

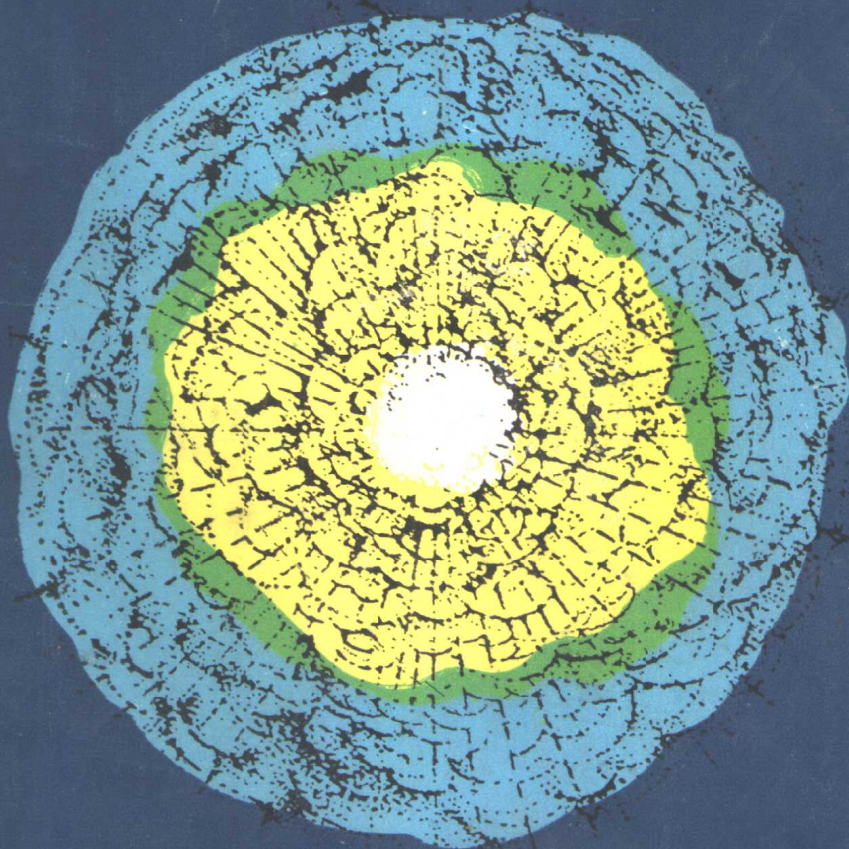
天地人

COSMOS EARTH AND MAN

— 宇宙的简史

[美] P. 克劳德 著

地质出版社



天 地 人

——宇宙 的 简 史

〔美〕 P.克劳德 著

黄开年 李鄂荣 黎勇奇 等译

李文范 刘乃隆 吴达文 等校

地 质 出 版 社

内 容 提 要

本书是一本中级科普读物，它用丰富的科学知识，通俗易懂的语言，阐述了宇宙、地球和人类的发展史。其内容涉及地球这个行星的历史以及地同宇宙的联系，地球上生命的发展及其养育后代的能力等；并对人类的现状和未来进行了探讨。书中还介绍了有关的科学的来龙去脉，条理井然，是一本不可多得的读物。

