

珠海自动气象站网工程

鲍若峪 罗小芬 罗经贯 廖柏梧 郭春 陈向文

(中山大学大气科学系, 广州 510275)

(珠海市气象局)

摘要 珠海自动气象站网由 9 个自动气象站和中心控制工作站及其无线数据通讯网络组成, 测站可自动实时遥测各站点风向、风速、温度、湿度、气压、雨量、天空辐射等气象要素, 中心工作站通过无线通讯网实现测量数据的收集、存贮、显示、打印输出, 并通过局地计算机网络和远程终端为预报值班、三防指挥部门提供实时测量资料。系统采用了准确度高、稳定性好的全数字式传感器, 灵活、可靠的 STD-BUS 低功耗工业计算机, 具有数传接力功能的无线数传网络结构, 先进的太阳能电池及电源转换技术。

关键词 自动气象站, 数据采集, 数据通讯, 网络

为了适应珠海经济特区建设的高速发展, 做好防灾、抗灾工作, 也为了配合跨伶仃洋大桥前期工程气象勘测任务的需要, 199 年起中山大学大气科学系自动化技术实验室与珠海市气象局合作, 完成了珠海自动气象站网的研制、工程安装、运行调试任务, 实现了对珠海地区及其附近岛屿气象要素的自动监测。

1 自动气象站网的概况

珠海自动气象站网是由自动气象站、无线数据通讯网络、中心控制工作站及其局地计算机网络组成的自动气象数据采集系统。

自动气象站作为系统的端站安装于各个测点, 可自动测量大气温度、湿度、风向、风速、气压、降雨量、天空总辐射等瞬时值, 并由计算机计算得到各要素的平均值、极值、累加值等参数, 定时形成可供中心工作站调用的数据文件并打印输出测量资料。根据测点安装环境和用户的需要, 配置有不同的传感器和输出设备。目前已完成安装联网的有淇澳岛、内伶仃岛、内伶仃码头、桂山岛、高栏港无人自动气象站, 平沙、红旗、井岸、香洲自动气象站。

系统采用无线电 UHF 信道进行数据传输, 中心工作站和各测站都安装有调制解调器, 无线电台及天线设备, 由自动气象站计算机控制电台的收发转换, 由中心工作站控制用巡回采集点名方式实现对各测站数据的实时调用。

中心工作站是系统的主控部分, 由 386 微计算机及其外围设备组成, 负责协调整个系统的工作, 定时向各个测站发布操作命令, 实现收集统计资料、瞬时资料、历史资料

和校时、复位等功能。从各测站调回的资料经整理形成标准数据格式文件存贮在硬盘或软盘上，并按用户的选择给出文字、图形、图表显示或打印输出结果。同时数据文件通过局地网络送入网络服务器，供本地和远程用户查询使用。

系统框图见图 1。

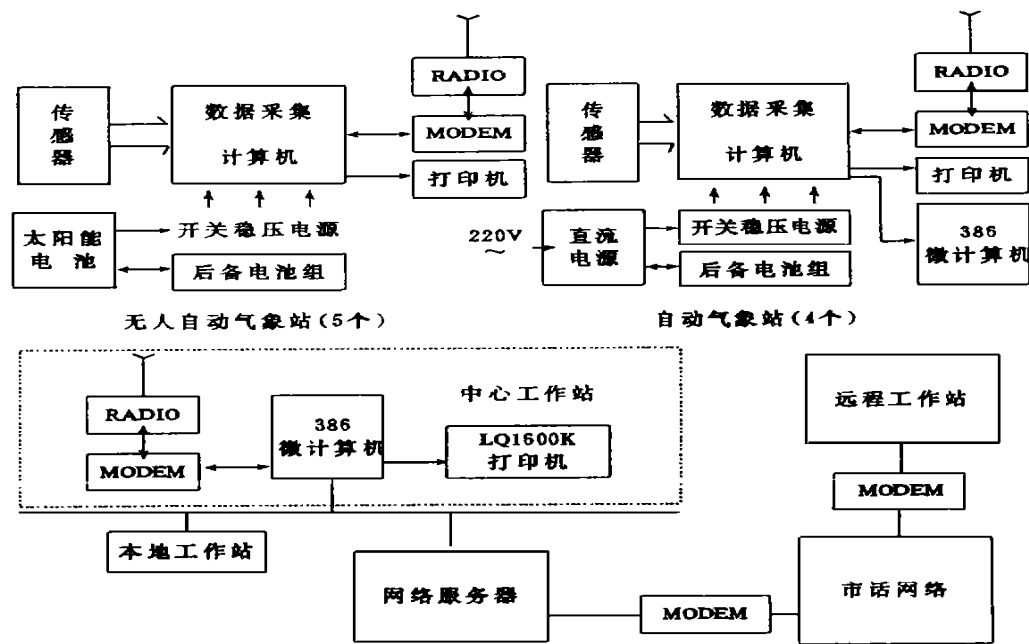


图 1 珠海自动气象站网系统框图

Fig. 1 The frame figure of the automatic meteorological observation system in Zhuhai

