



奇妙的自然现象丛书

流畅细致的文字

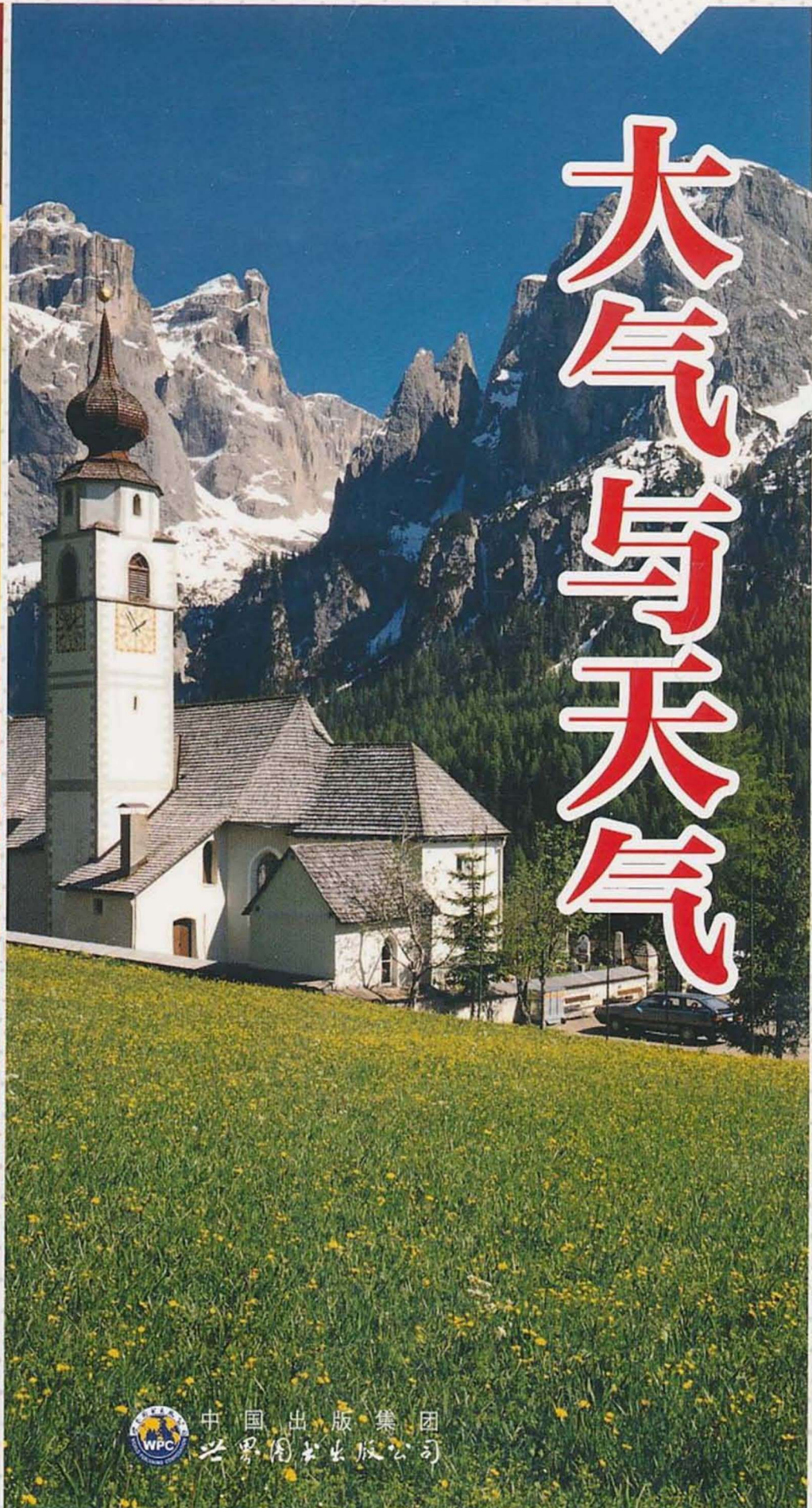
本书编写组◎编

精美独特的插图

大方优雅的版面

QIMIAO DE ZIRAN
XIANXIANG CONGSHU

大气与天气



中国出版集团
世界图书出版公司

图书在版编目 (CIP) 数据

大气与天气 / 《大气与天气》编写组编. — 广州 :
广东世界图书出版公司, 2010. 7
ISBN 978 - 7 - 5100 - 2514 - 3

I. ①大… II. ①大… III. ①大气科学 - 普及读物②
天气学 - 普及读物 IV. ①P4 - 49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 147785 号

大气与天气

责任编辑: 李欣鞠

责任技编: 刘上锦 余坤泽

出版发行: 广东世界图书出版公司

(广州市新港西路大江冲 25 号 邮编: 510300)

