

青少年气象科学知识

主编 向英 柯儒杰 副主编 陈国胜 徐东升

# 地球的保护伞



—— 大气

49

中国建材工业出版社

青少年气象科学知识

# 地球的保护伞

——大气

向英 柯儒杰 主编

P4-49

(京)新登字 177 号

图书在版编目 (CIP) 数据

地球的保护伞: 大气/向英编写. —北京: 中国建材工业出版社, 1998. 9

(青少年气象科学知识; 1/向英, 柯儒杰主编)

ISBN 7-80090-775-9

I. 地… II. 向… III. 大气科学-青少年读物 IV. P4-49

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 22906 号

《青少年气象科学知识》

向英 柯儒杰 主编

\*

中国建材工业出版社出版 (北京海淀区三里河路 11 号)

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经销

河北省沙河市第二印刷厂印刷

\*

开本: 787×1092 毫米 1/32 印张: 89 字数: 1560 千字

1998 年 9 月第 1 版 1998 年 9 月第 1 次印刷

印数: 1-10000 册 总定价: 128.00 元

ISBN 7-80090-775-9/G · 135

## 前 言

21世纪是一个高科技的世纪，是一个人才竞争、教育竞争的世纪。为了迎接新世纪的挑战，提高全民族的素质是一个首要的任务。而素质提高的一个重要方面是科技素质的培养，也就是要培养人才的科技素养。在学生中普及科学知识不失为提高科技素质的一个良好途径。

针对中小学正在提倡的素质教育的需要和农村青年对于科技下乡的迫切需要以及厂矿、部队基层青年在提高文化修养的同时，对科技知识和劳动技能的广泛需要，以当代社会科学和自然科学的基础知识为基本出发点，我们编纂了一批通俗易懂，实用性强的系列科普读物。

每个时代图书最大的读者群是 10至 20岁左右的青少年。每个时代能够影响深远的图书是那些可以满足社会需要，传播知识，具有时代特点的图书。希望我们所精心编纂的这些书籍，能够为青少年朋友开阔眼界、增长知识、提高科学素养尽一份力。

本丛书是我们推出的科普系列读物之一。

气象科学是一门古老而又年轻的学科。气象知识与我们的生活息息相关，无时不在。本丛书共 12分册，以通俗易懂的语言，向我们介绍了大气、天气、气候等的形成及演变；分析了气象与农业生产、工程建设、仓储运输等方面的密切关

系；介绍了常用的气象观测仪器及观测方法，以及天气预报的制作原理和方法；同时教会学生们一些简单的气象活动、测天方法和观测仪器的简易制作；另外还介绍了人类影响天气、改变天气的一些方法。本书对于人类发展使大气遭受的破坏给予了格外的关注，呼吁大家保护大气，保护人类共同的家园。

本套丛书内容丰富、实用易懂，对于青少年掌握基本的气象知识，使之服务于生产、生活大有帮助。

# 目 录

<b>第一章 大气与生命</b> .....	(1)
<b>第一节 地球大气的起源</b> .....	(1)
一、地球的起源 .....	(1)
二、地球大气的起源 .....	(3)
<b>第二节 原始大气的组成和演化</b> .....	(3)
一、原始大气的组成 .....	(3)
二、次生大气的演化 .....	(4)
三、氧进入大气演化的舞台 .....	(5)
<b>第三节 行星大气与生命</b> .....	(6)
<b>第二章 大气的组成和结构</b> .....	(11)
<b>第一节 大气的家族</b> .....	(11)
一、干洁空气 .....	(12)
二、大气中的水汽 .....	(15)
三、大气中的固体杂质和液体微粒 .....	(15)
<b>第二节 大气的结构</b> .....	(17)
一、大气的垂直范围 .....	(17)
二、大气的垂直分层 .....	(18)
三、大气的电离分层 .....	(22)
四、陌生的磁层 .....	(28)

