

# 自然科学入门

## 地质学



本

知识出版社

# 自然科学入门

地 质 学

K.B.克劳斯科普夫 A.贝舍 著

张冠梅 译

上 海

*The Physical Universe*

Konrad B. Krauskopf

Arthur Beiser

McGraw-Hill Book Company, New York, 1979.

自然科学入门·地质学

K.B.克劳斯科普夫 A.贝舍 著

张冠梅 译

知识出版社出版

(上海古北路650号)

(沪 版)

新华书店上海发行所发行 江西省印刷公司印刷

开本850×1156毫米 1/32 印张4.75 插页3 字数112,000

1986年9月第1版 1986年9月第1次印刷

印数：1—3,000

统一书号：13214·1038 定价：0.97元

## 内 容 提 要

本书论述了地质学的基本概念，分别讨论了和人类生活密切相关的大气圈和水圈、地球上的物质、地壳的变迁和地球的历史。作者介绍了板块构造学的基本理论，还简要论述了地史学的研究方法，叙述浅显生动，易为初学者掌握。每章之后均列有选择题、问题及选择题答案，书末附有部分问题的简要题解。

## 出版说明

斯坦福大学地球化学名誉教授克劳斯科普夫 (K.B.Krauskopf) 和贝舍 (A.Beiser) 所著《物质世界》(*The Physical Universe*) 一书, 系统而通俗地介绍了物理学、化学、地质学和天文学的基本概念和基础知识。我们按学科分册出版, 定名为《自然科学入门》。原书附录中的题解分别列于各册之末, 其余的附录内容未译出。原书中的照片图均未采用。

《自然科学入门·地质学》译自《物质世界》第四版第十三至第十六章; 由张冠梅译、赵祖徐校。

## 第 四 版 序

我们写《物质世界》(*The Physical Universe*)的目的是尽可能简洁地介绍物理学、化学、地质学和天文学的要点。由于这些学科涉及面非常广阔，而我们的读者的文化程度可能不高，因此，必须对本书所选素材及论述深度有所限制。本书强调各学科的基本概念以及它们在认识自然界方面所起的作用，同时介绍一些有关自然科学的历史和哲学发展的知识。我们希望，读者最终将对科学家在研究过程中如何运用归纳法、演绎法有一些感性认识。

《物质世界》首先论及运动，怎样描述运动和影响运动物体的因素，然后仔细讨论引力、能量和动量。目前，物质的三相引起了人们的注意，本书将从分子运动论直到热力学定律讨论这个问题。接着，谈电学和磁学的基础知识，并以光的电磁理论作为这项知识的顶点。再次，谈化学的基本概念，自然地引导到关于原子、原子结构和原子核的讨论，在这里量子力学的思想起着重要作用。元素周期表使我们回到了化学，并对有机化学进行了探讨。从观察覆盖着整个地球的大气和海洋着手，我们转入对人类赖以生存的行星——地球的研究，并进而讨论地球上的物质、永恒变动的地壳和神秘的地幔、地核。在记述了地球的地质历史之后，再讨论我们在空中能看到的和我们所知道的地球的近邻。接着，我们主要研究了太阳，它是太阳系之主，是地球上几乎所有能量的源泉。然后，我们再观察宇宙中的其他恒星，个别存在的和由巨大集团组成的星系。本书的最后一个主题是探讨宇宙的演化，以讨论地球的起源和宇宙中是否存在其他可居住的行星作为结尾。

我们认为，将一些定量讨论排除在外是既不可能也不可取的，但这将是简单的和增补性的，而不是起支配作用的。附录中有基础数学的复习内容。其他有助于学生的辅导材料还有词汇表\*。几百幅插图、供快速复习理解程度的选择题和编号为单数的问题的概要题解及答案。总之，本书提供的种类不同、难度各异的练习题在1,000个以上。

为了使抱有不同目的、准备花费不同时间的读者都觉得便利，我们对《物质世界》第四版的编排作了改进。本教程包括物理学的全部范围，集中讨论的两三个有关学科的全部知识将尽量容纳在内。前八章论述作为自然科学基石的基础物理学，接着各有四章分别论述化学、地质学和天文学。新的编排将物理学和化学分得更清楚，而在前几版中它们在某种程度上是交叉结合的，那样做在原理上可以得出更令人满意的图像，但在课堂教学中会增加实际困难。除了次序的更动之外，课程本身亦经彻底校订。在很多方面，特别是在天文学方面，编入了新的素材；有的讨论，比如化学计算，经验表明，以前写得过于突出，现已节略。整本书的内容现在更为均衡，各章的程度也更趋一致。