2 自动气象站

自动气象站采用我们研制的 ZDQ- 13自动气象站^[1]，是国家“七五”攻关项目 ZDQ - 12自动站的改进产品。自 1990年起已成功地安装在核电站厂址、民航机场、环境气象部门，适用于无人艰苦环境的使用。自动气象站由传感器、数据采集计算机、电源等单元组成，其测量项目和技术指标见表 1。

表 1 自动气象站技术指标

Tab. 1 Technical data of automatic meteorological station

项目	传感器	单位	测量范围	分辨率	准确度
风速	ZDQ- W S2	m /s	0~ 70	0. 1	0. 3± 0. 03× 实际风速
风向	ZDQ- W D2	(°)	0~ 360	1. 4	± 5 (0. 5m /s时)
温度	ZDQ- T2	℃	- 40~ 50	0. 01	± 0. 2
气压	8601	h Pa	600~ 1060	0. 01	± 0. 2
降水量	SL1	mm /h	200	0. 1	± 0. 4 (< 10) ± 4% (≥ 10)
天空辐射		W /m ²	0~ 1400	1	± 5%

2.1 传感器与测量方法

ZDQ-13 自动气象站采用了全数字式的传感器及计算机接口技术, 有效地提高了传感器信号的抗干扰能力和传输距离, 保证了系统的测量精度和可靠性.

温度传感器是石英晶体温度传感器, 利用 Y 切型石英晶体的温频特性 ($\Delta f/f = 80 \times 10^{-6} / ^\circ\text{C}$) 由频率为 5M HzY, AT 双晶体振荡器、混频、滤波、放大整形电路组成, 输出的频率为约 30k Hz 的方波, 变化率 $400\text{Hz}/^\circ\text{C}$. 计算机测频电路测量传感器输出频率 F , 计算经计量标定的三次方程:

$$T = A + B \times F + C \times F^2 + D \times F^3$$

其中 A, B, C, D 为标定拟合系数, 得到温度值 T . 湿度的测量采用晶体干湿球测湿方法.

风向传感器是 8 位光电编码风标式传感器, 输出 8 位并行格雷码, 计算机每秒钟通过并行数据接口读入光电编码信号, 进行码制转换得到风向角度和方位.

风速传感器是光电脉冲三杯式传感器, 输出脉冲频率与风速成正比, 计算机每秒计算前 5 秒由传感器送来的脉冲数 M , 计算经风洞标定的转换方程 $WS = A + B \times M$ (其中 A, B 为标定系数) 得到 5s 平均风速 WS 作为瞬时风速值.

雨量传感器是翻斗式雨量计, 每 0.1mm 降水量输出一个计数脉冲, 计算机定时累计脉冲个数即可计算得到雨量和雨强.

气压传感器采用振筒式气压传感器, 输出信号周期变化对应于气压的变化, 计算机测量传感器信号的周期, 并进行温度订正得到当时的本站气压值.

天空总辐射传感器是热电式传感器, 由放大器、V/F 转换器把毫伏信号转换为频率信号输出, 计算机也同样用测频的方法经一次转换方程得到辐射值.

温度、风速、风向传感器由中山大学气象自动化实验室研制, 全部经广东省计量研究所热工室和国家气象局风洞实验室标定, 其中风速传感器使用了中山大学材料科学研究所研制的碳纤维三杯风速感应元件和风标元件, 对提高传感器的抗风能力起了重要的作用. 雨量、气压、辐射传感器分别为上海气象仪器厂、太行仪表厂、锦州 321 研究所产品.

2.2 数据采集计算机

自动气象站数据采集计算机采用了国际标准 CMOS-STDBUS 工业计算机结构, 具有可靠性好, 功耗低, 模块化组态灵活的优点^[1].

