

含锆耐火材料		
表数	图数	
1	8	0
2	9	0
3	22	14
4	27	18
5	22	28
6	2	19
合计	90	79

以下列出关于含锆耐火材料生产基础数据资料的相关表格

- 1锆英石放射性强度测定
- 2锆英石精矿分类和技术条件
- 3 不同产地锆英石产品粒度要求和粒度组成(%)
- 4 锆英石产品化学成分(质量分数%)及粒度组成（%）
- 5 国内外锆英石产品的化学成分(%)对比
- 6 国内外锆英石产品化学成分(%)对比
- 7斜锆石化学成分（%）
- 8 锆英石砖的性质
- 9致密锆英石砖的物理性质和化学组成
- 10玻璃熔窑用致密锆英石砖的理化指标
- 11 盛钢桶锆英石砖的理化性能
- 12 锆英石水口砖的理化性能
- 13改进的锆英石砖
- 14 锆英石火泥的理化指标
- 15锆英石不定形耐火材料性能
- 16典型的熔铸高氧化锆耐火材料
- 17熔铸氧化锆砖与AZS砖的典型特性
- 18烧结氧化锆耐火材料性能
- 19斜锆石砖的性能
- 20铝锆酸钡结合剂的特性
- 21氧化锆耐火浇注料的性能
- 22氧化锆耐火泥的性能
- 23 氧化锆纤维的特性
- 24无机纤维的熔点
- 25 氧化锆纤维板的特性
- 26纤维复合板的特性
- 27 电炉衬试验的结果
- 28氧化锆纸的性能
- 29氧化锆纤维浇注料的性能
- 30 氧化锆涂料的性能
- 31氧化锆空心球隔热性能
- 32氧化锆空心球化学成分(质量分数%)
- 33氧化锆空心球堆密度
- 34氧化锆空心球的形态

1锆英石放射性强度测定

产地		ZrO ₂ %	比放射性，贝里/kg	
			α	β
广东阳江		65.91	5.18×10 ⁻⁶	1.11×10 ⁻⁶
广东	1	55	2.6×10 ⁻⁶	
	2	60	6.8×10 ⁻⁶	
	3	65	(0.7～1.1)×10 ⁻⁶	

2锆英石精矿分类和技术条件

级 别		(Zr、Hf)O ₂ %	杂质含量/%		
			TiO ₂	P ₂ O ₅	Fe ₂ O ₃
一级品	一类	≥65	≤0.5	≤0.15	≤0.30
	二类	≥65	≤	≤0.30	≤0.30
二级品		≥63	≤	≤0.50	≤0.70
三级品		≥60	≤	≤0.80	≤1.00

3 锆英石产品粒度要求和粒度组成(%)

矿 别		粒 级/mm				
		0.5～0.21	0.21～0.149	0.149～0.074	0.074～0.044	<0.044
宝钢要求	锆英石砂	≥50				
	锆英石细粉					≥95
广东	万宁	0.1	1.2	90	8.7	
	文昌	0.2	2.2	91	6.6	
	阳江			58	42	
澳大利亚	锆英石粗砂	38	47.4	<0.149,14.6		
	锆英石细砂			0.5	4.5	95

4 锆英石产品化学成分(质量分数%)及粒度组成（%）

项目	ZrO ₂	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	灼减	耐火度/℃	粒级/mm					真密度/g cm-3	
											0.2～0.5	0.196～0.125	0.125～0.088	0.088～0.066	<0.066		
商品矿ZrO ₂ 55%	55.4	32.5	6.5	3.14	0.7	0.1	0.17		0.25	1850		0.8	38.2	20.5	11.2	40.5	4.56
非精选矿ZrO ₂ 60%	60.4		2.16	0.6				0.74		>1830	5.2		83.6				
精选矿ZrO ₂ 65%	65.72	32.7	0.284～0.4	0.22～0.27	0.13	0.14	0.19	0.224	0.2	>2000			14.2	24.6	61.2		4.65

