

# 各类声学实验环境的客观物理指标 及其测量评价

广东省计量科学研究院 李敏毅 博士/教授级高工





声学实验室顾名思义，其主要作用是进行声学研究或环境声学研究的实验场所。关心声音指标相关的厂家例如：家电厂家、音箱厂家、汽车厂家、各种建材等在研发新产品时也都需要在这样一个达到相应标准的环境中产品的各类参数指标进行测试。

## 常见的声学实验室分类：

1. 全消声室
2. 半消声室
3. 静音室
4. 混响室
5. 测听室
6. 隔音室

.....

# 声学实验室——全消声室



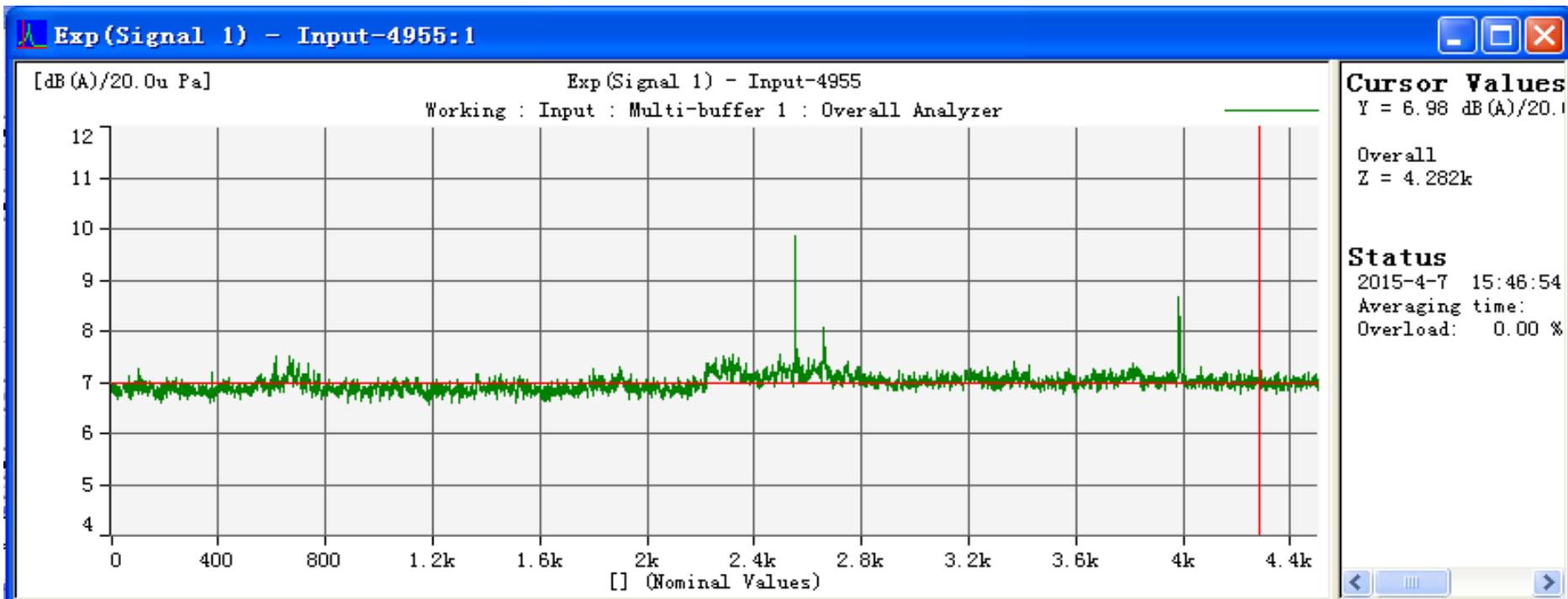
在一个更大的全消声室内，新的记录诞生了“-15.6dB(A)”

**全消声室**简单来说是指一间不具有声学反射能力的房间。其原理是在消声室的墙壁上铺设吸声性能良好的吸声材料，以达到去除声波反射的效果。其主要用途为：测试抗噪声送、受话器的灵敏度、频响和方向性等电声性能。（如：测试音箱、喇叭单元等设备的具体参数及性能。）

## 设计标准：

**1.ISO 3745-2012** “Acoustics—Determination of sound power levels and sound energy of noise sources using sound pressure- Precision methods for anechoic rooms and semi-anechoic rooms”

**2. GB 6882—2016** 《声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 消声室和半消声室精密法》



背板光源噪声测试 在广东计量科学研究院第二检测基地全消声室内进行

异常声音出现在：①255s位置 9.83 dB (A) ②265.4s 7.84 dB (A)  
③398.1s 8.66 dB (A)



全消声室客观物理指标：

**本底噪声**

**自由声场频率范围与空间范围**

计量规范：

**JJF1147-2006**



b) 对用于噪声源声功率级精密测量的消声室和半消声室，室内测得声压级与反平方律理论值的最大允许偏差见表 1。

**表 1 室内声压级与反平方律理论值的最大允许偏差**

测试室类型	1/3 倍频带中心频率/Hz	允差/dB
消声室	$\leq 630$	$\pm 1.5$
	800 ~ 5000	$\pm 1.0$
	$\geq 6300$	$\pm 1.5$
半消声室	$\leq 630$	$\pm 2.5$
	800 ~ 5000	$\pm 2.0$
	$\geq 6300$	$\pm 3.0$

