全球热销
500 000册
附赠精美元素周期表

这是一本畅销十多个国家的奇书
这是一部诺奖获得者推荐的杰作
这是一场艺术与科学的恢弘盛宴
这是一首对科学与自然的赞美诗

视觉之旅：神奇的化学元素

2011国际化学年“读书知化学”重点推荐图书

（彩色典藏版）

【美】Theodore Gray 著
【美】Theodore Gray Nick Mann 摄影
陈沛然 译

人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

视觉之旅：神奇的化学元素

（彩色典藏版）

[美] Theodore Gray 著
[美]Theodore Gray Nick Mann 摄影
陈沛然 译

人民邮电出版社
北京

图书在版编目（CIP）数据

视觉之旅：神奇的化学元素：彩色典藏版 /（美）格雷（Gray,T.）著；（美）格雷（Gray,T.），（美）曼（Mann,N.）摄；陈沛然译.—北京：人民邮电出版社，2011.1（2011.5重印）

ISBN 978-7-115-23828-3

Ⅰ.①视… Ⅱ.①格… ②曼… ③陈… 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（2010）第171678号

版权声明

Copyright ©2009 by Theodore Gray

Originally Published in English by Black Dog & Leventhal Publishers,Inc.

本书的简体中文版经Black Dog & Leventhal Publishers授权，由上海版权代理公司帮助获得。

视觉之旅：神奇的化学元素（彩色典藏版）

◆ 著　　[美] Theodore Gray

摄　影　[美] Theodore Gray　Nick Mann

译　　陈沛然

责任编辑　刘　朋　张兆晋

◆ 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：12　　2011年2月第1版

字数：311千字　　2011年7月北京第3次印刷

著作权合同登记号　图字：01-2010-5082号

ISBN 978-7-115-23828-3

定价：60.00元

读者服务热线：（010）67129264　印装质量热线：（010）67129223

反盗版热线：（010）67171154

写给中国读者的话

有两件事是我当初编写本书的时候未曾预料到的：一是孩子们会和成年人一样喜欢这本书，二是在不到一年时间里它被翻译成14种语言。这二者共同证明了这样一个事实：化学元素在人的精神追求上和肉体构成上一样都是相通的。每个人都是由元素构成的，每个人都希望了解构成其自身的东西。

在这本书中你会发现许多关于元素的故事：它们从何而来，它们有什么用途，以及是什么使得每种元素都那么有趣。我希望你们喜欢这些故事，并且与你们的孩子、学生、老师或父母分享这些故事的乐趣。

如果在你认识的人当中有人觉得科学或化学是令人讨厌的，是一些枯燥无味的东西，你可以试着把这本书送给他。仅那些相片也会使他相信有些东西确实值得看一下，他也许最终会写信给我，说他已经尝到了通过科学了解到的这个世界的滋味，并且如何热切地希望知道得更多，谁知道呢。

Theodore Gray

译者的话

怀着浓厚的兴趣，我完成了这本书的翻译。以化学元素为题材的科普书已经出版了好几种，但这本书自有其与众不同的地方：作者把个人丰富的元素收藏品的精美绝伦的照片和生动优美的文字描述巧妙地结合在一起，收到了珠联璧合、相得益彰的效果，使读者在愉快的阅读中开阔了眼界，增长了知识，加深了对元素周期表的理解。

化学元素是构建我们的物质世界大厦的砖和瓦。要了解物质世界，必须先了解化学元素。喜欢自然科学的青少年学子可以从这本书中获得许多关于元素的知识营养，即便是化学教师，也可以从中撷取材料来丰富自己的教学，使我们的化学课变得更加生动有趣。本书的文字部分涉及不少外国的人物和典故，译者尽可能加了一些注解，希望对于理解本书的内容有帮助。

化学和相关的科学技术使我们的世界变得绚烂多彩。我们的生活，甚至我们自己，没有一时一刻离得开化学。这本书是一位向导，带领我们周游化学元素的世界，领略其中美妙的风光。我们希望这本书会让更多的青少年喜欢上化学，并且最终加入化学家的队伍。

