

求知文库
QIU ZHI WEN KU

求知博览

气象科学与观测

邵鹏军◎主编

远方出版社

求知文库

气象科学与观测

邵鹏军 主编

远方出版社

图书在版编目(CIP)数据

气象科学与观测/邵鹏军主编. —呼和浩特:远方出版社,2005.9
(2007.11 重印)

(求知文库/李波主编)

ISBN 978-7-80723-078-6

I. 气... II. 邵... III. 气象观测—青少年读物 IV. P41-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 094121 号

求知文库 气象科学与观测

主 编	邵鹏军
出 版	远方出版社
社 址	呼和浩特市乌兰察布东路 666 号
邮 编	010010
发 行	新华书店
印 刷	廊坊市华北石油华星印务有限公司
开 本	850×1168 1/32
印 张	258
字 数	4000 千
版 次	2007 年 11 月第 1 版
印 次	2007 年 11 月第 1 次印刷
印 数	5000
标准书号	ISBN 978-7-80723-078-6

远方版图书,版权所有,侵权必究。
远方版图书,印装错误请与印刷厂退换。

前 言

《求知文库》是一套介绍科普知识的丛书,涵盖了环境、能源、科技等方面的知识。

现代社会拥有高度文明,人类的物质、精神生活都很丰富。但立足长远,能源贫乏、环境污染、物种灭绝、自然灾害这些问题,却始终困扰着人类,阻碍着社会发展,甚至给人类带来了巨大的灾难。而青年一代正是未来社会发展的主要力量,怎样传承世界文明,使人类能够更和谐、快速地发展呢?答案是青少年应该具备足够的知识,了解前人创造的文明,了解社会发展的现状,在此基础上,发展新科技,保证社会长足发展。

随着“科教兴国”战略的实施,以电视电脑为媒介的科学教育专题节目也越来越多。但考虑到电视传播转瞬即逝,电脑传播还不是很普及,为更方便读者阅读,我们特推出《求知文库》这套丛书。本丛书覆盖面广,语言流畅、通俗易懂,兼顾了科学性和趣味性。希望能给青少年朋友提供一个了解人类

文明、发展的窗口,为青少年朋友增长知识、促进成长尽一份薄力。

本套丛书最大的特点在于:她用鲜活的语言、生动的故事把那些原本枯燥乏味的知识讲得浅显透彻、趣味盎然;把那些生活中经常碰到的或忽略了的日常现象讲得令人恍然大悟、豁然开朗;她真正地把学生课本所学的知识和社会实践融汇贯通了。

在本套丛书的编写过程中,我们得到了许多专家及学者的指导和帮助,在此表示衷心的感谢。在组稿过程中,我们对一些业已发表的稿件进行了采编,有部分未能联系到原作者。望作者见书后与我们联系,以方便寄付稿酬。

编者

目 录

第一章	我们生活的大气	(1)
第二章	大气的能量	(7)
第三章	大气的水分	(22)
第四章	风——大气的运动	(34)
第五章	气候变迁	(38)
第六章	大气探测	(45)
第七章	气象预报	(56)
第八章	减灾	(66)
第九章	气象科技	(86)
第十章	气象是个宝	(108)
第十一章	气象知识小百科	(123)

第一章 我们生活的大气

我们居住的地球被一层大气圈所包围,大气圈随地球一道转动,形成一个整体。如果我们从星际空间去看地球,大气圈就像一层淡蓝色的薄幕紧裹着地球,透过这层薄幕,可以清晰地看到地面上的山脉、海洋等。如果把大气圈看作气体的海洋,我们就生活在这个海洋的底部。

大气圈与我们的关系太密切了。正是有了大气,地球上的人类和各种生物才能呼吸空气中的氧气而生存下来。正是有了大气,在炎热的阳光照射下,地面温度才不至于达到水的沸点之上,而在夜晚,又不至于冷得使生物无法生存。大气圈就像暖房的玻璃,它既让阳光通过、又充分地保存地球上的热量,从而调节地球上的温度使得适于人类和生物生存。大气圈又像一副盔甲,它保护我们不受星际空间来的高能宇宙射线和来源于太阳的紫外辐射的伤害。

正是有了大气,声音才能通过空气传播到我们的耳朵里。正是有了大气地球上的一切才变得气象万千,丰富多彩。风、云、雷、电等在天气舞台上扮演着不同的角色。如果没有大气,现有的一切景象将面目全非,不可思议。

