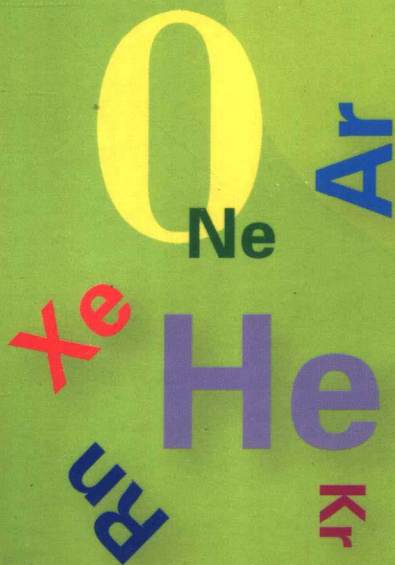


蔡亲颜 著

零族的兄弟们

一个元素家族发现和探索的故事



 商务印书馆

图书在版编目(CIP)数据

零族的兄弟们:一个元素家族发现和探索的故事/蔡亲颜编著. —北京:商务印书馆, 2007

ISBN 7-100-05094-4

I. 零… II. 蔡… III. 零族元素—通俗读物
IV. 0613.1—49

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006) 第 070454 号

所有权利保留。

未经许可,不得以任何方式使用。

LÍNGZÚ DE XIONGDI MEN

零族的兄弟们

——一个元素家族发现和探索的故事

蔡亲颜 编著

商 务 印 书 馆 出 版

(北京王府井大街36号 邮政编码 100710)

商 务 印 书 馆 发 行

北京瑞古冠中印刷厂印刷

ISBN 7-100-05094-4/O·5

2007年2月第1版

开本 787×1092 1/32

2007年2月北京第1次印刷

印张 6%

印数 5 000 册

定价: 11.00 元

目 录

1 零族何许人	1
1.1 让科学家为难的一族	1
1.2 零族在元素村——周期表中的家	4
1.3 诺贝尔奖得主至爱的一族	8
1.4 “懒汉”成了“积极”分子	12
2 漫长、曲折历史的回眸	13
2.1 从燃素寻觅到卡文迪许的小气泡之谜	13
2.2 门捷列夫掀起的热潮	18
2.3 隐藏在第三位小数里的元素	26
2.4 在地球上寻找“太阳公民”的人们	36
2.5 “按图索骥”的学问	44
2.6 “老六”——氦何处寻	52
3 零族“老大”——氦的风采	66
3.1 氦的液化和绝对零度	67
3.2 液氮 II 自动爬高的神奇表演	80
3.3 从飞艇再生到“空中航母”的构思	88
3.4 氦空气——深水潜水员的“护命符”	99

2 零族的兄弟们——一个元素家族发现和探索的故事

3.5 轰击原子核的重型炮弹—— α 粒子	102
3.6 未来清洁能源的希望——氮的合成	113
4 天上、地下和宇宙空间零族的踪影	124
4.1 在空气大海洋中	124
4.2 氮向宇宙空间“逃跑”了吗？	135
4.3 在大地深处	139
4.4 邈邈太空中零族的由来	147
5 各显其能的零族兄弟们	160
5.1 幸亏它是最最稀少的	160
5.2 惰性保护伞的功勋	169
5.3 五光十色的零族之光	174
5.4 书写化学新篇的氮	180
后 记	197

1 零族何许人

1.1 让科学家为难的一族

每当夜晚，城市处处闪耀着五光十色的霓虹之光，车站、码头、机场那炫目的红色指示灯，忠实地为夜航的飞机和车船站岗导航。当你看到这一切时，你是否会想到那是零族兄弟们在尽责地为人类服务呢？那些特别诱人的指示灯，为什么多是红色的呢？也许你可以不假思索就回答说，红色使人警觉，使人保持警惕。

