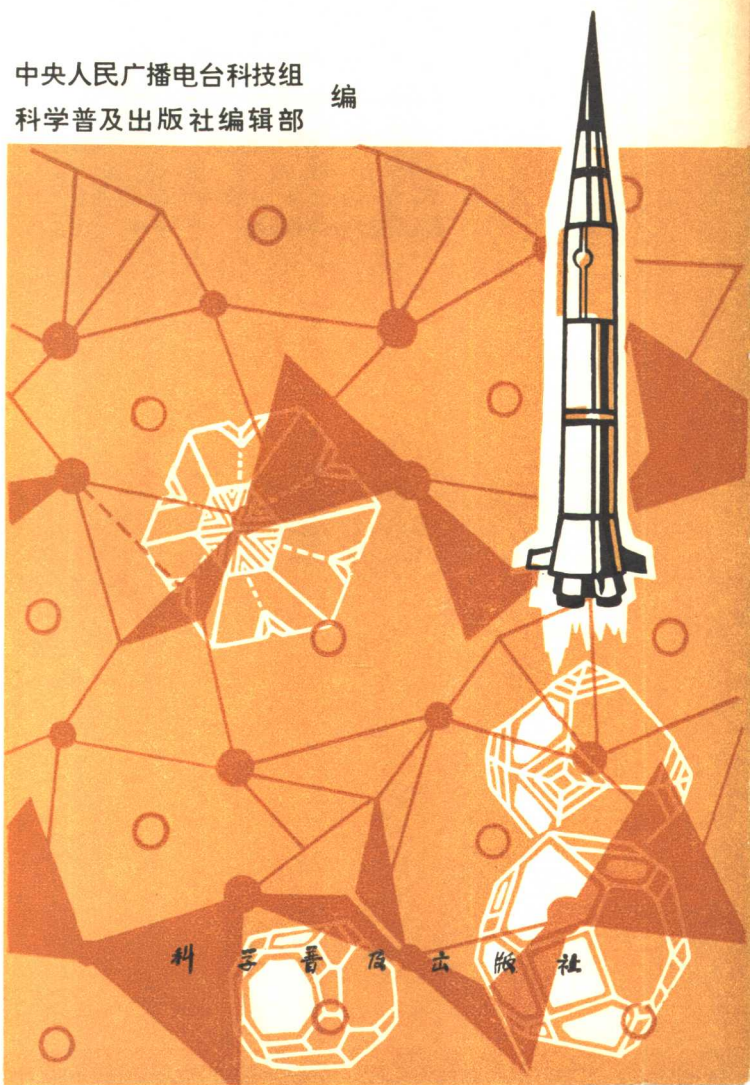


五光十色的稀有金属

中央人民广播电台科技组 编
科学普及出版社编辑部



科学普及出版社



科 学 广 播

五光十色的稀有金属

中央人民广播电台科技组 编
科学普及出版社编辑部

科学普及出版社

内 容 提 要

稀有金属在金属元素这个大家庭里，占有重要地位，共有三十九个成员。它在冶金、机械、化工、轻工、纺织、医药、建筑，尤其是国防工业、尖端技术等方面都有广泛的用途。

随着“四化”建设的进展，稀有金属的作用越来越突出。为了向广大听众和读者介绍有关稀有金属知识，中央人民广播电台在《科学知识》节目里举办了《稀有金属知识》讲座。本书就是根据广播稿，经过必要的修改、补充而汇编出版的。