电 话: (020) 84451969 84453623

http: //www. gdst. com. cn

E-mail: pub@ gdst. com. cn, edksy@ sina. com

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京燕旭开拓印务有限公司

(北京市昌平马池口镇 邮编: 102200)

版 次: 2010 年 9 月第 1 版第 1 次印刷

开 本: 787mm × 1092mm 1/16

印 张: 13

书 号: ISBN 978 - 7 - 5100 - 2514 - 3/P · 0053

定 价: 25.80 元

若因印装质量问题影响阅读, 请与承印厂联系退换。

前 言

包围着地球的空气被称为大气，我们人类就生活在地球大气的底部，并且一刻都不能离开它。大气为地球生命的繁衍，人类的发展，提供了理想的环境。大气处于不停的运动变化之中，这种一刻也不停息的运动变化造成了天气的千变万化。天气的状况，深刻地影响着人类的生产生活。

我们把天气定义为不断变化着的大气状态，既是一定时间和空间内的大气状态，也是大气状态在一定时间间隔内的连续变化，即天气现象和天气过程的统称。天气现象是指风、云、雾、雨、雪、霜、雷、雹等发生在大气中的各种自然现象，而天气过程是指天气现象在一定地区随时间的变化过程。

大气层底部的对流层是天气现象出现的圈层，基本上所有的天气现象都发生在这里。天气的变化主要是大气温度、气压和含水量变化的结果。大气温度的不同，形成了冷暖气团，冷暖气团的相遇形成了锋面，从而发生降水，这是我国主要的降水天气系统。大气气压的不同，导致空气发生流动，即形成了风，尤其是大气气压不同导致的气旋和反气旋，更是形成各种各样的奇妙的

风的根源。大气中的水汽，更是深刻地影响着天气的状况，可以说，地球上丰富复杂的天气状况，主要是有赖于水汽在其中发挥的作用。

大气中的水汽可谓变化万千，云、雾、雨、雪、雹、霜、露、凇，都和水汽有着紧密的联系。云是停留在大气层上的水滴或冰晶胶体的集合体，它是地球上庞大的水循环的有形的结果。雾是在水气充足、微风及大气层稳定的情况下，接近地面的空气冷却至某种程度时，空气中的水汽凝结成细微的水滴悬浮于空中，使地面水平的能见度下降的天气现象。而雨雪则是大气不能承受云的质量而降水的结果，由于大气温度不同而形成雨或雪。雹霜露凇，也都是水汽在特定情形下的华丽变身。

本书就是对这些大气现象和天气情况进行了一次系统的分析和说明，对造成各种天气状况的原因进行了讲解，尤其是与人们日常生活密切相关的雨、风、雷电等天气现象进行了专章介绍。

人们在对大气与天气的认识上，从古到今积累了许多的经验，并且形成了流传广远的谚语，本书也对这些天气谚语进行了介绍，并配合科学的分析，让读者明白其中的科学道理。

编者

contents

第一章 地球大气 1

- 第一节 地球大气的由来 1
 - 第二节 人类对地球大气的认识过程 5
 - 第三节 地球大气的组成 10
 - 第四节 大气的垂直结构 14
 - 第五节 影响天气的气压带和活动中心 18
-

第二章 大气运动与天气 23

- 第一节 和天气有关的几个概念 23
 - 第二节 影响天气的气团 27
 - 第三节 大气中的锋与天气 35
 - 第四节 气旋与反气旋 47
 - 第五节 寒潮 54
 - 第六节 副热带高压 57
 - 第七节 预测天气 62
-

