

中华人民共和国工业和信息化部

电子计量技术规范

**JJF**(电子) XXXX─ XXXX

响应时间测量仪校准规范

Calibration Specification for Response Time Meters

××××-××-××发布 ××××-××-××实施

**中华人民共和国工业和信息化部** 发 布

响应时间测量仪校准规范

Calibration Specification for Response Time Meters

**JJF(电子)xxxx**─**xxxx**

归 口 单 位：中国电子技术标准化研究院

主要起草单位：中国电子技术标准化研究院

参加起草单位：苏州市计量测试院

中国计量科学研究院

本规范技术条文委托起草单位负责解释

本规范主要起草人：

褚 楚（中国电子技术标准化研究院）

刘玉龙（苏州市计量测试院）

张 婷（中国电子技术标准化研究院）

江 铖（苏州市计量测试院）

参加起草人：

徐迎春（中国电子技术标准化研究院）

王 峥（中国计量科学研究院）

目录

[引言 II](#_Toc16168)

[1 范围 1](#_Toc9577)

[2 引用文件 1](#_Toc31593)

[3 概述 1](#_Toc29776)

[4 术语和计量单位 1](#_Toc6490)

[4.1响应时间 1](#_Toc14764)

[4.2闪烁 1](#_Toc11863)

[4.3闪烁率 2](#_Toc935)

[4.4闪烁频率 2](#_Toc3375)

[5 计量特性 2](#_Toc10716)

[5.1 闪烁率 2](#_Toc26362)

[5.2 闪烁频率 2](#_Toc31067)

[5.3 响应时间 2](#_Toc7033)

[6 校准条件 2](#_Toc17937)

[6.1 环境条件 2](#_Toc32098)

[6.2 测量标准及其他设备 3](#_Toc13391)

[7 校准项目和校准方法 3](#_Toc12891)

[7.1 外观及工作正常性检查 3](#_Toc25458)

[7.2 响应时间 3](#_Toc21350)

[7.3 闪烁率 4](#_Toc11019)

[7.4 闪烁频率 4](#_Toc23051)

[8 校准结果表达 5](#_Toc26094)

[9 复校时间间隔 5](#_Toc1931)

[附录A 6](#_Toc25362)

[附录B 7](#_Toc7895)

[附录C测量不确定度评定示例 9](#_Toc4654)

引言

本规范依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》和JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》编写。

本规范为首次发布。

响应时间测量仪校准规范

1 范围

本规范适用于响应时间0.1 ms～100 ms、闪烁率0.1%～200%或-60 dB～0 dB、闪烁频率0.1 Hz～1 kHz的具有响应时间、闪烁测量功能或单一功能响应时间测量仪的校准，其他具有响应时间、闪烁率、闪烁频率测量能力的仪器可参照此规范。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

CIE TN 006：2016 时间调制照明系统的视觉方面—定义及测量模型(Visual Aspects of Time -Modulated Lighting Systems-Definitions and Measurement Models)

IDMS-SID 信息显示器测量标准 (Information Display Measurements Standard)

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 概述

响应时间测量仪是用于显示器件响应时间、闪烁测量的设备，主要应用于液晶显示器（件）、LED显示器（件）以及光源响应时间和闪烁的测量。

响应时间测量仪主要由高速光电传感器和信号采集分析系统两大部分组成，如图1所示，信号采集分析系统主要包括数据采集卡、数据转换处理和输出等部分，常见的信号采集分析设备有示波器、数据采集卡和计算机等。响应时间测量仪工作时通过高速光电传感器获取某个时间段内被测显示屏的光度信息，其信号采集分析系统对采集到的光度时间曲线进行分析，最后通过计算得到响应时间、闪烁率、闪烁频率。



图1 响应时间测量仪工作原理示意图

4 术语和计量单位

4.1响应时间 response time

响应时间是指显示器画面由暗画面转亮画面以及由亮画面转暗画面的时间,具体到各像素点的反应，反应时间包含上升时间和下降时间，响应时间为两者之和，单位ms。

4.2闪烁flicker

对于静态环境中的静态观察者，亮度或光谱分布随时间波动的光刺激引起的视觉不稳定性感知。本规范仅考虑亮度随时间波动的情况。

[CIE TN 006：2016，通用术语2.4]

4.3闪烁率flicker index

闪烁的程度，依据数据处理方式分为时域法和频域法。

时域法：

………………………………… ()

