



第二版

高等学校教材

# 气象学与气候学实习

周淑贞 主编



高等教育出版社

高等学校教材

# 气象学与气候学实习

(第二版)

周淑贞 主编

周淑贞 张超 张如一 合编



高等教育出版社

一九八八年

## 内 容 简 介

本书是在《气象学与气候学实习》第一版的基础上修改充实而成，与周淑贞主编的《气象学与气候学》教材配套。内容主要包括气象观测、天气图分析和有关气候统计、考察及气候类型判别等三大部分。

为了培养学生的动手能力，本书还配合教材内容拟定了十四个重点实习。这些重点实习均按统一规格，列出了目的要求、必要的说明和实习题目，附有填充表格和图解，以便于学生习作。

责任编辑：张月娥

高等学校教材

气象学与气候学实习

第二版

周淑贞 主编

气象教育出版社出版

新华书店北京发行所发行

北京印刷二厂印装

开本 787×1092 1/16 印张 17 插页 4 字数 380 000

1979年5月第1版 1989年4月第2版 1991年2月第3次印刷

印数 13 151—16 862

ISBN7-04-000611-1/K·88

定价 4.45 元

## 再版前言

本书与《气象学与气候学》为配套教材,其初版于1979年同时问世,后者已于1984年修订,1985年再版。本书初版却延用了九年,在此期间我们曾通过各种方式征集广大师生的意见,特别是在1986年重庆的教材会议上,更着重讨论了本书初版的修订和再版问题。这一版是在初版的基础上,总结这些年教学实践的经验,吸取有关方面的意见,配合《气象学与气候学》(第二版)的内容,根据教学改革的要求,并结合近年来有关新技术的发展而修订的。

这一版实习教材分气象观测、天气图分析和有关气候统计、考察及气候类型判别等三大部分,依次由张超教授、张如一副教授和周淑贞教授编写,并由周淑贞教授主编。

鉴于实习课是整个教学过程中的重要环节,既要培养学生实际动手进行观测、分析、统计、考察和判别的能力,又要了解其有关方面的基本知识和原理,使学生在掌握基本技能的同时不但知其然而且知其所以然,并且通过实习课补充和巩固课堂讲授的内容,做到两者相辅相成。针对上述目的要求,我们在修订过程中,除了保持初版的优点外,在体例上和各部分内容的取舍上都作了不同程度上的更新、调整和增删。

首先,在体例上作了更新,除保留初版中每章末所附的部分实习作业外,另外拟定了十四个重点实习。这些重点实习均按统一规格,列出了目的要求、必要的说明和实习题目,附有填充表格和图解,便于学生习作,并采用活页形式排版,学生完成作业后,可撕下来交教师审阅。这一方面可以促进学生掌握有关基本技能,并加以巩固和条理化,培养其自己获得第一手资料、自己分析问题和解决问题的能力;另一方面又便于教师检查其教学效果,对学生的掌握程度作出客观评价。在具体执行时,最好全部十四个实习逐一作完。如果碍于教学时数和学生负担,则可适当选择其中一部分习作,灵活掌握。

在气象观测部分,对章节作了较大的调整,由原来的九章简化为五章,以利突出重点,便于教学,在全书三大部分的体系安排上亦比较合理。根据国家气象局新编的《地面气象观测规范》和新版《湿度查算表》(乙种本),对初版内容作了补充和修正。例如,增加了百叶箱通风干湿表湿度查算内容,删除了某些有关仪器构造和维护、维修的内容,以便更结合教学实际。为了反映近年来有关技术的新成就,在近代气象技术观测一章中,增加了低空大气几种特殊观测的内容,如GZW低空探空系统、双经纬仪测风、平衡气球、双向测风等内容。为了使学生熟练地掌握地面气象观测的基本技能,拟定了温度、湿度、气压、风、云、和日照的观测等六个重点实习。

在天气实习部分,考虑到单站天气预报只是预报方法中的一种,不宜单独成章,因此在修订时,对初版第十一章改为一节,只简述其中一些最基本的方法,其中一部分内容仍采用张兰生教授在本书初版中所写的内容。同时对目前世界各国广泛使用的天气图法、数值预报法和数理统

计法作了简要的介绍,使学生对天气预报的基本知识有较全面的了解,这是对《气象学与气候学》教材(第二版)的补充<sup>①</sup>。此外,增加了一些必要的或新的天气预报工具的介绍,如温度对数压力图解和卫星云图等,这样更切合教学实际需要。为了使学生真正掌握天气图分析的基本技能,安排了分析等值线、分析天气图和温度对数压力图解分析等三个重点实习。

