

语言传输指数

使用 XL3 /XL2 分析仪测量 STIPA



机场, 火车站, 体育场馆或音乐厅等场所的公共广播系统 (PA) 必须能在突发状况下清晰通知人们有关的逃生信息。使用 XL3 分析仪对建筑物中公共区域进行测量, 就能确定广播的清晰程度。

语言清晰度是一种评估人们对语音信息理解程度的测量。XL3 及 XL2 分析仪根据最新的 IEC 60268-16:2020 (第五版) 及其之前版本标准测量语言清晰度 STIPA。STI 和 STIPA 是最常用的语言清晰度测试方法。STIPA 是 STI 的优化版本, 适用于便携式测量仪器。此应用手册将介绍这几种测量方法的原理。

目录

| | | | |
|------------------------|----|------------------------|----|
| 简介 | 3 | 测量位置和测量次数 | 20 |
| 我的 XL3 可以安装 STIPA 功能吗? | 4 | — 澳大利亚 | 20 |
| 标准 | 4 | — 德国标准 VDE0833-4 要求 | 21 |
| STIPA 测试信号 | 5 | 连续声级依赖性听觉掩蔽 | 21 |
| — 信号频谱 | 5 | 测量提示 | 22 |
| — 声压级 | 5 | — 环境噪声 | 22 |
| 信号源 | 6 | — STI 测量 | 23 |
| — TalkBox 声学信号发生器 | 6 | — 一直存在脉冲噪声时要怎么办 | 23 |
| — MR-PRO 音频信号发生器 | 8 | — 测量配置 | 23 |
| STI 测量 - 入门 | 9 | — CD 播放器 | 24 |
| — 测试准备 | 9 | — 混响空间的语言传输指数 | 24 |
| — 打开 STIPA 测试信号 | 9 | 谁可以并应该进行 STI 测量? | 24 |
| — 开始测量 | 10 | 附录 | 25 |
| — 停止测量和数据保存 | 10 | — 主观分析法 | 25 |
| 结果评价表 “A+” 至 “U” | 11 | — 科学方法 | 25 |
| STI 结果平均 | 12 | — 调制传递函数 (MTF) | 27 |
| — 开始平均 | 12 | — STI 语言传输指数 | 28 |
| — 增加测量周期 | 13 | — RASTI - 室内声学语言传输指数 | 29 |
| — 完成 | 13 | — STIPA - 公共广播系统语言传输指数 | 29 |
| — STIPA 数值结果显示页面 | 13 | — STIPA 调制比 mr1, mr2 | 31 |
| 环境噪声修正 | 14 | — STIPA 和 STI 的区别 | 32 |
| — 启用环境噪声修正 | 15 | — 从 STIPA 计算 % 辅音清晰度 | 32 |
| — 测量环境噪声 | 15 | — 如今的 STIPA | 32 |
| — STI 测量 | 16 | | |
| — 调试新的公共广播系统 | 16 | | |
| — 环境噪声参考 | 17 | | |
| STI 报告 | 18 | | |

简介



XL3 声学分析仪

人群的嘈杂声,车辆的呼啸声,设备的电流声... 这些都会影响语音信息的清晰度。类似的,如果在一个很安静的区域大声播放音乐或播报,听起来也会格外刺耳。

建筑群中的公共广播系统必须具有在紧急情况下告知人群逃生方向的功能。这些建筑群包括机场,火车站,购物中心或者音乐厅等。如果由于广播系统质量差而导致人群不能听清楚播放的通知,以致不能安全逃离,由此导致的后果可能非常悲惨。因此,设计、安装并且验证公共广播系统的语言清晰度是必不可少的。此外,还有很多应用(比如法律和医疗方面),也会应用语言清晰度为其提供佐证。

语言清晰度取决于:

- 信噪比
- 心理声学掩蔽效应
- 声压级
- 环境噪声
- 混响时间 RT60
- 声反射
- 频率响应
- 失真

XL3 声学分析仪可在 15 秒内得出可靠的语言传输指数 (STI) 结果。除了 STI 和 CIS (通用清晰度指数) 的单值结果,还提供详细的调制指数和每个频带的结果。

测量符合 2020 年颁布的最新标准 IEC 60268-16 第五版。XL3 还支持噪声修正,结果自动平均以及旧的 2.0, 3.0 和 4.0 版本标准。

我的 XL3 可以安装 STIPA 功能吗？

可以, STIPA 是 XL3 声学分析仪的选件功能。任何 XL3 都可以购买安装 STIPA 选件。购买许可后你可以下载激活文件激活该功能。联系当地经销商咨询更多信息。登录 <https://my.nti-audio.com> 激活选件。

标准

ISO 7240-16 / - 19 标准要求验证电声音响系统紧急用途: 根据实际情况确定最低水平的语言清晰度, 以防遇到紧急情况。因而, 严格监管下的语言清晰度不是一个主观测量, 而是必须经过验证的、多少有些复杂的方法, 这些测量方法在 IEC 60268-16 中已经被标准化。

| 国际标准 | |
|--------------|--|
| CEN/TS 54-32 | 火灾探测和报警系统 |
| ISO 7240 | 火灾探测和报警系统, 第 16 及 19 条 |
| IEC 60268-16 | 用语言传输指数客观评价语言清晰度 |
| EN 50849 | 紧急状态下的音响系统 |
| EN 60849 | 基于 BS 60849 的第一个国际标准, 后被 DIN EN 50849 取代 |