译者要感谢陈耀全老师。他仔细阅读了全部译稿并提出宝贵的修改意见。译者衷心欢迎读者对本书的译文提出批评和建议。

译者
于东华大学

 此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

没有任何一个东西会回归为无，但一切东西都将因回归为它们的元素而隐退消失

——引自卢克莱修《物性论》[1]，公元前50年

元素周期表是我们能够触摸到的任何东西的总目录。有一些东西不在元素周期表里，例如光、爱情、逻辑和时间，但是这些东西我们是无法触摸的。

地球、这本书、你的脚——任何可以触摸的东西——都由元素构成。你的脚的大部分是由氧构成的，同时还有许多碳和它结合在一起，从而为有机分子赋予了结构，这些有机分子确定了你是以碳为主要成分的生命的一个例子。（如果你不是一个以碳为主要成分的生命形态，那么我们欢迎你到这个行星上来。如果你也有脚，请不要把脚踩到这本书上。）

氧是无色透明的气体，但它占据你的体重的2/3。它怎么做到这一点？

化学元素有两张脸：它的纯态以及当和其他元素结合的时候形成的化合物。纯态的氧的确是气体，但是当它和硅反应以后，它们结合在一起形成了坚硬的硅酸盐矿，构成了地壳的大部分。当氧与氢和碳结合的时候，结果可以是从水到一氧化碳到糖的任何东西。

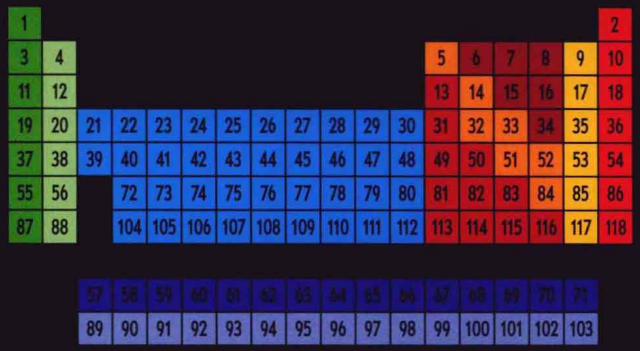
无论这些物质看起来多么不像纯态的氧，但在这些化合物中氧原子仍然存在，而且这些氧随时可以被提取出来，回到纯的气态。

但是只要原子核没有瓦解，每个氧原子本身就永远不可能破裂或者拆开变成更简单的东西。这个不可分割的性质就是使得元素之所以成为元素的原因。

在这本书中，我试图向你展示每一种元素的这两张脸。首先，你将会看到纯元素的一幅很大的照片（但是这需要在物理上办得到）。在另一页上你将会看到这个世界上元素的各种样子的许多例子——各种化合物以及成为这种元素的特征的各种用途。

在我们开始接触各种元素之前，很有必要先从整体上看一下元素周期表，看看这些元素是怎样被组织在一起的。

[1] Lucretius（约公元前99年—约公元前55年），古罗马哲学家和诗人，《物性论》是他传世的唯一一本书。



经典形式的元素周期表已广为人知，就像耐克鞋的徽标、泰姬陵或者爱因斯坦的头发那样一眼就可以认出来。元素周期表是我们文明的图标影像之一。

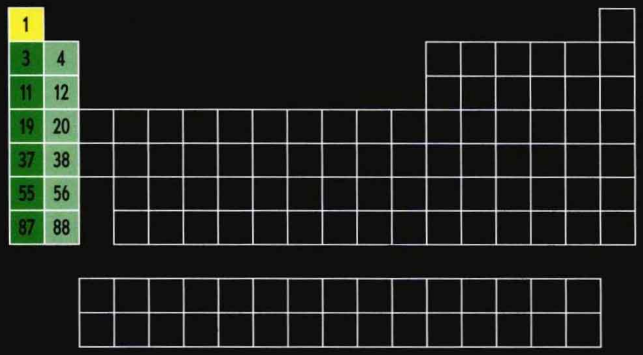
元素周期表的基本结构不是由艺术、幻想或巧遇来决定的，而是由量子力学的基本的和普遍的法则决定的。呼吸甲烷的有脚生物可能会用正方形的徽标为它们的鞋子作广告，但它们的元素周期表会有像我们的元素周期表一样能够辨认的逻辑结构。

