

自动气象站

原理与测量方法

胡玉峰 主编

气象出版社

自动气象站原理与测量方法

胡玉峰 主编

气象出版社

内容简介

本书是为了配合我国地面气象观测自动化建设而编写的。它较为详细地阐述了自动气象站的构成与工作原理。包括传感器、数据采集器、电源和外围设备、业务软件、组网等。同时对自动气象站的测量方法,包括采样与算法、数据质量控制、自动与人工观测数据的差异等,作了全面的介绍和深入的分析。

本书包含了近代地面气象自动化观测的科研、试验、使用等方面的成果,对《地面气象观测规范》(2003年版)和CIMO观测指南(第六版)的相关内容进行较为全面的、深入浅出的诠释,有较高的理论和实用价值,是气象业务管理人员、观测人员、计量维修人员必备之读物,也可作为大专院校师生和有关科技人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

自动气象站原理与测量方法/胡玉峰主编. —北京:
气象出版社,2004.6

ISBN 7-5029-3789-7

I. 自… I. 胡… III. ①自动气象站-理论②自动气象站-测量方法 IV. P415.1

中国版本图书馆CIP数据核字(2004)第053561号

自动气象站原理与测量方法

胡玉峰 主编

责任编辑:苏振生 终审:周诗健

气象出版社出版

(北京市海淀区中关村南大街46号 邮政编码:100081)

网址:<http://cmp.cma.gov.cn> E-mail:qxcbs@263.net

北京市兴怀印刷厂印刷

* * *

新华书店总店北京发行所发行 全国各地新华书店经销

开本:787×1092 1/16 印张:10.5 字数:269千字

2004年6月第一版 2004年6月第一次印刷

印数:1~3000册

ISBN 7-5029-3789-7/P·1333

定价:26.00元

前 言

我国自动气象站的研制已有近 40 年的历史。20 世纪 90 年代末,我国自行研制的自动气象站已经开始投入业务使用。迄今全国气象台站地面观测要素中的器测项目基本上由自动测量替代,这标志着我国地面气象观测进入了一个新时代。广大气象台站观测人员、业务管理人员以及有关用户,在对自动气象站的认识和了解过程中,迫切需要一本全面阐述自动气象站方面的参考书。为此,我们根据多年来在自动气象站研制、试验、生产、台站使用过程中积累的经验和研究成果,于 2003 年 4 月开始编写这本书。

本书较为详细地叙述了自动气象站的构成、工作原理以及测量方法。内容包括:气象传感器、数据采集器、电源与外围设备、业务软件、数据采集与算法、数据质量控制、数据传输与组网以及自动观测与人工观测数据差异分析等,是对《地面气象观测规范》(2003 年版)和 CIMO 观测指南(第六版)相关内容,从理论和实际使用等方面进行全面、深入浅出的诠释。

全书共分 12 章。另将气象仪器测量准确度、计算公式及有关表格列入附录中。第一章、第二章、第三章、第六章、第十一章、第十二章由胡玉峰为主编写;第四章和第五章中的外围设备由李建国编写;第五章电源由李平编写;第七章、第九章由刘钧编写;第八章由李佳编写;第十章由殷建国编写。

在本书完成之际,我想起了曾经为我国自动气象站的研制付出了巨大努力的老一辈专家们,是他们的智慧和贡献,才有了我们今天的成就。本书在编写过程中得到了他们的具体指导和帮助。中国气象局监测网络司宗曼晔、王晓辉、陈永清等领导对本书有些内容要与新出版的观测规范相一致,提出过积极有益的建议。对此,一并向他们表示衷心感谢。