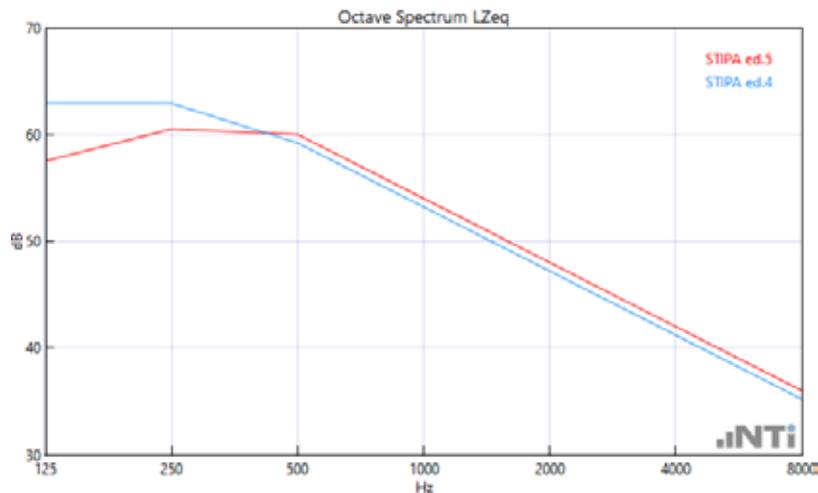
国家监管机构建议或要求达到最低语音清晰度。

| 国家标准 | |
|--------------|--|
| GB 50526 | 中国: 公共广播系统工程技术规范 |
| AS 1670.4 | 澳大利亚: 火灾探测, 报警, 控制和对讲系统 |
| NFPA 72 | 美国: 全国火灾警报章程 (2010 版) |
| BS 5839-8 | 英国: 建筑物火灾探测和报警系统。设计, 安装和服务的语音报警系统的实际章程 |
| VDE 0828-1 | 德国: DIN VDE 0833-4 标准中要求的电声警报系统应用监管 |
| UFC 4-021-01 | 统一设施标准: 设计和 O&M: 大规模通知系统 |

STIPA 测试信号

信号频谱

标准 STIPA 信号基于一个限宽男性语音频谱的随机噪声合成。



版本 4 和 5 的 STIPA 测试信号

注意

- 通过 XL3 测量语言清晰度请使用 NTi Audio 提供的原始测试信号；
- 其它信号可能无法无缝循环, 造成测量结果错误! 标准中严禁使用 MP3 等压缩格式文件。

声压级

应使用和正常播报时相同的声压级播放测试信号。播报声压级至少应比环境噪声高出 10 dB。这一原则适用于所有听众席位。测量位置处的声压级不应小于 65 dBA 或超出 105 dBA。声压级并不是越大越好, 超过 80 dBA 后语言清晰度明显下降。

根据 ISO 7240 标准, 需单独在每个测量点测量 60 秒声压级数据。这时, TalkBox 可作为一个完美的参考声源。它以特定声压级播放自带语音播报或你自己的信号, 通过语音麦克风后经扩声系统发出, 协助你完成整个测量。你自己的信号可以存在存储卡中无缝播放。

信号源

选择合适的 STIPA 测试信号源

TalkBox 声学信号发生器

它能以精确的声压级模拟讲话者, 允许测量包括麦克风在内的整个信号通道。

- 将 NTi Audio TalkBox 放在麦克风前讲话者头部所在的位置;
- 选择轨道 1 :STIPA 测试信号;
- 选择扬声器输出, 您将听到 STIPA 测试信号。

含语音麦克风的音频系统需要使用 NTi Audio TalkBox 作为声源。

它可以用精确的声压级模拟说话人, 允许测量包括麦克风在内的整个信号通道。它的声学信号源经过校准, 模拟说话人在正常和紧急情况下的声音。



TalkBox

推荐以下情况使用 NTi Audio TalkBox :

- 规定需要进行完整的终端至终端系统测量。这是任何情况下都最现实的系统验证;
- 电测试信号无法输入;
- 测试信号电平没有明确定义;
- 扬声器声学环境特性不可忽略且平坦;
- 麦克风特性, 灵敏度和频率响应都未知但需要考虑;

— 其他任何在现实环境下需要测试整个信号通道的情形。

标准的 STIPA 信号是基于一个限宽男性语音频谱的随机噪声。TalkBox 同样可以发送白噪声粉噪声和其它特殊信号,所以它是系统调试和测试的有力工具。

怎么使用 NTi Audio TalkBox?

- 将 NTi Audio TalkBox 放在麦克风前讲话者头部所在的位置;
- 选择轨道 1 :STIPA 测试信号;
- 选择扬声器输出,您将听到 STIPA 测试信号。

注意

如果麦克风和扬声器距离 d 不足 10 厘米,请选择STIPA 测试信号“A”,其声压级为 1 米处 70 dB。并将 TalkBox 放置在距麦克风“ $d * 3$ ”处(比如,距离 $d = 5 \text{ cm}$ -> 测量距离 = 15 cm),这样可以模拟实际讲话时的声压级且避免了近场效应。

MR-PRO 信号发生器

MR-PRO 信号发生器用于电输入的公共广播系统, 这种系统一般用硬件播放警报信息(没有麦克风)

怎样设置信号发生器输出电平?

- 确定广播系统播报的声压级 LAeq, 如 LAeq = 75 dB, 测量时长至少 40秒, 除非播报信号本身很短;
- 测量声压级需使用 3 dB 的经验衍生因子修正, 以获得预估的实际声压级, 其目的是补偿语音信号的无声部分, 比如词语间的停顿(依据 IEC 60268-16:2020, 附件 J4);
- 打开 MR-PRO 中的 STIPA 测试信号;
- 增大音量直到同一测量点的声压级达到 LAeq + 3 dB, 如 75 + 3 = 78 dB;
- 使用 XL3 分析仪测量 STI。



MR-PRO / MR2 信号发生器

STI 测量 - 入门

测试准备

XL3 可以通过以下步骤读取所连接的 NTi Audio 量测麦克风的电子数据信息并自动开启 48V 幻象电源：

— 将量测麦克风连接到 XL3 上；

— 按开关键开启仪器；

XL3 读取所连接的量测麦克风的电子数据信息。可以在麦克风校准菜单查看更多麦克风信息。现在 XL3 已经可以进行量测了。

— 将 XL3 固定于量测位置，例如用一个麦克风支架或三脚架；

— 选择 STIPA 功能；

— 做好测试的环境准备，例如将所有声源都调至静音。

注意

在测试过程中，不要有脉冲噪声（如交通，门等发出的），应该避免说话或其它杂音靠近量测麦克风。



打开 STIPA 测试信号

根据您的应用要求选择 STIPA 信号。

— 在您的声源上打开 STIPA 测试信号；

— 根据紧急情况下公共广播系统声压级的大小设置声压级，例如 LAS = 85 dB。



开始测量

- 按开始键；
- 左下角计时器开始 15 秒测量计时。测试结果显示在屏幕上, 并在屏幕下方的条状图上显示出当前测试结果的评价, 标记**优**、**良**、**中**、**差**和**劣**。

根据 ISO 7240-19:2007 标准要求, 所有测量位置的结果不能低于以下值:

- 平均值: 0.50 STI
- 最小值: 0.45 STI



停止测量和数据保存

在 15 秒的量测结束后, STIPA 量测自动停止, 弹出保存结果菜单。

- 关闭 STIPA 测试信号；
- 点击**确认**。测量结果以 ASCII 码的格式保存在 SD 卡上。

测量完成。

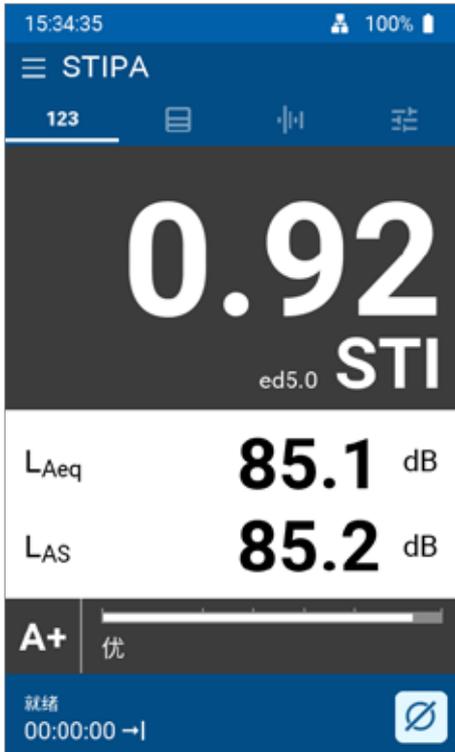
结果评价表“A+”到“U”



测得 STI 值以字母形式显示在下方结果评价表, 它用来提示专业应用的典型 STI 要求。

| 等级 | STI 范围 | 典型场合 |
|----|-------------|---------------------|
| A+ | > 0.76 | 录音棚 |
| A | 0.72 - 0.76 | 剧院, 演讲厅, 议会, 法院 |
| B | 0.68 - 0.72 | 剧院, 演讲厅, 议会, 法院 |
| C | 0.64 - 0.68 | 电话会议, 剧院 |
| D | 0.60 - 0.64 | 教室, 音乐厅 |
| E | 0.56 - 0.60 | 音乐厅, 现代教堂 |
| F | 0.52 - 0.56 | 购物商场广播系统, 公共办公室, 教堂 |
| G | 0.48 - 0.52 | 购物商场广播系统, 公共办公室 |
| H | 0.44 - 0.48 | 所处声学环境较差的广播系统 |
| I | 0.40 - 0.44 | 所处声学环境很差的广播系统 |
| J | 0.36 - 0.40 | 不适用广播系统 |
| U | < 0.36 | 不适用广播系统 |

STI 结果平均



IEC 60268-16 标准建议, 在同一测量点连续测量两到三次取平均值作为最终结果。

德国 VDE 0833-4 标准要求, 如果 $STI < 0.63$, 则至少要在同一测量点测量三次。

XL3 分析仪基于这些标准, 支持二至八个 STIPA 值的自动平均。



开始平均

- 点击屏幕右下角 \emptyset 图标, 进入结果**平均**页面;
- 点击菜单右下方的“+”加号按钮, 新增测量。

测量会自动开始。



增加测量周期

- 继续点击菜单右下方的“+”加号按钮，增加测量周期；
- 按要求在同一位置重复测量；
- XL3 再进行一次 STIPA 测量，并将结果添加到列表中；
- STIPA 均值和偏差值显示在屏幕上。

完成

- 点击**关闭**结束测量平均。



STIPA 数值结果显示页面

∅ 标志标明显示的是 STI 均值。

环境噪声修正



在实际测试环境中测量语言清晰度经常是难以实现的,比如,在高峰期的火车站用紧急声压级播放测试信号会刺激到乘客。另外,高峰期的环境噪声可能是很大的脉冲声,而 STIPA 的测试前提就是测试环境的脉冲噪声可以忽略不计。因为这些因素,STIPA 的测量应该换到更合适的时间,例如夜晚。

环境噪声会影响语言清晰度。只要任意频带的信噪比小于 15 dB,就需要使用环境噪声修正。

测量顺序

- 先测量环境噪声,比如在白天;
- 再测量语言清晰度 STIPA,比如在晚上。

这样的顺序简化了 STIPA 测量:XL3 可以立即得到含环境噪声修正的 STIPA 值。这个值为同一位置平均值测量提供参考。更多细节,请看章节最后的提示部分。

若现场测量时没有使用环境噪声修正,也可以之后通过计算机进行数据后处理。NTi Audio 提供的 STI 报告工具可以综合安静环境下测量的 STIPA 和实际环境噪声。这种方法一样可以模拟实际环境中的 STIPA 结果。



启用环境噪声修正

- 点击噪声修正页面；
- 打开**环境噪声修正**开关。

修正开启, XL3 屏幕显示如左图。

您可以调节各频带声压级或总的 **LAeq** 值。



测量环境噪声

- 将麦克风放置在 STIPA 测量位置；
- 点击**数据来源:测量**按钮(不需要任何测试信号)。

XL3 测量环境噪声并显示各频带的 LEQ 值。



STI 测量

- 选择 STIPA 结果显示页面；
- 开始 STIPA 测量。

XL3 上大数字显示的即是修正后的 STIPA 值，而未修正的初始值以小数字显示在左下方。

调试新的公共广播系统

新的广播系统需要调试，比如在一个公共区域的盛大开业之前。因此测量 STIPA 时，没有人群在现场的真实环境噪声。您可以通过以下方法中的一个模拟现场的噪声数据。

- 利用一个适用于现实环境的参考噪声文件
 - 在其他某个类似的环境中测量环境噪声；
 - 点击导出按钮，命名并确认，以便作为参考噪声文件；
 - 在目前进行的项目下，在环境噪声修正页面，点击导入按钮；
 - 选择用作环境噪声修正的参考噪声文件。
- 编辑现场噪声数据
 - 编辑各频带的 LZeq 数据或总的 LAeq 值。
- 场所开业后测量实际环境噪声并验证 STI 值

