

# 中华人民共和国国家计量技术规范

JJF 1505—2015

---

## 声发射检测仪校准规范

Calibration Specification for Acoustic Emission Instrumentation

2015-01-30 发布

2015-04-30 实施

---

国家质量监督检验检疫总局 发布



# 声发射检测仪校准规范

Calibration Specification for  
Acoustic Emission Instrumentation



JJF 1505—2015

---

归口单位：全国声学计量技术委员会

主要起草单位：中国计量科学研究院

湖北省计量科学研究院

参加起草单位：福建省计量科学研究院

江苏省计量科学研究院

苏州赛宝校准技术服务有限公司

青岛国家海洋设备检测中心

**本规范主要起草人：**

何龙标（中国计量科学研究院）

牛 锋（中国计量科学研究院）

姚秋平（湖北省计量科学研究院）

**参加起草人：**

李 群（福建省计量科学研究院）

夏勋荣（江苏省计量科学研究院）

吕林华（苏州赛宝校准技术服务有限公司）

周伦彬（青岛国家海洋设备检测中心）

## 目 录

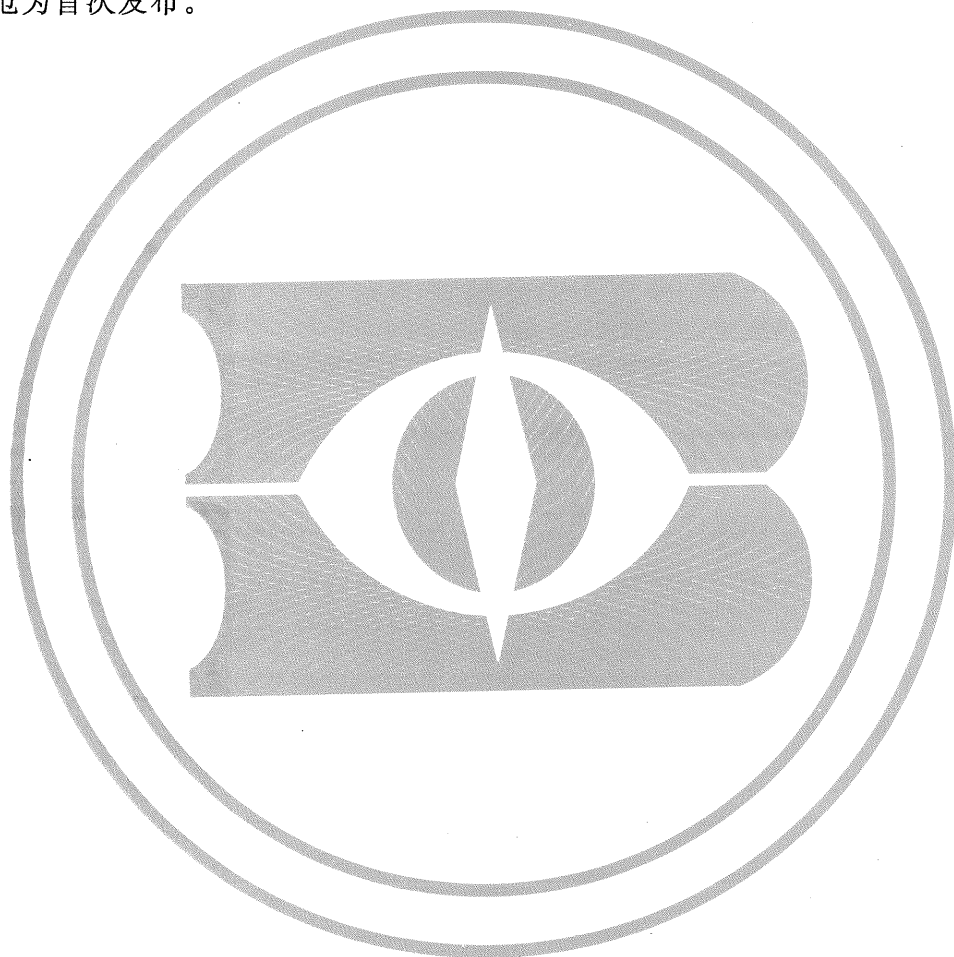
引言 .....	( II )
1 范围 .....	( 1 )
2 引用文件 .....	( 1 )
3 术语和定义 .....	( 1 )
3.1 声发射 .....	( 1 )
3.2 声发射信号幅度 .....	( 1 )
3.3 阈值 .....	( 1 )
3.4 撞击 .....	( 1 )
3.5 上升时间 .....	( 1 )
3.6 持续时间 .....	( 1 )
3.7 振铃计数 .....	( 2 )
3.8 串扰 .....	( 2 )
3.9 本机噪声 .....	( 2 )
4 概述 .....	( 2 )
5 计量特性 .....	( 2 )
5.1 本机噪声 .....	( 2 )
5.2 频率范围 .....	( 2 )
5.3 动态范围 .....	( 2 )
5.4 通道间串扰 .....	( 2 )
5.5 波形参数 .....	( 2 )
6 校准条件 .....	( 3 )
6.1 环境条件 .....	( 3 )
6.2 测量标准及其他设备 .....	( 3 )
7 校准项目和校准方法 .....	( 3 )
7.1 校准项目 .....	( 3 )
7.2 校准方法 .....	( 4 )
8 校准结果表达 .....	( 6 )
8.1 校准数据处理 .....	( 6 )
8.2 校准证书 .....	( 7 )
8.3 校准结果的测量不确定度 .....	( 7 )
9 复校时间间隔 .....	( 7 )
附录 A 推荐的声发射检测仪校准证书的内页格式 .....	( 8 )
附录 B 声发射检测仪校准结果不确定度评定实例 .....	( 10 )