第三章 形态各异的水汽 67

第一节 大气中的水汽 67

第二节 云 71

第三节 雾 78

第四节 雨与雪 82

第五节 冰雹 86

第六节 霜露凇 91

第四章 雨和梅雨 97

第一节 成因不同的降雨 97

第二节 雨量和分级 101

第三节 人工降雨 104

第四节 地球上的多雨带 107

第五节 梅雨来临 108

第六节 正常梅雨和异常梅雨 111

第七节 我国的梅雨天气过程 116

第五章 奇妙的风 122

第一节 风的成因 122

第二节 风向和风力等级 126

第三节 阵风与季风 131

第四节 海陆风与山谷风 135

第五节 焚风与干热风 142

第六节 旋风与龙卷风 145

第七节 台风 150

第六章 电闪雷鸣 158

第一节 闪电的成因 158

第二节 闪电的过程和形状 162

第三节 雷鸣的产生过程 168

第四节 雷电的危害与预防 169

第七章 天气谚语及验证 174

第一节 云雾 174

第二节 雨雪露霜 180

第三节 风 186

第四节 雷电 193



第一章 地球大气

人类赖以生存的大气，是围绕着整个地球的一个巨大的气体圈层，称为大气圈。大气在没有污染的情况下是透明、无色、无味、无臭的。这层大气由许多种气体组成，其中所包含的氧气对于人类的生存最为重要。这层空气可以传递声波，帮助人类进行语言交流。这层大气的存在，还可以阻止有害于人类健康的辐射线进入人类居住的环境，保护人类的正常生活和世代繁衍。可以说，大气对于人类的生存和社会的进步非常重要。

这层大气处在不停的运动之中，我们所感到的风就是空气运动的表征。大气的存在和不断运动的过程，才造成了地球上的生生不息，也造成了天气的千变万化。

第一节 地球大气的由来

大气以它变幻莫测的魅力吸引着人们。很早以前，人们就对这令人扑朔迷离的大气世界，产生了极大的兴趣。特别对于它的“身世”是最关心的了。大气是怎样诞生的？原始大气是什么样子？是否与今天的大气一样？……这一系列的问题，一直争论至今。人们都承认，地球大气是伴随着地球的形成过程，经过了亿



万年的不断“吐故纳新”，才演变成今天的这个样子。但它是怎样演变的呢？一般认为，地球大气的演变过程可以分为三个阶段。

第一个阶段是原始大气阶段。大约在 50 亿年前，大气伴随着地球的诞生就神秘地“出世”了。也就是星云开始凝聚时，地球周围就已经包围了大量的气体。

原始大气的主要成分是氢和氦。当地球形成以后，由于地球内部放射性物质的衰变，进而引起能量的转换。这种转换对于地球大气的维持和消亡都是有作用的，再加上太阳风的强烈作用和地球刚形成时的引力较小，使得原始大气很快就消失掉了。

第二个阶段是次生大气阶段。地球生成以后，由于温度的下降，地球表面发生冷凝现象，而地球内部的高温又促使火山频繁活动，火山爆发时所形成的挥发气体，就逐渐代替了原始大气，而成为次生大气。

次生大气的主要成分是二氧化碳、甲烷、氮、硫化氢和氨等一些分子量比较重的气体。这些气体和地球的固体物质之间，互相吸引，互相依存。气体没有被地球的离心力所抛弃，而成为大气的第二次生命——次生大气。

第三个阶段是今日大气阶段。随着太阳辐射向地球表面的纵深发展，光波比较短的紫外线强烈的光合作用，地球上的次生大气中生成了氧，而且氧的数量不断地增加。有了氧，就为地球上生命的出现提供了极为有利的“温床”。

经过几十亿万年的分解、同化和演变，生命终于在地球这个“襁褓”中诞生了。原始的单细胞生命，在大气所纺织成的“摇篮”中，不断地演变、进化，终于发展成了今天主宰世界文明的高级人类。今天的大气也在这个过程中，获得了如此一个“美满



的家庭”。

今天的大气虽然是由多种气体组成的混合物，但主要成分是氮，其次是氧，另外还有一些其他的气体，但数量是极其微小的。今天的大气之所以形成这种情况，是由于地球长期演化的结果。

