

DOI:10.19651/j.cnki.emt.2106136

区域自动气象站智能现场核查系统设计与应用*

甘志强^{1,2} 余申伟^{2,3} 高涛^{1,2} 李大君^{2,4}

(1.海南省气象探测中心 海口 570203; 2.南海气象防灾减灾重点实验室 海口 570203; 3.海南省气象局 海口 570203; 4.南沙气象观测站 海口 570203)

摘要:为了解决海南省区域自动气象站现场核查设备仪器笨重、自动化程度低、业务实际应用不便等难题,提出了基于物联网分布式的气象要素传感器现场核查仪设计方案,通过采用数字传感器探测技术和无线组网技术构建无线传感器网络,实时测量温度、湿度、气压、风等气象数据,经与站点实时运行数据的对比,自动生成设备的核查结果并判断设备的运行是否正常。经现场试验验证表明,现场核查仪设备具有高精度、高稳定性、智能型和便携式特点,可快速、精准提供区域自动气象站现场核查数据,极大地提升现场核查工作效率,适用于区域自动气象站现场核查工作开展。

关键词:区域自动气象站;物联网;现场核查;数字传感器;无线传感器网络

中图分类号: P415.1+3 **文献标识码:** B **国家标准学科分类代码:** 510.99

Design and application of intelligent field verification system for regional automatic weather station

Gan Zhiqiang^{1,2} Yu Shenwei^{2,3} Gao Tao^{1,2} Li Dajun^{2,4}

(1. Hainan Province Meteorological Observation Center, Haikou 570203, China; 2. Key Laboratory of South China Sea Meteorological Disaster Prevention and Mitigation, Haikou 570203, China; 3. Hainan Meteorological Service, Haikou 570203, China; 4. Nansha Meteorological Observation Station, Haikou 570203, China)

Abstract: In order to solve the problems of heavy equipment, low automation, and inconvenience in practical application of the regional automatic weather station inspection equipment in Hainan Province, A design plan for meteorological element sensor on-site verification instrument based on the internet of things is distributed. By using digital sensor detection technology and wireless networking technology to construct a wireless sensor network(WSN), It can measure real-time meteorological data such as temperature, humidity, air pressure, wind and other data. Though comparing with the site's real-time operating data, it can auto to verificate the results in the field devices and judge whether the running of the equipment is normal. Field test verification shows that the on-site verifier equipment is highly accurate, highly stable, intelligent and portable, it can quickly and accurately provide on-site verification data of regional automatic weather stations, and greatly improve the efficiency of on-site verification, and it's very suitable for on-site verification of regional weather stations.

Keywords: regional automatic weather station; internet of things; on-site verification; digital sensor; WSN

0 引言

区域自动气象站(简称“区域站”)是安装在野外,定时将气象数据的无人值守设备,其观测资料是中尺度、短时效天气预报不可缺少的重要资料来源之一^[1]。当前我国区域站已基本实现了乡镇全面覆盖,而作为一种野外观测的气象仪器,容易受到恶劣环境的影响而降低测量性能,同时各要

素传感器的测量准确度也会随时间的变化而发生漂移。根据相关业务规定,自动气象站所采用的传感器需要定期检测和标定,设备安装、巡检、维护、维修或更换部件后也需对站点设备性能进行现场核查。现场核查是验证区域站观测设备及其测量性能的一项维护性工作,是保证区域站观测数据准确性的重要基础工作。

