

环境噪声评价与方法

咸爱清¹ 唐笋翀²

(1.恩缇艾音频设备技术(苏州)有限公司,江苏省苏州市 215168;

2 苏州中正工程检测有限公司,江苏省苏州市, 215129)

摘要:恼人的噪声不仅不利于人们沟通交流,还容易让人产生疲劳,甚至会对生产效率和安全造成不利的影响,因此必须有量化噪声的方法来解决此类噪声带来的影响或问题。不同房间,地点,法规和应用可能会规定不同的噪声等级。大多数情况下,噪声不应对该房间的实际用途造成影响,如办公室内的空调系统噪声不能对打电话或交谈产生影响,但在另外一种情况下,可能会故意制造噪音以保护私人谈话的隐私,因此我们需要对噪声进行一个评价量化。

关键字:环境噪声; 噪声评价; 噪声污染级; 噪声等效声压级; NR; NC; 统计声级; 噪声标准; STIPA

THE EVALUATION AND MEASURE METHOD OF ENVIRONMENT NOISE

Ention Xian¹ SunChong Tang²

(1 NTi China, No.60 Suli Road, Wuzhong District, Suzhou, China;

2 Zhongzheng Engineering Inspection Co., Ltd. Suzhou, Suzhou, China)

Abstract: The annoying background noise, not only making people fidgety, but also affect the production efficiency and safety. Too much noise also disturbs the communication of people. So it is necessary to quantify this kind of noise. Different rooms or areas have different noises regulations in prescribe noise levels. In Most case, the background noise can't have much influence to the actual purpose, such as the air conditioning system noise in the office can't affect the call or conversation too much, and in another case, may make special noise deliberately to protect the privacy of a private conversation, for those purposes, we should make a noise evaluation for the environment noise.

Key words: Environment noise; noise rating; L_{NP}; L_{Aeq}; NR; NC; Statistics level; standard; STIPA

噪声评价分为客观评价法与主观评价法: 所谓的客观评价法就是通过测量噪声的声压级或者声强级来对噪声值大小做一个客观评价; 而主观评价则更加复杂, 其需要在客观测量的基础上, 经过一系列符合人体生理心理特性的计权后, 得出一个评价参量。具体又可分为人体健康相关的噪声评价数、统计声级相关的累计百分数声级与等效连续声级等。本文将对上述评价法分别介绍, 并通过实例介绍如何获取评价结果的方法。

1 噪声评价数

噪声曲线量化了室内的环境噪声, 通过测量

空房间的完整声音频谱得到单一频点最大值。该值即是所谓的噪声评价数, 用于评估房间的环境噪声是否会影响到在其中工作生活的人。根据应用的场所或者领域(包括工厂, 音乐厅, 学校和报告厅, 医院, 办公室, 也包括靶场等多样化的场所)不同使用相适应的噪声评价曲线来评价, 具体使用哪种噪声曲线则需根据一个统一的测量标准或者噪声规范要求来确定, 下列五类标准化噪声曲线应用最为广泛。

1.1 噪声等级曲线(NR)

在中国、欧洲等地区, 主要使用国际标准化组织(ISO)标准定义的噪声等级(NR), 即用图

谱法上的单一数值来评价噪声频谱。它可以用来自量化频谱上每个频带的最大可接受声压级，或评估某个特定应用的噪声频谱。该方法最初只用来评估环境噪声，但现在也常用于描述建筑内机械通风系统的噪声。频谱的 NR 曲线是第一条完全高于该频谱的 NR 等值线的值，如图 1 所示：

