

爱上科学

Science



化学元素之旅

THE ELEMENTS [英] Tom Jackson 著
李莹 丁伟华 沙乃怡 李思慧 译

AN ILLUSTRATED HISTORY OF THE PERIODIC TABLE



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

附赠

化学历史长廊大拉页

爱上科学

Science

化学元素之旅

THE ELEMENTS [英] Tom Jackson 著
李莹 丁伟华 沙乃怡 李思慧 译

AN ILLUSTRATED HISTORY OF THE PERIODIC TABLE

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

化学元素之旅 / (英) 杰克逊 (Jackson, T.) 著 ;
李莹等译. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2014. 6
(爱上科学)
ISBN 978-7-115-35268-2

I. ①化… II. ①杰… ②李… III. ①化学元素—少
儿读物 IV. ①0611-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第074417号

版权声明

The Elements: An Illustrated History of the Periodic Table by Tom Jackson ISBN: 978-0985323035

Originally published in English under the titles: The Elements, Mathematics and The Universe which represent three titles in the series
called: Ponderables: 100 Breakthroughs that Changed History by Tom Jackson

© Worth Press Ltd, Cambridge, England, 2012

© Shelter Harbor Press Ltd, New York, USA, 2012

this edition arranged with Windmill Books through BIG APPLE AGENCY, LABUAN, MALAYSIA. Simplified Chinese edition copyright:
2014 POSTS & TELECOM PRESS.

All rights reserved.

本书简体中文版由 **BIG APPLE AGENCY** 代理 **Worth Press Ltd** 授予人民邮电出版社在中国境内出版发行。未经出版者书面许可,
不得以任何方式复制或节录本书中的任何部分。

版权所有, 侵权必究。

-
- ◆ 著 [英] Tom Jackson
译 李 莹 丁伟华 沙乃怡 李思慧
责任编辑 李 健
执行编辑 周 璇
责任印制 周昇亮
- ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京顺诚彩色印刷有限公司印刷
- ◆ 开本: 889×1194 1/20
印张: 7
字数: 333 千字 2014 年 6 月第 1 版
印数: 1—3 500 册 2014 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2013-4012 号

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010) 81055339 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

爱上科学

Science

化学元素之旅

THE ELEMENTS [英] Tom Jackson 著
李莹 丁伟华 沙乃怡 李思慧 译

AN ILLUSTRATED HISTORY OF THE PERIODIC TABLE

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

化学元素之旅 / (英) 杰克逊 (Jackson, T.) 著 ;
李莹等译. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2014. 6
(爱上科学)
ISBN 978-7-115-35268-2

I. ①化… II. ①杰… ②李… III. ①化学元素—少
儿读物 IV. ①0611-49

中国版本图书馆CIP数据核字 (2014) 第074417号

版权声明

The Elements: An Illustrated History of the Periodic Table by Tom Jackson ISBN: 978-0985323035

Originally published in English under the titles: The Elements, Mathematics and The Universe which represent three titles in the series
called: Ponderables: 100 Breakthroughs that Changed History by Tom Jackson

© Worth Press Ltd, Cambridge, England, 2012

© Shelter Harbor Press Ltd, New York, USA, 2012

this edition arranged with Windmill Books through BIG APPLE AGENCY, LABUAN, MALAYSIA. Simplified Chinese edition copyright:
2014 POSTS & TELECOM PRESS.

All rights reserved.

本书简体中文版由 **BIG APPLE AGENCY** 代理 **Worth Press Ltd** 授予人民邮电出版社在中国境内出版发行。未经出版者书面许可,
不得以任何方式复制或节录本书中的任何部分。

版权所有, 侵权必究。

-
- ◆ 著 [英] Tom Jackson
 - 译 李 莹 丁伟华 沙乃怡 李思慧
 - 责任编辑 李 健
 - 执行编辑 周 璇
 - 责任印制 周昇亮
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市丰台区成寿寺路 11 号
 - 邮编 100164 电子邮件 315@ptpress.com.cn
 - 网址 <http://www.ptpress.com.cn>
 - 北京顺诚彩色印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 889×1194 1/20
 - 印张: 7
 - 字数: 333 千字 2014 年 6 月第 1 版
 - 印数: 1—3 500 册 2014 年 6 月北京第 1 次印刷

著作权合同登记号 图字: 01-2013-4012 号

定价: 59.00 元

读者服务热线: (010) 81055339 印装质量热线: (010) 81055316

反盗版热线: (010) 81055315

广告经营许可证: 京崇工商广字第 0021 号

内容提要

伟大思想家们的思想和作为经常可以产生精彩的故事。在本书中，你将会看到改变历史的 100 个化学元素的重大发现。每个故事都涉及一个令人费解的难题，而正是这些难题促使了新发现，并且改变了我们对世界以及我们在世界中的位置的认知，它们的价值无法估量。

