



大气的奥秘

魏以成编

科学普及出版社

大 气 的 奥 秘

魏 以 成 编

科 学 普 及 出 版 社

内 容 提 要

这是一本介绍气象基本知识的科普读物。作者以生动的文笔，深入浅出地向读者介绍了许多神秘而有趣的自然现象，如大气电离层与无线电波传播的关系；大气中的奇光异彩是怎样形成的；看云怎样识天气；雨雪世界的奥秘等。作者力求把科学性、知识性寓于趣味性之中，因而阅读时会感到生动有趣。

本书可供具有中等文化程度的读者阅读。

大 气 的 奥 秘

魏 以 成 编

责任编辑：李文兰

封面设计：潘 金

科学普及出版社出版（北京海淀区白石桥路32号）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
怀柔县孙史山印刷厂印刷

开本：787×1092毫米1/32 印张：4¹/₄字数：93千字

1984年6月第1版 1984年6月第1次印刷

印数：1—15,420册 定价：0.50元

统一书号：13051·1382 本社书号：0772

目 录

一、 大气巡礼	1
大气的面貌	1
大气的分层	3
奇妙的电离层	6
“马纬度”的传说	10
大气的运动	11
季风与远航	15
人类的保护者	18
二、 大气中的声、光、电	21
寒山寺的钟声	21
空中彩桥	25
峨眉宝光	28
蓬莱仙境	30
极光	33
霞、华、晕	35
扁太阳与方太阳	39
大气中的电现象	42
圣爱尔摩火之谜	43
打雷与闪电	45
三、 大自然的图画——云	50
云的来龙去脉	50
在云的家族里	51
怎样看云识天气	53

四、在奇妙的雨雪世界里	58
雨从何处来	58
雨的形形色色	61
冷蛋的秘密	68
雪花的千姿百态	73
彩雪纷飞	78
奇雨的来历	79
五、天气变化的秘密	82
从诸葛亮借东风谈起	82
形形色色的风	84
冷气团与暖气团	92
大气运动中的漩涡	97
高空与地面	101
气候为什么会反常	104
六、风云可测	108
天气图的诞生	108
气象台怎样作预报	110
电子探空	114
千里雷达测风云	116
遨游太空的气象卫星	119
用电子计算机预报天气	123
未来的气象学	124
七、呼风唤雨 前程似锦	127

一、大气巡礼

大气的面貌

朋友，你见过海洋吗？那辽阔浩瀚的海洋，波涛汹涌，一望无际。它时而风平浪静、碧波荡漾，时而狂风怒吼，巨浪翻卷，真是气象万千！

说起太平洋、大西洋、印度洋，你也许已经很熟悉了，然而，还有一个更大的海洋，那就是空气的海洋——大气。

地球的周围包围着一层厚厚的大气，人类就居住在这个大气海洋的底部。在这无边无际的大气海洋里，发生着种种壮观有趣的自然现象，使我们居住的地球，显得生机勃勃、绚丽多彩。

大气海洋里发生的各种自然现象，与人类生活密切相关，自古以来就引起人们的极大关注和浓厚的兴趣。但是，为了探索大气海洋的奥秘，人们却经历了漫长的岁月，走过了曲折的历程。

早在二百多年前，人们对空气了解得还很少。因为空气这个东西，摸不着，看不见，无色无味，人们简直感觉不到它的存在。空气究竟是由什么气体组成的，这对很多人来说，还是一个难解的谜。

1771年，年轻勤奋的瑞典药剂师卡尔·舍勒，在做一次化学实验时，偶然发现黄磷在玻璃瓶里燃烧以后，瓶里的空气忽然少了五分之一，而剩下的五分之四，既不能支持燃

烧，也不能维持生命，这到底是些什么气体呢？失去的五分之一气体又是什么？

这件事引起了法国著名化学家拉瓦锡的兴趣，他又做了许多实验，最后证实空气是一种混合气体。其中五分之一是能帮助燃烧、维持生命的氧气，而剩下的五分之四是不能帮助燃烧也不能维持生命的氮气。当时人们以为空气就是由这两种气体组成的。

后来才知道，除了氧气和氮气以外，空气里还有好几种气体。比如氢、二氧化碳、氦、氖、氩、氪、氙、臭氧等等。在所有这些气体中，以容积计，氮气和氧气的成分最多，它们分别占了空气总容积的78.09%和20.95%。至于氢、氦、氖、氩、臭氧等，它们所占空气总容积的百分数合起来还不到0.01。

