



中华人民共和国气象行业标准

QX/T 291—2015

自动气象站数据采集器现场校准方法

Field-calibration method for data logger of
automatic weather station

2015-12-11 发布

2016-04-01 实施

中 国 气 象 局 发 布

目 次

前言	Ⅲ
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 标准器	1
4 校准环境条件	2
5 校准点	2
6 校准项目及流程	3
7 示值误差计算方法	4
8 校准结果处理	4
附录 A(资料性附录) 数据采集器现场校准数据记录表	5
附录 B(资料性附录) 数据采集器现场校准证书内页格式	7
附录 C(资料性附录) 数据采集器通道参考技术指标	9
附录 D(资料性附录) 现场校准数据采集器温度通道测量不确定度评定示例	10
参考文献	13

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准由全国气象仪器与观测方法标准化技术委员会(SAC/TC 507)提出并归口。

本标准起草单位:山东省气象局大气探测技术保障中心。

本标准主要起草人:孙嫣、房岩松、韩广鲁、任燕、郭瑞宝、王锡芳、徐伟。

自动气象站数据采集器现场校准方法

1 范围

本标准规定了自动气象站数据采集器现场校准的标准器、校准环境条件、校准点、校准项目及流程、示值误差计算方法和校准结果的处理。

本标准适用于自动气象站数据采集器的现场校准。

2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

2.1

[自动气象站]数据采集器 data logger of automatic weather station

对自动气象站传感器输出信号进行采集、处理、存储、传输的装置。

注:按照组成结构划分,与若干被测气象要素传感器连接的数据采集器称为集中式数据采集器;由一个主数据采集器和若干分数据采集器(含变送器)及传感器连接的数据采集器,称为分布式数据采集器。

2.2

[自动气象站]信号发生器 automatic weather station signal generator

能模拟自动气象站传感器输出信号,可用于校准数据采集器的装置。

3 标准器

应选择符合表 1 要求的信号发生器作为标准器。

表 1 信号发生器技术要求

气象要素	电参量	输出范围	分辨力	最大允许误差
气压	电压	500 hPa~1100 hPa (0 V~5 V)	0.01 hPa (0.08 mV)	±0.04 hPa (±0.33 mV)
		500 hPa~1100 hPa (0 V~2.5 V)	0.01 hPa (0.04 mV)	±0.04 hPa (±0.17 mV)
	数字信号(RS232)	500 hPa~1100 hPa	字符串输出	—
	数字脉冲	500 hPa~1100 hPa (5000~11000)	0.1 hPa (1)	0 hPa (0)
温度	电阻	-50 ℃~80 ℃ (80.31 Ω~130.90 Ω)	0.003 ℃ (1 mΩ)	±0.03 ℃ (±12 mΩ)
湿度	电压	0~100% (0 V~1 V)	0.01% (0.1 mV)	±0.3% (±3 mV)

表 1 信号发生器技术要求(续)

气象要素	电参量	输出范围	分辨力	最大允许误差
风速	频率	0 m/s~150 m/s (0 Hz~1500 Hz)	0.01 m/s (0.1 Hz)	±0.1 m/s (±1 Hz)
风向	六位格雷码	0°~360° (000000~111111)	5.6° (1)	0° (0)
	七位格雷码	0°~360° (0000000~1111111)	2.8° (1)	0° (0)
	电压	0°~360° (0 V~2.5 V)	0.015° (0.1 mV)	±0.4° (±3 mV)
雨量	脉冲	0 mm/min~10 mm/min (0 min ⁻¹ ~100 min ⁻¹)	0.1 mm/min (1 min ⁻¹)	0 mm/h (0 h ⁻¹)
蒸发	电流	0 mm~100 mm (4 mA~20 mA)	0.006 mm (0.1 μA)	±0.017 mm (±2.7 μA)
辐射	电压	0 W/m ² ~1400 W/m ² (0 mV~20 mV)	0.14 W/m ² (1 μV)	±1.4 W/m ² (±10 μV)
<p>注 1:温度以特定值的形式输出,特定值分别是: -50 °C (80.31 Ω), -30 °C (88.22 Ω), -10 °C (96.09 Ω), 0.00 °C (100.00 Ω), 10.0 °C (103.90 Ω), 30.0 °C (111.67 Ω), 50.0 °C (119.40 Ω), 80.0 °C (130.90 Ω)。</p> <p>注 2:数字信号(RS232)形式的气压以字符串输出,不存在分辨力;脉冲形式的气压为频率 5 kHz、占空比 50%、TTL 电平的方波。</p>				