知识并不是从一开始就可以被完全认知，它需要大量对证据的思考，一步一步去逼近真相。在这本书中，我们追寻着一个效果与美感同时兼具、可以显示宇宙组成基本单元的工具——元素周期表与其相关内容的历史轨迹，涉及哲学家、炼金术士以及科学家的故事。古希腊哲学家德谟克利特著名的“水、火、土、气”四元素说，他认为一切物质都是原子组成的，不然我们的世界就是一片虚无；法国贵族安托万·拉瓦锡第一次向世界宣告，水并不是一种元素；门捷列夫，这个大胡子的西伯利亚人创建了包含 60 多种元素的周期表，并且对其他元素进行了正确的预测。

如今，我们已经知道了很多关于原子和元素的知识，那么之后，化学的故事又将怎样书写呢？

Contents

目 录

前言

6

史前时代 (公元前 50000 年—公元 0 年)

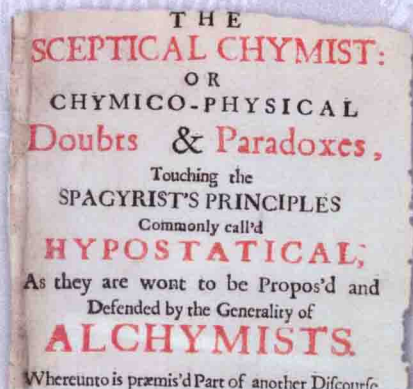
1	石器时代的化学	10
2	天然单质	12
3	青铜时代	13
4	铁的使用	14
5	实用的矿物	16
6	玻璃制品	17
7	古典元素	18
8	电和磁	19
9	原子论	20
10	柏拉图多面体	21
11	佛教的原子学说	21
12	以太——亚里士多德的第五种元素	22

从黑暗时代到中世纪 (公元0年—公元 1600年)

13	黑魔法——炼金术的诞生	24
14	神秘的知识：查比尔的胡言乱语	25
15	实用性法术	26
16	新的尝试	28
17	石蕊测试	29
18	巫师与巫术	30
19	金属的性质	31

启蒙运动 (1600—1800)

20	磁体的描摹	32
21	弗朗西斯·培根的新方法	33
22	罗伯特·波义耳：《怀疑派的化学家》	34
23	磷——发光的物质	36
24	金属产量的增加	37
25	一场大火	38
26	温度的度量	39
27	电力储存	40
28	固定空气——二氧化碳	41
29	潜藏热量的发现	42
30	氢气——会燃烧的“空气”	43
31	燃素化“空气”——氮气	44
32	氧气与布道——约瑟夫·普里斯特里	44
33	舍勒——不知名的发现家	46
34	拉瓦锡的“简单物质”	47
35	物质守恒	48
36	热的测量	49
37	库仑定律	50
38	自然界的分析	50
39	标准命名法	51
40	动物电流	52
41	化学电流	53