其中*V*max、*V*min是光闪烁信号波形的最大、最小值。当*V*max-*V*min=0，Flicker有最小值0%，当*V*min=0时，Flicker有最大值200%。

频域法：

频域法会考虑人眼的闪烁灵敏度(Flicker Sensitivity)，闪烁灵敏度与频率的关系见表1：

表1 闪烁灵敏度与频率关系

（其他频率的闪烁灵敏度使用线性插值）

|  |  |
| --- | --- |
| 频率（Hz) | 闪烁灵敏度 |
| ≤20 | 1.00 |
| 30 | 0.708 |
| 40 | 0.501 |
| 50 | 0.251 |
| ≥60 | 0.010 |

[IDMS-SID，闪烁测试12.6]

将测得的光度时域信号进行傅里叶变换（FFT），得到光度-频域分布(可使用FFT分析仪、具有频域分析功能的示波器直接测量，也可用数据处理软件计算得到)，并与人眼闪烁灵敏度进行乘积，得到加权后的光度-频域分布，并找到最大值，即为*U*max。依据公式(2)计算闪烁率：

……………………………………… ()

其中*U*0是频率为0时的幅值。

4.4闪烁频率flicker frequency

当闪烁具有周期性时，其周期的倒数定义为闪烁频率，单位Hz。

5 计量特性

5.1 响应时间

0.1 ms～100 ms，相对示值误差：± 5.0%。

5.2 闪烁率

闪烁率，即闪烁的程度，时域法计算方法时以百分比表示，频域法计算方法时以dB表示：

时域法范围：0.1%～200%，示值误差：± 10.0%；

频域法范围：-60 dB～0 dB，示值误差：± 6 dB。

5.3 闪烁频率

0.1 Hz～1 kHz；相对示值误差：± 5.0%。

注：以上技术指标仅供参考，不作为合格判断依据。

6 校准条件

6.1 环境条件

6.1.1 环境温度：20 ℃± 5 ℃；

6.1.2 相对湿度：≤ 75%；

6.1.3 电源要求：(220± 22) V、(50± 1) Hz；

6.1.4 周围无影响仪器正常工作的电磁干扰和机械振动；

6.1.5 校准房间应为暗室，并采取措施屏蔽杂散光干扰，暗室照度＜1 lx。

6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 信号采集分析设备（示波器、数据采集卡、FFT分析仪等）

带宽：＞100 MHz

电压测量范围：-50 V～50 V

电压测量最大允许误差: ±1.5%

6.2.2 高速光电传感器

动态范围：＞10000

响应时间：＜2 μs

非线性：＜ 0.5%

波长响应：覆盖380 nm～780 nm可见光范围

6.2.3 闪烁源

能够发出振幅、周期、响应时间可控的正弦波信号和梯形信号，信号范围包含：

最大亮度：≥150 cd/m2；

响应时间：0.1 ms～100 ms；

闪烁率时域法：0.1%～200%；

闪烁率频域法：-60 dB～0 dB；

闪烁频率：0.1 Hz～1 kHz。

7 校准项目和校准方法

7.1 外观及工作正常性检查

7.1.1 被校响应时间测量仪应结构完好，面板标识字符应正确、清晰，各功能开关、旋钮和按键等应灵活可靠，不应有任何影响仪器计量特性及使用功能的缺陷，并记录于附录A.1中；

7.1.2 被校响应时间测量仪产品名称、制造厂家、仪器型号和编号等均应有明确标记，并记录于附录A.1中。

7.2 响应时间

响应时间测量仪校准装置由参考闪烁源、高速光电传感器、信号采集分析设备和辅助安装调整平台和支架组成，如图所示。

被检仪器

参考闪烁源

信号采集分析设备

高速光电传感器

光阑

图2 显示屏闪烁率测定仪校准装置组成示意图

7.2.1仪器连接如图2所示。调整闪烁源发光面和光电传感器接收部分的受光平面，使其垂直于光轴，且中心位于测量光轴上。

7.2.2点亮闪烁源，预热30分钟。调整闪烁源与接收部分间各光阑位置，使其恰好不遮挡闪烁源投向接收面的光。

7.2.3放置高速光电传感器后，用信号采集分析设备进行信号采集，如信号采集分析设备为示波器，采集时需设置触发模式，根据采集信号的最大值来设置合适的触发电平，触发电平可设置为最大信号的80%，分别测量上升时间和下降时间，测量三次取平均值为该处的响应时间标准值。

