



图灵新知



	1 H 氢	2 He 氦	3 Li 锂	4 Be 铍	5 B 硼					
6 C 碳	7 N 氮	8 O 氧	9 F 氟	10 Ne 氖	11 Na 钠	12 Mg 镁	13 Al 铝	14 Si 硅	15 P 磷	16 S 硫
17 Cl 氯	18 Ar 氩	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	31 Ga 镓	32 Ge 锗	33 As 砷	34 Se 硒	35 Br 溴	36 Kr 氪	37 Rb 铷	38 Sr 锶

The Elements: The New Guide to the Building Blocks of Our Universe

图解化学元素

探秘我们宇宙的构成单元

[英] 杰克·查洛纳 著 卜建华 译

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	



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

图解化学元素

探秘我们宇宙的构成单元

[英] 杰克·查洛纳 著 卜建华 译

The Elements

The New Guide to the Building Blocks of
Our Universe

人民邮电出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

图解化学元素 : 探秘我们宇宙的构成单元 / (英)
查洛纳 (Challoner, J.) 著 ; 卜建华译. — 北京 : 人
民邮电出版社, 2014.4

(图灵新知)

书名原文: The elements: the new guide to the
building blocks of our universe
ISBN 978-7-115-34838-8

I. ①图… II. ①查… ②卜… 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(2014)第038388号

内 容 提 要

这不只是一场视觉之旅,更是一部元素百科全书,从各元素的发现、命名及其单质和重要化合物的用途,书中都有清晰简明的介绍。书中还配有精彩的图片,形象展示了各元素的形态及其在现代生活中的踪迹。本书没有像通常那样按原子序数顺次介绍元素周期表,而是按照族的次序一族一族地进行介绍,从而让人能很自然地体会到元素周期表的伟大。



-
- ◆ 著 [英] 杰克·查洛纳
 - 译 卜建华
 - 责任编辑 楼伟珊 毛倩倩
 - 执行编辑 张 庆
 - 责任印制 焦志炜
 - ◆ 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 1/16
 - 印张: 10
 - 字数: 250千字 2014年4月第1版
 - 印数: 1—5 000册 2014年4月北京第1次印刷
 - 著作权合同登记号 图字: 01-2012-8654号
-

定价: 69.00元

读者服务热线: (010)51095186转600 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

版 权 声 明

THE ELEMENTS: THE NEW GUIDE TO THE BUILDING BLOCKS OF OUR UNIVERSE

by JACK CHALLONER

Copyright © 2012 by JACK CHALLONER

This edition arranged with CARLTON BOOKS LIMITED

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

Simplified Chinese edition copyright:

© 2014 by POSTS & TELECOMMUNICATIONS PRESS

All rights reserved.

本书中文简体字版由 CARLTON BOOKS LIMITED 授权人民邮电出版社独家出版。未经出版者书面许可，不得以任何方式复制或抄袭本书内容。

版权所有，侵权必究。

前言

现代物理学与化学将纷繁复杂的世界变得惊人的简洁明了。——卡尔·萨根

单质、化合物与混合物

我们熟悉的物质基本上都是化合物或者混合物，比如木头、钢材、空气、食盐、混凝土、毛皮、水、塑料、玻璃、石蜡等，它们都含有一种以上的元素。

当然，我们在日常生活中也会遇到由单一元素构成的物质——单质，尽管它们不是百分之百纯净。金和银便是常见的单质，不过即使是世上最纯的金，每百万个原子中还是会掺杂一个其他元素的原子。铜（铜管）、铁（铁轨）、铝（铝箔）、碳（金刚石）也是以近乎纯态存在的常见单质。还有一些单质之所以为人所熟知，则仅仅是因为它们太重要或太普通了，比如氧、氮、氯、钙、钠、铅。

本书将会着重探讨全部元素以及它们所构成的单质的性质，这当中包括其化学性质，也就是它们与其他元素如何发生反应。另外，对每一种元素，我们也会关注包含它们的重要化合物与混合物。

请把前言看完

有时候，一本书的前言可读可不读。但这本书可不是，因为这个前言包含着重要的信息。这些信息能够帮助读者了解本书的编排，理解书中所要传达的知识，品味宇宙的繁复之美，以及知晓这种美如何被解释为区区三种粒子（质子、中子、电子）的相互作用。虽然令人难以相信，但事

实就是，从我们星球的地核到遥远的恒星，所有的物质，无论是固体、液体、气体还是等离子体，都是这三种粒子通过不同的组合方式构成的。

质子、中子和电子

原子的直径在千万分之一毫米数量级（也就是0.1纳米），大部分质量集中在位于其中心、由质子与中子构成的原子核中，质量轻得多的电子则围绕着原子核运动。我们周围的世界便是由大约90种不同类型的原子构成的，换句话说，也就是由大约90种质子、中子、电子不同的组合体构成的^①，每种不同的原子便是一种元素。

质子带有正电荷，而电子带有相同数量的负电荷。在此需要展开想象的翅膀，在脑海中将它们放大成可以用手握住的小球，这样我们就会感觉到，由于静电作用它们在互相吸引。中子正如其名是不带电荷的，如果它也变成可以握于手中的小球，我们就会发现它既不会被质子吸引，也不会被电子吸引。