本书可供具有中等文化水平的读者阅读。

COSMOS, EARTH, AND MAN

A SHORT HISTORY
OF THE UNIVERSE

Preston Cloud

New Haven and London

Yale University Press

1978

天 地 人

——宇宙的简史

〔美〕 P.克劳德 著

黄开年 李鄂荣 黎勇奇 等译

李文范 刘乃隆 吴达文 等校

责任编辑：邱南屏

地质出版社出版

（北京西四）

地质出版社印刷厂印刷

（北京海淀区学院路29号）

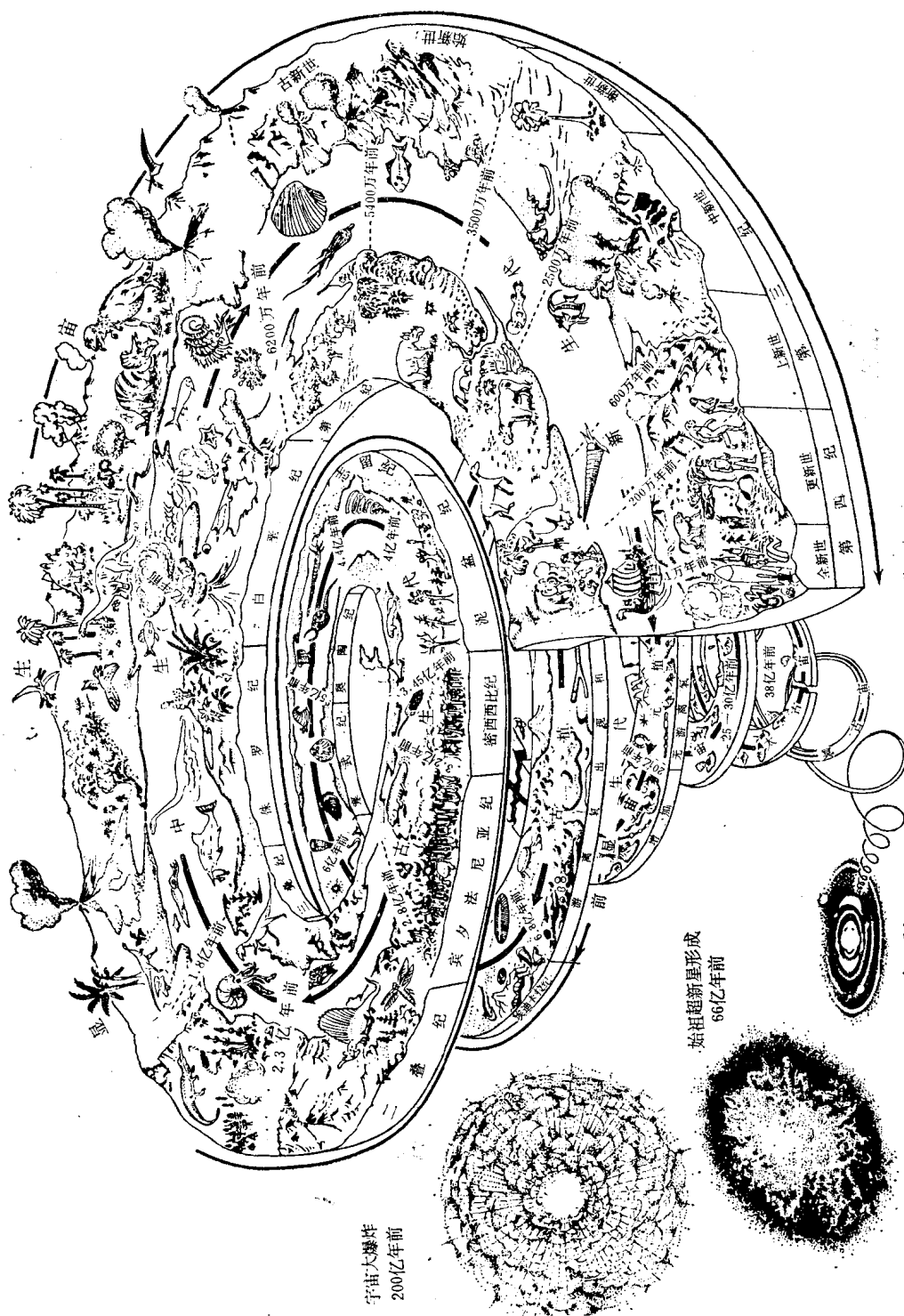
新华书店北京发行所发行·各地新华书店经售

开本：787×1092¹/₁₆印张：12⁵/₈字数：137,000

1986年9月北京第一版·1986年9月北京第一次印刷

印数：1—3,287册 定价：3.05元

统一书号：13038·新256



地球编年史略图
(选自《地质时代》1976, 美国地质调查所)

前言

本书集我毕生研究、阅读和思考之心得写成。其内容涉及我们这个行星，它的历史和宇宙联系、地球上生命的发展及其养育我们后代的能力等问题。简言之，本书是我们这个行星若干侧面的缩影。本书对象为受过一定教育的普通读者，他们经常阅读内容丰富的新闻周刊，可能订阅某种学术刊物，并且喜欢思索某些科学问题；同时，本书也可以作为概论课程的教科书。

本书的写作完全出于我个人的爱好和兴致所至。我之所以成为地质学家，也是由于这种禀性使然。在从事这项专业中，我不怕被开除教籍，潜心研究许多时代和许多种类的化石、古代和近代的珊瑚礁、陆地上的古代沉积物和现代海洋中类似沉积物的沉积环境以及原始地球各方面的演变过程。为了这种研究，我曾走遍国内外许多地方，从而进一步丰富了我早就喜爱的历史、地理、生物化学和天文学等学科的基本知识。

我曾设想，若能围绕地球这一我最喜爱的题目，编写一组互相联系的短篇小品，也许是很有趣的，而且可能受到读者的欢迎。但因我的思绪多变，这一想法长期以来仅处于酝酿之中。最初，我打算写给我那些年幼的孩子，让他们了解这个行将由他们来承继的世界是何等奇妙、复杂，有时甚至桀骜不驯。可是，就在我反复思考并着手编写前几章的时候，孩子们已长大成人，因此转而采取了现在这种写法。

本书试图从宇宙观的角度来描述地球上的空气、水、地壳岩石、气候和生命的共同发展过程，以便对人类的现状和未来加以探讨。地球是在经过了长达几十亿年连续不断的相互作用后才形成现今这种面貌的。将来会是什么样子，在很大程度上受到作为万物之灵的人的行为的影响。人本身是行星演化的产物，他应该懂得自己这个安身立命之地是一个不断演变着的、相互作用着的复杂体系。过去有变化，将来还会有变化。

在简短的引论之后，本书主体是：物质的性质和演变，宇宙的演化，行星和宇宙的时间估算，空气和固态地球的历史，从古至今地球上生物的发展过程。最后三章讨论了地球的现状和未来，特别着重讨论了日益工业化、城市化的社会的性质及对其加以限制的问题。我希望大多数读者能从头到尾依次读完本书，因为只有把所有章节贯通起来，其意义才能完整。但有些章节科学性很强，为此我把基本概念和基本资料作了必要的重复。这样，读者即使略过某些觉得吃力或乏味的章节，本书的连续性也不致受到太大的损害。

