

农业气象学 实训教程

主编 谌晓芳

非
外
借



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

农业气象学实训教程

主 编 谌晓芳
副主编 杨位飞 刘运伟
参 编 吉牛拉惹 英 姿



WUHAN UNIVERSITY PRESS

武汉大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

农业气象学实训教程/湛晓芳主编. —武汉:武汉大学出版社,2016.7
ISBN 978-7-307-17711-6

I. 农… II. 湛… III. 农业气象—高等学校—教材 IV. S16

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 065091 号

责任编辑:郭 芳 责任校对:王小倩 装帧设计:张希玉

出版发行:武汉大学出版社 (430072 武昌 珞珈山)

(电子邮件:whu_publish@163.com 网址:www.stmpress.cn)

印刷:虎彩印艺股份有限公司

开本:787×1092 1/16 印张:12 字数:281 千字

版次:2016 年 7 月第 1 版 2016 年 7 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-307-17711-6 定价:32.00 元

版权所有,不得翻印;凡购买我社的图书,如有质量问题,请与当地图书销售部门联系调换。

前 言

《农业气象学实训教程》是一本为了适应高等农林院校气象类课程实训教学需要所编写的教材。本书与《农业气象学》构成整体,对《农业气象学》进行补充。

“农业气象学实训”是一门培养学生实际操作能力的课程,因此本书强调知识与技能并重,具有很强的可操作性。本书在编写过程中力求在教给学生技能的同时让他们掌握基础知识。本书对各种气象要素分别进行了介绍,对各种仪器的构造原理、测量原理和使用方法也进行了详细的介绍。在某些方面侧重技能培养,使学生的基本操作技能熟练并规范。另在部分实训后配有实训作业,以便学生能更好地掌握基本理论和基本技能。本书同时根据气象学的发展趋势和新的要求,介绍了一些新的技术和新的仪器。因此本书具有规范性、丰富性、合理性、可操作性及科学性,使学生以后无论在基层还是科研机构都能适应现代农业要求,更好地开展工作。

本书共有 12 个实训,实训 1 至实训 7 对温度、太阳辐射、云、空气湿度、日照、降水、蒸发、气压和风等气象要素的测量原理、测量仪器使用原理及方法都做了详细的阐述。实训 8 和实训 9 对天气预报进行了阐述,其中包括气象观测场布设与气象要素的综合观测,如何分析等值线,如何分析天气图,以及各种天气预报中所需要仪器的原理、安装和使用方法。实训 10 介绍了农业气候资料收集、整理、统计分析与气候类型的判别。实训 11 和实训 12 介绍了农田、园林小气候的观测及规范的观测方法,包括观测原则、观测程序和观测仪器。在本书最后对现代气象观测技术和卫星云图常识附有图表,以便读者查询。

开展规范且科学的实训,使学生课堂知识与实践能更好地结合,巩固课堂上所掌握的知识,丰富其知识储备;同时培养了学生的动手能力,培养学生收集数据及统计分析数据的能力,提高学生的观察能力和判断能力,以及培养学生严谨、实事求是的科学态度。实训也为以后的工作打好基础,提前解决一些问题。

在实际教学过程中,各院校可根据实际情况,按课时要求对教学内容进行取舍。

本书编写分工为:总论由湛晓芳、杨位飞编写,实训 1、实训 2、实训 6、实训 9 和附录由湛晓芳编写,实训 3 和实训 4 由杨位飞编写,实训 5 和实训 7 由刘运伟编写,实训 8 和实训 10 由吉牛拉惹编写,实训 11 和实训 12 由英姿编写。本书图、表由杨位飞负责整理,全书由湛晓芳统稿。

尽管所有编写人员竭尽全力,但由于编者水平有限,书中难免有疏漏和不足之处,敬请读者不吝指教并反馈给我们以便更正。

编 者

2016 年 1 月

目 录

总论	(1)
1 地面气象观测	(1)
2 天气现象观测	(9)
3 高空气象观测	(9)
4 气象卫星	(12)
5 星罗棋布的气象台站	(20)
6 国家气象中心	(26)
实训	(27)
实训 1 空气温度和地面温度的观测	(27)
实训 2 太阳辐射的观测	(40)
实训 3 云的观测	(50)
实训 4 空气湿度的观测	(65)
实训 5 日照、降水、蒸发的观测	(72)
实训 6 气压的观测	(82)
实训 7 风的观测	(92)
实训 8 地面气象观测场	(98)
实训 9 天气图认读、分析与天气预报	(106)
实训 10 农业气候资料收集、整理、统计分析与气候类型的判别	(126)
实训 11 农田(大田作物、烟地)小气候的观测	(154)
实训 12 园林小气候的观测	(162)
附录	(166)
附录 1 实训考核评定参考	(166)
附录 2 地面气象观测业务规章制度(修订)	(168)
附录 3 气象专用技术装备使用许可管理办法	(172)
附录 4 自动气象站采集数据文件格式	(175)
参考文献	(185)

总 论

1 地面气象观测

提到“地面气象观测”，人们一般会想到四四方方的气象观测场，洁白的百叶箱、温度计、风向标等，并把这些理解为地面的观测。不过这样理解并不全面，因为天上的云，大气中的声、光、电等天气现象，也都属于地面气象观测的范围。所以地面气象观测的定义应为：利用气象仪器和目力，对靠近地面的大气层的气象要素值，以及对自由大气中的一些现象进行观测。地面气象观测场如图 1-1 所示。

