

科学大师佳作系列

4

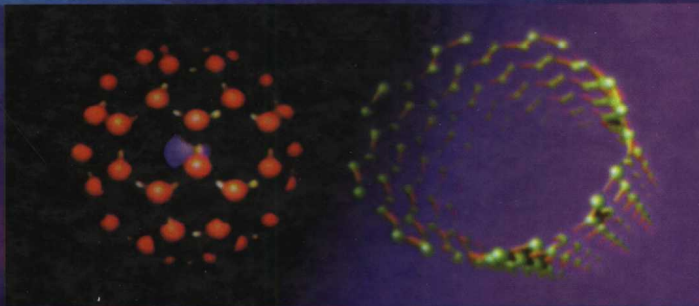
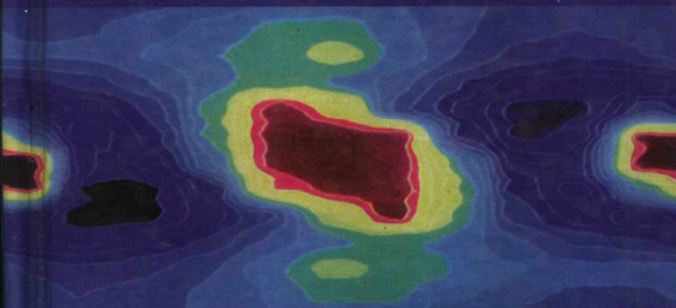
周期王国

THE PERIODIC KINGDOM

彼得·阿特金斯 著

张 瑚 张崇寿 译

郭正谊 审校



上海科学技术出版社

周期王国

彼得·阿特金斯 著

张 瑚 张崇寿 译 郭正谊 审校

上海科学技术出版社

内 容 提 要

《周期王国》为美国约翰·布罗克曼公司组织世界著名科学家分别撰写,并于1994年开始推出的一套反映世纪之交科学前沿问题的《科学大师佳作系列》丛书之一,全世界有20多个国家和地区共同推出这套丛书的各种文本。

本书将化学元素周期表比拟成一个有山有水的自然王国,并借用地理学上的许多术语对王国进行了描述。在描述过程中穿插介绍了有关这一领域内存在的各种不同的学术观点,以及最新的研究成果,读来饶有趣味。

责任编辑 段 韬
张跃进

周 期 王 国

彼得·阿特金斯 著

张 瑚 张崇寿 译 郭正谊 审校

上海科学技术出版社出版、发行

(上海瑞金二路450号)

新华书店上海发行所经销 常熟市印刷六厂印刷

开本 850×1168 1/32 印张 3.5 插页 4 字数 87,000

1996年12月第1版 1997年3月第2次印刷

印数 21,001—41,000

ISBN 7-5323-4044-9/O · 204

定价:10.00元

Published by arrangement with
JOHN BROCKMAN ASSOCIATES, INC.
in association with BARDON—CHINESE MEDIA AGENCY
ALL RIGHTS RESERVED

编译委员会名单

编译委员会主任 朱光亚
顾 问 龚心瀚
编译委员会副主任 谢希德
叶叔华

编译委员会委员 (以姓氏笔划为序)

文有仁
卞毓麟
陈念贻
杨沛霆
杨雄里
吴汝康
何成武
郑 度
洪国藩
胡大卫
谈祥柏
戴汝为

《科学大师佳作系列》中文版序

人类正在迎接世纪之交。即将消逝的 20 世纪,科学技术又有了过去无法比拟的巨大发展与进步。科学上的重大发现,与技术发明、创造相互交替影响与促进,使人们对客观世界的认识更深入、更丰富多采了。

