



SCIENCE  
&  
HUMANITIES

牛津科学素养读本

# THE PERIODIC TABLE

ITS STORY AND  
ITS SIGNIFICANCE

为什么是门捷列夫?

元素周期表的故事，意义，哲理

[美] Eric R. Scerri 著

大连理工大学国家基础化学教学基地 译



大连理工大学出版社  
Dalian University of Technology Press



SCIENCE  
&  
HUMANITIES

牛津科学素养读本

# THE PERIODIC TABLE

ITS STORY AND  
ITS SIGNIFICANCE

为什么是门捷列夫?

元素周期表的故事，意义，哲理

[美] Eric R. Scerri 著

大连理工大学国家基础化学教学基地 译



大连理工大学出版社  
Dalian University of Technology Press

*The Periodic Table: Its Story and Its Significance* was originally published in English in 2007. This translation is published by arrangement with Oxford University Press.

©2007 by Eric Scerri  
ISBN 978-0-19-530573-9

本书英文原版于2007年出版。此翻译版本在牛津大学出版社的支持下出版。  
著作权合同登记 06-2009 年第 52 号

### 图书在版编目(CIP)数据

为什么是门捷列夫? : 元素周期表的故事, 意义, 哲理 / (美) 塞利 (Scerri, E. R.) 著; 大连理工大学国家基础化学教学基地译. —大连: 大连理工大学出版社, 2012. 7

ISBN 978-7-5611-6677-2

I. ①为… II. ①塞… ②大… III. ①化学元素周期表—基本知识 IV. ①O6—64

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 280785 号

大连理工大学出版社出版

地址: 大连市软件园路 80 号 邮政编码: 116023

电话: 0411-84708842 邮购: 0411-84703636 传真: 0411-84701466

E-mail: dutp@dutp.cn URL: <http://www.dutp.cn>

辽宁星海彩色印刷有限公司

大连理工大学出版社发行

---

幅面尺寸: 147mm×210mm  
2012 年 7 月第 1 版

印张: 12  
字数: 300 千字  
2012 年 7 月第 1 次印刷

---

责任编辑: 刘新彦 于建辉

责任校对: 欣 宇

封面设计: 冀贵收

---

ISBN 978-7-5611-6677-2

定价: 35.00 元

谨以此书献给我的母亲 Ines 和先父 Edward Scerri,  
感谢他们引领我走上学术研究之路。

谨以此书纪念 Dimitri Mendeleev 逝世一百周年。

## 译者的话

元素周期表是人类科学史上最伟大的发现之一，它不仅体现出化学的本质和精髓，而且涵盖诸如生物、物理等几乎所有自然科学领域和范畴的最基本要素。英国剑桥大学的 J. Emsley 博士对化学元素周期表有这样的评价：“只要有化学研究，就会有元素周期表。即使有一天与宇宙中的其他文明进行对话交流，我们确信不同文明形式都可以识别的就是排列有序的元素周期系。”元素周期表堪称当代科学最有影响力的图表。但是很多人可能并不十分了解对于蕴藏在其背后的故事、意义和所包含的哲理。美国加州大学洛杉矶分校的 Eric R. Scerri 博士的著作《元素周期表：它的故事、意义和哲理》为我们回答解释了上述问题。Scerri 博士长期致力于化学史和化学哲学的研究工作，其代表作之一《元素周期表：它的故事、意义和哲理》以 Jan van Spronsen 在 1969 年出版的经典著作《化学元素周期系》为蓝本，站在历史与哲学的高度向我们综合性地阐释了当代科学对元素周期表进行的解读。该书于 2007 年由英国牛津大学出版社出版发行后，立即引起全世界许多读者的青睐，是该出版社近年来最为畅销的大众科普图书之一。

该书从概括介绍元素周期系和相应各元素的重要性切入，将

历史和现实有机交织融合在一起，既流动不居又有一条主线贯穿其中。作者通过对近代化学之父拉瓦锡（Antoine Laurent Lavoisier）和英国著名化学家道尔顿（John Dalton）研究工作的介绍，系统地向读者阐释了近代化学研究如何引领元素的分类。按照人们对元素分类工作的历史发展进程和认识过程的深化，先后发表过独立周期表并对元素分类做出过巨大贡献的纽兰兹（John Newlands）、格梅林（Leopold Gmelin）等人的工作依次呈现在我们面前。在书中作者浓墨重彩，对首位创制出现代化学元素周期表的俄国著名化学家门捷列夫（Dmitri Mendeleev）进行了介绍。门捷列夫于1869年按照原子量大小顺序排列出周期表。对他的工作当时的化学家并不认可。但门捷列夫坚持己见，力排众议，从而发现了元素的性质与元素原子量之间的关系，排成了包含60种元素的周期表，实现了化学研究史上的革命性飞跃。

