

● 高等学校教材 ●

气象学与气候学

黃潤本 盛承禹編

人民教育出版社

高等学校教材



气象学与气候学

黄润本 盛承禹编

人民教育出版社



本书是根据中山大学 1960 年出版,黄澗本編气象学与气候学教材和南京
大学盛承禹所編地理系用气象学与气候学讲义編成的。部分章节采用了苏联
Б. П. 阿里索夫等編的气候学教程及 M. C. 阿維尔基耶夫編的气象学的内容。

全书共分十章,第一章至第六章为气象学基础部分,第七章至第十章为气
候学基础部分。在附录部分詳細地引用了气象观测与仪器运用的有关材料。

本书可作为綜合大学及高等师范学校地理各专专业气象学与气候学課程的
教材。

气象学与气候学

黄澗本 盛承禹編

北京市书刊出版业营业許可証出字第 2 号
人民教育出版社出版(北京景山东街)

上海市印刷四厂印裝
新华书店上海发行所发行
各地新华书店經售

統一书号 K13010·1011 开本 787×1092 1/16 印張 21 1/8 插頁 2
字數 463,000 印數 7,901—8,900 定价 (6) 1.70
1961 年 9 月第 1 版 1964 年 12 月上海第 4 次印刷

目 录

| | | | |
|---|----|-----------------------------|----|
| 緒論 | 1 | 1. 輻射平衡方程式 | 43 |
| 一、气象学与气候学的对象及其主要任务 | 1 | 2. 輻射平衡的地理分布 | 44 |
| 二、大气过程与水圈、岩石圈及生物圈运动 变化过程的关系 | 2 | 3. 地面热量平衡方程式 | 46 |
| 三、气象学与气候学在国民經济中的意义 | 4 | 4. 地球热量平衡的一般图解 | 47 |
| 四、气象学与气候学发展簡史 | 5 | 第三章 热力学过程 | 49 |
| 第一章 大气的一般介紹 | 10 | 一、地球表面的受熱和冷却作用 | 49 |
| 一、大气的組成及构造 | 10 | 1. 水陆表面热情况的差异 | 49 |
| 1. 大气的組成 | 10 | 2. 土壤热力过程的特性 | 49 |
| 2. 对流层、平流层、电离层及散逸层, 大气上界 的概念 | 12 | 3. 地面与下层土壤間热量轉換的計算 | 52 |
| 二、大气的重要物理性质 | 14 | 4. 不同深度土壤溫度的日变化和年变化 | 53 |
| 1. 状态方程 | 14 | 二、空气下层的受熱与冷却 | 56 |
| 2. 溫度 | 16 | 1. 热的傳播方式 | 56 |
| 3. 气压 | 16 | 2. 蒸发的作用 | 57 |
| 4. 湿度 | 17 | 3. 气温的日变化和年变化 | 60 |
| 三、气压变化 | 19 | 4. 气温的地理分布 | 62 |
| 1. 气压随高度的变化 | 19 | 5. 湿度的日变化和年变化 | 64 |
| 2. 气压高度公式 | 20 | 6. 湿度的地理分布 | 65 |
| 3. 气压垂直梯度和气压阶 | 21 | 三、大气中空气的垂直交換 | 66 |
| 4. 气压的日变化和年变化、气压的非周期性变 化 | 23 | 1. 热力学第一定律的应用 | 66 |
| 第二章 地球表面及大气的輻射过程(气 候形成的輻射因子) | 25 | 2. 絕热过程与帕依桑方程式 | 67 |
| 一、輻射的泉源——太阳 | 25 | 3. 干絕热减溫率和湿絕热减溫率 | 68 |
| 1. 太阳輻射、太阳輻射光譜的組成 | 25 | 4. 位溫及相当位溫 | 71 |
| 2. 太阳輻射强度、太阳常数 | 26 | 5. 大气稳定度的概念 | 73 |
| 3. 大气上界的輻射分布 | 27 | 6. 溫度递增現象 | 76 |
| 4. 太阳能的利用 | 29 | 第四章 水汽的凝結現象和降水 | 80 |
| 二、太阳輻射通过大气时的削弱現象 | 30 | 一、水汽凝結过程 | 80 |
| 1. 大气中輻射能的一般减弱 | 30 | 1. 水面上及冰面上的饱和水汽压 | 80 |
| 2. 混浊因子 | 33 | 2. 曲面上的饱和水汽压 | 82 |
| 3. 散射輻射 | 34 | 3. 溶液上的饱和水汽压 | 83 |
| 4. 总輻射的地理分布 | 36 | 4. 水汽凝結的条件 | 84 |
| 5. 地球表面对太阳輻射的反射作用、反射率 | 38 | 5. 凝結核的作用 | 86 |
| 三、地面輻射 | 39 | 二、地表面的凝結現象 | 86 |
| 1. 地面輻射的性质 | 39 | 1. 露和霜 | 87 |
| 2. 地面輻射通过大气时的吸收作用 | 40 | 2. 硬凇和冰凇 | 87 |
| 3. 有效輻射 | 41 | 3. 雾凇 | 88 |
| 四、地球的輻射平衡与热量平衡 | 43 | 4. 雨凇 | 88 |
| | | 三、大气中的凝結現象 | 89 |
| | | 1. 雾的分类及各类雾形成的条件 | 89 |
| | | 2. 雾的分布及其随時間的变化 | 93 |
| | | 3. 云的分类 | 93 |