5 国内外锆英石产品的化学成分(%)对比

矿 别		灼减	ZrO ₂	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	U	Th	Ra
海南广东	1	0.1	66.85	32.35	0.18	0.78	0.47	0.15	0.04	痕	痕			
	2		65.75	32.1	0.71	0.27	0.15	0.24	0.11					
	3	0.23	66.42	32.42	0.24	0.21	0.05	0.06	0.04	0.01	微	0.035	0.227	2.38×10 ⁻⁸
	4	0.19	66.16	32.98	0.27	0.25	0.05	0.05	0.03	0.01	0.01	0.026	0.076	2.38×10 ⁻⁶
	5	0.13	65.91	32.04	0.39	1.11	0.14	0.05	微					
	6	0.08～0.20	65.1	32.85	0.28～0.40	0.13	0.16～0.27	0.14	0.19	P ₂ O ₅ 0.29				耐火度>1830℃
澳大利亚	锆英石粗砂	0.2	66.73	31.74	0.27	0.33	0.12	0.26	0.15	0.02	微			
	锆英石细砂	0.26	65.41	32.25	0.2	0.32	0.1	0.37	0.15	0.02	微			

6 国内外锆英石产品化学成分(%)对比

产 地	灼减	ZrO ₂	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	总计	杂质(ZrO ₂ 、SiO ₂ 和灼减以外)
中国	0.3	66.25	32.5	0.33	0.37	0.16	0.05	0.02	0.01	0.01	100	0.95
澳大利亚东部	0.16	67.02	32.38	0.08	0.25	0.07	0.01	0.01	0.01	0.01	100	0.44
澳大利亚西部	0.24	65.37	33.42	0.29	0.62	0.06	0.05	0.01	0.06	0.02	100.14	1.11
印度	0.24	67.27	31.98	0.13	0.2	0.08	0.03				99.93	0.44以卜
斯里兰卡	0.14	66.28	32.76	0.3	0.34	0.12	0.02	0.01	0.02	0.01	100	0.83
马来西亚	0.44	68.9	26.02	1.92	1.59	0.57	0.17	0.04	0.09	0.06	99.8	4.44
美国		62.5	35	1.75	0.12	0.1	0.1	0.1	0.05		99.62	2.12

7斜锆石化学成分（%）

产地	SiO ₂	ZrO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	P ₂ O ₅	灼减	备注
巴西	0.06	95.2	1.65	1.29	2.1	0.8	0.64		0	以斜锆石为主
	6.36	82.64	0.58		5.43			0.75	2.41	

8 锆英石砖的性质

物理性质		化学成分%	
耐火度/℃	>1790	ZrO ₂	66.
0.2MPa荷重软化点/℃	T ₁ >162	SiO ₂	32.
	T ₂ >170	Al ₂ O ₃	0.6
密度/g cm ³	4.63	TiO ₂	0.2
体积密度/g cm ³	3.51~3.	Fe ₂ O ₃	0.2
显气孔率/%	20.4~2	C	微量
耐压强度/MPa	114~11	MgO	微量
热膨胀率/%	0.42	碱 类	微量

9致密锆英石砖的物理性质和化学组成

项目	指 标
显气孔率/%	<5

体积密度/g cm ³	4.20-4.32
常温耐压强度/MPa	147-588
热膨胀率(1000℃)/%	0.45-0.55
热导率(1000℃)/W (m K) ⁻¹	1.86-3.25
ZrO ₂ %	64-67
SiO ₂ %	32-34
Al ₂ O ₃ %	0.2-0.8
Fe ₂ O ₃ %	0.1-0.5
TiO ₂ %	0.5-1.5

10玻璃微晶用致密锆英石砖的理化指标			
项 目		指 标	
		ZS-G	ZS-Z
化学成分/%	ZrO ₂	≥64	
	SiO ₂	≤34	
	Fe ₂ O ₃	≤0.4	
体积密度/g cm ³		≥4.1	≥3.84
显气孔率/%		<2	<11
常温抗压强度/MPa		>392	
荷重软化开始温度/℃		≥1650	
抗静态下玻璃液侵蚀（无碱玻璃，1500℃，保温48h）mm		提供检测数据	

11 盛钢桶锆英石砖的理化性能	
项	指标
显气孔率/%	19-24
常温耐压强度/MPa	100-300
荷重软化温度/℃	>1630
ZrO ₂ %	62-63
SiO ₂ %	33-34
Fe ₂ O ₃ %	0.3-0.5