质子 (p^+)



中子 (n)



电子 (e^-)

上图：质子（红色）、中子（蓝色）与电子的示意图。其中质子与中子的质量相同，是电子质量的1800倍

^① 作者在此未考虑同位素。——译者注

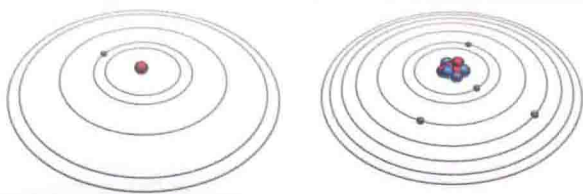
构筑原子

继续展开想象，我们可以着手构筑最初几种元素的原子了。首先是最轻也最简单的元素——氢。

只需要一个普通的质子便可以构筑出一个氢原子核，之后就需要为它添加电子。按照定义，一个原子需要有数目相同的质子与电子，以保持电中性。为此我们手握一个电子，放在距离质子有一段距离的地方，这两个粒子会像前文所描述的那样相互吸引。存在吸引力意味着电子具有势能。所以当我们放开手之后，电子便会向质子“坠落”，同时失去势能。这个电子会在撞击到质子之前停下，进入一个围绕质子运动的轨道，此时它处在“最低能态”。

奇怪的行为

我们刚刚构筑了一个氢原子，尽管它只存在于想象之中。关于它，有几件奇怪的事情需要注意，因为支配微观粒子世界的是量子物理学的奇怪定律。比如，当我们的电子向质子“坠落”时，你会发现它并不像宏观世界中的物体那样连续运动，而是在跳跃着坠落。这是因为由于宇宙固有的某种特性，只允许电子具有特定的能量（称为能级）。它跳跃一次（称为跃迁）失去的能量，也就是两个相邻能级之间的能量差，便是



上图：围绕氢原子核与铍原子核的电子能级的示意图（未按比例）

一个量子。最低的能级，也就是电子最靠近原子核时所处的能级，通常写做 $n=1$ 。

电子向低能级跃迁时失去的每一量子能量都转化为可见光或者紫外光光子。光子只有能量的差异，蓝光光子比红光光子的能量高，而紫外光光子又比蓝光光子的能量高。如果将氢原子中的电子提高几

① 这种云状的轨道又被形象地称为“电子云”。——译者注

个能级（称为激发），就可以观察到它跃迁回低能级时所发出的光子，其中一些属于可见光，另外一些属于不可见的紫外光。

由于一个原子的能级排布取决于原子核中质子的数目，因此每一种元素都有一套特征能级，从而也会产生一系列具有特征频率的光子。这些光子可以用三棱镜进行区分，形成一条由多条亮线组成的光谱。

这使得只要给一个原子的电子足够的能量（激发），然后让它跃迁回低能级，便可以通过它所发出光的颜色来鉴别这个原子属于何种元素。激发的方法有很多，比如加热、通电或者紫外光照射。金属原子能够在火焰中发出特殊的颜色正是基于这个原理，请看第23页中有关焰色反应的图片。美丽的焰火也利用了这一原理：焰火中金属原子的电子被燃烧所产生的热反复激发，又反复跃迁回低能级状态。节能荧光灯是另外一个例子：紫外光激发玻璃管内壁涂布的荧光材料，产生红色、绿色以及蓝色的光子，而当它们一同进入人的眼睛后，人便产生白光的感觉。

云状轨道

这个想象中的原子还有一个奇怪的行为，它的电子并不像我们日常见到的实体小球，而像一团笼罩在原子核周围的云，称为轨道。^①量子世界是一个相对陌生、由几率主宰的地方，这个世界中的物体可以同时出现在不同的地方，也可以同时以波和粒子的形式存在，因此我们的电子既是一个粒子，也是一个三维的几率驻波，而一个元素的性质主要取决于它核外电子的排布。



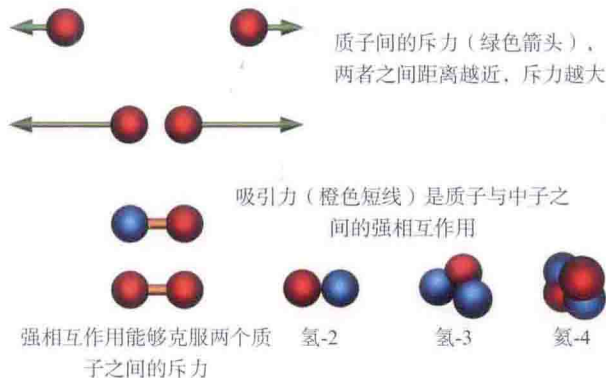
上图：原子轨道示意图，表示具有波粒二象性的电子能够出现的区域

原子序数

下面我们将电子移走只留下原子核，开始制造下一个，也就是原子序数为2的元素。为此，我们需要向原子核中添加另外一个质子。但是由于质子带有正电荷，它们会彼此排斥；更加糟糕的是，它们挨得越近，相互排斥得就越厉害。幸运的是，有一个方法可以解决这个问题：先将质子放在一边，再将一个中子添加到原子核中，这样就不会有静电斥力来捣乱了，因为中子是不带电的。

