

河北省地方计量技术规范

JJF(冀) 163 -2019

振弦式读数仪温度参数

Temperature Parameter of Vibrating Wire Readout

2019-12-02 发布


2019-12-31 实施

河北省市场监督管理局 发布

振弦式读数仪温度参数校准规范

Calibration Specification for Temperature

Parameter of Vibrating Wire Readout



JJF(冀) 163—2019

归口单位：河北省市场监督管理局

起草单位：河北省计量监督检测研究院

本规范委托河北省计量监督检测研究院负责解释

本规范主要起草人：

耿荣勤（河北省计量监督检测研究院）

李 杰（河北省计量监督检测研究院）

邢寒雪（河北省计量监督检测研究院）

魏云涛（河北省计量监督检测研究院）

参加起草人：

仇乐新（河北省计量监督检测研究院）

目 录

引言	(II)
1 范围	(1)
2 引用文件	(1)
3 术语和计量单位	(1)
4 概述	(1)
5 计量性能要求	(2)
5.1 电阻示值误差	(2)
5.2 温度示值误差	(2)
5.3 温度-电阻值	(2)
6 通用技术要求	(2)
7 校准条件	(2)
7.1 环境条件	(2)
7.2 标准器	(2)
8 校准方法	(2)
8.1 通用技术要求的检查	(2)
8.2 计量性能的校准	(2)
8.3 数据处理原则	(4)
9 校准结果	(4)
10 复校时间间隔	(5)
附录 A 振弦式读数仪温度参数示值误差校准记录格式	(6)
附录 B 校准证书内页参考格式	(9)
附录 C 振弦式读数仪温度参数示值误差校准不确定度分析示例	(10)

引 言

本规范依据 JJF1071-2010《国家计量校准规范编写规则》、JJF1001-2011《通用计量术语及定义》和 JJF1059.1-2012《测量不确定度评定与表示》的要求进行编写。

本规范为首次发布。

振弦式读数仪温度参数校准规范

1 范围

本规范适用于振弦式读数仪（以下简称振弦仪）温度参数在（-30~85）℃范围的计量性能校准。其它温度测量范围的振弦仪也可参照本规范进行校准。

2 引用文件

本规范引用了下列文件：

GB/T3412.1 《大坝监测仪器 检测仪 第1部分：振弦式仪器检测仪》

JJF1401-2013 《振弦式频率读数仪校准规范》

JJF1664-2017 《温度显示仪校准规范》

JJF1059.1-2012 《测量不确定度评定与表示》

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 术语和计量单位

3.1 术语

3.1.1 负温度系数热敏电阻 negative temperature coefficient thermistor

电阻随温度升高而呈指数降低的热敏电阻。

3.1.2 基值电阻 basis resistance

基值电阻又称标称阻值，是指负温度系数热敏电阻在基准温度为25℃时零功率阻值，因此又被称为电阻值 $R(25^{\circ}\text{C})$ 。

3.2 计量单位

振弦仪使用的法定计量单位为摄氏度（℃）和欧姆（Ω）。

4 概述

振弦仪是振弦式传感器的测量仪表，主要由时基与控制电路、激励信号产生电路、检测电路和显示存储电路等组成，所测量的温度传感器一般是负温度系数热敏电阻，其基值电阻为2kΩ、3kΩ、5kΩ等。

