（一） 黑色金属矿产

（钢铁基本原料）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铁

一、性质和用途

铁为银灰色的金属。常见铁的化合物主要为正二价、正三价，个别为正六价，其中以正三价的化合物最稳定。铁的熔点为1535°C，沸点3000°C，单质铁是具有光泽的白色金属，有铁磁性，是最重要的基本结构材料，其化学性质为中等活泼性的金属，在高温下易和氧、硫、氯等非金属发生强烈反应，易溶于稀的无机酸溶液和浓盐酸溶液中，金属铁能被浓碱溶液侵蚀。

铁是钢铁工业的基本原料，广泛应用于国民经济的各个部门和人民日常生活的各个方面。铁矿石可冶炼成生铁、熟铁、铁合金、炭素钢、合金钢、特种钢等。纯磁铁矿还可作合成氨的催化剂。

二、主要矿物

铁在自然界中，大多呈铁的氧化物、硫化物和含铁碳酸盐及含铁硅酸盐等矿物，但在当前的技术经济条件下，具有工业利用价值的矿物主要有以下

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

几种：

磁铁矿	Fe_3O_4	含Fe 72.4%
赤铁矿	Fe_2O_3	含Fe 70.0%
镜铁矿	Fe_2O_3	含Fe 70.0%
菱铁矿	$FeCO_3$	含Fe 48.2%
褐铁矿	$Fe_2O_3 \cdot nH_2O$	含Fe 48—62.9%
针铁矿	$Fe_2O_3 \cdot H_2O$	含Fe 62.9%

三、一般工业要求

（一）炼钢用铁矿石（原称平炉富矿）

矿石类型	TFe (%)	SiO_2 (%)	S (%)	P (%)	Cu (%)	Pb、Zn、As、Sn (%)
磁铁矿石或赤铁矿石	≥56 —60	≤8 —13	≤0.1 —0.15	≤0.1 —0.15	≤0.2	均≤0.04

矿石入炉块度：

平炉一般为25—250毫米；

转炉一般为10—50毫米。

（二）炼铁用铁矿石（原称高炉富矿）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿石类型	TFe (%)	SiO_2 (%)	S (%)	P (%)	其它有害杂质 (%)
磁铁矿石、赤铁矿石	≥50		≤0.3	≤0.25	Cu≤0.1—0.2 Pb≤0.1
褐铁矿石、菱铁矿石①	≥50		≤0.3	≤0.25	Zn≤0.05—0.1 Sn≤0.08
自熔性矿石	≥40	≤10	≤0.3	≤0.25	F≤1.0 As≤0.04—0.07

注：炼铁用铁矿石入炉块度：一般为8—40毫米。

①表中所列组分的含量，是指扣除烧损折算后的含量。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

按所炼生铁品种的不同，对铁矿石含磷另有不同要求：

酸性转炉炼钢生铁：	≤0.03%
碱性平炉炼钢生铁：	0.03—0.18%
碱性侧吹转炉炼钢生铁：	0.2—0.8%
托马斯生铁：	0.8—1.2%
普通铸造生铁：	0.05—0.15%
高磷铸造生铁：	0.15—0.6%

炼铁用铁矿石及铁精矿粉按造渣组分的酸碱度可划分为：

碱性矿石 $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)>1.2$

自熔性矿石 $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)=0.8-1.2$

半自熔性矿石 $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)=0.5-0.8$

酸性矿石 $(CaO+MgO)/(SiO_2+Al_2O_3)<0.5$

属于造渣组分的还有：K_2O、Na_2O、TiO_2、BaO，由于其含量一般很低，因而计算比例时没有加入。在地质勘探阶段，对提供直接入炉使用的矿石，都要查明造渣组分含量。当矿石中MgO、Al_2O_3都很低时，可以采用CaO/SiO_2来确定酸碱度。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）需选矿石

矿石工业类型	TFe（%）	
	边界品位	工业品位
磁铁矿石	20	25
赤铁矿石	25	28—30
菱铁矿石	20	25
褐铁矿石	25	30

1．如果矿石易采、易选，经济效果好，或含有可以综合回收的伴生组分时，则全铁（TFe）品位要求还可以低些，如果矿石中硅酸铁、硫化铁、铁白云石含量较高时，其全铁（TFe）品位要求则应适当提高；

2．矿石工业类型均以铁矿石中含铁量占全铁（TFe）85%以上的某种含铁矿物来命名；

3．磁铁矿石、赤铁矿石是采用磁性铁（MFe）对全铁（TFe）的占有率进行划分，其标准为：

MFe/TFe≥85%　　磁铁矿石

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

MFe/TFe85—15%　　混合矿石

MFe/TFe≤15%　　赤铁矿石

4．如矿床中矿石物质成分比较简单，铁矿石中硅酸铁、硫化铁及铁白云石等含铁量<3%，主要铁矿物为磁铁矿、赤铁矿、褐铁矿，也可采用传统的磁性率法，即用TFe/FeO比值来划分矿石工业类型。TFe/FeO≤2.7为磁铁矿石。

由于某些矿石中的半假象赤铁矿在弱磁选时也可被选出，其TFe/FeO比值虽>2.7，磁选效果仍较好，故亦可将其划归属磁铁矿石类型之中。因此，要求在采用TFe/FeO比值划分矿石类型时，还要用磁性铁占有率方法进行检验。

对于可采厚度及夹石剔除厚度的要求，目前大、中型露天铁矿生产要求，可采厚度为2—4米，夹石剔除厚度为1—2米，甚至还要大一些；地下开采要求可采厚度为1—2米，夹石剔除厚度1米。

有害杂质会影响生铁、钢的质量或防碍生产效率。因此，对直接入炉冶炼的富矿，需限制其含量。当有害杂质超过要求时，需选矿使用或做配矿用。

二氧化硅(SiO_2)：含量高时增加渣量和粘度。SiO_2每增高1%，焦比将增加1—1.2%，产量降低1.2—1.5%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硫（S）：是钢中最有害的元素，使钢产生“热脆性”，减少钢的韧性和塑性。

磷（P）：能使钢的强度和硬度增加，在冷加工中易于断裂，称“冷脆性”。

砷（As）：能使钢产生“热脆”和“冷脆”，给轧钢生产带来困难。高炉逸出的砷蒸气污染环境。

锡（Sn）：高炉条件下易被还原。熔于钢中后，因锡熔点低，热轧时，钢材表面易产生裂纹。

铅锌（Pb、Zn）：铅的渗透能力强，对炉底有破坏作用，铅蒸气遇冷于炉衬结瘤，影响高炉冶炼的顺行，还污染环境；锌在低于400°C时冷凝堆积而成氧化锌炉瘤，还能使炉衬产生裂纹，缩短炉体寿命。

铜（Cu）：铜的有害作用是在加热中产生“热脆性”。当矿石中含铜大于0.2%时需选矿处理，综合回收。

四、矿床实例

上述一般工业指标是近几年根据矿山、冶炼方面的实际资料总结出来的，已用于新近勘探的一些铁矿区。而现在生产的老矿山仍沿用原指标，现选择一些分列如下。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（一）河北中关、西郝庄、崔石门接触交代型磁铁矿床

矿石类型	TF ≥ %）		有害杂质允许含量≤(%)			块度（毫米）
	边界品位	工业品位	S	P	SiO_2	
平炉富矿	55	58	0.15	0.15	12	≥20
高炉低硫富矿	40	45	0.3	0.2	—	—
高炉高硫富矿	40	45	>0.3	0.2	—	—
低硫自熔矿石	30	35	0.3	0.2	—	—
高硫自熔矿石	30	35	>0.3	0.2	—	—
贫矿	15	20	—	—	—	—

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：富矿、贫矿均≥0.5米

夹石剔除厚度：0.5米（有的区段为1米）

依据（$CaO+MgO$）/（$SiO_2+Al_2O_3$）的比值确定矿石类型，当比值大于1.2的为碱性矿石；比值为0.8—1.2的为自熔性矿石；比值为0.5—0.8的为半自熔性矿石。

硅酸铁大于2—3%时，要相应提高全铁要求。

（二）辽宁弓长岭变质沉积铁矿床

矿石类型	TFe≥（%）		有害杂质允许含量≤（%）			备注
	边界品位	块段平均品位	S	P	SiO_2	
平炉富矿	52	58	0.05	0.15	12	炼钢用铁矿石
高炉富矿①	40	45	0.3	0.2		
磁铁贫矿	20	28—30				
赤铁贫矿	25	29—32				

①现称炼铁用矿石，表中所列TFe品位要求是未扣除烧损的。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：富矿1米，贫矿2米

夹石剔除厚度：富矿1米，贫矿2米

（三）河北水厂受变质沉积铁矿床

矿石品级	边界品位(SFe%)	块段品位（SFe%）
原生矿（磁铁矿）	20	25
氧化矿（赤铁矿）	20	28

原生矿与氧化矿的划分标准暂采用磁性率3.5，待取得选矿试验结果后，再最后确定。

由于矿石S、P含量普遍很低，且需经选矿方能利用，所以指标中对S、P、SiO_2均未提限量要求。

最小可采厚度：2米

夹石剔除厚度：1米

（四）湖北长阳马鞍山沉积铁矿床

可采厚度：富矿≥0.7米

贫矿≥0.75米

夹石剔除厚度：0.3米

互层矿：富矿主矿层　>0.6米

各层合并厚度>0.8米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

夹石剔除厚度：<1米

贫矿主矿层：　>0.6米

各层合并厚度：>1米

夹石累积厚度：<1米

矿石类型		TFe≥（%）		有害杂质允许含量≤（%）		
		边界品位	块段平均品位	S	P	SiO_2
赤铁矿	高炉富矿	40	45	0.3	—	
	贫矿	25	30	0.3	—	
菱铁矿	高炉富矿	30	35	0.2	0.15	
	贫矿	20	30	0.2	0.15	

（五）江西永平铁帽型铁矿床

边界品位：　TFe≥25%

工业品位（指单工程）：TFe≥30%

可采厚度：　1米

夹石剔除厚度：2米

按上列指标圈矿体，凡块段平均品位≥40%者列为富矿；≤40%列为贫矿。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（六）贵州炉山铁矿苦李井矿段沉积结核状菱铁矿床

矿石品级	TF ≥（%）		P（%）	S（%）（指精矿）
	边界品位	块段平均品位		
富　矿	30	35	<0.15	<0.2
贫　矿	20	25		

（七）陕西大西沟铁矿床

矿石种类	矿石类型		TFe（%）	
	划分标准 TFe/FeO	类型名称	边界品位	工业品位
菱铁矿	<0.95	菱铁型贫矿	≥18	≥25
	0.95—1.81	磁铁—菱铁型贫矿	≥18	≥25
	>1.81	磁铁型贫矿	≥18	≥25

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：　　2米

夹石剔除厚度：　　2米

菱铁矿层中分采厚度：　4米

（八）广东大宝山矿区一号矿体

矿石类型	品　级	TFe　（%）	
		边界品位	块段平均品位
残积褐铁矿	富　矿	≥40	≥42
	贫　矿	≥25	≥30
	土状矿	≥25	≥30

坡积褐铁矿：　TFe＞40%

含矿率：　＞25%

菱铁矿（富矿）：TFe≥30%

（贫矿）：TFe≥20%

可采厚度：　≥4米

夹石剔除厚度：　≥4米

（九）四川攀枝花钒钛磁铁矿床

高品位：　TFe≥45%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

中品位：　　TFe≥30%

低品位：　　TFe≥20%

表外矿石：　　TFe≥15—20%

矿石可采厚度：≥2米

夹石剔除厚度：≥2米

五、综合评价

铁矿床中常伴生有钒、钛、钴、铜、镍、铅、锌、锡、铬、钼、硫、磷、镓、锗、硼、铂族元素、稀有稀土元素及铀等。不同的矿床伴生有不同的组分。一些组分当其超过一定限量时，成为有害组分，但若这些有害组分通过选、冶途径可以分离出来综合回收时，它又变成了有用组分。因此，在铁矿勘探过程中需查明伴生组分的含量，赋存状态分布规律，综合利用途径、回收的难易程度等，以便作出确切的评价。

铁矿床中的伴生元素达到下表的含量要求时，即应注意综合评价。

当某些矿床中的伴生组分，其含量虽低于下表的要求，但在选矿后的尾矿中能高度富集时，也应进行评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

元素或组分	Co	Cu	Ni	Pb	Zn	Mo
含量（%）	0.02	0.1—0.2	0.1—0.2	0.2	0.5	0.02

元素或组分	S	V_2O_5	P_2O_5	U	Sn	TiO_2
含量（%）	2—4	0.15—0.20	1—2	0.005	0.1	5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锰

一、性质及用途

锰是银白色脆性金属，比重7.3，熔点1244°C，沸点2097°C；纯锰在常温下不被氧、氮、氢侵蚀，锰不能单独构成结构材料使用，主要用于冶金工业，特别是钢铁生产中，锰具有脱氧、脱硫及调节（如阻止钢的粒缘碳化物的形成）作用；增加钢材的强度、硬度、耐磨性、韧性、可淬性、锰可制造高锰钢（含Mn7.5—19%）如高碳高锰耐磨钢、低碳高锰不锈钢、中碳高锰无磁钢、高锰耐热钢。锰还可与铜、镍、铝、镁制造合金，是耐热耐蚀材料。在其它工业上锰的用途亦很广泛。二氧化锰在干电池中作消极剂；在有色金属湿法冶金，氢醌（对苯二酸）生产、铀的提炼上作氧化剂；在陶瓷和搪瓷工业中作氧化剂和釉色；在玻璃工业用于消除杂色和制作装饰玻璃。化学工业上生产的硫酸锰、高锰酸钾、碳酸锰、氯化锰、硝酸锰、一氧化锰等，是化学试剂、医药、焊接、油漆、合成工业等的重要原料。锰的硅酸盐—蔷薇辉石（粉翠）是工艺品的原料。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、主要矿物

锰以氧化物、氢氧化物、硫化物、碳酸盐、硅酸盐和硼酸盐状态产出，目前已知锰矿物和含锰矿物150种，其主要矿物如下：

硬锰矿	$A_2B_5O_{16}(O,OH)_6$	MnO_2 60—85%
	$A=Ba$、$B=Mn^{4+}$	MnO 0—7.46%
隐钾锰矿	$K_{\leq 2}Mn_8O_{16}$	MnO_2 79—90%
		MnO 0—6%
钡硬锰矿	$BaMn_8O_{16}$	MnO_2 66—88%
		MnO 0—9%
铅硬锰矿	$PbMn_8O_{16}$	MnO_2 60%±
		MnO 8%±
复水锰矿（偏锰酸矿）	$MnO_2 \cdot nH_2O$	MnO_2 71%±
		MnO 1.8%±
软锰矿	β—MnO_2	MnO_2 90—98%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

恩苏塔矿	$Mn^{4+}_{1-x}\ Mn^{2+}_{x}O_{2-2x}\ (OH)_{2x}$	
	MnO_2 89—93%	MnO 0.8—1.8%
斜方软锰矿（兰姆斯德矿）	γ—MnO_2	MnO_2 90—97%
水锰矿	γ—MnOOH（或$Mn_2O_3\cdot H_2O$）	Mn 55—62%
褐锰矿	$3(Mn,Fe)_2O_3(Mn,Mg,Ca)SiO_3$	Mn 55—60%
黑锰矿	$MnO\cdot Mn_2O_3$	Mn 45—65%
菱锰矿	$MnCO_3$	Mn 35—45%
钙菱锰矿	$(Mn,Ca)CO_3$	Mn 25—35%
锰方解石	$(Ca,Mn)CO_3$	Mn 15—27%
硫锰矿	MnS	Mn 55.69%
蔷薇辉石	$(Mn,Fe,Mg,Ca)SiO_3$	Mn 42%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

冶金用锰矿的一般工业指标

自然类型	工业分类	品级	Mn（%） 边界品位	Mn（%） 单工程平均品位	Mn+Fe（%）	Mn/Fe	有害杂质允许平均含量（%） 每1%锰允许含磷量	SiO_2
氧化锰矿石	富锰矿石	I	35	40		≥6	≤0.004	≤15
		II	30	35		≥4	≤0.005	≤25
		III	18	30		≥3	≤0.006	≤35
	贫锰矿石		10—15	18				
	铁锰矿石	I	20	25	≥50		≤0.2（P总量）	≤25
		II	15	20	≥40		≤0.2（P总量）	≤25
		III	10	15	≥30		≤0.2（P总量）	≤35
碳酸锰矿石	富锰矿石		15	25		≥3	≤0.005	≤25
	贫锰矿石		10	15				
	铁锰矿石		10	15	≥25		≤0.2（P总量）	≤35
	含锰灰岩		8	12	碱性矿石			

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①灰质氧化矿石（脉石以方解石为主，碱度≥0.8，烧失量达18%以上）的评价，可采用碳酸锰矿石的工业指标。

②自熔性、碱性的锰矿石，可酌量降低其富矿锰品位指标。

③当碳酸锰矿石的烧失量较高，虽其锰含量略低于25%，焙烧后锰含量可达氧化锰富锰矿石标准时，这类碳酸锰矿石也可作为富锰矿石考虑。

可采厚度：　　≥0.5—0.7米

夹石剔除厚度：≥0.2—0.3米

堆积矿净矿石含矿率（重量百分比）≥15%

四、矿床实例

（一）辽宁瓦房子锰矿床

矿石品级	氧化锰矿		碳酸锰矿		最低可采厚度（米）	含矿系数	Mn/Fe	边界品位
	Mn（%）	SiO_2（%）	Mn（%）	SiO_2（%）				
优质矿石	>30	25—35	>25	<35	0.3	≥0.3	>2	10%（自定）
普通矿石	20—30	<35	15—25	<40				
贫矿石	10—20	40—50	10—15	<50				

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）广西龙头锰矿床

矿石类型		边界品位Mn（%）	平均品位Mn（%）	SiO_2（%）	P／Mn	Mn／Fe	Mn+Fe（%）
含锰灰岩		8	＞10	＜35	＜0.005	≥4—8	
碳酸锰	贫矿	12	≥15	＜25	〃	〃	
	富矿	＞20	＞25	＜20	〃	〃	
氧化锰	富矿	＞20	＞30	＜25	〃	〃	
	贫矿	10—15	＞20	＜35	〃	〃	
铁锰矿			≥15	≤35		1—4	≥30

可采厚度：0.5米；夹石剔除厚度：0.2米。

（三）广西凤凰堆积锰矿

矿石品级	Mn（%）	Mn+Fe（%）	SiO_2（%）	P/Mn	净矿率（%）	矿层厚度
优质锰矿石	≥30		≤25	≤0.004	≥20	≥0.5
普通锰矿石	≥20		≤25		≥20	≥0.5
铁锰矿石		＞20	≤25		≥20	≥0.5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（四）云南白显锰矿床

矿石类型	边界品位 Mn（%）		块段平均品位Mn（%）	碱度 $CaO+MgO/SiO_2+Al_2O_3$
氧化矿石(酸性)	20—25		>30	<1
含方解石氧化矿石	富矿	>15	>23	>1
(碱性)	贫矿	>8		>1

五、综合评价

1．锰矿石的用途不同，对矿石的含锰量等的要求亦不同，特别是矿石中MnO_2含量高的可用于制作干电池，在勘探中应特别注意，单独圈出，以便优质优用。

2．在锰矿中常有铁、钴、镍及有色、贵金属等伴生，在勘探中应注意评价，据目前的实验研究，用化学选矿综合回收效果好，技术经济可行，从而也使表外锰矿石具有利用价值。应根据加工技术试验结果制订合理的工业指标。例如四川轿顶山锰矿，其伴生元素或组分参考指标如下表。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

元素或组分	Co	Ni	Cu	Pb	Zn	Au	Ag	B_2O_3	S
含量（%）	0.02—0.06	0.1—0.2	0.1—0.2	0.4	0.7	0.2 g/t	5—10 g/t	1—3	2—4

四川轿顶山锰矿

1．锰矿指标

边界品位：Mn10%

平均品位：Mu＞15%

P≤0.005%

可采厚度：0.3米

夹石剔除厚度：0.3米

2．锰矿石品级

富矿：Mn＞25%，SiO_2 ＜25%

中矿：Mn15—25%，SiO_2 ≤35%

贫矿：Mn8—15%，SiO_2 ≤35%

钴：边界品位0.04%，平均品位0.08%，可采厚度0.2米。

3．含锰灰岩

一种很好的熔剂，含锰＞4—8%就有意义。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

六、附录

（一）冶金锰矿石产品技术标准(YB319—65)

品级	Mn（%）	Mn／Fe	P／Mn	粒度（毫米）
一	≥40	≥7	≤0.004	①高炉、平炉用矿石粒度烧结矿200—10毫米，小于10毫米的不超过6%，堆积矿小于5毫米不超过8%。 ②电炉用矿石粒度75—3毫米；大于75毫米的不超过20%，小于3毫米的不超过5% ③矿石含水不超过6%
二	≥35	≥5	≤0.005	
三	≥30	≥3	≤0.006	
四	≥25	≥2	≤0.006	
五	≥18	不限	不限	

（二）天然放电锰矿石（锰粉）的技术标准

目前，国家尚未作出正式的统一规定，现根据冶金部、轻工部两个系统有关企业沿用的标准综合如下：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

品级	二氧化锰(%)	全铁（%）	制成锰粉的放电时间（分钟）
一级	≥75	≤2.8	≥570
二级	≥70	≤3.5	≥510
三级	≥65	≤4.5	≥450
四级	≥60	≤5.5	≥390
五级	≥55	≤6.5	≥330

对其它有害元素，一般厂定标准为：Cu<0.01%；Ni<0.03%；Co<0.02%；Pb<0.02%。但各厂矿、企业使用上述标准时，尚存在以下问题：

（1）有的锰粉二氧化锰含量高，但放电时间短；而有的二氧化锰含量低，放电时间却长。

（2）影响电池贮存性能的关键不是全铁含量多少，而是可溶铁的含量，因此，用全铁指标不合理，应改用可溶铁作标准。

（3）测定放电时间所采用的条件，如电阻、终止电压、温度以及放电时间是用连续放电或用间

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

断放电计算等，生产放电锰粉的单位和电池厂等有关企业使用的方法和要求也不够统一。

（三）化工用二氧化锰矿粉

国家尚无统一技术标准，现各厂矿企业，一般要求二氧化锰含量大于50%才能使用。对其它元素含量要求：制硫酸锰时，Fe≤3%，Al_2O_3<3%；CaO≤0.5%；MgO≤0.1%。制高锰酸钾时，Fe≤5%，SiO_2≤5%；Al_2O_3≤4%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铬

一、性质和用途

铬是银白色的金属。在地壳内。绝大部分的铬以尖晶石类的氧化物形式存在，是亲石元素。以氧化数为＋3的化合物最稳定，其原子半径为1.18Å、熔点1890°C、沸点2482°C。纯金属铬有延展性。

铬主要以铬铁形式用于冶金工业生产不锈钢及各种合金钢，可增强钢的硬度、耐磨性、防蚀性及在高、低温度下的抗氧化能力。金属铬用作铝合金、钴合金、钛合金及高温合金、电热合金等的添加剂，还用于钢制品镀铬。氧化铬用作耐热的涂料，也可用作磨料和玻璃、陶瓷的着色剂、化学合成的催化剂。铬矾、重铬酸盐用作皮革的鞣料及各种颜料。铬矿石还可用于耐火材料及铸石，铬的放射性同位素已在医学上得到利用。

二、主要矿物

自然界已发现的铬矿物和含铬矿物近三十种，主要为铬尖晶石类矿物。其通式为：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

$(Fe、Mg)O\cdot(Cr,Al,Fe)_2O_3$。

但有工业价值的矿物只有几种。

铬铁矿$(Mg、Fe)Cr_2O_4$ 含Cr_2O_3 50—60%

铝铬铁矿 $(Mg,Fe)(Cr,Al)_2O_4$

含Cr_2O_3 32—50%

富铬尖晶石 $Fe(Cr,Al)_2O_4$

含Cr_2O_3 32—38%

铬尖晶石类矿物，是由五种基本组分组成。各组分间广泛存在着类质同象的置换，因而各组分的含量变化很大，其Cr_2O_3含量变化范围18—62%。

三、一般工业要求

（一）冶金用铬铁矿

类型		Cr_2O_3（%）		有害杂质允许含量（%）		
		边界品位	工业品位	SiO_2	P	S
原生矿	富矿	≥25	≥32	≤10	≤0.07	≤0.05
	贫矿	≥5—8	≥8—10	—	—	—
砂矿		≥1.5	≥3	—	—	—

可采厚度：≥0.3—1.0米，露采可适当加大

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

夹石剔除厚度：≥0.3—0.5米

注：①铬铁比、对铬铁合金产品中的铬含量有很大影响，比值低的矿石，即使其Cr_2O_3品位较高，也难以炼出高标号的铬铁合金，因此，在勘探中必须查清。在我国火法冶炼时比值应在2以上，具体要求与有关部门商定。

②MgO的含量在一般工业指标中未做规定。但矿石中MgO含量过高将使炉渣熔点升高，粘度增大，冶炼操作困难。

（二）冶炼铬铁合金用富矿（或精矿）工业指标

品级	Cr_2O_3 (%)	Cr_2O_3/(FeO)	P (%)	S (%)	SiO_2 (%)	用途
Ⅰ	≥50	>3	—	—	<1.2	用于氮化铬铁
Ⅱ	≥45	≥2.5—3	<0.03	<0.05	<6	中低碳和微碳铬铁
Ⅲ	≥40	≥2.5	<0.07	<0.05	<6	电炉碳素铬铁
Ⅳ	≥32	≥2.5	<0.07	<0.05	<8	高炉碳素铬铁

块度要求：

1．高炉冶炼碳素铬铁不小于20毫米和不大于75毫米；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2．电炉冶炼铬铁合金不大于60—40毫米（粉矿或精矿粉均可）。

（三）耐火材料用铬铁矿

品级	Cr_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	CaO (%)	用途
I	≥35	≤8	≤2	用作天然耐火材料
II	≥32	≤11	≤3	制造铬砖及铬镁砖

可采厚度：　≥0.5—1米

夹石剔除厚度：≥0.3—0.5米

（四）化工制铬盐用铬铁矿

Cr_2O_3≥30%　Cr_2O_3/FeO≥2—2.5

SiO_2少量

（五）辉绿岩铸石对铬铁矿的要求

Cr_2O_3>10—20%，SiO_2<10%

四、矿床实例

（一）新疆罐盘铬铁矿床

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

用途	Cr_2O_3（%）		Cr_2O_3/FeO	P	S	SiO_2	CaO
	边界品位	工业品位					
冶金用矿石	≥25	≥32	≥2.5	≤0.07	≤0.1	≤8	—
耐火材料用矿石	≥25	≥32	—	—	—	≤13	≤2
贫矿	≥8	≥12	—	—	—	—	—

可采厚度：富矿≥0.3米；贫矿≥0.5米

夹石剔除厚度：肉眼能分出的夹石≥0.1米

肉眼难分出的夹石≥0.3米

（二）西藏东巧铬铁矿床

品级	Cr_2O_3（%）		Cr_2O_3/FeO	P（%）	S（%）	SiO_2（%）
	边界品位	工业品位				
I	≥45	≥48	≥2.5	≤0.03	≤0.05	≤5
II	≥35	≥40	≥2.5	≤0.03	≤0.05	≤10

可采厚度：品级划分厚度为2米

单个矿体为1米

夹石剔除厚度：地下0.5米，露采1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）北京放马峪铬铁矿床

边界品位：　Cr_2O_3　4.5%

工业品位：　Cr_2O_3　5%

可采厚度：　0.5米

夹石剔除厚度：2米

（四）甘肃省大道尔吉铬铁矿床

矿种	Cr_2O_3（%）		可采厚度(米)	夹石剔除厚度（米）
	边界品位	块段品位		
中富矿	25	30	0.8	1.0
贫矿	5	8	1	1

五、综合评价

在铬铁矿中常伴生有铂族（以锇、铱、钌为主）及钴、镍等元素，当铂族总量（ΣPt）＞0.2克/吨、Co＞0.02%、Ni＞0.2%时，应作出评价。铬铁矿体的围岩纯橄岩、斜方辉橄岩、蛇纹岩，可做耐火材料和制作钙镁磷肥的配料，围岩里有时还见有石棉、滑石、水镁石、菱镁矿等，勘探工作中应注意评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钛

一、性质和用途

钛是银白色金属，其含量与岩石的基性程度有较密切的关系，系亲石元素。以氧化数为正4价的化合物最稳定。其原子半径为1.32 Å，熔点为1675°C，沸点为3260°C。钛族的特性是密度小，机械强度高，高纯度金属具有良好的可塑性。属还原性强的金属。

我国钛矿资源丰富。由于钛和钛合金具有重量轻、强度高、抗蚀性好、耐高温、耐超低温等特性，因而在宇航、航空、舰船、化工、电力、海水淡化、轻工、食品等部门有着广泛的用途。钛在医学上主要利用来做矫正外形手术的材料。目前钛矿原料90%用来制造钛白。主要含钛矿物金红石还是优质电焊条涂层不可缺少的原料。

二、主要矿物

含钛矿物种类繁多，主要的有以下三种

金红石 TiO_2 含TiO_2 90—99% 变种有

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锐钛矿等。

钛铁矿　　$FeO \cdot TiO_2$

含TiO_2 43.64—48.83%。

钛磁铁矿　　$(Fe \cdot Ti)_3O_4$

含TiO_2 12—16%

工业利用的只有前两种。

三、一般工业要求

矿石类型		边界品位	工业品位	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
原生矿（TiO_2%）	金红石	1	1.5	≥0.5—1	≥0.5—1
砂矿（矿物千克／米³）	金红石	≥1	≥2		
	钛铁矿	≥10	≥15		

四、矿床实例

（一）湖北大阜山金红石矿床

边界品位（金红石TiO_2）：1.00%

工业品位（金红石TiO_2）：1.50%

可采厚度：　≥1米

夹石剔除厚度：≥2米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）安徽古井金红石砂矿床

边界品位（矿物）：1千克／米^3

块段平均品位（矿物）：2千克／米^3

可采厚度：≥0.5米

剥离比：≤4

（三）广东保定钛铁矿砂矿床

边界品位（矿物）：富矿20千克／米^3

贫矿10千克／米^3

工业品位（矿物）：富矿30--40千克／米^3

贫矿15千克／米^3

可采厚度：≥1米

夹石剔除厚度：≥1米

五、综合评价

钛铁矿一般伴生于与基性岩有关的钒钛磁铁矿矿床中，在利用钒钛磁铁矿时，应重视钛的综合利用，河北大庙钒钛磁铁矿对伴生TiO_2的要求为>5%。原生金红石矿也多与其他有用矿产伴生，在砂矿中常与独居石、锆英石（尚须注意铪）、石榴石等伴生，应注意综合回收。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钒

一、性质和用途

钒是银白色金属，为第五元素以氧化数为正5价的化合物最稳定。其原子半径为1.22Å，熔点为1890±10°C，沸点为3000°C。钒是一种可锻金属，当含有氧、氮或氢时则变得脆、硬。是电的不良导体。它还具有增强合金的强度，降低热膨胀系数的特点，可耐盐酸、稀硫酸、碱溶液及海水的腐蚀，能被硝酸、氢氟酸、浓硫酸腐蚀。

钒作为钢铁的合金组分，广泛用于钢铁工业，可细化基体晶粒。在非铁合金中钒用来制造钛合金，用于航空工业。五氧化二钒广泛用作有机及无机氧化反应的催化剂用于生产硫酸，精炼石油、制造染料的催化剂。还用作吸收紫外线和热射线的玻璃以及玻璃、陶瓷的着色剂。

二、主要矿物

自然界的钒多呈分散状态，常与其他元素伴生产出，富集成工业矿床的很少。较重要的含钒矿物

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有以下几种：

绿硫钒矿　[V_2S_4 ns]，含V换算成V_2O_5 25%以下

钒云母　$2K_2O \cdot 2Al_2O_3 \cdot (Mg \cdot Fe)O \cdot 3V_2O_5 \cdot 10SiO_2 \cdot 4H_2O$

含V_2O_5　19—29%

硫钒铜矿　Cu_3VS_4

钒铅锌矿　$(Pb, Zn)_2(OH)VO_4$

含V_2O_5　22.7%

三、一般工业要求

（一）钒的单独矿床

边界品位：V_2O_5　0.5%

工业品位：V_2O_5　0.7%

（二）钒为伴生组分的矿床

V_2O_5 ≥ 0.1—0.5%

四、矿床实例

湖南大福坪钒矿

边界品位：V_2O_5　富矿：0.8%；

一般矿：0.5%

块段平均品位：V_2O_5　富矿：1.0%；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

一般矿：0.7%

可采厚度：　　≥0.7米

夹石剔除厚度：≥0.7米

钒为伴生组分的矿床对五氧化二钒的要求不一。安徽凹山铁矿对五氧化二钒的要求为>0.1—0.2%；安徽某铀钒矿对五氧化二钒的要求边界品位0.3%，工业品位0.5%，贵州某磷矿对五氧化二钒的要求>0.2%。河北大庙钒钛磁铁矿对五氧化二钒的要求为>0.13%

五、综合评价

钒的单独矿床很少，多伴生在磁铁矿、煤矿、铀矿、磷矿、铝土矿等矿床中。因此，在普查勘探时应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）有色金属矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铜

一、性质和用途

铜在元素周期表中属IB族，是一种紫红色金属，延性和导热性强，导电性高，硬度2.5—3，比重8.5—9，熔点1083.4±0.2°C，沸点2567°C。由于这些性质以及容易与锌、铅、镍、铝和钛组合成合金的性能，铜及其合金被广泛地应用于电器、机械、车辆、船舶工业和民用器具等方面，是现代工业、农业、国防和科学技术不可缺少的有色金属。例如，铜用以制作电线、电缆、电机设备、无氧铜制造超高频电子管，黄铜制造枪弹和炮弹，白铜（铜锌镍合金）用以制造航空仪的弹性元件，锡青铜用以制造轴承、轴套等，铜的化合物在农业上用来作杀虫剂和除草剂，铜还是制造防腐油漆的主要成分。

二、主要矿物

铜在自然界中，主要呈硫化物及其类似化合物

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

和铜的氧化物、自然铜以及铜的硫酸盐、碳酸盐、硅酸盐等矿物，约有280多种，主要矿物16种，兹列举如下：

（一）自然铜 Cu

自然铜	含Cu	约100%

（二）铜的硫化物

黄铜矿 $CuFeS_2$	含Cu	34.6%
斑铜矿 Cu_5FeS_4	含Cu	63.3%
辉铜矿 Cu_2S	含Cu	79.9%
铜 蓝 CuS	含Cu	66.5%
方黄铜矿 $CuFe_2S_3$	含Cu	23.4%
黝铜矿 $3Cu_2S \cdot Sb_2S_3$	含Cu	46.7%
砷黝铜矿 $3Cu_2S \cdot As_2S_3$	含Cu	52.7%
硫砷铜矿 Cu_3AsS_4	含Cu	48.4%

（三）铜的氧化物

赤铜矿 Cu_2O	含Cu	88.8%
黑铜矿 CuO	含Cu	79.9%

（四）铜的硫酸盐、碳酸盐和硅酸盐

孔雀石 $CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	含Cu	57.5%
蓝铜矿 $2CuCO_3 \cdot Cu(OH)_2$	含Cu	55.3%
硅孔雀石 $CuSiO_3 \cdot 2H_2O$	含Cu	36.2%
水胆矾 $CuSO_4 \cdot 3Cu(OH)_2$	含Cu	56.2%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

氯铜矿 $CuCl_2 \cdot 3Cu(OH)_2$ 含Cu 59.5%

目前我国生产的铜，主要取自黄铜矿，其次是辉铜矿、斑铜矿、孔雀石等。

三、一般工业要求

项目	硫化矿石		氧化矿石
	坑采	露采	
边界品位Cu%	0.2—0.3	0.2	0.5
工业品位Cu%	0.4—0.5	0.4	0.7
可采厚度（米）	≥1—2	≥2—4	≥1
夹石剔除厚度(米)	≥2—4	≥4—8	≥2

铜矿石的自然类型一般按物相分析中含氧化铜和硫化铜的比例不同，分为硫化矿石（含氧化铜在10%以下）、混合矿石（含氧化铜10—30%）和氧化矿石（含氧化铜在30%以上）三种。

四、矿床实例

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿床类型	边界品位（%）	工业品位（%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	矿床规模
江西德兴斑岩型铜矿床	0.2	0.4	2	4	大
安徽铜官山矽卡岩型铜矿床	0.2	0.4	2	4	中
云南易门沉积变质型铜矿床	0.3	0.5	1	2	大
甘肃白银厂火山岩黄铁矿型铜矿床	0.3	0.5	1	2	大
甘肃金川铜镍型铜矿床	0.3	0.5	2	2	大

五、综合评价

当伴生组分达到下表所列含量时，要认真进行取样分析研究，作出综合评价。

铜矿床伴生有益组分评价参考表

元素或组分	Pb	Zn	Mo	Co	WO_3	Sn	Ni	Bi
含量%	0.2	0.4	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1	0.05

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

元素或组分	Au	Ag	Cd、Sc、Te、Ga、Ge、Re、In、Tl
含量	0.1克/吨	1克/吨	>0.001%

六、附录

对于铜品位较低的矿石，需经过选矿，使品位富集成为铜精矿。

按冶金部1976年颁发的标准，铜精矿要求含铜品位为8—28%，在实际生产中含铜品位一般10—20%，个别有达30%者，富铜品位大于5%以上者可不经过选矿，与铜精矿混合直接入炉冶炼。

铜精矿中的有害杂质砷、氟、锌、镁等，影响冶炼工艺和污染环境卫生，在矿料入炉时要进行控制。或在冶炼中加以回收处理。

铜精矿中有害组分的含量：

砷：　<0.3%

氟：　<0.1%

锌：　<6%

氧化镁：<5%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铅

一、性质和用途

铅是蓝灰色金属，性柔软是所有金属中最软的重金属，铅的展性良好，延性甚小，比重11.34，熔点327°C，沸点为1525°C，为热和电的不良导体，铅在干燥的空气中不会发生化学变化，能熔于稀硝酸。而盐酸和硫酸仅作用于铅的表面形成保护层。

铅广泛应用于各种工业，大量用来制造蓄电池在制酸工业和冶金工业上用铅板、铅管作衬里保护设备；电气工业中作电缆包皮和熔断保险丝。含锡、锑的铅合金用作印刷活字，铅锡合金用于制造易熔铅焊条、铅板和镀铅锡薄钢板用于建筑工业。

铅的化合物可用作各种颜料，具有良好的保护着色，表面不受浸蚀的能力，还用在橡胶、玻璃、陶瓷工业，醋酸铅用于医药部门，四乙铅加在汽油内可起防爆作用。铅能吸收放射线可用于原子工业和X—射线防护设施。

二、主要矿物

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

我国已发现的铅矿物和含铅矿物有42种，具有工业意义的有11种，常见的为以下几种：

方铅矿	PbS	含Pb 86.6%
硫锑铅矿	$Pb_5Sb_4S_{11}$	含Pb 55.42%
脆硫锑铅矿	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	含Pb 40.16%
车轮矿	$PbCuSbS_3$	含Pb 42.40%
白铅矿	$PbCO_3$	含Pb 77.6%
铅矾	$PbSO_4$	含Pb 68.3%
铬铅矿	$PbCrO_4$	含Pb 64.1%
钼铅矿	$Pb[MoO_4]$	含Pb 56.4%

三、一般工业要求

项目	硫化矿	混合矿	氧化矿
边界品位(%)	0.3—0.5	0.5—0.7	0.5—1.0
工业品位(%)	0.7—1.0	1.0—1.5	1.5—2.0
可采厚度(米)	≥1—2	≥1—2	≥1—2
夹石剔除厚度(米)	≥2—4	≥2—4	≥2—4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①小于可采厚度时用米百分值计算。

②硫化矿：铅氧化率＜10%；混合矿：铅氧化率10—30%；氧化矿：铅氧化率＞30%。

③根据我国当前铅锌矿生产一般技术经济指标的计算，矿区工业品位一般要求：硫化矿Pb+Zn 4—5%，混合矿Pb+Zn 6—8%，氧化矿Pb+Zn 8—10%。这个数据也可供矿床经济评价和考虑矿区是否转入详细勘探的参考。

四、矿床实例

在自然界中铅矿物常与锌矿物共生，形成多金属矿床。其矿床实例见锌矿部分。

五、综合评价

在铅锌矿床中常伴生多种具有综合利用价值的伴生组分，如铜、钨、锡、钼、铋、砷、汞、钴、镍、金、银、铂、稀有金属、稀散元素、铀以及硫铁矿、萤石、天青石、重晶石等，应注意综合评价。

其详细要求见锌矿部分的内容。

六、附录

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铅精矿质量标准（YB113—81）

品级	铅不小于（%）	杂质不大于（%）				
		Cu	Zn	As	MgO	Al_2O_3
一	70	1.5	5	0.3	2	4
二	65	1.5	5	0.35	2	4
三	60	1.5	5	0.4	2	4
四	55	2.0	6	0.5	2	4
五	50	2.0	7	协议	2	4
六	45	2.5	8	协议	2	4
七	40	3.0	9	协议	2	4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锌

一、性质和用途

锌是蓝白色的金属，锌在室温下是脆弱的，但当加热到100—150°C即变得很柔软，可压成0,05毫米的箔片或抽成细丝，25°C时锌的比重为7.19，继续加热至250°C时锌又变为很脆甚至成粉末。熔点419.8°C，沸点为906°C。

锌在室温干燥空气中不起变化，在潮湿含有CO_2的空气中，其表面生成致密的碱性碳酸锌薄膜，可以保护锌内部不再被氧化，锌易溶于稀硫酸和盐酸中，同时也溶于碱性溶液中。

锌广泛用于制造各种合金，如黄铜、白铜、青铜等。锌含量40%以下的黄铜使用价值最大，在黄铜中加入锡、镍、锰、铁、钨、铅等成分后能改变其物理性能，因此，这类合金叫做特种黄铜。锌的另一种用途是镀锌，也用于制造干电池，由于锌在铸造工业上的浇铸时能充满膜内很精细的地方，故在汽车业上常作为精度铸件的原料，锌的化合物可用于纺织工业以及制造油漆、颜料、染料等，农业上制作杀虫剂，锌还用以制微晶锌板、用于传真制板和压铸合金等技术。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、主要矿物

常见的锌矿物如下：

闪锌矿	ZnS	含Zn 67.1%
纤维锌矿	ZnS	含Zn 67.1%
菱锌矿	$ZnCO_3$	含Zn 52.1%
异极矿	$Zn_4Si_2O_7(OH)_2 \cdot H_2O$	含Zn 54.3%
硅锌矿	Zn_2SiO_4	含Zn 58.6%
水锌矿	$Zn_5[CO_3]_2[OH]_6$	含Zn 59.6%

三、一般工业要求

项　　目	硫化矿	混合矿	氧化矿
边界品位（%）	0.5—1.0	0.8—1.5	1.5—2.0
工业品位（%）	1.0—2.0	2.0—3.0	3.0—6.0
可采厚度（米）	≥1—2	≥1—2	≥1—2
夹石剔除厚度(米)	≥2—4	≥2—4	≥2—4
备注	①小于可采厚度时用米百分值计算 ②硫化矿：锌氧化率<10%；混合矿：锌氧化率10—30%；氧化矿：锌氧化率>30% ③根据我国当前铅锌矿生产一般技术经济指标的计算，矿区工业品位一般要求，硫化矿Pb+Zn4—5%，混合矿Pb+Zn6—8%，氧化矿Pb+Zn 8—10%，这个数据也可供矿床经济评价和考虑矿区是否转入详细勘探的参考		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

矿床类型		边界品位（%）	工业品位（%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
云南金顶层控型沉积—改造矿床	铅	0.3	1.5	1—1.5	3—4
	锌	0.8	3		
湖南桃林中温热液沿断层破碎带充填脉状矿床	铅	0.5	0.7	1.2	2
	锌	1.0	1.0	1	
甘肃小铁山受变质火山—沉积型矿床	铅	0.5	0.7	1	2
	锌	0.7	1.2		
湖南水口山中偏高温热液接触交代型矿床	铅	0.5	0.7	1.2	2
	锌	1.0	1.0		
辽宁关门山受古岩溶作用改造的层控型矿床	铅	0.5	1.0	1	>2
	锌	0.7	2.0		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

在铅锌矿床中常伴生多种具有综合利用价值的伴生组分，如铜、钨、锡、钼、铋、砷、汞、钴、镍、金、银、铂、稀有金属、稀散元素、铀以及硫铁矿、萤石、天青石、重晶石等，应注意综合评价。

对伴生组分综合评价的一般要求

伴生组分	矿石品位（%）	伴生组分	矿石品位（%）
Cu	0.06	Ag	>2（克／吨）
WO_3	0.06	Cd	0.01
Sn	0.08	In	0.001
Mo	0.02	Ga	0.001
Bi	0.02	Ge	0.001
S	4	Se	0.001
Sb	0.4	Te	0.001
CaF	5	Tl	0.001
Au	>0.1（克/吨）	Hg	0.005
As	0.2	U	0.02

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

六、附录

锌精矿质量标准（YB114—81）

品级	锌不小于（%）	杂质不大于（%）					
		Cu	Pb	Fe	As	SiO_2	F
一	59	0.8	1.0	6	0.2	3.0	0.2
二	57	0.8	1.0	6	0.2	3.5	0.2
三	55	0.8	1.0	6	0.2	4.0	0.2
四	53	0.8	1.0	7	0.3	4.5	0.2
五	50	1.0	1.5	8	0.4	5.0	0.2
六	48	1.0	1.5	13	0.5	5.5	0.2
七	45	1.5	2.0	14	协议	6.0	0.2
八	43	1.5	2.5	15	协议	6.5	0.2
九	40	2.0	3.0	16	协议	7.0	0.2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铝

一、性质和用途

铝是银白色的金属，在20°C条件下比重2.7，熔点660.37°C，沸点2467°C，并具有良好的传热性、延展性、导电性和反光性。

铝及其合金重量轻，易氧化而形成坚实的薄膜，坚韧性强，主要应用于电器工业、飞机、导弹、建筑、机械制造及民用器具等。铝及其合金的粉末能迅速燃烧，放出强光和热能而被用作燃烧弹，信号火箭等。

由于铝对氧的亲和力大，所以铝可以用作炼钢的脱氧剂和一些高熔点金属氧化物的还原剂。

铝土矿在制取高级磨料、高铝水泥、耐火材料、水泥、陶瓷材料、化工和医药等方面也具有广泛的用途。

二、主要矿物

铝在地壳中的平均含量为7.47%，仅次于氧和硅，居第三位。在自然界中铝矿物和含铝矿物约有250多种，主要矿物如下：

刚　玉	Al_2O_3	含Al_2O_3　100%
一水硬铝石	α-$Al_2O_3\cdot H_2O$	含Al_2O_3　85.1%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

一水软铝石γ-$Al_2O_3 \cdot H_2O$　含Al_2O_3　85.1%

三水铝石γ-$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$　含Al_2O_3　65.4%

高岭石　$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

含Al_2O_3　39.5%

红柱石　$Al_2O_3 \cdot SiO_2$　含Al_2O_3　63.0%

蓝晶石　$Al_2O_3 \cdot SiO_2$　含Al_2O_3　63.0%

矽线石　$Al_2O_3 \cdot SiO_2$　含Al_2O_3　63.0%

明矾石　$KAl_3(SO_4)_2(OH)_6$　含Al_2O_3　37%

霞　石　$(Na, K)_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$

含Al_2O_3　32.3

—36%

水铝英石　$mSiO_2 \cdot n \cdot Al_2O_3 \cdot pH_2O$

含Al_2O_3　30.0—

35.0%

目前我国提炼铝的矿石主要是铝土矿，且铝土矿以一水硬铝石型为主，其次有少量三水铝石型铝土矿。

三、一般工业要求

工业上提取金属铝是先从铝土矿中提取氧化铝，然后氧化铝经电解成为金属铝。

氧化铝的含量和铝硅比值［Al_2O_3/SiO_2］，是

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

评价铝土矿质量的主要依据，铝硅比值不同，其炼铝的方法也不同。

根据我国已知铝土矿床工业指标及数理统计资料和生产实践经验，仅提出一水硬铝石沉积型矿床的一般要求，对于堆积型、红土型铝土矿床，因缺乏生产实践经验，其工业要求列于矿床实例供参考。

项目 \ 矿石类型 / 矿床类型		一水硬铝石型		
		沉积型矿床		
		露采	坑采	
边界品位	Al_2O_3/SiO_2	1.8—2.6	1.8—2.6	
	Al_2O_3（%）	≥40	≥40	
块段工业品位	Al_2O_3/SiO_2	≥3.5	≥3.8	
	Al_2O_3（%）	≥55	≥55	
可采厚度（米）		0.5—0.8	0.8—1	
夹石剔除厚度（米）		0.5—0.8	0.8—1	
剥采比（米³/米³）		10—15		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

矿区名称	品位要求					有害组分允许含量(%)				开采技术条件			
	边界品位(A/S)*		矿块最低平均品位 A/S*	矿区最低平均品位 A/S*	Al_2O_3(%)	S	CO_2	MgO	P_2O_5	可采厚度(米)		夹石剔除厚度(米)	剥采比(米³/米²)
	表内	表外								露天	地下		
山西克俄	2.1	1.8	2.6	3.5		0.7				0.5	0.7	0.5	12
河南贾沟	2.6			3.8	45	0.7				0.5	0.8	0.5	16
河南张窑院	2.6	2.1		3.8	45					0.5	0.8	0.8	
贵州小山坝	2.6	2.1	3.5		40	0.7	2	1	0.6	0.5	0.8	露 0.5 地 1	15
广西太平(堆积型)	2.6		≥3.0	3.8(单工程)	40	≤0.3	≤1.3	CaO+MgO≤1.5	≤0.6	≥0.5		露 0.5 地 1	见注①
广东海南岛(红土型三水铝石)	2.6	2.1			28					0.2			12—15

* A/S为Al_2O_3/SiO_2缩写，后同。①含矿率：边界≥200千克/米³矿区（段）平均≥300千克/米³

五、综合评价

铝土矿矿石中含有镓、钒、铌、钽、钛、铈、及放射性元素等有用组分，目前已综合利用的有镓。沉积型铝土矿层常常相变为耐火粘土，其上部、下部常共生多种有用矿产，如“山西式铁矿”、硫铁矿、熔剂灰岩、煤层、油页岩等；红土型铝土矿常共生有钴土矿等。对具有价值的共生矿产，应注意综合评价。

六、附录

根据铝土矿其它质量标准，划分不同矿石类型

(1) 三氧化二铁：	低铁型	Fe_2O_3 <3%
	含铁型	Fe_2O_3 3—6%
	中铁型	Fe_2O_3 6—15%
	高铁型	Fe_2O_3 >15%
(2) 硫：	低硫型	S <0.3%
	中硫型	S 0.3—0.8%
	高硫型	S >0.8%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（一）铝土矿品级标准（GB3497—83）

品级	品位		用途
	A／S（不小于）	Al_2O_3（%）（不小于）	
1	12	73	研磨料、高铝水泥、铝氧
		69	铝氧
		65	铝氧
		60	铝氧
2	9	71	铝氧、高铝水泥
		67	铝氧
		64	铝氧
		50	铝氧
3	7	69	铝氧
		66	铝氧
		62	铝氧
4	5	62	铝氧
5	4	58	铝氧
6	3	54	铝氧
7	8	48	铝氧（三水铝石）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）铝土矿用作电熔刚玉原料的质量要求（企业标准）

项目 \ 企业	第二砂轮厂	第四砂轮厂	备注
Al_2O_3（%）	≥85	≥80	①一水硬铝石型铝土矿 ②熟料 ③供矿品位
Fe_2O_3（%）	<5	<6	
SiO_2（%）	<5.6		
TiO_2（%）	3.5—6.5	<5.5	
CaO（%）	<0.4		
CaO+MgO（%）		<1.2	
烧失量（%）	<0.5	<1	
A/S	≥15	≥12	
进厂块度（毫米）	<250	20—300	
烧生率		<4	

（三）铝土矿用作高铝水泥原料的质量要求（企业标准）

项目	郑州水泥厂	浙江萧山炼铁厂	备注

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

镁

一、性质和用途

镁是银白色的金属。它的熔点650°C，沸点1090°C，其化学稳定性高，抗腐蚀强度大，韧性好，无磁性和易加工等，镁与铝、锌、锰、镉的合金具有特殊的机械性能。用于制造飞机、火箭、宇航以及航海等部门。

镁在空气中易与氧化合并燃烧发强光，镁粉在国防用于制造照明弹、燃烧弹，此外镁还用作冶炼钛、锆、铀和铍的还原剂。

镁的主要矿物，在耐火材料工业上，可以制作镁砖、铬镁砖；在胶凝材料工业上，用以制造含镁水泥、绝热和隔音材料；在化学工业上，可用以制造硫酸镁和含镁药剂；在橡胶生产上，可作为硫化促进剂等。

二、主要矿物

菱镁矿 $MgCO_3$ 含MgO 47.81%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

白云石	$MgCO_3 \cdot CaCO_3$	含MgO	21.7%
水镁石	$Mg(OH)_2$	含MgO	69%
光卤石	$KCl, MgCl_2 \cdot 6H_2O$	含$MgCl_2$	34.5%

三、一般工业要求

目前镁矿石尚无正式工业要求，以下资料供参考。

（一）提取金属镁用的白云岩

青海民和白云岩矿床

氧化镁（MgO）：　≥19%

二氧化硅（SiO_2）：≤3%

氧化钠＋氧化钾*（$Na_2O + K_2O$）：≤0.3%

可采厚度：　≥4米

夹石剔除厚度：　≥2米

剥离比：　<1

（二）提取金属镁用的菱镁矿（国外资料）

氧化镁（MgO）：　42—46%

轻烧镁：　86—88%

二氧化硅（SiO_2）：≤1.8%

氧化钙（CaO）：　≤1.8%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：　　2—4米

夹石剔除厚度：　　2米

剥离比：　　<1

注：二氧化硅、氧化钙、氧化钠、氧化钾都是有害杂质。

四、矿石的工业品级及质量要求

（一）菱镁矿

作金属镁、耐火材料的菱镁矿石

项目	氧化镁（%）	氧化钙（%）	二氧化硅（%）	三氧化二铝+三氧化二铁（%）	用途
制金属镁	≥45	≤1.5	≤1.5	≤1.5	
耐	≥47	≤0.6	≤0.6	≤0.6	高纯镁砂
火	≥45	≤1.5	≤1.5		制砖镁砂
材	≥43	≤1.5	≤5		镁硅砂
料	≥41	≤6	≤2		冶金镁砂

（二）白云岩

作熔剂、耐火材料用的白云岩分级（见下页）。

五、矿床实例（见菱镁矿）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

项　　目	一般要求				南京白云岩矿		
	特级	I	II	III	特级	I	II
氧化镁（%）	≥19	≥19	≥17	≥16	≥20	≥19	≥17
酸不溶物（包括SiO_2%）	≤4	≤7	≤10	≤12	≤4	≤7	≤10
二氧化硅（%）	≤2	≤4	≤6	≤7	≤2	≤3	≤6
磷（%）	/	/	/	/	<0.1	/	/
可采厚度（米）	≥2				≥2		
夹石剔除厚度（米）	≥1—2				≥2		
剥离比	1:1—2				/		
备　　注	①提炼金属镁用的白云岩相当于上述分级中的特级 ②各品级的品位要求，均为单样边界品位圈定矿体之要求						

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

镍

一、性质和用途

镍是银白色金属，在各类岩石中，超基性岩含量最高，基性岩次之，属亲铁元素。比重8.8—8.9，摩氏硬度为5，熔点1452°C，沸点3075°C，具有良好的机械强度和延展性、难熔、在空气中不氧化等特性。盐酸、硫酸、有机酸和碱性溶液对镍的侵蚀极慢，只有稀硝酸是镍的强侵蚀剂，强硝酸能使镍表面钝化而具有抗蚀性。镍是一种十分重要的有色金属原料。其主要用途是制造不锈钢、高镍合金钢和合金结构钢，被广泛用于飞机、雷达、导弹、坦克、舰艇、宇宙飞船、原子反应堆等各种军工制造业，在民用工业中，镍常制成结构钢、耐酸钢、耐热钢等大量用于各种机械制造业，镍还可作陶瓷颜料和防腐镀层，镍钴合金是一种永磁材料，广泛用于电子遥控、原子能工业和超声工艺等领域，在化学工业中，镍常用作氢化催化剂，近年来，在彩色电视机、磁带录音机和其他通讯器材等方面镍的用量也正在迅速增长。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、主要矿物

镍黄铁矿　$(Fe,Ni)_9S_8$

含Ni　22—42%*

紫硫镍(铁)矿　$FeS\cdot Ni_2S_3$或$(Fe,Ni)_3S_4$

含Ni　38.9%

针镍矿　NiS　含Ni　64.7%

辉(铁)镍矿　$Ni_3S_4[(Ni,Fe)_3S_4]$

含Ni　57.9%(42—54%)*

含镍磁黄铁矿　$Fe_{1-x}S$ $(X=0—0.2)$

含Ni　0.25—14.22%*

方硫镍矿　NiS_2　含Ni　47.8%

红砷镍矿　NiAs　含Ni　43.9%

砷镍矿　Ni_3As (接近于$Ni_{11}As_8$)

含Ni　54.0%,(51.9%)

辉砷镍矿　NiAsS　含Ni　35.4%

暗镍蛇纹石　$(Ni,Mg)O\cdot SiO_2\cdot nH_2O$

含NiO,2—47%*

镍绿泥石　$(Ni,Mg)_3Si_2O_5(OH)_4$

含NiO　含20—40.2%*

绿高岭石　$RO\cdot R_2O_3\cdot(4+n)SiO_2$

含NiO　含1.1—1.8%*

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

	或$RO \cdot R_2O_3(3—3.5)SiO_2 \cdot nH_2O$	
绿镍矿	NiO	含 Ni 78.6%
镍磁铁矿	$NiFe_2O$	含NiO 31.9%
	或$(Fe,Ni)_3C_2$	
镍矾	$NiSO_4 \cdot 6H_2O$	含NiO 28.4%
碧矾	$NiSO_4 \cdot 7H_2O$	含NiO 26.6%
翠镍矿	$NiCO_3 \cdot 2Ni(OH)_2 \cdot 4H_2O$	
		含NiO 59.6%

• 为一般含量

三、一般工业要求

项目	硫化镍矿			氧化镍
	原生矿石		氧化矿石	硅酸镍矿
	坑采	露采		
边界品位Ni（%）	0.2—0.3		0.7	0.5
工业品位Ni（%）（单工程单矿层计）	0.3—0.5		1	1
可采厚度（米）（真厚度）	≥1	≥2	同原生矿石	1
夹石剔除厚度（米）（真厚度）	≥2	≥3	同原生矿石	1—2

注：①混合矿石与原生矿石的工业指标相同
②矿体厚度小于最低可采厚度，而品位又高于最低工业品位，可采用米百分值。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硫化镍矿石按镍含量可分下列三个品级，富矿石及贫矿石需经选矿，特富矿石可直接入炉冶炼。

矿石品级名称	镍品位（%）	
	下限	上限
特富矿石	3	/
富矿石	1	<3
贫矿石	0.3—0.5	<1

硫化镍矿床的矿石按硫化率，即呈硫化物状态的镍（SNi）与全镍（TNi）之比将矿石分为：

原生矿石：　SNi/TNi　>70%

混合矿石：　SNi/TNi　45—70%

氧化矿石：　SNi/TNi　<45%

硅酸镍矿石按氧化镁含量分为：

铁质矿石：　MgO　<10%

铁镁质矿石：　MgO　10—20%

镁质矿石：　MgO　>20%

镍矿石主要有害杂质有铜（在硅酸镍矿）、铅、锌、砷、氟、锰、锑、铋、铬等。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

矿床类型	矿石类型	边界品位(%)		最低工业品位(%)		最低可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)
		富矿	贫矿	富矿	贫矿		
甘肃白家咀子硫化镍矿床	原生矿石	1	0.3	>1	0.5	1	2
	氧化矿石	0.7		1			
吉林红旗岭硫化镍矿床	原生矿石	0.2		0.3		1	2
	氧化矿石	1		>1			
云南墨江元江风化壳硅酸镍矿床		0.5—0.8		1%		0.8—1.2	2—3

五、综合评价

硫化镍矿床普遍含铜，常称含铜硫化镍矿床。在镍矿体中铜无需单独制定指标和圈定矿体，当镍品位达不到指标而铜可形成单独矿体时，其指标可按铜执行。除铜外，一般常伴生有铁、铬、钴、锰、铂族元素、金、银及硒、碲等。

部分伴生有用组分含量要求见下表。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

元素	Pt、Pd	Os、Ru、Rh、Ir	Au	Ag	Co	Se	Te
单位	克/吨				%		
含量	0.03	0.02	0.05-0.1	1.0	0.01	0.0005	0.0002

在蛇纹岩、滑石等矿床中含有较高的镍，常有回收价值，在评价该类矿床时对镍要注意综合评价。

（一）吉林红旗岭硫化镍矿床

伴生有用组分含量如下：

Cu 平均0.63—0.80% Co 0.008—0.13%

Se 0.0002—0.0023% Te 0—0.004%

Pd <0.05克/吨 Au <0.1—0.16克/吨

Pt 0.05—0.1克/吨 Ag 4.5—8.5克/吨

S 0.026—21.35% Fe 8.88—26.9%

某冶炼厂利用该矿之精矿已回收Co、Pt、Pd、Au、Ag金属。

（二）江西戈阳樟树墩蛇纹岩矿床

含Ni0.21%，在制钙镁磷肥时可得含镍4—6%的磷镍铁，回收率在70%左右，并可回收钴和铬。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）西北青海元石山铁镍矿床

项　　目	镍			土状褐铁矿（伴生）	
	Ⅰ级品	Ⅱ级品	Ⅲ级品	富矿	贫矿
工业品位(%)	>0.8	0.5—0.8	0.2—0.5	>40	20—40
最低可采厚度（米）	2	2	2	1	2
夹石剔除厚度（米）	1	1	1	1	1

注：①铁矿石中有害组分允许含量：
$S<0.3\%$ $P<0.2\%$，
$Pb<0.1\%$，$Zn<0.1\%$，$Sn<0.07\%$，$As<0.07\%$，
$Cu<0.2\%$
②在镍铁矿石中，$Co\geqslant0.015\%$，$Cr_2O_3\geqslant3\%$可综合利用。应该注意铂族元素。
③硅酸镍Ⅲ级品的利用问题，尚待试验确定。

六、附录

（一）镍精矿技术条件

本标准适用于硫化铜镍矿石经选矿所得的镍精矿。供炼镍工业用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

镍精矿按化学成分，分为三级，均以绝对干品位计算，应符合以下规定：

等　级	镍不小于（%）
1	5.00
2	4.00
3	3.00

注：①鼓风炉用镍精矿中含氧化镁不大于16%。

②精矿水分不大于12%，在冬季，精矿水分不大于8%。

③精矿中不得混入外来夹杂物。

（以下略）

（二）高冰镍技术标准（试行草案）冶标（YB）74-63

1．高冰镍是炼镍工艺过程中的中间产品，系铜镍硫化物并含有少量其他金属的复杂混合物。本标准适用于由转炉（或反射炉）吹炼所得的高冰镍，用作生产电解镍的原料。

2．按化学成分高冰镍分为下列品号

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

品　　号	镍 不小于（%）	铁 不大于（%）
一号高冰镍	50	4
二号高冰镍	45	4
三号高冰镍	40	5

3．高冰镍应浇铸成锭，其形状为扁平状，每块重量应不超过50千克。

4．高冰镍铸锭不得有夹层，表面应尽可能平整，不得有明显的夹渣层及外来夹杂物质。

5．同一炉产出之高冰镍组成一批，生产厂（矿）的技术检查科须逐批进行验收。生产厂（矿）必须保证高冰镍质量符合本标准的要求。

（三）镍锍精矿技术条件

本标准适用于高冰镍经选矿所得的镍锍精矿，供镍电解和制造镍粉用。

1．镍锍精矿按化学成分，分为二个等级，均以绝对干品位计算，应符合以下规定：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

等　级	镍不小于（%）	杂质不大于（%）
		铜
1	65.00	3.50
2	62.00	5.00

2. 镍锍精矿中不得混入外来夹杂物。

（以下略）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钴

一、性质和用途

钴是一种具有光泽的白色金属，钴与铁、镍的性质很相似，称为铁系元素。钴、镍、铁合金是很好的磁性材料，钴的熔点1495°C，沸点2930°C，比重8.9（20°C时）。

钴和铬、镍一样用来制作各种合金如精密合金、热强合金、硬质合金、焊接合金等，以及各种合金钢。钴钢比钨钢、钼钢、铬钢都硬，抗磨、抗腐蚀，高温下仍保持很高的机械强度，所以用来制造车床、矿山凿岩机械、燃气轮机的叶片、喷气发

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、主要矿物

已知的钴矿物和含钴矿物约100种，多伴生于镍、铜、铁、铅、锌等矿床中，含量较低，主要矿物为：

辉砷钴矿 CoAsS 含Co 35.5%，

一般25—34%

砷钴矿 $CoAs_{3-x}$ 含Co 28.2%，

一般15—24%

硫钴矿 Co_3S_4 含Co 57.99%

一般40—53%

硫镍钴矿 $(Co,Ni,Fe)_3S_4$ 含Co 20%以下

含钴黄铁矿 $(Fe,Co)S_2$ 含Co 3%以下

土状钴矿 $CoMn_2O_6 \cdot 4H_2O$ 含Co 32%

一般1—25%

纤维柱石 $CuCo_2S_4$

钴华 $3Co_2O_3 \cdot AS_2O_3 \cdot 8H_2O$

三、一般工业要求

单独钴矿床一般分为砷化钴矿床、硫化钴矿床和钴土矿矿床三类，前两种工业利用性能和工业要求大体相同。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

项　　目	硫化钴（及砷化钴）	钴土矿
边界品位（钴，%）	≥0.02	≥0.3
工业品位（钴，%）	≥0.03－0.06	≥0.5
边界含矿率（钴土矿：千克／米³）		≥1
工业含矿率（钴土矿：千克／米³）		3—5
可采厚度（米）	≥1	≥0.3—1
夹石剔除厚度（米）	1	
剥离比		<1

注：①一般对钴土矿粒度要求大于0.3厘米，

②边界和工业含矿率系指钴土矿在矿层中的含量，

③边界和工业品位系指钴金属在钴土矿中的含量。

四、矿床实例

（一）广东阳江石碌砂卡岩型硫化钴矿床

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿石类型		边界品位（%）		工业品位（%）		最小可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
		钴	铜	钴	铜		
钴矿石		0.02		0.06	—	1(陡倾角)	
铜矿石	氧化矿	—	0.4	—	0.8	1.5(缓倾斜)	2
	原生矿	—	0.3	—	0.6		

注：钴矿石中的铜、镍，以及铜矿石中的钴，均作为伴生组分回收，在主组分储量计算块段范围内有多少算多少。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）新疆托克逊库米什铜花山钴-多金属矿床

元素名称	边界品位（%）	最低工业品位（%）		最小可采厚度（米）	最大夹石剔除厚度（米）	备注
		表　内	表　外			
钴	0.03	0.06	0.03—0.06	1	2	
铜	0.30	0.30		1	2	
锌	0.50	0.50		1	2	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）福建宁化淋滤型钴土矿床

大型致密片状及块状岩矿石可直接冶炼，网脉状角砾状的贫矿要选矿。

边界品位：　Co　0.3%

工业品位：　Co　0.5%

边界含矿率：钴土矿 1千克/米^3

工业含矿率：钴土矿 3千克/米^3

可采厚度：　0.3—1米

钴土矿粒度：大于0.3厘米

剥离系数：　小于1

五、综合评价

钴除单独矿床外，大量分散在矽卡岩型铁矿钒钛磁铁矿。热液多金属矿、各种类型铜矿、沉积钴锰矿、硫化铜镍矿、硅酸镍矿等矿床中。其品位虽低，但规模往往较大，是提取钴的主要来源。

综合矿床伴生钴的评价指标尚无统一规定，一般选冶性能好的矿石，含钴品位大于0.01%，钴精矿（黄铁矿）的品位0.2%便有价值，如果金属矿床规模大，而矿石综合回收钴效果好，钴有多少算多少。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

六、附录

钴硫精矿按化学成分，精矿分为六个等级，均按干矿品位计算。应符合以下规定：

等级	化学成分(%)							
			杂质，不大于					
	Co 不小于	S 不小于	Cu	Zn	Mn	SiO_2	Pb	As
1	0.45	25.0	0.5	0.2	0.04	7.0	0.2	0.06
2	0.40	25.0	0.6	0.2	0.06	10.0	0.2	0.08
3	0.35	25.0	0.7	0.2	0.08	13.0	0.2	0.10
4	0.30	25.0	1.0	0.2	0.10	16.0	0.2	0.10
5	0.25	25.0	1.2	0.2	0.10	18.0	0.2	0.10
6	0.20	25.0	1.2	0.2	0.10	20.0	0.2	0.10

注：粒度要求，全部通过水筛80目

钨

一、性质和用途

钨是银白色熔点最高的金属，在2000—2500°C高温下，蒸汽压仍很低。钨的硬度大，高温强度好，其熔点3410±20°C，沸点5927°C，密度（单晶钨）19.3×10³千克/米³。在高温下直径0.002毫米钨丝的拉伸强度为每平方毫米450千克，在高温下的抗张强度超过任何金属，其导电性和导热性良好，散热系数低，导电率为18.1。

钨具有很强的化学稳定性，耐腐蚀。常温下钨在空气中是稳定的，400°C开始失去光泽，表面形成蓝黑色致密的三氧化钨（WO_3），呈保护膜，在740°C时，三氧化钨由三斜晶系转变为四方晶系，保护膜被破坏，在高于600°C的水蒸气中，钨氧化为二氧化钨。常温下钨不易被酸碱溶液和王水侵蚀，但可溶于硝酸和氢氟酸的混合酸中。氧化性熔盐，如硝酸钠等能迅速腐蚀钨。高温下钨与氯、溴、碘、一氧化碳、二氧化碳和硫等起反应，但不与氢起反应。

钨精矿用于生产金属钨、碳化钨、钨合金及化

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

合物。

金属钨是电器工业及电子工业的重要材料。碳化钨基硬质合金，一般用于制造高速钻头，高速切削工具等。钨与铬、铁、钴组成耐热、耐磨合金用于制造切削刀具，金属表面硬化材料、燃气汽轮机叶片和燃烧管等。

钨与铌、钽、钼等组成难熔合金。高密度的钨、镍、铜合金用作防辐射的防护屏。钨铜和钨银合金用作电接触点材料，钨粉可烧结成各种孔隙度的过滤器。钨的一些化合物应用于颜料、油漆、橡胶、纺织、石油、化工等工业。

