

DOI: 10.13382/j.jemi.2017.10.016

# 移动气象计量现场校准核查信息系统\*

孙 嫣 杨宗波 韩广鲁 郭瑞宝

(山东省气象局大气探测技术保障中心 济南 250031)

**摘 要:**针对自动气象站现场较准核查工作需求,设计了移动气象计量现场核查校准信息系统。以 VB 编程技术和数据库技术为基础,采用串口通信和基于 EXCEL 的 VB 报表制作等方式,完成了自动站常用采集器 DT50 与 ZQZ-CII 的自动校准,以及温度、湿度、气压、风向风速、雨量、蒸发、辐射的现场校准与核查。系统通过在区域站现场较准核查工作中实际应用,能够对采集的数据进行处理,合格判断,并将数据保存到数据库中,实现数据查询,校准证书打印和数据记录表输出等功能。所设计系统为气象计量工作提供了一个智能化的现场校准核查平台,提高了气象计量的工作效率和自动化水平,保证了自动气象站的正常运行和数据的准确可靠。

**关键词:**气象计量;现场校准;现场核查;自动气象站

中图分类号: P413; TN98 文献标识码: A 国家标准学科分类代码: 510. 40

## Mobile meteorological measurement field calibration and checking information system

Sun Yan Yang Zongbo Han Guanglu Guo Ruibao

(Ensuring Center of Atmospheric Sounding Technology, Weather Bureau of Shandong Province, Ji'nan 250031, China)

**Abstract:** In order to suit the working requirement of field calibration and checking of the automatic weather station, a mobile meteorological measurement field calibration and checking information system was designed. This system is based on visual basic programming language and data base technique, which use serial communication to communicate with the device and use EXCEL and visual basic to design the report form. This system can achieve the auto calibration of the automation weather station's normal collector DT50 and ZQZ-CII, and it can also perform field calibration and checking of temperature, humidity, pressure, rainfall, evaporation, radiation sensor and aero vane. Several experiments are carried out at the district weather station, and the results show that this system can achieve functions such as processing and checking the collected data, saving data into the data base, searching data, printing the calibration qualification, and outputting the data recording form. This experiment verified the effectiveness of our system. This system provides an automatic field calibration and checking software to the meteorological measurement field, which improves the working efficiency and automatic level of the meteorological measurement field. It also ensures the normal function of the automatic weather station and the accurateness of the data.

**Keywords:** meteorological measurement; field calibration; field checking; automation weather station

## 0 引 言

随着气象事业的发展,服务领域的扩展,目前国家气

象探测网观测站中大部分已布设自动气象站<sup>[1-3]</sup>,自动气象站自 2004 年开始现场校准以来,虽有现场校准方法,但校准过程中,设备控制、数据采集、数据记录处理、证书形成等均为人工手动操作,自动化程度差,工作效率极

低<sup>[4]</sup>。此系统的应用实现了自动站现场校准核查的自动化、信息化管理,提高了工作效率。

关于自动站现场校准、核查工作,国外先进工业国家的计量体系与我国不同,自动气象站采集器、传感器等设备由生产厂家负责校准(如芬兰的VIASALA公司),未见有移动气象计量现场校准核查信息系统<sup>[2]</sup>。

国内当前大气探测方面比较全面的信息系统有“综合气象观测系统运行监控平台”,刘艳中等人<sup>[5-6]</sup>将触屏式人机交互系统以及百度地图引入新型自动气象站中,为数据查看以及参数设计值操作等提供便利。时强等人<sup>[7]</sup>设计了具有自动采集、独立发送的无线传输数据气象监测系统,对数据采集进行实时监测。楼平<sup>[8]</sup>通过引入GPRS模块对气象数据远程采集进行了测试。国内外学者的研究中主要集中于气象数据的远程采集,其中涉及移动气象计量的内容较少,关于自动站现场校准核查的更是空白<sup>[9]</sup>。国内外相关研究中还没有针对移动气象计量现场校准核查专门开发的信息系统。

针对现有移动气象计量现场校准核查的自动化、信息化不足的问题,我们设计了移动气象计量现场校准核查信息系统,采用串口通信和基于EXCEL的VB报表制作等方法,完成自动站常用采集器DT50与ZQZ-CII的自动校准,以及温度、湿度、气压、风向风速、雨量、蒸发、辐射的现场校准与核查,实现了移动气象计量的信息化管理。

## 1 系统设计原则和方法

### 1.1 系统设计原则

系统的设计尽量满足可用性、可靠性等设计原则,为气象计量工作提供一个智能化的现场校准核查信息系统,提高气象计量标校的工作效率,保证了自动气象站的正常运行和数据的准确可靠。