针对气象设备现场核查,中国气象局综合观测司出台

收稿日期:2021-03-24

* 基金项目:海南省气象局科研项目(HNQXJS2020009, HNQXXT202001)资助

《区域站自动气象站现场核查方法(试行)》,近年来,已对自动站现场核查方法开展研究,但是研究均是针对自动站某一要素核查方法开展研究^[2-7],对整套自动气象站全要素的现场核查尚缺乏系统性研究。田世芹等^[8]介绍了区域气象站现场核查设备工作原理及使用研究方法,该方法所用的校准设备笨重,且对现场人员的综合素质和现场环境提出很高的要求,实际业务运用比较困难。邹超等^[9]研究了基于物联网分布式现场核查方法,该方法采用模拟实验室环境开展设备的现场校准,研究的主要内容针对国家业务站数据采集模块开展,实际操作费时、费力,自动化智能化程度不高,且在现场核查期间会产生大量的伪数据,影响站点观测业务质量。针对区域站巡检黎志波等^[10]、刘利明等^[11]设计研发了自动气象站现场状态巡检装置,该装置针对整个自动站的工作状态,迅速确定故障部位,但无法对自动站传感器性能下降作出判断。由于区域站布设环境复杂且数量庞大,现有的气象核查设备使用不便、检定装置以及人员配置数量较少等原因,区域站现场核查工作开展缓慢,本文根据海南省区域站现场核查业务开展情况,依据区域站设备工作原理和现场核查方法,提出一种基于物联网技术的自动化、智能化区域站现场核查仪,该核查仪系统主要针对站点在用气象传感器的测量性能开展核查,设备设计小巧、便携,自动化程度高,测量性能稳定可靠,操作简便,通过构

建无线传感器网络,自动采集获取当前气象要素标准测量值,在不影响原自动站工作基础上,快速、精准核查实现站点数据核查,以保证气象数据稳定可靠。

1 需求分析及系统设计

目前区域站多布设在乡镇、高山、海岛等环境恶劣地段,因此在进行现场核查仪设计时,要充分考虑现场设备的工作条件,如设备供电、场地、人员技术储备等,因此现场核查装备宜智能化、小型化、便携带、易操作、可视化。本文提出的现场核查仪设计应满足如下需求。

1) 现场核查仪设备性能应满足《新型自动气象(气候)站功能需求书(修订版)》对应气象要素测量指标要求,使用标准器的精度需达到省级二级标准器计量标准。

2) 仪器实现“无绳化”连接。现场核查仪能够自组网,无需复杂布线,在不影响原站点正常工作的情况下,完成数据采集、汇总与无线传输。

3) 数据应用可视化。设备仪器能自动采集数据,数据采集过程可监视,数据记录、分析、应用等能按照规定格式实现自动化。

4) 仪器性能标准化。为满足气象要素现场核查规范要求,核查仪系统采集气象要素的测量性能应符合表1的指标要求。

表1 气象观测要素性能指标

观测项目	范围	分辨力	最大允许误差
气温	-50℃~50℃	0.01℃	±0.1℃
相对湿度	5%~100%	1%	±2%RH(≤80%),±3%RH(>80%)
风向	0°~360°	3°	±5°(启动风速:≤0.5 m/s)
风速	0~60 m/s	0.1 m/s	±0.5 m/s(≤5 m/s),±10%(>5 m/s)
雨量	强度 0~4 mm/min	0.1 mm	±0.4 mm(≤10 mm),±4%(>10 mm)
气压	450~1 100 hPa	0.1 hPa	±0.2 hPa

基于以上功能需求,针对现有区域站现场核查仪设备笨重,许多站点特别是高山、海岛区域站由于地理条件限制,开展仪器现场核查困难的问题,本文结合现有技术条件,设计研发一种基于物联网自组网形式的现场核查仪,实现对区域站温度、湿度、气压、风向、风速、雨量高精度实时采集测量,通过站点实时采集数据与现场核查仪数据的实时对比分析,自动生成现场核查结果并判断站点气象传感器的电气性能,从而实现站点气象传感器的现场核查,同时该套设备设计小巧、便携,利于操作,能极大提高站点核查工作效率,缩短核查时间。系统从数据采集到生成核查结果均实现自动化、可视化,工作流程规范统一,为推进区域站现场核查业务的规范化开展及站点设备稳定运行及高质量气象数据提供可靠保证。

2 系统组成及功能设计

现场核查仪系统由前端设备和后台软件两大部分组

成。前端设备主要由传感器系统、数据采集系统、通信系统、电源系统及相关结构件组成;软件部分主要由嵌入式软件和业务软件组成。传感器系统由标准器与无线节点盒构成的智能传感器及其安装附件组成。数据采集系统由数据采集器为核心搭建,实现数据的采集、处理、存储、上传等功能。通信系统指以 ZigBee 无线组网、蓝牙等方式进行设备间无线组网通信和以 4/5G 网络等方式进行的远程通信。电源系统指由蓄电池为整个系统提供直流供电的电源系统,主要由锂电池、无线充电模块等组成。系统功能架构如图1所示。

