

闻春华,余博嵩,2019. HWS3000 手持式自动气象站组网及应用[J]. 气象与减灾研究,42(3):224-230.

Wen Chunhua, Yu Bosong, 2019. The networking and application of HWS3000 handheld automatic weather station[J]. Meteorology and Disaster Reduction Research,42(3):224-230.

## HWS3000 手持式自动气象站组网及应用

闻春华,余博嵩

江西省大气探测技术中心,江西 南昌 330096

**摘要:**针对 HWS3000 手持式自动气象站蓝牙通讯的数据传输模式在多站点观测组网应用中的不足,结合气象应急服务需求,设计开发了可多站点组网应用系统。系统由智能变送器模块、网络适配器模块和中心站远程监测软件组成。使用 nRF51822 蓝牙芯片作为微控制器,接收自动气象站采集的温、湿、风、压数据并支持户外 LED 屏实时显示,应用编程技术(In-Application Programming)实现了传感器电子数据表格 TEDS(Transducer Electronic Data Sheets)的在线更新、传感器自识别和校正功能。多站点采集的数据通过 4G 无线模块上传至中心站,通过监测软件解析并显示,实现了各监测站点数据的显示、实时曲线和历史数据查询等功能。该系统的外场测试运行正常稳定,在实际应用中效果良好。

**关键词:**手持式,自动气象站,组网应用,电子数据表格

中图分类号: P415.1

文献标识码: B

文章编号: 1007-9033(2019)03-0224-07

doi:10.12013/qxyjzj2019-036

## The Networking and Application of HWS3000 Handheld Automatic Weather Station

Wen Chunhua, Yu Bosong

*Jiangxi Provincial Atmospheric Observation and Technical Center, Nanchang 330096, China*

**Abstract:** Considering the limitations of bluetooth communication application in HWS3000 handheld automatic weather station in multi-site observation networking, a multi-site networking application system is designed and developed to meet the requirements of meteorological emergency service. The system is composed of a STIM module, a NCAP module and remote monitoring software of the central station. The nRF51822 bluetooth chip was used as the microcontroller to receive the data of temperature, humidity, wind and pressure collected by the HWS3000, and the real-time display of outdoor LED screen is also supported by the system. The on-line updating, self-identification and correction of TEDS (Transducer Electronic Data Sheets) can be realized by the In-Application Programming technique. The data collected by multi-sites were uploaded to the server central station through the 4G wireless module, then analyzed and displayed by the monitoring software. The functions of data displaying, real-time curves and historical data query of each monitoring site were realized. The field test presented that the system was running normally and stably, and the actual application effect was good.

**Key words:** handheld; automatic weather station; networking and application; TEDS

### 0 引言

自动气象站作为一种自动化监测设备在气象监

测、预报预警及防灾减灾等方面发挥中重大作用。随着电子技术、智能传感器技术的发展,基于高度集成的电子电路设计出的便携式自动气象站,在拥有

收稿日期: 2019-04-15; 修订日期: 2019-06-28.

基金项目: 2018 年江西省气象局面上项目“新型自动气象站故障智能诊断系统”。

作者简介: 闻春华,高级工程师,大气探测技术与气象装备保障技术, E-mail:380653383@qq.com.

小巧的体积的同时,蕴含了传统设备较其数倍重量下所具备的功能(王柏林等,2013),为气象观测户外作业带来了更多便捷,满足了一些特殊活动场合的气象服务需求。HWS3000 是一款设计精巧便携的专业手持式自动气象站,支持温度、湿度、气压、风速、风向等多个要素测量。然而,由于集成度较高,自动气象站扩展其他观测要素时,与其他厂家智能传感器设备不兼容,需要重新添加通讯接口、定制通信协议。与此同时,受限於便携低功耗的设计框架,自动站使用蓝牙进行观测资料传输。由于无线蓝牙通信传输距离有限(30 m 以内),在需要多点应急观测时,自动站不能将多点的观测数据实时上传并组网整合应用,观测数据无法有效利用。

