

QIXIANGXUE

气象学实验教程

穆 彪 ◎ 主 编

SHIYAN
JIAOCHENG



贵州大学出版社
Guizhou University Press

贵州大学规划教材
贵州大学教材建设委员会审核批准

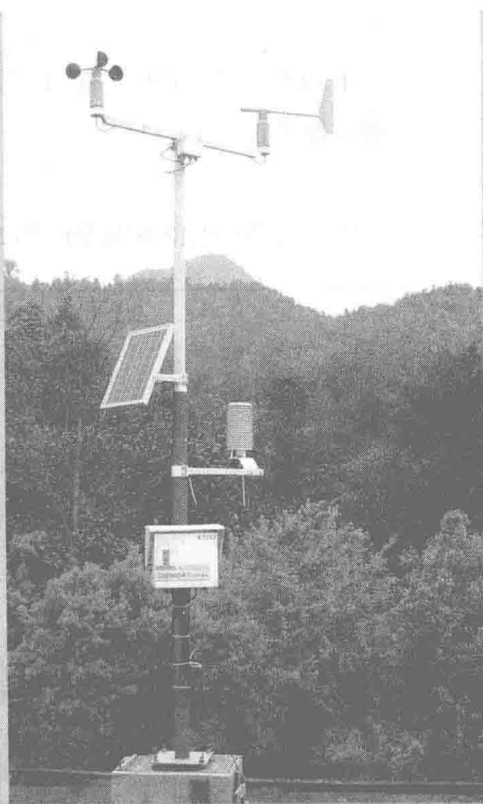
QIXIANGXUE

气象学实验教程

穆 彪 主 编

SHIYAN

JIAOCHENG



贵州大学出版社
Guizhou University Press

图书在版编目 (C I P) 数据

气象学实验教程 / 穆彪主编. -- 贵阳: 贵州大学出版社, 2012.10

ISBN 978-7-81126-530-9

I. ①气… II. ①穆… III. ①气象学 - 实验 - 高等学校 - 教材 IV. ①P4-33

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第242655号

气象学实验教程

主 编: 穆 彪

责任编辑: 申 云

出版发行: 贵州大学出版社

印 刷: 贵阳兴顺发彩色印务有限公司

开 本: 787毫米×1092毫米 1/16 L

印 张: 7.5

字 数: 155 千字

版 次: 2012年10月 第1版

印 次: 2012年10月 第1次印刷

书 号: ISBN 978-7-81126-530-9

定 价: 12.00元

版权所有 违权必究

本书若出现印装质量问题, 请与我社联系调换

电话: 0851-8292951

编写人员

主 编 穆 彪（贵州大学）

副主编 汪圣洪（贵阳市花溪气象局
贵州大学教学实验基地）

王 济（贵州师范大学）

樊云龙（贵州师范学院）

编 者 杨建松（贵州大学）

侯双双（贵州大学）

王 春（贵阳学院）

李 波（贵阳职业技术学院）

魏志琴（遵义师范学院）

祝小云（遵义职业技术学院）

马 明（安顺学院）

邓朝晖（安顺职业技术学院）

龙应霞（黔南民族师范学院）

覃世霞（黔南民族职业技术学院）

李性苑（凯里学院）

刘绍桃（黔东南民族职业技术学院）

李建新（铜仁学院）

田如英（铜仁职业技术学院）

李仰征（毕节学院）

吴 春（毕节职业技术学院）

杨 琴（六盘水师范学院）

胡晓红（六盘水职业技术学院）

孙红梅（兴义民族师范学院）

赵同贵（黔西南民族职业技术学院）

审 稿 杨元琴（国家气象局）

前 言

《气象学实验教程》是高等学校为农、林、牧、生物、环境类专业本科生开设的《气象学》课程的实验指导教材。气象学实验是《气象学》课程教学的重要实践环节。通过实验，可以加深学生对《气象学》课程课堂教学的理解，补充和巩固《气象学》课程课堂教学内容，同时还可以培养学生的实际动手能力，即培养学生在观测、统计、分析及应用中发现问题、分析问题、解决问题的独立工作能力，为后续课程学习和今后的工作打下坚实的理论和实践基础。

