

第 1 章

绪 论

气象观测，是研究测量和观察地球大气的物理和化学特性、大气现象的方法和手段的一门学科。主要有大气气体成分浓度、气溶胶、温度、湿度、压力、风、大气湍流、蒸发、云、降水、辐射、大气能见度、大气电场、大气电导率以及雷电、虹、晕等。从学科上分，气象观测属于大气科学的一个分支，包括地面气象观测、高空气象观测、大气遥感探测和气象卫星探测等，有时统称为大气探测。由各种手段组成的气象观测系统，能观测从地面到高层、从局地到全球的大气状态及其变化。

1.1 气象观测

1. 地面气象观测

地面气象观测是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、仪器的安装是否正确，对资料的代表性、准确性和比较性有极大的影响。

2. 高空气象观测

高空气象观测是测量近地面到 30 km 甚至更高的自由大气的物理、化学特性的方法和技术。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 7 时和 19 时两次，少数测站还在北京时 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、测量特殊项目的气象飞机探测和气象火箭探测等。

3. 气象卫星探测

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以及各种天气现象，这种专门用于气象目的的卫星被称为气象卫星。按卫星轨道分，气象卫星可以分为两类：

- 极地太阳同步轨道卫星，卫星的轨道平面与太阳始终保持相对固定的取向，卫星几乎以同一地方时经过世界各地。
- 地球同步气象卫星，又称静止气象卫星。卫星相对某一区域是不动的，因而由静止气象卫星可连续监视某一固定区域的天气变化。

根据气象卫星的目的还分为试验卫星，主要对各种气象卫星遥感仪器、新的技术进行试验，待试验成功后转到业务气象卫星上使用业务卫星，这种卫星带有各种成熟的设备和技术，获取各种气象资料，为天气预报和大气科学研究服务。

1.2 观测系统

一个较完整的现代气象观测系统由观测平台、观测仪器和资料处理等部分组成。

1. 观测平台

根据特定要求安装仪器并进行观测工作的基点。地面气象站的观测场、气象塔、船舶、海上浮标和汽车等都属地面气象观测平台；气球、飞机、火箭、卫星和空间实验室等，是普遍采用的高空气象观测平台。它们分别装载各种地面的和高空的气象观测仪器。

2. 观测仪器

经过三百多年的发展，应用于研究和业务的气象观测仪器，已有数十种之多，主要包括直接测量和遥感探测两类：前者通过各种类型的感应元件，将直接感应到的大气物理特性和化学特性，转换成机械的、电磁的或其他物理量进行测量，如气压表、温度表、湿度表等；后者是接收来自不同距离上的大气信号或反射信号，从中反演出大气物理特性和化学特性的空间分布，如气象雷达、声雷达、激光气象雷达、红外辐射计等。这些仪器广泛应用了力学、热学、电磁学、光学以及机械、电子、半导体、激光、红外和微波等科学技术领域的成果。此外，还有大气化学的痕量分析等手段。

3. 资料处理

现代气象观测系统所获取的气象信息是大量的，要求进行高速度的分析处理，一颗极

轨气象卫星,每12小时内就能给出覆盖全球的资料,其水平空间分辨率达1 km左右。采用电子计算机等现代自动化技术分析处理资料,是现代气象观测中必不可少的环节。许多现代气象观测系统都配备了小型或微型处理机,以及时分析处理观测资料和实时给出结果。