在气候实习部分也作了较大的变动。为了便于学生重点掌握气温、降水和风三个主要气候要素的统计和整理方法,将初版中的第十二、第十三章合并为一章,即本书的第八章气候资料的统计和整理,并适当增删了一些内容。在气候考察部分删去了一些较陈旧的内容,增加了城市气候考察一节,突出山地考察和城市考察两个方面,便于地理系师生在进行野外自然地理综合实习和就学校所在城市作实地气候考察,培养学生取得第一手气候资料的能力。此外,世界气候带与气候型的划分是气候学的一个重要组成部分,在《气象学与气候学》(第二版)中作了新的补充(如新的斯查勒分类法及桑斯维特分类法等)。在实习教材中有必要将有关分类法中具体分类指标的计算方法加以阐明,便于学生能够根据各站有关资料,判别其气候类型。因此在本书中增加了气候类型的判别一章,重点说明土壤水平衡各分量的计算方法及季风气候类型的判别方法,并进一步论述编者所提出的世界气候分类法的原则。

从整个教材的结构安排来讲,气象观测和天气图分析都是为气候统计、考察和气候型的判别奠定必要的基础。全书的重点放在气候上,为了培养学生实际动手操作、计算和分析的能力,特意安排了气温、降水和风三个主要气候要素资料的统计和整理,气候考察与资料分析和气候类型的判别等五个重点实习,并附有必要的查算表以及柯本、斯查勒和本书编者所拟定的世界气候分类图供学生着色,以巩固其对各不同气候类型地区分布的认识。

这一版教材在修订过程中,得到在教学第一线广大教师的协助和支持,例如本书体例更新中安排了重点实习就是吸取了1986年重庆教材会议上大多数教师的意见而拟定的,在气候实习中关于气候资料的统计和整理一章就是得到华东师范大学地理系本门课程的任课教师郑景春同志的大力协助而修改完成的。全书在初稿拟定后,高教出版社副编审张月娥同志,又提了许多中肯的意见,促使我们再进一步修改。如果说这一版教材比初版有所提高的话,上述诸因素确实起了重要的作用。但由于编者水平有限,修订时间又比较匆促,可能还有不少缺点,希望读者继续加以批评和指正。

编 者

1988年1月

<sup>①</sup> 见《气象学与气候学》(第二版)再版前言。

# 目 录

实习内容	1	第二节 降水、蒸发和日照的观测	65
再版前言	1	一、降水观测	65
第一章 气象站、哨的建立和工作	1	二、蒸发和日照的观测	69
第一节 观测场地的选择	1	第三节 能见度 and 天气现象的观测	72
第二节 观测场内仪器的安置及测定方位	2	一、能见度的观测	72
一、观测场内仪器的安置	2	二、天气现象的观测	73
二、测定方位	4	第五章 近代气象观测技术	82
三、地面气象观测的种类、时间、次数和程序	5	第一节 气象遥测	82
第二章 温度和湿度观测	7	一、有线电遥测	82
第一节 空气温度和土壤温度观测	7	二、无线电遥测	83
一、玻璃液体温度表	7	第二节 无线电探空仪	84
二、气象站、哨空气温度的测定	11	一、59型探空仪的构造和使用	84
三、土壤温度的观测	14	二、“二次雷达”的构造和使用	85
第二节 空气湿度与土壤湿度的观测	16	三、气象火箭与气象卫星	86
一、固定式干湿表测湿	16	第三节 低空大气的几种特殊观测	94
二、通风式干湿表测湿	19	一、GZW低空探空系统	94
三、百叶箱通风干湿表	20	二、双经纬仪测风	96
四、湿度查算表	22	三、平衡气球	98
五、干湿球测定湿度的误差	26	四、双向测风仪	100
六、毛发湿度表和湿度计测湿	27	第六章 天气图分析(一)	102
七、土壤湿度观测	30	第一节 天气图的一般知识	102
第三章 气压和风的观测	33	一、天气图底图	102
第一节 气压观测	33	二、天气图种类	102
一、水银气压表测压	33	三、天气图采用的时间	103
二、空盒气压表与气压计	43	四、地面天气图的填写	103
第二节 风的观测	46	五、高空图(等压面图)的填写	108
一、电接风向风速仪测风	46	第二节 地面天气图分析	109
二、轻便风速表测风和目测风力风向	52	一、海平面气压场的分析	109
第四章 云、降水、蒸发、日照、能见度 和天气现象的观测	55	二、等三小时变压线的分析	111
第一节 云的观测	55	三、云和天气现象的分析	111
一、云的分类和各类云的特征	55	四、锋面分析	111
二、云状、云量的观测和记录	60	五、地面天气图分析步骤	112
三、云高的观测	63	第三节 高空天气图(等压面图)分析	113
		一、等高线分析	113
		二、槽线、切变线分析	114
		三、等温线分析	114

