

采样频率对积分声级计时间平均特性影响的研究^{*}

张明铎 吴胜举 陈 玲

(陕西师范大学声学研究所 西安·710062)

本文指出了影响积分声级计时间平均特性的主要因素,着重分析了采样频率对于以两次平均的方式给出 L_{Aeq} 的积分声级计的时间平均特性的影响,并通过实验验证了这一分析。最后指出,要使这种积分声级计的时间平均特性达到有关标准和规程规定的要求,采样频率应不低于 1000Hz。

关键词 采样频率,积分声级计,时间平均特性

The effect of the sampling frequency on the time averaging characteristics of integrating sound level meter

ZHANG Mingdue WU Shengju CHEN Ling

(Applied Acoustics Institute, Shanxi Teachers University, Xian, 710062)

The major factors which affect the time averaging characteristics of integrating sound level meters, the effect of sampling frequency on the time averaging characteristics of integrating sound level meters which give L_{Aeq} by two-times average, are presented in this article. The verification of the analysis by experiments is also presented. The results show that the sampling frequency should be higher than 1000Hz in order that the time averaging characteristics of this kind of integrating sound level meters could conform to relative standards and regulations.

KEY WORDS: sampling frequency, integrating sound level meters, time averaging characteristics

1 引言

积分声级计的主要功能是用来测量噪声的等效连续 A 声级,即 L_{Aeq} ,从这个意义上讲,凡具备这一功能的声级计(无论是积分声级计还是噪声统计分析仪)都可被称为积分声级计(下称 ISLM)。获得一段时间内噪声的 L_{Aeq} 的过程,实际上就是在这段时间内对被测噪声信号的 A 计权声能量进行时间平均的过程,因而,时间平均特性是 ISLM 的一个重要特性。

目前,国产 ISLM 几乎都是通过两次平

均的方式给出 L_{Aeq} 的^[1,2],其时间平均特性达不到有关规定^[3,4]的要求。影响这种 ISLM 的时间平均特性的主要因素有三个:有效值检波特性(RMS)、时间计权特性(TW)及采样频率(f_s)。前两个因素的影响已有所述^[1,2],本文着重分析 f_s (文献[1,2]中采样间隔 Δt 的倒数)的影响。

2. 采样频率影响的理论分析

ISLM 通常至少有快(F)、慢(S)及脉冲(I)三种时间特性中的一种,文献[1,2]的研

* 收稿日期:94-9-12;修回日期:94-10-4

究结论表明:

(1) 采样频率越高,测量结果的一致性越好,其偏差也越小。但当实验信号的占空比(DR)很小时,测量结果的偏差还是较大,且超过表1规定的容差^[3,4]。

表1 ISLM的时间平均特性的容差

ISLM 型号	容差 DR (dB)			
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴
1	±0.5	±0.5	±1.0	±1.0
2,3	±1.0	±1.0	±1.5	

(2) 仅就测量 L_{Aeq} 来说,无论 f_s 多高,用 I 时间计权的测量结果均超差,因而不宜选用 I 计权进行采样运算。

(3) 在实验信号的 $DR \geq 10^{-2}$ 时,用 F, S 两种时间计权的测量结果均在表1规定的容差之内;当 $10^{-2} > DR \geq 10^{-3}$ 时,用 S 计权的测量结果在表1规定的容差之内,用 F 计权则超差;当 $10^{-3} > DR \geq 10^{-4}$ 时,两种时间计权的测量结果均超差。

(4) 要使 L_{Aeq} 的采样运算结果与时间计权方式无关,并符合表1的规定,应在有效值检波器之前,即对经频率计权后的交流信号直接采样,然后对采样数据进行均方根运算给出 L_{Aeq} ,即所谓以一次平均方式给出 L_{Aeq} 。

我们知道,ISLM 的有效值检波器输出端给出的是被测信号在一小段时间(时间计权的 RC 平均电路(下称 RC 电路)的时间常数 T) 的近似真有效值, L_{Aeq} 则是被测信号在一段较长时间(根据测量需要确定)内的有效值。从理论上讲,只要 f_s 足够高,且 RMS 特性与 TW 特性都合格,在有效值检波器输出端进行采样测量信号的 L_{Aeq} ,应该能近似真实地反映测量间被测信号所含的 A 计权声能量。也就是说,只要 f_s 足够高,且 RMS 特性与 TW 特性都合格,以两次平均方式给出 L_{Aeq} 的 ISLM 的时间平均特性应该是合格的。