全书共分四个部分。第一部分：实验一，地面气象观测场建设、自动气象站简介及参观考察。第二部分：气象要素的观测，包括实验二，辐射与日照的观测；实验三，温度观测；实验四，大气中的水分观测；实验五，气压和风的观测，实验六，云、能见度和天气现象的观测。第三部分：实验七，小气候的综合观测；第四部分：实验八，农业气候资料的综合分析与应用；实验九，气象资料的获取、统计、分析与应用。其中，第一部分详细介绍了地面气象观测场建设、自动气象站简介及参观考察方法。第二、第三部分详细介绍了各种大、小气候观测的常规气象仪器的感应原理、构造、性能及安装和使用方法，系统阐述了大、小气候观测的程序、方法和步骤。第四部分着重介绍了农业气候资料、气候资料的获取、整理、统计、制图、分析和应用。这四个部分的实验内容不仅与理论教材相衔接，而且前后呼应，具有一定的科学性、逻辑连贯性和先进性，能较好地适应生产实际和各行各业的需要。由于气象观测的自动化程度提高，自记仪器的使用、观测记录已于2012年初取消，本书不再作自记仪器方面介绍。本书对每个实验都配置了实验作业，要求学生在实验时能够认真操作并独立完成实验报告，以期达到对气象学基本理论和基本实践技能的掌握。

本书内容丰富，实用性强，在实际教学中可根据课程学时数和教学的具体条件作相应取舍。实验一可以作简介，也可以参观考察形式完成。有些实验内容（如实验七、实验八和实验九）既可作为教学实习集中数天完成，也可以在有限课时内选择性地完成部分实验内容。有些实验内容（如实验六）可以采用多媒体课件上网进行网络教学，让学生自己上网学习。实验九可不作，仅供学生自学了解。教学时应遵循理论与实践相结合的原则，在教师辅导与示范的前提下，使每个学生都动手操作，独立完成规定的实验内容。

《气象学实验教程》是多个院校集体智慧的结晶，是编者及诸多前辈多年气象教学经

验的总结，广泛吸取了国内外近年出版的同类实验指导教材的精华，在此向相关作者表示衷心感谢！由于编者水平有限，在内容的取舍和安排方面难免存在不足之处，希望得到广大师生及有关专家的批评指正。

编 者

目 录

实验一 地面气象观测场建设、自动气象站简介及参观考察	1
一、地面气象观测场建设	1
二、自动气象站观测系统简介	5
三、参观考察气象台 / 站	9
实验二 辐射和日照观测	11
一、辐射强度的观测	11
二、光照强度的观测	16
三、日照时数的观测	16
四、可照时数和日照百分率查算	18
实验三 温度观测	19
一、温标及测温仪器的测温原理	19
二、常用温度表种类及其构造原理	20
三、温度表的安装和仪器差订正	22
四、测温方法及注意事项	25
实验四 大气中水分观测	27
一、空气湿度的观测	27
二、降水的观测	32
三、蒸发的观测	34
实验五 气压和风观测	37
一、气压的观测	37
二、风的观测	42
实验六 云、能见度和天气现象观测	47

一、云的观测	47
二、能见度的观测	50
三、天气现象的观测	53
实验七 小气候的综合观测	58
一、小气候特点和观测的基本原则	58
二、农田小气候观测的基本规范	59
三、农田小气候观测内容和方法	61
四、温室小气候观测内容和方法	67
实验八 农业气候资料的综合分析与应用	69
一、温度直方图和年变化曲线的绘制及应用	69
二、五日滑动平均法	73
三、频率和保证率的统计	76
四、变率的统计	79
实验九 气象资料的获取、统计、分析和应用	83
一、气象资料的获取	83
二、地面气象观测资料统计方法	85
三、气象资料的分析	88
四、各类气象资料的应用	90
附录	91
附表一 可照时数 (h) 表	91
附表二 水面上饱和水汽压 (hPa) 表	95
附表三 百叶箱内空气相对湿度 (%) 查算表	97
附表四 通风干湿表空气相对湿度 (%) 查算表	102
附表五 日期序列表	108

