

语言清晰度 STI-PA

使用 XL2 音频分析仪量测



建筑群中的公共广播系统必须具有在紧急情况下指导人群逃生方向的能力。这些建筑群包括机场，火车站，购物中心或者音乐厅等。尽管如此，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，而不能安全逃离，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，还有很多其他应用（比如法律和医疗方面），也会应用到语言清晰度为其提供佐证。

STI, RASTI 或 STI-PA 是最常用的语言清晰度测试方法。他们都基于同样的原理，其中 RASTI 和 STI-PA 是 STI 的简化版本。此应用手册将介绍这几种方法的区别。

目录

主观分析方法	2
科学方法	3
STI - 语言传输指数	6
RASTI - 室内声学语言传输指数	6
STI-PA - 公共广播系统语言清晰度	7
我需要用 TalkBox 来测试 STI-PA?	10
STI-PA 测试结果	11
STI-PA 测试总结	12
STI-PA 后处理过程	13
若环境中一直存在脉冲噪音，我该怎么量测？	14

相关国家标准如图1所示-这些标准需要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，而是必须是经过验证的、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。

National standards:	
ISO 7240	火灾探测和报警系统，第16及19条
NFPA 72	全国火灾报警章程2002（2002年版，第7.4.1.4条）
BS 5839-8	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。
DIN 60849	DIN VDE 0833-4系统调控及应用条例
图一：语言清晰度的最小值是标准化确定的。	

主观分析方法

尽管频率响应，混响时间，失真，信噪比，和响度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，我们现在碰到的问题是：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 or SRT。尽管这种方法可以测的语言清晰度，但是要进行这样的测量需花费很长时间并且花费巨大，并且在一些对人体有害的位置这种方法也不可行。因此，这些方法主要用来验证候补的测量方法。

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（语言传递指数）都是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：

- 语言声压级
- 背景噪声声压级
- 反射
- 混响时间
- 心里声学效果（掩蔽效应）

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。

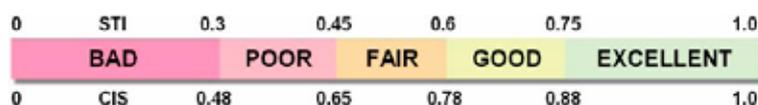


图2：语言清晰度可以用一单一数值来表示。两种刻度比较常用：STI和CIS（共通理解性尺度）

STI, RASTI 和 STI-PA 是测量语言清晰度最常用的方法。它们遵循相同的测量原理，而 RASTI 和 STI-PA 是 STI 的简单版本。接下来我们将逐一解释这些测量方法的原理。

语音模型

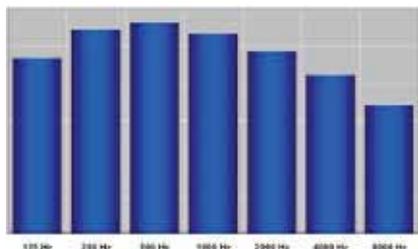


图3：男性演讲者的平均倍频程频带频谱

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加叠而成(例如振幅的变化)。

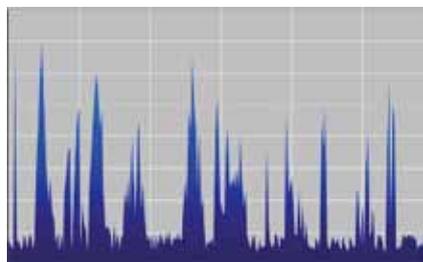


图4：语音信号的包络 (250 Hz 频带)

时间调制:

在每一个频带，信号电平的变动，例如它的由于发话者的“调制”，图 4 显示语音信号在 250Hz 频带的包络，包络的外形是由语音内容所决定。

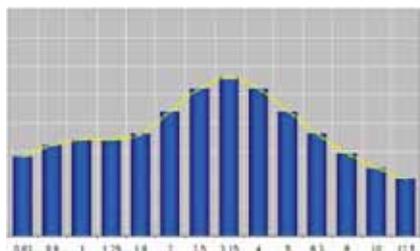


图 5: 语音信号包络的频谱(250 Hz 频带)

频谱：

典型的对男性语音在一定周期中的的频率分析的结果特性显示如图3。

经由分析包络的频谱能够显示语音调制在个别的频带范围从 0.1 到 24 Hz。一系列调制频率从 0.63Hz 到 12.5Hz 来进行频率调制。

调制传递指数(MTF)

