



SIA Acoustic Tools 基本操作方法



中国音响设计网
www.xycad.com



前言

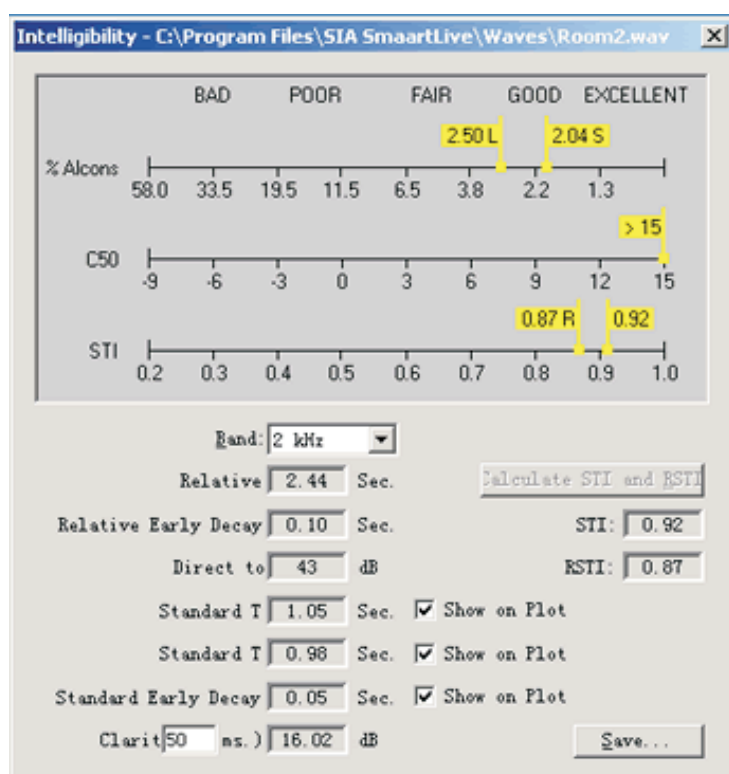
由于传统技术和工艺设备的限制，声学专家千辛万苦设计并装修出来的电影院、剧场、录音棚等等声学设施，不能用先进的测试设备和手段来测试和检验它们实在是件令人惋惜的事情。尽管过去也有一些国外公司研制和生产了一些过去算是比较先进的测试设备，如瑞典的 B & K 公司，美国 Kernal 公司等，但无论从技术指标到工艺水平到最后测试分析结果来看，都是十分粗糙和不尽如人意的，它们不但只能测试为数极少的几项简单声学指标，而且这些测试设备还不能对这些指标做任何智能分析。不但如此，其价格也异常昂贵，这不是一般个人能承受得了的。

最近几年，由于计算机及其应用软件的大力开发和发展，声学测试和分析软件就应运而生了。如美国的 Sound Technology, SIA 等一大批公司，先后编写了多种声学测试及分析软件包。这些软件包各具特色，且测试方法和监控手段各不相同，但是有一个最为鲜明的共同特征是它们比较传统测试和分析方法更为科学、直观和快捷，有大部分声学数据可以进行定量分析和可重复性，设备成本也非常低廉。不仅专业工作者可以使用，即使是那些业余爱好者也容易掌握和熟练地使用。

这里我们为大家介绍一款声学测试和分析软件 SIA Acoustic Tools intelligibility。该软件对于业余爱好者来说不需要昂贵设备，一台电脑、一个软件、一只电声指标说得过去的电容话筒，就可以粗略地测试你的录音棚及控制室的各项声学指标了。但对于专业工作者或声学实验室来说，这就不够了。你还需要添置一张很好的全双工操作音频卡（信噪比大于 90 dB，失真度优于 0.005%），一只专业测试话筒，一台测试级的带幻象电源话筒前置放大器（文章中有具体介绍）。

由于我们目的是想让读者了解该软件的一些基本的但又是非常重要的操作方法和有关软件中的声学术语和名词（我们写的不是软件详细说明书），所以我们只粗略地介绍了一些重要的操作步骤。其实，只要你详细地看懂了文章中的介绍，并亲自操作一下软件，它的测试方法是不难学会的，因为它与其它应用软件毕竟还有许多相通的地方。在 Smart intelligibility 组件上，点击 intelligibility 按钮打开 intelligibility 对话框（图 1）。这个窗口几乎显示了在程序中可以计算的全部可懂度和其可懂度模数计算的听音评价结果。可懂度对话窗口是一种浮动窗口，意味着当你在主程序窗口工作时它能始终保持打开状态。