大气还蕴藏着人类取之不竭,用之不尽的自然资源。



大气的组成

与地球一起诞生的原始大气,大约只历时了 9000 万年就被太阳

风扫除了。

不久,地球内部的挥发性物质向地表大量泄漏出来。这就是地质学家所说的脱气过程。这些挥发性物质,主要是二氧化碳、甲烷、水汽、一氧化碳、氨、氮、硫化氢等气体。这些气体组成了次生大气。除了最轻的气体外,地球的重力足以把这些气体“拴住”。使它们不致逃逸到星际空间去。

大约又过了十多亿年之后,地表开始冷却,稠密大气中的水汽凝结成雨降落下来,向坑坑洼洼的地方汇聚,形成最早的江河湖泊,即原始水圈。以后火山不断地爆发,排出的大量水汽又变成雨水回归地面。经过漫长年代的变迁,原始水圈逐渐扩展为现在的汪洋大海和河湖沼泽。次生大气中的二氧化碳和其他气体,逐渐被雨水融解降落到地面,再渗入地下,储存于地壳中。

原始大气的量很大。单是氢一项,就相当于现在构成固态地球的四个基本要素,即镁、硅、铁和氧的总量的 400 倍之多。然而,有趣的是,原始大气在地球形成后,不久就消失殆尽了。这是因为那时地球内部的铁核心尚未形成,地球还没有磁场,强劲的太阳风把没有地球磁场保护的原始大气“吹”跑了。因此,在地球历史的早期,一度没有大气。



大气的结构

那么,大气层到底有多厚呢?

50%的大气质量集中在离地 5.5 公里以下的层次内,在离地 36—1000 多公里的大气内只占总质量的 1%。但无论哪个高度,大气密度都不会接近于零。也就是说,大气圈与星际空间之间很难用一个“分界面”把它们分开。

严格地说,不存在大气圈的这种上界。古人云:不知天高地厚。但是,我们还是可以通过物理分析确定大气圈的最大高度。很多人都

看到过极光,它是部分太阳风带电粒子进入地球磁场,经过复杂的传输过程后,在 200—1200 公里的高空与地球大气中的原子相互碰撞而造成的发光现象。根据观测资料极光是大气中出现高度最高的物理现象。因此,可以把大气上界定为 1200 公里。另外,还可以用接近于星际的气体密度的高度来估计大气的上界。根据人造卫星探测资料推算,这个大气上界大约在 2000—3000 公里高度上。



大气的温度分层

根据大气在垂直方向上的物理性质不同,我们可以把大气分层。如按大气的温度情况来分层,可以把大气分为五层,就是对流层、中流层、中间层、暖层和散逸层。

对流层是贴近地面且最低的一层,它与人类关系最密切。云、雾、雨、雪等主要天气现象都出现在这一层。

对流层内气温随高度的升高而降低。这是由于对流层是吸收地面的热量。地面吸收了太阳辐射的热量,同时它又向大气辐射热量,使上空的空气变热。所以越靠近地面,空气越热;离地面远的空气,受热就少;对流层顶温度最低。对流层中气温随高度而降低的数值,在不同地区、不同季节、不同高度是有区别的。平均而言,每上升 100 米,气温下降约 0.65°C 。赤道地区对流层温度比极区低,冬季又比夏季低。

由于对流层的空气,下面热,上面冷,“头重脚轻”,空气很不稳定,形成了对流。对流运动的强度随纬度和季节的变化而变化。一般说纬度越高,对流强度越弱。夏季要比冬季强。由于对流强度的不同又导致了对流层厚度的不同,从地理分布上,赤道向两极减小。在低纬度地区平均为 17—18 公里,在中纬度地区为 10—12 公里,在高纬度地区为 8—9 公里。但从时间上,夏季较厚,冬季较薄,尤其是中纬度地区,特别明显。

对流层同大气的总厚度相比,显得十分渺小。它还不及整个大气厚度的 1%。但是,它却集中了整个大气 3/4 的质量和几乎全部的水汽。对流的结果又使得高、低层空气均匀混合,使近地面的热量、水汽、杂质往上输送,从而引起了各种天气活动。