环境噪声参考

依据奥地利标准 TRVB S 158 - 2006, 下表列出了一些典型的环境噪声值:

| 区域类型 | LAeq (dB) | 区域类型 | LAeq (dB) |
|---------------|-----------|--------------|-----------|
| 机场 | | 办公室 | |
| - 登记, 出发/到达大厅 | 59-72 | - 单间 | 40-50 |
| - 安检口 | 54-64 | - 开放办公区, 较安静 | 50-70 |
| - 海关区域 | 63-71 | - 开放办公区, 较嘈杂 | 70-85 |
| - 走廊/通道 | 59-70 | | |
| - 登机口 | 49-64 | 公共场所 | 50-64 |
| | | | |
| 过道 | | 餐厅 | |
| - 有地毯 | 28-32 | - 较安静 | 55-65 |
| - 无地毯, 较安静 | 45-55 | - 较嘈杂 | 68-78 |
| - 无地毯, 较嘈杂 | 66-76 | | |
| | | 火车站 | |
| 汽车站 | | - 候车区 | 54-65 |
| - 安静 | 58-68 | - 服务区 | 60-66 |
| - 嘈杂 | 63-73 | - 电车站台 | 60-72 |
| | | - 内燃机车站台 | 75-85 |
| 会议室 | 40-45 | | |
| 音乐厅, 电影院, 剧院 | 60-75 | 餐厅 | |
| 法庭 | 40-50 | - 用餐区 | 72-75 |
| 展览馆 | 63-73 | - 后厨 | 65-75 |
| | | | |
| 旅馆/汽车旅馆 | | 学校 | |
| - 服务区 | 55-65 | - 教室, 较安静 | 56-68 |
| - 房间, 关闭电视 | 28-35 | - 教室, 较嘈杂 | 64-72 |
| - 房间, 打开电视 | 60-70 | | |
| | | 商店 | |
| 图书馆 | | - 较安静 | 50-60 |
| - 较安静 | 35-45 | - 较嘈杂 | 65-75 |
| - 较嘈杂 | 50-60 | - 购物中心 | 70-75 |
| - 接待处 | 50-60 | | |
| | | 体育设施 | |
| 生产设施 | | - 较安静 | 60-72 |
| - 监测站 | 70-75 | - 较嘈杂 | 72-82 |
| - 一般加工制造 | 80-85 | - 壁式网球馆 | 60-80 |
| - 重型工业 | 95->105 | - 滑冰馆 | 69-80 |
| | | - 游泳馆 | 72-79 |
| 市场 | | - 儿童游泳区 | 81-87 |
| - 较安静 | 47-63 | - 保龄球 | 78-85 |
| - 较嘈杂 | 63-80 | | |

STI 报告

免费的 STI 报告工具依据以下标准创建测量报告：

- AS 1670.4
- CEN/TS 54-32:2015
- DIN EN 50849:2017
- IEC 60268-16
- ISO 7240-19:2007
- VDE V 0833-4-32:2016 (VDE 0828-1:2017-11)

STIPA Summary Report



Report according to IEC 60268-16{ed4}, chapter 7.6.4 and DIN VDE 0833-4{2007-09}, appendix F.6

| | | | |
|-----------------|-------------------------------------|--|--|
| Project | Waiting Room | | |
| Comments | Measured in empty room with TalkBox | | |
| Standard | IEC 60268-16 ed4.0 2011 | | |

| | | | | | |
|------------|--|-----------------------------|-----|-------------|----------|
| All | | Arithmetic mean lav | STI | 0.58 | |
| | | Standard deviation σ | STI | 0.06 | |
| | | lav - σ | STI | 0.52 | G |

| | | | | | |
|----------|-------------------|--|-----|-------------|----------|
| 1 | Position | | STI | 0.58 | E |
| | STIPA File | AltbFlur_STIPA_000 (Altb_Flur, 1) | | | |
| | Noise File | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 1) | | | |

| | | | | | |
|----------|-------------------|--|-----|-------------|----------|
| 2 | Position | | STI | 0.57 | E |
| | STIPA File | AltbFlur_STIPA_000 (Altb_Flur, 2) | | | |
| | Noise File | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 2) | | | |

| | | | | | |
|----------|-------------------|--|-----|-------------|----------|
| 3 | Position | | STI | 0.60 | D |
| | STIPA File | AltbFlur_STIPA_000 (Altb_Flur, 3) | | | |
| | Noise File | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 3) | | | |

| | | | | | |
|----------|-------------------|--|-----|-------------|----------|
| 4 | Position | | STI | 0.54 | F |
| | STIPA File | AltbFlur_STIPA_000 (Altb_Flur, 4) | | | |
| | Noise File | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 1) | | | |

| | | | | | |
|----------|-------------------|--|-----|-------------|----------|
| 5 | Position | | STI | 0.52 | F |
| | STIPA File | AltbFlur_STIPA_000 (Altb_Flur, 5) | | | |
| | Noise File | XL2_V2x_RTA_APPEND_SLM_008 (MyLocation, 2) | | | |

| | | | | | |
|----------|-------------------|-----------------------------------|-----|-------------|----------|
| 6 | Position | | STI | 0.52 | F |
| | STIPA File | AltbFlur_STIPA_000 (Altb_Flur, 6) | | | |
| | Noise File | | | | |

STI 报告工具可以在 XL2 支持页面 <https://my.nti-audio.com> 免费下载使用 (打开时启用所有宏)。

测量位置和测量次数

ISO 7240-19:2007 标准明确规定语言清晰度测量位置不能少于下表所列数量：

| 面积 [m ²] | 最少测量位置数 |
|----------------------|--------------------------|
| < 25 | 1 |
| 25-100 | 3 |
| 100-500 | 6 |
| 500-1500 | 10 |
| 1500-2500 | 15 |
| > 2500 | 15 / 2500 m ² |

- 相邻测量点的距离不应超出 12 米；
- 测量点在整个测量区域均匀分布；
- 扬声器轴线上的测量点不能超过总点数的三分之一；
- 站立区量测麦克风距离地面高度为 1.6 米，坐席区为 1.2 米。

澳大利亚

- STI > 0.56 时测量一次即可；
- 读数 < 0.56 STI 时至少进行两次测量；
- 两次测量结果偏差大于 0.03 STI 时，进行第三次测量；
- 使用数值最接近的两次测量结果计算平均值，作为最终结果；
- 测量点必须是该区域有代表性的点且数量足够；
- 计算语言清晰度 STI 结果的算术平均和标准差；
- 算术平均 \bar{lav} 减去标准差的结果应大于 0.50 STI。若不满足，则需要选择更多的点重新测量；
- 计算总的语言清晰度平均值和 95% 置信区间。