当你移动主平面图内的黄色小标记位置时，在可懂度对话框你能看见计算结果会得到自动修改（任何地方都适用），照原样反映出数据的变化。在可懂度对话框展示的资料可以按 ASCII 文本文件保存，按窗口右下角保存（Save）按钮就可保存为电子数据表或其他形式的应用文件



混响时间和其它有关听觉评价

可懂度对话框下面一部分是专门用于补充听觉评价的控制区和显示区。除 STI, RSTI 和 %ALCons（如果已经计算）之外，全部都在这儿编成评价表格，这个表格仅仅适用于你选择的频带（宽带，或者通频带）。

Band（频带） - 这个频带选择器与主程序窗口右边的频带选择器按钮具有相同功能，都是在可懂度窗口或数据图示框内选择带宽用的。

Relative T（混响时间 T） - 也被称为“T60”或“RT60”，Relative T（T）是测试系统混响时间衰减率的。根据规定，混响时间是对被测试混响衰减按衰减到 60 分贝以下时的速率规律的时间总量（以秒表示）进行测量。在主程序窗口的平面图（图2）上，从 Lr 和 Ln 标记的相关位置测定相应的衰减时间。



Relative Early Decay Time（混响早期衰减时间）- 这是考察它完成衰减的初始阶段速率的表示。该值仅与主程序窗口的平面图上（图2），Lr 和 Ln 标记和所选择的带宽有关。与混响时间所表达的一样，要求对被测试的混响早期衰减按衰减到60 分贝以下时的速率规律的时间总量（以秒表示）进行测量。

Direct to Reverb（直接声与混响声之比）- 直达声平与混响声平表示的是直达声平对于混响衰减斜率混响声能声平的相对差额。这个值（分贝）仅仅是在Ld 和 Lr 标记之间的声平上的差额，不过它是全面评价房间/系统可懂度的重要因素。

Standard T (20), T (30) and Early Decay Time[标准 T (20)，T (30) 与早期衰减时间]- 对于全带宽和 100 和 5000 Hz 倍频程或 125 和 4000 Hz，1/3 倍频程带宽，该程序会用工业标准方法自动计算 T20 和 T30 混响时间和早期衰减时间（Early Decay Time），并且规定了应有的足够动态范围的数据，即 T20 最小 35 dB，T30 至少需要 45 dB。Standard T (20)，T (30) 完全依靠数学积分运算，而无须依赖 Lr 或 Ln 标记的位置和 T 与 EDT 之间的关系。只有 Ld 标记的位置用来确定积分的断点。注意，跟在后面的数字“20”和“30”只是确定实际测量衰减速率的参照范围（分别为 20 dB 或 30 dB）。混响时间和 EDT 总是按房间/系统衰减到 60 分贝以下时的速率以秒数来表示的。另外，在这三个数据旁边的框内打勾与否表示你是否要在总平面图上显示 T 20，T 30 和 EDT 的衰减斜线（请参看图 2）。

Clarity（透明度）- 在 Clarity 一栏中为以毫秒表示所计算出的透明度指数，在这张图表上部的中间一个刻度尺就是它的映像。例如在 Clarity 方框内键入 35，上面那条透明度刻度尺就命名为 C35。注意，附加的透明度评价值在 All Bands Table（全频带表）中能够表现出来。

STI and RSTI（语言传输指数）- STI 和 RSTI 栏展示运行了 Calculate STI and RSTI（计算 STI 和 RSTI）后的语言传输指数。



计算可懂度和混响时间

声平标记 (Ld 和 Ln)

当 Log (dB) 对数刻度尺被选中时，标准时域数据平面图或波形文件数据能量时间曲线 (ETC) 被显示出来，在平面图 (图 2) 上出现了三个标记，Ld (直达声平)，Lr (混响声平)，以及 Ln (噪声声平)。这三个标记是以时间和音量大小的坐标来计算 %ALCONS (辅音音节损失百分率)、Clarity (透明度) 指数以及其他有关听觉参数的基础，例如相对混响时间 (T) 和早期衰减时间 (EDT) 以及直达声与混响声声平比。

%ALCONS 计算三个标记的声平位置坐标，这三个标记都是处于 2 kHz 为中心的倍频程带宽上。注意，为了要显示对 %ALCONS 的评价，你至少要在 2 kHz 为中心的倍频程带宽上选中并执行一次。