四、温度平流分析 .....	114
<b>第七章 天气图分析(二)</b> .....	116
<b>第一节 辅助天气图分析</b> .....	116
一、温度对数压力天气图的结构 .....	116
二、温度对数压力图解的应用 .....	118
<b>第二节 卫星云图识别</b> .....	120
一、卫星云图的成图原理 .....	120
二、卫星云图的识别 .....	121
<b>第三节 天气预报基本知识</b> .....	131
一、天气预报的内容和时效 .....	131
二、天气预报方法 .....	132
三、数理统计预报法 .....	133
<b>第四节 单站预报方法</b> .....	134
一、简易天气图的综合分析法 .....	134
二、气象传真 .....	135
三、气象要素时间演变曲线 .....	135
四、历史演变曲线 .....	136
五、天气谚语的验证和应用 .....	138
<b>第八章 气候资料统计和整理</b> .....	142
<b>第一节 基本的气候指标</b> .....	142
一、平均值、众数和中位数 .....	142
二、极值和较差 .....	144
三、距平和变率 .....	145
四、频率、累积频率和频率分布 .....	146
五、方差和偏态系数 .....	149
<b>第二节 气候资料的均一性、比较性</b> 和联系性 .....	150
一、均一性和比较性 .....	150
二、联系性 .....	151
<b>第三节 气候资料的订正</b> .....	155
一、订正的目的意义 .....	155
二、订正的方法 .....	155
<b>第四节 气温资料的整理</b> .....	158
一、制作气温直方图和气温年变化曲线 .....	158
二、从图上求候、旬平均温度和确定四季 .....	160
三、求各界限温度和计算积温 .....	160
<b>第五节 降水资料的整理</b> .....	161
一、降水量 .....	161
二、降水距平和变率 .....	161

三、降水的季节分配 .....	162
四、降水日数 .....	163
<b>第六节 风资料的整理</b> .....	163
一、平均风速 .....	163
二、风向频率 .....	163
三、风向风速图的绘制 .....	164
四、合成风 .....	166
五、气候资料统计和整理附录 .....	168
<b>第九章 气候考察的种类和方法</b> .....	170
<b>第一节 气候考察的目的和种类</b> .....	170
一、气候考察的目的和任务 .....	170
二、气候考察的种类 .....	171
<b>第二节 山地气候考察</b> .....	172
一、概述 .....	172
二、观测方法和资料分析 .....	172
<b>第三节 城市气候的考察</b> .....	175
一、概述 .....	175
二、城市气温和湿度的分布观测示例 .....	177
<b>第四节 气候考察的其他方法</b> .....	180
一、自然景观法 .....	181
二、卫星资料分析法 .....	182
三、资料推定法 .....	183
<b>第十章 气候类型的判别</b> .....	185
<b>第一节 关于世界气候分类的原则</b> .....	185
一、柯本气候分类法 .....	185
二、桑斯维特分类法 .....	185
三、斯查勒分类法 .....	185
四、本书所提出的世界气候分类法 .....	186
<b>第二节 土壤水平衡指标的计算</b> .....	187
一、可能蒸散量 $E_p$ 的计算方法 .....	187
二、实际蒸散量 $E_0$ 值的计算方法 .....	189
三、土壤水分亏缺量 $D$ 的计算 .....	190
四、计算土壤水分盈余量 $R$ .....	190
五、计算湿润指数 $I_m$ .....	190
<b>第三节 季风气候类型的判别</b> .....	192
一、风向的季节变化 .....	192
二、天气、气候的季节变化 .....	196
附录 .....	199

彩图插页

## 实 习 内 容

实习一、空气温度和土壤温度的观测 .....	215
实习二、空气湿度与土壤湿度观测 .....	217
实习三、气压观测 .....	221
实习四、云的观测 .....	223
实习五、风的观测 .....	225
实习六、日照、降水和天气现象观测 .....	227
实习七、分析等值线 .....	229
实习八、分析天气图 .....	233
实习九、温度对数压力图分析 .....	235
实习十、气温资料的统计和整理 .....	237
实习十一、降水资料的统计和整理 .....	241
实习十二、风向、风速资料的统计和制图 .....	243
实习十三、气候考察与资料分析 .....	245
实习十四、气候类型的判别 .....	251



# 第一章 气象站、哨的建立和工作

气象观测是气象工作的基础。它对一定范围内的气象状况及其变化,进行系统的、连续的观察和测定,为天气预报、气象情报、气候分析和科学研究提供重要依据。

根据观测项目的不同,气象观测分为地面气象观测、高空探测和专业气象观测三类。地面气象观测是用气象仪器测定近地面层(主要是离地 1.5 米范围内)的气象要素值,以及用目力对自由大气中的一些现象如云、光、电等进行观察。地面气象观测的项目有:云、能见度、天气现象、气压、空气的温度和湿度、风、降水、雪深、日照、蒸发(小型)、地温(地面)等。高空探测是用气球、雷达、火箭、人造卫星等,对自由大气及高层大气的气象情况进行测定。如果为了某些专业部门的需要而进行的观测,如农业气象观测、海洋水文气象观测等则称专业气象观测。

