**中华人民共和国国家计量技术规范**

JJF ××××-202×

表面传声器校准规范

Calibration Specification for Surface Microphone

（征求意见稿）

202×－××－×× 发布 202×－××－×× 实施

国家市场监督管理总局 发 布

##### JJF ××××-202×

表面传声器校准规范

Calibration Specification for Surface Microphone

**\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_**

归口单位：全国声学计量技术委员会

主要起草单位：浙江省计量科学研究院

中国计量科学研究院

参加起草单位：航空工业北京长城计量测试技术研究所

上海计量测试技术研究院

本规范委托全国声学计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

桑帅军（浙江省计量科学研究院）

许 欢（中国计量科学研究院）

裘剑敏（浙江省计量科学研究院）

参加起草人：

张炳毅（航空工业北京长城计量测试技术研究所）

何龙标（中国计量科学研究院）

姚 磊（浙江省计量科学研究院）

陈文王（上海市计量测试技术研究院）

目 录

[引 言 （Ⅱ](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc28850)）

[1 范围 （1](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc29011)）

[2 引用文件 （1）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc2082)

[3 术语和计量单位 （1）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc27083)

[3.1 术语和定义 （1）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc24258)

[3.2 量和单位 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc1570)

[4 概述 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc17578)

[5 计量特性 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc10955)

[5.1 灵敏度级 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc16814)

[5.2 频率响应 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc21989)

[6 校准条件 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc9339)

[6.1 环境条件 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc20259)

[6.2 测量标准及其它设备 （2）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc7269)

[7 校准项目和校准方法 （3）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc21770)

[7.1 校准项目 （3）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc9396)

[7.2 校准方法 （3）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc14697)

[8 校准结果表达 （5）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc19102)

[8.1 校准记录 （5）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc9396)

[8.2 校准数据处理 （5）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc14697)

[8.3 校准证书 （5）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc9396)

[8.4 校准结果的测量不确定度 （5）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc14697)

[9 复校时间间隔 （5）](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc22961)

[附录A 校准记录的内容和格式](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc4688) （6）

[附录B 校准证书的内容和格式](file:///C:\Users\12190\Desktop\表面传声器校准规范上交材料\2022规程规范申报\3、表面传声器校准规范草案文本.doc#_Toc4688) （7）

附录C 测量不确定度评定示例 （9）

引 言

本规范依据JJF 1071—2010《国家计量校准规范编写规则》给出的规则和格式编写，测量不确定度按照JJF 1059.1—2012《测量不确定度评定与表示》的要求编写。

本规范参考了国家标准GB/T 20441.4—2006《测量传声器 第4部分：工作标准传声器规范》和国际标准IEC 61094-6:2004《测量传声器 第6部分：用于测定频率响应的静电激励器》。

表面传声器区别于传统传声器，需要用到专门的静电激励器及校准适配器，故本规范在编写过程中，充分比较了表面传声器与常规传声器的技术特点与要求，既体现了表面传声器的固有特性，又兼顾了与常规传声器的共性。

本规范为首次发布。

**表面传声器校准规范**

1. 范围

本规范适用于声学测量用表面传声器的校准。

1. 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG 175—2015 工作标准传声器（静电激励器法）

JJF 1001—2011 通用计量术语及定义

JJF 1034—2020 声学计量术语及定义

JJF 1059.1—2012 测量不确定度评定与表示

JJF 1293—2011 静电激励器校准规范

JJF 1653—2017 电容式工程测量传声器校准规范

GB/T 3102.7—1993 声学的量和单位

GB/T 3947—1996 声学名词术语

GB/T 20441.1—2010 测量传声器 第1部分：实验室标准传声器规范

GB/T 20441.4—2006 测量传声器 第4部分：工作标准传声器规范

IEC 61094-6:2004 测量传声器 第6部分：用于测定频率响应的静电激励器(Measurement microphones—Part 6:Electrostatic actuators for determination of frequency response)

