

中华人民共和国国家计量技术规范

JJF xxxx—xxxx

**自动气象站蒸发传感器校准规范**

Calibration Specification for Evaporation Sensor of Automatic Weather Station

**xxxx-xx-xx发布 xxxx-xx-xx实施**

国家市场监督管理总局 **发布**

自动气象站蒸发传感器校准规范

**Calibration Specification for Evaporation Sensor of Automatic Weather Station**



归口单位**：**全国气象专用计量器具计量技术委员会

 起草单位：贵州省大气探测技术与保障中心

中国气象局气象探测中心

吉林省气象探测保障中心

本规范委托全国气象专用计量器具计量技术委员会负责解释

本规范主要起草人：

　　　　冷 宇（贵州省大气探测技术与保障中心）

张沪生（贵州省大气探测技术与保障中心）

王 强（贵州省大气探测技术与保障中心）

崇 伟（中国气象局气象探测中心）

参加起草人：

李松奎（中国气象局气象探测中心）

杨 震（贵州省大气探测技术与保障中心）

王 旭（吉林省气象探测保障中心）

目 录

[引 言 II](#_Toc165906556)

[1 范围 3](#_Toc165906557)

[2 引用文件 3](#_Toc165906558)

[3 术语和计量单位 3](#_Toc165906559)

[3.1 术语 3](#_Toc165906560)

[3.2 计量单位 3](#_Toc165906561)

[4 概述 3](#_Toc165906562)

[4.1 原理 3](#_Toc165906563)

[4.2 结构 3](#_Toc165906564)

[4.3 用途 4](#_Toc165906565)

[5 计量特性 4](#_Toc165906566)

[5.1 输出信号阈值 4](#_Toc165906567)

[5.2 重复性 4](#_Toc165906568)

[5.3 转换系数 4](#_Toc165906569)

[5.4 示值误差 4](#_Toc165906570)

[6 校准条件 4](#_Toc165906571)

[6.1 环境条件 4](#_Toc165906572)

[6.2 测量标准及其他设备 5](#_Toc165906573)

[7 校准项目和校准方法 5](#_Toc165906574)

[7.1 校准项目 5](#_Toc165906575)

[7.2 校准方法 5](#_Toc165906576)

[8 校准结果 8](#_Toc165906577)

[9 复校时间间隔 8](#_Toc165906578)

[附录A 10](#_Toc165906579)

[附录B 13](#_Toc165906580)

[附录C 14](#_Toc165906581)

# 引 言

本规范依据JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》给出的规则和格式编制。测量不确定度依据JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》给出的规则进行评定。

本规范为首次制定。

**自动气象站蒸发传感器校准规范**

# 1 范围

本规范适用于测量范围为(0～100)mm的自动气象站蒸发传感器的校准。

# 2 引用文件

本规范引用下列文件：

GB/T 35230-2017 地面气象观测规范 蒸发

# 3 术语和计量单位

## 3.1 术语

GB/T 35230-2017界定的及以下列术语和定义适用于本规范。

3.1.1 蒸发量 evaporation amount

在一定时段内，一定容量的水由液态或固态变为汽态的量。

## 3.2 计量单位

自动气象站蒸发传感器使用的计量单位为毫米，符号为mm。

# 4 概述

## 4.1 原理

自动气象站蒸发传感器基于超声波测距原理测量水面高度，超声波发生器发射超声波，超声波接触水面后经反射并被接收器接收，通过测量超声波发射和接收的时间差，计算出超声波的传播距离，从而得到蒸发器内水面与传感器探头之间的相对高度，利用对水面进行两次测量的测量结果计算出水面相对高度的变化量，就得到相应时段内蒸发量的测得值。