## 引 言

本规范依据 JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》编制。

本规范制定中参照了 JB/T 8283—1999《声发射检测仪器性能测试方法》和 ASTM E0750-10《声发射仪性能表征方法》(Practice for characterizing Acoustic Emission Instrumentation) 中声发射检测仪的部分性能参数及其测试方法。

本规范为首次发布。



## 声发射检测仪校准规范

### 1 范围

本规范适用于声发射检测仪主机的校准，不包括传感器和前置放大器部分。

### 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJF 1001 通用计量术语及定义

JJF 1034 声学计量名词术语及定义

GB 3102.7—1993 声学的量和单位

GB/T 12604.4—2005 无损检测 术语 声发射检测

JB/T 8283—1999 声发射检测仪性能测试方法

ASTM E0750-10 声发射仪性能表征方法 (Practice for characterizing Acoustic Emission Instrumentation)

凡是注日期的引用文件，仅注日期的版本适用于本规范；凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本规范。

### 3 术语和定义

本规范采用 GB 3102.7—1993 中规定的量和单位。

JJF 1001 和 JJF 1034 中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

#### 3.1 声发射 acoustic emission

材料内部迅速释放能量所产生的瞬态弹性波的现象。

[GB/T 12604.4—2005，定义 2.1]

#### 3.2 声发射信号幅度 acoustic emission signal amplitude

由声发射信号的波形所获得的最大振幅的峰值电压。

注：单位 V，通常用 dB 表示，参考值  $1\ \mu\text{V}$ 。

#### 3.3 阈值 threshold value

预先设定的电压值，声发射信号幅度超过该电压值才能被检测到，通常用 dB 表示，参考值  $1\ \mu\text{V}$ 。

注：阈值通常也称作门槛值。

#### 3.4 撞击 hit

超过阈值并引起声发射检测仪一个通道采集数据的任何信号。

#### 3.5 上升时间 rise time

声发射信号第一次超过阈值至最大振幅所经历的时间间隔。

#### 3.6 持续时间 duration time

声发射信号第一次超过阈值到最终降落到阈值的时间间隔。

### 3.7 振铃计数 ring-down count

每一声发射撞击信号中，幅值超过设定阈值的次数。

### 3.8 串扰 crosstalk

信号经过通道间的互相耦合而产生的噪声。

### 3.9 本机噪声 self noise

声发射检测仪连接传感器、前置放大器时的等效负载噪声。

## 4 概述

声发射检测仪是用来检测声发射信号，分析和判断声发射源特征的仪器，声发射检测仪的相应参数包括本机噪声、频率范围、动态范围和声发射波形参数（上升时间、持续时间、峰值幅度、振铃计数）等，其基本特征参数如图 1 所示。

