

红柱石、硅线石、蓝晶石 矿物资源及其选矿(续前)

马鞍山矿山研究院 夏绍柱 冯起贵 侯若洲 张野 黎燕华

2.2 浮选是获得高品位精矿的主要手段

早在40年代的蓝晶石族矿物浮选研究工作就已表明,浮选具有很高的分选效率。半个多世纪来,蓝晶石族矿物的选矿研究的进展,明显地表明,浮选方法在蓝晶石族矿选别工艺中占有主导地位。

硅线石、红柱石、蓝晶石是Si/O比相同的多晶型铝硅酸盐矿物,它们晶体结构中既有石英特有的硅氧四面体,又有刚玉特有的铝氧八面体。铝硅酸盐矿物晶体表面是Si-O键区域和Al-O键区域组成的,其表面电性与Al/Si比直接相关,硅线石、红柱石、蓝晶石的Al-O与Si-O键体积密度比及解理面上的Al/Si比与PZC出现的pH值相符,高于PZC的pH范围内可用阳离子捕收剂,反之用阳离子捕收剂使蓝晶石族矿物上浮(图2)。J. M. Cases曾指出,蓝晶

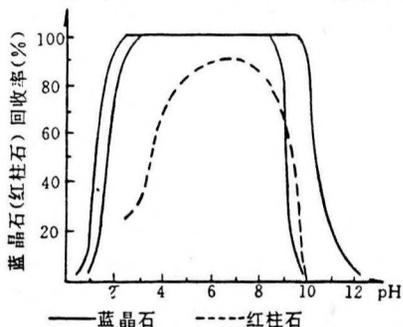


图2 蓝晶石、红柱石回收率与pH的关系

石族矿物吸附捕收剂并非全是静电作用,当使用化学吸附捕收剂油酸时,蓝晶石族矿物可在很宽的pH范围内浮游。某些研究发现,当蓝晶石族矿物用酸或碱处理后,因Al₂O₃的选择性

溶解而矿物表面Al/Si比降低,而且由于酸溶液中浸出的Al和Si之比要比在碱性溶液中的大(表7),PZC的降低幅度也大。由上述看出,矿浆pH值是影响蓝晶石族矿物浮选的一个重要因素。此外,矿物的晶体形态以及矿浆中的金属离子浓度对蓝晶石族矿物可浮性均有影响。

表7 红柱石、蓝晶石表面Al、Si的选择性浸取

矿物	pH 2.7		Al/Si	pH 11.1		Al/Si
	浸取浓度 (微克分子) 5克矿物			浸取浓度 (微克分子) 5克矿物		
	Al	Si	Al	Si		
红柱石	25	7	3.57	19	10	1.9
蓝晶石	12	3	4.0	14	5	2.8

(1) 介质pH对蓝晶石族矿物可浮性的影响。大量研究结果证实,蓝晶石族矿物的浮选可在酸性、碱性乃至中性条件下进行,最佳浮选pH与捕收剂种类和用量有关,且以酸性介质浮选的分选效率和选择性最佳。一般说来,在碱性介质(pH8.5~9.5)使用脂肪酸捕收剂;酸性介质(pH3~4)使用硫酸盐捕收剂;中性介质(pH6.5~7.5)使用混合捕收剂为宜。前苏联的研究结果(图3)证明了这点。蓝晶石对石英和蓝晶石对白云母的选择性指数,均以在酸性介质使用硫酸盐CØ-1为捕收剂时最高。

有资料指出,油酸钠以化学和物理形式固着在硅线石和蓝晶石上,物理吸附发生在硅酸盐部分,以化学形式吸附时生成油酸铝。虽然当前对脂肪酸铝皂的生成问题看法并不一致,但

从蓝晶石矿物的 Al_2O_3 八面体中的键具有离子性质, SiO_2 四面体中的键具有共价性质来看, 上述作用机理是可能的。脂肪酸类捕收剂虽可在较宽 pH 范围内捕收蓝晶石族矿物, 但分选的选择性不高。图 3 表明用油酸钠作捕收剂时选择性指数最低。印度对含云母、石英的蓝晶石矿选矿研究也指出, 在碱性介质中用油酸浮选不如在酸性介质中用磺酸盐浮选的选择性高。从表 2 所列研究结果同样可看出, 酸性介质中浮选所得精矿质量较高。