7.2.4将被检响应时间测量仪置于高速光电传感器相同距离处进行校准，使其受光面与高速光电传感器受光面位置相同。测量三次取平均值作为该处响应时间的被检示值。

7.2.5保持参考闪烁源的其他设置不变，将响应时间分别设置为0.1ms，1ms，10ms，20ms，50ms，100ms，或其他仪器常用的测量点，重复上述步骤，测量其响应时间示值误差，并记录在附录A表A.2中。

响应时间示值误差计算：

………………………………… (3)

式中：

——响应时间示值误差，ms；

——被检仪器响应时间指示值，ms；

——高速光电传感器响应时间标准值，ms。

7.3 闪烁率

7.3.1仪器连接如图2所示。调整闪烁源发光面和光电传感器接收部分的受光平面，使其垂直于光轴，且中心位于测量光轴上，测试距离为高速光电传感器工作距离；

7.3.2打开参考闪烁源，在常亮状态下预热10分钟，如无法长时间处于常亮状态，可在闪烁状态下预热10分钟；

7.3.3将参考闪烁源的波形设置为正弦波，平均亮度设置为（100~150）cd/m²中的一个固定值，频率设置为25 Hz，振幅设置为平均亮度的1%，打开参考闪烁源；

7.3.4使用高速光电传感器和信号采集分析设备直接采集参考闪烁源的波形数据，获取被测信号的波形信息，时域法时获取待测信号的最大值、最小值，依据公式（1）计算闪烁率；频域法时将测得的光度时域信号进行傅里叶变换（FFT），得到光度-频域分布，并与人眼闪烁灵敏度进行乘积，得到加权后的光度-频域分布，并找到最大值，即为*U*max，依据公式（2）计算闪烁率；选取任一种方法均需测量三次取平均值作为该处闪烁率的标准值；

7.3.5将被检响应时间测量仪安装在校准装置上，使被检显示屏响应时间测量仪的测量方向垂直对准参考闪烁源发光面中心位置，保持参考闪烁源的设置不变，测量其闪烁率三次取平均值作为该处闪烁率的被检示值；

闪烁率的示值误差计算：

………………………………… (4)

式中：

——闪烁率示值误差，%（dB）；

——被检仪器闪烁率指示值，%（dB）；

——高速光电传感器闪烁率标准值，%（dB）。

保持参考闪烁源的其他设置不变，将振幅分别设置为5%、10%、50%、100%，重复上述步骤，测量其闪烁率示值误差，并记录在附录A表A.3中。

7.4 闪烁频率

7.4.1仪器连接如图2所示。调整闪烁源发光面和光电传感器接收部分的受光平面，使其垂直于光轴，且中心位于测量光轴上，测试距离为高速光电传感器工作距离；

7.4.2打开参考闪烁源，在常亮状态下预热10分钟，如无法长时间处于常亮状态，可在闪烁状态下预热10分钟；

7.4.3将参考闪烁源的波形设置为正弦波，平均亮度设置为（100~150）cd/m²中的一个固定值，振幅设置为平均亮度的50%，频率设置为30Hz，打开参考闪烁源使光源工作在上述闪烁状态；

7.4.4使用高速光电传感器和信号采集分析设备采集参考闪烁源的波形数据，取其最大闪烁频率作为闪烁频率值，测量三次取平均值作为该处闪烁频率的标准值；

7.4.5将被检响应时间测量仪安装在校准装置上，使被检响应时间测量仪的测量方向垂直对准参考闪烁源发光面中心位置，保持参考闪烁源的设置不变，测量其闪烁频率三次取平均值作为该处闪烁率的被检示值；

闪烁频率示值误差计算：

………………………………… (5)

式中：

——闪烁频率示值误差，Hz；

——被检仪器闪烁频率指示值，Hz；

——高速光电传感器闪烁频率标准值，Hz。

保持参考闪烁源的其他设置不变，将频率分别设置为0.1 Hz、60 Hz、120 Hz、500 Hz、1000 Hz，重复上述步骤，测量其闪烁频率相对示值误差，记录在附录A表A.4中。