我的愿望是写成一部关于地球历史的小说，在某种程度上也可以说是预言小说，追溯其先祖，并从地质上预卜其不久的将来。小说的主人公是元素、恒星、行星和生命。地球上元素的局部积聚便形成了空气、水、地下巨大的岩石圈和以人为最高级形式的各种各样的生物。

造成各种有关事件的过程具有极大的普遍性，并适用于过去、现在和将来。懂得了这些均衡过程和我们这个行星上生命的历史意义、独特性及脆弱性，就可以懂得人是地球历史发展的产物。人属于巨大生态体系的一部分。他不但改造了这一体系，同时又被这一体系所改造。人的行为对生态体系及其未来会造成可以预测的后果。人在掌握了这些真理之

后，就会认识到关怀别人乃至人类以外的其它生物是与他自身及其子孙后代的最大利益相一致的。人只有在这种信念的支配下，才能更好地处理地球及其宝贵的天然资源，节育优生，使其子孙后代生活在一个更加自由、富庶的世界上。

此外，书中引述了有关的科学史，介绍了各种见解和争论。有许多我们懂得或自认为懂得的东西，迄今尚未获得满意的解释。有争论的各种假说与观测和实验一样，也是科学的一部分。同时，我也毫不隐讳地表明了自己的意见和倾向。

我力求语言通俗，但在找不到简明恰当的一般用语时，为避免冗长，偶尔也使用了一些术语。对于那些联系上下文也难于理解或从普通字典中找不到的用语，在其首次出现时都作了解释。书中的测量单位采用的是公制，只有图46和图47采用的是美国商业上通行的计算单位。书末附有换算表。由于本书最初是为美国读者而写的，“billion”这个数词代表的是 10^9 或1,000,000,000（十亿）。在选择进一步阅读的参考文献时，考虑到通俗性、综合性、可靠性和流行性，在权衡取舍上往往是煞费苦心的。

还要说明的是，在书中有些地方我把一些无意识的生物和非生物的作用或事件写成了有意识、有目的的。尽管这种表达方式在正规的科学作品中是忌讳的，但却可以写得生动、简洁些。譬如，说到光合作用的发明者是某种不知名的原始微生物时，并非真的意味着要为其申请专利权，读者对此当能理解。

本书在许多人的帮助和鼓励之下才得以其目前的面貌问世。其中，首先是我的妻子珍妮斯（Janice），她从非专业的角度对本书提出了批评性意见，并承担了对1973年初稿两次大改的打字任务。感谢詹姆斯·吉拉里（James Gilluly）、威尼弗雷·W·格列戈里（Winifred W. Gregory）和A·O·伍德福德（A·O·Woodford）对第一稿作了全文审阅；感谢S·W·奥莱米克（S. W. Awramilk）、约翰·克罗威尔（John Crowell）、W·W·墨多克（W. W. Murdoch）、E·C·奥尔逊（E. C. Olson）、斯坦顿·皮尔（Stanton Peale）、乔治·蒂尔顿（George Tilton）和罗伯特·沃纳（Robert Warner）审阅了个别章节；大卫·克劳克（David Crouch）根据原稿草图和已出版的修订本制作了素描图。经凯瑟琳·斯金纳（Catherine Skinner）介绍，方与耶鲁出版社联系，并蒙爱德华·特里普（Edward Tripp）和毛伦·布什科维奇（Maureen Bushkovitch）两位编辑不弃。最后，还要感谢几家出版社那些不知其名、退还初稿的批评家，他们提出的意见尽管尖锐，却颇有帮助。我相信，当他们中的任何一位看到这一版本时一定会发现他们的心血并不白费。

普雷斯顿·克劳德

一九七七年六月

于加利福尼亚猛犸湖

目 录

前 言

第一部分 宇宙

第一章 开宗明义.....	3
第二章 物质的性质.....	7
第三章 星和太空.....	16
第四章 天为什么不会塌下来.....	22
第五章 行星的诞生.....	26

第二部分 地球

第六章 时间的计算.....	31
第七章 运动不息的地球.....	38
第八章 地球的构造演化.....	49
第九章 空气和水.....	58
第十章 空气是如何变得能够呼吸的.....	62

第三部分 生命

第十一章 生命的起源.....	77
第十二章 共同的祖先是怎样产生出不同后代.....	85
第十三章 大地的绿化.....	99
第十四章 早期动物的逐步展现.....	108
第十五章 恐龙、鸟类和哺乳动物.....	120

第四部分 人类

第十六章 人类的进化.....	133
第十七章 来自宇宙的信号.....	145
第十八章 从宇宙飞船上看今天的地球.....	154
第十九章 后代人的世界.....	164
第二十章 也许是做梦.....	187

第一部分 宇 宙

第一章 开 宗 明 义

被称为地球的这颗行星是一个非同寻常的宇宙天体。它和太阳、我们银河系中的其它数十亿颗恒星、可以观察到的宇宙中数不清的其它银河系、星际和星系际的空间，甚至小行星带之外的行星际空间和行星，大都是由氢和氦组成的。但是，地球象太阳系的其它内行星或“类地行星”一样，由于相对缺少这些轻元素和富含较重元素而不同寻常。

