.2 用于居住舱室之间的舱壁和甲板结构应至少满足 R35 要求；

4.4.3 用于从餐厅、娱乐室、公共处所和娱乐区域到居住舱室和医疗室的舱壁和甲板结构应满足 R45 要求。

### 4.5 图纸资料

4.5.1 应将下列图纸资料提交 CCS 批准：

- (1) 产品结构图（安装细节：例如连接边界条件、拼缝形式等）
- (2) 试验大纲

4.5.2 应将下列图纸资料提交 CCS 备查：

- (1) 原材料/部件清单
- (2) 重点生产工艺

### (3) 船上安装工艺

## 4.6 检测要求

### 4.6.1 检测机构

承担隔声指数检测的机构应是 CCS 认可的检测机构,符合本篇第 5 章第 1 节相关要求。

### 4.6.2 测试设施

测试设施包括两间横向或纵向相邻的房间(声源室和接收室),两室之间有试件洞口,用以安装试件。测试房间、声源数量与位置、传声器位置以及试件洞口应符合 ISO 10140-5 的有关要求。

### 4.6.3 典型试件的选取

相同材质、相同结构的用于起居处所的舱壁和甲板试样应选取最小厚度进行试验;对于安装于起居处所相同材质、相同结构的门和窗应选取最大通孔或透光尺寸进行试验。

典型试件应由 CCS 验船师到场监督下抽取和封样。

#### 4.6.3.1 舱壁和甲板结构

(1) 舱壁有以下几种结构型式,例如:

- ① A 级舱壁:由“钢舱壁 + 隔热材料”构成;隔热材料通常为陶瓷棉或岩棉;
- ② B 级舱壁(衬板、舱壁板):复合岩棉板或金属蜂窝板;
- ③ 组合舱壁:“A 级舱壁+空气层+B 级衬板”组合结构。

(2) 甲板有以下几种结构型式,例如:

① A 级甲板:由“钢甲板 + 隔热材料”构成;隔热材料通常为陶瓷棉或岩棉或甲板敷料;

② 组合甲板:“A 级甲板+空气层+B 级天花板”、“A 级甲板+甲板敷料”。

对于组合结构,往往涉及不同的产品厂,隔热材料厂(如陶瓷棉厂、岩棉厂)、内舾装材料厂(如复合岩棉板、金属蜂窝板)和甲板敷料厂。

对船舶起居处所舱壁和甲板的隔声指数,可以针对组合舱壁、组合甲板进行组合式的检测;也可以单独对舱壁或甲板进行检测。如果单独的舱壁或甲板的隔声指数符合噪声规则要求,则组合式的舱壁、甲板结构的隔声指数也能符合噪声等级规则要求而不必进行组合型式的隔声指数测试。

隔声壁板结构试件的面积应接近  $10\text{m}^2$ ,隔声甲板结构试件的面积应为  $10\text{m}^2$  至  $20\text{m}^2$  之间。隔声壁板和甲板的最短边长度不小于  $2.3\text{m}$ 。试件安装在测试间壁上时,要尽可能模拟实际条件下在边界和节点处正常的连接方式和封装方式。

#### 4.6.3.2 隔声门和窗

需在测试洞口内增建一个隔声性能足够高的特殊填隙墙或结构,将选取的门、窗试件放置于该结构内,边界所衬贴的材料在测试频率段内的吸声系数小于  $0.1$ 。门、窗试件的安装应像平时使用时一样自由开关,并在隔声测量之前进行开/关试验(至少 5 次)。门嵌入填隙结构时,其下槛要尽可能接近实验室地板面。

### 4.6.4 试验环境

在测试房间内进行测试工作时的温度、相对湿度、静态压强以及试件养护时的情况应在测试报告中说明。

### 4.6.5 隔声指数(R)测试过程

隔声指数测量应按照 ISO10140-2 相关要求进行。

声源室与接收室的能量平均声压级测量的频率范围为  $100\text{Hz}$  至  $5000\text{Hz}$ (下限最低可选  $50\text{Hz}$ ),测量频率采用  $1/3$  倍频程滤波器测量时,应至少包括下列 16 个中心频率,(单位 Hz):

100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1000、1250、1600  
2000、2500、3150

构件在测量频率范围内对应的隔声指数  $R$  由式 (4.1.1) 计算:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \quad (4.1.1)$$

式中:

$L_1$ —声源室内能量平均声压级, 单位为分贝 (dB)

$L_2$ —接收室内能量平均声压级, 单位为分贝 (dB)

$S$ —试件面积, 单位为平方米 ( $m^2$ ), 通常等于测试洞口的面积

$A$ —接收室等效吸声量, 单位为平方米 ( $m^2$ )

等效吸声量  $A$  可由赛宾公式进行计算:  $A = 0.16V/T$ ,  $V$  为接收室容积 ( $m^3$ ),  $T$  为接收室的混响时间 (s), 即声源停止后, 接收室内声压级衰变 60dB 所需的时间 (根据 ISO3382-2 测量)。

#### 4.6.6 试验数据处理及结果表述

##### 4.6.6.1 计权隔声指数 ( $R_w$ )

根据 ISO717-1 要求, 试验所测数据应与其基准数据 (表 4.1.1) 进行比对, 通过平移基准曲线与实测各频带的隔声指数进行比较, 根据式 (4.1.2) 计算  $\sum_{i=1}^{16} P_i$ , 使其尽可能接近 32dB 但不大于 32dB, 这时将得到一个对应的平移量  $\Delta$ 。将基准值中频率 500Hz 的基准值 52dB 加上平移量  $\Delta$ , 即为计权隔声指数  $R_w$ 。

表 4.1.1. ISO717-1 中空气声比对基准值 K

$i$ 频带的序号	中心频率 (Hz)	$K_i$ 基准值 (dB)
1	100	33
2	125	36
3	160	39
4	200	42
5	250	45
6	315	48
7	400	51
8	500	52
9	630	53
10	800	54
11	1000	55
12	1250	56
13	1600	56
14	2000	56
15	2500	56
16	3150	56

$$P_i = \begin{cases} K_i + \Delta - R_i & K_i + \Delta - R_i > 0 \\ 0 & K_i + \Delta - R_i \leq 0 \end{cases} \quad (4.1.2)$$

式中：

$i$ —频带的序号， $i=1\sim 16$ ，代表100~5000Hz频带范围内的16个1/3倍频程；

$P_i$ —不利偏差；

$K_i$ —为表(4.1.1)中第 $i$ 个频带的基准值；

$\Delta$ —为平移量（向上平移 $\Delta$ 为正，向下平移 $\Delta$ 为负）；

$R_i$ —为第 $i$ 个频带的实测量，精确到0.1dB。

#### 4.6.6.2 试验结果表述

为了说明结构的空气声隔声性能，应将16个1/3倍频程的测量结果 $R_i$ （保留一位小数）以表格和曲线的形式给出。测试报告的纵坐标是隔声指数，单位分贝（dB），横坐标是频率，单位赫兹（Hz），并采用下面的比例尺：

- a) 横坐标 5mm 表示一个 1/3 倍频程
- b) 纵坐标 20mm 表示 10dB

建议参照附录的格式和内容，编写隔声指数检测报告，要求列出测试的对象、测试步骤和测试结果等重要的信息。

#### 4.7 替代原则

对于已经过隔声指数测试的舱壁和甲板结构，在实船进行安装使用时不允许改变结构和原材料物理特性。但在已经通过隔声指数测试的舱壁和甲板结构的基础上，增加结构材料的厚度或容重，不需要另行测试；对于已经过隔声指数测试的组合结构，可以用高隔声指数的材料替代低隔声指数的材料或相同隔声指数材料间的互相替代，不需要另行测试。

附录

舱壁和甲板结构空气声隔声指数检测报告

检验标准:

制造商:

委托方:

试件安装者:

测试设施、试件和测试安排描述:

产品名称:

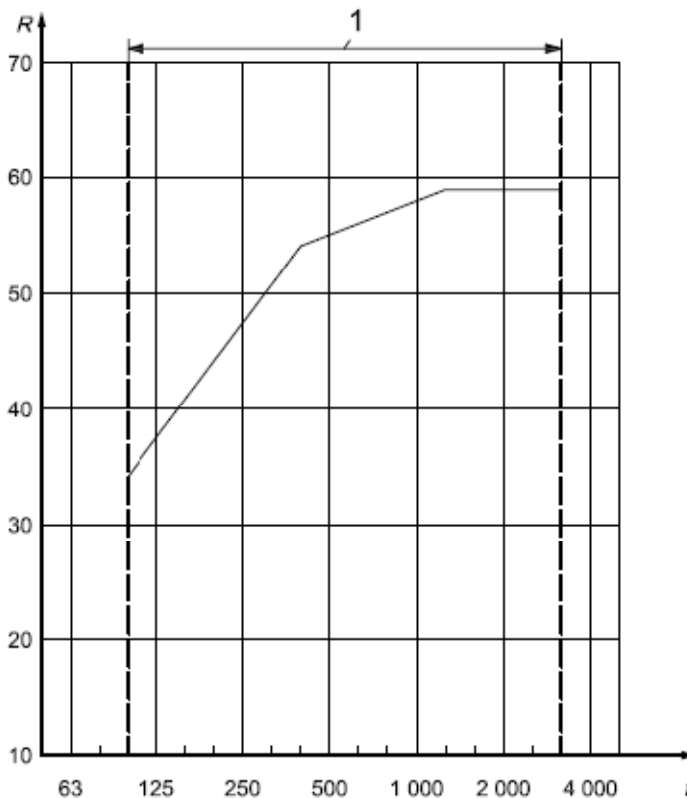
试验室认证号:

测试日期:

测试试件面积:  $m^2$   
 试验室温度 :  $^{\circ}C$   
 静态压强 : MPa  
 声源室容积 :  $m^3$

面密度 :  $kg/m^2$   
 相对湿度 : %  
 接收室容积:  $m^3$

频率/f	隔声量/R
Hz	(1/3 倍频程) dB
50	
63	
80	
100	
125	
160	
200	
250	
315	
400	
500	
630	
800	
1000	
1250	
1600	
2000	
2500	
3150	
4000	
5000	



1: ISO717-1 中单值评价结果为 52dB 基准曲线频率范围

根据 ISO717-1 单值评价结果:

$$R_w = ( \quad ) \text{ dB}$$

测试报告编号:

报告日期 :

测试机构名称:

试验人员签名 :

## 第5章 检测机构认可要求

### 第1节 船用隔声结构空气声隔声指数检测试验机构认可规定

#### 5.1.1 目的

本节规定了 CCS 对船用产品空气声隔声检测试验机构的具体要求,经 CCS 按照本办法及相关要求审核合格的试验机构将获得 CCS 检测试验机构认可证书,可以接受 CCS 委托的船用隔声结构空气声隔声性能检测。

#### 5.1.2 术语和定义

本节采用 ISO 10140-2: 2010 中所确立的术语和定义。

#### 5.1.3 认可依据

5.1.3.1 IMO MSC. 337(91) “Adoption of the Code on Noise Levels on Board Ships”《船上噪声级规则》

5.1.3.2 ISO 10140-2: 2010, Acoustics Laboratory measurement of sound insulation of building elements Part 2: Measurement of airborne sound insulation(声学 建筑构件隔声的实验室测量 第2部分: 空气声隔声的测量)

#### 5.1.4 认可要求

##### 5.1.4.1 申请、提交资料

申请方须向 CCS 执行认可单位提交检测/试验机构认可申请书(Form:RWPAS705-A)或正式的书面申请函,并提交送审文件资料。提交的文件资料包括:

- (1) 机构名称、业务和能力简介,从事空气声隔声检测工作的历史;
- (2) 其它权威机构颁发的资质证书:如 CNAS ISO 17025 证书或 CMA 证书或 ISO9001 质量管理体系证书等;
- (3) 公证性声明、行为道德准则、保密承诺及可能与船用产品制造厂造成利益冲突的其它活动信息;
- (4) 检测、试验项目清单及检测标准清单;
- (5) 检测及试验仪器、设备、计量标准器具一览表,其内容应包括:检测及试验仪器的设备名称、型号、技术参数、制造厂名、检定周期、检定状况、责任人等;
- (6) 检测人员、计量检定人员、维护人员适任岗位及清单,相关人员在申请认可范围内的培训和工作经历,以及符合有关国际、国内或行业认可标准的情况;
- (7) 组织机构框图和职责;
- (8) 检测工作程序;
- (9) 检测试验设备操作指南;
- (10) 人员培训程序;
- (11) 质量手册或为实施有效质量控制所制订的制度、程序文件;
- (12) 客户投诉及纠正措施记录;
- (13) 正式的检测、试验报告样本。

##### 5.1.4.2 一般要求

- (1) 人员培训要求:申请方应负责根据如下要求对检测人员进行培训,确保检测人员具有

相关的专业知识，符合其从事空气声隔声检测服务的要求：

- ①具有声学或相关专业大学本科及以上学历；
- ②熟悉 IMO MSC. 337(91)《船上噪声级规则》、ISO 10140-2: 2010 和相关标准的要求；
- ③受过有关噪声、声学测量和所使用设备处理方面的培训，具有相关测试数据处理和试验报告编制的能力；
- ④检测人员应至少具有 1 年声学测量工作的经历。

(2) 监督：检测机构应指定人员对所提供的噪声（空气声隔声）检测服务进行监督。负责监督的人员应至少具有 2 年声学测量工作的经历。

(3) 人员记录：检测机构应保持认可的人员经历记录，这些记录包括：年龄、受教育程度、培训记录和从事声学测量工作的经历记录。

(4) 设备和设施：检测机构应配备并维护空气声隔声检测服务的必要检测试验设备和设施，并保持该设备的记录，该记录应包括设备的所有保养和检定或校准的信息，安全设施和环境条件能确保检测业务工作需要。

(5) 检测程序：检测机构应保持书面的检测程序，该程序应覆盖所有所提供的空气声隔声检测服务。检测程序应包括下述的内容并符合有关要求：

- ①检测服务申请的接收、评审和指派；
- ②样品的接收、标识、贮存、处理；
- ③检测设备操作前的检查与准备、设备的操作须知或指南，包括安全防护；
- ④检测实施、结果分析和判定；
- ⑤检测人员与现场验船师的协调与联络的规定及办法（必要时）；
- ⑥检测工作的监督、验证；
- ⑦检测记录整理、提交现场验船师签字确认的相关要求（如有时）；
- ⑧检测报告的编写、审核和批准的规定；
- ⑨报告的分发、归档。

(6) 验证：检测机构应验证所提供的空气声隔声检测服务是否满足认可程序的要求。

(7) 报告：检测使用的报告应包含第 5 章附录内容，报告格式应为 CCS 接受的格式。

(8) 质量体系：检测机构应按照 ISO 17025 / ISO 9001 标准或等效标准建立质量管理体系。

#### 5.1.4.3 特殊要求

(1) 测试房间：

两个测试房间的容积和相应尺寸不宜完全相同，房间的容积或线尺度（长、宽、高）至少相差 10%且每个测试房间的容积至少为 50m<sup>3</sup>，选择合适的房间尺寸比例，以使低频段的简正频率尽可能均匀的分布。在测试壁板和甲板结构时，试件宜覆盖测试房间的整个墙或天花板，即试件洞口从墙的一边延伸到另一边，和从天花板延伸到地面。

房间中声压级如有较大的变化，说明存在着起主导作用的强驻波。这时有必要在房间中安装扩散体，通过实验的方法确定扩散体的位置和必要数量，以达到安装更多扩散体后隔声指数测量不再受影响的目标。

房间的混响时间在正常的测试条件下（试件的吸声可忽略）不宜过长或过短，当频率在 100Hz 或其以上频率的混响时间超过 2s 或不足 1s 时，要检查所测隔声指数是否随混响时间而异。如果发现即使室内已安装扩散体，仍存在着这种相依性，房间仍需作处理，以调整混响时间 T (s)，使之满足式 6.1.1 要求：

$$1s \leq T \leq 2 \left( \frac{V}{50} \right)^{\frac{2}{3}} \quad 5.1.1$$

式中：

V—房间容积，单位立方米

考虑到声源室功率输出和被测试件的隔声性能，接收室背景噪声应足够低，以便可测到从声源室传过来的声音。

测量隔声指数的实验室设施中，任何非直接途径的传声和通过试件的传声相比应属可以忽略。实现这一目的的一种方法，就是在声源室和接收室之间要有足够的结构上的隔离，另一种方法就是将两房间的所有界面均覆盖足以降低侧向传声的衬壁。

(2) 声源室声场：

声源室应为两个房间中较大的一间，声源室所产生声音应是稳态的，并且在所考虑频率范围内具有连续频谱。如采用滤波器，其宽带至少需要 1/3 倍频程。如果采用宽带噪声，其频谱形状应确保接收室在高频段也有合适的信噪比（建议采用白噪声）。不论何种情况，声源室内 100Hz 及以上频率的声频谱在相邻 1/3 倍频带之间的声压级差不应大于 6dB。

室内声场受声源类型和位置的影响很大。声源的放置在应尽可能提供扩散声场的位置，扬声器的位置和指向性应使传声器可处在直达声场之外，并确保声源直接辐射的声音在试件表面不占优势。允许使用多个声源，要保证这些声源是由相同类型的，按同样电平驱动的，并发出不相干的信号。采用单个声源时，它至少要有两个位置。连续移动的声源也是可以使用的。声源的技术要求和布置满足 ISO10140-5 Annex D 要求。

(3) 传声器位置：

传声器的位置应确保在声源的直达声场之外。每个固定传声器的位置，应布置在声压级明显随离声源距离增加而下降的区域之外。对于一个移动传声器，在靠近声源处时，测得的声压级不得明显上升。传声器的技术要求和布置应满足 ISO10140-4 要求。

(4) 必需的检测试验设备要求：

- ①测量系统（包括传声器和电缆）：应符合 IEC 61672-1 的 1 级要求，并经每年检定或校准合格；
- ②声校准器：应符合 IEC 60942 中 1 级要求，并经每年检定或校准合格；
- ③1/3 倍频程滤波器：应符合 IEC 61260-1 的 0 级或 1 级要求，并经每年检定或校准合格；
- ④发声设备使用应满足 ISO 10140-5 要求；
- ⑤混响时间测试设备：应符合 ISO 3382-2 要求。

(5) 环境条件：

- ①实验室温度、湿度应予以记录；
- ②测试过程中应避免人员进入声源室和接收室；
- ③必要的安全防护设施（如个人听力保护器、消防安全设施）。

### 5.1.5 试验程序和评价（按 ISO 10140-2:2010 进行）

- 5.1.5.1 试验安排：按 ISO 10140-2:2010 进行。
- 5.1.5.2 性能限制：按 ISO 10140-2:2010 进行。
- 5.1.5.3 精密度：应符合 ISO 140-2 要求。

## 第2节 船用产品空气辐射噪声及结构噪声检测机构认可规定

### 5.2.1 目的

本节规定了 CCS 执行船用机械类产品（柴油机、发电机组、齿轮箱、压缩机、分油机、通风机、泵等）的空气辐射噪声及结构噪声检测机构认可的具体要求和做法，并保证认可工作质量。

本节适用于自愿取得 CCS 船用机械类产品噪声、振动检测机构认可资格的机构认可。

### 5.2.2 术语和定义

5.2.2.1 本节采用 GB/T 3947-1996 ,GB/T 2298-2010(ISO 2041:2009), IMO MSC337(91), 中所确立的术语和定义。

5.2.2.2 申请方：申请 CCS 进行空气辐射噪声及结构噪声检测机构认可的检测机构；

5.2.2.3 人员：指检测机构中进行实际现场检测、数据处理、报告签发及审核的人员；

### 5.2.3 认可依据

5.2.3.1 IMO MSC. 337(91) 《船上噪声级规则》

5.2.3.2 本篇相关章节要求

### 5.2.4 认可要求

#### 5.2.4.1 申请、提交资料

申请方须向其所在地区的 CCS 分社提交检测/试验机构认可申请书，并提交送审文件资料。提交的文件资料包括：

- (1) 机构名称、业务和能力简介，从事空气辐射噪声级结构噪声检测工作的历史；
- (2) 其它权威机构颁发的资质证书：如 CNAS ISO 17025 证书或 CMA 证书或 ISO9000 质量管理体系证书等；
- (3) 公证性声明、行为道德准则、保密承诺及可能与船用产品制造厂造成利益冲突的其它活动信息；
- (4) 检测项目清单及采用的检测标准清单；
- (5) 检测仪器、设备、计量标准器具一览表，其内容应包括：检测仪器的名称、型号、技术参数、制造厂名、检定周期、检定状况、责任人等；
- (6) 检测人员、计量检定人员、维护人员适任岗位及清单，相关人员的培训和工作经历，以及符合有关国际、国内或行业认可标准的情况；
- (7) 组织机构框图和职责；
- (8) 检测工作程序；
- (9) 检测设备操作指南；
- (10) 人员培训程序；
- (11) 质量手册或为实施有效质量控制所制订的制度、程序文件；
- (12) 客户投诉及纠正措施记录；
- (13) 正式的检测报告样本。

#### 5.2.4.2 一般要求

(1) 人员要求：从事噪声、振动检测的人员，应至少具备以下经历，并经必要的培训，以确保检测人员具有相关的专业知识，符合其从事噪声、振动检测服务的要求：

- ① 具有声学或相关专业大学本科及以上学历；

- ② 熟悉 IMO MSC. 337(91)《船上噪声级规则》和相关标准的要求;
  - ③ 受过有关噪声、振动测量和设备操作及维护方面的培训,具有相关测试数据处理的能力;
  - ④ 从事检测的人员应至少具有 1 年的相关工作经验。
- (2) 监督:检测机构应建立对所提供的噪声、振动检测服务进行监督的制度,并指定人员进行相应的监督。负责监督的人员应至少具有 2 年噪声、振动检测服务工作的经历。
- (3) 人员记录:检测机构应保持从事噪声、振动检测人员的经历记录,这些记录包括:年龄、受教育程度、培训记录和从事噪声、振动检测服务的经历记录。
- (4) 设备和设施:检测机构应配备提供检测服务所必须的检测设备和设施,并保持相关设备的检定和维修保养记录,设施和环境条件能确保检测业务工作需要。详见 5.2.4.3 条。
- (5) 检测程序:检测机构应保持书面的检测程序,该程序应覆盖所有所提供的噪声、振动检测服务。检测程序应包括下述内容并符合有关要求:
- ① 检测服务合同的评审;
  - ② 被测设备的接收、标识、贮存、处理;
  - ③ 检测设备操作前的检查与校准;
  - ④ 检测过程、数据处理;
  - ⑤ 检测工作的监督、验证;
  - ⑥ 检测过程记录的整理;
  - ⑦ 检测报告的编写、审核和签发的规定;
  - ⑧ 报告的分发、归档
- (6) 验证:检测机构中经授权的专人应确认所提供的噪声、振动检测服务是否满足确定的标准要求。
- (7) 报告:检测使用的报告格式应为 CCS 接受的格式。
- (8) 质量体系:检测机构应按照 ISO 17025 / ISO 9001 标准或等效标准建立质量管理体系。