IEEE1451 是 IEEE 工作组制定的一个智能传感器接口的标准,为传感器的网络化和智能化提供了一种可以参考的详细设计准则,能够增强不同厂家生产的传感器之间的通用性,同时使传感器具有了立即联网的功能(罗希昌等,2013),使各类传感器能够方便的与 MCU、现场控制网络等进行连接,并且根据传感器应用环境的不同提供了各类通信接口(有线或者无线)的协议规范。标准将智能传感器分成两个模块,即 STIM(Smart Transducer interface Module,智能变送器接口模块)以及 NCAP(Network Capable Application Processor,网络适配器)。STIM 是由传感器和微处理器结合而成的,主要实现对前端传感器信号的采集处理、TEDS 存储等功能(巩娜等,2014)。NCAP 是将设备连接到网络上的通信接口装置,NCAP 用于实现对 STIM 的控制,使其具有连网的功能,并实现数据存储、处理、以

及 TEDS 中规定的校准引擎等功能。

现阶段自动气象站无线组网应用研究主要集中于无人值守台站和状态信息监控(姚作新,2012;杨伟宁等,2014),而针对户外移动作业的便携式自动气象站的组网系统方面的研究较少。文中基于 HWS3000 手持式自动气象站,采用 IEEE1451 智能传感器接口标准协议,设计开发了一套组网应用系统,以满足现有重大活动与现场应急保障服务过程中的组网运行需求。

### 1 系统结构方案

所设计的便携式气象站组网应用系统由 HWS3000 手持式自动气象站、便携通信系统、数据接收系统三部分组成(图 1)。自动气象站负责采集监测点的气象要素数据,另外设计辅助支撑支架,满足手持式自动气象站的现场固定观测要求;便携通信系统部分集成 STIM 模块、NCAP 模块,外扩 LED 显示屏,能自动搜索并连接附近的自动气象站,接收观测数据并利用 NCAP 模块将数据通过 4G/GPRS 方式上传至数据接收服务器,实现自动气象站与 LED 显示屏及服务器之间的数据通信。数据接收系统基于区域自动气象中心站的管理模式,采用 C/S 架构,设计有数据采集、处理、监控统计、资料存储等功能模块(李志鹏等,2016)。数据应用采用 B/S 架构,为用户提供通过浏览器页面交互查询、数据下载等功能。对于单一站点监测,自动气象站与户外 LED 显示屏组合为一套现场应急服务系统,STIM 模块接收的观测信息直接通过 RS232 接口发送至 LED 显示屏,实现现场温、湿、压、风