地球还曾因未为科学探索所证实的某些方面而被认为与众不同。根据观察到的可见天体的运动，当然也根据常识，人们早就设想地球位于宇宙的中心，而其余一切均绕其旋转。在古人的眼里，地球是凛然可畏的庞然大物。尽管四百多年以前这种看法就遭到了异议，“无穷无尽”一词仍常常不恰当地被人们，甚至具高深知识的人们用来描述地球哺育生灵的能力。

既然已用各种宇宙飞船对整个地球的各个部分进行了远距离摄影，上述观点就难于成立了。地球的庐山真面目终究被大家识破：它原来是一个渺小的有人居住的星体，悬浮在幽暗深邃的太空之中，并以每秒三十公里的速度在精巧地维系着它的平衡的轨道上围绕这个既是生命之源又能致人死命的太阳旋转不已。

地球这颗行星引起了人们的极大兴趣，因为它是太阳系中，更确切地说也是宇宙中迄今已知唯一栖有生命的星体，我们以及我们的子孙后代都只能靠它来生存。地球除了每天从太阳接受定量的能源之外，几乎是一个封闭的体系。除了科学幻想小说的描述外，事实上现在和可以预见的将来都不会有大量的物质增减。靠大气层的屏蔽和薄薄一层水面的调节，我们才免遭致命的外界辐射和酷热严寒，并获得生活的资源。地球的内部永远是禁区，无论是从陆上或海上，都只能进入几公里的深度。

因此，对地球这个维持生命的有限而脆弱的体系有必要加以了解并谨慎行事。

了解真象，谋求对策，这也正是本书的宗旨。地球是广袤宇宙中一个鲜有其比的演变着的物质形态。地球养育了我们人类。我们时而聪慧而勇于创造，时而愚蠢而恣意破坏，这一切都给地球的演变造成预料不到的影响。以古鉴今，可以帮助我们懂得事态是如何发展到今天这个样子的，从而知道怎样才能尽我所能地造福于未来。

可以肯定地说，当前有很多人对我们这个世界非常关心。人们会体察到很多有待改进之处，但不能确定哪些改进是可行的，或改进应该如何进行——尤其是如何唤起别人一道行动。我们常常笼统地讲要保持自然平衡，似乎自然平衡只是需要加以恢复和维持的一种永恒的理想。人们往往试图干一些主观认为有益的独立的行为。但是，现在需要加以改正的影响却往往是过去行为遗留下来的陈迹，而那些行为在当时被认为是有益的，但对事与愿违的可能后果却未予深究。因此，我们在拟定未来计划时必须记住约翰·穆尔(John Muir)积极坚持的主张：凡是地球上的事物无不与地球上以及宇宙间的其它事物相互关联。我们和这个复杂体系的整体，不论是多么遥远的地方，都有关系。

大自然是一个不可分割、不断变化和历史悠久的物质世界。人生活在一个经过自己改造过的环境中。我们是这个环境的一个组成部分。即使在完全休息时甚至在死亡后，人仍

然和周围环境发生着相互作用。这种相互作用便是生态学的全部内容。生物所栖的空间显示出众多的相互作用，它们既发生在生活其中的各种生物间，也存在于生物与无生物间。地球生态体系中的每一部分，不论是有生命的还是无生命的，在某种意义上都与其它部分相互作用着。一切动物都要吃食，也要被吃掉，都要生存、繁殖和死亡。不论什么地方发生了何种变化，都要引起一系列的其它变化，直至达到新的平衡为止。而新的平衡也依然还总是暂时的。

自然界的一条基本规律是：不论是在单一机体内还是全球生态体系中，平衡状态的扰动都会引起其它方面的反应，有时还会造成酷热或飓风之类的灾难，而最终仍会恢复平衡。从一切事物都不会精确地恢复原状来看，一切变化都是不可逆的。堪萨斯州的麦田永远不能再变成原来的天然草原，原野上再也看不到漫游的三趾马。河流一经改道，决不会完全恢复原位。

大自然在不断地演变。今昔固然不同，将来还会更加有别于现在。我们的所作所为，即使我们好像毫无举动，都会使自然发生变化。我们不能听天由命，束手待毙。尽管昨天已使蠢人灰飞烟灭，但后来者却不应再重蹈覆辙。当你认识到行为的后果时，你就不太容易干蠢事了。

历史是现在和未来的借鉴，而且追溯得越远越好。地球是由星尘演变而来的，它并非始终具有维持生命的能力的。在出现生命之前必须先有空气和水，但空气和水也并不是始终存在的。在生命刚刚出现时，空气中可能还没有大量的游离氧。氧不但可以阻碍构成生命的基本有机分子的形成或烧毁它们，而且氧在未具备发达的酶化系统之前，对一切生命的形成都是有极大危害的（见第九章和第十章），因为只有存在酶才能控制氧使其产生生命机能。按照现在的标准，原始大气是受了严重污染的。即使是最低级的动物，也是在有了进行光合作用的植物，制造游离氧之后才能出现和生存。人本身便是动物长期演变的结果。人的生态优势水平随着人对地球上非生物能源的成功控制而成比例地增加。