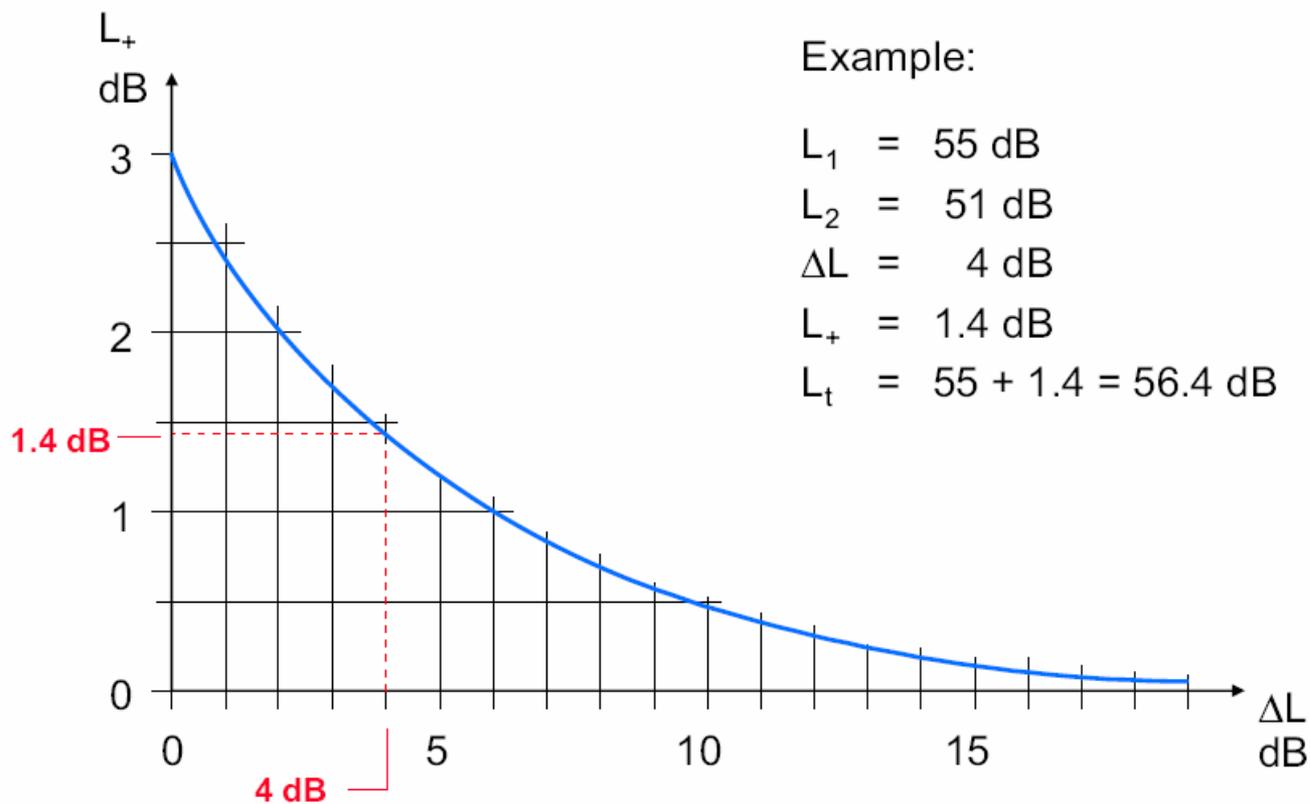
c) 也可根据实际需要决定室内声压级与反平方律理论值的最大允许偏差。

## 5.2 本底噪声

消声室和半消声室室内本底噪声至少应比被测声源的声压级低 15dB。



## 声压级的叠加



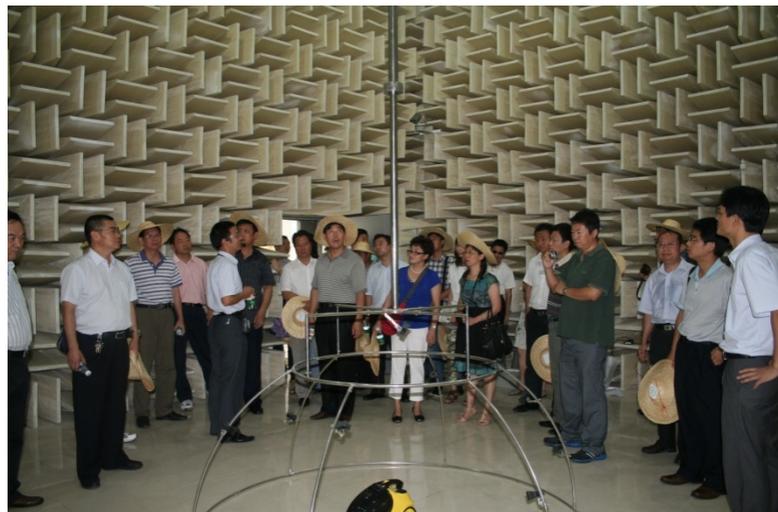


**半消声室**是指以地板为反射面的消声室，是模拟半自由空间的房间。

## 设计标准：

**1. ISO 3745-2012** “Acoustics—  
Determination of sound power levels  
and sound energy of noise sources using  
sound pressure- Precision methods for  
anechoic rooms and semi-anechoic  
rooms”