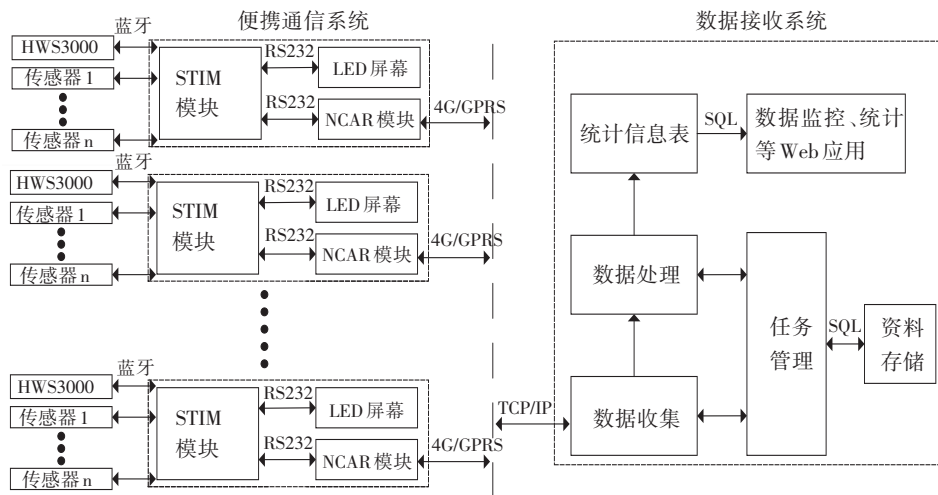


图 1 系统总体结构方案  
Fig.1 Overall structure of the system

等数据的 LED 实时显示。在多站点设备组网运行时,在中心站部署数据接收处理软件,远程存储管理、查看各站点现场气象数据。

## 2 功能设计

### 2.1 现场实时交互显示

系统多应用于气象现场应急保障服务。对于单一站点,通过 LED 显示器实时显示当前站点现场气象要素信息,并利用滚动显示方式关联站点信息或反馈其他气象服务信息。

### 2.2 组网监视

监测软件框架结构基于区域自动气象中心站的管理模式,采用 C/S 方式开发站点组网应用软件,图 2 给出了中心站软件功能结构,主要有状态监控、数据监控、评估反馈、基础信息管理 4 个功能模块。

中心站软件的 4 个功能模块作用:1) 设备运行

状态监控模块,主要收集传感器运行状态、设备通信状态信息以及 LED 显示状态;状态异常时,提供告警信息,通过发送远程指令调试,并采取对应的规避措施。2) 观测数据监控模块,集中显示各点观测数据,基于统一的 GIS 地理信息管理操作界面,为用户提供单站与组网多站的实时数据信息,集数据表、曲线图显示、浏览查询和数据下载等多种功能于一体,并能够通过数据质量控制检查,实现异常观测数据监控和报警。3) 基础信息管理模块,包括管理注册用户,并对每次不同的气象服务任务进行不同的站点配置,设计配置要素有站点服务所在点的基础信息(点名、经纬度、海拔高度等);中心站的外网固定 IP 地址与端口号(站点上需要设置的通讯);站点使用的手机卡号信息等。4) 评估反馈模块,根据采集的气象要素信息,定制气象应急服务需求,反馈对应的产品信息。



图 2 中心站软件功能结构

Fig.2 Functional structure diagram of the central server station monitoring software

### 2.3 智能传感器校正与自动识别

通过 Flash 实现 TEDS 的存储,把传感器以及 STIM 相关信息封装到制定的 TEDS 电子数据表格中。同时,把 TEDS 以数据库等形式存储在系统中,需要时通过计算机软件从数据库中调用,配合采集到的传感器数据实现 STIM 相关数据信息的获取。通过固件在线更新,同步 TEDS 数据表格。HWS3000 手持式自动气象站及可能扩展的其他要素智能传感器连接对应的 STIM,根据 STIM 模块提取的传感器数据格式及特征信息匹配对应设备信

息以及校准参数,实现传感器校正与自动识别功能。

## 3 技术实现

### 3.1 STIM 结构与实现

STIM 模块用于实现多种气象要素传感器信号的灵活接入与高精度采集,同时 IEEE1451 协议的 TEDS 也是在此模块中实现,该模块既能够实现与 NCAP 模块或 PC 之间的指令与数据交互,支持内部程序、数据以及 TEDS 的在线更新与升级。图 3 给出了 STIM 模块功能结构。STIM 模块采用基于

