



中华人民共和国国家计量检定规程

JJG 449—2001

倍频程和 1/3 倍频程滤波器

Octave - Band and One - Third - Octave Band Filters

2001-07-06 发布

2001-10-01 实施

国家质量监督检验检疫总局 发布

倍频程和 1/3 倍频程滤波器

检 定 规 程

Verification Regulation of Octave - Band
and One - Third - Octave Band Filters

JJG 449—2001

代替 JJG 449—1986

本规程经国家质量监督检验检疫总局于 2001 年 07 月 06 日批准，并自 2001 年 10 月 01 日起施行。

归 口 单 位： 全国声学计量技术委员会

主要起草单位： 衡阳仪表电气设备有限公司

中国计量科学研究院

广州市计量测试所

参加起草单位： 湖北省计量测试技术研究院

本规程委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规程主要起草人：

刘湘衡 （衡阳仪表电气设备有限公司）

陈剑林 （中国计量科学研究院）

张美娥 （中国计量科学研究院）

周伦彬 （广州市计量测试所）

参加起草人：

时根火 （湖北省计量测试技术研究院）

目 录

1	范围	(1)
2	引用文献	(1)
3	术语和计量单位	(1)
3.1	倍频程比	(1)
3.2	带宽指示值	(1)
3.3	基准频率	(2)
3.4	准确的(频带)中心频率	(2)
3.5	标称(频带)中心频率	(2)
3.6	截止频率	(2)
3.7	归一化频率	(2)
3.8	滤波器衰减	(2)
3.9	参考衰减	(2)
3.10	相对衰减	(2)
3.11	滤波器的带宽	(2)
3.12	归一化有效带宽	(2)
3.13	归一化基准带宽	(3)
3.14	滤波器的积分响应	(3)
3.15	参考电平范围	(3)
3.16	参考输入信号电平	(3)
3.17	电平差	(3)
3.18	参考电平差	(3)
3.19	电平线性误差	(3)
3.20	线性工作范围	(3)
3.21	实时工作	(3)
3.22	混叠频率分量	(3)
3.23	抗混叠滤波器	(4)
4	概述	(4)
5	计量性能要求	(4)
5.1	标称中心频率	(4)
5.2	相对衰减	(6)
5.3	滤波器积分响应	(7)
5.4	线性工作范围	(7)
5.5	实时工作	(7)
5.6	抗混叠滤波器	(8)

5.7 输出信号的和	(8)
5.8 平坦频率响应	(8)
5.9 电源检查	(8)
5.10 对大气温度的敏感度	(8)
5.11 对湿度的敏感度	(8)
5.12 稳定性	(8)
5.13 使用中的最大允许误差	(8)
6 通用技术要求	(8)
6.1 标志和说明书	(8)
6.2 标记	(9)
7 计量器具控制	(9)
7.1 定型鉴定或样机试验项目和检定项目	(9)
7.2 首次检定、后续检定	(10)
7.3 定型鉴定或样机试验	(15)
7.4 使用中检验	(18)
附录 A 测量结果不确定度评定实例	(19)
附录 B 检定证书和检定不合格通知书内页的格式	(24)
附录 C 定型鉴定试验报告的格式	(26)

倍频程和 1/3 倍频程滤波器检定规程

本规程依据国家标准 GB/T 3241—1998《倍频程和分数倍频程滤波器》，除补充规定了对 2 级滤波器的要求外，其他等效采用国际法制计量组织国际建议《倍频程和 1/3 倍频程滤波器》。

1 范围

本规程适用于 0 级、1 级和 2 级倍频程和 1/3 倍频程滤波器的定型鉴定、样机试验、首次检定、后续检定和使用中检验。

2 引用文献

本规程引用了下列文献：

GB/T 3241—1998《倍频程和分数倍频程滤波器》

IEC 61260: 1995《倍频程和分数倍频程滤波器》英文版 (IEC 61260: 1995 Electroacoustics - Octave - band and fractional - octave - band filters)

OIML 国际建议《倍频程和 1/3 倍频程滤波器》(草案) OIML 1999 年英文版 (OIML Draft International recommendation: 1999 Octave - band and one - third - octave - band filters)

GB/T 3102.7—1993《声学的量和单位》

JJF 1034—1992《声学计量名词及定义》

JJF 1059—1999《测量不确定度评定与表示》

使用本规程时，应注意使用上述引用文献的现行有效版本。

3 术语和计量单位

本规程采用 GB/T 3241—1998 中有关术语定义。

本规程采用 GB/T 3102.7—1993 规定的量和单位。

3.1 倍频程比

标称频率比为 2:1；记作 G 。

注：

1 对于以 10 为底的系统：

$$G_{10} = 10^{3/10} \quad (1)$$

2 对于以 2 为底的系统：

$$G_2 = 2 \quad (2)$$

3.2 带宽指示值

用包括 1 在内的正整数的倒数来指示倍频程带宽的分数，记作 $1/b$ 。

注：对倍频程滤波器， $1/b = 1/1$ ；对 $1/3$ 倍频程滤波器， $1/b = 1/3$ 。

3.3 基准频率

准确值为 1 000 Hz 的频率，记作 f_r 。

3.4 准确的（频带）中心频率

与基准频率有规定关系的频率，它使得在规定带宽的滤波器组中，任何相邻的两个带通滤波器的准确的中心频率之比相同，记作 f_m ，单位为赫兹（Hz）。对于倍频程和 $1/3$ 倍频程滤波器，在一组滤波器中任何一个滤波器的准确的中心频率由下式确定：

$$f_m = (G^{x/b})(f_r) \quad (3)$$

式中： x ——任何正整数、负整数或零。

3.5 标称（频带）中心频率

取中心频率的整数用于表示带通滤波器，单位为赫兹（Hz）。

3.6 截止频率

带通滤波器通带的下限频率和上限频率，单位为赫兹（Hz）。准确的中心频率是下限和上限截止频率（分别记作 f_1 和 f_2 ）的几何平均值，截止频率由下式决定：

$$f_1 = (G^{-1/(2b)})(f_m) \quad (4)$$

和

$$f_2 = (G^{+1/(2b)})(f_m) \quad (5)$$

3.7 归一化频率

对于带通滤波器，频率与准确的中心频率之比，记作 $\Omega = f/f_m$ 。

3.8 滤波器衰减

对于带通滤波器，在任何频率，其时间均方的输入信号电平减去所示的时间均方的输出信号电平，这两个信号电平相对于同一基准量。记作 A ，单位为分贝（dB）。

3.9 参考衰减

为了确定所有带通滤波器的相对衰减，由厂家规定的在通带内的标称滤波器衰减，单位为分贝（dB），记作 A_{ref} 。

3.10 相对衰减

对于带通滤波器，在任何频率，滤波器衰减减去参考衰减，单位为分贝（dB），记作 ΔA 。

注：在任何归一化频率 f/f_m ，其相对衰减 $\Delta A(f/f_m)$ 由下式确定：

$$\Delta A(f/f_m) = A(f/f_m) - A_{ref} \quad (6)$$

3.11 滤波器的带宽

对于某一给定的滤波器，其上限频率 f_2 减去下限频率 f_1 。

3.12 归一化有效带宽

对于恒振幅的正弦电输入信号，由滤波器组输出端的读出设备指示的信号时间均方值与输入信号时间均方值之比，并在归一化频率上积分；信号的时间均方值之比乘以常数 $10^{0.1A_m}$ 进行归一化，单位为分贝（dB），记作 B_e 。

注：归一化有效带宽的解析式为：

$$B_e = \int_0^{\infty} 10^{-0.1\Delta A(f/f_m)} d(f/f_m) \quad (7)$$

3.13 归一化基准带宽

对于带通滤波器，滤波器的带宽与准确的中心频率之比，记作 B_r 。

注：归一化基准带宽 B_r 由下式确定：

$$B_r = (f_2 - f_1) / f_m = G^{+1(2b)} - G^{-1(2b)} \quad (8)$$

3.14 滤波器的积分响应

滤波器的归一化有效带宽与归一化基准带宽之比以 10 为底的对数乘以 10，单位为分贝（dB），记作 ΔB 。

注：滤波器积分响应 ΔB 的解析式为：

$$\Delta B = 10 \lg(B_e / B_r) \quad (9)$$

3.15 参考电平范围

为测试电性能用，制造厂规定的某一电平范围，单位为分贝（dB）。

3.16 参考输入信号电平

在参考电平范围内，制造厂规定的输入信号电平，单位为分贝（dB）。

3.17 电平差

对于在任何电平范围内的带通滤波器，输出信号电平减去输入信号电平加上电平范围控制器的标称衰减（如果有的话），单位为分贝（dB）。

3.18 参考电平差

在参考电平范围内，输入信号在中心频率处对于所用的参考输入信号电平的电平差，单位为分贝（dB）。

3.19 电平线性误差

在任何电平范围内，中心频率处的电平差减去参考电平差，单位为分贝（dB）。

3.20 线性工作范围

对于规定的滤波器带宽和电平范围，从下边界到上边界，电平线性误差保持在规定的允差内时，稳态正弦输入信号电平的的范围，单位为分贝（dB）。

3.21 实时工作

数据采集滤波器的整个运算周期和采样周期相比，小于或等于采样周期的一种工作模式或能力。

3.22 混叠频率分量

在数据采样带通滤波器的输出信号中的虚假的频率分量，它是由于用比输入信号的最高频率分量低得多的速率对连续的随时间变化的输入信号取样时引起的。

3.23 抗混叠滤波器

是一个低通滤波器，用以在输出电平中把混叠频率分量降低到可忽略不计的程度。

4 概述

倍频程和 1/3 倍频程滤波器或滤波器组，以下简称滤波器，是一种能提供各种信号，如时变的、间歇的和稳定的频率，宽带的和离散的频率，持续时间长的和短的信号，频带滤波谱的信息的装置。它可以是测量系统中的一个组件，也可以是单独的仪器。符合要求的滤波器可实时工作在系统或仪器的整个频率范围内或是工作在频率范围中的某一段频率上。