钨的用途还在不断扩大，特别是在尖端工业中，例如：宇航工业用作火箭喷嘴、喷管、离子火箭发动机的热离解器，核子工程用钨作盛液态金属的容器等。

二、主要矿物

目前已发现的钨矿物和含钨矿物有二十余种，其中具有工业价值的矿物有：

黑钨矿　$(Fe、Mn)WO_4$　含WO_3　76%

白钨矿　$CaWO_4$　含WO_3　80.6%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

工业指标 \ 矿床类型	石英大脉型	石英细脉带型	石英细脉浸染型	层控型	矽卡岩型
边界品位(WO_3%)	0.08—0.10	0.10	0.10	0.10	0.08—0.10
边界米百分值	0.064—0.08				
工业品位(WO_3%)	0.12—0.15	0.15—0.20	0.15—0.20	0.15—0.20	0.15—0.20
米百分值	0.096—0.12				
运用米百分值厚度（米）	<0.8				
可采厚度（米）		1—2	1—2	0.8—2.0	1—2
夹石剔除厚度(米)		3	2—5	2—3	3

四．矿床实例

矿床类型	边界品位（WO_3%）	工业品位（WO_3%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度(米)
江西大吉山石英大脉型钨矿床	0.1 边界米百分值0.08	0.15 最低米百分值0.12	0.8	
江西盘古山石英大脉型钨矿床	0.08边界米百分值 0.05	0.12最低米百分值 0.08	0.8	
江西上坪石英细脉带型钨矿床	0.1	0.15	1	
福建行洛坑石英细脉浸染型钨矿床	0.1	0.15	2	5
广东莲花山石英细脉浸染型钨矿床	0.12	0.18	1	2
湖南柿竹园石英细（网）脉—云英岩—矽卡岩型钨多金属矿床	0.10 伴生组分MO 0.01 Bi0.04	0.15 0.04 0.07	2	4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

钨矿床中伴生有用组分有锡、钼、铋、铜、铅、锌、锑、铍、钴、金、银、铌、钽、稀土、锂、砷、硫、磷、压电水晶和熔炼水晶、萤石等。但它们大多数组分对钨的冶炼工艺和钨制品为有害杂质。但经选冶富集综合回收，则可成为有用组分。

据我国目前生产技术经济水平，当钨矿床中伴生组分达到了下表中所列的含量时应注意综合评价。

元素或组分	含量（%）	元素或组分	含量（%）
Cu	0.05	Ta_2O_5	0.01
Zn	0.5	Nb_2O_5	0.08
Pb	0.2—0.3	BeO	0.03
Co	0.01	Sb	0.5
Sn	0.03	Li_2O	0.3
Mo	0.01	TR_2O_3	0.03
Bi	0.03	S	2

注：①钨矿石中的Au、Ag、Ga、Ge、Cd、In、Sc……等元素含量达到多少可回收，目前尚无成熟经验，在勘探中可与有关部门商定。

②Ta_2O_5和Nb_2O_5系指呈单矿物时的含量。

六、附录

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（一）特级钨精矿

品　种	WO_3 不小于（%）	杂质，不大于					
		S	P	As	Mo	Ca	Mn
黑钨特-Ⅰ-3	70	0.2	0.02	0.06	—	3.0	—
黑钨特-Ⅰ-2	70	0.4	0.03	0.08	—	4.0	—
黑钨特-Ⅰ-1	68	0.5	0.04	0.10	—	5.0	—
黑钨特-Ⅱ-3	70	0.4	0.03	0.05	0.010	0.3	—
黑钨特-Ⅱ-2	70	0.5	0.05	0.07	0.015	0.4	—
黑钨特-Ⅱ-1	68	0.6	0.10	0.10	0.020	0.5	—
白钨特-Ⅰ-3	72	0.2	0.03	0.02	—	—	0.3
白钨特-Ⅰ-2	70	0.3	0.03	0.03	—	—	0.4
白钨特-Ⅰ-1	70	0.4	0.03	0.03	—	—	0.5
白钨特-Ⅱ-3	72	0.4	0.03	0.05	0.010	—	0.3
白钨特-Ⅱ-2	70	0.5	0.05	0.07	0.015	—	0.4
白钨特-Ⅱ-1	70	0.6	0.10	0.10	0.020	—	0.5

注：①表中“—”者为杂质不限。②本标准不包括人造白应报出分析数据。④根据用户需要和资源特点，钨精中Sb、Bi、Pb的杂质要求和白钨精矿特级品Ⅱ类产品数据。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（%）

Cu	Sn	SiO_2	Fe	Sb	Bi	Pb	Zn	用途举例
0.04	0.08	4.0	—	0.04	0.04	0.04	—	优质钨铁
0.05	0.10	5.0	—	0.05	0.05	0.05	—	
0.06	0.15	7.0	—	0.10	0.10	0.10	—	
0.15	0.10	3.0	—	—	—	—	—	优质钨制品，特纯、化纯三氧化钨、仲钨酸铵、钨材、钨丝等
0.20	0.15	3.0	—	—	—	—	—	
0.25	0.20	3.0	—	—	—	—	—	
0.01	0.01	1.0	—	—	0.02	0.01	0.02	合金钢（直接法

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）一、二、级钨精

品　种	WO_3 不小于（%）	杂质，不大于			
		S	P	As	Mo
黑钨一级Ⅰ类	65	0.7	0.05	0.15	—
黑钨一级Ⅱ类	65	0.7	0.10	0.10	0.05
黑钨一级Ⅲ类	65	0.8	P + As 0.22		0.05
黑钨二级	65	0.8	—	0.20	—
白钨一级Ⅰ类	65	0.7	0.05	0.15	—
白钨一级Ⅱ类	65	0.7	0.10	0.10	0.05
白钨一级Ⅲ类	65	0.8	0.05	0.20	0.05
白钨二级	65	0.8	—	0.20	—

注：①表中“—”者为杂质不限。②精矿中钽铌为有互利原则上，标准中规定的个别杂质项目指标及钨杂砂以及钨难选物料等产品按国家统一价格规

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(%)					用途举例
Ca	Mn	Cu	Sn	SiO_2	
5.0	—	0.13	0.20	7.0	钨铁
3.0	—	0.25	0.20	5.0	硬质合金、触媒、钨材
1.0	—	0.35	0.40	3.8	钨材、钨丝、硬质合金触媒
5.0	—	—	0.40	—	
—	1.0	0.13	0.20	7.0	钨铁、硬质合金
—	1.0	0.25	0.20	5.0	钨材、钨丝、硬质合金触媒
—	1.0	0.20	0.20	5.0	钨材、钨丝、硬质合金触媒
—	1.5	—	0.40	—	

价元素。供方应报出分析数据。③供需双方在特需要求和其它要求（如铁、锑、药剂等）可协商解决。④钨细泥、定执行。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锡

一、性质和用途

锡是人类最早发现和使用的金属之一。其在常温下呈银白色。随温度变化锡有三种同素异形体，在13.2°C以下为α锡（灰锡），13.2°C—161°C为β锡（白锡），161°C以上为γ锡（脆锡）。比重β锡为7.31（20°C），α锡为5.75（13.2°C）。熔点231.968°C，沸点2270°C，摩氏硬度3.75。锡具有展性强、防锈、耐腐蚀等特性。

锡的化学性质稳定，各种锡盐无毒。纯锡与弱有机酸作用缓慢，用于制造镀锡薄板，可作食品包装材料，也可用作某些机械零件的镀层。锡易于加工成管、箔、丝、条等，也可制成细粉，用于粉末冶金。锡能同许多金属形成合金，如巴比特合金、焊锡、锡青铜、铅锡轴承合金，活字合金等。还有许多含锡特种合金如锆基合金，在原子能工业中作核燃料包装材料，钛基合金用于航空、造船、原子能、化学、医疗器械等工业；铌锡可作超导材料；锡银汞合金用作牙科材料；锡的化合物分别用于陶

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

瓷的瓷釉材料；印染丝织品的媒染剂，塑料热稳定剂；也可用作杀菌剂和杀虫剂。随着现代科学技术的发展，锡的用途越来越广泛。

二、主要矿物

在自然界中锡主要呈自然元素、金属互化物、氧化物、氢氧化物、硫化物、硫盐、硅酸盐、硼酸盐等形式存在。目前已发现锡矿物和含锡矿物五十余种，其中具有工业意义的主要矿物为：

锡石	SnO_2	含Sn 78.8%
黄锡矿	Cu_2FeSnS_4	含Sn 27.6%
圆柱锡矿	$Pb_3Sb_2Sn_4S_{14}$	含Sn 26.5%
硫锡铅矿	$PbSnS_2$	含Sn 30.51%
辉锑锡铅矿	$Pb_6Sb_2Sn_3S_{14}$	含Sn 17.09%

三、一般工业要求

（一）原生锡矿

项　目	要　求	备　注
边界品位(Sn)	0.1—0.2%	坑采矿体厚度小于可采厚度时应考虑以米百分值计算
工业品位(Sn)	0.2—0.4%	
可采厚度	0.8—1米	
夹石剔除厚度	2米	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①本参考指标以全锡计算，适用于以锡石为主的矿床。

②当矿石中胶态锡、硫化锡等占一定比例时（>10%），要提高指标。

③以胶态锡、硫化锡为主的矿石，要按照采、选、冶技术经济条件另行制定指标。

（二）砂锡矿

项　　目	用化学分析法确定品位（锡石中锡）	用重砂、淘洗法确定锡石含量（锡石纯度Sn>60%）
边界品位	Sn0.02%	锡石100—150克/米³
工业品位	Sn0.04%	锡石200—300克/米³
可采厚度（米）	≥ 0.5	≥ 0.5
夹石剔除厚度（米）	≥ 2	≥ 2

四、矿床实例

（一）原生矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿区名称	边界品位 (Sn%)	最低工业品位 (Sn%)	最低可采厚度 (米)	夹石剔除厚度 (米)
广西大厂锡石—硫化物矿床	0.15	0.3	1	4
云南个旧松树脚锡石—硫化物砂卡岩矿床	0.1	0.2	0.8	2
广西栗木老虎头含锡花岗岩矿床	0.15	0.25	1	2
广东阳春锡石—石英18号矿体	0.1	0.2	0.7	2

（二）砂锡矿

矿区名称	边界品位		最低工业品位		最低可采厚度	夹石剔除厚度
	化验 (Sn%)	淘洗锡石 (克/米³)	化验 (Sn%)	淘洗锡石 (克/米³)	(米)	(米)
云南个旧牛屎坡残坡积砂矿	0.02		0.04		0.5	2
广东新会牛牯岭冲积砂矿		200		300		
广西望高冯屋排冲积砂矿		100		300	1	2
广西贺县新桂残坡积砂矿	0.02		0.04		1	2

五、综合评价

原生锡矿中常伴生钨、铅、锌、铜、锑、铌、

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钽、铍、铋等，有时还有硫、砷和铁。砂锡矿中通常共
褐钇铌矿、白铅矿、闪锌矿、黄铜矿、方铅矿等有用矿

六、附录

锡精矿质量标准

类别	品级	锡（%）不小于	S
一类	一级品	65	0.4
	二级品	60	0.5
	三级品	55	0.6
	四级品	50	0.8
	五级品	45	1.0
	六级品	40	1.2
	七级品	35	1.5
	八级品	30	1.5
二级	一级品	65	1.0
	二级品	60	1.5
	三级品	55	2.0
	四级品	50	2.5
	五级品	45	3.0
	六级品	40	3.5
	七级品	35	4.0
	八级品	30	5.0

注：①一类是直接入炉锡精矿产品；二类
②锡精矿中铅、钨为有价元素，应报
③自产自用锡精矿产品，可自订企业

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

生、伴生有自然金、黑钨矿、白钨矿、独居石、金红石。物，以及铌、钽等稀有元素，应注意有综合评价。

（YB736—82）

杂质，不大于（%）				
As	Bi	Zn	Sb	Fe
0.3	0.10	0.4	0.2	5
0.4	0.10	0.5	0.3	7
0.5	0.15	0.6	0.4	9
0.6	0.15	0.7	0.4	12
0.7	0.20	0.8	0.5	15
0.8	0 20	0.9	0.6	16
1.0	0.30	1.0	0.7	17
1.0	0.30	1.0	0.8	18
0.4	0.4	0.8	0.4	5
0.5	0.5	0.9	0.5	7
1.0	0.6	1.0	0.6	9
1.5	0.8	1.2	0.7	12
2.0	1.0	1.4	0.8	15
2.5	1.2	1.6	0.9	16
3.5	1.4	1.8	1.0	17
4.0	1.5	2.0	1.2	18

是冶炼前需加工处理的锡精矿产品。

出分析数据。

标准执行。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钼

一、性质和用途

钼是一种银白色金属，熔点2617°C，沸点4612°C，比重10.22（20°C）。其物理化学性质与钨相似，在高温下的蒸气压很低，蒸发速度小。钼的特殊性能是导电性和导热性强，膨胀系数小，约为铜膨胀系数的30%，硬度和强度极限比钨低，加工性能稳定，受压较易加工，在没有氧化剂的条件下，钼对无机酸具有突出的耐腐蚀性能，但在稀硝酸、沸腾的盐酸和热的王水，200---250°C的浓硫酸以及氢氧酸和硝酸的混合物中，能迅速地被溶解，在空气中温度大于600°C时，钼极易氧化。

钼主要应用于冶金工业，用作生产各种合金钢的添加剂，并能与钨、镍、钴、锆、钛、钒、铼等组成高级合金，可提高其高温强度、耐磨性和抗腐性。钼和镍铬的合金用于制造飞机的金属构件，机车汽车上的耐蚀零件。钼和钨、铬、钒的合金钢适用于制造高速切削的刃具、军舰的甲板，坦克、枪炮、火箭、卫星等的合金构件和零部件。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

金属钼大量用作高温电炉的发热材料和结构材料，真空管的大型电极和栅极，半导体及电光源材料，因钼的热中子浮获截面小及具高持久强度，还可用作核反应堆的结构材料。

钼的化合物，主要用作催化剂和催化剂的活化剂，润滑剂。颜料、染料、涂料、陶瓷玻璃、农业肥料等方面也有广泛的用途。

二、主要矿物

自然界中已知的钼矿物及含钼矿物约有30种，其中具有工业价值的是辉钼矿(MoS_2)含Mo59.96%

其它较常见的含钼矿物还有：

铁钼华	$Fe_2^{3+}(MoO_4)_3 \cdot 8H_2O$	含Mo	39.1%
钼　华	MoO_3	含Mo	66.7%
钼钙矿	$CaMoO_4$	含Mo	48%
钼铅矿	$PbMoO_4$	含Mo	26.1%
胶硫钼矿	MoS_2	含Mo	59.96%
蓝钼矿	$Mo_3O_8 \cdot nH_2O$		

三、一般工业要求

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

项目 \ 矿石类型及开采方式	硫化矿石	
	露采	坑采
边界品位（Mo%）	0.03	0.03—0.05
工业品位（Mo%）	0.06	0.06—0.08
可采厚度（米）	≥2—4	≥ 1—2
夹石剔除厚度（米）	≥4—8	≥ 2—3

四、矿床实例

矿床类型	边界品位（%）	工业品位（%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	备注
陕西金堆城斑岩型钼矿床	0.03	0.06	2	4	
辽宁杨家杖子矽卡岩型钼矿床	0.03	0.06	1	3	
广东白石嶂脉型钼钨矿床	0.05 0.08	0.08 0.12	2 0.8	4	细脉型 薄脉型

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

钼矿石中常伴有钨、铋、铜、铅、锌、钴、铁、金、铌、钪、铼、铟、硒、碲、铀、硫等，尤其是铼主要伴生在辉钼矿中，为炼取钼时的重要副产品，当钼矿床伴生组分达到下表含量要求时应注意综合评价。

元素	含量（%）
WO_3	0.06
Cu	0.1
Pb	0.2
Zn	0.4
Fe	10
S	1
Bi	0.03
Re	10g/t

六、附录

本标准适用于经过选矿所得钼精矿产品，供生产氧化钼块、钼铁、钼盐及金属钼等用，钼精矿的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

技术要求按化学成分，分为三个品级九个品种，以干矿品位计算应符合下表的规定。

精矿的质量标准　（GB3200—82）

品级	种类	Mo(%)不小于	杂质含量　不大于（%）						
			SiO_2	As	Sn	P	Cu	Pb	CaO
特级	一类	51	7.0	0.05	0.04	0.03	0.20	0.30	2.80
	二类	51	8.5	0.03	0.02	0.02	0.20	0.15	1.40
	三类	51	5.0	0.10	0.10	0.05	0.50	0.60	1.50
一级	一类	47	9.0	0.07	0.07	0.05	0.30	0.40	3.00
	二类	47	11.0	0.05	0.05	0.03	0.30	0.20	2.00
	三类	47	6.0	0.20	0.15	0.10	1.00	1.50	1.50
二级	一类	45	12.0	0.07	0.07	0.07	0.30	0.50	3.30
	二类	45	13.0	0.06	0.06	0.04	0.30	0.30	2.00
	三类	45	6.0	0.25	0.15	0.15	1.50	1.50	2.00

注：①表中一类、二类系利用浮选方法生产的钼精矿产品，三类系锡、钨、钼等多金属矿综合回收的钼精矿产品。

②钼精矿中铼为有价元素，供方应报出分析数据。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铋

一、性质和用途

铋是灰白带粉红色的金属，熔点较低并且易挥发，熔点为271°C，沸点1580°C。铋在凝固时体积增大，膨胀率为3.3%。此外铋性脆，室温下铋在湿空气中轻微氧化，加热到熔点则燃烧生成三氧化二铋（Bi_2O_3）。铋同盐酸作用缓慢同硫酸反应放出SO_2同硝酸反应生成硝酸盐。

铋在航空工业上用作制造飞机上的薄质软管及雷达设备的零件，铋和锡、锑、铜的合金是一种低熔合金，制造轴的衬里，在消防和电气安全装置上有特殊的重要性。由于铋具有凝固时体积膨胀的特性，所以制作的合金铅字冷凝后可以充满铸模，铋还用来制造热电偶。

铋在医药上可制收敛剂及消炎药等，铋的化合物还用来制作有色玻璃。

二、主要矿物

辉铋矿 Bi_2S_3　　含Bi 81.2%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

泡铋矿　$Bi_2CO_5 \cdot 2—3H_2O$　含Bi　87%

铋华　Bi_2O_3　含Bi　89.6%

自然铋　Bi　含Bi　95—99%

方铅铋矿　$2Pb_5 \cdot Bi_2S_3$　含Bi　42%

菱铋矿　$nBi_2O_3 \cdot mCO_2 \cdot H_2O$

铜铋矿　$3Cu_2S \cdot 4Bi_2S_3$

三、一般工业要求

铋的单独矿床很少，铋铅、锌、钨、钼、铜、锡等矿伴生。铋在单独开采时的最低工业品位为：铋（Bi）0.5%。

四、矿床实例

广东英德长岗岭石英脉型铋矿床

辉铋—黄铁矿石英大脉型矿床

边界品位：　Bi　0.2%

块段最低平均品位：　Bi　0.4%

最低可采厚度：　0.8米

夹石剔除厚度：　0.5米

五、综合评价

铋的主要来源是在处理铜、铅、钨、钼、镍等

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

多金属矿石时作为伴生组分而回收的。因此应注意综合评价。

（一）广东棉土窝钨矿床

边界品位：WO_3 0.10%

WO_3+Bi 0.13%

矿块最低平均品位：WO_3 0.15%

WO_3+Bi 0.20%

矿区最低平均品位：WO_3 0.50%

WO_3+Bi 0.70%

最低可采厚度：0.7米，小于0.7米时按米百分值计算

伴生组分最低平均品位的要求：

Cu 0.10%，Bi 0.08%

Mo 0.02%，Sn 0.05%

（二）湖南郴县天鹅塘铅锌铋多金属矿

表外边界品位：Pb 0.5%；Zn 0.8%

表内边界品位：Pb 0.6%；Zn 1%

最低工业平均品位：Pb 0.8%；Zn 1.2%；Bi 0.1%；Fe 30%

最低可采厚度：1米

最大夹石厚度：2米

伴生有益元素：Sn 0.1%，Cu 0.04%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

六、附录

铋精矿质量标准 (YB498—82)

品级	铋，不小于 (%)	杂质，不大于(%)		
		As	SiO_2	WO_3
一	60	0.5 1.0•	2	3
二	50	1.0	3	3
三	40	1.0	4	3
四	35	1.5	4	3
五	30	1.5	5	3
六	25	2.0	8	3
七	20	3.0	9	4
八	15	不限	10	4

注：①•系指氧化铋中砷的含量；

②供方应报出硫、铁分析数据，但不作考核依据；

③铋精矿中的银、铅、碲为有价元素，供方应报出数据。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

汞

一、性质和用途

汞又称水银，是常温下唯一呈液态的银白色金属，－38.89°C时凝成固体，比重13.55，以其特异的物化性能广泛用于化学、电气、仪表及军事工业，也用于医药。

汞的蒸气压变化幅度显著，蒸气导电并产生绿色及紫外线光谱。汞在电气和仪器工业上主要用来制造紫外光灯、水银灯、水银真空泵、反光镜、交通信号灯的自动控制器，汞盐、干电池、蓄电池、水银整流计、汞槽、温度计、气压计及其它的测量控制仪器。

汞的化合物在化学工业上可制皮革和植物的防霉剂、木材防腐剂、防腐油漆，在基本化学工业中，当由乙炔制造乙醛时使用硫酸汞作催化剂。电解食盐制造苛性钠时，用汞作阳极。还广泛用作船舶水下部分用的颜料等。汞的硝酸盐曾长期用于生产雷管及引火帽等爆炸物。农业上用汞的化合物作种子的媒染剂。医学上用汞作升汞、甘汞、各种药膏

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

的组成部分，医牙汞膏等，并可用于各种医学仪器。此外还用于精密铸件的铸模，钚原子反应堆的冷却剂、镉基轴承合金等。

辰砂为色泽鲜艳的重矿物，是高档颜料、其中粒度大者称珠宝砂，用于激光技术等方面；与叶腊石共生者称鸡血石，可作珍贵印章等工艺品料石。

二、主要矿物

自然界已知的汞矿物和含汞矿物约二十多种，主要的有以下几种：

自然汞	Hg	含Hg 100%
辰砂（黑辰砂）	HgS	含Hg 86.2%
灰硒汞矿	HgSe	含Hg 71.7%
辉汞矿	Hg(S,Se)	含Hg 83.8%
碲汞矿	HgTe	含Hg 61.5%
甘　汞	Hg_2Cl_2	含Hg 84.9%
氯汞矿	Hg_4Cl_2O	含Hg 90.2%
黄氯汞矿	Hg_2ClO	含Hg 88.65%
橙红石	HgO	含Hg 92.87%

三、一般工业要求

边界品位：　0.04%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业品位：　　0.08—0.10%

可采厚度：　　≥0.8—1.2米

夹石剔除厚度：≥2—4米

以上指标用于圈定矿体。

由于汞矿勘探一般只能圈定含矿体，上列指标则用于勘探工程中圈定见矿厚度，并据以计算含矿系数及矿体平均品位。

评价含矿体时按含矿系数与品位乘积提出要求，即：含矿系数×矿体平均品位≥0.04。

若矿体平均品位低于最低工业要求，则列为表外储量。

注：①边界品位的要求用于单样及单工程，最低工业品位用于块段，其下限用于规模较大、矿山开采条件和建设条件较好的矿床；最低可采厚度及夹石剔除厚度下限用于陡倾斜矿床；反之均用上限。矿体厚度小于最低可采厚度时用米百分率（厚度×品位）确定指标。

②普查评价阶段，必须认真研究矿床经济评价问题。鉴于当前的生产实况，矿床的平均品位应达0.12—0.15%，才宜进一步部署详细地质工作。

四、矿床实例

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿床类型		边界品位(%)	工业品位(%)	最低可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)	含矿系数
褶皱类型	贵州务川木油厂矿床	0.04	0.08	1	≥2	
断裂类型	贵州丹寨宏发厂矿床	0.04	0.08	0.5	≥2	>0.1
	陕西旬阳公馆矿床	0.04	0.08	0.5	≥1	>0.3
	广西南丹益兰矿床	0.04	0.08	0.5	≥2	

五、综合评价

汞矿常伴生有分散元素硒、放射性元素铀等在普查勘探中应注意综合评价，同时对具有综合利用价值的共生矿产或上覆、下伏的有用矿产，阐明其矿物种类，含量变化，分布规律及其回收情况等。

一定数量的砷在冶炼时会随辰砂升华而降低水银的纯度，一定数量的辉锑矿也易于结焦而影响汞

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

回收率；因此，评价中要确定其含量，搞清伴生组分对矿石加工的有益或不利影响。

六、附录

朱砂质量标准 (YB748—70)

等　　级	硫化汞不小于（%）	杂质(硒)不大于(%)
特	98	0.10
1	97	0.20
2	96	0.40

注：①特级朱砂粒度规定 5 毫米以上，如用户对粒度有特殊要求，可与生产厂协商解决。
②各级朱砂除硒以外的杂质，如用户有特殊要求，可与生产厂协商议定。

湿法朱砂质量标准 (GB3631—83)

品　　级	硫化汞(%) 不大于	杂质不大于(%)	
		Se	Fe
一	99.00	0.050	0.10
二	98.00	0.100	0.10

注：①产品不得混入机械混合物
②产品表面应洁净，洗涤液静置后清应澈透明，其pH值与当地天然水pH值之差应小于0.5。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锑

一、性质和用途

锑是一种银白色脆性金属，在常温下是一种耐酸物质，其比重6.6、溶点630.5°C、沸点1750°C。

锑产品主要为精锑及锑的化合物，即三氧化二锑（锑白）、三硫化锑（生锑）。

精锑含锑量为99%以上，主要用于生产锑铅合金。其中大量用于蓄电池极板(一般含铅2—8%)、轴承(主要为铅锑锡合金)印刷活字(含铅64—68%、锑10—24%、锡2—12%)、硬铅(一般含铅74—85%、锑6—15%)、不列颠合金（以锡为主，加入铜、锑、铅、铋等）、家庭用具合金、海底电缆包皮、军事工业上制造枪弹、炮弹的弹头；高纯度的锑用于电子工业制造半导体及热电装置。

二、主要矿物

已知锑矿物和含锑矿物120多种，但具有工业利用价值的矿物仅有十种。辉锑矿是主要锑矿物。

辉锑矿 Sb_2S_3 含Sb 71.4%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

方锑矿	Sb_2O_3	含Sb 83.3%
锑　华	Sb_2O_3	含Sb 83.3%
锑赭石	$Sb_2O_3 \cdot Sb_2O_4 \cdot H_2O$	含Sb 74—79%
黄锑华	$Sb_3O_5(OH)$	含Sb 74.5%
硫氧锑矿	Sb_2S_3O	含Sb 68.5%
天然锑	Sb	含Sb 100%
硫汞锑矿	$HgSb_4S_8$	含Sb 51.6%
脆硫锑铅矿	$Pb_4FeSb_6S_{14}$	含Sb 35.5%
黝铜矿	$3Cu_2S \cdot Sb_2S_3$	含Sb 25%

三、一般工业要求

边界品位：　含Sb　0.7%

工业品位：　含Sb　1.5%

可采厚度：　≥　1米

夹石剔除厚度：≥　2米

我国锑矿石往往与金、钨、铅、锌、汞，以及锡、铜、铋、砷、硫、铁、镍、钴、锰、镉、铂、钯、钌、硒等相伴生。当杂质砷超过0.05%，铁超过0.02%、硫超过0.04%、铜超过0.01%，或则杂质总量超过0.15%时，不符合我国金属锑标准化学成分的工业要求，则要系统地加以查定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

矿床类型	边界品位(%)	工业品位(%)	可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)	含矿系数	米百分值
贵州晴隆大厂锑矿田似层状矿床	>0.7	1.5	1	2	0.3	/
安徽东至花山锑矿小型脉状矿床	0.7	块段1.5 矿区3.5	1	2	/	/

五、综合评价

我国锑矿床多系单金属矿床，近年锑多金属共生矿床有所增加，锑多与钨、金、汞或铅、锌共生，凡在选矿、冶炼中具有综合回收价值者，要做好综合评价。

湖南沃溪锑、金、钨矿床

属热液充填型，为中低温热液石英脉型锑、金、钨矿床，具有易选、易炼等特点，各项经济技术指标较好。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业要求	锑（Sb）	金（Au）	钨（WO_3）
边界品位	0.7%	2克／吨	0.1%
工业品位	1%	4克／吨	0.2%
可采厚度(米)	≥0.6		

六、附录

锑精矿质量标准　（YB 2419-82）

本标准适用于经选矿所得的商品锑精矿，主要作锑品生产用。

技术条件

按矿石类型和化学成分，锑精矿分为硫化矿、混合矿和氧化矿三大类，前两大类又分为粉精矿和块精矿两种。以干矿品位计算，应符合以下品级规定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1.硫化锑精矿（硫化锑中的含锑量与精矿中总含锑量之比大于85%）

类别	品级	锑不小于(%)	杂质不大于(%)	
			砷	铅
粉精矿	一级	55	0.6	0.15
	二级	45	0.6	0.15
	三级	35	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
块精矿	一级	60	0.6	0.15
	二级	50	0.6	0.15
	三级	40	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
	五级	20	0.2	0.10
	六级	10	0.2	0.10

2.混合锑精矿（硫化锑中的含锑量与精矿中总含锑量之比在15—85%范围内）

类别	品级	锑不小于(%)	杂质不大于(%)	
			砷	铅
粉精矿	一级	55	0.6	0.15
	二级	45	0.6	0.15
	三级	35	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
块精矿	一级	60	0.6	0.15
	二级	50	0.6	0.15
	三级	40	0.4	0.15
	四级	30	0.4	0.15
	五级	20	0.2	0.10
	六级	10	0.2	0.10

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3.氧化锑精矿（硫化锑中的含锑量与精矿中总含锑量之比小于15%）

类别	品级	锑不小于(%)	杂质不大于(%)	
			砷	铅
块精矿	一级	60	0.6	0.2
	二级	50	0.6	0.2
	三级	40	0.4	0.15

注：锑精矿中含金量达到工业品位时，应报出分析数据。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）贵金属矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

金

一、性质和用途

金是黄色有强金属光泽的金属。比重为19.32（20°），熔点1064.43°C，沸点2807°C，摩氏硬度2.5维斯显微硬度值为50—55公斤/平方毫米。金的延展性很好，可压成厚度只有0.01微米的金箔，可拉成只有0.5毫克/米重的金丝。金的导电率仅次于银和铜，导热率为银的74%。

金的化学性质十分稳定，从室温到高温，一般均不氧化。金不溶于一般的酸和碱，但可溶于王水，也可溶于碱金属氰化物中。酸性的硫脲溶液、溴的溶液、沸腾着的氯化铁溶液，有氧存在的钾、钠、钙、镁的硫代硫酸盐溶液等，能很好地溶解金。碱金属的硫化物能腐蚀金，生成可溶性硫化金。

金主要用作货币和装饰品。还用于陶瓷、镶牙、金笔等工业。随着科学技术的发展，特别是尖端技术的发展，黄金及其合金在电子、电气、宇航和国防尖端工业中具有特殊用途。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、主要矿物

目前已发现金矿物近20种。分为①自然元素、天然合金和金属互化物；②硫化物；③硒化物；④碲化物；⑤锑化物等。最常见的是金的自然元素和碲化物。主要的则是自然金，含金＞80%和银金矿含金50%。在自然界中，金常与银共生，并与黄铁矿、方铅矿、毒砂、闪锌矿、黄铜矿、斑铜矿、辉钼矿等矿物关系很密切，常和它们连生在一起。

三、一般工业要求

（一）岩金

边界品位：	1—2克/吨
最低工业品位：	3—5克/吨
矿床平均品位：	5—8克/吨
可采厚度：	≥0.8—1.5米
夹石剔除厚度：	≥2—4米
无矿段剔除长度：	上、下坑道对应时 10—15米
	上、下坑道不对应时20—30米

注：①品位指标，当矿石易采易选建设条件好的，取其下限值；反之，取其上限值。②最低可采厚度与夹石剔除厚度，当矿床产状陡时取其下限值；反之取其上限值。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）砂金

项目	露天开采						地下开采
	全面开采						
	采金船开采				水枪开采	分别开采	
	南方		北方				
	50—100升	150—300升	50—100升	150—300升			
混合砂边界品位（克/米³）	0.05—0.07	0.04—0.06	0.06—0.08	0.05—0.07	0.1	0.3—0.5	
混合砂块段最低工业品位（克/米³）	0.16—0.18	0.14—0.16	0.18—0.20	0.16—0.18	0.3	0.6—1.0	
最小可采宽度（米）	30—35	40—50	30—35	40—60	20		
无矿地段（夹石）剔除宽度（米）	30—35	40—60	30—35	40—60			
矿体最低可采矿砂量（万米³）	150—450	900—2000	100—300	600—1400			
矿砂层边界品位（克/米³）							1
矿砂层块段最低工业品位（克/米³）							3
矿砂层采幅高度（米）							1.3—1.5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿床名称	原工业指标						
	边界品位（克/吨）	最低工业品位（克/吨）	矿床平均品位（克/吨）	最低可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	无矿段剔除长度（米）	
						对应	不对应
山东焦家金矿	3	5	8	0.8	2	15	30
河南金硐岔金矿	2	5	8	0.8	2.0		
河北金厂峪金矿	3	5	9	1	2—4		
吉林夹皮沟金矿	2.5	4	6	1	2		
浙江遂昌金矿	2	5		0.8	2		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

新工业指标							备注
边界品位（克/吨）	最低工业品位（克/吨）	矿床平均品位（克/吨）	最低可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	无矿段剔除长度（米）		
					对应	不对应	
							新指标指冶金工业部黄金局1980年以冶黄生字第145号文下达的对我国黄金生产矿山修订的工业指标
1	4	5.5	1.5	2.0	10	20	
1.5	3.5	4	1.0	3.0	10	20	
1.5	4	6	1	2	15	30	
1	3	5	1	2	10	20	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）砂金矿床

矿床名称	边界品位（克/米³）	最低工业品位（克/米³）	最小可采宽度（米）	夹石剔除宽度（米）	最小可采厚度（米）	矿量（万米³）	底板坡度（‰）	备注
黑龙江桦南砂金矿	0.09	0.21	70	40		1600		船采
	0.1	0.3						水枪采
	1	2.5	20	20	1.5			地下开采
黑龙江小奇拉河砂金矿	0.07	0.17	40	40				船采
吉林珲春砂金矿	0.07	0.20	40	40		≥300		船采
吉林金仓砂金矿	0.06	0.18	30	30	2.5			船采

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

金矿床中伴生有用组分多，在岩金矿床中常伴生有银、铜、锌、铅、钨、锑、钼、硫、铋、钇等，在砂金矿床中，常伴生有金红石、石榴石、钛铁矿、白钨矿、独居石、刚玉等。为了综合利用矿产资源，当伴生组分达到一定含量时，应做出综合评价。

岩金矿床中伴生组分评价参考数值

元素或组分	Cu	Pb	Zn	WO_3	Sb	Mo	S
含量（%）	0.1	0.2	0.4	0.05	0.4	0.01	2.0

注：①铜、锌、铅、锑、钼含量均指硫化物中的含量

②硫指硫铁矿中之硫。

③在金矿床中普遍含银，伴生银的含量评价数值视其回收情况而定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

银

一、性质和用途

银是白色金属。常见氧化物为+1。原子半径1.34Å，硬度2.7、熔点960.8°C，沸点2212°C，银具有很强的导电性、延展性和传热性，多用在制造电子工业和发电设备的零件。银易溶于硝酸或热的浓硫酸，硝酸银是无色晶体，由于它的稳定性和在水中的易溶性，及对有机组织有破坏作用等，因此它在医药上用作消毒剂和腐蚀剂，并用于制造感光材料的卤化银，银的络合物主要用于镀银工业上。大量纯度较高的银用于制造银币和装饰品。

二、主要矿物

自然银　Ag　　含Ag　100%

辉银矿　Ag_2S　　含Ag　87.1%

角银矿　AgCl　　含Ag　75.3%

硫锑铜银矿　$8(AgCu)S\cdot Sb_2S_3$

含Ag　74.32%

淡红银矿　$3Ag_2S\cdot AsS_3$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

含Ag 65.42%

脆银矿 $Ag_2S \cdot Sb_2S_3$

含Ag 68.33%

硫锑银矿 Ag_3SbS_3

含Ag 59.76%

硒银矿 Ag_2Se 含Ag 73.15%

碲银矿 Ag_2Te 含Ag 62.86%

上述银矿物除独立呈粗粒单晶存在，嵌布于脉石矿物中外，还有与方铅矿、闪锌矿、黄铁矿、黄铜矿等呈微细的连晶出现，也有呈分散状态赋存于上述矿物中。

三、一般工业要求

我国以银为主的矿床已相继发现数处，但大部分银是在铜矿、多金属矿、铜镍矿及金矿床中，呈伴生组分出现。现将部分银矿床的工业指标综合归纳如下：

边界品位： Ag40—50 克／吨

工业品位： Ag100—120 克／吨

可采厚度： ≥1米

夹石剔除厚度： ≥2—4米

作为伴生组分的银，在提炼铅、锌、金、铜的时

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

候，可顺便把银提炼出来。因此，一般均未规定伴生银的工业指标。不要求单独圈定矿体而是根据分析结果进行储量计算。当银在主组分精矿中富集性好时，可采用有多少算多少的办法。

四、矿床实例

（一）河南破山银矿

单一银矿体

边界品位：　　Ag　50克／吨

最低工业品位：　Ag　120克／吨

最小可采厚度：　1米

夹石剔除厚度：　4米

含银铅锌矿石：伴生Ag　20克／吨

（二）浙江遂昌金银矿

金：边界品位：　≥2克／吨

块段最低工业品位：≥5克／吨

可采厚度：　0.8米

夹石剔除厚度：　2米

银：1.在金矿体内的有多少算多少。

2.紧接金矿体的单一银矿体

边界品位≥50克／吨

块段最低工业品位≥100克／吨

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

鉴于我国已探明的银矿储量大部分是属于铜矿、多金属矿床的伴生组分，只有少部分是从银矿床中探明的。因此，在勘探多金属矿床时，应重视综合评价银及其他伴生组分；当银的平均含量达到40—50克／吨，也可按主元素进行评价。而在勘探银矿床时，亦应注意对铅、锌、金、镉、锗、镓、硫等伴生组分的综合评价工作。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铂族金属

（铂、钯、铑、铱、钌、锇）

一、性质和用途

铂（Pt）、钯（Pd）、铑（Rh）、铱（Ir）、钌（Ru）、锇（Os）这六种金属，不论在地球化学性质还是在物理化学性质上，有很多相似之点。在自然界常常赋存在一起，故统称为铂族金属。它们的特点是：除锇为蓝灰色金属外，其他均为银白色金属，熔点高、耐腐蚀性、稳定的热电性、抗电火花的蚀耗性好、优良的高温抗氧化性能和良好的催化作用等。由于它们具有这些优良特性，所以在工业上有广泛的用途。特别是国防、化工、石油化工、仪器仪表、电子、机械制造和医疗等工业的重要材料。铂族金属虽有很多共同特性，但它们各自也有其独特的性质，因而在用途上也就不尽相同。

铂具有良好的催化作用和耐腐蚀性，电阻及电阻温度系数很稳定。在石油化工及化学工业上作催化剂；在化学及电化学工业作设备的防腐材料、燃料电池的电极、阴极保护防腐装置、电解、电镀探

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

照灯及医疗器械；电子和电工的测温材料（热电偶、电阻温度计）、触点材料、电阻材料、发动机火花塞电极、永磁材料；在环保方面用于控制大气污染催化剂（控制汽车排气污染）；制造工业设备，在玻璃工业上用铂坩埚，熔化和处理熔融的光学仪器和特殊用途的玻璃，其它还用于航行器、原子能、装饰等方面。

钯主要用于电工、仪表工业作低电流摩擦接触器和化工人造纤维的催化剂；钯合金可制造提高制氢气纯度的扩散设备，钎焊的钯焊料，亦是牙科、制药、首饰工业的原料。

铑对可见光有高的反射率，可制造工业镜子及反射镜的镀层；在电工仪表工业用于制造仪表另件、电阻丝和导线等；化学工业作催化剂和生产玻璃纤维的加热器；铑可作为铂、钯的添加剂来提高它们的强度；也用于制作首饰及装饰镀层。

铱作铂、钯的添加剂，可提高其硬度、耐腐蚀性和熔点；化工上作催化剂和颜料；仪器仪表工业用以制造电位计、热电偶等；并可制造钢笔尖和医疗器具；也用于航空和机器制造工业。

钌主要作为铂、钯的添加剂，可提高其性能；在有机化学工业用作催化剂；也用于无线电、仪表

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

和制药工业。

铑主要作为铂、钯的添加剂和化工产品的催化剂；亦用于照相、电影技术、仪表和制药工业。

	单　位	Pt	Pd	Os	Ir	Ru	Rh
地壳平均含量	克/吨	0.01	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001
原子量		195.08	106.42	190.2	192.22	101.07	102.9055
密度	千克/米^3	21450	12020	22610	22650	12450	12410
熔点	°C	1768	1552	3050	2443	2310	1960

二、主要铂族矿物

目前发现的铂族矿物和含铂族元素的矿物已超过80种，加上变种和未定名矿物已达200个。在自然界中，铂族金属主要呈自然元素、自然合金、锑化物、硫化物、硫砷化物和铋碲化物的单矿物存在，部分呈类质同像存在于硫化物中（黄铜矿、镍黄铁矿、紫硫镍（铁）矿等）。常见矿物如下：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿物名称	化学式	元素种类	一般含量(%)	备注
自然铂	Pt	Pt	83.2—100.0	
铁自然铂	Pt·Fe	Pt	74.8—90.22	
砷铂矿	$PtAs_2$	Pt	46.6—59.3	
碲铂矿	$PtTe_2$	Pt	31.0—46.3	
铋碲铂矿	$Pt(Te, Bi)_2$	Pt	30.34—41.0	
锑钯矿	$Pd_{5+x}Sb_{2-x}$	Pd	66.9—70.8	$x \approx 0.06$
碲钯矿	$PdTe_2$	Pd	21.7—33.2	
铋碲钯矿	$Pd(Te, Bi)_2$	Pd	25.6	
单斜铋钯矿	$PdBi_2$	Pd	17.6—20.3	
硫锇矿	OsS_2	Os	64.3—72.4	
硫砷铱矿	IrAsS	Ir	55.3—66.5	
砷钌矿	RuAs	Ru	43.4—44.7	
峨嵋矿	OsAs	Os	46.5—51.2	
硫砷铑矿	RhAsS	Rh	41.3	
铱砷铂矿	$(Pt·Ir)As_2$	Pt Ir	44.9—45.7 10.7—12.0	

PDF文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

矿床类型		金属种类	边界品位	工业品位	块段品位	最小可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)
原生矿床	超基性岩含铜镍型矿床	Pt+Pd①	0.3—0.5(克／吨)	≥0.05(克／吨)	1.0(克／吨)	1—2	≥2
		Pt	0.25—0.42(克／吨)	≥0.42(克／吨)	0.84(克／吨)		
		Pd	1.25—2.1(克／吨)	≥2.10(克／吨)	4.20(克／吨)		
	伴生矿床	Pt、Pd	0.03(克／吨)				
		Os、Ir Ru、Rh	0.02(克／吨)				

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

砂矿床	松散沉积型矿床	Pt+Pd	0.03(克/米³)	≥0.1(克/米³)			
		Pt	0.025(克/米³)	0.055(克/米³)			
		Pd	0.125(克/米³)	0.42(克/米³)			
	砂砾岩型矿床	Pt+Pd	0.1—0.5(克/米³)	1—2(克/米³)		0.5—1	≥1
		Pt	0.085—0.42 (克/米³)	0.84—1 (克/米³)			
		Pd	0.42—2.1(克/米³)	4.2—8.4 (克/米³)			

现在铂和金的国际价格很相近，故一般工业要求应参照本当的岩金及砂金要求进行评价。以前铂和金的差价较大，所以一般工业要求也较低，已不适用，但为了对照，现将原指标列后，以供参考；①铂与钯的比例为：Pt:Pd = 4:1，②达到此指标时，要对其进行评价和综合回收利用的研究工作，如能回收利用，有多少算多少。

PDF文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

矿床类型	边界品位	工业品位	块段品位	可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)
西南某超基性岩含铜镍铂矿床	Pt+Pd 0.5(克/吨)	Pt+Pd ≥0.5(克/吨)	/	1	2
河北某热液蚀变透辉岩型铂矿①	Pt+Pd ≥0.3(克/吨)	Pt+Pd ≥0.5(克/吨)	Pt+Pd ≥1(克/吨)	2	3
西北某松散沉积物中砂铂矿床	0.03(克/米³)	>1 (克/米³)	/	/	/

①上述指标Pt:Pd = 4:1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

在原生铂族金属矿床中，铂族金属常与铜、镍、钴、铬、金、硒、碲等矿产共生；其围岩（超基性岩）有的可制钙镁磷肥和建筑材料；在铂族金属砂矿床中，铂族金属常与金共生在一起，要注意综合评价。和基性岩、超基性岩有关的矿产，常伴生有铂族金属，在评价主矿产时，要注意铂族金属的综合评价。如：

西北金川超基性岩型含铂族金属的铜镍矿床，铂族金属有多少算多少；和西藏某铬铁矿中的Pt亦可综合回收利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（四）稀有金属矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锂

一、性质及用途

锂是最轻的银白色金属比重0.534，熔点179°C。锂的用途广泛，主要用于：

原子能工业：锂的同位素Li^6是制造氢弹不可缺少的原料，在核反应堆中锂作控制棒冷却剂和传热介质，在液体燃料反应堆中锂可作铀、钍的熔剂。

飞机、导弹和宇航工业：锂及其化合物作成的高能燃料，具有燃烧温度高、速度快等优点，常用作飞机、火箭、潜艇的燃料，锂在高空飞机、载人飞船、潜艇密封仓中作为CO_2的吸附剂。

在冶金工业上制造轻合金，耐磨合金，生产稀有金属的还原剂和精炼金属的除气剂。

在石油工业、电器电子工业，也有广泛的用途。还可制作润滑剂、锂电池、玻璃、陶瓷、烟火和炸药等。

二、主要矿物

已知锂矿物和含锂矿物有150多种，常见的有20多种，主要矿物如下：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿物名称	化学式	含量（%）		
		Li_2O	Rb_2O	Cs_2O
锂辉石	$LiAl(Si_2O_6)$	5.8—8.1	0.002—0.007	0.002—0.008
锂云母	$KLi_{1.5}Al_{1.5}[AlSi_3O_{10}](F.OH)_2$	3.2—6.45	1.51—3.80	0.02—1.082
锂磷铝石	$LiAl[PO_4]F$	7.1—10.1		
透锂长石	$Li[Al,Si_4O_{10}]$	2.9—4.8		
铁锂云母	$KLiFeAl[Si_3AlO_{10}](F,OH)_2$	1.1—5	1.22—2.05	0.02—0.22

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

矿床类型	边界品位(%)		工业品位(%)		可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
	机选 Li_2O	手选锂辉石	机选 Li_2O	手选锂辉石		
花岗伟晶岩类矿床	0.4—0.6	—	0.8—1.1	5.0—8.0	≥1.0	≥2.0
碱性长石花岗岩类矿床	0.5—0.7	—	0.9—1.2	—	≥1.0—2.0	≥1.0
盐湖矿床（卤水中的氯化锂）		—	1000毫克／升	—	—	—

注：锂辉石粒径>3厘米，矿物品位>2—3%就适于手选，应划分出手选矿石，进行手选矿物储量计算；手选矿石的尾矿具机选价值者和不适于手选的矿石都属机选矿石。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）江西某钽铌锂铍钠长石花岗岩矿床

边界品位：　Li_2O　0.5%

最低工业品位：Li_2O　0.80%

夹石剔除厚度：4米

（二）新疆某铍锂钽铌花岗伟晶岩矿床

边界品位：（脉体）

最低工业品位：Li_2O　0.60%

$(Ta, Nb)_2O_5$　0.015%

BeO　0.04%

（三）青海某含锂盐湖卤水矿

边界品位：　LiCl　150毫克/升

最低工业品：LiCl　200毫克/升

五、综合评价

锂常与铌、钽、铍、铷、铯、云母、长石、萤石伴生；盐湖锂矿常伴生有钠盐、钾、芒硝、镁盐、天然碱、硼、溴、碘等。在矿床评价时要注意综合利用。

新疆某锂、铷、铯、铍、钽、铌花岗伟晶岩矿床

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位（构造带）：

最低工业品位：BeO 0.06%；

Li_2O 0.70%；

Ta_2O_5 0.01%；

Nb_2O_5 0.03%。

最低可采厚度：1米

手选矿物最低工业品位：绿柱石 0.1%；

锂辉石 2.6%；铌榴石 0.2%

工业米百分值：BeO 0.06；Li_2O 0.7；

Ta_2O_5 0.01；Nb_2O_5 0.03

六、附录

（一）锂辉石精矿质量标准（YB836—75）

等级	Li_2O %	杂质（%）			
		Fe_2O_3	MnO	P_2O_5	K_2O+Na_2O
1	≥6	≤3	≤0.5	≤0.5	≤3
2	≥5	≤3	≤0.5	≤0.5	≤3
3	≥4	≤4	≤0.6	≤0.6	≤4
4	≥3.5	≤4.5	≤1.0	≤1.0	≤4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）锂云母精矿质量标准（GB3201—82）

锂盐用：

品级	主成分，（%）不小于	
	$Li_2O+Rb_2O+Cs_2O$	Li_2O
特级品	6	4.7
一级品	5	4.0

玻璃、陶瓷用：

品级	主成分，（%）不小于			杂质，%不大于	
	$Li_2O+Rb_2O+Cs_2O$	Li_2O	K_2O+Na_2O	Fe_2O_3	Al_2O_3
一级品	5	4	8	0.4	26
二级品	4	3	7	0.5	28
三级品	3	2	6	0.6	28

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）低铁锂辉石精矿质量标准

品　级	Li_2O %	SiO_2 %	Al_2O_3 %	杂质 %		
				Fe_2O_3+MnO	P_2O_5	K_2O+Na_2O
微晶玻璃级锂辉石精矿	>6	>65	>22	<0.2	<0.2	<1.0
陶瓷级锂辉石精矿	>6	>65	>22	<0.4—0.8	<0.2	<1.5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铷

一、性质和用途

铷是银白色轻金属。质软，熔点很低（39°C），比重1.53。铷在空气中能自燃，遇水激烈燃烧甚至爆炸。具有较高的正电性和最大的光电效应。

铷用以制造电子器件（光电倍增管光电管）、分光光度计、自动控制、光谱测定、彩色电影、彩色电视、雷达、激光器、以及玻璃、陶瓷、电子钟等的重要原料，在空间技术方面，离子推进器和热离子能转换器需要大量的铷；铷的氢化物和硼化物可作高能固体燃料；放射性铷可测定矿物年龄，此外铷的化合物应用于制药、造纸业。

二、赋存条件

铷无单独的工业矿物，常分散在锂云母、铁锂云母、铯榴石和盐矿层、矿泉中。

三、一般工业要求

综合回收伴生铷的工业要求

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿床类型	边界品位机选氧化物（%）	工业品位机选氧化物（%）
含锂云母矿石的碱性长石花岗岩类与花岗伟晶岩类矿床	0.04—0.06	0.1—0.2
盐湖矿床		0.08

四、矿床实例

新疆某锂、铷、铯、铍、铌、钽花岗伟晶岩矿床

文象变文象石英微斜长石带：

平均含Rb_2O 0.152%；

糖粒状钠长石巢体带：

平均含Rb_2O 0.130%；

块体微斜长石带：

平均含Rb_2O 0.128%。

该矿床的锂、铍、铌、钽都是主要矿种，铷伴生在该矿床中达到一定含量即可综合回收利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铯

一、性质和用途

铯是银白色的轻金属。其特性与铷相似。熔点28.5°C，比重（固态，20°C）1.90（液态40°C）1.827。铯的用途除与铷相同外。铯的氯化物亦可作高能固体燃料，铯可制造人工铯离子云、铯离子加速器，以及反作用系统材料与烟火制造材料。用铯的化合物制成的红外辐射灯可发现夜间不易发现的讯号，铯还用于跟踪、阻截和摧毁飞行敌机的"瞄准"弹，放射性铯用于辐射化学、医学、食品和药品的照射等，铯还是化工催化剂、特种玻璃原料。

二、主要矿物

目前已知铯的独立矿物有四种。常见的有铯榴石$Cs(AlSi_2O_6)nH_2O$，铯绝大多数分散在锂辉石、锂云母、铁锂云母中。在钾长石、天河石、钾盐和光卤石等矿物中与钾、钠、锂呈类质同像。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

综合利用伴生铯矿参考性工业指标

矿床类型	边界品位 机选氧化物 (%)	工业品位 机选氧化物 (%)	工业品位 手选铯榴石 (%)
花岗伟晶岩类矿床	—	—	0.3
含锂云母矿石的碱性长石花岗岩类与花岗伟晶岩类矿床		0.05—0.06	—
盐类矿床		0.02	

四、矿床实例

新疆某锂、铷、铯、铍、铌、钽花岗伟晶岩矿床

手选铯榴石最低工业品位0.2%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、附录

铯精矿企业标准

铯榴石精矿：$Cs_2O \geqslant 20\%$。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铍

一、性质和用途

铍是浅灰色轻金属。比重1.85，熔点1284°C，有良好的耐腐蚀性和高温强度，导热率大，γ射线透射性好。

铍是国防工业上的重要材料，由于它的中子吸收截面小，散射截面大，对热中子有很大的反射性能和减速作用，因而金属铍被用作原子能反应堆的防护材料和制备中子原。在宇航和航空工业制造火箭、导弹、宇宙飞船的转接壳体和蒙皮，大型飞船、空间渡船的结构材料，制作飞机制动器和飞机、飞船、导弹的导航部件，火箭、导弹、喷气飞机的高能燃料的添加剂，在冶金工业是合金钢的添加剂，制作铍铜、铍镍、铍铝等合金，还可用作耐火材料。并用于陶瓷、特种玻璃、集成电路、天线等。

二、主要矿物

已发现铍矿物和含铍矿物有60多种，常见的约40种。香花石和顾家石是我国首先发现的。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿物名称	分子式	BeO含量（%）	备注
绿柱石	$Be_3Al_2(Si_6O_{18})$	9.26—14.4	好的可作宝石
硅铍石（似晶石）	$BeSiO_4$	43.67—45.67	
羟硅铍石	$Be_4[Si_2O_7](OH)_2$	39.6—42.6	
金绿宝石（铍尖晶石）	$BeAl_2O_4$	19.5—21.5	好的可作宝石
日光榴石	$Mn_3(BeSiO_4)_6S_2$	8—14.5	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

矿床类型	边界品位		工业品位		最小可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)
	机选BeO(%)	手选绿柱石(%)	机选BeO(%)	手选绿柱石(%)		
气成—热液矿床	0.04—0.06	0.05—0.10	0.08—0.12	0.2—0.7	0.8—1.5	≥2.0
花岗伟晶岩矿床	0.04—0.06	0.05—0.10	0.08—0.12	0.2—0.7	0.8—1.5	≥2.0
碱性长石花岗岩类矿床	0.05—0.07	—	0.10—0.14	—	1—1.5	≥4.0
残坡积类砂矿床	—	0.6(千克/米³)	—	2—2.5(千克/米³)	.0	—

注：绿柱石粒径＞0.5厘米，矿物品位在＞0.1—0.2%就适于手选，手选矿石的尾矿具机选价值者和不适于手选的矿石属机选矿石。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）新疆某铍、锂、钽、铌花岗伟晶岩矿床

手选绿柱石最低工业品位绿柱石0.1%，机选最低工业品位BeO 0.06%，最低工业品位米百分值0.06米%，最低可采厚度1米。

该矿床还有锂、钽、铌、铯可综合利用。

（二）新疆某气成-热液铍矿床

1. 原生矿床

边界品位：手选绿柱石0.10%，机选BeO 0.03—0.04%。

最低工业品位：手选绿柱石0.20%，机选BeO 0.05—0.06%。

最低可采厚度：急倾斜1米，缓倾斜1.5米，夹石剔除厚度无。

2. 坡积砂矿床

边界品位：绿柱石0.6千克/米^3，最低工业品位：绿柱石1千克/米^3。

五、综合评价

铍矿床中常有锂、钽、铌、铯、钨、锡、铅、锌及云母等伴生。应注意综合评价。BeO在花岗伟

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

晶岩类矿床及气成-热液矿中≥0.04%；在碱性钠长石花岗岩类矿中≥0.04—0.06%即有意义。

六、附录

绿柱石精矿质量标准（YB746—75）

精矿种类	等级	BO (%)	杂质（%）		
			Fe_2O_3	Li_2O	F
浮选精矿	1	≥0	≤2	≤1.2	≤0.5
	2	≥8	≤3	≤1.5	≤1.0
	3	≥8	≤4	≤1.8	≤1.0
手选精矿	1	≥0	≤4	≤1.5	≤0.5
	2	≥8	≤5	≤1.8	≤1.5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铌、钽

一、性质和用途

铌又名珂（Cb），铌是银白色，钽是深灰色的耐熔金属，铌、钽具有熔点高，（Nb2468°C，Ta 2996°C）比重大Nb8.66，Ta17.10，强度高，抗疲劳，抗变形，抗腐蚀，导热，超导，单极导电及吸收气体等优良特性。广泛应用在电子、宇航、机械工业及原子反应堆中。

电气工业：用于制造无线电、雷达、X射线设备的零件；微型电容器（用在火箭、宇宙飞船、人造卫星）、真空设备材料、受热元件（电子管阳极、栅极）、强力发射管、整流器、电子计算机记忆装置；超导合金制造大功率磁铁；铌酸盐、钽酸盐可作压电、光电材料。

铌钽作添加剂可生产多种合金，如热强合金、耐热合金、超硬合金、结构合金、磁性合金等；是制造原子反应堆结构材料和防护材料；制造火箭和导弹的喷嘴及切削工具和钻头等；各种合金钢在铁路、桥梁、管道、造船、汽车、飞机、机械制造等

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

方面广泛应用，特别是在化工耐腐机械方面锆铌、钽合金可代替铂。

利用铌钽吸附性，可排除真空管的微量气体。

铌钽还可作有机合成的催化剂、人造丝拉丝模、光学玻璃等。

钽在外科医学治疗上有特殊的用途，钽片、钽条，可代替骨骼、钽丝可作医用缝合线。

二、主要矿物

目前已知铌、钽矿物和含铌、钽矿物有130多种，常见的有30多种，主要矿物见下表。

铌铁矿、钽铌铁矿、铌钽铁矿、钽铁矿是铌铁矿—钽铁矿类质同像系列的矿物，$Ta_2O_5<15\%$称铌铁矿，$Nb_2O_5<10\%$称钽铁矿。$Nb_2O_5>Ta_2O_5$称钽铌铁矿，$Ta_2O_5>Nb_2O_5$称铌钽铁矿，$Fe/Mn<1$时则为铌锰矿—钽锰矿系列。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿物名称	化学式	含量(%)	
		Ta_2O_5	Nb_2O_5
铌铁矿—钽铁矿	$(Fe、Mn)(Ta, Nb)_2O_6$	<14.55 >72.18	>63.77 <10.33
褐钇铌矿	$Y(Nb、Ta)O_4$	2.5—11.09	33.64—42.9
易解石	$(Ce、Th)(Nb, Ti)_2O_6$	0.26—3.3	21—35
铌易解石	$(Ce、Ca、Th)(Nb, Ti)_2O_6$	0.51	41.13
铌铁金红石(钛铁金红石)	$(Ti, Nb, Fe)O_2$	0.31	6.71—23.67

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

矿物名称	化学式	含量(%)	
		Ta_2O_5	Nb_2O_5
烧绿石(黄绿石)	$CaNaNb_2O_6F$	1.44—6.65	56.01—67.77
锰钽矿	$MnTa_2O_6$	70—86	1.91—10.33
重钽铁矿	$FeTa_2O_6$	73.98—86.01	1.17—1.37
黄钇钽矿	$YTaO_4$	49.4—55.5	9.15
细晶石	$CaNaTa_2O_6(OH)$	55—77	0.40—10.13

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

矿床类型	$\frac{Ta_2O_5}{Nb_2O_5}$	边界品位（%）	
		$(Ta+Nb)_2O_5$	或Ta_2O_5
花岗伟晶岩类矿床	>1.0	0.012—0.015	0.007—0.008
碱性长石花岗岩矿床	>1.0	0.015—0.018	0.008—0.01
风化壳（褐钇铌矿或铌铁矿）矿床	/	0.008—0.010	重砂品位80—100克/米^3
原生铌矿床	/	0.05—0.06	
河流类砂矿床（铌铁矿或褐钇铌矿）	/	0.004—0.006	重砂品位40克/米^3

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业品位（%）		最小可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)
$(Ta+Nb)_2O_5$	或Ta_2O_5		
0.022—0.026	0.012—0.014	0.8—1.5	≥2
0.024—0.028	0.012—0.015	1.5—2.0	≥4
0.016—0.020	重砂品位 250—280 克／米^3	0.5—1.0	
0.08—0.12		5.0	≥5
0.01—0.012	重砂品位 ≥ 250克/米^3	0.5	≥2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）湖北某花岗伟晶岩钽铌矿床

边界品位：　　$(Nb、Ta)_2O_5$　0.015%

最低工业品位：　$(Nb、To)_2O_5$　0.020%

最低可采厚度：0.5米

夹石剔除厚度：1.0米

（二）广西某花岗岩钽铌矿床

边界品位：　　Ta_2O_5　0.006%

最低工业品位：Ta_2O_5　0.010%

最低可采厚度：1米，

夹石剔除厚度：4米。

（三）广东某风化壳铌铁矿床

边界品位：　　100克/米^3

最低工业品位：150克/米^3

最低可采厚度：0.5米

夹石剔除厚度　>2米

（四）华北某含铌、稀土铁矿床

铌：边界品位：Nb_2O_5>0.05%

工业品位：Nb_2O_5>0.1%

矿石品级：一级品>0.1%

二级品>0.05—0.099%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

稀土元素：边界品位：TR_2O_3>0.5%

工业品位：TR_2O_3>1%

可采厚度5米，夹石剔除厚度5米（二者均指主金属铁矿）

五、综合评价

铌钽常与锂、铍、铯、锆、锡、钛等元素伴生，在砂矿中常与独居石、锡石、金红石、锆英石、钛铁矿等伴生在一起，除上述金属矿物伴生外，还有一些非金属矿物如长石、石英等，在花岗伟晶岩型的矿床中常产有各种宝石、玉石、彩石矿物和石材等、因此应注意综合评价。

江西某钽、铌、锂、铍钠长石花岗岩矿床

边界品位：Ta_2O_5 0.008%

最低工业品位：Ta_2O_5 0.01%

夹石剔除厚度：4米

锂矿体边界品位：Li_2O 0.5%

最低工业品位：Li_2O 0.8%。（用于单工程）。

该矿床除Li外尚有Be、Rb、Ce等稀有金属伴生，脉石矿物长石可作玻璃原料，都能综合回收利用，提高了矿床价值。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

六、附录

（一）铌铁矿——钽铁矿和其它铌钽矿物精矿质量标准（YB830—75）

等级	类型	$(NbTa)_2O_5$%	Ta_2O_5%	杂质（%）		
				TiO_2	SiO_2	WO_3
一级品	1	≥ 60	≥ 35	≤ 6	≤ 7	≤ 5
	2	≥ 60	≥ 30			
	3	≥ 60	≥ 20			
	4	≥ 60	< 20			
二级品	1	≥ 50	≥ 30	≤ 7	≤ 9	≤ 5
	2	≥ 50	≥ 25			
	3	≥ 50	≥ 17			
	4	≥ 50	<17			
	5	≥ 50	<17	≤ 9	≤ 9	≤ 6

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

等级	类型	$(NbTa)_2O_5$%	Ta_2O_5%	杂质（%）		
				TiO_2	SiO_2	WO_3
三级品	1	≥ 40	≥ 24	≤ 8	≤ 11	≤ 5
	2	≥ 40	≥ 20			
	3	≥ 40	≥ 13			
	4	≥ 40	<13			
四级品	1	≥ 30	≥ 20	≤ 10	≤ 13	≤ 5
	2	≥ 30	≥ 15			

（二）褐钇铌矿精矿质量标准（YB831—75）

等级	$(Nb, Ta)_2O_5$（%）	杂质（%）		
		TiO_2	SiO_2	P
一级品	≥ 35	≤ 4	≤ 4	≤ 0.5
二级品	≥ 30	≤ 5	≤ 6	≤ 0.5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锆

一、性质及用途

锆金属有银灰色致密状及深灰色到黑色的粉末状两种。熔点1850°C比重6.5，锆耐高温，抗腐蚀、易加工，机械加工性能好，是原子能工业的重要材料。锆的热中子捕获截面小，广泛用于原子反应堆、核潜艇和铀棒保护外壳的结构材料，在无线电、电气工业中生产X—光管、电子管、回转加速器及特种电子仪器等；机械工业制造耐腐的化工机械和一般机械，冶金工业生产各种合金，其中有耐热合金、耐腐合金、结构合金、轻质合金、磁性合金、超硬合金等，可用于制造火箭喷嘴、喷气发动机叶片等；国防上生产武器、特种用途的火药、电光弹和照明弹；锆在耐火材料、陶瓷、搪瓷、釉和玻璃生产中用量很大，如生产冶金耐火材料，绝缘陶瓷和铸造型砂等；在轻化工业中用以制革、有机合成催化剂，锆的玻璃纤维用于生产强化水泥；其它还用于医疗、纺织等工业。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、主要矿物

已知锆矿物约50种，主要矿物如下：

矿物名称	化学式	含量（%）		备注
		ZrO_2	HfO_2	
锆石（锆英石）	$Zr[SiO_4]$	55.3—67.3	<2	
含（富）铪锆石	$(Zr\cdot Hf)[SiO_4]$	48.18—60.03	2—16.73	含HfO_2>4%为富铪锆石
异性石	$(Na\cdot Ca)_5Zr Si_6O_{17} (OH\cdot Cl)_2$	11.84—12.82		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

矿床类型	边界品位		工业品位		最小可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)
	ZrO_2(%)	锆英石(千克/米³)	ZrO_2(%)	锆英石(千克/米³)		
滨海砂矿床	0.04—0.06	1—1.5	0.16—0.24	4—6	0.5	—
风化壳矿床	0.3		0.8		0.8—1.5	—
内生矿床	3.0		8.0		0.8—1.5	≥2.0

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

中南某海湾锆石砂矿床

边界品位：矿物　　1千克/米^3

工业品位：矿物　　2千克/米^3

可采厚度：　　0.5米

夹石剔除厚度：　　2.0米

五、综合评价

锆石常与榍石、钛铌钙矿伴生，砂矿则常与钛铁矿、金红石、锐钛矿、独居石、磷钇矿、锡石、铌铁矿伴生，锆石中常含铪（Hf），应注意综合评价。

广东某钛、锆、独居石海滨砂矿床

边界品位(克/米^3)		工业品位(克/米^3)	可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)
钛铁矿	富矿2万	3—4万		
	贫矿1万	1.5万	1	1
锆英石　1000		2000		
独居石　250		500		
剥离系数<1.0				

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

六、附录

锆英石精矿质量标准（YB834—75）

等级		$(Zr,Hf)O_2$(%)	杂质(%)		
			TO_2	P_2O_5	Fe_2O_3
一级品	一类	≥ 65	≤ 0.5	≤ 0.15	≤ 0.30
	二类	≥ 65	≤ 1.0	≤ 0.30	≤ 0.30
二级品		≥ 63	≤ 2.0	≤ 0.50	≤ 0.70
三级品		≥ 60	≤ 3.0	≤ 0.80	≤ 1.00

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铪

一、性质和用途

铪是光亮的银白色金属，熔点2227°C，沸点4602°C，密度（20°C）13.31克／厘米³。纯铪具可塑性、易加工、耐高温抗腐蚀，是原子能工业重要材料。铪的热中子捕获截面大，是较理想的中子吸收体，可作原子反应堆的控制棒和保护装置：铪粉可作火箭的推进器。在电器工业上可制造X射线管的阴极。电灯丝和电子管内的吸气剂。铪的合金可作火箭喷嘴和滑翔式重返大气层的飞行器的前沿保护层，Hf—Ta合金可制造工具钢及电阻材料。铪还应用于冶金、化工、火药及特种耐火材料。

二、赋存条件

含锆的矿物中都含铪，与锆成类质同像，铪主要赋存在锆英石中。当铪的含量达到一定时可形成独立矿物铪石 $HfSiO_4$含HfO_2 72.52%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

铪常伴生在锆矿床中，锆英石精矿含铪达0.5—2%以上者就可作为铪矿单独开采。若低于上述要求，也可从含铪锆石中综合回收。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锶

一、性质和用途

锶是一种银白色金属，性质活泼，在自然界中不能以单质形态存在，以化合物形式出现，锶的化合物中有四种。锶的稳定同位素，核裂变的产物^{90}Sr是放射性同位素，对动物和人体健康有损害。锶的密度2.54千克/米^3，熔点769°C，沸点1384°C。

金属锶在工业上用途较少，一直没有大量生产。锶可做耐久的原子电池，在炼钢工业中作脱硫、脱磷剂，在硅铁生产中，提高钢材质量，还可作难熔金属的还原剂及冶炼特种合金。氢氧化锶广泛用于精制甜菜糖，硝酸锶用来制造焰火、信号弹。碳酸锶用于生产电视显像管的荧光屏玻璃。此外，少量锶化物还用于润滑脂、陶瓷工业合金及制药等。

二、主要矿物

已知含锶矿物10多种，锶的主要矿物有：

天青石　$SrSO_4$　　含Sr　45—47%

菱锶矿　$SrCO_3$　　含Sr　55—60%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

边界品位：$SrSO_4$ ≥ 15%

工业品位：$SrSO_4$ ≥ 25%

可采厚度： ≥ 1米

夹石剔除厚度： ≥ 1米

四、矿床实例

（一）四川合川干沟锶矿床

边界品位：

贫矿 $SrSO_4$ >10%

富矿 $SrSO_4$ ≥ 40%

单工程平均品位：$SrSO_4$ ≥ 20%

块段平均品位：

贫矿 $SrSO_4$ ≥ 20%

富矿 $SrSO_4$ ≥ 60%

可采厚度： 1米

夹石剔除厚度： 1米

（二）江苏溧水爱景山锶矿（脉状天青石矿）

边界品位： $SrSO_4$ ≥ 15%

工业品位： $SrSO_4$ ≥ 25%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有害杂质：　$BaSO_4$　≤ 4%