12 锆英石水口砖的理化性能				
ZrO ₂ %	显气孔率/%	显气孔率/%	体积密度/g cm ³	常 温 耐
60	≤18	≤18	3.65	>
62	≤18	≤18	3.68	>
65	≤23	≤23	3.7	>

13改进的锆英石砖									
编号No.	耐火度/℃	显气孔率/%	体积密度/g cm ³	耐压强度/MPa	荷重软化温度/℃ T ₂	化学成分（质量分			
						SiO ₂	Al ₂ O ₃	ZrO ₂	Cr ₂ O ₃
1	>1650	10-13	2.95-3.05	70	>1450	>50	<15	>35	
2	>1750	13-16	3.20-3.30	70	>1450	>45	<10	>50	
3	1650	11~13	2.9-3.0	70-90	1450	50	15	35	
4	1670	17.4	2.93	104.4	1430	41.7	22.2	40.4	
5	1710	17.5	3.14	99.8	1440	37.4	16.2	50.2	
6	1790	11~14	3.45-3.55	100-120	1580-1600	20-22	32-35	32-35	6.5-7.5
7	>1790	14.9	3.59	100	1600	25.38	13.24	53.84	5.02
8	>1790	17	3.45	82	1540	22.76	19.47	51.35	1.42
9	>1790	11.6	3.33	111	1540	24.7	31.2	39.8	1.4
10	1610	12.2	2.96	48.2	1320	56.5	8.5	31.5	含叶蜡石
11		12	3.7	129		36.5	1.8	61.4	含叶蜡石
12		17	3.22			35.5	13.85	48.8	
		13	2.86			42.8	29.87	24.8	
14		12	2.89			27	55.8	16.3	
15		16	3.15			10.2	70	19.2	
16		17	3.47			35.1	8.5	55.9	

14 锆英石火泥的理化指标			
名	SG	BG	
耐火度/℃	>1790	>1790	
凝结时间/s	108	108	
耐压强度/MPa	110℃ 24h	2	3.2
	1500℃ 3h	11.3	19.2
ZrO ₂ %		55.56	62.31
粒度组成/%	≥0.5	0	0.5
	<0.074	98.99	98.4

15 锆英石不定形耐火材料性能									
锆英石捣打料				锆英石热补料			锆英石火泥		
项 目	美国717	日本ZR2000	中国建材院	美国K500	德国Z563QB	法国ERPLAST271	中国建材院	日本ZRM1200	中国建材院
	ZrO ₂	64.5	64.8	62.98	62.2	62	60	65.26	61
	SiO ₂	33.9	31.6	33.04	31.7		30	32.12	34
	Al ₂ O ₃	1	0.33		0.2	1	0.4	0.78	0.3
	Fe ₂ O ₃	0.1	0.09	0.28	0.2		0.27	微	0.26
体积密度/g cm ³				3.36		3.6	3.44		3.58
线变化率/%				-0.7	-0.1	-1.2	-5		-1.5
耐压强度/MPa	800℃ 烧后	29.4		70		80.0(1600℃)	77.6		113
	1300℃ 烧后	55.2		64			91.4		
	热膨胀率/% (1000℃)			0.45			0.44		0.42

16典型的熔铸氧化锆耐火材料		
氧化物	氧化物重量%	
	T牌号	A牌号
ZrO ₂	94.1	93-95
SiO ₂	3.3	3.5-5
Al ₂ O ₃	0.6	0.3-1
TiO ₂	0.06	1
P ₂ O ₅		0.05-0.15
Na ₂ O	0.04	0.3-0.5
Fe ₂ O ₃	0.05	
其他	约1.2	0.4-0.6

17熔铸氧化锆砖与AZS砖的典型特性			
特 性	熔铸氧化锆		AZS砖
	A牌号	T牌号	40%ZrO ₂
体积密度/g cm ³	5.25-5.45	5.24-5.59	3.93
显气孔率/%	0.5-1.0	0.4-0.7	0.9
常温耐压强度/MPa	294~490	490	354-562
热膨胀率/%			
1000℃	0.68	0.41	0.91
1200℃	0.31	0.5	0.77
1500℃	0.44	0.63	
热导率/W (m K) ⁻¹			
1000℃	2.27	2.44	2.84
1200℃	2.5	2.8	2.91
电阻率/Ω cm			
1000℃	12	5	600
1200℃	640	270	260
1500℃	210	100	120