很多书只是谈及这一问题的某些片断。本书作者的设想是：通过综合概述来说明造成世界现状的原因，以及为了人类的美好生活如何对世界潜力加以改善的途径。在致力于了解我们这个过程的过程中，重要的是尽可能坚持可以检验的概念，并寻求与一切观察事实相符的最简单的解释。因为这是科学的方法，所以对于科学探索的性质略加说明也是极为重要的。

有人说，科学家犹如在茫茫树林里无目的地用鼻子嗅着玩的一只狗。这一比喻尤其适合于人类的好奇心，没有它，也就无科学可言。狗可以凭借跟踪特殊的气味而发现意外之物，这一点就更象科学了——科学上的发现也是由于科学家醉心于探索而取得的。

我们的世界是如此复杂，若只是对其现状加以详细地描述，那就意义不大了。也许等不到读完全书，前面的内容就早被遗忘了，而且谁也记不住那些纷繁的细节。虽然事实是科学的主要根据，但仅仅罗列事实还不能成其为科学，就如一堆砖瓦不能称为大厦一样。科学的起点是把事实加以综合概括，进而确定事物之间的相互联系。

更确切些说，科学的目的在于发现自然界中可能存在的规则，把似乎是互不相干的过程与事件之间的关系寻找出来，对复杂的现象作出简单的解释，并通过试验，对所作的说明予以验证。艾尔达·赫胥黎（Aldous Huxley）认为科学家与文学家的区别就在于：科学家侧重经验的普遍性，而文学家则侧重其独特性。对此我想补充一点：要造就一种完

美的文化或一位完人，就得二者适当兼备。

但最好的科学表达方式是精确、简练和全面。阿尔伯特·爱因斯坦说过：“科学就是要尽可能地把已经发现的各种相互关系中的独立成分缩减到最少。”艾萨克·牛顿的万有引力定律和爱因斯坦本人的物质与能量关系的公式，可以作为这种高度简化的典范。牛顿发现任何两个物体之间的引力必定正比于其质量的乘积除以距离的平方。爱因斯坦的著名方程式为： $E=mc^2$ ，简言之就是：物质和质量是可以互相转化的；当物质转变成能量时，产生的能量等于转化物质的质量乘以光速的平方（光速用 C 来表示）。这是多么高度的概括啊！

象这样的远见卓识单靠罗列观测资料是得不出来的，尽管资料是作出结论的依据。另外，科学上的新发现在很大程度是已有发现的发扬光大。爱因斯坦的天才贡献来自牛顿的运动定律和热力学定律，正如马车的发明取决于车轮的发明一样。尽管如此，直观性和艺术性对创造性的科学思维还是起作用的。有些概念往往是在冥思苦想中，有时甚至是在睡梦中突然产生的，也有时是出于偶然的灵感。

由于科学家作出了解释，提出了与观察事实相符或似乎相符的假说，科学才取得了进展。假说的提出者常常是不完全清楚它是如何萌发的。但是科学的假说不同于别的，它要经得起检验。也就是说，通过检验，如果假说得不到证实，就得给予否定或加以修改。任何经不起检验的假说，不能算作科学，不论其提出者多么伟大，也不论他在其它方面有多大的科学建树。资料是做出判断的根据，判断又必须通过检验来证明，这就是科学的实质。科学上没有奇迹可言。科学的目的之一便在于用自然作用来阐述自然现象，因此引入超自然的假说无异于抛弃科学。

资料很少的时候，假说几乎不受限制。随着资料增多，进行合理解释所允许的范围往往缩小。经受怀疑责难而保存下来的假说，其确切性也就更大——如爱因斯坦的推论终于得到了原子弹和氢弹试验的证实。假说或一组假说也可以称为模式（或称范例，但与库恩（T. S. Kuhn）的范例有所不同）。经过种种怀疑和诘难而不败的假说或模式可能上升为理论（虽然假说与模式在未完全证实之前也往往称为理论）。经过一定的时间，如果在各种观测条件下找到一种关系并具高度的普遍性，它可以称为定律；如果是十分普遍但并非不变的话，则可以叫做法则。人们应该牢记，科学上的定律或法则是通过人对自然的认识而概括出来的。

人对自然的理解往往不是他所想像的那样完整。模式或范例会被新资料或对老资料的新认识所推翻。尽管我们常说证明这个证明那个，然而科学的发展更要靠反证，或者靠发掘反证的可能性，而不只是靠直接证明。概念在不断经受考验的同时，从假说到理论再到定律，通常是以不断修改的方式向前发展的。大多数概念无法沿袭下来。科学家必须预料到部分时间可能白费或者在较长的岁月中收效甚微。绞尽脑汁是不可避免的。若干劲不足，就将被同辈人的压力所振奋或取代。科学工作是永无止境的。

科学家当然也并不一定非得只字不移地遵循这些严格的思想方法；而就科学而言它们也不是唯一的，但它们是典型的。这样的思想方法可以并常常有效地应用到生活的其它方面，其中包括神学领域的研究（如对死海画卷和古经文的研究）。

我们向着顶峰进军的道路是无比光辉的，因为它是以事实作基础的。诗歌、神学和科学有时混杂在一起，正如两世纪以前的诗人兼圣歌作者威廉·考珀（William Cowper）在

他的美妙诗句中所写的:

据说, 当宇宙诞生之初,
万物形成的时期,
基本元素就接受了,
它们永不背离的规律。
在控制法则的强力推动下,
它们运动得井然有序,
而最初规定路线的上帝,
今天却无须直接插手干预。

《任务》(The Task) 第六册

以下各章将就该控制法则的各个部门分别讨论, 先从基本元素开始。

参 考 文 献

- Beck, W. S. 1961 *Modern science and the nature of life*. Anchor Books. 334 pp.
- Conant, J. B. 1967. Scientific principles and moral conduct. *American Scientist* 55. 311—28.
- Platt, John R. 1966. *The step to man*. John Wiley and Sons, Inc. 216 pp.
- Popper, Karl R. 1959. *The logic of scientific discovery* (translation from the original German edition of 1934). Hutchinson of London. 480 pp.
- Weisskopf, V. F. 1977. The frontiers and limits of science. *American Scientist* 65, 405—11.