5 计量性能要求

5.1 标称中心频率

声频范围内使用的倍频程和 1/3 倍频程滤波器的标称中心频率及其准确值见表 1。

声频范围外使用的倍频程和 1/3 倍频程滤波器的标称中心频率的准确值由 (3) 式计算。

表 1 倍频程和 1/3 倍频程滤波器的中心频率

标称中心频率 / Hz	准确的中心频率 / Hz		1/3 倍频程	倍频程
	以 10 为底	以 2 为底		
25	25.119	24.803	+	
31.5	31.623	31.250*	+	+
40	39.811	39.373	+	
50	50.119	49.606	+	
63	63.096	62.500*	+	+
80	79.433	78.745	+	
100	100.00*	99.213	+	
125	125.89	125.00*	+	+
160	158.49	157.49	+	
200	199.53	198.43	+	

表 1 (续)

标称中心频率 / Hz	准确的中心频率/ Hz		1/3 倍频程	倍 频 程
	以 10 为底	以 2 为底		
250	251.19	250.00*	+	+
315	316.23	314.98	+	
400	398.11	396.85	+	
500	501.19	500.00*	+	+
630	630.96	629.96	+	
800	794.33	793.70	+	
1 000	1 000.0	1 000.0*	+	+
1 250	1 258.9	1 259.9	+	
1 600	1 584.9	1 587.4	+	
2 000	1 995.3	2 000.0*	+	+
2 500	2 511.9	2 519.8	+	
3 150	3 162.3	3 174.8	+	
4 000	3 981.1	4 000.0*	+	+
5 000	5 011.9	5 039.7	+	
6 300	6 309.6	6 349.6	+	
8 000	7 943.3	8 000.0*	+	+
10 000	10 000*	10 079	+	
12 500	12 589	12 699	+	
16 000	15 849	16 000*	+	+
20 000	19 953	20 159	+	

注：1 准确的中心频率是用 (3) 式计算得到的，取 5 位有效数字，标有 * 号的为准确值。

2 “+”号表示推荐采用的频率。

5.2 相对衰减

5.2.1 表 2 给出了倍频程和 1/3 倍频程带宽内指定的归一化频率处允许的最小和最大相对衰减值。滤波器的相对衰减应在表 2 的限值以内。

表 2 倍频程和 1/3 倍频程滤波器的相对衰减的限值

归一化频率 $f/f_m = \Omega$				最小衰减限值;最大衰减限值/dB		
倍频程滤波器		1/3 倍频程滤波器		滤波器级别		
以 10 为底	以 2 为底	以 10 为底	以 2 为底	0 级	1 级	2 级
1.000 00	1.000 00	1.000 00	1.000 00	-0.15; +0.15	-0.3; +0.3	-0.3; +0.3
1.090 18	1.090 51	1.026 67	1.026 76	-0.15; +0.2	-0.3; +0.4	-0.5; +0.6
0.917 28	0.917 00	0.974 02	0.973 94			
1.188 50	1.189 21	1.055 75	1.055 94	-0.15; +0.4	-0.3; +0.6	-0.5; +0.8
0.841 40	0.840 90	0.974 19	0.947 02			
1.295 69	1.296 84	1.087 46	1.087 76	-0.15; +1.1	-0.3; +1.3	-0.5; +1.6
0.771 79	0.771 11	0.919 58	0.919 32			
<1.412 54	<1.414 21	<1.122 02	<1.122 46	-0.15; +4.5	-0.3; +5.0	-0.5; +5.5
>0.707 95	>0.707 11	>0.891 25	>0.890 90			
1.412 54	1.414 21	1.122 02	1.122 46	+2.3; +4.5	+2.0; +5.0	+1.6; +5.0
0.707 95	0.707 11	0.891 25	0.890 90			
1.995 26	2.000 00	1.294 37	1.295 65	+18.0; +∞	+17.5; +∞	+16.5; +∞
0.501 19	0.500 00	0.772 57	0.771 81			
3.981 07	4.000 00	1.881 73	1.886 95	+42.5; +∞	+42; +∞	+41; +∞
0.251 19	0.250 00	0.531 43	0.529 96			

表 2(续)

归一化频率 $f/f_m = \Omega$				最小衰减限值;最大衰减限值/dB		
倍频程滤波器		1/3 倍频程滤波器		滤波器级别		
以 10 为底	以 2 为底	以 10 为底	以 2 为底	0 级	1 级	2 级
7.943 28	8.000 00	3.053 65	3.069 55	+ 62.0; + ∞	+ 61; + ∞	+ 55; + ∞
0.125 89	0.125 00	0.327 48	0.325 78			
$\geq 15.848 9$	$\geq 16.000 0$	$\geq 5.391 95$	$\geq 5.434 74$	+ 75.0; + ∞	+ 70; + ∞	+ 60; + ∞
$\leq 0.063 096$	$\leq 0.062 500$	$\leq 0.185 46$	$\leq 0.184 00$			

5.2.2 表 2 给出的归一化频率 Ω_a 和 Ω_b 之间的归一化频率 Ω_x 处的相对衰减的限值 ΔA_x 由线性插入关系确定:

$$\Delta A_x = \Delta A_a + [\Delta A_b - \Delta A_a] [\lg(\Omega_x/\Omega_a) / \lg(\Omega_b/\Omega_a)] \quad (10)$$

式中: ΔA_a ——在归一化频率 Ω_a 处的相对衰减限值;

ΔA_b ——在归一化频率 Ω_b 处的相对衰减限值。

5.3 滤波器积分响应

对于滤波器中的每一个带通滤波器, 0 级、1 级和 2 级滤波器积分响应应分别应不超过 ± 0.15 dB, ± 0.3 dB 和 ± 0.5 dB。

5.4 线性工作范围

5.4.1 对于所有的滤波器带宽, 以及平坦的频率响应(如果提供的话)和每一个有效电平范围, 在线性工作范围内的电平线性误差, 0 级、1 级和 2 级滤波器分别应不超过 ± 0.3 dB, ± 0.4 dB 和 ± 0.5 dB。它们的线性工作范围至少分别为 60 dB, 50 dB, 40 dB。

5.4.2 如果提供不止一个电平范围, 对于 0 级和 1 级滤波器其线性工作范围至少应有 40 dB 的重迭, 对于 2 级滤波器, 至少为 30 dB。

5.4.3 对于多于一个电平范围的滤波器, 假如它不在参考电平范围内, 在最灵敏的范围允许减少线性工作范围。

5.5 实时工作

在制造厂给定的频率范围内, 滤波器相应于恒振幅的、频率的对数以恒定速率变化的正弦输入信号的输出信号电平, 对 0 级和 1 级滤波器, 在理论输出信号电平的 ± 0.3 dB 以内, 对 2 级滤波器在 ± 0.5 dB 以内。

5.6 抗混叠滤波器

抗混叠滤波器应使输入信号与取样处理之间干扰减至最小，取样处理而产生的混叠频率分量不应使滤波器的相对衰减响应超过表 2 中相应的最小限值的最大值。

5.7 输出信号的和

对于在两个连续的倍频程或 $1/3$ 倍频程中心频率之间的任何频率的正弦输入信号，(a) 输入信号电平减去参考衰减，(b) 规定带宽的各种滤波器的时间均方的输出信号的电平和，(a)与(b)之差对于 0 级、1 级和 2 级滤波器应分别不超过 $(-1.0 \sim +1.0)$ dB， $(-2.0 \sim +1.0)$ dB 和 $(-4.0 \sim +2.0)$ dB。

5.8 平坦频率响应

在制造厂规定的平坦频率响应的频率范围内的任何频率上，0 级、1 级和 2 级滤波器的相对衰减，与在参考频率 (1 000 Hz) 处的相对衰减的差分别应在 ± 0.15 dB， ± 0.3 dB 和 ± 0.5 dB 以内。

5.9 电源检查

对于需要电池作为电源的滤波器，制造厂应提供适当的方法以检查电池电压是否充足，在检查时，滤波器应能按 GB/T 3241 规定的所有要求正常工作。

5.10 对大气温度的敏感度

在大气温度从 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内，滤波器在标称中心频率处的相对衰减与基准条件下同频率点的相对衰减的偏离，对于 0 级、1 级和 2 级滤波器分别不超过 ± 0.15 dB 和 ± 0.3 dB 和 ± 0.5 dB。