　　CaO　　≤ 0.5%

可采厚度：　　1米

夹石剔除厚度：　　1米

（三）云南金顶铅锌矿中共生的天青石矿

边界品位：　　$Sr \geq 10\%$

Ⅰ级品：　　$Sr \geq 27\%$

Ⅱ级品：　　$27\% > Sr \geq 18\%$

Ⅲ级品：　　$18\% > Sr > 10\%$

可采厚度：　　1米

夹石剔除厚度：　　4米

五、综合评价

由于锶与钙、镁等元素在化学性质上相近，在含钙镁的矿物及岩石中，如白云岩、石灰岩、含石膏的粘土层、岩盐、卤水中如有锶存在，应注意综合评价。

六、附录

国外制取碳酸锶和硝酸锶对天青石的质量要求

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

项　　目	制碳酸锶	制硝酸锶
$SrSO_4$（%）	不小于90	不小于95
$CaSO_4$（%）	—	不大于1.5
$BaSO_4$（%）	不大于2	不大于2
F　（%）	不大于0.1	—
块度（英寸）	不大于6	−6+1／4

注：1英寸＝2.54厘米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（五）稀土金属矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

稀土金属

（镧、铈、镨、钕、钷、钐、铕、钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥、钇）

一、性质和用途

稀土元素是元素周期表ⅢB族中的钪、钇和镧系等17种元素的总称。它们包括钪（Sc）、钇（Y）、镧（La）、铈（Ce）、镨（Pr）、钕（Nd）、钷（Pm）、钐（Sm）、铕（Eu）、钆（Gd）、铽（Tb）、镝（Dy）、钬（Ho）、铒（Er）、铥（Tm）、镱（Yb）、镥（Lu）等元素。稀土元素在自然界的含量超过铜、铅、锌、锡、银、汞等常见金属（见表），但它们相当分散，形成独立的矿床少。

通常把镧、铈、镨、钕、钷、钐、铕称为轻稀土或铈组稀土；钆、铽、镝、钬、铒、铥、镱、镥、钇称为重稀土或钇组稀土。它们的化学性质很相似，在自然界中经常共生产出。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

稀土元素在各类岩石中的分布

岩石类型	TR_2O_3 (%)
碱性岩	0.021
花岗岩	0.025
中性岩	0.013
基性岩	0.0085
超基性岩	0.00045

注：钪（Sc）与其他稀土元素性质相似，因此划入稀土类，但Sc不与其他稀土元素共生，又为了参考方便，故将Sc另章叙述。

目前，稀土元素在冶金工业、石油工业、玻璃工业、电子工业、原子能工业和化学工业等方面均有广泛的用途，但是，主要用在石油、冶金和玻璃工业方面。

冶金工业：在冶炼钢铁中加入少量稀土氧化物，可以去掉钢铁中的杂质（如砷、锑、铋等），

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

稀土元素主要物理性质

元素名称	熔点（°C）	沸点（°C）	密度（克／厘米³）24°C	电阻率（欧姆·厘米）	布氏硬度	金属的	
						颜色与光泽	刚柔性
镧	918	3464	6.146	61—30	20—30	灰色	有延展性
铈	798	3433	6.770	70—30	〃	〃	〃
镨	931	3520	6.773	68	〃	〃	〃
钕	1021	3074	7.008	65	〃	〃	〃
钷	1042	3000①	7.264	—	〃		
钐	1074	1794	7.520	91	〃	灰色	性脆，质坚硬
铕	822	1529	5.244	91	〃	〃	
钆	1313	3273	7.901	127	〃	〃	有延展性

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铽	1365	3230	8.230	114	〃	〃	〃	〃	〃
镝	1412	2567	8.551	100	〃	〃	〃	〃	〃
钬	1474	2700	8.795	88	〃	〃	〃	〃	〃
铒	1529	2868	9.066	71	〃	〃	〃	〃	〃
铥	1545	1950	9.321	74	〃	〃	〃	〃	〃
镱	819	1196	6.966	28	〃	〃	〃	〃	〃
镥	1663	3402	9.841	60	〃	〃	〃	〃	〃
钇	1522	3338	4.469	59	〃	〃	灰色、银白色光泽	〃	〃
钪	1541	2836	2.898	52	〃	〃	银白色	延展性良好	质柔软

①估算值

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

使之提高钢铁的耐蚀性和耐高温等，用稀土氧化物炼成的高强度低合金钢，可制造汽车结构部件，并可压成钢板、钢管，可制成能适应恶劣气候下的输油管和输气管道。铈组元素与铝、镁制成的轻质耐热合金用于航空工业，如飞机零件、宇宙飞船、导弹、火箭等有关部件。

石油化工工业：在裂化石油过程中，用稀土氧化物作催化剂，制造合成橡胶、人造羊毛、尼龙等化工产品。

电气工业：混合稀土氧化物和铝、钍等制成的合金做的电子管质量好，铕和钆的氧化物是制造探照灯、弧光灯及电机等零件的重要原料，因为它们具有发光率高，色彩鲜艳和稳定性好等特性。

玻璃工业：稀土氧化物可作玻璃调色剂，更重要的用于工业用玻璃，如玻璃原料中加入钐、钆所制成的玻璃，可做防护中子辐射的眼镜玻璃，加入钢可以制造高精度的光学玻璃。

原子能工业：广泛采用稀土元素的氧化物特别是氧化钇制造核反应堆的控制棒，这种棒能很快的吸收中子，效率比硼、镉和铪制造的控制棒高得多，钇、钐和铕用来制造防止核辐射作用的设备和核能装置专门的陶瓷盖。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

另外，稀土元素还应用于农业、医学、轻工业和环境保护等方面。

二、主要矿物

目前世界上已知的稀土矿物及含有稀土元素的矿物有250多种，稀土元素含量较高的矿物有60多种，有工业价值的矿物不到10种，主要有：

独居石* (Ce, La, Dy…)PO_4 含TR 65.13%

氟碳铈矿* Ce [$(CO_3)F$] 含TR 74.77%

氟菱钙铈矿* $Ce_2Ca[(CO_3)_3F_2]$ 含TR 60.30%

氟碳铈镧矿 (Ce, La) FCO_3 含TR >70%

褐廉石 (Ca, Ce)$_2$(Al, Fe)$_3$(SiO_4)(Si_2O_7)O(OH) 含TR 23.12%

烧绿石 $NaCaNb_2O_6F$ 含TR 10%±

磷钇矿* (YPO_4) 含TR 62.02%

硅铍钇矿* $Y_2FeBe_2(SiO_4)_2O_2$ 含TR 51.51%

褐钇铌矿* Y(Nb、Ta) O_4 含TR39.94%

钛钇矿 (Y, Al) $(TiNb)_2$(O, OH)$_6$ 含TR 32.41%

* 为重要的稀土矿物在我国具有重要的或比较重要的工业意义。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

稀土元素常共生在一起，分离困难，可按稀土元素总量计算储量。

（一）轻稀土

1．含氟碳铈矿、独居石的原生矿床

边界品位：　Ce_2O_3　1%

工业品位：　Ce_2O_3　2%

可采厚度：　≥ 2米

夹石剔除厚度：　≥ 2米

2．独居石砂矿

边界品位：矿物　100—200克/米³

工业品位：矿物　300—500克/米³

可采厚度：　≥ 1米

夹石剔除厚度　≥ 1米

（二）重稀土

1．含钇（磷钇矿、硅铍钇矿）伟晶岩和碳酸岩矿床

工业品位：Y_2O_3　0.05—0.1%

可采厚度：　≥1—2米

夹石剔除厚度：　≥2米

2．磷钇矿砂矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位：矿物　30克/米³

工业品位：矿物　50—70克/米³

可采厚度：　≥0.5米

夹石剔除厚度：　≥2米

（三）风化壳离子吸附型稀土矿

边界品位：TR_2O_3　重稀土　0.05%

轻稀土　0.07%

工业品位：TR_2O_3　重稀土　0.08%

轻稀土　0.1%

可采厚度：　≥1米

夹石剔除厚度：　≥2米

四、矿床实例

（一）内蒙某大型含铌-稀土-铁矿床

稀土工业指标分三种情况。

（1）铁矿体（含铌）中的稀土，没有具体工业指标要求，不单独圈定稀土矿体，根据铁矿中的稀土含量计算储量；

（2）铁矿体内的夹层

边界品位：TR_2O_3　≥ 1%

工业品位：TR_2O_3　≥ 2%

可采厚度：　3米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

夹石剔除厚度：　　3米

（3）铁矿上下盘含稀土白云岩（即围岩）

边界品位：TR_2O_3　≥1%

工业品位：TR_2O_3　≥2%

可采厚度：　　8米

夹石剔除厚度：　　4米

（二）江西某风化壳离子吸附型重稀土矿床

边界品位：TR_2O_3　0.03%

工业品位：TR_2O_3　0.05%

富矿品位：TR_2O_3　0.1%

可采厚度：　　1米

（三）江西某风化壳离子吸附型轻稀土矿床

矿石类型	边界品位（%）	工业品位（%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
花岗斑岩型	0.07	0.1	1	4
熔岩型	0.05	0.08	1	4

（四）广东某海滨独居石砂矿床

边界品位（能利用）：　　250克/米³

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位（暂不能利用）：100克/米^3

块段平均品位：300克/米^3

矿区平均品位：500克/米^3

可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1—2米

五、综合评价

稀土矿石或矿砂一般均含多种工业矿物。独居石、磷钇矿等稀土矿物往往与钛铁矿、锆英石、金红石、锡石和黑钨矿等有用矿物富集在一起；铌-稀土-铁矿床是一个富含许多种有用矿物的矿床，不仅含有大量的稀土矿物，还含有多种铁矿物和铌矿物，另外，还有可以综合利用的锰、钍、钛、锆等。

六、附录

（一）独居石精矿质量标准（YB832—75）

级别	$TR_2O_3+ThO_2$不小于%	杂质含量（不大于）%			备注
		TiO_2	ZrO_2	SiO_2	
一级	65	2	2	3	
二级	60	2.5	2.5	4	
三级	55	3	3	5	
四级	50	4	4	6	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）氟碳铈矿—独居石混合精矿技术条件

（YB833—82）

品级	稀土氧化物，（%）不小于	杂质，（%）不大于			
		TFe	F	P	CaO
一级品	60	7	7	5	5
二级品	55	9	7		
三级品	50	10	7		
四级品	45	10	8		
五级品	40	10	9		
六级品	35	15	10		
七级品	30	18	12		

注：一级品中的P、CaO只提供数据，不做考核依据

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）磷钇矿精矿标准（内部试行）

（YB838—75）

级别	Y_2O_3（不小于）（%）	杂质含量（不大于），（%）		
		TiO_2	ZrO_2	SiO_2
一级	35	2	1.0	4
二级	30	4	1.5	5
三级	25	6	2.0	6

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钪

一、性质和用途

钪的性质与稀土相似。其化学性质活泼能与多种元素化合，在空气中容易被氧化而变色，钪具有比重小（几乎和铝相等）熔点较高的性质。氮化钪（ScN）的熔点为2900°C，并具有高导电率，在电子工业中有广泛的应用。稀土发射光谱的应用有稀土电光源，稀土光谱分析等。钪钠灯与高压汞灯相比，具有光效高，光色正等优点，适用于拍摄电影和广场照明之用。在冶金工业中，钪可做镍铬合金的附加剂，用以生产抗高温耐热合金，此外可用以制造药品。

二、赋存条件

钪主要赋存在铌铁矿、水锆石、锂云母、白云母、锡石、黑钨矿，绿柱石、电气石中。钪的独立矿物有钪钇石（Sc，Y）$_2$Sc$_2$O$_7$，含Sc$_2$O$_3$ 40%。但不具有工业意义，目前工业上主要是从黑钨矿、锡石精矿中提取。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

1．含黑钨矿石英脉及白云母云英岩矿床：黑钨矿含钪0.02—0.09%。

2．含锡石硫化物矿床：锡石中含Sc 0.02—0.04%。

3．角闪石、磁铁矿—萤石型矿床：铁锂云母含Sc 0.05—0.1%。

钪主要在精矿中提取，因而对矿石中含量采取有多少计算多少。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（六）稀散元素矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

锗

一、性质和用途

锗是银灰色性脆的金属。熔点937.4°C，沸点2830°C，比重5.323。

锗主要用于电子工业中，用来生产低功率半导体二极管三极管，锗在红外器件，γ辐射探测器方面有着新的用途，金属锗能让2—15微米的红外线通过，又和玻璃一样易被抛光，能有效地抵制大气的腐蚀，可用以制造红外窗口、三棱镜和红外光学透镜材料。锗还与铌形成化合物，用作超导材料。二氧化锗是聚合反应的催化剂。用氧化锗制造的玻璃有较高的折射率和色散性能，可用于广角照像镜头和显微镜。在空间技术上可用于保护超灵敏的红外探测器。锗还可用来制造药品。

二、赋存条件及来源

锗通常以分散状态存在于其他矿物中，独立的矿物很少，主要有：

锗石　　$Cu_3(Fe, Ge, Ga, Zn)(S, As)_4$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

含Ge 10%

硫锗铁铜矿 $(Cu, Fe)_2(Fe, Ge, Ga, Zn)(S, As)$ 含Ge 7.7%

硫银锗矿 Ag_8GeS_6 含Ge 6.7%

黑硫银锡矿 Ag_8SnS_6 含Ge 1.8%

工业上主要是在处理硫化矿时作为副产品回收或从炼焦烟尘中回收。

三、一般工业要求

1. 各类铅锌矿床中

(1) 铅锌矿石中：含Ge 0.001%

(2) 锌精矿中： 含Ge 0.01%

(3) 氧化铅锌矿：含Ge平均0.004—0.005%，矿石中含锗在0.002%以上都有回收价值。

2. 不同类型的煤含锗为0.001—0.1%，低灰份煤（亮煤）中较多。

3. 在赤铁矿矿石中，含锗达0.008%时可以作锗矿单独开采。

4. 铜和富银矿石中：含Ge 0.002%

5. 铁镁矿石中： 含Ge 0.001—0.01%

6. 温泉水中： 含Ge 0.0005%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

镓

一、性质和用途

镓是银白色的软金属，是在人体温度下(37°C)能熔化成液体的金属之一。

镓在常温空气中稳定，因为表面覆有一层薄的氧化膜，即使在红热时也不再被空气所氧化。镓的熔点低，沸点高，是液态范围最大的金属，熔点29.78°C，沸点2403°C，密度（29.6°C）5.904克/厘米³。

镓的主要用途是制备新型半导体的材料，在微波器件领域内，砷化镓是最有希望的半导体材料，用它制造光电器件如：镓砷磷、镓铝砷，可作固体激光器材料，用于光导纤维通讯系统；还有可能用作太阳能电池的材料以及制作大规模高速集成电路，钇镓石榴石用作磁泡存储器，钒镓化合物（V_3Ga）可用作超导材料。镓具有很高的光反射能力，可把它挤压在两块加热的玻璃板之间制成镜子。镓制造低熔点合金可用作防火信号和熔断器，镓能提高某些合金的硬度、强度，并能提高镁合金的耐腐蚀能

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

力。镓化合物还可用于分析化学，医药和有机合成中的催化剂。

二、赋存条件及来源

镓在自然界仅发现一种单独矿物硫镓铜矿（$CuGaS_2$），镓主要赋存在闪锌矿、霞石、白云母、锂辉石、铝土矿及煤矿中。一般镓都是作为副产品在含铝矿物（铝土矿、铝硅酸盐）及锌矿冶炼过程中和从煤焦化烟尘中进行回收。当前制取镓的主要来源是铝生产中顺便回收。

三、一般工业要求

1．铝土矿矿石中：含Ga　0.01—0.002%。

2．黄铁矿矿石中：含Ga　0.02—0.03%。

3．闪锌矿矿石中：含Ga　0.01—0.02%。

4．锗石中：　　含Ga　0.1—0.8%。

5．煤矿中：　　含Ga　0.003—0.005%。

（煤的灰分中常含有0.01%至0.1%的镓在煤气厂的灰尘中，镓的含量达0.3—0.5%）。

6．明矾石中：含Ga　0.0022—0.0044%。

7．与碱性岩有关的岩浆矿床，在磷灰石—霞石矿石及精矿中：含Ga0.01—0.04%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铟

一、性质和用途

铟是银白色金属，铟的化学性质与铁相似。常温下纯铟不为空气或硫氧化，加热到超过熔点时，可迅速与氧和硫化合。铟的可塑性强，有延展性，可压成极薄的铟片，很软，能用指甲刻痕，熔点156.61°C，沸点2080°C，密度（20°C）7.31克/厘米^3。

铟是制造半导体、焊料、无线电工业、整流器、热电偶的重要材料。纯度为99.97%的铟是制作高速航空发动机银铅铟轴承的材料，低熔点合金如伍德合金中每加1%的铟可降低熔点1.45°C，当加到19.1%时熔点可降到47°C。铟与锡的合金（各50%）可作真空密封之用，能使玻璃与玻璃或玻璃与金属粘接。金、钯、银、铜同铟的合金常用来制作假牙和装饰品。

锑化铟可用作红外线检波器的材料，磷化铟可以制作微波振荡器。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、赋存条件及来源

目前已知铟矿物有：

硫铟铜矿　　$CuInS_2$

硫铟铁矿　　$FeInS_4$

水铟矿　　$In(OH)_3$

铟主要呈类质同象存在于铁闪锌矿、赤铁矿、方铅矿以及其它多金属硫化物矿石中，此外锡石、黑钨矿、普通角闪石中也含铟，铟的主要来源是闪锌矿，含量为0.0001—0.1%（有时达1%）在铅锌冶炼的过程中作为副产品回收，锡冶炼厂也回收铟。

三、一般工业要求

1．赤铁矿石中，铟的平均品位为0.1%，可作铟矿单独开采。

2．含铜、铅、锌的锡石和黑钨矿石中含铟0.01—0.03%。

3．铜钼矿床中，含铟0.001—0.003%。

4．多金属硫化物矿石中，含铟0.0005—0.001%。

5．含锌黄铁矿硫化物矿石中，含铟0.001—0.03%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铊

一、性质和用途

铊是银白色金属，铊的氧化物（Tl_2O_3）特别是一氧化铊（Tl_2O）和氯化铊挥发性强，铊盐具有毒性，铊的密度（20°C）11.85克/厘米^3，熔点303.5°C，沸点1457±10°C。铊主要用于制造化学药剂，在电子工业中用铊激活碘化钠晶体可用作光电倍增管，铊可制造低熔点合金、光学玻璃和密封电子原件的玻璃。硫化铊和硫氧化铊可以制造对红外线很灵敏的光电管。溴化铊和碘化铊的固熔体单晶能透过红外线辐射，可用于红外线通讯，由72%铅，15%锑，5%锡和8%铊组成的合金可以制造轴承。含铊8.5%的汞铊合金，其冰点为-60°C比汞的冰点低20°C，可用于低温仪表。

二、赋存条件及来源

铊大部分赋存在伟晶岩和气成矿床的钾长石及云母中，以类质同象置换钾。铊具有显著的亲硫性，所以在白铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿及雄黄等

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硫化矿物中也有分布。目前已发现铊的工业矿物有：

红铊矿　　$TlAsS_2$　含Tl　59—60%

硒铊银铜矿　$(Cu, Tl, Ag)_2Se$

含Tl　16—19%

硫砷铊铅矿　$(Cu, Ag, Tl)_2S \cdot PbS \cdot 2As_2S_3$

含Tl　18—25%

辉铊锑矿$Tl(As, Sb)_2S_3$　含Tl　32%

铊的主要来源是从有色金属硫化矿的冶炼的烟尘中作为副产品回收。

三、一般工业要求

1. 含有铊独立矿物的热液矿床：

苏联北高加索矿区含铊矿石中

含Tl　0.01—0.1%，

白铁矿和黄铁矿中含Tl　0.1—0.2%。

2. 黄铁矿和铜矿石中　含Tl 0.0025—0.1%。

3. 锑汞矿矿石中　　含Tl　>0.01%。

4. 各类铅锌矿床；铅锌矿矿石中

含Tl 0.001—0.01%。

5. 含铊的变质锰矿床氧化锰矿石中

含Tl　>0.01%。

6. 盐类矿床中　　含Tl 0.002—0.008%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铼

一、性质和用途

铼是银白色难熔金属，常温下在空气中稳定，300°C时开始氧化，铼不熔于盐酸，但熔于硝酸和热浓硫酸中生成铼酸，铼可生成1—7价的化合物。

熔点3180°C，沸点5627°C，密度（20°C）21.02克/厘米^3。

铼主要用作石油工业的催化剂，铼具有很高的电子发射性能，广泛应用于无线电、电视和真空技术中。铼具有很高的熔点，是一种主要的高温仪表材料。铼和铼的合金还可作电子管元件和超高温加热器以蒸发金属。钨铼热电偶在3100°C也不软化，钨或钼合金中加25%的铼可增加延展性能；铼在火箭、导弹上用作高温涂层用，宇宙飞船用的仪器和高温部件如热屏蔽、电弧放电、电接触器等都需要铼。

二、赋存条件及来源

铼的矿物很少，多以微量伴生于钼、铜、铅、

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铼、铂、钯等矿物中，迄今只有苏联发现了一种铜铼硫化矿物（$Cu\ Re\ S_4$）。目前工业上生产铼的主要原料是钼冶炼过程的副产品。某些铜矿的冶炼烟尘和处理低品位钼矿的废液中回收铼。

三、一般工业要求

钼矿和铜钼矿矿石中：含Re 0.0002%。
铜钼精矿中：含Re 0.005—0.009%。
辉铜矿精矿中：含Re 0.001—0.03%。
辉钼矿精矿中：含Re 0.001—0.2%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

镉

一、性质和用途

镉是银白色带蓝色光泽的金属，是显著的亲硫元素。镉在湿空气中缓慢氧化并失去光泽。加热时生成棕色的氧化层。镉蒸气燃烧产生棕色的镉烟雾、不溶于碱液，与硫酸、盐酸和硝酸作用生成相应的镉盐。

镉的熔点320.9°C，沸点765°C，密度(20°C)8.65克/厘米³。镉可以制造轴承合金、特殊易熔合金、耐磨合金、焊锡，镉对盐水和碱液有良好的抗蚀性能，可以用作钢构件的电镀防腐层，但近年来因镉的毒性，此项用途有减缩的趋势。镍-镉和银-镉电池具有体积小，容量大的优点，因而镉在电池制造中用量日增，镉是制造钎焊合金和低熔点合金的主要成分之一。镉具有较大的热中子俘获截面，因此含银80%，铟15%和镉5%的合金可用作原子反应堆的控制棒，在铜中加入0.05—1.3%的镉可改进机械性能，尤其是冷加工性能，而导电率则下降很少。镉的化合物曾经广泛用于制造颜料、

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

塑料稳定剂、萤光粉，硫化镉、硒化镉、碲化镉具有较强的光电效应，用于制造光电池。

二、主要矿物及赋存条件和来源

镉的主要矿物有硫镉矿(CdS)，含Cd 77%，菱镉矿（$CdCO_3$），含Cd 74.5%及方镉矿(CdO)等，但均不形成单独矿床。镉赋存于锌矿、铅锌矿和铜铅锌矿石中，尤其是在浅色的闪锌矿中含量较高，一般0.1—0.5%，高达5%，镉在浮选时主要进入锌精矿，在焙烧过程中富集于烟尘中，在湿法炼锌厂的硫酸锌溶液净化过程中产出的铜镉渣（含d4—20%），火法炼锌厂的粗锌精馏过程中产出的镉灰（含Cd10—30%）和某些铜、铅冶炼厂的富镉尘均可提镉。

三、一般工业要求

锌矿和铅、锌矿石中：含Cd 0.01—0.09%。

铅、锌精矿中：含Cd 0.03—0.2%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硒

一、性质和用途

硒是半金属，性质与硫相似，但金属性比硫强，硒的最显著的特性是在光照下的导电性比在黑暗中成千倍地增加。熔点220°C，沸点685°C，是典型的半导体，性脆，常温下硒不与氧作用，在空气中加热会着火燃烧生成二氧化硒，在一定温度下（灰硒约为71°C）可被水氧化，硒溶解于强碱溶液中形成硒化物，但也形成硒酸盐和亚硒酸盐。

工业纯硒约55%用于玻璃的着色和脱色颜料及冶金工业，高质量信号用的透镜玻璃含硒2%，加入硒的平板玻璃用作太阳能的热传输板和激光器窗口红外过滤器，硒可以改善碳素钢，不锈钢和铜的切削加工性能，大约有30%的硒以高纯形式（99.99%）与其他元素作成合金，用以制造低压整流器，光电池，热电材料以及各种复印复写的光接受器。其余15%的硒，以化合物形式用作有机合成的氧化剂、催化剂、动物饲料微量添加剂（0.1 ppm），硒加入橡胶中可增加耐磨性质，硒及硒化物

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

加入润滑脂中，可用于超高压润滑。

二、赋存条件及来源

硒主要赋存在黄铜矿，黄铁矿、方铅矿中，有时也存在于辉钼矿、铀矿中。主要的硒矿物有：硒铜矿（Cu_2Se）；硒铜银矿（Cu、Ag）$_2$Se；硒银铅矿（Ag_2Pb）Se；辉汞矿Hg（Se S）。一般不形成单独矿床，工业价值不大。工业上主要是在冶炼硫化矿物时综合回收。

三、一般工业要求

1．铜镍矿石中含Se 0.0005—0.006%，该类矿床的硫化物中含Se 0.002—0.017%（铅锌矿石中含Se 0.001%）。

2．含硒独立矿物的硒化物矿床含Se 0.08%，可作硒矿单独开采。

3．铜、锌黄铁矿矿石中含Se 0.0025—0.006%。

4．含铜黄铁矿矿床中含Se 0.001—0.012%，硫化物中含Se 0.1%。

5．辉钴矿或辉锑矿碲化物—硒化物型的矿石中含Se 0.0001—0.002%。

6．汞矿中含Se 0.003%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

7. 含硒凝灰岩或灰质页岩中黄铁矿含Se0.7—1.8%。

8. 自然硫矿床中含Se 0.2--0.3%。

9. 火山灰及斑脱岩中含Se 0.003—0.005%。

10. 硫化物矿床铁帽及氧化带矿石中含Se0.01—0.1%

11. 含铜砂页岩中含Se 0.002%。

12. 磷块岩中含Se 0.02%。

13. 含钾、钒的铀矿床及沥青质和碳质页岩的沉积铀矿床中含Se 0.002—0.01%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

碲

一、性质和用途

碲有两种同素异形体，一种为六方晶系，原子排列呈螺旋形，具有银白色金属光泽，另一种为无定形，呈黑色粉末。熔点449.8°C，沸点1390°C，密度（20°C）结晶形6.24克／厘米^3，无定形6.015克/厘米^3。碲在空气或氧中燃烧生成二氧化碲，并发出蓝色火焰，同卤族元素发生强烈作用，生成碲的卤化物。和硒相反，在高温下碲几乎不同氢发生作用。

碲与硒的用途相似，加入少量碲，可以改善低碳钢、不锈钢和铜的切削加工性能。在白口铸铁中用作碳化物稳定剂，使表面坚固耐磨。在铅中添加碲可提高材料的抗蚀性能，用作海底电缆的护套；也能增加铅的硬度，用来制作电极板和印刷铅字。工业上碲可用作石油裂解催化剂的添加剂以及制取乙二醇的催化剂。氧化碲用作玻璃的着色剂。高纯碲可用作温差电材料的合金组分，其中碲化铋为最好的致冷材料。化合物半导体$As_{2}Te_{48}Si_{10}$是制作电子计算机存储器的材料。超纯碲单晶是一种新型的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

红外材料。

二、赋存条件及来源

碲主要与黄铁矿，黄铜矿，闪锌矿等共生，含量仅0.001—0.1%；主要碲矿物有碲铅矿(PbTe)，含Te38%；碲铋矿（$BiTe_2$），含Te48%；辉碲铋矿（BiTeS）含Te 36%以及碲金矿（$AuTe_2$），碲铜矿等。以上矿物很少见，均无工业价值，工业上主要是从电解精炼铜和铅的阳极泥及处理金、银矿时回收碲。

三、一般工业要求

1．铜、镍矿石中：含Te 0.0002—0.0006%。

2．自然硫矿床中：含 Te0.001—0.02%。

3．含铜黄铁矿矿石中：含Te 0.001—0.016%。

4．含铜黄铁矿中：含Te 0.01—0.08%。

5．铜钼硫化物矿床中：含Te 0.0008—0.005%。

6．铜、钼矿石中：含Tc 0.03%。

7．铜、铅、锌矿石中：含Te 0.001%。

8．辉钴矿、碲化物—硒化物型的矿石：含Te 0.0002—0.0007%。

9．各类型低温碲金矿床：含Te0.001—0.01%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（七）放射性矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铀

一、性质和用途

铀是一种银白色金属，具放射性和核裂变现象，比重19.7，熔点1130±2°C，铀为亲石元素，主要赋存在酸性火成岩中，它比砷、钨、钼、锑、汞、银、铋和金等元素，在地壳中的平均含量都高，但其分布极为分散。

天然铀是由三种同位素组成：^{238}U(99.283%)①，^{235}U（0.71%）和^{234}U（0.0054%）。^{235}U能够为热中子所裂变，是现今原子能的能源。^{238}U和^{234}U只能为快中子所裂变，因此它们可应用于快中子反应堆。

铀主要用于核工业和制造原子弹。通过反应堆能将铀的核能转变为热能，可用来发电，开动轮船和火车等。由于原子核的分裂所产生的原子核辐射和人工制取的放射性同位素在钢铁工业，机械制造，地质勘查，仪器制造、农业、医学和食品工业等方面都得到广泛的应用，已成为现代科学、技术部门

①代表丰度

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

最新和最有效的研究工具。

铀的氧化物在搪瓷工业、玻璃工业中可作颜料。

二、主要矿物

目前已发现的铀矿物和含铀矿物约170种以上，其中25—30种具有实用意义列举如下：

沥青铀矿 (U_3O_8) 含U 42—76%

晶质铀矿 (UO_2) 含U 55—64%

钙铀云母 ($Ca(UO_2)_2P_2O_8\cdot 8H_2O$) 含U 46—52%

铜铀云母 ($Cu(UO_2)_2P_2O_8\cdot 2H_2O$) 含U 42%

钒钾铀矿 $K_2[UO_2]_2[VO_4]_2\cdot 3H_2O$ 含U 42—46%

钒钙铀矿 $CaO、2UO_3V_2O_5\cdot nH_2O$ 含U 41—48%

钛铀矿 ($TiO_2\cdot U_2O_3$)TiO_3

铀石 $U(SiO_4)_{1-x}(OH)_{4x}$

硅钙铀矿 $(H_2O)_2Ca(UO_2)(SiO_4)\cdot 3H_2O$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

边界品位：　　0.03%

工业品位：　　0.05%

可采厚度：　　0.7米

夹石剔除厚度：　　0.7米

小于可采厚度的薄矿体，可采用米百分值。

四、矿床实例

矿　床	边界品位（%）	最低工业品位（%）	最低可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
广东某花岗岩型铀矿 湖南某砂岩型铀矿 江西某火山岩型铀矿 甘肃某碳硅泥岩型铀矿	0.03	0.05	0.7	0.7

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

花岗岩型铀矿床多为单一元素矿床。火山岩型、砂岩型、碳硅泥岩型等铀矿床一般含有 Mo、Re、Ag、Pb、Zn、Cu、Ni、Ge、Se、F、P、V等有用元素，在勘探铀矿同时要注意综合研究和评价。

广西某石灰岩铀矿床

铼品位大于0.001%可以回收。

云南某砂岩（煤）铀矿床

锗品位大于0.004%可以回收。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钍

一、性质和用途

钍是银白色金属、性柔，有延性，具放射性，在自然界中钍很少呈元素状态，一般与其它元素化合成氧化物、硅酸盐、磷酸盐和氟化物，通常集中于岩石圈上部，属于亲石元素。

钍的用途包括能源用途和非能源用途，目前主要是用于非能源方面，制造白炽灯罩。在冶金工业上用以炼制各种优质合金，镁钍合金在温度超过200°C时仍有很高的机械强度，用于飞机和火箭。钍铝合金除可增大延展性外，还能耐海水的侵蚀，在铁、钴、铜、银、铂、金、钨等金属中加入钍，可使合金获得良好的结构和耐热性，氧化钍用来作耐火材料及研磨物质的组成部分，新钍能发现钢铁中的裂隙，同时它具有高度极化性，可用来清除积聚在机械上的静电。钍具有的强烈的α射线可用于医学，能源用途，^{232}Th在反应堆中制取^{233}U，作为核燃料，现在尚处于研究试验阶段，它是潜在的核能。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、主要矿物

已经知道的钍矿物和含钍矿物约有120多种，其中大部分含铀和稀土元素，主要钍矿物有：

方钍石 (Th, U, Ce)O_2含ThO_2 70—80%

钍 石 $ThSiO_4$ 含ThO_2 48—72%

独居石 (Ce, La, Dy)$PO_4 \cdot ThO_2$

含ThO_2 5—10%

三、一般工业要求

（一）独居石型钍矿床（砂矿）

独居石矿物： 100—300克/米³

独居石中含ThO_2： 4%

（二）方钍石、钍石矿床

含ThO_2：0.1%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（八）冶金辅助原料矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

菱 镁 矿

一、性质和用途

菱镁矿的化学成分为碳酸镁（$MgCO_3$），其中氧化镁（MgO）含量为47.81%，二氧化碳（CO_2）含量为52.19%，常含有少量的铁、锰、铝和硅、钙等杂质。菱镁矿加热到650°C左右开始分解释放出CO_2，并伴有体积收缩；煅烧到700—1000°C时，形成苛性菱镁矿（轻烧菱镁矿），并具有高度的胶粘性；当煅烧到1400—1700°C时分解完全，不含CO_2，形成方镁石（硬烧菱镁矿），并且有很高的耐火度。

菱镁矿主要(约90%)用作耐火材料。即利用经过高温煅烧的硬烧菱镁矿，生产出耐火度在2000°C以上的冶金镁砂、冶金粉、镁砖、镁铬砖、镁铝砖及硅镁砖等耐火制品，用来砌筑黑色和有色冶金工业炉窑。硬烧菱镁矿经电炉煅烧到2500—3000°C时熔融、冷却形成完好的方镁石晶体称作电熔镁，具有高电阻率、硬度大、抗化学蚀腐性，可作绝缘和高级耐火材料，制成镁铬砖和耐火炉。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

菱镁矿可用作提炼金属镁。镁与其他金属化合，制成高强度镁合金，用于军工。航天工业，及飞机、汽车和精密仪器制造业。镁还用作冶炼钛、锆、铀、铍的还原剂。

轻烧菱镁矿和氧化镁或硫酸镁可制造含镁水泥，具有高度胶凝性、可塑性并能与有机物胶合。用于装饰、绝热、保温、隔音、耐磨等建筑材料和制作砂轮的粘合剂。

此外，在化工、橡胶、造纸、陶瓷、制糖、照相、颜料、纺织业中均有应用。

二、一般工业要求

（一）工业对矿石的质量要求

在工业上晶质、隐晶质菱镁矿均可利用。根据用途对矿石质量的不同要求如下：

1、作耐火材料用硬烧菱镁矿，要求用MgO含量高、杂质少的晶质菱镁矿。矿石中杂质对耐火材料的质量影响如下：

CaO： 煅烧菱镁矿时，CaO呈游离状态，易吸水形成$Ca(OH)_2$或其他化合物，对产品有害。一般在成品中要求$CaO \leqslant 3\%$。

SiO_2： 氧化硅含量高时会降低产品的耐火度，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

一般在成品中SiO_2限制在5%左右。

Fe_2O_3：矿石中含3—5%的Fe_2O_3时对焙烧有利；但过量的Fe_2O_3易与其他杂质形成易熔性物质，影响制品的耐火度。

2．作含镁水泥用的轻烧菱镁矿，晶质、非晶质菱镁矿均可，对其质量要求不太严；但CaO呈游离状态存在时，使水泥膨胀故一般要求CaO＜4.5%；铁可使水泥颜色变坏不得过高；SiO_2含量15—20%时亦可应用。

3．提炼金属镁和其他工业用菱镁矿，一般要求MgO含量要高，杂质低；橡胶业用菱镁矿要有高分散性，不含锰。

（二）一般工业指标

项目	主要化学成分含量(%)				用途
	MgO	CaO	SiO_2	$Fe_2O_3+Al_2O_3$	
耐	≥ 47	≤ 0.6	≤ 0.6	≤ 0.6	高纯镁砂
火	≥ 45	≤ 1.5	≤ 1.5	—	制砖镁砂
材	≥ 43	≤ 1.5	≤ 5	—	镁硅砂
料	≥ 41	≤ 6	≤ 2	—	冶金镁砂

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：表中“—”表示对$Fe_2O_3+Al_2O_3$不作要求。

可采厚度：　　≥2米

夹石剔除厚度：1—2米

三、矿床实例

（一）辽宁青山怀菱镁矿

品级	化学成分(%)			用　途
	MgO	CaO	SiO_2	
Ⅰ级	>45	≤1.5	≤1.5	镁砖、金属镁
Ⅱ级	>42	≤2	≤6	砖砂
级外	<42	≤3	>6	砖砂、冶金粉
高硅菱镁矿	>44	<3.5		供外贸：粒级30—100毫米

注：该指标为1982年矿山生产实际使用的工业指标，其中镁化白云岩，一项从略。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）辽宁桦子峪菱镁矿

品级	化学成分（%）			用途
	MgO	CaO	SiO_2	
Ⅰ级	≥45	≤1.2	≤1.5	炉顶砖
Ⅱ级	≥43	≤1.5	≤2—2.5	砖 砂
Ⅲ级	≥42	≤6.0	≤2—2.5	砖 砂

可采厚度：　≥2米

夹石剔除厚度：1米

（三）山东粉子山菱镁矿

项目		工业要求			用途
		氧化镁（MgO）（%）	氧化钙（CaO）（%）	二氧化硅（SiO_2）（%）	
品级	Ⅰ级	>46	<1.2	<1.5	镁砖
	Ⅱ级	>44.5	<1.5	<2.5	镁砖
	Ⅲ级	>38.0	<9	<3.0	冶金砂
可采厚度（米）	2				
夹石剔除厚度（米）	1				

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、综合评价

菱镁矿常与白云岩、大理岩、蛇纹岩、石棉、滑石、石膏、盐矿等矿产共生，尤其是产在超基性岩蛇纹石化岩石中的菱镁矿，可能伴生有铂、钴、镍等矿产，应予注意，并进行综合勘探、综合评价。

五、附录

冶金工业部1982年5月1日颁布的YB321—81号耐火材料、烧结熔制及提炼金属镁用菱镁石质量指标如下：

级　别	化学成分（%）		
	MgO	CaO	SiO_2
特级品	≥ 47	≤ 0.6	≤ 0.6
一级品	≥ 46	≤ 0.8	≤ 1.2
二级品	≥ 45	≤ 1.5	≤ 1.5
三级品	≥ 43	≤ 1.5	≤ 3.5
四级品	≥ 41	≤ 6	≤ 2
菱镁石粉	≥ 33	≤ 6	≤ 1

注：①供制镁硅砂用的三级品，其中二氧化硅可不大于4%。

②供热选生产用的三级品，其中二氧化硅可不大于5%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

耐火粘土

一、性质和用途

耐火粘土是指耐火度大于1580°C的粘土。依其理化性能、矿石特征和工业用途分为软质粘土、半软质粘土、硬质粘土和高铝粘土四种。

软质粘土一般呈土状，硬度低，在水中易浸散，与液体拌合后能形成可塑性泥团，具有较大粘结性，常用作耐火制品结合剂。半软质粘土的浸散性较差，或部分浸散，其浸散部分与液体拌合后亦可形成可塑性泥团，亦常用作结合剂或骨料。硬质粘土常呈块状或板片状，一般在水中不浸散，不具可塑性，耐火度较高，为耐火制品的主要原料。高铝粘土Al_2O_3的含量较高，硬度和比重较大，耐火度高，常用作高级耐火制品。硬质和高铝粘土常烧成熟料使用。

耐火粘土主要用于冶金工业，用量约占全部耐火材料的70%；其次用于机械、轻工、化工、建材、国防等部门。耐火粘土常作为制定型耐火材料（各种规格的砖材）和不定形耐火材料的原料。高铝粘

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

土用于制电炉、高炉用的高铝砖，高铝衬砖及高铝耐火泥。硬质粘土用于制高炉耐火砖，炼铁炉、热风炉、盛钢桶的衬砖、塞头砖，流钢砖以及工业锅炉机车锅炉等的耐火砖。硬质粘土还用作制新型耐火绝热材料——耐火纤维，它具有耐高温、导热系数小、耐酸碱、吸音及质轻等优点，在冶金、机械、电子、玻璃、陶器等工业应用广泛。

二、矿物组分和化学成分

耐火粘土中的主要矿物及其化学成分如下：

一水硬铝石　$Al_2O_3 \cdot H_2O$ 氧化铝含量84.98%

勃姆石（一水软铝石）　$Al_2O_3 \cdot H_2O$

氧化铝含量84.98%

三水铝石　$Al_2O_3 \cdot 3H_2O$　氧化铝含量65.35%

高岭石　$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$

氧化铝含量39.55%

埃洛石　$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 4H_2O$①

氧化铝含量34.7%

水白云母　$(K,H_2O)Al_2(Si,Al)_4O_{10}(OH)_2$

---

①按此化学式为10Å埃洛石的，另7Å埃洛石为$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$其$Al_2O_3$含量为39.5%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

氧化铝含量36.37%

伊利石 $K_{1-1.5}Al_4(Si_{6.5-7}Al_{1-1.5}O_{20})$

氧化铝含量30.15%

蒙脱石 $(\frac{1}{2}Ca, Na)_{0.7}(Al, Mg, Fe)_4(Si, Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$

氧化铝含量22.96%

高铝粘土的主要矿物为一水硬铝石、勃姆石、三水铝石和高岭石等，硬质粘土的主要矿物为高岭石、水铝石等，软质及半软质粘土的主要矿物为高岭石、水云母、伊利石和蒙脱石等。

三、一般工业要求

（一）工业对矿石质量的要求

1．主要组分对制品性能的作用与影响

三氧化二铝（Al_2O_3）：为耐火粘土的主要有益组分。是衡量耐火粘土质量的主要因素之一，其含量越高，耐火度也愈高。

二氧化硅（SiO_2）：在粘土中呈铝硅酸盐类矿物形式或呈粒状石英及胶状氧化硅出现，石英能减弱粘土的可塑性和粘结力，而胶状的SiO_2能增强粘

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

土的可塑性。

铁质矿物：多为褐铁矿、赤铁矿、水赤铁矿、菱铁矿、钛铁矿、黄铁矿等，它是耐火粘土的有害杂质，主要是降低耐火度、抗碴性，并引起制品出现熔蚀结疤、空洞影响制品外观。

钙镁碳酸盐和硫酸盐类矿物：含量多时降低粘土的耐火度、增大烧成收缩率、降低荷重软化温度并产生裂纹。

二氧化钛（TiO_2）：随含量多寡产生不同影响，适量TiO_2在烧结中起助熔作用，促进烧结。而过量（一般>4.5%）则破坏制品的热稳定性和高温使用效能。

氧化钾、氧化钠（K_2O、Na_2O）：含量高时减弱粘土可塑性，在煅烧时降低烧成温度，在使用制品时易形成龟裂膨胀。

有机质：主要是含碳物质，含量高时增大粘土的烧失量，并使制品产生空洞增加气孔率和烧成收缩率，降低制品的抗碴性。

2．物理技术性能

耐火度：粘土制坯在高温煅烧下不变形时的最高温度。是衡量耐火粘土质量优劣的主要标准之一。其高低取决于粘土的矿物组分和化学成分。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿石类型	矿石品级	主要化学成分（%） Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	烧失量（%）	耐火度（°C）	可塑性（指标）	备注
高铝粘土	特级	≥85	≤2.0	<0.6	≤15	≥1770		化学成分以熟料计
	Ⅰ级	≥80	≤3.0	<0.6	≤15	≥1770		
	Ⅱ级 甲	≥70	≤3.0	<0.8	≤15	≥1770		
	Ⅱ级 乙	≥60	≤3.0	<0.8	≤15	≥1770		
	Ⅲ级	≥50	≤2.5	<0.8	≤15	≥1770		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硬质粘土	特级	≥44	≤1.2			≤15	≥1750	化学成分以熟料计	
	Ⅰ级	≥40	≤2.5			≤16	≥1730		
	Ⅱ级	≥35	≤3.0			≤15	≥1.70		
	Ⅲ级	≥30	≤3.5			≤15	≥1630		
半软质粘土	Ⅰ级	≥35	≤2.0			≤16	≥1690	1—2.5	化学成分以生料计
	Ⅱ级	≥30	≤2.5			≤16	≥1670		
	Ⅲ级	≥25	≤3.5			≤10	≥1630		
软质粘土	Ⅰ级	≥30	≤2.0			≤18	≥1670	≥2.5	化学成分以生料计
	Ⅱ级	≥26	≤2.5			≤18	≥1610		
	Ⅲ级	≥22	≤3.5			≤18	≥1580		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可塑性：粘土在机械外力作用下，改变其形状而不改变其致密性，在外力取消后，依然保持其变形的性质，称之为可塑性。一般软质粘土为可塑性粘土，半软质粘土为半可塑性粘土，硬质粘土和高铝粘土为非可塑性粘土。是确定耐火粘土类型和使用途径的依据。

耐风化性：是在自然状态下抵抗风化的性能。是选择合理煅烧工艺的设计依据之一。

（二）一般工业指标

耐火粘土的一般质量要求见228—229页表。

可采厚度（真厚度）：地下开采：0.8—1米
露天开采：0.5—0.8米

夹石剔除厚度：0.5—0.8米

剥采比：≤15

杂质含量高的耐火粘土的参考指标：

1．高碱质高铝粘土：除按一般要求外，并要求 $K_2O+Na_2O<1.5-2\%$，$TiO_2<4.5\%$。（其原料只能制低级高铝制品或无荷重软化温度要求的浇铸用砖。）

2．高碱质硬质粘土：某些地区的高碱质硬质粘土，当其它有害组份含量较低时，也可作为耐火粘土使用。其参考指标为：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

品级	化学成分 (%)			耐火度°C	用途
	Al_2O_3	Fe_2O_3	K_2O+Na_2O		
Ⅰ级	≥43	≤1.3	<1.3	>1730°	可制通用砖
Ⅱ级	≥40	≤1.8	≤2.8	>1670°	可制下注砖
Ⅲ级	≥38	≤2.2	<4	>1630°	亦可制下注砖
注	以上各品级矿石杂质总量均应<9%				

3.高钛耐火粘土：除按一般工业要求外，对高钛高铝粘土要求TiO_2≤15%，对高钛硬质粘土要求TiO_2≤7.5%。

4.高铁硬质粘土：在缺少硬质粘土的地区或硬质粘土的铁质以结核状黄铁矿、白铁矿等形式存在时，如采用特殊工艺制砖，对Fe_2O_3含量可要求小于5%，如铁质以分散状态存在时，如采用化学方法处理时，Fe_2O_3可要求<14%。

四、矿床实例

1. 一般矿床实例

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业要求				其他	备注
二氧化钛+二氧化三铁（%）		耐火度（°C）	烧失量（%）		
▷50	＜2.5	＞1770	16	CaO：＜0.8%	可采厚度及品级分采厚度均为1米
1—50	＜1.2	＞1750	16		
2—50	＜2.5	＞1730	16		夹石剔除厚度为0.3米
3—42	＜3	＞1630	16		
▷80	＜3	＞1770	＜15	CaO含量（%），Ⅰ级＜0.6，Ⅱ、Ⅲ级＜0.8	可采厚度，0.7米，0.5—0.7米为表外矿 夹石剔除厚度，0.3米
4—80	＜3	＞1770	＜15		
5—60	＜3	＞1770	＜15		
6—50	＜2.5	＞1730	＜15		
7—42	＜3	＞1670	＜15		
▷35	＜2	＞1670	≪18		
8—35	＜3	＞1610	≪18		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

河南焦作	硬质粘土	特级	>44	<1.2	1750	<15	1. 依熟料计算 2. 可采厚度 0.7米 3. 夹石剔除厚度0.2米
		I级	>42	<2.5	1730	<15	
		II级	>36	<3.0	1670	<15	
		III级	>30	<3.0	1630	<15	
	软质粘及半土	I级	>35	<2.0	1670	<15	
		II级	>30	<3.0	1610	<15	
		III级	>24	<3.0	1580	<15	
四川沙湾	硬质粘土	I级	>45	<2.5	1730	—	1. 依生料计算 2. 可采厚度 0.7米 3. 夹石剔除厚度0.3—0.5米，可采厚度1米，0.7—1米列入表外 夹石剔除厚度大于0.3米，极限剥离比1:15吨/m³
		II级	>35	<3.0	1670	—	
		III级	>28	<3.0	1630	—	
吉林水曲柳	软质粘土	特级	≥35	≤2	≥1670	≤15	均为熟料 III级品暂作表外
		I级	≥30	≤2.5	≥1670	≤15	
		II级	≥25	≤3.5	≥1610	≤15	
		III级	≥20	≤4	≥1580	≤15	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Ⅱ．杂质含量高的矿床实例

（一）四川二滩耐火粘土

品级＼成分	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO+MgO	耐火度 C°	其它	备注
Ⅰ级	＞60	≤3	≤1.5	≥1750		可采厚度0.7米 露天可采厚度0.5米 夹石剔除厚度0.3米
Ⅱ级	50—60	≤3	≤1.5	≥1710		
Ⅲ级	40—50	≤3	≤1.5	≥1690		

注：本区属高铝高钛耐火粘土。TiO_2含量最高16.69%，最低5.11%，一般7—10%，自1975年投产使用以来，作钢水罐衬砖。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）-四川广元耐火粘土

矿石类型	品级	工业要求				备注
		三氧化二铝十二氧化钛（%）	三氧化二铁（%）	耐火度（°C）	烧失量（%）	
高铝粘土	Ⅰ级	＞80	≤3	＞1770	≤65—16	依熟料计算 $CaO+MgO$ ≤0.6—1.5% 可采厚度 ≥0.7米 夹石剔除厚度≥0.5米
	Ⅱ级	60—80	≤3	＞1770	〃	
	Ⅲ级	50—60	≤3	＞1770	〃	
	Ⅳ级	≥50	3—4	＞1770	〃	
软质粘土硬质及半	Ⅰ级	≥39	≤3	≥1630	≤15—16	
	Ⅱ级	≥33	3—4	≥1630	〃	
	Ⅲ级	≥33	4—5	≥1630	〃	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、综合评价

耐火粘土的共生、伴生矿产有煤、硫铁矿、铁矿、铝土矿、铁矾土、其它用途粘土和石灰岩等，在勘探耐火粘土矿时，应注意综合勘探和综合评价。

六、附录

冶金工业部部颁标准、硬质粘土熟料技术条件（YB2211—82）的技术要求（本标准适用于供耐火材料用的硬质粘土熟料产品）

1．产品按其理化指标分为下列品级

品级 \ 指标	化学成分（%）		耐火度	体积密度
	Al_2O_3	Fe_2O_3	（°C）	克/厘米³
特级品	44—50	≤ 1.2	≥1750	≥2.45
一级品	甲44—50	≤ 1.6	≥1750	≥2.40
	乙42—50	≤ 2.5	≥1730	≥2.35
二级品	36—42	≤ 3.5	≥1670	≥2.30
三级品	30—36	≤ 3.5	≥1630	≥2.25

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2．与煤接触煅烧的产品通过5毫米标准筛的筛下料不超过5%；用回转窑和外燃式窑煅烧的产品，通过5毫米标准筛的筛下料不超过8%。

3．产品中的杂质含量：特级品不超过3%，其它品级不超过4%。

4．产品中不得混入石灰石、黄土及其它高钙、高铁等外来夹杂物。

高铝矾土熟料技术标准(YB2212—82)的技术要求（本标准适用于供耐火材料用的高铝矾土熟料产品）

1．产品按其理化指标分为下列品级

品级 \ 指标	化学成分（%）			耐火度	体积密度
	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3	(°C)	克/厘米³
特级品	≥85	≤0.6	≤2.0	≥1790	≥3.00
一级品	≥80	≤0.6	≤3.0	≥1790	≥2.80
二级品	甲70—80	≤0.8	≤3.0	≥1790	≥2.65
	乙60－70	≤0.8	≤3.0	≥1770	≥2.55
三级品	50—60	≤0.8	≤2.5	≥1770	≥2.45

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2．与煤接触煅烧的产品，通过10毫米标准筛下料不超过10%；用回转窑和外燃式窑煅烧的产品，通过5毫米标准筛的筛下料不超过10%。

3．产品中的杂质含量不超过4%。

4．同一品级中允许相邻混级品不大于10%。

5．产品中不得混入石灰石、黄土及其他高钙、高铁等外来夹杂物。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

蓝晶石类矿物

一、性质和用途

蓝晶石类矿物包括蓝晶石、红柱石、矽线石等，为同质异形的无水铝硅酸盐矿物，统称高铝矿物原料。其化学成分为$Al_2O_3 \cdot SiO_2$，它们具有在高温下膨胀冷却后不收缩以及高温下（1100—1650°C）转变成富铝红柱石（莫来石）的特点。蓝晶石类矿物化学成分虽同，但由于各自生成温度、压力、矿物结构和Al_2O_3含量的差异，其热膨胀率和转变为富铝红柱石的温度范围亦不同。

蓝晶石：$Al_2O[SiO_4]$ 含$Al_2O_3$61.52%，转换温度1100—1480°C，体积膨胀16—18%。

矽线石：Al_2SiO_5含$Al_2O_3$63.11%，转换温度1550—1750°C，体积膨胀6—7.2%。

红柱石：$Al_2O[SiO_4]$ 含$Al_2O_3$61.47%，转换温度1350—1530°C，体积膨胀4—5.4%。

蓝晶石类矿物煅烧后形成的富铝红柱石具有耐火度高（>1800°C）、机械强度大和耐酸、碱等性能，并具有重负荷下抗高温的能力。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

蓝晶石类矿物主要用作高级耐火材料，制做高炉、热风炉、混铁炉和浇注设备关键部位的耐火砖和不定形耐火材料。利用其高温永久性膨胀抵消不定形耐火材料的收缩，提高受冷、热冲击能力延长冶炼炉使用寿命。在其它工业部门用作制造窑炉设施，吹制高温铝硅酸盐绝缘体，翻砂模面料，可纺富铝红柱石纤维，磨料、热压模和涂料等。

此外，还用作制造高铝轻质硅铝合金，用于飞机、汽车、火车、船只等关键部件的工业制造；并可烧制耐烧蚀技术陶瓷。

二、一般工业要求

蓝晶石类矿床类型很多，目前国内尚无成熟勘探经验。一般情况下，此类矿床的矿石均需经过选矿获得精矿后方能利用。决定矿床工业价值因素有二。一为含矿率（即矿床含蓝晶石类矿物多少），二为蓝晶石类矿物的化学成分和物理性能。

（一）原矿含量

	蓝晶石	矽线石
边界品位：	≥5%	≥10%
工业品位：	≥10%	≥15%
可采厚度：	≥1—2米	≥1—2米
夹石剔除厚度：	≥1—2米	≥1—2米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

按蓝晶石含量：5—10%，＞10—15%，＞15—20%，＞20%分别试圈矿体，计算储量。

（二）蓝晶石类矿物精矿化学成分要求

成分	Al_2O_3	SiO_2	TiO_2	Fe_2O_3	K_2O+Na_2O
含量(%)	≥55	<42	<1.5	<1.5	<1

三、矿床实例

（一）江苏沭阳蓝晶石矿

最低工业品位：蓝晶石含量≥15%

边界品位：蓝晶石含量≥7%

最低可采厚度：1.5米

最小夹石剔除厚度：1.5米

（二）河北卫鲁工业指标

（普查勘探使用的指标）

蓝晶石含量：10—20%

富矿：＞30%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）黑龙江鸡西头道沟矽线石矿（见一般工业要求）

蓝晶石手选单矿物化学成分表

项目 \ 组分(%)	Al_2O_3	SiO_2	CaO	MgO
原　矿	25.51	54.34	0.49	1.87
精　矿	54.19	39.20	0.17	0.45

项目 \ 组分(%)	Fe_2O_3	FeO	TiO_2	K_2O	Na_2O
原　矿	1.62	5.11	1.09	4.25	0.88
精　矿	1.11	1.27	0.21	0.54	0.23

四、综合评价

蓝晶石类矿物伴生矿产有云母、石墨、刚玉等应注意综合评价。

五、附录

（一）上海宝钢用高铝矿物精矿的质量要求

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿种	化学成分（%）				温度 °C	体积膨胀系数	用途
	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2			
红柱石	59 ±3	38 ±3	≤2	≤0.5	1350	2	制高级砖、不定形原料
蓝晶石	≥60		≤1.5	≤2.5	1545	15	高铝浇注料、火泥
矽线石	57 ±3	37 ±3	≤2		1545	2	不定形原料、滑板

（二）国外蓝晶石矿精矿化学成分要求

1.苏联对蓝晶石精矿的化学成分要求

用途 \ 成分（%）	Al_2O_3	Fe_2O_3+FeO	K_2O+Na_2O
生产高铝耐火材	≥54	≤2	≤1—1.5
生产陶瓷	≥45	≤0.5—0.75	
生产铝硅合金	≥58	$SiO_2$37	≤0.5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

生产铝硅合金还要求铁和钛的氧化物含量为0.5—0.7%。

原矿中蓝晶石含量要求：富矿>40%，中品位矿20—40%，贫矿<20%。

2.美国蓝晶石粗精矿化学成分

成分	Al_2O_3	SiO_2	酸溶性 Fe_2O_3	TiO_2	CaO	MgO	碱合计
含量(%)	≥56	42	1	≤1.2	≤0.1	≤0.1	≤0.3

适用粒度：35、48、100、200目。

原矿蓝晶石含量：

威利斯山蓝晶石片岩：含蓝晶石10—30%即开采。

佐治亚州北部蓝晶石片岩：含蓝晶石4—8%即开采，但伴生有云母、石墨可同时回收利用。

3.南非德兰士瓦红柱石精矿主要成分

成　分	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2
含量（%）	52—57	35—44	1—4.5	0.04—4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

白 云 岩

一、性质和用途

白云岩是以白云石为主要组份的碳酸盐岩，白云石含量约占95%，方解石含量小于5%，余为其它杂质。白云石煅烧至700—900°C时，成为氧化钙和氧化镁的混合物，称苛性白云石；煅烧至1500°C时，氧化镁成为方镁石，氧化钙转为结晶的α－CaO，结构致密耐火度可达2300°C，抗渣性较强。

白云岩广泛用于冶金、化学、建筑及其它工业。冶金工业主要用作耐火材料，部分用作熔剂。用白云岩制成的耐火砖有稳定性白云石砖和抗水性白云石砖两种，均为碱性砖。广泛用于砌筑转炉、电炉、化铁炉炉衬。

炼铁和炼钢时，白云岩作为熔剂，起中和酸性炉渣，降低渣中FeO的活度，减轻炉渣对炉衬的侵蚀作用。

白云岩还可制含镁水泥和作建筑石材；化学工业用以制硫酸镁和含水碳酸镁，橡胶、制药业用

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

以作填料，还可作钙镁磷肥和粒状化肥，改造酸性土壤；玻璃、陶瓷业利用白云岩作配料，能提高玻璃的化学稳定性和坚固性，增加陶瓷光泽等。白云岩亦可作炼金属镁的原料。

二、矿物及化学成分

白云岩的组成矿物除白云石、方解石外，还含有粘土、铁、铝、硅等杂质。

白云石$CaMg[CO_3]_2$，含MgO 21.74，CaO 30.43%，CO_2 47.83%。

方解石$CaCO_3$，含CaO 56.03%，CO_2 43.97%。

三、一般工业要求

（一）化学成分

1）陶瓷用白云岩：

$CaCO_3+MgCO_3>79\%$，$Fe_2O_3<0.3\%$

表面无锈化现象。

2）辉绿岩铸石用白云岩：

$MgO>18\%$，$CaO>30\%$

3）提炼金属镁用白云岩：

$MgO>20\%$，$SiO_2<3\%$，$K_2O+Na_2O<0.3\%$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4）耐火材料及熔剂用白云岩

品位% / 用途	MgO	酸不溶物含量 $SiO_2+Fe_2O_3+Al_2O_3+Mn_3O_4$	其中SiO_2
耐火材料	≥20	≤ 3.0	≤ 1.5
熔　　剂	≥16	≤ 1.0	≤ 4

注：当生产上需要，而地质条件可能时，可按MgO含量20%、19%、17%、16%，划分矿石品级。

5）制含镁水泥用白云岩

成　　分	MgO	$Fe_2O_3+MnO_2$	R_2O_3
含量（%）	>18	≤ 0.5	≤ 4.0

6）制钙镁磷肥用白云岩

成　分	MgO	CaO	SiO_2、Fe_2O_3、Al_2O_3
含量（%）	＞20	＞30	少　量

7）玻璃原料用白云岩

品级 \ 成分	MgO（%）	CaO（%）	Fe_2O_3（%）	Al_2O_3（%）
Ⅰ级	＞20	＞30	≤ 0.1	≤ 1
Ⅱ级	＞19	＞26	≤ 0.2	≤ 1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）开采技术条件

最低可采厚度：　　2米

最小夹石剔除厚度：2米

剥采比：　　1:1—3

四、矿床实例

（一）南京幕府山白云岩矿

品级	化学成分（%）				可采厚度	夹石剔除厚度
	MgO	酸不溶物	SiO_2	P		
特级	>20	< 4	<2	<0.1	2米	2米
Ⅰ级	>19	< 7	<3	—		
Ⅱ级	>17	<10	<6	—		

（二）贵州水城堰塘白云岩矿

品级	化学成分（%）					
	MgO	MgO+CaO	酸不溶物	SiO_2	SO_3	P_2O_5
特级	>20	>49	<3	<1.5	<0.1	<0.02
Ⅰ级	>19	>49	<3.5	<2	<0.1	<0.02
Ⅱ级	>17	>49	<4.5	<3	<0.2	<0.04
Ⅲ级	>16	>49	<7	<4		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

最小可采厚度：2米

夹石剔除厚度：2米

品级分采厚度：4米

剥采比：　　<3

（三）内蒙固阳白云岩矿（作耐火材料）

品　级	化学成分（%）			备　注
	MgO	酸不溶物	SiO_2	
特　级	≥19	≤4	≤2.5	
I　级	≥19	≤7	≤4	
II　级	≥17	≤10	≤6	
III　级	≥16	≤12	≤7	

五、综合评价

白云岩矿床中，常共生有菱镁矿、滑石、石灰岩、石棉等矿产，应注意综合评价。

六、附录

（一）冶金工业部1982年5月1日颁布的YB 2415—81号白云岩质量标准

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1.炉衬用

品级		化学成分（%）		
		MgO	$Al_2O_3+Fe_2O_3+SiO_2+Mn_3O_4$	其中SiO_2
特级品	甲	≥20	≤2	≤1.0
	乙	≥20	≤3	≤1.5

2.耐火材料及冶炼用

品级	化学成分（%）		
	MgO	CaO	SiO_2
一级品	≥19	—	≤2.0
二级品	≥19	—	≤3.5
三级品	≥17	—	≤1.0
四级品	≥16	—	≤5.0
镁化白云岩	≥22	≥6	≤2.0

注：根据资源条件，四级品中SiO_2允许不大于6%。

（二）宝山钢厂炼钢用白云岩的质量要求

1.化学成分：MgO 19.5—20%，SiO_2 2—3%，

Al_2O_3 0.85%，CaO 30—31%，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Fe_2O_3 0.5—1.2%，S<0.07%，

P<0.07%。

2.块度：10—30毫米者>85%，

<5毫米者<4%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硅　石

（石英砂岩、石英岩、脉石英）

一、用途

硅石主要用途是在冶金工业中用作制酸性耐火砖——硅砖和冶炼各种金属的熔剂。硅砖有良好的抗酸性渣侵蚀的能力，对氧化钙渣、氧化铁渣的侵蚀也有一定的抵抗能力。硅砖的最大优点是荷重软化起始温度高（一般在1620°C以上），因此广泛用于砌筑焦炉、电炉、加热炉、玻璃熔窑和耐火材料烧成窑等炉衬。

质纯的硅石，可用作制石英玻璃，提炼结晶硅。结晶硅是提炼单晶硅的原料，并可制硅铝和有机硅。在化学工业上用硅石制造各种硅化合物和硅酸盐，也作硫酸塔的填充物。在建材工业中可作玻璃原料、陶瓷原料和硅酸盐水泥的校正原料。还可用制磨石、油石、砂纸等。

二、矿物组分及化学成分

工业上把二氧化硅及杂质含量等符合要求的石

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

英岩、石英砂岩、脉石英叫作硅石，主要矿物组分为石英，化学成分主要为二氧化硅，含有少量三氧化二铁、三氧化二铝、氧化钙、五氧化二磷等杂质。

三、一般工业要求

（一）对化学成分及主要物理性能的要求

1.耐火制品用

品级	化学成分（%）				耐火度 °C	吸水率（%）
	SiO_2	Al_2O_3	CaO	Fe_2O_3		
特级	≥98	≤0.5	≤0.4	≤0.5	1750°	≤3
Ⅰ级	≥97	≤1.0	≤0.5	≤1.0	1730°	≤4
Ⅱ级	≥96	≤1.3	≤1.0	≤1.5	1710°	≤4

2.铁合金及工业硅用

品级	化学成分（%）				
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5
特级	≥99	≤0.3	≤0.15	≤0.2	≤0.02
Ⅰ级	≥98	≤0.5	—	≤0.3	≤0.02
Ⅱ级	≥97	≤1.0	—	≤0.5	≤0.03

注：矿石块度一般20—250毫米，＜20毫米者一般要求不大于10%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3.熔剂等用

用途	化学成分（%）				
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5
熔剂用	≥90—95	≤2—5	≤1—3	≤3	—
硅铝用	≥98.5	≤0.5	—	—	—
结晶硅用	≥98—99	≤0.5	≤0.5	≤0.5	≤0.03
石英玻璃用	≥99.95	极微	极微	极微	极微

（二）开采技术条件的要求：

可采厚度：　　2米

夹石剔除厚度：1—2米

采剥比：　　1:3—5米

注：①玻璃用硅质原料的一般工业要求见449页；水泥用硅质原料见439页。②硅石中的 Al_2O_3、CaO、Fe_2O_3在生产硅铁时，消耗SiO_2；在制作耐火材料时降低硅砖耐火度；P_2O_5在炼钢时，影响钢的质量。

四、矿床实例

（一）河南坡头石英岩（硅砖用）

品级	化学成分（%）				耐火度（°C）	可采厚度（米）	剥离比
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO			
特级	>98	<0.5	<0.5	<0.5	>1750	2	<1
I级	>97	<1.0	<1.0	<1.0	>1730		
II级	>96	<1.2	<1.5	<1.2	>1710		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）辽宁石门石英岩

用途	品级	化学成分（%）				耐火度（°C）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
		SiO_2	Al_2O_3	CaO	P_2O_5			
硅砖用	Ⅰ级	>98	<1.0	<0.5		>1770		
	Ⅱ级	>97	<1.3	<1.0		>1750		
	Ⅲ级	>96	<1.6	<1.5		>1730	1	1
硅铁用	Ⅰ级	>97.5	<1.0	<0.3	<0.02			
	Ⅱ级	>96	<1.5	<1.0	<0.03			

五、附录

（一）冶金工业部1982年5月1日颁布的YB2416—81号硅石质量标准

1.耐火制品用

品级	化学成分（%）			耐火度°C	吸水率（%）
	SiO_2	Al_2O_3	CaO		
特级品	≥98	≤0.5	≤0.4	1750°	≤3
一级品	≥97	≤1.0	≤0.5	1730°	≤4
二级品	≥96	≤1.8	≤1.0	1710°	≤4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.铁合金及工业硅用

品级	化学成分（%）				
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	P_2O_5
特级品	≥99	≤0.3	≤0.15	≤0.2	≤0.02
一级品	≥98	≤0.5	—	≤0.3	≤0.02
二级品	≥97	≤1.0	—	≤0.5	≤0.03

注：产品块度划分为下列五种规格（节录）

20—40毫米，40—60毫米，60—120毫米，

120—160毫米，160—250毫米。

（二）宝钢硅石原料质量要求

1．炼钢用：SiO_2＞95%，Al_2O_3＜2%，

水分＜5%；粒度10—30毫米。

2．炼铁用：化学成分同炼钢用；

粒度＜3毫米。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石 灰 岩

（冶金灰岩、化工灰岩）

一、性质和用途

工农业用石灰岩，指CaO含量较高杂质含量较低的沉积碳酸盐岩。它与盐酸反应强烈。石灰岩加热至1000—1200°C时分解成CaO和CO_2，CaO即普通用生石灰，CO_2是制碱的主要原料之一。石灰岩作熔剂时能使矿石中各种杂质和燃料中的灰分变成炉渣，并有脱磷脱硫的能力。

石灰岩用途广泛。冶金工业大量用作冶炼生铁、钢和有色金属的熔剂。化学工业中，石灰岩是制碱、电石、碳酸钙、碳酸钾和氮肥等的原料。在农业上用石灰岩制造肥料，改良土壤，促进硝化细菌的活动性及土壤中磷肥和钾肥的同化作用。建筑业中，石灰岩是制造水泥、石灰、石料的重要原料。在制糖业、石油工业用作净化剂。在玻璃制造中作配料，使玻璃具有相应稳定性和机械强度。在造纸、制革、染料、陶瓷、印刷业亦广泛应用。

近十几年来，用石灰岩烧制活性石灰用于炼

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钢，特别是氧气转炉炼钢，可起到缩短吹氧时间、提高脱硫率、降低氟石耗量、增加钢水产量和延长炉龄的作用。

二、矿物组分和化学成分

石灰岩主要由方解石组成，常含少量白云石、菱镁矿、及其它碳酸盐矿物以及粘土质、铁质等

方解石 $CaCO_3$，含CaO 56.03%，CO_2 43.97%。

白云石 $CaMg(CO_3)_2$，含MgO 21.74，CaO 30.43%，CO_2 47.83%。

石灰岩的主要有益组分是CaO和CO_2，其它杂质为MgO、SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、S、P等。

三、一般工业要求

（一）工业利用对矿石的质量要求

石灰岩的化学成分、物理性质和矿石加工技术性能在不同工业生产中起着不同作用，依其用途对石灰岩矿石质量提出如下要求。

1.冶金（熔剂）灰岩

石灰岩中CaO是起熔剂作用的主要化学成分。它的含量越高越好。MgO如含量适当，可降低炉渣

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

的熔点和粘度，增大流动性，对脱硫、脱磷有利，如含量过高，则影响CaO的熔剂有效性。SiO_2和Al_2O_3虽不影响钢和铁的质量，却消耗CaO、增大燃料消耗、增加炉渣、降低冶炼生产能力。P_2O_5和SO_3在冶炼时，都转入铁中，影响钢、铁质量。因此对有害杂质要求比较严格。