19 世纪：科学的伟大时代（1800—1900）

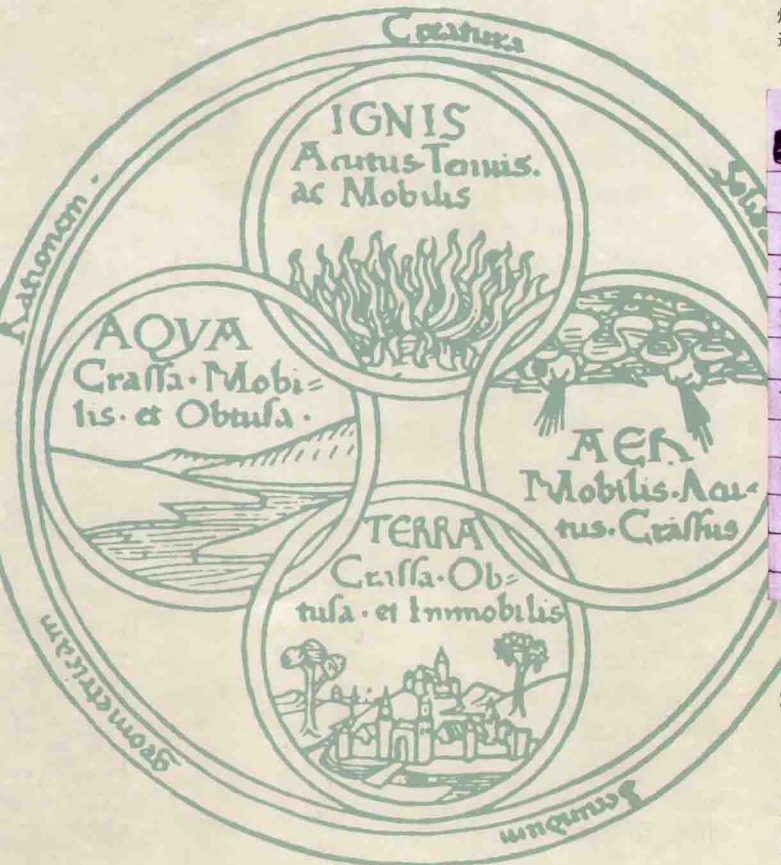
42	气体扩散	54
43	原子再现	54
44	正确的比例	55
45	电解作用	56
46	卤素：盐的前身	57
47	阿伏伽德罗定律	58
48	化学符号和化学式的引入	58
49	电磁学	60
50	生命力理论的推翻	61
51	电力作用	62
52	离子或原子团	62
53	催化剂	64
54	手性异构体	65
55	化合价与分子	66
56	本生灯	66
57	盖斯勒管	67
58	最初的塑料	68
59	碳化学	68
60	光谱学	70
61	卡尔斯鲁厄会议	71
62	观察氦元素	71
63	元素周期表	72
64	阴极射线	74
65	半导体	75
66	活化能	76
67	X 射线	77
68	放射现象	77
69	发现电子	78
70	“原葡萄干布丁”原子模型	79
71	稀有气体	80

现代（1900 年至今）

72	居里夫妇	82
73	物质的嬗变	84
74	光电效应	85
75	半衰期	86
76	哈伯合成氨法	86
77	原子核的发现	88
78	同位素与质谱	90
79	玻尔原子模型	92
80	原子序数	93
81	量子跃迁	94
82	质子的发现	96
83	X 射线晶体学	96
84	苯环	97
85	化学键	98
86	中子——丢失的粒子	99
87	实用的聚合物	100
88	第一个人造元素	101
89	柠檬酸循环——生命即化学	102
90	原子分裂	104
91	超铀元素	106
92	米勒 - 尤里实验	108
93	DNA 密码	110
94	酶的认识	112
95	富勒烯	113
96	观察原子	114
97	高温超导体	114
98	纳米管	115
99	稳定岛	116
100	希格斯玻色子	116
101	化学基础	118
	元素周期表	124
	未知的化学	126
	伟大的化学家们	130
	参考资料	140

前言

我们的周围存在着一个非常庞大的物质世界，你是否曾经思考过这个物质世界是由什么构成的？物质世界的深处究竟是什么？如果你曾有这些疑问，那么你并不孤单，几个世纪以来有很多这样的思考，也有很多相应的答案。



炼金术士根据元素的性质将元素进行分类。

SCHEMA MATERIALIUM PRO LABORATORIO PORT									
I	MINERA								
II	METALLA								
III	MINERALIA		Bysmuth	Zinc	Marcasit	Kobolt	Zaffra		
IV	SALIA								
V	DECOMPOSITA								
VI	TERRÆ		Crocus	Crocus	Vitrum	Vitrum	Aluminum		
VII	DESTILLATA								
VIII	OLEA								
IX	LIMI		Arena	Creta	Stannum	Stannum	Talcum		
X	COMPOSITIONES		Fluxus Niger	Fluxus Albus	Fluxus Niger	Fluxus Albus	Fluxus Niger		

Группа I.	R ² O	H=1
Период 1-й.	H ² O, H ² Cl, H ² N, H ² C, R ² OH.	
Период 2-й.	Li=7	
Период 3-й.	Na=23	
Период 4-й.	K=39	
Период 5-й.	Rb=85	
Период 6-й.	Cs=133	
Период 7-й.		
Период 8-й.		
Период 9-й.		
Период 10-й.		