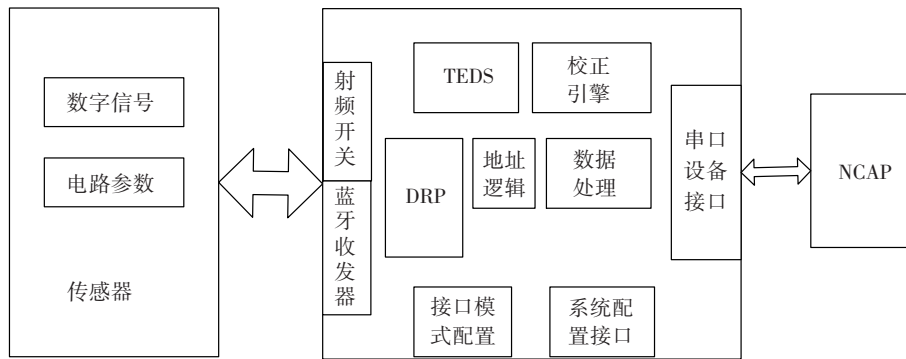


图3 STIM 模块功能结构

Fig.3 Functional structure diagram of STIM

nRF51822 芯片的 2.4 G 蓝牙低功耗片上系统, 硬件结构包括片内数字无线处理器 DRP (DigitalRadioProcessor)、片内射频收发开关切换、蓝牙收发器, 支持 256 KB 片上闪存和 16 KB RAM (徐金苟, 2012; 李金凤等, 2013; 李进等, 2018)。模块接收信号时, 收发开关置为收状态, 射频信号从天线接收后, 经过蓝牙收发器直接传输到 DRP 进行基带信号处理, 实现信号的调理和转换。

图 4 给出了 STIM 模块下位机软件主流程。STIM 模块下位机软件在 RealView MDK 开发环境下使用 C 语言进行编写。模块系统工作流程为

模块上电后, 进入初始化过程, 对蓝牙通讯参数及端口配置等进行初始化操作。扫描可连接的蓝牙外设, 针对 HWS3000 设置通讯帧匹配特定的配对密码, 使模块能自动搜索并连接附近的 HWS3000 设备。STIM 模块周期性采集 HWS3000 观测数据, 并显示在 LED 屏上。判断观测数据是否更新, 更新后对数据进行打包存储。模块等待接收来自 RS232 接口端 (NCAP 输出或 PC 直连调试) 的操作指令数据帧, 对该数据帧校验无误后, 向对应的 RS232 接口 (NCAP 或 PC 直连调试) 发送指定时段监测到的站点观测数据包。