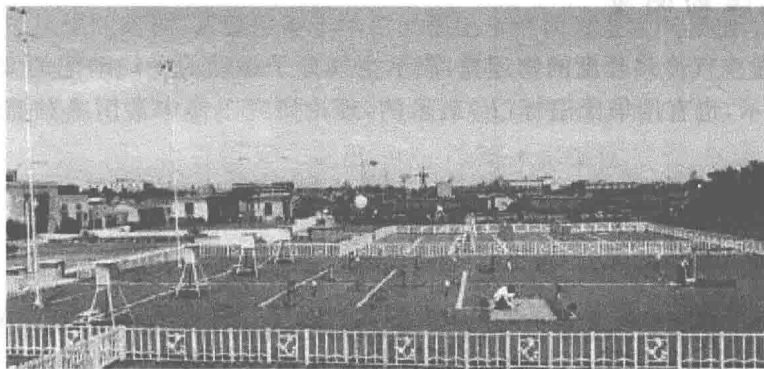


图 1-1 地面气象观测场

地面气象观测的内容很多，包括气温、气压、空气湿度、风向风速、云、能见度、天气现象、降水、蒸发、日照、雪深、地温、冻土、电线结冻等。地面气象观测的许多项目都是通过固定在观测场内的各种仪器进行的，所以气象站的站址和观测场地的选择及维护，仪器的安装正确，都对资料的代表性、准确性有极大的影响。

一般说来，气象台站的地址应选在能代表其周围大部分地区天气、气候特点的地方，并且尽量避免小范围和局部环境的影响，同时应当选在当地最多风向的上风方，不要选在山谷、洼地、陡坡、绝壁上。观测场要求四周平坦、空旷，并能代表周围的地形，观测场附近不应有任何物体。孤立、不高的个别障碍物，离观测场的距离要在障碍物高度的三倍以上；宽大、密集、成片的障碍物，离观测场的距离要在障碍物高度的十倍以上。观测场周围 10 m 范围内不能种植高秆作物，以保证气流畅通。气象台站的房屋一般应建在观测场的北面。另外，一个气象台站建成之后，要长期稳定，不要轻易搬家，因为轻易搬家不仅会影响观测资料的连续性，还会造成很大浪费。

观测场内仪器安装的原则为：保持距离，互不影响；北高南低，东西成行；靠近小路，便于观测。

地面气象观测分为定时观测和不定时观测两类。定时观测是气象台站的基本观测,主要目的是为天气预报提供依据,积累资料,了解一个地方的气候变化规律,为经济建设服务。一般地说,一天内观测次数越多,越能反映一个地方气象要素的变化。但为了节约人力、物力,可以在一天中选择适当的有代表性的时间来进行。气象工作者经过统计发现,每天选择适当时间观测4次与观测24次(1次/每小时)的日平均值非常接近。因此国家气象局规定,国家基本气象站每天必须在北京时间2时、8时、14时、20时这4个时次进行定时观测,昼夜要守班;国家一般气象站每天只在北京时间8时、14时、20时进行3次观测,夜间不必守班。

建立地面气象观测是一项非常重要的工作,它是整个气象工作的基础,是气象台站掌握当地天气实况,收集气象资料的主要手段。在我国,从平原到山区,从沙漠到海岛,已经建立起了数千个气象台站,把全国这些气象台站的气象资料收集在一起,就可以了解全国范围内的天气、气候状况。

1.1 气温的测量

气温是衡量空气冷热程度的物理量,表示空气分子运动的平均动能的大小。通常用摄氏温标(t)来表示,也有用华氏温标(F)表示的,理论研究工作中常用绝对温度(T)表示,其换算关系为:

$$t(^{\circ}\text{C}) = \frac{5(F - 32)}{9}$$

$$t(^{\circ}\text{C}) = T(\text{K}) - 273.15$$

地面气温一般指距地面1.25~2.0 m处的大气温度。测量时,为了防止太阳辐射对观测值的影响,测温仪器必须放在百叶箱或防辐射罩内,还要满足测量元件有良好的通风条件。

常用测量气温的仪器有以下几种。

(1) 玻璃温度计

玻璃温度计是最常用的一种温度计,在实训1中将会做详细介绍。

(2) 金属温度计

金属温度计(图1-2)是能够自动记录气温连续变化的仪器。感应元件是双金属片,由膨胀系数相差较大的两片金属焊接而成,将其一端固定,另一端随温度变化而发生位移,位移量与气温接近线性关系。自记系统由自记钟、自记笔组成,自记笔与放大杠杆相连并受感

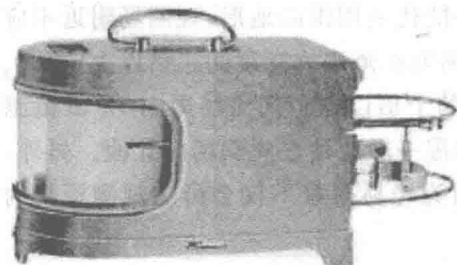


图1-2 金属温度计

(3) 金属电阻温度表

金属电阻温度表是利用金属丝的电阻正比于温度变化的原理制成的。常用的金属丝有铂丝、铜丝、铁丝等三种,阻值在几十到一百欧之间,其中铂丝稳定性最好,可用来做标准温度表。金属电阻温度表适用于遥测。