实验一 地面气象观测场建设、自动气象站简介及参观考察

【实验目的】

通过本实验了解观测场地的建设环境、规格及仪器的布置要求,观测的项目、程序及观测守则,了解气象观测员所做的工作。了解自动气象站的系统构成和工作原理,系统功能和数据采集、系统软硬件配置状况。

【实验内容】

一、地面气象观测场建设

(一) 观测场的建设和要求

1. 观测场环境的要求

观测场是取得地面气象资料的主要场所。观测场的选择适宜与否,对气象资料的代表性、准确性和比较性都有很大的影响。观测场地点应选择在四周平坦空旷、无任何障碍物且能够反映本地较大范围气象要素特点的地方,尽量避免高山、洼地、丛林、高大建筑物、公路、工矿等的影响。在城市或工矿区设立观测场应选择在最多频率风向的上风方。观测场边缘与四周孤立障碍物的距离至少是该障碍物高度的3倍以上,距成排障碍物高度的10倍以上。为保证气流通畅,观测场四周10 m范围内不能种植高秆植物。设在高山、海岛或丘陵山区的站点,由于客观环境条件限制或设站目的不同,观测场的选择可参照上述要求灵活掌握。气象站建成后,应注意保持观测场四周的环境条件。

2. 观测场的规格和要求

观测场大小应为25 m×25 m,如图1-1所示。因条件限制可设为16 m(东西向)×20 m(南北向)(高山、海岛站不受此限)。观测场地要求平整,场内应种植浅草(不长草的地区例外),草高不超过20 cm。为保持场地的自然状态,不准种植农作物。场内要铺设0.3~0.5 m宽的小路,便于行走。观测员进行观测时应走小路,不可在场内乱走。为保护场内仪器设备,观测场四周应设高度为1.2 m漆成白色的稀疏围栏。围栏上不得生长蔓生植物或晾晒衣物,以保持气流通畅。

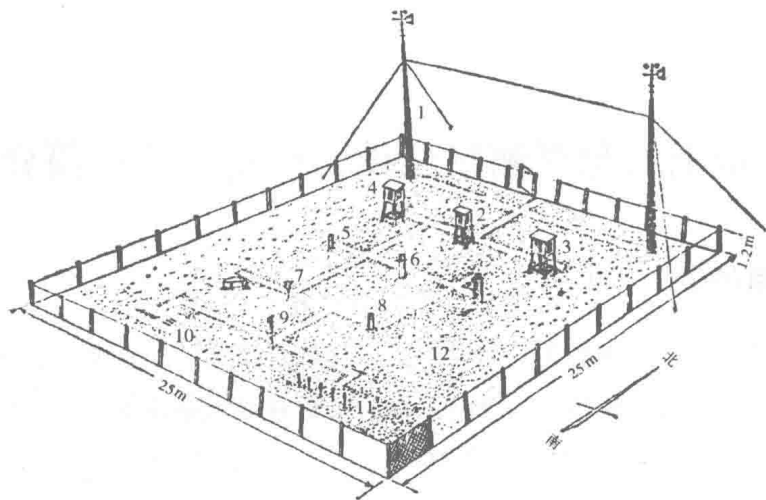


图 1-1 观测场仪器布置参考图

1. 电接风向风速仪 2. 风速风向传感器 3. 小百叶箱 4. 大百叶箱 (一个备用, 一个装温湿度传感器)
5. 雨量筒 6. 雨量计 (已取消观测) 7. 蒸发器 8. 雨量传感器 9. 日照计
10. 地面及浅层地温表与地面和浅层地温传感器 11. 冻土器及深层地温表 12. 草温传感器

