纪念门捷列夫发表
《化学元素周期律》
120周年

化学元素周期系的发现和发展

凌永乐 编著

化学工业出版社

纪念门捷列夫

发表〈化学元素周期律〉120周年

化学元素周期系的发现和发展

凌永乐　编著

化学工业出版社

内 容 提 要

本书从元素的最初分类，一直到现代各式元素周期表和未来的元素周期表，全面叙述了化学元素周期系的发现和发展，并扼要介绍了化学元素概念的产生和发展、元素原子量测定的演变、化学元素发现的经过、原子价概念的建立、原子结构的研究以及化学元素周期系的应用等。并且用具体的科学史实，对发现化学元素周期系的化学家们作出评说。

本书既是一本科学史话，也是一本科学知识读物，可供大、中学校化学教师、学生、知识青年和化学史爱好者阅读参考。

纪念门捷列夫发表〈化学元素周期律〉120周年

化学元素周期系的发现和发展

凌永乐 编著

责任编辑 叶铁林

封面设计 许立

*

化学工业出版社出版发行

（北京和平里七区十六号楼）

化学工业出版社印刷厂印刷

新华书店北京发行所经销

*

开本787×1092 1/32 印张5 1/2 插页 2 字数 123 千字

1990年5月第1版 1990年5月北京第1次印刷

印 数 1—2,380

ISBN 7-5025-0630-6/O·19

定 价3.40元

前　　言

化学元素周期系是化学的一个重要基础。它是在化学元素概念初步建立以后，发现的化学元素逐渐增多，原子量测定逐步精确以及原子价概念初步建立等的基础上发现的，是在惰性气体、镧系元素和锕系元素的相继发现和原子结构的研究中发展起来的。它指引着化学工作者们学习、研究，推动化学这门科学不断向前发展。它从19世纪60年代被发现开始，至今经历了120年。本书就是叙述它的发现和发展的经历。

本书曾以《化学元素周期律的形成和发展》在1979年11月由科学出版社出版，得到广大读者的好评，此后收到很多读者信函希望重印。此次应读者要求，经重新修订，定名《化学元素周期系的发现和发展》，由化学工业出版社出版。不妥之处请读者批评指正。

作者

目　　录

前言
1. 化学元素概念的产生和发展 …… 1
2. 早期的元素分类 …… 6
3. 元素有了原子量 …… 8
4. 原子量和元素性质初步联系起来 ……11
5. 原子量测定逐渐精确 ……16
6. 原子价概念开始建立 ……20
7. 发现的化学元素逐渐增多 ……23
8. 寻找规律渐趋实现 ……25
9. 从感性认识跃进到理性认识 ……35
10. 能动改造世界……41
11. 科学实践证实……47
12. 检验和发展的过程……51
13. 传遍世界各国……56
14. 矛盾揭露……62
15. 获得新的定义……69
16. 问题得到解答……76
17. 有了理论解释……82
18. 变数增多……99
19. 形成一个完整的体系…… 108
20. 应用中生辉…… 116
21. 还是存在问题…… 119

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

22. 现代各式元素周期表…… 124
23、未来的元素周期表…… 145
附录1　化学元素总表…… 154
附录2　外国人名音译对照…… 163

1. 化学元素概念的产生和发展

关于元素的概念，即把元素看成构成自然界中一切实在物体的最简单组成的部分的概念，早在远古就已经产生了。“它在自己的萌芽时期就十分自然地把自然现象的无限多样性的统一看作不言而喻的，并且在某种具有固定形体的物体中，在某种特殊的物体中去寻找这个统一，……”(《自然辩证法》)

不过，在古代把元素看作是物质的一种具体形式的这种概念并不存在。不论是在我国古代的哲学中，或是在印度或西方的古代哲学中，都把元素看作是抽象的、原始精神的一种表现形式，或是物质所具有的基本性质。这样的例子是很多的。

大约在公元前900年前后，我国西周时代有一本著作，叫《易经》，就从人们生活中经常接触到的自然界中选取了八种物质作为说明世界上其他更多物质的根源。它们是天、地、雷、火、风、泽、水、山。

到公元前722年至221年间，我国春秋、战国时代，是我国古代学术上百家争鸣和百花齐放的年代，物质组成的论说纷纷出现。《老子》中说：“道生一，一生二，二生三，三生万物。”《管子》中说：“水者，何也？万物之本原也。”《庄子》中说：“故曰通天下一气耳。”这里的“道”、“水”、“气”等等都被看作是组成万物的本源，但是它们都具有抽象的、原始精神的表现形式。

