



中国气象局气象干部培训学院
基层台站气象业务系列培训教材

丛书主编：高学浩

高空气象观测

主编 潘志祥 李艾卿



P412.2

1

中国气象局气象干部培训学院
基层台站气象业务系列培训教材

高空气象观测

主 编 潘志祥 李艾卿

副主编 李余粮 李 伟 赵米洛 杨忠全



 气象出版社
China Meteorological Press

内 容 简 介

本书是在收集整理和总结凝练国内外高空气象观测技术的基础上,结合高空气象观测台站业务需要编写而成。全书共7章,主要包括绪论、地球大气基本特征、高空气象观测设备、数据处理方法、高空气象观测软件、高空气象观测新技术、高空气象观测业务规范与管理制度等。

本书内容以基础知识、技术方法、设备性能、故障诊断等实用技术为重点,强化观测流程、技术规范和数据质量保证,旨在培养高空气象观测人员的科学技能和严谨作风。此外,还介绍了高空气象观测的发展历史和有关业务管理规定,以利于读者全面掌握相关知识。

本书是中国气象局气象干部培训学院组织编写的气象业务系列培训教材之一,可作为气象台站及其他部门从事高空气象观测人员的业务参考资料,也可作为高等院校气象专业师生的学习辅导材料。

图书在版编目(CIP)数据

高空气象观测/潘志祥,李艾卿主编. —北京:气象出版社,2013.2

基层台站气象业务系列培训教材

ISBN 978-7-5029-5673-8

I. ①高… II. ①潘… ②李… III. ①高空-气象
观测-技术培训-教材 IV. ①P412.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 028230 号

高空气象观测

潘志祥 李艾卿 主编

出版发行:气象出版社

地 址:北京市海淀区中关村南大街46号

总 编 室:010-68407112

网 址:<http://www.cmp.cma.gov.cn>

责任编辑:张 斌

封面设计:燕 彤

印 刷:北京中新伟业印刷有限公司

开 本:787 mm×1092 mm 1/16

字 数:584千字

版 次:2013年4月第1版

定 价:62.00元

邮政编码:100081

发 行 部:010-68409198

E-mail: qxcbs@cma.gov.cn

终 审:黄润恒

责任技编:吴庭芳

印 张:23.5

印 次:2013年4月第1次印刷

《基层台站气象业务系列培训教材》

编写委员会成员

主 任 高学浩

副主任 姚学祥 肖子牛

委 员(按姓氏笔画排列)

马舒庆 王 强 邓北胜 孙 涵 成秀虎

余康元 张义军 李集明 陈云峰 郑江平

俞小鼎 姜海如 胡丽云 赵国强 曹晓钟

章国材 章澄昌

编写委员会办公室成员

主 任 邹立尧

副主任 刘莉红 申耀新

成 员(按姓氏笔画排列)

马旭玲 刘晓玲 孙 钢 张 斌 李玉玲

李余粮 李志强 侯锦芳 胡宜昌 胡贵华

赵亚南 高 婕 黄世银 彭 茹 韩 飞

《高空气象观测》编写人员

主 编 潘志祥 李艾卿

副 主 编 李余粮 李 伟 赵米洛 杨忠全

参编人员 李文华 王爱珍 罗雪玲 李争凯

杨小民 刘凤琴 周 伟

总 序

《国务院关于加快气象事业发展的若干意见》(国发〔2006〕3号)提出,要按照“一流装备、一流技术、一流人才、一流台站”的要求,以增强防灾减灾能力、保护人民群众生命财产安全以及满足气候变化国家应对需求为核心,为构建社会主义和谐社会、全面建设小康社会提供一流的气象服务,实现全社会气象事业的协调发展。