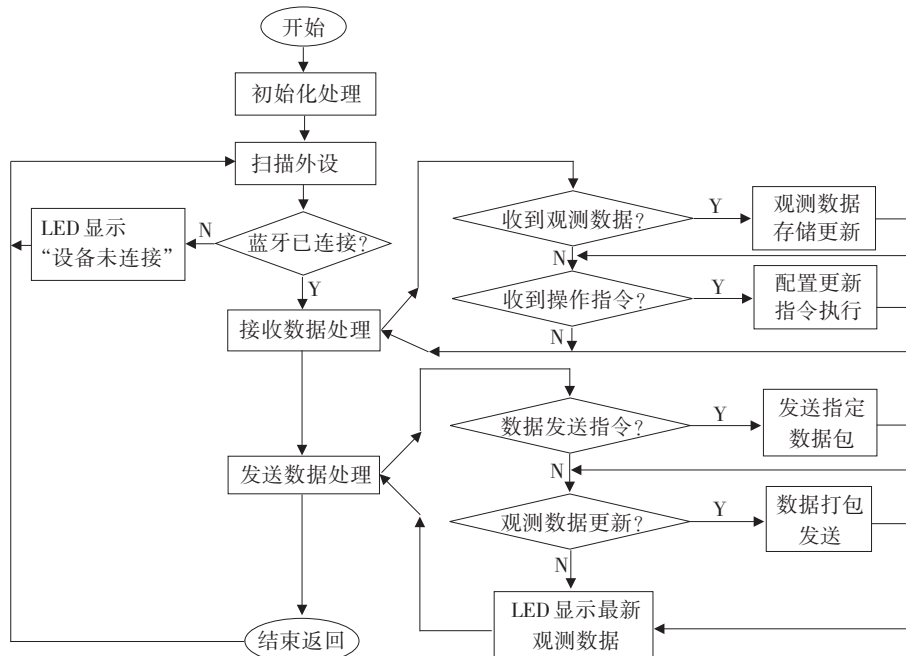


图4 STIM 控制模块下位机软件主流程

Fig.4 Main flow chart of STIM module software

### 3.2 NCAP 结构与实现

网络适配器模块主要实现对 STIM 的控制、与

STIM 的通信、大数据量存储与历史数据下载、TCP/IP 协议的实现无线网络通信以及其余不易在

STIM 模块实现的功能。在 NCAP 中需要实现一个 TCP 并发网络服务器,用于远程 PC 终端访问,计算机可通过向 NCAP 发送控制指令来控制 NCAP 执行相应的功能,如读取某传感器数据、历史数据下载、更新 TEDS 等操作。系统中 NCAP 采用 STM32 +  $\mu$ Cos II + LwIP 的方式实现。其中主控芯片选用 STM32 互联型的 STM32F103RBT6, STM32F103 具有 CAN2.0B、SPI、I2C、RS232 等接口,集成支持 MII 和 RMII 的以太网 MAC 模块,通过外置无线 PHY 芯片实现无线 4G/GPRS 网络收

发。LwIP 是一个开源的轻量级 TCP/IP 的协议栈,具有资源占用小,易移植等优点,适用于  $\mu$ Cos II 等小型嵌入式系统(李锦龙等,2019)。图 5 为 NCAP 模块功能结构。选择对应串口,配置串口参数为“9600-N-8-1”与 STIM 模块的 RS232 设置相匹配。将与 DSC 通讯方式设置为“TCP”模式,IP 地址配置为“10.116.40.21”(对应服务器 IP 地址),端口号配置为“7001”。通过通讯参数配置,安装手机卡后即可建立与数据中心的双向通信,完成用户串口数据与 4G/GPRS 网络数据包的转换透传功能。

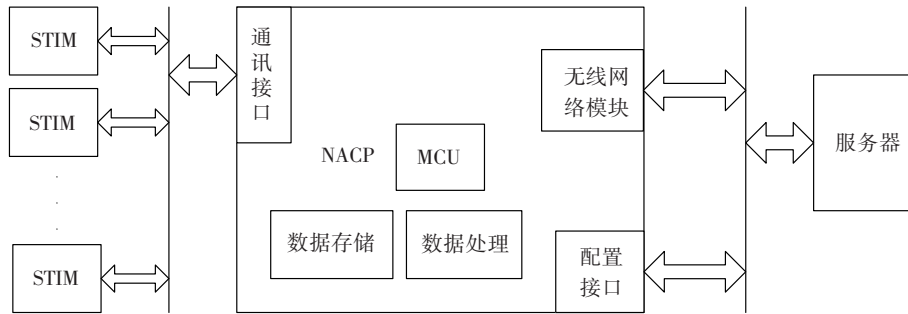


图 5 NCAP 模块功能结构  
Fig.5 Functional structure diagram of NCAP

### 3.3 电子数据表格的制定

传感器电子表格 TEDS 的设计是整个 IEEE 1451 协议系列的重要创新和本质,也是智能传感器即插即用功能的关键。NCAP 模块通过与 STIM

模块之间的数据交互获取 TEDS 的内容,并通过协议规范实现智能传感器的自动识别(朱晓博等,2014)。表 1 给出了 IEEE 1451.2 对电子数据表格 TEDS 的定义及其内容。

表 1 IEEE 1451.2 对 TEDS 的定义及其内容  
Table 1 Definitions and contents of TEDS in IEEE 1451.2

TEDS 名称	TEDS 包含的内容和功能
Meta-TEDS	描述任一通道传感器所需的所有信息、全部通道的共同信息以及有关 STIM 的总体信息
Channel TEDS	描述各个通道的具体信息,如通道特性等,是每个 STIM 必须实现的
Calibration TEDS	用于存放通道的校准参数等信息,如校准参数、最后校准日期和校准周期等
Meta-ID TEDS	STIM 的总体信息,如版本号、序列号以及数据代码等
Channel ID TEDS	用来识别各个被赋予地址的通道
Calibration ID TEDS	描述 STIM 中各通道的校准信息参数
End Users' Application Specific TEDS	用来存放终端用户特定信息
Industry Extension TEDS	TEDS 的扩展

### 3.4 IAP 方式实现 TEDS 以及程序的在线更新

IAP 是一种在程序中编程的机制,MCU 内部的程序可以通过有线或无线接口动态更新,如串口、以太网、蓝牙 BLE 等。将程序写入一个地址,然后跳转到该地址以执行该程序。只要存储空间足够大,就可以在一个微控制器上存储多个程序文件,并在各个程序文件之间动态跳转。可以在 Flash 空间中保留空间作为存储 TEDS 的空间,其余空间用作