本书介绍了锂、铷、铯、铍、钛、钨、钼、铌、钽、锆、铪、钒、镓、铟、锑、铀以及稀土元素的发现、性质和它们的应用；内容丰富，讲述通俗易懂。

科 学 广 播

五光十色的稀有金属

中央人民广播电台科技组 编
科学普及出版社编辑部

科学普及出版社出版（北京白石桥紫竹院公园内）

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

国防科委印刷厂印刷

开本：787×1092毫米 $1/32$ 印张：3 $1/8$ 字数：66千字

1981年5月第1版 1981年5月第1次印刷

印数：1—14,500册 定价：0.30元

统一书号：13051·1136 本社书号：0155

目 录

五光十色的稀有金属.....	宛 枫 (1)
未来能源——金属锂.....	储慰农 (9)
低熔点金属——铷和铯.....	蓝海苍 袁有春 (15)
绿宝石里的稀有金属——铍.....	宛 枫 (20)
不稀有的稀有金属——钛.....	任 瑜 (26)
不平凡的稀有金属——钒.....	任 瑜 (36)
介绍两种难熔金属——钨和钼.....	汪有明 (42)
钽和铌.....	周 立 (46)
锆与铪.....	侯嵩寿 (53)
稀散金属——镓和铟.....	宛 枫 (67)
锗.....	高以中 (73)
原子锅炉的燃料——铀.....	宛 枫 (82)
稀土元素是个宝.....	米 兰 (88)

五光十色的稀有金属

宛 枫

一提起金属，人们就会联想到钢铁。钢铁确实是生产和生活中最常用的金属。你看，大到火车、轮船，小到笔尖、银针，哪一种不是和钢铁有关系的呢？另外，人们也会联想到铜、铅、铝这样一些金属。那么稀有金属指的是什么呢？这就要从金属的分类说起了。

原来，金属家庭里的成员是形形色色，五花八门的，可以按好几种方法进行分类。我们习惯上把铁、锰、铬等金属和它们的合金，叫做黑色金属，而把剩下的其他金属统称为有色金属。

稀有金属本来也是有色金属的一部分（见表1），后来由于它们在现代工业中具有重要的作用，往往从有色金属中划出，与黑色金属和有色金属并列为三大类。在金属元素这个大家庭里，稀有金属一共有39个成员，占二分之一还多。

那为什么要把这么一大批金属叫做稀有金属呢？是不是因为它们在自然界的蕴藏量太少了呢？这样理解不够全面。事实上，要说在自然界里的蕴藏量，不少稀有金属还真不“稀有”。举个例子说，钛是一种稀有金属。它在地壳里的含量，比铅、锌、铜、锡等还多，在金属大家庭成员中，它仅次于铝、铁、钙、钠、钾、镁而排行第七。稀有金属这个名称的由来，固然是因为某些金属确实“稀有”，但最主要的一

点，是它们被人们发现的时间和在工业技术上得到应用的时间，要比其他金属晚得多。

天然存在的39种有色金属的分类

表 1

一 般 有 色 金 属	有金 色 轻属	98.8 钠 0.97	649 镁 1.74	660 铝 2.71	44 钾 0.87	839 钙 1.54	769 锑 2.6	725 铟 3.5	
	有 色 重 金 属	1495 钴 8.9 328 铅 11.34	1453 镍 8.9 271 铋 9.8	1083 铜 8.94	420 锌 6.92	321 镉 8.65	232 锡 7.29	631 铈 6.69	-39 汞 14.2
	贵 金 属	2310 钨 12.4	1966 铌 12.44	1552 钽 12.02	961 银 10.50	3045 铀 22.50	2410 镱 22.40	1772 铂 21.45	1064 金 19.30
稀 有 金 属	稀金 有轻属	181 锂 0.534	1278 铍 1.85	39 铷 1.53	29 铯 1.90				
	稀点 有高熔属	1660 钪 4.50	1890 钇 6.10	1852 铈 6.50	2468 铈 8.66	2617 钼 10.22	2227 钨 13.29	2996 钽 16.60	3410 钨 19.30
	稀土 金属	1539 钪 2.99	1523 钇 4.48	920 镧 6.17	795 铈 6.66	931 镨 6.78	1010 钕 7.00	1072 钐 7.54	822 铈 5.26
		1312 钐 7.90	1360 铈 8.27	1409 镨 8.54	1470 钕 8.80	1522 铈 9.05	1545 铈 9.32	824 铈 6.98	1656 镨 9.84
	稀散 有分属	30 镓 5.91	937 锗 5.32	157 铟 7.31	3180 镱 21.02	304 铊 11.85			
	稀有 放射性 天然放属	254 钋 9.32	700 镭 5.00	1050 锕 10.07	1750 钍 11.7	1600 镤 15.37	1132 铀 19.1		

注：98.8——金属的熔点(℃)