### 1.2 系统设计思路及方法

基于Visual Basic和数据库技术实现了智能化的气象计量现场校准核查系统,可实现对自动气象站传感器的校准以及传感器<sup>[10]</sup>和常用数据采集器DT50与ZQZ-CII组合系统的自动校准<sup>[11]</sup>,经过审核批准后,可自动生成证书。

对检测的数据进行自动处理,判断是否合格,并将数据保存到数据库中,实现校准数据查询。

标准信号源选用JJQ1自动气象站信号模拟器<sup>[12]</sup>,本系统通过串口通信可控制信号源通道输出信号的类型和大小。

系统支持气压、温度、湿度、风速、风向、雨量、蒸发、辐射等传感器的现场校准核查功能,支持校准证书打印、

数据记录表输出等功能。

采用数据库编程及管理技术,封装并规范数据库访问的接口,增强系统稳定性和可维护性<sup>[13]</sup>;采用VB编程技术实现人机界面绘制、数据处理和存储;通信技术为基于RS-232和RS-485接口的串口通信;基于Excel的VB报表制作技术。

## 2 系统总体设计

### 2.1 系统设计结构

移动计量现场校准核查信息系统可实现自动气象站雨量传感器和数据采集器等现场校准,以及校准后的气压、温度、湿度、风速、风向、蒸发、辐射等传感器的现场核查。数据自动处理,并支持打印校准证书和数据记录表输出等功能<sup>[14]</sup>。

系统主要有现场校准、现场核查和用户管理3个模块,用户管理下可以添加多个管理员和客户端用户。现场校准和现场核查的适用范围不同,现场校准主要针对未在室内进行检定的传感器,在实验现场通过和标准器同时进行计量比对,将相应的数据填入系统,系统经过运算处理得出相应的误差数据,然后再依次经过数据审核和批准流程,进入证书操作环节,生成相应的校准证书。在仪器校准中针对两款特定的数据采集器DT50和ZQZ-II,系统通过串口通信可以进行自动数据采集和校准,数据的采集通道可以设定。现场核查主要针对传感器在室内已经检定完毕,在现场连接数据采集器之后,作为一个系统,对其整体进行数据核查,然后经过数据复核,最终生成相应的数据记录表。

图1所示为各模块结构关系。现场校准和现场核查均含有相应的操作目录,现场校准模块下含有仪器信息、仪器校准、审核批准和证书操作4个子模块<sup>[15-16]</sup>,依次为顺序操作;现场核查模块下含有仪器信息、现场核查、复核和记录表操作4个子模块,同样为顺序操作。

### 2.2 现场校准核查流程

#### 1) 现场校准流程

现场校准时先进行仪器信息录入,然后分门别类的进行各项仪器校准,校准完成后进行保存,之后进行核查批准,先审核,后批准。最后证书操作,进行证书预览及打印等操作。其操作流程如图2所示。

#### 2) 现场核查流程

现场核查时先进行仪器信息的录入,然后分门别类进行现场核查,核查完成之后进行保存,之后进行复核,复核没问题则设定复核通过。最后进行记录表操作。其操作流程如图3所示。