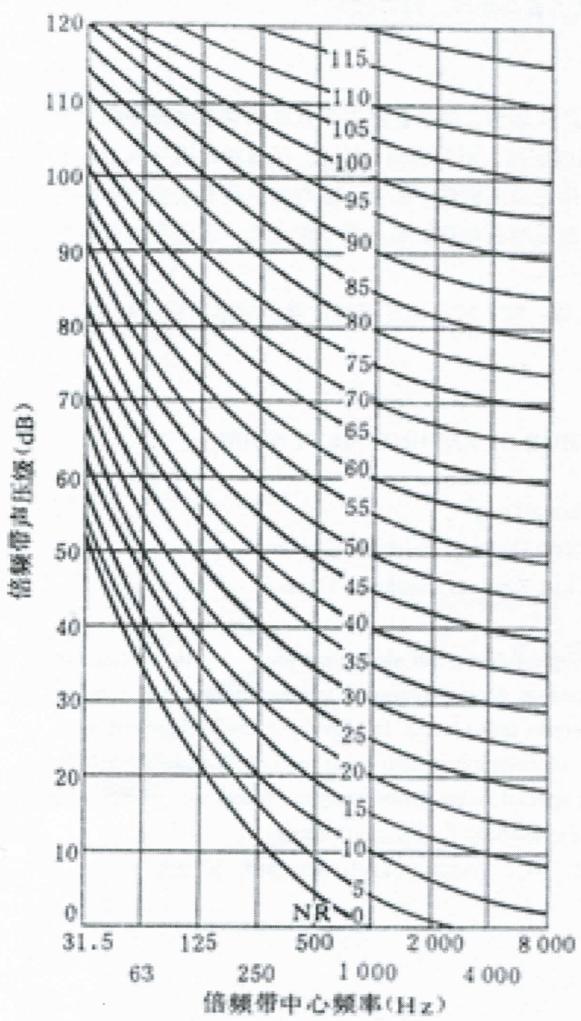


图 1. 噪声评价曲线 (NR 线)

中国、欧洲等地区主要使用 NR 值，而在北美主要使用 NC 噪声评估标准。在没有明确指出使用哪种噪声曲线的情况下，默认选择 NR 值。如何根据倍频程的频率响应求取 NR 值呢？主要有以下几种方法：

方法 1：直接测量 NR 值

通过具有直接测量此类噪声曲线功能的声学仪器或者软件，直接测量得到相应的噪声评价曲线 NR 值。此类设备频谱精度必须符合设备 IEC 61260 class 0 或者相应的国标要求 GB/T 3241 中对倍频程的技术要求，并具备噪声曲线生成功能，

其可直接测量生成 NR 值（并可以同时测量多种基于其他标准的噪声曲线，如 NC, RC, PNC, RNC 等），测试完成后，自动得到 NR 值以及相应频带并自动保存报告，如图 2 所示：

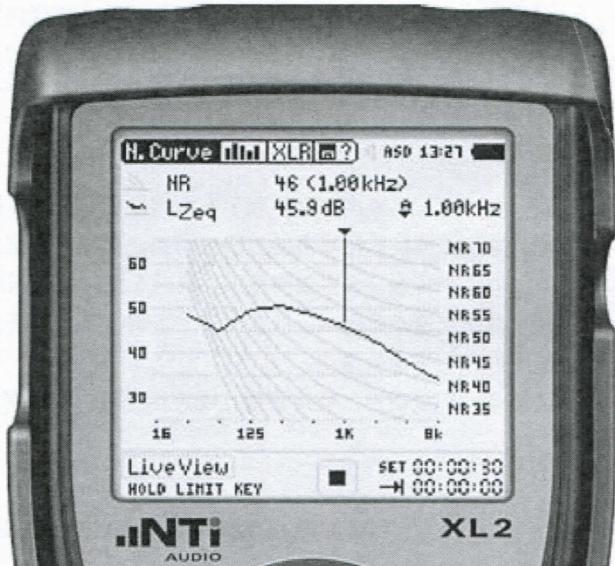


图 2 噪声曲线测试界面

优点：操作简便，测试速度快，测试结果精确

缺点：需配备具有相应功能的设备

方法 2：手动比对标准图谱

通过精度符合 IEC 61260 class 0 或者相应的国标要求 GB/T 3241 中对倍频程的技术要求的频谱分析仪测得倍频程 RTA。注意：一定要是倍频程，不可以取用 1/3 倍频程频谱数据中对应频带的数据。然后将测得的各倍频程频带的声压级逐个倍频带与标准图谱（如图 1 所示）进行比对得到各频带的 NR 值，取其中最大的 NR 值（向上取整）。