4 校准环境条件

应满足下列要求:

- 气温:10 °C~30 °C;
- 相对湿度:≤80%。

5 校准点

校准点的选择满足下列要求之一:

- a) 根据数据采集器各通道技术指标选择校准点,宜为上限点、中间点、下限点 3 个,各校准点参考值见表 2,数字通道可只选择 1 个校准点;
- b) 根据所处的地理位置、海拔高度或气象要素年绝对极值等条件选择相应的校准点。

表 2 采集器各通道校准点参考值

通道类型	上限点	中间点	下限点
气压(hPa)	1050.0	800.0	500.0
气温(°C)	50.0	0.0	-30.0

表 2 采集器各通道校准点参考值(续)

通道类型	上限点	中间点	下限点
地温(℃)	50.0	0.0	-30.0
相对湿度(%)	98	60	10
风速(m/s)	50.0	25.0	0.5
风向(格雷码)(°)	239	121	0
风向(电压)(°)	359	180	0
雨量(mm/min)	4.0	2.0	1.0
蒸发(mm/min)	100.0	50.0	1.0
辐射(W/m ²)	1000.0	500.0	50.0

6 校准项目及流程

6.1 外观检查

6.1.1 可采用目测法检查数据采集器外观。

6.1.2 外观检查包括下列内容：

- a) 型号、出厂编号、制造商等标志应清晰可辨；
- b) 金属件无锈蚀及其他机械损伤；
- c) 各通道传感器连接线、通信线、电源线接插件连接可靠。

6.1.3 外观检查结果填写在数据记录表外观描述中，数据记录表格式参见附录 A。

6.2 示值误差校准

6.2.1 集中式数据采集器，直接对各通道校准。分布式数据采集器，经主数据采集器直接采集的要素通道单独校准；经分数据采集器采集的要素通道将分数据采集器与主数据采集器组合校准。

6.2.2 校准前应做好下列准备工作：

- a) 将信号发生器、数据采集器与现场校准用终端微机共地；
- b) 分别将信号发生器和数据采集器通信线与现场校准用终端微机连接；
- c) 在信号发生器控制软件中新建被校准数据采集器信息，设置通信参数，实现信号发生器与控制软件、数据采集器与数据监控软件之间的通信连接；
- d) 信号发生器应提前预热或稳定以保证其输出信号满足技术要求；
- e) 使用内部电池供电的信号发生器应保持电量充足。

6.2.3 校准正在使用中的数据采集器，还应做好下列准备：

- a) 选择校准时段应避免整点、日极值可能出现时间和剧烈天气变化等情况；
- b) 在校准期间应停止自动观测，并在观测记录中做好备注；
- c) 校准过程中产生的数据不得作为观测数据上传。

6.2.4 示值误差校准应按照下列步骤进行：

- a) 关闭数据采集器和传感器电源，拆下传感器信号线，将信号发生器信号输出线与数据采集器对应的输入端子连接，依次打开数据采集器和信号发生器电源；
- b) 在信号发生器的控制软件中选择相应通道，根据第 5 章的要求选择校准点，发送命令，向数据

采集器输入标准信号；

- c) 每个校准点的稳定时间不少于 3 min, 稳定后读取数据, 记录在数据记录表(参见附录 A)中；
- d) 每个校准点连续读取 3 次数据, 读数时间间隔不小于 1 min；
- e) 校准完成后, 依次关闭信号模拟器和数据采集器电源, 断开数据采集器、信号发生器与现场校准用终端微机的通信线和地线, 恢复传感器信号线、观测用通信线的连接, 打开数据采集器电源, 通知业务人员检查运行情况。