当中子非常靠近氢原子核时，两者之间会突然出现一股很强的吸引力，将两者紧紧地吸在一起，这种力就是**强相互作用**。这种作用力只能在非常短的距离内产生作用，但是它非常强，使这对质子与中子很难再分开。这样，我们得到了含有一个质子（1p）和一个中子（1n）的原子核，它依旧还是氢，因为元素是由原子核中质子的数目，也就是**原子序数**决定的。不过它并不是普通的氢，而被称为H-2或者氘。两者都是氢的**同位素**，而如果在氘核中再添加一个中子就会得到氢的第三种同位素——H-3或者氚。

强相互作用对质子同样有效（但对电子无效）。如果能使一个质子足够靠近原子核，强相互作用就会战胜静电斥力，使这个质子成功地融入原子核，氦核也就会变成一个包含两个质子和两个中



上图：质子之间会相互排斥，两者距离越近，斥力就越大。质子与中子间的强相互作用能够让质子与中子紧紧地靠在一起，并能够克服构筑原子时质子间的斥力

子的氦-4核，这种以较轻的原子核为原料制造较重原子核的方法称为**核聚变**。

构筑元素

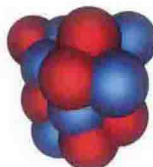
宇宙诞生时，最初几分钟的超高温与超高压使质子与中子通过这种方式结合在了一起。这段时间内所能生成的最重元素是含有四个质子与四个中子的铍-8。其他的元素则是通过恒星内部的核聚变合成的，比如三个氦-4核（2p, 2n）可以聚变生成一个碳-12核（6p, 6n），如果再添加一个氦-4核就可以得到氧-16核，依此类推。原子核之间的组合方式是多种多样的。只使用氢与氦作为起始原料，一颗普通恒星在其一生中可以聚合成所有比铁（原子序数为26）轻的元素。更重的元素只能在超新星爆发（一颗大质量恒星结束自己生命的方式）中产生。因此，组成你及周围所有事物的原子，要么来自宇宙诞生初期的几分钟，要么来自恒星的内部，要么来自爆发的超新星。



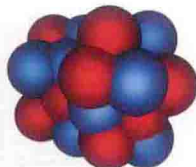
氦-4核



铍-8核（两个氦-4核）



碳-12核（三个氦-4核）

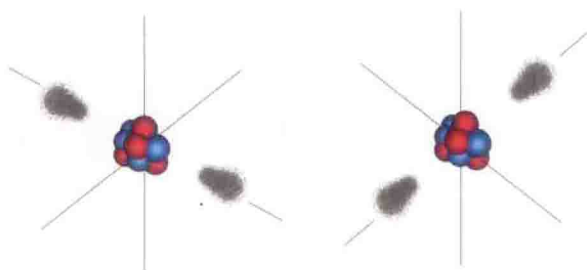


氧-16核（四个氦-4核）

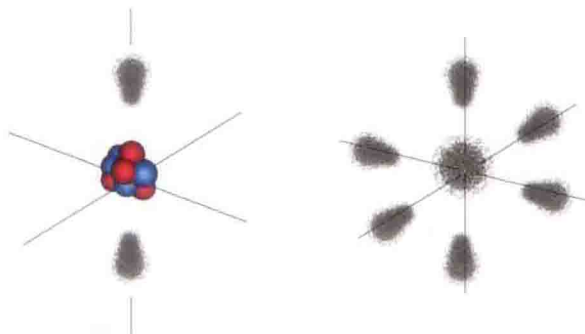
上图：构筑更大的原子核。图中显示了通过氦-4核聚变生成的最常见的几种元素，分别是铍-8、碳-12与氧-16

电子层

得到氦-4原子核之后，还需要为其添加两个电子才能得到一个氦原子。这两个电子会共同占据一个围绕原子核的球形电子轨道——**s轨道**〔这个s可与spherical（球形）一词毫无关系〕，这两个电子的能级相同（ $n=1$ ），这个球形轨道因而称为1s轨道。氢元素的**电子排布**可以写做 $1s^1$ ，氦元素则是 $1s^2$ 。在为更重的元素添加电子时，由于内部的位置都已经被占满，最外层的电子距离原子核会越来越远。



三个2p轨道



叠加在一起的s与p轨道

一个轨道最多可以容纳两个电子，所以当为第三个元素锂添加电子时，需要启用一个新的轨道，这个新轨道同样是一个球形的s轨道，但是能级要高一级（ $n=2$ ），因此命名为2s轨道，而锂元素的电子排布便是 $1s^2 2s^1$ 。翻开位于本书目录的元素周期表，就会发现锂元素位于第二行，也称为第二周期。元素最外层电子的能级决定了它所处的周期，因此氢与氦是第一周期元素，因为它们电子的能级都是1；锂到氖是第二周期元素，因为它们最外层电子的能级是2。

在一个原子核周围占据同一能级的电子也可称为位于同一**电子层**中。第一电子层（能级 $n=1$ ）可以容纳氢与氦的所有电子。第二能级即第二电子层可以容纳更多的电子，而且还出现了一种新的轨道——哑铃状的**p轨道**。与s轨道相同，一个p轨道最多能够容纳两个电子，p轨道总共有三个，这意味着它们共可容纳六个电子，因此第二电子层一共可以容纳八个电子，其中两个位于s轨道，另外六个位于p轨道。第二周期最后一个元素——氖，它的原子序数是10，电子排布为 $1s^2 2s^2 2p^6$ ，最外层已经完全填满了。