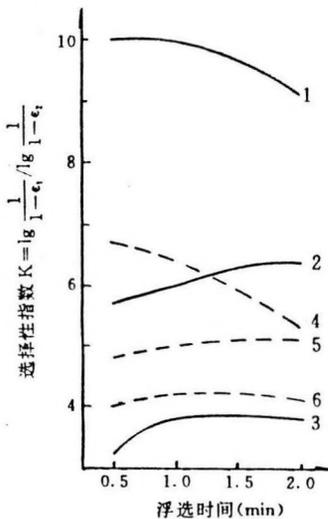


图 3 蓝晶石与石英白云母在使用不同捕收剂分选时的选择性指数

1、2、3—蓝晶石与石英 4、5、6—蓝晶石与白云母 1、4— $C\emptyset-1$ 250g/t 2、5—乳状液 500g/t 3、6—油酸钠 200g/t

酸性介质浮选, 当前国内外均是采用磺酸盐作捕收剂。低分子量、多支链的磺酸盐作用效率取决于矿物表面的电荷符号; 高分子正构磺酸盐则主要是化学吸附, 作用效果与铝的表面离子活性有关。我国所使用的磺酸盐基本上是分子量为 450~500 的直链磺酸盐。

捕收剂在矿物表面的吸附量直接影响着矿物的浮选行为。在酸性介质中以磺酸盐为捕收剂, 可因如下原因使吸附量增加, 而提高矿物可浮性:

a、pH 降低, 矿物表面负电荷减少, 未补偿的阳离子数量增加;

b、矿物表面两性氢氧化铝在酸性条件下, 按碱性解离, 使矿物表面上化合价的配位价不饱和的铝离子数量增加;

c、虽然 pH 降低, 表面铝离子浸出, 但增多的定位氢离子在矿物表面上的吸附, 可借助库仑力增加捕收剂的吸附量。

矿物可浮性不仅取决于捕收剂吸附量, 也取决于捕收剂在矿物表面的固着强度和形式。从图 4 可见, 当用水洗涤时, 蓝晶石表面捕收剂原吸附量约 1/4 被解吸, 而石英和白云母则是原吸附量的 90% 被解吸, 这表明捕收剂化学吸附在蓝晶石表面上的固着强度很高。

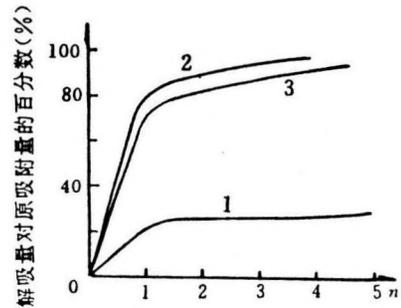


图 4 水洗涤时的解吸现象

1—蓝晶石 2—石英 3—白云母

n—吸着时洗涤水体积和溶液体积之比

另外, 由于在酸性介质中蓝晶石族矿物表面荷正电, 吸附在矿物表面上的捕收剂离子呈水平排列。因此, 这时捕收剂离子罩盖矿物表面的面积要增大几倍, 使矿物表面受到更有效的疏水作用。

正是这种吸附强度和形式的差异, 提高了酸性介质蓝晶石族矿选别的选择性。如图 5 所示, 在捕收剂浓度较低 ($< 50mg/t$) 的情况下, 蓝晶石、石英、白云母三者的捕收剂吸附量虽相差不大, 但回收率却相差很大。这表明捕收剂吸附量几乎相同, 但由于固着强度和在矿物表面上罩盖面积的不同, 而使可浮性差异增大。

马鞍山矿山研究院对多个蓝晶石族矿的选矿研究也表明, 酸性介质浮选比碱性介质的选择性要高得多。由表 8 所列结果可见, 不仅富集比大而且浮选作业回收率高, 尤其闭路结果优