6.2.5 特殊情况时采取下列措施：

- a) 当信号发生器不同通道同时输出产生相互干扰时, 应逐一校准单项要素通道；
- b) 当使用单项、部分要素或没有配套控制软件的信号发生器时, 应根据其使用方法设定校准点, 稳定后再读取通道示值。

7 示值误差计算方法

数据采集器各通道在某一校准点的示值误差计算公式如式(1)：

$$\Delta X = \bar{X} - (\bar{X}_s + x_s) \dots\dots\dots(1)$$

式中：

- ΔX ——各通道在某一校准点的示值误差；
- \bar{X} ——各通道在某一校准点 3 次校准示值的算术平均值；
- \bar{X}_s ——信号发生器相应通道在该校准点 3 次标准示值的算术平均值；
- x_s ——信号发生器相应通道在该校准点的修正值。

8 校准结果处理

- 8.1 取各通道各校准点示值误差作为该通道校准结果。
- 8.2 校准完成后出具校准证书, 证书内页格式参见附录 B, 采集器通道的参考技术指标参见附录 C。
- 8.3 校准证书中应包括校准使用的标准器信息、环境条件、校准结果和测量不确定度等内容, 测量不确定度评定示例参见附录 D。

附 录 A
(资料性附录)
数据采集器现场校准数据记录表

表 A.1 给出了数据采集器现场校准记录表的内容和格式。

表 A.1 数据采集器现场校准数据记录表

证书编号：

记录编号：

环境条件	温度(℃)						相对湿度(%)			
设备信息	标准器					采集器				
	名称： 规格/型号： 出厂编号： 制造商： 检定/校准日期： 检定/校准单位： 证书编号：					委托单位： 采集器名称： 规格/型号： 出厂编号： 制造商： 自动站型号： 区站号：				
采集器 外观描述										
示值校准	校准点	标准器 电参量	标准器气象参量				采集器气象参量			
			示值 1	示值 2	示值 3	修正值	示值 1	示值 2	示值 3	示值误差
气压 (hPa)										
气温 (℃)										
草温 (℃)										
0 cm 地温 (℃)										
5 cm 地温 (℃)										
10 cm 地温 (℃)										
15 cm 地温 (℃)										

表 A.1 数据采集器现场校准数据记录表(续)

20 cm 地温 (°C)										
40 cm 地温 (°C)										
80 cm 地温 (°C)										
160 cm 地温 (°C)										
320 cm 地温 (°C)										
相对湿度 (%)										
风速 (m/s)										
风向 (°)										
雨量 (mm/min)										
蒸发 (mm/min)										
辐射 (W/m ²)										
校准依据										

校准:

核验:

校准时间:

年 月 日

附 录 B
(资料性附录)
数据采集器现场校准证书内页格式

证书编号：
Certificate No.

计量标准考核证书编号：
Examination of Measurement Standard Certificate No.
计量标准考核证书有效期：
Date of Expiry
计量标准器：
Measurement Standard

名 称	不确定度/准确度等级/最大允许误差	检定/校准证书编号	有效期至

校准地点：
Calibration Location
环境气温： ℃； 环境湿度： %
Air Temperature Relative Humidity

校 准 结 果
Calibration Results

通道类型	校准点	示值误差	扩展不确定度(k=2)
气压(hPa)			
气温(℃)			
草温(℃)			
0 cm 地温 (℃)			
5 cm 地温 (℃)			

通道类型	校准点	示值误差	扩展不确定度($k=2$)
10 cm 地温 (°C)			
15 cm 地温 (°C)			
20 cm 地温 (°C)			
40 cm 地温 (°C)			
80 cm 地温 (°C)			
160 cm 地温 (°C)			
320 cm 地温 (°C)			
相对湿度 (%)			
风速 (m/s)			
风向 (°)			
雨量 (mm/min)			
蒸发 (mm/min)			
辐射 (W/m^2)			