#### 3) 采集器自动校准流程

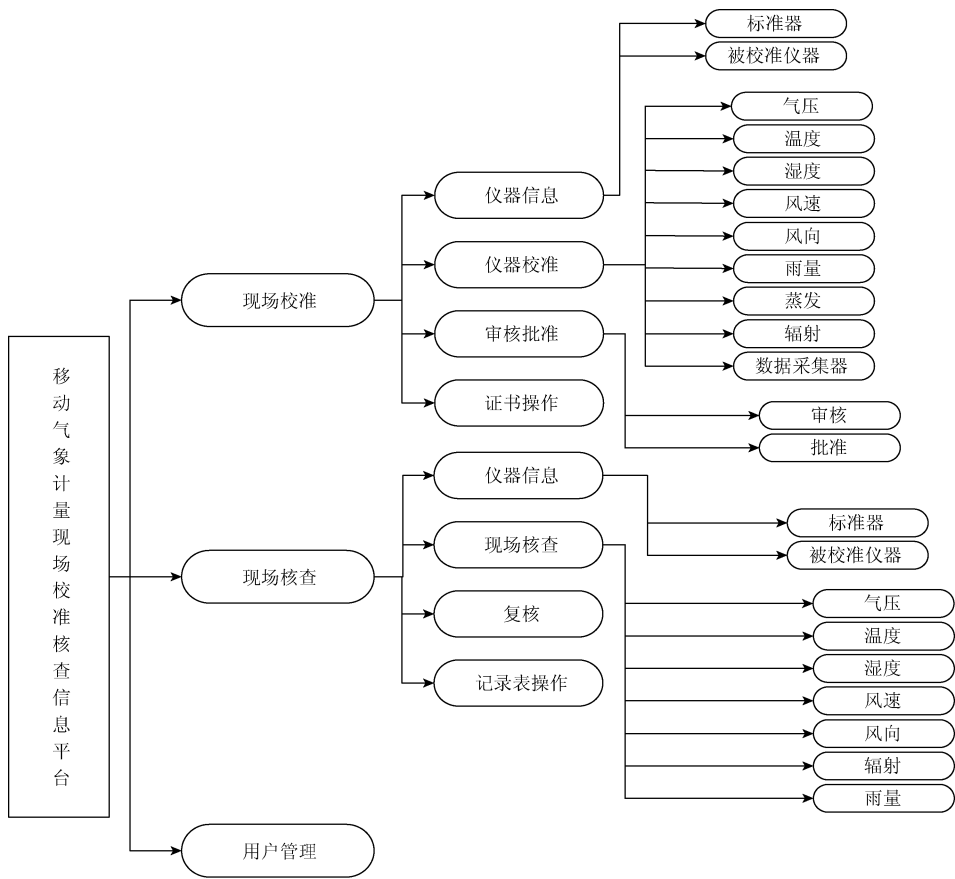


图 1 系统设计结构

Fig. 1 Figure of System design

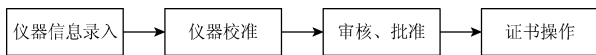


图 2 现场校准流程

Fig. 2 Field calibration process

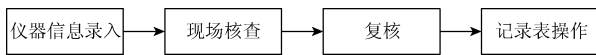


图 3 现场核查流程

Fig. 3 Site verification process

标准信号源选用 JJQ1 自动气象站信号模拟器,通过上位机采集软件,即移动气象计量现场校准核查信息平台控制信号源各通道信号输出大小,然后由采集器采集各个信号到该系统,将各个数据信号进行处理并存储,方便后续的查询和打印等操作。具体流程如图 4 所示。

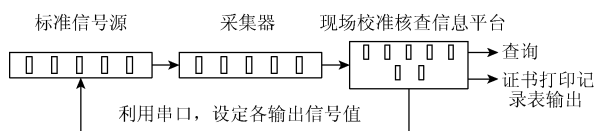


图 4 采集器自动校准流程

Fig. 4 Automatic calibration process of collector

### 3 系统功能设计

#### 3.1 登陆界面

登录账号分为管理员账号和客户端账号,二者的使用权限不同。例如,管理员账户可以操作用户管理区,而客户端账户则没有这个权限。

#### 3.2 系统菜单

系统一级菜单有现场校准、现场核查和用户管理 3 个,每个一级菜单下又包括若干级菜单,其中现场校准菜单如图 5 所示,现场核查菜单如图 6 所示。

#### 3.3 标准器被校准仪器信息录入

在系统核查校准之前,需要先将标准器和被校准仪器的信息录入系统,以便校准时调用。其中,标准器需要录入名称、型号、编号、生产厂家、扩展不确定度、校准日期、校准单位、证书编号和检定项目;被校准仪器需要录入委托单位、设备名称、生产厂家、仪器型号、最大允许误差、仪器编号、自动站型号、区站号和检定项目。每次信息录入完毕后需要保存,才能将该仪器信息存入系统数