8 校准结果表达

校准后，出具校准证书。校准证书至少应包含以下信息：

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，应说明被校对象的接收日期；

h）如果与校准结果的有效性应用有关时，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，包括名称及代号；

j）本次校准所用测量标准的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说明；

p）未经实验室书面批准，不得部分复制证书的声明。

9 复校时间间隔

复校时间间隔由用户根据使用情况自行确定，一般推荐为1年。

附录A

原始记录格式

* 1. **外观及工作正常性检查**

表A.1外观及工作正常性检查记录表

|  |
| --- |
| 外观检查：正常 □ 不正常 □：  工作正常性检查：正常 □ 不正常 □： |

* 1. **示值误差**

表A.2响应时间记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参考闪烁源设置：波形: 频率: 平均亮度： | | | | | | | | | |
| 标准值 | | | | 指示值 | | | | 误差 | 测量不确定度  *U*(*k=*2) |
| 第1次 | 第2次 | 第3次 | 平均值 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.3闪烁率记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参考闪烁源设置：波形: 频率: 平均亮度： | | | | | | | | | |
| 标准值 | | | | 指示值 | | | | 误差 | 测量不确定度  *U*(*k=*2) |
| 第1次 | 第2次 | 第3次 | 平均值 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

表A.4闪烁频率记录表

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 参考闪烁源设置：波形: 频率: 平均亮度： | | | | | | | | | |
| 标准值 | | | | 指示值 | | | | 误差 | 测量不确定度  *U*(*k=*2) |
| 第1次 | 第2次 | 第3次 | 平均值 | 第1次 | 第2次 | 第3次 | 平均值 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

附录B

校准证书内页格式

1. **外观及工作正常性检查**

表B.1 外观及工作正常性检查

|  |  |
| --- | --- |
| 项目 | 检查结果 |
| 外观检查 |  |
| 工作正常性检查 |  |

1. **响应时间**

表B.2响应时间记录表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参考闪烁源设置：波形: 频率: 平均亮度： | | | |
| 标准值 | 指示值 | 误差 | 测量不确定度  *U*(*k=*2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

1. **闪烁率**

表B.3闪烁率记录表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参考闪烁源设置：波形: 频率: 平均亮度： | | | |
| 标准值 | 指示值 | 误差 | 测量不确定度  *U*(*k=*2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

1. **闪烁频率**

表B.4闪烁频率记录表

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 参考闪烁源设置：波形: 频率: 平均亮度： | | | |
| 标准值 | 指示值 | 误差 | 测量不确定度  *U*(*k=*2) |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

附录C测量不确定度评定示例

C.1.1概述

采用比对法对响应时间测量仪进行校准。标准器为高速光电传感器、信号采集分析设备。设定参考闪烁源的响应时间，使用高速光电传感器和信号采集分析设备测量三次取平均值作为标准值，使用被检响应时间测量仪测量三次取平均值作为被检示值，依据公式（C.1）计算响应时间示值误差。

C.1.2测量模型

响应时间示值误差按式（C.1）计算：

……………………………………… (C.1)

式中：

——响应时间示值误差，ms；

——被检仪器响应时间指示值，ms；

——高速光电传感器响应时间标准值，ms。

C.1.3 不确定度来源

1. 标准器上级溯源引入的不确定度*u*1；
2. 参考闪烁源不稳定度引入的不确定度*u*2；
3. 测量系统信噪比引入的不确定度*u*3；
4. 被校示值重复性引入的标准不确定度*u*4；

C.1.4标准不确定度评定

C.1.4.1标准器上级溯源引入的不确定度*u*1

由于高速光度探测器的探头响应很高，因此高速光度探测器的上级溯源不确定度可忽略；根据信号采集分析设备的上级溯源证书：

*U*rel=0.2% （*k*=2）

则上级溯源引入的不确定度分量：

**

C.1.4.2参考闪烁源不稳定度引入的不确定度*u*2

使用高速光电传感器和信号采集分析设备测量标准值后，再使用被检显示屏闪烁率测定值测量时，大约需要经过10分钟的时间，因此需要考虑参考闪烁源不稳定度的影响，待参考闪烁源预热完成后，测量其响应时间值，并在10分钟后再次测量其响应时间值，测量结果如下表所示（为了减少测量重复性的影响，表中数据为连续10次测量的平均值）：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量时间 | 预热完成时 | 预热完成10分钟后 | 不稳定度 |
| 响应时间（ms） | 20.16 | 20.26 | 0.1 |