第二章 物质的性质

我们的目的是探讨地球的历史和预见其未来，那么，为什么要涉及物质的性质呢？神秘难解的物质，与万物之灵的人类有什么休戚相关之处呢？

物质的性质与人和地球是密切相关的，因为人和地球都是由物质构成的。如果物质的性质变了，人就会面目全非。人和地球都是物质演变的产物。除了原子时代的某些稀有产物外，地球及其内在的一切以及海洋中的水和地球周围的空气，都不外乎是天然产出于宇宙的这一小小角落的九十种元素的某些化合物罢了。元素及其化合物是由原子构成的。原子又是由基本粒子构成的。它们的结构关系到地球的组成和人类的现状。

象生命和行星一样，元素也是有生有灭的。元素是在与地球环境迥然不同的恒星上产生的。只有在濒临毁灭的恒星中才能产生最重的元素。这类恒星由于爆聚而成为新星或超新星，向太空发出带有新元素的冲击波，从而为形成新的恒星和行星准备了物质条件。多少恒星毁灭了，生命才得以产生。恒星给路人指引方向，激起人们的深思遐想和探奇精神，也许有人认为恒星也不过就是这些功能，其实远不止此。

观星者以及其它好思索的人们一直被那些密密麻麻大大小小的满天星斗吸引着。从似无联系的事物中找出相互关系来，这是人类的一种本能，也正是科学探索不断取得进展的关键。最大成就的取得者往往是那些赋有强烈好奇心和以解释疑难为乐的探索者，其主要原因就在于他们完全倾心于对问题答案的求索，而事先并不考虑要取得什么样的答案。实际的关联固然有着历史上的巧合之处。但是，过分地强调这种巧合就会歪曲思维过程。

要解开地球的形成和生命的起源与演变这个久悬之谜，首先要弄懂各种元素及由其组成的各种化合物。地球作为行星在太阳系中由里向外数排行第三，其大小、组成、性质以及和太阳的距离正好适合于生命的发展，是宇宙中这类特殊（但为数未必很少）行星中的一个。即使不做感情上的渲染而只是从科学上对地球的起源加以描述，其引人入胜之处也不亚于文学上的神话传奇。

元素、分子和原子本身的各种排列都有其历史渊源和特点。它们的生长衰亡和生物一样要受到环境的影响，只是其时间尺度大不一样。每一种化合物都是在特定的物理和化学环境中产生的。缺乏这方面的知识就不懂得什么是自然平衡，正如莎士比亚那样，不精通英语便不可能写出《哈姆雷特》这样的不朽之作。

物质的结构

所有纯物质的元素排列都有一种特有的或系统变化的序列。这种排列的性质决定了某物质与其它物质相结合的方式以构成更为复杂的物质，包括细胞、组织和生物的器官等。除了很少的例外，元素只作为分子或其它化合物的组成部分而存在，其中可能含有同一元素的两个或更多的原子（如氧分子和氢分子），或由不同原子结合而成（如简单的二氧化碳或人们赖以生存和调节生命过程的各种蛋白质的巨大分子）。早在公元前，德谟克里特

(Democritus) 和卢可莱修 (Lucretius) 就提出了原子是物质的基本组分这一假说, 但当时还只是一种模糊的概念。直到十八世纪末, 才由英国的约翰·道尔顿 (John Dalton)、法国的约瑟夫·盖吕萨克 (Joseph Gay-Lussac) 和意大利的阿米底欧·阿佛加德罗 (Amedeo Avogadro) 等人作出了确切的解释。法国的亨利·贝可勒尔 (Henri Bequerel) 于 1896 年奇迹般地发现了放射性, 随后又有人发明了可以窥测原子内部结构的科学仪器和方法, 至此才终于弄清原子并非组成宇宙最基本的材料。

原来认为不可分的原子, 经过本世纪粒子物理学家们的研究, 方知实际上是由大约一百种不同的基本粒子组成的, 其中最主要的是质子、中子和电子。杰出的新西兰人, 后任剑桥大学物理学教授的恩斯特·卢瑟福 (Ernest Rutherford) 于 1919 年首先分割了原子。卢瑟福的研究基础便是贝可勒尔发现的放射性及其后玛丽·居里和皮埃尔·居里杰出的科学成就。