优点：一般精度足够的频谱分析仪即可

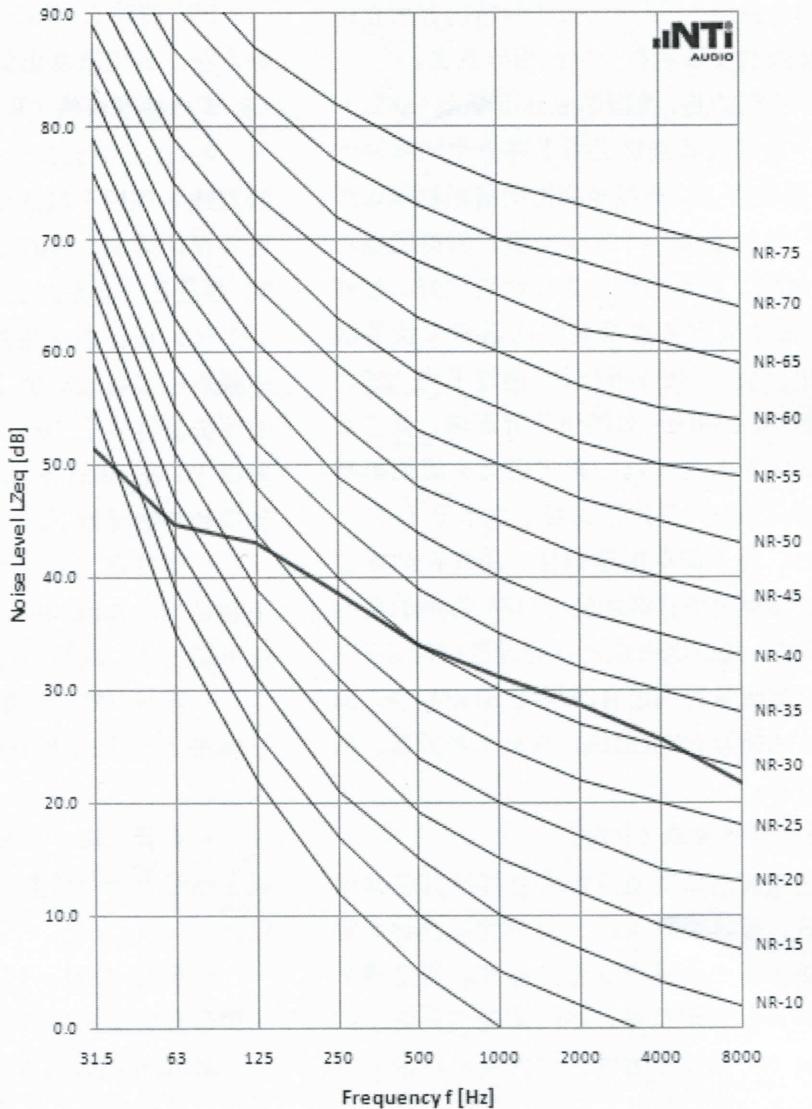
缺点：操作繁琐，并需要耐心仔细，否则非常容易出错

方法 3：辅助计算工具比对

通过软件编程或者使用 Excel 等辅助工具自动比对并获取最终 NR 值。以 Excel 为例，先将标准图谱数据置于 Excel 中生成标准 NR 图谱，然后根据按照方法二中介绍的方法做出一个自动比对的宏（此过程一定要仔细，不能出错，否则会影响之后的使用），导入倍频程 RTA 声压级即可，如图 3 所示：

Frequency f Hz	Noise Level L _{eq} dB
31.5	51.6
63	44.8
125	43.2
250	38.6
500	34.0
1000	31.1
2000	28.7
4000	25.6
8000	21.7

