

冶金工业部有色金属生产技术司 編

稀有金属 常识

冶金工业出版社

3581

稀有金屬常識

冶金工業部有色金屬生產技術司 編

編輯：曹桂芝

設計：周廣 朱駿英

校對：楊繼學

1959年1月第一版

1959年1月北京第一次印刷 15,000 冊

787×1092·1/32·64,000 字·印張2 $\frac{28}{32}$ ·定價 0.26元

冶金工業出版社印刷廠印 新華書店發行 統一書號15062·1400

冶金工業出版社出版（地址：北京市燈市口甲45號）

北京市書刊出版業營業許可証出字第093號

出版者的話

在全党全民大办冶金工业的高潮中，广大群众对冶金工业常識讀物的需要十分迫切。这本小册子就是为了滿足广大讀者在这方面的需要选編的常識讀物之一。

本書是以全国工业交通展览会冶金工业館的技术資料为基础整理編成的。書中介紹了有关稀有金屬工业方面的~~一般常識~~常識，包括輕稀有金屬、~~高熔点稀有金屬~~、~~稀散金屬~~、稀土金屬和有色金屬原料的綜合利用等部份，虽然內容还不够全面系統，但全書叙述比較簡易通俗，比較符合广大讀者的要求，因而我們把它做为稀有金屬方面的一般常識介紹給讀者。如发现書中有錯漏之处，~~請即指出~~批評和指正。

目 录

有色金屬工业簡介.....	1
輕稀有金屬.....	8
高熔点稀有金屬.....	22
稀散金屬.....	45
稀土金屬.....	67
有色金屬原料的綜合利用.....	77

— 2 —

关系到一个国家的工业化和人民生活水平的提高。有色金属及其合金各有许多优良的特性，例如：有些金属具有良好的铸造性能，容易铸成各种形状的铸件——可以轻至几公分，或重至十多吨（如军舰及水力涡轮机部件）者；可以加工制成不同尺寸的板、管、棒、箔、线、丝及各种型材等。由于它们的强度、硬度、耐磨蚀等优良的物理化学性质，成为各种工业良好的结构材料。纯金属铜、铝是良好导体，为电气工业主要材料；最近几年来由于稀有金属及其合金与化合物的发展，更发现了许多极宝贵的性能：例如，耐热性、抗蚀性、优良的电子性能和核子性能等，从而成为电子工业、高级合金钢工业、火箭技术及原子能工业等必不可少的原材料。随着各种工业与近代科学技术的发展，对材料性能的要求日益严格；而同时因为有色金属生产技术的提高，各种金属所具特性的逐渐发现，又进一步促进各项工业与科学技术的发展。

有色金属及其合金的品种繁多，用途非常广泛，这里不能一一列举，现在略举几个主要工业部门与有色金属的关系。

（1）电气工业（包括电机制造，电工器材，通讯器材等）。就材料需求的数量来说，是有色金属最大用户之一，电气工业需要大量的铜作为导电材料，制造导电线、导电板、发电机、电动机和变压器等。铜的导电性仅次于银，容易加工，有较高的强度（比纯铝强一倍）和良好的抗蚀性。这样，铜就成为电气工业的主要材料。铝的导电性能及强度次于铜，但由于铝的质量轻，易加工和良好的抗蚀性，各国已大量用铝来代铜作部分电气材料。铝在这方面消费量已占总消耗量百分之十五左右。电气工业也是铝的最大用户，其主要

用途是制造鉛蓄電池和鉛包電纜，仅这两項即占鉛总消耗量百分之四十。鋅广泛地用作干電池上的鋅片、電訊器材上用的鍍鋅鋼絲及鋅合金压鑄部件等。鎳用于磁鉄、電訊器材和仪表材料等。其余如鎘、鈷、錫、鉍、汞、銀、鎢、鉬，以及稀有金屬中的高純度硒、锗、硅、鋰（氫氧化鋰）、銨和稀土化合物等也是电气工业中所必需的材料。