振弦仪主要用于基于振弦原理的传感器和温度传感器的测量，可直接显示频率（或其它量值）和电阻值，也可显示模数（或其它量值）和温度值。

5 计量性能要求

5.1 电阻示值误差

振弦仪电阻示值误差等于电阻显示值减去标准值。

5.2 温度示值误差

振弦仪温度示值误差等于温度显示值减去标准器输出值对应的温度值。

5.3 温度-电阻值

振弦仪温度示值对应的输入电阻值。

注：无法获得被检振弦仪与所配温度传感器的温度与电阻对应关系表的情况下需校准该项目。

6 通用技术要求

6.1 振弦仪的外形结构应完好，无影响正常工作的机械损伤，测试接口、显示、存储、时钟等功能正常。

6.2 振弦仪或说明书中应有温度传感器基值电阻的信息。

7 校准条件

7.1 环境条件

7.1.1 温度：（15~35）℃，相对湿度：不大于 80%。

7.1.2 周围应无强烈振动、强电磁场和其它干扰。

7.2 标准器

直流电阻箱：电阻输出范围（0.1~100000）Ω，准确度等级：优于 0.1 级。

也可选用计量性能满足要求的其它标准器，其扩展不确定度 $U(k=2)$ 不大于被检振弦仪最大允许误差的 1/3。

8 校准方法

8.1 通用技术要求的检查

检查振弦仪的外观并开机检查显示功能，应符合第 6 条的规定。

8.2 计量性能的校准

8.2.1 电阻示值误差校准

8.2.1.1 校准点的选择

在温度测量范围内均匀选取不少于 5 个温度点对应的电阻值，包括上限、下限、和 25℃ 点在内。也可根据用户要求选择校准点。

8.2.1.2 电阻示值误差校准方法

首先正确识别振弦仪专用信号连接线的两个温度连接端子，将振弦仪通过专用信号连接线与电阻箱连接好；开机待振弦仪完成自检后，将其显示模式设置为频率电阻模式。

校准在正反行程进行，将电阻箱输出值设置为校准点下限电阻值，分别记录标准器的输出值和振弦仪的电阻读数，然后开始增大电阻箱输出信号（正行程时），分别输出各校准点对应的电阻值，并读取振弦仪显示的电阻值，直至上限；然后减小电阻箱的输出信号（反行程时），分别输出各校准点对应的电阻值，并读取振弦仪显示的电阻值，直至下限。

取正、反行程读数的平均值计算振弦仪的电阻示值误差，即按式（1）计算电阻示值误差 ΔR 。

$$\Delta R = R_x - R_s \quad (1)$$

式中：

ΔR —— 振弦仪电阻示值误差， Ω ；

R_x —— 振弦仪电阻读数的平均值， Ω ；

R_s —— 电阻箱输出值， Ω 。

8.2.2 温度示值误差校准

8.2.2.1 校准点的选择

在温度测量范围内均匀选取不少于 5 个温度点，包括上限、下限、和 25℃ 点在内。也可根据用户要求选择校准点。

8.2.2.2 选择基值电阻

查看振弦仪或说明书关于温度传感器基值电阻的信息，分以下两种情形：

a) 若基值电阻是固定值，则直接进入第 8.2.2.3 条；

b) 若基值电阻可选，则选定一个基值电阻后进入第 8.2.2.3 条；校准完后选定下一个基值电阻，进入第 8.2.2.3；重复本步骤直至最后一个基值电阻。

8.2.2.3 温度示值误差校准方法

首先正确识别振弦仪专用信号连接线的两个温度连接端子，将振弦仪通过专用信号连接线与电阻箱连接好；开机待振弦仪完成自检后，将其显示模式设置为模数和温度模式。

温度信号的输入值依据相应的热敏电阻的分度表，校准在正反行程进行，首先输入下限温度对应的电阻值，记录振弦仪的温度示值，然后开始减小输入信号（正行程时），依次输入各校准点温度所对应的标称电阻值，并记录振弦仪的温度示值，直至上限；在输入上限温度信号并记录振弦仪的温度示值后增大输入信号（反行程时），依次输入各校准点温度所对应的标称电阻值，并记录振弦仪的温度示值，直至下限。取正、反行程读数的平均值计算振弦仪的温度示值误差，即按式（2）计算温度示值误差 Δt 。

$$\Delta t = t_x - t_s \quad (2)$$

式中：

Δt —— 振弦仪温度示值误差， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_x —— 振弦仪温度示值的平均值， $^{\circ}\text{C}$ ；

t_s —— 标准输出值对应的温度值， $^{\circ}\text{C}$ 。

8.2.3 温度-电阻值

从下限温度点开始，减小电阻箱的输出（正行程时），当振弦仪的温度指示值稳定在被检温度点时记录电阻箱输出信号值，继续减小电阻箱的输出信号，依次记录各校准点温度所对应的电阻值，直至上限；然后增大电阻箱的输出（反行程时），当振弦仪的温度指示值稳定在被检温度点时记录电阻箱输出信号值，继续增大电阻箱的输出信号，依次记录各校准点温度所对应的电阻值，直至下限。