第三电子层同样包含一个s轨道与三个p轨道，因此元素周期表中的第三周期又可以多容纳八种元素。第三周期的最后一个元素是18号元素——氩，因为前三个电子层分别可以容纳2、8、8个电子，加起来正好是18。第四电子层（对应着第四周期）又出现了一种新的电子轨道：**d轨道**。而到第六电子层时，电子又多了可以栖身的**f轨道**。

在能够同时出现p、d和f轨道的电子层中，

这些轨道的数目分别是3、5与7个。由于每个轨道可以容纳2个电子，因此每一层最多可以拥有6个p电子、10个d电子与14个f电子。这一系列轨道也称为亚层。在为原子核添加电子从而构筑原子时，如果填充到了第四电子层，那填充顺序将会是s、d、p；如果填充到了第六电子层，这个顺序则变成了s、f、d、p。元素周期表的结构也反映了这一顺序。s区（第1、2族）对应着s亚层填充；中区，也就是d区（第3—12族）对应着d亚层填充；f区（镧系与锕系）对应着f亚层填充，通常它们在元素周期表中是单独列出的，不过在某些扩展版的周期表中它们也会和其他元素放在一起；周期表的右部是p区（第13—18族），对应着p亚层填充。

不稳定的核

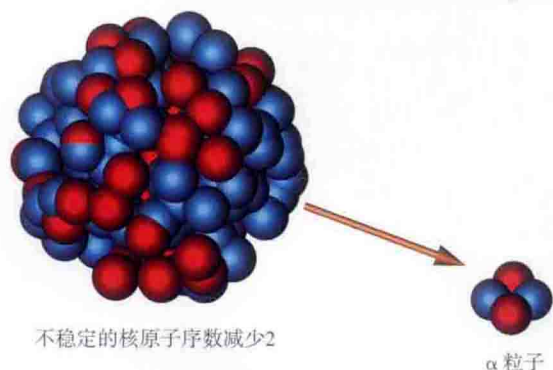
随着不断向电子层中添加电子，原子核中质子的数目也需要相应增加，因为只有两者数目相同，原子才能够保持电中性，因而原子核也会变得比氢或氦原子核重得多。比如拥有18个电子的氩，它的原子核相应地应该拥有18个质子。如果这么大的一个原子核只包含质子，那么质子之间的静电斥力就会战胜强相互作用，使原子核变得很不稳定，瞬间就会分崩离析。而中子便像是“原子核胶水”，能够为原子核提供额外的强相互作用，却不会引入额外的静电斥力。

上图：三个2p轨道，以及s与p轨道叠加在一起的原子。当一个原子的最外电子层处于全满时（比如氖），所有的轨道都会叠加，形成一个球形的对称轨道——这样的原子也是球形的

比如，氫最常见的同位素包含22个中子以帮助它的18个质子紧紧地结合在一起。然而，增加更多的中子并不一定总能带来更好的稳定性，特定数目的质子与中子组成的原子核往往比其他原子核更加稳定，因而任何元素都存在更为常见的一些同位素。氫最常见的同位素是原子量为40的氫-40（计算原子量时，电子完全可以忽略，因而一个原子的**原子量**可以近似地等于质子数与中子数的和）。尽管如此，氫还是存在其他一些稳定的同位素，因此任何一份天然的氫的平均分子量（又称**标准分子量**）都不是整数，而是39.948。事实上，任何一种元素的平均分子量都不是整数，比如氯的平均分子量便是35.453。

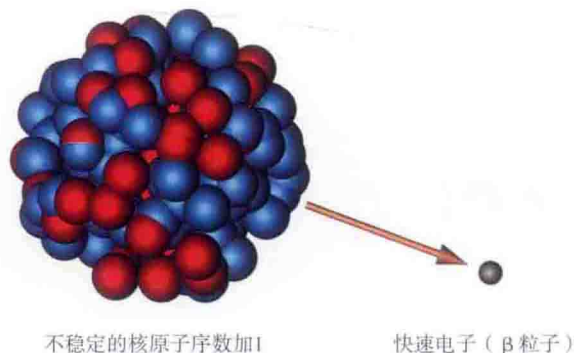
不稳定的原子核会通过几种方式发生衰变，其中最常见两种是 α 衰变与 β 衰变。发生 α 衰变时，一个大的、不稳定的原子核分裂出一块由两个质子和两个中子组成的碎片，这块碎片称为 α 粒子。由于失去了两个质子，衰变之后原子的原子序数减少2。比如，一个镭-226（88个质子，138个中子）的原子核在射出一个 α 粒子之后就变成了氡-222（86个质子，136个中子）。 α 衰变使一种元素**蜕变**成为另一种元素，比如镭变成氡。

原子核的这种不稳定性解释了为何只存在90种天然元素，因为即使超新星制造出了更重的元素，它们也已经全部衰变成了较轻的元素。目前所有比92号元素铀更重的元素都是人工制造的，而且大多数的寿命都非常短暂。本书的153-157页将会对这些**超铀元素**进行更为详尽的介绍。比铀轻的元素中也有两个，钷与钷，它们在自然界