德国标准 VDE0833-4 要求

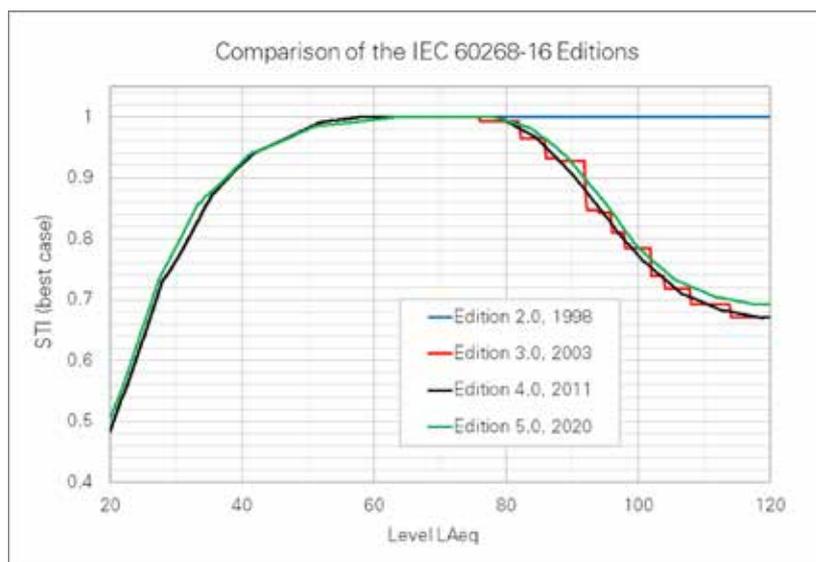
| | |
|------------|--|
| STI > 0.63 | 单次测量即可 |
| STI < 0.63 | 在该点连续进行三次测量 — 如果三次测量值最大偏差大于 0.03, 那还需要再进行三次测量; — 如果三次测量值最大偏差大于 0.05, 则需要评估造成不稳定的原因并将其消除; — 需要报告三次或六次测量的算数平均值。 |

STI > 0.63 确保了语言清晰度高于 0.5, 置信度达到 95%

连续声级依赖性听觉掩蔽

掩蔽效应在 IEC60268-16 版本更新中不断被修正:

| | |
|-------|--|
| ed2.0 | 1998 年发布的旧标准认为掩蔽函数是固定的 |
| ed3.0 | 2003 年版本中引入了步进式的听觉掩蔽函数 |
| ed4.0 | 2011 年版本标准使用连续声级依赖性听觉掩蔽 |
| ed5.0 | 现行标准, 发布于 2020 年, 使用与 4.0 版本类似的连续声级依赖性听觉掩蔽 |



STIPA 掩蔽曲线对比

声压级在 70-80 dB SPL 之间可获得最好的语言清晰度。声压级更高时, 人耳的自我保护机制开始起作用, 导致语言传输指数的降低, 比如 70 的 BSPL 时 STI 为 1, 声压级增大后降低到 0.7 STI。

测量提示

环境噪声

在测试进行中任何背景噪声都必须足够的稳定。推荐信噪比至少 15 dB 以获得最佳测量效果。测量过程中出现的瞬间脉冲背景噪声，像是语音，会造成严重的测量错误。STIPA 测量结果通常过高。



在不使用测试信号时直接测量 STIPA 值可测出波动噪声。在有代表性的测试点进行这些测量。如果 STI 值太大 (如 $STI > 0.2$)，最终的测量结果就可能错误。此时，STIPA 测量就必须在没有这些噪声存在时进行。这种情况下就需要利用环境噪声修正功能。

对于情况复杂的场所 (如某些区域人较少，其余地方人很多) 应测量最嘈杂情况下的 STIPA 值。请参考当地法规 (例如美国的 NFPA)，获得有关 STIPA 测量位置和次数的指导。

STI 测量

- 清晰度指数的范围在 0 至 1 之间, 1 表示完美。考虑测量不确定因素下的最低语言清晰度要求为 0.5。在人员熟悉报警信息的情况下, 最小清晰度可为 0.45 STI;
- 同一测试点测得的 STIPA 波动不应超过 0.03 STI。如果您发现偏差超过 0.03, 请验证并排除干扰因素, 重新测量 (如换到夜间测量);
- STIPA 值较低可能由以下原因导致。
 - 过多的混响, 回声或反射;
 - 较差的扬声器指向性或覆盖率;
 - 扬声器调节错误, 如较低的信噪比。

一直存在脉冲噪声时怎么办

在一个 7 天 × 24 小时期间都在运行的工厂或高速公路旁, 脉冲噪音是一直都存在的。因此不能正常进行 STIPA 的量测。在这种情况下, 必须要在实验室中模拟现场的环境:

- 现实环境中的背景噪音必须被量测到, 例如, 使用 XL3 的声压级测量功能, 测量足够长的声压级数据;
- 在实验室中, 必须模拟出在某个测量位置上具有一个和现场环境具有相同的频谱和声压级的没有脉冲噪音的弥散性声场;
- 在实验室中, 尽可能的模拟出现实环境中演讲者和听众所处的环境;
- 然后我们就可以进行 STIPA 的量测了, 不需要再进行后处理了。

如果含有自动增益控制 (AGC) 的系统在原始环境中难以测试, 这个步骤需强制使用。

测量配置

尽可能真实的模拟紧急情况:

- 在坐席区域将麦克风放置在离地 1 - 1.2 米处, 在站立区域则放置在离地 1.5 - 1.8 米处 (典型测量点不要在扬声器正前方);
- 测量人员应站在声场之外, 以免影响测量结果。因此, 可以将麦克风固定在麦克风支架上, 使用 ASD 缆线与 XL3 连接;
- VDE 0833 标准定义的测试区域为 6x6 米方格, 像展览馆一样的大型区域则扩大为 12x12 米。测量点必须具有代表性!

CD 播放器

只有高品质的 CD 播放器才能用来播放 STIPA 测试信号,因为只有有限的时间位移 (+/- 20 ppm) 确保稳定的 STIPA 测试结果。应禁用音调控制和振动保护。我们推荐使用专业 CD 播放器。使用一个 1 KHz 测试信号验证 CD 播放器的时间位移:

- 将 NTi Audio 测试 CD 放入 CD 播放器,播放轨道 1,即 1 KHz 测试信号;
- 直接将 XL2 分析仪连接至音频输出端,使用 RMS/THD+N 功能测量信号频率。显示出的频率应该在 0.99998 kHz 到 1.00002 kHz 之间。

其它测试系统制造商生产的 STIPA 测试信号可能听起来很相似,但并不兼容。只有 NTi Audio STIPA 测试信号 CD V1.1 或更高版本可以与 XL2 分析仪配合使用。

混响空间语言传输指数

通过直达扬声器向公共区域播放信号。任何非直达声都作为反射声并会降低语言清晰度。

谁可以并应该进行 STI 测量?