有价值的探寻

知识的形成并不是一蹴而就的，我们需要不断对其研究，反复思量相关的证据，并根据证据推进结论的形成。当我们回顾整个的研究会发现，最前沿的意识，即使它不荒谬、不可笑，它也可能看起来是完全错误的。不过，不断发展的高新技术使得人类可以进行更加有价值的研究，人类使用这些技术手段，可以一步一步愈加清晰地勾勒出物质世界的真实图景。

对自然界的物质进行分类，是元素周期表故事的开始。最初，炼金术士运用带有神秘奇幻色彩的语言来表达和理解物质世界。宇宙中的物质除了其物理属性外，还被冠以宗教和精神的属性。在这种背景下，人们既可以通过加热或溶解，也可以通过低声吟唱的咒语来实现对物质的控制。

历史上，人类对元素的认识都基于“四元素说”。

伟大思想家们的思想和作为经常可以创作出精彩的故事。本书中，我们会涉及 100 个精彩的故事。每一个故事都涉及一个有价值且很关键的问题，正是这些问题引领着我们不断地发现，改变着我们对这个世界以及自身所处环境的认知和理解。

ЕСТЕСТВЕННАЯ СИСТЕМА ЭЛЕМЕНТОВЪ Д. МЕНДЕЛѢЕВА.

[illegible]

虽然门捷列夫 1869 年版本的元素周期表有很多空缺，但这些空缺的位置是有根据的。

古代与现代

在古代,当时人们概念中的“元素”用一只手的手指就可以数完——水、火、土、气,共有4种。尽管如此,人们依然认识到了这4种元素所形成的物质形态和性质之间的联系。人们也开始处理这些物质,使它们更实用或是更具价值。于是,最早开始对物质进行人为干预的一批探索者——炼金术士开始了对物质世界的探索和改造,他们发现,组成世界的元素要远远多于哲学家眼中的4种。

炼金术士的工作间常常摆满各种物质原料，这些物质常以土、油、晶体以及气体进行分类。随着时间的推移以及新技术、新设备的发展，这些物质被反应和重塑，带有神秘色彩的炼金术过程也被以经验为依据的客观研究所取代。这是科学的时代、

科学家的时代，他们一点一点地否定旧的元素、开始揭示新的元素。到19世纪，氯、铀、氦等元素一个接一个地收录到元素的名单中。几乎每一年都会有新的元素加入，这使得元素的分类愈加困难。是什么使这些元素的性质如此迥异，又是什么可以将这些独特的元素联系起来？

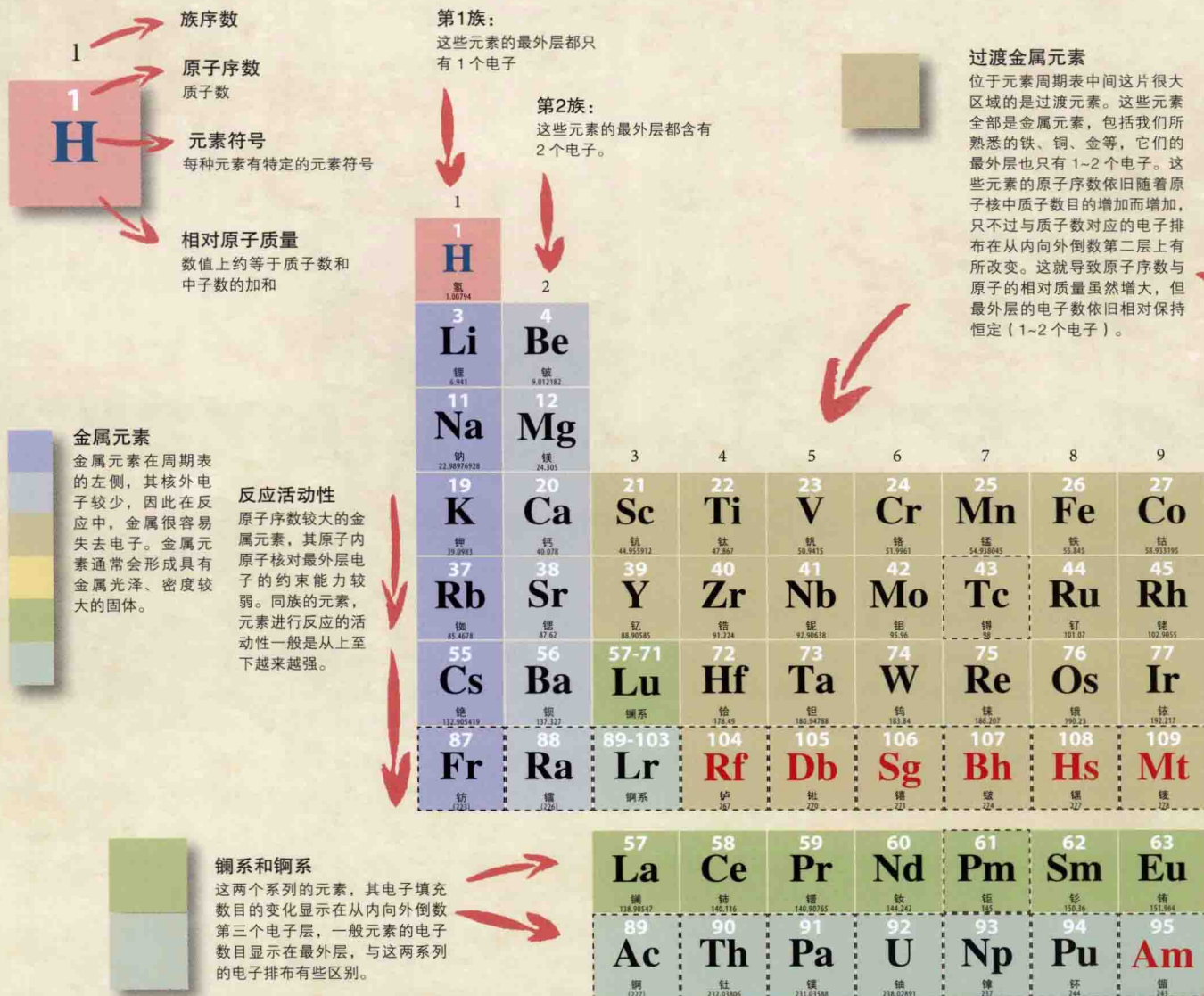
在几次失败的尝试后，德米特里·门捷列夫以循环的性质为基础，制作出了呈周期状排列的元素表。如今，以它为蓝本的元素周期表依然悬挂在世界各地化学实验室的墙壁上。虽然当年的门捷列夫并不知道为什么可以将元素如此排列，但这张表对于元素的分类的确适用。要想回答“为何适用”这个问题，还需要不断地研究和思考，而由此引出的化学故事一直持续至今。

