

一、矿床工业指标制订的一般原则

◆矿床工业指标是正确估算和评价矿床的矿产资源 / 储量的标准和基础。其制订方法有价格法、方案法、类比法、地质统计学方法等。方案法虽然工作量大,但由于其可靠实用而常常被采用;地质统计学方法易于进行多方案比较,选择最佳方案。工业指标制订应结合预可行性或可行性研究进行。制订工业指标的时间应是在野外地质勘探工作基本结束、评价矿床所需的绝大部分原始数据、试验结果已经获得的条件下进行。

◆预查和普查阶段,评价矿床可使用一般工业指标;详查和勘探阶段,地质勘查部门以一般工业指标为基础,根据具体矿床地质特征确定三至四套试圈指标,以此分别进行矿体圈定和矿产资源 / 储量试算,形成包括各套方案试算结果、相应的图纸资料在内的工业指标建议书,并将建议书提交负责该项目可行性(预可行性)研究的工业部门或设计研究院。矿山设计研究部门在进行可行性或预可行性研究的同时,负责工业指标各试圈方案的比较工作(可行性研究委托书应包含此内容)。通过资源利用、矿体完整程度、矿床开发经济效益等方面的综合比较,择优确定工业指标方案,并编制工业指标推荐报告,上报有关主管部门批准后正式下达。

◆用地质统计学方法建立矿床模型、制订工业指标时,应给工业指标制订单位提供记录有钻孔、坑探、槽探测量信息、样品化验分析数据及有关原始资料的软盘或光盘。

◆制订多组分矿床的工业指标时,应以工业价值占重要地位的组分为主要研究对象,兼顾其他有用组分。对有价值的共生有用组分应同时制订并推荐圈定矿体、估算矿产资源 / 储量的工业指标。

◆对矿石中含有的伴生有用组分,应根据具体矿床的地质特征、矿石选(冶)试验结果来确定并推荐评价指标。有时尚需对有害组分的最大允许含量做出规定。

二、伴生有用组分评价参考指标表说明

A: 矿石中伴生元素质量分数大于表中指标时,应研究回收利用途径;

B: 表中“S”质量分数指标系指黄铁矿中硫在矿石中的质量分数;

C: 伴生元素中的 Cu、WO₃、Pb、Zn、Sn、Mo、Fe、Bi、CaF₂、Sb 等主要是对能形成独立的有用矿物、通过选矿能选成单独精矿产品的,如:

- Pb、Zn、Cu 主要指赋存于硫化矿物中者;
- WO₃ 主要指赋存于白钨矿、黑钨矿中者;
- Sn 主要指赋存于锡石中者;
- Mo 主要指赋存于辉钼矿中者;
- CaF₂ 主要指赋存于萤石中者;
- Sb 主要指赋存于硫锑铅矿和脆硫锑铅矿中者;
- Fe 主要指赋存于磁铁矿中者;
- Bi 主要指赋存于辉铋矿中者;

D: Ge、Ga、In、Se、Te、Cd 等分散元素,经选矿一般富集在铜、铅、锌的精矿中,通过冶炼回收。

常见金属矿石最低工业品位

金属	计算单位	最低工业品位%	备注
铁	Fe	25-30	
锰	Mn	30	
铬	Cr ₂ O ₃	37-40	
钛	TiO ₂	10-20	
钛铁矿		1.5-3	
钒	V ₂ O ₅	0.7	
金	Au	1-5（克/吨）	
汞	Hg	0.04-0.05	
钼	Mo	0.2-0.3	
钨	WO ₃	0.2	原生矿床
铀	UO ₃	0.1	
铜	Cu	0.4-0.5	
铅	Pb	0.5-0.7	
锌	Zn	1	
铝	Al ₂ O ₃	40	
锑	Sb	1-2	
金刚石		15-30 毫克/立方米	岩筒型

第一部分 金属矿床工业品位
(DZ/T0214-2002)

一、铜矿床工业指标

表 1.1 铜矿床工业指标一般要求

项目	硫化矿石		氧化矿石
	坑采	露采	
边界品位 (w _B) %	0.2~0.3	0.2	0.5
最低工业品位 (w _B) %	0.4~0.5	0.4	0.7
矿床平均品位 (w _B) %	0.7~1.0	0.4~0.6	
最低可采厚度 m	1~2	2~4	1
夹石剔除厚度 m	2~4	4~8	2

表 1.2 铜矿床伴生有用组分评价参考

组分	Pb	Zn	Mo	Co	WO ₃	Sn	Ni	S	Bi	Au	Ag	Cd、Se、Te、Ga、Ge、 Re、In、Tl
质量分数%	0.2	0.4	0.01	0.01	0.05	0.05	0.1	1	0.05			>0.001
质量分数 g/t										0.1	1	

二、铅锌矿床工业指标

表 2.1 铅锌矿床工业指标一般要求

项目	硫化矿石		混合矿		氧化矿石	
	Pb	Zn	Pb	Zn	Pb	Zn
边界品位 (ω _B) %	1.3~0.5	0.5~1	0.5~0.7	0.8~1.5	0.5~1	1.5~2
最低工业品位 (ω _B) %	0.7~1	1~2	1~1.5	2~3	1.5~2	3~6
矿床平均品位 (ω _B) %	5~8		6~9		10~12	
最低可采厚度 m	1~2		1~2		1~2	
夹石剔除厚度 m	2~4		2~4		2~4	

表 2.1 铅锌矿床伴生有用组分评价参考

组分	Cu	WO ₃	Sn	Mo	Bi	S	Sb	CaF ₂	Au	Ag
质量分数%	0.06	0.06	0.08	0.02	0.02	4	0.4	5		
质量分数 g/t									0.1	2
组分	As	Cd	In	Ga	Ge	Se	Te	Tl	Hg	U
质量分数%	0.02	0.01	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.001	0.005	0.02
质量分数 g/t										

三、镍矿床工业指标

表 3.1 镍矿床工业指标一般要求

项目	硫化镍矿	氧化镍—硅酸镍矿
----	------	----------

	原生矿石		氧化矿石		
	坑采	露采	坑采	露采	
边界品位 (ωB) %	0.2~0.3	0.2~0.3	0.7	0.7	0.5
最低工业品位 (ωB) %	0.3~0.5	0.3~0.5	1	1	1
矿床平均品位 (ωB) %	0.5~2	0.6~1	1.5	1.2	
最低可采厚度 m	1	2	1	2	1
夹石剔除厚度 m	≥2	≥3	≥2	≥3	1~2

表 3.2 镍矿床伴生有用组分评价参考

元素	Pt、Pb	Os、Ru、Rh、Ir	Au	Ag	Co	Se	Te
质量分数 g/t	0.8	0.02	0.05~0.1	0.1			
质量分数%					0.01	0.0006	0.0002

四、钼矿床工业指标

表 4.1 钼矿床工业指标一般要求

项目	硫化矿石	
	露采	坑采
边界品位 (ωB) %	0.03	0.03~0.05
最低工业品位 (ωB) %	0.06	0.06~0.08
矿床平均品位 (ωB) %	0.08~0.1	0.1~0.12
最低可采厚度 m	2~4	1~2
夹石剔除厚度 m	4~8	2~4

表 4.2 钼矿床伴生有用组分评价参考

组分	WO3	Cu	Pb	Zn	Fe	S	Bi	Re
质量分数%	0.06	0.1	0.2	0.4	10	1	0.03	
质量分数 g/t								10

五、银矿床工业指标

表 5.1 银矿床工业指标一般要求

项目	指标
边界品位 (ωB) (g/t)	40~50
最低工业品位 (ωB) (g/t)	80~150
矿床平均品位 (ωB) (g/t)	>150
最低可采厚度 m	0.8~1
夹石剔除厚度 m	2~4

表 5.2 银矿床伴生有用组分评价参考指标

元素	Au	Pb	Zn	Cu	S	Cd	Mn
质量分数%		0.2	0.4	0.1	2	0.005	4
质量分数 g/t	0.1						

六、钨矿床工业指标

6.1 钨矿床工业指标一般要求

项目	要求	备注
边界品位 ω (WO ₃) %	0.06~0.1	坑采厚度小于0.8米时应 考虑米百分值计算
最低工业品位 ω (WO ₃) %	0.12~0.20	
可采厚度 m	$\geq 1\sim 2$	
夹石剔除厚度 m	$\geq 2\sim 5$	

6.2 钨矿床伴生有用组分评价参考指标

组分 (ω B) %	Cu	Pb	Zn	Sn	Mo	Bi	Sb	Co	BeO	Li ₂ O
含量	0.05	0.2	0.5	0.03	0.01	0.03	0.5	0.01	0.03	0.3
组分 (ω B) %	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	Tr ₂ O ₃	Ga	Ge	Cd	In	S	Ag/t	Agg/t
含量	0.01	0.02	0.03	0.001	0.001	0.002	0.001	4	0.1	1

七、锡矿床工业指标

7.1 锡矿床工业指标一般要求

项目	要求	备注
边界品位 ω (Sn) %	0.1~0.2	坑采厚度小于 0.8 米时应考虑 米百分值计算
最低工业品位 ω (Sn) %	0.2~0.4	
可采厚度 m	$\geq 0.8\sim 1$	
夹石剔除厚度 m	≥ 2	
注 1: 本参考指标是以全锡计算, 适用于以锡石为主的矿床。当矿床中胶态锡、硫化锡所占比例 >10%时, 要提高指标。		
注 2: 以胶态锡、硫化锡为主的矿石, 要按采、选、冶技术经济条件另行制定指标。		