导入倍频程
RTA数据



Noise Rating NR =

32 dB

Frequency =

2000 Hz

图3 Excel 辅助计算工具界面

当单击“导入倍频程 RTA 数据”按钮导入所需的 RTA 数据后，倍频程声压级将在上图中的黄色区域显示，并自动计算出对应的 NR 值以及其所在的频带，如图 3 下部所示。

优点：方便快捷

缺点：除了方法 2 的缺点外，方法 3 需要预先做一个 NR 生成工具，这需要有一定的软件基础，若是因工具本身设计错误，也会导致生成错误的 NR 值。

1.2 噪声标准曲线 (NC)

NC 噪声标准曲线由 Beranek 发表于 1957 年，类似 SC 曲线，是一系列近似等响曲线的曲线。他们从一系列 SIL 值发展而来，这些值在对办公环境的调查中被证明是可接受的。这些曲线中每一个级别的曲线都比对应的 SIL 值要高 22 个响度单位。需要注意的是，NC 曲线并未打算作为最理想的噪声曲线，仅仅是为了确保倍频程带声压级上语音交流的满意度 (Beranek, 2000)。最初假设大致遵循 NC 曲线的倍频程频谱在低、中和高频能量上是被感知为同样均衡的（即前面

提到的类等响曲线)。虽然这跟实际情况有所差距，但对其他曲线的发展具有一定的指导意义。

与欧洲不同的是，美国国家标准学会(ANSI)通过考察一系列频率来定义用于评价空间噪声的NC曲线，频谱的NC曲线是测得的倍频程频谱所能“接触”到的最高NC曲线的值。测得的噪声曲线，如NC30，表示室内状态要比这更好。任何NC曲线的指定值大多数都是它的语音干扰等级(SIL)结果。语音干扰等级(SIL)通过平均500, 1000, 2000和4000Hz处的值计算而来，其主要是为了评估噪声对飞行器中乘客语言交流的影响，Leo Beranek(1947)提出了语音干扰水平(SIL)的概念。SIL是个简单衡量指标，用作在封闭空间或室外时噪声对语言清晰度STIPA影响的单一值评价。当然，我们现在也可以通过专门的STIPA测试系统直接测量得到语言清晰度STIPA。NC曲线的获取方法类似NR值曲线，也有三种方法，其优缺点也仿若。

1.3 室内噪声标准曲线(RNC)

当空调系统的低频噪声很大且怀疑其包含很大的波动时，可以使用RNC方法确定噪声评价等级。它本质上是一个体现低音的标准。若空调系统的设计和声学表现良好，RNC曲线也提供了将结果退回到NC曲线的方法。室内噪声标准曲线RNC主要是在ANSI S12.2-2008标准中并定义。某些产品提供了RNC信息页，可以报告任何低频波动或脉冲，如风扇导致的噪声。RNC曲线的获取方法类似NR值曲线，也有三种方法，其优缺点也仿若。

1.4 首选噪声曲线(PNC)

美国统计协会(ASA)定义PNC曲线作为基础的噪声标准曲线的补充。它过去被用来评价振动和其它宽频带背景噪声的可接受度。在关键应用，如在录音棚，音乐会和报告厅等，PNC曲线被认为比NC曲线更优越。相比NC曲线，这些曲线在低频部分更平缓而在高频部分更陡峭。PNC曲线并没有NC曲线使用广泛，因为它在低频部分比NC曲线更加严格，而且最新的(2008)NC曲线版本中也增大了频谱范围，某种程度上涵盖了PNC的优势。

PNC曲线的获取方法类似NR值曲线，也有三种方法，其优缺点也仿若。

1.5 室内标准曲线(RC)