1.3 气象观测网

气象观测网是组合各种气象观测和探测系统而建立起来的,基本上分为以下两大类。

- 常规观测网。长期稳定地进行观测,主要为日常天气预报、灾害性天气监测、气候监测等提供资料的观测系统。由世界各国的地面气象站(包括常规地面气象站、自动气象站和导航测风站)、海上漂浮(固定浮标、飘移浮标)站、船舶站和研究船、无线电探空站、航线飞机观测、火箭探空站、气象卫星及其接收站等组成的世界天气监视网(WWW),就是一个规模最大的近代全球气象观测网。这个观测网所获得的资料,通过全球通信网络,可及时提供给各国气象业务单位使用。此外,还有国际臭氧监测网、气候监测站等。
- 专题观测网。根据特定的研究课题,只在一定时期内开展观测工作的观测系统。例如,20世纪70年代实施的全球大气研究计划第一次全球试验(FGGE)、日本的暴雨试验和美国的强风暴试验的观测网,就是为研究中长期大气过程和中小尺度天气系统等的发生发展规律而临时建立的。

组织气象观测网要耗费大量的人力和物力。如何根据实际需要,正确地选择观测项目,恰当地提出对观测仪器的技术要求,合理地确定仪器观测取样的频数和观测系统的空间布局,以取得最佳的观测效果,是一项重要的课题。

1.4 气象观测的重要性

气象观测是气象工作和大气科学发展的基础。由于大气现象及其物理过程的变化较快,影响因子复杂,除了大气本身各种尺度运动之间的相互作用外,太阳、海洋和地表状况等,都影响着大气的运动。虽然在一定简化条件下,对大气运动做了不少模拟研究(见大气运动数值试验)、大气运动模型实验,但组织局地或全球的气象观测网,获取完整准确的观测资料,仍是大气科学理论研究的主要途径。历史上的锋面、气旋、气团和大气长波等重大理论的建立,都是在气象观测提供新资料的基础上实现的。所以,不断引进其他科学领域的新技术成果,革新气象观测系统,是发展大气科学的重要措施。

气象观测记录和依据它编发的气象情报,除了为天气预报提供日常资料外,还通过长期积累和统计,加工成气候资料,为农业、林业、工业、交通、军事、水文、医疗卫生和环境保护等部门的规划、设计和研究,提供重要的数据。采用大气遥感探测和高速通信传输技术组成的灾害性天气监测网,已经能够十分及时地直接向用户发布龙卷风、强风暴和台风等灾害性天气警报。大气探测技术的发展为减轻或避免自然灾害造成的损失提供了条件。

1.5 我国的气象观测现状

人工观测逐渐转为自动观测,观测自动化水平不断提高。新一代天气雷达在北京奥运会、上海世博会、广州亚运会等重大活动气象保障中作用凸显;“风云二号 F 星”准确定位台风登陆地点;气象部门打造的地基、空基、天基观测网,在防灾减灾、应对气候变化等方面发挥了重要作用。

气象部门将综合气象观测网分为地基、空基、天基观测三部分,地基观测主要包括地面气象观测和天气雷达等地基遥感观测,空基观测主要包括 L 波段探空系统观测,天基观测主要是气象卫星观测。目前,我国的综合气象观测系统在观测能力、规模、密度等方面已经达到世界先进水平。我国 2423 个国家级地面气象观测站全部建成自动气象观测站,温度、湿度、气压、风速、风向等基本气象要素实现了观测自动化,观测频率达到分钟级,我国的地面气象观测能力已达到世界先进水平。

截至 2012 年年底,我国建设区域自动气象站 4.6 万个,平均间距 20 km 左右,乡镇覆盖率达 88.6%,显著提升了气象灾害监测预警能力。

中国气象局从 20 世纪 90 年代中期开始规划新一代天气雷达网,经过十多年建设,已在重点防汛区、暴雨多发区和沿海、省会城市建设 178 部新一代天气雷达,在人口聚居地的覆盖率达 90%左右。新一代天气雷达实现 6 分钟一次数据实时传输和全国及区域联网拼图,提高了台风、暴雨、冰雹等灾害性天气的监测、预报、预警能力,在北京奥运会、上海世博会、广州亚运会和新中国成立 60 周年等重大活动的气象保障中发挥了重要作用。