中不存在，也没有稳定的同位素。

当一个原子核发生 β 衰变时，它的一个中子自发地变成了一个质子与一个电子，电子会



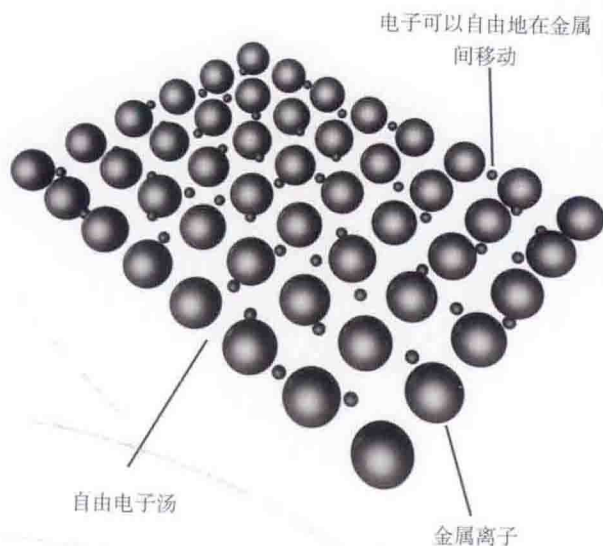
高速从原子核中射出，成为 β 粒子。由于生成的质子留在了原子核中，它的原子序数会增加1。比如氫有一个不稳定的同位素氫-41（18个质子，23个中子），它的原子核会发生 β 衰变，变为钾-41（19个质子，22个中子）。需要注意一点，尽管元素已经发生了蜕变，但原子核的质量是不变的，因为新生成的质子与衰变的中子拥有相同的质量。

上图： β 衰变。
在不稳定的原子核中一个中子自发地变为一个质子与一个电子，由于新质子的产生，原子序数增加1

对于某一个原子核来说，发生 α 衰变或者 β 衰变是随机过程。但对于一块由成千上万个原子组成的样品，其中一半原子完成衰变的时间却是一定的，这个时间称为**半衰期**。

包括 α 衰变与 β 衰变在内的核反应都伴随着质量损失，因而如同电子跃迁到低能级时所发生的现象一样，原子核会释放一个光子。只是核反应所涉及的能量要高得多，因此它释放出的是能量远远高于可见光或者紫外线的 γ 射线。原子核的衰变以及随之产生的 α 与 β 粒子以及 γ 射线，统称为**放射线**。

左图： α 衰变。
一个不稳定的原子核失去一个 α 粒子，同时原子序数减少2



化学键

原子并不是孤立存在的，比如这本书就是由无数的原子构成的。如果把同种元素的许多原子聚集在一起，它们有可能会互相连接在一起形成**化学键**，并表现出一些有趣的宏观性质。

大多数元素都是金属元素。当金属原子聚集在一起时，它们的外层电子就会摆脱原子的束缚变成自由电子（或称为**离域**），为所有原子核共有。自由电子不再只拥有特定的能量，而是可以在一定的范围内拥有任意能量，这个范围称为**导带**。由于可以自由移动，这些相同的自由电子几乎能够吸收它们遇到的所有光子（可见光或其他电磁辐射），并沿着光子的入射方向再将它们发射出去。这就是为什么金属总是不透明却又反光的原因。同样，由于这些电子可以自由移动，金属都是电的良**导体**。金属元素大多位于元素周期表的左部与中部。

非金属元素（比如硫）的电子就不那么自由了，它们被禁锢在共享的轨道中构成原子之间的



左图：金属键的示意图。金属离子（失去电子之后的金属原子）形成了一种晶体结构

化学键，因而硫是一个良好的**绝缘体**。有些元素在通常条件下是绝缘体，但是在加热或者光照下，它们的电子能够激发至离域状态并进入导带，这些元素称为**半导体**，硅就是一个典型的半导体。非金属与类金属元素都位于元素周期表的右上端。

还有一些元素的原子之间非常不易形成化学键。这些元素都位于元素周期表的最右端，它们都拥有全满的电子排布，在室温下都是气体，以单原子状态高速自由运动。只有超低温或者超高压才能让它们变成液体或者固体。室温下的其他所有气体元素都以两到三个原子组成的**分子**形式存在，比如氢 (H_2)、溴 (Br_2)、氯 (Cl_2)、氧 (O_2 , O_3)，这些分子中的电子都被禁锢在围绕所有原子核的分子轨道中。

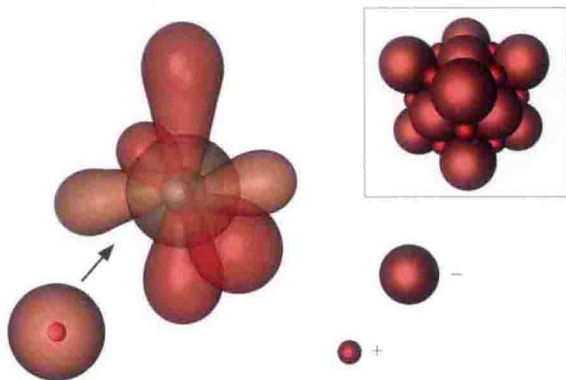
在某些情况下，由于温度与压力不同，一种元素可以以几种不同的单质形式存在。比如金刚石与石墨同样都是由纯碳元素构成的单质。这些由同种元素构成，但是性质完全不同的单质称为**同素异形体**。