我国的五行学说是具有实物意义的，但有时又表现为物质的基本性质。五行学说最早出现在战国末年的《尚书》中，原

文是："五行：一曰水、二曰火，三曰木，四曰金，五曰土。水曰润下，火曰炎上，木曰曲直，金曰从革，土爰稼穑。"这里的"润下"、"炎上"都是指物质的基本性质，就是说水的性质润物而向下，火的性质燃烧而向上，木的性质可曲可直，金的性质可以镕铸改造，土的性质可以耕种收获。在稍后的《国语》中，五行较明显地表示了万物原始的概念。原文是："若以同裨同，尽乃弃矣。故先王以土与金、木、水、火杂以成百物。"用今天的话说就是：假如在相同的东西上再添加相同的东西，便会被抛弃了。所以先王用土和金、木、水、火相互结合，造成百样东西。

在公元前7世纪到6世纪间，古印度哲学家卡皮拉也提出和我国五行相似的五大：地、水、火、风、气。

西方哲学来自希腊。生于公元前6世纪20年代、死于5世纪40年代、被尊为希腊七贤之一的泰勒斯认为水是万物之母。公元前5世纪中叶活动的思想家安拉克西米尼认为组成万物的是气。生于公元前5世纪30年代，死于4世纪70年代的辩证法奠基人之一赫拉克利特认为万物由火而生。公元前4世纪的医生、哲学家安培杜克列综合了他以前哲学家们的见解，在他们所提出的水、气和火之外，又加上土，成为组成一切物质的四元素。亚里斯多德综合了、但也歪曲了这些朴素的唯物主义的看法，提出"原性学说"他认为自然界是由四种相互对立的"基本性质"——热和冷、干和湿所组成。它们不同的组合构成了火（热和干）、气（热和湿）、水（冷和湿）、土（冷和干）四种元素。"基本性质"可以从原始物质中取出或放进，从而引起物质之间的相互转变。这样，宇宙的本源、世界的基础便不是物质实体，而是可以离开实物而独立存在的"性质"了。性质第一性，实物第二性，这就导向唯心主义了。

亚里斯多德还提出“第五性质”——神圣的“以太”，一种由上帝特制的超自然的东西，组成与地球完全不同的天宇和星球。这就更带上神秘的色彩。

13到14世纪，西方的炼金术士们对亚里斯多德的元素又做了补充，增加了三种元素：汞、硫和盐。这就是炼金术士们的所谓“三本原”。但是，他们所说的汞、硫和盐并非具体的水银、硫黄和盐这些实物。它们只是表现着物质的性质：汞——金属性质的体现物，硫——可燃性和非金属性的体现物，盐——溶解性的体现物。还有一些炼金术士们补充了另外三种元素：醇、油、蒸馏残物。

到16世纪，瑞士医生帕拉塞尔苏斯提出，物质由三种元素——盐（肉体）、水银（灵魂）和硫黄（精神）按不同比例组成，疾病产生的原因是有机体中缺少了上述三种元素之一。为了医治疾病，就要在人体中注入所缺少的元素。

不论是古代的自然哲学家，或是炼金术士，或是古医药学家，他们对元素的理解都是通过对客观事物的观察或者是臆测的方式解决的。只是到了17世纪中叶，由于科学实验兴起，积累了一些物质变化的实验资料，才初步从化学分析的结果去解决关于元素的概念。

1661年，英国物理学家、化学家发表他的《怀疑派的化学家》(The Sceptical Chymist)一本小册子，向古代自然哲学家、炼金术士、医药学家们提出的元素概念挑战，明确表示怀疑。他写道：“为了避免发生误解，我必须向你们宣告，我所指的元素，就是那些化学家们讲到非常清楚的要素，也就是某种原始的、简单的或完全未经混合的物质，它们既不由任何其他物体构成，也不是相互构成的，它们是一切被称为紧密化合的充分混合物的直接构成的成分和最终分解的成分”。这里“充

分混合物”的原文是“perfectly mixt bodies”，指的是“化学的化合物”，也就是近代的“化合物”概念，以区别于当时采用的“机械的混合物”——近代混合物概念。