门捷列夫在他的化学元素周期表中预留下了多个空位。他坚信，每一个空位必有一种元素与之对应，只是囿于当时的技术条件尚未被发现而已。近代科学研究表明，决定元素性质的周期性变化的本质不是原子量，而是原子核中的质子数，即原子序数。随着各种新元素的相继发现，现时教科书中化学元素周期表中已有103种元素，其中88种是天然存在的，其余为人造元素。元素周期表也在化学、核物理学等众多领域得到了更为广泛的应用。门捷列夫的研究发现大大地影响了物理学的发展，包括后来出现的放射性和元素同位素等理论。

作者以深入浅出的例子和故事，将影响近百年科学发展的化学元素周期表的知识介绍给读者，让人眼界大开，同时又用哲学的视野分析这些科学发现，使人阅读起来趣味盎然。作者的笔触既会点亮人们的外部科学世界，又会使人的内心迸发出对科学精神的尊崇和赞叹，令人颇受启迪，倍感欢欣。

参加本书翻译工作的有：刘新彦(第 1、7 章,致谢)、胡涛(第 2、6 章)、王慧龙(第 3、10 章)、于建辉(第 4、9 章)、陶胜洋(第 5、8 章),全书由王慧龙统稿。

我们很高兴,也很荣幸有机会参与了对 Eric R. Scerri 博士上述著作的翻译工作,希望通过我们的努力将其工作和学术观点介绍给广大中国读者。因译者学识有限,谬误之处,敬希读者不吝指正。

您有任何意见或建议,请通过以下方式与出版社联系:

邮箱: [jcjf@dutp.cn](mailto:jcjf@dutp.cn)

电话:0411-84707962 0411-84708947

译 者

2011 年 11 月

# 致 谢

本书写作已历经六年,虽然也许我应该说已近 20 年。那时我还在伦敦大学切尔西(Chelsea)学院攻读博士学位,后期得到 Heinz Post 的精心指导。当然,我也愿意更远一点追溯到少年进入华尔普(Walpole)语法学校(位于伊令,西伦敦行政区)时的可爱的伙伴,那时我初次接触周期表。

现在,本书完成了。我要借此机会感谢所有那些在我成长的各个阶段直接或间接帮助过我的同事和导师。在华尔普语法学校,Davis 夫人是我的化学老师,她发现我傻呵呵地坐在教室后面,将我安排在前排。这样,我不得不听课了,很快我就发现化学原来是如此有趣。

来到韦斯特菲尔德(Westfield)学院,它是伦敦大学的一部分,我遇到了很多极好的教授,John Throssell 和 Bernard Aylett 是其中的两位,他们一个是理论家,一个是无机化学家。之后我在剑桥 David Buckingham 手下进行了一年的理论工作,我问过他许多哲学问题。在南安普顿大学,我与 Pat Hendra 一起在物理化学领域取得了哲学硕士学位。这时,我开始在高等学校和辅导学院教授化学,最后我回到研究上来,写就我的博士论文。博士论文是有关历史和科学哲学方面的,研究的问题就是化学还原为量子力学。



我怎么赞美 Heinz 都不过分，他使我熟悉了沃尔夫冈·泡利 (Wolfgang Pauli)，泡利的科学哲学是最优美的，我受益颇多，虽然我从未见过他。

Heinz 鼓励我在化学哲学方面有所发展，这正是我一直在做的。我认为也是 Heinz 使我产生了到美国进行教学和研究的想法。在讲我的美国故事之前，稍事停顿，提一下我在伦敦的几个伙伴：Mike Melrose，来自伦敦皇家学院的理论化学家；John Worrall，来自伦敦经济学校。他们都给予过我影响和帮助，特别荣幸，随后我与他们都合作写了文章。<sup>1</sup>