于开路结果,更是碱性浮选所不能相比的。

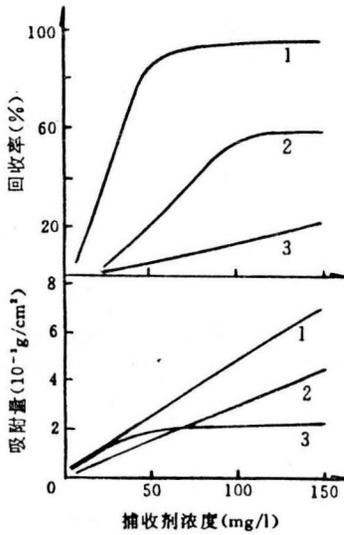


图 5 捕收剂浓度与吸附量及矿物回收率的关系

1—蓝晶石 2—石英 3—白云母

国内外也曾研究过蓝晶石族矿的中性介质浮选,从现有资料来看,多半是使用磺酸盐与脂肪酸按不同比例混合的混合捕收剂,浮选 pH 为 6.5~7.5。从前苏联学者对东舒乌鲁尔塔蓝晶石矿、武汉工业大学北京研究生院对鸡西硅线石矿、马鞍山矿山研究院对邢台蓝晶石矿的中性浮选研究结果看来(表 9、表 10、表 11),在中性介质中单独使用磺酸盐,精矿品位高,回收率低,单独使用脂肪酸则结果相反。混合捕收剂的混合比例不同,最合适的浮选 pH 也稍有差异,混合捕收剂的混合比例是中性介质浮选获得较好指标的重要因素。另外,与磺酸盐混合的脂肪酸捕收剂的种类对指标也有影响。前苏联学者的研究表明,粗塔尔油皂与 CØ-1 混合的选别指标低于蒸馏塔尔油皂与 CØ-1 混合的选别指标。从表 12 可见,种类和比例合适的混合

表 8 3 个蓝晶石矿酸性介质浮选结果

产 品	沐 阳 蓝 晶 石 矿				桐 柏 蓝 晶 石 矿				邢 台 蓝 晶 石 矿			
	H ₂ SO ₄ 用量(g/t)			闭路结果 pH2.5	H ₂ SO ₄ 用量(g/t)			闭路结果 pH3.04	H ₂ SO ₄ 用量(g/t)			
	1 000	1 400	1 600		1 000	1 200	1 600		300	400	pH4.38	
粗选精矿	矿物含量 (%)	51.45	58.99	61.92	72.12	58.01	70.99	74.68	78.85	39.16	44.58	45.32
	回收率 (%)	99.95	99.87	99.85	94.20*	93.81	93.16	94.71	90.54*	86.49	88.08	84.64*
浮选精矿	矿物含量 (%)	87.13	84.89	86.37	88.40	79.38	87.82	86.75	89.34	59.41	59.75	57.81
	回收率 (%)	98.83	98.92	98.82	97.74	65.70	75.27	86.53	87.76	77.68	81.98	87.48
强磁后 最终精矿	矿物含量 (%)	—	—	—	90.20	—	—	—	95.37	—	—	92.33
	回收率 (%)	—	—	—	96.97	—	—	—	86.38	—	—	75.82
浮选给矿	矿物含量 (%)	23.46	22.88	23.24	23.90	32.68	32.92	33.14	33.23	16.11	16.40	15.57
	回收率 (%)	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* 粗选作业回收率,其他是对浮选给矿的回收率。

表 9 混合捕收剂比例及浮选 pH 值对东舒乌鲁尔塔蓝晶石矿粗选的影响

pH	CØ-1 100%		混 合 比 例								蒸馏塔尔油皂 100%	
	β(%)	ε(%)	80 : 20		60 : 40		40 : 60		20 : 80		β(%)	ε(%)
			β(%)	ε(%)	β(%)	ε(%)	β(%)	ε(%)	β(%)	ε(%)		
6.5	78.6	56.0	75.0	76.0	75.6	71.0	79.7	67.0	73.6	51.0	67.9	58.0
7.0	76.9	46.0	75.3	73.0	73.6	75.0	73.6	72.0	66.3	80.0	62.7	82.0
7.5	75.3	36.0	76.1	71.0	72.3	79.0	70.7	81.0	63.3	86.5	60.6	88.5

表 10 在矿浆自然 pH 下,混合比例对鸡西硅线石粗选的影响

粗选指标	石油磺酸钠 100%	混 合 比 例					氧化石腊皂 100%
		67 : 33	60 : 40	50 : 50	40 : 60	33 : 67	
产 率 (%)	10.9	23.6	26.16	28.72	32.66	35.34	36.28
矿物含量 (%)	67.6	63.36	59.88	53.28	46.19	42.84	42.52
矿物回收率 (%)	42.61	86.45	90.57	88.47	87.21	87.28	89.19