这个答案应该不算错。但你是否还知道，零族成员氖的红光，具有穿云破雾、能传到很远地方的本领呢？这对信号灯、指示灯来说都是极为宝贵的特性呀。

在日常生活中，也多有零族成员的踪迹。比如在医院的理疗室，我们可以看到各种各样的气体激光器，其中不少都有零族成员在发挥作用。

零族对于我们真可谓须臾不离，却少有相知。其原因是多方面的，但经历了近一个世纪，科学家也未能给这一族定出

一个恰如其分的名称,恐怕是根本的原因吧。

零族是一个化学元素的家族,可以说从它们一来到“世上”——即被发现之初,命名便是一件难事。科学家不得不为它们取了一个不很雅的诨号,称它们为“化学的懒汉”,因此它们的学名就称为“惰性气体元素”了。之所以给它们这个称谓是因为它们几兄弟从被发现之时起,化学家不论用什么样的已知的方法,都不能使它们发生任何的化学反应,真到了“天打五雷轰”都“岿然”不动,并且独善其身,与世无争的地步了。也正因为它们的这种“气质”,有些国家的文献还把它们与贵重的金、铂等相比拟,称为“贵重气体”呢!

在零族各成员被陆续发现后的半个多世纪中,对“惰性气体元素”这个称谓的命名,科学家似乎也习惯了。

直至1962年,在加拿大温哥华不列颠哥伦比亚大学工作的英国青年化学家巴特列特,在从事无机氟化物研究时,在电离势、电子亲和力等理论的启发下,终于合成了第一个惰性气体成员的氙元素的化合物——六氟铂酸氙。

此一成果的公布,震惊了全球化学界,人为划定的“惰性元素”的禁区终于被突破了。

在巴特列特实验成功的鼓舞下,美国著名的国家阿贡实验室的科学家们也行动了起来,并且成绩斐然。巴特列特1962年6月制成氙化合物的消息宣布后仅两个月,阿贡实验室的科学家于1962年8月,就制得了氙的另两个二元化合物:二氟化氙(XeF_2)和六氟化氙(XeF_6)。

至此，零族成员因“化学懒汉”而命名为“惰性气体元素”的观念被事实所动摇了。从此，化学史上也就掀开了零族元素化学的篇章。

也因此，1970年以后出版的新化学教科书中，科学家们为这族元素换了一个新名称——稀有气体元素。其理由主要是因为它们在大气（空气）中的含量不是一般的少，其中大多数成员是真正的稀少，而氦是最最稀少的。

虽然零族的大部分成员，在大气中的含量的确是极稀少的，但也有人认为就此而把它们称为稀有气体一族，也并不准确。例如它们中的氩，不论按体积百分比或质量百分比计，都占大气的1%左右。氩是大气成分中除氮和氧之外，第三位多的成分。氩在大气中的总含量高达 6.44×10^{15} 亿吨。若以吨计，这是个6字后面有23个零的数，真可谓是个天文数字了呢！就算大气中含量相对稀少的氦，其总含量也有19.5亿吨呢。

不难看出，把惰性气体改称为稀有气体，对这族元素也不确切，只能是一种勉强的称谓。

因此，为这族元素取一个更科学的族名，使得科学家们感到左右为难。

我们知道，除零族之外，所有已知的气体元素的分子都是由两个原子构成的，而零族现有6兄弟——氦、氖、氩、氪、氙、氡的分子却都是只由一个原子构成的，即所谓的单原子分子，一个原子就是一个分子。这是零族元素的共性，也是它们与

其他气体分子最大的不同之处。因此,有人按零族单原子的共性,建议将它们这族称为“单原子气体”或简称“单气素”。如果这个建议能被广大化学界人士所接受和采用,相信届时,新的化学教科书中,稀有气体一族就会以新的族名出现了。不过这是将来的事,现在只是建议罢了。

1.2 零族在元素村——周期表中的家

零族是怎样迁居进入元素周期表这一苑地的呢?这是一个事故引发的,我们将在谈论零族发现史的第二章里做一些较详尽的介绍。现在只是造访一下零族在元素村的家,进行一些初步的接触吧。