5.11 对湿度的敏感度

将滤波器暴露于相对湿度为 75%、温度为 $+40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的大气中，滤波器的部件上不出现冷凝的条件下，24 h 以后，滤波器在标称中心频率处的相对衰减与基准条件下同频率点的相对衰减的偏离，对于 0 级、1 级和 2 级滤波器分别不超过 ± 0.15 dB， ± 0.3 dB 和 ± 0.5 dB。

5.12 稳定性

滤波器所用的材料和结构应保证滤波器在按制造厂使用说明书规定的方法调整后，具有足够的稳定性以符合 GB/T 3241—1998 的规定。

5.13 使用中的最大允许误差

滤波器应满足规定的允差，这一允差将作为定型鉴定、样机试验、首次检定和后续检定的最大允许误差。使用中的最大允许误差为检定时的最大允许误差的 1.25 倍，用分贝表示并修整到十分之一分贝。

注：使用中的最大允许误差是由法规规定的使用中测量仪器的误差（正的或负的）的极限值。

使用中和检定中的最大允许误差之所以规定为不同的值，是考虑了仪器在工作中的长期稳定性和使用环境条件下的不一致的因素。

6 通用技术要求

6.1 标志和说明书

6.1.1 滤波器应具有以下一些永久性的标志：

- a) 制造厂的名称或商标；
- b) 产品的型号和编号；
- c) 采用国家标准的标志“GB/T 3241—1998”或采用国际标准的标志“IEC 61260:1995”；
- d) 滤波器的级别；
- e) 制造计量许可证标志。

6.1.2 每台滤波器均应附有包括 GB/T 3241—1998 第 7 章要求给出的所有信息的使用说明书。

6.1.3 属于主机的附件应在仪器清单、附属文件中或用其他适当的方式说明。

6.2 标记

滤波器中非供操作者使用的部件应采用密封或标记的方法加以保护。

滤波器上应留有标注检定标记的适当位置。

7 计量器具控制

计量器具控制包括定型鉴定、样机试验、首次检定、后续检定和使用中检验。

7.1 定型鉴定或样机试验项目和检定项目

滤波器定型鉴定或样机试验的项目和检定项目见表 3。

表 3 定型鉴定或样机试验项目和检定项目一览表

项 目	定型鉴定 或样机试验	首次检定 后续检定	使用中检验	备 注
相对衰减	+	+	+	对数字方法实现的滤波器 可在少数几个频率上测试
滤波器积分响应	+	-	-	
线性工作范围	+	+	-	
实时工作	+	-	-	
抗混叠滤波器	+	-	-	
输出信号的和	+	+	-	仅适用于模拟方法实现的滤 波器，对选定的滤波器测试
平坦频率响应	+	+	-	如设有的话
电池电压	+	-	-	
温度敏感度	+	-	-	
湿度敏感度	+	-	-	

注：需试验或检定的项目用“+”表示，不需试验或检定的项目用“-”表示。

7.2 首次检定、后续检定

7.2.1 检定条件

7.2.1.1 计量标准和主要配套设备

a) 正弦信号发生器

正弦信号发生器的频率范围应不窄于 2 Hz~200 kHz, 频率的最大允许误差为 $\pm 0.01\%$; 在检定期间的幅值稳定度应优于 0.02 dB; 输出信号的总失真, 在 (20 Hz~30 kHz) 的频率范围内不超过 0.02%, 在 (2 Hz~20 Hz) 和 (30 kHz~200 kHz) 的频率范围内不超过 0.1%; 信号电平至少可在 80 dB 的范围内改变。

b) 测量放大器

测量放大器的频率范围应不窄于 2 Hz~200 kHz, 在检定期间的稳定度优于 0.02 dB, 在所需频率上的总失真应不超过 0.1%。

c) 直流电压表

直流电压表的最大允许误差为 0.1%。

d) 频率计

频率计在所需频率上的最大允许误差为 1×10^{-4} 。

e) 电平记录仪

电平记录仪在所需的频率范围内, 频率响应特性优于 ± 0.5 dB, 分辨力优于 ± 0.25 dB。

注: 也可采用其他方式绘制图形。

7.2.1.2 检定环境条件

温度: 15~35 ℃;

相对湿度: 30%~90%;

气压: 86.0~106.0 kPa。

7.2.2 检定项目和检定方法

7.2.2.1 检定项目

滤波器的检定项目见表 3。

7.2.2.2 外观检查

a) 滤波器应具有明确的标志, 并应符合 6.1.1 的规定。

b) 滤波器中非供操作者使用的部件应采用密封或标记的方法加以保护。

c) 滤波器应留有适当的位置用于标注检定标记。

d) 滤波器应无机械性损坏或变形, 开关等控制器件应操纵灵活、定位准确, 无接触不良的现象。

e) 使用电池供电的滤波器, 其电池电压应在说明书规定的可用电压范围之内。

7.2.2.3 相对衰减

滤波器相对衰减的检定装置方框图见图 1:

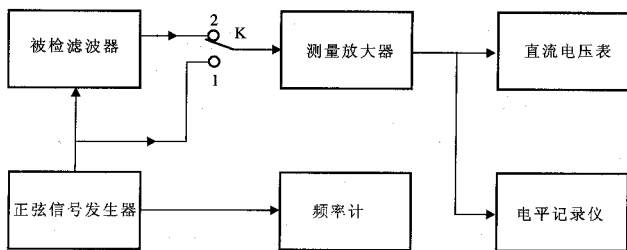


图1 相对衰减检定装置方框图

注：

- 1 对于按照声级计要求设计的、用作测量装置的滤波器，装置的显示指示器应该被用于测量滤波器的输出信号电平。
- 2 对于具有数字读出装置的滤波器或具有厂家规定的数字格式（例如数字接口）的滤波器，输出信号电平应该通过数字读出或经数字输出到合适的记录装置上来确定。

滤波器相对衰减的检定步骤如下：

a) 根据表1将正弦信号发生器的输出信号频率调节为与滤波器所在挡位相同的准确的中心频率，调节正弦信号发生器的输出信号的电平，使其为滤波器线性工作范围的上边界以下1 dB。

b) 开关K置于“1”，用测量放大器或直流电压表测量滤波器输入信号的电平 L_{in} ，再将开关K置于“2”，用测量放大器或直流电压表测量滤波器输出信号的电平 L_{out} 。

注：采用直流电压表是为了提高读数的分辨力。

c) 按下式计算滤波器在该频率上的相对衰减 ΔA ：

$$\Delta A = L_{in} - L_{out} - A_{ref} \quad (11)$$

式中： ΔA ——相对衰减，dB；

L_{in} ——滤波器输入信号电平，dB；

L_{out} ——滤波器输出信号电平，dB；

A_{ref} ——参考衰减，dB。

注：

- 1 参考衰减为制造厂规定的在通带内滤波器的标称衰减。
- 2 如直流电压表读出的是电压值，则相对衰减按下式计算：

$$\Delta A = 20 \lg \frac{U_{in}}{U_{out}} - A_{ref} \quad (12)$$

式中： U_{in} ——滤波器输入信号电压，V；

U_{out} ——滤波器输出信号电压，V。

d) 根据表 2 中给出的归一化频率和滤波器所在挡位中心频率的准确值（在表 1 中给出），按 (13) 式计算测试信号的频率，依次改变正弦信号发生器输出信号的频率，并保持其输出信号电平不变，用测量放大器或直流电压表测量滤波器在各个测试频率上的输出信号的电平，按步骤 C 计算出滤波器带宽在各个测试频率上的相对衰减。

滤波器在各个测试频率上的相对衰减都应符合表 2 的要求。

注：

- 1 必要时，调节与滤波器配套的声级计或内接滤波器的分析仪器的输出衰减器，以提高声级计或分析仪器输出端的信噪比。
- 2 测试频率的准确值按下式计算：

$$f_i = \Omega \cdot f_m \quad (13)$$

式中： Ω ——归一化频率；

f_m ——准确的中心频率，Hz。

3 检定时，只选择表 2 中的 17 个归一化频率。

e) 依次改变滤波器的挡位，重复步骤 a 至步骤 d。滤波器在每个挡位和每个测试频率上的相对衰减都应符合表 2 的要求。

注：对采用模拟方法实现的滤波器，每个倍频程和 1/3 倍频程滤波器都要测试。对采用数字方法实现的滤波器可以在所有滤波器组中标称中心频率为最低、最高和 1 000 Hz 3 个滤波器中测试。

f) 可用电平记录仪记录下滤波器的衰减特性曲线。

7.2.2.4 线性工作范围

滤波器线性工作范围的检定装置方框图见图 2。

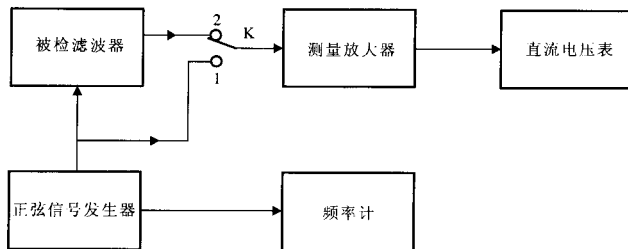


图 2 线性工作范围检定装置方框图

滤波器线性工作范围的检定应在参考电平范围内进行，检定步骤如下：

- a) 滤波器置于标称中心频率为最低的挡位上。
- b) 调节正弦信号发生器的输出信号的频率为滤波器中心频率的标称值、输出信号电平为滤波器的参考输入信号电平 $L_{in,r}$ ，测量滤波器对应于参考输入信号电平的输出