（2）**航空工业与火箭技术**：飞机的結構几乎全部都是輕合金材料（鋁合金、鎂合金及鈦合金）制成的。就是发动机与飞机的控制部件和仪表等主要也是由高溫合金鋼及有色金屬所組成。在火箭制造方面，高溫合金居首要地位，而高溫合金就要难熔稀有金屬等作原料。

（3）**无綫电工业**：可以这样确認：无綫电工业所需要的金屬基本上都是有色金屬，例如，鋁、銅、鎳、銀、汞、鉍、銻、銨、鎢、鉬、銻、鉛、銻、鉍、鋇、鈾等都是各种电子管的結構材料以及消气剂与无綫电器材的必需材料；又如高純度锗、硅、硒、碲、銻、鉍、鉬等广泛地应用于半导体、整流器、光電池、自动控制、雷达及电视等方面。

（4）**原子能工业**：这一項新兴工业需要大量多种稀有金屬和一般的有色金屬。例如，发放热能的核子燃料是鈾、鈾及鋰；复盖核子燃料的金屬用純銻、銨、鉍、鋁、鎂合金等；作为核子反应堆的反射、控制与調节材料則需用銨、鎘、硼、鈾与稀土金屬等。

（5）**鋼鐵工业**：除了普通鋼鐵以外，一般合金鋼与高級合金鋼，以及合金鑄鉄的用途非常重要，它們是国防工业，以及机器制造、造船、航空及汽車、拖拉机等工业必要的原料。这些合金鋼，特别是高强度与高溫合金鋼都含有各种各

样的有色金属及稀有金属。例如镍、钴、铜、钨、钼、铌、硼、锆、稀土金属、锌、锡、铝、镁、钛等，都是冶炼合金钢所必不可缺的。

(6) 机械工业：整个机械工业包括机器、发动机、汽车、拖拉机、机车、船舶、工具、仪表等要消耗大量的钢铁，可是有色金属在机械工业方面也起着十分重要的作用。大部分有色金属是以合金铸件与加工品的形态使用的，最普通的如黄铜、青铜、镍铜、镍锰、锰铜、铝合金、镁合金、钛合金、铍合金、硬质合金等都广泛地应用在机械制造业中；例如各机器中的轴承套、油管、冷凝器、齿轮、转轴、船舶推进器、活塞、火星塞、弹簧，以及工具刀片等等都要使用上述各种合金。

(7) 化学工业：有色金属在这方面的用途可分为三大类：以金属形态作为化工机械的结构材料，主要是为防腐使用。所使用的金属有铅、铝、钽、锆、以及镍合金与铜合金等。以金属化合物形态作为化工原料。例如，在油漆、颜料、橡胶、制药、净化剂、脱毒剂与杀虫剂等制品中需用铅、锌、铜、钛、钨、铀、钼、钴、砷，以及各种稀有金属的化合物。3、作为化工过程中的接触剂或催化剂。例如钴、铈、铈、钨等化合物用于化工与石油合成工业中。

除了上述几种工业以外，有色金属对建筑材料（如玻璃工业、优质耐火材料、优质透光镜）、纺织机械、食品工业、民用家具等方面的应用也极广泛。单以铝来说，目前全世界用铝中有8—10%是用在一般家具方面。还有一点值得提起的，从经济价值上或国民经济收入上来说，有色金属与稀有金属的生产也具有重大的意义，因为有色金属，尤其是

稀有金屬都是十分昂貴的，所以有色金屬的發展對國家創造財富、促進貿易、積累資金各方面都起着重大的作用。

綜上所述，我們可以看到有色金屬工業在國民經濟發展中的重要地位。它是社會主義工業化的最重要原料基地之一，而對促進全人類的物質文明亦起着十分重大作用。

二、我國有色金屬工業的基本情況 與當前任務

我國有色金屬工業可以說是解放後、從無到有地建立起來的。解放以前，處於半殖民地半封建地位的舊中國是沒有什麼重工業的，而有色金屬工業基礎則更為薄弱。當時我國只能生產八種普通的有色金屬，而且量少質劣；銅的最高年產量僅有 2,000 余噸，根本談不上什麼稀有金屬的生產。所以說，我國有色金屬工業在解放前實際上等於空白。