取正、反行程读数的平均值计算振弦仪的指示温度所对应的电阻值。

8.3 数据处理原则

示值误差计算过程中，保留的位数到分辨力的 1/10 即可，测量结果末位与分辨力一致。

不确定度计算过程中，可以保留 2~3 位有效位数，但最终的扩展不确定度只需保留 1~2 位有效数字。

9 校准结果

经校准的振弦仪发给校准证书，证书应给出电阻示值误差、温度示值误差或温度-电阻值及相应的校准结果不确定度等。

10 复校时间间隔

振弦仪的复校时间间隔可根据具体情况由用户确定，建议复校时间间隔最长不超过一年。

附录 A

振弦式读数仪温度参数示值误差校准记录格式

校准地点： 共 页 第 页

校准依据： 环境温度： °C 环境湿度： %RH

标准器名称： 测量范围： 准确度等级：

证书编号： 有效期至： 年 月 日 上级溯源机构：

送检单位： 证书编号： 单位地址：

型号规格： 出厂编号： 生产厂家：

一、电阻示值误差

校准点/ Ω	行程	显示/ Ω	平均值/ Ω	示值误差/ Ω	不确定度 U/Ω ($k=2$)
	正				
	反				
	正				
	反				
	正				
	反				
	正				
	反				
	正				
	反				
	正				
	反				
	正				
	反				

二、温度示值误差

校准点 /°C	对应电阻值 /Ω	行程	仪表示值 /°C	平均值 /°C	示值误差 /°C	不确定度 $U/°C$ ($k=2$)
		正				
		反				
		正				
		反				
		正				
		反				
		正				
		反				
		正				
		反				
		正				
		反				

三、温度-电阻值

校准点/℃	行程	输入的标准值/ Ω	平均值/ Ω
	正		
	反		
	正		
	反		
	正		
	反		
	正		
	反		
	正		
	反		
	正		
	反		
	正		
	反		

校准员：

核验员：

校准日期： 年 月 日

附录 B

校准证书内页参考格式

一、电阻示值误差校准

校准点/ Ω							
电阻示值误差/ Ω							
不确定度 U / Ω ($k = 2$)							

二、温度示值误差校准

校准点/ $^{\circ}\text{C}$							
温度示值误差/ $^{\circ}\text{C}$							
不确定度 U / $^{\circ}\text{C}$ ($k = 2$)							

三、温度-电阻值

温度校准点/ $^{\circ}\text{C}$							
电阻值/ Ω							

四、通用技术要求检查

附录 C

振弦式读数仪温度参数示值误差校准不确定度分析示例

C.1 被校对象

振弦式读数仪温度参数校准，测量范围：(-30~85)℃，基值电阻：3kΩ，温度显示分辨力：0.1℃，电阻显示分辨力：1Ω。

C.2 校准用标准器及配套设备

ZX21 精密直流电阻箱，测量范围：(0~99999.9)Ω，准确度等级：0.1 级，在 10000 盘、1000 盘、100 盘允差±0.1%，在 10 盘允差±0.2%，在 1 盘允差±0.5%，在 0.1 盘允差±5%。

C.3 校准方法

按照本规范规定方法，对电阻示值误差和温度示值误差进行校准，校准点选择 -30℃、-10℃、0℃、25℃、40℃、60℃、80℃。

C.4 测量模型

C.4.1 电阻示值误差测量模型见公式(C.1)

$$\Delta R = R_x - R_s \quad (\text{C.1})$$

式中：

ΔR —— 振弦仪电阻示值误差，Ω；

R_x —— 振弦仪电阻读数的平均值，Ω；

R_s —— 电阻箱的输出值，Ω。

C.4.2 温度示值误差测量模型见公式(C.2)

$$\Delta t = t_x - t_s \quad (\text{C.2})$$

式中：

Δt —— 振弦仪温度示值误差，℃；

t_x —— 振弦仪温度示值的平均值，℃；

t_s —— 标准输出值对应的温度值，℃。

C.5 方差和灵敏度系数

C.5.1 电阻示值误差校准不确定度灵敏度系数

对式 (C.1) 各分量求偏导, 各分量灵敏系数如下:

$$c_1 = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_x} = 1 \quad ; \quad c_2 = \frac{\partial \Delta R}{\partial R_s} = -1$$