关于今天的大气成分为什么是这样，它们是怎样长期演化来的，目前主要有两种看法。一种看法认为，今天的大气就是从地球原始大气演化而来的。另一种看法则认为，原始大气已经不存在了，现在的大气是由于地球内部火山活动所喷发出的物质演化成的。为了分析说明这个问题，我们可以和地球的左邻右舍（金星和火星）进行一下对比。根据探测资料，金星的大气成分主要是碳酸气，它的下部主要是二氧化碳，另外还有少量的氧、氮、碳、氖、氩、水汽，上部有原子状态的氧。火星的大气成分主要是二氧化碳，另外还有些氮、氢、氧、水汽等物质。那么是不是以前的大气也是这样的呢？

作为一个问题可以这样考虑：假如地球原始大气也是以碳酸气为主的话，那么为什么和今天以氮和氧为主的成分不一样？假如地球大气主要是火山喷发出来的，根据现在火山喷发的资料来看，火山喷发物质中主要是，水汽占 81%，二氧化碳占 10%，另外还有氮、硫等等，但没有游离状态的氧。由此可见，无论是从原始大气来看，还是从火山喷发气体中的这些物质来看，氧的成分都很少。而且大气中自从有了自由氧，才可能有臭氧的形成。有了氧，原始大气中的一氧化碳经过氧化成为二氧化碳，甲烷经氧化成为水汽和二氧化碳，氨经氧化成为水汽和氮，因而二氧化碳才占优势。

二氧化碳在初始大气中占的分量很大，但是由于光合作用的

发展，碳大量地被用来构成生物体，另外一部分碳溶解于海洋，成为海洋生物发展的一种物质。当大气中的二氧化碳较多时，溶解到海水体中的二氧化碳就相对增多。现在有一种看法认为，由于化石燃料的燃烧，二氧化碳的浓度在增大。但在二氧化碳浓度增大的同时，自然界生态平衡的结果也不可能使二氧化碳的浓度过分地增大，一定有一部分要溶解到水体中去。

再一个成分就是氮。现在大气中的主要成分是氮，但从原始大气中或火山喷发气中来看，氮的成分是很少的，只有百分之几。而现在氮的增多，主要有 2 个原因：①氮的化学性质很不活跃，不太容易同其他物质化合，多呈游离状态存在；②氮在水中的溶解度很低，氮的溶解度仅相当于二氧化碳的 $1/7$ ，所以它大多以游离状态存在于大气中，由于二氧化碳的减少，大部分初始水汽又变成液态水，成为今天的水圈，相对来说，氮和氧的比例就增多了，所以今天氮有这么多，是和氮本身的特性有关的。当然，氮也进行着循环，一些根瘤菌可以吸收氮，使得一部分氮参加到生物循环里去，这些物质在腐烂分解后，又放出游离的氮；也有一小部分氮进入到地壳的硝酸盐中。

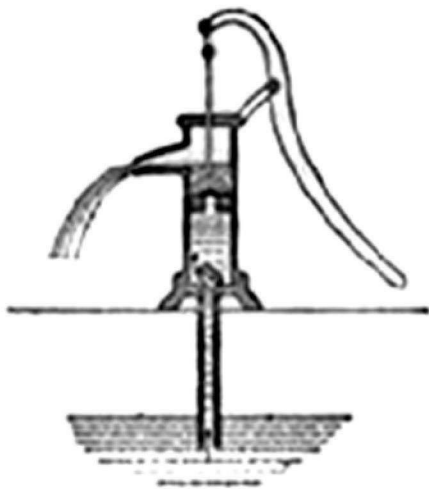
氮虽参加循环，但大部分呈游离状态存在，相对来说，它的数量在增多，以致成为大气的主要成分。由此我们可以得出两点结论：①现在的大气成分是地球长期演化的结果，是和水圈、生物圈、岩石圈进行充分的物质循环的结果。可以说，这几个圈层是相互联系，互相渗透的一个整体。②现在的大气成分还在不断进行着循环的过程之中，而且这个过程基本是平衡的，稳定的，在短时期内不是会有明显变化的。