天气预报和气候分析往往需要广大地区乃至全球的气象资料。这些气象资料是从分散的气象台站网取得的,使用时,又是集中起来进行比较分析,这就要求各站的记录不仅能够准确,而且基本上代表一个地区的气象情况,还要能够相互之间进行比较。因此,气象观测的特点是:既高度集中,又高度分散。观测记录必须具有代表性、准确性、比较性。同时,气象要素是随时间不断变化的,它的变化只有通过大气连续观测,并进行天气学分析才能了解。因此气象观测必须保持连续性,不能中断或缺。连续观测记录的年代愈长,对预报业务和科研工作价值愈大。

气象站是气象网的基层单位。气象站的布局必须分散在各地,从平原到山区,从高山到沿海,从沙漠到海岛,有些人烟稀少的极其偏僻的地区,为了取得气象资料也要建立气象站。建立气象站的工作,除规划气象站网的布局外,还包括观测场地的选择、观测场内仪器的布置、规定观测时间和观测次数,以及观测、发报、记录表报等。

## 第一节 观测场地的选择

地面气象观测的主要项目都是在观测场内通过各种仪器进行的,观测场地的选择是否适宜,对观测资料的代表性、准确性和比较性影响极大。观测场地的选择,关键在于站址的选择。站址应选择在能代表大范围天气、气候的地点。除某些根据特殊需要而建立的专业台站外,一般要求建在平坦空旷,四周没有高大建筑物、树林和大水池等的地方。这是因为:在复杂地形影响下,风、云、温度、湿度等要素均有显著差异,不能真实反应这个地区自由大气的实际变化情况;树林对辐射、温度、湿度、降水,特别是风(据实验,空旷地带的风在越过 20 米高的树林时,风速可减小二成。)都有显著影响;建筑物密集的城镇,由于建筑物吸热和散热都较快,人类活动频繁,使得城镇温度比农村偏高,湿度较农村偏低,同时建筑群会影响空气的运行,既减低风速,也能改变风向。此外,城镇空气固体悬浮物多,能削弱太阳辐射,使能见度下降,这对日射和日照观测均会造成影响;如果台站设在工业城市最多风向下风方,经常受吹来烟尘的影响,肯定将影响观测资料的代

表性。

如果有些地区很难找到完全合乎上述要求的地点,应尽可能建立在对当地地形、地貌最有代表性的地方。例如,在相对高度相差不大的浅山区和丘陵区,站址选在较平坦的山顶,就比在山谷、山坡上要好一些;再如,戈壁沙漠、草原、森林等地形、地貌单一的地区,就应选择能反应当地地下垫面自然状况的地方,否则反而没有代表性了。

如前所述,观测场地距障碍物过近显然是不合适的。如果观测场距障碍物的距离是其高度的3倍,将有 $3/10$ 的天空被遮蔽,即使观测场周围这样的障碍物只占 $1/3$ ,也将有 $1/10$ 的天空被遮蔽,这显然不合乎视野开阔的要求了。据实验,在障碍物与观测场的距离是其高度的4—6倍的方向上,风向频率较其他方向减小2—6%,风速平均偏小0.5—1.0米每秒,在有6级以上大风时,甚至可能偏小4—5米每秒,气温平均略偏高 $0.5^{\circ}\text{C}$ ,因此观测场与障碍物的距离至少应为障碍物高度的3倍;距离成排的障碍物,至少是该障碍物高度的10倍以上;距离较大水体(水库、湖泊、河流海洋)的最高水位线的水平距离至少在100米以上。观测场四周10米范围内不能种植高秆作物,以保证气流畅通。

观测场地不宜过小,否则场内安置的仪器,难以保持一定的间隔,容易彼此遮挡,影响通风。对于安置仪器件数较少的站,场地也可适当小一些,所以观测场有 $25\times 25$ 和 $20(\text{南北向})\times 16(\text{东西向})$ 平方米的两项要求。学校气象园则可以根据观测仪器和观测项目多少确定场地大小。

