

28	Ni
镍	58.71

29	Cu
铜	63.54

13	Al
铝	26.98

30	Zn
锌	65.37

十种常用有色金属

42	Mo
钼	95.94

钨 与 钼

50	Sn
锡	118.69

	Sb
	121.75

冶金工业出版社

74	W
钨	183.85

80	Hg
汞	200.59

82	Pb
铅	207.19

TF8
124
4-01

03320
A51
17
4-01

十种常用有色金属

钨 与 钼

《冶金常识》编写组 编



华工 B0007475

冶金工业出版社

十种常用有色金属

钨与钼

《冶金常識》編写組 編

十种常用有色金属
钨与钼

《冶金常識》編写組 編
(只限国内发行)

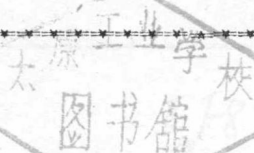
*

冶金工业出版社出版
新华书店发行
北京印刷七厂印刷

*

开本小32 印张2 1/8 字数 41 千字
1972年12月第一版 1973年2月第一次印刷
印数00,001~19,600册

統一书号: 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

在党的“九大”团结、胜利路线指引下，我国社会主义革命和社会主义建设的新高潮正在蓬勃兴起。冶金工业战线出现了新的局面，形势很好。

工业战线技术革新的群众运动，在各地迅速发展，广大工农兵群众为了在“抓革命，促生产”中作出更大的贡献，迫切需要掌握科学技术知识，对科技普及读物提出了多方面的和更高的要求。为了适应冶金工业发展的需要，我们组织编写了《十种常用有色金属》，供各级有关领导、生产工人和管理人员参考。

本书内容包括十种金属：铝、铜、镍、铅、锌、锡、锑、汞、钨与钼。主要介绍各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。全书分成七个分册：《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》。

参加本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。

由于我们学习马列主义、毛泽东思想不够，水平有限，书中可能会有不少缺点错误，恳切希望广大读者批评指正。

《冶金常识》编写组

一九七二年二月

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	8
(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 国外钨冶金工艺及应用动向	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	48
(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	58

钨 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年人们从“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°C 左右，比其它元素（除碳外）都高。图1是钨与铁熔点的比较。

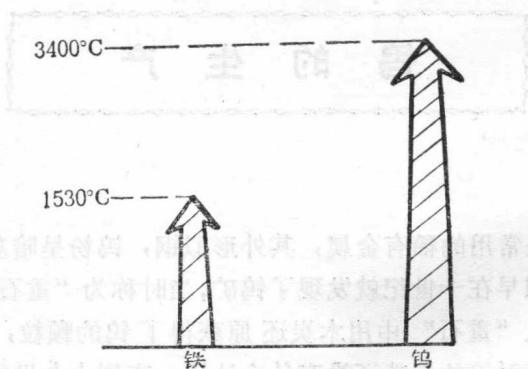


图 1 钨与铁熔点比较

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°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高。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。

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，其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，钨钨合金由于在高温

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。

国外一些国家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1969~1970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。

美国钨精矿消费分配情况

表 2

(以含钨量计)

消 費 情 况 \ 時間 (年)	1969	1970
总 消 費 (吨)	5,000	6,810
用 途 (%) :		
碳 化 钨	54	50
合 金 钢	18	11
高温合金及粉末冶金	5	14
灯 絲, 电 器	18	15
其 它	5	10

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。

白钨矿几乎是由纯的钨酸钙所组成，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。国外一些国家钨矿储量列于表3中。

国外一些国家钨矿储量情况

表 3

国 家	金 属 储 量 (吨)	品 位 ($WO_3\%$)	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、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。英国消费的钨精矿几乎全部依靠进口，主要来自葡萄牙、缅甸、澳大利亚

等；西德也是依靠进口来满足对钨精矿的消费，进口主要来自玻利维亚、葡萄牙、法国等；法国国内生产一些钨精矿，同时进口而又出口一些钨精矿，其进口来自南朝鲜、缅甸、澳大利亚、泰国等。美国虽生产一定数量的钨精矿，但不能满足其本国需要，其原料一部分靠掠夺进口。日本钨资源更为缺乏，绝大部分依靠掠夺进口。

表 4 列出了国外一些国家1965~1970年钨精矿产量。

国外一些国家钨精矿产量 表 4
(按60% WO₃计)(单位：吨)