| | | | |
|---------------------------|------------|----------------------------|------------|
| 4. 云的形成过程 | 99 | 3. 暖鋒的性质和暖鋒天气 | 152 |
| 5. 云量的变化 | 101 | 4. 冷鋒的性质和冷鋒天气 | 153 |
| 6. 云量的地理分布 | 102 | 5. 綫囚鋒的性质和綫囚鋒天气 | 154 |
| 四、降水 | 103 | 6. 中国的鋒面与天气 | 155 |
| 1. 降水的种类 | 103 | 三、气旋与反气旋 | 157 |
| 2. 降水的形成 | 103 | 1. 气旋与反气旋的形成 | 157 |
| 3. 降水的类型 | 106 | 2. 气旋与反气旋的天气 | 160 |
| 4. 降水的地理分布 | 107 | 3. 中国的气旋和反气旋 | 161 |
| 5. 降水的日变化和年变化 | 109 | 四、特殊天气现象 | 162 |
| 6. 雪复盖 | 111 | 1. 热带气旋 | 162 |
| 7. 人工降水 | 111 | 2. 雷雨 | 166 |
| 第五章 大气中的气流 (气候形成的环 | | 3. 龙卷 | 168 |
| 流因子) | 113 | 五、天气預告的概念 | 169 |
| 一、大气中气流的形成 | 113 | 1. 天气图 | 169 |
| 1. 气压梯度力 | 113 | 2. 短期和中长期天气預告 | 171 |
| 2. 地球自轉偏轉力的影响 | 114 | 3. 地方特征天气預告 | 176 |
| 3. 地轉风 | 115 | 4. 单站补充預报 | 179 |
| 4. 梯度风 | 117 | 第七章 海陆与地形对气候的影响 (形成 | |
| 5. 摩擦的影响 | 119 | 气候的下垫面因子) | 182 |
| 6. 风能的利用 | 119 | 一、海陆对气候的影响 | 182 |
| 二、气压系統和气流 | 120 | 1. 海陆分布对气压及环流的影响 | 182 |
| 1. 等压綫分布的基本型式和等压面形势的概 | 120 | 2. 海陆分布对温度的影响 | 183 |
| 念 | 120 | 3. 海陆分布对湿度、云、降水的影响 | 183 |
| 2. 气流綫、气压系統中气流的辐合与辐散 | 124 | 4. 洋流对气候的影响 | 183 |
| 3. 风随高度的变化 | 125 | 5. 海洋气候与大陆气候 | 185 |
| 三、大气环流概說 | 128 | 6. 标征海陆分布影响的指数 | 186 |
| 1. 大气环流的基本概念 | 128 | 7. 海陆間的水分循环 | 188 |
| 2. 大气总环流图說 | 129 | 二、地形 (包括高度) 对气候的影响 | 191 |
| 3. 地表面的行星风系 | 130 | 1. 高度对气压与空气成分的影响 | 191 |
| 4. 环流的季节变化 | 131 | 2. 地形 (包括高度) 对辐射状况的影响 | 192 |
| 5. 气候鋒 | 132 | 3. 地形对地温与气温的影响 | 193 |
| 四、季风环流和地方性风系 | 136 | 4. 地形对空气环流的影响 | 195 |
| 1. 季风 | 136 | 5. 地形对降水的影响 | 195 |
| 2. 海陆风 | 137 | 6. 山地气候对植物分布的影响 | 197 |
| 3. 山谷风 | 139 | 第八章 气候分类与气候变迁 | 199 |
| 4. 焚风和冽风 | 139 | 一、气候分类 | 199 |
| 第六章 天气 | 142 | 1. 气候带 | 199 |
| 一、对流层中气团的形成 | 142 | 2. 柯本的气候分类 | 200 |
| 1. 气团的源地 | 142 | 3. 貝尔格的气候分类 | 203 |
| 2. 气团的分类 | 144 | 4. 阿里索夫的气候分类 | 205 |
| 3. 气团的移行和变性 | 145 | 5. 布德科的气候分类 | 221 |
| 4. 冷气团和暖气团 | 145 | 二、中国气候类型与区划 | 221 |
| 5. 中国的气团 | 146 | 三、气候变迁 | 223 |
| 二、鋒的形成和天气 | 149 | 1. 气候变迁的事实 | 223 |
| 1. 鋒生和鋒消 | 149 | 2. 解釋气候变迁原因的几种观点 | 225 |
| 2. 鋒的分类 | 151 | | |

| | | | |
|----------------------------------|------------|---|------------|
| 3. 历史时代的气候变化 | 226 | 6. 测定空气温度的方法 | 289 |
| 第九章 小气候与农业气候 | 230 | 7. 温度计 | 291 |
| 一、小气候 | 230 | 8. 电温度表、电阻温度表 | 292 |
| 1. 小气候的意义 | 230 | 9. 温差电温度表 | 293 |
| 2. 小气候的物理基础 | 231 | 三、测定太阳辐射和有效辐射的方法 | 296 |
| 3. 各种小气候与地方气候 | 235 | 1. 相对日射表和绝对日射表 | 296 |
| 4. 人类对气候的改造 | 241 | 2. 水流绝对日射表和银盘相对日射表 | 296 |
| 二、农业气候与农业气候区划 | 243 | 3. 补偿绝对日射表 | 298 |
| 1. 农业气候的意义与任务 | 243 | 4. 相对日射表的一般理论 | 299 |
| 2. 廿四节气与农业生产, 四季 | 244 | 5. 米海里逊双金属相对日射表 | 299 |
| 3. 农作物的热量供应及农业气候指标 | 246 | 6. 相对日射表和相对日射计 | 300 |
| 4. 农作物的水分供应及农业气候指标 | 247 | 7. 日照计 | 302 |
| 5. 灾害性天气对农作物的影响与其防御措施 | 248 | 8. 绝对天空辐射表 | 303 |
| 6. 主要农作物的适宜农业气候条件 | 249 | 9. 相对天空辐射表(一般理论) | 304 |
| 7. 农业气候区划 | 251 | 10. 扬尼舍夫斯基天空辐射表、阿拉哥-代维-卡 里琴天空辐射表 | 305 |
| 第十章 气候调查与气候资料整理 | 253 | 11. 反射辐射的观测、反射率表 | 306 |
| 一、气候调查方法 | 253 | 12. 绝对地面辐射表 | 307 |
| 二、气候资料的初步整理 | 255 | 13. 沙文诺夫相对地面辐射表 | 308 |
| 1. 气候资料的一般特征值 | 255 | 14. 地面有效辐射的测定 | 309 |
| 2. 气候要素的比較性 | 259 | 15. 留捷尔施坦恩和斯克沃尔佐夫辐射平衡表 | 310 |
| 3. 气候要素的联系性 | 260 | 四、测定蒸发和空气湿度的方法 | 311 |
| 4. 各个要素的资料整理 | 262 | 1. 蒸发器 | 311 |
| 5. 气候综合与气候制图 | 271 | 2. 测定空气湿度的干湿表法 | 313 |
| 結束語 | 276 | 3. 毛发湿度表和毛发湿度计 | 316 |
| 附录 气象仪器与观测方法 | 277 | 五、云、雾的观测 | 318 |
| 一、测定大气压力的方法 | 277 | 六、测定降水和积雪的方法 | 320 |
| 1. 水银气压表 | 277 | 1. 雨量器和自记雨量计 | 320 |
| 2. 水银气压表的訂正 | 278 | 2. 降水形状及其规定的符号 | 322 |
| 3. 沸点测高表 | 280 | 3. 积雪的厚度和密度的测定 | 323 |
| 4. 空盒气压表 | 281 | 七、测定风的方法 | 325 |
| 5. 气压计 | 283 | 1. 維尔德测风器 | 325 |
| 二、测定土壤温度、水温和空气温度的方法 | 285 | 2. 用测风器观测、特殊现象的記載 | 326 |
| 1. 液体温度表概述 | 285 | 3. 轉杯式和桨翼式风速表 | 327 |
| 2. 温度表的灵敏度 | 286 | 4. 电傳风速表和风速计 | 329 |
| 3. 测定地面温度的温度表、最高与最低温度表 | 286 | 5. 空气动力风速表 | 330 |
| 4. 深土地温表 | 287 | 6. 热力风速表 | 331 |
| 5. 测定水温的温度表 | 289 | 7. 风級 | 332 |