本书在编写过程中,个别章、节引用了张霭琛、林晔、李家瑞、屠其璞等教授著作中的小部分内容,仅在文字上作了少量修改,特此说明。

由于编著者水平所限,本书在内容上难免存在不足之处,恳请各位专家和广大读者不吝赐教。

胡玉峰

2004 年 3 月

《自动气象站原理与测量方法》编写组

主 编 胡玉峰

顾 问 宗曼晔 王晓辉 陈永清

编写组成员 刘 钧 李建国 李 佳 李 平
张宏伟 管永基 殷建国 王 静
郑新笑 沙 勇 王丽岩

目 录

第一章 概述	(1)
1.1 使用自动气象站的目的	(1)
1.2 自动气象站的基本要求	(1)
1.3 自动气象站的种类	(1)
1.4 国内、外自动气象站研制概况	(2)
第二章 结构与工作原理	(4)
2.1 体系结构	(4)
2.2 工作原理	(4)
2.3 国家基准站用自动气象站	(5)
2.4 通讯方式	(9)
2.5 自动气象站主要技术指标	(9)
第三章 传感器	(11)
3.1 概述	(11)
3.2 气压	(12)
3.3 温度	(17)
3.4 湿度	(23)
3.5 风	(26)
3.6 雨量	(36)
3.7 蒸发	(40)
3.8 辐射	(42)
3.9 日照	(53)
3.10 能见度	(55)
第四章 数据采集器	(66)
4.1 概述	(66)
4.2 基本要求	(66)
4.3 早期采集器结构原理	(68)
4.4 中期采集器结构原理	(68)
4.5 近期采集器结构原理	(73)
第五章 电源和外围设备	(76)
5.1 电源	(76)
5.2 外围设备	(78)
5.3 自检与远程监控	(80)
第六章 采样和算法	(81)
6.1 时间和空间的代表性	(81)
6.2 大气的频谱	(82)
6.3 数字滤波	(82)
6.4 采样	(82)
6.5 算法	(85)

第七章 软件与数据格式	(87)
7.1 软件的功能与分类	(87)
7.2 数据采集通信软件	(89)
7.3 地面测报业务软件基本流程与框架图	(92)
7.4 自动气象站采集数据文件格式	(92)
第八章 数据传输	(100)
8.1 数据通信	(100)
8.2 数据传输分类及传输方式	(101)
8.3 质量控制和发展方向	(103)
第九章 组网	(108)
9.1 概述	(108)
9.2 自动气象站组网模式	(108)
9.3 全国大气监测自动化网络	(109)
9.4 区域性中尺度自动气象站组网	(111)
9.5 特定情况下的组网	(113)
第十章 场地与安装	(114)
10.1 环境条件与观测场地	(114)
10.2 自动气象站各部分的安装	(114)
第十一章 数据质量控制	(124)
11.1 数据质量控制的主要内容	(124)
11.2 数据质量控制的其它内容	(128)
11.3 平行对比观测	(129)
11.4 观测资料的同一性要求	(130)
第十二章 自动观测与人工观测数据的差异	(133)
12.1 导言	(133)
12.2 出现差异的主要原因	(133)
12.3 各气象要素出现差异的情况	(135)
参考文献	(143)
附录 1 测量准确度	(147)
附录 2 常用计算公式与附表	(155)
附录 3 观测时制和日界	(161)
附录 4 自动气象站数据缺测的补测方法与仪器	(162)

第一章 概 述

自动气象站是一种能自动收集、处理、存储或传输气象信息的装置。一般由传感器、数据采集器、微机、系统电源、通讯接口等组成。

传感器将气象参数转换成数据采集器所需的模拟量、数字、频率等,以便进行测量,数据采集器将传感器送来的参量按设定的要求进行处理。经过处理的气象资料用有线或无线方式传输给用户,或存储起来。

在网络系统中,自动气象站也称子站,将许多子站和一个中心站用通讯网络连接起来,形成自动气象观测系统。

1.1 使用自动气象站的目的

自动化新技术的使用,从根本上提高了我国大气探测现代化的总体水平,减少了由人工观测引起的误差,提高了地面观测资料的可靠性,进一步减轻了观测人员的劳动强度。

由于对观测方法、测量技术、仪器设备的标准化控制,也提高了整个地面观测站网资料的均一程度。

在现有气象台站建设自动气象站,可以提高现有气象台站观测资料的时间密度;在现有气象台站之外建设自动气象站,可以提高观测资料的空间密度。从而全面提升了我国地面气象观测站网的时空密度,对增强监测、警报、预测能力,为科学研究、科学试验、天气预报、气候预测、人工影响天气、城市环境气象和气象灾害决策服务等方面,可提供更准确、更及时、更有效的地面气象观测资料。