除了上述气体外，在整个大气层中，还含有一定数量的水汽和各种尘埃杂质。它们是形成云、雾、雨、雪等天气现象的重要角色。

尽管空气这个东西来去匆匆，无踪无影、似乎不可捉摸，但它也象其他物质一样，是有重量的。整个大气海洋里的空气质量大得惊人，据科学家估算，整个地球上空就有五千多万吨重的空气。一个成年人身上大约要受到十二到十五吨重的空气压力。

好家伙！这么大的压力不是要把人压扁了吗？怎么我们平时一点也感觉不到呢？

原来，这是由于我们身体内部还有一个与外部压力相平衡的内压力，内外压力相抵消，就感觉不到外部的巨大压力了。随着地面高度的增加，大气压力会逐渐减少。在5公里以下的大气层中，一般每升高10米，大气压力约下降1毫巴。随着高度的增高，每下降1毫巴气压所需的高度也逐渐

增高。

由于地球引力的作用，整个大气质量的十分之九都集中在 16 公里以下的大气层里。而到了 260 公里的高空，大气的密度就只有地面大气密度的一百亿分之一了，世界最高峰——珠穆朗玛峰的空气密度，也只有海平面空气密度的二点六分之一。

大 气 的 分 层

经过人们的无数次探测研究大气的面貌，了解得日益清楚了，大气海洋的奥秘也逐渐被揭晓。

现在已经知道，地球大气层的厚度大约有二、三千公里。由于各个不同高度上的大气特性不同，因此，气象学家往往把大气划分为几个层次（图 1）。

最下面一层叫对流层。在中纬度地区的平均厚度为 10—12 公里，在赤道地区为 16—18 公里，两极地区为 7—10 公里。

对流层的突出特点是气温随高度升高而降低，这是因为对流层空气的增热主要是依靠吸收地表面的热量，气层越靠近地面，获得的热量愈多，温度也愈高，相反，离地面愈远，则温度愈低。

对流层气温随高度递减的状况是，平均每上升 100 米，气温下低 0.65°C ，到了对流层顶部，温度已经下降到零下五、六十度了。但在个别情况下，局部地区的某一个层次内，也会出现温度随高度增加而增加或不变的情况。

对流层的另一个特点是，空气具有强烈的对流运动，结果使上下层的水汽、尘埃及热量等等发生交换混合，改变了

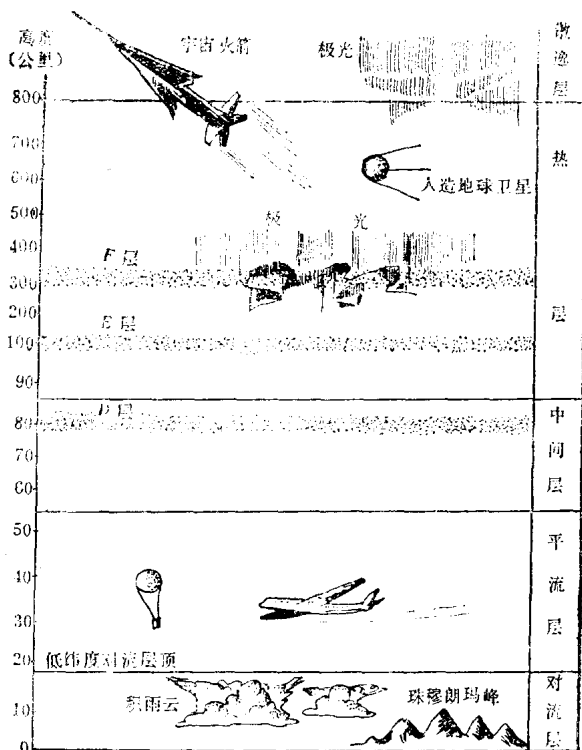


图1 大气的结构

它们的垂直分布状况。对流运动的产生，使得近地面的热量、水汽及固体杂质等易于向上输送，这是兴云致雨，造成各种天气现象的重要条件。象风霜雨雪、云雾冰雹等各种天气现象都发生在对流层里。

在对流层内，还表现为温度、湿度水平方向的不均匀性。例如，在寒带内陆上空的空气，因缺乏水源和受热较少，就显得冷而干燥；而在热带海洋上空的空气，因受热较多，水汽充沛，就比较温暖潮湿。

