

气象学基础知识

陆正华 许以平 编著

中国青年出版社

内 容 提 要

气象科学的应用十分广泛，它跟国民经济许多部门有密切的联系。这本书就是想向广大的青年读者介绍一点气象学的基础知识，希望能够引起青年们对这门科学的注意和兴趣。书里主要介绍大气的各种性质，大气里发生的各种物理现象，天气预报的方法，中国气候的主要特点等，深入浅出，通俗易懂。

封面设计：谭 忠 民

气 象 学 基 础 知 识

陆正华 许以平 编著

*

中国青年出版社出版

中国青年出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

787×1092 1/32 8印张 130千字

1985年1月北京第1版 1985年5月北京第1次印刷

印数1—15,000册 定价1.10元

出 版 说 明

我们伟大祖国的社会主义革命和社会主义建设，已经进入新的发展时期。学习革命理论，完整准确地掌握马列主义、毛泽东思想体系，学习科学文化知识，极大地提高青年一代的科学文化水平，成为青年更加特别突出的任务。为了适应青年学习的迫切需要，我们决定出版一套《青年文库》。

《青年文库》包括哲学社会科学、自然科学和文学艺术各个方面的读物。它以中等文化程度的青年为主要对象，力求比较系统地、通俗地、简明扼要地介绍各门学科的基本理论和基础知识，帮助青年用马列主义、毛泽东思想和现代科学文化知识武装自己，在党中央领导下，为建设社会主义的现代化强国贡献自己的青春。

中国青年出版社编辑部

写在前面

自然界在不停地运动变化着。包围着地球的大气层，时时刻刻在发生各种不同的物理过程和物理现象。风、云、雨、雪、冷、暖、干、湿等，都是大气里各种物理过程不断进行的结果。气象学就是研究大气里的物理现象和物理过程的科学。

气象学主要的研究内容：一是大气的组成、范围、结构、密度等；二是导致大气现象发生、发展的能量来源以及转化；三是大气现象发生的原因和变化规律；四是大气探测的工具和手段；五是怎样利用人们认识的大气运动规律来预报天气，为国民经济各部门服务。

气象科学是一门应用十分广泛的科学，它跟国民经济许多部门有密切的联系。

农业跟气象的关系很密切。各种作物的生长、发育都要求特定的气温、日照、降水等气候条件，充分利用气候资源，合理地解决农业生产的布局问题，进行农业区划，必须根据大量的气象资料才能进行；播种、移栽、收获等农事活动也都离不开天气预报；只有掌握灾害性天气的发生规律，做好防御工作，才能夺取农业丰收。

这里要特别提到水的资源，水的资源和气象的关系是尽人皆知的。水的资源不仅影响到农业生产，还影响到工业生

产,影响到水力发电,也跟人民的日常生活密切相关。

军事跟气象的关系也很密切。飞机的起飞和降落,舰艇的航行,导弹的发射,原子武器的杀伤能力,以及军事通信等,都跟气象条件有关。利用有利的天气条件可以克敌制胜,一次失败的天气预报会造成军事上的惨败,历史上这类例子不胜枚举。许多国家的军事部门都拥有一支庞大的气象工作者队伍,气象工作者已经成为军事部门不可缺少的参谋。

另外,城市规划和建设,港口位置的选择,航运部门,水库设计,大气污染的形成和预报,人体健康等,也都跟气象有密切的关系,都需要各种气象资料和及时的天气预报。

为了使广大青年了解气象科学,我们编写了这本科学普及读物。书里主要介绍大气的各种性质,大气里发生的各种物理现象,天气预报的方法,中国气候的主要特点等。我们在编写中力求深入浅出,通俗易懂,使具有中学文化水平的同志都能看懂。但是,由于我们水平有限,书里可能有不足的地方,恳切地希望读者给予指正。