**2. GB 6882—2016** 《声学 声压法测  
定噪声源声功率级和声能量级 消声  
室和半消声室精密法》



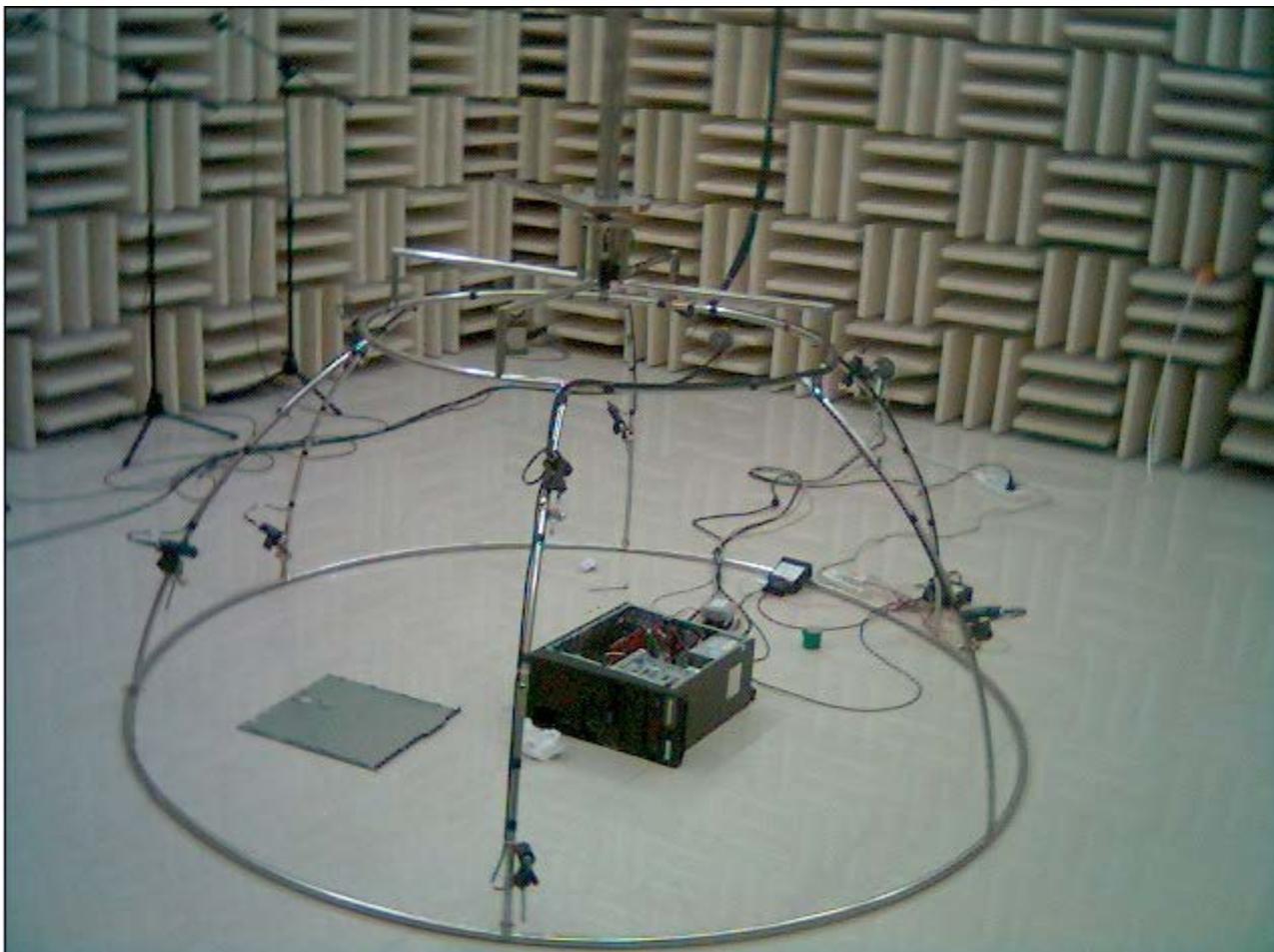
# 声学实验室——半消声室





华南国家计量测试中心  
广东省计量科学研究院

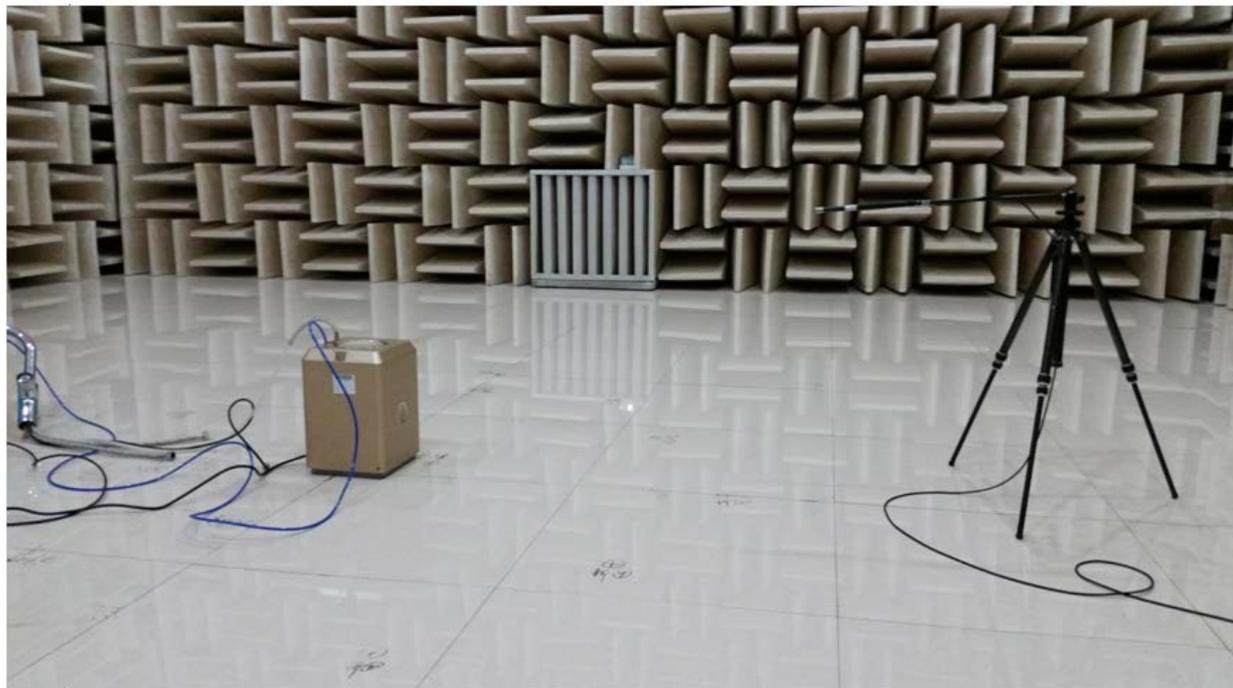
# 声学实验室——半消声室



# 声学实验室——半消声室



本检测在广东省计量科学研究院第二检测基地半消声室中进行，室内本底噪声小于 2 dB(A)。储热式开水器尺寸为 210 mm（长）× 210 mm（宽）× 320 mm（高），将其放置在半消声室地面上，储热式开水器接通交流电源 230 V/50 Hz，开水器加热功率为 1830 W 时，测试传声器高度为 0.66 m，距离被测样品前方 1 m 处，检测其声压级，现场检测如图所示。