信号电平 $L_{out,r}$ ，按下式计算参考电平差：

$$\Delta_r = L_{out,r} - L_{in,r} \quad (14)$$

c) 以 5 dB 的步级（在距线性工作范围的上边界或下边界为 5 dB 以内时步级为 1 dB）逐步增加或减小正弦信号发生器的输出信号电平，测量滤波器的输入信号电平 $L_{in,i}$ 和输出信号电平 $L_{out,i}$ ，按下式计算每一点的电平差 Δ_i ：

$$\Delta_i = L_{out,i} - L_{in,i} + A_N \quad (15)$$

式中： A_N ——滤波器电平范围控制器的标称衰减，dB。

注：

1 对于按照声级计要求设计的、用作测量装置的滤波器，装置的显示指示器应该被用于测量滤波器的输出信号电平。

2 对于具有数字读出装置的滤波器或具有厂家规定的数字格式（例如数字接口）的滤波器，输出信号电平应该通过数字读出或经数字输出到合适的记录装置上来确定。

d) 按下式计算滤波器的电平线性误差 Δ_L ：

$$\Delta_L = \Delta_i - \Delta_r \quad (16)$$

电平线性误差首先超出 5.4 的规定时的输入信号电平，分别为滤波器线性工作范围上、下边界。

e) 在滤波器标称中心频率最高的挡位上重复步骤 b 至步骤 d。

f) 如果滤波器提供有平坦频率响应，还应在制造厂规定的平坦频率响应范围的最低的和最高的频率上重复步骤 b 至步骤 d。

注：如直流电压表读出的是电压值，则相对衰减按 (12) 式计算。

7.2.2.5 输出信号的和

输出信号的和的检定装置图见图 3。

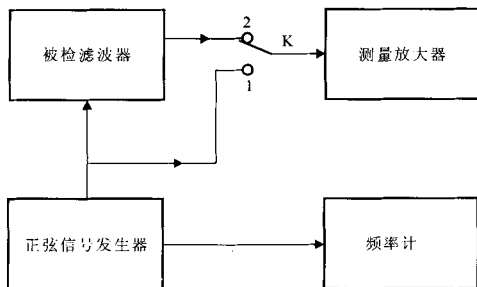


图 3 输出信号的和检定装置方框图

输出信号的和的检定步骤如下：

a) 将滤波器置于标称中心频率为次低的挡位上。

b) 将正弦信号发生器的输出信号频率调节为滤波器的下限截止频率（下限截止频率按（4）式计算），调节正弦信号发生器的输出，使输出信号电平为滤波器线性工作范围的上边界以下1 dB。

c) 保持正弦信号发生器的输出信号电平不变，用测量放大器测量滤波器的输入信号电平和输出信号电平，按（11）式计算相对衰减 ΔA_j 。

d) 保持正弦信号发生器的频率和输出信号电平不变，改变滤波器的标称中心频率至相邻较低的和较高的挡位上，重复步骤 c，得到相对衰减 ΔA_{j-1} 和 ΔA_{j+1} 。

e) 按照下式计算输入信号电平减去参考衰减与输出信号之和的电平的差：

$$\Delta P(f_j) = 10 \lg(10^{-0.1\Delta A_{j-1}} + 10^{-0.1\Delta A_j} + 10^{-0.1\Delta A_{j+1}}) \quad (17)$$

式中： ΔA_{j-1} ——在较低的相邻的滤波器上测得的相对衰减，dB；

ΔA_j ——在被检滤波器上测得的相对衰减，dB；

ΔA_{j+1} ——在较高的相邻的滤波器上测得的相对衰减，dB。

f) 将正弦信号发生器的频率改变为被检滤波器的上限截止频率（上限截止频率按（5）式计算），维持其输出电平不变，重复步骤 c 至步骤 e。

g) 依次改变滤波器的挡位，重复步骤 b 至步骤 f，直至标称中心频率为次高的挡位为止。

h) 在所有测试频率上，按（17）式计算的差值 $\Delta P(f_j)$ 应在 5.7 给出的允差之内。

注：测试信号的频率和对应的相对衰减可从 7.2.2.3 相对衰减的测量值中提取。

7.2.2.6 平坦频率响应

滤波器平坦频率响应的检定装置图见图 2。

滤波器平坦频率响应的检定步骤如下：

a) 滤波器置于平坦频率响应挡，调节正弦信号发生器的输出信号电平，使其等于制造厂给出的参考输入信号电平并保持恒定。

b) 调节正弦信号发生器的输出信号频率为 1 000 Hz，用测量放大器或直流电压表测量滤波器的输出信号电平，按（11）式计算相对衰减。

c) 保持正弦信号发生器的输出电压不变，在制造厂规定的平坦频率响应范围的下限频率和上限频率，以及下限频率和上限频率之间的每个倍频程标称中心频率上测量滤波器的输出信号电平，按（11）式计算各个测试频率上的相对衰减。它们与在步骤 b 得到的相对衰减的差值应符合 5.8 的规定。

注：如直流电压表读出的是电压值，则相对衰减按（12）式计算。

7.2.3 检定结果的处理

经检定合格的滤波器发给检定证书；检定不合格的滤波器发给检定结果通知书，并注明不合格的项目。

检定证书和检定结果通知书的内页格式见附录 B。

7.2.4 检定周期

滤波器的检定周期一般不超过 1 年。

7.3 定型鉴定或样机试验

7.3.1 试验条件

定型鉴定或样机试验的试验条件要符合 7.2.1 的规定。

对于确定实时工作的频率限值的测试,采用恒振幅的正弦信号,其频率按对数速率变化或扫描。

对于实时工作的测试,扫频信号发生器的输出电平应为已知,并且应在与标称中心频率的所选范围相应的频率范围内保持恒定,偏差应在标称信号电平的 ± 0.1 dB 之内。在扫频所覆盖的范围内的每一个 10:1 的频段,测试信号频率变化的对数速率应保持恒定,在标称扫描频率的 $\pm 1\%$ 以内。

7.3.2 试验项目

定型鉴定或样机试验的试验项目见表 3。

7.3.3 试验方法

7.3.3.1 相对衰减

滤波器的相对衰减特性应在参考电平范围内测量,输入信号电平比线性工作范围的上边界低 1 dB。

将稳态正弦信号加到滤波器的输入端,在合适的频率上测量输入和输出信号的电平。

注:需要时,在仪器的输入和输出端,用制造厂规定的阻抗连接。

正弦测试信号的频率优选离散频率点,在准确的中心频率取整的对数坐标中是等间隔的。如果 S 是每个滤波器带宽的测试频率的数目,则第 i 个测试信号的归一化频率为:

$$f_i/f_m = (G^{1/(bS)})^i \quad (18)$$

式中: i ——正整数或负整数,包括零。每个滤波器带宽的测试频率数 S 应不小于 24,当随频率的相对衰减变化的比率很大时,每个滤波器带宽的测试频率数应大于 24 个点。每带宽测试频率数目的增加应以 12 为步级,直到计算滤波器的积分响应时与 S 基本无关,引起的误差在 0.1 dB 左右。

在任何频率 f 处的相对衰减 $\Delta A(f/f_m)$ 由 (6) 式确定。

具体试验方法,按 7.2.2.3 给出的细则。

7.3.3.2 滤波器积分响应

滤波器积分响应由 (9) 式确定。它是根据 (7) 式中对归一化有效带宽的数字计算的积分和 7.3.3.1 所测的相对衰减得到的。

推荐根据梯形法则按下式对单元面积求和,以代替 (7) 式所表述的数值积分:

$$B_e = \sum_{i=-N}^{i=N} \frac{1}{2} [10^{-0.1\Delta A(f_i/f_m)} + 10^{-0.1\Delta A(f_{i+1}/f_m)}] [(f_{i+1}/f_m) - (f_i/f_m)] \quad (19)$$

式中： $\Delta A (f_i/f_m)$ ——在 7.3.3.1 条相对衰减试验中测得的、在第 i 个归一化测试频率所测的相对衰减，dB；

N ——对任何滤波器带宽和任何等级的滤波器，等于或大于 $5S = 120$ ；

S ——在每个滤波器带宽上试验频率的数量。

7.3.3.3 线性工作范围

用稳态正弦信号来测试因输入信号电平的变化引起的滤波器的线性响应。线性工作范围在滤波器最低的和最高的标称中心频率上进行测量，如果提供有平坦频率响应，则至少应在厂家规定的平坦频率响应范围的最低和最高的频率上进行测量。