每一种元素都是用它的原子序数（从1到118的整数）来定义的。（118是目前的数字，无疑随着时间的推移还会发现更多。）一种元素的原子序数是该元素的每一个原子的原子核中质子的数目。质子数又决定了有多少个电子围绕着这个原子核作运动。正是这些电子，特别是在最外“层”的电子，决定了元素的化学性质。（关于电子轨道，我们将会在第12页更详细地解释。）

元素周期表按照原子序数排列元素。顺序缺口的跨越方式好像是十分随意的，其实不然。这些缺口的存在使得每一纵列中的元素具有相同的外层电子数。

这就解释了关于元素周期表的最重要的事实：同一纵列中的元素倾向于具有相似的化学性质。

让我们按照纵列所确定的排列，先看元素周期表的主族。

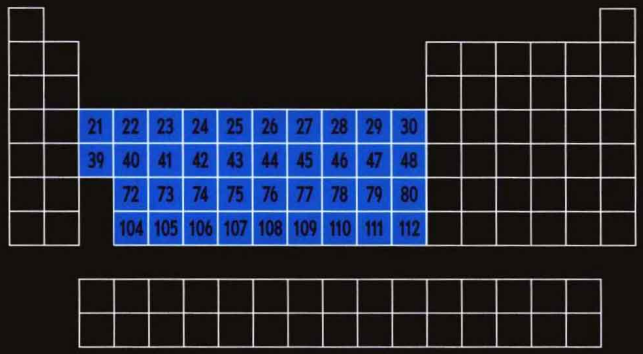


第1号元素是氢，它有一点儿反常。氢通常被放在最左边的一列，它也确实和同在这一列的其他元素共有一些化学性质（原则上，在化合物中，氢通常失去一个电子形成H^+离子，就像第11号元素钠失去一个电子形成Na^+离子）。但氢是气体，而在第一列的其他元素是软金属。因此，有些周期表把氢单列出来自成一类。

第一纵列中的其他元素——氢不算在内——统称为碱金属，把它们扔到湖里都很有趣。碱金属与水反应时放出氢气，氢气是高易燃性的。如果你把一块足够大的钠扔进湖里，在几秒钟后就会发生大爆炸。这到底是一场令人兴奋而又美丽的经历，还是就此结束了你的性命，要看你是否防护得当。如果熔融的钠溅入眼睛，你就永远成了瞎子。

化学就是这样：强大得能在世界上做出伟大的事情，但也危险得能够做出恐怖的事情，二者一样容易。如果不尊重化学，它就会咬人。

第二列中的元素统称为碱土金属。像碱金属一样，它们是相对软的金属，与水反应时放出氢气。但不像碱金属那样爆炸性地反应，碱土金属是驯服的，它们慢慢地反应，使氢气不会自发燃烧。例如，这使得可以把钙（20）用在便携式氢气发生器中。

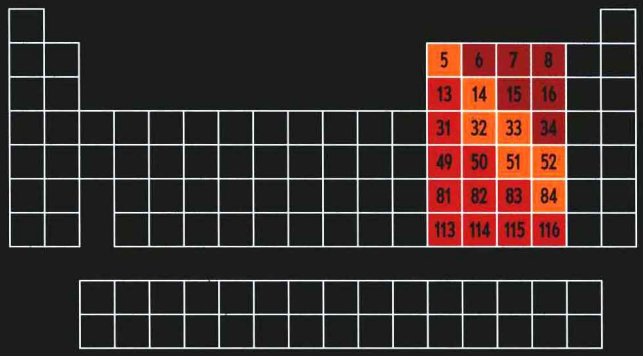


周期表的广大中央区被称为过渡金属。那里有工业中的骨干金属——单单第一行就是名副其实的常用金属的Who is Who[1]。除了汞（80），所有的过渡金属都是非常硬的优质结构金属。（事实上，汞也是这样的。如果温度足够低，汞就会冻结成非常像第50号元素锡一样的金属。）即使是锝（43）——本区中孤独的放射性元素——也像它的邻居们那样坚固。锝不是那种你要用来打造一把餐叉的金属，不是它不能胜任，而是它非常昂贵，并且会用它的放射性慢慢把你杀死。

