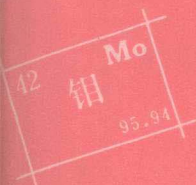
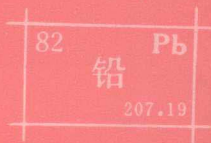
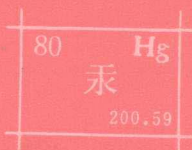
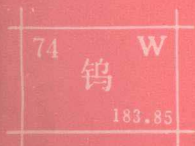


# 十种常用有色金属

## 钨与钼



冶金工业出版社



TF 88

15.11.7622

4

4-2

十种常用有色金属

钨 与 钼

(修 订 本)

《冶金常识》编写组 编

1981

**十种常用有色金属**

**手册**

(修订本)

**《冶金常识》编写组 编**

**冶金工业出版社出版**

**新华书店北京发行所发行**

**冶金工业出版社印刷厂印刷**

**开本小32 印张2 1/8 字数41千字**

**1972年12月第一版 1974年9月第二版第二次印刷**

**印数19,601~35,700册**

**统一书号: 15062·3022 定价(科二) 0.16元**

# 毛主席语录

人民，只有人民，才是创造世界历史的动力。

人们为着要在自然界里得到自由，就要用自然科学来了解自然，克服自然和改造自然，从自然里得到自由。

无产阶级认识世界的目的，只是为了改造世界，此外再无别的目的。

中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平。

# 前 言

在毛主席的无产阶级革命路线指引下，冶金工业战线上的广大职工贯彻执行“鞍钢宪法”，开展“工业学大庆”的群众运动，形势一派大好。社会主义到处都在胜利地前进，祖国大地欣欣向荣。

为了适应冶金工业发展的需要，我们编写了《十种常用有色金属》普及性的读物，全书内容包括十种金属：铝、铜、镍、铅、锌、锡、锑、汞、钨与钼。主要介绍十种金属的生产发展概况，采矿与选矿概况，各金属的性能、用途、生产方法、生产的主要设备和主要技术经济指标等。全书分为七个分册：《有色金属的采矿与选矿》；《铝》；《铜与镍》；《钨与钼》；《铅与锌》；《锡、锑、汞》；《有色金属合金与压力加工》。供冶金工人、干部和技术人员参考。

全书从一九七二年起，已陆续出版。现在，为了满足广大读者的要求，我们对书中的内容又作了一次修改和补充，修订再版，仍按七个分册出版。

参加全书编写和协助的单位有：中南矿冶学院、长沙有色冶金设计院、北京有色冶金设计院和冶金工业部情报标准研究所等。

此分册是该书的《钨与钼》部分。

由于我们水平有限，书中可能会有不少的缺点和错误，恳切希望广大读者批评指正。

《冶金常识》编写组

一九七四年一月

# 目 录

|                        |    |
|------------------------|----|
| 钨的生产.....              | 1  |
| 一 钨的性质、用途和消费情况 .....   | 1  |
| 二 钨矿资源和生产情况 .....      | 5  |
| 三 钨的生产方法 .....         | 7  |
| (一) 三氧化钨的生产.....       | 8  |
| (二) 金属钨粉的生产.....       | 23 |
| (三) 致密钨的生产.....        | 28 |
| 四 钨冶金过程的主要技术经济指标 ..... | 32 |
| 五 国外金属钨工艺及应用动向 .....   | 33 |
| 钼的生产.....              | 35 |
| 一 钼的性质、用途和消费情况 .....   | 36 |
| 二 钼矿资源和生产情况 .....      | 40 |
| 三 钼的生产方法 .....         | 42 |
| (一) 辉钼精矿的氧化焙烧.....     | 43 |
| (二) 纯三氧化钼的生产.....      | 47 |
| (三) 金属钼粉的生产.....       | 51 |
| (四) 致密钼的生产.....        | 52 |
| 四 钼冶金过程主要技术经济指标 .....  | 57 |
| 五 国外钼冶金工艺及应用动向 .....   | 57 |