1.2 自动气象站的基本要求

1.2.1 自动气象站的主要功能要求

(1)自动采集各类气象要素的观测数据,经处理后发送至终端设备。

(2)按照规定公式自动计算海平面气压、水汽压、相对湿度、露点温度等,以及所需的各种统计数据。

(3)按照业务需求,编发各类气象报文,编制各类气象报表(数据文件)和发送实时观测数据。

1.2.2 自动气象站的主要技术性能指标

自动气象站的主要技术性能指标包括:测量要素及其测量范围,数据采样率,数据处理方法,准确度,数据存储能力,数据传输方式等。

1.3 自动气象站的种类

自动气象站的分类方法很多。世界气象组织仪器和观测方法委员会(CIMO)把自动气象站分成提供实时资料的实时自动气象站和记录资料供非实时分析用的非实时自动气象站两类。

根据我国的自动气象站建设的实际情况,把它分成以下两类:即有人值守的自动气象站和无人值守的自动气象站。

有人值守的自动气象站是一种人机结合的自动气象站,配有终端设备。目前在业务上使用的是这类自动气象站。

无人值守的自动气象站是一种全自动的自动气象站,只含有能实现自动测量的气象要素,要素的多少根据用户的需要而定,可以定时或非定时的采集数据,直接远距离传输给用户,也可以把此数据存储在本站存储器内,定时回收处理。

1.4 国内、外自动气象站研制概况

20 世纪 50 年代末,不少国家已有了第一代自动气象站,如前苏联研制的 M36 型自动气象站,美国研制的 AMOS—Ⅲ 型自动气象站等。这些自动气象站观测的要素少、结构简单、准确度低。60 年代中期,第二代自动气象站已能适应各种比较严酷的气候条件,但未能很好地解决资料存储和传输问题,无法形成完整的自动观测系统。到 70 年代,第三代自动气象站大量采用了集成电路,实现了软件模块化、硬件积木化,单片微处理器的应用使自动气象站具有较强的数据处理、记录和传输能力,并逐步投入业务使用。进入 90 年代以来,自动气象站在许多发达国家得到了迅速发展,建成业务性自动观测网。如美国的自动地面观测系统(ASOS)、日本的自动气象资料收集系统(AMeDAS)、芬兰的自动气象观测系统(MILOS)和法国的基本站网自动化观测系统(MISTRAL)等。

我国自动气象站研制工作始于 20 世纪 50 年代后期,至今已有 40 年的历史。60 年代初,由原中央气象局观象台主持研制无人自动气象站,到 70 年代初研制出 5 台无人自动气象站,在青海省的五个台站进行试验,前后达 10 年之久。与此同时,原中央气象局研究所又主持研制出综合遥测气象自动站,在杭州、苏州、北京等地进行了为期 6 个月的现场考核。

80 年代中期,由中国气象科学研究院大气探测所主持,采用静止气象卫星中继数据的方式,研制出资料收集平台(DCP),分别在青海、内蒙古、湖北、浙江等地的艰苦台站进行为期 1 年的试验,并通过了技术鉴定。到了 90 年代中期,中小尺度天气自动气象监测站网在长江三角洲、珠江三角洲地区建站运行。90 年代后期,我国第一批自动气象站设计定型,并获准在业务中使用。截至 2003 年,全国有 1000 多个台站使用了自动气象站,并实现了组网。

在过去的十几年间,自动气象站在发达国家和一些发展中国家之所以获得了迅速的发展,并得到了应用,主要取决于三大因素:

(1)技术因素:微型计算机、通信、传感器等技术的发展和推广应用,为自动气象站技术性能的提高提供了良好的技术基础。特别是微型计算机软件技术的日趋成熟,简化了硬件的设计,降低了功耗。(2)业务因素:为了提高天气预报的准确率和气候预测的水平,需要时空密度更高和更准确的观测资料,地面台站常规观测承担这种任务有较大困难。(3)社会经济因素:社会经济的发展,要求有更多的自动气象站进行连续观测,给国民经济各部门提供更多的气象服务信息。

尽管自动气象站在技术上成熟了许多,并且在气象观测业务和其它部门得到单站使用或组网使用,但它仍存有不足之处,主要表现在:

有些气象传感器还不够成熟,测量准确度不高。例如日照、蒸发、雨量等;有些气象要素还没有合适的传感器。例如云、天气现象等。因此,使用自动气象站后,仍需保留一部分人工观测

项目。此外,观测数据的一致性问題,也是极为重要的。不同种类的自动气象站之间获得的数据以及与人工观测的数据,它们之间往往存在一定的差异。这就要求建立标准算法,使这些差异减少到合理的程度。