因此参考闪烁源不稳定度引入的不确定度分量为：

**

C.1.4.3测量系统信噪比引入的不确定度*u*3

由于测量系统存在噪声，导致10%和90%的点无法准确确定，根据测试数据，噪声的波动约0.8%，由此测量系统信噪比引入的不确定度为：

**

C.1.4.4 被校示值重复性引入的标准不确定度*u*4

按A类方法评定。选定某一响应时间测量仪，在相同温湿度下、短时间内，同一校准人员条件下，进行独立重复测量10组，每组测量3次，每次的算数平均值作为本次测量值，重复性测试数据见下表：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值(ms) | 20.7 | 19.9 | 20.5 | 20.4 | 20.8 | 20.1 | 20.7 | 19.9 | 20.6 | 20.4 |
| (ms) | 20.4 | | | | | | | | | |
| (ms) | 0.33 | | | | | | | | | |

用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差为0.33ms。校准值由m（m=3）次读数的算数平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量为：

**

C.1.5 不确定度分量一览表

表C.1主要标准不确定度汇总表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | *u*i |
| *u*1 | 标准器上级溯源 | 0.1% |
| *u*2 | 参考闪烁源不稳定度 | 0.5% |
| *u*3 | 测量系统信噪比 | 0.8% |
| *u*4 | 测量重复性 | 0.9% |

C.1.6合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以合成标准不确定度：

**

按置信水平*p*=95%，取包含因子*k*=2，扩展不确定度为：



C.2闪烁率不确定度评定

C.2.1概述

采用比对法对响应时间测量仪进行校准。标准器为高速光电传感器、信号采集分析设备。改变参考闪烁源的参数，获取不同闪烁率值，使用高速光电传感器和信号采集分析设备测量三次取平均值作为标准值，使用被检响应时间测量仪测量三次取平均值作为被检示值，依据公式（C.2）计算响应时间示值误差。

C.2.2闪烁率测量模型

闪烁率示值误差计算：

…………………………………… (C.2)

式中：

——闪烁率示值误差，%（dB）；

——被检仪器闪烁率指示值，%（dB）；

——高速光电传感器闪烁率标准值，%（dB）。

C.2.3 不确定度来源

1. 高速光电传感器上级溯源引入的不确定度分量*u*1；
2. 参考闪烁源不稳定度引入的不确定度*u*2；
3. 测量系统信噪比引入的不确定度*u*3；
4. 参考闪烁源均匀性引入的不确定度*u*4；
5. 被校示值重复性引入的标准不确定度*u*5；

C.2.4 闪烁率测量结果的不确定度评定

C.2.4.1 高速光电传感器上级溯源引入的不确定度分量*u*1

高速光电传感器的上级溯源对闪烁率测量结果的影响主要来源于其非线性，由于信号采集分析设备电压测量非线性较小，忽略信号采集分析设备的上级溯源的影响。参考闪烁源亮度范围变化为（90~110）cd/m2，查上级溯源证书可知，在（50~200）cd/m2范围内其非线性为0.6%，可知其非线性对闪烁率的影响为0.09%，则：

**

C.2.4.2参考闪烁源不稳定度引入的不确定度*u*2

使用高速光电传感器和信号采集分析设备测量标准值后，再使用被检显示屏闪烁率测定值测量时，大约需要经过10分钟的时间，因此需要考虑参考闪烁源不稳定度的影响，待参考闪烁源预热完成后，测量其闪烁率标准值，并在10分钟后再次测量其闪烁率标准值，测量结果如下表所示（为了减少测量重复性的影响，表中数据为连续10次测量的平均值）：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量时间 | 预热完成时 | 预热完成10分钟后 | 不稳定度 |
| 闪烁率（%） | 20.05 | 20.12 | 0.07 |

因此参考闪烁源不稳定度引入的不确定度分量为：

**

C.2.4.3测量系统信噪比引入的不确定度*u*3

由于测量系统存在噪声，导致最大值和最小值的点无法准确选择，根据测试数据，噪声的波动约1.1%，由此测量系统信噪比引入的不确定度为：

**

C.2.4.4参考闪烁源均匀性引入的不确定度*u*4

测量参考闪烁源的9点均匀性，布点方式为均匀布点，测量结果如下表所示（为了减少测量重复性的影响，表中数据为连续10次测量的平均值）：

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量点 | 闪烁率（%） | 测量点 | 闪烁率（%） | 测量点 | 闪烁率（%） |
| 1 | 20.05 | 2 | 20.08 | 3 | 20.03 |
| 4 | 20.03 | 5 | 20.07 | 6 | 20.01 |
| 7 | 20.09 | 8 | 20.02 | 9 | 20.07 |