对于高语音理解度完整地调制的传送的语音信号被保存是必须的，因此，三个核心的理解度测量方法, STI, RASTI 与 STI-PA 为基于测量 7 个频带内的 MTF (Modulation Transfer Function)。调制传递函数 MTF 测量量化在个别频带被调制的信号维持的程度。



图6：混响时间，背景噪声和反射都会影响到调制指数

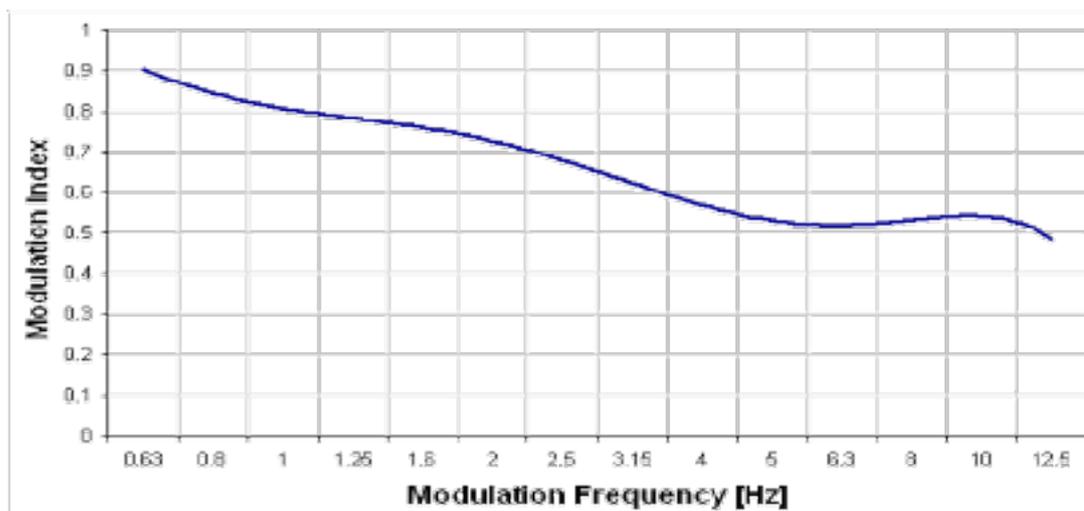


图7：倍频程频带的调制转换功能

基于 MTF 结果与更多的参数如声压级听力临界，频率响应或精神声学效应（遮蔽效应）使得可靠的测量语言清晰度成为可能，相对的计算基于广泛且深入的与主观方法评估与比较持续的优化。

测量完整的 MTF 如 STI 要求会变得相当复杂，例如，必须执行 $14 * 7 = 98$ 个各别测量，从而得到 15 分钟内的总的结果，因此，发展出不同的方案以减少测试时间以及使得语言清晰度测量得以在便携式仪表上实现。

STI - 语言传播指数

STI 结果为基于完整的 98 套测量而得，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，同时大多是用在其他方法在不利的测量环境条件下不能提供可靠的测量结果时采用。

		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	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓

图8: STI 涵盖了所有的14个调制频率和7个倍频程，因此一共有 $14 \times 7 = 98$ 个调制指数的结果

实际上，STI 结果能经由计算测量到的脉冲响应 (MLSA) 得到，例如用一台基于计算机的系统，这种途径是更快速的，但它需要很丰富的经验与特别是系统设置上的表现是线性的，例如，必须不存在任何非线性处理或条件，包含压缩器与限制器等，那是非常罕见的处境。麦克风和扬声器在量测过程中不能移动。因为手持式分析仪是不需要安装的，因此手持式分析仪量测不需支持MLS测试。

RASTI - 室内声学语音传播指数

RASTI 发展成为一种专门的用途，例如，在一个无回声的小房间里演讲者的发言，但是不适用于电声系统。

由于测试每个STI量测所花费的时间过长，为了解决这个问题，一个快速的、叫做RASTI的测试方法被发展出来。但这也是削弱了其综合测试能力以及外界不利影响的折中处理办法，也导致了 RASTI 与主观评价 STI 之间的一致性也较差！然而，由于技术条件的限制，在很长一段时间内 RASTI 是便携式仪器中唯一可用的方法，来量测语言传输的质量！其也被应用在航空工业在忽略上面提到的 RASTI 的相关限制条件下来量测公共扩声系统。