总体上说，过渡金属在空气中是相对稳定的，但有一些会缓慢氧化。最显著的例子当然就是铁（26）。到目前为止，铁的生锈仍然是我们最有毁灭性的、最不想要的化学反应。其他的，诸如金（79）和铂（78）因为极其耐腐蚀而受到称赞。

在左下角的两个空格是为镧系元素和锕系元素保留的，对于镧系元素和锕系元素，我们将在第11页着重说明。按照周期表的逻辑性，在第二和第三纵列之间会出现一个可放入14种元素的缺口，镧系元素和锕系元素就插在这个缺口中。但是这样做就会使周期表变得不切实际地宽，惯常的办法就是把这个缺口关闭起来，把这些稀土元素显示在底部的两行中。

①这是美国出版的一部介绍名人的工具书。

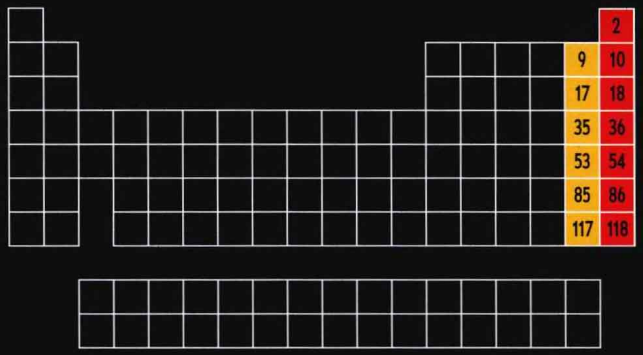


左下部的三角称为普通金属，虽然实际上被大多数人认为是普通金属，但这些金属事实上还是前面一族的过渡金属。（现在你可能已经注意到，大多数元素是这种或那种金属。）

右上部分的三角称为非金属。（接下去的两族，卤素和惰性气体也是非金属。）非金属是电的绝缘体，而所有的金属在不同程度上都有导电性。

在金属和非金属之间有一个称为准金属的骑墙派的对角线。从它们的名称也可以想得到，这些元素多少有些像金属，又多少有些不像金属。特别是它们能导电，但是导电性不好。准金属包括半导体，它们对现代人的生活非常重要。

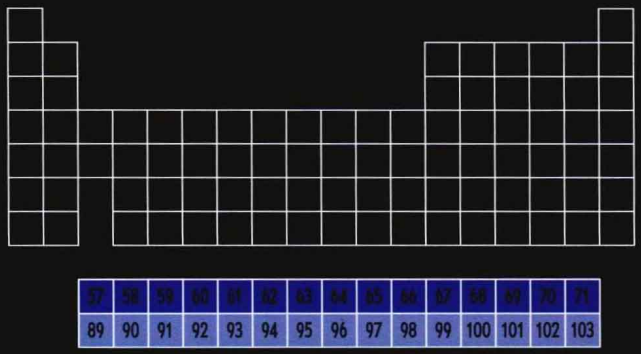
这条线是对角线的事实破坏了在同一个纵列中的元素具有共同特征的一般规律。好吧，那只是个一般规律。化学实在是太复杂了，任何规律都不能绝对地固定不变。在从金属到非金属的边界上，有几个因素在互相竞争，以决定一种元素应该属于哪个阵营。在你往下看周期表的时候，天平移向了右边。



第17纵列（倒数第二列）称为卤素，纯态的卤素都是非常险恶的家伙。这一列的所有元素都是高度活泼、气味极为难闻的物质。纯氟（9）由于能攻击几乎所有东西而具有传奇性，氯（17）则在第一次世界大战中用作毒气。但是以化合物的形态，例如加氟牙膏和食盐（氯化钠），卤素被驯服成日用品。