Warren Blazier探索出了“更简单更合适”的直线系列用于暖通空调系统(HVAC)机械噪声设备设计需求，斜率5dB/倍频程，低至31Hz。RC曲线是一套在办公楼，住宅等的暖通空调系统(HVAC)设计中应用到的系统，这些场所合理的中频声压级在25至50dB之间。每个RC曲线的评价值等效于1000Hz处的声压级。室内标准曲线RC在ANSI S12.2-1995曲线中被定义，其频谱分类情况如下：

- 中性谱(N)：小于等于500Hz的声压级不超过RC曲线5dB；1000Hz及以上部分声压级不超过RC曲线3dB。
- 低音(R)：过量的低频噪声。500Hz及以下频带上一个或多个声压级超过RC曲线5dB以上。
- 高音(H)：过量的高频噪声。1000Hz及以上频带上一个或多个声压级超过RC曲线3dB以上。
- 振动(RV)：16Hz到63Hz上一个或多个频带有超过标准的明显但不过分的响声

RC曲线的获取方法类似NR值曲线，也有三种方法，其优缺点也仿若。

2 统计声级

实时SPL值即图4中的蓝色曲线显示的就是我们通常所说的“瞬时声压级”，其反应了作用在测量麦克风上的“毫秒级”瞬时声压。从图4我们可以看到波形整体幅度变化相当快，并具有较高的抖动，因此直接通过观察瞬时声压级来得到某一事件或者活动的整体情况是非常困难的。正是由于这个原因，我们需要通过其他参数来衡量声学效果。

2.1 噪声等效声压级LAeq

在很多应用中我们使用“Leq”，其中“eq”表示整个测量期间连续声压级的等效值，也称作噪声等效声压级，其与人耳感知具有很好的相关性。例如，当某一活动结束后，若群众感觉活动

的效果很好，您会发现 Leq 值的数值在合理范围内（如图 4 红色曲线所示）。若数值很高（如超过 96dBA），人们会觉得个活动非常吵，因为 Leq 是与人耳听觉感知具有非常高的一致性，所以它是声学量测中非常重要的参量。

如图 4 中的红色曲线所示，其较为稳定，因此可以用来作为限值使用。其实我们常见的时间计权如 F、S 或 I 计权都属于时间平均的范畴，也

可以看做平均时间为常数的 Leq 值。因此，对非稳态或不连续的噪声，如果其在一段时间内作用于人耳的能量与一稳态声音相同，那么稳态声音的 A 计权声级即为非稳态噪声在该时间段内的等效连续 A 声级，是声音对时间平均效果，属统计声级一种，称为 LAeq，其实质上是声能的 A 计权时间平均值。