对流层厚度随纬度和季节的变化(公里):在对流层和平流层之间,有一个厚度为数百米到 1—2 公里的地渡层,称为对流层顶。在对流层顶里,温度随高度的增加降低得很慢,或者几乎为等温。对流层顶的气温随纬度变化很大。在低纬地区平均为 -83°C ,在高纬地区平均为 -53°C 。对流层顶阻挡了上升的气流,聚集了上升的水汽、尘粒,所以它的能见度很差。对流层顶以上到 55 公里左右为平流层。在对流层底部,有一个约有几公里厚的温度大致相同的区域,到了 25 公里以上,气温随高度增加而显著升高,到 55 公里气温上升至 3°C 。平流层曾有同温层之称,且以前一直认为该层的气流永远是平静流动的。直到 1952 年用探空仪在柏林上空第一次发现了平流层“爆发性增温”现象,在 1—2 天内,平流层温度可以骤升 $30-40^{\circ}\text{C}$ 。



大气的主要气象要素

大气每天都在发生变化。有时,风起云涌,雨雪纷飞;有时则晴空万里,蔚蓝无际。可以用来描述大气状况和现象变化的物理量很多,如气压、温度、湿度、风向、风力、云量、能见度、降水量、日照、辐射等等,这些都是基本的气象要素。下面主要介绍几个气象要素。

1. 大气压力

气象台每天都要发布天气预报。天气预报的主要依据就是气压随时间和空间的变发而发生的变化。一般,一个地方气压降低时多阴雨天气,气压升高时多晴。根据气压计的读数,再参考其他的气象要素变化情况,就可作出简易的天气预报。

气压指大气的压强,即单位面积上所承受的压力。某地的气压值

等于该地单位面积垂直向上,延伸到大气层顶的空气柱的总重量。气压的单位可用毫米水银柱高度来表示,气象上常用毫巴来度量。一毫巴约等于 $3/4$ 毫米水银柱高的压力。地面气压一般在 1000 毫巴左右。

气象上规定,把温度为 0°C 、纬度为 45° 的海平面作为标准情况时的气压,称为 1 个大气压,其值为 760 毫米水银柱高,或相当于 1013.25 毫巴。

压强 $\times$ 体积/温度=常数

这一规律告诉我们,对一定质量的气体,当它的压强维持不变时,则温度和体积的变化成正比;当它的温度维持不变时,则体积和压强成反比;或当它的体积固定时,则压强和温度成正比。人们又把这一式子叫气体状态方程。它还可以写成其他形式。

大气的状态处于不断变化中,但是,如果表示大气状态的气压、温度和体积三者中的任何两个确定之后,则整个大气状态也就确定了。

2. 大气温度

春夏秋冬,寒来暑往,给人最直接的感觉是气温的变化。大气温度是表示空气冷热程度的物理量。温度常与热量联系在一起,但热量与温度却是两个完全不同的概念。热是能量,而温度是一种量度。一支火柴的火焰,会把手指灼痛,说明它的温度很高。但是当用手去摸冬季取暖的散热片却不致于被烫伤。点燃火柴的温度虽然比散热片高,但火柴提供给房间的热量却比散热片少得多。所以可把温度比作测速计的读数。

用来测量温度的仪器叫做温度表。最简单的温度表是根据液体热胀冷缩的原理制作的。我们平常用的和医用的温度表制作比较简单。将一定量的液体(水银或酒精)密封在管径均匀、下端呈球形、内抽真空的玻璃毛细管之中,因管子内径极细,故温度有微小变化,液柱高度就有明显的升降。把这种温度表放在结冰的水中,将此时的液柱高度定为零度,再把它放在沸腾的水中(一个大气压),将这时的液柱

高度定为 100 度,其间刻成 100 等分,即为我们常用的摄氏温标,记作“℃”。如果将水的冰点定为 32 度,沸点定为 212 度,中间划成 180 等分,这就是欧美常用的华氏温标,记作“F”。

科学上常用一种开氏温标,又称绝对温标,记作“K”它的零度等于 -273.18°C ,使用时,常取其近似值 -273°C 。摄氏温标与绝对温标的换算关系为:

$$^{\circ}\text{C} = \text{K} - 273$$

除了液体温度表外,还有材料制作的温度表,如金属片温度表、电阻温度表等等。

第二章 大气的能量

大气忽冷忽热,变化多端。那么,这种变化是怎么形成的呢?大气的能量又来自何处?