最后一列是贵族气体。“贵族”在这里的意思是“不参与普通贱民的营生”。贵族气体几乎彼此之间或者与其他元素之间都不形成化合物。由于它们的惰性，贵族气体常常用来屏蔽活泼的元素，因为在一层贵族气体的保护毯下面，活泼元素没有东西可以与之反应。如果你在化学供应商那里购买钠，你得到的就会是放在一个充满了氩（18）的密封容器中的钠。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com



这两族元素统称为稀土元素，尽管它们之中有一些根本并不稀少。上面的一行，从镧（57）开始，称为镧系元素；这样，当有人告诉你从锕开始的底下一行就称为锕系金属时，你就不会感到奇怪。

再看下去，当你看到镥（71）的时候，镧系元素就会因为彼此在化学上非常相似而臭名昭著。其中的几个是如此相似，以至于为了它们是否真是不同的元素而争论了好多年。

所有的锕系元素都是放射性的，其中以铀（92）和钚（94）最为出名。把锕系元素添加到周期表的标准格局这件事要怪格伦·西博格[1]，这主要是因为他要对在这个区域发现了那么多新的元素负责，以至于需要列出新的一行。（虽然许多人也发现了新元素，但西博格是被迫创立了一个新的行，以便容纳他的全部发现的唯一一个人。）

既然我们已经分别观察了元素周期表的局部和全貌，现在我们准备好开始在狂野的、美丽的、崎岖的、有趣的和骇人的元素世界中的旅程。

全在这里了。从这里到廷巴克图[2]，包括廷巴克图，每件事物、每个地方都是由一种或者几种化学元素构成的。我们把元素的组合和再组合的无穷变化称为化学。这些变化开始自而又终结于这个简短而又值得纪念的表格，它是物质世界的基石。

你在本书中看到的几乎每一件东西都在我的办公室的某一个角落放着，被联邦调查局没收的那一件以及几个有历史意义的物件除外。在收集这些元素的充满生气的多种多样的样品时，我非常快活，希望你在阅读它们的时候也感觉莫大的兴趣。

那么，让我们在第一号元素氢那边再见！

①Glenn Seaborg (1912—1999)，美国核化学家。1997年国际纯化学和应用化学委员会决定以他的名字命名第106号元素，打破了不用尚健在的人的名字命名元素的惯例。

②Timbuktu，非洲马里中部城市名，意为遥远的地方。

元素周期表是如何形成的

紧接着，我们打算用一页篇幅解释量子力学。（如果觉得这一节太过专业，你可以跳过它。本书结束时不用考试。）

每一种元素都由它的原子序数来定义，原子序数是该元素的每一个原子的核中带正电荷的质子的数目。这些质子和数目相等的带负电荷的电子相匹配，这些电子存在于围绕着核的“轨道”中。我把“轨道”打上引号，是因为实际上电子并不像行星围绕着恒星那样围绕着轨道运行。事实上，我们根本不能说电子是在运行。

相反，每一个电子都是作为概率云存在的，在一个地方的可能性比在另一个地方要大一些，但实际上在任何给定的时间里不在任何一个地方。以下的图显示了围绕着核的电子概率云的各种三维形状。

第一种称为s轨道。它是完全对称的，不能说电子处于这个方向或者另一个方向。第二种称为p轨道。它有两个瓣，这意味着电子更可能处在核的这一侧或另一侧，而比较不可能处在二者之间的方向上。

虽然s轨道只有一个，但p轨道却有三个，指向空间的三个互相垂直的方向(x, y, z)。类似地，d轨道有五个不同的类型，f轨道有七个不同的类型，瓣的数目也逐渐增加。（你可以把这些形状想像为三维驻波。）