以“宇宙演化”这一课题为例,《科学美国人》杂志 1994 年 10 月号以“宇宙中的生命”为题的专刊,登载了詹姆士·皮博(P. James E. Peebles)等 4 位科学家的综述文章,介绍了近年来对宇宙起源的演化问题的研究成果——大爆炸标准模型。按照这一理论,宇宙是在大约 150 亿年以前从炽热而且稠密的物质与能量“大爆炸”而形成,随着它急骤膨胀、冷却,逐渐衍生成众多的星系、星体、行星,直至出现生命。人类生活于其中的太阳系,约在 50 亿年前才开始出现。这篇文章指出,研究宇宙学问题的还有哲学家、神学家、神秘主义者;然而,与他们不同的是,科学家们只接受经过实验或观测检验过的事实。文章还指出:“我们对宇宙起源与演化的认识,是 20 世纪科学研究的重大成就之一,这正是基于几十年的创新实验与理论研究的结果。用地面和发射到空间的现代望远镜,可探测到远在数十亿光年之外的星系发出的光,它告诉我们宇宙年轻时是何种模样。用粒子加速器可探索宇宙演化初期其高能环境的基础物理学。用人造卫星可探测到宇宙早期膨胀后留下的本底射线,使我们在能观察到的宇宙最大尺度范围内勾画出它的大致图象。”当然,由于观察和实验受到条件和能力的局限,正如过去许多理论认识仅是客观真实的一种近似那样,也还有许多问题尚不能由这一理论作出回答,需要科学家们继续努力进行创新研

究,并通过更多的观察、实验来解决。

江泽民同志近年来多次指出,各级领导干部要努力学习与掌握现代科学技术知识。1994年12月,中共中央、国务院发出了《关于加强科学技术普及工作的若干意见》,要求从科学知识、科学方法和科学思想的教育普及3个方面推进科普工作。问题是:当代科学之发展如此迅速,其前沿领域又如此艰深,究竟能不能凭借通俗的语言,使广大干部和社会公众对当代科学成就取得比较中肯的了解?

这很不容易,但回答仍是肯定的。已故美国科普泰斗艾萨克·阿西莫夫(Isaac Asimov)曾经说过:“只要科学家担负起交流的责任——对于自己干的那一行尽可能简明并尽可能多地加以解释,而非科学家也乐于洗耳恭听,那么两者之间的鸿沟便有可能消除。要能满意地欣赏一门科学的进展,并不非得对科学有透彻的了解。归根到底,没有人认为,要欣赏莎士比亚,自己就必须能写出一部伟大的文学作品。要欣赏贝多芬的交响乐,也并不要求听者能作出一部同等的交响乐。同样地,要欣赏或享受科学的成就,也不一定非得躬身于创造性的科学活动。”

这番话很有道理。而美国布罗克曼公司组织编写的《科学大师佳作系列》(Science Masters Series)则堪称贯彻这一宗旨的上乘之作。该系列的作者们,既是当代科学前沿研究领域中有盛誉的专家,又是成绩卓然的科普作家。他们的这些作品内涵丰富,深入浅出,水准确实是很高的。同时,该系列的选题布局也很有特色:既有选择地抓住了当前科学发展的若干热点或焦点,又从整体上兼顾了学科覆盖面。这从该系列第一辑12本书和第二辑10本书的选题即可见一斑。

《科学大师佳作系列》是世界科普出版界的一项盛举:它将在全球范围内的十几个国家中,以二十几种语言出版。上海科学技术出版社与布罗克曼公司签约,取得了出版中译本的版权。为确保中译本早日问世,出版社邀请了10余位专家、学者组成中文版编译委员会,决定每拿到一本英语原著打字稿,即着手组织本学科领域

中既有学术专长、又有著译和科普写作经验的学者翻译。经过编译委员会诸同仁和全体译、校、编者的共同努力，《科学大师佳作系列》中译本中首先推出的3本已呈献于读者面前，即《宇宙的起源》、《宇宙的最后三分钟》与《人类的起源》。这3本书也正好是我前面举例讲到的介绍“宇宙的起源与演化”课题的精辟之作。作为中文版编译委员会的主任，我对此委实是不胜欣喜的。