对于每一个测试频率，在任何电平范围内的电平线性误差的测量，输入信号的步级不大于 5 dB。在测量线性工作范围的下边界和上边界时，输入信号电平的相邻步级间的差为 1 dB。

在测量中的平均时间应该足够长以建立一个稳定的指示，要考虑到在低输入信号电平时内部产生的噪声的影响。

具体试验方法按 7.2.2.4 给出的细则。

7.3.3.4 实时工作

滤波器实时工作的频率范围应用扫频测试来确定。

当输入端加上恒振幅正弦信号，信号频率在任何给定带宽的所有滤波器的频率范围内，以恒定的对数速率变化时，在仪器输出端的读出装置指示的时间平均信号电平 L_0 对于所有滤波器是相同的。

对于给定的扫频正弦输入信号，当滤波器的相对衰减等于实际滤波器的参考衰减，并且在截止频率以外为无限衰减时，在其输出端指示的理论上时间平均输出信号电平 L_c 由下式给出：

$$L_c = L_{in} - A_{ref} + 10 \lg \{ (T_{sweep}/T_{avg}) [\lg(f_2/f_1) / \lg(f_{end}/f_{start})] \} \quad (20)$$

式中： L_{in} ——所测量的恒振幅输入信号的时间平均信号电平；

T_{sweep} ——从起始频率 f_{start} 到终止频率 f_{end} 以对数速率扫描所需的时间；

f_1 和 f_2 ——截止频率；

T_{avg} ——测量输出信号电平 L_0 所选用的平均时间。

注：在 (20) 式中，对于以 10 为底的系统， $\lg(f_2/f_1)$ 等于 $3/(10b)$ ，对于以 2 为底的系统， $\lg(f_2/f_1)$ 等于 $(1/b)\lg 2$ 。

所测的输出时间平均信号电平 L_0 与相应的恒定的理论输出时间平均信号电平 L_c 以及所测的滤波器的积分响应值 ΔB 的差 δ 为：

$$\delta = L_0 - \Delta B - L_c \quad (21)$$

实时工作的测试应在参考电平范围内进行。输入信号电平应该比参考电平范围内线性工作范围的上边界低 3 dB。对数频率扫描的速度应足够的低，才能可靠地测量与滤波器带宽相适应的滤波器的通带的相对衰减。扫描的起始频率 f_{start} 应近似为滤波器带

宽的最低标称中心频率的一半。扫频终止频率 f_{end} 应近似为相应的最高标称中心频率的二倍。平均时间 T_{avg} 至少应比总的扫描时间大 5 s_0 。

注:

- 1 对数扫描速率, 单位为十倍程每秒, 由下式确定:

$$[\lg(f_{\text{end}}/f_{\text{start}})]/T_{\text{sweep}} \quad (22)$$

式中: f_{end} ——扫描终止频率;

f_{start} ——扫描起始频率;

f_{sweep} ——扫描时间, s_0 。

- 2 扫描速率不应大于 0.5 个十倍程每秒 (或 1.6 个倍频程每秒)。

平均时间周期起始后 3 s 内频率扫描应该开始, 并从 f_{start} 至 f_{end} 频率范围内扫描一次。测量时间平均输出信号电平并与根据 (20) 式计算出的输出信号电平进行比较。对于仪器中的任何滤波器的带宽, 差值 δ 的绝对值首先超过 5.5 中相应的误差的标称中心频率定义为实时工作频率范围的低频和高频极限。

7.3.3.5 抗混叠滤波器

对于数据采样滤波器, 抗混叠滤波器对输入信号的寄生谱分量的衰减能力的测量应通过将稳态正弦信号加到输入端进行。输入信号应等于参考电平范围内的线性工作范围的上边界。

对于在仪器中每一个滤波器的带宽指示值, 输入测试信号的频率应该等于所用的取样频率减去至少为一个滤波器的标称中心频率, 该滤波器的中心频率在带宽指示值适用的整个频率范围的每一个 1:10 频率比的范围内, 例如, 对于从 20 Hz~20 kHz 的标称中心频率, 从 20 Hz~200 Hz 范围选择一个标称中心频率, 从 200 Hz~2 kHz 范围内选择一个, 再从 2 kHz~20 kHz 范围内选择一个。

对于每一个测试频率, 输出信号电平不应超过输入信号电平减去表 2 中给出的相应的最小相对衰减的最大值的限值。

7.3.3.6 输出信号的和

令 j 表示滤波器组中的一个滤波器, 用 $j-1$ 和 $j+1$ 表示中心频率比第 j 个滤波器低的和高的相邻的滤波器。令 ΔA_j , ΔA_{j-1} 和 ΔA_{j+1} 分别表示在任何测试频率上测得的 3 个滤波器的相对衰减。

S 等于按照 7.3.3.1 要求进行的相对衰减测试的每个滤波器带宽的频率数, M 为等于或小于 $S/2$ 的最大的整数。为了按照 (18) 式测量相对衰减而确定的频率, 令 i 是 $-M$ 到 $+M$ 之间的任何整数。

在准确中心频率 f_m 的第 j 个滤波器的下限和上限频率之间的任何频率, 输入信号电平减去参考衰减与输出信号之和的电平的差 $\Delta P(f_i)$, 该值由 (17) 式确定。

测试应该从滤波器组的最低的中心频率到最高的中心频率进行。

对于所提供的任何滤波器带宽, 在任何两个倍频程或 1/3 倍频程中心频率之间的任何测试频率上, 按 (17) 式计算的差值 $\Delta P(f_i)$ 都应在 5.7 给出的允差内。

具体试验方法按 7.2.2.5 给出的细则。

7.3.3.7 平坦频率响应

对平坦频率响应的测试,输入信号电平应等于在参考电平范围内的参考输入信号电平。测试信号的频率应包括厂家规定的平坦的频率响应范围的下限频率和上限频率,以及下限频率和上限频率之间的倍频程滤波器的标称中心频率。

具体试验方法按 7.2.2.6 给出的细则。

7.3.3.8 电池电压

对采用电池为电源的滤波器,应试验制造厂提供的检查电池电压的方法是否有效,在检查电池电压时,滤波器应能正常工作。

当电池电压降低至滤波器即将给出提示时,在最低和最高的标称中心频率处检查滤波器的线性工作范围,应符合 5.4 的要求。

7.3.3.9 对大气温度的敏感度

在大气温度从 $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ 至 $+50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的范围内,每相隔 $(10\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$,测量滤波器在标称中心频率处的相对衰减与基准条件下同频率点的相对衰减的偏离。

推荐的基准条件:温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 50%。

试验在滤波器最低的、最高的及 $1\ 000\text{ Hz}$ 标称中心频率上进行。

要在每个温度阶梯上达到热平衡后再进行测试。

7.3.3.10 对相对湿度的敏感度

将滤波器暴露于相对湿度为 $(75\pm 5)\%$ 、温度为 $(40\pm 1)\text{ }^{\circ}\text{C}$ 的大气中 24 h 以后,在滤波器的部件上不应出现冷凝,测量滤波器在标称中心频率处的相对衰减与基准条件下同频率点的相对衰减的偏离。

推荐的基准条件:温度为 $23\text{ }^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度为 50%。

试验在滤波器的最低的、最高的及 $1\ 000\text{ Hz}$ 的标称中心频率上进行。

7.3.4 试验结果的报告

定型鉴定或样机试验报告的格式见附录 C。

7.4 使用中检验

7.4.1 检验条件

使用中检验的条件要符合 7.2.1 的规定。

7.4.2 检验项目

使用中检验的项目见表 3。

7.4.3 检验方法

7.4.3.1 滤波器相对衰减的检验方法同 7.2.2.3。

7.4.3.2 滤波器的每个挡位在每个测试频率上的相对衰减都应在表 2 规定限值的 1.25 倍之内。

7.4.4 检验结果的报告

使用中检验结果的报告可参照检定证书的格式编制。

附录 A

测量结果不确定度评定实例

“相对衰减”、“平坦频率响应”与“积分响应”等检定项目是评价倍频程和 1/3 倍频程滤波器计量特性的最主要内容，也是技术指标要求比较高的几个项目；加之它们在检定时所使用的仪器设备也基本相同，故本规程测量结果不确定度评定特以“相对衰减”这一检定项目作为范例进行分析。

A.1 测量方法

按照相对衰减 ΔA 的物理意义，本规程所列测量方法即通过直接测量带通滤波器在其线性工作范围内输入、输出端信号电平之差来获得滤波器衰减，进而通过与制造厂提供的参考衰减 A_{ref} 比较，最终获得相对衰减 ΔA 这一测量参数。

A.2 数学模型

由本规程式 (11) 可知，滤波器衰减 ΔA 计算公式为：

$$\Delta A = L_{\text{in}} - L_{\text{out}} - A_{\text{ref}} \quad \text{A(1)}$$

式中： ΔA ——相对衰减，dB；

L_{in} ——滤波器输入信号电平，dB；

L_{out} ——滤波器输出信号电平，dB；

A_{ref} ——参考衰减，dB。

A.3 方差及灵敏系数

由于 $f(L_{\text{in}}, L_{\text{out}}, A_{\text{ref}})$ 中的 L_{in} 、 L_{out} 与 A_{ref} 互不相关，故其合成估计方差为：

$$u_c^2(\Delta A) = c^2(L_{\text{in}})u^2(L_{\text{in}}) + c^2(L_{\text{out}})u^2(L_{\text{out}}) + c^2(A_{\text{ref}})u^2(A_{\text{ref}})$$