# 声学实验室——半消声室

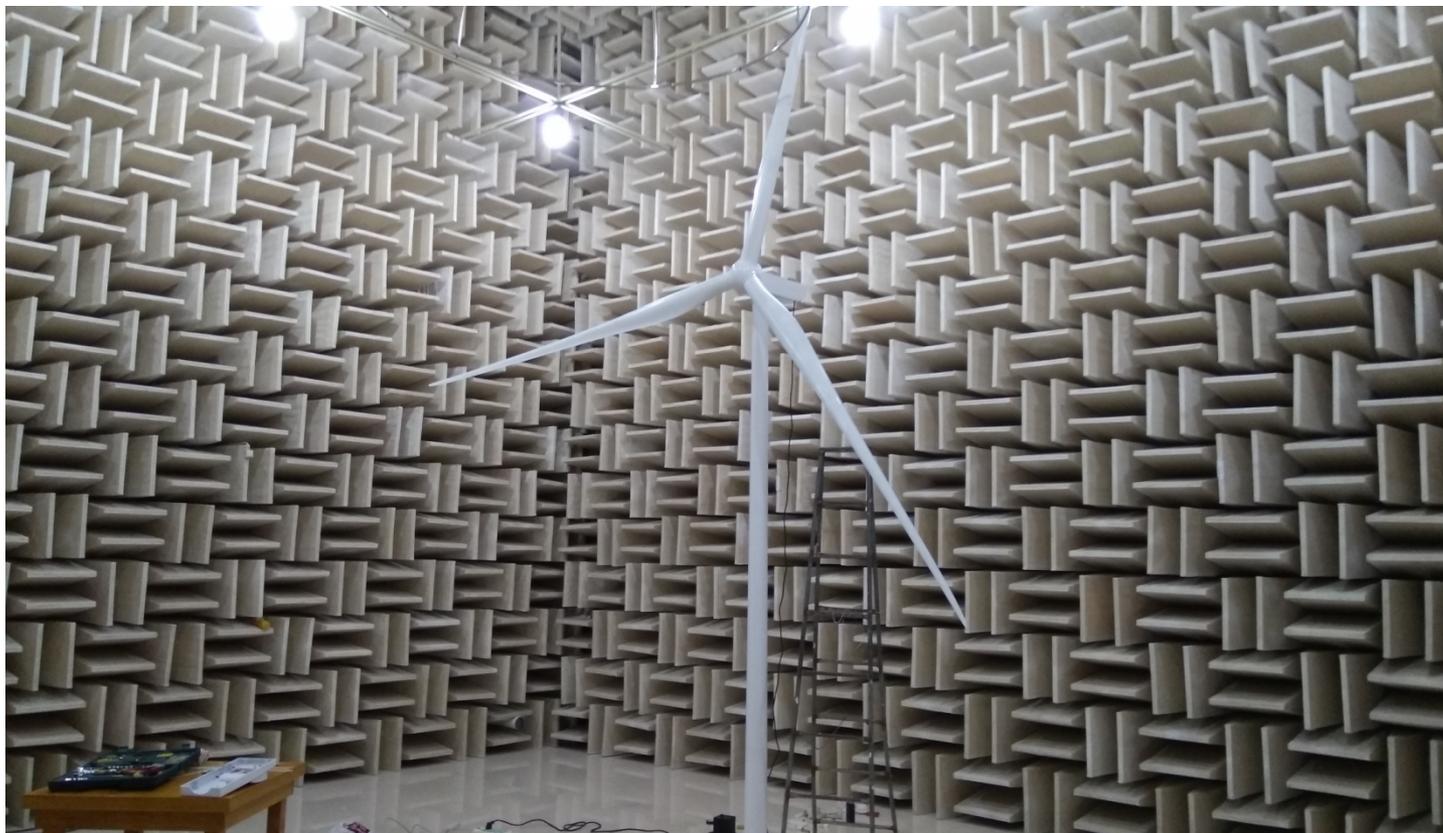


图1、风力发电机模型的现场安装



## 半消声室客观物理指标:

本底噪声

自由声场频率范围与空间范围

## 计量规范:

**JJF1147-2006**



ICS 17.140.20  
Z 32



中华人民共和国国家标准

GB/T 4214.1—2017  
代替 GB/T 4214.1—2000

## 家用和类似用途电器噪声测试方法 通用要求

Test method for noise of household and similar electrical appliances—  
General requirements

(IEC 60704-1:2010, Household and similar electrical appliances—  
Test code for the determination of airborne acoustical noise—  
Part 1: General requirements, MOD)

2017-12-29 发布

2018-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局  
中国国家标准化管理委员会 发布

### GB4214. 1—2017

## 《家电和类似用途电器噪声测试方法通用要求》

适用于由电网供电或电池供电的家用及类似用途电器，包括它们的附件和部件。

4 测量方法与声学环境.....	7
4.1 概述.....	7
4.2 直接法.....	7
4.3 比较法.....	7
4.4 声学环境.....	7
4.4.1 测试环境的一般要求和合格性判定准则.....	7
4.4.2 背景噪声的要求.....	8
4.4.3 环境条件.....	8
5 测量仪器.....	8
5.1 声学测量仪器.....	8
5.2 测量气候条件的仪器.....	8
5.3 测量运行条件的仪器.....	8
6 被测器具的运行与定置.....	8
6.1 器具的定置与预处理.....	8
6.2 电、水或燃气的供应.....	8
6.3 气候条件.....	9
6.4 测试期间器具的加载与运转.....	9
6.5 器具的定位和安装.....	9
7 声压级的测量.....	11
7.1 反射面上方近似自由场中的传声器的布置、测量包络面以及标准声源（RSS）的位置.....	11
7.2 带刚性壁面的测试室的传声器布置和标准声源（RSS）的位置.....	15
7.3 专用混响室中传声器的布置和标准声源（RSS）的位置.....	15
7.4 测量.....	15
8 声压级和声功率级的计算.....	16