古代的炼金术士虽然未能把铅变为金, 但从元素可变的意义上说并非全属荒谬。大多数元素在现有的地球条件下是不可变的, 只有少数元素, 如铀及其子体产物镭, 会由于放射性辐射而自发地蜕变成其它元素。贝可勒尔观察到放射线可以使照相底片感光并产生其它特殊效应。居里夫妇也发现: 不论在任何条件下, 铀和镭总是以似乎不变的速率自发地放出辐射线。

卢瑟福发现: 放射性原子发出的辐射线一经穿过强磁场或电场就分成三种, 某些射线偏转的路径好像是带正荷的粒子, 另一种偏转的路径好像是带负电的粒子, 还有一种射线径直地穿过。它们依次是卢瑟福命名的 α 、 β 和 γ 粒子或射线。

经过对这些射线性质的深入研究终于发现: 这种正电粒子就是惰性气体氦的核, 只是缺少两个起中和作用的带负电的电子。即使是用倍数最大的显微镜也看不见这种粒子; 但却可以在暗室中用普通放大镜对一块发光的表盘进行观察来确定其存在。就象美国独立纪念日的烟火那样, 那熠熠的光辉就是由数不清的小火花组成的。每一个小火花就是一个氦核, 以巨大的能量从表盘物质上发射出来, 当它撞击到其它物质时就出现了瞬息的小火花。

借助一种名为云室的实验装置, 可以看到放射性物质放射出来的带正、负电荷粒子的轨迹。微小的水珠凝聚在由于粒子高速穿过云室中的湿气而产生的其它带电粒子上。这种粒子的径迹在幽暗的背景上熠熠发光。这种由带正电的 α 粒子形成的明显径迹遇到云室中的气体原子或穿过金属薄膜时, 大部分是不偏转的。对此, 卢瑟福的解释是: 原子的中心是质量大而体积小的核, 而核外却非常空旷, 只散布着一些循轨道运转而质量很小的带负电粒子, 叫做电子。这种电子的负电荷数量恰好能中和中心核中的正电荷。 α 粒子主要是通过较为空旷的原子核周围, 犹如麦哲伦横渡了太平洋但未看到其大多数小岛一样。

第一类被鉴别出来的基本粒子是质子。质子带正电, 是原子核的主要组成部分。1919 年, 卢瑟福通过对一张照片的观察发现了云室中 α 粒子 (氦核) 径迹穿过氮气时的奇异现象: 在带正电的 α 粒子进入氮核时突然中止的一条特别粗大的径迹的一端, 有一条较暗的径迹发生了偏转。根据这两条径迹的特征, 卢瑟福标出这条微暗的偏转径迹是由重量大约为氦核的四分之一的一种新粒子形成的。这种粒子带正电, 与电子的电荷相等而相反, 于是被称为质子。虽然质子是从氦核中分裂出来的, 但它的重量与电荷同氢核是一样的。现在知道, 氢核就是由单个质子组成的。后来, 卢瑟福又对 α 粒子穿过各种不同物质的情况

进行了研究，从而发现质子可以从很多种原子中释放出来。因此他提出了这样的假说：质子是一切原子核的主要组成部分。

因为同一物体的重量是随着地心引力而变化的，所以采用质量这一较为确切的术语来表示与重量相当的一种不变属性。直到1932年才发现了一种不带电的、比质子大一个电子的质量的粒子，称为中子。其它已知的基本粒子都是在第二次世界大战后才发现的。在这些粒子中，有一些对核的聚结显然起了重要作用，只是质量微小且在原子核外的寿命短暂到远不足一秒。

在物质结构中占优势的基本粒子是质子、中子和电子。核外游离的中子经分裂能够产生相等数目的质子和电子（每十三分钟便有一半游离中子发生分裂）。因此可以说，质子和电子是中子分裂的产物；中子是物质的原始状态。原子的重核中心是由带正电的质子和不带电的中子构成的。这些基本粒子合在一起也只占宇宙质量的千分之几。电子是很小的，每个电子的质量大约只是一个质子的 $1/1800$ ，但对中和质子的电性却具有重大作用。

质子和电子就象核内的中子一样，只要不受到宇宙辐射和不处在核反应堆或核爆炸装置内——也就是在地球上的正常情况下，都是稳定的。核转变和原子能主要是通过游离中子实现的。这是因为不带电的、高速运动的中子可以进入原子的中心，而一个带电粒子却会被排斥出来。进入核内的中子可以置换一个质子，放出一个电子，改变原子结构并产生能量。但在我们这个行星系的一般情况下，原子核内的中子总是静止的，可以作为元素质量单位。

曾经被认为是不可分的原子，现在才基本弄清了它的面目，但其细节仍像印象派画家的作品那样模糊。除氢以外，所有元素的原子都含有一个由质子和中子组成的核（统称为核子），其外围井然有序地运转着一群电子，就像芭蕾舞主角四周的那些伴舞演员一样，只是速度要快几百万倍。最简单的元素氢含有一个质子，其外有一个循轨道运转的电子；其它元素的核外则是数目不等的一群电子，其数目在元素状态下总是恰好与核内的质子数相等。

