

本书是科学和艺术的完美结合。

——美国探索频道

视觉之旅： 神奇的化学元素 2

【美】西蒙·库伦·菲尔德(Simon Quellen Field) 西奥多·格雷(Theodore Gray) 著

【美】西奥多·格雷(Theodore Gray) 尼克·曼(Nick Mann) 摄影 周志远 译

(彩色典藏版)



荣获诸多奖项的畅销书《视觉之旅：神奇的化学元素》姊妹篇！

对人类已知的每一种元素视觉探索的精彩续章！



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

本书是科学和艺术的完美结合。

——美国探索频道

视觉之旅： 神奇的化学元素 2

【美】西蒙·库伦·菲尔德(Simon Quellen Field) 西奥多·格雷(Theodore Gray) 著

【美】西奥多·格雷(Theodore Gray) 尼克·曼(Nick Mann) 摄影 周志远 译

(彩色典藏版)

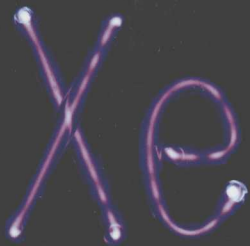


荣获诸多奖项的畅销书《视觉之旅：神奇的化学元素》姊妹篇！

对人类已知的每一种元素视觉探索的精彩续章！

 人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

封面设计：光大印艺



“无论你讲什么语言，无论你住在哪个星系，周期表的每一行每一列的排布以及空位存在的理由都是完全一样的……这是我们某天接触外星文明的安全带……”如果有一天你遇见了外星人，你可以和他一起讨论这本书。

—— 本书译者

十年来，西奥多·格雷着魔般地收集和拍摄周期表中各元素的样品，现在他把这一切都放到了他的新书中……本书充满了格雷式的冷幽默和历史轶闻。

—— 美国《大众科学》(Popular Science)

我不知道这是否是第一本用丰富的图片向元素周期表致敬的大型画册，但对我来说，这是最华丽的一本。

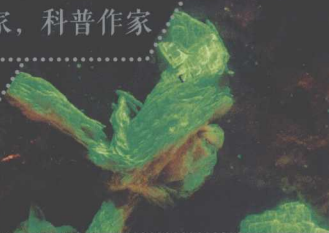
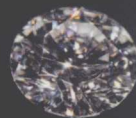
—— 约翰·蒂尔尼 (John Tierney)，《纽约时报》

这本让人愉快的书不仅是元素世界的向导；它还是你深入鉴赏构成这个世界物质的基础。

—— 奥利弗·萨克斯 (Oliver Sacks)，英国脑神经学家，科普作家

西奥多·格雷花费多年时间收集和拍摄元素样品……
他的书对那张最知名的元素周期表进行了忠实的再诠释。

—— 美国《连线》(Wired) 杂志



超值赠品：

约翰·道尔顿的首张相对原子量表
门捷列夫关于周期表的最初笔记
爱因斯坦写给罗斯福的信
著名元素之歌的曲谱
原子发射光谱图

珍贵的化学史料复制品



ISBN 978-7-115-31034-7



ISBN 978-7-115-31034-7

定价：58.00 元

分类建议：科普/化学

人民邮电出版社网址：www.ptpress.com.cn

0611-49
07

视觉之旅： 神奇的化学元素②

(彩色典藏版)

【美】西蒙·库伦·菲尔德 (Simon Quellen Field)

西奥多·格雷 (Theodore Gray)

著

【美】西奥多·格雷 (Theodore Gray)

尼克·曼 (Nick Mann)

摄影

周志远 译



北航

C1643878

人民邮电出版社
北京

图书在版编目 (C I P) 数据

视觉之旅：神奇的化学元素：彩色典藏版. 2 /
(美) 菲尔德 (Field, S. Q.), (美) 格雷 (Gray, T.) 著
; (美) 格雷 (Gray, T.), (美) 曼 (Mann, N.) 摄; 周
志远译. — 北京: 人民邮电出版社, 2013. 6
ISBN 978-7-115-31034-7

I. ①视… II. ①菲… ②格… ③曼… ④周… III.
①化学元素—普及读物 IV. ①0611-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第028870号

版权声明

Copyright ©2011 by Theodore Gray

Originally published in the United States by Black Dog & Leventhal Publishers.