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。

1. 术语和计量单位
   1. 术语和定义

JJF 1001—2011、JJF 1034—2020和GB/T 3947—1996中界定的及以下术语和定义适用于本规范。

* + 1. 声压灵敏度级 pressure sensitivity level

声压灵敏度与参考声压灵敏度之比的以10为底的对数乘以20，参考声压灵敏度为1V/Pa。

[GB/T 20441.1—2010，定义3.5]

* + 1. 静电激励器 electrostatic actuator

用于测定传声器频率响应的装置，它包含一个置于传声器膜片附近的导电刚性平板，在平板和膜片间施加时变电压，可产生均匀地分布在膜片表面上的模拟声压的静电力。

[IEC 61094-6：2004，定义3.1]

* + 1. 传声器的静电激励器响应 electrostatic actuator response

用特别设计的静电激励器测得的传声器输出，该输出是频率的函数。静电激励器驱动电压的幅频特性相对于规定的频率是均匀的。

[IEC 61094-6：2004，定义3.2]

* 1. 量和单位

本规范采用GB/T 3102.7—1993规定的量和单位。

1. 概述

表面传声器是针对空气动力噪声测量的特殊传声器，可贴装或螺钉安装于被测件表面，其为扁平型, 厚度通常小于5 mm，被广泛应用于机动车或飞机表面的噪声声压测试。

1. 计量特性
   1. 声压灵敏度级

表面传声器声压灵敏度级参考频率通常为250 Hz或1000 Hz，其标称值由生产厂家给出，其与标称值的偏差一般不超过±3.0 dB。

* 1. 灵敏度级的频率响应

表面传声器灵敏度级的频率响应一般不超过表 1 给出的最大允许误差。

表 1 频率响应的最大允许误差

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率（Hz） | ＜20 | 20~10 000 | 10 000~20 000 | ＞20 000 |
| 最大允许误差（dB） | ±3.0 | ±1.0 | ±3.0 | ±6.0 |

注：由于校准无需做出合格与否的判定，因此，第5章给出的指标仅供参考。

1. 校准条件
   1. 环境条件

表面传声器应在以下环境条件下校准：

空气温度：20 ℃~26 ℃；

相对湿度：30 %～90 %；

静压：94 kPa～103 kPa。

* 1. 测量标准及其他设备

1. 声校准器：符合JJG176-2022对LS级或1级声校准器的要求。
2. 表面传声器校准适配器：可用于齐平放置及无凸缘的表面传声器灵敏度级测量。
3. 声频信号发生器：频率范围应优于10 Hz～20 kHz，幅频特性优于±0.2 dB。总失真不大于0.1 %，输出信号电压不低于30 V。

注：可用符合要求的声分析仪的信号输出通道取代声频信号发生器，如果输出电压不能达到30 V，可通过放大实现。

1. 测量放大器：频率响应优于±0.2 dB，总失真不大于0.1 %，输入端短路噪声低于10 *μ*V（线性），指示器误差优于±0.2 dB。

注：可用符合要求的声分析仪取代测量放大器。

1. 表面传声器静电激励器：能适用于表面传声器，在参考频率处，其响应的重复性的优于0. 04 dB。静电激励器响应级重复测量的平均值与声压响应级之间的差值和单次测量所得的静电激励器响应级差值的偏差不应大于0.1 dB。
2. 直流电压源：输出电压一般为800 V, 测量期间幅度稳定度优于0.05 %。
3. 数字电压表：最大允许误差优于±0.1 %。

注：可用符合要求的声分析仪取代数字电压表。

1. 校准项目和校准方法
   1. 校准项目

表面传声器的校准项目见表 2。 实验室宜根据表面传声器的型号及预期用途，选择适用的校准项目。

表2 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 | 外观检查 | 7.2.1 | 7.2.1 |
| 2 | 声压灵敏度级 | 5.1 | 7.3 |
| 3 | 灵敏度级的频率响应 | 5.2 | 7.4 |