从对流层往上到大约五十公里的高空是平流层。这里空气稀薄，水汽和尘埃很少，没有对流层中所常见的彩云飘荡、雪飞雾漫等天气现象。因此，平流层很宜于飞行。

平流层的下半部（离地面 20—30 公里），有一个臭氧层。它的存在，好象在大气中张起一个无形的巨大网筛。它筛掉了大部分太阳紫外线，使地球上的生物免遭过量紫外线的灼伤而死亡。紫外线是一种比太阳的紫色光波长更短的、人眼看不见的光线。这种光线如果长时间照射人体或其他生物，能使蛋白质分解，使生命细胞遭到破坏而死亡。而臭氧层正好能吸收大部分紫外辐射，因此，对地球生物起到保护作用。

平流层也并不是都那么“风平浪静”，这里的风速有时会猛增到每秒 250 米。要知道，地面上的台风、飓风的风速，也只不过每秒 40—70 米，最大时 100 米/秒。有趣的是，平流层的风速虽然有时增大到同样的程度，但若置身其中，却不会被刮倒，因为这里的空气密度实在太稀薄了。

从平流层往上到 85 公里的高空是中间层。这一层的气温随高度升高而降低，一直降到 -90°C 左右。中间层的顶部略有少量水分，偶尔能见到银白色的夜光云。

从 85 公里往上，温度又回升了。开始上升很缓慢，每公里升高不超过 5°C ，但过了 120 公里以后，温度就迅速增加，在距地面 400 公里的高空，温度竟上升到 $3000-4000^{\circ}\text{C}$ 。所以，85—500 公里这一层，称为热层或暖层。热层的高度是有变动的，在太阳活动最小的时期可低至 360 公里，太阳活动最强时期可高达 700 公里以上。

热层以上就是大气的外层了。其下限约在 800—1000 公里，上限约在 3000 公里。这里是地球大气圈与星际空间的

过渡地带。因为这里的空气非常稀薄，温度又高，一些高速运动着的大气分子、原子拼命挣脱地球引力的束缚，逃逸到宇宙太空中去。所以，这一层又称为散逸层。

奇妙的电离层

当你打开收音机的时候，悠扬悦耳的音乐便传播开来，我们不仅可以听到近距离广播电台的节目，而且还可以听到更远距离的广播节目。

你知道收音机为什么能接收到数百、数千公里以外的无线电广播吗？无线电波究竟是怎样传播的？

为了揭示无线电波传播的秘密，就必须对大气电离层作一番考察。因为无线电波之所以能翻山越岭，飞渡重洋、跨过田野和森林……迅速向四面八方传播开去，主要靠的就是大气电离层的帮助。

前面已经谈到，从离地面 85 公里起到 800 公里处的这层大气，叫热层。它的特点就是气温随高度升高而迅速上升，其中离地面约 400 公里左右的地方，气温竟高达三、四千度，而且大气中的空气分子具有很强的导电性，这是怎么回事呢？

原来，这是太阳紫外线在起作用。强烈的紫外射线穿过该大气层时，能使空气分子大量电离为正离子和自由电子，从而形成了电离层。

那么，为什么电离层偏偏出现在离地面 85—800 公里这个高度范围呢？

事实上，当太阳光照射大气层时，在所有的大气层中都会发生电离作用，只不过是各层的电离程度不同而已。在大气层

的最上层,由于空气过于稀薄,空气质点数量很少,产生出来的电子和离子数也很少。太阳光到达近地面层附近,由于已经穿越了厚厚的空气层,紫外线的能量被减弱得很多,地面空气的电离过程也显得非常微弱。而在大气中层,离地面85—400公里这个范围里,空气既不太稀薄,阳光穿越的空气层又不太厚,紫外线的能量几乎没有减弱,因此,在这一层电离过程最为强烈,形成了电离层。

科学家是在二十世纪初发现电离层的。从那以后,人们通过多种途径和方法,对电离层进行探测和研究,尤其是火箭、人造卫星和宇宙飞船等新技术发展后,对电离层的知识大大丰富起来了。

现在,人们已经知道:电离层共有四个不同的层次,各有不同的特点。

最下面的一层叫D层,离地面约60—80公里。D层中被电离出来的电子数量最少,它一般只在白天出现,夜间消失,对无线电波不起反射和折射作用。

D层上面的一层叫E层,离地面的高度约为100公里。E层中的电子数目比D层多,它是电离层中最稳定的一层。E层以上还有F层,它离地面的平均高度约为300公里,那里每立方厘米体积内,包含的自由电子数达 10^5 — 10^8 个(图2)。