目 次

一	地球的外衣·····	1
	层状团块结构(1) 大气的成分(7) 大气的状态(9) 大气的冷暖(10) 大气的压力(13) 大气里的水汽(18) 小结(20)	
二	大气的运动·····	22
	大气运动的产生(22) 大气怎样运动(25) 大气运动的形式(35) 大气的垂直运动(37) 大气的不规则运动(41) 辨风知晴雨(42) 小结(47)	
三	云·雾·雨·雪·冰雹·雷电·····	48
	云的形成(48) 各种各样的云(53) 雾(64) 露和霜(68) 从云到降水(70) 雨和雪(71) 冰雹(73) 雷电(77) 观云知雨(85) 闻雷识天(88) 小结(91)	
四	大气里的光象·····	92
	虹(92) 晕(94) 华(96) 霞(98) 海市蜃楼(99) 小结(102)	
五	天气系统·····	103
	气团(103) 影响我国的一些气团(105) 锋(109) 气旋和反气旋(115) 低压槽和高压脊(120) 台风(122) 龙卷风(129) 小结(132)	
六	大气探测·····	134
	大气探测的方法(134) 直接的气象观测(136) 气象雷达(139)	

	气象卫星(145) 世界天气监视网(149) 小结(151)	
七	天气预报	153
	天气图预报方法(154) 外推判断法(157) 相似判断法(158)	
	物理分析法(159) 用电子计算机作天气预报(165) 县站预报方法(170) 中长期天气预报方法(179) 小结(184)	
八	人工影响天气	185
	艰辛的历程(186) 蓬勃发展(189) 方兴未艾(193) 小结(197)	
九	气候	198
	形成气候的主要因素(198) 我国气候的主要特点(200) 我国的多种气候类型(205) 我国的灾害性天气(210) 我国气候之最(215) 世界气候带(223) 气候变迁和气候变动(233) 小结(243)	
十	回顾和展望	244
	气象科学的形成和发展(244) 气象科学的发展趋势(247)	

— 地球的外衣

我们居住的地球是太阳系里一颗普通的行星。在地球外面有一层大气，它象一件外衣罩着地球。风、云、雨、雪等各种天气现象都发生在这里。

层状团块结构

(一)

人们常常把大气层比做空气的海洋，来形容它的范围十分广大。大气的底部是地面，可是上界并不十分明确。因为在大气层外面还有极其稀薄的星际气体，大气的密度(单位体积的质量)随着高度增加而逐渐减小，最后跟星际空间连接起来，它们之间不存在截然分明的界限。

当然，我们还是可以根据物理性质给大气划定一个大致的上界。大气的上界究竟在哪里？由于各人的着眼点不同，答案也不一样。有人着眼于大气里出现的一种物理现象——极光^①来估计大气的上界。根据现有的观测资料，最高的极光高度是 1200 公里。因此，他们认为大气上界的高度大约是

① 极光是经常出现在高纬度地区高空的一种瑰丽的彩色光象，一般是带状、弧状、幕状或放射状的。它是由太阳发出的高速带电粒子激发高层空气分子或原子而形成的。

1200 公里。另外一些人着眼于大气密度接近于星际气体密度的高度来估计大气的上界。根据天文观测数据，星际气体密度大约是每立方厘米一个原子。根据人造卫星观测资料，地球大气密度大约在 2000-3000 公里的高度上就减小到这个数值。他们把这个高度定做大气的上界。

(二)

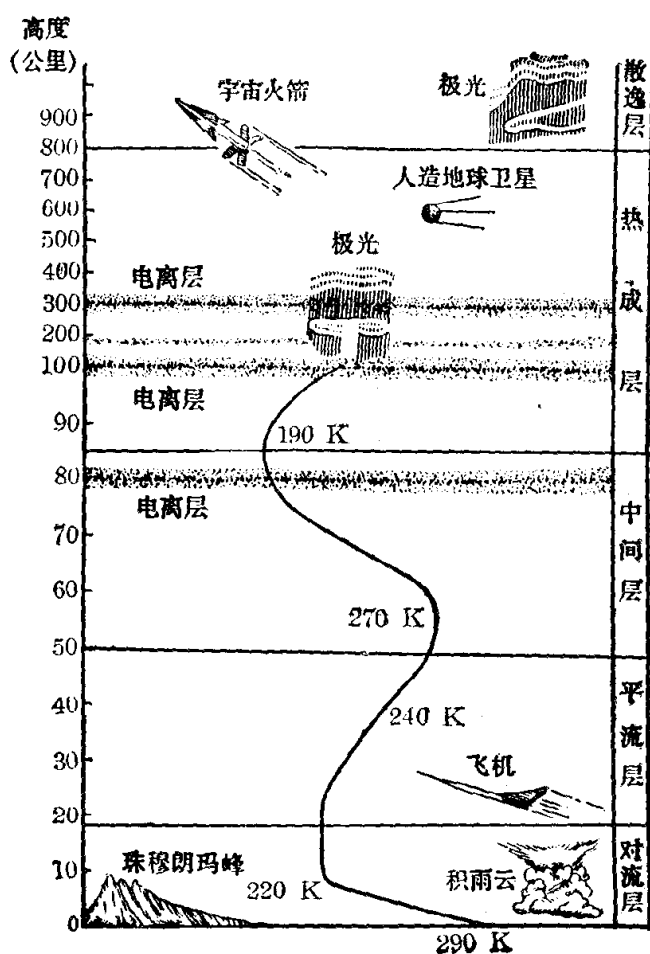
大气层的一个重要特征就是不均匀性。在水平方向上，它可以分成物理性质不同的大块空气团；在垂直方向上，它可以分成物理性质不同的若干圈层。这就是说，大气层具有层状团块的结构。