式中灵敏系数分别为：

$$c(L_{\text{in}}) = \frac{\partial(\Delta A)}{\partial(L_{\text{in}})} = 1$$

$$c(L_{\text{out}}) = \frac{\partial(\Delta A)}{\partial(L_{\text{out}})} = -1$$

$$c(A_{\text{ref}}) = \frac{\partial(\Delta A)}{\partial(A_{\text{ref}})} = -1$$

A.4 标准不确定度分析及评定

A.4.1 输入信号引入的标准不确定度分量 $u(L_{\text{in}})$

A.4.1.1 正弦信号发生器不稳定引入的标准不确定度分量 $u_1(L_{in})$

因正弦信号发生器在检定期间的稳定度优于 0.02 dB, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子

$$k = \sqrt{3}$$

得:

$$u_1(L_{in}) = 0.02/\sqrt{3} = 0.012 \text{ dB}$$

由数据来源的可靠性估计, $u_1(L_{in})$ 的相对标准不确定度不大于 10%, 故得其自由度为:

$$\nu_1(L_{in}) \geq 50$$

A.4.1.2 频率计时基信号不准与计数不准引入的标准不确定度分量 $u_2(L_{in})$

因正弦信号发生器输出的信号频率是通过频率计来指示调节的, 故频率计由于时基信号不准与计数不准将给滤波器引入输入信号误差。由于要求频率计在所需检定频率范围内准确度优于 1×10^{-4} (约为 0.000 9 dB), 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子

$$k = \sqrt{3}$$

得:

$$u_2(L_{in}) = 0.000\ 9/\sqrt{3} = 0.001 \text{ dB}$$

由于其可靠性很高, 故其自由度为:

$$\nu_2(L_{in}) = \infty$$

A.4.1.3 输入信号引入标准不确定度分量 $u(L_{in})$ 合成

因上述两项不确定度分量各自独立、互不相关, 所以得:

$$u(L_{in}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(L_{in})} = \sqrt{0.012^2 + 0.001^2} = 0.012 \text{ dB}$$

$$\nu(L_{in}) = \frac{u^4(L_{in})}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(L_{in})}{\nu_i}} = \frac{0.012^4}{\frac{0.012^4}{50} + \frac{0.001^4}{\infty}} = 50$$

A.4.2 输出信号引入的标准不确定度分量 $u(L_{out})$ A.4.2.1 测量放大器稳定度引入的标准不确定度分量 $u_1(L_{out})$

因测量放大器在检定期间稳定度优于 0.02 dB, 其引入的标准不确定度按均匀分布估计, 包含因子

$$k = \sqrt{3}$$

得:

$$u_1(L_{out}) = 0.02/\sqrt{3} = 0.012 \text{ dB}$$

由数据来源的可靠性估计, $u_1(L_{out})$ 的相对标准不确定度不大于 10%, 故其自由度为:

$$\nu_1(L_{\text{out}}) \geq 50$$

A.4.2.2 直流电压表示值误差引入的标准不确定度分量 $u_2(L_{\text{out}})$

因直流电压表示值变化半区间为 0.2%，约等于 0.017 dB，其引入的标准不确定度按均匀分布估计，包含因子

$$k = \sqrt{3}$$

得：

$$u_2(L_{\text{out}}) = 0.017/\sqrt{3} = 0.010 \text{ dB}$$

由于其可靠度很高，故其自由度为：

$$\nu_2(L_{\text{out}}) = \infty$$

A.4.2.3 测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_3(L_{\text{out}})$

本范例在相同测量条件下对某型带通滤波器的 1/3 倍频程、标称中心频率为 1 000 Hz 的 5 个测试频率的相对衰减重复测量 10 次，得到测量结果如表 A1 所示。

表 A1 相对衰减的测量结果

归一化频率 f/f_m (以 10 为底)		1.000 0	1.026 67	0.974 02	1.055 75	0.947 19
测试频率/Hz		1 000.0	1 026.7	974.02	1 055.8	947.19
相 对 衰 减 /dB	1 次	-0.001 3	-0.022 4	0.015 2	0.060 4	0.052 2
	2 次	-0.000 4	-0.015 5	0.009 8	0.075 4	0.040 6
	3 次	0.001 0	-0.014 0	0.010 9	0.073 8	0.042 4
	4 次	0.001 8	-0.013 2	0.011 6	0.072 9	0.043 6
	5 次	0.002 1	-0.012 9	0.011 7	0.071 7	0.044 4
	6 次	0.002 4	-0.012 9	0.011 9	0.070 6	0.045 2
	7 次	0.002 9	-0.012 0	0.012 6	0.069 9	0.046 2
	8 次	0.003 3	-0.011 9	0.012 9	0.069 0	0.047 0
	9 次	0.003 5	-0.011 7	0.013 1	0.068 5	0.047 6
	10 次	0.003 7	-0.011 5	0.013 4	0.067 9	0.048 1
	平均值	0.001 9	0.013 8	0.012 3	0.070 0	0.045 7
	标准差	0.001 7	0.003 3	0.001 5	0.004 2	0.003 2

计算得其中最大一组实验标准差为：

$$s = \sqrt{\sum_{i=1}^N \frac{(x_i - \bar{x})^2}{n-1}} = 0.004 \text{ dB}$$

$$\approx 0.037 \text{ dB}$$

$$u_3(L_{\text{out}}) = s = 0.004 \text{ dB}$$

即测量重复性引入的标准不确定度分量 $u_3(L_{\text{out}})$ 为：

其自由度为：

$$\nu_3(L_{\text{out}}) = n - 1 = 9$$

A.4.2.4 输出信号引入的标准不确定度分量 $u(L_{\text{out}})$ 合成

因上述各项不确定度分量各自独立，互不相关，所以得：

$$u(L_{\text{out}}) = \sqrt{\sum_{i=1}^N u_i^2(L_{\text{out}})} = \sqrt{0.012^2 + 0.010^2 + 0.004^2} = 0.016 \text{ dB}$$

$$\nu(L_{\text{out}}) = \frac{u^4(L_{\text{out}})}{\sum_{i=1}^N \frac{u_i^4(L_{\text{out}})}{\nu_i}} = \frac{0.016^4}{\frac{0.012^4}{50} + \frac{0.010^4}{\infty} + \frac{0.004^4}{9}} = 147$$

A.5 参考衰减引入的标准不确定度 $u(A_{\text{ref}})$

滤波器参考衰减 A_{ref} 为各相关制造厂家提供的参考常量，其置信半区间应在 0.02 dB 内，故由此引入的标准不确定度按均匀分布估计，包含因子

$$k = \sqrt{3}$$

得：

$$u(A_{\text{ref}}) = 0.02 / \sqrt{3} = 0.012 \text{ dB}$$

由于其可靠度很高，故其自由度为：

$$\nu(A_{\text{ref}}) = \infty$$

A.6 合成标准不确定度评定

因为合成估计方差为：

$$u_c^2(\Delta A) = c^2(L_{\text{in}})u^2(L_{\text{in}}) + c^2(L_{\text{out}})u^2(L_{\text{out}}) + c^2(A_{\text{ref}})u^2(A_{\text{ref}})$$

得合成标准不确定度为：

$$u_c(\Delta A) = \sqrt{c^2(L_{\text{in}})u^2(L_{\text{in}}) + c^2(L_{\text{out}})u^2(L_{\text{out}}) + c^2(A_{\text{ref}})u^2(A_{\text{ref}})}$$

$$\begin{aligned}
 &= \sqrt{0.012^2 + 0.016^2 + 0.012^2} \\
 &= 0.023 \text{ dB}
 \end{aligned}$$

有效自由度为：

$$\begin{aligned}
 \nu_{\text{eff}} &= \frac{u_c^4(\Delta A)}{\frac{c^4(L_{\text{in}})u^4(L_{\text{in}})}{\nu(L_{\text{in}})} + \frac{c^4(L_{\text{out}})u^4(L_{\text{out}})}{\nu(L_{\text{out}})} + \frac{c^4(A_{\text{ref}})u^4(A_{\text{ref}})}{\nu(A_{\text{ref}})}} \\
 &= \frac{0.023^4}{\frac{0.012^4}{50} + \frac{0.016^4}{147} + \frac{0.012^4}{\infty}} \\
 &\approx 325
 \end{aligned}$$

A.7 扩展不确定度评定

取置信水准 $p = 95\%$ ，由 JJF 1059—1999 附录 A 得 t 分布临界值 $t_p(\nu) = t_{95}(100) \approx 1.98$ ，即包含因子 $k_p = k_{95} = t_{95}(100) \approx 1.98$

所以得扩展不确定度为：

$$U_{95} = k_{95} u_c(\Delta A) = 1.98 \times 0.023 = 0.05 \text{ dB}, \quad \nu_{\text{eff}} = 325。$$