随着社会经济的发展,科学技术的进步,将进一步推动自动气象站技术向微功耗、多功能、智能化、高精度、高可靠性方向发展,将为社会各部门提供更详细、更准确的气象信息。

第二章 结构与工作原理

自动气象站的种类很多,但不管是那一种,其结构与原理大致是相同的。

2.1 体系结构

自动气象站由传感器、数据采集器、通讯接口和系统电源四部分和有关软件组成,根据业务需要可配备微机终端作为外围设备。

现用自动气象站主要采用集散式和总线式两种体系结构。集散式是通过以 CPU 为核心的采集器集中采集和处理分散配置的各个传感器信号,现有的自动气象站大都采用这种结构;总线式则是通过总线挂接各种功能模块(板)来采集和处理与分散配置的各个传感器信号。采用总线技术的自动气象站可使结构简单,工作可靠,耗电量低,组网通讯方便。这是自动气象站今后发展的方向。

自动气象站组成如图 2.1 所示。

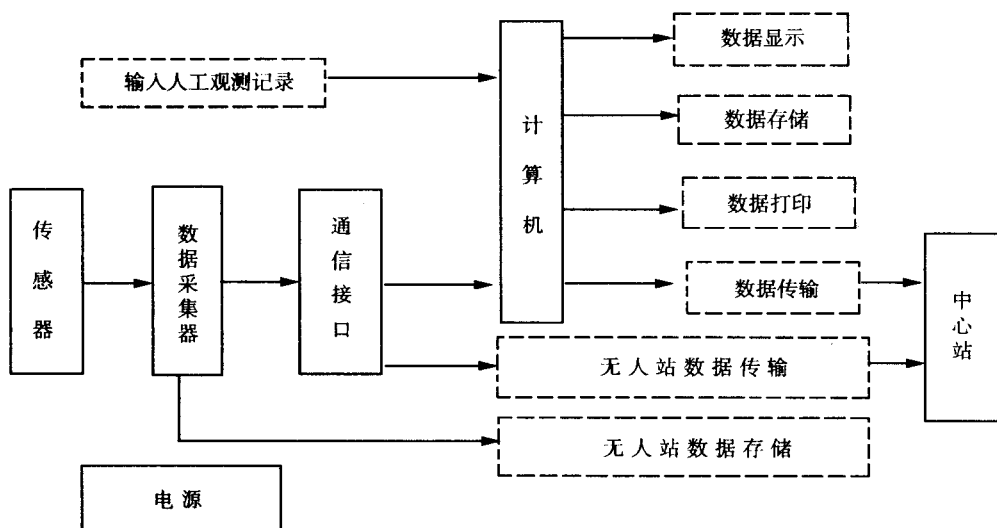


图 2.1 自动气象站组成框图

注:图中画虚线的部分不是自动气象站的硬件,而是自动气象站的功能。

2.2 工作原理

各个传感器的感应元件随着气象要素值的变化,使得相应传感器输出的电量产生变化,这种变化由 CPU 实时控制的数据采集器所采集,进行线性化和定标处理,实现工程量到要素量的转换;对数据进行质量控制;通过预处理后,得出各个气象要素的实测值。

若配有终端微机可实时按设定的菜单将气象要素实测值显示在微机屏幕上。在定时观测时刻,数据采集器中的观测数据传输到微机进行计算处理后,按设定的菜单显示在微机屏幕上,并按统一的格式生成数据文件。同时可按规定,生成各种气象报告;对观测资料进一步加工

处理后,生成全月数据文件,利用配备的打印机可打印输出气象记录报表。

若需将观测数据远距离发送,可在设定程序控制下,通过发送设备定时进行观测资料的传输,也可通过收发送设备进行应答式数据收集和传输。

若配有数据存储卡(模块),可按设定时次将观测数据存入其中,定期收回处理。

此外,还可对运行状态进行远程监控。

2.3 国家基准站用自动气象站

国家基准站使用的自动气象站(CAWS600型)测量要素多、功能齐全、软件丰富,代表了我国现有自动气象站的最高水平。

2.3.1 整体组成

该自动气象站主要由传感器、数据采集器、主控机、电源和专用电缆等组成。室外部分有:气压传感器、温、湿传感器、风传感器、雨量传感器、辐射传感器、蒸发传感器、地温传感器、日照传感器和感雨器等。室外部分还有数据采集器、连接箱等。室内部分有主控微机、打印机、电源等。室外部分通过专用电缆与室内部分相连接。CAWS600型自动气象站整体组成如图2.2所示。

