

# JJF

中华人民共和国民用航空部门计量技术规范

JJF (民航) 0113—2024

## 民用航空自动气象观测系统雨量传感器 校准规范

Calibration specifications for precipitation sensors of civil aviation  
automatic weather observation system

2024-06-28 发布

2024-07-01 实施

中国民用航空局 发布

# 民用航空自动气象观测系统 雨量传感器校准规范

JJF(民航) 0113-2024

## Calibration specifications for precipitation sensors of civil aviation automatic weather observation system

本规范经中国民用航空局2024年06月28日批准，并自2024年07月01日起施行。

归口单位：中国民用航空局航空器适航审定司

主要起草单位：中国民用航空总局第二研究所

中国民航科学技术研究院

中国民用航空三亚空中交通管理站

参加起草单位：中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所

临汾民航机场有限公司

云南腾冲驼峰机场开发管理有限公司

鄂尔多斯伊金霍洛国际机场有限公司

甘肃省民航机场集团有限公司

本规范技术条文由起草单位负责解释。

**本规范主要起草人：**

叶家全（中国民用航空总局第二研究所）

张阿里布米（中国民航科学技术研究院）

孙祥秀（中国民用航空三亚空中交通管理站）

**参加起草人：**

何 清（中国气象局乌鲁木齐沙漠气象研究所）

邹 杰（中国民用航空总局第二研究所）

彭笑非（中国民用航空总局第二研究所）

董晋阳（临汾民航机场有限公司）

刘翔卿（云南腾冲驼峰机场开发管理有限公司）

李兴宇（鄂尔多斯伊金霍洛国际机场有限公司）

胡 浩（中国民用航空总局第二研究所）

孙伟中（中国民用航空总局第二研究所）

杨含雪（中国民用航空总局第二研究所）

刘星辉（中国民用航空总局第二研究所）

鄢丹青（中国民用航空总局第二研究所）

张 也（中国民用航空总局第二研究所）

马晓军（甘肃省民航机场集团有限公司）

## 目次

引言 .....	(II)
1 范围 .....	(1)
2 引用文件 .....	(1)
3 概述 .....	(1)
3.1 单翻斗雨量传感器 .....	(1)
3.2 双翻斗雨量传感器 .....	(2)
4 计量特性 .....	(2)
4.1 雨量 .....	(2)
5 校准条件 .....	(3)
5.1 环境条件 .....	(3)
5.2 校准用测量标准及配套设备 .....	(3)
6 校准项目和校准方法 .....	(3)
6.1 校准项目 .....	(3)
6.2 校准方法 .....	(3)
7 校准结果表达 .....	(4)
8 复校时间间隔 .....	(5)
附录 A .....	(6)
附录 B .....	(7)
附录 C .....	(9)

## 引言

本规范以 JJF 1001-2011《通用计量术语及定义》、JJF 1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》和 JJF 1071-2010《国家计量校准规范编写规则》共同构成支撑本规范制定工作的基础性系列规范。