对矿石物理性质要求具有一定的机械强度，一般要求抗压强度大于400公斤/厘米^2，如强度不够，易在冶炼过程中压成碎块和粉末，影响炼炉的透气性和炉料均衡。

2.化工灰岩

化工灰岩主要包括制碱灰岩、电石灰岩。制碱灰岩要求其$CaCO_3$含量越高越好，一般不应小于85%，否则CO_2产出量低，增加生产成本。$MgCO_3$、SiO_2及铁、铝等杂质含量不宜过高，它会影响石灰岩的充分分解，并能引起结瘤、结疤，不好处理。

电石灰岩的CaO含量要高，对MgO、SiO_2、S、P及铁、铝等杂质的含量有较严的限制。MgO、Al_2O_3能结合成难熔的碳化物；SiO_2与石灰岩、灰分中的Fe_2O_3结合成硅酸铁增加电耗和焦耗，而且破坏炉壁铁壳影响生产操作和降低炉龄。电石在制乙炔时P、S和乙炔混合生成有毒和有爆炸危险的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

气体。S还能生成H_2S以致转变成SO_2腐蚀设备。此外，石灰岩应有足够的抗压强度（约150公斤/厘米^2）和适当的块度（一般60—200毫米）。

（二）一般工业指标

1.熔剂灰岩

类别	品位	化学成分（%）					
		CaO	MgO	CaO+MgO	SiO_2	S	P
石灰岩	边界	≥48	≤3.0		≤4.0	≤0.15	≤0.04
	工业	≥50	≤3.0		≤4.0	≤0.15	≤0.04
白云石化灰岩	边界		≤8.0	≥49	≤4.0	≤0.12	≤0.03
	工业		≤8.0	≥51	≤4.0	≤0.12	≤0.03

注：地质条件许可，需分品级开采，可按CaO>54%、>52%、>50%划分矿石品级

可采厚度：　≥2—4米

夹石剔除厚度：2—4米

采剥比：　1:1—3

注：冶金用制钙、活性石灰等熔剂灰岩，目前勘探和开采实例较少，仅列出基本要求，仅供参考。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

①制铝氧用灰岩

化学成分：$CaO \geqslant 52\%$；$MgO \leqslant 1.5\%$；$SiO_2 \leqslant 2\%$

②活性石灰用灰岩

化学成分：$CaO > 54.5\%$；$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 < 1.2\%$；

$S \leqslant 0.02\%$；P微量（越低越好），残留 $CO_2 \leqslant 2—3\%$。

活性石灰中，要求含CaO大于97%，

矿石中硅、铝、铁是降低活性度的有害杂质，其总含量越低越好。

2.化工灰岩

（1）电石灰岩

CaO (%)	有害杂质允许含量（%）				
	MgO	$Al_2O_3 + Fe_2O_3$	SiO_2	S	P
≥53—54	≤1	≤1	≤1	≤0.1	≤0.06

可采厚度：　≥ 2—4米

夹石剔除厚度：≥ 2—4米

剥采比：　<1

（2）制碱灰岩

边界品位：$CaCO_3 \geqslant 88\%$

工业品位：$CaCO_3 \geqslant 90\%$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有害杂质允许含量：

$MgO \leqslant 1.9\%$；酸不溶物 $\leqslant 3.0$

$Fe_2O_3 + Al_2O_3 \leqslant 1.0\%$

可采厚度：　　≥ 2—4米

夹石剔除厚度：≥ 2—4米

剥采比：　　≤1

（3）化肥用灰岩

制磷肥用：$CaO > 53\%$，$R_2O_3 < 3\%$。

制氮肥用：$CaCO_3 > 97\%$，$R_2O_3 < 1\%$，

$P < 0.01\%$，$S < 0.1$。

开采技术条件

视当地资源和经济技术条件而定。

3.陶瓷用灰岩

化学成分的要求为：

$CaCO_3 > 96\%$，$MgCO_3 < 1\%$，

$Fe_2O_3 < 0.25\%$，

$SiO_2 < 2\%$，$S < 0.1\%$。

4.制糖用灰岩

化学成分的要求为：

$CaCO_3 > 95\%$，　$SiO_2 < 2\%$，

$MgCO_3 < 1.5\%$，$R_2O \leqslant 0.25$

$R_2O_3 < 1.5\%$，　$CaSO_4 \leqslant 0.2$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

$CaSO_4$<0.2%，

R_2O<0.25%。

5.玻璃用石灰岩见玻璃原料部分。

6.硅酸盐水泥、白水泥、高铝水泥见水泥原料部分。

四、矿床实例

（一）湖北武钢乌龙泉石灰岩矿（熔剂用）

品级 \ 成分%	CaO	MgO	SiO_2	S	P	烧失量(%)	酸不溶物(%)
石灰岩 优质	≥54.5	≤0.7	≤0.8	≤0.025	<0.004	>43	—
石灰岩 I级	>52	<3.5	<2	—	—	—	—
石灰岩 II级	>50	<3.5	<3	—	—	—	—
石灰岩 III级	>49	<3.5	<3-4	—	—	—	—
白云石化石灰岩	35—44	6—10	—	—	—	—	<5

注：优质矿石Fe_2O_3≤0.1%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）内蒙卡布其石灰岩矿（熔剂用）

品级 \ 成分（%）	CaO	MgO	SiO_2	不溶性残渣	P_2O_5	SO_3
Ⅰ级	≥52	≤3.5	≤2.0	<2.5	<0.02	<0.25
Ⅱ级	≥50	≤3.5	≤2.5	<3.0	<0.04	<0.25
Ⅲ级	≥49	≤3.5	≤3.0	<3.5	<0.06	<0.25

可采厚度：2米；夹石剔除厚度：2米

（三）大连甘井子石灰岩矿床

品级 \ 成分（%）	CaO	MgO	不溶性残渣	SO_3	P
Ⅰ级	>52	不规定	<2	<0.3	不规定
Ⅱ级	>50	〃	<4.5	<0.3	〃
Ⅲ级	≥47	<3.5		<0.3	<0 01
白云石化Ⅰ级	35—40	<10	<5	<0.3	<0.01
白云石化Ⅱ级	40—44	<6	<5	<0.3	<0.01

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（四）河南某石灰岩矿：（制铝氧用）

氧化钙（CaO）　　>52%

二氧化硅（SiO_2）　　<2%

氧化镁（MgO）　　<1.5%

可采厚度：　2米

夹石剔除厚度：1米

剥离比：在铝土矿上部时，必须在铝土矿极限剥离比<15范围内；

在铝土矿层以外<3—5。

（五）河北滦县石灰岩矿（制碱用）

品位＼项目		有益组分（%）	有害杂质允许含量（%）		
		$CaCO_3$	$MgCO_3$	酸不溶物	$Fe_2O_2+Al_2O_3$
边界品位		≥85			
工业品位	Ⅰ级	≥90	≤4	≤6	≤1
	Ⅱ级	≥88	≤4	≤6	≤1
	Ⅲ级	≥85	≤5	≤6.5	≤2

可采厚度：　2米

夹石剔除厚度：1.5米

剥采比：　≤1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（六）河北、贵州、山西电石灰岩矿

产地及品级 \ 项目		化学成分（%）						可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	剥采比
		CaO	MgO	$Al_2O_3+Fe_2O_3$	SiO_2	S	P			
河北石灰岩		≥54	≤0.8	≤1	≤1	≤0.1	≤0.08	1.5	1.2	
贵州石灰岩	Ⅰ级	>54	≤0.6	≤0.5	≤1	≤0.1	≤0.02	1	1	
	Ⅱ级	>54	≤1	≤1	≤1	—				
山西石灰岩	Ⅰ级	≥54	≤1	≤1	≤1	≤0.1	≤0.08	2	1	
	Ⅱ级	≥53	≤1	≤1	≤1	≤0.1	≤0.08			≤1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（七）河北巍山石灰岩矿（制碱用）

边界品位：$CaCO_3 \geqslant 85\%$。

工业品位：$CaCO_3 \geqslant 90\%$。

$MgCO_3 \leqslant 6\%$，

$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 \leqslant 5\%$

高硅矿石允许$SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 >$ 5%平均≤8%。

最低可采厚度及夹石剔除厚度均为4米。

五、综合评价

石灰岩用途广泛，依其化学成分的差异，可有不同用途。勘探评价时，应根据其质量变化，确定其用途，做到优质优用，充分发挥其经济效益。石灰岩共生矿产有白云岩、白云石化灰岩、铝土矿、耐火粘土等，应根据埋藏情况，开采条件和一工程多用原则作好综合评价。

六、附录

冶金部ZBD6001—85标准冶金用石灰石质量要求。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

类别	品级	化学成分（%）					
		CaO	CaO+MgO	MgO	SiO_2	P_2O_5	SO_3
普通石灰石	特级品	≥54		<2	≤1.0	≤0.005	≤0.02
	一级品	≥53		<3	≤1.5	≤0.01	≤0.08
	二级品	≥52		<3	≤2.2	≤0.02	≤0.10
	三级品	≥51		<3	≤3.0	≤0.03	≤0.12
	四级品	≥50		<3	≤4.0	≤0.04	≤0.15
高镁石灰石	特级品		≥55	<8	≤1.0	≤0.005	≤0.02
	一级品		≥54	<8	≤1.5	≤0.01	≤0.08
	二级品		≥53	<8	≤2.2	≤0.02	≤0.10
	三级品		≥52	<8	≤3.0	≤0.03	≤0.12
	四级品		≥50	<8	≤4.0	≤0.04	≤0.15

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

萤　石

一、性质和用途

萤石（冶金称氟石）是一种熔点较低的矿物（熔点1270—1350°C）。在阴极射线下发萤光，某些变种有热光性，阳光照射后可发磷光。无色萤石较少，常呈黄、灰、绿、蓝、紫、红、棕、黑等各种美丽色彩。

由于其熔融温度较低，冶金上主要用作冶炼钢铁的熔剂。它与炉渣形成共熔性混合物，并且有较高的活动性、流动性，可很好地与炉料中的有害杂质硫、磷等起反应使炉渣与金属容易分离，起脱硫、脱磷作用。用于碱性平炉、碱性氧气炉和电炉炼钢。

在化学工业中主要用来制氢氟酸及其衍生物。世界上萤石产量一半用作制氢氟酸，供制人造冰晶石（Na_3AlF_6）用于炼铝工业。一部分用作制氟化碳。氟化碳具无味、无毒、惰性、不受腐蚀，可作涂料、滑润剂、防腐剂、清洁剂等，其产量一半用于航空清洁剂。在核动力工业中，氟化氢还是分离

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

^{235}U的试剂UF6的原料。制塑料时，加氟化物制成号称“塑料王”的聚四氟乙稀在液态空气中不变脆，沸水中不变软、可在－269°C至＋260°C温度范围使用。耐腐蚀、化学稳定性均超过玻璃、陶瓷、不锈钢以及金、铂等，用途十分广泛。萤石还是玻璃、陶瓷、辉绿岩铸件工业的重要配料。无色透明者还可作光学仪器、色泽鲜艳者可作美术工艺品。

纯度高的萤石含Nd等稀土元素到一定含量时，还可作激光材料。

二、化学成分

萤石的化学成分为氟化钙（CaF_2），其中含F48.67%，含钙51.33%。萤石常含有氯、稀土元素、放射性铀、赤铁矿、铅、锌、沥青等杂质；有时还含有气相、液相以及黄铁矿、白铁矿和黄铜矿等固态包裹体。

三、一般工业要求

萤石矿床中的萤石，很少全部能达到工业利用，往往需要经过手选或机械选矿后方能满足工业要求。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

由于萤石的工业用途比较广泛，需根据开采后手选或机械加工选矿后的产品质量，再分别考虑用作炼钢熔剂或化工、或玻璃、陶瓷等工业。各工业用途对萤石质量均有不同要求。

萤石矿一般工业指标如下：

品级		工业指标			
		CaF_2（%）	S（%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
富矿	边界品位	≥55			
	工业品位	≥65	<1.0	0.7	0.5—0.7
贫矿	边界品位	≥20			
	工业品位	≥30		1	1—2

化工用萤石（精矿）见附录2。

玻璃用萤石见“玻璃原料”。

陶瓷用萤石见“陶瓷原料”。

四、矿床实例

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（一）浙江武义杨家萤石矿

矿石品级	CaF_2含量（%）		SiO_2（%）	S（%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	备注
	边界	工业					
特级	75	≥85			0.5		
Ⅰ级	55	≥70			0.7		
Ⅱ级	40	≥50			0.8	1.0	
Ⅲ级	20	≥30			1.0		
富矿	40	≥50			0.8		
贫矿	20	≥30			1.0		

（二）浙江武义塔山下萤石矿

矿石品级		CaF_2（%）		SiO_2（%）	S（%）	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	备注
		边界	工业					
富矿	Ⅰ	60	≥75	≤20	≤1.5	0.5	0.5	富矿体两侧的贫矿厚度小于1米时按实际厚度计
	Ⅱ	55	≥60		≤1.5	0.5		
贫矿		20	≥0			1.0		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）安徽广德白茅岭萤石矿

矿石品级	化学成分（%）				可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）
	CaF_2		SiO_2	S		
	边界	工业				
富矿	≥55	≥60	≤20	≤1.5	0.7	0.5
贫矿	≥20	≥30				

（四）湖南衡南双江口萤石矿（建材用）

级品	CaF_2（%）		开采技术条件		附注
	边界品位	工业品位	可采厚度（米）	夹石剔除厚度（米）	
富矿	50	60	1	2	对SiO_2、S、P、Pb、Zn、$CaCO_3$、$BaSO_4$作一般了解
贫矿	20	30	1	2	

五、综合评价

萤石是一种多成因的矿物，其伴生有用矿产与萤石矿成因有重要关系。如内生作用形成的矿床，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

常伴生有重晶石、铅锌硫化物等；沉积矿床常伴生的有石膏、方解石、白云石等等。勘探时应根据矿床成因注意可能伴生的有用矿产的经济价值，做好综合勘探综合评价。

六、附录

（一）冶金工业部1982年5月1日颁布的YB325—81号氟石技术标准如下：

1．冶金用

品级	化学成分（%）				一般用途
	CaF_2	SiO_2	S	P	
	不小于	不大于			
1	95	4.7	0.10	0.06	冶炼特种钢、特种合金
2	90	9.0	0.10	0.06	冶炼特种钢、特种合金
3	85	14.0	0.10	0.06	冶炼优质钢
4	80	19.0	0.15	0.06	冶炼普通钢
5	75	23.0	0.15	0.06	冶炼普通钢、化铁、炼铁
6	70	28.0	0.15	0.06	化铁和炼铁
7	65	32.0	0.15	0.06	化铁和炼铁

注：根据用户需要可供三级品中SiO_2不大于13%的产品。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2．建筑材料用

品级	化学成分（%）				一般用途
	CaF_2	SiO_2	S	P	
	不小于	不大于			
1	90	9.0	0.10	0.06	建筑材料（制水泥和玻璃等）
2	85	14.0	0.10	0.06	
3	75	23.0	0.15	0.06	
4	65	32.0	0.15	0.06	

（二）萤石精矿质量标准（GB 5690—85）

等级	CaF_2（%）	杂质不大于（%）			
		SiO_2	$CaCO_3$	S	P
特	≥ 98	0.6	0.7	0.03	0.02
1	≥ 98	0.8	1.0	—	—
2	≥ 97	1.0	1.2	—	—
3	≥ 95	1.4	1.5	—	—
4	≥ 93	2.0	—	—	—

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①表中“—”示含量不规定。

②萤石精矿粒度要求通过0.154mm孔径网筛（—100目）的量不小于87%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铸 型 用 砂

一、性质和用途

铸型用砂指铸造业中制造砂型及砂芯等的原砂。它主要由粒度比较均匀的石英颗粒组成。根据石英及泥类（小于0.022毫米的颗粒）的含量分为石英砂、石英长石砂、粘土砂三类。石英砂主要用于配制铸钢件用的型砂及砂芯；石英长石砂，主要用于配制铸铁件及有色金属铸件的型砂及砂芯；粘土砂大部分用作铸铁、有色金属铸件用的型砂及砂芯的附加物，以增强造型用砂的强度。

型砂除用于机械制造业、铸铁工业外，还可用作玻璃原料及硅酸盐水泥原料的校正原料。

二、矿物组成及化学成分

铸型用砂的来源，一般有两类，一类为天然石英砂（海砂、河流相沉积砂、风成砂等）。一类为石英岩、石英砂岩类，经机械加工、粉碎、分选后而成的铸型用砂。型砂的矿物组成主要为石英及少量长石、铁质、粘土质等矿物。其化学成分主要是

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

SiO_2，石英砂含SiO_2在90%以上，石英长石砂含SiO_2一般为85—90%；其次为Al_2O_3、Fe_2O_3、K_2O、Na_2O、CaO、MgO等有害杂质。粘土砂的SiO_2含量较低，铁、铝质含量较高。

三、一般工业要求

机械工业对造型用砂的质量要求一般分两大项，一是化学成分，二是颗粒度。一般要求如下：

（一）化学成分要求

原砂名称	等级符号	SiO_2（%）不小于	含泥量（%）不大于	有害杂质含量不大于（%）		
				K_2O+Na_2O	CaO+MgO	Fe_2O
石英砂	1S	97	2	0.5	1.0	0.75
	2S	96	2		1.5	1.00
	3S	94	2		2.0	1.50
	4S	90	2		—	—
石英长石砂	1SC	85	2		—	—
	2SC	80	2		—	—
粘土砂	1N	—	2—10		—	—
	2N	—	10—20		—	—
	3N	—	20—30		—	—
	4N	—	30—50		—	—

注：有害杂质含量高时，会降低砂的耐火度。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）粒度要求

原砂名称	组别	主要筛号	原砂名称	组别	主要筛号
特粗砂	6／12	6、12	中粒砂	40／70	40、50、70
	12／20	12、20		50／100	50、70、100
粗粒砂	12／30	12、20、30	细粒砂	70／140	70、100、140
	20／40	20、30、40		100／200	100、140、200
	30／50	30、40、50	特细砂	140／270	140、200、270
				200／270	200、270、底盘

注：附各种筛号的筛孔边长

筛号	筛孔边长（毫米）	筛号	筛孔边长（毫米）
6	3.36	70	0.21
12	1.68	100	0.149
20	0.84	140	0.105
30	0.59	200	0.075
40	0.42	270	0.053
50	0.297		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）河南渑池型砂矿

项　　目	Ⅰ级原砂	Ⅱ级原砂	Ⅲ级原砂
SiO_2（%）	≥95	≥92	≥90
$CaO+MgO+K_2O+Na_2O$（%）	<2.0	<3.0	<3.5
S　　（%）	<0.05	<0.05	<0.05
Fe_2O_3（%）	<1.2	<1.5	<1.8
0.15—0.36毫米砂产率（%）	>40	>40	>40
可采厚度（米）	≥1	≥1	≥1
夹石剔除厚度（米）	≥0.5	≥0.5	≥0.5

（二）内蒙通辽型砂矿

化学成分：SiO_2>88%；Al_2O_3≤10%；

Fe_2O_3≤2%；$CaO+MgO$≤1.5%；

含泥量：≤2%

粒度：　标准筛50／100和40／70中粒砂

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

颗粒形状：圆。

外观：呈淡黄、灰白色的硅砂。洁净、无黑斑等杂质。

（三）广东新会型砂矿

原砂名称	等级符号	SiO_2（%）不小于	含泥量（%）不大于	$CaO+MgO+K_2O+Na_2O$（%）不大于	Fe_2O_3（%）不大于
石英砂	1S	97	2	1.5	0.75
	2S	96	2	1.5	1.00
	3S	94	2	2.0	1.50
	4S	90	2	—	—
石英长石砂	1SC	85	2	—	—
	2SC	80	2	—	—

五、附录

内蒙哲盟硅砂公司生产的铸型用砂，共有五种规格，行销十多个省（区），500多用户。其规格如下：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铸砂规格	化学成分 (%)								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O+Na_2O	灼减	含泥量	耐火度
30/50	>94.5	<3.0	<0.35	<0.18	<0.2	<2.0	<0.6	<0.7	1700°C
40/70	>93.5	<3.2	<0.40	<0.20	<0.20	<2.0	<0.6	<0.65	1690°C
50/100	>91.0	<5.0	<0.40	<0.28	<0.27	<3.0	<0.65	<1.0	1630°C
70/140	>89.0	<6.2	<0.39	<0.28	<0.30	<3.5	<0.80	<1.5	1560°C
100/200	>85.0	<7.5	<0.48	<0.32	<0.32	<4.5	<0.9	<1.50	1350°C

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铸砂规格	不同筛目颗粒筛余量 (%)			
30／50	30目／18%	30＋40目／45%	30＋40＋50目／75%	70目以下／15%
40／70	40目／22%	40＋50目／45%	40＋50＋70目／75%	100目以下／15%
50／100	50目／20%	50＋70目／45%	50＋70＋100目／75%	140目以下／15%
70／140	70目／20%	70＋100目／45%	70＋100＋140目／75%	200目以下／15%
100／200	70目／15%	100目／20%	100＋140目／45%	100＋140＋200目／＞75%

以上五种规格铸型砂，形状椭圆，颗粒表面光滑，透气性好。适于铸铁件及有色金属铸件造砂型和砂芯。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铸型用粘土

一、性质及用途

铸型粘土是指具有粘结性能和热化学稳定性的粘土，主要用作铸型用砂的粘结剂。它与铸型用砂混合再加入适量的水以后，能赋予混合料以一定的湿强度，且在混合料烘干以后，也具有一定的干强度；其次，在高温熔融金属作用下，不致与金属产生作用。（具有这两种性能的粘土，即符合铸型粘土工业要求。）

二、矿物组成及化学成分

铸型粘土主要由颗粒细小的，含水的硅酸铝（$mAl_2O_3 \cdot nSiO_2 \cdot xH_2O$）所组成。根据不同的矿物成分，铸型粘土可分为膨润土和普通粘土。膨润土主要由三层型结晶格子膨胀的蒙脱石粘土矿物组成。普通粘土主要由双层型结晶格子不膨胀的高岭石族粘土矿物组成。

膨润土的化学成分和物化性能见“膨润土、漂白土”。普通粘土主要由高岭石族矿物组成。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

根据铸型粘土的热化学稳定性，可分为三等

等级	热化学稳定性	耐火度（°C）	有害杂质含量（%）			
			硫化物中的硫	$CaO+MgO$	K_2O+Na_2O	Fe_2O_3
Ⅰ级	稳定的	≥1580	≤0.2	≤2.0	≤3.0	≤3.0
Ⅱ级	中等的	≥1350	≤0.3	≤3.0	—	—
Ⅲ级	低　的	—	≤0.3	—	—	—

根据铸型粘土的工艺试样强度值，可分为以下几级

名　称	级别符号	工艺试样抗压强度（千克／厘米^2）	
		湿态	干态
强度低的	D	0.2—0.3	<2
强度中等的	Z	0.31—0.5	1—2
强度高的	G	0.51—0.75	≥2
湿强度高的	SG	>0.5	1—2
干强度高的	GG	0.31—0.5	>2
特级的	T	>0.75	≥2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

膨润土主要由蒙脱石组成，以其吸水后具有晶格膨胀的特点，故其湿压强度比普通土高。不同牌号的铸型用的膨润土工业要求如下表：

牌号或类别	1	2	3
工艺试样湿压强度（千克／厘米²）	>1.0	0.76—1.0	0.5—0.75
胶　质　价	≥60	≥ 0	

四、矿床实例

（一）辽宁黑山膨润土

1．化学组成（%），耐火度及胶质价如下表

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2
68.50	13.25	1.79	1.50	2.45	0.11

K_2O	Na_2O	灼失	耐火度	胶质价
0.32	0.21	5.98	1410°C	73.5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2．混合性能

混合样组成：石英砂95%，膨润土5%，水4%

物理技术性能（千克/厘米²）：湿压强度0.64 干压强度4.85。

（二）吉林水曲柳粘土

1．化学成分（%）及耐火度，胶质价

SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	TiO_2
56.25	30.33	1.68	0.31	0.19	1.20

K_2O	Na_2O	灼失	耐火度	胶质价
0.78	0.06	10.37	>1580°C	41

2．混合性能

样号	混合料组成（%）			性能(千克/厘米²)	
	石英砂	粘土	水	湿压强度	干压强度
1	90	10	4	0.35	—
2	95	5	5	—	3.30

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）浙江余杭仇山膨润土

1．化学成分（%）及耐火度、胶质价

样号	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO
1	66.75	17.12	2.64	1.45	2.38
2	65.00	19.85	3.05	1.70	3.04

TiO_2	K_2O	Na_2O	灼失	耐火度	胶质价
0.18	0.33	0.19	6.45	1320°C	53
0.17	0.53	0.32	7.35	<1230°C	94

2．混合性能

样号	混合料组成（%）			性能（千克／厘米²）	
	石英砂	膨润土	水	湿压强度	干压强度
1	95	5	4	0.44	5.50
2	95	5	4	0.87	3.32

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铁 矾 土

一、用途

铁矾土即含铁高的耐火粘土和铝土矿。

铁矾土主要用作炼钢熔剂，利于造渣和清除炉壁上的结瘤。也可用作水泥的配料。

二、矿物成分

铁矾土的组成矿物及其化学成分，与耐火粘土、铝土矿的基本相同，唯Fe_2O_3较高，凡因Fe_2O_3含量超过允许要求的上述矿产可作铁矾土用。矿物组成及化学成分详见耐火粘土、铝土矿。

三、一般工业要求

品级	化学成分（%）	
	Al_2O_3	Fe_2O_3
Ⅰ级	≥50	≤10
Ⅱ级	≥45	≤15
Ⅲ级	≥35	≤19

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：　　≥ 0.7米

夹石剔除厚度：≥ 0.5米

四、矿床实例

河北唐山铁矾土矿（与耐火粘土伴生）

品级	化学成分（%）		开采厚度（米）
	$Al_2O_3+TiO_2$	Fe_2O_3	
Ⅰ级	≥48—56	≤10	0.7（表内）
Ⅱ级	≥45	≤15	0.5—0.7
Ⅲ级	≥35	≤19	（表外）

五、附录

冶金工业部1982年5月1日 YB2417—81号颁布的质量标准如下，供炼钢用铁矾土产品。

产品按化学成分分为下列品级

品级	化学成分（%）	
	$Al_2O_3+TiO_2$	SiO_2
一级品	≥50	≤20
二级品	≥48	≤25
三级品	≥45	≤30

产品块度：5—30毫米。<5毫米者和>30毫米者均不得超过5%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（九）燃料矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

煤

一、用途

煤被称为“工业的粮食”。煤在冶金工业中是一种重要原料，有煤才能炼铁；煤也是主要的动力燃料，火力发电、蒸汽机、火车、轮船、蒸汽锅炉等都需用，它是我国主要能源之一；在化学工业上通过煤的焦化加工等过程，可获得许多重要的化工原料和化工产品，如煤气、煤焦油、氮肥、医药品、农药、染料、塑料、合成纤维、合成橡胶、糖精、香料等上百种产品；含油率较高的煤，还可用来提取人造石油。此外，矸石、灰渣可制一般建筑用砖或耐火砖，也可用作水泥掺合原料。

二、煤的分类

按成煤物质可分为腐植煤和腐泥煤。按照煤的煤化程度，可分为泥炭、褐煤、烟煤和无烟煤四大类（详见附录），现将其特征、用途分述如下：

1. 泥炭：煤化程度最低，质地软，呈海绵状或块状，颜色呈暗褐色或黑色，无光泽，腐植酸和

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

水分含量高，发热量很低，可作民用燃料、肥料、化工原料等（详见泥炭）。

2.褐煤：煤化程度略高于泥炭，质脆、易碎、无光泽，颜色呈暗褐色，内在水分大，发热量低，含原生腐植酸，一般作动力用或民用，亦可作炼油和化工原料。褐煤可生产有机肥料，如腐植酸；提取褐煤腊可用于电子机械及日用化工工业；褐煤两段炼焦，与加压气化制合成氨已是成熟技术，褐煤液化已取得初步试验结果，新的煤炭分类中褐煤又分为褐煤一号和褐煤二号。

3.烟煤：煤化程度高于褐煤，具有相当的硬度，挥发分在10%以上，内在水分一般在10%以下。我国烟煤一般分为长焰煤、不粘煤、弱粘煤、气煤、肥煤、焦煤、瘦煤和贫煤。按其工艺性质及用途又可分为炼焦用煤、动力用煤、炼油用煤、气化用煤及腐植酸用煤。（1）炼焦用煤：包括粘结性强或较强的瘦煤、焦煤、肥煤及气煤等，要求灰分、硫、磷的含量愈低愈好，一般要求精煤灰分小于10%，硫小于1%，磷小于0.05%，每百万吨炼焦精煤约可生产75万吨焦炭，它主要用于冶金、铸造工业，也可用来生产合成氨及其它化工原料，焦煤与石灰经电炉加热可生产电石，进而制造一系

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

列化工原料。焦化产品：煤炭进行高温干馏，除可生产焦炭外，还有煤气、焦油等副产品，煤气供城市民用，焦油可提取多种化工产品，如生产苯、粗苯、粗吡啶用于医药和染料工业，亦可生产涤纶、树脂的确良等产品；（2）动力用煤：粘结性弱的或不粘结的，如贫煤、弱粘煤、不粘煤和长焰煤等可作民用和动力燃料；（3）炼油用煤：主要是褐煤、长焰煤以及部分气煤等（此外尚有腐泥煤），当含油率大于7%时，可作炼油用煤；（4）气化用煤：弱粘结或不粘结的烟煤，如长焰煤、贫煤等，有一定块度和耐火强度时，可作为气化用煤；（5）腐植酸用煤：各种风化烟煤。挥发分较高的长焰煤还可做化工原料。

4．无烟煤：煤化程度最高，挥发分最低，质硬，呈灰黑色，有金属光泽，发热量高，无烟块煤可做化工原料，粉煤成型可供机车或民用。优质无烟煤用于高炉喷吹，一吨无烟煤喷粉可代替0.8吨焦炭，相当于1.1吨精煤，新的煤炭分类中无烟煤分为无烟煤一号至三号。

三、成分

煤是由有机化合物和各种矿物杂质的混合物所

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

组成，煤中碳、氢、硫等成分是可燃体，煤中的有害杂质是灰分、水分、硫分和磷、砷。煤的灰分包括内在灰分和外在灰分。煤的硫分包括有机硫、硫酸盐硫和黄铁矿硫，总称全硫。煤的水分包括内在水分、外在水分。焦炭中含磷过限时会使钢铁性能变脆质量降低，我国煤中含磷多数较低，不超过工业要求的指标。各种煤的有机成分的元素大致含量如下表：

种类	碳(%)	氢(%)	氧(%)	氮(%)	高位发热量Q_{Gw}^{I}（卡／克）
泥　炭	59	6	30	2—3	5400
褐　煤	69	5.5	20	1.5	6700
烟　煤	82	5.0	10	1.7	8400
无烟煤	95	2.2	2	0.8	8100

1卡＝4.1816焦耳，下同。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、一般工业要求

（一）一般地区

项目	煤的种类 / 储量类别		炼焦用煤		非炼焦用煤		褐煤	
			I	II	I	II	I	II
最低可采厚度（米）	矿井开采	<25°	0.7	0.6	0.8	0.7	1.0	0.8
		25—45°	0.6	0.5	0.7	0.6	0.9	0.7
		>45°	0.5	0.4	0.6	0.5	0.8	0.6
	露天开采		1.0	0.5	1.0	0.5	1.0	0.5
最高可采灰分A^d（%）			40	50	40	—	40	—

注：“—”示不作具体规定

（二）缺煤地区

项目			炼焦用煤		非炼焦用煤		褐煤	
煤的种类 / 储量类别			I	II	I	II	I	II
最低可采厚度（米）	矿井开采	<25°	0.6	0.5	0.7	0.6	0.8	0.7
		25—45°	0.5	0.4	0.6	0.5	0.7	0.6
		>45°	0.4	0.3	0.5	0.4	0.6	0.5
最高可采灰分A^g（%）			40	50	不作具体规定			
最低发热量Q^g_{DW}					3000大卡／千克	2500大卡／千克	2500大卡／千克	

注：1卡＝4.1816焦耳；I—能利用储量；II—暂不能利用储量。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①非炼焦用煤和褐煤在灰分和发热量两项指标中有一项合乎要求即可；

②可选性差的高灰、高硫炼焦煤，不能作为炼焦用煤时，应按非炼焦用煤的指标计算储量。

③工业指标的变更与合理制订，应在经济技术方案比较的基础上进行，并特别强调应根据各省（自治区）的资源条件和各矿区的特点予以制定各省（自治区）或各矿区的具体工业指标，它们须经省（自治区）工业主管部门批准和向上级机关备案后执行，全国性的工业指标规定，供参考使用。

五、附录

（一）煤质主要指标的分级标准

1．煤的灰分含量级别

级　　别	原煤灰分A^{g}（%）
特低灰煤	≤10
低灰煤	>10—15
中灰煤	>15—25
富灰煤	>25—40
高灰煤	>40

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2. 煤的全硫含量分级

级　别	原煤全硫S_{g}^{g}（%）
特低硫煤	≤1.0
低硫煤	>1.0—1.5
中硫煤	>1.5—2.5
富硫煤	>2.5—4.0
高硫煤	>4.0

3. 煤的磷含量分级

级　别	原煤磷P_g（%）
特低磷煤	≤0.01
低磷煤	>0.01—0.05
中磷煤	>0.05—0.15
高磷煤	>0.15

4. 煤的焦油产率分级

级　别	焦油产率T_g（%）
高油煤	>12
富油煤	>7—12
含油煤	≤7

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

5．煤灰熔融性分级

级　　别	软化温度T_2（°C）
难熔灰分	>1500
高熔灰分	>1250—1500
低熔灰分	>1100—1250
易熔灰分	≤1100

6．煤的抗碎强度分级

级　　别	落下试验法>25毫米（%）
高强度煤	>65
中强度煤	>50—65
低强度煤	>30—50
特低强度煤	≤30

7．褐煤及风化煤腐植酸含量分级

级　　别	总腐植酸含量分级H_M^f（%）
高腐植酸煤	>60
富腐植酸煤	>40—60
中腐植酸煤	>20—40
低腐植酸煤	≤20

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

8. 理论精煤回收率分级

级　　别	回收率（%）
优　　等	＞70
良　　等	＞50—70
中　　等	＞40—50
低　　等	＜40

（二）中国煤炭分类国家标准

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

①凡V^r＞37.0%，焦渣特征3—8号的煤，属于烟煤。凡G≤5者，再用透光率Pm%来区分烟煤和褐煤。

②凡V^r＞37.0%，Pm＞30—50%的煤，如恒湿无灰基高位发热量$Q_{GW}^{A\cdot GN}$＞5700卡／克，则划为长焰煤。

2．无烟煤的分类

类　别	符号数码	分类指标	
		V^r(%)	H^r(%)
无烟煤一号	WY_1 01	0—3.5	0—2.0
无烟煤二号	WY_2 02	＞3.5—6.5	＞2.0—3.0
无烟煤三号	WY，03	＞6.5—10.0	＞3.0

注：在已确定无烟煤小类的生产矿、厂的日常工作中，可以只按V^r（%）分类；在地质勘探工作中，为新区确定小类或生产矿、厂和其他单位需要重新核定小类时，应同时测定V^r（%）和H^r（%），按上表分小类。如两种结果有矛盾，以按H^r划小类的结果为准。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3.烟煤的分类

类别	数码	分类标准			
		V^{daf}（%）	G	Y（毫米）	b（%）
贫煤	11	>10.0—20.0	≤5		
贫瘦煤	12	>10.0—20.0	>5—20		
瘦煤	13	>10.0—20.0	>20—50		
	14	>10.0—20.0	>50—65		
焦煤	15	>10.0—20.0	>65	≤25.0	(≤150)
	24	>20.0—28.0	>50—65		
	25	>20.0—28.0	>65	≤25.0	(≤150)
1/3焦煤	35	>28.0—37.0	>65	≤25.0	(≤220)
肥煤	16	>10.0—20.0	(>85)	>25.0	(>150)
	26	>20.0—28.0	(>85)	>25.0	(>150)
	36	>28.0—37.0	(>85)	>25.0	(>220)
气肥煤	46	>37.0	(>85)	>25.0	(>220)
气煤	34	>28.0—37.0	>50—65		
	43	>37.0	>35—50		
	44	>37.0	>50—65		
	45	>37.0	>65	≤25.0	(≤220)
1/2中粘煤	23	>20.0—28.0	>30—50		
	33	>28.0—37.0	>30—50		
弱粘煤	22	>20.0—28.0	>5—30		
	32	>28.0—37.0	>5—30		
不粘煤	21	>20.0—28.0	≤5		
	31	>28.0—37.0	≤5		
长焰煤	41	>37.0	≤5		
	42	>37.0	>5—35		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①当烟煤的粘结指数测值小于或等于85时，用干燥无灰基挥发分V^r（%）和粘结指数来划分类别。当粘结指数测值大于85时，则用干燥无灰基挥发分V^r（%）和胶质层最大厚度Y（毫米），或用干燥无灰基挥发分V^r（%）和奥亚膨胀度b（%）来划分煤类。

②当G>85时，用Y和b并列作为分类指标。当$V^r \leqslant 28.0\%$时，b暂定为150%；$V^r > 28.0\%$时，b暂定为220%。当b值和Y值有矛盾时，以Y值为准来划分煤类。

③分类用煤样的缩制按GB474—83进行。灰分小于10%的商品煤样不经浮选。灰分大于10%的商品煤样需用1.4氯化锌重液浮选后用于分类。

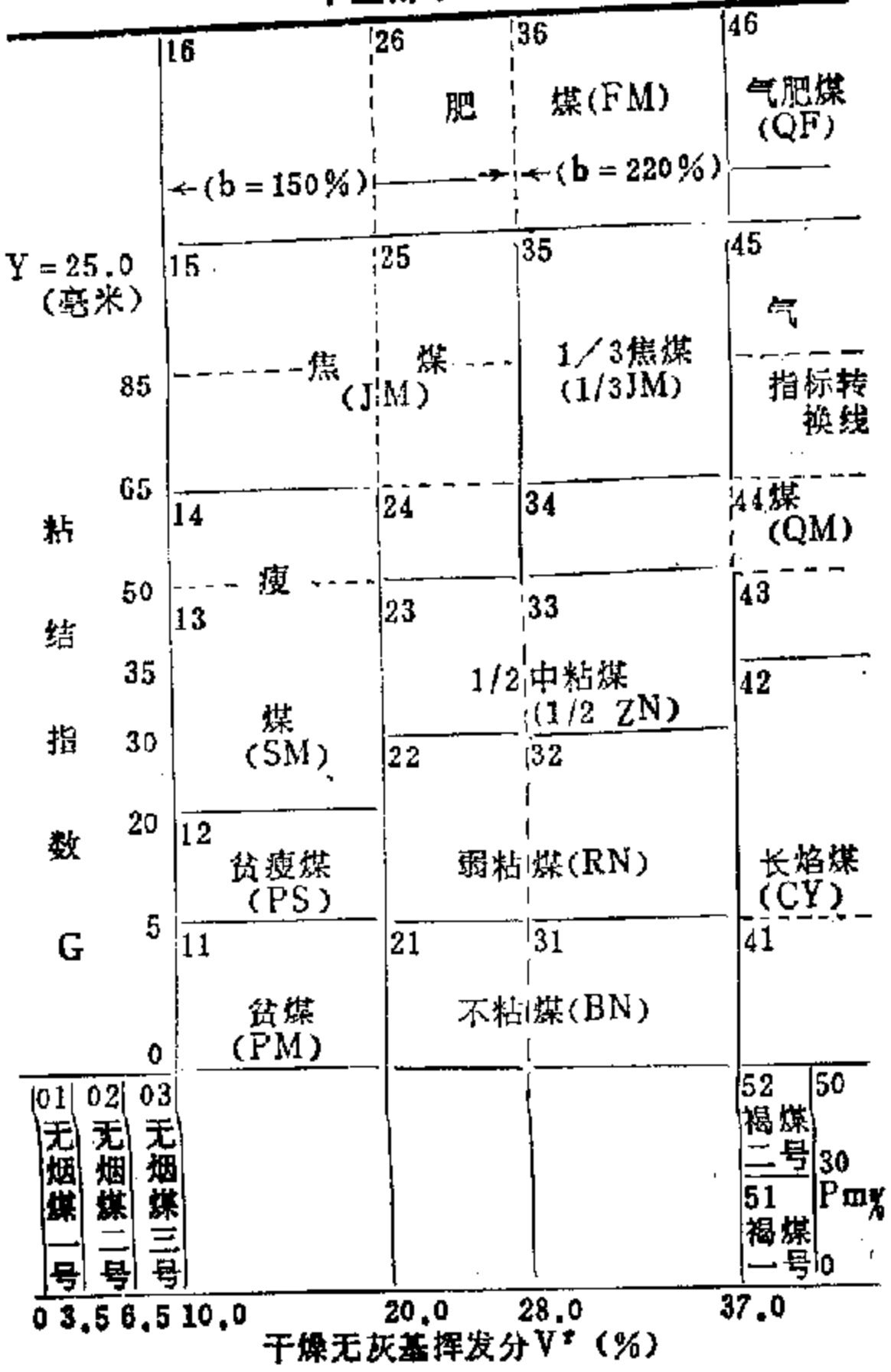
4.褐煤的分类

类别	数码	分类指标	
		Pm(%)	$Q_{GW}^{-A \cdot GN}$① (卡/克)
褐煤一号	51	0—30	≤5700
褐煤二号	52	>30—50	

①凡$V^r > 37.0\%$，Pm>30—50%的煤，如恒湿无灰基高位发热量$Q_{GW}^{-A \cdot GN}$大于5700卡/克，则划为长焰煤。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

中国煤炭分类图



PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①分类用煤样的缩制按GB474—83进行。灰分小于10%的商品煤样不经浮选。灰分大于10%的商品煤样需用1.4氯化锌重液浮选后用于分类。

②G=85为指标转换线。当G>85时，用Y（毫米）与b（%）值并列作为分类指标，以划分肥煤或气肥煤与其他煤类的指标。以Y>25.0毫米者划为肥煤或气肥煤；当V^r≤28.0%时，b值暂定为150%；V^r>28.0%时，b值暂定为220%。当b值和Y值划分煤类有矛盾时，以Y值为准。

③无烟煤、褐煤的分类及有关说明详见表2及表4。

④中国煤炭分类国标以技术标准出版社正式出版的为准。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

泥　炭

一、用途

在农业上利用含有腐植酸的泥炭可生产腐植酸类肥料、营养土和用作土壤改良剂或从泥炭中提取腐植酸制作植物生长刺激素，以及制作牲畜饲料添加剂等。

在工业上，可从泥炭中提取化工原料，如泥炭蜡、酚、甲醇、丙酮等，并可制作污水净化剂、石油吸附剂、钻井泥浆调整剂、水泥减水剂等，还可压制成隔热隔音的泥炭纤维板，代替木材作为建筑材料。

泥炭尚可作为低热值燃料，现正在研究泥炭气化成工业燃料或有机化工原料，此外，从泥炭中提取腐植酸在医药上的应用已开展试验研究并取得一定效果。

二、主要成分和分类

泥炭又称草炭或泥煤，是在成煤作用初级阶段的产物，由植物残骸在水下缺氧环境中经厌氧细菌的不完全分解形成的。泥炭是由有机质和矿物物质

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

组成的复合体，常呈黑色、褐色、棕色，具纤维状或颗粒状结构，含纤维量30—90%，比重1.3左右，发热量1200—4000大卡/千克。干燥泥炭的最高热值可达5000大卡/千克。

泥炭（干基）的主要成分：有机质30—90%（腐植酸10—60%），灰分10—70%，氮、磷、钾含量较多，一般含氮1—3%、氧化钾0.1—2%，有时含油率达2—10%，沥青质高者可达12%。

目前对泥炭尚没有统一的分类方案。仅根据有关单位意见，暂提出如下应用分类，供参考：

组（分解度%） 级（灰分含量%）	高分解（>40）（纤维含量<40%）	中分解（20—40）（纤维含量40—60%）	低分解（<20）（纤维含量>60%）
低灰分（<25）	低灰分泥炭 高分解炭	低灰分泥炭 中分解炭	低灰分泥炭 低分解炭
中灰分（25—50）	中灰分泥炭 高分解炭	中灰分泥炭 中分解炭	中灰分泥炭 低分解炭
高灰分（>50—70）	高灰分泥炭 高分解炭	高灰分泥炭 中分解炭	高灰分泥炭 低分解炭

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

目前尚没有统一的工业要求，根据有关部门意见，泥炭有机质＞30—35％。

根据不同的应用要求：

优质腐植酸类肥料　灰分　＜40％　腐植酸 40—70％

普通泥炭肥料　灰分　40—70％ 腐植酸 15—40％

优质建材　灰分　10—25％ 纤维含量＞60％

普通建材　灰分　25—40％ 纤维含量40—60％

优质燃料　灰分25—35％

发热量＞2500大卡/千克

普通燃料　灰分＞35％

发热量＞2000—2500大卡/千克

可采厚度：　≥0.5米

露采剥离系数：　≤2.5

四、矿床实例

（一）广东遂溪下蕉黄略泥炭

最低可采厚度：　单层≥0.3米

露采剥离系数：　＜1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

作燃料用：　　发热量　＞2000大卡/千克

作农肥用：　　腐植酸　＞10%

（二）广东高要白诸大基头泥炭

可采厚度　≥0.7米

腐植酸　　≥5%

五、附录

泥炭各种用途实例

	矿区名称	灰分（%）	腐植酸（%）	纤维含量（%）
建材	吉林柳河姜家店	19.75	25.60	64
	黑龙江红旗林场	11.33	25.08	72
燃料	辽宁新宾北四平	34.02	44.20	发热量大卡／千克 3832
	四川若尔盖务其里	39.89	29.60	3546
腐植酸	广东遂溪	13.78	60.36	苯沥青（%） 12.12
	云南晋城	30.66	41.25	7.48
普通肥料	山东历城东郊	60.80	17.73	pH（H_2O） 6.6
	河南辉南北云门	59.55	17.63	6.7

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

油 页 岩

一、用途

油页岩主要是用来提炼页岩油，作为石油的代用品，加氢裂解精制后，可获得汽油、煤油、柴油、石腊、石油焦等产品。油页岩可以直接燃烧，属低热值燃料（发热量相当于煤的1/2—1/5），可用于产气发电(直接沸腾炉燃烧和悬浮燃烧已取得经验)。油页岩综合利用可回收化工产品（如酚、吡啶、合成氨等）、氧化铝，灰渣可制造水泥、烧成陶粒、陶纤等轻质骨料或保温材料等300多种副产品。

只有在油页岩得到合理的开发利用后，技术经济效益才可能提高。

二、主要成分及物理、化学特性

油页岩是一种高灰分（40—80%）的可以燃烧的有机岩石（或称腐泥煤）。含有机物质有沥青、腐植质等，无机质有硅酸铝、氢氧化铁、方解石、石膏、黄铁矿等。化学成分主要为碳、氢、氧、氮硫等元素。油页岩含有类似天然石油的页岩油。一

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

般含油率为3.5—15%，个别高达20%以上，油页岩的发热量为1000—4000大卡/千克。

三、一般工业要求

目前没有统一的工业要求，现按几个矿区的实际情况提出下列一般工业指标供参考。

炼油用：最低含油率（相当边界品位）：

露天4%，坑采5%

平均含油率（相当最低工业品位）：

露天>5%，坑采>6%

燃烧用：最低发热量：露天1700大卡／千克

最低可采厚度：露天1米　坑采1米

夹石剔除厚度：露天0.7米　坑采0.5米

剥离比：　<5米

注：①国际上是把含油率≥0.25桶页岩油／吨（相当于含油率3.5%以上）称为油页岩；

②我国目前开采技术及干馏工艺技术设备都较陈旧。国内页岩油价格又偏低，加上未考虑页岩油加氢精制以及综合回收化工产品和建筑材料等副产品的收益，因此一般含油率的工业要求多超过5%的规定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）广东茂名油页岩

最小可采厚度：　1米

最低发热量：　1700大卡／千克

最低含油率（铁甑法）：＞4%

要求含油率（铝甑法）4—5%和＞5%两级分别计算平衡表内储量

夹石处理：当矿层含油率大于4%，各分层总厚度等于或超过最小可采厚度，各矸石总厚度不超过矿层总厚度50%时，可当矿层计算。矿层含油率在4%以下者，在计算富矿时皆以夹石视之，不计算储量；合乎贫矿标准者以贫矿计算。

富矿（计算平衡表内储量）含油率＞4%

贫矿（计算平衡表外储量）含油率3—4%

（二）辽宁抚顺油页岩

含油率：单位试样＞4%

加权平均＞5.3%

（三）辽宁鞍钢碱厂油页岩

最低可采厚度：井下0.7米以上；露天1米以上

最低含油率工业品位：5%以上

矿区矿石平均焦油率：5.6%以上

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

露天剥离比：　　<5

夹石剔除厚度：　　0.5米

五、综合评价

油页岩有时与煤、泥炭、软质粘土、砖瓦粘土共生，普查勘探中应注意综合评价与综合利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石　油

一、用途

石油是国民经济建设和人类生活中不可缺少的一种重要矿物能源。石油提炼的汽油、柴油等是飞机、汽车、轮船、拖拉机、内燃机火车和发电机等的动力机械离不开的燃料，所以人们常把石油比做“工业的血液”。国防方面的坦克、军用飞机、军舰和运输车辆等也要消耗大量的石油，所以也是一种重要的战略资源。日常生活中所用的煤油、液化石油气、蜡烛等也都是从石油中提炼出来的。近代发展很快的石油化工工业，从石油加工取得5000多种重要的有机合成原料和产品，例如塑料、合成纤维、合成橡胶、化肥、洗衣粉、酒精等，大大的提高了石油的经济效益。炼油剩余物也有用处，石油焦可做电极，沥青是重要的建筑材料。总之，石油是建设现代化国家的重要原料。

二、主要成分和物理、化学特性

石油的成分很复杂，化学成分以碳、氢为主，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

一般含碳（C）占80—88%，氢（H）占10—14%，其它成分（氮、氧、硫等）一般<5%，个别高达20%。这些元素组成非常复杂的碳氢化合物，其中以链状烷烃（C_nH_{2n+2}）、环状烷烃（C_nH_{2n-2}）及芳香烃（C_nH_{2n-6}）含量最多。依据这些碳氢化合物的含量，可将石油划分为不同类型。除上述三种主要烃类外，还有少量含氧、含氮、含硫的化合物。含硫化合物是石油中一种有害成分，它可以腐蚀炼油设备，降低石油产品的质量。

石油是粘稠的油状物质，是可燃的有机矿物之一。一般比水轻，比重0.76—1.0，很少有大于1的。通常将比重小于0.87的称为轻质石油、比重大于0.934的称为重质石油。石油有多种颜色，如白色、浅黄色、绿褐色、黑色等，并有蓝色、淡绿色的闪光。一般颜色深的石油比重和粘度都比较大。

天然气凝析液或称天然气液态物（NGL）是存在于“湿”天然气中，使用地面装置分离出的液体烃，主要由重烃类的乙烷、丙烷和丁烷等混合物组成。天然气凝析油可以分离出乙烷、丙烷、丁烷和天然汽油，其价格比当量热值天然气价格高，随着天然气的深度加工，提高了天然气凝析油的回收率（70—100%），目的是为了提供优质的有机化工原料。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

最低工业油流的标准如下表：

产量吨／日 \ 井深（米）		小于500	500—1000	1000—2000	2000—3000	>3000
原油	陆地	0.3	0.5	1.0	3.0	5.0
	海上		10	20	30	50

注：①一般含油圈闭构造有三口以上的探井发现工业油流后，在初步搞清产油层位、储层岩性、物性和原油性质的条件下，可以计算探明储量，才能叫油田。

②面积小于一平方公里的岩性、断块、潜山及裂缝圈闭等油田，有一口探井获工业油流，在取得必要的储量计算参数后也可计算探明储量。

四、综合评价

石油常与天然气、沥青共生，有时还有油页岩等，应注意综合评价。

含油层的上部地层往往有钾盐、石盐、石膏、芒硝等矿产，应注意综合普查勘探。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、附录

对石油地质勘探的一般要求

为了搞清地下油（气）层的情况和准确计算油（气）储量，一般要求研究清楚下面九个方面的问题：

1．油（气）层构造形态，含油（气）面积和油（气）藏类型。包括构造要素、断裂分布、断裂性质及其对油气藏的影响含油(气)面积、油（气）藏高度。

2．油（气）层结构、矿物成分和岩性特点(粒度，分选情况，胶结物，胶结类型，裂隙密度，裂隙类型等）。

3．油（气）层有效厚度。

4．储油（气）层的物理性质及其变化规律。主要是渗透率、孔隙度和含油饱和度及其在纵向、横向上的变化情况。

5．油（气）层压力系统及油（气）层深度。

6．油（气）水的分布状况及相互关系。

7．油（气）水的物理化学性质(包括地面物理性质及油层条件下的物理性质）。

8．探井在试油、试采期间的油（气）产量、

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

油层压力等一系列动态资料。

9．油（气）藏的驱动类型及特征（包括边水活跃情况，有无气顶，弹性能量等）。

上述几项要求中，以油层结构、有效厚度、孔隙度、渗透率、原油性质、油层压力和含油（气）面积最重要。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

天 然 气

一、用途

天然气是一种气态的矿物能源资源，可以作为民用和工业用的动力燃料，也可压制分离出液化天然气（LNG）做为液体动力燃料（天然汽油）。天然气与其它矿物能源比较，具有干净清洁、使用方便，燃烧效率高，当量热的价格低等优点。

天然气还是重要的有机化工原料，天然气中甲烷是生产合成氨、甲醇的主要原料，天然气凝析油是裂解乙烯的优质原料（收率高、成本低、投资少）。天然气还可制造橡胶工业所需的炭黑。

由于天然气资源丰富，使用经济效益好。其产量在一次能源中的比例正不断增长。

二、主要成分、物理化学特性和分类

天然气是一种含碳氢物质的可燃气体。它的基本成分是烃类。以甲烷为主，一般组成比(体积)

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

为70—90%，其次是重烃类（即乙烷、丙烷和丁烷的总称），组成比3—27%；非烃类成分主要是二氧化碳、氮、硫化氢、氢和惰性气体，通常组分比较少，最大的不超过15%。

天然气比重比空气轻，天然气比重为0.58—0.79，天然气的热值比较高，每立方米约9000卡，即每千米³天然气的热值相当于一吨石油或两吨煤。

天然气中成分以甲烷为主的称为“干气”，含重烃多的称为“湿气”。湿气在一定的压力和温度下，含有少量的呈液态的凝析油。含有一定程度硫化氢的天然气，称为“酸性气”，硫化氢是具有毒性的有害成分。酸性天然气经处理可以分析出硫磺，综合回收的硫磺是制硫酸的一种重要原料。当天然气存在相当量的不可燃氮气时，就会减少气体的热量，需要进行减氮处理。

天然气按成因可以分为油田气、煤成气、生物气和水合物气四种。油田气是有机质在成油过程中或原油及干酪根在热裂过程中产生的石油烃类天然气，包括伴生气或游离气及它们相对应的气田气。煤成气是有机质（主要是陆源的高等植物）在成煤过程中产生的以甲烷为主要成分的天然气。生物气是有机质尚未成熟时，在低温下（70°C内）由厌氧

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

微生物分解有机质产生的甲烷气。水合物气是在低温、高压条件下，气体分子（如甲烷）渗入水分子晶隙中而被水缔合成的气体水合物。

三、一般工业要求

最低工业气流标准

产量（米³/日） \ 井深（米）		<500	500—1000	1000—2000	2000—3000	>3000
天然气	陆地	500	1000	3000	5000	10000
	海上		10000	30000	50000	100000

注：①表中气井的工业气流界限仅为一般要求数字，各地应根据经济地理条件、天然气性质、开采方式、钻井地面及地质条件等因素定出合适的工业气流界限。

②气田有一口井获工业气流后，在取得必要的计算储量参数的条件下，应计算探明储量。

四、气井实例

（一）四川某气田

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

阳三井：1429米深。地层压力296.296千克／厘米^2，产气量2150米^3／日

阳一井

飞 ：1760.5米深。地层压力98.12千克／厘米^2，产气量9865米^3／日

乐二：1872.5米深，地层压力78.12千克/厘米^2，产气量9865米^3／日

（二）四川某九井

588.5米深	产气量5818米^3／日
615米深	产气量20735米^3／日

（三）青海某气田

老深一井：	产气量33471米^3／日
地中二井：	产气量60000米^3／日
地中四井：	产气量14000米^3／日
地中五井：	产气量20000米^3／日
地中六井：	产气量60000米^3／日

五、综合评价

天然气与石油关系密切，有石油的地方，上部往往有天然气。煤和油页岩的矿区有时也有天然气，国外煤田已发现规模很大的气田。天然气中有时含

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有一定量的硫化氢、氮和少量的氦等，处理后可以综合回收，普查勘探过程中要注意综合找矿、综合评价。

六、附录

天然气地质勘探工作，必须搞清气层埋藏深度，原始气层压力及试采期产气量，气层压力的变化。其它详见对石油地质勘探的一般要求。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（十）化工原料
非金属矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

磷

一、用途

磷矿是一种重要的化工矿物原料。主要用于制造磷肥，部分用作化工原料，用以提取黄磷(白磷)、赤磷、磷酸、及其他磷酸盐的矿物原料。赤磷用于制造火柴，白磷有剧毒，用以制农药，磷酸盐用于制糖、陶瓷、玻璃、纺织、国防、半导体、冶金等工业部门，如：国防工业上用于制造照明弹、曳光弹、信号弹、烟幕弹、纵火剂等。半导体工业上制作硼、铟、镓的磷化物等。冶金工业中炼制磷青铜、含磷生铁、铸铁等。此外，磷酸钠($Na_3PO_4\cdot 12H_2O$)、磷酸氢二钠($Na_2HPO_4\cdot 12H_2O$)，用于净化锅炉用水。后者还用以制人造丝；六聚偏磷酸钠($Na_6P_6O_{18}$)作水的软化剂和金属防腐剂；磷的有机衍生物用于医药。氟磷灰石晶体作激光发射材料。

二、主要矿物

自然界含磷矿物很多，有工业利用价值的主要为磷酸钙，即磷灰石，常含有氟、碳、氢等杂质，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

而形成不同种类的磷灰石，如：

氟磷灰石 [$Ca_5(PO_4)_3F$] 含$P_2O_5$42.06%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

加以明确。但在生产钙镁磷肥时，则可以减少配入镁质物料。

CaO、CO_2在酸法加工时增加酸耗和产出泡沫；在热法加工时则增加电耗，有时易引起喷料。

SiO_2在过磷酸钙生产中，作为充填物稀释降低了产品中的有效P_2O_5；在磷酸生产中使磷石膏滤渣数量增多；制造硝酸磷肥时，对硝酸的结晶和分离带来困难；盐酸法生产沉淀磷肥时，直接影响肥料的质量；电热法制元素磷时，SiO_2在融熔过程中是有益组分，但过多会增加电耗。

对上述组分，在勘探时要查清，以供选择生产工艺流程的参考。

（二）一般工业指标

1．一般地区

项目及要求 \ 矿床类型	磷灰岩及磷灰石岩矿床	磷块岩矿床
边界品位P_2O_5（%）	5—6	8—12
工业品位P_2O_5（%）	8—11	12—15
可采厚度（米）	0.7—2	0.7—2
夹石剔除厚度（米）	1—2	1—2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿石品级划分：

Ⅰ级品　P_2O_5>30%，　不需选矿

Ⅱ级品　P_2O_5≥25—30%，不需选矿或简单洗选富集

Ⅲ级品　P_2O_5≥12—25%，需选矿

2．缺磷地区

可根据矿床的经济地理位置、交通条件、矿石的采、选加工及综合利用性能等结合当地实际需要和充分利用资源的原则，制定工业要求。

四、矿床实例

（一）江苏锦屏磷灰岩矿

边界品位：P_2O_5 8%（按目前矿山实际生产资料，选矿效果好，已降至6%）

工业品位：P_2O_5 11—14%（已降至10—11%）

不需选矿的矿石：P_2O_5 20%

可采厚度：　0.7米

夹石剔除厚度：2米

（二）贵州开阳磷块岩矿

边界品位：P_2O_5 8%

工业品位：P_2O_5 15%

矿石品级划分：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Ⅰ级 P_2O_5＞30%

Ⅱ级 P_2O_5 26—30%

Ⅲ级 P_2O_5 15—25%

可采厚度： 1米

夹石剔除厚度：1米

（三）湖北荆襄大峪口磷块岩矿

边界品位：P_2O_5 8%

最低工业品位（表内边界）：P_2O_5 12%

矿石品级划分：

Ⅰ级 P_2O_5≥30%

Ⅱ级 P_2O_5 20—＜30%

Ⅲ级 P_2O_5 12—＜20%

表外矿 P_2O_5 8—＜12%

最低可采厚度：1.5米

夹石剔除厚度：1.5米

（四）河北涿鹿矾山磷灰石矿（基性-碱性岩型）

边界品位：P_2O_5 2%

工业品位：P_2O_5 4%

当TFe达到20%以上时，P_2O_5不够2%，则圈为铁矿体。

可采厚度： 1米

夹石剔除厚度：2—3米。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（五）湖北大悟黄麦岭磷灰岩矿（浅部风化带矿石）

边界品位：　P_2O_5　5%

最低工业品位：P_2O_5　8%

可采厚度：　≥1.5米

夹石剔除厚度：≥1.5米

五、综合评价

在磷矿中常伴生有氟、碘、稀土元素，放射性元素，以及锰、含钒钛磁铁矿、钛铁矿、石墨、蛭石等有用组分，在评价磷矿床时，必须注意作出综合评价。当磷矿石中的伴生元素含量达到：铀>0.02—0.03%、碘>0.004—0.005%，能综合回收，铁的综合利用指标有的矿区采用TFe>12%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硫

（硫铁矿、自然硫）

一、用途

硫铁矿（系黄铁矿、白铁矿、磁黄铁矿三者的统称），自然硫等主要用以制硫酸和硫磺。硫酸主要用以制化学肥料（如硫酸铵、过磷酸钙等）。也是化工、农药、医药、炸药、冶金、造纸、石油等工业部门的重要原料。化学工业上，硫酸用于制造化肥、合成洗涤剂、合成树脂、水处理等；冶金工业上，硫酸用来溶解矿石，酸洗铁、铜表面锈斑和污泥。硫磺用于橡胶、人造丝、医药、染料、玻璃等工业部门，也用作面粉、淀粉、制糖的漂白剂。

高品位硫铁矿（硫精矿）烧渣可用于炼铁。低品位的烧渣可用做普通硅酸盐水泥的铁质校正原料。

二、主要矿物

黄铁矿、白铁矿 FeS_2，含硫53.45%

磁黄铁矿 Fe_nS_{n+1}，可从Fe_9S_{10}到$Fe_{11}S_{12}$，含硫38.4—40%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

自然硫（S）质纯者少见，常含有其他杂质。

有色金属矿石中伴生的硫也是硫的一个主要来源。另外，在一些缺硫的国家或地区也用石膏、硬石膏、明矾石等制取硫酸和硫磺。有些国家还从天然气中回收大量硫。

三、一般工业要求

（一）硫铁矿矿石中有害组分及其影响

砷：在制硫酸时，会使触媒中毒，使转化率下降；生成的氧化砷结晶，会堵塞管道，清理困难，并易使人中毒；排出的污水中含过量的砷，妨碍农作物生长及污染环境。

氟：焙烧时大部分以氟化氢状态存在，小部分为四氟化硅。氟化氢能使触媒粉碎，四氟化硅能使触媒结块，导致触媒阻力升高，转化率降低。在酸洗流程中，生成的氟氢酸，会腐蚀砖衬里和磁环；在水洗流程中，因氟的溶解度大，大部分随污水排出，会污染饮用水和影响农作物生长。

铅锌：焙烧过程中因熔点较低，易使焙烧炉产生结疤现象。

碳：含量较多时，在焙烧过程中发热最高，炉温不易控制，并要消耗较多的氧，生成一氧化碳

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

或二氧化碳，影响转化操作。

钙、镁碳酸盐：矿石中钙、镁碳酸盐脉石（白云石、方解石）的主要危害，是在焙烧过程中碳酸盐分解析出的CO_2气体稀释了炉气中SO_2的浓度。同时CaO和MgO还吸收部分SO_2形成$CaSO_4$和$MgSO_4$，使硫的利用率降低，使设备生产能力下降；新形成的钙、镁硫酸盐残留在硫铁矿石烧渣中，影响综合利用。

（二）一般工业指标

边界品位：　硫（S）≥ 8%

工业品位：　硫（S）≥ 12%

矿石品级划分：

Ⅰ级品　硫（S）＞35%

Ⅱ级品　硫（S）25—＜35%

Ⅲ级品　硫（S）12—＜25%

有害组分最大允许含量：

砷（As）：0.1%（酸洗流程）或0.2%（水洗流程）

氟（F）：0.05%（酸洗流程）或0.1%（水洗流程）

铅（Pb）+锌（Zn）：1%

碳（C）：5—8%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：　　0.7—2.0米

夹石剔除厚度：1—2米

注：①在硫铁矿短缺又急需地区，含硫量及可采厚度可适当降低。

②有害组分超过允许含量的矿石，应单独圈出其范围，供工业部门采取措施处理利用。

③当硫矿石中伴生有硫酸盐类矿物（明矾石、石膏、重晶石等）时，则矿石品位应剔除这部分的含硫量。对产于碳酸盐岩石中的矿床，应着重研究矿石中的碳酸盐矿物含量，并要用燃烧法在不同湿度下进样，测定硫的含量和了解有效硫的降低程度，提出是否需要进行选矿处理的意见。

④金属和非金属矿床中的伴生硫，应注意综合评价，综合利用（伴生硫的含硫量一般达到多少，才能综合利用，根据具体矿床研究确定）。

四、矿床实例

（一）广东云浮硫铁矿

边界品位：　　S　8%（平衡表外矿边界）

最低工业品位：　S 12%（平衡表内矿边界）

矿石品级划分：

Ⅰ级品　S　>30%

Ⅱ级品　S20—30%

Ⅲ级品　S12—20%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有害元素允许最大含量：Pb＋Zn≤1%

As≤0.5%

F≤0.05%

可采厚度：　1米

夹石剔除厚度：　2米

（二）安徽向山硫铁矿

边界品位：　S　8%

最低工业品位：　S　13%

矿石品级划分：　富矿S　>20%

贫矿S　13—20%

可采厚度：　1米

夹石剔除厚度：　1米

（三）四川大树硫铁矿

边界品位：　S>8%

最低工业品位：　S>12%

有害组分允许含量：

Pb＋Zn≤1%，As≤0.5%，

F<0.03—0.06%，C<8%，H_2O<4.5%

可采厚度：1米（高品位的可为0.3—0.6米）

夹石剔除厚度：1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（四）山东五莲县钓鱼台黄铁矿（地方工业露天开采）

边界品位：　　S≥3%

工业品位：　　S≥5%

可采厚度：　　≥4米

夹石剔除厚度：≥4米

（五）青海天峻县硫磺山自然硫矿

最低边界品位：S≥8%

最低工业品位：S≥12%（8--12%为表外矿石）

矿石品级划分：Ⅰ级品　S>45%（从S≥40%圈起）

Ⅱ级品　S12—45%

最低可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

五、综合评价

黄铁矿常与铜、铅、锌等硫化矿床共生，在黄铁矿矿床中常含有金、钴、镍、铂及稀有、分散元素，应注意综合评价，在沉积矿床中，黄铁矿常和煤、铝土矿、耐火粘土等共生，应注意综合勘探，综合评价，供综合开发利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钾　盐

一、用途

主要用以制钾肥，部分用于化工原料。在加工中还可综合回收氯及其衍生物、镁化合物、工业用盐以及碘、溴、硼、锂、铯、铷等。钾肥是农业三大肥料之一，对粮食及其他作物的增产有重要的作用。钾肥主要为氯化钾和硫酸钾，属酸性肥料。氯化钾用量最大，适于粮食作物及棉花等。硫酸钾适于麻类、菸草、甘蔗、甜菜、柑类水果等。其次还有钾镁硫酸盐肥料，适于土豆等。化工用钾盐主要为氯化钾（KCl），为制作其他钾化合物的原料。各种钾的化合物用于火柴、焰火、黑色炸药、医药、农药、纺织、染料、制革、电子管、制皂、印刷、玻璃、陶瓷、电池、照相等工业部门；此外也用于航空汽油及钢铁、铝合金的热处理。

二、主要矿物

钾石盐，亦称钾盐、氯钾盐，化学成分为氯化钾（KCl），常含有溴、碳酸气等包裹物，NaCl、

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Fe_2O_3等机械混入物以及KBr、RbCl、CsCl等类质同象混入物。

光卤石 $KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$

含KCl 26.7%，$MgCl_2$ 34.5%

钾盐镁矾 $KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$

含KCl 30%，MgO 16.19%

杂卤石 $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 2CaSO_4 \cdot 2H_2O$

含K_2O 15·20% MgO 6.69%

钾镁矾 $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$

含K_2O 25.69%，MgO 10.99%

无水钾镁矾 $K_2SO_4 \cdot 2MgSO_4$

含K_2O 22.70%，MgO 19.43%

软钾镁矾 $K_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 6H_2O$

含K_2O 23.39%，MgO 10.01%

三、一般工业要求

（一）古钾盐矿床

参照矿床实例（二）

（二）盐湖型钾盐矿（露天开采）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

项目		氯化钾(KCl)		伴生钾盐
		固体矿	卤水	
边界品位（%）		2	0.5	岩盐中伴生KCl≥0.5%，可计算伴生钾盐储量
工业品位（%）		6	1	
品级划分	富矿（%）	≥12	/	
	贫矿（%）	6—12	/	
可采厚度（米）		富矿0.3 贫矿0.5	/	
夹石剔除厚度(米)		0.5	/	

四、矿床实例

（一）青海柴达木察尔汉盐湖钾镁盐矿

1．液体卤水钾矿

边界品位：　KCl　0.5%

最低工业品位：KCl　1%

比重指标不予考虑，但应进行测定。

品级划分：a级　KCl　≥1%

b级　KCl　0.5—1%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

c级　KCl<0.5%

伴生元素工业指标按实有含量计算储量

2. 固体钾矿

边界品位：　KCl　2%

最低工业品位：　KCl　6%

夹石剔除厚度：　0.5%

最低可采厚度：　露采：厚度不作要求

坑采：富矿　0.3米

贫矿　0.5米

矿石工业品级：　富矿　KCl　≥12%

贫矿　KCl　6—12%

（二）云南江城勐野井钾盐矿（坑道开采）

边界品位：　KCl　3%

最低工业品位：　KCl　6%

可采厚度：　0.5米

夹石剔除厚度：　0.5米

岩盐中含KCl　0.5%时，做伴生钾计算储量。

五、综合评价

钾盐矿床常与岩盐、镁盐、芒硝、石膏等伴（共）生，并常伴生有硼、锂、碘、溴、铯、铷等元素，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