Through Big Apple Agency, Inc., Labuan, Malaysia.

Simplified Chinese edition copyright: 2012 © Posts & Telecommunications Press

All rights reserved.

视觉之旅：神奇的化学元素 2（彩色典藏版）

◆ 著 [美] 西蒙·库伦·菲尔德 (Simon Quellen Field)
西奥多·格雷 (Theodore Gray)
摄 影 [美] 西奥多·格雷 (Theodore Gray)
尼克·曼 (Nick Mann)

译 周志远
责任编辑 书 毅

◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 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 彩插: 1
印张: 9 2013年6月第1版
字数: 300千字 2013年6月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2012-8796号

ISBN 978-7-115-31034-7

定价: 58.00元

读者服务热线: (010) 67132692 印装质量热线: (010) 67129223

反盗版热线: (010) 67171154

广告经营许可证: 京崇工商广字第0021号

目录

作者的话	6
引言	7
周期表形状的由来	9
化学元素周期表	16
氢	18
碱金属	22
碱土金属	34
过渡金属	46
人造过渡金属	78
普通金属	80
准金属	89
非金属	100
卤素	112
惰性气体	122
镧系元素	134
锕系元素	149
人造元素	160
附录	163

作者的话

几年前我写了一本介绍化学元素的书《Elements》，其后发生的事让所有相关人士都十分惊讶：人们喜欢它！在我写下这句话的时候，那本介绍化学元素的书已拥有21种语言的译本（译者注：中文版书名为《视觉之旅：神奇的化学元素》），我至今依然不敢相信这个数字。我知道许多人家里有那本书，但对我而言，这基本上意味着，每隔几天我就会收到一封电子邮件，甚至有时候竟然是手写的信。各地的孩子们也写信来告诉我，那本书给予他或她多么大的激励。我曾经担心如今的人们已经丧失了好奇心，但现在我知道，你就在那里：你关心这个世界，想知道更多奥秘，有问题要问，为了得到答案，即便要给一些胆小的作者发电子邮件，而他可能根本不会回应，你也在所不惜。（诚实地说，我正在尝试回复每封电子邮件。）

有趣的是，我并非为了满足孩子们的好奇心而写。实际上，我不确定我为谁而写，我只不过在倾诉元素的故事，那些让我神魂颠倒的元素，以便其他人能像我一样发现它们的确有趣。也许，我真的只是个小孩子，似乎让我感到有趣的事都充满了孩子气。在这本新书中，我的出版人要求我写一些在第一本书中我从未想过要写的内容，比如解释元素周期表，以及元素的量子力学和化学是如何赋予了周期表的模样。我决定向我的好友西蒙·库伦求助，让他帮我完成这个任务。你瞧，一旦我真的懂了这件事，我可能会禁不住离题去谈论情报收集舰，以及我曾经多么喜欢硫磺的气味，因为那意味着我又可以再制造一批火药。

西蒙是一个优秀的科学作家，他生动、精彩、深入地解释了构成元素周期表的所有元素族。西蒙会很好地为你们讲解这些内容，但这还是我的书，我得不时地介入追逐松鼠中。（译者注：松鼠们喜欢互相追逐，这里是说，作者和他的好友西蒙写的内容是交错的。这种编排方式被作者戏称为“松鼠间的追逐”。）

引言

有时，你的脚趾头难免会踢到某种东西。我无法告诉你这种倒霉的事情会在何时何地发生，或者发生后你的惨叫声会有多响。但我能告诉你一件事：无论你的脚趾头踢到了什么，我都能在元素周期表中把它指出来。