观测场地要求平整,不应有洞穴、坑洼、突起的地方,否则仪器安置不易达到水平的要求。由于一般地区绿色植物分布的面积最广,所以观测场内应种植浅草(不长草的地区例外),以更好代表这一地区下垫面的特征。为了保护场地和仪器设备,四周最好围有高1.2米的通风铁丝网或木、竹围栏。围栏的北面正中开一小门,以便出入。场内还应铺设宽约0.4—0.5米的小路,以利于保护草层、保持场内整洁、方便行走,小路不宜过宽,也不宜过多,以免影响场内自然状况。为保护场内仪器设备,观测场四周应设高度约1.2米的稀疏围栏,须能保持气流畅通。

## 第二节 观测场内仪器的安置及测定方位

### 一、观测场内仪器的安置

观测场内仪器的安置应当保持一定距离,互不影响;北高南低,东西成行;靠近小路,便于工作。

为了保持场地通风良好和仪器之间互不影响,每件仪器之间要保持一定的距离。为了使仪器受阳光照射而形成的影子不遮蔽其他仪器,要把高的仪器安在北面,低的仪器安在南面,东西成行,大体对称。为了便于气象员观测时能迅速从北面接近仪器,仪器均应安置在小路南面,观测次数多的仪器,尽量接近中间小路。 $25\times 25$ (平方米)观测场内仪器布置如图1-1所示。

由于地面受太阳辐射直接作用的结果,从地面到离地1.5米高这个范围内温度梯度是很大的,而且随地表性质和天气条件不同而变化,其变化幅度也很大,白天地表受热强烈增温,夜间辐射冷却强烈降温;水汽至地面向上递减也很快,一般情况下,地面附近相对湿度会比1.5米高处大

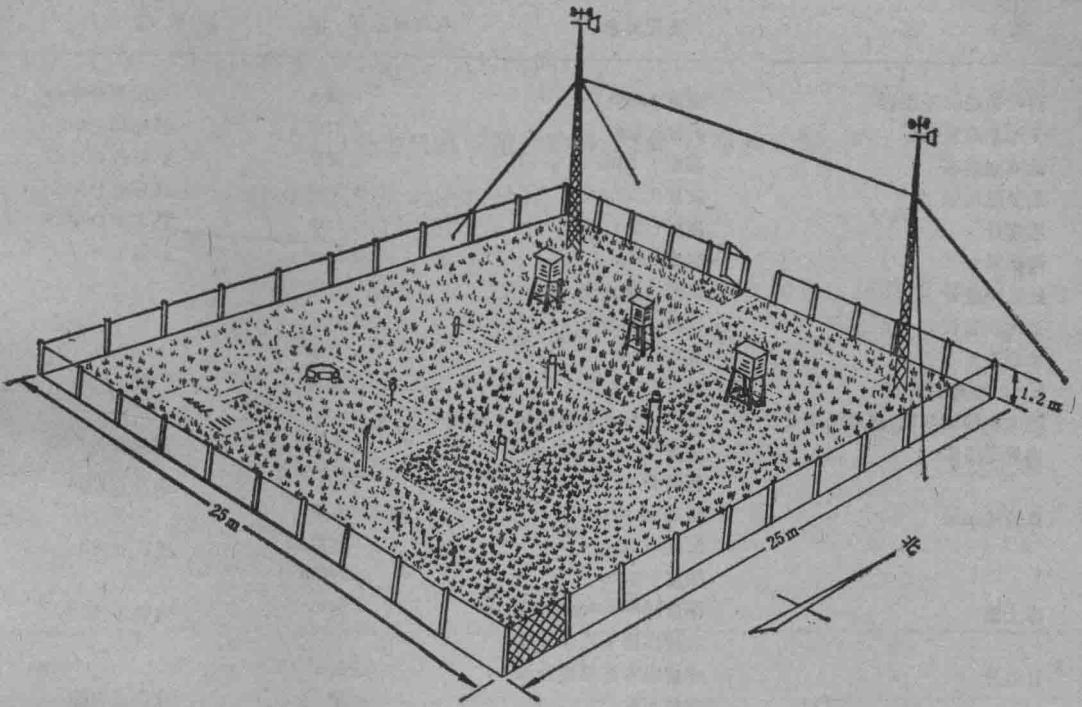


图 1-1 观测场仪器布置参考图

5—15%。这种温度和湿度的急剧变化所能达到的高度一般在 1.5 米左右。在此以上气温有规律地随高度而递减，所以一般认为这是贴地层小气候与一般气候分界的高度，在此以上所测得的温度、湿度是接近大气的真实温度和湿度的，因此，百叶箱内温度表安置的高度规定为 1.5 米。

雨量器要安置在适当的高度上。安置太低，会降至地面的雨滴容易溅入器内，在冬季有积雪时，风也容易从地面把雪吹入雨量器中，使记录不准；如果安置过高，不仅观测不便，而且由于较大的湍流混合作用，形成涡旋，影响雨雪降落，甚至将已降入雨量器的雪片吹走，使测得的记录失真，所以雨量器的安置高度规定为 70 厘米。