7.2 锡矿床伴生有用组分评价参考指标

组分	Cu	Pb	Zn	Bi	W	Mn	Fe	S
质量分数 %	0.2	0.5	0.8	0.01	0.02	4	20	10

八、锑矿床工业指标

8.1 锑矿床工业指标一般要求

项 目	要 求
边界品位 ω (Sb) %	0.5~0.7
最低工业品位 ω (Sb) %	1.0~1.5
可采厚度 m	$\geq 0.8 \sim 1$
夹石剔除厚度 m	≥ 2
注：当厚度小于 0.8 米时，按米百分值计算	

8.2 锑矿床伴生有用组分评价参考指标

组 分	质量分数	组 分	质量分数
As	0.2 %	Se	0.001 %
Au	0.1×10^{-6}	Co	0.01 %
Ag	2×10^{-6}	Ni	0.1 %
WO ₃	0.05 %	CaF ₂	5 %
Hg	0.005 %	BaSO ₄	8 %
Bi	0.05 %		

九、汞矿床工业指标

9.1 汞矿床工业指标一般要求

项 目	要 求
边界品位 ω (Hg) %	0.04
最低工业品位 ω (Hg) %	0.08~0.10
可采厚度 m	$\geq 0.8 \sim 1.2$
夹石剔除厚度 m	$\geq 2 \sim 4$
注 1：由于汞矿勘查时只能圈出含矿体，上述指标则用于勘查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。 2：评价含矿体时，按含矿系数与品位乘积提出指标要求，即含矿系数 \times 矿体平均品位 $\geq 0.04\%$ 。 3：指标中品位下限用于规模较大，开采建设条件较好的汞矿床。 4：厚度下限用于陡倾斜矿床，反之则用上限。 5：厚度 $<0.8m$ ，用米百分值(厚度 \times 品位)确定指标。 6：矿床的平均品位应大于 0.12~0.15%，才宜进一步工作。	

十、岩金矿工业指标(DZ/T0205-2002)

表 10.1 岩金矿一般工业指标

项目	指标
边界品位 (质量分子数)	$(1 \times 10^{-6}) \sim (2 \times 10^{-6})$ ，堆浸氧化矿石为 $(0.5 \times 10^{-6}) \sim (1 \times 10^{-6})$
最低工业品位 (质量分子数)	$(2.5 \times 10^{-6}) \sim (4.5 \times 10^{-6})$
矿床平均品位 (质量分子数)	$(4.5 \times 10^{-6}) \sim (5.5 \times 10^{-6})$
最低可采厚度	0.8~1.5m，陡倾斜者为下限，缓倾斜至水平为上限

夹石剔除厚度	2~4m, 地下开采者为下限, 露天开采者为上限
无矿段剔除标准	对应工程为 10~15m 不对应工程为 20~30m

10.2 岩金矿共生（铜、铅、锌）矿产工业指标一般要求

项目	硫化矿石			氧化矿石		
	Cu（铜）	Pb（铅）	Zn（锌）	Cu（铜）	Pb（铅）	Zn（锌）
边界品位（ωB）%	0.2~0.3	0.3~0.5	0.5~1	0.5	0.5~1	1.5~2
最低工业品位（ωB）%	0.4~0.5	0.7~1	1~2	0.7	1.5~2	3~6
矿床平均品位（ωB）%	0.7~1	6	6		10~12	10~12
最低可采厚度 m	1~2	1~2	1~2	1	1~2	1~2
夹石剔除厚度 m	2~4	2~4	2~4	2	2~4	2~4

表 10.3 岩金矿伴生有用组分评价参考指标 %

元素	铜	铅	锌	三氧化钨	铋	钼
	Cu	Pb	Zn	WO ₃	Sb	Mo
质量分数	0.1	0.2	0.4	0.5	0.4	0.01
元素	砷	碳	硫	钴	银	
	As	C	S	Co	Ag	
质量分数	0.2		2	0.01	2（g/t）	

第二部分 金属精矿质量标准

一、铜精矿质量标准

表 1.1 铜精矿质量标准

品级	Cu 质量分子数不小于 %	杂质质量分子数不大于 %			
		As	Pb+Zn	Mg	Bi
一级品	30	0.05	2	1	0.05
二级品	25	0.20	5	3	0.20
三级品	20	0.30	8	4	0.30
四级品	13	0.40	12	5	0.50
注：铜精矿中金、银、硫为有价元素，应报分析数据					

二、铅、锌精矿质量标准

表 2.1 铅精矿质量标准

品级	Pb 质量分子数不小于 %	杂质质量分子数不大于 %				
		Cu	Zn	As	MgO	Al ₂ O ₃
一级品	70	1.2	4	0.2	1.0	2.0
二级品	65	1.5	5	0.3	1.5	2.5
三级品	55	2.0	6	0.4	1.5	3.0
四级品	45	2.5	7	0.6	2.0	4.0
注：铅精矿中金、银为有价元素，应报分析数据；其他类型铅精矿的杂质要求由双方商定						

表 2.2 锌精矿质量标准

品级	Zn 质量分子数 不小于 %	杂质质量分子数不大于 %				
		Cu	Pb	Fe	As	SiO ₂
一级品	55	0.8	1.0	6	0.2	4.0
二级品	50	1.0	1.5	8	0.4	5.0
三级品	45	1.0	2.0	12	0.5	5.5
四级品	40	1.5	2.5	14	0.5	6.0
注：1、铅精矿中银、硫为有价元素，应报分析数据；2、锌精矿中镉、氟质量分数应分别不大于 0.3%，铋质量分数应不大于 0.03%，锡质量分数应不大于 0.1%，镍和锆质量分数要求，由供需双方商定；3、四级品铁闪锌矿含铁允许量不大于 18%。						

三、钼精矿质量标准

表 3.1 钼精矿质量标准（GB3200—89）

牌号	Mo 质量分子数 不小于/ %	杂质质量分子数不大于 %								
		SiO ₂	As	Sn	P	Cu	Pb	CaO	WO ₃	Bi
KmO53—A	53	6.5	0.01	0.01	0.01	0.15	0.15	1.50	0.05	0.05
KmO53—B	53	5.0	0.05	0.05	0.02	0.20	0.30	2.00	0.25	0.10

KmO51—A	51	8.0	0.02	0.02	0.02	0.20	0.18	1.80	0.06	0.06
KmO51—B	51	5.5	0.10	0.06	0.03	0.40	0.40	2.00	0.30	0.15
KmO49—A	49	9.0	0.03	0.03	0.03	0.22	0.20	2.20	—	—
KmO49—B	49	6.5	0.15	0.06	0.04	0.60	0.60	2.00	—	—
KmO47—A	47	11.0	0.04	0.04	0.04	0.25	0.25	2.70	—	—
KmO47—B	47	7.5	0.20	0.07	0.05	0.80	0.65	2.40	—	—
KmO45—A	45	13.0	0.05	0.05	0.05	0.28	0.30	3.00	—	—
KmO45—B	45	8.5	0.22	0.07	0.07	1.20	0.70	2.60	—	—

注：1、牌号中的 A 表示单一钼矿浮选产品；B 表示多金属矿综合回收浮选产品；2、钾、钠的质量分数，报分析数据，不作质量分数考核指标；如需方对牌号中未规定的三氧化钨和铋的质量分数有要求，可由供需双方商定；3、经供需双方协议，可调整表中个别指标；4、钼精矿中铈为有价元素，供方应报出分析数据，是否计价，供需双方协议。

四、银精矿质量标准

表 4.1 银精矿质量标准

◆银精矿质量标准尚未颁布，目前按原中国有色金属工业总公司(1988)中色财字第 0596 号文：“暂定银大于 3000g / t 的精矿为银精矿，含银 1000~300 g / t 的铜、铅精矿为银铜、银铅混合精矿”的规定执行

五、钨精矿质量标准

5.1 特级钨精矿国家标准（GB2825-81）

品种	ω(W) 不小于 %	杂质 (ωB) 不大于%													
		S	P	As	Mo	Ca	Mn	Cu	Sn	SiO ₂	Fe	Sb	Bi	Pb	Zn
黑钨特- I-3	70	0.2	0.02	0.06	—	3.0	—	0.04	0.08	4.0	—	0.04	0.04	0.04	—
黑钨特- I-2	70	0.4	0.03	0.08	—	4.0	—	0.05	0.10	5.0	—	0.05	0.05	0.05	—
黑钨特- I-1	68	0.5	0.04	0.10	—	5.0	—	0.06	0.15	7.0	—	0.10	0.10	0.10	—
黑钨特- I-3	70	0.4	0.03	0.05	0.010	0.3	—	0.15	0.10	3.0	—	—	—	—	—
黑钨特- I-2	70	0.5	0.05	0.07	0.015	0.4	—	0.20	0.15	3.0	—	—	—	—	—
黑钨特- I-1	68	0.6	0.10	0.10	0.020	0.5	—	0.25	0.20	3.0	—	—	—	—	—
白钨特- I-3	72	0.2	0.03	0.02	—	—	0.3	0.01	0.01	1.0	—	—	0.02	0.01	0.02
白钨特- I-2	70	0.3	0.03	0.03	—	—	0.4	0.02	0.02	1.5	—	—	0.03	0.02	0.03
白钨特- I-1	70	0.4	0.03	0.03	—	—	0.5	0.03	0.03	2.0	—	—	0.03	0.03	0.03
白钨特- I-3	72	0.4	0.03	0.05	0.010	—	0.3	0.15	0.10	2.0	2.0	0.1	—	—	—
白钨特- I-2	70	0.5	0.05	0.07	0.015	—	0.4	0.20	0.15	3.0	2.0	0.1	—	—	—
白钨特- I-1	70	0.6	0.10	0.10	0.020	—	0.5	0.25	0.20	3.0	3.0	0.2	—	—	—