该系列的作者之一、哲学家丹尼尔·丹尼特说过：“我将这项计划（按：即出版《科学大师佳作系列》）视为向这个世界撒下了一张网，它捕获的将是我们这颗行星的下一代思想家和科学家。”但愿果真如此。与此同时，我也衷心地企盼我国的科学家、科普作家、出版家们能并肩奋斗，不懈努力，写作和出版一批足以雄视世界科普之林的传世佳作，为我国科学事业的长足进步作出更大的贡献。

谨序如斯，愿与读者共勉。

朱 光 亚

1995年1月20日于北京

目 录

序 言	1
第一章 地理	3
1 地形	3
2 领地的物产	8
3 自然地理	19
第二章 历史	30
4 发现过程	30
5 领地的命名	37
6 国土的起源	43
7 制图人	52
第三章 行政区划和管理制度	66
8 内部规律	66
9 外部规律	71
10 地区管理	82
11 联系与联合	91

序 言

萨默塞特·莫姆(Somerset Maugham)所著《遭天谴的人们》(*The Vessel of Wrath*)一书的开篇一直使我很陶醉。我坐在书斋里,翻阅着“扬子江引水人”一节,对潮汐表和航行方向渐渐有了真实感。当意识到树木、屋顶以至民众是书中故事的主题时,在我的想象中那些等高线和图表消失了,出现的是美丽的幻景,因此,我愿你能陪伴我,以元素周期表为规范的航行图,在化学领域里做一次想象中的旅行。但在我们心目中,应把这一周期表视为有人生活的国家——一个周期表王国,就像我们降落在地面上见到的一般。我们要飞越王国的大地,看一看起伏的丘陵、山脉、峡谷和草原。我们要登上陆地,步行于广阔的草原之间及湖泊周围。我们还要到地下勘查,去发现隐伏的构造,即控制和支配着王国的机理,因为那里是需要理性认识的地方。

无论在原理上或实践中,周期表都可被认为是化学中最重要的概念。它是学生们日常所必需的,它为专业人员提供新的研究途径,并为整个化学变化过程规划出简明条理。它清楚地证明这样的事实,即化学元素并不是一堆无规则的东西,而是彼此间存在着诸多关系,显示出种种趋势,一族一族地处在—起的。了解周期表对于每一位希望认识世界并弄清世界是怎样由化学的基本结构单元——化学元素所构成的人来说非常重要。任何试图以科学家的眼光来熟悉世界的人都应该认识周期表的全貌,因为它是科学修养的一部分。

我把周期表描述成在一个想象中的国家旅行的指南,将各种元素比拟成不同的领地。这一王国有其地貌:各种元素以特有的方

式互相排列,由它们可产生出各种各样的东西,就像大草原上能长出谷物和湖中能生长鱼类。王国也有历史。实际上它有三方面的历史:我们几乎像发现陆地那样发现了元素;像绘制世界地图一样,画出王国的地图,其中元素的相对位置具有非常重要的意义;元素还有它们自己的宇宙历史,这可以追溯到星球。

周期王国也有管理部门,有控制各种元素特性的规律,支配元素的行为变化以及确定它们所能形成的联合体。这一行政职能是从原子以及构成原子的电子和核子的特性中发现的。

我不想臆断原先的化学知识,我只要求你根据具体存在的实物运用你的想象力,理解书中地理学方式的类比。我们将一起飞行,穿越山山水水,在合适的地方登陆。这样,我们会发现一个富饶的王国,现实世界就是它的一个表现形式。

我要感谢杰里·莱昂斯(Jerry Lyons),他为本书担任编辑并提出一些有益的建议。

1995年1月于牛津

第一章 地 理

1. 地 形

欢迎您到王国来。这是一个想象中的国家，但它比看上去更实在，它就是化学元素的王国。一切有实体的东西都由王国里的物质构成。王国的幅员并不辽阔，只有一百来块领地（以下我们经常用“**领地**”一词代表元素），但却拥有构成我们现实世界中每一样东西的物质。我们故事中讲到的这上百种元素能造就出所有行星、岩石、植物和动物。这些元素还是空气、海洋和地球的基本成分。我们依赖元素，食用元素，甚至我们自身就是各式各样元素组合的。由于我们的大脑由元素构成，所以从某种意义上讲，我们的思想意识也是由王国居民——各种元素所具有的特性产生的。