**静音室** (隔音房)是一种为有测试要求的产品制造车间设计的隔声测试装置，在隔声间内进行吸声处理，使其成为一个小型的无声室，在里面可测试一些小型的产品，如精密仪器、电机、变压器等。

## 设计标准：

1. ISO 3744 “Acoustics-Determination of sound power levels of noise sources using sound pressure---Engineering method in an essentially free field over a reflecting plane”
2. GB 3767-2016 《声学：声压法测定噪声源声功率级和声能量级. 反射面上方近似自由场的工程法》



## 静音室客观物理指标与评价：

### 本底噪声 环境修正系数 $K_2$

要用确定环境修正值  $K_2$  的两种方法之一来估计环境影响。这些方法将用来确定是否存在不利的环境影响和鉴定一实际被测声源给定的测量面是否符合本标准。

第一种鉴定方法(绝对比较测试法,见 A.2)是用标准声源(RSS)来实现,该方法可用于室外和室内。它是鉴定测试环境的首选方法,特别是在需要频带数据和被测噪声源能够从测试场地移开时。

第二种鉴定方法(基于房间吸声的方法,见 A.3)需要测定测试房间的吸声量  $A$ 。该方法是基于如下前提:房间的形状近似为立方体、基本上是空的,以及房间边界有吸声作用。有四种计算吸声量  $A$  的方法:根据混响时间的测量(见 A.3.2)、使用辅助测量面测量被测噪声源的声压级(见 A.3.3)、使用标准声源(见 A.3.4)或根据平均吸声系数来估算(见 A.3.5)。如果被测噪声源不能移动或者它的尺寸很大,则优先选择这四种方法的一个。



**混响室**内可以测定材料的吸声系数，空气中的声吸收，声源和机器的声功率频谱，测量扬声器的效率等，同时还可以对灵敏机件做噪声疲劳试验和产生人工混响等。

## 设计标准：

1. **ISO 3741** “Acoustics — Determination of sound power levels and sound energy levels of noise sources using sound pressure — Precision methods for reverberation test rooms”
2. **GB 6881.1** 《声学 声压法测定噪声源声功率级混响室精密法》
3. **GB 6881.2** 《声学 声压法测定噪声源声功率级和声能量级 混响场内小型可移动声源工程法 硬壁测试室比较法》
4. **GB 6881.3** 《声学-声压法测定噪声源声功率级-混响场中小型可移动声源工程法-第2部分：专用混响测试室法》