我作为博士后来美国的加州理工学院。我要感谢我的同事 Diana Kormos-Buchwald, Fiona Cowie, Alan Hayek, 以及人文科学部的 James Woodward。随后我在位于伊利诺伊中心的布拉德利大学待了一年，我得到了化学系，特别是 Don Glover 和 Kurt Field 的热情接待。然后我又到普渡大学做访问教授，在那里我主要与 George Bodner 和历史化学教育者 Derek Davenport 进行交流，并相互影响。2000 年，我来到加州大学洛杉矶分校化学系，在这里我很高兴结识了众多很好的同事，包括 Miguel Garcia-Garibay, Robin Garrell, Steve Hardinger, Ken Houk, 赫伯特·卡兹 (Herbert Kaesz), Richard Kaner, Laurence Lavelle, Tom Mason, Craig Merlic 和 Harold Martinson。

另外，我要感谢国际化学哲学委员会的所有成员，这是我们在 20 世纪 90 年代初成立的一个小型组织，那时我们认识到有众多对此领域感兴趣的人。<sup>2</sup> 感谢 Michael Akeroyd, Davis Baird, Nalini Bhushan, Paul Boogard, Joseph Earley, Rom Harré, Robin Hendry, David Knight, Mark Leach, Paul Needham, Mary Jo Nye, Jeff Ramsay, Joachim Schummer, Jaap van Brakel, Krishna Vemulapalli, Stephen Weininger, Michael Weisberg……

我要感谢的最大团队可能是由众多领域的研究周期表的学者组成的,包括彼得·阿特金斯(Peter Atkins), Henry Bent, Bernadette Bensaude, Nathan Brooks, Fernando Dufour, John Emsley, 迈克尔·戈丁(Michael Gordin), 雷·何弗林(Ray Hefferlin), Bill Jensen, 石井正则·加特(Masanori Kaji), Maurice Kibler, Bruce King, 迈克尔·莱恩(Mike Laing), Dennis Rouvray, 奥利佛·萨克斯(Oliver Sacks), Mark Winters……

感谢 *Foundations of Chemistry* 过去和现在的共编者, Bloor, Carmen Giunta, Jeffrey Kovac, 和 Lee McIntyre。感谢加州大学洛杉矶分校哲学系的同事, Calvin Normore, Sheldon Smith 和 Chris Smeenk; 历史系的 Ted Porter 和 Norton Wise。

感谢各种网上讨论组的成员, Chemed, History of Chemistry, Philchem, Hopos 和 CCL (Computational Chemistry Listserver), 他们为我解决了众多疑点, 有时是争论的热点。

最后, 也是很重要的, 在编辑方面我得到了许多帮助, 尤其是收集照片和图像。他们包括: Ted Benfey, 戈登·伍兹(Gordon Woods), Ernst Homberg, Fernando Dufour 和 Susan Zoske, 化学系图书馆的 Marion Peters; 来自 UCLA 图片中心的 George Helfand 和 Andreeana Adler 进行了图片扫描。特别要感谢 Daniel Contreras, 他在帮助我挖掘早期鲜为人知的资料时总是很有耐心——我能确信, 他从校园另一头的储存库中找到一卷又一卷 Science News 时一定是筋疲力尽了。我还要特别感谢杰弗里·雷纳·卡雷姆(Geoffrey Rayner Canham) 和威廉·布鲁克(William Brock), 他们对所有手稿都做出详细注释; 范·史邦生(Jan Van Spronsen), 周期表的老前辈, 他对本书前几章提出了意见。感谢 Amy Bianco。感谢牛津大学出版社的 Abby Russell, Michael Seiden, Laura Ikwild 和 Lisa Stallings, 还有我的编辑 Jeremy Lewis,

以及所有伴随我出版每一阶段的朋友们。

## 照片许可

宾夕法尼亚大学的 The Edgar Fahs Smith Collection 提供了以下照片和许可：康尼查罗 (Cannizzaro)，道尔顿 (Dalton)，拉瓦锡 (Lavoisier)，路易斯 (Lewis)，拉姆赛 (Ramsay)；提供了迈耶尔 (Mayer) 照片的许可。