盐

（湖盐、岩盐、天然卤水）

一、用途

盐是人们生活的必需品，食用盐约占盐总用量的一半，部分用于牧业饲料；盐又是重要的化工原料，用以制碱、盐酸、氯气、金属钠等。碱（纯碱、烧碱、硫化碱）、盐酸广泛用于化工、纺织、造纸、肥皂、染料、冶金、陶瓷、玻璃、医药、日常生活等各部门；氯用以制漂白粉、洁净剂、杀虫剂、氯苯、各种聚氯乙烯塑料以及结晶硅的提纯等；金属钠用作制取复杂有机化合物的催化剂，提取稀有金属的还原剂，制抗磨合金（钠钙铜锑锡合金），制发强光的充钠蒸气灯泡。

二、成分

盐矿以其产出状态分为湖盐（也叫池盐）、岩盐（也叫石盐）及天然卤水。湖盐是指现代盐湖中沉淀的固体盐；岩盐是指古代海湾或盐湖形成的固体盐；天然卤水包括盐湖卤水及地下卤水（如四川

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

自流井），提取地下卤水制的盐，习惯上称井盐。

纯盐的化学成分为氯化钠（NaCl），原矿中常含有钾盐、镁盐、芒硝、石膏以及硼、锂、锗、镓、铯、铷、溴、碘和重金属等。

三、一般工业要求

类别	氯化钠（NaCl）含量（%）					可采厚度（米）	备注
	边界品位	工业品位	品级划分				
			I级	II级	III级		
盐湖固体盐（池盐）	≥30	≥50	≥86	71—85	50—70	0.3	
岩盐	≥10—15	≥20—30	≥86	61—85	30—60	坑采法0.3	水溶法指标见实例
天然卤水		≥5—10	/	/	/	/	

四、矿床实例

（一）内蒙古吉兰泰现代盐湖矿

1．固体盐

边界品位：NaCl＞35%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业品位：$NaCl>65\%$

$CaSO_4$不作指标控制，但含量在5%以下者单独圈定（该矿床含$CaSO_4$一般在10%左右）。

可采厚度：自剥离卤盖算起不小于0.5米。

2．晶间卤水、承压卤水

以勘探工程控制界线为圈矿范围，浓度在20Be/15°C以上的卤水，均折算为表外储量。

注：Be称波美度。化学工业用以表示溶液浓度的单位。用“波美比重计”测定。比重大于水的溶液用“重表”测，小于水的用“轻表”测。

地质勘探工作中用“重表”测定卤水的浓度。波美度与比重的换算公式为

$$d\frac{144.3}{144.3-n}$$

式中 d：溶液的比重；

n：波美度。

3．芒硝（在固体盐层之下）

$Na_2SO_4>30\%$的为表外储量

（二）新疆七角井现代盐湖矿

1．固体盐

边界品位：　　含NaCl　30%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

项　　目	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	备　　注
NaCl（%）≥	80	71—85	50—70	
Na_2SO_4（%）<	4	7	10	干基
$CaSO_4$（%）<	3	5	10	水可溶物含量
$MgSO_4$（%）<	1.5	5	10	
$MgCl_2$（%）<	1.5	2	2	
水不溶物（%）<	10	15	20	

可采厚度：　0.2米

夹石剔除厚度：0.05米

2．晶间卤水

工业品位：NaCl　100克/升

Na_2SO_4　50克/升

综合利用工业品位：$MgCl_2$ 50克/升

KCl　5克/升

B_2O_3　0.4克/升

LiCl　0.15克/升

Br　100毫克/升

3．芒硝及无水芒硝（盐层下），见芒硝矿种。

（三）青海茶卡现代盐湖矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位：NaCl 30%

工业品位：NaCl 50%

有害杂质允许含量：芒　硝　1.864%

石　膏　2.139%

氯化钙　1.746%

氯化镁　0.392%

硫酸镁　1.579%

硫酸钾　1.403%

氯化钾　1.202%

可采厚度：1米

盐层厚度在1米以下及NaCl含量30—50 %和卤水中所含NaCl等，均算为表外储量。

（四）青海柯柯现代盐湖矿

1．固体盐

边界品位：NaCl ≥ 5%

工业品位：NaCl ≥65%

有害杂质最大允许含量，根据包裹体中水不溶物含量，小于1.8%为Ⅰ级品，大于1.8%为Ⅱ级品。

最低可采厚度：　1米

最大夹石剔除厚度：0.5米

2．芒硝

Na_2SO_4≥35%，因开采条件列为表外储量。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3．卤水

以勘探工程控制界线为圈矿范围，波美密度，不低于25Bé，均算为表外储量。

（五）湖北云应盐矿（水溶法开采）

1．岩盐质量要求：

盐层单层厚度≥0.1米，NaCl边界品位≥35%。

盐群（矿体）累计纯盐厚度≥1.5米。

盐群含矿率≥40%。

有害杂质含量（水溶）：Pb<0.0001%

As<0.0005%

Zn<0.0005%

Ba<0.002%

F<0.0005%

Mg<0.5%

2．开采技术条件

开采高度：　　不大于25米

最大夹石厚度：硬岩≤1.5米

泥岩或钙芒硝≤2米

最小开采深度：200—370米

注：①盐群纯盐厚度＝盐层总厚度×盐层平均品位

＝盐群厚度×盐群含矿率

×盐层平均品位

②盐群含矿率＝盐层总厚／盐群厚度

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（六）湖南衡阳盐矿区茶山坳岩盐矿

1．岩盐

边界品位：NaCl　　15%

工业品位：NaCl　　35%

最小可采厚度：5米

含矿率：60%

可溶性有害组分允许含量：

重金属（Cu、Pb、Zn）　0.0005%

砷（As）　　0.0004%

氯化钡（$BaCl_2$）　　0.002%

岩盐中伴生芒硝（Na_2SO_4）计算储量

2．钙芒硝

工业矿体以上的硫酸盐带中，钙芒硝>15%，厚度5米，计算为表外储量。

五、综合评价

盐常伴生有钾盐、芒硝、钙芒硝、石膏以及硼、锂、铯、铷、锗、镓、溴、碘等元素，在勘探中应注意查清其含量及赋存状态，以便综合回收。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

镁　盐

一、用途

镁盐主要用以制取各种镁的化合物及金属镁，镁的化合物，如氧化镁、氯化镁、硫酸镁、磷酸镁、醋酸镁、氢氧化镁等，都是重要的化工原料，用于医药、含镁水泥、玻璃、纺织、造纸等工业以及木材消毒及防腐等。有的（如钾盐镁矾、光卤石等）又是制钾肥、钾镁肥的原料。

二、主要矿物

水氯镁石　$MgCl_2 \cdot 6H_2O$

含Mg　11.96%

白钠镁矾　$Na_2SO_4 \cdot MgSO_4 \cdot 4H_2O$

含MgO　12.06%

泻利盐　$MgSO_4 \cdot 7H_2O$

含MgO　16.36%

钾盐镁矾　$KCl \cdot MgSO_4 \cdot 3H_2O$

含MgO　16.19%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

含KCl　30%

光卤石　$KCl \cdot MgCl_2 \cdot 6H_2O$

含$MgCl_2$　34.5%

含KCl　26.7%

镁盐一般与钾盐伴生，或成互层，或伴生于卤水中。

三、一般工业要求

（暂缺）。

四、矿床实例

山西运城盐湖镁盐（白钠镁矾）矿

1．不论晶质芒硝或钙芒硝，当$MgSO_4$>5%而<20%时，应视作含白钠镁矾的晶质芒硝或钙芒硝；

2．将厚度>0.3米，$MgSO_4$>20%，Na_2SO_4及水分能相应组成白钠镁矾复盐者，应划入白钠镁矾型。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硼

一、性质和用途

硼矿是一种用途广泛的化工矿物，硼与氢、锂、铍等的化合物能燃烧，是高能喷气燃料。

硼和硼的化合物，广泛用于化工、冶金、光学玻璃、国防、原子能、医药、橡胶及轻工业等部门。

化学工业上，用以制硼砂、硼酸、硼的各种化合物和元素硼。还用作制造硼素肥料。硼砂、硼酸主要用作洗涤剂、漂白剂、医药及化妆品。

冶金工业上，用来冶炼硼钢。硼砂有熔融金属氧化物的能力，用作冶金熔剂。硬硼钙石可代替萤石用在碱性氧化转炉炼钢。铜铝合金加入微量硼可提高其导电性能。

在国防航天工业中，硼的化合物可作高能喷气燃料和火箭燃料。碳化硼用于制造喷气机叶片和金属陶瓷。氮化硼是超高温、超硬质材料，用以制造火箭喷嘴、燃烧室内衬等。硼的同位素吸收中子能力强，所以硼化物在原子反应堆中用作控制棒调

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

节器和防护屏材料。塑料加入硼有防辐射性能。

硼还大量用于玻璃、陶瓷工业，制造高质量耐热硼硅酸玻璃、玻璃纤维、光学透镜、绝缘材和玻璃钢。硼和钴、钛、镍等可制成金属陶瓷。硼还用于制造搪瓷和珐琅、彩釉等。

此外，硼还用作防腐剂、焊接剂、制造超硬度研磨材料等。

二、主要矿物及成分

硼在自然界分布很广，已知含硼矿物百余种。作为硼酸工业原料的主要是含水和某些无水硼酸盐矿物。硼硅酸盐中的硅钙硼石亦具一定工业意义。主要矿物有：

硼镁石　$Mg_2B_2O_5 \cdot H_2O$

含B_2O_3 38.4%

水方硼石　$CaMgB_6O_{11} \cdot 6H_2O$

含B_2O_3 50.53%

钠硼解石　$NaCaB_5O_9 \cdot 8H_2O$

含B_2O_3 42.95%

硼镁铁矿　$(Mg \cdot Fe)_2 \cdot Fe(BO_3)O_2$

含B_2O_3 17.02%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硼钾镁石	$KMg_2B_{11}O_{19}\cdot 9H_2O$	含B_2O_3 56.92%
硅钙硼石	$CaBSiO_4(OH)$	含B_2O_3 21.8%
硼　　砂	$Na_2B_4O_7\cdot 10H_2O$	含B_2O_3 36.51%
硬硼钙石	$Ca_2B_6O_{11}\cdot 5H_2O$	含B_2O_3 50.81%
方硼石	$5MgO\cdot MgCl\cdot 7B_2O_3$	含B_2O_3 59.77%
板硼石	$CaB_3O_3(OH)_6\cdot 4H_2O$	含B_2O_3 37.03%
天然硼酸	$B(OH)_3$	含B_2O_3 56.30%
白硼钙石	$4CaO\cdot 5B_2O_3\cdot 7H_2O$	含B_2O_3 49.30%
遂安石	$Mg_2B_2O_5$	含B_2O_3 38.20%

三、一般工业要求

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（一）硼镁石矿

边界品位：　B_2O_3　3%

工业品位：　B_2O_3　5%

可采厚度：　≥1米

夹石剔除厚度：　≥1米

矿石品级划分：　I级　B_2O_3>11%

（不需选矿直接加工）

II级　B_2O_3>5—10%

（需经选矿才能加工）

注：目前所有低品位矿石选矿试验结果，尾矿中含B_2O_3均大于1%，原沿用的边界品位与实际开采利用差距较大，故在硼矿规范中予以修改。

（二）盐湖硼矿

1.固体硼矿层

边界品位：　(B_2O_3)　1.5%

工业品位：　(B_2O_3)　2%

可采厚度：　≥ 0.3米

夹石剔除厚度：　≥ 0.6米

2.含硼卤水及晶间卤水

边界品位：　(B_2O_3) 400毫克/升

工业品位：　(B_2O_3) 1000毫克/升

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）辽宁宽甸硼镁石为主的硼矿

边界品位：B_2O_3 1%

工业品位：B_2O_3 5%

可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

矿石品级划分：富矿B_2O_3>10%

贫矿B_2O_3>5—10%

（二）西藏杜加里盐湖硼矿

1.固体硼矿

边界品位：B_2O_3>1.5%

工业品位：B_2O_3>2%

可采厚度：0.3米

夹石剔除厚度：0.6米

2.卤水、晶间卤水中的B_2O_3和LiCl

三氧化二硼（B_2O_3）

边界品位：400毫克/升

工业品位：1000毫克/升

氯化锂（LiCl）

边界品位：150毫克/升

工业品位：200毫克/升

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）青海柴达木大柴旦盐湖硼矿

1.固体硼矿

边界品位：　　B_2O_3　0.5%

工业品位：　　B_2O_3　1.5%

可采厚度：　　0.3米

夹石剔除厚度：　　0.6米

矿石品级划分：

Ⅰ级品　B_2O_3　≥6%

Ⅱ级品　B_2O_3　1.5—6%

Ⅲ级品　B_2O_3　0.5—1.5%

2.卤水、晶间卤水（B_2O_3和LiCl）

三氧化二硼（B_2O_3）

边界品位：　　400毫克/升

工业品位：　　1000毫克/升

氯化锂（LiCl）

边界品位：　　150毫克/升

工业品位：　　200毫克/升

3.伴生石盐和芒硝

石盐

Ⅰ级品　NaCl　≥50%

Ⅱ级品　NaCl　30—50%

芒硝

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

最低边界品位：Na_2SO_4 15%

最低工业品位：Na_2SO_4 30%

最低可采厚度：0.3米

夹石剔除厚度：0.6米

另外，对伴生钾、镁、溴等元素按实有品位计算储量。

（四）辽宁盆泉沟硼镁铁矿

边界品位：B_2O_3 1%，TFe≥20%

工业品位：B_2O_3 5%，TFe≥25%

矿石品级划分：

I级 B_2O_3>9%

II级 B_2O_3 5—9%

可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

注：对含铀硼镁铁矿石地质矿产部系统实验室已完成实验室试验，能初步解决分离问题，其工业利用尚待进一步工作。

五、综合评价

1.硼镁石、硼镁铁矿常与磁铁矿、赤铁矿紧密共生，形成磁铁矿—硼镁铁矿综合矿床。且有放射性、稀有分散元素赋存。共生的蛇纹岩，可作含硼

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

的钙镁磷肥的原料。均应作综合勘探、评价。

2.盐湖硼矿必须综合考虑其他盐湖矿产。如石盐、芒硝、天然碱、石膏、镁盐、钾盐、氯化锂等。

六、附录

1965年10月10日国家科学技术委员会发布实施硼酸的质量标准

指标名称	一级品（%）	二级品（%）
硼酸（H_3BO_3）	≥99	≥96
水不溶物（烘干后）	≤0.05	≤0.15
硫酸盐（SO_4）	≤0.1	≤0.4
氯化物（Cl）	≤0.02	≤0.05
铁（Fe）	≤0.002	≤0.005

注：由井盐卤水生产的硼酸，其氯化物含量允许一级品≤0.2%，二级品≤0.3%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1984年国家标准 (GB537—84)

指标名称	质量要求（%）	
	一级	二级
十水四硼酸钠 ($Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$)	≥95	≥95.0
水不溶物	≤0.04	≤0.04
碳酸钠 (Na_2CO_3)	≤0.02	≤0.30
硫酸钠 (Na_2SO_4)	≤0.20	≤0.20
氯化钠 (NaCl)	≤0.05	≤0.05
铁 (Fe)	≤0.002	≤0.002

注：由井盐卤水生产的十水四硼酸钠，其氯化物含量允许≤0.20%。本标准适用于工业用硼砂产品。即含有10个分子结晶水的四硼酸钠，其主要用途为搪瓷、玻璃等工业原材。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

天 然 碱

一、性质和用途

天然碱是含水的碳酸盐矿物，是一种易吸湿的白色结晶粉末。它的水溶液显示强烈的碱性。天然碱是制碱工业重要原料，用以制取纯碱、烧碱、小苏打等。也是玻璃工业原料和冶金工业制取铝氧（Al_2O_3）的辅助原料。在人造纤维、造纸、染料、塑料、肥皂、洗涤剂、无机化学制品、纺织、石油精炼、医药、农药以及橡胶翻新等方面亦有广泛应用。

二、主要矿物及成分

天然碱主要包括天然碱和天然苏打。

天然碱：$Na_2CO_3 \cdot NaHCO_3 \cdot 2H_2O$。含 Na_2O 41.14%，CO_2 38.94%

天然苏打：$Na_2CO_3 \cdot 10H_2O$

三、一般工业要求

天然碱分固体矿石和卤水两种。固体矿石除古

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

代盐湖及现代盐湖沉积外。在现代干旱草原及沙漠地区还有再生碱的生成。

固体矿的工业要求：

边界品位：$Na_2CO_3+NaHCO_3$ 20%

工业品位：$Na_2CO_3+NaHCO_3$ 25%

可采厚度：≥0.5—1米

注：天然碱中的硫酸钠（Na_2SO_4）、氯化钠（NaCl）及水不溶物，在生产过程中可进行分离并利用。因此，对其含量不作规定，但要查明，以供生产中选择分离方法时参考。

四、矿床实例

（一）内蒙察干里门诺尔现代盐湖矿

边界品位：$Na_2CO_3+NaHCO_3$ 20%

工业品位：$Na_2CO_3+NaHCO_3$ 25%

可采厚度：0.6米

夹石剔除厚度：0.1米

有害组分：Na_2SO_4<12%，NaCl<3%，

Ca <1%，Mg <1%，

水不溶物块段平均<12%。

（二）河南桐柏县吴城古盐湖天然碱矿

边界品位：$Na_2CO_3+NaHCO_3$ 17%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

最低工业品位：$Na_2CO_3+NaHCO_3$　25%

可采厚度：　0.7米（旱采）

夹石剔除厚度：0.2米（旱采）

五、综合评价

天然碱矿床，常伴生有盐、芒硝、无水芒硝等矿产；并含有少量钾、硼、碘、溴等元素应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

钠 硝 石

一、用途

钠硝石又称智利硝石，主要用作制肥料，也可用以制硝酸、炸药和其它氮素化合物。冶金工业上用钠硝石作炼镍用的强氧化剂；玻璃工业用钠硝石作洁净剂。

钠硝石中一般伴生碘。在加工中可作为副产品回收。

二、主要成分

钠硝石化学成分为硝酸钠（$NaNO_3$）。含Na_2O 36.5%，N_2O_5 63.5%。

三、一般工业要求

（见矿床实例）

四、矿床实例

新疆鄯善县小草湖次生裂隙充填钠硝石矿。

边界品位：$NaNO_3$ 2%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业品位：$NaNO_3$ 5%

可采厚度：≥0.2米

开采方式：露天开采

五、综合评价

钠硝石常与石盐、钙硝石、泻利盐、芒硝、石膏等共生，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

芒硝、钙芒硝

一、性质和用途

芒硝是硫酸盐类矿物，主要包括芒硝、无水芒硝和钙芒硝三种工业矿物。芒硝是轻、化工工业的重要原料。化工上用来制取硫酸钠（商品称元明粉）硫酸铵、硫酸及硫化钠等重要化工原料。主要用于纸浆、玻璃和洗涤剂工业，也是印染、油漆、橡胶、人造纤维、医药等方面的重要原料。

二、主要矿物及成分

芒硝 $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$，纯矿物 含Na_2O 19.3%，SO_3 24.8%。

无水芒硝 Na_2SO_4，纯矿物 含Na_2O 43.68%，SO_3 56.32%。

钙芒硝 $CaSO_4 \cdot Na_2SO_4$，纯矿物 含Na_2O 22.3%，CaO 2.01%，SO_3 57.6%。

三、一般工业要求

（一）现代盐湖芒硝及无水芒硝

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位：Na_2SO_4 30%

矿石品级：Ⅰ级 Na_2SO_4(干基)>90%

Ⅱ级 Na_2SO_4(干基)>80%

Ⅲ级 Na_2SO_4(干基)>70%

对矿石中NaCl、$CaSO_4$、$MgSO_4$、Fe_2O_3及水不溶物不作要求，但要查清含量，以便分离和利用。

注：露天水溶开采泥质芒硝矿，Na_2SO_4可降至>8%。

（二）晶间卤水

见盐矿实例，新疆七角井现代盐湖矿，厚度及有害组分不作要求。

（三）古代盐湖钙芒硝

见实例（三）

（四）玻璃原料用芒硝

（见玻璃原料）

四、矿床实例

（一）新疆七角井现代盐湖及芒硝、无水芒硝矿

边界品位：Na_2SO_4 60%

可采厚度：芒硝 0.2米

无水芒硝 0.1米

夹石剔除厚度：0.05米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿石品级划分：

项　　目	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	备　　注
Na_2SO_4（%）	>90	>80	>70	所有组分含量以干基计算，总水分应加以分析
NaCl（%）	< 1	< 4	<20	
$CaSO_4$（%）	< 1	< 3	< 5	
$MgSO_4$（%）	< 1	< 2	< 2	
Fe_2O_3（%）	<0.05	< 1	< 1	
水不溶物（%）	< 1	<10	<20	

（二）新疆艾丁现代盐湖芒硝、盐矿

品级	Na_2SO_4（%）	杂质（%）				
		NaCl	$CaSO_4$	$MgSO_4$	Fe_2O_3	水不溶物
Ⅰ级	>85	< 5	< 4	< 2	<0.5	<12
Ⅱ级	>75	< 8	< 6	< 4	<0.5	<20
Ⅲ级	>65	<12	<10	< 6	<1	<30
Ⅳ级	>45	<20	<15	< 8	<1.5	<40

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位：　Na_2SO_4　40%

最小可采厚度：不作要求

夹石剔除厚度：0.2米

（三）四川新津古代盐湖钙芒硝矿

边界品位：Na_2SO_4　10%

工业品位：Na_2SO_4　15%

矿石品级：Ⅰ级　Na_2SO_4 >35%

Ⅱ级　Na_2SO_4 25—34.99%

Ⅲ级　Na_2SO_4 15—24.99%

可采厚度：0.5米

夹石在取样时已全部剔除，故不作规定。

（四）青海互助县硝沟钙芒硝矿

1.钙芒硝工业指标

边界品位：$Na_2SO_4 \geqslant 15\%$

工业品位：$Na_2SO_4 \geqslant 20\%$

分采厚度：　4米

最小可采厚度：2米

夹石剔除厚度：≥1.5米

表内矿石品级划分：

Ⅰ级　Na_2SO_4 >30%

Ⅱ级　Na_2SO_4 20—29.99%

表外矿石：Na_2SO_4　15—19.99%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.地表芒硝矿工业指标

边界品位：　　$Na_2SO_4 \geqslant 10\%$

工业品位：　　$Na_2SO_4 \geqslant 15\%$

可采厚度：　　$\geqslant$ 1米

夹石剔除厚度：$\geqslant$ 1米

五、综合评价

芒硝是蒸发作用使水介质中的可溶盐发生化学沉淀形成的蒸发岩型矿床，和其它盐类矿物有密切关系。在碳酸盐类型的盐湖中，常与天然碱、苏打等形成矿物组合；在硫酸盐类型的盐湖中，常与石膏、石盐、白钠镁矾等形成矿物组合；在一些盐湖卤水和晶间卤水中，可含硼、锂、溴、碘、锶等稀有元素，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

碘

一、性质和用途

碘是一种浅灰黑色的非金属元素，是卤族中最不活泼的元素。碘在常温下呈固体，113°C时熔化，在184.4°C下挥发成一种有刺激性气味的蓝紫色气体。自然界中碘只以碘酸盐、碘化物或其它结合形式出现。

碘及其化合物在照像、印刷、医药、冶金、化学、农业及环境卫生部门有广泛用途，是尖端技术和军事工业上的重要战略物资。

在学工业中，用于合成橡胶、尾油生产以及墨水和染料中作为催化剂；合成纤维的稳定剂、感光剂以及制造人造革和石油烯烃的脱氧剂；灭火剂。还可作为干电池的添加剂。

在冶金工业中碘用作制取高纯度的钛、锆、硼和铪以及稀有金属的还原剂，并可作为加工切削钛钢和不锈钢的润滑剂。

在尖端工业中碘用于火箭燃料的添加剂。在原子能工业中用于原子炉材料，以及用在半导体的硒

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

处理中。

医药及卫生方面。碘用于制取各种碘制药剂、杀菌剂、消毒剂、脱臭剂以及X光诊断上的造影剂。

在农业方面碘主要用作除莠剂、饲料添加剂。此外，还用于空中造云降雨及防止台风。

碘还是一种新的催化剂。用于煤的气化和从水中生产氢的热核产品。

碘还可作饮水、游泳池和废水的净化剂。

二、含碘矿物

碘钙石　　〔$Ca(IO_3)_2$〕

铬酸碘酸钙　〔$7Ca(IO_3)_2 \cdot 8CaCrO_4$〕

在钠硝石中含碘0.05—0.15%，磷酸盐中含碘0.004—0.007%，地下卤水(盐卤和油气田卤水)中含碘0.01%。此外，海水、海带、地下热水中也含有碘。

三、一般工业要求

碘元素一般呈分散状态赋存在钠硝石矿床及各种盐类矿床、地下卤水、泥火山沉积物和石油井的废水中，可综合回收。工业上没有单独要求。江西

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

南康潭口卤水中含碘40—45毫克/升时，便有工业价值。四川自贡卤水中含碘达12毫克/升时，能综合回收，磷块岩矿石中的碘含量在0.04—0.06%时可计算储量，在制造磷肥时能顺便回收。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

溴

一、性质和用途

溴在常温下是红色的液体。熔点－7.2°C，沸点58.7°C。有剧毒，能强烈灼伤皮肤。在自然界中溴只以溴化物存在。

溴是制取各种溴盐的基本原料。溴盐的主要用途是以二溴乙烯和四乙基铅混合在汽油中作防爆剂，其次用作消毒剂和医药。溴和溴化物还用于灭火及缓燃剂，也用于感光剂、染料、农药以及有机合成及食品工业。

二、一般工业要求

溴化合物常以液体状态存在于天然卤水、海水、盐湖、油气井卤水中；还以固溶体形式出现在光卤石和钾盐、石盐以及天然碱矿床中，具有回收利用价值的含量如下：

海水：　50克/米³

地下水：　200克/米³

卤水：　300克/米³

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石油废水：50克/米³

有些工业价值大的矿，对伴生溴化物含量不作要求，有多少算多少，如我国四川自贡卤水含溴20—50毫克/升即回收利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

含钾岩石

一、性质和用途

含钾岩石主要包括长石碎屑岩，如含钾砂岩、页岩、海绿石砂岩，以及伊利石粘土岩、水云母粘土岩（绿豆岩），此外尚有钾长石矿等。它们均含有不同程度的钾元素。但这些均属含硅酸盐钾矿物的非水溶性含钾岩石。含钾岩石用来制钾肥（氯化钾、硫酸钾、碳酸钾、钾钙肥）及钙镁磷钾肥、钙镁钾肥等混合肥料。国内试制钾肥已取得较好的进展，工艺技术上可行，但由于岩石中钾含量低，并需要将硅酸钾转变为水溶性的钾肥或钾氮磷复合肥，生产成本高，目前仅限于综合利用回收钾肥。

二、一般工业要求

含钾岩石制钾肥目前尚无正式的工业指标，现列举几个实例供参考

1．北京琉璃河水泥厂用蓟县长城系含钾页岩代替粘土作水泥配料，回收窑灰钾肥，钾肥主要成分为硫酸钾、碳酸钾，其次为硅铝酸钾，如折成氧

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

化钾（K_2O），含量可达25%。对矿石要求为：

氧化钾	(K_2O)	>9%
氧化钠	(Na_2O)	<1%
氧化镁	(MgO)	<2%
三氧化二铝	(Al_2O_3)	15%左右
二氧化硅	(SiO_2)	<70%

2．化工部化工矿山设计研究院利用江苏丰县华山石炭二叠系含钾砂岩、页岩（平均化学成分：K_2O 13.39%、Al_2O_3 17.67%、SiO_2 56—57%），试用新流程，每生产一吨氯化钾可同时得到铝氧粉0.8吨、碳酸钠0.5吨，残渣（赤泥）可烧制高标号水泥。产品的纯度：氯化钾95—98%，铝氧粉中的SiO_2<0.05%，提钾率84%左右。对矿石的要求为：

边界品位：	氧化钾	(K_2O)	7%
贫矿：	氧化钾	(K_2O)	7—11%
富矿：	氧化钾	(K_2O)	>11%
可采厚度：	2米		

3．钾长石制钾肥参考工业要求

氧化钾	(K_2O)	>9%
氧化镁加氧化钙	($MgO+CaO$)	<2%
氧化钠	(Na_2O)	<3%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、矿床实例

（一）浙江温州市伊利石矿

边界品位：　K_2O　6%

工业品位：　K_2O　7%

可采厚度：　1米

夹石剔除厚度：1米

（二）山西闻喜县钾长石矿

边界品位：　K_2O　6%

工业品位：　K_2O　9%

可采厚度：　2米

夹石剔除厚度：1米

（三）安徽寿县孔家山钾长石矿

边界品位：　K_2O　6%

工业品位：　K_2O　9%

可采厚度：　2米

夹石剔除厚度：1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

蛇纹岩、橄榄岩

一、性质和用途

蛇纹岩、橄榄岩是富镁的硅酸盐岩石。蛇纹岩是超基性岩受高温气体-液体的影响变质而成，主要组成矿物为叶蛇纹石、纤维蛇纹石等，含MgO最高可达40%以上，蛇纹岩具有较强的耐热性。橄榄岩是超基岩侵入岩类之一，主要由橄榄石组成，质纯的橄榄岩含MgO可达49%。

蛇纹岩、橄榄岩在化肥工业上，主要与磷块岩或磷灰石一起熔化烧制钙镁磷肥；还可作为提取镁化合物和泻利盐的原料。在冶金工业用来冶炼金属镁和作冶金助熔剂，亦可用作耐火材料。

鲜艳半透明的蛇纹岩可作工艺品和建筑材料。

二、一般工业要求

（一）制钙镁磷肥用

1。蛇纹岩

边界品位：氧化镁 （MgO） ≥25%

工业品位：氧化镁 （MgO） ≥32%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二氧化硅（SiO_2）不作规定，但要查明其含量，供生产时配料参考。

氧化钙（CaO）要求<3—5%，否则会影响配料和增加磷矿粉的消耗。

电炉法生产时，矿石块度不作规定。

高炉法生产时，矿石块度要求30—50毫米。

关于伴生镍的要求0.2%即可回收。

2．橄榄岩

在烧制钙镁磷肥过程中，橄榄岩的熔点比蛇纹岩高，因此对其氧化镁含量的要求稍高。

边界品位：氧化镁（MgO） 32%

工业品位：氧化镁（MgO） 40%

二氧化硅及氧化钙要求同蛇纹岩

（二）作耐火材料用

（见矿床实例）

（三）作冶金熔剂用

（见矿床实例）

（四）建筑材料及工艺品用

色彩鲜艳又致密的蛇纹岩可用作覆面细工石料，制作各种器具。对其外观及物理性质要求：色彩美观，结构致密、均匀，未经风化，有一定的块度和抗压强度，具可雕刻和加工性。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、矿床实例

（一）河南信阳卧虎蛇纹岩矿（制钙镁磷肥用）

边界品位：MgO＞25%

工业品位：MgO＞30%

有害组分：CaO＜5%（3—5%之间单独圈矿）

可采厚度：2米

夹石剔除厚度：2米

（二）江西弋阳樟树墩蛇纹岩矿（制钙镁磷肥用）

边界品位：　MgO　25%

最低工业品位：　MgO　32%

有害杂质：　CaO＜3%，

SiO_2＜45%

最低可采厚度：　2米

夹石剔除厚度：　2米

注：①有用组分Ni、Co、Pt、Pd、Au、Ag可在烧制钙镁磷肥时从炉碴中回收，并可从矿石中提取上述各元素，炉碴可制蛇纹石高镁熔融水泥。

②可从矿石中提取MgO和作混合硅酸盐水泥的填充料。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

③矿石含$MgO \geqslant 37.6\%$、$Al_2O_3 \leqslant 1.6\%$可作冶金熔剂。矿石块度8—30毫米、镁硅比≥1可作均热炉垫碴。

④矿石$MgO \geqslant 39\%$，可作耐火材料。

（三）内蒙索伦山耐火材料用橄榄岩矿

工业要求：$MgO > 40\%$

$CaO < 0.8\%$

$MgO/SiO_2 > 1.1$

$R_2O_3 < 10\%$（其中$Al_2O_3 < 1.5\%$）

耐火度$> 1750°C$

最低可采厚度：0.7—1米

夹石剔除厚度：0.5米

（四）江苏东海县许沟熔剂用蛇纹岩

1。有用组分

边界品位：　　MgO　≥ 36%

最低工业品位：　MgO　≥ 38%

对CaO、SiO_2含量应予基本查明，但不作具体要求。

2。有害组分

Al_2O_3	≤ 1.6%
Ni	≤ 0.5%
S	≤ 0.26%
P	≤ 0.05%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3．最低可采厚度：　　2米

4．夹石剔除厚度：　　2米

注：①风化带中含MgO 32—38%的矿石，可作化肥用矿石；

②矿石中含镍（Ni）0.2—0.3%，烧制钙镁磷肥时，与被还原的磷和铁形成含磷镍铁沉入炉底。Ni的品位可提高到3.5%以上，另外，尚有钒、钌、铑、铱含量都很高，值得回收利用。

四、综合评价

橄榄岩、蛇纹岩常伴生有铬、镍、钴及铂族元素等，同时，某些矿区与蛇纹岩伴生的还有滑石、石棉、菱镁矿、宝石等，因此，在普查评价过程中应注意综合找矿评价。目前我国部分镍、铂（钯）等的生产是从制钙镁磷肥的炉渣中回收。矿石中镍含量在0.2—0.3%以上者，制钙镁磷肥时即可综合回收。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

砷

一、性质和用途

砷主要以硫化物矿物形式存在。砷有黄、灰、黑褐三种同素异形体，其灰色晶体具有金属性，脆而硬。砷矿主要用于提炼元素砷、制造砷酸和砷的化合物。砷酸和砷酸盐都具有毒性。

在冶金工业上，用以熔炼砷合金，如砷铅合金用以制弹头，砷铜合金用于制造汽车、雷达零件等。在农业上用作杀虫剂、除草剂和其他农药。在医药、木材防腐、制革、制乳白色玻璃、军用毒剂烟火方面亦有广泛用途。此外，含砷矿物如雄黄、雌黄还可作中药。

二、主要矿物及化学成分

雄黄	AsS	含As 70.00%
雌黄	As_2S_3	含As 60.91%
毒砂（砷黄铁矿）	FeAsS	含As 46.01%
砷华（砒霜）	As_2O_3	含As 75.74%
斜方砷铁矿	$FeAs_2$	含As 72.8%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

（一）雄黄、雌黄矿石

边界品位：　As　5%（As_2S_2 7%）

工业品位：　As　10%（As_2S_2 14%）

可采厚度：　0.5—1米

夹石剔除厚度：　1米

（二）辉砷矿石

边界品位：As　3—5%（As_2S_2 4—7%）

工业品位：As　5—6%（As_2S_2 7—9%）

可采厚度：　0.5—1米

夹石剔除厚度：1米

四、矿床实例

（一）湖南石门界牌峪雄黄矿

边界品位：（AsS）　6%（表外储量）

工业品位：（AsS）＞10%（表内储量）

最低可采厚度：　1米

（二）广西宾阳大马山辉砷矿

边界品位：As　3%

工业品位：As　5%

可采厚度：　0.5米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）云南南华砷矿

边界品位：As 3%

工业品位：As 5%

可采厚度：0.7米（小于0.7米按百分值计算）

夹石剔除厚度：0.5米

伴生铊（Tl）的单工程品位为0.002%，块段平均品位为0.005%时，圈矿计算储量。

五、综合评价

砷矿床主要见于低温热液型矿床中，常与辰砂、辉锑矿、白铁矿共生；砷矿床还常伴生金、银、铜、铅、硒、及稀有、分散元素，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

重晶石、毒重石

一、性质和用途

重晶石、毒重石是制取钡和钡化物的重要工业矿物原料。它们具有比重大（4.2—4.7），硬度低、性脆的特点。重晶石化学性质稳定，不溶于水和盐酸，无磁性和毒性。毒重石可溶于盐酸和水。

重晶石在工业生产上的用途主要有三方面：制取钡的化学品、重晶石粉和锌钡白。

含钡的化学品有硫酸钡、碳酸钡、硝酸钡、氯化钡、氧化钡等。它们主要用于白色颜料、橡胶填料、医药、制糖、陶瓷、光学玻璃、制革、军工等方面。

重晶石粉主要用作石油天然气钻井泥浆加重剂，可加固井壁，防止井喷。并可做纸张，油漆、橡胶等的填料。重晶石具有吸附γ辐射性能，用作混凝土骨料，以屏蔽核反应堆，和作科研、医院防X射线的建筑物。

重晶石，毒重石可制作锌钡白及各种钡化合物，用于制油漆和其他颜料和作高级橡胶制品、油

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

布等填料。

此外，还用作提取金属钡，用作电视和其它真空管的吸气剂、粘结剂。钡与其它金属（铝、镁、铅、钙）制成合金，用于轴承制造。

二、主要矿物及化学成分

重晶石的化学成分为硫酸钡($BaSO_4$)，含BaO 65.7%，SO_3 34.33%。

毒重石的化学成分为碳酸钡（$BaCO_3$），含BaO 77.7%，CO_2 22.3%。毒重石一般不能富集成矿，只在重晶石矿床中以副矿物产出。

一般均含有锶、钙等杂质。

此外，硅钡石（$BaSiO_3$）含钡50%，亦可作为生产化学制品的钡来源。

三、一般工业要求

边界品位：	$BaSO_4$ 30%
工业品位：	$BaSO_4$ 50%
可采厚度：	≥ 1米
夹石剔除厚度：	≥ 1米

（毒重石的要求可参照上列指标）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）福建永安李坊重晶石矿

边界品位：　$BaSO_4$ 30%

最低工业品位：　$BaSO_4$ 50%

矿石品级划分：　Ⅰ级品　$BaSO_4$>90%

Ⅱ级品　$BaSO_4$ 50—90%

可采厚度：　1.5米

夹石剔除厚度：　1.5米

（二）湖北随县重晶石矿

边界品位：　$BaSO_4$ 50%

工业品位：　$BaSO_4$ 70%

矿石品级划分：Ⅰ级品　$BaSO_4$>90%

Ⅱ级品　$BaSO_4$ 70—90%

可采厚度：　0.7米

夹石剔除厚度：1米

（三）广西象州潘村、寺村重晶石矿

边界品位：　$BaSO_4$ 20%

工业品位：　$BaSO_4$ 45%

可采厚度：　0.8米

夹石剔除厚度：　2米

上述指标适用于脉状矿。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

堆积矿（指可随原生矿附带开采）：含矿率500千克／米³（$BaSO_4$>45%），可采厚度0.3米。

（四）浙江伴生重晶石矿床

边界品位：　　无要求

工业品位：　　8%

可采厚度：　　1米

夹石剔除厚度：　2米

五、综合评价

重晶石常与各种硫化物（黄铁矿、黄铜矿、方铅矿、闪锌矿）及其氧化产物以及石英、碧玉、菱镁矿、菱锰矿、天青石、萤石等矿物共生；在有色金属矿、金银稀土矿床中重晶石是主要脉石矿物，应注意综合评价综合勘探。

六、附录

（一）工业部门对矿石质量的要求

1. 化工用毒重石

$BaCO_3$>36%

R_2O_3<1.5%，CaO<7%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.化工用重晶石（富矿或精矿）

品级	$BaSO_4$ (%)	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	Al_2O_3 (%)	水溶盐 (%)
Ⅰ级	95	<1.5	<0.5	<1.0	<0.3
Ⅱ级	90	<2.5	<1.5	<2.0	<1.0
Ⅲ级	85	<2.5	<1.5	<2.0	<1.0

（油漆用洁白度要高）

3.橡胶填充料用重晶石粉

品级＼项目	水分 (%)	$BaSO_4$ (%)	SiO_2 (%)	水溶物 (%)	比重
Ⅰ级	0.3	97	<0.5	<0.3	4.3—4.6
Ⅱ级	0.5	95	<0.5	<0.3	4.3—4.6

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）钻井泥浆加重剂用重晶石粉

国际O.C.N.A标准：

密度：4.2×10^3千克/米^3

湿筛分析：用U.S 200目筛余量<3%

用U.S 325目筛余量5—15%

水溶盐（物）：<0.1%

视粘度：当密度为2.5×10^3千克/米^{3}重晶石粉蒸馏水悬浮液加1%的石膏后，视粘度不得超过125厘泊。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

明 矾 石

一、性质和用途

明矾石为含水的钾铝硫酸盐矿物，性脆，不溶于水，难溶于酸，在碱性溶液中完全分解。

明矾石主要用以提取明矾，也可用来制钾肥、硫酸和炼铝。明矾用途广泛，可用于印刷、造纸、制革、油漆等工业。也用作染布用的媒染剂、鞣料及胶片的硬化剂、合成氨的催化剂、制糖及水的澄清剂、选矿用的沉淀剂。此外在医药、防火、防水等方面也有应用。

二、主要成分及含量

明矾石为钾铝含水硫酸盐类矿物，其化学分子式为：$KAl_3(OH)_6(SO_4)_2$或$K_2O\cdot 3Al_2O_3\cdot 4SO_4\cdot 6H_2O$，其中含氧化钾（$K_2O$）11.4%，三氧化二铝（$Al_2O_3$）37%、硫酐（$SO_3$）38.6%、水（$H_2O$）13%，常有部分钾被钠置换。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

边界品位：　含纯明矾石≥20%，相当于含硫酐（SO_3）　7.72%。

工业品位：　含明矾石≥35，相当于含硫酐（SO_3）　13.51%。

富矿：　含明矾石：≥45%，相当于含硫酐（SO_3）17.37%

贫矿：　含明矾石35—45%，相当于含硫酐13.51—17.37%

可采厚度：　≥2米

夹石剔除厚度：≥1米

注：①矿石中纯明矾石的含量系根据其化学分子式，用硫酐（SO_3）的化学分析结果换算而得来的。

②在一般情况下，明矾石矿石中含一定数量的高岭土，不会影响矿石的加工利用，因此不作要求，但在勘探中要予以了解。

③当矿石用于制钾肥或炼铝时，应分析氧化钾（K_2O）或三氧化二铝（Al_2O_3）的含量。

四、矿床实例

（一）浙江平阳矾山明矾石矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表外矿边界品位：　含纯明矾石　20%

表内矿石边界品位：含纯明矾石　35%

矿区平均品位：　含纯明矾石　≥45%

最低可采厚度：　≥2米

夹石剔除厚度：　≥1米

有害组分：多余铝氧（Al_2O_3）即非明矾石中的铝氧不大于5%

（二）安徽庐江大矾山明矾石矿

边界品位：　含纯明矾石　≥20%

块段平均品位：含纯明矾石　≥35%

富　　矿：　含纯明矾石　≥45%

贫　　矿：　含纯明矾石　≥35%

有害杂质：　高岭土　≤13%

最低可采厚度：2米

夹石剔除厚度：1米

（三）浙江瑞安仙岩明矾石矿

边界品位：　含纯明矾石　20%

工业品位：　含纯明矾石　30%

可采厚度：　2米

夹石剔除厚度：1米

矿石品级划分：富矿：硫酐（SO_3）>19.30%，即明矾石含量>50%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

中矿：硫酐（SO_3） 15.44—19.29%，即明矾石含量40—49.99%

贫矿：硫酐（SO_3） 11.58—15.43%，即明矾石含量30—39.99%

五、综合评价

在火山热液型明矾石矿床中，常伴生有多种热液蚀变型矿物，有时能形成有工业价值的矿床；明矾石往往还和黄铁矿、金红石、红柱石、叶腊石等形成不同的综合性矿床，在勘探时应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地　　腊

地腊是一种天然的矿物腊。它是石腊基原油由于挥发作用，轻质油跑掉而形成的。因此，它的形成和含油构造有极密切的关系。此外还有褐煤腊，是一种从褐煤中提炼出来的地腊。

地腊是制造各种凡士林的主要原料，也用以制绝缘材料、防酸涂料、腊纸、擦光剂、润滑剂、地板腊、化妆品等。地腊经过蒸馏，能获取石腊、石油、润滑油，最后残渣叫做地腊沥青。

地腊按其结构、质量分类，可分为煤状地腊、腊状地腊。

煤状地腊：黑色，很象无烟煤，用手指刻划感觉腊质，用矿物油溶化后很粗，在阳光下很容易融化。

腊状地腊：棕黑色，腊状光泽，在阳光下可融化。

在我国柴达木盆地油泉子发现具有工业价值的地腊，断层带中含地腊0.2—1%，一般0.6—0.7%，节理中含地腊1%，目前我国石腊类主要是从石油副产品中提取。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（十一）建筑材料及其它非金属矿产

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石　棉

一、性质和用途

石棉是天然纤维状硅酸盐类矿物的总称。可用机械方法将它们分离成不同长度和细度的纤维物质。石棉分两大类：一为纤维蛇纹石石棉（或称温石棉）；一为闪石类石棉，包括蓝石棉、铁石棉、直闪石石棉、透闪石石棉和阳起石石棉。本章主要论述温石棉。

温石棉具管状构造为高度纤维化纤维，具极好的可劈分性，石棉细丝质柔软、富弹性。有较好的可纺性和较大的抗拉强度，并具有绝热、绝缘能力。温石棉耐酸能力低于闪石类石棉，而耐碱性略高于后者。

温石棉主要用来生产石棉纺织制品（如石棉线、绳、布等），石棉制动制品（如刹车片、离合器等），石棉橡胶制品（如压力板、衬垫板、耐油板等），石棉水泥制品（如石棉板、瓦、管等），石棉保温制品（如石棉砖，管、灰等），石棉沥青制品及石棉增强塑料制品等。在机械、交通、化

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工、冶金、建筑、电力等工业中广泛用作传动、制动、密封、衬垫、耐热、防火、保温、防热、绝缘，消音、防腐以及建筑材料、路面和填料等。在国防和航天工业中亦有许多用途。

蓝（青）石棉还可作过滤材料。铁石棉多用作轻质绝缘和建筑材料。水镁石由于其强度低，耐热、耐碱能力较差，纤维较硬而脆，其用途低于纤维蛇纹石石棉，但可作提取氧化镁和金属镁等。

二、矿物组分和化学成分

（一）温石棉

纤维蛇纹石石棉 $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$，

含SiO_2 43.5%，

含MgO 43.45%，

含H_2O 13.04%。

（二）闪石类石棉

蓝石棉（青石棉）$Na_2Fe_2^{3+}[(OH)Si_4O_{11}]_2$，

含SiO_2 51.94%，

含MgO 1.37%。

铁石棉$(Mg, Fe^{2+})_2Fe^{3+}_2Si_7O_{22}\cdot 10H_2O$，

含SiO_2 45.53%，

含MgO 11.08%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

直闪石石棉$(Mg, Fe)_7[(OH)Si_4O_{11}]_2$，

含SiO_2 56—58%，

含MgO 28—34%。

透闪石石棉 $Ca_2Mg_5[Si_4O_{11}]_2(OH)_2$，

含SiO_2 53—62%，

含MgO 0—30%。

阳起石石棉 $Ca_2(Mg, Fe)_5[Si_4O_{11}(OH)]_2$，

含SiO_2 54.33%，

含MgO 15.31%。

（三）纤维构造类型：横纤维石棉

纵纤维石棉

斜纤维石棉

三、一般工业要求

（一）蛇纹石石棉（温石棉）

蛇纹石石棉工业价值的决定条件最主要是依据纤维长度和物理技术性能，如机械性能、热性能、纤维的加工性能以及化学稳定性。

1．纤维分级

当前在地质工作中，一般是按纤维的长度将石棉划分为八个等级，其中AA级(即特级）是手选出的块状或未经破坏的纤维束，其余七级是机械加工方法选出来的。列表如下：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

品　　级	筛号	筛孔直径（毫米）	纤维平均长度（毫米）	备　　注
AA（特级）	手选		>18	纺织用
Ⅰ级	4	8	16	
Ⅱ级	6	6.3	12	
Ⅲ级	8	4	9	
Ⅳ级	12	2.3	5.5	橡胶制品，
Ⅴ级	20	1.6	2.5	水泥制品，
Ⅵ级	60	0.5	1	制动制品，
Ⅶ级	80	0.25	0.7	保温制品等。

2．矿石品位要求

品　　级	边界含棉率（%）	工业含棉率（%）
AA（特）—Ⅶ级	>0.4	>1
其中AA—Ⅴ级>总含棉率的25%时	0.3	0.5
其中AA—Ⅲ级>总含棉率的25%时	0.2	0.4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3。开采技术条件

（1）与超基性岩有关的蛇纹石石棉矿床

可采厚度：　　≥ 2米

夹石剔除厚度：≥ 2米

（2）与白云岩有关的蛇纹石石棉矿床

可采厚度：　　≥ 0.5米

夹石剔除厚度：≥ 0.5米

注：①矿石品位按含棉率计算。含棉率系指样品中纯石棉与矿石重量的百分比，应分级计算含棉率。总含棉率（AA—Ⅶ级）为各级含棉率的总和。

②工业指标要按照矿床的具体经济地理位置、交通运输条件、工业利用可能性以及矿山生产的经济效益等因素制定。

③样品加工要做到小型和机械化、系列化，特别在地质勘探阶段，应以机械加工的样品分析结果计算储量。

④水镁石工业指标可暂按陕南石棉公司采用的指标。详见实例（一）之4。

⑤纤维分级暂按上述指标中分级标准，石棉规范颁发后，按石棉规范的纤维分级标准。

（二）闪石类石棉（见下章）

四、矿床实例

（一）四川省石棉县四川石棉矿超基性岩型

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

纤维分级：　　按一般工业要求

边界含棉率：　　>0.4%(AA—Ⅶ级)

>0.3%其中AA—Ⅴ级>总含棉率的25%

>0.2%其中AA—Ⅲ级>总含棉率的25%

工业含棉率：　>1%(AA—Ⅶ级)

0.5—1%，其中AA—V级>总含棉率的25%

0.4—0.5%，其中AA—Ⅲ级>总含棉率的25%

可采厚度：1米（含棉率高，厚度小于1米者，按米百分值计算）

夹石剔除厚度：1米

（二）青海茫崖石棉矿（超基性岩型）

纤维分级：按一般工业要求

最低平均可采品位（含棉率）：1%

边界品位（含棉率）：0.4%

最低可采厚度：2米（厚度小于2米的单矿体，若按米百分率计算，其品位符合上述要求者，仍作为能利用储量）。

[redacted]

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

露采最大剥采比：5:1

注：1983年矿山补充勘探时，可采厚度和夹石剔除厚度均改为4米。

（三）陕西大安陕南石棉矿（超基性岩型）

最低边界品位：　0.5%

最低平均品位：　1%

最低可采厚度：　1米

夹石剔除厚度：　2米

注：① 矿区内不存在品位低于1%，厚度小于1米的矿体；

② 矿化连续性好，一般样品含棉率均在1%以上。含棉率在0.5—1%者只占少数，0.5%以下者也很少见；

③ 地表及平巷内，采样长度一般长为4米。换算为真厚度后只有2—3米，故既便单个样品含棉率0.5%，也不能作为夹石剔除；

④ AA—V级占总含棉率20%。

（四）陕西陕南水镁石（超基性岩型）

纤维长度：

Ⅰ级＞50毫米，　Ⅱ级18—50毫米

Ⅲ级2.5—18毫米，Ⅳ级0.7—2.5毫米

边界品位：　1%

工业品位：　1.5%

可采厚度：　4米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

夹石剔除厚度：4米

剥采比：2:1。

（五）辽宁金州石棉矿（白云岩型）

最低可采品位：　　1%

边界品位：　　0.5%

最低可采厚度0.5米（当厚度小于0.5米时，可按米百率计算）

夹石剔除厚度：1米

纤维分级：按1963年规定（八级）进行分级

勘探深度：标高－450米

B级储量占5—15%。C_1级 占40—60%，

C_2级 占25—55%

表外矿：第一层矿，下限品位为0.2%

第二层矿，按米百分率计，大于0.8%列为表内，0.2—0.8%列为表外。

五、综合评价

蛇纹石石棉矿床中的蛇纹岩是制钙镁磷肥的重要原料，又可作耐火材料，某些矿区蛇纹岩中常伴生有镍、铬、钴、铂以及菱镁矿，滑石、硬玉、软玉等。应注意综合评价。某些闪石类石棉矿床中还伴生有虎睛石（硅化石棉），色彩鲜艳者可作工艺石料，亦应注意评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

蓝 石 棉

一、性质和用途

蓝石棉是碱性角闪石石棉的商品名称，它包括钠闪石石棉（青石棉）、镁钠闪石石棉（纤铁蓝闪石石棉）、镁钠铁闪石石棉(列日石石棉)、锰闪石石棉等品种，以及一些过渡系列的品种，通常只有前面三种具有工业意义。质量好的蓝石棉具有优良的过滤性能，用于军事和民用的防化和超净化方面，对其矿物、物化性能，及其新用途正进一步探索和试验中。

蓝石棉的主要质量技术指标，最主要的是过滤性能的优劣，这一独特的性能使其在防化和超净化方面占有重要的地位。作为填料和涂料方面，蓝石棉也是很有发展前途的原料之一；在耐酸性方面它远远超过温石棉，是耐酸制品的主要原料，耐热性能和保温隔热性能优于温石棉，但电绝缘性不及温石棉。

我国某些蓝石棉的物化性能指标：比重：3.00—3.20；细度：0.02—0.09微米；比表面积：2—

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

20米²／克；抗拉强度：50—250千克／毫米²；拉伸弹性模量：1—5×10³千克／厘米²；断裂伸长度：1—5%；耐热温度：600—800°C；比热：0.20×4.1868焦耳/克·°C—0.25×4.1868焦耳/克·°C；导热系数：0.06×4.1868千焦耳/米·时·°C—0.09×4.1868千焦耳/米·时·°C；熔点：1200—1350°C；酸蚀率(HCl)：2—12%；碱蚀率(NaOH)：0.5—9%；磁化率：15—50×10⁻⁶厘米³／克；介电系数：1.5—6；质量比电阻：10⁴—10⁷欧姆·克／厘米²；气溶胶过滤效率：最高可达99.9999%。

二、一般工业要求

（一）品级划分

Ⅰ级品：纤维长度 ≥20毫米，手选

Ⅱ级品：纤维长度 5.5—20毫米，手选为主，筛选为辅

Ⅲ级品：纤维长度 2.5—5.5毫米，筛选

Ⅳ级品：纤维长度 0.7—2.5毫米，筛选

（二）品位要求

Ⅰ—Ⅲ级品：边界品位30克／米³

工业品位150克／米³

Ⅰ—Ⅳ级品：边界品位350克／米³

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业品位1800克／米³

满足以上品位要求之一者，圈定为可利用储量，并分别计算Ⅰ—Ⅲ级和Ⅳ级品储量。

（三）开采技术条件

可采厚度：≥0.4—0.5米（如小于可采厚度时，可用米百分率计算）

夹石剔除厚度：≥1米

注：①野外评价蓝石棉的过滤性能好坏有一个简便的方法，即取0.1克纤维。剪碎，用瓷研钵加几滴水，一起研磨五分钟，再加50毫升水移入试管内，加塞摇动数次，垂直放于试管架上过滤性能良好的蓝石棉，悬浮液成匀质的、半透明的悬浮体，沉淀缓慢或一直呈悬浮状态，沉淀部分为致密、厚度不大的物质，若将试管水平放置48小时后，再竖起，在管壁上保持条带状态。

②地质部门的物性测试与评价究竟需要测定哪些指标，这既要考虑到当前各工业部门现阶段的应用情况，也要考虑到随着科学技术的发展，将逐步扩大其用途的可能；要抓住主要技术指标，也要对少数有代表性的样品比较全面地进行质量评价，使各个工业部门视矿物的特性而合理使用之。

③在过滤材料方面，目前已生产出蓝石棉的代用品，因此在制订具体工业指标时应与工业使用部门商定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、矿床实例

（一）陕西某蓝石棉矿

1．品级划分

Ⅰ级品：纤维长度 ≥20毫米，手选

Ⅱ级品：纤维长度 5.5—20毫米，手选为主，筛选为辅

Ⅲ级品：纤维长度 2.5—5.5毫米，筛选

Ⅳ级品：纤维长度 0.7—2.5毫米，筛选

2．品位指标

Ⅰ—Ⅲ级品：边界品位30克／米^3

工业品位150克／米^3

Ⅰ—Ⅳ级品：边界品位350克／米^3

工业品位1800克／米^3

3．开采技术条件

最小可采厚度：0.5米。

夹石剔除厚度：1米。

（二）云南某矿区

1．品级划分

Ⅰ级品：纤维长度≥20毫米，手选

Ⅱ级品：纤维长度5.5—20毫米，手选为主，筛选为辅

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Ⅲ级品：纤维长度2.5—5.5毫米，筛选

Ⅳ级品：纤维长度0.7—2.5毫米，筛选

2．品位要求

Ⅰ—Ⅲ级品：边界品位20克／米^3

工业品位100克／米^3

Ⅰ—Ⅳ级品：边界品位300克／米^3

工业品位1500克／米^3

满足以上品位要求之一者，圈定为可利用储量，并分别计算Ⅰ—Ⅲ级和Ⅳ级品的储量。

3．开采技术条件

最小可采厚度：0.5米（如小于最低可采厚度时。可用米百分率计算）

最小夹石剔除厚度：1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石　墨

一、性质

石墨是元素碳（C）结晶的矿物之一，六方晶系的片状晶体，结晶格架呈六方层状，平行于(0001)解理极完全。铅灰色，不透明，金属光泽，硬度具异向性：垂直解理面方向为3—5；平行解理面方向为1—2，比重为2.2—2.37，容重1.5—1.8。

石墨是一种特殊的非金属材料，兼有金属的优良性能，石墨可供利用的性能有：涂敷性、润滑性、耐高温、耐腐蚀、可塑性、导热、导电性、化学稳定性及在高温情况下所具有的特殊的抗热性质。

石墨的熔点为3850±50°C，沸点达4250°C。经超高温电弧的灼烧，在若干种耐高温的材料中，按灼烧后的重量损失计，以石墨为最小。它的热膨胀系数很小，不但耐高温，而且耐低温，在高温时，它不是趋于软化，反而是强度增高。

二、用途

铸造业：用石墨做铸件模子的涂料。它利用石

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

墨的涂敷性、耐火性、润滑性和化学稳定性。铸造用石墨约占石墨总用量的三分之一。

冶金工业：用石墨制作坩埚和高温电炉中的石墨砖，用以熔炼有色金属、合金等贵重金属材料。坩埚用石墨也大约相当于总用量的三分之一。

目前我国在钢铁工业中用作（冶炼）保护渣。

机械工业：石墨常用作船轴、火车头和车箱轮轴的润滑剂。用石墨制成的固体润滑剂可用于各种机械的润滑，用石墨作成乳剂可用于模锻、锤锻脱模润滑剂。

纺织和食品工业：利用石墨制作固体润滑剂，将石墨与金属一起制作无油润滑轴承。

电气工业：利用电极石墨可生产小电极、碳管、电弧、碳棒、焊接碳、水银整流器的正极、电话零件、拉钨钼丝润滑剂及高电阻物等。

化学工业：由于石墨具有异常的化学稳定性，用其制作石墨管道可以保证化学反应的正常进行，并能满足制造高纯度化学物品的需要。用石墨制成的石墨粉剂可作化学催化剂用于化学肥料制造。用石墨纤维和塑料制成的器皿和设备，可以耐各种腐蚀性的气体和液体。石墨还可以作橡胶、塑料的填充剂。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

轻工业：用石墨作玻璃及造纸业的磨光剂和防锈剂、作黑色油漆的原料和油墨的填料。

原子能和国防工业：用高纯度高密度的石墨作原子能反应堆的中子减速剂、防原子辐射的外壳，火箭发动机尾喷管喉衬、人造卫星上用的无线电连接信号和导电结构材料等。石墨在火药、潜艇、飞机制造等方面也有应用。

此外，制造铅笔需用石墨；涂在烟囱内可作防腐剂；人工合成金刚石需以石墨作原料。

过去，在工业上很少利用的低碳石墨，现正在不断扩大其利用范围，如用低碳石墨作燃料可用于小型烘炉、工业锅炉、烧砖、民用蜂窝煤等方面。

三、矿石成分及矿石类型

石墨的成分是碳（C），但矿石中常含有石英、黄铁矿、磁黄铁矿、碳酸盐等杂质，有时也含有水、沥青、二氧化碳等。

根据石墨的结晶形态，一般将石墨矿石分为两类：

1.晶质（或鳞片）石墨：晶体直径大于1微米的鳞片状和块状（或称致密结晶状）石墨。矿石品位一般较贫，工业上经选矿才能使用。但它的质量

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

好，用途广。

2.隐晶质（或无定形、土状）石墨：晶体直径小于1微米，在显微镜下也难看到其晶形的致密石墨集合体。因矿石可选性差，故工业上对原矿品位要求较高，以便直接磨成粉使用。它的工业性能比晶质石墨差。

根据石墨含碳量、粒度和杂质含量的不同，在商业上又分成高纯、高碳、中碳、低碳等石墨。

四、一般工业要求

（一）晶质（鳞片状）石墨矿

1．风化矿石

边界品位：　固定碳2—3%

最低工业品位：固定碳2.5—3.5%

可采厚度：　≥2—4米

夹石剔除厚度：≥1—4米

剥采比：　不大于3—4:1

2．原生矿石

边界品位：　固定碳2.5—3.5%

最低工业品位：固定碳3—8%

可采厚度：　≥2—4米

夹石剔除厚度：≥1—4米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

剥采比：不大于3—4:1

注：由于晶质（鳞片状）石墨的片度不同，其工业用途及经济价值相差很大。提供矿山建设设计依据的具体矿区的工业指标，应根据正目（+100 目）石墨含量的高低来制定边界品位和工业品位。当正目石墨含量高时，品位要求可降低；反之，则要提高。一般正目石墨的含量要求掌握在40—60%左右。（正目是指矿石、经选矿所得的精矿经筛析后+100目石墨，在精矿中所占的百分比）。具体矿区还应通过技术经济评价来确定工业要求。

（二）隐晶质（土状）石墨矿

边界品位：　　固定碳≥55%

最低工业品位：固定碳≥65%

可采厚度：　　≥0.7—1.4米

夹石剔除厚度：≥1—3米

注：①以上工业指标是根据现在生产矿山（晶质石墨为露天开采，隐晶质石墨为坑道开采）总结提出的，若采用的开采方法不同，其指标应根据矿区情况来制订。

②隐晶质石墨品级：一级品含固定碳≥80%；二级品含固定碳≥65%。

③石墨中含硫、铁量高时会降低耐火度与化学稳定性，应查定，

④对新的晶质石墨矿进行普查评价时，要求进行实验室选矿试验，以确定精矿含固定碳是否达到85%以上，还

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

要求进行片度测定以确定该矿床进一步工作的价值；

⑤矿石的硬度不同将直接影响到选矿生产流程、生产成本、产品的经济价值。勘探时应划分风化矿石和原生矿石并分别评价；

⑥隐晶质石墨，在有些国家，如捷克某矿床，原矿品位仅达32—35%也开采（但需选矿，浮选后精矿品位可达72%，回收率67%）。苏联某矿床原矿品位仅25%就开采使用，因为该矿床中伴有多量的耐火粘土可用于铸造工业。

五、矿床实例

（一）胶东地区石墨矿

项目 \ 矿床	莱西北墅石墨矿（风化矿）	莱西南墅石墨矿（原生矿）	海阳郭城石墨矿（原生矿）
固定碳含量边界品位（%）	≥2.0	≥2.5	≥3.0
固定碳含量工业品位（%）	≥2.5	≥3.0	≥4.0
最低可采厚度（米）	1	4	2
夹石剔除度（米）	1	4	2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①大鳞片：矿石中石墨片径1.0—2.0毫米，精矿中>100目的石墨片占30%以上；

②中鳞片：矿石中石墨片径0.5—1.0毫米，精矿中>100目的石墨片占10—30%；

③小鳞片：矿石中石墨片径<0.5毫米，精矿中>100目的石墨片占10%以下；

④大型矿山，机械化程度较高，在对口勘探的前题下可采厚度及夹石剔除厚度可为2—4米，如南墅矿。若属小型矿山，只能供乡镇企业开采时，则可采厚度与夹石剔除厚度应为1—2米。无论大小型矿床在普查评价阶段可按1—2米考虑。

（二）黑龙江鸡西柳毛石墨矿

边界品位：　　固定碳 3%；

最低工业品位：固定碳5%（Ⅰ级品≥10%，Ⅱ级品≥5%）

可采厚度：　　≥2米

夹石剔除厚度：≥2米

（三）湖南鲁塘隐晶质石墨矿

边界品位：　固定碳≥65%

工业品位：　固定碳≥70%

最低可采厚度：0.5米

夹石剔除厚度：矿层厚度的15%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

六、综合评价

产于煤系中的隐晶质石墨矿床可能伴生有瓷土矿和稀散元素锗；区域变质型晶质石墨矿床中常伴生有铀、钒、钛、金、银、黄铁矿、稀土元素、磷灰石、高铝矿物原料等，应注意综合评价、综合回收利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石膏、硬石膏

一、矿物种类和用途

石膏为含水硫酸钙($CaSO_4 \cdot 2H_2O$)，硬石膏为无水硫酸钙（$CaSO_4$）。天然石膏按其产出形状和构造的不同，往往分为纤维石膏、透明石膏、雪花石膏及普通石膏等几类商品矿石。

石膏、硬石膏在我国目前主要用于水泥工业，作硅酸盐水泥（波特兰水泥）的缓凝剂，但今后将大量用于石膏建筑制品。将天然石膏煅烧到170°C时所得的灰泥石膏，用于涂抹天棚、木板和檐板等；煅烧到750°C并碾成粉末所得的水硬石膏，用于制造印花墙板、窗框、窗台、台阶、墙檐等建筑材料。此外，石膏、硬石膏还可用于土壤调节剂、肥料、农药、造纸、油漆、橡胶、塑料、纺织、食品、工艺美术品以及文教、医药等。透明石膏可作偏光检板。在颜料及化妆品工业作填料。在缺乏其它硫资源的情况下，石膏、硬石膏亦可用制硫酸和硫酸铵。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、一般工业要求

（一）工业利用对矿石的质量要求

用途	质量要求		
	石膏$CaSO_4 \cdot 2H_2O$（%）	硬石膏$CaSO_4$（%）	白度
水泥缓凝剂，农用	≥55		
石膏建筑制品	≥75		
模型	≥85		
医用、食品	≥95		
硫酸	≥85		
纸张填料			>95%
油漆填料		≥97	

不同用途对石膏、硬石膏矿石中的杂质有不同要求。如纸面石膏板，对石膏的K^+、Na^+、Cl^-有限

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

制；制特种水泥、硫酸，对石膏、硬石膏的MgO有限制；纸张填料用要求含砂量<3%；油漆填料用要求吸附水分不超过2%，细度应通过1600孔/厘米²的筛、6400孔/厘米²的筛余物不超过2%等等。

（二）一般工业指标

1.层状石膏、硬石膏矿床

最低工业品位（$CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaSO_4$）：55%

可采厚度：露采≥2米，坑采≥1米

夹石剔除厚度：露采≥2米，坑采≥1米

注：石膏、硬石膏矿石品位$CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaSO_4$=55%，是对矿石产品质量的最低要求。实际上在矿床开采过程中有一定的贫化影响，由于矿石赋存条件不同，开采贫化率多少亦有差别，对质量较低的矿石，应充分考虑矿床开采贫化的影响，相应地提高矿石品位要求，以保证上述矿石生产的最低质量要求。

2.纤维石膏矿床

最低工业品位（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）：95%

最低线含矿率：14%，其中纤维石膏最小可采单层（脉）厚度：2厘米

可采矿体厚度：坑采≥1.7米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

夹石剔除厚度：坑采≥1米

3。纤维石膏及层状石膏、硬石膏矿床

最低工业品位：纤维石膏同纤维石膏矿床；

层状石膏、硬石膏同层状石膏、硬石膏矿床；

最低可采矿石线含矿率（$\gamma_x + k\gamma_c$）：14%，其中层状石膏、硬石膏可采单层厚度：10厘米；纤维石膏最小可采单层（脉）厚度：2厘米。

注：γ_x为纤维石膏纯含矿率；

γ_c为层状石膏、硬石膏纯含矿率；

k（折合系数）

$$k = \frac{\text{层状石膏、硬石膏矿生产成本或售价}}{\text{纤维石膏矿生产成本或售价}}$$

k值一般为0.2—0.4。

可采矿体厚度：坑采≥1.7米

夹石剔除厚度：坑采≥1米

4。松散层中的巨-伟晶石膏矿床

巨-伟晶石膏工业品位（$CaSO_4 \cdot 2H_2O$）：85%

最低可采矿石含巨-伟晶石膏率：根据选矿试验确定

可采厚度：露采≥2米

夹石剔除厚度：露采≥2米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、矿床实例

（一）湖北应城石膏矿

矿石品位：泥膏$CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaSO_4 \geqslant 55\%$

含矿率：　纤膏多层14%

可采单层最小厚度：

纤膏3厘米

泥膏5厘米

采高：　1.7—2.5米

膏组间距：6米

（二）南京石膏矿

为硬石膏，用于水泥缓凝剂，分三个等级：

品　级	$CaSO_4$（%）	SO_3（%）
Ⅰ级	≥ 85	≥ 50
Ⅱ级	≥ 75	≥ 44
Ⅲ级	≥ 60	≥ 35

注：品位计算公式：$CaSO_4\% = SO_3\% \times 1.70$（南京市企业标准　苏Q/J.JC5—82）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）甘肃天祝石膏矿

矿石品位：$CaSO_4 \cdot 2H_2O > 65\%$

矿石品级：

Ⅰ级$>85\%$

Ⅱ级$>65\%$

最低可采厚度：1米

最小夹石剔除厚度：1米

（四）四川峨嵋大为石膏矿

矿石品位：

$CaSO_4 \cdot 2H_2O \geqslant 65\%$

$CaSO_4 \geqslant 70\%$

最低可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

四、综合评价

1.石膏矿床的生成条件与盐类矿床（如钾盐、岩盐等）极为相似，有时以石膏、硬石膏为主，成为石膏矿床，有时则以岩盐为主，成为重要的岩盐矿床，或者膏盐均有工业价值，故应综合找矿、综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2。某些石膏的膏层及粘土质膏层中，常含较多天青石矿物（含锶），应注意做化学分析与评价。