## 4.2 结构

蒸发传感器主要由超声波发生器、接收器和不锈钢测量筒等组成，结构如图1所示。

蒸发传感器应有清晰的型号、编号等标识。外型结构应完好，表面不应有明显的凹迹、外伤、裂缝、变形以及涂层不应起泡、龟裂和脱落等现象；内部应清洁无异物。

直流稳压电源

数字多用表

1

2

4

3

标引序号说明：1 超声波发生器；

 2 上水位线；

 3 不锈钢测量筒；

4 下水位线。

图1 自动气象站蒸发传感器结构示意图

## 4.3 用途

蒸发传感器主要用于气象、水利、农业、环境等需要对蒸发器内水体的蒸发量进行测量的领域。

# 5 计量特性

## 5.1 输出信号阈值

输出信号阈值是蒸发传感器输出有效信号的范围，蒸发传感器的输出信号应大于输出信号下阈值，小于输出信号上阈值。

## 5.2 重复性

重复性是指在重复性测量条件下，对同一被测量进行连续多次重复测量所得结果之间的一致性。用测量列的单次测量值的样本标准偏差表示。

## 5.3 转换系数

转换系数是将输出信号转换成对应蒸发量的比例系数。

## 5.4 示值误差

示值误差以蒸发传感器测定的蒸发量的示值与相应标准模块的标称值（标准值）之差来表示。

# 6 校准条件

## 6.1 环境条件

环境温度：（15～30）℃；

环境湿度：不大于80 %RH。

操作平台应平整、稳固并具有一定的防震、隔震效果。

## 6.2 测量标准及其他设备

6.2.1 标准模块

测量范围：零位标准模块、10 mm标准模块、20 mm标准模块、40 mm标准模块、60 mm标准模块、80 mm标准模块、100 mm标准模块

最大允许误差:±0.04 mm

6.2.2 数字多用表

直流电压测量范围应覆盖（0.0～10.0）V ，直流电流测量范围应覆盖（4～20）mA。

最大允许误差:±0.005%（直流电压），±0.05%（直流电流）

# 7 校准项目和校准方法

## 7.1 校准项目

校准项目包括输出信号阈值、转换系数、重复性、示值误差。

## 7.2 校准方法

7.2.1 校准前准备

蒸发传感器在进行校准前应用目力进行外观检查，查看是否符合4.2的相关要求，符合要求后将蒸发传感器的信号输出端与采集器的电流（电压）输入端连接牢靠，接通蒸发传感器和采集器的电源，预热至少15min后再开始校准。

以下校准过程的记录格式见附录B。

7.2.2 输出信号阈值校准

7.2.2.1 通则

 输出信号阈值用于判别蒸发传感器输出信号的有效性，在对蒸发传感器进行校准的过程中，输出信号在变化过程中应都处于输出信号阈值范围内，如果在将超声波发生器放回至原位的过程中，其输出信号在某时刻后保持在上或下阈值不变时，那么此时输出信号就是无效的，不能用于相应蒸发量的计算。

7.2.2.2 输出信号上阈值校准

取下超声波发生器，将零位标准模块放入不锈钢测量筒内，调节不锈钢测量筒至水平，缓慢将超声波发生器放回至原位，期间查看蒸发传感器输出信号的变化情况，输出信号值应在其标称输出范围的上限附近保持稳定不变，读取并记录此时输出信号的上阈值。

7.2.2.3 输出信号下阈值校准

将零位标准模块与总标称值适当大于100 mm的模块组（例如10 mm标准模块与100 mm标准模块组成的模块组、40 mm标准模块与80 mm标准模块组成的模块组等）放入不锈钢测量筒内，调节不锈钢测量筒至水平，然后缓慢将超声波发生器放回至原位，期间查看蒸发传感器输出信号的变化情况，输出信号值应先是逐渐变小，然后继续往下放置超声波发生器一段距离直至其内缘与不锈钢测量筒上切口完全贴合，输出信号在其标称输出范围的下限附近保持稳定不变，读取并记录此时输出信号的下阈值。

7.2.3 转换系数校准

7.2.3.1 蒸发传感器转换系数校准的操作步骤如下：

a） 取下超声波发生器，取出不锈钢测量筒内的所有标准模块；

b） 将零位标准模块与10 mm标准模块依次放入不锈钢测量筒内，调节不锈钢测量筒至水平，然后缓慢将超声波发生器放回至原位，期间查看蒸发传感器输出信号的变化情况，在超声波发生器内缘与不锈钢测量筒上切口贴合前的一小段距离内，输出信号应有变小的趋势，待超声波发生器内缘与不锈钢测量筒上切口完全贴合时，输出信号值趋于稳定不变，读取并记录此时输出信号的测得值。

c） 取下超声波发生器，再向不锈钢测量筒内放入80 mm标准模块，调节不锈钢测量筒至水平，然后将超声波发生器放回至原位，待蒸发传感器的输出信号值趋于稳定后，读取并记录此时输出信号的测得值。