緒 論

一、气象学与气候学的对象及其主要任务

包圍着地球的茫茫的大气层中，时时刻刻发生着各种不同的物理过程和物理現象。有时风起云涌，雨雪纷飞，有时豁然开朗，蔚藍无际。所有的风、云、雨、雪、寒、暖、燥、湿等等的現象，是由于大气中有各种物理过程不断进行的结果。气象学便是专门論述有关于地球大气中的物理現象和物理过程的科学。

大气中的化学現象与化学过程也有了多年的观测与总结，并已形成創立了初步基础的一門气象学中新的支派——大气化学。但是到目前为止，大气中的物理現象与物理过程仍是气象学的主要研究对象。

大气中所发生的物理現象，几乎都是由自太阳射到地球的能量变换的后果而发生着及发展着的。同时，这些現象发展的特性当然是視大气的物理特性而定的。所以，在气象学上首先把大气当作研究的物质客体来探討它的一般特性：如大气的范围、结构、成分、密度等等。其次是研究供給所有我們所观察到現象的发生及发展之能量的来源及特性。最后，要詳細研究大气現象的本质，从而能够解释現象并树立控制現象发展所服从的規律。

由于气象学所包括问题的范围很广泛，同时气象学所用的解决问题的方法差异很大，使我們可以把它分成許多部門。

某一瞬間大气的状态和大气中現象的綜合称为天气。研究地理条件不同的区域内所发生的大气过程的規律，以寻求预测天气变化方法的科学便是天气学。

从物理学方面来研究大气的过程及現象，揭露支配它們发展的物理定律，可称为大气物理学。它包括大气动力学及热力学、大气光学、大气电学、大气声学等等。其中大气动力学部分，发展比較完善，构成了动力气象学。

如按地球表面对大气中物理現象与物理过程的影响的程度，将大气人为地分为三层，作为研究对象，因而形成了三个气象学部門：把研究发生于近地面层（約 1500 米以下）大气中所发生的物理現象与过程的部門，称为近地面层大气物理学。在近地面层上，直到約 100 公里高空中的物理現象与过程的研究，这一部門，称为高空气象学，或称之为自由大气物理学。近年来，由于高空气球与火箭技术的发展，对 100 公里以上高层大气的現象与变化的研究已逐渐深入，构成了高层大气物理学。

此外，面对某些业务部門的需要，气象学还分出了一些专门的部門，如农业气象学、海洋气象学、航空气象学等等。至于研究气象学中所应用的仪器的性能、設計、制造等，則又有气象仪器学。

气候的概念是和天气的概念紧密地联系着的。在太阳辐射、下垫面和大气环流的影响

下形成的天气的多年气象状况称为气候。气候学便是研究气候的形成过程及記載各个不同地区的气候条件和解释这些地区的气候特征的一門科学。显然,研究气候学首先必須掌握气象学的原理和定律。因此,气象学便是建立和发展气候学的一个主要基础。

在小地区内地方因素的影响下,可能出现个别的气候特点。所有这些气候的地方性特点統称为該地区的小气候。这些特点在貼地气层中表现得特別明显。研究貼地气层内气候的形成并描述不同地区小气候特点的气候学部門,称为小气候学。

研究在农业上有意义的各种气候条件,考虑到这些条件和农业生产对象(农业、畜牧业)間的相互作用,并从事于地方的农业气候的描写和区域划分,以便最合适而有效地布置农业生产,同时也便于采用那些最能和地方气候相适应的,而且最能保証使农作物获得高额而可靠的收成,保証提高畜牧业生产量和成功地栽植护田林带的各种农业技术措施,这样一个气候学部門,即为农业气候学。

研究气候条件对林木的生长、发展及生产率的影响,并研究为森林所占的地域上所造成的小气候,以及植林对于其邻近地方气候的影响,这一气候部門,称为森林气候学。

研究与天气及气候对于人类有机体的影响有关的各种問題,并研究疗养地的气候情况,以便利利用有治疗意义的气候情况来恢复人体的健康,构成了医疗气候学。

研究气象情况对于航空、铁路、水运及其他各种交通事业上的影响,这一气候学部門,称为交通气候学。

此外,还有綜合气候学及天气气候学。綜合气候学是应用确定各种类型天气頻度的办法来进行研究,这些类型是根据气象要素的一定配合来表示的。天气气候学是研究那些造成某种类型气候的所謂气候形成过程,它特別重視环流因素,并用一般大气环流过程来解释气候的各种表现;当然,它也考虑到太阳輻射和下垫面的影响的。