五、被忽略了的忽略层 .....	(31)
<b>第三章 大气的基本要素 .....</b>	<b>(34)</b>
<b>第一节 气温 .....</b>	<b>(34)</b>
一、气温的概念和测量 .....	(34)
二、大气热能的来源 .....	(37)
三、气温的变化 .....	(43)
四、气温的分布 .....	(47)
<b>第二节 气压 .....</b>	<b>(53)</b>
一、气压的定义与量度 .....	(53)
二、气压的变化 .....	(55)
三、气压场 .....	(58)
<b>第三节 大气湿度 .....</b>	<b>(62)</b>
一、湿度的概念及其表示方法 .....	(63)
二、空气中水汽凝结的条件 .....	(68)
三、空气湿度的变化 .....	(70)
<b>第四节 云 .....</b>	<b>(73)</b>
一、云的物理构成 .....	(74)
二、十类基本云属的外貌特征 .....	(77)
三、云的形成方式 .....	(81)
四、云与降水 .....	(92)
<b>第五节 风 .....</b>	<b>(105)</b>
一、风的表示方法 .....	(106)
二、风是怎样形成的 .....	(109)
<b>第四章 大气现象 .....</b>	<b>(118)</b>
<b>第一节 海市蜃楼 .....</b>	<b>(118)</b>
一、海市奇景 .....	(118)

---

二、蜃景的形成	(120)
第二节 日月变形和绿色闪光	(124)
一、落日的形状和大小	(124)
二、绿色闪光	(128)
三、奇形怪日	(131)
第三节 灿烂的彩桥——虹	(133)
一、人类对虹的认识和研究	(134)
二、笛卡尔虹霓理论	(136)
三、虹霓的颜色	(138)
四、各种各样的虹	(140)
第四节 晕	(144)
一、奇特的晕	(144)
二、冰晶和晕的分类	(146)
三、 $22^\circ$ 、 $46^\circ$ 和 $90^\circ$ 圆晕	(148)
四、冰晶反射产生的日晕	(152)
五、假日	(157)
第五节 宝光和华	(160)
一、宝光现象	(160)
二、华	(162)
第六节 瑰丽的极光	(163)
一、极光现象	(163)
二、极光的形状和颜色	(164)
三、极光带、极光卵和极光的高度	(167)
三、极光的起源	(170)
第七节 闪电和球状闪电	(173)
一、闪电	(173)



二、球状闪电的特征·····	(174)
三、球状闪电的机理·····	(175)
<b>第五章 大气的运动</b> ·····	(178)
第一节 风的形成·····	(178)
第二节 奇妙的大气环流·····	(182)
一、贸易风、马纬度和咆哮西风带·····	(182)
二、哈得莱环流·····	(185)
三、费雷尔环流与科氏力·····	(188)
四、大气环流“三字经”·····	(191)
五、天空中的“热机”·····	(195)
六、环流与气候·····	(198)
第三节 周期性的风·····	(199)
第四节 大气的旋转运动·····	(202)
第五节 大气的无规律运动·····	(207)
<b>第六章 大气污染</b> ·····	(210)
第一节 大气污染源和污染物·····	(210)
一、污染源·····	(211)
二、污染物·····	(211)
第二节 城市大气环境污染·····	(214)
一、严重的环境问题·····	(214)
二、城市大气环境污染的形成·····	(215)
第三节 大气污染的危害·····	(222)
一、大气污染对人体的危害·····	(222)
二、危害植物生长·····	(226)
三、大气污染对古迹和公共设施的破坏·····	(230)

# 第一章 大气与生命

地球，我的母亲！万物由此孕育，人类在此栖息。

地球是太阳系中一颗蔚蓝色的行星。她有着适合于生命生存繁衍的最理想的条件：和煦的阳光，充裕的水分，清新的大气，肥沃的土地。正是具备了这些条件，才使得太阳的这个宠儿，无垠宇宙中的葱翠绿洲变得生机勃勃，气象万千。