我们要再次向《物质世界》前几版的读者致意，感谢他们对本书所提的诚挚的意见以及改进建议。

**K. B. 克劳斯科普夫**

**A. 贝舍**

---

\* 基础数学的复习及词汇表未译出。——译者

封面设计：朱海琍

自然科学入门·地质学



书号：13214·1038  
定价：0.97 元

版社



# 目 录

第一章 大气圈和水圈.....	(1)
大气圈 (1) 天气 (8) 气候 (21) 海洋(25)	
提要 (29)	
选择题 (30) 问题 (32) 选择题答案 (34)	
第二章 地质.....	(35)
矿物 (35) 岩石 (41) 土壤 (47) 地球的内部	
(50) 提要 (60)	
选择题 (61) 问题 (63) 选择题答案 (65)	
第三章 地壳的变迁.....	(66)
侵蚀作用 (66) 沉积作用 (73) 火山作用 (77)	
地壳构造运动 (82) 板块构造学 (90) 提要	
(98)	
选择题 (99) 问题(101) 选择题答案(104)	
第四章 地球的历史.....	(105)
地史学的研究方法(105) 前寒武纪(117) 古生代	
(119) 中生代(124) 新生代(127) 提要(132)	
选择题(132) 问题(134) 选择题答案(136)	
编号为单数的问题答案.....	(137)

# 第一章 大气圈和水圈

地球的大气是一个看不见的气体包围圈，只有在刮风时我们才能感觉到它。然而，如果我们考虑到大气是一种物质，我们就不难把它与云、雨、雪等诸如此类的气象联系起来。而且，它在某种程度上与天空的蔚蓝色、日出日落时的朝曦晚霞、极光的壮观美景以及能在全世界进行无线电通讯的无线电电波的反射，都有着这样那样的关系。它在生物界中所起的作用虽不引人注目，意义却更为重大：大气中的氮、氧和二氧化碳是生命所必不可少的；它阻挡了来自太阳的致命的紫外线和 X 射线；在地面上传递能量和水；使岩石风化成为可能，从而为植物赖以生长的土壤的形成创造了条件。

地球表面的水都属于水圈的范畴。各种各样的水体，包括大洋、浅海和湖泊，覆盖了地球表面总面积的 3/4 左右。海域无疑是水圈中的最大部分，因此海洋是造成我们这个行星上生活环境的重要因素。

## 大 气 圈

### 组成成分

大气的主要成分及所含成分的百分比，如表 1 所示。大气中也有水气，但其含量不等，从几乎是零到 4%。另外，在下层大气中还存在着相当数量的各种固体微粒，如烟灰、土壤和岩石的碎粒，海水中蒸发出的盐粒以及孢子、花粉和细菌。

表 1.1 地球表面附近干燥大气的组成成分

气体	体积百分比%
氮	78.08
氧	20.95
氩	0.93
二氧化碳	0.03
氖	0.0018
氦	0.00052
甲烷	0.00015
氙	0.00011
氢、一氧化碳、氙、 臭氧、氡	<0.0001

氮和氧对生物是至关重要的，它们在与生物的相互作用中各有自己特有的循环。所有的蛋白质都含有氨基酸，而氮是氨基酸必不可少的成分。有些细菌能把大气中的氮转变为氮化合物，植物就能利用这些氮化合物来制造氨基酸。我们将在第二章讨论氮循环。植物也把来自空气的二氧化碳同根部吸来的水，通过光合作用，生成碳水化合物，同时放出作为副产品的氧。动物通过吃植物（或吃其他食草类动物）获取它们所需的碳水化合物和氨基酸。动植物都通过大气中的氧把食物中的碳转化成二氧化碳，从而获得能量。这种氧-二氧化碳循环是所有动植物生命的一个基本特征。

大气中另一个主要成分是氡。由于它的化学惰性，直到19世纪末才被发现。氡的含量比大气中其他惰性气体都多，因为普通元素 $^{40}\text{K}$ （钾）通过 $\beta$ 衰变，成为氡的同位素 $^{40}\text{Ar}$ 。