大气层的一种重要状态特征是它的温度。温度一般用摄氏度做单位，符号是 $^{\circ}\text{C}$ 。摄氏温度标因瑞典天文学家摄尔修斯（1701-1744）在 1742 年创立而得名，它把水在一大气压^①下的冰点定做 0° ，把水在一大气压下的沸点定做 100° 。在英、美等国也有用华氏度做单位的，华氏度的符号是 $^{\circ}\text{F}$ 。华氏温度标因德国物理学家华伦海特（1686-1736）在 1709 年创立而得名，它把水在一大气压下的冰点定做 32° ，把水在一大气压下的沸点定做 212° 。另外，还采用一种开氏温度标，因英国物理学家开尔文勋爵（1824-1907）在 1848 年创立而得名。开氏温度标以 -273.15°C 作为 0° ，分度和摄氏度相同，就是一开氏度等于一摄氏度，开氏度的符号是 $^{\circ}\text{K}$ 。开氏温度标也叫绝对温度标或热力学温度标。1968 年国际计

① 关于气压，下面“大气的压力”一节就要讲到。

量大会决定热力学温度单位不再叫“开氏度”，而直接用“开尔文”，符号是K。现在已经把开尔文定做国际单位制中的温度单位。

世界气象组织规定，按大气温度（简称气温）的垂直分布，大气层粗略地可以分成对流层（也叫对流圈）、平流层



大气层的垂直结构。

（也叫平流圈）、中间层（也叫中圈）、热成层（也叫热成圈）、散逸层（也叫散逸圈）。对流层和平流层之间是对流层顶。平流层和中间层之间是平流层顶。中间层和热成层之间是中间层顶。

（三）

对流层是大气层中最低的一层，它的底部是地面。对流

层集中了整个大气 75% 的质量和 95% 的水汽,各种天气现象都出现在这一层里。因此,对流层对人们的生活和生产活动影响最大,也是气象学家研究的重点圈层。

对流层跟地面接触。大气的热源是被太阳加热了的地表面,所以,大气温度随着高度增加而降低,平均每上升 100 米气温下降大约 0.65°C ,这叫温度垂直递减率。这是对流层的第一个重要特征。

由于各地纬度不同,地表各处的性质不一样,得到和吸收太阳辐射^①的数量和能力有大有小,散发出的热量有多有少,因此各地上空的气温、湿度^②等就很不相同。也就是说,在水平方向上对流层各处的大气温度、湿度等物理状况是不一样的。这是对流层的第二个重要特征。

既然水平方向上对流层各处的大气温度不同,热胀冷缩,空气密度也就不一样。气体轻的上升,重的下沉。暖空气轻,上升;冷空气重,下沉。大气就会发生强烈的对流作用。对流就是气体(或液体)的比较热的部分和比较冷的部分之间相对地发生循环流动的过程,对流层就是因此而得名的。对流把近地面的热量、水分、杂质等向上空输送,在成云致雨过程中发挥重要的作用。这是对流层的第三个重要特征。

对流层的高度因为纬度、季节的不同而不同。比如赤道

① 辐射是物体用电磁波的方式放出能量,包括光和热等。辐射强弱和物体温度有关。电磁波有长短不同的波长。太阳表面温度高,发射出的电磁波波长比较短;地表面温度低,发射出的电磁波波长比较长。