化学反应与化合物

不同元素的原子相遇后往往会发生有趣的事情。有时它们只是形成**混合物**，包含一种以上金属元素的混合物叫做**合金**。不过更多的时候，这些不同的原子之间会形成化学键，这时我们称发生了**化学反应**，反应的结果就是生成**化合物**。化学反应涉及原子之间电子的转移与共享，转移产生离子键，共享生成共价键。不过结果总是，所有的原子都拥有了最外层电子层全部充满的最稳定的结构。

离子键的主体是原子得到或失去电子后形成的离子。比如，钠原子只有一个最外层电子，它很容易失去这个电子，从而获得全满的外层电子排布。不过这样的话，它的质子的数量就比电子多了一个，原本电中性的钠原子也就变成了带一个正电荷的钠离子。同样，带有七

左图：两个氢原子通过轨道叠加形成了一个双原子分子 H_2



个外层电子的氯原子很容易得到一个电子，从而获得全满的外层电子排布，而电中性的氯原子也会因此变为带一个负电荷的氯离子。这两种带有相反电荷的离子会由于静电引力靠在一起，并形成不断重复的结构——氯化钠（食盐）的晶体。由金属与非金属反应生成的离子型化合物由于存在很强的离子键，一般都具有很高的熔点。

钠原子： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$

钠离子： $1s^2 2s^2 2p^6$

氯原子： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$

氯离子： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6$

共价键是两个或多个非金属原子通过共享电子形成的化学键。围绕着这些原子的核会形成一个分子轨道。比如在由一个碳原子与四个氢原子形成的甲烷（ CH_4 ）分子中，碳原子与四个氢原子各形成了一个共价键。

由共价分子组成的化合物往往具有比较低的熔点，因为这些分子之间的相互作用力要远远小于离子化合物中离子间的作用力。水（ H_2O ）、氨（ NH_3 ）、二氧化碳（ CO_2 ）都是典型的共价化合物。某些共价化合物拥有巨大的分子，比如蛋白质，它们通常都包含成百上千个原子。

某些化合物既包含离子键又包含共价键。一

顶图：离子键。一个钠原子失去最外电子层中唯一一个电子，形成了一个正离子。而一个氯原子接受了这个电子成为了一个（球形对称的）负离子。静电引力使得这两个离子结合在一起并形成立方晶体（内插图）

右图：共价键的示例。两个氯原子距离全满的最外电子层结构都少一个电子，它们各贡献出一个电子，进入两个p轨道重叠后形成的（由两个原子所共享的）成键轨道中

簇通过共价键相连的原子也能够离子化并通过离子键与其他离子结合。比如碳酸钙（ CaCO_3 ）就是由带正电的钙离子（ Ca^{2+} ）与带负电的碳酸根离子（ CO_3^{2-} ）构成的，而后者则是由碳原子与氧原子通过共价键相连形成的。

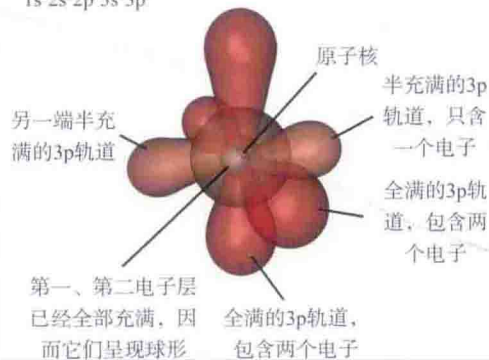
离子化合物中，带负电的离子称为**阴离子**，带正电的离子称为**阳离子**。在为离子化合物命名时，通常将阴离子放在前面，阳离子放在后面，并用“化”字连接。比如氯化钠，通过这个名字我们就能知道氯离子是阴离子而钠离子是阳离子。

到目前为止，对于90种元素如何构成世间万物，我们还只是管中窥豹。但是读者们应该已经能够理解三种粒子，知晓它们配上一些奇怪的量子法则就可以构造出纷繁复杂的世间万物。而本书的主要目的便是讨论这些物质。

所有的化学元素，从1号到118号，无论它是天然的还是人造的，都将在本书中进行讨论。那些特别重要或者特别有趣的元素将会占据更多的篇幅。本书将会按照元素周期表中的列，也就

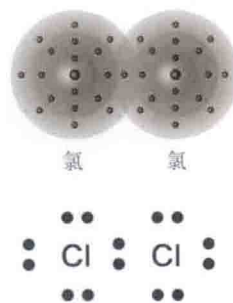
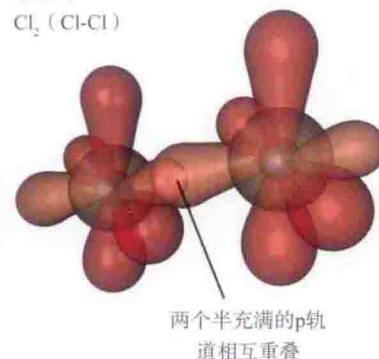
氯原子