设 R_x 、 R_s 引入的标准不确定度分量分别为 u_1 、 u_2 , 由于各分量彼此独立, 因此合成方差 u_c^2 表示为:

$$u_c^2 = u_1^2 + u_2^2 \quad (\text{C. 3})$$

C.5.2 温度示值误差校准不确定度灵敏度系数

对式 (C.2) 各分量求偏导, 各分量灵敏系数如下:

$$c'_1 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_x} = 1 \quad ; \quad c'_2 = \frac{\partial \Delta t}{\partial t_s} = -1$$

设 t_x 、 t_s 引入的标准不确定度分量分别为 u'_1 、 u'_2 , 由于各分量彼此独立, 因此合成方差 $u_c'^2$ 表示为:

$$u_c'^2 = u_1'^2 + u_2'^2 \quad (\text{C. 4})$$

C.6 标准不确定度分量

C.6.1 电阻示值误差校准不确定度分量

C.6.1.1 输入量 R_x 引入的标准不确定度 u_1

u_1 是由被检振弦仪电阻值测量重复性和分辨力引入的。

C.6.1.1.1 由测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

u_{11} 采用 A 类评定, 在相同条件下对被检振弦仪输入温度对应的电阻值, 读取显示电阻值, 重复测量 10 次, 根据贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 s_i , 由于校准结果是取两次的平均值, 则

$$u_{11} = \frac{s_i}{\sqrt{2}}$$

结果见表 C. 1。

表 C. 1 测量重复性引入的不确定度分量 u_{11}

温度校准点/°C	-30	-10	0	25	40	60	80
电阻值/ Ω	53100	16600	9796	3000	1598	746.3	376.9
u_{11} / Ω	6.9	0.0					

C.6.1.1.2 由被检振弦仪电阻显示分辨力引入的不确定度分量 u_{12}

被校对象的电阻最小分辨力为 1Ω ，不确定度区间半宽为 0.5Ω ，按均匀分布，因此：

$$u_{12}=0.5/\sqrt{3}=0.3\Omega$$

C.6.1.1.3 计算 u_1

由于重复性引入的标准不确定度与显示值的分辨力引入的标准不确定度属于同一种效应导致的不确定度，应取二者的较大者，结果见表 C. 2。

表 C. 2 输入量 R_x 引入的标准不确定度 u_1

温度校准点/°C	-30	-10	0	25	40	60	80
电阻值/ Ω	53100	16600	9796	3000	1598	746.3	376.9
u_1 / Ω	6.9	0.3					

C.6.1.2 输入量 R_s 引入的标准不确定度 u_2

-30°C 、 -10°C 、 0°C 、 25°C 、 40°C 、 60°C 、 80°C 温度校准点对应的电阻值及允差见表 C. 3，按均匀分布，则 R_s 引入的标准不确定度分量 u_2 见下表。

表 C. 3 各温度校准点对应的电阻值、允差及 R_s 引入的标准不确定度 u_2

温度校准点/°C	-30	-10	0	25	40	60	80
电阻值/ Ω	53100	16600	9796	3000	1598	746.3	376.9
允许误差/ Ω	± 53.1	± 16.6	± 9.91	± 3	± 1.72	± 0.825	± 0.515
u_2 / Ω	30.7	9.6	5.7	1.7	1.0	0.5	0.3

C.6.2 温度示值误差校准不确定度分量

C.6.2.1 输入量 t_x 引入的标准不确定度 u_1'

u'_1 是由被检振弦仪温度测量重复性和分辨力引入的。

C.6.2.1.1 由测量重复性引入的不确定度分量 u'_{11}

u'_{11} 采用 A 类评定，在相同条件下对被检振弦仪输入温度对应的电阻值，读取显示温度值，重复测量 10 次，根据贝塞尔公式计算单次测量的实验标准偏差 $s'_i=0.00^\circ\text{C}$ ， $u'_{11}=s'_i/\sqrt{2}=0.00^\circ\text{C}$ 。