RASTI 取得只有完整的 MTF 的少数片段，这是先检视明显的表现极单纯的 STI，因而，必须谨守一些限制以得到可靠的室内声学语言清晰度 RASTI。此外，RASTI 结果不考虑有效与实际的如频响，回音，和与频率相关的混响时间等辅助参数。

对于一个 RASTI 测量。只有考虑两个同时发生的信号频带，例如。500 Hz 与 2 kHz 频带然后相对的被调制在 4 与 5 个频率。

		Modulation Frequencies (aprox.)													
		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														

图9：RASTI采用了在两个不同倍频程频带中进行9个不同的调制频率的调制。黄色区域标识是RASTI方法中为进行调制的区域

RASTI 的实务上运用主要限制在两个人之间测得。然而，RASTI 一直以来都是便携式仪表能采用的唯一的方法。

STI-PA - 公共广播系统的语音传播指数

由于对安全上更多的注意，新技术方法与 RASTI 的缺陷触发了扬声器制造商 Bose 与 TNO 研究院研发了新的测量公共广播语言清晰度的方法，经过这些努力发展出 STI-PA，这个指标可以用便携式仪表快速与精确的测试。

如同RASTI一样，STI-PA 实行很简单的步骤来计算出 MTF，但是 STI-PA 以分析所有 7 个频带来决定 MTF，藉着每一个频带是以两个频率作调制。

		Modulation Frequencies (aprox.)													
		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								✓						✓

图10：IEC60268-16标准中描述了STI-PA测试方法，其125Hz和250Hz频带合并起来，黄色区域标识是为进行调制的区域

假设没有严重的环境噪声脉冲出现与没有大量的非线性失真发生，STI-PA 提供如 STI 一样精确的测量结果，但是在正常系统工作时间内出现环境噪声脉冲，它通常可能会降低较有利的条件，例如区域内一些稍为不同的条件效果或者是夜间，然后以两者测出的结果计算出一个总的测量结果。便携式 STI-PA 分析仪，例如，NTi Audio公司的声学分析仪，能够对每个位置在15秒以内评量语言清晰度，因此适合用于大范围的测量与高的测量效率。

		Modulation Frequencies (aprox.)													
		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														

图11：NTi Audio-STI-PA 方法（经过TNO认证）包含7个倍频程带和14个调制频率，其所得到的结果精度高于IECSTI-PA方法

STI-PA 与 STI 和 RASTI 的区别

测量公共广播系统的 STI 一直非常耗时。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，因此多年以来没有真正可用的测量系统问世。随着 MLS 的问世，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。例如，必须不存在任何非线性处理或条件，包含压缩器与限制器等，那是非常苛刻的条件。麦克风和扬声器在量测过程中不能移动。因为手持式分析仪是不需要安装的，因此手持式分析仪量测不需支持 MLS 测试。或者利用专门的 STI-PA 测试信号，我们利用手持式音频分析仪就可以完成量测。STI-PA 是有 STI 衍生出来的，它已经具有了处理现金音响系统非线性环境的功能，并且将量测时间减少到合理的水平上。

以STI-PA的测量结果来表示清晰度Alcons (%)

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

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STI-PA是不合理的

目前的 STI-PA

由于对安全上更多的注意，新技术方法与 RASTI 的缺陷触发了扬声器制造商 Bose 与 TNO 研究院研发了新的测量公共广播语言清晰度的方法，经过这些努力发展出STI-PA，这个指标可以用便携式仪表快速与精确的测试。STI-PA代表了公共广播系统语言传递指数。便携式STI-PA分析仪，例如 NTi Audio' s XL2 的音频分析仪，可以在15秒得到一个数值，这非常适合在较大空间内进行多组数据的量测。

谁能进行STI-PA量测?

即使STI-PA的量测对背景噪声的要求很高，但使用 XL2 进行量测 STI-PA 却是非常方便简单的。一个拥有基本声学知识的人就可以进行操作。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后处理所有数据。

研究上用或广泛的使用?

STI-PA是在广泛的科学研究下得到的标准化的结果。但与 RASTI不同的是，在2年内已经有4家国际测试仪器制造商采用了STI-PA的方法并提供了解决方案。由于其精确的测试结果和较短的量测时间（15s),可以这样说 STI-PA 是世界上测量语言清晰度应用最广泛的方法。

什么是TNO?