7.2.3.2 转换系数的计算

蒸发传感器的转换系数按公式（1）进行计算：

 （1）

式中：

 标准模块的厚度，取80 mm。

计算得到转换系数后，便可通过蒸发传感器输出信号在一定时段内的变化量计算出该时段内的蒸发量，具体按公式（2）计算：

 （2）

式中：

 时间间隔内蒸发传感器测得的蒸发量的示值，mm；

 经过时间间隔后蒸发传感器输出信号的测得值；

 测量开始时蒸发传感器输出信号的测得值。

7.2.4 重复性校准

7.2.4.1 操作步骤

蒸发传感器重复性校准的操作步骤如下：

a） 取下超声波发生器，取出不锈钢测量筒内所有的标准模块；

b） 将零位标准模块与10 mm标准模块依次放入不锈钢测量筒内，调节不锈钢测量筒至水平，然后将超声波发生器放回至原位，待蒸发传感器的输出信号趋于稳定后，读取并记录此时输出信号的测得值；

c） 取下超声波发生器，将20 mm标准模块放入不锈钢测量筒内，调节不锈钢测量筒至水平，然后将超声波发生器放回至原位，待蒸发传感器的输出信号趋于稳定后，读取并记录此时输出信号的测得值；

d） 重复步骤a）到c）10次。

7.2.4.2 重复性计算

蒸发传感器重复性采用7.2.4.1中所得的10组输出信号测得值按公式（2）转换成mm后的系列值的实验标准偏差来表示。具体按公式（3）计算：

 （3）

式中：

 10次测得值的平均值，mm；

 测量次数，取10。

7.2.5 示值误差校准

7.2.5.1 校准点

蒸发传感器示值误差校准点为：20 mm、40 mm、60 mm、80 mm。

7.2.5.2 操作步骤

蒸发传感器示值误差校准的操作步骤如下：

a） 取下超声波发生器，取出不锈钢测量筒内所有的标准模块；

b） 将零位标准模块与10 mm标准模块依次放入不锈钢测量筒内，调节不锈钢测量筒至水平，然后将超声波发生器放回至原位，待蒸发传感器的输出信号趋于稳定后，读取并记录此时输出信号的测得值；

c） 取下超声波发生器，将对应校准点的标准模块放入不锈钢测量筒内，然后将超声波发生器放回至原位，待蒸发传感器的输出信号趋于稳定后，读取并记录此时输出信号的测得值；

d） 在各校准点上按a）到c）执行。

7.2.5.3 示值误差计算

蒸发传感器在各校准点的示值误差按公式（4）计算：

 （4）

式中：

 示值误差，mm；

 标准模块的标准值，mm。

# 8 校准结果

经校准的蒸发传感器，应根据实际校准数据出具校准证书（证书格式见附录B）。

# 9 复校时间间隔

复校时间间隔一般不超过2年。

由于复校时间间隔的长短是由仪器的使用情况、使用者、仪器本身质量等诸多因素所决定的，因此，使用单位可根据实际使用情况自主决定复校时间间隔。

附录A

校准结果的测量不确定度评定示例

1 校准结果的测量不确定度来源的分析

根据对自动气象站蒸发传感器进行校准时的校准条件及校准方法，校准结果中测量不确定度的来源主要包括：

a）校准结果的重复性引入的不确定度；

b）标准模块引入的不确定度。

2 校准结果的测量模型的建立

自动气象站蒸发传感器基于超声波测距原理测量水面高度，利用对水面进行两次测量的测量结果计算出水面相对高度的变化量，就得到相应时段内蒸发量的测得值。自动气象站蒸发传感器并不能直接输出对应蒸发量的输出信号，而是通过在测量时段起始时刻其输出信号的变化量乘以转换系数得到该时段内的蒸发量的测得值。

在对自动气象站蒸发传感器进行校准时，利用放入标准模块来产生高度变化，从而计算出蒸发传感器相应的测量值，该测量值减标准模块的厚度值便是蒸发传感器在相应校准点上的示值误差。具体按公式（A.1）表示。

 （A.1）

式中：

 示值误差，mm；

 自动气象站蒸发传感器的示值，mm；

 标准模块的标准值，mm。

3 测量模型中各输入量的标准不确定度的评定

3.1 校准结果的重复性引入的标准不确定度

自动气象站蒸发传感器重复性校准数据见表1。

表1 自动气象站蒸发传感器校准结果的重复性数据

|  |  |
| --- | --- |
| 序号 | 校准点 |
| 20 mm | 40 mm | 60 mm | 80 mm |
| 1 | 20.19  | 40.60  | 60.22  | 80.09  |
| 2 | 20.32  | 40.43  | 60.26  | 79.90  |
| 3 | 20.27  | 40.42  | 60.13  | 79.87  |
| 4 | 20.31  | 40.44  | 60.06  | 79.88  |
| 5 | 20.28  | 40.45  | 60.08  | 79.90  |
| 6 | 20.32  | 40.47  | 60.13  | 79.92  |
| 7 | 20.27  | 40.44  | 59.93  | 79.81  |
| 8 | 20.28  | 40.42  | 59.95  | 79.78  |
| 9 | 20.23  | 40.47  | 59.92  | 79.82  |
| 10 | 20.23  | 40.41  | 59.92  | 79.91  |
| 平均值 | 20.27 | 40.45 | 60.06 | 79.89 |
| 实验标准差 | 0.04 | 0.05 | 0.13 | 0.09 |