面对原始混乱的自然界，人类通过自己的力量找出了物质存在的规律和模式，这张现代的元素周期表无疑是科学取得胜利的果实之一。

了解元素周期表

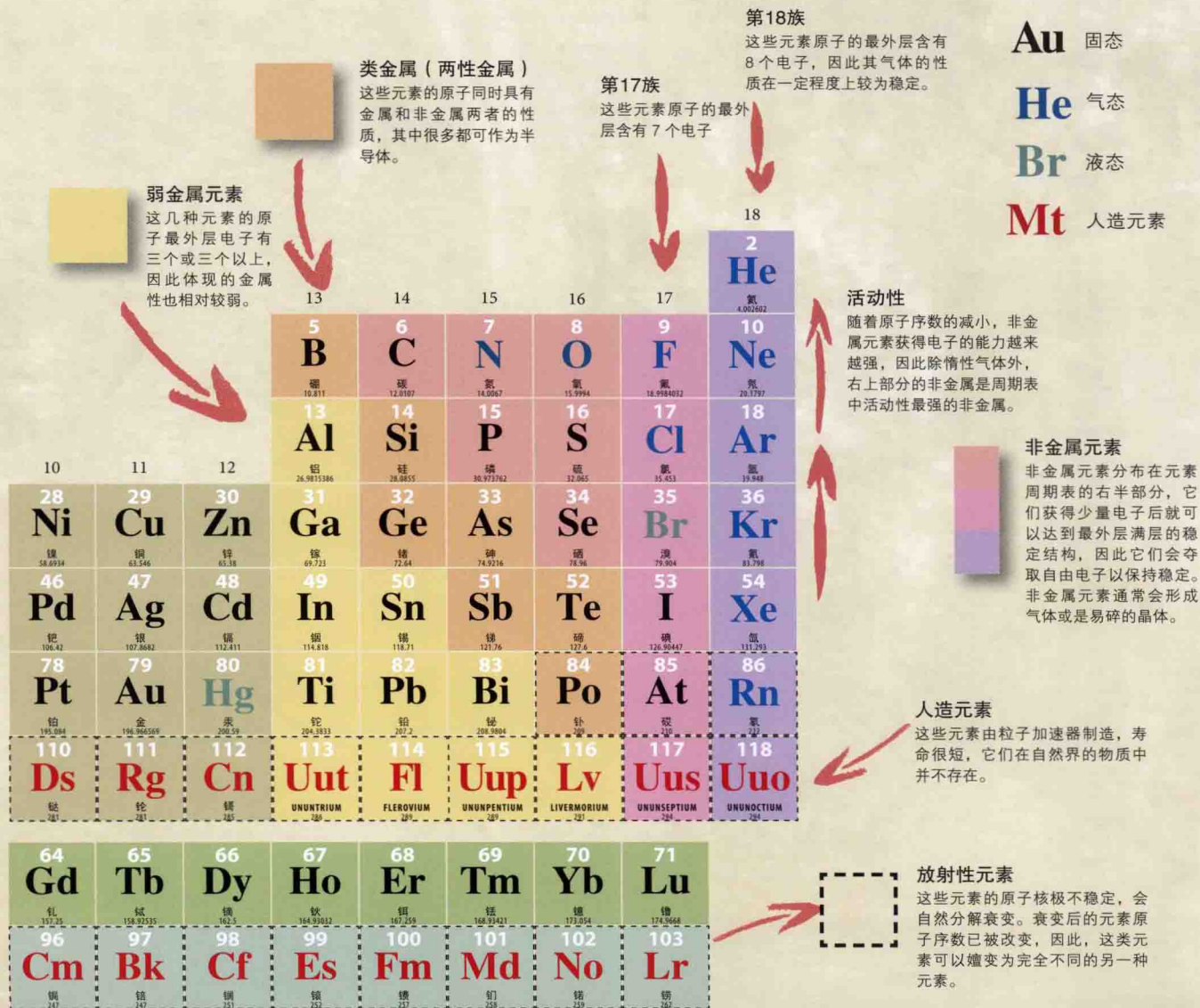
元素周期表是化学家整理已知元素后所得到的重要理论工具。元素周期表的排列方式可以使人们粗略地预测元素的性质,比如它是金属还是非金属,它是活泼的还是稳定的,它可能与哪些元素产生作用、发生反应等。只要了解元素周