3. 观测场内仪器的布置

观测场内仪器布置的基本原则是各仪器互不影响, 便于观测和操作。具体要求如下:

- (1) 高的仪器安置在北面, 低的仪器顺次向南安置, 仪器东西向排列成行, 南北向相互交错。
- (2) 仪器的南北间距不小于 3 m, 东西间距不小于 4 m, 仪器距围栏不小于 3 m。
- (3) 观测场入口设在北面。仪器应安置在紧靠东西向小路的南面, 观测人员应从北面接近仪器。
- (4) 各类仪器安置的高度、深度、方位、纬度和角度应符合“规范”的要求。详见表 1-1。

表 1-1 仪器安置要求与允许误差范围

仪 器	要求与允许误差范围		标准部位
	要求	允许误差范围	
百叶箱内干湿表	高度 1.5 m	± 5 cm	感应部分中心
温湿度传感器	高度 1.5 m	± 5 cm	感应部分中心
最高温度表	高度 1.53 m	± 5 cm	感应部分中心
最低温度表	高度 1.52 m	± 5 cm	感应部分中心
小型蒸发器	高度 70 cm	± 3 cm	口缘
E-60 I 型蒸发器及蒸发传感器	高度 30 cm	± 1 cm	口缘
地面温度表及地面最高、最低温度表和地温传感器	感应部分和表身埋入土中一半		
浅层曲管地温表及传感器	深度 5、10、15、20 cm 倾斜角 45°	± 1 cm ± 5°	感应部分中心 表身与地面

续表

仪 器	要求与允许误差范围		标准部位
	要求	允许误差范围	
深层直管地温表及传感器	深度 40、80 cm 深度 160 cm 深度 320 cm	± 3 cm ± 5 cm ± 10 cm	感应部分中心
冻土器	深度 50~350 cm	± 3 cm	内筒零线
日照计	高度以便于操作为准, 纬度以本站纬度为准, 方位正北	纬度: $\pm 5^\circ$ 方位: $\pm 5^\circ$	底座南北线
风杯及风速传感器	安在观测场内高度 10~20 cm		风杯中心
风标及风向传感器	方位正南	$\pm 5^\circ$	方位指南杆
结冰架	上导线高度 220 cm	± 5 cm	导线水平面
水银气压表 (定槽)	高度以便于操作为准		水银槽盒中线
水银气压表 (动槽)	高度以便于操作为准		象牙针尖
日射仪器及传感器	高度 1.5 cm		感应面
气压传感器		± 0.25 hPa	采集器机箱内

4. 观测场南北线的确定

观测场内某些仪器和设备, 要求必须沿当地子午线的方向安置, 因此, 要进行方位测定, 最好用经纬仪测量确定。如无经纬仪, 可用太阳定位法: 选晴天的上午, 在地面上垂直地竖立一根木杆, 杆长 2 m 左右。立杆以后, 在杆的西部可看到杆的影子, 这时以杆所在位置点为中心, 以影长为半径, 画半圆弧; 并在当时杆影的顶端与圆弧相交的地方作一个标记 *A*。等到下午, 当直杆的影子由短增长到刚好杆影顶端与圆弧又一次相交时, 再作一标记 *B*。连接 *A*、*B* 两点成一直线, 再从木杆所在位置 *O* 向 *AB* 作垂线, 这条垂线就是当地的南北线。木杆所在一方为南, 另一方为北。根据这条南北线, 就可确定仪器的安置方位。

5. 观测场、设备的维护

保护观测场和周围环境, 使之符合观测规范要求, 是取得科学观测数据的重要保证。观测使用的观测仪器要符合规范技术标准, 检定合格, 性能良好, 安装准确。在使用中要定期进行检查、清洁和维护, 发生故障要及时排除或更换。实际工作中具体应做好以下工作。

(1) 经常检查百叶箱、风向杆、围栏是否牢固并保持洁白, 一般 1~3 年油漆一次。

(2) 要保持场内整洁, 及时清理观测场内的树叶、纸屑等杂物; 清理下来的杂草及时运出观测场; 有积雪时, 除小路上的积雪可清除外, 其他地方应保持场地积雪的自然状态。