### 大气的层次

凡是到过山区的人都知道，越到高处，空气就越稀薄、越寒冷。在下层大气中，每上升1,000米，气温平均降低6.5℃。在海

拔仅为5,000米处, 气压便下降到海平面的一半, 温度为 $-20^{\circ}\text{C}$ 。到了11千米高空, 气压只有海平面的 $1/4$ , 也就是说, 75%的大气在11千米以下; 气温在这儿低达 $-55^{\circ}\text{C}$ 。再往上到14千米以上, 气压继续下降, 但气温却始终保持在 $-55^{\circ}\text{C}$ 。这个温度虽然够低的了, 但还高于西伯利亚和加拿大北部在冬季某些时候的地面温度。

飞机中的乘客在飞过11千米高空时, 会注意到一个显著的变化: 在这个高度以上实际上没有云层和风暴, 尘埃几乎完全消失。既然大气的特征在11千米这个高度上有突变, 这个高度就显然是大气两个层的边界: 晴朗澄清而又寒冷的上部——平流层, 较致密的下部——对流层。常见的大气现象如云彩和风暴, 雾和霾等等都发生在对流层内。在赤道附近, 平流层和对流层的交界要高些, 大约在海拔16千米, 在两极要低些, 约在海拔6千米, 平均值为11千米。图 1.1 为大气的分层。

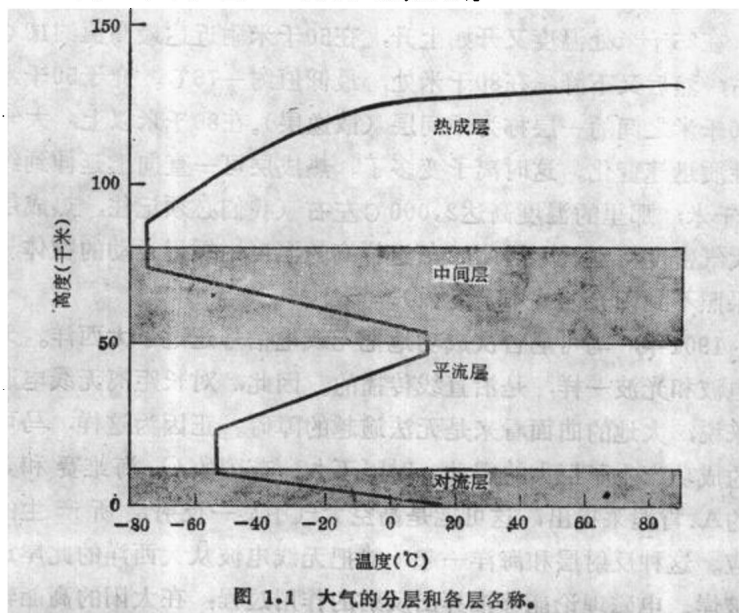


图 1.1 大气的分层和各层名称。

平流层最引人注意的特点莫过于臭氧的存在了，臭氧是含有三个氧原子的氧分子。化学分子式符号为 $O_3$ ，是紫外线的良吸收体，在上层大气中相对含量很少，但从太阳射到地球的危险的短波紫外线能完全被它吸收掉。臭氧层位于15到55千米之间，其最大密度位于22千米处。即使在这里，每400万分子中也只有不到一个臭氧分子。很难有哪一种过滤器在这种浓度下能有如此高的过滤效率了。如果在海平面气温和气压下，大气中所有的臭氧仅能形成一英寸厚的薄薄一层，由于太阳紫外线能量在上层大气中被吸收，所产生的热效应使那儿的气温升高。

由于在上层大气中的臭氧使生物免受太阳紫外线辐射，起了可贵的保护作用，而臭氧的数量又很少，因此，要尽量避免产生使臭氧减少的污染物。例如，广泛使用氟利昂气体（ $CCl_2F_2$ ）为喷气推进器的推进剂，就易造成污染。好在别的气体也可代替氟利昂气体完成这项任务。