钠 ——元素名称

0.97——金属的比重

稀有金属和金属在地壳中含量以及世界的储量 表2

排列序号	金属名称	地壳中含量(克/吨)	世界储量 (万吨)
1	铝	81300	349400
2	铁	50000	9070000
3	钙	36300	—
4	钠	28300	—
5	钾	25900	—
6	镁	20900	—
7	钛	4400	34000
8	锰	1000	182600
9	铷	310	0.0945
10	锶	300	—
11	钡	250	9070
12	锆	200	1995
13	铬	200	—
14	钒	150	970.5
15	锌	132	23580
16	镍	80	5440
17	铜	70	40800
18	钴	69	176
19	锂	65	67.4
20	铈	46	—
21	锡	40	1012
22	钇	28	(稀土十钇)674
23	钹	24	
24	铈	24	1080
25	钆	23	245
26	镧	18	—
27	铅	16	14970
28	镓	15	11
29	钼	15	585

续

排列序号	金属名称	地壳中含量(克/吨)	世界储量(万吨)
30	钍	12	70.8
31	铯	7	0.0039
32	锆	7	0.18
33	钇	6.5	—
34	钼	6.4	—
35	铍	6	0.038
36	锗	5.5	—
37	铀	5	0.077
38	钨	4.5	—
39	镉	4.5	—
40	铀	4	0.0967
41	镱	2.7	—
42	铟	2.5	—
43	钽	2.1	0.0068
44	钽	1.2	—
45	铈	1.1	—
46	铈	1	0.414
47	铈	0.9	—
48	铈	0.8	—
49	铈	0.6	0.0248
50	汞	0.5	—
51	铋	0.2	0.6075
52	铋	0.2	—
53	镉	0.15	0.1810
54	银	0.1	0.0420
55	铟	0.1	0.2022
56	钨	0.01	0.2519
57	铂	0.005	0.3017
58	金	0.005	3.2846

续

排列序号	金属名称	地壳中含量 (克/吨)	世界储量 (万吨)
59	铈	0.003	0.0187
60	镨	0.001	0.2415
61	铈	0.001	—
62	铈	0.001	—
63	铈	0.001	—

铜是最早被人类发现和应用的金属。早在四千多年前，我国劳动人民就已经使用铜了。跟铜几乎同时被发现的金属是锡，古代使用的青铜，就是铜和锡的合金。铅的发现比铜和锡稍晚一点。公元前一千六百年左右，铅已经成为一种常见常用的金属。我国在殷代末年，就已经开始炼铅了。

稀有金属的发现和应用，跟这些金属比要晚得多。发现最早的稀有金属是钨和钼，那也是在十八世纪初才发现的。大约70%的稀有金属是十八世纪末到十九世纪初发现和认识的。这就是说，我们得知这些元素的存在才有二百年的历史，至于生产和应用它们的时间那就更晚了。十八世纪以前，人们还不知道应用稀有金属；十九世纪，应用了几种，算是刚刚开个头。大多数稀有金属在1915年以后才逐步开始进行生产和应用，近三、四十年来才得以迅速发展。

那么，为什么稀有金属被发现、认识和应用得这么晚呢？

这是因为稀有金属在自然界中的存在很分散，又不容易提炼。比如，大家比较熟悉的金和银，虽然在地壳里的蕴藏量很少，但是由于它们在自然界中常常以金属状态的天然矿物存在，所以人们很早就发现了它们。相反地，有些稀有金

属虽然在地壳里的蕴藏量并不少，但是因为“居住”分散，善于“隐蔽”，总是零零星星地跟别的元素混杂在一起，很少形成单独的矿物和巨大的矿床，所以就很难被人们发现和开采。铜、铁这些金属，尽管我们几乎找不到它们的天然矿物，但是却很容易从矿石中冶炼出来。而和许多金属混杂在一起生成的复杂的稀有金属矿物，就很不容易分开，特别是有些稀有金属，由于物理、化学性质很相似，很难用一般方法把它们单独分离、冶炼出来，所以大规模地生产和应用都比较晚，因而人们又称它们为新金属。