整个电离层的变化很复杂,电离层的高度和所含电子的数量,经常发生变化。有的层只在白天出现,夜间消失;有的层会突然出现,一会儿又消失。

电离层的发现,对近代无线电通讯技术的发展,起了重要作用。为无线电波的远距离传播开拓了广阔的前景。

大家知道,无线电广播电台通过强大的天线,向四面八

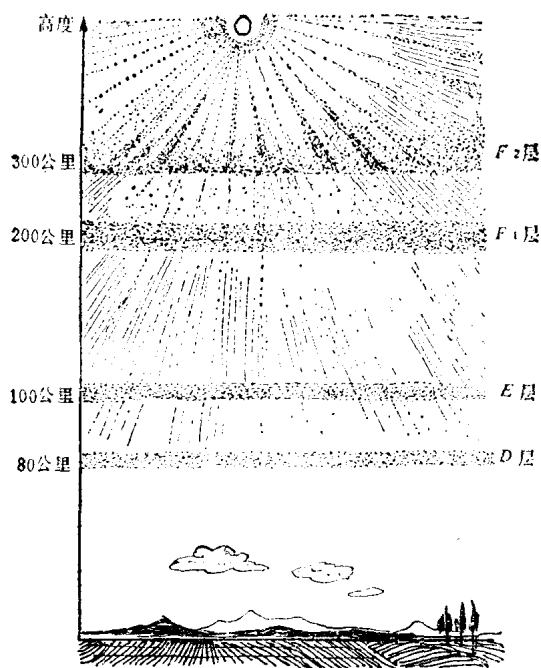


图2 电离层的垂直结构

方发射无线电波。发射的电波可以分为两部分：一部分是沿地球表面方向向前传播的，叫地波；另一部分则向天空方向传播，叫天波。天波传播到高空，碰到电离层时，就会反射回来。天波改变了原来前进的方向，折向远处的地面，地面再把电波反射到高空，电离层又把电波反射到地面。经过几次这样的反射传播，电波就被传到很远很远的地方去了（图3）。

试验证明：由于无线电波发射的波长不同，它在电离层中的反射情况也不同。波长较短的电波，通过地波传播出去的距离，要比通过天波传播出去的距离短得多。因此，远距离

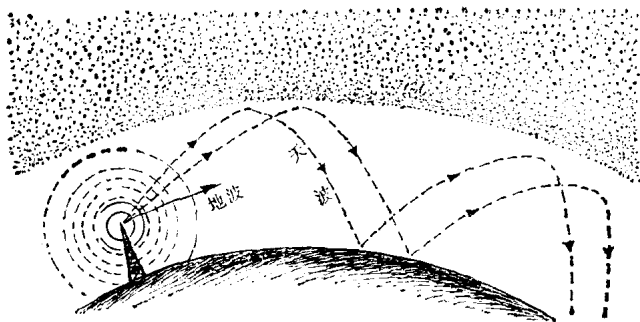


图3 电离层对电波的反射作用

的无线电通讯，大多要靠波长较短的短波，通过天波来进行（图4）。

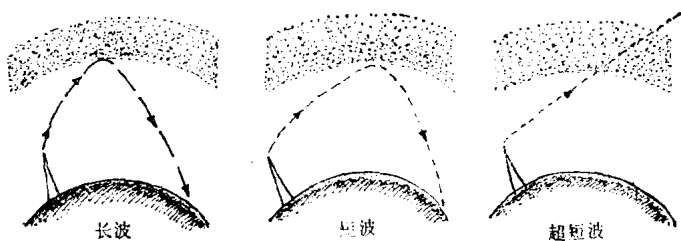


图4 电离层对不同波长的反射情况

电离层中，由于各层所处的高度和所含的电子数量不同，它们反射无线电波的本领也各不相同。

D层因含电子数量太少，一般不起反射作用。E层只能反射波长较长的电波，当波长逐渐缩短时，电波能穿过E层，到达F层，再由F层反射出去。一般说，波长越长，穿越距离越短；波长越短，穿越的高度越高，电波传播的距离越远。但当电波波长短到一定限度后，它就要穿过F层，而不再反射

回地面了。因此，在无线电通讯工作中，就有一个寻找所谓电离层临界频率的问题。也就是使我们所选取的电波波长，既不太长，又不太短，恰好能被电离层所反射。如果电波波长选得太长，电波在传播过程中就会被削弱很多，损耗太大，讯号传到远处就听不清楚了。相反，如果电波波长选得太短，就可能穿过电离层而不再反射回来。因此，需要根据电离层的具体情况，选择适合应用的最佳电波频率。