3。由于硬石膏可代替含水石膏，用于生产硅酸盐水泥的缓凝剂，因此，应重视对硬石膏的评价和利用，以扩大原料来源，满足地方水泥工业发展的需要。

五、附录

（一）石膏、硬石膏品位计算公式

$$CaSO_4 \cdot 2H_2O\% = 4.78\ H_2O^+\%$$

$$CaSO_4\% = 1.7\ (SO_3\% - 2.22\ H_2O^+\%)$$

$$= 1.7SO_3\% - 3.78\ H_2O^+\%$$

$$(CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaSO_4)\%$$

$$= 4.78\ H_2O\% + 1.7\ (SO_3\% - 2.22\ H_2O^+\%) = 1.7SO_3\% + H_2O^+\%$$

（二）1982年建筑材料工业部标准JC16-82石膏的分级和用途

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

等级	化学成分（%）		结晶水含量（%）	主要用途	
	A 型	B 型			
	$CaSO_4 \cdot 2H_2O$	$CaSO_4 \cdot 2H_2O + CaSO_4$	H_2O^+		
1	≥ 95		≥ 19.88	医用、食用、艺术品	模型
2	≥ 85		≥ 17.79	建筑制品	
3	≥ 75		≥ 15.70		
		≥ 75	≥ 13.35	水泥缓凝组分	农用、含硫肥料
4	≥ 65		≥ 13.60		
		≥ 65	≥ 11.96		
5	≥ 55		≥ 11.51		
		≥ 55	≥ 10.56		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑　石

一、性质和用途

滑石是一种含水的硅酸镁，属层状构造硅酸盐矿物。以氧化物表示的分子式为：$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$即$Mg_3[Si_4O_{10}](OH)_2$，理论含量的百分比是MgO 31.88%，$SiO_2$ 63.37%，H_2O 4.75%，常含少许铁、铝、镍等。

滑石质软，具滑感，对油类有强烈的吸附性，化学性质稳定，有高的电绝缘和耐热等性能。工业上所利用的滑石原料有二种状态，一部分是块滑石，绝大部分是滑石粉。

块滑石主要用于制造块滑石瓷，它是一种高频电瓷绝缘材料，广泛应用于无线电接收机、电视、雷达、遥控等工程。含有杂质的块滑石锯成块或板块，可作炉衬或窑衬、绝缘电盘等，还可以雕刻成工艺装饰品。

滑石粉用于陶瓷、油漆、油毡、纺织、橡胶、电缆等工业部门，用途较广。陶瓷工业上用滑石粉加入陶瓷配方中，生产出特种陶瓷，大大改变了陶

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

瓷性能，扩大了陶瓷使用范围。造纸工业用滑石粉作为填充料，能使纸面光滑、坚固，并增强对油墨的吸附能力，用量占国内滑石生产量的70%。纺织工业用滑石粉作充填剂和漂白剂，以增强织物的密度和抗热、抗酸碱性能并起漂白作用。在橡胶工业上，滑石粉作充填料及绝缘材料，加入滑石粉的橡胶制品，提高了橡胶的坚固性，而且增大了电绝缘性能。此外在制造农药、日用化妆品、医药方面均需用滑石粉。

近些年来，国际市场对滑石粉的要求越来越严，如用作高级纸张的填料及涂料时，要求滑石粉的粒度在5微米以下呈滑石微粉，因为滑石微粉改进了滑石粉的物理性能，如比表面积、不透明度、可弥散性和吸附性能等。

二、矿石类型

滑石的矿石类型在国外一般分为四类：块滑石、片状软滑石、透闪石滑石及混合滑石，其中用途最广的为片状软滑石。在国内滑石按其含量不同分为两种，即块滑石和滑石岩（滑石石料）。块滑石即滑石，滑石含量在70%以上，杂质少，经简单手选磨粉后即可使用；滑石岩的滑石含量在30—70%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

之间，含杂质较多，一般须选矿（浮选）加工后才能使用。

按滑石成因及伴生的脉石矿物，又可以分为以下两种矿石类型：

1.滑石绿泥石岩：矿石中除滑石外，主要为绿泥石。此外还有蛇纹石、辉石等镁硅酸盐类矿物，颜色多为深绿。

2.滑石碳酸盐岩：与滑石共生的矿物主要为菱镁矿或白云石，颜色多为浅灰。

皂石是一种滑石与各种其它硅酸镁矿物的混合物，叶腊石是一种水化硅酸铝矿物，它们与滑石物理机械性质和应用范围有许多相似之处，因此，国外还把滑石、皂石和叶腊石统称为滑石类矿物。

三、一般工业要求

（一）工业利用对矿石的质量要求

1.涂料油漆：SiO_2 40—56%，MgO 20—32%，灼减量4—7%，挥发份<1%，吸油指标30—60，能溶于水的物质<0.5%，筛余物<2%，能溶酸性及碱性的物质<0·1%，颜色洁白，形状：片状、纤维状为最好，颗粒度：98.5—99.5%通过325目筛孔，有害杂质：石膏、硬石膏。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.陶瓷原料：滑石含量30—70%。CaO 4—6.5%，CaO：MgO为1:4。耐火度要高，色泽好，纤维质好，均性高，具固定收缩性。

作高频率绝缘器：$CaO<1.5\%$，$Fe_2O_3<1.5\%$，$Al_2O_3<4\%$。物性测试项目应包括细度、白度、比重、导电性、耐热性、表面电阻等。

3.填料：滑石含量30—70%，质量、颜色要求不高，细粉筛上物：通过100目筛筛上物<0.1%。

4.造纸：$CaCO_3$ 1—2%±，Fe_2O_3 1—2%±，烧失量10—15%，水分不大于1%，不同品级的分别通过325目、200目筛，筛上物<2%颜色要洁白、细腻、没有云母小片。物理性能试验和测定项目应包括细度、白度、比重等。

5.绝缘材料：Fe<0.5%，致密块状，细粒均质，不含粗粒，无解理、节理和片理，焙烧后不收缩、不变形、紧密坚硬。

6.纺织工业：挥发分<0.5%，通过325目筛，筛上物<2%，白色，有滑腻感。

7.农业杀虫剂：Fe_2O_3+FeO 0.5—2%，洁白，颗粒细小，质纯。

8.日用化工及食品医药等：要求质纯、细软、洁白、不含硬质颗粒。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）一般工业指标

品级 \ 成分（%）	SiO_2	MgO	Fe_2O_3
Ⅰ级	≥60	≥30	≤0.8
Ⅱ级	≥40	≥25	≤1.8

可采厚度：　≥1米

夹石剔除厚度：≥1米

注：①有些矿区是根据矿物和化学成分的特点，采用滑石含量或白度来圈定矿体，计算储量，其一般要求如下：

项目 \ 品级	特级	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	Ⅳ级
白　　度	≥90	≥85	≥80	≥70	≥60
滑石含量（%）	≥90	≥85	≥80	≥70	≥50

最低可采厚度：单矿层0.5米；复矿层1米。含矿率≥50%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

②含铁多，影响白度，降低电绝缘性和产品质量，其控制含量是：Fe_2O_3<1%，CaO<1.5%。应选择代表性样品分析氧化钙、三氧化二铝、烧失量，酸不溶物、白度及细度以供工业部门参考。

③若原矿石达不到上述品级要求，但经选矿处理后能达到要求者，也可以利用。实际上在生产滑石粉过程中，除高品位外，一般滑石矿石都要经过选矿，精矿品位可大大提高。

④普查评价阶段对Ⅰ、Ⅱ级品（或贫、富矿石）可不分别圈定，但需提供资料。

四、矿床实例

（一）广西龙胜滑石矿（鸡爪矿区）

品级 \ 成分(%)	SiO_2	MgO	Fe_2O_3	CaO
Ⅰ级	≥ 60	≥ 30	≤ 1	<2.5
Ⅱ级	≥ 40	≥ 25	≤ 1.5	不 限

白度：Ⅰ级品≥85，Ⅰ级品不限

可采厚度：1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

夹石剔除厚度：1米

（二）辽宁海城滑石矿

该矿床特点是矿石中有害杂质含量极少，为了简化化验分析方法，故采用滑石含量作为圈定矿体的指标。

边界品位：滑石含量30%

平均工业品位：滑石含量≥50%

品　级	滑石含量	备　注
富　矿	>70%	手选后即可利用
贫　矿	50—70%	经浮选加工后利用

可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

（三）海城县杨家甸菱镁矿中滑石矿

该指标属评价菱镁矿床中的综合指标。

边界品位：滑石含量30%

最低工业平均品位：滑石含量50%

最低可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

品　　级	滑石含量（%）	杂质含量（%）		白　度	烧　减（%）
		CaO	Fe_2O_3		
Ⅰ级（T_1）	≥70	≤1.5	≤1.0	≥85	≤8.0
Ⅱ级（T_2）	≥50	≤2.5	≤1.0	≥80	≤12
Ⅲ级（T_3）	≥30	≤3.5	≤1.0	≥75	≤25

五、综合评价

滑石常与蛇纹岩或菱镁矿共生，应注意综合评价。对蛇纹岩中伴生的镍、钴等也应注意。

在滑石-菱镁矿类型矿床中，滑石含量在30—50%的矿石，经浮选后，滑石精矿达到Ⅰ、Ⅱ级品，菱镁矿精矿也达到Ⅰ、Ⅱ级品的要求，并且尾矿经煅烧后变成菱苦土粉（苦土粉）可作为建筑材料，应注意类似矿床的综合评价。

六、附录

1982年建材部工业原料滑石（经手选后的块状

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

滑石）部颁标准（JC 160-82）及造纸工业用滑石粉部颁标准（JC 161-82）

JC160-82工业原料滑石技术标准

技术性能 \ 等级	GL—特	GL—1	GL—2	GL—3	GL—4
SiO_2（%）	≥ 61.00	≥58.00	≥ 53 00	≥41.50	≥35.00
MgO（%）	≥ 31.00	≥30.00	≥ 30.00	≥29.00	≥28.00
Fe_2O_3(%)	≤ 0.50	≤ 1.00	≤ 1.50	≤2.50	/
Al_2O_3(%)	≤ 1.00	≤ 1.50	/	/	/
CaO（%）	≤ 0.50	≤ 1.20	≤ 2.50	≤3.50	/
Na_2O+K_2O（%）	≤ 0.30	≤ 0.50	/	/	/
TiO_2（%）	≤ 0.20	≤ 0.50	/	/	/
烧失量(%)	≤ 6.00	≤ 8.00	≤ 12.00	≤20.00	≤25.00
酸不溶物(%)	≥ 90.0	≥85.00	≥ 82.00	≥70.00	≥55.00
白度（%）	≥ 90.0	≥85.0	≥ 80.0	≥75.0	≥60.0
块度(毫米)	≥ 30	≥20	由供需双方商定		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

JC161-82造纸工业用滑石粉技术标准

技术性能 \ 等级	ZZ—特	ZZ—1	ZZ—2	ZZ—3
白度（%）	≥90	≥ 85	≥80	≥ 75
尘埃(毫米²/克)	≤0.40	≤0.60	≤0.80	≤ 1.00
水分（%）	≤1.00			
pH(1.20浓度)	7.0—9.0			
沉降速度（清液毫克／15分钟）	50—80			
细度目（微米）	325(45)		200(75)	
筛上量（%）	<2			
酸溶性铁(Fe_2O_3%计)	≤0.50	≤ 1.00	≤1.50	≤ 2.00
碳酸钙（%）	≤2.50	≤ 3.00	≤3.50	≤ 4 00
烧失量（800°C）	≤6.00	≤ 8.00	≤12.00	≤ 22.00

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

水泥原料

（石灰岩、粘土等）

一、矿物原料和用途

水泥原料系指制造水泥熟料的原料矿产，主要有石灰质原料（如石灰岩、大理岩、白垩等），粘土质原料（如粘土、黄土、泥岩、页岩等），硅质原料（如砂、砂岩等）及铁质原料（铁矿粉、制硫酸烧渣）等。组成水泥熟料的有益化学成分主要是氧化钙（CaO）、二氧化硅（SiO_2）、三氧化二铝（Al_2O_3）和三氧化二铁（Fe_2O_3）。这些成分主要形成熟料中的硅酸三钙（$3CaO\cdot SiO_2$）、硅酸二钙（$2CaO\cdot SiO_2$）、铝酸三钙（$3CaO\cdot Al_2O_3$）及铁铝酸四钙（$4CaO\cdot Al_2O_3\cdot Fe_2O_3$）四种化合物。

水泥原料按适当比例配合磨制成生料，经煅烧成熟料，熟料与适量的石膏及混合材料共同粉磨制成水泥。它是一种水硬性胶凝材料，即水泥加水后制成净浆或砂浆，具有良好的粘结性和可塑性，能把其它材料（砖、砂石、钢筋等）粘结在一起，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

凝结硬化而成为岩石状坚硬的整体，是用来浇注成各种形状的构件和构筑物，使用最广泛的建筑材料。

二、一般工业要求

（一）石灰质原料

$CaO \geqslant 48\%$，$MgO \leqslant 3.0\%$，$K_2O + Na_2O \leqslant 0.6\%$，$SO_3 \leqslant 1\%$，$fSiO_2 \leqslant 4\%$，$Cl^- \leqslant 0.015\%$。

（二）粘土质原料

类　别	硅　酸　率	铝　氧　率
一　类	2.7—3.5	1.5—3.5
二　类	2.0—2.7；3.5—4.0	不　限

$MgO \leqslant 3\%$，$K_2O + Na_2O \leqslant 4\%$，$SO_3 \leqslant 2\%$。

（三）硅质原料

SiO_2 70—90%，硅酸率$\geqslant 4$，$K_2O + Na_2O \leqslant 4\%$，$MgO \leqslant 3\%$，$SO_3$（全硫）$\leqslant 2\%$，抗压强度最好小于1000kg/cm²。

注：上述有益化学成分主要形成水泥熟料中的硅酸三钙（$3CaO \cdot SiO_2$）、硅酸二钙（$2CaO \cdot SiO_2$）、铝酸三钙（$3CaO \cdot Al_2O_3$）及铁铝酸四钙（$4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Fe_2O_3）四种矿物。

为了制成符合要求的熟料，一般控制熟料的化学成分在下列三个系数的范围内：

饱和系数(KH)

$$= \frac{CaO - 1.65Al_2O_3 - 0.35Fe_2O_3 - 0.7SO_3}{2.8SiO_2}$$

$$= 0.85 — 0.92$$

$$\text{硅酸率 } (n) = \frac{SiO_2}{Al_2O_3 + Fe_2O_3} = 1.8 — 2.5$$

$$\text{铝氧率 } (P) = \frac{Al_2O_3}{Fe_2O_3} = 1.0 — 1.8$$

（四）水泥熟料中有害成分的影响

MgO：主要以方镁石形态存在，在水泥水化过程后期形成氢氧化镁，超量时引起体积膨胀，降低水泥体强度，甚至破坏水泥体，国家标准规定熟料中MgO＜5%。

K_2O、Na_2O：能与硅酸二钙、铝酸三钙起化学反应。破坏有用矿物硅酸二钙和铝酸三钙，生成有害的游离氧化钙等矿物，降低水泥质量。故要求在熟料中$K_2O + Na_2O$＜1.3%。

SO_3：能与K_2O、Na_2O形成硫酸盐，过多时易引起结窑，影响正常生产，也影响水泥的安定性，在熟料中规定SO_3＜1.5%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

fSiO_2：游离二氧化硅是指燧石、玉髓及晶粒粗大的石英，其化学活性、易磨性和煅烧性差，含量过高会增加粉磨及煅烧的困难，影响产量和质量。

Na_2O、K_2O、SO_3和Cl^-：均能在悬浮预热器和分解炉窑中循环、结皮堵塞管路，在采用窑外分解工艺时，应注意控制其在生料和熟料中的含量。

注：①应该留意某些不须与其它原料配合，其化学成分即可符合制成水泥熟料要求的泥灰岩是一种很宝贵的水泥原料。

②CaO＜48%的石灰质原料可与CaO＞48%的石灰质原料搭配使用，有的矿区还以CaO≥45%、＜48%的作Ⅱ级品矿石使用，具体搭配和品级划分情况可在制定具体矿床工业指标时与有关部门确定。

③因制成水泥熟料最终都需加铁质原料校正，因此对原料中的铁就不必苛求，这样也可用硅铝比（S／A）来代替硅酸率（n）及铝氧率（P）对粘土质原料及硅质原料进行评价。

（五）矿山开采技术条件的一般要求

我国的水泥原料矿山，目前多属于露天开采，其开采条件一般要求如下：

1．最低开采标高：一般不低于当地最低侵蚀基准面。有条件的矿山可以采取凹陷式开采。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2．剥采比：覆盖层（表土、围岩）和夹层的总量与矿石总量的比不大于 0.5:1。

3．矿石可采厚度

（1）石灰质原料：大、中型矿≥8米，
小型矿≥4米。

（2）粘土质原料、硅质原料：
岩石状矿床4米；松软状矿床 1.5米。

4．夹石剔除厚度：
岩石状矿床≥2米，松软状矿床≥1米。

5．矿床开采最终边坡角

（1）岩石状矿床：开采最终边坡高度小于 100米时为55°--60°，100—150米时为50°--55°，大于150米时小于50°。

（2）松软状矿床：一般为45°。

6．矿床开采最终底盘最小宽度

（1）岩石状矿床：大、中型不小于60米，
小型不小于40米。

（2）松软状矿床：大、中型不小于 40米。
小型不小于20米。

7．爆破安全距离

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿床开采边界对公路、铁路、高压线、居民区、工厂和其它重要建筑物的爆破安全距离，一般为400米。（视爆破方法及建筑物、构筑物与开采方向的相对关系而定）。

上述要求是根据矿床的一般情况提出的，由于各具体矿床情况不尽相同，水泥原料的有益、有害成分又是相互关联的，同时还与燃料成分、生产方法、生产品种有关，在进行矿床评价时主要以能满足熟料要求为准。

三、矿床实例

（一）湖北枝城水泥原料

1。质量要求

石灰质原料

工业用途	CaO (%)	MgO (%)	$K_2O + Na_2O$ (%)	石英和燧石 (%)
大坝水泥	>50	<2.5	<0.25	<4
矿渣大坝水泥	>50	<2.5	<0.60	<4
普通水泥	>48	<2.5	<0.80	<4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

粘土质原料

工业用途	硅酸率	铝氧率	MgO (%)	K_2O+Na_2O (%)	SO_3 (%)
大坝水泥'	2.7—4	1.5—3.5	<3	<2	<1
矿渣大坝和普通水泥	2.5—3.5	1.5—3.5	<3	<3	<1

硅质原料

工业用途	硅酸率	K_2O+Na_2O(%)	MgO (%)
大坝水泥	>4	<2	<3
矿渣大坝水泥	>4	<2.5	<3

并要求SiO_2<90%，抗压强度<1000公斤/厘米²。

2。开采技术条件

最低开采标高：不低于矿区附近地面标高

剥采比：<0.5:1（米³/米³）

最低可采厚度：石灰质原料矿山15米；辅助原

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

料岩石状矿床4米，松软状矿床1.5米。

夹石剔除厚度：岩石状矿床2米；

松软状矿床1米。

储量计算边坡角：灰岩矿床边坡高度＜100米时为55°—60°，＞100米时为50°—55°；

砂页岩矿床为50°，松软状矿床为45°。

爆破安全距离：不小于400米。

（二）河北获鹿东湖申水泥灰岩矿

1．质量指标

$CaO \geqslant 48\%$，$MgO \leqslant 3\%$，$R_2O \leqslant 1\%$，$SO_3 \leqslant 1\%$

2．开采技术条件

可采厚度：4米

夹石剔除厚度：2米

（三）安徽安庆市杨桥白鹿山白水泥用石灰岩矿

1．质量指标

$CaO \geqslant 55\%$，$Fe_2O_3 \leqslant 0.05\%$（Ⅰ级品）；0.05%—0.1%（Ⅱ级品）

$MgO \leqslant 0.5\%$，$Na_2O + K_2O \leqslant 0.8\%$，$SO_3 \leqslant 0.1\%$

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

无石英、石髓、燧石

对Mn、Cr、Ti等元素含量进行了解

2.开采技术条件

最低可采厚度　3米

夹石剔除厚度　1.5米

开采标高不低于当地地面

开采边坡角：55°

剥采比：0.5—1:1

（四）陕西凤县高铝水泥用石灰岩矿

质量指标：$CaO>53\%$，$R_2O<1.5\%$，$MgO<1.0$，$SiO_2<1.5\%$。

四、矿床综合评价

水泥原料中的石灰岩、石英砂岩、石英岩等往往还可作冶金熔剂、化工灰岩、耐火材料、玻璃原料等多种用途，或有其它矿产共生、伴生，应本着优质优用或一矿多用的原则，作出综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

玻 璃 原 料

（石英砂岩、石英砂等）

一、矿物原料和用途

玻璃原料系指用制平板玻璃及器皿玻璃的天然矿物原料，包括硅质原料（如石英砂岩、石英砂、石英岩、脉石英等）及其配料（如白云岩、石灰岩等）。

平板玻璃，包括特种工业技术玻璃、工业技术玻璃（如磨光玻璃、夹层玻璃、钢化玻璃、高级压延玻璃等）及一般平板玻璃等；器皿玻璃，包括玻璃仪器器皿玻璃、一般器皿玻璃及一般瓶罐玻璃等。

二、化学成分和作用

玻璃的主要化学成分是SiO_2及Al_2O_3、CaO、MgO、Na_2O、K_2O，其作用如下：

SiO_2：为形成玻璃的主要组分，并使玻璃具有一系列优良性能，如透明度、机械强度、化学稳

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

定性和热稳定性等。缺点是由于熔点高、粘度大，造成熔化困难、热耗大。

Al_2O_3：玻璃中加入少量Al_2O_3，能够降低玻璃的析晶倾向，提高化学稳定性和机械强度，改善热稳定性，但当其含量过多时，就会增高玻璃液的粘度，使熔化和澄清发生困难，增加析晶倾向（$Al_2O_3>5\%$时），并易使玻璃原板上出现波筋等缺陷。

CaO：加入适量CaO，能降低玻璃液的高温粘度，促进玻璃液的熔化和澄清。温度降低时，能增加玻璃的粘度，有利于提高引上速度。缺点是含量增高时，会增加玻璃的析晶倾向，减少玻璃的热稳定性，提高退火温度。

MgO：其作用与CaO类似，但没有CaO增加玻璃析晶倾向的缺点，因此可用适量MgO代替CaO。但过量则会出现透辉石结晶，提高退火温度，降低玻璃对水的稳定性。

Na_2O、K_2O：为良好的助熔剂，降低玻璃液的粘度，促进玻璃液的熔化和澄清，还能大大降低玻璃的析晶倾向，缺点则是降低玻璃的化学稳定性和机械强度。

由于SiO_2、Al_2O_3、CaO、MgO、Na_2O、K_2O

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

具有以上的一些特点，故在我国玻璃工业中一般大致采用下列含量范围：

SiO_2 70--73%，Al_2O_3 1--2.5%，CaO 8--10%，MgO 1.5—4.5%，Na_2O+K_2O 13—15%。

此外，玻璃中常含有少量Fe_2O_3、TiO_2、Cr_2O_3等有害成分，其作用如下：

Fe_2O_3：使玻璃着色，降低玻璃的透明度、透紫外线性能、透热性和机械强度，造成熔化澄清困难，并给玻璃的熔制品带来不良影响。

Cr_2O_3：较强烈地使玻璃着色，减少透明度，铬矿物颗粒能在玻璃原板上形成黑点。

TiO_2：能提高玻璃的光折射和吸收紫外线性能，在Fe_2O_3与TiO_2超出一定含量比时。使玻璃组分中氧化铁的染色作用增强。

因此，玻璃生产中要求Fe_2O_3、Cr_2O_3、TiO_2含量尽可能的少。

三、一般工业要求

（一）玻璃硅质原料（石英砂岩、石英砂、脉石英、石英岩）

1. 质量要求

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

类别	矿石等级	SiO_2 (%)	Al_2O_3 (%)	Fe_2O_3 (%)	TiO_2 (%)	Cr_2O_3 (%)	备注
一类	Ⅰ级	>99	<0.5	<0.05	<0.05	<0.001	用于特种技术玻璃
	Ⅱ级	>98	<1.0	<0.1			用于工业技术和高级器皿玻璃
	Ⅲ级	>96	<2.0	<0.2			用于一般平板玻璃
	Ⅳ级	>90	<4.0	<0.5—1.0			用于有色玻璃
二类		>89	<6.0	<0.35			与高品级矿石掺合达到Ⅲ级品以上质量要求时方可利用

注：①上述是对入窑矿石的质量要求，对于需经选矿后才能利用的矿石，其原矿质量要求根据选矿试验结果而定。因此，在找矿阶段对于原矿质量低于上述质量标准的应进行实验室选矿试验，从而确定找矿的评价指标。

②石英砂矿中含铬尖晶石，熔点高，常使玻璃出现细小黑点，目前对成品平板玻璃，每平方米允许黑点数有限制，但常无原料的允许含量数据，故在评价矿床时，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

应注意锆尖晶石的评价。

③粒度要求：＜0.1毫米及＞0.75毫米者各应小于10%，0.1—0.75毫米者应占85%。

2。开采技术条件

①岩类矿床

可采厚度：　　≥2米

夹石剔除厚度：≥0.5—1米

平均剥采比：　≤0.5:1

储量计算最低标高的底盘宽度：≥40米

边坡角：

边　坡　高　度	边　坡　角
＞100米	50—55°
＜100米	55—60°

爆破安全距离：一般不小于400米

②砂类矿床

可采厚度：　≥ 0.5—1米

夹石剔除厚度：≥ 0.5米

平均剥采比：　≤ 1:1

储量计算最低标高的底盘宽度：以采矿方式为

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

考虑依据

边坡角：30°

（二）玻璃原料配料

1。白云岩：Ⅰ级品 $MgO>20\%$，$Fe_2O_3<0.1\%$

Ⅱ级品 $MgO>19\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

2。石灰岩：Ⅰ级品 $CaO>54\%$，$Fe_2O_3<0.15\%$

Ⅱ级品 $CaO>47\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

注：宜用白云质石灰岩及硬度不大的石灰岩。

3。长石：$Al_2O_3>18\%$，$K_2O+Na_2O>13\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$。

4。萤石：$CaF_2>80\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

5。芒硝：$Na_2SO_4>92\%$，不溶残渣$<3\%$，$NaCl<1.2\%$，$CaSO_4<1.5\%$，$Fe_2O_3<0.2\%$

四、矿床实例

（一）山东荣城县旭口石英砂矿

本矿床上部是滨海沉积砂矿层，下部是河口三角洲沉积砂矿层

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1。原矿化学成分要求

级别	SiO_2(%)	Al_2O_3(%)	Fe_2O_3(%)	TiO_2(%)
I级	>92	<4	<0.2	<0.1
II级	>90	<5	<0.25	<0.1

2。开采技术条件：可采厚度1米；
夹石剔除厚度达不到指标要求的砂矿夹层为1米，非矿夹层为0.3米。

颗粒度要求：0.1—0.742毫米，占85%

平均剥采比：0.75

矿床最低可采深度：5米

（二）新疆哈密尾亚白山脉石英矿

化学成分：SiO_2>96%，Al_2O_3<2%

Fe_2O_3<0.2%

可采厚度：2米；夹石剔除厚度1米

最低开采标高1190米，边坡角50—60°

剥离系数<0.35

（三）福建东山梧龙石英砂矿（属滨海或海湾相沉积型砂矿）

原砂质量要求（玻璃用）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位：$SiO_2 \geqslant 96\%$，$Al_2O_3 \leqslant 2\%$，$Fe_2O_3 \leqslant 0.2\%$

单工程加权平均品位：

Ⅰ级品　$SiO_2 > 97.3\%$，$Al_2O_3 \leqslant 1.45\%$，$Fe_2O_3 \leqslant 0.14\%$

Ⅱ级品　$SiO_2 \leqslant 97.3\%$，$Al_2O_3 > 1.45\%$，$Fe_2O_3 > 0.14\%$

最低可采厚度：　1米

非矿夹石剔除厚度：　>0.5米

平均剥采比：　0.5:1

储量计算边坡角30°

矿砂粒度要求：小于0.75毫米，其中0.1—0.75毫米者应在90%以上。

（四）山东沂南蛮山石英砂岩矿

1.矿石质量

品级	SiO_2（%）	Al_2O_3（%）	Fe_2O_3（%）
Ⅰ	≥ 98	≤ 1	≤ 0.1
Ⅱ	≥ 96	≤ 2	≤ 0.2

2. 开采技术条件

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

最小开采厚度：　　2米
最小夹石剔除厚度：1米
平均剥采比：　　0.5:1
储量计算最低标高：140米
开采边坡角：　　60度
爆破安全距离：　　400米

五、综合评价

玻璃硅质原料(石英砂岩矿等)除作玻璃原料用外，还应考虑作玻璃器皿、冶金熔剂、硅质耐火材料等的可能性，在普查勘探工作中应注意综合评价。

六、附录

制造玻璃器皿对硅质原料的工业要求

等级 \ 含量(%)	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	Cr_2O_3	说　明
I	>99	<1.0	<0.05		< 0.001	玻璃仪器器皿玻璃（不包括晶质玻璃）
II	>96	<2.0	<0.1			一般器皿玻璃无色玻璃
III	>90	<4.0	<0.35			用于一般瓶罐玻璃

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

陶瓷原料、填料、涂料

（高岭土、长石、石英等）

一、矿物原料和用途

陶瓷用主要矿物原料有粘土类、长石类、石英类原料及其它辅助原料。

（一）粘土类原料

它是制造陶瓷的主要原料，除用于坯、釉外，还用作匣钵及窑的耐火砖。它们具有可塑性，具备成型性能，在坯体烧成过程中形成莫来石（$3Al_2O_3 \cdot 2SiO_2$），构成陶瓷制品的骨架；在釉浆中主要起悬浮作用，防止釉浆发生沉淀，改善釉浆性能。属于粘土类原料的有：

1. 高岭土：高岭土是多种矿物组成的含水铝硅酸盐混合体，基本组分有高岭石组、多水高岭石及少量蒙脱石组及水云母组等粘土矿物，一般含 Al_2O_3 20—38%、SiO_2 45—60%、H_2O 11—15%。陶瓷工业配料中的高岭土所占比例一般为20—50%，有些制品多至80%，部分电瓷则达100%。

在造纸工业中，高岭土用作填料和涂料，它可

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

以提高纸张的密度、白度和纸面的平滑度，降低透明度，保证更好地吸收印色；在橡胶工业中，高岭土用作填料，它是一种补强剂，能够提高橡胶的机械强度和耐酸性能，降低制品的成本；在耐火材料工业中，高岭土则是制作耐火器材的重要原料。除此以外，高岭土还在染料、塑料、油漆、汽车、白水泥、搪瓷、农业、医药、肥皂、化妆品、纺织等部门以及国防、原子能等工业中有一定的应用。

2．瓷土及瓷石：以伊利石和石英（部分高岭石、长石）及绢云母和石英、长石和石英为主要成分的制瓷原料。

瓷土为软质原料，矿物成分以伊利石和石英为主，部分高岭石、长石；瓷石属硬质原料，有的仍保持原岩结构、构造，矿物成分以绢云母和石英、长石和石英为主。瓷土或瓷石，有的可单元配方成瓷。

瓷土、瓷石含一定量的钾、钠，在配方中可代替长石起熔剂作用。

此外，尚有耐火粘土：主要用于制造陶瓷耐火材料，如匣钵、窑砖，部分用于制造有色日用陶瓷，如炻器；高铝粘土，主要用于制造陶瓷耐火材料，部分用于日用陶瓷，如炻器，起补充配方中

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铝含量不足的作用；木节土：富含有机质的高可塑性沉积型高岭土，主要作为日用陶瓷、建筑卫生陶瓷中的结合粘土；煤干石等。

（二）长石类原料

在陶瓷坯、釉中作为熔剂物质，可降低陶瓷产品的烧成温度，促进莫来石晶体的形成，长石熔融是釉层中玻璃相物质的主要来源之一。属于长石类原料有：

伟晶岩中的长石，伟晶花岗岩、钾长花岗岩，以钾长石、石英为主的细晶岩或斑岩、霞石正长岩、酸性玻璃熔岩、长石砂等。对它们的质量要求与陶瓷用钾长石的要求相同，即：$K_2O+Na_2O\geqslant 10\%$；$K_2O:Na_2O>2$；$Fe_2O_3+TiO_2\leqslant 0.5\%$。

此外钾长石可作玻璃原料及磨料，也是制钾肥的原料。

（三）石英类原料

石英属瘠性原料，在陶瓷坯体的干燥及烧成过程中可减少其收缩，缩短干燥时间，石英熔融形成玻璃相物质，未熔石英构成坯体骨架，可减少产品变形，SiO_2在产品烧成过程中也是形成莫来石晶体的来源之一，但过量易引起产品开裂，并降低产品的热稳定性和机械强度。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

在陶瓷工业中应用的石英，要求铁质含量极少（≤0.5%），纯度较高，常用的有脉石英（质量较好）、石英岩、石英砂岩及石英砂等。

（四）其它辅助原料

1。滑石：粘土质胚体中加入少量滑石，可提高使用寿命；釉料中加入少量滑石，可改善釉层的弹性、热稳定性，加宽熔融范围等。

2。叶腊石：胚体中加入少量叶腊石，有助于提高产品的热稳定性，并有助于克服精陶、釉面砖的后期釉裂问题。用于陶瓷工业的叶腊石要求铁、钛等杂质含量少，一般应小于1%。

3。硅灰石：可广泛用于制造釉面砖等建筑卫生陶瓷、日用陶瓷和釉料。它的优点是干燥快、容易成型，可降低烧结温度，大大减少烧成时间，且产品机械强度较高，但烧结温度范围较窄。

除此以外，在陶瓷工艺生产中，根据不同产品质量的要求，有时还须配以少量的白云岩、萤石、白垩、硅藻土、石膏、石灰岩等矿物作为熔剂或瓷釉配料。

二、工业利用对矿石的质量要求

（一）配料用的各类矿石

1。建筑卫生陶瓷、日用陶瓷

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

矿物原料				化学	
				Al_2O_3	$Fe_2O_3+TiO_2$
高岭土	第一类	高岭土	Ⅰ级	>30	<1
			Ⅱ级		1—2
			Ⅲ级		2—3
	第二类	砂质高岭土	Ⅰ级	20—30	<1
			Ⅱ级		1—2
	第三类	瓷土、瓷石		大于或接近于13	<1
塑性粘土	高可塑性粘土		Ⅰ级	>30	<2
			Ⅱ级		2—3
	一般塑性粘土		Ⅰ级	大于或接近于20	<1.5
			Ⅱ级		1.5—2
硬质半硬质粘土			Ⅰ级	>25	<1
			Ⅱ级	25—18	
长石（或伟晶花岗岩）					<1
石英				SiO_2>98.5	<0.5

注：①表中的“接近”二字是考虑到配料能满足陶瓷工艺要求者。

②Fe_2O_3含量一般指全铁（Fe_2O_3

③当高岭土中，发现含有明矾石时

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

成分（%）	塑性指数	用途
SO_3		
<1	>10	高级陶瓷（包括卫生陶瓷）配料
1—2		中低级陶瓷配料
2—3		普通陶瓷或匣钵配料
<1	>7	供一般高级陶瓷配用
1—2		一般普通陶瓷配料
K_2O+Na_2O 3—6（$K_2O>Na_2O$）		高级瓷或普通陶瓷（包括卫生瓷）配料
	>20	高级卫生陶瓷配料。
		一般卫生陶瓷（及日用陶瓷）配料
	>12	高级卫生陶瓷（及日用陶瓷）配料
		一般卫生陶瓷（及日用陶瓷）配料
		建筑卫生陶瓷及日用陶瓷配料
K_2O+Na_2O >10—15（K_2O Na_2O>2:1）		日用陶瓷建筑卫生陶瓷配料和釉料
		配料和釉料

对于某项化学成分达不到要求，而其它性能较好，或通过

+FeO）含量。

须测定SO_3。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2. 无线电陶瓷

项　　目	高　岭　土		
	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级
SiO_2（%）	40—48	40—48	48—52
Al_2O_3（%）	34—42	34—42	30—34
Fe_2O_3（%）	<0.5	<1	<1.2
TiO_2（%）	微　量	微　量	微　量
K_2O+Na_2O（%）	<0.4	<0.6	
CaO（%）	<0.5	<0.5	<1
MgO（%）	<0.5	<0.5	<1
烧失量（%）	11—17	11—20	<20
塑性指数	20	15	15
块度（毫米）	15—150	15—150	15—150
1300°C烧结后	均匀白色	均匀白色	白带微黄褐色斑点

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

长　　石	石　　英	
	I　级	II　级
63—66	>99.5	>98.5
18—22	<0.2	<1
<0.1	<0.01	<0.05
微　量		
12.5—16.5 (Na_2O<3)	<0.1	<0.2
<0.5	<0.1	<0.1
<0.5	<0.1	<0.1
1	0.2	0.2
20—150	50—250	50—250
熔融物质点		
及其它杂质		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

外观要求：

高岭土：Ⅰ级—白色，块状柔软具滑感，不应有可见石英、石灰质、铁化合物及带斑点或花纹；

Ⅱ级—白色或允许轻微的均匀蓝灰色，不应有可见石英、石灰质及铁化合物；

Ⅲ级—允许白色块状内有淡黄灰黑色夹层或均匀的浅灰色，不应有可见的石英、石灰质、铁化合物及较大的有机质。

长石：白、淡黄、肉红色，未经风化。

石英：白色，不允许含多量显著的红色铁质，铁杂质分布应集中，易于剔除。

3。电瓷（见下页465）

（二）供制一般陶瓷坯料的高岭土

1。 化学成分

Al_2O_3 18—20%；SiO_2 <70%；$Fe_2O_3 + TiO_2$ <0.7%；$CaO + MgO + K_2O + Na_2O$ 3—7%；烧失量6—7%

2。物理性能

可塑性指标为8左右。

对这类单元成瓷的高岭土，评价时需作制陶试验。

（三）辅助原料

1。白云岩（熔剂、釉料）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

项　　目	高岭土	塑性粘土	长　　石	石　英
SiO_2（%）	<55	45—60	<70	>98.5
Al_2O_3（%）	>33	22—33	>17	
Fe_2O_3（%）	<1	<1.2	<0.2—0.3	<0.15
TiO_2（%）	<1	<1		
K_2O+Na_2O（%）			>12	
$CaO+MgO$（%）	<1	<3		
塑性指数	<15	>30		
耐火度（°C）	>1700	>1580		
烧结温度（°C）		1250		
1300°C烧结后	白　色	白、灰白、青白色		

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

$CaCO_3 + MgCO_3 > 79\%$；$Fe_2O_3 < 0.3\%$，表面无铁锈。

2．萤石（熔剂）

$CaF_2 > 95—96\%$；$SiO_2 < 2.5—3.0\%$；

$Fe_2O_3 < 0.12\%$；$CaCO_3 < 1.0\%$；

Pb、Zn、S及重晶石为有害杂质。通过100号筛孔的粒度占55%以上。

3．石灰岩、白垩粉（熔剂）

(1)镁铁含量少的类型：$CaCO_3 > 96\%$；$MgCO_3 < 1\%$；$Fe_2O_3 < 0.25\%$；$SiO_2 < 2\%$；$SO_3 < 0.1\%$

(2)镁铁含量相当多的类型：$MgCO_3 \leqslant 8\%$

4．硅藻土（用以增加成品强度）

$SiO_2 > 85\%$；$Fe_2O_3 < 1\%$

5．滑石（提高电绝缘性及热稳定性）

滑石含量30—70%；CaO 4—6.5%；CaO:MgO = 1:4；$Fe_2O_3 < 0.5\%$（滑石瓷配料）

要求耐火性能高，色白，具固定收缩性。

6．石膏（陶瓷模型）：

$CaSO_4 \cdot 2H_2O > 85\%$；洁白，杂色极少。

注：在陶瓷原料中，有害杂质对陶瓷质量的影响

①氧化铁：它会降低粘土的耐火度，并使烧成后的陶

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

瓷显色(降低白度)或产生黑斑点，降低电瓷的电绝缘性。

②二氧化钛：降低耐火度，烧成后制品显灰色（在还原作用下）或浅黄色（在氧化作用下）。

③氧化钙和氧化镁：降低耐火度，降低烧结温度范围，过量则使制品发泡。

④碱金属氧化物：含量过多时会降低耐火度，使制品表面生成光滑的斑点而不能附着釉料，但含适量也有好处，可降低烧结温度，促进坯体烧结、节省燃料。

⑤硫：烧结时产生气体，破坏陶瓷品的结构，使制品起泡并发灰色。

⑥二氧化硅：游离二氧化硅过多会降低坯料的可塑性，影响产品的热稳定性及机械强度，并使制品产生裂纹或开裂；适量可减少制品变形、收缩。

三、高岭土矿的一般工业要求

（一）矿石质量要求

1。不同的工业部门对高岭土矿石的质量要求不尽相同，陶瓷工业通常要求高岭土矿石熟料的白度高，Fe、Mn、Ti等着色、电导性元素含量低，焙烧时使制品易熔，起泡的杂质和其它机械混入物少，有一定的耐火度，烧成后不变形；造纸工业要求矿石生料白度高，造浆性能好，颗粒微细、均匀，如用于刮刀涂布原料的应属以粒径小于2微

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

米的占80%以上鳞片状高岭石组成的高岭土；橡胶工业也要求粒度小，以产生高度的分散性和吸附性，并极少含Cu，Mn等易使橡胶过早硬化的杂质，Fe、SO_3的含量也必须很低，但对白度却无具体要求；耐火材料工业的基本要求是耐火度>1580°C；白水泥工业要求矿石中Fe_2O_3<0.7%，而对SiO_2、Al_2O_3等则无严格要求等等。

为此，在评价高岭土矿石时，应综合考虑各工业部门的相同与不同要求，以最低工业要求作为划分矿与非矿的标准，在此基础上划分出优质矿石，同时要考虑各种陶瓷对矿石质量要求。至于原矿的工业指标须通过矿床技术经济评价和矿床具体情况合理确定，在找矿评价时可参考如下指标要求：

(1) 按日用及建筑卫生瓷要求评价高岭土矿床的一般工业指标：

矿石 \ 项目		化学成分 (%)		
		Al_2O_3	$Fe_2O_3+TiO_2$	
			总量	其中：TiO_2
高岭土	原 矿	>18--30	<2	<0.6
砂质高岭土	原 矿	>14	<2	<0.6
	淘洗精矿*(-325目)	>24	<2.5	<0.7

* 淘洗率≥15%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

(2)按造纸涂料要求评价高岭土矿床一般工业指标

矿石类型	原矿或精矿	白度 %	粘度(厘泊)	精矿淘洗率(%)	露天开采技术条件		
					可采厚度(米)	剥离夹石除厚度(米)	平均剥采比(吨/吨)
高岭土	精矿	>80	<500		≥1	≥1	<6—8
砂质高岭土	精矿	>80	<500	>13			

注：①目前缺少实例，本指标是综合国内外资料拟订的，有待实践检验和修订；

②砂质高岭土原矿经制瓷试验证明能直接利用时，可采用原矿指标；若需水洗选矿后方能被利用时，应采用精矿指标。砂质高岭矿还应做白度测定。

③凡采用原矿指标的矿床，均要求选取适量有代表性的样品作淘洗试验（过325目水筛）了解淘洗率和精矿化学分析（项目与原矿相同）。

④若能保证矿床开发后的经济效益，淘洗率（即水洗通过325目筛的高岭土精矿产率）可酌情降低。

2.在实际工作中，常常有些中、小型高岭土矿床，其矿石质量要求与使用单位联系确定，如

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

江西景德镇瓷用高岭土矿的原矿不经洗选不能利用，故其矿石质量要求系指淘洗后的质量要求。

品级	淘洗后的化学成分要求（%）					物性要求
	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	$CaO+MgO$	SO_3	
Ⅰ级	>38	<0.5	<0.3	<1.0	<0.3	烧结后色白无斑
Ⅱ级	>30	<1.0	<0.5	<1.5	<0.5	
Ⅲ级	>25	<1.5	<0.7	<2.0		

又如浙江省有些中小型矿床，主要用于陶瓷工业，其普通分析不作化学分析，而代之以简易制陶试验，试验项目为干燥收缩、熟料白度、烧成收缩、烧成孔隙率等四项，可供工作中参考。

（二）开采技术条件

单层矿体可采厚度：≥1米（露采≥0.7—2米）

某些粘土中的块状高岭土可放宽至0.2米；

夹石剔除厚度：≥1米（露采≥1—2米）

露天开采的矿石，覆土剥离率（覆土厚度／矿体平均厚度）<2—3；须淘洗的高岭土，淘洗率（淘洗后的“精矿”重／原矿重）>13—15%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）浙江温州瓷土矿

该矿特点是：矿石含SiO_2高，含Al_2O_3低，与一般沉积-风化型矿床有很大差别，矿石须经漂洗除砂后才能作为陶瓷配料，以下指标是对除砂后矿石的质量要求，并非原矿石质量要求。

1．化学成分与制陶试验烧成结果

	项　　目	Ⅰ级品（合格）	Ⅱ级品（备用）
化学成分	$Fe_2O_3 + TiO_2$	<1.00%	<1.40%
	$K_2O + Na_2O$	<1.70%	<2.20%
烧成结果	吸水率	>12.00%	>7.0%
	白　　度	>77.5度	>65度

注：①化学成分与制陶试验结果矛盾时，以制陶为准；
②Al_2O_3，SiO_2只作一般了解，因其在陶瓷配料中可解决。

2．开采技术条件

覆土剥离率：矿体厚度1米，覆土厚度2—3米

漂洗（精矿）回收率>35%

可采厚度：1米；夹石剔除厚度：1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）江苏苏州高岭土矿

矿区	矿石品级	SiO_2（%）	Al_2O_3（%）	$Fe_2O_3+TiO_2$（%）	TS(%) SO_3(%)	可采厚度(米)	夹石剔除厚度(米)	备注
苏州阳山西矿	Ⅰ级	<47	>35	<1		≥1	≥2	
	Ⅱ级	<65	>24	<3		≥1	≥2	
阳山东矿	砂性土	>65	<25	<1		≥1	≥2	白度是主要指标
阳山北矿	Ⅰ级	<51	>34	<1.2*	<4.0	≥1	≥2	*为Fe_2O_3+MnO的含量要求；TS：代表全硫；SO_3：代表硫酸盐硫
	Ⅱ级	<55	>28	<3.5*	<2.0	≥1	≥2	
	Ⅲ级	<52	>34	<1.5*	<4.0	≥1	≥2	
	Ⅳ级	<65	>24	<1.5—4*	<7.0	≥1	≥2	
	表外	<70	>20	<4.5*		≥1	≥2	

注：①化学分析样品，基本分析项目为Al_2O_3、SiO_2、Fe_2O_3，组合分析项目为TiO_2、K_2O、Na_2O、CaO、MgO、SO_3和灼减；
②用选矿后的产品作物理技术性能试验，试验项目为粒度、可塑性、粘结力、耐火度、烧结范围、白度、干燥收缩和烧成收缩等；
③不必按品级圈定矿体，但须以统计法计算出各品级矿石量。

（三）湖南溆浦黄茅园膏界高岭土矿

该矿为斜长花岗岩风化残积型矿床，工业要求如下：

品级	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	可采厚度 (米)	夹石剔除厚度(米)
I 级	>35	<47	<1	1	2
II 级	>24	<65	<3	1	2

（四）湖南衡阳—衡山界牌坪田坛高岭土矿

该矿产于二云母花岗岩内接触带，产品供制细瓷、电瓷用，工业要求如下：

品级	Al_2O_3 (%)	SiO_2 (%)	Fe_2O_3 (%)	CaO (%)	MgO (%)	K_2O+Na_2O (%)
I 级	≥20	≤70	≤0.6	≤1	≤1	≤1.5
II 级	≥18	≤74	≤0.8	≤1	≤1	≤3
III 级	≥16	≤76	≤1.2	≤1	≤1	
级 外	≥14	≤76	≤1.2	≤1	≤1	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

最低可采厚度：1米

夹石剔除标准：0.5米

（五）安徽寿县孔家山钾长石矿

工业要求如下：

边界品位：K_2O 6%

工业品位：K_2O 9%

可采厚度：　　2米

夹石剔除厚度：　1米

五、综合评价

高岭土矿常共（伴）生有黄铁矿、明矾石、菱铁矿、叶腊石、钾长石、稀散元素、瓷石、石英岩、硬质粘土、铝土矿、膨润土、煤等，应注意综合评价。

六、附录

节录自高岭土矿地质勘探规范，详见表。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硅灰石

一、用途

硅灰石是一种新的工业矿物原料，国内外已得到广泛应用，其中主要用作建筑陶瓷原料、电焊条助熔剂、冶金保护渣、涂料油漆，其次用于橡胶、塑料的填充料和其它方面，如磨料、粘合剂、粉末灭火剂等。在建筑陶瓷工业上主要用作生产釉面砖原料，用硅灰石原料生产面砖具有成品收缩率小、强度大、缩短烧成时间、降低烧成护温可节省燃料等优点，经济效果显著。

二、矿石成分

硅灰石为$CaSiO_3$，含 SiO_2 51.7%，CaO 48.3%，理论成分应不含铁，但由于硅灰石在结晶过程中，容易将与Ca的离子大小相近似的 Fe、Mn、Mg、Ti、Sr带入结晶格架并代替Ca形成类质同象体，因此，自然界纯的硅灰石很少见。

硅灰石矿石的矿物成分以硅灰石为主，共生矿物有方解石、石英、透辉石和柘榴石等。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

（一）工业利用对矿石的质量要求

1。建筑陶瓷（釉面砖）用硅灰石矿石

硅灰石在相对较低温条件下很容易与氧化硅。氧化铝共熔，减少热膨胀，降低产品的收缩率，使其形态稳定；硅灰石针状颗粒提供了水分通过坯体快速逸出的通道，使干燥速度加快。建筑陶瓷用硅灰石，矿石要求硅灰石（矿物含量，下同）≥60%，或SiO_2 38—58% CaO 36—55%。

石英：石英是建筑陶瓷生产的有益矿物，但要限量，超过限量对烧成温度难以控制。建筑陶瓷用硅灰石矿石要求石英≤20%。

方解石：方解石在焙烧时产生CO_2，降低产品强度和增大吸水率。建筑陶瓷用硅灰石矿石要求方解石≤13%。

Fe_2O_3：Fe_2O_3含量过高会降低坯体的白度甚至发红。建筑陶瓷用硅灰石矿石要求Fe_2O_3≤1.7%，如采用白度高的釉料覆盖或烧制某些彩色面砖时则Fe_2O_3可放宽或不作要求。

2。油漆涂料用硅灰石矿石

硅灰石粉可部分代替钛白粉生产油漆和浅色涂

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

料。油漆涂料用硅灰石矿石要求SiO_2≥49%，CaO≥45%，Fe_2O_3≤0.2%，吸油量20—25%，水溶物≤0.5%，水萃取pH值7—8，325目矿粉白度≥90%

3．冶金保护渣用硅灰石矿石

硅灰石矿石可用作生产颗粒板坯连铸、模铸保护渣和无炭保护渣，在钢锭浇铸中保护钢锭的表面，使铸坯无缺陷，表面光洁。冶金保护渣用硅灰石矿石要求硅灰石≥50%，方解石≤30%，石英≤5%，S≤0.01%，P≤0.01%。

4．电焊条工业用硅灰石矿石

在电焊条工业中，硅灰石矿石可用作生产电焊条药皮配料，它起到助熔剂和造渣添加剂的作用，抑制焊接时的放电，减少飞溅，提高熔渣流动性，使焊缝成型整洁美观，增强机械强度。电焊条工业用硅灰石矿石要求SiO_2 45—55%，CaO 35—45%，MgO≤8%，S≤0.03%，P≤0.03%。

（二）一般工业指标

项　　目	可手选矿床		机选矿石矿床	
	含矿系数（%）		硅灰石含量(%)	
	露　采	坑　采	露　采	坑　采
边界品位	≥20—30	≥25—35	≥40	≥40
工业品位	≥25—35	≥30—40	≥45	≥50

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①视矿石质量优差和变化情况以及选矿手段工业品位可按块段或矿体计算。优质矿石可取下限，质量差的取上限。

②由于硅灰石矿石产出特征和手选、机选效率效益存在差别，故机选入选品位高于手选入选品位要求。

可采厚度：　露采≥1—2米，坑采≥1米

夹石剔除厚度：露采≥1—2米，坑采≥1米

四、矿床实例

（一）吉林省梨树县大顶山硅灰石矿床（接触变质型）

1。工业指标

矿体含矿率：边界含矿率≥30%

矿块工业含矿率≥35%

可采厚度：　≥1米（真厚）

夹石剔除厚度：≥2米（真厚）

单个矿体规模：长、延深分别≥25米

精矿（手选）化学成分：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

成　　分	SiO_2	CaO	Fe_2O_3	烧失量
含量(%)	38—58	36—55	≤0.8	≤7

2．精矿品级

品　级	SiO_2(%)	CaO(%)	Fe_2O_3(%)	烧失量
特　级	46—53	43—50	<0.20	<3.0
I　级	44—53	43—50	<0.50	<5.0
II　级	43—53	40—49	<0.80	<7.0

（二）湖北省大冶小箕铺下马林硅灰石（矽卡岩型）

边界品位：硅灰石≥20%

工业品位：硅灰石≥50%

I级品：硅灰石≥70%，Fe_2O_3≤1%

II级品：硅灰石50—70%，Fe_2O_3≤2%

III级品（表外品）：硅灰石20—50%，Fe_2O_3≤2%

最小可采厚度：2米

剥采比：1:3

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）吉林省盘石县长嵴子硅灰石矿床

工业含矿率：≥30%（单层厚度>5厘米）

手选后矿石质量：硅灰石≥60%，

方解石≤10%，

石英≤20%，

Fe_2O_3≤1.5%，

Fe_2O_3+FeO≤3%

最小可采厚度和最小夹石剔除厚度：2米

剥采比：<3

标高300米（当地侵蚀基准面）以上为表内矿以下为表外矿。

五、综合评价

经手选剔除与浮选分离出方解石块和方解石粉，一般均作为副产品加以利用。如系富含石榴石硅灰石矿，经电磁选后，柘榴石亦可加以回收。所以在地质勘探工作中应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

砖瓦粘土

一、性质分类和用途

用于制砖瓦的粘土，其颗粒较细，是各种矿物岩石碎屑组成的混合物，含有较多的杂质，耐火度在1350°C以下，属易溶粘土。依粘土所含杂质的不同性状，可分为普通粘土、砂质粘土、铁质粘土、泥灰粘土和黄土等。有些地方为节约或少占良田，采用粘土质页岩或矿山矸石（如煤矸石）制造砖瓦。

二、矿石成分

矿物成分：属塑性粘土质的有高岭石、绢云母及白云母；属无塑性杂质的有石英、褐铁矿、黄铁矿、方解石及白云石等。

化学成分：有Al_2O_3、SiO_2、Fe_2O_3、CaO、MgO、K_2O、Na_2O、水分、有机质等。成分较复杂，但只要其物化性能符合要求，可允许化学成分有较大范围的变化。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

对制砖瓦粘土，在其化学成分、颗粒组成、可塑性、所含杂质、含水率及颜色等提出要求。

（一）粘土中常见的矿物或杂质及其影响

石英：在粘土中呈松散的颗粒状，或形成夹层、透镜体，石英能降低粘土的可塑性，减少干燥收缩。

氧化铝：常以铝硅酸盐矿物形式存在。Al_2O_3含量多，粘土焙烧温度高，耐火度也高。

氧化铁：常见矿物为褐铁矿、含水赤铁矿、含水菱铁矿。氧化铁在粘土中是一种助熔剂，也是粘土的着色剂。当氧化铁在氧化或还原条件下焙烧时，则制品分别呈红色或灰黑至黑色。

氧化钙、氧化镁：以碳酸盐（方解石、白云石）矿物赋存于粘土中，呈粉末或碎屑至结核团块状。分散的碳酸盐能降低粘土的耐火度，增大烧成收缩，减弱铁的着色力，若呈碎块或结核状存在，焙烧后生成生石灰，吸湿后变成消石灰，从而使体积膨胀，使产品炸裂。

氧化钾、氧化钠：常以长石微粒状态存在于粘土中。长石可视为熔剂，能降低粘土的耐火度。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有机质：主要由植物[illegible]，它使粘土变色，烧成的制品气孔率增加。

对制砖工艺[illegible]有较大的影响（干燥收缩、焙烧收缩）颜色等。

（二）一般工业指标

1。制砖瓦粘土化学成分及允许波动范围

化学成分	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO
波动范围（%）	55—80	7—20	3—15	0—15
化学成份	MgO	K_2O+Na_2O	SO_3	有机质及化合水
波动范围（%）	0—3	1—5	0—3	3—15

2。粘土的颗粒组成

粘土的颗粒组成对粘土的成型、干燥、有较大影响。

国内对粘土的颗粒组成一般分为三级：

粘土级：颗粒粒径<0.005毫米

尘土或粉尘级：颗粒粒径介于0.005—0.05毫米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

粉砂或砂土级，颗粒粒径>0.05毫米

粘土各粒级含量如下

名　称	颗粒含量（%）	
	<0.005毫米(粘土)	>0.005毫米（尘土及粉砂）
肥粘土	>60	<40
粘　土	30—60	70—40
砂质粘土	10—30	90—70
砂　土	5—10	95—90
砂	0—5	100—95

按制砖瓦要求选择适当颗粒级组成的粘土加工制造，一般细颗粒多的肥粘土和粘土适宜于制瓦和薄壁空心制品，砂质粘土和粘土适宜制普通砖。

一般砖瓦粘土的颗粒组成范围及含量如下：

颗粒分级	粘土级 <0.005毫米	尘土(粒)级 0.005-0.05毫米	砂土级 >0.05毫米
波动范围(%)	9—38	10—55	2—26(其中>0.25毫米的不多于2%)

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

3，粘土的可塑性：可塑性是粘土的基本性能，主要取决于其固相和液相的性质，如固相的化学性质、分散度、微粒的含量和形状等，对同一种粘土，可塑性的高低尚取决于掺合液体的种类和数量。根据塑性指数大小，可将粘土分为：

粘土种类	塑性指数
高可塑性粘土	>15
中等可塑性粘土	7—15
低可塑性粘土	<7

一般制砖用粘土和砂质粘土，塑性指数应大于7；对瓦的坚固性、密实性、抗渗能力，因瓦体薄、外形较砖复杂，制瓦粘土比制砖粘土要求要高，不仅颗粒要细，杂质少，塑性指数相应要高些。

四、矿床实例

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（一）我国几个城市砖瓦粘土化学成分（%）

产　　地	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O+Na_2O	SO_3	烧失量
北京土桥砖瓦厂粘土	62.63	15.59	5.25	4.17	2.34	4.41		8.20
上海大中砖瓦厂粘土	64.15	15.41	6.60	2.38	2.67	其它3.57		5.22
天津水上公园粘土	59.24	15.57	3.95	5.56	2.51			13.17
湖北武汉市山土	68.53	17.12	2.87	3.79	0.93			6.35
陕西西安市黄土	59.70	16.40	3.60	7.70	2.30			10.30
四川成都市三砖厂粘土	63.96	16.75	8.15	2.64	0.88		0.71	6.50
辽宁丹东市砖瓦厂粒土	67.20	14.30	7.80	1.60	0.40			4.20

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）我国几个城市砖瓦粘土颗粒分级含量及塑性指数

产地	颗粒分级含量（%）			塑性指数
	砂土>0.05毫米	尘土0.05—0.005毫米	粘土<0.005毫米	
上海市大中砖瓦厂粘土	23.00	57.00	20.00	17
北京市豆店砖瓦厂粘土	28.00	52.84	19.16	—
湖北武汉市一砖厂粘土	11.50	55.00	35.50	15
陕西西安市黄土	5.50	71.00	23.50	11.4
四川成都市一砖厂粘土	14.50	59.80	25.70	13.00
辽宁丹东市砖瓦厂粘土	15.43	64.73	19.84	15.56

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）我国利用页岩、煤矸石及粉煤灰制砖瓦的几个实例

类别	产地	化学成分（%）							
		SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	K_2O+Na_2O	SO_3	烧失量
页岩	四川重庆市二砖厂	60.20	16.50	6.30	4.20	2.00	4.60	—	6.10
	四川资阳页岩砖厂	51.70	15.58	6.42	7.88	2.42	—	—	10.46
	辽宁抚顺市绿页岩	49.40	16.33	7.08	5.01	4.07	—	0.73	17.35
煤矸石	四川滴水岩煤矿	54.70	16.89	5.43	2.70	0.91	—	微量	17.04
	江西萍乡煤矿	53.58	16.74	5.17	2.70	1.55			17.28
	山东新汶县煤矿	53.18	15.53	7.34	4.14	0.97			16.30
	河南焦作王封煤矿	51.19	25.77	4.13	2.34	0.78			17.24
粉煤灰	北京电厂	43.89	22.80	7.10	3.43	0.86	—	—	7.24
	上海吴泾电厂	54.86	29.81	8.32	2.54	1.30	—	—	13.02
	辽宁抚顺电厂	49.60	16.53	7.28	5.01	1.08			13.02
	湖南株州电厂	52.36	22.87	3.64	1.60	1.84	—	—	15.41

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（四）页岩颗粒组成和塑性指数

产地	颗粒组成（%）			
	>0.05毫米	0.05—0.005毫米	<0.005毫米	塑性指数
四川重庆市二砖厂页岩	61.23	27.41	11.38	10
四川资阳页岩砖厂	33.92	44.90	21.21	15

（五）磨细煤矸石颗粒组成、塑性指数

产地	颗粒组成（%）					
	>2毫米	2—1毫米	1—0.5毫米	0.5—0.1毫米	<0.1毫米	塑性指数
四川滴水岩煤矿煤矸石	10.45	7.35	33.20	23.00	25.40	8
江西萍乡煤矿煤矸石	8.60	3.60	27.10	26.75	33.50	6
山东新汶县煤矿煤矸石	11.60	7.30	31.20	30.20	20.20	7
河南焦作王封煤矿煤矸石	16.60	7.20	26.55	22.70	26.55	9

大 理 岩

一、用途

大理石是由我国云南大理出产的著名石材而得名，它包括大理岩、白云质大理岩、蛇纹石化大理岩、结晶灰岩及白云岩等。大理石结构致密，颜色不一，往往含有某些杂质或具有特殊的构造形成花纹，且具有硬度不大、易于开采、加工等特点，广泛用作高级建筑物室内外的饰面材料，如用于墙面、地面、柱面、窗台、楼梯、栏杆等，少数高度致密均质者可加工成塑像或纪念碑。此外尚可用作电气绝缘、工艺美术品原材料；白色大理石加工细磨成粉可作造纸填充料等；开采加工中的废料还可作为水磨石、水刷石、汰石子、干粘石等优良骨料。

二、矿物成分

大理石的主要矿物成分是方解石和白云石。此外，常含有石英、玉髓、石墨、赤铁矿、黄铁矿、绿泥石等矿物，化学成分主要是碳酸钙（$CaCO_3$）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

及不定量的氧化镁、氧化硅、氧化铝及氧化铁等。

三、一般工业要求

（一）建筑装饰材料

1．质地细腻、致密、颜色和花纹美观、稳定。

2．加工性能良好，开采、锯切时不易破碎，容易磨成光面，节理不发育。

3．荒料规格一般最小块度0.6×0.5×0.3米^{3}不允许有裂缝。

4．用于室外装饰材料时还要求有良好的耐久性。

大理石中若含多量石英、玉髓，会使开采和技术加工发生困难；若绿泥石在大理石中呈薄夹层状分布，则会引起大理石板的分裂，并降低其机械性能；若黄铁矿含量多，会影响大理石绝缘性能，氧化后呈铁质斑点，严重影响大理石美观。

5．其它物理性能：根据不同用途，要求测定并提供矿石光泽度、抗压强度、抗折强度、抗蚀强度、磨耗率（耐磨率）以及吸水率等。

（二）电工材料

一般不考虑其美观程度，主要视其机械性能和

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

绝缘能力。

一般要求如下：

干燥时大理石的体积电阻系数为10^{13}欧姆／厘米（直流500伏时）。

吸湿后大理石的体积电阻系数为10^{7}—10^{9}欧姆／厘米（直流500伏时），做电工材料的隔电板，则要求新鲜未经风化的，可钻性好，能钻眼、磨

机械性能和导电性能的基本要求

项　目	A类大理岩			B类大理岩
	Ⅰ级	Ⅱ级	Ⅲ级	
瞬时抗挠曲强度（千克／厘米^2）不小于	125	100	40	100
吸水率（%）不大于	0.15	0.25	0.40	0.25
暴露于相对湿度为95%的空气中，经48小时后，在直流电压为500伏时的体积电阻系数不小于（欧姆/厘米）	10^8	10^7	10^7	10^7
在120°±10°（在空气中干燥24小时）即干燥状态下的平均电场击穿强度（千伏／厘米）	30	20	20	10

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

光，具有一定机械强度和绝缘能力，不允许有肉眼见到的导电杂质，如黄铁矿、磁铁矿等。

（三）美术工艺品

颜色、花纹鲜艳，无裂隙，块度＞0.15立方米，雕刻性能良好。另外，单就块度本身来讲，也还存在因材适用的问题，即大块度成大材，小块度成小材，以充分利用资源。

四、矿床实例

（一）湖北黄石象鼻山大理石矿

1．品种：晶白（028）白色大理岩，晶白（028—1）白色大理岩，雪浪（022）灰白色玉絮状大理岩，秋景（023）深棕色浅棕色含砾条带状大理岩，虎皮（024）灰黑色流纹状大理岩、黑白相间条带状大理岩。

2．荒料规格：0.68×0.58×0.4米^3。

3．勘探深度：（最低开采标高）不低于矿区附近的地面标高50米。

4．可采厚度和夹石剔除厚度均为2米。

（二）湖南双峰县黄田铺大理石矿

1．大理石颜色为黑色、深黑灰色，均匀、稳定，允许方解石白色条带存在。但其宽度不得超过

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2厘米。

2．最小荒料规格：68×68×25厘米³

3．测定并提供大理石光泽度、抗压强度、抗折强度、容重、吸水率和耐磨等物理数据。

4．取少量样品作化学分析。

5．矿体最小可采厚度2米，夹石剔除厚度2米。

6．最低开采标高为海拔100米，储量计算边坡角65°。

（三）江苏宜兴白云洞、南天门大理石矿

1．装璜大理石，磨光面要求花纹均匀、稳定，色泽调和，没有突然变化。

2．对大理石荒料要求

白云洞荒料最小规格，不能小于0.65×0.65××0.30米³

南天门荒料最小规格，不能小于0.45×0.45××0.30米³。

3．最低可采厚度2米，夹石剔除厚度2米。

4．地表风化带扣除2米。

（四）浙江杭州石龙山石灰石矿（大理石板材）

1．装璜大理石外貌为深灰和浅灰色，磨光面要求花纹均匀、稳定、色泽调和，没有突然变化。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2．对岩石物理性能和节理裂隙情况加以了解（物理性能包括抗压、抗折、抗剪、抗冻、吸水率、电击穿、导电性、电阻率等）。

3．开采技术条件：最低可采厚度2米，夹石剔除厚度2米，边坡角60°。

（五）北京房山高庄汉白玉

1．质量要求：质地细腻、致密，颜色为纯白，色调均一。

2．可加工性：加工性能好，能切成一定规格的板材，能磨成光面，节理不发育，无裂痕，硬度中等，开采出的荒料块度不小于40×40×30厘米³。

3．其它物理性质：要求测定抗蚀强度、抗压强度、韧性、磨光率、吸水率、抗折强度等。

五、附录

（一）天然大理石荒料部标准（JC202—76）

国家建筑材料工业总局，1976年部标准中有关品种、规格及技术要求的规定

1．天然大理石必须是能够磨得光亮的、富有装饰性的岩石。天然大理石荒料（简称荒料）是从矿床开采出来的具有规则形状的石材，主要用于加工制作建筑装饰材料和其它制品。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2. 荒料品种按其矿藏所具有的相对稳定的颜色和花纹特点而定。开采中如果颜色和花纹特点与原定品种相比有明显变异时，不能作为同一个品种。

3. 荒料分为规格料、协议料两种。

（1）规格料定为以下九种：

长度（厘米）	90	68	98	115	130	195	140	165	160
高度（厘米）	48	68	68	85	98	98	130	115	130
宽度（厘米）（厚）	25	25	25	40	40	40	40	40	40

注：规格料的厚度不得小于表中规定，也不得超过需货单位提出的最大厚度要求。

（2）协议料的规格，由供需双方协商规定。

4. 单块荒料的重量应适应当地开采和装卸运输条件。

5. 每块荒料的颜色深浅，花纹特征，应符合该品种的要求，不得有风化现象和带有该品种不应有的明显色斑，色线及其它坚硬杂质。

6. 凡有花纹走向要求的品种，荒料大面应符

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

合花纹走向的规定。（荒料大面即指加工板材平行于大锯锯条的二个面。）

7．荒料的两个大面（成材面）不得有裂纹；宽度超过40厘米的荒料，每宽40厘米，在四个侧面上允许有大致平行于大面的裂纹一条，但裂纹两端所影响的宽度不得超过5厘米。

8．规格料应为方形或矩形六面体，其外形规格应符合下列要求：

（1）规格（长、高尺寸）不允许有负公差，正公差不超过6厘米。

（2）角度偏差不超过5厘米。

（3）平度偏差不超过3厘米。

9．荒料的外观缺陷：

（1）破损深度不超过3厘米不作缺陷论。

（2）每块荒料允许有棱角缺陷一处，大小不得超过长30厘米、宽8厘米、深5厘米。

10．对有特殊需要的荒料，可由供需双方另行议定其技术要求。

（二）国家建筑材料工业总局1976年部标准（JC79—76）关于天然大理石建筑板材的规格要求

天然，大理石建筑板材是用大理石荒料经过锯、切等工序加工而成的产品，主要供建筑工程室

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

内外装饰用。镜面产品适宜于室内使用。板材规格分为定型与非定型两类。

常用定型产品规格（单位：毫米）

长	宽	厚	长	宽	厚
300	150	20	1200	900	20
300	300	20	305	152	20
400	200	20	305	305	20
400	400	20	610	305	20
600	300	20	610	610	20
600	600	20	915	610	20
900	600	20	1067	762	20
1070	750	20			

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

饰面石材

一、用途

饰面石材主要用于建筑物的内外贴面，只要具有必要的装饰性和耐用性，并具有一定块度，适于加工的岩石均可作为饰面石材。天然饰面石材按商品分类可分为三大类：即大理石类、花岗石类和板石类。其中大理石类包括各种大理岩、蛇纹石化大理岩、蛇纹岩、石灰岩、生物灰岩等；花岗石类包括花岗岩、闪长岩、正长岩、辉长岩、混合岩、结晶变质岩等；板石类包括板岩等。后者多属直接制板贴用，一般不需抛光。