基层气象台站是气象工作的基础。中国气象局党组历来高度重视基层气象台站的建设,并始终将其摆在全局工作的重要位置,特别是进入新世纪以来,中国气象局党组强化领导,科学规划,大力推进,不断完善利于基层气象台站发展的政策措施,不断改善基层气象台站的发展环境,不断加大对基层气象台站发展的投入力度,基层气象台站建设取得了明显成效。例如,气象现代化装备和技术在基层气象台站得到广泛应用,气象观测能力显著提高,气象服务能力和效益显著提高,气象队伍素质显著提高,台站工作生活环境和条件显著提高,在保障地方经济社会发展中作用显著提高,地方党委、政府对气象工作的认识也显著提高。可以说,基层气象台站发展面临的形势和机遇前所未有,挑战和任务也前所未有。与经济社会发展对气象预报服务越来越多的需求相比,基层气象台站的气象预报服务能力和水平还难以适应,差距较大,特别是气象服务能力和气象队伍整体素质不适应的问题越来越突出。为此,中国气象局从2009年起开展了全国气象部门县级局局长的轮训,力图使他们通过培训,能够以创新的思维和求真务实的作风,破解基层气象台站建设与发展中遇到的难题,这样轮训的实际效果超出了预期。

做好基层气象工作,推进一流台站建设,既要有一支政治素质和业务素质高的领导干部队伍,也要有一支踏实肯干、敬业爱岗、业务素质高的气象业务服务队伍,这是新时期加强基层气象工作、夯实气象事业发展基础的必然要求。为此,中国气象局气象干部培训学院组织有关教师和业务一线专家,从基层气象台站实际出发,以建设现代气象业务和一流台站的要求为目标,编写了《基层台站气象业务

系列培训教材》。这套教材涵盖了地、县级气象业务服务工作领域,体现“面向生产、面向民生、面向决策”的气象服务要求。我相信,这套教材的编写、出版,将会受到广大基层气象台站工作者的广泛欢迎。我希望,各地气象部门要充分利用好这套教材,通过面授、远程培训等方式,做好基层气象工作者的学习培训工作。我也借此机会,向为这套教材的编写、出版付出努力的专家学者和编辑人员表示衷心的感谢。

郑国光

2010年12月于北京

丛书前言

基层气象工作是整个气象工作的基础,是发展现代气象业务的重要基石。抓基层、打基础是建设中国特色气象事业、实现“四个一流”建设目标的重要任务。基层气象台站承担着繁重的气象业务、服务和管理任务,是气象科技转化成防灾减灾效益的前沿阵地。

全国气象部门现有 2435 个县级基层台站、14050 个乡村信息服务站,36% 的在编职工、45% 的编外人员和 37.5 万气象信息员工作在基层,努力提高基层人才队伍综合素质是当前和今后一段时期气象教育培训面临的一项重要而紧迫的任务。为了全面开展面向基层台站人员的培训工作,加快提高基层台站人员的总体素质,我们根据现代气象业务体系建设对基层气象台站业务服务和管理的总体要求,组织编写了《基层台站气象业务系列培训教材》。

这套教材立足于为基层职工奠定扎实的气象业务理论基础和技术基础,全面提升基层职工岗位业务能力,内容涵盖了地、县级气象业务的主要领域,包括综合观测、分析预测、应用气象、气候变化、气象服务、人工影响天气、雷电灾害防御、信息技术、装备保障、综合管理和气象科普等。教材的编写遵循针对性、实用性、先进性和扩展性的原则,尽可能为基层气象台站人员的学习或省级培训机构培训提供一套实用的系列培训参考教材。

《基层台站气象业务系列培训教材》共分 16 册,分别是《地面气象观测》、《高空气象探测》、《天气雷达探测与应用》、《卫星遥感应用》、《天气预报技术与方法》、《雷电防护技术及其应用》、《人工影响天气技术与管理》、《农业气象业务》、《气候与气候变化基础知识》、《气候影响评价》、《气象灾害风险评估与区划》、《风能太阳能开发利用》、《基层台站气象服务》、《气象台站信息技术应用》、《台站气象装备保障》和《县级气象局综合管理》。这套系列培训教材计划用两年左右时间完成,并将随着现代气象业务技术的不断发展随时进行修订和补充。

这套系列教材的编写凝聚了多方的智慧,各省级气象部门、相关高等院校及气象行业的专家、学者以及众多气象部门的领导参加了该套教材的编写与审定工

作,《基层台站气象业务系列培训教材》编委会办公室做了大量细致的组织工作,在此,我对他们为此付出的辛勤劳动表示衷心的感谢。由于开展这项工作尚属首次,难免存在不尽如人意之处,诚挚地欢迎大家提出宝贵意见!