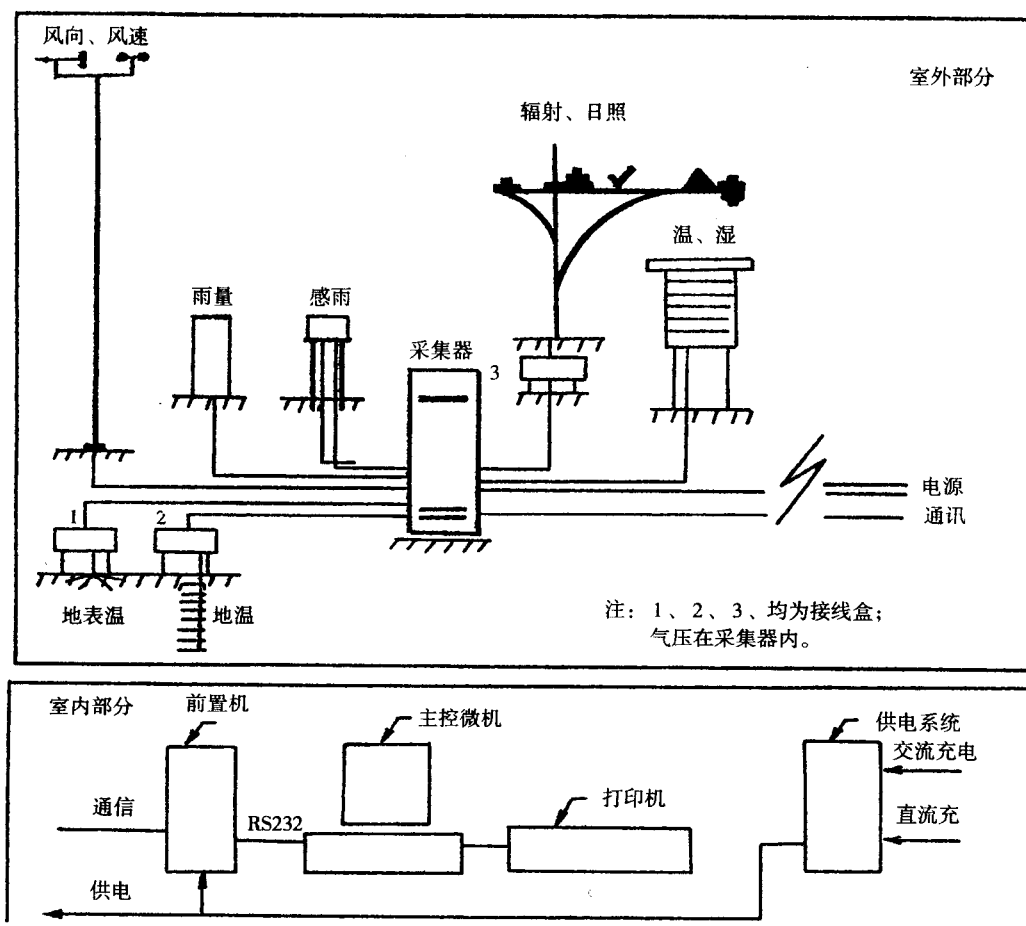


图 2.2 CAWS600 型自动气象站整体组成示意图

2.3.2 基本结构

自动气象站的传感器都安置在室外。气压传感器、采集单元、电源、电源防雷器、防雷板、通讯转换器等都安置在室外机箱(CAWS-JX01)内。室外部分用连接电缆与室内的主控机相连接。CAWS600 系统连接图如图 2.3 所示。