期表的基本规律,你就可以回答类似上面的问题。元素是由原子组成的,而原子是由中心的原子核(内含质量较重的质子和中子)以及外层所围绕的质量较轻的电子组成的。一种元素之所以与其他元素不同,是因为每种元素都有各自特定的结构,即原子核中特定数目的质子,以及外围与质子数相



同的特定数目的电子。元素周期表就根据这些原子的结构将元素排序，从左上角结构最简单的氢元素（最轻的元素）开始。氢原子的原子序数为 1，其原子核内只有一个质子、相应地也有一个电子在围绕原子核的轨道上运动。同行向右可以看到氦元素，它包含两个质子以及相应的两个电子，其原

子序数为 2。原子序数为 3 的元素是锂，但是第三个电子与前两个电子相比排列在更外层的电子轨道上（最外层也只有一个电子）。于是，它被放到了第二排，或者我们可以说是第二个周期。从内向外的第二个电子层可以排列 8 个电子，因此当元素排列到“氖”（原子序数为 10）时，此后的元素会被排到第三个周期，以此类推。欢迎你进入元素周期表的世界！



1

史前时代（公元前 50000 年—公元 0 年）

石器时代的化学

最初的化学是对物质进行归类，这一过程起始于人类的认识之初。取火、绘画、烹调……这些都是应用化学的范例。我们最早的祖先，乃至原始人类，都试图掌握天然物质本身的化学性质，并加以利用。

木材、筋腱和一个石制的箭头就可以制成一组弓箭，它可以用来抓捕野鹿。这幅数千年前的景象通过有色的黏土以及一点想象被记录下来。

石器时代是人类文明最原始时期的总称，距今大约 200 万年，远远早于现代人类物种“智人”在地球上的出现。石器时代是人类进化的里程碑，也是手工工具发展的标志性时代，在这个时期，人类直系祖先“能人”已经可以用手制造简单的工具。之所以称为“石器时代”，是因为我们所掌握的远古时期人类活动的证据几乎全部是石器，它们经原始人手工劈砍制成。





在 180 万年前，远古的人类使用像这样的燧石手斧来屠杀动物、雕刻木器。

然而可以肯定的是，岩石并不是我们用于制造工具的唯一材料，特别是到了公元前 5 万年，现代人类开始支配自然的时候。我们的祖先也用骨头、茸角、筋腱、毛皮以及木材制作工具，但这些工具很难被完好地保留。有人认为，生活在东亚的直立人曾在竹制品的基础上发展出一类加工技术，但这些竹制品都没有留存下来。

火焰与食物

人类之所以可以区别于其他动物，原因并不少，而对火的使用是最重要的标志之一。据推算，180 万年前，人类就已经征服了火；就目前的考古证据而言，我们几乎可以确信的是，公元前 12 万年左右，在非洲生活的各个族群都已经知道将火点燃的方法。火是当某种燃料与氧气反应时迅速释放能量的表现。点燃木柴或粪便的技能，将人类从必须按照太阳起落的作息中解放出来，同时也使它们可以用火加工周围的材料。对于这个优势，最好的例子莫过于烹调食物了。通过热量预先消化食物使之进一步分解，食物中的营养物质便可以更好地被肠胃吸收。