高学浩

2010 年 12 月于北京

前 言

高空气象观测是气象综合观测系统的重要组成部分,是气象预报、气候预测、气象服务、科学试验和相关行业业务的基础性技术支撑。

目前,我国已成为全球高空气象观测网的重要组成部分,是全球气象高空观测站最密的地区之一。从 2002 年开始,中国气象局开始更新换代 59-701 探空系统,全国气象部门 120 个高空站已全部更新换代为我国自行研制的、具有独立知识产权的 L 波段雷达探空系统,我国高空气象事业发展实现了一次质的飞跃。该系统提高了我国高空气象观测业务质量和观测准确度,提高了观测信息的空间与时间密度,而且实现了观测数据采集、监测和集成的自动化,常规空基观测能力显著加强。

与此同时,可以提供高时空观测资料的遥感设备在业务中不断得到应用,通过 GPS/MET 观测站组成的水汽观测网,实现了高空大气水汽总量连续观测;通过风廓线雷达组成的业务试验网,实现了高空风全天候、连续观测。可以期望,微波遥感设备未来会在业务中得到长足发展。

《高空气象观测》培训教材是一本系统的高空气象观测业务培训手册,主要用于指导高空气象观测人员培训学习,旨在为提高观测技术素质,规范观测技术操作,保障观测业务质量等方面提供帮助。

《高空气象观测》培训教材分为 7 章:第 1 章为绪论,第 2 章为地球大气基本特征,第 3 章为高空气象观测设备,第 4 章为数据处理方法,第 5 章为高空气象观测软件,第 6 章为高空气象观测新技术,第 7 章为高空气象观测业务规范与管理制。教材本着内容尽量全面、语言力求简练、使用更为方便的原则进行编写,以满足气象部门和相关行业广大高空气象观测技术人员培训学习和业务指导的需求。

编著者

2012 年 9 月

目 录

总序	
丛书前言	
前言	
第 1 章 绪论	(1)
1.1 高空气象观测综述	(1)
1.2 高空气象观测技术发展简史	(1)
1.3 全球高空气象观测网	(3)
1.4 高空气象观测的作用	(4)
1.5 高空气象观测系统发展展望	(5)
复习思考题	(6)
第 2 章 地球大气基本特征	(7)
2.1 地球大气的成分与结构	(7)
2.2 标准大气	(10)
2.3 地面和近地层大气参数	(11)
2.4 气象要素垂直分布	(23)
2.5 云、能见度、天气现象特征	(29)
复习思考题	(32)
第 3 章 高空气象观测设备	(33)
3.1 GFE(L)1 型雷达	(33)
3.2 GTC2 型探空数据接收机	(104)
3.3 电子式光学测风经纬仪	(109)
3.4 GTS1 系列探空仪	(131)
3.5 探空仪检测箱	(160)
3.6 探空气球	(171)
3.7 制氢	(180)
3.8 水银气压表	(186)
3.9 通风干湿表	(188)
复习思考题	(189)
第 4 章 数据处理方法	(190)