(4) 热敏电阻温度表

热敏电阻温度表的感应元件是由几种金属氧化物混合烧结成的导体电阻,电阻值通常为几十千欧,其电阻温度系数大,灵敏度高于金属电阻温度表,但稳定性稍差,广泛应用于高空遥测。

(5) 热电偶温度表

将 A 和 B 两个物理和化学性质都不同的金属导体连接成一个闭合回路,称为热电偶。热电偶温度表测量气温时,将热电偶一个接点置于恒温条件(如冰水溶液中)下,称为参考端;将另一个接点放在欲测物体上,称为工作端。两个接点的温度不同,就会产生温差电动势,电动势正比于两接点的温度差。气象测温中常用的铜-康铜热电偶温差电动势只有几十微伏,为了提高测温灵敏度,常将几十对热电偶串接起来组成热电堆。热电偶温度表可用于遥测,在日射仪器和小气候观测中被广泛应用。

1.2 气压的测量

气压是大气压强的简称,其数值等于单位面积上从地面直至大气顶的垂直气柱的质量。国际单位制中,压强的单位是帕斯卡,简称帕,气象部门采用百帕作为气压单位。历史上也曾用毫巴(即千分之一巴)和毫米水银柱作为气压单位,其换算关系如下:

$$1 \text{ 百帕} = 1 \text{ 毫巴} = 0.75 \text{ 毫米水银柱}$$

气象台站气压表高度处测到的大气压强,称为本站气压,属于地方气候资料之一。由于各测站海拔不同,本站气压不便于比较,为了绘制地面天气图,需要将本站气压换算成相当于海平面高度上的气压值,即海平面气压。

目前,气象台站普遍使用的测量气压的仪器有动槽式水银气压表、空盒气压表和振动筒式压力传感器 3 种。

(1) 动槽式水银气压表

动槽式水银气压表是用一端封闭并抽成真空的玻璃管倒插在水银槽中,当水银柱压强与大气压强相平衡时,用水银槽平面到水银柱顶的高度来测定大气压强。水银柱的高度必须以温度为 0°C ,重力加速度为 $9.80665 \text{ m}^2/\text{s}$ 的情况下所具有的高度为准。当测量气压时,温度和重力加速度与上述情况不符,则必须对由此引起的偏差加以订正,气象观测称为本站气压订正。动槽式水银气压表测量精度较高,性能稳定,常作为标准测压仪器。

(2) 空盒气压表

空盒气压表是用金属或非金属材料制成的扁圆形的空盒,或串接成空盒组,盒内常留有少量气体。在大气压力作用下,空盒变形,其中心位移量可表示气压的变化。但因为气压引起的位移非常微小,无法直接用肉眼观察,常规的空盒气压表(计)采用机械杠杆放大数十倍后通过指针(或自记笔尖)在刻度上的位置读取气压值,借助自记钟连续记录气压随时间的变化。此外,有将空盒的位移输出转换成电参量输出,例如空盒中心位移带动电容器的一个极片位移,或带动电感衔铁位移,或带动电阻器滑动触点位移,就可成为变电容方式、变电感方式和变电阻方式输出,以便实现对气压的遥测。用空盒制作的测压仪器具有重量轻,便于携带和安装的优点,但由于金属膜片的弹性系数随温度变化,需采取温度补偿措施,空盒形

变存在弹性滞后,以上两因素使空盒气压表的测压精度低于水银气压表。

(3) 振动筒式压力传感器

振动筒式压力传感器的感应元件是用高磁导率、高弹性的金属制成的薄壁圆筒,一端封闭,另一端固定在基座上。振动筒的外侧是用保护筒构成的真空腔;内侧与自由大气相通,并有两个线圈骨架,分别装上激振线圈和拾振线圈。接上电源后观测,激振线圈和振动筒相互作用会产生固有振动频率。此频率随气压的增大而升高,拾振线圈检测振动频率的变化,从而指示气压的变化。振动筒式压力传感器测压精度高,其输出是电参量(频率或周期),便于对气压实行遥测。

1.3 湿度的测量

湿度表示空气中水汽的含量或干湿程度,在气象观测中常用水汽压、相对湿度和露点(或霜点)温度三个物理量表示。

测定湿度的仪器常用的有干湿球温度表、毛发湿度计、手摇温湿度计、通风温湿度计等,其中最常用的干湿球温度表。

当空气未饱和时,湿球因表面蒸发需要消耗热量,从而使湿球温度下降。与此同时,湿球又从流经湿球的空气中不断取得热量补给。当湿球因蒸发而消耗的热量和从周围空气中获得的热量相平衡时,湿球温度就不再继续下降,从而出现一个干湿球温度差。干湿球温度差值的大小,主要与当时的空气湿度有关。空气湿度越小,湿球表面的水分蒸发越快,湿球温度降得越多,干湿球的温差就越大;反之,空气湿度越大,湿球表面的水分蒸发越慢,湿球温度降得越少,干湿球的温差就越小。当然,干湿球温差的大小还与其他一些因素有关,如湿球附近的通风速度、气压、湿球大小、湿球润湿方式等。可以根据干湿球温度差值,并将一些其他因素考虑在内,从理论上推算出当时的空气湿度。干湿球温度表是当前测量湿度的主要仪器,但不适合在低温(-10°C 以下)下使用。其他测定湿度的仪器在后面实训中详细介绍。