程序和数据存储地址。

通过 IAP 进入程序并对相应的 TEDS 进行修改,来实现 TEDS 在线更新与升级的程序,串口接收指令的格式为“帧头(0xff,0xfe)、TEDS 类型(Meta-TEDS、Channel-TEDS 等,用 2 bt 简写字母表示)、指令标识、传感器类型、传感器编号、更新 TEDS 内容、帧尾(0xfe,0xff)”,更新完成后可以通过重启系统指令使系统进入 IAP 程序,即可重新进

入主程序完成更新过程。

### 3.5 校正引擎

数据校正是传感器数据采集的重要部分,能够较好的提高传感器测量数据的准确性。IEEE 1451.2 标准为传感器数据的校准提供了一种方式,即将校正引擎的多项式系数等参数存储在 TEDS 中,校正参数可通过智能传感器与对应的标准器对比实验获得。使用中心站质控软件结合校正 TEDS 中的参数即可对传感器数据进行校正。Calibration TEDS 中定义的校正引擎就是用特定的数学函数将传感器的数据融合在一起,获取多项式系数,并通过相应的数学公式计算出比较精确可信的传感器数据。校正引擎既可以在网络适配器中实现,也可在智能变送器中实现。校正引擎一般采用多项式作为校准函数,若校准函数多项式次数较高,则不利于实现,因此校正引擎使用分段多项式函数。校正引擎采用的多项式模型为

$$\sum_{i=0}^{D_1} \sum_{j=0}^{D_2} \cdots \sum_{p=0}^{D_n} C_{i,j,\dots,p} [X_1 - H_1]^i [X_2 - H_2]^j \cdots [X_n - H_n]^p \quad (1)$$

其中,  $X_n$  为从智能变送器模块获得的一组传感器通道数据;  $D_n$  是  $X_n$  的阶数;  $H_n$  为  $X_n$  的偏移值;  $C_{i,j,\dots,p}$  为校正多项式的系数;  $n$  是校正模型的输入通道数。其中除了  $X_n$  以外,其余参数均存储在校正 TEDS 中。

## 4 系统组网应用测试

HWS3000 手持式自动气象站组网应用系统开发结束后,完成了一系列内场测试工作,内场测试表明各功能模块运行稳定。2018 年 11 月,江西省气象局为南昌国际马拉松赛事提供气象保障服务,借此机会对文中设计的组网系统的外场实际应用情况进行了测试。马拉松线路沿途分别设立了 6 个移动气象观测站点。经过测试,各站点观测数据信息能够正常上传并在现场 LED 实时显示。中心站可以接收处理数据,各功能模块运行正常。根据现场气象数据实时更新服务提示信息,通过 LED 显示屏反馈给公众,对于服务对象或系统使用者都具有良好的体验。此次外场测试结果表明,文中设计的组网系统运行稳定,续航至少满足连续不间断 10 h 的现场应急保障服务,实际应用效果良好。

## 5 结束语

为解决 HWS3000 手持式自动气象站因数据传

输方式不便于组网应用的问题,设计开发了基于 IEEE1451 智能传感器接口标准的一种可靠的 HWS3000 手持式自动气象站通信组网应用系统,包括智能变送器模块、网络适配器模块和中心站远程监测软件等功能模块,实现了多站点观测数据采集显示、传感器自动识别及数据校正等功能,为实时完成区域内多个自动气象站观测数据组网上行、处理提供了有效途径,为其他同类型气象观测设备的组网应用提供了一定的参考指引。蓝牙通信普遍应用于短距离的便携式终端,而 4G 无线通信则是常用的远程数据上传方案,通过蓝牙和 4G 的无线通讯模式结合服务器中心站软件的搭建,使得整个系统方案具有较好的扩展和可沿用性。实际应用证明,组网应用系统性能稳定、运行效果良好、应用服务高效。