贴近地面层的风，由于受地面、地面障碍物以及因障碍物引起的湍流混合作用的影响，对自由大气来说，几乎没有什么代表性，因此，测风仪器要安置在距地面 10 米以上处。

安置日射、日照仪器的地方基本要求就是开阔，特别是东西两面无较高大的障碍物，使这些仪器终年在日出到日没之间都能受到太阳照射。如在观测场内满足不了这一要求，日照计可以安在平台上。日射仪器需要测定反射率，要求有代表当地自然状况的作用层，不能安在平台上，需要另辟专门场地。

各类仪器安置高度、深度、方位、纬度、角度的要求、基准部位及允许误差的范围见表 1-1。



接触点  $C$ ，又在  $C$  处作一记号。连接  $BC$ ，平分  $BC$ ，得点  $D$ ，连  $AD$  并延长之，即为所求之本站子午线。

此外，还有北极星法测定南北方向。这里从略。

### 三、地面气象观测的种类、时间、次数和程序

地面观测分为定时观测和不定时观测两类。

#### (一) 定时观测

定时观测包括定时气候观测和定时天气观测两种。定时气候观测是台站的基本观测，观测的目的是积累资料，了解一地的气候情况，为预报提供实况。一般说一天内观测次数越多，越能反映出一地的气候要素变化情况，但为了节约人力、物力，可以在一天中选几个适当的时间进行观测。统计结果表明，每日选适当时间观测 4 次与观测 24 次的日平均值非常接近(气温月平均值相差  $\pm 0.2^{\circ}\text{C}$  左右)，所以确定每天进行 4 次气候观测，基本能满足要求。目前我国确定每日以北京时间 02、08、14、20 时进行四次气候观测，观测的时间和项目见表 1-2。一部分站、哨仅负担 08、14、20 时三次气候观测任务。

表 1-2 观测的时间和项目

北京时间	02, 08, 14, 20	08	14	20	日 落 后
观测项目	气压、空气的温度和湿度、云、有效水平能见度、天气现象、降水、风、0、5、10、15、20、40 cm 深地温。作自记时间记号	地面最低温度	0.8、1.6、3.2m 深地温、换压、温、湿、降水自记纸	蒸发、最高最低气温和地面最高最低温度、并调整	日照计换纸(13时换风向风速自记纸)

为了获得各气象要素的连续变化和极值，气象站还配有各种自记仪器，连续记录各种气象要素的变化，经过和实测值订正，便能在自记记录上得到任意时间的气象要素值和一天中出现的极值。这样，就弥补了定时气候观测的不足。

定时天气观测主要是为了编发天气报告(电报编码按统一规定编成)，满足天气预报进行天气分析的需要而进行的气象观测。由于天气分析预报，必须了解全球各地同一瞬间的气象要素情况，因此要求全球台站按同一时间进行天气观测。

天气系统的移动和变化是相当快的。为了比较全面地掌握天气系统发生、发展和消亡情况，观测次数不能太少。一般每隔 3—6 小时观测一次，基本可以满足要求。目前全球以世界标准时 0、6、12、18 时进行基本绘图天气观测，换为北京时间是 08、14、20、02 时四次。在两次绘图天气观测之间，进行一次补助绘图天气观测，即北京时间 05、11、17、23 时四次。担负天气观测的气象站，叫国家基本发报站。

#### (二) 不定时观测

此外，有些台站根据上级指示和服务单位的需要，进行一些定时或不定时的观测。如航空天气观测、危险天气观测和预约天气观测等。这些观测的次数、项目和时间视需要单位的具体要求

而定。

为了使观测记录有比较性,观测程序要尽可能统一。基本原则是短时间变化不大的要素,如日测项目可先观测。温、湿、压等要素尽可能接近正点观测。发报台站对天气现象的观测必须固定在43—46分进行,气压观测必须固定在56—58分进行。每次定时观测,一般应在正点前30分钟左右巡视观测场及所用仪器,尤其注意湿球温度表球部的湿润状态和冬季湿球溶冰等准备工作。

气象要素均以北京时20时为日界(即从昨天20时至今天20时为一天的)自记记录则以北京时24时为日界。

中学气象园的观测项目,可根据具体情况自己拟定。为了不影响正常教学工作的进行,通常每天观测3次,即北京时间7时,13时,19时。

### 思考题

1. 说明地面气象观测的重要意义和特点,并组织观测小组,进行地面气象观测。
2. 简要说明观测场地的选择和场地内仪器安置的原则,在可能条件下,参加一次观测场地选择和场内仪器安置的实践活动。
3. 进行一次测定某场地子午线的活动。
4. 设计一个中学气象园地的仪器布置图和观测记录表。