表 11 邢台蓝晶石使用混合捕收剂与石油磺酸钠浮选指标对比

产 品	石油磺酸钠 : 油酸 = 88.8 : 11.2									粗选用量 1.1(kg/t)			石油磺酸钠 1.13(kg/t)		
	pH* * 7.6			pH 7.2			pH 6.7			pH 6.0			pH 4.35		
	γ (%)	β (%)	ε (%)	γ (%)	β (%)	ε (%)	γ (%)	β (%)	ε (%)	γ (%)	β (%)	ε (%)	γ (%)	β (%)	ε (%)
粗选精矿	33.69	43.99	92.4	34.63	44.49	93.48	38.9	40.01	95.81	36.88	41.78	93.81	32.34	47.06	93.10
浮选精矿	23.13	57.73	83.25	23.46	59.10	84.12	23.83	58.11	85.25	22.41	58.95	80.44	22.61	59.11	81.77
最终精矿*	12.39	90.96	70.27	12.79	92.08	71.46	12.46	91.07	69.83	11.50	92.25	64.58	11.94	93.12	68.06

* 浮选精矿经强磁选后得到的最终精矿; ** 均为粗选 pH 值。精选条件相同。表中 β, ε 为矿物含量和矿物的回收率。

表 12 中性介质与酸性介质浮选结果对比

矿 石	药 剂 及 用 量	粗 选 pH	试 验 规 模	流 程	最终精矿品位 (%)		矿物回收率 (对浮给) (%)
					Al ₂ O ₃	矿 物	
东舒乌鲁塔 蓝晶石矿	CØ-1+蒸馏塔尔油皂(40 : 60), 粗选 140g/t,扫选 80g/t,三次精选 各 30g/t,中矿再选 15g/t	7.3	小型 闭路试验	脱泥-浮选	56.84	92.57	80.1
	石油磺酸钠+氧化石腊皂(60 : 40),粗选 1.8kg/t,扫选 0.4kg/t	自然 pH	小型 闭路试验	脱泥-浮选 -强磁	54.46	83.01	约 74
鸡 西 硅线石矿	烷基磺酸钠+氧化石腊皂(33 : 67),粗选 2.5kg/t,扫选 0.95kg/t	自然 pH	工业试验	脱泥-浮选-强磁 (粗精矿脱泥)	55.23	84.4	约 61
	粗选: 烷基磺酸钠 4.6kg/t, H ₂ SO ₄ 6.6kg/t	3~4	半工业 试验	脱泥-浮选 -强磁	58.68	89.17	75.75
邢 台 蓝晶石矿	石油磺酸钠+油酸(9 : 1),粗选 1.03kg/t,二精选 0.08kg/t	6.5~7.0	小型 闭路试验	脱泥-浮选 -强磁	56.50	90.30	74.30
	粗选: 石油磺酸钠 1.16kg/t, H ₂ SO ₄ 0.46kg/t	4.3~4.5	小型 闭路试验	脱泥-浮选 -强磁	58.80	94.10	81.10
格雷斯山 蓝晶石矿	粗选: 油酸 0.59kg/t,柠檬酸和苏 打各 0.227kg/t	7.3	连选试验	脱泥-浮选	56.80	94.00	97.40

捕收剂在中性介质浮选蓝晶石族矿物,可以获得接近酸性介质浮选指标。

(2) 金属离子对蓝晶石族矿物浮选的影响。复杂的硅酸盐矿物在不同 pH 介质中发生金属离子的选择性溶解,改变着矿浆中的离子组成,这些金属离子水解生成早期羟基络合物时,会特殊地再吸附于硅酸盐矿物表面,影响着浮选过程和药剂在矿物表面上的固着,从而对不同矿物的阴离子浮选产生活化或抑制作用。

前苏联学者在用 CØ-1 为捕收剂的酸性介质浮选蓝晶石的体系中,研究了金属离子对蓝晶石、石英、白云母浮选行为的影响(图 6)。长沙矿冶研究院在对西峡红柱石的碱性浮选研究中也进行了金属离子影响的研究(图 7)。从多价金属盐存在下,介质 pH 对矿物可浮性的影响可看出,当 pH 值接近相应阳离子形成水化物的 pH 值时,多价金属盐的活化作用达到最大值,而且对所研究的矿物无选择性,在对天然