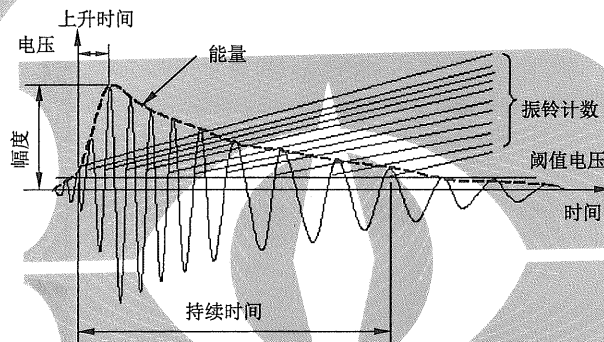


图 1 声发射信号的基本特征参数

## 5 计量特性

### 5.1 本机噪声

声发射检测仪的本机噪声一般不大于 30 dB。

### 5.2 频率范围

上限频率、下限频率以及 3 dB 带宽，参照声发射检测仪的出厂说明书。3 dB 带宽由声发射检测仪频率响应相对于最大幅值的衰减 3 dB 处的上限截止频率和下限截止频率决定。

### 5.3 动态范围

声发射信号检测的动态范围一般不小于 70 dB。

### 5.4 通道间串扰

90 dB 信号激励时，通道间串扰一般不大于 30 dB。

### 5.5 波形参数

波形参数测量值的最大允许误差见表 1。

表 1 波形参数测量值的最大允许误差

序号	参数名称	信号幅度	最大允许误差
1	信号幅度	$> 60$ dB	$\pm 1.0$ dB
		$\leq 60$ dB	$\pm 1.5$ dB
2	持续时间	80 dB	$\pm 10$ %
3	上升时间	80 dB	$\pm 10$ %
4	振铃计数	80 dB	$\pm 5$ %

注：以上技术要求不用于合格判定，仅供参考。

## 6 校准条件

### 6.1 环境条件

温度： $(23 \pm 10)$  °C；

相对湿度： $(60 \pm 30)$  %。

### 6.2 测量标准及其他设备

#### 1) 函数信号发生器

频率范围不小于 10 MHz，能够输出模拟声发射波形、猝发音波形以及正弦连续信号，具备手动触发功能。输出信号在 20 kHz~1 MHz 范围内的频率最大允许误差： $\pm 1$  %。

#### 2) 数字示波器

带宽不小于 40 MHz，通道数至少 2 个，A/D 位数不少于 8 位 (bit)。

#### 3) 精密衰减器

工作频段至少覆盖 20 kHz~1 MHz，最大衰减值不小于 60 dB，最小分辨力优于 0.1 dB，衰减值最大允许误差： $\pm 0.1$  dB。

#### 4) 数字交流电压表

20 kHz~1 MHz 频率范围，10 mV~10 V 交流电压有效值的最大允许误差： $\pm 2.5$  %。

#### 5) 参考前置放大器

频率范围至少覆盖 20 kHz~1 MHz，至少包括 0 dB 和 40 dB 两个挡位，增益最大允许误差： $\pm 0.5$  dB。

## 7 校准项目和校准方法

### 7.1 校准项目

声发射检测仪的校准项目见表 2。



表 2 声发射检测仪校准项目一览表

序号	项目名称	计量特性的条款号	校准方法的条款号
1	本机噪声	5.1	7.2.1
2	频率范围	5.2	7.2.2
3	动态范围	5.3	7.2.3
4	通道间串扰	5.4	7.2.4
5	波形参数	5.5	7.2.5

## 7.2 校准方法

校准前，声发射检测仪和标准器预热不少于 30 min。

### 7.2.1 本机噪声

7.2.1.1 将通道 1 接入前置放大器和声发射传感器，记录此时声发射检测仪带负载时的噪声指标  $L_{\text{load-ch1}}$ ，用分贝 (dB) 表示。

7.2.1.2 更换通道，重复上述步骤，直至完成所有通道的测试， $L_{\text{load}}$  的最大值为声发射检测仪的等效负载噪声。

注：声发射仪设定的最小阈值应高于本机噪声，优先选择声发射检测仪实际使用时通常配置的声发射传感器和前置放大器，测量时需将声发射检测仪中的前置放大器增益设置为 40 dB 并关闭所有通道的滤波器，同时避免其他机械式声发射源的干扰。