18烧结氧化锆耐火材料性能		
化学成分/%	ZrO ₂	97
	MgO	2
	SiO ₂	0.5
显气孔率/%		17
	1000℃	0.6
	1000℃	0.16
热膨胀/%	1300℃	0.21
	1500℃	0.37(估计)

19斜锆石砖的性能				化学成分/%			
制品的性能							
显气孔率/%	体积密度/g cm ³	耐压强度/MPa	抗热震性(1300℃~水冲)次	ZrO ₂ +HfO ₂	CaO	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃
16.9-17.5	4.54-4.59	45.9-52.5	9	90.1	3.4	4	0.35
18.9-20.6	4.40-4.50	54.4-93.5	6	90.4	3.7	3.4	0.15
15.6-16.9	4.59-4.69	63.8-93.0	12	91.8	3.7	2.4	0.45

17.1~17.3	4.62~4.64	53.1~80.6	未测	91	3.7	2.4	0.27
19.5	4.49	55	未测	89.1	3.5	3.4	0.47
18.4~19.5	4.46~4.48	62.2~64.0	未测	89.1	3.6	2.7	0.46
20.2	4.42	40	未测	89.5	3.7	3.2	0.54

20铝钡酸锶结合剂的特性							
质量比/%		耐火度/℃	耐压强度/MPa		化学成分/%		
BaO	Al ₂ O ₃ (BA)		3d	28d	Al ₂ O ₃	BaO	ZrO ₂
60	40	2050	88	110	24	58	18
40	60	2250	54	90	16	57	27
30	70	2320	40	53	12	56.5	31.5
20	80	2420	28	39	8	56	36
10	90	2450	5~9	20~26	4	55.5	40.5

21氧化锆耐火浇注料的性能						
热处理温度/℃	水泥用量/10%			水泥用量/20%		
	显气孔率/%	体积密度/g cm ⁻³	耐压强度/MPa	显气孔率/%	体积密度/g cm ⁻³	耐压强度/MPa
120	14.9	4.54	22.0	17.5	4.40	23.0
300	17.5	4.47	21.7	17.6	4.41	33.0
800	20.6	4.43	28.8	19.1	4.44	38.6
1000	18.3	4.51	24.7	18.5	4.54	28.3
1200	19.3	4.49	20.5	19.0	4.40	28.0
1750	17.0	4.57	39.8	17.5	4.50	32.4

22氧化锆耐火水泥的性能						
水泥用量/%	在下列温度处理后的常温抗折强度/MPa					
	120	300	800	1000	1200	1400
	1000℃	1.8	2.7	2.8	3.8	5.5
	20	4.5	4.9	4.5	4.4	7.3
					13.7	15.9

23 氧化锆纤维的特性						
代号/物	NZ	C4Z	Y7Z	M7Z		
化学成分/%	ZrO ₂ +HfO ₂ 99	ZrO ₂ +HfO ₂ 95 CaO	ZrO ₂ +HfO ₂ 92 Y ₂ O ₃	ZrO ₂ +HfO ₂ 99 MgO	?	
晶相	单斜晶	四方晶	四方晶	单斜晶		
外观	白 色					
纤维直径/μm	5					
纤维长度/μm	0.5~3			20~30		
熔点/℃	约2600					
热导率/W (m K) ⁻¹						
500℃					0.1	0
1000℃					0.3	0
1500℃					0.8	0
密度/g cm ⁻³					0.1	0

24 无机纤维的熔点	
	熔点/℃
氧化锆纤维	约2600
氧化铝纤维	约2000
硅酸铝纤维	约1750
硅 纤 维	约1650
玻璃纤维	约800

瓷特性	
特 性	Y
说 明	分稳定氧化锆纤维真空成型后热处理
气孔率/%	76
密度/g cm ⁻³	1.4
抗折强度/MPa	2.5
常温耐压强度/%	2.5
残余线性变化/%	
1500℃, 8h	<
1800℃, 8h	#
热膨胀率/%	
1000℃	#
1500℃	#
热导率/W (m K) ⁻¹	
1000℃	#
1500℃	#
化学成分/%	
ZrO ₂ +HfO ₂	9
Y ₂ O ₃	7
MgO+CaO	2