但是，地球并非诞生下来就如此美好，而是经过了 46 亿年的沧桑巨变，才演化成今天这个样子的。

## 第一节 地球大气的起源

### 一、地球的起源

作为太阳系中的一员，地球的起源和整个太阳系的命运是紧紧地联系在一起。太阳系，最早是银河系中一团星际气体和尘埃物质组成的星云，并围绕着银河系的中心旋转。大约在 16 亿年前，这团星云沿银河系的一个曲臂开始收缩。由于旋臂的缩短，旋转必然加速，就好象在作旋转动作的花样溜冰运动员收拢双臂后转得更快那样。于是整团星云开始坍塌，逐渐坍塌成一个扁平的圆盘。经过一个阶段，圆盘内的

物质逐渐聚集到圆盘中央，并在万有引力的作用下，把附近的尘埃颗粒和气体原子也吸引至中心，圆盘中心的质量愈来愈大，温度愈来愈高，从而发生了核反应，于是，圆盘中心质量就变成了一颗恒星——我们的太阳。

在圆盘中心质量演变为太阳的过程中，离中心质量较远的尘埃颗粒和气体原子，虽然未被吸至中心，但是在引力的作用下，势必绕着圆盘中心质量运转。有些尘埃颗粒和气体原子在运动中，与固体微粒凝聚在一起，形成了团块。这些团块愈变愈大。少数较大的几个团块变成了九大行星，地球就是其中的一个，一些较小的团块，或者变成了小行星，或者被行星捕获而成为行星轨道上的卫星。地球刚从太阳星云盘中分化出来并凝聚成均质球体时，它就集结并吸附了宇宙中的主要成分，如氢、氦和星际尘埃物质等。

当时，地球这个年幼行星的表面，受到太空飞来陨石之类物质的袭击，全身“伤痕累累”。这些物质在与地球碰撞结合时，把动能转化为热量。另外，正在成长中的地球，因为重力收缩，有相当大的能量以热的形式释放出来。而在地球内部，放射性元素铀和钍的衰变，也放出了大量的热。这样，地球内部的温度便开始升高了。

随着地球内部温度的升高，各种物质的可塑性越来越大，大到一定限度，便开始熔融，从而产生了重力分选。重物质（铁和镍等）逐渐向地心沉降，轻物质则漂浮上来。最重的物质，汇集地球深处，构成地核；较轻的物质，形成熔融的地幔；地幔中最轻的物质上升到地表，形成凝固的岩石圈——地壳。

## 二、地球大气的起源

与地球一起诞生的原始大气，大约只历时了几千万年就被强劲的太阳风扫除了。这主要是由两个因素促成的：一是强烈太阳风把邻近太阳的行星外围的较轻气体分子不断吹开并消失到宇宙深处；二是地球刚形成时质量不大，引力较小，加上增温引起分子热运动加剧，氢、氦、这些低分子量的气体终于摆脱了地球的束缚而逃逸到空间去了。后来，温度有所下降，地表冷凝成薄薄的固体。这时，内部高温促使火山活动频繁，原始大气便逐渐为次生大气（火山爆发出的挥发性气体）所代替。次生大气主要成分是二氧化碳，还有甲烷、氮、水蒸汽、硫化氢、氨等具有较重分子量的气体，它们也许刚从“母亲”的怀抱中出来，爱恋情深，不愿逸去，便形成了地球的第二次大气。地球的水圈也是在这个阶段由水蒸汽冷凝降落而形成的。原始水圈逐渐扩展为现在的汪洋大海和江湖沼泽。次生大气的二氧化碳和其他气体，逐渐被雨水融解降落到地下，渗入到地壳之中。