#### 5.2.4.3 特殊要求

##### 必须的检测试验设备

- (1) 自由场传声器:应符合 IEC 61094 要求;
- (2) 声级计:应符合 IEC61672-1:2002 中 1 级要求;
- (3) 声校准器:应符合 IEC60942:2003 中 1 级要求;
- (4) 1/3 倍频程滤波器:应符合 IEC61260:1995 中 1 级要求
- (5) 振动测量仪:应符合满足被测设备频响特性和试验环境的要求;

# 第4篇 船舶噪声检测

## 目 录

第1章 一般规定.....	3
1.1 适用范围.....	3
1.2 定义与术语.....	3
1.3 应用.....	4
第2章 船上噪声测量.....	5
2.1 一般要求.....	5
2.2 测量设备及其校准.....	5
2.3 检测机构.....	5
2.4 检测人员.....	6
2.5 测量时的环境条件.....	6
2.6 噪声测量时的船舶状态.....	6
2.7 噪声测量程序.....	9
2.8 噪声暴露等级的确定.....	9
2.9 船上噪声测量点的选择.....	9
2.10 测量结果修正.....	14
2.11 测试结果的评定、复测与报告.....	17
2.12 符合性验证.....	18
第3章 现场测试计权隔声指数的测量.....	19
3.1 一般要求.....	19
3.2 现场测试计权隔声指数 $R'_w$ 的船上测量.....	19
3.3 符合性验证.....	21
第4章 噪声暴露等级的确定.....	23
4.1 一般要求.....	23
4.2 船员噪声暴露等级的计算方法.....	23
4.3 船员暴露等级计算举例.....	23
4.4 船员暴露于高噪声级的限制.....	24
4.5 24小时等效连续声级的极限.....	25
4.6 符合性验证.....	25
第5章 噪声检测的应用.....	26
5.1 一般要求.....	26
5.2 警告牌的配备.....	26

5.3 船员听力保护器的配备 .....	26
附录一 噪声测量报告格式 .....	27
附录二 听力保护器的选择 .....	39

# 第1章 一般规定

## 1.1 适用范围

1.1.1 本篇适用于 1600 总吨及以上的下列国际航行船舶：

- (1) 2014年7月1日或以后签订建造合同；或
- (2) 无建造合同，2015年1月1日或以后安放龙骨或处于类似建造阶段；或
- (3) 2018年7月1日或以后交付；

1.1.2 对于 2018 年 7 月 1 日以前交付和：

- (1) 2014年7月1日以前签订建造合同，并且在2009年1月1日或以后、但在2015年1月1日以前安放龙骨或处于类似建造阶段的船舶；或
- (2) 无建造合同，并且在2009年1月1日或以后、但在2015年1月1日以前安放龙骨或处于类似建造阶段的船舶。

应采取措施<sup>1</sup>使得机器处所内的机器噪声降低至主管机关规定的可接受等级，如噪声不能充分地降低，应采取下列措施：

- (1) 将过大的噪声源以适当的方式加以隔离，或；
- (2) 如该处所有人值班，则应设立噪声庇护所，人员进入这类处所应配备听力保护器。如必要，应对被要求进入该类处所的人员提供听力保护器。

1.1.3 本篇不适用于下列船舶：

- .1 动力支承船；
- .2 高速船；
- .3 渔船；
- .4 铺管驳船；
- .5 起重驳；
- .6 海上移动式钻井平台；
- .7 非商用游艇；
- .8 军舰和运兵船；
- .9 非机械推进船舶；
- .10 打桩船；
- .11 挖泥船。

## 1.2 定义与术语

1.2.1 居住处所：居住舱室、处理船舶业务的办公室、医务室、餐厅、娱乐室（例如休息室、吸烟室、电影厅、健身房、图书室、兴趣室和游戏室）以及船员使用的露天娱乐场所。

1.2.2 积分声级计：设计为或适用于测量平均均方根时间 A-计权和 C-计权声压的声级计。

1.2.3 值班站：主要航行设备、船舶无线电或应急电源所在的处所或者火灾记录或火灾控制设备集中的处所，以及用作厨房、主配膳室、储藏室（独立的配膳室和储物间除外）、邮件及贵重物品室、并非机器处所组成部分的工作间以及类似处所。

1.2.4 连续有人值班处所：在正常作业期间船员需要连续或长期在场的处所。

1.2.5 机器处所：设有蒸汽机或内燃机、泵、空压机、锅炉、燃油装置、主要电机、加油站、推进装置、冷藏装置、防摇装置、操舵装置、通风和空调机等的任何处所以及通向这些处所的围壁通道。

---

<sup>1</sup>参见A.468(XII)决议《船上噪声等级规则》

1.2.6 驾驶室两翼：船舶驾驶室延伸到船舶两舷的部分。

1.2.7 港内工况：仅推进所需的所有机器均停止的工况。

1.2.8 短程航行：在航行中，船舶的行进时间一般不致长到船员需要睡眠，或较长的非当班时间的航行。

1.2.9 现场测试（apparent）计权隔声指数  $R'w$ ：表示墙、门或地板现场测试整体隔声性能的一个单一数值，以分贝(dB)计（见经 1:2006 修正的 ISO 717-1:1996）

1.2.10 听力损失：听力损失系参照在 ISO 389-1（1998）号标准中有常规定义的基准听觉阈值确定。听力损失相当于被测对象的听觉阈值与基准听觉阈值之差。

1.2.11 听力保护器：为减少到达耳朵的噪声级而佩戴的装置。被动降噪耳机阻挡噪声到达耳朵，主动降噪头戴式耳机在耳机内产生抵消环境噪声的信号。

1.2.12 噪声导致的听力损失：源于耳蜗之内神经细胞受损，系因声音作用而引起的听力损失。

1.2.13 具有潜在危险的噪声级：人员在没有保护的情况下暴露会有承受听力损失风险的声级和更高噪声。

1.2.14 新船：系指本篇 1.1.1 所述的船舶。

1.2.15 现有船舶：并非新船的船舶。

### 1.3 应用

1.3.1 符合本篇定义的新船除需满足本篇要求外，还需满足主管机关的相关要求，经验船师验证合格后，签发相应的法定证书。

1.3.2 现有船舶噪声测量可参照本篇要求实施，其噪声限值应符合主管机关的要求。

1.3.3 如确认船舶在建造过程中已采用相关合理的技术性降噪措施，但经测量仍有部分舱室无法满足本篇 2.11.1 的要求，应向主管机关申请免除。但此种免除不应包括居住舱室。如果准予免除，应满足本篇第 4 章的相关规定。

1.3.4 如果船舶申请 CCS《钢质海船入级规范》规定的噪声舒适性附加标志，其船上噪声测量可以按照本篇提供的测试方法进行。

1.3.5 对设计成并用于短程航行的船舶，或只需短期使用的且使主管机关满意的其他营运的船舶，则船舶仅需满足在港工况下对于居住处所和服务处所的声压级要求，但必须保证船员在此种工况下有足够的休息和娱乐时间。

1.3.6 本篇不适用于乘客舱室和其他乘客处所，除非它们是本篇的规定所涉及的工作处所。

1.3.7 如果现有船舶涉及重大修理、改装和更改，及与之相关的舾装，在主管机关认为合理和可行的范围内，应确保发生变化的区域符合本篇对新船的要求。

1.3.8 本篇所规定的噪声极限值仅限于船舶自身噪声源设备（如主机/辅机/风机）所产生的噪声，不包含环境噪声（风/波/冰的噪声）、警报和公共广播系统等。

## 第2章 船上噪声测量

### 2.1 一般要求

船舶建造完工后应分别在海上试航、高噪声设备运行以及港内作业三种工况下根据本章要求进行噪声级测量。本章 2.6.3.2、2.6.3.3、2.9.7.2、2.9.7.3 起货设备运行时噪声测量与车辆装卸工况下噪声测量部分为建议性条款。

### 2.2 测量设备及其校准

船上噪声测量时主要使用的设备为积分声级计，如需对噪声按照不同频率进行分析，则需积分声级计和滤波器一起使用。

#### 2.2.1 声压测量设备

##### (1) 积分声级计

声级计又称噪声计或噪声仪，是一种用于测量声压级的仪器。测量船上噪声时应使用积分声级计，积分声级计内部的积分设备可以使其具备测量一段时间内非稳态噪声的等效声级的功能，并以数字的形式直接显示。积分声级计应符合 IEC 61672-1 (2002-05)<sup>1</sup>标准中 1 类声级计的要求，或主管机关接受的等效标准的要求。根据 IEC651，IEC804 标准制造的 1 级/类声级计可在 2016 年 7 月 1 日之前继续使用。声级计应至少具有 A、C 两类计权网络。具有频谱分析功能的声级计除应符合上述标准外，还应符合本条 (2) 频程滤波器的要求。

##### (2) 频程滤波器

频程滤波器是进行声波频谱分析的主要设备，可单独使用也可与积分声级计结合使用时。频程滤波器应符合 IEC 61260 (1995)<sup>2</sup>标准，或主管机关接受的等效标准。通常使用的频程滤波器为倍频程滤波器和分数倍频程滤波器。

##### (3) 声音校准器

声音校准器是校准声级计的设备，它能在一个或多个规定的频率上产生一个或多个已知的声压级，每次测量前和测量后应使用声音校准器校准声级计，校准时将校准器配合在声级计上，开启校准器电源，微调校准电位器至校准值，完成校准。声音校准仪应符合 IEC 60942 (2003-01) 标准，或主管机关接受的等效标准并应经声级计制造商确认能够用于其生产的声级计。

##### (4) 风罩

当在有显著空气流动的处所进行噪声测量时应根据所使用声级计说明书的要求在一定环境条件下使用风罩以有效隔离背景噪声对测试结果的影响。风罩安装后应在室内无风环境进行噪音测量，确认风罩对测量值的影响不大于 0.5 dB(A)。

#### 2.2.2 设备的校准

在每次进行船上噪声测量前，应确认所使用的声音校准仪和积分声级计经检测和校准实验室校准并持有相应证书，检测和校准实验室应符合经 (Cor 1:2006) 修订的 ISO 17025 (2005) 标准或主管机关接受的等效标准。

#### 2.2.3 测量设备的现场控制

在船上噪声测量前，验船师需确认测量设备满足本篇的要求。

### 2.3 检测机构

噪声的现场测量应由专业的公司进行实际操作，为了确保测量结果和报告的质量可以接受并具有可比性，测量机构必须经 CCS 认可证明其胜任噪声测量，测量机构将由 CCS 按照 URZ-17 及《钢质海船

<sup>1</sup> 声级计的建议案。

<sup>2</sup> 倍频程和分数倍频程滤波器。

入级规范》第 1 篇第 5 章附录 8 附件 1 中 14 条从事噪声测量的机构/公司的要求统一进行认可并管理，通过认可的测量机构的名单将以适当的形式定期发布并更新。

## 2.4 检测人员

现场测量人员应受聘于经 CCS 认可的测量机构并按照 CCS 供方认可的有关人员的管理要求进行了上岗前的培训，且具备以下专业技能

- (1) 具有噪声测量方面的知识；
- (2) 熟悉所使用的测量仪器设备；
- (3) 接受过噪声检测培训并熟悉本篇中对测量程序上的要求。

## 2.5 测量时的环境条件

为了能更加客观的获取船上的噪声源设备在正常工作状态下对船上各个舱室所产生的噪声值，船舶在进行噪声测量前验船师应验证环境条件，并应尽可能要求船舶所在海域的水深、气象状况、以及外部的环境满足一定的条件，具体要求如下：

### 2.5.1 测量区域水深：

当进行海上试航工况测量时，测量区域水深应不小于 5 倍船舶吃水，如确实无法满足时应选择水深尽可能大区域进行测量并在噪声检测报告中记录。

港口作业工况测量时应尽可能确保测量区域水深不小于 5 倍船舶吃水，如确实无法保证时应尽量选择水深尽可能大的泊位进行测量并在噪声检测报告中记录。

### 2.5.2 测量气象条件及海况

在室外测量噪声时应选择风力不超过蒲氏 4 级，波高不超过 1m 的气象条件下进行。当在有显著空气流动的区域进行测量时，应按照声级计说明书的要求适时加装防风罩，并确认防风罩的加装对噪声测试结果的影响小于 0.5dB。

当进行海上测量工况时，如果测量区域的气象条件及海况确实无法满足要求时，可以在确保安全的前提下首先对船舶外部声源所产生的噪声（背景噪声）予以测量，并在最终测量结果中根据 2.5.3 之要求进行背景噪声修正。但必须在报告中记录实际测量时的气象条件及海况。

### 2.5.3 背景噪声

应注意使船舶外部声源，例如人、娱乐、建造和修理工作所产生的噪声不致影响到测量位置处的船上噪声声级。船舶外部声源所产生的噪声是否影响船上噪声测量结果可根据如下方法进行判断：

- (1) 当船上噪声的原始测量值 ( $L_M$ ) - 背景噪声 ( $L_B$ )  $\leq 3$ dB，测量无效；
- (2) 当船上噪声的原始测量值 ( $L_M$ ) - 背景噪声 ( $L_B$ )  $\leq 10$ dB（但  $> 3$ dB）应认定外部声源会影响船上噪声测量结果，且必须根据本篇 2.10.3 的要求对测量结果进行修正；
- (3) 当船上噪声的原始测量值 ( $L_M$ ) - 背景噪声 ( $L_B$ )  $> 10$ dB，可认为外部声源所产生的噪声不至影响船上噪声测量结果，无需对测量结果进行修正。

如怀疑船舶以外声源所产生的噪声可能影响到船上噪声测量结果时，应首先根据本篇 2.7.3 部分要求对船舶外部声源所产生的噪声进行测量，并对最终船上噪声测量结果根据本篇 2.10 部分所述方法予以修正。

### 2.5.4 其他影响测量的环境条件

若测量位置附近有大块反射面，应尽量避免在距离反射面太近的混响区内进行测量。若测量区域附近存在大功率电气设备，应尽量避免在该设备 0.5m 区域内进行测量，以免电气设备对积分声级计形成电磁干扰。各类可能影响噪声测量准确性的因素如确实无法避免时，应当将这些因素记录在噪声检测报告中。

## 2.6 噪声测量时的船舶状态

船舶建造完工后应分别在海上试航、高噪声设备运行以及港内作业三种工况下进行噪声级测量。噪

声测量开始前应记录周围的气象条件和船舶吃水等数据，并由验船师确认。噪声测量时船舶状态满足如下要求：

### 2.6.1 海上试航工况下船舶状态

海上试航工况下噪声测试时船舶状态要求如下：

#### (1) 船舶浮态

测量应在船舶满载或压载工况下进行。如在压载工况下进行测试应确保螺旋桨完全浸没水中，且在保证船舶试航浮态的前提下，螺旋桨的浸没深度应尽可能大。测量时船舶应尽可能保证直航。测量时船舶的实际状态应记录在检测报告中。

#### (2) 主机运行状态

噪声测量时主机功率应不小于最大持续额定功率（MCR）的 80%。当船舶采用可调螺距和垂直翼螺旋桨时，桨叶应处于正常的航行位置。如船舶因为船型、推进装置或动力设备类型特殊，无法判断并确定测量时的航速或者功率时，船东或船厂应在充分考虑船舶的实际性能和操作的基础上制定符合这类推进系统特点的测量方案并经主管机关批准。

#### (3) 辅机运行状态

噪声测量工作开始前，现场验船师应确认所有船舶正常航行及工作状态下所需的机械设备、航行仪器、无线电和雷达装置等都已经处于其相应的工作状态，且整个测量过程中这些设备都应保持此种状态。但以下设备应予以关闭：

- (a) 汽笛、雾笛等声响信号；
  - (b) 直升机作业相关设施；
  - (c) 通用广播及各类报警信号；
  - (d) 其他在船舶正常航行或工作状态下仅需要偶尔短时间运转的设备；
- #### (4) 应急设备运行状态

通常情况下，在测量舱室噪声时，船上所有的应急设备如应急发电机、应急消防泵等都应处于关闭状态，此种状态下测出的舱室噪声值应符合 2.11.1 条的要求，对于存放有应急设备的舱室，应当在应急设备工作状态下再测量一次舱室内的噪声。测量的目的并不在于确定符合最大噪声级限值，而是作为船员在这些处所中进行维护、修理和测试活动时的个人保护的参考。该类处所内必须根据本篇第 5 章的要求提供听力保护并且设置警告信息。

#### (5) 机械通风、加热和空调设备运行状态

噪声测量时，船上机械通风、加热和空调设备应开启，其运行时的输出功率应符合设计条件，并满足如下要求：

(a) 对维持船舶正常航行及工作状态所必须的机械通风和加热设备应处于开启状态，其运行时的输出功率应符合设计条件，如无法确定其设计功率，进行噪声测量时所有风机和加热设备应以最大输出功率运行；

(b) 船舶空调设备应处于运行状态，空调送风及回风系统的风机应开启。对于航行状态下必须通过空调送风管进行通风的舱室，空调送风口应开启至满足该舱室最低通风要求的位置。当无法确定舱室最低通风量时，空调送风口应开启至最大位置。

(c) 在厨房工作时必须连续运转的设备如抽油烟机，在进行噪声测量时应处于工作状态。厨房其他设备一般无需开启，除非这些设备必须连续运转。

(d) 仅需短时使用的机械通风设备（如卫生单元自带风机、蓄电池间、二氧化碳室、油漆间的机械通风）可处于关闭状态。

#### (6) 舱室门窗状态

在进行噪声测量时，舱室门和窗一般应关闭。如果这些门或窗在船舶正常航行及工作时必须处于开启状态，则在测试时也应开启。

#### (7) 舱室完整性

进行噪声测量时处所内所有必要的设备应尽可能安装到位。如果确实无法做到，可以在没有软质陈设品（如家具、地毯等没有完全到位的情况下）的情况下进行测量，并在测试报告中记录测量时舱室内实际情况。舱室内可接受的噪声级极限标准不能由于没有软质陈设品而有所宽松。

### **2.6.2 高噪声设备运行时附加测试时船舶状态**

如果船舶配备有首侧推、防摇装置、动力定位装置（DP）或其他可能在工作时产生高声级噪声的装置，应在这些高噪声设备运行时进行附加噪声测试。如果此类设备拟用于连续工作（如减摇鳍、抗横倾水泵等），则应对该设备所在舱室及该舱室附近舱室的噪声状况进行测量，测量结果应确保符合本篇 2.11.1 的要求。如此类系统为短暂使用（如港内操纵期间）则仅需对设备所在舱室噪声进行测量，测量结果应确保船舶符合本篇第 4 章的相关规定。高噪声设备运行时附加噪声测试船舶状态要求如下：

#### **(1) 首侧推**

对于首侧推，噪声测量应在该推进器最大推进功率的 40% 时进行，此时船舶采用适合于推进器工作状态的航速。

#### **(2) 动力定位装置（DP）**

如果船舶安装了拟用于正常工作状况的动力定位装置（DP），则应进行附加的 DP 模式下噪声测量。船厂、船东、DP 设计方应商定一种模拟 DP 推进器系统工作的噪声测量工况。DP 推进器的工作条件要大致相当于船舶营运的设计环境条件，进行噪声测量时 DP 推进器的输出功率应不小于其最大功率的 40%。测试时 DP 的工况应记录在测量报告中。

#### **(3) 其他可能产生高噪声噪声的装置**

如船上安装有对于其他可能产生高噪声噪声的装置，且这些装置对于船舶的正常营运是必须的，应针对此类设备进行附加的噪声测量，在进行噪声测量时这些设备的输出功率至少应足以维持其特定功能，且其输出功率应不小于其最大输出功率的 40%。

### **2.6.3 港内作业工况船舶状态**

#### **2.6.3.1 机械正在工作的机器处所内噪声测量**

如需根据本篇 2.8 之要求评估船舶是否需符合本篇 4.4.5 关于听力保护的规定，则应在港内工况下对机械正在工作的机器处所内的噪声进行测量。测量时船舶状态如下：

#### **(1) 辅机运行状态**

为船舶在港内作业提供电力的发电机应处于运行状态，其功率应足以维持船舶港内作业（包括货物装卸设备）所需电能。为发电机服务的辅助机械均应处于工作状态，其输出功率应与发电机的额定功率相匹配。

#### **(2) 机械通风及空调设备运行状态**

机械通风及船舶空调设备应处于运行状态，空调送风及回风系统的风机应开启。对于港内作业状态下能够进行自然通风的舱室，测试时舱室内的空调送风口可以关闭。对于港作业状态下必须通过空调送风管进行通风的舱室，空调送风口应开启至满足该舱室最低通风要求的位置。当无法确定舱室最低通风量时，空调送风口应开启至最大位置。

#### **2.6.3.2 起货设备运行时噪声测量**

当船舶货物装卸设备的噪声可能导致受其作业影响的值班站和居住处所的噪声高于本篇 2.11.1 部分所规定的最大声级时，可以对可能受其影响的值班站及居住处所的噪声级进行测量。船舶以外的声源所产生的噪声应按 2.5.3 要求进行修正。测量时船舶除需符合本篇 2.6.3.1 中（1）、（2）两条要求外，还应符合如下要求：

货物装卸设备应以额定输出功率运行。如船上没有资料说明货物装卸设备的额定输出功率，在测量时这些设备应全部以最大输出功率运行。为货物装卸设备服务的辅助机械均应处于工作状态，其输出功率应与货物装卸设备测试时的运行状态相匹配。

#### **2.6.3.3 车辆装卸工况下噪声测量**

如果船舶是车辆运输船且装卸期间的噪声源于车辆，可以考虑货物处所内的噪声级和暴露时间应符合

合本篇第 4 章的相关规定。船东或船厂可以根据船舶的特点制定一种针对这种源于车辆的噪声级进行评估的方法，并经主管机关认可。

## 2.7 噪声测量程序

船舶建造完工时，或在其后尽可能早的时候，应在本篇 2.5 和 2.6 所规定的环境条件及作业工况下对本篇 2.9 中所规定的处所进行噪声级测量并予以记录。在现场测试前，船厂或测量单位提供相关的测量工艺文件并得到 CCS 现场验船师的批准。具体需测量：