* 1. 校准方法
     1. 外观检查

表面传声器应具有清晰的标志，包括制造商的名称、型号和序列号等。外观应无机械性损伤或变形，膜片应清洁，无污染、锈蚀现象。

7

* + 1. 声压灵敏度级

表面传声器的声压灵敏度级采用声校准器法校准，校准装置如图1所示。

图1 声压灵敏度级校准装置示意图

1. 测量放大器仪连接表面传声器，调节测量放大器置于线性频率响应，S（慢）时间计权以及被校表面传声器相应极化电压档，调节测量放大器“前置放大器输入”，使其对50 mV内部参考信号指示相同。
2. 使用校准适配器使表面传声器与声校准器紧密耦合，使其参考轴处于与水平面成90°角的位置。
3. 接通声校准器的电源，在制造商规定的稳定时间之后，读取并记录分析仪电压示值*Ui*，按公式(1)计算声压级*Lpi*。

 （1）

式中：

*Lpi* —— 声压级，dB;

*Ux* —— 数字电压表示值，V;

*U0* —— 参考电压，1；

1. 改变被检表面传声器与声校准器相对位置重新耦合，测量3次取算术平均得到声压级的平均值，按公式（2）计算表面传声器的声压灵敏度级：

 （2）

式中：

*Lpx* —— 灵敏度级，dB;

*Lpc* —— 声校准器声压级的校准值，dB;

 —— 声校准器的静压修正值，dB;

—— 声压级的算术平均值，dB。

注：声校准器静压修正值见JJG175附录A，表面传声器腔体积修正值为0 dB。

* + 1. 灵敏度级的频率响应

表面传声器灵敏度级的频率响应采用静电激励器法校准时，校准装置如图2所示。



图2 静电激励器法校准装置示意图

1. 同7.2.2步骤a)。
2. 表面传声器膜片向上水平置于静电激励器装置底座上方，将静电激励器置于表面传声器上方紧固，使其参考轴处于与水平面成90°角的位置。
3. 接通直流电压源，施加于静电激励器的直流电压至少比声频信号的交流电压大10倍。调节声频信号发生器幅值，确保在测试频率范围内，静电激励器响应级高于环境噪声声压级25 dB。输出信号频率置于参考频率（通常为1 kHz)，。记录数字电压表的电压示值*U0*。
4. 保持声频信号发生器的输出电压不变，将信号输出频率依次置于被检频率范围内的1/3 倍频程频率上， 记录数字电压表的示值*Ui*。
5. 按公式 ( 3 ) 计算表面传声器的静电激励器频率响应级。

 （3）

式中：

—— 被检频率下的静电激励器响应级，dB;

*Ur* —— 参考频率下的输出电压，V;

*U0* —— 被检频率下的输出电压，V。

1. 取下静电激励器，改变表面传声器和经典激励器相对耦合位置，重复测量步骤b) ~ e)，取3次测量的算术平均值作为表面传声器灵敏度级的静电激励器响应级。
2. 在步骤e)得到的静电激励器频率响应级上迭加制造商提供的声压频率响应级修正值，即可得到被检表面传声器的灵敏度级频率响应。

注：测量放大器的频率特性会影响测量结果，必要时需加以修正。

1. 校准结果表达
   1. 校准数据处理

所有的数值应先计算，后修约，出具校准数据均保留一位小数。

* 1. 校准记录

校准记录应尽可能详尽地记载测量数据和计算结果。

推荐的校准记录的格式见附录A。

* 1. 校准证书

表面传声器经过校准，出具校准证书。校准证书应包括的信息及推荐的校准证书的内页格式见附录B。

* 1. 校准结果的测量不确定度

表面传声器校准的测量不确定度应按JJF 1059.1—2012的要求评定，测量不确定度评定的示例见附录C。

1. 复校时间间隔

表面传声器的复校时间间隔建议为1年。然而，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

校准记录的内容和格式

表面传声器校准记录的内容及推荐的格式见图A.1。

表面传声器校准记录 共 页 第 页

委托方： 校准日期： 年 月 日

制造商： 产品型号： 出厂编号：

1 外观检查：

2 灵敏度级：声压灵敏度级： dB（ Hz，参考1V/Pa）

3 灵敏度级的频率响应

静电激励器法：（参考频率： Hz，参考1V/Pa）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率/Hz | 20 | 25 | 31.5 | 40 | 50 | 63 | 80 | …… |
| 频率响应/dB |  |  |  |  |  |  |  |  |

