

元素浅说
稀有元素浅说

江苏人民出版社

54.45
395

稀有元素浅说

树 成 编 著

3490/30

江苏人民出版社

內 容 提 要

这是一本化学知識讀物,适合于高中文化程度的讀者自学。书中在闡明稀有元素的基本概念以后,較系統地講述了輕稀有元素、难熔稀有元素、分散稀有元素、稀土元素和放射性稀有元素的性質、特点,以及它們的用途。

稀 有 元 素 淺 說

樹 成 程 著

*

江苏省书刊出版业許可證出 001 号

江 苏 人 民 出 版 社 出 版

南 京 郵 南 路 十 三 号

江苏省新华书店发行 南京印刷厂印刷

*

开本787×1092 1/32 印張 3 3/8 插 2 字數 64,000

一九六一年六月第一版

一九六一年六月南京第一次印刷

印數 1-4,100

前 言

稀有元素的应用是现代尖端科学技术发展的主要标志之一。它的应用已几乎渗透到所有的工业部門。特别是由于原子能工业、火箭技术、航空工业及无綫电电子工业的发展，促进了对稀有元素研究的发展，也正是由于对稀有元素研究的发展，又使得现代許多尖端科学技术的发展成为可能，它們是相互关联，互相促进的。

那么，什么是稀有元素呢？它們具有什么样的性质和特点呢？它們在工业部門中又有哪些用途呢？对于这些問題，有些同志还不十分了解。因此，现在編写了这本“稀有元素浅說”，供給具有高中文化程度的同志閱讀。

在編写过程中，虽力求正确，努力使内容不要发生錯誤，但是由于我的知識水平不高，在这本书里还可能存在不妥之处，希望讀者指出，以便再版时修改。

树 成

目 录

第一章 緒論

一 什么叫做稀有元素	1
二 稀有元素的符号、名称及讀音	3
三 稀有元素在地壳中的分布量	6
四 稀有元素在周期表上的位置及关系	7
五 稀有元素的分类	11
六 稀有元素的一般提炼方法	13

第二章 輕稀有元素

一 鋰(Li)	27
二 鈹(Be)	31
三 鉀(Rb)和銻(Cs)	35

第三章 难熔稀有元素

一 鈦(Ti)	39
二 鋯(Zr)	44
三 鈪(Hf)	49
四 鈮(V)	51
五 鈮(Nb)	55
六 鉭(Ta)	57
七 鉬(Mo)	59
八 鎢(W)	61

第四章 分散稀有元素

一 镓(Ga)	66
二 铟(In)	69
三 铊(Tl)	71
四 锗(Ge)	74
五 硒(Se)	78
六 碲(Te)	81
七 铼(Re)	83

第五章 稀土元素

一 稀土元素的用途	87
二 稀土元素的物理和化学性质	90
三 稀土元素的主要化合物	92
四 稀土元素的主要矿物原料	92
五 稀土元素矿物的分解	93
六 稀土元素的分离	94
七 稀土元素的制备	95
八 钪(Sc)	96
九 钇(Y)	97
十 镧(La)	97
十一 铈(Ce)	98

第六章 放射性稀有元素

一 铀(U)	99
二 钍(Th)	101
三 镭(Ra)	102

第一章 緒 論

一 什么叫做稀有元素

在已发现的102种元素中^{*}，除了16种是非金属和6种是惰性气体之外，其余的80种元素都是金属元素。在这些元素中，稀有元素占了三分之二以上。在现代冶金工业所生产的70多种金属中，稀有金属占一半以上。

什么样的元素叫做稀有元素呢？

从字面上看：稀有元素好像是稀有的，微少的，很贵重的。一般说来，稀有元素是少有的，罕见的，较贵重的。但是，这种看法还不够全面。大家知道，铝是最普通的金属之一，它在自然界中分布很广，数量很多，约占地壳重量的百分之八左右，绝大部分矿石中都含有铝，可以大量生产，成本低，价格便宜。但是，在一百年以前，铝却被人们认为是稀有的，它比黄金还要贵重，一只铝制表壳的怀表的价格比用黄金做的表壳的怀表贵好几倍。为什么在一百多年前铝是那样的贵重呢？为什么那时候人们把它当作稀有金属呢？这是因为矿石中的铝都是以氧化铝形式存在的，而氧和铝的结合能力很强，由于当时科学技术水平限制，很难从氧化铝中得到金属铝。

