

10dB(A)—15dB(A) 的降噪量。

五、讨 论

实验结果表明,本消声系统消声带宽可达到 248Hz,且性能稳定、工作可靠,对于实际消声环境中具有更宽频带的噪声源,可以利用本系统进行多路组合,以满足消声要求。另外,经

仿真和实验分析,如能采用更高信号处理速度的芯片象 TMS 320 C30、DSP-WE32 等,将会进一步增加消声带宽和抵消比。

参 考 文 献

- [1] 陈克安等,噪声与振动控制,5(1990年),8—11.
- [2] 龚耀寰,自适应滤波,电子工业出版社,1989年.
- [3] B. Widrow and S. D. Stears, 自适应信号处理,现代通信技术编辑部,1988年.

⑧

声级计 时间计权特性 L_{Aeq} , 测量

25-29

积分声级计的时间计权特性 对测量 L_{Aeq} 影响的分析

张明铎 吴胜举

(陕西师范大学应用声学研究所 西安 710062)

蒋渭鑫

(陕西省物理研究所)

1992年12月10日收到

✓ TB 51

本文针对目前使用积分声级计(或噪声统计分析仪)测量 L_{Aeq} 时所用时间计权特性不一致的现象,从理论和实验两方面分析了由此而对测量结果产生的影响,并指出选择时间计权特性的正确方法。

一、引 言

目前,用来测量 L_{Aeq} 的声级计(无论是积分声级计还是噪声统计分析仪),多是以两次平均的方式给出 L_{Aeq} 的,即先将交流信号经有效值检波器转换成直流信号,再用 RC 电路实现第一次平均,然后对直流信号进行采样和积分运算实现第二次平均,最后给出 L_{Aeq} 。显然,这种声级计(以下简称为 ISLM)的采样值及其给出的 L_{Aeq} 与仪器模拟部分的有效值检波器特性及其时间计权特性有着直接的关系。但是,现行的有关噪声测量的一些标准及方法对测量 L_{Aeq} 时所用时间计权特性的规定不尽一致,本文通过理论分析及实验验证,讨论 ISLM 的时间计权特性对 L_{Aeq} 测量结果的影响,并据此提出时间计权特性的正确选择方法。

二、理论分析

等效连续 A 声级(即 L_{Aeq}),就是在测量期间与经 A 计权的声能平均值所对应的声级,可用下式表示:

$$L_{Aeq} = 10 \lg \left\{ \frac{1}{T} \int_0^T \left[\frac{p_A(t)}{p_{ref}} \right]^2 dt \right\}$$

$$= 10 \lg \left[\frac{1}{T} \int_0^T 10^{0.1L_A(t)} dt \right] \quad (1)$$

式中 T 为测量持续时间; $p_A(t)$, $L_A(t)$ 分别为 t 时刻的瞬时 A 计权声压和声级; p_{ref} 为参考声压 ($2 \times 10^{-5} Pa$)。实际测量中,常常是以等间隔采样的方式给出 L_{Aeq} 的,这时(1)式可改为:

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

$$= 10 \lg \left(\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N 10^{0.1L_{A_i}} \right) \quad (2)$$

式中 $T = N\Delta t$, N 为采样数, Δt 为采样间隔;

L_{Ai} 为第 i 次采样得到的瞬时 A 计权声级。由微积分理论可知, Δt 越小, (2) 式和 (1) 式所给结果才越接近, 因而在实际测量中应选择尽可能小的采样间隔。

不难看出, 无论是 (1) 式还是 (2) 式, 都是以瞬时 A 声级计算 L_{Aeq} 的。但是, 一般的 ISLM 至少有“慢 (S)”、“快 (F)”和“脉冲 (I)”三种时间计权方式中的一种。由声级计的设计原理可知, 无论哪种时间计权, 其 RC 电路的时间常数都不等于 0; 充电时间常数为 S 计权 $> F$ 计权 $> I$ 计权, 放电时间常数为 I 计权 $> S$ 计权 $> F$ 计权, 而且 I 计权的放电时间常数比 S 计权和 F 计权的大得多, 这样, 由于 RC 电路充、放电效应的影响, 无论用哪种时间计权采样, 都不可能获得瞬时值, 因而最后给出的 L_{Aeq} 与 (1) 式及 (2) 式定义的 L_{Aeq} 是有差别的。但是, 由于三种时间计权的充放电时间常数互不相同, 相比之下用 F 计权的采样最接近瞬时值, 所给出的 L_{Aeq} 的偏差也最小。

三、实验验证

1. 实验方法与实验结果

由于很难确定和控制一般噪声信号 (如交通噪声、工业噪声等) 的峰值因数容量 (以下简称 CF), 所以, 为了突出实验结果的典型性, 实验采用 IEC804 《积分平均声级计》规定的检查 ISLM 时间平均特性的方法, 即:

将 4000Hz 连续正弦信号施加给 ISLM, 使 ISLM 指示在其线性范围下限以上 20dB 处, 然后代之以频率为 4000 Hz 的如表 1 所规定的猝发声序列。ISLM 的积分时间至少为 10s, 则对各种猝发声序列, ISLM 最后给出的 L_{Aeq} 都应等于施加上述连续正弦信号时 ISLM 的示值, 对于 1 型 ISLM 其偏差不得超过表 1 中所给“允差”值。在这里, 改变猝发声序列的占空因数 (以下简称 DR) 相当于改变被测信号的 CF , 可以计算出表 1 所给四种猝发声序列的 CF 分别为 4.47、14.1、44.7、141, 基本上包含了日常生活中所能遇到的噪声信号的峰值因数容量。

实验用仪器及其连接方框图如图 1 所示。图中 DC-1 型瞬态信号源处于外触发状态, 由 1027 型正弦/无规信号发生器产生的 4000Hz 连续正弦信号触发 DC-1, 使之产生表 1 规定的各种猝发声信号。

表 1 实验信号及 ISLM 时间平均特性允差

猝发声序列 占空因数	单个猝发声 持续时间	猝发声序列 重复周期	以连续正弦信号为参考 单个猝发声的有效值幅度	允 差
连续	∞	—	0dB	—
1/10	1ms	10ms	10dB	± 0.5 dB
1/100	1ms	100ms	20dB	± 0.5 dB
1/1000	1ms	1000ms	30dB	± 1.0 dB
1/10000	1ms	10000ms	40dB	± 1.0 dB



图 1 实验用仪器及其连接方框图

表2 S计权测量结果

No.	DR				
	L_{Aeq} (dB)	1/10	1/100	1/1000	1/10000
1		86.0	86.0	85.8	82.9
2		86.0	86.0	85.7	82.8
3				85.9	82.8
4				85.8	82.9
5				85.7	82.7
L_{Aeq} 平均值的偏差 (dB)		0.0	0.0	-0.2	-3.2
采样到的声级范围 (dB)		86.0—86.3	85.8—86.5	82.0—88.0	<66.0—93.0

注：因采样到的声级范围很小，故在 $DR = 1/10$ 和 $DR = 1/100$ 时只测了两次。

表3 F计权测量结果

No.	DR				
	L_{Aeq} (dB)	1/10	1/100	1/1000	1/10000
1		86.0	85.4	85.6	84.5
2		85.9	85.9	83.3	83.3
3		85.9	86.6	84.5	83.3
4		85.9	86.0	85.6	85.0
5		85.9	86.4	84.4	82.9
L_{Aeq} 平均值的偏差 (dB)		-0.1	+0.1	-1.3	-2.2
采样到的声级范围 (dB)		84.0—86.3	84.0—88.0	<66.0—94.3	<66.0—102.3

实验时，ISLM 选用同时具有 S 、 F 、 I 三种时间计权特性，最小采样间隔为 $0.1s$ ，而且积分时间在一定程度上可自动控制的 4426 型噪声统计分析仪。采样间隔选用 $0.1s$ ，采样数选用 1000（即测量持续时间或积分时间为 $100s$ ）。为提高 DC-1 输出信号的信噪比，在测量中 4426 的量程选用 $66-130dB$ ，这样，当施加 $4000Hz$ 正弦信号时 4426 的示值应为 $86dB$ ；施加表 1 规定的各种猝发声信号时，用 4426 测得的 L_{Aeq} 也应为 $86dB$ 。

在 4426 分别置为 S 、 F 、 I 时间计权的情况下，采样测量结果如表 2—表 4 所示。

应用声学：

2. 实验结果分析

(1) 比较表 2—表 4 可以发现，用 I 计权进行采样时，虽然测量结果的一致性不是最差的，但测得的 L_{Aeq} 偏差最大，特别是对 DR 分别为 $1/1000$ 和 $1/10000$ 的测试信号，偏差高达 $15dB$ 以上，所以用 I 计权采样显然是不可取的。

(2) 比较表 2 和表 3 可以发现，总体来说用 S 计权测得的 L_{Aeq} 的偏差比用 F 计权的小，而且用 S 计权的测量结果一致性也较 F 计权好。这似乎表明用 S 计权的测量结果最为准确，其实不然，主要原因如下：

表 4 I 计权测量结果

No.	DR			
	1/10	1/100	1/1000	1/10000
1	86.3	90.3	102.2	101.3
2	86.3	90.3	102.4	101.4
3			102.5	101.6
4			102.5	101.3
5			102.6	101.3
L_{Aeq} 平均值的 偏差 (dB)	+0.3	+4.3	+16.4	+15.4
采样到的声级 范围 (dB)	86.3—86.5	90.3—90.8	101.0—104.0	82.0—109.3

注：见表 2 的注。

表 5 理论上应该采样到的瞬时声级范围 (单位: dB)

DR	1/10	1/100	1/1000	1/10000
瞬时声级范围	$-\infty$ —96.0	$-\infty$ —106.0	$-\infty$ —116.0	$-\infty$ —126.0

表 6 ISLM 能采样到的声级范围计算值 (单位: dB)

时间计权	DR			
	1/10	1/100	1/1000	1/10000
S	85.98—86.02	85.78—86.21	86.35—87.99	52.57—96.00
F	85.85—86.16	84.16—87.60	60.30—95.01	-242.4—105.0
I	86.51—86.54	90.46—90.75	97.61—100.5	81.55—110.5

