JJF××××—20××

《水面蒸发器校准规范》

不确定度评定报告

**水面蒸发器校准规范编制组**

**2025年3月**

目录

[一、校准原理 1](#_Toc202651368)

[二、校准程序 1](#_Toc202651369)

[（一）校准条件 1](#_Toc202651370)

[（二）校准项目和校准方法 1](#_Toc202651371)

[三、校准结果及不确定度计算 5](#_Toc202651372)

[（一）校准方法概述 5](#_Toc202651373)

[（二）测量模型 5](#_Toc202651374)

[（三）不确定度来源和不确定度分量评定 7](#_Toc202651375)

[（四）输入量的标准不确定度汇总表 9](#_Toc202651376)

[（五）合成标准不确定度 10](#_Toc202651377)

[（六）扩展不确定度 10](#_Toc202651378)

# 一、校准原理

在一定时间内，水面蒸发器蒸发皿内的水由液态或固态转变为气态，产生的液位变化量通过液位采集传感器（称重式/浮子式）进行采集，经过数据处理单元处理得到蒸发皿内液位的变化量，从而得到蒸发量。

# 二、校准程序

（一）校准条件

1.环境条件

（1）温度：（20±15）℃；

（2）湿度：不大于95%RH；

（3）称重式蒸发器在校准过程中，水温的变化量不超过±1℃；

（4）其它影响量：电源、振动、气流及磁场等因素对校准结果产生的影响应可以忽略；

2.标准器及其他设备

a）称重式蒸发器

标准砝码组 (M2等级，500g误差为±80mg,200g误差为±30mg)；

游标卡尺：测量范围（0～300）mm，示值误差不大于±0.04mm；

数字温度计：测量范围（0～150）℃，测量不确定度0.1℃（*k*=2）。

b）浮子式蒸发器

浮子式蒸发器校准装置，最大允许误差：±0.09mm，*k*=2。

（二）校准项目和校准方法

1.校准项目

表1校准项目

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准项目 |
| 1 | 示值误差 |
| 2 | 重复性 |

2.校准方法

2.1校准前准备工作

（1）对被校对象进行必要的检查，确保能正常工作。

（2）校准开始前允许对仪器进行调整，校准过程中不允许再作任何调整。

（3）称重式蒸发器校准前，应使用数字温度计测量蒸发皿内的水温。

2.2校准点的选择

（1）称重式蒸发器

根据砝码的规格和水的密度选择称重式蒸发器校准点，在称重式蒸发器测量范围内，均匀选取6个校准点。以蒸发皿内径20cm，测量范围（0～30）mm，水温20℃（水的密度0.998207g/cm³）为例，校准点为：29.97mm、24.01mm、17.98mm、11.99mm、5.99mm、0mm。

（2）浮子式蒸发器

在浮子式蒸发器测量范围内，均匀选取6个校准点。以测量范围（0～60）mm为例，校准点为：60mm、48mm、36mm、24mm、12mm、0mm。

2.3示值误差校准

（1）称重式水面蒸发器（以蒸发皿内径20cm，测量范围（0～30）mm，水温20℃为例）

校准前首先将940g砝码（29.97mm等值水位）放入蒸发皿中，从采集器上记录蒸发零位值，然后将砝码依次替换为753g（24.01mm等值水位）、564g（17.98mm等值水位）、376g（11.99 mm等值水位）、188g（5.99 mm等值水位）、0g（0mm等值水位），依次读取采集器示值和砝码重量，重复以上步骤6次。所需砝码种类和个数参考表1。

表1 不同校准点水位对应砝码种类及个数

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 校准点值（mm） | 对应重量（g） | 砝码种类（g） | 砝码数量（个） | 小计（g） |
| 29.97 | 940 | 500 | 1 | 500 |
| 100 | 4 | 400 |
| 20 | 2 | 40 |
| 24.01 | 753 | 500 | 1 | 500 |
| 200 | 1 | 200 |
| 50 | 1 | 50 |
| 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 |
| 17.98 | 564 | 500 | 1 | 500 |
| 50 | 1 | 50 |
| 10 | 1 | 10 |
| 2 | 2 | 4 |
| 11.99 | 376 | 200 | 1 | 200 |
| 100 | 1 | 100 |
| 50 | 1 | 50 |
| 20 | 1 | 20 |
| 5 | 1 | 5 |
| 1 | 1 | 1 |
| 5.99 | 188 | 100 | 1 | 100 |
| 50 | 1 | 50 |
| 20 | 1 | 20 |
| 10 | 1 | 10 |
| 5 | 1 | 5 |
| 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 1 |
| 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