参考闪烁源的不均匀性为0.08%，因此：

**

C.2.4.5被校示值重复性引入的标准不确定度*u*5

按A类方法评定。选定某一响应时间测量仪，在相同温湿度下、短时间内，同一校准人员条件下，进行独立重复测量10组，每组测量3次，每次的算数平均值作为本次测量值，重复性测试数据见下表：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值(%) | 20.7 | 19.9 | 20.5 | 19.5 | 20.9 | 20.4 | 19.4 | 19.5 | 20.9 | 20.8 |
| (%) | 20.25 | | | | | | | | | |
| (%) | 0.62 | | | | | | | | | |

用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差为0.62%。校准值由m（m=3）次读数的算数平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量为：

**

C.2.5 不确定度分量一览表

表C.2主要标准不确定度汇总表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | *u*i(%) |
| *u*1 | 高速光电传感器上级溯源 | 0.09 |
| *u*2 | 参考闪烁源不稳定性 | 0.35 |
| *u*3 | 测量系统信噪比 | 1.1 |
| *u*4 | 参考闪烁源不均匀性 | 0.08 |
| *u*5 | 测量重复性 | 0.36 |

C.2.6合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以合成标准不确定度：

**

按置信水平*p*=95%，取包含因子*k*=2，扩展不确定度为：



C.3闪烁频率不确定度评定

C.3.1概述

采用比对法对响应时间测量仪进行校准。标准器为高速光电传感器、信号采集分析设备。改变参考闪烁源的参数，获取不同闪烁频率值，使用高速光电传感器和信号采集分析设备测量三次取平均值作为标准值，使用被检响应时间测量仪测量三次取平均值作为被检示值，依据公式（C.3）计算闪烁频率示值误差。

C.3.2闪烁频率测量模型

闪烁频率示值误差计算：

…………………………………… (C.3)

式中：

——闪烁频率示值误差，Hz；

——被检仪器闪烁频率指示值，Hz；

——高速光电传感器闪烁频率标准值，Hz。

C.3.3 不确定度来源

1. 参考闪烁源不稳定度引入的不确定度*u*1；
2. 高速光电传感器响应时间引入的不确定度*u*2；
3. 被校示值重复性引入的标准不确定度*u*3；

C.3.4 闪烁频率测量结果的不确定度评定

C.3.4.1参考闪烁源不稳定度引入的不确定度*u*1

使用高速光电传感器和信号采集分析设备测量标准值后，再使用被检显示屏闪烁频率测定值测量时，大约需要经过10分钟的时间，因此需要考虑参考闪烁源不稳定度的影响，待参考闪烁源预热完成后，测量其闪烁频率标准值，并在10分钟后再次测量其闪烁频率标准值，测量结果如下表所示（为了减少测量重复性的影响，表中数据为连续10次测量的平均值）：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 测量时间 | 预热完成时 | 预热完成10分钟后 | 不稳定度 |
| 闪烁频率（Hz） | 60.07 | 60.12 | 0.05 |

因此参考闪烁源不稳定度引入的不确定度分量为：

**

C.3.4.2高速光电传感器响应时间引入的不确定度*u*2

高速光电传感器的最大响应时间为10 μs，在60 Hz处，其周期为167 ms，因此高速光电传感器的响应时间引入的不确定度：

**

C.3.4.3被校示值重复性引入的标准不确定度*u*3

按A类方法评定。选定某一响应时间测量仪，在相同温湿度下、短时间内，同一校准人员条件下，进行独立重复测量10组，每组测量3次，每次的算数平均值作为本次测量值，重复性测试数据见下表：

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 测量次数 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 测量值(Hz) | 60.05 | 60.12 | 60.25 | 60.04 | 60.24 | 60.19 | 60.23 | 60.23 | 60.12 | 60.03 |
| (Hz) | 60.15 | | | | | | | | | |
| (Hz) | 0.09 | | | | | | | | | |

用贝塞尔公式计算得到单次测量值的实验标准偏差为0.09Hz。校准值由m（m=3）次读数的算数平均值得到，故由重复性引起的测量不确定度分量为：

**

C.3.5 不确定度分量一览表

表C.3主要标准不确定度汇总表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 不确定度分量 | 不确定度来源 | *u*i |
| *u*1(%) | 参考闪烁源不稳定度 | 0.08 |
| *u*2(%) | 高速光电传感器响应时间 | 0.01 |
| *u*3(%) | 测量重复性 | 0.09 |

C.3.6合成标准不确定度

以上各项标准不确定度分量互不相关，所以合成标准不确定度：

**

按置信水平*p*=95%，取包含因子*k*=2，扩展不确定度为：