校准结果的扩展不确定度描述：

校准的技术依据：JJF XXXX-XXXX 表面传声器校准规范

校准所使用的标准装置的名称、溯源性及有效性的说明：

校准条件：

空气湿度： ℃

相对湿度： %

静 压： kPa

环境噪声： dB

校准员： 核验员：

图A.1 校准记录的格式

附录B

校准证书的内容和格式

B.1 表面传声器的校准证书至少应包括以下信息：

* 1. 标题，如“校准证书”；
  2. 校准实验室的名称和地址；
  3. 进行校准的地点（如果与校准实验室的地址不同）；
  4. 证书的唯一性标识（如编号），页码及总页数的标识；
  5. 客户的名称和地址；
  6. 被校对象的描述和明确标识；
  7. 进行校准的日期；
  8. 本技术规范的标识，包括名称及编号；
  9. 本次校准所用测量标准的溯源性及有效性的说明；
  10. 校准环境的描述；
  11. 校准结果及其测量不确定度的说明；
  12. 对校准规范的偏离的说明；
  13. 校准证书签发人的签名、职务或等效标识；
  14. 校准结果仅对被校对象有效的声明；
  15. 未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

B.2 推荐的表面传声器校准证书的内页格式见图B.1。

证书编号 xxxxxx-xxxx

校 准 结 果

1 外观检查：

2 灵敏度级：声压灵敏度级： dB（ Hz，参考1V/Pa）

3 灵敏度级的频率响应

静电激励器法：（参考频率： Hz，参考1V/Pa）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率/Hz | 20 | 25 | 31.5 | 40 | 50 | 63 | 80 | …… |
| 频率响应/dB |  |  |  |  |  |  |  |  |

校准结果的不确定度：

以下空白。

第X页 共X页

图B.1 校准证书内页的格式

附录C

校准结果测量不确定度评定

C.1 引言

由于声压灵敏度级及其频率响应是表面传声器最主要的计量特性，所以本附录选用声压灵敏度级和声压灵敏度级的频率响应作为测量不确定度评定的示例。

C.2 声压灵敏度级

C.2.1 测量模型

按7.3.2给出的方法测定表面传声器的声压灵敏度级，计算声压灵敏度级的公式（2)亦是该计量特性的测量模型，稍加整理后变为公式(C.1)。

=——Δ*K*—26 （C.1）

式中：

*——*声压灵敏度级，dB;

*——*声压级的算术平均值，dB；

*——*声校准器声压级的校准值，dB；

Δ*K——*声校准器的静压修正值，dB；

C.2.2 合成标准不确定度的计算公式

由于公式(C.1)中、和Δ*K*的不确定度互不相关，故声压灵敏度级的合成标准不确定度可用公式(C.2)表示：

= (C.2)

公式(C.2)中灵敏系数分别为：

=1

=－1

=－1

将各灵敏系数代人公式(C. 2)后，即可得到计算声压灵敏度级的合成标准不确定度的公式(C.3)：

= (C.3)

C.2.3 合成标准不确定度的计算公式

C.2.3.1 鉴于表面传声器声压灵敏度级存在重复性测量不一致的可能，故此在重复性测量条件下对某表面测量传声器声压灵敏度级重复测量6次，并得到其6次的测量值分别为-38.69 dB、-38.76 dB、-38.75 dB、-38.76 dB、-38.75 dB 、-38.74 dB。计算实验室标准偏差，由此即可获得测量重复性误差引入的标准不确定度：()=0.024 dB。