美国物理研究院的艾米利奥·西格雷 (Emilio Segrè) 提供了以下照片和许可：玻尔 (Bohr)，伯比奇 (Burbidges) 夫妇，福勒 (Fowler)，霍伊尔 (Hoyle)，居里 (Curie)，吉尔伯特·牛顿·路易斯 (G. N. Lewis)，门捷列夫 (Mendeleev)，西博格 (Seaborg)；提供了以下照片的许可：莫塞莱 (Moseley) 和泡利。

戈登·伍兹提供了“The Consolidators of the Periodic Law”的照片和许可。

Fernando Dufour 提供了他自己的 3-D 周期系。

## 文章许可

我引用了我自己以前的文章，特别是如下四种出版物：

British Journal for the Philosophy of Science, 42, 309-325, 1991 (Oxford University Press, UK).

Annals of Science, 51, 137-150, 1994 (Taylor & Francis).

Studies in History and Philosophy of Science, 32, 47-452, 2001 (Elsevier).

Foundations of Chemistry, 6, 93-116, 2004 (Springer).

所有这些文章都经出版商许可。

# 目 录

- 引 言 / 1
  - 元素周期系 / 1
  - 元 素 / 3
- 第 1 章 周期系概述 / 13
  - 元 素 / 13
  - 元素的发现 / 16
  - 现代元素的名称和符号 / 18
  - 现代元素周期表 / 21
  - 元素周期律 / 27
  - 元素的反应活性和排序 / 29
  - 周期系的不同形式 / 31
  - 周期表的变化 / 32
  - 元素周期系的理解 / 35
  - 分子周期表 / 36
- 第 2 章 元素的定量关系与周期表的起源 / 39
  - 定量分析 / 39
  - 当 量 / 41
  - 一段关于希腊原子说的小插曲 / 42
  - 道尔顿的原子理论 / 43
  - 体积定比定律 / 48
  - 普劳特假说 / 50
  - 德贝莱纳发现三素组 / 54
  - 格梅林的非凡体系 / 57
  - 一个定性分析的小插曲 / 61
  - 佩登科弗尔的差值关系 / 64

- 杜马斯的贡献及炼金术的复兴 / 66
- 克雷默斯对周期表水平方向排序的研究 / 67
- 超三素组 / 69
- 三素组后记 / 72
- 原子量的确定 / 73
- 结 语 / 76
- 第 3 章 周期系的发现者 / 78**
  - 定性化学的小插曲 / 81
  - 几种周期系的快速出现 / 82
  - 德·尚古尔多阿 / 84
  - 约翰·纽兰兹 / 89
  - 八音律 / 93
  - 威廉·奥德林 / 97
  - 古斯塔夫斯·欣里赫斯 / 102
  - 尤利乌斯·洛塔尔·迈耶尔 / 110
  - 定性化学的小插曲:1868 年未出版的元素周期表 / 116
  - 结 语 / 116
- 第 4 章 门捷列夫 / 119**
  - 早期生活和科研工作 / 120
  - 重要的发现 / 124
  - 元素的本质 / 132
  - 预 言 / 137
  - 门捷列夫是还原论者吗 / 139
- 第 5 章 预言和元素定位 / 142**
  - 对门捷列夫元素周期系的认可 / 142
  - 门捷列夫的方法 / 144
  - 原子量的更正 / 145
  - 铍 / 146
  - 铀 / 148
  - 碲和碘 / 149
  - 门捷列夫的预言 / 151
  - 镓的发现 / 155
  - 钪 / 157
  - 锗 / 158

- 门捷列夫不太成功的预言 / 160
- 对门捷列夫周期系的认可 / 163
- 戴维奖证书 / 165
- 同时代人对周期表的反应 / 167
- 思想的力量 / 171
- 惰性气体 / 172
- 结 语 / 178
- 第 6 章 原子核与元素周期表 / 180**
  - 放射性、原子序数和同位素 / 180
  - X 射线和贝克勒尔射线 / 182
  - 放射性 / 184
  - 原子核的发现 / 186
  - 原子序数 / 187
  - 亨利·莫塞莱 / 193
  - 填补剩余的空位 / 198
  - 莫塞莱未竟的事业 / 199
  - 重新开放的哲学辩论 / 200
  - 同位素学 / 201
  - 关于三素组的补充说明 / 205
  - 结 语 / 208
- 第 7 章 电子与化学周期性 / 209**
  - 电子的发现及原子的早期模型 / 209
  - 原子的模型 / 211
  - 原子的量子理论 / 215
  - 玻尔关于元素周期系的第二个理论 / 220
  - 埃德蒙·斯通 / 225
  - 泡利不相容原理 / 228
- 第 8 章 化学家们对周期系的电子阐释 / 234**
  - 欧文·朗格缪尔 / 241
  - 查尔斯·柏瑞的贡献 / 243
  - 铪(72 号元素)的相关问题 / 245
  - 回到玻尔 / 247
  - 约翰·大卫·曼恩·史密斯 / 251
  - 结 语 / 255