（2）浮子式水面蒸发器

将浮子式水位传感器固定在浮子式蒸发器校准装置上，调节校准装置至60mm高度处。从采集器上记录对应的蒸发零位值。然后分别调整高度至48mm、36mm、24mm、12mm、0mm，依次读取，并重复6次。分别读取蒸发示值，对应标准蒸发值应分别为12mm、12mm、12mm、12mm、12mm。

2.4 示值误差计算

2.4.1称重式蒸发器

按公式(1)计算各校准点间对应的标准蒸发值，以蒸发皿内径20cm，测量范围（0～30）mm，水温20℃为例，标准蒸发值分别为5.96mm、6.03mm、5.99mm、5.99mm、5.99mm。

（1）

式中：

—标准蒸发值，mm；

—上一校准点的砝码总重量，g；

—当前校准点的砝码总重量，g；

—用游标卡尺量取的蒸发皿内径，cm；

—水的密度，通过测量水温查表获得，g/cm³。

按公式(2)计算各校准点间的示值误差。

（2）

式中：

*—*仪器测值平均值，mm。

2.4.2浮子式蒸发器

以测量范围（0～60）mm为例，按公式(3)计算各校准点的示值误差。

（3）

式中：

—仪器测值平均值，mm；

—12mm。

2.5重复性

每个校准点示值平均值的重复性按公式（4）计算:

（4）

式中：—被校仪器在第*j*次校准时的显示蒸发值，mm；

*j*=1,2,3…；

—校准次数。

# 三、校准结果及不确定度计算

（一）校准方法概述

1.称重式蒸发器

将标准砝码在前一校准点和当前校准点间组成的砝码总质量的差值，转换为水面蒸发器水位的变化值，作为标准值与被校仪器示值进行比较，计算两者之间的绝对误差。

2.浮子式水面蒸发器

将校准装置在上一校准点与当前校准点等值水位的差值作为标准值，与被校仪器示值进行比较，计算两者之间的绝对误差。

（二）测量模型

1.称重式水面蒸发器

按公式(5)计算各校准点间对应的标准蒸发值，以蒸发皿内径20cm，测量范围（0～30）mm，水温20℃为例，标准蒸发值分别为5.96mm、6.03mm、5.99mm、5.99mm、5.99mm。

（5）

式中：

—标准蒸发值，mm；

—上一校准点的砝码总重量，g；

—当前校准点的砝码总重量，g；

—用游标卡尺量取的蒸发皿内径，cm；

—水的密度，通过测量水温查表获得，g/cm³。

按公式(6)计算各校准点间的示值误差。

（6）

式中：

*—*仪器测值平均值，mm。

不确定度传播律公式为：

(7)

(8)

式中：——示值误差的合成标准不确定度，mm；

——水面蒸发器示值引入的不确定度，mm；

——校准装置引入的不确定度，mm；

——校准装置的相对合成不确定度，%；

*——*标准砝码最大允许误差引入的相对不确定度，%；

*——*游标卡尺最大允差引入的相对不确定度，%；

、、、——灵敏系数；

、=1；

=-1；

=-2。

2.浮子式水面蒸发器

以测量范围（0～60）mm为例，按公式(9)计算各校准点的示值误差。

（9）

式中：

—仪器测值平均值，mm；

—12mm。

不确定度传播律公式为：

（10）

式中：——示值误差的合成标准不确定度，mm；

——水面蒸发器示值引入的不确定度，mm；

——校准装置引入的不确定度，mm；

、——灵敏系数；

=1；

=-1。

（三）不确定度来源和不确定度分量评定

1.称重式水面蒸发器（以蒸发皿内径20cm，水温20℃，24.01mm校准点为例）

1.1标准砝码最大允许误差引入的不确定度

依据M2等级砝码的检定证书可知，940g砝码允差引入的不确定度分量=91.26㎎，753g砝码允差引入的不确定度分量=86.17㎎，合成不确定度=0.12551g。由砝码最大允差引入的相对不确定度==0.07%；