2.1 物联网架构设计

物联网主要包括由 ZigBee 组网技术构建的无线传感器网络,蓝牙通信及 GPRS 通信网络组成。通过构建无线数据传输系统,实现现场核查仪数据采集与通信,包括现场核查仪设备间数据通信传输, PAD 端与现场核查仪和本地站点设备之间通信及 PAD 端与远程数据库之间的通信连接。

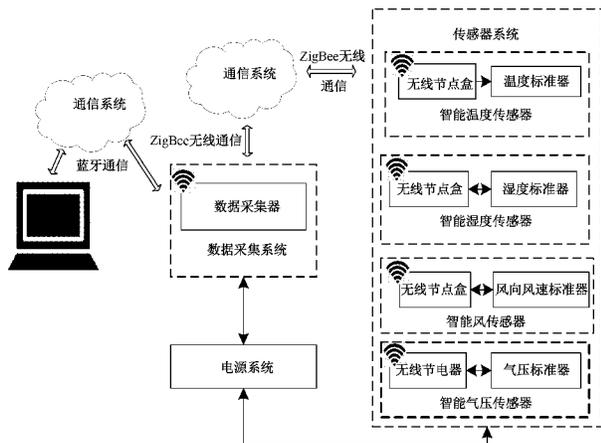


图 1 系统架构

1) ZigBee 组网功能设计

基于低功耗、高稳定性考虑,本设计中采用的无线组网传输模块采用 CC2530 芯片为主控芯片,配备基本的外围电路,构成无线通信模块,通过连接对应的传感器,形成无线传感器网络。ZigBee 组网模块分协调器节点和数据采集子节点,协调器节点内嵌入数据采集器,系统上电完成后,负责组建无线传感器网络,网络组建完成后实现对网络的监听、管理及数据传输^[12-13]。数据采集节点封装设计成无线节点盒,通过标准接口连接感应传感器,系统上电后寻找匹配的网络加入网络并完成数据的采集与传输。

2) 蓝牙通信设计

蓝牙通信电路主要包含两部分,一部分内嵌入数据采集器,实现核查仪与 PAD 端通信,另一部分与自动站采集器调试串口,实现自动站串口通信与蓝牙通信转换,从而完成 PAD 端与自动站之间的通信。蓝牙模块采用 BLK-MD-BC04-B 蓝牙适配器模块,该模块是专为智能无线数据传输而打造,支持 SPP 蓝牙串口协议,具有成本低、体积小、功耗低、收发灵敏性高等优点^[14],只需配备少许的外围元件就能实现其强大功能。本设计针对其内嵌的标准蓝牙协议栈的 RS-232 接口,通过 MAX232 芯片配备外围电路将蓝牙协议信号转换为 RS-232 信号输出。

3) 系统通信设计

系统设计完成后,通过构建无线传感器网络,完成现场核查仪数据的采集、处理和上传。现场核查仪核查数据和自动站本地采集数据均通过蓝牙通信汇集到 PAD 软件端,由核查软件完成数据的比对分析,并根据分析结果出具核查报告,同时 PAD 端还通过 GPRS 无线网络将现场核查数据和核查结果上传至中心站业务软件,方便数据的查询和存储。系统通信结构如图 2 所示。