^{*} 103号元素已于今年被发现。

直到1886年发现了电解融熔氧化铝法后，才能大量生产金属铝。

由此可见，所谓稀有元素，并非永不变更的，而是随着科学技术的发展而变更的；某些元素在从前认为是稀有元素，今天已成为普通元素，而有些元素在今天认为是稀有元素，将来也可能成为普通元素。钛、锆等元素在地壳中的含量比铜、铅、锌要多得多，但是由于我们现在要把它们制成纯净状态，正如一百多年前制取金属铝一样的困难，因此，我们还认为它们是稀有元素。显然，随着生产技术发展，发明了简便的方法，能够很方便地从矿石中提取它们，使它们制成纯净状态的金属，那么，它们也就成为和铝、铜一样的普通金属了。

金在目前比起铜、铁要贵得多，为什么不把它算作是稀有金属呢？这是因为金的化学性质稳定，在自然界常以单质状态存在，不需冶炼即可获得，例如，能从砂里淘洗出金子来，即所谓“砂里淘金”。因此，虽然金在地壳内的含量很少，但仍然把它当作普通元素。汞、铊、砷等元素在地壳内的含量远较锆、镓等元素为少，但它们在自然界富集而形成矿物，很易从矿物中提炼出来，因此，它们是普通元素。锆、镓等元素在自然界并不富集在一起形成单独的矿床，而是分散着的，即使形成单独的矿物，也不能构成规模巨大的矿床。例如镓没有单独的矿物，而常存在于铝矿中，又如锆虽形成单独的矿物锆石，但为量很少，而且是分散在若干普通的岩石内。因此，这些元素叫做“分散元素”，也是稀有元素。

因此，所谓稀有元素一般是指在自然界存在量很少，或很

分散而无富集的单独矿物，或虽有富集的矿物而提炼困难，以致很少应用以及研究不足的那些元素。

显然，“稀有元素”这个概念不是绝对的、固定的，而是相对的，因地区和时间不同，可以有所改变。它是历史遗留下来的概念。例如，錫和鉍在世界上多数国家是稀有的，但在我国就不能算是稀有的了，因为它们在我国储量是丰富的。上面提到的鋁在百年前是稀有的，价格比黄金还要贵，但现在它在工业上或日常生活中已经广泛地应用，已经是最普通的金属了。所以，经过若干时间以后，随着对元素研究的进展，新的资源的发现以及发明新的提炼方法，这些元素实际应用日益扩大，普通元素的数目就将逐渐增加，稀有元素的数目必然会逐渐减少。但是，若认为这样一来，经过若干时间以后，所有的稀有元素都要变成普通元素，两者的界线就随之消失，这大概也是不正确的。因为许多在地壳中含量很少的和分散的元素总是比较不容易得到的，这些元素恐怕将始终叫做稀有元素。

二 稀有元素的符号、名称及读音

稀有元素，对于有些人还比较陌生，不大了解，因此我们将最主要的稀有元素的名称、符号及读音，按照它们的元素符号的拉丁字母次序，排列成下面这张表。

在这里要说明一点，在认识这些元素符号时，必须注意它们之间的差别在什么地方，因为有许多元素的符号很相象，一不留意便会弄错，例如 Ra 与 Re，Tc 与 Te，Sc 与 Se，等等。

元素符号	中文名称	讀 音	原子序数
Ac	銻	阿	89
Am	錒	阿	95
At	砒	艾	85
Be	铍	皮	4
Bk	鐳	陪	97
Ce	銻	市	58
Cf	鐳	开	98
Cm	錒	局	96
Cs	銻	色	55
Dy	鐳	滴	66
Er	銻	耳	68
Es	銻	衰	99
Eu	銻	有	63
Er	銻	方	87
Fm	銻	費	100
Ga	銻	家	31
Gd	銻	軋	64
Ge	銻	者	32
Hf	銻	哈	72
Ho	銻	火	67
In	銻	因	77
La	銻	栏	57
Li	銻	里	3
Lu, Cp	銻	魯	71
Md	銻	門	101
Mo	銻	目	42
Nb	銻	尼	41
Nd	銻	女	60

No	錯	諾	102
Np	鐳	拿	93
Os	銑	鵝	76
Pa	鏤	仆	91
Pm	鉅	頗	61
Po	針	潑	84
Pr	錯	普	59
Pu	鈺	不	94
Ra	鐳	雷	88
Rb	鉀	如	37
Re	銑	來	45
Sc	銦	充	21
Se	硒	西	34
Sm	釷	杉	62
Ta	鉭	坦	73
Tb	釷	忘	65
Tc	錳	得	43
Te	碲	帝	52
Th	鈾	土	90
Ti	鈦	太	22
Tl	鉍	他	81
Tu	銻	丟	69
U	鈾	由	92
V	鈾	凡	23
W	鎢	烏	74
Y	釷	乙	39
Yb	鐳	意	70
Zr	錯	告	40