② 关于湿度,下面“大气的成分”一节就要讲到。

地区,对流层高度是 17-18 公里;中纬度地区,对流层高度是 10-12 公里;两极地区,对流层高度是 8-10 公里。

在对流层接近平流层的地方有一个厚几百米到 1 或 2 公里的过渡层,叫做对流层顶。对流层顶的气温从下到上接近于等温,或者说很少变化。平均气温,在低纬度地区大约是 -83°C (190K),在高纬度地区大约是 -53°C (220K)。

(四)

从对流层顶到 50 公里高度的这层大气是平流层。

在平流层里,下部随着高度的增高,气温保持不变或者略有上升;到 25 公里以上,随着高度的增加,气温显著升高;到 50 公里的地方,温度最高,大约在 $-3-17^{\circ}\text{C}$ ($270-290\text{K}$)。这是因为平流层含有大量能直接吸收太阳紫外辐射(紫外辐射的波长比太阳可见光的波长还短)的臭氧(O_3)。臭氧集中的一层也叫臭氧层,它的浓度最大部分在 20-30 公里的高度;不过就在这里,臭氧含量也只占同高度空气体积的十万分之一以下。

平流层的这种温度分布特征,使空气难以对流,一般只能发生水平流动,所以叫做平流层。飞机在平流层里飞行往往“风平浪静”。

平流层里水汽很少,云很难形成。但是,在平流层底部,有时能见到一些对流层里向上伸展得特别高的云的顶部,或者一些分散的丝缕般的薄云。在中、高纬度地区的早晨或黄昏,能见到出现在 20-30 公里高处的珍珠般色彩的云,叫做珠母云或贝母云。

目前,导弹、火箭和飞机进入了平流层,那里的风和空气密度会影响它们的飞行。因此,随着航空、航天事业的发展,平流层的研究显得越来越重要。近代气象学研究表明,平流层对对流层也有影响,例如平流层大气流动情况的改变可以导致对流层里大范围的天气变化,这一点已经受到气象学家越来越大的关注。

(五)

从平流层顶一直伸展到 80-90 公里高度的这层大气,叫中间层。

中间层没有臭氧,没法吸收紫外线,因此气温随着高度的增加而迅速下降,顶部气温低到 -83°C (190K)。

由于上冷下暖,冷空气下沉,暖空气上升,空气的对流运动十分剧烈,所以中间层也叫高空对流层。

在这一层的顶部附近,在高纬度地区的夏季黄昏时刻,有时会出现银白色的云,叫做夜光云。

(六)

中间层顶以上是热成层。热成层的最高高度,一说到 500 公里,一说到 800 公里。热成层空气很稀薄,密度很小。

热成层的第一个特征是气温随着高度增加而很快上升,最高可以达到 1000K 以上。这是因为所有波长比较短(波长小于 1750 埃^①)的太阳紫外辐射被热成层的气体所吸收。但

^① 1 埃等于 10^{-8} 厘米或 10^{-10} 米,是说明光波波长常用的单位。光波波长在国际单位制中也常用微米做单位,1 微米等于 10^{-6} 米,所以 1750 埃等于 0.175 微米。

是到某一高度以上，温度随高度变化不明显。

热成层的第二个特征是空气高度电离。这是由于那里的空气稀薄，在太阳紫外线和宇宙线的作用下，氧分子和一部分氮分子外面的电子被打出来，形成了带正电荷的气体离子和自由电子。含有正离子和自由电子的大气层叫做电离层。不同高度的电子密度不同，电子密度比较高的几层分别叫做D区、E区、F₁区、F₂区，高度依次大约在60-90公里、110公里、160公里、300公里处，它们的高度、厚度和电子密度随昼夜和季节而变化，也受到太阳活动（如太阳黑子等）的影响。电离层能反射短波段的无线电波，使它返回地面，再由地面向上反射，经过连续几次反射，使短波无线电波能向远距离传播。由于电离层的存在，我们才能听到远处电台的短波段播音节目。

(七)

热成层以上的大气叫散逸层。

散逸层的空气已经极其稀薄，同时又远离地面，受地球引力的作用比较小，因此，大气不断向星际空间逃逸。

散逸层里也都是带电粒子，它们的运动受地球磁场的控制。

大气的成分

(一)