本规范为首次发布。

# 民用航空自动气象观测雨量传感器校准规范

## 1 范围

本规范适用于民用航空自动气象观测系统单、双翻斗雨量传感器校准。

## 2 引用文件

本规范引用下列文件：

JJG(气象)005-2015 自动气象站翻斗式雨量传感器检定规程

AP-117-TM-2018-03R1 民用航空自动气象观测系统技术规范

AP-117-TM-2018-03R1 民用航空自动气象观测系统技术规范

凡是注日期的引用文件，仅所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

翻斗式雨量传感器是用来连续采集液体雨量的传感器，分为单翻斗与双翻斗两种类型，主要由漏斗、翻斗等部分和信号产生输出部分组成。

### 3.1 单翻斗雨量传感器

单翻斗雨量传感器主要由承水器、过滤漏斗、翻斗、干簧管和底座等组成。单翻斗雨量传感器结构如图 1 所示。

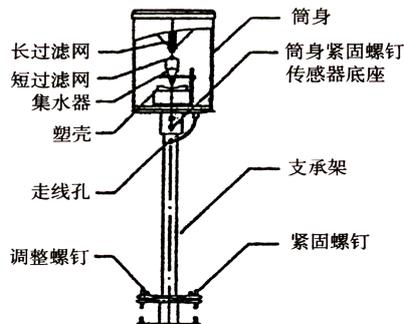


图 1 单翻斗雨量传感器结构图

### 3.2 双翻斗雨量传感器

双翻斗雨量传感器主要由承水器、上翻斗、汇集漏斗、计量翻斗和干簧管等组成。双翻斗雨量传感器结构如图 2 所示。

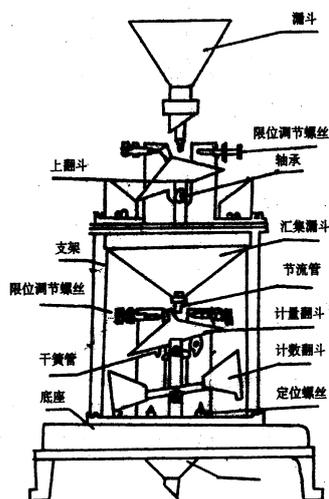


图 2 双翻斗雨量传感器结构图

## 4 计量特性

### 4.1 雨量

雨量值：7.9mm，10.0mm，23.7mm，30.0mm；  
最大允许误差（见表 1）。

表1 最大允许误差

准确度等级	2 级	4 级
最大允许误差	±0.4mm（雨量小于等于 5mm 时）	±0.4mm（雨量小于等于 10mm 时）
	±2%（雨量大于 5mm 时）	±4%（雨量大于 10mm 时）

## 5 校准条件

### 5.1 环境条件

温度：(20~30)℃；

相对湿度：≤85%RH。

### 5.2 校准用测量标准及配套设备

#### 5.2.1 雨量标准球

测量范围：314.16ml、942.48ml（可选）；

最大允许误差：±1.57ml。

#### 5.2.2 其他设备（全自动雨量检验仪）

流量控制范围：50mL~1000mL；

流速控制范围：0.4mm/min~5mm/min。

## 6 校准项目和校准方法

### 6.1 校准项目

示值误差。

### 6.2 校准方法

#### 6.2.1 校准前准备

将全自动雨量检验仪和被校雨量传感器连接，全自动雨量检验仪的出水管路悬置于被校雨量传感器承水口上方，根据被校传感器承水口面积，设置雨量和雨量强度。

#### 6.2.2 雨量校准点的选择

- a) 雨量强度为 1mm/min 时，雨量校准点为 7.9mm 和 10.0mm；
- b) 雨量强度为 4mm/min 时，雨量校准点为 23.7mm 和 30.0mm；
- c) 可根据特殊需求适当增加校准点。

### 6.2.3 示值误差校准

按雨量校准点选取雨量标准球,全自动雨量检验仪设定雨量强度,在雨量标准球出液完成后读取全自动雨量检验仪的输出值,重复以上操作,至所有校准点校准结束,记录至《雨量传感器校准记录表》中。《雨量传感器校准记录表》参见附录 A。

### 6.2.4 示值误差计算

根据雨量传感器承水口面积选取标准值。被校雨量传感器的 3 次读数值的平均值,作为被校雨量传感器示值的平均值。示值误差计算公式见式(1):

$$\Delta R = \bar{R} - R \quad (1)$$

式中:

$\Delta R$ —测量误差, mm;

$\bar{R}$ —3 次测量值的平均值, mm;

$R$ —标准值, mm。

## 7 校准结果表达

校准证书应包括以下信息(参见附录 B):