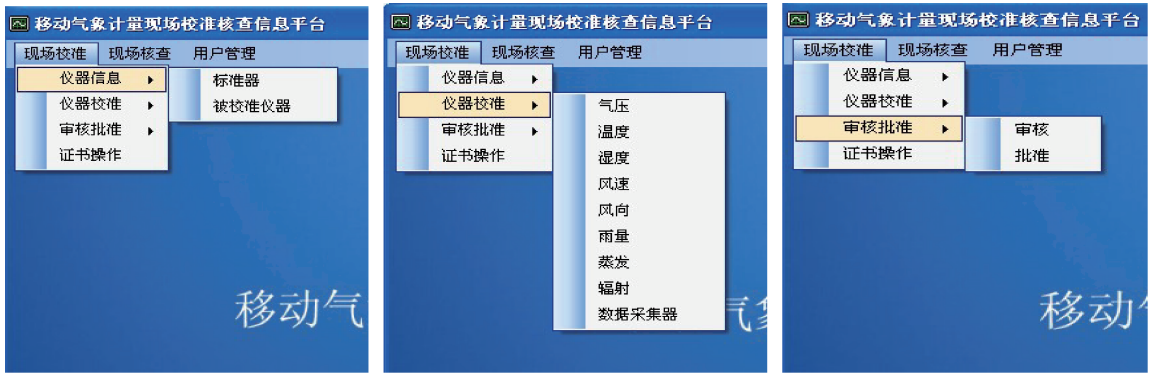


图5 系统校准菜单

Fig. 5 Calibration menu of the System

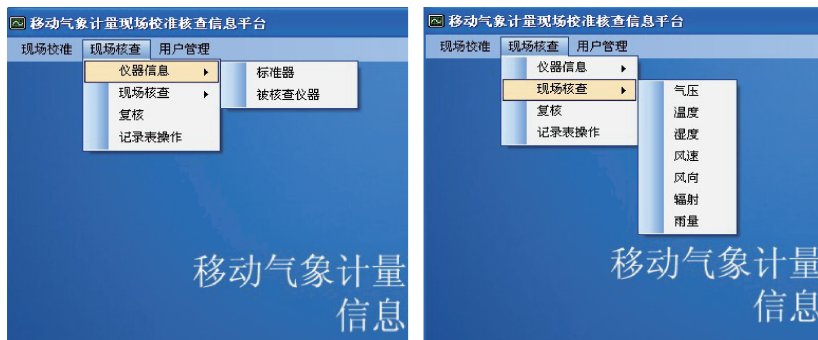


图6 系统核查菜单

Fig. 6 Check menu of the System

数据库中。

### 3.4 各项校准

在仪器信息录入完毕后,即可进行仪器校准工作,仪器校准包括气压、温度、湿度、风速、风向、雨量、蒸发、辐射以及数据采集器的校准<sup>[12]</sup>。校准开始前,先选择标准器和被校准仪器的信息,然后读取标准器和被校准仪器的结果,根据要求依次填入对话框,然后借助系统的数据处理计算功能,完成一项校准,校准完毕后保存,则该次校准数据被存入数据库,供审核时调用。

系统校准选取气压校准为例,依次填入记录编号、证书编号,从下拉菜单中选择标准器和被较传感器;然后肉眼检查被检器外观,选择合格与不合格,根据当前环境依次填入环境温度、湿度和风速,如有需要说明的,则填入说明一栏中。此项操作在每次校准中都应首先完成。

根据校准规范的要求,设置气压校准点,稳定后依次读取3次标准器值,在标准修正值处填入标准器的修正值,中间读取一次被较传感器示值,依次填入相应表格中,然后先鼠标点击“标准算数平均值”下的空白框,系统可自动计算出标准器3次读数的平均值,再鼠标点击“误差”下的空白框,系统可自动计算出该校准点的测量

误差。按照此方法,正反行程依次完成6个点的误差测量。

完成以上操作后,鼠标依次点击“误差算术平均”下的空白框,系统可自动计算出在低压点、当前气压和高压点的“误差算术平均值”;之后鼠标点击“误差算术平均最大值”的空白框,系统即可自动计算出本次校准的误差算术平均最大值。最后,根据校准规范和误差算术平均最大值填写最下面的校准依据。

计算每个校准点正反行程测量误差算术平均值,作为该点的示值误差,并将3个校准点示值误差的最大值作为气压的校准结果。示值误差  $\Delta P$  计算如式(1)所示。

$$\Delta P = P_j - (P_b + X_p) \tag{1}$$

式中:  $P_j$  为被校气压示值;  $P_b$  为气压标准器3次示值的平均值,  $X_p$  为气压标准器的修正值。

### 3.5 审核批准

在审核菜单目录下,找到相应的校准信息,依次审核各项数据,如果各项数据没有问题,则通过点击功能菜单的箭头,可设定该校准数据审核通过。同样,在批准目录下再次检查无误,可设定批准通过,使该组校准数据进入最终的证书数据库。

### 3.6 证书操作

Visual Basic 提供了 DataReport 对象作为数据报表设计器,DataReport 对象可以从任何数据源包括数据环境创建报表,利用报表设计器便可实现本系统的证书打印功能。

### 3.7 现场核查

在仪器信息录入完毕后,即可进行现场核查工作,仪器核查包括气压、温度、湿度、风速、风向、辐射和雨量的核查<sup>[17]</sup>。核查开始前,先选择标准器和被核查仪器的信息<sup>[18]</sup>,然后读取标准器和被核查仪器的结果,并根据要求依次填入对话框,然后借助系统的数据处理和计算功能,完成一项核查,核查完毕后保存,则该次核查数据被存入数据库,供复核时调用<sup>[19]</sup>。

系统核查以气压核查为例,首先填入记录编号,从下拉菜单中选择标准器和被核查仪;然后肉眼检查被核查仪外观,选择合格与不合格,根据当前环境依次填入环境温度、湿度和风速,如有需要说明的,则填入说明一栏中。此项操作在每次核查中都应首先完成。

根据核查规范的要求,设置气压校准点,稳定后依次读取 3 次标准值,在标准修正值处填入标准器的修正值,中间读取一次被核查仪器示值填入相应表格中,然后先鼠标点击“标准算数平均值”下的空白框,系统可自动计算出标准器 3 次读数的平均值,再鼠标点击“误差值”下的空白框,系统可自动计算出此核查点的测量误差。按照此方法,完成低压、当前气压和高压的误差测量。最后,根据核查规范和误差算术平均最大值填写下面的核查依据和是否符合要求。