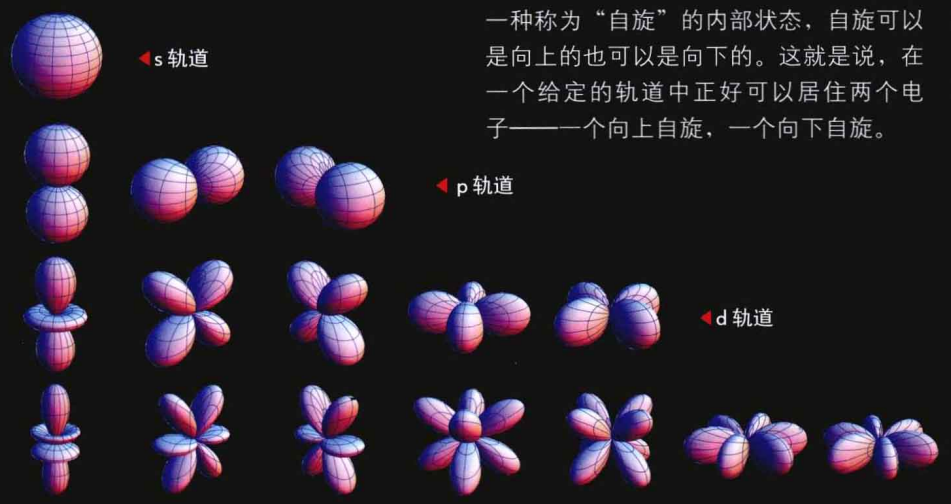
每一种形状的轨道都可以有各种大小，例如，1s轨道是个小球，2s轨道是个比较大的球，3s轨道是个更大的球，等等。随着轨道越来越大，处于轨道中的电子所需要的能量也增大。在其他条件都相同的情况下，电子总是停留在最小的、能量最低的轨道中。

那么，是不是原子中的所有电子都一块儿待在能量最低的1s轨道中呢？不，在这里我们要讲一讲量子力学早期历史中最基本的发现之一：两个粒子不可能同时处在完全相同的量子态中。因为电子具有一种称为“自旋”的内部状态，自旋可以是向上的也可以是向下的。这就是说，在一个给定的轨道中正好可以居住两个电子——一个向上自旋，一个向下自旋。

氢只有一个电子，因此电子就住在1s轨道中。氦有两个电子，刚好放入1s轨道，满足了它可以容纳两个电子的容量。锂有三个电子，由于1s轨道已经没有多余的空间，第三个电子被迫呆在较高能量的2s轨道中。依此类推，每次都按照递增的能量次序来填满轨道。

看看本书任何一页右边的电子填充顺序图，你就会看到从1s到7p的可能的电子轨道图，用红条码表示哪一个轨道已经被电子填满（7p是已知元素中被电子占据的能量最高的轨道）。轨道填充的准确顺序是出人意料地微妙和复杂的。在你浏览本书的时候可以偶然看一下。请特别注意钆（64）前后的元素，如果你以为你已经估计出了它们的轨道填充顺序，你的自信心就可能被那里所发生的事动摇。

正是这个填充顺序决定了元素周期表的形状。开头的两个纵列代表填充s轨道的电子数。接着的十个纵列是填充五个d轨道的电子数。最后的六个纵列是填充三个p轨道的电子数。最后，但并非最不重要的是，14种稀土元素是填充七个f轨道的电子数。（如果你问自己，为什么第2号元素氦不是放在第4号元素铍的上面，那么我祝贺你，你已经像一位化学家而不是像一位物理学家那样思考问题了。本书参考文献中Eric Scerii的书对于回答这类问题是一本很好的入门书。）



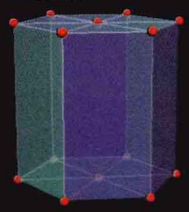
元素周期表

你需要知道每一件事，没有一件事是你不需要知道的。

导航图

相应于每种元素的每一页都有一个小小的图，图中有一个用黄颜色照亮的方块，用来表示本页元素在周期表中的位置。对于将周期表分成几个组的颜色，已在前面几页中加以叙述。

原子量
178.49
密度
13.310
原子半径
208pm
晶体结构



原子量

一种元素的原子量（请不要和原子序数混淆）是该元素典型样品中每个原子的平均质量，用“原子质量单位”或amu表示。amu定义为碳-12原子质量的1/12。粗略地说，一个amu是一个质子或一个中子的质量，因此，元素的原子量大致等于该原子的核中质子和中子的总数。