如果你踢到了草地上的树根，我会在表中指出碳、氢、氧，因为这些元素正是纤维素的主要成分，纤维素这东西让木头硬得足以使人受伤。

如果是金属椅子腿，那么它是铁——普通钢铁中，铁占了99%——还有镍和铬，虽然这椅子腿几乎由铁组成，但它也有可能电镀了一层镍来防锈，并镀上铬让它闪闪发亮。即便外层的铬只有几微米的厚度，但那就是你能看到的全部，你的脚趾头实际撞上的正是它。

如果是块石头，那么在命名你的痛苦之源之前，我得靠近仔细看看，但它多半含有硅和氧，因为地壳中最多的就是硅酸盐矿石，差不多占了总重量的3/4，石英是纯的二氧化硅（ SiO_2 ），多数普通石头中包含大量二氧化硅和硅酸盐。

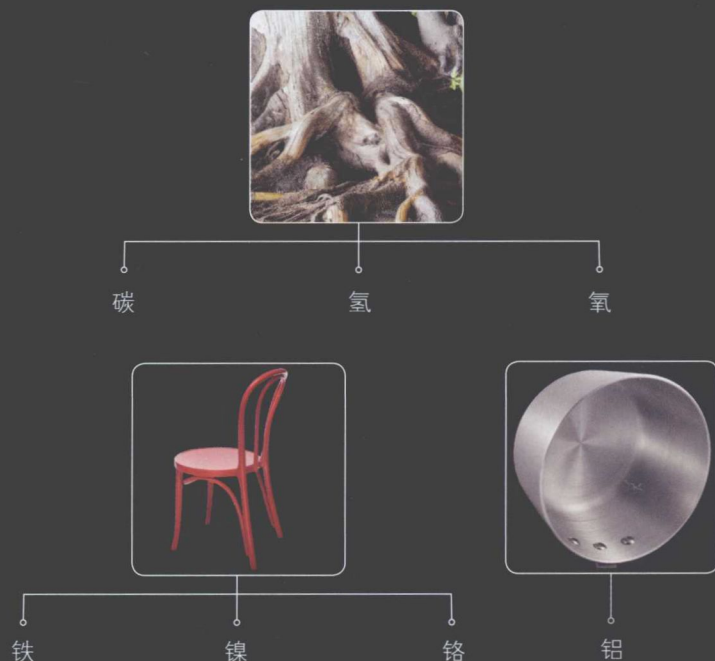
如果是个锅掉在你的大脚趾头上，恐怕你希望我指到铝，否则它是铸铁锅的话，那可真让人够受的。铝锅不错，它不会生锈且导热性能优良，即便火焰或者电流仅接触到一部分锅底，但锅底的温度仍会比较均匀。

如果我指的是元素金，那你可能在诺克斯堡工作，你把脚撞烂在金条上了。储备在诺克斯堡以及全世界银行保险柜中的400盎司金条（即伦敦金），这些金条重37磅（约12.5千克），但大小仅和一本平装书一样。黄金有着让人难以置信的密度，因此，你在老西部片中所看到的，在日落的背景下窃贼把金条放在麻袋中背在肩膀上逃亡的情景纯属胡扯。这些金条你得弯腰驼背才拿得动。

周期表是一张表，上面列举了你的脚趾头可能撞上的所有元素，

但它可不是随机收集的一大堆破烂。它用非常特别的方式组织了自身。理解了它的结构，就能深刻地洞察构成宇宙的基本规律和模式。

周期表最重要的属性是它的形状。无论你讲什么语言，无论你住在哪个星系，周期表的每一行每一列的排布以及空位存在的理由都是完全一样的。至于如何画周期表，虽然有许多不同的风格和约定，但它们都有同样的逻辑，这是我们某天接触外星文明的安全带，我们会立刻认出彼此的元素周期表，因为它们都是在同样的基础上设计出来的。



周期表形状的由来

如果你问一位现代化学家周期表中各种元素排列方式的缘由，他或她会告诉你这完全基于量子力学，元素按照原子序数的顺序排列，原子序数则是元素原子核中的质子数量。你会听到电子如何被安排到原子核四周相应的外层轨道上，而周期表的形状则与电子填充到轨道的顺序相一致，诸如此类。