(1) A-计权等效连续声级：测量的目的应是确保符合本篇 2.11 的要求。

(2) C-计权等效连续声级，和 C-计权峰值声级的测量应在超过 85 dB(A)的处所进行，目的是根据 HML-方法确定适当的听力保护，见附录二。

船上噪声测量时通常应根据如下程序进行：

### 2.7.1 环境条件确认

测量前应确认环境条件及船舶工况是否符合本篇 2.5、2.6 中的相关要求。被测量处所内应只有操作船舶所需的船员和测量人员在场，与船舶航行及工作无关的背景噪声应降至最低。

### 2.7.2 测量仪器校准

在下列情况下，积分声级计必须校准：

(1) 测量进行前及结束后；

(2) 在测量过程中，如需进行测试处所声压级变化梯度明显时（预计声级差超过 30dB）；例如：在结束机器处所噪声测量后即将进行船员居住处所测试时，应对积分声级计重新校准；

(3) 积分声级计读数状况与被测量处所实际噪声状况明显不符时。

积分声级计、校准仪及校准方法应符合本篇 2.2.2 条之规定。

### 2.7.3 背景噪声测量（适用时）

如根据本篇 2.5.3 条的判断标准，当外部背景噪声影响到船上噪声测量结果时，验船师应要求测量机构对背景噪声进行测量并记录，以便在最终测试报告中对船上噪声测量结果予以修正。

对船舶以外声源所产生的噪声进行测试应在确保船舶安全的前提下进行。通常进行背景噪声测量时，船上噪声源应处于关闭状态。背景噪声测量点应与相应的船上噪声测量点一致（参见本篇 2.9 中测量点选择的相关规定）。

应当注意到当进行海上试航工况噪声测量时，如果将主机、发电机、风机等形成船上主要噪声源的设备全部关闭非常危险时。如需测定船舶以外声源所产生的噪声可以采取将船上噪声源设备输出功率减低到一个比较低的值。

### 2.7.4 船上噪声测量

噪声级测量应采用积分声级计以空间平均值方式进行，当对居住处所进行测量时传声器应缓慢地在测量点水平方向或垂直方向上移动超过 1 m。

本篇中的噪声测量仅限于被测量处所内常规条件下的连续的噪声。某些间歇性的噪声，例如：压力容器的安全阀动作时发出的噪声、空压机启动的噪声以及主机在启动、测爆压时的所产生的噪声均不在测量范围。

当舱室内噪声超标时，应根据本篇 2.11.2 所述采用倍频程滤波器以 1/3 倍频程读取该舱室内噪声值，以便分析该舱室内噪声超标的原因。

## 2.8 噪声暴露等级的确定

除了连续噪声级的测量以外，还应根据 ISO 9612-2009 并结合本篇第 4 章中的相关规定，确定船员的噪声暴露等级。

## 2.9 船上噪声测量点的选择

## 2.9.1 测量点选择的一般原则

在本篇没有特别说明时，测量点（即传声器位置）应符合如下原则：

- (1) 测量点应尽可能选择靠近人员工作的位置；
- (2) 测量时传声器应放在甲板以上 1.2 m（模拟坐着的人员）和 1.6 m（模拟站着的人员）之间的高度处；
- (3) 两个测量点之间的距离至少应为 2 m，在无机器的大处所内，整个处所应按不大于 10 m 的间距（包括最大噪声级位置在内）进行测量；
- (4) 传声器位置应距离反射表面 1m 以上，并尽可能远离反射表面。对于船上狭小位置可适当放宽要求，但无论如何传声器距离反射表面的距离不应小于 0.5m。反射面对声级测量的影响可采用如下方式进行评估：  
声源到反射面的距离为 A，反射表面到声级计的距离为 B，声源到声级计的距离为 C，则当  $(A+B) > 3C$  时，即路程距离比大于 3 时，单一反射面对声级测量的影响小于 0.5dB，此时反射面对声级测量的影响可以忽略不计；
- (5) 在测量噪声级时，传声器的位置应尽可能与气流方向的夹角不小于  $30^\circ$ ，且距发动机、通风、空调和冷却系统的进气口或排气口边缘不小于 1 m；
- (6) 在电力设备附近测量时，应考虑电磁场对测量结果的影响。如果改变传声器方位（不改变位置）发现积分声级计指示的声级有明显变化，应变换声级计的方位或者在离磁场更远的地方进行测量；
- (7) 在振动明显的环境中进行测量时应考虑振动对测量结果的影响，避免振动方向与声级计的膜片方向垂直。

## 2.9.2 机器处所的测量

### 2.9.2.1 机器处所的测量范围

所有机器处所的噪声值均应进行测量，以下处所均应认为是机器处所：

- (1) 机器处所；
- (2) 机器控制室；
- (3) 非机器处所组成部分的船员工作房间，如：工作间、机修间等<sup>1</sup>；
- (4) 露天甲板上船员工作机器处，如：露天甲板上如锚机、绞缆机等操作位置以及与通信相关的露天甲板工作处所等，以及船员在进行例行检查、调整和维护保养时通常停留的所有其它位置和通道等。
- (5) 在测量过程中，如发现其他位置噪声级与规定的位置的测定值有显著差异时，即大于上述位置测定值 5 dB(A)时，则应在相应位置进行补充测量。补充测量的位置及结果应在报告中记录。

### 2.9.2.2 机器处所内噪声测量点选择

机器处所内测量点的选择应当尽可能靠近船员的主要工作位置，特别是那些靠近电话所在处和传话及声响信号设备的重要位置，下列形成噪声源的机器设备附近的噪声级必须进行测量：

- a. 在每一层的主涡轮机或主柴油机
- b. 主齿轮箱
- c. 涡轮鼓风机
- d. 分油机
- e. 交流发电机和发电机组
- f. 锅炉生火平台
- g. 强力鼓风机和/或抽风机
- h. 压缩机
- i. 货泵（包括其驱动电机或涡轮机）

对上述设备附近的噪声进行测量时，测量点的选择应符合以下规定：

---

<sup>1</sup>机器处所内应急逃生通道等，通常不会有船员工作的房间或处所无需测量。

(1) 传声器通常距离上述机器以及甲板、舱壁或其他大的表面或空气进口等的距离应不小于 1m。如这不可能, 测量应在机器和相邻反射表面之间的中点处进行;

(2) 测量点的间距应不小于 2m, 但也不应大于 3m;

(3) 当在大型发动机或其他空间较大的机器处所(如通常货船的机舱)内进行测量时, 在按上述间距测得的声压级 dB(A)变化不超过 5 分贝, 且测得的声压级均满足本篇 2.11.1 的要求, 为了避免不必要地进行大量不切实际的测量和记录, 不必在每个位置都进行记录。但是, 应对主机、发电机、锅炉等重要设备的本地控制位置等具有代表性的位置以及最大噪声级的位置进行全面的测量, 在每层机舱平台上并应至少记录 4 次测量结果。

### **2.9.2.3 机器控制室内测量点选择**

机器控制室内所有船员值班位置均应进行测量, 测量点应选择尽可能靠近船员工作的位置, 测量点的选择可参照本篇 2.9.4.3 中之规定, 测量点的间隔不应小于 2m, 但也不应大于 10m。机器控制室内的测量点应至少包括以下位置, 在报告中只需要记录测量结果的最大值:

- (1) 所有机器控制台操作位置(包括主操作台与应急操作台);
- (2) 控制室通讯位置;
- (3) 当控制室内有配电板时, 配电板的操作位置;
- (4) 其他船员可能工作的位置。

### **2.9.2.4 非机器处所组成部分的船员工作房间**

所有机器处所内其他有船员工作的房间, 如工作间、机修间等均应测量。测量点的选择可参照本篇 2.9.4.3 中之规定, 测量点的间隔不应小于 2m, 但也不应大于 10m, 并尽可能选择靠近船员工作的位置(机床、钻台、工作台、电焊位置等), 测量时相应的设备应处于运行状态, 但在报告中只需要记录测量结果的最大值。

### **2.9.2.5 露天甲板上船员工作机器处所测量点选择**

位于露天甲板上的船员工作位置(如正常航行时的瞭望、通讯位置等)的噪声应进行测量。当在露天甲板进行测量时, 测量点应尽可能选择靠近船员实际工作的位置。如果这类处所的噪声级在不同的位置有显著差异时, 即大于 5 dB(A)时, 则应在其他测点进行补充测量, 补充测量结果应在测试报告中记录。

## **2.9.3 驾驶处所的测量**

### **2.9.3.1 驾驶室处所内测量范围**

所有驾驶处所的噪声值均应进行测量, 具体如下:

- (1) 正常驾驶、操舵位置;
- (2) 室内及驾驶室两翼瞭望位置;
- (3) 航行灯、雷达等助航设备操作位置;
- (4) 海图作业位置;
- (5) 无线电设备操作位置;
- (6) 火警、通用广播、通用报警值班及操作位置;
- (7) 其他需要连续有船员值班的位置;
- (8) 在测量过程中, 如发现其他位置噪声级与规定的位置的测定值可能大于上述位置测定值 5 dB(A)时, 则应在相应位置增加测量点进行补充测量。补充测量的位置及结果应在报告中记录。

### **2.9.3.2 室内驾驶处所测量点选择**

2.9.3.1 中所述每个位置至少应测量 1 点。当被测量的处所范围较大时(长或宽大于 10m)时可适当增加测量点, 各测量点之间的间隔不应小于 2m, 但也不应大于 10m, 在报告中只需要记录测量结果的最大值。

### **2.9.3.3 露天驾驶室处所测量点选择**

驾驶台两翼船员瞭望位置的噪声均应进行测量，测量应在其中一翼处于船舶背风面时进行，测量点应尽可能靠近舷边。当风力大于蒲氏 2 级时应使用传声器风罩，并在报告中记录实际风速。

## 2.9.4 居住处所和服务处所的测量

### 2.9.4.1 居住处所和服务处所内测量范围

居住处所和服务处所内噪声测量范围如下：

- (1) 船员居住舱室（抽样检测）；
- (2) 医务室；
- (3) 餐厅；
- (4) 娱乐室及露天娱乐区域；
- (5) 办公室；
- (6) 厨房；
- (7) 备膳室和配餐间。

### 2.9.4.2 船员居住舱室的抽样方法

本篇对船员居住舱室（2.9.4.1 中（1）所述）采用抽样检测的方式进行检测。测量居住舱室的总数应不少于舱室总数的 40%。对于具有大量船员舱室的船舶（如客船或游船）这个比例可在合理范围内适当减小，但应使主管机关满意。各方在测试前应就测试范围达成一致。当测量舱室的总数少于舱室总数的 40%时，应选择较为靠近噪声源的舱室且具有一定代表性的舱室，并使船旗国主管机关满意。进行噪声测量的舱室应根据以下原则选取：

(1) 优先选择本身包含噪声源及与主要噪声源相邻的（如机器或机舱棚、结构风管等）容易受到噪声影响的居住舱室；

(2) 如某舱室内噪声测量结果已达到本篇 2.11.1 中所规定的噪声级极限值，则与舱室相邻的舱室应进行补充测量。补充测量结果应在噪声测量报告中记录。这些补充测量的舱室不应计入 2.9.4.2 中所述 40%的测试范围；

(3) 对于未列入上述测试范围的舱室应进行随机测量，随机测量范围应不小于舱室总数的 10%。随机测量的结果仅作参考，无需在噪声测量报告中记录。如在随机测量中发现某区域舱室噪声结果已达到本篇 2.11.1 中所规定的噪声级极限值，则应按上述（2）款中所述对该舱室本身及相邻舱室进行补充测量，并在噪声测量报告中记录。这些补充测量的舱室不应计入 2.9.4.2 中所述 40%的测试范围。

### 2.9.4.3 居住处所和服务处所内测量点选择

居住处所和服务处所内测量点的数量及位置应根据舱室面积的大小确定，测量各相关方也可在本篇规定的范围之外增加测量点以作参考，但在报告中只需记录所有测试点中的最大值。居住处所和服务处所内测量点的选取应符合以下要求：

(1) 对于长宽均小于 10m 的处所：应至少测量 1 点并在测试报告中记录。测量点应选择尽可能靠近该处所的中央的位置（如图 2.1 所示）；

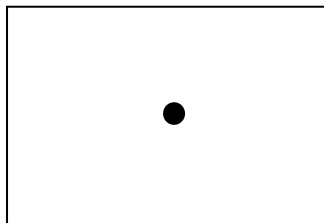


图 2.1 长宽均小于 10m 的处所

(2) 对于长或宽其中一者大于 10m 的处所：应至少测量 3 点，但在测试报告中只需记录所有测定结果的最大值。测量点应选择尽可能靠近该处所中央的 1 点和，长或宽（大于 10m 者）方向距离处所中央位置最远的 2 点（如图 2.2 所示）。各测量点之间的距离应不小于 2m 且不大于 10m，任何测量点

距处所边界的距离不得小于 0.5 米，当被测量处所位置较大而无法满时应适当增加测量点；

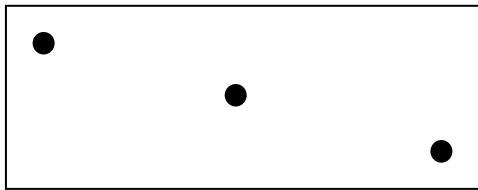


图 2.2 长或宽其中之一大于 10m 的处所

(3) 对于长和宽均大于 10m 的处所：应至少测量 5 点，但在测试报告中只需记录所有测定结果的最大值。测量点应选择尽可能靠近该处所中央的 1 点和尽可能靠近该处所四角的 4 点（如图 2.3 所示）。各测量点之间的距离应不小于 2m 且不大于 10m，任何测量点距处所边界的距离不得小于 0.5 米，当被测量处所位置较大而无法满时应增加测量点。

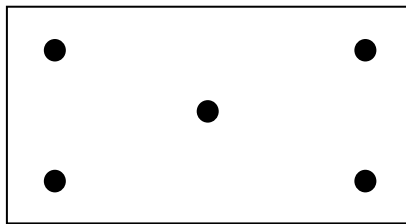


图 2.3 长和宽均大于 10m 的处所

(4) 如果室内的噪声级，特别是在靠近坐着或躺着人员头部位置处有显著差异，即大于 5 dB(A) 时，则应在其他测点进行补充测量，补充测量的位置及结果应在测试报告中记录。

#### 2.9.4.4 露天娱乐区域测量点的选择

对露天甲板上的娱乐活动用的所有区域内噪声进行测量时，测量点的选取应符合以下要求：

(1) 测量点的数量可参照 2.9.4.3 条 (1) - (3) 项进行选择，测量位置应选择该处所中靠近噪声源的典型位置进行测量，测试报告中只需记录测量结果的最大值；

(2) 如果这类处所的噪声级在不同的位置有显著差异时，即大于 5 dB(A) 时，则应在其他测点进行补充测量，补充测量结果应在测试报告中记录。

#### 2.9.5 其他船员可能短时暴露处所的测量

##### 2.9.5.1 其他船员可能短时暴露处所的测量范围

在 2.9.2-2.9.4 所述的处所以外，还应根据实际情况对其他船员可能短时暴露的处所进行噪声测量，具体如下：

- (1) 断续使用的机械处所（应急发电机、应急消防泵、锚机操作位置等）；
- (2) 存在声级在 85dB(A) 以上的声源的处所；
- (3) 其他噪声级预计在 85dB(A) 以上的处所；

对于通常无人的处所、货舱、甲板区域和其他远离噪声的处所，不必测量噪声级。

##### 2.9.5.2 其他船员可能短时暴露处所测量点的选则

对其他船员可能短时间暴露的处所进行测量时，测量点应尽可能靠近船员实际可能暴露的位置并符合以下原则：

(1) 对于机器处所测量点的选则可参照本篇 2.9.2.2 条要求进行选择，至少应测量 1 点。如该处所空间较大可结合处所内噪声分布的特点适当增加一些测量点，测量点之间的间隔不应小于 2m，但也不应大于 10m，但在报告中只需记录所有测量点中的最大值；

(2) 对于值班处所、居住处所、服务处所测量点的选择可参照 2.9.4.3 条要求；

(3) 对货舱内需要有人员作业的区域，测量点应尽可能靠近船员实际工作的位置，每个货舱至少

应测量 3 点。

## **2.9.6 高噪声设备运行附加测量**

### **2.9.6.1 高噪声设备运行附加测量的测量范围**

如船舶安装有本篇 2.6.2 所述的高噪声设备，应在结合海上试航进行高噪声设备运转时的附加噪声测量，测试时船舶应符合 2.6.2 中所述的测试工况。进行噪声测量的范围如下：

- (1) 设备所在舱室；
- (2) 与设备所在舱室相邻的舱室，如居住处所、值班站及其他舱室；
- (3) 如某舱室内噪声测量结果已达到 2.11.1 所规定的噪声级极限值，则应扩大测量范围，与舱室相邻的所有舱室也应进行噪声测量。

### **2.9.6.2 高噪声设备运行附加测量测量点的选则**

进行高噪声设备运行附加测量时，测量点应尽可能靠近船员实际可能暴露的位置并符合以下原则：

- (1) 对于设备所在舱室测量点的选则可参照本篇 2.9.2.2 条要求进行选择，至少应测量 1 点。如该处所空间较大可结合处所内噪声分布的特点适当增加一些测量点，测量点之间的间隔不应小于 2m，但也不应大于 10m，但在报告中只需记录所有测量点中的最大值；
- (2) 对于值班处所、居住处所、服务处所测量点的选择可参照 2.9.4.3 条要求；
- (3) 对于露天处所测量点的选择可参照 2.8.4.4 条要求。

## **2.9.7 港内作业工况测量**

### **2.9.7.1 机械正在工作的机器处所内噪声测量**

进行机械正在工作的机器处所内进行噪声测量时，船舶状态应符合 2.6.3.1 中所述的测试工况要求。测量点应参照本篇 2.9.2.2 条要求进行选择。

### **2.9.7.2 起货设备运行时噪声测量**

进行起货设备运行噪声测量时，船舶状态应符合 2.6.3.2 中所述的测试工况。测量范围应选择靠近起货设备的值班站、居住处所等当货物装卸设备运行时噪声可能高于本篇 2.11.1 所规定的最大噪声级的处所。测量点的选择可参照 2.9.4.3 条要求，如某舱室内噪声测量结果已达到 2.11.1 所规定的噪声级极限值，则与舱室相邻的所有舱室也应进行噪声测量。

### **2.9.7.3 车辆装卸工况下噪声测量**

进行车辆装卸工况下噪声测量，船舶状态应符合 2.6.3.3 中所述的测试工况。货舱内需要船员连续值班的位置均可进行测量，测量点应尽可能靠近货舱内船员实际工作的位置，测量点之间的间隔不应小于 2m，但也不应大于 10m。

## **2.10 测量结果修正**

### **2.10.1 噪声测量结果修正的适用范围**

船上测量的过程中应使得船舶外部声源所产生的噪声（背景噪声）尽可能小，以确保测试的结果的准确性。当确实无法做到时，应根据本篇 2.7.3 部分要求对船舶外部声源所产生的背景噪声予以测量，并对船上实际噪声结果按本条之规定予以修正，并在最终的噪声测量报告中应完整地记录如下内容：

- (1) 船舶外部声源的类型；
- (2) 船上噪声测量时的船舶状态、环境条件及原始测量结果 ( $L_M$ )；
- (3) 背景噪声测量时的船舶状态、环境条件及测量结果 ( $L_B$ )；
- (4) 测量结果修正方法；
- (5) 修正后的实际噪声级 ( $L_C$ )。

### **2.10.2 噪声测量结果的修正要求**

船上噪声测量结果是否需要修正主要取决于船上噪声的原始测量值 ( $L_M$ ) 与背景噪声 ( $L_B$ ) 之差，在实践中可参照以下要求：

- (1) 当船上噪声的原始测量值 ( $L_M$ ) -背景噪声 ( $L_B$ )  $\leq 3\text{dB}$ , 测量无效;
- (2) 应认定外部声源影响船上噪声测量结果, 且必须根据本篇 2.10.3 中当船上噪声的原始测量值 ( $L_M$ ) -背景噪声 ( $L_B$ )  $\leq 10\text{dB}$  (但  $> 3\text{dB}$ ), 要求对测量结果进行修正;
- (3) 当船上噪声的原始测量值 ( $L_M$ ) -背景噪声 ( $L_B$ )  $> 10\text{dB}$ , 可认为外部声源所产生的噪声不至影响船上噪声测量结果, 无需对测量结果进行修正。

### 2.10.3 噪声测量结果的修正方法

船上噪声测量结果的修正应参照公式 2.1 进行 (单位 dB):

$$L_C = 10 \lg(10^{0.1L_M} - 10^{0.1L_B}) \quad 2.1$$

式中:  $L_C$ : 经修正后船上实际噪声级;

$L_M$ : 实际测得的船上原始噪声级;

$L_B$ : 实际测得的船舶以外声源所产生的噪声级。

当无法进行计算时, 也可采用表 2.1 或图 2.4 对船上噪声测量结果进行修正, 无论采用何种方法进行修正都应当在最终测试报告中予以说明。

表 2.1 船上噪声测量结果修正表 (单位 dB)

$L_M-L_B$	$L_C$	$L_M-L_B$	$L_C$	$L_M-L_B$	$L_C$	$L_M-L_B$	$L_C$
10.00	$L_M-0.458$	7.00	$L_M-0.967$	5.50	$L_M-1.438$	4.00	$L_M-2.205$
9.80	$L_M-0.480$	6.90	$L_M-0.992$	5.40	$L_M-1.478$	3.90	$L_M-2.272$
9.60	$L_M-0.504$	6.80	$L_M-1.018$	5.30	$L_M-1.519$	3.80	$L_M-2.342$
9.40	$L_M-0.530$	6.70	$L_M-1.045$	5.20	$L_M-1.561$	3.70	$L_M-2.415$
9.20	$L_M-0.556$	6.60	$L_M-1.072$	5.10	$L_M-1.605$	3.60	$L_M-2.491$
9.00	$L_M-0.584$	6.50	$L_M-1.101$	5.00	$L_M-1.651$	3.50	$L_M-2.570$
8.80	$L_M-0.614$	6.40	$L_M-1.130$	4.90	$L_M-1.698$	3.40	$L_M-2.653$
8.60	$L_M-0.645$	6.30	$L_M-1.160$	4.80	$L_M-1.747$	3.30	$L_M-2.739$
8.40	$L_M-0.678$	6.20	$L_M-1.191$	4.70	$L_M-1.797$	3.20	$L_M-2.829$
8.20	$L_M-0.713$	6.10	$L_M-1.223$	4.60	$L_M-1.849$	3.10	$L_M-2.922$
8.00	$L_M-0.749$	6.00	$L_M-1.256$	4.50	$L_M-1.903$	3.00	$L_M-3.021$
7.80	$L_M-0.788$	5.90	$L_M-1.290$	4.40	$L_M-1.959$	<3.00	测量无效
7.60	$L_M-0.829$	5.80	$L_M-1.325$	4.30	$L_M-2.017$		
7.40	$L_M-0.872$	5.70	$L_M-1.362$	4.20	$L_M-2.077$		
7.20	$L_M-0.918$	5.60	$L_M-1.399$	4.10	$L_M-2.140$		