注 1、表中“—”者为杂质不限； 2、本标准不包括人造白钨，该产品另订标准执行； 3、精矿中钽铌为有价元素，供方应报出分析数据； 4、根据用户需要和资源特点，钨精矿中特级品可自订企业标准执行； 5、黑钨精矿特级品 I 类产品中 Sb、Bi、Pb 的杂质要求和白钨精矿特级品 II 类产品中 Fe、Sb 的杂质要求暂不作交货依据，但供方应报出数据

5.2 一、二级钨精矿国家标准（GB2825-81）

品种	ω(B) 不小于%	杂质 (ωB) 不大于%									用途
		S	P	As	Mo	Ca	Mn	Cu	Sn	SiO ₂	
黑钨一级Ⅰ类	65	0.7	0.05	0.15	—	5.0	—	0.13	0.20	7.0	钨铁
黑钨一级Ⅱ类	65	0.7	0.10	0.10	0.05	3.0	—	0.25	0.20	5.0	硬质合金、触媒、钨材
黑钨一级Ⅲ类	65	0.8	P+As:	0.22	0.05	1.0	—	0.35	0.40	3.8	钨材、钨丝、硬质合金触媒
黑钨二级	65	0.8	—	0.20	—	5.0	—	—	0.40	—	
白钨一级Ⅰ类	65	0.7	0.05	0.15	—	—	1.0	0.13	0.20	7.0	钨铁、硬质合金
白钨一级Ⅱ类	65	0.7	0.10	0.10	0.05	—	1.0	0.25	0.20	5.0	钨材、钨丝、硬质合金触媒
白钨一级Ⅲ类	65	0.8	0.05	0.20	0.05	—	1.0	0.20	0.20	5.0	钨材、钨丝、硬质合金触媒
白钨二级	65	0.8	—	0.20	—	—	1.5	—	0.40	—	
注 1: 表中“—”者为杂质不限。											
注 2: 精矿中钽铌为有价值元素, 供方应报出分析数据。											
注 3: 供需双方在特需要求和护理原则上, 标准中规定的个别杂质项目指标及其他要求(如铁、铋、药剂等)可协商解决。											
注 4: 钨细泥、钨杂砂以及钨难选物料等产品按国家统一价格执行。											

六、锡精矿质量标准

6.1 锡精矿质量标准（YB736—82）

类别	品级	锡 (ωB) 不小于%	杂质 (ωB) 不大于%					
			S	P	Bi	Zn	Sb	Fe
一类	一级品	65	0.4	0.3	0.10	0.4	0.2	5
	二级品	60	0.5	0.4	0.10	0.5	0.3	7
	三级品	55	0.6	0.5	0.15	0.6	0.4	9
	四级品	50	0.8	0.6	0.15	0.7	0.4	12
	五级品	45	1.0	0.7	0.20	0.8	0.5	15
	六级品	40	1.2	0.8	0.20	0.9	0.6	16
	七级品	35	1.5	1.0	0.30	1.0	0.7	17
	八级品	30	1.5	1.0	0.30	1.0	0.8	18
二类	一级品	65	1.0	0.4	0.40	0.8	0.4	
	二级品	60	1.5	0.5	0.50	0.9	0.5	7
	三级品	55	2.0	1.0	0.60	1.0	0.6	9
	四级品	50	2.5	1.5	0.80	1.2	0.7	12
	五级品	45	3.0	2.0	1.0	1.4	0.8	15
	六级品	40	3.5	2.5	1.2	1.6	0.9	16
	七级品	35	4.0	3.5	1.4	1.8	1.0	17
	八级品	30	5.0	4.0	1.5	2.0	1.2	18
注 1: 一类是直接入炉锡精矿产品, 二类是冶炼前需加工处理的锡精矿产品。								
注 2: 锡精矿中铅、钨为有价值元素, 应提出分析数据。								
注 3: 自产自用锡精矿产品, 可自订企业标准执行。								

七、铋精矿质量指标

7.1 硫化铋精矿标准（YB2419—82）

类别	品级	铈(ωB) 不小于%	杂质 (ωB) 不大于%	
			As	Pb
粉精矿 ^a	一级品	55	0.6	0.15
	二级品	45	0.6	0.15
	三级品	35	0.4	0.15
	四级品	30	0.4	0.15
块精矿 ^a	一级品	60	0.6	0.15
	二级品	50	0.6	0.15
	三级品	40	0.4	0.15
	四级品	30	0.4	0.15
	五级品	20	0.2	0.10
	六级品	10	0.2	0.10
注 1: 硫化铈中的含铈量与精矿中总含铈量之比大于 85%				

7.2 混合铈精矿标准（YB2419—82）

类别	品级	铈(ωB) 不小于%	杂质 (ωB) 不大于%	
			As	Pb
粉精矿 ^a	一级品	55	0.6	0.15
	二级品	45	0.6	0.15
	三级品	35	0.4	0.15
	四级品	30	0.4	0.15
块精矿 ^a	一级品	60	0.6	0.15
	二级品	50	0.6	0.15
	三级品	40	0.4	0.15
	四级品	30	0.4	0.15
	五级品	20	0.2	0.10
	六级品	10	0.2	0.10
注 1: 硫化铈中的含铈量与精矿中总含铈量之比在 15-85%范围内				

7.3 氧化铈精矿标准（YB2419—82）

类别	品级	铈(ωB) 不小于%	杂质 (ωB) 不大于%	
			As	Pb
块精矿 ^a	一级品	60	0.6	0.20
	二级品	50	0.6	0.20
	三级品	40	0.4	0.15
注 1: 铈精矿中含氧量达到工业品位时, 应报出分析数据				
注 2: 硫化铈中的含铈量与精矿中总含铈量之比不小于 15%				

八、汞精矿质量标准

8.1 朱砂矿质量标准（YB748—70）

等级	硫化汞 (ωB) 不小于 %	杂质 (ωB) 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 mm 以上, 如用户对粒度有特殊要求, 可与厂家协商解决		
注 2: 各级朱砂除硒外的杂质, 如用户有特殊要求, 可与生产厂家协商议定		

8.2 湿法朱砂矿质量标准 (GB3631—83)

品级	硫化汞 (ωB) 不小于 %	杂质 (ωB) 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			
注 2: 产品表面应清洁, 洗涤液静置澄清后应清澈透明, 其 pH 值与当地天然水 pH 值之差应小于 0.5			

第三部分 砂矿（金属矿产）工业品位 (DZ/T0208—2002)

一、金红石及钛铁矿砂矿一般工业指标参考表

砂矿名称	边界品位 kg/m ³	最低工业品位 kg/m ³	可采厚度 m	夹石剔除厚度 m
金红石（矿物）	1	2	0.5	（剥采比≤4）
钛铁矿（矿物）	10	15	≥0.5~1	≥0.5~1

二、砂锡矿一般工业指标参考表

项目	用化学方法确定品位（锡石中锡）	用淘洗法确定锡石含量 （锡石纯度：Sn 的质量分数≥60%）
边界品位	Sn 的质量分数 0.02%	锡石 100~150g/m ³
最低工业品位	Sn 的质量分数 0.04%	锡石 200~300g/m ³
可采厚度 m	≥0.5	≥0.5
夹石剔除厚度 m	≥2	≥2
注：化学方法确定品位多用于残坡积砂矿；淘洗法确定锡石含量用于河流砂矿		

三、砂金矿一般工业指标参考表

项目	露天开采						地下 开采	
	全面开采					水枪 开采		分别 开采
	采掘船开采							
	南方		北方（含高寒地区）					
	50~100L	150~300L	50~100L	150~300L				
混合砂边界品位 g/m 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 g/m ³	0.16~0.18	0.14~0.16	0.18~0.20	0.16~0.18	0.3	0.6~1.0		
最小可采厚度 m	30~35	40~60	30~35	40~60	20			
无矿地段（夹石）剔除 宽度 m	30~35	40~60	30~35	40~60				
矿体最低可采砂量万m ³	150~450	900~2000	100~300	600~1400				
砂矿层边界品位 g/m ³							1	
最低工业品位 g/m ³							3	
砂矿层采幅高度 m							1.3~1.5	

四、稀有金属与稀土金属砂矿一般工业指标参考表

项目	绿柱石（手选）	锆铁矿、褐钨钨矿	锆石英	独居石	磷钇矿
边界品位 g/m ³	600	5~50	1000~1500	100~200	30~50
最低工业品位 g/m ³	2000~2500	20~250	4000~6000	200~250	≥50
矿块最低工业品位 g/m ³				280~500	
矿床最低品位 g/m ³				500	
可采厚度 m	1	≥0.5	≥0.5	≥0.5	1
夹石剔除厚度 m		2（剥采比 1:1）		1~2	2