二、大气过程与水圈、岩石圈及生物圈运动变化过程的关系

地球表面的构造和物理生活現象,可以分成大气圈、水圈、岩石圈及生物圈来进行研究。大气圈包围着整个地球,形成連續的薄膜。水圈包括地球上的海洋、河川、湖沼和地下的水。生物圈包括一切栖息于地球上的各种各样的生物(由細菌到人都包括在內),它的范围高达10公里的大气圈下层,从地面深达3公里的岩石圈上层,以及整个的水圈。岩石圈构成坚固的地壳,是由各种岩石組成的。大气圈、水圈、岩石圈及生物圈不是彼此孤立的,而是互相保持密切的依賴关系。下面就大气过程与水圈、岩石圈及生物圈中过程的关系,作概略的討論。

陆地与海洋之間水的循环,大气圈在这一过程中起着巨大的作用。海洋中的水不断蒸发到空中,形成大气降水而降落下来,并且成为地下水及地面水流經過很长的路程而重返海洋中,不断地循环着。气候条件决定了地区水文网的分布以及河流、湖泊和沼澤的动态情况。河流是气候的函数,它們的整个生命和发育是直接受气候影响下进行的。

岩石圈露出在地球表面的岩石，始終遭受空气和水分的物理的和化学的影响，使坚固的岩石发生机械的和化学的风化。属于机械的风化作用的，例如岩石常在气温反复变化的影响下崩裂。大气的降水渗进岩石的裂缝里，并且冻结在那里的时候，使坚固的岩石发生崩解。属于化学的风化作用的，例如构成岩石的某些物质被水分溶解，把原来岩石分出两种东西，一种不溶解的存在地面为残积物质，一种是可以溶解的顺河水流去，由河入海。河水带入海中的溶解物质有碳酸盐、硫酸盐和氯化物等，其中碳酸盐最多，它供给海洋中的动物和植物的大量消耗，尤其是用于形成各种骨骼、贝壳、珊瑚等等。由于海洋与陆地间水的不断的循环，岩石圈中可以溶解的物质也不断被带入海洋中，海洋中的水之所以含盐分多的缘故就在于此。由于岩石圈受着大气过程各种作用的影响，便形成土壤复盖层。大气过程也表演着形成各种地形的外营力的作用。

气候条件影响着植物复盖的性质和动物界的分布。气候是植物生长环境（即植物生存和发育时所处的环境）的因素之一。这个环境对于植物来说是由热、光和水源构成的。植物从这个环境中攫取它在生长和发育时所必需的物质。如果外界环境条件发生变化，那末在这些变化影响之下，植物便会获得新的特性，而且这些特性可以遗传下去。既然植物和它所生长的环境是一个不可分割的整体，那么，在植物的影响下，它所生长的环境也会发生一定程度的变化，В. Р. 威廉斯(Вильямс)认为：某一地带的气候是受存在于该地带中的主要组成植物所影响的，因此，改变这种组成，也就可以改变气候。动物不同于植物，它们所摄取的食物几乎完全是有机物，因此非常明显地，动物界就必须和植物界有密切的关系。如同植物界在不同的气候条件下具有着不同的复盖性质一样，动物界在不同的气候条件下也具有着十分多种多样的特征。人类的经济活动，在某种程度上与地区的气候也是有关联的。

同样地，大气的组成和大气过程的发展演变，也受到水圈、岩石圈及生物圈的影响。这无论在天气过程或气候形成中，都可见到。例如天气演变受着许多内在和外在因素的影响，即使在同一天气系统控制下，由于地理位置、地形地貌、植被等差别，天气变化也会有所差异。又如，气候是由许多自然因素错综复杂的交互作用所形成的。辐射能的收支和大气环流起着主要作用。辐射能的收支是地球上气候差异的首要原因。它决定大气及其下垫面的热力状况、气压的分布、大气环流和水分循环。但是上列因素和当地的地理纬度，它的绝对高度以及地表性质有最紧密的依存关系。这里下垫面（海洋、陆地、暖流和寒流、地形、植被、土被、雪被以及冰被等）反射率的特征强烈影响着辐射能的收支，因而也强烈影响大气环流和水分循环。

由此可见，大气过程与水圈、岩石圈及生物圈运动变化过程之间是有着密切的内在相互联系，互相制约，互相影响并处于不断发展的状态中。这些过程构成了一个客观存在的、统一的、有规律的、完整的和物质的体系，这就是我们周围的自然界——地理环境。大气过程既然是自然界一个不可缺少的组成部分，因此，我们学习地理科学，应当研究气象学和气候学；而为了学好气象学和气候学，也须研究有关的地理科学。

三、气象学与气候学在国民經济中的意义

气象和气候条件与农业的关系最为密切。利用短期和长期的天气預报，可以加强各种农业方面的工作的計划性，例如播种、移栽、收割工作等等，比較当前的天气条件和各种植物的发育过程就可以預測到将来的收成。为了保护农作物，避免或減輕一切不良的天气現象如霜冻、干旱、大风、暴雨等的危害，必須洞悉这些天气現象的发展規律，以及与这些現象有关的天气綜合和造成这些現象的天气过程的几率，这不仅能提高預报它們的效果，并有助于找出防止有害的天气和气候的影响的更有效的方法。

了解气候条件和各种植物对热、光和水分的需要量，我們便能最合理地解决农业生产的布置，进行农业区划。根据各地区气候和小气候的知識，以及正确地利用农业技术，我們有可能扩大现有农作物分布的范围，例如解决热带和亚热带作物向北推移的問題。

航空工作随时都需要气象情报来保証飞行的安全。飞机的起飞、降落和在空中翱翔，都要参照气象情况来决定。飞机的起飞和降落时，一定要明了机場的风向，才能选择合适的起落方向。在盛夏的午間，空气密度有时太小，螺旋桨所受的空气阻力，不能使载重的飞机升空，这就影响到空中运输。正在飞行时，若空中有强烈的对流作用，可以使飞机颠簸，以致飞行失去平衡难以操纵。在过冷雨区飞行，可以使飞机发生严重的积冰，改变飞机的动力性能。在濃雾中飞行，因为能見度十分恶劣，可使飞机难以着陆，往往甚至发生意外。至于飞机場的选择，决定跑道的方向，非有当地气候資料不可，例如在西南风盛行的地方，机場的跑道就一定要作西南——东北的走向。因此，必須利用气象学与气候学的知識，去提高航空工作的效能。