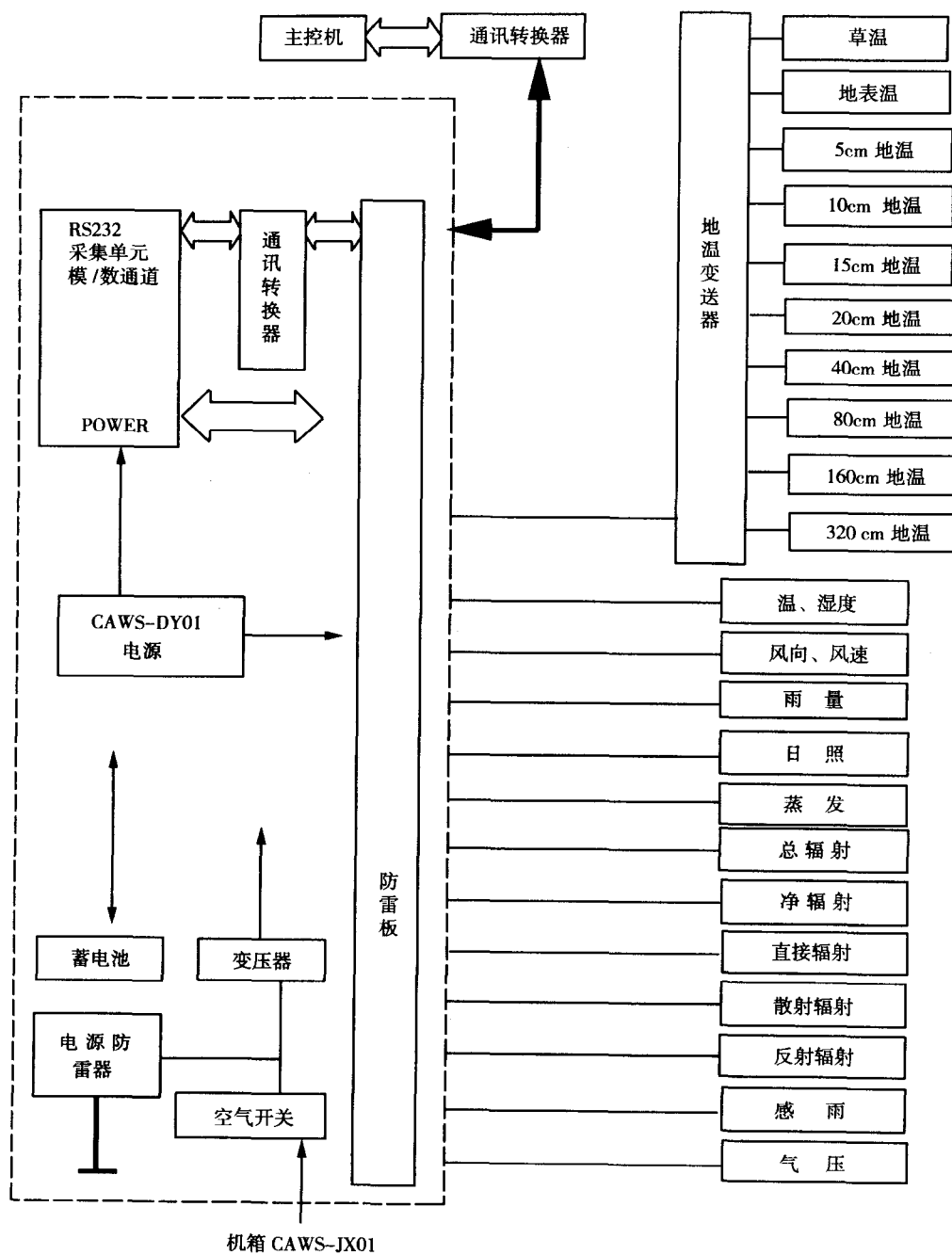


图 2.3 CAWS600 系统连接示意图

2.3.3 工作流程

CAWS600 型自动气象站的工作流程如图 2.4 所示。

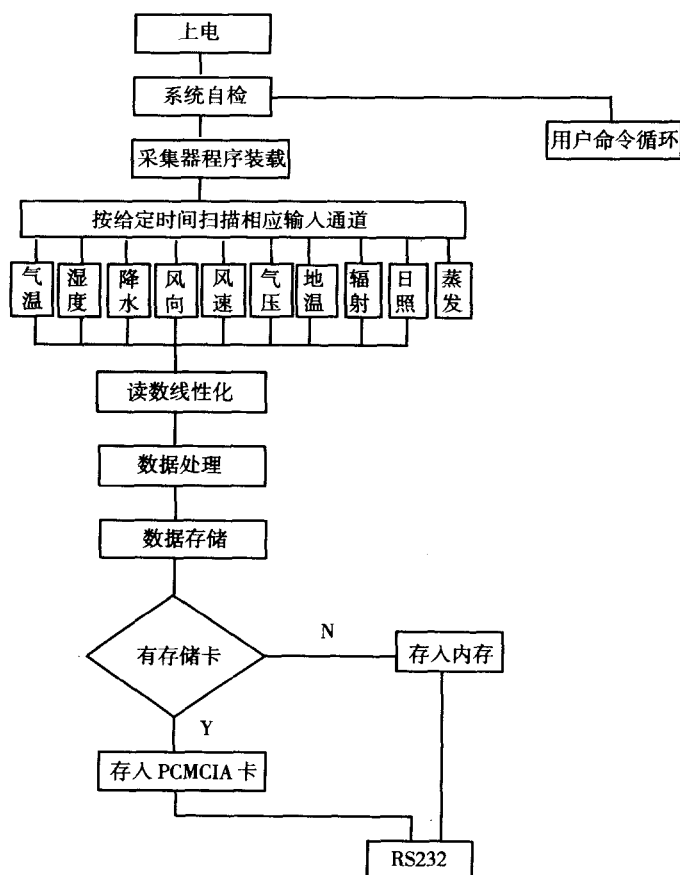


图 2.4 CAWS600 型自动气象站工作流程图

系统通电后,采集器开始自检,并将取样规范程序装入内存,开始运行。

这时采集器已进入用户命令循环,等待通讯口指令,并按照各要素采样规范进行各通道传感器的扫描取样。然后将扫描结果进行相应的换算,统计,极值挑取等处理。处理结果在有扩展 PCMCIA 卡的情况下,将会被存入扩展卡,没有扩展卡时存入主存储器。这些结果都能由用户从 RS232 通讯口端进行调用。

2.3.4 CAWS600 型自动气象站的特点

(1) 模块组合式结构

这种自动气象站为满足不同用户的需要,在硬件和软件两个方面均采用模块组合式开放性设计。用户可根据需求选配硬件,进行软件功能设置。

系统通过各种不同的硬件组合方式和相应的软件设置,并配以不同的通讯载体可配备出多种不同型号的自动气象站。如:自记气候站、自动气象站的网络系统、资料收集平台(DCP)和其它类型的无人自动站、综合有线遥测自动气象站(各种型号)等。

硬件配备的可选性

①传感器

用户可在下列传感器中任意选配部分或全部:气压、温度、湿度、风向、风速、降水、感雨、地表温度、地温(1~8个任选)、总辐射、净辐射、反射辐射、散射辐射、直接辐射、日照、蒸发。

②数据采集器

用户可根据传感器的配备数量决定是否选配采集器的通道扩展器,可根据前置控制机到数据采集器的数据传输距离决定是否配备长线数据传输隔离驱动器。