五、重砂矿物分离质量要求简表

项 目		区域普查的自然重砂	详查、勘探的自然重砂
室内淘洗	粗淘	重矿物应富集至 50~70%，不淘掉目的矿物，重矿物损失率不超过 2%	重矿物富集应大于 70%，尾砂中含重矿物不超过 0.5%，砂金、铂等贵金属矿、金刚石不得遗漏
	精淘	重矿物部分，质量 0.1g 以上者，纯度一般大于 90%； 轻矿物部分，重矿物含量小于同级重矿物总量的 2%	尾砂中含重矿物小于同级重矿物总量的 1%，样品损耗率小于 1%
筛分		样品粒度相差悬殊时，应酌情分级	
缩分		样量在 15 g 以下者，一般不缩分，15 g 以上者酌情缩分，每次缩分允许差小于 0.2 g； 详查、勘探自然重砂，样量大于 200 g 者，每次缩分允许差小于 0.5 g； 样量小于 200 g 者，每次缩分允许差小于 0.2 g； 为寻找贵金属、金刚石的样品一般不缩分	
重砂总重		用 1/ 10 天平称量，允许差小于天平感应量的 2 倍	
称 重	鉴定样品及分离后样品称重	样品称量要求同上； 分离后各部分称量用 1/ 100 或 1/ 1 000 天平；贵金属、金刚石用 1/ 10 万天平称量； 允许差小于天平感应量的 2 倍	
	磁 选	磁性与非磁性矿物应基本分开，各部分分离纯度应在 95% 以上(非磁性矿物具有磁铁矿包裹体或连生体者除外)	
	电磁选	分选级数应视电磁部分的矿物组合、含量等因素而定，电磁性部分的纯度应在 95% 以上(非电磁性矿物具有电磁性矿物包裹体或连生体者除外)，无电磁性部分含电磁性矿物不能超过 1%	
注：1、样品的总损耗率小于 3%；2、贵金属和金刚石在各个工序均不应遗漏；3、小于 0.074 mm 粒级矿物精淘纯度一般不低于 80%，但对于定量分析样品应采取多种手段提高其纯度；4、样品的分选，以提纯目的矿物为原则，其主要部分尽可能富集到同级目的矿物总量的 80% 以上，磁选、电磁选的损耗率分别小于 1%			

第四部分 石灰石、白云石工业品位

一、黑色冶金熔剂石灰岩化学成分一般要求

类别	品位界限	化学成分质量分子数%					
		CaO	CaO+MgO	MgO	SiO ₂	P	S
石灰岩	边界品位	≥48		≤3.0	≤4.0	≤0.04	≤0.15
	工业品位	≥50		≤3.0	≤4.0	≤0.04	≤0.15
白云质灰岩 (高镁石灰岩)	边界品位		≥49	≤8.0	≤4.0	≤0.03	≤0.12
	工业品位		≥51	≤8.0	≤4.0	≤0.03	≤0.12

二、有色冶金熔剂、电石、制碱石灰岩化学成分一般要求

品位界限	化学成分质量分子数%												
	冶金熔剂石灰岩			电石石灰岩						制碱石灰岩			
	CaO	MgO	SiO ₂	CaO	MgO	SiO ₂	R ₂ O ₃	P	S	CaCO ₃	MgO	酸不溶物	R ₂ O ₃
边界品位	≥50	≤1.5	≤2.0	≥52	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤0.06	≤0.1	≥88	≤1.9	≤3.0	≤1.0
工业品位	≥53	≤1.5	≤2.0	≥54	≤1.0	≤1.0	≤1.0	≤0.06	≤0.1	≥90	≤1.9	≤3.0	≤1.0

三、耐火材料衬炉用、熔剂用白云岩化学成分一般要求

品位界限	化学成分质量分子数%						
	耐火材料衬炉用白云岩				熔剂用白云岩		
	MgO	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +Mn ₂ O ₃ +SiO ₂	其中 SiO ₂		MgO	Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ +Mn ₂ O ₃ +SiO ₂	其中 SiO ₂
边界品位	≥18	≤3.0	≤1.5		≥15	≤10	≤4
工业品位	≥20	≤3.0	≤1.5		≥16	≤40	≤4

四、冶金用石灰岩粒度要求

用途	粒度范围 mm	最大粒度 mm	允许波动的范围 %	
			上限	下限
烧结	≤3	≤6	≤10	
炼铁	15-60	≤80	≤10	≤6

五、冶金用白云岩粒度要求

粒度 mm	块度 (mm) 限制, 所占比例 (%)
0-5	最大不大于 6, 大于 5 的不大于 5%
5-20	最小不小于 3, 小于 3 的不大于 10%; 最大不大于 25, 大于 20 的不大于 5%
10-40	最小不小于 8, 小于 10 的不大于 10%; 最大不大于 45, 大于 40 的不大于 5%
40-80	最小不小于 30, 小于 40 的不大于 10%; 最大不大于 100, 大于 80 的不大于 10%
30-100	最小不小于 20, 小于 30 的不大于 10%; 最大不大于 120, 大于 100 的不大于 10%

六、水泥用石灰质原料矿石化学成分一般要求

类别	化学成分质量分子数%					
	CaO	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃	fSiO ₂	
					石英质	燧石质
I 级品	≥48	≤3	≤1.6	≤1	≤6	≤4
II 级品	≤45	≤3.5	≤0.8	≤1	≤6	≤4

七、粘土质、硅质原料矿石化学成分一般要求

类别	化学成分								
	粘土质原料					硅质原料			
	硅酸率 (SM)	铝氧率 (AM)	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃	SiO ₂	MgO	K ₂ O+Na ₂ O	SO ₃
一类	≥3~4	1.5~3.5	≤3%	≤4%	≤2%	≤80%	≤3%	≤2%	≤2%
二类	2~<3	不限							
注：SM=ω（SiO ₂ ）/ω（Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃ ），AM=ω（Al ₂ O ₃ ）/（Fe ₂ O ₃ ）									

注：当采用预热器窑和预分解窑时，要求水泥石灰质原料、粘土质原料、硅质原料中氯质量分数不大于 0.015%。

八、矿山露天开采技术条件一般要求

项目	要求
最低可采标高	一般不低于矿区附近的最低地平面标高，如低于最低地平面标高，必须通过技术经济论证确定
剥采比	覆盖层、脉岩、夹层、边坡围岩的剥离总量与矿石总量之比，一般不大于 0.5：1（m ³ /m ³ ）
可采厚度	石灰岩、白云岩：大、中型矿床一般 8m，小型矿 4m；粘土质原料、硅质原料：岩石状矿石一般 4m，松软状矿石一般 1.5m
夹石剔除厚度	岩石状矿一般 2m，松软状矿石一般 1m
采场最终边坡角	岩石状矿一般 50°~60°，松软状矿一般 45°
采场最终底盘最小宽度	岩石状矿：大中型一般不小于 60m，小型矿床一般不小于 40m；松软状矿：大中型一般不小于 40m，小型矿床一般不小于 20m
爆破安全距离	矿床开采边界对公路、铁路、高压线、居民区和其他主要建筑物的爆破安全距离一般不小于 300 m，如爆破安全距离小于 300 m 时，应与投资者商定

第五部分 重晶石、毒重石、萤石、硼矿工业品位

(DZ/T0211—2002)

一、钻井液用重晶石粉质量标准

项 目			指标		
			特级	一级	二级
密度 g/cm ³ ≥			4.30	4.20	4.05
细度%	0.074 mm 孔径筛筛余量 ≤		3.0	3.0	3.0
	0.043 mm 孔径筛筛余量 ≥		5.0	5.0	5.0
水溶性碱土金属（以钙计） mg/kg ≤			150	200	250
粒度效应 mPa.s	加硫酸钙前 ≤		110	125	140
	加硫酸钙后 ≤		110	125	140

二、化工用重晶石质量标准

项 目	指 标			
	优等品		一等品	合格品
	优-1	优-2		
硫酸钡 (BaSO ₄) 含量 %	≥95.0	≥92.0	≥88.0	≥83.0
二氧化硅 (SiO ₂) 含量 %	≤3.0		≤5.0	—
爆裂度 %	≥60			—
注：各组分含量以干基计；合格品的二氧化硅和爆裂度指标按供需合同执行				

三、化工用毒石质量标准

项 目	BaCO ₃	R ₂ O ₃	CaO	不溶性滤渣(主要由 BaSO ₄ 组成)
质量分子数 (ωB) %	>36%	<1.5%	<7%	<56%

四、萤石块矿化学成分质量标准

品级	化学成分 %			
	ω (CaF ₂), ≥	杂质, ≤		
		ω (SiO ₂)	ω (S)	ω (P)
特二级	98.0	1.5	0.05	0.03
特一级	97.0	2.5	0.08	0.05
一级品	95.0	4.5	0.10	0.06
二级品	90.0	9.0	0.10	0.06
三级品	85.0	14.0	0.15	0.06
四级品	80.0	18.0	0.20	0.08
五级品	75.0	23.0	0.20	0.08
六级品	70.0	28.0	0.25	0.08
七级品	65.0	32.0	0.30	0.08
注：1、产品粒度：6~300 mm，小于 6 mm 的产品不得超过 5%，大于 300 mm 的产品不超过 10%，不允许有大于 350mm 的产品；2、萤石块矿中不得混入泥土、废石等外来杂质。3、对萤石块矿产品另有要求时，由供需双方协商解决；4、该标准适用于冶金等行业使用的萤石块矿				