4.1	数据的属性	(190)
4.2	探空数据的处理方法	(191)
4.3	测风数据的处理方法	(196)
4.4	探空终止层的处理	(199)
4.5	特殊情况的处理	(199)
4.6	编制常规报文及高空气候月报的规定和方法	(203)
4.7	高空气象观测空间、时间定位报告电码	(212)
4.8	高空记录月报表的编制与统计	(214)
4.9	其他计算公式	(216)
4.10	测站质量保证	(223)
	复习思考题	(223)
第5章	高空气象观测软件	(224)
5.1	概述	(224)
5.2	特点与功能	(231)
5.3	参数设置	(233)
5.4	放球软件的使用	(243)
5.5	数据处理软件	(267)
5.6	文件系统与命名规则	(290)
5.7	背景地图制作方法	(296)
5.8	操作注意事项	(297)
5.9	净举力计算软件使用	(305)
5.10	备份软件使用	(306)
5.11	报文发送软件使用	(307)
5.12	L波段(1型)系统值班操作规程	(312)
	复习思考题	(314)
第6章	高空气象观测新技术	(317)
6.1	北斗-GPS 高空气象观测系统	(317)
6.2	自动探空系统	(319)
6.3	风廓线仪	(323)
6.4	激光雷达简介	(327)
6.5	微波辐射计简介	(331)
6.6	其他技术	(333)
	复习思考题	(339)
第7章	高空气象观测业务规范与管理制度	(340)
7.1	常规高空气象观测业务规范	(340)
7.2	高空气象观测业务规章制度	(346)
7.3	高空气象观测业务管理	(350)
	参考文献	(361)
	结束语	

第 1 章 绪论

内 容 提 要

本章主要介绍高空气象观测技术发展简史,全球高空站网及发展趋势,高空气象观测作用和高空气象观测系统发展展望。

1.1 高空气象观测综述

气象观测(meteorological observation)是指对地球大气圈及其密切相关的水圈、冰雪圈、岩石圈(陆面)、生物圈等的物理、化学、生物特征及其变化过程进行系统的、连续的观察和测定,并对获得的记录进行整理的过程。气象观测具有准确性、代表性与可比较性三个特点,为气象预报预测与气象服务提供高质量的观测数据。

在大气科学发展过程中,气象观测发挥了十分重要的作用。运用局地、全球观测网,准确、及时、完整地获取气象资料进行分析,是大气科学发展的主要途径与方法之一。近代大气科学许多新发现和重大理论突破都建立在新增气象观测资料的基础上。地球上各种天气现象是大气运动的反映,如果仅依赖于地面气象要素观测资料,而没有与天气系统密切联系的高空气象要素观测资料,则无法深入研究纷繁复杂的各种天气现象。高空气象观测技术正是为了满足大气科学发展需求而诞生的。

高空气象观测(aerological sounding)是利用各种物理学的方法和现代科学技术手段,观测近地面层、行星边界层(摩擦层)、对流层、平流层、中间层、热层以及外逸层(即外层空间)等任意高度上气象要素瞬时分布的状况。测量项目常规观测主要有气温、气压、湿度、风向和风速,以及特殊项目如大气成分、臭氧、辐射、大气电场等。

1.2 高空气象观测技术发展简史

16 世纪中期前,人类对天气的了解停留在感性认识阶段,观测手段和仪器较落后;16 世纪末,大气观测技术有了较大发展,其重要标志是从原始、零星的目测和定性器测逐渐发展到全球范围的,系统、连续和定量的大气观测,近代大气观测由此开始。近代大气观测的发展可分为三个阶段,即 16 世纪末到 19 世纪末的地面气象要素观测系统发展阶段、20 世纪初开始的

高空气象观测系统发展阶段和 20 世纪 60 年代开创的大气遥感时代。

18 世纪中叶,人们开始进行高空观测的尝试。1749 年英国人威尔逊把温度计捆绑在风筝上用来测量低层大气温度,1809 年英国人沃利斯和福雷斯使用测风气球来观测高空风。使用风筝、人工操控气球、非人工操控气球等携带机械记录设备获取高空气象观测数据,制成了早期的“气象图表”并一直使用到 20 世纪中期。

无线电探空第一次获得成功,是在 1923 年由美国陆军气象学家布赖尔进行的试验中。1928 年,前苏联莫尔恰夫发明的无线电探空仪可以对高空气压、温度和风等进行较完善的探测。无线电探空仪随氢气球升入(后来发展到用定高气球、飞机、气象火箭下投降落)高空,将所测各高度上的气压、气温、湿度、风等要素信息通过探空仪上的无线电发报机传回地面,由地面收报机接收,从而获得高空气象资料。1931 年 12 月,芬兰维萨拉公司的创始人维萨拉发明了著名的芬式无线电探空仪。无线电探空仪首次于 1936 年在美国天气局投入业务使用,由几个站组成的无线电探空网将上层空气探测作为日常业务之一,该网络代替了风筝和飞机探测。如今,无线电探空仪是探测地面至 30~40 km 高空气象要素的主要仪器。