## 参考文献 (References)

- 巩娜,张素娟,雷勇,等,2014. 基于 CC2530 的智能温度传感器节点设计[J]. 气象科技,42(5):764-768. Gong N, Zhang S J, Lei Y, et al, 2014. Design of intelligent temperature sensor node based on CC2530[J]. Meteor Sci Technol, 42(5):764-768. (in Chinese)
- 李进,徐小龙,曾闵,2018. ZigBee 无线网在鱼塘水质监测中的应用[J]. 自动化与仪表,33(8):80-83. Li J, Xu X L, Zeng M, 2018. Application of ZigBee wireless network in water quality monitoring of fish ponds [J]. Automation and instrumentation, 33(8):80-83. (in Chinese)
- 李金凤,刘沁,张治国,等,2013. 基于无线传感器网络的矿井瓦斯监测系统[J]. 仪表技术与传感器, (9):73-76. Li J F, Liu Q, Zhang Z G, et al, 2013. Mine gas monitoring system based on wireless sensor network [J]. Instrument Technology and Sensors, (9):73-76. (in Chinese)
- 李锦龙,李晓根,于运录,等,2019. 基于 ZigBee 和 4G 的空气质量远程监测系统设计与实现[J]. 自动化与仪表,34(2):99-102. Li J L, Li X G, Yu Y L, et al, 2019. Design of air quality remote monitoring system based on ZigBee and 4G [J]. Automation and Instrumentation, 34(2):99-102. (in Chinese)
- 李志鹏,胡佳军,杨立苑,等,2016. 基于 CIMISS 的气象数据处理时效监视系统设计与实现[J]. 气象与减灾研究,39(4):309-313. Li Z P, Hu J J, Yang L Y, et al, 2016. The design and implementation of system for monitoring meteorological data process timeliness based on CIMISS [J]. Meteor Disaster Reduction Res, 39(4):309-313. (in Chinese)
- 罗希昌,周杰,杜景林,2013. 基于无线传感器网络的应急气象观测系统设计[J]. 传感器与微系统,32(11):108-111. Luo X C, Zhou J, Du J L, 2013. Design of emergency meteorological observation system based on wireless sensor network [J]. Sensors and Microsys, 32(11):108-111. (in Chinese)
- 王柏林,花卫东,阳艳红,2013. 便携式自动气象站结构与功能设计

- [J]. 气象与环境科学, 36(4):79-83. Wang B L, Hua W D, Yang Y H, 2013. Structure and function design of portable automatic weather station[J]. Meteor Environ Sci, 36(4):79-83. (in Chinese)
- 徐金苟, 2012. 低功耗蓝牙 4.0 协议原理与实现方法[J]. 微电脑应用, 28(10):74-77. Xu J G, 2012. Principle and implementation of low energy bluetooth 4.0 protocol[J]. Microcomputer Applications, 28(10):74-77. (in Chinese)
- 杨伟宁, 张凌飞, 龚海舰, 等, 2014. 无人值守气象站数据采集系统的设计与实现[J]. 现代电子技术, 37(1):50-53. Yang W N, Zhang L F, Gong H J, et al, 2014. Design and implementation of data acquisition system for unattended weather station[J]. Modern Electronic Technology, 37(1):50-53. (in Chinese)
- 姚作新, 2012. 基于北斗卫星短信通信方式的无人值守自动站[J]. 气象科技, 40(3):340-344. Yao Z X, 2012. Unattended automatic station based on Beidou satellite short message communication method[J]. Meteor Sci Technol, 40(3):340-344. (in Chinese)
- 朱晓博, 马尚昌, 张素娟, 等, 2014. 传感器智能化及电子数据表格更新方式的研究[J]. 成都信息工程学院学报, 29(1):49-53. Zhu X B, Ma S C, Zhang S J, et al, 2014. Research of intelligent sensors and transducer electronic data sheets online upgrade method [J]. J Chendu University Infor Technol, 29(1):49-53. (in Chinese)