附录 B

检定证书和检定不合格通知书内页的格式

检 定 结 果

共 页 第 页

一、外观检查：

二、相对衰减：

标称中心频率：_____ Hz

归一化频率 $f/f_m = \Omega$	相对衰减 /dB	最小允许 相对衰减/dB	最大允许 相对衰减/dB	结 论

三、线性工作范围

标称中心频率：_____ Hz

输入信号 电平/dB	输出信号 电平/dB	电平差/dB	电平线性 误差/dB	最大允许值 /dB	结 论

检 定 结 果

共 页 第 页

四、输出信号的和

滤波器的中心频率：_____ Hz

测试频率 Hz	输出信号的和 dB	最大允许值 dB	结 论

五、平坦频率响应

测试频率 Hz	相对衰减 dB	相对衰减限值 dB	结 论

六、测量结果的不确定度

检定环境条件：

温 度：_____ ℃

相对湿度：_____ %

气 压：_____ kPa

检定依据：JJG 449—2001 倍频程和 1/3 倍频程滤波器检定规程
使用的标准装置：

备 注：

附录 C

定型鉴定试验报告的格式

倍频程和 1/3 倍频程滤波器

定型鉴定试验报告

(在 OIML 证书体系内应用为强制性附录, 在其他情况下为提示性附录)

下表中使用的符合和措辞的意义如下:

- + 认可
- 不认可

mpe 最大允许误差; 如不特别说明, 最大允许误差为 \pm 值。

“试验概要”、“标志和使用说明书”中的表格按下例标示:

+	-	备 注
×		认可
	×	不认可
/	/	不适用

试验报告中的“日期”是指执行试验的日期。

申请号:

页数: /

日期:

有关样机的一般信息

制造者:

供应者:

申请者:

型 号: 出厂编号:

软件版本, 如果适用的话:

滤波器等级 (使用说明书中规定的):

滤波器的设计原理: 数字式 模拟式

采样频率: Hz

滤波器设计实现方法: (即有限脉冲响应、椭圆形、车比雪夫、巴特沃斯)

参考衰减: dB

参考电平范围: dB 至 dB

以 dB 表示的声级的参考值: (即 $20\mu\text{Pa}$ 或 $1\mu\text{V}$)

申请号:

页数: /

日期:

与 IEC 61260: 1995 相一致的滤波器类型

滤波器类型	标称中心频率/Hz	
	从	至
倍频程		
1/3 倍频程		

相对于最大均方根正弦输入电压的线性工作范围的标称上边界和下边界

电 平 范 围/dB		最大均方根正弦输入电压/V
标称下边界	标称上边界	

上表可扩展到说明书指定的装置所能提供的全部电平范围和不同的带宽、不同的中心频率。

注: 以上电平范围和输入电压数据适用于.....的标称滤波器带宽和从..... Hz 至..... Hz 的标称中心频率。

申请号:

页数: /

日期:

试 验 概 要

编号	试验项目	+	-	备 注	试验报告中的页号
(a) 电气性能					
C.1	相对衰减				
C.2	滤波器积分响应				
C.3	线性工作范围				
C.4	实时工作				
C.5	抗混叠滤波器				
C.6	输出信号的和				
C.7	平坦频率响应				
C.8	电池电压				
(b) 对变化环境的敏感度					
C.9	温度				
C.10	相对湿度				
(c) 标志和使用说明书					
C.11	检查标志				
C.12	使用说明书				

申请号：_____ 页数：_____/_____
 出厂编号：_____ 日期：_____

(a) 电气性能

C.1 相对衰减 (IEC 61260: 1995 中 4.4, 5.3)

参考衰减 (IEC 6126: 1995 中 4.3): _____ dB (由制造者指定)

在参考电平范围上的输入试验信号的有效值: _____ V

输入阻抗和输出端阻抗 (如应用的话): _____ Ω

滤波器等级: _____ 标称中心频率: _____ Hz

带宽指示值, $1/b$: _____

分析通道数 s : _____

参考电平范围的上限: _____ dB

在滤波器通带内试验信号频率的数目 S : _____

信号电平测量所用的平均时间: _____ s

归一化频率 $f/f_m = \Omega$	测得的相对衰减 (滤波器衰减减去参考衰减) /dB	最小允许 相对衰减 /dB	最大允许 相对衰减 /dB	结果 +/-

上表重复用于每组滤波器中每个滤波器, 而且适用于所有的试验频率。归一化频率和最小允许衰减和最大允许衰减按 IEC 61260: 1995 中式 (10) 至式 (12) 计算。

注: 如果试验装置既有可视的读出指示器, 又有具有电压输出, 试验可限制在电压输出。

备注:

申请号: 页数: /
 出厂编号: 日期:

C.2 滤波器积分响应 (IEC 61260:1995 中 4.5, 5.3.3, 5.4)

对带通滤波器, 用 dB 表示的滤波器积分响应 ΔB 由下式决定

$$\Delta B = 10 \lg(B_e/B_r) \quad (C.1)$$

式中: B_e ——归一化有效带宽;

B_r ——由 IEC 61260:1995 式 (9) 得出的具有相同中心频率的归一化参考带宽。

对精确的中心频率为 f_m 的任何滤波器, 归一化有效带宽表示为:

$$B_e = \int_0^{\infty} 10^{-0.1\Delta A(f/f_m)} d(f/f_m) \quad (C.2)$$

式中, $\Delta A(f/f_m)$ 是连续的相对衰减滤波器响应, 单位为 dB, 在实际中, (C.2) 式中的积分是数字化地评估的, 见 IEC 61260:1995 第 5.4 条。

对滤波器组中的每个滤波器, (C.2) 式的数字积分程序推荐采用梯形法则按 (C.3) 式求单元面积的和。

$$B_e = \sum_{i=1}^N \frac{1}{2} [10^{-0.1\Delta A(f_i/f_m)} + 10^{-0.1\Delta A(f_{i+1}/f_m)}] [(f_{i+1}/f_m) - (f_i/f_m)] \quad (C.3)$$

式中: $\Delta A(f_i/f_m)$ 是由表 1 中数据给出的第 i 个归一化试验频率上测得的相对衰减, 用 dB 表示。

对任何滤波器带宽和滤波器等级, N 应等于或大于 $5S = 120$ 。

S 是在每个滤波器带宽上试验频率的数量。

带宽指示值, $1/b$:

标称中心 频率 Hz	滤波器积分响应* ΔB /dB	最大允许值/dB 等级			结 果 + / -
		0	1	2	
		± 0.15	± 0.3	± 0.5	
		± 0.15	± 0.3	± 0.5	
		± 0.15	± 0.3	± 0.5	

上表重复用于被试装置的每个滤波器带宽指示值。

*: 根据相对衰减的表格中的数据计算。

备注:

申请号:

页数: /

出厂编号:

日期:

C.3 线性工作范围 (IEC 61260:1995 中 4.6, 5.5)

注: 电平线性试验应在相对衰减的测量之前进行, 由电平非线性所引起的误差可能被曲解为相对衰减的误差, 它也会在滤波器积分响应中引起误差。

带宽指示值, $1/b$:

电平范围重叠 (如果适用): dB (+/-) (见 IEC 61260:1995 第 5.5.4 条)

制造者指定的最大输入电压: V

平均时间: s

参考电平差: dB

输入信号: 离散频率的正弦信号; 使用说明书推荐的正弦信号的组合 (见 IEC 61260:1995 第 5.5.4 条)。

标称中心频率: Hz

可测量的电平范围: dB 至 dB

电平范围控制器的标称衰减: dB

其他设置:

输入信号 电平/dB	输出信号 电平测量值/dB	电平差/dB	电平线性 误差/dB	最大允许值/dB 等 级			结论 + / -
				0	1	2	
				±0.3	±0.4	±0.5	
				±0.3	±0.4	±0.5	
				±0.3	±0.4	±0.5	
				±0.3	±0.4	±0.5	
				±0.3	±0.4	±0.5	

上表至少要在装置的全电平范围中适用的倍频程和 1/3 倍频程滤波器的最低标称中心频率和最高标称中心频率 (IEC 61260:1995 中 5.5.1 的规定) 上重复使用。如果提供有平坦响应, 至少要在“一般资料”一节中所列 (由制造者所指定) 的平坦频率范围的最低频率和最高频率上重复使用。根据线性范围, 此表可扩展 20 行。

备注:

申请号:

页数: /

出厂编号:

日期:

C.4 实时工作 (IEC 61260:1995 中 4.7, 5.6)

对适用的每个滤波器带宽, 滤波器组中的每个滤波器在标称中心频率的范围内实时工作的性能, 由以恒速率对数变频的恒幅正弦信号的扫描来测定。

滤波器等级:

带宽指示值, $1/b$:输入信号电平 L_{in} : dB参考衰减 A_{ref} : dB扫描频率范围: f_{start} : Hz f_{end} : Hz扫描时间 T_{sweep} : s平均时间 T_{avg} : s理论输出时间平均信号电平 L_c : dB