$1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$



氯分子

$\text{Cl}_2 (\text{Cl}-\text{Cl})$



碳酸根离子, CO_3^{2-} 钙离子, Ca^{2+} 

碳酸钙

上图：碳酸钙的晶体结构。一个碳原子（黑色）与三个氧原子（红色）通过共价键相连，形成一个带负电的碳酸根离子。碳酸根离子与带正电的钙离子通过离子键结合

是族，分别讨论。同一族中的元素由于拥有相同的最外层电子排布，往往具有非常相似的性质。比如，锂（ $1s^2 2s^1$ ）和钠（ $1s^2 2s^2 2p^6 3s^1$ ）的最外层都只有1个电子。对于周期表中每一族的命名有多种方式，本书采用了国际纯粹与应用化学联合会（IUPAC）使用的方法，即从左到右分别命名为第1族到第18族。前12族中除了

氢以外全部为金属元素，其他族则包含一些非金属与类金属元素，类金属元素的性质介于金属与非金属之间。

几个实用性问题——元素名片

在本书中，每个元素除了拥有一篇类似传记的小短文之外，还拥有一张小小的名片。这张名片列出了它们的**原子序数**以及几项最基本的物理性质。这里展示了一张氯元素名片的示例，下面解释一下其中列出的几个物理性质。

原子量（又称相对原子量或者标准原子量）是指该元素的一个原子的质量与一个碳-12原子质量的1/12之间的比值。由于元素包含多种不同质量数的同位素，所以它们的原子量不是整数。

原子半径以皮米（ 10^{-12} 米）为单位。由于电子以电子云的形式存在，所列的数值都不精确。

对于离子化合物而言，**氧化态**是指一个原子

原子序数：17

原子半径：100 pm

氧化态：-1, +1, +2, +3, +4, +5, +6, +7

原子量：35.45

熔点：-102°C

沸点：-34°C

密度：3.20 g/L

电子构型：[Ne] $3s^2 3p^5$

在形成离子时所能获得的电荷数。比如在氯化钠中，钠的氧化态是+1，氯的氧化态是-1，因为前者能够得到一个正电荷而后者则能够得到一个负电荷。对于共价性化合物，一个原子氧化态的数值取决于它能够共享的电子数。许多元素拥有多种氧化态，在用英文对其化合物进行命名时，为了避免混淆可以用罗马数字标出其中金属离子的氧化态并用括号括起来，称为氧化数。比如氧化铜的英文可以写做copper(II) oxide，而氧化亚铜则可以写做copper(I) oxide。

熔点与沸点以摄氏度为单位，所有数值都是在标准大气压下测得。科学家们更喜欢使用开尔文作为温度单位，开氏温度以绝对零度（-273.15°C）为起点，但由于人们在日常生活中并不使用开氏温标，本书不会给出开氏温度值。

密度是指单位体积某种单质的质量。在本书中，固体与液体的密度以克每立方厘米（ g/cm^3 ）为单位，气体的密度则以克每升为单位（ g/L ）。由于温度会影响密度，本书列出的固体与液体的密度在室温下测得，气体密度则在0°C下测得。

电子构型指的是该元素电子层以及亚层（参见前文）中电子的分布，本书只会给出最外层的电子排布情况，而内部已经完全充满的电子层则用相应的第18族元素的元素符号表示。比如，氯元素的电子构型如下： $1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^5$ ，其中内部的两个电子层已经排满且与惰性气体氖的电子排布相同，因此氯元素的电子构型便可以简写为[Ne] $3s^2 3p^5$ 。