- a) 标题:“校准证书”;
- b) 实验室名称和地址;
- c) 校准的地点;
- d) 校准证书的唯一性标识(如编号),每页及总页数的标识;
- e) 委托方名称和地址;
- f) 被校对象的描述及明确标识;
- g) 校准单位校准专用章;
- h) 校准日期;
- i) 校准所依据的技术规范名称及代号;
- 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（见附录 C）；
- m) 复校时间间隔的建议；
- n) “校准证书”的签发人的签名或等效标识；
- o) 校准结果仅对被校对象有效性的声明；
- p) 未经实验室书面批准，部分复制证书或报告的声明。

## 8 复校时间间隔

复校时间间隔由送校单位根据使用情况自行决定。建议为 1 年。但有以下情况之一时须提前送校：

- a) 民用航空自动气象观测系统雨量传感器经过维修或调整后；
- b) 当发现雨量测量值异常时。

## 附录 A

## 雨量传感器校准记录表

校准记录流水号：

第 页 共 页

校准环境		环境条件		校准开始	校准结束	平均值
		温度 (°C)				
		相对湿度 (%RH)				
标准器			被校雨量传感器			
标准器名称：			送校单位：			
型号/规格：			传感器名称：			
生产厂家：			型号/规格：			
出厂编号：			生产单位：		出厂编号：	
准确度等级/最大允差：			准确度等级/最大允差：			
降水量 (mm)	雨量强度 (mm/min)	标准值 (mm)	示值 (mm)		示值误差 (mm)	
		平均值				
		平均值				
		平均值				
校准依据						

校准人：

复核人：

校准日期： 年 月 日

## 附录 B

## 校准证书内页格式

## B.1 校准证书第2页

证书编号: ×××××-××××

校准机构说明				
校准所依据/参照的技术文件(代号、名称)				
校准环境条件及地点:				
温 度:	℃	地 点:		
相对湿度:	%RH	其 他:		
校准使用的计量基(标)准装置(含标准物质)/主要仪器				
名称	测量范围	不确定度/ 准确度等级	证书编号	有效期至

## B.2 校准证书结果页

证书编号: ×××××-××××

校 准 结 果				
序号	标准值 (mm)	测量值 (mm)	示值误差 (mm)	不确定度 ( $k=2$ ) (mm)
1				
2				
...				

其它说明:

## 附录 C

## 测量不确定度分析示例

## C.1 测量模型

以降雨量为单位 mm 其测量模型可表示为：

$$\Delta R = R_m - R_a \quad (\text{C.1})$$

式中：

$\Delta R$ —被校雨量传感器的测量误差；

$R_m$ —被校雨量传感器示值；

$R_a$ —雨量标准器示值。

## C.2 10mm雨量不确定度评定

被校雨量传感器的标准不确定度主要来源有：

示值重复性引入的标准不确定度  $u(R_{m1})$ ；

雨量传感器分辨力引入的标准不确定度  $u(R_{m2})$ ；

雨量采集器的分辨力引入的标准不确定度  $u(R_{m3})$ 。

C.2.1  $u(R_{m1})$ 的评定

$u(R_{m1})$ 可根据测量不确定度的 A 类评定方法计算得到，由贝塞尔公式单次测量结果的标准不确定度表示为：

$$u(R_{m1}) = s(R_m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{mi} - \bar{R}_m)^2}{n-1}} \quad (\text{C.2})$$

式中：

$s(R_m)$ —实验标准偏差；

$n$ —测量次数，通常  $n$  不小于 6 次；

$\bar{R}_m$ — $n$  次测量结果的平均值。

$s(R_m)$ 可依据以前同型号传感器的实验标准偏差代替。同时,可选取示值变动较大雨量强度校准点的实验标准偏差代表整个校准点,获取过程中需要大量的实验和足够的经验。校准时在大雨量强度和小雨量强度下各校准3次,因此,3次雨量传感器测量结果的标准不确定度可表示为:

$$u(R_{m1}) = \frac{s(R_m)}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.3})$$

### C.2.2 $u(R_{m2})$ 的评定

雨量传感器的分辨力为0.1mm,当校准结束后,通常会在翻斗内残留小于0.1mm降雨量的水,从而给校准结果引入不确定度分量。在 $\pm 0.1/2$ 的区间服从均匀分布,其分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(R_{m2}) = 0.1/2\sqrt{3} = 0.03 \text{ mm}$$