### 7.2.2 频率范围

7.2.2.1 如图 2，连接函数信号发生器、精密衰减器和参考前置放大器，将衰减器调至零或适当位置。

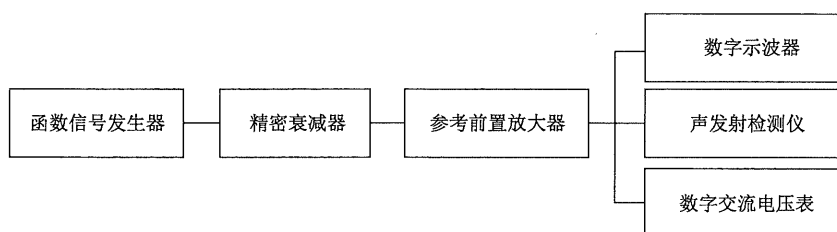


图 2 声发射检测仪的校准框图

7.2.2.2 函数信号发生器输出峰值幅度 80 dB 的正弦信号，数字示波器观察输出波形无明显失真，并用数字交流电压表读取电压有效值。

7.2.2.3 保持输入信号幅度不变，改变输入信号频率，使输出电压幅度达到最大值  $U_{\text{max}}$ 。

7.2.2.4 调节输入信号频率，读取输出电压幅度为  $U_{\text{max}}$  的 70.7 % 所对应的下限信号频率和上限信号频率，则 -3 dB 带宽  $f_{\text{BW}}$  按公式 (1) 计算：

$$f_{\text{BW}} = f_{\text{H}} - f_{\text{L}} \quad (1)$$

式中：

$f_{\text{BW}}$ ——声发射检测仪的 -3 dB 带宽，kHz；

$f_{\text{L}}$ ——下限截止频率，kHz；

$f_H$  ——上限截止频率, kHz。

注: 通常情况下, 声发射检测仪测量电压幅度最大值对应的频率点可以设置为 150 kHz。

### 7.2.3 动态范围

7.2.3.1 如图 2, 将函数信号发生器的频率设置在几何平均工作频率  $f_m$  附近,  $f_m$  按照公式 (2) 计算:

$$f_m = (f_H \cdot f_L)^{1/2} \quad (2)$$

7.2.3.2 函数信号发生器输出正弦信号, 峰值电压级为 90 dB, 衰减器衰减值设置为 40 dB, 前置放大器增益设置为 40 dB。

7.2.3.3 减小衰减器的衰减值, 逐渐增大信号幅度, 观察声发射检测仪的输出波形, 至输出波形没有明显畸变时为止, 由数字交流电压表读取此时对应的输出电压有效值, 并转换为峰值电压级  $L_{\text{limit}}$ , 单位 dB (以  $1 \mu\text{V}$  为参考)。

7.2.3.4 动态范围  $L_{\text{DR}}$  可以通过公式 (3) 计算:

$$L_{\text{DR}} = L_{\text{limit}} - L_{\text{load}} - 40 \quad (3)$$

式中:

$L_{\text{DR}}$  ——动态范围;

$L_{\text{limit}}$  ——无明显畸变时声发射检测仪的最大电压级;

$L_{\text{load}}$  ——等效负载噪声。

### 7.2.4 通道间串扰

7.2.4.1 将通道 1 依次接入前置放大器、衰减器、函数信号发生器, 如图 2 所示, 其他通道处于开路状态。

7.2.4.2 调节函数信号发生器和衰减器, 输出频率为  $f_m$  的模拟声发射信号, 使得输入前置放大器的峰值幅度为 90 dB。

7.2.4.3 记录其他所有通道采集的信号幅度值最大值和对应的通道。

7.2.4.4 更换通道, 重复上述步骤, 直至完成所有通道的测量。

7.2.4.5 取所有测量的最大值作为通道间串扰值。

### 7.2.5 波形参数

7.2.5.1 声发射仪器检测的波形参数包括信号幅度、持续时间、上升时间、振铃计数和能量等。

注: 对于通道数不超过 4 通道的声发射检测仪, 建议波形参数校准覆盖其所有通道; 对于通道数超过 4 通道而少于 16 通道的声发射检测仪, 建议波形参数校准至少覆盖 4 个通道; 对于通道数不少于 16 通道的声发射检测仪, 建议校准的通道数不低于通道数的 25%。