(a) 从原则上讲, 对于表 1 规定的四种猝发声信号, 采样到的瞬时 A 声级范围应如表 5 所示。但是, 实际测量时, 由于 RC 电路充放电效应的影响, 使得采样到的声级范围有所减小。由声级计的设计原理可计算出, 用 S、F 两种时间计权对上述实验信号进行采样时, 采样到的声级范围如表 6 所示, 表中同时还给出了用 I 计权时的情况。在表 2 和表 3 中, 受 4426 性能的限制, 无法显示出小于 66dB 声级采样的具体情况。尽管如此, 将表 6 的理论计算值与表 2—表 4 的实验结果作一比较可发现, 理论

值与实验结果是基本相符的, 其差别主要是由于计算时所用参数与 ISLM 实际参数不一致造成的。

将表 2—表 4 及表 6 所给声级范围与表 5 作一比较可发现, 无论施加何种猝发声信号, 用 F 计权采样到的声级范围最宽, 亦即信息量最大, 而且采样结果与表 5 所给理论值最为接近, 用 S 计权次之, 用 I 计权最差。

(b) 表 6 的计算值及表 2—表 4 的实验结果也说明另一个问题, 即从整体响应来说, F 计权最为灵敏, S 计权次之, I 计权最差。由于测

试信号与采样都是周期性的,因而两者的相关关系对测量结果有一定的影响,而且仪器的响应越灵敏,受这种相关关系的影响就越大。 S 计权和 I 计权测量结果的一致性较好,不过是由于仪器响应不够灵敏而对起伏不定的被测信号进行了较大的“平滑”所造成的“美化”假象,并未真实地反映被测信号的情况;当用 F 计权时仪器响应较为灵敏,这种“平滑”现象要小得多,相对而言,其采样值较为真实地反映了被测信号的情况。所以,在这里用“一致性”来衡量测量结果的准确性是不合适的。

(3)表2—表4的测量结果表明,被测信号的 DR 越大,用三种时间计权测得的 L_{Aeq} 越接近。考虑到表1中所给1型ISLM的允差值可以认为,当被测信号的 $DR \geq 1/10$ (相当于被测噪声的 $CF \leq 4.47$)时,用三种时间计权测得的 L_{Aeq} 是一致的;当被测信号的 $DR \geq 1/100$ (相当于被测噪声的 $CF \leq 14.1$)时,用 S 和 F 计权测得的 L_{Aeq} 是一致的;当被测信号的 $DR < 1/100$ (相当于被测噪声的 $CF \geq 14.1$)时,只能用 F 计权测量 L_{Aeq} 。这就说明,当用ISLM测量 L_{Aeq} 时,无论被测噪声的 CF 多大,优先选用的时间计权应为 F ,也就是说最好通过 F 计权采样来给出 L_{Aeq} 。

四、结 论

上述理论分析及对实验验证结果的分析均表明,虽然由于受 RC 电路充放电效应的影响,使得用 S 、 F 及 I 三种时间计权测量 L_{Aeq} 时,采样过程中不可避免地在不同程度上要漏掉一些有用的信息,而且采样到的声级也不是瞬时值,因而测量结果有一定的误差。但相比之下,用 F 计权测量时,ISLM的整体响应最为灵敏,采样到的信息量最大,采样结果也最接近瞬时值,所以,在用ISLM测量 L_{Aeq} 时,应优先选用 F 计权采样。

这一结论是在目前ISLM以两次平均的方式测量 L_{Aeq} 的前提下得出的。若将来的ISLM直接对交流信号进行采样计算,以一次平均方式给出 L_{Aeq} ,则不存在选择时间计权特性的问题。

参 考 文 献

- [1] GB3785-83《声级计的电、声性能及其测试方法》
- [2] IEC804(1985) “Integrating-averaging sound level meters”
- [3] GB12349-90《工业企业厂界噪声测量方法》
- [4] GB3222-82《城市区域环境噪声测量方法》
- [5] GBJ122-88《工业企业噪声测量规范》

一种高精度超声波声速自动测量仪

刘 镇 清

(同济大学声学研究所 上海 200092)

1992年12月24日收到

利用现代电子技术研制成功了脉冲式声速自动测量仪,它采用过零检测数字平均方法,声时测量精度达纳秒量级,可测绝对声速。本文着重介绍了仪器的原理结构,并给出了关键部分的详细电路。对固体及液体进行的若干实测结果表明,该声速仪不仅可用于实验室研究工作,更重要的是它在超声工业测量领域有广阔的推广应用价值。

一、引 言

超声波速度的测量对研究材料的物理特性与工业性检测都非常有用。已有多种声速自动测量方法及仪器,它们大多利用脉冲回鸣法及

脉冲回波透加法,这两种方法一方面不易获得绝对声速,另一方面制成的仪器调试要求也较高。随着高速数字器件的发展,脉冲回波计数平均法(以下简称数字平均法)已逐渐成为一种比较广为人接受的高精度声速测量方法^[1],由