注:根据实际业务需求和校准方法要求,建议校准周期不超过 2 年。

以下空白

附 录 C
(资料性附录)
数据采集器通道参考技术指标

表 C.1 给出了自动气象站数据采集器的参考技术指标。

表 C.1 自动气象站数据采集器参考技术指标

通道类型		测量范围		最大允许误差	
		气象参量	电参量	气象参量	电参量
气压	电压	500.0 hPa~1100.0 hPa	0 V~2.5 V	±0.1 hPa	0.2 mV
	数字信号		RS-232	0.0 hPa	0
气温、地温		-50.0 °C~80.0 °C	80.31Ω~130.90 Ω	±0.1 °C	38.5 mΩ
相对湿度		1%~100%	0 V~1 V	±1%	10 mV
风速		0 m/s~150.0 m/s	0 Hz~1500 Hz	0.1 m/s	1 Hz
风向	六位格雷码	0°~360°	000000~111111	0°	0
	七位格雷码		0000000~1111111	0°	0
	电压		0 V~2.5 V	±1°	7 mV
雨量		0.1 mm/min~10.0 mm/min	0~100	0 mm/min	0
蒸发		0.1 mm/min~100.0 mm/min	4 mA~20 mA	±0.05 mm	8 μA
辐射		0.1 W/m ² ~1400.0 W/m ²	0 mV~20 mV	±8 W/m ²	56 μV
注:风速气象学指标与电学指标对应关系由传感器线性方程确定,本表以公式 $V=0.1f$ 为例换算;辐射最大允许误差的电学指标以灵敏度值 $7\mu\text{V}/(\text{W}\cdot\text{m}^{-2})$ 换算。					

附录 D
(资料性附录)

现场校准数据采集器温度通道测量不确定度评定示例

D.1 概述

本示例根据 JJF 1059.1 的要求评定。使用 JJQ1 型自动气象站信号模拟器(编号 JJQ1-11.0007,已溯源)作为标准器,校准 DZZ4 型自动气象站数据采集器气温通道(主采编号 SCBH-1302.0099,温湿度分采编号 SCBH-1307.0111*)-30℃、0℃和 50℃三个校准点的通道误差。

校准时信号模拟器由内部电池供电,使用信号模拟器管理软件控制信号输出,使用串口调试软件读取通道校准示值,根据数据采集器现场校准规范中的要求分别校准各点。

在-30℃校准点,校准结果为 $\Delta T = -0.02\text{℃}$;在 0℃校准点,校准结果为 $\Delta T = -0.05\text{℃}$;在 50℃校准点,校准结果为 $\Delta T = -0.06\text{℃}$ 。

校准时环境气温为 23℃,相对湿度为 30%;校准地点:自动站观测场。

D.2 数学模型

被校准数据采集器的读数与标准器读数之差为通道示值误差。该数据采集器气温通道的误差计算公式如式(D.1):

$$\Delta T = \bar{T} - T_s \quad \dots\dots\dots(D.1)$$

式中:

- ΔT ——气温通道在某一校准点的误差;
- \bar{T} ——气温通道在某一校准点 3 次校准结果的算术平均值;
- T_s ——信号模拟器温度通道在该校准点的标准值。

D.3 不确定度来源和不确定度分量评定

D.3.1 测量重复性引入标准不确定度 u_A

由测量重复性引入的标准不确定度,采用 A 类评定方法评定。

将信号模拟器温度通道的输出信号设置为-30℃,对数据采集器气温通道进行 3 次重复校准,得到一组数据,同样方法得到该通道 0℃和 50℃校准点的重复性测量结果,结果见表 D.1。

表 D.1 气温通道各校准点重复性测量结果

单位为℃

校准点	标准值	被校准采集器示值			极差
-30	-29.973	-29.98	-30.00	-29.99	0.02
0	0.053	0.01	-0.01	0.01	0.02
50	50.073	50.03	50.01	50.01	0.02