我可敬的合作者西蒙会在整本书中谈到量子力学在很多方面影响元素的化学性质。量子力学虽然解释了周期表的模样，但最初这张表的形状与量子力学无关。事实上，电子如何适应轨道的细节反倒是从周期表的形状中推导出来的，而不是来自其他方法。在1869年第一张可用的现代元素周期表问世的时候，解释它为何就应该是这般模样的量子力学还需要等待50年才被创立。

不，并非量子力学赋予了周期表以形状，它完全是脚踏实地且毫不懈怠的化学家们的功绩。（译者注：量子力学是物理学的重要理论，所以作者特地申明化学家的功劳。）

早在公元前400年左右，古希腊哲学家就认为万物皆由原子构成，原子很小，是物质不可分割的单位。到18世纪晚期，人们终于有可能开始描绘原子的许多细节，这使得古希腊哲学家完全抽象的观念变得真的有用。

我们了解到每种元素皆由相同的原子组成，不同的元素彼此间的原子都不一样，每种原子都有自己特定的重量，故元素的重量都有所不同。元素的确切定义是：元素是一种物质，它由不可再分割且独一无二的原子组成，无论任何化学手段都不可能将其毁灭或者让其分裂成任何其他物质。

原子组成各种不同的元素，数百年来，测量原子的重量既是重要的科学目标，也是一个十足的逻辑谜题。你无法称量单个原子，它太小了。你也无法通过称量一大群原子，然后除以它们的数量，来得到单个原子的重量，因为你数不清原子的个数。（实际上，今天的技术已经能称单个原子的重量和清点它们的数量，但这些技术对17、18世纪的人们而言相当遥远。）

但是，测量原子的相对原子质量却是可能的。因为，原子通过化学键彼此相连，并有确切的比例。例如，食盐由钠和氯元素构成，如果你把100克食盐彻底分解，你会得到大约40克钠和60克氯。如果你还知道食盐的化学式是 NaCl ，即钠和氯之比是1:1，那你就会发现氯原子一定比钠原子重，并且，氯和钠的原子重量比一定是3:2。

对已知组成的多种化合物，不断地重复以上步骤，你就会得到元素重量之比的整体矩阵。很早以前，人们就发现氢元素比其他元素都轻，因此它的原子量就被武断地指定为1。以氢元素的原子量为定位点，利用重量比例矩阵，其他元素就能得到自己的相对原子量。事情由此开始变得清晰起来，各元素的原子量并非随机数，而是暗藏玄机。

各种不同原子的重量似乎都十分逼近氢原子重量的整数倍，它们彼此间隔均匀，除了某些缺口，彼此相差2个或者3个单位。而缺口似乎在暗示，这儿有种新元素正等待被发现。如果你观察到某种数字的变化模式，当一个缺口出现在模式中时，认为那个缺口需要填上相应的数字，是相当自然的一种想法。但是，当你对一种新元素的所有预测仅仅是它可能拥有的原子量时，要找到它是十分困难的。

不过，有些更加有趣的事情发生了。人们发现，每隔一定的原子量

间隔，元素的化学性质开始重复。例如：锂、钠和钾都很软，都是高度活泼的金属，并且它们的原子量是7、23、39。23恰好就是7和39的平均值。更多的三元素组被发现了，组内的3种元素有相似的化学性质，中间那个元素的原子量，要么非常精确，要么非常接近于头尾两个元素的原子量平均值。

然而，即便数字完全随机，人类也非常擅长从中发现某种数字巧合。于是，在本没有模式的地方却主观假定存在某种模式，成为诸多玄学和暧昧不明思想的基础（译者注：近现代以来，围绕金字塔的诸多数字巧合，与此相似）。到后来，如果谁声称观察到了越来越多的三元素组，化学家们就会对他的说法高度怀疑，尤其是要让这些三元素组成立，你就得先接受许多武断的假设。