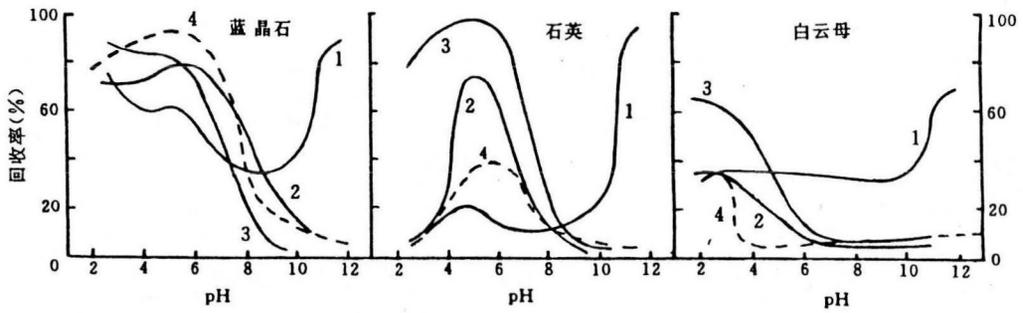


图 6 金属离子对蓝晶石、石英、白云母浮选行为的影响

1—CaSO₄ 680mg/l 2—Al₂(SO₄)₃ 6.3mg/l 3—Fe₂(SO₄)₃ 9.0mg/l 4—自然可浮性

矿石进行浮选时,由于离子组成和捕收剂种类及用量的不同,多价离子对浮选的影响更加复杂,这就要求我们选择合适的调整剂,来调节矿浆中的阳离子组成,抑制多价金属离子对脉石矿物的活化作用,提高分选的选择性。

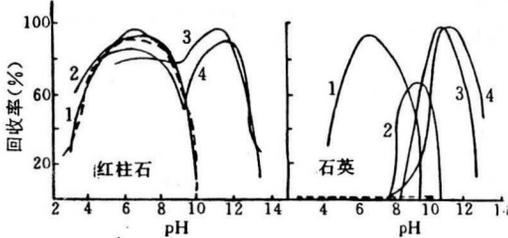


图 7 金属离子对红柱石、石英浮选行为的影响

1—AlCl₃ 1.8×10⁻⁴M 2—FeCl₃ 1×10⁻⁴M 3—MgO 1×10⁻⁴M 4—CaO 3×10⁻⁴M ——示没添加任何活化剂和抑制剂的理想条件下的可浮性。NaOL 4×10⁻⁴M

(3) 粒度对蓝晶石族矿浮选的影响。浮选最佳粒度与颗粒形状、比重及疏水程度有关,蓝晶石族矿物浮选过程中往往因粗颗粒脱落而造成损失。单位重量的颗粒与气泡间接触面积大小对颗粒与气泡的粘着强度有重要影响,蓝晶石族矿物磨细后仍呈针状、长条状,而气泡又多是与面积较小的晶体端面相接触,蓝晶石族矿物的比重又比伴生的大部分脉石矿物大,因此造成粗颗粒蓝晶石族矿物易于从气泡上“脱落”。由图 8 可见,在 C ϕ -1 浓度 100mg/l 条件下,粒度 0.315mm 的蓝晶石回收率仅为 0.16mm 的 1/3,而且粗粒级的蓝晶石、石英粒级回收率十分相近。

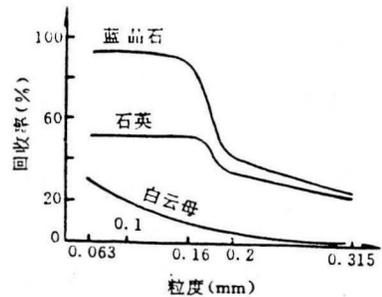


图 8 粒度对浮选的影响

C ϕ -1 100mg/l pH 4.1

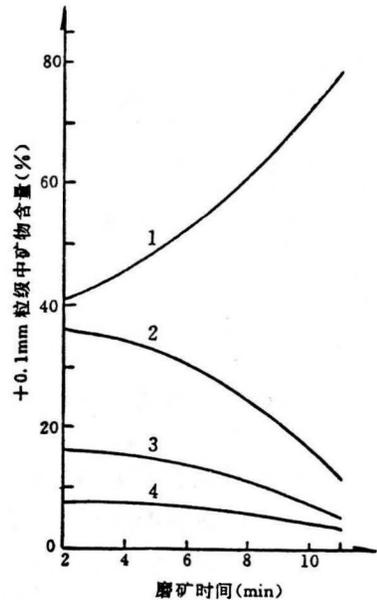


图 9 磨矿粒度曲线

1—黑云母 2—石英、长石 3—蓝晶石 4—其他(铁铝榴石、铁矿物等)