TNO是荷兰的一家研究和认证机构。他们的研究围绕着国防、公共安全等方面。像STI和STI-PA等技术就是由他们最先研究出来的。

兼容性?

感谢 TNO ,作为一个认证机构，他们的研究成果是所有认证测试和量测公司提够兼容的测试结果的一种保证。有三家公司得到了TNO 的认证。经过 Peter Mapp Associates, Colchester, Essex UK的研究和比较，他们认定这几家经过认证的公司都能提供稳定的且相互印证的测量结果。详细资料可参照AES公司出版的《STI-PA是量测语言清晰度切实可行的方法吗？》

专利保护?

尽管 STI 和 STI-PA 的研究成果中的一部分是不受专利保护的，但是美国的 BOSE 最近由于他们在手持式音频分析仪上进行 STI 或 STI-PA 量测的理论而获得了美国专利 6,792,404B2。NTi Audio拥有BOSE的专利许可，因此 NTi Audio 可以在美国生产销售与STI-PA相关的音频分析仪。

我是否可以为我的 XL2 购买 STI-PA ?

当然可以，STI-PA 是 XL2 音频与声学分析仪的一个可选功能。任何 XL2 用户都可以获得 STI-PA 许可证。有了这个许可证提供的密钥，您可以激活您的XL2 音频与声学分析仪的STI-PA 功能。

TalkBox 是什么? 我需要—个TalkBox来进行 STI-PA 量测吗 ?

TalkBox 是 NTi Audio 经过精确校准的声学声源，其内置一个数字固态信号发生器。如果您只需测量除麦克风以外的部分系统的话，那您就没有必要购买一个TalkBox。但若您碰到以下情况，则最好用 TalkBox 来代替演讲者：

- 条例规定要测量整个扩声系统包括麦克风。这是在很多时候碰到的最现实的系统检查时。



- 现场不支持电气信号的输入，如还未安装电力等时。
- 测试信号的声压级没有明确定义时。
- 演讲者声学环境特点不能被忽略时。
- 演讲者的麦克风的灵敏度，频响等特点未知，但有需要考略进去时。
- 如上，由于任何其他原因而需测量整个信号链在真实情况下的状况。
- TalkBox还可以白噪声、粉噪声和其他特殊信号，因此它在系统调试方面是一个非常有用的工具。

STI-PA 测试结果

- 语言清晰度指数是以在0-1之间的数来衡量的，而1则是最完美的语言清晰度，其最低要求是 ≥ 0.5 。
- STI-PA 在同一个位置上的测量结果应该小于0.03STI。实际的变化还需从代表性的测量位置来衡量。
- 最佳的语言清晰度量测声压级在70-80dB SPL，在更高的声压下人耳的自我保护系统将开始工作，这将导致语言清晰度的降低，比如在70 dB SPL下 STI 是1，在更高的声压下可能就降低0.7了。
- 基于 STI-PA 测试信号的随机性，我们得到的典型误差在0.01- 0.03 STI。因此在实际应用中，如果 STI-PA 值 < 0.63 STI，则我们还需再测量2次，然后将3个测量将结果求算术平均值。
- 万一测得的结果误差大于0.03，则我们还需再测3次，求6次结果的平均值。
- 若同一位置的测量结果大于0.05，那我们就要找出差异存在的原因，消除掉后再重新量测。