# 鎢 的 生 产

钨是常用的稀有金属，其外形似钢，钨粉呈暗灰色。

我国早在十世纪就发现了钨矿，当时称为“重石”。1783年国外有人从“重石”中用木炭还原获得了钨的颗粒，取名为钨。当时对钨的性能还没有什么认识。直到十九世纪五十年代，才发现钨对钢的性能有显著的影响。半个世纪以后，1900年在巴黎第一次世界博览会上，展出了用钨钢制的工具和车刀，引起了世界各国的注意。随着科学技术的发展，钨冶金工业便逐步地发展起来。

## 一 钨的性质、用途和消费情况

钨冶金工业之所以能迅速发展，正是因为它在今天的各个技术领域里有着广泛的用途，而钨的可贵性能则是使钨获得广泛应用的重要因素。

### (一) 钨的性质和用途

在钨的性质中，值得特别指出的是它的可贵的高温性能以及它的高硬度。

、熔点 金属钨的熔点是 $3400^{\circ}\text{C}$ 左右，比其它元素（除碳外）都高。图1是钨与铁熔点的比较。

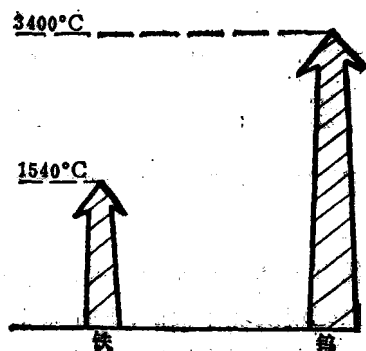


图 1 钨与铁熔点比较

**高温强度** 钨具有较好的高温强度，即在高温下仍能保持很高的强度，同时有较好的耐蚀性能。例如，在现代的火箭技术中，火箭喷出的火焰温度高达 $2700^{\circ}\text{C}$ ，因而火箭的喷嘴不仅要求能耐高温，而且要具有很好的高温强度和对燃料的耐蚀性。用钨制造的喷嘴，能满足这些要求。

**硬度** 钨的硬度比其它金属都大。尤其是钨的碳化物所具有的难熔性和高硬度的特点，为硬质合金的制造奠定了基础。

此外，钨还具有较好的导电性，以及在常温下对周围介质（如酸、硷等）的腐蚀有较强的抵抗能力。

由于钨的性质具有这些突出的优点，它已广泛地用于国民经济各部门，不论是上天的宇宙飞船，还是入地的钻探机，钨都起着很重要的作用。现把钨的主要用途归并为以下几类：

**钨钢** 在钢中加入钨，可提高钢的高温强度，因此钨在

高速钢及其他一些钢种中，都是不可缺少的元素。例如由普通碳素钢制造的车刀，其切削速度每分钟只有几米，而用含钨约8~20%的高速钢制造的车刀，其切削速度可以提高至每分钟几十米。加碳化钛的碳化钨硬质合金车刀，其切削速度则高达每分钟数百米。

含1~3%钨的钢可用于制造炮筒、枪筒等。此外，钨还是磁钢的主要成分。磁钢有很高的磁性，是通讯器材中良好的磁体材料。

**硬质合金** 利用钨的难熔化合物碳化钨所具有的高硬度、高耐磨性而制造的硬质合金，已广泛地应用在机器制造、采矿、地质钻探以及制造模具和耐磨零件等方面。与其它合金钢工具比较，硬质合金刀具其寿命可以提高5~80倍，量具可提高20~150倍，模具可提高20~200倍。由于工具寿命的大幅度提高，大大地减少了工具的消耗量，从而降低了产品成本。

此外，一种以碳化钨（或碳化钛）为基体的新型耐磨材料——钢结硬质合金，已引起国内外普遍重视。这种材料兼有硬质合金的高硬度、高耐磨性和钢的可加工性、可热处理性，是较理想的模具材料，用它制的模具使用寿命比工具钢模具要高出几十倍。