稀有金属指的就是那些在自然界中分布分散，难于从原料中提取出来的金属。

稀有金属的发展与新技术的突破是密切相关的，重大新技术的发展都要靠稀有金属帮忙。例如，原子能技术需要铀、钍、钷等；空间技术需要钛、铍等；电子技术需要锗、钽、镓等。

别看当前稀有金属的产量少，种类可多呢，所以我们说，这是一个五光十色的稀有金属世界！

根据不同的物理性质、化学性质和生产冶炼方法，根据在地壳里的分布状况共生关系，人们把稀有金属分成五类。

第一类是稀有轻金属。稀有轻金属的主要特点就是比重小、份量轻。比如，锂的比重只有 0.534克/厘米^3 ，是自然界里最轻的金属。如果我们用锂做一架小型飞机，这飞机只要两个人就能抬得动。另外，还有几个成员，铍、铍、铍等等，“体重”也很轻，其中比重最大的是铍，也只有 1.90克/厘米^3 。如果拿一块铍与同体积的铁比较，那么，它的重量只有铁的四分之一。

稀有轻金属的另一个特点是非常活泼，在自然界里总爱跟氧、碳、硫等元素结合在一起，生成化学性质非常稳定的化合物，要把它们单独提炼出来并且获得纯度很高的金属，很不容易。

第二类是稀有高熔点金属，或者叫稀有难熔金属。这类稀有金属的主要特点是，“性格顽强”，熔点很高。就拿钨来说吧，它的熔点高达 3410°C ，比自然界里哪一种金属元素的熔点都要高。另外，还有钼、铌、钽、锆、铪、钒、铼等等，一个个都可以说是不怕火炼的“硬汉”，其中最容易熔化的是钛了，可它的熔点还在 1660°C 。比所谓“真金不怕火炼”的黄金的熔点还要高 600°C 。

具有很高的硬度和很强的抗腐蚀能力，是稀有高熔点金属的第二个特点。稀有高熔点金属跟碳、氮、硼、硅等元素相结合，能够生成非常坚硬、非常难熔的化合物，被称为金属材料中的“硬度之王”。

第三类是稀有分散金属，简称稀散金属。稀散金属有镓、铟、铊、锗等。“稀散金属”这个名称的来历，主要是由于它们比一般稀有金属的分布更为分散，在自然界里找不到它们的单独矿物。它们是以次要成分与其他有色金属，象铜、铅、锌等共生。目前只是在冶炼这些有色金属的时候才能提炼回收或者从冶金、化工生产的某些废料里去提取。

另外，除了铊以外，稀散金属的某些化合物或者它们本身都是一些典型的半导体材料。

第四类是稀土金属，可称为稀土元素。稀土元素的成员总共有17个。它们是：钪、钇、镧、铈、镨、钕、钐、铕、钆、铽、镱、铈、钐、铕、钆、铽、镱、铈、钐、铕、钆、铽、镱，被人们称做“稀土”。

17 姊妹”。它们长得非常相象，也就是它们的物理性质、化学性质非常相似，并且总爱生活在一起，难分难离，于是分离提纯它们就成为在生产工艺中的老大难问题。尽管现在技术上已经解决了这个难题，但是直到目前，不少稀土金属还是作为“混合金属”进行生产和应用的。

第五类是稀有天然放射性金属。大家知道，凡是能够自动地放出一种看不见的射线的性质，叫做放射性，而一切具有放射性的金属就叫做放射性金属。象镭、铀、钍这些稀有金属都属于这一类。

随着工业生产和科学技术的迅速发展，稀有金属的应用越来越广泛，冶炼难关将会一个一个地被突破，生产成本将会不断降低，产量将会急速增长，使不少稀有金属变成常见的普通金属已为期不远了。

未来能源——金属锂

储 慰 农

如果有人说，一大块金属可以用刀片轻轻地切开，我们也许不相信。可是确实有这样的金属，锂就是其中的一种。它在元素周期表中占第三位，仅次于氢和氦。

锂是金属中最轻的一种，表面呈现银白色。一碰到空气，它会迅速氧化变暗。碰到水，它会迅速化合，放出氢气，而同时燃烧。所以，锂必须储存在液体石蜡或煤油中。锂这种金属，究竟有什么用途呢？1817年就发现了锂，距今已有162年的历史，可是，长期以来，没有引起人们足够的重视。一直到二十世纪四十年代，随着大工业和科学技术的迅速发展，人们才发现锂具有很多难能可贵的性能和广泛的用途。

