

钨、锡、汞、锑矿产地质勘查规范

附 录 G

（资料性附录）

钨、锡、汞、锑矿床勘查工程间距

表 G.1 钨、锡、汞、锑矿床勘查工程间距参考表

矿种	矿床勘查类型	勘查工程间距 m		备 注
		控 制 的		
		沿走向	沿倾向	
钨	I	坑：100～120 钻：100～200	坑：100～200 钻：80～200	
	II	坑（穿脉）：80～100 钻：80～100	坑（沿脉）：100 坑（穿脉）：80～100 钻：60	
	III	坑（沿脉或穿脉加短沿脉）：50～60 钻：50	坑（沿脉或穿脉加短沿脉）：40～50 钻：40	
锡	I	80～120	80～120	（1）似层状与脉状或管条状与脉状组合而成的矿体,应根据具体情况控制主体部分或分别布置工程； （2）管条状矿体的水平截面控制工程应在两个以上,其布置形式可采用平行穿脉或“十”字型穿脉或扇形水痘钻控制； （3）对于第Ⅱ、第Ⅲ类型的板脉状矿体，一般采用沿脉坑道为主,配合钻探或穿脉部拉短沿脉进行勘查。
	II	60～80 管条状：20～40	40～60 管条状：30～40	
	III	40～50 管条状：10～20	30～40 管条状：30～40	
汞	I	240～120	80～40	（1）汞矿多呈带状分布，含矿体长：短轴之比一般为 5：1 至 10：

	II	120~60	40	1, 宜用勘探线法布置工程, 勘探线的方向应垂直长轴;
	III	120~60	40~20	(2) 汞矿一般隐伏并具多层以性, 宜用钻探为主勘查手段; 但由于矿化的特殊复杂性, 了解含矿体的内部结构, 研究矿化富集规律等又必须用坑探, 若地形条件允许, 勘探阶段宜适当增加坑探工程量。
锑	I	坑: 80~100 钻: 80	坑: 两个中段高 钻: 60~120	(1) 缓倾斜矿床, 中段高一般为 20 m~35 m, 陡倾余矿床中段高一般为 40 m~60 m; (2) 对第III类型矿床而言, 只能“边采边探”。
	II	60~80	坑: 一至两个中段高 钻: 40~60	
	III	30~40	坑: 一个中段高 钻: 30~40	
注 1: 表中所列为详查工程间距, 勘探工程间距原则上加密 1 倍以上; 表中所列工程间距是指工程实际控制矿体的斜距; 当矿体的走向长与倾斜长有显著差别时, 表中所列工程间距要作相应调整; 划分勘查类型、选择勘查手段和确定勘查工程间距, 要充分考虑各矿床地质特征和矿体的具体地质因素, 必须从实际出发, 及时地综合研究, 合理地布置勘查工程, 不宜机械大胜或简单地以工程密度取代地质研究程度。				

附 录 H

(资料性附录)

钨、锡、汞、锑矿床主要工业类型

表 H.1 钨矿床主要工业类型简表

矿床类型	地质特征	成矿时代	矿体形态及规模	矿石类型及结构构造	主要金属矿物	矿石质量		矿床规模	类型相对重要性	矿床实例
						WO ₃ 质量分数 %	伴生组分			
矽卡岩钨矿	产于花岗岩类岩体与碳酸盐岩或火山—沉积岩系接触带及其附近	古生代至新生代, 以中生代为主	似层状、透镜状、少量脉状, 厚度数米至百余米, 走向可达 1 km~2 km, 倾向达 1 km	白钨矿矿石; 块状、角砾状、细脉状、浸染状	白钨矿, 伴生辉钼矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿、锡石及铍矿物	0.2~2.5	Mo Pb Zn Cu Bi Au Ag Sn	小、中、大型, 有时为特大型	重要	湖南瑶岗仙、大溶溪