尽管 STIPA 测试的背景原理很复杂,XL3 或 XL2 声学分析仪 STIPA 测量功能的操作却非常简单。只要有基本声学知识的操作人员就能轻松进行。分析仪的存储功能可以支持在较大范围的厅堂内进行量测并将在各位置测得的数据储存在仪器内。进入存储的数据中,测得的 MTF (调制传递指数)方便专家进行专业的数据后处理。

更多信息:

获取更多信息,请访问 www.ntiaudio.cn

语言清晰度测量相关的详细信息都在 IEC60268-16(2020 第五版)标准中,该标准也介绍了实际测试的过程和要求。

附录

主观分析仪方法

尽管频率响应,混响时间,失真,信噪比,和声压级都和语言清晰度相关,但是即使将这些常规参量测量出来也不能完全确定语言清晰度。当我们将其他因素考虑进去时,比如将声波指向性和环境条件考虑进去,就会碰到问题:在不同位置上,信息可被理解的程度如何?

测量语言清晰度的一个基本方法是:让一个经过训练的人读一定数目字词,而那些具有代表性的位置上的人则分别写下他们认为已经明白的字词。然后统计分析他们记下的结果,以百分比的形式表示被理解的字词正确率。具体的操作步骤需按照标准 PB-words, CVC 或 SRT。尽管这种方法可以测得语言清晰度,但是要进行这样的测量需花费很长时间并且花费巨大,且在一些对人体有害的位置这种方法也不可行。因此,这些方法主要是用来验证的候补测量方法。

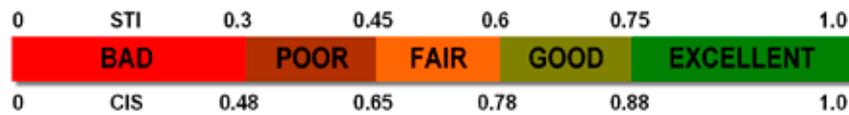
科学方法

回溯到 1940 年,贝尔实验室开始研究确定语言清晰度的量测技术。现在那些很成熟的算法,比如 SII(语言清晰度指数)和各种形式的 STI(语言传输指数)都可以很好的量测语言清晰度。

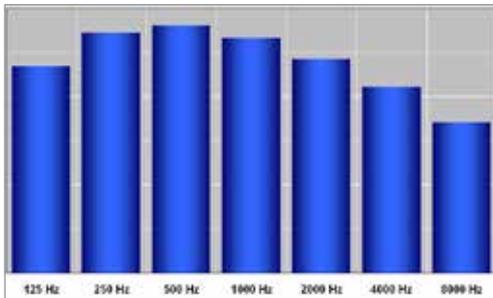
这些测量方法考虑了很多对语言清晰度有影响参量,比如:

- 信噪比
- 心理声学效果(掩蔽效应)
- 声压级
- 环境噪声
- 混响时间 RT60
- 声反射
- 频率响应
- 失真

STI 量测的基本思想是播放一个合成的测试信号来代替演讲者的声音。量测语言清晰度时需要获取并分析这个信号,这相当于前边量测时听众的耳朵。大量的调查已经表明了语音特征的改变与语言清晰度之间的关系。这些研究结果被应用到了语言清晰度测量仪器内,使之直接将语言清晰度以单一数值在 0 (不知所云) 和 1(良好的可懂度) 之间显示。



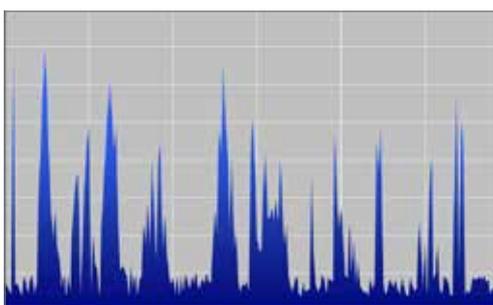
语言清晰度可以用单一数值来表示。两种最常用的尺度为：
STI (语言传输指数) 和 CIS (通用清晰度指数)



男性演讲者的平均倍频程频带频谱

语音模型

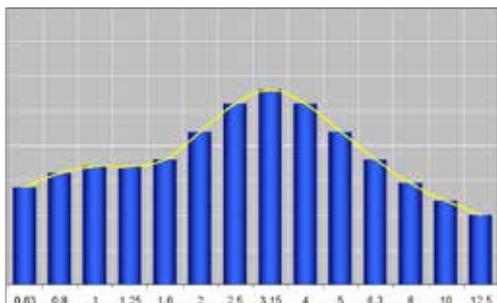
首先,测量语言清晰度需要一个语音信号的模型。例如,语音可能被描述成各种不同的声音频率调制与叠加而成(例如振幅的变化)。



语音信号的包络 (250 Hz 频带)

时间调制

每个频率分量的大小都不相同,讲话者已经将它们“调制”了。左图显示语音信号在 250 Hz 倍频程带的包络。包络的外形是由语音内容的时间平均所决定。



语音信号包络的频谱(250 Hz 频带)

频谱

分析时间调制强度图谱显示,讲话者会对 0.1 到 24 Hz 的内容进行调制。一系列从 0.63 Hz 到 12.5 Hz 的调制频率是其中的显著代表。

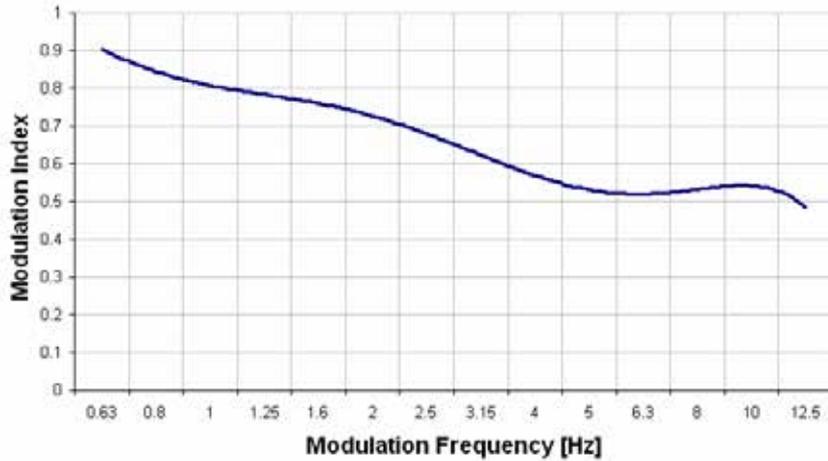
调制传递函数 (MTF)