**电子工业和电气部门** 金属钨用于电子管和X射线管的各种构件。钨丝除用于制造灯泡外，还用作高温电炉的发热元件，在保护气氛下，工作温度可达3000℃左右。这种钨丝炉是科研和尖端材料生产的重要设备。钨银合金和钨铜合金是优良的电接触点材料。

**尖端技术部门** 近年来，在发展空间技术中，钨以其良

好的耐高温性能起着重要作用。例如，钨铼合金由于在高温下经长时间加热，仍具有高温强度和室温延性，引起人们的注意。在火箭发动机上，用渗银钨制造的喷嘴，能在3300°C的高温下长期使用。钨及其合金还是宇宙飞船、人造卫星等的结构元件材料。

**钨化合物的应用** 钨酸钠和钨青铜作为优质颜料，用于印刷及橡胶等部门。钨酸钠还用于纺织工业，制造防火、防水织物和作为加重剂、媒染剂等。钨酸、钨酸钠、二硫化钨等在化工部门作催化剂、接触剂等。

## (二) 钨的消费情况

随着工业和科学技术的飞速发展，钨在各个技术领域中得到了越来越广泛的应用。近年来，世界各国钨的消费量有所增长。表1列出了一些国家1968年钨精矿消费量。

一些国家1968年钨精矿消费量

表 1

(以含钨量计) (单位: 吨)

| 国 名     | 钨精矿消费量 | 国 名   | 钨精矿消费量 |
|---------|--------|-------|--------|
| 苏 联     | 6250   | 奥 地 利 | 1705   |
| 美 国     | 5409   | 阿 根 廷 | 89     |
| 加 拿 大   | 209    | 英 国   | 2500   |
| 葡 萄 牙   | 173    | 西 德   | 2273   |
| 澳 大 利 亚 | 50     | 法 国   | 1227   |
| 日 本     | 1818   | 瑞 典   | 773    |
| 波 兰     | 1455   | 荷 兰   | 182    |

表2列出了美国1970~1972年钨精矿的消费分配情况。

从表2中可以看出，美国钨主要用于制造硬质合金，其次用于合金钢、高温合金以及电器工业方面。

美国钨矿消费分配情况

表 2

(以含钨量计)

| 时 间 (年)  | 1970 | 1971 | 1972 |
|----------|------|------|------|
| 消 费 情 况  |      |      |      |
| 总消费 (吨)  | 6810 | 5020 | 5773 |
| 用途 (%) : |      |      |      |
| 碳化钨      | 50   | 53   | 57   |
| 钨 制 品    | 23   | 13   | 20   |
| 工 具 钢    | 11   | 10   | 12   |
| 耐 热 钢    | 2    | 1    | 4    |
| 非铁合金     | 1    | 2    | 3    |
| 化   工    | 1    | 2    | 1    |
| 其   他    | 12   | 19   | 3    |

## 二 钨矿资源和生产情况

钨在地壳中的平均含量为十万分之七。钨矿有原生矿床和砂矿矿床。它的特点是结成集合体并含有复杂的矿物成分。单一的钨矿石是很少的。钨矿物常和锡石、辉钼矿、黄铁矿、黄铜矿、毒砂、辉铋矿、闪锌矿、方铅矿以及其它矿物共生。在自然界中已发现有15种不同的钨矿物。但工业价值最大的是黑钨矿和白钨矿二种。