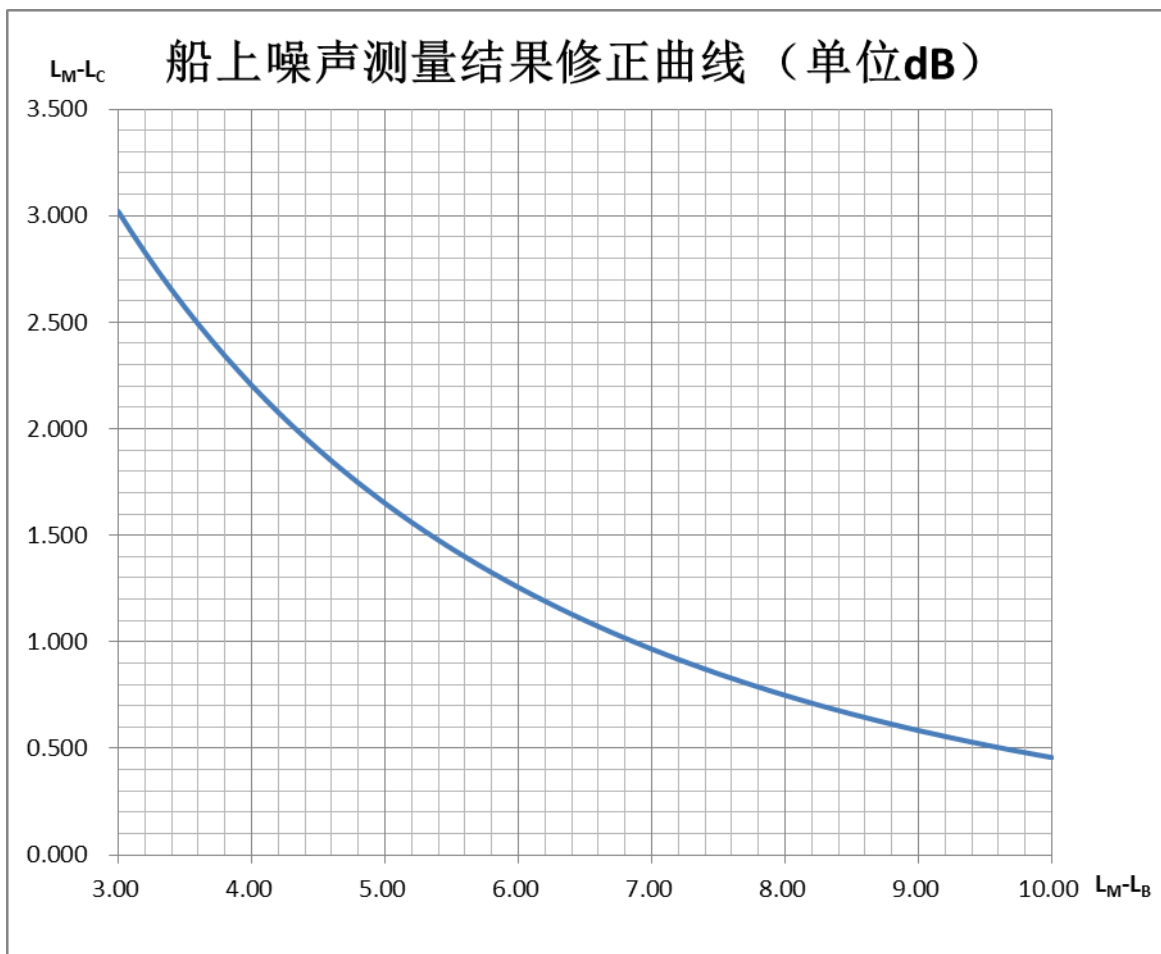


图 2.4 船上噪声测量结果修正曲线

## 2.11 测试结果的评定、复测与报告

### 2.11.1 测试结果的评定

当所有测量工作结束时，测量人员应及时根据表 2.2 要求对测量结果进行评定，也可在测试过程中及时对测试结果进行评定以确定是否需要进行复测。

表 2.2 不同处所的噪声级极限(dB(A))规定如下：

舱室和处所的名称	船舶尺寸	
	1,600 至 10,000 总吨	≥10,000 总吨
<b>工作处所</b>		
机器处所 <sup>1</sup>	110	110
机器控制室	75	75
并非机器处所组成部分的工作间	85	85
未规定的工作处所 <sup>2</sup> （其他工作区域）	85	85
<b>驾驶处所</b>		
驾驶台和海图室	65	65
观察岗，包括驾驶台两翼 <sup>3</sup> 和窗口	70	70
无线电室（无线电设备工作，但不产生声响信号）	60	60
雷达室	65	65
<b>居住处所</b>		
居住舱室和医疗室 <sup>4</sup>	60	55
餐厅	65	60
娱乐室	65	60
露天娱乐区域（外部娱乐区域）	75	75
办公室（包含没有床位的医疗室）	65	60
<b>服务处所</b>		
厨房（食物加工设备不工作）	75	75
备膳室和配膳间	75	75
<b>其他船员可能短时暴露处</b>		
见 2.8.5.1 中所述处所	90	90

应当注意到，船上测量结果受多种复杂因素影响而具有不确定性，当出现下述情况时候测量人员应进行复测以确保测试结果的客观性和准确性：

- （1）测量结果或经修正后的测量结果（适用时）大于表 2.2 所规定的噪声级极限值；
- （2）测量过程中环境条件或船舶状态发生显著变化，环境条件或船舶状态已无法满足本篇 2.5、2.6 中的要求；
- （3）有明确的证据表明测量记录或测试仪器的读数与所测位置实际情况不符的；
- （4）其他可能影响测量结果准确性的情况（如机械设备更换或居住处所结构变化等）发生时。

### 2.11.2 局部噪声超标时的复测程序

对因 2.11.1 中（1）款所述原因进行复测的位置，测量人员在复测时应遵循以下原则：

<sup>1</sup> 如果机器运行时超出了最大噪声级（仅在按照本篇 1.3.3 的规定准予免除的情况下方可允许），停留应限制在很短时间或完全不得允许。应按照 5.2 规定对该区域进行标注。

<sup>2</sup> 例如非机器处所的露天甲板工作处所以及与通信相关的露天甲板工作处所。

<sup>3</sup> 参阅同时适用的守听岗位噪声级测量方法的建议案（A.343(IX)决议）。

<sup>4</sup> 设有床铺的医疗室。

(1) 复测前测试人员首先应对该处所内噪声状况进行分析。可按 1/3 倍频程读取该测量点的噪声声压级，以便分析该位置噪声超标的原因。待导致该位置噪声级超标的因素解决后，再次根据本篇 2.7 所述程序进行噪声测量并根据本篇 2.11.4 中的要求对复测结果进行评定，以确定最终复测结果；

(2) 当无法确定导致该测量点噪声超标的原因时，测试人员可以在相应的处所增加 3 个测量点。新增测量点应选择以原测量点为中心且距原测量点 2m 以内的位置，并尽可能均匀地分布在原测量点周围。复测结束后应首先根据本篇 2.11.4 中的要求对复测结果进行评定，以确定最终复测结果。最终复测结果中如至少有 2 点的测量值小于或等于 2.11.1 中所规定的噪声级极限值，即可判定原测试点噪声级满足要求。反之，则应判定该测量点的噪声状况不合格。

### **2.11.3 其他情况下的复测程序**

对因 2.11.1 中 (2) - (4) 款所述原因进行复测的位置，测量人员应在确认影响噪声测量的因素消除后根据本篇 2.7 所述程序进行噪声测量，并根据本篇 2.11.4 中的要求对复测结果进行评定，以确定最终复测结果。

如测量结束后发现测量结果或经修正后的测量结果 (适用时) 大于 2.11.1 所规定的噪声级极限值时应按 2.11.2 所述程序进行处理。

如测量过程中再次出现 2.11.1 中 (2) - (4) 款所述情况时应立即停止测试，待相关原因消除后再次进行复测，直至满足要求为止。

### **2.11.4 复测结果的评定**

应当认识到，任何两次复测的环境及测量仪器不可能完全相同，因而任何两次测量的结果不会完全相同。对复测结果应根据如下原则进行评定：

(1) 复测时测得的声压级与原测定值的偏差等于或小于 1.5dB 属正常范围；

(2) 复测时测得的声压级与原测定值的偏差大于 1.5dB 时，测试人员应分析造成过测量偏差的原因，并在最终测试报告中记录合理的测定值。如无法找到造成测量偏差的原因时，在最终测试报告中记录的应当是几次测量结果中的最大值。

如进行复测，测试人员应在最终测试报告中明确描述进行复测的原因、详细过程、及测量结果。如进行过多次复测，每次复测的情况都应在最终测试报告中记录。复测时必须提前通知验船师，并经验船师确认，复测结果方为有效。

### **2.11.5 测量报告**

船舶噪声测量后，检测公司需出具详细的检测报告，，噪声测量报告应一直保存在船上并方便船员取阅。报告应包括船上各个处所噪声级的资料，明确记载每一规定测量点的读数。测量点应在报告所附的总布置图或居住舱室图纸上加以标注，或用其它方法说明。噪声测量报告的格式见附录一。

当船舶上发生机械设备更换或居住处所结构变化等可能影响舱室噪声的情况时，噪声级可能发生变化的舱室应根据本篇 2.11.1 条 (4) 款之要求进行复测。如复测结果与原测定结果偏差在 1.5dB 以上时，应对测量报告中的相关内容予以修正。

## **2.12 符合性验证**

船舶噪声检测应由 CCS 认可的检测公司，具有资质的检测人员执行；现场验船师应对噪声检测过程进行监督。船舶噪声检测完成后，验船师应核查验证：

(1) 确认船舶舱室噪声满足 2.11.1 要求；

(2) 核查是否已完成按本篇要求的所有舱室噪声测量；

(3) 核查检测报告填写是否正确。

验证完成后，验船师应对检测报告进行确认签署。

## 第3章 现场测试计权隔声指数的测量

### 3.1 一般要求

3.1.1 船厂需提供居住舱室的舱壁和甲板结构船上安装工艺提交现场验船师，使用的分隔结构需取得 CCS 认可证书。

3.1.2 在实船进行安装使用时不允许改变舱壁和甲板的结构形式和相关原材料物理特性。经认可的舱壁和甲板结构可以接受增加结构材料的厚度或容重，但结构型式的图纸需提交现场验船师。

3.1.3 高隔声指数的材料可以替代低隔声指数的材料或相同隔声指数材料之间可以互相替代。

3.1.4 居住处所之间的舱壁和甲板结构的隔声特性应符合下列计权隔声指数( $R_w$ ):

居住舱室到居住舱室	$R_w=35$
餐厅、娱乐室、公共处所和娱乐处所到居住舱室和医疗室	$R_w=45$
走廊到居住舱室	$R_w=30$
居住舱室到带有交通门的居住舱室	$R_w=30$

### 3.2 现场测试计权隔声指数 $R'_w$ 的船上测量

仅在下述情况下需选取有代表性舱室的分隔板、地板，进行现场测试计权隔声指数  $R'_w$  的船上测量。对现场测试计权隔声指数  $R'_w$  的测量，船厂需提前向验船师报验。

- (1) 有证据表明隔声材料的隔声指数不能满足 3.1.4 要求；
- (2) 对隔声材料的结构型式和相关原材料物理特性存在疑义；
- (3) 对隔声材料的安装型式存在疑义。

现场测试计权隔声指数  $R'_w$  应符合本章第 3.1.4 条的要求，其偏差不大于 3dB。

#### 3.2.1 测量安排

##### 3.2.1.1 测量时的船舶状态：

(1) 船舶已建造完工

(2) 测量可安排船舶停靠在码头时进行，尽量降低船上自身机械运转产生的噪声对测量所产生的影响。

- (3) 应急设备停止工作
- (4) 舱室门窗处于关闭状态
- (5) 舱室内所有必要的设备已安装到位
- (6) 艏侧推、防摇装置、动力定位装置停止工作（如设有）

##### 3.2.1.2 测量时的环境

应注意使船舶外部声源，例如人、娱乐、建造和修理工作所产生的噪声不致影响到测量位置处的声压级。接收室内的声压级在任何频带应比背景噪声声压级至少高 10dB，如不能满足，则按照本章 3.2.3.3 的要求进行修正。

建议测量在船舶非施工状态下进行，并尽可能在晚上进行。

3.2.1.3 在两个具有相同形状和尺寸的空房间之间进行测量时，应在每个房间加装扩散体（例如几件家具、建筑板材等），扩散体的面积至少为  $1\text{m}^2$ ，一般用 3-4 件即可，但这些扩散体应与房间结构有良好的隔振，例如将扩散体放在弹性垫上。除上述情况，均可直接进行测量。

##### 3.2.1.4 测量工艺文件

- (1) 在现场测试前，船厂或测量单位提供相关的测量工艺文件并得到 CCS 现场验船师的批准。
- (2) 测量工艺文件内容应至少包括：测量设备、测量人员、测量条件、测量程序、测试量和计算量、测量记录表、测量结果表达、测量报告格式等。

#### 3.2.2 测量机构和设备

3.2.2.1. 现场测量应由专业的公司进行实际操作，为了确保测量结果和报告的质量可以接受并具有可比性，测量机构必须经 CCS 认可。

3.2.2.2. 声压级测量设备的精度应符合 IEC60651 和 IEC60804 标准定义的 0 级或 1 级的准确度要求。如果制造商没有其他要求，包括传声器在内的整个测量系统在每次测量之前应使用符合 IEC60942 标准定义的 1 级精度的校准仪进行校准。用于平面波声场测量而校准的声级计，需进行扩散声场的修正。

3.2.2.3. 滤波器应符合 IEC61260 标准的要求。

3.2.2.4. 混响时间测量设备应符合 ISO354 标准的要求。

### 3.2.3 现场测试

3.2.3.1. 居住处所之间在测量频率内的现场测试计权隔声指数  $R'_w$  应由公式 3.1 进行计算：

$$R'_w = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S}{A} \quad 3.1$$

式中： $L_1$ ——声源室内平均声压级，单位为分贝（dB）

$L_2$ ——接收室内平均声压级，单位为分贝（dB）

$S$ ——隔墙的面积，单位为平方米（ $m^2$ ）

$A$ ——接收室的吸声量，单位为平方米（ $m^2$ ）

等效吸声量  $A$  可由赛宾公式进行计算： $A = 0.16V/T$ ， $V$  为接收室容积（ $m^3$ ）， $T$  为接收室的混响时间（s），即声源停止后，接收室内声压级衰变 60dB 所需的时间。

如果两相邻房间错开布置或地面标高不同， $S$  是两个房间隔墙共有部分的面积。如果共有部分面积小于  $10 m^2$  则须在测试报告中注明，此时  $S$  按  $(S, V/7.5)$  中的较大值计算，其中  $V$  是接收室（其中较小的房间）的容积，单位为  $m^3$ 。

一般而言，只有当共有隔墙面积约为  $10 m^2$  时，现场测量结果与实验室测量结果才有可比性。

3.2.3.2 声源室与接收室平均声压级的现场测量应采用 1/3 倍频程频带滤波器进行测量，并至少采用下列中心频率（Hz）：

100、125、160、200、250、315、400、500、630、800、1000、1250、1600、2000、2500、3150

3.2.3.3 声源室与接收室平均声压级测量结果修正

应测量背景噪声级以保证在接收室的测量不受诸如接收室外的噪声、接收系统电噪声或声源与接收系统间的串音等外部噪声的干扰。

背景噪声级应比信号和背景噪声叠加的总声级至少低 6dB（最好低 10dB 以上）。如果声压级差小于 10dB 而大于 6dB，对声级的修正可以由公式 3.2 求出：

$$L = 10 \lg \left( 10^{L_{sb}/10} - 10^{L_b/10} \right) \text{ dB} \quad 3.2$$

式中：

$L$ -修正后的声压级，单位为分贝（dB）

$L_{sb}$ -信号和背景噪声叠加的总声压级，单位为分贝（dB）

$L_b$ -背景噪声声压级，单位为分贝（dB）

如果任一频带的声压级差小于或等于 6dB，则均采用 6dB 差值的修正量 1.3dB 进行修正。

### 3.2.4 检测报告

为了表明房间之间的空气声隔声性能，应将 1/3 倍频程内所有频率的测量结果  $R_i$ （保留一位小数）以表格和曲线的形式给出。测试报告中的纵坐标是隔声指数，单位分贝（dB），纵坐标每 20mm 表示 10dB。横坐标是频率，单位赫兹（Hz），横坐标每 5mm 表示一个 1/3 倍频程。

注：当所测试材料的面积小于  $10m^2$  时， $R'_w$  指数的计算应考虑  $10m^2$  的最小值。

采用表 3.2（现场测试计权隔声指数测量报告,该参考曲线值取自 ISO717-1）的格式，形成一份隔声指数测量报告，报告应为中英文对照，要求列出测试的对象、测试步骤和测试结果等所有重要的信息。现场验船师应核查测量报告是否符合本章要求。

根据 ISO717-1 要求，试验所测数据应与其基准数据（表 3.1）进行比对，通过平移基准曲线与实测各频带的隔声指数进行比较，根据公式 3.3 方法计算得到一个  $\sum_{i=1}^{16} P_i$ ，使其尽可能接近 32dB 但不大于 32dB，这时将得到一个对应的平移量  $\Delta$ ，将基准值中频率 500Hz 的基准值 52dB 加上平移量  $\Delta$ ，即为现场测试计权隔声指数  $R'_w$ 。

**表 3.1 ISO717-1 中空气声比对基准值 K**

中心频率 (Hz)	基准值 (dB)
100	33
125	36
160	39
200	42
250	45
315	48
400	51
500	52
630	53
800	54
1000	55
1250	56
1600	56
2000	56
2500	56
3150	56

$$P_i = \begin{cases} K_i + \Delta - R_i & K_i + \Delta - R_i \geq 0 \\ 0 & K_i + \Delta - R_i \leq 0 \end{cases} \quad 3.3$$

式中：i—频带的序号，i=1—16，代表 100—3150Hz 频带范围内的 16 个 1/3 倍频程；

$P_i$  不利偏差；

$K_i$  为表 3.1 中第 i 个频带的基准值；

$\Delta$  为平移量（向下平移  $\Delta$  为负，向上平移  $\Delta$  为正）；

$R_i$  为第 i 个频带的实测量，精确到 0.1dB。

### 3.3 符合性验证

现场测试计权隔声指数  $R'_w$  的测量应由 CCS 认可的检测公司，具有资质的检测人员执行，验船师应核查验证：

- (1) 测量时的船舶状态和测量环境予以确认；
- (2) 现场测试计权隔声指数  $R'_w$  及结论满足本篇要求；
- (3) 核查检测报告的填写是否正确。

验证完成后，验船师应对检测报告进行签署。

**表 3.2 现场测试计权隔声指数测量报告**

现场测试计权隔声指数，两室之间空气声隔声的现场测量 (ISO140-4)

Apparent sound reduction (according to ISO140-4), Field measurements of airborne sound insulation between rooms

委托单位(Client):

测试日期(Date of test):

居住处所结构和测试安排的描述、测试范围(Description and identification of the accommodation spaces construction and test arrangement, direction of measurement):

隔墙面积(Area S of separating element): m<sup>2</sup>

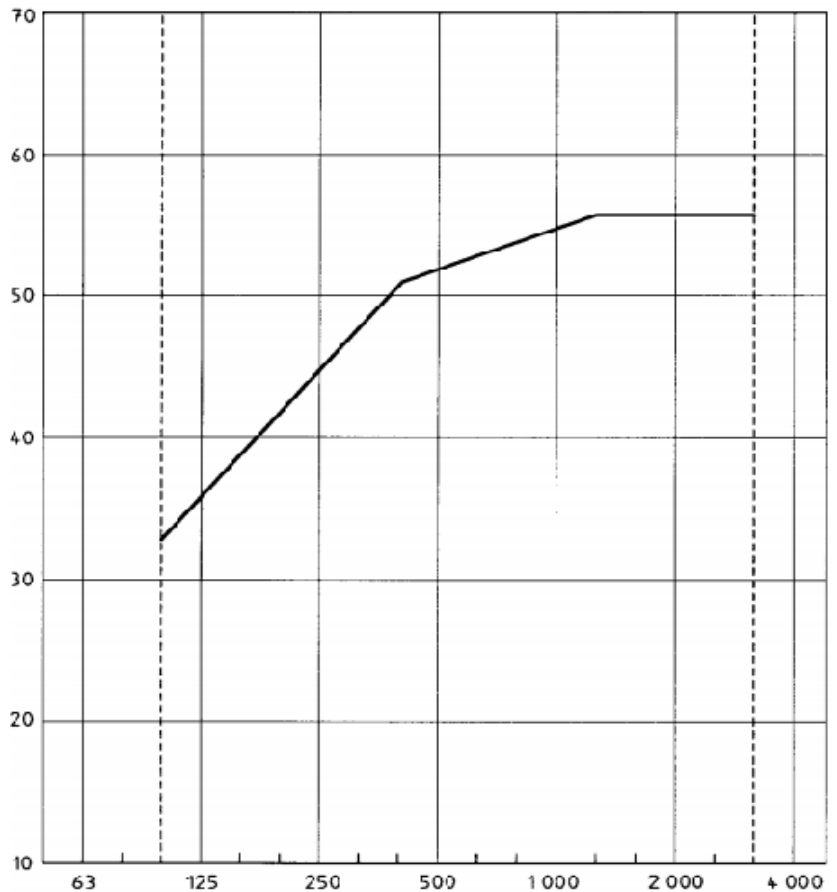
声源室容积(Source room volume): m<sup>3</sup>