海上船只的航行，在很大程度上与天气条件有关。海洋上常常有风浪的侵襲，濃雾对于航行也有很大的障碍。现在的海洋气象台，搜集大洋上、島屿上、船只上的气象报告，作出天气預告，供給海上航行的参考，使航海工作避免恶劣天气的危險，减少意外的损失。至于海港，年中的风向和风速，雾发生的季节和雾出現的頻率，以及港口在冬季期間的冻结情况等也都是必須知道的。

在陆上交通方面，强烈的陣雨、风、吹雪和大量雨淞都有影响。大量雨淞冻结在电话、电报綫上会压断电綫，通訊遭受破坏。因此，必須及时地发布有关这些恶劣天气的預告，以便事先做好防御工作。此外，还必须研究那些經常出現这些天气現象的区域，編制各种气候的空間分布特性量，例如关于铁路樞紐地区雪暴及雪堆的分布，暴雨、暴风、雨淞的范围等等。

沿海的漁业区域，組織有專門的暴风警报及其他不利的气象条件的預报是很重要的。我国沿海的漁区，气象观测台所还不多，今后随着沿海漁业的发展，为漁业服务的气象工作当然会相应地加强的。

开发水利的事业，十分需要气象及气候的研究資料。水利部門为了作好水庫設計、灌溉工程、防洪、防汛以及洪水預告等工作，就需要暴雨强度、暴雨几率、暴雨持續時間、暴雨范围、

連續降水日数、降水变率、降水周期及蒸发量的統計資料。

城市建設也要利用气象及气候方面的資料。对正确地配置工厂、居住区、公园及建筑物等互相之間的关系上，必須有风向的資料。对于計算高大建筑物如鉄塔、水塔与烟囱等应承受的风压，就必须有风速的数据。計算房頂所应承受的雪重时，則必須有雪量的記錄。設計排水管及其出入口，需要液体降水的資料。此外，知道了某一方向的降水次数时，就能采取措施預防房屋墙壁遭受雨水的逐漸的破坏。在各个气候带选择房屋的类型时，在考虑取暖的季节长短及为了許多其他目的时都需要气温的資料。光的資料也是重要的，因为房屋窗子的安置和种植在街道上的树种的选择是与照度有关的。

卫生行政部門也需要气象及气候資料，因为病菌的繁殖与温度的高低、湿度的大小，有很密切的关系。

濃密的森林，有时会发生火灾，使国家森林資源遭受很大的損失。但森林火灾的发生，常和气象有密切关系，最主要的是高温和干燥；如果事先能获得气象警报，林业当局便可以作出相当的措施，妥为防范了。

四、气象学与气候学发展簡史

到目前为止，气象学与气候学还是一門相当年青的科学。但从历史发展上看，气象与气候很早就为人类所注意了。这是因为人們生活在大气之中，無論是生产活动或日常生活，都会受到天气与气候的不同影响。随着人类社会生产的发展，气象学与气候学也逐步发展起来。

从古代到十六世紀末期，这一阶段時間很长。在这时期，人們对大气現象只限于感性認識，由于长期观察天气的結果，积累了許多有关天气变化的知識和經驗，符合于农业、畜牧业和航海等事业的需要。例如古代希腊就有許多天气知識，如风、降水、雷暴等刻在海岸城市的石碑上。亚里斯多德（Aristotle 公元前 384—322）著有“气象学”，对于一些气象現象作过适当的解釋。在这一阶段中，气象学只限于零碎的定性观察，談不到是一門独立的科学。

由十七世紀到十九世紀中期，这一阶段的特点是开始用仪器观测。由于十七世紀手工业的发展，推动了自然科学的发展，力学和物理学有显著成就，气象仪器如温度表、气压表等相继发明，气象学的理論也大大提高。1653年意大利北部开始設立观测站，以后其他各国相继設立，台站日漸增多。对于大气环流，气旋成因等問題也进行了研究。在这阶段，罗蒙諾索夫（M. B. Ломоносов），白朗第（Brandes）等对气象学都有重要貢獻。1820年白朗第創立天气图。由1850年到1865年，这一阶段的时期很短。在这时期中，主要特点是开始应用电訊傳遞，这就使观测結果能很快地傳达到各地，給予編制和研究每日天气图的可能性，从而促进了天气学的发展。从此各国都先后有系統地設立气象观测网，应用电报收集各地方的天气情报也就成为事实。这一时期，荷兰巴罗特（Buys Ballot）創立著名的风与气压梯度关系的定律。

由十九世紀后期到現在，这一阶段的气象学已形成为一門物理的科学。由于物理学和机械工程的发达，使气象仪器和理論也随而得到发展。在航空等事业的推动和无綫电探空仪的发明及利用下，高空观测所能收集到发生于自由大气中过程的資料越来越多，因而能引起以整个大气厚度中发展过程的观点来研究所有动力气象学和天气学方面的問題。同时，由于物理实验技术的发展，在气象学中实验的方法也得到发展。继无綫电探空仪发明以后，各种遥测气象仪器又相继发明。現今，由于雷达技术的发展，微波技术也开始用到气象方面来了。气象雷达的应用，使天气预报部分地可以依賴直接的探测，同时也使人們对于云中微物理过程以及雷电现象等有了更深入的了解。电子计算机的应用，使天气预报已从定性走向定量的数值预报的方向。由于农业、工业生产和航空事业的需要，人工控制气象工作近年来也有所发展，在人工降水，人工消云，人工造雾等方面，都已收到一定成效。在小气候方面，由于半导体、放射性同位素及热电堆等仪器的改进，人們可以在不破坏小气候的条件下測量出微小的空間的温度、細微的湿度和几近乎靜穩的风速，改善了小气候观测工作，提高了观测資料的质量，从而发现了小气候的許多規律。