五、橡胶、造纸填充料用重晶石粉质量标准

项 目	BaSO ₄	CaO	R ₂ O ₃ (Fe ₂ O ₃ 、Al ₂ O ₃)	不许有锰、铜、铅等杂质
质量分子数 (ωB) %	>98	<0.36	微量	

六、萤石粉矿化学成分质量标准

品级	化学成分%		
	$\omega(\text{CaF}_2), \geq$	$\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3), \leq$	
特三级	98.0	0.2	
特二级	97.0	0.2	
特一级	95.0	0.2	
一级品	90.0	0.2	
二级品	85.0	I	II
		0.2	0.3
三级品	80.0	0.2	0.3
四级品	75.0	0.3	
五级品	70.0	—	
六级品	60.0	—	
七级品	50.0	—	
八级品	40.0	—	

注：1、表中“—”表示含量不规定；产品粒度：6~0mm，根据不同粒度有具体要求时由供需双方协商解决；2、萤石粉矿中不得混入杂质；3、该标准适用于陶瓷、搪瓷、玻璃、水泥等行业使用的萤石粉矿

七、氟石精矿化学成分质量标准

品 级	化学成分 %				
	ω (CaF ₂), ≥	杂质, ≤			
		ω (SiO ₂)	ω (CaCO ₃)	ω (S)	ω (P)
特级	98	0.6	0.7	0.03	0.02
一级品		0.8	1.0	—	—
二级品	97	1.0	1.2	—	—
三级品	95	1.4	1.5	—	—
四级品	93	2.0	—	—	—
注：表中“—”表示含量不规定；用户对杂质含量有特殊要求时，可由供需双方协定；干态氟石精矿中水质量分数不得大于 0.5%；湿态氟石精矿中水质量分数不得大于 10%；氟石精矿的粒度，要求通过 0.154 mm 孔径网筛（-100 目）的质量不小于 87%；氟石精矿中不得混入外来杂物					

八、硼镁石矿石质量标准

指标名称	等级							
	优等品		一等品		二等品		三等品	
	优-1	优-2	I-1	I-2	II-1	II-2	III-1	III-2
三氧化二硼 (B ₂ O ₃) 质量分数% ≥	24	22	20	18	16	14	12	10
全铁 (以 Fe ₂ O ₃ 计) 质量分数% ≤	15							
氧化钙 (以 CaO 计) 质量分数%≤	8							
氧化镁 (以 MgO 计) 质量分数%≤	45							
矿石块度 mm <	400 (300-400mm 的不大于 15%，小于 20mm 的不大于 15%)							
注：各项成分含量均以干基计								

九、重晶石矿（原生矿）一般工业指标

项目	指标
边界品位	$\omega(BaSO_4) \geq 30\%$
最低工业品位	$\omega(BaSO_4) \geq 50\%$
最低可采厚度	0.80 ~ 1.50 m
夹石剔除厚度	1 ~ 2 m

十、重晶石矿（残、坡积矿）一般工业指标

项目	指标
含矿率	$\geq 0.5 \text{ t/m}^3$ [$\omega(BaSO_4) \geq 45\%$]
最低可采厚度	$\geq 0.30 \text{ m}$
剥采比	≤ 1

十一、毒重石矿一般工业指标

项目	指标
边界品位	$\omega(BaCO_3) \geq 20\%$
最低工业品位	$\omega(BaCO_3) \geq 36\%$
最低可采厚度	0.80 m
夹石剔除厚度	1 m

十二、萤石矿床一般工业指标

项目		指标
边界品位		$\omega(CaF_2) \geq 20\%$
最低工业品位		$\omega(CaF_2) \geq 30\%$
富矿: $\omega(CaF_2) \geq 65\%$ $\omega(S) < 1\%$	最低可采厚度	0.7 m
	夹石剔除厚度	0.7 m
贫矿: $\omega(CaF_2) 20 \sim 65\%$	最低可采厚度	1.0 m
	夹石剔除厚度	1 ~ 2 m

十三、硼矿床一般工业指标

项目	指标
边界品位	$\omega(\text{B}_2\text{O}_3)=3\%$
最低工业品位	$\omega(\text{B}_2\text{O}_3)=5\%$
最低可采厚度	1~2 m
夹石剔除厚度	1~2 m
露天剥采比: $3\sim 6\text{ m}^3/\text{m}^3$	
注: 富矿: $\text{B}_2\text{O}_3>11\%$, 可直接加工利用的矿石 贫矿: $\text{B}_2\text{O}_3 5\sim 11\%$, 需经选矿(或作配矿)才能利用的矿石	

第六部分 铝土矿、冶镁菱镁矿工业品位

(DZ/T0202—2002)

一、铝土矿床一般工业指标

项目		一水硬铝石型	
		沉积型矿床	
		露采	坑采
边界品位	铝硅比值	1.8~2.6	1.8~2.6
	$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)\%$	≥ 40	≥ 40
块段最低工业品位	铝硅比值	≥ 3.5	≥ 3.8
	$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)\%$	≥ 55	≥ 55
最低可采厚度 m		0.5~0.8	0.8~1.0
夹石剔除厚度 m		0.5~0.8	0.8~1.0
剥采比 m^3/m^3		10~15	

二、堆积型与红土型铝土矿参考工业指标

项 目		广西某地堆积型	海南某地红土型
		一水硬铝石型	三水铝石型
边界品位	铝硅比值 (A/S)	2.6	2.1~2.6
	$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)\%$	≥ 40	≥ 28
块段最低工业品位	铝硅比值 (A/S)	≥ 3.8	
	$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)\%$		
有害组分最大允许含量 $\omega\text{B}\%$	S	≤ 0.3	
	CaO+MnO	≤ 1.5	
	CO ₂	≤ 1.3	
	P ₂ O ₅	≤ 0.6	
	有机质	暂不限	
最低可采厚度 m		≥ 0.5	≥ 0.2
夹石剔除厚度 m		≥ 0.5	
剥采比 m^3/m^3			12~15
边界含矿率 km/m^3		≥ 200	≥ 30
矿区(段)平均矿率 km/m^3		≥ 300	

三、冶镁菱镁矿主要参考工业指标

项目	矿石级别				
	特级品	一级品	二级品	三级品	四级品
$\omega(\text{MgO})\%$	≥ 47	≥ 46	≥ 45	≥ 43	≥ 41
$\omega(\text{CaO})\%$	≤ 0.6	≤ 0.8	≤ 1.5	≤ 1.5	≤ 6.0
$\omega(\text{SiO}_2)\%$	≤ 0.6	≤ 1.2	≤ 1.5	≤ 3.5	≤ 2.0
最低可采厚度 m	2~4				
夹石剔除厚度 m	1~2				

四、铝土矿用作电熔刚玉原料时的质量要求

项目	第二砂轮厂	第四砂轮厂
$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)\%$	≥ 85	≥ 80
$\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3)\%$	< 5	< 6
$\omega(\text{SiO}_2)\%$	< 5.6	
$\omega(\text{TiO}_3)\%$	$3.5\sim 6.5$	< 5.5
$\omega(\text{CaO})\%$	< 0.4	
$\omega(\text{CaO}+\text{MgO})\%$		< 1.2
$\omega(\text{烧失量})\%$	< 0.5	< 1
铝硅比值 (A/S)	≥ 15	≥ 12
进厂块度 mm	< 250	$20\sim 300$
烧失率 %		< 4
注：1、一水硬铝石型铝土矿；2、熟料；3、供矿品位		

五、铝土矿用作高铝水泥原料时的质量要求

项目	郑州水泥厂	浙江萧山炼铁厂
$\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)\%$	> 72	> 70
$\omega(\text{TiO}_3)\%$	< 6	< 6
$\omega(\text{Fe}_2\text{O}_3)\%$	< 2	< 1.5
$\omega(\text{TiO}_3)\%$		< 4
铝硅比值 (A/S)	> 7	> 7
注：1、一水硬铝石型铝土矿；2、生料；3、供矿品位		

锆 英 石

一、矿产名称 锆英石（Zircon）

二、矿床类型及其分布

1. 矿床的成因类型

锆英石矿床按其成因可分为脉矿和砂矿两种类型。具有工业开采价值的锆英石矿床以砂矿矿床为主。有冲积砂矿、残积砂矿、滨海砂矿，其中海滨砂矿具有工业开采价值。这些砂矿矿床形成决定了其矿石类型。

2. 矿床的工业类型

锆英砂矿床主要有砂矿、风化壳矿床和原生矿床三类。其中砂矿为主要矿床类型。世界上约有 90%的锆英石来源于砂矿。砂矿又分为滨海砂矿和冲积砂矿，滨海砂矿的规模和产量远大于冲积砂矿。

3. 矿产的分布情况

世界上主要锆石资源产于澳大利亚和南非。澳大利亚东海岸锆石砂矿为太古代基岩风化形成的中——新生代沉积砂矿。矿床中主要矿物为石英砂，几乎不含长石和云母；重矿物以锆石、金红石、钛铁矿为主，局部矿砂中的重矿物含量多达 70%。重矿物中锆石含量约 30%，金红石含量较锆石更高一些。含矿石英砂分布面积达 200 余 Km²。最厚之处约 200m。