斑岩钨矿	产于花岗石类（花岗闪长班岩、石英斑岩、花岗斑岩）岩体上部或顶部内外接触带中，具钾化、绢云母化、泥化、青磐岩化	侏罗纪为主，次为白垩纪	透镜状、带状，长宽为数百米、厚数十米	白钨矿矿石或钨矿矿石；网脉状	白钨矿或黑钨矿，伴生辉钼矿、锡石、辉钨矿、闪锌矿、黄铁矿、方铅矿、方钴矿	0.2~0.6	Cu Sn Mo Pb Zn Fe S Bi Au Ag	小、中、大型	次要	广东莲花山，江西阳储岭
云英岩钨矿	产于花岗岩类岩体上部及顶部硬砂岩、砂岩和页岩层中，花岗岩围岩中常见钾长石化和云英岩化	中生代至新生代	脉状、镶柱状、网脉矿化体，面积为几万至几十万平方米，深可达千米以上	黑钨矿矿石；块状、细脉状、浸染状	黑钨矿，伴生白钨矿、辉钼矿、锡石、辉钨矿、方铅矿、闪锌矿、黄铜矿、黄铁矿	0.2~2.0	Mo Bi Sn	小、中型	次要	江西九龙脑，湖南柿竹园
石英脉钨矿	产于花岗岩类岩体上部与围岩的内外接触带裂隙中，花岗岩具钾长石化、云英岩化，泥质岩具角岩化	中生代和新生代为主、古生代次之	脉状和脉带状，厚几厘米至几米，脉带可达几十米，走向长可达1 km~2 km，倾向达700 m，常有几至几百条平行脉	黑钨矿矿石、白钨矿矿石；块状、细脉状，时见角砾状、浸染状	黑钨矿，有时为白钨矿，伴生锡石、辉钼矿、黄铁矿、辉钨矿、钽铌矿物、方铅矿、闪锌矿、绿柱石	0.2~2.4	Sn Mo Bi Nb Ta Be	小、中、大型	重要	江西华山、浒坑
硅质岩钨矿	产于沉积及火山—沉积岩的硅质岩中，有工业意义者为变质的类似物	古生代	层状、似层状、透镜状，矿带长数百至千米，最长2 600 m，宽百余米至数百米，厚数十米至百余米	黑钨矿及白钨矿矿石；微细粒浸染状，条带状	含钨赤铁矿、钨酸铁矿（微细料）、白钨矿，伴生菱铁矿、辉钼矿	0.2~0.5	Cu Fe S Mo Au Ag Bi	小、中、大型	潜在资源为主	江西枫林，广西大明山

表 1.1 钨矿床一般工业指标参考表

项 目	要 求	备 注
边界品位（WO ₃ 质量分数）	0.064 %~0.1 %	坑采厚度<0.8 m时应考虑 米百分值计算
最低品位（WO ₃ 质量分数）	0.12 %~0.20 %	
可采厚度	≥1 m~2 m	
夹石剔除厚度	≥2 m~5 m	

表 1.2 钨矿床伴生有用组分综合评价参考表

组	w (Cu)	w (Pb)	w (Zn)	w (Sn)	w (Mo)	w (Bi)	w (Sb)	w (Co)	w (BeO)	w (Li ₂ O)
分	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
含	0.05	0.2	0.5	0.03	0.01	0.03	0.5	0.01	0.03	0.3
量										
组	w (Ta ₂ O ₅)	w (Nb ₂ O ₅)	w (Tr ₂ O ₅)	w (Ga)	w (Ge)	w (Cd)	w (In)	w (S)	w (Au)	w (Ag)
分	%	%	%	%	%	%	%	%	g / t	g / t
含	0.01	0.02	0.03	0.001	0.001	0.002	0.001	4	0.1	1
量										

I 附 录 J

(资料性附录)