此外，近二十年来气象上重要工具的发明方面，值得提出的还有火箭技术的应用，尤其是1957年10月苏联首次发射出人造地球卫星以来，气象仪器就能直接被帶到数百公里，以至千余公里以上的高空，使气象科学推进到一个新的境界，使人們可以对高层大气进行直接的研究了。可以估計到，人造卫星的发射成功和繼續发射，在研究中长期天气预报和长期气候变迁方面，以及对改进短期天气预报方面，也都有很大意义。总之，随着气象观测工具的不断改善，新的观测資料的大量增加，有关的气象学和气候学的新的理論研究，也在迅速开展起来。

在这一时期中的气象工作人員显著增多，对于气象学与气候学的研究具有一定貢獻的有苏本(Supan)，柯本(Köppen)，貝坚克尼父子(V. Bjerknes, J. Bjerknes)，罗斯貝(C. G. Rossby)，佩特森(S. Petterssen)，沃耶科夫(A. И. Воейков)，基培尔(И. А. Кибель)，柏加相(X. П. Погосян)，戴波洛夫斯基(Н. Л. Таборовский)，牟利坦諾夫斯基(Е. Л. Мультановский)，帕加瓦(C. Т. Пагава)，貝尔格(Л. С. Берг)，阿里索夫(Б. П. Алисов)，布德科(М. И. Будыко)等人。

随着科学事业的进步，苏联的气象学与气候学也得到极大的发展。远在帝俄时代，气象气候学已有了发展。1849年在彼得堡(列宁格勒)建立物理天文台总台，領導各气象台工作，1858年成立气象学委员会，1872年建立天气研究所。著名气候学家沃耶科夫建立了气候学理論，对于世界气候作了詳細而深入的叙述，并且把气候学与人們切身需要联系起来，研究人类怎样改变气候去影响自然界的問題。

在十月革命后，苏联气象学与气候学得到特別迅速的发展，建立了大規模的气象观测台站网，在农場中，海岸及海島上，高山上，北极地区，疗养場所，以及其他方面都建立了許多台站。除一般的台站外，还有特殊的专业台站，如农业气象、森林气象、航空气象、海洋气象、极地气象、山地气象、疗养气象以及其他等等气象台站。气象观测項目的扩大，观测质量的提高，利用无綫电通报，成立中央預測研究所等，这一切就大大改进了天气预报工作。并且在气象学的基础上，发展了專門研究高空气象变化的高空气象学及專門研究太阳輻射能的日射測驗学，成为二种特殊的科学。由于苏联火箭技术的不断发展，利用火箭和人造地球卫星作大气上层的观测，已經获得极有价值的資料。苏联自1933年发射第一个带有液体燃料发动机的考察火箭以后，就陸續发射高空火箭广泛地进行大气高层的考察，研究太阳光谱紫外綫，电离层結構，流星粒子，不同高度气流速度和方向，不同高度大气的密度、压力和温度等。

苏联气象学家基培尔应用流体力学方程研究出預測天气主要要素如气压、气温和风等数量的新方法；柏加相和戴波洛夫斯基創立分析天气过程的新方法，称为平流动力法，这种方法的本质就是把大气当作整体来研究各种大气变化过程，所以不仅要应用地面天气图来分析地面主要气象要素的情况，还要应用各高度的高空天气图作一整体的分析；牟利坦諾夫斯基，帕加瓦，杜勒托瓦(Т. А. Дулетова)等建立了长期預报天气图方法的理論。苏联的气候学已走上为国民經济各部門和社会主义建設服务的道路，发表了許多关于苏联各地区气候的著作，創立了新的气候分类法，开展了热量平衡与水分循环及水量平衡的研究，編著了大量的气候参考书和图表。苏联在农业气象学的成就也是很突出的，对于发展农业生产已經起了重大作用。因为苏联的农业气象学能和生产密切結合起来，这就是迅速发展原因，也是将来能够获得更大发展的保証。

我国有悠久的历史，农业又很发达，所以古代就有許多有关气象学与气候学方面的創作和发明。我們的祖先很早就掌握了与农事最有关系的气象与气候知識，根据气候的变化，把一年均匀分为二十四个节气，除二分二至外，比西欧各国多了二十个节气。一个节气里又分为三“候”，一年二十四节气，共有七十二候。二分二至早已記載于尚书，二十四节气見于吕氏春秋，七十二候見于逸周书。可以說，气象学及气候学研究的开端，举世以我国为最早。

根据竺可楨的研究，我国过去的成就綜合起来有三方面：第一是观测范围的广大，第二是观测仪器的創造，第三是大气現象的解釋。

从西汉以后，关于特殊的气候，如大旱、大寒、霜雪、冰雹等都有記載，而且記錄范围不断扩大。自东汉到明清二千八百年間，在各朝代首都所在地的气候記載都比較詳尽，以明清两朝的天气記錄較为詳細。在北京故宮文献館內，原藏有北京、江宁、苏州、杭州四个地方的晴雨录，其中最悠久的是北京的記錄，从1724年(雍正二年)到1903年(光緒二十九年)共有180年之久，每次降雨降雪都記載有時間，但沒有数量。

在观测仪器方面，风信器和雨量器都是中国人最先发明創造的。公元132年(后汉順帝阳嘉元年)張衡創造候风仪，比西欧应用候风鸡要早一千年。公元1424年(明代永乐末年)我国就已有雨量器頒发到各州县应用。

在天气变化方面的观测，长期积累了許多天气諺語，数目之多是世界无比的，其中有許多对于地方天气的預报是很有参考价值的。后魏南阳太守賈思勰曾綜合古代劳动人民的經驗，撰“齐民要术”，其中曾提到：“天雨初晴，北风寒切，是夜必霜”，这是完全合于科学原理的。在大气現象的理論解釋方面，如东汉王充对于雷的解釋，北宋沈括对于虹的解釋，南宋朱熹对于云雨的解釋等，都和近代气象学的观点基本上是一致的。