1.2游标卡尺最大允差引入的相对不确定度

用游标卡尺量取被校水面蒸发器的蒸发皿实际内径，内径的最佳估计值为200mm，根据游标卡尺的检定证书可知，其最大允差为±0.04mm，*k*=2，由游标卡尺最大允差引入的相对不确定度==0.01%；

1.3相对合成不确定度

蒸发器在24.01mm校准点的蒸发量最佳估计值为5.96mm，=0.07%，换算成合成标准不确定度=0.004172mm；

1.4蒸发器重复性引入的标准不确定度

在同一时间段内，在24.01㎜校准点对蒸发器连续进行6次校准，校准结果分别为5.97mm、5.96mm、5.96mm、5.97mm、5.96mm、5.96mm，平均值为5.96mm，由贝塞尔公式求得单次校准值的实验标准偏差为0.0051640mm，则由重复性引入的标准不确定度=  =0.0021082mm；

1.5蒸发器分辨力引入的标准不确定度

蒸发器分辨力为0.1mm，区间半宽为0.05mm，设为均匀分布，取*k*=， 则==0.02887mm。

2.浮子式水面蒸发器（以48mm校准点为例）

2.1校准装置的最大允差引入的不确定度

由校准装置的检定证书可知，其最大允许误差为±0.09mm，*k*=2，则0.045mm；

2.2蒸发器重复性引入的标准不确定度

在同一时间段内，在48㎜校准点对蒸发器连续进行6次校准，校准结果分别为12.01mm、12.02mm、12.02mm、11.99mm、11.98mm、12.02mm，平均值为12.01mm，由贝塞尔公式求得单次校准值的实验标准偏差为0.01751mm，则由重复性引入的标准不确定度= =0.007148mm；

2.3蒸发器分辨力引入的标准不确定度

蒸发器分辨力为 0.1mm，区间半宽为 0.05mm，设为均匀分布，取k=，则 ==0.02887mm。

（四）输入量的标准不确定度汇总表

称重式水面蒸发器

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度 | 不确定度来源 | 标准不确定度 |  |  |
|  | 蒸发器重复性引入的标准不确定度 | 0.0021082mm | 1 | 0.0021082mm |
|  | 蒸发器分辨力引入的标准不确定度 | 0.02887mm | 1 | 0.02887mm |
|  | 校准装置引入的不确定度 | 0.004172mm | -1 | 0.004172mm |
| 相对标准不确定度 | 不确定度来源 | 相对标准  不确定度 |  |  |
|  | 标准砝码最大允许误差引入的相对不确定度 | 0.07% | 1 | 0.07% |
|  | 游标卡尺最大允许误差引入的相对不确定度 | 0.01% | -2 | 0.02% |

浮子式水面蒸发器

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 标准不确定度 | 不确定度来源 | 标准不确定度 |  |  |
|  | 蒸发器重复性引入的标准不确定度 | 0.007148mm | 1 | 0.007148mm |
|  | 蒸发器分辨力引入的标准不确定度 | 0.02887mm | 1 | 0.02887mm |
|  | 校准装置最大允许误差引入的不确定度 | 0.045mm | -1 | 0.045mm |

（五）合成标准不确定度

1.称重式水面蒸发器

24.01mm校准点对应的标准蒸发值为5.96mm，蒸发器分辨力和重复性引入的不确定度的较大值为0.02887mm，由不确定度传播律可知，称重式水面蒸发器合成标准不确定度为：

==0.029170mm；

2.浮子式水面蒸发器

48mm校准点对应的标准蒸发值为12mm，蒸发器重复性和分辨力引入的不确定度较大值为0.02887mm，由不确定度传播律可知，浮子式水面蒸发器合成标准不确定度：

==0.05436mm。

（六）扩展不确定度

取扩展因子 *k*=2，分别计算各自的扩展不确定度。

1.称重式水面蒸发器

在24.01mm校准点，扩展不确定度=0.06mm，*k*=2；

2.浮子式水面蒸发器

在48mm校准点，扩展不确定度=0.11mm，*k*=2。