**雨滴谱式降水现象仪**

**不确定度评定报告**

规程起草组

2025年7月29日

# 降水粒子直径测量不确定度评定示例

1 评定依据

JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

2 标准设备和被校对象

2.1 标准设备

标准器及配套设备，主要技术指标见表1。

表1 标准器及配套设备主要技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分 类 | 名 称 | 主要技术指标 |
| 标准器 | 降水粒子直径标准器 | 粒子直径范围：2.1mm～21mm，粒子直径误差：±1% |
| 降水粒子速度标准器 | 粒子速度范围：0.6 m/s～16m/s，粒子速度误差：±3% |
| 配套设备 | 温度仪 | 最大允许误差：±0.5℃ |
| 湿度仪 | 最大允许误差：±8.0%RH |
| 气压计 | 最大允许误差：±2hPa |

2.2 被校对象

器具名称：雨滴谱式降水现象仪

降水粒子直径测量范围：0~21mm

最大允许误差：±10%

3 主要测量方法

通过电机控制转盘，分别以降水粒子速度校准点（2m/s、7 m/s 、12m/s）确定的速度进行校准，被校降水现象仪输出的降水粒子直径示值为被校值。降水粒子直径标准器提供的粒子直径为标准值，降水现象仪输出的降水粒子直径示值减去标准粒子直径值即为降水粒子直径示值误差。将校准点选择为： 4.3mm、9.5mm、21mm，并逐点分析不确定度。

4 建立测量模型和分析不确定度来源

4.1测量模型

在校准过程中， 测量结果为示值误差，计算如式（1）。

 （1）

式中：

——降水粒子直径示值误差，单位为毫米（mm）；

——被校降水粒子直径示值，单位为毫米（mm）；

——标准降水粒子直径示值，单位为毫米（mm）。

4.2 不确定度来源分析

（1）雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的标准不确定度；

（2）降水粒子直径标准器引入的标准不确定度。

5 不确定度分量评定

5.1雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的不确定度

根据不同的降水粒子直径校准点进行的3次重复粒子直径测量值，用极差法求出实验标准差（=3时，=1.69），雨滴谱式降水现象仪测量值为三次测量结果的平均值，因此计算示值误差重复测量引入的标准不确定度见表2：

表2 雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 校准点（mm） | | |
| 4.3 | 9.5 | 21 |
| 极差 | 0.3 | 0.2 | 0.1 |
| 标准不确定度 | 0.102 | 0.068 | 0.034 |

5.2降水粒子直径标准器引入的标准不确定度

降水粒子直径标准器的最大允许误差为±1%，取均匀分布，则降水粒子直径标准器示值误差引入的标准不确定度：

表3 降水粒子直径标准器示值误差引入的不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 校准点（mm） | | |
| 4.3 | 9.5 | 21 |
| 最大允许误差 | ±0.043 | ±0.095 | ±0.21 |
| 标准不确定度 | 0.025 | 0.055 | 0.121 |

6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表4。

表4 标准不确定度一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 标准不确定度来源 | 灵敏度系数 |
| 雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的标准不确定度 |  |
| 降水粒子直径标准器引入的标准不确定度 |  |

其中，灵敏度系数可由公式（2）求偏导得出，具体如下：





由于各分量之间相互不相关，合成标准不确定度的计算公式如下式（2）所示：



其计算结果见表5。

表5 合成标准不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （mm） | 4.3 | 9.5 | 21 |
| （mm） | 0.033 | 0.021 | 0.021 |

7 扩展不确定度

取****=2,则扩展不确定度**，**则扩展不确定度计算结果见表6。

表6 扩展不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 降水粒子直径（mm） | 4.3 | 9.5 | 21 |
| （mm） | 0.07 | 0.04 | 0.04 |

# 降水粒子速度测量不确定度评定示例

1 评定依据

JJF1059.1-2012 测量不确定度评定与表示

2 标准设备和被校对象

2.1 标准设备

标准器及配套设备，主要技术指标见表1。

表1 标准器及配套设备主要技术指标

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 分 类 | 名 称 | 主要技术指标 |
| 标准器 | 降水粒子直径标准器 | 粒子直径范围：2.1mm～21mm，粒子直径误差：±1% |
| 降水粒子速度标准器 | 粒子速度范围：0.6 m/s～16m/s，粒子速度误差：±3% |
| 配套设备 | 温度仪 | 最大允许误差：±0.5℃ |
| 湿度仪 | 最大允许误差：±8.0%RH |
| 气压计 | 最大允许误差：±2hPa |

2.2 被校对象

器具名称：雨滴谱式降水现象仪

降水粒子速度测量范围：0~16m/s

最大允许误差：±15%

3 主要测量方法

通过电机控制转盘，分别以降水粒子直径校准点（4.3mm、9.5mm、21mm）确定的直径进行校准，被校降水现象仪输出的降水粒子速度示值为被校值。降水粒子速度标准器提供的粒子速度为标准值，降水现象仪输出的降水粒子速度示值减去标准粒子速度值即为降水粒子速度示值误差。将校准点选择为：2m/s、7 m/s、12m/s，并逐点分析不确定度。

4 建立测量模型和分析不确定度来源

4.1测量模型

在校准过程中， 测量结果为示值误差，计算如式（1）。

 (1)

式中：

——降水粒子速度示值误差，单位为米每秒（m/s）；

——被校降水粒子速度示值，单位为米每秒（m/s）；

——标准降水粒子速度示值，单位为米每秒（m/s）。

4.2 不确定度来源分析

（1）雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的标准不确定度；

（2）降水粒子速度标准器引入的标准不确定度。

5 不确定度分量评定

5.1雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的不确定度

根据不同的降水粒子速度校准点进行的3次重复粒子速度测量值，用极差法求出实验标准差（=3时，=1.69），雨滴谱式降水现象仪测量值为三次测量结果的平均值，因此计算示值误差重复测量引入的标准不确定度见表2：

表2 雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的不确定度****

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 校准点（m/s） | | |
| 2 | 7 | 12 |
| 极差 | 0.3 | 0.9 | 1.7 |
| 标准不确定度 | 0.102 | 0.173 | 0.327 |

5.2降水粒子速度标准器引入的标准不确定度****

降水粒子速度标准器的最大允许误差为±3%，取均匀分布，则降水粒子速度标准器示值误差引入的标准不确定度：

表3 降水粒子速度标准器示值误差引入的不确定度****

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 项目 | 校准点（m/s） | | |
| 2 | 7 | 12 |
| 最大允许误差 | ±0.06 | ±0.21 | ±0.36 |
| 标准不确定度 | 0.035 | 0.087 | 0.208 |

6 合成标准不确定度

标准不确定度分量汇总见表4。

表4 标准不确定度一览表

|  |  |
| --- | --- |
| 标准不确定度来源 | 灵敏度系数 |
| 雨滴谱式降水现象仪测量重复性引入的标准不确定度 |  |
| 降水粒子速度标准器引入的标准不确定度 |  |

其中，灵敏度系数可由公式（2）求偏导得出，具体如下：





由于各分量之间相互不相关，合成标准不确定度的计算公式如下式（2）所示：



其计算结果见表5。

表5 合成标准不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| （m/s） | 2 | 7 | 12 |
| （m/s） | 0.033 | 0.080 | 0.230 |

7 扩展不确定度

取****=2,则扩展不确定度**，**则扩展不确定度计算结果见表6。

表6 扩展不确定度

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 降水粒子速度（m/s） | 2 | 7 | 12 |
| （m/s） | 0.07 | 0.16 | 0.46 |