7.2.5.2 连接被测通道、前置放大器、精密衰减器和函数信号发生器, 设置声发射检测仪, 使其能够记录和显示相应通道的波形参数。

7.2.5.3 函数信号发生器输出模拟声发射信号, 以示波器记录的信号幅度、持续时间、上升时间为参考值, 记录声发射检测仪的测量值。通常设置 30 kHz、60 kHz、150 kHz 和 300 kHz 的模拟声发射信号, 模拟声发射波形具有双指数的包络特征, 参照图 3, 波形参数可参照表 3。

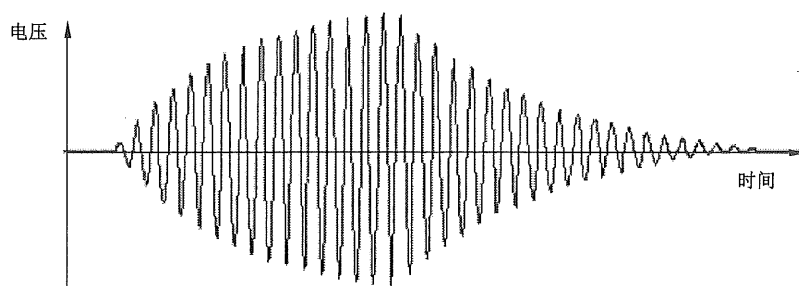


图3 典型的模拟声发射信号波形

表3 模拟声发射信号参数设置典型值

频率/kHz	幅度/dB	上升时间/ $\mu$ s	持续时间/ $\mu$ s	振铃计数
30	80.0	500	1 000	30
60	80.0	250	500	30
150	80.0	100	200	30
300	80.0	50	100	30

注：声发射信号的上升时间、持续时间和振铃计数等参数与阈值设置有关，表2中的数据对应的阈值为60 dB。

#### 7.2.5.4 信号幅度误差

(1) 模拟声发射信号频率为30 kHz，使得前置放大器的输入端的信号幅度 $L_R$ 分别为40.0 dB、60.0 dB、80.0 dB和90.0 dB，参考前置放大器设置为40 dB，分别记录声发射检测仪的测量幅度值。按照公式(4)计算信号幅度的测得值与参考值之差：

$$\Delta = L_{AE} - L_R \quad (4)$$

式中，

$\Delta$  ——声发射检测仪测量的峰值与参考值之差，dB；

$L_{AE}$  ——声发射检测仪测得的信号峰值，dB；

$L_R$  ——测量信号的参考值，dB。

(2) 模拟声发射信号频率设置为60 kHz、150 kHz和300 kHz，重复步骤(1)。

(3) 更换被测通道，重复步骤(1)、(2)，完成所有通道的校准。

#### 7.2.5.5 持续时间和上升时间

(1) 模拟声发射信号频率为30 kHz，波形参数设置参照表2。记录声发射检测仪测得的信号持续时间、上升时间和振铃计数。

(2) 模拟声发射信号频率设置为60 kHz、150 kHz和300 kHz，重复步骤(1)。

(3) 更换被测通道，重复步骤(1)、(2)，完成所有通道的校准。

## 8 校准结果表达

### 8.1 校准数据处理

所有的数据应先计算，后修约。信号幅度的校准数据应修约到十分之一分贝，频率

范围的校准数据应修约到 0.1 kHz，时间参数的校准数据应修约到 1  $\mu$ s。

## 8.2 校准证书

声发射检测仪经过校准，出具校准证书，推荐的声发射检测仪校准证书的内页格式见附录 A。校准证书应至少包括以下信息：

- a) 标题：“校准证书”；
- b) 实验室名称和地址；
- c) 进行校准的地点（如果与实验室的地址不同）；
- d) 证书的唯一性标识（如编号），每页及总页数的标识；
- e) 客户的名称和地址；
- f) 被校对象的描述和明确标识；
- g) 进行校准的日期，如果与校准结果的有效性和应用有关时，应说明被校准对象的接收日期；
- h) 如果与校准结果的有效性和应用有关时，应对被校样品的抽样程序进行说明；
- i) 校准所依据的技术规范的标识，包括名称及代码；
- j) 本次校准所用测量标准溯源性及有效性说明；
- k) 校准环境的描述；
- l) 校准结果及其测量不确定度的说明；
- m) 对校准规范的偏离的说明；
- n) 校准证书或校准报告签发人的签名、职务或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效的声明；
- p) 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