为自动气象站开发了 3 个计算机模块, CPU 模块包含有 Z80CPU, 32k RAM, 32k EPROM, 系统计时器, 两路 RS-232C 接口用于联机串行通讯, 标准的并行打印机接口联接微型打印机输出数据; 键盘、显示器模块包含有联接小键盘和 9 位 LED 显示器的接口作为人机界面, 输入运行参数和显示测量数据, 还具有并行的光隔离输入输出控制接口电路; 数字信号模块用 CTC, PIO 等功能电路组成多路频率脉冲计数测量电路和计数输入光耦合接口电路, 作为各种传感器信号接口处理模块.

2.3 电源单元

为使自动气象站连续自动运行, 需配备不间断的电源供电单元. ZDQ-13 的电源结构分为两个部分, 一部分用 220V 交流电或太阳能电池及后备电池组和切换充电电路提

供 12V 不间断直流电源, 另一部分是把 12V 直流电源转换成计算机、传感器、打印机的 DC/DC 转换器。

在有市电供电的测站, 使用交流 220V 电源, 经滤波器、变压器、整流器得到 12V 直流供电电源和后备电池恒压充电电源, 市电供电时, 12V 直流电源供系统使用, 电池处于后备状态, 市电掉电时, 切换电路立即把后备电池投入, 保证 12V 直流电源不断电, 系统得以正常工作, 当市电恢复时又自动切换到交流供电, 电池处于充电状态, 电池充满后自动停止充电。后备电池组可提供 24h 连续供电能力。在无市电供电的海岛站、高山站采用太阳能电池供电系统, 有日照时, 太阳能电池提供自动站电源也同时为后备电池充电, 没有日照时自动切换到后备电池组供电状态, 后备电池组可提供连续 15 天阴雨天气连续供电能力。为保证夏季太阳辐射强烈不至于造成电池组过充电, 安装有过充电保护电路, 电池充满后可自动消耗太阳能电池的能量。

直流开关电源部分把 DC 12V 电源转换成 5V /1A 计算机电源, 12V /200mA 传感器电源和 5V /1.5A 打印机电源。采用全隔离分组集成化 DC/DC 转换器结构, 效率高, 稳定性好, 有效地把系统各部分以及交流市电之间隔离开来, 对于计算机的可靠运行和故障隔离起着重要的作用。

2.4 软件和运行

为数据采集计算机开发了一个小型多任务操作系统, 可同时运行多个测量和服务操作。以系统实时钟为时基定时起动的巡测各传感器通道, 把信号变量转换成气象数据, 得到各要素的瞬时值, 根据测量规程计算出温度、气压的平均值、最大值和最小值; 10min, 2min 平均风速、最大 10min 平均风速及其对应出现的瞬时或最多风向; 1h, 12h, 24h 累计雨量和 24h 最大 10min, 60min 雨强等参数。还记录各种极值出现的时间, 如遇到 > 17m/s 的大风, 记录起始时间并发出警报信号。每半小时编辑一份完整的统计资料数据报文, 存放在内存中待命发送到中心工作站, 内存中可存放过去 24h 的共 48 次测量记录, 同时实时地显示各种瞬时值, 每小时定时打印输出一份测量数据资料。

自动气象站数据采集计算机上的软件全部用汇编语言编程, 汇编后的机器码约 24k 全部固化在 EPROM 中。

2.5 数据处理计算机单元

数据处理计算机是按照测站所在单位显示存贮本站资料需要, 配置的 386 微计算机系统。每半小时, 由自动气象站控制, 开启微计算机电源, 经初始化, 自检程序后, 发出收集自动气象站资料的命令, 由自动站传回最近一次测量数据, 经处理后存入硬盘或软盘, 在显示器上显示测量数据, 根据用户选择打印输出。这些数据供本站进行日、月、年报表和气象专项服务使用。在微计算机上可实现对自动站历史资料查询、打印、显示功能及数据文件的管理功能。

ZDQ-13 自动气象站在抗恶劣环境计算机化仪器的可靠性方面作了大量的工作。全部使用数字式传感器及接口技术, 传感器元器件选用高耐压元件, 电源线、信号线均采用了防雷电感应过压保护措施, 传感器与计算机之间都用光耦合电路, 隔离电源, 避免干扰和过电压串入。STD 总线工业计算机具有良好的抗干扰能力, 还配备了计算机工作监测电路 (WATCHDOG), 对由于干扰引起的“死机”现象可及时发现, 强行复位唤醒

整机工作.在工艺上、软件上也使用了相应的可靠性技术,使整机系统得以在无人野外高温、高湿等恶劣环境下连续可靠运行.