## 第二章 温度和湿度观测

### 第一节 空气温度和土壤温度观测

气象观测中,需要测定空气温度和土壤表面及地下不同深度的温度,前者简称为气温,后者简称为地温。

由于太阳辐射与地表性质不同,引起气温与地温分布的不均匀,使空气发生水平与垂直运动,这是形成各种天气现象与天气变化的重要原因之一。气温也是构成一地气候的重要因素。同时各地气温与地温的长年平均与极端情况,是国民经济建设部门进行合理设计与正确指导生产的重要参考资料,特别是农业生产方面,与作物的生产、发育有着密切的关系。因此气温和地温是作为定时气象观测的基本项目之一。

为了能定量的表示温度,就必须选定一个衡量温度的标准尺度,简称温标。我国气象工作中采用的是摄氏( $^{\circ}\text{C}$ )温标<sup>①</sup>,它是以标准大气压力下的纯水的冰点定为 $0^{\circ}\text{C}$ ,沸点定为 $100^{\circ}\text{C}$ ,以冰点和沸点作为两个基点,其间划分成100等分。每等分称为 $1^{\circ}\text{C}$ ,并精确到 $0.1^{\circ}$ 。

#### 一、玻璃液体温度表

##### (一) 玻璃液体温度表的测温原理

根据物理学知道,任何物质在温度变化时都会引起它自身的物理特性和几何特性的变化,如体积大小、弹性强弱、导热率大小的变化等。因此,只要确定某种物质的物理特性与几何特性随温度而变化的数量关系,就可以作为测定温度仪器的感应物质,制成各种各样的温度表。

设温度 $0^{\circ}\text{C}$ 和 $t^{\circ}\text{C}$ 时,液体温度表的球部与管部的液体体积为 $V_0$ 和 $V_t$ ,当温度改变 $\Delta t^{\circ}\text{C}$ 时,液体体积的变化量为 $\Delta V$ ,则有:

$$\Delta V = V_t - V_0 = V_0(1 + \alpha \Delta t) - V_0 = V_0 \alpha \Delta t \quad (2-1)$$

式中  $\alpha$  为测温液的视膨胀系数,即测温液膨胀系数与玻璃体膨胀系数之差。当 $\Delta V$ 的测温液进入截面积为 $S$ 的毛细管内时,使毛细管的液柱的长度改变了 $\Delta L$ ,即

$$\Delta L = \frac{\Delta V}{S} = \frac{V_0 \alpha \Delta t}{S} \quad (2-2)$$

式中  $V_0, \alpha, S$  对于一支温度表来说是固定的( $\alpha$  近似常量)。故液柱长度的改变量 $\Delta L$ 与温度变化成正比。温度升高,毛细管中的液柱就伸长;反之,温度降低,液柱缩短。这就是玻璃液体温

<sup>①</sup> 如果以纯水冰点定为32度,沸点定为212度的温标,称为华氏温标(F)。另外还有一种温标是以摄氏零下273.16度为零度,其分度方法与摄氏温标相同,这就是理论计算中多采用的绝对温标(K)。摄氏温标与华氏温标和绝对温标的关系可用下列公式表示:

$$^{\circ}\text{C} = \frac{5}{9} (^{\circ}\text{F} - 32^{\circ}); \quad ^{\circ}\text{F} = \frac{9}{5} (^{\circ}\text{C} + 32^{\circ}); \quad \text{K} = 273.16^{\circ} + ^{\circ}\text{C} \approx 273^{\circ} + ^{\circ}\text{C}$$

度表的测温原理。

式(2-2)可改写为:

$$\frac{\Delta L}{\Delta t} = \frac{V_0 \alpha}{S} \quad (2-3)$$

式中  $\Delta L/\Delta t$  表示温度每变化  $1^\circ\text{C}$  时,液柱的改变量,即单位刻度的长度,称为温度表的灵敏度,其大小决定于  $V_0, S, \alpha$  各值。

目前气象台站普遍使用的是水银或酒精作为感应液而制成的玻璃液体温度表。水银和酒精都具有比较明显的热胀冷缩的特性。两者比较起来,水银还具有比热小、导热快,易于提纯、沸点高( $356.9^\circ\text{C}$ )、蒸气压小,内聚力大与玻璃不发生浸润作用等优点,所以用水银作感应液的温度表灵敏度和精确度都较高。但是由于水银的冰点高( $-38.9^\circ\text{C}$ )测定低温不太适宜,而酒精冰点则较低( $-117.3^\circ\text{C}$ ),用来测定低温较好。但酒精本身具有膨胀系数不够稳定、纯度较差、容易蒸发,以及与玻璃起浸润作用等缺点,所以一般情况下,不使用酒精温度表,除了最低温度表是用酒精作为感应液外,只有在气温低于 $-36^\circ\text{C}$ 时,才按照《地面气象观测规范》规定使用酒精温度表。