作者从大量选矿实践中发现,能否获得高

品位精矿,与能否将粗粒蓝晶石族矿物捕

收进泡沫产品有关。所以,我们认为在保持适当选择性前提下,应创造条件尽可能多地将粗粒选进精矿,这时虽然也有较多粗粒脉石随之上浮,但在精选时,由于捕收剂固着强度的差异,粗粒脉石更易于“脱落”,从而达到较高的分选效率。

另外,从图 8 可见,石英和白云母因粒度变细而浮游能力提高,分选效率也会因此降低。国内外许多精矿筛析数据均表明,精矿中粗粒级品位高,粒级回收率低;细粒级品位低,粒级回收率高,选择性差。

(4) 脱泥对浮选指标的影响。由于成矿条件及大部分为露天开采所致,进入选矿厂的矿石多含有大量泥质及易粉碎物料。另外,马鞍山矿山研究院在对邢台蓝晶石矿的研究中注意到,在磨细过程中,首先被磨细的是石英、长石及一些受风化的含铁矿物,而不是形状扁平的云母和蓝晶石。由图 9 可见,随着磨矿时间的增加,+0.1mm 部分多由扁平矿物组成;磨矿细度 50%—200 目的原矿筛析结果(图 10)也表明,粒度越粗,云母、蓝晶石含量越多,石英、长

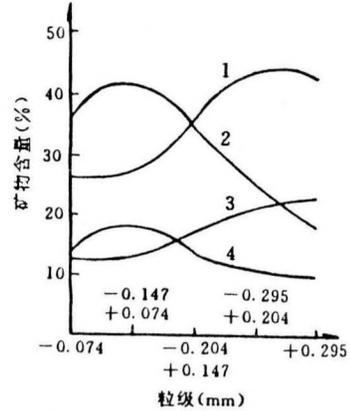


图 10 磨矿细度 50%—200 目的原矿筛析结果
石、铁铝榴石等脉石矿物含量越低。不论是原生矿泥,还是由这些首先被磨细的脉石矿物产生的大量次生矿泥,都会对浮选选择性起破坏作用。国外研究人员对蓝晶石族矿浮选前脱泥是十分重视的。国内的研究结果也充分说明了脱泥的必要性。从表 13、表 14、表 15 所列数据可见,浮选前适量脱泥不仅可使精矿品位提高,浮选作业回收率也可提高。目前几个蓝晶石选矿厂的生产实践中,往往因脱泥不当或

表 13 脱泥量对鸡西硅线石浮选指标的影响

脱 泥 量 0%			脱 泥 量 13.6%			脱 泥 量 19.1%		
产 率 (%)	Al ₂ O ₃ (%)	回收率 (%)	产 率 (%)	Al ₂ O ₃ (%)	回收率 (%)	产 率 (%)	Al ₂ O ₃ (%)	回收率 (%)
14.64	31.21	17.10	33.61	45.87	57.98	31.40	46.88	55.01

表 14 脱泥量对五莲红柱石浮选指标的影响

产 品	脱 泥 量 (%)					
	17.72		21.87		26.95	
	产率(对浮给,%)	Al ₂ O ₃ (%)	产率(对浮给,%)	Al ₂ O ₃ (%)	产率(对浮给,%)	Al ₂ O ₃ (%)
粗选精矿	30.29		30.95		33.79	
浮选精矿	6.48		7.41		8.02	
最终精矿*	4.04	54.98	4.83	55.17	4.87	56.23

* 浮选精矿经强磁除铁后得到的最终精矿。

表 15 脱泥量对邢台蓝晶石矿浮选指标影响

产 品	脱 泥 量 (%)							
	11.67		14.18		22.13		27.63	
	产 率 (对浮给,%)	蓝晶石 (%)						
粗选精矿	25.25	45.27	30.42	45.10	31.28	47.48	32.34	47.06
浮选精矿	14.53	58.36	20.38	58.15	22.46	58.97	22.61	59.10
最终精矿*	8.36	89.20	10.61	91.75	11.79	92.34	11.95	93.13