解放後隨着新中國的誕生，在中國共產黨的英明領導下，有色金屬也同其它工業一樣地得到了新生，在國民經濟恢復時期，我們很快地把全國破爛不堪的礦山、工廠修復而投入生產；在第一個五年計劃期間我們又得到蘇聯的無私援助，順利地建立了若干新的有色金屬工業系統及新的基地，其中如鋁工業系統就是在這時期建立的。過去荒廢了數百年的鉛礦區經過重建後已大量產鉛了；最近雲南箇舊以更快更省的办法建成了粗鉛煉廠。在敵偽時期日本人不能開工的豎罐煉鋅廠，我們在短短二年中即掌握了生產，而目前進一步的改進擴大，生產技術水平已趕上國際水平。我們能生產的金屬、合金與加工品的品種大大地增加了，各種金屬產量比第

一个五年計劃初期增长了2—10倍。我們生产的銅、鋁、鉛、鋅、鎂、鎢、錫等金屬与各种加工品的質量标准也达到国际上先进水平。

最近，在鼓足干劲、力爭上游、多快好省地建設社会主义总路綫的光輝照耀下，冶金企业全体职工在采、选、炼各方面都創造了无数奇蹟，各种技术經濟指标新纪录不断涌现。例如、采矿方面有张殿云掘进小組，首創单人多机、多次循环快速凿岩法，創造了掘进工效21.15公尺的新记录，月平均采矿工效最高达466.5吨。銅鉛选矿实收率跃至95—97.7%，冶炼企业的实收率与各种指标也有显著提高。由于設備利用率的提高和操作上的改进，許多厂矿的生产能力已大大超过了設計能力。我們的技术力量也很快地壮大起来，各高等院校与中等技术学校为有色金屬工业培养了大批优秀的新生力量，現在我們已全部掌握了大、中型重、輕金屬联合企业的勘察、設計、安装与生产管理。尤其重要的是在有色金屬工业系統中已初步建立了比較强大的科学研究力量，研究人員的技术水平也大大提高，許多对国民經济具有重大意义的新技术，新产品都是經過实验研究而很快掌握投入了生产。为有色金屬工业开辟資源之門的地质勘探力量也是百倍的成长起来，在群众性的报矿、探矿运动的配合上，对我国有色金屬矿藏的发现和扩大作出了振奋人心的貢獻。这些輝煌成就奠定了今天我們高速发展有色金屬工业的良好基础，并充分說明中国共产党和毛主席的英明领导和社会主義制度的无比优越性，以及劳动人民的无穷智慧与力量。我国有色金屬工业白手起家、从无到有、从小到大地建立起来了，这些巨大的成就也是和苏联的无私援助分不开的。

應該指出：目前我国有色金屬工业比起世界上工业发达的国家来还是十分落后的，即使与国内的其他兄弟工业部門来比，也是比较薄弱的一环。无论在主要金屬的产量上，或是全部有色金屬的品种上，还远远不能满足国民經济各部門飞跃发展的需要。以銅、鋁而言，在目前全国电气化事业高速度发展中，銅、鋁已成为急迫需要的材料，我們必須想一切办法使这二种金屬的产量和钢铁产量成比例或超額地迅速增长，来适应整个国民經济大发展的要求。值此工农业生产大跃进的时代里，在全国范围内出现了伟大技术革命的高潮，有色金屬的品种和产量也将来一个史无前例的飞跃，在短短几年的时间內，走完資本主义国家近百年的道路。