然而，你将会看到，有些元素的原子量处在两个完整的整数之间。当一种元素的典型样品含有两个或多个天然存在的同位素的时候，这些同位素的平均重量就使得amu表现为分数。（同位素将在第91号元素镤那一部分更详细地解释，它的基本概念是，一种元素的同位素都拥有相同数目的质子，因此具有相同的化学性质，只是原子核中的中子数目不同。）

密度

元素的密度定义为绝对纯的该元素的假定无瑕疵的单晶的理想化密度。这在实践中永远无法实现，因此元素密度一般是由原子量和晶体中原子间隔的X射线晶体学测量值的组合来计算的。密度的单位是克/厘米^3。

原子半径

物质的密度取决于两个因素：每一个原子有多重以及每一个原子占据多大空间。每种元素的原子半径是计算出来的从原子核到最外层电子的平均距离，单位是皮米(pm，1米的一万亿分之一)。原子半径旁边的图是示意性的，显示了在各自层壳中的所有电子，总尺寸和原子的尺寸相匹配，但各个电子的位置不成比例，更不是说这些电子是围绕着原子自旋的小圆点。虚线的蓝色参考圆圈表示所有原子中最大的原子（第55号元素铯）的半径。

晶体结构

当元素处在其最常见的晶体形态时，晶体结构图表示原子的排列（晶胞重复，形成了整个晶体）。对于常态下是气体或液体的元素，这是它们在被冷却到足够形成凝结固态的时候所呈现的晶体形态。

电子填充顺序

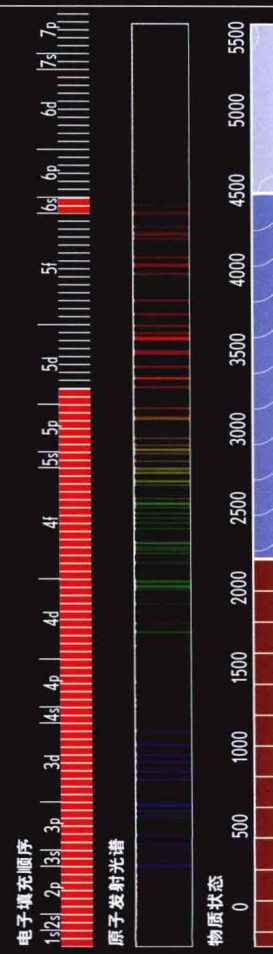
该图显示电子填充可用的原子轨道的顺序，原子轨道已经在上一页详细解释。

原子发射光谱

当把一种元素的原子加热到极高的温度时，它们会发射出特征性波长的光或颜色。特征性波长的光或颜色相应于该原子的电子轨道之间的能级差。该图显示出这些线的颜色，每一条线都相应于特定的能级差，按照从顶端的肉眼可见的红色到底部的接近紫外来排列成光谱。

物质的状态

这一支摄氏温度标尺显示温度范围，在该范围中元素是固体、液体或气体。固体和液体之间的边界线是熔点，而液体和气体之间的边界线就是沸点。请扭动本书的书页，把书页的边缘扩展出来，你将会看到熔点和沸点的曲线图，它们跨越周期表显示出极为明显的趋向。



H Hydrogen 1

①早年，飞艇是用氢气充气的。当时德国最大的飞艇以兴登堡总统的名字命名,载客往返于大西洋两岸。1937年5月6日，兴登堡号飞艇正在美国新泽西州莱克赫斯特海军航空总站上空准备着陆，但一场灾难性事故使它在32秒内被大火焚毁，97名乘客中有61人死里逃生，36人罹难。关于失火的原因有多种说法。有一种说法是，当时雷雨交加，兴登堡号飞艇穿过雨云时，机体充满了负电荷。当机组人员将湿透的绳子抛下地面准备停泊时，这些绳子就起到了接地线的作用。飞艇的金属架因接地而充电，机壳便开始升温，高度易燃的涂料开始自燃。本书作者认为遇难的乘客不是被氢气烧死的。可能是基于这样的说法，自那次事故以后，飞艇便改用氦气充气。