黑钨矿实际上是由钨酸铁和钨酸锰二种成分所组成。矿石呈黑色、褐色或红褐色；比重为7.1~7.9；硬度（莫氏）5~5.5；具弱磁性。

白钨矿几乎是由钨酸钙所组成，呈白色、黄色、灰色或褐色；比重5.9~6.1；硬度（莫氏）4.5~5；无磁性。

一般，开采出的钨原矿品位都很低，最富的钨矿含三氧化钨量也只有2~3%。为了提高矿石的品位，必须将原矿进行多次精选。

我国钨矿资源极为丰富，分布在中南、华北和西北等地区，主要集中在湘、粤、赣三省，其中又以南岭山脉为主。

世界钨矿资源主要集中于亚洲和太平洋沿岸国家。即我国、缅甸、朝鲜、玻利维亚、美国、澳大利亚、加拿大等。一些国家钨矿储量列于表3中。

一些国家钨矿储量情况

表 3

| 国 家      | 金 属 储 量<br>(吨) | 品 位<br>(WO <sub>3</sub> %) | 主要类型 | 备 注          |
|----------|----------------|----------------------------|------|--------------|
| 美 国      | 61,725         | 0.3~1.0                    | 白钨矿  | 据1966年《矿产资源》 |
| 澳 大 利 亚  | 17,237~18,144  | 0.5                        | 白钨矿  |              |
| 玻 利 维 亚  | 37,649         | 2.0                        | 黑钨矿  |              |
| 加 拿 大    | 13,608         | 1.5~5.0                    | 白钨矿  |              |
| 葡 萄 牙    | 13,381         | 0.4~1.2                    | 黑钨矿  | 据1966年《矿产资源》 |
| 其他资本主义国家 | 75,538         |                            |      | 据1966年《矿产资源》 |

主要资料来源：1969年3月美国《工程与采矿杂志》。

世界钨矿生产自二十世纪初才逐渐发展起来。在1914年以前，世界钨精矿的产量每年仅数千吨。当时主要生产国家是：澳大利亚、美国、葡萄牙、缅甸、阿根廷等。1914年我国生产少量钨精矿，但至1918年产量即达10500吨，占当年世界产量32,000吨的33%以上，从此我国钨精矿产量常居世界第一位。世界上产钨国家虽然相当多，但产量主要集中在我国、缅甸、朝鲜、玻利维亚、美国、苏联、葡萄牙、澳大利亚等国。英国、法国、日本等国钨精矿产量都很少。

表 4 列出了一些国家1965~1970年钨精矿产量。

一些国家钨精矿产量  
(按60% WO<sub>3</sub>计) (单位: 吨) 表 4

| 时间 (年) |       | 1965  | 1966  | 1967  | 1968  | 1969  | 1970  |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 国      | 家     |       |       |       |       |       |       |
| 澳      | 大 利 亚 | 948   | 1,053 | 963   | 1,148 | 1,203 | 1,473 |
| 玻      | 利 维 亚 | 867   | 1,252 | 1,585 | 1,815 | 1,838 | 2,025 |
| 葡      | 萄 牙   | 782   | 951   | 1,096 | 1,296 | 1,362 | 1,308 |
| 西      | 班 牙   | 22    | 48    | 75    | 111   | 190   |       |
| 扎      | 伊 尔   | 102   | 90    | 53    | 39    | 65    |       |
| 緬      | 甸     | 159   | 109   | 153   | 139   | 113   |       |
| 泰      | 国     | 263   | 268   | 434   | 449   | 652   |       |
| 美      | 国     | 3,432 | 3,847 | 3,921 | 4,621 | 4,304 | 4,702 |
| 苏      | 联     | 5,715 | 5,897 | 6,169 | 6,169 | 6,492 |       |
| 加      | 拿 大   |       |       |       | 1,296 | 1,589 |       |

### 三 钨的生产方法

钨冶金过程的主要任务, 是以钨精矿为基本原料, 通过各种方法, 生产出纯钨粉、钨条、钨丝和钨錠来, 而其中又以前两者为主要任务。从上面介绍的已经知道, 钨精矿是复杂的原料, 而对钨产品要求则是相当纯的。这就要不断地除去各种杂质, 而达到最终得到纯钨的目的。

那么, 钨冶炼能不能象炼铁、炼铝那样, 把钨精矿直接冶炼成金属錠, 而使绝大部分杂质分离除去呢? 回答是, 现代钨冶金工业技术水平还达不到这样要求 (即使技术上能达到要求, 也是很很不经济的), 因为钨熔点高, 在高温下又容易和别的物质化合, 难以一步就得到纯钨錠。因此, 钨冶金