化学元素周期表是学习化学的重要“工具”,门捷列夫正是想为了他的学生们学习的方便,才下决心去研究寻找有效的学习化学的方法,从而发现了周期律并编制出第一张化学元素周期表的。

图1-1是一张现在使用最广泛的化学元素周期表。它与门捷列夫的第一张周期表最明显的不同是,这张周期表的横行正好是门氏周期表中的竖行,竖行则相当于门氏周期表的横行。

从图1-1可见,现在的周期表有7个横行,称为7个周期,在行的开头用阿拉伯数字标记;有9个竖行,开头处用罗马数字标记,因为每一竖行中的元素,其化学性质和物理性质

相近、相似,所以称为同一族元素,而族号的罗马数字成为族的标记。

门捷列夫在发表第一张周期表时把它称为“按原子量及物理和化学性质相似试排的周期表”。按照这一原则,周期表中每一族元素就具有最相近、最相似的化学性质。

在门捷列夫编制周期表时,除将当时已知的 63 种元素安排了位置之外,他果断地按化学性质相近、相似的原则,为那些尚未发现的元素,在表中预留了相应的位置,并且这些为未知元素所留下的位置,现在都被后来陆续发现的元素所占据。但在这个元素周期表中,门捷列夫唯独没有为零族元素留出位置。其原因很明显,零族元素虽然后来被发现了,但因长期未能发现它们的化学性质而被忽略了,直到零族 6 个成员都已发现后,1900 年门氏访问伦敦时与其发现者拉姆齐商讨之后,才决定在周期表中为这一族安个“家”。

原来的周期表已有了 8 个族(有的族还分为 A、B 两个亚族),那么新来的这一族应排在什么地方呢? 是否要称它们为第 9 族呢? 因为周期表中每族元素序号是与这族元素的主要化合价相一致的,即 I 族元素为 +1 价;II 族为 +2 价……等类推,而从化学角度看,化合价还没有 +9 价的,新来的这族元素既然是化学惰性的(即不发生化学反应),其化合价应视为“0”,就这样,在周期表中为这族取了个“0”的族序号,这就是零族称谓的由来了。

像图 1-1 那样,现代周期表中,“0”族是放在周期表最

后,但也出现过将“0”族放在 I 族之前的(见图 1—2)。

现在又回到老话题了,零族已有化学化合物了,那还能称之为零族吗?

总之,本书用了“零族”这一名称,或许注定也是“过渡”性的。周期表中应为它们改为什么样的族名,是有待研究探讨的课题,这里仍将它们称为零族。

O — —	I R ₂ O (RH)	II RO (RH ₂)	III R ₂ O ₃ (RH ₃)	IV RO ₂ RH ₄	V R ₂ O ₅ RH ₃	VI RO ₃ RH ₂	VII R ₂ O ₇ RH	VIII RO ₄
	H 1							
He 2	Li 3	Be 4	B 5	C 6	N 7	O 8	F 9	
Ne 10	Na 11	Mg 12	Al 13	Si 14	P 15	S 16	Cl 17	
Ar 18	K 19	Ca 20	Sc 21	Ti 22	V 23	Cr 24	Mn 25	Fe Co Ni 26 27 28
	Cu 29	Zn 30	Ga 31	Ge 32	As 33	Se 34	Br 35	
Kr 36	Rb 37	Sr 38	Y 39	Zr 40	Nb 41	Mo 42	— 43	Ru Rh Bb 44 45 46
	Ag 47	Cd 48	In 49	Sn 50	Sb 51	Te 52	I 53	
Xe 54	Cs 55	Ba 56	± 57~71	— 72	Ta 73	W 74	— 75	Os Ir Pt 76 77 78
	Au 79	Hg 80	Tl 81	Pb 82	Bi 83	— 84	— 85	
Eman 86	— 87	Ra 88	— 89	Th 90	— 91	U 92		

注: Eman 表示放射性气体,即氡 Rn。

图 1—2 柯塞尔式周期表(零族放在 I 族之前)