华南国家计量测试中心  
广东省计量科学研究院

# 声学实验室——混响室



# 声学实验室——混响室





华南国家计量测试中心  
广东省计量科学研究院

# 声学实验室——混响室





## 混响室客观物理指标：

本底噪声  
混响时间  
声压均匀性

## 检测周期：

≤5年



**测听室**的出现是因为机器噪声的客观测试指标和人的主观感觉之间也还有一定的差异。所以，实际利用人耳对噪声源的测听成为了对噪声源进行评价的有效方法。因为测听结果强烈地依赖于所处环境，理想的测听环境-测听室成为了主观评价必备设施之一。

## 设计标准：

1. **GB/T 50356-2005** 《剧场、电影院和多用途厅堂建筑声学设计规范》



## 测听室客观物理指标：

足够低的背景噪声  
合适的混响时间

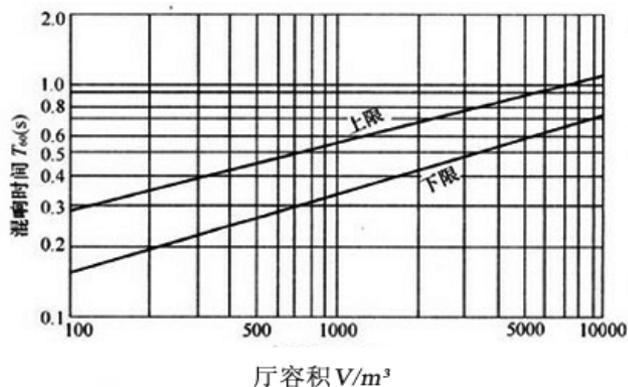


图1(a)  $T_0$ 与厅室容积的关系

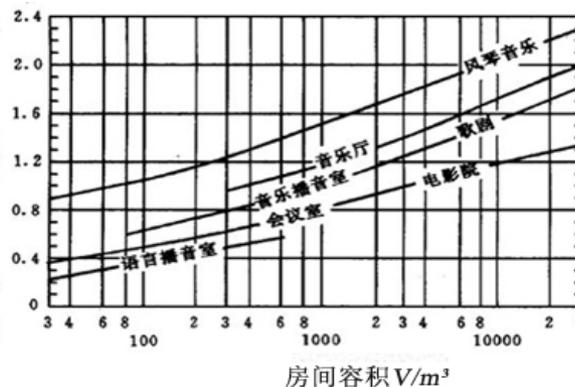


图1(b) 各种用途房间的最佳混响时间



华南国家计量测试中心  
广东省计量科学研究院

# 声学实验室——隔音室



# 声压法声功率测量标准总览

国际标准	等同国标	方法级别	测试环境	声源体积、测量距离	最少测点	可得结果
3741	6881.1	精密(1级)	混响室满足专门要求	小于混响室容积2%	6	A计权声功率
3743-1	6881.2	工程(2级)	硬壁测试室(比较法)	最好小于测试室容积1%	3	任一计权的声功率
3743-2	6881.3	工程(2级)	专用混响测试室	最好小于测试室容积1%	3	任一计权的声功率
3744	3767	工程(2级)	反射面上方近似自由场	>声源最大尺寸的2倍、 半径不小于1 m > $\lambda * 1/4$	-	任一计权的声功率、指向性信息
3745	6882	精密(1级)	半消或全消	最好小于测试室容积0.5%、>声源最大尺寸的2倍、半径不小于1 m	20	任一计权的声功率、指向性信息

# 决定采用哪种测量标准的影响因素



影响因素	相关信息	ISO 标准					
		3741	3742	3743	3744	3745	3746
声源大小	大声源 - 不可移动						
	小声源 - 可移动						
噪声特性	稳态 - 宽带						
	稳态 - 窄带 - 离散频率						
	非稳态						
测量方法级别	精密						
	工程						
	简易						
结果应用	噪声控制						
	典型试验						
	不同种类机器对比						
	相同种类机器对比						
可得的信息	倍频程级数						
	1/3 倍频程级数						
	A 计权级数						
	其它计权						
	指向性信息						
	时序分布						
测量环境	混响实验室						
	特定的混响实验室						
	空间较大的房间, 室外						
	消声实验室						
	室内和室外就地实						

标记:  不支持
  可选
  支持

# ISO 374x系列标准概览



标准	精度	测量环境	声源体积	噪声特性	声功率结果	其它可选信息
ISO 3741	精密级 (1级)	达到特定要求的混响室	小于实验室体积的1%	稳态, 宽带	备频程或 1/3 倍频程	A 计权
ISO 3742				稳态, 离散或窄带频率		
ISO 3743-1	工程级 (2级)	硬壁面实验室	无限制, 取决于可用实验室的体积	稳态, 宽带, 窄带或离散频率	A 计权的倍频带	其它计权方式的声压级
ISO 3743-2		特定的混响室				
ISO 3744		室外或大房间				
ISO 3745	精密级 (1级)	全消声或半消声实验室	小于实验室体积的0.5%	所有噪声特性	A 计权的倍频程或 1/3 倍频程	指向性和随时间变化声压级; 其它计权方式的声压级
ISO 3746	简易级 (3级)	室外或室内, 无特定环境要求	无限制, 取决于可用实验室的体积			
ISO 3747		无特定环境要求; 声源不可移动	无限制		稳态, 宽带, 窄带或离散频率	