在25千米处温度又开始上升，在50千米附近达最高值约 $10^{\circ}C$ 左右，然后又下降，在80千米处，最低值约 $-76^{\circ}C$ 。介于50千米和80千米之间的一层称为中间层（散逸层）。在80千米以上，大气的性质迅速变化。这时离子变多了。热成层可一直向上延伸到约600千米，那里的温度高达 $2,000^{\circ}C$ 左右（我们必须记住，热成层的大气密度特别低，因此，在这样高的温度中缓慢运动的物体，如果照不到阳光，就不会发烫）。

1901年，马可尼首次成功地把无线电信号送过了大西洋。无线电波和光波一样，是沿直线传播的。因此，对长距离无线电通讯来说，大地的曲面看来是无法逾越的障碍。正因为这样，马可尼的成功产生了巨大的震动。时隔不久，英国的O.海维赛和美国的A.肯涅莱提出，这可能是高空大气中某一反射层所产生的效应。这种反射层和海洋一起，能把无线电波从大西洋的此岸送到彼岸。电磁理论能够推算出反射的作用过程：在太阳的高能辐

射下，上层大气中的一些原子和分子如果被电离，那么，带电粒子所形成的层对电波的作用就犹如镜子对光的反射作用（虽然对于波长较短的光并非如此）。

接着，直接用实验证实了上层大气中存在着重迭电离层（有4层）现象，今天我们把中间层上面含有离子的区域称作电离层。它分布在离地面70千米到几百千米之间。离子并不分布在整个大气中的原因很简单：在非常高的地方，没有足够的气体供太阳的紫外线和X射线电离，而在下层大气中，能引起电离作用的太阳辐射能已全部被吸收。

### 大气中的水分

空气中的含水量或湿度，是指空气中所含水气的数量。大气中的水气大部分来自海水蒸发，小部分来自江河湖泊、湿土和植物的水分蒸发。由于蒸发，水气源源不断地进入空气，而凝结又常常使它离开空气，成为云、雨、雪、雾。大气中的湿度瞬息万变，又因不同地区而异（图1.2）。

当空气中所含水气在一定气温下处在最大蒸发量时，我们就说，空气中的水分饱和了。当空气中水气的量少于这个最大量时，我们就说，空气中的水分未饱和。因为它还能容纳更多的水气。事实上，空气可被看作是一块海绵，或多或少地含有水气。实际上空气对蒸发不起任何作用。即使没有空气，水分仍然会从水体中逸出。但是，由于空气是把水气从一地送到另一地的媒介，也是水气凝结成云、雾、雨、雪的媒介，我们就不妨认为它“吸收”和“保持”了不同量的水气。

空气饱和或接近饱和时，我们就说它是潮湿的，而当它非常不饱和时，就说它是干燥的。潮湿的天气，会使人感到压抑，因为几乎没有什么水分能从皮肤上蒸发到饱和的空气中去。即使出汗不少也不能使人有通常会有的那种凉爽感。特别干燥的空气对皮肤是有害的，因为皮肤的水分蒸发得太快了。气象工作者把空

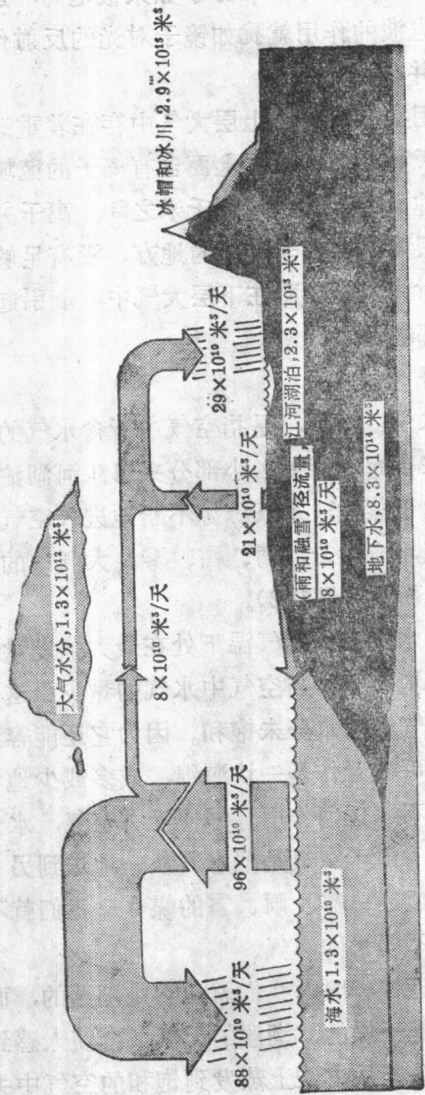


图 1.2 全球的水量及其每日循环，向上箭头表示蒸发，向下箭头表示降水。如果大气中的水气都凝结起来，也只有2.5厘米左右厚。

气含水量称作“相对湿度”，它表示空气中水气饱和程度。相对湿度通常用百分数表示：100%表示空气已完全被水饱和，50%则表示空气中的水分只有它最大容量的一半，而0%则意味着是完全干燥的空气。