三 稀有元素在地壳中的分布量

在我們居住的地球上,到现在为止,一共发现了一百零二种元素,其中絕大部分是自然界存在的,一小部分是人工制得的。自然界存在的各种元素的数量是不是一样多的呢?不是的。在地壳中各种元素的存在量不是一样多的,而差别是极为悬殊的。

地壳是指深度达16公里的地球表面层,它包括着岩石层、水层及大气层,这三层的分量約为:

岩石层: 93.06%;

水 层: 6.91%;

大气层: 0.03%。

我們怎样知道地壳中各种元素的含量呢?早在十九世紀八十年代,化学家克拉克氏就对元素在地壳中数量的分布进行了系統的研究,虽然起初只得到十种元素的分布量数值,但是后来經過很多人不断地研究終于算出了其他元素的分布量。

由于克拉克是第一个对元素在地壳中分布的数量进行了系統的研究,后来的人为了紀念他的貢獻,就把元素在地壳中的平均含量叫做該元素的克拉克值,或簡称克拉克。

如果将人工制造出来的十种超鈾元素除外,按照每一种元素在地壳中的分布量(克拉克)大小次序排列成一张表,就叫做化学元素在地壳內的分布量(重量克拉克)表,如下所示:

从这表中可以看出:分布量最广的12种元素占地壳重量

的99.5%，也就是說其余80种元素只占地壳重量的0.5%。如果再順次把14种元素計入，則后面剩下的66种元素只占地壳的0.047%，就是說万分之四点七。

但这不是說，后面的66种克拉克值小的元素都是稀有元素，前面的二十多种克拉克值大的或較大的元素是普通元素。金、銀、碘、汞等虽然存在于自然界的量很少，但是它們却是我們所熟知的普通元素；而列于前面的元素如鈦、鉍、鋳、釩等，存在于地壳內的量并非很少，但仍属于稀有元素。因此，我們說地壳內的存在量是稀有元素的一个重要条件，但不是唯一的条件。

四 稀有元素在周期表上的位置及关系

按照原子核內的质子数目由少到多，順序地把一百零二种元素排列起来，并按照核外电子的排列的方式，把元素分成类，便可把元素排列成一张表。这个表就是元素周期表。

这样，每种元素在周期表上都有它自己的固定位置。把化学性质相似的放在同一族里，就可以把一百零二种元素分成八族，加上惰性气体，在周期表上便分成九族，这就是周期表上的九个纵行。

同时根据核外电子排列的方式，又将周期表分成七个周期，即七个橫行。第一周期是短周期，仅有二个元素；第二、第三周期，各有八个元素；第四、第五周期是两个长周期，各有18个元素；第六、第七两个周期是特长周期，各有32个元素，但是第七周期是不完全的。总之，不論怎样，这四种周期內含有

的元素是符合下列规律的:

第1周期含有 2×1^2 个元素

第2周期含有 2×2^2 个元素

第3周期含有 2×3^2 个元素

第4周期含有 2×4^2 个元素

同时,周期表上的九个族中,自I至VII族,又分成主族(A)和副族(B)。惰性气体这一族相应于主族,而第VIII族相应于副族。主族一般有五至七种元素,副族一般只有三至四种元素。而第VIII族含有九种元素,即有三种元素在同一个周期中并列着。

为什么把从原子序数为58号的镨到71号的镱,90号的钍到102号的鐳,从周期表上抽出另成二个横行呢?这是由于从镨到镱的这些元素与57号元素镧的化学性质极相类似,根据周期表排列的理由,自然应该把它们放在第57号的这一格子里,但是,为了不把周期表拉得很长,所以不把它们嵌入长周期中,而另列成行,把它们放在周期表的底下,这显然是一种合适的安排。

这样一来,57号镧的这个格子,实际上代表着15个元素,也就是说,有15个性质相似的元素在这一个格子里。这15个元素就叫做镧系元素,或叫做第一系稀土元素;而89号锕的一个方格子,同样地,它代表着15个元素(其中最末一个第103号元素,已于今年被发现),这15个元素就叫做锕系元素,或叫做第二系稀土元素。这里所谓镧系元素,是包括元素镧在