要获得较高的语言清晰度,就要求频谱强度调制和完整频谱能到达听者耳朵。因此,三种核心的语言清晰度测量方法 STI, RASTI 和 STIPA 都是基于对 7 个倍频程带 MTF (调制传递函数) 的测量。对于每个频带来说,对应的 MTF 量化了其强度调制的保存度。整个函数量化了 7 个频带强度调制保存的多少,能够涵盖较长的语音频谱。



混响时间,背景噪声和反射都会影响到调制指数

上图显示了一个倍频程带的MTF。这由测得的 1/3 倍频程调制频率导出,因此结果为 0.63 和 12.5Hz 之间的 14 个频点。每个调制传输函数决定了相关倍频程带调制的好坏。



倍频程频带的调制传递函数

基于 MTF 结果和声压级, 倍频程听力临界值, 频率响应和心理声学效应(掩蔽效应), 就可以可靠确定听众处的语言清晰度。计算基于广泛且深入的评估, 并能与主观方法对比。

测量完整的 MTF – 正如测量 STI 所要求的 – 非常耗时。必须进行 $14 * 7 = 98$ 次单独的测量。因此, 人们又进一步研发了不同方法以缩短测量周期, 并使其能通过便携式仪器执行。

荷兰 TNO 认证了 NTi Audio 的测量方法, 其与完整的 STI 结果误差在 ± 0.03 STI 之内。

STI - 语言传输指数

STI 结果基于完整的 98 次测量得到, 由于经由这种途径需要相当长的测量周期, 实际上比较不常采用。不过, STI 所代表的是测量语言清晰度最详细的方法。这个方法大多是当其他方法在不利的测量环境下不能提供可靠测量结果时采用。

| | | Modulation Frequencies | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|------------------------|--------|------|---------|--------|------|--------|---------|------|------|--------|------|-------|---------|
| | | 0.63 Hz | 0.8 Hz | 1 Hz | 1.25 Hz | 1.6 Hz | 2 Hz | 2.5 Hz | 3.15 Hz | 4 Hz | 5 Hz | 6.3 Hz | 8 Hz | 10 Hz | 12.5 Hz |
| Octave Bands | 125 Hz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 250 Hz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 500 Hz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 1 kHz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 2 kHz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 4 kHz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |
| | 8 kHz | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ | ✓ |

STI 涵盖了所有的 14 个调制频率和 7 个倍频程带, 因此一共有 $14 * 7 = 98$ 个调制指数的结果

实践中, STI 结果大多由脉冲响应数据 (MLSA) 计算得到, 数据通过计算机等采集。这种方式更快, 但需要对频谱频率计权进行数据后处理, 以及丰富的经验。测量假设整个系统表现是线性的, 也就是不能非线性的因素存在, 包括压缩器或限制器, 风速必须接近于零, 同时满足这些条件的情况非常罕见。测量中不能移动麦克风和扬声器。由于便携式仪器在测量中难免移动, 支持 MLS 方法毫无意义。

RASTI - 房间声学语言传输指数

随着 IEC 60268-16, 2011, 4.0 版标准的生效, RASTI 不再是语言清晰度测量所认可的方法。

RASTI 专为特殊情况开发, 比如验证讲话者在无回声的小房间内的发言, 其不适用于电声系统。开发 RASTI 的目的是缩短每个 STI 测量的时间。但无论是综合测试能力还是应对外界不利影响的能力都有妥协。这也导致 RASTI 和主观验证的 STI 之间一致性很差。很长一段时间内, RASTI 都是便携式仪器唯一可选的语言清晰度测量方法, 并被用于测量航空工业中的广播系统。

RASTI 只采集完整 MTF 表中的少数片段, 代表了极度简化的 STI。因此, 必须遵守严格限制以便得到可靠的室内声学语言传输指数。另外, RASTI 也没有考虑关键声学参数如, 频率响应, 声反射或混响时间。在 RASTI 测量中, 只考虑两个同时产生的频带, 即 500 Hz 和 2 kHz, 再分别用四个和五个频率进行调制。

| | | Modulation Frequencies | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|--------|------------------------|--------|------|---------|--------|------|--------|---------|------|------|--------|------|-------|---------|
| | | 0.63 Hz | 0.8 Hz | 1 Hz | 1.25 Hz | 1.6 Hz | 2 Hz | 2.5 Hz | 3.15 Hz | 4 Hz | 5 Hz | 6.3 Hz | 8 Hz | 10 Hz | 12.5 Hz |
| Octave Bands | 125 Hz | | | | | | | | | | | | | | |
| | 250 Hz | | | | | | | | | | | | | | |
| | 500 Hz | | | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | | | ✓ | | |
| | 1 kHz | | | | | | | | | | | | | | |
| | 2 kHz | ✓ | | | ✓ | | | | ✓ | | | ✓ | | ✓ | |
| | 4 kHz | | | | | | | | | | | | | | |
| | 8 kHz | | | | | | | | | | | | | | |

RASTI 在两个倍频程带使用了 9 个不同的调制频率。图中分别是黄色背景的倍频程带和九个调制频率

RASTI 通常用来量化两个人之间的语言传输指数。

STIPA - 公共广播系统语言传输指数

随着人们对安全问题的日益关注, 新技术的发展以及 RASTI 方法的缺陷, 促使扬声器制造商 BOSE 和 TNO 研究院等开发测量公共广播系统语言清晰度的全新方法。STIPA 由此诞生, 它允许使用便携式设备快速精确地测量语言传输指数。

STIPA 应用简化的流程测量 MTF。但 STIPA 方法通过分析全部七个频带得出一个 MTF 值, 其中每个频带经两个频率调制。

在没有严重的环境噪声以及大量非线性失真时, STIPA 结果精度与完整的 STI 方法一致。当存在脉冲噪声时, 可以在其它时间, 如夜间或更安静的测量点进行测量, 再综合所有测量结果得出准确的总结果。