第二节 人类对地球大气的认识过程

从宇宙空间看地球，包围在地球外部的一层美丽而又千变万化的气体，总称为大气或大气层。大气层以地球的水陆表面为其下界，称为大气层的下垫面。不要小看这句话，这句话是人类对大气进行思索，设计实验，野外观测和发展探测技术的历史的总结。

一、亚里士多德的猜想与伽利略的设想

古希腊哲学家亚里士多德曾经猜想：我们这个世界是由 4 个壳层组成的，而这 4 个壳层又分别由 4 种原质构成，它们是土（实心球）、水（海洋）、空气（大气）和火（一个不可见的外层，在闪电的闪光中，它偶尔成为可见的）。他说，这些壳层之外的宇宙是由神秘的、纯粹的第五种原质构成，他把它叫做“以太”。在这样一幅图像之中，是没有“真空”（即“无物”）的位置的：在土的尽头，水就开始出现；土和水的尽头，气开始出现；火开始于气的尽头；而在火的尽头，以太又紧



水压机



接着开始出现，它一直延续到宇宙的终级。

“大自然厌恶真空。”古代的哲学家们就是这样说的。水压机看来正是大自然厌恶真空的极好的例证。在水压机的把手被压下去时，活塞就被提起来，从而在圆筒的下半部分留下一段真空。但由于大自然厌恶真空，所以周围的水会打开筒底的一个单向阀门，涌入真空。重复进行这种运作，就会把筒内的水越提越高，直到它从泵口流出。根据亚里士多德的学说，应该是可以用这个方法把水提到任意高度的。

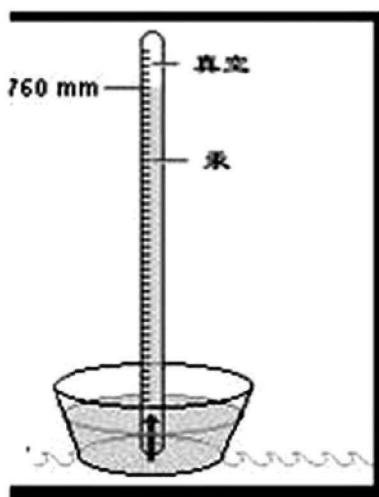
但是，那些不得不把水从矿坑底部汲上来的矿工们却发现，无论花费多大的努力和多长的时间，都不可能把水汲到离原来水面 10 米以上。

伽利略在探索的一生的晚年，对这个谜感到兴趣。显然，大自然对真空的厌恶只是到一定的限度为止，除此之外，他不可能再得出任何结论了。他怀疑如果使用密度比水大的液体，这个限度会低一些，但他没有来得及做这个实验就死了。

二、托里拆利、维瓦尼的实验与气压计

伽利略的学生托里拆利和维瓦尼在 1644 年真的进行了这个实验。他们选用了汞（汞的密度是水的 13.5 倍）。他们在一根约一米长的玻璃管里灌满汞，把开口的一端塞住，倒过来立在盛汞的盘中，然后拿开塞子。这时汞开始从管子流到盘里，但当管内汞面降低到比盘内汞面只高 760 毫米时，汞就不再从管里流出，而一直保持这个高度了。第一个“气压计”就是这样做成的。现代的水银气压计同它并没有本质的差别。

是什么使汞柱保持一定的高度呢？维瓦尼提出，这是由于大气的重量向下压在盘中的液体上。这是一个具有革命性的思想，



气压计

因为按照亚里士多德的概念，空气是没有重量的，它只不过在地球的外面占有它自己固有的范围。但是现在人们开始明白，10 米高的水柱或 760 毫米高的汞柱为大气的重量提供了一个量度，也就是说，这水柱或汞柱的重量就等于截面与之相同、高度为从海平面到大气顶部这样一个空气柱的重量。如果空气具有有限的重量，大气就一定会有有限的高度。这样，如果在大气层的各个高度上密度处处相同的话，大气层的高度就恰好是 8 千米左右。