C.2.3.2 测量放大器的级线性误差不超过±0.2 dB，以均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则测量放大器的级线性误差引入的标准不确定度()≈0.115 dB。

C.2.3.3 数字电压表的交流电压示值的最大允许误差为±0.2 %，相当于±0.017 dB，以均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则交流电压测量误差引入的标准不确定度()≈0.01 dB；

C.2.3.4 需就静压对声校准器产生的声压级进行修正，由静压修正值的误差和静压修正方法不完善所引入的标准不确定度为(Δ*K*)=0.011 dB；

C.2.3.5 声校准器产生的校准声压级与其校准证书给出的校准值的误差引入的标准不确定度为()=0.035 dB；

C.2.3 6 由于报告的修约间隔为0.1 dB，矩形分布的半区间宽为0.05 dB，以均匀分布考虑，,取包含因子*k*=，则数值修约引入的标准不确定度(γ) ≈0.029 dB。

C.2.4 合成标准不确定度

通过C.2.3评定的声压灵敏度级的标准不确定度及其输出量的标准不确定度分量汇总如表C.1所示。

表C.1 声压灵敏度级的标准不确定度一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 标准不确定度 | | 灵敏系数 | 输出量标准不确定度分量/dB |
| 符号 | 数值/dB |
| 测量重复性误差 | () | 0.024 | 1 | 0.024 |
| 测量放大器的级线性误差 | () | 0.115 | 1 | 0.115 |
| 数字电压表示值误差 | () | 0.010 | 1 | 0.010 |
| 静压修正误差 | (ΔK) | 0.011 | －1 | 0.011 |
| 声校准器声压级误差 | () | 0.035 | －1 | 0.035 |
| 数值修约 | (γ) | 0.029 | 1 | 0.029 |

因上述标准不确定度分量各自独立、互不相干，按公式(C.3)计算并考虑数值修约引入的不确定度，便可得出表面传声器声压灵敏度级的合成标准不确定度:

=≈0.124 (dB)

C.2.5 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则表面传声器声压灵敏度级的扩展不确定度*U*为：

*U*=*k*×=2×0.124=0.248 (dB)

因为要求修约间隔为0.1 dB，所以，表面传声器声压灵敏度级的报告扩展不确定度为：

*U*=0.3 dB，*k*=2

C.3 声压级灵敏度的频率响应

C.3.1 测量模型

本规范7.2.3.1规定了采用静电激励器法测定传声器的声压灵敏度级的频率响应，即先测定传声器的静电激励器响应，再施加制造者提供的声压响应修正值，从而获得传声器灵敏度级的声压频率响应。

静电激励器法测定声压灵敏度级频率响应的测量模型见公式(C.4)。

=+ (C.4)

式中：

*——* 声压灵敏度级频率响应，dB；

*——* 静电激励器频率响应，dB；

*——* 声压响应修正值，dB；

C.3.2 合成标准不确定度的计算公式

由于公式(C.4)中和的不确定度互不相关，故声压灵敏度级频率响应的合成标准不确定度可用公式（C.5)表示：

= (C.5)