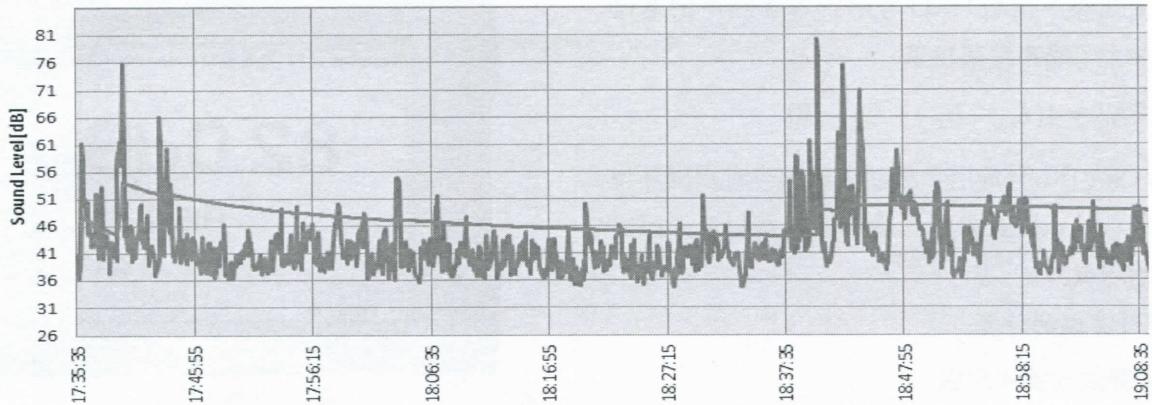


图 4. 实时 SPL 与 Leq 曲线

那么问题来了，为什么使用 A 计权呢，其实原因很简单：

这是由我们人耳的听觉特性决定的，人耳的听觉感知在音频的中频范围内最为敏感，也就是说人耳对中频具有最好的响应，但是在较低频率与较高频率的灵敏度却是下降的，这些可由频率计权曲线显示或者反映出来，请看图 5 中的 A 计权曲线：从原理上说，这其实就是一个滤波器，其代表了人耳在低声压级情况下的听觉表现。

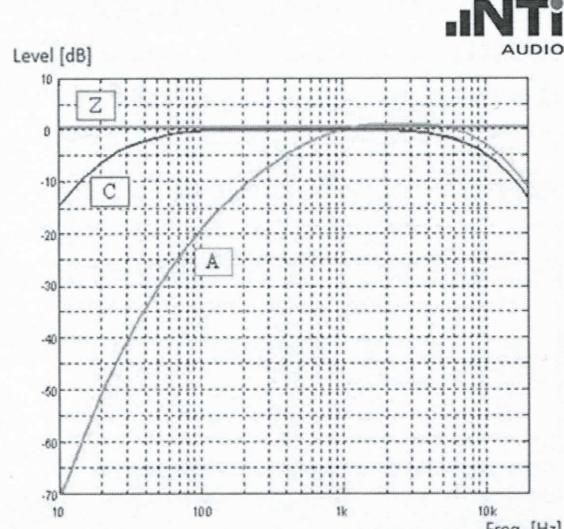


图 5 频率计权曲线

2.2 累计百分数声级

等效连续 A 声级 LAeq 对非稳定噪声的平均效果进行了描述，但却无法体现出噪声的变化程度。因此为了衡量噪声的变化状况，我们引入了累计百分数声级的参数，也可以叫做统计声压级，其表述为：在测量周期里，有 n% 的时间超过某一声级，则把该声级称作累计百分数声级 Ln，其通常用于环境噪声分析，如道路交通或者社区噪音评估。举个例子，在测量周期里，有 90% 的时间内声压级是超过 66.6dB 的，那么表示测量周期累计声压级 L90 或者 LAF90% = 66.6dB。

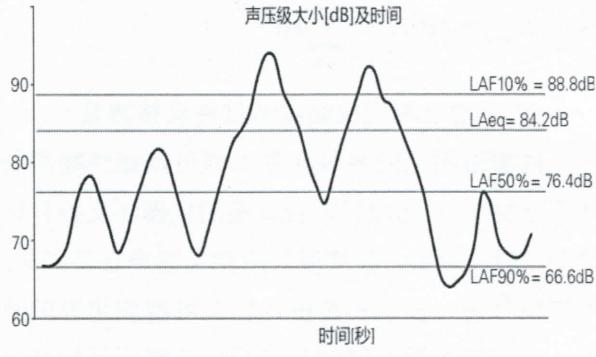


图 6 累计百分数声级或声压级百分比统计直观图

其中，L10、L50、L90 三个累计百分数声

级是最经常使用的参数。L₁₀ 相当于噪声的峰值，L₅₀ 相当于噪声的中间值，L₉₀ 相当于本底噪声。有些其他的噪声评价法也会利用到这些参数来计算得到。

$$L_{NP} = L_{eq} + (L_{10} - L_{90}) = L_{50} + (L_{10} - L_{90}) + \frac{1}{60}(L_{10} - L_{90})^2$$

2.2.2 交通噪声指数 TNI

交通噪声指数 (TNI) 考虑到本底噪声的基础上，加大了噪声涨落权重

$$TNI = 4(L_{10} - L_{90}) + L_{90} - 30$$

注意：TNI 只适用于机动车辆噪声对周围环境干扰的评价，而且限于车流量较多及附近无固定声源的环境。

2.3 统计声级的计算

2.3.1 等效连续 A 声级

(1) 直接根据数据计算

根据噪声类型使用不同的计算公式：

连续变化声级：

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{t_2 - t_1} \int_{t_1}^{t_2} 10^{0.1L_A(t)} dt \right)$$