1.4 地面风的测量

风是空气流动时产生的一种自然现象。空气流动有上下流动和左右流动,上下流动为垂直运动,也称对流;左右流动为水平运动,也就是风。风是一个矢量,用风向和风速表示。地面风是指离地平面 $10\sim 12\text{ m}$ 的风。风向指风吹来的方向,一般用16个方位或 360° 表示。以 360° 表示时,由北起按顺时针方向度量。风速是指单位时间内空气的水平位移,常以 m/s 、 km/h 、 n mile/h 表示。1805年,英国人F.蒲福根据风对地面(或海面)物体的影响,提出风力等级表,详细内容参见实训。目测风时,根据风力等级表中各级风的特征,即可估计出相应的风速。

对风的测量,主要内容是测量风向和风速。

测量风向的仪器是风向标。风向标是一种应用最广泛的风向测量仪器的主要部件,由头部、水平杆和尾翼组成。在风的作用下,尾翼产生旋转力矩使风向标转动,并不断调整指向杆指示风向。风向标感应的风向必须传递到地面的指示仪表上,以触点式最为简单,风向

标带动触点,接通代表风向的灯泡或记录笔电磁铁,做出风向的指示或记录,但它的分辨只能做到一个方位(22.5°)。精确的方法有自整角机和光电码盘。

测量风速的仪器是风杯风速表。如图 1-3 所示。在风力作用下,风杯绕转轴旋转,其转速正比于风速。转速可以用电触点、风速发电机、齿轮或光电计数器等记录。

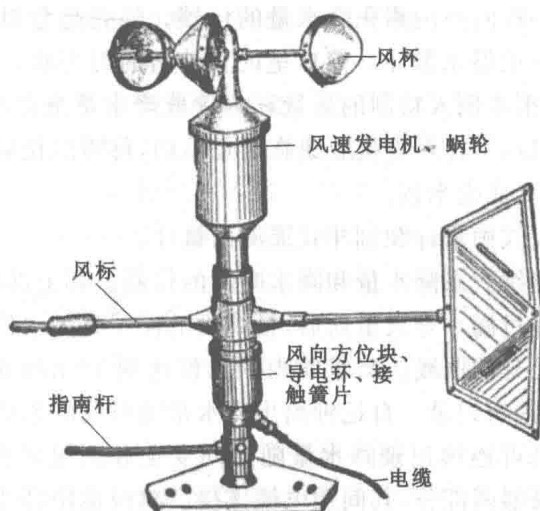


图 1-3 风杯风速表

1.5 云的观测

① 云状:主要指云的外形特征。由于云的形成原因不同,因而外形特征存在差异。按云状不同可将云分为积状云、层状云和波状云。积状云的形成主要是不稳定大气的对流运动,云中气流垂直速度很大,常有几米/秒甚至 20 m/s 以上。云体孤立、分散,垂直伸展与其水平扩散范围具有同一个数量级。常见的积云和伴有雷电现象的积雨云就是积状云。层状云由大范围系统性大气缓慢上升运动形成,多发生在锋面、气旋或低槽的气流辐合区,云层范围宽广,呈均匀幕状,是无明显起伏的连续云层。典型的层状云有雨层云、高层云和卷层云三种。波状云是由于空气的波状运动和湍流混合,如逆温层和风的切变形成,云块排列成行、成群或呈波浪起伏状。属于波状云的有层积云、高积云和卷积云。

② 云量:云量多少,全凭目测云块占据天空的面积来估计。因为是目测,所以并不十分准确,但全世界的气象站至今还是用这种目测方法估计云量。天气预报中的晴、少云、多云和阴,就是根据云量的多少划分的。通常将整个天空划分为 10 等份进行估算。

③ 云高:指云底距测站地面的垂直距离。通常可用气球、云幕灯、激光测云仪测定。

1.6 降水量的测量

在一定时段内,从云中降落到水平地面上的液态或固态(经融化后)降水,在无渗透、蒸发、流失情况下积聚的水层深度,称为该地该时段内的降水量,单位为 mm 。在气象上通常用某一段时间内降水量的多少来划分降水强度,且按降水量的多少来划分降雨的等级。根

据国家气象部门规定的降水量标准,降雨可分为小雨、中雨、大雨、暴雨、大暴雨和特大暴雨六种。

雪的大小也按降水量分类。雪可分为小雪、中雪和大雪三类。

测定降水量的仪器有雨量器和雨量计两种。

雨量器是用于测量一段时间内累积降水量的仪器。外壳是金属圆筒,分上、下两节,上部节是一个口径为 20 cm 的盛水漏斗。筒口呈内直外斜的刀刃状,下部是一个用来收集雨水的储水瓶。测量时,将雨水倒入特制的雨量杯内读取降水量毫米数。降雪季节将储水瓶取出,换上不带漏斗的筒口,雪花可直接收集在雨量筒内,待雪融化后读数;也可将雪称出重量,然后根据筒口面积换算成毫米数。