由于只测量了 3 次被校准采集器示值,次数较少,故采用式(D.2)所示的极差法计算其标准不确

定度：

$$u_A = R/C\sqrt{n} \quad \dots\dots\dots(D. 2)$$

式中：

u_A ——测量重复性引入的不确定度；

R ——极差；

C ——极差系数；

n ——重复读数次数。

依据上式计算，则：

当校准点为 $-30\text{ }^\circ\text{C}$ 时，测量重复性引入的标准不确定度为： $u_A = 0.02/(1.69 \times \sqrt{3}) = 0.0069\text{ }^\circ\text{C}$ ；

当校准点为 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 时，测量重复性引入的标准不确定度为： $u_A = 0.02/(1.69 \times \sqrt{3}) = 0.0069\text{ }^\circ\text{C}$ ；

当校准点为 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 时，测量重复性引入的标准不确定度为： $u_A = 0.02/(1.69 \times \sqrt{3}) = 0.0069\text{ }^\circ\text{C}$ 。

D.3.2 标准不确定度 $u(\bar{T})$

由被校准数据采集器引入的标准不确定度 $u(\bar{T})$ 主要是由数据采集器读数修约和数据采集器受环境温度的影响引入，均采用 B 类方法评定。

根据测量结果数据，数据采集器温度通道读数修约到 $0.01\text{ }^\circ\text{C}$ ，半宽为 $0.005\text{ }^\circ\text{C}$ ，服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则标准不确定度 $u_1(\bar{T})$ 为：

$$u_1(\bar{T}) = 0.005/\sqrt{3} = 0.0029\text{ }^\circ\text{C}$$

根据 DT50 数据采集器的试验结果可知，将 DT50 数据采集器分别放在 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $30\text{ }^\circ\text{C}$ 的恒温箱内，使用同一温度信号对其校准，测得在 $-30\text{ }^\circ\text{C}$ 、 $0\text{ }^\circ\text{C}$ 和 $50\text{ }^\circ\text{C}$ 三个校准点上，两种环境温度中的校准结果最大偏差 $0.07\text{ }^\circ\text{C}$ 。引用该数据，其半宽为 $0.035\text{ }^\circ\text{C}$ ，假设服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则标准不确定度 $u_2(\bar{T})$ 为：

$$u_2(\bar{T}) = 0.035/\sqrt{3} = 0.0203\text{ }^\circ\text{C}$$

而数据采集器的数据修约与其受温度影响不相关，则由数据采集器引入的标准不确定度 $u(\bar{T})$ 为：

$$u(\bar{T}) = \sqrt{u_1^2(\bar{T}) + u_2^2(\bar{T})} = \sqrt{0.0029^2 + 0.0203^2} = 0.0206\text{ }^\circ\text{C}$$

D.3.3 标准不确定度 $u(\Delta T_s)$

该项不确定度是由信号模拟器传递的不确定度引起的，包括信号模拟器的允许误差、分辨力、校准环境温度变化。

信号模拟器的允许误差引入的标准不确定度 $u_1(\Delta T_s)$ ，采用 B 类方法评定。根据 JJQ1 型信号模拟器使用说明书可知，其温度通道的最大允许误差为 $\pm 0.03\text{ }^\circ\text{C}$ ，则其区间半宽为 $0.03\text{ }^\circ\text{C}$ ，假设其服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则标准不确定度为： $u_1(\Delta T_s) = 0.03/\sqrt{3} = 0.0174\text{ }^\circ\text{C}$ 。

信号模拟器的分辨力引入的标准不确定度 $u_2(\Delta T_s)$ ，采用 B 类方法评定。根据 JJQ1 型信号模拟器使用说明书可知，其温度通道的分辨力为 $0.01\text{ }^\circ\text{C}$ ，则其区间半宽为 $0.005\text{ }^\circ\text{C}$ ，其服从均匀分布， $k = \sqrt{3}$ ，则标准不确定度为： $u_2(\Delta T_s) = 0.005/\sqrt{3} = 0.0029\text{ }^\circ\text{C}$ 。