(3) 严格执行仪器的操作规程, 保证仪器正常运转, 现用仪器发生故障应及时排除,

保证仪器处于良好状态，超过检测期的仪器应及时撤换。

(4) 现用仪器设备每天小清洁一次，每月按规定检查、清洁、维护一次；大风、沙尘暴、降雨（雪）等天气之后要及时检查并清洁仪器。

(二) 地面气象观测与观测程序

1. 观测项目

地面气象观测工作的基本任务是观测、记录、数据上网和编制报表。从观测目的出发，地面观测种类大致可分为气候观测（定时观测）、天气观测、航空天气观测和危险天气观测等几类。国家基本站每天进行 02、08、14、20 时四次定时观测，昼夜值班；国家一般站由省、市、自治区气象局确定，每天进行 02、08、14、20 时四次或 08、14、20 时三次定时观测，昼夜值班或白天值班。气象要素观测以北京时间 20 时为日界；日照以日落为日界。

地面气象观测的基本项目有气压、空气温度、空气湿度、风向风速、蒸发、日照、地温、云状云量、天气现象、能见度等。为农业生产服务的气象哨，可只观测与农业生产有关的气象要素。

2. 观测程序

为使各观测站观测记录具有比较性，中国气象局统一规定了各气象要素的观测时间和顺序。原则是先观测在短时间内变化不太大的气象要素，接近正点时观测易变化的要素。详见表 1-2。

表1-2 定时气象观测程序表

北京时间		定时观测项目及观测顺序
定时观测时间		
02、08、14、20	正点前 30 分	巡视仪器及观测准备工作，特别注意湿球湿润或融冰
02、08、14、20	正点前 20 分至正点	云、能见度、天气现象、空气温度和湿度、风、气压、0~40 cm 地温
08		降水、冻土、雪深
14		0.8、1.6、3.2 m 地温
20		降水、蒸发、最高、最低气温和地面最高、最低温度，并调整以上温度表
日落后天黑前		换日照纸

(三) 观测的基本守则

(1) 观测员要具有强烈的责任心和高度的负责精神，坚守工作岗位，密切注意天气变化。

(2) 要严格按照规范的规定进行观测。严禁漏测、迟测和缺测；只能记载自己亲眼看到的数据和天气现象，禁止用任何估计或揣测的办法来代替实际观测；严禁伪造和随意涂改观测记录。

(3) 正确地安置和使用仪器。观测前应对仪器设备进行巡视，避免影响记录准确性的临时事故发生。经常进行仪器的清洁、维护工作。

(4) 注意保护观测场内的自然植被。对周围地形、地物、建筑物等环境条件的变化必须及时记录，以备日后考察。

(5) 观测结果应立即用黑色铅笔记入观测记录簿，及时上网进行数据上传，记录须准确，字迹整洁清晰，要认真填写各种簿、表。目前实行人工记录和电脑自动记录同时进行，将来全部由电脑记录统计完成。

二、自动气象站观测系统简介

自动气象站是一个自动气象观测系统，或是由一个中心站和若干自动气象站通过通信线路构成的自动气象站网。自动气象站是一种能够对各种气象要素进行自动观测和数据存储显示的仪器设备，可以进行各类气象报表的编制和气象报告的编发。

根据自动气象站观测数据的时效性，可以将自动气象站分为实时自动气象站和非实时自动气象站。实时自动气象站能够定时采集和存储观测数据，并在规定的时间进行实时气象观测数据的传输；非实时自动气象站只能定时采集和存储观测数据，而不能进行实时气象观测数据的传输。图 1-2 所示为自动气象站。