接收室容积(Receiving room volume): m<sup>3</sup>

---ISO717-1 的频率范围 (Frequency range according to ISO717-1)

—ISO717-1 频率范围的参考值曲线(Curve of reference values)

频率 (Frequency)	R'
f/Hz	1/3 倍频程(one-third octave)dB
50	
63	
80	
100	
125	
160	
200	
250	
315	
400	
500	
630	
800	
1000	
1250	
1600	
2000	
2500	
3150	
4000	
5000	



根据 ISO717-1 的评价 (Rating according to ISO717-1): R'<sub>w</sub>=( )dB

测试报告编号(No of test report):

测试机构名称(Name of test institute):

日期(Date):

测量人员 (Signature):

验船师 (Surveyor):

## 第4章 噪声暴露等级的确定

### 4.1 一般要求

4.1.1 船舶噪声测量工作完成后，测量机构应将测量结果以报告的形式提交现场验船师，现场验船师应确认测量结果是否满足本篇 2.11.1 的要求，并根据确认结果分别开展以下工作：

- (1) 如果测量结果满足本篇 2.11.1 的要求，船东应提供一份噪声暴露等级计算报告，该报告应包括船上每一类船员的噪声暴露等级，暴露等级应根据 ISO 9612:2009 计算或者参考本篇 4.2、4.3 条提供的简化程序；
- (2) 如果测量结果中有舱室(但非居住处所) 的测量值超过本篇 2.11.1 的要求，则需要申请主管机关对该船非居住处所噪声限值超标情况给予免除，验船师应对船员噪声暴露等级计算报告进行审核，确认所有船员的噪声暴露等级不超过 80dB；
- (3) 获准免除的船舶还应满足本章 4.6 条的相关要求以减少船员对噪声的暴露。

### 4.2 船员噪声暴露等级的计算方法

4.2.1 每类船员的噪声暴露等级可以按照下述简化方法进行计算：

4.2.2 按照公式 4.1 计算每类船员在每个处所的噪声因子

$$L_{ex,24h,i} = L_{Aeq,i} + 10 \log(T_i/T_0) \quad 4.1$$

式中： $T_i$  系船上每个处所的有效暴露时间；

$T_0$  系基准时间 24 小时；

4.2.3  $L_{Aeq,i}$  系每个处所的 A-计权等效连续声级（试航时每个处所的测量结果）。根据每个处所的噪声因子计算每类船员的噪声暴露等级

$$L_{ex,24h} = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{ex,24h,i}}{10}} \right) \quad 4.2$$

### 4.3 船员暴露等级计算举例

以电工为例计算其一天的暴露量

电工的一整天可以分为下列几个部分：

i = 1	工作间	$T_i = 5$ 小时
i = 2	机械控制室	$T_i = 2$ 小时
i = 3	船舶办公室	$T_i = 2$ 小时
i = 4	机舱	$T_i = 1$ 小时
i = 5	非当班	$T_i = 14$ 小时
共计	24 小时	

表 4.1 计算结果

岗位类型	电工	地点/处所						
		驾驶台	船舶 办公室	机械 控制室	工作间	机舱	厨房	非当班
测得的 A-计权等效 连续声级 $L_{Aeq,i}$ [dB(A)]		64	63	75	84	85	72	60
有效暴露时间 $T_i$ [h]		0	2	2	5	1	0	14
噪声因子 $L_{ex,24h,i}$ [dB]		0	52.2	64.2	77.2	71.2	0	57.7
噪声暴露级 $L_{ex,24h}$ [dB]	78.3							

#### 4.4 船员暴露于高噪声级的限制

船上船员的噪声暴露等级和时长应符合本章4.4.2-4.4.5及图4.1的要求。

##### 4.4.1 采取听力保护措施时最大暴露要求 (A 区)

即使是佩戴听力保护器的船员，也不应暴露于超过120 dB(A) 的噪声级或超过105 dB(A)的 $L_{Aeq}$  (24)。

##### 4.4.2 偶尔暴露 (B 区)

在B区内，仅允许偶尔暴露，并应使用具有25至35 dB(A)降噪效果的听力保护器。

##### 4.4.3 偶尔暴露 (C 区)

在C区内，仅允许偶尔暴露，并应使用具有至少25 dB(A)降噪效果的听力保护器。

##### 4.4.4 日暴露 (D 区)

如果船员的例行工作（日暴露）在噪声级位于D区的处所内进行，应使用带有至少25 dB(A)降噪效果的听力保护器。

##### 4.4.5 无保护的暴露 (E 区)

没有采取听力保护措施的人员，不应暴露于噪声值超过 85dB (A) 的环境中，且在 85db (A) 的环境中，其暴露时间不应超过 8 小时。如果船员在高噪声级舱室中的暴露时间超过 8 小时，其 A 计权噪声暴露等级的计算结果不应超过 80dB(A)。且，在每 24 h 中至少有三分之一时间内，每个船员应处于噪声级不超过 75 dB(A)的环境中。

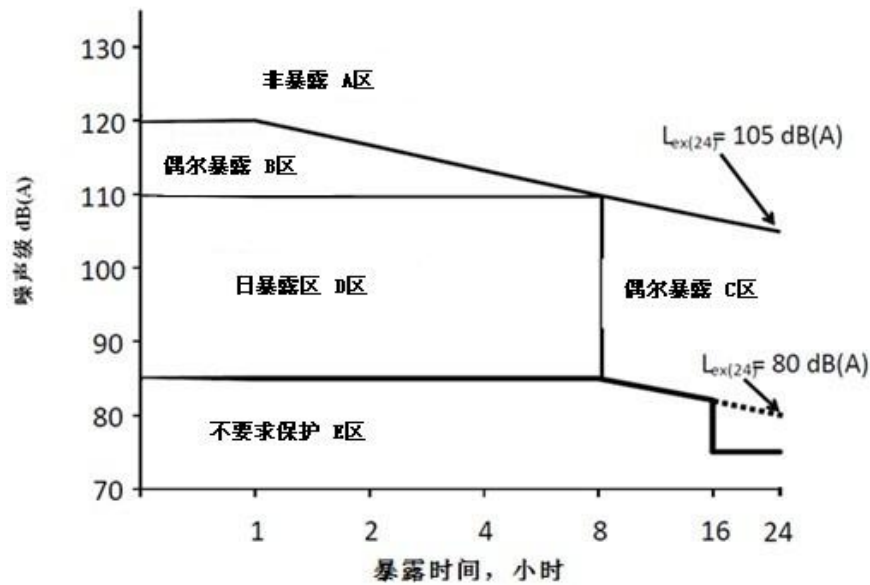


图 4.1 许可的每日和偶尔工作区

#### 4.5 24 小时等效连续声级的极限

本条作为符合上述 4.4 条规定的替代方法，即任何无保护的船员均不应暴露于大于 80dB (A) 的 24 小时等效连续声级的环境中。在要求使用听力保护器的处所内，每人的日暴露时间不应超过连续 4 小时或总共 8 小时。

#### 4.6 符合性验证

4.6.1 船东/船舶经营人应根据 ISO 9612:2009 或参考本篇 4.2、4.3 条提供的简易计算方法计算船上每一类船员的噪声暴露等级，计算结果应满足所有船员的噪声暴露等级在佩戴听力保护器时不超过 105dB，无佩戴听力保护器时不超过 80dB，并按 4.3 条中表 4.1 格式填写提交验船师；该文件作为船舶噪音防护的参考文件。

4.6.2 如船舶噪声测量结果不满足本篇 2.11.1 的要求，船舶经营人应制定相应的管理措施和防护措施，确保满足以下要求：

- (1) 在声压级超过 85dB (A) 的处所内，应给船员提供适当的听力保护措施，并限制其暴露时间，以确保保持一个等效的保护水平；
- (2) 任何船员不得在无保护的状态下暴露于超过 135dB (C) 的峰值；
- (3) 定期对船员听力进行测试；
- (4) 应对船员进行定期的有关听力保护及噪声危害方面的培训；
- (5) 不同噪声等级的区域应配备不同降噪效果的听力保护器，且船员的暴露时间应有明确限制，暴露时间和听力保护器的配备应符合 4.4 条的要求

4.6.3 为满足 4.6.2 要求，船舶经营人应提交如下文件，并通过 CCS 验证：

- (1) 4.6.1 要求的船上每一类船员噪声暴露等级计算报告；
- (2) 公司制定的关于船员在高噪声处所工作时进行听力保护的有关程序文件；
- (3) 船员在高噪声处所工作须知及各岗位在各高噪声处所的工作时间安排；
- (4) 船舶配备在船的符合要求的听力保护器的数量、等级及配备场所清单；
- (5) 对船员进行相关程序文件和须知的培训记录。

## 第5章 噪声检测的应用

### 5.1 一般要求

船上根据本篇 2.11.5 测量报告的数据显示噪声级超过 85 dB(A)的处所,应在这些处所的入口处悬挂警告牌,并向每个需要进入这类处所的船员提供有效的听力保护器。听力保护器的提供不应视为有效控制噪声的一种替代方法,任何时候都应优先采用工程降噪措施降低船员工作处所的噪声级。

### 5.2 警告牌的配备

5.2.1 噪声级大于 85 dB(A)处所入口处,必须悬挂由主管机关规定的以船舶工作语言及英文描述的符号和补充标志所组成的警告牌(如图 5.1),船舶建造完工前验船师应确认警告牌均已按要求悬挂在这些处所的入口处。

5.2.2 如果上述处所仅局部区域噪声级大于 85 dB(A),则可在对应于眼部高度(建议高度:1600mm ±200mm),对这个或这些特定地点或设备加以标明,并能从通道的各个方向上均可见到。

5.2.3 当进入警告牌要求使用听力保护器的处所时,应按 5.3 的要求佩戴适当的听力保护器。

5.2.4 警告牌应布置在醒目的位置,不应设在可移动的门、窗、架等物体上,以免这些物体移动时影响,不易观察到该警告牌。

5.2.5 警告牌前不应设置妨碍认读的障碍物,设置警告牌处应有良好的照明,警告牌的平面应与视线夹角尽量接近 90°,观察者位于最大观察距离时,最小夹角不得小于 75°。

表 5.1 警告标志

在噪声室的进口处悬挂的标志	
80 ~ 85 dB(A)	高噪声级—使用听力保护器
85 ~ 110 dB(A)	危险噪声—强制使用听力保护器
110 ~ 115 dB(A)	小心: 危险噪声—强制使用听力保护器—仅为短期逗留
> 115 dB(A)	小心: 超高噪声级—强制使用听力保护器—逗留时间不超过 10 分钟



图 5.1 噪声警告牌

### 5.3 船员听力保护器的配备

5.3.1 应按照附录二挑选适当的听力保护器,听力保护器应能把声压级降低到 85 dB(A)或更低;

5.3.2 听力保护器应持有 CCS 认可的证书;

5.3.3 听力保护器应存放于声压级超过 85 dB(A)的处所入口处并便于船员取用,其数量应保证相关船员每人一套;

5.3.4 验船师应核查听力保护器的配备满足上述要求。

## 附录一 噪声测量报告格式

# 噪声测量报告

## Noise Measurement Report

测试机构盖章  
Stamp of Test Institution

测量人员签名  
Signature of test Engineer

# 1. Ship and Machinery Particulars 船舶及机械设备概况

1.1. Ship particulars 基本信息			
Name of ship 船名		Port of registry 船籍港	
Date of contract 建造合同日期		IMO number IMO 编号	
Date of keel laying 安放龙骨日期		Type of ship 船舶类型	
Date of delivery 交船日期		Place of build 建造地点	
Name and address of shipowner 船舶所有人名称及地址			
Name and address of operator 船舶营运人名称及地址			
Name and address of shipbuilder 造船厂名称及地址			
1.2. Dimension and Tonnage 主尺度及吨位			
Length (m) 长度 (米)	Breadth (m) 宽度(米)	Depth (m) 型深 (米)	Draught at summer load line (m) 夏季载重线吃水(米)
Gross Tonnage 总吨位	Net Tonnage 净吨位		
1.3. Propulsion machinery 推进机械			
Manufacture 制造厂		Type 型号	Number of units 数量
Maximum continue speed of Main Engine 最大连续额定转速 (r/min)		Maximum continue rating – power of Main Engine 最大连续额定功率 (Kw)	
Normal designed service shaft speed		Normal service rating – power of Main Engine	

正常设计营运轴转速 (r/min)		正常营运额定功率 (kW)			
<b>1.4. Main reduction gear 减速齿轮箱</b>					
Manufacture 制造厂		Type 型号	Number of units 数量		
<b>1.5. Auxiliary diesel engines 辅助柴油机</b>					
No. 序号	Used for 用途	Particulars of equipment 设备参数			
		Manufacture 制造厂	Type 型式	Number of units 数量	Rating power 额定功率 (kW)
1					
2					
3					
--	--	--	--	--	--
<b>1.6. Propeller 推进器</b>					
Type of propeller 类型 <sup>1</sup>		Number of propellers 推进器数量			
Diameter of propeller 桨直径 (m)		Number of blades 每桨叶片数量			
Designed propeller shaft speed 设计螺旋桨轴转速					
Other propulsion (in case of special propulsion and power configurations) 其他类型推进 (特殊推进型式)					
<b>1.7. Ventilation Equipment 通风设备</b>					
Manufacture 制造厂		Type 型式			
Diameter of Fan 风机直径 (m)		Fan speed 转速 <sup>2</sup> (r/min)			
Airflow capacity 气流量 (m <sup>2</sup> /h)		Total pressure 总压力 (Pa)			

<sup>1</sup> fixed propeller 固定螺距螺旋桨、controllable pitch propeller 可调螺距螺旋桨、Voith-Schneider propeller 垂直翼螺旋桨

<sup>2</sup> 当风机转速可变时填写转速范围

<b>1.8. High noise levels equipment (When Applicable) 高噪声级设备 (适用时)</b>					
No. 序号	Name of Equipment 设备名称	Particulars of equipment 设备参数			
		Manufacture 制造厂	Type 型式	Number of units 数量	Rating power 额定功率 (kW)
1					
2					
3					
--	--	--	--	--	--
<b>1.9. Cargo handling equipment (When Applicable) 货物装卸设备 (适用时)</b>					
No. 序号	Manufacture 制造厂	Type 型式	Number of units 数量	Rating power 额定功率 (kW)	
1					
2					
3					
--	--	--	--	--	--

## 2. Measuring Instrumentation and personnel 测量设备及人员

2.1. Instrumentation 测量设备			
Instrumentation 设备名称	Manufacture 生产厂家	Type 型号	Serial No. 产品编号
Sound level meter 声级计			
Microphone 传声器			
Filter 滤波器			
Windscreen 风罩			
Calibrator 校准仪			
Other equipment 其他设备			
2.2. Calibration of Instrumentation 设备校准			
Instrumentation 设备名称	Date of Calibration 校准日期	Calibration Institution 校准机构	
Sound level meter 声级计			
Calibrator 校准仪			
2.3. Organizations which carrying out this measurements 测量机构			
Name 名称			
Address 地址			
Approved by 认可机构			
2.4. Person who carrying out this measurements 测量人员			
Name 人员姓名		Position 人员资质	
--	--	--	--

### 3. Conditions During Measurement 测量时环境条件

#### 3.1. Conditions during sea trials 海上试航测量工况

Place and Date 测量时间及地点			
Date of measurement 测量日期	Starting time 开始时间	Completion time 结束时间	Ship's position during measurement 测量时船位
Loading condition 测量时船舶装载工 况			
Weather Conditions during Measurement 测量时气象条件			
Wind speed 风速 (m/s)	Wind force 风力	Sea state 海况	Other 其他
Draught during Measurement 测量时船舶吃水			
Draught at forward 首吃水 (m)	Draught at Mid 中吃水 (m)	Draught at aft 尾吃水 (m)	Depth of water under keel 龙骨下水深 (m)
Condition of ship during Measurement 测量时船舶状态			
Ship speed during measurement 测试时航速(Kn)		Design speed 设计航速(Kn)	
Number of propulsion machinery units in operation 测量时推进机械运转台数		Load of propulsion machinery during measurement 测量时发动机负荷 (%MCR)	
Propulsion machinery speed 推进机械转速(rpm)		Power of propulsion machinery 推进机械输出功率(kW)	
Propeller pitch 螺旋桨螺距		Propeller shaft speed 螺旋桨轴转速(rpm)	
Number of auxiliary engines in operation 辅机运转台数		Total power of auxiliary engines in operation 辅机输出总功率(kW)	

Number of ventilation Fans in operation 机舱风机运转台数			Speed of ventilation Fans in operation 风机转速 (r/min)		
Other auxiliary equipment in operating (like Ventilation, heating and air conditioning equipment) 其他运转中的通风、加热、空调设备:					
<b>Conditions during high noise levels equipment in operation (When Applicable)</b> 高噪声级设备运转时附加噪声测量工况 (适用时)					
No. 序号	Name of Equipment which is in operation during measurement 测试阶段运转设备的名称		Ship speed during measurement 测试时航速	Power of Equipment during measurement 测试时设备输出功率	
--	--		--	--	

### 3.2. Conditions during measurement in port (When Applicable) 港口作业工况附加噪声测量工况 (适用时)

<b>Place and Date 测量时间及地点</b>			
Date of measurement 测量日期	Starting time 开始时间	Completion time 结束时间	Ship's position during measurement 测量时船位
Loading condition 测量时船舶装载工况			
<b>Weather Conditions during Measurement 测量时气象条件</b>			
Wind speed 风速 (m/s)	Wind force 风力	Sea state 海况	Other 其他
<b>Draught during Measurement 测量时船舶吃水</b>			
Draught at forward	Draught at Mid	Draught at aft	Depth of water under

首吃水 (m)	中吃水 (m)	尾吃水 (m)	keel 龙骨下水深 (m)
<b>Condition of ship during Measurement 测量时船舶状态</b>			
Number of auxiliary engines in operation 辅机运转台数		Total power of auxiliary engines in operation 辅机输出总功率(kW)	
Number of ventilation Fans in operation 机舱风机运转台数		Speed of ventilation Fans in operation 风机转速 (r/min)	
Other auxiliary equipment in operating (like Ventilation, heating and air conditioning equipment) 其他运转中的通风、加热、空调设备:			
<b>Conditions of cargo handling equipment during measurement 货物装卸设备运转工况</b>			
No. 序号	Name of cargo handling equipment which is in operation during measurement 测试阶段运转设备的名称	Power of Equipment during measurement 测试时设备输出功率	
--	--	--	

## 4. Measuring data during sea trials 海上试航测量数据

### 4.1. Machine spaces 机器处所

No. 序号	Position 位置	L <sub>M</sub> dB(A)	L <sub>B</sub> dB(A)	L <sub>C</sub> dB(A)	L <sub>L</sub> dB(A)	Result 结论
1						
2						
3						
--	--	--	--	--	--	--

L<sub>M</sub>: Measured Value 测量值

L<sub>B</sub>: Background Noise 背景噪声

L<sub>C</sub>: Corrected Value 修正值

L<sub>L</sub>: Noise level limits 该处所允许的最大噪声

### 4.2. Navigation spaces 驾驶处所

No. 序号	Position 位置	L <sub>M</sub> dB(A)	L <sub>B</sub> dB(A)	L <sub>C</sub> dB(A)	L <sub>L</sub> dB(A)	Result 结论
1						
2						
3						
--	--	--	--	--	--	--

L<sub>M</sub>: Measured Value 测量值

L<sub>B</sub>: Background Noise 背景噪声

L<sub>C</sub>: Corrected Value 修正值

L<sub>L</sub>: Noise level limits 该处所允许的最大噪声

### 4.3. Accommodation and Service spaces 起居及服务处所

No. 序号	Position 位置	L <sub>M</sub> dB(A)	L <sub>B</sub> dB(A)	L <sub>C</sub> dB(A)	L <sub>L</sub> dB(A)	Result 结论
1						
2						
3						
--	--	--	--	--	--	--

L<sub>M</sub>: Measured Value 测量值

L<sub>B</sub>: Background Noise 背景噪声

L<sub>C</sub>: Corrected Value 修正值

L<sub>L</sub>: Noise level limits 该处所允许的最大噪声

#### 4.4. Other spaces 其他处所

No. 序号	Position 位置	L <sub>M</sub> dB(A)	L <sub>B</sub> dB(A)	L <sub>C</sub> dB(A)	L <sub>L</sub> dB(A)	Result 结论
1						
2						
3						
--	--	--	--	--	--	--

L<sub>M</sub>: Measured Value 测量值

L<sub>B</sub>: Background Noise 背景噪声

L<sub>C</sub>: Corrected Value 修正值

L<sub>L</sub>: Noise level limits 该处所允许的最大噪声

#### Appendix: Description of Measured Points 附录：测量点示意图

**5. Measuring data during high noise levels equipment is in operation**  
**(When Applicable) 高噪声设备运行时附加噪声测量数据 (适用时)**

Name of Equipment which is in operation during measurement 测试时运转设备的名称						
No. 序号	Position 位置	L <sub>M</sub> dB(A)	L <sub>B</sub> dB(A)	L <sub>C</sub> dB(A)	L <sub>L</sub> dB(A)	Result 结论
1						
2						
3						
--	--	--	--	--	--	--

L<sub>M</sub>: Measured Value 测量值  
L<sub>B</sub>: Background Noise 背景噪声  
L<sub>C</sub>: Corrected Value 修正值  
L<sub>L</sub>: Noise level limits 该处所允许的最大噪声

**Appendix: Description of Measured Points 附录：测量点示意图**

**6. Measuring data of operating conditions in port (When Applicable) 港口作业工况附加噪声测量 (适用时)**

No. 序号	Position 位置	L <sub>M</sub> dB(A)	L <sub>B</sub> dB(A)	L <sub>C</sub> dB(A)	L <sub>L</sub> dB(A)	Result 结论
1						
2						
3						
--	--	--	--	--	--	--

L<sub>M</sub>: Measured Value 测量值

L<sub>B</sub>: Background Noise 背景噪声

L<sub>C</sub>: Corrected Value 修正值

L<sub>L</sub>: Noise level limits 该处所允许的最大噪声

**Appendix: Description of Measured Points 附录: 测量点示意图**

**7. Main noise abatement measures (list measures taken) 主要噪声控制措施**

**8. Remarks 备注**

## 附录二 听力保护器的选择

### 1、听力保护器的选择方法（HML-方法）

根据 ISO4869-2:1994 中所述的 HML-方法选择适当的听力保护器。HML-方法的简述和使用方法如下：

(1) HML-方法是按照 ISO 4869-2:1994 的要求计算听力保护器的评定等级。H, M 和 L 评定等级的使用要求 A-计权( $L_{Aeq}$ )和 C-计权( $L_{ceq}$ )噪声的声压级以及制造厂提供的所述听力保护器的 HML 值。