2.2 系统功能模块设计

1) 传感器系统

现场核查仪的传感器系统主要包括无线节点盒与标准传感器组成。标准传感器选用由中国气象局设计定型

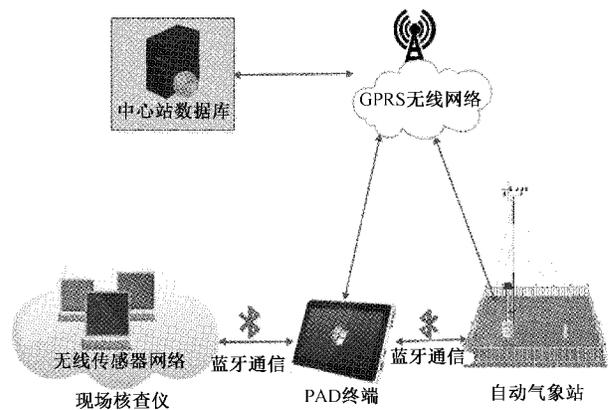


图 2 系统通信结构

的智能测量仪(包括智能温度测量仪、智能湿度测量仪、智能气压测量仪)及二维超声风传感器,雨量标准器采用标准 10 ml 容器。

该类型传感器均能对观测数据进行自动采集、运算、质量控制、存储和传输,能够自适应采集模式、通信模式和处理模式,可自动检测设备状态、质量控制、计量检定、报警等信息,自动诊断出设备工作是否正常以及进行故障定位,便于实时监控和维护保障,且采用标准化的数据格式和 3 线制 RS232 串行数据接口,可扩展连接 Zigbee、北斗卫星等通信模块,实现即插即用,完成数据交互。

2) 数据采集系统

数据采集器包含高性能的嵌入式处理器、高精度的模拟量采集器电路、高精度的实时时钟电路、大容量的程序和存储器、传感器接口、通信接口、CAN 总线接口、外接存储器接口、监测电路、指示灯等^[15],并且内嵌入蓝牙通信模块和 ZigBee 模块,以实现设备间蓝牙通信和 ZigBee 无线组网通信。采集器功能结构如图 3 所示。

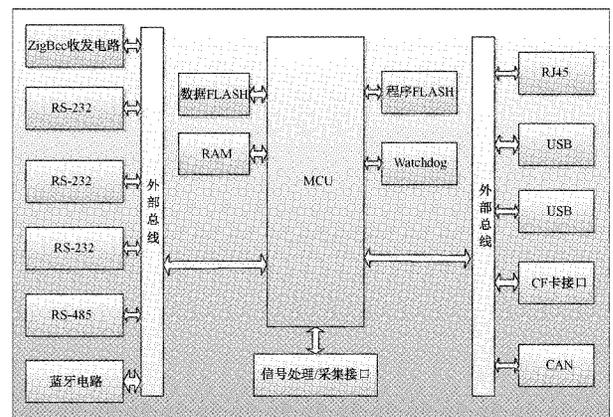


图 3 数据采集器结构框图

3) 电源系统

电源系统由数据采集器电源系统、智能节点处理单元电源系统组成。数据采集器电源系统由电池和充电器等组成,将 12 V 直流电源,给数据采集器系统、提供直流供

电电源。无线智能节点盒电源系统由电池和无线充电板等组成,主要给节点盒本身和传感器提供直流供电电源。

4) 软件部分

软件部分由嵌入式软件和业务软件组成。嵌入式软件建立在实时多任务操作系统(linux/ucos)的基础上,完成传感器系统的数据采样、质量控制、存储及数据传输。业务软件主要由与PAD终端核查软件系统和远端中心站数据软件组成。核查软件系统主要实现核查数据和自动站现场数据的收集、比对分析、原始数据存储及核查报表的生成,远端中心站软件主要完成现场核查数据的存储及与检定业务系统的数据连接。

3 系统工作流程与应用

3.1 系统工作流程

使用现场核查系统来对区域站进行周期核查/校准可实现全自动化控制,整个现场核查过程采用不断线核查方式,无需人工干预。在核查现场,首先检查自动站设备现场运行情况并完成核查仪设备的现场安装。安装完成后,将蓝牙模块及核查仪系统上电并打开PAD核查软件,查看PAD端现场核查仪与被核查站点是否均上线,核查仪数据和自动站数据是否均正常,查看自动站站点信息是否正确,系统时间是否一致,开始核查。系统工作流程如图4所示。