常见的雨量计有虹吸式雨量计和翻斗式遥测雨量计。

虹吸式雨量计是可连续记录降水量和降水时间的仪器。其上部盛水漏斗的形状和大小与雨量器相同。当雨水经过漏斗导入量筒后,量筒内的浮子将随水位升高而上浮,带动自记笔在自记纸上画出水位上升的曲线。当量筒内的水位达到 10 mm 时,借助虹吸管,使水迅速排出,笔尖回落到零位重新记录。自记钟给出降水量随时间的累积过程。

翻斗式遥测雨量计是可连续记录降水量随时间变化和测量累积降水量的有线遥测仪器。其包含感应器和记录器两部分,其间用电缆连接。感应器用翻斗测量,它是用中间隔板隔开的两个完全对称的三角形容器,中间隔板可绕水平轴转动,从而使两侧容器轮流接水,当一侧容器装满一定量(0.1 mm 或 0.2 mm)雨水时,由于重心外移而翻转,将水倒出,随着降雨持续,将使翻斗左右翻转,接触开关将翻斗翻转次数变成电信号,送到记录器,在累积计数器和自记钟上读出降水数值。

1.7 能见度的观测

气象能见度是指在白昼,以地平线附近的天空为背景,正常视力能看到和辨认出大小适度的、黑色目标物的最大距离,以 km 为单位。它与大气消光系数 σ 构成单因子函数关系。即

$$L = \frac{3.912}{\sigma}$$

由此可见,能见度是表征大气光学特性的常用物理量,与航空交通、军事行动等都有直接关系。气象上观测有效能见度,是指测站四周视野中二分之一以上的范围都能看到的最大水平距离。

能见度的观测方法,气象部门以目测为主。白天,选择离观测点不同距离的目标物作为估计能见度的依据;夜间,则选取测站周围一定亮度的固定灯光作为目标灯,用来估计灯光能见度,然后依据灯光强度换算成白昼条件下的能见度。测定能见度的仪器分为透射型和散射型两种。透射型仪器的光发射器和光接收器安置在同一侧,在已知长度基线的端头设置光反射器,接收器接收经大气衰减后的后向反射光束,根据反射光强度可以算出能见度,这种仪器普遍用于机场测定跑道能见距离。散射型仪器是从发射光束的一个取样空间中,测量其散射光强度,它与能见度有关,适用于雾天或非固定观测平台中使用。

1.8 蒸发量的测量

液态水转变成气态水,逸入大气中的过程称为蒸发。观测一定面积的水面在一段时间间隔内因蒸发减少的水层深度可确定蒸发量大小,单位为 mm。

常用的测量蒸发量的仪器有小型蒸发器和大型蒸发桶两种。

小型蒸发器(图 1-4)是一个金属圆盆,盆口呈刀刃状,为防止鸟兽饮水,器口上部套一个向外张成喇叭状的金属丝网圈。

大型蒸发桶是一个圆柱形桶,桶底中心装一直管,直管上端装有测针座和水面指示针,桶体埋入地中,桶口略高于地面。



图 1-4 小型蒸发器

1.9 日照时数的测量

日照的长短与农业生产密切相关,所以日照时数是所有气象台站必须观测的参数。

太阳中心从出现在一地的东方地平线到进入西方地平线,其直射光线在无地物、云、雾等任何遮蔽的条件下,照射到地面所经历的时间,称为可照时数。太阳在一个地方实际照射地面的时数,称为日照时数。日照时数以 h 为单位,可用日照计测定。日照时数与可照时数之比为日照百分率,它可以衡量一个地区的光照条件。

测量日照时数的仪器有以下三种。

① 暗筒式日照计:一个圆形暗筒上留有小孔,当阳光透过小孔射入筒内时,装在筒内涂有感光药剂的日照纸上便留下感光迹线,利用感光迹线可计算出日照时数,这是气象台站常用的仪器。

② 聚焦式日照计:利用太阳光经玻璃球折射聚焦,在日照纸上留下灼烧的焦痕,根据焦痕的总长度即可算出日照时数。

③ 光电日照计:根据 1981 年世界气象组织(WMO)第八届仪器和观测方法委员会建议,用太阳直接辐射强度大于或等于 120 W/m^2 作为日照阈值。使用阈值为 120 W/m^2 的直接日射表作为日照基准仪器,当太阳直接照射到受光元件时,受光元件输出与直接辐射相对应的脉冲电压;当脉冲电压幅度超过阈值电压时,输出一个时间脉冲,作为日照时数记录下来。

1.10 辐射的测量

辐射是指太阳、地球和大气辐射的总称。通常称太阳辐射为短波辐射,称地球和大气辐射为长波辐射。辐射测量观测的主要是辐射能流率,或称辐射通量密度或辐射强度,标准单位为 W/m^2 。气象上常测定以下几种辐射量:

① 太阳直接辐射,指来自日盘 0.5° 立体角内与该立体角轴垂直的面的太阳辐射。

② 天空辐射(或称太阳散射辐射),指地平面上收到的来自天空 2π 立体角向下的大气等的散射和反射太阳辐射。

- ③ 太阳总辐射,指地平面接收的太阳直接辐射和散射辐射之和。
- ④ 反射太阳辐射,指地面反射的太阳总辐射。
- ⑤ 地球辐射,指由地球(包括大气)放射的辐射。
- ⑥ 净辐射,指向下和向上(太阳和地球)辐射之差。

测量辐射的仪器有以下几种。

① 绝对日射表:测量太阳直接辐射的标准仪器,常用它来确定其他类型仪器的常数。最常见的是埃斯川姆补偿式绝对日射表,其感应部分为进光筒内的两块接收系数近似 1 的黑色锰铜片。观测时,圆筒正对太阳,使一块锰铜片受日光照射而增热,不受照射的锰铜片通过电流加热,调节加热电流直到两块锰铜片温度相等,加热电流平方与辐射强度成正比。根据 WMO 的决议,从 1981 年起将使用指定的四种型号作为日射标准仪器,以美国的 PACRRADⅢ 型绝对日射计为例,接收太阳辐射的主要部分是吸收系数接近于 1.0000 的探测黑体空腔的锥角部分,在探测空腔后面的补偿空腔,以人工加热法保持和探测空腔具有相同的温度,使探测腔体的热量完全不向后传递,测量空腔和热汇的温度差就可以测得太阳辐射强度。

② 直接日射表(图 1-5):测定太阳直接辐射的常规仪器。进光筒对感应面的视张角为 10° ,感应面是一块涂黑的锰铜片,它的背面紧贴热电堆正极,热电堆负极接在遮光筒内壁,热电堆的电动势正比于太阳辐射。用于遥测的直接日射表将进光筒安装在赤道架上,借助电机和齿轮减速器,带动日射表进光筒准确地自动跟踪太阳。

③ 天空辐射表(图 1-6):是测定地平面上的太阳直接辐射、天空散射辐射和地面反射辐射的仪器。感应部分由黑片和白片组成田字形方格阵,辐射强度正比于黑、白片下热电堆的电动势。感应面上有一个半球形防风保护玻璃罩,仪器上方可伸出一块对感应平面视角为 10° 的遮光板。支架遮光板遮去阳光,仪器只能测到天空散射辐射;除去遮光板则能测到水平面上太阳辐射和散射的总和;反转仪器使感应面向下,则能测到反射辐射。用于遥测的天空辐射表装上遮日环,遮日环以辐射表感应面为中心,直径约 30 cm,环宽约 5 cm,根据当地纬度和日期,适当调节它的倾角,在一天任何时刻都能遮住太阳的直接辐射。显然由于遮日环的影响使测值偏小,必须加以校正。

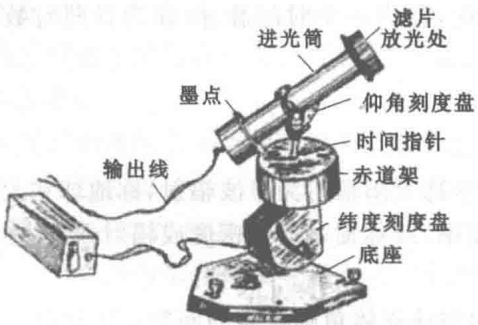


图 1-5 直接日射表



图 1-6 天空辐射表

④ 净辐射表:用于测量地表面吸收和支出辐射之差。仪器有上、下两片感应面,由绝热材料将其隔开,并分别罩上聚乙烯防风薄膜。向上和向下感应面分别感应地面对辐射的收入和支出,热电堆测量它们的温差,净辐射强度正比于温差电动势。

2 天气现象观测

天气现象是指发生在大气中的各种现象,包括降水、地面凝结和冻结、视程障碍、大气光象、大气电象、风暴、积雪、冰针、结冰等现象,它是大气中发生的各种物理过程的综合结果。

① 降水现象:根据降水物的形态共分成 11 种,包括液态降水雨、毛毛雨、阵雨,固态降水雪、冰粒、米雪、阵雪、霰、冰雹,以及混合型降水雨夹雪、阵性雨夹雪。此外,降水分为阵性降水、间歇性降水和连续性降水等三种类型。阵性降水又称对流性降水,降水时间短促,降水强度变化大,骤降骤止,并伴有气温、气压、风等气象要素的显著变化,常降自积雨云和浓积云;间歇性降水表现为时降时停,降水量时大时小,但这些变化都很缓慢,常降自层积云和厚薄不均的高层云;连续性降水具有持续时间长、强度变化小的特点,常降自雨层云和高层云。

② 地面凝结和冻结现象:包括露、霜、雾凇、雨凇等四种。

③ 视程障碍现象:包括雾类(雾、轻雾),沙尘类(沙尘暴、扬沙),烟尘类(浮尘、烟幕、霾),吹雪类(吹雪、雪暴)等 9 种。视程障碍现象是以能见度区分其轻重程度的,其中雾、沙尘暴和雪暴能见度必须小于 1.0 km,其余 6 种现象出现时能见度在 1.0~10.0 km。