(2) 听力保护器的 HML 值与其提供的高、中和低频率噪声的衰减相关。H 和 M 值用于暴露噪声级保护的计算，该噪声在中、高频率具有初次能源。如果测得的  $L_{ceq}$  级和  $L_{Aeq}$  级相差 2dB 或更少，即视为此种情况。

(3) 听力保护器的 M 和 L 值用于暴露噪声级保护的计算，该噪声具有明显的低频率成分。如果听力保护器拟使用的处所内所测得的  $L_{ceq}$  级和  $L_{Aeq}$  级相差大于 2dB 时，即视为此种情况。

### 2、HML-方法简易用法的实例：

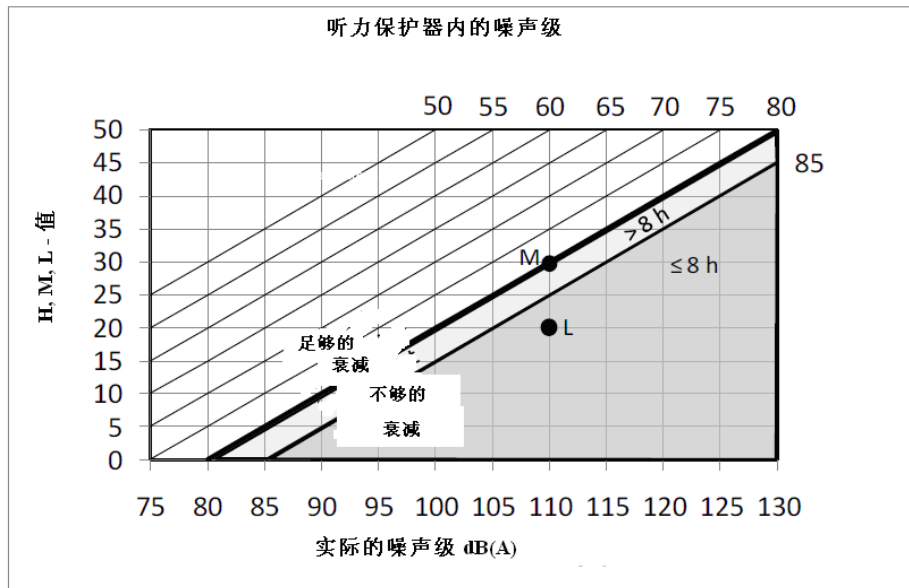


图 1 听力保护器内的噪声级

某船舶，机舱内测得的声级为 110dB(A), 115dB(C)。根据制造厂提供的 H = 35 dB, M = 30 dB, L = 20 dB, 所选择的听力保护器具有下列隔声功能：

- (1) 在图 1 上，自实际噪声级开始的直线上标注听力保护器的 L 和 M 值 (110dB(A))。
- (2) 判断噪声具有低或高/中频率。如果  $L_{ceq} - L_{Aeq}$  大于 2dB, 则噪声具有低频率(L), 如果  $L_{ceq} - L_{Aeq}$  等于或小于 2dB, 则噪声具有高/中频率 (M)。
- (3) 如果声音处于高/中频率 ( $L_{ceq} - L_{Aeq} \leq 2$ )，在图 1 中，沿 M-值的对角线读取听力保护器内的噪声级。在此情况下，听力保护器内的噪声级为 80dB(A)，表明听力保护器的隔声足以供每日工作超过 8 小时使用。
- (4) 如果声音处于低频率 ( $L_{ceq} - L_{Aeq} > 2$ )，在图 1 中，沿 L-值的对角线读取听力保护器内的噪声值。在此情况下，听力保护器内的噪声级为大于 85dB(A)，表明听力保护器性能不够好，不足以供工作 8 个小时使用。应选用一个 L-值大于 25dB 的听力保护器作为替代。

### 3、采用 HML-方法的计算原则和实例

3.1 特定噪声环境下某个保护器可行性的确定也可以进行计算。H、M 和 L 值可以被用于对特定噪声情况下某一保护器的 L'A（耳内总 A-计权噪声级）进行估算。

(1) 计算  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$ （这就要求对  $L_{Aeq}$  和  $L_{Ceq}$  进行测量，所有的 1 级声级计均可采用 A-计权或 C-计权。）

(2) 如果  $L_{Ceq}-L_{Aeq} \leq 2\text{dB}$ ，预测降噪声级（PNR）采用公式 1 进行计算：

$$PNR = M - \left( \frac{H - M}{4} * (LCeq - LAeq - 2) \right) \quad 1$$

如果  $L_{Ceq}-L_{Aeq} > 2\text{dB}$ ，预测降噪声级（PNR）采用公式 2 进行计算：

$$PNR = M - \left( \frac{M - L}{8} * (LCeq - LAeq - 2) \right) \quad 2$$

(3) 然后从总 A-计权噪声级中扣除 PNR，以给出保护器 L'A（耳内的有效 A-计权声级）：

$$L'A = L_{Aeq} - PNR \quad 3$$

### 3.2 采用 HML-方法计算实例：

听力保护器的 HML 值：H = 35dB, M = 25dB, L = 20dB

机舱中的噪声级：

$$L_{Aeq}=108.7\text{dB(A)}$$

$$L_{Ceq}=109.0\text{dB(A)}$$

$$L_{Ceq}-L_{Aeq}=0.3\text{dB}$$

预测降噪声级（PNR）为：

$$PNR=25-((35-25)/4)*(0.3-2)=29.3\text{dB}$$

保护器 L'A 保护的耳内有效 A-计权声级：

$$L'A=108.7-29.3=79.4\text{dB(A)}$$

在这种情况下，听力保护器内的噪声级在 80dB(A)以下，表明听力保护器的隔声足以满足供每日

# 附 录

## 附录 I 参考标准清单

1. IMO Resolution MSC.337(91): Code On Noise Levels On Board Ships
2. IMO Resolution A.468(XII): Noise Levels - Code On Noise Levels On Board Ships
3. IMO Resolution A.343(IX): Recommendation On Methods Of Measuring Noise Levels At Listening Posts
4. ISO 3744-1994: Acoustics -- Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure -- Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane
5. ISO 10140-2:2010: Acoustics -- Laboratory measurement of sound insulation of building elements -- Part 2: Measurement of airborne sound insulation
6. ISO2923-1996: Measurement of noise on board vessels
7. ISO1996-2-2007: Determination of environmental noise levels
8. IEC 61672-1-2002 :Electroacoustics Sound level meters
9. IEC 61260-1995: Electroacoustics Octave-band and fractional-octave-band filters
10. IEC 60942-2003: Electroacoustics Sound calibrators
11. ISO\_IEC 17025 Technical Corrigendum 1-2006: General requirements for the competence of testing and calibration laboratories
12. ISO 717-1-1996: Rating of sound insulation in buildings and of building elements
13. ISO 9612-2009: Determination of occupational noise exposure
14. ISO 140-4-1998: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements
15. IEC60651-1979: Specification for Sound level meters
16. IEC60804-2000: Integrating-averaging sound level meters
17. ISO354-2003: Measurement of sound absorption in a reverberation room
18. ISO 4869-2:1994: Combustion/titration method

## 附录 II IMO《船上噪声等级规则》

### 目 录

#### 前言

#### 第1章 总则

- 1.1 范围
- 1.2 目的
- 1.3 适用范围
- 1.4 定义

#### 第2章 测量设备

- 2.1 设备规格
- 2.2 设备使用

#### 第3章 测量

- 3.1 通则
- 3.2 测量人员的要求
- 3.3 海上试验操作工况
- 3.4 港内操作工况
- 3.5 环境条件
- 3.6 测量程序
- 3.7 噪声暴露的确定
- 3.8 校准
- 3.9 测量的不确定性
- 3.10 测量点
- 3.11 机器处所的测量
- 3.12 驾驶处所的测量
- 3.13 居住处所的测量
- 3.14 通常无人处所的测量

#### 第4章 可接受的最大声压级

- 4.1 通则
- 4.2 噪声级限值
- 4.3 测量报告

#### 第5章 噪声暴露限值

- 5.1 通则
- 5.2 听力保护和听力保护器的使用
- 5.3 船员暴露于高噪声级的限值
- 5.4 24 h 等效连续声级的限值

## 5.5 听力保护方案

### 第6章 居住处所之间的隔声

#### 6.1 通则

#### 6.2 隔声指数

#### 6.3 材料的安装

### 第7章 听力保护和警告信息

#### 7.1 通则

#### 7.2 听力保护器的要求

#### 7.3 听力保护器的选择和使用

#### 7.4 警告牌

### 附录 1 噪声测量报告的格式

### 附录 2 关于安全管理体系纳入噪声问题的导则

### 附录 3 建议的降噪方法

### 附录 4 确定噪声暴露的简化程序

## 前言

1 《船上噪声等级规则》(以下简称“本规则”)的制定,为经修正的《1974 国际海上人命安全公约》(SOLAS)第 II-1/3-12 条所规定的噪声防护提供国际标准。虽然从法律上讲,本规则根据 SOLAS 公约视作强制性文件,但其中的某些规定仍为建议性的或作为信息仅供参考(见 1.1.3)。

2 这些规定、建议和意见,旨在向各国主管机关提供在船上推行“听力保存”环境的工具。然而,这是一个动态主题,涉及其工作界面所处的各种人为和技术环境。随着各种技术和安全管理实践的发展,规范和建议案必将根据具体情况而演变。鉴于此原因,鼓励各国主管机关传送来自被认可组织、船舶经营人和设备设计方所获取的经验和信息,以完善本规则。

3 本规则的制定,已考虑到常规的客船和货船。尽管本规则不适用于某些类型和尺度的船舶,但应认识到,在对设计或作业方面与常规船舶显著不同的船舶,全面应用本规则时,需要具体考虑。

4 本规则无意取代本组织通过的《关于守听位置噪声级测量方法的建议案》(大会 A.343(IX)决议)。该建议案涉及船舶噪声对于正确接收外部声响航行信号的干扰,虽然根据该建议案和根据本规则测量噪声级的方法有所不同,但是由于本规则主要关注噪声对健康和舒适的影响,这两个文件应视为具有一致性。需注意确保一般要求与航行信号可听度要求之间的一致性。

## 第 1 章 总则

### 1.1 范围

1.1.1 本规则旨在为防止船上出现具有潜在危险的噪声级提供标准,并为船员可接受的环境提供标准。这些标准的制定系针对客船和货船。由于对某些船舶尺度和营运类型免除这些要求,应认识到,对与常规船舶显著不同的船舶全面应用本规则时,需作特殊考虑。本规则旨在为设计标准提供依据,系根据满意的海上试验的签发“噪声测量报告”的结论。根据对船员进行的个人保护原理的培训和降噪措施的保持,预测持续符合作业要求。这些将按照 SOLAS 第 IX 章所规定的适当动态过程和操作方式执行。

1.1.2 所提要求和建议为:

1. 噪声级和噪声暴露量的测量;
2. 在目前还不能把噪声限制到无潜在伤害声级的各种情况下,保护船员免受噪声导致听力损失的风险;
3. 船员通常到达的所有处所的可接受的最大噪声级限值; 和
4. 居住处所之间隔声的确认。

1.1.3 虽然从法律上讲,本规则根据 SOLAS 公约作为一个强制性文件,但是本规则下列规定仍为建议性、符合性选项、或系参考信息性:

1.3.2 和 1.3.3;

3.4.2 和 3.4.3;

第 5 章;

6.3 节;

7.3 节;

附录 2;

附录 3;

附录 4。

### 1.2 目的

本规则的目的是限制噪声级和减少船员对噪声的暴露,以便:

1. 提供安全工作条件,考虑到满足通话和听到声响警报的需要,并考虑到在控制站、驾驶和无线电设备处所与有人值班机器处所要有一个能作出清醒决定的环境;
2. 保护船员不暴露于可能由噪声导致的听力损失的过大噪声级; 和
3. 为船员在休息、娱乐和其他处所提供一种可接受的舒适度,也为暴露于高噪声级而受到影响后的恢复提供条件。

### 1.3 适用范围

1.3.1 本规则适用于 1,600 总吨及以上的新船。

1.3.2 本规则中有关具有潜在危险的噪声级、降噪和个人保护设备的具体规定,在合理和可行的范围内,可适用于 1,600 总吨及以上的现有船舶,并使主管机关满意。

1.3.3 在合理和可行的范围内,本规则可适用于小于 1,600 总吨的新船,并使主管机关满意。

1.3.4 本规则不适用于:

1. 动力支承船;
2. 高速船;
3. 渔船;

- .4 铺管驳船;
- .5 起重驳;
- .6 海上移动式钻井平台;
- .7 非商用游艇;
- .8 军舰和军用运输船;
- .9 非机械推进船舶;
- .10 打桩船;
- .11 挖泥船。

1.3.5 本规则适用于营运船舶，即船上有船员的港内或海上船舶。

1.3.6 如果有文件证明，即使采用相关和合理的技术性降噪措施仍不能符合规定，主管机关可以在特殊情况下准予免除某些要求。除以例外情况为准外，此种免除不包括居住舱室。如果准予免除，应确保达到本规则的目标，并结合第 5 章考虑噪声暴露限值。

1.3.7 对设计成并用于短程航行的船舶，或只需短期使用的且使主管机关满意的其他营运的船舶，本规则的 4.2.3 和 4.2.4 可仅适用船舶在港内工况，但在这种工况下应具有足够的时间供船员休息和娱乐。

1.3.8 本规则拟不适用于乘客舱室和其他乘客处所，除非它们是本规则的规定所涉及的工作处所。

1.3.9 如果现有船舶涉及重大修理、改装和更改，及与之相关的舾装，在主管机关认为合理和可行的范围内，应确保发生变化的区域符合本规则对新船的要求。

1.3.10 本规则仅涉及与船舶相关的噪声源，如机械和推进装置，但并不包含风/波/冰的噪声、警报和公共广播系统等。

#### 1.4 定义

就本规则而言，下列定义适用。本规则其他处给出附加定义。

1.4.1 居住处所：居住舱室、办公室（处理船舶业务的）、医务室、餐厅、娱乐室（例如休息室、吸烟室、电影厅、健身房、图书室、兴趣室和游戏室）以及船员使用的露天娱乐场所。

1.4.2 现场测试（apparent）计权隔声指数  $R'w$ ：表示墙、门或地板就地整体隔声性能的一个单一数值，以分贝(dB)计（见经 1:2006 修正的 ISO 717-1:1996）。

1.4.3 A-计权等效连续声级  $L_{Aeq}(T)$ ：连续稳定声的 A-计权声压级，其在 1 个测量间隔时间  $T$  内，其与所考虑的随时间变化的声具有相同的均方根声压。该声级以分贝 A (dB(A)) 计，由下式得出：

$$L_{Aeq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_a(t)^2}{p_0^2} \cdot dt$$

式中：T= 测量时间；

$p_a(t)$  = A 计权瞬时声压；

$p_0 = 20 \mu Pa$ （基准级）。

1.4.4 A-计权声压级或噪声级：频率响应根据 A-计权曲线计权的声级计所测得的数值（见 IEC 61672-1）。

1.4.5 C-计权等效连续声级  $L_{Ceq}(T)$ ：连续稳定声的 C-计权声压级，其在 1 个测量间隔时间  $T$  内，其与所考虑的随时间变化的声具有相同的均方根声压。该声级以分贝 C (dB(C)) 计，由下式得出：

$$L_{Ceq,T} = 10 \log \frac{1}{T} \int_0^T \frac{p_c(t)^2}{p_0^2} \cdot dt$$

式中：T= 测量时间；

$p_c(t)$  = C-计权瞬时声压；

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  (基准级)。

1.4.6 C-计权峰值声级  $L_{Cpeak}$ : C-计权最大瞬时声压级。该声压级以分贝 C (dB(C)) 计, 由下式得出:

$$L_{Cpeak} = 10 \log \frac{p_{peak}^2}{p_0^2}$$

式中:  $p_{peak}$  = C-计权最大瞬时声压;

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  (基准级)。

1.4.7 C-计权声压级或噪声级: 频率响应根据 C-计权曲线计权的声级计所测得的数值 (见 IEC 61672-1 (2002-05))。

1.4.8 连续有人值班处所: 在正常作业期间船员需要连续或长期在场的处所。

1.4.9 起重驳: 带有固定安装的起重机并设计为主要用于起吊作业的船舶。

1.4.10 日噪声暴露级 ( $L_{ex, 24h}$ ): 表示 24 h 时间段内等效噪声暴露级。

$$L_{ex, 24h} = L_{Aeq, T} + 10 \log(T/T_0)$$

式中: T 为船上的有效持续时间;

$T_0$  为基准持续时间 24 h。

总的等效连续 A-计权声压级 ( $L_{Aeq, T}$ ), 应采用不同的噪声级 ( $L_{Aeq, T_i}$ ) 和以下公式相关的时间段计算:

$$L_{Aeq, T} = 10 \lg \left[ \frac{1}{T} \sum_{i=1}^n (T_i \times 10^{0.1 L_{Aeq, T_i}}) \right]$$

式中:  $L_{Aeq, T_i}$  为等效连续 A-计权声压级, 以分贝计, 按间隔时间  $T_i$  取平均值;

$$T = \sum_{i=1}^n T_i$$

当船员在船上时间超过 24 h,  $L_{ex, 24h} = L_{Aeq, 24h}$ 。

1.4.11 挖泥船: 带有固定安装开挖设备, 从事水底沉积物开挖作业的船舶。

1.4.12 值班站: 主要航行设备、船舶无线电或应急电源所在的处所或者火灾记录或火灾控制设备集中的处所, 以及用作厨房、主配膳室、储藏室 (独立的配膳室和储物间除外)、邮件及贵重物品室、并非机器处所组成部分的工作间以及类似处所。

1.4.13 动力支承船: 在水中或水上操作并具有与常规排水型船舶不同特性的船舶。在上述范畴内, 系指符合下列任一特性的船:

1.1 其重量或相当大一部分重量以借助静水力以外的作业模式加以平衡；

1.2 船能在函数  $\frac{v}{\sqrt{gL}}$  等于或大于 0.9 的航速下操作，其中  $v$  是最大航速， $L$  是水线长度，

$g$  是重力加速度，所有各项均用一致的单位。

1.4.14 现有船舶：并非新船的船舶。

1.4.15 渔船：用于商业性捕捞鱼类、鲸鱼、海豹、海象或其他海洋生物资源的船舶。

1.4.16 听力损失：听力损失系参照在 ISO 389-1 (1998) 号标准中有常规定义的基准听觉阈值确定。听力损失相当于被测对象的听觉阈值与基准听觉阈值之差。

1.4.17 听力保护器：为减少到达耳朵的噪声级而配戴的装置。被动降噪耳机阻挡噪声到达耳朵。主动降噪头戴式耳机在耳机内产生抵消环境噪声的信号。

1.4.18 积分声级计：设计为或适用于测量平均均方根时间 A-计权和 C-计权声压的声级计。

1.4.19 机器处所：设有蒸汽机或内燃机、泵、空压机、锅炉、燃油装置、主要电机、加油站、推进装置、冷藏装置、防摇装置、操舵装置、通风和空调机等的任何处所以及通向这些处所的围壁通道。

1.4.20 海上移动式钻井平台：能为勘探或开发海底以下资源，如液态或气态碳氢化合物、硫磺和盐而从事钻探作业的船舶。

1.4.21 驾驶室两翼：船舶驾驶室延伸到船舶两舷的部分。

1.4.22 新船：系指按 SOLAS 公约第 II-1/3-12.1 条规定的适用于本规则的船舶。

1.4.23 噪声：就本规则而言，能导致听力损害或能对健康产生危害或具有其他危险性或破坏性的所有声音。

1.4.24 噪声导致的听力损失：源于耳蜗之内神经细胞受损，系因声音作用而引起的听力损失。

1.4.25 噪声级：见 A-计权声压级 (1.4.4)。

1.4.26 偶尔暴露：通常每周一次或频次更少的暴露。

1.4.27 打桩船：从事海底打桩作业的船舶。

1.4.28 铺管驳船：专为海底管道铺设相关作业建造或配合这些作业使用的船舶。

1.4.29 港内工况：仅推进所需的所有机器均停止的工况。

1.4.30 具有潜在危险的噪声级：人员在没有保护的情况下暴露会有承受听力损失风险的声级和更高声级。

1.4.31 重大修理、改装和更改：系指对船舶所作的一种改建，这使船舶的尺度、装载量或发动机功率有实质性变化、改变船舶的类型，或以其他方式改变船舶，使其如由此成为新船，则应遵守相关规定。

1.4.32 声音：由空气或其他物质中的压力波所传递，并是产生听觉的客观原因的能量。

1.4.33 声压级  $L_p$  或 SPL：声音或噪声的声压级，以分贝 (dB) 计，由下式得出：

$$L_p = 10 \log \frac{p^2}{p_0^2}$$

式中： $p$  = 声压，以帕斯卡计；

$p_0 = 20 \mu\text{Pa}$  (基准级)。

1.4.34 短程航行：在航行中，船舶的行进时间一般不致长到船员需要睡眠，或较长的非当班时间的航行。

1.4.35 计权隔声指数  $R_w$ ：表示墙、门或地板（在实验室内）整体隔声性能的一个单一数值，以分贝 (dB) 计（见经 1: 2006 修正的 ISO 717-1:1997）。

## 第 2 章 测量设备

### 2.1 设备规格

#### 2.1.1 声级计

声压级的测量应按本章要求采用精密积分声级计进行。这种声级计应按照 IEC 61672-1 (2002-05)<sup>1</sup> 1 类型/级标准 (视何者适用), 或按照主管机关接受的等效标准<sup>2</sup> 制造。

#### 2.1.2 倍频程滤波器

当频程滤波器单独使用或与声级计结合使用时 (视具体情况), 则应符合 IEC 61260 (1995)<sup>3</sup> 或主管机关接受的等效标准。

### 2.2 设备的使用

#### 2.2.1 校准

声音校准仪应符合 IEC 60942 (2003-01) 标准, 并应经所使用声级计的制造商同意。

#### 2.2.2 测量仪器和校准仪的校验

校准仪和声级计应至少每 2 年由国家标准实验室或按照经 (Cor 1:2006) 更正的 ISO 17025 (2005) 认可的适任实验室进行验证。

#### 2.2.3 传声器风罩

在室外采集读数时, 例如在驾驶室两翼或甲板上, 和有任何显著空气流动的甲板下的处所, 应使用传声器风罩。风罩在“无风”工况下, 对相似噪声的测量级的影响应不大于 0.5 dB(A)。