在总路綫光輝照耀下，全国人民干劲冲天，彻底破除了冶金技术神秘观点，坚决贯彻执行全党全民办工业的方針，使中央工业与地方工业并举、大型企业和中小型企业并举、土洋并举，坚定地走群众路綫，讓有色金屬工业迅速发展、全国开遍有色金屬之花。

我們幅員辽阔，各种有色金屬矿藏的品种齐全面儲量丰富，我国的銅、鉛、鋅等重要金屬矿几乎遍布全国。几个月来，广大群众在党的正确领导下向有色金屬大进軍的实践中，更証明了这一点。

为了使有色金屬工业运动順利的发展，我們必須經常总结群众創造的經驗，及时交流推广，要积极組織力量、創造条件来解决各地所遇到的困难，进一步提倡敢想敢干的共产主义风格，切实做好协作、配合工作。在技术上要尽可能地簡化探、采、选、炼的设备，鼓励职工創造更多更好的采、选、炼的方法，爭取条件逐步地从小到大、从土到洋，使我国有色金屬工业能更好更迅速地发展起来。

輕稀有金屬

一、緒 言

稀有金屬在元素周期表中占的比重很大，在所有已知的元素中，有一半以上的元素屬於稀有金屬的範疇，為了便於研究稀有金屬，一般都是根據各種稀有金屬的某些共同特點（如生產流程、原料的共生關係，金屬的物理和化學性質等等）劃分為以下幾類（1）輕稀有金屬（2）高熔點稀有金屬（3）稀散金屬（4）稀土金屬（5）放射性稀有金屬。其中輕稀有金屬包括銣、鉍、鉍、銣等4種，為什麼要將這4種金屬劃分成一類呢？為什麼要稱為輕稀有金屬呢？其主要原因是因為它們具有以下一些共同的特點：

（1）比重小，銣的比重僅0.57，是金屬中的最輕的一個，假使我們能夠用銣做成一架飛機，只要兩個人就能將它抬起，在輕稀有金屬中比重最大的鉍，也不過1.87，大約僅僅是銅比重的 $\frac{1}{4}$ 。

（2）均位於周期表的Ⅰ族或Ⅱ族內，原子結構中的最外電子層均為1個或2個電子，因此這些金屬的化學活性很強。

銣、鉍、鉍、銣雖然在十八世紀或十九世紀才開始發現，二十世紀才在工業上開始應用，但是由於具有很多其他金屬不具備的特殊優良性能，因而使它在工業上的應用日漸增加，茲將銣、鉍、銣、鉍的發展歷史簡述如下：

銣 銣是1817年在鐵長石礦物中發現的，1818年首次用氧化銣制得金屬銣。而大量煉銣僅在1854年第一次世界大戰時才開始，當時德國用金屬銣的主要目的是製造硬鉛合

金和高强度的鋁合金。在第二次世界大战时美国在鋰及鋰化合物的产量方面增加較快，主要用于吸收二氧化碳气体，发生氢气，有机合成以及制造合金等方面。

铍 铍是1791年在綠柱石矿物中发现的，一直到1827年才用金屬鈣还原氧化铍的方法制得純度不高的金屬铍，在二十世紀二十年代末，即第一次获得金屬铍試驗后的100年，工业上才首次尝试用熔盐电解的方法制取金屬铍。金屬铍工业生产这样迟的主要原因是铍的制造方法比較困难，而且铍的实际应用也未发现。目前，大家都知道铍在工业上具有很重要的用途，因此铍的化学和冶金問題成了很多科学研究和工业部門注意的中心。

銣和銣 銣和銣是分別在1861年和1860年发现的。从发现到现在已将近有100年之久，在这100年之中，虽然我們对銣、銣及其化合物的化学性質有了一些了解，对它們作出了綜合性的結論，并詳細敘述了它們的許多化合物，但是在过去很长一段时間內，对銣和銣的应用范围仍未大量发现，因此它們不像其他稀有金屬那样引起人們的兴趣。在第一次世界大战前仅有德国生产銣和銣的化合物。当时銣試剂的产量約數十公斤，銣試制的产量約数公斤。此后，銣和銣的化合物的生产在美国得到显著的发展，在欧洲的許多国家中也有不少的小規模生产企业。目前已穩固地确立了銣和銣在工业上及医学上的用途，人們对这两种金屬也日益重視起来。