再者,噪声信号的频率范围上限是

20kHz,根据奈奎斯特采样定律可知,对这样的交流进行采样时应满足 $f_s \geq 40\text{kHz}$ 。以目前的电子技术发展水平来说,要做到 $f_s \geq 40\text{kHz}$ 并不难。但与目前在直流部分以很低的 f_s 进行采样相比,经这么高的 f_s 在交流部分进行采样,要完成同样的测量任务,势必也要使采样运算单元的内存容量成万倍的增加,其消极影响是显而易见的。如果前述分析成立,那么既可用远低于 40kHz 却足够高的 f_s 在直流部分进行采样,又不致使采样运算单元的内存容量增加很多,就能使 ISLM 的时间平均特性符合表1的规定。

受实验所用 ISLM 性能的限制,上述结论(1)~(3)是在 $f_s \leq 10\text{Hz}$ 的条件下得出的,为了验证上面的理论分析,我们进一步提高 f_s ,进行了如下实验研究。

3. 研究方案设计

由于上述第2条结论已明确表示用 I 时间计权的测量结果的超差与 f_s 无关,因而下面仅研究 F, S 两种时间计权的情况。具体研究方案如下:

(1) 受技术条件所限,本实验在软件上进行,即用计算机程序模拟 ISLM 的时间计权过程及采样过程,并进行有关计算,最后给出 L_{Aeq} 的采样计算结果。

表2 ISLM的时间平均特性容差的1/3

ISLM 型号	最大容差 DR (dB)			
	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴
1	±0.17	±0.17	±0.35	±0.35
2,3	±0.35	±0.35	±0.53	/

(2) 实验信号仍采用文献[3,4]规定的连续猝发声信号。

(3) 从 $f_s = 10\text{Hz}$ 开始,逐渐提高 f_s 的值,直至 L_{Aeq} 采样运算结果的最大偏差不超过表1规定容差的1/3(如表2所示)。

(4) 由于采样过程与实验信号都是周期性

的,因而两者的相关关系对 L_{Aeq} 采样运算结果有一定的影响^[1,2],为此,对上述每种采样频率,使采样起始点(即采样开始时刻与实验信号每个周期的起始点的时间差)分别为 0, $0.1f_s$, $0.2f_s$, ..., $0.9f_s$, 观察 L_{Aeq} 采样运算结果。

(5) 为观察 ISLM 的 RC 电路的时间常数 τ 的变化对 L_{Aeq} 采样运算结果的影响,在 $DR=10^{-4}$ (这时 L_{Aeq} 采样运算结果受 f_s 影响最大) 时,对每种 f_s 改变 τ 进行实验。实验时,采样起始点固定为 0, τ 分别取为 125ms (F 计权), 250ms, 500ms, 1000ms (S 计权),

1500ms, 2000ms, 2500ms, 3000ms, 4000ms, 5000ms, 6000ms, 7000ms, 8000ms, 9000ms, 10000ms 共 15 个值。

4 实验结果及其分析

表 3 是分别选用 F, S 计权时, f_s 及采样起始点变化对 L_{Aeq} 采样运算结果的影响; 表 4 是采样起始点固定为 0 时, f_s 及 RC 电路的时间常数 τ 变化对 L_{Aeq} 采样运算结果的影响。

表 3 f_s 及采样起始点变化对 L_{Aeq} 采样运算结果的影响

f_s Hz	最大 偏差 (dB)	DR TW		10^{-1}		10^{-2}		10^{-3}		10^{-4}	
		F	S	F	S	F	S	F	S		
10		+0.16	+0.02	+1.60	+0.21	+1.61	+0.21	+1.63	+0.22		
		-0.12	-0.02	-1.84	-0.22	-1.52	-0.18	-1.47	-0.17		
100		+0.16	+0.02	+0.16	+0.02	+0.16	+0.02	+0.19	+0.03		
		-0.12	-0.02	-0.16	-0.02	-0.13	-0.02	-0.11	-0.01		
1000		Δ	+0.00	Δ	+0.00	+0.00	+0.00	+0.04	+0.01		
		-0.00	#	-0.00	-0.00	-0.02	-0.00	#	#		