输出时间平均信号电平的测量值 L_0 、对应的恒定的理论输出时间平均信号电平 L_c 和滤波器的积分响应的测量值 ΔB 的差值由下式给出:

$$\delta = L_0 - \Delta B - L_c \quad (C.4)$$

标称中心 频率/Hz	输出信号电平的 测量值/dB	滤波器积分响应的 测量值/dB	差值 δ /dB	最大允许值/dB 等 级			结论 + / -
				0	1	2	
				± 0.3	± 0.3	± 0.5	
				± 0.3	± 0.3	± 0.5	
				± 0.3	± 0.3	± 0.5	
				± 0.3	± 0.3	± 0.5	
				± 0.3	± 0.3	± 0.5	

依靠滤波器工作之间的同步, 一些非实时的滤波器可能也能正确地响应扫描试验, 所以需要重复上述试验, 为建立实时工作, 需得到 3 次最大值。

注: 任何一次试验失败, 都要考虑可能是非实时工作。在多通道装置中, 试验应在装置所有的通道都同时打开的情况下进行, 且试验要在至少一个通道上进行。

实时工作的标称中心频率的范围: 从 Hz 至 Hz。

备注:

申请号:

页数: /

出厂编号:

日期:

C.5 抗混叠滤波器 (IEC 61260:1995 中 4.8, 5.7)

滤波器等级:

带宽指示值, $1/b$:在参考电平范围的线性工作范围上限时的输入信号电平 L_i : dB

标称中心频率 f_{nom}/Hz	采样频率 f_s/Hz	试验信号频率 $f_s - f_{\text{nom}}/\text{Hz}$	输出信号 电平的测量值 L_0/dB	$L_0 - (L_i - \Delta)$ (见注) /dB	结论 + / -

上表重复用于倍频程滤波器和 1/3 倍频程滤波器。每个表至少应包括 IEC 61260:1995 中第 5.7.2 中所规定的标称中心频率数。

注: Δ 是 IEC 61260:1995 中表 1 中最小相对衰减中的最大值。

备注:

申请号: 页数: /
 出厂编号: 日期:

C.6 输出信号的和 (IEC 61260:1995 中 4.9, 5.8)

滤波器等级:

带宽指示值, $1/b$:

在准确的中心频率为 f_m 的第 j 个滤波器的最低和最高通带边沿频率之间的任何频率上, 输入信号减去参考衰减的级和输出信号和的级之差 $\Delta P(f_i)$ 由下式决定:

$$\Delta P(f_i) = 10 \lg [10^{-0.1\Delta A_{j-1}} + 10^{-0.1\Delta A_j} + 10^{-0.1\Delta A_{j+1}}] \quad (C.5)$$

式中: ΔA_{j-1} : 归一化频率 $G^{[i/(bS)+1/b]}$ 测得的相对衰减;

ΔA_j : 归一化频率 $G^{[i/(bS)]}$ 测得的相对衰减;

ΔA_{j+1} : 归一化频率 $G^{[i/(bS)-1/b]}$ 测得的相对衰减。

(精确的中心频率是按 IEC 61260:1995 中 3.5 中 (3) 式计算出来的。)

在通带中的试验信号频率的数量 S :

滤波器 (j) 的准确中心频率: Hz

区别带通滤波器的指数 x :

试验信号 频率 f_i/Hz	在 f_i 上的相对衰减/dB			$\Delta P(f_i)$ /dB	最大允许值/dB 等级			结论 + / -
	滤波器 ($j-1$) ΔA_{j-1}	滤波器 (j) ΔA_j	滤波器 ($j+1$) ΔA_{j+1}		0	1	2	
					+1.0	+1.0 -2.0	+2.0 -4.0	
					+1.0	+1.0 -2.0	+2.0 -4.0	
					+1.0	+1.0 -2.0	+2.0 -4.0	
					+1.0	+1.0 -2.0	+2.0 -4.0	

上表重复用于滤波器组中的每一个倍频程滤波器和 1/3 倍频程滤波器。

注: 上述试验信号频率和对应的相对衰减可从 C.1 相对衰减的测量值中提取。

备注:

申请号:

页数: /

出厂编号:

日期:

C.7 平坦频率响应 (IEC 61260:1995 中 4.10, 5.9)

滤波器等级:

对参考电平的参考信号电平: dB ref.

在 1 kHz 上的输出信号电平: dB

参考电平范围: 至 dB

在参考频率上的相对衰减: dB

频率范围: 从 Hz 至 Hz			
试验频率 ^(a) /Hz	相对衰减 ^(a) /dB	相对衰减限值 ^(b) /dB	结论 + / -

^(a) 参照 IEC 61260:1995 第 5.9 条^(b) 参照 IEC 61260:1995 第 5.9 条

最大输入信号 (IEC 61260:1995 中 4.11)

制造者指定的最大输入电压: V

备注:

申请号:

页数: /

出厂编号:

日期:

C.8 电池电压 (IEC 61260:1995 第 4.15 条)

如果仪器采用电池作为电源, 制造者应提供适当的方法以检查电源是否充足, 在检查时仪器应能按照 IEC 61260:1995 的所有要求正常工作。在试验报告中应描述此试验方法 (见 IEC 61260:1995 的 7 (s) 条)。

在试验中未出现电池电压低落指示时	结果 + / -
滤波器符合 IEC 61260:1995 的规范	

申请号:

页数: /

出厂编号:

日期:

(b) 对各种环境的灵敏度

C.9 温度 (IEC 61260:1995 第 4.14.1 和 5.10 条)

滤波器等级:

带宽指示, $1/b$:

在参考电平上的参考输入信号电平: dB

在所有滤波器组中的通带中的参考衰减:

标称中心 频率 /Hz	I 在参考环境条件下 的参考衰减/dB	II 在 (65% ± 5%) RH、在最小温度范围内 测量的相对衰减/dB					
		0℃	10℃	20℃	30℃	40℃	50℃

标称中 心频率 /Hz	II - I (源自上表)						最大允许值 /dB 等 级			结论 + / -
	0℃	10℃	20℃	30℃	40℃	50℃	0	1	2	
							± 0.15	± 0.3	± 0.5dB	
							± 0.15	± 0.3	± 0.5dB	
							± 0.15	± 0.3	± 0.5dB	

在每个温度上达到平衡所需的时间:

注: 1. 当滤波器与声级计为一整体时, 温度范围可以扩展。推荐在 23℃ 和 50% RH 的条件下测试。

2. 试验至少应在倍频程滤波器和 1/3 倍频程滤波器的最低和最高标称中心频率上进行。

备注:

申请号： 页数： /
 出厂编号： 日期：

C.10 相对湿度 (IEC 61260:1995 第 4.14.2 和 5.10 条)

滤波器等级： 带宽指示, 1/b:

在参考电平上的参考输入信号电平： dB

连续工作的相对湿度范围：从 % 至 %

在滤波器组中所有滤波器通带中的参考衰减：

标称中心 频率 /Hz	I 参考环境条件下的 相对衰减 /dB	II 75% RH 和 40℃ 下* 相对衰减测量值 /dB

* 在 75% RH 下暴露 24 h 之后测量

标称中心 频率 /Hz	II - I (源自上表) /dB	最大允许值/dB 等级			结论 + / -
		0	1	2	
		±0.15	±0.3	±0.5	
		±0.15	±0.3	±0.5	
		±0.15	±0.3	±0.5	

注：试验至少应在倍频程滤波器和 1/3 倍频程滤波器的最低和最高标称中心频率上进行。

备注：

申请号:

页数: /

日期:

(c) 标志与使用说明书

C.11 标志

OIML RXX 对应条款号	名牌和标记	+	-	备 注
4.1(a)	制造商名称或商标			
4.1(b)	型号和出厂编号			
4.1(c)	IEC 61260:1995 的标志			
4.1(d)	等级			
4.3	适用附件的清单			
5	用于保护的封印和标志			
5	标注检定标记的位置			

备注:

申请号:

页数: /

日期:

C.12 使用说明书 (IEC 61260: 1995 中 7)

IEC 61260: 1995 对 应章条号	信 息	+	-	备 注
7(a)	所有滤波器带宽一致性的描述			
7(b)	采用的分析方法			
7(c)	取样频率			
7(d)	所有分析通道标称中心频率和带宽的清单			
7(e)	以 10 为底或 2 为底			
7(f)	参考电平范围			
7(g)	参考输入信号电平			
7(h)	参考衰减			
7(i)	线性工作范围的上、下边界和线性工作范围以外的允差			
7(j)	确保测量在线性工作范围内进行的推荐方法			
7(k)	实时工作的标称中心频率范围及其他相关信息			
7(l)	平坦响应的频率范围, 如果有的话			
7(m)	每个电平范围内最大均方根正弦输入电压			
7(n)	端阻抗的信息			
7(o)	温度极限及暴露时间权限			
7(p)	接近交变电磁场源时, 仪器使用限制			
7(q)	接近静电放电源时, 仪器使用限制			
7(r)	接近射频电磁场源时, 仪器使用限制			
7(s)	推荐的检查电池的方法, 如果使用的话			
7(t)	有关与声级计联用时的信息			
7(u)	预热时间			
7(v)	其他相关的信息			