用户甚至可根据特殊要求使用其他型号 DT 系列的同类采集器。包括:DT50、DT500、DT505、DT515、DT600、DT605、DT615。

用户还可根据使用目的配备数据存储卡、DCP 卫星发射机、VHF/UHF 发射机、MODEM 等。

③前置控制机

前置控制机是主控制机的配套设备,其主要功能为在无主控机的情况下(如:停电、主控机故障),作为自动气象站使用时的一种保障设备。同时,它还能配接各种类型的智能传感器,以适应系统的扩展;以及通信扩展口,以配备为不同目的而使用的通信载体或异地终端。

④主控制机

主控机是自动气象站的主要控制设备,是自动气象站人机接口的主要媒介。它由微机、打印机、MODEM 等组成。其中打印机和 MODEM 均为可选设备。

(2)软件的可设置性

①操作系统可选性

主控机软件为开放性组合软件包,分为 16 位 WINDOWS 版和 32 位 WINDOWS 版。其操作系统可以是 16 位 WINDOWS 平台,如:中文 WINDOWS 3. X;也可以是 32 位 WINDOWS 平台,如:中文 WINDOWS95 平台或中文 WINDOWS NT 等。由于软件采用 OLE 技术的 WINDOWS 标准语言设计。更新一代的 WINDOWS 平台出现后,本软件不需做任何更改即可适用于新的操作平台。

②软件功能可选性

为满足不同用户的使用要求和适应未来的发展,并为配合系统硬件的不同组合方式及其变更,控制软件的全部功能均对用户开放,用户可根据需求任意设置,系统根据用户的设置自动调整系统的相关结构。

③系统配置可设置

软件可对系统的基本配置或附加功能进行设定。其中包括是否允许对遥测数据进行人工修改;是否开放对采集器的终端控制功能,以便对采集器进行测试和维护;是否开放对前置机的终端控制功能,以便对前置机进行测试和维护;是否自动发送报文,以及发报的线路方式。