我们知道,太阳是一个极为炽热的气体球。其表面温度约 10 000 度,中心温度估计有 2000 万度。太阳不断地把具有电磁能和高速粒子的辐射波向空间辐射。辐射是指物体以电磁波形式向外传递能量的一种方式。太阳以辐射的方式每秒钟向宇宙空间放射了相当于燃烧 116 000 亿吨煤所产生的能量,地球仅能截获其二十亿分之一。但是,这已足够维持地球上的一切自然过程。如果没有太阳能作为基本动力,大气中的一切物理现象和过程就难以发生;如果没有太阳送来的光和热,一切生物就不能生长发育和繁衍后代。所以,人们常用“万物生长靠太阳”这一句话来形容太阳的巨大作用和威力。

因此,太阳是大气中能量的主要源泉。



太阳辐射

太阳时刻以电磁波的形式向宇宙空间传递能量,其能量的放射形式和放射出的能量本身,就称为太阳辐射。太阳辐射所放出的能量,称为太阳辐射能,简称太阳能。

太阳辐射包括电磁辐射和粒子辐射。这两类辐射,都能到达地球大气,其中有些还能到达地球表面。对于地球大气来说,太阳粒子辐射总能量很小,只有太阳电磁辐射总能量的千分之一左右,而且,大部

分太阳粒子,都不能进入地球的主要大气层内,这部分辐射能量是可以忽略的。我们在这里所说的太阳辐射,指的就是太阳电磁辐射。

电磁辐射又称电磁波,它是以光速作波状运动的一种能量。太阳是一个巨大的氢反应堆,这里的聚变使氢燃烧,并转变成氦,从而发射出电磁波,这就是太阳电磁辐射。太阳发射电磁波的本领很强,其波长范围极宽,短至几万分之一微米,长至 10 万米。太阳电磁波包括波长比 10^{-4} 微米还短的 γ 射线,波长为 10^{-2} — 10^{-4} 微米的 X 射线,波长为 0.01—0.39 微米的紫外线,波长为 0.4—0.76 微米的可见光,波长为 0.76—100 微米的红外线,波长为 100 微米至数十厘米的微波,波长为数十厘米至 100 米的短波无线电波,波长为 100—1700 米的中波无线电波,以及波长为 1700 米至 10 万米的长波无线电波。太阳的能量,向宇宙空间的四面八方发射出去,地球截获的辐射能只是极微小的一部分,只有它的二十亿分之一,然而它足以使整个大气运动起来。

测量表明,到达地球外层大气的太阳辐射能量约为 1368 瓦/米^2 , 或者是一平方厘米的面积,一分钟内获得的太阳辐射能量是 $1.95 \text{ 卡/厘米}^2 \cdot \text{分}$ 。这个常数,称之为太阳常数,其数值常不一致,变动于 1.90 — $2.09 \text{ 卡/厘米}^2 \cdot \text{分}$ 之间。

太阳辐射先通过大气圈,然后到达地表,由于大气中的水汽、氧、臭氧、二氧化碳及一些固体杂质对太阳辐射有一定的吸收;空气分子、尘粒、云滴对大气有一定的散射和反射,使投射到大气上界的太阳辐射不能完全到达地面,所以在地球表面所呈现的太阳辐射强度比 $1.95 \text{ 卡/厘米}^2 \cdot \text{分}$ 要少。一般说来,因反射和散射而折回宇宙空间的太阳辐射约占 43%,为地球表面和大气所利用的仅占 57%。在 57% 的太阳能中,有 14% 为大气直接吸收,其余的 43% 以直接阳光和散射光的形式到达地面。



地面辐射和大气辐射

我们知道,太阳辐射有 43% 被地球表面吸收了。那么,地球每天都吸收这么多的能量,温度是不是要越来越高呢? 我们人还能不能生存下去? 实际情况是:地球温度不会热得使我们生存不下去,也不会冷得把我们都冻成冰。

这是因为地球吸收了太阳辐射的能量,同时它又通过地面辐射的形式把所吸收的太阳辐射能量释放出去。这两者大致相等,因此又叫收支平衡。

夏天,我们站在太阳底下活动,会热得汗流浹背,而到了太阳下山,就感到凉快。我们感到的只是直接的太阳辐射,而对地球辐射却毫无感觉。原来,我们所感觉到的太阳辐射,与地表吸收的太阳辐射一样,主要是太阳辐射中能量最大的、波长较短的可见光辐射。而地球表面吸收太阳辐射后所释放出的辐射能量,却是另一种辐射,即一种波长较长、能量较低的辐射。地球保持辐射平衡时所需的平均温度约为 250K,它比地面的实际平均温度(约 300K)低得多,在这样的温度下,辐射能主要集中在 3—120 微米的波长范围内。显然,地面辐射的波长比太阳辐射的波长要长得多,因此,常把太阳辐射称为短波辐射,把地面辐射称为长波辐射。