C.6.2.1.2 由被检振弦仪温度显示分辨力引入的不确定度分量 u'_{12}

被校对象的温度最小分辨力为 0.1°C ，不确定度区间半宽为 0.05°C ，按均匀分布，因此：

$$u'_{12}=0.05/\sqrt{3}=0.03^\circ\text{C}$$

C.6.2.1.3 计算 u'_1

由于重复性引入的标准不确定度与显示值的分辨力引入的标准不确定度属于同一种效应导致的不确定度，应取二者的较大者，结果见表 C. 4。

表 C. 4 输入量 t_x 引入的标准不确定度 u'_1

温度校准点/ $^\circ\text{C}$	-30	-10	0	25	40	60	80
$u'_1/^\circ\text{C}$	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03	0.03

C.6.2.2 输入量 t_s 引入的标准不确定度 u'_2

-30°C 、 -10°C 、 0°C 、 25°C 、 40°C 、 60°C 、 80°C 温度校准点电阻箱引入的不确定度分量 u_2 见表 C. 3，将其换算为相应的温度值， u'_2 见表 C. 5。

表 C. 5 电阻箱引入的不确定度分量

温度校准点/ $^\circ\text{C}$	-30	-10	0	25	40	60	80
u_2/Ω	30.7	9.6	5.7	1.7	1.0	0.5	0.3
$u'_2/^\circ\text{C}$	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03

C.7 标准不确定度分量一览表

C.7.1 电阻示值误差校准标准不确定度分量一览表见表 C. 6

表 C.6 电阻示值误差标准不确定度分量一览表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度 u_i		灵敏系数 c_i	$ c_i u_i$	
u_1	测量重复性和分辨力	-30℃	6.9Ω	1	6.9Ω	
		其它点	0.3Ω		0.3Ω	
u_2	电阻箱允差	-30℃	30.7Ω	-1	-30℃	30.7Ω
		-10℃	9.6Ω		-10℃	9.6Ω
		0℃	5.7Ω		0℃	5.7Ω
		25℃	1.7Ω		25℃	1.7Ω
		40℃	1.0Ω		40℃	1.0Ω
		60℃	0.5Ω		60℃	0.5Ω
		80℃	0.3Ω		80℃	0.3Ω

C.7.2 温度示值误差校准标准不确定度分量一览表见表 C.7

表 C.7 温度示值误差标准不确定度分量一览表

标准不确定度	不确定度来源	标准不确定度 u'_i		灵敏系数 c'_i	$ c'_i u'_i$	
u'_1	测量重复性和分辨力	0.03℃		1	0.03℃	
u'_2	电阻箱允差	-30℃	0.01℃	-1	-30℃	0.01℃
		-10℃	0.01℃		-10℃	0.01℃
		0℃	0.01℃		0℃	0.01℃
		25℃	0.01℃		25℃	0.01℃
		40℃	0.02℃		40℃	0.02℃
		60℃	0.02℃		60℃	0.02℃
		80℃	0.03℃		80℃	0.03℃

C.8 合成标准不确定度

C.8.1 电阻示值误差合成标准不确定度 u_c 见表 C.8

表 C.8 电阻示值误差合成标准不确定度

温度校准点/℃	-30	-10	0	25	40	60	80
电阻值/Ω	53100	16600	9796	3000	1598	746.3	376.9
u_c /Ω	31.5	9.6	5.7	1.7	1.0	0.6	0.4

C.8.2 温度示值误差合成标准不确定度 u'_c 见表 C.9

表 C.9 温度示值误差合成标准不确定度

温度校准点/°C	-30	-10	0	25	40	60	80
u'_c /°C	0.03	0.03	0.03	0.03	0.04	0.04	0.04

C.9 扩展不确定度

取包含因子 $k=2$ ，根据公式 $U = k \cdot u$ 计算电阻示值误差扩展不确定度 U 和温度示值误差扩展不确定度 U' ，结果见表 C.10。

表 C.10 扩展不确定度 U 和 U'

电阻校准点/ Ω	53100	16600	9796	3000	1598	746.3	376.9
U / Ω	63	20	12	4	2	2	1
温度校准点/°C	-30	-10	0	25	40	60	80
U' /°C	0.06	0.06	0.06	0.06	0.08	0.08	0.08