二、一般工业要求

1.颜色、花纹美观稳定。目前一般以黑色的、红色的及白色的较为适销。

2.有碍装饰性能的色斑、色线或金属硫化物、氧化物以及空洞等要小和少。

3.荒料块度一般要求$>0.5m^3$，对于名贵品种及地方小规模开采，块度也可以小一些。板材面积

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

0.30×0.15—0.30m²以上。荒料率一般要求大于15—20%。

4.具有较好的锯、磨、抛光、切等加工技术性能。

三、附录

国家建筑材料工业局花岗石加工饰面板材的荒料规格料部标准（JC204—85）

规格范围	规格尺寸（cm）						
长　　度	210	160	130	169	115	100	84
高　　度	110	130	100	96	85	70	44
宽　　度	95	77	60	46	40	40	32

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

耐酸石材、耐碱石材

一、性质和用途

在化学工业中对天然石材根据其化学成分、结构、构造等，分为耐酸和耐碱两大类。天然耐酸石材对各种强的无机酸和有机酸有很高的耐腐蚀能力，其结构致密者对苛性碱、碳酸碱及氢氧化物溶液也有一定的耐腐蚀能力；天然耐碱石材对苛性碱、碳酸碱、碳酸盐等有优良的耐腐蚀性能。它们主要用于建筑物或设备（容器）的防腐材料；铺砌耐酸碱池、地平面层及耐酸碱池槽；加工成各种精度的粗细管材及粉料，作为耐腐蚀性的填充料。

二、种类

（一）耐酸石材

包括花岗岩、石英岩、辉绿岩、辉长岩、玄武岩、安山岩等。

（二）耐碱石材

包括石灰岩、白云岩、大理岩等。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

（一）耐酸石材

1．化学成分：SiO_2不少45%且含量越高越耐酸，Al_2O_3＞13—15%。

2．物理性能

（1）要求矿物分布均匀、组织结构致密、坚硬的新鲜岩石。

（2）不得有明显气孔，吸水率＜1.5%。

（3）耐酸率97.5—98.5%，浸酸后的抗压强度不低于原有强度85%。

（4）膨胀系数小于8×10^{-6}（即0.000008）。

（二）耐碱石材

对于耐碱石材要求CaO、MgO含量越高越耐碱，有些耐酸石材SiO_2含量很高、结构容量大、孔隙率小，亦可作为耐碱材料使用。

四、矿床实例

青岛料石总厂生产的花岗岩（用作耐酸碱石槽及地面石）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

化学成分及耐酸率

SiO_2	Al_2O_3	K_2O+Na_2O	Fe_2O_3	CaO	MgO	耐酸率
76.6%	14.39%	9.07%	1.14%	1.34%	0.68%	97.5%

五、矿床综合评价

某些花岗岩类岩石还用作建筑装饰石材，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

铸石原料

（辉绿岩、玄武岩等）

一、性质和用途

铸石原料主要为辉绿岩、玄武岩，附加料有角闪岩、白云石、萤石。它们的作用是调整铸石的化学成分，降低原料的熔化温度，并增加其流动性。铬铁矿或钛铁矿是结晶剂，它是铸石的结晶核心，并可加速结晶作用。

原料经破碎、配料、熔化、浇铸、结晶、退火后即成铸石制品，包括板材、管材和铸石粉三类。它具有较高的耐化学腐蚀和耐磨性能，并具有较大的硬度和机械强度，其耐酸碱度可达99%以上，耐磨度在一定条件下，比碳素钢高五倍以上。已广泛用于矿山、冶金、电力、煤炭、建材、轻纺等工业部门，承受各种剧烈酸碱（除氢氟酸和过热磷酸）的腐蚀。

二、一般工业要求

据大连辉绿岩厂的生产经验，对原料的要求大

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

致为：

辉绿岩：SiO_2 45—51%，$Al_2O_3+TiO_2$ 15—20%（TiO_2 5%左右），Fe_2O_3 12—17%，CaO 9—11%，MgO 4—7%，$K_2O+Na_2O<3\%$。

角闪岩：SiO_2 46—49%，$Al_2O_3+TiO_2$ 6—12%，Fe_2O_3 8—12%，CaO 5—12%，MgO 18—25%，SO_3 0.13—0.2%。

白云石：$MgO>18\%$，$CaO>30\%$

萤石：$CaF_2>85\%$

铬铁矿：$Cr_2O_3>10—20\%$，$SiO_2<10\%$

以上原料经配料，配成理想的辉绿岩铸石化学成分为：

组份	SiO_2	$Al_2O_3+TiO_2$	Fe_2O_3+FeO	CaO	MgO	K_2O+Na_2O
含量（%）	47—49	16—21	14—17	8—11	6—8	2—4

三、矿床实例

（一）陕西略阳田坝辉绿岩

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1．化学成分：田坝I号辉绿岩脉平均含量（%）：SiO_2 50.65，Al_2O_3 15.81，Fe_2O_3 10.33，CaO 7.71，MgO 5.75，K_2O 1.59，Na_2O 3.80，烧失量2.96。

2．配料比：辉绿岩78%，铬铁矿8%，角闪岩8%，白云石4%，萤石2%。

3．物理性能：比重2.1—3.1克／厘米^3，抗压强度＞6000千克/厘米^2，抗弯强度＞600千克/厘米^2，冲击韧性＞1.4千克·厘米／厘米^2，耐磨系数：0.3—0.5克／厘米^2，磨损度＜0.08克／厘米^2，硬度7—8级。

4．化学性能：耐浓硫酸（95—98%）＞99%，耐硫酸（20%）＞96%，耐氢氧化钠（20%）＞98%。

（二）江苏六合塔山玄武岩

SiO_2 47—49%，Al_2O_3 14—20%，其铸石产品完全达到了部颁标准。

（三）黑龙江牡丹江市黄花铸石玄武岩（无正式工业指标）

化学成分：SiO_2 43—49%，Al_2O_3 11—20%，MgO 5—11%，CaO 5—13%，Fe_2O_3 5—7%，K_2O+Na_2O 1.5—5.5%。经生产实践证明，该玄

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

武岩用于铸石其质量甚佳。

（四）湖南耒阳春江铺玄武岩

化学成分：

SiO_2 45—51%，Al_2O_3 10—15%，

CaO 9—11%，MgO 4—7%，

TiO_2 5%±。

夹石剔除厚度 ≥0.5米

剥采比： <0.5

开采边坡角：

岩石矿床为55°—65°

松散状矿床为45°

（五）北京门头沟大峪铸石玄武岩

玄武岩矿床矿石质量较佳，经半工业试验证明用作铸石时具有配方简单、熔化温度低、结晶时间短、制品韧性强等特点。

矿石具斑状结构，斑晶以斜长石及辉石为主。斜长石含量55—65%，粒径0.1—1毫米，磁铁矿含量2%，粒径0.01—0.5毫米，蚀变矿物少。

化学成分标准值为：

SiO_2 49%，Al_2O_3 15%，

Fe_2O_3 12%，CaO 8%，

MgO 6%，Na_2O+K_2O 4%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业波动值为：

SiO_2 44—49%，　Al_2O_3 15—19%，

Fe_2O_3 11—14%，CaO 6—8%，

MgO 6—8%，　　Na_2O+K_2O 4%

稳定系数：

SiO_2＜2—3

浅色矿物／暗色矿物：≤1

单矿体石英：＜1

稳定金属矿物（钛铁矿）：＞3

可采厚度：　　＞ 5米

夹石剔除厚度：2米

四、附录

建材部部标准Jc242—81通用普型铸石制品中关于制品的理化性能指标要求如下表：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

	项目		指标
耐酸、碱度（%）	浓硫酸（化学纯GB625—77，95—98%）	不低于	99
	20%硫酸（化学纯GB625—77）	不低于	96
	25%氢氧化钠（化学纯GB629—77）	不低于	98
磨损度，（克／厘米²）		不大于	0.09
耐急冷急热性能	水浴法：20—70°C反复一次		(50/14)*
	气浴法：25—200°C反复一次		
冲击韧性，（千克·厘米／厘米²）		不低于	1.60
抗压强度，（千克／厘米²）		不低于	6000
弯曲强度，（千克／厘米²）		不低于	650

* （50/14）系表示抽取50块样品经检验后若不合格品不超过14块则指标合格。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

膨胀珍珠岩原料

（珍珠岩、松脂岩、黑曜岩）

一、性质和用途

珍珠岩、松脂岩、黑曜岩在高温（1200°C左右）条件下，体积迅速膨胀数倍至三十倍不等，是制作优质超轻绝热材料——膨胀珍珠岩的主要矿石资源。膨胀珍珠岩是一种新型轻质、白色、多孔的粒状无机材料，具有容重轻（40—250千克／米³）导热系数小（0.03×4.1868千焦耳／米·时·°C—0.06×4.1868千焦耳/米·时·°C），使用温度范围广（-250°C—+800°C），吸音性能好，化学稳定性强，能防火、隔热、保温、吸湿性小等特性，广泛用于冶金、石油、化工、电力、建筑和国防等工业的热工设备及厂房、窑炉、冷热管道、仓库、气体液化和贮运的保温保冷工程设备上。膨胀珍珠岩还可制无机过滤材料，作助滤剂用，制疏水珍珠岩用于处理海水污染；在建筑上用膨胀珍珠岩制作的构件，具有体轻价廉，并可节约钢材等优点，在运输、农业、食品以及制药等方面也有广泛应用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、矿石成分和物理性质

（一）矿石成分

膨胀珍珠岩是酸性火山玻璃质熔岩—珍珠岩、松脂岩、黑曜岩高温焙烧膨胀物的总称，它们的基质都是酸性玻璃质，含一定量的结合水，少量透长石、石英等斑晶和星点状磁铁矿。其一般化学成分为：SiO_2 68—74%，Al_2O_3 12%±，Fe_2O_3 0.5—3.6%，MgO 0.3%，CaO 0.7—1.0%，K_2O 2—3%，Na_2O 4—5%，H_2O 2.3—6.4%。

（二）物理性质

颜色：灰、绿、褐、棕黄、墨绿及黑色等。

光泽：玻璃光泽、松脂光泽、珍珠光泽和油脂光泽。

结构及构造：全玻璃质结构、玻基斑状结构、玻璃质微晶结构，珍珠构造、斑状构造和角砾状构造等。

断口：贝壳状，硬度5.2—6.4，比重：2.2—2.4，折光率1.492—1.506；耐火度：1300—1380°C，膨胀倍数：3—30倍。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、一般工业要求

膨胀珍珠岩原料——珍珠岩、松脂岩、黑曜岩工业价值大小的确定，主要是依据它们在高温下焙烧后的膨胀倍数和产品容重。

（一）物理性能

1．膨胀倍数K_0＞7—10（黑曜岩＞3可用）

注：由于实验室测定膨胀倍数所用的高温马弗炉，与工业上焙烧用的立式炉或卧式炉的加热方式、焙烧条件不同，所以膨胀倍数相差较大，应将实验室简易焙烧膨胀倍数K换算成工业生产的膨胀倍数K_0［$K_0=5.2\ (K-0.8)$］

2．容重≤80—250公斤／米^3

3．质量要求

（1）矿石呈无色透明或略带浅色的全玻璃质体，珍珠结构发育。

（2）没有或有轻微去玻璃化作用。

（3）无斑晶或偶见微晶。

（4）化学成分：SiO_2：70%±；H_2O：4—6%。

Fe_2O_3+FeO＜1%为优质，Fe_2O_3+FeO≥1%为劣质。

注：当酸性熔岩喷发出地表，由于岩浆骤冷而有很大

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

粘度，使大量水蒸汽未能从岩浆逸散而存于玻璃质中。当焙烧时，因突然受热达到软化温度，玻璃质中结合水汽化产生很大压力，体积迅速膨胀。在玻璃质冷却至软化温度以下，便凝成空腔结构，形成多孔的膨胀珍珠岩。因此玻璃质是引起矿石膨胀的基础条件，水是引起矿石膨胀的内在原因。

铁质是影响矿石膨胀的不利因素之一。

类	容重（千克／米³）	K（倍）	K_0（倍）	Fe_2O_3+FeO（%）	用途
I	≤80	≥3.5	≥ 15	<1.0	保温材料
II	≤150	≥2.5	≥ 8	<2.0	轻质填料
III	≤250	≥2.0	≥ 3		混凝土细骨料

（二）开采技术条件

可采厚度：　　≥1—2米

夹石剔除厚度：≥1—2米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、矿床实例

（一）吉林省九台县珍珠岩矿床

1．膨胀倍数：凡膨胀倍数≥7（倍）者，均按有用矿物计算，它是圈定矿体的主要依据。

2．化学分析：以SiO_2、Al_2O_3、Fe_2O_3、CaO、MgO烧失量为主，K_2O、Na_2O、H_2O^+的分析及折光率测定仅作部分了解。

3．开采技术条件

最低可采厚度：2米

开采边坡角：≤60°

夹层剔除厚度：1米

剥采比：≤0.25

（二）河南信阳上天梯珍珠岩矿

1．质量要求

Ⅰ级品：膨胀倍数≥15

Ⅱ级品：膨胀倍数≥10

Ⅲ级品：膨胀倍数≥7

2．开采技术条件

最小可采厚度： 2米

最小夹石剔除厚度： 2米

边坡角： 45°

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

剥采比：1.5:1

五、附录

国家建筑材料工业局1977年部颁标准（JC209—77）对膨胀珍珠岩的技术要求

膨胀珍珠岩是一种由酸性火山玻璃质熔岩（即珍珠岩矿石等），经过破碎、预热、焙烧而制成的具有多孔结构的粒状松散材料，适用于－200—800°C范围内作为保温、隔热等材料。按其容重分为三类产品，其技术指标应符合下表规定：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

指标名称	单位	产品分类		
		Ⅰ	Ⅱ	Ⅲ
容重	千克／米³	小于80	80—150	150—250
粒度	重量百分比（%）	粒径大于2.5毫米的不超过5；粒径小于0.15毫米的不大于8	粒径小于0.15毫米的不大于8	粒径小于0.15毫米的不大于8
常压导热系数	千卡/米时·℃ ($\bar{t}=25°C$)	小于0.045	0.045—0.055	0.055—0.065
含水率	重量百分比（%）	<2	<2	<2

注：卡已改用焦耳　　1卡＝4.1868焦尔

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

陶粒原料

一、性质和用途

陶粒原料或称陶粒页岩，系指用于制造陶粒的岩石，包括沉积形成的粉砂岩至泥质岩石，火山岩至火山沉积岩类岩石（如珍珠岩、凝灰岩、凝灰质砂页岩等）以及它们经变质而成的千枚岩、板岩等。

陶粒是用回转窑生产的一种人造轻质骨料，分普通型陶粒及圆球型陶粒。圆球型陶粒系陶粒原料经破碎、筛分、成形、焙烧而成。其外部具有坚硬的外壳，内部具有封闭式的微孔结构，具有体轻、高强、隔热、耐火、耐水、耐化学及细菌腐蚀以及抗冻、抗震等优良性能，广泛用于建筑业作轻质骨料，此外在化学、冶金、农业、园艺等方面也有应用。

二、化学成分及作用

陶粒原料的化学成分按其作用可分为三部分：

1．SiO_2和Al_2O_3，在原料中约占3/4，是成陶

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

主要成分，含量过高，膨胀性能变低；含量过低，影响陶粒强度。

2．Na_2O、K_2O、CaO、MgO等，是熔剂氧化物，起助熔作用。含量过多料球易发生粘结，甚至熔融；含量过低，膨胀性能变低。

3．FeS_2（黄铁矿）、Fe_2O_3（赤铁矿）、FeO（OH）（褐铁矿）、$CaMg(CO_3)_2$（白云石）、$CaCO_3$（方解石）、$CaSO_4$（石膏）、C（碳）等，是发气物质，能使生体物质发泡。

三、一般工业要求

（一）质量要求

1．化学成分：SiO_2 50—70%，Al_2O_3 10—20%，Fe_2O_3 5—10%，CaO+MgO 3—8%，K_2O+Na_2O 1.5—5%，有机质1—2%，烧失量5—10%。

2．矿物组成：粘土矿物总量>40%，以伊利石、水云母、蒙脱石为主，次为高岭石。

3．颗粒度：小于0.005毫米>50%，大于0.05毫米<25%。

4．烧胀性能：（由对口厂或设计院提出具体要求）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）开采技术条件

可采厚度：

陡倾斜矿层　　≥20米

缓倾斜矿层　　≥6米

夹石剔除厚度：≥2米

剥采比：　　<1

四、矿床实例

（一）北京木城涧陶粒页岩矿

北京市陶粒厂对木城涧矿区质标要求：

膨胀温度范围：1090—1200°C

平均颗粒容重≤1.2克/厘米³

最佳膨胀温度间隔：一般要求>40°C（膨胀温度在1110—1150°C），对不符合此项指标的样品应以综合评定结果为准。

通过对样品膨胀结果的综合评定，按优、良、差、劣四个等级划分烧胀样品。以组合样或单个样品，按优、良两类样品圈定矿体。

夹石剔除最大厚度：2米

边坡角：55—60°

剥采比：不大于1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1. 木城涧矿区陶粒矿石烧胀结果分类

样品分类	最佳烧胀温度的颗粒容重（克／厘米³）	最佳膨胀温度间隔（°C）	最佳膨胀温度（°C）	外观评定
胀优	0.8左右	60以上	1150左右	膨胀均匀、断面孔分布均匀
胀良	1.0左右	60左右	1150左右	
胀差	<1.2	40以下	1150左右	
胀劣	>1.2	30以下	/	

2. 木城涧矿区陶粒矿石化学成分（%）

岩石 / 化学成分（%）	粉砂岩	泥岩
SiO_2	64.91—68.11	62.84—64.41
Al_2O_3	15.23—16.75	16.54—17.4
Fe_2O_3	0.78—3.14	1.47—4.08
FeO	2.88—5.27	2.37—5.84
CaO	0.46—0.87	0.39—1.18
[illegible]	1.32—2.37	1.51—2.21
MnO_2	0.05—0.10	0.07—0.10
K_2O	2.80—3.20	2.45—3.70
Na_2O	2.15—2.39	1.72—1.74
P_2O_5	0.15—0.22	0.16—0.20
TiO_2	0.68—0.81	0.72—0.92
H_2O^-	0.15—0.28	0.14—0.46
H_2O^+	2.7—3.55	3.77—4.0
烧失量	—	0—5.38

（二）新疆大洪沟陶粒泥岩矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1．化学成分(%)：SiO_2 58— 65，Al_2O_3 14.5—17，Fe_2O_3 4.5—10.4，CaO 0.31—2.1，MgO 0.9—2.3，K_2O 2.23—2.94，Na_2O 1.48—2.12，有机质0.33—0.82。

2．颗粒度

颗粒度（毫米）	>2.0	2.0—0.05	0.05—0.005	<0.005
含量(%)	10.5	3.8	27.2	52.5

3．矿石工艺特性：烧胀温度1120—1170°C。当加入外加剂时在1170°C焙烧可获取 0.38 克／厘米³的陶粒。

（三）克拉玛依陶粒粘土矿

1．化学成分：SiO_2 55.51%，Al_2O_3 18.02%，Fe_2O_3 5.49%，CaO 3.14%，MgO 2.42%，K_2O 1.96%，Na_2O 1.68%，有机质0.79%，烧失量 0.74%。

2．矿石工艺特性：烧胀温度1170—1240°C，最佳膨胀温度范围在1270°C左右。掺入外加剂后，焙烧颗粒容重可大幅度下降，并降低焙烧温度，且陶粒表面光滑，无开裂。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

叶 腊 石

一、性质和用途

叶腊石的分子式为 $Al_4[Si_8O_{20}][OH]_4$，熔点平均为1700°C，当加热到1000°C时，叶腊石便失去其化合水，加热到1150°C时，它过渡为富铝红柱石和方英石。如有MgO存在，这种变化能在更低的温度下—约1060°C发生，而在900°C时，常能形成镁尖晶石作为初期产物。这一性质和变化使叶腊石用作耐火材料。

叶腊石除用作耐火材料外尚可用作陶瓷原料、建筑材料、杀虫剂的掺合料；在橡胶、造纸、糖果、油漆等工业部门用作填充料；此外在人造金刚石、石油、玻璃纤维、电气等工业以及医药方面也有应用。光泽好、颜色美观的叶腊石可作为美术工艺品的原料，如寿山石、青田石、鸡血石、冻石等。这类叶腊石又常以产地或光泽、颜色及伴生矿物定名，如鸡血石为叶腊石中伴生辰砂颜色得名。

注：据研究在我国闽浙一带部分原称为叶腊石的，实际是迪开石组成的岩石。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、矿石成分

叶腊石为含水的铝硅酸盐矿物。叶腊石矿石除叶腊石矿物外，常含有少量的石英、长石、含铁矿物、水云母、迪开石、高岭石及水铝石等。

主要化学组成：Al_2O_3：28.3%，SiO_2：66.7%，H_2O：5%

此外，还含微量的Fe、Ti、S、P、K、Na、Ca、Mg等杂质。

三、一般工业要求

（一）工业利用对矿石的质量要求

耐火材料用：（见实例）

作陶瓷原料用：（见实例）

作填充料用：白度>70—80%，

水分<0.5%，

化学性能稳定的叶腊石含量：>80—85%。

糖果填料用：砷（As）<0.0014%。

橡胶工业用：Fe_2O_3<1—1.5%，

烧失量，<8%，

水分：<0.5%，

叶腊石含量>80—85%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）一般工业指标

化学成分	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3
含量（%）	≥16	≤75	≤1.0

可采厚度：　　1—2米

夹石剔除厚度：1—2米

四、矿床实例

（一）福建福州峨眉叶腊石矿（作耐火材料用）

矿石品级	化学成分（%）					耐火度	
	Al_2O_3	Fe_2O_3	CaO	MgO	灼减	边界	工业
Ⅰ级	≥24	≤2	<1	<1	<8		≥1670°C
Ⅱ级	≥20—24	≤2	<1	<1			1650°C
Ⅲ级	≥16—20	≤1	<1	<1		≥1610°C	≥1630°C

最低可采厚度：2米

夹石剔除厚度：2米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）浙江上虞叶腊石矿（作陶瓷原料用）

品级	Al_2O_3 (%)	Si_2O (%)	Fe_2O_3 (%)	K_2O+Na_2O (%)
高铝	≥ 25	≤ 70	<0.5	<0.6
中铝	≥ 21	≤ 75	≤ 0.5	<1.2
低铝	≥10		≤ 0.5	<1.2

（三）浙江叶腊石矿（作陶瓷原料用）

品级	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	K_2O+Na_2O
Ⅰ级	>27	<65	<0.5	<0.6
Ⅱ级	27—23	<76	<0.5	<1.2
表外矿	23—18			

最低可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1米

（四）福建龙溪、晋江叶腊石矿（作陶瓷原料用）

化学成分：SiO_2<75%；Al_2O_3>18%，

Fe_2O_3<0.8%，TiO_2<0.7%

物理性能：经300°C锻烧后颜色是白色

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

开采技术条件：适于露采

可采厚度：　1米

夹石剔除厚度：1米

五、综合评价

叶腊石矿常伴生有明矾石、高岭石、红柱石、硅线石等，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

蛭　石

一、性质和用途

蛭石外观形状近似云母，与黑云母、金云母密切相关，其差别在于蛭石的单位晶胞含水的层，而黑云母的晶胞包含钾的层。蛭石的分子式为 $(Mg, Ca)_{0.7}(Mg, Fe^{3+}, Al)_{6.0}[(Al, Si)_{8.0}O_{20}](OH)_4 \cdot 8H_2O$。蛭石生成，有由黑云母经表生风化作用形成的，亦有热液蚀变加风化作用形成的。一般认为具有工业意义的矿床往往与伟晶岩、碱性辉石岩或碳酸岩杂岩的接触交代蚀变或风化作用有关。

蛭石在800—1000°C焙烧0.5—1.0分钟，体积迅速膨胀，增大8—15倍，高者可达30倍。膨胀后的蛭石平均容重为100—130千克/米³，因经焙烧膨胀作用的蛭石具有细小的空气间隔层，故具有优良的保温性能，其热传导系数与温度关系：

温度（°C）	0	20	50	100	250	500
热传导系数（4.1868千焦耳/米·时·C°）	0.04	0.045	0.047	0.051	0.066	0.096

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

因焙烧后的蛭石具有容重轻、耐冻、保温、隔热、吸音等性能，而用于建筑、化工、电力、石油及交通运输等部门。

隔热：用蛭石粉或制成品（蛭石水泥、砖、板、壳）可砌制冶炼炉的炉盖，做水暖器、孵化器、冷藏器、过滤器的周围嵌镶物；

隔音：与木质纤维混合制做录音室、公共电话室、剧场、影院等的嵌镶物；

消音：内燃机消音器；

填充料：在橡胶、塑料、油布等生产方面用；

涂饰材料：印刷、家具制品方面用。

此外，还可以作润滑剂。

二、一般工业要求

（一）质量要求

技术质量指标主要是根据蛭石的片度大小和焙烧后的膨胀倍数及传热性能等评定。

1．物理性能要求

比重：水化作用完全者平均为2.5吨/米³，焙烧后为0.06—0.2吨/米³；导热系数：0.04×4.1868千焦耳/米·时·°C；—0.06×4.1868千焦耳/米·时·°C；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

膨胀倍数：2—25倍；耐热温度：1000—1100°C；熔点：1370—1400°C；在声音的频率为100—4000赫兹时，吸声系数为0.06—0.60；烧失量：干燥过的蛭石烧失量小于10%。

2．技术条件

（1）蛭石原料按外形和热处理反应分为三级：

Ⅰ级：体积膨胀增大10—25倍。大叶片状蛭石，颜色为黄铜色或淡绿色，不易剥成片状，有珍珠光泽或油脂光泽。经焙烧后变为金色。

Ⅱ级：体积膨胀增大5—10倍。暗绿铜黄色，薄片有点弹性，并有玻璃光泽。凹凸不平，也有时变为银色和暗绿棕色。

Ⅲ级：体积膨胀增大2—5倍。微经蛭石化的黑云母，颜色为暗色或近似黑色，易剥开成片状，焙烧后颜色变为银白色。

（2）蛭石按晶体鳞片大小分级为：Ⅰ级＞15毫米；Ⅱ级4—15毫米；Ⅲ级2—4毫米；Ⅳ级＜2毫米。

（3）蛭石粉末的体重：焙烧过的蛭石粉末的体重允许达到0.2吨/米³。

（二）野外定性评价技术指标

除肉眼观察其颜色、光泽、鳞片大小外，介绍两种简易评价方法。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1．火焰焙烧法：用刀片从蛭石块上劈下一小块1—2毫米厚的薄片，置于酒精灯火焰上焙烧，质量好的会很快开始膨胀，颜色由暗色变为银色或金色，薄片厚度膨胀到10—15倍；质量差的蛭石片则膨胀很小。未经水化的云母片几乎不膨胀。

2．刻划法：用大姆指甲在纯净的晶体表面上刻划一痕迹，水化程度高的蛭石便能遗留下一条向里凹陷的线条。云母片或轻微水化的蛭石则只有轻微的擦痕出现。

一般可采有代表性的块状样2千克送实验室进行物性测试，即做单片厚度膨胀倍数、多片堆积体膨胀倍数、容重和导热系数测定。

三、矿床实例

（一）四川南江县盘家坡蛭石矿

品　级	鳞片大小（毫米）	膨胀倍数
Ⅰ	＞15	20—25
Ⅱ	4—15	5—8
Ⅲ	2—4	2—3
Ⅳ	＜2	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）河南灵宝等蛭石矿

1．化学成分（%）

产地	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MgO	CaO	K_2O	灼失
河南灵宝	42.46	18.16	6.97	20.04	0.90		3.35
内蒙包头	42.23	17.59	3.47	21.61	2.78		12.15
山东莱阳	43.27	18.31	6.49	18.78	2.55		5.67
湖北枣阳	38.41	14.57	23.42	11.15	0.89		5.67

2．焙烧后膨胀倍数

产地	灵宝	包头	莱阳	枣阳	河北曲阳	湖北英山
膨胀倍数	21	13	20	17	22	14

注：焙烧温度为950°C，时间50秒。

3．蛭石脱水情况

温度（°C）	灵宝	包头	枣阳	莱　阳
100	1.66	9.58	2.08	5.54
200	3.14	15.42	3.28	9.20
400	3.60	18.86	5.40	10.10
500	3.54	16.90	5.56	10.04
600	3.66	17.24	6.58	10.54
800	4.04	18.20	7.68	11.60
900	4.34	19.50	8.14	12.10
1000	4.44	20.80	8.14	13.20

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4. 蛭石生料和熟料的容重（千克/米³）

粒径（厘米）	生或熟料	灵宝	包头	莱阳	枣阳	江苏海州
1.5—2.0	生料	445	375	620	815	570
	熟料	85	96	110	130	102
1.0—1.5	生料	485	352	676	875	590
	熟料	100	102	130	135	110
0.5—1.0	生料	540	380	675	980	620
	熟料	115	137	140	165	120
0.25—0.5	生料	640	420	865	1035	690
	熟料	135	158	180	233	138
0.20—0.25	生料	500	580	700	755	650
	熟料	100	115	135	140	110
<0.25	生料	855	500	665	990	805
	熟料	165	130	135	170	155
原矿	生料	860	580	776	1210	1090

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

白　垩

一、用途

纯净的白垩具有颜色洁白、易粘附、吸水性小、吸油性强和粉碎后颗粒很均匀等特点。可用于橡胶、油布、造纸的填充材料，可作白色涂料和各种有色颜料的冲淡剂。此外，还可作陶瓷原料及铸型用的辅助材料等。

二、矿石成分

白垩是由很细小的方解石颗粒和显微粒状钙质藻所组成。化学成分是$CaCO_3$。

三、一般工业要求

（一）陶瓷配料用

$CaCO_3>96\%$；$Fe_2O_3<0.25\%$；$SiO_2<2\%$；$SO_3<0.1\%$。

（二）颜料用

在涂料中白垩的白色程度、吸油力及颗粒形状都很重要，它在油涂料中作补充料和填料。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

粒度：通过325号（16900孔/厘米^2）筛孔的筛余物不超过0.5%。

比重：2.65—2.75吨/米^3

化学成分：$CaCO_3$≥91%；MgO≤2%；SiO_2≤0.5%；Fe_2O_3≤0.05；$CaSO_4$≤1%；Al_2O_3≤0.3%；R_2O≤0.25%。

（三）橡胶工业用

颗粒：通过325号（16900孔/厘米^2）筛孔最少为99—99.8%，并全部通过100号（10000孔/厘米^2）筛孔。

灼失量：40—46%

化学成分：$CaCO_3$≥90—95%；Fe≤0.3—1%；Mn≤0.004—0.04%；H_2O≤0.1—0.4%；

碱度≤0.01—1.0%。

（四）制亚麻仁油油灰用（油布、雨衣涂料）：

$CaCO_3$≥95%；在盐酸中不溶物≤3.5%；$Fe_2O_3+FeO+Al_2O_3$≤0.8%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

膨润土、漂白土

一、性质和用途

膨润土又名膨土岩、斑脱岩。

膨润土是以蒙脱石为主要矿物的粘土岩，由于蒙脱石具有特殊的结晶结构，使其具有吸水性、膨胀性、胶结性、阳离子交换性和分散性及润滑性等性能，因此广泛的用于冶金球团、铸造型砂粘合剂、钻井泥浆、润滑脂稠化剂以及造纸、橡胶等工业的填料。

漂白土有较好的吸附能力，能吸收大量色素、粘液、胶状物及其它杂质，工业上利用的漂白土有两种：一种是活性白土，即用酸处理（活化作用）后才具有强的漂白性能；另一种是天然漂白土（又叫酸性白土），本身就具漂白性，过去在精炼石油产品和精制各种矿物油和动植物油时，作为脱色或漂白剂，当出现了膨润土酸化工艺后，它又是作为制备活性白土的较佳原料。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、矿物成分和晶体化学特征

膨润土矿物成分除蒙脱石外还常含有其它粘土矿物，非粘土矿物及可溶性盐类。其它粘土矿物有伊利石、高岭石、埃洛石、绿泥石、水铝英石，其中伊利石、绿泥石和高岭石可与蒙脱石机械混合，也可以构成规则的或不规则的间层矿物；非粘土矿物有沸石、方英石、石英、蛋白石、长石、方解石、黄铁矿以及火山岩屑、晶屑和铁的氧化物。可溶性盐类有钾、钠、钙、镁的碳酸盐、硫酸盐、硝酸盐或氯化物等。

蒙脱石是层状含水的铝硅酸盐矿物，它的理论结构式为：$(\frac{1}{2}Ca, Na)_{0.7}(Al, Mg, Fe)_4(Si, Al)_8O_{20}(OH)_4 \cdot nH_2O$（Ca、Na为可交换的阳离子）。它是由两个硅氧四面体中夹一个铝（镁）氧（氢氧）八面体组成属2:1层型。四面体中有不大于1/15的Si^{4+}被Al^{3+}置换，八面体中有1/3—1/6的Al^{3+}被Mg^{2+}置换，由于这些多面体中高价离子被低价离子置换，造成晶层间产生永久性负电荷（电荷约为0.25—0.6），它依靠在晶层间吸附阳离子以求得电荷平衡，晶层间被吸附的阳离子是可交换的，类质同像置换是蒙脱石产生一系列重

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

要性质的根源。（膨润土改型的性质即导源于此）

根据层间阳离子的不同，自然界可分为：钙蒙脱石、钠蒙脱石、镁蒙脱石、铝（氢）蒙脱石及稀见的锂蒙脱石等。又根据上述蒙脱石的相对含量将膨润土划分为钙基、钠基，镁基、钠钙基、镁钠基等膨润土。也有人主张膨润土先按层电荷的高低划分高层电荷型和低层电荷型，然后再按层间可交换阳离子含量比例进一步划分属型。一般钠基膨润土比钙基膨润土的膨胀性能好，而低层电荷型的钠基膨润土的膨胀性最佳。

以铝（氢）基为主的膨润土通称天然漂白土。天然漂白土和部分钙基膨润土其pH值小于7，呈酸性反应。因此，也有的称为酸性土。

三、一般工业要求

膨润土是一种多用的矿种，主要取决于蒙脱石的含量、分散性和属型。评价时，首先对蒙脱石的含量和胶质价进行确定，天然漂白土应确定脱色率，对矿石属型及其分布状态、物质组份进行研究。

评价指标为：

1．钙基、钠基膨润土

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

蒙脱石：边界含量　50%。

最低工业平均含量　60%。

膨胀倍≥6毫升/克。

2。漂白土

脱色率≥70%

注：①蒙脱石量通常是采用吸蓝量间接换算成。即：

$$M=\frac{B}{K}\times 100$$

M：膨润土矿中蒙脱石相对含量（%）；

B：吸蓝量（毫克当量／100克样）；

K：换算系数（K＝150即膨润土矿中蒙脱石的相对含量为100%时，每100克试样吸附150毫克当量亚甲基蓝）。

②对于确定属型的测试项目应根据实际情况而定，如阳离子交换容量和pH值的测定、及X衍射分析、热分析、红外光谱、电子显微镜等方法。均可用作评定土的属型。

③普查阶段就应了解今后矿石的服务对象，以便为该矿石的用途初步定向。

④普查阶段还应了解矿石的自然改型，为此，须进行适当的深部控制，决不能仅凭地表浅部试样贸然地对矿床作出评价。

四、矿床实例

（一）浙江临安县平山钠基膨润土

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1．质量指标

（1）可交换的钠离子含量占交换性阳离子容量50%以上（矿石中不含或少含沸石）

（2）湿压强度：Ⅰ级品≥0.5千克/厘米^2。Ⅱ级品0.3—0.4千克/厘米^2，Ⅲ级品0.2—0.3千克/厘米^2。

（3）各矿层各品级矿石要有一定数量的热湿拉强度和蒙脱石含量（吸蓝量）测定数据，并说明其变化规律。同时提供一定数量样品的胶质价、膨胀倍数、pH值等测试数据。作为球团粘结剂用的膨润土尚须有抗压强度、落下次数、爆裂温度的测试数据和化学分析数据。以进行全面评价。

2．开采技术条件

可采厚度　　≥1 米

夹石剔除厚度　　≥1 米

（二）辽宁黑山膨润土矿

1．物理性能

品　级	湿压强度（千克／厘米^2）	矿体连续厚度（米）
Ⅰ　级	>0.5	>2
Ⅱ　级	≥ 0.3—0.49	1—2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

湿压强度大于0.3千克/厘米²者划为矿体，分为二个品级。

2．化学成分

SiO_2 60—75%，Al_2O_3 12—20%，Fe_2O_3<3.5%，$CaO+MgO$<6%，K_2O+Na_2O<3%。

3．开采技术条件

可采厚度：　　1米

夹石剔除厚度：　　1米

注：因矿石的胶质价、蒙脱石含量以及化学成分一般都在要求以上，故除湿压强度外，均不作为圈定矿的依据。但需作分析和试验，供生产部门参考。

（三）浙江省余杭仇山膨润土矿

1．质量要求

（1）脱色用钙基和钙钠基（或钠钙基混合型）膨润土。

脱色率≥100%（按余杭县瓷土矿现行测试方法为准）

Ⅰ级品　>150%

Ⅱ级品　120—150%

Ⅲ级品　100—120%

吸蓝量　≥22克/100克

胶质价　≥50毫升/15克

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

膨胀倍　≥6毫升/克

圈定矿体计算储量时以脱色力为主要指标。

（2）铸造用钠基膨润土

湿压强度　≥ 0.2千克/厘米²

热湿拉强度　≥ 10克/厘米²

吸蓝量　≥ 18克/100克

膨胀倍　≥ 10毫升/克

胶质价　≥ 90毫升/15克

圈定矿体计算储量以湿压强度和热湿拉强度为主要指标，其品级划分如下：

品　级	湿压强度（千克／厘米²）	热湿拉强度（克／厘米²）
I　级	>0.5	>20
II　级	0.3—0.5	16—20
III　级	0.2—0.3	10—15

2．开采技术指标

最小可采厚度：　1米

最小夹石剔除厚度：　1米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（四）山东潍县涌泉庄膨润土矿

1．化学成分（%）

成分 \ 类型	钠基膨润土	钙基膨润土
SiO_2	71.12	67.78
Al_2O_3	14.16	15.01
Fe_2O_3	1.77	2.03
CaO	1.51	2.17
MgO	2.63	3.39
K_2O	1.37	0.68
Na_2O	2.21	0.65

2．物理性能

类型	膨胀倍数	胶质价	碱性系数	湿压强度
钠基	12.69毫升／克	99.5毫升／15克	2.01	0.2—0.55千克／厘米²
钙基	10.22毫升／克	45—95毫升／15克		0.25—0.4千克／厘米²

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

类型	湿透气性	耐火度	阳离子交换总量(ΣEC)	ENa交换量与阳离子交换总量(ΣEC)之比值
钠基	145—180	1220—1350°C	25.30—95.85毫克当量/100克，多数在45以上	62.95
钙基	82—96			

（五）嘉峪关大草滩造型用钙基膨润土

主要用作造型用砂的粘结剂和玉门石油局用作石油钻井泥浆。现行指标为：

物理性能：湿压强度>0.45千克/厘米^2，

干压强度>5千克/厘米^2，

胶质价>70%。烧结温度>1250°C；

化学成分：SiO_2 61%，Al_2O_3 19%±，

Fe_2O_3 <5%，CaO 1.2%，

MgO 1.53%。

五、综合评价

共生矿常有珍珠岩、沸石等应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

硅 藻 土

一、用途

硅藻土是一种生物成因的硅质沉积岩，主要由古代硅藻及一部分放射虫类的硅质遗体组成。因其具有特殊的孔隙结构而用作隔热、隔音、石油化学工业催化剂载体及过滤和漂白材料。在国外，约50%的硅藻土用作过滤剂，以净化药物、酒类、抗生素、工业和城市用水及各种油料、化学试剂等。此外，在油漆、造纸、杀虫剂中可用作充填剂；在建筑工业中可用作三合土、水泥、灰泥等的混合材料，也可用来配制高硅质和波特兰水泥，在作为混凝土混合剂时，可改进工作效能，减少过多的水分，增进均匀性，防止分裂和漏水；在陶瓷业中，可用作陶瓷原料，供给坯体和釉所需的SiO_2；硅藻土能吸收1.5—2倍于自身重量的水而不改变其形态，故可作为液体消毒剂的一种吸附剂慢慢放出液体，使消毒长时间有效；硅藻土还可用制水玻璃等。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、矿物成分及物理化学性质

（一）成分

硅藻土的化学成分可用$SiO_2 \cdot nH_2O$（含水氧化硅）表示。矿石组分中以硅藻为主，其次是粘土矿物——水云母、高岭石；矿物碎屑有石英、长石、黑云母及有机质等。根据矿石中上述含量的不同，把矿石分为硅藻土、含粘土硅藻土、粘土质硅藻土、硅藻粘土，前三种多可为工业矿石。

（二）物理化学性质

影响硅藻土理化性质的因素是硅藻的结构特征及杂质的多少。其主要理化状况如下：

颜色：纯净的硅藻土一般呈白色、土状，含杂质时，常被铁的氧化物或有机质污染而呈灰白、黄、灰、绿以至黑色，一般来说有机质含量越高湿度越大则颜色越深。

硬度：大多数质轻、多孔、固结差，易碎裂，用手捏之成粉末，乍一看来，摩氏硬度仅为1—1.5，但硅藻骨骼微粒硬度较大，达4.5—5，当硅藻土固结硬化后，则可形成坚硬的“黑燧石”。

比重和密度：比重视粘土等杂质的含量而变化，纯净干燥的土块比重小，仅0.4—0.9，能浮于

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

水面；固结硬化后比重近于2，锻烧后可达2.3。硅藻土的近似密度是：干燥块状者每立方米为320—640千克。干燥粉状每立方米为80—256千克。

折射率：硅藻的蛋白石质骨骼，其折射率变化范围是1.40—1.46，熔融锻烧后可达1.49。一般说来，沉积物的时代越老，折射率越高。

熔点：1400—1650°C

条痕：白色

光泽：从暗淡无光到土状光泽

解理：无

断口：粉末状至次贝壳状

透明度：不透明

韧度：弱固结的性脆易碎，硬化后敲击之发响声

溶解度：除氢氟酸外不溶于其它酸，但易溶于碱

液体的吸附力：由于硅藻土的孔隙率很大，所以对液体的吸附能力很强，一般能吸收等于其本身重量1.5—4.0倍的水

传导性：对声、热、电的传导性极差

孔结构：系指硅藻土中硅藻藻孔体积、主要孔半径等（孔体积多为0.43—0.87克／厘米³。主要

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

孔半径多为5—80微米）。

三、一般工业要求

1．用作隔热、隔音材料的要求

湿度为5%的粉剂，体重小于0.6吨／米^3（最好是0.2—0.3吨／米^3）。

湿度不大于10%，SiO_2大于70%。

物理性质方面，须检验近似密度（砖、块及其它），容积密度（块或粉末），显微构造，筛孔或筛分析，导热度，吸水率等。

2．用作石油化学工业催化剂载体的要求

SiO_2＞65%，Fe_2O_3＜4%，烧失量＜10%，白色。

有些硅藻土化学成分虽基本一样，但其试验结果工艺性能差别很大，主要取决于它的物理性质，即硅藻的孔结构状态。各种硅藻中以直链藻的孔结构最好，它具有孔体积、主要孔半径、比表面积大等特征。山东临朐精制硅藻土，用作催化剂载体质量最佳，它具有活性高、热稳定性好、使用寿命长等特点。

3．用作过滤和漂白材料

作过滤剂用，除要求质地纯净外，还要求硅藻

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

不能太少，并力求形态完整。

4．用作填充剂

在油漆、造纸、杀虫剂中用作填充剂时，必须掌握颗粒的大小、产品有无硬渣，造纸、涂料工业还要求颜色为纯白色。

5．用作建筑材料要求化学成分（%）

品级	SiO_2	$Al_2O_3+Fe_2O_3$	CaO	有机物
Ⅰ级	>75	<10	<4	<4
Ⅱ级	>65	<15	<5	<5
Ⅲ级	>60			

6．陶瓷工业用

要求SiO_2>85%，Fe_2O_3<1%

开采技术条件参见矿床实例。

四、矿床实例

（一）浙江嵊县硅藻土

堆密度(容重)0.61克/毫升，最轻者为0.32克/毫升

化学成分：SiO_2 63.35—64.58%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Al_2O_3 15.32—16.39%

Fe_2O_3 5.44—6.46%

按颜色可分为白色和蓝色硅藻土。

按堆密度大小又分为轻质和重质硅藻土。

（二）山东临朐县解家河硅藻土

品级	SiO_2(%)	Fe_2O_3(%)	Al_2O_3(%)	烧失量(%)
Ⅰ级	≥60			
Ⅱ级	50—59.99	<5	<12	
Ⅲ级	40—49.99	<7		

可采厚度： ≥1米

夹石剔除厚度 <0.2米

平均剥采比： 5:1

（三）吉林马鞍山硅藻土

品级	SiO_2(%)	Fe_2O_3(%)	Al_2O_3(%)	烧失量(%)	CaO(%)
Ⅰ级	≥85	≤2	≤6	≤5.5	≤0.80
Ⅱ级	≥80	≤3.5	≤8	≤7	≤1.20
Ⅲ级	≥73	≤5	≤12	≤7	≤1.50

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：	露采0.4米， 坑采0.6米
夹石剔除厚度：	>0.1米
平均剥采比：	10:1
开采边坡角：	55—60°

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

凹凸棒石

一、性质和用途

凹凸棒石Attapulgite（即坡缕缟石Palygorskite或坡缕石）粘土是以凹凸棒石为特征组份的粘土岩。据研究凹凸棒石与坡缕石为同一晶体结构、同一组份，却属不同成因的矿物，凹凸棒石属沉积成因，坡缕石是热液成因的。

因凹凸棒石具有良好的吸附、脱色、热稳定、抗盐及造浆等性能，凹凸棒石粘土用途十分广泛。

凹凸棒石粘土主要用作抗盐泥浆和化工脱色吸附材料，在石油、油脂、橡胶、医药、陶瓷、轻工、军工等业也有应用。

在深海石油钻井、地热钻井方面，用其制作泥浆，可在高温下不会引起严重的井底胶凝，在高浓度盐的作用下不会降低粘度和触变性能；在石油和油脂工业中用其作为脱色剂和吸附剂，使石油净化、脱色，使动物油和植物油脱色、除臭、消毒；在化工陶瓷工业用其制作具有很高白度，坚固性及耐酸性玻璃珐琅；在农药及化肥业中，用其制作化肥、

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

除虫剂、杀虫剂、除草剂的载体；在制糖、酿酒、医药业中用作澄清净化剂；在塑料业用作发泡灵脱色；在环保业用于放射性废物的吸附处理；在军工业用作防护装备吸附毒气；此外还可用于贮存太阳能等。

二、矿物成分、结晶特性

凹凸棒石粘土除含凹凸棒石外，常含有蒙脱石、高岭石、水云母、海泡石、石英、蛋白石及碳酸盐等矿物。

凹凸棒石为含水镁铝硅酸盐矿物，晶体形态为棒状、纤维状，属2:1型链层状，结晶特点是由两个辉石链组成个体，个体之间靠氧原子连接，并形成沿C轴横截面宽约0.37×0.6纳米的通道，其间为沸石水充填。分子式为 $(OH)_2(Mg、Al、Fe)_5(OH_2)_2Si_8O_{20}\cdot 4H_2O$。

凹凸棒石的物化特征及测试：

1．矿物分析

X射线衍射分析：d_{110}为1.04纳米，十分显著

差热分析：多为三谷一峰，峰尖温度约在900°C左右

红外分析：3535—3540、1190—1200、1080—

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1090、510厘米$^{-1}$为凹凸棒石特征吸收谱带。

电镜分析：单体为纤维状、针状晶体，集合体为束状、交织状

2。物化性测试

吸蓝量：<24克/100克

脱色力：4%HCl活化处理后>150；4%HCl活化减去20%HCl活化后>+70。

三、一般工业要求

脱色力>150

造浆率≥4立方米/吨（4%HCl活化，视粘度为15厘泊）

可采厚度≥1米

夹石剔除厚度≥0.5米

四、矿床实例

江苏六合，盱眙凹凸棒石粘土矿

（普查阶段圈矿指标）

1。凹凸棒石粘土工艺性能

脱色力：4%HCl处理一般>150

4%HCl处理后减去20%HCl处理后>+70

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

吸蓝量＜24克/100±克

矿物成分（红外吸收光谱鉴定）凹凸棒石为主要矿物

2．白云石凹凸棒石粘土工艺性能

脱色力：4%HCl活化一般＞150

4%HCi(活化后)减去20%HCl(活化后)＞+40

吸蓝量＜24克/±100克

矿物成分，主要为白云石、凹凸棒石，

3．开采技术条件

最小可采厚度：　1米

最小夹石剔除厚度：0.5米

剥采比：　1:5

露天边坡：　55°

五、综合评价

凹凸棒石粘土常与蒙脱石、海泡石等粘土伴生，应注意综合评价、综合利用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

海泡石

一、性质和用途

海泡石—Sepiolite是一种富镁的纤维状粘土矿物，色白质轻浮于水面，原德文meerschaum的意思为“海的泡沫（Seafoam）”。海泡石的比表面积很大，达229米²/克，质轻，吸附性能强。因其具有吸附、脱色、热稳定、抗腐蚀，抗辐射及隔热、绝缘等性能，用途十分广泛。（现有人将meerschaum限定为制作烟斗等工艺的致密的海泡石，译称块海泡石）。

海泡石是地热钻井、超深钻井和海上钻井最理想的泥浆原料，用它配制的泥浆在高温下不发生絮凝，在盐水中不受带电荷离子的影响。

在石油和油脂工业上用作脱色剂和净化剂。海泡石能除去矿物油、植物油、动物油中的有色成分、有毒成分和臭气，使产品变得明澈、纯净。

在医药及酿酒业，海泡石作为发亮剂用来净化葡萄糖、除去酒中的蛋白残渣。

在环保业中，可用海泡石作去污剂清除各类矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

物油的污染，还可用作放射性裂变废物和有毒气体的吸附剂。

此外，海泡石还可用作建筑材料、电绝缘体、温和磨料、珐琅、铸造用粘结剂及农药、化肥、牲畜生长刺激剂的载体。在纺织、化工、树脂、陶瓷、国防及空间科学等方面也有应用。

二、矿物成分和结晶特性

海泡石矿石的矿物成分除海泡石外尚有高岭石、蒙脱石、坡缕石、滑石、石英及碳酸盐等。

海泡石 $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(OH_2)_4 \cdot 8H_2O$ 属2:1型链层状硅酸盐，结晶个体由三个辉石型链组成，个体之间靠氧原子连接并形成沿C轴横截面约为0.5×1.1纳米通道。海泡石的各种性能主要导源于此。

海泡石的物化特征及测试：

1．定性分析

（1）地（岩）层中MgO含量较高，可达5—10%。

（2）土状岩石在饱和盐水中浸泡1—2周后，所成之海泡石饱和盐水液搅拌后呈悬浊状，不迅速聚沉，胶体率大于95%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3）室内进一步分析

X射线衍射分析：$d_{11.0}$值为1.2纳米，十分显著；

差热分析：四谷一峰（即谷尖温度为140、380、520、830°C，峰尖温度为840°C），热失重为阶梯状，总失水量20%左右；

红外分析：高波数水区特征谱带为3680、3620、3563、3380厘米$^{-1}$，尤其3563厘米$^{-1}$十分显著；

电镜分析：海泡石的微形貌为纤维状、棒状、集合体为束状、毛发状。

2．物理测试

（1）脱色性能（0.5%HCl活化，脱色对象为菜油）

蒙脱石海泡石型

海泡石含量（%）	15.16	28.1	35.1	50.4	52.5
脱色力（%）	158.7	185.4	210.8	225.2	266.2

滑石海泡石类型

海泡石含量（%）	21	30	64.26	89
脱色力（%）	119.7	146.3	242	322.3

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（2）造浆性能（滑石海泡石类型）

海泡石含量（%）	60±	50±	40±	30±	20±
造浆率（15厘沉，米³/吨）	>15	>13	>11	>8	>6

由上述可知海泡石具有优良脱色及造浆性能，这种性能与海泡石的含量有正相关关系，因此对海泡石矿的质量评价主要取决于矿石中海泡石含量的多少。

三、一般工业要求

边界品位：　海泡石含量10%

最低工业品位：海泡石含量15%

造浆率：　4米³/吨

脱色率：　100%（5%HCl处理）

可采厚度：　≥1米

夹石剔除厚度：≥1米

四、矿床实例

（一）江西乐平牯牛岭滑石——石英型海泡石粘土矿

I级品：海泡石含量>35%

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

Ⅱ级品：海泡石含量20—35%

Ⅲ级品：海泡石含量10—20%

最小可采厚度：1米

最小夹石剔除厚度：1米

（二）湖南湘潭石潭海泡石粘土矿

边界品位：海泡石含量8%

矿区总平均品位：海泡石含量15%

最低可采厚度：1米

夹石剔除厚度：1.5米

富矿地段海泡石含量≥20%，饱和盐水造浆率要求达到O.C.M.A标准。

（三）湖南浏阳永和海泡石粘土矿

边界饱和盐水造浆率：≥4米³/吨

工业饱和盐水造浆率：≥5.37米³/吨

可采厚度：　　1米

夹石剔除厚度：1.5米

注：①工业饱和盐水造浆率亦用于衡量单工程的平均造浆率。

②由于海泡石粘土矿中不同程度的含石灰岩透镜体，故根据采样中灰岩透镜体的剔除厚度计算含矿系数，再用含矿系数修正储量。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

五、附录

浙江省地矿局实验室1984年7月提出海泡石品位指标（原土）如下：

品级	海泡石含量	造浆量（米³/吨）	脱色力
一级品	>75%	>17.5	>300
二级品	45—75%	12.5—17.5	200—300
三级品	25—45%	6—12.5	170—200
边界品位	20—25%	6	120—150

注：由于海泡石粘土是近几年新发现和使用的矿产，地质勘探和工业应用的经验尚不多，以上矿床实例和附录中所列属暂行或试行工业指标有待于今后生产实践丰富完善。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

沸　石

一、用途

天然沸石具有独特的矿物结构和结晶化学性质，如阳离子交换性和交换的选择性、吸附性和筛分性、反应性、稳定性等，为此用途十分广泛。在建材方面目前多用于水泥混合材料，如制硅酸盐水泥、“两掺”水泥、沸石钢渣水泥、沸石无熟料水泥等。沸石水泥具有较一般水泥特别是小立窑生产的水泥提高强度和安定性，从而提高水泥质量。此外还可用制轻质骨料、轻质高强板材、轻质砖瓦、建筑石料等。

在环境保护方面，沸石和沸石制品可以处理废气废水对环境的污染。用沸石作载体，以贵金属铂为主要活性组份制作处理有机废气的高活性催化剂，不仅催化活性高、起燃和彻底转化温度低，由于用铂量少而价格便宜，且制备工艺简单，还可以改善工人劳动条件，减少污染。沸石可以其钠、钙、钾离子选择性地交换溶液中的有害阳离子，从而可用于处理工业废水及核污染。此外，沸石还可

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

代替三聚磷酸钠等缩合磷酸盐，作洗涤剂助剂降低洗涤剂的废液中磷造成的污染，并可节省磷酸、硫酸、纯碱等用量，降低洗涤剂的成本。

在农牧业方面，沸石可用于改良土壤，提高保水、保肥能力。用沸石作畜、禽饲料添加剂，可以促进生长，减少疾病、节约粮食、降低饲料成本，还可以改善畜、禽舍的卫生环境。沸石还可以使硬水软化、净化水质、降低饮用水中氟的含量，使之达到国家卫生标准。

此外，沸石可用于氧氮分离、干燥与净化天然气、强冷凝剂、利用太阳能、气田水和地下卤水及甘庶制糖尾液中提钾、食品保鲜以及用制干燥剂、漂白剂、新型气相防锈剂，吸附分离剂、造纸填料、人造革填料、远红外辐射元件及红外辐射材料等等。

二、矿物成分

沸石是碱或碱土金属的含水铝硅酸盐矿物。常用 $(M_{2n}, Men)\ [AlpSiqO_{2}(p+q)]\cdot rH_2O$ 来表示。式中M表示碱金属离子，通常为K^+、Na^+、Li^+等；Me表示碱土金属离子，通常为Ca^{++}、Ba^{++}、Mg^{++}等，氧的数目是铝和硅的两倍。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

沸石矿物已发现的有40多种，常见的有斜发沸石、丝光沸石、方沸石、浊沸石等。

三、一般工业要求

沸石的工业用途，在我国尚处于摸索阶段，矿物定量、选矿提纯方面也还存在问题，使用的NH_4^+、K^+交换量测定方法存在干扰因素较多，为此初步拟定的评价指标为：

（一）质量要求

1.边界指标（相当边界品位）：K^+交换量≥10毫克/克±或NH_4^+交换量≥100毫升/100克±（相当沸石总量40%±）。

2.工业指标（相当最低工业品位）：K^+交换量≥13毫克/克±或NH_4^+交换量≥130毫升/100克(相当沸石总量55%±）。

3.K^+交换量＜13毫克/克但NH_4^+交换量＞130毫升/100克的矿石另外圈出，单独计算储量，并尽可能确定沸石矿物的种类。

4.当K^+交换量10—13毫克/克，NH_4^+交换量100—130毫升/100克±为表外矿。

（二）开采技术条件

最低可采厚度：2米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

夹石剔除厚度：≥1米

（三）其它

1.要有一定数量的样品配合进行X衍射、红外吸收光谱、差热分析、电子显微镜和岩矿鉴定，确定矿石中沸石种类及大致含量；

2.结合沸石特点，选择部分代表样品，做比表面积、孔径、吸附性等物化性能的测定；

3.对用于水泥混合材，进行氧化钙吸收值和其它有关数据测定；

4.选择一定样品进行化学全分析。

四、矿床实例

浙江缙云县东方老虎头沸石岩矿

矿区矿石化学成分与国内外沸石岩的化学成分基本相似，属高硅沸石。具有许多特殊的物理化学性能。如离子交换、吸附分离、催化裂化等。

K^+离子交换量，一般为14—16毫克/克；

总交换容量（NH_4^+离子交换量），一般为150—170毫升/100克；

部分样品的SO_2吸附量为20—60毫克/克，最高120毫克/克；

比表面积：丝光沸石400米^2/克，斜发沸石300

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

米²/克；

孔径：35—40纳米；

氧化钙吸收值：125.85毫克/克—149.3毫克/克；

矿床评价指标如前。

五、综合评价

沸石矿常与膨润土、珍珠岩等构成复合矿层密切伴生，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

浮　岩

（浮石）

一、性质和用途

（一）一般特点

浮岩系熔融的岩浆随火山喷发冷凝而成的一种浅色多孔状玻璃质熔岩，它可以是多孔状的玻璃熔岩组成的凝聚块体，也可以由猛烈喷出的火山碎屑物所组成。在国外的一些资料中阐述，颗粒直径大于4毫米的一般多产于靠近火山口周围，而粒径小于4毫米的通常在喷出的细粒火山堆积或凝灰质沉积物沉降之前被风力携带到离火山口较远的地方。堆积后的浮岩可被再次搬运和沉积最后固结成层。目前浮岩在国内一般均称为浮石。浮石因具孔隙多、质轻、容重小于1克/厘米^3，能浮于水面，故而得名。它的硬度较大（约为6），具隔热、隔音的性能。

（二）用途

作天然轻质建筑骨料，或加工成粉末状用于各工业上，称为“工业浮石”。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

1.轻质骨料：用浮石配制的混凝土——轻骨料混凝土，属轻质高强的建筑材料之一。根据不同用途和不同结构性能的要求，用浮石轻骨料可配制成不同容重和合乎强度要求的各种浮石混凝土构件。广泛适用于建造各种民用建筑和其它构筑物。目前世界浮石产量中的绝大部分是用在这方面。

2.“工业浮石”：浮石原矿经粉磨、筛分、选矿、处理、分级后用于工业上。

（1）工业浮石可作为优质磨料。日本用作抛光电视电子管和软金属；

（2）化学工业中作过滤剂、干燥器、催化剂。美国用它作肥皂的净化或作为油脂的吸收剂；

（3）由于浮石具有较高的硅率、铝率，且大都为玻璃质结构，有一定的水硬性活性。故可作为水泥活性混合材料应用于水泥生产中；

（4）用浮石粉代替轻质硫酸钙作为塑料的填充料，可降低塑料制品的成本，改变塑料制品的性能；

（5）建筑工程上可作屋面瓦、门窗框、天棚、墙、地板及饰面材料等；

（6）以浮石为主要原料经高温熔化后，可制矿棉及矿棉制品，具有容重轻、保温吸音性能好、

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

不燃等特点，可作隔音保温材料。

二、成分

化学成分有酸性和碱性两类，变化较大。含SiO_2 65—75%，Al_2O_3 9—12%，Fe_2O_3 1—1.7%，CaO 0.4—1.5%，MgO 0.1—0.3%，K_2O 2—3%，Na_2O 2—3%，烧失量4—5%。矿物成分随化学成分而异，一般多为火山玻璃，含少量辉石、长石、石英、橄榄石等。浮石的颜色亦随化学成分而异，通常呈浅灰或灰白色，也有深灰、红、铁黑、黄褐等颜色，但条痕为白色。

三、一般工业要求

（一）物理性质

1.轻质骨料：具多孔、质轻、导热系数小。

2.工业浮石磨料：要求块度大，容重小，孔隙间壁锋利、坚硬，并不含石英及复硅酸盐。

3.过滤剂、干燥器、催化剂：要求块度中等，白色，孔隙度大。

（二）矿石质量要求

1.松散容重<1克/厘米³

2.对其化学成分、抗压强度、颗粒级配、吸水

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

率、含泥量等作一般了解。

（三）开采技术条件

参见矿床实例

四、矿床实例

（一）吉林安图县园池浮石矿

1.物性要求：容重0.3—0.6克/厘米^3

2.开采技术条件：矿层最低可采厚度0.5米

夹石剔除厚度大于0.2米

剥采比为0.5:1

（二）吉林和龙县赤峰浮石矿床

1.矿石质量要求

松散干容重≤0.5克/厘米^3

含泥量作一般了解，不作圈定矿体指标，若含泥量大于2%（连续）时，应单独圈出，以便开采利用时处理。

2.开采技术条件：

最低可采厚度0.5米

夹石剔除厚度0.2米

剥采比0.5:1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

天然沥青

一、用途

天然沥青主要用作建筑材料，铺设公路、地面和作水箱、储水池的衬里，建筑工程的隔水材料和制造油毛毡等；在电气工业上用以制造电池箱以及

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石 榴 石

一、性质和用途

石榴石是一种铝（钙）硅酸盐，按成分不同，有镁铝榴石（$3MgO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$）、铁铝榴石（$3FeO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$）锰铝榴石（$3MnO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$）、钙铝榴石（$3CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 3SiO_2$）及钙铁榴石（$3CaO \cdot Fe_2O_3 \cdot 3SiO_2$）等。

石榴石一般呈大小不等的结晶颗粒，具有硬度大（6.5—7.5）、熔点高(1180—1200°C)等特性。主要制成各种砂轮、砂布、砂纸及研磨砂等研磨材料。用以磨光玻璃、金属及木制用具等。优质石榴石可以作钟表、精密仪器的宝石轴承。透明色艳的还可作工艺品。

二、一般工业要求

见矿床实例。

三、矿床实例

（一）四川茂汶石榴石砂矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

边界品位：矿物　4千克/米³

工业品位：矿物　6千克/米³

可采厚度：0.5米

（二）通化市光华石榴石原生矿床

工业品位：矿物＞14%。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

黄　玉

（黄晶）

一、性质及用途

黄玉是一种含氟的铝硅酸盐〔$Al_2SiO_4(OH,F)_2$〕，常为无色、淡黄色的柱状晶体，具有硬度大（8）的特点，一般作为研磨材料，优质的可作精密仪表的轴承或零件，颜色鲜艳的还可作为宝石。

二、一般工业要求

（暂缺）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

刚　玉

一、性质及用途

刚玉是一种纯的结晶氧化铝（Al_2O_3），由于常含一定的混入物而呈各种不同的颜色，如含铬的为红色；含钛的为蓝色，含铁的为棕色；含锰的为玫瑰色。刚玉的硬度很大（9），在天然矿物中仅次于金刚石，主要作高级研磨材料，可以制成刚玉砂轮、研磨盘、研磨纸及研磨粉等，主要用于金属制品的磨光及加工制造，也可作仪器快速转动部分的轴承。刚玉粉还能磨修精密仪器的光学玻璃。而透明色鲜的刚玉可作为宝石。

用高品级铝土矿制成的人造刚玉，已大量代替天然刚玉作各种研磨材料。

二、一般工业要求

见矿床实例。

三、矿床实例

（一）湖北黄山甲河刚玉砂矿

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

工业品位：含矿率（矿物）7.7千克/米³

刚玉矿物：含Al_2O_3>94%

有害组分：Fe_2O_3 3.53—4.35%

灼失量： 0.06—0.23%

可采厚度：0.5米

（二）西藏曲水宗娘规原生刚玉矿

工业品位：矿物30%

四、附录

国外参考资料

1.品位要求

据苏联资料，当刚玉的Al_2O_3>75%时，矿石含刚玉达55%者，不需选矿；含10—15%时，需选矿后才能利用；在选矿条件好的情况下，甚至可降低到5%。

刚玉粉一般含刚玉12—15%；含刚玉20%以上为好矿，含8%的有时也可用，工业利用的刚玉矿石中$FeO+Fe_2O_3$的含量不应大于2—3%。刚玉粉常是一些细粒的暗色岩石，其成分除刚玉外，还含有铁矿物，因此为次要产品，主要是作研磨用的砂纸和砂布。

2.国际市场上刚玉的格规是按Al_2O_3含量及颗

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

粒大小划分的。

南非联邦分级标准如下：

级　别	Al_2O_3（%）	颗粒直径（厘米）
Ⅰ级	95	>1.23
Ⅱ级	90—95	0.615—1.23
Ⅲ级	90	0.313—0.615
Ⅳ级	80	<0.313

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

天然油石

一、用途

油石有人造的和天然的两种，天然油石是石英颗粒细密的石英岩经加工制成的。油石是机械工业中加工精密零件不可缺少的研磨工具之一，广泛适用于倒砂压光和直接研磨各种高精度、高光洁度的块规、刀具、刃具、抛光钟表摆轴及零件、仪表轴尖、硬合金笔尖、高级绘图仪器以及精密机械零件。

二、一般工业要求

对制天然油石用石英岩的要求，据河南、北京等地的生产实践，SiO_2>97%以上；石英颗粒0.05—0.005毫米，一般须呈多角形等轴状；组织结构致密均匀，硬度高，莫氏硬度6级以上；磨损小——研磨时本身脱落微量；研磨部件的光洁度4划（VVVV）4—10级；对部件的磨削率0.01克/100分钟。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、矿床实例

（一）北京昌平寨陵天然油石用石英岩（包括石娘坟）

石英颗粒均匀，粒度小，组织结构均匀致密，硬度高，对部件的光洁度在4级以上；磨削率为0.006克/100分钟；油石本身脱落情况微量或少量脱落。

通过上述质量实验，并与国外进口天然油石进行对比和送有关使用单位试用后，确定其使用价值。

（二）河南密县助泉寺天然油石矿（包括登封井湾）

化学成分：SiO_2 98—99%，Al_2O_3 0.31—0.67%；Fe_2O_3、K_2O、Na_2O、CaO、TiO_2等含量极微。

矿物成分：主要为石英、次为绢云母；锆石、金红石、电气石、磷灰石等微量；个别矿石中含有长石、钾长石、磁铁矿和角闪石。

结构特征：石英颗粒较细，呈等轴状、多边形粒状分布，颗粒之间多呈直线接触，紧密镶嵌。

用该矿矿石生产的油石产品，具有颗粒细、硬度高、组织紧密、均匀、磨损小及研磨抛光性能良好等优点，用其磨光部件，光洁度可达到4划(VVVV)11—13。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

宝石、玉石、雕刻石料

一、分类

根据我国和国际上的一般习惯，通常把可以作为装饰品、工艺品和纪念品的各种矿物、岩石统称为宝石，再以它们的工艺特点和经济价值的高低为主要依据划分为宝石、玉石和雕刻石（宝石、玉石和雕刻石为天然宝石材料，此外尚有两大类不属于矿产的宝石材料：生物宝石材料及人造宝石材料）。它们是颜色鲜艳绚丽、光泽灿烂、质地细腻、坚韧、透明度高者具有某些特殊结构、构造和色彩（变彩、色变、星彩等）而且在化学成分上比较稳定以及其它物理性质上能达到工艺要求的矿物和岩石，在自然界成千上万种矿物和岩石中作为宝石材料的可达200多种，但特别贵重的并不多见，大约有20余种。

其分类如下：

（一）第一大类：宝石

适用于琢磨首饰的宝石，一般为透明的结晶体。半透明或不透明的宝石，则必须有猫眼、星光或特殊的色彩。硬度一般在摩氏7度以上，价值比

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

较昂贵，原料重量常以克拉(1克拉＝200毫克)或盎斯（1克＝0.03527盎斯）计，成品重量以克拉计，属自然界十分稀少的矿物原料。主要有：

1.金刚石：其工艺名称为钻石；

2.刚玉：工艺名称为贵刚石、红宝石、蓝宝石、照殿红、碧珠、青宝石等；

3.绿柱石：工艺名称为祖母绿、纯绿宝石，此外有水蓝宝石、海蓝宝石、红绿宝石等；

4.蛋白石：包括白宝石(欧泊石)、贵蛋白石等；

5.金绿宝石（为铍尖晶石）：工艺名称为变石（亚历山大石）、金绿猫睛石、猫儿眼、祖母绿；

6.石榴子石：工艺名称为子牙乌，按化学成分有6种(镁铝、铁铝、锰铝、钙铁、钙铝、钙铬榴石)；

7.尖晶石：工艺名称为晶宝石、琅玕；

8.电气石：工艺名称为碧玺（红电气石）、绿碧玺、黑碧玺等；

上述宝石中的红宝石、祖母绿、钻石、蓝宝石、变石（亚历山大石）、猫眼石和欧泊石为国际公认的七大宝石。

（二）第二大类：玉石

适用于雕琢玉器的岩石，常为单矿物或多矿物集合体，致密块状，半透明至不透明，硬度为摩氏

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4—7度左右。原料重量以公斤或吨计，成品以件或尺寸大小计，按其经济价值大小和工艺性质又可分为翠、玉、晶、石四小类。