已经弃用的旧标准 IEC60268-16:2003 中, STIPA 测量时 125 Hz 和 250 Hz 两个频带被合并考虑, 且黄色区域频率不用做调制频率。

| Octave Bands | Modulation Frequencies | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------|--------|------|---------|--------|------|--------|---------|------|------|--------|------|-------|---------|
| | 0.63 Hz | 0.8 Hz | 1 Hz | 1.25 Hz | 1.6 Hz | 2 Hz | 2.5 Hz | 3.15 Hz | 4 Hz | 5 Hz | 6.3 Hz | 8 Hz | 10 Hz | 12.5 Hz |
| 125 Hz | | | ✓ | | | | | | | ✓ | | | | |
| 250 Hz | | | | | | | | | | | | | | |
| 500 Hz | ✓ | | | | | | | ✓ | | | | | | |
| 1 kHz | | | | ✓ | | ✓ | | | | | | | ✓ | |
| 2 kHz | | | | | ✓ | | | | | | ✓ | | | |
| 4 kHz | | ✓ | | | | | | | ✓ | | | | | |
| 8 kHz | | | | | | | ✓ | | | | | | | ✓ |

旧标准 IEC60268-16:2003 中的 STIPA 方法 (被 2011 版取代)

NTi Audio 便携式分析仪强大的计算能力能提供比标准要求更精确的语言清晰度测量。NTi Audio 的 STIPA 测量方法 (经 TNO 认证) 考虑了全部 7 个倍频程带和 14 个调制频率, 能测得更精确的结果。该方法已被写入最新的 IEC60268-16 版本四 (2011) 和版本五 (2020) 标准。

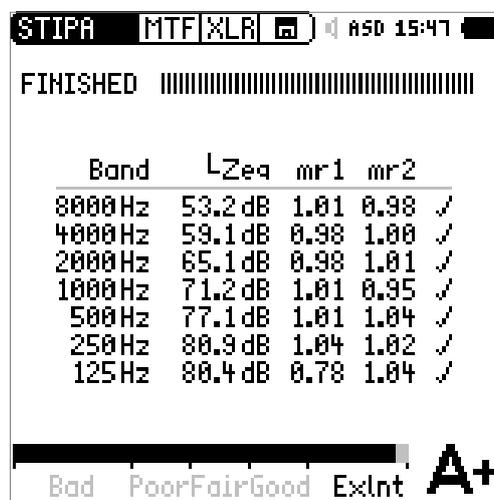
| Octave Bands | Modulation Frequencies | | | | | | | | | | | | | |
|--------------|------------------------|--------|------|---------|--------|------|--------|---------|------|------|--------|------|-------|---------|
| | 0.63 Hz | 0.8 Hz | 1 Hz | 1.25 Hz | 1.6 Hz | 2 Hz | 2.5 Hz | 3.15 Hz | 4 Hz | 5 Hz | 6.3 Hz | 8 Hz | 10 Hz | 12.5 Hz |
| 125 Hz | | | | | ✓ | | | | | | | ✓ | | |
| 250 Hz | | | ✓ | | | | | | | ✓ | | | | |
| 500 Hz | ✓ | | | | | | | ✓ | | | | | | |
| 1 kHz | | | | | | ✓ | | | | | | | ✓ | |
| 2 kHz | | | | ✓ | | | | | | | ✓ | | | |
| 4 kHz | | ✓ | | | | | | | ✓ | | | | | |
| 8 kHz | | | | | | | ✓ | | | | | | | ✓ |

NTi Audio STIPA 测量方法, 已写入 IEC60268-16 版本四 (2011) 和版本五 (2020) 标准

STIPA 调制比 mr1, mr2

要获得良好的语言清晰度,就必须保证完整的语音信号调制信息能够保留。因此,STIPA 就是基于 MTF (调制传递函数的测量)。该函数能量化各个频带中语音调制信息的保存程度。STIPA 方法通过分析七个频带得出 MTF 值。每个频带经两个频率调制,分别得到调制比例 mr1 和 mr2:

- mr1:0.63 - 2.5 Hz 的调制频率
- mr2:3.15 - 12.5 Hz 的调制频率



XL2 分析仪中显示的调制传递函数

为得到完美的清晰度, mr 值应尽可能接近 1.00 - 偏差越大,则传输的调制信息越少。综合所有指数,经心理声学模型计算,即可得出单一的语言清晰度结果。

STIPA 与 STI 的区别

测量公共广播系统的 STI 非常耗时。一个完整的测量, 需要得到并分析 98 组调制传递函数 (MTF)。由于操作过于复杂并耗时, 多年以来没有真正可用的测量系统问世。随着 MLS 的出现, 传递函数可以被计算出来。只要整个系统是严格的线性和同步, STI 数据就比较容易获得, 这是非常苛刻的条件。而且麦克风和扬声器在量测过程中不能移动。因为手持式分析仪不是固定使用的, 因此手持式分析仪量测难以支持 MLS 测试。不过, 利用专门的 STIPA 测试信号, 我们通过手持式音频分析仪就可以完成量测。

STIPA 是 STI 的衍生方法, 专为测量现代音响系统等非线性环境开发, 大大减少了实际测量所需的时间。对于常见扩声系统, STIPA 方法的测量结果和完整的 STI 方法结果一致性达到约 99%。通常来说, 使用完整 STI 法测量的最大偏差约 0.02 STI, 而 STIPA 法的最大偏差约 0.03 STI。

从 STIPA 计算 % 辅音清晰度

辅音清晰度 ALCons (Articulation Loss of Consonants 辅音音节缺失) 描述的是辅音的缺失情况, 它用百分比的形式表示词或辅音没有被正确理解的程度。0% 的 ALCons 值代表信息传递没有错误。这个值可以从 STI 值计算

$$\text{Alcons (\%)} = 10^{((1-\text{STI})/0.45)}$$

因为不同的量测规范之间存在差异, 因此基于 Alcon 的量测来计算 STIPA 是不合理的。

如今的 STIPA

STIPA (公共广播系统语言传输指数) 借助便携仪器, 支持更快更精确的测试。便携式 STIPA 测试仪, 例如 NTi Audio 的 XL3 和 XL2 声学分析仪, 可在 15 秒内测得语言清晰度, 因此非常适合大面积区域的测量。