图 1-2 自动气象站

根据对自动气象站人工干预的情况，可以将自动气象站分为有人自动站和无人自动站。

（一）系统构成和工作原理

1. 系统构成

自动气象站由系统硬件和系统软件组成。系统硬件主要包括各种传感器、数据采集器、系统电源、通信接口以及计算机、显示器、打印机等外围设备；系统软件主要有采集软件和地面测报业务软件等。如果要进行自动气象站网的组网和远程监控，还须配置进行远程监控的相关硬件和软件，将各自动气象站与中心站组合成自动气象观测系统网络。自动气象观测系统的基本构成如图 1-3 所示。

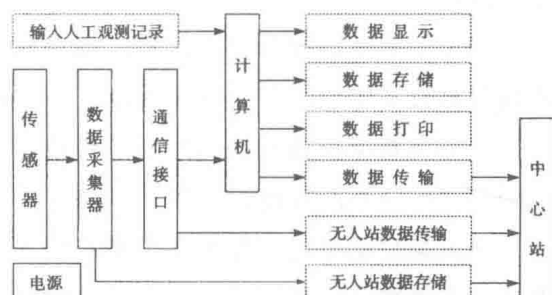


图 1-3 自动气象观测系统框图

目前所使用的自动气象站的体系结构主要有集散式和总线式两种。集散式系统是通过以 CPU 为核心的采集器来集中采集和处理各个传感器的信号；总线式系统则是通过总线挂接各种功能模块来采集和处理各个传感器信号。

2. 工作原理

当气象要素值发生变化时，传感器感应元件输出的电量也会发生变化。这种电量的变化被由 CPU 实时控制的数据采集器所采集，经过线性化和定量化处理，将工程量转换为要素量后，再对数据进行筛选，得到气象要素的数值，并按一定的格式存储在采集器中。

配置有计算机的自动气象站，可以实时地将气象要素的数值显示在计算机屏幕上，并按规定的格式存储在计算机的硬盘上。还应将规定时次的定时观测数据存入规定格式的定时观测数据文件中，可根据需要形成各种气象记录报表和气象数据文件，并编发各种气象报告。

（二）主要功能和数据采样

1. 主要功能

自动气象站的功能主要包括以下几个方面：

- （1）自动采集气压、温度、湿度、风向、风速、雨量、蒸发量、日照、辐射、地温等全部气象要素或其中的部分气象要素。
- （2）根据实际需要通过计算机输入人工观测数据。
- （3）自动计算海平面气压、水汽压、相对湿度和露点温度。
- （4）自动计算气象要素的各种统计值。
- （5）根据实际需要编发各类气象报告。
- （6）按照《地面气象观测数据文件和记录簿表格式》形成统一观测数据文件。
- （7）根据实际需要编制各类气象报表。

(8) 实现通信组网和运行状态的远程监控。

2. 数据采样

自动气象站的数据采样在数据采集器中进行,采样的顺序为:气温、湿度、降水量、风向、风速、气压、地温、辐射、日照、蒸发等。

气温、湿度、气压、地温和辐射的采样速率为每分钟6次,舍去其中的一个最大值和一个最小值,用余下的4次采样值计算1分钟的平均值,并以1分钟的平均值作为瞬时值。

风向、风速的采样速率为每秒钟1次,计算每3秒、2分钟、10分钟的滑动平均值,以3秒的平均值作为瞬时值。

降水量、蒸发量和日照时数的采样速率为每分钟1次。

各气象要素的平均值在等时间间隔内计算,但时间间隔不能小于传感器的时间常数、采样速率和各要素观测的时间常数、平均时间。

(三) 系统硬件和系统软件

1. 系统硬件

自动气象站有多种类型,但结构基本相同,主要由各种传感器、数据采集器、系统电源、通信接口以及计算机、显示器、打印机等外围设备组成。

(1) 传感器 它是能够感应气象要素的变化并将其转换成相应的输出信号的装置,通常由敏感元件和转换器组成。

自动气象站常用的传感器主要有以下几种:

气压——振筒式气压传感器、膜盒式电容气压传感器

气温——铂电阻温度传感器

湿度——湿敏电容湿度传感器

风向——单翼风向传感器

风速——风杯风速传感器

雨量——翻斗式雨量传感器

蒸发——超声测距蒸发量传感器

辐射——热电堆式辐射传感器

地温——铂电阻地温传感器

日照——直接辐射表、双金属片日照传感器

(2) 数据采集器 它是自动气象站的核心,其主要功能是进行观测数据采样、处理、存储和传输。

(3) 系统电源 自动气象站配备有高稳定性、无干扰的系统电源。在有公共电网供电的地方,使用公共电网供电,并配备备用充电电池蓄电。在没有公共电网供电的地方,使用充电电池供电,并用辅助电源(如柴油或汽油发电机、风力发电机、太阳能电池板等)

对电池充电。

(4) 通信接口 它是用于连接数据采集器与计算机、自动气象站与中心站的通信设备。

(5) 外围设备 它通常根据实际的需要进行配置,主要有计算机、打印机、显示器等。

2. 系统软件

它包括采集软件 and 业务软件。若进行自动气象站网组网和远程监控,还须配置远程监控软件。

(1) 采集软件 它由生产厂家提供,并写入数据采集器中。采集软件的功能包括:接受和响应业务软件对系统参数的设置和对系统时钟的调整;将实时和定时采集各传感器的输出信号计算处理后形成各气象要素值,并存储、显示、传输和监控运行状态等。

(2) 业务软件 它由中国气象局根据地面气象观测业务实际需要编制。业务软件的功能包括:系统参数设置,实时数据显示,定时数据存储,气象报告编发,观测数据维护,观测数据审核,气象报表编制,并按照《地面气象观测数据文件和记录簿表格式》形成统一的观测数据文件等。

现在,各级气象台/站都采取人工观测和自动观测同时进行的方式,逐步过渡到全自动观测。自动观测记录数据每分钟采集更新一次,逐时、逐日、逐月各气象要素的累计值、平均值、挑选极值等全部由计算机统计完成。气象台/站实时自动记录数据如图 1-4 所示。