被核查仪器示值误差  $\Delta P$  公式如式(2)所示,将 3 次示值误差的最大值作为气压的核查结果。

$$\Delta P = P_j - (P_b + X_p) \quad (2)$$

式中:  $P_j$  为被核查气压示值,  $P_b$  为标准器 3 次示值的算术平均值,  $X_p$  为标准器的修正值。

### 3.8 复核

在复核菜单目录下,找到相应的核查信息,依次核查各项数据,如果各项数据没有问题,则通过点击功能菜单的箭头,可设定该核查数据复核通过,使该组校准数据进入最终的记录表数据库,方便用户在记录表菜单下进行相应处理。

## 4 数据库技术

### 4.1 Access 数据库介绍

本系统数据库选用桌面数据库 Microsoft Office Access,Microsoft Office Access 是微软把数据库引擎的图形用户界面和软件开发工具结合在一起的一个数据库管

理系统<sup>[20-21]</sup>。通过数据库 Microsoft Office Access 操作实现数据的存储和调用,封装并规范数据库访问的接口。

Access 拥有的报表创建功能能够处理任何它能够访问的数据源。Access 提供功能参数化的查询,这些查询和 Access 表格可以被诸如 VB 和 .NET 的其他程序通过 DAO 或 ADO 访问。在 Access 中,VBA 能够通过 ADO 访问参数化的存储过程。与一般的 CS 关系型数据库管理不同,Access 不执行数据库触发,预存程序或交互式登录操作。Access 2010 包括了嵌入 ACE 数据引擎的表级触发和预存程序,在 Access 2010 中,表格,查询,图表,报表和宏在基于网络的应用上能够进行分别开发。

### 4.2 数据表设计

Access 数据库负责管理主要 5 个数据表,分别为 certificate、calibrationData、channels、customers、rainfallAndRecords 数据表。

本系统通过 visual basic 读取采集数据如标准值、被测值、误差值等,并获得被核查器具与标准器的信息,如生产厂家、编号、型号等,随后将这些数据填写在模板中。我们系统针对不同的传感器设计了不同的输出程序与表格模板,并根据数据库内信息判断核查人与批准人是否为空,以免生成无效表格。

以表 1 所示的 Certificate-证书信息为例介绍具体数据表及其字段的设计方法。

表 1 Certificate-证书信息  
Table 1 Certificate information

字段名称(英文)	字段名称(中文)	字段类型
certificate_number	证书编号	文本
customer_id	委托单位名称	文本
measuring_instruments	计量器具名称	文本
manufacturer	制造商	文本
type	型号/规格	文本
number	编号	文本
date	校准日期	文本
temperature	环境温度	数字
humidity	环境湿度	数字
pressure	环境气压	数字
result_air_temperature	气温通道误差	数字
result_humidity	湿度通道误差	数字
result_wind_speed	风速通道误差	数字
result_wind_direction	风向通道误差	数字
result_pressure	气压通道误差	数字
result_rainfall	雨量通道误差	数字
result_ground_temperature	地温通道误差	数字

表 1 的内容就是系统利用 visual basic 读取环境温度、湿度、气压和各通道误差值等采集数据,并将输入的被校仪器信息及自动生成的证书编号、校准日期等填写到证书模板中,生成采集器校准证书。

### 5 系统应用情况

动站,用此系统进行现场校准,所用车辆为二代奔驰移动计量车,站点信息如表2所示。

系统完成后,本文选取了山东烟台所辖3个区域自

#### 表2 系统应用情况表 Table 2 System application

站名、站号	型号	要素数	生产厂家	供电方式	安装时间	站址环境
开发区管委、D1086	ZQZ-A	9	江苏无线电研究所	市点、太阳能	2006年6月21日	乡村
莱山区体育公园、D1088	MAWS301	9	VAISALA	市点、太阳能	2006年6月21日	乡村
龙口市政府气象站、D1089	CAWS600-B	6	华云	太阳能	2003年4月18日	集镇

注:3个站均为紫外辐射站

3个区域站中,2个为气压、温度、湿度、雨量、风向、风速、草温、能见度和紫外辐射9个要素<sup>[13]</sup>。1个为气压、温度、湿度、雨量、风向、风速6个要素<sup>[14]</sup>。出具气压、采集器校准记录表如图7、8所示。