STI-PA 量测的建议

- 在测量其间任何背景噪声应该保持充分静态，例如粉噪声符合这个要求。
- 验证测试前的环境条件。在没有 STI-PA 测试信号时，进行语言清晰度量测得到的结果应该 < 0.20 STI。
- 测量过程中的脉冲噪声，例如讲话声，都会导致测量结果出错。STI-PA 结果偏高。
- 万一这些背景噪音不能被消除，那我们就需改变测量方式，例如测量晚上或下午的 STI-PA，和白天的背景噪音，利用后处理程序来得到白天的 STI-PA。
- 播放 STI-PA 测试信号的 CD 机，必须达到 (± 200 ppm) 的精度才符合测量要求。音量调节和冲击保护应停用。NTi Audio 建议您使用专业的播放器。您可以用一个 1kHz 的测试信号来验证您的 CD 播放器的时移。
- 将 NTi Audio 测试 CD 放入 CD 机中，并播放 track 1 信号，此为 1 kHz 正弦信号。
- 将 XL2 直接连接到音频输出端口，调到 RMS/THD 模式测量信号的频率，XL2 上显示的频率应该在 0.9998 kHz 到 1.0002 kHz 范围内
- 其他测试系统生产商的 STI-PA 测试信号听起来好像和 NTi Audio 的一致，但其实它们并不兼容。只有 NTi Audio STI-PA 的 CD V1.1 或更高版本测试信号才符合要求。
- 警报系统的 STI-PA 量测应该在紧急情况下测量（相同的声压级并且系统所有部分都被激活）
- 在地点不同的情况下，例如公共区域人少或人群聚集的地方，最坏情况下的语言清晰度 STI-PA 应该被量测出来。根据您当地的相关法律法规（例如 U.S., NFPA 标准）的相关指标来确定不同地点 STI-PA 的限值
- 选择典型的测量点，例如座位区域将麦克风放在距离地面 1 - 1.2m，站的地方则为 1.5-1.8m（典型的测量位置通常不能在演讲者的正前方）。

- 测试人员应远离声场，以避免反射对测量结果的影响。我们可以将麦克风固定在麦克风支架上，然后用ASD缆线连接麦克风与XL2已达到此目的。
- STI-PA 值较小可能由以下原因导致：
- 过度的混响、回声或反射
- 喇叭的指向性差或覆盖范围差
- 喇叭功率设置不当 (例如，较低的信噪比)

STI-PA后处理

在现实环境中测量语言清晰度往往是不适用的，例如在火车站客流高峰期播放测试信号将会刺激到乘客，此外在繁忙时段内背景噪声中脉冲噪声可能很大。但是STI-PA量测的一个先决条件是背景噪声中的脉冲噪声很小可忽略不及。

在这种情况下STI-PA的量测需要转移到其他更合适的时间进行量测，例如，在晚上。这种在非典型背景噪声中的测得的STI-PA必须进行后处理。在后处理中，将在准无噪音环境下测得的STI-PA与紧急情况下的非计权倍频噪声 (RTA)结合起来，经过程序处理得到实际的STI-PA。

NTi Audio STI-PA Post Processing 软件正式针对这种应用的开发的。程序您可以在 NTi Audio 的网站www.nti-audio.com上免费下载。

如果脉冲噪声一直都是存在的，那该怎么办？

在一个24小时都在运行工厂或高速公路上，脉冲噪音是一直都存在的。因此不能正常进行STI-PA的量测。在这种情况下，必须要在实验室中模拟现场的环境：

a.现实环境中的背景噪音必须被量测到，例如，使用XL2, SLM 模式，在一个足够长的测量时间内求平均值。

b.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。

c.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。

d.然后我们就可以进行STI-PA的量测了。不需要再进行后处理了。

如果STI-PA不能在一些实际环境中进行测量，比如说有一些地方，可能有对人体有害的脉冲噪音，因此那些系统包括自动增益控制系统(AGC)就必须强制用这种方法进行量测。

欲了解更多信息，欢迎访问www.nti-audio.com。

详细的语言清晰度量测请参照 IEC60268-16 (2003-5) 标准



所有信息若更改不另行通知。XL2, AL1, MiniLINK, IMR-PRO 为 NTi Audio AG, 的注册商标。

www.nti-audio.com

NTi Audio

Im alten Riet 102
9494 Schaan
Liechtenstein, Europe
Phone +423 239 60 60
Fax +423 239 60 89
info@nti-audio.com

NTi Americas Inc.

PO Box 231027
Tigard, Oregon 97281
USA
Phone +1 503 684 7050
Fax +1 503 684 7051
americas@nti-audio.com

NTI 中国

恩缇艾音频设备技术(苏州)有限公司
中国苏州市新区滨河路 1388 号
X2 创意街区 6 幢 3A 722 室
电话: +86 - 512 6802 0075
传真: +86 - 512 6802 0097
china@nti-audio.com

NTI Japan Ltd.

Ryogokusakamoto Bldg. 1-8-4
Ryogoku, 130-0026 Sumida-ku
Tokyo, Japan
Phone +81 3 3634 6110
Fax +81 3 3634 6160
japan@nti-audio.com