1.翡翠类：主要为硬玉。

2.玉类：主要有：

（1）软玉：包括白玉、粉玉、阳起石、羊脂玉、和阗玉、新疆碧玉等；

（2）蛇纹石：工艺名称为岫岩玉、南方玉、安绿玉。

3.晶石类：此类属硬度为摩氏4—7度的单矿物结晶体，透明度高。有些品种价值较高，但大部分属中低档宝石，主要有：

（1）水晶：工艺名称为水晶、水精、冰玉、发晶、墨晶、黄晶等；

（2）萤石；

（3）石英猫眼石：工艺名称为木变石、猫睛、石英猫眼石等。

4.彩石类：不透明者居多以其鲜艳色彩而得名主要有：

（1）绿松石：工艺名称为松石、土耳其玉；

（2）青金石：蓝色脂肪光泽，工艺名称为青金；

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（3）孔雀石（硅孔雀石）：工艺名称为孔雀石、绿青；

（4）玉髓：包括玛瑙、血滴石、红石髓等；

（5）石英岩：即铬云母石英岩（东陵石）、蔷薇石英、贵翠、波西米亚红宝石（芙蓉石）等；

（6）菊花石；

（7）蔷薇辉石：工艺名称为桃花石、粉翠等；

（8）皂石：工艺名称为白色翡翠；

（9）大理石：汉白玉、点苍石等。

（三）第三大类：雕刻石

适用于石刻工艺品的岩石，常为单矿物或多矿物集合体，最大特点是硬度小于摩氏4度。按其经济价值和工艺利用特点分为印章石、砚石及装饰石三亚类，除极少数品种外一般经济价值都较低，其原材料重量以吨计，成品以件或尺寸大小计，（极少数贵重品级例外）：

1.印章石类：为叶腊石、高岭石、迪开石、滑石、皂石等矿物集合体，主要品种有寿山石、青田石、昌化石（鸡血石）、巴林石、莱州石（绿冻石）等。其中，属于寿山石类的田黄及昌化石和巴

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

林石中的鸡血石为名贵品种，经济价值较高。

2.砚石类：为粉砂岩、板岩、泥灰岩等石料，主要品种有端砚石、歙砚石、青州砚石、绛州砚石、贺兰石等。

3.装饰石类：为各种颜色结构美丽的低硬度岩石，有的带有图案花纹特殊的生物化石，主要品种有：燕石、宝塔石、松林石、绸状大理石、汉白玉等。

二、一般工业要求

（一）宝石的一般工艺要求

主要决定于个体大小、透明度和颜色。颜色和色彩是划分宝石种属的重要条件，具体工业要求如下：

1.晶体大小、俗称“个头”。要求“个头”越大越好，按重量计，一般要求7克拉以上（或以能切得一个“戒指面”为原则），个别特殊贵重的宝石（如金刚石）则只要0.6克拉以上即可。

2.透明度：透明度越高越贵重，要“水头足”或“地子灵”的为佳。

3.颜色：鲜艳色正浓亮者为上。评价颜色好坏应以是否“柔和悦目”和“引人喜爱”为原则。如

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

有变彩者多为上等宝石。

4.数量：多少不拘，世界上最珍贵的宝石，有的至今也只找到过1—2颗。

（二）玉石的一般工艺要求

检验玉石是否能利用，主要是质地、颜色、透明度、硬度和光泽等五项。质地（包括结晶、解理、裂纹、杂质等几项概念），颜色和透明度最为重要。块度大小根据用途选定。基本内容是：

1.质地：要致密、柔和、滋润。具这些性质的称羊脂玉（上等玉石），相反，质地粗糙时称“千层板玉”（低等玉石）。

2.颜色和色彩：颜色或色调要正，色素纯，上光后柔和明亮，特别要注意有无“巧色”，色彩要新颖华美，上光后鲜艳而不暗淡。

3.硬度、光泽和透明度：硬度大、光泽强、透明度好为上等玉石，硬度小但有特殊变彩（如雪花石膏）也是高级玉石；光泽、透明度稍差。但颜色好（如绿松石）也可作上等材料。

4.构造：具可被利用的特殊构造，如玛瑙的纹带等。

5.块度：因主要用做玉器原料，故块度越大越好，常以千克计。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

截至目前，各国对宝石矿床没有统一的一般工业指标，仅苏联依照该国情况有一质量标准。一个矿床有无开采价值，主要是注意与已知有工艺价值的矿床进行类比，一是依外贸行情而定，应尽一切可能与工艺玉雕部门取得联系，及时把原石样品送玉雕部门进行试琢。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

金 刚 石

一、性质和用途

金刚石是自然界最硬的矿物（摩氏硬度10），晶体的折光率很强，其新鲜解理面或人工琢磨面具有闪耀夺目的金刚光泽。由纯碳结晶的金刚石无色透明，但一般都含有某些杂质，因此，呈玫瑰、蓝、黄、绿、黑、紫等颜色。

金刚石按用途可分为两大类：

1.装饰用金刚石：一般要求晶体外形完美，无色或色彩鲜艳，透明度高，无裂隙和杂质，晶体愈大价值愈高。金刚石是宝石中最贵重的一种。

2.工业用金刚石：工业上主要利用金刚石具有特殊硬度的性能，用于机械、电气、航空、精密仪表和国防工业等部门。金刚石制成的车刀和钻孔器是一种高速切削工具，广泛用于加工汽车、飞机用的发动机重要器件和其它机械、精密仪表的高硬质合金零件等；金刚石作拉丝模，可抽制坚硬极细的金属丝（如钨丝等），广泛用于电气工业，抽制光滑的织物线；细粒金刚石可制玻璃刀，还可制金刚

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

石镶嵌钻头，用于钻探最坚硬的岩层和提高钻探效率。此外，金刚石粉用作高级研磨材料，可以切割、琢磨最坚硬的宝石和石英振荡片，加工精密工业宝石（如宝石轴承），以及用在磨轮修整机上修整各种砂轮。

从二十世纪六十年代以来，通过对金刚石热学、电学和光学性质的研究，又可将金刚石分为Ⅰ型和Ⅱ型。Ⅱ型金刚石又可分为Ⅱa型和Ⅱb型。Ⅱa型为超导热金刚石，Ⅱb型为半导体金刚石。它们主要用于空间技术、电子工业和国防尖端工业上。Ⅱ型金刚石在自然界非常少见，在金刚石矿床中，它的含量一般低于2—3%。

二、一般工业要求和矿床实例

（一）砂矿

项　目	一般要求	矿床实例	
		湖南601矿	山东803矿
边界品位（毫克/米³）	1.5	1.5	1.5
工业品位（毫克/米³）	2	2	2
可采厚度（米）	0.2—0.6	0.6	0.2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）原生矿

项　目	一　般　要　求				矿床实例	
	岩脉型		岩管型		山东701矿（岩脉型）	辽宁复县（岩管型）
	低指标	高指标	低指标	高指标		
边界品位（毫克/米³）	20	40	10	20	20	10
工业品位（毫克/米³）	30	60	15	30	30	15
最小回收颗粒直径（毫米）	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
坑道进尺米毫克值（毫克/米）	30	60	—	—	15	—

注：①称量金刚石用的单位有克拉及毫克、克等，1克拉＝200毫克＝0.2克。

②某些原生矿区（或矿段），品位较贫而规模较大，故采用“低指标”（其缺点是生产成本较高）。对于品位较富的矿区（或矿段），则考虑采用“高指标”，但必须指出：在考虑品位高低的同时还应考虑质量的好坏，否则，有的矿床平均品位可以超过工业指标的几倍，储量也大，但由于质量差，生产成本高而无法建设矿山。

③当含金刚石岩脉的厚度小于0.2米且品位较富质量较好时，可采用“坑道进尺米毫克值”计算储量（坑道进

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

尺米毫克值系指断面为高1.8米，宽2.0米的坑道，在1米长度内所含金刚石重量）。

④表中原生矿指标，只适用于急倾斜含矿岩体或岩脉型矿床。

三、综合评价

金刚石砂矿中常伴有黄金和锆英石等。在原生金刚石矿床中，也常伴生有钙钛矿、白钛矿（含稀有金属铌、铈、镧）及烧绿石、磷灰石（含铌、磷等），因此，应注意综合评价。

四、附录

天然金刚石的技术指标（根据建材部部颁标准Jc 220—79）

（一）工艺品用金刚石

级别	晶体特征	规格：克拉/粒
一级	晶体完整，形状为八面体、十二面体。颜色为无色、天蓝色、浅粉红色、无色略带淡黄色透明 不允许有裂纹和包裹体	>6.00 6.00—3.01 3.00—1.00

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

级别	晶体特征	规格：克拉/粒
二级	晶体完整度不限，形状不限，最小的两个垂直径长之比不小于1：2 颜色为无色、天蓝色、蓝色、浅粉红色、粉红色、淡黄色 透明或半透明 晶体表面允许有裂纹和包裹体，但这些缺陷伸入晶体不得大于晶体最小径长的1／4，晶体内部允许有2—3点直径不大于0.5毫米的包裹体，允许有裂纹，但沿裂纹延伸方向分离晶体后所得最大部分不小于原晶体的3/4，且此部分无裂纹和包裹体。	>3.00 3.00—1.01 1.00—0.51 0.50—0.1

（二）拉丝模用金刚石

级别	晶体特征	规格：克拉/粒
一级	晶体完整，形状为八面体、十二面体、过渡型晶体和外形为圆形、椭圆形晶体 颜色为无色、浅黄色、浅绿色 晶体的最小径长不小于1.4毫米 透明 不允许有裂纹和包裹体 0.2克拉/粒以上的晶体表面允许有色斑和深度不大于0.5毫米的蚀坑	0.10—0.15 0.16—0.20 0.21—0.30 0.31—0.40 0.41—0.55 0.56—0.70 0.71—0.85 0.86—1.00 1.01—1.25

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

级别	晶体特征	规格：克拉/粒
二级	晶体形状为八面体、十二面体、过渡型晶体和外形为圆形、椭圆形之晶体 颜色为无色、浅黄色、黄色、浅绿色、浅棕色、棕色 晶体的最小径长不小于1.4毫米，但浅棕色、棕色的晶体最小径长不小于2.0毫米（即不小于0.2克拉／粒） 晶体表面允许有包裹体，但深入晶体不得大于晶体最小径长的1／4。允许有裂纹，但沿裂纹延伸方向分离晶体后所得最大部分不得小于原晶体的3／4，且此部分无裂纹和包体	0.10—0.15 0.16—0.20 0.21—0.30 0.31—0.40 0.41—0.55 0.56—0.70 0.71—0.85 0.86—1.00 1.01—1.25

（三）刀具用金刚石

1.车刀用金刚石

晶体特征	规格：克拉/粒
晶体完整，晶体形状为十二面体、弧形八面体，过渡型晶体和外形为圆形、椭圆形	0.70--0.85
晶体最小径长不得小于4毫米	0.86—1.00
颜色为无色、浅绿色、浅黄色、黄色、浅棕色	1.01—1.25
透明	1.26—1.50
不允许有裂纹。晶体表面允许有不大于0.5毫米的包裹体和蚀坑	1.51—2.00 2.01—3.00

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.刻线刀用金刚石

晶　体　特　征	规格：克拉/粒
晶体完整，形状为长形 颜色为无色、浅绿色、浅黄色、黄色、浅棕色 透明或半透明 晶体一端不允许有裂纹、包裹体；另一端允许有不影响使用的微小裂纹和不大于0.3毫米的包裹体	0.10—0.20 0.21—0.30 0.31—0.40 0.41—0.55

（四）硬度计压头用金刚石

晶　体　特　征	规格：克拉/粒
晶体完整，形状为十二面体、弧形八面体和过渡形晶体 颜色为无色、浅绿色、浅黄色、黄色、浅棕色、棕色 透明或半透明 不允许有裂纹。允许有不大于0.5毫米的包裹体	0.10—0.20 0.21—0.30

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（五）地质钻头和石油钻头用金刚石

级别	晶体特征	规格：粒/克拉
一级	晶体完整，形状为十二面体、弧形八面体或过渡型晶体 颜色为无色、浅黄色、浅绿色、浅棕色 透明或半透明 不允许有裂纹，允许晶体内部有微小包裹体	1—3 4—10 11—20 21—30 31—40 41—60 61—80 81—100
二级	晶体较完整，形状为八面体、十二面体或过渡型晶体 颜色不限（绿豆色除外） 透明度不限 无裂纹，晶体内部允许有微小的包裹体	1—3 4—10 11—20 21—30 31—40 41—60 61—80 81—100

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（六）砂轮刀用金刚石

级别	晶体特征	规格，克拉/粒
一级	晶体完整的八面体、十二面体或过渡型晶体 透明或半透明 颜色不限 顶角处不得有裂纹或包裹体。晶体内部可有不大于0.5毫米的包裹体，但不得有裂纹	0.30—0.45 0.46—0.60 0.61—0.80 0.81—1.00 1.01—1.25 1.26—1.50 1.51—2.00 2.01—3.00
二级	具有五个以上天然有用顶角的八面体、十二面体、过渡型晶体 透明或半透明 颜色不限 有用顶角处不允许有裂纹，其它部位允许有少量的包裹体和微小的裂纹	0.30—0.45 0.46—0.60 0.61—0.80 0.81—1.00 1.01—1.25 1.26—1.50 1.51—2.00 2.01—3.00

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

级别	晶体特征	规格：克拉/粒
三级	晶体形状不限 具有三个以上天然有用顶角 颜色不限 透明或半透明（黑色和浅棕色例外） 有用顶角处不允许有裂纹，其它部位允许有包裹体、微小裂纹	0.30—0.45 0.46—0.60 0.61—0.80 0.81—1.00 1.01—1.25 1.26—1.50 1.51—2.00 2.01—3.00

（七）玻璃刀用金刚石

晶体特征	规格：粒/克拉
晶体完整，形状为十二面体、八面体和过渡型晶体颜色不限 透明或半透明 不允许有裂纹，晶体内部允许有微小包裹体	10—20 21—30 31—40 41—60 61—80 81—100

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（八）金刚石笔及修整器用金刚石

1.金刚石笔

晶　体　特　征	规格：粒/克拉
非片状晶体，具有一个以上的顶尖	1—5
颜色不限（绿豆色除外）	6—10
透明或半透明	11—15
有用顶尖处不得有裂纹，允许有微小的包裹体	

2.修整器用金刚石

晶　体　特　征	规格，粒/克拉
非片状晶体	20—40
透明或半透明	41—70

（九）磨料用金刚石

凡不能满足以上各种用途的金刚石，均可作为磨料用。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

水　晶

（压电水晶、光学水晶、熔炼水晶、工艺水晶）

一、用途

水晶是透明的石英（SiO_2）晶体，一般无色。按其特性和工业用途分为压电水晶、光学水晶、熔炼水晶及工艺水晶四种。

压电水晶：无缺陷的水晶单晶，具有压电效应的特性。把它切割成单晶片后制成的谐振器、滤波器具有最高的频率稳定性，频率误差可小至10^{-9}以内。这种石英谐振器、滤波器是现代国防、电子工业中不可缺少的重要部件之一，广泛用于自动武器、超音速飞机、导弹、核武器及放大几十万倍的电子显微镜、测定几亿分之一秒的计时仪、电子计算机、人造地球卫星等科学技术的导航、遥控、遥测、电子、电讯设备之中。

光学水晶：主要利用其适于紫外线的透射和硬度比玻璃大的特点，用于制造石英折射计、红外线

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

分析窗口、光谱仪、摄谱仪等。

熔炼水晶：是电子工业和新技术的矿物原料，主要制造各种石英玻璃、石英玻璃制品及生产人造水晶，如提炼纯硅用的石英坩埚、光学玻璃、石英栅、化学医疗器皿、碘钨灯、氙灯灯丝的支架、水银灯罩等。

工艺水晶：有色、无色的透明水晶，为制造水晶眼镜片、工艺品的工艺水晶原料。

二、一般工业要求

（一）压电水晶

鉴于目前供需关系和人造压电水晶已基本过关等因素，近年未提出新的工业指标，现将1967年以前试行的技术要求所定的工业指标列出供参考。

矿床类型	开采方式	岩石等级	最低工业品位(克/米³)	
			可利用的	暂不能利用的
原生矿	露天开采	四级以下	0.5	0.3
		四级以上	1	0.6
	地下开采		3	1.8
砂矿	水采		0.3	0.1
	旱采		0.5	0.3

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：①压电水晶系指＞12×12×12毫米³的单晶（大单晶）。②表中的品位系指整个矿区、块段和中段的平均品位。③8×8×8—12×12×12毫米³小单晶的工业品位大于大单晶3—5倍时，目前也可利用，找矿时应注意评价。

（二）光学水晶

1.光学水晶工业原料分三个等级：

等级		无缺陷部分最小尺寸（毫米）			无缺陷部分允许缺陷程度
		机械轴	电轴	光轴	
Ⅰ级	1	65	55	40	不允许有巴西双晶，绵，节瘤，气态、液态、固态包裹体，裂隙，蓝针
	2	72	72	15	不允许有巴双西晶，绵，节瘤，气态、液态、固态包裹体，允许有一定数量的小气泡、小蓝针及次生小裂隙
Ⅱ级	1	45	35	30	与Ⅰ级1同
	2	65	65	15	与Ⅰ级2同
Ⅲ级	1	30	25	20	与Ⅰ级1同
	2	45	45	15	与Ⅰ级2同

注：①晶体中无缺陷部分应集中，有两个或两个以上的无缺陷部分时，按尺寸最大的无缺陷部分定级。
②无缺陷部分允许存在之缺陷备有实物样板。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.光学水晶工业原料为纯净、透明的石英晶体，能透过波长为210纳米以上的紫外线，透过率≥85%（以10毫米厚度的无缺陷晶体薄片进行测定）。

3.光学水晶工业原料的缺陷是：巴西双晶、节瘤、固态、液态、气态包裹体、绵、裂隙、蓝针。

4.光学水晶工业原料允许有道芬双晶，不影响透过紫外线的浅颜色，无缺陷部分的边缘，允许有少量小气泡、点状小蓝针及次生小裂隙。

（三）熔炼水晶

1.熔炼水晶质量好坏的主要标志是含二氧化硅的纯度，评价熔炼水晶矿产和生产熔炼水晶的每一个矿山或产地，都必须有化学分析资料。分析项目除必须有二氧化硅外，还应按需要选作铝、铁、硼钾、钠、钙、镁、铅、铜、锡、锰、镍、钛等元素的氧化物。

2.熔炼水晶不允许含有矿物包裹体及被矿物和杂质粘附的表面；不允许带有紫色、黄色，一级品不允许有墨晶。

3.熔炼水晶允许含有双晶、节瘤、蓝针和干净的自然晶面，不拘外形，但每块熔炼水晶的最小厚度必须大于或等于3毫米。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

4.熔炼水晶的透明度是影响其质量的又一标志。熔炼水晶的技术品级按每块晶体中透明部分占百分比划分为四级，即：

品　　级	透明部分占每块晶体体积百分比
Ⅰ　级	≥ 90
Ⅱ　级	≥ 70
Ⅲ　级	≥ 40
Ⅳ　级	≥ 10

5.熔炼水晶的工业指标可按压电水晶最低工业品位的100倍计。

（四）工艺水晶

分选和加工光学、压电水晶工业原料时所剔出来的水晶，只要符合以下要求即可作为工艺水晶的工业原料：

1.原料必须完全透明，可带色或无色，亦可带道芬双晶、巴西双晶、节瘤、少量气态、固态包裹体、蓝针和小绵，不许带裂隙、大绵。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

2.工艺水晶工业原料共分四个等级

级别		可用部分透明程度	颜色	可用部分最小尺寸（毫米）	可用部分占整块晶体比例（%）	可用部分允许缺陷程度
I	1	完全透明	深茶色	50×50×5	≥60	可带少量气态、固态包裹体和小蓝针。不许带裂隙、大绵、密集蓝针
级	2	完全透明	茶色	50×50×5	≥70	
II	1	完全透明	茶色	46×46×5	≥50	可带少量气态、固态包裹体、小绵、小蓝针。不许带裂隙、大绵、密集蓝针
级	2	完全透明	浅茶色	50×50×5	≥70	
III	1	完全透明	浅茶色	46×46×5	≥50	
级	2	完全透明	无色	50×50×5	≥60	允许带少量原生小裂隙，边缘部位允许带中绵
IV级		完全透明	深色及无色	42×42×5	≥50	

注：①因气泡较多不能列入规定等级者，可降级处理。

②晶体颜色深浅程度以5mm薄片为准。

三、综合评价

热液石英脉型水晶矿床的脉石英是综合利用的

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

对象，其围岩如是石英砂岩也要注意综合评价。伟晶岩型水晶矿床中，共生矿物可有萤石、黄玉、绿柱石、云母及稀有金属等。某些含晶石英脉和砂矿中伴生有金、银、铅、锌等有色及贵重金属矿产。另外，铜、铅、锌、钨矿区亦发现具有工业价值的石英脉型水晶矿。应注意综合找矿和综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

冰洲石

一、性质和用途

冰洲石是结晶完整和完全透明的方解石，化学成分为碳酸钙（$CaCO_3$），具有透明矿物中最高的双折射率和偏光性能，主要用于国防工业和制特种光学仪器，如制大屏幕显示设备，电子计算机的折光、偏光器，及偏光仪、光度计、旋光测糖计、化学分析用的比色计等。此外，还可制大炮的射程仪及测远仪的配件。

二、一般工业要求

1.无色全透明，无裂隙，无包裹体（固、液、气体），无节瘤、蒙罩及杂质，无双晶，无环带构造，用紫外线光照射时无萤光现象。

2.冰洲石的技术等级按晶体解理菱面体尺寸及允许缺点的程度划分为三级：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

等级	要求尺寸（毫米）	允　许　缺　点
Ⅰ级	≥ 55×55×45	允许带有轻微、均匀浅色，菱角相当于菱边长的1／3范围内允许有一些缺点
Ⅱ级	≥ 30×30×20	允许带有颜色，棱角相当于棱边长的1／3范围内允许有一些缺点
Ⅲ级	≥ 20×20×14	允许带有颜色，棱角5毫米范围内允许有各种缺点

注：三个棱边长都≥10毫米，存在缺点相当于二级品的冰洲石应予保留。

三、附录

（一）偏光仪器中冰洲石棱镜等的规格：

一般尼科尔棱镜25×12×12毫米

大断面偏光镜30×30×14毫米

上等偏光镜≥12.3×12.3×36.8毫米

或18.3×18.3×12.3毫米

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）冰洲石暂行销售规格

等级		规格
一级	1	≥ 65×65×45
	2	≥ 55×55×45
二级	1	≥ 40×40×25
	2	≥ 30×30×20
三级		≥ 20×20×14

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

光学萤石

一、性质及用途

光学萤石是指透明的萤石晶体，具有光的均质性、低的折光率、弱的分散性和无论对红外线或紫外线都有很高的透光性，所以大的萤石晶体可作摄谱仪，较小的晶体用作显微镜上的接物镜，还可制造消除色象差和球状象差的透镜和棱镜。

二、一般工业要求

1.质量要求：全透明、无色或带均匀的浅色；无裂隙、包裹体（固、液、气体）或个别细小的包裹体（用六倍放大镜检查时）；厚度为1.5毫米的萤石薄片必须透过波长为4.5微米的红外线80%以上。

2.块度大小要求：萤石晶体（或晶体碎块）无缺陷部分的尺寸均应大于或等于6×6×4毫米。

3.光学萤石工业原料分级：根据晶体大小及采取率分为五级：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

级别	可用部分采取率（无缺陷部分占整个晶体或碎块的体积%）	可用部分尺寸（毫米）
特级	≥ 90	≥50×50×25
I 级	≥ 80	≥20×20×10
II 级	≥ 60	≥20×20×10
III 级	≥ 40	≥10×10×4
IV 级	≥5，凡带有均匀的浅色者（不具有乳白色）均列入此级	≥6×6×4

三、附录

建材部1961年部颁标准：光学萤石晶体质量分级标准

级别	可用部分采取率	可用部分尺寸（毫米）	备注
特	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积≥90%	≥50×50×25	选矿时，除将不透明部分或其它缺点溶集部分打掉外，一般应保留些缺陷部分，以便使用单位加工时损坏晶体有用部分
1	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积≥80%	≥20×20×10	
2	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积≥60%	≥10×10×4	
3	无缺点部分占整个晶体或碎块的体积≥40%	≥10×10×4	
4	1.无缺点部分占整个晶体或碎块的体积≥5% 2.凡带有均匀的浅色（不具乳色）均列入该级	≥6×6×4	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

电 气 石

一、性质及用途

电气石是一种复杂的硼、铝硅酸盐〔(Mg，Fe，Ca，Na，K，Li)$_3$Al$_3$(BOH)$_2$(SiO$_3$)$_4$〕。硬度较大（7—7.5），有显著的热电、压电性能，透明的晶体纵向切面有偏光和多色性的特点，因此，电气石晶片可用作无线电工业上的波长调整器、偏光仪器中的偏光片；结晶完好、无弯曲和裂纹的电气石，可作测定空气和水中的冲压用的压电计；透明色鲜的可作宝石；细粒电气石还可作研磨材料。由于电气石含硼（B_2O_3达11.5%），在缺硼时，可作炼硼和制硼肥的原料。

二、综合评价

在伟晶岩矿床中，电气石常与稀有矿物、云母等共生。在矽卡岩型、云英岩型矿床中常与钨、锡矿物共生，有时与硼镁铁矿共生，应注意综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

云 母

一、性质和用途

云母的种类很多，在工业上用得最多的是白云母$K_2Al_4[Si_6Al_2O_{20}](OH, F)_4$，其次是金云母$K_2Mg_6(OH,O)_4Si_6Al_2O_{20}$，锂云母$K_2(Li,Al)_{5-6}[Si_{6-7}Al_{2-1}O_{20}](OH, F)_4$是锂的工业原料，有时还富集一定量的铷和铯。

白云母和金云母均有高的电绝缘性和耐热性，强的抗酸、抗碱、抗压能力，并能分剥成有弹性的透明薄片，所以主要用作电气设备和电工器材的绝缘材料（如制造电子管、电容器、整流器、电动机等等）；云母也可用在冶金工业和机械工业方面，制作蒸汽锅炉、冶炼炉的炉窗和机械上的零件；此外，碎云母和云母粉可以加工制成云母纸，具有与片状云母相同的电绝缘性、耐热性、抗酸性、抗碱性和抗压性，也可代替云母电机薄片，制造各种成本低廉、厚度均匀的绝缘材料，用于各种电机的绝缘。碎云母具有高度的分散性、在粘性介质中的悬浮性而广泛地被用作油漆、橡胶、塑料的填料及建筑材料。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

二、一般工业要求

工业上可用的是工业原料云母。它是指从矿山直接采出的云母原矿（或称生料云母），经过初步选矿取得的两面平整、有效面积≥4 厘米^2 的云母块。

（一）质量要求

1.工业原料云母的外观质量条件

（1）在有效面积内不允许有裂缝、穿孔、砂眼、粘结、严重皱纹、嵌填物、连生物和羽毛状梗子层。

（2）在有效面积内不允许有已失去弹性和挠曲性能的严重风化和水锈的云母，即不能剥分成合格薄片者。

（3）在云母晶体内，不允许有易于脱落的云母碎块；边沿上的非云母矿物沿径向不得超过 3 毫米；凹入角内的非云母矿物其深度不得超过7毫米；同时也不允许有凸出于云母晶体表面的非云母矿物。

（4）楔形云母最厚边的最大厚度不得超过 10 毫米，板状云母晶体厚度不限。

2.工业原料云母的分类

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

按云母晶体任一面之有效面积，最大一块的内接矩形分成五类：

类别 \ 面积	任一面之最大一块有效面积（厘米²）	最大轮廓面积（厘米²）	备注
特类	≥65	≥420	左列云母晶体有效面积和轮廓面积相差较大，且两者难得对应，地质评价时当以有效面积衡量评定。
Ⅰ类	≥40	<420	
Ⅱ类	≥20	<240	
Ⅲ类	≥10	<120	
Ⅳ类	≥ 4	<60	

注：有效面积是指按云母片内所能划出的最大内接矩形计算。此矩形的边长比为1:1—1:3。

3.工业原料云母的分级

工业原料云母按斑点所占有效面积的比例又分为甲、乙两级，即：

甲级：斑点占有效面积≤25%，

乙级：斑点占有效面积>25%。

4.厚片云母：用工业原料云母加工成厚度为0.1—2毫米。有效面积≥4厘米²的任意外形的云母片为制制电容器用薄片、电机绝缘用薄片及电器绝缘耐热用云母片的原料。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（1）根据外观质量和用途，将厚片云母分为特级、甲级、乙级和丙级。

①特级：剥制优质电容器薄片云母的最优质云母，对其外观质量要求：

a、表面呈珍珠光泽、透明，颜色一致，两面光滑；

b、质地坚硬平整，允许略带波纹，不允许有重波、皱纹、交叉纹络和纽结，不允许有任何斑点；

c、无贯穿杂质、粘结、连生物、嵌填物；

d、允许小于对径1/4的裂缝和凹入角，但各不得超过2处，在裂缝长度范围内允许穿孔存在，凹入角不得伸入型号面积。

②甲级：剥制电容器薄片的优质白云母。外观质量要求如下：

a、质地坚硬、光滑、透明、无皱纹和凹凸不平，允许有轻微波纹；

b、斑点不得超过云母片面积的5%；

c、无贯穿杂质、粘结、连生物、嵌填物；

d、允许小于对径1/4的裂缝和凹入角，但各不得超过2处，在裂缝长度范围内允许穿孔存在，凹入角不得伸入型号面积内。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

③乙级：剥制电机绝缘薄片云母的良好白云母和金云母，外观质量要求如下：

a、两面光滑，允许有波纹和轻微皱纹；

b、斑点不得超过云母片面积的35%；

c、无贯穿杂质、粘结、连生物、嵌填物；

d、允许小于对径1/4的裂缝和凹入角。但各不得超过2处，在裂缝长度范围内允许穿孔存在，凹入角不得伸入型号面积内。

④丙级：剥制电器绝缘用云母片的白云母和金云母，外观质量要求如下：

a、斑点不限；

b、两面光滑，允许有波纹、轻微皱纹；

c、应无贯穿杂质、粘结、连生物、嵌填物；

d、允许小于对径1/4的裂缝和凹入角，但各不得超过2处，在裂缝长度范围内允许穿孔存在，凹入角不允许伸入型号面积内。

（2）厚片云母按片内最大内接矩形面积（又称型号面积）分为九个型号：

型号	特号	1号	2号	3号	4号	5号	6号	7号	8号
面积（厘米²）	≥230	≥150	≥90	≥65	≥40	≥20	≥10	≥6	≥4

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

5.一般电气性能要求：

选有代表性样品的厚片云母，加工成薄片云母进行电气性能试验，其击穿电压不得低于下表数值：

薄片云母厚度（微米）	击穿电压（单位：千伏）			
	白云母		金云母	
	平均	最低	平均	最低
15±5	2.2	1.4	1.8	1.0
25±5	4.0	1.9	3.2	1.7

（二）品位要求

按工业原料云母含矿率计算

边界品位：含矿率　　1千克/米³

工业品位：平均含矿率4千克/米³

（三）开采技术条件

可采厚度：≥1米，当工业原料云母含矿率高而矿体厚度不足1米时，按米含矿率计算。

夹石剔除厚度≥0.5米（因白云母矿床矿化一般不稳定，矿体变化大，为使储量计算与开采实际情况较为接近，可放宽为1米。）

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

注：附名词解释：

楔形：云母晶体中任一断面上一端比另一端厚。

板状：叠层彼此平行的云母晶体。

裂缝：肉眼可见的破裂。

穿孔（沙眼或刺穿）：贯穿云母晶面的洞孔。

粘结（旋子、绞丝）：指云母的不完全解理。

皱纹：成折线状起伏的断面。

嵌填物：贯穿云母晶面的非云母矿物。

连生物：与云母晶体连生的黑云母或非云母矿物。

凹入角：云母片边沿的缺口。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

可采厚度：1米（不足1米者以米含矿率计算）

夹石剔除厚度：1米

（二）四川丹巴白云母矿

边界品位：工业原料云母含矿率1千克/米^3

工业品位：工业原料云母平均含矿率4千克/米^3

可采厚度：1米（不足1米者，以米含矿率计算）

夹石剔除：厚度1米

四、综合评价

在白云母伟晶岩矿床中，常有绿柱石、铌钽铁矿、锂辉石、独居石、含铀铌钽酸盐等稀有分散元素矿物，应注意进行评价，并对矿床中的石英和长石能否供工业利用，作出综合评价。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（十二）地下水和地下热水

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地 下 水

一、用途

地下水是水资源的重要组成部分，一般具有水质好，水量稳定，不易受到污染等优点，广泛用于人民生活、农业灌溉、工业等各个方面。特别是干旱、半干旱地区，地表水源不足，地下水的开发利用对当地人民的生活和国民经济的发展，更有着重要的意义。

质量优良的地下水，首先应该满足当地人民饮用和生活用水的需要。

二、分类

（一）按矿化度的大小，把水分为五类

类　　型	淡水	微咸水	咸水	盐水	卤水
矿化度（克／升）	<1	1—<3	3—<10	10—<50	≥50

注：海水的矿化度在35克／升左右

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）按硬度的大小，把水分为五类

类型	$Ca^{2+}Mg^{2+}$（毫克当量／升）	德国度(度)
极软水	<1.5	<4.2
软　水	1.5—<3.0	4.2—<8.4
微硬水	3.0—<6.0	8.4—<16.8
硬　水	6.0—<9.0	16.8—<25.2
极硬水	≥ 9.0	≥ 25.2

注：一德国度相当于一升水中含10毫克 CaO 或 7.19 毫克 MgO。

（三）按pH值，把水分为五类

类型	强酸性水	弱酸性水	中性水	弱碱性水	强碱性水
pH值	<5.0	5.0—<6.5	6.5—<8.0	8.0—<10.0	≥ 10.0

硫化矿物（黄铁矿、黄铜矿及闪锌矿等）的氧化是酸性水形成的重要方面。酸性水对钢铁等金属有腐蚀作用，当pH<4时腐蚀性剧增。pH<7的水，一般对建筑物的基础呈酸性侵蚀。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、水质标准

（一）生活饮用水水质标准

编号	项　　目	标　　准
	感官性状和一般化学指标	
1	色	色度不超过15度，并不得呈现其他异色
2	浑浊度	不超过3度，特殊情况不超过5度，
3	嗅和味	不得有异嗅，异味
4	肉眼可见物	不得含有
5	pH值	6.5—8.5
6	总硬度（以$CaCO_3$计）	450毫克／升
7	铁	0.3毫克／升
8	锰	0.1毫克／升
9	铜	1.0毫克／升
10	锌	1.0毫克／升
11	挥发酸类（以苯酚计）	0.002毫克／升
12	阳离子合成洗涤剂	0.3毫克／升
13	硫酸盐	250毫克／升
14	氯化物	250毫克／升
15	溶解性总固体	1000毫克／升
	毒理学指标：	
16	氟化物	1.0毫克／升，
17	氰化物	0.05毫克／升

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

编号	项　　目	标　　准
18	砷	0.05毫克／升
19	硒	0.01毫克／升
20	汞	0.001毫克／升
21	镉	0.01毫克／升
22	铬(六价)	0.05毫克／升
23	铅	0.05毫克／升
24	银	0.05毫克／升
25	硝酸盐(以氮计)	20毫克／升
26	氯仿*	60微克／升
27	四氯化碳*	3微克／升
28	苯并(a)芘*	0.01微克／升
29	滴滴涕*	1微克／升
30	六六六*	5微克／升
	细菌学指标：	
31	细菌总数	一毫升水中不超过100个
32	大肠菌群	一升水中不超过3个
33	游离性余氯	在接触30分钟后应不低于0.3毫克／升。集中式给水除出厂水应符合上述要求外，管网末梢水不低于0.05毫克／升
	放射性指标：	
34	总α放射性	0.1贝可／升
35	总β放射性	1贝可／升

引自：1986年《生活饮用水水质标准》GB5749—85·试行标准

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）农田灌溉用水水质标准

编号	项　　目	标　　准
1	水温	不超过35°C
2	pH值	5.5—8.5
3	全盐量	非盐碱土农田不超过1500毫克／升
4	氯化物(按Cl计)	非盐碱土农田不超过300毫克／升
5	硫化物(按S计)	不超过1毫克／升
6	汞及其化合物(按Hg计)	不超过0.001毫克升
7	镉及其化合物(按Cd计)	不超过0.01毫克／升
8	砷及其化合物(按As计)	不超过0.05毫克／升
9	六价铬化物(按Cr^{6+}计)	不超过0.1毫克／升
10	铅及其化合物(按Pb计)	不超过0.1毫克／升
11	铜及其化合物(按Cu计)	不超过1.0毫克／升
12	锌及其化合物(按Zn计)	不超过3毫克／升
13	硒及其化合物(按Se计)	不超过0.01毫克／升
14	氟化物(按F计)	不超过3毫克／升
15	氰化物(按游离氰根计)	不超过0.5毫克／升

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

编号	项　　目	标　　准
16	石油类	不超过10.0毫克／升
17	挥发性酚	不超过1.0毫克／升
18	苯	不超过2.5毫克／升
19	三氯乙醛	不超过0.5毫克／升
20	丙烯醛	不超过0.5毫克／升

注：放射性物质的标准，应按现行的《放射防护规定》中关于露天水源中放射性物质极限浓度的规定执行。

引自《农田灌溉水质标准》TJ24—79(试行)

（三）肥水

肥水就是含有硝态氮和其它可溶盐的地下水，是广大群众在长期生产过程中发现和利用的一种肥源。有些地方，群众把肥水称之为“苦水”、“壮水”或“茅缸水”。

肥水主要是地面含氮的有机物分解成硝酸盐，经过淋滤下渗作用，聚集在地下水中形成的，因此，

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

肥水的分布和人类的活动以及水文地质条件有着密切的关系。

肥水无色、透明、无嗅，味苦或咸、涩。根据试验观察，硝态氮含量在15毫克／升以上的地下水，用于灌溉就有增产的效果，因此，可以把含有硝态氮15毫克／升作为肥水的界线。

（四）蒸气锅炉用水水质要求

项　　目	限　　度
非碳酸盐硬度	0.9　毫克当量／升
总　硬　度	4.5　毫克当量／升
蒸发残渣	500　毫克／升
悬　浮　物	600　毫克／升
含　氯　量	100　毫克／升

（五）冷却用水

除考虑水温外，一般要求水质不结垢或少结垢，不腐蚀。主要考虑下列项目：

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

冷却用水水质要求

项　　目	浑浊度①	总矿化	碳酸盐硬度②	pH值	SO_4^{2-}	Cl^-	Fe^{2+} Fe^{3+}	Mn^{2+}	H_2S
允许含量（毫克／升）	50—100	＜3000	6—20°（德国度）	6.8—8.2	150—200	＜100	＜0.1	0.04—0.2	0.5

注：①浑浊度按冷却器的形式而定

②碳酸盐硬度，决定于水中CO_2的含量及水温

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（六）食品工业用水

水需无色、透明、无嗅、无味、无毒、无悬浮有机质，对水中细菌数量进行严格控制，符合饮用水水质标准。水质要求如下表：

项　　目	制糖	制淀粉	酿酒	备　　注
浑浊度	0	0		
色度(度)	10—20	10—20		
总硬度(德国度)	<20	<20	2—6	
耗氧量(毫克／升)	<10	<10	<10	
氯(毫克／升)	50	60	30—60	使糖不易结晶
硫酐(毫克／升)	50	60		$CaSO_4$、$MgSO_4$对制糖起不良影响
亚硝酐(毫克／升)	0	0	5—25 (NO_2)	N_2O_3存在，可使糖大量减产
硝酐(毫克／升)	痕迹	0	0.3	
氨(毫克／升)	0	0	0.1	
铁(毫克／升)	痕迹	0.5	0.1	使淀粉、糖着色
锰(毫克／升)	痕迹	0.05	痕迹	使淀粉、糖着色
碳酸(毫克／升)		100		
氧化钙(毫克／升)		120		使淀粉灰分增多
氧化镁(毫克／升)		20		
固形物(毫克／升)	200—300	400—600		
pH值			6.5—7.5	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

四、开采技术条件

（一）开采深度

浅井：　井深≤40米，可以人力施工锅锥井

中深井：　≤300米，可以使用一般凿井机具

深井：　＞300米，需要使用大型凿井机具

（二）宜井地区

饮用：　单井出水量一般需要满足1吋以上水泵抽水

农田灌溉：单井出水量一般需要满足3吋以上水泵抽水

工业供水：单井出水量一般需要满足6吋以上水泵抽水

（三）地下水位埋藏深度

浅：水位埋深0—＜10米，可以使用离心泵提水

中：水位埋深10—50米，可以使用机井泵提水

深：水位埋深50—150米，可以使用深井

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

泵提水

超深：水位埋深>150米，需要串连深井泵或使用超深深井泵提水

（四）供水水源地规模

小型：　可采水量，≤1万米³／日

中型：　可采水量，>1—5万米³／日

大型：　可采水量，>5—15万米³／日

超大型：可采水量，>15万米³／日。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

地下热水

一、用途

地球是一个大热库，全球地热能源潜在资源约4×10^{13}兆千瓦小时，相当于现在全球耗能总量的45万倍。地下水作为导热介质，在长期运移过程中吸收了地壳内部的热能，并携带了一些特有的物质组分，形成了地下热水。当其所含物质组分可作为矿产资源或具有特殊医疗价值时称“热矿水”或“矿泉”。地下热水分布较广，由于储存有大量的热能，除用于医疗、洗浴外，目前作为能源开发利用，已日益引起重视。

(一)地下热水发电：利用地下热水的热能，采用降压扩容法或中间介质法发电，较火力发电有许多优越性：不用燃料，不要锅炉车间及其相应的设备，无废渣，既节省煤炭又可节省大量的运输设备，同时很少造成空气污染。如西藏羊八井地热试验电站，现有供发电用的生产井六口，孔深81.82—334.70米，每小时生产汽水混合物500—600吨，多数井地热流体温度达150—160°C，1975年开始筹

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

建地热试验电站，现已完成装机容量7000千瓦。为目前我国国内最大的地热电站，并已运转发电，向距离92千米以远的拉萨市供电，缓和了拉萨市供电紧张的局面。

（二）地下热水供暖：北京、天津、华北油田、福洲等地利用地下热水为居民住宅区供暖，已取得了良好效果，节省了大量煤炭、资金，减少了环境污染。如北京东南城区。自70年代初期开展地热勘探工作以来，在约100余平方千米范围内打成水温在38—70°C的热水井40余眼，现有9个单位利用48—64°C的地热水采暖，采暖面积达13.64万平方米。采暖效果较好的空军招待所，利用井深1567米，水温64°C，出水量约70米³/小时的热水井采暖，采暖面积达3.7万平方米，与用锅炉采暖比较，全年可节煤1200吨，节电1.9万度，节省人力18人，共可节支约9.7万余元，并减少了环境污染。

（三）用于工业生产：主要用于工业锅炉及纺织、印染、造纸、酿造、皮革加工处理等工艺流程中的热供水。

（四）用于农副业生产：主要用于保温育苗、温室栽培、人工孵化、水产养殖和调剂灌溉水温等。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（五）用于医疗洗浴：热矿水用于医疗和洗浴在我国有悠久的历史。由于热矿水所含化学成分、气体和放射性物质以及温度对人体产生某些显著的生理作用，取得治疗疾病的效果。如广东从化温泉，为放射性氡泉，含氡59马赫。对皮肤病、关节炎有显著疗效。

（六）提取有用组分和制做饮料：如湖北某地钻孔中，于3000米深处，以70多个大气压的压力喷出97°C的热水，含盐浓度300克／升，同时含有碘、锂、铯、铷、钾等元素；云南腾冲温泉年产硫磺5000吨；广东龙川县黎嘴温泉，含游离二氧化碳1022毫克/升，已建成矿泉水厂，生产瓶装汽水，对消化系统疾病有较好的疗效。

二、分类

（一）从利用地热能出发，按温度分类

相	热水类型	温度界线（°C）	主要用途
液相	低温热水	20—40	农业灌溉、饮用、浴疗、洗涤、人工孵化
	中温热水	40—60	锅炉用水、生活、采暖、温室、调节灌溉水源
	高温热水	60—100	锅炉用水、工业热供水，采暖

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

相	热水类型	温度界线(°C)	主 要 用 途
液－气相	低温过热水	>100	发电、动力
	高温过热水	>374(水临界温度)	发电与综合利用

（二）从医疗出发，按温度分类

类 型	冷的	微温的	温的	热水	高热的
泉水温度(°C)	<25	25—33	34—37	38—42	>42

（三）按放射性分级

分 级	氡水中射气含量(埃曼)	镭水中镭的含量(克／升)	备 注
强放射性水	>300	$>10^{-9}$	埃曼为射气含量单位 1马赫＝3.64×10^{-10}居里＝3.64埃曼 近年查明镭水对人体有害，已停止用于医疗
中等放射性水	100—300	10^{-10}—10^{-9}	
弱放射性水	35—100	10^{-11}—10^{-10}	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

三、热矿水水质标准

（一）医疗矿泉水标准

（1981年青岛会议通过）

名称	矿化度克／升	主要成分		特殊成分
		阴离子	阳离子	
氡泉				Rn＞3马赫
碳酸泉				CO_2＞1克／升
硫化氢泉				点S量＞2毫克/升
铁泉				$Fe^{2+}+Fe^{3+}$＞10毫克／升
碘泉				I＞5毫克／升
溴泉				Br＞25毫克／升
砷泉				As＞0.7毫克／升
硅酸泉				H_2SiO_3＞50毫克/升
重碳酸盐泉	＞1	HCO_3	Ca Na Mg	
硫酸盐泉	＞1	SO_4	Na Ca Mg	
氯化物泉	＞1	Cl	Na Ca Mg	
淡泉	＜1			

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（二）饮料矿泉水特殊化学成分标准

（1986年地矿部《试行》标准）

化学成分	饮料矿泉水标准 毫克／升	备　注
游离二氧化碳	＞250	命名标准 ＞1000
氡	＞3.5	命名标准＞5.5
偏硅酸	＞25	命名标准＞50
二价铁和三价铁	5—10	命名标准＞10
锂	0.2—2	
锶	0.2—4	
氟	1—2	
溴	0.2—1	
偏硼酸	1—5	以H_3BO_3计
碘	0.2—1	
钼	0.05—0.5	
锌	0.2—5	
硒	0.01—0.1	

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（三）可以提取有用元素的最低含量

它需要根据热田规模综合评价，以下数字供参考。

碘（I）：　20—30 毫克／升
溴（Br）：　20—200毫克／升
铯（Cs）：　>80　毫克／升
锂（Li）：　>25　毫克／升
铷（Rb）：　>200　毫克／升
锗（Ge）：　>5　毫克／升

四、开采技术条件

（一）开采深度

温　度(°C)	开采深度(米)
<40	<1000
40—60	1000—1500
60—100	1500—2500
>100	>2500

（二）地热田规模，按发电量大小划分

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

大型：发电量　>5万千瓦

中型：发电量　1—5万千瓦

小型：发电量　<1万千瓦

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

（十三）附录

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

附录一

矿床规模划分标准参考资料

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
1	煤（煤田）	原煤 亿吨	>50	10—50	<10
	（煤矿区）	原煤 亿吨	>10	5—10	<5
	（井田）	原煤 亿吨	>2	0.5—2	<0.5
2	泥炭	万吨	>1000	100—1000	<100
3	石油	原油 万吨	>10000	1000—10000	<1000
4	天然气	气量 亿米^3	>1000	100—1000	<100
5	油页岩	矿石 亿吨	>20	2—20	<2
6	铀	U 吨	>3000	1000—3000	<1000

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称		储量单位	矿床规模		
				大型	中型	小型
7	铁	贫矿	矿石	亿吨	>1	0.1—1	<0.1
		富矿	矿石	亿吨	>0.5	0.05—0.5	<0.05
8	锰		矿石	万吨	>2000	200—2000	<200
9	铬铁矿		矿石	万吨	>500	100—500	<100
10	钒		V_2O_5	万吨	>100	10—100	<10
11	钛	金红石原生矿	TiO_2	万吨	>20	5—20	<5
		金红石砂矿	矿物	万吨	>10	2—10	<2
		钛铁矿原生矿	TiO_2	万吨	>500	50—500	<50
		钛铁矿砂矿	矿物	万吨	>100	20—100	<20

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
12	铜	Cu 万吨	>50	10—50	<10
13	铅	Pb 万吨	>50	10—50	<10
14	锌	Zn 万吨	>50	10—50	<10
15	铝土矿	矿石 万吨	>2000	500—2000	<500
16	镍	Ni 万吨	>10	2—10	<2
17	钴	Co 万吨	>2	0.2—2	<0.2
18	钨	WO_3 万吨	5>	1—5	<1
19	锡	Sn 万吨	>4	0.5—4	<0.5
20	铋	Bi 万吨	>5	1—5	<1

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
21	钼	Mo 万吨	>10	1—10	<1
22	汞	Hg 吨	>2000	500—2000	<500
23	锑	Sb 万吨	>10	1—10	<1
24	金 岩金	Au 吨	>20	5—20	<5
	砂金	Au 吨	>8	2—8	<2
25	银	Ag 吨	>1000	200—1000	<200
26	铂族	金属 吨	>10	2—10	<2
27	钽 原生矿	Ta_2O_5 吨	>1000	500—1000	<500
	砂矿	矿物 吨	>500	100—500	<100

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
28	铌 原生矿	Nb_2O_5 万吨	>10	1—10	<1
	砂矿	矿物 吨	>2000	500—2000	<500
29	铍	BeO 万吨	>1	0.2—1	<0.2
30	锂 矿物锂矿	Li_2O 万吨	>10	1—10	<1
	盐湖锂矿	LiCl 万吨	>50	10—50	<10
31	锆 锆英石	矿物 万吨	>20	5—20	<5
32	铷（盐湖中的铷另计）	Rb_2O 吨	>2000	500—2000	<500
33	铯	Cs_2O 吨	>2000	500—2000	<500
34	锶 天青石	$SrSO_4$ 万吨	>20	5—20	<5

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
35	稀土 砂矿	独居石 吨	>10000	1000—10000	<1000
		磷钇矿 吨	>5000	500—5000	<500
	原生矿	TR_2O_3 万吨	>50	5—50	<5
	（风化壳矿床）	铈族稀土氧化物总量 万吨	>10	1—10	<1
	（风化壳矿床）	钇族稀土氧化物总量 万吨	>5	0.5—5	<0.5
36	镉	Cd 吨	>3000	500—3000	<500
37	锗	Ge 吨	>200	50—200	<50
38	镓	Ga 吨	>2000	400—2000	<400
39	铟	In 吨	>500	100—500	<100

续表

顺序号	矿种名	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
40	铪	Hf 吨	>500	100—500	<100
41	铼	Re 吨	>50	5—50	<5
42	铊	Tl 吨	>500	100—500	<100
43	硒	Se 吨	>500	100—500	<100
44	碲	Te 吨	>500	100—500	<100
45	钪	Sc 吨	>10	2—10	<2
46	石灰岩 熔剂灰岩	矿石 亿吨	>0.5	0.1—0.5	<0.1
	水泥灰岩	矿石 亿吨	>0.8	0.15—0.8	<0.15
	制碱灰岩	矿石 亿吨	>0.5	0.1—0.5	<0.1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
	电石灰岩	矿石 亿吨	>0.5	0.1—0.5	<0.1
47	白云岩	矿石 亿吨	>0.5	0.1—0.5	<0.1
48	硅石 熔剂用硅石	矿石 万吨	>2000	200—2000	<200
	玻璃硅质原料	矿石 万吨	>1000	200—1000	<200
49	菱镁矿	矿石 亿吨	>0.5	0.1—0.5	<0.1
50	耐火粘土	矿石 万吨	>1000	200—1000	<200
51	萤石(不含伴生萤石)	CaF_2 万吨	>100	20—100	<20
52	蓝晶石类	矿物 万吨	>200	50—200	<50
53	铁矾土	矿石 万吨	>1000	200—1000	<200

续表

顺序号	矿种名称		储量单位	矿床规模		
				大型	中型	小型
54	铸型用粘土		矿石 万吨	>1000	200—1000	<200
55	铸型用砂		矿石 万吨	>1000	100—1000	<100
56	硫铁矿		矿石 万吨	>1500	200—1500	<200
57	自然硫		S 万吨	>500	100—500	<100
58	磷矿		矿石 万吨	>5000	500—5000	<500
59	钾盐	固态	KCl 万吨	>1000	100—1000	<100
		液态	KCl 万吨	>5000	500—5000	<500
60	钾长石		矿物 万吨	>100	10—100	<10
61	含钾岩石		矿石 亿吨	>1	0.2—1	<0.2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
62	明矾石	矿物 万吨	>1000	200—1000	<200
63	化肥用蛇纹岩、橄榄岩	矿石 亿吨	>1	0.1—1	<0.1
64	芒硝	Na_2SO_4 万吨	>1000	100—1000	<100
	钙芒硝	Na_2SO_4 万吨	>10000	1000—10000	<1000
65	天然碱	Na_2CO_3+$NaHCO_3$ 万吨	>1000	200—1000	<200
66	镁盐	$MgCl_2$／$MgSO_4$ 万吨	>5000	1000—5000	<1000
67	钠盐	NaCl 亿吨	>10	1—10	<1
68	钠硝石	$NaNO_3$ 万吨	>500	100—500	<100

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床模规		
			大型	中型	小型
69	碘	碘 吨	>5000	500—5000	<500
70	溴	溴 吨	>50000	5000—50000	<5000
71	重晶石、毒重石	矿石 万吨	>1000	200—1000	<200
72	砷	As 万吨	>5	0.5—5	<0.5
73	硼(内生硼矿)	B_2O_3 万吨	>50	10—50	<10
74	云母	工业原料云母 吨	>1000	200—1000	<200
75	石棉 超基性岩型蛇纹石石棉	矿物 万吨	>500	50—500	<50
	镁质碳酸盐型蛇纹石石棉	矿物 万吨	>50	10—50	<10

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称		储量单位	矿床规模		
				大型	中型	小型
76	蓝石棉		矿物吨	>1000	100—1000	<100
77	金刚石	原生矿	矿物万克拉	>100	20—100	<20
		砂矿	矿物万克拉	>50	10—50	<10
78	压电水晶		单晶吨	>2	0.2—2	<0.2
79	熔炼石英		矿物吨	>100	10—100	<10
80	光学水晶		矿物吨	>0.5	0.05—0.5	<0.05
81	工艺水晶		矿物吨	>0.5	0.05—0.5	<0.05
82	冰洲石		矿物吨	>1	0.1—1	<0.1
83	光学萤石		矿物吨	>1	0.1—1	<0.1

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
84	石墨 晶质	矿物 万吨	>100	20—100	<20
	隐晶质	矿石 万吨	>1000	100—1000	<100
85	滑石	矿石 万吨	>500	100—500	<100
86	石膏	矿石 万吨	>3000	1000—3000	<1000
87	水泥混合材	矿石 万吨	>2000	200—2000	<200
88	水泥粘土质原料	矿石 万吨	>2000	500—2000	<500
89	高岭土	粘土量 万吨	>500	100—500	<100
90	砖瓦粘土	矿石 万吨	>2000	500—2000	<500
91	膨润土	矿石 万吨	>5000	500—5000	<500

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
92	硅藻土	矿石 万吨	>1000	200—1000	<200
93	海泡石	粘土量 万吨	>500	100—500	<100
94	凹凸棒石	粘土量 万吨	>500	100—500	<100
95	叶腊石	矿石 万吨	>200	50—200	<50
96	浮石	矿石 万吨	>300	50—300	<50
97	沸石	矿石 万吨	>5000	500—5000	<500
98	蛭石	矿石 万吨	>100	20—100	<20
99	珍珠岩	矿石 万吨	>2000	500—2000	<500
100	硅灰石	矿物 万吨	>100	20—100	<20

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
101	饰石(辉绿岩、玄武岩)	矿石 万吨	>1000	200—1000	<200
102	建筑大理岩	矿石 万米³	>1000	200—1000	<200
103	建筑石材、花岗石	矿石 万米³	>5000	1000—5000	<1000
104	蜡玉	矿物 万吨	>1	0.1—1	<0.1
105	石榴石	矿物 万吨	>500	50—500	<50
106	天然油石	矿石 万吨	>100	10—100	<10

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

顺序号	矿种名称	储量单位	矿床规模		
			大型	中型	小型
107	供水水源地	允许开采量（米³／日）	>50000	10000—50000	<10000
108	地热田	发电能量（千瓦）	>50000	10000—50000	<10000

注：①有些矿产是按有用组份（元素或矿物）或矿石量计算储量和划分规模的，还有些是按有用组分和矿石量两者同时计量的（详见矿产储量表），这里只列出一种并据以划分矿床规模。

②关于小型矿床规模的下限和需否进一步划分小小型矿床及其规模尚待总结实践经验拟定。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

附录二

常 见 标

泰勒标准筛			日本T15		美国标准筛		
网目（孔／英寸）	孔（毫米）	丝径（毫米）	孔（毫米）	丝径（毫米）	筛号	孔（毫米）	丝径（毫米）
			9.52	2.3			
2.5	7.925	2.235	7.92	2	2.5	8	1.83
3	6.68	1.778	6.73	1.8	3	6.73	1.65
3.5	5.891	1.651	5.66	1.6	3.5	5.66	1.45
4	4.699	1.651	4.76	1.24	4	4.76	1.27
5	3.962	1.113	4	1.08	5	4	1.12
6	3.327	0.914	3.36	0.87	6	3.36	1.02
7	2.794	0.833	2.83	0.8	7	2.83	0.92
8	2.262	0.813	2.38	0.8	8	2.38	0.84
9	1.981	0.838	2	0.76	10	2	0.76
10	1.651	0.889	1.68	0.74	12	1.68	0.69
12	1.397	0.711	1.41	0.71	14	1.41	0.61

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

准 筛 制

国际标准筛	苏联筛		英NMM筛系标准筛		德国标准筛DIN—1171		
孔（毫米）	筛号	孔（毫米）	网目（孔／英寸）	孔（毫米）	网目（孔／英寸）	孔（毫米）	丝径（毫米）
8							
6.3							
5							
4							
3.35							
2.8			5	2.54			
2.3							
2	2000	2					
	1700	1.7					
1.6	1600	1.6	8	1.57	4	1.5	1
1.4	1400	1.4			5	1.2	0.8

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

泰勒标准筛			日本T15		美国标准筛		
网目(孔/英寸)	孔(毫米)	丝径(毫米)	孔(毫米)	丝径(毫米)	筛号	孔(毫米)	丝径(毫米)
14	1.168	0.635	1.19	0.62	16	1.19	0.52
16	0.991	0.597	1	0.59	18	1	0.48
20	0.833	0.437	0.84	0.43	20	0.84	0.42
24	0.701	0.358	0.71	0.35	25	0.71	0.37
28	0.589	0.318	0.59	0.32	30	0.59	0.33
32	0.495	0.3	0.5	0.29	35	0.5	0.29
35	0.417	0.31	0.42	0.29	40	0.42	0.25
42	0.351	0.254	0.35	0.26	45	0.35	0.22
48	0.295	0.234	0.297	0.232	50	0.297	0.188
60	0.246	0.178	0.25	0.212	60	0.25	0.162

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

国际标准筛	苏联筛		英NMM筛系标准筛		德国标准筛DIN—1171		
孔（毫米）	筛号	孔（毫米）	网目（孔／英寸）	孔（毫米）	网目（孔／英寸）	孔（毫米）	丝径（毫米）
	1250	1.25	10	1.27			
1.18	1180	1.16			6	1.02	0.65
1	1000	1	12	1.06			
	850	0.85					
0.8	800	0.8	16	0.79			
0.71	710	0.71			8	0.75	0.5
	630	0.63	20	0.64	10	0.6	0.4
0.6	600	0.6			11	0.54	0.37
0.5	500	0.5			12	0.49	0.34
	425	0.425					
0.4	400	0.4	30	0.42	14	0.43	0.28
0.355	355	0.355	40	0.32	16	0.385	0.24
	315	0.315					
0.3	300	0.3			20	0.3	0.2
0.25	250	0.25	50	0.25	24	0.25	0.17

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

泰勒标准筛			日本T15		美国标准筛		
网目（孔／英寸）	孔（毫米）	丝径（毫米）	孔（毫米）	丝径（毫米）	筛号	孔（毫米）	丝径（毫米）
65	0.208	0.183	0.21	0.181	70	0.21	0.14
80	0.175	0.162	0.177	0.141	80	0.177	0.119
100	0.147	0.107	0.149	0.105	100	0.149	0.102
115	0.124	0.097	0.125	0.087	120	0.125	0.086
150	0.104	0.066	0.105	0.07	140	0.105	0.074
170	0.088	0.061	0.088	0.061	170	0.088	0.063
200	0.074	0.053	0.074	0.053	200	0.074	0.053
230	0.062	0.046	0.062	0.048	230	0.062	0.046
270	0.053	0.041	0.053	0.038	270	0.052	0.041
325	0.043	0.036	0.044	0.034	325	0.044	0.036
400	0.038	0.025					

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

国际标准筛	苏联筛		英NMM筛系标准筛		德国标准筛DIN—1171		
孔（毫米）	筛号	孔（毫米）	网目（孔/英寸）	孔（毫米）	网目（孔/英寸）	孔（毫米）	丝径（毫米）
	212	0.212					
0.2	200	0.2	60	0.21	30	0.2	0.13
0.18	180	0.18	70	0.18			
	160	0.16	80	0.16			
0.15	150	0.15	90	0.14	40	0.15	0.1
0.125	125	0.125	100	0.13	50	0.12	0.08
	106	0.106					
0.1	100	0.1	120	0.11	60	0.1	0.065
0.09	90	0.09			70	0.088	0.055
	80	0.08	150	0.08			
0.075	75	0.075			80	0.075	0.06
0.063	63	0.063	200	0.06	100	0.06	0.04
0.05	50	0.05					
0.04	40	0.04					

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

磨矿细度换算

磨矿粒度(毫米)	0.5	0.4	0.3	0.2	0.15	0.1	0.074
网　　目	32	35	48	65	100	150	200
-200目含量(%)		35—45	45—55	55—65	70—80	80—90	95

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

附录三

中华人民共和国法定计量单位表

表1　国际单位制的基本单位

量的名称	单位名称	单位符号
长　　度	米	m
质　　量	千克(公斤)	kg
时　　间	秒	s
电　　流	安〔培〕	A
热力学温度	开〔尔文〕	K
物质的量	摩〔尔〕	mol
发光强度	坎〔德拉〕	cd

表2　国际单位制的辅助单位

量的名称	单位名称	单位符号
平面角	弧　度	rad
立体角	球面度	sr

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表3 国际单位制中具有专门名称的导出单位

量的名称	单位名称	单位符号	其它表示式例
频率	赫〔兹〕	Hz	s^{-1}
力；重力	牛〔顿〕	N	$kg \cdot m/s^2$
压力，压强；应力	帕〔斯卡〕	Pa	N/m^2
能量；功；热	焦〔耳〕	J	$N \cdot m$
功率；辐射通量	瓦〔特〕	W	J/s
电荷量	库〔仑〕	C	$A \cdot s$
电位；电压；电动势	伏〔特〕	V	W/A
电容	法〔拉〕	F	C/V
电阻	欧〔姆〕	Q	V/A
电导	西〔门子〕	S	A/V
磁通量	韦〔伯〕	Wb	$V \cdot s$
磁通量密度，磁感应强度	特〔斯拉〕	T	Wb/m^2
电感	亨〔利〕	H	Wb/A
摄氏温度	摄氏度	°C	
光通量	流〔明〕	lm	$cd \cdot sr$
光照度	勒〔克斯〕	lx	lm/m^2
放射性活度	贝可〔勒尔〕	Bq	s^{-1}
吸收剂量	戈〔瑞〕	Gy	J/kg
剂量当量	希〔沃特〕	Sv	J/kg

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表4　国家选定的非国际单位制单位

量的名称	单位名称	单位符号	换算关系和说明
时间	分	min	1 min = 60s
	〔小〕时	h	1h = 60min = 3600s
	天(日)	d	1d = 24h = 86400s
平面角	〔角〕秒	(″)	1″ = (π/648000)rad (π为圆周率)
	〔角〕分	(′)	1′ = 60″ = (π/10800)rad
	度	(°)	1° = 60′ = (π/180)rad
旋转速度	转每分	r/min	1 r/min = (1/60)s^{-1}
长度	海　里	n mile	1 n mile = 1852m (只用于航程)
速度	节	kn	1 kn = 1 n mile/h = (1852/3600)m/s (只用于航行)
质量	吨	t	1t = 10^3kg
	原子质量单位	u	1u ≈ 1.6605655×10^{-27}kg
体积	升	L, (l)	1L = 1 dm^3 = $10^{-3}$$m^3$
能	电子伏	eV	1eV ≈ 1.6021892×10^{-19}J
级差	分　贝	dB	
线密度	特〔克斯〕	tex	1tex = 1g/km

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

表5　用于构成十进倍数和分散单位的词头

所表示的因数	词头名称	词头符号
10^{18}	艾〔可萨〕	E
10^{15}	拍〔它〕	P
10^{12}	太〔拉〕	T
10^{9}	吉〔咖〕	G
10^{6}	兆	M
10^{3}	千	k
10^{2}	百	h
10^{1}	十	da
10^{-1}	分	d
10^{-2}	厘	c
10^{-3}	毫	m
10^{-6}	微	μ

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

10^{-9}	纳〔诺〕	n
10^{-12}	皮〔可〕	p
10^{-15}	飞〔母托〕	f
10^{-18}	阿〔托〕	a

注：①周、月、年(年的符号为a)，为一般常用时间单位。

②〔 〕内的字，是在不致混淆的情况下，可以省略的字。

③( )内的字为前者的同义语。

④角度单位度分秒的符号不处于数字后时，用括弧。

⑤升的符号中，小写字母l为备用符号。

⑥r为“转”的符号。

⑦人民生活和贸易中，质量习惯称为重量。

⑧公里为千米的俗称，符号为km。

⑨$10^4$ 称为万，10^8称为亿，10^{12} 称为万亿，这类数词的使用不受词头名 称的影响，但不应与词头混淆。

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

附录四

度量衡单位换算表

物理量名称及符号	名称、符号及换算关系
长度 l，(L)	公里(km) = 1000m 英里(mile) = 1609.344m 码(yd) = 0.9144m 英尺(ft) = 0.3048m 英寸(in) = 0.0254m 密耳(mil) = 10^{-3}in = 2.54×10^{-5}m μ = 1μm = 10^{-6}m
面积 A，(S)	公亩(a) = 10^2m^2 公顷(ha) = 10^4m^2 (市)亩 = 666.6m^2 (市)分 = 66.6m^2 (市)厘 = 6.6m^2 平方英里(mile^2) = 2.589988×10^6m^2 平方英尺(ft^2) = 9.290304×10^{-2}m^2 平方英寸(in^2) = 6.45160×10^{-4}m^2 英亩(acre) = 4.046856×10^3m^2

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

物理量名称及符号	名称、符号及换算关系
体积，容积 V	立方英尺(ft^3) = $2.831685\times10^{-2}m^3$ 立方英寸(in^3) = $1.63871\times10^{-5}m^3$ 英加仑(UKgal) = 4.546092L 美加仑(USgal) = 3.78543L 蒲式耳(bsb, bu)〔英〕= 36.368L 〔美〕= 35.238L 桶(bbl) = 119.2410L 中桶(tc) = 158.9881L 大桶(hhd) = 238.4821L 最大桶(P) = 476.96424L
质量 m	克拉(K) = 2×10^{-4}kg 磅(lb) = 0.453592kg 英吨(long ton) = 1016.0469kg 美吨(short ton) = 907.18474kg 夸特(qt, qrt) = 12.700586kg 盎司(oz) = 28.349523g

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

物理量名称及符号	名称，符号及换算关系
力 F 重力 W，(P，G)	千克力(kgf)=9.80665N 吨力(tf)=9.80665×10³N 达因(dyn)=10⁻⁵N 磅达(pdl)=0.138255N 磅力(1bf)=4.44822N
压力，压强，应力 P	巴(bar)=10⁵Pa 标准大气压(atm)=1.01325×10⁵Pa 工程大气压(at)=9.80665×10⁴Pa 毫米汞柱(mmHg)=133.322Pa 毫米水柱(mmH_2O)=9.80665Pa 千克力每平方厘米(kgf/cm^2)=9.80665×10⁴Pa 磅力每平方英尺($1bf/ft^2$)=47.8803Pa
能量 E，(W) 功 W，(A) 热 Q	电子伏(eV)=1.602189×10⁻¹⁹J 千瓦小时(kW·h)=3.6×10⁶J 卡(cal)=4.1868J 千克力米(kgf·m)=9.80665J 尔格(erg)=10⁻⁷J 马力小时=2.64779×10⁶J 英热单位(Btu)=1055.06J

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

物理量名称及符号	名称、符号及换算关系
功率 P	伏安(V·A)＝乏(Var)＝1W 千克力米每秒(kgf·m/s)＝9.80665W 马力＝735.499W 卡每秒 (Cal/s) ＝4.1868W 英热单位每小时(Btu/h)＝0.293072W
速度 u, (v, w, c)	公里每小时(km/h)＝3.6m/s 英尺每秒(ft/s)＝0.3048m/s 英里每小时(mile/h)＝0.44704m/s
转速n	rpm＝1r/min
力矩M	千克力米(kgf·m)＝9.80665N·m 磅力英尺(1bf·ft)＝1.35582N·m
密度ρ	磅每立方英尺(1b/ft³)＝16.0185kg/m³
〔动力〕粘度 η, (μ)	泊(P)＝0.1Pa·S 千克力秒每平方米(kgf·s/m²) ＝9.80665Pa·s 磅力秒每平方英尺(1bf·s/ft²) ＝47.8803Pa·s

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

续表

物理量名称及符号	名称，符号及换算关系
运动粘度 ν	斯〔托克斯〕(St) $=10^{-4}m^2/s$ 平方英尺每秒(ft^2/S) $=9.29030\times10^{-2}m^2/s$
电流线密度 A	楞次(lenz) $=1A/m$
电导 G	姆欧(Ω) $=1S$
磁通量密度 磁感应强度 B	高斯(Gs，G)$\triangleq10^{-4}T$ 伽马(γ)$\triangleq10^{-9}T$(地磁强度)
磁通量 Φ	麦克斯韦(Mx)$\triangleq10^{-8}Wb$
磁场强度 H	奥斯特(Oe)$\triangleq(1000/4\pi)A/m$
吸收剂量 D	拉德〔rad(rd)〕$=10^{-2}Gy$
剂量当量 H	雷姆(rem) $=10^{-2}Sv$
照射量 X	伦琴(R) $=2.58\times10^{-4}C/kg$
放射性活度 A	居里(Ci) $=3.7\times10^{10}Bq$
物质B的浓度 C_B	克分子浓度(M)1M$\triangleq$1mol/L$=10^3mol/m^3$ 当量浓度(N)1N$\triangleq$(1mol/L)×离子价数

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn

PDF 文件使用 "pdfFactory" 试用版本创建 www.fineprint.com.cn