钨、锡、汞、锑 (矿物、元素) 的性质和用途

及地球化学性状

J.1 钨 (矿物、元素) 的性质、用途及地球化学性状

钨金属呈银白色，质量密度大 (单晶钨为 19.3 g / cm^3)，熔点高 (3400°C)，高硬度和高强度，耐磨、耐腐蚀性强。0.002 mm 的钨丝拉伸强度为 4.50 kg / mm^2 。在高温条件下的拉张强度超过任何金属，并有良好的高温导电、导热性能，膨胀系数小。常温下钨在空气中是稳定的，在 400°C 时开始氧化，失去光泽。高于 600°C 的水蒸气使钨迅速氧化，生成 WO_3 和 WO_2 。不加热时，任何浓度的单一盐酸、硫酸、硝酸、氢氟酸以及王水对钨都不起作用。当温度升至 $80^\circ\text{C} \sim 100^\circ\text{C}$ 时，上述各种酸中除氢氟酸外，对钨发生微弱作用。在常温条件下钨可以迅速溶于氢氟酸和浓硝酸的混合液中，但在碱溶液中不起作用。在有空气存在条件下，熔融碱可以把钨氧化成钨酸盐，在有氧化剂 (NaNO_3 、 NaNO_2 、 KClO_3 、 PbO_2) 存在的情况下，生成钨

酸盐的反应更猛烈。高温下，钨与氯、溴、碘、一氧化碳、二氧化碳和硫等起反应，但不与氢反应。

金属钨是电器工业和电子工业的重要原料。

碳化钨主要用于生产硬质合金。广泛用于金属切削加工工具、矿山及地质钻头、镶片、拉伸冲压磨具、耐磨耐腐蚀零件等。

钨合金钢用于制造高速钻头、切削工具和机械中抗磨、抗打击、耐腐蚀的结构材料。

高比重钨基合金（钨、铁、镍、铜、锰制成）用于飞机的平衡系统和配重系统、仪表系统中的惯性旋转元件及陀螺仪的转子，以及医疗和化学放射性同位素（钷 60）的容器和反坦克、反潜艇的穿甲弹头。

含钨高温合金，应用于宇航业做火箭喷嘴、喷管、离子火箭发动机的热分解器；核工业用来做盛液态金属的容器、热离子交换器等。

其他还应用于颜料、油漆、橡胶、纺织、石油、化工等方面。

钨业生产主要品种有钨精矿和钨的中间制品，即钨铁、钨酸、钨酸钠、钨酸钙、三氧化钨、蓝色氧化钨、仲钨酸铵（APT）、偏钨酸铵、钨粉、钨丝、WC 粉、硬质合金、铸造碳化钨等。

钨在自然界是一种分布较广泛的元素，几乎见于各类岩石中。钨在元素周期表中属于第 6 周期第

VI_B 族，原子序数为 74，原子量为 183.85。钨在地壳中的平均含量为 1.3×10^{-6} ，在自然界主要呈六价

阳离子，其离子半径为 $0.65 \times 10^{-6} \text{m}$ ，电价高，有极强的极化能力，是亲石元素，与氧、氟、氯亲和力强，而形成络阴离子，主要形式是 $[\text{WO}_4]^{2-}$ 。它与溶液中 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Ca^{2+} 等阳离子结合形成黑钨矿或白钨矿而沉淀富集。

钨的重要矿物均为钨酸盐。在成矿过程中与 $[\text{WO}_4]^{2-}$ 络阴离子结合的阳离子仅有 Ca^{2+} 、 Fe^{2+} 、 Mn^{2+} 、 Pb^{2+} 和 Cu^{2+} 、 Zn^{2+} 、 Al^{3+} 、 Fe^{3+} 、 Y^{3+} 等，因而形成矿物有限。目前在地壳中仅发现有 20 余种钨矿物，但具有开采价值的只有黑钨矿和白钨矿。

钨在热液中的迁移形式是多样的。钨矿液进入不同围岩时，往往产生不同反应，进入硅铝质围岩时，易形成黑钨矿；而进入碳酸盐岩围岩时，易交代形成白钨矿。

在表生条件下，钨矿物较稳定，可形成砂矿。但在酸性介质条件下，含钨矿物可被分解，并以 WO_3 形式溶于地表水中，在一定条件下形成某些钨的次生矿物。有时以矿物微粒或离子形式被粘土或铁锰氧化物吸附而聚集于页岩、泥质细砂岩及铁锰矿层中。近年来在古老变质岩系中发现有层状钨矿床和钨的矿源层，说明变质作用对钨也能起富集作用。