对 Clarity (Cn) 的计算仅仅使用了 Ld 和 Ln 标记的时间位置。

Relative Early Decay Time (EDTR) (相对早期衰减时间) 是以 Ld 和 Lr 之间的相对时间和声平大小的差别为基础计算的。

Relative Reverberation Time (TR) (相对混响时间) 是以 Lr 和 Ln 之间的相对时间和声平大小的差别为基础计算的。

在计算“标准”混响时间（T 30 和 T 20）以及早期衰减时间（EDT）时，采用了常规的积分运算，仅用了 Ld 标记的时间位置作为积分的断点。注意 standard T30, T20 和 EDT 在 Intelligibility Graph（可懂度图表—图 1）对话框已被激活后在主平面图（图 2）上的显示情况。

当 Schroeder 的反积分曲线显示出来时，只有 Ln 标记的时间位置确定了 Schroeder 积分运算的断点。

注意，STI 和 RSTI 计算不依靠任何一个声平位置标记。

声平位置标记

在声波脉冲响应平面图中黄色小方块就是声平位置标记。在这张图表中还展示了自动计算出的“标准”EDT 斜线（橙色）、T30 混响时间（红色）和 Schroeder 积分曲线（蓝色）。standard T 和 EDT 斜线从 Intelligibility 图表对话框中才能激活（前面已介绍）。在大多数情况下，你应该看到 Schroeder 积分与标准和手动拖拽衰减斜线之间充分合理的相互关系。如果标准的 EDT 和 T 斜线看起来与实际的数据和 Schroeder 痕迹不一致的话，你可轻轻地推拉 Ld 标记的时间位置引导它们排成一列。当一个文件被第一次加载或在一个新的频段显示时，可懂度组件将在最高峰值上自动设置 Ld 标记位置。最高峰值一般地说代表了到来的直达声，并让你差不多在大多数情况下不再需要大量地去调节该标记位置。在任何时候你可以点击左上角第二排“Peak”按钮，让程序去自动寻找并重置最高峰值 Ld 标记。

Lr 和 Ln 标记位置需要你用手工调整。Lr 标记应该放在混响衰减斜线与早期衰减斜线交汇点的位置处。Ln 标记应放在混响衰减斜线水平截止点与噪声底值相接近的交汇点。你要在每个倍频或 1/3 倍频反反复复地做你想要的类似的分析处理。

一旦设置完毕并存储在磁盘上，当你关闭了文件或退出程序后，可懂度组件能够“记住”每个位置的指示标记。标记位置被存储在一个与波形文件同名其扩展名为（.sii）的文件内。不仅 Lr 和 Ln 之间在时间和大小上存在差异，而且也意味着相邻的时间间隔存在差异 Slope（倾斜度）（dB/Sec）和相关的混响时间 T 可在平面图右上角第三排的读出区读出。可以按住 Shift 键，并按住鼠标右键拖拽，你可以寻找到任意两点间的相同类型的资料。再一次按住 Shift 键，用“铅笔”点击连线即可抹掉。当这条连线存在时，它的倾斜度和德耳塔数据将在读出区显示出来，然而它与上面被计算出来的 Lr 和 Ln 标记的倾斜度没有任何关系。

可懂度图表和全频段表格 (The Intelligibility Graph and All Bands Table)

确定了声平标记位置后，点击Intelligibility（可懂度）按钮打开可懂度图表对话框。这个窗口显示了混响时间、EDT 和在当前带宽与声平标记位置的可懂度评价。

如何采集测试信号

采用双重 FFT 记录脉冲响应

为了测量测试系统的脉冲响应，采用双重付里叶变换传输技术。该技术可以使用内部或外部粉红噪声发生器（可用于大多数声学测定的推荐测试信号）或实际上可用任何其他连续信号（如音乐）作为激励信号