气压校准记录表									
记录编号: SDJXC2014009									
校准环境		温度: 5.2℃; 湿度: 44%RH; 风速: 2.1m/s							
设备信息	标准器				被校准器具				
	名称: 数字气压计				使用单位: 开发区管委				
	生产厂: PAROSCIENTIFIC, INC.				器具名称: 气压传感器				
	型号: 745-16B				生产厂: Vaisala				
编号: 114905				型号: FTB220					
证书编号: GQJ(B)Q20130807J				编号: B2910010					
检定/校准时间: 2013-6-21				最大允许误差: 0.3					
扩展不确定度: 0.02				自动站型号: ZQZ-A					
				区站号: D1086					
外观检查									
合格									
校准点	正行程				反行程				误差算术平均
	标准示值	标准修正值	标准算术平均	被校示值	误差	标准示值	标准算术平均	被校示值	
低压点 hPa	979.99					979.99			
	979.99	-0.10	979.99	980.00	0.11	979.99	979.99	980.10	0.21
当前环境 气压 hPa	1030.01					1030.01			
	1030.01	-0.20	1030.01	1030.10	0.29	1030.01	1030.01	1030.10	0.29
高压点 hPa	1080.04					1080.05			
	1080.04	-0.20	1080.04	1080.10	0.26	1080.05	1080.05	1080.10	0.25
误差算术平均最大值		0.29							
校准依据		自动气象站气压校准规范							
校准人: admin		复核人: admin				校准时间: 2014-3-13			

图7 气压校准记录表

Fig. 7 Figure of pressure verification record table

此次应用全部在移动气象计量现场核查校准信息系统中进行,现场校准从信息录入,仪器校准,审核、批准,证书操作严格遵循自动气象站现场校准规范的要求,出具的记录表格式,仪器信息,数据记录方式、结果处理等均符合校准规范的要求,校准证书的格式与内容也与校准规范的要求相一致。

### 6 结论

针对自动气象站现场较准核查自动化程度差、工作效率低等问题,设计了一种移动气象计量现场核查校准信息系统。以VB编程技术和数据库技术为基础,由现

采集器校准数据记录表									
证书编号: SDJXC2014010					记录编号: SDJXC2014010				
环境条件									
温度: 5.2℃; 湿度: 44%RH; 压力: 2.1hPa									
设备信息	标准器				被校准采集器				
	名称: 标准信号发生器				委托单位: 开发区管委				
	规格/型号: JJQ1				采集器名称: 数据采集器				
	出厂编号: 11.0038				规格/型号: ZQZ-BH				
生产厂: 江苏省无线电科学研究所有限公司				出厂编号: CJTBH6.030					
检定/校准日期: 2011-9-24				制造厂家: 无锡					
检定单位: 中国				自动站型号: ZQZ-A					
证书编号: 1163				区站号: D1086					
外观检查									
合格									
示值校准	标准器数据				被校准采集器数据				
	校准点	修正值	标准值	被校1	被校2	被校3	平均值	测量误差	
气压 hPa	1050	0	1050	1050	1050	1050	1050	0	
	1010	0	1010	1010	1010	1010	1010	0	
气温 ℃	50	0	50	50	50	50	50	0	
	0	0	0	0	0	0	0	0	
0cm 地温 ℃	-50	0	-50	-50	-50	-50	-50	0	
	80	0	80	50.3	50.3	50.3	50.3	0.3	
5cm 地温 ℃	0	0	0	0.3	0.3	0.3	0.3	0.3	
	-50	0	-30	-29.7	-29.7	-29.7	-29.7	0.3	
10cm 地温 ℃	50	0	0	0	0	0	0	0	
	-50	0	0	0	0	0	0	0	
15cm 地温 ℃	50	0	0	0	0	0	0	0	
	-50	0	0	0	0	0	0	0	
20cm 地温 ℃	50	0	0	0	0	0	0	0	
	-50	0	0	0	0	0	0	0	
40cm 地温 ℃	50	0	0	0	0	0	0	0	
	-50	0	0	0	0	0	0	0	
80cm 地温 ℃	50	0	0	0	0	0	0	0	
	-50	0	0	0	0	0	0	0	
160cm 地温 ℃	50	0	0	0	0	0	0	0	
	-50	0	0	0	0	0	0	0	
320cm 地温 ℃	50	0	0	0	0	0	0	0	
	-50	0	0	0	0	0	0	0	
相对湿度 %RH	98	0	98	98	98	98	98	0	
	60	0	60	60	60	60	60	0	
风速 m/s	20	0	20	20	20	20	20	0	
	50	0	50	50	50	50	50	0	
风向 °	25	0	25	25	25	25	25	0	
	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	
雨量 mm	350	0	350	350	350	350	350	0	
	180	0	180	180	180	180	180	0	
蒸发 mm	10	0	10	10	10	10	10	0	
	4	0	4	0	0	0	0	0	
辐射 w/m²	1	0	1	0	0	0	0	0	
	100	0	0	0	0	0	0	0	
校准依据		自动气象站数据采集器校准规范							
校准人: admin		复核人: admin				校准时间: 2014-3-13			