滨海砂矿是目前我国生产锆石及其它有用矿物，如钛铁矿、独居石、金红石等的主要矿床类型之一。辽东半岛、山东半岛、福建、广东、海南诸省沿海都有分布，大中型矿如海南万宁、广东海丰等地，已开发利用。

三、矿床的主要工业指标。

锆英石矿床因其类型不同，工业要求也有所不同，见表 1。

表 1 锆英石矿床的工业要求

矿床类型	边 界 品 位		工 业 品 位	
	ZrO ₂ %	锆石 kg / m ³	ZrO ₂ %	锆石 kg / m ³
滨海砂矿	0.04~0.06		0.16~0.24	
风化壳矿床	0.3	1~1.5	0.8	4~6
内生矿床	3.0		8.0	

最小开采厚度：滨海砂矿为 0.5m。风化壳矿床和内生矿床为 0.8~1.5m。

我国广东某锆英石滨海砂矿，该矿床为一综合滨海砂矿床。锆、钛、独居石等稀土金属相伴生。矿床位于华南地块的闽浙活化地盾之西南边部。矿区外围主要为燕山期粗粒黑云母花岗岩、其次为中粒或细粒黑云母花岗岩。矿区位于一滨海砂坝上。砂坝上分布着与海岸线平行的砂堤。其高差不超过 20m。矿区内第四纪地层有表土，细砂层，中、粗砂层，粘土层，泥炭层等。矿体长 5500m，宽 475~1400m，矿体平均厚度 3.4m。该矿床的工业要求见表 2。

表 2 广东某锆、钛滨海砂矿工业要求

矿石类型	边界品位 kg / m ³	工业品位 kg / m ³
------	-----------------------------	-----------------------------

锆石砂	1	2
钛铁矿（富矿）砂	20	30~40
钛铁矿（贫矿）砂	10	15
独居石砂矿	0.25	0.50

四、矿石性质

1. 矿石的矿物组成

锆英石矿石类型见表 3，主要含锆矿物见表 4。

表 3 锆英石矿石类型

矿石类型	矿 石 特 征
冲积砂矿	矿砂颗粒不规则，粒度不均匀，含有大量砾石和卵石以及大量矿泥
残积砂矿	矿物单体解离不完全，仍有不同程度的连生体存在，并带有一定量的矿泥，品位较低
海滨砂矿	矿砂颗粒均匀。且呈浑圆形，有用矿物大部分已单体解离。大部分重矿物为钛铁矿、锆英石，独居石，金红石、锡石，磷钇矿。有时还有微量贵金属，脉石矿物以石英，长石为主，其次是电气石，绿帘石，角闪石，辉石和石榴石等。其粒度组成在 60 目至 200 目不等

表 4 主要含锆矿物

矿 物	成 分	重 量(%)	
		ZrO ₂	HfO ₂
斜 锆 石 ^①	ZrO ₂	59~98.9	0.5~2.1
钠 锆 石	(Na ₂ Ca)ZrSi ₃ O ₉ ·2H ₂ O	30.5~31.52	0.1~0.6
斜钠锆石	Na ₂ (Zr·Ti)Si ₆ O ₁₅ ·3H ₂ O	19.80~20.28	0.2~0.4
异性石-负异性石 ^②	(Ca,Na) ₅ Zr ₂ Si ₆ (O,OH,Cl) ₂₀	2.0~30	0.06~0.7
铌钽钛锆矿	(Ca,Fe,y,Zr)(Nb,Ta,Ti)O ₄	28.71~29.11	0.9
锆针钠钙石	(Ca,Na) ₃ (Zr,Ti)Si ₂ O ₈ F	19.80	0.3
铌锆钠石	NaCa ₂ (Zr,Nb)Si ₂ O ₈ (O,OH,F)	15.61~17.55	0.05~0.7
锆 英 石 ^③	ZrSiO ₄	34~67	0.4~1.7
钛锆钽矿	(Ca,Fe)(Zr,Ti) ₂ O ₅ (?)	51.7~59.89	1~1.2

- ① 斜锆石(Caldasite)实质上可看作是斜锆石(baddeleyite)；
 ② 一些地方异性石含 ZrO₂12~20%和 HfO₂0.1~0.7%；
 ③ 硅铁锆矿，曲晶石，波方石，变水锆石，苗水石，大山石和山口石可看作是锆英石的变种。

锆和钍矿物因其化学和物理特性而在工业上作为有价值的矿物和矿石使用。表 4 所列的是含锆-钍的主要矿物、矿物成分及其二氧化锆和二氧化钍的含量。锆和钍几乎完全由锆英石和斜锆石提供。异性石最终也可能是这些元素的重要来源。锆英石通常约含有 49%的锆和 0.4~1.5%的钍，它是这一类的主要工业矿物。斜锆石是工业上重要的但数量较少的矿物。它含锆多达 73%，含钍 0.4~1.7%。异性石含有这些元素的数量变动很大，从各地区的分析资料表明，它含有 6~11%的锆和 0.7~0.4%的钍。

锆英石是一种主要由火成岩形成时从岩浆中结晶出来的锆、硅和氧组成的矿物。锆英石也产于岩脉和变质岩中。它属四方晶系，常呈发育良好的锥状小四方柱体，也成不规则粒状。莫氏硬度 7.5,比重通常是 4.68~4.70 但是比重的变化有时与成分和蚀变状态有关锆英石解理不完全，性脆，断口贝壳状。

锆英石成分为 ZrSiO₄，含 ZrO₂67.2%，SiO₂32.8%，但是除了约含 1%的钍以外，矿物中通常还有少量的铀、钍、稀土元素、钇、钙、镁、铁、铝、磷、氢和其他微量元素铀和

钍放射衰变生成的铅，其他裂变产物也出现在矿物中。含有相当数量铀和钍的锆英石构造的放射损耗可以把晶体的内部构造转变为无定形状态。

锆英石颜色变化从无色到各种颜色，包括浅黄、褐黄、橙黄、浅红棕色和棕色。有些锆英石形成具有宝石特性的晶体。

斜锆石是一种二氧化锆的天然单斜晶系。对很纯的斜锆石的分析表明，它含 ZrO_2 (96.5 ~ 98.9%) 和少量的铁、硅、钙和其他杂质，呈板状和纤维状，颜色变化大，从无色到黄、棕和黑色；莫氏硬度是 6.5，是一种比重为 5.5~6.0 的重矿物。

异性石是一种具有不规则晶体构造、成分不变的复杂硅酸盐。除了约含 10% 的 ZrO_2 以外，通常还存在数量不等的钙、钠、硅、氢、氯、稀土元素、钍、铀和锰。异性石呈淡红到红色或棕色的板状或菱面体晶体和呈块状体。硬度 5~5.5，比重 2.9~3.0。

锆石砂矿中常伴生有：斜锆石、金红石、钛铁矿、锐钛矿、烧绿石、独居石、磷钇石、锡石、铌铁矿等，应注意综合评价。上述伴生矿物中，尤其重要的为独居石和烧绿石。

独居石又名“磷铈镧矿”，属稀土矿物。化学成分 $(Ce, La)[PO_4]$ ，常含钍、铀等。其中 Ce_2O_3 25~30%， La_2O_3 20~30%， ThO_2 5~12%。单斜晶系，晶体常呈板状。黄或棕色，树脂光泽。硬度 5~5.5。密度 $5.1g/cm^3$ 。常具放射性，为提取铈、镧、钍的主要矿物原料。

烧绿石又称黄绿石，化学成分 $CaNaNb_2O_6F$ ，含 Nb_2O_5 56%，是提炼铌的主要矿物。等轴晶系。晶体呈八面体，通常为不规则粒状或致密块状。褐或黄绿色。树脂光泽。硬度为 5~5.5。密度 $4.12\sim4.36g/cm^3$ ，具放射性。

2. 目的矿物的矿物特征

目前已发现的锆矿物约 50 余种，其中常见的 20 余种，主要的工业锆矿物有锆英石，含(富)铪锆石，异性石等。锆英石为正硅酸锆，分子式为 $ZrSiO_4$ ，是含锆矿物中最常见的一种。自然界中纯的锆英石不多见，大多含有铈，或含有铁、铝、钙等杂质。其物理性能见表 5，锆的主要工业矿物见表 6，锆的物理特性见表 7。

表 5 锆英石的物理及化学性质

物 理 性 质	化 学 性 质
密 度：4~4.9g/cm ³ 莫氏硬度：7~8 结构构造：呈正方晶系，常呈短小柱状 颜 色：金属光泽或玻璃光泽，普遍为棕色或浅灰色或红色，黄、蓝及无色透明、不透明 电 磁 性：无磁性或弱磁性，导电性弱，非导电性矿物	化学组成(%)： ZrO_2 67.01、 SiO_2 32.99；杂质为 Fe_2O_3 、 TiO_2 、 CaO 、 HfO_2 、 ThO_2 化学特性： 不溶于酸，如不溶于盐酸、硝酸、硫酸、氢氟酸、磷酸；不溶于碱，如苛性钾、苛性钠

表 6 锆的主要工业矿物

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	$(Zr, Hf)[SiO_4]$	48.18~60.03	2~16.7	含 HfO_2 > 4% 者为富铪锆石
异性石	$(Na, Ca)_6ZrSi_6O_{17}(OH, Cl)_2$	11.82~12.82		