虽然輕稀有金屬的发现和工业上的应用都比較迟，但是近年来它已变成国民經济各部門，特別是“尖端技术”不可缺少的一部份。銣和銣是自动化过程中光电管的最重要材料；鋰盐不仅可做軍用的硷性蓄電池，而金屬鋰在原子能的热核

子反应器中是氘的唯一来源；铍不仅可以做铍青铜（用于飞机及其他高级仪表中），在原子能工业中亦有其重要用途。轻稀有金属的国际价格很高，纯金属铍1951年时每公斤售价4500美元，金属钼每公斤5000美元，美国1955年的金属铍售价每公斤220美元，金属锂每公斤24~31美元；而美国在1950年的金属铍售价是每公斤143~185美元，价格上涨的原因是金属铍的用途不断扩大，和美帝扩军备战的后果。因此说发展轻稀有金属不仅能为国家积累大量财富，而且对于我国的社会主义的建设，特别是“尖端技术”的发展提供必要的物质基础。解放后党和政府对稀有金属的发展非常重视，我们在党和政府的正确领导下和在苏联的无私帮助下，找到了大量的轻稀有金属资源，不仅发现了大量的锂辉石，锂云母、绿柱石，而且发现了世界少有的铍榴石，为我国发展轻稀有金属提供了有力的保证。不久以前党中央又提出了在第二个五年计划内要攻占全部有色金属堡垒，最近在建设社会主义总路线的照耀下，6亿人民的干劲冲天，我们相信在党的正确领导下，在伟大的苏联帮助下我国轻稀有金属一定能在很短的时间内赶上任何资本主义国家。

二、主要用途

锂 锂在冶金中的应用是它的主要用途之一。由于锂很容易与氧、氮、硫及其他杂质化合，因此可做有色金属与合金的脱氧剂及脱气剂。合金中加入了锂可消除金属的疏松性、气泡及其他缺陷，从而改进金属的各种机械性质。例如铜基合金、锌基合金、铅基合金、锡基合金、铝基合金、镁基合金中加

入了鋰可以除去氫、氮、氧化物及硫化物，純銅中加入鋰可使組織致密，並提高其導電率，生鐵中加入金屬鋰可清除氣態雜質，提高液體流動性及促使石墨顆粒分布均勻；為了達到上述目的通常是利用含鋰2~10%的中間合金、鋰鈣合金(50~70%Ca)而加入的。鋰在冶金工業上除了用作脫氣劑之外，也可做為合金成份而大大改善合金的性能。鋰加入耐磨合金中能與許多金屬生成熔點較高的固溶體，經過適當的熱處理後，這些固溶體就呈極細的顆粒狀塞滿了合金的滑動表面，從而提高了合金的硬度、抗磨性和耐熱性；含鋰0.045%的鉛鋰合金具有特別高的抗磨性。此外含鋰的鋁、鎂、鈹等輕合金具有很多優良的機械性能，例如著名的斯克列朗（Склерон），它的抗張力可達40~50公斤/毫米²，伸長率為10~15%；再如含鋰5%的鋰鎂合金有相當高的耐蝕性。

氣態鋰在鋼及有色金屬的熱處理上和粉末冶金里的燒結過程中可做還原氣氛及保護氣氛。金屬鋰也可用於電燈和真空設備中，以除去微量氣體；特別是高純度鋰是原子能熱核子反應堆中不可缺少的材料。

氫氧化鋰溶液可作為鹼性蓄電池電解液的添加劑，目前已被廣泛的採用，是鋰鹽的另一個主要用途。其優點是加入了氫氧化鋰以後能夠增加蓄電池的容量，如在1升水中加入5克氫氧化鋰，能使蓄電池的容量增加10%；如加入20克則能增加蓄電池的容量18%。