图8 采集器校准数据记录表

Fig. 8 Figure of collector calibration data record table

场校准、现场核查和用户管理3个模块组成,完成自动站常用采集器DT50与ZQZ-CII的自动校准,以及温度、湿度、气压、风向风速、雨量、蒸发、辐射的现场校准与核查,并将数据保存到数据库中,实现数据查询,校准证书打印等功能。通过对区域自动站的校准检验,说明了此系统能够按照自动站现场较准核查规范的流程完成校准核查工作,出具较准记录表和较准证书,对现场核查出具核查记录表,弥补了移动气象计量工作无自动化、信息化等软件平台的空白,实现了气象计量现场校准核查的信息化、规范化管理。

## 参考文献

- [1] 王锡芳,李国晋. 区域自动气象站技术保障体系的探讨[J]. 气象水文海洋仪器, 2010, 27(3): 97-101.  
WANG X F, LI G J. Technical support system of regional automatic weather station[J]. Meteorological Hydrological and Marine Instruments, 2010, 27(3): 97-101.
- [2] 蒋涛,于平,刘宇,等. 区域自动气象站蓄电池在线监测系统研究[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(2): 85-89.  
JIANG T, YU P, LIU Y, et al. Research on the online monitoring system of battery in regional automatic meteorology station[J]. Foreign Electronic Measurement Technology, 2016, 35(2): 85-89.
- [3] 马英洁,张爱玲,吴冠楠. 新型自动气象站提高观测数据质量的方法[J]. 气象水文海洋仪器, 2016, 33(2): 92-94.  
MA Y J, ZHANG AI L, WU G N. Methods for improving observation data quality of new automatic weather station[J]. Meteorological, Hydrological and Marine Instruments, 2016, 33(2): 92-94.
- [4] 张建敏,罗昶,吕文华. 气象计量测试指南[M]. 北京: 中国质检出版社, 2011.  
ZHANG J M, LUO CH, LV W H. Test Guide for Meteorological Measurement [M]. Beijing: China Metrology Publishing House, 2011.
- [5] 刘艳中,吕玉嫦. 一种新型自动气象站触控屏交互式系统设计[J]. 电子测量技术, 2016, 39(7): 145-148.  
LIU Y ZH, LV Y CH. Interactive system design of touch screen for new automatic weather station[J]. Electronic Measurement Technology, 2016, 39(7): 145-148.
- [6] 刘艳中,伍光胜,李建勇. 基于百度地图的自动气象站监控系统实现[J]. 气象科技, 2016, 44(1): 167-170.  
LIU Y ZH, WU G SH, LI J Y. Design of monitoring system for automatic weather stations based on baidu maps[J]. Meteorological Science and Technology, 2016, 44(1): 167-170.
- [7] 时强,施云波,郭建英. 气象参数采集及数据处理系统设计[J]. 电子测量技术, 2008, 31(1): 166-168.  
SHI Q, SHI Y B, GUO J Y. Systemic design for metrological parameters collection and data processing[J]. Electronic Measurement Technology, 2008, 31(1): 166-168.
- [8] 楼平. 基于GPRS的无线远程气象数据采集传输系统设计[J]. 电子测量技术, 2012, 35(5): 118-122.  
LOU P. Design on the transmission system of wireless remote meteorological data collection based on GPRS[J]. Electronic Measurement Technology, 2012, 35(5): 118-122.
- [9] 世界气象组织. 气象仪器和观测方法指南[M]. 7版. 北京: 中国气象局, 2008.  
WMO. Guide to Meteorological Instruments and Methods of Observation [M]. 7th Ed. Beijing: China Meteorological Administration, 2008.
- [10] 蒲晓勇,谢从刚,向立莉. 自动气象站检定结果不确定度的评定与表示[J]. 气象水文海洋仪器, 2010, 27(4): 79-82  
PU X Y, XIE C G, XIANG L L. Evaluation and expression of uncertainty in verification results of automatic weather station[J]. Meteorological Hydrological and Marine Instruments, 2010, 27(4): 39-43.
- [11] 万定祥,陈宁,彭军,等. ZQZ-II 1型自动气象站采集器故障检修方法[J]. 气象科技, 2016(05)  
WAN D X, CHEN N, PENG J, et al. Method for repairing collectors of type ZQZ-II 1 for automatic meteorological stations [J]. Meteorological Science and Technology, 2016, 44(5): 744-748.
- [12] 杨崇静,安学银,郭海涛,等. 自动气象站DT50数据采集器故障检修方法[J]. 气象科技, 2014, 42(3): 413-416.  
YANG C J, AN X Y, GUO H T, et al. Troubleshooting of DT50 Data Collector [J]. Meteorological Science and Technology, 2014, 42(3): 413-416.
- [13] 行鸿彦,武向娟,吕文华,等. 自动气象站数据采集器温度通道的环境温度补偿[J]. 仪器仪表学报, 2012, 33(8): 1868-1875.  
XING H Y, WU X J, LV W H, et al. Environmental temperature compensation for the temperature channel of data-acquisition unit in automatic weather station [J]. Chinese Journal of Scientific Instrument, 2012, 33(8): 1868-1875.
- [14] 沈元德,黄玉学,左湘文,等. 自动气象站实时监控系统的研究与设计[J]. 计算机测量与控制, 2015, 23(9): 3031-3034.  
SHEN Y D, HUANG Y X, ZUO X W, et al. Research and design of real-time monitoring system for automatic

weather station [J]. Computer Measurement & Control, 2015, 23 (9) :3031-3034.