## 第 3 章 测量

### 3.1 通则

3.1.1 船舶建造完工后, 或在其后尽可能早的时候, 应在 3.3 和 3.4 所规定的作业工况下, 对第 4 章规定的所有处所进行噪声级测量, 并按 4.3 的要求予以适当记录。

3.1.2 A-计权等效连续声级  $L_{Aeq}(T)$  测量的目的, 应是确保符合第 4 章的要求。

3.1.3 C-计权等效连续声级  $L_{Ceq}(T)$  和 C-计权峰值声级  $L_{Cpeak}$  的测量, 应在  $L_{Aeq}(T)$  超过 85 dB(A) 的处所进行, 目的是根据 HML-方法确定适当的听力保护, 见第 7 章和附录 2。

### 3.2 测量人员的要求

3.2.1 为确保可以接受并具有可比性的测量结果和报告的质量, 则测量机构或专家应证明其胜任噪声测量的能力。

3.2.2 进行测量的人员应<sup>4</sup>:

1. 具有噪声、声学测量和所使用设备处理领域的知识;
2. 受过有关本规则所规定的程序的培训。

<sup>1</sup> 声级计的建议案。

<sup>2</sup> 根据 IEC 651/IEC 804 出版物制造的 1 级/类声级计可在 2016 年 7 月 1 日前使用。

<sup>3</sup> 倍频程和分数倍频程滤波器。

<sup>4</sup> 按照 ISO 17020/25 支持质量管理体系的测量机构被视为满足这些要求。

### 3.3 海上试验操作工况

3.3.1 测量应在船舶满载或压载工况下进行。船舶的航线应尽可能保持平直。测量时的实际条件应记录在测量报告中。

3.3.2 噪声测量应在正常营运航速下并且除下文另有规定外,在不小于 80%最大额定持续功率(MCR)下进行。可调螺距和垂直翼螺旋桨(如有)应处于正常的航行位置。对于特殊船型及带有特殊推进装置和动力配置的船舶,如柴油-电气系统,主管机关可以与船厂和船东合作,就 3.3.1 和 3.3.2 的应用,对实际的船舶设计或操作参数给予适当考虑。

3.3.3 正常航行状态和水平下通常使用的所有机械、航行仪器、无线电和雷达装置等,包括噪声控制,在整个测量期间内均应工作。但是,在进行这些测量时,通电雾信号和直升机作业均应停止。

3.3.4 在设有通常仅在应急或试验时运行的柴油机驱动的应急发电机、消防泵或其他应急设备的处所内测量时,这些设备应在工作。测量的目的并不在于确定符合最大噪声级限值,而是作为船员在这些处所中进行维护、修理和测试活动时的个人保护的参考。

3.3.5 机械通风、加热和空调设备应在正常工作,其功率应符合设计条件。

3.3.6 门和窗一般应予关闭。

3.3.7 处所内所有必要的设备应安装完毕。可以在没有家具的情况下进行测量,但不能由于没有家具而有所宽松。可对包括家具的情况再次进行检查或采集后续读数。

3.3.8 装有首推进器、防摇装置等的船舶,在此类机械装置工作时可能会受高噪声级。对于首推进器,测量应在 40%推进功率时进行,并且船舶的航速应适合于首推进器的工作。测量应在此类机械装置工作时于其周围,并在相邻居住处所和值班室站布置测点。如果此类设备拟用于连续工作,例如防摇装置,测量应确保符合第 4 章的要求。如果此类系统仅拟短暂使用,如港内操纵期间,测量仅涉及确保符合第 5 章关于噪声暴露量的要求。

3.3.9 如果船舶安装拟用于正常工作状况的动力定位装置(DP),附加的 DP 模式下噪声测量应在控制站、值班站和居住区域内进行,以确保不超过这些处所的最大噪声级限值。主管机关、船级社、船厂和 DP 设计方(具体为何者视情况而定),应商定一种模拟 DP 推进器系统的工作模式,其工作条件要大致相当于按船舶营运的设计环境条件以推进器最大功率的 40%或以上进行定位。

### 3.4 港内操作工况

3.4.1 3.4.2、3.4.3 和 3.4.4 中规定的测量针对船舶港内工况。

3.4.2 当船舶货物装卸设备的噪声可能导致受其作业影响的值班站和居住处所的噪声高于最大噪声级,应进行测量。船舶以外的声源所产生的噪声应按第 3.5.3 所述扣除。

3.4.3 如船舶是车辆运输船且装卸期间的噪声源于车辆,货物处所内的噪声级和暴露时间应结合第 5 章考虑。船厂和船东可与主管机关合作,对此种源于车辆的噪声级进行理论上的评估。

3.4.4 如果应遵守 5.3.5 关于听力保护的规定而非 4.2.1 关于维护、检修或类似港内工况期间的规定,则应在港内工况下机械正在工作的机器处所内进行测量。

### 3.5 环境条件

3.5.1 如果水深小于 5 倍的吃水或在船舶附近有大块反射表面,则会影响到所获取的读数。在噪声测量报告中应记下这些条件。

3.5.2 气象条件,例如风雨和海况应不致影响测量。风力应不超过 4 级,波高应不超过 1 m。如果无法做到,应报告实际条件。

3.5.3 应注意使外部声源,例如人、娱乐、建造和修理工作所产生的噪声,不致影响到

测量位置处的船上噪声级。如有必要,实测值可根据能量总和原理按稳态背景噪声予以修正。

### 3.6 测量程序

3.6.1 测量噪声级时,测量处所内应只有操作船舶所需的船员和测量人员在场。

3.6.2 声压级读数应采用 A-计权 (dB(A)) 和 C-计权 (dB(C)) 滤波器获取,如有必要,也应在 31.5 和 8,000 Hz 之间的倍频带上读取。

3.6.3 噪声级测量应采用积分声级计以空间平均值方式进行(如 3.13.1 所述),并维持一段时间直到获得稳定读数或至少 15s,以代表因不规则操作或声场变化所造成变化的平均值。读数应仅取最近的分贝。如 dB 读数的第 1 个进位为 5 或更高,读数应取最近的较高整数。

### 3.7 噪声暴露的确定

除连续声级测量外,还应根据 ISO 9612:2009 确定船员的噪声暴露程度(见第 5 章)。一种基于 ISO 9612 的简化程序和与噪声暴露相关的工作位置,见附录 4。

### 3.8 校准

声级计应在测量进行之前和之后用 2.2.1 所述校准仪加以校准。

### 3.9 测量的不确定度

船上测量的不确定度视几种因素而定,例如测量技术和环境条件。按本规则进行的测量很少出现例外情况,等效连续 A-计权声压级的重复性标准偏差,等于或小于 1.5 dB。

### 3.10 测量点

#### 3.10.1 测量位置

除非另有说明,测量时传声器应放在甲板以上 1.2 m (坐着的人员) 和 1.6 m (站着的人员) 之间的高度处。两个测量点之间的距离至少应为 2 m,在无机器的大处所内,整个处所应按不大于 10 m 的测点间距(包括最大噪声级位置在内)进行测量。无论如何,测量均不应在距处所边界小于 0.5 m 处进行。传声器的位置应按 3.10.3 和 3.11 至 3.14 的规定。测量应在人员工作的位置,包括通信站内进行。

#### 3.10.2 值班室

所有进行的工作地点均应进行噪声测量。如果认为值班室附近的噪声级有差异,则应在设有值班室的处所内作补充测量。

#### 3.10.3 进气口和排气口

在测量噪声级时,如有可能,传声器的位置应与气流方向的夹角不小于 30°,且距发动机、通风、空调和冷却系统的进气口或排气口边缘不小于 1 m,并尽可能远离反射表面。

### 3.11 机器处所的测量

3.11.1 应在机器处所内船员的各个主要工作或控制站及相邻控制室(如设有)进行测量,应特别注意电话所在处和传话及声响信号具有重要性的位置。

3.11.2 通常不应在距运转中的机器或距甲板、舱壁或其他大的表面或空气进口等小于 1 m 处进行测量。如这不可能,应在机器和相邻反射表面之间的中点处进行测量。

3.11.3 对形成声源的机器进行测量时,应距此机器 1 m。测量应在甲板、平台或走道以上 1.2 m 至 1.6 m 处进行。

.1 距各声源 1 m,在声源周围测量点的间距不大于 3 m,声源如:

- 在每一层的主涡轮机或柴油机；
- 主齿轮箱；
- 涡轮鼓风机；
- 分油机；
- 交流发电机和发电机组；
- 锅炉生火平台；
- 强力鼓风机和/或抽风机；
- 压缩机；
- 货泵（包括其驱动电机或涡轮机）。

对于大型发动机和机器处所，在按上述间距测得的声压级 dB(A)变化不显著的情况下，为避免不必要地进行大量不切实际的测量和记录，不必在每个位置都进行记录。但是，应对具有代表性的位置和最大噪声级的位置进行全面的测量，在每个高度上并应至少记录 4 次测量结果；

2. 在就地控制站，例如主机和机械控制室的主操纵台或应急操纵台；
3. .1 和 .2 未予规定而在进行例行检查、调整和维护保养时通常停留的所有其他位置；
4. 在通常使用的通道上的各点（上文已规定的位置所包括者除外），测量间距不大于 10 m；和
5. 机器处所内的各房间，如工作间。为限制测量和记录的次数，记录的次数可按 .1 所述减少，但对直到上甲板的机器处所各层均应有总数不少于 4 次的测量记录（包括本段所规定的测量）。

### 3.12 驾驶处所的测量

测量应在驾驶室两翼进行，但应在所测的一翼处于船舶背风面时进行测量。

### 3.13 居住处所的测量

3.13.1 应在此处所的中央进行一次测量。传声器应缓慢地在水平方向和/或垂直方向上移动超过 1 m（±0.5 m，计及 3.10.1 中所述的测量衡准）。如果室内的噪声级，特别是在靠近坐着或躺着人员头部位置处有显著差异，即大于 10 dB(A)时，则应在其他测点进行补充测量。

3.13.2 测量居住舱室的数目应不少于 40%总舱数。任何情况下，必须考虑明显受到噪声影响的居住舱室，即与机器或机舱棚相邻的居住舱室。

3.13.3 对于具有大量船员舱室的船舶，如客船/游船，可以接受减少测量位置数。在选择受试舱室时，应选择较为靠近噪声源的舱室而使其对受试舱室组具有代表性，并使主管机关满意。

3.13.4 在露天甲板上，应在供娱乐活动用的任何区域内进行测量。

### 3.14 通常无人处所的测量

3.14.1 在 3.10 至 3.13 所述的处所以外，应对噪声级特别高且船员可能暴露（即使是较短时间的暴露）的所有地点进行测量，还应对断续使用的机械处所进行测量。

3.14.2 为限制测量和记录的次数，对于通常无人的处所、货舱、甲板区域和其他远离噪声的处所，不必测量噪声级。

3.14.3 应在货舱内可能有人员作业的区域至少设置 3 处传声器。

## 第 4 章 可接受的最大声压级

### 4.1 通则

4.1.1 本节所规定的限值应视为最大声级，而非理想声级。如合理可行，噪声级应低于所规定的最大声级。

4.1.2 船舶投入营运之前，对 4.2 所规定的限值应通过所涉处所的等效连续声级测量进行评估。对于具有很多测量位置的大型舱室，各位置均应与限值作对比。

4.1.3 进入名义噪声级大于 85 dB(A)处所的人员，应要求在这些处所中停留时配戴听力保护器（见第 5 章）。4.2.1 给出的 110 dB(A)的限值，是假设配戴符合第 7 章听力保护器要求的听力保护器。

4.1.4 限值按 A-计权声压级予以规定（见 1.4.4 和 1.4.24）。

### 4.2 噪声级限值

不同处所的噪声级限值(dB(A))规定如下：

舱室和处所的名称	船舶尺度	
	1,600 至 10,000 总吨	≥10,000 总吨
<b>4.2.1 工作处所（见 5.1）</b>		
机器处所 <sup>5</sup>	110	110
机器控制室	75	75
并非机器处所组成部分的工作间	85	85
未规定的工作处所 <sup>6</sup> （其他工作区域）	85	85
<b>4.2.2 驾驶处所</b>		
驾驶室和海图室	65	65
瞭望位置，包括驾驶室两翼 <sup>7</sup> 和窗口	70	70
无线电室（无线电设备工作，但不产生声响信号）	60	60
雷达室	65	65
<b>4.2.3 居住处所</b>		
居住舱室和医务室 <sup>8</sup>	60	55
餐厅	65	60
娱乐室	65	60
露天娱乐区域（外部娱乐区域）	75	75
办公室	65	60
<b>4.2.4 服务处所</b>		
厨房（食物加工设备不工作）	75	75
备膳室和配膳间	75	75
<b>4.2.5 通常无人处所</b>		
见 3.14 中所述处所	90	90

<sup>5</sup> 如果机器运行时超出最大噪声级（仅在按照 1.3.6 的规定准予免除的情况下方可允许），停留应限制在很短时间或完全不得允许。应按照 7.4 规定对该区域进行标注。

<sup>6</sup> 例如非机器处所的露天甲板工作处所以及与通信相关的露天甲板工作处所。

<sup>7</sup> 参阅同时适用的守听位置噪声级测量方法的建议案（A.343(IX)决议）。

<sup>8</sup> 设有床铺的医疗室。

### 4.3 测量报告

4.3.1 每艘船舶均应有噪声测量报告。报告应包括船上各个处所噪声级的资料。报告应载明每一规定测量点的读数。测量点应在报告所附的总布置图或居住舱室图纸上加以标注，或用其他方法说明。

4.3.2 噪声测量报告的格式见附录 1。

4.3.3 噪声测量报告应一直保存在船上并方便船员取阅。

## 第 5 章 噪声暴露限值

### 5.1 通则

5.1.1 第 4 章所述噪声级限值是用于在符合这些限值要求时，船员将不致暴露于超过 80 dB(A) 的  $L_{ex}(24)$ ，即在每天或 24 h 期间内，等效连续噪声暴露将不超过 80 dB(A)。对于新船，应按照 3.7 所述的方法计算各类船员的预期噪声暴露量，以海上试验噪声级测量为基础，确认是否符合这些衡准。

5.1.2 在声压级超过 85 dB(A) 的处所内，应采用适当的听力保护，或应用本节所述的暴露时间限值，以确保保持一个等效的保护水平。

5.1.3 适用这些规定的每艘船舶，应在其安全管理体系中包含一节关于听力保护、暴露限值的公司政策，并进行有关此类方面的培训，且在培训记录中记载。

5.1.4 应考虑附录 2 中所载的有关这些方面的船员须知。船员不应无保护暴露于超过 135 dB(C) 的峰值。

### 5.2 听力保护和听力保护器的使用

为符合本节的暴露量衡准，允许使用符合第 7 章的听力保护器。即使在要求配戴听力保护器以符合本规则要求时，主管机关仍可实施风险评估、听力保护方案和其他措施。

### 5.3 船员暴露于高噪声级的限制

船员不应暴露于超过图 5.1 所示和 5.3.1 至 5.3.5 所述等级和时间的噪声。

#### 5.3.1 有保护的最大暴露 (A 区, 图 1)

即使是配戴听力保护器的船员，也不应暴露于超过 120 dB(A) 的噪声级或超过 105 dB(A) 的  $L_{eq}(24)$ 。

#### 5.3.2 偶尔暴露 (B 区, 图 1)

在 B 区内，仅允许偶尔暴露，并应使用带有 25 至 35 dB(A) 之间隔声器的听力保护器。

#### 5.3.3 偶尔暴露 (C 区, 图 1)

在 C 区内，仅允许偶尔暴露，并应使用带有至少 25 dB(A) 隔声器的听力保护器。

#### 5.3.4 日暴露 (D 区, 图 1)

如果船员的例行工作（日暴露）在噪声级位于 D 区的处所内进行，应使用带有至少达到 25 dB(A) 的隔声器的听力保护器，并且可以考虑进行风险评估和编制听力保护方案。

#### 5.3.5 无保护的最大暴露 (E 区, 图 1)

对于暴露时间少于 8 h，没有采取听力保护措施的船员，不应暴露于超过 85 dB(A) 噪声级的环境中。当船员在高噪声处所停留超过 8 h 时，不应超过 80 dB(A) 的  $L_{eq}(24)$  的噪声级。因此，在每 24 h 中至少有三分之一时间内，每个船员应处于噪声级不超过 75 dB(A) 的环境中。

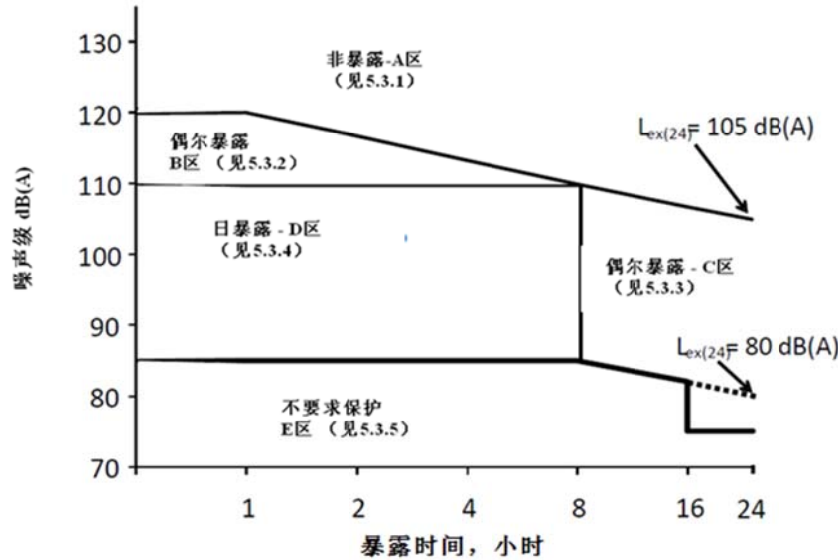


图 1 许可的每日和偶尔工作区

注：在 A-D 区工作时，要求听力保护器把入耳的声音隔声到 85 dB(A)以下。在 E 区工作时，不要求用听力保护器，但如果声级高于 80 dB(A)超过 8 h 则应配置。

#### 5.4 24 h 等效连续声级的限值

作为符合 5.3 规定（图 1）的替代方法，任何无保护的船员均不应暴露于 24 h 等效连续声级大于 80 dB(A)的环境中。在要求使用听力保护器的处所内，每人的日暴露时间不应超过连续 4 h 或总共 8 h。

#### 5.5 听力保护方案

5.5.1 可为在  $LA_{eq} > 85 \text{ dB(A)}$ 处所工作的船员提供听力保护方案，以使其在关于噪声的危害、听力保护的使用及监控听力敏锐度方面得到培训。听力保护方案的要素如下：

1. 由经培训的并具有适当资格的人员进行的初始和定期听力测试，并使主管机关满意。
2. 暴露人员长时期暴露于高噪声的危害，以及护耳器方面的正确使用的说明（见附录 2）。
3. 听力测试记录的维持。
4. 对听力严重损失的人员听力敏锐度的记录和听力的定期分析。

5.5.2 听力保护方案的一个可选要素，是对高噪声级处所内工作的人员所处的 24 h 等效连续或有效声级进行控制。此类控制要求对 24 h 等效连续声级进行计算。如果 24 h 等效连续声级不符合限值要求，则应控制暴露时间或在适当时间使用听力保护器，以使人员暴露量在限值之内。

## 第 6 章 居住处所之间的隔声

### 6.1 通则

居住处所之间的隔声应加以考虑，以便即使在相邻处所内进行诸如音乐、谈话、装卸货物等活动，仍能够得到休息和娱乐。

## 6.2 隔声指数

6.2.1 居住处所的舱壁和甲板的空气隔声特性，应至少符合按（1:2006）修正的 ISO 标准 717-1:1996 第一部分<sup>9</sup>的下列计权隔声指数( $R_w$ ):

从居住舱室到居住舱室  $R_w = 35$ ;

餐厅、娱乐室、公共处所和从娱乐区域到居住舱室和医疗室  $R_w = 45$ ;

从走廊到居住舱室  $R_w = 30$ ;

从居住舱室到带有交通门的居住舱室  $R_w = 30$ 。

6.2.2 空气隔声特性应根据 ISO 10140-2:2010 要求，由实验室试验确定，并使主管机关满意。

## 6.3 材料的装设

6.3.1 材料的装设和居住处所的构造应予以注意。在海上试验期间，如果对材料的装设存在疑义，应按 6.2.1 的要求，选取具有代表性的每种类型的分隔板、地板、门，进行船上测量，并使主管机关满意。

6.3.2 现场测试计权隔声指数  $R'_w$  应符合 6.2.1 的要求，公差不大于 3 dB。

注：应根据 ISO 140-4:1998<sup>10</sup>的要求进行现场测量。当所测试材料的面积小于 10 m<sup>2</sup> 时， $R'_w$  指数的计算应考虑 10 m<sup>2</sup> 的最小值。

# 第 7 章 听力保护和警告信息

## 7.1 通则

当在声源处采用控制声音的措施未能将任何处所的噪声减到 4.1.3 所规定的声级时，应向每个需要进入这类处所的船员提供有效的听力保护。听力保护器的提供不应视为有效控制噪声的一种替代方法。附录 3 汇总现有减少噪声的方法，可适用于新船。

## 7.2 听力保护器的要求

7.2.1 个人听力保护器应选择能消除听力危害风险或降低风险至 7.2.2 所述的可接受声级。船舶经营人应尽力以确保听力保护器的配戴，并应负责检查所采取的符合本规则的措施的有效性。

7.2.2 听力保护器应为能把声压级降低到 85 dB(A) 或更低（见 5.1）的类型。应按照 ISO 4869-2:1994 中所述的 HML-方法（见附录 2 的解释和实例）挑选适当的听力保护器。如果在无源状态下头戴式耳机与听力保护器具有等效功能，则可以采用消噪技术。

7.2.2.1 消噪耳机的规格应按经确认的制造商规格确定。

## 7.3 听力保护器的选择和使用

应教会船员按附录 2 正确使用船上提供或使用的听力保护器。

## 7.4 警告牌

如机器处所（或其他处所）中的噪声级大于 85 dB(A)，这些处所的入口应悬挂警告牌，该警告牌由主管机关规定的以船舶工作语言描述的符号和补充标志所组成（见如下英文警告