到1789年，法国化学家拉瓦锡发表《初等化学概论》(Traite Elementaire de Chimie) 一书，谈到元素说：关于元素的概念，我的意思是表示组成物体的简单的和单个的分子，关于它们，我们也许什么也不知道，不过另一方面，如果我们用元素或原质表示分析所达到的终点，那么我们至今用任何方法尚不能分解的一切物质就是元素。”这里的“分子”是指的“微粒”，尚不具有现代分子的函意。

这样，元素的概念就表现为物体分解的极限。在以后很长的一段时期里，元素被认为表示用化学方法不能再分的简单物质。这就把元素和单质两个概念混淆或等同起来。

而且，在后来一段时期里，由于缺乏精确的实验手段，究竟哪些物质应当归属于化学元素，或者说，究竟哪些物质是不能再分的简单物质，这个问题也未能获得解决。一直到18世纪后半叶，化学史上燃素学说倡行的时期，就把燃素也当作化学元素了。

19世纪初，英国化学家道尔顿把古代的原子学说应用到化学中，并着手测定物质的原子量，化学元素的概念开始和物质原子的概念联系起来，使每一种元素成为具有一定质量的同类原子。

1841年，瑞典化学家贝齐里乌斯根据当时已经发现的一些元素，如硫、磷等，能以不同的形式存在的事实，创立同素异形体的概念，即相同的元素能够形成不同的单质。这就表明元素和单质的概念是有区别的。

俄罗斯化学家门捷列夫在十九世纪后半叶确立化学元素周

期律的时间里，明确指出元素的基本属性是原子量。他认为元素之间的差别表现在不同原子量之间的差别上。化学元素的这一概念在当时是正确的，因为它表达了元素的本性、元素在化学变化中的不变性。

不过，由于社会生产力的发展，随之科学与技术的进步，在19世纪末，电子、X射线和放射性相继被发现，导向科学家对原子结构的研究。1913年，英国化学家索迪在研究放射性系列时，发现某些放射性元素相互之间不能用化学方法分开，也不能与某些天然的非放射性元素分开。他为了说明这种现象，引用了同位素的概念。同位素就是具有相同核电荷、不同原子量的同一种元素的异体。同一种元素的同位素位于化学元素周期表中同一个方格的位置上。

嗣后，英国物理学家阿斯顿在1921年证明几乎一切元素都具有同位素，确定元素的原子量是同位素质量按同位素在自然界中存在的百分含量求得的平均值。

在这同一个时期里，英国物理学家莫斯利在1913年系统研究了各种元素制成的对阴极所得X射线的波长，指出元素的一个特征是这个元素的原子的核电荷数。

这样，如果把同位素看作是几种不同的单独的元素就显然是不合理的，因为决定元素的原子的特征不是原子量，而是它的核电荷数。

1923年，国际原子量委员会作出决定：化学元素是根据原子核电荷的多寡对原子进行分类的一种方法，把核电荷相同的一类原子称为一种元素。

这就是今天的化学元素的概念。

当然，一直到今天，人类对化学元素的认识过程也没有完结。化学中关于分子结构的研究和物理学中关于核粒子的研究

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com

等都正在发展，都将带来对化学元素的新认识。

2. 早期的元素分类

早在1789年，拉瓦锡在他出版的《初等化学概论》中发表了编制的化学元素表，一共列举了33种化学元素，分为四类：

Ⅰ. 属于植物、动物、矿物三界并可作为各种物质的元素的简单物质：光、热素、氧气、氮气、氢气。

Ⅱ. 能氧化和成酸的非金属简单物质：硫、磷、碳、盐酸基、氢氟酸基、硼酸基。

Ⅲ. 能氧化和成盐的金属简单物质：锑、银、砷、铋、钴、铜、锡、铁、锰、汞、钼、镍、金、铂、铅、钨、锌。

Ⅳ. 能成盐的土类简单物质：石灰、苦土、重土、矾土、硅土。

从这个化学元素表可以看出，拉瓦锡不仅把一些非单质列为元素，而且把热和光也当作是元素了。

拉瓦锡所以把盐酸基、氢氟酸基以及硼酸基列为元素，是根据他自己创立的学说——一切酸中皆含有氧。盐酸，他认为是盐酸基和氧的化合物，也就是说，是一种简单物质和氧的化合物，因此盐酸基就被他认为是一种元素。氢氟酸基和硼酸基也是如此。