表 7 锆的物理特性

元素	锆
----	---

原子序数	40
原 子 量	91.22
比 重	6.53±0.1
熔 点	1852±2℃
沸 点	5400℃
比热(千卡/克/℃)	0.067(20°)
硬度(维氏硬度数)	105
弹性模量	11.4
中子俘获截面(靶恩)	0.18

译注：靶恩是核子有效截面单位=10⁻²⁴厘米²。

五、工艺特性及主要用途

锆石极耐高温，其熔点达 2750℃。并耐酸腐蚀。世界上有 80%的锆石直接用于铸造工业、陶瓷、玻璃工业以及制造耐火材料。少量的锆石用于铁合金、医药、油漆、制革、磨料、化工及核工业。极少量的锆石用于冶炼金属锆。

含 ZrO₂65~66%的锆英石砂因其耐熔性(熔点 2500℃以上)而直接用作铸造厂铁金属的铸型材料。锆英石砂具有较低的热膨胀性、较高的导热性，而且较其他普通耐熔材料有较强的化学稳定性，因此优质锆英石和其他各种粘合剂一起有良好的粘结性而用于铸造业。锆英石砂也用作玻璃窑的砖块。而锆英石砂和锆英石粉与其他耐熔材料混合还有其他用途。

锆英石和白云石一起在高温下反应生成二氧化锆或锆氧(ZrO₂)。锆氧也是一种优质耐熔材料，虽然其晶形随温度而变。稳定的锆氧还含有少量的镁、钙、钪或钇的氧化物，稳定的锆氧熔点接近 2700℃,它抗热震，在一些冶金应用中比锆英石反应差。稳定的锆氧导热性低，在工业锆氧中，二氧化锆作耐熔物使用是无害的。

斜锆石主要由含少量矿物杂质的二氧化锆组成，它和锆氧的一些性质类似。

具有多种用途的锆化合物是从二氧化锆中制取的。这些化合物有多种用途，例如铁合金、瓷釉、塑料、油漆、药剂、磨料、防水剂、制革和蜡制品等。

以金属形式存在的锆和铪，主要用于化学工业和核反应堆工业，以及用于要求耐蚀、耐高温、特殊熔合性能或吸收特殊中子的其他工业，在美国，锆总消耗量中约有 8%用于这些工业，而铪金属的唯一有意义的应用是用在军舰的核反应堆。

锆和铪金属用多段提炼法获得。最初锆英石在电炉中和焦炭反应产生碳氢化锆，然后氯化生成四氯化锆。镁还原四氯化锆法（The kroll process）包括四氯化物的还原，它把镁金属放在一种惰性的气体中，用来获得海绵状锆金属。

可以用碘化物热离解法精炼高纯度锆金属，在这一过程中，依靠金属和碘蒸气在 200℃的温度下发生反应，并将易挥发的碘送往连接器中，使锆成为易挥发碘的形态，从而与大多数杂质分离。大约在 1300℃的温度下，碘化物在加热的灯丝上被分离。灯丝上附着高纯度的锆。释放出来的碘从灯丝中转移，这种产物称为锆晶棒。

锆英石按其应用领域分类见表 8。

表 8 锆英石的主要用途

应用领域	主 要 用 途
玻璃、陶瓷工业	锆英石可作为玻璃陶瓷工业中的添加剂和遮光剂。加入 20%的 ZrO ₂ 可提高玻璃纤维的抗碱性和纤维的强度。含锆的玻璃折光指数高，可取代铅玻璃使用。加入锆的陶瓷还具有吸收放射性功能。钛釉中加入 1~3%锆英石可提高抗碱性能而不降低其抗酸功能。含锆的陶瓷具有耐高温、高压及特殊强度

冶金工业	以 ZrO_2 为基料的耐火材料强度高, 稳定性好, 并具有耐酸性, 有较好的抗钢液的侵蚀性能, 在氧化和还原气氛中稳定、热导率低, 可做高温炉衬材料和高温真空冶炼贵金属和合金用的坩埚材料。也可铺砌熔炼铝、铅、铋等合金熔炼炉的炉底。细粒的锆英石和细粒方英石组成的锆方英石可广泛用作电熔炉的炉顶的耐火材料 天然锆砂粒度均匀, 吸热性好, 散热均匀, 加热时不发生多型转化(α - β 转化), 因此可做铸造工业用的型砂。锆砂磨细后涂于铸型件内部, 可提高铸件成品率
原子能工业	锆合金是原子能工业中应用较广的材料, 主要用在原子能发电站核动力舰船及潜艇等的核反应堆中
化学工业	锆具有优异的抗腐蚀性能, 用于化工设备中, 如用含锆材料制成的阀门、排气机零件, 以及在反应槽、蒸馏釜中的轧板均使用含锆材料
其他工业	含锆的涂料具有绝缘性, 可做绝缘玻璃涂料, 也可做防焦结涂料, 难熔绝缘涂料, 绝热涂料。锆英石与含铝矿物配合可制成锆—铝磨料。含锆鞣料可鞣制优质白色皮革。用锆化合物浸渍过的织物具有防水性, 耐热性及防腐性。氧化锆陶瓷纤维可用于生产合成纸, 这种纸具有抗热性能, 化学惰性, 绝热和隔音性能

六、产品质量标准

我国锆英石精矿产品分六个品级, 以干矿品位计算, 应符合部颁 YB834-87 标准, 我国各锆英石生产厂家均按此标准执行。见表 9:

表 9 锆英石精矿技术要求 (YB834-87)

品 级	化 学 成 分, %					
	二氧化(锆+铪) 不小于	杂质不大于				
		TiO ₂	Fe ₂ O ₃	P ₂ O ₅	Al ₂ O ₃	SiO ₂
特级品	65.50	0.30	0.10	0.20	0.80	34.00
一级品	65.00	0.50	0.25	0.25	0.80	34.00
二级品	65.00	1.00	0.30	0.35	0.80	34.00
三级品	63.00	2.50	0.50	0.50	1.00	33.00
四级品	63.00	3.50	0.80	0.80	1.20	32.00
五级品	55.00	8.00	1.50	1.50	1.50	31.00

注: 1.如需方对产品有特殊要求,由供需双方商定。

2.锆英石精矿中放射性物质含量按国家有关规定执行。

七、综合利用工艺技术

1. 海南万宁乌场钛铁矿

万宁县乌场钛铁矿精选厂地处海南省, 为我国规模较大的选钛铁矿及伴生有益矿物的选矿厂。现有生产能力为钛精矿 2.5 万吨,同时,还生产回收锆英石、独居石、锡石等有益矿物。

(1)原矿性质

该矿为海滨砂矿, 矿石中有用矿物以钛铁矿、锆英石为主。钛铁矿呈扁圆柱状和浑圆粒状。颜色为黑色, 具有金属、半金属光泽或油脂光泽, 为磁性矿物, 用磁选机回收, 其品位 56%左右。除主要矿物外还有独居石、金红石、磁铁矿、锡石及微量黄金等。锆英石在原矿中占 4%左右。脉石矿物以石英为主外还含有少量长石、云母等。矿石粒度均匀, 含泥量少, 有用矿物单体解离好。因此可选性好。原矿多元素分析见表 10:

表 10 原矿多元素分析

元素名称	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	V	P ₂ O ₅
含量,%	81.00	1.14	2.20	1.13	1.07	0.0032	0.199
元素名称	Mn	TR ₂ O ₃	TiO ₂	ZrO ₂	Ta ₂ O ₅	Nb ₂ O ₅	
含量,%	0.039	0.036	1.04	0.088	0.0016	0.0033	

(2)选矿方法及工艺流程

采用磁选和电选方法从钛铁矿的尾矿中回收锆英石，其工艺流程见图-1。

(3)技术经济指标

技术经济指标见表 11。

表 11 乌场钛铁矿精选指标

产品名称	产率，%	品位，%	回收率，%	备 注
钛 精 矿	52.41	TiO ₂ 50.29	79.18	含 P0.0216%
金红石精矿	0.121	TiO ₂ 91.20	0.33	含 P<0.05%
一级锆精矿	4.45	ZrO ₂ 64.24	38.81	含 TiO ₂ 0.65%
二级锆精矿	0.99	ZrO ₂ 63.08	8.48	含 TiO ₂ 1.50%
等外锆精矿	1.95	ZrO ₂ 50.68	13.00	含 TiO ₂ 12.01%
独居石精矿	0.35	TR ₂ O ₃ 61.11	27.07	
锡石精矿		Sn3.25		

2. 广东陆丰甲子锆矿

(1)原矿性质

甲子锆矿为海滨砂矿，主要矿物有锆英石，钛铁矿，金红石，独居石等。脉石主要为细粒石英砂，粒度 0.5~0.1mm，含量占总矿物量的 95%以上，还有少量的长石，绿帘石，电气石，石榴石等。矿石中绝大多数矿物呈单体存在，多富集于 0.125~0.063mm 粒级中。矿石中各种矿物含量列于表 12。化学多元素分析列于表 13。

表 12 原矿中各种矿物含量

矿物名称	钛铁矿	白钛矿	锐钛矿	金红石	锆石
含量，%	7.7949	0.3032	0.0089	0.0621	0.5930
矿物名称	独居石	磁铁矿	赤铁矿	褐铁矿	电气石
含量，%	0.0604	0.0759	0.03111	0.0121	0.1219
矿物名称	黄玉	绿帘石	石英	其他	
含量，%	0.0778	0.0118	98.8386	0.0212	