# ISO 374x系列标准 (不确定度)



重复测量的最大标准差 [dB]

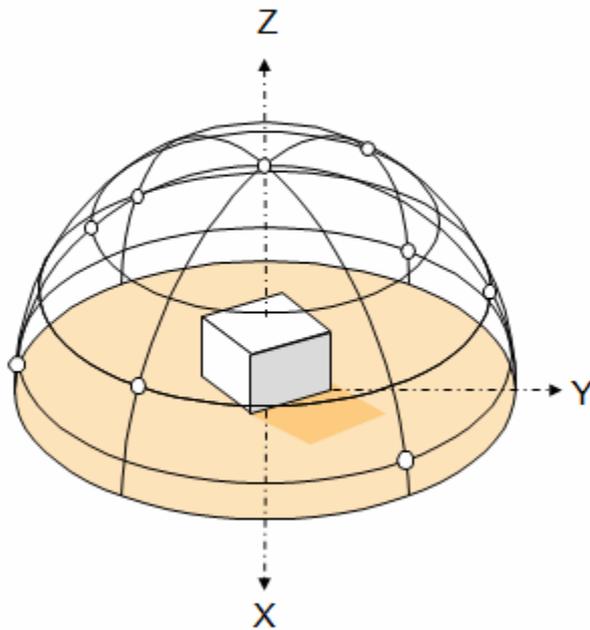
ISO 标准	倍频程 [Hz]					
	125	250	500	1k - 4k	8k	A 计权
	1/3 倍频程 [Hz]					
	100 - 160	200 - 315	400 - 630	800 - 5k	6.3k - 10k	A 计权
3741, 3742	3	2	1.5		3	-
3743 - 1	3	2	1.5		2.5	1.5
3743 - 2	5	3	2		3	2 <sup>1)</sup>
3744	3	2		1.5	2.5	2.5 <sup>1)</sup>
3745 (全消声室)	1	1		0.5	1	-
3745 (半消声室)	1.5	1.5		1	1.5	-
3746	-	-	-	-	-	5