我国的气象科学，虽然有着悠久的历史，但在封建帝王长期統治之下，发展甚为迟緩。鴉片战争后，帝国主义为了侵略我国，紛紛在我国設立气象台站，公开地窃取我国气象情报，把持我国的气象工作，为它們的軍舰和商船服务。如1873年(同治十二年)耶穌会在上海办了徐家汇观象台。1912年在北京成立中央观象台；1924年成立中国气象学会；1928年伪中央研究院在南京設立气象研究所；1930年后試作天气預报。解放前，由于反动政府根本不重視发展科学，气象工作只是为了滿足帝国主义侵略和反动統治階級鎮压人民、制造内战的需要，气象学科不能与广大人民生产相联系；因此，即使有一些气象工作者的努力，气象科

学也不可能得到应有的发展。一直到解放前夕,我国还没有一个象样的气象台站网,也没有一套完整的气象服务系统,全国从事于气象学和气候学研究的人数很少,发表的论著也不多。当时绝大部分的气象仪器须仰给于国外,至于利用现代物理新成就来研究气象微观过程的一套实验技术,则完全处于空白状态。在这期间,竺可桢研究了我国的气候区域,季风强弱和雨量的关系,台风的频率,我国历史上的气候变迁,地面大气的运行等。涂长望修订了竺可桢的气候分区,研究了我国的气团和锋面,并应用相关系数来研究夏季旱涝。张宝堃创立了适用于我国四季划分的标准及我国各地四季的分布。卢鋈研究了我国寒潮和台风,修订了柯本气候分类法在中国的应用,对我国气候作了总结性的叙述。赵九章研究过有关信风主流热力学方面的问题等。

1949年中华人民共和国成立,全国各地的气象机关完全由人民政府接收,成立了中央气象局和地球物理研究所,帝国主义在中国所把持的气象事业从此结束,气象工作转为为人民服务,与生产事业密切结合。

解放后的十余年,中国人民在中国共产党英明领导下,向着社会主义建设英勇迈进中,我国的气象工作和气象科学得到了蓬勃的发展。随着社会主义建设的需要,中国气象学开始了新的阶段。全国各地普遍建立各级台站,地面和高空气象测报网基本建成。气象服务网星罗棋布,服务工作深入到全国各个角落。由于大力发展了气象教育工作,气象与气候工作者队伍不断成长。并且,在党的教育下,这支队伍与广大劳动人民有着密切的联系。在研究工作方面,也取得了比较显著的成绩。农业气候学在结合资源开发的综合性考察工作中,农业气象在与灾害性天气斗争的服务工作中,也迅速成长起来。

1958年在党的鼓足干劲、力争上游、多快好省地建设社会主义总路线的指导下,在全国掀起的史无前例的大跃进中,气象与气候工作又走上了一个新的飞跃阶段。各地人民公社纷纷组织起群众性的气象哨、组。各级气象(候)站和民办哨组,结合当地地理环境特点、天气变化规律、群众看天经验和主要作物生长发育的气象条件,开展了补充天气预报和农业气象预告,使地方天气预告准确率有了显著的提高,直接为农业生产解决了许多问题。这是在党的领导下广大群众参加到气象事业中来,使气象工作和生产更加紧密结合的创举,从而进一步改变了我国气象事业的面貌。对一些有实践意义而又有高度理论性的问题也在进一步或开始注意研究。所有这些,对于生产发展,尤其对农业生产发展起了积极促进作用,同时也为我国气象事业的进一步发展奠定了良好的基础。

在总路线、大跃进、人民公社三面红旗照耀下,随着社会主义建设日益增长的需要和改造自然计划的逐步实施,我国的气象事业必将更加大踏步地前进。

緒論 参考文献

1. 赵九章,十年来中国气象学研究的进展,气象学报,30卷3期。
2. 赵九章,国际地球物理学的动态及其展望,科学通报,1960年,第8期,244—245页。
3. 饒兴,为农业服务是气象工作的首要任务,红旗,1961年,第7期。

4. П. Н. 特維尔斯戈伊等, 气象学教程, 第一册, 商务印书馆, 1953年, 1—16頁。
5. М. С. 阿維尔基耶夫, 气象学, 上册, 高等教育出版社, 1958年, 1—11頁。
6. В. И. 阿里索夫等, 气候学教程, 第一册, 高等教育出版社, 1957年, 1—11頁。
7. С. И. 柯斯晋等, 气候学, 上册, 高等教育出版社, 1957年, 1—6頁; 下册, 高等教育出版社, 1958年, 428—433頁。
8. 么枕生, 气候学原理, 科学出版社, 1959年, 1—5頁。
9. 竺可楨, 中国过去在气象学上的成就, 科学通报, 2卷6期。
10. 朱崗崑, 关于苏联气候发展問題的討論, 地理学报, 20卷1期。

第一章 大气的一般介绍

一、大气的组成及构造

1. 大气的组成

我们把空气当成是由下面三种主要的不同成分组成的：(1)干洁空气，(2)水汽，(3)大气尘埃及别的杂质。我们现分别来讨论这些组成部分：

(1) 干洁空气乃是不同气体的机械混合物

如果空气中清除了灰尘及其他混合物，而且也排去其中所有的水分；如果不考虑二氧化碳随高度的减弱和臭氧随高度的增加，那么，这样的干洁空气的成分既不随纬度而改变，在大气下层中也不随高度而改变。气球飞升时及气球探空仪上升时所取的空气样本，都使我们相信：一直到20—30公里，干洁空气的成分基本上是不改变的。