J 附 录 K

（资料性附录）

钨、锡、汞、锑的主要矿物

表 K.1 钨的主要矿物表

汉字名称	英文名称	化学分子式	金属钨质量分数 %
黑钨矿	Wolframite	$(\text{Fe} \cdot \text{Mn})[\text{WO}_4]$	51.25
钨铁矿	Ferberite	$\text{Fe}[\text{WO}_4]$	60.53
钨锰矿	Huebnerite	MnLWO_4	60.72
白钨矿	Scheelite	$\text{Ca}[\text{WO}_4]$	63.89

钼白钨矿	Molybdoscheelite	$\text{Ca}[\text{Mo} \cdot \text{W}]_4$	47.92
铜白钨矿	Cuproscheelite	$(\text{Ca} \cdot \text{Cu})[\text{WO}_4]$	52.27
钨华	Tungstite	H_2WO_4	73.60
水钨华	Hydrotungstite	$\text{H}_2\text{WO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$	68.66
高铁钨华	Ferritungstite	$\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{WO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$	36.22
铜钨矿	Cuprotungstite	$\text{Cu}_2[\text{WO}_4](\text{OH})_2$	44.88
辉钨矿	Tungstenite	WS_2	74.19
钨铅矿	Stolzite	$\text{Pb}[\text{WO}_4]$	40.44
钼钨铅矿	Chillagite	$3\text{Pb}[\text{WO}_4] \cdot \text{Pb}[\text{MoO}_4]$	14.89
钨锌矿	Sanmartinite	$(\text{Zn} \cdot \text{Fe})[\text{WO}_4]$	49.73

（资料性附录）

钨、锡、汞、锑矿石的选冶质量、
工艺技术性能及精矿质量标准

L.1 钨、锡、汞、锑矿石的选冶质量、工艺与技术性能

L.1.1 钨矿石

钨矿的主要选矿方法有手选、重介质选、重选、浮选、磁选和电选。黑钨矿以重选为主，白钨矿以浮选为主。为提高钨精矿质量和钨的回收利用率，当前有选冶工艺联合的趋势，增加焙烧除砷和浸出水冶（回收有益组分）等冶炼手段。

钨的冶炼有火法和水法两种。黑钨精矿和白钨精矿的冶炼工艺流程不同。当矿石中既含黑钨矿又含白钨矿时，要查明其相应关系和含量比例，分别选出白钨精矿和黑钨精矿，以便分别冶炼。作为钨冶炼矿物原料的钨精矿， $w(\text{WO}_3)$ 应大于 65%，经火法冶炼成钨铁合金 [$w(\text{W}) > 70\%$ 或 $> 65\%$] 经水法冶炼成正钨酸钠、钨酸铵或钨酸钙等；

最后进一步处理成三氧化钨[w(WO₃)≥99.9%],再还原(用氢)成钨粉[w(W)≥99.9%]。

世界上长期以来开发的钨矿原料,主要是白钨矿,而我国长期以来开采利用的以石英脉型黑钨矿为主。我国的大型、超大型以白钨矿为主的多金属矿床,由于嵌布粒度细,矿石物质组分复杂,选冶的经济技术指标尚未彻底解决。为此要注意寻找黑钨矿和大颗粒的、易选的黑钨矿石。

与钨矿床伴生有益组分通常有锡、钼、铋、铜、铅、锌、铈、金、银、钴、铍、铌、钽、锂、稀土元素、硫、砷、压电水晶、焙炼水晶、萤石等,但如不能在选矿中回收,使其进入精矿,则变成有害组分。砷、硫、铜、磷会使钨钢变脆,影响制品质量;锡会降低钨钢的切削性能;水法冶炼过程中砷会使粗钨酸不易净化,钼会影响钨丝的效能和使用寿命,水冶黑钨精矿过程中钙会影响三氧化钨的浸出率而降低回收率。水冶白钨精矿过程中,锰会影响三氧化钨回收率。黑钨精矿中铈、铋、铅,白钨精矿中锌、铋、铅对于生产优质钨铁有不良影响,白钨精矿中铁,铈对生产优质钨制品也有不良影响。在勘探工作中,查明矿石中和钨矿物中有害杂质的含量及赋存状态,选择合适的选矿方法和工艺流程,尽量降低钨精矿中有害杂质的含量,以便使生产的钨精矿达到国家标准。

L