断续或分段稳定噪声：

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^n 10^{0.1L_{Ai}} \cdot \tau_i \right)$$

其中 $T = \sum_{i=1}^n \tau_i$

等间隔采样：

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{Ai}} \right)$$

(2) 通过相应仪器或者软件直接测量

目前市面上的声级计基本都可以提供噪声等效声压级 L_{eq} 的测量，较高端的仪器还支持自定义测试时间间隔，断续或分段稳定噪声直接测量，不需额外进行复杂的数据计算即可得到想要的数据，用户需要做的仅仅是打开设备然后开始测量即可。

2.2.1 噪声污染级 L_{NP}

噪声污染级 L_{NP} 用于评价噪声引起人的烦恼程度的，它既包含了对噪声能量的评价，同时也包含了噪声涨落的影响

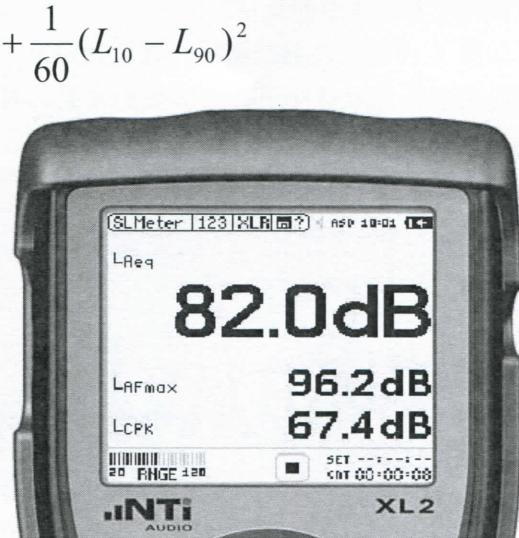


图 7 L_{Aeq} 测试界面

即使一开始测量的数据仅仅只是时间间隔固定的长时间数据（例如时间间隔设为了 100ms），但现在需要时间间隔为 5s 的结果，或者需要排除这个长时间测试中的某些时段的干扰（即断续或分段稳定噪声）。在以往的话，用户需要重新设置仪器并测量，对于测试时间较短的测试，这问题便会很大，但是对于那些长时间测试的话，这将耗费大量的人力物力。但现在，您可以通过 XL2 数据分析与处理软件直接处理之前的数据，即可得到您想要数据：如更改时间间隔，分段噪声测量，如下图所示，您可以将需要的时间区域标记出来，软件可以自动计算您标记出来的 eq 值等，并支持自动报告生成等。功能很多，这里就不一一介绍了。