氢

遥望夜空，群星闪烁。那是它们在把巨量的氢嬗变为氦。单单我们的太阳每秒就消耗掉6亿吨氢，把它转化成5.96亿吨氦。想想看，每秒6亿吨，即使在夜晚也一样。

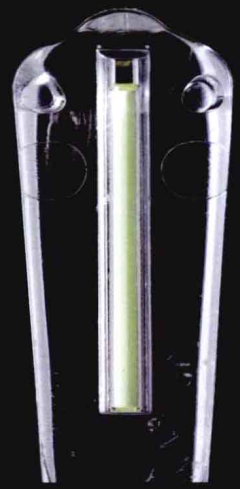
那么，另外的每秒钟400万吨到哪里去了呢?它们按照爱因斯坦的著名公式$E=mc^2$转变成了能量。其中大约每秒3.5磅（1磅=0.4536千克）所创造的福祉降临到了我们的地球，赐予我们黎明的光辉、白天的温暖和黄昏的余晖。

太阳对氢的惊人消耗养育了我们大家。氢对于我们生活的重要性越来越家喻户晓。氢和氧的结合形成了云彩、海洋、湖泊和河流。氢和碳(6)、氮(7)、氧(8)结合在一起构成了所有生物的血液和肉体。

氢是所有气体中最轻的——甚至比氦还要轻，也非常便宜。这就是早年的飞艇错误地使用氢的原因。你们大概听说过兴登堡号飞艇灾难的故事[1]。公正地说，那些乘客是摔死的，而不是被氢气烧死的。在某种程度上说，氢用作汽车的燃料比汽油更安全。

氢是最丰富的元素，最轻，也最为物理学家所钟爱。氢只有一个质子和一个电子，用量子力学公式可以精确地对它进行计算。但是，一旦遇见了拥有两个质子和两个电子的氦，物理学家几乎就要甩手，让化学家去对付了。

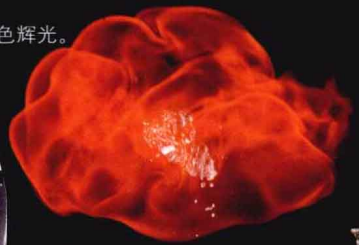
▶ 产自印度贾尔冈普纳的钙沸石矿，$CaAl_2Si_3O_{10}\cdot 3H_2O$。



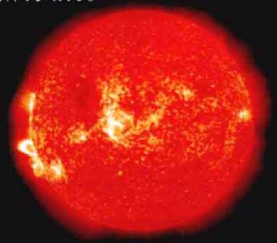
◀ 氚(^3H)发光钥匙圈在美国是违法的，它被认为是对这种战略性资源的滥用。

▲ 但是，氚表在美国是合法的。

▶ 氢氧焰的橘红色辉光。

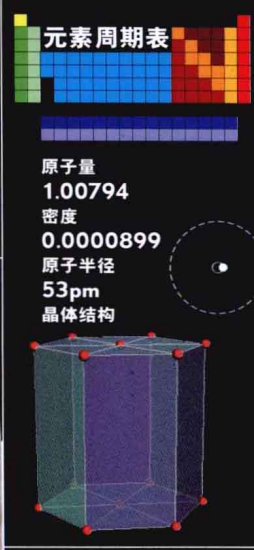


▼ 太阳将氢转变为氦作为动力。



◀ 氢占可见宇宙重量的75%。氢通常是无色的气体，但在太空中，大量的氢吸收太阳光，形成了壮观的景象，如哈勃太空望远镜所看到的鹰状星云。

▶ 高速闸流管的内部结构，闸流管是一种电子开关，用少量氢气充填。



Helium

2

①氦的英文名字是helium，太阳神的名字是Helios。

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com