## 第二节 原始大气的组成和演化

### 一、原始大气的组成

上面说过，原始大气是在地球形成的过程中，由于重力场的作用，把原始太阳星云中的一部分气体吸引到地球周围造成的。这个大气圈的组成，与现代大气圈的组成大不相同，

它没有氧，没有氮，也没有二氧化碳，而是由氢、氦、氖、氩、氫、甲烷、水汽等共同组成的（见表 1-1）。

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。

表 1-1 原始大气的组成

气 体	重 量 百 分 比
氢	63.5
氦	34.9
氖	0.34
氩	0.26
氫	0.15
甲烷	0.11
水汽	0.6

## 二、次生大气的演化

以后，在漫长的岁月里，大气经过复杂的生消过程，又进一步演化。演化中的造气过程包括：1. 火山活动，以及通过造岩物质融化后的结晶和凝固时释出的气体；2. 水汽的光致离解产生氧；3. 光合作用产生氧；4. 放射性元素铀和钍的衰变产生氦；5. 放射性元素钾的衰变产生氩；6. 在太阳风中，主要由质子和电子组成的高温电离气体，有极小一部分冲破地球磁场的屏障，进入次生大气的高层。

演化中的除气过程包括：1. 高层大气的氢和氦挣脱地球引力进入宇宙空间；2. 煤和石油的生成吸收二氧化碳；3. 碳

酸盐类 ( $\text{CaCO}_3$  和  $\text{MgCO}_3$ ) 生成时吸收二氧化碳；4. 氢、铁、硫等元素氧化时消耗氧；5. 通过空气中氧化物的形成，以及在土壤中变成硝化细菌成消耗氧。

在地球 46 亿年的历史中，绝大部分时间火山活动都在起作用，而且是大气中水、二氧化碳和氮的主要发源地。

### 三、氧进入大气演化的舞台

原始大气消失后，通过上述种种过程，演化成次生大气。次生大气的形成，又为水的分解和动植物的产生创造了条件。

随着紫外线光解作用和光合反应，大量的氧生成了，进而地球上开始了生物学的里程。这是因为光合反应生成的碳水化合物，是植物生命中形成细胞的糖类分子的基本构成部分。在 40 亿年前的最初阶段，它与次生大气中的其它元素、物质结合，在雷电、火山等条件下生成了单细胞。这时光合反应还是一个充分存在逆反应的过程，因此产生单细胞的还原性大气是一个无氧的环境。在 20~30 亿年前的第二阶段，原始生命——单细胞的藻类发展到开始通过光合反应释放少量的氧（植物吸进二氧化碳，呼出氧气），从而破坏了大气的还原性平衡。此时，海洋有效地阻挡了致命的紫外辐射，使原始生命在海水中繁衍开来。最后，高空氧逐渐增多，在光解作用下产生了臭氧。它使透过大气的紫外线大为减少，促使植物进至海洋上层，增加了光合反应机会，促使植物生命大大发展。随着这种相互间的增益过程，直至 4 亿年前，生命终于跨过漫长的岁月，登上了大陆。大气也演变为今天的以氮、氧为主的现代大气。可见，生命正是在大气的参与和保护下，通过以光合作用为主的复杂过程而形成的。

### 第三节 行星大气与生命

我们在探索生命的过程中，常常会想到一个问题：生命的本质及其存在的条件是什么？

生命是蛋白体的存在方式。蛋白体，实际上包括蛋白质和核酸，它们是由碳、氢、氧、氮等元素构成的大分子。每一个蛋白质分子和每一个核酸分子，都包含着大量的原子。碳和其它元素组成高度复杂的结构，在其周围特定条件的影响和作用下，最后转化为生命。这些特定的条件：一是适当的温度，二是液态的水分，三是适宜的大气。离开这些条件，生命就不会存在和发展。

前面已经说过，大气对地球演化休戚相关。例如，地球上的水圈，就是地球内部在高温条件下，分化出来的气体（大部分是水汽）致冷，凝结，变雨汇集而成的。因此，如果没有大气，地球上就不会有水，没有大气和水，也就不可能有生命。

当人类庆幸地球大气给予生命以莫大恩赐时，或许会想到天外的行星吧！它们是否也得到了这种恩赐？天外大气是否也在谱写生命的“摇篮曲”呢？

先看看我们的近邻火星吧！我国古代又叫它荧惑。红红的地表，荧荧似火，令人迷惑。火星外表有一层稀薄的大气。这些气体在某些地区可形成约 60 微米的降水，偶尔有由风引起的黄色尘土和罕见的水滴冰块云。然而这样单薄的卫士，挡不住太阳的强紫外辐射，水分子被分解成氢和氧。氢分子量