注: Δ 表示没有正偏差, # 表示没有负偏差。

表 4 f_s 及 RC 电路的时间常数 τ 变化对 L_{Aeq} 采样运算结果的影响

f_s (Hz)	10	100	1000
极差 (dB)	0.86	0.19	0.04

将表 3 与表 2 做一比较可以看出,当选用 S 计权计权时,只要 $f_s \geq 10\text{Hz}$, L_{Aeq} 采样运算结果即符合表 2 的要求; 而要使选用 F、S 两种时间计权时 L_{Aeq} 采样运算结果都符合表 2 的规定,则必须使 $f_s \geq 100\text{Hz}$ 。

表 4 所示实验结果则表明,当采样起始点保持不变时,只要 RC 电路的上升时间常数与下降时间常数相同 (F、S 计权正是这样, 而 I 计权则不然), 则当 $f_s \geq 1000\text{Hz}$ 时, RC 电路的时间常数 τ 对 L_{Aeq} 采样运算结果的影响

符合表 2 的规定。

综上所述,要使 L_{Aeq} 采样运算结果符合表 2 的规定,也就是说,要使 ISLM 的时间平均特性符合表 1 的规定,而且与选择 F 或 S 计权无关,必须使 $f_s \geq 1000\text{Hz}$ 。

5 总结

上述理论分析与实验结果均表明,无论是以一次平均方式给出 L_{Aeq} , 还是以两次平均方式给出 L_{Aeq} , 只要采样频率足够高, ISLM 的时间平均特性是能够达到有关标准和规程的规定的。对于以两次平均方式给出 L_{Aeq} 的 ISLM 而言,要使其时间平均特性不受选择 F 或 S 时间计权的影响,并达到有关

标准和检定规程规定的要求,采样频率应不低于 1000Hz。然而,国产 ISLM 目前的最高采样频率一般为 1Hz,其时间平均特性如何也就可想而知,只有适当提高采样频率,才能使其时间平均特性符合有关规定的要求,并达到国际先进水平。

采样频率适当提高后产生的一个消极因素是,要完成同样的测量任务,须扩大 ISLM 的内存容量,但是,与以很高的采样频率在交流部分进行采样相比,内存容量的增加则小

得多。而且,通过下述方法可使这一不利影响减至最小:即采用分段处理与贮存,然后汇总的方法,对采样数据进行处理与运算,最后给出 L_{Aeq} 。

参考文献

- 1 蒋渭鑫等. 电声技术,1993;7:39~42.
- 2 张明铎等. 应用声学,1994;13(1):25~29
- 3 IEC804. Integrating Averaging Sound Level Meters. 1985.
- 4 JJG 699-90,积分声级计.

D&Z-1 声参量多频海底测绘系统 通过专家评审

由中国科学院东海研究站承担的上海市科委自然科学基金重点项目“D&Z-1 声参量多频海底测绘系统”,于 1995 年 5 月 18 日在沪通过由上海市科委组织的专家评审。

参加评审会的专家有:华东师大河口海岸研究所所长陈吉余教授,交通部第一航务工程勘察设计院陈福兴高级工程师,交通部第三航务工程勘察设计院陆定兴高级工程师,国家海洋地质调查局方正高级工程师和上海航道局勘察设计院周海高级工程师等人。

专家们指出:该系统由声换能器阵,图形记录器和发、收、控制线路三部分组成。利用声参量技术实现了以一个换能器完成高、低频高指向性声辐射,并使用双通道接收和处理,实现高、低频海底测绘图形的双通道显示。它有三种工作状态,可以在高频、低频和高低频混合显示的状态下工作,因而能直接显示高频和低频两种记录的海底差异。专家们特别强调地指出该测绘系统为航道浮泥的探测,提供了一种新型而轻巧的高效设备。将具有巨大的经济效益。

在与澳大利亚新南威尔士州大学进行国际合作研究中,该系统所记录的数据经过计算机图像处理,得到了掩埋于海底的小目标声学图象,而在技术上有所突破。

最后与会专家一致认为:该系统设计正确、性能优良,达到了国际先进水平;中国科学院东海研究站已经完成了上海市自然科学基金项目所规定的工作。

胡嘉忠