* 浮选精矿经强磁除铁后得到的最终精矿。

脱泥作业条件控制不严,导致脱泥效率不高,矿泥中蓝晶石矿物损失偏大。为此,作者认为,今后应加强脱泥工艺和脱泥设备的研究,改善脱泥效果,提高选矿厂技术经济指标。

2.3 对我国蓝晶石族矿物选矿的几点看法

(1) 预富集作业尚有待加强。如前所述,我国蓝晶石族矿多为贫矿,具有品位低、杂质含量高、伴生含铝脉石矿物种类多等特点,且绝大多数矿体埋藏较浅,矿体出露规模大,长时间的天然风化,使矿石中富含大量的粘土类矿物及其它易粉碎脉石矿物,若将其直接入选,不仅分选效率低,而且生产成本低,能耗亦大。因此,利用预富集作业提高入选品位,抛弃部分粗粒尾矿,是十分有利的。马鞍山矿山研究院对众多蓝晶石族矿的预富集研究工作表明,采用预先擦洗脱泥及重介质分选对原矿在入磨前进行预富集,将可抛弃产率为 20%~40% 的合格尾矿,使原矿入选品位提高 1~2 倍,其经济效益十分明显。随着今后国内选矿工艺、设备的不断更新及提高,重介质选矿可望能在我国蓝晶石族矿的预富集选矿方面发挥极其重要的作用。

(2) 脱泥-酸性浮选-强磁选别流程值得推广。除红柱石因需获得大于 0.5mm 精矿作耐火制品“骨料”,而在可能的情况下多采用重介质进行分选外,脱泥-浮选-强磁选别流程已成为当今世界各国广泛采用的蓝晶石族矿分选流程。而其中又以脱泥-酸性浮选-强磁选别流程由于具有选择性好、精矿品位高、过程稳定、易于操作等明显优点,而应用最为普遍。从表 2 中看到,这一工艺已为大多数国外选厂所采用,但现在国内采用该流程的生产厂家仅限于河北卫鲁、江苏沐阳和河南桐柏等数家蓝晶石选厂。究其原因,主要是对设备的耐腐蚀问题较为担心。从国内目前的生产实践中所采取的防酸措施及国外的生产实践看来,采用酸性浮选时,需要加以防酸处理的设备仅限于加酸搅拌槽,浮选各作业及相应的管道,由此而增加的费用视具体情况,约占这些设备费用的 10%~50%,但实际上,相对于碱性浮选,酸性浮选的生产费

用约低 20% 左右,且精矿质量明显高于前者。因此,酸性浮选的投资增加费用,完全可通过生产费用的降低及产品质量的提高而得以弥补。我们认为,脱泥-酸性浮选-强磁选别流程不失为一种可在蓝晶石族矿物选别中加以推广利用的选矿工艺。

(3) 脱泥及粗粒浮选设备的研究应予以重视。脱泥作业是蓝晶石族矿物浮选工艺中至关重要的环节,脱泥效率的高低对浮选效率的高低、精矿质量的好坏及精矿中蓝晶石族矿物回收率的高低均起着决定性的作用(表 13、表 14、表 15)。因此,对蓝晶石族矿物浮选生产中脱泥设备的研制应予以充分的重视。目前生产中常用的脱泥设备,如水力旋流器、脱泥斗等,脱泥效率不尽人意,这其中有些作业条件控制不严,也有设备本身条件所限的原因,作业脱泥效率通常仅能达到 60% 左右,难以满足工艺要求。因此,加快开发新型脱泥设备、提高脱泥效率,改善分选环境,将对蓝晶石矿物分选工艺的顺利实施起保证作用。