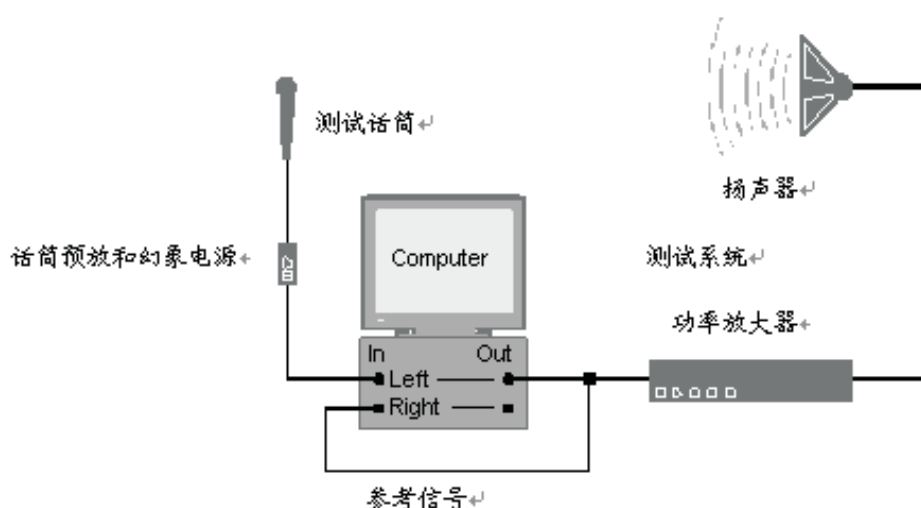


图 4 用外部声源的双重 FFT 测试系统

开始记录过程，打开可懂度组件，并点击位于主程序窗口右上角的记录 REC) 键。当Record Impulse（记录脉冲）对话框出现时，点击Dual FFT 标签显示双重 FFT 记录控制器。

设置测量参数

如果你用内部信号发生器来测量，应把Pink Noise Generator（粉红色噪声发生器）的输出电平设置得较低。在 Impulse Output 中，你可以键入保存测定结果的路径和文件名，或点击Browse 按钮并用 Open 打开文件对话框去引导目标文件夹并指定文件名。当Averages（平均值）设置得大于1时，测试系统将按指定的FFT 构成数去记录、处理并将结果在一起

加以平均。每加倍一个 Averages（平均值）数量将对所完成测定中的信噪比有 3dB 的改善，但是，每次测定的时间也会相应加长。一般说来，在噪声较多的环境和/或者当你受到某种限制只能使用较低的声压级来激励房间/测试系统时，你可以使用较高的 Averages（平均值）。

采样率（SR）确定完成测定的频率含量。要测定全部音频频谱需要 44.1 kHz 或更高的采样率。使用较低的采样率将使被分析的音频频率宽度受到采样率频率一半的限制（耐斯特采样定义）。

FFT 的规模与采样率确定了 FFT Time（时间）常量，也被称做“时间窗口”。对于你所选择的 FFT 的规模和 SR 值，FFT Time 常量就会被自动地计算出来，并显示在 FFT Time 栏目内。为了得到坚实可靠的脉冲响应测定，FFT 时间常量必须要比测试系统的衰减时间要长。一般来说，FFT Time 常量从 0.7-1.5 S 已足够应付小房间到中型房间的测量了。更大的房间有更长的衰减时间，就应有更大的时间常量。但决不要太长，虽然较长的 FFT Time 常量可以改善测定的信噪比。如果你真的加长了这个常量，它会增加测定时间和加大波形文件大小。较大的文件在滤波和分析时要花更多的时间。当测定完成后如果你发现你过大地估计了你的被测系统，可以用 X Zoom 工具和 Save As 命令去编辑多余的“噪声尾巴”。

记录脉冲响应

如果你使用了内部 Pink Noise Generator（粉红噪声发生器），请点击 Generate Pink Noise 按钮开始发送信号，并谨慎地调节电平控制器到目标电平。你还需要在 Windows 的音量控制器上去设定总的波形输出电平。如果你使用了外部信号发生器，请开始把信号传送到测试系统和计算机中。无论在何种情况下，应将外部增益控制器和/或计算机的线路输入电平调节适当，使参考信号在输入表上为 -12dB 为宜。确认在计算机右输入声道上已经接收到参考信号（右边的蓝色“LED”仪表指示），由话筒来的测试信号从声道左边输入（左边的绿色“LED”仪表指示）。

如果需要，调节话筒预放增益，使参考信号（右）与测定信号（左）电平保持在输入表大约 -12dB 的电平上，点击 Record 按钮。

可懂度组件将记录你作为测定参数、处理数据，并且书写结果到指定的输出文件用白基本音频数据。当记录过程完成的时候，Record Impulse（记录脉冲）对话框会自动关闭，并且，新文件将会显示在主 Plot Area（平面图区域—图 2 中的绿色部分）。



关于本软件中几个常用声学术语的解释

The dual Fast Fourier Transform (FFT) transfer function

双重快速付里叶传递转移函数

该转移函数是对两种信号，即典型的参考信号和测定信号做复杂比较。最通常地是比较一种设备，或一种系统的输入和输出，例如均衡器、声学系统或房间。当脉冲响应记录测定使用了双重快速付里叶传递转移函数法时，SIA-Smaart Intelligibility module 就用了FFT 的传递数据记录了两个音频数据，并计算两个输入信号在频域内的转移函数。然后转变转移函数计算的结果（使用了一个反转的FFT），并显示在时域内，以表示设备或测试系统的脉冲响应。