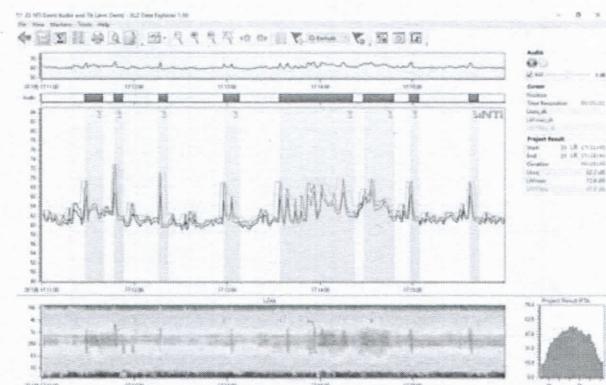


图 8. NTI Audio 公司 XL2 数据分析与处理软件界面

2.3.2 累计百分数声级

(1) 直接根据数据计算

使用声级计记录下每个时间间隔的数据，如下图所示，这里的 LAFmax_dt 表示的是 100ms 时间间隔 LAF 的最大值（您也可以根据需要设置为平均值，或者其他任何你想要的声学参数）如下图所示：

```
XL2 Broadband Logging: MyProject\DEMO_SLM_006_123\Log.txt

# Hardware Configuration
Device Info: XL2, SNo. A2A-09786-E0, FW3.10
Mic Type: NTI Audio M4260, SNo. 3114
Mic Sensitivity: 32.5 mV/Pa

# Broadband LOG Results
Date Time Timer LAFmax_dt
[YYYY-MM-DD] [H:mm:ss] [H:mm:ss.s] [dB]
2016-03-23 10:57:48 00:00:00.1 40.8
2016-03-23 10:57:48 00:00:00.2 40.1
-----
2016-03-23 10:57:51 00:00:03.2 58.2
2016-03-23 10:57:51 00:00:03.3 57.8

# Broadband LOG Results over whole log period
2016-03-23 10:57:54 00:00:06.8 58.2

#Checksum
E477F1D5E1B6864096A8AAA879E374FD
```

图 9. 声级计实际测试数据

然后通过 Excel 画出类似于图 6 的声压级随时间变化曲线下图，并计算出相应的统计声压级值。

当出具正式报告时，需要附上原始报告，原始报告的最下方含有校验编码，这可以确保测试报告的真实性，可以防止报告由于疏忽或者其他原因被第三方修改。用户可以在 NTI 官网免费下载“XL2 文件校验器”软件对原始报告进行验证验证。这个应用将测量文件的完整内容与保存的校验编码对比，并支持一键验证大量测量报告，此功能增加了报告的可追溯性，确保了测量报告中数据的真实性。

(2) 通过相应仪器或者软件直接测量

直接计算的话，很繁琐也容易算错。您也可以通过具有相应功能的设备或者软件直接测量得到累计百分数声级

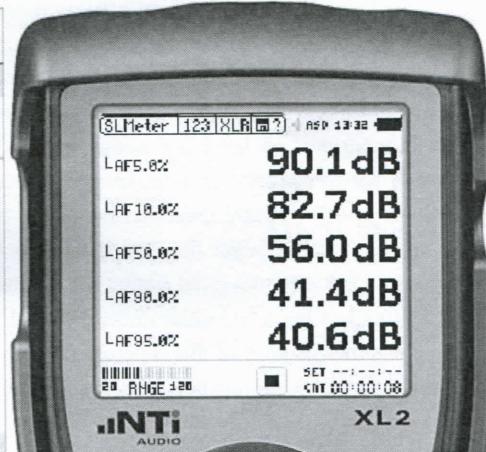
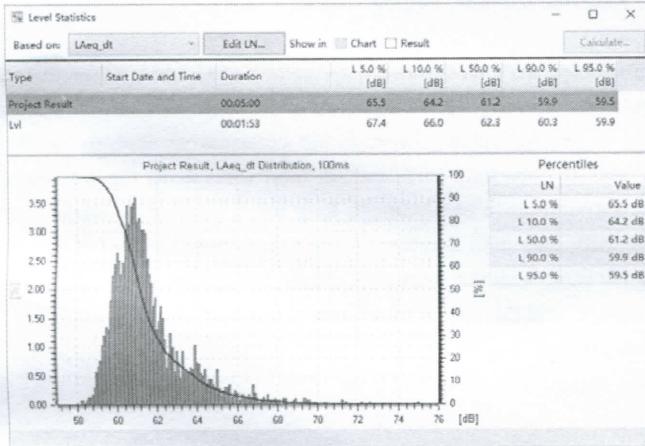


图 10. 统计声压级测试软件与仪器

方法，最终都是为了得到一个有效的噪声评价值，以衡量生产生活中的各种环境噪声，希望本文可以对从事此领域的其他同仁具有一定的参考作用。

3 结论

本文介绍了工程中可能应用到的噪声评价方法，工具，以及相关的使用方法。不管使用哪种