內的，有些書上有“似鐳系”這個名稱，那是表示不包括元素鐳在內的。

稀有元素布滿周期表的各個部分，幾乎各個周期都含有稀有元素，但主要佔據在後面的幾個長周期內。讀者可以從周期表上看出，既有中文名稱又有化學元素符號的那些元素，就是稀有元素，而只用化學元素符號的那些元素，都是普通元素。

由周期表上稀有元素所佔據的位置，和前面講的化學元素在地殼內的分布量，就可以清楚地看出：在地殼內分布量最多的那些元素，是頭幾周期的元素，而分布量少的那些元素，則是最後幾個周期的元素。換句話說，在自然界中存在最多的元素，是原子序數不大的那些元素，而原子序數大的，一般說來大多數是稀有元素。事實上，由原子序數為6的碳(${}_6\text{C}$)直到原子序數為30的鋅(${}_{30}\text{Zn}$)，這二十多個元素，它們的克拉克值至少接近0.1%，常常是以0.1%，甚至百分之几（如Si 26.3%；Al 7.73%）來表示的。在這些元素中，除少數幾種元素由於提煉或提純困難或其他原因而將它們當作稀有元素之外，其他都是普通元素。相反地，其餘的六、七十種元素的克拉克值很少達到0.001%。位於周期系6號碳前的一些元素，如鋰、鈹和硼，按照上面講的規則，因為它們的原子序數比碳小，應該是在地殼內分布量多的一些元素。但是事實上這些元素在地殼內的含量却是少的。為什麼這樣呢？這可能是由於這些元素的原子核不穩定所致。再如重的元素，即原子序數大的一些元素，特別是具有放射性的釷、鈾及鐳等元

素，它們的克拉克值也是微小的，这也是由于原子核不稳定的緣故。

由周期表上稀有元素所占据的位置和化学元素在地壳內的克拉克值，我們还可以看出这样的規則：周期表中，原子序数为偶数的元素，它的克拉克值常常大于原子序数为奇数的相邻元素的克拉克值。

这个規則，是1917年哈金斯发现的，因此，这个規則就叫做哈金斯規則。

是不是所有的相邻二元素都符合于这个規則呢？不是的。不符合于这个規則的例外情况还是相当多的，例如，在周期表中处于偶数地位的惰性气体，它的克拉克值是很小的，这些偶数元素按照哈金斯規則，應該是克拉克值較大的一些元素。这不能用这些元素的原子核不稳定来解释，因为事实上这些元素的原子核是最稳定的（氢除外）。它們所以成为例外，是由于它們的惰性，不能生成化合物，并且很容易离开地壳部分而逸出地球引力的范围以外。其他的例外，特别是这些元素：鐳、釷、釷、錒及超鈾元素，直到现在，虽經大力寻找，在自然界中还未找到它們，除了用原子核的不稳定来解释之外，是不是可以这样来解释：可能是由于上述的化学元素在地壳中的克拉克值，仅仅是指在地壳內的分布量，也就是說仅是指深达16公里的地球表面层的元素的分布量，而不是整个地球內的元素分布量。并且我們用来分析测定的物质样品，也不是宇宙物质的典型样品的成分；关于这一点，可以根据对隕石成分的測定得到証明。例如，在地壳內含量少的鉍、鎂及硫，这些原子序

数为偶数的元素原是哈金斯规则的例外,但对隕石測定結果,这三种原子序数为偶数的元素的分量都高于相邻的元素,而不成爲哈金斯规则的例外。

由周期表上,可以看出这个哈金斯规则外,还可以看出下面有趣的事实:凡原子序数之間相差6或6的倍数的这些元素的分布量特別大。

例如:

元 素: O Si Ca Fe Sr Sn Ba

原子序数: 8 14 20 26 32 50 56

差 数: 6 6 6 12 12 6

除了这个事实外,还可以从对元素的同位素的組成所进行的研究的一些結果中,看出下面的事实:在元素的同位素中,分布量最大的是那些质量数能被4除得尽的一些原子(这些原子叫做4 π 型的原子)。这个事实,对周期表前30种克拉克值大的元素來說特別正确。质量数被4除的余数为3的同位素,它們克拉克值較小(这些原子叫做4 π +3型的原子),而其他类型的克拉克值就更小了。

所有这些有趣的事实,都与原子的結構有着密切关系,这是毫无疑問的。但是,目前所得的資料还不能完滿地对这些事实进行解释。

五 稀有元素的分类

根据稀有元素的物理、化学性质和生产方法及其他特征,