事实上，这一王国并非是一群乌合之众，而是一个有着严密组织的国家，这里每块领地的臣民都与相邻领地的臣民亲密无间，各个领地之间几乎没有明显的界线，因为王国地形的主要特征就是逐渐过渡：平原与平缓的山谷相连，又逐渐沉降为深不可测的峡谷；山坡从平原缓缓升起，又渐渐形成耸入云端的高山。当然，这些都是想象和比拟，为的是让我们感觉正在王国旅行。要记住这样一条原理，不仅这个物质世界是由上百种元素构成的，而且这些元素有着一定的排列模式。

我们眼下的目的是了解元素排列模式，熟悉王国地域情况。从图 1 的上端，也就是从氢元素开始，直到相隔很远的铀元素以外地区，展现出一片美妙景色。目前，对铀元素以外地区，人们已有所

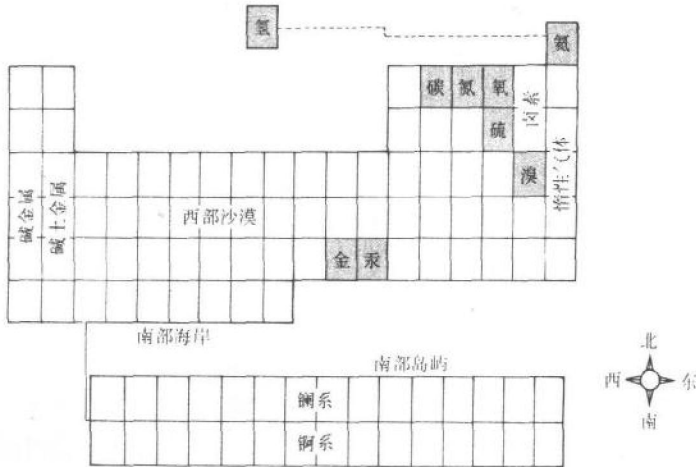


图1 周期王国总平面图 西部沙漠和南部岛屿包括全部金属元素,其余地区为非金属元素

知,但在更远处尚有一道未勘察过的地界,有待未来的哥伦布去发现。离我们较近的是比较熟悉的地区,即碳、氧、氮、磷、氯和碘的领地。在初步观察后,我们还要熟悉更多的领地,了解一下这些地区是否为旱地、沼泽、湖泊或牧场。

即使从这样的高度,我们也能看出王国地形的全貌(见图1)。一些地区闪闪发光,那是由金属组合的。这些地区连在一起,位于我们所要说的西部沙漠。整个沙漠情况大体一致,但淡淡的阴影处显示出不同的特点。浅浅的色斑随处可见,如同人们常见的金子闪光和铜的红色泛光。十分奇怪的是,这些荒芜的地区竟占了王国的大部分(109种元素中的86种),然而,这个王国仍能为我们这个真实世界提供丰富的物质!物质的丰富表明,认为沙漠贫瘠是一种错觉。当我们接近它时将会发现,它的矿藏十分丰富。从广泛的物理和化学性质来讲,荒凉的地表事实上有很多性格不同的臣民。到更近处去观察留待以后,我们此刻还远在这片国土的上空,它的丰富多采还不十分明显。

即使从这样的高处俯视，东部地表的景色也是变化多端的。这里是王国中地势比较平坦的地区，并能看到一个湖泊。但很明显这不是一个普通王国，因为这里的湖泊不像地球上的湖泊那样清澈，呈现灰色或蓝色，而是深红色或近于褐色。这块领地属于溴，是这一奇特国度里仅有的两个湖泊之一。另一个湖泊在西部沙漠的东部边缘，且外表很不一样，它发出刺眼的银色光泽。这里属于汞，是在金属的乱石中出现的一个清澈湖泊。