20 世纪 60 年代开始,大气遥感技术的发展极大地推动了大气探测的发展,扩展了大气探测范围,提高了探测连续性,突出标志是气象雷达与气象卫星的应用。1941—1942 年,出现了专门的云雨雷达;1960 年 4 月,美国发射了第一颗气象卫星泰罗斯-1 号。20 世纪 60 年代以来,声雷达、激光雷达、风廓线雷达、微波辐射计等的研制与试验成功,拓展了获取高空三维空间气象信息的手段。

目前,世界各国气象部门使用不同的高空气象观测技术。中国、前苏联及东欧国家使用高空气象探测雷达,中国还使用光学经纬仪作为测风备份系统。美国、印度、日本和部分东南亚国家使用无线电经纬仪测风—探空系统,南美、非洲、大洋洲、东南亚和部分欧洲地区国家使用 GPS 测风—探空系统。

新中国成立初期,高空气象观测几乎是空白。1951 年接收了旧政府遗留下来使用美式仪器设备的北京、南京 2 个探空站,其后增建了汉口、成都、兰州 3 个探空站,到 1952 年,全国共有 5 个探空站、40 个小球光学经纬仪测风站。1952 年后我国在重要民航航线(站)及西部天气上游地区陆续建站,到“一五计划”末的 1957 年,已建成或在建探空站 69 个,连同海军参加发报的 4 个探空站,全国探空站达到 73 个,全部使用芬(兰)式和苏(联)式探空仪,用光学经纬仪测风。由于光学经纬仪易受阴雨天气等影响,造成测风高度不高或探测资料残缺不全。

探空仪完全依赖进口显然不能满足国民经济发展的需要,必须研制国产探空仪。中央气象局观象台的建立对研究、探索、试验我国高空气象观测体制、方法方面起到了重要作用。1955 年生产的 049 型探空仪开始改变了我国探空仪依赖芬兰的局面,以后又陆续研究试验了 57 型、58 型、59 型探空仪。在 59 型探空仪样机的基础上,经过技术改进和工艺创新,1963 年完成了国产探空仪的生产定型。

与此同时,二次测风雷达被国家计委正式列入 1959 年计划,经过样机试验改进,生产了几部 910 二次测风雷达。1965 年,二次测风雷达定型称为 701 二次测风雷达,采用 400 MHz 频率;59 型探空仪开始使用 24 MHz 频率,由人工收听探测信号,手工处理探测数据。此后,049 型探空仪停止生产,也不再从芬兰进口探空仪。定向测风和马拉赫无线电经纬仪也曾经配合 59 型探空仪使用过,但因低仰角测风准确性差而淘汰。

“三五计划”期间(1966—1970 年),我国对已有探空站更新使用 59—701 探空系统,在近

100个探空站推广了59型探空仪,在28个探空站配备了701雷达,也新建了不少59型探空站。到1970年,全国100多个探空站中,除个别站外均更新使用了59型探空仪,配备701雷达近30个站,加上前期的910雷达和无线电经纬仪,共有40个站使用无线电测风。1980年,全国70多个探空站配备了701测风雷达。20世纪80年代末,全国气象部门共有118个探空站,均使用59—701探空系统;另有2个雷达单测风站。

1978年以后,随着无线电元器件的半导体集成化和计算机技术的发展,高空气象观测技术又有较大提高。对回答器半导体进行集成化,电子探空仪与701雷达配合试用,七型电子探空仪、电子探空仪与一次雷达配用,701-B和701-C雷达的使用,高空探测实时跟踪、接收和数据处理的自动化,为2000年以后采用的高空观测技术体制起到了铺台阶的作用。