火也带动了早期技术的发展。早期的容器是通过加热潮湿的黏土使其硬化而制成的，这些罐子用于盛放人们收集的谷物以及谷物磨出的细粉。在热的石块上烘焙面包也依靠化学作用。面包并不是将面粉和水简单混合，而是将两种原料先通过反应，产生有弹性的面筋，再将面筋揉到有类似弹性的生面团里制作而成的。

艺术与法术

在石器时代，化学也在当时社会的仪式层面上有所应用。有学说称，古代的艺术是为了对重要事件（比如下一次狩猎）施加影响而实施的法术。用木炭的尖端作为最初的铅笔，用碾碎的黏土与水混合当作那时的颜料涂抹或拍打成图案。红色的朱砂（硫化汞）以及黄色和橙色的赭石（不同种类的铁的氧化物）形成了石器时代不断重现的色调。直到现在，它也在全世界传统绘画风格中普遍存在。艺术家通过他们的方式来展现科学的世界，这仅仅是个开始。

石器和身份

尽管“价值”最初来源于实用性，但是处于文化萌芽阶段的人们赋予了一些物品实用性以外的价值。尖状的鹿角非常适合挖掘工作，比木器更坚硬，比石器更灵活。因此，这类用来挖掘的工具会被它的主人小心翼翼地保管，而可以被轻易替换的木质器具就不必如此精心。在一个旧石器时代的工具箱中，最有价值的物品就是手斧了。手斧是一种符合人手尺寸的楔形石器，它可以将施于宽边的力量集中在对向刀刃状的边沿上，类似于现代刀或斧子的工作原理。将燧石或其他小型的晶石劈裂成坚硬的、带有尖形边沿的薄片，就可以制成手斧。有些用于仪式的手斧形态较大，已经超出了实用的范畴，它们仅仅是持有者尊贵身份的象征。

2 天然单质

自然世界是一个各种物质混淆在一起的世界。早期人类从没有见过一种精炼的产物，他们周围所有的东西都是混乱并且融合在一起的。因此我们不难理解，由金色金属组成的天然金矿——一种看上去完全是由单一物质组成的物体引起了人们极大的关注，这种关注一直延续至今。

在地壳表面含量最丰富的元素中有几种是金属，比如铁、铝和钙。然而，这些金属和其他大部分的金属还未以单质^①的形式被发现，它们与硅、氧或其他的非金属结合，并以化合物的形式存在。它们形成了多种矿石和天然化合物，这些物质组成了岩石、黏土和沙

砾，塑造了大自然基本的面貌。

然而，人们发现在单一的棕色和灰色物质中不时有闪烁的金色。金是少数天然就以单质形式存在的元素之一。人们很少发现由银、铜、硫、汞组成的天然单质，但金稳定的化学性质决定着它常以单质的形式存在。稳定的性质再加上独特鲜黄的色彩，使黄金成为了非常珍贵的资源。

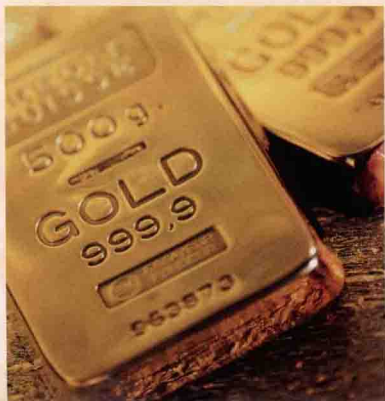
金属加工

最初的金属工匠们通过敲打金属使之扁平，或将熔融的金属塑型来使用自然资源。11000年前，天然的铜珠在伊拉克的北部被发现。由于金更稀有，保存下来的金制手工制品的数量就更少，其中最古老的来自于保加利亚的瓦尔纳，可追溯至公元前5000年前。2400年之后，古埃及出现了第一个金矿。金是一种质地较软的金属，它只适合作为装饰。咬合金币判断其硬度，就可以得知这枚金币的纯度。不过，当其他的金属因为腐蚀的缘故变得脆弱，或是随着时间的流逝而失去光泽时，人们便很快地发现家中世代相传的金饰并不会褪色，也不会因腐蚀生锈变得毫无价值。因此在人们眼中，黄金就成了财富的象征，直至今日亦是如此。

铜是最常见的天然金属，也是第一个被大规模使用的金属。

如今的黄金

到目前为止，精炼出的黄金可以塑成一个边长为20米的立方体（超过65英尺）。其中一半用来制成首饰，10%会用于电子或医药这类高新技术产业。当然，40%的黄金因其本身的贮藏价值被保存在银行里，供人们进行买卖交易等投资。毕竟，黄金的价格历经千年依旧不断上涨。