### C.2.3 $u(R_{m3})$ 的评定

雨量采集器为数显仪表,数显装置的分辨力为0.1,代表0.1mm的降雨量。在 $\pm 0.1/2$ 的区间内服从均匀分布,其分辨力引入的标准不确定度为:

$$u(R_{m3}) = 0.1/2\sqrt{3} = 0.03 \text{ mm}$$

由上述可得,被校传感器的标准不确定度 $u(R_m)$ 表示为:

$$u(R_m) = \sqrt{u^2(R_{m1}) + u^2(R_{m2}) + u^2(R_{m3})} \quad (\text{C.4})$$

### C.2.4 雨量标准器的标准不确定度

标准器示值的不准确性引入的标准不确定度 $u(R_a)$ 。 $u(R_a)$ 根据标准玻璃量器校准证书的结果按照相应的分布计算得到。标准玻璃量器校准时以mL为计量单位,为保证单位统一,根据314.16mL总流量对应10mm降雨量的转换关系,将mL转化为mm为单位。对于校准证书给出扩展不确定度U(单位:mL)和包含因子k, $u(R_{a1})$ 可表示为:

$$u(R_a) = \frac{a}{31.416 \times \sqrt{3}} \quad (\text{C.5})$$

### C.2.5 合成标准不确定度评定

由式 (C.4) 和 (C.5) 可得, 雨量传感器合成标准不确定度可表示为:

$$u_c(\Delta R) = \sqrt{u^2(R_m) + u^2(R_a)} \quad (\text{C.6})$$

### C.2.6 扩展不确定度评定

取包含因子  $k=2$ , 雨量传感器示值误差的扩展不确定度可表示为:

$$U = ku_c(\Delta R) \quad (\text{C.7})$$

### C.2.7 十次校准结果

表 1 雨量传感器 10 次校准结果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准器示值	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0
被校传感器示值 $R_{mi}$	9.6	9.7	9.7	9.9	10.0	10.1	9.7	9.6	9.8	10.1

由式 (C.3) 可得:

$$u(R_{m1}) = \frac{s(R_m)}{\sqrt{3}} = 0.10 \text{ (mm)}$$

由式 (C.4) 可得:

$$u(R_m) = \sqrt{u^2(R_{m1}) + u^2(R_{m2}) + u^2(R_{m3})} = 0.11 \text{ (mm)}$$

容积误差在容量允差  $\pm 1.57\text{mL}$  范围内。由式 (C.5) 可得:

$$u(R_a) = \frac{a}{31.416 \times \sqrt{3}} = 0.03 \text{ (mm)}$$

由式 (C.6) 可得:

$$u_c(\Delta R) = \sqrt{u^2(R_m) + u^2(R_a)} = 0.11 \text{ (mm)}$$

### C.2.8 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 由式 (C.7) 得雨量传感器示值误差的扩展不确定度为:

$$U=0.2 \text{ (mm)}$$

### C.3 30mm雨量不确定度评定

#### C.3.1 不确定度评定

被校雨量传感器的标准不确定度主要来源有：

示值重复性引入的标准不确定度  $u(R_{m1})$ ；

雨量传感器分辨力引入的标准不确定度  $u(R_{m2})$ ；

雨量采集器的分辨力引入的标准不确定度  $u(R_{m1})$ 。

#### C.3.2 $u(R_{m1})$ 的评定

$u(R_{m1})$ 可根据测量不确定度的 A 类评定方法计算得到，由贝塞尔公式单次测量结果的标准不确定度表示为：

$$u(R_{m1}) = s(R_m) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{mi} - \bar{R}_m)^2}{n-1}} \quad (\text{C.9})$$