④观测要素或项目可设置

软件可对观测项目任意选择,并可选择是否增加人工观测。

⑤报文编发可设置

软件可对系统编发报文功能进行多项设定。包括发报种类(如:没选定任何项目,则表明不发报)、各类报文的详细选项等。

⑥本站参数可设置

软件可对本站的各项参数进行多项设定。

这种类型的自动气象站通过硬件、软件的组合,可组成其它类型的自动气象站,如适合于

国家基本气象站,一般气象站使用的自动气象站;中小尺度天气监测网使用的自动气象站;资料收集平台(DCP);自动气候站等等;以满足不同用户的需求。

2.4 通讯方式

由于各台站气象报文现有的发送路由、发送设备不同,因此,目前气象站没有配备统一的通讯设施,通讯方式也不做统一规定。

自动气象站将规定格式的报文按统一的文件名存入有关目录,台站可根据现有的通讯设备、通讯软件、通讯协议自行调用(或转换调用)。目前,可利用的几种通讯方式的框图如图 2.5 所示

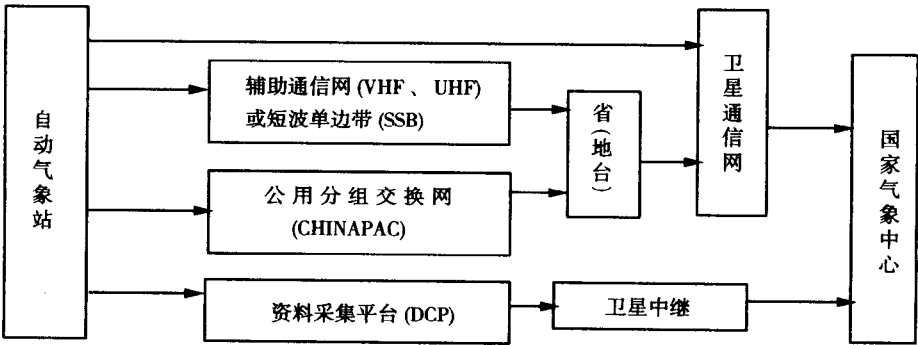


图 2.5 通讯方式框图

2.5 自动气象站主要技术指标

2.5.1 使用环境条件

(1)室外条件

温度: $-50^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$

相对湿度: $0\% \sim 100\%$ (在降水条件下正常使用)

阵风: ≤ 75 米/秒

(2)室内条件

温度: $0^{\circ}\text{C} \sim +25^{\circ}\text{C}$

相对湿度: $\leq 90\%$

2.5.2 自动气象站技术性能要求

表 2.1 自动气象站技术性能要求

测量要素	测量范围	分辨力	准确度	平均时间	自动采样速率
气温	$-50 \sim +50^{\circ}\text{C}$	0.1°C	0.2°C	1 min	6 次/min
相对湿度	$0 \sim 100\%$	1%	$4\% (\leq 80\%)$ $8\% (>80\%)$	1 min	6 次/min
气压	$500 \sim 1100$ hPa (任意 200 hPa)	0.1 hPa	0.3 hPa	1 min	6 次/min

续表

测量要素	测量范围	分辨力	准确度	平均时间	自动采样速率
风向	0°~360°	3°	5°	3 s	1 次/s
风速	0~60 m/s	0.1 m/s	$(0.5+0.03v)\text{m/s}$ $(0.3+0.03v)\text{m/s}$ (基准站)	1 min 2 min 10 min	
降水量	雨强 0~4 mm/min	0.1 mm	0.4 mm(≤ 10 mm) 4%(>10 mm)	累计	
日照	0~24 h	60 s	0.1 h	累计	
蒸发	0~100 mm	0.1 mm	1.5%	累计	
地温	-50~+80℃	0.1℃	0.5℃ 0.3℃(基准站)	1 min	6 次/min
总辐射	0~2000 W/m ²	1 W/m ²	5%	1 min	6 次/min
净全辐射	-200~1400 W/m ²	1 W/m ²	15%~20%	1 min	6 次/min
直接辐射	0~2000 W/m ²	1 W/m ²	2%	1 min	6 次/min

遥测距离 ≤ 150 米时钟精度:月累计不超过 $\pm 30\text{s}$