STI 和 RSTI

语言传输指标

根据人的讲话本质上是由某些低频信号调制的基音波形的假定，STI 就使用了 Modulation Transfer function (MTF 调制转移函数)，去尝试几个倍频程并预测系统传播语言信息的能力。测定MTF 时使用了“受人喜欢的语言模型的放大调制组件”测试信号，或宽带系统脉冲响应法（本 SIA Intelligibility 组件使用了后一种方法）。0-1 是作为 STI 的一个评价，0 就意味完全难懂，1 意味着可懂度指标完美。STI 评价在 0.7 就是“好”到“优秀”了。0.45-0.7 评价为“漂亮”，0.45 以下的评价为“不够”。

Rapid Speech Transmission Index (RSTI，急速语言传输指标)是专门为短的 STI 开辟的计算法指标，所使用的数据为 500 Hz 和 2000 Hz 倍频程带宽。由于 STI 几乎把人类听域的整个频谱都考虑进去了，所以RSTI 比严格的 STI 计算有助于产生评价稍微偏高的数字。

Clarity Factor (Cn)

透明度系数 (Cn)

听觉评价的另一个分量为透明度，它是声音发声时早期声与迟延声能量之比。早期声与迟延声分类是以毫秒计量，用 Cn 表示，在这儿，n 是毫秒的意思，如 C10，C20，C50 等等。例如 C50 是表示在 50 毫秒内到达的直接声与总混响衰减声音能量之比。透明度的值超过 5 被评价为“好”，2-5 之间被评价为“漂亮”，-2 以下只能评价“不够”。对于可懂度组件透明度系数缺省值为 C50。另外还可使用的透明度系数有 C35 和 C7。你也可以改变这个透明度系数为你所喜欢的另一种透明度系数评价值。点击平面图上的 Option 按钮，选 Graph 标签，然后在 Clarity 框内键入你想要的毫秒数即可。



%ALCONS

辅音音节损失百分率

这个指标可以采用传统主观测定，即发一张词语表给听众并让听众听音打分的方法；也可以采用计算脉冲响应或能量时间曲线来客观测定辅音音节损失百分率（%ALCONS）。0 和 4.0 之间的%ALCons 值为“好”，12~4 为“漂亮”，12 以下为“不够”。计算%ALCONS 有两种不同的公式，一种叫“长”方式，另一种叫“短”方式，而我们的可懂度组件对这两种方式都支持。二者之间主要不同的是“长”方式把周围的杂声考虑进去了，而“短”方式则没有。两者都倾向于相比其它几种可懂度测定方式而言，考虑能得到稍微宽松的答案，特别是短”方式计算尤其如此。请注意，长”方式和“短”方式%ALCONS 计算仅仅在倍频程 2 kHz 为中心的带宽下，并依赖于 Ld, Lr 和 Ln 标记位置完成的。

Reverberation Time (T or Tn)

混响时间 (T 或 Tn)

通常提及的“T60”和“RT60”或 “T” 混响时间，是一个系统”或典型房间在假定的延时率下衰减 60dB 所需要的秒数。实际上由于多方面因素，难以真正完整测定 60 dB 的衰减，一般是按传统测定 T30 或 T20 去测定衰减 30 dB 或 20 dB 来推测出衰减 60 dB 的混响时间。

Decay Rate

衰减率

信号衰减（量的减少）率，通常为频率的函数，并以倾斜度 (dB/S)，或者以信号衰减 60dB 需要的时间总量所产生的延时率表示。

MLS 与 Dual FFT

在记录脉冲响应测定之前首先要做的是，你需要决定使用哪种记录技术。Intelligibility 组件记录脉冲的特点允许你使用房间 / 系统测定最大长度序列（Maximum Length Sequence - MLS）取得的脉冲响应，或双重快速傅里叶变换转移函数技术。MLS 和双重 FFT 基本上只是如何比较信号如何从系统中出来又如何进入系统的两种不同方法而已。不过两种方法还是有根本不同之处。它们的基本差别是：MLS 是单声道，需要内部发生器产生 MLS 激励信号的受激测定技术。由于激励信号是已知的，所以只需要记录系统测定的输出