在专业气象观测方面,气象部门建设了 93 套气溶胶质量浓度观测系统,实现全国所有省会和副省级城市的全覆盖;建成 2000 多个自动土壤水分观测站,覆盖国家规划的 800 个粮食主产区;在瓦里关、上甸子、龙凤山、临安和香格里拉等 5 个大气本底站建成温室气体在线监测系统,初步形成温室气体在线观测网;建成 1000 多个交通气象观测站,334 个雷电观测站,58 部风廓线雷达,16 个空间天气站。

目前,气象部门已在陆地上建设了高密度气象观测网,但是陆地只占地球表面的十分之三,地球表面的十分之七是海洋,对于海洋气象资料的获取,仅依靠海洋浮标和远洋船航线的观测是远远不够的,还存在大部分观测空白区。气象卫星观测资料可有效弥补海洋观测的空白区,在数值预报中发挥了非常重要的作用。

目前,我国已形成7颗卫星在轨稳定运行的业务布局,包括4颗静止卫星和3颗极轨卫星,形成了“多星在轨、统筹运行、互为备份、适时加密”的业务运行模式,成为与美国、欧盟并列的同时拥有静止和极轨两个系列业务化气象卫星的三个国家(地区)之一。

2012年发射的“风云二号F星”具备机动的区域观测能力,可实现6分钟一次区域加密观测,对台风登陆的准确定位发挥了重要作用。目前,“风云三号”极轨卫星实现上、下午星组网观测,成功完成技术升级换代,全球观测时间分辨率从12小时提高到6小时,探测资料有效提高了数值天气预报准确率。我国气象卫星的技术水平、运行稳定性和寿命、应用能力等都有了重大突破,接收和利用风云系列卫星资料及产品的用户已超过2500个,遍及亚洲、欧洲、美洲、非洲、大洋洲等70多个国家和地区。

天基观测是未来观测的主导,尽管我国气象卫星的研制水平已处于国际先进行列,但对气象卫星资料的应用能力与国际先进水平相比还有一定的差距,仍要加强对资料的应用,不断提高气象卫星资料应用水平。

1.6 气象观测简史

大气中发生的各种现象,自古以来就为人们所注意,在中外古籍中都有较丰富的记载。但在16世纪以前主要是凭目力观测,除雨量测定(最迟在15世纪之前已经出现)外,其他特性的定量观测,则是17世纪以后的事情。用仪器进行气象观测,经历了三个重要的发展阶段。

16世纪末到20世纪初,是地面气象观测的形成阶段。1597年(有说1593年)意大利物理学家和天文学家伽利略发明空气温度表,1643年E.托里拆利发明气压表。这些仪器以及其他观测仪器的陆续发明,使气象观测由定性描述向定量观测发展,在这阶段发明的气压表、温度表、湿度表、风向风速计、雨量器、蒸发皿、日射表等气象仪器,为逐步组建比较完善的地面气象观测站网和对近地面层气象要素进行日常的系统观测提供了物质基础,并为绘制天气图和气候图,开创近代天气分析和天气预报等的研究和业务提供了定量的科学依据。

20世纪20年代末至60年代初,是由地面观测发展到高空观测的阶段。随着无线电技术的发展,出现了无线电探空仪,得以测量各高度大气的温度、湿度、压力、风等气象

要素，使气象观测突破了二百多年来只能对近地面层大气进行系统测量的局限。到 20 世纪 40 年代中期，气象火箭把探测高度进一步抬升到 100 km 左右，同时气象雷达也开始应用于大气探测。这些高空探测技术的发展，使人们对大气三维空间的结构有了真正的了解。

60 年代初以来，气象观测进入了第三个阶段，即大气遥感探测阶段，它以 1960 年 4 月 1 日美国发射第一颗气象卫星（泰罗斯 1 号）为主要标志。大气遥感不仅扩大了探测的空间范围，增强了探测的连续性，而且增加了观测内容。一颗地球同步气象卫星可以提供几乎 1/5 地球范围内每隔 10 分钟左右的连续气象资料。