三、玻意耳、巴斯卡的实验与大气压

1662 年，玻意耳证明情况不可能是这样，因为压力会使空气的密度增大。玻意耳把一个 J 形管子直立起来，J 形管较高的一端是敞口的，从这个口倒进一些汞，汞就会把小量的空气囚锢在较矮一边的封闭端内。当他再多灌入一些汞时，那个空气包就收缩。玻意耳发现，与此同时，它的压强增大了，这是因为他观察到当汞越来越重时，空气包的收缩却越来越少。根据实际测量，

玻意耳证明，气体体积减小 $1/2$ ，压强就增大 1 倍。

由于空气受压时会收缩，所以在海平面上空气一定最稠密，而沿着指向大气层顶部的方向，随着高层空气重量的减小，空气变得愈来愈稀薄，法国数学家巴斯卡第一个证实了这个情况，1648 年，他让他的姻兄弟帕瑞带着一个气压计登上一座高约 1.5 千米的山，并请他在登高时随时注意气压计中汞柱高度下降的情况。

四、近代对高空大气的探索

理论计算表明，如果温度在整个高度上处处相同，那么，高度每增加 1 千米，空气压强就将减小为原来的 $1/10$ 。换句话说，



平流层气球

在 19 千米的高空，空气所能支持的汞柱高度将从 760 毫米降低为 76 毫米；在 38 千米的高空，将降低为 7.6 毫米；而在 57 千米的高空，将降低为 0.76 毫米，等等。在 170 千米的高空，空气压强就会仅仅相当于 0.000000076 毫米汞柱。

实际上，所有这些数字都只是近似的，因为空气的温度是随高度而变化的。不过，这些数字确实能使图像变得清楚一些，而且我们可以看到，大气层并没有明确的边界，它只是逐渐稀薄下去，一直到变成几乎一无所有的宇宙空间。人们曾经探测到 160 千米高空处的陨星光

迹，那里的大气压只有地球表面的几百分之一，而空气的密度却只有十亿分之一。但这一点点空气就足以使它们那一点点物质因摩擦而燃烧到白炽。由于受到外层空间高速粒子的轰击而发出冷辉光的气体所形成的极光——北极光，则位于海平面以上 800~1000 千米的高空。

直到 18 世纪末期，人们所能接触的高层大气似乎还从未超过高山的山顶。1892 年设计出了带有仪器、无人乘坐的气球，这些气球能够上升得更高，从过去从未探索过的高空气层带回那里大气的温度和压强的情报。

在离地只有几千米的空中，正像人们所预料的，温度逐渐下降。在 11 千米左右的高空，温度为 -55°C 。但是，再往上去情况就令人惊奇了，在这个高度以上的温度并不降低，事实上它甚至还略有升高。

人类用平流层气球和探空火箭进一步认识了 10 千米以上的地球大气。

上述工具帮助人类认识地球大气的成分和结构。



探空火箭

第三节 地球大气的组成

过去人们认为地球大气是很简单的，直到 19 世纪末才知道地球上的大气是由多种气体组成的混合体，并含有水汽和部分杂质。它的主要成分是氮、氧、氩等。在 80~100 千米以下的低层大气中，气体成分可分为 2 部分：①“不可变气体成分”，主要指氮、氧、氩三种气体。这几种气体成分之间维持固定的比例，基本上不随时间、空间而变化。②“易变气体成分”，以水汽、二氧化碳和臭氧为主，其中变化最大的是水汽。总之，大气这种含有各种物质成分的混合物，可以大致分为干洁空气、水汽、微粒杂质和新的污染物。

一、干洁大气成分

地球大气由多种气体混合组成。低层（85 千米以下）大气的气体成分可分为 2 类，①常定成分，主要包括氮、氧、氩，以及微量的惰性气体氦、氖、氪、氙等，它们在大气成分中保持固定的比例；②可变成分，其比例随时间、地点而变，其中水汽的变化幅度最大，二氧化碳和臭氧所占比例最小，但对气候影响较大，硫、碳和氮的各种化合物还影响到人类生存的环境。

干洁空气是指大气中除去水汽、液体和固体微粒以外的整个混合气体，简称干空气。它的主要成分是氮、氧、氩、二氧化碳等，其容积含量占全部干洁空气的 99.99% 以上。其余还有少量的氢、氦、氖、氪、氙、臭氧等。