第Ⅲ类“能氧化和成盐的金属简单物质”原文是“substances simples metalliques oxidables and acidifiables”，应直译成“能氧化和酸化的金属简单物质”，但根据英国化学史学家帕廷顿研究，此处“acidifiables”是“salifiables”之

误，“Salifiables”应译成“成盐的”（见 J. R. Partington, A History of Chemisty, Vol. Three, p. 485）。

至于拉瓦锡元素表中的“土”，在十九世纪以前，它们被当时的化学研究者们认为是元素，也就是被认为是不能再分的简单物质。“土”在当时表示着具有这样一些共同性质的“简单物质”，如具有碱性，加热时不易熔化，也不发生化学变化，几乎不溶解于水，与酸相遇不发生气泡。这样，生石灰——氧化钙就是一种典型的土。重土是指氧化钡，苦土——氧化镁，硅土——氧化硅、矾土——氧化铝。它们在当时都是无法被分解的，今天它们属于碱土族元素或土族元素的氧化物，这个“土”字就由此而来。

贝齐里乌斯在1808年发表《化学教科书》(Lärbok i Kemien) 第一版，书中将元素分为可衡量的和不可衡量的两大类。不可衡量的元素包括热、光、电、磁；可衡量的元素又分为金属和非金属两大类。后来又出现半金属一类，指砷等。现在这一类被称为类金属。

当时的金属元素是指具有高密度、延展性、可锻性、耀眼光泽等简单物质，因此戴维在1807年发现钾和钠而未能被列入金属，由于它们的密度低。

19世纪初，贝齐里乌斯提出化学结合的电化学二元论，认为化学结合只决定于两种相反的力，正电的和负电的。他认为原子本身带有一定电荷，每一种元素的原子都具有两极，按照元素的性质，两种相反的电荷按不同比例聚集在这两极上，例如氧元素的原子具有较大的负电量和小的正电量，而钾是相反的情况，氢具有两种不同电性几乎相等的量。他按照这个原理将当时已知元素分为两大类：

负电性元素（按下降顺序先后排列）：氧、硫、氮、氟、

氯、溴、碘、磷、砷、铬、钒、硼、碳、锑、碲、钛、硅、（氢）。

正电性元素（按上升顺序先后排列）：（氢）、金、铂、汞、银、铜、铋、锡、铅、镉、钴、镍、铁、锌、锰、铝、镁、钙、锶、钡、锂、钠、钾。

不论是拉瓦锡，还是贝齐里乌斯。在18世纪末或是在19世纪初，他们都是以元素存在的单质状态的某些物理性质或化学性质为基础对元素进行分类的。

3．元素有了原子量

19世纪初，英国化学家道尔顿把古代唯物主义自然哲学中的原子概念移进到化学中，赋予原子具有一定质量的特征，并且着手测定当时已知的一些元素的原子量。从此化学元素的概念开始和物质原子的概念联系起来，使每一种元素成为具有一定质量的同类原子。

道尔顿在测定原子量时，制定了物质组成的“最大简度规则”：如果有两物质A和B，它们按下列规则。从最简单开始进行结合，就是：

1原子A＋1原子B＝1原子C，二元的；

1原子A＋2原子B＝1原子D，三元的；

2原子A＋1原子B＝1原子E，三元的；

1原子A＋3原子B＝1原子F，四元的；

3原子A＋1原子B＝1原子G。四元的；

等等。

又说："1．如果由两物质能获得一种化合物，在没有相反理由时，它是二元的。

2．如果形成两种物质，可以假定其中之一是二元的，另一种是三元的。……。"

他根据这个规则，确定水的"二元原子"是由一个氧原子和一个氢原子组成，以氢原子的质量为1，按照拉瓦锡对水的质量组成分析，氢占15%，氧占85%，于是根据计算：15∶85＝1∶x，x＝5.5。这样就得出氧的原子量为5.5。后来，他又按照其他人对水的质量组成分析，根据计算，把氧的原子量改为7。同样地，他确定氨的"二元原子"是由一个氮原子和一个氢原子组成，根据别人对氨的质量组成分析和计算，得出氮的原子量为5。就这样，他在1808年出版的《化学哲学新体系》(A New System of Chemical Philosophy)一书中列出包括水、酒精等37种物质的原子图象和原子量。例如：