由于环境温度变化影响引入的标准不确定度为 $u_3(\Delta T_s)$ 。根据信号模拟器的设计生产要求，由于温度变化对信号模拟器温度输出值的影响应符合信号模拟器的技术要求，因此该项不确定度包含在信号模拟器的允许误差引入的标准不确定度 $u_1(\Delta T_s)$ 中。

而信号模拟器的允许误差与其分辨力不相关，由信号模拟器传递引起的标准不确定度 $u(\Delta T_s)$ 为：

$$u(\Delta T_s) = \sqrt{u_1^2(\Delta T_s) + u_2^2(\Delta T_s)} = \sqrt{0.0174^2 + 0.0029^2} = 0.0177\text{ }^\circ\text{C}。$$

D.4 合成标准不确定度

合成标准不确定度 u_c 用式(D.3)计算:

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u^2(\bar{T}) + u^2(\Delta T_s)} \dots\dots\dots(D.3)$$

式中:

- u_c ——合成标准不确定度;
- u_A ——测量重复性引入的标准不确定度;
- $u(\bar{T})$ ——被校准数据采集器引入的标准不确定度;
- $u(\Delta T_s)$ ——信号模拟器传递的不确定度引入的标准不确定度。

依据上式计算,当校准点为-30℃、0℃和50℃时,合成标准不确定度均为:

$$u_c = \sqrt{0.0069^2 + 0.0206^2 + 0.0177^2} = 0.029 \text{ } ^\circ\text{C}$$

D.5 扩展不确定度

合成相对标准不确定度一般服从正态分布,取包含因子 $k = 2$,用式(D.4)计算扩展不确定度 U :

$$U = k \times u_c \dots\dots\dots(D.4)$$

式中:

- U ——扩展不确定度;
- k ——包含因子;
- u_c ——合成标准不确定度。

依据上式计算,当校准点为-30℃、0℃或50℃时,其扩展不确定度均为: $U = 0.058 \approx 0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$, $k = 2$ 。

D.6 测量不确定度报告

在环境气温为 23℃、相对湿度为 30%时,使用 JJQ1 型自动气象站信号模拟器(编号 JJQ1-11.0007)作为标准器,校准 DZZ4 型自动气象站数据采集器温度通道(主采编号 SCBH-1302.0099,温湿度分采编号 SCBH-1307.0111*)各校准点的通道误差。

在-30℃校准点,校准结果为 $\Delta T = -0.02 \text{ } ^\circ\text{C}$,扩展不确定度 $U = 0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$, $k = 2$ 。

在 0℃校准点,校准结果为 $\Delta T = -0.05 \text{ } ^\circ\text{C}$,扩展不确定度 $U = 0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$, $k = 2$ 。

在 50℃校准点,校准结果为 $\Delta T = -0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$,扩展不确定度 $U = 0.06 \text{ } ^\circ\text{C}$, $k = 2$ 。

参 考 文 献

- [1] JJF 1048 数据采集系统校准规范
 - [2] 李黄. 自动气象站实用手册. 北京:气象出版社. 2007
 - [3] 吕文华等. 自动气象站技术与应用. 北京:中国标准出版社. 2013
-

中华人民共和国
气象行业标准
自动气象站数据采集器现场校准方法
QX/T 291—2015

*

气象出版社出版发行
北京市海淀区中关村南大街46号
邮政编码:100081
网址:<http://www.qxcbs.com>
发行部:010-68409198
北京中新伟业印刷有限公司印刷
各地新华书店经销

*

开本:880×1230 1/16 印张:1.25 字数:37.5千字
2016年3月第一版 2016年3月第一次印刷

*

书号:135029-5766 定价:20.00元

如有印装差错 由本社发行部调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68406301