热量交换是自然界各个物体之间互相联系的一种形式。当温度表与空气接触时,球部与空气间便发生热量交换。如果空气的温度升高,温度表球部便吸收空气中的热量,吸热的同时,球部的玻璃和水银(酒精)都因受热而膨胀,但玻璃的膨胀量远不及水银和酒精的膨胀量,所以一部分水银(酒精)便被迫进入毛细管中,于是毛细管内水银柱(酒精柱)便随之增长,直到热量交换平衡为止。这时液柱顶端所指示的度数就是当时的气温。反之,气温降低时,温度表球部便放出一部分热量,放热的同时,球部水银(酒精)因冷却而收缩,毛细管内水银柱(酒精柱)便随之下降,直到热量交换平衡为止。因此温度表水银柱(酒精柱)的示度就能表示出气温的高低。

## (二) 几种液体温度表

根据测定气温的需要不同,液体温度表有普通温度表、最高温度表和最低温度表三种。

1. 普通温度表(干湿球温度表):普通温度表是由球部、套管、白磁刻板及顶部所组成的水银温度表(图 2-1)。它的特点是:如前所述毛细管内水银柱的示度,随着被测物的温度变化而变化。因而可以测出任意时刻被测物的温度。气象站、哨是用一对规格相同的普通温度表测定空气的温度和湿度,因此又称为干湿球温度表。

2. 最高温度表:最高温度表也是一种水银温度表,用以测定一定时间间隔内的最高温度。它与普通温度表不同的地方在于球部。最高温度表的球部有一玻璃针伸入毛细管,使球部与毛细管之间形成一窄道(图 2-2)。温度升高时,球部水银体积膨胀,产生的压力大于狭管处的摩擦力,故水银仍然能够在毛细管壁和玻璃针之间挤过;温度下降时,水银收缩,当水银由毛细管要流回球部时,在狭管处的摩擦力超过了水银的内聚力,因而水银柱就在狭管处断裂,于是狭管以上这段水银柱的顶端,就保持在过去一段时间内温度表所感受到的最高温度示度上。

最高温度表为了防止重力作用,应水平安放,为了防止水银柱滑向头部,也可将头部稍放高一点。

观测最高温度后,应按规定进行调整。其方法是:用右手紧握表中上部,球部向下,把手伸



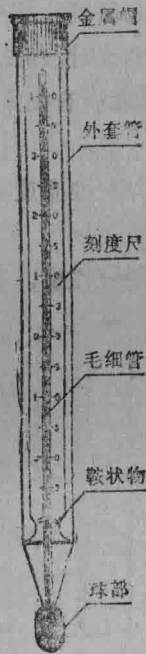


图 2-1 水银温度表

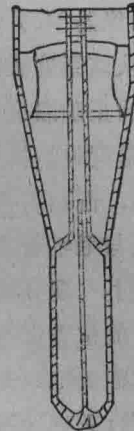


图 2-2 最高温度表球部

出和身体约成  $30^\circ$  角, 在水平面  $45^\circ$  范围内剧烈甩动几次, 待其示度与干球温度示度相差不超过  $0.2^\circ$  时为止, 最后, 放置最高温度表时, 注意手不能触及球部。

最高温度表的水银柱是只上升不下降的, 如果发现最高温度表水银柱已经下降, 则此表已失去了最高温度表的性能, 不能继续使用, 应予撤换。

3. 最低温度表: 测定一定时间间隔内的最低温度用最低温度表。它的构造特点是: 毛细管较粗, 内贮透明的酒精, 在毛细管内酒精中有一个哑铃形的玻璃指标(如图 2-3)。



图 2-3 最低温度表

用时, 先将球部向上抬起, 使指标到达酒精柱顶, 与酒精面相接触, 然后将温度表水平安装好。当温度上升时, 酒精可以经过指标周围向前流动, 指标因顶端对管壁的摩擦力及本身的重力作用, 停在原处不动; 在温度下降时, 酒精柱收缩, 当酒精柱顶与指标接触时, 酒精的表面张力就会将指标带下去。因此在最低温度表中, 酒精柱是随温度变化而上升下降的, 而指标是不上升, 只下降的。指标离球部较远一端的示度, 就指示出一定时间间隔内曾经出现过的最低温度。

### (三) 液体温度表的误差

液体温度表的误差, 主要有器差、观测时的视线误差和惯性误差。

1. 器差: 制作温度表时, 由于技术条件的限制, 所用材料本身的物理特性和材料好坏的影响, 总会产生一定的误差。例如, 制作温度表的玻璃, 虽早已冷却凝固, 但分子间的排列往往并未