26纤维复合板的特性		
	CBZ-1	CBZ-2
说明	由Y ₂ O ₃ 部分稳定的氧化锆纤维和氧	
气孔率/%	60	73
密度/g cm ⁻³	2.3	1.6
抗折强度/MPa	2.9	2
常温耐压强度/MPa	4.4	2.5
残余线性变化/%		
1600℃, 8h	0.1	0.1
1800℃, 8h	0.3	0.2
热膨胀率/%		
1000℃	1	1
1500℃	1.6	1.6
热导率/W (m K) ⁻¹		
1000℃	0.44	0.45
1500℃	0.52	0.68
化学组成/%		
ZrO ₂ +HfO ₂	90	90
Y ₂ O ₃	2	2
MgO+CaO	5	5

27 电炉衬试验的结果				
试 样	加热温度/℃ h ⁻¹	保温时间①	冷却速度/℃ h ⁻¹	衬板的外观
1	300	30min	300	无变化
2	300	2h	300	无变化
3	450	2h	450	无变化
4	600	2h	600	无变化

28氧化锆纸的性能			
性能	ZP-1	Z	ZP-
化学成分/%			
ZrO ₂ +HfO ₂	89	91	94
Y ₂ O ₃	6	4	1
厚度/mm	0.5	0.5	0.5
密度/g cm ⁻³	0.9	1	1.3
抗拉强度/kg (20mm) ⁻¹	0.7	0.6	0.7
伸长率/%	3.5	1.5	
纤维含量/%	97	49	10

29氧化锆纤维浇注料的性能	
性能	ZFC-1
初	部分稳定氧化锆纤维和氧化锆复合材料
干燥后:	
抗折强度/MPa	4.4
显气孔率/%	35
密度/g cm ⁻³	3.05
800℃加热2h后:	
抗折强度/MPa	3.9
显气孔率/%	49
密度/g cm ⁻³	2.85
1500℃加热2h后:	
抗折强度/MPa	12.7
显气孔率/%	32
密度/g cm ⁻³	3.92
化学成分/%	
ZrO ₂ +HfO ₂	91
Y ₂ O ₃	8

30 氧化锆涂料的性能	
辐射率	
测试温度/℃	400 800 1000
辐射率(ε)	>0.90 0.85 0.84
波长λ/μm	4~20 2.5~20 2.5~15
导热系数	
测试温度/℃	500
导热系数α/cm ² ·s ⁻¹	0.0066
热导率	
测试温度/℃	500
热导率λ/W·(cm·K) ⁻¹	0.0146
显气孔率/%	25
体积密度/g·cm ⁻³	2.41
莫氏硬度	>4
结合强度/MPa	>5.0

31氧化锆空心球隔热砖性能			
种 类	EU ⁺	RZ5603	IB
重烧收缩率/%	2800℃时>2.0		
体积密度/g·cm ³	1.9~2.0	2.45	1.9~2.0
耐压强度/MPa	10~23		10~30
气孔率/%	50~60	58	50~60
耐水度SK	<42		
化学成分/%			
ZrO ₂	<94	92	94
CaO			4.6

32氧化锆空心球化学成分(质量分数%)								
球粒	主要成分	ZrO ₂	Y ₂ O ₃	SiO ₂	TiO ₂	Fe ₂ O ₃	CaO	Na ₂ O
A	ZrO ₂	99.69		0.08	0.07	0.05	0.07	微量
b	斜锆石晶矿	95.77	微量	0.37	0.12	0.06	0.27	0.03
B	ZrO ₂ ^①	97.94	1.56	0.13	0.11	0.08	0.09	0.04
								微量

33氧化锆空心球堆密度			
粒度/μm	堆密度/g·cm ⁻³		
	球A	球b	球B
>2000		1.28	
2000~ 1600	1.99	1.23	
1600~ 1250	1.93	1.17	1.75
1250~ 1000	1.82	1.12	1.68
1000 ~ 800	1.67	1.11	1.64
800~ 630		1.08	1.63

34氧化锆空心球的形态		
球 粒	平均直径/μm	平均壁厚/μm
A	2430	340
b	1240	240
B	2630	400