气温变化

1. 气温的日变化

大气的热量主要来源于地面和长波辐射,地面一方面吸收太阳的短波辐射得到热量,另一方面又放出长波辐射失去热量,如果获得的热量比失去的多,温度就升高;反之,失去的热量比获得的多,温度就

降低。也就是说地温的高低并不直接决定于地面当时吸收太阳辐射的多少,而决定于地面储存热量的多少。早晨日出以后,随着太阳辐射的增强,地面得到的热量多,温度升高,此时地面放出的长波辐射随着温度升高而增强,大气吸收了地面的长波辐射,气温也跟着上升。到了正午,太阳辐射达到最强。正午以后地面太阳辐射强度虽然开始减弱,但得到的热量比失去的热量还是多些,地面储存的热量仍在增加,所以地温继续升高,长波辐射继续加强,气温也随着不断升高。到午后一定时间,地面得到的热量因为太阳辐射的进一步减弱少于失去的热量,这时地温开始下降。地面温度的最高值就出现在地面热量由储存转为损失,地面温度由上升转为下降的时刻。这个时刻通常在午后一点钟左右。由于地面的热量传递给空气需要一定的时间,所以最高气温出现在午后两点钟左右。随后气温便逐渐下降,一直下降到清晨日出之前地面储存的热量减到最小为止。所以最低气温出现在清晨日出前后,而不是在半夜。

2. 气温的季节变化

地球上的天气并不完全受太阳条件所支配,还受到地球自身特点的影响。一方面,地球除了绕太阳公转 9.66 亿公里外,还以大约每小时 1,690 公里(在赤道)的速度,绕地轴作自西向东的自转。这种自转,决定了地球上的风和洋流的盛行方向,对天气的形成产生重要影响。另一方面,地球相对于它的绕日轨道平面是倾斜的,倾斜角是 23.5 度。地球的这种斜着身子旋转的特点,使日光照射到地球上任一地点的角度是有变化的,这也恰好说明了四季形成的真正原因。

有趣的是,地球上最宜人的时候并不在春分和秋分,最炎热和最寒冷的天气也不出现在夏至和冬至。这是因为太阳辐射加热地面、海洋和大气均需要时间,大气的冷却同样需要时间。这与地面附近气温的昼夜变化类似。一年时间内入射短波辐射能量,在夏至时最大,在冬至时最小;射出长波辐射能量在夏至后一个月达最大,冬至后一个月达最小。所以气温也在夏至和冬至后一个月达到最高和最低。同

样,一年内入射辐射能量在春分和秋分时达到全年的平均值。射出辐射在春分和秋分后一个月达到全年的平均值,所以春分和秋分后一个月,那时的气温是全年中最宜人的。

上面所讲的射出辐射,是就陆地而言,或者说就地球上某一块大陆的中部而言。如果是海洋、岛上、沿海地区,情况就不一样了。在海上,一年中最高气温和最低气温不是出现在夏至和冬至后一个月,而是出现在夏至和冬至后两个月,即海洋上的气温以8月为最高,2月为最低。其实,一天之内也有这个问题,最高气温和最低气温不是出现在下午3点钟和清晨,而是出现在更晚一些的时候。为什么?因为入射的太阳辐射穿透固体表面的能力,远不如穿透水层的能力强。深度在200米以内的水层,水温变化直接与入射的太阳辐射有关,只有超过200米深度才不明显。另一原因是,陆地的热容量远不如海洋的热容量大。

3. 陆地和海洋对气温的调节

性质不同的地球表面,吸收太阳辐射的热量,除了都向大气射出长波辐射外,还以不同的热量传输形式向大气输送热量。例如,海洋和大陆,它们都有向大气输送热量的途径。

热量传输有三种方式,传导、对流和辐射。关于辐射,我们前面已讲了很多。传导和对流与辐射有一点明显区别,就是传导和对流必须依靠媒介来传送,而辐射不需要媒介。我们在日常生活中,经常能碰到传导的实例,当用铝制饭盒装热饭菜时,不垫手绢或毛巾之类的东西,就会烫得端不起来,等等。这种热量传送,要靠物质的分子运动来传递。金属类都是很好的热导体,而地面和大气都是热的不良导体,所以通过这种方式交换的热量很少,与对流和辐射两种方式比起来,可以忽略不计。只有在考虑贴近地面层,特别在近地面几厘米薄的气层中的情况时,热传导才是重要的。

对流,是借助传热物质本身的运动或质点的运动来进行热量传输的。因此,它只能在液体或气体中进行。在对流过程中,运动着的物