东部的陆地形态多样，色彩丰富，接近东部海岸处变化更大。首先，西部沙漠在这里逐渐转变，有些地方看起来是金属的领地，但金属性已经变弱，而具有两性，这样的元素包括硅和砷，以及不太为人们所知的碲和钋。看来，这里的土地在化学上是丰产的，但在这块不寻常的土地上实际情况可能与我们最初的印象不同。在同一高度上，我们能够很明显地看出地表的颜色。有常见的硫黄色强烈闪光。与硫相邻的是硒，它似乎随季节变化，一会儿呈现银灰色，一会儿呈现宝石红的颜色，表明它具有两性。一种单纯的物质怎么会具有如此不同的色彩呢？并不只是硒有这样的变化。普通的碳元素也有这种奇特的变化：最常见的碳呈乌黑色，但它能转变成闪亮的钻石、钢灰色的石墨和最近发现的呈浅棕色微晶状蒙脱石。我们必需认识已知元素的不同变形，以及怎样用比喻的方法称呼它的“季节”，因为不知道“季节”会导致混淆，而我们登上王国的陆地时会发现处在任何一个季节里的元素。

接近东部海岸处，地表颜色的变化更大。最明显的是卤素，这是领地间有着紧密结合的一个家族，包括清澈的红色溴湖。在同样的高度上，我们能看出它们的色彩层次，从远在北方毫无颜色的氟加深到黄绿色的氯，再变成与氯相邻的红色的溴。溴的南面，接近南部海岸处是闪烁发光的紫黑色碘。碘的南面是元素碲，关于碲的其他情况一无所知。就像在真实世界里常见的那样，之所以不了解碲，是因为还没有找到它的用处。如果你从未听说过碲，是因为它是一块未开垦的不毛之地，去了解它似乎没有什么意义。碲在王国里只是一块表面上调查过的领地。

这一地带的颜色变化是这里的元素在特性上渐变得较为明显的情况之一。它以悦目的色彩变换引起人们的注意，并且使人想到也许有更为微妙的潜在变化趋势，需要更加密切地去观察，甚至去发现和识别。实际情况就是如此，当我们步行穿过王国时，需要注意这样的变化，因为变化本身表现得并不那么清楚。研究化学变化过程的一部分乐趣就在于揭示出潜在的周期性变动，周期性变动遍及王国的各个领地，并把各个领地联合成一个个家族。

总的变化趋势基本上是肉眼难以辨认的。正如我们看不见所呼吸的空气，有些领地属于气体，看起来缺乏物质。那些看上去无人居住的领地位于王国东部和东北部的海岸上，形成一些空无所有的海岸面，似乎还不如西部沙漠富足。但这样的海岸面非常有用，那里有宇宙生命的先驱——氧。氧对有机生命是那样重要，一刻也不可缺。我们带着氧气瓶潜水或去月球；我们把它输入垂危的人体，维持人的生命；我们用管子把它吸入发动机又喷出来使机器运转和排出废气。氧有激发生机的本质，没有氧，生机和运动就要终止。王国北部边缘上这一貌似无物质的地区就具有这样的潜在能力。

这种看不见的潜能并非氧独有。它的西面邻区氮看起来似乎也没有物质，但氮对于生命同样必不可少。许多生物学上的和工业上的化学活动都集中于从地球的大气中吸取氮，大气中的氮非常丰富。人们把对它的吸取称为“固氮”。固氮是地球上极为重要的化学活动，就像光合作用，将空气中以气态二氧化碳形式存在的碳固定下来。在人类开始主宰地球之前，早就需要使氮得到固定，因为蛋白质由氮合成，而蛋白质又是一切有机生物必不可少的。甚至遗传信息一代代留传也要依靠氮，因为它是脱氧核糖核酸的组成部分。如果没有这一表面上看来荒芜的领地——氮，就不可能有遗传，不仅生命将终止，而且一切活动都将停止，因为有了生命的齿轮——蛋白质。没有氮，光合作用不会发生，就如同上紧了发条而没有联结它的齿轮。