我们说锂是金属中最轻的一种，那么，到底轻到什么程度呢？大家知道，水的比重是1，而锂的比重却只有0.53左右，也就是说，它几乎比水轻一半。在金属当中，铝的重量轻是有名的，可你知道吗，锂的重量只有铝的五分之一。所以，有人形象地说，用锂做一架飞机，两个人就可以抬走。

锂的最宝贵之处，正是在于它的重量极轻，应当首先根据这一特点来考虑它的用途。但是，由于锂的抗大气腐蚀能力差，强度低，所以一般都是把它加到其它金属象铝、镁、铍当中，制成新的合金来使用。这种合金既保留了锂的重量轻

的优点，又可以弥补锂强度低的缺点。例如一种含锂13%的镁-锂合金，它的比重只有1.35，比铝合金轻二分之一。用这种合金做人造卫星、火箭、导弹的材料，可以大大减轻重量，每减少一公斤重量，就可以节省价值几万元的发射推进燃料。锂本身又轻又软，可是用锂作成的铝-锂合金，却可以用来作承受高压的载重汽车零件，还可以用来制作超音速飞机的机翼蒙皮和坦克的车身等等。

前面说过，锂这种元素很活泼，很容易和其它物质发生化学反应。这就使得它在冶金工业中有很大的用途。例如要除掉金属中的杂质，可以把锂加到熔化了的金属当中，它就能和金属里的杂质象氢、氧、氮、硫等元素发生作用，生成熔点低、密度小的化合物，浮在金属的表面，很容易除掉杂质。所以，在金属冶炼中，一般只要加进万分之一到万分之三的锂，就可以收到良好的提纯效果。

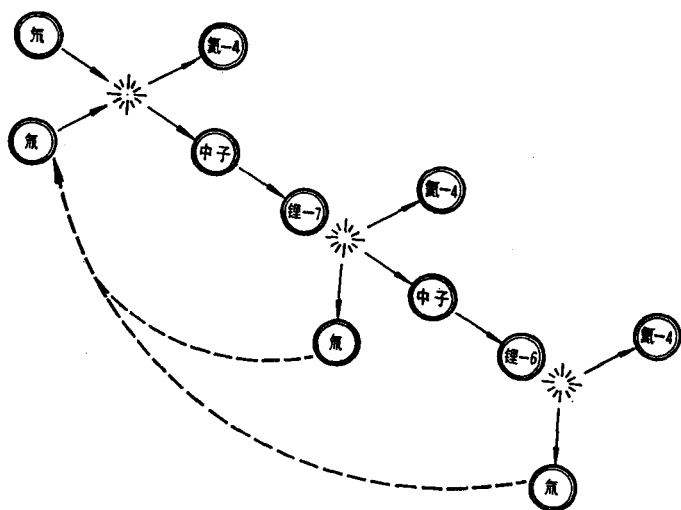
锂还是生产多效能润滑脂的好材料。我们知道，机器在运转的时候，需要经常添加润滑油，使机器运转灵活，减轻机器零件的磨损。可是一般润滑脂在高温、低温或者受水浸的情况下，都会失去润滑的作用。加有氢氧化锂的润滑脂，却能经受住零下50℃的低温和160℃的高温。如水稍稍的浸入，也不会影响润滑性能。另外，黑白电视机的荧光屏当中也含有锂，因为那是锂玻璃做的。在医疗卫生方面，锂的化合物可以治疗多种疾病，例如用碳酸锂治疗躁狂病和躁郁症等精神病，就是当前世界上很多国家广泛采用的一种治疗方法。

关于锂的用途，我们还可以举出很多。不过，锂的最大用途，还是它在未来能源中的重要作用。

一般天然锂中都含有两个同位素。一个叫锂-6，另一个

叫锂-7。它们都很容易被能量大的中子轰击而产生“裂变”。在裂变过程中，锂的这两种同位素都能产生另一种物质叫氘。人们把氘化锂放进原子弹中，在铀裂变的原子弹爆炸高温的作用下，同时产生氘-氘的热核聚变反应，并且释放出来巨大的能量。这就是大家所知道的氢弹爆炸。氘化锂就是氢弹爆炸的炸药。