小，向高空散逸；氧则和地面上的物质化合为氧化物，造成现在所看到的大量红色氧化物——岩石和土壤。难怪“水手9”号宇宙飞行器曾拍摄到火星上千涸的“河床”。也许，火星曾有过生命，但在大气愈来愈稀薄，水分愈来愈少的漫长过程中毁灭了。然而火星可能有地下水，低等生命是否灭绝还没有最后定论。

金星外表有一层较厚的大气，延伸200千米。它的表面为黄色，这是因为有一层浓厚的（厚约30千米）主要由硫酸雾组成的云层。大气的保温效应和云层温室作用，又加上距离太阳较近，致使金星表面温度高达480℃。在这样的高温下，不可能有液态水存在，光合反应无法进行。但有些研究机构认为其大气上部约1/5范围内尚适合生命存在，并模拟金星大气，在试验室中造出了甲烷、甲醛、甘氨酸等有机物，从而认为大气中可能有简单的飘浮生命。

人们称水星为神灵的使者，传说它还是医生、商人的保护神！水星表面的温度为-200~400℃，这是因为它象月亮一样，总以笑脸对着我们。遗憾的是，水星丢失了大量的引力，因而除了或许存在的极少量的氦等重分子气体外，其它气体都逸去了。生命当然也就不复存在。

美妙的土星，以它绚丽的彩环而骄傲，它象一个金盘镶嵌着珍珠，以其艺术的魅力夺人。土星和木星的大气相似，都以氢、氦为主。土星大气中有浓厚的凝固氨和冰晶细粒组成的云层。它们都有内部热源，然而并没有发现生命的迹象。这是因为土星和木星的主体呈液态，在所谓的地表面，却是个高温高压的地方。1655年发现的土卫六，被认为是诸行星中唯一有大气的卫星。大气成分可能由甲烷、乙烷、乙炔、氢



等组成。它曾给人们带来幻想。但是，美国的“旅行者1”号从万里之遥发回的资料表明，其大气压是地球的一倍半，表面温度却只有 $-180^{\circ}\text{C}$ 。因而，对这个生命不能进化的极冷世界，人们的兴趣已大为减少。

月球是地球唯一的卫星，最近的邻居。月球距地球的平均距离为384,401千米。直径3,476千米，质量为地球的八十一分之一，重力为地球的六分之一。月球上有广阔的平原，有数以万计的、大小不等的环形山，那儿没有空气，没有水。因为没有大气进行调节，月球表面白天和黑夜的温度相差很大；在赤道地区，正午岩石温度高达 $132^{\circ}\text{C}$ ，夜间则降低到 $-137^{\circ}\text{C}$ 。美国宇航员的登月考察证实，月球上既无飞鸟走兽，又无树木花草，是个找不到任何生命痕迹的荒芜世界。自古以来，我国民间流传的嫦娥奔月，不过是美丽的神话诗人的梦境而已。

土卫六是土星的卫星。它有稠密的大气层，是太阳系中唯一具有丰富大气的卫星。其大气层比地球大气层稠密得多，大气平均分子量为28.6，表面大气压为 $1500\pm 100$ 百帕，是地球的一倍半，表面温度只有 $-180^{\circ}\text{C}$ 。土卫六被一层高空霾所包围，霾层以下100千米是悬浮颗粒层。土卫六的大气成分，有分子氮、氩、甲烷、氢、乙烷、丙烷、乙炔、乙烯、氰化氢、丙炔腈、氰、丁二炔、丙炔等。其中主要是分子氮，约占82%~94%，其次是氩，约占12%左右，其它气体的含量极微。

在土卫六大气中，由于化学反应而产生的某些有机分子如氰化氢等，已被认为如同当时地球生命的前兆一样。在30亿年前，氰化氢可能曾在地球上的腺嘌呤之类化合物的化学