公式(C.5)中灵敏系数分别为：

=1

=1

将各灵敏系数代人公式(C.5)后，即可得到计算声压灵敏度级频率响应的合成标准不确定度的公式(C.6)：

= （C.6）

C.3.3 测量不确定度的评定

C.3.3.1 在重复性测量条件下，测试频率为工作范围的1/3倍频程频率点，对某表面传声器的灵敏度级的频率响应重复测量6次，测量数据见表C.2。

表C.2 静电激励器频率响应的测量重复性（单位：dB）

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率/Hz | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 第4次 | 第5次 | 第6次 | 平均值 | 标准偏差s() |
| 20 | -0.021 | 0.001 | 0.092 | 0.053 | 0.022 | -0.014 | 0.022 | 0.040 |
| 25 | 0.020 | 0.043 | 0.181 | 0.021 | 0.044 | 0.034 | 0.057 | 0.056 |
| 31.5 | 0.020 | 0.097 | 0.064 | 0.040 | 0.092 | 0.064 | 0.063 | 0.027 |
| 40 | 0.021 | 0.043 | 0.049 | 0.035 | 0.056 | 0.059 | 0.044 | 0.013 |
| 50 | 0.018 | 0.086 | -0.012 | 0.019 | 0.017 | 0.099 | 0.038 | 0.040 |
| 63 | -0.033 | -0.010 | 0.010 | -0.009 | -0.004 | 0.012 | -0.006 | 0.015 |
| 80 | -0.026 | 0.006 | 0.035 | 0.030 | 0.023 | 0.036 | 0.017 | 0.022 |
| 100 | -0.040 | -0.019 | 0.054 | 0.023 | 0.000 | 0.060 | 0.013 | 0.036 |
| 125 | -0.023 | -0.004 | 0.021 | 0.003 | 0.007 | 0.013 | 0.003 | 0.014 |
| 160 | -0.030 | -0.021 | 0.029 | 0.013 | -0.003 | 0.039 | 0.005 | 0.025 |
| 200 | 0.032 | -0.033 | 0.019 | -0.007 | -0.013 | 0.002 | 0.000 | 0.021 |
| 250 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 | 0.000 |
| 315 | -0.021 | -0.004 | 0.004 | -0.008 | -0.016 | 0.044 | 0.000 | 0.021 |
| 400 | -0.030 | -0.035 | -0.009 | -0.017 | -0.013 | -0.013 | -0.020 | 0.010 |
| 500 | -0.057 | -0.018 | -0.014 | -0.023 | -0.016 | -0.031 | -0.027 | 0.015 |
| 630 | -0.079 | -0.020 | 0.004 | -0.027 | -0.026 | 0.013 | -0.023 | 0.029 |
| 800 | -0.068 | -0.036 | -0.009 | -0.024 | 0.031 | -0.002 | -0.018 | 0.031 |
| 1000 | -0.071 | -0.034 | -0.012 | -0.005 | -0.030 | -0.023 | -0.029 | 0.021 |
| 1250 | -0.072 | -0.029 | -0.016 | -0.016 | -0.032 | -0.022 | -0.031 | 0.019 |
| 1600 | -0.044 | -0.036 | -0.010 | -0.021 | -0.039 | -0.027 | -0.030 | 0.012 |
| 2000 | -0.057 | -0.042 | -0.032 | -0.039 | -0.039 | -0.029 | -0.040 | 0.009 |
| 2500 | -0.064 | -0.034 | -0.009 | -0.018 | -0.043 | -0.009 | -0.030 | 0.020 |
| 3150 | -0.033 | -0.010 | 0.010 | -0.009 | -0.004 | 0.012 | -0.006 | 0.015 |
| 4000 | -0.001 | 0.004 | 0.024 | 0.022 | 0.000 | 0.038 | 0.015 | 0.014 |
| 5000 | 0.050 | 0.061 | 0.075 | 0.000 | 0.016 | 0.073 | 0.046 | 0.028 |
| 6300 | 0.049 | 0.067 | 0.092 | 0.072 | 0.082 | 0.093 | 0.076 | 0.015 |
| 8000 | 0.117 | 0.145 | 0.155 | 0.160 | 0.146 | 0.162 | 0.148 | 0.015 |
| 10000 | 0.222 | 0.227 | 0.261 | 0.263 | 0.253 | 0.281 | 0.251 | 0.021 |
| 12500 | 0.358 | 0.363 | 0.375 | 0.376 | 0.369 | 0.379 | 0.370 | 0.007 |
| 16000 | 0.445 | 0.466 | 0.501 | 0.474 | 0.470 | 0.458 | 0.469 | 0.017 |
| 20000 | -0.005 | 0.224 | 0.143 | 0.154 | 0.166 | 0.122 | 0.134 | 0.070 |