东部海岸的领地是另外一种情况。那里也属于气体，但主要是

惰性气体。自 19 世纪末从事化学研究的“麦哲伦”首先发现这些领地以来，它们已有过各种名称，人们认为这类气体稀少，一度称之为“稀有气体”。它们之中有些气体确是稀少，但并不都是这样。例如，地球大气中的氩就比二氧化碳还要多。地球上的氦很少，但在整个宇宙中氦却非常多，它在宇宙所有的气体中占 25%，数量上仅次于氢。尤其是东海岸最南处的氦，已多至危险的程度，致使世界各地出现天然放射现象，足以令人担心。因此，对于这些极为丰富的气体来说，“稀有”一词已不太合适而被放弃。这一海岸地带长时期没有被发现，是因为上述元素既不与别的元素化合，彼此之间也不化合，所以在命名过程中又把它们称做“不起化学作用的”气体。对于过去想要通过对化合起来的元素进行分析以求了解各个元素的化学家们来说，这些沿海领地仍是看不见，甚至是不可知的。然而在近代，对这些元素进行处理使之结合的尝试已获得成功，沿海领地的贫瘠已得到改观。这并不是说沿海沙漠现在已繁花似锦，而只是有少许的繁荣，从化学观点来看，只相当于萌发出一根小草而已。以上所述也只能说明“不起化学作用的”不过是表示性质和特性的形容词。作为最后的一着，对这些领地的命名使用“惰性”一词，将那儿的各个领地通称为惰性气体。如此定名并不是想要含有化学意味，而是为了简洁高雅。

简言之，这个国家总的布局是西部属于金属区，向东逐渐过渡为景观不同的非金属区，东部海岸线上基本是惰性元素。大陆的南面有一个近海岛屿，我们将称之为南方岛屿，该岛完全由特性有微妙转变的金属组成（如下文所述）。大陆的北面有一个孤立的元素——氢，它在位置上颇似靠近西北欧边缘的冰岛。这一单纯而有天赋的元素是王国的重要前哨阵地。尽管它很单纯，但富有化学特性。它也是宇宙中最丰富的元素及恒星的燃料。

2. 领地的物产

这些领地有些什么物产？就氧和氮而言，我们已经知道，它们虽然看不见，但并不意味着没有用处。同样，那些与金属沙漠近似的地区，只要适当加以利用，也是财富的源泉。由于目前还不知道王国的物产是否有用，以及在我们充分认识王国的物产之前需要进一步了解王国的制度，有必要对整个王国进行调查。这里先做一个初步调查。

无论对真实世界的自然景观来说，还是对手工制品和科学发明的机械产品来说，金属元素都极其重要。例如，沙漠中有一块领地是铁。这一元素曾有助于人类脱离石器时代，并推动人们进行工业革命。这一领地的用途在工业革命进程中进一步得到拓展，铁与邻近地区的钴、镍、钒、锰结合，可变成钢。毫不夸张地说，钢可算是现代社会的基石。有一点不应忽视，铁在王国中能够很容易地与邻近元素结合。这一特征表明，王国地表下的深处有类似的结合趋势，很像文化和经济的联系能加强国与国之间的相互理解。

铁的附近地区在真实国家的历史上也有特殊重要的意义。在铁以东几步远处是铜，由于它很容易提炼，所以在我们摆脱石器时代的长途跋涉中，它是第一个被用来制造工具的元素。为此，我们需要逐点说明铜的用途。铜在一定程度上耐得住腐蚀，而腐蚀是一种有害的化学变化。在日常生活中，铜的耐腐蚀性有两项用处。一是用铜做水管，水管经常会受到具有腐蚀性的化合物——水的作用。二是铜与邻近元素结合而成的铜锡合金（青铜）和铜镍合金可以用于制造钱币。这里我们还可以见到王国中另一些潜在的周期性转变，靠近铜的银和金，长期以来已因其悦人的外表、产量不多及耐腐蚀性而被用于贸易、装饰和钱币。铜、银、金这三种金属在社会中的作用是人所公认的，因而被称为“货币金属”。

概括而言，西部沙漠已由东向西经过勘察和开发，即上述元素