表 1.1 干空气的成分(在 25 公里高度以下)

| 气 体 | 干空气中的含量% | | 分 子 量 | 临界温度(括号内数字为以 大气压为单位的临界压强) | 沸 点 温 度 (在 760 毫米压力下) |
|-------|-----------------------|-------|---------|------------------------------|--------------------------|
| | 按 容 积 | 按 质 量 | | | |
| 氮 | 78.09 | 75.52 | 28.016 | -147.2(33.5) | -195.8 |
| 氧 | 20.95 | 23.15 | 32.000 | -118.9(49.7) | -183.1 |
| 氩 | 0.93 | 1.28 | 39.944 | -122.0(48.0) | -185.6 |
| 二氧化碳 | 0.03 | 0.05 | 44.010 | 31.0(73.0) | - 78.2 |
| 氟 | 1.8×10^{-3} | — | 20.183 | -228.0(26.0) | -246.0 |
| 氦 | 5.24×10^{-4} | — | 4.003 | -257.9(2.3) | -268.6 |
| 氖 | 1.0×10^{-4} | — | 83.700 | -63.0(54.0) | -152.0 |
| 氪 | 5.0×10^{-5} | — | 2.016 | -240.0(12.8) | -252.5 |
| 氙 | 8.0×10^{-6} | — | 131.300 | 16.6(58.2) | -108.6 |
| 臭 氧 | 1.0×10^{-6} | — | 48.000 | -5.0(32.3) | -111.1 |
| 氦 | 6.0×10^{-18} | — | 222.000 | — | -62.0 |
| 干 空 气 | 100 | 100 | 28.966 | -140.7(37.2) | -193.0 |

在表 1.1 中列举了在地面附近干洁空气的最大可能成分。其中有两个主要的成分，即氮与氧，这两个成分就体积和质量来说差不多占空气的 99%，与氩合在一起算，则差不多占空气的 99.9%。大气中二氧化碳的含量既随时间而改变，又随空间而改变，这须视下垫面的性质而定。平均情形，空气中二氧化碳含量所达数值等于空气体积的 0.03%。而其余气体的含量，从表上可以看出，都小到可以不計。

干洁空气的所有成分具有如此低的临界温度，以致大气中所能观测到的温度的情况下，这些成分只可以处于气体状态，因此我们可以把这些成分当成是理想的气体。只有二氧化碳和氙构成例外，但是在大气条件中，它们离开液化的程度还是很远，因此也可以把

它們当成是理想气体。于是,可以把形成于洁空气的机械混合物当成是一个理想的气体。

现在,必須提一下臭氧随高度的分布情况。臭氧是氧的同素异性体,呈3原子結構形式(O_3)。在大气条件下,它的形成是由于氧分子分解为原子($O_2 \rightarrow O + O$),而后原子与分子化合($O + O_2 \rightarrow O_3$)而成。在通常情况下,1原子状态与3原子的分子是不稳定的,它們企图变为 O_2 。要維持 O_3 經常的存在,必得有某种使 O_3 形成的因子作用。在下层大气中,例如雷雨的閃电、某些有机物(木柴、海中水草等等)的氧化是 O_3 形成的因子。由于它們的作用不是經常的,故下层大气中 O_3 的含量很少而且也不固定。在上层大气中的 O_3 是由于在波长小于 $200\text{ m}\mu$ (1μ [微米] = 10^{-3} 毫米, $1\text{ m}\mu$ [毫微米] = 10^{-6} 毫米)的太阳紫外綫作用下使氧分子分解成活潑的氧原子,氧原子又与氧分子化合而形成的。但另一方面, O_3 又吸收波长 $200-290\text{ m}\mu$ 的紫外綫,这又引起 O_3 分子的分解。因此,在上层大气中 O_3 的形成和分解同时进行着。由于波长小于 $200\text{ m}\mu$ 的太阳紫外綫的作用这个因子是經常的,而使得 $10-15$ 公里高度以上 O_3 的經常存在得以維持。

因此,臭氧主要集中于較高的一层大气中。地表面臭氧含量約由 $10^{-6}\%$ 至 $10^{-5}\%$ (按容积)。自 $5-10$ 公里高度起,臭氧濃度开始慢慢增加,而后增加較快,在 $20-30$ 公里的高度中臭氧的濃度最大,在这一层以上,臭氧濃度重新减少,而于 $55-60$ 公里高处已丧失殆尽了。为什么在 $20-30$ 公里的高度中臭氧的濃度最大呢?可以用下列的原因来解釋:在大气上层中,由于短波紫外綫的强度很大,使得氧分子几乎发生完全的分解,因此氧原子和氧分子相遇的机会很少。即使臭氧在此处形成,但由于波长 $200-290\text{ m}\mu$ 的紫外綫强度很大,臭氧吸收这种紫外綫后,就迅速地破坏了它的分子。因此,在大气上层中臭氧的含量不多。在較低的层次中($20-30$ 公里),紫外綫的强度由于大气的吸收而减弱,因此只有部分的氧发生分解。在 $20-30$ 公里高度的层次中,既有足量的氧分子,又有足量的氧原子,这就造成了臭氧分子形成的条件。此外,由于波长 $200-290\text{ m}\mu$ 的紫外綫辐射减弱,使該处的臭氧分子很少分解。因此在 $20-30$ 公里高的层次中臭氧的数量最多。在低于这一层次的空中,由于短波紫外綫大大地减少,氧的分解也就大为减弱,所以氧原子的数量减少,以致臭氧的形成緩慢。

虽然臭氧的数量很少,但是它在各种大气現象上起着很大的作用。臭氧吸收了太阳辐射中波长短于 $290\text{ m}\mu$ 的紫外綫部分,只让波长 $290-400\text{ m}\mu$ 的紫外綫通过并到达地面,这一事实具有很大的生物学意义。波长短于 $290\text{ m}\mu$ 的紫外綫的特征是它具有极大的化学活动性,它們对于动物和植物有机体的組織能起极大的危害作用。臭氧既吸收了太阳的短波紫外綫,这就保护了动植物有机体免于受到紫外綫的危害作用。

(2) 大气中的水汽含量是不定常的

大气中的水汽含量既随時間而变,又随空間而异,而且改变的範圍很广寬,就体积來說,其改变程度可以从 0 到 4% 。水汽可以改变自己的集合状态,如象轉变成成为水滴或冰晶,水汽的密度小于干空气的密度,二者之比为 $\rho_n/\rho_a = 0.622$ (ρ_n 表示水汽的密度, ρ_a 表示干空气的密度。当 $T = 273^\circ\text{K}$ 及 $P = 760$ 毫米时, $\rho_a = 1.293 \times 10^{-3}$ 克/厘米³, $\rho_n = 0.804 \times 10^{-3}$ 克/厘米³)。