<sup>9</sup> ISO 标准 717-1 声学—建筑物和建筑物构件隔声评级 – 第 1 部分：空气隔声，及其 2006 年公布的修正案。

<sup>10</sup> ISO 标准 140-4 声学—建筑物和建筑物构件的隔声测量第 4 部分：室与室之间空气隔声的现场测量。

牌和标志示例)。如果只是此类处所的小部分具有这类噪声级,应在眼睛高度对这个或这些特定地点或设备加以标明,并使从通道的各个方向上均可见到。

在有噪声室的进口处悬挂的标志	
80 ~ 85 dB(A)	高噪声级—使用听力保护器
85 ~ 110 dB(A)	危险噪声—强制使用听力保护器
110 ~ 115 dB(A)	小心: 危险噪声—强制使用听力保护器—仅可短期逗留
> 115 dB(A)	小心: 超高噪声级—强制使用听力保护器—逗留时间不超过 10 分钟



**附录 1**  
**噪声测量报告的格式**

**1 船舶概况**

- .1 船名
- .2 船籍港
- .3 船东、船舶经营人或代理的姓名和地址
- .4 船厂名称和地址
- .5 建造地点
- .6 IMO 编号
- .7 总吨位
- .8 船舶类型
- .9 船舶尺度 – 长度  
                                  宽度  
                                  型深  
                                  最大吃水（夏季载重线）
- .10 最大吃水时的排水量
- .11 安放龙骨日期
- .12 交船日期

**2 机械概况**

- .1 推进机械
  - 制造厂：          型式：          台数：
  - 最大连续额定功率                  kW
  - 正常设计营运轴转速                  r/min
  - 正常营运额定功率                  kW
- .2 辅助柴油机
  - 制造厂：          型式：
  - 输出功率：          kW          台数：
- .3 主减速齿轮：
- .4 螺旋桨型式（固定螺距螺旋桨、可调螺距螺旋桨、垂直翼螺旋桨）
  - 螺旋桨数：          叶片数：
  - 设计螺旋桨轴转速：                  r/min
- .5 其他（如系特殊推进和电力配置）
- .6 机舱通风
  - 制造厂：          型式：
  - 台数：
  - 风机直径：          m                  风机转速：          r/min/可变转速（是/否）
  - 气流量：          m<sup>2</sup>/h                  总压力：          Pa

**3 测量仪器和人员**

- .1 仪器                  商标                  型式                  系列号
  - 声级计
  - 传声器



### 驾驶处所

驾驶室和海图室  
瞭望位置，包括驾驶室两翼和窗口  
无线电室  
雷达室

### 居住处所

居住舱室和医疗室  
餐厅  
娱乐室  
露天娱乐区域  
办公室

### 服务处所

厨房（食物加工设备不工作）  
备膳室和配膳间

### 通常无人处所

### 6 主要噪声抑制措施（列出采取的措施）

### 7 备注（列出任何与本规则不同之处）

姓名

地址

地点

日期

签名

附件  
频率分析附页

对某些区域进行的频率分析可以产生更为准确和精确的噪声级预测，并将有助于对超过第4章中所规定限值的特定频带的测量。进一步指导可见 ISO 1996-2:2007。

## 附录 2

### 关于安全管理体系纳入噪声问题的导则

#### 1 船员须知

1.1 应向船员说明长时间暴露于高噪声的危害以及噪声引起的听力损失的风险。初始雇佣时，应对所有船员说明须知事项，并在此后定期对那些经常在噪声超过 85 dB(A)处所工作的船员说明须知事项。对本规则各项规定的须知应包括：

1. 噪声暴露限值和警告牌的使用；
  2. 所提供的听力保护器的类型，其大致的隔声值和正确的使用方法、安装以及第一次配戴时对正常交流的影响；
  3. 与听力保护相关的公司政策和程序，如合适，任何在悬挂警告牌的处所内工作的船员可以获取的监控计划；和
  4. 听力可能损失导则，如耳鸣、失听或耳堵塞，并当这些迹象出现时，采取降噪技术。
- 1.2 相关船员应有必要的须知，即机械和消声器或隔声器的正确使用和维护保养，以避免产生不必要的噪声。

#### 2 船舶经营人的职责

2.1 船舶经营人应负责确保执行和维护有关减少和控制噪声的措施，使本规则的要求得到满足。

2.2 如果任何处所内的噪声级超过 85 dB(A)的限值，船东应确保：

1. 该处所已标明并符合本规则相关规定；
2. 船长和船舶高级船员应知晓控制进入该处所的重要性，以及使用适当的听力保护器的重要性；
3. 提供足够数量的适当的听力保护器，以供发放给所有的相关船员每人一套；
4. 船长、高级船员和登船的任何安全官员，均知晓登船应提供相关培训和资料的必要性。

2.3 如果手工工具、厨房和其他便携设备，在正常工况下产生大于 85 dB(A)的噪声级，船东应确保提供警告信息。

#### 3 船员的职责

船员应意识到有必要确保：

1. 采用所有的噪声控制措施；
2. 向船舶安全管理体系规定的负责人报告任何有缺陷的噪声控制设备；
3. 当进入警告牌要求使用听力保护器的处所时，始终配戴适当的听力保护器，并即使逗留很短的时间也不应摘下听力保护器；
4. 提供使用的听力保护器不应损坏或误用，并保持清洁。

#### 4 听力保护器的选择

4.1 应根据 ISO4869-2:1994 中所述的 HML-方法选择适当的听力保护器。为向船舶经营人和船员提供选择合适的听力保护的指导，对 HML-方法的简述和使用作如下说明。

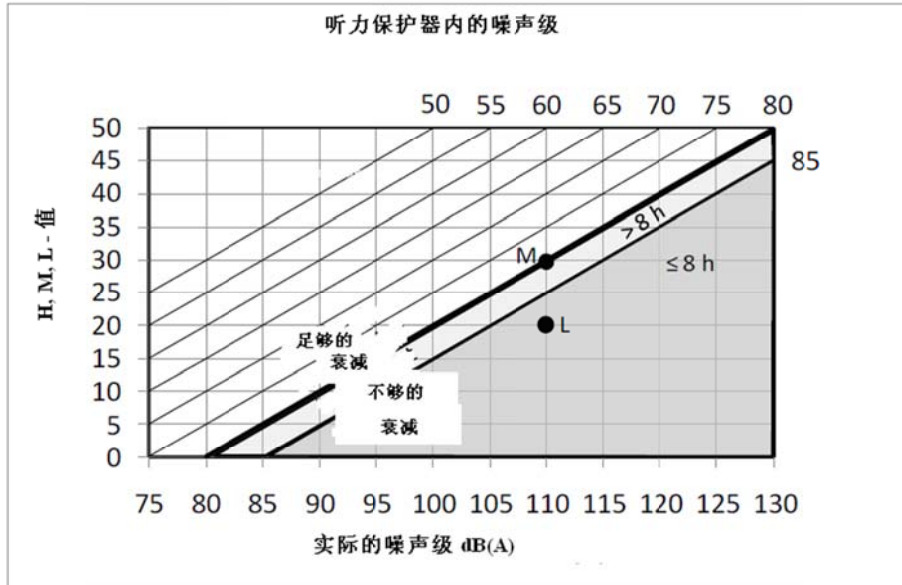
4.2 HML-方法是按照 ISO 4869-2:1994 “配戴听力保护器时有效 A-计权声压级的估算”计算的评定等级。使用 H、M 和 L 评定等级，需要噪声的 A-计权( $L_{Aeq}$ )和 C-计权( $L_{Ceq}$ )声压级以及相关听力保护器的 HML 值，这些将由制造厂提供。

4.2.1 听力保护器的 HML 值与其提供的高、中和低频率噪声的隔声相关。这些 H 和 M

值用于暴露噪声级保护的计算, 该噪声在中、高频率具有初次能量。如果测得的  $L_{Ceq}$  级和  $L_{Aeq}$  级相差 2 dB 或更少, 即视为此种情况。

4.2.2 听力保护器的 M 和 L 值用于暴露噪声级保护的计算, 该噪声具有明显的低频率成分, 且在听力保护器拟使用的处所内所测得的  $L_{Ceq}$  级和  $L_{Aeq}$  级相差大于 2 dB。

4.3 HML-方法简易用法的实例:



在某一给定的船舶上, 机舱内测得的声级为 110 dB(A)、115 dB(C)。根据制造厂提供的  $H = 35$  dB,  $M = 30$  dB,  $L = 20$  dB, 所选择的听力保护器具有下列隔声功能:

.1 自实际噪声级 (110 dB(A)) 开始的垂线上标注听力保护器的 L 和 M 值。

.2 如果噪声具有低或高/中频率, 定点。如果  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$  之间的差值大于 2 dB, 则噪声具有低频率 (L), 如果  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$  之间的差值小于 2 dB, 则噪声具有高或中频率 (M)。

.3 如果声音处于高/中频率 ( $L_{Ceq}-L_{Aeq} \leq 2$ ), 沿 M-值的对角线读取听力保护器内的噪声级。在此情况下, 听力保护器内的噪声级为 80 dB(A), 表明听力保护器的隔声足以供每日工作超过 8 h 之用。

.4 如果声音处于低频率 ( $L_{Ceq}-L_{Aeq} > 2$ ), 沿 L-值的对角线读取听力保护器内的噪声值。在此情况下, 听力保护器内的噪声级为大于 85 dB(A), 表明听力保护器的性能不够好, 甚至不足以供工作 8 h 之用。选用 1 个 L-值大于 25 dB 的听力保护器作为替代。

#### 4.4 采用 HML-方法的计算—原理和实例

特定噪声环境下某个保护器可行性的确定也可以进行计算。H、M 和 L 值可用于对特定噪声情况下某一保护器的 LA (耳处的总 A-计权噪声级) 进行估算。

.1 计算  $L_{Ceq}-L_{Aeq}$  (这要求对  $L_{Aeq}$  和  $L_{Ceq}$  进行测量。所有的 1 级声级计均可采用 A-计权或 C-计权。)

.2 如果  $L_{Ceq}-L_{Aeq} \leq 2$  dB, 预测降噪声级 (PNR) 采用下列公式进行计算:

$$PNR = M - \left( \frac{H - M}{4} * (L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2) \right)$$

如果  $L_{Ceq}-L_{Aeq} > 2$  dB, PNR 的计算采用下式进行:

$$PNR = M - \left( \frac{M - L}{8} * (L_{Ceq} - L_{Aeq} - 2) \right)$$

.3 然后从总 A-计权噪声级中扣除 PNR 以给出保护器 LA 保护的耳处的有效 A-计权声级:

$$L'A = L_{Aeq} - PNR$$

实例：听力保护器 H = 35 dB, M = 25 dB, L = 20 dB  
机舱中的噪声级：

$$L_{Aeq} = 108.7 \text{ dB(A)}$$

$$L_{Ceq} = 109.0 \text{ dB(C)}$$

$$L_{Ceq} - L_{Aeq} = 0.3 \text{ dB}$$

$$PNR = 25 - ((35-25)/4) * (0.3-2) = 29.3 \text{ dB}$$

$$L'A = 108.7 - 29.3 = 79.4 \text{ dB(A)}.$$

在这种情况下，听力保护器内的噪声级在 80 dB(A)以下，表明听力保护器的隔声足以供每日工作超过 8 h 之用。

## 附录 3 建议的降噪方法

### 1 通则

1.1 为减少船上的噪声，以符合本规则第 4 章和第 5 章中所规定的限值，应仔细考虑这类减少噪声的措施。本附录旨在为船舶设计提供这方面的资料。

1.2 噪声控制措施的设计和构造，应由精通噪声控制技术的人员进行监督。

1.3 能够用于控制噪声级或减少船员对于潜在有害噪声暴露的一些措施载，在本附录第 2 至第 10 节予以指出。需要强调的是，没有必要对所有的船舶实施本附录所建议的全部或任何措施。本规则没有提供结构上有效控制噪声措施所需的，或在特定环境下决定何种措施为适当所需的详细技术资料。

1.4 采用噪声控制措施时，应注意确保不影响执行关于船舶结构、居住处所和其他安全事项的规范和规则，降噪材料的使用不应引起火灾、安全或健康方面的危险，而且这些材料也不应由于构造或附件的不结实而引发可能妨碍从处所撤离或疏水的危险。

1.5 在设计阶段必需考虑噪声控制，在设计阶段时要决定需要安装的发动机和机械的不同设计，相对于其他处所的机械安装方法和位置，以及居住处所的降噪措施和位置。

1.6 由于一般的船舶建造方法，从机械和螺旋桨所产生和传到居住处所与机器处所以外的其他处所的噪声，极有可能是结构型噪声。

1.7 当为控制现有船上机械装置噪声而设计有效和经济的措施时，以 A-计权声级计进行的声音测量，可能需要补充某些形式的频率分析。

### 2 噪声源的隔离

2.1 如实际可行，产生超过本规则 4.2 所规定噪声级的任何发动机或机械，应安装在不需要连续照管的舱室内（也见本附录的 6.1）。

2.2 居住舱室无论在垂直方向还是水平方向布置都应尽实际可能远离诸如螺旋桨和推进机械等噪声源。

2.3 如实际可行，机舱棚应布置在设有居住处所的上层建筑和甲板室以外。如这不可行，在机舱棚和居住处所之间应布置通道（如可行）。

2.4 如实际可行，应考虑将居住处所布置在甲板室内，而不是布置在通往两舷的上层建筑内。

2.5 适用时，也可考虑采用无人处所、卫生间和洗涤室将居住处所与机器处所隔开。

2.6 可能需要采用适当的分隔板、舱壁、甲板等防止声音的传播。其相对于声源与所隔声音的频率而具有正确的结构和位置，是很重要的。

2.7 如一个处所，诸如机器处所，被分隔为若干噪声大（不连续有人值班）和较低噪声（能够连续有人值班）的处所，最好具有完全的分隔<sup>11</sup>。

2.8 在某些处所可能宜采用吸声材料，以防止由于分隔板、舱壁、甲板等的反射而提高噪声级。

### 3 排气和进气的消音

3.1 内燃机的排气系统、机器处所、居住处所和其他处所的进气系统，应布置在进气口或排气口远离经常有船员出入的位置。

3.2 当需要时，应安装消声器、降噪设备或隔声器。

---

<sup>11</sup> 在这些情况下，可能有必要在较低噪声舱室内安装警报以确保对机械装置的监督，并布置脱险通道以使船员可以无危险地离开这些舱室。

3.3 为将居住处所的噪声降至最小，通常需要将排气系统及某些管路和管道与舱棚、舱壁等进行分隔，以减少结构噪声。

#### **4 机械的屏蔽**

4.1 在连续有人值班处所，如有理由预计船员要花费冗长时间进行维护保养或检修工作，且本附录第 2 节详述的分隔实际上不可行时，应考虑给产生超过本规则 4.2 规定限值的声压级的发动机和机械，安装隔声屏蔽装置或部分屏蔽装置。

4.2 当安装于上述 4.1 所指处所内的发动机或机器所产生的噪声级在本规则 5.3.1 的平衡范围和图 5.1 中的 A 区内时，提供降噪措施是十分必要的。

4.3 当安装隔声屏蔽装置时，重要的是要将噪声源完全地进行屏蔽。

#### **5 尾部噪声的减少**

为减少船舶尾部对噪声的影响，特别是对居住处所内的噪声影响，应在与尾部、螺旋桨等相关的设计程序中考虑噪声的发生问题。

#### **6 操作人员的围蔽**

6.1 在大多数机器处所内，采用降噪控制室或其他类似处所（见本附录的 2.1）的方法，保护操作或值班船员是需要和适宜的。

6.2 在噪声级超过 85 dB(A) 的小船和现有船舶的连续有人值班的机器处所内，在值班人员可能花费大部分时间值守的控制室或操作平台内，最好提供一个噪声庇护所。

#### **7 居住处所内噪声加重的控制**

7.1 为减小居住处所内的噪声级，可能需要考虑采用弹性基座将包括此类处所的甲板室与船舶的其他结构进行分隔。

7.2 还应考虑在居住处所内的舱壁、衬板和天花板以及浮筑地板的相接处设置柔性连接。

7.3 在居住处所内，为舷窗和窗户配备窗帘并使用地毯，以助于吸声。

#### **8 机械的选择**

8.1 在设计阶段，应考虑到所安装的每台机械所产生的声音。通过选用产生较小的空气噪声、液体噪声或结构噪声的机器控制噪声是有可能的。

8.2 应要求制造商提供其机械所产生噪声的资料，并提供建议的安装方法以将噪声降至最小。

#### **9 检查和维修**

各台机械、设备和相关工作处所的有关任何噪声控制/降低特征的所有项目，应作为船上安全体系管理中的一个部分进行定期检查。如果这种检查发现噪声控制措施方面的缺陷或导致噪声过大的其他缺陷，应在实际可行的情况下尽快纠正。

#### **10 振动隔离**

10.1 如有必要，机器应以经过仔细挑选的弹性基座作为支撑。为确保分隔的有效性，弹性基座应安装在具有足够刚度的底座上。

10.2 如辅助机械、空压机、液压装置、发电机组、风机、排气管和消声器等，在居住处所或驾驶室产生的不能接受的噪声级，应考虑使用弹性基座。

10.3 当安装隔声罩装置时，可考虑为机器安装弹性基座，而所有管段、围阱和电缆与机器之间均采用柔性连接。

## 11 噪声预报

11.1 在新船设计阶段，设计方/船厂可以通过计算、评估或类似方法，对船舶区域内可能产生超过第 4 章中可接受等级的噪声级进行预报。

11.2 在设计阶段，应采用 11.1 所述的噪声预报方法，识别船舶内必须特别予以考虑降噪措施的可能区域，以遵守本规则 4.2 规定的噪声级限值。

11.3 设计阶段中所计划的噪声预报和任何降噪措施应文件化，特别是在根据噪声预报，尽管有合理的技术举措，仍须预计很难达到符合本规则 4.2 中任何噪声级限值的情况下。

## 12 消噪设备

12.1 消噪，也称为抗噪，是通过引入一个抗噪信号抵消诸如由发动机和回转机械所产生的大多为低频（低于 500 Hz）重复的噪声，该信号相当于与噪声形成 180 度异相。通过与相关区域的噪声相匹配的方法，将这种抗噪声引入到环境中。然后两种信号相互抵消，有效地消除环境中的噪声能量的重要部分。

12.2 此种技术有几种应用方式，包括：

- .1 主动消声器——已由其他运输方式表明可减少内燃机、压缩机和真空泵的排气噪声，而不因背压而造成低效率。
- .2 主动安装——能遏制回转机械的振动以改善舒适度，降低运动部件的磨损以及减少振动引起的二次噪声。
- .3 降噪安静区域——目前各种运输方式均有静噪调谐的座椅和（汽车）车厢静噪系统。有可能在其他处所中给船员提供舒适和恢复体能的积极安静型铺位。
- .4 降噪耳机——能将听力保护延伸到被动耳罩以外，以覆盖低频率。主动降噪耳机也可以允许通过正常的对话进行交流，并改善工作地点的安全性。

12.3 建议向本组织提供这些主动降噪系统的相关经验，以能对其性能参数进行更好的评估。

## 13 噪声疲劳恢复区域

13.1 可以设立噪声疲劳恢复区域，作为 1,600 总吨以下的船舶或破冰船建造的可选设计方案。有噪声的作业（例如长时间空中/直升机作业或动力定位设备的恶劣天气作业）如超过正常的例行海上操作时间，也可考虑按船舶具体情况采用噪声疲劳恢复区域。这些处所的使用，应纳入 ISM 规则所规定的船舶安全操作方针。

13.2 为减少噪声源所产生的过大噪声，如无其他的技术或组织方案是切实可行的，则应提供噪声疲劳恢复区域。

## 附录 4 确定噪声暴露的简化程序

### 1 通则

1.1 为确保船员不暴露于超过 80 dB(A)的  $L_{ex}(24)$ ，本附录提供了确定相关噪声暴露量的简化程序。

1.2 通常应根据 ISO 9612:2009 确定噪声暴露量。

1.3 对基于海上试验/港内停留期间噪声测量的简化方法，以及船员的岗位要求作如下说明。

### 2 工作分析/岗位要求和非当班时间

2.1 借助船员名单，对各类岗位（组别）进行定义。

实例：

- 船长；
- 轮机长；
- 电工；
- 厨师；
- 等。

2.2 对于每类岗位，须分别规定岗位要求。岗位要求与船上的工作处所相关。

实例：

- 驾驶室；
- 船舶办公室；
- 机械控制室；
- 工作间；
- 机舱；
- 厨房；
- 等。

2.3 对于每类岗位，工作班次应分为相关于工作处所的几个组成部分(i)。对非当班时间，应进行类似的评估（所区分的部分基于船东/船舶经营人/雇员的评估）。

实例：

电工一整天可以分为下列几个部分：

i = 1	工作间	= $T_i = 5$ h
i = 2	机械控制室	= $T_i = 2$ h
i = 3	船舶办公室	= $T_i = 2$ h
i = 4	机舱	= $T_i = 1$ h
i = 5	非当班	= $T_i = 14$ h

---

总计

$T_{total} = 24$  h

### 3 预计噪声暴露级的确定

3.1 根据噪声报告以及为每类工作预估的工作时间和非当班时间，可以计算噪声暴露级。假设不会超过本规则规定的居住舱室和娱乐处所的噪声限值。根据本规则，使用精选的听力保护器是建议性的。假设配戴听力保护器工人的最大噪声级不超过 85 dB(A)。

3.2 每个处所的噪声贡献计算如下：

$$L_{ex,24h,i} = L_{Aeq,i} + 10 \log(T_i/T_0)$$

式中：T<sub>i</sub> 系船上每个处所的有效持续时间；

T<sub>0</sub> 系基准时间 24 h；

L<sub>Aeq,i</sub> 系每个处所的 A-计权等效连续声级。

3.3 A-计权噪声暴露级按每个处所的贡献噪声计算如下：

$$L_{ex,24h} = 10 \log \left( \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_{ex,24h,i}}{10}} \right)$$

实例：结果表

岗位类型	电工	地点/处所						
		驾驶室	船舶 办公室	机械 控制室	工作间	机舱	厨房	非当班
测得的 A-计权等效 连续声级 L <sub>Aeq,i</sub> [dB(A)]		64	63	75	84	85	72	60
持续时间/逗留 T <sub>i</sub> [h]		0	2	2	5	1	0	14
发出噪声 L <sub>ex,24h,i</sub> [dB]		0	52.2	64.2	77.2	71.2	0	57.7
A-计权噪声暴露级 L <sub>ex,24h</sub> [dB]	78.3							