① 译者注：单质是指同种元素组成的纯净物，与化合物的概念相对。化合物也是纯净物，但由不同的元素组成。



3 青铜时代

合金是由两种或两种以上金属所组成的混合物^②，古代的工匠们对这一概念都非常熟悉。人们发现黄金经常与少量的金属银混合，这种天然的合金被称为银金矿。但是，最终改变世界的是另一种合金，一种人造的合金——青铜。

青铜时代是一段无法明确划分时间界限的历史时期。在这个时代，人们如诸神一般目睹了古埃及金字塔的建造，以及因一匹木马而取得胜利的特洛伊战争，甚至见证了传说中亚特兰提斯的毁灭……而这一切全部来自偶然，始于意外。

公元前 4000 年在苏美尔的某个地方（如今的伊拉克南部），工匠们发现用炭火加热天然的铜矿，得到的铜会多于此前加入的铜。这是因为在精炼过程中，他们因失误混入的矿土中含有丰富的铜元素。燃烧的木炭（这种木炭几乎是纯净的单质碳）与含铜的矿土发生化学反应，其中的铜便被还原成单质，附着在先前加入的铜上，这样铜的质量就增加了。同时被还原的还有矿土中的锡，幸运的苏美尔人发现，把这两种金属混合熔融然后冷却，便可以得到一种固态的合金，这种合金比此前两种金属中的任意一种都更坚硬强韧——人们就这样发明了青铜合金。

像这样一个科林斯人的头盔是由单片青铜制成的，它是公元前一千多年前希腊士兵的战利品。

技术优势

在不断的发展过程中，人类在青铜冶炼技术方面也取得了巨大的进步。用更强韧、更耐用的工具制出的精致铸造物得到了更广泛的普及。青铜制的犁十分坚固，可以加快耕地的速度并且不易磨损。带轮的交通工具，比如那些过去常常从矿山运输矿石的车辆，都用青铜塑型并加固。在战场上用青铜武装的士兵，可以保护自己不受敌人铜质武器的伤害，但若应对青铜制成的刀刃，那就另当别论了。

^② 译者注：现在的合金概念与古时有所不同。合金的组成可能含有几种不同的金属，也可能含有非金属。



4 铁的使用

金属的冶炼并不仅仅适用于铜和锡，其他一些矿石也可以被还原成金属单质。“还原”是一个专业术语，使用该词是因为生成的金属质量常会小于原料的质量^③。金属工匠们可以通过质量、质地甚至是气味来识别不同的矿石。一段时间后，他们最终从矿石中得到了铁——一种至今仍被广泛使用的金属。

铁十分活泼，几乎不以单质的形式存在。然而，它是地球上最普遍存在的金属元素。地球上大部分的铁元素都存在于我们无法触及的酷热致密的地核中。即便如此，铁仍旧是地壳岩石中一种常见的组成成分。在地壳中，只有氧、硅、铝这3种元素的含量比铁更丰富。

神奇的金属

尽管如此，古时的人们并未意识到金属铁远在天边、近在眼前。比如，对于古埃及人来说，铁是一种神奇的“来自天堂的金属”，它存在于从天而降的陨石中。由于埃及用于冶炼铜和青铜的天然矿物原料中，元素砷的含量很高，这种天然的混合产生了硬化效应，古埃及人觉得没有必要再去寻求更强韧、更坚硬的替代品。因此，发展更加优质材料的驱动力来自古代世界的其他地方，那里就是铁器时代的开始。



这幅图中，专业的工匠正在冶炼金属铁，然后将之铸造成型。正是由于他们创造了铁制工具，才使得农业效率提高、食物盈余。这也使得铁器时代的人们不必仅仅为了生存而群居在一起。

③ 译者注：“被还原”的英文是“be reduced”，“reduce”在英文中还有减少的意思。

腐蚀

强力和柔韧等良好的物理性质加之丰富的含量，使铁成为了最广泛使用的金属。每年有超过100亿吨的铁被冶炼出来。然而，金属铁有一个缺陷——易被腐蚀。铁很难避免与氧气和水发生缓慢的氧化反应，生成一种被称为针铁矿的多孔片状矿物质，也就是为人们所熟知的铁锈。尽管通过涂料和合金化可以减缓这个过程，但最终，所有精炼的铁会因腐蚀化为一片红尘。铁生锈时还会膨胀，因此钢筋混凝土也会因其中铁的腐蚀最终破裂和瓦解。

一个曾经强韧的钢铁匕首因腐蚀变成了现在这个样子。