氯化鋰具有高度的吸濕性能，在溫度變化時有吸收水或放出水的 ability，所以可用於空氣調節裝置中。

氧化鋰、碳酸鋰及其他鋰化合物在玻璃和陶器工業中用以降低熱膨脹系數和提高強度等。

鋰能与氢化合生成海绵状的固体物质——氢化鋰，2公斤氢化鋰在120大气压下分解时可放出5664立升的氢气，因此可作为野外制取氢气的原料。此外，鋰的化合物可用于医疗和高级润滑油工业中。鉴于鋰的用途这样重要，所以世界各国产量增加十分迅速，我国具有丰富的鋰的资源，鋰及鋰盐在我国的发展前途是无限的。

铍 铍的主要用途是制造各种合金，尤其是铍铜合金，铜中加入铍能够提高铜的硬度，抗拉强度和疲劳强度；特别是铍铜合金具有时效硬化的性能，含铍2.5%左右的铍青铜经过淬火时效后的硬度可高到400公斤/毫米²，抗张力可提高到120~130公斤/毫米²。由于铍青铜的机械性能非常优良，广泛地被用于制造各种重要的零件，如弹簧，气阀座，万能接点，电话设备零件，钟表机构等等。此外由于铍铜合金受冲击时不发生火花，可制造操作时不能发火花的工具。铍青铜若加入少许铁、镍等金属，不仅能使铍的用量减少，而更能改善铍青铜的机械性能。

铍镍合金的疲劳强度、可塑性及抗蚀性很大，因此在重负荷、高压、特别是高温下工作极为相宜。

铬镍铜中加入铍后，除具有高的硬度，成为足够韧性和抗蚀性的合金外，并具有高度抗热性。

近来铜的镀铍很为盛行，镀铍的铜具有高度抗热性、抗蚀性，并具有很高的硬度。

此外铍也可加入铝及镁中，从而大大地改善合金的性质。

纯金属铍性脆、可塑性差，而且易于氧化，很难进行加工，因此纯铍仅仅少量地用于特殊的情况下，如用做X光管

的透光口（铍所能透过的X光为一般铝的17倍）等。

氧化铍的化学性能稳定，熔点高，因而可作耐火材料或加入其他高熔点氧化物制成的耐火材料中；此外氧化铍还可作为许多化学反应中的催化剂。

随着和平利用原子能工业的发展，高纯度的铍及氧化铍在原子能工业中占有极重要的地位。

鉴于铍的用途十分广泛，特别是铍青铜在仪表工业上的应用，第一个五年计划期间各使用部门已提出了迫切的要求，尤其是在党提出“使我国工业在十五年或更短的时间内在钢铁和其他主要工业产品的产量方面赶上和超过英国”的今天，我们相信铍的生产在第二个五年计划期间，一定有很大的发展。

铯和铷 它们都具有感光性，只要光线射在铯片上，铯在光的作用下就会有电流产生，远在1838年，卓越的俄国物理学家即已发现了此种光电效应。因此铯和铷是光电管中最重要稀有金属，最灵敏的铯光电管大大地超过了硒光电管，在真空光电管中目前最广泛应用的是氧银铯阴极及铯铷阴极，它们是许多自动化设备所不可缺少的部份。例如，马丁燃料供应的自动控制、容器中液体水平面的调整、锻压生产中的温度和厚度控制等都需要它。此外，光电管还可用于电影、电视、通讯设备及定量分析等方面，在安全技术中光电管亦有其重要用途。

铯和铷还可应用于X射线技术中，例如为了增加屏上X射线对ZnS的吸附作用而应用20%卤化物的附加剂。

此外，铯和铯合金在制造真空管时可做吸气剂，铯的化合物在医学上可以医治休克病、白喉病，铯的曙红盐在医学