（故谓之“单声道”）。双重FFT为双声道，它实际上是可以使用任意连续信号的独立激励测定技术，包括粉红噪声（大多数声学/可懂度测试推荐使用的）、音乐或其它激励信号。这种技术需要你在测定过程中，采集激励信号和系统测定的输出信号。这两种方法都各具其特点。

MLS 法

这两种技术中，MLS 技术提供了稍具优势的抗杂音干扰能力。由于 MLS 信号是一种伪随机信号，即不是随机信号，该激励信号是一个精确的已知量，并且可以容易地与被测定的系统响应相互关联。当用 MLS 去获得激励响应时，来自设备或系统测定的返送信号与内部产生的传送到系统测定的精密数据序列原始信号作比较。MLS 激励信号也有比随机噪声信号低的峰值因素，以至于对测定系统的模-数转换器方面可能产生信号夹断有一些不利条件。某些对 MLS 的不利因素是在最高倍频程上能量的高度集中，因此对计算机音频输入和输出硬件要求要高。对于 MLS 测定，计算机的音频硬件应能作全双工操作（回放的同时可以录音）并且，模拟 I/O 方面和 D/A 和 A/D 转换方面都应有很高的指标。

由于测定信号是直接和原始 MLS 数据（数码）做比较这是不能回避的问题，由于测定系统自身的 I/O 硬件（如计算机和音频硬件）的质量关系，因此你在做测定工作时要分外小心。另外，由于 MLS 激励信号带有比粉红色噪声信号还多的“白”成分，就需要你额外小心地避免损害测定系统的高音扬声器。

Energy Time Curve (ETC)

能量时间曲线

ETC 是系统延时包络线，它主要用来观看系统响应的混响和衰减率 ETC 与 SIA-Smart 分析组件中时间切片（Time Slice）的某些方法类似，可是 ETC 是通过采用在时域脉冲响应数据哈伯特（Hilbert）变换来计算的，而时间切片是采用了系统脉冲响应频域表示法来计算的。

ETC 按钮

该命令是根据时域脉冲响应数据计算并显示能量时间曲线。当选择了 ETC 时，在主可懂度组件程序窗口的平面图区域中的通常脉冲响应图被 ETC 图代替。ETC 显示方式可以用来验证混响，并能观看被测定系统的衰减特性。虽然 ETC 图在分贝刻度上类似脉冲响应平面图，但它考虑周到的映像，特别是映像更突出和更容易观看是它的特点。

常用吸声材料吸声系数

分类	序号	吸声材料(构造)名称	125	250	500	1K	2K	4K	数据来源
粉刷与 地面装 饰	1	砖(清水面)	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05	<<建筑声学设计>>
	2	大理石、水磨石、片砖等	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	
	3	混凝土、水泥地面	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.03	
	4	水泥油漆	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	
	5	油漆木格栅地板	0.15	0.11	0.10	0.07	0.06	0.07	
	6	实铺木地板	0.04	0.04	0.03	0.03	0.03	0.02	
	7	砖(粉刷面)	0.01	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	<<建筑设计资料集>>
	8	砖(油漆面)	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	0.02	
	9	水泥(小拉毛)油漆	0.04	0.03	0.03	0.10	0.05	0.07	
	10	水泥(大拉)油漆	0.04	0.04	0.07	0.02	0.09	0.05	
	11	钢丝网板条抹灰(1.9cm厚)	0.04	0.05	0.06	0.08	0.04	0.06	
	12	20厘米吊板棚抹灰	0.16	0.10	0.04	0.04	0.04	0.04	
	13	木屑石灰粉刷(厚20mm)	0.10	0.15	0.40	0.40	0.45	---	<<实用会场与扩音>>
	14	地毯铺在水泥面上(10mm厚)	0.09	0.08	0.21	0.26	0.27	0.31	<<声学>>(白瑞纳克著)
	15	绒毛地毯铺在木板地面上	0.11	0.13	0.28	0.45	0.29	0.27	

各种厅堂的最佳混响时间 (500Hz)

厅堂的功能 最佳混响时间 (S)

体育馆 小于 1.8

音乐厅、歌剧院 1.5-1.8

多功能厅堂 1.2-1.4

会堂、话剧 0.9-1.3

电影院 1.0-1.2

立体声电影 0.8-1.0

音乐录音室(自然混音) 1.4-1.6

强吸声录音室(多声道分部录音) 0.4-0.6

语言录音室 0.3-0.4

电视演播室 0.8-1.0

电影同期录音摄影棚 0.7-1.0

电话会议室 0.3-0.4



中国音响设计网
www.xycad.com