然而，原子的结构是很空旷的。如果把一个静止的原子放大成杨基体育场那么大，原子核就象是飘浮在这个空空荡荡的球中心的一簇弹丸。电子可以比作没有重量的乒乓球，沿着一组不可见的同心球体或壳层表面，以那簇弹丸为核心，在杨基体育场那么大的球形空间中循各自固定的轨道运动。这样的结构尽管很空荡，却不但可以构成气态的氢和氦，也可以构成象铁那样坚硬或象铂那样又重又坚固的元素。其奥秘就在于，尽管普通物质的原子内部是空空荡荡的，但围绕着原子核的电子层却受着电子的离心力和它与核内电量相等而符号相反的带电质子间的吸引力的共同作用的约束而固定在适当的位置。为了不致被吸入核内，电子就需要以每秒几百万次的速度旋转。在此过程中，它们几乎屏蔽掉所有物质而使原子密不透风，只有像 α 粒子和中子之类的高能物质才能进入电子层内。正常运转的电子就象优良的卫星那样，其速度恰好可以使其稳定在轨道上，不飞向外空，也不会冲向中心体。

因此，元素可以确切地定义为其所有原子的核内具有相同质子数的中性物质（图1）。质子的数目就是原子序数。虽然原子序数表达了元素的主要特征，但是在考虑原子如何结合成单质和我们所熟悉的各种化合物时，还要涉及另外两种特征和三个术语。

因为要维持原子的中性需要有数目相等的轨道电子和核内质子，所以原子序数也可以

表示轨道电子的数目，但未反映出核内中子的数目。除常见的氢外，所有元素的原子核都含有中子。还有两种罕见的氢，其核除了那个特定的质子而外，还含有一个或两个中子。

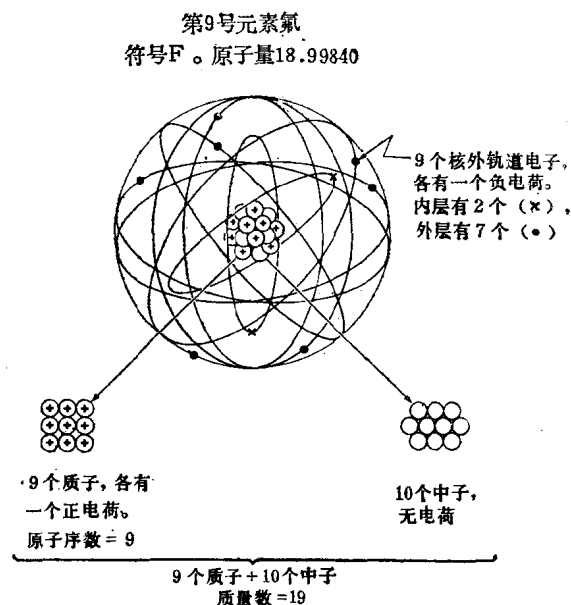


图1 原子的结构

因此序数相同的原子可能含有不同数目的中子，它们的质量也就不同。质子和中子数目的总和叫做质量数。与正常形式元素原子序数相同而质量数不同的元素叫做同位素。各种同位素的表示都是在元素名称后加上质量数。例如，质子数、电子数和原子序数都是82的铅有十一种已知的同位素，其质量数因中子数不同而变化于203—214之间(其中同位素213尚未发现)。除了铅204之外，所有这些同位素都是放射性裂变或衰变的终端产物。各种衰变体系的衰变过程都是按照一种固定不变的速率进行的，因此可以作为一种重要手段来测定地球及地球历史各阶段形成的岩石的年龄。最后，一个更常见而有用的元素特征值就是原子量。读者不难猜出或已经知道，原子量就是构成普通的元素模型的原子各

组分(质子、中子和电子)的质量总和除以模型中的原子总数。原子序数和质量数总是整数，而原子量决不会是整数。

前面几节已经提到，各种元素或化合物都有其不同的原子结合方式。而原子又象那些相互依存而习性各异的生物一样，十分苛求与其伴生的原子种类和伴生方式。原子间的结合力称为键。量子力学证明，键的性质取决于核外电子按能量特征的排列方式。化学键是由共有或交换最外层电子形成的(图2和图3)。只有由两个电子构成单电子层的原子或外层有八个电子的原子才是稳定的。由这种原子组成的元素称为惰性气体，它们只有在十分特殊的条件下才与一些特别常见的元素相结合。外层电子不足八个的原子则与同类原子或具补偿电性的其它原子结合。

在一般情况下，当元素的原子的单层电子少于两个或外层电子少于八个时，每个原子总要寻求能够给出、接受或共享电子的对象，以便能使原子外层达到稳定的电子数(两个或八个)。这个对象可能是同种元素的另一个原子，也可能是不同元素的原子。例如，一个氢原子可以和另外一个氢原子结合，形成共有两个电子的分子结构；或两个氢原子各自把一个电子馈赠给氧原子，达到外层可以保持稳定的八个电子数而形成水分子。原子可以馈赠、接受或共有的电子数叫做价。给出电子的元素为正价，接受者为负价。

结合比率是由价决定的。例如，氯加上一个钠原子就可以成为盐；两个氢加一个氧就成为水；两个氧一个碳就成为二氧化碳。图2和图3示意性地表示了各种结合方式。

原子或者质子团得到或失去电子就会产生电荷，这是由于负电子与正质子的数目不再平衡的缘故。这时，它们便不再是普通的元素或化合物了。这种带电的原子叫做离子。离子随时可与带相反电荷的适当离子相结合。图2中的钠具有正一价，氯具有负一价，两