ZDQ-13自动气象站采用组态灵活的STD总线工业计算机具有丰富的外围接口,在珠海自动气象站网中充分体现了它的优越性.因测站位置、建站目的、用户需要不同,我们可以灵活地组合成适用的系统.作为标准配置,安装风、温、湿、压、降水传感器,数据采集计算机、数据传输电台、调制解调器,这样的配置安装在高栏、香洲、斗门站.安装在平沙、红旗两个区府所在地的农场气象站,是配置最大的系统,在上述标准配置上增加天空总辐射传感器,为农业生产提供测量资料,配有微型打印机,每小时打印测量记录,还配有386数据处理计算机, LQ-1600K24针打印机及UPS电源,当地农业气象测报人员可在端站上显示查询本站的气象资料,直接服务于工农业生产和三防指挥部门.位于伶仃岛桥基位置的自动站为了测量该地风速随高度的变化,以确定桥梁设计参数,除10m外增加了25m高度风向、风速传感器及测量通道.而在内伶仃码头、淇澳岛、桂山岛的测站配置为最小系统,只安装风向、风速传感器,双模块数据采集计算机,数据传输电台组成小型化无人测风站.系统组合的灵活性为系统研制、调试、安装、维修都提供了很大的方便,系统的性能、价格比更高.在ZDQ-13自动气象站中还预留了不少测量通道,可方便地接上各种水文、环境传感器应用于多种无人自动测量系统.

3 无线电数据通讯网络

珠海自动气象站网各测站布置在以位于珠海香洲的气象局为中心的60km半径范围内,四个在海岛上,一个在高山腰.多数测站没有电源、电话,甚至没有路,采用无线方案从经济、施工难度、维护管理的角度上看无疑是较好的可行方案,但无线通讯邻台同频干扰严重,地物阻隔,信道质量差,又需要研制工作解决许多困难.

首先,我们确定了使用通用无线电台加调制解调器的方案.每个测站安装有无线电台管理部门批准使用的UHF420M/5W电台,定向八木天线.调制解调器由符合BELL103标准单片大规模集成电路及电台收发转换控制电路组成,它实现计算机串行数据音频信号之间的转换,使得可利用一般无线电台语言信道传送数据.调制解调器与电台之间采用了隔离、过电压保护措施,防止天线、电台、传输线引入的雷击感应过电压损坏计算机.

数据通讯网运行应答式通讯协议,编码使用7.4汉明码,编码和纠错用计算机软件实现,对于单站点对点报文,采用ARQ方式重发纠错,对于公共地址广播报文,则用三次重发,多数表决的方法纠错.中心工作站和测站之间的信息交换是以报文为单位,每个报文包括起始码,目的(发送)地址站号、命令、报文内容和结束码、校验码组成.系统工作时各测站、中心站的电台均处于接收状态,计算机随时处理由调制解调器送来的数据信号.中心站按时间程序进入巡逻状态,控制电台发出命令,测站一旦接收到完整的报文,便进行报文格式、内容的相容性检测,确认报文无误就解释报文,若是以本站为目的地址的报文,便执行命令动作,若需发送资料或中转、应答,通过唤醒发送任务,控制电台由接收状态转换为发射状态,转换延时结束后即开始顺序发送报文,当报文发送完毕或发送任务超时,计算机自动控制电台由发射状态回复到接收状态.该通讯协议

的运行, 对于突发性间歇性干扰有较好的抗干扰效果, 在误码率较高, 信道质量较差的情况下仍可保证有效的数据通讯。

由于珠海站点之间地形阻挡较严重, 中心台位于市中心, 两边为山岗, 大多数站点无法达到 UHF信道的视距通讯要求, 直接与中心电台连通, 如架设高山中转站, 造价、管理、运行都存在大量的问题。我们巧妙地利用各个站点的地理位置和计算机软件的方法, 实行命令和资料的无线接力传送, 在通讯协议中设计有中转的功能命令, 中心工作站的软件中可由操作人员灵活地设定接力路由, 如高栏港的资料由桂山站中转, 在设置好通讯路由后, 中心站的调用高栏资料命令嵌入桂山站的中转命令发出, 桂山站接收到中转命令后把调资料命令发出并进入准备接收回转资料的状态, 高栏站收到调资料的命令即把资料编辑发出, 桂山站收到并判别到高栏站的数据报文无误后, 再次发射出去, 中心站就可以收到高栏站的资料了。为了保证不至于因中转站故障而丢失资料, 通过现场试验, 可确定多个接力路由方案, 由网络操作人员根据运行情况进行适当的调整。中转接力的方案, 不需增加硬件投资, 配合灵活的路由选择功能较电台中转站有更好的可靠性, 较好地解决了该地无线数据通讯的需要。