根据表1，选取重复性大的校准点的重复性作为整个校准过程的重复性，所以，自动气象站蒸发传感器校准结果的重复性引入的标准不确定度计算如下：

 mm

3.2 标准模块引入的不确定度

标准模块引入的不确定度采用不确定度B类评定方法。具体评定过程如下：

标准模块送上级计量技术机构检定合格，标准模块的最大允许误差为±0.04 mm，那么标准模块引入的不确定度按计算如下：

 mm。

4 校准结果的合成标准不确定度的计算

自动气象站蒸发传感器校准结果中各不确定度分量见表2。

表2 自动气象站蒸发传感器校准结果不确定度分量表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **不确定度来源** | **不确定度分量** | **的值** |
| 重复性 |  | 0.13 mm |
| 标准模块 |  | 0.02 mm |

由于测量模型中各输入量独立不相关，故合成标准不确定度按公式（A.3）计算：

 （A.3）

合成标准不确定计算如下：

 mm

5 校准结果的扩展不确定度的确定

扩展不确定度由合成标准不确定度乘包含因子得到，按公式（A.4）计算：

 （A.4）

取=2， mm。

所以，自动气象站蒸发传感器校准结果的扩展不确定度为：

 mm （）

附录B

蒸发传感器校准记录推荐格式

|  |  |
| --- | --- |
| **客户信息** | **被检信息** |
| 客户名称 |  | 名 称 |  |
| 客户地址 |  | 型号/规格 |  |
| 联系方式 |  | 出厂编号 |  |
| 备 注 |  | 制造单位 |  |
| **计量（基）标准信息** |
| 计量（基）标准名称 | 测量范围 | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 | 计量基准证书/计量标准考核证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |
| **校准环境** | 温度： ℃，湿度： %RH |
| **校准地点** |  |
| **外观检查** |  |
| **校准数据** |
| 输出信号阈值 | = | =  |
| 转换系数 | = | = | = |
| 重复性 | 序号 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 蒸发示值 |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| 示值误差 | 校准点（mm） | 20 | 40 | 60 | 80 |
| 标准值（mm） |  |  |  |  |
| （mA/V） |  |  |  |  |
| （mA/V） |  |  |  |  |
| 换算后示值（mm） |  |  |  |  |
| 示值误差（mm） |  |  |  |  |
| 扩展不确定度（mm） |  |  |  |  |
| **备 注** |  |

证书编号： 记录编号： 第1页 共1页

校准人员： 核验人员： 校准日期：

# 附录C

校准证书格式式样

**（校准机构名称）**

**校 准 证 书**

证书编号：

|  |  |
| --- | --- |
| 客 户 名 称 |  |
| 客 户 地 址 |  |
| 器 具 名 称 |  |
| 型 号/规 格 |  |
| 出 厂 编 号 |  |
| 制 造 单 位 |  |
| 接 收 日 期 |  |
| 校 准 日 期 |  |

批准人：

（校准机构校准专用章） 核验员：

校准员：

地址：(计量检定/校准机构地址） 邮编：(计量检定/校准机构邮政编码）

电话：(计量检定/校准机构联系电话） 传真：(计量检定/校准机构传真号）

网址：(计量检定/校准机构官网网址) 电子邮箱：(计量检定/校准机构电子邮箱）

第1页 共3页

**（校准机构名称）**

证书编号：

|  |  |
| --- | --- |
| 检定/校准机构说明 |  |
| 校准所依据/参照的技术文件 |  |
| 校准地点及环境条件 | 地 点 |  |
| 环境条件 | 温度： ℃ 湿度： %RH |
| 校准使用的计量基（标）准装置 |
| 名 称 | 测量范围 | 不确定度或准确度等级或最大允许误差 | 计量基（标）准证书编号 | 有效期至 |
|  |  |  |  |  |

第2页 共3页

**（校准机构名称）**

证书编号：

**校 准 结 果**

|  |  |
| --- | --- |
| 一、外观检查 |  |
| 二、输出信号阈值 |  |
| 三、转换系数 |  |
| 四、重复性 |  |
| 五、示值误差（单位：mm） |
| 校准点 | 标准值 | 被校示值 | 示值误差 | 示值误差的扩展不确定度 |
| 20 |  |  |  |  |
| 40 |  |  |  |  |
| 60 |  |  |  |  |
| 80 |  |  |  |  |
| 六、说明 |  |
| 七、声明 | 1.本机构仅对加盖“×××校准专用章”的完整证书负责。2.本证书的校准结果仅对本次所校准计量器具有效。 |

以下空白

第3页 共3页