由表C.2可知，测量重复性误差引入的标准不确定度均较小，则取其频率范围内最大值为：*u1*()=*s*()=0.070 dB。

C.3.3.2 声频信号发生器的幅频特性优于±0.1 dB，以均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则声频信号发生器的幅频特性所引入的标准不确定度：()≈0.058 dB。

C.3.3.3静电激励器的激励电压等效声压转换过程中的误差所引入的标准不确定度：*u3*()=0.070 dB。

C.3.3.4测量放大器的频率响应优于±0.1 dB，以均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则测量放大器频率响应引入的标准不确定度为()≈0.058 dB。

C.3.3.5数字电压表的交流电压示值的最大允许误差为±0.2 %，相当于±0.017 dB，由于在计算频率响应时取两电压值之比，因此可取为±0. 009 dB，以均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则数字电压表交流电压测量误差引入的标准不确定度为()≈0.005 dB。

C.3.3.6在测量过程中，包括直流电压源、声频信号发生器和测量放大器在内的信号和测量系统的非稳定性引入的标准不确定度为()=0.058 dB。

C.3.3.7 静电激励器响应和声压响应的修正值及其响应的不确定度应由制造商提供。由于修正值的误差或者修正不完善而引入的标准不确定度如表C.3所示，为便于表示10 kHz以下取()=0.1 dB，10 kH以上取()=0.6 dB。

表C.3 声场修正引入的不确定度（单位：dB）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 频率 | ＜4.7 kHz | 4.7 kHz~10 kHz | 10 kHz~16 kHz | 16 kHz~22 kHz |
| () | 0.05 | 0.1 | 0.5 | 0.6 |

C.3.3.8 要求报告的声压灵敏度级频率响应的修约间隔为0.1 dB，矩形分布的半区间宽为0.05 dB，以均匀分布考虑，取包含因子*k*=，则数值修约引入的标准不确定度(*v*)≈0.029 dB。

C.3.4 合成标准不确定度

通过C.3.3评定的声压灵敏度级频率响应的标准不确定度及其输出量的标准不确定度分量汇总如表C.4所示。

表C.4 声压灵敏度级频率响应的标准不确定度一览表

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 不确定度来源 | 标准不确定度 | | 灵敏系数 | 输出量标准不确定度分量/dB |
| 符号 | 数值/dB |
| 测量重复性误差 | u1() | 0.070 | 1 | 0.070 |
| 声频信号发生器的幅频特性 | u2() | 0.058 | 1 | 0.058 |
| 静电激励器电声转换误差 | u3() | 0.070 | 1 | 0.070 |
| 测量放大器频率响应 | u4() | 0.058 | 1 | 0.058 |
| 数字电压表示值误差 | u5() | 0.005 | 1 | 0.005 |
| 系统非稳定性 | u6() | 0.058 | 1 | 0.058 |
| 声场修正值误差 | () | 0.1、0.6 | 1 | 0.109 |
| 数值修约 | (v) | 0.029 | 1 | 0.029 |

因上述标准不确定度分量各自独立、互不相干，计算并考虑数值修约引入的不确定度，可得到表面传声器在工作频率范围内声压灵敏度级频率响应的合成标准不确定度*u*c为：

*u*c=

10 kHz以下：*u*c=0.175 (dB)

10 kHz以上：*u*c=0.617 (dB)

C.3.5 扩展不确定度

取包含因子*k*=2，则表面传声器声压灵敏度级频率响应的扩展不确定度*U*为：

10 kHz以下：*U* =2×0.175 =0.350 (dB)

10 kHz以上*U* =2×0.617=1.234 (dB)

因为要求修约间隔为0.1 dB，所以，表面传声器声压灵敏度级频率响应的报告扩展不确定为：

10 kHz以下：*U*=0.4 (dB)，*k*=2

10 kHz以上：*U*=1.3 (dB)，*k*=2