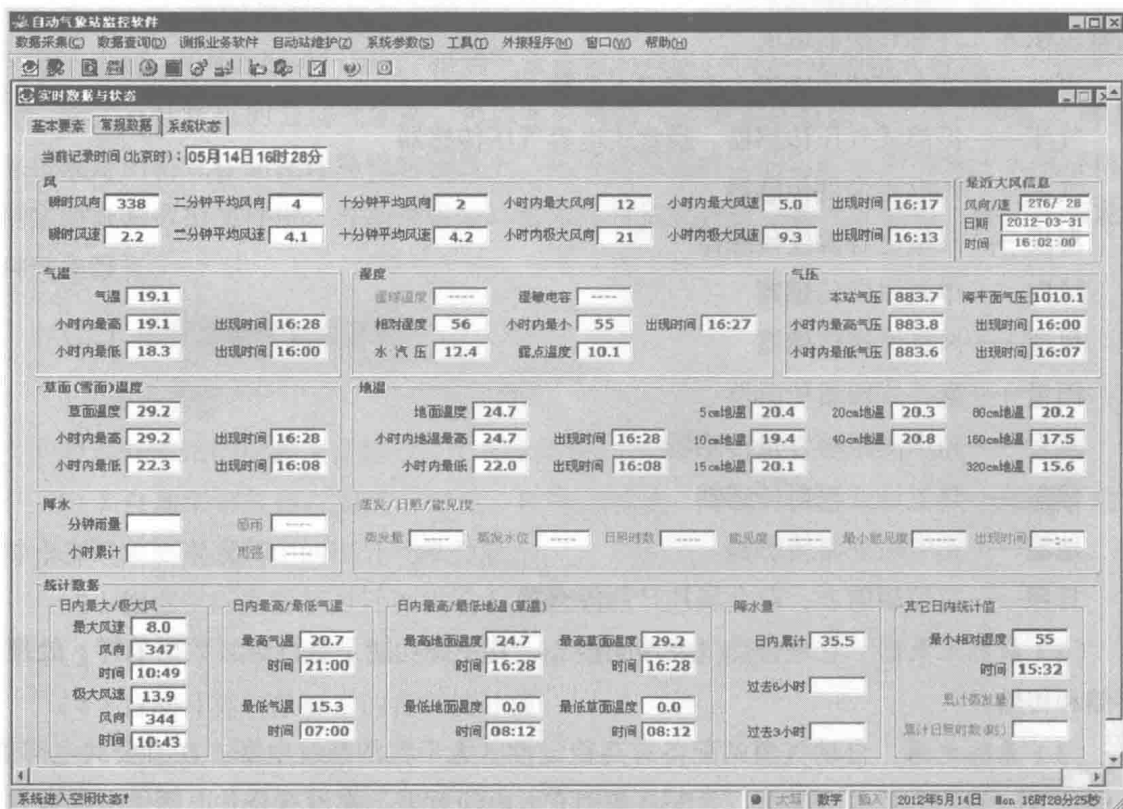


图 1-4 自动气象站实时数据与状态

三、参观考察气象台 / 站

气象台 / 站是取得观测资料的主要源地,是气象工作的组织基础。从全国而言,气象站是依一定的密度分布的,组成气象站网。从观测记录的代表性方面考虑,平原地区的记录代表性比山区的范围要大,因此,气象站之间的距离在平原地区为 150 km,而在山区应为 100 km。从对气象为农业生产服务方面考虑,因地区间差异大,所以目前一般每个县都有气象站。现在,温度、降水两要素自动气象站已安装到每个乡镇和部分村点。

通过参观气象台 / 站,了解站址的选择是否符合观测技术上的要求:观测场的环境条件和要求;仪器的布置;观测项目和观测程序;观测记录的整理和报表的统计;气象站为农业生产服务的业务内容和实效等。为了使参观考察有收获,在此提出几点要求。

(1) 了解站址和观测场的选择。每个气象台 / 站都要建设一个观测场,它是取得气象资料的主要场所,地点应设在能较好地反映本地较大范围气象要素特点的地方,避免局部地形的影响。参观考察时要详细考察记录观测场的地理位置、环境状况、设置规格及规范程度。

(2) 了解观测场内各仪器的安放位置、安装要求以及各仪器的功能与作用。

(3) 了解气象台 / 站值班员的一次实地观测,了解其观测程序、观测时间及记录方法。使用湿度查算表的方法,计算过程(包括仪器订正等)。了解地面气象记录月报表(即表 9-1)、中旬平均、月平均的求法,月极值的挑取方法等。同时了解当地各气象要素(如温度、湿度、降水、风向和风速等)的常年平均情况,灾害性天气出现的频率和对农业生产的影响等,以及自动记录的上传过程。

(4) 了解气象台 / 站制作补充天气预报过程。了解他们如何利用中国天气网等网站上的现成天气产品(未来 24 小时天气预报,未来 3 天天气预报,未来 10 天天气趋势预报,过去 24 小时海平面、850 hPa、700 hPa、500 hPa 各层次天气图,温度、降水趋势预报图,卫星云图,雷达回波等),结合当地密集自动气象站观测资料以及探空观测资料等制作出补充天气预报的过程。

(5) 了解气象台 / 站对外服务的情况,特别是在农业气象方面所做的工作。例如:是否有物候观测,农作物各发育阶段、生长状况和气象因子的观测和研究;提供农业气象情报和发布农业气象预报的情况;当地农业气候区划的情况,资源开发和农业气象的关系等。

(6) 了解气象仪器的日常维修,如不同类型温度表的特殊要求,温度表(干湿温度表,最高、最低温度表)经常出现的故障及其排除,温度表的维护、保管等。

通过参观气象站,可以清楚地知道气象观测工作的目的是要获得具有代表性、准确性和比较性的气象资料。为此,不仅要在业务上有统一的工作规范,符合要求的观测场,并且要求气象仪器有足够的准确度,并经常保持良好的工作状态。因此,观测工作者不