## 8.3 校准结果的测量不确定度

声发射检测仪校准结果的测量不确定度按 JJF 1059.1 的要求评定，不确定度评定的实例见附录 B。

## 9 复校时间间隔

声发射检测仪的复校时间间隔建议为 1 年。复校时间间隔的长短取决于其使用情况，如环境条件、使用频率及测量对象等，因此，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校的时间间隔。

## 附录 A

## 推荐的声发射检测仪校准证书的内页格式

推荐的声发射检测仪校准证书的内页格式见图 A.1。

证书编号××××××—××××					
校准机构授权说明					
校准的技术依据 JJF 1505—2015 声发射检测仪校准规范					
校准环境条件及地点					
地 点					
温 度	℃	相对湿度	%	其他	
校准使用的计量（基）标准装置					
名 称	测量范围	不确定度 /准确度等级 /最大允许误差	计量（基）标准 证书编号	有效值至	
校准使用的标准器					
名 称	测量范围	不确定度 /准确度等级 /最大允许误差	标准器证书编号	有效值至	
第×页 共×页					

图 A.1 校准证书内页的格式

证书编号××××××-××××

## 校准结果

## 一、本机噪声

通道\_\_\_\_, 本机噪声\_\_\_\_\_dB

## 二、频率范围

下限频率\_\_\_\_\_kHz, 上限频率\_\_\_\_\_kHz, 3 dB 带宽\_\_\_\_\_kHz

测量不确定度\_\_\_\_\_kHz ( $k=2$ )

## 三、动态范围

动态范围\_\_\_\_\_dB, 测量不确定度\_\_\_\_\_dB ( $k=2$ )

## 四、通道间串扰

通道间串扰\_\_\_\_\_dB, 测量不确定度\_\_\_\_\_dB ( $k=2$ )

## 五、波形参数

## 1. 幅度-通道\_

表 1 通道\_波形幅度

频率 kHz	参考 值 dB	测得 值 dB	误差 dB	参考 值 dB	测得 值 dB	误差 dB	参考 值 dB	测得 值 dB	误差 dB	参考 值 dB	测得 值 dB	误差 dB
60	40.0			60.0			80.0			90.0		
150	40.0			60.0			80.0			90.0		
300	40.0			60.0			80.0			90.0		

测量不确定度\_\_\_\_\_dB ( $k=2$ )

## 2. 上升时间、持续时间和振铃计数-通道\_

表 2 通道\_波形参数

频率 kHz	参考值				测量值			
	峰值 幅度 dB	上升 时间 $\mu$ s	持续 时间 $\mu$ s	振铃 计数	峰值 幅度 dB	上升 时间 $\mu$ s	持续 时间 $\mu$ s	振铃 计数
30								
60								
150								
300								
误差 最大值	_____				_____			

上升时间和持续时间测量不确定度\_\_\_\_\_, 振铃计数测量不确定度\_\_\_\_\_

图 A.1 (续)

## 附录 B

## 声发射检测仪校准结果不确定度评定实例

声发射检测仪的指标包括频率范围、动态范围和波形参数等，本附录给出了声发射检测仪波形参数中的信号幅度误差的不确定度评定示例。

## B.1 测量模型

声发射检测仪波形参数中的信号幅度误差由公式 (B.1) 给出：

$$\Delta = L_{AE} - L_R \quad (\text{B.1})$$

其中，

$\Delta$  ——声发射检测仪测量的峰值幅度值与参考值之差，dB；

$L_{AE}$  ——声发射检测仪测量的峰值幅度值，dB；

$L_R$  ——信号的参考值，dB。

## B.2 灵敏系数

$\Delta$  的合成不确定度如式 (B.2) 所示：

$$u_c^2(\Delta) = c_1^2 u^2(L_{AE}) + c_2^2 u^2(L_R) \quad (\text{B.2})$$

$L_{AE}$  和  $L_R$  这两个分量互不相关，因此式中灵敏系数： $c_1=1$ ， $c_2=1$ 。

## B.3 标准不确定度的 A 类评定

函数信号发生器输出峰值幅度为 10 mV 的模拟声发射信号，后接入 40 dB 衰减器和 40 dB 前置放大器，然后分别接入数字示波器和声发射检测仪。六次测量结果如表 B.1 所示，信号幅度误差的标准偏差为 0.06 dB。