表 13 原矿化学多项分析

化学成份	TiO ₂	ZrO ₂	SiO ₂	P	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO
含量，%	1.20	0.50	91.60	0.017	2.95	2.22	0.26
化学成份	MgO	Nb ₂ O ₅ +Ta ₂ O ₅	ThO ₂	Sn	S	合 计	
含量，%	0.02	0.0067	0.001	0.0038	0.0038	98.3365	

(2)选矿方法及工艺流程

原矿采用砂泵给入选矿流程，综合回收独居石、钛铁矿、锆英石、金红石等，分选锆英石采用磁选和电选法。其流程分粗选流程，精选流程，具体工艺流程见图-2。

(3)技术经济指标

技术经济指标见表 14。

表 14 甲子锆矿选矿技术指标

年 份	处理量 t/h	原矿品位，%		精矿品位，%		精矿回收率，%	
		ZrO ₂	TiO ₂	ZrO ₂	TiO ₂	ZrO ₂	TiO ₂
1982	84.50	0.356	0.928	9.92	21.52	57.68	48.05
1983	80.95	0.1467	0.5057	8.00	20.68	60.00	45.00

3. 海南天利矿冶厂

该厂地处海南万宁县，是以海滨砂矿选过钛铁矿以后的非磁性产品作为该厂入选原料。

(1)原矿性质

入选原料矿物种类较多，主要是钛铁矿和钛铁金红石，另有少量的金红石、白钛矿和锐钛矿、锆英石。其他重矿物主要是石英和长石，还有少量的黑云母和白云母等。主要矿物的相对含量列于表 15，原矿化学成份分析列于表 16，原矿粒度分析列于表 17。

表 15 原矿主要矿物相对含量

矿物名称	钛铁矿	钛 铁 金红石	锐钛矿 白钛矿 金红石	锆英石	磁铁矿	其 他 重矿物	脉石矿物	总 量
含量，%	20.63	10.55	2.20	4.03	0.70	2.00	59.89	100.00

表 16 原矿主要化学成分分析

化学成分	TiO ₂	ZrO ₂	Fe ₂ O ₃	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	Cr
含量，%	20.36	2.64	13.59	53.24	2.60	0.34	0.39	0.17	0.037

表 17 原矿粒度组成

粒 级 mm	产 率 %	品位，%		分布率，%	
		TiO ₂	ZrO ₂	TiO ₂	ZrO ₂
+0.6	1.15	1.13	0.06	0.06	0.03
-0.6+0.4	1.35	2.07	0.06	0.13	0.03
-0.4+0.25	0.85	2.08	0.08	0.08	0.03
-0.25+0.20	6.00	5.41	0.08	1.52	0.18
-0.20+0.154	41.50	16.70	0.64	32.44	10.65
-0.154+0.10	36.80	29.75	4.33	51.25	60.31
-0.10+0.074	3.75	28.02	8.70	4.92	12.35
-0.074+0.054	4.50	24.85	7.69	5.23	13.10
-0.054+0.045	2.30	27.06	3.25	2.91	2.83

-0.045	1.80	17.26	1.60	1.46	1.09
合 计	100.00	21.36	2.64	100.00	100.00

从表中看出原矿中主要矿物钛和锆主要分存在 0.20+0.045mm 粒级内，ZrO₂ 含量占总量的 98.64%，其中在-0.154+0.10 就占 60.31%，这种粒度分布有利于锆英石的浮选。

(2)选矿方法及工艺流程

本工艺流程和药剂制度突破了传统旧工艺,采用单一的浮选方法研究并使用了一种使锆英石与其他矿物快速分离的 BS-1 和 DS 药剂,该种药剂是由多种原料合成的新型药剂。使用此种药剂仅用简单的一粗一扫流程就能获得很高的指标。同时也克服了传统工艺使用油脂类药剂对锆英石精矿产品的污染。

高品位(59.9%)给矿的工艺流程见图-3，低品位(32.62%)给矿的工艺流程见图-4。药剂制度列于表 18。

表 18 浮选药剂制度

矿 样	作 业 名 称	药剂名称	药剂用量, g/L
矿样(一) (品位 59.98%)	粗 选	硫酸	4000
		BS-1	1250
		DS-1	140
		水玻璃	260
	扫 选	BS-1	198
		DS-1	95
		水玻璃	140
矿样(二) (品位 32.64%)	粗选	硫酸	8600
		BS-1	1300
		DS-1	240
		水玻璃	310
	扫选 精选	BS-1	198
		DS-1	96
		水玻璃	60
		硫酸	3000

(3)技术经济指标

工业试验技术经济指标见表 19。

表 19 工业试验技术经济指标

名 称	试验时间	给矿品位 %	精矿产率 %	精矿品位 %	尾矿品位 %	锆的回收率 ZrO ₂ %
矿样 I	1989.8	59.98	84.41	65.17	30.78	91.74
矿样 II	1989.8	32.64	36.09	65.18	14.44	72.02

八、开发利用现状及发展趋势

1．开发利用现状，存在问题及解决对策

锆英石多产于海滨砂矿，其伴生矿物以钛铁矿、金红石、独居石、榍石为主，脉石矿物以石英为主。选矿方法需重、磁、浮、电等方法联合使用。如果没有选择性高的特殊药剂，单一的浮选方法很难获得合乎工业要求的精矿产品。锆英石的主要选矿方法见表 20。

表 20 锆英石主要选矿方法

选矿方法	主 要 特 点
重选法	锆英石多赋存在钛铁矿中，并往往伴生有赤铁矿、铬铁矿以及石榴石等重矿物，因此富集锆英石在最初阶段往往采用重选法，如用摇床先将重矿物与脉石(石英、长石、黑云母)等分开，然后再用其他选矿手段与其他重矿物分离
浮选方法	浮选常用的捕收剂为脂肪酸类，如油酸、油酸钠；矿浆调节剂以苏打为主，pH=7~8；抑制剂为硅酸钠；活化剂为硫化钠和重金属盐类如氯化锆，氯化铁 也有用草酸调节矿浆至酸性，用胺类或胺类衍生物做捕收剂
电选法	电选法是利用矿物导电性差异将钛铁矿、赤铁矿、铬铁矿、锡石、金红石等导电矿物与锆英石、独居石、石榴石、磷灰石等非导电矿物分离。电选前应预先脱泥分级，烘干加热及加药处理
磁选法	重矿物中磁性矿物有钛铁矿、赤铁矿、铬铁矿、石榴石，黑云母、独居石等；锆英石为非磁性矿物或弱磁性矿物（某些矿床中锆英石中含有铁则为弱磁性）。磁选方法分干式和湿式两种。干式磁选需将入选物料加热干燥，分级等预处理而后才能进行分选。而湿式强磁场磁选机其分选粒度较宽、粒度下限可达 20μm，因此当锆英石粒度细时采用湿式磁选机较为适宜

我国的锆英石大部分产于海滨砂矿的重矿物中，锆英石精选的原料主要来自选钛铁矿的尾砂，因此，其工艺流程除与选钛铁矿有直接关系外也与伴生的有益矿物种类相关，其原则流程见表 21

表 21 锆英石选别原则流程种类

伴生有益矿物种类	原 则 流 程
金红石、锆英石	电选—磁选—浮选
独居石、锆英石	磁选—摇床—磁选
锡石、独居石、金红石、锆英石	磁选—摇床—磁选—摇床—电选—磁选

2. 发展趋势

锆英石的市场供应与钛和其它矿物的产量密切相关，其它矿物生产的市场波动会对锆英石生产产生直接影响。因此需要继续研究发现锆的代用物。

目前，分选靠近海平面和海平面以下的海滨砂中的锆英石方法为：在采矿时用推土机剥离覆盖层，矿砂由挖泥机抽吸，并送往湿粗选厂。粗选厂可以设置在浮动挖泥船上。在湿选时用螺旋选矿机，圆锥选矿机和洗矿槽联合装置来回收重精矿，轻矿物被除去。大部分粗精矿运送到精选厂，然后用重选法除去残留的轻矿物，重精矿则在干燥窑中干燥脱水。已分离的各种重精矿用静电分选和磁选分别获得各种重精矿。这种获得粗精矿的廉价方法使得可以开采重矿物平均含量不足 3%的矿床，个别情况下可以开采平均含量不足 1%的矿床。

钒矿石的一般工业要求

（一）钒矿石的一般工业要求

表 1 钒矿石的一般工业要求

矿石类型	V ₂ O ₅ ,%
钒的单独矿床	≥0.5~0.7
钒的伴生状态的矿床	≥0.1~0.5

（二）钒精矿质量标准

表 2 钒精矿质量标准

质量标准		TFe%	V ₂ O ₅ %	TiO ₂ %	SiO ₂ %	S%	水分%	粒度-180 目， %
部颁标准	一级	≥60	≥0.72	<8	<2.5	<0.1	<10	>60
	二级	≥59	0.7~0.72	<8	<2.5	<0.1	<10	>60
	三级	≥58	0.65~	<8	<2.5	<0.1	<10	>60
国家标准		60.5	0.78	<8	<2.5	<0.1	<10	-200 目占 65%