时 間 (年) 国 家	1965	1966	1967	1968	1969	1970
澳 大 利 亚	948	1,053	963	1,148	1,203	1,473
玻 利 維 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	

国际市场上，钨精矿的价格列于表 5 中。

钨 精 矿 价 格 表 5

时 間 (年) 单 位	1966	1967	1968	1969
英磅/吨	24.49	29.3	31.3	34.2
美元/吨	41.0	48.3	45.2	49.2

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、钨丝和钨锭来，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、炼铅那样，把钨精矿直接冶炼成金属锭，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，不能一步就得到纯钨锭。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 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。

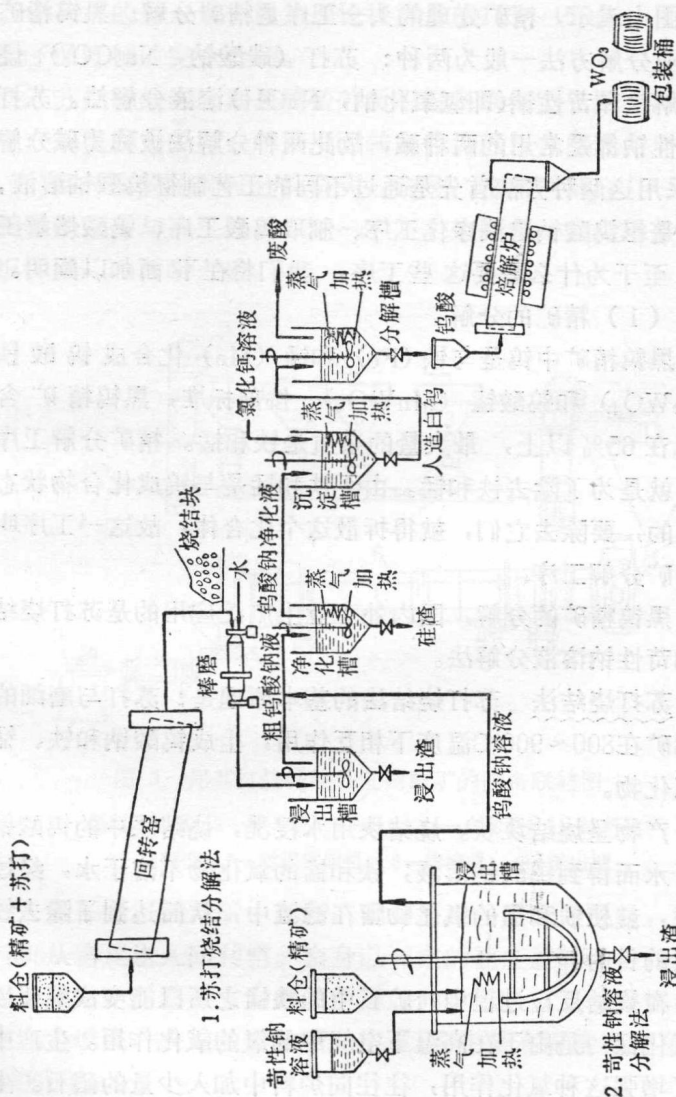


图 2 碱法处理黑钨精矿生产三氧化钨工艺流程图解

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， Na_2CO_3 ）烧结分解法和苛性钠（即氢氧化钠， 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（ FeWO_4 ）和钨酸锰（ MnWO_4 ）。按部标准，黑钨精矿含 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115~150%，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。

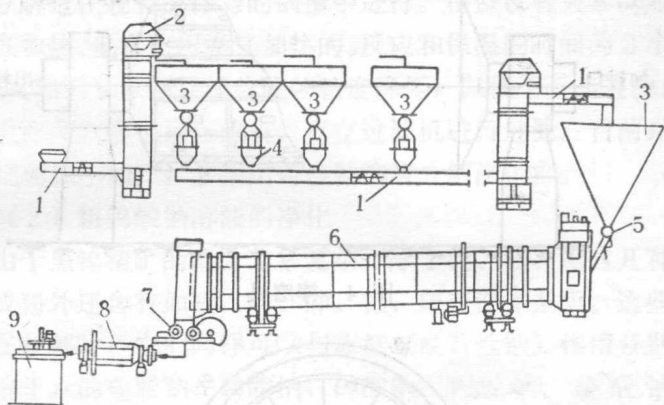


图3 用苏打烧结法处理钨精矿的设备联结图

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

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 $850\sim 900^{\circ}\text{C}$ 。