自由的发现：图解动物

自由的发现：图解人体

图解天文学：数字时代的观星和天文摄影指南（待出）

图解宇宙：追寻时间和空间的开端（待出）

图解太阳系：探访我们的宇宙家园和邻居们（待出）

地球的历史：举世瞩目的100个重大发现

科学的历史：改变我们世界的100个科学发现（待出）

宇宙的历史：改变我们认知的100个天文发现（待出）

达人迷：肢体语言（第2版）

达人迷：认知行为疗法（第2版）

天文学达人迷（待出）

心理学达人迷（待出）

你不可不知的50个未来大预言

你不可不知的50个天文知识

你不可不知的50种武器和战术

你不可不知的50个地球知识

你不可不知的50个基因秘密

你不可不知的50个建筑学知识

你不可不知的50个数学知识

你不可不知的50个物理知识

你不可不知的50个大脑常识（待出）

你不可不知的50个文学知识（待出）

如何进行时间旅行？35问揭示物理之美

如何破解达芬奇密码？35问揭示数学之美

如何寻找外星人？35问揭示科学之美

思考的乐趣：Matrix67数学笔记

神奇的数学：牛津教授给青少年的讲座

建筑中的数学之旅

可能与不可能的边界：P/NP问题趣史

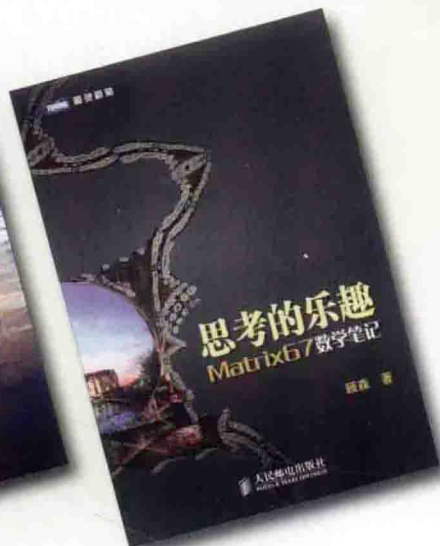
宇宙之书：从托勒密、爱因斯坦到多重宇宙

揭示宇宙奥秘的13个常数

我是宇航员

每个人都会死，但我总以为自己不会

千万别上魔术的当



目 录

前言	8
元素简史	14
氢	18
碱金属 (第1族)	22
碱土金属 (第2族)	30
间奏: d区与过渡金属	38
过渡金属 (第3族)	40
过渡金属 (第4族)	41
过渡金属 (第5族)	45
过渡金属 (第6族)	50
过渡金属 (第7族)	55
过渡金属 (第8族)	58
过渡金属 (第9族)	64
过渡金属 (第10族)	67
过渡金属 (第11族)	72
过渡金属 (第12族)	78

1
H
氢 [19]

3 Li 锂 [23]	4 Be 铍 [31]
--------------------------	--------------------------

11 Na 钠 [24]	12 Mg 镁 [32]
--	--

19 K 钾 [26]	20 Ca 钙 [33]	21 Sc 钪 [40]	22 Ti 钛 [41]	23 V 钒 [45]	24 Cr 铬 [50]	25 Mn 锰 [55]	26 Fe 铁 [58]	27 Co 钴 [64]
--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

37 Rb 铷 [28]	38 Sr 锶 [35]	39 Y 钇 [40]	40 Zr 锆 [43]	41 Nb 铌 [47]	42 Mo 钼 [52]	43 Tc 锝 [56]	44 Ru 钌 [61]	45 Rh 铑 [65]
---------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

55 Cs 铯 [28]	56 Ba 钡 [36]		72 Hf 铪 [44]	73 Ta 钽 [48]	74 W 钨 [53]	75 Re 铼 [57]	76 Os 锇 [62]	77 Ir 铱 [66]
---------------------------	---------------------------	--	---------------------------	---------------------------	--------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

87 Fr 钫 [29]	88 Ra 镭 [37]		104 Rf 𨭌 [156]	105 Db 𨭎 [156]	106 Sg 𨭒 [156]	107 Bh 𨭔 [156]	108 Hs 𨭖 [157]	109 Mt 𨭘 [157]
---------------------------	---------------------------	--	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------	-----------------------------

* 方括号内数字为该元素所在页码

57 La 镧 [87]	58 Ce 铈 [88]	59 Pr 镨 [88]	60 Nd 钕 [88]	61 Pm 钷 [89]	62 Sm 钐 [89]
---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------	---------------------------

89 Ac 锕 [95]	90 Th 钍 [95]	91 Pa 镤 [95]	92 U 铀 [96]	93 Np 镎 [154]	94 Pu 钚 [154]
---------------------------	---------------------------	---------------------------	--------------------------	----------------------------	----------------------------

- 碱金属
- 碱土金属
- 过渡金属
- 贫金属
- 类金属
- 其他非金属
- 卤族元素
- 惰性气体
- 镧系元素
- 铜系元素
- 超铀元素

63 Eu 铕 [89]	64 Gd 钆 [90]	65 Tb 铽 [90]	66 Dy 镝 [91]	67 Ho 铥 [91]	68 Er 铒 [91]	69 Tm 铥 [92]	70 Yb 镱 [92]	71 Lu 镥 [93]
95 Am 镅 [155]	96 Cm 锔 [155]	97 Bk 锫 [155]	98 Cf 锎 [155]	99 Es 锿 [155]	100 Fm 镭 [155]	101 Md 钔 [155]	102 No 镎 [156]	103 Lr 镥 [156]

图解化学元素

探秘我们宇宙的构成单元

[英] 杰克·查洛纳 著 卜建华 译

The Elements

The New Guide to the Building Blocks of
Our Universe

人民邮电出版社

图书在版编目 (C I P) 数据

图解化学元素 : 探秘我们宇宙的构成单元 / (英)
查洛纳 (Challoner, J.) 著 ; 卜建华译. — 北京 : 人
民邮电出版社, 2014. 4

(图灵新知)

书名原文: The elements: the new guide to the
building blocks of our universe
ISBN 978-7-115-34838-8

I. ①图… II. ①查… ②卜… 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(2014)第038388号

内 容 提 要

这不只是一场视觉之旅,更是一部元素百科全书,从各元素的发现、命名及其单质和重要化合物的用途,书中都有清晰简明的介绍。书中还配有精彩的图片,形象展示了各元素的形态及其在现代生活中的踪迹。本书没有像通常那样按原子序数顺次介绍元素周期表,而是按照族的次序一族一族地进行介绍,从而让人能很自然地体会到元素周期表的伟大。

-
- ◆ 著 [英] 杰克·查洛纳
译 卜建华
责任编辑 楼伟珊 毛倩倩
执行编辑 张 庆
责任印制 焦志炜
 - ◆ 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 1/16
印张: 10
字数: 250千字 2014年4月第1版
印数: 1-5 000册 2014年4月北京第1次印刷
著作权合同登记号 图字: 01-2012-8654号
-

定价: 69.00元

读者服务热线: (010)51095186转600 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