由于在蓝晶石族矿物浮选中,精矿品位的高低与产品粒度是相关的,在保证单体解离度的情况下,粒度越粗,分选效率越高,精矿品位亦越高。同时,磨矿粒度越粗,蓝晶石族矿物过粉碎越轻,脱泥中蓝晶石的损失亦越少。在美国等一些蓝晶石矿选别技术先进的国家,由于采用浅槽型的浮选机,并加大充气量,可使入选粒度达到 -28 目,浮选精矿中的最大粒度达到 0.8mm,甚至更粗。这样,一方面可保证精矿的品位及回收率;另一方面,能最大限度地保留了蓝晶石所具有的高温膨胀性能。但在国内,常规浮选机选别蓝晶石族矿物所能达到的最大粒度仅为 0.3mm 左右,磨矿细度需控制在 -200 目为 50% 以上。这一现状的改观尚有赖于粗粒浮选设备的研制以及工艺上的相应改进。

3 结 语

我国对蓝晶石族矿物的开发利用历史仅有 15 年,尽管刚刚起步,但已取得了瞩目的成就。

(下转第 29 页)

复上述步骤形成新的交界线。

2.2 量测技术

空间渗流场电导液模拟试验,需要获得浸润面的电位势和空间位置座标。以往对整个浸润面上各测点位势、座标量的采集是逐点进行的。虽然采集过程已实现了自动化,但仍要花费一段时间。由于导电液的导电率受环境温度等因素影响较大,特别当模型中同时采用几种不同导电液时,这时影响更为显著。所以,随着试验时间的延长,电位势量测的准确性会受到干扰,甚至遭到破坏。为了缩短电位势的量测时间,提高试验数据的准确性,结合正置模型的特点,我们除继续利用已研制成的大型三维座标控制测试系统采集浸润面高程值之外,还专门研制了一台电位势自动快速采集仪。该装置属于一种多路信号采集装置(图 4),用于多点(256 路/次)信号的检测、采集和处理。输入信号可以是交流或直流模拟信号,也可以是开关量信号。试验时,同时采出测点和参考点电压信号,显示并贮存。信号采集方式有逐点全采集或任意点采集两种。输入阻抗大于 100MΩ,特别适用高输出阻抗试验模型。

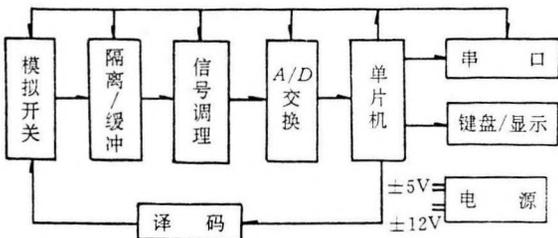


图 4 多路信号采集装置组成方框

3 正置模型应用实例

(1) 贵州某尾矿坝高 100m,坝址地貌属中低山河谷,河谷多呈“V”字开型,库盆为走廊式狭谷状。该坝采用多层水平衬垫排水系统。与非正置模型相比,利用正置模型有效地避免了复杂地形结构给模型制作和测试工作带来的问题,而且,在排水系统布置上也显得特别方便。

(2) 山西某尾矿坝高 270m,坝址座落在一个狭长山谷里,山谷也呈“V”字型。由于该坝定期采用上游冲填法筑坝,后期改为中线法继续将坝加高。所以,坝内结构复杂,特别是不同渗透系数的分界面,不再是简单的连续面。对这种坝用正置模型做试验最为合适。

4 结束语

正置模型试验技术的应用,解决了用非正置模型进行尾矿坝空间渗流场试验所不能克服的困难,它不仅简化了模型制作过程,提高了浸润面的修改精度,而且改善了试验人员的工作条件。更重要的是由于随之而要求的量测技术的改进,保证了试验结果的高精度。当然,与许多新生事物一样,正置模型试验技术还需要进一步完善和提高。

参 考 文 献

- 1 毛昶熙. 电模拟试验与渗流研究. 北京:水利出版社,1981
- 2 速宝玉,赵坚等. 三维渗流水电模拟测试技术的研究. 河海大学科技情况,1990(4)
- 3 速宝玉,赵坚等. 渗流测试自动化和模数混合求解探讨. 河海大学学报,1991(6)

(收稿日期 1993 07 30)

(上接第 42 页)

作为高级耐火材料的原料或添加剂的蓝晶石族矿物在改善耐火材料性能中的作用已开始为人们所认识。由于起步晚、时间短,目前在蓝晶石族矿物的选别上还存在着一一些问题,应不断地

总结经验,找出差距,对现存问题开展针对性的研究,势必会在不久的将来使我国蓝晶石族矿物的选别技术水平赶上或超过世界先进水平。(续完)

(收稿日期 1993 09 30)