④ 大气光象:包括华、晕、虹、海市蜃楼、峨眉宝光、霞等。

⑤ 大气电象:包括闪电、雷暴、极光等。

⑥ 风暴现象:包括大风(指瞬间风速达到 17 m/s 或风力 8 级以上)、飑、龙卷、尘卷等。

⑦ 其他现象:包括积雪、冰针、结冰等。

3 高空气象观测

高空气象观测主要测量近地面到 30 km 甚至更高的自由大气的物理、化学特性。测量项目主要有气温、气压、湿度、风向和风速,还有特殊项目如大气成分、臭氧、辐射、大气电等。测量方法以气球携带探空仪升空探测为主。观测时间主要在北京时间 7 时和 19 时两次,少数测站还在北京时间 1 时和 13 时增加观测,有的测站只测高空风。此外其他不定时探测内容有 2 km 以下范围的大气状况的边界层探测、特殊项目的气象飞机探测和气象火箭探测等。

3.1 气象气球

气象气球是用橡胶或塑料制成的球皮,充以氢气、氮气等比空气轻的气体,能携带仪器升空进行高空气象的观测。气球的大小和制作材料由它们的用途来确定,主要有以下几种。

① 测风气球(图 3-1):气象上称小球,用橡胶制作,球皮重约 30 g,主要用于经纬仪测风或边界层探空,最大升空高度为 10~15 km。

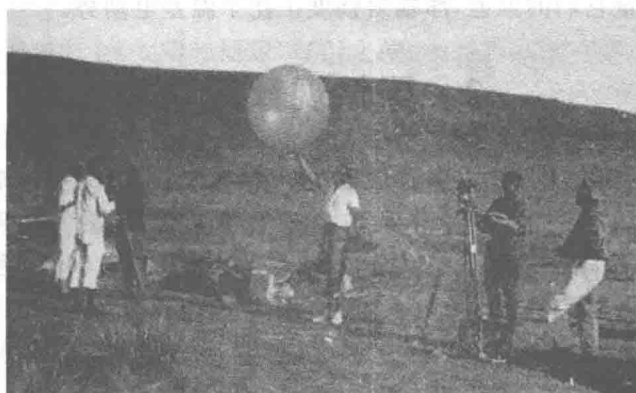


图 3-1 测风气球

② 探空气球:用橡胶或氯丁乳胶制作,球皮重 0.8~2.0 kg,携带 1 kg 仪器升速为 5~6 m/s,最大升空高度可达 30 km,是日常高空观测使用的气球。

③ 系留气球(图 3-2):用缆绳拴在地面绞车上,能控制浮升高度的气球。通常用聚酯薄膜做成流线型,缆绳长度及与地面交角可以估算气球距地面的高度。它可以携带测量仪器在指定高度做数小时连续测量,用完后收回可多次使用。特别适用于大气污染监测和研究大气边界层等。

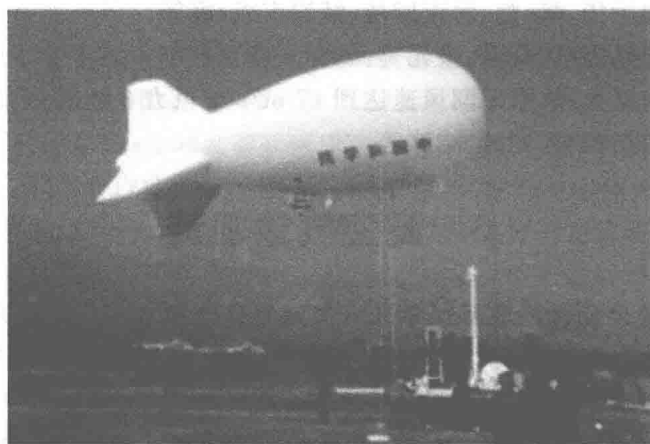


图 3-2 系留气球

④ 定高气球:在大气中保持在等密度面上平稳地随气流飘移的气球,也称等密度气球或等容气球。气球由塑料制成多层复合膜,耐压性强,保气性好。在地面施放时仅部分充气,升到预定高度时,因球内气体量不变而密度不变,保持在一个等密度面上飘行,气球大小视飞行高度和所带仪器的重量而定,其直径小至 1 m,大至数十米不等,在空中可飘行数天至数月。大型定高气球直径 22 m,距地高 24 km,可携带 200 个探空仪,能接收卫星指令,每隔一定飘浮距离投下一架探空仪,下投的探空仪带降落伞,观测数据由无线电信号发到母

球,再由母球转送到卫星,最后由卫星播发到地面站接收。这种与卫星结合的定高气球称为母子定高气球系统,在测量气团属性变化和大气电学特性等方面已广泛应用。

3.2 无线电探空仪

无线电探空仪测定自由大气各高度的气象要素,并将气象情报用无线电信号发送到地面的遥测仪器。由于仪器是在上升(或下降)过程中测量的,空中气象要素随高度有较大的空间变率,要求探空仪感应元件感应快、量程大,应具有较高的灵敏度、准确度,仪器整体体积小、重量轻、牢固可靠,能经受风云雨雪,受高空强辐射的影响较小。依据测量内容不同,探空仪分为如下两类。

① 常规探空仪:借助探空气球携带升空,是测量高空对流层、平流层气象资料的主要仪器。它由感应器、转换器和发射装置三部分组成。感应器感应大气温度、气压、湿度等参数,采用变形元件(双金属片、空盒、肠衣)和电子元件(热敏电阻、空盒、湿敏电阻或电容)两类。转换开关轮流将感应元件接入变换器,将气象信息变换成电信号。中国造探空仪(图 3-3)的变换器采用电码式和变低频式两种。发射装置是一个高频或超高频发射机,以载波方式将气象信息发到地面。