式中：

$s(R_m)$ —实验标准偏差；

$n$ —测量次数，通常  $n$  不小于 6 次；

$s(R_m)$ — $n$  次测量结果的平均值。

$s(R_m)$ —可依据以前同型号传感器的实验标准偏差代替，同时，可选取示值变动较大雨量强度校准点的实验标准偏差代表整个校准点，获取过程中需要大量的实验和足够的经验。校准时在大雨量强度和小雨量强度下各校准 3 次，因此，3 次雨量传感器测量结果的标准不确定度可表示为：

$$u(R_{m1}) = \frac{s(R_m)}{\sqrt{3}} \quad (\text{C.10})$$

#### C.3.3 $u(R_{m2})$ 的评定

雨量传感器的分辨力为 0.1mm，当校准结束后，通常会在翻斗内残留小于

0.1mm 降雨量的水，从而给校准结果引入不确定度分量。在  $\pm 0.1/2$  的区间服从均匀分布，其分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(R_{m2}) = 0.1/2\sqrt{3} = 0.03 \text{ (mm)}$$

#### C.3.4 $u(R_{m3})$ 的评定

雨量采集器为数显仪表，数装置的分辨力为 0.1，代表 0.1mm 的降雨量。在  $\pm 0.1/2$  的区间内服从均匀分布，其分辨力引入的标准不确定度为：

$$u(R_{m3}) = 0.1/2\sqrt{3} = 0.03 \text{ (mm)}$$

由上述可得，被校传感器的标准不确定度  $u(R_m)$  表示为：

$$u(R_m) = \sqrt{u^2(R_{m1}) + u^2(R_{m2}) + u^2(R_{m3})} \quad (\text{C.11})$$

#### C.3.5 雨量标准器的标准不确定度

标准器示值的不准确性引入的标准不确定度  $u(R_a)$ 。 $u(R_a)$  根据标准玻璃量器校准证书的结果按照相应的分布计算得到。标准玻璃量器校准时以 mL 为计量单位，为保证单位统一，根据 314.16mL 总流量对应 10mm 降雨量的转换关系，将 mL 转化为 mm 为单位。对于校准证书给出扩展不确定度  $U$ （单位：mL）和包含因子  $k$ ， $u(R_a)$  可表示为：

$$u(R_a) = \frac{a}{94.248 \times \sqrt{3}} \quad (\text{C.12})$$

#### C.3.6 合成标准不确定度评定

由式 (C.11) 和 (C.12) 可得，雨量传感器合成标准不确定度可表示为：

$$u_c(\Delta R) = \sqrt{u^2(R_m) + u^2(R_a)} \quad (\text{C.13})$$

#### C.3.7 扩展不确定度评定

取包含因子  $k=2$ ，雨量传感器示值误差的扩展不确定度可表示为：

$$U = ku_c(\Delta R) \quad (\text{C.14})$$

## C.3.8 十次校准结果

表C.2 雨量传感器10次校准结果

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
标准器示值	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0	30.0
被校传感器示 值 $R_{mi}$	29.7	29.6	29.7	29.5	30.0	30.2	29.8	29.7	29.6	30.2

由式 (C.10) 可得:

$$u(R_{m1}) = \frac{s(R_m)}{\sqrt{3}} = 0.14 \text{ (mm)}$$

由式 (C.11) 可得:

$$u(R_m) = \sqrt{u^2(R_{m1}) + u^2(R_{m2}) + u^2(R_{m3})} = 0.14 \text{ (mm)}$$

容积误差在容量允差  $\pm 1.57\text{mL}$  范围内。由式 (C.12) 可得:

$$u(R_a) = \frac{a}{94.248 \times \sqrt{3}} = 0.01 \text{ (mm)}$$

由式 (13) 可得:

$$u_c(\Delta R) = \sqrt{u^2(R_m) + u^2(R_a)} = 0.14 \text{ (mm)}$$

## C.3.9 扩展不确定度

取包含因子  $k=2$ , 由式 (C.14) 得雨量传感器示值误差的扩展不确定度为:

$$U=0.3 \text{ (mm)}$$