的特点之一，就是其冶金过程的多阶段性。

现代工业生产上，一般都是第一阶段生产纯钨化合物，主要是生产三氧化钨（化学符号为  $\text{WO}_3$ ）；第二阶段是用三氧化钨（或其它钨化合物），通过还原反应生产钨粉；第三阶段是用钨粉生产钨条、钨丝、钨锭等。本书就分三个阶段介绍钨的冶金生产过程。

### （一）三氧化钨的生产

目前工业上广泛采用生产三氧化钨的方法有碱法和酸法两种。生产实践证明，对黑钨矿宜采用碱法生产，而对白钨矿则采用酸法或碱法生产。

#### 1. 碱法生产三氧化钨

图2是碱法处理黑钨精矿生产三氧化钨的工艺流程图解。

图中表示，精矿处理的头一工序是精矿分解。黑钨精矿的工业分解方法一般为两种：苏打（碳酸钠， $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ）烧结分解法和苛性钠（即氢氧化钠， $\text{NaOH}$ ）溶液分解法。苏打和苛性钠都是常用的两种碱，故此两种分解法被称为碱分解法。采用这两种方法首先是通过不同的工艺制得钨酸钠溶液，其后是粗钨酸钠溶液净化工序、制取钨酸工序、钨酸焙解工序。至于为什么需要这些工序，我们将在下面加以阐明。

#### （1）精矿的分解

黑钨精矿中钨是与铁（Fe）和锰（Mn）化合成钨酸铁（ $\text{FeWO}_4$ ）和钨酸锰（ $\text{MnWO}_4$ ）。按部标准，黑钨精矿含  $\text{WO}_3$  在65%以上，最大量的杂质是铁和锰。精矿分解工序主要就是为了除去铁和锰。由于铁和锰是与钨成化合物状态