② 特种探空仪:在常规探空仪的基础上,根据不同的目的(如测定臭氧、平流层露点、各种辐射通量、大气电场,监视低层大气污染等)或不同仪器施放方式(如气球升空或气象飞机、气象火箭、定高气球下投等)派生了多种特殊探空仪,如臭氧探空仪、火箭探空仪等。

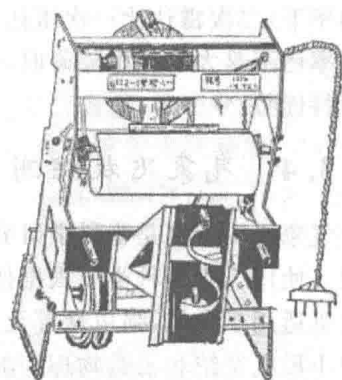


图 3-3 中国造探空仪

3.3 高空风观测

高空风观测主要测量近地面直至 30 km 高空的风向、风速。通常将飞升气球作为随气流移动的质点,用地面设备(经纬仪或雷达)跟踪气球的飞升轨迹,读取其时间间隔的仰角、方位角、斜距,确定其空间位置的坐标值,可求出气球所经过高度上的平均风向、风速。根据地面测风设备不同,高空风观测分为如下几种。

(1) 经纬仪测风

经纬仪测风有单经纬仪测风和双经纬仪测风两种。单经纬仪只能测出气球的仰角和方位角,气球高度由升速和施放时间推算。气球升速是根据当时空气密度、球皮等附加物重量计算出气球净举力,按照净举力灌充氢气来确定的。但由于大气湍流和空气密度随高度变化,以及氢气泄漏等因素的影响,气球升速不均匀导致高度误差大,测风精度低。在配合探空仪观测时,气象站根据探空仪测得的温度、气压、湿度资料计算出气球高度。双经纬仪测风是在已知基线长度的两端,架设两架经纬仪同步观测,分别读出气球的仰角、方位角,利用三角法或矢量法计算气球高度和风向、风速。经纬仪测风只适用于能见度好的少云天气,夜

间必须配挂可见光源,阴雨天气只能在可见气球高度内测风。

(2) 无线电经纬仪测风

利用无线电定向原理,跟踪气球携带的探空仪发射机信号,测得角坐标数据,气球高度则由探空仪测得的资料计算得出。因此无线电经纬仪适用于全天候,但当气球低于其最低工作仰角时,测风精度将迅速降低。

(3) 雷达测风

雷达测风是利用雷达测定飞升的气球位置。它不仅能测定气球的角坐标,还能测定气球与雷达的距离,即斜距。雷达测风是由仰角、方位角、斜距计算高空风。雷达测风法又可分为一次雷达测风法和二次雷达测风法。前者利用气球上悬挂的金属反射体反射雷达发射的脉冲信号,测定气球角坐标和斜距;后者利用气球悬挂的发射回答器,当发射回答器受雷达发射的脉冲激励后产生回答信号,由回答信号测定气球角坐标和斜距。显然,在相同的发射功率下,二次雷达比一次雷达探测距离更远,可测更高的高空风。但随着技术的发展,发射功率已不是大的技术障碍时,着眼于提高测风精度和经济效应等方面,一次雷达测风也有其独特优势。

3.4 气象飞机探测

气象飞机探测是为科学研究或为完成某项特殊任务,用飞机携带气象仪器进行的专门探测。使用飞机的种类要根据任务性质来选择,必要时还需添加特殊装备。例如,远程大中型飞机适用于台风、强风暴等天气的探测;进入雷暴区要用装甲机;小型飞机和直升机适用于中小尺度系统和云雾物理探测;民航机可兼做航线气象观测。探测飞机航行高度以下的大气状况需携带下投探空仪;探测云、雨、风、湍流需装设机载雷达;了解云中雷电现象、含水量、云滴谱、升降气流时,均需分别配备相应的仪器。

3.5 气象火箭探测

用火箭携带仪器对中高层大气进行探测。探测高度主要在 30 km 以上,80 km 以下自由气球所达不到的高度。探测项目包括温度、密度、气压、风向和风速等气象要素,以及大气成分和太阳紫外辐射等。当火箭达到顶端时,抛射出探空仪,利用丝绸或尼龙制成的降落伞使仪器受阻下落,可探测 20~70 km 高度的气象要素,如果火箭上升到顶端,放出金属化的阻尼伞、落降球、尼龙充气气球或尼龙条带或其他轻质材料,用精密雷达跟踪,可探测 30~100 km 上空风、密度,再推算出温度、气压等气象要素。此外,还有用取样火箭测定大气成分和臭氧含量等,以及用火箭来研究电离层、太阳紫外辐射等。

4 气象卫星

在卫星上携带各种气象观测仪器测量诸如温度、湿度、云和辐射等气象要素及各种天气现象,这种专门用于气象目的的卫星称作气象卫星。

① 按卫星轨道分,气象卫星可以分为两类。