1978年以后,中国与美国、芬兰开展的科技合作对我国高空气象观测技术的自动化和探测元件的不断更新起到了很大作用。中美和中芬的探空系统进行了几次比对试验,特别是1996年中芬在郑州进行的比对试验,对我国高空观测技术的发展起到了促进作用。1989年在前苏联江布尔开展了世界气象组织第三期探空国际比对试验,发现我国探空和测风系统存在着明显的缺点,并得出以下几点认识:(1)二次雷达测风系统与导航测风、无线电经纬仪以及一次雷达在工作仰角范围内的准确度在同一量级,而无线电经纬仪在工作仰角低时误差明显增加,不适合我国大范围使用;(2)需对数据处理自动化和一些处理方法作深层次研究;(3)需通过改进仪器元件和观测计算方法来解决出现在100 hPa以上的系统误差和随机误差,数值化与提升取样率十分有利于探测准确度的提高;(4)LORAN-C, GPS导航测风系统的兴起和发展,降低了施放条件和场地要求。

我国L波段二次雷达—电子探空仪探空系统以及GPS导航测风系统的研制就是在此背景下开始的。L波段二次雷达—电子探空仪探空系统2001年研制成功,2002年开始业务布点,到2010年共完成了120个探空站设备的更新换代。卫星导航定位探空在我国属于起步阶段,目前已经完成了国产GPS探空系统的研制,下一步将基于中国的“北斗”卫星导航系统发展我国的卫星导航定位探空系统。

1.3 全球高空气象观测网

1.3.1 全球高空站网现状及发展趋势

1) 现状

世界气象组织(World Meteorological Organization, 简称为WMO)将全球探空站分为3类,包括GCOS(全球气候观测系统)探空站、全球资料交换探空站与非全球资料交换探空站。截止2011年10月,全球有GCOS探空站161个,全球资料交换探空站794个,非全球资料交换探空站650个。图1.1为全球探空站分布图。

2) 发展趋势

指标探空(benchmark network):对高空大气的各种参数进行非常精确的观测,是基准探空网的核心。但就目前的技术和标准而言,还仅是一个概念。

基准探空(upper air reference network):提供长期高质量的气候记录;校准和检验包括卫星在内的其他遥感探测数据质量;提供更大范围的大气变量。重点开展观测的项目有高空温