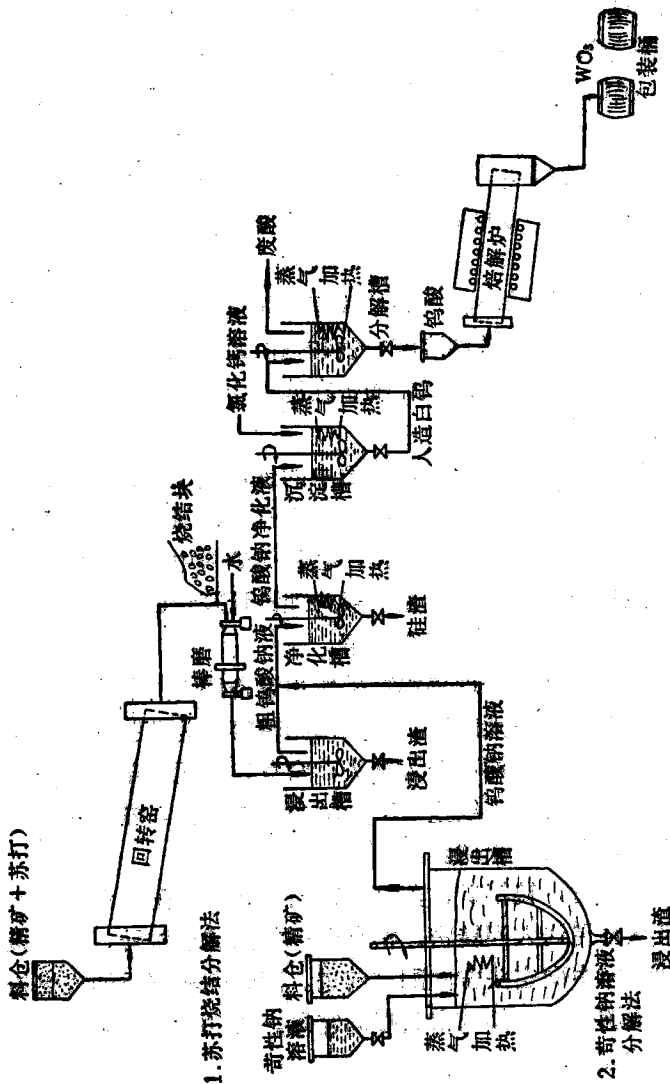


图 2 碱法处理黑钨精矿生产三氧化钨工艺流程图解

存在的，要除去它们，就得拆散这个化合物，故这一工序叫做精矿分解工序。

黑钨精矿的分解，国内外工业上广泛应用的是苏打烧结法和苛性钠溶液分解法。

**苏打烧结法** 苏打烧结法的基本原理是：苏打与磨细的黑钨矿在 $800\sim 900^{\circ}\text{C}$ 温度下相互作用，生成钨酸钠和铁、锰的氧化物。

产物呈烧结块状。烧结块用水浸洗，烧结块中的钨酸钠溶于水而得到钨酸钠溶液；铁和锰的氧化物不溶于水，经过过滤，就使铁和锰的氧化物留在滤渣中，从而达到了除去铁和锰的目的。

在烧结反应过程中，矿石中的铁锰之所以能变成高价氧化铁和氧化锰，是由于在高温下空气中的氧的氧化作用。生产中为了增强这种氧化作用，往往向炉料中加入少量的硝石。生产中苏打的加入量一般为理论计算量的 $115\sim 150\%$ ，目的是为了保证精矿完全分解。

苏打烧结法处理黑钨精矿所用设备联结图见图3。目前，生产规模较大的厂，均采用回转窑作为苏打分解设备。

回转窑的结构可分为窑头，窑身，窑尾三部分。一般回转窑的窑身与水平线呈 $1.5^{\circ}\sim 3^{\circ}$ 左右的倾角。窑壳用普通钢板焊成，内衬耐火砖。

操作时，钨精矿、苏打、硝石等按一定配比混合，经给料机从窑尾送入回转窑。窑身以一定的速度旋转，炉料也相应地在窑中向窑头方向翻滚前进。同时燃料（重油或煤粉）在窑头燃烧，火焰从窑头喷向窑尾。窑中最高温度保持在 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。

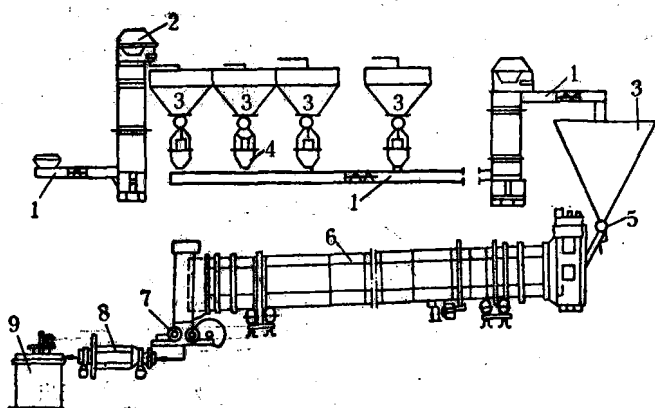


图 3 用苏打烧结法处理钨精矿的设备联结图

1—螺旋运输机；2—提升机；3—料仓；4—自动秤；5—给料机；6—回转窑；7—对辊破碎机；8—棒磨机；9—浸出槽

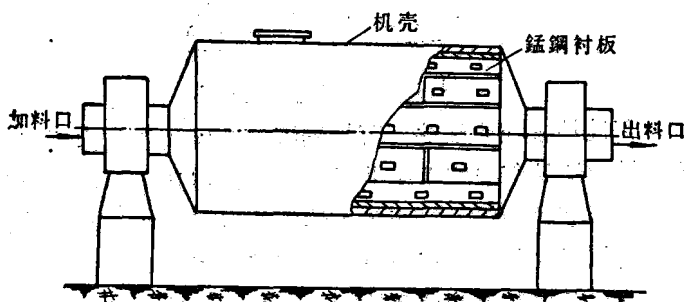


图 4 棒磨机

反应完全的烧结块由窑头下料口连续不断地流入浸出设备。反应中所产生的气体夹带着部分炉料细颗粒经窑尾排气口进入收尘系统。