例如，对于众多化合物，没有人能确保它们的化学式正确无误。今天，我们确认食盐的化学式是 NaCl ，但如果食盐的化学式实际上是 NaCl_2 又会如何呢？按照前面描述过的结果：60克氯和40克钠。但现在的情况就不再是氯比钠重，反倒是氯比钠要轻。如果氯比钠轻，能让你的三元素组说得通，你就会极力主张 NaCl_2 才是正确的化学式，因为没有任何人能证明你错了。

还好，一个新发现给这一团乱麻的情况带来了秩序。假设有两份气体，它们的温度、体积和压力都相等，那近似地说，它们就会有同样多的原子或者分子。因此如果你能把一种化合物分解成气体，你就能通过直接观察，获得该化合物中不同元素的相对数量比例，只需测量一下气体的体积就行。例如，你把水（ H_2O ）分解成氢气和氧气，很容易发现氢气的体积是氧气的两倍。

然而，糟糕的是，几种最常见的元素，如氢、氧、氮和氯，均以双原子气体分子的形式存在，这对上述方法来说是个陷阱。氢气不是飘来飘去的一大群氢原子（H），而是以氢气分子（H₂）的形式四处游荡。与此类似的还有氧气（O₂）、氮气（N₂）和氯气（Cl₂）。当你用这些气体的体积来估计你有多少原子时，你只会得到正确值的一半，因为这些气体（氢气、氧气等），不会因为其分子中含有两个原子，体积就相应地翻倍。

一旦认识到这些气体以双原子形式存在，相应元素的原子量就会进行调整。这似乎能解决问题，但并不彻底，氯元素仍然存在问题。即便极其小心地测量了氯原子的数量，氯的原子量依然不是整数，而是35.5，而所有其他已知元素的原子量可都是整数。

当时无人知道，为什么会有非整数的原子量。这是因为氯元素发生了一种非常罕见的情况，它拥有多种同位素，它们都是同一种元素，这些同位素的混合物产生了非整数原子量。如果这让你感到困惑，那你可以想象一下当时的情况，化学家们困惑了整整50年，然后才发现了同位素的线索，以及为什么它能影响元素的原子量。在本书后面部分，你会了解到很多有关同位素的事。

到19世纪中期，化学家们已经有不少可确信的化学式和原子量，不过他们中没人敢百分之百地保证它们真的正确。模式就在那里，在数据中十面埋伏着，被严肃的思想家和江湖骗子研究着。

整整一代化学家，即便是那些思想深刻的，对于元素的谜题也力所不及。所有已知的碎片不能和谐地拼在一起。为什么有如此多的三元素组？但同时还有那么多非三元素组元素？为什么除两种元素外，其他

所有元素都有整数原子量？为什么元素的化学属性如此频繁地重复，但似乎又很随意，并且改变间隔的距离？人人都知道，这里面定然暗藏玄机，但每次建立可理解体系的尝试都陷入矛盾和混乱的深渊之中。

德米特里·伊万诺维奇·门捷列夫闯入了这片混乱之地，他极其聪明并异常傲慢。对待前后矛盾的地方，他只是简单地忽略它们。他制定了一张表，按原子量递增的顺序排列，然后，他把当时已知的每一个元素，都放进了表格相应的行和列中。在他的表格中，每一列所包含的元素会共享许多化学性质，它们彼此显然具有相关性。而对于不一致的地方，他就简单地断言，相关元素的原子量肯定是搞错了。

例如，在门捷列夫所处的时代，公认碘元素比碲元素轻，但他就把碘放到了碲后面。后来的事实证明，关于碘和碲，当时公认的重量的确错了，它们就像氯一样，重量被它们的同位素所干扰，那时候没人能搞懂这件事。

门捷列夫的直觉非常敏锐，他“知道”元素应该放在表格的何处。虽然他是用错误的理由来忽视碘和碲的原子量差异，但他的确把这两种元素放对了地方。他不仅调整了一些重要元素的位置，而且还在表格中留下了许多空位。他认为那些地方一定存在尚未发现的新元素，他还鲁莽地预测了这些新元素的化学性质。许多人认为他在胡说八道，标新立异解决不了问题。