氢弹爆炸的能量是以瞬间爆炸的形式释放出来的，怎么样把这种巨大的能量有控制的释放出来，加以和平利用呢？科学家们对这个问题进行了广泛而深入的研究。受控热核反应堆的出现，就是这一研究的成果。预计到本世纪九十年代，它就将为人类提供电力了。受控热核聚变反应堆就是以氘和



锂作为燃料的。人们把金属锂或锂的化合物放在聚变反应堆堆芯的周围，由堆芯聚变反应产生的强中子流，撞击锂-7原子，产生一个氦-4和中子，这个中子再与锂-6进行核反应，产生一个氦和氦-4，并放出大量的能量。携带大量热能和氦的金属锂，经过热交换产生电力，而氦重新注入堆芯。一般氦-氦聚变反应堆中的燃料循环见示意图：

有人估计1公斤锂具有的能量，大约相当于两万吨煤炭，比铀-235裂变产生的能量还要大8倍。实际上，锂在热核聚变反应堆中“燃烧”的时候，如果把热-电转换效率也估计进去，1公斤锂至少也要发出340万度的电力。一座100万千瓦的发电站，一年也不过消耗5吨天然锂。由于燃料消耗少，所以聚变反应堆发电的燃料费用，还不到总成本的1%。

锂不仅在热核反应中能放出巨大的能量，在普通的化学反应中放出的能量也是很大的。因此锂也是一个重要的化学能源。在我们日常生活中，常常见到各种形式的干电池和蓄电池。用锂作电池的负极，1克锂理论上就可以放出3.86安时的电力，是所有电极材料中最大的。锂的电负性也最强，因而锂电池的放电电压一般都很高。还有，因为锂的化学活性大，锂电池的充、放电速度很快，放电效率也高。此外，锂电池还能在低温或高温下工作。

由于锂电池的这些优点，因而锂电池成了车辆电力推进最有希望的电池之一。实现车辆电力推进，不仅可以节省汽油，防止环境污染，而且可以节省行车费用。

蓄电池用来平衡电力供应中的高峰负荷，也有很重要的意义。比如，在平时把闲散的电力用蓄电池贮存起来，短期高峰供电的时候，再放电送入电网，这样既可以节省备用电

站的建设资金，又可以降低输电损失。还有象风能、太阳能以及潮汐能的利用，也需要中间把能量贮存起来，蓄电池贮能就是其中的方法之一，这些都得上高能量的锂电池。

人造卫星、宇宙飞船、导弹等都需要用强大的火箭来发射。要想把火箭作得轻巧，射程又远，就需要使用高能量的燃料。金属锂或者锂的合金，就是一种理想的高能燃料。比如，1克锂和元素氟作用所放出的热量，是1克铝和氟作用的1.7倍还多。因此，用锂作燃料的火箭，比用铝就轻巧得多。如果使用同样重量的燃料，用锂做的火箭，射程就更远。

另外，氢能的利用，也正在受到人们的重视。氢来源于水，资源是无穷无尽的。氢燃烧的产物是水，因此氢也是一种干净的能源。但是，由于氢是气体，贮存、使用都不方便，现在的办法，是把氢气冷冻压缩成液体氢以后，再使用。但是，最理想的办法是把氢吸收在一些化合物里，使用的时候，再放出来。在这些化合物中，硼氢化锂 (LiBH_4) 就是一种很好的贮氢材料。采用硼氢化锂储存氢，具有储氢量大，稳定性好，容易保存，操作方便等优点。

从以上的介绍，我们可以看出，锂在未来能源中的用途十分广泛，需要量也很大。那么，地球上锂的资源能不能满足这一巨大的需要呢？

一般来说，锂在地壳中的含量是丰富的。自然界大多数岩石中都含有微量锂，而且常见于天然卤水、矿泉水、油井水以及地热水当中。根据地质学家估计，锂在地壳中的含量占第27位，超过铅、银、金。但是，锂在自然界的分布很分散，富集而具有工业价值的矿石并不多。当前，锂主要由锂辉石、锂云母这些矿石来提取。但是，仅仅依靠锂矿石和大