**第 9 章 量子力学与元素周期表 / 257**

从玻尔旧量子论到量子力学 / 259

量子力学的出现 / 260

哈特里-福克方程 / 262

原子核外电子排布的书写 / 263

还原周期表的三种可能方法 / 272

实践中的密度泛函理论 / 277

结 语 / 278

**第 10 章 天体物理学、核合成及其他化学规律 / 280**

元素的演变 / 281

天体物理学和宇宙学:当代观点 / 290

原子核的稳定性和宇宙中的元素丰度 / 291

其他化学规律 / 298

周期表的多样性:有没有一个最基本的周期表? / 310

存在一个结构最好的周期表吗? / 315

周期表的统一性 / 318

注 释 / 321

主要人名中英文对照 / 363

# 引言

只要研究化学,就一定会见到元素周期表。如果某一天我们与宇宙中另外的智慧生命取得联系,我们也确信,两种文明将有相同的关于元素的有序体系。此体系一定会被两种智慧生命立即认出。

J. Emsley,《元素》

元素周期表是科学领域里最具权威的标识之一:一张简单的表格,用一种漂亮的形式,抓住了化学的本质。确实,在生物、物理,或任何其他科学的分支中,都不存在如此精美的表达。元素周期表随处可见:工业实验室,研讨会,学术实验室,当然还包括报告厅。

## 元素周期系

有人说化学没有深入的观点,不像物理学,有着可以夸耀的量子力学与相对论,也不比生物学,它产生了进化论。这一观点其实是错误的。化学有两个重要的思想——化学周期律与化学键,两者有强烈的关联。

观察到某些元素更易于与特定种类的元素结合,促使早期的化学家根据元素之间的化学亲和性对它们进行列表。后来元素周期表的发现可能就源于这些表格的激发,这种关系可能并不直接。



元素周期系可能是整个化学学科最重要的概念。实际上，元素周期表的发现，部分是由于德米特里·门捷列夫(Dimitri Mendeleev)，还有为数众多的其他学者，试图解释为什么某些元素之间可以形成化学键。

元素周期表是一个美妙的记录形式，一个可以用来组织整个化学的工具。历史上出现过众多不同类型的元素周期表，无一例外，都在尝试描述周期系。周期系如此重要，在专业研究和化学学习中使用极其普遍，就像日常生活中很熟悉的物品一样，被人们认为理所当然。

尽管周期系扮演核心的，或者像一些人说的，平凡的角色，却几乎没有作者想写一本书，谈谈它的演化史。现在尚没有哪本书能够充分地讲清周期系的历史，尤其是周期系的思想，或者说，周期系对于化学乃至科学的意义。<sup>1</sup>此书的目的是引入更多的哲学讨论，更好地理解周期系。我并不想为此种方法辩解，我认为，化学哲学在很长一段时间内几乎被完全忽视。直到 20 世纪 90 年代中叶，化学哲学才开始苏醒。

用英文出版的关于周期系的书主要有两种，其中一种是由荷兰语翻译而来。当代更近一些的是 1969 年出版的，由范·史邦生所著，书中极好地、详尽地阐述了周期系的历史。范·史邦生的书少有忽略，其中之一就是没有关于用现代物理学观念解释周期系的讨论。范·史邦生有时接受一个通常不被言说的，或者有时显而易见的主张，用流行的科学哲学语言就是，周期律已经被“还原”为量子力学。<sup>2</sup>以我个人的观点，人们经常是过分强调了量子力学对周期系的还原程度。当然，量子力学与经典物理相比，前者提供了一个更好的解释。不过，在某些重要方面，仍缺少有力的解释，至少我希望有更好的解释。

除此之外，关于周期系唯一的严肃论文是 1896 年发表的，来