但如果你真的对了，到最后，事实总会站到你这边。1869年，门捷列夫预测了8种新元素。其中最有名的是，他预测，存在一种新元素，其原子量在68左右，且化学性质介于铝和镓之间；存在一种新元素，原子量在72左右，且化学性质介于硅和锡之间。

1875年，镓被发现了：原子量为70，化学性质的确介于铝和铟之间。如果还有人怀疑门捷列夫不过是运气好，那么，1886年，锗被发现了，原子量为72.6，化学性质和他此前的预测完美吻合。

门捷列夫未获得诺贝尔奖，仅仅是因为那时还没有这个奖。到了诺贝尔奖以后，他在化学领域已树敌众多，主要是因为他恼人的坦率。（也许值得一提的是，除了拥有一个科学上最重要的思想外，他的另一主要成就是给出了俄罗斯伏特加酒的技术指标，要求它至少包含40%的酒精。）（译者注：1906年，门捷列夫以一票之差无缘诺贝尔奖，是因为瑞典皇家科学院的化学家阿伦尼乌斯的反对，而门捷列夫曾批评过阿伦尼乌斯的研究论文。次年门捷列夫去世，这成为诺贝尔奖一大遗憾。）

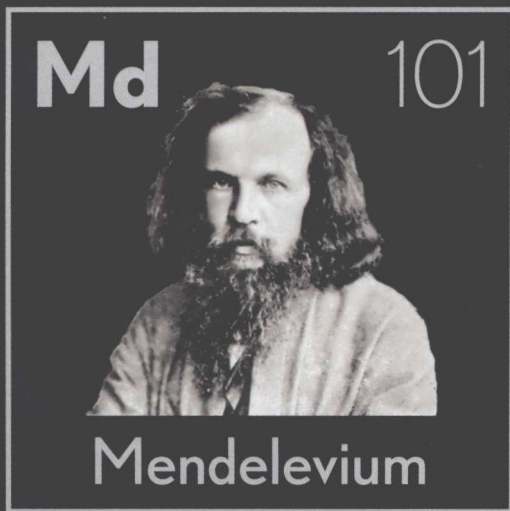
门捷列夫的原始表格并不全部正确，但他把几乎所有已知元素放到了周期表中正确的位置上。门捷列夫同时代的其他人也发现了许多同样的模式，甚至画了十分相似的表格。在发现周期表一事上，谁该得到多少荣誉至今都有争论。但毫无疑问，门捷列夫的信心是最无畏的，预测是最大胆的，也是最标新立异的。

门捷列夫对他的元素分类非常有把握，对他来说，周期表不是一张抽象的由数字和字母组成的表格，而更像家庭相册，每一个成员带来熟悉的记忆和友谊。在门捷列夫眼中，碘就该归到卤素中去——和氟、溴和氯在一起——就像舅舅乔和舅妈萨莉就该在一起。而如果按照原子量的暗示，把碘和硒放到一起，这就是把舅妈萨莉和汤姆爷爷给配成了一对，简直错得离谱。（译者注：所以，门捷列夫毫不犹豫地认为碘的原子量一定是搞错了。）

如果你真的想了解元素周期表，第一步就是跟随门捷列夫的步伐，

近距离地去切身了解元素，把它们当作血肉丰满的个体，而不是表格中的抽象概念。这正是本书中我们要做的事。但我们也有马后炮的优势，当了解元素的时候，我们也会知道基于物理学的现代理论阐释，这能解释为什么元素会以某种方式分组聚在一起。

如果能让门捷列夫看到今天闪耀着荣光的完整周期表，我愿意付出任何代价。我能想象他会以一种惊奇的目光凝视它，并对五代科学家站在他的肩膀上所取得的成就深感敬畏。孩子们，当他看到我们创造出崭新的自然界中没有的元素，并忠实地放进他的表格中时，他一定会瞪大眼睛。他是正确的，深刻地、真实地并疯狂地正确。