1.3 诺贝尔奖得主至爱的一族

诺贝尔奖是一项世界顶级的科学大奖，却是一项由个人创建的，或更准确地说，是以个人捐赠的遗产创建的。这个人就是瑞典化学家、世界闻名的“炸药大王”阿尔弗雷德·诺贝尔(Alfred Bernhard Nobel)。

诺贝尔 1833 年出生于瑞典斯德哥尔摩，自幼体弱多病，与学校无缘，全靠自学成才。1842 年他随全家迁居俄国圣彼得堡，在父亲开办的一家工厂里做帮手。从那时起，他踏上了发明之路，并与炸药结下不解之缘。诺贝尔一生倾心研究炸药，在崎岖的科学研究道路上探索炸药的奥秘，他多次受伤，终身未娶。

诺贝尔 1860 年开始研究硝化甘油炸药，1864 年发明诺贝尔雷管，他还发明了胶体炸药、安全炸药等等，并得到广泛应用，使炸药科技有了长足的进步。由于他对烈性炸药的特殊贡献，1880 年曾荣获瑞典北极星勋章和法国大勋章。1884 年诺贝尔成为瑞典皇家科学院院士和英国皇家学会会员，以及法国土木工程师学会会员。

诺贝尔的种种发明在许多国家取得了共计二百五十多项专利，他在英国、法国、德国、美国、俄国、意大利、瑞典建立了炸药工厂，在世界范围建立起炸药托拉斯，成为世界富豪之一。

诺贝尔一生中深感内疚的事是，他历尽艰辛研制出的炸药，在使用上违背了他本来的意愿，炸药同时也被用在了战争上。炸药增加了战争的残酷性和破坏性，给无辜善良的人民带来灾难。

1895年，62岁的诺贝尔由于积劳成疾，心脏病日渐恶化。他预感到自己继续奋斗的时日已不多了，决心将自己用血汗换来的可观财富，设立一个激励后人勇攀科学技术高峰、发展文化、维护和平的奖项。于是就在这年的11月27日，他在法国巴黎完成了他极不愿写但又必须写的遗嘱。在写完遗嘱后的第二年，即1896年，诺贝尔走完了自己63年的人生之路，与世长辞了。

诺贝尔在遗嘱中写道：

“我所留下的全部可变换为现金的财产，将以下列方式予以处理：这份资本由我的执行者投资于安全的证券方面，并将其构成一种基金；它的利息将每年以奖金的形式，分配给那些在前一年里曾赋予人类最大利益的人。上述利息被平分为5份，其分配办法如下：一份给在物理学方面作出最重要发现和发明的人；一份给作出过最重要的化学发现或改进的人；一份给在生理和医学领域作出过最重要发现的人；一份给在文学方面曾创作出有理想主义倾向的最杰出作品的人；一份给曾为促进国家之间的友好，为废除或裁减常备军队以及为举行和平会议作出最大或最好工作的人……”

诺贝尔在其遗嘱中还写道：“我明确的愿望是，在颁发这

些奖金的时候,对于授奖候选人的国籍丝毫不予考虑,不管他是不是斯堪的纳维亚的人,只要他值得,就可以接受奖金”。(此处译文摘引自许光明《摘冠之谜》)

1900年,根据诺贝尔遗嘱,在瑞典首府斯德哥尔摩成立了诺贝尔基金会。

1901年,即在诺贝尔逝世5周年的时候,颁发了首次诺贝尔奖。

读者也许已经注意到了,诺贝尔遗嘱中并没有经济学奖,而现在每年也同时颁发诺贝尔经济学奖,这是怎么回事呢?