氢	氧	氮	碳	硫	磷	铁	银	水	酒精
1	7	5	5	13	9	38	100	8	16

当时道尔顿认为水、酒精等也是由原子组成，称为复合原子，还没有分子概念，因此它们也是有原子量的。他认为酒精的"复合原子"是由3个碳原子和1个氢原子组成，因此它的"原子量"是16。

道尔顿以主观唯心主义的方法解决物质的组成，又完全采用别人的实验数据，是不可能获得正确原子量的。不过，他毕竟确定了原子具有质量的特征，并且开辟了测定原子量的道路。恩格斯在《自然辩证法》中说道："在化学中，特别是由于道尔顿发现了原子量，现已达到的各种结果都具有了秩序和相对的可靠性，已经能够有系统地、差不多是有计划的向还没有被征服的领域进攻，就象计划周密地围攻一个堡垒一样。"

接着，瑞典化学家贝齐里乌斯认识到测定原子量的重要性和道尔顿的原子量数值缺乏精确性，否定了道尔顿对物质组成唯心的武断，根据法国化学家盖吕萨克在1808年由实验建立的气体反应体积简单比定律——在同温同压下参加反应的各气体的体积以及反应生成的各气体的体积之间互成简单整数比，假定在同体积的气体中含有相同数目的原子。他制定“一体积与一原子”相当的原则，确定物质的组成。由于二体积氢气和一体积氧气化合成二体积水蒸气，因此水是由二原子氢和一原子氧组成；由于三体积氢气和一体积氮气化合成二体积氨，因此氨是由三原子氢和一原子氮组成。于是他先测定气体化合时体积比，确定化合物中各元素的原子数，再用分析方法测定化合物中各元素原子的质量比。计算出元素的原子量。他认为把原子量与氢的质量比较，不能提供任何优越性，而且看来还可能引起许多不便，因为氢是太轻的气体，在无机化合物中又很少见到。相反，氧却具有很大优点，可以说是整个化学所围绕的中心。它是一切有机体和大多数无机体的组成部分。因此他采用氧为100作为计算原子量的基准。

他从1814年发表第一张元素原子量表起，到1826年发表了包括四十多种元素的原子量表，经过了十多年，分析了两千多种化合物，吸取别人的意见，校正了自己的数值。从他在1826年发表的原子量表来看，如果以氢作为1，那么氧＝16.02，碳＝12.26，硫＝32.24，……是接近现代原子量数值的。这是和他辛勤的劳动以及精细的化学分析分不开的。应该说，他对原子量早期的测定是有一定贡献的。

可是，由于他没有分子概念，使他陷入不可解决的矛盾之中。三体积氢气和一体积氮气化合成二体积氨，按照他的原则就是：三原子氢和一原子氮化合成二原子氨。怎么会少掉两个

原子呢?! 同时，对于不挥发性金属氧化物的组成，在无法根据气体反应的体积成简单整数比规律时，他又不能完全摒弃武断解决物质组成的方式，把低价氧化物的分子式定为RO，而用RO_2代表大多数金属氧化物，如NaO_2、K_2O、CaO_2等等，使这些金属的原子量误差达到100%，甚至是400%。

在这一段时期里，另一些化学干脆抛弃原子量，采用从实验测得的当量。1814年英国化学家伍拉斯顿提出原子的当量数。他以氧的当量数等于10为基准，发表包括十多种元素和三十多种化合物的当量表，如氧=10，氢=1.32，水=11.32等等。

1817年德国化学家格美林采用化合量，以氧=100为基准，得出氢=13.272、碳=74.91等等。

1814~1816年，盖吕萨克又提出比例数，以氧=10为基准，得出氢=1.3265，氯=44等等。

这样，在原子量测定的初期，由于化学工作者们没有分子的概念，采用唯心主义的思想方法，各取各的标准，再加上原子量、当量、化合量等概念的混淆，造成混乱。

4. 原子量和元素性质初步联系起来

就在元素原子量测定的混乱时期里，当时的化学研究者们已经开始把元素的原子量和它们的性质联系起来了。1817年德国耶拿大学化学教授多贝赖因纳指出钙、锶、钡三种化学性质相似元素的原子量之间的关系，中间元素锶的原子量是钙和钡的原子量之和的平均值：

此为试读，需要完整PDF请访问：www.ertongbook.com