▲ 德米特里·伊万诺维奇·门捷列夫

化学元素周

化学元素周期表

1 H 氢																		
3 Li 锂	4 Be 铍																	
11 Na 钠	12 Mg 镁																	
19 K 钾	20 Ca 钙	21 Sc 钪	22 Ti 钛	23 V 钒	24 Cr 铬	25 Mn 锰	26 Fe 铁	27 Co 钴	28 Ni 镍	29 Cu 铜	30 Zn 锌							
37 Rb 铷	38 Sr 锶	39 Y 钇	40 Zr 锆	41 Nb 铌	42 Mo 钼	43 Tc 锝	44 Ru 钌	45 Rh 铑	46 Pd 钯	47 Ag 银	48 Cd 镉	49 In 铟	50 Sn 锡	51 Sb 锑	52 Te 碲	53 I 碘	54 Xe 氙	
55 Cs 铯	56 Ba 钡	57 La 镧	58 Ce 铈	59 Pr 镨	60 Nd 钕	61 Pm 钷	62 Sm 钐	63 Eu 铕	64 Gd 钆	65 Tb 铽	66 Dy 镝	67 Ho 钬	68 Er 铒	69 Tm 铥	70 Yb 镱	71 Lu 镥	72 Hf 铪	
73 Ta 钽	74 W 钨	75 Re 铼	76 Os 锇	77 Ir 铱	78 Pt 铂	79 Au 金	80 Hg 汞	81 Tl 铊	82 Pb 铅	83 Bi 铋	84 Po 钋	85 At 砹	86 Rn 氡	87 Fr 钫	88 Ra 镭	89 Ac 锕	90 Th 钍	
91 Pa 镤	92 U 铀	93 Np 镎	94 Pu 钚	95 Am 镅	96 Cm 锔	97 Bk 锫	98 Cf 锿	99 Es 镅	100 Fm 钚	101 Md 镆	102 No 锘	103 Lr 铹	104 Rf 𬬻	105 Db 𬬺	106 Sg 𬬻	107 Bh 𬬿	108 Hs 𬬻	
109 Mt 𬬻	110 Ds 𬬻	111 Rg 𬬻	112 Cn 𬬻	113 Nh 𬬻	114 Fl 𬬻	115 Mc 𬬻	116 Lv 𬬻	117 Ts 𬬻	118 Og 𬬻									

放射性元素

照片展示了纯的或接近纯的元素样本，但以下的除外：At、Rn、Fr、Ac、Pa和Np是用含有痕量该元素的放射性矿石来展示的。Po、Ra、Pm、Pu和Am是用含有极少量的该元素的人造物体来展示的。第43号元素锝是通过用同位素锝-99m进行的骨骼扫描

放射性元素

照片展示了纯的或接近纯的元素样本，但以下的除外：At、Rn、Fr、Ac、Pa和Np是用含有痕量该元素的放射性矿石来展示的。Po、Ra、Pm、Pu和Am是用含有极少量的该元素的人造物体来展示的。第43号元素锝是通过用同位素锝-99m进行的骨骼扫描影像来展示的。氢是用哈勃太空望远镜拍摄的鹰状星云的影像展示的，该星云主要由氢构成。96~112号元素展示了这些元素以命名的人或地方。113~118号元素直到2010年尚未命名。

挂图和摄影制作者：Theodore W. Gray和Nick Mann。本挂图版权©2009为本书作者西奥多·格雷所有，但以下的摄影除外：H由NASA惠赠，Lr和Sg由劳伦斯伯克利国家实验室惠赠，Rf由曼彻斯特大学惠赠，Cm、Es、No和Rg的版权为诺贝尔基金会所有，Bh由尼尔斯·波尔档案馆惠赠，Fm由美国能源部惠赠，Mt由哈恩—迈特纳研究所惠赠，贝克利纹章由加利福尼亚大学董事会惠赠，Cf、Ds、Hs和Db由有关城市或州惠赠，Cn由波兰的哥白尼博物馆惠赠。