大气由多种气体组成，还含有少量固体和液体杂质。

大气里除水汽和固体杂质外的整个混合气体叫干洁大

气。干洁大气里主要成分是氧、氮、氩、二氧化碳，另外还有氦、氖、臭氧等微量气体。按体积计算，干空气里氮占 78.09%，氧占 20.95%，氩占 0.93%，二氧化碳占 0.03%，其他气体合起来还不到 0.01%。90 公里以下，干洁大气成分的比大致不变。90 公里以上，大气成分主要是氮、氧；但是由于太阳紫外线照射，氧、氮已经电离成带电粒子。

(二)

大气里的氧是一切生命所必需的。

氮能冲淡氧的浓度，使氧化作用不至于太剧烈。

大气里的臭氧含量虽少，但是作用很重要。它能吸收太阳紫外辐射，影响大气温度的垂直分布，还能使地面上的生物免受紫外线的杀伤作用。

二氧化碳对太阳短波辐射吸收很少，主要吸收来自地面的长波辐射，同时又向周围空气和地面放出长波辐射。它可以阻碍地面气温的下降，就是所谓“温室效应”。

(三)

大气里还有水汽。水汽主要集中在近地层，含量虽然不多，却是天气变化的重要角色，是形成云、雨的原料。

在一定温度下，一定量空气所能容纳的水汽量是有一个最大限度的。容纳了最大限度量的水汽的空气就叫饱和湿空气。这一能容纳的水汽最大限度量是随温度而变化的。温度越低，所能容纳的水汽最大限度量越小。

表示空气里含的水汽多少的物理量就是我们在上节提到过的所谓空气的湿度。用单位体积空气里所含水汽的质量多

少来表示的湿度叫绝对湿度，常用一立方米空气里所含水汽的克数来表示绝对湿度，例如在 20°C 当空气里水汽达到饱和的时候，绝对湿度是每立方米空气含水汽 17.3 克。如果在 20°C 的空气里绝对湿度是每立方米 13.8 克，只相当于饱和时候的 80% ($13.8 \div 17.3 = 0.8$)，这个百分率就叫相对湿度。

(四)

大气里还有各种固体杂质。

固体杂质是水汽凝结的核心。有了这个核心，水汽才能凝结成云。

大气的状态

(一)

大气是流体，具有一般流体的共同特征：连续性、流动性、可压缩性和粘性。

空气处在什么状态，可以用气压、温度、体积、密度这四个物理量来表示。

(二)

对一定质量的空气来说，体积（或密度）、温度、气压之间有密切的关系，其中一个量变了，其他量也随着发生变化，这叫空气的状态变化。如果这三个量都不变，就可以说空气处在某种状态之中。

通过大量的科学实验表明，一般气体在压强①不太大、温

① 压强指单位面积上所受的力。大气的压强简称气压，所以气压指大气在单位面积上所施的压力。在不严格的情况下，压强和压力两词也常混用。

度不太低的条件下，当温度一定的时候，压强的大小跟密度成正比。也就是说，当温度一定的时候，一定质量的气体的压强跟它的体积成反比。这是因为压强大小决定于在单位面积上单位时间里容器壁受到气体分子碰撞的次数，以及每一次碰撞的平均冲力大小。一定质量的气体的体积越小，也就是气体的密度越大，单位体积里的分子数就越多，碰撞次数也越多，压强就越大。

在密度一定的时候，气体压强跟绝对温度成正比。因为气体温度越高，分子的平均运动速度越大，每一次碰撞的平均冲力越大，并且在单位时间里碰撞的次数也越多，所以气体压强就越大。

大 气 的 冷 暖

(一)

大家都有切身的感觉，那就是气温时高时低，昼夜四季，冷暖更替。

空气变暖和变冷的原因有两种：一种是空气跟外界有热量交换，或冷热空气之间相互有热量交换，叫做非绝热变化；另一种是由于外界压强的变化使空气膨胀或压缩而引起的，跟外界没有热量交换，叫做绝热变化，意思就是隔绝热量的变化。

(二)

空气跟外界交换热量或冷热空气相互交换热量的非绝热变化，有多种方式。