表 B.1 重复性测量结果

测量次数	参考峰值幅度值	测量峰值幅度值	偏差
1	80.0	80.5	0.5
2	80.0	80.4	0.4
3	80.0	80.5	0.5
4	80.0	80.5	0.5
5	80.0	80.4	0.4
6	80.0	80.5	0.5
平均	80.0	80.5	0.5

因此，测量重复性所引入的不确定度分量取为：

$$u_1 = s_1 = 0.06 \text{ (dB)}$$

## B.4 B 类不确定度的评定

由式 (B.2) 可知，B 类不确定度分量包括参考峰值幅度和声发射检测仪测量的峰值幅度，参考峰值幅度的不确定度分量包括函数信号发生器的输出稳定性、衰减器衰减值、前置放大器增益值、示波器的幅度测量等。

## (1) 声发射检测仪测量值

以重复性测量结果作为其不确定度分量，则  $u(L_{AE}) = 0.06$  (dB)

## (2) 参考峰值幅度值

## a) 函数信号发生器的输出稳定性

函数信号发生器在 30 min 内幅值输出稳定性优于 0.1%，以均匀分布考虑，函数信号发生器输出稳定性引入的不确定度分量为：

$$u_2 = 0.01 \text{ (dB)}$$

## b) 衰减器衰减量

衰减器在 10 kHz~1 MHz 范围内衰减步长为 0.1 dB，置于 40 dB 挡位时，其衰减量误差小于 0.1 dB，以均匀分布考虑，衰减器衰减量引入的不确定度分量为：

$$u_3 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06 \text{ (dB)}$$

## c) 前置放大器增益值

前置放大器增益值的误差限为 0.1 dB，以均匀分布考虑，前置放大器增益值引入的不确定度分量为：

$$u_4 = \frac{0.1}{\sqrt{3}} = 0.06 \text{ (dB)}$$

## d) 示波器幅度测量

数字示波器的 AD 采样为 8 位，其读数分辨力为 1/256，优于 0.5%；数字示波器测量电压值的不确定度优于 1%。以均匀分布考虑，示波器幅度测量值引入的不确定度分量为：

$$u_5 = \frac{\sqrt{(0.5\%)^2 + (1\%)^2}}{\sqrt{3}} = 1.2\% = 0.10 \text{ (dB)}$$

因此  $u(L_R) = \sqrt{0.01^2 + 0.06^2 + 0.06^2 + 0.10^2} = 0.14$  (dB)

## (3) 修约误差

计算中修约误差取 0.06 dB，则： $u_r = 0.06$  dB。

## B.5 合成标准不确定度

表 B.2 测量不确定度来源汇总表

序号	不确定度分量	符号	标准不确定度/dB
1	重复性	$u_1$	0.06
2	声发射检测仪测量值	$u(L_{AE})$	0.06
3	参考值	$u(L_R)$	0.14
4	修约误差	$u_r$	0.06

根据表 B.2 中的不确定度分量，其合成标准不确定度为：



---

$$u_c(\Delta) = \sqrt{u_1^2 + u(L_{AE})^2 + u(L_R)^2 + u_r^2} = \sqrt{0.06^2 + 0.06^2 + 0.14^2 + 0.06^2} = 0.18 \text{ (dB)}$$

#### B.6 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ ，声发射检测仪信号幅度测量误差的扩展不确定度：

$$U = ku_c = 2 \times 0.18 = 0.36 \text{ (dB)}$$

取  $U=0.4 \text{ dB}$  ( $k=2$ )。

---

中 华 人 民 共 和 国  
国 家 计 量 技 术 规 范  
声 发 射 检 测 仪 校 准 规 范

JJF 1505—2015

国家质量监督检验检疫总局发布

\*

中国质检出版社出版发行  
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)  
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 [www.spc.net.cn](http://www.spc.net.cn)

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷  
各地新华书店经销

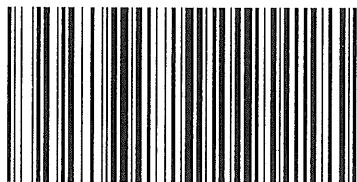
\*

开本 880×1230 1/16 印张 1.25 字数 28 千字  
2015年5月第一版 2015年5月第一次印刷

\*

书号: 155026·J-3012 定价 21.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换  
版权专有 侵权必究  
举报电话:(010)68510107



JJF 1505-2015