空气中能容纳的水分，随着温度的增加而增加。如果把20℃的饱和空气加热到40℃，因为它能吸收更多的水气，而不再饱和了（换句话说，尽管水气的量未变，它的相对湿度下降了）。反过来，如果把20℃的饱和空气冷却到0℃，空气中的部分水气一定会凝结成液态水。因为在0℃时，空气中能容纳的水分只有20℃时的1/4左右。再进一步，如果40℃的空气含水量相当于20℃的空气饱和含水量，把40℃的空气冷却到0℃，在到达20℃以前它逐渐变得饱和起来。而后它一直保持饱和到0℃，并有一些水气凝结成水。因此，普通空气样品加热时都趋向不饱和，在冷却时趋向过饱和。当冷却到低于饱和点时，一定会凝结出一些水（或冰）。

## 云

每天都有水从变冷的空气中凝结出来的现象。晚上地表因迅速辐射热量而变冷，使接近地面的空气的温度低于饱和点，就出现露水。大气团与寒冷的陆地或水体接触，受其影响，冷却成雾。水气在上升时因膨胀而冷却就变成云。气体受压缩时温度会升高，任何人用打气筒打气时都能证实这一点。而气体在膨胀时会冷却则是一种逆效应。当一股暖湿气团向上运动时，由于所受压力减小而膨胀，并逐渐冷却。如果气温下降到一定程度，空气便饱和并有部分水气凝结成云。水气通常凝结在空气中的盐粒或尘埃、微粒周围，形成小水珠或冰晶。这些水珠或冰晶非常小，以至于能够一直悬浮在高空。

以下是在大气中形成云的三个常见过程：

1. 一股水平运动的暖气团遇到山脉之类的陆地障碍物而上升。沿海山峰上由于有十分潮湿的海风经过，经常是云雾缭绕。



神秘莫测。

2. 一股暖气团遇到一股较冷气团，前者由于较轻而被迫升到后者的上方。这个过程将在下面讨论（见图1.12）。

3. 一股气团与温度特别高的地面相遇而受热膨胀，其浮力使它上升，这个过程也将在以后讨论（见图1.5）。

当一块云（或其一部分）突然变冷时，就降雨或降雪，因此凝结是异常迅速的。凝结核（盐粒或尘埃）的数量和性质在决定是否降雨这点上是十分重要的。一滴典型的雨要比云中的小水珠大100万倍左右，一旦形成雨，就重得再也不能停留在高空中。如果云的温度大大低于冰点，那么就生成冰晶，进而变成雪片，并落向地面。假如一路上的空气是寒冷的，就下雪，遇到温暖空气就变成雨。

人们有时在云里播撒碘化银，以诱使降雨。碘化银的晶体结构与冰相似，因此云中的水分子和水珠很容易附在碘化银晶体上。这种晶体是有效的凝聚核，从而促使云变雨，向下降落。

## 天 气

气象学可以说是一门研究大气自动调节作用的科学。我们这个旋转着的行星在赤道处受热很强烈，在两极却很微弱，而水分则集中在巨大的海域中。在我们看来，大气的任务就在于把热量和水分来一个再分配，使得大片陆地表面适于生物生存。但是大气的空气调节功能远远不是尽善尽美的。在沙漠地区，在山岳地带，在南北半球高纬度处，它就相形见绌了。即使是世界上最适于人类居住的地方，在仲夏的闷热之夜或隆冬的严寒之晨，大气的调节效能，也是成问题的。尽管如此，大气还是有功劳的，它在地球表面开辟了广袤的适宜人类休养生息的地方。

任何空气调节系统的两大主要功能，就是调节空气的温度和