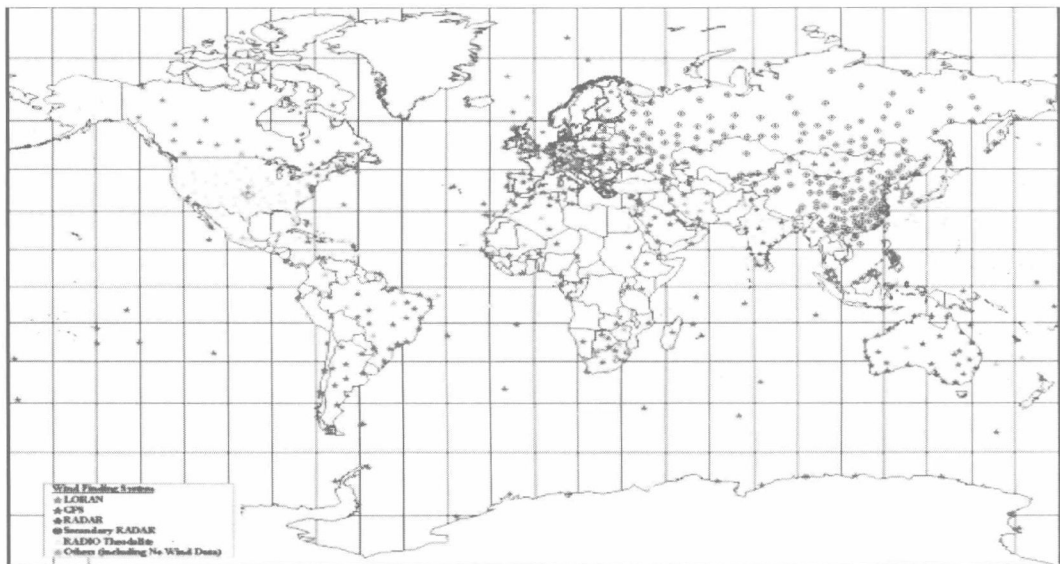


图 1.1 全球探空站分布图

度、水汽、风速和风向、云、地球辐射收支和痕量气体浓度的变化。

GCOS 探空(GCOS upper air network):以现有观测站点和观测项目为基础,提高探测准确度,同时考虑与全球大气监测网(Global Atmosphere Watch,简称为 GAW)结合,开展气溶胶等大气成分观测。

综合探空(comprehensive observing network):在现有观测站点定点定时开展风向、风速、气压、气温、湿度等气象要素的高空观测。

另外,还需建立空间密度更高的探空站网,以监测大尺度和区域尺度气候变化和变动。

1.3.2 我国高空观测站网现状

我国业务化的高空气象观测站网,已成为世界高空气象观测网的重要组成部分。在全球,我国是高空气象观测站最稠密的地区之一。

我国气象部门现建有常规高空气象观测站 120 个(不含港澳台、军方和其他部门),其中高空基准观测站(GRUAN)1 个,为内蒙古锡林浩特站;高空气候观测(GCOS)探空站 7 个,分别为内蒙古二连浩特和海拉尔、甘肃民勤、湖北宜昌、云南昆明、西藏那曲、新疆喀什站;全球资料交换探空站 87 个,非全球资料交换探空站 33 个。这些观测站主要是在北京时间 08 时与 20 时进行观测,其中有 27 个站每天北京时间 02 时增加单独测风观测。图 1.2 为我国气象部门高空气象观测站网分布图。此外,我国其他部门还有 100 多个探空站。

1.4 高空气象观测的作用

随着气象台站网的建立,气象观测资料的组网应用成为可能。天气图的诞生,是近代气象学研究起点的标志。1851 年,英国的格莱舍利用电报传送气象观测资料,绘制了天气图。法国巴黎天文台台长勒威耶在总结克里米亚战争黑海风暴事故天气原因的基础上,提出了组织



图 1.2 我国气象部门高空气象观测站网分布图

气象台站网,开展天气图分析和天气预报的建议,于 1856 年组织了气象观测网,1860 年创立了风暴警报业务。从此,绘制天气图便成为一项日常业务,并陆续推广到欧美各国。

气象观测从地面发展到高空,即从二维空间发展到三维空间,揭示了地面气压系统与高空气流之间的关系。芝加哥学派的领导人罗斯贝(Rossby)在高空天气图上发现了长波,1939 年他提出了长波动力学,并由此引出了位势涡度理论、创立了长波理论,从而开拓了作为天气分析、预报理论基础的大尺度大气动力学;皮叶克尼斯(Bjerknes)最先注意到高空流型的作用,构想两种气旋生成过程。此外,科学家通过分析气象观测资料,陆续发现了 ENSO 循环、南方涛动、北极涛动、北大西洋涛动、遥相关等气候相关现象,拓展了预报预测理论,促进了预报预测水平的提高。近些年天气雷达网的建设,有力地推进了短时临近天气监测预警的发展;全球气象卫星观测网的形成,为数值天气预报提供了实时覆盖全球的观测数据。因此,天气预报和气候分析预测的水平与观测技术的进步息息相关,气象观测特别是高空气象观测的发展,在推动气象科学与气象业务的发展中发挥了先导作用。

1.5 高空气象观测系统发展展望

未来气象观测发展,将从人工观测到自动化遥测遥感,从定性观测到定量观测,从单一的大气圈观测到地球各大圈层及其相互作用的综合观测,利用多种手段、多种技术,实现高准确度、高时空分辨力、连续、自动、一体化定量观测。为了满足精细化气象服务的需求,要求探测设备空间网格更密,探测资料时间分辨力更高,从二维观测向三维立体观测发展,从大尺度的