“马纬度”的传说

四百多年前，当航海探险家麦哲仑带领船队，第一次成功地穿越南美洲连接大西洋与太平洋的麦哲仑海峡，越过南半球的西风带，向太平洋驶去的时候，水手们都感到非常惊奇：在长达几个月的航程中，大海显得非常顺从人意。开始，海面徐徐吹着惬意的东南风，把船队一直推向西行。后来，东南风渐渐减弱了，大海变得从未有过的平静，既无风又无浪，使已经疲惫不堪的水手们免受风浪袭击之苦，顺利地到达亚洲的菲律宾群岛。水手们无不惊喜地感叹：“这真是太平之洋啊！”太平洋从此得名。

但是，在靠风帆航行的时代，海上无风并不都是件好事。有时航海家就吃够了海上无风的苦头。

十六世纪初，欧洲一些国家曾组织大批船队，装运马匹运往新发现的美洲大陆。因为美洲大陆在发现前，那儿没有马。从欧洲航行到美洲，要越过辽阔的大西洋。当船队沿着北纬30度附近的大西洋航行时，时常会碰到这样的怪事：这一带常常连一点风丝也没有，大海象死一般地寂静。靠风力推动的帆船，这时只得停在那儿，等候顺风的到来。有时

一等就是十天半个月,时间长了,马匹因吃不到青草、淡水而病倒、死亡。最后马都死光了,成批成批地扔到海里。这种情况,在南纬 30 度附近的海面上也曾发生过。于是,当时人们给这个令人苦恼的无风带起了一个古怪的名字:“马纬度”。海员们一听到这个名字,都颇有惧色。

无论是麦哲仑还是那些贩运马匹的商人,当时他们都不知道,为什么地球上有些地方老是吹一致的东南风,而有的地方却又总是如此风平浪静,连一丝风影也没有?

现在,气象学家已经给我们揭示了这个“马纬度”之谜。原来,这是由于地球大气中存在着大体上固定的风带造成的。麦哲仑船队在通过太平洋时,开始遇到的正是南半球的“东南信风带”,渡过“东南信风带”后,便进入“赤道无风带”;而“马纬度”所在,正是南北半球的“副热带无风带”。

大 气 的 运 动

大气犹如一部巨大的机器,日以继夜地不停地运动着。它的运动形式多种多样,范围有大有小。前面所谈到的“风带”,就是一种大规模的大气运动形式。

那么,这些风带是怎样形成的?为什么它们的风向会常年不变呢?

大家知道,我们的地球是一个巨大的球体,当太阳光从遥远的宇宙太空向地球射来时,地球上各个地方所接受到的太阳光热是不同的。显然,赤道和低纬度地区受热多,极地和高纬度地区受热少。受热多的地方,空气容易膨胀,变轻上升,受热少的地方,空气收缩下沉,这样就使赤道地区上空

的气压高于极地上空的气压。这种气压的南北差异，促使赤道上空的空气向极地流动。赤道上空的空气不断流出，空气质量逐渐减少，地面气压下降而形成一个常年存在的低气压区。这个低压区称为赤道低压区。在极地上空，因有空气不断流入，地面气压就会升高而形成一个高气压区，称为极地高压区。于是，在大气低层就出现了极地气压高于赤道气压的气压差异，产生了自极地流向赤道的气流。这支气流到达赤道地区时，又增热上升，补充赤道上空流走的空气质量。这样，在赤道和极地之间就形成了一个南北向的闭合环流，气象上称为哈特莱环流。

哈特莱环流没有考虑地球转动及不均匀地面对大气运动的影响。实际上，大气运动时时刻刻都受到地球自转运动所产生的偏向力的作用。由于地球自转的关系，在北半球，空气流动的方向要发生向右的偏转；在南半球要发生向左的偏转。这样，当赤道上空的空气在向南北两极流动时，它的运动方向就要不断发生向右或向左的偏转。大约到了纬度 30° — 35° 附近的高空，气流偏转方向接近 90° 。也就是说，原来是南北方向的气流，逐渐变成东西方向的了。这样，从赤道上空源源不断流动过来的空气，受到这股东西方向气流的阻挡，渐渐堆积起来，空气开始下沉，结果使这一层内中下部的大气压力增高，形成了一个势力庞大的高气压带。由于这个高气压带正好位于南北半球的副热带区内，因此称为“副热带高压带”。这里常年盛行下沉气流，缺云少雨，风影无踪，是一个无风带，这也就是“马纬度”的秘密。

除了赤道无风带和副热带无风带外，南北半球还有好几个风带，如东南信风带、东北信风带、盛行西风带以及极地东风带等（图 5）。