1968年,瑞典中央银行成立300周年时,为了纪念诺贝尔,于是给诺贝尔基金会一笔年金增设了一个奖项,名称为“瑞典中央银行纪念阿尔弗雷德·诺贝尔经济科学奖”,一般习惯称之为诺贝尔经济学奖。其评选标准与其他5个奖一样,并且也是一年颁奖一次。从1969年起,诺贝尔经济学奖就与其他5项诺贝尔奖同时颁发,奖金额也相同。

通过上述对诺贝尔奖的介绍,读者不难理解为什么科学家们都把获得诺贝尔奖看成是一种对自身价值的最高评价。也不难理解,为什么荣获诺贝尔奖的科学家,都能受到全世界人民的尊敬甚至崇拜,被视为在科学研究上的榜样。

在1901年到2000年的100年间,除因战争或暂找不到适当人选外,共颁发了94次诺贝尔物理学奖,90次化学奖。这当中因研究零族有关成果而获诺贝尔物理学或化学奖的,

多达 5 个年度 7 人次。如果将 1962 年因研究超流理论(与氦 II 的超流动性密切相关)而获诺贝尔物理学奖计算在内,则达到 6 个年度 8 人次之多了。对一族元素的研究就获得这样多的高水平成就,实属史无前例。

这也有力地说明,零族对于人类认识自然和发展科学技术无比的重要。这同样表明,探索零族兄弟们的种种性质与功能,无疑是会有很大裨益的。

已经因研究零族的成果而获得了诺贝尔奖的科学家有:

1. 瑞利,因与拉姆齐共同发现零族重要成员氩,获 1904 年诺贝尔物理学奖。

2. 拉姆齐,因与瑞利共同发现氩,并因确定了零族在周期表中的位置,获 1904 年诺贝尔化学奖。

3. 开默林-昂内斯,因实现氦的液化,及对低温下物质性质的研究,获 1913 年诺贝尔物理学奖。

4. 卡皮察,因发明氦液化器与其应用的成果,获 1978 年诺贝尔物理学奖。

5. 李戴维 M、奥谢罗夫和理查森,因发现液氦-3 的超流动性共同获得 1996 年诺贝尔物理学奖。

6. 朗道,因对超流动理论的研究,获 1962 年诺贝尔物理学奖。

可见,零族是一片培育诺贝尔奖得主的沃土,而成为科学研究者的至爱。

1.4 “懒汉”成了“积极”分子

在很长的时间里，零族因其化学上的惰性，在化学元素家族中是默默无闻的，不过这种品性并不妨碍它们成为科学研究人员的朋友，如上节所举的诺贝尔奖的例子，零族成了科学家们的至爱，是科学家们发挥自己才智的沃土。

零族各成员各具独特的、对发展科学和技术极为宝贵的特性。它们不仅具有较普遍的化学惰性，并且既有低沸点、高热导率和低密度的成员，也有高沸点、低热导率等的成员，成员特性的多样性，不仅在原子物理、原子核物理、低温物理学的研究中为深化人类对自然物质的认识立下丰功伟绩，并且今天，在如金属冶炼、金属热加工、半导体工业、电子工业，以及医学、生理学等的许多领域都有它们的积极参与。在电子计算机、遥控、遥测、加速器、超导技术运用等领域，以及人造卫星、潜艇、原子能、火箭、导弹和飞船的制造中，零族成员已成为不可或缺的物资。零族气体已成为一种重要的工业气体，所有这些，在本小册后面的章节中都将有较为具体的介绍。

2 漫长、曲折历史的回眸

2.1 从燃素寻觅到卡文迪许的小气泡之谜

在人类认识自然的历史过程中,认识火、学会用火,在促进人类社会进化和文明发展中起着重要的作用。

我们的先祖第一次看到火是与火山爆发、雷击引起的森林大火等带来巨大灾难的自然现象联系在一起的,所以古人对于火从一开始就存在着一种莫名的恐惧心理,乃至发展到把火神化而崇拜。

经过漫长的岁月,人类开始从无数次对火的观察、接触中,逐渐消除惧怕,最后学会了使用火。虽然这时人类只能学会使用自然的火种,还没有学会自己“创造”火,但已经使人类的生活质量得到大大的改善。在距今五十多万年前的“北京人”文化遗址中,发现了厚厚的灰烬,是人类在生活中用火的证据,也是人类已经掌握了保存火种技术的证据。

火给人类带来温暖和光明,用火加工过的肉类,其蛋白质和脂肪易于人的消化吸收;火可以消灭细菌、寄生虫,因而大