[15] 张天华,吴非洋,胡春泉,等. 气温与风速对气压传感器现场校准的影响[J]. 气象与环境科学, 2016, 39(4):104-108.

ZHANG T H, WU F Y, HU CH Q, et al. Impact of temperature and wind speed on pressure sensor field calibration [ J ]. Meteorological and Environmental Sciences, 2016, 39( 4 ):104-108.

[16] 魏文健. 自动气象站数据采集器的计量检测和结果处理方法[J]. 气象水文海洋仪器, 2005( Z1) :56-59.

WEI W J. The measuring examination and result processing methods of data collector of automatic weather station [ J ]. Meteorological Hydrological and Marine Instruments, 2005( Z1) :56-59.

[17] 郑学文. 自动气象站风速传感器自动化检定系统研发[J]. 气象水文海洋仪器, 2009, 26(4) :69-71.

ZHENG X W. Research and development of automatic calibration system for wind speed sensor of automatic weather station [ J ]. Meteorological Hydrological and Marine Instruments, 2009, 26 ( 4 ):69-71.

[18] 张莉莉,沙奕卓,行鸿彦. 自动气象站高精度温度校准系统[J]. 电子测量技术, 2012, 35 ( 6) :5-10.

ZHANG L L, SHA Y ZH, XING H Y. High precision temperature calibration system for automatic weather stations [ J ]. Electronic Measurement Technology, 2012, 35 ( 6) :5-10.

[19] 马祖胜,马强,汤冬平. 自动气象站的日常管理和维护[J]. 气象水文海洋仪器, 2009, 26 ( 3) :108-110.

MA Z SH, MA Q, TANG D P. Routine management and maintenance of automatic weather station [ J ]. Meteorological Hydrological and Marine Instruments, 2009, 26(3) :108-110

[20] 刘艳中,敖振浪. 一种新型自动气象站外接数据存储系统的设计[J]. 电子测量技术, 2015, 38 ( 8) :109-112.

LIU Y ZH, AO ZH L. Design of external data storage system for new automatic weather station [ J ]. Electronic Measurement Technology, 2015, 38(8) :109-112.

[21] 曹洁,郭春禹. GSM 模块对终端 GPS 数据的通信实现[J]. 电子测量与仪器学报, 2010, 24 ( 11) : 1068-1073.

CAO J, GUO CH Y. Under the environment of VC to realize communications between GSM module and terminal GPS data [ J ]. Journal of Electronic Measurement and Instrument, 2010, 24 ( 11) :1068-1073.

作者简介



孙嫣, 2007 年于南京信息工程大学获得学士学位, 现为山东省气象局大气探测技术保障中心高级工程师, 主要研究方向为气象计量, 气象仪器仪表等。

E-mail: 573315258@qq.com

SunYan received B. Sc. from Nanjing University of Information Science and Technology in 2007. She is now a senior engineer of Ensuring Center of Atmospheric Sounding Technology, Weather Bureau of Shandong Province, the main research direction for meteorological measurement, meteorological instruments etc.



杨宗波, 2005 年于南京信息工程大学获得学士学位, 现为山东省气象局大气探测技术保障中心高级工程师, 主要研究方向为地面气象观测及装备应用等。

E-mail: yhz001@163.com

Yang Zongbo received B. Sc. from Nanjing University of Information Science and Technology in 2005. He is now a senior engineer of Ensuring Center of Atmospheric Sounding Technology, Weather Bureau of Shandong Province, the main research direction for Surface meteorological observation and equipment etc.



韩广鲁, 2009 年于中国农业大学获得硕士学位, 现为山东省气象局大气探测技术保障中心高级工程师, 主要研究方向为气象计量。

E-mail: 282118106@qq.com

Han Guanglu received M. Sc. from China Agricultural University in 2009. He is now a senior engineer of Ensuring Center of Atmospheric Sounding Technology, Weather Bureau of Shandong Province, the main research direction for meteorological measurement.



郭瑞宝, 2011 年于南京信息工程大学获得学士学位, 现为山东省气象局大气探测技术保障中心高级工程师, 主要研究方向为气象计量, 气象仪器仪表等。

E-mail: jn1699@163.com

Guo Ruibao received B. Sc. from Nanjing University of Information Science and Technology in 2011. He is now a senior engineer of Ensuring Center of Atmospheric Sounding Technology, Weather Bureau of Shandong Province, the main research direction for meteorological measurement, meteorological instruments etc.