4 中心工作站

珠海自动气象站网的控制中心是位于珠海气象局的中心工作站。其硬件设备是一台 386微型计算机和无线通讯用的调制解调器、无线电台及天线。作为系统的主控设备和最终数据输出设备, 直接使用与通用 PC兼容的硬件结构, 有丰富的软件工具资源, 可使用高级语言编程。彩色图形显示和中文工作环境, 也为计算机联网和资料输出、交换兼容性提供了良好的基础。

中心工作站的主要功能: ① 每半小时巡回采集各测站的测量资料。首先向各测站发出调资料的命令, 然后接收测站送回的资料报文, 经检错、纠错后确认则编辑成数据文件, 存入硬盘。同时在显示器显示数据并根据运行参数选择是否在打印机上打印输出。如接收资料不成功, 则再次发出调资料的命令。采集的资料按每站每天一个文件存入硬盘。② 定时自动对各站发布校时命令, 使全网各测站时钟同步。③ 查询历史资料, 对各站各时次资料的浏览, 打印输出。④ 随时可由操作人员根据菜单提示操作、调用、显示、打印各测站过去 24小时或即时的测量数据, 发布校对、复位等命令。⑤ 可通过 PCSHELL方式, 查看、复制、整理编辑资料, 执行系统的时钟、文件、磁盘管理功能。⑥ 调整系统运行参数, 如实时钟, 局地网络的联接和退出, 测站中转通讯路由选择, 故障测站的退出等。

工作站运行 DOS5.0磁盘操作系统, UCDS3.1中文环境, 操作程序采用弹出式窗口技术, 用户可根据屏幕中文提示方便地进行各种操作。还后续开发了地形图显示方式和曲线图表显示方式, 力图使人机操作界面更为友好。整个工作程序包括低层的硬件接口、串行通讯口、电台收发控制等硬件管理程序; 中层的资料纠错、时间程序控制、运行管理、网络通讯管理等程序; 高层的中文图形、菜单显示、人机对话、外围设备、磁盘文件、打印输出管理程序, 分别使用汇编语言、TBBASIC语言、C语言编程, 全部编译成 EXE文件执行。

中心工作站同时作为网络工作站联接在气象局 NOVELL 微计算机网上, 可选择联网/单机运行方式。联网时, 每次的全网测量资料通过网络通讯管理程序传送到网络文件服务器上, 在本地或远程的气象局预报值班、远程的三防指挥部、边防局、农场气象站等用户工作站上, 可随时查看即时的或历史的测量资料, 作为天气预报、气象服务、抗灾抢险指挥工作的参考。

珠海自动气象的站网工程, 在原有两个单站的基础上, 经 1993 年春踏勘选点, 夏季完成土建安装工作, 秋季无线通讯网调试, 实现全自动无人值守测量运行, 又在 1994 年完成高栏站的扩容, 经过两年多野外环境、台风、暴雨、雷暴袭击的考验, 系统基本正常工作, 也在排除各种自然、人为因素引起的故障过程中, 逐步试验、完善, 达到了较好的水平。为气象资料的收集、气象服务作出了贡献。

参 考 文 献

- 1 鲍若峪, 罗小芬, 罗经贯等. 应用 STD BUS 计算机的自动气象站系统. 微计算机信息, 1991 (4): 38~40
- 2 张开元. 微型计算机及单片计算机总线技术手册. 北京: 科学技术文献出版社, 1992. 30~57

The Automatic Meteorological Observation System in Zhuhai

Bao Ruoyu Luo Xiaofen Luo Jingguan Liao Baiwu Guo Chun Chen Xiangwen*

Abstract The Zhuhai automatic meteorological observation system consists of 9 automatic meteorological stations, a central control workstation and a radio network of data communication. The observation station automatically telemeter the real-time meteorological variables such as wind, temperature, humidity, pressure, rainfall and solar radiation. The central workstation performs the task of data acquiring, storing, displaying and printing by the radio communication network. It also provides the relevant authorities with important meteorological information through the computer network. The hardware used in this system are very new and reliable. The software used is advanced. And the continuous operation of this system since Aug, 1993, has successfully experienced many bad weather situations such as typhoon rain storms and thunder storms, and helped a lot for the weather prediction and services in time.

Keywords automatic meteorological station, data acquisition, data communication, network

* Department of Atmospheric Sciences, Zhongshan University, Guangzhou 510275.