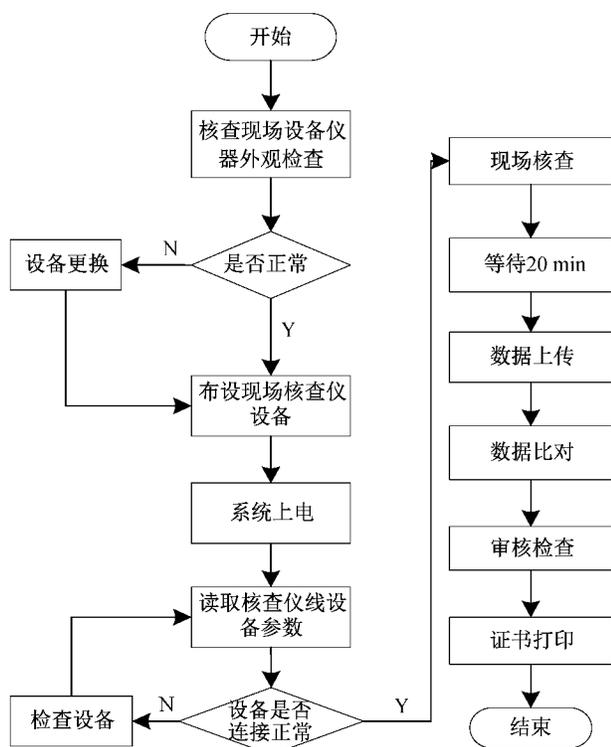


图4 系统工作流程

3.2 核查方法

1) 仪器安装:将智能气温传感器、智能湿度传感器置

于百叶箱内,感应原件与自动站传感器基本保持在同一水平面。将智能气压传感器放在机箱内,压力气嘴与自动站气压传感器同高。在原风杆附近,使用10 m伸缩杆作为支撑,将二维超声风传感器升至原传感器等高的位置。

降水核查需模拟降水环境进行数据比对核查,导致出现异常值,影响自动气象站的正常观测,因此在进行核查时需断开雨量筒与自动气象站采集器的连接,待核查结束,将雨量筒接回原接口,避免产生降水伪数据。核查时取下标准雨量器,将1 mm/min的孔头与标准雨量器连接,装入标准水量,将标准雨量器放置于转接座上,打开雨量开关,1 mm/min核查结束后,取下将1 mm/min的孔头,将4 mm/min的孔头与标准雨量器连接,装入标准水量。1 mm/min与4 mm/min分别核查3次,每次间隙时间应大于2 min^[13]。

2) 核查数据采集:进行现场核查时,现场核查系统取值频率与自动气象站数据采集频率保持一致,实现同步取值,以每分钟1组数据频率采集核查系统气温、湿度、气压3要素数据,以每3秒1组数据频率采集核查系统风向、风速数据。现场核查仪设备安装到位后,现场核查总时长为1 h,设备稳定运行20 min后开始读取核查仪和自动站实时采集数据值,核查软件自动读取现场核查仪最高值、最低值和中位值与被核查站点对应时刻采集数据作差值,绝对值高于设定阈值,认为不合格,在阈值内为合格。由PAD端软件实时显示本站实时数据和现场核查仪采集的实时数据,并按照核查数值要求生成核查记录表,完成数据审核后生成核查记录表。雨量核查,采用雨量标准器,按雨量现场核查规范进行核查,读取核查数值手动输入到PAD端,由软件自动判断核查结果,形成核查记录表。

3.3 系统应用

本系统研制完成后于2021年3月在海南省气象探测中心投入业务试用,系统能够通过自组网实现了对温度、湿度、气压、风、雨量6种采集要素的精准采集测量,可快速实现对区域站传感器工作状态的准确判断,提升区域站的现场检修和核查能力。经对11套区域站现场核查对比结果分析统计显示:

1) 适用范围广。系统可满足不同厂家自动气象站多要素的检测要求。

2) 检测要素精准。对传感器无输出值、输出数值偏移或跳跃等故障能够全部成功检出。

3) 操作简单,便于携带。系统具有体积小、重量轻、能耗低,全程采用锂电池供电等优点,可满足单人独立携带操作要求,适合野外环境条件下工作要求。

4) 系统通信支持无线自组网和蓝牙通信模式,满足复杂野外条件下设备快速布设,操作简便的要求。

5) 软件系统采用数字化、图形化的操作及展示方式,全部测试过程通过软件完成,检测结果可自动导出。

受原理限制,非实验室条件下无标准的检定环境条件

提供,湿度传感器在高湿环境下准确率,风速传感器的启动风速合格率等指标现场核查效果还无法保证,一定程度上限制了该系统的应用场景。综合分析,智能现场核查仪系统对传感器故障和性能指标明显下降等方面能提供准确的参考,特别适合业务人员对站点开展维护工作,核对站点设备状态等方面使用,再结合便携性,操作便利性和有效性之间取得平衡,可作为区域站现场核查一种有效的技术支撑,可满足业务使用需求。

4 结 论

本文提出一种基于物联网自组网方式自动站的现场核查仪,通过设计无线组网测量、传输电路,实现对区域站温度、湿度、风向、风速、气压、雨量等常规传感器快速现场核查,为运行区域站稳定运行提供测量精度参考。整个系统运行不影响原站点设备的正常运行,避免核查期间自动站伪数据的产生。系统由海南省气象探测中心与江苏无线电科学研究所有限公司专门为区域站现场核查研制的新型设备,其自动化程度高、功能齐全、操作简单、便于携带,对传感器现场核查技术的发展具有很好的推动作用。目前,该产品已在海南省气象部门进行业务试用,对提高区域站现场核查效率,规范工作流程等方面有较大的业务应用价值。

参考文献

- [1] 中国气象局.《区域自动气象站现场核查方法》(试行)[M].北京:中国气象局综合观测司,2014.
- [2] 罗淇,任芝花,邹树峰,等.自动气象站现场校准方法探讨[J].气象,2007,33(12):93-97.
- [3] 张莉莉,沙奕卓,行鸿彦.自动气象站现场温度校准系统的设计与实现[J].测控技术,2014,33(3):6-10.
- [4] 刘昕,边泽强,李松奎.自动气象站风向风速现场校准方法研究[J].计量与测试技术,2015,42(8):7-8.
- [5] 王明辉,陈冰怀,黄海,等.自动气象站常规传感器现场检测系统设计[J].气象科技,2019,43(3):402-406.
- [6] 黄斌,崔学林,匡昌武,等.减小低风速不确定度的研究[J].国外电子测量技术,2019,38(8):7-11.
- [7] 党选发,李晓峰,袁志鹏.自动气象站现场校准和传感器调整方法探讨[J].气象科技,2007,35(3):432-434.
- [8] 田世芹,刘非,孙亚丽.区域气象站现场核查设备工作原理及使用方法研究[J].自动化仪表,2019,40(5):100-102.
- [9] 邹超,张正,赵泉钦,等.基于物联网的分布式自动气象站现场核查技术研究[J].气象水文海洋仪器,2018,35(3):20-24.
- [10] 黎志波,章维东,计博严.区域自动气象站现场检测系统设计与实现[J].气象水文海洋仪器,2017,34(1):41-44.
- [11] 刘利民,李晓峰.自动气象站现场状态巡检仪设计与应用[J].气象水文海洋仪器,2016,33(3):76-78.
- [12] 何宽,郁滨.ZigBee网络按需干扰攻击检测方案[J].电子测量与仪器学报,2019,33(1):128-134.
- [13] 孙宇嘉,于纪言,王晓鸣.自适应温度补偿无线传感器网络时间同步方法[J].仪器仪表学报,2019,40(1):132-141.
- [14] 深圳市博陆科电子科技有限公司.博陆科电子 BLK-MD-BC04-B 蓝牙模块技术手册[R].深圳:深圳市博陆科电子科技有限公司,2011.
- [15] 黄宏智,雷卫延,蔡耿华.生物舒适度采集系统的设计与实现[J].电子测量技术,2016,39(11):105-108.

作者简介

甘志强,工程师,硕士,主要研究方向为大气探测信息处理。

E-mail:ganzhiqiang1986@163.com