注释: 1) 适用于在 100 to 10 k Hz 频率范围内频谱较为“平坦”的声源

# 测量面 (ISO 3744)

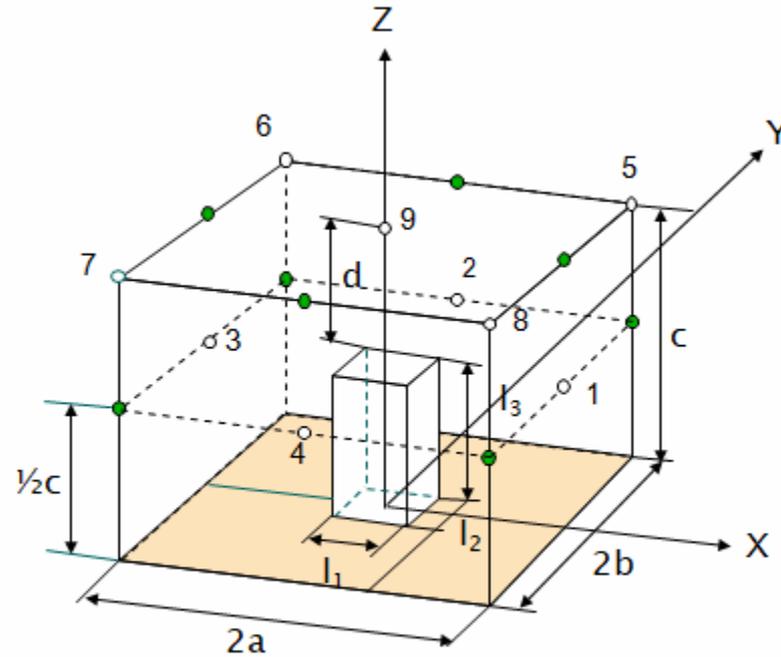


半球面



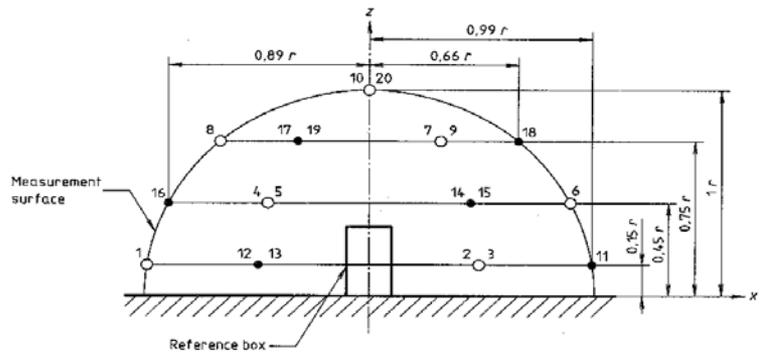
○ 首要传声器位置

平行面



● 增加传声器位置

# 半球面上扬声器位置(ISO 3745)

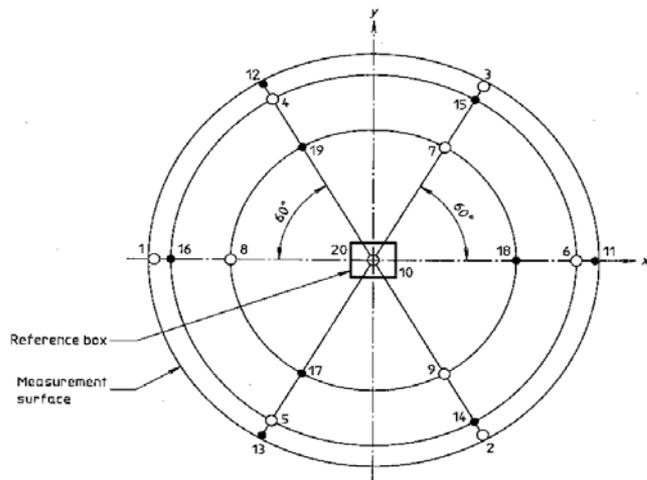


$$r \geq 2d_0 \text{ 且 } r \geq 1\text{m}$$

$r$  : 半径

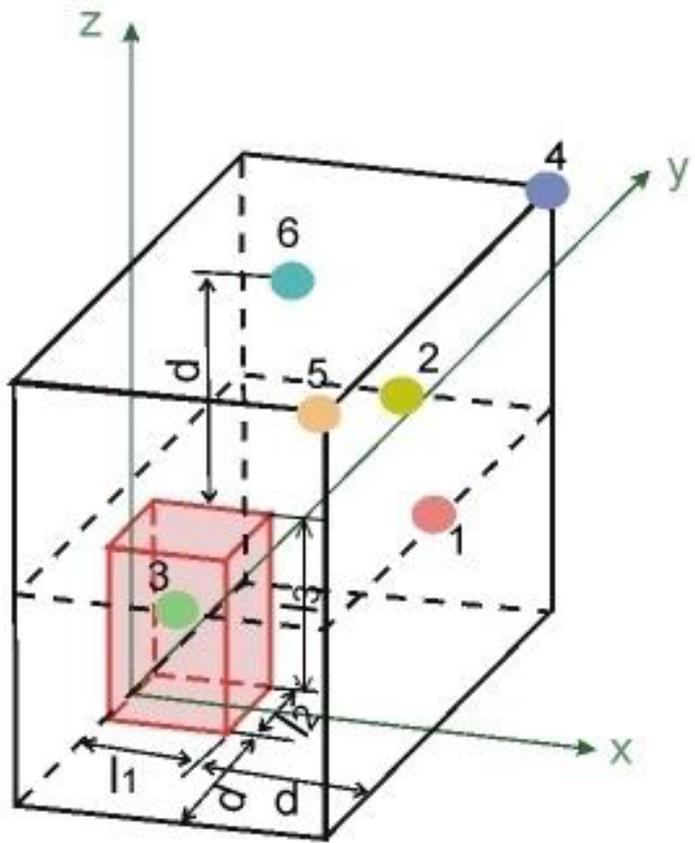
$d_0$  : 声源特征尺寸

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



- Key microphone positions
- Additional microphone positions

# 自由场声功率测点布置一例



靠墙放置的  
设备6个测点

# 扩散场声功率测量(比较法)



参数	ISO 3741 精密级	ISO 3743-1 工程级	ISO 3743-2 工程级
测量环境	符合要求的混响室	硬壁测试室	专用混响室
最低测量位置数	6	3	3

## 扩散场方法 (ISO 3741/3)

### 优点

- 比较法, (使用参考声源) 操作非常简便
- 当使用转台时测量非常快速
- 采用ISO 3741得到精密级结果, 采用ISO 3743 得到工程级结果

### 缺点

- 需要一个满足特定要求的混响室
- 如果测量噪声源的窄带成分, 对实验室还有额外的要求
- 无法同时进行指向性信息
- 对混响室的使用非常有限



## 优点

- 易操作
- 精密级结果
- 能得到声功率之外的其它信息 (比如指向性, 音调)
- 消声室可以有其它用途 (比如声品质评估, 噪声源定位等)
- 如果采用多传声器同时测量, 能和扩散场方法一样快速

## 缺点

- $\geq 20$ 个测点,需要多通道声学分析仪
- 采用多路复用的传声器阵列时, 测量速度较慢

# 近似自由场方法 (ISO 3744)



## 优点

- 除准确性不足外，具备和自由场方法相同的优点
- 不需要特定的声学测量设备，可以在室外或大房间内测量声功率
- 相对扩散场和自由场方法，需要较少的初始投资资金

## 缺点

- 只能得到工程级精度的结果
- 如果测量较低噪声的声源，背景噪声会有干扰



- 声功率是一个很有用的声学参数。声源的声功率值与环境 and 背景噪声无关。
- 有多种标准化的方法测量和计算声功率，理论上每种方法都应该得到相同的声功率结果，但各方法的不确定度不同。

谢谢大家！

